보안 과제( ), 일반 과제( ○ ) / 공개( ○ ), 비공개( )

국토교통연구기획사업 기획연구 최종보고서

R&D / 20RDPP-C159996-01

# 고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술개발사업 기획연구 최종보고서

## (고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵 보고서)

2022.03.10

연구기관 / 한국항공우주기술연구조합

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

20RDPP-C159996-01

고부가 가치 항공정비 (MRO) 핵심기술 개발사업

기획연구 최종 보고서

2022

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

Land Infrastructure and Transport R&D Report

# 제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술개발사업 기획연구"의
최종보고서로 제출합니다.

2022. 03. 10


연구기관명: 한국항공우주기술연구조합 (인)

주관연구책임자: 신복균 팀장 (인)

연구원: 신만희 사무국장

연구원: 이한기 과장

연구원: 지해선 과장

연구원: 한준우 대리


국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

공 란

# 보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td></td><td>해당 단계<br>연구 기간</td><td>20.12.17 ~<br>21.12.16</td><td>단계구분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술개발사업 기획연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">신복균</td><td>해당단계<br>참여<br>연구원 수</td><td>총: 5명<br>내부: 5명<br>외부: 0명</td><td>해당단계<br>연구개발비</td><td>정부: 150,000천원<br>민간: 천원<br>계: 150,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간<br>참여<br>연구원 수</td><td>총: 5명<br>내부: 5명<br>외부: 0명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 150,000천원<br>민간: 천원<br>계: 150,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및<br>소속 부서명</td><td colspan="3">한국항공우주기술연구조합</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 항공기의 수리/정비를 의미하는 항공 MRO는 산업적인 측면에서 개조 및 부품조달 등 제작분야를 포함하는 광의적 개념으로 확대<br>• 본 연구에서는 항공정비산업 육성을 고부가가치로 정의하고 이를 위한 연구 수행<br>• 항공 여객 운송 및 화물 수송 소요 증가로 항공기 시장은 지속적으로 성장하고 있으며, 이에 따른 항공 MRO 시장 역시 성장할 것으로 전망<br>• OEM이 항공정비 시장에서의 지배력을 높이고 있으며, 국내 항공사들의 해외 정비 외주비용이 높음<br>• OEM IP가 필요한 분야는 협력 또는 합작사 설립을 통한 정비기술 확보가 필요하며, 국내 수요를 기반으로 독자 경쟁력 확보가 가능한 분야는 국내 개발 및 인증을 통한 정비기술 확보 필요<br>• 항공기 수리·정비 기술자립과 인증역량 강화를 위해 미래 항공정비 중점기술 도출·추진계획 수립을 위한 고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵('23~'32) 수립<br>• 국내 산·학·연 대상 기술수요조사 결과 총 51건의 수요를 접수하였으며 기획위원회 운영을 통해 최종 30건의 중점기술 도출<br>• 우선순위 평가를 통해 중점 추진기술을 도출하였으며, 이를 기반으로 중점기술 분야별 기술로드맵 도출<br>• 『항공정비 기술역량 강화를 통해 국내 항공정비 산업 육성 및 기술 자립기반 확보』라는 기술로드맵 목표 및 세부 추진전략 수립</td><td colspan="2">보고서 면수 :<br>- 본문 및 별첨 340 페이지</td></tr>
</table>

공 란

# 〈 목 차 〉

I. 기획연구 배경 및 필요성 ····· 1
제1절 연구 정의 ····· 1

제2절 연구 배경 및 필요성 ····· 5

II. 국내외 산업 현황 및 환경 분석 ····· 9
제1절 국내외 정책동향 분석 ····· 9
1. 국내 항공정비산업 육성 정책 ····· 9
2. 국내 항공정비 연구개발 투자 현황 ····· 19
3. 국외 주요 국가 항공 MRO 정책 및 산업 분석 ····· 22

제2절 국내외 시장 동향 분석 ····· 33
1. 국외 항공 운송시장 동향 및 전망 ····· 33
2. 국외 항공 MRO 산업 동향 및 전망 ····· 47
3. 주요 국외 항공 MRO 업체 ····· 62
4. 주요 항공기 개조 업체 ····· 73
5. 국내 항공 MRO 산업 현황 및 전망 ····· 78

제3절 국내외 항공 MRO 기술개발 동향 ····· 83
1. 기술개발 배경 ····· 83
2. MRO 정비 기술개발 동향 ····· 84

제4절 국내 인프라 환경 ····· 88
1. 국내 항공기 및 엔진 현황 및 전망 ····· 88
2. 항공 MRO 기반 현황 ····· 98
3. 주요 MRO 업체 ····· 101
4. 항공 MRO 산업단지 ····· 106

제5절 국내 항공정비산업 SWOT 분석 및 시사점 ····· 109
1. 국내 항공 MRO 산업 SWOT 분석 ····· 109
2. 국내외 항공 MRO 산업 분석 시사점 ····· 111
3. 국내 항공정비산업 육성을 위한 추진 전략 도출 ····· 113

III. 고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵 ····· 117
제1절 기술로드맵 수립 개요 ····· 117
1. 기술로드맵 수립 개요 ····· 117
2. 기술로드맵 추진 경과 ····· 120

제2절 기술로드맵 수립을 위한 기술 발굴 ····· 123
1. 기술로드맵 수립 절차 ····· 123
2. 기술 수요조사 ····· 124
3. 중점기술 분야 및 기술 후보군 도출 ····· 125
4. 우선순위 평가 ····· 128

제3절 항공정비 중점 추진기술 도출 ····· 135

제4절 항공정비(MRO) 기술로드맵 ····· 139
1. 기술로드맵 목표 및 추진전략 ····· 139
2. 추진전략 및 기술 연계성 ····· 140
3. 추진전략별 세부내용 ····· 143
4. 항공정비 주요 분야별 기술로드맵 ····· 165

별첨
별첨 1. 기술로드맵 기술수요조사 및 주요 회의 ····· 217
별첨 2. 중점추진기술 과제카드 ····· 227
별첨 3. 항공 MRO 산업 경제 파급효과분석 ····· 317

# 〈 표 목 차 〉

〈표 Ⅰ-1〉 항공산업 구성 플레이어 ····· 1
〈표 Ⅰ-2〉 항공기 정비의 정의 ····· 3
〈표 Ⅰ-3〉 PW의 PW1100G MRO 네트워크 ····· 6
〈표 Ⅱ-1〉 세부 추진 전략 ····· 17
〈표 Ⅱ-2〉 국내 항공정비 연구개발 투자 현황 (최근 5년) ····· 21
〈표 Ⅱ-3〉 Subang Aerotech Park 유치 분야 및 기업 ····· 25
〈표 Ⅱ-4〉 항공기 증감 예측치 비교 ····· 42
〈표 Ⅱ-5〉 예측 기간 내 연평균 성장률 비교 ····· 49
〈표 Ⅱ-6〉 주요 엔진별 세부 내용 및 장착 항공기 ····· 55
〈표 Ⅱ-7〉 엔진 OEM사 시장 점유율 ····· 55
〈표 Ⅱ-8〉 주요 엔진 제원 및 성능 ····· 56
〈표 Ⅱ-9〉 화물적재량에 따른 화물기 분류 ····· 60
〈표 Ⅱ-10〉 P2F 시장 항공기 세대 교체 ····· 60
〈표 Ⅱ-11〉 구형 항공기 P2F 개조 비용 ····· 60
〈표 Ⅱ-12〉 주요 P2F 업체 ····· 61
〈표 Ⅱ-13〉 항공 MRO 정비비 추이 ····· 78
〈표 Ⅱ-14〉 국적 항공사별 항공정비 현황(2018.7말 기준) ····· 79
〈표 Ⅱ-15〉 국내 국적항공사 정비비용 해외 의존도 추세 ····· 80
〈표 Ⅱ-16〉 대형항공사 및 저비용항공사 정비비용 비교 ····· 80
〈표 Ⅱ-17〉 국내 항공기 등록현황 ····· 88
〈표 Ⅱ-18〉 항공기 등록대수 감소 ····· 89
〈표 Ⅱ-19〉 국내 항공기 등록현황(2020년 말 기준) ····· 90
〈표 Ⅱ-20〉 국내 항공사별 항공기 도입 형태 ····· 91
〈표 Ⅱ-21〉 연도별 항공기 도입 현황 ····· 92
〈표 Ⅱ-22〉 2021년 이후 국내 항공사 보유 항공기 및 엔진 대수 추정 ·· 93
〈표 Ⅱ-23〉 국내 항공사 보유 항공기 및 엔진 대수 점유율 ····· 95
〈표 Ⅱ-24〉 항공기 엔진 제작사 국내 점유율(추정) ····· 95
〈표 Ⅱ-25〉 국내 NB/WB 항공기 및 엔진 현황 ····· 97
〈표 Ⅱ-26〉 국내 사업자 정비조직인증 인가 현황 ····· 98
〈표 Ⅱ-27〉 업체별 항공종사자 현황 ····· 99

〈표 Ⅱ-28〉 주요 운항사별 항공정비사 추이 ····· 100
〈표 Ⅱ-29〉 대한항공 정비본부 현황 ····· 101
〈표 Ⅱ-30〉 대한항공 주요 정비 시설 ····· 101
〈표 Ⅱ-31〉 아시아나항공 정비 범위 ····· 103
〈표 Ⅲ-1〉 기술수요조사 기간 및 접수 결과 ····· 125
〈표 Ⅲ-2〉 중점기술 분야 도출 ····· 125
〈표 Ⅲ-3〉 중점기술 분야 및 기술 목록 ····· 127
〈표 Ⅲ-4〉 우선순위 평가항목 내용 ····· 129
〈표 Ⅲ-5〉 평가항목별 가중치 도출 결과 ····· 130
〈표 Ⅲ-6〉 기술수준 조사항목 ····· 131
〈표 Ⅲ-7〉 기술격차 발생원인 조사항목 ····· 131
〈표 Ⅲ-8〉 항공정비 분야 기술수준 분석 결과 ····· 132
〈표 Ⅲ-9〉 기술격차 발생원인 ····· 133
〈표 Ⅲ-10〉 우선순위 평가 결과 ····· 134
〈표 Ⅲ-11〉 파급효과 우선 중점기술 순위 ····· 135
〈표 Ⅲ-12〉 중점 추진기술 도출 결과 ····· 136
〈표 Ⅲ-13〉 항공정비 중점기술 분야별 기술로드맵 ····· 137
〈표 Ⅲ-14〉 드론 활용 전후 항공기 점검시간 단축 효과 비교 ····· 190
〈표 Ⅲ-15〉 항공기 검사 드론-대한항공 ····· 190
〈표 Ⅲ-16〉 개조관련 국내외 시장규모(추정); 3,053억 ····· 204

# 〈 그림 목 차 〉

〈그림 Ⅰ-1〉 항공산업 구성 ····· 1
〈그림 Ⅰ-2〉 항공 MRO 개념 및 유형 ····· 2
〈그림 Ⅰ-3〉 기제 중정비 비용(좌), 엔진 오버홀 비용(우) 구조 ····· 4
〈그림 Ⅱ-1〉 국산 헬기 예시 ····· 9
〈그림 Ⅱ-2〉 부품 국산화 예시 ····· 9
〈그림 Ⅱ-3〉 MRO 핵심기술 예시 ····· 10
〈그림 Ⅱ-4〉 국가 비행종합시험장 개요 ····· 10
〈그림 Ⅱ-5〉 5대 전략 중 「전후방 연계 종합산업 생태계 조성」 전략 목표 ·· 11
〈그림 Ⅱ-6〉 항공산업 생태계 예시 ····· 12
〈그림 Ⅱ-7〉 항공정책기본계획, 항공기 제작 및 정비산업 활성화 지속 추진 ·· 13
〈그림 Ⅱ-8〉 「항공산업 경쟁력 강화 방안」 정책 추진방향 ····· 14
〈그림 Ⅱ-9〉 기술전략 트리 ····· 15
〈그림 Ⅱ-10〉 항공산업발전 기본계획 비전 및 추진전략 ····· 16
〈그림 Ⅱ-11〉 MRO 엔지니어링 분야 확장 ····· 17
〈그림 Ⅱ-12〉 말레이시아 항공우주산업 매출액 ····· 22
〈그림 Ⅱ-13〉 말레이시아 항공우주산업 생태계 ····· 23
〈그림 Ⅱ-14〉 말레이시아 항공우주산업 청사진 2030 ····· 24
〈그림 Ⅱ-15〉 말레이시아 항공우주산업 청사진 2030 ····· 24
〈그림 Ⅱ-16〉 Subang Aerotech Park 항공관련 산업 입지 ····· 25
〈그림 Ⅱ-17〉 말레이시아 항공우주산업 인프라 거점 ····· 26
〈그림 Ⅱ-18〉 싱가포르 항공우주 시장 매출 비중 ····· 27
〈그림 Ⅱ-19〉 SIAEC의 계열사 및 합작사 현황 ····· 28
〈그림 Ⅱ-20〉 싱가포르 Aerospace ITM 로드맵 실행계획 ····· 28
〈그림 Ⅱ-21〉 셀레타 항공산업단지 전경 및 주요 입주 기업 ····· 29
〈그림 Ⅱ-22〉 중국 내 주요 항공산업지구 분포도 ····· 32
〈그림 Ⅱ-23〉 세계 항공 승객량 분석(1945-2020년) ····· 33
〈그림 Ⅱ-24〉 전년도 대비 2020년 승객수 비교 ····· 34
〈그림 Ⅱ-25〉 2020~2021년 기준 국제/국내선 승객수 증감율 ····· 34
〈그림 Ⅱ-26〉 2020년 전 세계 국내선 승객수 점유율 ····· 35
〈그림 Ⅱ-27〉 2019년 대비 2020년 지역별 승객 교통량 및 매출 분석 ·· 35
〈그림 Ⅱ-28〉 시나리오별 좌석 공급량 회복 전망 ····· 36

〈그림 Ⅱ-29〉 전세계 교통량 회복 전망 ····· 37
〈그림 Ⅱ-30〉 2019~2031 10년간 승객 수요 성장 전망 ····· 37
〈그림 Ⅱ-31〉 향후 20년간 경제성장 및 교통량(RPK) 증가율 전망 ···· 38
〈그림 Ⅱ-32〉 국가간 전자상거래 수송량 비중 ····· 38
〈그림 Ⅱ-33〉 연도 및 분기별 전세계 화물 운송량 현황 ····· 39
〈그림 Ⅱ-34〉 여객기 객실 화물 탑재 예시 ····· 39
〈그림 Ⅱ-35〉 운항 항공기 형태별 정기운송 CTK 비교 ····· 40
〈그림 Ⅱ-36〉 2020~2031년 여객 및 화물기 예측 ····· 41
〈그림 Ⅱ-37〉 항공기 시장점유율 예측, 2020~2031 ····· 41
〈그림 Ⅱ-38〉 항공기 생산 및 인도(2018-2030) ····· 42
〈그림 Ⅱ-39〉 Boeing 및 Airbus 월간 항공기 인도 대수 ····· 43
〈그림 Ⅱ-40〉 연간 항공기 퇴역 수(2011-2020) ····· 44
〈그림 Ⅱ-41〉 조기 vs 예정된 항공기 퇴역(2020년) ····· 44
〈그림 Ⅱ-42〉 운영에 따른 지역별 순 현금흐름과 잉여 현금흐름 ····· 46
〈그림 Ⅱ-43〉 제트유와 원유 배럴당 가격변동 그래프 ····· 46
〈그림 Ⅱ-44〉 항공 MRO Supply Chain 변화 ····· 48
〈그림 Ⅱ-45〉 MRO 시장 전망, 2020~2030 ····· 49
〈그림 Ⅱ-46〉 MRO 시장 전망, 2020~2024 ····· 50
〈그림 Ⅱ-47〉 MRO 부문별 연평균성장률 전망, 2019-2031 ····· 51
〈그림 Ⅱ-48〉 MRO 부문별 시장점유율 예측, 2021 vs 2031 ····· 52
〈그림 Ⅱ-49〉 항공기 기종별 MRO 수요 예측, 2019 vs 2031 ····· 52
〈그림 Ⅱ-50〉 항공기 기종별 MRO 시장 점유율 전망, 2021 vs 2030 ·· 53
〈그림 Ⅱ-51〉 항공기 기종별 MRO 시장 점유율 전망, 2021 vs 2030 ·· 53
〈그림 Ⅱ-52〉 주요 항공기별 가격 및 MRO 소요 비용 비교 ····· 54
〈그림 Ⅱ-53〉 항공기 엔진별 MRO 시장 점유율 전망, 2021 vs 2030 ·· 54
〈그림 Ⅱ-54〉 2019 vs 2030 지역별 MRO 수요 예측 ····· 58
〈그림 Ⅱ-55〉 P2F 주요 개조 부분 ····· 58
〈그림 Ⅱ-56〉 항공기 증감 전망 ····· 59
〈그림 Ⅱ-57〉 화물기 시장 전망 ····· 59
〈그림 Ⅱ-58〉 대형항공사 및 저비용항공사 정비비용 비교 ····· 81
〈그림 Ⅱ-59〉 국적항공사 정비비용 점유 비율 ····· 81
〈그림 Ⅱ-60〉 국내선 여객(좌), 화물(우) 운송실적 추이 ····· 82
〈그림 Ⅱ-61〉 NLR 육안검사 로봇 기술 ····· 84
〈그림 Ⅱ-62〉 증강현실 헤드셋 플랫폼 ····· 85

# Contents

〈그림 Ⅱ-63〉 대한항공 K-SID(좌), 드론 비행경로 생성 예시(우) ····· 86
〈그림 Ⅱ-64〉 디지털 트윈 적용 예시 ····· 87
〈그림 Ⅱ-65〉 사업용도별 국내 항공기 보유대수 추이 ····· 89
〈그림 Ⅱ-66〉 국내 항공사별 항공기 도입 형태 ····· 91
〈그림 Ⅱ-67〉 연차별 항공기 도입 현황 ····· 92
〈그림 Ⅱ-68〉 국내 엔진 점유율 현황 ····· 95
〈그림 Ⅱ-69〉 대한항공 정비 시설 위치 ····· 102
〈그림 Ⅱ-70〉 대한항공 정비수주 매출액 ····· 103
〈그림 Ⅱ-71〉 아시아나항공 주요 정비 행거 ····· 104
〈그림 Ⅱ-72〉 아시아나항공 엔진 및 APU 수리 인프라 ····· 104
〈그림 Ⅱ-73〉 아시아나항공 기체/보기/전자장비 수리 인프라 ····· 104
〈그림 Ⅱ-74〉 KAEMS 정비 인프라 ····· 105
〈그림 Ⅱ-75〉 샤프테크닉스케이 정비 헹거의 기종별 예시 ····· 106
〈그림 Ⅱ-76〉 KAEMS 주요시설 확보 계획 ····· 107
〈그림 Ⅱ-77〉 인천공항 항공정비단지 현황 및 계획 ····· 108
〈그림 Ⅱ-78〉 국내 항공 MRO 산업 SWOT 분석 ····· 110
〈그림 Ⅱ-79〉 국외 항공정비산업 신흥 강국의 특징 ····· 111
〈그림 Ⅱ-80〉 항공정비시장 변화 종합 ····· 112
〈그림 Ⅲ-1〉 항공정비 기술로드맵 추진체계 ····· 118
〈그림 Ⅲ-2〉 기술로드맵 추진 주요 행사 ····· 120
〈그림 Ⅲ-3〉 기술로드맵 의견수렴회 행사 ····· 121
〈그림 Ⅲ-4〉 항공정비 기술로드맵 추진 경과 ····· 122
〈그림 Ⅲ-5〉 기술로드맵 수립 절차 ····· 123
〈그림 Ⅲ-6〉 기술수요조사 공문, 공고문, 수요조사서 양식 ····· 124
〈그림 Ⅲ-7〉 1~2차 기술수요조사 대상 기술 검토 및 중점분야 분류 ·· 126
〈그림 Ⅲ-8〉 3차 기술수요조사 대상 기술 검토 및 중점분야 분류 ···· 126
〈그림 Ⅲ-9〉 항공정비 중점기술 분야 도출 및 기술 도출 ····· 127
〈그림 Ⅲ-10〉 우선순위 평가항목 도출 ····· 128
〈그림 Ⅲ-11〉 쌍대비교 설문 예시 ····· 129
〈그림 Ⅲ-12〉 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준 ····· 132
〈그림 Ⅲ-13〉 우선순위 절대평가 설문 예시 ····· 134
〈그림 Ⅲ-14〉 추진전략 달성을 위한 중점기술 연계 ····· 140
〈그림 Ⅲ-15〉 추진전략별 기대효과 및 연계성 ····· 142
〈그림 Ⅲ-16〉 항공기 기체 및 엔진 중정비 역량 강화를 위한 기술개발 로드맵 ·· 145

〈그림 Ⅲ-17〉 엔지니어링 역량 강화를 위한 기술개발 로드맵 ····· 152
〈그림 Ⅲ-18〉 첨단 정비기술 능력 확보를 위한 기술개발 로드맵 ····· 157
〈그림 Ⅲ-19〉 수요기반 항공정비 기술 확보를 위한 기술개발 로드맵 ·· 161
〈그림 Ⅲ-20〉 미래 친환경 항공기 정비기술 확보를 위한 기술개발 로드맵 ·· 164
〈그림 Ⅲ-21〉 PBF(Powder Bed Fusion) 부품의 인장시편 제작 예시 ·· 165
〈그림 Ⅲ-22〉 복합재 스킨 수리 기술 ····· 166
〈그림 Ⅲ-23〉 항공기 엔진 수리/정비 기술 ····· 167
〈그림 Ⅲ-24〉 ATEC 및 TPS를 통한 전자부품 정비 ····· 167
〈그림 Ⅲ-25〉 항공기 타이어 구조 및 친환경 재생 효과 ····· 168
〈그림 Ⅲ-26〉 공압시동기 시험장비 개발 개요 ····· 168
〈그림 Ⅲ-27〉 전기식 브레이크 및 기존 브레이크 비교 ····· 169
〈그림 Ⅲ-28〉 제동장치의 구성 부품 ····· 170
〈그림 Ⅲ-29〉 GE의 항공기엔진 3D 프린팅 적용 사례 ····· 171
〈그림 Ⅲ-30〉 복합재 수리 장치 및 패치 ····· 172
〈그림 Ⅲ-31〉 항공기 엔진 수리, 관리 기술 ····· 173
〈그림 Ⅲ-32〉 항공기 타이어 재생 공정 ····· 175
〈그림 Ⅲ-33〉 다이나모미터 ····· 176
〈그림 Ⅲ-34〉 전기식 브레이크 ····· 176
〈그림 Ⅲ-35〉 국내 항공사 정비수요 품목 조사 결과('16년 기준) ····· 177
〈그림 Ⅲ-36〉 항공기 브레이크 예시 ····· 177
〈그림 Ⅲ-37〉 블레이드 손상 위치/형태별 익단 타이밍의 변화(GE) ·· 178
〈그림 Ⅲ-38〉 Blade Health Monitoring의 개념도(GE) ····· 178
〈그림 Ⅲ-39〉 부품정비 분야 국내 기술수준 ····· 179
〈그림 Ⅲ-40〉 부품정비 분야 기술로드맵 ····· 179
〈그림 Ⅲ-41〉 PW4000 엔진과 비파괴검사 ····· 180
〈그림 Ⅲ-42〉 항공기 기체 중정비 수리 및 인증 ····· 181
〈그림 Ⅲ-43〉 헬기 동력전달시스템 창정비 ····· 181
〈그림 Ⅲ-44〉 KAEMS 헬기 수리시설 ····· 182
〈그림 Ⅲ-45〉 항공기 엔진 MRO ····· 183
〈그림 Ⅲ-46〉 복합재 수리기술 ····· 184
〈그림 Ⅲ-47〉 헬기 동력전달 시스템 예시 ····· 185
〈그림 Ⅲ-48〉 수리온 배면물탱크 ····· 186
〈그림 Ⅲ-49〉 중정비 분야 국내 기술수준 ····· 186
〈그림 Ⅲ-50〉 중정비 분야 기술로드맵 ····· 187

# Contents

〈그림 Ⅲ-51〉 복합재 결함 검출 및 평가 기술 ····· 189
〈그림 Ⅲ-52〉 해외 항공기 Drone Inspection 사례 ····· 191
〈그림 Ⅲ-53〉 증강지능 AK studio B737 랜딩기어 정비 ····· 191
〈그림 Ⅲ-54〉 해외 VR 기반 항공기 정비훈련 사례 ····· 192
〈그림 Ⅲ-55〉 SAP Predictive Maintenance ····· 193
〈그림 Ⅲ-56〉 항공기 엔진 센서(좌), Rolls-Royce의 항공기 가용성 센터(우) ·· 193
〈그림 Ⅲ-57〉 비파괴 검사 방식별 시장 규모, 전망 ····· 194
〈그림 Ⅲ-58〉 복합재 수리 기술 ····· 196
〈그림 Ⅲ-59〉 검사/진단 정비 분야 국내 기술수준 ····· 197
〈그림 Ⅲ-60〉 검사/진단 정비 분야 기술로드맵 ····· 197
〈그림 Ⅲ-61〉 B737 P2F 개조 ····· 198
〈그림 Ⅲ-62〉 항공기별 탄소복합재 적용 현황 ····· 198
〈그림 Ⅲ-63〉 해외 항공기 인증 체계 ····· 199
〈그림 Ⅲ-64〉 항공기 화물 이송 PDU ····· 200
〈그림 Ⅲ-65〉 위성 방식의 기내 무선 네트워크 서비스 개념도 ····· 200
〈그림 Ⅲ-66〉 민항기 동체 설계 기술 ····· 202
〈그림 Ⅲ-67〉 인증의 종류와 대상 및 PMA 인증절차 ····· 203
〈그림 Ⅲ-68〉 항공기 캐빈 인테리어 제조 세계시장 전망 ····· 204
〈그림 Ⅲ-69〉 PDU 시험 장비(Cargo PDU test stand) ····· 205
〈그림 Ⅲ-70〉 개조/제작 분야 국내 기술수준 ····· 206
〈그림 Ⅲ-71〉 개조/제작 분야 기술로드맵 ····· 206
〈그림 Ⅲ-72〉 전기추진 eVTOL 항공기 종류 ····· 207
〈그림 Ⅲ-73〉 타 운송수단 대비 eVTOL의 배터리 특성 ····· 207
〈그림 Ⅲ-74〉 수소전기추진시스템 개념도 ····· 208
〈그림 Ⅲ-75〉 모바일 정비 교육 게임 프로그램 예시 ····· 209
〈그림 Ⅲ-76〉 수소취성 예시 ····· 210
〈그림 Ⅲ-77〉 eVTOL 전기모터 점검 예시 ····· 211
〈그림 Ⅲ-78〉 EV의 배터리 관리시스템 구성도 ····· 211
〈그림 Ⅲ-79〉 해외 수소추진항공기 관련 인증, 고장, 안전관련 과제 예시 ·· 212
〈그림 Ⅲ-80〉 가상공간에서의 엔진 시동 점검 예시 ····· 213
〈그림 Ⅲ-81〉 에어버스의 액체수소 가스터빈엔진 항공기 개념도 ····· 213
〈그림 Ⅲ-82〉 미래기술 분야 기술로드맵 ····· 214

공 란

# I

# 기획연구 배경 및 필요성

제1절 연구 정의
제2절 연구 배경 및 필요성

공 란

# Ⅰ. 기획연구 배경 및 필요성



## 제1절 연구 정의

### ❒ 항공산업 구분

○ 항공산업은 항공기 제조산업(항공기의 개발 및 생산활동), 항공 운송산업(항공기 이용 운송 활동), MRO 산업(항공정비, 개조·개량 산업)으로 구분

- MRO 산업은 항공운항을 위한 필수 산업으로 MRO 범위에 따라 운항사가 직접 정비업무를 수행하거나, OEM 또는 MRO 전문업체에서 수리/정비를 수행




〈그림 Ⅰ-1〉 항공산업 구성

출처 : 제3차 항공산업발전기본계획, 산업통상자원부, 2021, 재구성

〈표 Ⅰ-1〉 항공산업 구성 플레이어

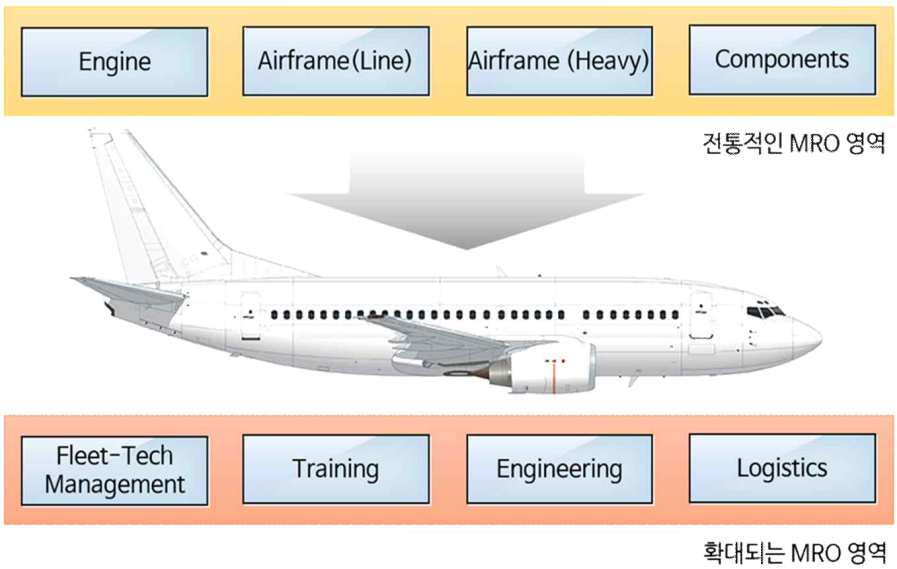
| 구 분 | 내 용 | 예 시 |
|---|---|---|
| 완제기 제작사 | 기체, 엔진, 부품을 제작/조립하여 항공기를 제작하는 업체 | Boeing, Airbus, Lockheed Martin, KAI 등 |
| 엔진 제작사 | 엔진을 제작하여 완제기 제작사에 공급, 엔진 MRO 서비스 수행 | GE, Rolls-Royce, P&W, Snecma, 한화에어로스페이스 등 |
| 부품 제작사 | 기계 부품, 전자 부품 등을 제작하여 완제기 제작사에 공급 | Raytheon, Thales, Spirit, 아스트, LIG넥스원 등 |
| MRO 사 | 기체 수리 및 정비 서비스 제공 | Lufthansa Technik, 대한항공, KAEMS, 샤프테크닉스 등 |
| 항공기 운항사 | 항공운송서비스 (여객, 화물) 제공 | 대한항공, 아시아나, FedEx 등 |

## ❒ 항공 MRO 개념 및 유형

❍ 항공 MRO 사업은 항공기의 안전운항과 성능향상 지원을 위한 정비(Maintenance), 수리(Repair), 분해조립(Overhaul)을 수행하는 사업으로서 정비분야는 운항정비, 기체정비, 엔진정비, 부품정비 등으로 구성됨

- (운항정비) 일상 경정비(엔진오일, 타이어, 소모품 교환 등)
  * (유형) 비행전후 점검, A 체크(350시간), B 체크(600시간) 등
  * 단순경정비로 자가정비 비율 높음
- (기체정비) 기체 안전성에 대한 정기 상세점검(동체, 날개, 배선, 객실 등)
  * (유형) C 체크(2,500시간, 1.5년 주기), D 체크(20,000시간, 5~8년 주기)
  * 정비시설, 노동력 등 대표적 장치산업으로 대규모 초기투자대비 수익 낮음
- (엔진정비) 엔진 안전성에 대한 정기 상세점검(압축기, 터빈 등)
  * (유형) OnWing, Overhaul 등 4,500~24,000시간 주기
  * 원제작사의 기술진입 장벽 및 시장점유율도 높아지는 추세
- (부품정비) 유압, 기계, 전기, 전자로 구성된 종합부분품 정비
  * (유형) 분해조립, 작동점검, 재생, 기능점검 등을 수시로 수행
  * 기체정비와 함께 One Stop 서비스 요구 증대/ 고부가가치 부품 증가로 고성장 전망

❍ 항공기의 수리/정비를 의미하는 항공 MRO는 산업적인 측면에서 개조 및 부품조달 등 제작분야를 포함하는 광의적 개념으로 확대되었고 이를 위한 엔지니어링, 교육, 부품제작 등을 포함하고 있음




**〈그림 Ⅰ-2〉 항공 MRO 개념 및 유형**

출처 : 기술집약형 항공정비산업 기술개발사업 기획, 국토교통과학기술진흥원, 2018

〈표 Ⅰ-2〉 항공기 정비의 정의

| 정 의 | 내 용 |
|---|---|
| 정비 (Maintenance) | 지속적인 감항성 보증을 위해 필요, 분해(Overhaul), 수리(Repair), 검사(Inspection), 교환(Replacement), 개조(Modification) 및 결함 수정(Defect rectification) 중 하나 또는 이들의 조합으로 이루어진 작업, 항공정비사 자격을 소지한 정비사의 확인을 받아야 항공기가 운항에 투입 가능 |
| 수리 (Repair) | 항공기 또는 부분품을 인가된 기준에 따라 사용 가능한 상태로 회복, 기체 구조부에 대한 강도 증가, 보완, 겹쳐잇기 및 기체 구조부 교환 시 리베팅(Riveting) 또는 용접 작업과 같은 조립작업 포함 |
| 개조 (Modification) | 인가된 기준에 맞게 항공기 또는 부분품을 변경, 항공기, 엔진, 프로펠러 및 부분품 등이 설계서(시방서)에 없는 항목을 변경, 항공기의 중량, 평형, 구조강도, 성능, 엔진 작동, 비행특성 및 기타 품질에 상당하게 작용하여 감항성에 영향을 주는 것 |
| 예방정비 (Preventive Maintenance) | 소형 부품만을 교환하는 작업 |
| 재생 (Rebuild) | 인가된 정비 방법, 기술 및 절차를 사용하여 항공기 부분품을 복원, 새 부품 혹은 새 부품의 공차와 한계에 일치하는 중고부품을 사용하여 부분품이 분해, 세척, 검사, 수리, 조립 및 시험 |

출처 : 4차 산업혁명 시대 글로벌 항공산업 활성화를 위한 탄소복합재 신뢰성 인증 및 R&D연계 표준화 전략, 2017

### ❒ 고부가가치 항공정비

○ 사전적 의미의 고부가가치는 '경제 생산 과정에서 새롭게 부가된 높은 가치'를 의미하며 고부가가치 산업은 '투자금액 대비 수익률이 높은 산업'을 의미함

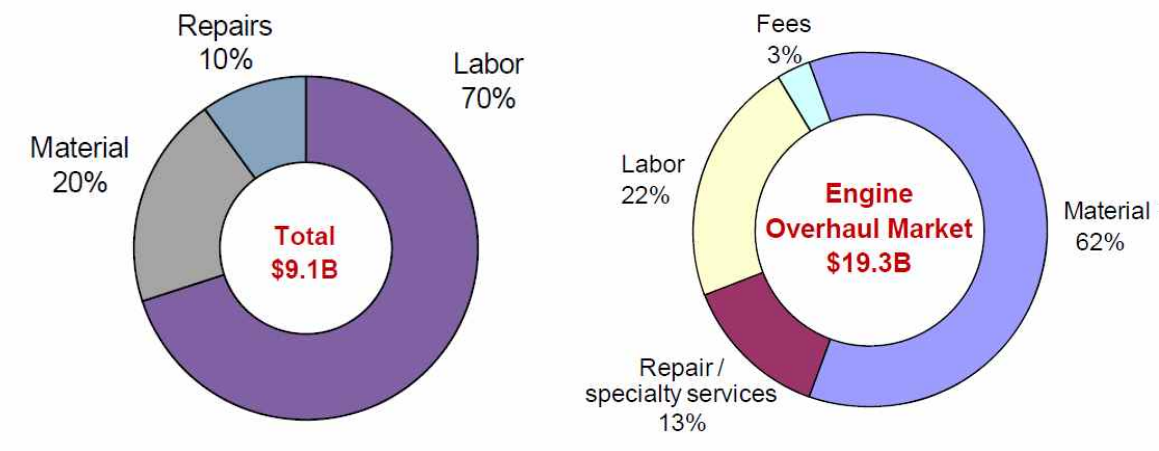
○ 국내의 항공산업 중 운송산업은 세계 10위권의 운송 강국이나 항공제조 및 MRO 산업은 선도국 대비 부족함

- 항공제조산업은 군 항공기 개발을 통해 발전해왔으며 특히 민수산업은 기체 구조물 제작 및 하청 생산을 위주로 산업이 형성됨
- MRO 산업은 대형운항사의 항공기 운항을 위한 정비수행을 위해 형성되어 있어 설계/제작과 같은 엔지니어링 역량은 부족함

○ 그림 Ⅰ-3과 같이 MRO 산업에서의 엔진 및 부품 정비 분야는 인건비(약 20%) 대비 정비, 부품비용(약 70%)이 높으며 경쟁국 대비 인건비가 높은 국내 상황에서 투자를 통한 수익 창출 효과가 높은 분야임

- 다만 엔진 및 부품 정비는 OEM의 시장 지배력이 강화되고 있는 분야이며, 정비를 위한 시설, 장비 등 초기 인프라 구축 비용이 높음
- 기체정비는 인건비 비중이 70% 이상으로 노동집약적임

※ 운항정비와 기체정비는 다른 정비 분야 대비 진입이 쉽고 초기 투자비용이 크지 않으나 노동 집약적인 산업으로 인건비가 저렴한 중국 및 동남아시아를 중심으로 주요 업체들이 시장을 점유하고 있음




**〈그림 Ⅰ-3〉 기제 중정비 비용(좌), 엔진 오버홀 비용(우) 구조**

출처 : Global MRO Market Economy Assessment, Aerostategy, 2009

❍ 현 MRO 시장 구조는 과거 항공사와 OEM 중심의 구조에서 OEM 및 OEM과 연계된 MRO 업체의 시장 지배력이 높아지고 있음

- OEM 종속적인 기술 분야는 협력관계 구축을 통해 기술 획득 및 시장 진출이 필요하며, 국내 기술 확보 및 산업 구축이 가능한 부분에 대한 육성이 필요

❍ 본 연구에서는 항공정비산업 육성을 고부가가치로 정의하고 이를 위한 연구를 수행함

## 제2절 연구 배경 및 필요성

### ❒ 항공 MRO 산업의 중요성

❍ 항공 여객 운송 및 화물 수송 소요 증가로 항공기 시장은 지속적으로 성장하고 있으며, 이에 따른 항공 MRO 시장 역시 성장할 것으로 전망됨

※ Ⅱ. 국내외 항공 MRO 산업 현황 및 전망 참조

❍ 항공 MRO 산업은 항공기 운항 안전을 위한 필수 산업이며, 항공기 제조산업 및 항공 운송산업과 밀접하게 연관되어 있어 항공산업 육성을 위해 항공 MRO에 대한 중요성이 높아지고 있음

- 자가 정비 체계를 보유한 대형 운항사(FSC*)와는 달리 저비용항공사(LCC**)는 기체, 엔진, 부품 등 대부분의 정비를 해외에 의존하고 있으며, 특히 LCC는 수리용 예비 비품 확보가 FSC보다 적어 항공기 결함 발생 시 정비 지연 등 항공기 정시, 안전 운항에 지장을 주고 있음

* FSC : Full Service Carrier

** LCC : Low Cost Carrier

❍ 항공 MRO 산업은 국내외 민수 분야 항공운송산업의 발전과 더불어 군용기의 지속적인 수요 증가에 따라 향후 발전 잠재력이 높아 향후 고성장 고부가가치 산업으로 성장할 가능성이 큼

- 국내 민수시장은 여객 수요 증가와 저비용항공사(LCC) 성장에 의한 공급력 향상 및 주요 국적 항공사의 운항경쟁력 향상에 따라 여객기 운용 대수가 지속적으로 증가할 것으로 전망됨
- 군수 부문 또한 대북한 위협에 따른 대응을 위해 공군뿐만 아니라 육군, 해군 등에서의 지속적인 군용기 수요에 따라 항공 MRO 수요가 지속될 것으로 예상됨

❍ MRO 산업은 국가 차원의 수출 유망 산업이자 우리나라 항공 분야의 새로운 성장 동력으로 발전할 수 있는 잠재력이 있는 산업임

- 항공 MRO 산업은 항공기 전반에 대하여 보수·유지와 수리·개조하는 제조업 관련 노동집약적 서비스업으로, 최근 들어 새로운 고용 창출원으로서 동 산업에 대한 중요성이 증대되고 있음
- 또한, 국내 항공 MRO 산업의 주력 목표시장인 아·태 지역의 항공 MRO 시장이 세계에서 가장 큰 폭으로 성장하고 있어 국내 MRO 경쟁력 향상을 통해 국부 유출 방지 및 외화 획득이 가능함

## ❒ 항공 MRO 육성 필요성

○ 항공정비 산업 중 운항정비와 기체정비는 다른 정비 분야 대비 진입이 쉽고 초기 투자비용이 크지 않으나 노동집약적인 산업으로 인건비가 저렴한 중국 및 동남아시아를 중심으로 주요 업체들이 시장을 점유하고 있음

- 대형 운항사의 경우 자금력을 바탕으로 운항정비 및 기체 정비를 자체적으로 수행하고 있으며, 저비용항공사의 경우 운항정비는 자체 수행하고 기체정비는 주변의 MRO 전문업체를 통해 수행하고 있음

○ 국내 항공정비 산업은 대형 운항사에서 항공기 정비를 위한 기반을 구축하면서 시작되었으며, 국내 운송시장 성장과 함께 정비 시장의 규모 역시 확대됨

- 2000년대 국내 저비용항공사의 설립과 함께 관련 산업 역시 큰 폭으로 확대됨

○ 대부분의 국내 항공 운항사들은 해외에 항공기 및 엔진 정비를 의뢰하여 정비 외주비용에 따른 외화 유출이 불가피한 실정임

○ 과거 운항사 중심으로 정비가 수행되었으나, 독립 MRO 업체의 등장으로 보다 전문적인 정비기술이 도입되었으며 현재는 표 I-3과 같이 OEM이 독점적 정비 네트워크를 통해 에프터마켓과 항공정비 시장에서의 지배력을 높이고 있음

- OEM과 대형 MRO 전문업체의 시장 지배강화는 기반이 약한 국내 운항사의 정비비용 증가로 이어지며 항공산업의 성장을 저해하는 위험요소임

○ 독과점 지위를 가진 OEM과는 파트너 또는 합작사 설립을 통한 정비기술 확보가 필요하며, 국내 수요를 기반으로 경쟁력이 있는 분야는 국내 개발 및 인증을 통한 정비기술 개발이 필요함

**〈표 Ⅰ-3〉 PW의 PW1100G MRO 네트워크**

| 국 가 | 업 체 | 국 가 | 업 체 |
|---|---|---|---|
| 미국 | Pratt & Whitney | 일본 | IHI (Ishikawajima-Harima Heavy Industries) |
| | CEC (Columbus Engine Center) | | MHI (Mitsubishi Heavy Industries) |
| | DTO (Delta TechOps) | 인도 | AIESL (Air India Engineering Services Limited) |
| 독일 | MTU Aero Engines | 싱가포르 | ESA (Eagle Services ASIA) |
| | LHT (Lufthansa Technik) | 중국 | AMECO (Aircraft Maintenance & Engineering Corporation) |
| 폴란드 | EME Aero | | |

출처: Pratt & Whitney 홈페이지, 재구성

# II

# 국내·외 산업 현황 및 환경분석

제1절 국내외 정책동향 분석
제2절 국내외 시장 동향 분석
제3절 국내외 항공 MRO 기술개발 동향
제4절 국내 인프라 환경
제5절 국내 항공정비산업 SWOT 분석 및 시사점

# 공 란

# Ⅱ. 국내외 산업 현황 및 환경 분석

## 제1절 국내외 정책동향 분석

### 1. 국내 항공정비산업 육성 정책

### 1.1. 국토교통부

#### ❒ 항공정비(MRO) 산업 경쟁력 강화 방안(2021.8.12.)

○ 국내 MRO 물량 확대 지원

- 해외 외주정비 국내 유턴 지원을 위한 인센티브 도입, 상시적 지원체계 구축
- 군 정비 민간참여 확대, 부품국산화 등을 통한 군 정비물량 민수전환 확대
- 국산헬기 공공구매 확대, 헬기 구매환경 개선 추진

| 수리온 | | 소형민수헬기(LCH) | |
|---|---|---|---|
|  | - 이륙중량:8,709Kg<br>- 항속거리: 680Km(3H)<br>- 순항속도: 287Km/h<br>- 운용고도: 3,048M |  | - 이륙중량: 4,920Kg<br>- 항속거리: 759Km(3H)<br>- 순항속도: 265Km/h<br>- 운용고도: 4,000M |

〈그림 Ⅱ-1〉 국산 헬기 예시

○ 가격 경쟁력 확보

- 항공(가공)부품 수입 관세 부담 완화, 싱가포르 수입 가공품 관세 면제
- 국산부품 상용화 인증 지원, 국내업체간 부품 공동사용 활성화
- 항공산업발전조합 설립을 통해 MRO 업체 투자·융자 등 금융지원

< 부품 국산화 국내인증 예시(기내 컵홀더) >

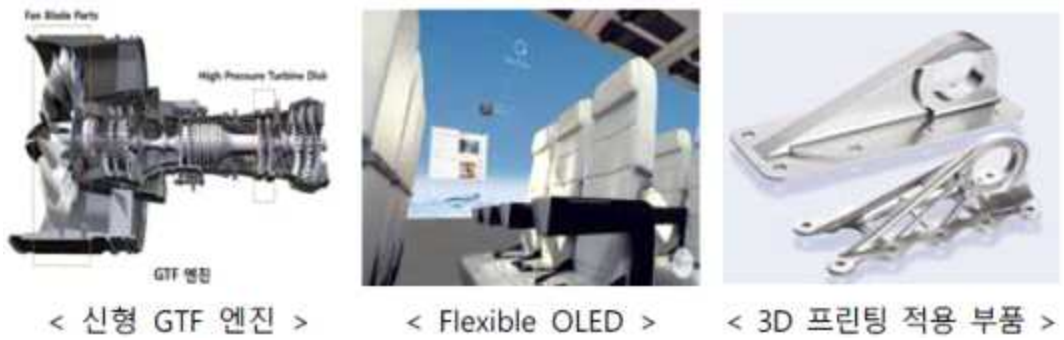
◆ (사례) A항공사는 **해외 B제작사**로부터 기내 컵홀더를 개당 **100불**에 구매해왔으나 부품제작자증명을 받은 **국내 C업체**로부터 동일한 규격과 품질의 컵홀더를 **약 28불**에 구매 가능

◆ (효과) 저렴한 국산부품 사용으로 A항공사는 연간 27만불의 **부품구매 비용**을 **절감**할 수 있으며, C업체는 자체 개발한 부품의 안정적인 판로확보

〈그림 Ⅱ-2〉 부품 국산화 예시

○ 항공정비 기술역량 강화

- MRO 기술로드맵을 마련(`22.上)하여 파급력이 큰 핵심기술부터 우선 투자
- “부품개발-인증”을 연계한 다부처 협업 R&D로 개발부품 상용화 강화
- 해외 정비기술 획득을 위해 국제공동개발사업 참여시 R&D 우선 지원
- 인스펙션 드론, AI 딥러닝 기술을 접목한 첨단 정비방식 도입




〈그림 Ⅱ-3〉 MRO 핵심기술 예시

○ MRO산업 성장기반 강화

- MRO 클러스터 지역별 특화분야 육성 지원
- 정비분야 한-미 항공안전협정(BASA) 체결, 인증인프라 구축
- 기초 정비인력 지속 양성, 항공기 기종특화교육 등 현장연계 교육 확대



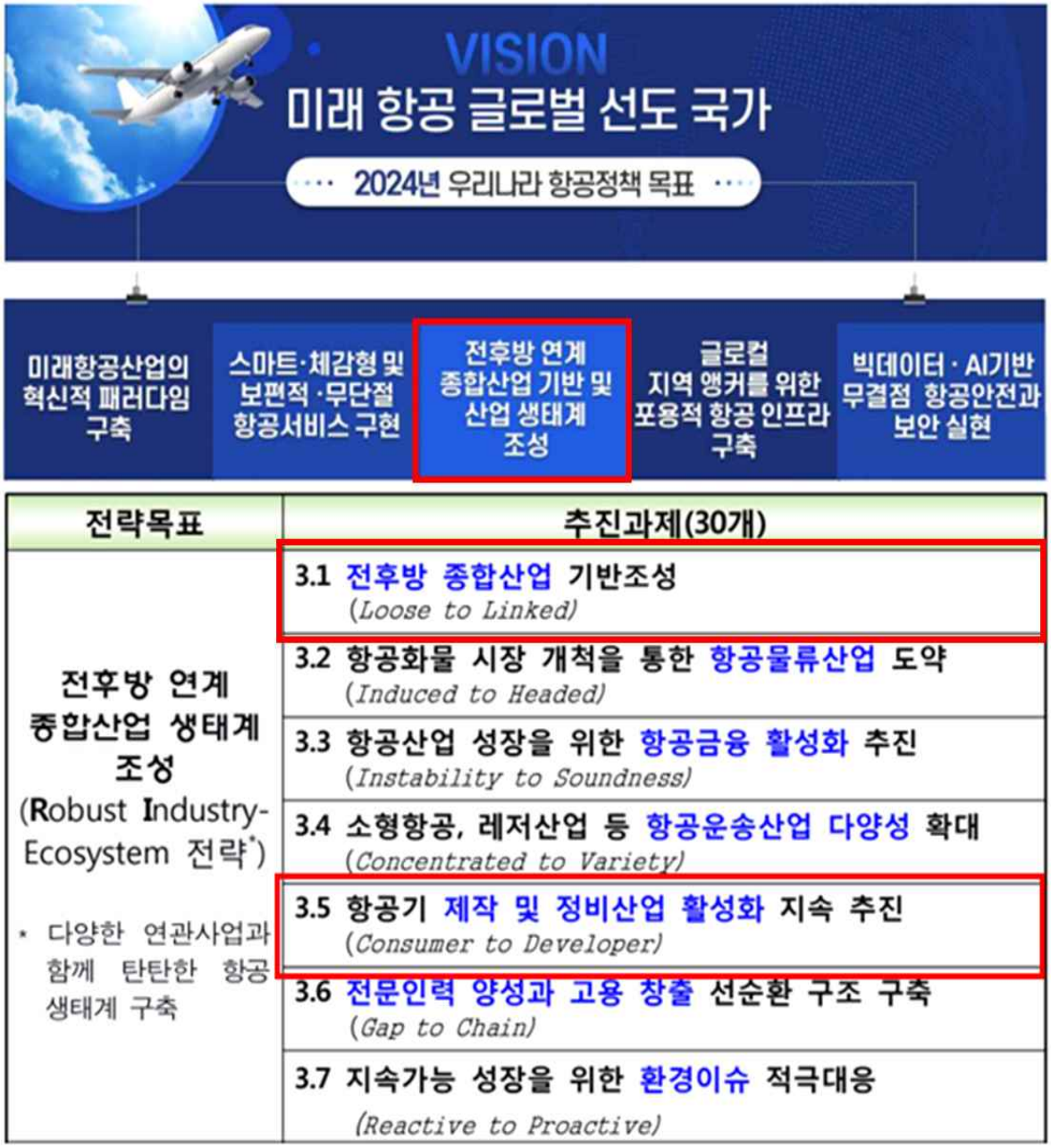

〈그림 Ⅱ-4〉 국가 비행종합시험장 개요

○ 기대효과

- 국내 MRO 처리규모 2020년 0.7조원 ➔ 2030년 5조원
- 국내 정비율 2020년 44% ➔ 2025년 70% 이상
- 국내 MRO 기술수준 2030년까지 선진국의 90%로 향상

## ❒ 항공정책기본계획(2020~2024)

○ 『글로벌 항공강국 실현』을 비전으로 5대 전략 및 30개 핵심 추진과제 제시




**〈그림 Ⅱ-5〉 5대 전략 중 「전후방 연계 종합산업 생태계 조성」 전략 목표**

출처 : 항공정책기본계획, 국토교통부, 2019

○ (추진과제 3.1) 전후방 종합산업 기반조성

- 글로벌 환경변화에 따른 불확실성 증대에 대비하고, 치열해지는 항공시장에서 생존하기 위해, 항공산업생태계 선순환 기반 조성




**〈그림 II-6〉 항공산업 생태계 예시**

출처 : 항공정책기본계획, 국토교통부, 2019

○ (추진과제 3.5) 항공기 제작 및 정비산업 활성화 지속 추진

- 미래형 항공기, 부품 신기술 및 인증기술 개발
  - 그동안 축적한 헬기 개발기술을 활용하여 회전익항공기(Part 27, Part 29) 설계· 제작 개발과 인증을 수행하고 국제인증체계 구축(`21~)
  - 중소기업 중심으로 항공기 계통별 부품(브레이크, 항전장비, 스마트 캐빈 등) 설계·제작·개조·수리 및 인증기술개발(`21~)
  - 항공기 안전운항과 산업육성을 위한 정비, 수리, 분해조립 기술 등 항공기 정비(MRO) 기술 개발하고, 항공운항 안전에 필요한 공용 항공 정비 시설과 장비센터 구축 추진(`20~)

※ 외국항공사, LCC 등이 항공정비에 필요한 시설과 장비가 부족하지 않게 공유경제 형태의 공용정비장비센터 구축으로 항공운송안전 확보

  - 선택과 집중을 통해 우리가 강점을 가지고 있는 부품사업 육성 및 인증하고, 우리 MRO 산업 활성화를 위해 해외 엔진업체 적극 유치

- 항공산업(제작·인증) 국제인증을 위한 정책 지원
  - 국내 항공기, 부품 제작산업 활성화를 위한 국내 인증 및 해외수출 지원

※ 국내 기술로 개발이 용이하고, 항공사의 수요와 일치하는 화물용 컨테이너 등에 대한 인증(기술표준품 형식승인)을 지원하고 항공안전 협정에 따라 미국인증 획득 지원(`20~)

※ 에어버스 EC155B1 헬기 제작공장 국내 유치 관련 상호협력을 위한 EU 등 외국 인증당국 간 업무약정 등 확대 추진(`20~)

• 성과기반 시스템을 구축하여 개발 초기 단계부터 보증하고, 위험관리를 하는, 인증 성능기반 체계로 고도화

※ 항공기 성능(고속, 저속 등)과 승객 좌석 수(1, 6, 9, 19석)에 따른 성능 기반 인증 제도에 따라 국산 2인승 비행기 인증 추진(`20~)

- 경쟁우위 분야 중심 집중지원과 시장 확대

• 항공정비산업(MRO)의 국제경쟁력과 산업규모 확대를 위한 산업 클러스터 조성

※ 추가 항공정비산업 사업 추진에 대한 타당성 결과 검토에 따른 확대 추진(~`24)

※ 제작사-정비업체 간 제휴 및 합작법인을 통한 제작사 유치 및 공동개발사업 지원

※ 유관부처 및 지자체와 협력하여 MRO 전문기업에 대한 관세감면 등 세제지원 협의(~`24)




**〈그림 II-7〉 항공정책기본계획, 항공기 제작 및 정비산업 활성화 지속 추진**

출처 : 항공정책기본계획, 국토교통부, 2019

### ❒ 항공산업 경쟁력 강화방안(2019.12.19.)

○ 강화방안 3-1. 선택과 집중을 통한 MRO 산업 육성 및 LCC 정비 지원

- (역할분담) 사천공항은 중정비(2주~1개월), 김포공항은 LCC 경정비(1~2일), 인천공항은 해외복합 MRO업체 유치(화물기 개조, 엔진업체 등)
- (정비역량 강화) 기술력을 확보해 국제인증(FAA)을 취득*한 신설 MRO업체의 정비물량 확대('19년 국내 2개사 4대 → '20년 외항사 등 20여대)

* 기체 중정비: 한국항공서비스(사천 KAEMS, '19.9 FAA인증), 샤프테크닉(인천, '18.8 FAA인증)

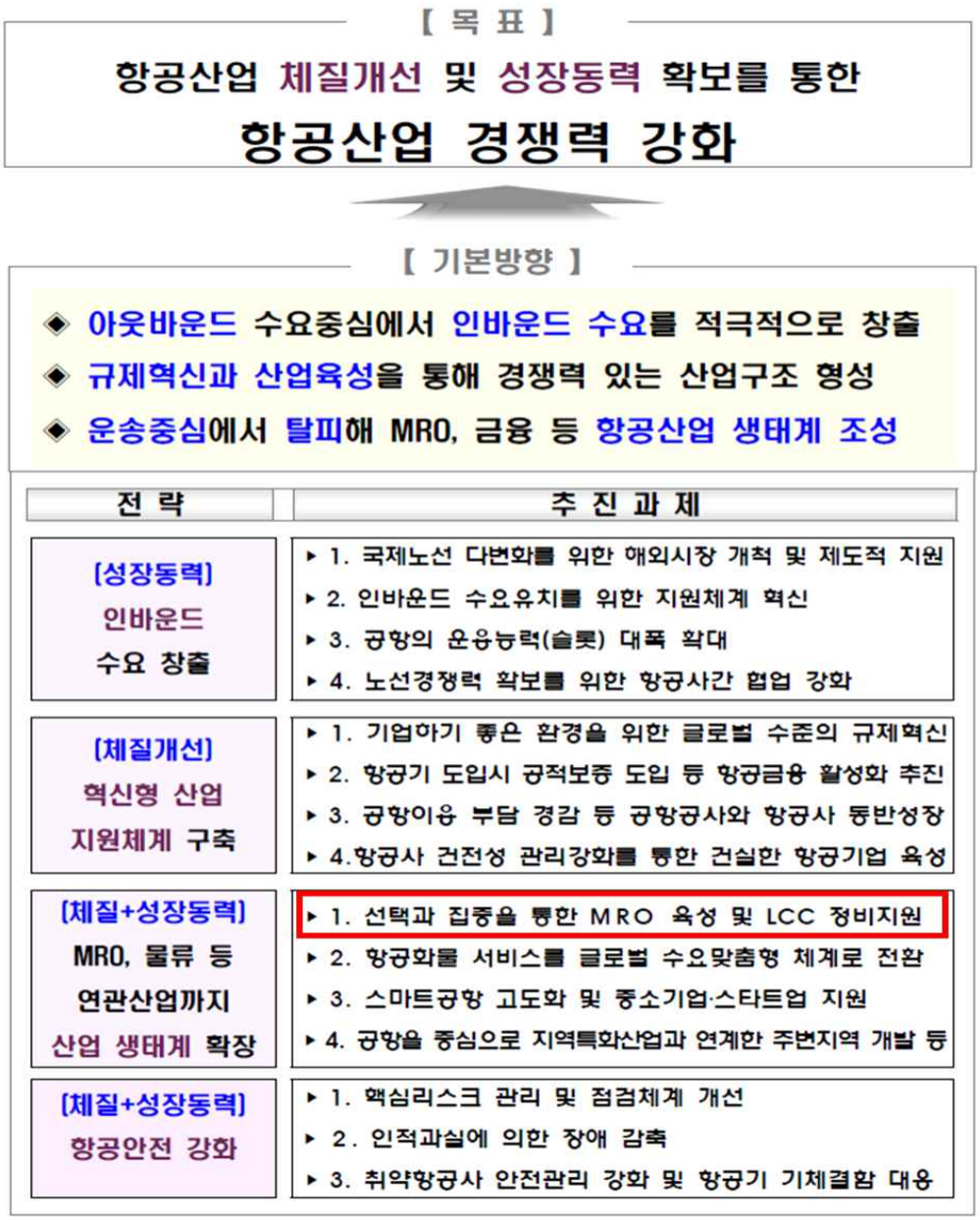
- (기술확보) 방사청 무기체계 도입사업과 연계해 절충교역을 통한 항공 MRO 능력 등에 대한 기술확보 추진(방사청 협조)

  * 방위사업청 절충교역 지침 개정('19.12.16)

- (LCC 정비지원) 별도의 경정비 시설(1~2일 소요)이 없어 신속한 정비의 어려움을 겪는 LCC에 김포공항內 자가용항공기 격납고* 활용 지원

  * 최근 3년간 김포 자가용항공기 격납고 평균 이용률 5.5%(50건)에 불과

  • 사천 한국항공서비스·보잉사 등과 연계해 항공기 주요부품을 김포공항 공용격납고에 보관하는 시스템을 구축하는 등 신속한 부품확보도 지원




**〈그림 II-8〉「항공산업 경쟁력 강화 방안」 정책 추진방향**

출처 : 항공산업 경쟁력 강화 방안, 국토교통부, 2019

### ❒ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

○ 전략2-3. 기존 수송시스템 혁신기술 도입

- (철도·항공 전략산업화) 항공기 엔진·부품·장비품 인증 및 수리기술 개발과 중형기 등 설계·제작 인증 추진
  - • (항공제작) 헬기, 중형항공기 등에 대한 설계·제작 인증 기술을 개발하고 국제 항공안전 협정 체결을 통한 항공기 수출 시장 개척

※ 터보팬 엔진, 비행자료기록장치, 보조동력장치, 좌석, 시뮬레이터 등 항공기 엔진·장비품·부품에 대한 설계·제작 인증기술 개발

  - • (항공정비) 항공정비산업 육성을 통한 일자리 창출을 위해 항공기 기체·부품·엔진에 대한 수리·개조 및 인증기술 개발

※ 객실 개조, 착륙장치, 엔진 등 수리기술을 국산화하고 선진국과 항공안전협정 체결 등을 통해 국제경쟁력을 갖춘 항공정비체계 구축

※ 가상 · 증강 현실 기반 시뮬레이터 및 교육시스템 개발 등을 통해 고급 정비인력 양성 기반 마련



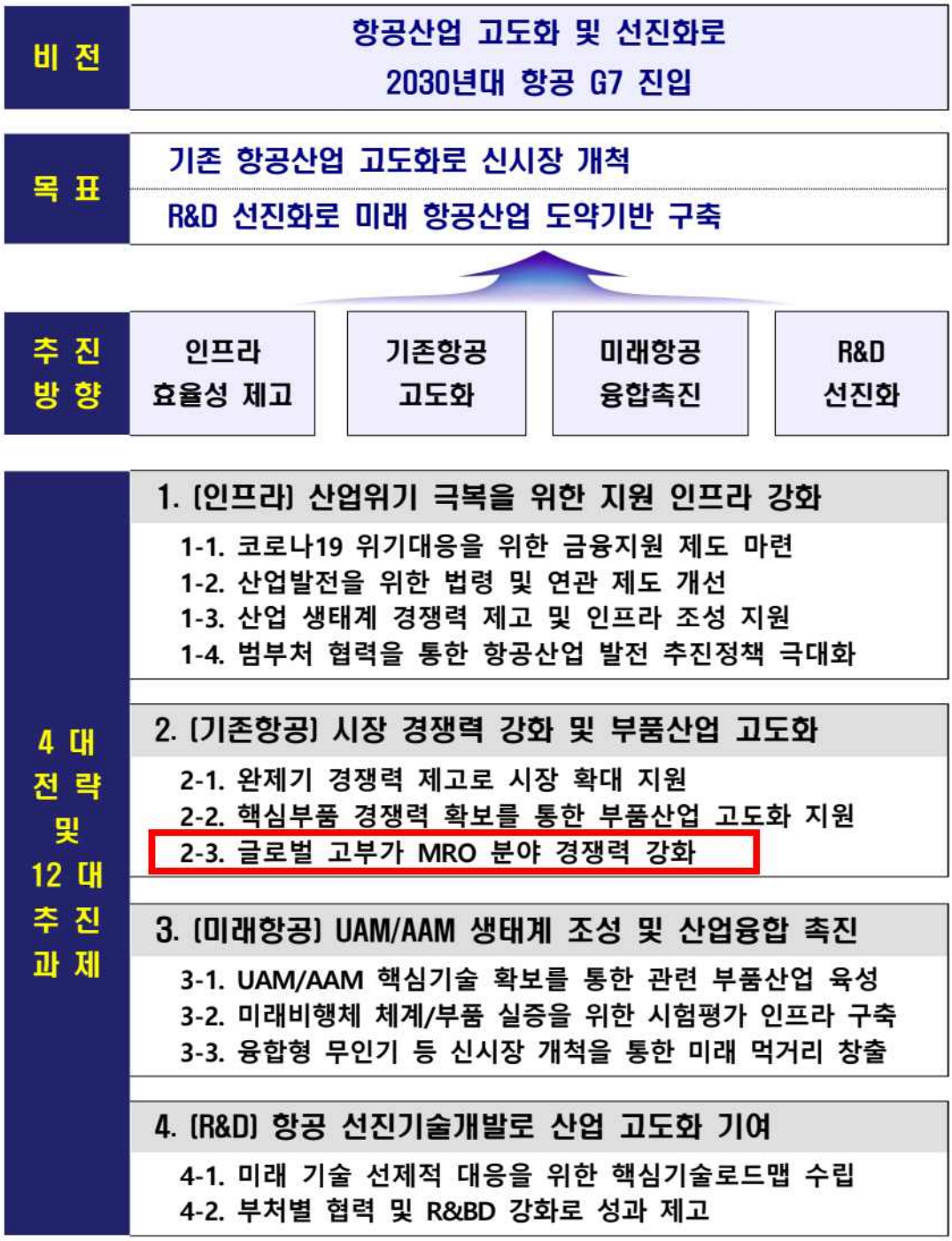

〈그림 II-9〉 기술전략 트리

출처 : 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027), 국토교통부

## 1.2. 산업통상자원부

### ❒ 항공산업발전 기본계획(2021~2030)

○ 항공산업을 합리적으로 지원·육성하기 위해 수립되는 10년 단위의 장기적이고 종합적인 기본계획




〈그림 II-10〉 항공산업발전 기본계획 비전 및 추진전략

출처 : 항공산업발전 기본계획(2021-2030), 산업통산자원부

○ (MRO 고도화) 기체 정비 위주의 저부가가치 MRO에서 탈피, 엔진/항공기 개조 등 고부가가치 기술집약형 산업으로 육성

- 민/군 물량 통합 및 지자체 MRO 기반 클러스터 연계로 해외 기술협력 및 수출 산업화 생태계 구축




〈그림 II-11〉 MRO 엔지니어링 분야 확장

출처 : 항공산업발전 기본계획(2021-2030), 산업통산자원부

〈표 II-1〉 세부 추진 전략

| 추진 전략 | 내 용 |
|---|---|
| 기술집약형 MRO산업 육성 | ■ 고부가가치 정비부품 수리 및 개조사업 역량 강화를 위한 R&D 지원<br>■ 군 운용기종 성능개량 역량 강화로 군 완제기 개조·개량 시장 진출<br>■ 여객기의 화물기 개조 시장 진출을 위한 인프라 구축 및 국내 부품산업과 연계한 항공기 개조개발 시장 진출 지원 |
| MRO 산업기반 구축 및 수출산업화 | ■ 군 MRO 물량의 민간위탁 확대로 군 창정비 효율성 제고 및 국방예산 절감과 정비물량 통합으로 규모의 경제 확보<br>■ 지역 클러스터 사업연계 인프라 구축을 통한 산업경쟁력 강화로 해외 물량 국내 유치 확대 등 MRO 수출산업화 추진<br>■ 해외 의존도가 높은 정비품목을 국내 MRO 전문업체에 위탁 |
| 국외기업과 JV 추진 | ■ 해외 OEM과 기술협력이 필요한 엔진 등 핵심 구성품의 공동사업 추진을 위한 절충교역 연계 지원 |

출처 : 항공산업발전 기본계획(2021-2030), 산업통산자원부

## 1.3. 과학기술정보통신부

### ❒ 2022년도 국가연구개발 투자방향 및 기준

○ 주요 정책목표

- (항공산업 경쟁력 강화) 항공산업 활력 제고 및 미래항공교통 실현
  - 고부가가치 유망분야를 중심으로 항공부품산업의 글로벌 공급망 진출 확대 등 산업 활력을 제고하고 경쟁력을 강화

○ 투자 현황 및 시사점

- (낮은 항공산업 경쟁력) 항공 신산업 창출을 위한 투자가 확대 중이나, 기술혁신과 경쟁력 확보를 위한 기술 축적이 다소 미흡

- (현황) R&D투자 규모는 증가 중이나, 타 제조업 대비 산업경쟁력이 낮고 시장침체 가중으로 민간 주도의 혁신성장에는 다소 한계

※ 항공 분야 정부/민간 R&D 투자규모 추이(억원) : 3,783('16) → 4,101('17) → 4,111('18)

※ 국내기업 세계시장 점유율('18) : 반도체(24%), 자동차(7.4%), 선박(44.2%), 항공(~1%)

- (시사점) 도심항공교통 등 신산업 육성을 위한 기술 혁신과 제도·기반확충 가속화 및 항공부품산업 경쟁력 강화를 위한 전략적 지원 필요

❍ 2022년도 투자방향

- (항공산업 활력 제고) 항공산업의 경쟁력과 활력 제고를 위해 항공 안전·산업 기반을 고도화하고, 유망 분야 중심의 전략적 지원 확대

- (항공기반) 항공교통체계 및 안전·보안기술 고도화, 인증기술 확보 및 국제 상호인증체계 구축 등 항공 안전·산업 기반을 지속 확충
- (항공산업) 고부가가치 유망 분야 및 수요연계 중심의 항공부품 전략적 지원으로 글로벌 공급망 참여 확대 등 산업 활성화 유도

※ 항공전자, 스마트 캐빈 등 경쟁력 확보 가능 분야 발굴, 항공업계 수요 연계 유도

## 2. 국내 항공정비 연구개발 투자 현황

### 2.1. 2018년 항공기 장비품·부품 등 제작·정비 인증기술개발 사업

#### ❒ 항공정비조직인증(AMO) 국제 상호인정협정을 위한 인증체계 개발 및 시범인증

○ (사업 목적) 국내 항공정비조직인증(AMO) 절차를 미국 · 유럽 등 항공선진국 수준으로 고도화하고, 항공기 착륙장치 및 윙렛 기술개발(2세부. 3세부)과제와 연계하여 인증체계 시험검증*

* 시험검증 :【1단계】시범사업 연계 해외정비조직인증(AMO) 수검
【2단계】전문컨설팅 기관 활용 BASA-MIP절차 사전 검증

#### ❒ 항공기 착륙장치 수리공정기술 개발

○ (사업 목적) 737급 민수용 항공기 착륙장치에 대한 창정비(overhaul)를 위한 수리공정 기술을 개발하고, 시공정 · 작동시험을 통해 품질보증체계 구축

#### ❒ 항공기 윙렛 복합재 수리공정기술 개발

○ (사업 목적) 항공기 윙렛 중대결함 패치수리 기술 및 자동 스카핑 수리장치 개발

| 연번 | 과제명 | 총 연구기간 | 총 정부출연금 (백만원) |
|---|---|---|---|
| 1 | (1세부) 항공정비조직인증(AMO) 국제 상호인정협정을 위한 인증체계 개발 및 시범인증 | 2018.4~2022.12 (57개월) | 9,564이내 |
| 2 | (2세부) 항공기 착륙장치 수리공정기술 개발 | 2018.4~2022.12 (57개월) | 9,564이내 |
| 3 | (3세부) 항공기 윙렛 복합재 수리공정기술 개발 | 2018.4~2022.12 (57개월) | 8,416이내 |

## 2.2. 2021년 항공기 개조 인증기술개발사업

### ❒ 고정익 항공기 장비품/부품 개조설계 및 적합성 입증체계 개발

○ (사업 목적) 항공기를 구성하는 신규 장비품/부품 장착을 위한 항공기 개조 기술과 이에 대한 안전성 입증기술을 개발을 목적으로 하고 있으며, 이를 통해서 인증기관의 인증기술 개발을 지원하고 부가형식증명 신청자의 적합성 입증을 지원

### ❒ 고정익 항공기 금속 브레이크 패드 인증(PMA)기술개발

○ (사업 목적) 브레이크 패드 등 기계류 개조부품인증(부품제작자증명, PMA) 인증기반 구축을 위해 국가 또는 민간 개발 사업과 연계하여 시험평가·인증절차 개발에 따라 국내 부품제작자증명(PMA) 인증획득 및 국외 PMA 인증기반 연구

### ❒ 고정익 항공기 승객용 좌석 인증(TSO/STC)기술개발

○ (사업 목적) 수송급 항공기용 좌석 등 기계류 장비품 인증(TSO) 및 개조장착(STC)에 대한 인증기반 구축을 위해 국가 또는 민간 개발하는 사업과 연계하여 시험평가·인증절차 개발 및 국내·외 인증획득

### ❒ 고정익 항공기 대형 OLED디스플레이 시스템 인증(STC) 기술개발

○ (사업 목적) 고정익 항공기 승객용 대형 OLED디스플레이 시스템 등 전자류 부품에 대한 개조인증(부가형식증명, STC) 인증역량 강화를 위해 국가 또는 민간 개발 사업과 연계하여 시험평가·인증절차 개발 및 국내·외 인증획득

| 연번 | 연구개발과제명 | 총 연구개발기간 | 총 정부출연금 (백만원) |
|---|---|---|---|
| 1 | 고정익 항공기 장비품/부품 개조설계 및 적합성 입증체계 개발 | '21.04~'25.12, 57개월 | 15,102 이내 |
| 2 | 고정익 항공기 금속 브레이크 패드 인증(PMA)기술개발 | '21.04~'25.12, 57개월 | 3,120 이내 |
| 3 | 고정익 항공기 승객용 좌석 인증(TSO/STC)기술개발 | '21.04~'25.12, 57개월 | 2,866 이내 |
| 4 | 고정익 항공기 대형 OLED디스플레이 시스템 인증(STC) 기술개발 | '21.04~'25.12, 57개월 | 3,883 이내 |

## 2.3. 항공안전기술개발사업

### ❒ 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술 개발

○ (사업 목적) 국내 정비기술·인프라 부족으로 해외에 의존하고 있는 항공기용 가스터빈 엔진 주요부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술(수리방법, 응력제거, 열처리, 표면처리, 코팅, 시험검사 등) 개발 및 인증 획득

* 팬, 저압/고압 압축기, 연소실, 고압.저압 터빈, 터빈가스 배기 부품

| 연번 | 연구개발과제명 | 총 연구개발기간 | 총 정부출연금 (백만원) |
|---|---|---|---|
| 1 | 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술 개발 | '14.12~'17.12 | 10,000백만원 이내 |

## 2.4. 항공 선진화 사업

### ❒ 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술개발

○ (사업 목적) 民/軍에서 공동 활용이 가능한 중대형 항공기급의 카본 브레이크 디스크의 재생 기술과 관련 시험 장비를 국산화 개발하고 공인기관으로부터 개발 기술에 대한 안전성 인증도 획득 추진

| 연번 | 연구개발과제명 | 총 연구개발기간 | 총 정부출연금 |
|---|---|---|---|
| 1 | 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술개발 | 2011년 ~ 2015년 | 18억원 이내 |

**〈표 II-2〉 국내 항공정비 연구개발 투자 현황 (최근 5년)**

| 부처 | 과제명 | 주관기관 | 기간 |
|---|---|---|---|
| 국토부 | ■ 2018년 항공기 장비품·부품 등 제작·정비 인증기술개발 사업 | | |
| | 항공정비조직인증(AMO) 국제 상호협정을 위한 인증체계 개발 및 시범 인증 | 항공안전기술원 | '18-'22 |
| | 항공기 착륙장치 수리공정기술 개발 | 이엠코리아 | |
| | 항공기 윙렛 복합재 수리공정기술 개발 | ANH스트럭쳐 | |
| | ■ 항공기 개조 인증기술개발사업 | | |
| | 고정익 항공기 장비품/부품개조설계 및 적합성 입증체계 개발 | n/a | '21-'25 |
| | 고정익 항공기 금속 브레이크 패드 인증(PMA) 기술 개발 | | |
| | 고정익 항공기 승객용 좌석 인증(TSO/STC) 기술 개발 | | |
| | 고정익 항공기 대형 OLED 디스플레이 시스템인증(STC) 기술 개발 | | |
| | ■ 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열·마모 수리를 위한 핵심정비기술 개발 | 대한항공 | '14-'17 |
| | ■ 항공기 제동장치 정비, 시험 인프라 기술개발 | 데크카본 | '11-'15 |

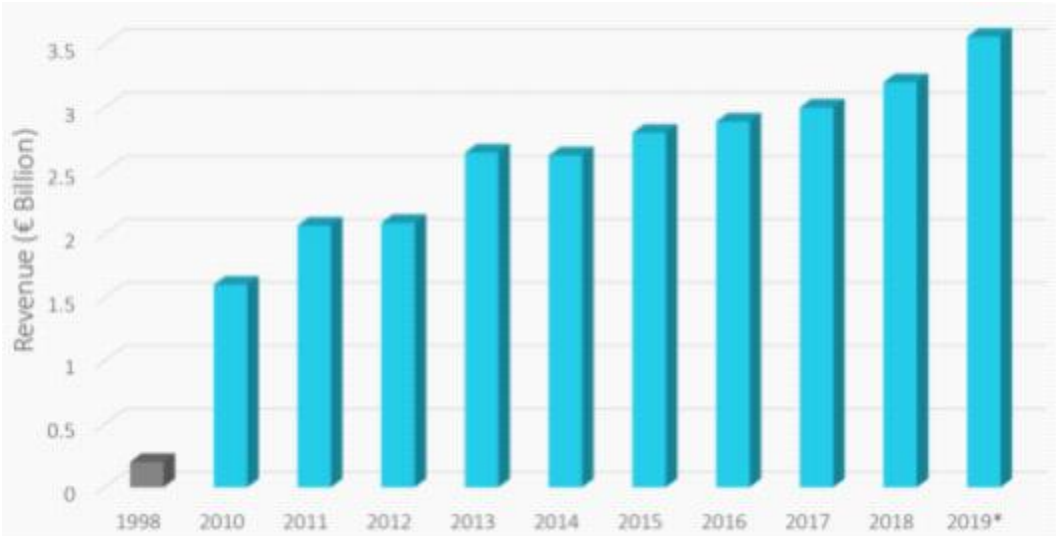
# 3. 국외 주요 국가 항공 MRO 정책 및 산업 분석

## 3.1. 말레이시아

### ❒ 항공 산업 규모

○ 말레이시아의 항공산업은 국영 대형 항공사(FSC), 저가 항공사, 유지·보수 서비스(MRO), 공항 운영 서비스 및 인프라 개발 등으로 산업 다양화가 이루어짐

- 항공산업 규모는 2014년 기준 말레이시아 전체 GDP의 약 3.3%(49억 달러) 규모의 부가 가치를 창출한 것으로 나타남(자료원 : Oxford Economics)
- 2019년 말레이시아 항공우주 기업의 총 매출액은 약 40억 달러로 이는 2010년 17억 달러 대비 10년 사이에 두 배 이상 증가함




**〈그림 II-12〉 말레이시아 항공우주산업 매출액**

* '19년 매출액은 추정치임

출처 : Aerospace trade mission 2020 - Malaysia, 2019

### ❒ 항공기 및 항공부품 수요동향·전망

○ 대규모 항공기·부품 소싱

- 말레이시아는 중국과 인도에 이어 아태평양 지역 내 세 번째로 큰 규모의 시장으로서 2019년 총 727대에 달하는 항공기를 발주
  * 총 발주 규모는 에어아시아(592대), 에어아시아X(96대), 말레이시아항공(39대)
- 에어버스는 말레이시아 여객기 공급 선두 주자로서, 그 소싱 활동 가치는 2023년까지 연간 550백만 달러에 달할 것으로 예상

❍ 말레이시아-에어버스(Airbus) 간 긴밀한 협력 관계

- 말레이시아는 동남 아시아 국가 중 항공기 구조물 및 부품 최대 공급국이며, 에어버스 항공기 부품조달은 모두 말레이시아 생산품을 이용
- 에어버스는 말레이시아에 MRO 및 훈련시설을 설치

❍ 말레이시아항공은 수년간 100대의 Boeing 737 모델을 포함하여 140대 이상의 보잉 항공기를 인도하였으며, '19년 기준 현재 운항 중인 54대의 B737-800 외에 737 Max 여객기 25대 구매 여부를 검토 중

### ❒ 산업 생태계

❍ 말레이시아 투자개발청(Malaysian Investment Development Authority)에 따르면, 말레이시아에는 글로벌·국내기업 등 총 200개* 이상의 우주항공 기업들이 존재

* MRO 기업 66개, 제조사 33개, 엔지니어링 설계 관련 11개, 교육 훈련 관련 기업 25개

❍ SME Aerospace, CTRM Aero Composite, Airod, Asia AeroTechnics 등 말레이시아 국내기업들은 엄격한 글로벌 OEM 납품 기준 등을 충족시키며 제품성을 인정받아 국제 항공산업 공급망에 안정적으로 자리 잡았음

- 2030년까지 정비업에서 5.5조 원, 제조업에서 5.7조 원, 엔지니어링 및 설계에서 3.7조 원 수익을 목표



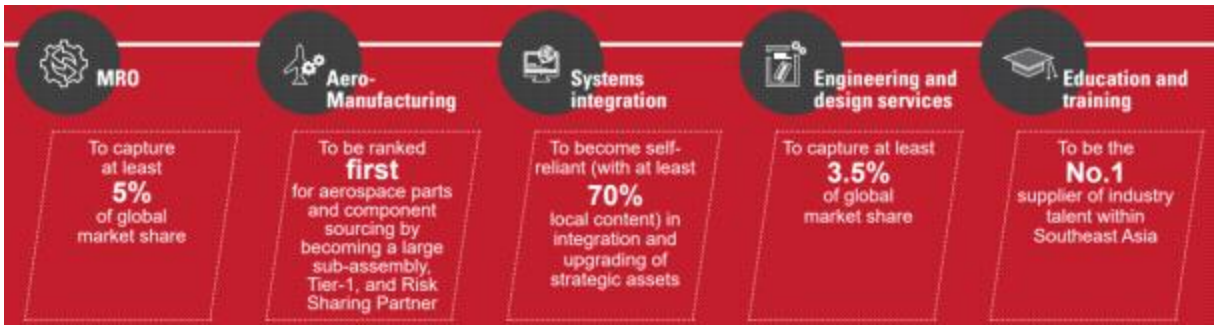

〈그림 II-13〉 말레이시아 항공우주산업 생태계

출처 : Malaysian aerospace industry outlook, MITI, 2016

## ❒ 항공산업 정책

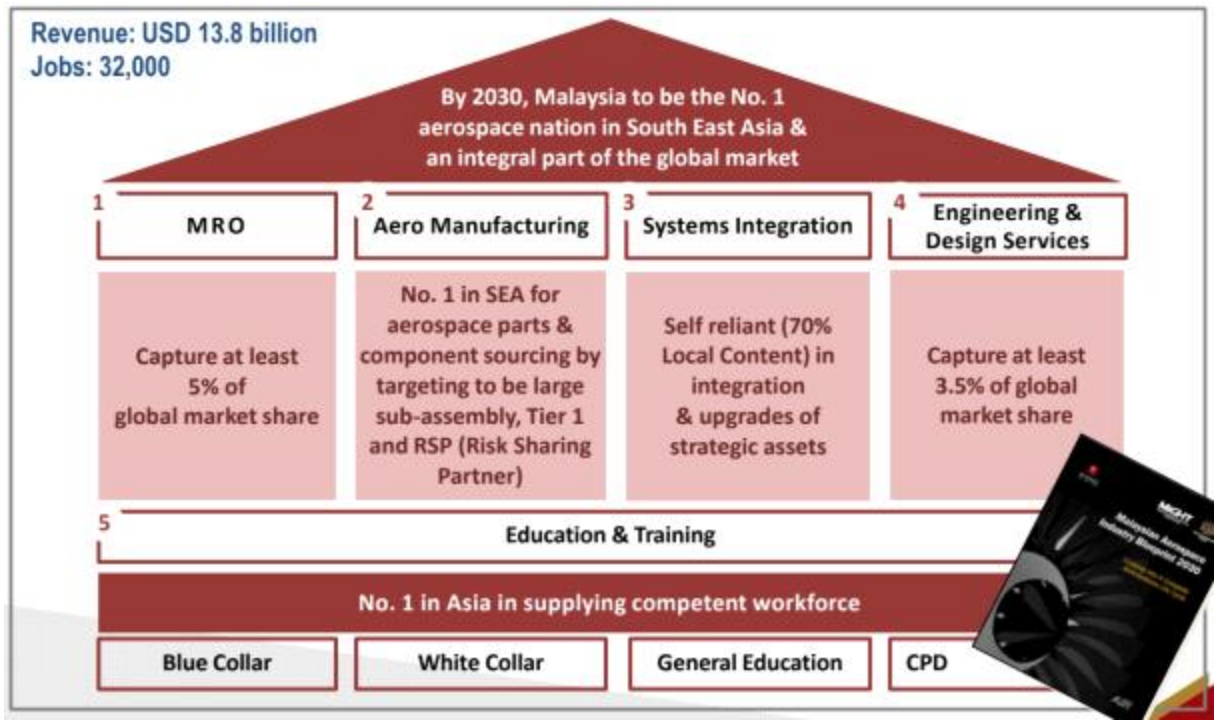
○ 말레이시아 항공우주산업 청사진 2030

- '말레이시아 항공우주산업 청사진 2030'에서는 2015~2030년 기간동안 항공산업 육성을 위한 전략과 세부 실행계획을 제시
- 2030년까지 항공우주산업 매출 138억 달러, 일자리 32,000개를 목표로 함
- MRO분야에 있어 전 세계 시장 점유율 5%를 목표로 하고 있으며, 그 외 분야에서도 동남아시아 지역의 항공우주산업 1위 국가로 자리매김하려 함




〈그림 Ⅱ-14〉 말레이시아 항공우주산업 청사진 2030

출처 : Malaysia's aerospace industry, MIDA, 2017




〈그림 Ⅱ-15〉 말레이시아 항공우주산업 청사진 2030

출처 : Malaysian aerospace industry outlook, MITI, 2016

## ❒ 주요 항공 클러스터

○ Subang Aerotech Park

- 말레이시아 항공우주산업 청사진 2030의 최우선 과제 중 하나로 선정
- 쿠알라룸푸르 시 인근의 술탄 압둘 아지즈 샤 공항에 입지
- 설립 이후 수방 Aerotech park는 1천억 원 이상의 투자를 유치하고 3,200개의 일자리를 창출




〈그림 II-16〉 Subang Aerotech Park 항공관련 산업 입지

출처 : Subangaerootech.com

〈표 II-3〉 Subang Aerotech Park 유치 분야 및 기업

| 분 야 | 기업명 |
|---|---|
| MRO | GE Aviation (GEESM), GTA - Safran, RUAG, AIROD, Skyways Technics |
| 항공기 제작 | Spirit Aerosystems, Senior Aerospace |
| 일반/비즈니스 항공 | Exeujet, Hawker Pacific, Skypark FBO, Sapura Aero |
| 교육 훈련 | UniKL MIAT-MARA |
| 헬리콥터 센터 | Airbus Helicopter Malaysia, Leonardo(Agusta Westland) |

출처 : Subangaerootech.com

❍ KLIA Aeropolis

- 2016년 5월 출범한 KLIA 에어로폴리스(KLIA Aeropolis)는 말레이시아공항홀딩스(MAHB)가 쿠알라룸푸르 국제공항 인근 토지 100㎢에 개발한 대표적인 항공 클러스터
- KLIA Aeropolis 개발은 항공 화물 및 물류, 항공우주, MICE & Leisure의 세 가지 핵심 클러스터를 중심으로 구성

■ 말레이시아 항공우주산업 청사진(1997-2014)을 바탕으로 말레이시아는 세계 최대 항공우주 시장의 주자로 부상했으며 수방 공항은 말레이시아에서 가장 큰 MRO 허브가 됨

■ 현재 수방 공항(Subang Airport)과 KLIA Aeropolis는 말레이시아 항공우주 생태계의 약 20%를 차지하고 있으며, 아시아 전역의 항공우주 산업에 서비스를 제공할 수 있는 인프라를 갖추고 있음

출처 : KOTRA, 말레이시아 항공산업 현황, 2019.12




**〈그림 Ⅱ-17〉 말레이시아 항공우주산업 인프라 거점**

출처 : Malaysian aerospace industry outlook, MITI, 2016

## 3.2. 싱가포르

### ❒ 항공 산업 규모[1)]

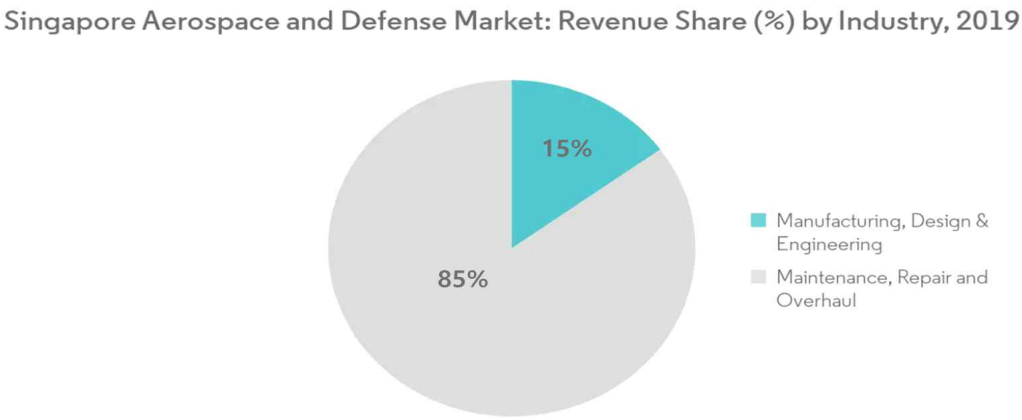
○ 싱가포르는 2018년 기준 130개 이상의 항공우주 관련 기업 및 조직을 보유하고 있으며, 관련 산업 종사자 약 22,000명*에 달함

* 전체 종사자의 80%가 싱가포르 국민임

○ 싱가포르의 항공우주 산업은 지난 20년간 연평균 약 8.6% 성장하고 있으며,, 2018년 기준 매출 규모 113억 싱가포르 달러(한화 약 9조 5천억원) 달성

○ 싱가포르의 MRO 산업은 아시아 태평양 지역에서 항공 MRO 분야를 선도하고 있으며, 2016년 기준 전 세계 MRO 생산량의 약 10%를 차지함

○ 2019년 기준 전체 항공우주 매출액 중 85%를 MRO 산업이 차지하고 있으며, 나머지 제작, 설계, 엔지니어링 산업이 15%를 점유함




**〈그림 II-18〉 싱가포르 항공우주 시장 매출 비중**

출처 : Singapore aerospace and defense market(2021-2026), Mordor Intelligence

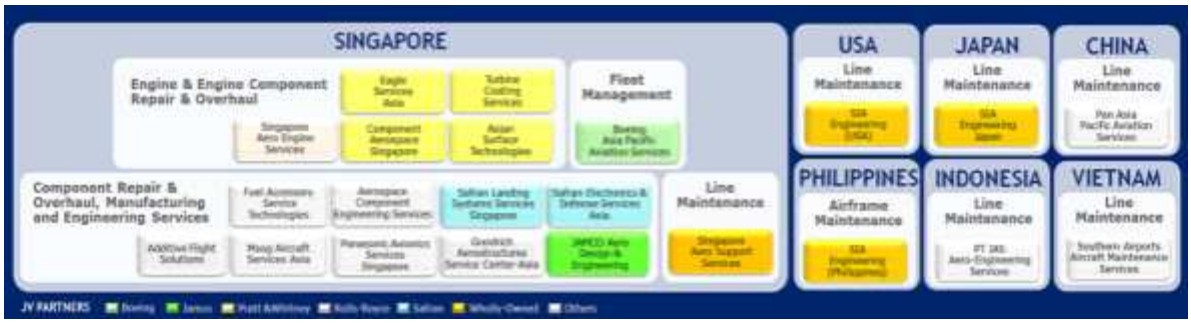
### ❒ 항공 MRO 산업 정책

○ 싱가포르 정부는 1980년대부터 항공산업을 국가 미래 성장산업으로 선정, 정부차원의 육성정책을 추진함

○ 1990년대부터 국영투자회사인 TEMASEK을 통해 MRO 산업을 적극적으로 지원했으며, 창이국제공항을 아시아 태평양 내 MRO 중심으로 육성하겠다는 정책적 판단과 공격적인 정부투자가 바탕이 되어 현재 세계에서 가장 경쟁력 있는 항공산업 시스템과 서비스 제공자 중 하나가 됨

1) Aerospace industry transformation map, Singapore EDB, 2018, Singapore EDB 홈페이지

- STA(Singapore Technologies Aerospace)와 SIAEC(SIA Engineering Company)를 지원함으로써 항공정비산업을 육성 및 발전시켰으며, 이를 통해 두 기업은 싱가포르 항공산업 매출액의 70% 이상을 차지하는 기업으로 성장함



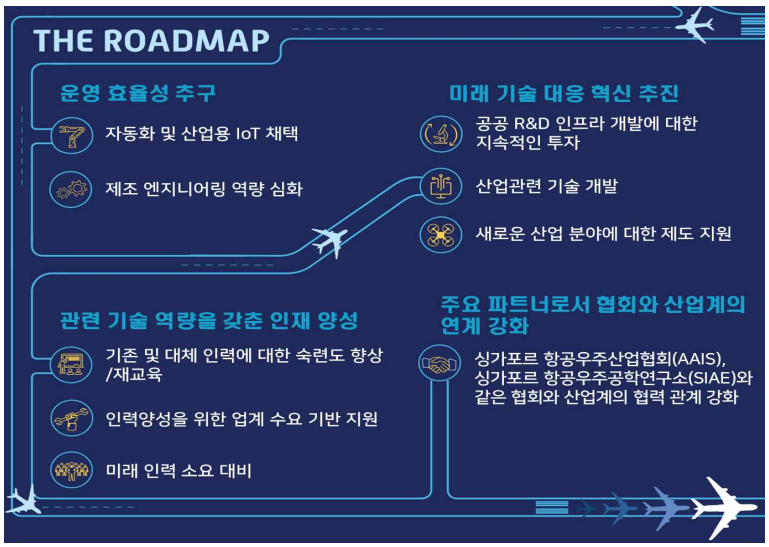

〈그림 II-19〉 SIAEC의 계열사 및 합작사 현황

출처 : SIAEC 홈페이지

○ 싱가포르는 통산산업부에서 전략적으로 항공산업을 경제성장을 위한 산업으로 성장시키고 있으며, 기술을 위한 R&D 지원, 다국적 기업의 투자유치를 위한 지원, 산업 성장을 위한 기업에 대한 지원, 서비스 수준 유지를 위한 표준 지원 등 산하 기구들을 이용하여 항공산업 지원 정책을 수행함

- 항공산업 단지 조성 등의 인프라 지원, 외국기업과 합작사로 항공정비사업을 추진할 경우 5년간의 세금감면 혜택 제공

○ 2018년 항공우주산업 변환 지도(ITM)를 발표를 통해 싱가포르의 미래 항공산업 구축 전략을 제시하였으며, 2020년까지 30억 달러의 부가가치를 창출하고 1,000여개의 새로운 일자리 창출을 목표로 함




〈그림 II-20〉 싱가포르 Aerospace ITM 로드맵 실행계획

출처 : Aerospace industry transformation map, Singapore EDB, 2019, 재구성

### ❒ 주요 항공 클러스터 개요

○ 셀레타 항공산업단지(Seletar Aerospace Park)

- 2007년 싱가포르 경제개발청(EDB)은 창이 로양 항공산업단지의 포화로 인해 싱가포르 북동부에 셀레타 항공산업단지를 건설
- 건설계획에는 대형항공기 이착륙이 가능하도록 기존 공항의 활주로 연장 및 항공관제시스템 업그레이드, 관련 기업들의 입주공간 마련, 도로 및 인프라 등을 담고 있음
- 셀레타 항공산업단지는 MRO와 제조, 전문 인력 교육 및 훈련 시설 등을 구비한 항공우주산업 종합 클러스터를 지향함
- 320ha(320만㎡)의 부지 중 50%는 항공산업단지 인프라, 나머지 50%에는 셀레타 공항이 조성됨
- 현재 60개 이상의 다국적 기업과 지역 항공우주 기업이 입주함
- 복합 산업단지인 셀렉타 항공산업단지에 공항, 항공기 정비단지, 부품제조단지, 연구교육단지, 주거상업지역 등이 모여있어 착륙한 항공기가 공항 안에서 부품을 조달하고 정비를 받을 수 있는 장점을 보유함




**〈그림 II-21〉 셀레타 항공산업단지 전경 및 주요 입주 기업**

출처 : Seletar aerospace park brochure

## 3.3. 인도네시아

### ❒ 항공산업 개요

○ 인도네시아의 항공산업은 국가의 지리적 특성 및 인구 수의 측면에서 잠재력이 큰 산업이며, 5%대의 경제성장률 유지, 중산층의 증가 및 저가 항공사의

사업 확장으로 인해 최근 인도네시아 항공 및 MRO 산업이 발전하고 있음

- 인도네시아는 1만7,000개 이상의 섬으로 구성돼 있으며, 동서로 약 5,200km, 남북으로 약 2,000km에 이르는 군도 국가로 항공기는 필수적인 교통수단임

○ 여객 운송뿐 아니라 화물운송분야 또한 발전하게 되면서 전반적으로 물류 인프라 시스템의 확장이 예상됨

○ IATA의 보고서에 따르면, 인도네시아는 2020년에 세계 10대, 2034년에는 중국, 인도, 미국, 영국과 함께 세계 5대 항공산업 국가로 부상할 것으로 평가됨

### ❒ MRO 시장 규모 및 동향

○ Frost and Sullivan은 인도네시아 항공산업이 긍정적인 환경에 있다고 분석하고 있으며, 동남아시아 국가들 중 상업용 항공기 MRO에 가장 많은 투자를 하는 것으로 발표

○ 2018년 인도네시아 항공사들의 MRO에 대한 총 지출규모는 13억4,890만 달러를 기록했으며, 2019년의 MRO 지출규모는 2018년보다 6.29% 증가한 14억3,380만 달러가 될 것으로 전망함

### ❒ 주요 MRO 업체

○ PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk

- PT Garuda Indonesia Tbk의 자회사로 주요 비즈니스는 항공기 유지보수, 수리 및 정밀 검사
- 항공기 부품 거래, 재고 관리 및 물류 서비스에도 관여하며, 해당 업체는 인도네시아 및 해외 주요 도시에 위치한 26개의 대표사무소에서 운영
- 1949년 가루다 인도네시아 항공의 기술 부서로 시작됐으며, 이후 2002년부터 PT GMF Aero Asia라는 기업명으로 자체 법인을 운영하기 시작
- 2015년 Seokarno-Hatta 국제공항에 동시 16대를 정비할 수 있는 세계 최대의 NB 항공기 정비 격납고 완공
- 2017년 기준, GMF Aero Asia는 3억 8,600만 달러의 연 수익으로 전 세계 MRO 공급 업체 중 13위를 기록
- 2018년 GMF Aero Asia는 4억 7,000만 달러의 수익을 기록

○ PT Goodrich Pindad Aeronautical Systems Indonesia

- UTC Aerospace Systems와 Lucas Industry Plc가 인도네시아에 설립한 합작 투자 기업
- 작동 및 착륙 시스템 부문의 다양한 부품 및 구성 요소 제조

## 3.4. 중국

### ❒ 항공산업 개요

○ (역사) 중국 항공산업은 1980년대부터 본격적으로 시작되었으며, 시장화 개혁을 거쳐 현재는 미국에 이어 세계 3위 규모의 국가로 부상

○ (정책) 중국 항공산업 정책은 중화인민공화국 민용항공법을 기반으로 하며, 당국은 2003년부터 매년 중국민용 항공 정책 보고서 발표

- 2015년 '중국제조 2025'를 발표한 중국은 우주항공산업을 10대 중점분야 중 하나로 선정, 산업육성 정책을 수립
- 항공기, 항공 엔진, 항공 탑재 장비 및 시스템, 우주 장비 네 가지 분야별 육성 목표 기술 및 육성방안 제시

### ❒ 항공산업 특징

○ 중국 항공산업은 정부의 강력한 지원을 바탕으로 빠르게 성장하고 있으며, 세계적인 항공 운송시장과 저렴한 인건비를 바탕으로 해외 OEM들의 적극적인 중국내 투자 및 합작사 설립이 이루어짐

- 보잉과 에어버스 양사는 중국내 여객기 조립라인을 구축하였으며, 중국내 항공업체들과의 다양한 분야의 합작사를 설립하여 부품을 공급

※ 톈진의 에어버스 A320 최종 조립공장은 2008년 프랑스, 독일에 이어 세번째로 설립된 최종 조립공장으로, 기체, 항공기 날개, 랜딩기어 등의 부품 조립부터 소방설비, 기내 인테리어, 도색 및 엔진 장착까지 수행

※ 보잉 B737 저우산 조립센터는 보잉과 COMAC이 공동 출자한 완공센터와 보잉이 단독 투자한 교부센터로 이루어짐. 기체는 완공센터에서 기내 인테리어 설치 및 도색, 수리 과정을 거쳐 교부센터를 통해 교부됨.

○ 중국 정부의 주도적인 항공산업 육성을 통한 100~200인승급 여객기* 개발 및 상용화로 자체적인 설계/제작/인증 능력도 보유함

* ARJ-21(90인승), C-919(190인승), C-929(280인승)

### ❒ 지역별 분포

○ 2018년 중국 항공산업지구는 총 84개로 성, 자치구, 직할시 별로 항공산업 발전 계획을 발표하고 항공산업을 적극 육성 중임

○ 지역별로는 강소성에 가장 많은 10개의 지구가 조성되어 있으며, 뒤이어 산동성, 섬서성, 사천성, 요녕성, 안휘성에도 항공산업 지구가 다수 존재




**〈그림 II-22〉 중국 내 주요 항공산업지구 분포도**

출처 : 중국항공산업 및 벨류 체인 현황, KOTRA, 2019

### ❒ MRO 산업

○ 중국 항공 MRO 업체들은 주로 베이징, 상하이, 광저우 등 주요 허브 공항에 기반을 두고 항공기 정비 기지를 운영하고 있음

- 기체 정비는 AMECO(미국), GAMECO(중국), TAECO(중국), HAECO(홍콩) 등 4개 대형 MRO 업체가 주도하고 있으며, GE Engine Service(미국), Snecma(프랑스) 등 대형 엔진정비업체가 주도

○ 정부의 지원 및 저렴한 인건비를 바탕으로 기체 정비를 중심으로 MRO 산업이 발전하고 있으나, 영문으로 된 문서를 다시 중국어로 번역하는 과도한 행정 부담 및 숙련된 정비인력의 부족으로 인한 정비 품질 저하 등의 약점 존재

# 제2절 국내외 시장 동향 분석

## 1. 국외 항공 운송시장 동향 및 전망

### 1.1. 항공 운송 시장 동향 및 전망

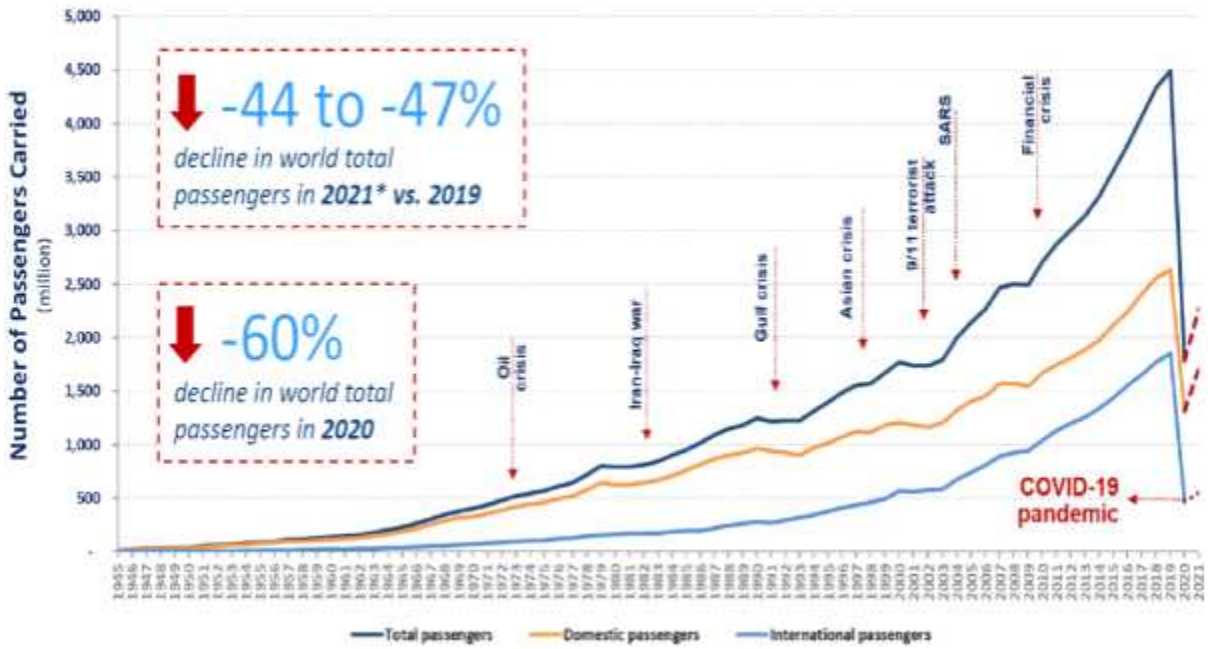
#### ❒ 항공 운송 시장 현황

○ 코로나-19로 촉발된 자국내 이동금지 및 국가간 국경 폐쇄로 인해 항공 역사상 유례없는 항공기 운항 감소로 이어졌으며, 항공기 제작사, 운항사, 정비사 등 항공관련 업종의 재정적 어려움이 가중됨

- ICAO*의 항공 승객 탑승객 수 분석에 따르면 항공운항 실적이 기록된 1945년 이래로 수차례 항공업계가 잠시 타격을 받은 사례는 있었으나, 코로나-19는 항공산업, 시장 생태계를 위협하는 수준임

  * ICAO : International Civil Aviation Organization(국제 민간 항공 기구)

- 2020년 세계 항공 탑승객 수는 2019년 대비 60% 정도 감소한 것으로 나타남




〈그림 II-23〉 세계 항공 승객량 분석(1945-2020년)

출처 : ICAO Coronavirus economy impact, 2021.07

○ 2019년 대비 2020~2021년의 같은 월을 기준으로 한 승객수 분석

- 코로나-19의 전 세계적 유행이 시작된 2020년 초 승객 수가 급격히 감소된 추이를 볼 수 있으며, 이후 국내선 승객수를 중심으로 점진적인 회복을 나타냄
- 국가간 이동 금지로 인한 국제선 승객수는 침체가 지속된 반면 국내선 승객수는 2019년 대비 50% 정도 수준까지 회복되었음을 볼 수 있음

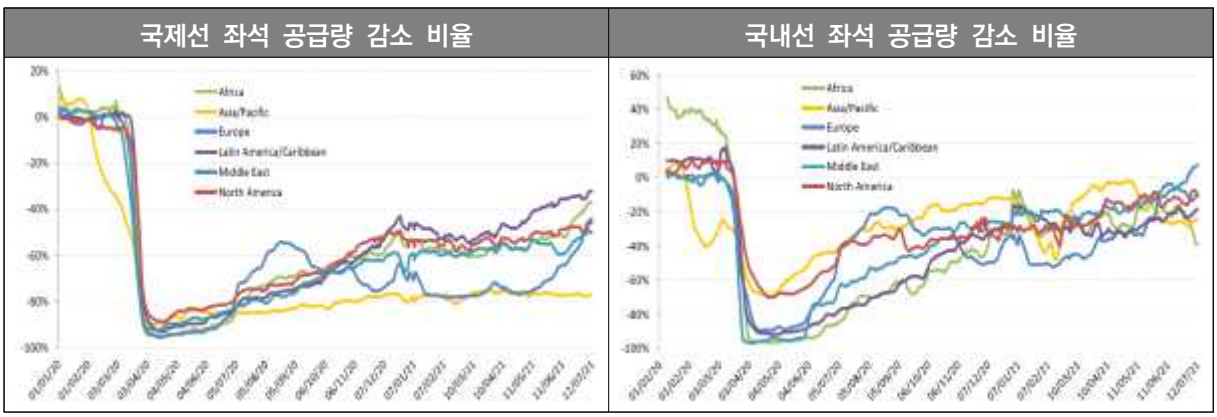



**〈그림 II-24〉 전년도 대비 2020년 승객수 비교**

출처 : ICAO Coronavirus economy impact, 2021.08

❍ 코로나-19로 인해 전세계 좌석 공급량은 전년대비 크게 감소했으나 2020년 4월 이후 서서히 증가세를 볼 수 있음

- 전년대비 증감율을 보면 아태지역(노란색) 및 북미지역(붉은색)의 국내선 감소율이 국제선 대비 20~25% 덜 감소한 것으로 나타남
- 이를 통해 지속적인 국제선 침체에서도 중국 및 아시아, 북미지역을 중심으로 국내선 수요 증가를 통해 전체적인 항공시장 회복세를 기대할 수 있음




**〈그림 II-25〉 2020~2021년 기준 국제/국내선 승객수 증감율**

출처 : ICAO Coronavirus economy impact, 2021.07




〈그림 II-26〉 2020년 전 세계 국내선 승객수 점유율

출처 : ICAO Coronavirus economy impact, 2021.07

○ 2019년 대비 2020년 지역별 승객 교통량 및 매출 분석에서는 전 세계 총 좌석 공급량 50% 감소, 승객수 27억 명 감소, 매출액 3,700억 달러 감소한 것으로 추정




〈그림 II-27〉 2019년 대비 2020년 지역별 승객 교통량 및 매출 분석

출처 : ICAO Coronavirus economy impact, 2021.07

## ❒ 항공 운송 시장 전망

○ 항공시장 회복 전망 시나리오

- ICAO에서는 코로나-19 전염병에 대한 불확실성을 고려한 2가지 시나리오를 기반으로 총 4가지 2021년 전망경로를 제시

① 시나리오 1 : 억제되었던 수요로 인해 일시적으로 회복되나 이후 증가율은 더디게 회복

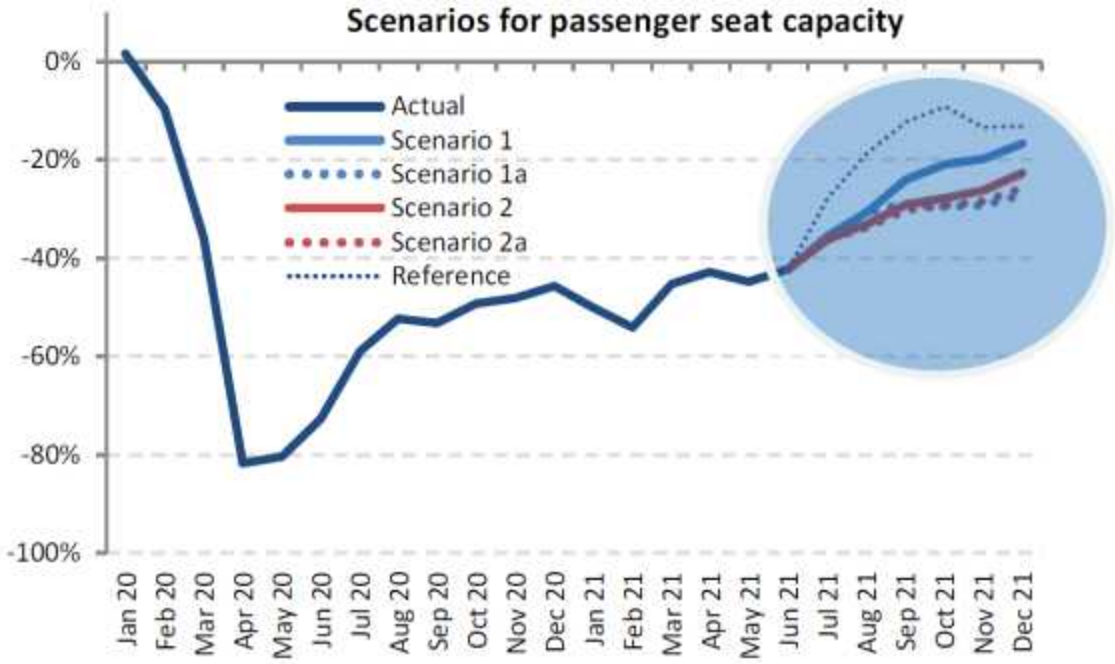
② 시나리오 1a : 회복세로 시작되었으나 좌석 공급량 초과*로 다시 정체

③ 시나리오 2 : 서서히 회복 후 성장 가속화

④ 시나리오 2a : 지속적 수요 침체로 인해 성장 둔화 지속

※ 레퍼런스 : 최신 항공사 스케쥴 기반 정보

* 공급량 초과 : 지상주기되었던 항공기의 재운항에 필요한 검사, 정비, 승인 등의 요소로 인해 적시에 항공기 재운항 준비가 안 되어 승객 수요를 감당하지 못하는 경우




**〈그림 II-28〉 시나리오별 좌석 공급량 회복 전망**

출처 : ICAO Coronavirus economy impact, 2021.07

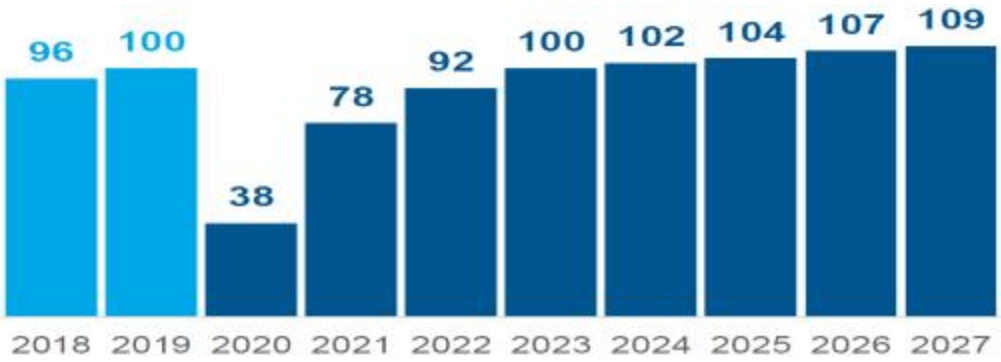
- ICAO는 이와 같은 시나리오를 통해 단기적 전망으로 코로나-19에 대한 관리와 백신 접종의 개시에 실효성이 있지만 여전히 불확실성이 있으며, 2021년 2분기가 되어서야 전 세계 상황이 개선될 것으로 전망[2)]
- 현재 가장 낙관적인 시나리오는 2021년 6월까지 여객 수요가 2019년의 71% 수준으로 회복(국제선 53%, 국내선 84%)하는 것이지만, 49% 수준에서 그치는(국제선 26%, 국내선 66%) 상황 또한 가정해볼 수 있음
- 시나리오별로 시장 회복 성장률에는 차이가 있으나 국가별 백신보급, 백신여권 및 국내선 교통량 회복을 시작으로 2021년부터 항공 운항사의 재정 및 운영이 회복세로 돌아설 것으로 예상됨

2) World aviation info & analysis vol.83, 21.01, 한국항공협회

❍ 항공 교통량 회복 전망

- ICF에서는 그림 Ⅱ-29*과 같이 2023년경에 코로나-19 이전의 교통량 수준으로 회복될 것으로 예측함

* 2019년 항공 교통량 100을 기준으로 타 연도의 상대적 교통량 전망치를 제시

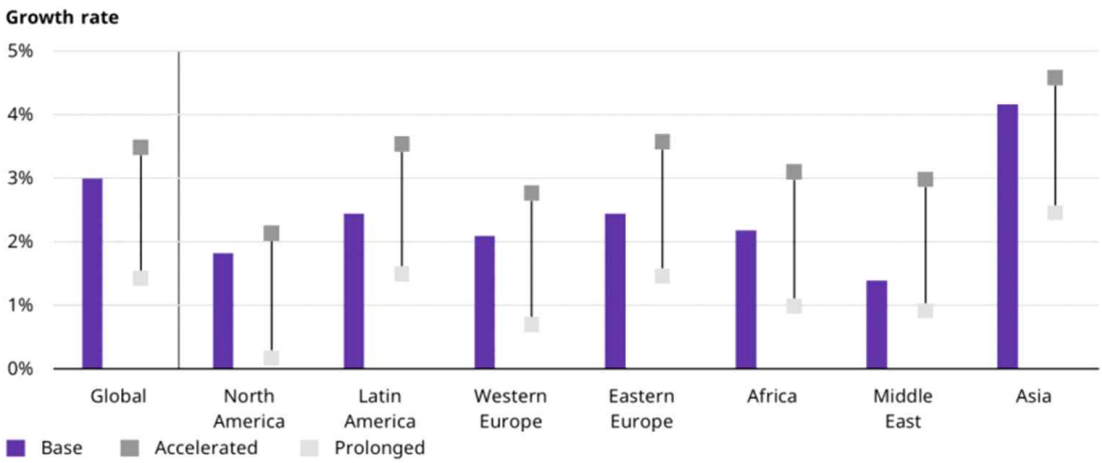



**〈그림 Ⅱ-29〉 전세계 교통량 회복 전망**

출처 : IATA 16th Maintenance Cost Conference, ICF, 2020.09

❍ 지역별 항공 여객 전망

- 2021년 현재 중국, 미국과 같은 국내선 공급량이 많은 국가에서는 이미 2019년 수준에 근접하는 회복세를 보이고 있으나 유럽과 같은 다른 시장에서는 2019년 대비 절반에도 못 미치는 곳도 있음
- 그림 Ⅱ-30과 같이 승객 수요는 전 세계적으로 2031년까지 연평균 성장률 3%를 기록할 것으로 전망되며, 2022년 말까지 2019년 수준에 이를 것으로 예상됨
- 다만 코로나-19의 회복에 대한 불확실성에 따라서 회복세가 가속화될 경우에는 2021년에 반등, 장기화될 경우 2026년까지 지연될 것으로 예상됨

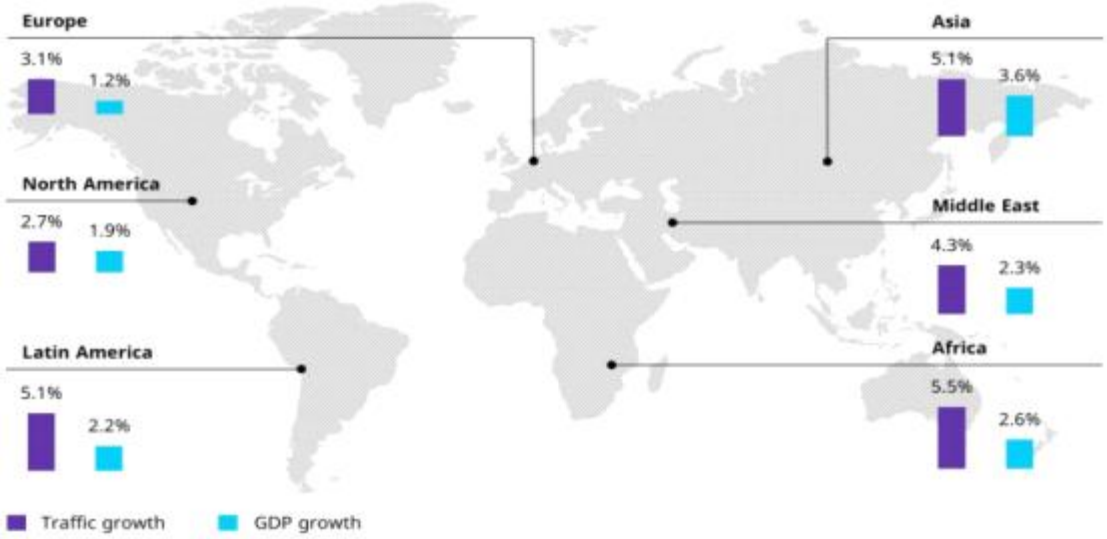



**〈그림 Ⅱ-30〉 2019~2031 10년간 승객 수요 성장 전망**

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

- 보잉사에서는 그림 Ⅱ-31과 같이 향후 20년간의 경제성장률과 RPK* 증가율 전망을 제시하였으며, 기존 북미, 유럽시장이 정체되는 반면 아시아, 남미, 아프라카의 성장세가 높음

  * RPK : Revenue Passenger Kilometers(유상여객킬로미터 : 1 여객 킬로미터란 여객 1명을 1킬로미터 운송한 것을 말하며, 유상여객킬로미터는 각 비행구간의 유상여객 수에 구간거리를 곱한 합계)




**〈그림 Ⅱ-31〉 향후 20년간 경제성장 및 교통량(RPK) 증가율 전망**

출처 : Boeing 2020 Commercial market outlook

### ❒ 항공 화물시장 현황 및 전망

○ 그림 Ⅱ-32와 같이 항공 화물시장은 2021년 4월 기준으로 지난 2018년 3분기에 기록한 최고치 대비 약 3% 높은 사상 최고치를 기록함

- 코로나-19로 인해 항공 화물운송 시장 역시 타격을 받았으나 전자상거래 등을 통한 소비와 백신 등 신속한 배송을 위한 항공 화물 운송 수요로 반등

  ※ 다음 그림과 같이 국가 간 전자상거래 수송량 중 80% 이상이 항공운송수단을 사용

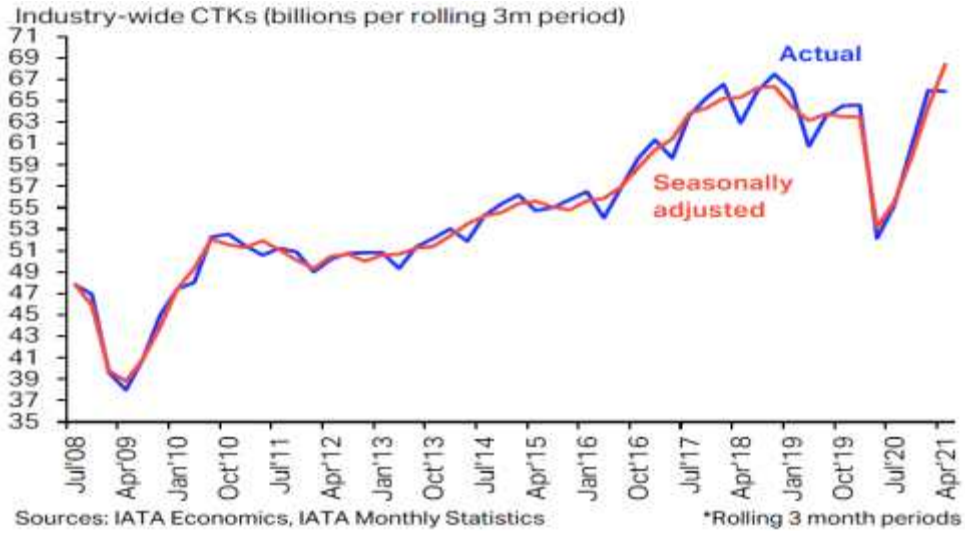



**〈그림 Ⅱ-32〉 국가간 전자상거래 수송량 비중**

출처 : IATA E-Commerce Webinar 2020

- 항공 화물시장의 수익을 통해 여객 시장의 손실을 만회하는데 큰 도움을 주고 있으며, IATA*에서는 2021년 항공 화물시장의 총 수익이 2019년 대비 19% 증가한 1,520억 달러에 이를 것으로 전망함

* IATA : International Air Transport Association(국제 항공 운송 협회)




**〈그림 Ⅱ-33〉 연도 및 분기별 전세계 화물 운송량 현황(단위 : 십억 CTK*)**

* CTK : Cargo Tonne Kilometers(화물톤킬로미터 : 1톤의 화물을 1킬로미터 운송)

출처 : Cargo Chartbook, IATA, 2021.6.22

❍ 여객 시장의 침체에 따른 재정적 악화와 지상 주기된 항공기들이 늘어나면서 항공사들은 항공 화물시장 진출을 위한 여객기 활용을 시작함

- 코로나-19의 영향으로 여객기 운항의 감소로 벨리카고*의 공급량이 줄어 항공 화물 운임단가의 상승으로 이어졌으며, 항공사의 화물시장 진입 계기가 됨

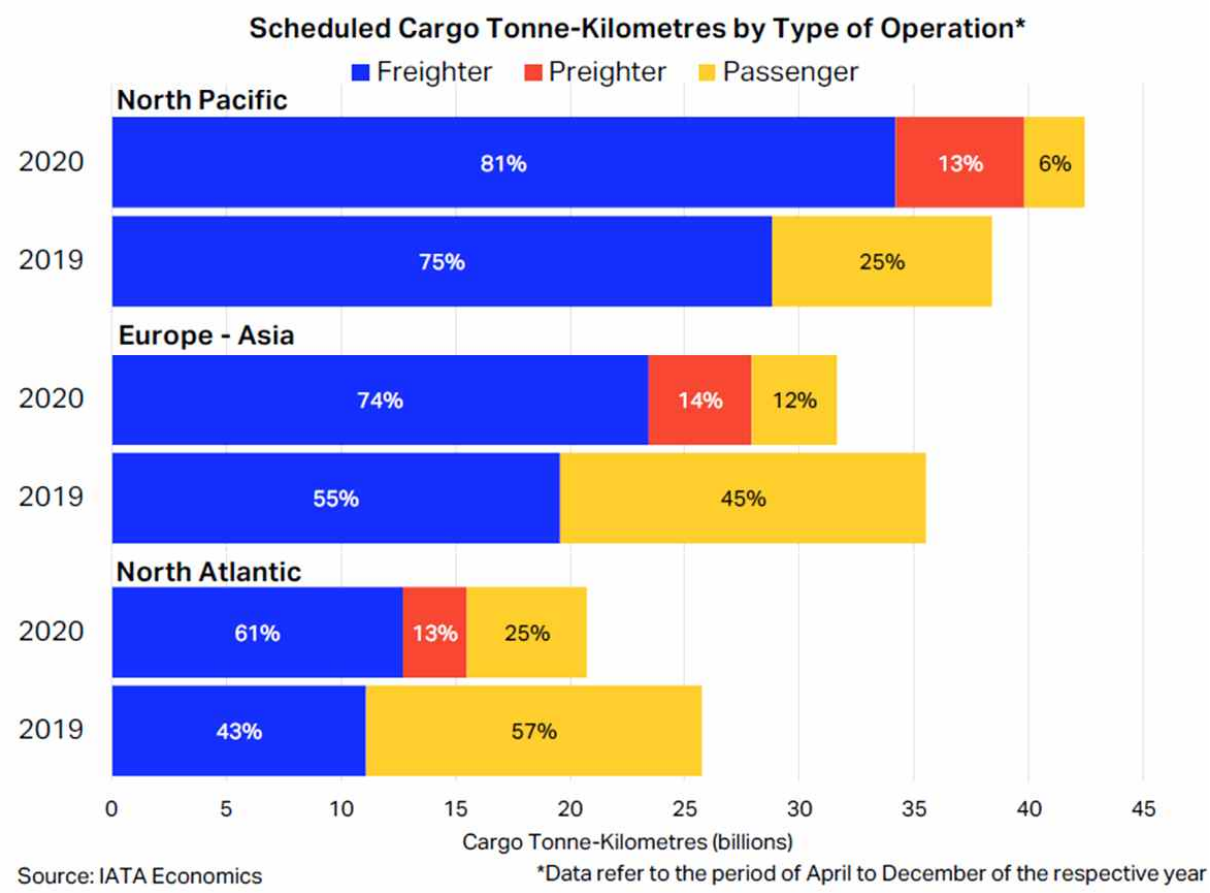
* 벨리카고 : 여객기 화물칸에 승객의 짐을 싣고 나서 남는 공간에 싣는 화물

- 그림 Ⅱ-34, 35와 같이 여객기의 화물칸 또는 객실 개조를 통해 화물을 수송할 수 있도록 개조하여 운용하는 프레이터(Preighter)가 시장에 등장함




**〈그림 Ⅱ-34〉 여객기 객실 화물 탑재 예시**

출처 : 인천세관 "여객기에 화물 운송 카능케 한다", 뉴시스, 2020.6.11.




〈그림 Ⅱ-35〉 운항 항공기 형태별 정기운송 CTK 비교

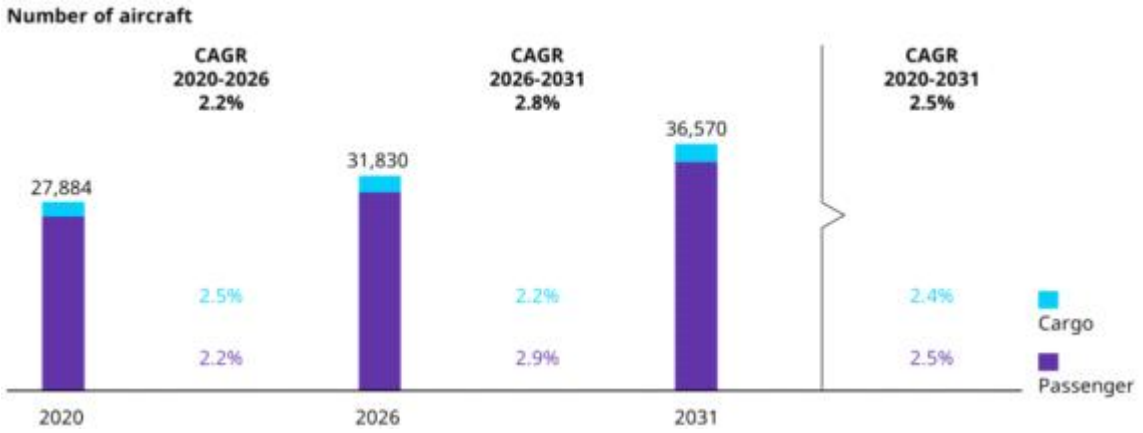
출처 : IATA Economics' Chart of the Week, 2021.4.1

## 1.2. 항공기 시장 동향 및 전망

### ❒ 항공기 시장

○ 여객기는 지난 10년간 추세와 동일하게 2031년까지 항공기 시장의 대부분을 점유할 것이며, 2031년까지 36,000대 이상의 항공기 중 34,000대의 항공기가 여객기로 운용될 것으로 예상됨

- 현재, 항공기 시장의 9%를 점유하고 있는 화물기는 `31년까지 연평균 2.4% 증가할 것으로 예상되며 이는 지난 10년의 연간 성장률인 2.3%와 거의 유사함
- 그간 화물기 시장은 B767 및 B777과 같은 중대형 기체인 이중통로기(Wide Body)에 집중되어 있었으나, 단일통로기(Narrow Body)의 점유율이 빠르게 늘어나 `31년까지 전체 화물기 시장의 50%를 차지할 것으로 예측됨

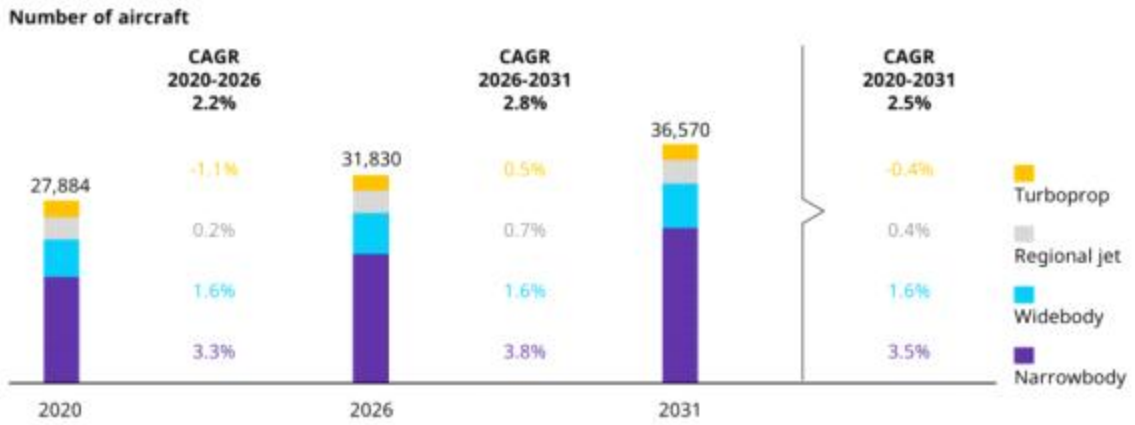



〈그림 Ⅱ-36〉 2020~2031년 여객 및 화물기 예측

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

○ 글로벌 경제위기 이후 항공 운항사들이 비용절감을 위해 운항효율이 높고 운용유지비용이 적은 항공기를 선호함에 따라 항공기 시장에서 WB 항공기 비율이 감소하고 신형 NB 항공기 비율이 증가하는 추세를 보임

- 특히 코로나-19 기간 동안 노후된 WB의 퇴역 및 리스 반납이 진행되면서 1년 만에 NB의 점유율이 2% 증가, 10년 후 점유율 65%에 달할 것으로 예측됨
- WB는 지난 10년간 전체시장의 20%에 가까운 점유율을 유지하다 코로나-19 이후 10년간 점유율 하락 및 연평균 성장률 1.6%에 그칠 것으로 예측됨




〈그림 Ⅱ-37〉 항공기 시장점유율 예측, 2020~2031

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

○ 항공기 증감부분에 있어서도 코로나-19는 전, 후의 시장 예측과 관련된 주목할만한 변화를 가져옴

- 2020년 많은 수의 항공기가 조기 퇴역하거나 예비기체로 지상주기된 수를 고려했을 때 총 증가 대수의 증가는 유의미하지 않으나 신규기체 인도 수 측면에서 시장 회복세를 예측할 수 있음

- 코로나-19 이후 전체적인 항공업계 침체로 미 운항 항공기의 수가 급격히 증가하였고, 여객수요의 장기적인 침체 대신 화물수요의 증가로 기존 노후 여객기의 화물기 개조 수량이 증가함

**〈표 II-4〉 항공기 증감 예측치 비교**

단위 : 대수

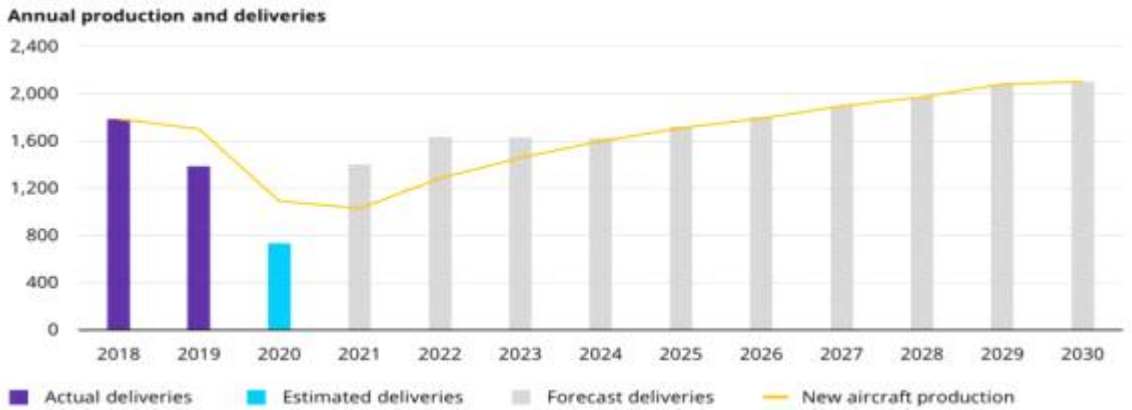
| 예측 기간 | 2019~2029 | | 2021~2031 | |
|---|---|---|---|---|
| 항공기 수요 예측 | 27,492 → 39,175 | | 23,715 → 36,570 | |
| 구 분 | 여객기 | 화물기 | 여객기 | 화물기 |
| 신규기체 인도 | + 20,919 | + 413 | + 17,558 | + 333 |
| 재운항 기체수 | 0 | 0 | + 1,212 | 0 |
| 여객기-화물기 개조 | - 427 | + 427 | - 762 | + 762 |
| 항공기 퇴역 | - 9,239 | - 410 | - 5,731 | - 517 |
| 예측기간 중 증가 대수 (여객기 + 화물기 합계) | 11,683 | | 12,855 | |

출처 : Oliver Wyman, MRO market forecast 2019-2029, 2021-2031, 재구성

## ❒ 항공기 생산 및 인도

❍ 2020년에는 1,100대의 항공기가 생산될 것으로 추정되나, 이중 2/3만이 고객에게 인도되고 나머지 잔여물량은 코로나-19 이후 항공 운항사의 재정적 여유가 확보되는 2021년 또는 2022년으로 인도가 미뤄질 것으로 예측됨

- 제조업체와 부품 공급업체의 생산량은 가까운 시일 이내에 코로나-19 이전 수준으로 회복되지 못할 것으로 예상
- 항공기 제작사인 Airbus는 25% 생산 감축을 발표했으며, Boeing은 중단됐던 737MAX의 생산을 재개할 것이나 787의 생산을 감축하겠다고 발표

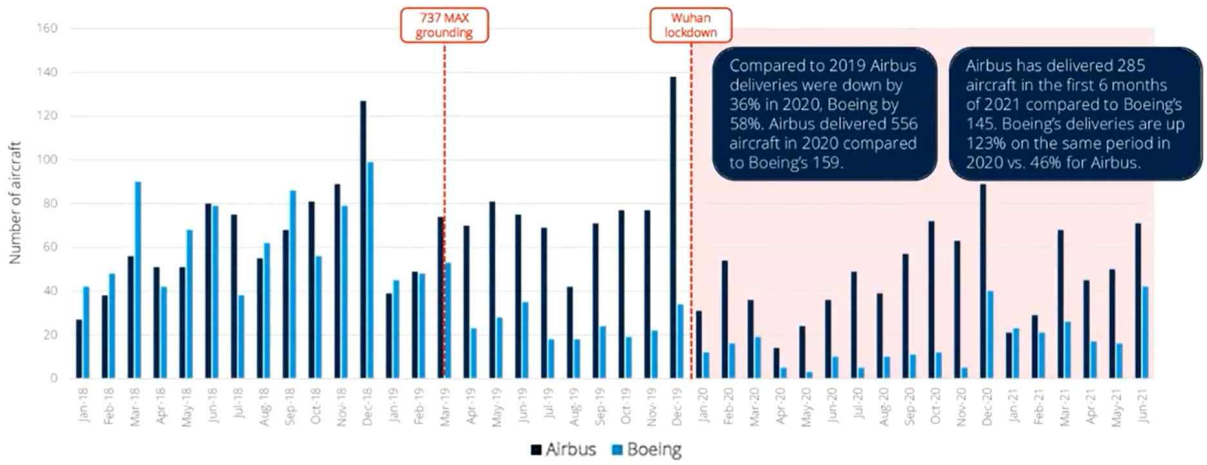



**〈그림 II-38〉 항공기 생산 및 인도(2018-2030)**

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

❍ 그림 Ⅱ-39와 같이 민간 항공기 시장을 양분하고 있는 Boeing과 Airbus의 월간 항공기 인도대수를 코로나-19 이전과 비교하면 Airbus는 2019년 대비 2020년 인도대수가 36% 감소, Boeing은 58% 감소한 것으로 나타남

- 다만 Boeing은 B737 MAX의 운항재개와 함께 동 기종의 납품으로 빠른 회복세를 보일 것으로 예상됨




〈그림 Ⅱ-39〉 Boeing 및 Airbus 월간 항공기 인도 대수

출처 : AWIN(Aviation Week Intelligence Network) Commercial Aviation Market Update: State Of The Recovery, 2021.07.29. webinar

### ❒ 항공기 퇴역

❍ 2011년-2019년 동안 연평균 700대의 항공기가 퇴역하고 있었으나, 2020년에는 코로나-19의 영향으로 1,400대 이상의 항공기가 퇴역하거나 퇴역 예비기체로 지상주기됨

- WB 항공기는 전체 항공기 시장의 20%를 차지하고 있으나 퇴역 항공기 수의 1/3을 차지하고 있어 이는 코로나-19의 영향으로 해외여행이 급격히 감소한 영향을 나타냄
- 퇴역한 대부분의 WB 항공기는 노후된 B747과 운항효율이 떨어지는 A380, A340 항공기임




〈그림 II-40〉 연간 항공기 퇴역 수(2011-2020)

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

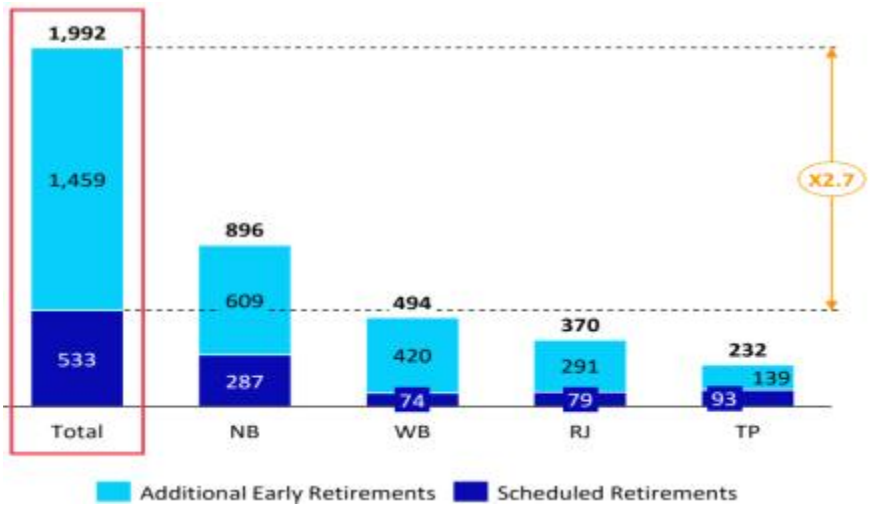
○ 코로나-19의 영향으로 항공 운항사는 재정적 부담을 줄이기 위해 보유 기단 중 노후 기체의 조기 퇴역을 진행하였으며, 2020년 전체 퇴역 기체 중 73%인 1,459대*가 조기 퇴역 기체임

* 참고 자료들의 작성 시점에 의해 정확한 항공기 대수에는 차이가 있음

- 항공기 조기 퇴역은 MRO 물량 감소로 연계되며 MRO 시장 성장을 더디게 만드는 요소 중 하나임

○ 항공 화물시장 성장에 따른 화물기 수요 증가에 따라 조기 퇴역한 여객기를 화물기로 개조하는 P2F* 시장이 더욱 활성화될 것으로 전망됨

* P2F : Passenger To Freighter




〈그림 II-41〉 조기 vs 예정된 항공기 퇴역(2020년)

※ NB : Narrow Body, WB : Wide Body, RJ : Regional Jet, TP : Turbo Prop

출처 : Engine aftermarket outlook, Oliver Wyman(2020)

## 1.3. 운송시장 경제성 전망

### ❒ 항공사 재무 상황[3)]

○ 그림 Ⅱ-42와 같이 IATA의 항공사 재무 모니터 분석에 따르면 2021년 초 코로나-19의 재유행과 높아진 유가로 인해 항공사들의 2021년 1분기 재무 성과는 지난 4분기와 비슷한 수준을 보임

- 산업 전반에 걸친 1분기 순현금유출과 잉여현금 유출은 수익의 각각 약 5%, 18%를 차지
- 2020.4분기 순현금흐름(-37%), 잉여현금흐름(-52%)이 마이너스였던 상황과 비교하면 크게 개선

○ 전 지역 항공업계의 현금 소진이 지속되고 있으나, 항공사마다 큰 편차를 보임

- 북미 지역 항공사들은 빠른 백신 보급, 3월부터 시작된 높은 국내선 항공권 예약률로 가장 좋은 성과를 이루어 내며 코로나 사태 이래 가장 처음으로 순현금흐름을 흑자로 전환, 잉여 현금흐름은 수익의 -4%를 기록
- 아태 지역은 1월과 2월 중국 국내선 시장의 부진으로 인해 4분기보다 늘어난 현금 지출에도 불구하고 북미에 이어 두 번째로 높은 성과를 기록, 남미와 유럽지역은 코로나-19 재유행으로 인해 여전히 높은 수준의 현금을 소진

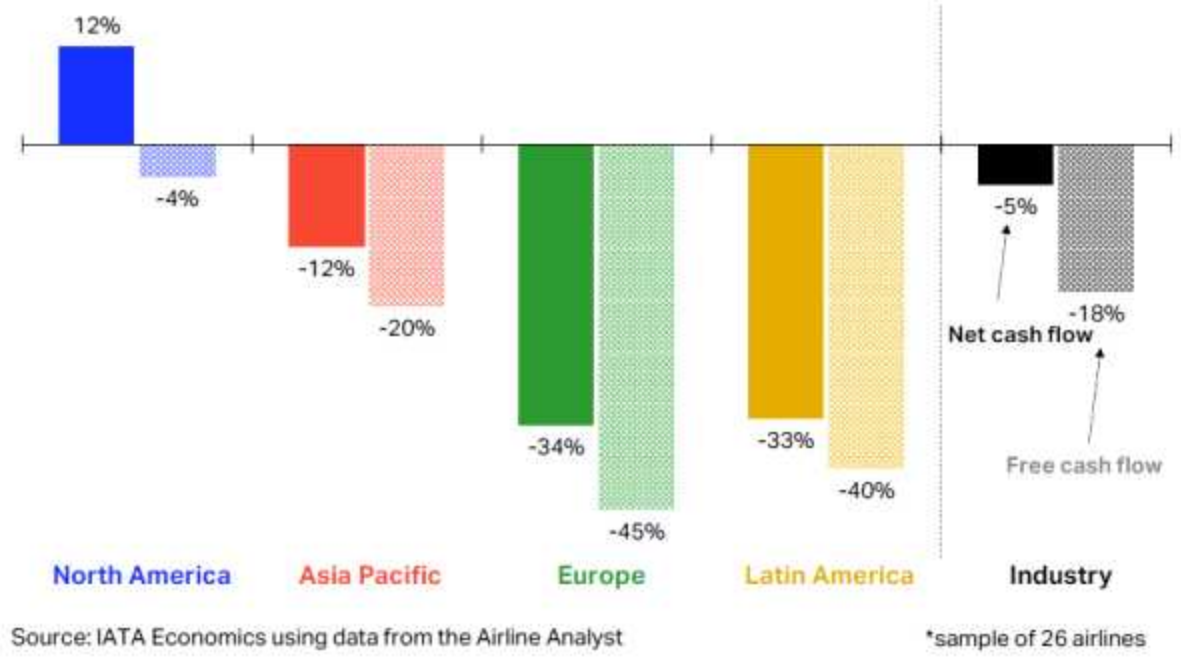
○ 향후 대규모 국내선 시장을 가진 지역이 빠른 회복을 이뤄낼 전망

- 현재로는 북미 시장이 현재 예약률을 여름 성수기 기간동안 유지한다는 가정 하에 가장 빠른 회복을 이루며 하반기 흑자전환에 성공할 것으로 전망

○ 다만 2020년 1분기 이후 지속되는 유가 상승으로 향후 항공시장 회복 단계에서 항공사들의 수익성 회복에 부정적인 영향을 끼칠 것으로 예상됨

- 그림 Ⅱ-43과 같이 2021년 1월 브렌트유와 제트유의 가격은 각각 배럴당 56달러와 61달러를 기록하였으나, 유가는 계속해서 상승하며 7월 석유와 제트유는 각각 배럴 당 75.3달러, 80달러를 기록
- 높아진 유가로 인해 항공사들은 비용 측면에서 큰 압박을 받을 것이며, 일부 시장에서는 2021년 여름 성수기 항공 시장의 회복의 긍정적인 전망에 영향을 끼칠 것으로 분석됨

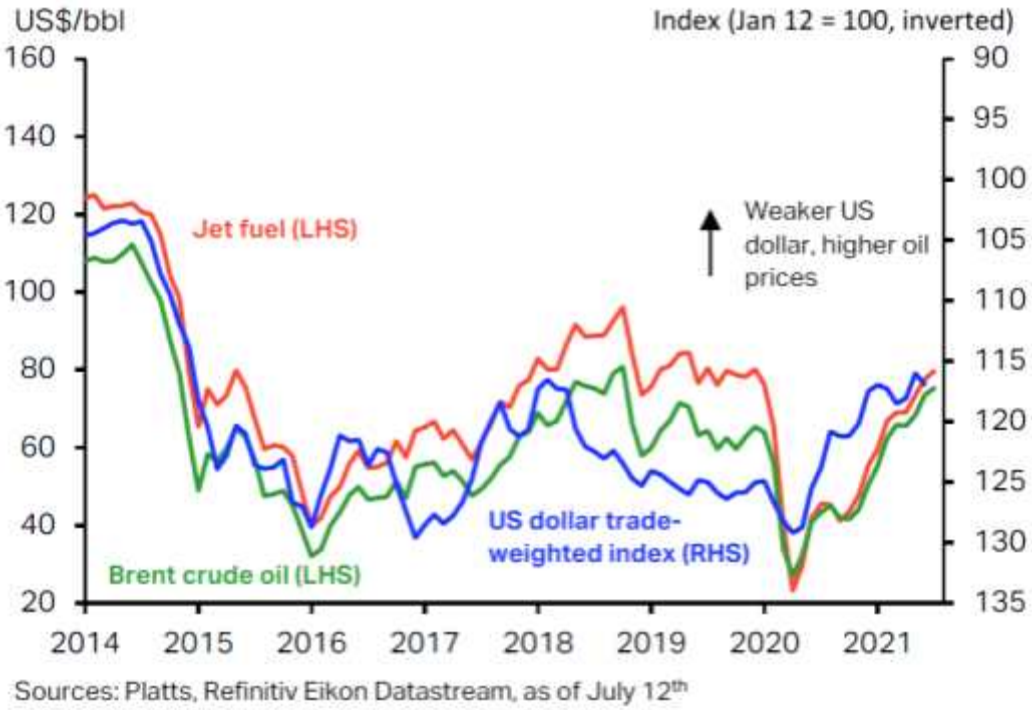
3) 항공시장동향 제109호, 2021.7




〈그림 Ⅱ-42〉 운영에 따른 지역별 순 현금흐름과 잉여 현금흐름

※ 영업활동에 의한 순 현금흐름(진한색), 잉여 현금흐름(연한색)

출처 : IATA Economics' Chart of the Week, Cash flow generation varies by region, 2021.6.4.




〈그림 Ⅱ-43〉 제트유와 원유 배럴당 가격변동 그래프

출처 : IATA Airlines Financial Monitor, 2021.7.21.

# 2. 국외 항공 MRO 산업 동향 및 전망

## 2.1. 항공 MRO 산업 구조

### ❒ MRO 산업구조의 변화

○ 항공 운송산업이 시작된 초기에는 OEM에서는 항공기 및 부품 제작, 운항사에서는 자체 정비 능력을 갖추고 항공기 운용과 정비를 수행함

○ 1980년대 미국의 규제완화법으로 인해 많은 저비용 항공사들이 설립되며 운송시장의 규모가 확대되었고 저비용 항공사들은 정비를 위한 인프라 투자 대신 기존 대형 항공사에게 정비를 위탁함으로써 저비용 운영을 실현함

○ 운송시장의 지속적인 성장으로 정비 수요 역시 확대되었고 이를 바탕으로 항공기 정비를 전문으로 하는 MRO 전문업체(3rd Party)가 등장함

○ 1990년대 미국과 유럽의 대형운항사들이 자사 정비 인프라를 활용하여 사업을 확대하기 위해 MRO 전문업체로 진출하며 시장이 본격적으로 성장함

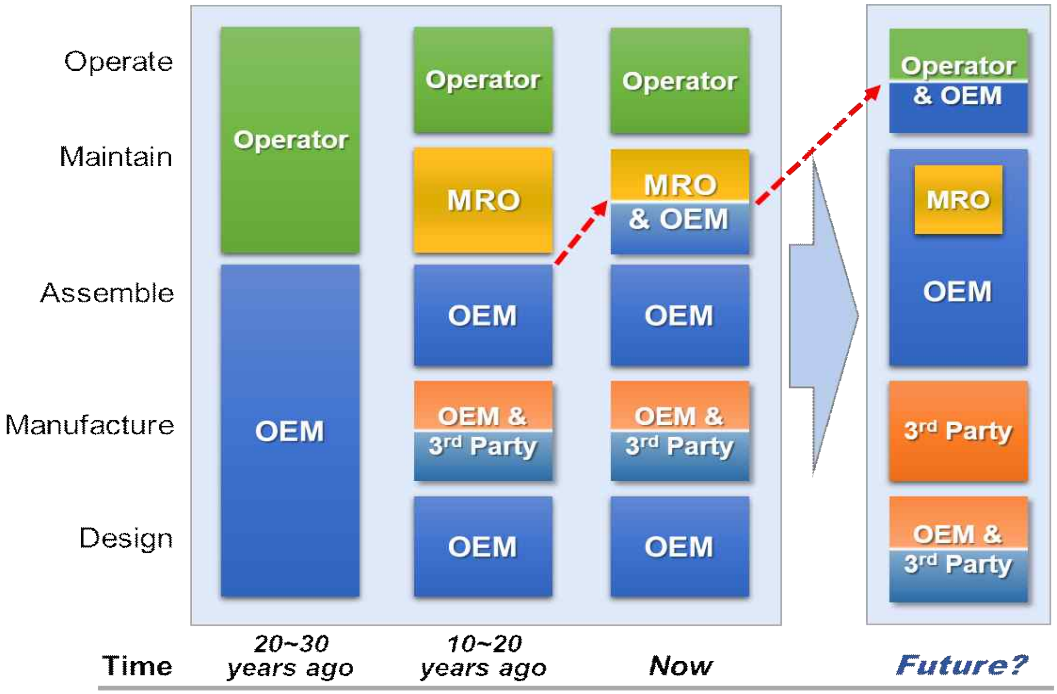
○ MRO 시장의 확대에 따라 제조시장에 집중하던 OEM이 MRO 시장에 진출하며 독과점 지위를 활용하여 빠르게 정비시장을 점유함

○ 저렴한 인건비를 기반으로 중국 및 동남아시아의 국가들이 OEM과의 적극적인 합작사 설립 및 정부 지원을 통해 항공 정비산업의 신흥 강국으로 성장함

○ 자체 기술력으로 MRO를 수행하던 기존의 정비 전문업체들은 OEM 시장 지배력 강화에 따라 생존을 위한 OEM과의 협력을 통해 시장의 지위를 유지하고 있음

- 전문업체들이 OEM 대체 부품을 공급하던 엔진과 구성부품 PMA 시장은 정체되거나 축소되고 있음
- 항전장비 및 엔진 OEM의 시장 지배력이 강화되고, 신형 제품에 대한 기술장벽이 높아지는 추세에 따라 OEM 대체부품 시장진입은 더욱 어려울 전망임

○ 다만 기체 및 운항정비와 관련된 PMA 시장은 지속적인 성장이 예상되며, 관련된 부품 및 기술개발을 통해 시장의 진입 가능성이 존재함




〈그림 II-44〉 항공 MRO Supply Chain 변화

출처 : Optimized MRO. Becoming a Reality, Capgemini, 2017, 재구성

## 2.2. 항공 MRO 시장 동향 및 전망

### ❒ 항공 MRO 시장 전망 종합

○ Oliver Wyman 보고서에 의하면 그림 Ⅱ-45와 같이 2020년 항공기 MRO 산업의 전 세계 수요는 코로나-19 이전의 예상치 대비 45% 낮아지고(916억→503억USD), 2030년까지 1,150억 달러(코로나-19 이전 예상치의 88%)에 이를 것으로 예상됨

- B737MAX 결함 및 코로나-19로 인해 인도가 지연되었던 많은 항공기들이 향후 수년간 인도될 것으로 예상되며, 2020년대 후반에 이 기체들의 중정비 시점이 도래함에 따라 MRO 시장도 보다 빠르게 회복될 것으로 예상됨
- 단기적으로 2021년과 2023년 사이 MRO 수요는 50% 증가할 것으로 예측되며 금액적으로는 300억 달러가 증가할 것으로 예상됨

※ 코로나-19로 인해 항공사들은 비용절감을 위해 중정비 시점을 연기, 장기간 지상에 주기 되었던 항공기들은 운항을 재개하기 위한 정비를 수행하여야 함 이러한 항공기 정비 물량이 2021~2023년 사이에 시장에 풀리면서 단기적인 증가세를 보일 것으로 예측됨

- 다만 이러한 회복세는 노후 기체의 조기 퇴역으로 인한 MRO 물량 감소, 신규 기체 도입 증가에 따른 중정비 시점이 `20년대 후반에 도래할 것으로 예상되어 2023년 이후 연평균 성장률 1%대로 둔화될 것임

※ 2020~2030년 MRO 시장 연평균 성장률은 8.7%이나, 이는 코로나-19로 침체된 2020~2021년 정비 시장 규모가 포함되어있어 실질적인 성장률은 2023~2030년 1.7%로 판단됨




〈그림 Ⅱ-45〉 MRO 시장 전망, 2020~2030

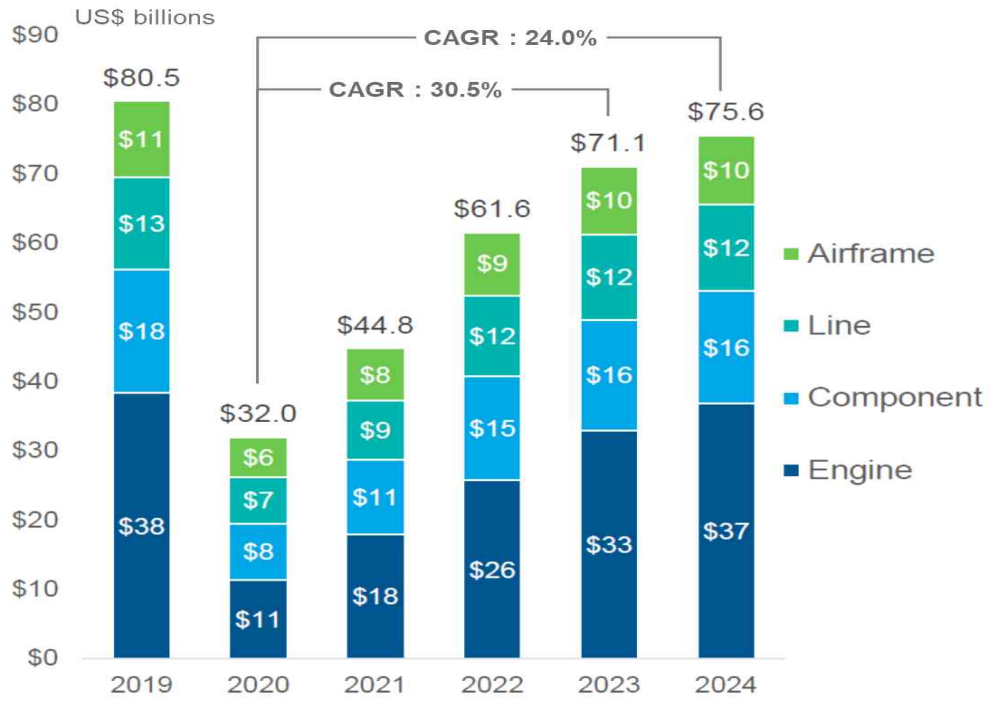
출처 : Recover and rebuild, 2021, Oliver Wyman, 재구성

〈표 Ⅱ-5〉 예측 기간 내 연평균 성장률 비교

| 구분 | 코로나-19 회복 초기 | 코로나-19 회복기 | 전체 기간 전망 |
|---|---|---|---|
| | 2020 ~ 2023 | 2023 ~ 2030 | 2020 ~ 2030 |
| 코로나-19 이전 전망 | 3.2% | 3.8% | 3.6% |
| **코로나-19 이후 전망** | **26.8%** | **1.7%** | **8.7%** |

○ 글로벌 컨설팅 업체인 ICF의 2019~2024년 MRO 시장 전망에서도 OW의 시장 전망과 유사하게 코로나-19 이후 2023년까지 연평균 30.5%의 빠른 성장률을 볼 수 있으며, 이후 점진적인 회복세를 예측할 수 있음

- 다만 OW 보고서와는 달리 2024년까지도 2019년 수준으로는 회복하지 못할 것으로 예측함




〈그림 Ⅱ-46〉 MRO 시장 전망, 2020~2024

출처 : IATA 16th Maintenance Cost Conference, ICF, 2020.09

### ❒ 정비 부문별 항공 MRO 수요

❍ 기체 정비

- 코로나-19 기간 동안 주기되어 있던 항공기들은 재운용을 위해 기체 검사를 받아야 하며, 그 수량은 2021년에 2,500대 이상, 2022년에 1,500여 대로 예상
- 향후 2년간 많은 수의 항공기가 동시에 운항 재개를 위한 정비에 몰리면서 일시적으로 정비 수요가 급격히 늘어날 수는 있으나 이후 신규 항공기의 도입으로 기체의 점검주기가 길어지고 정비비용이 감소하기 때문에 시장 성장폭*은 크지 않을 것으로 예상

  * 2026~2031년 사이 연평균 1% 미만 성장 예상

❍ 엔진 정비

- 2020년 엔진 정비 수요 역시 전년도 대비 30% 이상 급감했으나, 항공기 운항이 활성화될 것으로 예측되는 2022년까지 2019년 수준으로 회복될 것으로 예상됨
- 코로나-19로 인해 많은 수의 항공기가 조기 퇴역했으나, 해당 항공기들의 엔진은 1~2년 정도 가용하기 때문에 예비 엔진으로 전환되었고 이로 인해 전체적인 엔진 중정비 비용 지출 시점이 지연됨

- 반면에 신규 항공기 도입으로 신형 엔진의 도입*도 함께 늘어나며, 그림 Ⅱ-48과 같이 신형 엔진의 경우 기존 엔진 대비 운영 효율은 높으나 정비 비용은 높기 때문에 기존 예비 엔진들이 시장에서 시장에서 퇴역하는 시점에서 전체적인 엔진 시장 규모는 더 성장할 것으로 예측됨

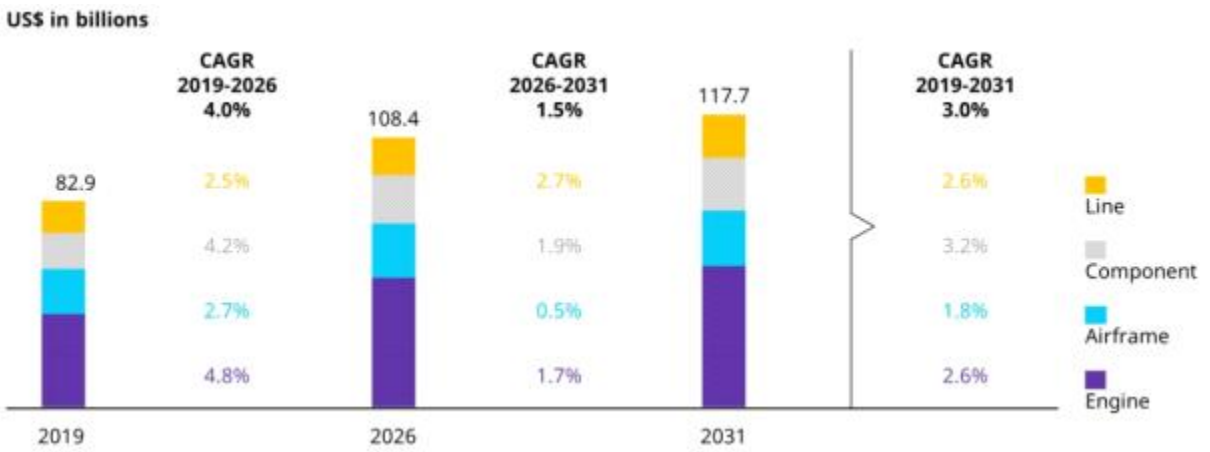
  * 2021-2031년 신규항공기 CAGR 3.3%, 신규 엔진 CAGR 3.8% 예상

○ 부품 정비

- 부품 정비 시장도 엔진 정비 시장과 같이 항공기 운항 활성화와 함께 2022년 또는 2023년 정도에 2019년 수준을 회복할 것으로 예측됨
- 부품 정비 시장은 예측기간의 전반기에는 4.2%의 성장률을 보이며, 후반기에는 1.9%의 성장률을 보일 것으로 예상됨

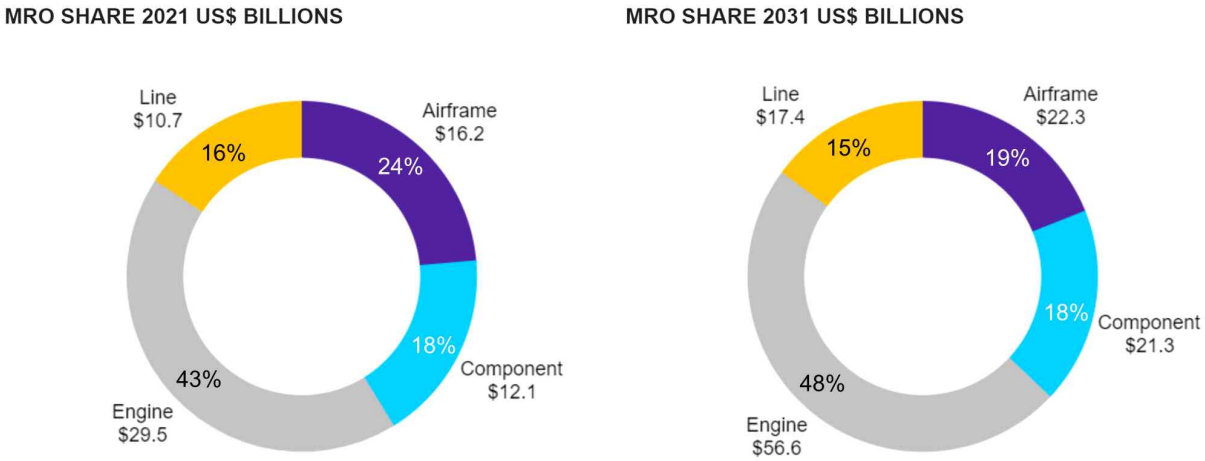
○ 라인 정비

- 2021년 라인 정비 시장 규모는 2019년 대비 16% 감소했으나 점차 회복될 것으로 예상되며, MRO 부문별 정비 시장에서 유일하게 예측기간 후반기에도 지속적으로 성장할 것으로 예상됨
- 이는 항공기 운항 재개와 신규 항공기 도입으로 항공기 총 수량이 꾸준히 증가하는 것과 비례해 시장 규모도 지속적으로 증가하기 때문인 것으로 분석됨




〈그림 Ⅱ-47〉 MRO 부문별 연평균성장률 전망, 2019-2031

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

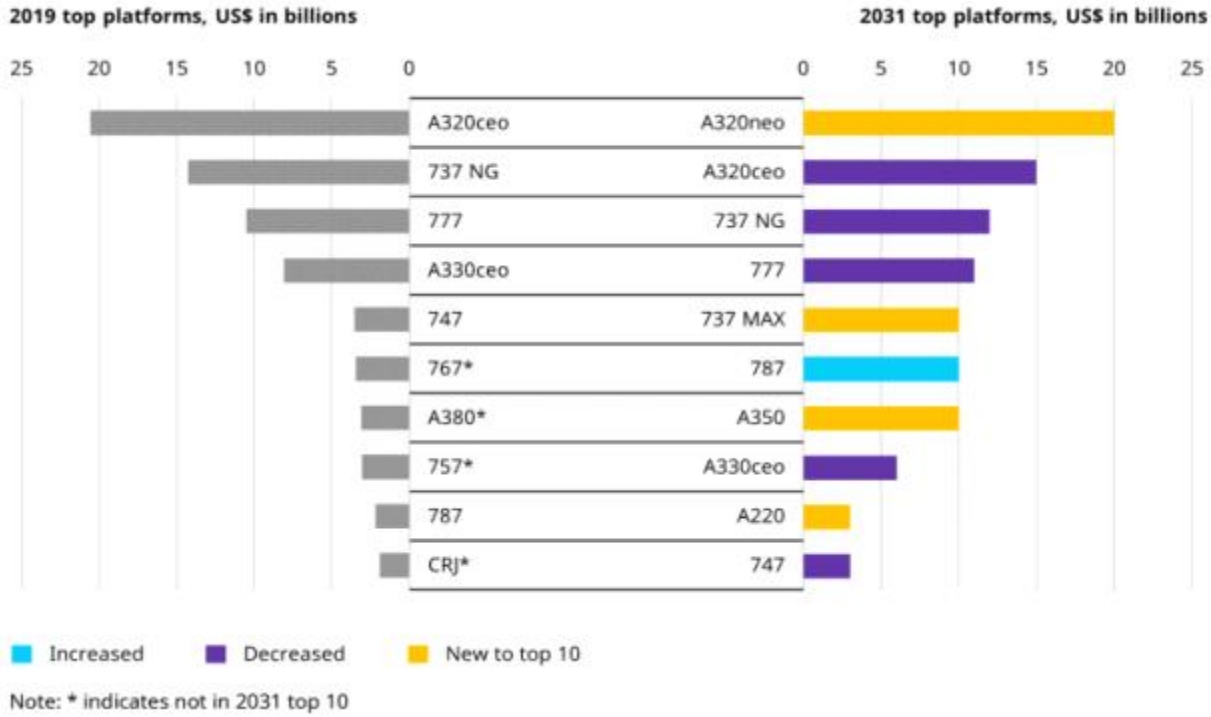



〈그림 Ⅱ-48〉 MRO 부문별 시장점유율 예측, 2021 vs 2031

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

## ❒ 항공기 기종별 MRO 수요

○ 그림 Ⅱ-49와 같이 향후 10년간 A320neo를 비롯한 NB 항공기의 시장 점유율은 증가하고, WB 항공기 시장에서 B747, B767, A380은 B787, A350과 같은 신형 WB 항공기로 대체될 것으로 예상됨




〈그림 Ⅱ-49〉 항공기 기종별 MRO 수요 예측, 2019 vs 2031

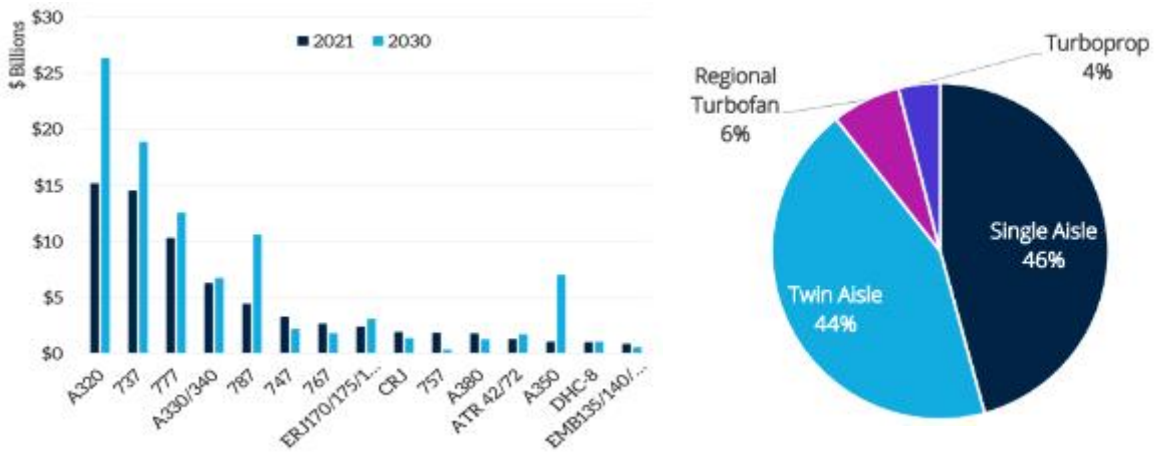
※ ceo : Current Engine Option, neo : New Engine Option, NG : Next Generation

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

❍ 이에 따라 기종별 MRO 수요 역시 그림 Ⅱ-50, 51과 같이 A320과 B737 계열이 NB 항공기 수요의 대부분을 차지할 것으로 예상*

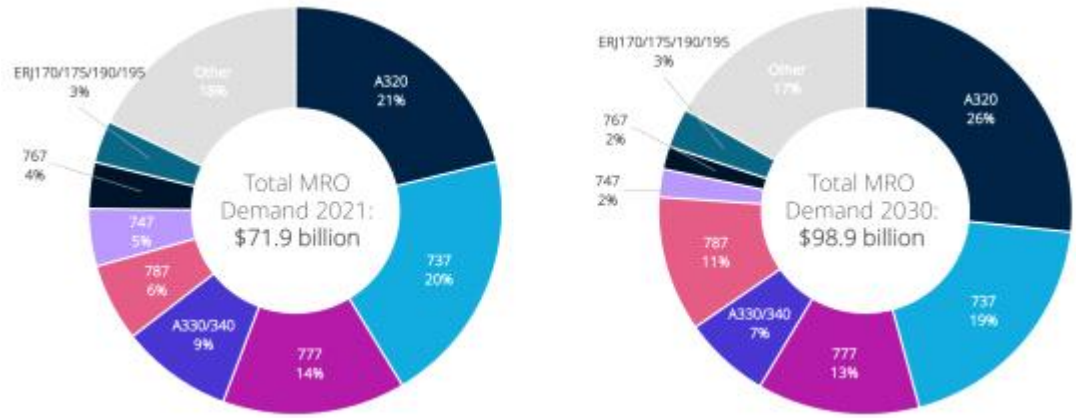
* 예측 기간 및 예측 보고서가 상이하기 때문에 기종별 점유율 및 시장 규모에는 차이가 있음

- 2030년 기준 전체시장에서 NB 항공기는 46%, WB 항공기는 44% 점유 전망
- A320 계열은 예측 기간 10년간 전체 MRO 시장의 24%인 2,120억 달러, B737 계열은 전체시장의 19%인 1,720억 달러를 점유할 것으로 전망
- A350/B787은 2021년 기준 55억 달러에서 2030년 176억 달러로 급성장 예상




〈그림 Ⅱ-50〉 항공기 기종별 MRO 시장 점유율 전망, 2021 vs 2030

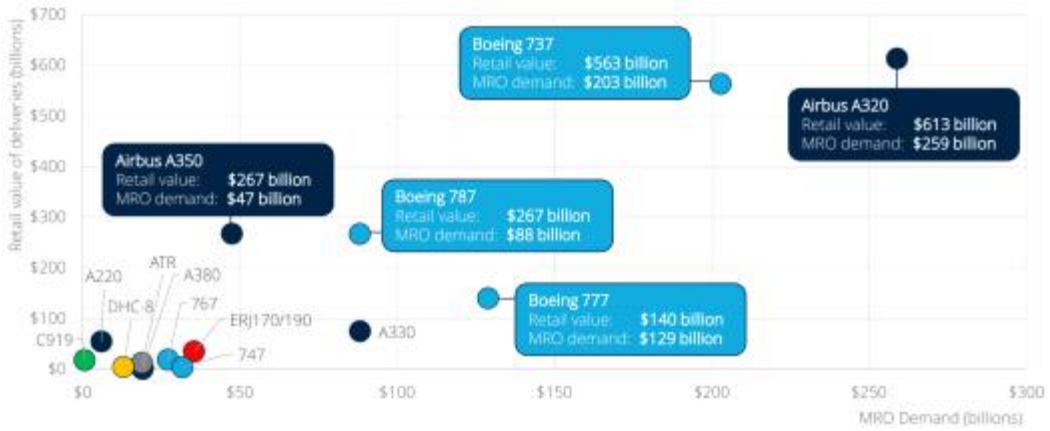
출처 : 2021 Commercial aviation fleet & MRO forecast, Aviation Week Network, 2020




〈그림 Ⅱ-51〉 항공기 기종별 MRO 시장 점유율 전망, 2021 vs 2030

출처 : 2021 Commercial aviation fleet & MRO forecast, Aviation Week Network, 2020

❍ 2021~2030년 기준 향후 10년간 2조 달러 상당의 항공기가 인도될 것이며, MRO 비용으로 1조 달러가 지출될 것으로 예상됨



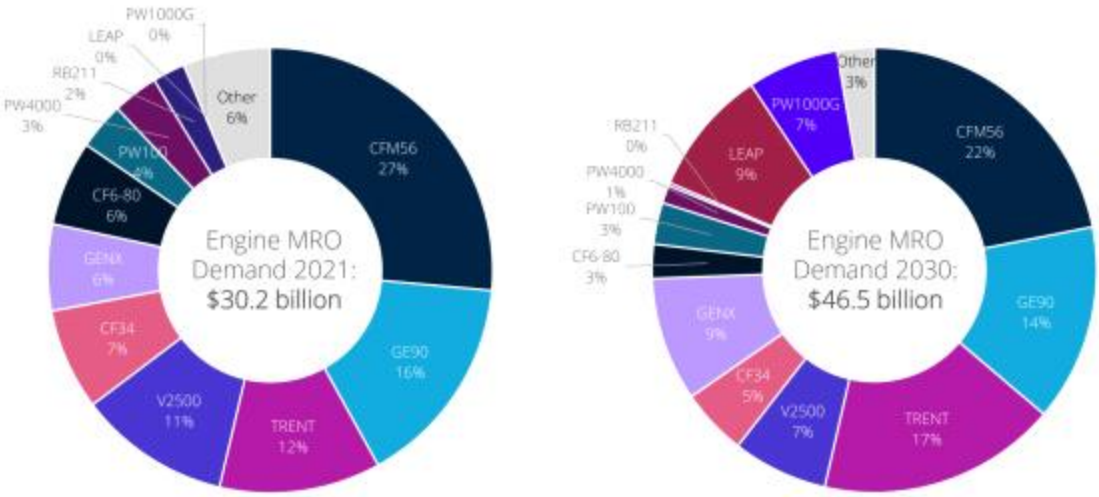

〈그림 II-52〉 주요 항공기별 가격 및 MRO 소요 비용 비교

출처 : 2021 Commercial aviation fleet & MRO forecast, Aviation Week Network, 2020

### ❒ 항공기 엔진별 MRO 수요 전망

○ 항공기 엔진 MRO 시장은 기체 점유율과 연관되어 있으며, 구형 엔진의 점유율이 감소하고 신형 항공기에 장착되는 LEAP, PW1100G, GEnx, Trent 등의 신형 엔진의 정비 수요가 증가함

- B737, A320 등 NB 항공기에 장착되는 CFM56 엔진이 가장 많은 시장 점유율을 확보하고 있으며, 신형 NB 항공기에 장착되는 LEAP-1A/B, PW1000G 엔진의 점유율이 증가함
- WB 항공기의 경우 B787, A350의 증가에 따라 이들 기체에 장착되는 GEnx -1B, Trent 1000/XWB의 수요 역시 증가할 것으로 전망




〈그림 II-53〉 항공기 엔진별 MRO 시장 점유율 전망, 2021 vs 2030

출처 : 2021 Commercial aviation fleet & MRO forecast, Aviation Week Network, 2020

### 〈표 II-6〉 주요 엔진별 세부 내용 및 장착 항공기

| 구 분 | 내 용 | 장착 항공기 |
|---|---|---|
| CFM56 | ■ CFMI[4] 설립 후 첫 엔진으로 1974년 출시 이후 현재까지 다양한 파생형이 사용되는 베스트셀러 엔진<br>■ 2019년 공식 누적 엔진가동시간 10억 시간 돌파로 엔진의 신뢰성과 범용성 입증 | B707 계열(미 공군)<br>B737 계열(MAX 제외)<br>A320 계열<br>A340-200/300 |
| GE90 | ■ 제네럴 일렉트릭사의 엔진으로 B777에만 장착되며, 상용항공기 역사상 가장 큰 크기로 기록됨<br>■ 2015년 기준 B777 전체 기종 중 70%가 GE90 탑재 | B777 |
| GEnx | ■ 제네럴 일렉트릭사의 엔진으로 기존 광동체 항공기용 CF6의 후속으로 개발 | B787<br>B747-8 |
| TRENT | ■ 1990년대에 개발된 롤스로이스사의 엔진으로 중대형 항공기에 장착<br>■ Trent 600/700/800/1000/XWB 등 다양한 파생형 개발 | B777(T-800)<br>B787(T-1000)<br>A330(T-700)<br>A340(T-500)<br>A350(T-XWB)<br>A380(T-900) |
| V2500 | ■ IAE[5]사에서 개발한 협동체 항공기용 엔진 | A320 계열<br>KC-390<br>MD-90 |
| LEAP[6] | ■ CFMI에서 개발한 협동체 항공기용 엔진으로 기존 CFM56 대비 연료효율을 약 16% 이상 향상시킴 | A320neo<br>B737 MAX<br>C919 |
| PW1000G | ■ PW에서 개발한 협동체 항공기용 엔진으로 GTF[7] 기술을 적용하여 기존 엔진 대비 저소음 고연비 달성 | A320neo<br>A220<br>E-Jet<br>MC-21 |

출처 : 기획연구진

### 〈표 II-7〉 엔진 OEM사 시장 점유율

| OEM 사 | 점유율 | 비고 |
|---|---|---|
| CFM Intetnational | 44% | ■ 2021년 기준 20,000여대가 운용 중인 CFM56 엔진을 기반으로 가장 큰 점유율을 가짐 |
| GE Aviation | 23% | ■ 비즈니스 항공기용 CF34, 대형항공기용 CF6, GE90을 기반으로 전 세계 두 번째 점유율 확보 |
| Pratt & Whitney | 12% | ■ P&W사 엔진은 약 7,000여대가 운용 중 |
| Rolls-Royce | 11% | ■ 광동체기용 Trent 엔진을 기반으로 4,000여대가 운용 중 |
| IAE | 10% | ■ 협동체기에 장착되는 엔진 중 두 번째로 점유율이 큰 V2500 엔진이 주력 제품임 |

출처 : Engine OEM market share in 2021, Aviation Week Network

4) CFM International : GE Aviation(미국), Safran Aircraft Engines(프랑스)의 합작회사
5) IAE : International Aero Engine (JV: PW 25%, PW AEI 25%, MTU AE 25%, Japanese AEC 25%)
6) LEAP : Leading Edge Aviation Propulsion
7) GTF : Geared Turbo Fan

〈표 II-8〉 주요 엔진 제원 및 성능

| NB 항공기 | | | | WB 항공기 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 제작사 | 엔진명칭 | 제원 및 성능 | | 제작사 | 엔진명칭 | 제원 및 성능 | |
| GE | V2500 | 직경 | 1.7m | PW | PW4000 | 직경 | 3.0m |
| | | 길이 | 3.2m | | | 길이 | 4.9m |
| | | BPR | 5.4:1 | | | BPR | 6.8:1 |
| | | 추력 | 24,480lbf | | | 추력 | 99,000lbf |
| | LEAP | 직경 | 2.5m | GE | GE90 | 직경 | 3.4m |
| | | 길이 | 3.3m | | | 길이 | 7.3m |
| | | BPR | 11:1 | | | BPR | 9:1 |
| | | 추력 | 32,000lbf | | | 추력 | 115,300lbf |
| PW | CFM56 | 직경 | 2.1m | GE | GEnx | 직경 | 2.8m |
| | | 길이 | 2.5m | | | 길이 | 4.9m |
| | | BPR | 5.1:1 | | | BPR | 9.4:1 |
| | | 추력 | 27,300lbf | | | 추력 | 72,300lbf |
| | PW1100 | 직경 | 2.2m | RR | Trent XWB | 직경 | 3.0m |
| | | 길이 | 3.4m | | | 길이 | 5.8m |
| | | BPR | 12.5:1 | | | BPR | 9.6:1 |
| | | 추력 | 35,000lbf | | | 추력 | 97,000lbf |

* BPR : Bypass Ratio

출처 : 기획연구진, 엔진별 제원 및 성능은 대표 기종으로 작성하였으며 세부 기종별 제원 및 성능 차이 있음

### ❒ 지역별 항공 MRO 수요

❍ 중국

- 국내선 시장을 기반으로 이미 코로나-19 이전 수준으로 회복된 중국은 2019년보다 2021년에 MRO 시장이 8% 더 커질 것으로 예상되어 2021년에 코로나-19 이전 수준을 능가할 것으로 예측됨
- 2031년까지 중국의 MRO 시장은 코로나-19 이전 규모의 두배 이상인 200억 달러에 근접할 것으로 예상됨
- 이에 따른 항공기 증가와 중국 내 항공기 평균 기령은 6.4년에서 10.6년으로 증가하여 추가 MRO 수요를 유도할 것임

❍ 인도

- 인도에서도 2030년까지 항공기가 2배 이상 성장할 것이며, MRO 시장에서 상당한 성장을 보일 것으로 예상됨

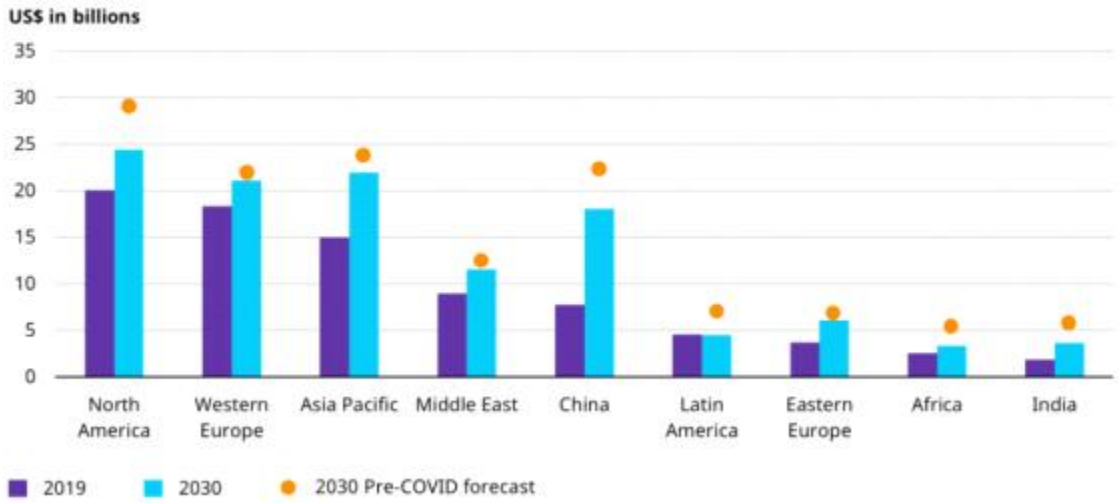
- 2030년까지 인도 MRO 시장은 2배인 37억 달러로 예상되지만 이는 코로나-19 이전에 예상했던 가치에 비하여 36% 감소
- 2030년 수요 기대치가 낮아졌더라도, 인도는 2019년 MRO 시장 점유율 2%에서 2031년 3.4%로 성장하며 시장 점유율이 증가할 것으로 예상됨

❍ 중동

- 중동 지역은 해외 여행에 크게 의존하기 때문에 중동의 회복은 국제 여객 수요 회복에 가장 크게 영향을 받을 것이며, 이러한 의존성으로 인해 2023년까지 이전 수준으로 회복되지 않을 것으로 예상됨
- 이를 완화할 수 있는 요소는 10년 동안 중동에서 협동체기 수요가 증가하는 것으로 이는 광동체기 감소로 인해 손실된 MRO 수요를 완화하는 데 도움이 될 것임
- 이렇게 회복된다면, 2023년에서 2031년 사이에 상대적으로 신규 도입 항공기가 연평균 6% 이상으로 성장함에 따라 MRO 성장이 연평균 2% 이상으로 안정적이게 될 것으로 예상됨

❍ 북미, 유럽

- 북미와 서유럽의 항공기 수량은 2023년까지 코로나-19 이전 규모에 도달할 가능성이 낮으며 2023년에서 2031년 사이에 약 1% 남짓한 연평균 성장률을 보일 것으로 예상됨
- MRO 시장은 북미에서 2022년, 서유럽에서 2023년에 회복될 것으로 예상됨
- 2031년까지, 시장 회복 후 서유럽의 MRO 시장은 연평균 1%로 성장할 것으로 예상되며, 북미의 MRO 시장은 1% 미만의 성장률이 예상됨
- 서유럽 항공기의 평균 기령은 2023년 12.5년에서 2031년 13.9년으로 증가하여 추가 MRO 수요를 유도할 것으로 예상되나 MRO 시장 점유율은 2019년 22%에서 18%로 떨어질 것으로 예측됨
- 예측기간 동안 북미 기단의 평균 기령은 약 15년으로 유지되며, 부진한 성장으로 인해 북미의 MRO 점유율은 2019년 24%에서 2031년 20%로 감소할 것으로 예상됨




〈그림 II-54〉 2019 vs 2030 지역별 MRO 수요 예측

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

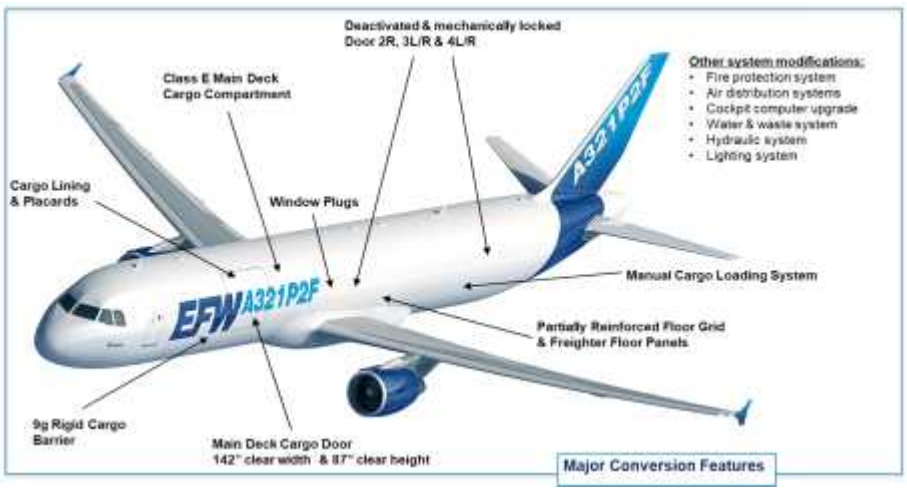
## 2.3. 화물기 개조 시장

### ❒ 화물기 개조 산업

○ 화물기 개조* 산업은 운항은 가능하나 여객 서비스 제공 측면에서 수명이 다된 여객기를 화물기로 개조하는 산업을 말하며, 개조 비용이 신형 화물기 구매 비용의 10% 밖에 되지 않아 많은 항공사들이 개조기체의 구매를 선호함

* P2F : Passenger To Freighter

○ 화물기 개조를 위해서는 설계/해석/제조/시험/인증의 종합적인 기술력을 요구하며, 이를 통한 항공 제조 및 정비산업으로의 파급효과가 큼

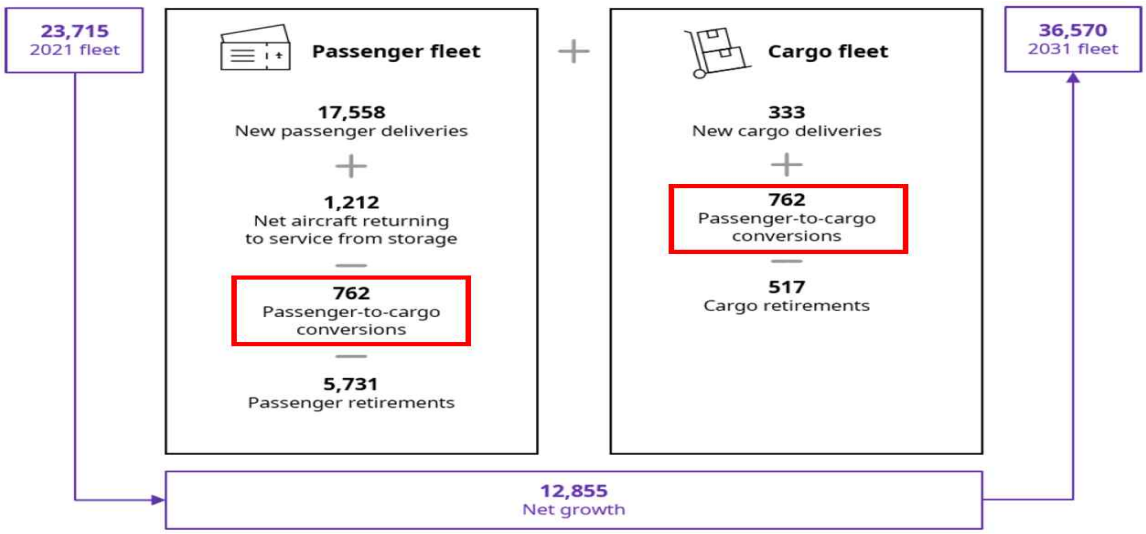



〈그림 II-55〉 P2F 주요 개조 부분

출처 : Airbus 홈페이지

## ❒ 화물기 개조시장 전망

○ Oliver Wyman 전망에 따르면 그림 Ⅱ-56, 표 Ⅱ-4에서와 같이 2021~2031년 동안 화물기 개조 물량을 762대로 전망하였으며, 이는 코로나-19의 영향이 반영되지 않은 2019~2029 보고서의 427대 보다 70% 증가함

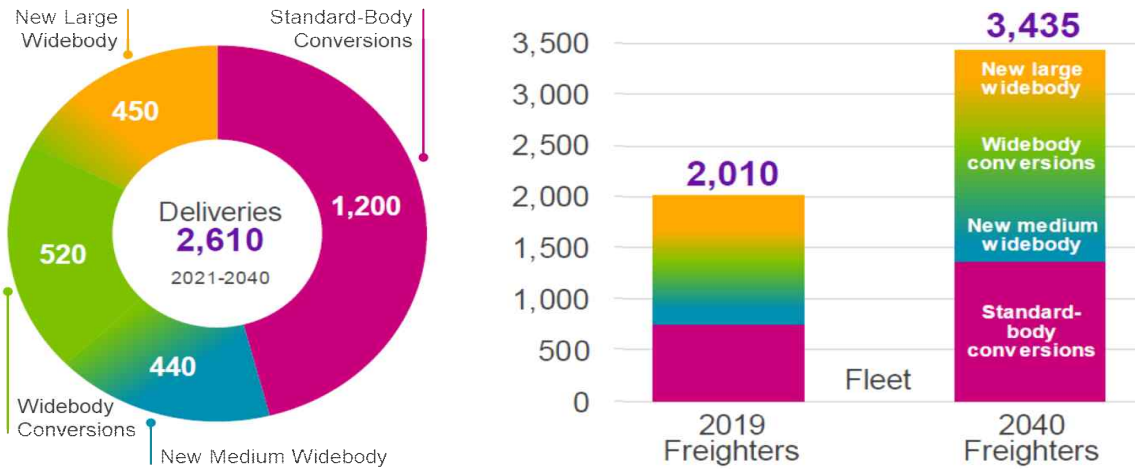



〈그림 Ⅱ-56〉 항공기 증감 전망

출처 : Global fleet and MRO market forecast 2021-2031, Oliver Wyman

○ 보잉에서는 그림 Ⅱ-57과 같이 화물기 대수가 2019년 2,010대에서 2040년 3,435대로 증가할 것으로 예상하였으며, 이는 보잉사에서 코로나-19 이전에 예측한 전망치보다 70% 증가한 수치임

- 전망 기간 동안 신규 인도되는 항공기는 2,610대이며, 이중 66%인 1,720대가 P2F 기체임




〈그림 Ⅱ-57〉 화물기 시장 전망

출처 : Boeing Commercial Market Outlook 2021-2040

〈표 II-9〉 화물적재량에 따른 화물기 분류

| 45톤급 이하 (Standard Body) | 40~80톤급 (Medium Widebody) | 80톤급 이상 (Widebody) |
|---|---|---|
| B737 | B767 | B747 |
| B757 | A300/A310 | B777 |
| A320 Series | A330 | - |

출처 : World air cargo forecast 2020-2039

○ 항공 화물 수요 증가와 코로나-19로 인한 여객기 조기퇴역 기체 수의 증가로 화물기 개조를 위한 항공기 유입이 더욱 증가할 것이며, 관련 산업은 더욱 활성화될 것으로 전망됨

- 최근 여객기 시장에서 퇴역하고 있는 다음 세대 항공기로 전환 중
- A320계열의 항공기가 NB 항공기 개조시장에 진입
- WB 항공기인 B777 P2F가 개발 중이며, A330은 최초 인도를 위한 개조 작업이 2021년 현재 진행 중임

〈표 II-10〉 P2F 시장 항공기 세대 교체

| 구분 | | 기존 항공기 | 현 주력 개조 항공기 |
|---|---|---|---|
| NB | 보잉 | B737-300/400 | B737-700/800 |
| | 에어버스 | - | A320/321 |
| WB | 보잉 | B747/B767 | B777 |
| | 에어버스 | A300/310 | A330-200/300 |

〈표 II-11〉 구형 항공기 P2F 개조 비용

('19년 기준)

| 항공기 종류 | | 개조 업체 | 개조 비용($M) |
|---|---|---|---|
| 구형 | MD80 | AEI | 2.3 |
| | B737-300 | AEI/PEMCO/IAI | 2.5 |
| | B737-400 | AEI/PEMCO/IAI | 2.8 |
| | B757-200 | Precision/ST Aero | 5.0 |
| | B767-300ER | Boeing/IAI | 13-15 |
| 신형 | B737-700 | IAI/PEMCO | 3.5 |
| | B737-800 | Boeing/AEI/PEMCO | 4.0 |
| | A320/A321 | IAI/EFW-ST Aero/ Precision/C Cubed | 5(A320)~6(A321) |
| | A330-200/300 | EFW-ST Aero | 15(200)~16(300) |
| | B777-200ER/-300ER | GECAS/IAI(개발 중) | TBD |

출처 : IBA's Freighter Conversion Whitepaper, January 2019

**〈표 II-12〉 주요 P2F 업체**

| P2F업체 | 내용 | |
|---|---|---|
| AEI (Aeronautical Engineers Inc.) | 개요 | 1958년에 설립된 여객기 화물용 개조 기업이며 대표적 고객사로 HAECO, Commercial JET, KF Aerospace STAECO와 업무 체결 중 |
| | 주요 기종 | B737-300SF,400SF,800SF/MD-80SF/CRJ-200SF |
| EFW (Elbe Flugzeugwerke GmbH) | 개요 | 1955년에 독일 드레스덴에 본사를 두어 1990년 이후 ST Aerospace와 Airbus 각각 55%, 45% 합작 투자로 설립 |
| | 주요 기종 | A300, 310, 320, 321, 330, 340 |
| IAI | 개요 | IAI의 민수 항공사업부인 BEDEK에서 항공기 개조 사업을 수행<br>GECAS와 함께 B777 여객기 개조 사업을 수행하고 있으며 2022년 상용화 목표 |
| | 주요 기종 | B737-300/400/700/800, B767-200/300, B747-200/400 |
| PEMCO Conversion | 개요 | MRO와 정비 서비스를 주업종으로 하는 회사로 중국, 코스타리카 및 캐나다 등 개조 관련 업무 협약 체결 중 |
| | 주요 기종 | Boeing 737-300/400/700 |
| Precision Aircraft Solution | 개요 | A321-200의 P2F를 위해 2017년 ATSG와 합작 투자회사 321 Precision Conversions 설립<br>2021년 4월 FAA STC 인증 확보 후 6월 첫 A321 P2F 수행 |
| | 주요 기종 | PAS : B757, JV : A321 |
| ST-Aerospace | 개요 | ST Engineering의 자회사로 1975년 싱가포르 공군의 유지보수 및 지원 서비스를 위해 설립 후 여러 파트너십, 인수 및 투자를 통해 민·군용 항공기 대상 종합 서비스 업체로 성장 |
| | 주요 기종 | A320/A321, A330 |
| $C^3$ Aerospace | 개요 | 2012년 5월 미국 캘리포니아에 설립하였으며, Airbus A320/A321의 P2F 전환을 목표로 STC 인증 획득을 진행 중 |
| | 주요 기종 | A320/A321 |

출처 : 연구진 작성

# 3. 주요 국외 항공 MRO 업체

## 3.1. HAECO

### ❒ 기업 개요

○ 1950년대 Pacific Air Maintenance & Supply와 Jardine Air Maintenance & Supply의 합병 설립되어 Swire Pacific Limited 사가 대주주로 홍콩 공항과 20년 계약을 시작으로 Turn-Key MRO 서비스 제공

* HAECO : Hong Kong Aircraft Engineering COmpany

- 2021년 현재 18개의 항공기 엔지니어링 및 유지 보수 자회사 및 계열사 규모로 확장 및 홍콩, 중국, 미국, 싱가포르에서 MRO 서비스 지속

### ❒ 주요 사업

○ 부품(항공전자, 착륙장치, 나셀, 레이돔, 타이어 및 브레이크장치 등)

- 공정 및 공구 설계, 수치제어 프로그래밍, 도금, 비파괴검사, 항공기 구조 관련 개조 및 복합 부품 어셈블리 등의 정비 기술 역량 보유

○ 엔진(롤스로이스 RB211-524, TRENT series, GE90, PW JT8D)

- 홍콩에 있는 HAESL 시설은 주요 항공사의 항공기 엔진 MRO 서비스 제공 및 TRENT series 엔진에 대한 수리·분해검사·테스트 서비스 제공
- 중국 샤먼 가오치 국제공항에 위치한 유지 보수 시설은 GE Aviation의 GE 90 엔진에 대한 수리·분해검사 및 테스트 서비스 제공

* HAESL : Hong Kong Aero Engine Services Limited, 홍콩 항공엔진서비스 유한회사

- (아시아) 홍콩 국제공항 내 HAECO Global Engine Support 시설은 3개의 중정비 격납고, 22개의 유지 보수 시설로 구성되어 가동 중이며, CFM, GE, PW4000시리즈 엔진에 대한 서비스 기술 역량 보유
- (미국) 댈러스/포트워스 국제공항 근처 HAECO Global Engine Support 시설은 14개의 엔진베이와 120개의 엔진을 수용할 수 있는 쉘터가 마련되어 가동 중이며, 롤스로이스, PW, GE 엔진 서비스 기술적 역량 보유
- (유럽) 암스테르담 스키폴 공항 근처 HAECO Global Engine Support 시설은 6개의 엔진을 병렬로 수용할 수 있는 공간으로 구성되어 있으며, 롤스로이스 엔진 서비스 기술적 역량 보유

❍ 정비(에어버스, 보잉 항공기 대상)

- 홍콩, 샤먼, 베이징, 청두, 충칭, 항저우, 상하이, 미국 내 시설에서 매년 140개 이상의 항공사 지원

❍ 여객기 개조 사업(B737-300/400, 747-200/300/400, 757, 767)

- 세부 퍼시픽 항공사와의 정비 서비스(ITM, FTM) 계약 체결(2012~현재)
  * ITM : Inventory Technical Management, 재고기술관리
  * FTM : Fleet Technical Management, 항공기기술관리
- 보잉, 에어버스 등 기체 내부 구조적 수정 및 검사 역량 보유하여 민간 여객기를 화물기로 개조

출처 : HAECO사 홈페이지, Wikipedia(2017 개정), 항공정비산업(MRO) 중장기 발전방안 보고서(2014)

## 3.2. ST Engineering

### ❒ 기업 개요

❍ 1997년 ST Aerospace/Electronics/Kinetics/Marine의 4개 상장 기업의 합작법인으로 설립하여 항공MRO, 항공전자 시스템 부문 등의 서비스 제공
  * ST Engineering : Singapore Technologies Engineering

### ❒ 주요 사업

❍ (ST Engineering Aerospace MRO) 전 세계에 구축된 23곳의 MRO 단지를 통해 항공기 기체·엔진·부속품 서비스를 제공

- 보잉, 에어버스를 비롯한 전 세계 OEM사 30종류 이상의 항공기에 대한 기체 정비 서비스를 제공
- CFM, GE, Honeywell, PW, Rolls-Royce, Safran 등 민·군용 항공기 엔진에 대한 통합 MRO 서비스 제공
- 20개 이상의 주요 OEM사의 공인 MRO 서비스 센터로, 부품 물류 네트워크를 구성한 전문 MRO 시설을 통해 구성요소 서비스를 제공

❍ (Seletar Aerospace Park) 2014년, 아시아 및 태평양권 시장의 항공기 개발 업무(MRO, 항공기 대여, 파일럿 교육 등) 제공을 위한 항공센터 설립

출처 : ST Engineering사 홈페이지, Wikipedia(2019 개정), CoporateJetInverstor 기사(2014)

## 3.3. Lufthansa Technik

### ❒ 기업 개요

○ 1995년 독일 함부르크 공항을 거점으로 Lufthansa의 자회사로 설립

### ❒ 주요 사업

○ (기내 엔터테인먼트 시스템 LED 개발) 2018년 LG전자와 OLED 및 객실 전자기기 사업을 위한 합작법인 설립

○ (MRO 및 유지보수 시스템 관련 통합) Honeywell과의 협력으로 양사 간 A350 여객기에 대한 MRO 작업 절차 및 새로운 유지보수 절차 통합

○ (VIP 객실 및 개조 프로젝트) Biz International Operator사와 협력

○ (A330 MRTT 공중 급유 개조) 2017년, 다양한 환경에서의 A330 MRTT 공중 급유기 활용을 위하여 다목적 기내 개조 프로그램 출시 발표

○ MRO 시설이 위치한 지역마다 특성화된 전문분야를 두고 있음

- 함부르크 : 통합서비스, 항공기, 엔진, 부품, 랜딩기어 서비스
- 베를린 : 항공기 서비스, VIP & Excutive jet 서비스
- 프랑크푸르트 : 항공기 서비스, 특수 서비스, e서비스
- 아론스타트, 알차이 : 엔진 서비스

출처 : lufthansa technik사 홈페이지, Wikipedia(2016 개정), 항공정비산업(MRO) 중장기 발전방안 보고서(2014)

## 3.4. AIR FRANCE Industries/KLM

### ❒ 기업 개요

○ 2004년 AIR FRANCE가 네덜란드 KLM와 상호 합병하여 프랑스 샤를 드골 공항 및 네덜란드 암스테르담에 본사를 둔 기업

### ❒ 주요 사업

○ (에어포일 솔루션 설립) 2018년 말부터 Safran 엔진사와 AF-KLM가 각각 51%, 49%의 지분으로 AAS(Airfoil Advanced Solution) 설립

○ (엔진 나셀 수리 및 유지보수) Safran사와의 50:50 협력으로 두바이에 합작사를 설립하고 AMES로 명칭하여 선도적인 MRO, OEM 관련 기술 제공

* AMES : Aerostructures Middle East Services, 항공구조물 중동서비스

○ (싱가포르 부품 솔루션) 2018년부터 싱가포르 셀렉타 클러스터에서 A320 및 ATR사 항공기 부품 수리 지원

* ATR : Avions de Transport Regional

○ (기체 부품 지원 및 물류 서비스 업무협약 체결) 2019년 AF-KLM과 VIVA에어 등의 저가 항공사와의 기체 부품 지원 및 물류 서비스를 제공

출처 : AF Industrie/KLM E&M사 홈페이지, Wikipedia(2019 개정), Avimeter Magazine(`19.4)

## 3.5. AAR

### ❒ 기업 개요

○ 1955년에 I.A Allen Industrial로 설립되어 1969년 AAR Corp.로 명명 후 미국 오클라호마시티에서 항공기 정비 사업 시작

* AAR : Allen Aircraft Radio

### ❒ 주요 사업

○ (엔진 부품 사업) 1981년 엔진 부품 사업 부서 신설 후 본격적으로 가격경쟁력을 높인 엔진 부품 관련 사업 시작

○ (착륙장치 정비 및 교환 사업) 1986년 미국 마이애미에 착륙장치 정비 및 교환 시설 인수 후 본격적 착륙장치 사업 관련 포트폴리오 확대

○ (항공기 유지보수 사업) 2004년 인디애나 폴리스 유지보수 센터 임대 후 유나이티드, 사우스웨스트, 델타 항공 및 기타 항공사에 대한 대대적 유지보수 업무 시작

○ (착륙장치 정비 시설 설립) 2005년 말레이시아 쿠알라룸푸르에 착륙장치 정비 및 수리 시설 설립

○ (MRO 사업) 2008년 미국 마이애미 공항 MRO센터 인수 후 MRO 사업 착수 후 2015년 기준 5,000명 인력을 바탕으로 세계 최고의 항공 MRO 업체로 선정

○ (MRO IT 플랫폼) 효율적인 항공기 MRO를 위해 기존 시스템을 개편, IT 플랫폼을 구축하여 활용 중

- (StAAR) 항공기 MRO 전 단계를 관리하고 추적할 수 있는 맞춤형 애플리케이션으로 모든 MRO 프로젝트 정보 추적 및 제공
  * StAAR : Strategic tools by AAR, AAR의 전략적 도구
- (IMOPS) 부품 주문 관리, MRO 자재 보관 및 재고 추적 기능
  * IMPOS : Inventory Management and Order Processing System, 재고관리 및 주문시스템
- (APRIse) 내외부 요청, 안전문제, 공급업체 관리 감독을 위한 플랫폼
  * APRIse : AAR Performance Reporting Information System, AAR 성능보고 시스템

○ (화물 사업) 2011년 Telair International인 화물 컨테이너 제조업체 Nordisk Air 인수 후 본격적 화물 운송사업 실시

출처 : AAR사 홈페이지, Wikipedia(2021 개정)

## 3.6. SIA Engineering Company

### ❒ 기업 개요

○ SIEC는 싱가포르항공(SIA)의 자회사이며, 전 세계 85개국에 항공기 MRO 서비스를 제공하는 세계적 기업
  * SIA : SIngapore Airlines
  * SIAEC : SIngapore Airlines Engineering Company

### ❒ 주요 사업

○ 싱가포르 창이 공항에서 싱가포르를 경유하는 50개 이상의 항공사 및 전 세계 80여 개의 국제 항공사에 항공기의 유지 보수 및 MRO를 제공
- 항공기 유지보수(Airbus A300~380 및 Boeing 737~787 대상)
- 엔진테스트 시설(Rolls-Royce, IAE, PW, GE, Engine Alliance 대상)
- 직원 5,000여 명 중 주요 기술자는 3,000명, 공인 항공기 엔지니어 950명, 관리자, 행정 및 일반 사무직 1,050명으로 구성
- 전 세계 9개국 25개사와 JV를 설립하는 등 글로벌 항공기 공급체인 면에서 중요한 역할을 수행
- 합작사를 통해 라인 유지 보수 지원 네트워크는 호주, 미국, 홍콩, 인도네시아, 필리핀 및 베트남의 공항까지 확장

○ (포스트 코로나 新전략) SIAEC은 향후 MRO 시설 내 Smart Factory 운영 체제 및 자동화 설비 도입을 계획하고 있으며, 포스트 코로나 시대 스마트 MRO로서의 글로벌 포지셔닝 강화 예정

○ Rolls-Royce, A*STAR와 함께 USD 6천만 규모의 투자액을 조성, 5년 내로 항공기 MRO 전문 스마트랩(Smart Lab) 개발 추진

- 스마트 조립 시스템(Smart Assembly System) : 모듈조립, 얼라인먼트, 기능 시험과 같은 단계에서 AI기반 스마트 자동화 기술 도입
- 통합 재제조 기술(Integrated Remanufacturing Technologies) : 자동화, 레이저 메탈증착(LMD) 기술, 스마트 조사기술 등 고급 수리 및 재제조 기술 향상
- 미래 제조 프로세스(Future Manufacturing Processes) : 적층식 제조기술, 로보틱스, 표면 컨디셔닝 등 고급제조 프로세스 개발
- 고급 팬블레이드 제조(Advanced Fan Blade Manufacturing) : 팬블레이드 VC 자동화를 통해 생산성 및 효율성 향상
- 지식기반 제조(Knowledge-based Manufacturing) : 4차 산업혁명 기술을 활용해 품질, 비용 및 딜리버리 성능 향상
- JAMCO America 및 JAMCO Corporation과의 합작 투자를 통해 설계 및 인증 획득
- JADE(JAMCO Aero Design & Engineering Pte Ltd)와의 JV를 통해 항공기 객실 개조 및 재구성 시장으로 확대
- 2021년 3월 엔진 서비스 전문부서 ESD를 구성하여 종합적인 엔진 관련 부가가치 서비스를 제공

출처 : 글로벌 기업의 코로나19 대응사례와 포스트 코로나 신전략, KOTRA, 2020, SIAEC 홈페이지

## 3.7. Delta TechOps

### ❒ 기업 개요

○ 1929년 델타항공의 항공기 유지보수, MRO 관련 부서가 미국 애틀란타 하츠필드-잭슨 국제공항(ATL)을 본사로 두어 세분화됨

### ❒ 주요 사업

○ (유지보수 서비스) 90년 이상의 MRO 경험, ISO 인증 획득 및 작업 효율성 제고를 위한 시스템을 도입으로 넓은 범위에서 맞춤형 서비스를 제공

- 엔진 유지 보수 및 착륙장치에 대한 ISO 9001 인증 획득
- CF34/CF6/CFM56 및 PW, TRENT 엔진에 대한 유지보수 서비스
- 전 MRO 시설에서의 ERP 솔루션 적용을 위해 EmpowerMX사의 클라우드 시스템을 적용

* ERP : Enterprise Resource Planning, 전사적 자원관리

○ (교육 및 지원) MRO서비스 이외 외부 운영자에 대한 기술교육 지원

- 항공정비기술자(AMT)를 운영하여 외부 운영자에게 기술교육, 엔지니어링 지원 및 재고 관리 지원
- 전 세계 항공기의 AOG 지원을 제공하는 신속대응팀 DART를 운영

* DART : Disabled Aircraft Recovery Team

출처 : Delta TechOps사 홈페이지, Wikipedia(2018 개정)

## 3.8. SR Technics

### ❐ 기업 개요

○ 스위스 클로텐 취리히 공항에 본사를 두어 HNA그룹, Mubadala Development사 각각 80%, 20%의 지분으로 2016년 상장

* HNA : HaiNan Airlines, 하이난항공

### ❐ 주요 사업

○ (MRO 사업) 취리히, 말레이시아 등 지역항공사 및 고객사에 기관인증, 기계, 항공전자 등의 인증을 통해 업무 협약 체결

- Honeywell사와 SR Tech. 말레이시아 내 지역항공사 고객 및 엔진 부품 및 수리 등 지원을 위한 5년 수리 및 공정 지원
- 2020년 말 취리히 격납고에서 CFM International LEAP-1B 엔진 MRO 서비스 시작하여 2022년 1분기까지 기관 인증 사업 진행 중

○ (항공기 납품) B787 VIP 납품

- SR Tech. VIP 컨설팅 서비스팀으로부터 B787 VIP를 납품하였으며, 인테

리어 설계, 비용 관리 및 작업, 규정 준수 여부 관리 감독, 형상 변경 관리 감독 그리고 항공기 인도 작업 지원 등이 포함

○ (부품 수리 및 유지보수) 휠 및 브레이크장치, 카울링 등의 부품 수리 및 유지보수 관련 계약 체결

- 2019년 3월, 항공사 SWISS와 A320, 330, 340 등 항공기에 대한 5년간의 휠 및 브레이크 장치 유지보수 작업 계약 체결

* SWISS : Swiss International Air Lines, 스위스 국제항공

출처 : SR Technics사 홈페이지 보도자료, Wikipedia(2015 개정)

## 3.9. Turkish Technic

### ❒ 기업 개요

○ 2006년 터키 이스탄불 아타튀르크 국제공항에 본사를 두어 IATP, ELMO 및 에어버스 MRO 네트워크 정회원사로 등록

* IATP : International Airlines Technical Pool, 국제항공사기구

* ELMO : European Line Maintenance Organization, 유럽 라인정비 기구

### ❒ 주요 사업

○ (항공기 유지보수) 실시 정밀 검사, 검사 유지보수, 보수 엔지니어링, 품질 보증 업무 등 고객이 요구하는 선택적 업무를 수행

- 터키 항공, 선 익스프레스, 페가수스, 에어 베를린, 암스테르담 항공, 예멘 항공, 사우디아라비아, 샤힌 에어 등 각 국가별 고객 유지

○ (엔진 및 보조동력장치(APU) 유지보수) 터키엔진센터(TEC)에서 엔진 및 APU 유지보수 및 MRO 수행

- CFM56-, V2500, GE90, CF6-, TRENT 700 등의 엔진 유지 보수 서비스 제공

- A319, 320, 321 및 B737, 600, 700, 800, 900 항공기에 대한 APU 유지보수 및 수리 서비스 제공

* APU : Auxiliary Power Unit

○ (착륙장치 수리 및 개조) 비파괴검사, 표면 성분검사, 도금, 도장 및 테스트, 유압 구성요소 테스트, 마모상태 점검 등 실시

출처 : Turkish Technic사 홈페이지, Wikipedia(2021 개정)

## 3.10. MRO Holdings

### ❒ 기업 개요

○ 미주 지역의 주요 항공사들(Aeroman, Flight star, TechOps MX, North state) 제휴로 설립된 MRO 업체

### ❒ 주요 사업

○ Boeing, Airbus, Embraer, McDonnell Douglas, Bombardier의 상용 여객기에 대한 MRO, 인테리어, AOG 및 페인트 솔루션을 제공

* AOG : Aircraft On Ground

○ 2019년 MRO 운영데이터를 기반으로 종합 항공기 기술 솔루션을 제공하는 MRO Solutions(엘살바도르)를 설립

## 3.11. GE Aviation

### ❒ 기업 개요

○ 1917년 GE사의 자회사로 설립된 엔진 생산 전문업체로 민·군수 항공기 엔진 및 해양 수송체 목적의 엔진 개발을 수행

### ❒ 주요 사업

○ (엔진 사업) GE Aviation사에 생산되는 모든 엔진(GE, CFM)에 대해 오버홀 서비스 제공

- 상업용 항공기 대상으로 'True Choice Commercial Service'을 제공하며 전 세계 총 6곳의 MRO 시설 위치
- True Choice Material/Overhaul/Flighthour/Transition, Digital solution for True Choice 등 수리·정비·관리를 위한 종합적인 서비스 제공
- 오버홀의 경우 미국(Strother), 스코틀랜드(Caledonian), 영국(Wales), 브라질(Celma), 말레이시아(Malaysia), 대만(EGAT)에 시설 위치

○ (항공기 부품 사업) borescope, inspection/blending, LRU, fan module, MGB scope 등의 서비스 제공

- 에어 아시아와의 파트너쉽 체결로 항공편 운영 및 비용 관련 네트워크 구축 완료
- 각 항공 부품 제작사와 업무 체결로 인하여 제품 자격 테스트 기능 및 권한 수행

출처 : GE Aviation사 홈페이지, Wikipedia(2020 개정)

## 3.12. AMECO Beijing

### ❒ 기업 개요

○ 1989년 중국 베이징에 에어차이나와 Lufthansa의 합작으로 각각 60%, 40%의 지분으로 설립 후 2015년 75%, 25% 지분으로 개편

### ❒ 주요 사업

○ (MRO 사업) B737NG, 747, 767, 777, A330, 340 항공기 유지보수 및 수리

○ (착륙장치) 중국 전역 소요사의 착륙장치에 대한 정밀 검사 및 수리

○ (엔진 사업) PW 4000-94, RB211-535E4, V2500-A5 종의 엔진에 대한 유지보수 및 수리 작업

○ (기타 외 사업) 중국 전역 소요사의 항공전자 부품, 기계 부품 등에 대한 판매, 검사 및 수리

## 3.13. Rolls-Royce Holdings plc

### ❒ 기업 개요

○ 2011년 영국 Rolls-Royce plc.의 자회사로 설립되어 민수 및 군수 항공기 외에 우주에도 사업을 확장

### ❒ 주요 사업

○ (MRO 사업) TRENT 1000 및 MT30 개발로 항공기 및 해양 플랫폼 엔진에 대한 지속적 유지보수 및 수리 사업 진행 중

- 2013년 Trent XWB의 수요가 많은 아부다비를 항공우주 핵심허브화 추진을 위해, 아랍에미리트 Mubadala 투자사와 글로벌 MRO 네트워크 계약을 체결

- 2021년 2월, 통합적인 MRO서비스 제공을 위한 AMC 설립 및 공급망 확대
  * AMC : Authorized Maintenance Center
- 2021년 3월, 항공업계 최초로 AI 기반 엔진 검사기기 'Intelligent Borescope' 개발, 엔진 검사소요 시간이 75% 단축되는 결과를 공개

○ (FIRST network) M250 및 RR300 회전익 엔진 운영자를 위한 공인된 글로벌 지원 네트워크

- 전 세계 6개 대륙, 30개 이상의 AMROC를 통해 안정적이고 통합적인 엔진 서비스를 제공
  * AMROC : Authorized Maintenance Repair & Overhaul Center
- 2020년 중국 APA를 통해 H&P General Aviation Services와 계약을 체결, 중국 내 회전익 항공기에 대한 MRO 서비스 진행
  * APA : Asia Pacific Aerospace

○ (Care network) 다양한 회전익, 고정익 항공기 엔진에 대해 지속적인 MRO 서비스를 제공하는 시스템

- Air France Industries KLM Engineering & Maintenance는 Trent XWB 엔진에 관한 계약을 체결 및 Care network에 합류
- 엔진 설계/제조/관리 분야에서 빅데이터 기술을 적용한 Total care, Select care 등 고객 맞춤형 MRO 서비스를 제공
- Total care를 통해 엔진 구매 후 데이터 수집을 통한 실시간 관리 및 장기 유지 서비스를 제공
- Uganda Airlines의 A330neo 및 DHL 익스프레스의 A330 화물기 엔진인 Trent 700엔진에 대해 '21년 Total care 계약을 체결
- Select care는 포괄적인 Total care보다 낮은 가격으로 필요한 서비스를 선택적, 효율적으로 받을 수 있는 시스템

## 3.14. MTU Aero Engines

### ❒ 기업 개요

○ 1934년 독일 뮌헨에 본사를 둔 엔진 MRO 업체로 GE, Pratt&Whitney와의 공동 제작 파트너 참여

❒ 주요 사업

○ (엔진 사업) 엔진, 압축기, 터빈 등 제조 및 시험

- 1969년 MTU가 MAN Turbo AG(터보기계 제작사)와 Daimer-Benz가 각각 50%, 50% 합작사로 설립한 회사 인수 후 항공기 엔진 정비 실시

○ 항공기 엔진 MRO

- CF-6(GE) : A300, 310, 330, B747, 767
- GEnx(GE) : B747, B787 (CF-6 대체용)
- GP7000(Engine alliance : GE, PW) : A380
- GE9X(GE) : B777X

## 4. 주요 항공기 개조 업체

### 4.1. AEI(Aeronautical Engineers Inc.)

❒ 기업 개요

○ 1958년에 설립된 P2F 기업이며, 기체 개조 물량 분담을 위해 HAECO, Commercial JET, KF Aerospace, STAECO와 업무 체결

❒ 주요 사업

○ 여객기 화물용 개조, 개량 부품 형식증명 홀더

❒ 규모 및 매출 (2016년 기준)

○ 직원 수 약 200여 명

○ 매출액 USD 4,200만

❒ 주요 개조 기종

○ B737-300SF,400SF,800SF / MD-80SF / CRJ-200SF

○ 약 130여 개 이상의 부가형식인증(STC) 보유 중

출처 : AEI사 홈페이지, AEI Linkedin 채용공고, RocketReach 기업설명

## 4.2. EFW

### ❒ 기업 개요

○ 1955년에 독일 드레스덴에 본사를 두어 1990년 이후 ST Aerospace사와 Airbus 각각 55%, 45% 합작 투자로 설립

※ EFW : Elbe Flugzeugwerke GmbH

### ❒ 주요 사업

○ 여객기 화물용, 공중 급유용 개조, 항공기 내부 광섬유 복합시트 개발, 항공기 정비, 항전 및 시트품목 MRO

### ❒ 규모 및 매출 (2020년 기준)

○ 직원 수 약 1,150여 명

○ 매출액 USD 3억 5,269만

### ❒ 주요 개조 기종

○ A300/310, A320/321, A330

○ 생산조직승인 인증(DOA, POA) 및 수리·개조 관련 부가형식인증(STC)보유

출처 : EFW사 홈페이지, Wikipedia(2021년 개정)

## 4.3. IAI/BEDEK

### ❒ 기업 개요

○ 1953년에 설립되어 이스라엘 주요 항공우주 및 항공 제조업체 회사로 민·군수 항공 MRO 및 우주 시스템을 수행

### ❒ 주요 사업

○ 여객기 화물용 개조, 항공 MRO, 민항기, 드론 전투기, 미사일 등의 항전 체계 개조 등

### ❒ 규모 및 매출 (2018년 기준)

○ 직원 수 약 15,000여 명

○ 매출액 USD 41억 8,400만

❒ 주요 개조 기종

○ B737-300/400/700/800, B767-200/300, B747-200/400

○ 개조 기종 관련하여 부가형식인증(STC) 보유 중이며, 총 2,500,000시간의 비행을 축적

## 4.4. PEMCO Conversion

❒ 기업 개요

○ MRO와 정비 서비스를 주업종으로 하는 회사로 중국, 코스타리카 및 캐나다 등 개조 관련 업무 협약 체결

❒ 주요 사업

○ 여객기 화물용 개조, 항공기 MRO, 항공기 대여 등

❒ 규모 및 매출 (2020년 기준)

○ 직원 수 약 1,000여 명

○ 매출액 USD 15억 7,100만

○ 플로리다 320,000m² 격납고 보유

○ 윌밍턴 315,000m² 격납고 보유

❒ 주요 개조 기종

○ Boeing 737-300/400/700

○ PART 121 관련 FAA/EASA 등 70개 이상의 부가형식인증(STC) 보유

## 4.5. Precision Aircraft Solution[PAS]

❒ 기업 개요

○ 70년대 초 Sikorsky S-64 AirCrane Helicopter의 상업화를 위한 모회사 The Erickson Group 설립 후 항공기 수명 연장을 위해 개발된 기술을 기반으로 P2F를 주업종으로 하는 PAS 설립

### ❒ 주요 사업

○ 화물기 및 특수 목적기 개조, 설계 및 제작 지원

### ❒ 규모 및 매출 (2018년 기준)

○ 직원 수 약 90여 명

○ 매출액 USD 750만

### ❒ 주요 개조 기종

○ PAS에서는 B757-200PCF*, B757-200PCC**, A321-200PCF에 대한 개조 엔지니어링 기술 지원을 전담(특수임무기의 개조는 모회사에서 진행)

* PCF : Precision Conversions Freighter

** PCC : Precision Conversions COMBI

○ Boeing 757-200

- B757-200PCF는 세계 최초로 인증된 윙렛 화물기로 Rolls-Royce 및 PW 엔진 변형 승인과 FAA, CAAC, EASA, 캐나다, 브라질, 러시아 인증을 획득
- PAS사의 B757-200PCF는 전 세계 B757 계열의 개조 항공기 중 가장 낮은 공허 중량(BEW) 제공

*BEW : Basic Empty Weight

- 15개 화물 팔레트 구성의 B757-200PCF, 10개의 화물 팔레트 및 승객(54명) 구역 구성의 B757-200PCC의 2가지 개조 항공기 종류

○ Airbus A321-200

- A321-200의 P2F를 위해 2017년 ATSG*와 합작 투자회사 321 Precision Conversions 설립, 2021년 4월 FAA STC 인증 확보 후 6월 첫 A321 P2F 수행

* ATSG : Air Transport Sevice Group

- Avocet MRO Services(1, 3번째 개조 작업), PEMCO(2번째 개조 작업) 등 전환 작업업체로 항공기 개조에 필요한 구성요소 키트를 제작 및 배송

## 4.6. ST-Aerospace

### ❒ 기업 개요

○ ST Engineering의 자회사로 1975년 싱가포르 공군의 유지보수 및 지원서비스를 위해 설립 후 여러 파트너십, 인수 및 투자를 통해 민·군용 항공기 대상 종합 서비스 업체로 성장

❒ 주요 업종

○ 항공기 유지보수 및 개조, 구성품 및 엔진 종합 지원

❒ 규모 및 매출 (2020년 기준)

- 직원 수 약 9,000여 명
- 매출 USD 2억 2,100만

❒ 주요 개조 기종

○ Airbus A320/A321, A330

## 4.7. C Cubed(C3) Aerospace

❒ 기업 개요

○ 2012년 5월 미국 캘리포니아에 설립하였으며, Airbus A320/A321의 P2F 전환을 목표로 STC 인증 획득을 진행 중

- EFW, A321 Precision에 이어 Airbus 항공기 P2F 전환을 수행하는 3번째 항공엔지니어링 업체
- 2021년 현재 고객사 및 주문계약 관련 발표가 없지만, 향후 20년간 진행되는 A320/A321 P2F 개조 물량에서 최대 500대의 수요를 담당할 것으로 예상

❒ 주요 업종

○ Airbus A320/A321 P2F 전환

❒ 주요 개조 기종

○ Airbus A320/A321

- 기존 Airbus A320/A321의 구조와 90% 이상의 공통성이 있기에 설치, 운영 및 유지보수 과정 단순화

- A320-200CCF(12개의 화물 팔레트), A321-200CCF(15개의 화물 팔레트) 두 가지 타입이 있으며 모든 엔진 변형에 대한 인증 보유

  *CCF : C Cubed Freighter

- 회사의 모토 "MORE.CARGO.VOLUME"에 따라 동일기 기준 타 P2F 전환 모델 대비 높은 화물적재용량 확보

  *A320-200CCF $166m^3$ ↔ A320P2F(EFW) $156.9m^3$

  *A321-200CCF $214m^3$ ↔ A321P2F(EFW) $203.7m^3$

출처 : EFW사 홈페이지, C Cubed사 홈페이지, IBA's Freighter Conversion Whitepaper, January 2019

## 5. 국내 항공 MRO 산업 현황 및 전망

### ❒ 국내 MRO 정비비 규모

○ 우리나라 국적항공사 기준 MRO 총 정비비용은 2019년 2조 7,621억원으로 2009년 이후 연평균 13.5% 성장함

- 2000년대 저비용항공사들의 설립과 운송시장의 성장에 따라 총 정비비용 역시 증가해왔음

**〈표 II-13〉 항공 MRO 정비비 추이**

(단위 : 억원)

| | 2009 | 2013 | 2017 | 2019 | CAGR |
|---|---|---|---|---|---|
| 항공 MRO 정비비 | 7,784 | 14,880 | 22,793 | 27,621 | 13.5% |

출처 : 국토교통부 국감자료(2018), 국토교통부(2020), 항공정비산업 조기육성 및 일자리창출 보고서(2020)

### ❒ 국적 항공사별 항공정비 현황

○ 국적 항공사별 정비현황은 표 II-14와 같이 대한항공을 제외하면 모든 항공사가 기체 및 엔진 중정비를 해외에서 수행하고 있음

- 상기 정비현황은 2018년 7월말 기준으로 이후 샤프테크닉스케이에서 티웨이항공의 B737 중정비를 2018년 12월에 수행하였으며, KAEMS에서 2019년 2월 제주항공 B737 중정비를 시작으로 국내 항공사 정비를 수행 중임

〈표 Ⅱ-14〉 국적 항공사별 항공정비 현황(2018.7말 기준)

| 구분 | 항공기 | | 엔진 | |
|---|---|---|---|---|
| | 중정비 | 위탁정비 | 중정비 | 위탁정비 |
| 대한항공 | 자체 수행 | A380은 루프트한자 필리핀에 위탁 | 일부 위탁 | GP7270, GEnx(영국 GE), PW1500(미국 콜럼버스엔진센터) |
| 아시아나 항공 | 일부 위탁 | 중국 GAMECO, 대만 EGAT, 필리핀 LTP | 위탁 정비 | V2500(대만 EGAT, 일본 IHI, 독일 LHT), CF6(대만 EGAT, 독일 LHT, 미국 CTS), PW4000(싱가포르 ESA, 대한항공, United Airlines), TRENT 900(독일 N3, 싱가포르 SAESL) TRENT XWB(홍콩 HAESL, 싱가포르 SAESL) |
| 제주항공 | 위탁 정비 | 대만 Air Asia, 중국 STAG, 중국 STAECO, 대만 China Airlines, 인도네시아 GMF | 위탁 정비 | CFM56-7시리즈(KLM, CFM, ST Aerospace, STATCO, Standard Aero, GE) |
| 진에어 | 위탁 정비 | 대한항공 | 위탁 정비 | CFM56-7(대한항공), PW4090(대한항공) |
| 에어부산 | 위탁 정비 | 아시아나항공, 중국 GAMECO, 필리핀 LTP | 위탁 정비 | 아시아나항공에서 일괄 관리 |
| 이스타 | 위탁 정비 | 중국 STAECO, 대만 Air Asia, 몽골 MIAT, 인도네시아 GMF | 위탁 정비 | CFM56(싱가포르 ST Aerospace, 독일 MTU) |
| 티웨이 | 위탁 정비 | 대만 Air Asia, 몽골 MIAT | 위탁 정비 | CFM56-7(중국 STATCO, 싱가폴 ST Aerospace, 캐나다 Standard Aero Ltd.) |
| 에어서울 | 위탁 정비 | 아시아나항공, 중국 GAMECO | 위탁 정비 | V2500(아시아나항공 및 아시아나항공 계약업체 공동이용) |
| 에어인천 | 위탁 정비 | 대만 Air Asia | 위탁 정비 | 중정비 기간 미도래 |

출처 : 김상훈 의원실, 2018년 국정감사 자료

### ❒ 항공 MRO의 해외 의존 현황

○ 국내 운송시장은 대형 운항사를 위주로 성장해왔으며, 각 항공사는 자체 정비 본부를 통해 기체 수리/정비를 수행함

- 기체 중정비와 엔진 오버홀을 수행할 수 있는 인프라는 대한항공만이 보유
- 대형 운항사는 자사 및 계열 저비용항공사의 항공기 정비를 수행하며, 대한항공의 경우 일부 해외 정비 물량을 수주

○ 국내 저비용항공사는 자체 중정비 수리 인프라를 보유하고 있지 않으며, 운항정비를 제외한 수리는 외주업체를 통해 수행함

- 국내 MRO 전문업체의 설립 이전에는 전량 해외 외주를 통해 중정비를 수행했으며, 엔진 정비는 전량 해외 외주

○ 표 Ⅱ-15와 같이 국내 항공 MRO 정비비 규모는 지속적으로 증가하고 있으나 해외 의존도는 점차 감소하고 있음

**〈표 Ⅱ-15〉 국내 국적항공사 정비비용 해외 의존도 추세**

(단위 : 억원)

| 연도 | 2009년[1)] | 2013년[1)] | 2017년[2)] | 2019년[3)] |
|---|---|---|---|---|
| 총 정비비 | 7,784 | 14,880 | 22,793 | 27,621 |
| 국내 정비비 | 3,824 | 7,138 | 11,060 | 15,041 |
| 해외 외주비 | 3,960 | 7,742 | 11,733 | 12,580 |
| 해외 의존도 | **50.9%** | **52.0%** | **51.5%** | **45.5%** |

출처 : 1) 항공 MRO 산업(MRO) 중장기 발전방안 기획(2014), 2) 국토교통부(2018), 3) 국토교통부(2020)

○ 2019년 기준 전체 MRO 비용 중 해외외주비율은 45.5%, 엔진/부품 정비 해외외주 비율은 55% 이상

- 저비용항공사의 경우 운항정비를 제외한 정비 해외 외주비율은 90% 이상
- 국내 MRO 전문사의 LCC 물량 수주를 통해 現 LCC 해외 외주비율 감소 예상

**〈표 Ⅱ-16〉 대형항공사 및 저비용항공사 정비비용 비교**

(단위 : 억원)

| | | 2016년 | | | 2019년 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 총정비비 | 해외외주 | 해외 외주율 | 총정비비 | 해외외주 | 해외 외주율 |
| 대형 항공사 (계열 항공사 포함) | 기체 | 1,729 | 327 | 18.90% | 2,271 | 724 | 31.86% |
| | 엔진 | 9,365 | 4,767 | 50.90% | 13,334 | 6,776 | 50.82% |
| | 부품 | 3,892 | 2,001 | 51.40% | 5,006 | 2,757 | 55.08% |
| | 운항 | 2,883 | 319 | 11.10% | 4,748 | 373 | 7.86% |
| | **소계** | **17,869** | **7,414** | **41.50%** | **25,359** | **10,630** | **41.92%** |
| 저비용 항공사 | 기체 | 91 | 89 | 97.80% | 149 | 145 | 97.80% |
| | 엔진 | 725 | 725 | 100.00% | 1,184 | 1,184 | 100.00% |
| | 부품 | 343 | 328 | 95.60% | 560 | 536 | 95.60% |
| | 운항 | 226 | 52 | 23.00% | 369 | 85 | 23.00% |
| | **소계** | **1,385** | **1,194** | **86.20%** | **2,262** | **1,950** | **86.20%** |
| 합계 | 기체 | 1,820 | 416 | 22.90% | 2,420 | 869 | 35.9% |
| | 엔진 | 10,090 | 5,492 | 54.40% | 14,518 | 7,960 | 54.8% |
| | 부품 | 4,235 | 2,329 | 55.00% | 5,566 | 3,293 | 59.2% |
| | 운항 | 3,109 | 371 | 11.90% | 5,117 | 458 | 9.0% |
| | **소계** | **19,254** | **8,608** | **44.70%** | **27,621** | **12,580** | **45.5%** |

※ 2016년 : 기술집약형 항공정비산업(MRO) 기술개발 사업기획 최종보고서 기준

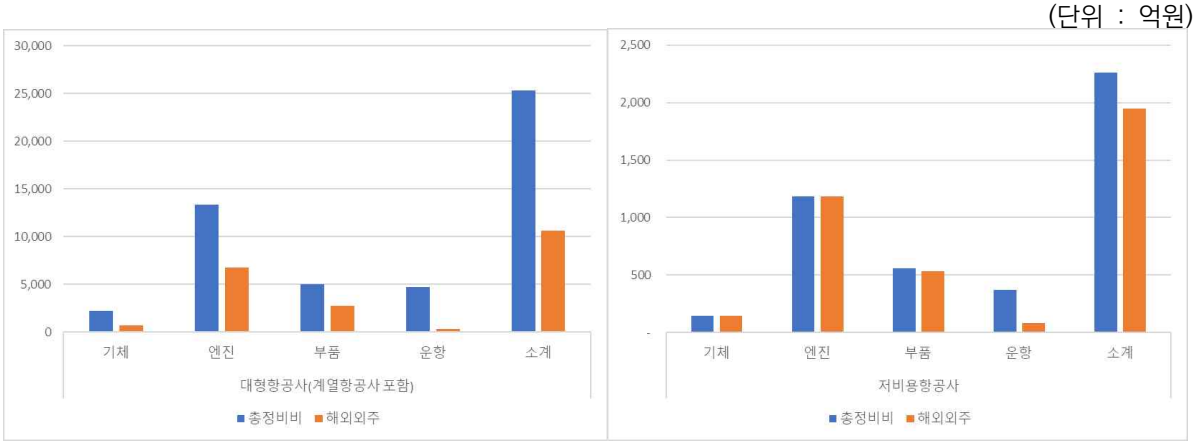
※ 2019년 : 국토교통부 발표 2019년 총 정비비용 및 해외외주비용을 기반으로 2016년 해외외주율 및 2019년 항공기 증가 대수 비율로 추정한 금액

출처 : 기술집약형 항공정비산업(MRO) 기술개발 사업기획 최종보고서, 국토교통부 발표자료(2019년)

○ 그림 Ⅱ-58과 같이 대형항공사는 보유하고 있는 인프라를 통해 자체 정비율이 높은 반면, 저비용항공사는 운항정비를 제외한 정비를 해외 외주로 수행함

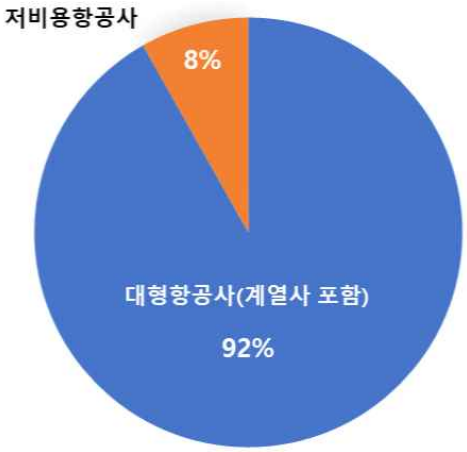
- 저비용항공사가 보유하고 있는 B737-800 항공기의 CFM56 엔진은 국내 대형항공사에서 오버홀 및 수리/정비가 가능하나 시장경쟁에 따라 해외 외주

(단위 : 억원)




〈그림 Ⅱ-58〉 대형항공사 및 저비용항공사 정비비용 비교

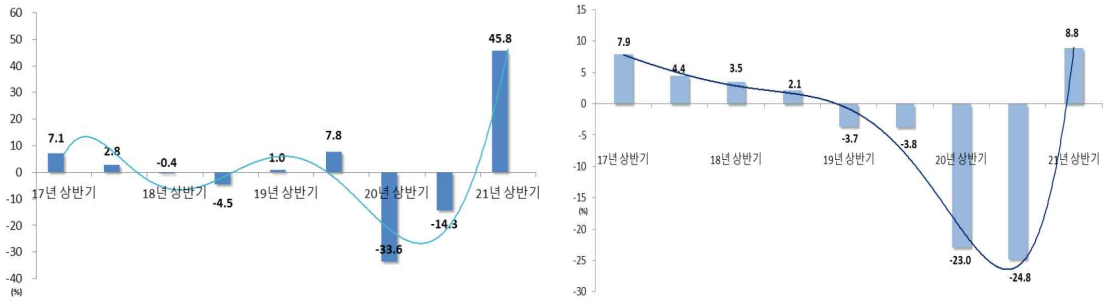
○ 국내 국적항공사 정비비용의 92%는 대형항공사가 차지하고 있으며 정비인프라가 상대적으로 부족한 아시아나항공의 해외 외주물량을 대한항공에서 정비한다면 해외 의존도 감소를 기대할 수 있음




〈그림 Ⅱ-59〉 국적항공사 정비비용 점유 비율

## ❒ 국내 MRO 산업 전망

○ 국내 항공 운송산업은 앞서 설명한 국제 운송산업 현황과 같이 코로나-19로 인해 국제선 이용률이 저조한 반면 국내선 및 화물 운송 실적은 코로나-19 이전의 실적을 기록함 (그림 Ⅱ-60 참조)




**〈그림 Ⅱ-60〉 국내선 여객(좌), 화물(우) 운송실적 추이**

출처 : 항공시장동향 제109호, 2021.07

○ 국내선 및 화물 운송 실적, 백신보급, 트래블 버블 등으로 항공수요는 지속적으로 회복될 것으로 예상되며, 국내 항공정비 수요 역시 증가할 것으로 전망됨

○ KAEMS 설립 이후 지속적으로 국내 저비용항공사의 기체 중정비 물량이 증가하고 있어 이에 대한 해외 위탁정비 비율이 감소할 것으로 전망됨

○ 샤프테크닉스케이는 외국 항공화물사의 기체 중정비 물량 수주와 정비 인프라 확충을 진행 중이며, 신규 정비 행거 준공 후 유휴공간을 활용한 국내 정비 물량 증가도 기대할 수 있음

○ 샤프테크닉스케이와 IAI의 B777 P2F 생산라인 계약에 따라 국내 P2F 산업 진출을 위한 기반조성이 기대되며, 국내 항공제조산업과 연계시 시너지 효과를 기대할 수 있음

○ 현재 기업결합심사 중인 대한항공과 아시아나항공의 합병을 통해 해외 외주정비 비율이 높은 아시아나항공 및 계열 저비용항공사의 정비의 일부를 대한항공에서 수행할 경우 가시적인 해외 외주율 감소를 기대할 수 있음

- 두 항공사의 통합시 대한항공 160대, 아시아나항공 85대, 계열사인 진에어 28대, 에어부산 24대, 에어서울 6대 총 303대*의 항공기 기단을 보유

  * 2020년 말 기준

- 엔진의 경우 두 항공사의 공통 엔진이 많지는 않으나 최근 아시아나 항공의 PW4090 엔진 중정비 계약을 시작으로 대한항공 정비 물량 확대가 기대됨

  ※ 계약금액은 5년간 약 3,000억원 수준으로 2019년 정비비용 기준으로 연 600억원의 해외 외주비 감소를 반영하면 2.1% 해외 외주율 감소* 효과를 나타냄

  * 단순 금액 환산으로 부품 교체, 수리/재생에 대한 해외 외주비 미 반영

# 제3절 국내외 항공 MRO 기술개발 동향

## 1. 기술개발 배경

### ❒ 기존 MRO 수행 환경

○ 항공 MRO 산업은 대표적인 노동집약적인 산업으로 정비 분야에 따라 차이는 있으나 운항사의 정비조직 및 정비 업체의 경우 일정 수준의 인프라를 갖추고 매뉴얼 기반 분해/조립/수리를 수행할 수 있었음

○ OEM은 부품 및 정비 절차를 제공하고, PMA 업체는 OEM 대비 저렴한 부품을 공급, 정비조직 및 업체는 항공사의 항공기 정비 서비스를 제공함

### ❒ MRO 환경 변화

○ 항공 운송 시장의 성장과 저비용 항공사의 등장으로 운항사 간 경쟁이 심화되고, 유가 및 인건비 상승 등의 환경적 요인으로 운항사들은 가격 경쟁력 향상을 위한 방안 중 하나로 항공기 유지비용 절감 노력

- 항공기 및 엔진 제작사는 운항 효율이 높은 기체 및 엔진 개발
- 항공정비업체는 정비 효율성 향상 및 인건비 절감을 위한 재고관리 시스템 구축, 정비/수리 공정 자동화 등의 신기술에 투자
- 정비업체는 정비소요시간 단축, 정시운항을 위한 정비 신뢰도 향상, 정비비용 절감이 요구됨

○ OEM은 정비시장 지배력 강화를 위해 정비 네트워크를 조직하여 내부적인 이익을 극대화하고 이는 운항사의 정비비용 부담으로 작용

- 저렴한 인건비를 기반으로 한 개발도상국의 항공 정비 시장 진출 활발
- 운항사의 정비조직 및 정비업체의 정비 효율성 향상 필요성 증가

○ 운항효율이 높은 기체 및 엔진에 적용된 복합소재, 기계시스템, 전자장비 등의 정비를 위한 신형 정비/수리장비 및 전문 기술 인력이 요구됨

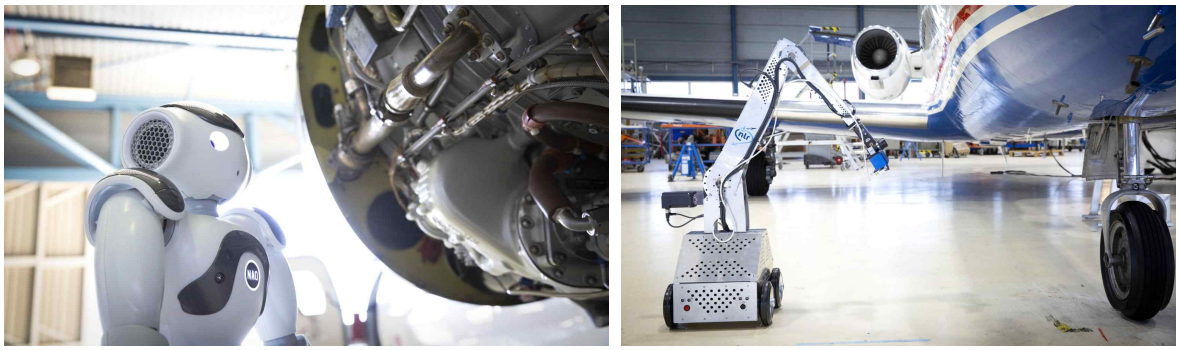
## 2. MRO 정비 기술개발 동향

### ❒ 로봇 정비 기술

○ 네덜란드 항공우주 연구소(NLR*)는 인턴 정비사와 같은 수준의 정비를 수행할 수 있는 ARVI*라는 로봇 시스템을 개발 중

* Netherlands Aerospace Laboratory, Autonomous Robot for Visual Inspection

- ARVI는 동체 및 부품의 변형, 긁힘, 단선, 부식, 오일류 누출과 같은 외부 결함을 정비사의 육안 검사와 동일한 수준으로 수행할 수 있도록 개발
- 로봇이 촬영한 영상은 AI SW를 통해 수집, 분석함으로써 정확도 향상 및 검사 시간 단축이 가능함
- NLR은 네덜란드 국방부와 협업을 진행하고 있으며, 민간 항공사를 통한 기술 실증을 준비 중임



〈그림 II-61〉 NLR 육안검사 로봇 기술

출처 : NLR 홈페이지

### ❒ 증강현실 기술

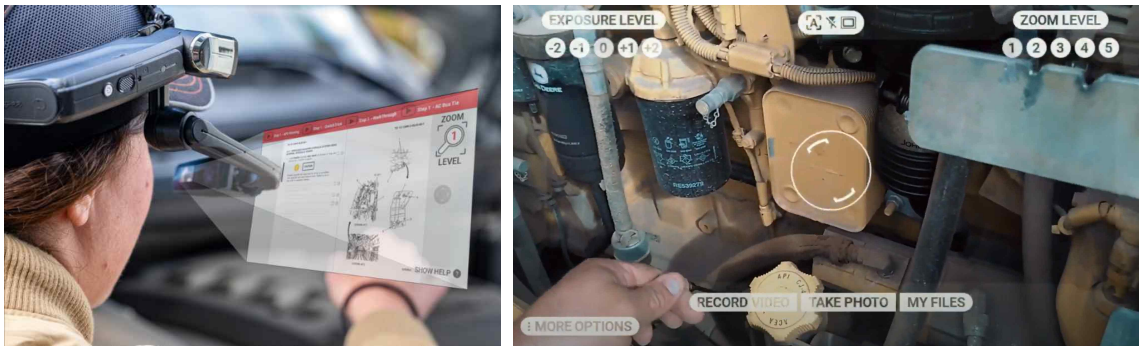
○ 항공기는 수많은 장치와 부품으로 구성되고 고도의 기술적 이해를 요구하는 첨단 기계장비로 이를 정비하기 위해서는 관련 정비 시스템 구축 및 인증, 종사자의 교육과 수많은 매뉴얼이 필수적임

- 점차 고도화되는 장치와 부품의 정비과정에서 발생할 수 있는 인적 오류를 줄이고 정비사의 업무 부담을 줄이기 위한 방안으로 증강현실(AR*) 기술이 개발되고 있음

* Augmented Reality

○ 미국의 스타트업 Klatt Works는 MX Accelerator라는 AR 플랫폼을 통해 일반 산업현장 및 항공기 정비를 위한 플랫폼으로 시장 진출

- Realwear HMT-1 음성인식 헤드셋에 AR 플랫폼을 적용하여 정비를 위한 작업 체크리스트, 기술문서, 작업 도면, 정비 현장 녹화 등의 기능을 제공
- 기술문서를 대화형 인터페이스와 함께 사용하여 현장의 정비사와 정비조직 감독자의 실시간 소통 가능




**〈그림 II-62〉 증강현실 헤드셋 플랫폼**

출처 : Klatt Works

### ❒ 드론 검사 솔루션

○ 항공기 기체 및 엔진은 운항 중 발생하는 뇌우, 우박과 같은 날씨와 조류 충돌, 지상의 이물질 등과 같은 외부 환경에 의해 손상을 받게 됨

- 기체의 외부 결함은 주로 정비사가 육안으로 직접 확인하고 있으며, 항공기의 크기로 인해 지상에서 확인이 어려운 높은 부분은 특수 차량 또는 장비를 이용해 검사함
- 이에 따라 외부 육안 검사에 소요되는 인력 및 시간이 증가하고 있어 이를 대체하기 위해 드론을 활용한 외부 검사 기술이 개발되고 있음

○ 에어버스와 같은 항공기 제작사 및 정비업체들은 드론 기업들과의 협업을 진행하고 있으며, 드론 활용에 따른 안전성 확보와 정비의 정확도 및 신뢰성을 향상시키기 위한 기술 및 인증 절차 개발 중임

○ 국내에서는 대한항공 연구소에서 자율군집비행 정비 드론을 개발하고 있으며, 기술의 고도화 및 실증을 준비 중임




〈그림 II-63〉 대한항공 K-SID(좌), 드론 비행경로 생성 예시(우)

* SID : Swarming Inspection Drone(자율군집비행 정비 드론)

출처 : (좌) 기획연구진, (우) Coverage path planning for complex structures inspection using UAV, 2019

### ❒ 디지털 트윈

❍ 항공정비 분야에서 디지털 트윈은 항공기 엔진, 부품 및 시스템을 디지털화한 가상의 복제본을 통해 해당 부품의 고장 예지 및 진단을 수행하는 기술을 말함

- 항공사는 디지털 트윈 기술을 활용하여 부품의 상태를 지속적으로 모니터링하고 비행중인 항공기가 착륙하기 전에 정비 계획을 준비할 수 있기 때문에 잠재적인 AOG*를 예측 및 방지할 수 있음

  * AOG : Aircraft On the Ground(항공기 운항 불가 상태)

❍ OEM은 디지털 트윈을 개발 과정에서부터 사용하여 부품 작동간 오류 및 고장 위험을 사전에 분석할 수 있으며, 실제 운용 시 부품에 장착된 센서의 실시간 데이터를 통해 오작동 예측, 수명주기 진단에 활용함

- 엔진 OEM은 운항중인 항공기 엔진의 데이터를 실시간으로 수집 및 진단하여 항공사에 예방정비 데이터를 제공하는 서비스를 구축하여 제공 중
- GE는 세계 최초로 랜딩기어용 디지털 트윈을 개발하였으며, 유압 및 브레이크 온도와 같이 일반적으로 랜딩기어 고장 여부를 진단할 수 있는 부분에 센서를 장착하여 예방정비를 가능하게 함
- 디지털 트윈을 구현하기 위해서는 항공기의 다양한 데이터가 필요하며 이는 OEM의 지적재산권과 연관되어 있어 정비업체의 독자적인 개발은 한계가 있음




〈그림 Ⅱ-64〉 디지털 트윈 적용 예시

출처 : (좌) Improving Business Efficiency in an Aerospace MRO Environment, (우) Digital Twin: An essential ally in digital strategy

### ❒ 인공지능 기술

○ 인공지능 기술은 사물 인터넷, 빅데이터, 증강현실과 같은 다른 기술들과 함께 4차 산업혁명의 주요 기술 중 하나로써 항공기 예방 정비를 위한 가장 중요한 기술임

- SITA*의 보고서에 따르면 항공사의 50%가 향후 몇 년 안에 AI를 활용한 기술개발에 투자할 계획임

  * SITA : Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques

- Oliver Wyman의 보고서에서는 AI를 활용한 예방정비를 통해 항공기 가용도를 최대 35% 향상시키고 인건비는 10% 절감할 수 있다고 발표함

# 제4절 국내 인프라 환경

## 1. 국내 항공기 및 엔진 현황 및 전망

### ❒ 국내 항공기 등록 현황

○ 우리나라 항공 운송업은 LCC의 급성장을 필두로 전체적으로 지속적인 성장세를 보였으며 항공기 대수 또한 2019년까지 지속적으로 성장하였으나 코로나-19로 인해 항공기 리스 반납 및 조기 퇴역으로 항공기 등록대수 감소

- 2020년 기준 826대이나 지속적인 감소로 2021년 800대 미만으로 감소 예상됨

**〈표 II-17〉 국내 항공기 등록현황**

| 용도 | 구분 | 소유자명 | 고정익 | 회전익 | 비행선 | 활공기 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 운송용 | 국내/국제 | 대한항공 | 160 | · | · | · | 160 |
| | | 아시아나항공 | 85 | · | · | · | 85 |
| | | 제주항공 | 44 | · | · | · | 44 |
| | | 진에어 | 28 | · | · | · | 28 |
| | | 에어부산 | 24 | · | · | · | 24 |
| | | 이스타항공 | 10 | · | · | · | 10 |
| | | 티웨이항공 | 27 | · | · | · | 27 |
| | | 에어서울 | 6 | · | · | · | 6 |
| | | 에어인천 | 1 | · | · | · | 1 |
| | | 플라이강원 | 3 | · | · | · | 3 |
| | | 에어로케이 | 1 | · | · | · | 1 |
| | **소계** | | **389** | · | · | · | **389** |
| | 소형 | 코리아익스프레스 | 1 | 1 | · | · | 2 |
| | | 대한항공 | 3 | 5 | · | · | 8 |
| | | 에어포항 | 1 | · | · | · | 1 |
| | | 스타항공우주 | 1 | · | · | · | 1 |
| | | 헬리코리아 | · | 4 | · | · | 4 |
| | | 에어필립 | · | 1 | · | · | 1 |
| | | 하이에어 | 2 | · | · | · | 2 |
| | | ㈜더스카이 | · | 3 | · | · | 3 |
| | **소계** | | **8** | **14** | · | · | **22** |
| 항공기사용사업 | | 홍익항공 등 59개사 | 79 | 97 | · | · | 176 |
| | **소계** | | **79** | **97** | | | **176** |
| 자가용 | 교육기관 | 경운대학교 등 | 115 | 3 | · | 2 | 120 |
| | 보도기관 | 한국방송공사 | · | 2 | · | · | 2 |
| | 정부기관 | 국토교통부 | 2 | · | · | · | 2 |
| | 국가기관 등 | 소방방재청,산림청등 | · | 79 | · | · | 79 |
| | 기 타 | LG전자 등 | 22 | 13 | · | 1 | 36 |
| | **소계** | | **139** | **97** | · | **3** | **239** |
| **총계** | | | **615** | **208** | · | **3** | **826** |

출처 : 국토교통 통계누리 2020 기준

- 2020년은 코로나-19의 영향과 일부 항공사의 부실경영으로 항공 운항사의 리스 항공기 반납이 가속화되어 약 1년간 46대의 항공기가 반납됨

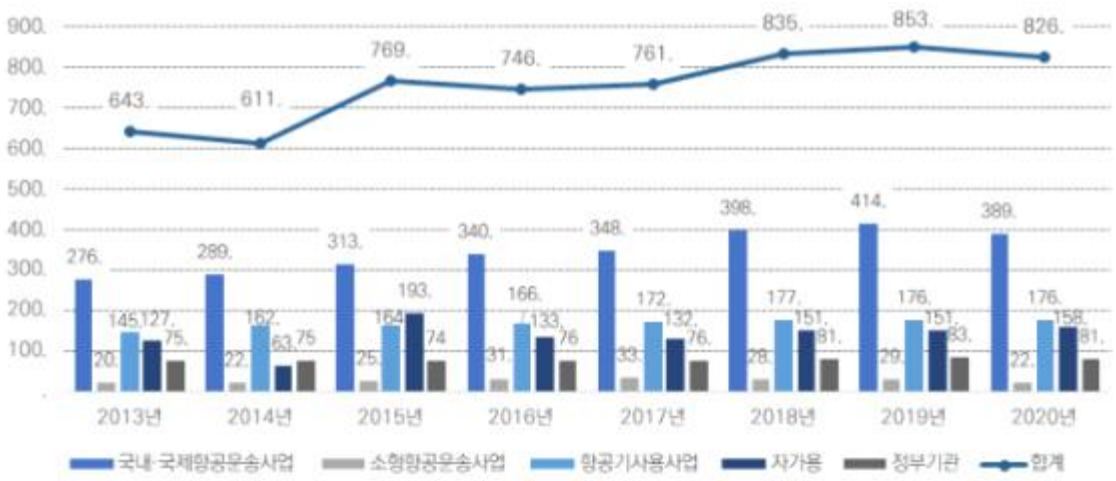
- 에어인천은 화물운송 전용항공사로 2021년 8월 현재 737-400SF 1대, B737-800SF 2대를 보유하고 있으며, AEI와 HAECO에서 P2F로 개조된 항공기임

**〈표 II-18〉 항공기 등록대수 감소**

(단위 : 대수)

| 항공사 | 2019년 말 | 2020년 말 | 2021년 3월 | 19년 대비 감소 현황 |
|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 173 | 159(14대 반납) | 159(미정) | 14 |
| 아시아나 | 86 | 82(4대 반납) | 83(1대 도입) | 3 |
| 제주항공 | 45 | 44대(1대 반납) | 41(3대 반납) | 4 |
| 진에어 | 26 | 28(2대 도입) | 24(4대 반납) | 2 |
| 티웨이 | 28 | 27(1대 반납) | 27(1대 반납, 1대 도입) | 1 |
| 에어부산 | 26 | 24(2대 반납) | 24(미정) | 2 |
| 에어서울 | 7 | 6대(1대 반납) | 6(미정) | 1 |
| 이스타 | 23 | 6(17대 반납) | 4(2대 반납)) | 19 |
| **총계** | **414** | **376** | **368** | **46** |

출처 : 국토교통부 및 각 항공사, 아시아타임즈, 2021.03




**〈그림 II-65〉 사업용도별 국내 항공기 보유대수 추이**

출처 : 국토교통 통계누리. 항공/항공기등록현황. 각 연도.

### ❒ 노후 항공기 현황

○ 국내 국적항공사들은 기령 20년 이상인 노후 항공기를 줄여나가고 있으며, 2020년 11개 항공사 보유 389대 중 37대(9.5%)가 노후 항공기로 이는 2019년 414대 중 41대(9.9%)보다 감소된 수치임

- 코로나-19로 인해 조기 퇴역 및 리스 반납은 더욱 가속화될 것으로 전망

## 〈표 II-19〉 국내 항공기 등록현황(2020년 말 기준)

| 항공사 | 용도 | 기종 | 대수 | 20년 이하 | 20년 초과 | 평균 기령 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 여객기 | B747-400 | 1 | 1 | - | 19 |
| | | B747-8 | 10 | 10 | - | 5 |
| | | B777-200/300/300ER | 42 | 37 | 5 | 11 |
| | | B787-9 | 10 | 10 | - | 3 |
| | | B737-800/900/900ER | 25 | 25 | - | 15 |
| | | A330-200/300 | 29 | 11 | 10 | 16 |
| | | A380-800 | 10 | 10 | - | 9 |
| | | A220 | 10 | 10 | - | 3 |
| | | 소 계 | 137 | 122 | 15 | 11 |
| | 화물기 | B747-400F | 4 | 4 | - | 15 |
| | | B747-8F | 7 | 7 | - | 7 |
| | | B777F | 12 | 12 | - | 6 |
| | | 소 계 | 23 | 23 | - | 8 |
| | **합 계** | | **160** | **145** | **15** | **11** |
| 아시아나 항공 | 여객기 | B747-400 | 1 | - | 1 | 23 |
| | | B777-200 | 9 | 9 | - | 13 |
| | | B767-300 | 6 | - | 6 | 24 |
| | | A321-100/200 | 18 | 18 | - | 7 |
| | | A330-300 | 15 | 15 | - | 12 |
| | | A320-200 | 5 | 5 | - | 14 |
| | | A380-800 | 6 | 6 | - | 6 |
| | | A350-900 | 13 | 13 | - | 2 |
| | | 소 계 | 73 | 66 | 7 | 10 |
| | 화물기 | B747-400 계열 | 11 | 2 | 9 | 25 |
| | | B767-300F | 1 | - | 1 | 25 |
| | | 소 계 | 12 | 2 | 10 | 25 |
| | **합 계** | | **85** | **68** | **17** | **12** |
| 제주항공 | 여객기 | B737-800 | 44 | 44 | - | 12 |
| | **합 계** | | **44** | **44** | **-** | **12** |
| 진에어 | 여객기 | B737-800 | 24 | 20 | 4 | 12 |
| | | B777-200 | 4 | 4 | - | 15 |
| | **합 계** | | **28** | **24** | **4** | **13** |
| 에어부산 | 여객기 | A320-200 | 9 | 9 | - | 12 |
| | | A321-200/200neo | 15 | 15 | - | 12 |
| | **합 계** | | **24** | **24** | **-** | **12** |
| 이스타항공 | 여객기 | B737-8 | 2 | 2 | - | 2 |
| | | B737-800 | 6 | 6 | - | 11 |
| | | B737-900ER | 2 | 2 | - | 14 |
| | **합 계** | | **10** | **10** | **-** | **10** |
| 티웨이항공 | 여객기 | B737-800 | 27 | 27 | - | 12 |
| | **합 계** | | **27** | **27** | **-** | **12** |
| 에어서울 | 여객기 | A321-200 | 6 | 6 | - | 8 |
| | **합 계** | | **6** | **6** | **-** | **8** |
| 에어인천 | 화물기 | B737-400F | 1 | - | 1 | 30 |
| | **합 계** | | **1** | **-** | **1** | **30** |
| 플라이강원 | 여객기 | B737-800 | 3 | 3 | - | 9 |
| | **합 계** | | **3** | **3** | **-** | **9** |
| 에어로케이 | 여객기 | A320-200 | 1 | 1 | - | 14 |
| | **합 계** | | **1** | **1** | **-** | **14** |
| **총 계** | | | **389** | **352** | **37** | **14** |

출처 : 국토교통부 airportal 정책통계, 국내 항공기 등록현황('20.12.31 기준)

## ❒ 항공기 도입 형태

○ 항공사별 항공기 도입 형태

- 국내 국적항공사들의 항공기 도입 형태에 대한 분석에 따르면 항공기 전체 보유 대수 대비 구매는 17.3%, 임구 29.3%, 임차 53.4%의 비율을 보임
  - 국적항공사 중 저비용항공사의 임차 비율은 거의 100%에 달함

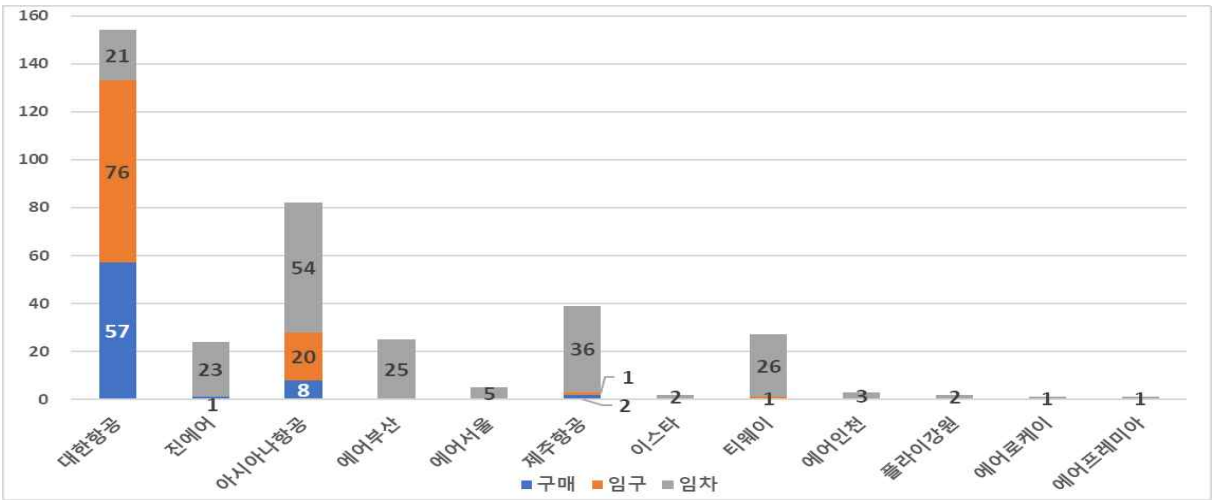
※ 대형항공사 계열 저비용항공사는 모기업을 통한 항공기 임차 비율이 높음

**〈표 II-20〉 국내 항공사별 항공기 도입 형태**

| 구분 | 구매 | 임구 | 임차 | 합계 |
|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 57 | 76 | 21 | 154 |
| 진에어 | 1 | 0 | 23 | 24 |
| 아시아나항공 | 8 | 20 | 54 | 82 |
| 에어부산 | 0 | 0 | 25 | 25 |
| 에어서울 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| 제주항공 | 2 | 1 | 36 | 39 |
| 이스타 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 티웨이 | 0 | 1 | 26 | 27 |
| 에어인천 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 플라이강원 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 에어로케이 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 에어프레미아 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **합계** | **68** | **98** | **199** | **365** |

※ 임구 : 금융리스라고도 하며 리스기간 종료 후 항공기 소유권을 이전 받음
임차 : 운용리스라고도 하며 임대회사로부터 항공기를 임대 및 리스료 지급

출처 : 국토교통부 항공안전관리시스템ATIS) 항공기 등록현황, `21.12.31 기준, 연구진 재구성




**〈그림 II-66〉 국내 항공사별 항공기 도입 형태**

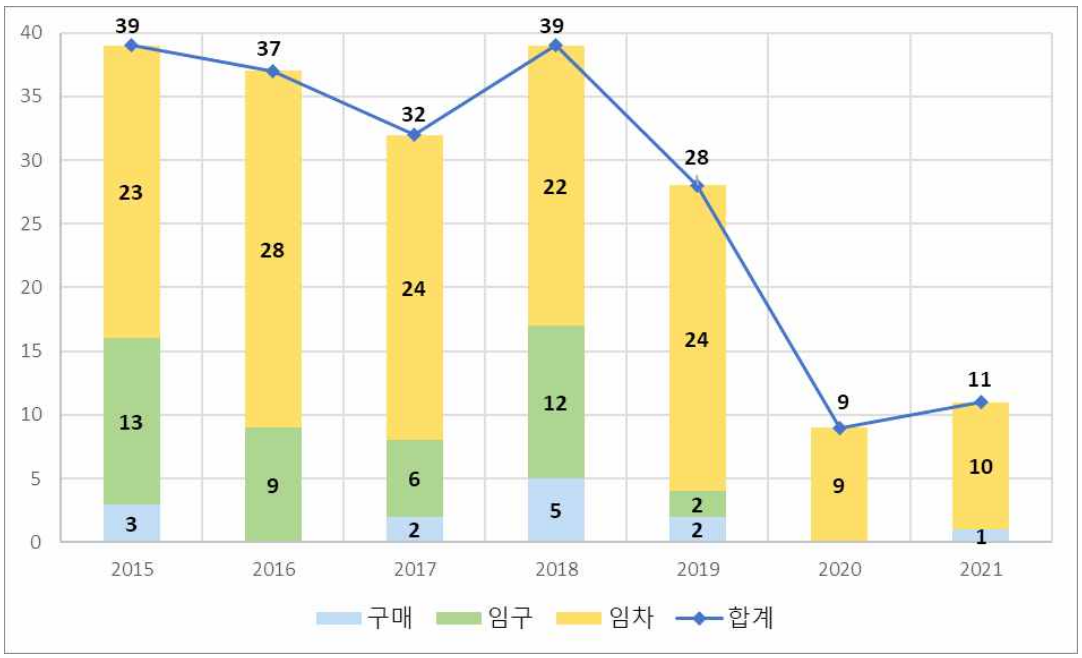
○ 연도별 항공기 신규 도입 현황

- 2015~2019년 국내 연평균 항공기 도입대수는 35대로 항공사 보유 항공기의 지속적인 증가세를 보였으나, 코로나-19의 영향으로 신규 항공기 도입은 큰 폭으로 감소함
- 코로나-19 영향 이전 기간인 2015~2019년 항공기 도입 형태는 구매 6.9%, 임구 24%, 임차 69.1%으로 신규 도입 항공기의 대다수가 임차의 형태임

**〈표 Ⅱ-21〉 연도별 항공기 도입 현황**

| 구분 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구매 | 3 | 0 | 2 | 5 | 2 | 0 | 1 |
| 임구 | 13 | 9 | 6 | 12 | 2 | 0 | 0 |
| 임차 | 23 | 28 | 24 | 22 | 24 | 9 | 10 |
| **합계** | **39** | **37** | **32** | **39** | **28** | **9** | **11** |

출처 : 국토교통부 항공안전관리시스템ATIS) 항공기 연도별 도입 현황, '21.12.31 기준, 연구진 재구성




**〈그림 Ⅱ-67〉 연차별 항공기 도입 현황**

출처 : 표 Ⅱ-21 기반 연구진 재구성

### ❒ 2021년 이후 국내 항공기 및 엔진 보유 예측

○ 항공안전관리시스템(ATIS) 항공기 등록현황(`21.12)을 기준으로 국내 항공사의 신규 항공기 및 엔진 도입 계획을 포함하여 표 Ⅱ-22와 같이 추정

❍ 가정 사항

- A320neo계열 대한항공 30대, 아시아나항공 25대는 항공사 도입 계획 및 OEM 주문·인도 통계자료 참조
- 제주항공 현 B737-800 44대 → B737MAX 50대 교체 가정
- 예비엔진 수량 미포함
- 항공사별 항공기 퇴역 계획 미포함

**〈표 II-22〉 2021년 이후 국내 항공사 보유 항공기 및 엔진 대수 추정**

| 항공사 | 용도 | 기종 | 대수 | 장착 엔진 | 엔진수량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 여객기 | B747-8 | 10 | GEnx-2B | 40 |
| | | B777-200ER/300 | 16 | PW4090 | 32 |
| | | B777-300ER | 26 | GE90-115B | 52 |
| | | B787-9/10 | 20 | GEnx-1B | 40 |
| | | B737-800/900/900ER | 20 | CFM56 | 40 |
| | | B737 MAX | 30 | LEAP-1B | 60 |
| | | A330-200/300 | 30 | PW4100 | 60 |
| | | A380-800 | 10 | GP7200 | 40 |
| | | A321neo | 30 | PW1100G | 60 |
| | | A220 | 10 | PW1521G | 20 |
| | | **소 계** | **202** | **소 계** | **444** |
| | 화물기 | B747-400F | 4 | PW4000 | 16 |
| | | B747-8F | 7 | Genx-2B | 28 |
| | | B777F | 12 | GE90-110B | 24 |
| | | **소 계** | **23** | **소 계** | **68** |
| | **합 계** | | **225** | **합 계** | **512** |
| 아시아나항공 | 여객기 | B747-400 | 1 | CF6 | 4 |
| | | B777-200 | 9 | PW4090 | 18 |
| | | B767-300 | 5 | CF6 | 10 |
| | | A320/321-200 | 16 | V2500 | 32 |
| | | A321-200neo | 25 | LEAP-1A | 50 |
| | | A330-300 | 15 | PW4000 | 30 |
| | | A380-800 | 6 | Trent 900 | 24 |
| | | A350-900/1000 | 30 | Trent XWB | 60 |
| | | **소 계** | **107** | **소 계** | **228** |
| | 화물기 | B747-400F 계열 | 11 | CF6 | 44 |
| | | B767-300F | 1 | CF6 | 2 |
| | | **소 계** | **12** | **소 계** | **46** |
| | **합 계** | | **119** | **합 계** | **274** |

| 항공사 | 용도 | 기종 | 대수 | 장착 엔진 | 엔진수량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 제주항공 | 여객기 | B737 MAX | 50 | LEAP-1B | 100 |
| | **합 계** | | **50** | **합 계** | **100** |
| 진에어 | 여객기 | B737-800/900 | 20 | CFM56 | 40 |
| | | B777-200 | 4 | PW4090 | 8 |
| | **합 계** | | **24** | **합 계** | **48** |
| 에어부산 | 여객기 | A320/321-200 | 21 | V2500 | 42 |
| | | A321-200NEO | 4 | LEAP-1A | 8 |
| | **합 계** | | **25** | **합 계** | **50** |
| 이스타항공 | 여객기 | B737-800 | 10 | CFM56 | 20 |
| | **합 계** | | **10** | **합 계** | **20** |
| 티웨이항공 | 여객기 | B737-800 | 27 | CFM56 | 54 |
| | | B737 MAX | 2 | LEAP-1B | 4 |
| | | A330-300 | 3 | Trent 700 | 6 |
| | **합 계** | | **32** | **합 계** | **64** |
| 에어서울 | 여객기 | A321-200 | 5 | V2500 | 10 |
| | **합 계** | | **5** | **합 계** | **10** |
| 에어인천 | 화물기 | B737-800 | 3 | CFM56 | 6 |
| | **합 계** | | **3** | **합 계** | **6** |
| 플라이강원 | 여객기 | B737-800 | 2 | CFM56 | 4 |
| | **합 계** | | **2** | **합 계** | **4** |
| 에어로케이 | 여객기 | A320-200 | 6 | CFM56 | 12 |
| | **합 계** | | **6** | **합 계** | **12** |
| 에어프레미아 | 여객기 | B787-9 | 3 | Trent 1000 | 6 |
| | **합계** | | **3** | **합 계** | **6** |
| **총 계** | | | **504** | **총 계** | **1,106** |

출처

- 국내 통계

1) ATIS 항공안전관리시스템 항공기 등록현황 통계자료(`21.12)

2) 언론보도: https://www.newspim.com/news/view/20211229001152
https://news.airportal.go.kr:449/response/jsp/newsletter/newsletterView.jsp?news_seq=72784&publish_seq=5115

- 국외 통계 : OEM 홈페이지 항공기 주문·인도 통계자료 (`21.11.30)

1) 보잉 : https://www.boeing.com/commercial/#/orders-deliveries

2) 에어버스 : https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/market/orders-and-deliveries

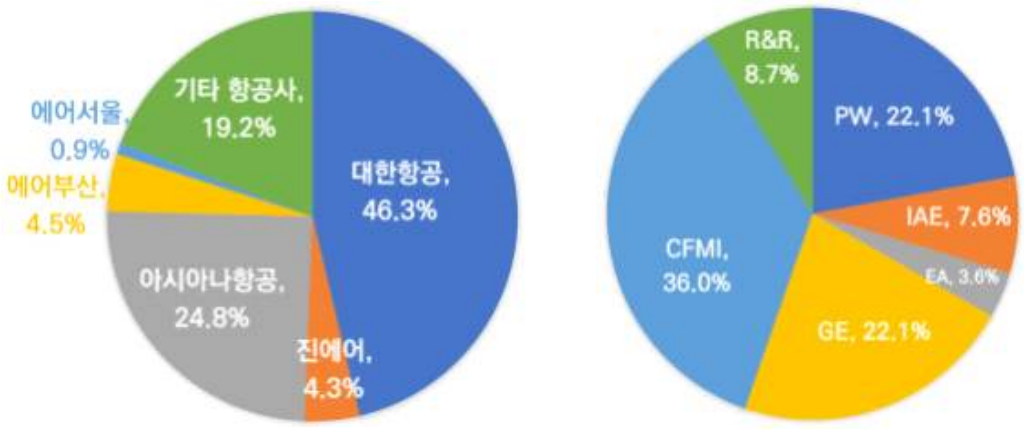
❍ 국내 대형항공사의 통합 시 표 Ⅱ-23, 그림 Ⅱ-68과 같이 양사 계열 LCC를 포함하여 국내 항공기 보유 대수의 79%, 엔진은 80.8%를 점유함

- 아시아나항공의 해외외주 정비 물량을 대한항공에서 정비 시 해외 외주비율 감소 예상됨

**〈표 Ⅱ-23〉 국내 항공사 보유 항공기 및 엔진 대수 점유율**

| 항공사 | 항공기보유대수 | | 엔진 보유대수 | |
|---|---|---|---|---|
| | 대수 | 점유율 | 대수 | 점유율 |
| 대한항공 | 225 | 44.6% | 512 | 46.3% |
| 진에어 | 24 | 4.8% | 48 | 4.3% |
| 아시아나항공 | 119 | 23.6% | 274 | 24.8% |
| 에어부산 | 25 | 5.0% | 50 | 4.5% |
| 에어서울 | 5 | 1.0% | 10 | 0.9% |
| 기타 항공사 | 106 | 21.0% | 212 | 19.2% |
| **총계** | **504** | **100.0%** | **1,106** | **100.0%** |

출처 : 〈표 Ⅱ-22〉 기반, 연구진 작성




【국내 엔진 보유대수 점유율】 【엔진 제작사의 국내 점유율】

**〈그림 Ⅱ-68〉 국내 엔진 점유율 현황**

출처 : 〈표 Ⅱ-22〉 기반, 연구진 작성

❍ PW, GE 및 관련 합작사의 엔진이 국내 엔진 보유 대수의 약 91%를 차지함

**〈표 Ⅱ-24〉 항공기 엔진 제작사 국내 점유율(추정)**

| 엔진 제작사* | 특징 | 주요 엔진 | 장착 항공기 | 국내점유율 | 관계사 점유율 |
|---|---|---|---|---|---|
| PW | 미국 항공기 엔진 제작사 | PW4000 | B747, B777, A330 | 22.1% | 31.5% |
| | | PW1100 | A320neo | | |
| | | PW1500 | A220 | | |
| IAE | 합작사(PW 25%, PW AEI 25%, MTU AE 25%, Japanese AEC 25%) | V2500 | A320 | 7.6% | |
| EA | 합작사(PW 50%, GE 50%) | GP7200 | A380 | 3.6% | |

| 엔진 제작사* | 특징 | 주요 엔진 | 장착 항공기 | 국내점유율 | 관계사 점유율 |
|---|---|---|---|---|---|
| GE | 미국 항공기 엔진 제작사 | CF6 | B747, B767 | 22.1% | 59.9% |
| | | GE90 | B777 | | |
| | | GEnx | B747, B787 | | |
| CFMI | 합작사(GE Aviation 50%, Safran Aircraft Engines 50%) | CFM56 | B737, A320 | 36.0% | |
| | | LEAP | A320neo | | |
| R&R | 영국 항공기 엔진 제작사 | Trent 700 | A330 | 8.7% | 8.7% |
| | | Trent 900 | A380 | | |
| | | Trent 1000 | B787 | | |
| | | Trent XWB | A350 | | |

* PW: Pratt&Whitney, IAE : International Aero Engine, EA : Engine Alliance, GE : General Electric Aviation, CFMI : CFM International, R&R : Rolls&Royce

출처 : 〈표 Ⅱ-22〉 기반, 연구진 작성

### ❒ 전망

❍ 2020년 기준 국내 등록항공기의 평균 기령은 14년이며, 코로나-19로 인한 항공사의 재정 악화가 회복되는 2020년대 중반부터 순차적인 노후항공기 교체가 예상됨

※ 2015년 정부는 항공사와 '경년항공기 자발적 송출협약'을 체결하여 항공기 기령이 20년에 도달하기 전 항공사 스스로 송출시키도록 권고

❍ 대형 운항사의 항공기 교체 전망

- 노후기체 보유 현황 및 신기종 구매 계획을 통해 기존 B747/767/777, A330 기체의 퇴역이 예상되며, 유사 또는 동급의 B787 및 A350이 대체할 것으로 예상됨
- 대형 운항사 및 계열 LCC가 보유 중인 B737NG 및 A320 계열은 B737 MAX와 A320neo 계열로 교체 예상

※ 대한항공의 A320neo 계열은 PW1100G 엔진 선정, 아시아나의 A320neo 계열은 LEAP-1A 엔진 선정

❍ 국내 거의 모든 LCC가 보유하고 있는 B747NG 계열의 항공기는 정비, 조종 등 공통성을 고려하여 B737 MAX로 교체될 것으로 예상되며, 이에 따라 전용 엔진인 LEAP-1B의 운용 대수 역시 증가할 것으로 예상됨

- 표 Ⅱ-22 기준 전체 엔진 대수(1,1060대) 중 LEAP-1A, B 엔진(222대) 점유율은 약 20%이며, LCC B737 기종 교체 시 약 23%(256대)로 증가 예상

## 〈표 Ⅱ-25〉 국내 NB/WB 항공기 및 엔진 현황

| 구분 | 항공사 | 기종 | 대수 | 엔진 | 대수 |
|---|---|---|---|---|---|
| NB | 대한항공 계열 | B737 | 40 | CFM56 | 80 |
| | | **B737 MAX** | **30** | **LEAP-1B** | **60** |
| | | **A320neo** | **30** | **PW1100G** | **60** |
| | | **A220** | **10** | **PW1500G** | **20** |
| | 아시아나항공 계열 | A320ceo | 42 | V2500 | 84 |
| | | **A320neo** | **29** | **LEAP-1A** | **58** |
| | LCC | B737 | 48 | CFM56 | 84 |
| | | **B737 MAX** | **52** | **LEAP-1B** | **104** |
| | | A320ceo | 6 | CFM56 | 12 |
| | 합계 | 구형 | 122 | 구형 | 260 |
| | | **신형** | **151** | **신형** | **302** |
| | | 총계 | 281 | 총계 | 562 |
| WB | 대한항공 계열 | **B747-8** | **10** | **GEnx-2B** | **40** |
| | | B777 | 20 | PW4090 | 40 |
| | | B777-300ER | 26 | GE90-115B | 52 |
| | | **B787** | **20** | **GEnx-1B** | **40** |
| | | A330 | 30 | PW4100 | 60 |
| | | A380 | 10 | GP7200 | 40 |
| | | B747-400F | 4 | PW4000 | 16 |
| | | **B747-8F** | **7** | **Genx-2B** | **28** |
| | | B777F | 12 | GE90-110B | 24 |
| | 아시아나항공 계열 | B747-400 | 1 | CF6 | 4 |
| | | B777-200 | 9 | PW4090 | 18 |
| | | B767-300 | 5 | CF6 | 10 |
| | | A330-300 | 15 | PW4000 | 30 |
| | | A380-800 | 6 | Trent 900 | 24 |
| | | **A350** | **30** | **Trent XWB** | **60** |
| | | B747-400F | 11 | CF6 | 44 |
| | | B767-300F | 1 | CF6 | 2 |
| | LCC | A330-300 | 3 | Trent 700 | 6 |
| | | **B787-9** | **3** | **Trent 1000** | **6** |
| | 합계 | 구형 | 153 | 구형 | 370 |
| | | **신형** | **70** | **신형** | **174** |
| | | 총계 | 223 | 총계 | 544 |

출처 : 〈표 Ⅱ-22〉 기반, 연구진 작성

## 2. 항공 MRO 기반 현황

### ❒ 정비조직인증 인가 현황

○ 국내 항공 MRO 수행을 위하여 정비조직인증(AMO)*을 보유하고 있는 업체는 표 Ⅱ-26과 같이 국제항공운송 6개, 소형항공 외 전문업체 40개가 있음

* AMO : Approved Maintenance Organization

- 국적항공사 항공기의 기체 중정비 및 엔진 정비가 가능한 인프라를 보유한 업체는 대한항공, 아시아나항공, 샤프 테크닉스케이, 한국항공서비스 4개 업체임

**〈표 Ⅱ-26〉 국내 사업자 정비조직인증 인가 현황**

| 구분 | 사업자 | 최초승인 | 정비범위(업무한정) |
|---|---|---|---|
| 국제 항공 운송 | 대한항공 | 2004.08.11 | 공장(기체, 엔진), 운항, 부품 |
| | 아시아나항공 | 2004.08.31 | 공장(기체), 운항, 부품 |
| | 제주항공 | 2010.02.04 | 운항, 부품 |
| | 이스타항공 | 2010.03.17 | 운항, 부품 |
| | 티웨이항공 | 2015.07.31 | 운항, 부품 |
| | 에어부산 | 2017.09.08 | 운항, 부품 |
| 소형 항공 운송 이하 및 전문 업체 | 항공대학 정석비행훈련원 | 2004.07.31 | 공장(기체) |
| | 헬리코리아 | 2004.10.12 | 공장(기체) |
| | 유아이헬리콥터 | 2004.12.01 | 공장(기체) |
| | 영에어테크 | 2004.12.02 | 운항 |
| | 홍익항공 | 2005.01.05 | 공장(기체) |
| | 샤프 에이비에이션케이 | 2005.04.07 | 운항 |
| | 지이오더불유 에스코리아 | 2005.08.31 | 공장(엔진) |
| | 한국공항 | 2007.04.04 | 운항 |
| | 에어로피스 | 2011.01.28 | 공장(기체) |
| | 포트서비스 | 2011.05.02 | 부품 |
| | 아시아나에어포트 | 2011.10.25 | 운항 |
| | 한국조종사교육원 | 2012.07.30 | 공장(엔진), 운항 |
| | 세화유엘디 | 2012.11.20 | 부품 |
| | 스펙코어 | 2012.11.27 | 공장(기체) |
| | 한국항공우주산업 | 2012.09.07 | 공장(기체) |
| | 한서대학교 산학협력단 | 2013.03.04 | 운항 |
| | 엘에스플러스 | 2013.10.30 | 부품 |
| | 아퀼라인터내셔널 | 2014.10.13 | 운항 |
| | 삼아항업 | 2015.03.05 | 공장(기체) |
| | 씨러스에비에이션 | 2015.06.22 | 운항 |
| | 제니엘 | 2015.12.31 | 부품 |
| | 대한항공 전세사업부 | 2016.01.09 | 공장(기체) |
| | 데크카본 | 2016.01.27 | 비파괴검사 |

| 구분 | 사업자 | 최초승인 | 정비범위(업무한정) |
|---|---|---|---|
| | 써니항공 | 2016.02.15 | 공장(기체) |
| | 에브이제트코리아 | 2016.03.11 | 공장(기체) |
| | 솔루션스인프라이트코리아 | 2016.08.22 | 부품 |
| | 중앙공사 | 2016.08.22 | 부품 |
| | 킴스솔루션 | 2017.01.10 | 운항 |
| | 스위스포트코리아 | 2017.01.24 | 부품 |
| | 알에치포커스 | 2017.03.14 | 공장(기체) |
| | 한미기술 | 2017.05.22 | 부품 |
| | 샤프테크닉스케이 | 2017.11.15 | 공장(기체) |
| | 글로리아항공 | 2017.12.21 | 공장(기체, 엔진), 운항 |
| | 한화에어로스페이스 | 2018.04.27 | 공장(엔진) |
| | 고암에이스 | 2018.08.10 | 운항 |
| | 한국항공서비스 | 2018.11.07 | 공장(기체) |
| | 장풍 | 2018.12.10 | 부품 |
| | STX에어로서비스 | 2020.02.01 | 운항정비 |
| | 이엠코리아 | 2020.12.03 | 랜딩기어 수리 |
| | 에이엔에이치스트럭쳐 | 2021.03.17 | 복합재 수리 |

출처 : 국토부 2018 항공안전백서, 2018. 12월 기준, ATIS 항공안전관리시스템 2021년 현황 포함

### ❒ 항공정비사

○ 국적항공사를 기준으로한 2020년 항공종사자 현황에서 항공정비사의 비율은 전체 종사자의 20.9%를 차지하고 있으며, 자체 정비능력이 높은 FSC의 경우 22.3%, 외주비율이 높은 LCC의 경우 17.3% 비율을 보임

**〈표 II-27〉 업체별 항공종사자 현황**

| 구분 | 조종사 | 항공정비사 | 운항관리사 | 객실승무원 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 2,796 | 2,873 | 157 | 6,632 | 12,458 |
| 아시아나항공 | 1,505 | 1,435 | 121 | 3,828 | 6,889 |
| 제주항공 | 707 | 501 | 55 | 1,165 | 2,428 |
| 진에어 | 461 | 179 | 33 | 823 | 1,496 |
| 에어부산 | 284 | 209 | 32 | 546 | 1,071 |
| 티웨이항공 | 417 | 228 | 39 | 752 | 1,436 |
| 에어인천 | 21 | 20 | 5 | 0 | 46 |
| 에어서울 | 116 | 28 | 15 | 180 | 339 |
| 플라이강원 | 44 | 38 | 7 | 56 | 145 |
| **합계** | **6,351** | **5,511** | **464** | **13,982** | **26,308** |

출처 : 국토부 Airportal 항공통계, `20.12 기준

❍ 항공정비사는 항공운송산업 및 항공기 보유대수 확대와 함께 연평균 5% 증가 추세를 보이며 성장해왔으나 최근 코로나-19의 영향으로 다소 감소됨

※ 2020년 통계에서는 이스타항공의 법정관리로 인원수가 제외되어 큰 폭으로 하락

**〈표 II-28〉 주요 운항사별 항공정비사 추이**

| 구분 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 2,305 | 2,730 | 2,702 | 2,878 | 2,852 | 2,873 |
| 아시아나항공 | 1,356 | 1,412 | 1,440 | 1,388 | 1,491 | 1,435 |
| 제주항공 | 175 | 222 | 336 | 375 | 542 | 501 |
| 진에어 | 28 | 53 | 133 | 183 | 203 | 179 |
| 에어부산 | 26 | 52 | 147 | 195 | 237 | 209 |
| 이스타항공 | 90 | 143 | 170 | 183 | 223 | - |
| 티웨이항공 | 86 | 138 | 181 | 228 | 303 | 228 |
| 에어인천 | 16 | 17 | 21 | 26 | 20 | 20 |
| 에어서울 | - | - | 10 | 18 | 26 | 28 |
| 플라이강원 | - | - | - | - | 47 | 38 |
| **합계** | **4,082** | **4,767** | **5,140** | **5,474** | **5,944** | **5,511** |

출처 : 국토부 Airportal 항공통계, '20.12.31 기준

## 3. 주요 MRO 업체

### ❒ 대한항공 정비본부

○ 대한항공은 국내 최대 규모의 운항사로 자사 및 계열사 항공기 정비를 위한 인프라를 구축하고 있으며, 자체 정비 수행률이 높음

**〈표 II-29〉 대한항공 정비본부 현황**

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 운영 현황 | 항공기 157대 운영(여객기 134대, 화물기 23대) |
| 조직/인력 | 3,082명(도급 인원 제외) |
| 정비 기지 | 5곳(김포, 인천, 김해, 부천, 인천 ETC) |
| 정비능력 | 항공기/엔진/부품 자체 정비 수행 |
| 수상 실적 | 운항정시율 기준, 제작사(Boeing/Airbus) 최우수 항공사 수상 |
| 인가 현황 | 국토부, 미국, 유럽, 중국 포함 10여개 국가 정비조직 인증 |

출처 : 대한항공 정비본부 소개자료 재구성, 2021

○ 정비 인프라

- 국내 주요 공항(김포/인천/김해)에 항공기 및 부품 창정비 시설 보유
- 부천 엔진정비 공장에 주요 운용 엔진에 대한 오버홀 및 부품 수리 시설 보유
- 인천 ETC는 세계에서 2번째로 큰 Test Cell을 보유

**〈표 II-30〉 대한항공 주요 정비 시설**

| 구 분 | 내 용 | |
|---|---|---|
| 김포 격납고 | 개요 | 대한항공 본사 위치<br>B737, A220 중정비 및 부품 수리 |
| | 준공년도 | 1997년 |
| | 주요 시설 및 정비 내용 | 2.5 Bay 행거<br>B737 창정비 / 부품 수리(타이어, 브레이크 등) |
| 인천 격납고 | 개요 | 인천국제공항 위치<br>A380/B777 중정비 및 전 기종 운항정비 |
| | 준공년도 | 2002년 |
| | 주요 시설 및 정비 내용 | 2.5 Bay 행거<br>B777/A380 창정비 / 부품수리(타이어, 복합재 등) |
| 김해 격납고 | 개요 | 김해공항 위치<br>B747/B777/A330 중정비 및 전자 보기 부품 수리 |
| | 준공년도 | 1986년 |
| | 주요 시설 및 정비 내용 | 2 Bay 정비 행거 / 1 Bay 도장 행거<br>창정비 / 항공기 도장 / 부품 수리 |

| 구 분 | 내 용 | |
|---|---|---|
| 부천 엔진정비 공장 | 개요 | 연 평균 135대 엔진 분해/조립, 부품수리 및 엔진 시험 |
| | 준공년도 | 1994년 |
| | 주요 시설 및 정비 내용 | 엔진 조립 / 수리(금속 가공, 부품 수리) / Test Cell |
| 인천 ETC (엔진정비센터) | 개요 | 대형 엔진 시험을 위한 Test Cell<br>GE9, PW4090, PW4170/68 |
| | 준공년도 | 2010년 IAT설립(KAL-PW 합작사)<br>2015년 상업운전 개시<br>2021년 대한항공 자회사(IAT 지분 100% 보유) |
| | 주요 시설 및 정비 내용 | 엔진 테스트 용량 : 추력 최대 150K lbf |

출처 : 대한항공 정비본부 소개자료 재구성, 2021




**〈그림 II-69〉 대한항공 정비 시설 위치**

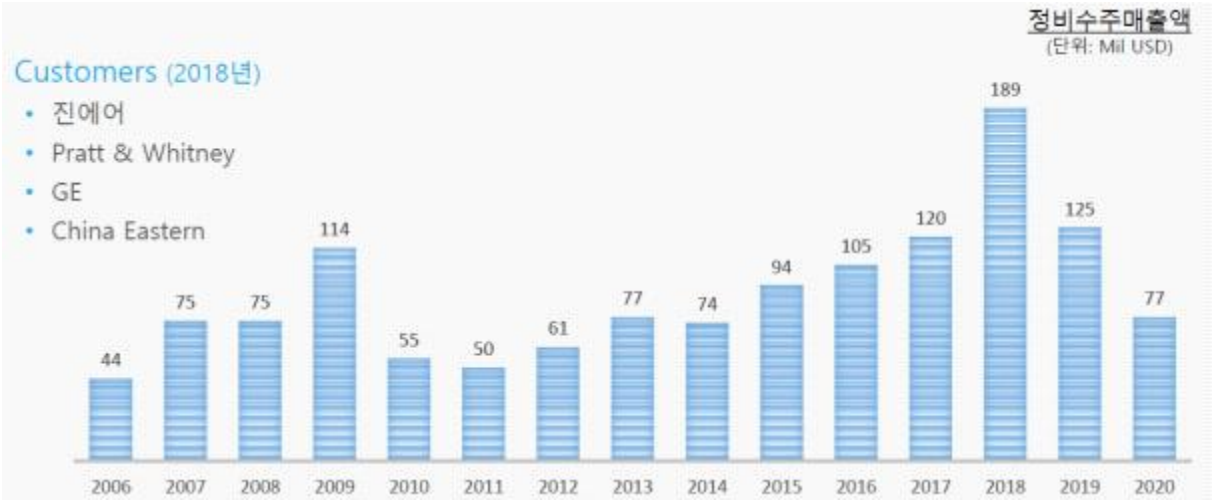
출처 : 대한항공 정비본부 소개자료, 2021

○ MRO 사업

- 2004년부터 MRO 사업 추진

※ 엔진 오버홀, 기체 중정비, 객실 업그레이드, 도장, 항공기 운항정비(30여개 외국항공사) 등

- 엔진 오버홀 부분이 전체 매출의 약 45% 차지




〈그림 II-70〉 대한항공 정비수주 매출액

출처 : 대한항공 정비본부 소개자료, 2021

### ❒ 아시아나항공 정비본부

○ 국내 2위의 국적항공사로 정비본부에서는 아시아나항공(84대), 에어부산(25대), 에어서울(6대)의 항공기 정비를 담당함

〈표 II-31〉 아시아나항공 정비 범위

| 구분 | | 인가 |
|---|---|---|
| Line정비 | | A320F, A330, A350, A380, B737*, B747, B767, B777 |
| 중정비 | | A320F, A330, A350(L)**, A380(L)**, B747, B767, B777 |
| Engine & APU | | 전기종 Limited 인가 |
| 부품 | 기체수리 | 역추진장치 |
| | | 복합소재 |
| | 보기수리 | 비상장구 & 산소계통 |
| | | Wheel, Tire & Brake |
| | | 공압 & 유압계통 |
| | 전기전자수리 | 전기 & 전자부품 |
| | 캐빈수리 | 캐빈인테리어 & Seat 류 |

* 400/500은 BSI 와 기체수리 가능, 600/700/800/900은 Line정비 가능

** Limited. A350 C check 인가 취득 예정

출처 : 아시아나항공 정비본부 소개자료 재구성, 2021

○ 정비 인프라

- 김포공항 1곳(B767 1Bay), 인천공항 2곳(1행거 B747 1Bay, 2행거 B747 2Bay + B767 1Bay)에서 기체 중정비 수행




**〈그림 Ⅱ-71〉 아시아나항공 주요 정비 행거**

출처 : 아시아나항공 정비본부 소개자료 재구성, 2021

- 엔진 오버홀 및 부품수리, 보기류, 전기/전자 부품 수리 수행




【엔진 오버홀】 【엔진 부품 수리】 【APU 수리】

**〈그림 Ⅱ-72〉 아시아나항공 엔진 및 APU 수리 인프라**

출처 : 아시아나항공 정비본부 소개자료 재구성, 2021




【브레이크 수리】 【복합재 수리】 【전자장비 수리】

**〈그림 Ⅱ-73〉 아시아나항공 기체/보기/전자장비 수리 인프라**

출처 : 아시아나항공 정비본부 소개자료 재구성, 2021

### ❒ 한국항공서비스(KAEMS*)

○ 정부의 항공 MRO 산업육성을 위한 '정부지원 항공 MRO사업자'로 2018년 경남 사천에 설립

* KAEMS : Korea Aviation Engineering & Maintenance Service, Ltd.

- B737NG와 A320계열 항공기의 기체 중정비 인가획득

※ 제주항공, 티웨이, 이스타항공, 하이에어 기체 정비

- 주요 부품의 분해점검, 수리 및 개조 수행
- 2021년 6월 설립 후 누적 50호기 정비

○ 정비 인프라

- 2020년 민항기 전용 정비동을 신축하여 연간 정비 가능 물량 확대
- 추가 정비동, 부품수리동, 회전익 정비동 등 인프라 확대 예정










| | | |
|---|---|---|
| ■ A : 민항기 정비동<br>■ B : 군용기/회전익 정비동 | ■ 2020년 11월 준공<br>■ B737 및 A320 항공기 동시 4대 정비 가능<br>■ 자체 부품정비 shop 확보 | ■ 군용기/회전익 전용 정비동<br>■ 회전익 6대, F-16 7대, P-3CK 1대 동시 정비 가능 |

**〈그림 II-74〉 KAEMS 정비 인프라**

출처 : KAEMS 소개자료 재구성, 2021

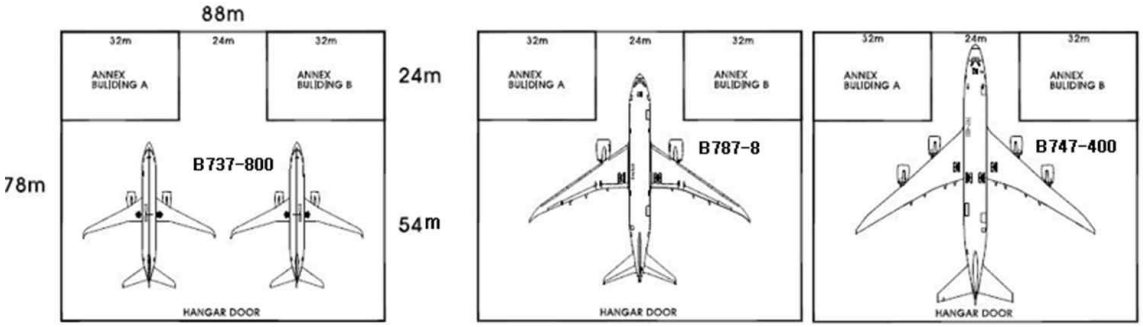
### ❒ 샤프테크닉스케이

○ 지상조업사인 샤프에비에이션케이가 국내 저비용항공사와 공동 출자를 통해 설립된 MRO 정비업체임

- 국내 저비용항공사 기체 중정비를 시작으로 세계 최대 화물 항공사인 아틀라스 에어의 정비수주, IAI의 B777 화물기 개조사업 등 사업 확장

○ 정비 인프라

- 인천공항에 B747 1대의 기체 중정비를 할 수 있는 행거를 보유하고 있으며, 아틀라스 에어의 정비를 위한 2.5Bay 행거를 2025년까지 설치할 계획임
- 항공기 리스업체인 GECAS와 이스라엘 IAI가 공동 개발중인 B777 P2F 사업의 생산라인 유치에 따라 관련 개조를 위한 인프라 구축 예정임




**〈그림 Ⅱ-75〉 샤프테크닉스케이 정비 헹거의 기종별 예시**

출처 : 샤프테크닉스케이 소개자료 재구성, 2021

## 4. 항공 MRO 산업단지

### 4.1. 사천 항공 MRO 산업단지

#### ❒ 추진 배경

○ 해외 의존도가 높은 국적 항공기 정비의 내수전환과 국내 항공 MRO 산업육성을 위해 3단계 추진전략*을 마련('15.1월)하고 다각적인 정책을 추진

* MRO 자립기반 확충(1단계) → 전략산업화(2단계) → 해외시장 진출(3단계)

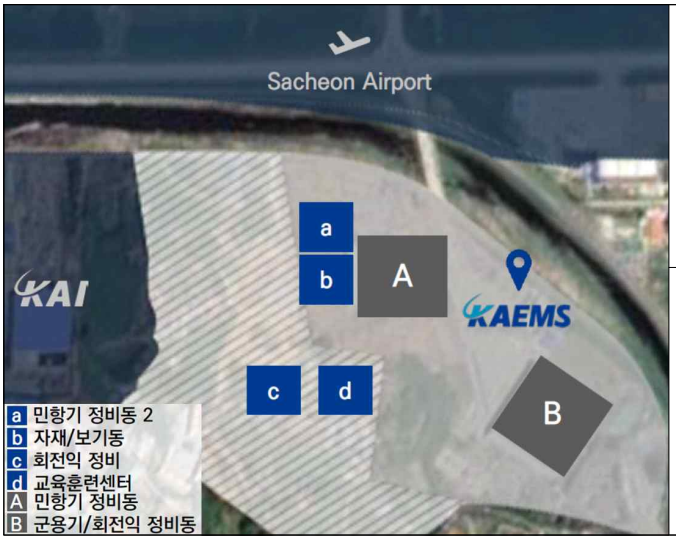
○ 2단계 추진전략으로 정부지원 전문 MRO사업자 선정을 통해 국내 항공정비 산업단지 구축 추진

#### ❒ 사업 내용

○ 민수와 군수를 아우르는 종합 MRO단지 구축

○ 기존 항공부품 제조업체와 연계한 항공산업 협력 지구(클러스터) 형성

○ 2027년까지 3,469억원의 사업비를 투입해 31만 1880㎡ 부지에 MRO 산업단지 조성




**2단계 : 전문시설 추가확보**

- 2024년 6월 완료
- 민항기 정비동 건설
- 부품 수리동 건설
- 회전익 전용 정비동 건설

**3단계 : 항공클러스터 확대**

- 부품 정비 클러스터 조성
- 항공기 부품업체들과 협력체계로 부품 수리사업 역량 강화
- 교육 훈련센터 건설

〈그림 II-76〉 KAEMS 주요시설 확보 계획

출처 : KAEMS 회사소개서 재구성, 2021

### ❒ 추진 경과

○ (2017년 12월) 정부지원 항공 MRO 사업자로 KAI 선정

* KAI 항공 MRO 사업계획 제출('16.8), 국토부 KAI 사업계획 타당성 평가('16.9~'17.12)

○ (2018년 7월) 투자기업(7개사)* 출자완료 및 법인등기(명칭: KAEMS, ㈜한국항공서비스)

* KAI(897억: 66%), 한국공항공사(269억: 20%), BNK(122억), 제주항공(10억), 이스타(5억) 등

○ (2018년 11월) 국토부 "항공기 정비능력인증" 획득

* 인력채용(75명), 기체수리·도장 등 정비시설 및 특수 장비·공구 등 완비

○ (2019년 2월) 초도 정비 항공기(제주항공 B737, 1대) 입고

○ (2019년 6월) 2단계(1,000억 원, 149,628㎡) 산업단지 공사 착공

○ (2022년) 3단계(500억 원, 162,252㎡) 사업 착공 예정

## 4.2. 인천 항공정비(MRO) 클러스터 구축

### ❒ 추진배경

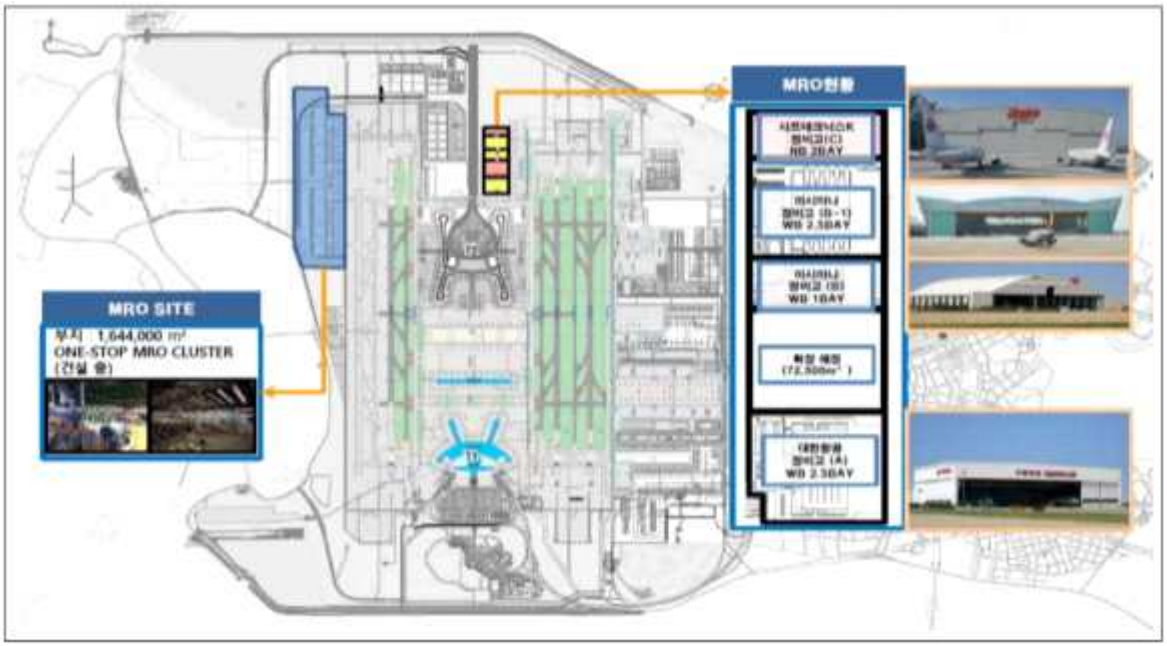
○ 항공정비산업은 항공기 안전운항의 기반이며, 기술 중심의 노동 집약적인 사업으로 일자리와 현재 해외로 유출되는 국부유출을 내수화하여 새로운 시장 창출

- 인천공항 정비결항률 증가로 항공사고 위험 증대 : 4%('01) → 25.3%('16)

- 항공정비 시설 및 인력부족 : 최소 2배 이상의 격납고와 5천명 이상의 항공정비사 필요('19년 현재 격납고 4개, 항공정비사 약 2,200여명 운영)

### ❒ 사업내용

- ○ 사업기간 : 2019 ~ 2024년
- ○ MRO단지 조성 : 인천국제공항 제4활주로 인근 166만㎡(50만평) 부지조성
- ○ 항공정비장비 공용센터 구축 : 해외항공사 및 LCC 항공사의 안전운항을 위한 공유경제형 항공정비장비 공용센터 구축 및 운영
- ○ 전문항공정비업체 유치 : 기체 개조에서 부품, 엔진 정비로 발전토록 전문항공정비업체 유치
- ○ 항공선도기업 육성 : 항공부품 개발 및 생산 유도를 위한 항공선도기업 육성




〈그림 Ⅱ-77〉 인천공항 항공정비단지 현황 및 계획

출처 : 2020-2024 항공산업육성 기본 계획(안), 인천광역시, 2020

### ❒ 추진계획

- ○ (2020~2024년) 공유경제형 인천공항 항공정비 공용장비센터 구축
- ○ (2020~2024년) 전문항공정비업체 유치
- ○ (2020~2023년) 항공정비단지 1단계(59만㎡) 부지조성(공항공사)
- ○ (2024. 1월~) 항공정비단지 2단계(107만㎡) 실시설계(공항공사)

# 제5절 국내 항공정비산업 SWOT 분석 및 시사점

## 1. 국내 항공 MRO 산업 SWOT 분석

❒ **「II장 국내외 산업 현황 및 환경 분석」을 토대로 국내 항공정비산업의 강점, 약점, 기회, 위협 요인에 대한 SWOT 분석을 수행함**

○ 강점

- T-50, KF-21, 수리온 헬기 등 군용 항공기 개발 사업을 통해 항공기 설계, 제작 기술력을 확보해오고 있으나, 고도의 기술이 필요한 항공전자장비, 엔진 분야는 아직 미흡한 수준
- 인천국제공항은 규모, 항공기 운항 및 여객 수송량 등에서 세계 최고 수준의 공항이며, 공항 주변의 MRO 클러스터 조성 사업이 진행 중으로 항공정비 산업 육성을 위한 기반을 확보하고 있음
- 우리나라는 세계 10위권* 내의 항공 운송 강국이며, 구매력을 갖춘 대형 항공사의 정비 인프라를 갖추고 있음

  * 2018년 기준 세계 6위 : 여객분야 13위, 화물분야 5위

- 우리나라는 UN 산업개발기구 세계 제조업 경쟁력 지수 기준 세계 3위* 수준의 제조업 경쟁력을 보유(1위 독일, 2위 중국)

  * 한국 제조업 경쟁력 경제위기의 버팀목, 산업연구원, 2021

○ 약점

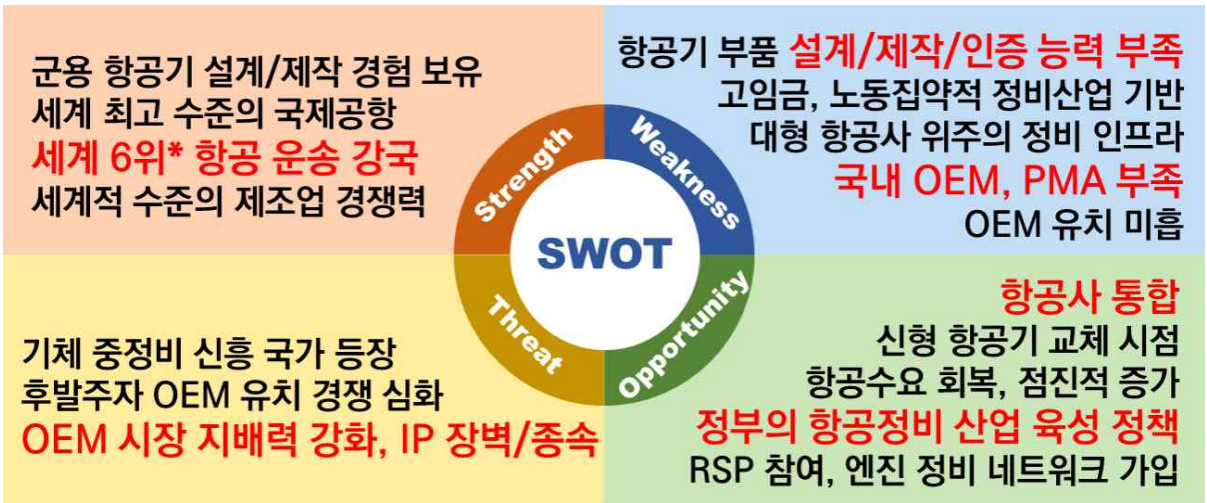
- 군 항공기 개발을 기반으로 항공 제조산업이 발전해왔으며 국내 항공관련 업체의 대부분이 기체구조물 제작에 치중되어 고도의 기술이 필요한 항공전자, 엔진 분야의 기술력은 미흡함
- 항공 정비산업은 대형 항공사의 정비조직에서 자사 항공기 정비 수행을 위한 인프라를 중심으로 분해/조립/시험 위주의 정비 기술이 발전해왔으며, 항공기 개조, 정비 부품 제작를 위한 설계/제작/인증과 같은 OEM, PMA 기술 부족함
- 정비산업 확대 및 OEM의 IP 사용을 위해서 OEM 유치 및 합작사 설립이 필요하나 이에 대한 사례 부족

○ 기회

- 코로나-19 대유행으로 유례없는 항공산업의 위기 상황이 지속되고 있으나 항공수요 회복과 함께 항공정비 시장도 점진적 성장이 예상됨
- 인건비 및 유가 상승은 항공사의 경제적 부담으로 이어지고 있어 보다 운항 효율이 높은 항공기 및 엔진으로 교체가 진행되고 있어 신형 정비기술 소요가 늘어나고 있어 후발주자의 시장 진입 가능성이 높음
- 정부의 항공산업 및 정비산업 육성정책 시행을 통해 국내 항공정비 기반 구축 중
- 국내 업체들의 해외 OEM RSP 참여 및 정비 네트워크 가입을 통해 정비 기술, 물량 확보 가능성 높아짐
- 무기체계획득사업의 절충교역을 통한 해외 OEM의 기술 및 정비 물량 확보 기회 확대

○ 위협

- 동남아 국가에서 시작된 저임금 MRO 클러스터는 보다 저렴한 인건비를 제공할 수 있는 신흥 개발도상국으로 확대되고 있음
- 후발 국가는 기술 확보를 위해 OEM 유치를 적극적으로 추진 중으로 국내 OEM 유치를 위한 경쟁이 심화될 것으로 예상됨
- OEM의 정비 시장 지배력 강화에 따라 고부가가치 정비 분야에 대한 기술 종속 대비가 필요함




〈그림 II-78〉 국내 항공 MRO 산업 SWOT 분석

출처 : 기획연구진

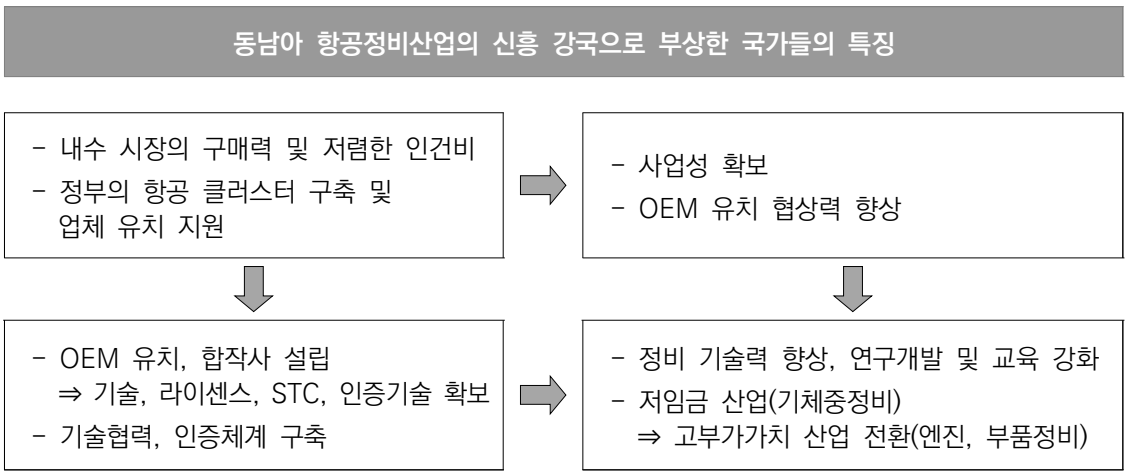
## 2. 국내외 항공 MRO 산업 분석 시사점

### ❒ (정책) 항공정비 산업 육성을 위한 국가적 지원제도 마련

○ (국내) 항공기 제작/정비/인증 등 산업 육성을 위한 정부 정책을 제시하고 이에 따른 세부 계획을 수립하여 추진 중

○ (국외) 정부의 항공산업단지 구축을 기반으로 OEM 투자 및 국내 기업과의 합작사를 적극적으로 유치

- 동남아의 신흥 강국으로 부상한 업체들은 항공기 구매력과 저렴한 인건비를 바탕으로 정부 지원을 통해 해외 OEM 적극 유치
- 산업기반 및 기술력 확보와 더불어 고효율 고부가가치 정비산업으로 전환
- 인건비 상승에 따라 보다 저렴한 인건비를 제공할 수 있는 업체와 부품 및 기체 중정비 외주 협력




〈그림 II-79〉 국외 항공정비산업 신흥 강국의 특징

출처 : 기획연구진

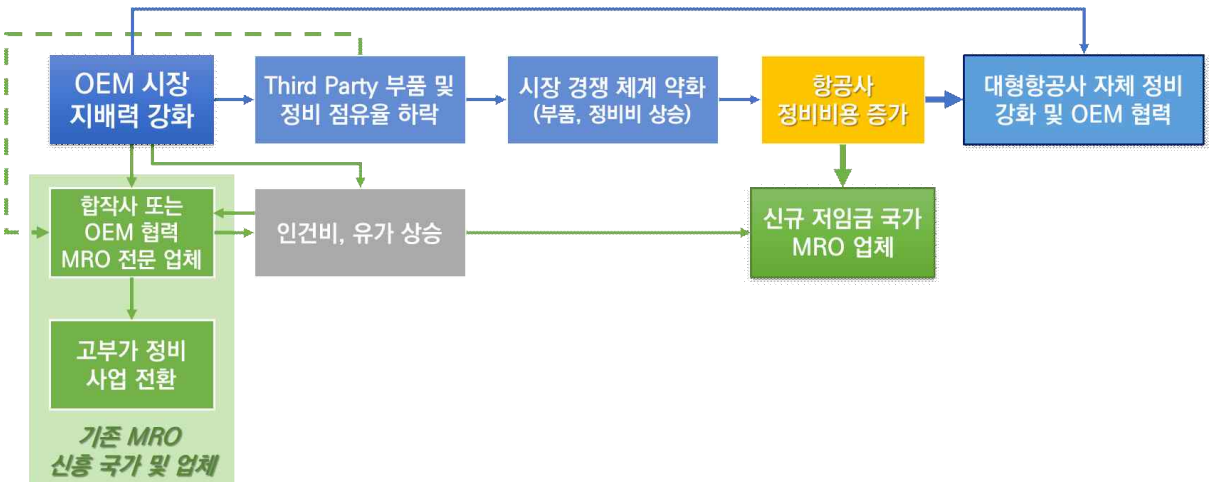
### ❒ (해외시장) 코로나-19 대유행으로 인한 항공운송시장 타격으로 정비산업 역시 물량 급감으로 위기를 맞았으나 2023년부터 지속적인 시장 회복이 예상됨

○ 아시아, 북미와 같이 국내선 수요가 회복된 국가들을 중심으로 시장 회복 기대

○ MRO 시장에서 OEM들은 IP/라이센스에 대한 제약을 통해 시장을 장악하고 있으며, 저렴한 비용을 제공하는 써드파티 부품 및 독립 정비업체의 시장 점유율 하락 및 시장 경쟁 체계 약화에 따라 항공사 정비비용이 상승함

○ 지속적인 인건비 및 유가의 상승으로 항공사들은 재정적 압박에서 벗어나기 위해 자체(In-house) 정비 강화 또는 보다 저렴한 정비업체로 외주

- 자체 정비 인프라를 갖추지 못한 저비용 항공사의 정비비 부담이 더욱 가중될 것으로 예상되며, 동남아시아의 신흥 MRO 업체들이 설립되는 계기가 됨




〈그림 II-80〉 항공정비시장 변화 종합

출처 : 기획연구진

○ 2020년대에는 운항 효율성이 향상된 신형 기체와 엔진으로 세대교체가 예상되며, 이에 따라 더욱 강화되는 OEM 시장 지배에 대한 대비가 필요함

### ❒ (국내시장) 대형항공사의 자가 정비를 중심으로 국내 MRO 산업 성장

○ 국내 운송시장 성장에 따라 정비 규모 역시 증가하고 있으나, 해외 외주율은 감소 추세를 보이고 있음

○ 2019년 현재 해외 의존도는 45.5%로 엔진·부품 분야의 해외 의존도는 55% 이상이며, 대기업 계열사를 제외한 저비용 항공사의 엔진·부품 분야의 해외 의존도는 90% 이상임

- 국내 대형항공사(계열 항공사 포함)의 국내 정비비용 점유율은 92%에 달하며, 두 대형항공사의 통합 시 해외 외주율 감소 효과가 예상됨

○ 국내 NB 항공기는 B737과 A320 두 기종으로 구성되어 있으며 추후 신규 기종 전환 시 동일 기종의 신형 기체 및 엔진이 도입될 것으로 예측됨

- 신규 기종은 B737MAX, A320neo, 신규 엔진은 LEAP-1A/B, PW1100G
- 저비용 항공사의 엔진정비는 전량 해외에서 위탁정비를 수행하고 있으므로 대한항공 위탁 또는 국내 신규 엔진 정비업체 신설이 필요

○ 국내의 OEM 협력기반 MRO는 부족한 실정이며, 특히 신형 항공기 교체 시 OEM 종속에 대한 부담이 확대될 것으로 예상

- OEM의 RSP 참여 및 정비 네트워크 가입 등의 협력 구도 구축 필요

○ 국내 기체 중정비 시장은 동남아 국가 대비 높은 인건비가 약점이나, 정비 품질 향상, 자동화/효율화를 통한 경쟁업체 대비 TAT 감소가 가능하다면 국내외 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

* TAT : Turn Around Time(항공기 정비 소요시간)

**❒ (기술개발) 미래 MRO 기술은 항공사의 증가하고 있는 MRO 비용 절감을 위해 최대한의 효율성을 확보할 수 있는 방향으로 개발되고 있음**

○ 인공지능, 증강현실, 드론 등과 같은 4차 산업혁명 기술이 개발 중이며, 이를 통한 정비 효율성 증가, 인건비 감소 등의 효과를 기대하고 있음

**❒ (국내 인프라 환경) 신규 정비 전문업체 설립으로 국내 저비용 항공사 중정비 및 항공기 개조 산업 활성화 예상**

○ 대형 항공사 정비조직을 중심으로 기체 중정비, 엔진 정비 인프라 확보

○ 신규 정비 업체 설립으로 저비용 항공사 기체 중정비 수행 및 P2F 산업 활성화 예상

## 3. 국내 항공정비산업 육성을 위한 추진 전략 도출

**❒ 국내외 항공 MRO 산업 현황 및 전망 분석을 통하여 국내 항공정비 산업 육성 및 기술 자립을 위한 항공정비 기술로드맵의 목표 및 추진전략 도출**

○ (해외 외주율 감소) 신형 항공기의 기체 중정비 및 엔진 정비 역량강화

○ (국내 기술력 향상) OEM 비 종속 분야의 국내 PMA 확보 및 기체 개조 등 엔지니어링 역량 강화

○ (첨단정비 기술) 4차 산업혁명과 연계된 AI, 드론 등 첨단 기술 개발 및 현장 적용을 위한 능력 확보

○ (내수 활성화) 국내 항공사의 빈번한 수리/교체 품목 중 해외 외주/구매품에 대한 국내 제조산업 역량 기반의 기술개발 추진

○ (미래 기술) 기존 항공기 정비기술은 기술 선도국을 중심으로 시장형성 및 지적재산권이 확보되어 있어 신규 진입이 어려우나, 신규 항공기 및 미래 기술의 사전 개발을 통해 향후 항공정비 시장진입을 위한 기반 마련

공 란

# III

# 고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵

제1절 기술로드맵 수립 개요
제2절 기술로드맵 수립을 위한 기술 발굴
제3절 항공정비 중점 추진기술 도출
제4절 항공정비(MRO) 기술로드맵

# 공 란

# Ⅲ. 고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵

## 제1절 기술로드맵 수립 개요

### 1. 기술로드맵 수립 개요

**❒ 목적**

○ 항공기 수리·정비 기술자립과 인증역량 강화를 위해 미래 항공정비 중점기술 도출·추진계획 수립을 위한 고부가가치 MRO 기술로드맵('23~'32) 수립

- 우리나라의 항공운송산업은 세계 10위권 이내인 반면, 고부가가치 항공정비 부문의 기술력 및 기반 부족으로 높은 해외 의존도를 보여 내재화 필요

**❒ 계획 기간**

○ 2023년~2032년 (총 10년)

**❒ 대상**

○ 항공기 정비기술 및 정비를 위한 장비 및 시스템 개발 기술

○ 부품제작자증명(PMA), 부가형식증명(STC) 등 항공정비를 위한 인증기술

**❒ 활용 범위**

○ 미래 항공정비 기술개발 방향 및 우선 투자 기술 선정

**❒ 추진체계**

○ (**총괄협의체**) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 한국항공우주기술연구조합으로 구성하여 기술로드맵 수립을 위한 업무 협의

○ (**총괄기획위원회**) 총괄협의체, 인증자문위원장, 각 분과위원장으로 구성하여 기술로드맵 수립을 위한 기획위원회 총괄, 추진방안 검토 등 추진과정 전반에 대한 최종 검토와 승인 수행

○ (**분과위원회**) 각 분과별 산·학·연 전문가로 구성하여 기술로드맵 수립을 위한 기술/과제 발굴, 기술후보군 도출 등 업무 수행

○ (**인증자문위원단**) 분과별 도출 기술/과제의 인증방안 검토, 자문을 수행하며 별도 인증역량 확보를 위한 과제 제안




〈그림 Ⅲ-1〉 항공정비 기술로드맵 추진체계

## ❒ 총괄협의체

○ 국토교통부·전문기관·주관연구기관(11명)

| No. | 성명 | 직위/직책 | 소 속 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 김동익 | 과장 | 국토교통부 첨단항공과 | 총괄담당관 |
| 2 | 김남극 | 사무관 | 국토교통부 첨단항공과 | 사업담당관 |
| 3 | 김유철 | 사무관 | 국토교통부 첨단항공과 | 사업담당관 |
| 4 | 이강준 | 그룹장 | 국토교통과학기술진흥원 | - |
| 5 | 김민기 | 수석연구원 | 국토교통과학기술진흥원 | - |
| 6 | 최미진 | PD | 국토교통과학기술진흥원 | 총괄담당 |
| 7 | 신만희 | 사무국장 | 한국항공우주기술연구조합 | 연구기관 |
| 8 | 신복균 | 팀장 | 한국항공우주기술연구조합 | 연구책임자 |
| 9 | 이한기 | 과장 | 한국항공우주기술연구조합 | 연구기관 |
| 10 | 지해선 | 과장 | 한국항공우주기술연구조합 | 연구기관 |
| 11 | 한준우 | 대리 | 한국항공우주기술연구조합 | 연구기관 |

## ❒ 기획위원회

○ ① 기체·기계·보기(8명), ② 엔진(5명), ③ 전기·전자·SW(5명), ④ 미래기술(5명), ⑤ 인증자문(5명), 총 4개 기술분과 및 1개 자문위원단 28명으로 구성

※ 산(15명), 학(6명), 연(7명)

### ❍ 총괄기획위원회(4명)

| No. | 성명 | 소 속 | 구분 | 전문분야 | 역할 | 경력 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 고상호 | 한국항공대학교 | 학 | 기체, 기계 | 총괄기획위원 | 30년 이상 | 분과장 |
| 2 | 안종기 | 한화에어로스페이스 | 산 | 엔진소재/공정개발 | 총괄기획위원 | 20년 이상 | 분과장 |
| 3 | 염철문 | LIGNex1 | 산 | 전기, 전자 | 총괄기획위원 | 20년 이상 | 분과장 |
| 4 | 이강이 | KM&I | 산 | 항공인증 | 총괄기획위원 | 20년 이상 | 자문위원장 |

### ❍ 인증자문위원(5명)

| No. | 성명 | 직위/직책 | 소 속 | 구분 | 전문분야 | 경력 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 이강이 | 본부장 | KM&I | 산 | 항공인증 | 20년 이상 | 자문위원장 |
| 2 | 정하걸 | 연구위원 | 항공안전기술원 | 연 | 항공인증 | 20년 이상 | |
| 3 | 이채영 | 소장 | 인천산학융합원 | 연 | 항공인증 | 20년 이상 | |
| 4 | 김정호 | 연구위원 | 항공안전기술원 | 연 | 항공인증 | 20년 이상 | |
| 5 | 허환일 | 교수 | 충남대학교 | 학 | 엔진 | 20년 이상 | |

### ❍ 기술분과위원(23명)

| 분과 | No. | 성명 | 직위/직책 | 소 속 | 구분 | 전문분야 | 경력 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 기체/기계/보기 | 1 | 고상호 | 교수 | 한국항공대학교 | 학 | 기체 | 30년 이상 | 분과장 |
| | 2 | 남명관 | 차장 | 대한항공 | 산 | 기체정비 | 20년 이상 | |
| | 3 | 정순학 | 대리 | 아시아나항공 | 산 | 기체 | 5년 이상 | |
| | 4 | 신의진 | 부장 | 한국항공서비스 | 산 | 기계정비 | 20년 이상 | |
| | 5 | 최호준 | 단장 | 한국생산기술연구원 | 연 | 항공재료 | 20년 이상 | |
| | 6 | 권진회 | 교수 | 경상대학교 | 학 | 복합재수리공정 | 20년 이상 | |
| | 7 | 김상우 | 교수 | 한경대학교 | 학 | 복합재 | 15년 이상 | |
| | 8 | 양용만 | 선임연구원 | 항공안전기술원 | 연 | 복합재수리공정 | 20년 이상 | |
| 엔진 | 9 | 안종기 | 수석 | 한화에어로스페이스 | 산 | 엔진 | 20년 이상 | 분과장 |
| | 10 | 김우철 | 차장 | 대한항공 | 산 | 엔진정비 | 15년 이상 | |
| | 11 | 윤성철 | 과장 | 아시아나항공 | 산 | 엔진정비 | 15년 이상 | |
| | 12 | 김춘택 | 책임 | 한국항공우주연구원 | 연 | 엔진 | 20년 이상 | |
| | 13 | 김진석 | 교수 | 세한대학교 | 학 | 엔진 | 30년 이상 | |
| 전기/전자/SW | 14 | 염철문 | 연구위원 | LIGNex1 | 산 | 항공전자 | 20년 이상 | 분과장 |
| | 15 | 이상훈 | 매니저 | 보잉 | 산 | 항공전자정비 | 15년 이상 | |
| | 16 | 박용철 | 차장 | 대한항공 | 산 | 항공전자부품 | 15년 이상 | |
| | 17 | 홍교영 | 교수 | 한서대학교 | 학 | 항공전자 | 20년 이상 | |
| | 18 | 박찬휘 | 수석 | LIGNex1 | 산 | 항공전자 | 10년 이상 | |
| 미래기술 | 19 | 국태승 | 부장 | 이노스페이스 | 산 | 전기항공기 | 15년 이상 | |
| | 20 | 김학철 | 팀장 | 한국항공우주산업 | 산 | 무인항공기 | 20년 이상 | |
| | 21 | 김승곤 | 박사 | 한국에너지기술연구원 | 연 | 수소연료전지 | 15년 이상 | |
| | 22 | 김정완 | 팀장 | LG에너지솔루션 | 산 | 배터리 | 10년 이상 | |
| | 23 | 안종기 | 수석 | 한화에어로스페이스 | 산 | 엔진 | 20년 이상 | |

## 2. 기술로드맵 추진 경과

### ❒ 항공정비 기술로드맵 수립 착수(2020.12 ~ 2021.12)

○ 기술수요조사 수행(2021.2~9)

| 구분 | 1차 | 2차 | 3차 |
|---|---|---|---|
| 수행일시 | '21.2.17 ~ 3.10 | '21.4.12 ~ 4.30 | '21.8.30 ~ 9.10 |
| 접수결과 | 11건 | 15건 | 25건 |

※ 산·학·연 대상 기술수요조사 및 기획위원회 추천 등을 통해 제안기술을 발굴

○ 기획위원회 운영(2021.6~12)

- 항공정비 기술 후보군 도출
- 우선순위 평가를 통한 기술 도출

○ 항공정비 기술로드맵 간담회(2021.10.22.)

- 항공정비 기술 및 기술로드맵 소개
- 참석자 대상 의견 청취 및 질의 응답

○ 항공정비 기술로드맵 설명회(2021.11.04.)

- 항공정비 시장/정책/기술 변화에 대한 산업분석 소개
- 기술로드맵 추진현황 및 전략기술 도출(안) 소개
- 기술로드맵 수립방안에 대한 의견 수렴

○ 항공정비 기술 확정(미정)

○ 항공정비 기술로드맵 발표(미정)



기획위원회 착수회의

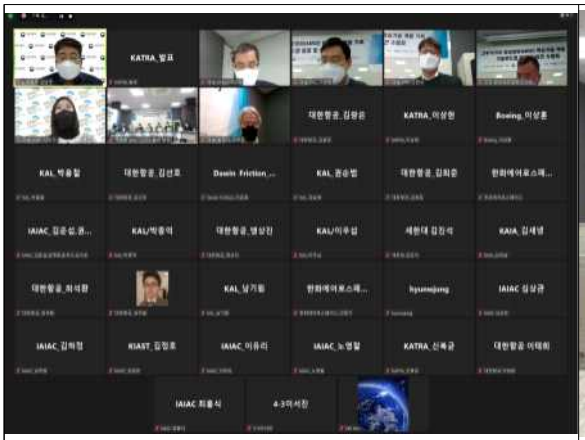



항공정비 기술로드맵 설명회

〈그림 Ⅲ-2〉 기술로드맵 추진 주요 행사

### ❒ 항공정비 기술로드맵 의견수렴회(2021.12.14.)

○ 기술로드맵 수립과정 및 결과를 이해관계자에 대해 공유하고 이에 대한 의견 수렴을 통해 항공정비 기술로드맵 결과에 반영

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>행사 전경</td><td>인사말씀</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>기술로드맵 주요 내용 발표</td><td>패널토론 진행</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>온라인 행사 화면</td><td>기념사진</td></tr>
</table>

**〈그림 Ⅲ-3〉 기술로드맵 의견수렴회 행사**

## ❒ 항공정비 기술로드맵 추진경과

| | 추진경과 | 수행 내용 |
|---|---|---|
| 2021.12 | 기술로드맵 의견수렴회 | 기술로드맵 의견 수렴 |
| 2021.11 | 기술개발 내용 및 로드맵 추진전략 도출 | 기술로드맵 수립 |
| 2021.11 | 항공정비 기술로드맵 설명회 (항공우주시스템공학회) | 기술로드맵 수립 현황 및 분과별 기술 소개 |
| 2021.10~11 | 핵심기술 후보군 선정 및 우선순위 평가 | 평가항목 가중치 도출, 기술수준조사, 우선순위 평가 |
| 2021.10 | 항공정비 기술로드맵 간담회 (2021 ADEX) | 기술로드맵 수립 현황 소개 및 의견 수렴 |
| 2021.10 | 3차 분과위원회 회의 | 중점기술 도출, 과제카드 작성 |
| 2021.8 | 항공정비 산업경쟁력 강화방안발표 | 항공정비 기술역량 강화 발표 |
| 2021.7 | 2차 분과위원회 회의 | 중점기술 분야, 중점기술 도출, 과제카드 초안 작성 |
| 2021.6 | 총괄기획위원회 킥오프 및 1차 분과위원회 회의 | 기술수요조사서, 우선순위 평가항목, 기술분야 검토 |
| 2021.2~9 | 항공정비 기술발굴을 위한 기술수요조사 | 산·학·연 대상 기술수요조사 |

〈그림 Ⅲ-4〉 항공정비 기술로드맵 추진 경과

# 제2절 기술로드맵 수립을 위한 기술 발굴

## 1. 기술로드맵 수립 절차

### ❒ 중점기술분야 및 기술 후보군 도출

○ 기술수요조사를 통해 접수된 기술의 항공정비 기술 적합 여부, 실현 가능성, 중복성 검토 등 Screening 수행

○ 부족분야에 대한 기획위원회 Top-down 기술 도출

### ❒ 과제카드 작성

○ 도출된 기술 후보군에 대한 과제카드 작성

- 과제명/연구목표/예산/인증 추진방안 등 사업화, 과제화 가능한 내용으로 과제카드 작성

### ❒ 우선순위 평가

○ 우선순위 평가 항목에 대한 가중치 도출

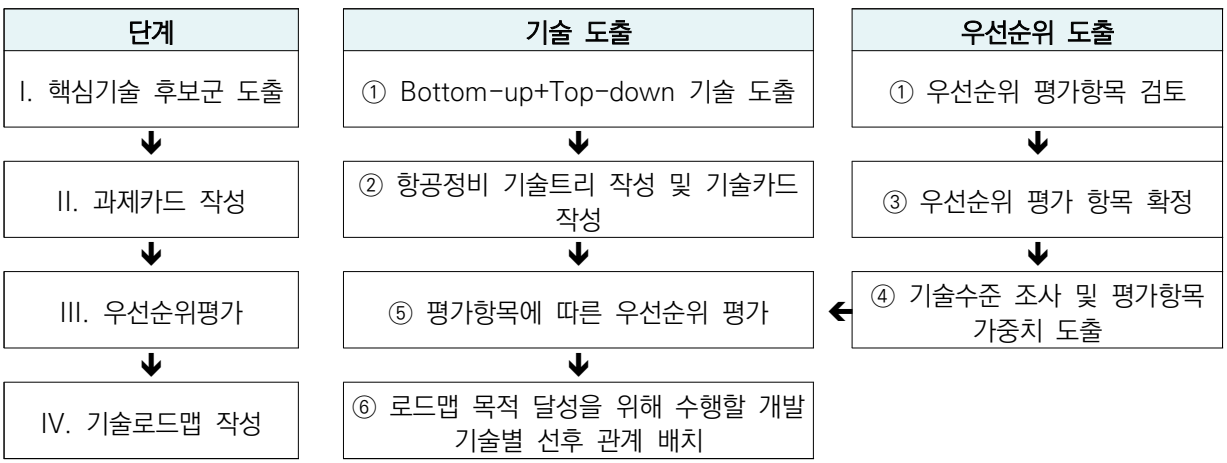
○ 과제카드에 대한 우선순위 평가 수행

○ 우선순위 평가 점수 및 가중치를 합산한 우선순위 도출

### ❒ 기술로드맵 작성

○ 우선순위 평가에 따른 기술 개발 선후 관계 배치

○ 기술개발 추진 전략 등 로드맵 작성




〈그림 Ⅲ-5〉 기술로드맵 수립 절차

## 2. 기술 수요조사

### ❒ 수행방법

○ 국내 항공 정비, 제작 등과 관련된 산·학·연을 대상으로 1~3차에 걸쳐 기술 수요조사 설문 수행

### ❒ 조사대상 및 분야

○ 제1차 국토교통과학기술 종합계획(`18~`27)에 부합하고 항공안전 확보, 항공기 인증·정비기술 등 항공산업 육성과 연관된 신규 R&D 기술

○ 항공기, 엔진 및 지상 정비기술 등

○ 정비를 위한 장비 및 시스템 개발 등

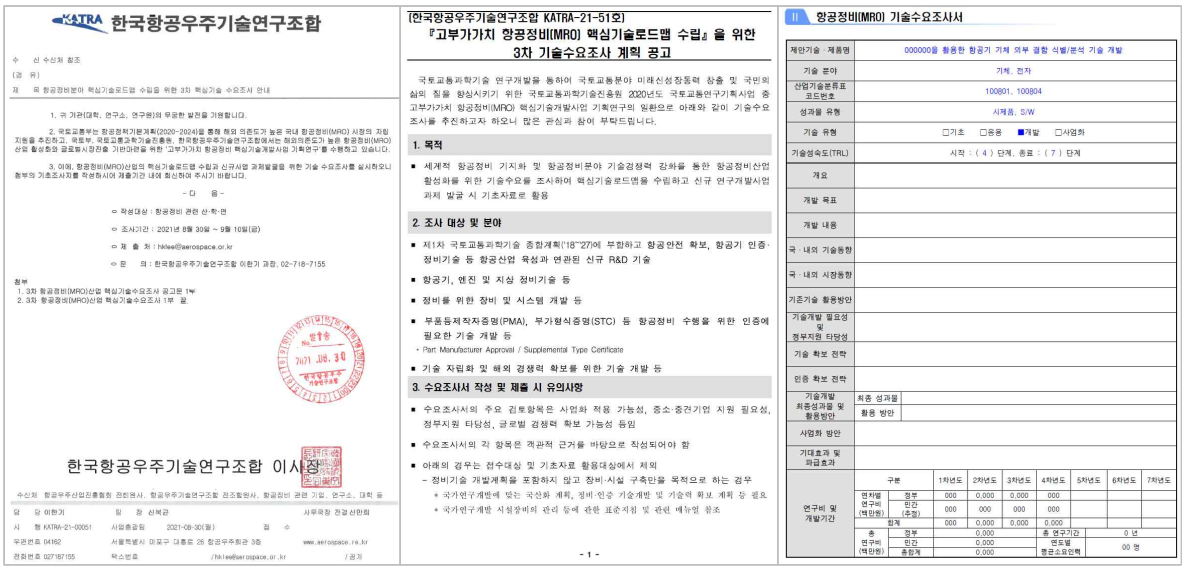
○ 부품등제작자증명(PMA), 부가형식증명(STC) 등 항공정비 수행을 위한 인증에 필요한 기술 개발 등

* PMA(Part Manufacturer Approval) / STC(Supplemental Type Certificate)

○ 기술 자립화 및 해외 경쟁력 확보를 위한 기술 개발 등

### ❒ 조사항목

○ 응답기관 정보, 제안기술명, 개요, 개발목표, 개발내용, 국·내외 기술/시장 동향, 기술개발 필요성, 기술확보 전략, 사업화 방안, 기대효과, 연구비 및 개발기간 등



KATRA 한국항공우주기술연구조합

수 신 수신처 참조

(경 유)

제 목 항공정비분야 핵심기술로드맵 수립을 위한 3차 핵심기술 수요조사 안내

1. 귀 기관(대학, 연구소, 연구원)의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국토교통부는 항공정책기본계획(2020~2024)을 통해 해외 의존도가 높은 국내 항공정비(MRO) 시장의 자립 지원을 추진하고, 국토부, 국토교통과학기술진흥원, 한국항공우주기술연구조합에서는 해외의존도가 높은 항공정비(MRO) 산업 활성화와 글로벌시장진출 기반마련을 위한 '고부가가치 항공정비 핵심기술개발사업 기획연구'를 수행하고 있습니다.

3. 이에, 항공정비(MRO)산업의 핵심기술로드맵 수립과 신규사업 과제발굴을 위한 기술 수요조사를 실시하오니 첨부의 기초조사지를 작성하시어 개별기관 내에 회신하여 주시기 바랍니다.

- 다 음 -

○ 작성대상 : 항공정비 관련 산·학·연

○ 조사기간 : 2021년 8월 30일 ~ 9월 10일(금)

○ 제 출 처 : hklee@aerospace.or.kr

○ 문 의 : 한국항공우주기술연구조합 이한기 과장, 02-718-7155

첨부

1. 3차 항공정비(MRO)산업 핵심기술수요조사 공고문 1부.

2. 3차 항공정비(MRO)산업 핵심기술수요조사 1부. 끝.

한국항공우주기술연구조합 이사장

수신처 항공우주산업진흥회 관련회사, 항공우주기술연구조합 관련협회사, 항공정비 관련 기업, 연구소, 대학 등

담 당 이한기 팀 장 신복균 사무국장 전결선인회

시 행 KATRA-21-00051 시행총괄팀 2021-08-30(월) 접 수

우편번호 04162 서울특별시 마포구 대흥로 25 항공우주회관 3층 www.aerospace.re.kr

전화번호 027187155 팩스번호 /hklee@aerospace.or.kr /공개

(한국항공우주기술연구조합 KATRA-21-51호)

『고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술로드맵 수립』을 위한

3차 기술수요조사 계획 공고

국토교통과학기술 연구개발을 통하여 국토교통분야 미래신성장동력 창출 및 국민의 삶을 향상시키기 위한 국토교통과학기술진흥원 2020년도 국토교통연구기획사업 중 고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술개발사업 기획연구의 일환으로 아래와 같이 기술수요 조사를 추진하고자 하오니 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

1. 목적

- 세계적 항공정비 기지화 및 항공정비분야 기술경쟁력 강화를 통한 항공정비산업 활성화를 위한 기술수요를 조사하여 핵심기술로드맵을 수립하고 신규 연구개발사업 과제 발굴 시 기초자료로 활용

2. 조사 대상 및 분야

- 제1차 국토교통과학기술 종합계획('18~'27)에 부합하고 항공안전 확보, 항공기 인증·정비기술 등 항공산업 육성과 연관된 신규 R&D 기술
- 항공기, 엔진 및 지상 정비기술 등
- 정비를 위한 장비 및 시스템 개발 등
- 부품등제작자증명(PMA), 부가형식증명(STC) 등 항공정비 수행을 위한 인증에 필요한 기술 개발 등
  - Part Manufacturer Approval / Supplemental Type Certificate
- 기술 자립화 및 해외 경쟁력 확보를 위한 기술 개발 등

3. 수요조사서 작성 및 제출 시 유의사항

- 수요조사서의 주요 검토항목은 사업화 적용 가능성, 중소·중견기업 지원 필요성, 정부지원 타당성, 글로벌 경쟁력 확보 가능성 등임
- 수요조사서의 각 항목은 객관적 근거를 바탕으로 작성되어야 함
- 아래의 경우는 전수대상 및 기초자료 활용대상에서 제외
  - 정비기술 개발계획을 포함하지 않고 장비·시설 구축만을 목적으로 하는 경우
    - * 국가연구개발에 맞는 국산화 계획, 정비·인증 기술개발 및 기술력 확보 계획 등 필요
    - * 국가연구개발 시설장비의 관리 등에 관한 표준지침 및 관련 매뉴얼 참조

- 1 -

II 항공정비(MRO) 기술수요조사서

| | |
|---|---|
| 제안기술 · 제품명 | 000000을 활용한 항공기 기체 외부 결함 식별/분석 기술 개발 |
| 기술 분야 | 기체, 전자 |
| 산업기술분류표 코드번호 | 100801, 100804 |
| 성과물 유형 | 시제품, S/W |
| 기술 유형 | □기초 □응용 ■개발 □사업화 |
| 기술성숙도(TRL) | 시작 : ( 4 ) 단계, 종료 : ( 7 ) 단계 |
| 개요 | |
| 개발 목표 | |
| 개발 내용 | |
| 국 · 내외 기술동향 | |
| 국 · 내외 시장동향 | |
| 기존기술 활용방안 | |
| 기술개발 필요성 및 정부지원 타당성 | |
| 기술 확보 전략 | |
| 인증 확보 전략 | |
| 기술개발 최종성과물 및 활용방안 | 최종 성과물 / 활용 방안 |
| 사업화 방안 | |
| 기대효과 및 파급효과 | |

| 구분 | | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 6차년도 | 7차년도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연구비 및 개발기간 | 연차별 연구비 (백만원) | 정부 | 000 | 0,000 | 0,000 | 000 | | | |
| | | 민간 (추정) | 000 | 000 | 000 | 000 | | | |
| | 합계 | | 000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | 총 연구비 (백만원) | 정부 | 0,000 | | | 총 연구기간 | 0 년 | | |
| | | 민간 | 0,000 | | | 연도별 투입소요인력 | 00 명 | | |
| | | 총합계 | 0,000 | | | | | | |

〈그림 Ⅲ-6〉 기술수요조사 공문, 공고문, 수요조사서 양식

### ❒ 수요조사 결과

○ 1~3차 기술수요조사 결과 총 51건 접수

**〈표 Ⅲ-1〉 기술수요조사 기간 및 접수 결과**

| 구분 | 1차 | 2차 | 3차 |
|---|---|---|---|
| 수행일시 | '21.2.17 ~ 3.10 | '21.4.12 ~ 4.30 | '21.8.30 ~ 9.10 |
| 접수결과 | 11건 | 15건 | 25건 |

## 3. 중점기술 분야 및 기술 후보군 도출

### ❒ 수행방법

○ 기획위원회에서 접수된 수요조사서에 대한 검토 및 Screening*을 수행

* 항공정비 기술로드맵 적합 여부, 실현 가능성, 유사/중복 내용 재조정 등

○ 기술수요조사 및 기획위원회 논의를 통해 항공정비 5대 중점기술 분야* 도출

* 부품정비, 중정비, 검사/진단, 개조/제작, 미래기술

○ 분과별 부족 분야 기술에 대한 Top-down 기술 도출

**〈표 Ⅲ-2〉 중점기술 분야 도출**

| 중점기술 분야 | 세부 분류 |
|---|---|
| 부품정비 | 항공기부품 정비 |
| | 엔진부품 정비 |
| 중정비 | 기체 중정비 |
| | 엔진 중정비 |
| 검사/진단 | 검사/진단 기술 |
| | 예측/예방정비 |
| 개조/제작 | 기체 개조 |
| | 객실 개조 |
| | 부품 제작 |
| 미래기술 | 미래기술 |

### ❒ 도출 결과

○ 기획위원회 검토 및 Screening 결과 5개 중점기술 분야, 총 30건 기술 후보군 도출

※ 표 Ⅲ-2, 3의 미래기술 5건은 아직 상용화/개발되지 않은 개념연구 단계의 항공기, 부품 등에 대한 정비기술의 선제적 대응을 위하여 작성
기술로드맵 수립시점에서 관련 기술, 부품 등의 개발 및 상용화 제품이 없는 관계로 실질적인 항공 MRO 분야의 R&D 개발 요소 발굴이 불가하여 우선순위 평가에서 제외

※ 부품정비의 3D프린팅 기반 항공기 부품/소재 및 인증체계 개발은 22년 사업기획 중인 기술로 우선순위 평가에서 제외

- 도출된 중점기술 분야별 수요조사 기술 매칭 및 부적합 기술 제외
- 분과별 회의를 통해 유사·중복 기술 통합, 기술 후보군 도출

| 번호 | | 제안기술명 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1차 | 1 | 정비산업(MRO)용 항공엔진부품 제조결함 식별/분석 및 인증획득용 입증체계기술 개발 | |
| | 2 | 고정익/회전익 항공기용 독립형 비행계기정보 시현장치 시스템 개발 | 부적합 |
| | 3 | 유인 비행체 무인화 개발 | 부적합 |
| | 4 | 소형경화장치를 활용한 항공기 동체 스킨 수리 기술 개발 | |
| | 5 | 절충교역을 활용한 항공전자 LRU 정비·수리 및 테스트장비운용 | 군수 |
| | 6 | 해외 MRO 정비 수주를 위한 PW1100G 엔진 정비능력 국산화 개발 | |
| | 7 | 항공기 보기부품 용 고온고압 공급 개발 및 방법 최신화 | |
| | 8 | (민/군) 조기경보기 및 B737 전자부품 수리능력 기술 개발 | |
| | 9 | 항공기 엔진부품 정비기술 개발 | |
| | 10 | P2F용(Pssenger to Freighter) 동체 구조물(Frame)국산화 공정 개발 | |
| | 11 | 내충격 성능의 MD500 헬기(군수/민수) Flexible 연료탱크 개발 | 군수 |
| 2차 | 1 | 민수항공기 차세대 IFEC System 개발 및 부가형식증명 기술 개발 | |
| | 2 | A330 개조사업(P2F)용 Fuselage Surround Structure 시제품 공정 개발 | |
| | 3 | 항공기 캐빈 기술집약형 개조정비(MRO) 항공안전협정 인증체계개발 | |
| | 4 | 국내운용헬기 동력전달시스템의 창정비급 MRO 공정 기술 개발 | |
| | 5 | 고부가, 높은 기술력 필요한 엔진 연료/오일 계통 부품 자체 정비능력개발 | |
| | 6 | 차세대 엔진 정비능력 국산화 개발 및 정비시설 확보 | |
| | 7 | 3D 스캐닝/프린트 기술을 활용한 제품 모델링 및 치공구 개발 | |
| | 8 | 한국군 UH-60, Main Rotor Blade의 Overhaul 정비능력 기술 | 군수 |
| | 9 | 금속 3D프린팅 적층제조기술 항공기 부품 개발/적용개발용 소재개발 및 인증체계연구 | |
| | 10 | 항공기 인테리어 부품의 국내 개발 및 적용을 위한 자격조건과 인증체계 구축 | |
| | 11 | 항공기 정비용 부품 개발 및 부품등제작자증명(PMA) 기술 개발 | |
| | 12 | 회전 및 경사 제어식 레이저 초음파/변위 센싱 기반 Radome 손상 자동 판별 장비 개발 | |
| | 13 | 미국과 BASA-IP의 항공기 수리개조설계 승인 분야 확대 추진 | |
| | 14 | LCC 통합 정비품 재고관리시스템 구축 및 정비 연계체계 구축 | 부적합 |
| | 15 | 화물기 개조사업 | |

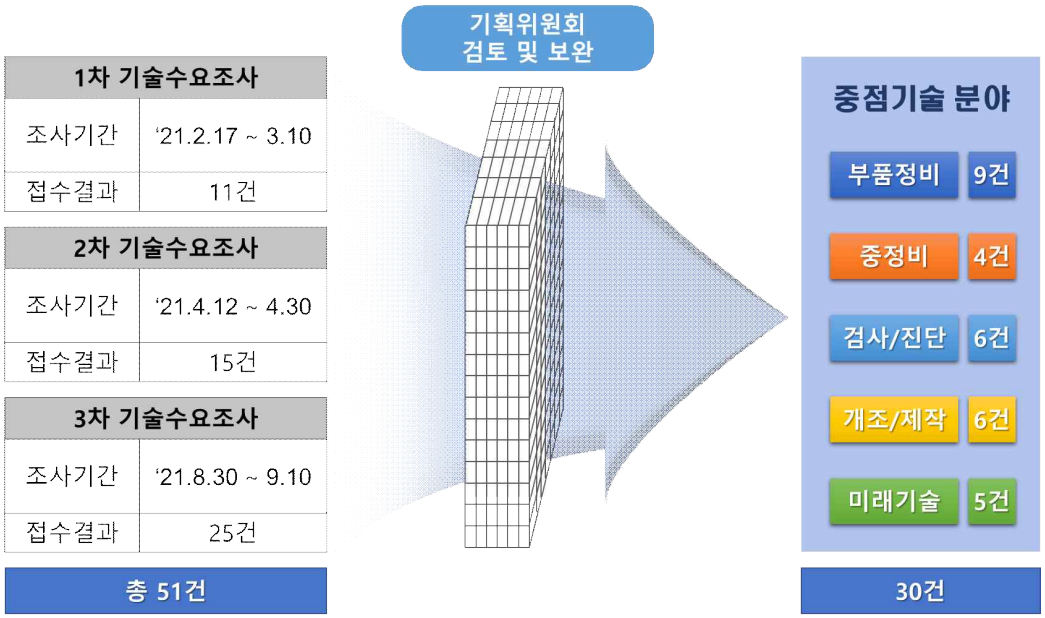



〈그림 Ⅲ-7〉 1~2차 기술수요조사 대상 기술 검토 및 중점분야 분류

| 번호 | | 제안기술명 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 3차 | 1 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | |
| | 2 | 항공기 운항/센서 데이터 기반 AI 진단 및 예측정비 시스템 개발 | |
| | 3 | 가버너 정비 후 기능점검을 위한「FADEC 가버너 테스트 벤치」개발·양산 사업 | 부적합 |
| | 4 | 신기종(A350/B787)항공기 기체 중정비 능력 개발 | |
| | 5 | Repair Clave를 활용한 항공기 복합재 수리 기술 개발 | |
| | 6 | 증강현실(AR)을 활용한 5G 기반 항공정비 시스템 개발 | |
| | 7 | 디지털 트윈 플랫폼과 모델 개발 및 빅데이터를 이용한 스마트 수명관리 시스템 개발 | |
| | 8 | 국산헬기(관용) 기체창정비 기술(수리매뉴얼) 개발 | |
| | 9 | ICAO 정비조직인증 상호인정 체계 구축 로드맵 대응 후속 과제 추진 | |
| | 10 | 미국과 BASA-MIP공식신청 이후 후속 과제 추진 (BASA-MIP체결과 이행) | |
| | 11 | 항공기 인테리어 내장재 부품 개발 및 국내인증 획득 | |
| | 12 | ATEC 장비 및 TPS 기술 개발 | |
| | 13 | ICT를 활용한 항공기 Maintenance 정보 System 체계 구축 | |
| | 14 | 4차 산업혁명 기술적용 차세대 MRO 기술개발 | |
| | 15 | 자체기술 개발을 통한 Electrical Brake 정비능력 개발 | |
| | 16 | 항공기 엔진 MRO 장비 및 공구 국산화 설계/제작/인증 능력 개발 | |
| | 17 | 항공기 엔진 분해/조립 공정 최적화 설계 및 생산관리 체계 국산화 개발 | |
| | 18 | 고부가가치 항공기 엔진 부품 수리공정 기술 국산화 개발 | |
| | 19 | AR/VR 시스템을 활용한 항공기 엔진 MRO 작업 품질 및 효율성 개선 | |
| | 20 | 엔진 부품 세척 공정 자동화 시스템, 설계/제작 및 인증 확보 | |
| | 21 | 항공기 엔진부품 비파괴검사 공정 자동화 시스템, 설계/제작 및 인증 확보 | |
| | 22 | 스마트 글래스를 활용한 항공 MRO 정비문서 조회 및 데이터 인터페이스 기술 개발 | |
| | 23 | 항공기 Engine Pneumatic Starter Test 장비개발 및 공압부품 Test 장비 현대화 | |
| | 24 | 항공용 가스터빈엔진 부품 균열/코팅수리 기술개발 | |
| | 25 | 항공기 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발 | |




〈그림 Ⅲ-8〉 3차 기술수요조사 대상 기술 검토 및 중점분야 분류




〈그림 Ⅲ-9〉 항공정비 중점기술 분야 도출 및 기술 도출

〈표 Ⅲ-3〉 중점기술 분야 및 기술 목록

| 번호 | 중점기술 분야 | 기술명 |
|---|---|---|
| 1 | 부품정비 | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 |
| 2 | | 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발 |
| 3 | | 항공기 Tire Re-tread 공정 개발 |
| 4 | | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술 |
| 5 | | 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증 |
| 6 | | 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter) 시험장비 개발 |
| 7 | | 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발 |
| 8 | | 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 |
| 9 | | 금속·비금속 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발 |
| 10 | 중정비 | 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발 |
| 11 | | 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발 |
| 12 | | 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발 |
| 13 | | 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발 |
| 14 | 검사/진단 | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사 · 평가 및 수리기술 |
| 15 | | 항공기 기체 및 부품의 손상 · 결함 검사 및 장비개발 |
| 16 | | 항공기 기계장치 고장진단·예지관리(PHM) 기술 |
| 17 | | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 |
| 18 | | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 |
| 19 | | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 |
| 20 | 개조/제작 | B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보 |
| 21 | | 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발 |
| 22 | | 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 |
| 23 | | 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화 |
| 24 | | IFEC System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발 |
| 25 | | 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발 |
| 26 | 미래기술 | 전기추진시스템에 대한 항공정비 기술 개발 |
| 27 | | 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발 |
| 28 | | 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비 기술 개발 |
| 29 | | 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발 |
| 30 | | 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성제한 연소기 소재부품 공정 기술 개발 |

# 4. 우선순위 평가

## 4.1. 평가 방법 총괄

❒ **기술 후보군을 대상으로 기술성 및 필요성 항목의 전문가 평가를 통해 기술 확보를 위한 우선순위 도출**

○ (평가항목 도출) 기술성 및 필요성을 기준으로 기획위원회 검토를 거쳐 세부 평가항목을 도출

○ (가중치 도출) 평가 항목의 AHP 분석을 통한 가중치 도출

○ (기술수준 평가 및 기술격차 분석) 기술 선도국 대비 국내 기술수준 및 기술격차 발생원인을 분석하여 평가에 참고 자료로 반영

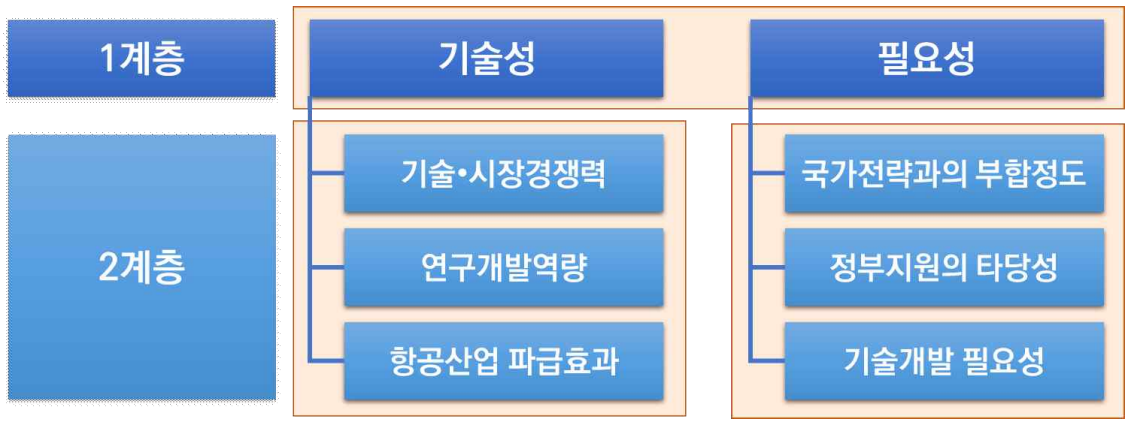
○ (항목별 절대평가) 기획위원을 대상으로 도출된 기술에 대해 평가항목 당 1~10점 절대평가 수행

○ (우선순위 도출) 절대평가 점수와 가중치를 합산하여 우선순위 도출

## 4.2. 우선순위 평가항목 도출

❒ **평가항목 검토**

○ 항공정비(MRO) 분야 R&D 기술 평가를 위하여 기술성과 필요성을 1계층으로, 1계층의 세부 평가가 가능하도록 2계층 평가항목을 도출




〈그림 Ⅲ-10〉 우선순위 평가항목 도출

❍ 평가항목의 가중치 도출 및 우선순위 평가를 위한 항목별 평가 내용 도출

〈표 Ⅲ-4〉 우선순위 평가항목 내용

| 번호 | 평가항목 | | 내용 |
|---|---|---|---|
| 1 | 기술성 | ① 기술·시장경쟁력 | 최종 목표 달성 시 항공 MRO 산업 시장에서 경쟁력/시장우위을 확보할 수 있는가? |
| | | ② 연구개발역량 | 국내에서 해당 기술을 연구개발 할 수 있는 역량(인적, 물적, 지적 자원 등)은 충분한가? |
| | | ③ 항공산업 파급효과 | 해당 기술개발을 통해 국내 항공산업의 파급효과(산업발전을 위한 고용, 해외 의존도 감소 등)가 높은 기술인가? |
| 2 | 필요성 | ④ 국가전략과의 부합정도 | 국가 중장기 기본계획(항공정책기본계획, 항공정비(MRO) 산업 경쟁력 강화방안('21.8)) 등과의 부합성이 높은가? |
| | | ⑤ 정부지원의 타당성 | 기술개발목표 및 개발내용을 고려할 때, 국고지원을 통한 정부 지원 필요성이 있는가? |
| | | ⑥ 기술개발 필요성 | 현재 및 미래 시장 수요를 고려할 때 국내 수요를 충족하고 해외 의존도를 감소시킬 수 있는 기술인가? |

## 4.3. AHP 분석을 통한 가중치 도출

❍ 기획위원회 전문가를 대상으로 계층간 쌍대비교 설문을 실시하여 항목별 가중치를 도출

❍ 설문 결과의 일관성 비율(Consistency Ratio)을 도출하여 응답자별 CR 값이 10% 이상일 경우 재설문을 진행함으로써 응답 신뢰성 확보

| A | 기술성 - 2계층 | | | | | | | | | | | | | | | | | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 시장경쟁력 | ← 시장경쟁력이 더 중요함 | | | | | | | | 동등 | 개발역량이 더 중요함 → | | | | | | | | 개발역량 |
| | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | ✔ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 시장경쟁력 | ← 시장경쟁력이 더 중요함 | | | | | | | | 동등 | 파급효과가 더 중요함 → | | | | | | | | 파급효과 |
| | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | | | | | | | ✔ | | | | | | | | | | | |
| 개발역량 | ← 개발역량이 더 중요함 | | | | | | | | 동등 | 파급효과가 더 중요함 → | | | | | | | | 파급효과 |
| | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | ✔ | | | |

〈그림 Ⅲ-11〉 쌍대비교 설문 예시

〈표 Ⅲ-5〉 평가항목별 가중치 도출 결과

| 번호 | 평가항목 1계층 | 가중치 | 평가항목 2계층 | 가중치 | 1계층×2계층 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 기술성 | 0.365 | ① 기술·시장경쟁력 | 0.367 | 0.134 |
| | | | ② 연구개발역량 | 0.214 | 0.078 |
| | | | ③ 항공산업 파급효과 | 0.419 | 0.153 |
| 2 | 필요성 | 0.635 | ④ 국가전략과의 부합정도 | 0.244 | 0.155 |
| | | | ⑤ 정부지원의 타당성 | 0.244 | 0.155 |
| | | | ⑥ 기술개발 필요성 | 0.512 | 0.325 |

## 4.4. 국내 항공정비 기술수준 및 기술격차 발생원인 분석

### ❒ 조사 방법

○ 전문가들을 대상으로 반복적인 설문 및 피드백을 통한 의견수렴 설문조사 방식인 델파이 기법을 활용

○ 조사대상 : 기획위원 23명

○ '최고기술 보유국', '주요국의 기술수준', '기술격차 발생원인' 3개 항목에 대한 조사

- (최고기술 보유국) 미국, 한국, 유럽, 중국, 일본 등 주요 국가를 포함한 전체 국가를 대상으로 최고기술 보유국을 조사
- (주요국의 기술수준) 응답한 최고기술 보유국 대비 기술수준(%)과 기술격차(년) 조사
- (항공정비 기술격차 발생원인) 타 국가 대비 국내의 기술격차 발생원인에 대해 인프라 부족, 인력부족, R&D 투자 부족 등 조사

### ❒ 조사 항목

○ 기술수준 조사항목

- 기도출된 중점기술 분야 중 기술수준 평가가 가능한 4개 항목을 선정, 분야별 세부 분류를 적용하여 조사

〈표 Ⅲ-6〉 기술수준 조사항목

| 중점기술 분야 | 세부 분류 | 내 용 |
|---|---|---|
| 부품정비 | 항공기부품 정비 | 항공기에 장착, 운용되고 있는 주요부품(착륙계통, 통신 및 항법계통, 비행조종계통, 연료계통, 유압계통, 전기계통, 객실 공조계통) 등 비행에 필수적인 항공기 기능품에 대한 수리 및 분해 정비 기술 |
| | 엔진부품 정비 | 엔진부품을 교체하거나 수리하여 설계된 운용조건으로 엔진을 복원하는 수리작업 |
| 중정비 | 기체 중정비 | 항공기 기체에 대한 정시점검, 항공기 감항성과 연관된 기체점검과 분해작업을 말하며, 부식방지 프로그램, 종합 구조검사, 기체 오버홀을 포함한 기체 및 부품에 대한 정비주기별 검사 및 상세검사 |
| | 엔진 중정비 | 항공기에서 엔진을 장탈하여 엔진 제조사에서 정해놓은 지침에 따라 엔진을 완전 분해/검사 후 조립/시운전까지 하는 정비작업 |
| 검사/진단 | 검사/진단 기술 | 기체, 엔진, 부품의 결함을 탐지/진단하기 위해 육안, 영상촬영, 초음파 등을 활용하는 기술 |
| | 예측/예방정비 | 소재, 구동장치, 부품 등에 장착된 센서의 데이터 또는 기존 결함 발생 데이터 등을 활용하여 결함을 예측하고 결함 발생 전 정비를 할 수 있도록 하는 기술 |
| 개조/제작 | 기체 개조 | 항공기에 추가적인 장비의 장착, 개조, 탈거 등을 통해 부가적인 성능 획득 및 용도 변경을 위한 작업 |
| | 객실 개조 | 항공기 기내의 감항성 영향이 적고 빈번한 부품 교체/정비가 발생하는 정비 및 개조를 위한 기술 |
| | 부품 제작 | 수리/재생 외 교체품으로 정비가 이루어지는 부품에 대한 제작 기술 |

❍ 기술격차 발생원인 조사항목

- 국토교통부 '2019 국토교통 기술수준조사 보고서*'의 기술격차 발생원인 조사항목을 참고하여 설문 수행

* 2019 국토교통 기술수준분석 : 국토교통 기술수준조사 보고서, p115.

〈표 Ⅲ-7〉 기술격차 발생원인 조사항목

| 항목 | 내 용 |
|---|---|
| 인프라 부족 | 장비 및 시설 구축 등에 필요한 재원 투입에 대한 사업적 위험 부담으로 투자 위축 |
| 인력 부족 | 전문인력 양성 기반 부족, 숙련 인력의 외부 유출 및 신규 인력 확보 애로 등 |
| R&D 투자 부족 | 기술 개발을 위한 정비 R&D 지원 사업 부족 |
| 중소기업 지원 부족 | 정비산업의 Supply chain 중소기업의 기술 및 사업 역량 부족 |
| 기초연구 지원 부족 | 원천기술 개발을 위한 기초연구 지원 사업 부족 |
| 법제도 정비 필요 | 기술개발 및 사업화를 위한 법제도의 정비 |
| 사업화 지원 부족 | 업체의 기술 사업화를 위한 세제, 육성 등 지원 부족 |

## ❒ 조사 결과

○ (최고기술 보유국) 미국

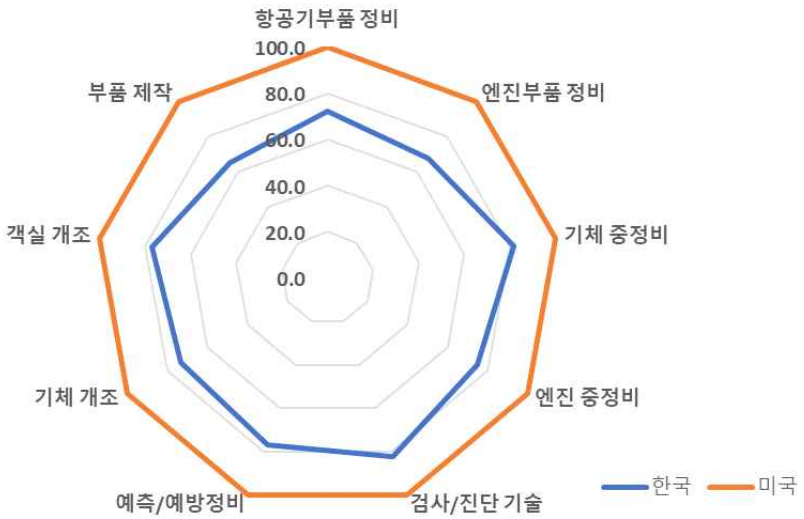
○ (국내 기술 수준) 최고기술 보유국(미국)을 기준으로 기술수준 74.6%, 기술격차 4.5년으로 나타남

- 국내 항공정비 기술 분야 중 가장 부족한 부분은 부품 제작(65.7%), 엔진부품 정비(67.9%)로 나타남
- 국내 항공정비 기술 분야 중 기술 선도국과 가장 격차가 가장 적은 분야는 검사/진단 기술(82.4%, 2.8년)로 나타남

〈표 Ⅲ-8〉 항공정비 분야 기술수준 분석 결과

(단위 : %, 년)

| 중점기술 분야 | 세부 분류 | 한국 | | 미국 | | 유럽 | | 중국 | | 일본 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 기술 수준 | 기술 격차 | 기술 수준 | 기술 격차 | 기술 수준 | 기술 격차 | 기술 수준 | 기술 격차 | 기술 수준 | 기술 격차 |
| 부품정비 | 항공기부품 정비 | 72.2 | 4.9 | 100 | 0.0 | 96.2 | 0.5 | 80.1 | 3.3 | 82.5 | 2.9 |
| | 엔진부품 정비 | 67.9 | 5.5 | 100 | 0.0 | 98.1 | 0.3 | 78.3 | 3.5 | 82.7 | 2.8 |
| 중정비 | 기체 중정비 | 81.5 | 4.1 | 100 | 0.0 | 98.9 | 0.3 | 86.6 | 2.8 | 88.0 | 2.5 |
| | 엔진 중정비 | 74.6 | 4.6 | 100 | 0.0 | 96.7 | 0.6 | 82.0 | 3.0 | 86.2 | 2.3 |
| 검사 /진단 | 검사/진단 기술 | 82.4 | 2.8 | 100 | 0.0 | 97.3 | 0.4 | 83.5 | 2.6 | 88.4 | 1.9 |
| | 예측/예방정비 | 76.5 | 4.1 | 100 | 0.0 | 96.8 | 0.5 | 79.8 | 3.3 | 84.5 | 2.4 |
| 개조 /제작 | 기체 개조 | 73.3 | 4.7 | 100 | 0.0 | 99.0 | 0.2 | 83.9 | 2.8 | 85.1 | 2.6 |
| | 객실 개조 | 77.0 | 3.8 | 100 | 0.0 | 99.3 | 0.1 | 84.3 | 2.8 | 87.4 | 2.2 |
| | 부품 제작 | 65.7 | 6.0 | 100 | 0.0 | 98.7 | 0.1 | 77.3 | 3.9 | 85.1 | 2.5 |
| **종합** | | **74.6** | **4.5** | **100** | **0.0** | **97.9** | **0.3** | **81.7** | **3.1** | **85.6** | **2.5** |




〈그림 Ⅲ-12〉 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준

○ (기술격차 발생원인)

- 기술 선도국 대비 국내 항공정비 기술수준의 격차 발생원인으로 인프라 부족과 R&D 투자 부족이 가장 큰 원인으로 나타남
- 항공정비 산업의 특성상 정비를 위한 기반 시설 구축이 우선적으로 필요한 것으로 보여 항공정비 기술 격차 해소를 위해 인프라 투자가 가장 시급하며 기술 개발을 위한 정부의 R&D 지원이 필요한 것으로 판단됨

**〈표 Ⅲ-9〉 기술격차 발생원인**

| 항목 | 우선순위 점수 | 순위종합 |
|---|---|---|
| **인프라 부족** | **2.04** | **1** |
| 인력 부족 | 4.35 | 4 |
| **R&D 투자 부족** | **2.43** | **2** |
| 중소기업 지원 부족 | 5.13 | 7 |
| 기초연구 지원 부족 | 4.96 | 6 |
| 법제도 정비 필요 | 3.61 | 3 |
| 사업화 지원 부족 | 4.65 | 5 |

- 전문가 공통 의견
  - (인력부족) 단순 정비를 위한 기능 인력은 충분하나 전문 기술을 개발할 수 있는 엔지니어 양성은 미흡, 이를 보완할 수 있는 교육과정과 정비사 자격 제도의 다변화 필요
  - (중소기업 지원 부족) 항공정비용 고가의 부품 개발을 위한 인프라 및 기술 습득, 인증 및 품질관리를 중소기업 단독으로 수행 어려움
  - (법제도 정비 및 사업화 지원) 국내법과 FAA/EASA 규정의 괴리, 개발된 기술의 항공기 적용 시 안전을 강조한 과도한 규제, 관세감면 및 인프라 지원 정책 필요

## 4.5. 우선순위 절대평가 및 순위 도출

### ❒ 우선순위 절대평가 및 순위 도출

○ 기획위원회 전문가를 대상으로 도출된 중점기술에 대해 전문가의 정성적 판단 후 평가항목별 점수 기준에 따라 절대평가(1~10점) 수행

○ 절대평가 점수에 표 Ⅲ-5의 평가항목 가중치를 적용하여 기술에 대한 우선순위를 도출

| 번호 | 과제카드번호 | 기술명 | 기술성 | | | 필요성 | | | 총점 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 시장경쟁력 | 연구개발역량 | 항공산업 파급효과 | 국가전략과의 부합도 | 정부지원의 타당성 | 기술개발 필요성 | |
| 1 | 2021-기체-01 | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 | | | | | | | 0 |
| 2 | 2021-기체-02 | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술 | | | | | | | 0 |
| 3 | 2021-기체-03 | B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보 | | | | | | | 0 |

〈그림 Ⅲ-13〉 우선순위 절대평가 설문 예시

〈표 Ⅲ-10〉 우선순위 평가 결과

| 번호 | 중점기술 분야 | 중점기술 | 순위 |
|---|---|---|---|
| 1 | 부품 정비 | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 | 5 |
| 2 | | 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발 | 23 |
| 3 | | 항공기 Tire Re-tread 공정 개발 | 15 |
| 4 | | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술 | 24 |
| 5 | | 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증 | 18 |
| 6 | | 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter) 시험장비 개발 | 14 |
| 7 | | 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발 | 4 |
| 8 | | 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 | 7 |
| 9 | 중정비 | 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발 | 17 |
| 10 | | 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발 | 22 |
| 11 | | 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발 | 8 |
| 12 | | 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발 | 1 |
| 13 | 검사 /진단 | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술 | 16 |
| 14 | | 항공기 기체 및 부품의 손상·결함 검사 및 장비개발 | 13 |
| 15 | | 항공기 기계장치 고장진단·예지관리(PHM) 기술 | 19 |
| 16 | | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | 2 |
| 17 | | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 | 3 |
| 18 | | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 | 10 |
| 19 | 개조 /제작 | B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보 | 6 |
| 20 | | 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발 | 12 |
| 21 | | 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 | 11 |
| 22 | | 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화 | 21 |
| 23 | | IFEC System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발 | 20 |
| 24 | | 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발 | 9 |

## 제3절 항공정비 중점 추진기술 도출

### ❒ 도출방법

○ 도출된 중점기술 분야 및 기술을 대상으로 기분석한 국내 항공정비산업 육성 정책*, 항공정비 연구개발 투자 현황*, 국내 기술수준**, 항공정비 기술 우선순위 결과**를 종합하여 중점 추진기술 도출 및 기술로드맵 일정 수립

* Ⅱ. 국내외 산업 현황 및 환경 분석 참조

** Ⅲ. 핵심기술로드맵 참조

### ❒ 중점 추진기술 대상 검토 내용

○ (정책) 항공정비 산업 경쟁력 강화 방안 등 정부 정책과의 연계성 검토

- 파급력이 큰 핵심기술부터 우선 투자
- 인스펙션 드론, AI 딥러닝 기술을 접목한 첨단 정비방식 도입

**〈표 Ⅲ-11〉 파급효과 우선 중점기술 순위**

| 번호 | 중점기술 | 파급효과 종합점수 |
|---|---|---|
| 12 | 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발 | 9.12 |
| 16 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | 8.57 |
| 11 | 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발 | 8.52 |
| 1 | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 | 7.97 |
| 20 | 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발 | 7.97 |
| 17 | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 | 7.97 |
| 18 | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 | 7.97 |

○ (R&D 현황) 기수행 및 진행 중인 R&D 사업의 분야와 중복 여부 검토

- 제작·정비 인증기술개발 사업 : AMO 인증, 착륙장치 수리공정, 윙렛 복합재 수리공정 개발
- 항공기 개조 인증기술개발사업 : 브레이크 패드, 승객용 좌석, OLED 디스플레이
- 항공안전기술개발사업 : 가스터빈엔진 부품 수리
- 항공선진화 사업 : 항공기 제동장치 정비, 시험 인프라

○ (기술수준) 퍼스트 무버 및 패스트 팔로어가 될 수 있는 기술 검토

- 퍼스트 무버 : 기술격차가 가장 적은 검사/진단 기술
- 패스트 팔로어 : 기술격차가 큰 분야 중 R&D 미 지원 대상으로 엔진 정비 기술

○ (우선순위) 중점기술의 우선순위 반영

## ❒ 중점 추진기술 도출 결과

**〈표 Ⅲ-12〉 중점 추진기술 도출 결과**

| 번호 | 중점기술 | 우선순위 | 정책연계 | 파급효과 순위 | 퍼스트 무버 | 패스트 팔로어 | 종합 순위 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발 | 1 | ◎ | 1 | · | ◎ | 1 |
| 16 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | 2 | ◎ | 2 | ◎ | | 2 |
| 17 | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 | 3 | ◎ | 6 | ◎ | | 3 |
| 1 | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 | 5 | ◎ | 4 | · | | 4 |
| 7 | 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발 | 4 | ◎ | 9 | · | ◎ | 5 |
| 11 | 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발 | 8 | · | 3 | · | | 6 |
| 19 | B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보 | 6 | · | 8 | · | | 7 |
| 24 | 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발 | 9 | ◎ | 10 | · | | 8 |
| 21 | 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명 인증기술 개발 | 11 | ◎ | 11 | | | 9 |
| 18 | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 | 10 | ◎ | 7 | ◎ | | 10 |
| 20 | 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발 | 12 | · | 5 | · | | 11 |
| 8 | 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 | 7 | · | 12 | · | | 12 |
| 14 | 항공기 기체 및 부품의 손상 · 결함 검사 및 장비개발 | 13 | · | 14 | ◎ | | 13 |
| 3 | 항공기 Tire Re-thread 공정 개발 | 15 | · | 13 | · | | 14 |
| 6 | 항공기 엔진의 공압시동기 시험장비 개발 | 14 | · | 16 | · | | 15 |
| 9 | 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발 | 17 | ◎ | 17 | · | | 16 |
| 15 | 항공기기계장치고장진단·예지관리(PHM)기술 | 19 | · | 15 | ◎ | | 17 |
| 5 | 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증 | 18 | · | 18 | · | | 18 |
| 13 | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사 · 평가 및 수리기술 | 16 | · | 22 | · | | 19 |
| 22 | 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화 | 21 | · | 19 | · | | 20 |
| 10 | 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발 | 22 | ◎ | 21 | · | | 21 |
| 4 | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술 | 24 | · | 20 | · | | 22 |
| 23 | IFEC System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발 | 20 | · | 24 | · | | 23 |
| 2 | 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발 | 23 | · | 23 | · | | 24 |

## ❒ 중점 추진기술에 따른 중점기술 분야별 기술로드맵

○ 중첨 추진기술 결과에 따라 중점기술별 로드맵 일정 수립

〈표 Ⅲ-13〉 항공정비 중점기술 분야별 기술로드맵

| 중점기술 분야 | 중점기술 | 예산 (억원) | '23 | '24 | '25 | '26 | '27 | '28 | '29 | '30 | '31 | '32 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 부품정비 | 금속·비금속 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발 | 280 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 | 170 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발 | 30 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 | 120 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| | 항공기 Tire Re-tread 공정 개발 | 40 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | 항공기 엔진의 공압시동기 시험장비 개발 | 30 | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증 | 120 | | | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술 | 91 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 중정비 | 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발 | 264 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발 | 295 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| | 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발 | 180 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발 | 77 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 검사/진단 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | 284 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 | 125 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 | 450 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |

| 중점 기술 분야 | 중점기술 | 예산 (억원) | '23 | '24 | '25 | '26 | '27 | '28 | '29 | '30 | '31 | '32 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 항공기 기체 및 부품의 손상·결함 검사 및 장비개발 | 150 | | | | | | | | | | |
| | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술 | 91 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 기계장치 고장진단·예지관리 기술 | 130 | | | | | | | | | | |
| 개조/제작 | P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보 | 360 | | | | | | | | | | |
| | 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발 | 250 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 | 230 | | | | | | | | | | |
| | 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발 | 285 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화 | 70 | | | | | | | | | | |
| | IFEC System 개발 및 부가형식증명 기술 개발 | 290 | | | | | | | | | | |
| 미래 기술 | 전기추진시스템 항공정비 기술 개발 | - | | | | | | | | | | |
| | 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발 | - | | | | | | | | | | |
| | 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비 기술 개발 | - | | | | | | | | | | |
| | 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발 | - | | | | | | | | | | |
| | 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성제한 연소기 소재부품 공정 기술 개발 | - | | | | | | | | | | |
| **총합** | | 4,582 | | | | | | | | | | |

※ 중점기술분야 중 미래기술은 상용화/개발되지 않은 개념연구 단계의 항공기, 부품 등에 대한 정비기술의 선제적 대응을 위하여 작성하였으므로 예산 미 표기

# 제4절 항공정비(MRO) 기술로드맵

## 1. 기술로드맵 목표 및 추진전략

【 목 표 】

**항공정비 기술역량 강화를 통해**
**국내 항공정비 산업 육성 및 기술 자립기반 확보**

【 기본방향 】

◈ 주요 중정비 기술개발로 해외 외주정비 국내 전환
◈ 국내 항공정비 기술력 강화를 통해 MRO 산업 육성 기반 형성
◈ 첨단 정비기술 및 미래 항공정비 기술개발로 선제적 시장 대응

【 추진전략 】

국내 기술역량 강화 / 기술자립('23~'29)
- 중정비 기술 역량 강화
- 정비를 위한 설계/제작/인증 역량 강화
- 자체 검사/진단 기술 역량 강화

정비 물량 증대 / 미래 기술 개발('26~'32)
- 자체 수리 / 교체 부품 개발 품목 확대
- 미래 항공기 정비 기술 개발

**1 항공기 기체/엔진 중정비 역량 강화**
- 신형 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발
- 차세대 항공기 엔진 오버홀 및 공정 기술 개발

**2 항공정비 엔지니어링 역량 강화**
- 항공기 정비용 부품 및 장비 개발
- 항공기 기체 및 객실 개조 기술 개발

**3 ICT 첨단 정비기술 능력 확보**
- 항공기 기체 및 부품의 검사/진단을 위한 로봇·AI·AR·VR 기술 개발
- ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발

**4 수요기반 항공 정비기술 확보**
- 항공기 복합재 부품 수리 기술 개발
- 빈번한 교체 수요 부품의 수리/재생 기술 개발

**5 미래 친환경 항공기 정비 기술 확보**
- 미래 전기/수소추진 항공기 정비 기술 개발

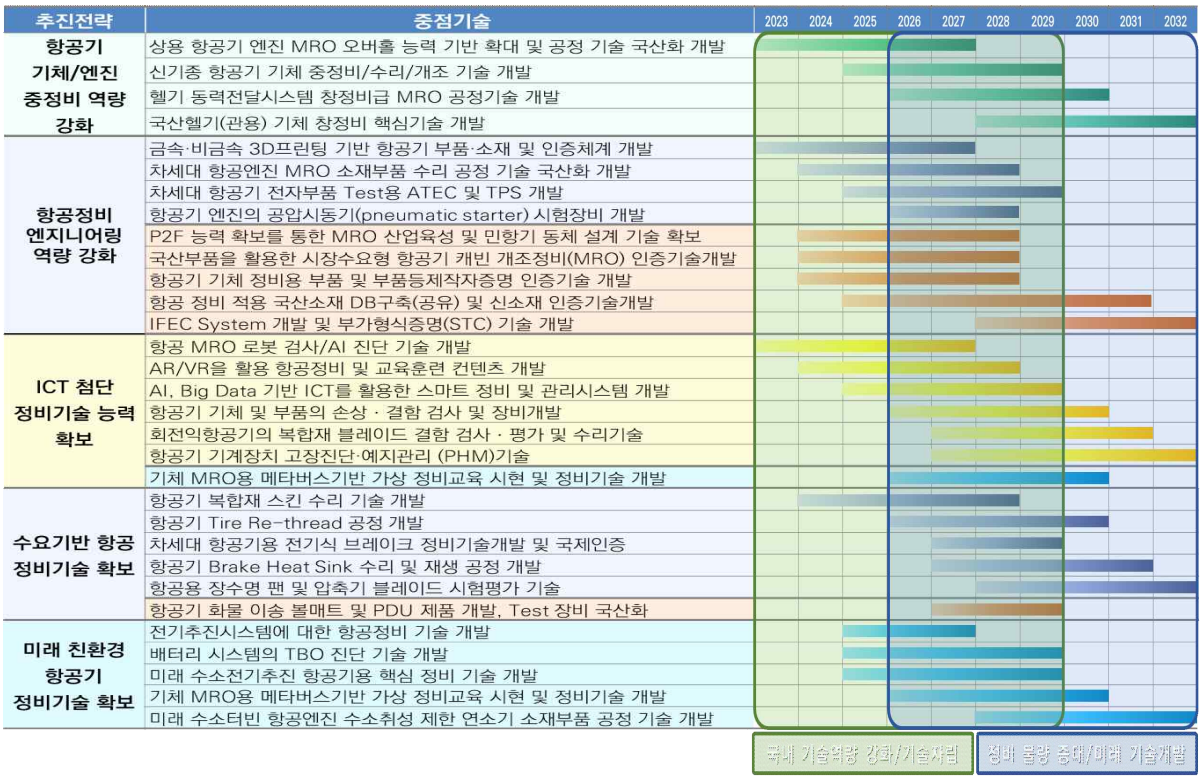
# 2. 추진전략 및 기술 연계성

## 2.1. 기술개발 추진 단계

○ 항공정비 기술로드맵 목표 달성을 위한 추진전략과 해당 중점기술을 그림 Ⅲ-14와 같이 분류

○ 국내의 부족한 MRO 기술력과 빈약한 산업 기반 육성을 위하여 2023~2029년까지 기술역량 강화를 위한 중점기술 개발에 초점

○ 2026년~2032년까지는 국내 향상된 기술력을 바탕으로 내수 정비물량 증대 및 미래 기술개발을 위한 기간으로 설정




〈그림 Ⅲ-14〉 추진전략 달성을 위한 중점기술 연계

## 2.2. 추진전략별 기대효과 및 연계성

### ❒ 추진전략 1. 항공기 기체 및 엔진 중정비 역량 강화

○ OEM 협력 및 정비 네트워크 가입을 통한 국내외 물량 수주로 국내 MRO 시장 규모 확대 및 연계 산업의 활성화

○ 중정비 수행을 위한 인프라 구축 및 정비조직인증(AMO) 확보

○ 항공기 기체 개조 수행을 위한 기반 인프라 확보

○ 미래 친환경 항공기 정비를 위한 기반 기술 확보

**❒ 추진전략 2. 엔지니어링 역량 강화**

○ OEM 비종속 분야 정비품 개발을 위한 엔지니어링 역량 및 PMA 확보를 통해 국내 생산 부품의 국내외 정비부품 교체 물량 제공

○ 기체 개조를 위한 엔지니어링 역량 및 STC 인증 역량 확보

○ 엔지니어링 역량 확보를 통한 OEM RSP 참여 기회 확대 및 기술적 자립 역량 확보

○ 항공정비 엔지니어링 및 인증 역량 강화로 추후 소요 정비품 개발 및 미래 기술 개발 기반 확보

**❒ 추진전략 3. ICT를 활용한 첨단 정비기술 능력 확보**

○ 드론 등 로봇을 활용한 정비기술을 통해 정비 소요시간 절감, 고소 작업에 대한 안전성 확보 등으로 항공정비 경쟁력 강화

○ AR/VR 등 ICT를 활용한 항공정비 및 교육 훈련으로 정비 안전성 향상이 가능하며 이를 통한 항공기 정시 운항과 연계하여 항공사의 비용 절감 효과 기대

○ 사용량이 증가하고 있는 항공기 복합소재 부품 및 구조물에 대한 검사기술 개발 및 건전성 진단 기술 개발로 정비비용 감소 효과 기대

○ 첨단 정비기술의 개발은 미래 항공기 정비기술로 연계가 가능하며 이를 통한 미래 정비 시장 진출 가능성 향상

**❒ 추진전략 4. 수요기반 항공정비 기술 확보**

○ 세계 10위권의 항공 운송국으로서 항공사 운용 항공기의 빈번한 교체, 수리, 재생 요구 품목에 대한 기술개발을 통해 정비비용 감소 및 국내 정비품 시장 확대

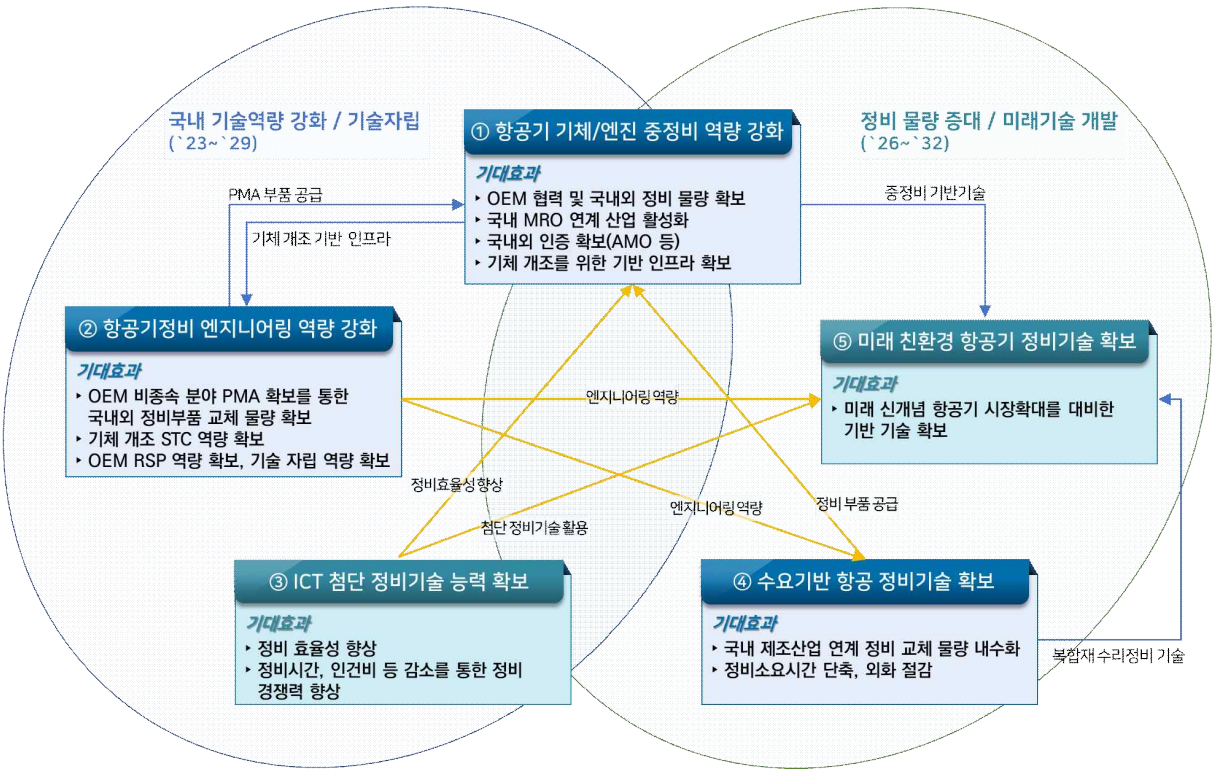
○ 국내 수리/정비 전환으로 해외 수리/재생 소요시간 절감으로 정비소요시간 단축 및 외화절감 기대

○ 주요 복합재 수리기술 확보를 통해 미래 복합재 항공기 수리/정비 기반 기술 확보 가능

## ❒ 추진전략 5. 미래 친환경 항공기 정비기술 확보

○ 미래 친환경 항공기 신규 시장 창출 및 확대를 대비한 정비기술 확보로 미래 상용 정비시장 진출을 위한 기반 마련

○ 기술로드맵 추진전략과 연계한 국내 중정비 역량 강화, 엔지니어링 역량 강화, 첨단 정비기술 확보 등을 통해 기반 기술 활용 가능




〈그림 Ⅲ-15〉 추진전략별 기대효과 및 연계성

# 3. 추진전략별 세부내용

## 3.1. 추진전략 1. 항공기 기체 및 엔진 중정비 역량 강화

### 3.1.1. 신형 엔진 중정비 역량 확보

#### ❒ 현황

○ OEM의 시장 지배력 강화와 함께 정비 기술자료에 대한 지적재산권 보호 강화 등으로 정비능력 확보의 진입장벽이 갈수록 높아지는 추세

○ 국내 운용 중인 PW4000, GE90, CF6, CFM56, V2500 엔진의 분해/조립/시험 기술과 같은 중정비 능력은 국내 대형 항공사만 보유

○ 국내 업체의 부족한 부품수리 인프라, 장비류 해외의존, 공정개발의 기술적 난이도로 인해 국내 경쟁력은 해외 유수 MRO 업체 대비 상대적 열위

#### ❒ 필요성

○ 신형 엔진의 경우 기존 엔진 대비 복잡하고 정교한 기술이 적용되고 고가의 자재비가 소요됨에 따라 향후 엔진의 대당 정비비는 크게 증가할 것으로 예상

○ 현재 국내의 해외 MRO 의존율을 고려 시 향후 예상되는 국부유출을 방지하기 위해서는 엔진 정비 수요 증가 시점에 대비한 사전 기술 개발이 필요함

○ 항공기 엔진에 대한 정비능력 국산화 개발은 대규모 초기투자와 축적된 기술력 및 노하우를 필요로 하며, OEM 및 해외 전문 MRO 업체와 대등한 수준의 기술력을 조기 확보하고, 해외 업체 대비 비교 경쟁 우위를 선점하기 위해서는 정부 차원의 정책적 지원 필요

#### ❒ 추진전략

○ (기업) 신형 엔진 OEM의 지적재산권 강화에 따른 해당 엔진의 정비네트워크 가입이 필수적이며, 이를 통한 정비 기술자료 획득 및 정비 인프라 구축 추진

○ (정부) OEM 지적재산권에 포함되지 않은 정비기술 및 국산화 가능 장비, 공정기술 최적화 등을 위한 R&D 지원을 통해 엔진 중정비 역량 강화 지원

### 3.1.2. 신형 항공기 기체 중정비 역량 확보

#### ❒ 현황

○ 신형 항공기는 운항 효율성 향상을 위해 항공기 동체 및 날개 구조물의 소재가 금속에서 복합재로 대체

○ 항공기 정비방식이 기존의 금속 위주에서 복합재 수리 위주로 변화하는 등 패러다임의 전환이 빠르게 이뤄지고 있음

#### ❒ 필요성

○ 운항사는 반복 점검의 부담과 결함 진전의 우려로 복합재 영구 수리를 선호하고 있으나, 국내에는 영구수리 기술의 부족과 특수 장비 구축의 어려움으로 인해 임시 수리를 선택하거나 고가의 수리 가능 부품을 Serviceable Part로 교환

○ 신기종에 대한 선제적 정비/수리/개조 능력을 확보하여 글로벌 MRO 경쟁력을 향상 필요

○ 특히 기존 선진업체의 약점인 복합재 수리기술 확보와 이를 통한 향후 P2F 개조에 대비한 기본기술 확보가 요구됨

#### ❒ 추진전략

○ 신형 항공기 중정비를 위한 인프라 구축 및 FAA/EASA의 Repair Station 인증을 통해 중정비 역량 확보 추진

### 3.1.3. 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발

#### ❒ 현황

○ 일반적으로 헬기 기체수명 10,000시간 대비 기어박스 수명은 5,000시간으로 헬기 수명주기 동안 최소 1회 교체가 요구되며, 기어박스 평균 창정비 주기는 2,500시간이므로 기체 수명기간 내에 최소 2회의 창정비 수행

#### ❒ 필요성

○ 해외 창정비로 인한 국내 운용 헬기 후속지원에서 외화 유출 등의 고비용 구조를 개선하기 위해서는 기어박스를 포함한 동력전달시스템의 국내 창정비 능력 확보 필요

○ 창정비에 필요한 기술은 헬기 개발 및 제작사가 독점하고 있으므로 국내 운용 헬기의 원활한 저비용 후속 지원을 위해서는 체계적인 창정비 공정기술의 확보 필수

### ❒ 추진전략

○ 동력전달시스템 정비기술은 OEM의 기술이전이 반드시 필요하기 때문에 절충교역 또는 국제 공동개발 사업 등을 통해 기술 확보 추진

## 3.1.4. 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발

### ❒ 현황

○ 수리온의 파생형으로 사용되는 경찰(8대), 해경(3대), 산림(1대), 소방(1대) 등 관용 헬기의 경우, 외부보조연료탱크 지지구조, 호이스트 지지구조, 배면물탱크 지지구조, 비상부주 지지구조 등 군용 헬기와는 다른 구조와 부품이 사용된 경우가 많으나 현재 이에 대한 창정비 기술개발이 이루어지지 않고 있음

### ❒ 필요성

○ 향후 국산헬기의 관용 활용 비중이 높아지고, 기령이 증가함에 따라 안전사고의 위험성이 높아지게 될 것으로 예상됨에 따라, 국산헬기의 안전한 운용 및 가동률 향상을 위해 기체 창정비 기술개발 필요

### ❒ 추진전략

○ 국산헬기 수리매뉴얼 개발 및 기관별로 형상이 다른 헬기의 기체 창정비 기준을 정부에서 통합관리하여 MRO 업체에서 창정비를 수행할 수 있도록 추진




〈그림 Ⅲ-16〉 항공기 기체 및 엔진 중정비 역량 강화를 위한 기술개발 로드맵

## 3.2. 추진전략 2. 엔지니어링 역량 강화

### 3.2.1. 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발

#### ❒ 현황

○ 전 세계 항공분야의 탄소상쇄·감축 계획인 CORISA*의 이행과 완제기 제작사의 비용절감의 수단으로 3D프린팅 기반의 항공기 부품 개발이 각광을 받으며, 부품 경량화·일체화 성공에 따른 상용화 사례** 증가

* 탄소배출량을 '20년 수준으로 동결, 탄소배출량의 초과량에 대해 항공사가 비용을 부담

** Airbus는 A350 Latch shaft 구조물에 3D프린팅을 적용, 부품 일체화(10→1), 무게 45%, 비용 25% 절감

○ 항공분야는 최상의 안전을 확보하기 위해 인증체계를 기반으로 시장진출이 허용되고 있으나, 3D프린팅의 소재, 공정, 부품 등에 대한 안전성을 입증할 수 있는 기준 등 인증기술기준이 부족하여 민간의 항공산업 진출 애로

#### ❒ 필요성

○ 항공기 부품에 대한 안전성 인증체계 구축은 전 세계 공통으로 감항당국이 이행해야하는 임무로서 민간주도적 기술개발이 불가한 분야

- 시험평가 기술개발을 위한 시편 제작 등 일부 민간의 역할은 있으나, 이는 사업화 목적이 아닌 최소의 사양과 형상으로 기술기준을 개발하는 것으로 이윤을 추구하는 민간의 참여 동인이 낮음

○ 3D프린팅 기반 항공기 부품의 다품종 소량생산 특성상 경제성을 담보하기 어려우며, OEM社(완제기 제작사 포함)의 품질인증체계 충족, 국내외 인증획득 등 진입장벽이 높고, 시장의 불확실성이 높아 민간주도의 개발도 어려운 상황

#### ❒ 추진전략

○ OEM의 품질인증체계를 충족하면서 국내외 인증획득이 가능한 연구개발 사업으로 추진

- OEM 품질인증체계 충족
- 3D 프린팅 기반 항공기용 부품 항공인증 획득
- 해외 감항당국과의 국제상호협력체계 구축

### 3.2.2. 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발

#### ❒ 현황

○ 항공엔진은 고온/고압의 극한 환경에서 운영되어 수리/정비유지 관련 MRO가 지속적으로 수행되나, 현재 국내의 항공엔진 정비의 해외 의존도 높음

○ 항공엔진 소재부품들은 초내열합금 및 경량화 소재를 사용하고, 극한환경에서 운영되어 고온 변형, 파손/크랙, 진동 등으로 사용 중 결함들이 다수 발생함

#### ❒ 필요성

○ 국내 항공엔진 정비 및 수리능력을 민수/군수 분야에서 일부 보유하나, 대형 항공사를 제외한 항공사는 엔진 오버홀 및 부품 수리를 대부분 외국에 의존

○ 국내 엔진 부품 수리공정 기술 역량이 부족하고, OEM의 시장 지배력이 강화되고 있어 시장 진입을 위한 정부지원 필요

○ 항공엔진에 대한 정비능력 국산화 개발을 위해서는 업체의 인프라 투자와 OEM의 사업권 확보를 필요로 하기 때문에 정부 지원을 통한 기반 기술 확보 필요

#### ❒ 추진전략

○ 국내 소재/기계/가공관련 연구소 및 기업의 참여를 통한 주요 장비 국산화 추진

○ OEM 사업관 확보를 위한 공정 및 기반 기술 개발

○ OEM 및 국내 감항당국 수리 인증 절차 협력 추진

### 3.2.3. 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발

#### ❒ 현황

○ 항공기 전기전자 부품의 첨단화, 고도화에 따라 수리/정비 유지 관련 MRO가 지속적으로 수행되며 관련 시장 증대

○ 국내 대형 운항사에서 일부 전자부품 MRO를 하고 있으나 해외 의존도가 높고, 신형 항공기 도입 시 전자부품 정비를 위한 인프라 미미함

#### ❒ 필요성

○ 전기전자 부품의 특성상 기술 자립도가 낮으며 대부분 해외 수리중

○ 현재 항공기 개발 추이가 전기전자 부품이 차지하는 비중이 늘어나고 있으나 국내 Test 장비 및 TPS 개발 경험이 없어 기술력 부족

**❒ 추진전략**

○ 전기전자장비 정비를 위한 정밀 측정장비들은 국내 및 해외 PME(Precision Measurement Equipment) Lab의 인증 필요

○ 기술 개발과 함께 전자장비 LRU 제작 업체로부터 Test 장비 및 프로그램 인증 획득 추진

### 3.2.4. 항공기 엔진의 공압시동기 시험장비 개발

**❒ 현황**

○ 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter)는 가스터빈 엔진에 장착되어 초기 시동에 필요한 구동력을 제공하는 구성품이며, 공압시동기 시험장치는 시동기의 정비 작업 수행 후 점검절차에 필요한 장비임

○ 2021년 9월 기준 국내항공사에서 운영하고 있는 운송 사업용 항공기 총 364대 중 B787 11대를 제외한 353대가 공압시동기를 장착하고 있으며, 각 항공기는 장착된 엔진의 숫자만큼의 시동기가 항공기 운항에 직접 사용 중

**❒ 필요성**

○ 공압시동기로부터 적절한 회전력이 터빈에 전달되어야 항공기에 장착된 엔진의 시동절차가 보증될 수 있으며, 통상적으로 큰 구동력의 발생으로 인해 피로수명이 짧아 주기적인 상태 검사와 유지보수가 필요

○ 국내 공압부품 시험장비는 약 30년 전에 제작된 아날로그 방식으로 정확한 시험 및 신뢰성 향상을 위해 첨단 디지털 방식으로의 개선이 필요

**❒ 추진전략**

○ 국내 중소/중견기업에서 보유하고 있는 우수한 기계 설계/제작 및 SW 기술을 활용하여 디지털 및 자동화 시스템 개발 가능

○ 국내 내수시장 물량 교체를 통한 매출 및 기술력 검증이 가능하며 이를 통한 수출 가능성이 높아 관련 기업의 참여 가능성 높음

### 3.2.5. P2F 능력 확보를 통한 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보

**❒ 현황**

○ 전자상거래 시장의 지속적 성장과 국제화물 운송량 증가에 따라 항공 화물 시장이 확대되고 있으며, 이에 따른 화물기 소요 증가

○ 신규 화물 항공기 도입 대비 경제성 측면에서 P2F 항공기 구매 수요 증가

**❒ 필요성**

○ 국내 항공제조업체들은 항공기 일부 구조물 설계/제작 역량을 갖추고 있으나, 항공기 개조/설계/인증으로 이어지는 개발 및 인증 역량 부족

○ P2F를 위한 개조, 부품 제작 기술 등의 개발은 국내 항공 제조산업 및 인증 전반의 역량 결집이 필요하며 이를 통한 정비 산업의 기술적 역량 향상 가능

**❒ 추진전략**

○ 해외 P2F 수행 업체와의 합작사 또는 RSP 참여를 통한 기술 및 인증 역량 확보

### 3.2.6. 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발

**❒ 현황**

○ 최신 항공기들은 경량 금속 소재 및 복합소재의 사용 비중이 급격하게 늘어나고 있으며 이에 따른 글로벌 업체들의 탄소섬유 강화 복합재료 사업강화 및 시장점유 확대가 진행 중

○ 별도의 소재 인증이 가능한 해외의 경우에 비해 국내 항공 소재 업체는 항공기 제작사가 요구하는 물성 데이터베이스 및 공정시스템에 대한 기술적 신뢰도를 확보하는 것도 힘든 현실

○ 3D 프린팅을 활용한 항공부품 제작 기술이 활성화 될 것으로 예측되고 있어 이에 활용 가능한 소재 개발 진행 중

**❒ 필요성**

○ 안전성 확보를 위한 정밀한 설계허용값 탐색이 요구되는 항공용 인증 소재의 경우에는 소재물성 DATA 확보에도 많은 시간이 걸리는 영역이므로 소재 개발과 함께 인증 시스템 구축이 필요함

○ 적층제조를 통한 항공기 부품 시장 활성화에 대비한 신규 소재 선점 및 개발 필요

❒ 추진전략

○ 소재 개발을 위한 DB 구축시스템 구축 및 인증체계 연계를 위한 역량 확보 추진

### 3.2.7. 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명 인증기술 개발

❒ 현황

○ 국내 항공 MRO 정비는 OEM 정비 절차에 따른 탈/장착, 교환 위주로 수행되고 있으며 정비에 소요되는 부품류 중 해외 의존품이 대다수임

❒ 필요성

○ 국내 기술집약형 항공정비산업으로의 전환을 위해 부품의 단순 장탈/장착이 아닌 자체 수리기술 확보를 통한 정비, 설계/제작 기술이 접목된 항공기 개조, 원가 경쟁력 확보를 위한 부품등제작자증명(PMA) 기술이 적용되는 기체 정비용 부품 및 인증절차 개발이 필요함

❒ 추진전략

○ 국내 운항사 소요/참여와 연계하여 OEM의 시장 지배력이 강하지 않은 분야의 부품 개발을 통해 PMA 인증을 획득하고 국내 운항사 정비품으로 선 활용 후 수출 추진

### 3.2.8. 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발

❒ 현황

○ 항공기 캐빈 인테리어는 항공기 정비 부분에서 가장 빈번하게 정비와 부품 교체가 이루어지고 있으나, 외국의 기술과 부품에 전적으로 의존

❒ 필요성

○ 항공기 제작사(OEM) 장벽 해소 : 외국 항공기 제작사가 독점하고 있는 정비 기술과 소요부품을 내재화하여 경쟁력 강화 필요

○ 항공기 캐빈 인테리어는 교체주기가 짧고 감항성에 영향이 적은 간단한 부품으로 구성되지만, 그 정비에 소요되는 기술과 부품은 전량 해외 OEM에 의존하고 있으므로 이에 대한 국산화 기술개발이 필요함

**❒ 추진전략**

○ 캐빈 인테리어 부품류는 국내 기술수준으로 개발이 가능하나 인증을 위한 비용과 시간에 따른 업체부담이 크기 때문에 개발 및 인증에 대한 정부 지원을 통해 시장 진출 추진

### 3.2.9. 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화

**❒ 현황**

○ 볼매트는 항공기 화물 적재실 내에서 화물 이동을 위한 장치이며, PDU는 적재 화물을 원하는 방향으로 이동하기 위한 동력을 발생/전달하는 장치

○ 기존 항공기에서 수리 빈도가 높은 품목이며 특히 항공 화물 수송량이 증가함에 따라 해당 부품의 수리 빈도 및 중요도가 높아짐

**❒ 필요성**

○ 볼매트와 PDU는 국내 시험장비 부재로 전량 해외 수리 중이며, 증가하고 있는 정비 소요를 고려 시 국내 개발 필요

**❒ 추진전략**

○ 국내 타 산업에서 기 확보된 모터/엑츄에이터 설계/제작 및 전자 장비 개발이 가능하며 PMA 인증 획득 추진

### 3.2.10. IFEC System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발

**❒ 현황**

○ 승객의 편의성 및 수익 증대를 위한 항공사의 위성 인터넷 서비스 및 기내 무선 네트워크 적용 요구가 증가하고 있음

- 인터넷 서비스 제공을 위한 기체 위성 송수신 안테나 장착 및 기내 개조 필요

○ 아시아나항공의 경우 2018년도부터 A350 항공기에 한하여 기내 인터넷 서비스를 제공 중이며 향후 타 기종으로 확대를 고려 중

○ 대한항공은 2022년부터 위성통신을 이용한 기내 인터넷 서비스 제공 예정

### ❒ 필요성

○ 최근 무선랜 전송 기술의 발전과 더불어 기내에서의 고품질 대용량의 무선 인터넷 서비스 수요가 증가함에 따라 이를 위한 기내 와이파이 서비스 제공과 초고속 인터넷 및 엔터테인먼트를 제공하는 시장이 확대되고 있음

○ 국내 군수용 위성통신 안테나 및 레이돔의 기술은 상당한 수준에 있으나 기내 위성 통신을 위한 민수용 항공기의 레이돔 관련 연구는 현재까지 수행된 바 없음

### ❒ 추진전략

○ 위성 안테나 및 레이돔 장착을 위한 기체 개조가 필요하며 이를 위한 해외 인증 전문업체와 협업을 통해 FAA 또는 EASA 인증 획득 추진 필요




〈그림 Ⅲ-17〉 엔지니어링 역량 강화를 위한 기술개발 로드맵

## 3.3. 추진전략 3. ICT를 활용한 첨단 정비기술 능력 확보

### 3.3.1. 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발

### ❒ 현황

○ 프랑스 Donecle(社)에서는 완전 자동비행 비행이 가능한 1000mm 급 검사 전용 드론 플랫폼을 개발하였고, 영국의 RAPID(社)는 산업용 DJI 드론 플랫폼을 사용하여 Donecle(社)와 유사한 드랜 플랫폼을 개발

○ 국내의 경우 KAL에서 멀티드론 Visual inspection 기반의 항공기 외관검사 원천기술을 개발하는 등 국내외에서 로봇 혹은 드론을 이용한 MRO 자동화 연구가 활발히 진행되고 있으나 여전히 태동기 단계에 머물고 있음

**❒ 필요성**

○ 항공기 및 항공기 부품 검사 시 정비사는 고소 작업을 포함한 많은 위험요소에 노출되어 있고, 특히, 육안검사에는 많은 시간이 소요됨

○ 국내 비파괴검사 장비 시장은 해외 업체에 잠식되어 국내 도입된 비파괴검사 장비의 95% 이상이 해외 장비인 상황이며, 해당분야 무역수지 개선을 위한 국산화 개발이 요구됨

**❒ 추진전략**

○ 국내 기반 기술로 개발이 가능하나 현장 정비 적용을 위해서는 항공기 원제작사와의 협업을 통한 정비 매뉴얼 개정 및 드론 비행을 위한 제도 개선 추진

### 3.3.2. AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발

**❒ 현황**

○ 국외 항공정비업체에서 AR 기반 정비지원시스템을 구축하여 운용 중

- ST Aerospace : AR기기를 활용하여, 항공정비정보(절차, 부품정보 등) 시현
- 일본항공(JAL)은 2019년도 4월 항공기 견인 훈련에 VR을 도입
- 롤스로이스에서는 엔진 BR725를 유지보수하는 교육에 VR을 도입하여 직원들이 가상으로 실습, 강사와 가상의 세상에서 질의응답 가능

**❒ 필요성**

○ 항공정비 시 원제작사의 전문가로부터 기술지원이 필요할 경우 공간적 제약으로 장시간 소요

○ AR 기술을 활용한 항공정비는 시공간을 초월하여 원제작사의 원격지원이 가능하여 신속하게 기술지원이 가능하며, 필요한 정보를 즉시 열람할 수 있어 정비사의 정비시간 단축 및 편의성을 제공

○ VR 기술을 활용 실제와 같은 교육훈련을 통해 발생할 수 있는 장비 및 인명 피해를 방지할 수 있으며, 반복 훈련을 통한 교육 효율성(정비능력 등) 극대화 할 수 있음

**❒ 추진전략**

○ 국내 항공사와 협력체계 구축을 통한 사업 추진 필요

### 3.3.3. AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발

**❒ 현황**

○ 미국을 비롯한 선진국들은 항공기의 정비 개념을 사후정비, 예방정비에서 상태 기반 정비로 변화시키고 있음

○ 유럽의 경우, JAR29 OPS3(유럽 감항 규격), CAA693, CAA753, CAP739 (영국 CAA) 등에 회전익 상태감시 시스템 규격을 명시함

○ FAR29 및 FAR27의 MG15(미)에 회전익 상태감시시스템의 항공기 체계 장착 및 데이터 분석 검증을 위한 내용을 권고 사항으로 명시함

○ FAR의 경우 상태감시시스템의 데이터 분석에 대한 신뢰성을 요구하고 있으나 데이터 분석 기술 개발이 미진하여 아직은 권고 사항으로만 명시함

**❒ 필요성**

○ 항공산업에서 빅데이터는 주로 검사장치와 항공기에 설치된 수많은 센서에서 생성된 정보로 구성되며, 이러한 장치 특히 센서는 비행 중 항공기의 속도, 고도 및 안정성과 같은 데이터를 수집하여 운항에 관한 위험요소를 감지함

○ 안전운항에 관한 판단은 센서들로부터 생성된 데이터로부터 주로 조종사 혹은 엔지니어가 판단을 수행하고 있으나, 이러한 인적 기반에서 복잡하게 연동된 데이터를 신속하게 분석하고 실시간으로 결정을 내리는 것은 매우 어려운 일임

- 인적판단 오류를 방지하고 운영 효율성 향상을 위해서 빠른 응답, 정확한 정보 및 중복성 감소와 같은 이점을 제공할 수 있는 AI 기반의 진단 시스템 구축 필요

**❒ 추진전략**

○ 시스템 개발을 위해서는 현장의 데이터 확보가 필수이며 이를 위한 운항사 및 제작사 협업 추진

### 3.3.4. 항공기 기체 및 부품의 손상 · 결함 검사 및 장비개발

#### ❒ 현황

○ 항공기체 및 부품의 품질 검사를 위해 적용되었던 기존의 파괴 검사 기법은 복합재료의 다양한 결함 검출에 제약이 있음

○ 기존 금속합금 항공기에 비해 기본 축적 데이터가 부족하여 복합재료 항공기의 유지 보수에 어려움이 있어 국내 비파괴 검사의 80%를 수입장비에 의존

○ B787과 같은 복합재료 항공기의 복합재료 동체나 날개에 내재된 결함 검출 기법인 비파괴 시험, 평가 기술에 대한 요구 증가

#### ❒ 필요성

○ 항공기 부품은 여타 산업의 부품에 비해 단위당 가격이 매우 높고 다품종 소량 생산으로 제작되므로 높은 수리 및 정비 비용이 소요되며, 복잡한 복합재 부품 내/외부, 스킨, 샌드위치 구조 등의 결함을 검사할 수 있는 시스템이 필요

○ 복합재 건전성 검사기술은 선진국의 전략소재기술 보호를 위한 수출제한 규제 강화로 국내 독자 기술개발 필수

○ 체계 개발을 주도하는 기관이 세계적 수준으로 확보하고 대학과 산업체가 기초 연구 및 요소시스템 기술을 지속적으로 유지 발전시킬 수 있는 환경조성이 필요

#### ❒ 추진전략

○ 검사 장비 개발과 복합재 손상, 검사 기술에 대한 정비인증 획득 병행 추진

### 3.3.5. 항공기 기계장치 고장진단·예지관리(PHM)기술

#### ❒ 현황

○ 항공 선진업체에서는 많은 부품 모듈에 장착된 제어기에서 발생하는 데이터를 이용하여 상태를 진단하고 고장시점을 예측하는 건전성예측 기술이 활발히 개발되고 있으며, 이것을 통해 제품 고부가가치화를 꾀하고 있음

#### ❒ 필요성

○ 항공기에는 다양한 기계장치가 탑재되어 복합적으로 운용되며, 이러한 시스템 오작동이 발생하는 경우 치명적인 사고로 이어질 수 있어서 고신뢰성 요구

○ 구성품들의 고장진단뿐만 아니라 고장이 예상되는 시점을 추정하는 고장예지 기술개발이 활발하게 이루어져서 항공기의 주요 계통에 적극적으로 적용

○ 부가적으로 수리부속품 재고, 주기정비계획 및 정비비를 고려한 최적수리 시점 예측 알고리즘의 개발도 필수적이며, 이러한 기술들은 현재 개발이 적극적으로 시도되고 있는 UAM에도 적용될 수 있음

**❒ 추진전략**

○ 구성품 국내 개발과제와 연계하여 정비를 위한 구성품 인증과 동시에 확보 추진

○ OEM의 기술이전이 필요한 경우 절충교역 또는 국제 공동개발 고려

### 3.3.6. 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술

**❒ 현황**

○ 회전익항공기 블레이드에 대한 제한된 수리환경과 복합재 블레이드 수리의 난해함으로 창정비 검사, 수리, 유지보수를 포함한 모든 정비를 해외에 의존

- 대표적으로 회전익항공기가 운행 중 발생하는 단순하고 경미한 사고, 조류나 우박에 의한 충돌, 지상 이동 시 발생할 수 있는 외부 구조물과의 충돌 등으로부터 발생하는 복합재 블레이드 내부의 손상은 모두 해외 정비에 의존

**❒ 필요성**

○ 회전익항공기의 블레이드 계통 정비는 국내 전문 정비업체가 존재하지 않아 전적으로 해외 정비업체에 의존하고 있으며, 항공기 운용사는 고가의 정비 비용을 지불

○ 이동시간이 고려된 실정비 기간이 장기화될 경우, 항공기 불가동에 따른 기회비용은 운용업체의 경쟁력 상실로 귀결되어 회전익 블레이드 계통 정비의 필요성이 점차 확대

**❒ 추진전략**

○ 독립 MRO 업체와 RSP 형태의 컨소시움을 구성하여 기술 공유 및 협력, 라이센스 획득 추진

### 3.3.7. 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발

#### ❒ 현황

○ VR/AR을 활용한 항공기 정비 교육, 현장 정비 기술들이 개발되고 있으며, 산업계 메타버스 기술 활용이 높아지는 추세로 다양한 디지털 기술의 조합을 통해 새로운 정비기술의 개발 가능성이 높아지고 있음

#### ❒ 필요성

○ 메타버스 기반의 항공 MRO 교육을 구현함에 따라 원가경쟁력 향상이 가능해지고 국내 항공산업의 경쟁력 제고에 큰 도움이 될 것으로 기대됨

○ 국내 메타버스 인프라가 부족하고, 항공 정비분야의 낙후성을 획기적으로 개선하기 위해서는 대규모의 정부지원이 필요함

#### ❒ 추진전략

○ 항공기 정비용 프로그램은 항공기 시스템과 연동이 되지 않으므로 일반 소프트웨어 인증을 통해 획득

○ 메타버스 기반 항공기 정비교육용 프로그램 개발을 위해서는 항공기 제작사로부터 항공기에 대한 자료를 확보해야 하므로 항공기 제작사와 협력을 통해 개발 및 교육용으로 적합성 승인을 통해 확보




〈그림 Ⅲ-18〉 첨단 정비기술 능력 확보를 위한 기술개발 로드맵

## 3.4. 추진전략 4. 수요기반 항공정비 기술 확보

### 3.4.1. 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발

#### ❒ 현황

○ 항공기 성능 향상을 위해 기체 구조재료의 중량 대비 강도 증가를 위하여 기존 합금재료가 담당하던 구조 부분을 탄소섬유 등 화학 재료의 조합을 통해 경량/고강도의 복합재료가 개발-대체되었고, 최신기종의 경우 복합재료의 활용률이 항공기 구조물의 50% 정도까지 부분을 차지하고 있음

#### ❒ 필요성

○ 복합재료 부품의 손상 발생 시 가벼운 손상의 경우 임시 수리 방법을 적용하여 운용하더라도 주기적인 점검 수행과 영구적인 수리 방법을 적용하여야 하는 시간제한을 갖게 되기 때문에, 수리는 반드시 수행해야 하지만, 기술 종주국에 의존해야 하는 상황에서 지속적인 국부 유출이 지속되고 있음

#### ❒ 추진전략

○ 국내 복합소재 구조물 제작 업체의 기반 기술을 활용하여 기술개발 및 감항당국 인증 획득 병행 추진

### 3.4.2. 항공기 Tire Re-tread 공정 개발

#### ❒ 현황

○ 항공기 타이어는 대표적인 소모성 품목이며 Tread 부분을 재생하는 Re-tread를 통해 재생품을 사용 중

#### ❒ 필요성

○ 국내 Re-tread 기반이 없어 전량 해외에서 재생 후 수입하고 있으며, 운반비 및 TAT를 고려 시 항공사의 정비비용 증가 요인 중 하나임

○ 국내에 글로벌 타이어 제작사를 보유하고 있으며, 항공기용 타이어 연구개발을 통한 K-TSO 품목 등재까지 이루어졌으나 상용화에는 실패

❒ 추진전략

○ 국내 타이어 제작 기술 기반의 재생 기술 개발이 가능할 것으로 판단되며 국내 내수 기반의 시장 형성이 가능할 것으로 판단됨

### 3.4.3. 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증

❒ 현황

○ A220, B787 항공기 등에 장착된 차세대 항공기 제동장치인 전기식 브레이크는 기존의 유압식 브레이크와 구조 및 작동원리가 달라서 항공기의 타이어와 함께 운영 중 마모에 의한 부품 교체율이 가장 높음에도 불구하고 완전한 수리능력 개발을 하지 못해 해외수리에 의존하고 있음

❒ 필요성

○ 브레이크는 항공기당 4개에서 16개까지 장착되어 단가가 2-3억을 호가하며 1년 내외의 주기로 Carbon Disk 교체(제작 또는 재생)를 수반하는 Overhaul 작업이 필요하므로 항공사 정비비 증가 및 외화유출의 주된 요인

○ 전기식 브레이크는 OEM을 포함한 소수의 MRO 업체가 전 세계를 독점하는 High Tech 분야이므로 우리나라의 앞선 산업기술을 활용한 Global MRO Market Leading 필요

❒ 추진전략

○ 항공사의 항공기 도입 계약과 연계한 OEM 지원을 통해 정비기준, 절차 이행 방법 등에 대한 기술 개발 및 정비 인증 확보

### 3.4.4. 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발

❒ 현황

○ 민항기용 탄소 Heat Sink은 전량 수입에 의존하는 고가의 고빈도 소모성 부품으로 민항기의 운용 및 보수유지에 있어서 핵심이 되는 부품

○ 브레이크 Heat Sink의 경우, 약 교체 주기가 약 1~2년(제동 회수 약 1,300

회 이내)으로 수요가 많고 고부가가치 분야이지만 국내에서는 제작, 재생 및 수리 그리고 시험 관련 인프라가 없어 전량 해외에 의존함

❒ 필요성

○ 복합재료 부품의 손상 발생 시 가벼운 손상의 경우 임시 수리 방법을 적용하여 운용하더라도 주기적인 점검 수행과 영구적인 수리 방법을 적용하여야 하는 시간제한을 갖게 되기 때문에, 수리는 반드시 수행해야 하지만, 기술 종주국에 의존해야 하는 상황하에서 지속적인 국부 유출이 지속되고 있음

○ Brake에 사용되는 핵심부품인 Heat Sink 수리 혹은 재생기술 개발을 통한 항공기 부품 신뢰성 향상 및 다빈도 사용 품목 수리 국산화 필요

❒ 추진전략

○ 국내 항공사 수요 기반의 기술 개발 및 K-TSO 인증 추진

### 3.4.5. 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술

❒ 현황

○ 국내 항공용 엔진 및 부품을 위한 시험평가 기반이 전무한 수준

❒ 필요성

○ 항공기 엔진의 치명적 손상을 발생시킬 수 있는 항공기 기동 중 공력가진 등을 평가할 수 있는 팬/압축기 블레이드의 스톨 및 Aeromechanics에 대한 3차원 비정상 유동해석 기술, 블레이드 응답 예측기술, 시험평가 기술 및 운전 중 손상예측, 측정기술에 대한 연구 필요

○ 시장 규모가 큰 민수용 엔진 및 국제 RSP 사업에 참여하기 위해서는 엔진의 수명과 신뢰성에 영향을 주는 핵심요소에 대한 해석 및 시험평가 기술 확보가 반드시 필요

❒ 추진전략

○ 엔진 체계 개발 과제와 연계하여 엔진 인증 부분과 함께 MRO를 위한 부품 인증기술을 동시 확보 추진




〈그림 Ⅲ-19〉 수요기반 항공정비 기술 확보를 위한 기술개발 로드맵

## 3.5. 추진전략 5. 미래 친환경 항공기 정비기술 확보

### 3.5.1. 전기추진시스템에 대한 항공정비 기술 개발

#### ❒ 현황

○ 배터리, 전기모터 등 전기추진시스템을 장착한 항공기의 개발이 전세계적으로 이루어지고 있으며, 여객 수송을 위한 인증체계 역시 개발이 진행 중임

○ 개발을 선도하고 있는 국가, 기업은 무인 비행시험 및 특별허가 조건의 유인 시범비행을 진행하고 있으며, 2020년대 중후반 상용화를 목표로 하고 있음

#### ❒ 필요성

○ 전기추진시스템을 갖춘 유·무인항공기 등장에 따라 항공정비서비스 수요가 증가할 것으로 보이며, 기 조성된 MRO 사업장과의 연계성 및 영향성 연구 필요(일정, 예산, 자격, 정비 표준화 연구 등)

○ 전기추진 항공기의 추진시스템 핵심부품인 모터/인버터의 경우 일정 기간 운용 후 성능 및 구성부품 단위(베어링 등)의 정비 및 교체 등이 필수적임

#### ❒ 추진전략

○ 국외 인증체계 개발 모니터링 및 국내 전기추진시스템 개발 기업의 참여를 통한 정비기술 개발 추진

### 3.5.2. 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발

#### ❒ 현황

○ 미래 도심항공모빌리티(UAM)* 및 수소전기추진 항공기 개발 시 배터리 시스템이 필수적으로 적용되고 있으며, 항공기 안전을 위한 배터리 진단 및 정비 기술개발이 진행 중

* UAM : Urban Air Mobility

**❒ 필요성**

○ 배터리 시스템은 충방전을 거듭할수록 에너지 용량과 출력 수준 등이 떨어질 수 있으며 예상치 못한 변수에 의해서 결함이 발생하여 안전에 위협을 줄 수 있음

○ 이에 따라 배터리 시스템이 항공기 운항에 문제가 없는지 판단하는 배터리 시스템의 퇴화 및 결함 진단 기술 필요

○ 항공정비 시, 배터리 시스템의 교체 기준은 EV 및 ESS 등에 적용되는 기준보다 민감한 수준이기 때문에, 잔존수명이 매우 많이 남아 상품가치가 높을 것이고, 이를 재사용할 수 있는 체계 구축이 필요

**❒ 추진전략**

○ 국외 인증체계 개발 모니터링 및 국내 UAM 및 배터리 개발 기업의 참여를 통한 정비기술 개발 추진

### 3.5.3. 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비 기술 개발

**❒ 현황**

○ 주요 해외기업들은 수소항공기 개발을 활발히 진행하고 있으며, 특히 소형항공기 중심으로 개발 중이고 일부는 시험비행성공 및 인증 추진 중으로 대체로 2025년까지 개발 완료를 목표로 추진 중

- 해외에서는 Airbus(ZEROe), Alakai(Skai), AeroDelft(Phoenix PT), Zero Avia(HyFlyer) 등의 기업에서 적극적으로 수소항공기를 개발하고 있음
- 국내에서는 현대자동차, 한화에어로스페이스/한화솔루션, 두산모빌리티, LIG 넥스원 등에서 수소추진 드론 및 UAM 등을 개발하고 있음

**❒ 필요성**

○ 전 세계적인 이상기후 대응 및 우리나라 탄소중립 달성을 위한 움직임에 대응

하고, 항공산업 분야의 선도 및 활성화 도모를 목적으로 항공기용 수소전기 추진 시스템에 대한 선제적 대응이 요구됨

○ 수소전기 추진 항공기의 상용화를 위한 항공용 수소전기 시스템에 대한 전반적인 진단 및 정비 기술의 개발이 필요함

**❒ 추진전략**

○ 국내 관련 기반 기술 개발과 국외 인증체계 개발 모니터링을 통해 주요 수리 기술의 개발 및 인증역량 확보

### 3.5.4. 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발

**❒ 현황**

○ 에어버스와 보잉은 AR을 활용해 항공기 정보, 매뉴얼을 빠르게 확인하며 작업 시간 단축

- 보잉 B747-8 배선작업공정에서 AR 적용 : 작업시간 25% 단축, 작업 오류율 0%

○ 메타버스 시장 확대 : 5년 내 글로벌 시장에서 최소 300조원 이상

- 2021년 307억달러, 2025년 약 2800억달러 성장 예측
- 향후 4~5년 이내 최소 5~6배가량 성장

**❒ 필요성**

○ 메타버스 기반의 항공 MRO 교육을 구현함에 따라 원가경쟁력 향상이 가능해지고 국내 항공산업의 경쟁력 제고에 큰 도움이 될 것으로 기대됨

○ 국내 메타버스 인프라가 부족하고, 항공 정비분야의 낙후성을 획기적으로 개선하기 위한 정부 지원 필요

**❒ 추진전략**

○ 메타버스 기반 항공기 정비교육용 프로그램 개발을 위해서는 OEM으로부터 항공기에 대한 자료를 확보해야 하므로 항공기 제작사와 협력을 통해 개발 및 교육용으로 적합성 승인을 통해 확보 추진

### 3.5.5. 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성 제한 연소기 소재부품 공정 기술 개발

#### ❒ 현황

○ 항공기용 수소 에너지는 이산화탄소 배출이 전혀 없는 친환경 연료이면서 대체에너지로써 미래 에너지 안보를 담당할 수 있는 중요한 에너지원이며, 주요 가스터빈 개발국들의 기술선점을 위한 경쟁이 치열하게 이루어지고 있음

○ 미국, 영국, 독일, 프랑스 등 세계 항공 선진국에서는 중장기적으로 '탄소제로'를 위하여 항공분야에서도 수소연료, 전기추진, 바이오연료과 같은 SAF(Sustainable Aviation Fuel)를 이용한 다양한 항공기 적용 프로그램을 착수함

#### ❒ 필요성

○ 가스터빈 고유의 높은 압력과 높은 온도 조건에서 수소취성의 특성이 더해지면, 수소와 접촉하는 부품(수소 공급관, 연료노즐, 연소기 라이너, 주유로 덕트)에서 수명이 제한되고, 이를 해결하기 위한 MRO 기술 개발이 추진되어야 함

- 수소취성 제한 부품과 더불어 수소 연소에 의해 발생한 배기가스내 다량의 수분 함량에 의해 부품 수명 제한도 존재함

#### ❒ 추진전략

○ 미래 수소터빈 항공엔진 개발과 연계하여 수소취성 특성을 고려한 정비기술 개발 추진




〈그림 Ⅲ-20〉 미래 친환경 항공기 정비기술 확보를 위한 기술개발 로드맵

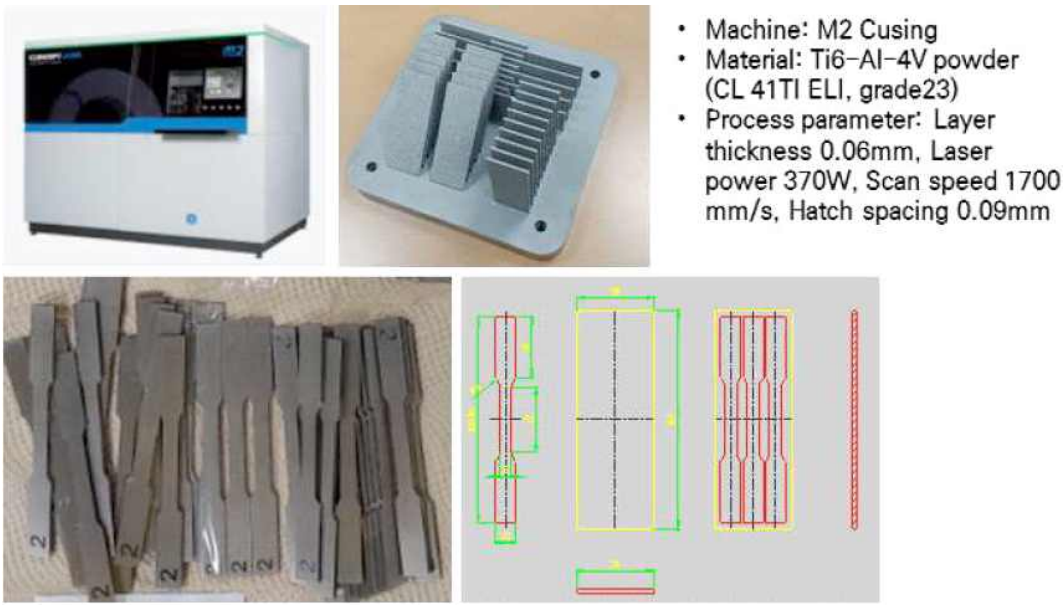
# 4. 항공정비 주요 분야별 기술로드맵

## 4.1. 부품정비 분야

### ❒ 기술 정의

○ 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발

- 3D프린팅 기반의 항공기용 부품을 제작하기 위한 분말 소재 개발 및 대상 부품의 최적화 설계·제작·인증 기술 개발
- 인증을 위한 소재 특성, 적층 시편의 시험 및 데이터베이스 구축



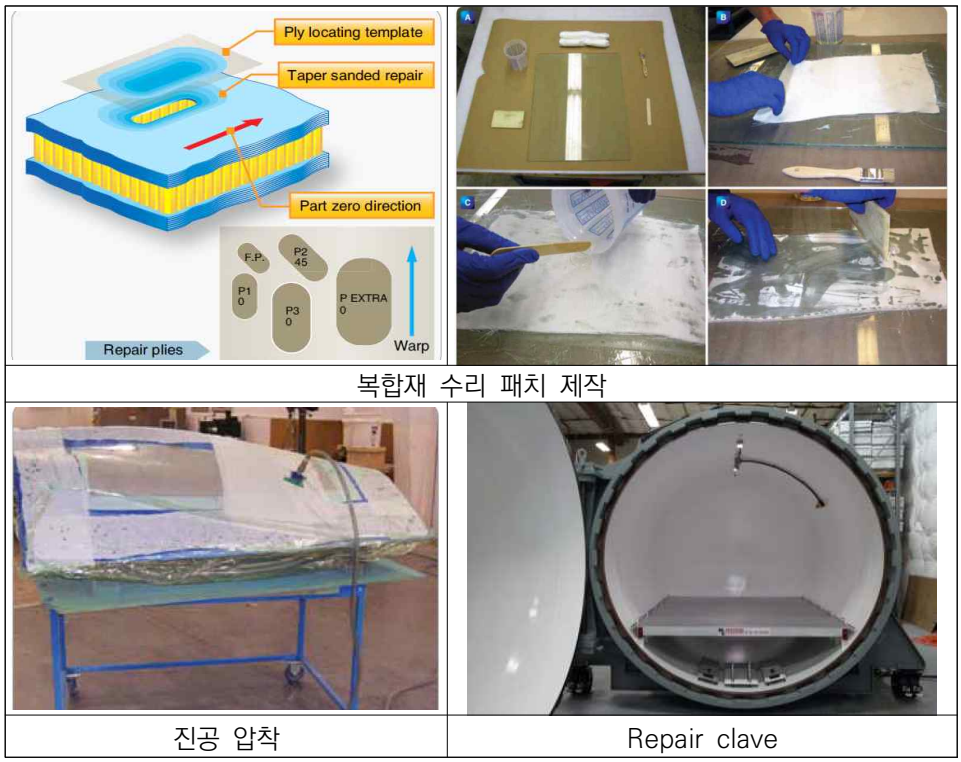

〈그림 Ⅲ-21〉 PBF(Powder Bed Fusion) 부품의 인장시편 제작 예시

출처 : 항공기용 3D프린팅 부품 최적설계 및 공정기술 개발, 한국기계연구원, 2020

○ 항공기 복합재 스킨 수리 기술

- 복합재 스킨 수리 기술은 손상된 부품의 기체 구조 재료 중량 대비 강도 증가를 위해 기존 금속 합금재료가 담당하던 구조 부분을 탄소섬유 강화 복합재료 등 경량/고강도의 복합소재로 대체, 수리하는 MRO 기술
- 복합재의 소재 특성 분석, 성능 해석, 정형화된 수리 공정, 가공 경화 등 수리를 위한 장비 및 항공기 지원 현장에서의 신속한 수리 절차 등 복합재 부품의 정확한 수리를 위한 기술이 요구됨.
  - Repair clave를 활용한 영구 수리 기술
  - 상온 적층 기술(Lay-up process)

- 접착제 침투 기술(Saturation techniques)
- 진공 압착 기술(Vacuum bagging techniques)




복합재 수리 패치 제작

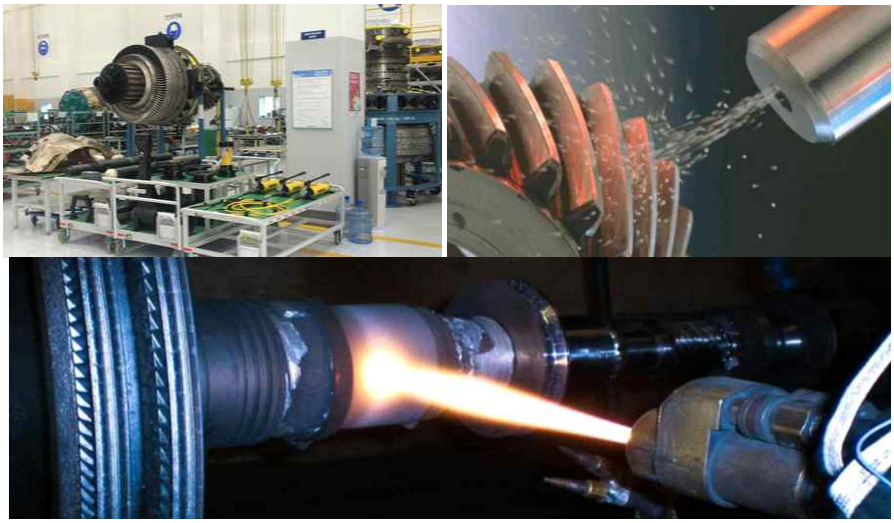
진공 압착 | Repair clave

**〈그림 Ⅲ-22〉 복합재 스킨 수리 기술**

출처 : 항공직업전문학교 항공정비전공 복합 소재 수리(Composite Repairs)-2

❍ 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술

- 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술은 고온/고압의 극한 환경에서 운영되는 항공엔진 소재부품들이 고온 변형, 파손/크랙, 진동 수명 등의 결함에 노출됨에 따라 요구되는 수리/정비유지 관련 MRO 기술
  - 균열부 세척, 수리 기술 : FIC/NGB 기술
    * FIC : Fluoride Ion Cleaning, NGB : Narrow Gap Brazing
  - 코팅부 세척, 수리 기술: Water jet Coating Strip/Coating 기술
  - 항공엔진 MRO 소재부품 적층제조 수리기술 : DED/PBF 수리기술
    * DED : Direct Energy Deposition, PBF : Powder Bed Fusion
  - OEM IP 독점 부품의 라이센스 수리 기술과 공정 국산화 : 허니콤 교환/초고속 용사(HVOF)/Knife-edge Seal/복합소재 수리 등
    * HVOF : High Velocity Oxygen Fuel Spray



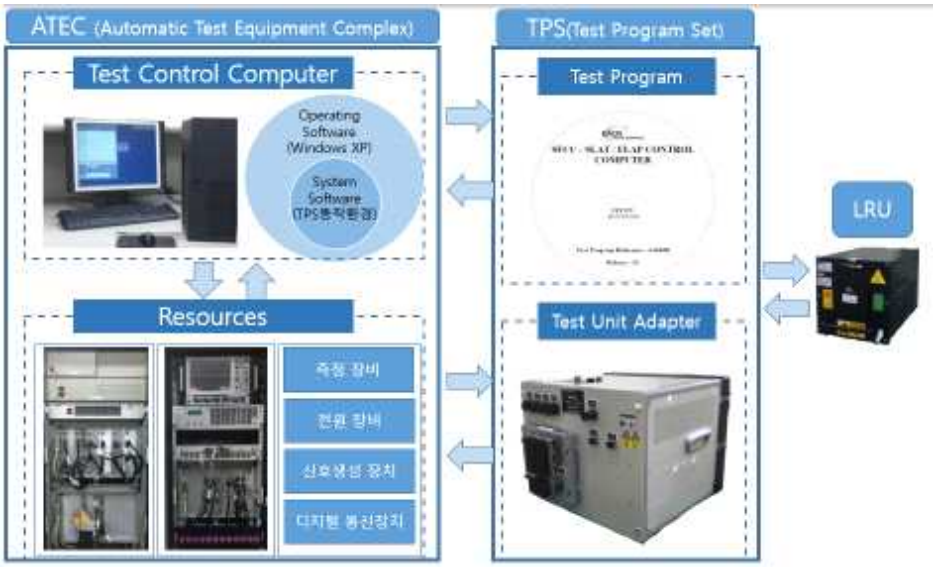
〈그림 Ⅲ-23〉 항공기 엔진 수리/정비 기술

출처 : 항공기용 가스터빈엔진 부품의 균열, 마모 수리를 위한 핵심정비기술 개발 최종보고서

❍ 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 기술

- 전기전자 부품의 수리에 사용되는 장비(ATEC) 및 TPS 개발로 기술 자립 및 부품수리 국산화
- ATEC 장비는 항공기 전자부품 Test를 위한 전용 장비이며, 부품별 ATEC 전용 TPS을 장치에 결합하여 Test 수행

  * ATEC : Automatic Test Equipment Complex, TPS : Test Program Set
- Test 장비 개발시 Test 및 단순 부품 교환 수리 가능, 전체 부품의 약 70~80% 국내 정비 가능 예상




〈그림 Ⅲ-24〉 ATEC 및 TPS를 통한 전자부품 정비

출처 : 대한항공

❍ 항공기 Tire Re-tread 공정 기술

- 타이어의 낡은 트레드(접지면) 표면을 제거한 후 새로운 트레드를 부착하여 타이어의 수명을 연장하는 기술
- Re-tread 타이어는 신품 대비 약 75%의 원자재를 절약할 수 있고, 이산화탄소 배출량, 산업 폐기물을 감소시켜 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있음
- 항공기용 타이어는 대표적인 소모성 부품으로서 약 250회의 이착륙 이후 Re-tread 공정을 통한 재생이 필요하며, 이를 통해 새 타이어 대비 유지비 절감 효과가 큼(타이어 10~15회 재생 가능)




**〈그림 Ⅲ-25〉 항공기 타이어 구조 및 친환경 재생 효과**

❍ 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter) 시험장비 개발 기술

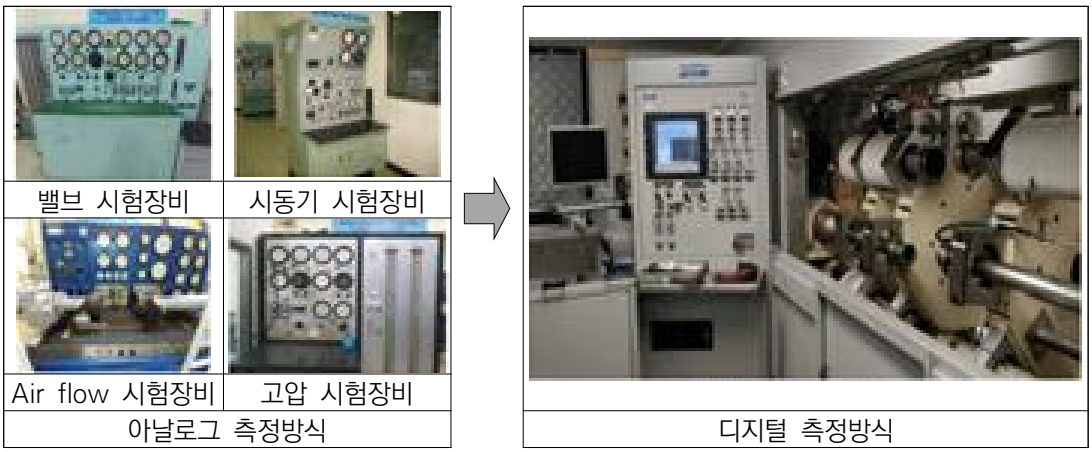
- 항공기 엔진의 공압시동기 시험장비는 초기 시동에 필요한 구동력을 제공하는 공압시동기의 큰 구동력으로 인한 짧은 피로 수명을 주기적으로 검사하고 유지보수하기 위한 장비
  - 관성 플라이휠(Inertia flywheel) 방식을 활용한 수동식 검사 기술
  - 와전류 다이나모미터(Eddy current dynamometer) 기반의 디지털 방식의 검사 기술



플라이휠 방식



다이나모미터 방식




〈그림 Ⅲ-26〉 공압시동기 시험장비 개발 개요

출처 : 대한항공

○ 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술 및 국제인증

- 차세대 항공기 제동장치인 전기식 브레이크의 핵심부품에 대한 구조와 기능을 시험하는 방법 연구 및 부품을 정비하는 기술
  - Electrical Brake 수리능력 확보
  - Electrical Brake Actuator 수리능력 확보
- 동남아, 중동 등 MRO 시장 선점을 위한 국내외 감항기관의 인증 확보
- 전기식 브레이크는 부품 교체율이 가장 높음에도 해외수리에 의존하고 있으며, 기술개발 시 항공사 정비비 감소 및 외화 유출 절감

| Electrical Brake Assembly | Carbon Brake Assembly | Steel Brake Assembly |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Electrical Actuators (4ea) | Hydraulic Actuators (7ea) | Hydraulic Actuators (6ea) |

〈그림 Ⅲ-27〉 전기식 브레이크 및 기존 브레이크 비교

출처 : 각 제작사 홈페이지

○ 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 기술

- Heat Sink 수리 혹은 재생 기술개발을 통한 항공기 부품 신뢰성 향상 및 다빈도 사용 품목의 수리 기술 국산화

- 항공기 Brake의 핵심부품인 Heat Sink는 마찰열로 인한 구성품의 열손상을 방지하기 위한 방화벽의 역할을 수행하는 구성품
- 해당 부품은 전량 해외 수입 중이며, 소모성 부품으로 수리 및 재생 기술개발 시 구매 대비 절감효과가 큼
- 카본 디스크 교체를 통한 수리 및 재생공정 개발을 통해 외화 절감 가능
- 항공기 운영에 필수적인 부품으로 국내 수리 및 재생공정 개발 시 고용인력 증가 및 외화 유출 절감




**〈그림 Ⅲ-28〉 제동장치의 구성 부품**

출처 : 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획, 한국항공대학교, 2011

○ 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술

- 블레이드 시험평가 시설/기술 확보로 파손에 이르는 메카니즘 연구 및 강건 설계 기법 개발
- 엔진 추력 증가에 따른 블레이드 회전속도로 인해 블레이드 파손 가능성 증가
- 해당 연구를 통한 엔진 수명/신뢰성 향상 및 국제 RSP 사업 참여를 위한 기술적 기반 구축

## ❒ 기술 동향

○ 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발

- (시장) 항공우주 분야 3D프린팅 시장은 '21년 기준 19억 달러(약 2.3조원)로 추산되며, '26년까지 47억 달러(약 5.6 조원)에 이를 것으로 전망('21년, 마켓엔마켓)

• 항공기 부품의 다품종 소량생산 특징, 경량부품 수요 증가, 부품생산 시간 단축, 비용효율 등에 의해 시장수요가 좌우될 것으로 예상하며, 향후 신개념 항공기와 같은 체계로의 적용이 확대될 것으로 전망

※ 현재까지 국내 3D프린팅·항공부품제작 기업 및 항공사 등에서 3D프린팅을 이용하여, 국산 항공부품을 개발 및 상용화한 사례는 없음

- (기술) 기체·엔진 제작사(OEM) 주도로 항공엔진 부품(연소기 및 연료계통) 및 기체 구조물 개발·적용이 이루어지고 있으며, 향후 터빈 블레이드·베인(Vane)을 포함한 임펠러, 블리스크(blade+disk) 등 구조가 복잡한 형상 기반으로 분야가 확대될 전망

• '항공기용 3D프린팅 부품 최적설계 및 공정기술 개발('19-21, 과기부, 한국재료연구원)', 과제를 통해 항공기용 금속 기체부품, 엔진부품(분말재료 및 조형체 기반)의 기초 공정기술과 관련 시제품 개발 이력 있음

※ 상기 성과물은 항공인증체계 부재에 따른 인증기반 연구성과물이 아니므로 상용화될 수 없어 인증체계/시범인증 기반의 체계적인 연구개발 추진 필요



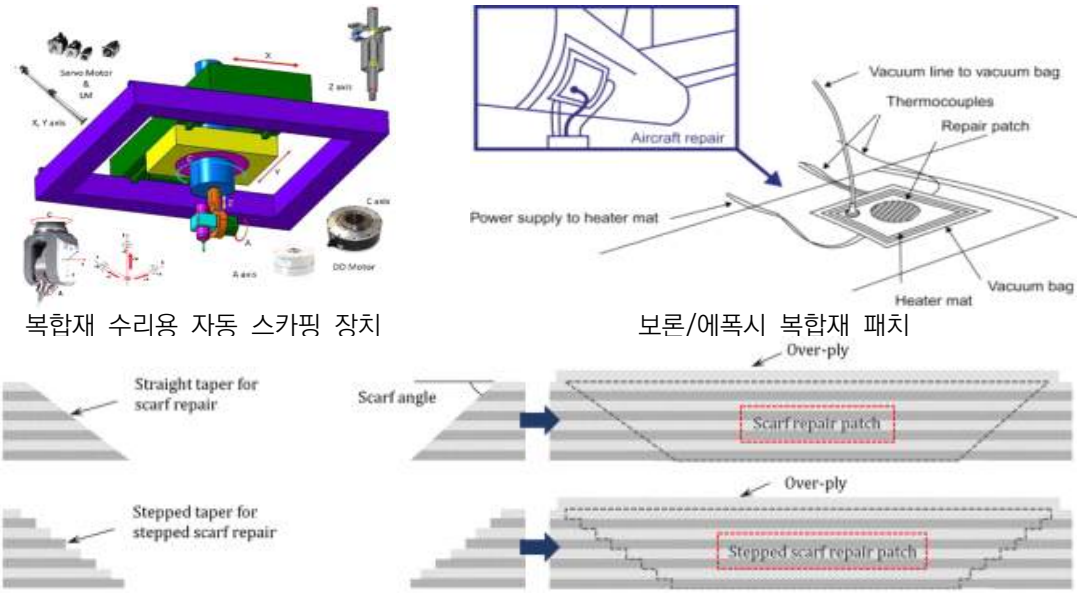

**〈그림 Ⅲ-29〉 GE의 항공기엔진 3D 프린팅 적용 사례**

출처 : 항공기용 3D프린팅 부품 최적설계 및 공정기술 개발, 한국기계연구원, 2020

- (정책) 제조 분야를 중심으로 3D프린팅을 활용한 응용산업의 저변확대 정책에 따라 FAA(미)·EASA(EU)는 주기적인 워크샵 개최 등 협력을 통해 인증체계를 구축 중

○ 항공기 복합재 스킨 수리 기술

- 항공기 복합재 수리를 위해 개발된 주요 기술은 다음과 같음
  - 저온으로 표면처리하는 플라즈마 표면처리방식을 활용한 복합재 부품 수리 기술
  - 보론/에폭시 복합재 패치를 활용한 항공기 복합재 날개 구조물 수리 기술
  - 고성능 구조용 접착제를 사용한 2차 접합 기술
  - 접합된 복합재의 경우 단면 또는 양면 더블러 패치, 스카프, 또는 계단형 스카프 패치를 사용한 복합재 수리 기술
- 국내
  - 현재 국내에서는 항공기의 구조물과 객실 인테리어에 대한 형식설계변경 및 수리가 가능한 EASA 설계조직인증 자격을 획득한 업체로는 ㈜에이엔에이치스트럭쳐(2020년 인증 획득)가 있음
  - 현재 국내 항공사들의 복합재 구조물의 수리는 수리 기술 부족으로 인해 복합재 부품의 전면 교체 및 수리를 해외 업체에 의존하고 있는 실정임
- 국외
  - 해외 항공기 MRO 업체에서는 항공기 탄소복합재 수리 전문화, 수리부품의 자동화, 키트(Kit)화 등의 연구를 통해 기술력을 확보하여, 향후 항공기의 탄소복합재 적용 증가에 따른 복합재 MRO 수리시장에 적극 대응하고 있음




복합재 수리용 자동 스카핑 장치 보론/에폭시 복합재 패치

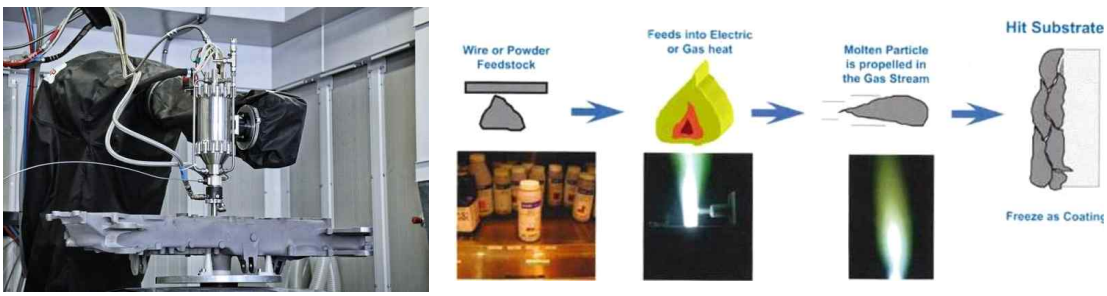
스카프, 계단형 스카프 패치

**〈그림 Ⅲ-30〉 복합재 수리 장치 및 패치**

출처 : 복합재 수리용 자동 스카핑 장치 및 이를 이용한 복합재 부품 수리 방법

○ 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술

- 국내
  - 국내의 산업/제조업 표준 작업공정 시스템은 SOP(Standard Operation Procedure)를 활용하여 표준 공정 작업 절차에 적용하고 있음
  - 대한항공 엔진정비 공장은 PW4000, CFM56-7B, GE90 엔진을 자체 작업공정 시스템을 구축하여 운영 중에 있으나, 작업공정 진행 현황 실시간 Visualization과 의사결정 지원이 불가함
  - 신형 엔진에 기존 엔진 대비 복잡하고 정교한 기술이 적용됨에 따라 표준 작업 공정 절차를 시스템화한 새로운 엔진 부품 수리 스케줄 시스템이 요구되고 있는 실정임
- 국외
  - 해외 MRO 업체들은 자체 시스템 개발 또는 해외 유수의 공정 관리 시스템을 도입하여, 최적의 공정 관리를 유지하고 있음
  - 엔진 정비 시 반드시 필요한 관련 장비/공구들은 해외 엔진 제작사 및 그와 계약을 맺은 해외 장비 제작업체에서 독점공급하고 있는 실정임
  - 국외의 경우 GE(미국)와 P&W(미국)를 필두로 하는 항공기 엔진 제작사 산하의 수리업체와 제작사로부터 독립적으로 엔진부품 수리 서비스를 제공하는 3rd Party 수리업체가 MRO 산업을 이끌고 있음




**〈그림 Ⅲ-31〉 항공기 엔진 수리, 관리 기술**

출처 : GE, 3D 프린팅 응용 금속 수리 기술 개발...항공기 엔진 첫 적용

○ 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 기술

- 국내
  - 차세대 항공기는 전기전자부품들로 많이 변경되는 추세이지만 전기전자부품의 특성상 기술 자립도가 낮아 국내 항공사 신기종 도입 대비 전자부품 Test 장비 도입 수준이 미미하여 대부분 해외에서 수리 중

- 항공전자정비 관련 국내외 지식재산권은 정비교육 및 복합구조물 정비와 관련된 특허가 대부분임

- 국외
  - 미국에서 항공기의 전기전자 부품 테스트 시장을 주도하고 있으며 Boeing의 경우 ATEC 공급업체인 Teradyne에 NxGen ATS를 생산 및 마케팅을 지원하기 위해 라이선스를 부여하여 보잉 항공기를 정비하는데 필요한 ATE를 통합해 유지보수, 수리 및 정밀 검사 시설(MRO)의 비용을 감소함

❍ 항공기 Tire Re-tread 공정 기술

- 대표적 항공기 타이어 Re-tread 공정 기술로 Hot re-tread 공정 기술과 Cold re-tread 공정 기술이 있음
  - Hot re-tread 공정 기술은 150°C의 금형에서 heating press를 활용하여 타이어의 모양과 트레드가 생성됨
  - Cold re-tread 공정 기술은 hot re-tread 공정보다 상대적으로 낮은 90~110°C에서 금형 없이 오토클레이브를 통해 타이어와 트레드가 결합됨

- 국내
  - 항공기 한 대당 부착된 타이어의 개수가 많으며, 전량 해외에서 Re-Thread 수행 후 수입하여 사용 중임
  - 현재 국내 타이어 3사(금호타이어, 한국타이어, 넥센타이어)에서 충분히 연구 및 개발 가능한 아이템으로 판단되나, 항공기에 전용으로 사용되는 소재 개발, 구조 분석, 구조 설계에 어려움이 있음
  - 국내에서는 군용 항공기 타이어를 납품하는 금호타이어를 제외하고는 항공기 타이어 시장 진입이 요원한 상황임

- 국외
  - 타이어 Re-Thread 공정은 FAA와 EASA의 인증을 받은 업체에서만 수행 가능하며, 주요 업체로는 Bridgestone Corporation(일본), The Goodyear Tire & Rubber Company(미국), Michelin(프랑스), SAIC(중국), Oliver Tire Group(남아프리카 공화국) 등이 있음
  - 전세계 항공기 타이어 Re-tread 시장은 2023년까지 약 4%의 연평균성장률을 기록할 것으로 예상됨



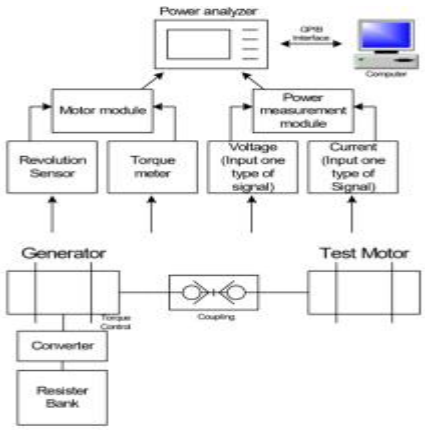

**〈그림 Ⅲ-32〉 항공기 타이어 재생 공정**

출처 : Leshan Yalun Mold 홈페이지

❍ 항공기 엔진의 공압시동기 시험장비 개발 기술

- 국내
  - 국내 일부 OEM에서만 시험 능력을 보유하고 있으나, 항공기 엔진의 공압시동기용 시험장비는 해외 수입에 의존하고 있음
  - 국내 시동기 시험장비는 관성 플라이휠을 약 7,000rpm으로 고속 회전시키면서 수동적으로 검사가 수행되기 때문에 시험의 효율성이 떨어짐
  - 현 항공기 엔진의 공압시동기 시험장비는 대부분 Analog 방식이기 때문에 시험의 자동화 및 안전성을 확보하기 위해 와전류 다이나모미터(eddy current dynamometer)로 교체 및 시험 절차를 최신 디지털 방식으로 변경하기 위한 개발이 요구됨
- 국외
  - 직류전류를 측정하는 DC 다이나모미터 방식, 교류전류를 AC 다이나모미터 방식이 사용되고 있음
  - 해외 업체의 경우, 다수의 시험 장비회사가 와전류 다이나모미터와 이를 시험하기 위한 상용 제어계측 소프트웨어 기술을 보유하고 있음 (MAGTROL, PowerLink, PowerTest 등)






〈그림 Ⅲ-33〉 다이나모미터

출처 : 초고속전동기 개발을 위한 성능평가시스템

○ 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술 및 국제인증

- 국내
  - 브레이크는 항공기당 4개에서 16개까지 장착되어 단가가 2-3억을 호가하며, 1년 내외의 주기로 카본 디스크 교체를 수반하는 Overhaul 작업이 필요함에도 불구하고 완전한 수리능력 개발을 하지 못해 해외수리에 의존하고 있음
  - 대한항공 등의 대형 항공사는 B787 Electrical Brake에 대하여 OEM Support 방식으로 Brake Assembly에 대한 정비능력을 부분적으로 개발하여 운영하고 있음
  - 국내 A220 Electrical Brake에 대한 정비능력 없음
- 국외
  - B787에는 프랑스의 SAFRAN이 제작한 전기식 제동장치 적용
  - 영국 Meggitt의 전기식 제동장치인 Ebrake®는 상업용 비행기에 유압 예비 장치 없이 전기식 제동장치를 장착하여 성공적으로 비행한 최초의 전기식 제동시스템이며, Airbus의 A220에 사용 중임



SAFRAN B787 브레이크 디스크



Meggitt의 전기식 제동장치, Ebrake®

〈그림 Ⅲ-34〉 전기식 브레이크

출처 : SAFRAN-Boeing 787 Dreamliner electric brake / Meggitt-Electric Brakes

❍ 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 기술

- 국내
  - 2016년 사업기획보고서에 따르면 국내 항공사 소요 정비비용이 가장 많은 것부터 조사한 결과 Heat Sink가 가장 많은 수요가 나타나는 것으로 나타남
  - 현재 국내 수리 및 재생 공정 기술을 보유하고 있지 않아 전량 해외 수입 중

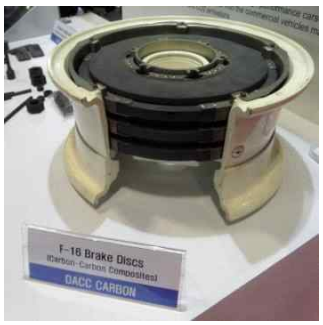
| No | ATA | Part No | Part Description | 기종 | 수량[개] | 작업구분 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 32 | 537-24 | HEAT SINK | 777 | 600 | TIRE/BRAKE |
| 2 | 49 | 3800702-1 | A.P.U ASSY | 737 | 100 | APU |
| 3 | 32 | 537-4 | KIT-BRAKE HEAT SINK | 747 | 300 | TIRE/BRAKE |
| 4 | 32 | 537-3 | KIT-BRAKE HEAT SINK | 747 | 300 | TIRE/BRAKE |
| 5 | 32 | 537-122-4 | HEAT SINK | 330 | 300 | TIRE/BRAKE |
| 6 | 32 | 537-113 | HEAT SINK ASSEMBLY | 74F | 200 | TIRE/BRAKE |
| 7 | 32 | 537-3 | KIT-BRAKE HEAT SINK | 74F | 200 | TIRE/BRAKE |
| 8 | 32 | 537-4 | KIT-BRAKE HEAT SINK | 74F | 200 | TIRE/BRAKE |
| 9 | 32 | 537-114 | HEAT SINK ASSEMBLY | 74F | 200 | TIRE/BRAKE |
| 10 | 32 | 537-25 | HEAT SINK | 777 | 200 | TIRE/BRAKE |
| 11 | 32 | APR06912 | TIRE-A380 MAIN WHEEL | 380 | 1,900 | TIRE/BRAKE |
| 12 | 31 | 4086850-922 | DU-DISPLAY UNIT | 737 | 100 | 외주 |
| 13 | 32 | APR07700 | B777-300ER & B747-8F MAIN TIRE | 777 | 2,500 | TIRE/BRAKE |
| 14 | 34 | HG2060AD01 | ADIRU -OBLS- AIR DATA INERTIAL REF UNIT | 777 | 100 | 외주 |

**〈그림 Ⅲ-35〉 국내 항공사 정비수요 품목 조사 결과('16년 기준)**

출처 : 기술집약형 항공정비산업(MRO)기술개발 사업기획 최종보고서

  - Heat Sink, 카본 디스크에 대한 기술 개발이 국내에서 진행 중, 국내 항공부품회사 중 데크카본(DACC)에서 탄소-탄소 복합재 개발을 포함하여 탄소-세라믹 복합재에 대하여 연구개발을 하고 있으며, DACC에서 개발한 탄소-탄소 브레이크 디스크는 F-16 항공기에 사용 중임

- 국외
  - Goodrich는 첨단 경량 휠과 카본 브레이크를 포함한 착륙 장치를 Boeing 737에 적용하였으며, 전 세계적으로 중요한 제조 및 정비 서비스 시설을 제공하고 있음



데크카본의 F-16 브레이크 디스크

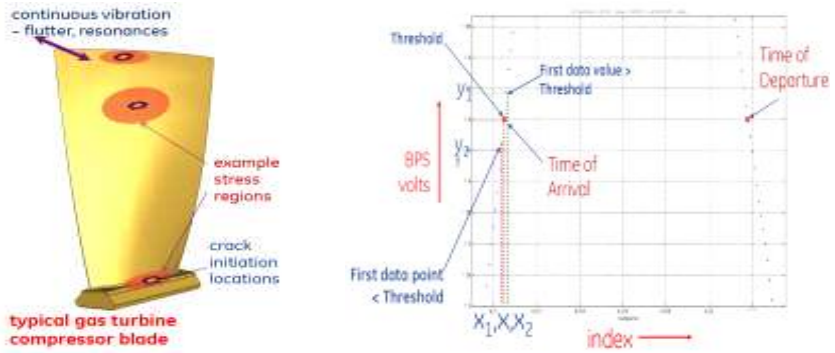

Goodrich의 제동장치

**〈그림 Ⅲ-36〉 항공기 브레이크 예시**

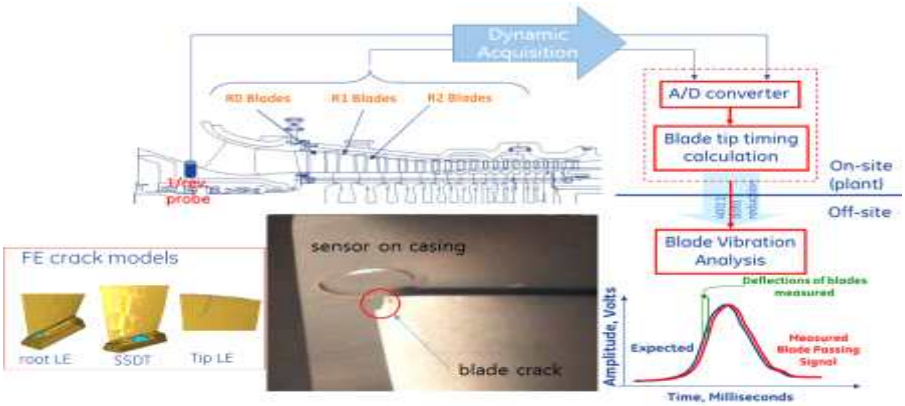
출처 : 2014 복합소재 전문박람회 / flydubai News

○ 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술

- 국내
  - 팬 및 압축기 블레이드 시험 평가에 대한 기술개발은 소형 단수명 또는 산업용 압축기 등에 대한 제한적 연구개발이 수행되었음
  - 한화에어로스페이스에서 자체 개발한 팬 시제에 대하여 한국항공우주연구원의 압축기 시험 설비를 활용하여 aeromechanics 시험을 계획하고 있음
  - 해외 장비를 사용하며 tip timing과 관련한 구조 시험을 시도 중임
  - 두산중공업 또한 해외사의 BTT(Blade Tip Timing) 장비를 보유 중이며, 신규 개발 대형 가스터빈 엔진에 활용할 계획임
  - 국내 개발 BHM(Blade Health Monitoring) 관련 제품은 아직 존재하지 않으며 해외 장비에 의존하고 있음
- 국외
  - 팬 및 압축기 시험평가 기술은 소수의 해외 엔진 제작사만이 보유하고 있음
  - 미국 GE사에서는 블레이드 손상 진단 장비를 활용하여 비행 중인 엔진의 실시간 운용데이터를 체크하여 안전성을 보장할 수 있는 시스템을 준비하고 있음




〈그림 Ⅲ-37〉 블레이드 손상 위치/형태별 익단 타이밍의 변화(GE)

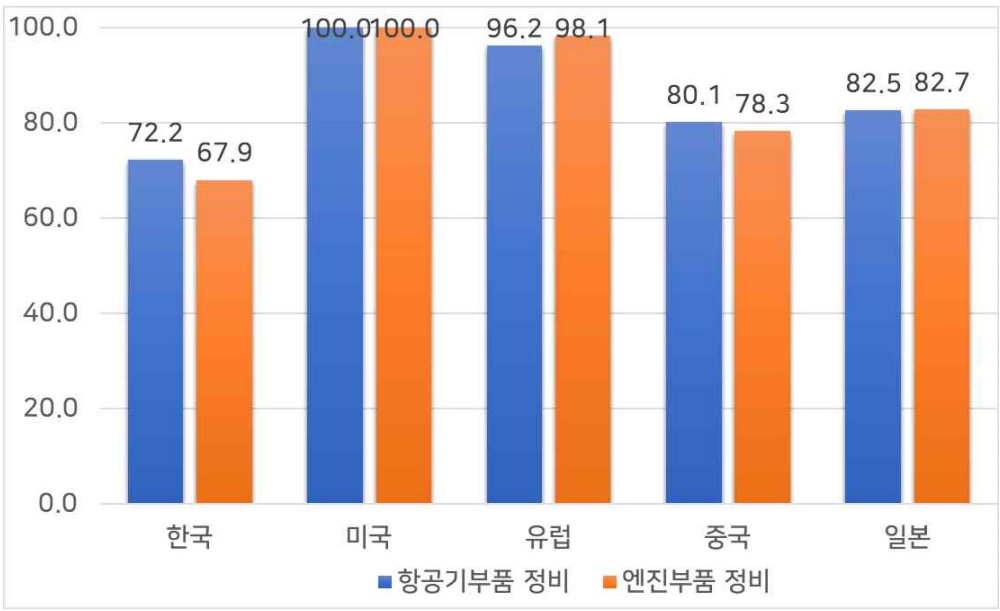



〈그림 Ⅲ-38〉 Blade Health Monitoring의 개념도(GE)

### ❒ 국내 기술수준

○ 부품정비분야는 항공기부품 정비와 엔진부품 정비기술로 조사를 수행

○ 최고 기술선진국(미국) 대비 항공기부품 정비기술은 약 72%, 엔진부품 정비기술은 약 68% 수준임




〈그림 Ⅲ-39〉 부품정비 분야 국내 기술수준

### ❒ 기술로드맵

| 중점기술분야 | 중점기술 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 부품 정비 | 금속·비금속 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 | | | | | | | | | | |
| | 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발 | | | | | | | | | | |
| | 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 Tire Re-thread 공정 개발 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter) 시험장비 개발 | | | | | | | | | | |
| | 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증 | | | | | | | | | | |
| | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술항공기 | | | | | | | | | | |
| | Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발 | | | | | | | | | | |

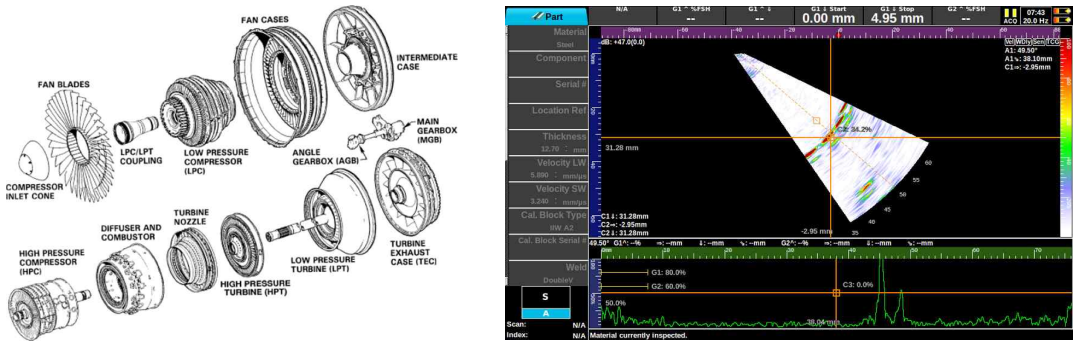
〈그림 Ⅲ-40〉 부품정비 분야 기술로드맵

## 4.2. 중정비 분야

### ❒ 기술 정의

○ 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발

- 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 기술 및 공정 기술 국산화 개발은 엔진 분해와 조립 기술, 모듈 분해와 조립기술, 국내 엔진 정비기술을 포함한 상용 항공기 엔진 MRO 국산화 기술
  - 차세대 신형 엔진 오버홀 장비/공구 제작 및 호환성 검증 기술
  - 표준화 기반 계획으로 체계적 운영이 가능한 공정 최적화 및 생산관리 체계 고도화
  - 정비 생산성 향상을 위한 자동화 기반 부품 세척 시스템
  - 항공기 엔진 부품의 정비 신뢰성 향상을 위한 자동화 기반 부품 비파괴 검사 시스템




〈그림 Ⅲ-41〉 PW4000 엔진과 비파괴검사

출처 : 항공기 가스터빈엔진 터빈블레이드의 고장률 예측에 관한 연구, Victor Aviation 홈페이지

○ 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발

- 항공기 기체에 대한 정시점검, 항공기 감항성 유지를 위한 기체점검과 분해 작업 또는 개조 작업을 말하며, 부식방지 프로그램, 종합 구조검사, 기체 오버홀 등 기체 및 부품에 대한 정비 주기별 검사와 상세검사를 포함하는 기술
  - 항공기 기체 중정비 및 개조 기술(기체 중정비, 대수리, 대개조 등)
  - FAA/EASA 정비인증 기술
  - 항공기 기체 복합재 수리 기술
  - 정비 품질 평가(시험/해석)과 검증 기술

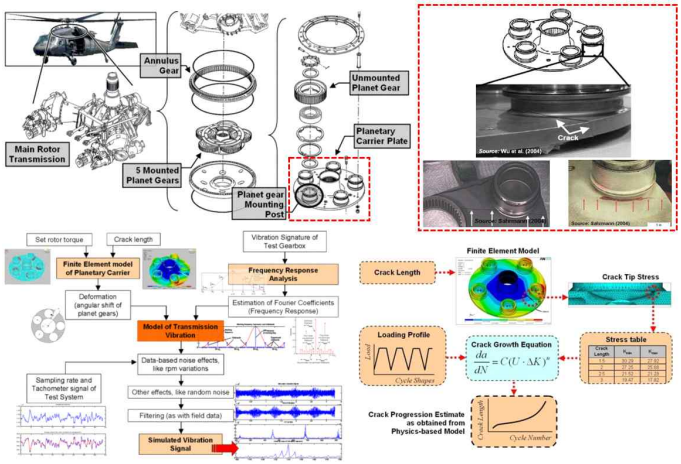



〈그림 Ⅲ-42〉 항공기 기체 중정비 수리 및 인증

출처 : 항공기 개조 인증기술개발사업, 항공정비 개요

○ 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발

- 기어박스와 클러치 등에 수천 품목의 기어류, 구동축, 케이스, 커플링, 스플라인, 볼트, 너트, 와셔, 실(seal) 등의 기계요소로 구성된 헬기 동력전달시스템에 대한 완전분해(CKD: Complete Knock Down) 정비 관련 창정비급 MRO 기술
  - 주 기어박스 창정비를 위한 공정기술
  - 중간/꼬리 기어박스 창정비를 위한 공정기술
  - 기억박스 조립체 성능 시험평가기술
  - 동력전달시스템 창정비 인증기술




〈그림 Ⅲ-43〉 헬기 동력전달시스템 창정비

출처 : Application Example: A Helicopter Transmission – ICSL

○ 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발

- 국산 헬기의 안전한 운용 및 가동률 향상을 위한 기체 창정비 기술
  - 헬기 운용 중 발생하는 경미한 손상(찍힘, 긁힘, 패임 등)에 대한 허용 한계 확인 개발
  - 구조 균열(모서리 균열, 플랜지 균열, 패스너 홀 균열 등)에 대한 손상 한계 확인 개발
  - 손상 품목별(판금부품, 기계가공품, 압출재, 복합재 등) 수리 절차 개발
  - 작업공정서 개발: 기체 창정비를 수행하기 위한 모든 작업공정, 절차가 수록된 공정서 개발



**〈그림 Ⅲ-44〉 KAEMS 헬기 수리시설**

출처 : 머니투데이, KAEMS, 국내 LCC 항공기와 중앙119 구조 헬기 정비한다, 21.02.26

## ❒ 기술 동향

○ 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발

- 국내
  - 엔진 정비 MRO 산업은 OEM의 시장지배력 강화와 함께 정비 기술자료에 대한 지적 재산권 보호 강화 등으로 신형 엔진에 대한 정비능력 확보의 진입장벽이 높아짐
  - 국내에는 PW4000 계열, CFM56-7B 계열 및 GE90 계열 엔진 등의 정비능력은 보유하고 있으나, Geared Turbo Fan, Ultra High Bypass,

3D Printing 등 신기술 적용 차세대 신형 엔진에 대한 정비능력은 아직 미 보유 상태임

- 독자적인 엔진 정비능력 및 시설을 보유한 대한항공을 제외한 국내 항공사들은 엔진 정비를 외국에 의존하여 정비비의 해외 유출이 불가피한 실정임

- 국외

- 해외 엔진 MRO 분야에서는 다양한 공정에 자동화 Smart 설비가 보편적으로 활용되어 효율성 향상 및 납기일 단축 등 경쟁력을 강화해 가고 있음
- 해외 기 적용된 부품 세척 및 비파괴검사의 자동화 시스템은 해외의 특정 기업이 독점하고 있음
- 세계 주요 엔진 제작사는 폐쇄적 네트워크를 통해서만 MRO 사업 참여가 가능한 시스템을 조성하여 시장 지배력을 강화하고 있는 추세임
- 유럽 및 동남아 국가에서는 자국의 MRO 기업에 대해 사업 확장 및 R&D 사업 자본지원 또는 세금 감면 등 MRO 산업 육성을 위해 정부가 적극 지원 중




**〈그림 Ⅲ-45〉 항공기 엔진 MRO**

❍ 신기종 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발

- 항공기 동체 및 날개 구조물의 소재가 금속에서 복합재로 대체되어 정비방식이 기존의 금속재 위주에서 복합재 정비 수리 위주로 변화

- 국내
  - LCC/FSC가 신기종 항공기를 도입하여 운영 중이나 국내 MRO 전문업체는 국제적으로 인정되는 FAA/EASA 정비인증 미보유
  - 국내 복합재 수리 시 영구수리 기술의 부족과 특수 장비 구축의 어려움으로 임시 수리를 선택하거나 고가의 수리 가능 부품을 Serviceable Part로 교환
- 국외
  - 현재 CACRC에 의한 SRM(Structure Repair Manual)기준 복합재 수리는 B787 경우 미세경량 결함의 경우 "Band Aid" 수준의 복합재 패치로 기존 24시간 소요수리를 30분에 수리하도록 하고 있음
  - 복합재 결함 수리 시 임시 수리의 경우 진공백과 가열판을 사용하고 영구 수리인 경우 Repair Clave 내에서 조절된 압력과 가열 환경에서 경화시킴




Wet Lay-up 수리: SRM기준



Repair clave 수리

**〈그림 Ⅲ-46〉 복합재 수리기술**

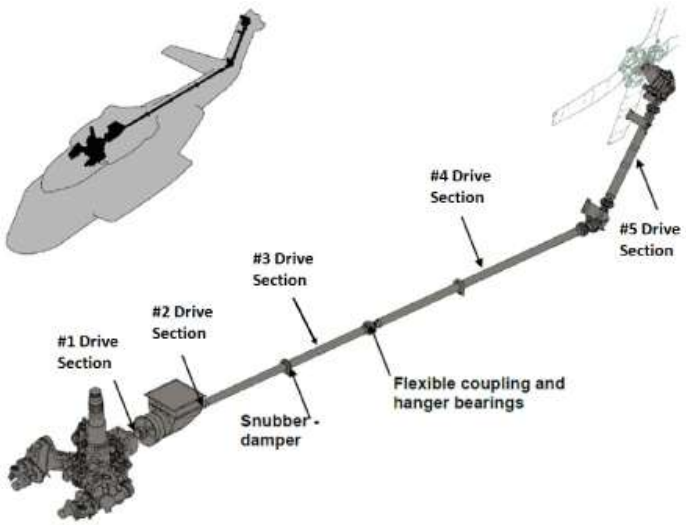
출처 : 항공기 엔진 역추진장치의 핵심정비기술 국산화 개발 기획, Improved composite repair using a pressurized repair clave

○ 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발

- 국내

- 수리온 개발기간 중 주 기어박스 관련 30% 국산화 계획 및 추진했으나 결과가 미흡함
- 한국기계연구원, 국방과학연구소에서 기어박스 원천기술 연구가 진행 중
- 한국형 중고도 무인정찰기(MUAV) 기어박스 개발 경험 통해 기어박스 기술 확보 추진 중
- 국내업체 21,000lbs급 헬기 주 기어박스 국내 개발 추진 중이나, 장기간 소요 예상

- 국외
  - 해외 OEM이 일부 소수의 업체에게만 기술을 이전하여 MRO 작업 수행
  - 주 기어박스와 같은 고부가가치 동력전달시스템 MRO 기술 확보는 해외 OEM사 협력이 필요하나, 해외 OEM사는 정비 기술 이전에 매우 방어적임
  - 헬기 동력전달시스템은 로터시스템 및 비행제어시스템과 더불어 가장 핵심적 기술 중 하나로 전세계 소수의 헬기 개발 업체만이 기술을 독점하고 있음(벨, 레오날드, 시콜스키, 에어버스 헬리콥터스 등)




**〈그림 Ⅲ-47〉 헬기 동력전달 시스템 예시**

출처 : Aviation investigation report A09A0016

○ 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발

- 국내
  - 국산헬기 운용기관의 경우, 정비부서의 전문인력, 기술, 장비 등의 부족으로 인해 자체 정비가 제한됨

- 수리온의 파생형으로 사용되는 경찰, 해경, 산림, 소방 등의 관용 헬기의 경우, 외부 보조 연료탱크 지지구조, 호이스트 지지구조, 배면물탱크 지지구조, 비상부주 지지구조 등 군용 헬기와는 다른 구조와 부품이 사용된 경우가 많기 때문에 이에 대한 창정비 기술 개발이 요구됨
- 수리온(KUH-1)의 경우 창정비 요소 개발 사업을 통해 관련 기술개발이 진행 중임
- 해외 헬기(경찰, 해경, 산림, 소방, 국립공원 등)는 OEM에서 제공하는 수리교범을 통해 인가된 소수 MRO 조직에서만 창정비 수행



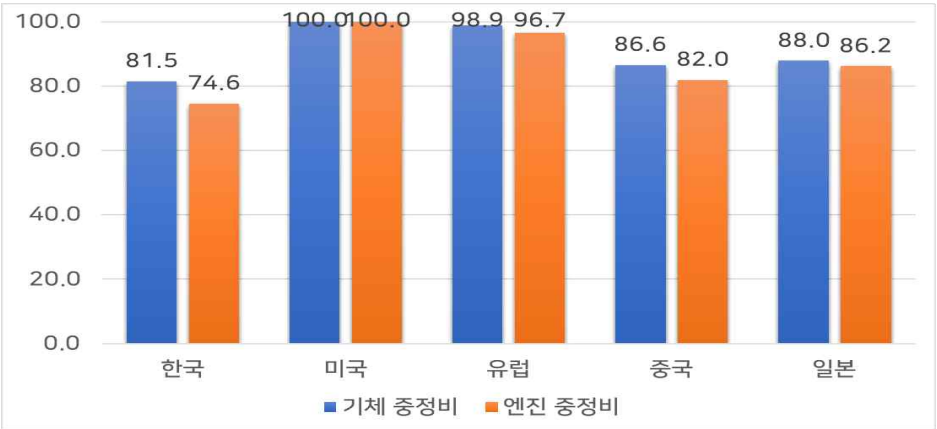
〈그림 Ⅲ-48〉 수리온 배면물탱크

출처 : 전자신문, KAI, 국산 헬기 수리온 제주소방/산림청 납품 완료

### ❒ 국내 기술수준

○ 중정비분야는 기체 중정비 및 엔진 중정비 기술로 조사를 수행

○ 최고 기술선진국(미국) 대비 기체 중정비는 약 82%, 엔진 중정비는 약 75% 수준임




〈그림 Ⅲ-49〉 중정비 분야 국내 기술수준

### ❒ 기술로드맵




〈그림 Ⅲ-50〉 중정비 분야 기술로드맵

## 4.3. 검사/진단 분야

### ❒ 기술 정의

○ 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발

- 항공기 및 항공기 부품 검사 시 정비사가 직접 항공기에 접근하여 육안을 통해 수행하는 검사를 비행로봇의 영상 촬영을 통해 외부 손상을 자동 검사하는 시스템
- 정비사의 육안검사 대비 시간 절약과 고소 작업에 대한 위험요소 배제 등 정비 효율성 향상 기술
- 식별된 결함에 대한 비파괴 검사 연계로 손상 분석

○ AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발

- 항공정비 및 교육훈련 시 AR 기술 및 장비(스마트글라스, Tablet 등)를 활용하여 실시간으로 필요한 기술정보를 직관적으로 제공하는 컨텐츠 개발
- 항공정비를 위한 교육훈련 시 VR 공간(가상현실)에 접속하여 실제 정비 환경을 체험할 수 있어 교육훈련의 공간제약으로부터 자유로움
- 항공정비 교육의 반복을 통한 정비기술을 숙달
- 5G 통신을 접목하여 정비작업 및 교육훈련 시 고화질 영상으로 체험할 수 있는 통신장비 및 메뉴얼 등 항공정비 시 필요한 정보를 저장, 즉시 열람할 수 있는 서버 구축 등 플랫폼 개발

○ AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발

- 운항 및 센서 데이터 기반 항공기 자동 진단 및 예측정비 기능을 갖춘 정비 시스템 개발
- 정확하고 신속한 결함 원인 식별로 항공기 정비 효율성 제고 및 AI, Big Data 기술 적용한 스마트 MRO 시스템 기반 기술 활보를 통한 항공기 정비/진단 기술 고도화
- 국산 항공기 수명평가 모델 개발 및 기체구조와 계통장비 통합 관리, 운용 모델인 디지털 트윈 플랫폼 구축
- 고장진단·예지관리(PHM) 시스템을 도입한 Big Data 기반 스마트 수명관리 시스템 개발
- ICT 기술을 활용한 기체/엔진/계통 정비 시스템, 항공기 정비 이력 등 정비 시스템 구축 및 온라인을 통한 원격 진단 및 정비 지침 기술 개발
- 정비기술 향상 및 온라인 정비진단 효율화를 위한 종합 정비기술 및 보급센터 운영 기술 개발

○ 항공기 기체 및 부품의 손상·결함 검사 및 장비개발

- 다품종 소량 생산으로 제작되는 복잡한 항공기 부품 내/외부, 스킨, 샌드위치 구조 등의 결함을 검사하기 위한 검사 기술과 장비 개발
- 비파괴 검사는 검사 대상에 손상을 주지 않으면서 손상·결함의 유무를 조사하는 방법으로 항공기 기체의 상태를 점검하는데 널리 사용됨
- 운송수단, 군사목적으로 사용되는 항공기 기체는 극도의 안정성이 요구되고, 이러한 항공부품은 여타 산업의 부품에 비해 단위당 가격이 매우 높음
- 항공기의 목적에 따른 다양한 복합재 부품에 대하여 손상, 결함 여부를 검사할 수 있는 시스템의 개발 요구됨

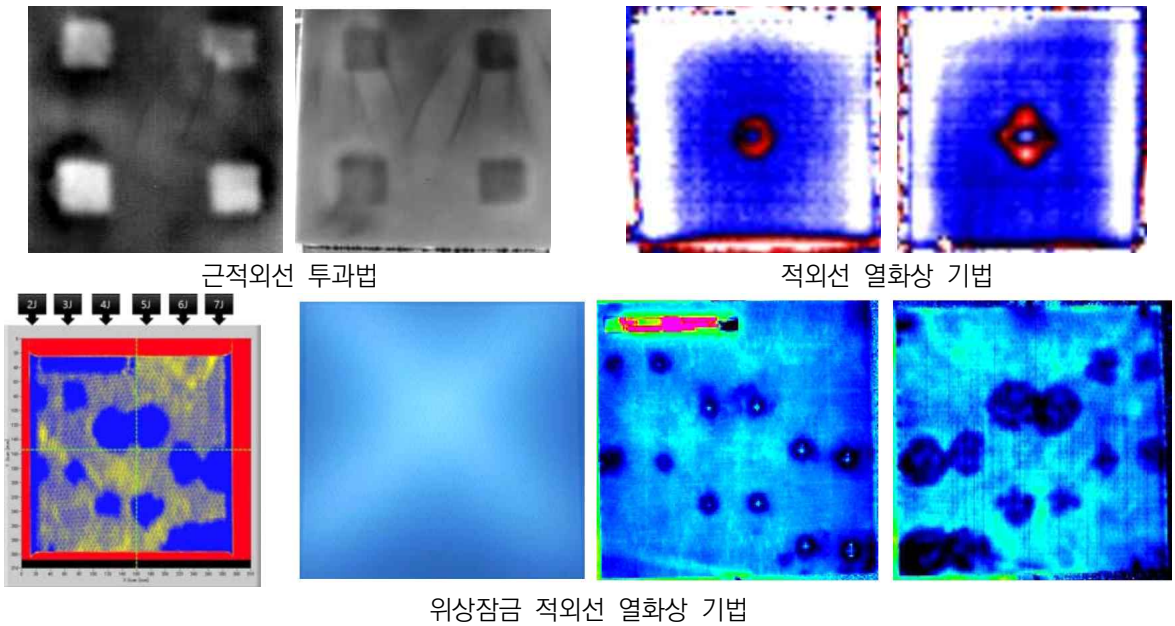
○ 항공기 기계장치 고장진단·예지관리(PHM)기술

- 고장이 예상되는 시점을 추정하고 치명적인 사고의 발생을 방지하기 위한 고장진단, 예지, 관리기술의 개발
- 건전성 예측 기술은 부품 모듈과 제어기에서 발생하는 데이터를 활용하여 상태를 진단하고 고장시점을 예측하는 기술임
- 항공기에는 다양한 기계장치가 탑재되어 복합적으로 운용되고, 이러한 시스템의 일부에 오작동이 발생하는 경우 치명적인 사고 발생

- 수리부속품 재고, 주기정비계획 및 정비 비용을 고려한 최적 수리 시점 예측 알고리즘 개발

○ 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술

- 회전익항공기가 운행 중 발생하는 단순하고 경미한 사고, 조류나 우박에 의한 충돌, 지상 이동 시 발생할 수 있는 외부 구조물과의 충돌 등으로부터 발생하는 복합재 블레이드의 손상 검사기법과 수리기술
- 회전익항공기 블레이드에 대한 제한된 수리환경과 복합재 블레이드 수리를 위한 창정비 검사, 수리, 유지보수를 포함한 모든 정비를 감당할 수 있는 MRO 정비기술
  - 복합재 블레이드 내/외부 결함 검출 및 평가기술
  - 복합재 블레이드 부분 수리기술
  - 복합재 블레이드 충돌손상 분석기법 및 충돌 모사기법
  - 복합재 블레이드 수리에 따른 신뢰성 확보를 위한 성능평가 기술




**〈그림 Ⅲ-51〉 복합재 결함 검출 및 평가 기술**

출처 : 박판 고강성 복합재료 블레이드 결함의 열적거동 측정을 통한 스마트 비파괴평가기술 연구

## ❒ 기술 동향

○ 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발

- 국내
  - 국토교통부에서 항공기 기체 점검에 드론을 이용할 수 있는 근거와 항공기 및 검사 요원 안전확보를 위한 안전관리 방안 등을 정비규정에 마

련('21.6). 육안으로 발견하기 힘든 미세 손상을 최소 1mm 크기까지 식별 및 자율·군집 비행이 가능한 5.5kg급 드론 대한항공 자체 개발

- 점검 소요 시간을 60% 가량 단축할 수 있어, 안전하고 효율적인 항공기 점검 여건 조성에 기여

**〈표 Ⅲ-14〉 드론 활용 전후 항공기 점검시간 단축 효과 비교**

| 구분 | 현행(육안점검) | 드론점검 시 | 시간 절감 효과 |
|---|---|---|---|
| 작업 준비시간 | 2시간<br>(고소 작업대 설치) | 15분<br>(드론 준비) | 1시간 45분<br>(87.5%↓) |
| 점검시간 | 8시간<br>(작업대 탑승 및 육안확인) | 3시간 45분<br>(드론 촬영 및 영상판독) | 4시간 15분<br>(53%↓) |
| 총 시간 | 10시간 | 4시간 | 6시간<br>(60%↓) |

출처 : 국토교통부 보도자료, 항공기 점검도 이제 드론으로 실시한다. '21.12.16

**〈표 Ⅲ-15〉 항공기 검사 드론-대한항공**



| 제원 | 내용 |
|---|---|
| 크기(㎜) | 1002(W) × 1002(D) × 404(H) |
| 중량(㎏) | 5.5㎏ |

출처 : 국토교통부 보도자료, 항공기 점검도 이제 드론으로 실시한다. '21.12.16

- 국외

- ST Engineering-싱가포르: 2020년 6월 싱가포르 감항당국(CAAS)으로부터 드론 인스펙션에 대한 인가 획득
- Donecle-프랑스: 2019년 AFI KLM E&M과 협력하여 항공기 페인트 품질 검사 완료
- Luftronix-미국: 러시아 제작 항공기 점검 테스트 완료 및 2020년 10월 우크라이나 항공기 점검 수행
- MAINBLADES-네덜란드: KLM E&M 협력 및 항공기 점검 수행 중



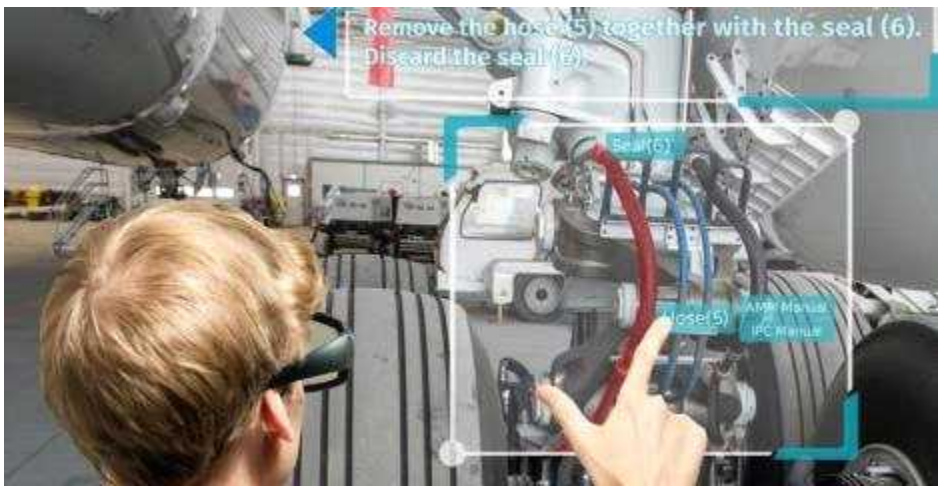

| ST Engineering (싱가포르) | Donecle (프랑스) |
|---|---|
| Luftronix (미국) | MAINBLADES (네덜란드) |

**〈그림 Ⅲ-52〉 해외 항공기 Drone Inspection 사례**

출처 : 각 사 홈페이지

○ AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발

- 국내
  - (주)증강지능 : AR 플랫폼 AK Studio를 개발하여 중장비 엔진 정비, NSK 볼베어링 공작기계 분해 및 조립, B737 랜딩기어 정비 등 다양한 분야에서 교육훈련 컨텐츠로 응용




**〈그림 Ⅲ-53〉 증강지능 AK studio B737 랜딩기어 정비**

출처 : 인공지능신문, 증강지능 대표기업 증강지능, 'AK Studio' 선보인다. '21.3.19

- 국외
  - Rolls-Royce-영국: C-130J AE2100 엔진정비 교육용 VR 소프트웨어 출시하여 미 공군 내 정비 훈련에 도입
  - FL technics-미국: VR 선도기업 Inlusion과 협력하여 복잡한 항공기 정비과정 및 다양한 항공기 고장 상황에 대해 효율적으로 경험해볼 수 있는 B737 역추진 장치 정비 훈련, 활주로 제빙 훈련 등이 가능한 VR 훈련시스템 개발




**〈그림 Ⅲ-54〉 해외 VR 기반 항공기 정비훈련 사례**

출처 : Techworld, '항공기 엔진 정비 훈련, 원격 VR로 익힌다', '20.5.26

○ AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발

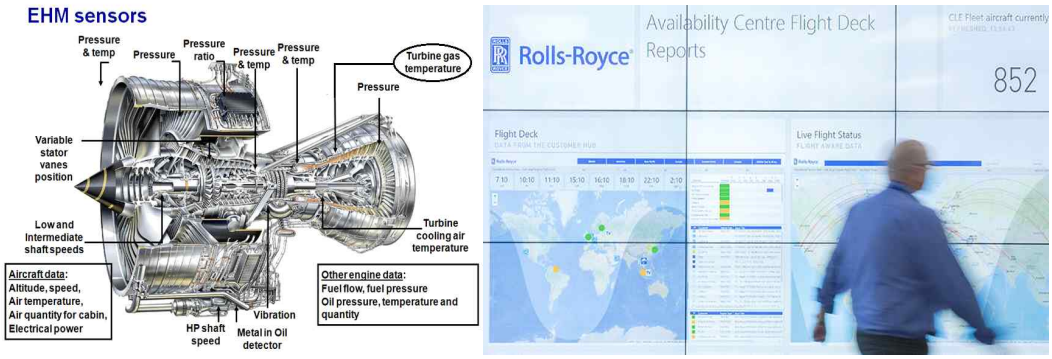
- 국내
  - AI, Big Data 시장은 2017년 기준 글로벌 시장 규모가 1억 9,258만 달러인 것에 비해 560만 달러로 규모가 상대적으로 작았으나 연평균 성장률이 40% 이상으로 예상됨
  - KAI : AI, Big Data 전문업체 코난테크닉스와 협력하여 한국형 전투기 및 UAM에 적용 가능한 AI 기반 PHM 개발 추진 단계
- 국외
  - SAP-독일 : Big Data를 기반으로 항공기의 부품의 센서들을 실시간으로 모니터링하여 운용 항공기들의 수명 및 정비주기를 관리할 수 있는 플랫폼 개발




〈그림 Ⅲ-55〉 SAP Predictive Maintenance

출처 : SAP community blogs 'Commercializing Big Data Opportunities in Aerospace and Defense'

- Rolls-Royce-영국: 항공기 엔진은 비행 시 500GB 혹은 그 이상의 데이터를 생성하며, 이러한 엔진 4,500개의 데이터를 항공기 가용성 센터(Airline Aircraft Availability Center)에서 실시간으로 모니터링하여 항공기 엔진 정비에 필요한 데이터를 제공




〈그림 Ⅲ-56〉 항공기 엔진 센서(좌), Rolls-Royce의 항공기 가용성 센터(우)

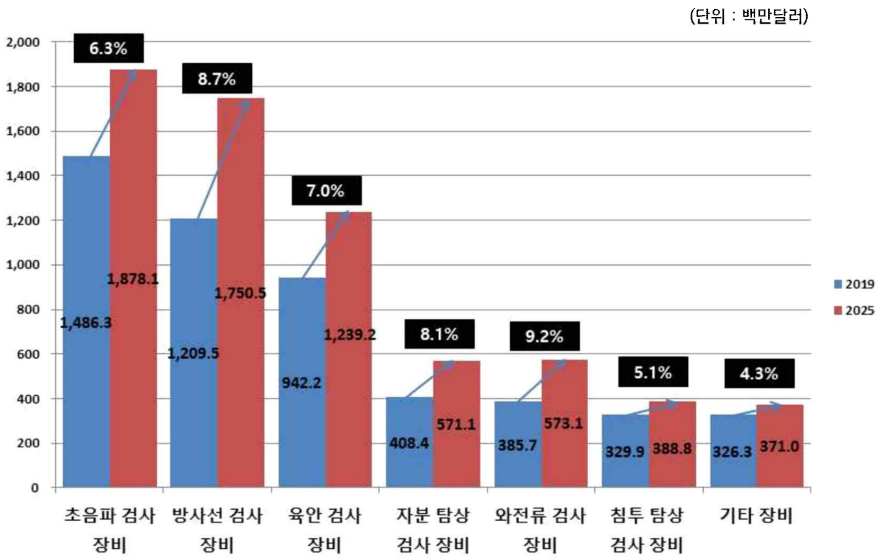
출처 : Global Intelligence for Digital Leaders, 'How IoT is Turning Rolls-Royce into a data fuelled business, '18.1

○ 항공기 기체 및 부품의 손상·결함 검사 및 장비개발

- 국내

- 항공기체 및 부품의 품질 검사를 위해 적용되었던 기존의 파괴 검사 기법은 복합재료의 다양한 결함 검출에 제약이 있음
- 또한 기존 금속합금 항공기에 비해 기본 축적 데이터가 부족하여 복합재료 항공기의 유지 보수에 어려움이 있어 국내 비파괴 검사의 80%를 수입장비에 의존하고 있음
- 비파괴 검사의 중요성을 인식해 2007년 '비파괴검사진흥법'을 만들어 연구개발과 인프라 구축에 투자하고 있음

- 국외
  - B787과 같은 복합재료 항공기의 출현과 더불어 복합재료 동체나 날개에 내재된 결함 검출기법인 비파괴 시험, 평가 기술에 대한 요구 증가
  - Eddyfi NDT-캐나다, Roper Technology-미국, YXLON International-독일, FUJIFILM-일본, Mitras-미국 등이 비파괴 검사 장비 시장 선도
  - 미국비파괴검사협회(ASNT), 영국비파괴검사연구소(BINDT), 국제비파괴검사위원회(ICNDT), 유럽비파괴검사연맹(EFNDT) 등의 미국, 유럽의 단체가 항공기 기체 및 부품의 비파괴 검사 장비에 대한 표준 개발




**〈그림 Ⅲ-57〉 비파괴 검사 방식별 시장 규모, 전망**

출처 : 글로벌 시장동향 보고서, 비파괴 검사 장비 시장, '21.6

○ 항공기 기계장치 고장진단·예지관리(PHM)기술

- 국내
  - 군용 항공기 위주로 PHM을 개발 중. 현재 개발을 추진 중인 KFX 항공기의 경우 주익과 주요 구조물에 센서 장착 및 이를 통한 구조감시(Structural Health) 기능이 부분적으로 체계통합 될 예정임
  - ㈜단암에서 국토해양부 과제의 일환으로 고정익용 구조감시시스템 개발(응용연구개발 수준)이 진행 중이며, 관련 원천기술 개발이 학계에서 부분적으로 지원되고 있음
  - 고정익기에 적용되는 수명관리시스템 및 회전익기에 적용되는 상태 감시 시스템은 비행 후 데이터 분석을 수행하는 세미 실시간 감시시스템 개념이며, 항공기의 결함은 점진적이므로 실시간 감시시스템 연구는 제한적임

- 국산 수리온 헬기의 경우 이미 부분적으로 국산화된 상태감시시스템이 탑재되고 한국항공우주산업(주)은 방사청 주관하에 UTAS, GEA 제품과 유사한 기능/성능 수준을 보유함
- 회전익항공기용 상태감시시스템의 100% 국산화를 목적으로 개발을 (응용 연구개발 단계) 진행 중임

- 국외
  - 미국은 2000년대 초부터 무기 체계의 소요 제기부터 폐기까지의 총 수명주기 비용을 최소화하고 장비 가동률을 향상시키기 위해 사업관리자(Project Manager)에게 소요 제기, 획득, 배치, 운영유지, 성능개량, 비축 및 폐기 등에 대한 모든 사업관리 책임을 부여하는 총 수명주기관리 체계(TLCSM: Total Life Cycle Systems Management)를 추진 중
  - 실천전략의 하나로 상태기반정비(CBM+)를 새로운 무기체계에 적용할 것을 요구하여 아울러 PHM 관련 각종 규격이 제정됨
  - 유럽의 경우, JAR29 OPS3(유럽 감항 규격), CAA693, CAA753, CAP739 (영국 CAA) 및 DEF STAN 00-970(영국 군수 규격)등에 회전익 상태감시 시스템 규격을 명시함
  - FAR29 및 FAR27의 MG15(미)에 회전익 상태감시시스템의 항공기 체계 장착 및 데이터 분석 검증을 위한 내용을 권고 사항으로 명시함
  - FAR의 경우 상태감시시스템의 데이터 분석에 대한 신뢰성을 요구하고 있으나 데이터 분석 기술 개발이 미진하여 아직은 권고 사항으로만 명시함

○ 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술

- 국내
  - 회전익항공기의 블레이드 계통 정비는 국내 전문 정비업체가 존재하지 않아 전적으로 해외 정비업체에 의존하고 있으며, 항공기 운용사는 고가의 정비 비용을 지불하고 있음
  - 초음파 탐상에 의한 결함 탐지는 복합재료 특성으로 발생하는 심한 감쇠 현상과 표면 형상이 곡면인 구조적인 문제로 국내에서는 거의 이루어지지 않았으나, 블레이드 제작 업체의 신뢰성 관리 문제로 인해 이에 대한 요구가 발생하고 있음
  - 국내 복합재 구조물의 비파괴 검사들은 관련 장비의 특수성과 실제 적용

소재 획득의 어려움 때문에 제한적인 조건에서 연구가 진행되고 있으며 국내의 항공기 블레이드의 검사는 주로 파괴검사인 피로파괴에 관한 검사와 FEA를 통한 연구 등이 주로 수행되고 있음

- 국외
  - 중형 소형 블레이드를 사용하는 헬리콥터 분야에 대한 국외기관의 연구 중 가장 앞선 기술을 보유하고 있는 대표적인 기관은 Airbus Helicopter가 있음
  - 독일 연구소에서는 멀티 위상배열초음파(Multi Phase Element Ultrasonic Testing :PE-UT), 공중초음파(Air-coupled ultrasonic testing), 컴퓨터 단층촬영(Computer Tomography :CT), 적외선 열화상 검사(Infrared Thermography), 전단간섭법(Shearography) 등 다양한 복합재료의 비파괴 검사를 수행하고 있음
  - 복합재료를 검사하는 비파괴 검사 방법으로는 CT를 주로 사용하고 있으며, CFRP의 경우 EC145 기종의 꼬리날개 부분과 군용 헬리콥터 프레임과 샌드위치 구조물로 사용되고 있으며 이를 검사하기 위한 방법으로 공중초음파 검사 방법을 일부 이용하고 있음



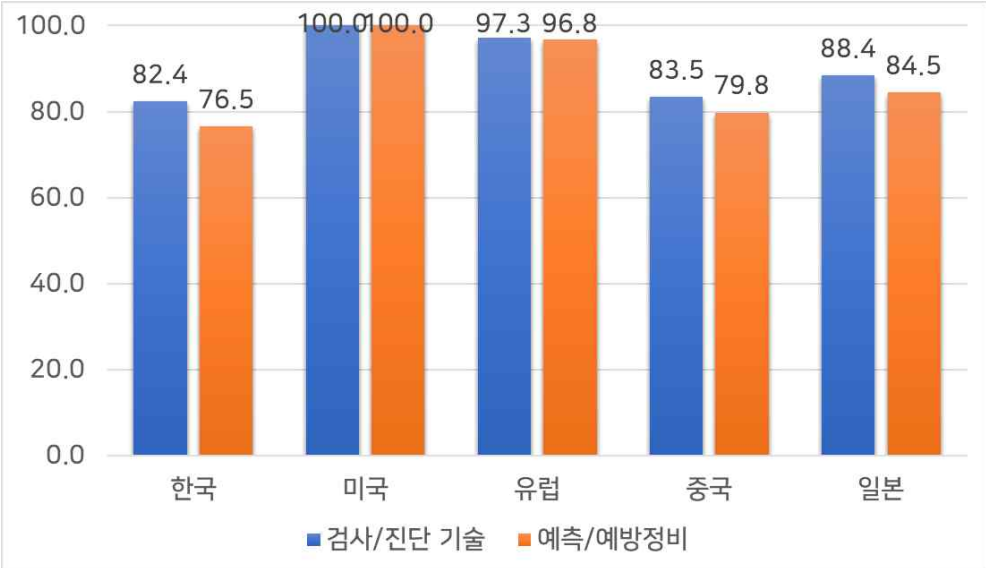

〈그림 Ⅲ-58〉 복합재 수리 기술

출처 : 항공기 엔진 역추진 장치의 핵심정비기술 국산화 개발 기획

### ❒ 국내 기술수준

○ 검사/진단 정비분야는 검사/진단 기술 및 예측/예방정비 기술로 조사를 진행

○ 최고 기술선진국(미국) 대비 검사/진단 정비기술은 약 82%, 예측/예방정비 기술은 약 77% 수준임




〈그림 Ⅲ-59〉 검사/진단 정비 분야 국내 기술수준

### ❒ 기술로드맵

| 중점기술분야 | 중점기술 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 검사/진단 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | | | | | | | | | | |
| | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 | | | | | | | | | | |
| | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 기체 및 부품의 손상 · 결함 검사 및 장비개발 | | | | | | | | | | |
| | 항공기 기계장치 고장진단·예지관리 (PHM)기술 | | | | | | | | | | |
| | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사 · 평가 및 수리기술 | | | | | | | | | | |

〈그림 Ⅲ-60〉 검사/진단 정비 분야 기술로드맵

## 4.4. 개조/제작 부문 총괄

### ❒ 기술 정의

○ B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보

- 화물기 개조(Passenger to Freighter; P2F)는 전자상거래 시장의 지속적 성장과 국제화물 운송량 증가에 따라, 노후화된 여객기를 화물기로 개조하는 기술

- P2F용 대형 부품 제작 공정 및 전용 Tool 개발 기술
- P2F용 동체 설계 기술(Frame, Main Deck Floor, 격막, CGO Door 부 보강재 등)
- 화물 적재시스템(Cargo Loading System) 기술(PDU, Latch, Lock, 작동 시스템)
- 화물기 개조 STC 감항 인증 체계 기술




**〈그림 Ⅲ-61〉 B737 P2F 개조**

출처 : Insider, 'Desperate for more planes, cargo airlines are buying up aging passenger jets', '21.2.27

❍ 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발

- 항공산업 경쟁 격화에 따라 연비향상을 통해 연료비를 절약하며 동시에 더 많은 승객을 태울 수 있는 항공기의 도입 필요성이 커짐에 따라 복합재의 중요성이 증대

| | 보잉 | | 에어버스 | |
|---|---|---|---|---|
| | B777 | B787 | A380 | A350 |
| 탄소복합재 적용비율 | 10% | 50% | 22% | 53% |

자료 : 각사 발표자료.

**〈그림 Ⅲ-62〉 항공기별 탄소복합재 적용 현황**

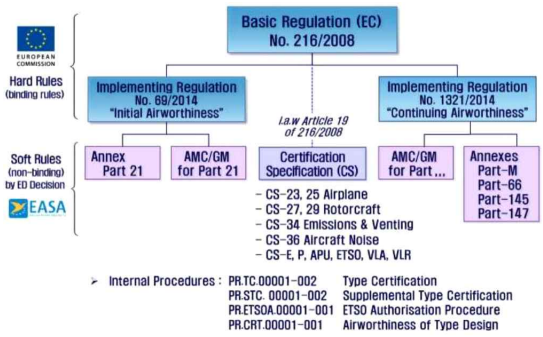
- 현재 신소재(복합소재, 3D프린팅 등)를 적용한 기술개발에 따른 국산 소재 DB 및 인증 인프라 부재
- 항공 정비에 소요되는 소재 자립화를 위한 신소재 개발/적용에 따른 인증체계 및 인프라 구축
- 국산 소재·부품·시험평가·인증지원 One-stop 기반 구축을 통한 자재수급 및 소재부품 산업 경쟁력 확보

❍ 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발

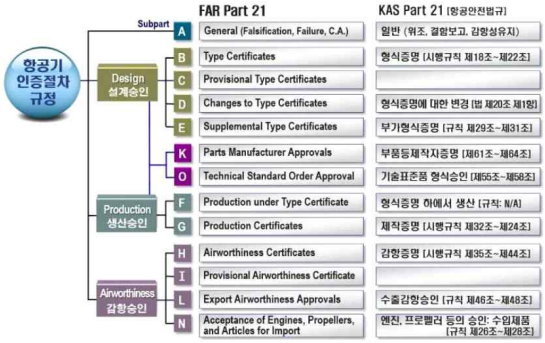
- 부품등제작자증명 항공기, 엔진 등에 해당되는 장비품 또는 부품을 제작하려는 자에 대하여 정비, 개조, 교환 품목의 설계 및 생산 승인을 의미함

- 국산화 항공기 기체 정비품 개조 및 실증기술
- 국산화 기체 정비품 국제항공규격 기준 인증 법령 및 제도 연구

- 기체 정비용 교체부품으로 항공기 조종석 유리창(Windshield), 착륙장치용 고강도 부품군(스트럿, 토오크링크 등), 기계보기류 부품(부싱, 핀 등) 등 제조기술




유럽항공안전청의 항공기 형식증명 절차




미국의 항공기 및 부품 인증 절차

**〈그림 Ⅲ-63〉 해외 항공기 인증 체계**

출처 : 국토교통연구기획사업, '항공기 개조 인증기술개발사업', '20.03.31

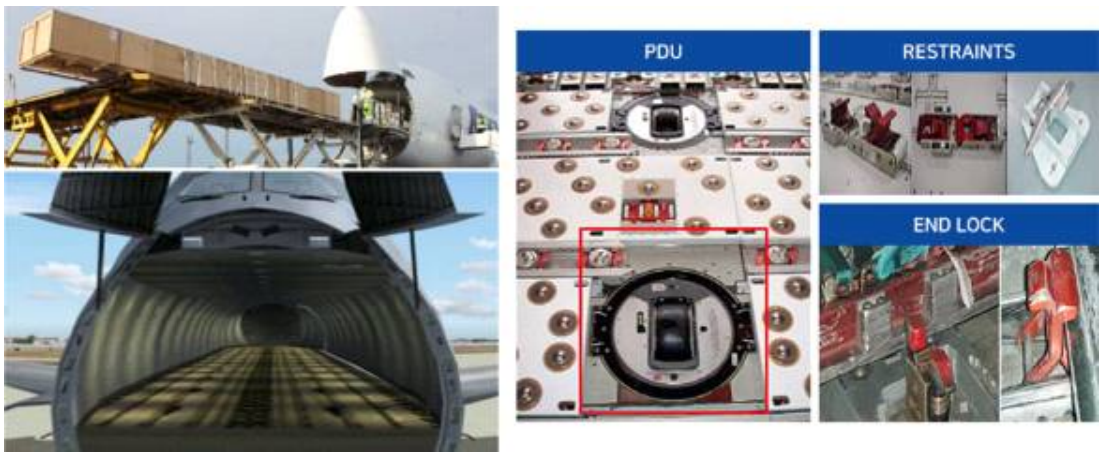
○ 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발

- 캐빈 인테리어의 정비를 위해 국산 부품을 활용한 항공기 캐빈 개조정비 인증기술 개발
- 캐빈 인테리어는 좌석부터 조명까지 여러 항공기 실내 기자재를 포함하고 탑승객의 안전과 직접적인 관계를 가지고 있음
- 캐빈 인테리어는 교체주기가 짧고 감항성에 영향이 적으며 가장 빈번하게 정비가 이루어지지만 국산화 기술이 전무하여 정비를 위하여 외국의 기술과 부품에 전적으로 의존
- 현행 항공안전협정을 수송급 비행기 캐빈 인테리어까지 확대하기 위한 국가 인증체계 선진화

○ 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화

- 항공기의 화물 적재시스템에 사용되는 화물 이송용 볼매트(Ball mat)와 전기식 액츄에이터(감속기 모터 제어보드 내장형)인 PDU의 개발과 시험 장비 국산화 기술
  - 모터 감속기 일체형 액츄에이터 설계 및 개발 기술
  - 과부하 감지, 안전 회로 내장형 모터 구동 PCB설계 및 개발 기술
  - Soft 가감속 모터 구동제어 프로그램 개발

- 고하중지지 경량소재 적용 볼매트 설계, 개발 기술
- PDU 제품의 신뢰성 검사 기술

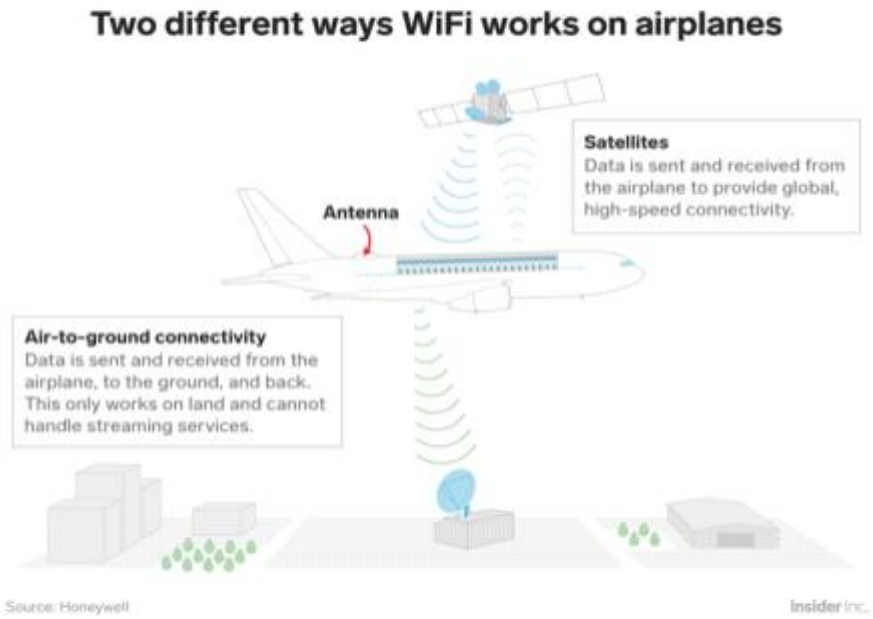



〈그림 Ⅲ-64〉 항공기 화물 이송 PDU

출처 : ㈜은산해운항공 항공정보센터 화물실의 구조

○ IFEC System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발

- 항공기 기내 인터넷 서비스 제공을 위한 IFEC(In-Flight Entertainment and Connectivity) System을 개발하고 위성통신 안테나 및 이를 항공기에 장착 및 보호하고 해당 주파수를 원활하게 수신할 수 있도록 하는 Radome 기술을 개발
- 항공기 기체 및 전자장비 감항성 인증 체계 구축과 SATCOM Antenna 및 Radome 장착 부가형식증명(Supplement Type Certificate) 획득




〈그림 Ⅲ-65〉 위성 방식의 기내 무선 네트워크 서비스 개념도

출처 : Insider Inc, Getting internet while flying can be a nightmare, but that may be about to change, `18.09

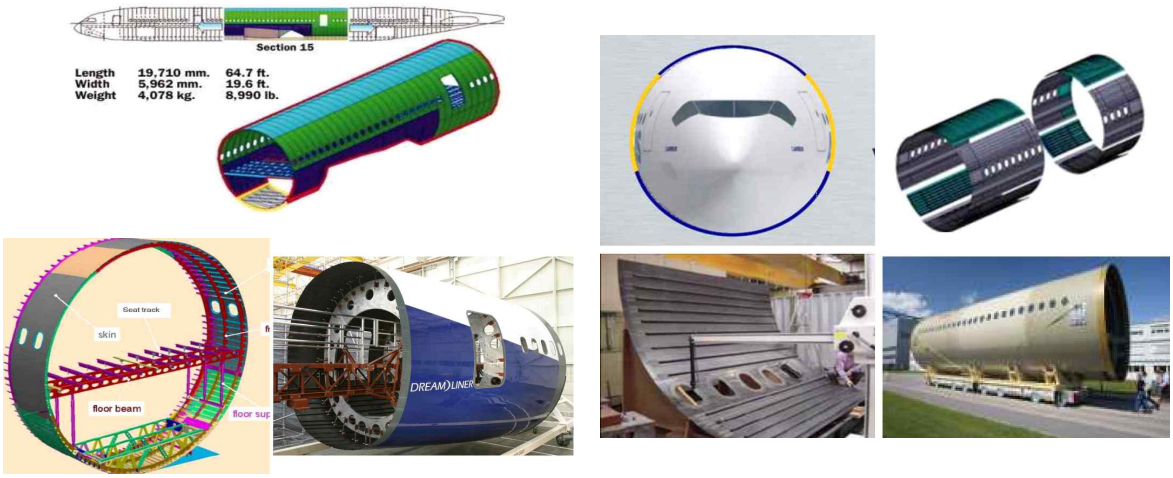
## ❒ 기술 동향

○ B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보

- 여객기를 화물기로 개조하는 업무(P2F)는 매우 기술 집약적인 사업이며, 다음과 같은 기술적/인증 단계를 거침
  - Prototype 지상 개조 및 비행 테스트 관련 Data 수집: 날개 변형(Wing deflection), 동체 가압을 통한 주요 부위 변형 확인, 환경 제어 시스템(ECS) 성능
  - 신규 장착 및 개조 시스템의 개발, 자격 및 인증: 항공 산업 표준 지침 SAE ARP 4754(시스템), RTCA DO-160E(환경), DO-254(하드웨어), DO-178B(소프트웨어) 및 SAE ARP 4761 (안전) 등
  - 감항성 설계 요구 사항 준수 및 해당 FAR / CS Part 25 규정 시연을 위한 지상 및 비행
- 국내
  - 국내 업체는 시설 인력제공만 함으로써 실질적인 항공기 개조 설계 기술은 IAI가 보유하여 개조 설계 기술 획득에는 한계가 있음.
  - 우리나라의 항공기 정비 및 수리기술 수준은 미국의 73.2% 수준으로 6.8년 이상의 기술격차를 보임(KISTEP / 2016)
  - P2F 관련 주요 특허 출원 현황

| 지식재산권명 | 출원인 | 출원국/출원번호 |
|---|---|---|
| 노후항공기의 해체방법 | KAI | 한국/10-1329197 |
| 기 운용 항공기부품 표면 손장 형태에 따른 S-N피로특성 평가방법 | KAI | 한국/10-1329204 |
| 항공기 부품 장착 위치 자동 레이아웃 장치 | KAI | 한국/10-1807102 |
| 항공기 모니터링 시스템 | BOEING | 미국/10-2018-0039570 |
| 이전에 설계된 구성들을 이용한 승객 배열 레이아웃 구현 | BOEING | 미국/10-2017-0042463 |

- 국외
  - 이스라엘항공우주산업(IAI)의 Aviation Group은 정비(MRO), 제트항공기, 여객기/화물기 개조, 항전장비 조립 및 개량, 항공구조를 비롯한 다양한 영역을 책임지고 있으며 전세계 최상급 화물기 개조시설을 보유
  - 성장하는 세계 무역시장, 부패하기 쉬운 물품 운송, 시간에 민감한 상품과 노후된 비행기 대체 수요 등의 요인으로 지속적 화물기 수요가 발생하며, 보잉과 에어버스는 전체 화물 항공기 대수는 2031년까지 약 3,200대로 증가할 것으로 전망함.




〈그림 Ⅲ-66〉 민항기 동체 설계 기술

출처 : 민항기 동체 기술 개발 동향

○ 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발

- 국내
  - 복합재료만을 위한 인증제도는 없으며, 항공기 설계/제작에 대한 형식증명, 제작증명, 부품등제작자증명 등으로 인증 수행 중
  - 기 입증된 재료라 할지라도 제작사가 바뀌면 그 특성의 동등성을 입증하는 동등성시험 수행 필요
- 국외
  - NCAMP-미국 : FAA와 NASA가 개발한 인증 프로그램을 위임받아 항공기용 복합재료 인증절차를 수행 중이며, 데이터베이스를 구축하여 공공에 보급
  - Applus+ Laboratories-스페인, IMA-독일 : 항공복합재 분야에서 재료실험, 구조시험 등 기타 시험설비를 갖추고 주요 시험평가 항목에 대한 인증을 보유하고 있으며, 주요 항공기 제작사의 자체 시험평가관련 인증을 보유

○ 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발

- 국내
  - 소모성 기계 부품류와 비안전 품목 위주의 PMA 품목이 시장에 활용되고 있으나 국내 PMA 제작사례, PMA 파트 인증기술은 전무함
  - OEM의 지적재산권에 대한 진입 및 국외 감항당국의 PMA 인증에 대한 진입 장벽 존재

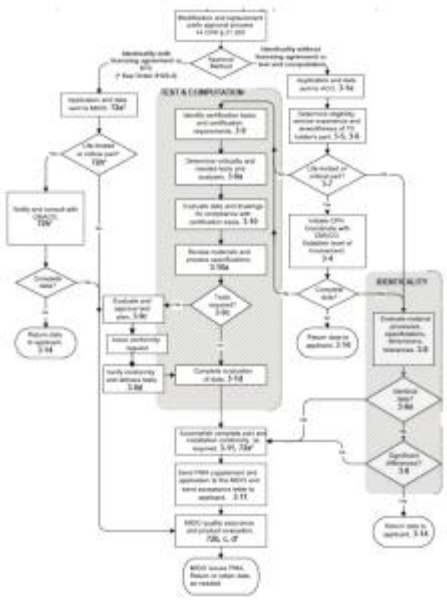
- 현재까지 국내에서 PMA파트를 국산화 및 인증 확보하여 민수용 항공기 정비에 활용한 사례가 없음

- 국외

- 미국의 경우 항공사들은 정비비용을 절감하기 위하여 비표준(Non-OEM) 자재나 수리로 OEM 대체(PMA부품, DER수리 및 잉여자재) 전략을 수립하고 FAA 등은 이를 지원함
- 미연방항공청(FAA) PMA; 원천 장비 제작사가 더 이상 부품을 공급하지 않는, 민간용으로 전환된 군용 항공기에 대해 교환부품을 공급하기 위한 FAA 인증프로그램




【단계별/ 품목별 인증의 종류와 대상】



【PMA 인증절차】

**〈그림 Ⅲ-67〉 인증의 종류와 대상 및 PMA 인증절차**

출처 : 국토교통연구기획사업, '항공기 개조 인증기술개발사업', '20.03.31

○ 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발

- 국내

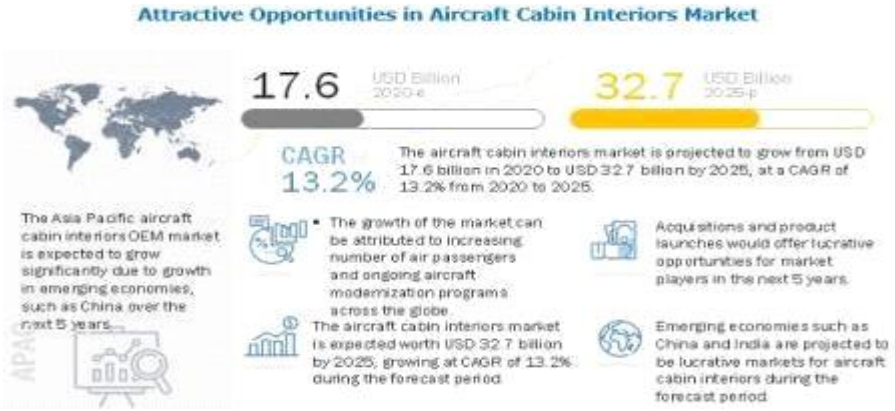
- 항공기 캐빈 인테리어는 감항성 영향이 작음에도 국내 기술은 초보적 단계에 머물러, 제작사 정비지침서에 따라 기본적인 정비만 수행함
- EASA/FAA 인증을 획득한 항공기 수리부품 및 인테리어 부품 제작 국내 업체는 전무하며, 대부분 해외 업체를 통해서 구매 또는 개발을 진행

- 국외

- 항공기 정비 세계시장규모는 2028년까지 연평균 3.2%씩 성장하여 690

억 달러(77조원), 이 중에 캐빈 인테리어 정비는 138억달러(15조원)로 추정되고, 캐빈 인테리어 제조는 13.2%씩 성장하여 327억 달러(37조원)로 전망됨

- EASA POA (Production Organisation Approval)의 경우 유럽에만 1000여개 업체가 인증을 획득하였고, 아시아권에도 중국, 싱가포르, 일본 등 약 20여개 업체가 자격을 획득하여 제품을 제작 및 납품하고 있음




**〈그림 Ⅲ-68〉 항공기 캐빈 인테리어 제조 세계시장 전망**

출처 : marketsandmarkets, 'Aircraft Cabin Interiors Market by Type', '20.8

○ 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화

- 국내
  - 국내는 이에 대한 기반기술 부족으로 대부분 해외에서 개조사업(볼매트, PDU 제품)을 추진하고 있음.
  - Test 장비의 부재로 원천 제조사에 의뢰하여 수리 중
- 국외
  - 미국과 유럽 각국에서 민간 항공기의 Cargo Loading System용 신뢰성이 확보된 이송 볼매트 및 PDU를 생산하고 있음
  - 대상 기술 주요 제조사는 GooDRich(UTC Aerospace Systems), ANCRA(미국), Telair(독일) 등이 있음

**〈표 Ⅲ-16〉 개조관련 국내외 시장규모(추정); 3,053억**

| 국내 시장 | 개조 대상 | 대당 금액 | 개조 시장 규모 |
|---|---|---|---|
| 국내 | 127 대 | 6.4 억원 | 813 억원 |
| 국외 | 350 대 | 6.4 억원 | 2,240 억원 |

※ 대당금액은 B747기종 1대 기준, PDU(2종, 50EA), 볼매트(16종, 16EA) 판단가

출처 : 국적항공기 등록대수 및 기령 현황자료(국토교통부)



〈그림 Ⅲ-69〉 PDU 시험 장비(Cargo PDU test stand)

출처 : BAUER 홈페이지

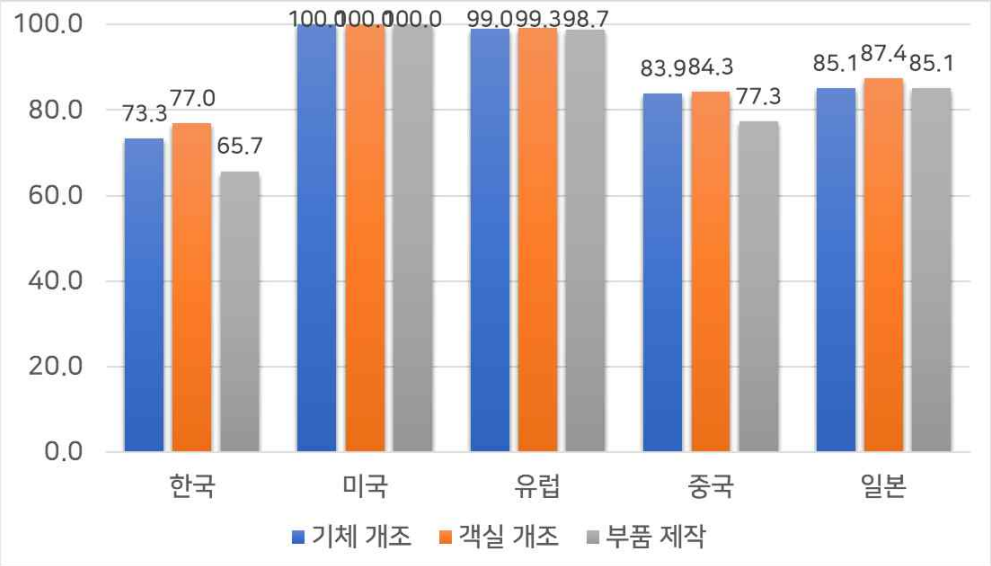
○ IFEC System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발

- 국내
  - 군수용 위성통신 안테나 및 Radome 기술은 상당한 수준에 있으나 기내 위성통신을 위한 민수용 항공기의 Radome 관련 연구는 현재까지 수행된 바 없음. 다만, 한화시스템에서 2020년 항공기 위성통신 안테나 기술을 가지고 있는 Phasor Solutions을 인수
- 국외
  - 기내 무선 인터넷 서비스 및 엔터테인먼트 제공을 위해 기술개발이 활발히 이루어지고 있으며 선진 업체 중심으로 상용화를 구축하고 있음
  - 고고(gogo)는 지대공 방식(Air-To Ground, ATG)에서 위성통신 방식을 혼합한 GTO(Ground-To-Orbit) 방식을 적용하여 활발히 기술이 발전되고 있음
  - 고고와 함께 세계 시장을 점유하고 있는 파나소닉 에비오닉스는 위성통신 방식을 이용한 기내 와이파이 서비스를 제공하며 IFE를 포함하여 공급함으로써 토탈서비스를 제공하고 있음
  - Thinkom의 경우 기내 와이파이 서비스 전문업체인 고고의 파트너 업체로 최신의 Ku-band Satcom system을 공급하고 있으며, Pan 또한, 선진 업체에서는 위성통신의 발전과 더불어 더 많은 Data와 빠른 전송속도에 대한 요구에 대해 향후 추가 영역 대의 위성통신 안테나 기술을 개발하고 있음

### ❒ 국내 기술수준

○ 개조/제작 정비분야는 기체개조 기술, 객실개조 기술, 부품제작 기술로 조사를 진행

○ 최고 기술선진국(미국) 대비 기체개조 기술은 약 73%, 객실개조 기술은 약 77%, 부품제작 기술은 약 66% 수준임




〈그림 Ⅲ-70〉 개조/제작 분야 국내 기술수준

### ❒ 기술로드맵



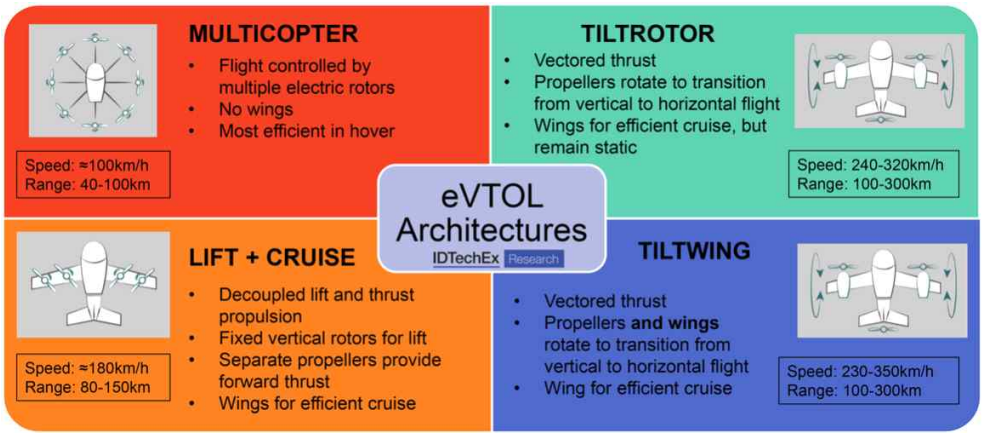

〈그림 Ⅲ-71〉 개조/제작 분야 기술로드맵

## 4.5. 미래기술 부문 총괄

### ❒ 기술 정의

○ 유·무인항공기 전기추진시스템에 대한 항공정비서비스(MRO) 개발

- 전기추진시스템을 갖춘 유·무인항공기 등장에 따라 MRO 서비스 수요 증가가 예상되며, 이에 따른 품질 및 정비 기술 등의 개발
  - 모터/인버터 관련 성능분석 시스템 구축
  - 전기추진 시스템 통합 성능 테스트리그 구축
  - 배터리 신뢰성 및 수명 시험 등을 수행할 수 있는 장비 구축




〈그림 Ⅲ-72〉 전기추진 eVTOL 항공기 종류

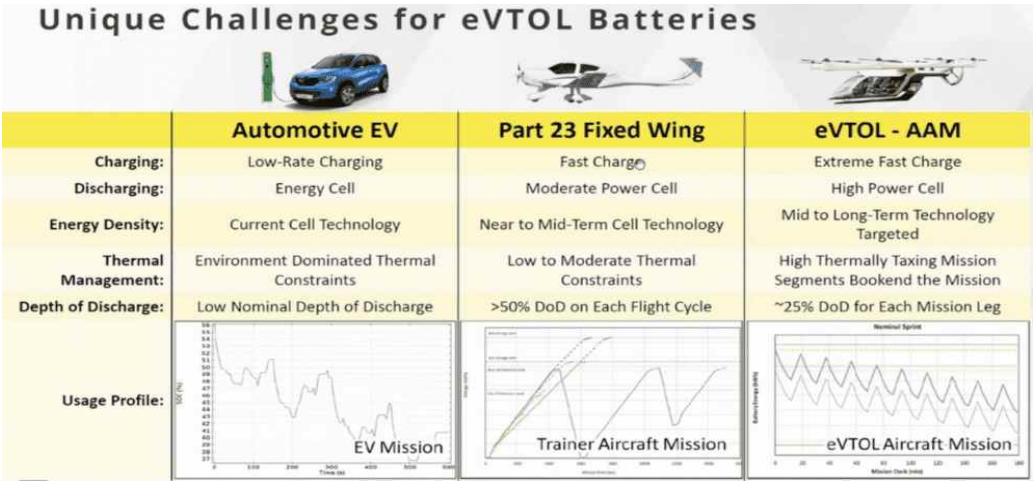
출처 : IDTechEx, Market for eVTOL Air Taxis to grow to $14.7Billion by 2041, 2021

○ 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발

- 안전한 비행을 위해, 배터리 시스템의 결함/퇴화를 명확히 진단하여 최적의 TBO*를 예측할 수 있는 기술 개발

* TBO(Time Between Overhaul) : 정밀검사주기

- 배터리 시스템의 퇴화에 의한 배터리 상태를 빠르게 파악하여, 다음 비행을 위한 배터리 용량, 출력 등의 기본 사항을 만족시킬 수 있는지 판단할 수 있는 기술
- 배터리 결함에 의한 비행사고를 예방하는 것이 매우 중요하기 때문에, 시스템 내 배터리들의 비정상 동작을 감시할 수 있는 기술 개발
- 배터리의 퇴화 및 결함에 의한 이상 동작을 퇴화에 의한 상태 변화인지, 결함에 의한 비정상 거동인지 명확히 구분하여, 다음 비행을 위한 사용 여부를 판단할 수 있는 시스템 개발




〈그림 Ⅲ-73〉 타 운송수단 대비 eVTOL의 배터리 특성

출처 : Aviation today, Why Are Batteries a Problem for eVTOLs?, 21.05.14

❍ 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비기술 개발

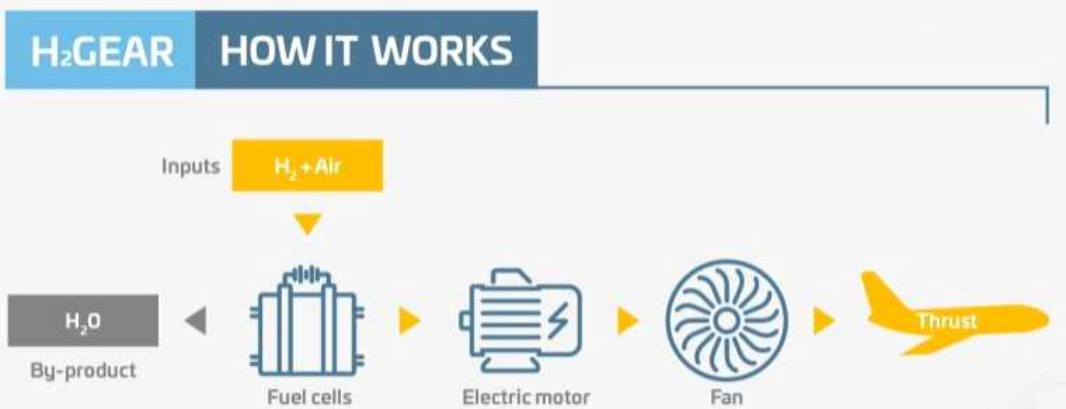
- 미래 수소전기추진 항공기의 원활한 운용을 위한 수소 연료전지 시스템 및 주변 시설들에 대한 진단 및 정비 기술

※ 연료전지 시스템: 연료전지 스택과 주변장치 (M-BOP, E-BOP)를 포함하는 수소연료전지 파워팩

※ 수소저장: 물리적, 화학적 수소저장 방법을 포함한 수소전기추진 항공기에 적합한 다양한 수소저장 방식 (ex. 고압용기, 액화수소, 수소화합물 등)

※ 수소 충전 시설: 수소저장 방식에 따른 적절한 수소충전 방식 (ex, 고압, 액화, 카트리지 등)

- 고출력, 고에너지 밀도가 요구되는 항공용 수소연료전지 시스템(연료전지 스택, M-BOP, E-BOP)에 대한 고장진단 및 정비 기술
- 기체상태 수소의 누출을 효과적으로 진단하고, 이를 정비할 수 있는 기술
- 항공용 수소저장 시스템을 비파괴 방식으로 고장을 진단하고 정비할 수 있는 기술
- 다양한 수소저장 방식에 따른 수소 충전 기술에 대한 진단 및 정비 기술




**〈그림 Ⅲ-74〉 수소전기추진시스템 개념도**

출처 : GKN Aerospace 홈페이지

❍ 항공기 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발

- 메타버스 기반 기체 MRO용 교육 시뮬레이션 정보 수집, 관리 공유 기술 개발
  - 실제 정비 현장 정보 센싱기술
  - 센싱 정보 수집 → 관리 → 가상에서의 공유 기술
- 메타버스 기반 기체 MRO용 가상 모델링 구축 및 증강현실 구현 기술 개발
  - 실제 정비 객체 모델링 구축 및 주기적 갱신 기술
  - 메타버스 공간과 물리적 공간의 증강현실 구현 기술
- 디지털 트윈 활용 최적 유지보수 교육 및 예지보전 기술 개발

- 디지털 트윈 환경 구축기술
- 기체 MRO용 유지보수 최적화 구축 및 관련 교육 프로그램 시현 기술
- 현장 상황인식에 따른 예지보전 확장 기술
- 기체 상태 모니터링(Heath monitoring) 기반 정비 매뉴얼 교육 시뮬레이션 구축 기술

- 메타버스 기반 상황별 정비 맞춤교육(Training) 프로그램 시현 기술 개발
  - 햅틱(Haptic) 활용 정비 상황별 친숙화(Familiarization) 시나리오 구축기술
  - 정비 상황별 맞춤형 교육 프로그램 개발 및 시현기술
  - 정비 인증 체계 기반 매뉴얼 구현 기술
  - 정비 매뉴얼 메타버스기반 시뮬레이션 구축 기술

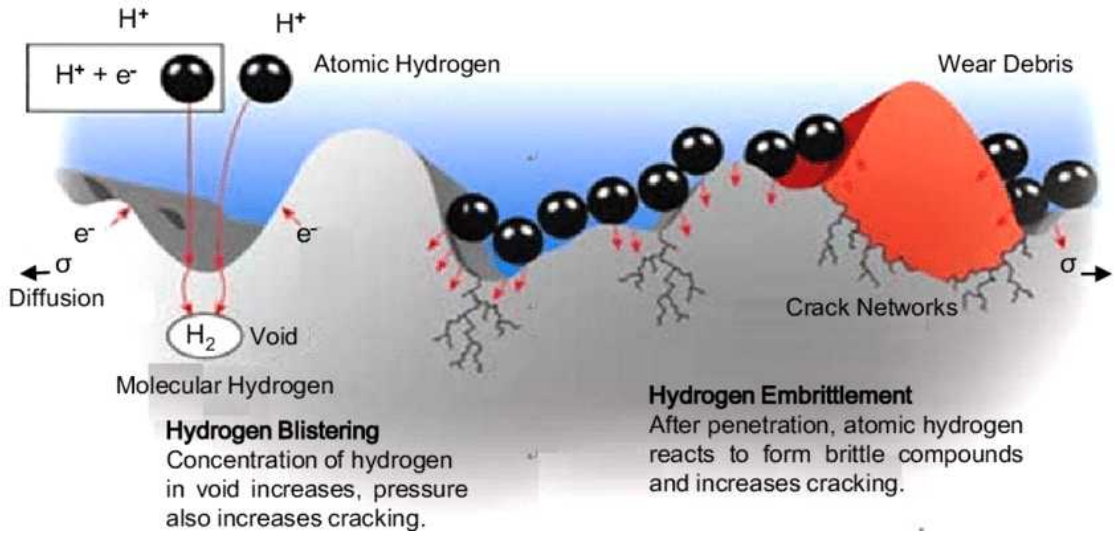



**〈그림 Ⅲ-75〉 모바일 정비 교육 게임 프로그램 예시**

출처 : help.airlines-manger.com, repair my aircraft with Bob

❍ 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성 제한 연소기 소재부품 MRO 공정 기술 개발

- 항공기용 수소 에너지는 이산화탄소 배출이 전혀 없는 친환경 연료이면서 대체에너지로서 미래 에너지 안보를 담당할 수 있는 중요한 에너지원
- 수소 연료가 가스터빈에 사용되면 수소취성(hydrogen embrittlement)에 의해 수소와 접촉하는 부품의 수명이 제한되며, 미래 친환경 에너지 수소터빈 MRO 기술력 확보 및 향상을 목표로 수소터빈용 수소취성 제한 연소기 소재부품 MRO 공정기술 개발 및 소재 Database 구축 수행




〈그림 Ⅲ-76〉 수소취성 예시

출처 ; Wei Xhang, "Evaluation of Susceptibility to Hydrogen Embrittlement—A Rising Step Load Testing Method", Material Sciences and Applications, 2016

## ❒ 기술 동향

○ 유·무인항공기 전기추진시스템에 대한 항공정비서비스(MRO) 개발

- 전기추진 항공기의 추진시스템 핵심부품인 모터/인버터의 경우 일정 기간 운용 후 성능 및 구성부품 단위(베어링 등)의 정비 및 교체 등이 필수적임
  - 국외 항공용 모터 선진사의 경우 400시간 기준 모터 베어링 교체 등을 권장하고 있음
  - RTCA DO-160G기반 높은 고도에서의 수분 및 온도에 따른 모터 및 인버터의 절연성이 노후가 됨에 따라 방수등급 및 절연등급 충족 요구
  - 인버터의 경우 진동, 충격 등에 대해 상대적으로 취약한 특성으로 일정 시간 운용 후 성능 테스트 필요
  - 국내는 전기추진 항공기 실제 운용 사례가 없어 이러한 정비 관련 규정 자체가 마련되어 있지 않음



〈그림 Ⅲ-77〉 eVTOL 전기모터 점검 예시

출처 : Dynapower 홈페이지

○ 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발

- EV* 및 ESS* 등 국내외 배터리를 사용하는 다수의 기기들이 사고 예방을 위한 결함 검출 알고리즘을 탑재하고 있음(정비시에는 상대적으로 정밀한 결함 검출 가능)
  * EV : Electric Vehicle(전기자동차), ESS : Energy Stroage System(에너지저장장치)
- UAM(eVTOL)개발 기업들은 배터리 시스템의 관리 및 고장 진단을 위한 BMS(Battery Management System) 개발을 진행 중임
- 산업부 및 환경부 주관으로 국내외 다수 기관 및 업체들이 배터리 재사용 체계 구축을 위해 리유즈&리사이클 센터 건립 및 잔존 수명 예측 기술 개발 등의 노력을 하고 있음




〈그림 Ⅲ-78〉 EV의 배터리 관리시스템 구성도

출처 : SIEMENS 홈페이지

○ 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비기술 개발

- 주요 해외기업들은 수소연료전지시스템 및 이를 장착한 수소항공기 개발을 활발히 진행하고 있으며, 특히 소형항공기(Light Sport Aircraft, Part 23급) 중심으로 개발 중이고 일부는 시험비행성공 및 인증 추진 중으로 대체로 2025년까지 개발 완료를 목표로 추진 중
- 소형항공기(Light Sport Aircraft, Part 23급)부터 대형항공기 순으로 개발을 추진 중 또는 계획
- 수소기반 eVTOL(Alakai)은 비행제어시스템에 대해 FAA 승인을 받고 2021년 기 상용화 되었으며, 수소연료전지기반 추진시스템 장착 항공기(ZeroAvia)는 FAA experimental certificates를 받아 개발 중
- 해외에서는 Airbus(ZEROe), Alakai(Skai), AeroDelft(Phoenix PT), ZeroAvia(HyFlyer) 등의 기업에서 적극적으로 수소항공기를 개발하고 있음
- 국내에서는 현대자동차, 한화에어로스페이스/한화솔루션, 두산모빌리티, LIG 넥스원 등에서 수소추진 드론 및 UAM 등을 개발하고 있음
- 특히 해외에서는 수소추진 항공기의 상용화를 위해서 인증체계, 안정성 평가, 고장 영향 분석, 안전관리 체계 등 광범위하게 수소전기추진항공기의 상용화를 위한 기술들을 개발하고 있음

※ (Boeing) 항공기용 경량 연료전지 시스템의 안전성 평가

※ (Teledyne energy systems, INC.) PEM 연료 전지 시스템의 고장 및 영향 분석

※ (Honeywell) 항공기 연료전지 및 안전관리 체계 연구연료전지 시스템: 연료전지 스택과 주변장치 (M-BOP, E-BOP)를 포함하는 수소연료전지 파워팩




**〈그림 Ⅲ-79〉 해외 수소추진항공기 관련 인증, 고장, 안전관련 과제 예시**

출처 : FAA, FAA Hydrogen Fuel cell research, 2020

❍ 항공기 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현 및 정비기술 개발

- 국내에서는 NAVER Z - 'ZEPETO', SK Telecom -'Ifland'등 모바일 환경에서 메타버스 즉 가상세계를 아바타를 통해 운영하고 있으나 아직까지는 항공 등 첨단분야에서는 적용이 미흡한 상태임



〈그림 Ⅲ-80〉 가상공간에서의 엔진 시동 점검 예시

출처 : Airbus 홈페이지

❍ 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성 제한 연소기 소재부품 MRO 공정 기술 개발

- 미국, 영국, 독일, 프랑스 등 세계 항공 선진국에서는 중장기적으로 '탄소제로'를 위하여 항공분야에서도 수소연료, 전기추진, 바이오연료과 같은 SAF(Sustainable Aviation Fuel)을 이용하여 다양한 항공기 적용 프로그램을 착수함




〈그림 Ⅲ-81〉 에어버스의 액체수소 가스터빈엔진 항공기 개념도

출처 : Airbus 홈페이지

## ❒ 기술로드맵




〈그림 Ⅲ-82〉 미래기술 분야 기술로드맵

# 별첨

별첨 1. 기술로드맵 추진 경과
별첨 2. 중점추진기술 과제카드
별첨 3. 경제적 파급효과 분석

공 란

# 별첨 1. 기술로드맵 기술수요조사 및 주요 회의

## 1. 기술수요조사

### ❒ 수행방법

○ 국내 항공 정비, 제작 등과 관련된 산·학·연을 대상으로 1~3차에 걸쳐 기술수요조사 설문 수행

### ❒ 조사대상 및 분야

○ 제1차 국토교통과학기술 종합계획(`18~`27)에 부합하고 항공안전 확보, 항공기 인증·정비기술 등 항공산업 육성과 연관된 신규 R&D 기술

○ 항공기, 엔진 및 지상 정비기술 등

○ 정비를 위한 장비 및 시스템 개발 등

○ 부품등제작자증명(PMA), 부가형식증명(STC) 등 항공정비 수행을 위한 인증에 필요한 기술 개발 등

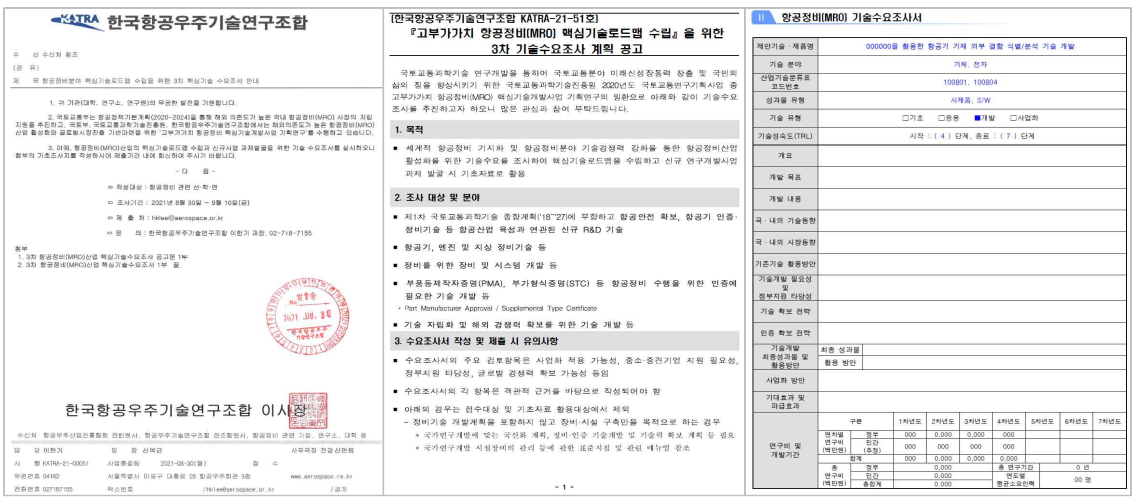
* PMA(Part Manufacturer Approval) / STC(Supplemental Type Certificate)

○ 기술 자립화 및 해외 경쟁력 확보를 위한 기술 개발 등

### ❒ 조사항목

○ 응답기관 정보, 제안기술명, 개요, 개발목표, 개발내용, 국·내외 기술/시장 동향, 기술개발 필요성, 기술확보 전략, 사업화 방안, 기대효과, 연구비 및 개발기간 등

○ 기술수요조사 공문, 공고문, 수요조사서 양식



KATRA 한국항공우주기술연구조합

수 신 수신처 참조

(경 유)

제 목 항공정비분야 핵심기술로드맵 수립을 위한 3차 핵심기술 수요조사 안내

1. 귀 기관(대학, 연구소, 연구원)의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국토교통부는 항공과학기술계획(2020~2024)을 통해 향후 국토도가 높은 유네 항공정비(MRO) 시장의 자립 지원을 추진하고, 국토부, 국토교통과학기술진흥원, 한국항공우주기술연구조합에서는 첨의의존도가 높은 항공정비(MRO) 산업 활성화와 글로벌시장진출 기반마련을 위한 "고부가가치 항공정비 핵심기술개발사업 기획연구를 수행하고 있습니다.

3. 이에, 항공정비(MRO)산업의 핵심기술로드맵 수립과 신규사업 과제발굴을 위한 기술 수요조사를 실시하오니 회부의 기초조사자를 적성하시어 제출기간 내에 회신하여 주시기 바랍니다.

- 다 음 -

⇨ 작성대상 : 항공정비 관련 산·학·연

⇨ 조사기간 : 2021년 9월 30일 ~ 9월 10일(금)

⇨ 제 출 처 : hklee@aerospace.or.kr

⇨ 문 의 : 한국항공우주기술연구조합 이한기 과장, 02-718-7155

첨부

1. 3차 항공정비(MRO)산업 핵심기술수요조사 공고문 1부.
2. 3차 항공정비(MRO)산업 핵심기술수요조사 1부. 끝.

한국항공우주기술연구조합 이사장

수신처 항공우주산업진흥협회 관리본사, 항공우주기술연구조합 전조합원사, 항공정비 관련 기업, 연구소, 대학 등

담 당 이한기 팀 장 신복균 사무국장 전결산만희

시 행 KATRA-21-00051 시업종공일 2021-09-30(별) 결 수

우편번호 04162 서울특별시 마포구 대흥로 26 항공우주회관 3층 www.aerospace.re.kr

전화번호 027787155 팩스번호 /hklee@aerospace.or.kr /공개

[한국항공우주기술연구조합 KATRA-21-51호]

『고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술로드맵 수립』을 위한 3차 기술수요조사 계획 공고

국토교통과학기술 연구개발을 통하여 국토교통분야 미래신성장동력 창출 및 국민의 삶을 향상시키기 위한 국토교통과학기술진흥원 2020년도 국토교통연구기획사업 중 고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술개발사업 기획연구의 일환으로 아래와 같이 기술수요조사를 추진하고자 하오니 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

1. 목적

- 세계적 항공정비 기지와 및 항공정비분야 기술경쟁력 강화를 통한 항공정비산업 활성화를 위한 기술수요를 조사하여 핵심기술로드맵을 수립하고 신규 연구개발사업 과제 발굴 시 기초자료로 활용

2. 조사 대상 및 분야

- 제1차 국토교통과학기술 종합계획('18~'27)에 부합하고 항공안전 확보, 항공기 인증·정비기술 등 항공산업 육성과 연관된 신규 R&D 기술
- 항공기, 엔진 및 지상 정비기술 등
- 정비를 위한 장비 및 시스템 개발 등
- 부품등제작자증명(PMA), 부가형식증명(STC) 등 항공정비 수행을 위한 인증에 필요한 기술 개발 등
  - Part Manufacturer Approval / Supplemental Type Certificate
- 기술 자립화 및 해외 경쟁력 확보를 위한 기술 개발 등

3. 수요조사서 작성 및 제출 시 유의사항

- 수요조사서의 주요 검토항목은 사업화 적용 가능성, 중소·중견기업 지원 필요성, 정부지원 타당성, 글로벌 경쟁력 확보 가능성 등임
- 수요조사서의 각 항목은 객관적 근거를 바탕으로 작성되어야 함
- 아래의 경우는 전수대상 및 기초자료 활용대상에서 제외
  - 정비기술 개발계획을 포함하지 않고 장비·시설 구축만을 목적으로 하는 경우
    - * 국가연구개발에 맞는 국산화 계획, 정비·인증 기술개발 및 기술력 확보 계획 등 필요
    - * 국가연구개발 시설장비의 관리 장애 관련 표준지침 및 관련 매뉴얼 등록

- 1 -

II 항공정비(MRO) 기술수요조사서

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 제안기술 · 제품명 | 000000을 활용한 항공기 기체 외부 결함 식별/분석 기술 개발 | | | | | | | |
| 기술 분야 | 기계, 전자 | | | | | | | |
| 산업기술분류표 코드번호 | 100801, 100804 | | | | | | | |
| 성격을 유형 | 시제품, S/W | | | | | | | |
| 기술 유형 | □기초 □응용 ■개발 □사업화 | | | | | | | |
| 기술성숙도(TRL) | 시작 : ( 4 ) 단계, 종료 : ( 7 ) 단계 | | | | | | | |
| 개요 | | | | | | | | |
| 개발 목표 | | | | | | | | |
| 개발 내용 | | | | | | | | |
| 국 · 내외 기술동향 | | | | | | | | |
| 국 · 내외 시장동향 | | | | | | | | |
| 기존기술 활용방안 | | | | | | | | |
| 기술개발 필요성 및 정부지원 타당성 | | | | | | | | |
| 기술 확보 전략 | | | | | | | | |
| 인증 확보 전략 | | | | | | | | |
| 기술개발 최종성과물 및 활용방안 | 최종 성과물 | | | | | | | |
| | 활용 방안 | | | | | | | |
| 사업화 방안 | | | | | | | | |
| 기대효과 및 파급효과 | | | | | | | | |
| 연구비 및 개발기간 | 구분 | | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 6차년도 | 7차년도 |
| | 연차별 연구비 (백만원) | 정부 | 000 | 0,000 | 0,000 | 000 | | | |
| | | 민간 (추정) | 000 | 000 | 000 | 000 | | | |
| | | 합계 | 000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | 총 | 정부 | 0,000 | | | 총 연구기간 | 0 년 | | |
| | 연구비 (백만원) | 민간 | 0,000 | | | 연도별 평균소요인력 | 00 명 | | |
| | | 총합계 | 0,000 | | | | | | |

### ❒ 기술수요조사(2021.02.17 ~ 2021.09.10.)

○ 1~3차 기술수요조사 결과 총 51건 접수

○ 기술수요조사 기간 및 접수 결과

| 구분 | 1차 | 2차 | 3차 |
|---|---|---|---|
| 수행일시 | '21.2.17 ~ 3.10 | '21.4.12 ~ 4.30 | '21.8.30 ~ 9.10 |
| 접수결과 | 11건 | 15건 | 25건 |

## 2. 기획위원회 운영

## 2.1. 기획위원회 착수회의 및 1차 분과회의('21.06.10)

### ❒ 개요

○ (목적) 항공정비(MRO) 핵심기술 로드맵 수립 및 상세기획을 위한 기획위원회 발족 및 추진계획 논의

○ (時/所) `21.6.3(목), 14:00~17:00, 비앤디파트너스 서울역점 2+3호실*

* 정부 코로나19 대응 규정 준수(zoom 회의), 일부 기획연구진 대면회의 진행

○ (참석) 국토교통부(주무부처), 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 한국항공우주기술연구조합(주관연구기관), 기획 및 자문위원 총 27명

### ❒ 주요 논의사항

(1) 기획위원회 분과 구성

○ 항공정비(MRO) 수립을 위한 분과 역할 및 분과위원장 선정

- 항공정비(MRO) 핵심기술로드맵 및 과제발굴을 위해 ① 기체·기계·보기, ② 엔진, ③ 전기·전자·SW, ④ 인증, 총 3개 분과 및 1개 자문위원단으로 구성, 각 분과위원장은 다음과 같이 선정

  • (기체·기계·보기) 한국항공대학교 고상호 교수
  • (엔진) 한화에어로스페이스 안종기 수석
  • (전기·전자·SW) LIG 넥스원 염철문 자문위원
  • (인증) KM&I 이강이 본부장

(2) R&D 과제 발굴 및 핵심기술로드맵 수립 절차

❍ 1단계: 기술수요조사 실시

- (목적) 국내 항공정비(MRO) 핵심기술 및 R&D 과제 발굴을 위한 기술수요 조사
- (조사대상) 항공정비(MRO) 관련 산·학·연
- (조사기간) 1차: '21년 2월 17일 ~ '21년 3월 10일
  2차: '21년 4월 12일 ~ '21년 4월 30일
- (조사결과) 세부과제 단위 기준 총 26건 기술수요 발굴

❍ 2단계: 기술개발 과제 후보군 도출

- (분과별 분류) 1단계에서 발굴된 기술수요조사를 분과별 분류
- (과제 후보군 도출) Bottom-up 기술수요 26개 기술 검토 및 분과별 Top-down 기술 제안을 통한 핵심기술후보군 도출*

  * 스크리닝 기준: 핵심기술 적정성, 핵심기술 통합 및 중복기술 제거, 인증자문단 의견 반영

❍ 3단계: 핵심기술 우선순위 평가 실시

- 우선순위 평가를 위한 항목의 적절성 검토 의견서 작성
- 대면 참석자는 의견서 작성 및 제출, 온라인 참석자는 이메일 회신
- 2차 분과위에서 확정된 평가항목의 가중치 도출을 위한 AHP 설문조사 진행 예정
- (평가항목) 평가항목 확정 후 AHP 설문조사를 활용하여 다음 평가항목 별 가중치 도출 예정

| 평가항목 예시 | | 내용 |
|---|---|---|
| 시장성 | 시장매력도 | 글로벌 항공정비산업 내 시장 창출 및 선점이 충분한 수요기술인가? |
| | 시장수요 | 급변하는 환경에 대응하는 수요기술인가? |
| | 미래 성장잠재력 | 미래 신시장을 창출할 수 있는 성장력을 보유한 기술분야인가? |
| R&D 성공가능성 | 기술개발수준 | 선진국 대비 국내 기술경쟁력은 어느 정도 수준인가? |
| | 연구개발역량 | 국내에서 해당 기술을 연구개발할 수 있는 역량(인적, 물적, 지적 자원 등)은 충분한가? |
| 기술개발 시급성 | 기술구현 시기의 적절성 | 기술개발을 통해 적시에 항공정비산업 발전에 기여하는가? |
| | 기술개발확보 필요성 | 기술적 중요도는 높으나 기술수준이 낮아 조기 확보가 필요한 기술인가? |
| 정부지원 필요성 | 공공투자 타당성 | 민간이 아닌 정부 예산을 투자가 필요한 기술분야인가? |
| | 정부지원의 시급성 | 글로벌 경쟁 또는 미래시장 선점을 위해 해당 기술개발이 시급한가? |
| 파급효과 | 항공정비산업 내 파급효과 | 해당 기술개발을 통해 국내 항공정비산업의 경쟁력 확보에 기여하는가? |
| | 국민경제에 미치는 영향 | 국민경제 측면에서 경제적 파급효과가 높은 기술인가? |

- (우선순위 평가) 과제 후보군 대상으로 각각의 평가항목에 대한 절대평가(1~10점)를 수행하고, 가중치를 적용하여 우선순위 도출

○ 4단계: 후보과제 도출 및 핵심기술로드맵 수립

(3) 인증자문위원단 운영방안

○ 인증자문위원단은 분과별로 도출된 항공정비(MRO) 핵심기술의 상용화를 위한 인증방안 도출 및 자문 수행

- 별도 분과 분류 없이 자문위원으로 활동
- 인증역량 확보를 위한 Top-down 인증 관련 기술수요 제기
- 분과별 연계를 통해 기술/과제의 상용화를 위한 인증방안 도출 등 자문 및 과제카드 작성 활동

**❒ 착수회의 사진**




## 2.2. 2차 분과회의(`21.07.01/06/21)

**❒ 개요**

○ (목적) 분과별 도출된 핵심기술후보군에 대한 개략 과제카드 작성

○ (時/所) `21.7.1일, 6일, 21일 비앤디파트너스 서울역점 회의실

- 엔진 분과 : 7월 1일 09~12시, 11호실
- 기체/기계/보기 분과 : 7월 6일 14~17시, 6호실
- 전기/전자/SW 분과 : 7월 6일 13~16시, 11호실
- 인증자문위 : 7월 21일 14~16시, 온라인

* 정부 코로나19 대응 규정 준수, 일부 분과위원 화상회의 진행

○ (참석) 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 한국항공우주기술연구조합(주관연구기관), 분과위원 총 23명

### ❐ 주요 논의사항

(1) 기체/기계/보기 분과

○ 핵심기술후보군 13개 과제 도출 및 과제카드 담당자 지정

| 순번 | 과제명 | 담당자 |
|---|---|---|
| 1 | 복합재 스킨 수리기술개발 | 남명관 |
| 2 | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사/성능평가 및 수리/인증기술 | 김상우 |
| 3 | 화물기 개조사업 | 신의진 |
| 4 | 3D 스캐닝/프린트 기술을 활용한 제품 모델링 및 치공구 개발 | 정순학 |
| 5 | 항공정비 적용 소재개발 및 신소재인증기술개발 | 양용만 |
| 6 | 항공기 정비용 부품 개발 및 부품등제작자증명(PMA) 기술 개발 | 최호준 |
| 7 | 항공기 Brake (heat sink) 국산화 | 정순학 |
| 8 | 항공기용 타이어 국산화 및 main tire thread re-copy 공정 개발 | 정순학 |
| 9 | 헬기 동력전달시스템의 창정비급 MRO 공정 기술 개발 | 권진회 |
| 10 | Cargo PDU (Power Drive Unit) Test 장비 개발 | 정순학 |
| 11 | 회전 및 경사 제어식 레이저 초음파/변위 센싱 기반 Radome 손상 자동 판별 장비 개발 | 김상우 |
| 12 | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 응답예측, 시험평가 및 손상진단 기술 | 고상호 |
| 13 | 기계장치 고장진단예지관리(PHM) 기술 | 고상호 |

(2) 엔진 분과

○ 엔진 MRO 기술 및 산업 특성 논의

- OEM 정비 네트워크 가입 및 장비, 시설 등 인프라 선 구축 필요
- 정부지원 R&D 사업 지원 대비 업체 업무 부담 가중
- 자체 수리공정기술 및 부품 개발 시 국내 한정 사용만 가능

○ 후속 논의 계획

- 대한항공, 아시아나 대상 실제 필요기술 논의(7/9)
- 엔진 분과 후속 온라인 회의 개최(7/13, 10:30~12:00)

(3) 전기/전자/SW 분과

○ 핵심기술후보군에 대한 과제화 논의

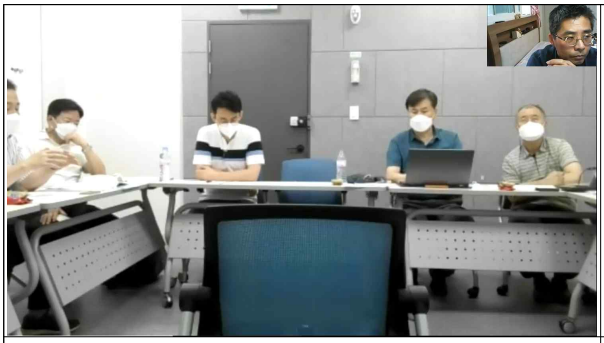
- 기술수요조사 4개 기술 중 R&D 사업화 가능 과제 없음
- 항전장비/부품 정비를 위한 기술 개발 시 장비, 시설 구축이 우선되어야 관련 기술 개발이 가능함

(4) 인증자문위원회

○ 항공정비 인증 자립화를 위한 핵심기술후보군 검토/도출 및 과제카드 작성

- 1~2차 기술수요조사서의 인증 연계 방안 검토
- 핵심기술후보군 도출 및 과제카드 작성

**❒ 2차 분과위원회 사진**

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>기체/기계/보기 분과</td><td>엔진 분과</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>전기/전자/SW 분과</td><td>인증자문위원회</td></tr>
</table>

## 2.3. 3차 분과회의(`21.10.05~07)

**❒ 개요**

○ (목적) 3차 기술수요조사 결과 검토, 1~2차 과제카드와 통합 및 신규 작성, 향후 기술로드맵 수립 일정 공유

○ (時/所) `21.10.5~7일, 비앤디파트너스 서울역점 회의실

- 10월 5일(화) 14시~17시 : 전기/전자/SW 분과
- 10월 6일(수) 09시~12시 : 인증자문위원단
- 10월 6일(수) 14시~17시 : 엔진 분과

- 10월 7일(목) 14시~17시 : 기체/기계/보기 분과
  * 정부 코로나19 대응 규정 준수, 일부 분과위원 화상회의 진행

○ (참석) 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 한국항공우주기술연구조합(주관연구기관), 분과위원 총 24명*

**❒ 주요 논의사항**

(1) 기체/기계/보기 분과

○ 3차 기술수요조사서 검토 및 추가 핵심기술후보군 10개 과제 도출 및 과제카드 담당자 지정

| 순번 | 과제명 | 담당자 |
|---|---|---|
| 1 | 신기종 항공기 기체 중정비 능력 개발 | 신의진 |
| 2 | Repair Clave를 활용한 항공기 복합재 수리 기술 개발 | 신의진 |
| 3 | 국산헬기(관용) 기체창정비 기술(수리매뉴얼) 개발 | 권진회 |
| 4 | 자체기술 개발을 통한 Electrical Brake 정비능력 개발 | 고상호 |
| 5 | 항공기 Engine Pneumatic Starter Test 장비개발 및 공압부품 Test 장비 현대화 | 남명관 |
| 6 | 균질 성형 기술을 이용한 경량 항공기용 단조 부품 국산화 개발 | 최호준 |
| 7 | 항공기 화물 이송 볼매트, 및 PDU(Power Drive Unit) 제품 개발 | 정순학 |
| 8 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 | 김상우 |
| 9 | 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 | 최호준 |

(2) 엔진 분과

○ 엔진 MRO 오버홀 기술 및 부품 수리기술 2개 핵심기술후보군 도출 및 과제카드 담당자 지정

| 순번 | 과제명 | 담당자 |
|---|---|---|
| 1 | 상용엔진 오버홀 기술 개발 | 김우철 |
| 2 | 차세대 항공 엔진 부품 수리기술 개발 | 안종기 |

(3) 전기/전자/SW 분과

○ 3차 기술수요조사서 검토 및 추가 핵심기술후보군 4개 과제 도출 및 과제카드 담당자 지정

| 순번 | 과제명 | 담당자 |
|---|---|---|
| 1 | 항공 전기/전자 부품 진단 및 시험 장비 개발 | 박용철 |
| 2 | AI, 빅데이터 기반 ICT를 활용한 정비 시스템 개발 | 홍교영 |
| 3 | AR/VR을 활용한 정비 시스템 개발 | 박찬휘 |
| 4 | 차세대 객실 엔터테인먼트 시스템 및 STC 기술 개발 | 이상훈 |

### (4) 인증자문위원단

○ 3차 기술수요조사서 검토 및 기존 핵심기술후보군 1개 과제 보완

| 순번 | 과제명 | 담당자 |
|---|---|---|
| 1 | 국산부품 활용 항공기 캐빈 개조정비 인증 체계 개발 | 이강이 |

### (5) 공통

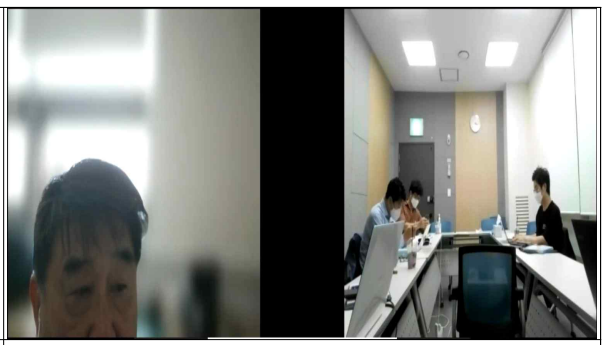
○ 우선순위평가항목 수정

| 번호 | 평가항목 | | 내용 |
|---|---|---|---|
| 1 | 기술성 | ① 기술·시장경쟁력 | 최종 목표 달성 시 항공 MRO 산업 시장에서 경쟁력/시장우위을 확보할 수 있는가? |
| | | ② 연구개발역량 | 국내에서 해당 기술을 연구개발 할 수 있는 역량(인적, 물적, 지적 자원 등)은 충분한가? |
| | | ③ 항공산업 파급효과 | 해당 기술개발을 통해 국내 항공산업의 파급효과(산업발전을 위한 고용, 해외 의존도 감소 등)가 높은 기술인가? |
| 2 | 필요성 | ④ 국가전략과의 부합정도 | 국가 중장기 기본계획(항공정책기본계획, 항공정비(MRO) 산업 경쟁력 강화방안('21.8)) 등과의 부합성이 높은가? |
| | | ⑤ 정부지원의 타당성 | 기술개발목표 및 개발내용을 고려할 때, 국고지원을 통한 정부 지원 필요성이 있는가? |
| | | ⑥ 기술개발 필요성 | 현재 및 미래 시장 수요를 고려할 때 국내 수요를 충족하고 해외 의존도를 감소시킬 수 있는 기술인가? |

### ❒ 3차 분과위원회 사진



기체/기계/보기 분과



엔진 분과



전기/전자/SW 분과



인증자문위원회

## 2.4. 미래기술 분과회의(`21.11.24~25)

### ❒ 개요

○ (목적) 항공정비(MRO) 미래기술 로드맵 수립을 위한 분과위원회 구성 및 핵심기술 도출

○ (時/所/기획위원)

- `21.11.24, 14~16시, 온라인, 김학철
- `21.11.25, 09~11시, 온라인, 국태승, 김승곤, 김정완, 안종기

○ (참석) 국토교통과학기술진흥원(전문기관), 한국항공우주기술연구조합(주관연구기관), 미래기술 분과위원* 총 7명

### ❒ 주요 논의사항

○ '고부가가치 항공정비 핵심기술개발사업 기획연구 소개

○ 핵심기술후보군 도출

- 핵심기술 후보군(안)

① 신개념 항공기(eVTOL/eCTOL/수소항공기 등) 정비기술

② 전기추진시스템* 정비기술

* 이차전지(리튬-이온배터리) 기반 추진시스템, 수소연료전지기반추진시스템

③ 항공용 수소연료엔진(Hydrogen Fueled Engine) 정비기술 등

○ 과제카드 및 핵심기술로드맵 작성

### ❒ 3차 분과위원회 사진



## 2.5. 총괄기획위원회(`21.12.07)

### ❒ 개요

○ (목적) 고부가가치 항공정비(MRO) 기술로드맵 기획위원회 수행 결과로 도출된 중점 추진기술에 대한 심의

○ (時/所) `21.12.07~08, 서면 심의

○ (대상자) 총괄기획위원회(분과위원장 3명, 인증자문위원장 1명) 총 4명

### ❒ 주요 논의사항

○ 분과위원회에서 도출된 중점기술에 대한 우선순위 평가 결과, 중점 추진기술 도출 결과 검토 및 심의

- 우선순위 평가 결과 확정
- 중점 추진기술 도출 결과 확정

# 별첨 2. 중점추진기술 과제카드

| 관리번호 | | 2021-기체-1 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 복합재 스킨 수리 기술 개발 |
| | 1세부 | 항공기 MRO 복합재 수리 인증 국내외 법령 및 제도 연구 |
| | 2세부 | 항공기 MRO 복합재 제작공법 연구를 통한 적용 연구 |
| | 3세부 | 항공기 복합재 수리검사/해석기술 방법 연구 |
| | 4세부 | 항공기 복합재 MRO 부품 정비/수리능력 기술개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공기 성능 향상을 위해 기체 구조재료의 중량 대비 강도 증가를 위하여 기존 합금 재료가 담당하던 구조 부분을 탄소섬유 등 화학 재료의 조합을 통해 경량/고강도의 복합재료가 개발-대체되었고, 최신기종의 경우 복합재료의 활용률이 항공기 구조물의 50% 정도까지 부분을 차지하고 있음
이러한 복합재료로 제작된 부품에 발생한 빈도 높은 손상을 원래 강도로 회복 시킬 수 있는 MRO 관련 기술

ㅇ (필요성) 항공기 제작사에서 제공된 수리메뉴얼에 근거한 제작 공정을 자체적으로 정확하게 수행할 수 있는 물적·기술적 자원이 충분하게 마련되어 있지 않아, 요구되는 강도를 회복하지 못한 상태로 항공기를 운용할 경우, 항공기 감항성 확보에 영향을 줄 수 있음. 자체 수리를 못 할 경우 제작사의 도움을 받아 복구될 때까지 항공기를 지상에 세워 두어야 하는 상황 발생

ㅇ (기술적) 복합재료의 소재 특성 분석, 성능 해석, 정형화된 수리 공정, 가공 경화 등 수리를 위한 장비, 항공기 지원 현장에서의 신속한 수리 절차 등 복합재 부품의 정확한 수리를 위한 기술 확보가 요구됨

ㅇ (경제적)
- 복합재료 부품의 손상 발생 시 가벼운 손상의 경우 임시 수리 방법을 적용하여 운용하더라도 주기적인 점검 수행과 영구적인 수리 방법을 적용하여야 하는 시간제한을 갖게 되기 때문에, 수리는 반드시 수행해야 하지만, 기술 종주국에 의존해야 하는 상황하에서 지속적인 국부 유출이 지속되고 있음
- 기술개발을 통해 LCC를 포함한 국내 항공시장의 복합재료 수리 영역의 수요를 충족시키고, 잉여 기술력을 국제시장에 공급할 경우 추가적인 수익을 창출할 수 있음
- 국내 MRO 시장은 2014년기준 3.2 ~ 3.4조원 수준으로 연평균 4% 이상의 성장을 하고 있음. 하지만 산업 기반이 미처 형성되지 못하여 민간 MRO 수요의 절반을 해외에 외주로 처리되고 있음

ㅇ (정책적) ICAO, FAA, EASA 등 국제기관 및 국가 간 상호인증, 국토교통부의 수리·개조 승인

등의 제도적 장치를 확보하여 개발된 기술이 활발하게 적용될 수 있는 방법의 검토가 병행되어야 함

## 2. 연구목표

- **최종목표 : 항공기 복합재료 수리 기술 개발**
  **(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 8단계)**
  - 복합재료 부품 제작 단계에서의 성능으로 복구할 수 있는 가공 기술
  - 가공 기술 적용을 위한 소요 장비 개발
  - 복합재 제작 방법에 따른 수리 공정 개발
  - 공정해석 및 모니터링 기수 개발
  - 수리 재생 부품의 신뢰성 평가 기술 개발

## 3. 지원기간/예산/추진체계

- **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |

- **정부출연금** : 총 200억원 (총 정부출연금 170억원)
- **민간투자** : 총 30억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
- **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소, 공공기관

## 4. 인증 추진방안

- 항공용 소재인증 관련 법령 및 제도 선진화
- 항공 소재인증센터 구축을 통한 인증지원
- 해외 항공 선진국의 항공용 정비 소재인증시스템 확보 및 연구

## 5. 기대효과

- 증가하는 항공기 복합재료 부품의 국내 수요 수용
- 확보된 기술 자원의 해외 시장 진출

| 관리번호 | | 2021-기체-2 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사·평가 및 수리기술 |
| | 1세부 | 복합재 블레이드 내외부 결함 검출 및 평가기술 개발 |
| | 2세부 | 복합재 블레이드 부분 수리기술 개발 |
| | 3세부 | 복합재 블레이드 충돌손상 분석기법 및 충돌모사기법 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 회전익항공기 블레이드에 대한 제한된 수리환경과 복합재 블레이드 수리의 난해함은 창정비 검사, 수리, 유지보수를 포함한 모든 정비를 해외에 의존하는 결과를 야기함. 대표적으로 회전익항공기가 운행 중 발생하는 단순하고 경미한 사고, 조류나 우박에 의한 충돌, 지상 이동 시 발생할 수 있는 외부 구조물과의 충돌 등으로부터 발생하는 복합재 블레이드 내부의 손상은 모두 해외 정비에 의존해야 함. 이에 따라 많은 외화가 수리비용으로 지불됨. 이러한 환경을 극복하기 위해 국내에서 발생하는 회전익항공기 복합재 블레이드의 정비수요를 감당할 수 있는 MRO 정비기술 개발이 필요함

ㅇ (필요성) 회전익항공기의 블레이드 계통 정비는 국내 전문 정비업체가 존재하지 않아 전적으로 해외 정비업체에 의존하고 있으며, 항공기 운용사는 고가의 정비 비용을 지불하고 있음. 또한 이동시간이 고려된 실정비 기간이 장기화될 경우, 항공기 불가동에 따른 기회비용은 운용업체의 경쟁력 상실로 귀결됨. 한편 국내 상황은 회전익 블레이드 계통 정비의 필요성이 점차 확대되고 있는 모습임

ㅇ (기술적) 회전익항공기의 블레이드는 다층, 복합구조 복합재로 제작되며, 제작 과정에서 발생한 결함 또는 운용 중 발생한 손상에 항상 노출됨. 그러나 복합재 내부에 발생한 결함이나 손상은 눈으로 확인하기 어려워 정비 시에는 제조사 인증 요구도를 만족하는 비파괴 검사가 요구됨. 또한 검사기법의 신뢰성을 확보하기 위해 결함의 정량적인 모사가 가능한 시험 장치와 함께 결함을 분석하고 예측하는 기술이 요구됨. 한편 손상이나 결함 탐지 후 수리 시에는 복합재 수리 패치가 주로 사용되지만, 경화 시 발생하는 층간분리, 강도 및 강성 확보, 수리에 따른 공기력 성능 저하 문제 등이 발생함. 따라서 복합재 손상탐지, 손상모사, 손상 수리, 수리에 따른 성능평가 기술이 복합적으로 요구됨

ㅇ (경제적) 회전익항공기의 수리는 해외 제작사와 독립 MRO 업체를 중심으로 진행됨. 선진 제조사는 회전익항공기의 수리를 위해 적극적인 M&A를 통해 전문 자회사를 운영 중임. Bell(社)는 미국 내 자체수리, 해외는 J/V(영국, UAE), Sikorsiky(社)는 미국 내 자회사(CTI) 운영, Airbus(社)는 자체 수리센터를 운영하고 있음. 이러한 해외업체에 의한 독점적 상황은 향후 지속될 가능성이 매우 크며, 이러한 상황은 경미한 손상으로도 블레이드가 교체되고 있는 국내 현실 속에서 운용사에 큰 경제적 부담됨. 특히, 블레이드는 1기 교체 시 약 3 억원이 소요되어 외화유출이 매우 크며, 이는 국가 경제에 지속적인 부담으로 작용함. 한편 해외 시장과, 국내 시장의 항공기 현황, 항공기 정비, 항공정비사 임율이 고려된 항공기 시장

규모는 2025년까지 연평균 3.1%(해외시장 기준) 증가할 것으로 예상됨. 전체 항공기 시장에서 회전익항공기가 차지하는 비중은 42%에 달하고 항공기 정비 시장은 2025년까지 연평균 4.1%(해외시장 기준) 성장하여 시장규모가 약 932억 달러까지 성장할 것으로 예상됨. 이 중에서 회전익 항공기의 MRO 매출은 2013년 기준 102억 달러로 전체의 약 25%에 해당하는 시장 규모를 가짐

- (정책적) 국토교통부는 (2015년) 항공정비산업 육성방안을 발표하고, 이를 통해 MRO 시장규모 확대, 수입대체 및 해외시장 진출, 일자리 창출, 항공안전 제고, 해외투자 유치, 항공 제작/정비산업의 동반발전을 도모함. 특히, 항공정비산업 발전방향으로 ① 기체 정비시설/인프라/정비능력 구축, ② 핵심 MRO 전략 산업화, ③ 세계적 수준의 MRO 업체 육성 및 클러스터화 유도, ④ (정비수요, MRO 패키지, 부품공급)을 통한 해외시장 진출 방안이 마련됨. 〈회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사/평가 및 수리기술〉은 항공정비산업 발전방향에 부합되며, 향후 급성장할 (국내 및 동남아시아를 포함한) 해외의 회전익 항공기 운용 규모를 고려한다면 항공정비산업의 상당부분을 주도적으로 이끌어나갈 분야임에 틀림없음

## 2. 연구목표

- **최종목표 : 회전익항공기의 복합재 블레이드 결함 검사/평가 및 수리기술을 개발함**
  **(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계)**
  - 복합재 블레이드 내/외부 결함 검출 및 평가기술 개발
  - 복합재 블레이드 부분 수리기술 개발
  - 복합재 블레이드 충돌손상 분석기법 및 충돌모사기법 개발

## 3. 지원기간/예산/추진체계

- **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |

- **정부출연금** : 총 130 억원 (총 정부출연금 130 억원)
- **민간투자** : 총 20 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
- **주관기관** : 중소/중견기업

## 4. 인증 추진방안

- 독립 MRO 업체와 위험분산파트너(RSP) 형태의 컨소시움을 구성하여 기술 공유 및 협력, 라이센스 획득 (제작사 인증)
- 제작사(또는 제작사인증 Repair Station과의 협력관계구축) 및 감항 당국으로부터 창정비 수준의 기술능력 인증 추진

## 5. 기대효과

ㅇ 회전익항공기 블레이드 결함 검사/평가/수리 기술개발을 통해 항공선진국 수준의 기술역량을 확보한다면 국내업체 및 기관의 해외 발주 물량을 국내로 전환 가능하며, 주변국의 회전익 블레이드 수리에 대한 정비수요 확보가 가능할 것으로 판단됨

ㅇ 잠재 성장요소는 국내 군수물량, KUH 및 LCH 개발완료 후 정비주기 도래시점에서 맞이하는 정비물량의 확보임. 즉, 사업대상이 확대될 경우 시장규모는 항공기 보유규모에 비례하여 더욱 성장할 것으로 예상됨

| 관리번호 | | 2021-기체-3 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | B737 P2F 능력 확보를 통한 국내 MRO 산업육성 및 민항기 동체 설계 기술 확보 |
| | 1세부 | OEM 항공기 제작 도면 및 인증업체 확보 |
| | 2세부 | P2F 개조 설계/부품 제작 기술 확보- 구조물, 부품 등 |
| | 3세부 | P2F 시제기 개조 |
| | 4세부 | FAA 인증확보 및 사업화 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 전자상거래 시장의 지속적 성장과 국제화물 운송량 증가에 따라 노후화된 여객기를 화물기로 개조하는 수요가 증가하고 있는 추세로 이를 통해 국내 항공정비산업 활성화 도모
- 국내외 화물기 개조 STC 인증 확보
- 국내 MRO 산업 활성화 및 수출

ㅇ (필요성) 전 세계 배송 상품의 약 10%가 항공으로 운송되며. 항공화물에는 첨단 제품, 우편물, 가축 및 식품 등이 있음. 국내 총생산 (GDP) 기준 경제 활동은 항공화물 시장에 기준 요인 임. 보잉은 세계 항공화물이 연간 5.3 % 성장할 것으로 예측함. 성장하는 세계 무역시장, 부패하기 쉬운 물품 운송, 시간에 민감한 상품과 노후된 비행기 대체 수요 등의 요인으로 지속적 화물기 수요 발생. 보잉과 에어버스는 전체 화물 항공기 대수는 2031년까지 약 3,200대로 증가할 것으로 전망함. 이러한 화물기 수요는 항공기 추가 제작만으로는 채울 수 없어 약 1,820대의 여객기를 화물기로 전환 개조하는 것이 경제적임. 짧은 거리를 비행하는 유상하중 45톤 미만의 소형 화물기는 전체 화물기 기단에 35%를 차지하고 있고 80톤 이상의 유상하중을 가진 대형 화물기 시장은 약 30%를 차지하고 있으며, 2031년에는 35%까지 성장 예상됨.

ㅇ (기술적) 여객기를 화물기로 개조하는 업무(P2F, Passenger to Freighter))는 매우 기술집약적인 사업 다음과 같은 기술적/인증 단계를 거침
- Prototype 지상 개조 및 비행 테스트 관련 Data 수집: 날개 변형(Wing deflection), 동체 가압을 통한 주요 부위 변형 확인, 환경 제어 시스템 (ECS) 성능
- 유한 요소 모델 (FEM)을 기반 변형 구조 및 내부 설계
- 신규 장착 및 개조 시스템의 개발, 자격 및 인증: 항공 산업 표준 지침 SAE ARP 4754 (시스템), RTCA DO-160E (환경), DO-254 (하드웨어), DO-178B (소프트웨어) 및 SAE ARP 4761 (안전) 등
- 감항성 설계 요구 사항 준수 및 해당 FAR / CS Part 25 규정 시연을 위한 지상 및 비행

ㅇ (경제적) 국내 MRO업체에서 전체 화물기 기단에 35%를 차지하는 짧은 거리를 비행하는 유상하중 45톤 미만의 소형 화물기개조를 통하여 국내외 MRO 산업활성화 및 수익성 확보

와 해외 수출 품목으로 발전되어 일자리 창출에 기여함

ㅇ (정책적) KF-21과 같이 국내 소형 전투기기술 및 사업은 국제수준에 도달하고 있으나 고기술 대형수송기 분야는 일부 선진사에 기술 및 인증장벽을 만들어 진입이 어려우나 국가 항공기 산업육성 차원에서 접근 가능한 P2F STC 분야부터 진입하여 대형수송기의 설계/제작기술/인증 체계 확보를 위한 기반마련이 필요함

## 2. 연구목표

ㅇ **최종목표 : B737-800/900 P2F 설계/부품제작/개조 능력 개발 및 STC 인증 획득 (TRL : [시작] 0단계 ~ [종료] 0단계)**

- P2F 동체 구조물 개발: Frame, Main Deck Floor, 격막, CGO Door 부 보강재 등
- 화물 적재시스템(Cargo Loading System)개발 : PDU, Latch, Lock, 작동 시스템
- 강화 Floor Panel 설계/제작기술 개발
- 화물칸 공조시스템(Air Conditioning System) 개발
- 화물칸 화재경보/진압시스템개발
- 화물칸 전기/유압 시스템개발
- STC 감항 인증 체계개발
- FAA P2F STC 인증 보유/수출국

## 3. 지원기간/예산/추진체계

ㅇ **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 15% | 15% | 30% | 30% | 10% |

ㅇ **정부출연금** : 총 360 억원 (총 정부출연금 360 억원)

ㅇ **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소

## 4. 인증 추진방안

ㅇ 해외 인증업체: 원천기술 확보 및 FAA P2F STC 인증 추진

ㅇ 국내설계 업체: P2F 항공기 동체, 시스템, 부품 설계

ㅇ 국내 부품 제작 업체: 기능별 소요부품 제작

ㅇ 국내 MRO 업체: P2F 개조 수행 및 인증 Test 지원

## 5. 기대효과

ㅇ 민항기 P2F STC 보유국

ㅇ 대형수송기 설계/제작기술/인증 체계 능력 확보

ㅇ 화물기 개조 국외 사업화로 일자리 창출

ㅇ 국내 MRO 업체 기술/운영 경쟁력 확보

| 관리번호 | | 2021-기체-4 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공 정비 적용 국산소재 DB구축(공유) 및 신소재 인증기술개발 |
| | 1세부 | 항공정비인증 법령 및 제도 선진화 연구 |
| | 2세부 | 항공 정비 (신)소재 핵심인증기술 개발(기반구축 일부포함) |
| | 3세부 | 국제적 수준의 항공정비 인증인력 양성 및 시스템 개발 |
| | 4세부 | 항공 정비 (신)소재 자립화를 위한 국제 인증 협력시스템 구축 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공 정비에 소요되는 소재 자립화를 위한 국산 소재와 3D프린팅과 같은 신소재 개발, 적용에 따른 인증체계 및 인프라 구축

- 항공 정비에 소요되는 국산 소재 개발 및 해외 수준의 인증체계 구축
- 정비품 실용화 및 고도화를 위한 실증 시스템 구축 및 실증체계 개발
- 국가 중심 소재·부품·기체 인증·시험평가기반 고도화 연구
- 해외 정비관련업체 및 국제 협약을 통한 수출 경쟁력 확보

ㅇ (필요성) 항공기 정비를 위한 복합소재 및 3D프린팅과 같은 신소재를 적용한 기술개발에 따른 대응 국산 (신)소재 DB 및 인증 인프라(법령, 제도 포함) 부재

- 항공정비업체의 항공용 소재인증 및 기술지원 생태계 조성 필요
- 해외 항공선진국의 소재인증시스템(*NCAMP, MMPDS, AMS, ASTM, ISO, SAE등) 확보 필요(복합소재, 경량금속, 3D프린팅)

*NCAMP : National Center of Advanced Materials Performance

*AMS : Aerospace Materials Specification

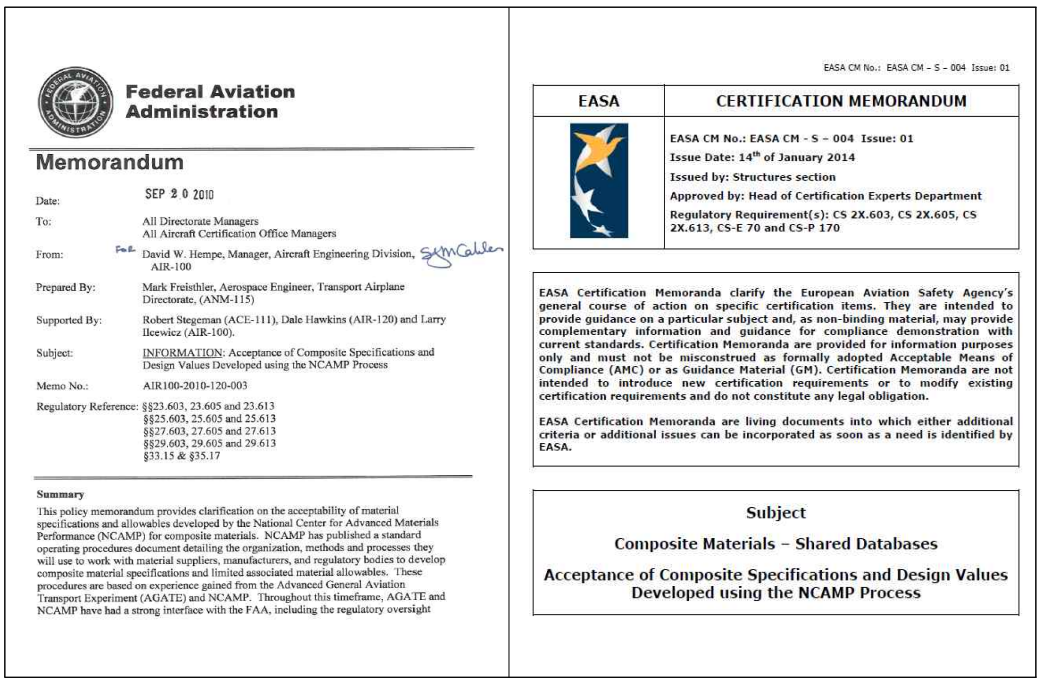
*MMPDS : Metallic Materials Properties Development and Standardization

- 항공정비 적용 소재·부품·시험평가·인증지원 one-stop 기반 부재
- UAM등 신개발 비행체 개발 및 운영에 대한 대비를 위해 항공기 정비시스템 및 전문인력 확보 필요성

ㅇ (기술적)

- 별도의 소재 인증이 가능한 해외의 경우에 비해 항공기 개발 단계 진입 기회가 거의 없으며 국내 항공 소재업체는 항공기 제작사가 요구하는 물성 데이터베이스 및 공정 시스템에 대한 기술적 신뢰도를 확보하는 것도 힘든 현실
- 항공기 감항인증의 획득을 위해서는 감항인증 당국이 인정하는 방식으로 획득한 설계허용치의 제시가 필수적인 항공용 인증 소재의 경우 관련 인증시스템과 개발기간 선반영 필요(정비를 위한 적용 소재 물성 DATA 확보 필요)
- 항공인증소재 적용 정비품 신뢰성 보증을 위한 설계허용값 등의 데이터 분석 및 입증기술의 인증시스템 및 체계 구축과 함께 이루어져야 함
- FAA는 NCAMP 복합재 데이터베이스와 규격이 연방항공법 FAR Parts 23, 25, 27 및

29의 각 해당 절인 2x.603(a)&(b), 2x.605 및 2x.613(a)&(b), 그리고, 엔진과 프로펠러와 관련된 Parts 33.15와 35.17에 적합하다는 정책을 발표하였다. 또한, 미국 FAA(Federal Aviation Administration)에서 시험 개수를 줄이면서 동시에 통계적 기준을 만족할 수 있는 새로운 복합재료 인증방법을 NASA와 함께 AGATE (Advanced General Aviation Transport Experiment) 프로그램을 통해서 개발하여 공표하였음



Federal Aviation Administration

Memorandum

Date: SEP 2 0 2010

To: All Directorate Managers
All Aircraft Certification Office Managers

From: For David W. Hempe, Manager, Aircraft Engineering Division, AIR-100

Prepared By: Mark Freisthler, Aerospace Engineer, Transport Airplane Directorate, (ANM-115)

Supported By: Robert Stegeman (ACE-111), Dale Hawkins (AIR-120) and Larry Ilcewicz (AIR-100).

Subject: INFORMATION: Acceptance of Composite Specifications and Design Values Developed using the NCAMP Process

Memo No.: AIR100-2010-120-003

Regulatory Reference: §§23.603, 23.605 and 23.613
§§25.603, 25.605 and 25.613
§§27.603, 27.605 and 27.613
§§29.603, 29.605 and 29.613
§33.15 & §35.17

**Summary**

This policy memorandum provides clarification on the acceptability of material specifications and allowables developed by the National Center for Advanced Materials Performance (NCAMP) for composite materials. NCAMP has published a standard operating procedures document detailing the organization, methods and processes they will use to work with material suppliers, manufacturers, and regulatory bodies to develop composite material specifications and limited associated material allowables. These procedures are based on experience gained from the Advanced General Aviation Transport Experiment (AGATE) and NCAMP. Throughout this timeframe, AGATE and NCAMP have had a strong interface with the FAA, including the regulatory oversight

EASA CM No.: EASA CM - S - 004 Issue: 01

EASA | CERTIFICATION MEMORANDUM

EASA CM No.: EASA CM - S - 004 Issue: 01
Issue Date: 14th of January 2014
Issued by: Structures section
Approved by: Head of Certification Experts Department
Regulatory Requirement(s): CS 2X.603, CS 2X.605, CS 2X.613, CS-E 70 and CS-P 170

EASA Certification Memoranda clarify the European Aviation Safety Agency's general course of action on specific certification items. They are intended to provide guidance on a particular subject and, as non-binding material, may provide complementary information and guidance for compliance demonstration with current standards. Certification Memoranda are provided for information purposes only and must not be misconstrued as formally adopted Acceptable Means of Compliance (AMC) or as Guidance Material (GM). Certification Memoranda are not intended to introduce new certification requirements or to modify existing certification requirements and do not constitute any legal obligation.

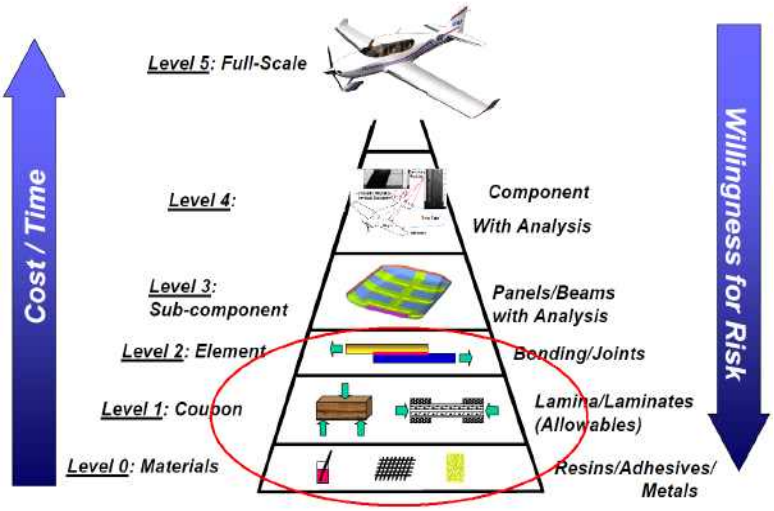
EASA Certification Memoranda are living documents into which either additional criteria or additional issues can be incorporated as soon as a need is identified by EASA.

Subject

Composite Materials - Shared Databases

Acceptance of Composite Specifications and Design Values Developed using the NCAMP Process

- 세계 항공시장의 주축인 미국에서는 FAA와 NASA가 개발한 인증 프로그램을 NCAMP가 위임받아 항공기용 복합재료 인증절차를 수행중이며 데이터 베이스를 구축하여 공공에 보급
- 항공용 금속 소재의 기본 물성은 AMS(Aerospace Materials Specification)에서 규정되어 있으며, 설계허용치는 MMPDS(Metallic Materials Properties Development and Standardization)에서 규정되어 있음
- 적층가공방식 개발과 함께 다양한 3D프린팅 원소재들과 소재에 따른 기술방식의 연구가 필요
- 안전성 확보를 위한 정밀한 설계허용값 탐색이 요구되는 항공용 인증 소재의 경우에는 소재물성 DATA 확보에도 많은 시간이 걸리는 영역이므로 소재 개발과 함께 인증 시스템 구축이 필요함




- Building Block Approach -

o (경제적)

- 세계 탄소섬유 강화플라스틱(CFRP) 시장 규모는 2015년 약 13조원에서 2016년 14조 8000억원까지 성장하였으며, 2017년부터 10.5% 연평균 성장으로 2022년 41조 6000억원에 이를 것으로 전망
- 도레이는 탄소섬유 복합재료 기업인 Tencate를 인수하고 미국 Boeing사와 기존의 787 및 777X기종에 대해 탄소섬유 복합재료의 장기 공급 계약을 체결하였으며 Airbus사에 탄소 섬유를 공급하는 테이진 역시 A350XEB 기종에 탄소섬유 복합재료 사용이 결정되는 등 글로벌 업체들의 탄소섬유 강화 복합재료 사업강화 및 시장점유 확대가 진행중
- 미국 Boeing 및 유럽 Airbus는 우주항공용 원료 소재의 65%에 이르는 수요를 차지하고 원소재의 47%가 경량알루미늄 합금, 11%가 경량 티타늄 합금을 차지하고 있어 경량 소재에 대한 관심과 수요가 꾸준히 증가
- 항공우주용 알루미늄 합금의 국내 시장규모는 약 300억원, 세계 시장은 약 1조 2천억원으로 추정되며 전 세계적으로 Contellium, Alcoa 등 일부 대기업에서만 생산
- 국내에서는 2019년 발표된 3D프린팅 산업 진흥 시행계획 자료에 따르면, 2017년 국내시장규모는 3,404억원이었으나 2018년 국내시장규모는 전년도보다 16.3% 증가한 3,958억 원으로 확인된 바 있으며 2023년까지 1조원 규모로 지속적 성장(CAGR 21.5%)할 것으로 전망
- 항공우주산업분야의 3D프린팅 시장규모는 60.6억 달러 규모 (2016년 기준)로 연평균 24%의 빠른 성장세를 지속하여 2024년엔 356억 달러 규모로 성장할 것으로 예상 (Wohlers Associates, 2019년)

o (정책적)

- 제1차 항공안전정책기본계획(국토교통부)

• 국토교통부에서는 제2017-934호 전략 3, 항공기 인증 및 운항 안전 고도화의 추진과제 3.3 항에 항공기용 복합재료 인증 시스템 구축을 포함함

- 제3차 항공안전정책기본계획(국토교통부) (2020~2024)

• 국토교통부 '전후방 연계종합산업 생태계조성'추진과제『항공기 제작 및 정비산업활성화 지속추진』을 통한 항공기 안전운항과 산업육성을 위한 정비, 수리, 분해조립 기술 등 항공기 정비(MRO) 기술 개발하고, 항공운항 안전에 필요한 공용 항공정비시설과 장비센터 구축 추진('20~)

- 산업통상자원부 제3차'항공산업발전 기본계획'(2021~2030)

• 1차'부품•소재•가공 핵심 요소기술 확보'및 2차'항공정비서비스(MRO) 산업화'에 이어 3차에는'글로벌 고부가 MRO분야 경쟁력 강화'등 통한 합리적인 사업전개를 위해 항공용 인증 소재 경쟁력 확보가 필요함

## 2. 연구목표

**ㅇ 최종목표 : 항공 정비 적용 소재개발 및 신소재 인증기술개발**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 8단계)**

- MRO 활성화를 위한 국내 항공정비인증 법령 및 제도 선진화 및 해외수출 경쟁력을 위한 국제 협약지원
- 항공 MRO 적용 국산 (신)소재 개발 및 인증체계 경쟁력 강화
- MRO 항공 소재·부품·기체 인증·시험평가·인증지원 기반 구축
- 국제적 수준의 항공정비 인증인력 양성 및 시스템 확보

**ㅇ 역할 및 기능(총괄)**

- 세부과제 종합관리
- 과제목표 달성을 위한 리스크 관리
- 사업추진방향·예산 조정(마일스톤 관리)
- 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄
- 세부과제의 진도점검, 자체평가
- 국내외 항공기용 인증(신)소재 기술개발현황 분석
- 항공기용 소재인증 인프라 및 기반구축
- 항공기용 소재 공유시스템 및 DATA 확보
  · 소재 특성 평가 및 신뢰성 입증(기반구축 일부 포함)
- 품질 충족 부품 실증을 위한 시스템 구축 및 실증 기술 개발
  · 항공인증소재 적용 정비품 실증용 인프라 구축 및 운영 절차 등 기술 개발
- 국내 (신)소재 인증체계 구축을 위한 인증 법령 및 제도 선진화 연구
- 국제인증 전문인력기준 항공정비 인증전문가 양성 및 시스템 구축
- 해외 정비관련업체 및 국제 협약을 통한 국제 인증업무 지원 연구

### 3. 지원기간/예산/추진체계

- **개발기간** : 7년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10% | 15% | 25% | 20% | 10% | 10% | 10% |

- **정부출연금** : 총 280억원 (총 정부출연금 250억원)
- **민간투자** : 총 30억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
- **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소, 공공기관

### 4. 인증 추진방안

- 항공용 소재인증 관련 법령 및 제도 선진화
- 항공 소재인증센터 구축을 통한 인증지원
- 해외 항공 선진국의 항공용 소재인증시스템 확보 및 연구

### 5. 기대효과

- 항공용 인증 소재 국산화를 통한 MRO등 항공 수요기업 수입대체 효과 기대, 자재수급, 소재부품 산업 경쟁력 확보
- 항공 소재 자립을 통한 소재 공급 납기기간 단축 및 수출규제 위험 탈피
  (국내: 항공부품산업의 시장규모는 2020년 7.1조원 규모로 추정
  - Forcast International 인용 〈민항기, 군용기, 부품, MRO〉 4개 시장 통합))
- 새로운 재료 또는 국산 재료를 항공기 부품에 사용할 수 있도록 하여 국내 재료 및 항공 산업발전 기여
- 미래 신소재 및 3D 프린팅 등 신기술을 활용한 항공용 부품에 대한 재료/공정규격 인증 제도를 수립하여 혁신기술을 산업에 적용할 수 있는 통로 마련
- 항공용 인증 소재의 재료물성 신뢰성을 바탕으로 타 응용분야 적용
- 항공용 소재 인증제도 선진화 및 시스템을 통하여 해외 수출 발판 마련
- 항공 산업의 고부가가치화를 통한 항공 소재부문 주력산업화 기대

| 관리번호 | | 2021-기체-5 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생 공정 개발 |
| | 1세부 | 부품 소재 및 구조 해석, 설계 기술 개발 |
| | 2세부 | 수리, 제작 공정 설비 및 기술 개발 |
| | 3세부 | 부품 신뢰성 평가위한 Test 공정 기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) Brake에 사용되는 핵심부품인 Heat Sink 수리 혹은 재생기술 개발을 통한 항공기 부품 신뢰성 향상 및 다빈도 사용 품목 수리 국산화.

ㅇ (필요성)항공기 Brake에 사용되는 핵심 부품으로, 신기종 개발 여부와 상관없이 항공기에 필수 장착되어야 하는 부품. 2010년대 제작사의 수요예측 실패로 인해 해당 부품 조달에 어려움을 겪은경험이 있으며, 대표적으로 제작사(혹은 PMA업체)가 수요를 조절하는 부품으로 국산화 필요성이 높음.

ㅇ (기술적)해당 부품은 자동차산업에서도 적용되는 부품으로, 기술 연관성이 높으나, 항공기에 전용으로 사용되는 소재와 구조 분석 및 설계에 어려움이 있을 것으로 판단됨

ㅇ (경제성)현재 전량 해외 수입중이며, 소모성 부품으로 수리 및 재생시 구매가 대비 절감액이 높음(구매시 Brake ASSY 가격의 70~80% 차지). 카본 디스크 교체를 통한 수리 및 재생공정 개발을 통해 외화 절감 가능. 항공기 대수 증가 및 산업 규모 증대에 비례하여 절감 규모 증가 예상.

ㅇ (정책적)해외 MRO의 경우 자체 PMA개발하여 사용. 인천공항 수요 증가 및 항공기 대수 증가에 따라 산업규모 증가 예상되어 우선 개발 고려 대상. 항공기 운영에 필수적인 부품으로 국내 수리 및 재생 공정 개발시 고용인력 증가 및 외화 유출 절감 기여

**2. 연구목표**

ㅇ **최종목표 : 항공기 Brake Heat Sink 수리 및 재생공정 개발**
**(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 8단계)**

- 부품 소재 및 구조 해석, 설계 기술 개발
- 수리, 제작 공정 설비 및 기술 개발
- 부품 신뢰성 평가위한 Test 공정 기술 개발

**3. 지원기간/예산/추진체계**

ㅇ **개발기간** : 5년 (제품개발 3년, 인증취득 2년)

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 15% | 15% | 25% | 25% |

별첨

| |
|---|
| ㅇ **정부출연금** : 총 120억원 예상 (제품개발 50억, PMA인증 취득 70억)<br>ㅇ **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소 |
| **4. 인증 추진방안** |
| ㅇ DER/DOA 혹은 PMA/POA 인증 추진 |
| **5. 기대효과** |
| ㅇ |

| 관리번호 | | 2021-기체-6 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 Tire Re-tread 공정 개발 |
| | 1세부 | 부품 소재 및 구조 해석, 설계 기술 개발 |
| | 2세부 | 수리, 제작 공정 설비 및 기술 개발 |
| | 3세부 | 부품 신뢰성 평가위한 Test 공정 기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공기 Tire의 경우 대표적인 소모성 부품으로 화물자동차 Tire와 마찬가지로 일정 횟수 Re-Tread를 통해 재생 후 반복 사용.

ㅇ (필요성) 항공기 한대당 부착된 Tire 개수가 많으며, 전량 해외에서 Re-Tread 수행 후 사용. 규모가 커서 선박을 통해 운반하며, TAT(Turn Around Time: 정비소요시간)가 오래 걸림

ㅇ (기술적) 화물차 Tire Re-tread와 기술 연관성 높으며, 현재 국내 Tire 3사에서 충분히 연구 및 개발 가능한 아이템으로 판단되나, 항공기에 전용으로 사용되는 소재와 구조 분석 및 설계에 어려움이 있을 것으로 판단됨

ㅇ (경제적) 연간 막대한 양의 Tire가 해외로 이동하여 Re-tread 수행중이며, 운반비 측면에서만 고려하더라도 막대한 비용 절감 예상. 연간 Re-tread Tire 물량 약 2~3만개 예상(국내 FSC 및 LCC Fleet 기준 예측치)

ㅇ (정책적) 인천공항 수요 증가 및 항공기 대수 증가에 따라 산업규모 증가 예상되어 우선 개발 고려 대상. 항공기 운영에 필수적인 부품으로 국내 수리 및 재생 공정 개발시 고용인력 증가 및 외화 유출 절감 기여

**2. 연구목표**

ㅇ **최종목표 : 항공기 Tire Re-tread 공정 개발**

**(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 8단계)**

- 부품 소재 및 구조 해석, 설계 기술 개발
- 수리, 제작 공정 설비 및 기술 개발
- 부품 신뢰성 평가위한 Test 공정 기술 개발

**3. 지원기간/예산/추진체계**

ㅇ **개발기간 :** 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |

ㅇ **정부출연금 :** 총 120억원

별첨

| |
|---|
| ㅇ **주관기관** : 대기업/중소/중견기업, 연구소 |
| **4. 인증 추진방안** |
| ㅇ DER/DOA 혹은 PMA/POA 인증 추진 |
| **5. 기대효과** |
| ㅇ |

| 관리번호 | | 2021-기체-7 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발 |
| | 1세부 | 주 기어박스 창정비를 위한 공정기술 개발 |
| | 2세부 | 중간/꼬리 기어박스 창정비를 위한 공정기술 개발 |
| | 3세부 | 기어박스 조립체 성능 시험평가기술 개발 |
| | 4세부 | 동력전달시스템 창정비 인증방안 개발 및 국토부 AMO 획득 |

**1. 개요 및 필요성**

○ (개념) 주/중간/꼬리 기어박스(Main/Intermediate/Tail)가 주요 구성품인 헬기 동력전달시스템에 대한 완전분해(CKD: Complete Knock Down) 정비 관련 공정기술의 개발을 통해 국내 창정비급 MRO 능력을 확보

○ (필요성) 일반적으로 헬기 기체수명 10,000시간 대비 기어박스 수명은 5,000시간으로 헬기 수명주기 동안 최소 1회 교체가 요구되며, 기어박스 평균 창정비 주기(TBO: Time Between Overhaul)는 2,500시간이므로 기체 수명기간 내에 최소 2회의 창정비가 필요. 해외 창정비로 인한 국내 운용 헬기 후속지원에서 외화 유출 등의 고비용 구조를 개선하기 위해서는 기어박스를 포함한 동력전달시스템의 국내 창정비 능력 확보가 긴요

○ (기술적) 동력전달시스템은 기어박스와 클러치 등에 수천 품목의 기어류, 구동축, 케이스, 커플링, 스플라인, 볼트, 너트, 와셔, 실(seal) 등의 기계요소로 구성되어 있고, 창정비는 분해-검사-수리-조립-시험 공정으로 구분됨. 이에 필요한 기술은 헬기 개발 및 제작사가 독점하고 있으므로 국내 운용 헬기의 원활한 저비용 후속 지원을 위해서는 체계적인 창정비 공정기술의 확보가 필수

○ (경제적) 수리온 헬기 주 기어박스의 경우, 1식의 해외 정비에 약 3개월의 기간과 약 3억원의 비용이 발생하므로, 향후 200대 운용시에 예상되는 미화 약 2억불의 해외 정비 외화 유출을 방지하기 위해 국내 창정비 공정기술의 개발이 필수적임. 향후 국산 헬기의 해외 수출도 가능하고 이 경우 해외 창정비 수요도 발생함. 국내 운용 헬기의 동력전달장치 MRO 독자기술을 확보하면, 장기적으로 해외 MRO 물량의 수주까지도 확대 가능

○ (정책적) 동력전달장치 MRO 기술은 헬기 운영 유지의 코어 기술이며, 이를 해외에 의존한다는 것은 사실상 대한민국 헬기의 운용 여부를 해외에 의존하는 것과 마찬가지임. 앞으로 국내 운용 헬기의 수는 지속적으로 증가할 예정이므로 헬기의 안정적 운용을 위한 핵심기술인 동력전달장치 MRO 독자기술 확보가 시급

**2. 연구목표**

**○ 최종목표 : 헬기 동력전달시스템 창정비급 MRO 공정기술 개발**
**(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 7단계)**

별첨

- 주 기어박스 창정비를 위한 공정기술 개발
- 중간/꼬리 기어박스 창정비를 위한 공정기술 개발
- 기어박스 조립체 성능 시험평가기술 개발
- 동력전달시스템 창정비 인증방안 개발 및 국토부 AMO(Approved Maintenance Organization) 획득

○ **역할 및 기능(총괄)**

- 세부과제 종합관리
- 과제목표 달성을 위한 리스크 관리
- 사업추진방향·예산 조정(마일스톤 관리)
- 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄
- 세부과제의 진도점검, 자체평가
- 국내외 동력전달시스템 기술 개발현황 분석

**3. 지원기간/예산/추진체계**

○ **개발기간** : 5년 이내

| 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|---|---|---|---|
| 17% | 22% | 22% | 22% | 17% |

○ **정부출연금** : 총 236 억원 (총 정부출연금 180 억원)

○ **민간투자** : 총 56 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)

○ **주관기관** : 중소/중견기업

**4. 인증 추진방안**

○ 동력전달시스템 해외 원천업체 또는 동등기술 보유업체의 인증 기술, 절차 및 인프라 관련 정보를 참고하여 수리온 헬기와 수리온 계열 헬기의 인증 기술을 확립하고 해외 원천업체의 인증 확보 추진

○ 정비작업 방안 및 절차, 품질 및 안전관리 절차, 인력 교육 훈련 및 자격관리절차 등의 기술 자료를 작성하여 국내인증기관으로부터 AMO 승인 획득

**5. 기대효과**

○ 창정비급 MRO 능력의 국내 기술 확보로 운용 헬기의 운용 가동률 향상 및 운영비 절감을 통한 외화 해외유출 방지

○ 창정비 기술 국산화 위한 전문 인력 고용 등 지역 고용 창출 및 연관 산업 집적화 등으로 경제 활성화에 기여

○ 향후 국제 인증을 확보하면 수리온 및 유사 헬기 동력전달시스템의 국제 창정비 기지로 운영하여 외화 획득 가능

| 관리번호 | | 2021-기체-8 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 기체 및 부품의 손상·결함 검사 및 장비개발 |
| | 1세부 | 회전 및 경사 제어식 레이저 초음파·변위 센싱 기반 Radome 손상 자동 판별 장비 개발 |
| | 2세부 | THz파 기반 항공부품 결함 가시화 및 손상 분석 시스템 개발 |
| | 3세부 | 센서 네트워크 및 인공지능 기반 복합재 항공기체 검사 기술 |

**1. 개요 및 필요성**

- (개념) 항공기는 주로 운송수단과 군사적 목적으로 활동되기 때문에 항공기 기체는 극도의 안정성이 요구됨. 따라서 항공부품은 극한의 내구성, 내열성, 내식성 등을 포함한 고도의 신뢰성 및 품질이 요구됨.

- (필요성) 항공기 부품 산업의 특성은 신제품 창조성을 비롯하여 부품의 최적화가 이루어지고 있음. 항공기의 목적에 따른 안전성을 갖춘 부품이 필요함. 특히, 복합재로 제작되는 항공기 부품은 여타 산업의 부품에 비해 단위당 가격이 매우 높고 다품종 소량 생산으로 제작되므로 높은 수리 및 정비 비용이 소요됨. 따라서 복잡한 복합재 부품 내/외부, 스킨, 샌드위치 구조 등의 결함을 검사할 수 있는 시스템이 필요함.

- (기술적) 항공기체 및 부품의 품질 검사를 위해 적용되었던 기존의 파괴 검사 기법은 다양한 결함 검출에 제약이 있음. 회전/경사제어식 레이저 초음파 및 변위 센싱 기반의 검사 시스템과 THz 파 기반의 손상 검사 기술은 복합재의 내/외부 손상 검출을 가능하게 하고, 손상 예측기술과 결합하여 정밀한 손상 판별이 가능함. 또한 탄성파와 영상 기반의 인공지능 학습을 통해 충격 및 손상 발생 위치 표정이 가능하고, Damage indexing 시스템과 무선 센서 네트워크를 통한 기계학습 기반의 손상 평가 시스템 개발이 요구됨.

- (경제적) 항공기 기체/부품용 차세대 결함 검사기술과 장비개발은 국내외 시장 선점과 검사 용역 시장의 창출이 가능함. 또한 검사 인력의 양성과 이에 따른 고용창출 효과가 매우 클 것으로 판단됨. 더하여 손상관리 시스템의 국산화에 따른 수입대체 효과 및 비파괴 검사 대체 기술과 원자력, 자동차, 사회기반시설 등에 쉽게 변환 적용이 가능하여 단일 기술 복수 응용으로 시장 확보가 용이함.

- (정책적) 복합재 건전성 검사기술은 선진국의 전략소재기술 보호를 위한 수출제한 (E/L) 규제가 강화되고 있기 때문에 국내 독자 기술개발 필수적임. 체계 개발을 주도하는 기관이 state-of-art를 세계적 수준으로 확보하고 대학과 산업체가 기초연구 및 요소시스템 기술을 지속적으로 유지 발전시킬 수 있는 환경조성이 필요함

**2. 연구목표**

별첨

ㅇ **최종목표 : 항공기 기체 및 부품의 손상/결함 검사기술 개발과 장비를 개발함**
**(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계)**

- 회전 및 경사 제어식 레이저 초음파/변위 센싱 기반 Radome 손상 자동 판별 장비 개발
- THz파 기반 항공부품 결함 가시화 및 손상 분석 시스템 개발
- 센서 네트워크 및 인공지능 기반 복합재 항공기체 검사 기술

### 3. 지원기간/예산/추진체계

ㅇ **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |

ㅇ **정부출연금** : 총 150 억원 (총 정부출연금 150 억원)

ㅇ **민간투자** : 총 20 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)

ㅇ **주관기관** : 중소/중견기업

### 4. 인증 추진방안

ㅇ 단체규격획득을 통한 Dissemination 후 국내 표준 획득 및 납품을 통한 수요자 인증 획득

### 5. 기대효과

ㅇ 항공기 기체 및 부품의 레이저 초음파, THz파 등을 활용한 신속한 검사를 통해 효율적인 유지보수가 가능하며 운행 안전성 확보가 가능함.

ㅇ 본 기술개발에서 축적된 손상에 대한 데이터를 기반으로 인공지능 기반 손상 판별 기술의 성능 증대 가능함.

ㅇ 손상 가시화 기술을 통해 효율적인 항공기 기체 및 부품의 유지보수가 가능하여 국내외 기술 선도 가능함.

ㅇ 항공기 기체 및 부품 검사 기술개발을 통해 다양한 항공기 구조물뿐만 아니라, 우주발사체 및 인공위성 등에 다양한 활용이 가능할 것으로 예상됨.

| 관리번호 | | 2021-기체-9 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술 |
| | 1세부 | 팬 및 다단 축류압축기의 비정상해석 및 스톨 해석기술 개발 |
| | 2세부 | 팬 및 다단 축류압축기의 블레이드 운전특성 정밀측정 기술 개발 |
| | 3세부 | 팬 및 다단 축류압축기 공력 특성 및 응력 측정 기술 개발 |
| | 4세부 | Aeromechanics 분석 및 평가 기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공용 터보팬 엔진의 압축단은 팬과 고압압축기로 구성됨. 팬은 엔진의 코어 유로부와 바이패스 유로부에 대유량을 공급하며 1차적으로 압력비를 상승시킴. 고압압축기는 코어 유로부로 유입된 유동을 고압력비로 상승시키는 역할을 함

ㅇ (필요성) 엔진의 추력이 증가될수록 팬과 압축기의 블레이드 반경 방향이 길어지고, 얇은 블레이드가 음속보다 빠른 속도로 회전하기 때문에 공력 가진에 의해 블레이드가 파손이 이를 수 있음. 장수명 엔진에서는 이륙, 선회 및 급가속 등에 의한 입구 압력왜곡 상태에서도 블레이드의 안정성이 절대적으로 요구됨

ㅇ (기술적) 가스터빈 기술 중 기술적 난이도가 상당히 높은 팬 및 압축기 블레이드 개발을 위해 시험평가 시설 및 기술은 필수적으로 필요함. 특히 국내 항공용 엔진 및 부품을 위한 시험평가 기반이 전무한 수준이기 때문에 시험기술 확보 시 많은 활용이 가능할 것으로 예상됨

ㅇ (경제적) 항공기 시장 규모는 지속적으로 성장해 왔고, 현재 팬데믹 상황이 종료 시 폭발적 증가가 예상됨. 국제적으로도 매우 제한적인 선진사만이 관련 기술 및 시설을 보유중이기 때문에 진입장벽이 높은 시장임. 특히 MRO 시장은 지속적 수요가 발생할 수밖에 없는 구조이기 때문에 경제적 효과는 상당히 클 것으로 예측됨

ㅇ (정책적) 국내의 시장 규모가 매우 작고, 항공용 가스터빈 개발 관련 기반 기업 및 기술이 매우 부족하여 정책적 육성 계획을 통한 장기적 투자를 통해 산업 전반의 활성화가 필수적임

**2. 연구목표**

**ㅇ 최종목표 : 항공용 장수명 팬 및 압축기 블레이드 시험평가 기술 개발**
**(TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 7단계)**

- 팬 및 다단 축류압축기의 비정상해석 및 스톨 해석 기술 개발
- 팬 및 다단 축류압축기의 블레이드 비접촉식 정적변위 및 팁간극 측정 기술 개발
- 팬 및 다단 축류압축기 베인의 응력 측정 기술

별첨

- Aeromechanics 및 flutter 분석 및 평가 기술 개발
- Aeromechanics 및 flutter 시험을 위한 팬 및 다단 축류압축기 시험장치 개발
- 팬 및 다단 축류압축기 설계에 따른 Aeromechanics 및 flutter 특성 변화 예측 기술
- 입구압력 왜곡에 따른 성능 저하 및 유동 불안정성 예측 기술 개발
- 블레이드가 스톨 상태에서 파손에 이르는 메카니즘 탐구 및 강건설계 기법 개발

### 3. 지원기간/예산/추진체계

**o 개발기간 : 5년 이내**

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |

**o 정부출연금 : 총 130억원 (총 정부출연금 91 억원)**

**o 민간투자 : 총 39억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)**

**o 주관기관 : 중소/중견기업, 대기업/공기업, 정부출연연구소**

### 4. 인증 추진방안

o 엔진 체계 개발 과제와 연계하여 엔진 인증 부분과 함께 MRO를 위한 부품 인증기술을 동시 확보

### 5. 기대효과

o 항공용 가스터빈 엔진의 팬과 압축기가 스톨 및 서지 상태에서 급속히 파손에 이르는 메카니즘을 연구하여 엔진의 수명과 신뢰성을 높임

o 터보프롭이나 울트라 바이패스팬 엔진 개발시 예상되는 Aeromechanics 문제를 해결하기 위한 원천기술을 선행 확보하여 개발 기간, 비용 및 리스크를 저감함

o 민수용 엔진 및 국제 RSP 사업에 참여할 수 있는 기술적 기반 구축

| 관리번호 | | 2021-기체-10 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 기계장치 고장진단·예지 관리(PHM) 기술 |
| | 1세부 | 항공기 조종면 제어용 전기유압 및 전기기계식 작동기 PHM |
| | 2세부 | 회전익항공기의 기어박스 PHM 시스템 |
| | 3세부 | 항공기용 배터리 시스템 PHM 시스템 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 다양한 항공기 기계장치의 운용시 고장진단예지관리(PHM) 및 예측 정비시스템의 기술개발
- 항공기 조종면 제어용 전기유압 및 전기기계식 작동기 PHM 시스템
- 회전익항공기의 기어박스 PHM 시스템
- 항공기용 배터리 시스템 PHM 시스템

ㅇ (필요성)
- 항공기에는 다양한 기계장치가 탑재되어 복합적으로 운용되며, 이러한 시스템이 오작동이 발생하는 경우 치명적인 사고로 이어질 수 있어서 고신뢰성이 요구됨
- 최근에는 이를 위해서 이러한 구성품들의 고장진단 뿐만 아니라 현재를 기준으로 고장이 예상되는 시점을 추정하는 고장예지의 기술개발이 활발하게 이루어져서 항공기의 주요 계통에 적극적으로 적용되고 있음
- 부가적으로 수리부속품 재고, 주기정비계획 및 정비코스트를 고려한 최적수리 시점 예측 알고리즘의 개발도 필수적임. 이러한 기술들은 현재 개발이 적극적으로 시도되고 있는 상용 도심운용이 가능한 미래 친환경 모빌리티에도 넓게 적용될 수 있음

ㅇ (기술적) 이들은 대부분 국외 선진업체에서 수입하여 사용하고 있고, 제작사에서 제공한 정비매뉴얼에 의거, 유지보수를 하고 있으나, 국내 운행조건이 반영되지 않아 돌발사고 가능성이 있거나, 고장과 무관한 정비로 높은 비용의 원인이 되고 있음

ㅇ (경제적) 항공 선진업체에서는 많은 부품 모듈에 대해 제어기에서 발생하는 데이터를 이용하여 상태를 진단하고 고장시점을 예측하는 건전성예측 기술이 활발히 개발되고 있으며, 이것을 통해 제품 고부가가치화를 꾀하고 있음

ㅇ (정책적) 특히 국방용 전투기 F-18, F-35의 전기유압 작동기, UAV의 전기 기계식 작동기에 이러한 기능을 탑재하고 있거나 이미 상용화하였으며, 이들은 기술보호를 이유로 이전을 꺼리는 항목임. 한편 미국 국방성에서는 DoD 5000.2-R에서 이미 2002년 부터 무기체계 획득시 이러한 진단예측 기능을 의무 포함할 것을 요구(C.2.8.3.1 및 C5.2.5.4항 참조)하고 있어 향후 국내에서도 자체 개발할 경우 필히 갖춰야 할 기능임

## 2. 연구목표

- **최종목표 : 항공기 기계장치 고장진단예지 관리시스템(PHM) 기술 개발**
  **(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 8단계)**
  - 항공기 조종면 제어용 전기유압/전기기계식 작동기 PHM 시스템 기술개발
  - 회전익 항공기의 PHM 시스템 기술개발
  - 항공기용 배터리의 PHM 시스템 기술개발

## 3. 지원기간/예산/추진체계

- **개발기간** : 9 년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 15% | 15% | 20% | 20% | 10% | 5% | 5% | 5% |

- **정부출연금** : 총 130억원 (총 정부출연금 91 억원)
- **민간투자** : 총 39억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
- **주관기관** : 중소/중견기업, 대기업/공기업, 정부출연연구소

## 4. 인증 추진방안

- 구성품 국내 개발과제와 연계하여 구성품 부분과 함께 정비를 위한 구성품 인증과 동시에 확보
- 일반 여객기 등은 인증 등의 문제로 단기간에 기술을 확보하고 적용하기에 어려움이 있으나, 현재 도심교통항공용 eVTOL 등은 국내에서 독자모델 개발시 적용을 고려하여 관련 기술 및 인증기술 확보
- 국내 항공기등 국내 개발시 절충교역등 계약을 통한 관련기술을 구성품의 해외 원제작사로부터 도입

## 5. 기대효과

- 수리부속품 재고, 주기정비계획 및 정비코스트를 고려한 최적수리 시점의 예측을 통한 운항사 정비비용 감소
- 국내 개발 예정인 도심교통항공용 eVTOL 구성품의 고장예측을 통한 전체 비행시스템의 안전성 향상

| 관리번호 | | 2021-기체-11 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 차세대 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 및 국제인증 |
| | 1세부 | 항공기용 전기식 브레이크 정비기술개발 |
| | 2세부 | 항공부품 수리능력 국제인증절차 연구 및 시범인증 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) A220, B787 항공기 등에 장착된 차세대 항공기 제동장치인 전기식 브레이크는 기존의 유압식 브레이크와 구조 및 작동원리가 달라서 항공기의 타이어와 함께 운영 중 마모에 의한 부품 교체율이 가장 높음에도 불구하고 완전한 수리능력 개발을 하지 못해 해외수리에 의존하고 있음.

- 전기식 브레이크의 핵심부품에 대한 구조와 기능, 정비 및 시험 방법 연구
- 국내외 감항기관의 인증을 확보하여 동남아, 중동 등 MRO 시장 선점

ㅇ (필요성) 브레이크는 항공기당 4개에서 16개까지 장착되어 단가가 2-3억을 호가하며 1년 내외의 주기로 Carbon Disk 교체(제작 또는 재생)를 수반하는 Overhaul 작업이 필요 하므로 항공사 정비비 증가 및 외화유출의 주된 요인임.

- 전기식 브레이크는 OEM을 포함한 소수의 MRO 업체가 전 세계를 독점하는 High Tech 분야이므로 우리나라의 앞선 산업기술을 활용한 Global MRO Market Leading 필요

ㅇ (기술적) 전기식 브레이크는 최신 항공기는 물론 UAM, PAV 등 차세대 교통수단에도 적용이 필요한 High Tech 기술이며, 또한 전기식 브레이크의 핵심기술인 전기식 작동기(Electrical Actuator)는 항공기 유압, 연료, 오일 등 유체계통의 제어용 전기식 작동기와 동일한 기술이므로 기술개발의 파급효과가 매우 높음.

ㅇ (경제적) 본 전기식 브레이크 정비기술개발은 브레이크 및 브레이크 작동기는 물론 항공기에 수많이 장착된 전기 모터류에 대한 MRO 사업을 가능케 하여 국내외 시장 선점은 물론 Carbon Disk PMA의 단계적 추진을 통해 고부가 가치 Carbon Disk 제조업 육성 가능

ㅇ (정책적) 브레이크 정비 기술개발은 그동안 우리나라가 국가 전략산업으로 육성하여 이미 국제적으로 경쟁력을 확보하고 있는 Carbon Disk 제작(PMA) 또는 재생(Refurbishment) 산업을 발전시켜 OEM 자격확보 및 제작국가 지위 확보의 지름길이 될수 있음.

**2. 연구목표**

**ㅇ 최종목표 : 항공기용 전기식 브레이크 정비 및 인증능력 개발**

**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 9단계)**

- A220, B787의 전기식 브레이크 정비능력개발
- 국토교통부, FAA 수리개조 인증획득

**3. 지원기간/예산/추진체계**

별첨

ㅇ **개발기간** : 3년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|
| 35% | 35% | 30% |

ㅇ **정부출연금** : 총 30억원 (총 정부출연금 30 억원)

ㅇ **민간투자** : 총 10 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용) // 민간부담금 아님

ㅇ **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소/대학

## 4. 인증 추진방안

ㅇ 국내 업체(STX 등)가 이미 구축한 외국 항공기 정비 국제 네트워크를 통해 단계적 추진

- 1차년: FAA 관할 항공사와 정비협력의향서 (LOI) 체결
- 2차년: FAA 항공기 정비 인증 신청/획득
  운영기준(OpSpec) 개정을 통한 Component Category 추가
- 3차년: FAA Repair Station (RS) 자격을 통한 EASA AMO 신청/획득

## 5. 기대효과 및 상용화 방안

ㅇ 정비·구매비용 및 기타 효과

- 정비비용 해외 유출 방지 : 3억원 / 년
- Long TAT에 따른 추가 Spare 구매 비용 절감 3억9천만원
- 물류 및 수송비 절감 : 8천만원 / 년
- Test Stand 구매 비용 절감 : 5억2천만원 (일회성)

ㅇ 항공산업 내의 항공운송 및 정비분야의 중소·중견·대기업의 상생 협력을 통한 시너지 효과 극대화로 산업발전 및 고용창출에 기여

ㅇ 전기식 브레이크 및 브레이크 작동기 정비능력확보

- 국토교통부 인증 후 : 대한항공, 에어프레미아 MRO Sales
- FAA 인증 후 : 몽골, 동남아, 중동, 멕시코 MRO Sales

ㅇ 전기모터 정비기술 개발 -> 유압/연료/오일 계통 보기정비 확대

- 국토교통부 인증 후 LCC 포함 국내 전 항공사 MRO Sales
- FAA 인증 후 몽골, 동남아, 중동, 멕시코 MRO Sales

ㅇ Carbon Disk 제작 및 PMA 인증 -> OEM 자격 획득을 위한 지름길

- Licensed PMA 생산을 통한 Direct Sales 및 OEM 납품
- 몽골, 동남아, 중동, 멕시코 항공사에 공급

| 관리번호 | | 2021-기체-12 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 국산헬기(관용) 기체 창정비 핵심기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

○ 해외도입 헬기(경찰 13대, 해경 18대, 산림 47대, 소방 29대, 국립공원 1대 등 총 108대)의 경우, 제작사에서 제공하는 수리교범을 사용하여 통해 인가된 MRO 조직에서 창정비 수행

○ 해외도입 헬기의 평균 기령이 평균 20년 이상이고, 제작사 기술지원, 수리부품의 공급 등의 지연에 따라 정비소요시간 과다, 항공기 가동률 저하 등의 문제점이 발생

○ 국내에서 개발한 군용 헬기 수리온(KUH-1)의 경우 창정비 요소개발사업을 통해 관련 기술개발이 진행 중

○ 수리온의 파생형으로 사용되는 경찰(8대), 해경(3대), 산림(1대), 소방(1대) 등 관용 헬기의 경우, 외부보조연료탱크 지지구조, 호이스트 지지구조, 배면물탱크 지지구조, 비상부주 지지구조 등 군용 헬기와는 다른 구조와 부품이 사용된 경우가 많으나 현재 이에 대한 창정비 기술개발이 이루어지지 않고 있음

○ 향후 국산헬기의 관용 활용 비중이 높아지고, 기령이 증가함에 따라 안전사고의 위험성이 높아지게 될 것으로 예상됨에 따라, 국산헬기의 안전한 운용 및 가동률 향상을 위해 기체 창정비 기술개발 필요

**2. 연구목표**

○ **최종목표 : 수리온(KUH-1)을 기반으로 개발된 국산헬기(경찰, 해경, 소방, 의무수송 등)의 기체 창정비를 위한 핵심기술 개발**
**(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 7단계)**

- 헬기 운용 중 발생하는 경미한 손상(찍힘, 긁힘, 패임 등)에 대한 허용한계 제시
- 구조 균열(모서리 균열, 플랜지 균열, 패스너 홀 균열 등)에 대한 손상한계 제시
- 손상 품목별(판금부품, 기계가공품, 압출재, 복합재 등) 수리 절차 개발
- 작업공정서 개발 : 기체 창정비를 수행하기 위한 모든 작업공정, 절차가 수록된 공정서 개발

○ **역할 및 기능(총괄)**

- 세부과제 종합관리
- 과제목표 달성을 위한 리스크 관리
- 사업추진방향·예산 조정(마일스톤 관리)
- 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄
- 세부과제의 진도점검, 자체평가

별첨

- 국내외 동력전달시스템 기술 개발현황 분석

### 3. 지원기간/예산/추진체계

○ **개발기간 : 5년 이내**

| 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|---|---|---|---|
| 25% | 25% | 25% | 25% | 25% |

○ **사업비 : 총 90 억원 (총 정부출연금 76.4 억원)**

○ **민간투자 : 총 13.6 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)**

○ **주관기관 : 대기업**

### 4. 인증 추진방안

○ 관용헬기 기체구조의 판금수리, 복합재 수리 등에 대한 국토교통부의 AMO 승인 확보 추진

### 5. 기대효과

○ 국산헬기의 기체창정비 기술 개발을 통해 향후 국산 헬기의 기체창정비 전문기술 확보하여 국내 헬기 MRO 사업의 기술적 기반을 확보하며, 헬기 창정비 전문기술인력을 양성함

○ 지속적으로 증가할 국산 헬기의 비행 안전성을 제고하고, 정비 및 수리 시간을 절감하여 운용 효율을 제고함

○ 국산헬기의 수출 경쟁력을 제고하고, 기체 수출과 함께 후속 MRO 사업의 수주를 위한 기반을 확보함

| 관리번호 | | 2021-기체-13 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 기체 정비용 부품 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 |
| | 1세부 | 항공기 조정적 Windshield 국산화 개발 및 인증기준 적용기술개발 |
| | 2세부 | 착륙장치용 정비부품군(스트럿, 토오크링크, 부싱 등) 국산화 개발 |
| | 3세부 | 기체 정비용 부품 개발에 따른 항공기 실증기술개발 및 인증획득 |
| | 4세부 | 기체 정비용 부품 국제항공규격 기준 인증 법령/제도 연구 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 기체 정비용 교체부품으로 항공기 조종석 유리창(Windshield)*, 착륙장치용 고강도 부품군(스트럿, 토오크링크 등), 기계보기류 부품(부싱, 핀 등) 등은 부품등제작자증명(Parts Maunfacturer Approval, PMA)을 감항당국으로부터 승인받아 제작하여 항공기 정비에 사용 가능한 소모성 부품으로 국내 독자 제조화 및 인증체계 구축이 가능

*** Windshield는 비행 중 급격한 온도변화, 풍압에 견뎌야 하고, Anti-Icing용 가열장치 등을 포함하고 있어 내구성/기능성이 요구되는 일정 주기별로 교체해야 하는 고가의 기체정비용 부품임.**

ㅇ (필요성) 국내 기술집약형 항공정비산업으로의 전환을 위해 부품의 단순 장탈/장착이 아닌 자체 수리기술 확보를 통한 정비(Overhaul), 설계/제작 기술이 접목된 항공기 개조(Modification), 원가 경쟁력 확보를 위한 부품등제작자증명(PMA) 기술이 적용되는 기체 정비용 부품 및 인증절차 개발이 필요함

- 미국의 항공정비(MRO) 분야 기술수준을 100%로 했을 때 우리나라는 70% 수준으로 5-6년 정도의 기술격차

ㅇ (기술적) 항공기 조종석 유리창(Windshield), 착륙장치용 고강도 부품군(스트럿, 토오크링크 등), 기계보기류 부품(부싱, 핀 등) 등 대한 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발은 국내 확보 또는 연구된 사례가 없으므로 직접 활용에는 애로가 있을 수 있음

- 기체 정비용 부품들 중에서 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 적용을 통해 국내 항공부품생태계 경쟁력을 위한 적합성 입증체계 기술개발이 우선적임
- 부품 품질 항공인증규격기준에 부합하는 시험절차서 및 시험 기술개발이 필요하며 구체적으로 아래와 같이 제시할 수 있음
  · 소재 특성 평가 및 신뢰성 입증(장비구축 포함)
  · 개발부품 규격 만족 평가 기술 개발
- 정비용 부품 제조를 위한 품질 시스템 및 항공기 개조를 위한 실증기술 개발 필요
  · 품질 충족 부품 실증을 위한 시스템 구축 및 실증 기술 개발

*** 실증용 인프라 설계 및 인프라 구축**

*** 정비품 실증 인프라 운영 절차 등 기술 개발**

· 시스템 적합성 실증을 위한 개조 및 시험 절차 개발(필요시 비행시험 포함)

*** 개조 계획서 및 개조 절차서 개발**

*** 실증 기준 및 절차서(지상, 비행) 개발**

별첨

- 기체용 정비용 부품 등 부품제작자증명(PMA: Parts Manufacturer Approval)에 따른 정비품 제조 및 인증 절차서 개발 등이 기업에 요구하는 항목을 만족시키고 적합하게 이루어져야 함

ㅇ (경제적) FAA에 등록된 PMA 파트는 90년대 초반(1990~1995) 약 4만개에서 2010년대 초반 (2011~2015) 약 42만개 품목으로 성장하였고, 시장규모는 2014년 전체 부품시장의 약 1.6%(약 5,000억원)에서 2019년 2.2%(7,000억원) 수준으로 연평균 6.0%(기체 7.9%, 엔진 2.7%, 구성품 8.3%) 성장 전망

*** 출처: 기술집약형 항공정비산업 기술개발 사업 기획, 항공안전기술원, 2018.02**

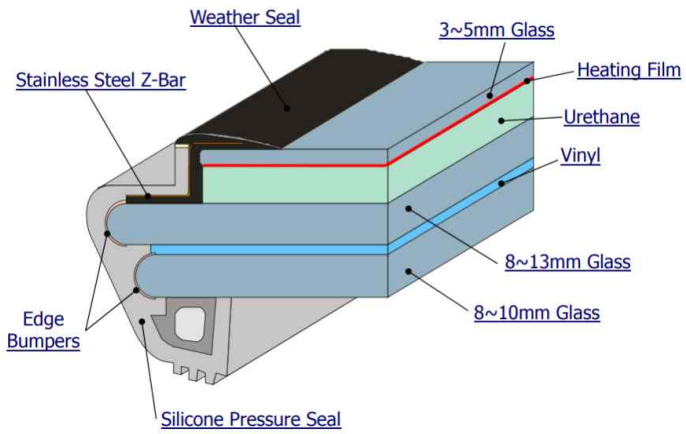
- 2016년도 Non-OEM방식에 수리 총 140억 달러(Non-OEM중 PMA 8억 달러, DER 수리 20억 달러, 잉여자재 39억 달러, OEM 매뉴얼에 의한 수리 75억 달러)
- Windshield의 국내 수리, PMA 수입대체 및 타기종 확대로의 경제적 효과는 대략 200-300억원 정도로 예상

ㅇ (정책적) 기체 정비용 항공기 조종석 유리창(Windshield), 착륙장치용 고강도 부품군(스트럿, 토오크링크 등), 기계보기류 부품(부싱, 핀 등) 등의 교환부품에 대한 부품등제작자증명(PMA) 인증은 국내에서는 아직 적용된 사례가 없으나 국내 운항사 등 국내 관련 기관들의 분위기가 이제는 적용해 보는 방향으로 성숙해 가고 있음

## 2. 연구목표

**ㅇ 최종목표 : 항공기 기체 정비용 부품 국산화 및 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 9단계)**

- 항공기 조종석 유리창(Windshield), 착륙장치용 고강도 부품군(스트럿, 토오크링크 등), 기계보기류 부품(부싱, 핀 등) 등 제조기술 및 PMA 인증기술 개발
- MRO용 다소비 Windshield Ass'y에 대한 수리개조 및 제작기술 개발
  · 원 제작사(OEM)의 제품을 기계적 화학적으로 분석하여 역설계 및 제작기술 개발




[PMA용 Windshield 구성품 예시]

· 비금속 부품 중 중요성, 장탈빈도, 기술개발 파급 효과를 고려하여 대상 선정

- 항공기 기계보기류 중 착륙장치 부품군(스트럿, 토오크링크, 부싱, 핀 등) 및 화물기 롤러 등의 PMA 적용 가능 부품 대상 분석
- 국산화 항공기 기체 정비품 개조 및 실증기술개발
- 국산화 기체 정비품 국제항공규격 기준 인증 법령 및 제도 연구
- 국내 부품등제작자증명(PMA) 인증기술 개발 완료 및 인증획득 및 국내 물량 수주

### 3. 지원기간/예산/추진체계

ㅇ **개발기간** : 5년

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 20% | 15% | 20% | 30% | 15% |

ㅇ **정부출연금** : 총 280억원 (총 정부출연금 230 억원)

ㅇ **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소

### 4. 인증 추진방안

ㅇ 연구개발 결과를 활용하여 최종 PMA 파트에 대한 인증을 확보할 경우
- 국산화한 PMA 파트의 원 제작사(OEM) 대비 원가경쟁력을 기반으로 국내 관련 정비업체 또는 항공사(정비조직보유 항공사 등)를 대상으로 사업화 시작
- 해외업체와의 기술협력 또는 기술지원을 통해 최초 관련 시장진입 리스크 해소
- PMA에 대한 거부감이 없고, 원가 경쟁력을 중요시 하는 국·내외 독립 MRO를 대상으로 PMA 파트를 판매

ㅇ 현재 국내에서 추진되고 있는 연구개발과제 개발과 관련 인증기술개발 및 국내 AMO와 더불어 PMA에 대한 상호 인증이 완료될 경우 국외 MRO/PMA 시장진입과 확대를 기대할 수 있음

ㅇ 항공기 정비용 PMA 파트에 대한 감항당국의 부품제작자증명을 확보하기 위하여 항공기 장비품·부품 등 제작·정비 인증기술개발 사업을 통해 확보된 정비조직인증 경험 및 관련 기술을 활용하여 인증을 확보하고자 함

ㅇ 해외 부품공급업체와의 제휴(기술제휴 또는 기술지원 등)를 통해 국산화 PMA 파트에 대한 신뢰성을 확보하여 감항당국으로부터 승인을 확보

### 5. 기대효과

ㅇ 국내 항공기 정비시 사용되는 원제작사(OEM) 파트를 대체하여 해외 반출 MRO 물량을 국내 수요로 전환하고 원가 경쟁력 확보, 국내 MRO 산업기반 자립 유도

ㅇ 국·내외 MRO 전문업체의 신규 진입/고품질의 MRO 서비스 제공을 통해 해외반출 MRO 물량을 국내수요 전환 및 해외 수출 기반구축

ㅇ MRO 국내 시장 규모 확대를 통해 MRO 업체의 전문화를 유도하여 MRO 산업의 자립화 도모

ㅇ 신규 일자리 창출 및 고품질의 정비인력 공급

ㅇ 국내 항공부품 제조를 위한 공정기술의 응용을 통해 국내 뿌리기술의 첨단산업화 및 항공산업의 자립 기반 마련

| 관리번호 | | 2021-기체-14 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발 |
| | 1세부 | 로봇팔 및 자동화 기술을 활용한 항공 MRO 검사 기술 고도화 |
| | 2세부 | 항공 MRO 검사 시 활용되는 자동 진단용 AI 기술 개발 |
| | 3세부 | 항공기 기체 손상 분석 및 데이터베이스 구축 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공기 MRO 업체 또는 운항사에서 항공기 및 항공기 부품 검사 시 정비사가 직접 항공기에 접근하여 육안을 통해 검사하고 있으며, 이는 많은 시간과 정비 인력을 필요로 함. 제안된 개념은 기존의 정비사가 수행하던 육안검사를 대신하여 비행로봇이 비행 중 영상 촬영을 통해 항공기 외부 손상을 자동검사하는 시스템이며, 이때 AI 알고리즘이 진단에 활용됨.

ㅇ (필요성) 항공기 및 항공기 부품 검사 시 정비사는 고소 작업을 포함한 많은 위험요소에 노출되어 있고, 특히, 육안검사에는 많은 시간이 소요됨. (A380의 경우, KAL의 작업자 2명 투입 시 8시간이 소요) 이에 따라 전통적인 MRO 방식에서 탈피한 새로운 방식의 MRO 기법의 적용이 요구됨. 또한 효율적인 항공기 운용을 위해 기체의 경량화, 구조 및 재료 변화 등이 빠르게 진행되고 있으므로 그에 상응하는 첨단 MRO 기술 개발이 필요함.

ㅇ (기술적) 프랑스 Donecle(社)에서는 완전 자동비행 비행이 가능한 1000 mm 급 검사전용 드론 플랫폼을 개발하였고, 영국의 RAPID(社)는 산업용 DJI 드론 플랫폼을 사용하여 Donecle(社)와 유사한 드랜 플랫폼을 개발함. 국내의 경우 KAL에서 멀티드론 Visual inspection 기반의 항공기 외관검사 원천기술을 개발하는 등 국내외에서 로봇 혹은 드론을 이용한 MRO 자동화 연구가 활발히 진행되고 있으나 여전히 태동기 단계에 머물고 있음.

ㅇ (경제적) 세계 항공 MRO 시장은 2019년 819억 달러 규모에서 2029년 1159억 달러로 연평균 3.4% 증가가 예상됨. 특히, 아시아태평양 지역의 경우 2019년 245억 달러 규모에서 2029년 426억 달러 규모로 연평균 5.6%의 고성장이 기대됨. 국내 비파괴검사 장비 시장은 해외 업체에 잠식되어 국내 도입된 비파괴검사 장비의 95% 이상이(NTIS 국가 연구 장비 기준 22건 중 21건, PAUT 장비의 경우 132대 장비 모두) 해외 장비인 상황이며, 해당분야 무역수지 개선을 위한 국산화 개발이 요구됨.

ㅇ (정책적) 국토교통부는 (2015년) 항공정비산업 육성방안을 발표하고, 이를 통해 MRO 시장규모 확대, 수입대체 및 해외시장 진출, 일자리 창출, 항공안전 제고, 해외투자 유치, 항공 제작/정비산업의 동반발전을 도모함. 특히, 항공정비산업 발전방향으로 ① 기체 정비시설/인프라/정비능력 구축, ② 핵심 MRO 전략 산업화, ③ 세계적 수준의 MRO 업체 육성 및 클러스터화 유도, ④ (정비수요, MRO 패키지, 부품공급)을 통한 해외시장 진

출 방안이 마련됨. 〈항공 MRO 로봇 검사/AI 진단 기술 개발〉은 항공정비산업 발전방향에 부합되며, 향후 급성장할 국내외 항공기 운용 규모를 고려한다면 항공정비산업의 상당부분을 주도적으로 이끌어나갈 분야임에 틀림없음

## 2. 연구목표

○ **최종목표 : 검사 자동화와 진단 AI 기술이 동시 탑재된 검사시스템 및 DB 관리 Platform 개발**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)**

○ **연구내용**

- 로봇팔 및 자동화 기술을 활용한 항공 MRO 검사 기술 고도화
  · 군집 무인이동체를 활용한 항공기 외부 손상 검사 자동화 기술 개발
  · 엔진 블레이드 자동화 Videoscope 검사 시스템 개발
  · 로봇팔 기반 3차원 부품 LUT 검사 시스템 개발
  · 회전/경사제어식 레이저 초음파 개발
  · 변위 센싱 기반 Radome LUT 검사 시스템 개발
  · 항공용 각종 배관 용접 시편 제작 및 최적 검사 기법 DB 생산/수집
- 로봇팔 및 자동화 기술을 활용한 항공 MRO 검사 기술 고도화
  · 비행로봇 수집 영상 기반 외부 손상 진단 AI 개발
  · 엔진 블레이드 Videoscope 검사 손상 진단 AI 개발
  · LUT 기반 3차원 부품 및 Radome 내외부 손상 진단 AI 개발
  · 항공용 각종 배관 용접 통합 진단 AI 개발
  · DB 생산, 수집, AI 재학습 Platform 개발
- 항공기 기체 손상 분석 및 데이터베이스 구축
  · 손상 해석용 물성 데이터베이스 구축
  · (조류/우박/정비툴/지상 충돌(격) 등이 반영된) 손상 해석 기법 개발
  · (하중, 위치, 소재 등 다변수가 고려된) 기체 손상 데이터베이스 구축

## 3. 지원기간/예산/추진체계

○ **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 15% | 25% | 20% | 20% | 20% |

○ **정부출연금** : 총 284 억원 (총 정부출연금 284 억원)
○ **민간투자** : 총 78 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
○ **주관기관** : 대/중견/중소기업

## 4. 인증 추진방안

별첨

ㅇ 항공기 원제작사 협업을 통한 결과물 인증
- Boeing, AIRBUS 등 원제작사와 협력을 통한 정비메뉴얼 수록

**※ 현재 Boeing 사에서 드론 인스펙션에 대한 FAA 인증 협의 중**

- 개발 완료 후, Boeing과의 협업결과를 바탕으로 FAA 인증 획득 진행
- FAA 인증을 바탕으로 국내 인증 수행

ㅇ Videoscope 기반 엔진 블레이드 자동화 검사 및 진단 AI 시스템은 공군항공기술연구소 등과 협력하여 실기체급 시연을 통해 실증 후 수요자 인증

ㅇ 로봇팔 LUT 기반 3D 항공 부품 자동화 검사 및 진단 AI 시스템은 3D 부품 실구조를 제작하고 이에 대한 검사를 통해 실증 확보 및 수요자 인증

ㅇ 회전 및 경사 제어식 LUT 기반 Radome 자동화 검사 및 진단 AI 시스템은 Radome 실구조를 항공기 부품 제작사를 통해 확보하고 실구조에서 실증을 통해 수요자 인증

ㅇ 항공용 배관 용접부 자동화 검사 및 진단 AI 시스템은 국내 항공기 제작사와 협력하여 실부품을 제작하고 이에 대한 검사를 통해 실증 확보 및 수요자 인증

## 5. 기대효과

ㅇ 항공기 구조 전반에 걸쳐 자동화 검사 시스템과 진단 AI를 활용하여 정확한 검사 및 효율적인 유지보수 가능

ㅇ 항공기 드론 인스펙션을 통해 항공기 검사시간 단축으로 국내 MRO 경쟁력 제고

ㅇ 원격 Visual inspection 정비 시스템 적용
- 원거리 파견 정비 비용 절감
- 비행 로봇 영상 기반 Visual inspection 전문 정비사 분야의 신규 전문 직종 개발
- 훈련된 전문 Visual inspection 정비사에 의한 원격지도를 통해 일관된 정비 서비스 제공 가능
- 파견 정비사의 부담 감소 및 원격지-로컬 정비사 간 협업을 통한 Human error 감소

ㅇ 자동화 및 AI 기반의 첨단 MRO 기술을 통해 국내외 기술 발전 선도 가능하고, 항공 MRO DB 관리 Platform을 활용한 일반화 및 확장 연구를 통해 검사 가능 기종을 늘릴 수 있으며, 이를 기반으로 스마트 행거 기술 확보 가능

ㅇ 수출/파생 사업연계, 일자리 창출 및 경제활성화 기여

| 관리번호 | | 2021-기체-15 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter) 시험장비 개발 |
| | 1세부 | 와전류 다이나모미터형 시동기 시험장비 개발 |
| | 2세부 | 아날로그 제어측정시스템의 디지털화 및 시험절차 자동화 시스템 설계 |
| | 3세부 | 공압장비 설계·제작 및 작동 소프트웨어 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공기 엔진의 공압시동기(pneumatic starter)는 상업용 항공기의 대부분을 차지하는 가스터빈 엔진에 장착되어 초기 시동에 필요한 구동력을 제공하는 구성품임. 공기압에 의한 터빈 구동으로 회전력을 발생시켜 시동을 걸고자 하는 엔진의 고압압축기(HPC)가 정상적인 엔진점화가 가능하도록 충분한 회전속도까지 회전력을 전달해주기 위한 부품임. 공압시동기 시험장치는 시동기의 정비 작업 수행후 점검절차에 필요한 장비임.

ㅇ (필요성) 공압시동기로부터 적절한 회전력이 터빈에 전달되어야 항공기에 장착된 엔진의 시동절차가 보증될 수 있으며, 통상적으로 큰 구동력의 발생으로 인해 피로 수명이 짧아 주기적인 상태 검사와 유지보수가 필요함.

- 현재의 시동기 시험장치는 관성 플라이휠(inertia flywheel)을 약 7,000 rpm 으로 고속 회전시키면서 검사가 수행되어 작업안전의 불안전 위험 요소에 노출되고, 수동식으로 검사가 진행되어 시험의 효율성이 떨어짐.
- 현재의 공압부품 시험장비는 약 30년 전에 제작된 아날로그 방식으로 정확한 시험 및 신뢰성 향상을 위해 첨단 디지털 방식으로의 개선이 필요함.

ㅇ (기술적) 아날로그 방식에 의한 검사 수행 절차를 와전류 다이나모미터(eddy current dynamometer)를 기반으로 개발하고 첨단 디지털 방식으로 개선하여 시험절차의 자동화, 안전성 확보 그리고 신뢰성을 높이고자 함.

- 와전류 다이나모미터형 공압장비 설계·제작 및 작동 소프트웨어 개발
- 시험절차를 Labview 등과 같은 상용 제어계측 소프트웨어를 활용하여 자동화

ㅇ (경제적) 2021년 9월 현재 국내항공사에서 운영하고 있는 운송 사업용 항공기 총 364대 중 B787형식 항공기 11대를 제외한 353대가 공압시동기를 장착하고 있으며, 각 항공기는 장착된 엔진의 숫자만큼의 시동기가 항공기 운항에 직접 사용 중 (예비품확보를 위한 숫자까지 포함 할 경우 1,000개 이상)

- 국외의 일부 시험장비 회사가 기술을 보유하나 국내 개발시 항공사 및 MRO 업체에 수출 가능
- 수명 주기 및 고장으로 장탈된 시동기의 외주 수리로 인한 국부의 유출 차단효과
- 신기술 개발·완료 시 가격경쟁력을 통한 해외 물량 수주로 국익증진

별첨

플라이휠 방식



⇒

다이나모미터 방식



밸브시험 장비



시동기 시험 장비



Air flow 시험장비



고압 시험 장비



⇒

최신의 디지털 측정방식



ㅇ (정책적) 디지털 기반 신기술 개발을 통해 국내항공기 부품 개발 능력 확보 및 MRO 활성화를 통한 항공산업 기반 강화에 기여

- 항공기 부품 수리기술 개발과 관련된 기초기술을 산학으로 공동연구·개발하여 국내항공기 부품 개발 기술력 향상 도모
- 항공기에서 장탈 가능한 항공기 부품 수리 기술을 개발하여 지역 기술산업 활성화를 위한 MRO 기술력을 제공

## 2. 연구목표

ㅇ **최종목표 : 공압시동기의 공압부품 시험장비 및 시험절차 자동화 시스템 개발**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 9단계)**

- 와전류 다이나모미터형 시동기 시험장비 개발
- 아날로그 제어측정시스템의 디지털화 및 시험절차 자동화 시스템 설계
- 공압장비 설계·제작 및 작동 소프트웨어 개선

## 3. 지원기간/예산/추진체계

ㅇ **개발기간** : 3년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|---|---|---|
| 25% | 35% | 30% | 10% |

ㅇ **정부출연금** : 총 40억원 (총 정부출연금 40 억원)
ㅇ **민간투자:** 총 10 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용) // 민간부담금 아님
ㅇ **주관기관:** 중소/중견/대기업, 연구소/대학

**4. 인증 추진방안**

ㅇ 항공기에 장착된 LRU(Line Replaceable Unit) 수리능력은 MOLIT에서 인증
- 주 Test장비에 장착된 정밀측정장비 및 Gauge들은 국내 및 해외 PME(Precision Measurement Equipment) Lab에서 Certification을 받아서 인증 및 정해진 주기로 재교정 필요
- 주 Test장비는 CMM(Component Maintenance Manual)상의 Test Specification을 비교/분석하여 TTE(Tool and Test Equipment) Equivalency Determination Document를 작성하여 QA(Quality Authorization) 에서 인증을 획득

**5. 기대효과 및 상용화 방안**

ㅇ 항공기 엔진 시동기 시험절차의 안전성, 신뢰성 및 효율성 증대
ㅇ 국내 대형운항사, 저비용 항공사 및 군 항공기 공압시동기의 국산화 및 수출 확대
ㅇ 40여년의 정비기술 경험을 보유한 대형운항사의 기술적 마스터플랜 경험 및 기초기술 지원과 자동화 관련 기술을 보유한 대학의 디지털·자동화 기술 지원을 활용하여 중소/중견 기업이 주관개발하여 상용화 수행

| 관리번호 | | 2021-기체-16 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 신기종(A350/B787) 항공기 기체 중정비/수리/개조 기술 개발 |
| | 1세부 | A350/B787 항공기 기체 중정비 및 개조 기술 개발 |
| | 2세부 | A350/B787 항공기 기체 복합재 수리 기술 개발 |
| | 3세부 | FAA/EASA 정비인증 기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 현재 민항기는 운영비용 절약 추진과 소음 등의 환경규제를 준수하고, 고객이 만족하는 서비스를 제공하기 위하여 각 분야에서 신기술을 적용하여 지속적인 발전을 거듭하고 있음. **특히, 항공기 동체 및 날개 구조물의 소재가 금속에서 복합재로 대체되어 정비 방식이 기존의 금속 위주에서 복합재 수리 위주로 변화**하는 등 패러다임의 전환이 빠르게 이뤄지고 있음. 이에 대한 적극적인 대처로 MRO 신기술 적용을 통한 국제적 경쟁력 확보와 국내 MRO 산업 활성화가 요구됨.

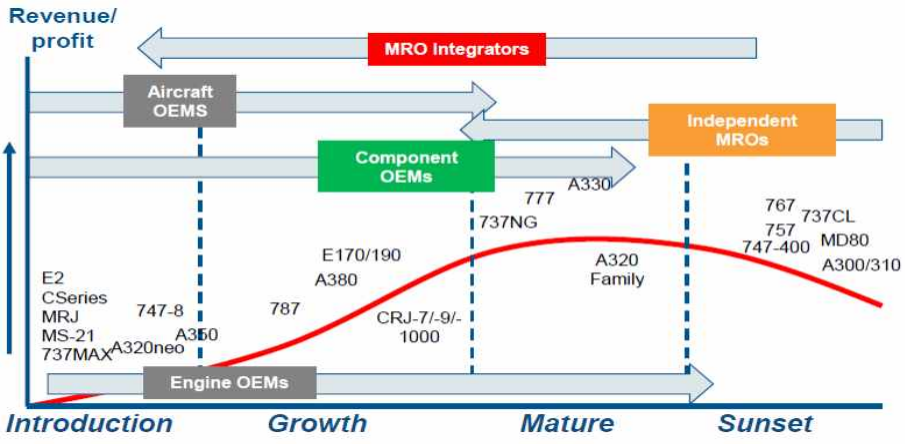
ㅇ (필요성) 국내 LCC/FSC가 **신기종(A350/B787) 항공기를 도입하여 운영 중**이나 국제적으로 인정되는 **FAA/EASA 정비인증이 없고**, 이에 대한 자체 투자가 소극적인 것이 현실임. 국내 중복투자 없이 안전운항을 확보하고 감항당국의 통합관리가 가능한 세계적 수준의 MRO 정비기술 확보는 자체 정비수요 해소와 국제적 경쟁력 확보에 필수적임. 한편 A350/B787 등의 신기종 기체는 약 60% 정도가 복합재로 구성되어 있음. 제작사 수리 교범인 SRM(Structure Repair Manual)에 따르면, 복합재 결함 수리 시 임시 수리의 경우 진공백과 가열판을 사용하고 영구수리인 경우 Repair Clave 내에서 조절된 압력과 가열 환경에서 경화시키도록 규정되어 있음. 그러나 국내 대부분의 운항사는 반복 점검의 부담과 결함 진전의 우려로 영구 수리를 선호하고 있으나, **국내에는 영구수리 기술의 부족과 특수 장비 구축의 어려움**으로 인해 임시 수리를 선택하거나 고가의 수리 가능 부품을 Serviceable Part로 종종 교환하고 있음.

ㅇ (기술적) 항공기 운항사는 시스템 위주의 정비로 항공기를 관리하나 MRO 업체는 기체구조 수리 및 개조가 주요 임무임. B777/A330 이전과 B787/A350 이후의 항공기는 알루미늄합금에서 복합재로 기체재료가 변경되어 정비에 대한 패러다임이 전환되었으므로, **신기종에 대한 선제적 정비/수리/개조 능력을 확보하여 글로벌 MRO 경쟁력을 선점**해야 함. 특히 기존 선진업체의 약점인 복합재 수리기술 확보와 이를 통한 향후 P2F 개조에 대비한 기본기술 확보가 요구됨.




[항공기 기체에 적용된 복합재 분포]

○ (경제적) 현재 MRO 시장은 B737NG, A320F, B777 및 A330 항공기가 성숙기에 진입하여 시장을 주도하고 있으며, 현재 국내 MRO 업체는 B737NG, A320F 항공기 FAA 중정비 인증을 보유하고 있으나, B777, A330 항공기는 미보유 상태임.




[항공기 시장 형성 단계]

보잉사는 향후 10년간 29,000대의 항공기를 생산하고, 이중 단일통로 항공기(A320,B737NG)가 생산대수 기준 67%, 금액 기준 44%를, 이중통로 항공기(A350, B787)가 생산대수 기준 23%, 금액 기준 47%를 차지할 것으로 예상함. 국내 MRO 업체가 수익성을 개선하기 위해서는 저가의 단일통로 항공기보다 수익성이 보장되는 이중통로 항공기로 차기 MRO 사업을 전개하는 전략이 요구되며, 이를 뒷받침하는 국가정책이 요구됨. 이를 위한 진입 단계로 **A350 및 B787 항공기가 성숙기에 접어들기 전 시장에 선제적으로 진입하여 시장을 선점**할 필요가 있음.




[Boeing(社)의 항공시장 예측]

○ (정책적) '21년 8월 발표된 [국토교통부 항공정비[MRO] 산업경쟁력 강화방안]은 성장잠재력이 높고 고부가가치 산업인 MRO 산업의 체계적인 육성을 통해 양질의 일자리를 창출하고, 항공부품·제작 등 연관산업과 동반성장을 도모하는 한편, 정비품질 향상으로 항공안전을 보다 강화하기 위해서 수립됨. 이를 위해서는 "기체 중정비/개조 능력 확보"가 선결되어 정비시 부수적으로 발생되는 엔진, 각종 부품 정비/수리 수요를 국내에서 흡수하는 전략이 필요함. 국내 LCC/FSC 업체는 A350/B787 기종을 이미 도입하여 운영 또는

별첨

도입 중이며, 차기에 형성될 A350/B787 기종 기체 중정비/수리/개조 수요 대비와 함께 국내 MRO 육성을 발전 전략이 요구됨. 이를 위해 국내 정비/수리/개조 능력 개발과 FAA/EASA 인증 확보가 필수적이나, 초기 투자 과다 및 시장 미형성에 따른 수주 물량 부족으로 MRO 전문업체가 독자적으로 투자 진행하기 어려운 것이 현실임. **신기종 수리비의 해외 유출을 방지하고, 국가 MRO 기술 및 경쟁력을 선제적으로 확보하는 정책적 자원이 절실**함. 또한, 미래 화물기 개조 소요를 대비하기 위한 이행 필수 조건인 정비/수리/개조 능력 및 FAA/EASA 국제인증 확보를 통한 글로벌 차세대 P2F(Pax to Freighter) 개조 시장 선점을 위해, 국가 정책적 차원의 기체 중정비/개조 능력 개발이 절실함. 정부의 지원을 통해 국가 민항정비 기술 수준을 끌어올려 **해외의 선도 MRO 기업과의 기술격차를 해소하고 고부가가치 사업으로의 조기 진입 목적을 동시에 달성**해야 함.

## 2. 연구목표

**ㅇ 최종목표 : A350/B787 중정비/수리/개조 기술 개발 및 FAA/EASA 인증 획득**
**(TRL : [시작] 4 단계 ~ [종료] 9 단계)**

**ㅇ 연구내용**

- A350/B787 항공기 기체 중정비 및 개조 기술 개발
  - · A350/B787 기종별 정비환경 및 정비지원 요구조건 개발
  - · A350/B787 기종별 정비 매뉴얼 개발
  - · A350/B787 주요 품목별 손상 수리절차서 및 작업공정서 개발
  - · A350/B787 주요 품목별 기체 내/외부 결함탐지 기법 개발
  - · (에너지, 부위, 방향, 소재에 따른) 손상 해석 및 시험 데이터베이스 구축
  - · 손상해석 및 시험을 통한 손상 한계값 데이터베이스 구축
  - · 정비 품질 평가(시험/해석) 및 검증 기술 개발
  - · 정비 소요 특수 치공구 설계 및 제작
  - · 국제 정비인증 (FAA/EASA) 확보 기술 개발
  - · 신기종 화물기 개조 이행 대비 선행기술 개발

- A350/B787 항공기 기체 복합재 수리 기술 개발
  - · 복합재 수리용 Repair clave* 개발
  - · 수리용 복합재 설계/분석/경화 공정(제작) 기술 개발
  - · 수리용 복합재 내부 잔류변형 및 응력 예측 기술 개발
  - · 수리용 복합재 물성 데이터베이스 구축
  - · 복합재 수리 품질 평가(시험/해석) 및 검증 기술 개발
  - · 복합재 품질 ASME 인증 기술 개발 및 인증 획득

*Repair clave와 Autoclave 차이
Repair clave : 목적(수리용), 압력(전체가압), 온도(부분가열), 치구(부위에 따른 특수 고정치구)
Autoclave : 목적(제작용), 압력(전체가압), 온도(전체가열), 치구(일반 고정치구)

- FAA/EASA 정비인증 기술 개발
  · 시설 구축 및 정비 체계 구축 (전산화, 공정관리 등)
  · 이행조직 구성 및 인증절차 추진

### 3. 지원기간/예산/추진체계

○ **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 30% | 20% | 20% | 15% | 15% |

○ **정부출연금** : 총 295억원
○ **민간투자** : 총 270억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
○ **주관기관** : 중소/중견기업

### 4. 인증 추진방안

○ 공통 준비사항
- 기술자료
  · AMM/ SRM/ WDM/ ASM/ ITEM
- 소요 설비 장비 확보 (차세대 복합재 수리 시설, 특수목적용 장비/시설)
- 기술인력 확보 (선진 기관 시스템/구조 수리 교육, MRO 운영 기법 전수)
- 정비 체계 구축
  · 기술자료 전산화, 생산/공정 관리 Master Plan 및 이행 방안 설립
  · 각종 감항 당국/고객사 지시 이행
  · 각종 결함 해소/기술지시 문서 지원
  · 작업 결과 (인시수/비용/자재/공구) 취합 정리/집계
- 현장 이행조직
  · 정비사/ 확인정비사/ 감항 확인자 자격 확보 및 임명
  · 검사원 자격 확보 및 임명
  · 정비지원 인력(생산관리/공정관리/기술관리/사업관리) 확보/양성
  · 중정비 Simulation 및 이행
- 정비조직 매뉴얼, 교육/훈련프로그램, 품질관리절차/정비절차 제정/보완

○ FAA/EASA Repair Station 인증 추진
- 1단계: Pre-application (PASI 제출, 인증팀 구성, 사전회의 등)
- 2단계: Formal Application (인증신청, 회의체구성, Key Management 면담 등)
- 3단계: 서류 합치성 심사 (FAR Part 145 합치성 심사)
- 4단계: 현장심사 (정비절차 관련 질문, 인력, 시설, 장비, 문서 등)
- 5단계: 인증서 발행 (보완사항 접수/심사, 인증비용 정산, 절차 합치성 확인 등)

| 5. 기대효과 | |
|---|---|

ㅇ 국내 LCC/FSC 정비 서비스 개선 및 감항성 확보
ㅇ 국내 MRO 물량 해외 유출 감소 및 해외 물량 수주
ㅇ 선진 MRO와 기술 및 이행능력 격차 해소
ㅇ 차세대 P2F 개조이행능력 선제적 확보
ㅇ 고급 일자리 고용 창출

| 관리번호 | | 2021-기체-17 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 항공기 화물 이송 볼매트 및 PDU 제품 개발, Test 장비 국산화 |
| | 1세부 | 전기식 액츄에이터 PDU 설계/제작, 볼매트 설계/제작 |
| | 2세부 | PDU Load Test 장비 연구 및 국산화 개발 |
| | 3세부 | PDU 및 볼매트 수리절차 개발 |
| | 4세부 | 볼매트 및 PDU 해외 인증(PMA) 취득 추진 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공기의 화물 적재시스템에 적용되는 화물 이송용 볼매트(Ball Mat)와 전기식 액츄에이터(감속기 모터 제어보드 내장형)인 PDU를 국내 독자기술로 개발하고자 함
- 볼매트는 항공기 화물 적재실 내에서 화물이 이동할 수 있도록 하는 장치로 다수의 Ball Transfer Unit으로 구성되어있음
- PDU는 적재화물을 원하는 방향으로 이동하기 위한 동력을 발생/전달하는 장치로 화물을 한 방향으로 이동하거나 원하는 방향으로 이동하도록 방향제어가 가능한 2가지 종류가 있음

ㅇ (필요성) 인천공항 동북아시아 대표 Hub 공항으로 도약함에 따라 여객 및 화물 수송량이 급증. 특히 COVI-19 이후 인천을 경유하는 화물량이 대폭 증가함에 따라 해당 부품의 수리 빈도 및 중요도가 높아짐.
- Fedex 전용 화물 터널 개장 및 인천지역 화물기 개조작업 수행으로 화물기 부품 수리에 대한 수요 증가
- 해당 부품의 경우 Test 장비 부재로 모두 해외 수리중
- 해당 부품 원활한 조달을 통해 조업 서비스 생산성 향상. 화물 물동량 증대 기대

ㅇ (기술적)
- 관련 하위 구성품의 국산화개발을 통해 부품 제작자증명(PMA)의 승인 획득하고 국적 항공기의 개조사업에 단계별 국산화 부품의 공급을 추진
- 국내 독자기술 개발로 화물기 Cargo Loading System적용부품의 대외 기술경쟁력 강화와 관련부품 개발기술 횡전개로 항공관련 기능부품 개발기술 확보 가능
- PCB내장형 모터 감속기 구조의 전기식 액츄에이터 PDU개발로 유사 항공기 부품 개발능력 확보 가능
- 국제표준(또는 해외 표준)에 맞게 제작된 항공기 화물 이송 볼매트와 및 PDU를 국내에서 제작, Test 및 수리 수행

ㅇ (경제적)
- 인천지역 화물 물동량 급증 및 화물기 취항 증가에 따라 관련 부품 장탈량 증가
- 이송 볼매트 및 PDU제품관련 국내외 신규 기술분야 진출을 통한 고용창출 효과
- 개발기술의 응용 확대시 관련 산업 매출증대 및 기술력 강화

1) 개조관련 국내외 시장규모(추정) ; 3,053억원

| 국내 시장 | 개조 대상 | 대당 금액 | 개조 시장 규모 |
|---|---|---|---|
| 국내 | 127 대 | 6.4 억원 | 813 억원 |
| 해외 | 350 대 | 6.4 억원 | 2,240 억원 |

**※ 국적항공기 등록대수 및 기령 현황자료(국토교통부)**

**※ 대당금액은 B747기종 1대 기준, PDU(2종, 50EA), 볼매트(16종, 16EA)**

별첨

2) 국내 정비시 시장규모(추정) ; 104.8억원

단위:억원

| 구분 | | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PDU 정비/수리 | 아시아나 | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 42 |
| | 대한항공/기타 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 62.8 |

※ 환율 1,200원/$ 기준

o (정책적) 미국과 유럽은 자국과 해외의 모든 정비사업자에게 수리개조사업장(Repair Station) 또는 정비조직승인(AMO)을 받도록 규정하고 있으며, 우리나라 국토교통부는 제3차 항공정책기본계획에서 “항공정비산업(MRO)의 국제경쟁력과 산업규모 확대~”, 연구개발 종합계획에서는 “항공정비산업 육성을 통한 일자리 창출~ 인증기술개발”등의 육성 정책을 제시하고 있음

## 2. 연구목표

**o 최종목표 : 화물 이송용 볼매트 및 전기식 액츄에이터 PDU제품 개발, Test 장비 국산화 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)**

- 전기식 액츄에이터 PDU 설계/제작
  - · 모터 감속기 일체형 액츄에이터 설계
  - · 브레이크 내장형 구동 매커니즘 구조설계
  - · 과부하 감지 및 안전 회로 내장형 모터 구동 PCB 설계
  - · soft 가감속 모터 구동제어 프로그램 개발

- 볼매트 이송 볼 설계/제작
  - · 기보유 고하중 이송 볼 설계/제작 기술활용
  - · 경량화 소재선정을 통한 최적 이송 볼 설계/제작

- PDU제품 조립 치구, 성능 검사용 시험장비 국산화
  - · 항공기 적재화물 대신 Cargo PDU에 인위적인 부하를 가하여 토크, 속도, 수직하중을 측정하여 PDU 신뢰성을 검사하는 장비



[LOAD TEST STAND형상]

○ **세부과제별 연구개발내용**

- 1세부 : 전기식 액츄에이터 PDU 설계/제작, 볼매트 설계/제작
- 2세부 : PDU Load Test 장비 연구 및 국산화 개발
- 3세부 : PDU 및 볼매트 수리절차 개발
- 4세부 : 볼매트 및 PDU 해외 인증(PMA) 취득 추진

**3. 지원기간/예산/추진체계**

○ **개발기간** : 3년 (2023~2027년)

| 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|
| | 30 | 25 | 15 |

○ **정부출연금** : 총 70 억원

○ **민간투자** : 총 45 억원

○ **주관기관** : 중소중견기업 1, 대기업 1

별첨

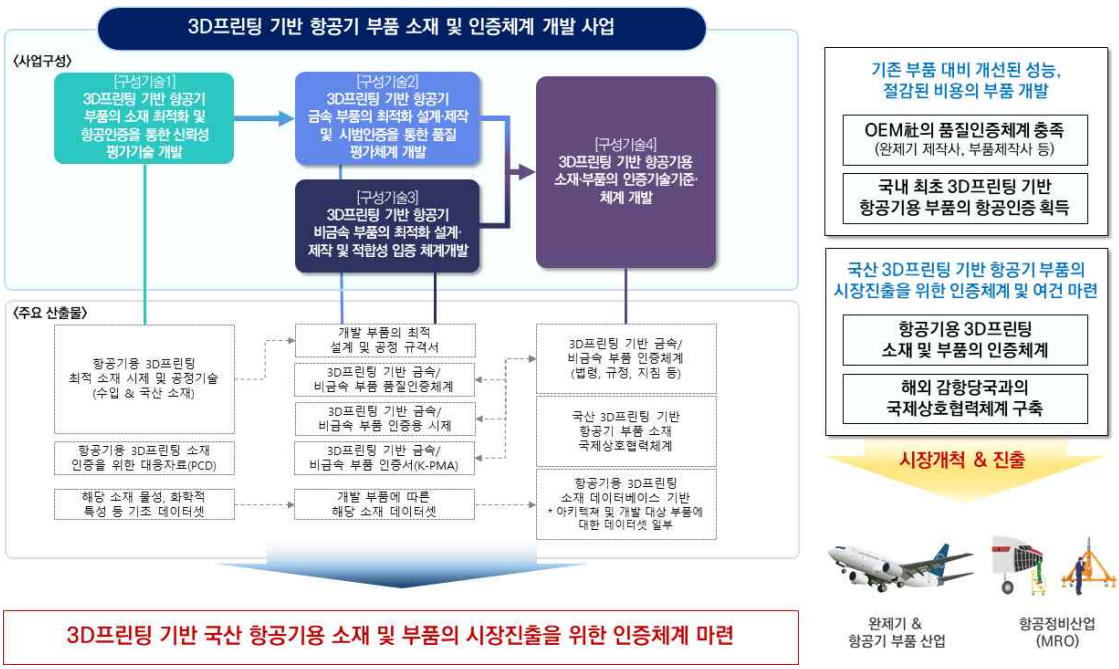
| 관리번호 | | 2021-기체-18 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | (사업명) 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발<br>(과제명) 금속·비금속 3D프린팅 기반 항공기 부품·소재 및 인증체계 개발 |
| | 1세부 | 3D프린팅 기반 항공기 부품의 소재 최적화 및 항공인증을 통한 신뢰성 평가기술 개발 |
| | 2세부 | 3D프린팅 기반 항공기 금속 부품의 최적화 설계·제작 및 시범인증을 통한 품질 평가체계 개발 |
| | 3세부 | 3D프린팅 기반 항공기 비금속 부품의 최적화 설계·제작 및 적합성 입증 체계개발 |
| | 4세부 | 3D프린팅 기반 항공기용 소재·부품의 인증기술기준·체계 개발 |

## 1. 개요 및 필요성

○ 개요

- 고부가가치 항공정비산업 경쟁력 강화 정책* 등에 따라 항공기 부품 소재 분야의 3D프린팅 적용·확대를 위한 소재·공정·인증체계 개발 및 시범실증을 통해 항공부품으로 안전성 확보 및 상용화 진출 기반 마련 필요

* 제3차 항공정책기본계획(국토부, '20), 제3차 항공산업발전기본계획(산업부, '21) 및 항공정비산업 경쟁력 강화(국토부, '21) 등




[ 사업 개념도(안) ]

○ 연구개발 필요성

- **(탄소중립·비용절감)** 전 세계 항공분야의 탄소상쇄·감축 계획인 CORISA*의 이행과 완제기 제작사의 비용절감의 수단으로 3D프린팅 기반의 항공기 부품 개발이 각광을 받으며,

부품 경량화·일체화 성공에 따른 상용화 사례** 증가

* 탄소배출량을 '20년 수준으로 동결, 탄소배출량의 초과량에 대해 항공사가 비용을 부담

** Airbus는 A350 Latch shaft 구조물에 3D프린팅을 적용, 부품 일체화(10→1), 무게 45%, 비용 25% 절감

- **(3D프린팅산업 확장)** 3D프린팅산업 육성정책에 따라 공공분야 중심으로 성장*하던 국내 3D프린팅 산업이 응용산업별로 기술도입 시도가 본격적으로 이루어지며, 국내 항공기 부품 소재 분야로의 적용 가능성 대두

* 3D프린팅의 항공산업 비중 - 해외: 자동차(16.4%), 가전(15.4%), 항공/우주(14.7%)국내: 공공(29.7%), 자동차(15.2%), 의료(12.8%), …, 항공(2.7%)

- **(항공 인증체계 미비)** 항공분야는 최상의 안전을 확보하기 위해 인증체계를 기반으로 시장진출이 허용되고 있으나, 3D프린팅의 소재, 공정, 부품 등에 대한 안전성을 입증할 수 있는 기준 등 인증기술기준이 부족하여, 민간의 항공산업 진출 애로
- **(시장진출 도전 가능성)** 국내 3D프린팅 기업 및 항공사를 중심으로 항공기 부품의 자립화, 국내 MRO 수요에 따른 국산 부품 대체 등을 위한 노력이 이어지고 있어, 정부의 R&D 지원을 통한 관련 기술력 확보 및 산업 생태계 변화 시도 가능

※ 캐빈 인테리어, 카고·도어 핸들링 등 비핵심 부품군에 대해 시장진출 가능성 증대

**ㅇ 국내외 시장 및 기술 동향**

- **(시장)** 항공우주 분야 3D프린팅 시장은 '21년 기준 19억 달러(약 2.3조원)로 추산, '26년까지 47억 달러(약 5.6 조원)에 이를 것으로 전망('21년, 마켓엔마켓)
  · 항공기 부품의 다품종 소량생산 특징, 경량부품 수요 증가, 부품생산 시간 단축, 비용 효율 등에 의해 시장수요가 좌우될 것으로 예상하며, 향후 신개념 항공기와 같은 체계로의 적용이 확대될 것으로 전망

※ 현재까지 국내 3D프린팅·항공부품제작 기업 및 항공사 등에서 3D프린팅을 이용하여, 국산 항공부품을 개발 및 상용화한 사례는 없음

- **(기술)** 기체·엔진 제작사(OEM) 주도로 항공엔진 부품(연소기 및 연료계통) 및 기체 구조물 개발·적용이 이루어지고 있으며, 향후 터빈 블레이드·베인(Vane)을 포함한 임펠러, 블리스크(blade+disk) 등 구조가 복잡한 형상 기반으로 분야가 확대될 전망
  · '항공기용 3D프린팅 부품 최적설계 및 공정기술 개발('19-21, 과기부, 한국재료연구원)', 과제를 통해 항공기용 금속 기체부품, 엔진부품(분말재료 및 조형체 기반)의 기초 공정기술과 관련 시제품 개발 이력 있음

※ 상기 성과물은 항공인증체계 부재에 따른 인증기반 연구성과물이 아니므로 상용화 될 수 없어 인증체계/시범인증 기반의 체계적인 연구개발 추진 필요

- **(정책)** 제조 분야를 중심으로 3D프린팅을 활용한 응용산업의 저변확대 정책에 따라 FAA(미)·EASA(EU)는 주기적인 워크샵 개최 등 협력을 통해 인증체계를 구축 중

## 2. 연구목표

**ㅇ 최종목표 : 민수용 항공기 부품* 대상의 3D프린팅 기술** 기반 금속/비금속 부품 최적화 설계,**

품질·인증기술기준 개발 및 실증***

(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)

* (부품) 항공기 캐빈 인테리어, 카고·도어 계통 등

** (기술) 초경량 구조설계, 적층제조(PBF, Powder Bed Fusion) 및 국산 비금속/금속 파우더 제조(Ti6Al4V 등) 등

*** (시범 실증) Airbus A350 등 민수용 항공기에 부품 대체 및 수리·정비절차 적용

※ (목표수준) 개발대상 항공 부품의 일체화/경량화로 약 30% 무게 절감




○ 연구개발 수행체계




○ 세부과제별 연구개발내용

- (구성기술1) 3D프린팅 기반 항공기 부품의 소재 최적화 및 항공인증을 통한 신뢰성 평가기술 개발

  · 소재 합성 설계 및 소재 공정 최적화 기술 개발(열역학 기반 상태도, 성형성, 물성예측 기술 개발 등)

  · 소재 조성에 따른 미세조직 분석 및 미세조직 제어를 위한 열처리 공정 최적화 기술 개발

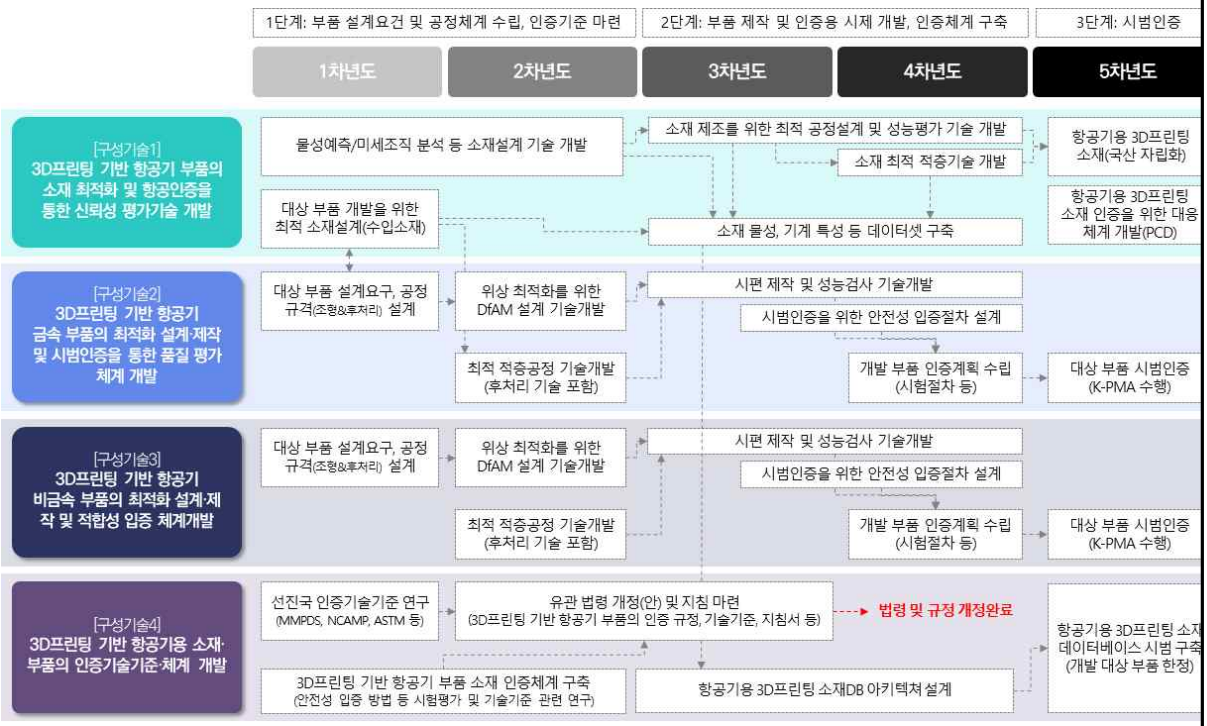
  · 분말 소재 특성 인증시험 기술개발 및 성능시험(입도, 겉보기 밀도, 성분, 유동도 분석 등)

· 적층 시편 소재 특성 인증시험 기술개발 및 시험(성분, 미세조직, 기계적 물성, 환경영향 시험법 등)

· 자재/부품 인증을 위한 소재 규격서 개발 및 소재 데이터셋 구축

· 항공기용 부품 소재의 시범인증을 위한 대응체계 개발(NCAMP 수준)

**※ 소재 인증 신청을 위한 재료/공정규격서, 제조공정관리문서(PCD), 재료물성 데이터 등 마련**




[ 3D프린팅 기반 항공기 부품 소재 및 인증체계 개발 체계 ]

**- (구성기술2) 3D프린팅 기반 항공기 금속 부품의 최적화 설계·제작 및 시범인증을 통한 품질 평가체계 개발**

· 대상 금속부품 설계·공정 규격 분석, 최적 조형공정 및 후처리 공정 분석

· 위상 최적화를 위한 DfAM 설계 및 최적 적층제조 공정기술 개발

· 금속 부품 시편 제작 및 성능평가 기술 개발

· 부품 인증을 위한 최적 적층제조 공정 절차(규격서) 개발

· 개발 부품의 시범인증 체계 구축 및 시범인증 수행(K-PMA 등)

**※ 개발 부품의 장착을 위한 수리 및 개조 지침서 개발 포함**

**- (구성기술3) 3D프린팅 기반 항공기 비금속 부품의 최적화 설계·제작 및 적합성 입증 체계 개발**

· 대상 비금속 부품 설계·공정 규격 분석, 최적 조형공정 및 후처리 공정 분석

· 위상 최적화를 위한 DfAM 설계 및 최적 적층제조, 후처리 공정기술 개발

· 비금속 부품 시편 제작 및 성능평가 기술 개발

· 부품 인증을 위한 최적 적층제조 공정 절차(규격서) 개발

· 개발 부품의 시범인증 체계 구축 및 시범인증 수행(K-PMA 등)

※ 개발 부품의 장착을 위한 수리 및 개조 지침서 개발 포함

- **(구성기술4) 3D프린팅 기반 항공기용 소재·부품의 인증기술기준·체계 개발**
  - · 항공선진국 인증기술기준 연구(MMPDS, NCAMP, ASTM 등)
  - · 3D프린팅 기반 항공기 부품 소재 인증체계 구축(안전성 입증 방법 등 시험평가 및 기술기준 관련 연구)
  - · 3D프린팅 기반 항공기 부품소재 인증을 위한 관련 법령 개정(안) 및 지침 마련(인증규정, 기술기준, 인증지침서, 안내서 등)
  - · 항공기용 3D프린팅 소재 DB 시범인증 체계 구축(소재DB 아키텍쳐 설계 및 개발 부품에 한정한 소재 데이터셋 구축)

**ㅇ 연구개발 예상 성과물**

- 3D프린팅 공정 적용 항공기 부품 최적 설계 기법(위상최적설계, 적층제조특화설계)
- 3D 프린팅 제작방식(Plasma, Gas atomization 등), 분말 조성비, 입도분포, 분말 형상, 진·겉보기·탭 밀도, 유동도 등을 포함한 시편 및 시험평가 테스트 베드(결정립 크기, 미세조직 등 시험평가) 등
- 항공기 부품 제작용 3D프린팅 소재 개발 및 인증체계
  - · 국산/외국산 소재를 활용한 시험평가 보고서 및 분석·적용 절차서 등
  - · 항공용 부품 적용 가능한 3D프린팅 국산화 소재 및 DB
  - · 국산 소재의 인증체계 대응을 위한 기술자료(재료/공정 규격서, 제조공정관리문서 등)
- 3D프린팅 기반 공정 최적화 시스템 및 항공기 부품(H/W, S/W)
  - · PBF(Powder Bed Fusion) 기반 공정 파라미터 최적화 기준서(안) 등
  - · 후처리 공정 최적화 시스템(H/W, S/W) 등
- 비파괴검사 표준서(안) 및 인증 요구도에 따른 시편 평가 표준서(안) 등
- 3D프린팅 항공기 부품에 대한 OEM 품질인증체계, 국내 인증(K-PMA 등)

**ㅇ 기대효과 및 파급효과**

- **(기술적 측면)** 3D프린팅 기반 항공 부품 설계·제작에 따라 **기체의 경량화, 고부가가치화(일체화** 등) 및 **항공수리·정비(MRO)** 분야에 **신기술 적용 확대** 가능
  - · 적층가공 대상 부품 원소재·부품 대비 약 30% 경량화
  - · 국산 부품의 PMA 인증획득 및 해외 진출 사례를 바탕으로 관련 기술 및 노하우의 습득, 타 부품의 기술개발 시도 등 연쇄효과로 이어져 국내 관련 R&D의 활성화 기대
- **(경제적·산업적 측면)** 3D프린팅 기술 활용에 따라 기존 해외 하청생산 중심의 저부가가치 항공산업 구조를 **고부가가치, 지속가능 산업구조로 전환 가능**
  - · 국산 3D프린팅 기반 항공기 부품의 납품을 통한 직접적인 매출 발생에 기여

* ·PMA 부품 대체효과 200억/연(추정), 개발 부품의 해외 수출을 통한 수출 효과 2,000억원 등

  - · 3D 프린팅(항공산업분야) : '16년 60.6억$ → '24년 356억$, 연평균 24% 성장 전망(미국 Wohlers Associates, '19년)
  - · 항공기 제작사(에어버스社, 보잉社 등)의 3D프린팅 부품 제조사 리스트 등재

· RSP(Risk&Revenue Sharing Partership)참여나 Supply Chain* 편입 등 기회 증대

*** 항공부품 3D프린팅 수요 → 설계 → 부품생산 → 조립 → 최종제품 납품**

· 국산 부품의 생산·납품에 따른 기업의 사업 확장, 국내 정비업체의 비용절감 구현

· 단종 또는 생산 중단된 MRO 부품의 공급체계를 마련하여, 항공 정비의 정시성 개선

- **(사회적 측면)** 항공부품 **경량화, 단순화, 일체화** 설계·제작 기술개발로 항공산업의 **탄소상쇄, 탄소감축** 등 **기후변화 대응 가능**(항공기 연료 절감)

ㅇ **정부지원 필요성**

- 항공기 부품에 대한 안전성 인증체계 구축은 전 세계 공통으로 감항당국이 이행해야하는 임무로서 민간주도적 기술개발이 불가한 분야

· 시험평가 기술개발을 위한 시편 제작 등 일부 민간의 역할은 있으나, 이는 사업화 목적이 아닌 최소의 사양과 형상으로 기술기준을 개발하는 것으로 이윤을 추구하는 민간의 참여 동인이 낮음

- 3D프린팅 기반 항공기 부품의 다품종 소량생산 특성상 경제성을 담보하기 어려우며, OEM社(완제기 제작사 포함)의 품질인증체계 충족, 국내외 인증획득 등 진입장벽이 높고, 시장의 불확실성이 높아 민간주도의 개발도 어려운 상황

**3. 지원기간/예산/추진체계**

ㅇ **개발기간** : 5년 (2023 ~ 2027년)

| 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|---|
| - | 2,000 | 7,000 | 8,000 | 6,000 | 5,000 |

ㅇ **정부출연금** : 총 280 억원

ㅇ **민간투자** : 총 123.5억원 (총 403.5억원 = 정부+민간)

ㅇ **주관기관** : 공공기관 1, 중견기업 2, 대기업 1 (참여기업 총 15곳)

별첨

| 관리번호 | | 2021-엔진-01 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 상용 항공기 엔진 MRO 오버홀 능력 기반 확대 및 공정 기술 국산화 개발 |
| | 1세부 | 항공기 엔진 MRO 장비 및 공구 국산화 설계/제작/인증 능력 개발 |
| | 2세부 | 항공기 엔진 분해/조립 공정 최적화 설계 및 생산관리 시스템 국산화 개발 |
| | 3세부 | 항공기 엔진 부품 세척 공정 자동화 시스템, 설계/제작 및 인증 확보 |
| | 4세부 | 항공기 엔진 부품 비파괴검사 공정 자동화 시스템, 설계/제작 및 인증 확보 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 국내 MRO 산업의 시장 규모는 2018년 기준 연간 약 2.6조원 규모로, 정부는 2030년까지 국내 항공 MRO 시장 규모를 5조원 수준까지 확대 예정임. 국내 엔진 정비 분야의 경우 대한항공을 제외한 대부분의 항공사에서 해외에 의존 중으로, **국내 엔진 MRO 기술력 향상을 통해 국내 엔진 정비 수요를 내수화**하여 국부 유출을 방지하고 향후 급격한 성장이 예상되는 글로벌 엔진 MRO 시장에서의 수주활동을 통한 외화 획득이 기대됨. 따라서, 항공기 엔진 MRO 기술력 선진화 및 인프라 확보를 통해 국내 산업의 활성화를 위한 초석을 다지고자 함.

- **신형 항공기 장착 차세대 엔진 정비능력 국산화 개발을 위한 장비 및 공구 제작 능력 개발**
  · 제작사 도면 및 역설계 등을 활용한 국내 설계/제작/인증 기술 개발
- **표준화 기반 계획으로 체계적 운영 가능한 공정 최적화 및 생산관리체계 고도화 시스템 개발**
  · 정비실적 및 수요예측 데이터 분석을 통한 공정 설계 및 자재 관리 체계
- **정비 생산성 향상을 위한 자동화 기반 부품 세척 시스템 개발**
  · MRO 산업 성장에 따른 대량생산 기반 확보
- **정비 신뢰성 향상을 위한 자동화 기반 부품 비파괴검사 시스템 개발**
  · 국/내외 MRO 수주 경쟁력 및 신뢰성 향상을 위한 결함 판독 능력 확대

ㅇ (필요성) 급격한 글로벌 엔진 MRO 시장 성장에 대응하고 국내 엔진 MRO 산업의 경쟁력을 높이기 위해서는 **차세대 신형 엔진을 포함한 국내 정비 국산화 기반 마련 및 선진 기술력 확보**를 통한 국내 항공 MRO 산업 생태계 조성 필요. 또한, 국내 산업안전보건법 및 환경규제 강화에 따라 유해 화학물질을 취급하는 엔진 부품 세척 공정 및 비파괴 공정 자동화는 필수적 요소로서, 현재 해외 업체 주도로 이루어지는 **항공 MRO 분야 자동화 기술의 국산 개발**을 통해 고부가가치 엔진 MRO 산업 시장 개척 및 국내 관련 업종 기술 전파 필요.

ㅇ (기술적) 엔진 정비 MRO 사업은 OEM의 시장지배력 강화와 함께 정비 기술자료에 대한 지적재산권 보호 강화 등으로, **신형 엔진에 대한 정비능력 확보의 진입장벽이 갈수록 높아지는 추세**임. PW4000, CFM56, GE90, CF6, V2500 엔진/모듈의 분해/조립/

테스트 기술은 국내 기 사업화 되었으나, 국내 정비업체의 미비된 수리시설, 장비류 해외 의존, 공정개발의 기술적 난이도로 인해 국내 MRO 업체의 글로벌 기술 경쟁력은 해외 유수 MRO 업체 대비 상대적 열위에 있음.

- 엔진 정비 시 반드시 필요한 관련 장비/공구는 해외 엔진 제작사 및 그와 계약 관계인 해외 장비 제작업체에서 고가에 독점공급하고 있으며, 대체 장비 전문 제작업체 또한 국내 미보유 중으로 **새로운 개념의 장비/공구 개발과 인증을 통한 국산화 기술 확보 필요**.

- 해외 MRO 업체들은 자체 시스템 개발 또는 해외 유수의 공정 관리 시스템을 도입하여, 최적의 공정 관리 시스템을 운영하고 있는 반면, 국내의 경우 SOP(Standard Operation Procedure)를 활용하여 표준 공정 작업 절차에 적용하고 있음. 그러나 항공기 엔진 정비 작업 공정은 단계적, 병렬적 작업을 수행하며, 다양한 장비, 치공구, 위험요소의 특성으로 인해 **작업 공정 전반에 대한 최적화, 실시간 Monitoring 및 의사 결정 지원 시스템 개발을 통한 경쟁력 확보 필요**.

- 이미 해외 엔진 MRO 분야에서는 다양한 공정에 자동화 Smart 설비가 보편적으로 활용되어 효율성 향상 및 납기일 단축 등 경쟁력을 강화해 가고 있으나, 국내의 경우 대부분의 공정에 자동화 시스템 미구축 상태임. 해외 기 적용된 부품 세척 및 비파괴검사의 자동화 시스템은 해외의 특정 기업이 독점하고 있어, 본 시스템의 국내 개발을 통해 해외 MRO 설비 시장으로의 진출뿐만 아니라 **다기종 및 대량의 국내/외 엔진 및 부분품 정비 수주를 위한 전문 MRO 기반 마련 필요**.

ㅇ (경제적) 전 세계 항공 엔진 MRO 시장은 향후 10년(2022~2031)간 연간 약 3.8% 성장이 예상되며, 매년 3.3%의 전 세계 항공운항 규모 증가와 신형 항공기로의 전환 등에 힘입어 2031년에는 2021년 약 295억 달러 대비 92% 증가한 566억 달러 수준으로 시장규모가 성장할 것으로 예상. 특히, COVID-19 로 인해 저하된 항공기 가동률이 정상 수준으로 회복되고, COVID 기간 동안 지연되었던 MRO 수요는 더욱 추진력을 얻게 될 전망. 신형 엔진의 경우 기존 엔진 대비 복잡하고 정교한 기술이 적용되고 고가의 자재비가 소요됨에 따라 향후 엔진의 대당 정비비는 크게 증가할 것으로 예상되므로, 현재 국내의 해외 MRO 의존율을 고려 시 향후 예상되는 급격한 국부유출을 방지하기 위해서는 **엔진 정비 수요 증가 시점에 대비한 사전 육성을 통해 국내 MRO 역량강화 및 글로벌 엔진 MRO 시장 기회 확대**가 시급함.

ㅇ (정책적) 세계 주요 엔진 제작사는 폐쇄적 네트워크를 통해서만 MRO 사업 참여가 가능한 시스템을 조성하여 시장 지배력을 강화하고 있는 추세로, 세계적 정비 네트워크에 조기 진입하여 시장 선점 및 기술 기반 마련을 통해 국내 엔진 MRO 산업 육성

및 국내 항공 산업 보호가 필요. 항공기 엔진에 대한 정비능력 국산화 개발은 대규모 초기투자와 축적된 기술력 및 노하우를 필요로 하며, OEM 및 해외 전문 MRO 업체와 대등한 수준의 기술력을 조기 확보하고, 해외 업체 대비 비교 경쟁 우위를 선점하기 위해서는 정부 차원의 강력한 정책적 지원이 필요.

* 유럽 및 동남아 국가에서는 자국의 MRO 기업에 대해 사업 확장 및 R&D 사업 자본지원 또는 세금 감면 등 MRO 산업 육성을 위해 정부가 적극 지원 중
* 국토교통부 '21년 항공정비(MRO) 산업 경쟁력 강화방안에서는 국내 항공정비 기술역량 강화와 신형 엔진 정비를 예시로 발표

## 2. 연구목표

○ **최종목표 : 차세대 엔진 / 부품 수리용 장비 / 공구 국산화, 자동화 시스템 2종 국산화 개발 및 생산관리 최적화 시스템 개발을 통한 항공 엔진 MRO 인프라 선진화**
**(TRL : [시작] 6단계 ~ [종료] 9단계)**

- 차세대 신형 엔진 오버홀 장비/공구 제작 및 호환성 검증 기술 국산화
  · 엔진 MRO 작업 장비/공구 국산화 설계 및 제작 기술 확보
  · 안전성 평가 절차서 확보
- 엔진 / 부품 수리 공정 최적화, 관리 및 모니터링 시스템 개발
  · 엔진 / 부품 오버홀 표준 공정 개발
  · 엔진 MRO 사업 특화 공정 관리 S/W 개발
- 엔진 부품 세척 자동화 시스템 국산화
  · 엔진 부품 세척 자동화 시스템 개발
  · 설비 제작 지적 기술 확보
- 엔진 부품 비파괴 검사 자동화 시스템 국산화
  · 엔진 부품 비파괴(형광침투) 검사 자동화 시스템 개발
  · 설비 제작 지적 기술 확보

## 3. 지원기간/예산/추진체계

○ **개발기간** : 5년 이내

(단위 : 억원)

| 1차년도 ('23) | 2차년도 ('24) | 3차년도 ('25) | 4차년도 ('26) | 5차년도 ('27) |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 83 | 65 | 44 | 32 |

○ **정부출연금** : 총 264억원

○ **민간투자** : 총 6,000억원

* PW1100G 수리 장비/공구 660억원, GEnx-1B 수리 장비/공구 520억원, LEAP-1A/-1B 수리 장비/공구 610억원, Trent XWB 수리 장비/공구 710억원
* 신공장 건립 3,500억원

○ **주관기관** : 중소 / 중견기업, 대기업

### 4. 인증 추진방안

ㅇ 공정 설계 및 시공정 운영, 시제품 생산

ㅇ 품질관리체계 구축 및 해외 전문가/OEM 기술자문

ㅇ 국내/외 감항당국 인허가 획득 (MOLIT, FAA, EASA, CAAC 등)

### 5. 기대효과

ㅇ 사회 / 경제적 효과

- 국내 항공사의 엔진 정비 내수화 및 해외 엔진 정비 MRO 물량의 국내 수주를 통한 국부 유출 방지 및 외화 획득
  · 2031년 기준 예상 글로벌 MRO 시장 수요는 약 1,177억 달러 규모로, 이의 약 48%에 해당하는 566억 달러가 엔진 MRO 분야에서 발생될 것으로 예상
- 국내 엔진 MRO 활성화를 통한 양질의 고급 일자리 창출에 기여
- 엔진 오버홀 장비/공구 및 자동화 공정의 국산화 를 통한 외화 유출 방지
  · PW1100G의 경우 수리능력 확보를 위한 해외 장비/공구 구매 비용 약 4,500만 달러 이상 소요
  · 리버스 엔지니어링, 기계가공 또는 3D Printing 업체 등 국내 중소/중견기업 상생
- 고 부가가치 기술 집약형 엔진 MRO 산업 활성화로 새로운 항공 산업 시장 개척
- 타산업 기술보유 업체에 대한 항공분야 진입 유도 및 지원
- 엔진 부품 세척 및 비파괴 공정 자동화를 통한 친환경, 고효율 사업장 구축

ㅇ 기술적 효과

- 엔진 MRO 산업 기술 국산화 개발 및 효율성 증대를 통해 해외 항공 MRO 선진국과의 기술 격차를 줄임으로써, 고부가가치 기술력 및 글로벌 경쟁력 확보
- 해외 업체가 독점하고 있는 항공 MRO 자동화 시스템 국내 개발을 통해, 국내 자동화 산업의 기술력 축적 / 활성화 및 신시장 개척 (항공 MRO 분야 Smart Factory 개념 구축 초석 마련)

| 관리번호 | | 2021-엔진-02 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 국산화 개발 |
| | 1세부 | 항공엔진 MRO 소재부품 균열 수리 공정 기술 개발 |
| | 2세부 | 항공엔진 MRO 소재부품 코팅 수리 공정 기술 개발 |
| | 3세부 | 항공엔진 MRO 소재부품 적층제조(3D Printing) 재생 공정 기술 개발 |
| | 4세부 | 항공엔진 MRO 라이센스 수리공정 기술 국산화 개발 |
| | 5세부 | 항공엔진 소재부품 수리 공정 인프라 및 Database 구축 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 항공엔진은 고온/고압의 극한 환경에서 운영되어 수리/정비유지 관련 MRO가 지속적으로 수행되나, 현재 국내의 항공엔진 정비의 해외 의존도가 높아 **항공 엔진 소재/부품의 정비 기술개발을 통한 국내 항공엔진 정비 기술력 향상을 목표**로 함

1) 항공엔진 MRO 소재부품 균열 수리 공정 기술 개발
- 균열부 세척 및 수리 기술 개발 : FIC/NGB 기술

* FIC : Fluoride Ion Cleaning, NGB : Narrow Gap Brazing

2) 항공엔진 MRO 소재부품 코팅 수리 공정 기술 개발
- 코팅부 세척 및 수리 기술 개발 : Water jet Coating Strip/Coating 기술

3) 항공엔진 MRO 소재부품 적층제조(3D Printing) 재생 공정 기술 개발
- 적층제조 수리기술 개발 : 3D Printing DED/PBF 수리기술

* DED : Direct Energy Deposition, PBF : Powder Bed Fusion

4) OEM IP 독점 부품의 라이센스 수리 기술 및 공정 국산화 개발
- 허니콤 교환/초고속 용사(HVOF)/Knife-edge Seal/복합소재 수리 등

* HVOF : High Velocity Oxygen Fuel Spray

5) 항공엔진 소재부품 수리 공정 인프라 및 Database 구축
- 항공엔진 소재부품 수리공정 Database 구축을 통한 표준화
- 항공엔진 MRO 수리공정 설비 구축 및 인증 확보

ㅇ (필요성) **국내 항공엔진 정비 및 수리능력을 민수/군수 분야에서 일부 보유하나, 대형항공사를 제외한 항공사는 엔진 오버홀 및 부품 수리를 대부분 외국에 의존**
- 특히 PW1100G, GEnx-1B, LEAP-1A/-1B 등 차세대 항공엔진 MRO 분야에서 국내 엔진 정비능력 확보가 선결 요건임
- 국내 엔진 부품 수리공정 기술 역량이 부족하고, OEM의 시장 지배력이 강화되고 있어 시장 진입을 위한 정부지원 필요
- 차세대 항공엔진에 대한 정비능력 국산화 개발을 위해서는 업체의 대규모 인프라 투자와 OEM의 사업권 확보를 필요로 하기 때문에 정부 R&D 사업을 통한 기반 기술을 조기에 확보하여 국내 항공엔진 MRO 사업화 가능성 향상 필요

ㅇ (기술적) **항공엔진 소재부품들은 초내열합금 및 경량화소재를 사용하고, 극한환경에서 운영되어 고온 변형, 파손/크랙, 진동 수명 등으로 사용 중 결함들이 다수 발생함**

- 결함 수리를 위해 초내열합금 등 소재에 대한 금속학적 거동 등을 고려한 수리 기술 개발 필요
- 구조물 및 에어포일부 등의 파손부 수리 시 화학세척을 통해 수리부 최소화 및 내부 산화물 제거 기술 개발은 수리공정의 기반 기술이며, 이후 파손부에 대한 Brazing 수리기술은 필수 개발 필요 기술임
- 항공엔진 소재부품은 고온 환경에 사용되기 위해 코팅을 수행하며, 사용 중 코팅 벗겨짐 및 파손이 발생되어 해당 코팅에 대한 세척 후 재코팅 수리를 통한 수명 연장 기술은 필수 개발 기술임
- 항공엔진 정지부의 경우 최근 적층제조 방식을 활용한 파손부 육성 수리를 수행
- 수리부에 대한 Database 구축을 통해, 수명 관점 Data 기반 MRO 기술 개발 필요

ㅇ (경제적) 항공 MRO 시장은 `19년 기준 약 40조 시장이며, `30년까지 약 63조 수준으로 지속적인 성장이 예상되며 그 중 항공엔진 부분은 `30년 기준 45조 이상이 예상됨. 현재 **국내는 연간 1조 이상(`19년)을 항공엔진 MRO 관련 해외 외주를 진행하는 등 국내 MRO 기술 확보가 시급한 상황**

ㅇ (정책적) 국토교통부는 **`19년 제3차 항공정책기본계획 발표를 통해 항공 정비산업(MRO)산업을 항공부분 신성장 동력으로 정의하였으며, `21년 항공정비(MRO) 산업 경쟁력 강화 방안에서는 국내 항공정비 기술역량 강화와 신형 엔진 정비를 예시로 발표**
이러한 정부의 정책 방향은 국내 항공 MRO사업 활성화를 통한 정비 서비스 외화수입 확보, 엔진정비비 외화 유출 방지 및 MRO 기술 경쟁력 확보를 통한 양질의 일자리 창출에 초점을 두고 있음

**2. 연구목표**

ㅇ **최종목표 : 차세대 항공엔진 MRO 소재부품 수리 공정 기술 3종 국산화 개발 및 항공엔진 소재부품 MRO 산업 기반 인프라 및 Database 구축 완료**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)**

- 항공엔진 MRO 소재부품 균열 수리 기술 국산화 : FIC 및 NGB 기술 개발
- 항공엔진 MRO 소재부품 코팅 수리 기술 국산화
  : Water jet Coating Strip/Coating 기술 개발
- 항공엔진 MRO 소재부품 적층제조(3D Printing) 재생 기술 국산화
  : DED/PBF 2종 3DP 재생 기술 개발
- OEM 독점 정비기술 라이센스 수리 및 공정 기술 국산화
  : 신형 엔진 부품 수리, 치공구 개발, 공정 최적화 기술 개발
- 항공엔진 소재부품 수리공정 Database 및 인프라 구축

ㅇ 역할 및 기능(총괄)
- 과제 종합관리

별첨

- 과제목표 달성을 위한 리스크 관리
- 사업추진방향·예산 조정(마일스톤 관리)
- 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄
- 과제의 진도점검, 자체평가
- 해외 항공엔진 OEM 기술 개발 협업 체계 구축

### 3. 지원기간/예산/추진체계

**ㅇ 개발기간 : 5년 이내**

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 34억원 | 34억원 | 34억원 | 34억원 | 34억원 |

**ㅇ 정부출연금 : 총 170억원**

**ㅇ 장비, 시설 등 인프라 구축비용: 총 245억원**

* FIC 설비 : 50억, 3D Printing 설비 : 30억, Waterjet Coating Strip 설비 : 20억, 인증 Station 투자 : 50억, 시험평가 장비 : 20억
* Honeycomb Brazing 설비: 25억, 초고속 용사(HVOF) 설비: 15억, Knife-edge Seal Welding 설비: 20억, 복합소재 수리 설비: 15억

**ㅇ 주관기관 : 중소/중견기업 (대기업 가능)**

### 4. 인증 추진방안

**ㅇ 항공엔진 MRO 인증 해외 전문가 기술 자문**

**ㅇ OEM사 기술 협력 및 기술 자료 확보**

**ㅇ 항공엔진 MRO 수리기술 인증 위해 항공엔진 OEM 및 국내외 감항당국 협력**

- 항공엔진 OEM : MRO 수리기술 매뉴얼 개발 참여 및 감항당국 인증 시 협력
- 국내 감항당국 : 국토부 감항 담당부서 과제 내 참여로 수리 인증 절차 구축
- 국외 감항당국 : FAA/EASA/TCCA 등 수리인가 취득

### 5. 기대효과

**ㅇ 해외 감항당국/기관 인증 확보를 위한 국내 항공엔진 MRO 클러스터 구축 가능**

**ㅇ 항공엔진 수리 공정 기술 개발을 통한 국산 항공엔진 수리기술 체계 구축 및 고급 인력 양성**

**ㅇ 차세대급 상용 항공엔진 국내 수리기술 확보를 통한 해외 외화 유출 방지**

- 엔진부품 해외 외주비 1조(`19년 기준)에 대한 장기적 국산화 가능

**ㅇ 해외 MRO 수리 수요 국내 수주로 경제적 효과 확보**

- 30년 기준 전 세계 MRO 시장 5% 이상 확보 시, 최소 3조 이상 시장 확보

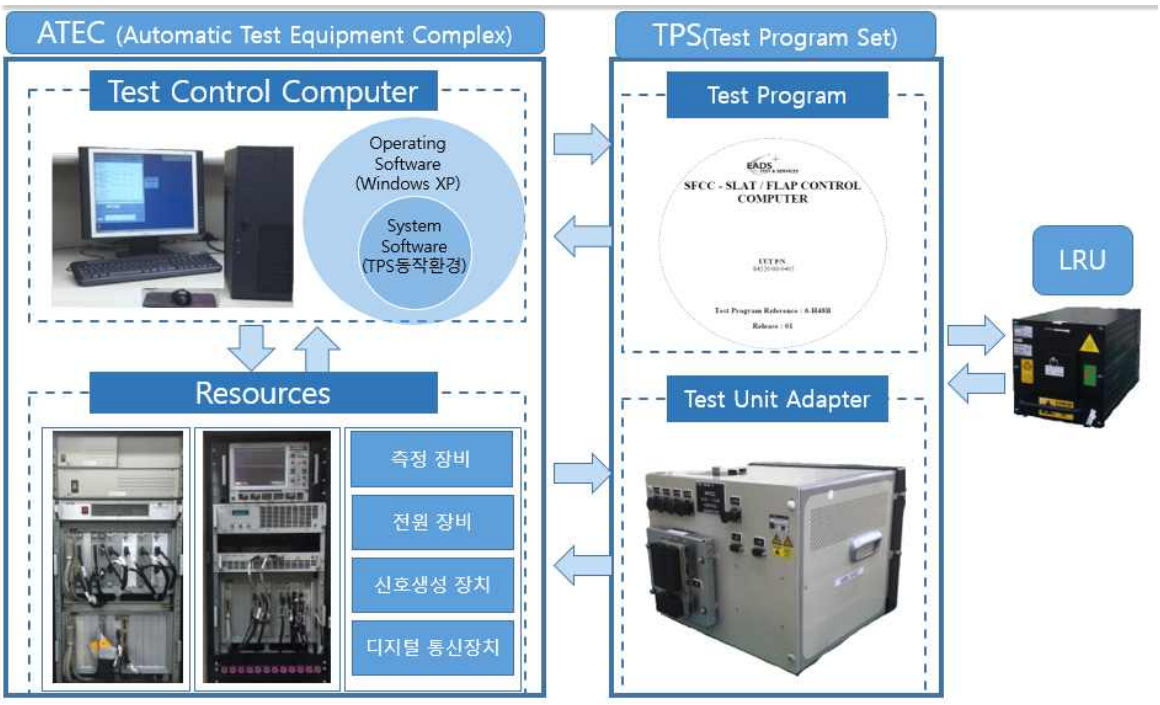
**ㅇ 차세대급 상용 항공엔진 국내 수리기술 확보를 통한 국내 일자리 창출**

- 고급 기술인력 중심 일자리 창출 가능

| 관리번호 | | 2021-전기전자SW-01 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 차세대 항공기 전자부품 Test용 ATEC 및 TPS 개발 |
| | 1세부 | 전기전자부품 설계/해석 기술 개발(Test Procedure 분석 기술) |
| | 2세부 | 부품 Test 가능한 ATEC 장비 개발 |
| | 3세부 | 부품 Test 가능한 ATEC 전용 Test Program 개발 |
| | 4세부 | 부품 Test 가능한 ATEC 전용 TUA(Test Unit Adapter) 개발 |
| 1. 개요 및 필요성 | | |

○ (개념) **항공기 전기전자 부품의 첨단화, 고도화에 따라 수리/정비 유지 관련 MRO가 지속적으로 수행이 되며 관련 시장이 증대되고 있고, 국내 일부 대기업에서 전자부품 MRO를 하고 있으나, 해외 의존도가 높고, ATE 및 TPS 가격이 상당하여, 본 과제를 통한 부품 Test를 위한 별도의 HW/SW 장치/설비를 개발/구축하고자 함**

- ATEC(Automatic Test Equipment Complex) 장비는 항공기 전자부품 Test를 위한 전용 장비이며, 부품별 ATEC 전용 TPS(Test Program Set)(Test Program + TUA)를 장치에 결합하여 Test 수행
- TPS만 별도 개발시 보유한 ATE 장비를 활용한 전기전자 부품의 Test가 가능하나, 해당 업체에서 개발에 필요한 장비 자료를 제공하지 않음
- Test 전용 장비(ATEC) 및 TPS 개발로 인해 효율적으로 부품수리 국산화 가능




○ (필요성) **차세대 항공기의 전자부품 수리 기술 역량 부족하여 전자부품 Test 장비 및 TPS 개발의 필요적임**

- 전기전자 부품의 특성상 기술 자립도가 낮으며, 대부분 해외 수리중
- 현재 항공기 개발 추이가 전기전자 부품이 차지하는 비중이 늘어남에 따라 전기전자 부품 수리

별첨

국산화는 필수임

- 수리 단계에 따라 Test 장비 개발시, 총 장탈량의 약 70~80% 국산화 예상 (NFF(No Fault Found) 30%, 1단계 Minor 수리 40~50%)

ㅇ (기술적) **차세대 항공기는 전기전자부품들로 많이 변경이 되고 있는 추세로, Test 장비 및 TPS 개발 경험이 전무하다시피 해서 현재는 기술력이 부족함**

- 일본 불매운동을 통해 우리나라 전기전자 분야 소재/부품/장비 개발 범정부차원의 경쟁력 확보 노력 중
- 우리나라 전기전자 기술분야는 세계 선두에 있는 국가로서 제작사 대비 기술력에서 뒤쳐지지 않음

ㅇ (경제적) **국내 항공사 신기종 도입 대비 전자부품 Test 장비 도입 수준은 미미함**

- 해외 수리시 평균 약 20~30%의 전기전자 부품은 NFF(No Fault Found)로 다시 Return
- Test장비 개발시 Test 및 단순 부품 교환 수리 가능, 전체 부품의 약 70~80% 국내 정비 가능 예상
- 2030년 이후 전기를 주요 동력원으로 하는 항공기 상용화시 전기전자 부품의 사용이 획기적으로 늘어날 것으로 전망됨 (현재 Airbus社, 전기비행기 2030년 상용화 목표로 개발중)

ㅇ (정책적) **이웃나라 일본의 경우, 항공기 부품 개발을 통해 전 세계적으로 사용되고 있으며, 일본으로부터 장비/부품을 수입**(항공기 조종석 Display, IFE(In-Flight Entertainment) 장비, DSEB-i 등)

- 전자부품 Test 장비 국산화를 통한 부품 정비 국산화 시급함

**2. 연구목표**

ㅇ **최종목표 : ATEC 장비 및 TPS 개발**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)**

- LRU 제작업체에서 구매한 ATLAS(Automatic Test Language for Avionics System)를 분석 (Test 절차 및 필요 장비)
- ATLAS를 분석한 것을 바탕으로 그것에 상응하는 다양한 LRU Test에 필요한 Spec에 충족/운용 가능한 ATEC 장비 개발
- TPS 개발(737MAX/A321 Neo, 787, A350 등 항공기용 Panel류를 우선 개발하고, 추후 항공전자/비행제어용 LRU(Line Replaceable Unit) 등을 추가 개발)
- ATEC 장비 인증 획득 및 TPS 인증
- 각 TPS 별로 해당 LRU 부품 수리능력 개발 및 인증

**3. 지원기간/예산/추진체계**

ㅇ **개발기간** : 5년 이내

| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|---|
| 정부 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| 민간 | 250 | 700 | 250 | 250 | 250 |

ㅇ **정부출연금** : 총 30억원 (ATEC 및 TUA 연구개발비)
ㅇ **민간투자** : 총 17억원 (ATLAS 구매 및 장비, 시설 등 인프라 구축비용)
ㅇ **주관기관** : 중소/중견기업, 대기업, 연구소

## 4. 인증 추진방안

ㅇ 항공기에 장착된 LRU(Line Replaceable Unit)의 부품수리능력은 국토교통부에서 인증
- 주 Test장비에 장착된 정밀측정장비들은 국내 및 해외 PME(Precision Measurement Equipment) Lab에서 Certi를 받아서 인증 및 정해진 주기로 재 교증 필요
- 주 Test장비는 CMM(Component Maintenance Manual)상의 Test Spec을 비교/분석하여 TTE(Tool and Test Equipment) Equivalency Determination Document를 작성하여 부품정비 MRO QA(Quality Authorization)에서 인증을 획득
- 개별 TPS(Test Program Set)도 역시 MRO QA(Quality Authorization)에서 인증을 획득
- 제작한 ATEC과 TPS를 LRU 제작업체로부터 Test 장비 및 Program으로 인증을 받는다면, FAA/EASA등 해외 기관에서도 부품수리능력도 인증을 받을 수 있음

## 5. 기대효과

**ㅇ ATEC 및 TPS 개발을 통한 전자부품의 수리기술 체계 구축 및 고급 인력 양성**
**ㅇ 차세대 항공기의 전자부품 국내 수리기술 확보를 통한 해외 외화 유출 방지**
- 전자부품 해외 외주비에 대한 장기적 국산화 가능

**ㅇ 차세대 항공기의 전자부품 국내 수리기술 확보를 통한 국내 일자리 창출**
- 고급 기술인력 중심 일자리 창출 가능

**ㅇ 해외 MRO 수리 수요 국내 수주로 경제적 효과 확보 가능**
- LRU제작업체로부터 ATEC와 Test Program을 인증 받을 시, 해외 MRO 수리 수요를 국내로 수주하여 외화 유입 가능

| 관리번호 | | 2021-전기전자SW-02 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | AR/VR을 활용 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 개발 |
| | 1세부 | AR을 활용 항공정비시 원격정비를 위한 컨텐츠 개발 |
| | 2세부 | VR을 활용 항공정비 교육훈련 컨텐츠 개발 |
| | 3세부 | AR/VR 통합관리 표준 플랫폼 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 정비효율 및 정비인력 성숙도 향상을 위한 AR/VR기반 항공정비, 교육훈련 컨텐츠 및 AR/VR을 통합관리 할 수 있는 플랫폼 개발

*** AR(Augmented Reality, 증강현실) : 현실 세계에 가상의 정보를 겹쳐서 직관적으로 제공하는 기술**

*** VR(Virtual Reality, 가상현실) : 컴퓨터로 만들어 놓은 가상 세계에서 실제 같은 체험을 할 수 있는 기술**

- 항공정비(기체, 엔진, 부품 등) 시 AR 기술 및 장비(스마트글라스, Tablet등)를 활용하여 실시간으로 필요한 기술정보를 직관적으로 제공하여 오작동 방지 등 항공정비의 위험성을 배제할 수 있는 컨텐츠 개발
- 항공정비를 위한 교육훈련 시 VR 공간(가상현실)에 접속하여 실제 정비 환경을 체험할 수 있어 교육훈련의 공간제약으로부터 자유로움과 항공정비 교육의 반복 행동을 통한 정비기술을 숙달할 수 있는 컨텐츠 개발
- 5G 통신을 접목하여 정비작업 및 교육훈련 시 고화질 영상으로 체험할 수 있는 통신장비 및 매뉴얼 등 항공정비 시 필요한 정보를 저장, 즉시 열람할 수 있는 서버 구축 등 플랫폼 개발

ㅇ (필요성)

- 항공정비 시 원제작사의 전문가로부터 기술지원이 필요할 경우 공간적 제약으로 장시간 소요되는 경우가 있으나, AR 기술을 활용한 항공정비는 시공간을 초월하여 원제작사의 원격지원이 가능하여 신속하게 기술지원이 가능하며, 필요한 정보를 즉시 열람할 수 있어 정비사의 정비시간 단축 및 편의성을 제공함

**※ 원제작사 전문가의 원격지원으로 비용절감 가능**

- VR 기술을 활용 실제와 같은 교육훈련을 통해 발생할 수 있는 장비 및 인명 피해를 방지할 수 있으며, 반복 훈련을 통한 교육 효율성(정비능력 등) 극대화 할 수 있음
- 개발 된 AR/VR 및 통합관리 플랫폼을 활용하여 다양한 항공정비(기체, 엔진, 부품 등)에 쉽게 적용할 수 있음

ㅇ (기술적)

- 국외 항공정비업체에서 AR 기반 정비지원시스템을 구축하여 운용 중
  · ST Aerospace 社 : AR기기를 활용하여, 항공정비정보(절차, 부품정보 등) 시현
- 국외 자동차 및 부품제조 업체에서 AR 기반 유지보수 및 품질검사 시스템을 도입하여 운용 중
  · Volvo 社 : 엔진 검사항목을 AR 시스템으로 가이드하며, 검사결과를 시스템과 연동

· Oshkosh 社 : AR 기반 유지보수 시스템을 통하여, 제품 위에 바로 AR로 표시하여 업무지원

- 일본항공(JAL)은 2019년도 4월 항공기 견인 훈련에 VR을 도입
- 항공기엔진 롤스로이드 社에서는 엔진 BR725를 유지보수하는 교육에 VR을 도입하여 직원들이 가상으로 실습, 강사와 가상의 세상에서 질의응답

o (경제적)

- 코로나19 팬데믹 장기화로 인해 AR/VR 세계시장은 2025년까지 2800억달러(약333조원)으로 급성장 할 것으로 전망
- 2025년까지 국내 AR/VR 전문기업 150개를 육성해 14조원이 넘는 규모를 목표로 함
- 코로나19 팬데믹 이후 국내외 제조업 분야에서 AR 기반 정비지원 필요성이 점점 증가하고 있는 추세임
- 항공정비 AR/VR 시장에 진입할 경우 국내외 대형 항공사와 협력체계 구축이 용이

o (정책적)

- 과학기술정보통신부는 4차 산업혁명을 이끌 핵심 산업 중 하나로 AR/VR을 선정, 국내 부처별 AR/VR 분야 정책을 지원 육성하고 있음
- 현재 AR/VR 컨텐츠가 현행법상 게임물로 묶여 있으나, 정부는 전분야에서 AR/VR 활용이 예상되는 3단계(2026~2029년) 이전인 2025년까지 엔터·교육·제조·교통·의료·공공 등 6개 분야의 35개 규제를 개선할 계획임

**2. 연구목표**

**o 최종목표 : AR/VR을 활용한 항공정비 및 교육훈련 컨텐츠 및 통합관리 표준 플랫폼 개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 7단계)**

- AR 기반 항공정비 컨텐츠 개발
  · 기 구축된 스마트글라스를 활용 원제작사의 원격정비 기술지원
  · 명판(nameplate) 인식을 통한 매뉴얼의 정비대상품목의 정보 및 정비 방법 제공
  · 현장과 정비 통제소(Control Tower) 간 실시간 정보공유 및 원격 지시, 정비작업의 영상 녹화 기술
- VR 기반 항공정비 교육훈련 컨텐츠 개발
  · 기 구축된 스마트글라스를 활용 강사와 교육생이 시공간을 초월하여 동시에 접속할 수 있는 기술
  · 실제와 같은 정비시설 및 장비 등 스마트글라스에 가상으로 보여주는 기술
  · 실제 정비환경과 동일한 가상의 정비환경에서 정비를 체험할 수 있는 기술
- AR/VR의 표준 플랫폼 개발
  · 기 구축 된 5G기반 통신을 활용하여 실시간으로 정비 및 교육훈련 관련 정보를 확인

할 수 있는 매뉴얼 및 부품정보, 정비이력관리 등 저장된 DB 서버 구축
· 항공정비 현장과 통신하여 원제작사 및 정비통제소에서 원격정비, 정비지시를 할 수 있는 원격정비지원 장비 개발
· 항공정비 교육훈련 시 교육생을 교육/통제/지시 할 수 있는 강사용 원격 지원장비 개발

o 역할 및 기능(총괄)
- 세부과제 종합관리
- 과제목표 달성을 위한 리스크 관리
- 사업추진방향·예산 조정(마일스톤 관리)
- 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄
- 세부과제의 진도점검, 자체평가
- 국내외 AR/VR 컨텐츠 기술 개발현황 분석

## 3. 지원기간/예산/추진체계

o **개발기간** : 5년 이내

| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|---|
| 정부 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 민간 | 10.72 | 10.72 | 10.72 | 10.72 | 10.72 |

o **정부출연금** : 총 178.6억원 (총 정부출연금 125억원)
o **민간투자** : 총 53.6억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
o **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소

## 4. 인증 추진방안

o 해당사항 없음

## 5. 기대효과

o 국내 항공정비 MRO 활성화 및 사업 경쟁력 제고
o 네트워크 환경(5G)을 활용 시공간적 제약을 극복한 원격 정비지원 및 교육
o 교육훈련시 발생 가능한 장비 및 인명 피해 방지
o 해외 원제작사의 원격 기술지원으로 해외 국부유출을 최소화
o 신속하고 정확한 정비를 통한 고장률 감소 및 MRO 신뢰성 확보
o 연구 개발을 통한 AR/VR 기술력 확보로 항공정비 MRO 분야 이외 타 정비 MRO 사업에 AR/VR 기술 적용 확대 가능

| 관리번호 | | 2021-전기전자SW-03 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발 |
| | 1세부 | 항공기 운항/센서 데이터 기반 AI 진단 및 예측정비 시스템 개발 |
| | 2세부 | 국산항공기 디지털 트윈 플랫폼과 모델 개발 및 빅데이터를 이용한 스마트 수명관리 시스템 개발 |
| | 3세부 | ICT를 활용한 국내 항공기 정비 관리 및 기술지원 시스템 구축 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념)

- **운항 및 센서 데이터 기반 항공기 자동 진단 및 예측정비 기능을 갖춘 정비시스템 개발**
- **정확하고 신속한 결함 원인 식별로 항공기 정비 효율성 제고 및 AI, Big Data 기술 적용한 스마트 MRO 시스템 기반기술 확보를 통한 항공기 정비/진단 기술 고도화**
  - · 국내 민간 항공기는 기종 및 생산년도에 따라 **센서로부터 얻어지는 신호의 특성이 다양**하며, 이/착륙 등의 비행 상태에 따른 **신호발생 특성이 상이**함. 이에 따라 국내에서는 다양한 방법론을 활용한 데이터 분석 및 이상탐지를 수행하기 위해 노력하여 왔으나, 성공적인 결과를 도출하지 못함
  - · 기존에는 항공기 MRO시 핵심 센서에 이상 발생 시 전문 인력의 경험과 노하우에 기반을 둔 신호분석 및 이상 진단을 수행해 왔으나, **사전 고장예방 측면에서 상대적으로 미흡**한 방식임
  - · 최근 딥러닝 기술의 고도화에 따라 해당 시계열 기반 **빅데이터를 딥러닝을 이용하여 이상탐지 가능성**을 사전 테스트하였으며, 고장 상태뿐만 아니라 고장 센서의 이상 징후를 **사전 판독**할 수 있는 것으로 나타남
  - · 이를 확장 적용한 이상탐지 시스템의 개발 시 항공기 이상탐지의 정확성 향상과 더불어 센서 이상의 사전탐지에도 적용 가능함으로써 **국내 항공정비 기술의 고도화, 자동화를 달성함과 동시에 정비에 소요되는 시간, 인력 및 비용을 획기적으로 감축**할 수 있을 것으로 기대됨

- **국산 항공기 수명평가 모델 개발 및 기체구조와 계통장비 통합 관리, 운용 모델인 디지털 트윈 플랫폼 구축**
- **고장 진단 예지 관리(PHM) 시스템을 도입한 빅데이터 기반 스마트 수명관리 시스템 개발**
  - · 예방정비는 정상 운용 조건 기준으로 정비 주기를 설정하므로, 운용 중 다양한 환경과 비정상 상황에서 발생할 수 있는 구조물의 결함, 탑재 장비의 성능 저하나 손상에 영향을 주는 사건에 대해 고려가 어려움 또한 고장을 예방하기 위해서는 주기적인 정비가 요구되지만, 잦은 정비는 경제적 손실로 직결되므로, 고장 데**이터 등의 경험을 기반으로 분석**을 수행하고, **최적수리 시점을 고려한 건전성 관리 기술**이 요구됨
  - · 이러한 이유로, 미국을 비롯한 선진국들은 이미 항공기의 정비 개념을 사후정비, 예방정비에서 **상태기반정비(CBM+)**로 변화시키고 있음
  - · 따라서, 항공기의 주요 구조물 및 핵심 탑재 장비의 운용 시 고장 진단 예지 관리(PHM) 시스템을 도입한 빅**데이터 기반 스마트 수명관리 시스템** 개발이 필수적이며,

별첨

이에 따라 운용 유지비용 절감, 운용 가용도 향상 등을 기대할 수 있음

- **ICT 기술을 활용한 기체/엔진/계통 정비 시스템, 항공기 정비 이력 등 정비 시스템 구축 및 온라인을 통한 원격 진단 및 정비 지침 기술 개발**
- **정비기술 향상 및 온라인 정비진단 효율화를 위한 종합 정비기술 및 보급센터 운영 기술 개발**

ㅇ (필요성)

- 항공우주산업에서 빅데이터는 주로 검사장치와 항공기에 설치된 수많은 센서에서 생성된 정보로 구성되며, 이러한 장치, 특히 센서는 비행 중 항공기의 속도, 고도 및 안정성과 같은 **데이터를 수집하여 운항에 관한 위험요소를 감지**함
- 안전운항에 관한 판단은 센서들로부터 생성된 데이터로부터 주로 조종사 혹은 엔지니어가 판단을 수행하고 있으나, 이러한 인적 기반 하에서는 복잡하게 연동된 데이터를 신속하게 분석하고 그에 따라 **실시간으로 결정을 내리는 것은 매우 어려운 일**임
  · 발생 가능한 인적판단 오류를 방지하고 운영 효율성 향상을 위해서 빠른 응답, 맞춤형 접근방식, 정확한 정보 및 중복성 감소와 같은 이점을 제공할 수 있는 인공지능 기반의 항공운항 이상 진단 시스템 구축이 필요함
  · 기존에는 항공기 시스템의 고장진단을 위해 숙련된 인력에 대한 의존도가 높았고, 기기 및 장비의 수명 예측을 보수적으로 수행함

ㅇ 기술적

- 학**습된 알고리즘을 적용한 진단 방법**을 통해 실시간으로 항공기 운용 시의 **이상 상황을 확인**할 수 있으며, **잔여수명 예측** 등의 최적화를 통해 기기 및 장비 운용에 있어서 경제·산업적 효율성을 강화할 수 있는 획기적인 **안전 서비스 기술 도입**이 필요함
- 최근 각 산업 분야에서는 운영관리의 고효율과 반대로 낮은 실 운영비용을 목표로 첨단 제조 및 운영 시스템이 도입되고 있으며, 이에 따라 기존 시스템의 한계를 보완하는 인공지능 시스템 활용이 지속적으로 증가하고 있음. 항공 MRO 분야 또한 항공기 시스템의 기술 신뢰성 향상, 운영 최적화, 효율적인 모니터링 및 경제적인 수명관리에 기여하는 정밀성과 높은 신뢰성을 갖춘 **AI를 활용한 진단 시스템 구축, 운용**이 필요
- 항공정비의 목적이 사전 예방적 내지는 선제적 안전점검을 통한 항공운항의 안전성을 확보하는 것이므로, HW 정비·인력양성 중심의 정비기술 외에도 항공운항으로 생성되는 **데이터 활용 기반의 안전점검체계 구축·활용** 또한 항공정비 등에 관한 정부정책에 부합하는 유망한 핵심 기술임
- 미국을 비롯한 선진국들은 항공기의 정비 개념을 사후정비, 예방정비에서 **상태기반 정비로 변화**시키고 있음. 운용유지비용 절감, 운용가용도 향상, 수출 등을 고려하여 상태기반 정비가 필수적이며, 이를 위해서 스마트 수명관리 시스템 개발이 필요함
- 효율적인 수명관리 시스템 개발을 위해서는 정확한 수명평가 모델이 필요하며, 이를 활용한 **디지털 트윈 플랫폼 구축**하여 **빅데이터 기법을 도입**하는 것이 필수적임

- 선진 정비 업체와 경쟁력 비교에서 가격(인건비)과 시간 측면(보급 시스템)에서 우위를 점하기 위해서는 정비 기술력과 정비 시스템 확보 필요성 절실하며, 이에 따라 기술적 우위를 보이고 있는 국내 ICT 기술을 활용하여, **체계적인 정비 및 보급 운영 실적 정보 수집, 저장, 분석 및 활용하고, Online 정비진단, 고장탐구, 정비 지침과 같은 비용대비 효과적인 항공기 운영관리** 추진도 필요하며, 이러한 다양한 기술들을 바탕으로 축적된 실적 기반 과학적 통계기법을 접목한 고장 진단 및 후속 수리부속 조달 고도화 추진이 필요함

ㅇ 경제적

- 항공 MRO분야는 노동집약적이면서 고부가가치 산업으로서 고도의 기술력을 요하는 분야임. 이에 본 제안기술은 **성장 잠재력이 매우 높고 항공부품·제작 등 연관산업 성장에도 기여**
- 항공 MRO산업의 발전은 정비·수리기술의 축적을 통해 제작산업의 기술발전을 촉진하고, 항공기의 정비 지원을 통해 운항안전성을 제고할 수 있어 항공기 제작 및 항공운송산업의 발전에 기여하며, 특히, 인공지능 융합기술의 항공 MRO산업은 국내외적으로 태동기이므로 **신산업·신시장 창출에 매우 유리**
- 미국은 2000년대 초부터 무기체계의 소요 제기부터 폐기까지의 총수명주기 비용을 최소화하고, 장비 가동률을 향상시키기 위해 사업관리자(Project Manager)에게 소요제기, 획득, 배치, 운영유지, 성능개량, 비축 및 폐기 등에 대한 모든 사업관리 책임을 부여하는 총수명주기관리체계를 추진 중이며, 실천전략의 하나로 상태기반정비(CBM+)를 새로운 무기체계에 적용할 것을 요구함. 따라서, **관련 분야의 수요가 급증**할 것으로 판단됨
- 정비시간 단축, 정비비용 절감을 위한 신속하고, 합리적인 정비관리시스템이 구축

ㅇ 정책적

- 정부 정책인 **ICT 기술을 활용한 최첨단 시스템 구축이 가능**하며, 이는 추후 민간 혹은 정부 주도 정비 시스템 구축에도 활용될수 있음
- 기존의 높은 해외정비 의존도를 탈피할 수 있는 유망기술로서 항공기 제작기술 및 **사고예방 기술발전에 기여** 가능
- 인공지능 융합기술역량을 강화하고, 다양한 분야에 적용 가능한 핵심 요소기술을 포함하고 있어서 고부가가치산업인 **항공운항·MRO 분야의 기술발전 촉진** 가능
- 전 사회·산업 분야에 걸친 미래지향 기술의 대변혁으로 4차산업혁명의 성과가 가시화되고 있음. 이러한 대내외 환경변화에 따라 제안기술은 미래지향 안전관리를 위한 **AI·빅데이터 활용 추세에 능동적 대응**이 가능

**2. 연구목표**

ㅇ **최종목표 : AI, Big Data 기반 ICT를 활용한 스마트 정비 및 관리시스템 개발**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)**

**(총 괄) 폭넓은 항공기 운항 Data 및 센서 Data를 확보하고, 이를 이용한 진단, 예측 및 수명**

별첨

관리가 가능한 정비시스템 체계 구축

(세부1) 항공기 운항/센서 데이터 기반 AI 진단 및 예측정비 시스템 개발

· 운항 및 센서 데이터 기반 항공기 자동 진단 및 예측정비 기능을 갖춘 정비시스템 개발

| 구분 | 성능 지표 (단위) | 현 기술수준 (%) | 목표수준 (%) | 세계최고수준 (%) (보유국가 / 기관) |
|---|---|---|---|---|
| 세부 1 | 운항 및 센서 데이터(QAR)를 통한 점검 대상 항공기 기종(종) | - | 90* | - (N/A) |
| | 인공지능 분석 대상 센서 종류(종) | - | 100** | - (N/A) |
| | 인공지능 분석 테스트 항공기 수(대) | - | 100*** | - (N/A) |
| | 딥러닝 기반 센서 이상탐지 성공률, True Negative (%) | 70 | 100 | 90 (프랑스/에어버스) |
| | 딥러닝 기반 분석가능 센서 데이터 종류 (종) | 20 | 100 | 90 (프랑스/에어버스) |
| | 정상 데이터 판독 오차, False Positive (%) | 80 | 100 | 90 (프랑스/에어버스) |
| | 이상탐지 및 예측정비 적용 기종(종) | - | 100 | 90 (프랑스/에어버스) |

(세부2) 국산항공기 디지털 트윈 플랫폼과 모델 개발 및 빅데이터를 이용한 스마트 수명관리 시스템 개발

· 국산 항공기 수명평가 모델 개발 및 기체구조와 계통장비 통합 관리, 운용 모델인 디지털 트윈 플랫폼 구축

· 고장 진단 예지 관리(PHM) 시스템을 도입한 빅데이터 기반 스마트 수명관리 시스템 개발

| 구분 | 성능지표 (*단위*) | 현기술수준 (%) | 목표수준 (%) | 세계최고수준(%) (보유국가/기관명) |
|---|---|---|---|---|
| 세부2 | 고장 진단 정확도 (%) | 20 | 80 | 80 (미국) |
| | 고장 예측 신뢰도 (%) | 5 | 70 | 70 (미국) |

(세부3) ICT를 활용한 국내 항공기 정비 관리 및 기술지원 시스템 구축

· ICT 기술을 활용한 기체/엔진/계통 정비 시스템, 항공기 정비 이력 등 정비 시스템 구축 및 온라인을 통한 원격 진단 및 정비 지침 기술 개발

· 정비기술 향상 및 온라인 정비진단 효율화를 위한 종합 정비기술 및 보급센터 운영 기술 개발

| 구분 | 성능지표<br>(*단위*) | 현기술수준<br>(%) | 목표수준<br>(%) | 세계최고수준(%)<br>(보유국가/기관명) |
|---|---|---|---|---|
| 세부3 | 운항 및 센서 데이터(QAR,FDR)를 통한 Online Monitoring System 구축 | - | - | - |
| | 온라인을 통한 원격 진단 및 정비 지침, 정비이력관리, 정비기술진단을 위한 정비기술 및 보급센터 운영기술 구축 | - | - | - |

### 3. 지원기간/예산/추진체계

- **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 90억 | 90억 | 90억 | 90억 | 90억 |

- **정부출연금** : 총 450억원
- **주관기관** : 대/중견/중소기업, 연구소
- **추진체계** : 항공운항사 및 항공기 제작사를 총괄 주관으로 하여 세부과제 별 대/중견/중소 및 연구소 참여 추진체계 구축

### 4. 인증 추진방안

- 해당사항 없음

### 5. 기대효과

- 기존의 높은 해외정비 의존도를 탈피할 수 있는 유망기술로서 항공기 제작기술 및 사고예방, 기술발전에 기여
- 인공지능 융합기술의 항공 MRO산업은 국내·외적으로 태동기이므로 신산업, 신시장 창출에 매우 유리
- 미래지향 안전관리를 위한 AI, 빅데이터 활용 추세에 능동적 대응 가능
- 국내 생산 항공기의 운용, 유지비용 절감 및 운용 가용도 향상
- KF-21 적용에 따른 수출 경쟁력 강화
- 스마트 수명관리 분야에서 선진국 수준의 기술력 확보
- 글로벌 On Line 정비 시스템 구축으로 항공기 정비 경쟁력 확보 및 엔진 개발 기술 기반 확보
- 항공기 운영 가동률 향상 및 수리부속 물자 효율화로 운영비용 절감

| 관리번호 | | 2021-전기전자SW-04 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | In-Fright Entertainment and Connectivity(IFEC) System 개발 및 부가형식증명(STC) 기술 개발 |
| | 1세부 | 기내 무선 네트워크 제공용 안테나 및 레이돔 기술 개발 |
| | 2세부 | IFE 플랫폼 및 체결용 시트 개발 |
| | 3세부 | 부가형식증명(STC) 획득 |

**1. 개요 및 필요성**

o (개념) 항공기 기내 인터넷 서비스 제공을 위한 위성통신 안테나 및 이를 항공기에 장착 및 보호하고 해당 주파수를 원활하게 수신할 수 있도록 하는 레이돔 기술을 개발하고자 함.

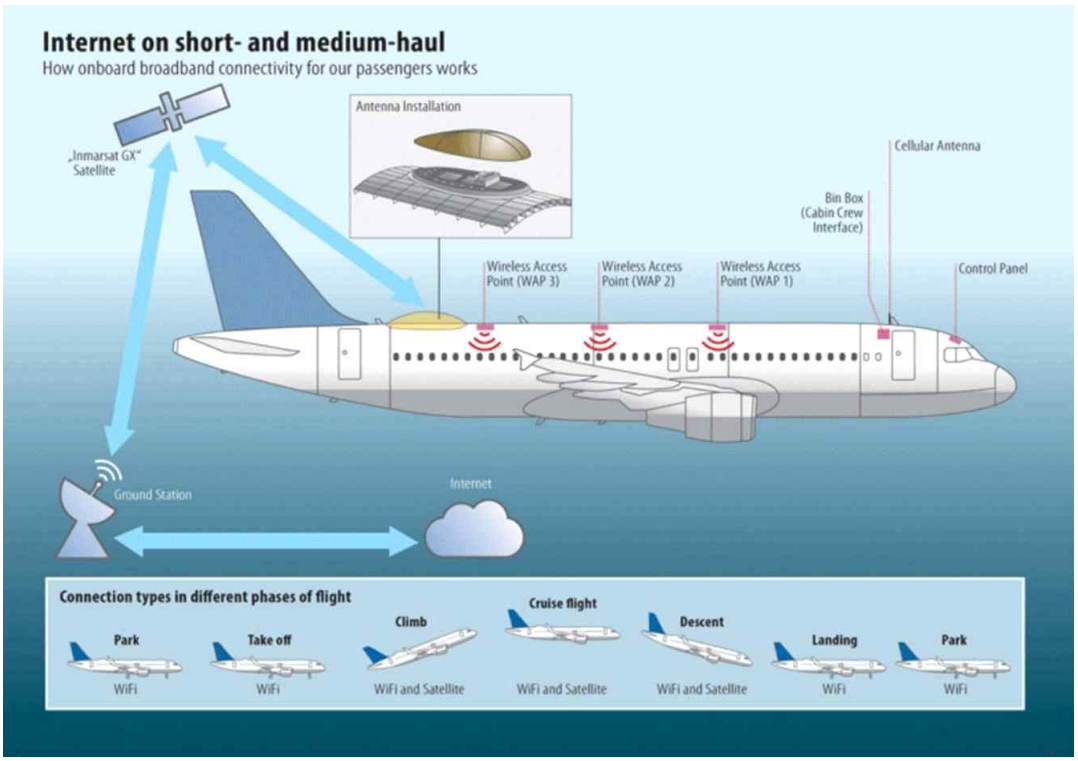



그림 110. 위성 방식의 기내 무선 네트워크 서비스 개념도

o (필요성) 최근 무선랜 전송 기술의 발전과 더불어 기내에서의 고품질 대용량의 무선 인터넷 서비스 수요가 증가함에 따라 이를 위한 기내 와이파이 서비스 제공과 초고속 인터넷 및 엔터테인먼트를 제공하는 시장이 확대되고 있음.

o (기술적) 국내의 경우 군수용 위성통신 안테나 및 레이돔의 기술은 상당한 수준에 있으나 기내 위성 통신을 위한 민수용 항공기의 레이돔 관련 연구는 현재까지 수행된 바 없음
- 국외의 경우 GoGo, 파나소닉 에비오닉스를 중심으로 KU 밴드 대역 위성 시스템의 기술 개발 및 상용화가 활발하게 이루어지고 있으며 다수의 항공사에서 운영되고 있음.

o (경제적) 대형항공사뿐 아니라 LCC의 성장에 따라 IFEC에 대한 요구는 증가할 것으로 추정됨. 국내에서는 최근 대형항공사를 중심으로 기내 인터넷 서비스를 제공하기 위해 SATCOM 장착 사업을 진행 중

- 아시아나항공의 경우 2018년도부터 A350 항공기에 한하여 기내 인터넷 서비스를 제공 중이며 향후 타 기종으로 확대를 고려 중
- 대한항공 또한 2022년부터 위성통신을 이용한 기내 인터넷 서비스 제공 예정

| | | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 전체 항공기 전망 (대) | | 28,555 | 29,526 | 30,530 | 31,568 | 32,641 |
| Regional Jet(10%) (△) | | 2,856 | 2,953 | 3,053 | 3,157 | 3,264 |
| 고려대상 항공기 | 단일 통로(65%) | 18,561 | 19,192 | 19,845 | 20,519 | 21,217 |
| | 광폭/미래(25%) | 7,139 | 7,382 | 7,633 | 7,892 | 8,160 |
| | **계** | **25,700** | **26,574** | **27,477** | **28,411** | **29,377** |
| SATCOM System | 전세계 추정생산량 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

표 77. 세계 항공기 공급 예측에 따른 SATCOM System 시장 추정 전망

o (정책적) 위성 통신 시스템 개발은 여러 형태의 기술로 파생 가능한 기술로 현재 선진국과 국내의 기술력 차이가 상당히 큼. 원천기술 확보를 위한 노력이 필요하며 국제 인증 획득을 위한 막대한 비용이 필요하므로 국가적인 지원이 필수적임

## 2. 연구목표

**o 최종목표 : 기내 무선 네트워크 제공을 위한 시스템 개발**
**(TRL : [시작] 2단계 ~ [종료] 7단계)**

- 기내 무선 네트워크 제공용 Antenna System 기술 개발
  · 기체 외부 장착용 안테나 시스템 개발
  · IFEC 연계 시스템 개발
- Radome System(Radome/Adapter Plate/Fairing Assembly) 기술 개발
  · Radome 요구도 조사 및 소재 물성치 검토/선정
  · 기본/상세 구조 설계/해석 및 제작 공정 기술 연구
- 차세대 IFEC Platform 기술 개발
  · 기내 무선통신을 활용한 IFEC Platform 개발
- IFEC 체결용 시트 개발
  · 기존 시트 개조 가능한 개발된 IFEC 장착 및 연동형 시트 구성품(Seat Backcover) 개발
- 위성통신 수신 사업권 회득
  · 위성통신 활용을 위한 통신 수신 사업권 획득 체계 구축 및 계약 체결
- 부가형식증명(STC) 획득
  · SATCOM Antenna 및 Radome 장착 부가형식증명(STC) 획득
  · IFEC 기내 장착 부가형식증명(STC) 획득

별첨

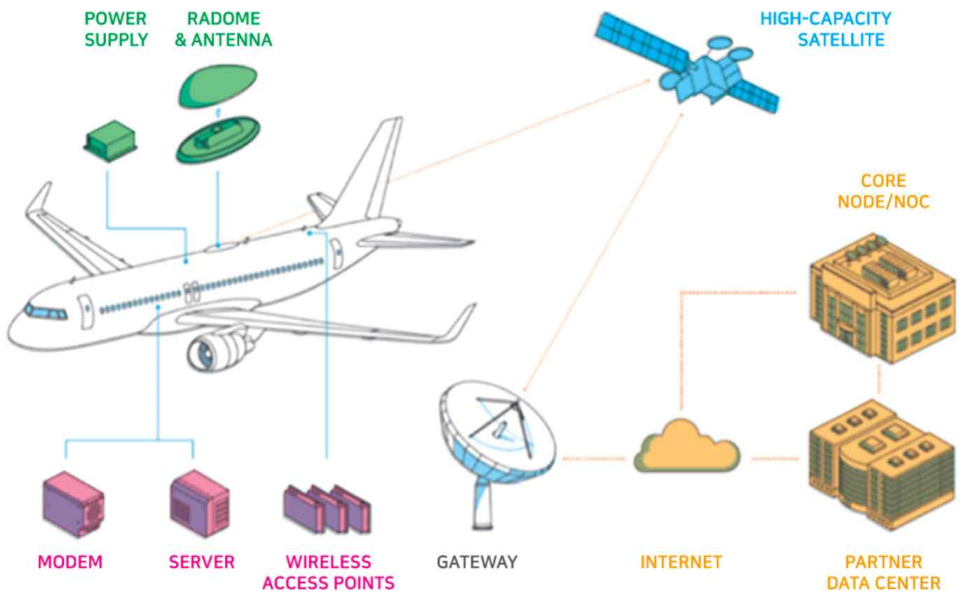



그림 111. 기술 개발 대상

### 3. 지원기간/예산/추진체계

○ **개발기간** : 7년 이내

단위: 억원

| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 정부 | 20 | 30 | 30 | 50 | 50 | 50 | 60 |
| 민간 | 9.85 | 14.78 | 14.78 | 24.63 | 24.63 | 24.63 | 29.55 |

○ **정부출연금** : 총 290 억원

○ **민간투자** : 총 142 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)

○ **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소

### 4. 인증 추진방안

○ FAA와 EASA 인증을 획득하기 위해 해외 인증전문 업체와 협업을 통해 인증체계 및 인증 획득을 추진

### 5. 기대효과

○ 경제적 기대효과

- 기존 해외 선진 업체 제품 대비 가격 경쟁력을 갖춘 위성 시스템 개발

○ 사회적 기대효과

- 전자·통신, 항공, 복합재, 인증기술 등의 다양한 산업군에 대한 기술 발전을 포괄함으로써 관련 인력 채용 및 고급 인력 양산 가능

| 관리번호 | | 2021-인증자문위원회-1 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발 |
| | 1세부 | 항공안전협정 확대를 위한 MRO 인증체계 연구 |
| | 2세부 | 항공기 캐빈 정비기술개발 |
| | 3세부 | 항공기 캐빈 개조기술개발 |
| | 4세부 | 항공기 캐빈 부품기술개발 |

## 1. 개요 및 필요성

○ (개념) 항공기 제작사(OEM), 항공안전협정(BASA), 인건비 비중 등으로 인한 정비산업의 한계를 극복하고, 고부가가치 고용창출형 산업으로 육성하기 위한 캐빈 인테리어 Life Cycle에 맞춘 부품-개조-정비-인증 연계기술

- 국제적 안전 확보 및 수출기반 조성에 필요한 항공안전협정(BASA MIP, IPA) 확대를 위한 국가적 인증기술
- 기술 자립화를 통해 항공기 캐빈 인테리어 시장수요에 대응할 수 있는 정비기술, 개조기술 및 부품기술

○ (필요성) 가장 빈번하게 정비가 이루어지지만 외국의 기술과 부품에 전적으로 의존하고 있는 캐빈 인테리어에 대한 자립화 기술을 개발하고, 국가간 항공안전협정(BASA) 확대를 통하여 수출기반 조성 및 일자리 창출 필요

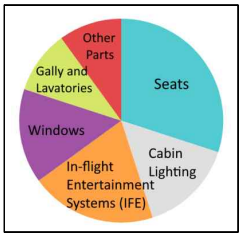
- 항공기 제작사(OEM) 장벽 해소 : 외국 항공기 제작사(OEM; Boeing, Airbus)가 독점하고 있는 정비기술과 소요부품을 내재화하여 경쟁력 강화 필요
- 정비산업 인건비 비중 경감 : 인건비 비중(약 50% 이상)이 매우 높은 정비산업에서 정비기술, 부품, 인증을 자립화하여 인건비 비중 경감 필요
- 항공안전협정(BASA) 확대 : 현행 항공안전협정을 수송급 비행기 캐빈 인테리어까지 확대(Part 25 STC/MIP)하기 위한 국가 인증체계 선진화 필요

○ (기술적) 항공기 캐빈 인테리어는 교체주기가 짧고 감항성에 영향이 적은 간단한 부품으로 구성되지만, 그 정비에 소요되는 기술과 부품은 전량 해외 항공기 제작사(OEM)에 의존하고 있으므로 이에 대한 국산화 기술개발이 필요함

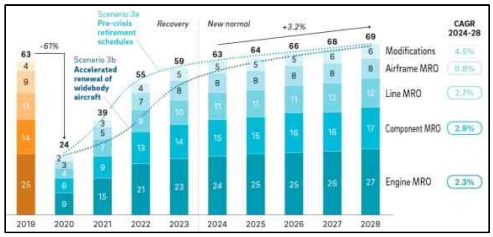
○ (경제적) 항공기 정비 세계시장은 2028년까지 연평균 3.2%씩 성장하여 690억달러(77조원), 이 중에 캐빈 인테리어 정비는 138억달러(15조원)로 추정되고, 캐빈 인테리어 제조는 13.2%씩 성장하여 327억달(37조원)로 전망됨




www.marketsandmarkets.com
[ 항공기 캐빈 인테리어 제조 세계시장 전망 ]




www.mordorintelligence.com
[ 캐빈 인테리어 구성품 ]




www.rolandberger.com
[ 항공기 MRO 전체 세계시장 전망 ]

별첨

ㅇ (정책적) 미국과 유럽은 자국과 해외의 모든 정비사업자에게 수리개조사업장(Repair Station) 또는 정비조직승인(AMO)을 받도록 규정하고 있으며, 우리나라 국토교통부는 제3차 항공정책 기본계획에서 “항공정비산업(MRO)의 국제경쟁력과 산업규모 확대~”, 연구개발 종합계획에서는 “항공정비산업 육성을 통한 일자리 창출~ 인증기술개발”등의 육성 정책을 제시하고 있음

## 2. 연구목표

ㅇ **최종목표 : 국산부품을 활용한 시장수요형 항공기 캐빈 개조정비(MRO) 인증기술개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)**

- 항공기 정비와 소요부품을 연계한 MRO 자립화를 위한 국제적 인증체계개발
- 항공안전협정(BASA MIP, IPA)을 수송급 항공기 캐빈 인테리어 개조정비까지 확대
- 항공기 캐빈 인테리어 정비기술, 개조기술, 부품기술개발 및 인증 획득(36건)




[ 항공기 캐빈 인테리어 ] [ VR/AR/SF 최신기술 ] [ 캐빈 인테리어 개조정비 기술개발 ] [ 3D(AM) 적층가공 ] [ 캐빈 부품 장착 ]

ㅇ **세부과제별 연구개발내용**

- 1세부(MRO인증체계) : 연구개발 총괄, 항공기 정비 및 부품 인증체계연구(5건), 케빈 인테리어 인증기술개발(10건), 항공안전협정 확대 시범인증(2건)
- 2세부(정비기술개발) : 캐빈 인테리어 정비절차 개발(5건), 비표준 수리개조 기술개발(10건), 정비인증 획득(6건: AMO 등), 스마트 정비기술개발(1건)
- 3세부(개조기술개발) : 캐빈 인테리어 부품 장착을 위한 항공기 개조 설계, 항공기 정비교범(30건), 항공기 비행시험(2건), 항공기 인증 획득(10건: STC 등)
- 4세부(부품기술개발) : 캐빈 인테리어 정비용 부품 개발, 부품 정비교범(20건), 시험기술개발(5건), 부품인증 획득(20건: TSO, PMA 등), SF/3D 기술개발(2건)

**※ 연구개발 대상 정비기술/부품/항공기**

- 항공기 개조 : B787 또는 A330 (중장거리 200~300인승급 여객기)
- 수리개조정비: 국산 표준정비, 비표준 수리개조, 자체부품정비(OOP, Field App.)
- 정비용 부품 : 캐빈 부품 30종 이상 (Seat EY/BC, Galley, Lavatory, Floor, Seat Belt, Seat Cushion/Cover, Carpet, Curtain, Arm Rest, Meal Table, Cup Holder, Raceway, Window Shade, Overhead Baggage Compartment Parts, Life Preserver // Wireless IFE, PED, Laptop, LED Lights, Dimmable Window // VR/AR, 3D(AM), SF)

ㅇ **연구개발 수행체계**




○ **연구개발 예상 성과물**

- 인증체계연구 : 17건 (인증체계 5, 인증기술 10, 시범인증 2)
- 정비교범개발 : 65건 (정비절차/기술 15, AMM Supplement 30, CMM 20)
- 시험기술개발 : 10건 (부품시험 5, 항공기 비행시험 2, AR/VR/SF/3D 3)
- 인증 획득 : 36건 (AMO 3, STC 3, DOA 2, POA 2, TSOA/PMA 26)

○ **기대효과 및 파급효과**

- 항공안전협정(BASA MIP, IPA) 확대를 통한 개조정비/부품산업의 수입대체 및 수출 산업화 기반 조성, 항공안전 국가 신인도 제고에 기여함
- 항공산업 정비/제조분야 기술개발, 중소·중견·대기업의 상생 협력을 통한 시너지 효과 극대화로 산업발전 및 고용창출에 기여함 (참여기업 15, 고용 350명)

○ **정부지원 필요성**

- 국가간 항공안전협정 확대를 위한 인증체계개발은 항공안전 및 산업발전을 위한 정부의 역할에 해당하며, 국제적 대응성 확보를 위해 시급한 기술개발이 요구됨

### 3. 지원기간/예산/추진체계

○ **개발기간** : 5년 (2023~2027년)

| 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 50억 | 80억 | 75억 | 50억 | 30억 |

○ **정부출연금** : 총 285 억원
○ **민간투자** : 총 110 억원 (총 395억원=정부+민간)
○ **주관기관** : 공공기관 1, 중견기업 2, 대기업 1 (참여기업 총 15곳)

별첨

| 관리번호 | | 2021-미래-01 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 유·무인항공기 전기추진시스템에 대한 항공정비서비스(MRO) 개발 |
| | 1세부 | 유·무인항공기 전기추진시스템 MRO 산업 육성방안 연구 |
| | 2세부 | 전기추진시스템 MRO 지상통합 시험장치 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ 전기추진시스템을 갖춘 유·무인항공기 등장에 따라 항공정비서비스 수요가 증가할 것으로 보이며, 기 조성된 MRO 사업장과의 연계성 및 영향성 연구 필요(일정, 예산, 자격, 정비 표준화 연구 등)

ㅇ 항공정비 운용관리/지원에 대한 통합운용 방안 마련 필요

ㅇ 전기추진시스템 정비에 필수적인 품질보증 장비 개발 필요

ㅇ 전기추진 항공기의 추진시스템 핵심부품인 모터/인버터의 경우 일정 기간 운용 후 성능 및 구성부품 단위(베어링 등)의 정비 및 교체 등이 필수적임

- 국외 항공용 모터 선진사의 경우 400시간 기준 모터 베어링 교체 등을 권장하고 있음
- RTCA DO-160G기반 높은 고도에서의 수분 및 온도에 따른 모터 및 인버터의 절연성이 노후가 됨에 따라 방수등급 및 절연등급 충족 요구
- 인버터의 경우 진동, 충격 등에 대해 상대적으로 취약한 특성으로 일정 시간 운용 후 성능 테스트 필요
- 국내는 전기추진 항공기 실제 운용 사례가 없어 이러한 정비 관련 규정 자체가 마련되어 있지 않음

ㅇ 배터리의 경우 일정 시간 운용이 되면 성능이 급격히 저하되는 특성을 가지고 있으며, 항공기의 경우 이·착륙 등 배터리 운용 측면에서는 가혹한 운용 환경을 가지고 있음

- 배터리 정비 또는 교체를 위한 주기별 성능 테스트 등을 수행할 수 있는 평가 장비 구축 필요
- RTCA DO-311A기반 배터리 관련 소재, 부품, 모듈 단위의 성능 및 통합 성능 테스트 필요

ㅇ 현재 개발 또는 운용되고 있는 전기추진시스템의 경우 통합운용 후 개발단위 부품에 대한 정비 또는 교체 관련 실증 테스트가 미비함

**2. 연구목표**

ㅇ 유·무인항공기 전기추진시스템 MRO 산업 인프라 구축 및 육성방안 연구

ㅇ 유·무인항공기 전기추진시스템의 핵심부품인 모터, 인버터, 배터리 등에 대한 통합 실증 성능분석 및 운용 기간에 따른 정비 및 교체 등의 전기추진시스템 MRO 시스템 구축

- 전기추진시스템 중 핵심부품인 모터, 인버터 관련 성능분석 시스템 구축

- 모터/인버터, 프로펠러 통합 파워트레인 통합 성능 테스트리그 구축
- 배터리 신뢰성 및 수명 시험 등을 수행할 수 있는 장비 구축

**3. 지원기간/예산/추진체계**

ㅇ **개발기간** : 3년 이내

ㅇ **주관기관** : 대기업, 중소/중견기업, 연구소, 대학

**4. 인증 추진방안**

ㅇ 해당사항 없음

**5. 기대효과**

ㅇ 유·무인항공기 전기추진시스템에 대한 정비시스템 구축 시 항공정비서비스(MRO)분야 뿐만 아니라 전기추진항공기 개발 시에도 통합 성능시험 및 연구개발 등을 수행할 수 있어서 전기추진시시템 인증체계 구축에 기여

ㅇ 미래 수송 기능의 일부를 담당할 전기추진 항공기뿐만 아니라 드론, 무인항공기(군사용), UAM 등의 정비서비스 활용성 증대

| 관리번호 | | 2021-미래-02 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발 |
| | 1세부 | TBO 진단을 위한 배터리 시스템의 퇴화 예측 기술 개발 |
| | 2세부 | TBO 진단을 위한 배터리 시스템의 결함 검출 기술 개발 |
| | 3세부 | TBO 진단을 위한 항공정비 시스템 개발 |
| | 4세부 | 항공용 배터리의 재사용(REUSE) 체계 구축 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 안전한 비행을 위해, 배터리 시스템의 결함/퇴화를 명확히 진단하여 최적의 TBO를 예측할 수 있는 기술 개발

* TBO(Time Between Overhaul) : 정밀검사주기

- 항공정비 시, 배터리 시스템의 퇴화에 의한 배터리 상태를 빠르게 파악하여, 다음 비행을 위한 배터리 용량, 출력 등의 기본 사항을 만족시킬 수 있는지 판단할 수 있는 기술 개발
- 항공정비 시, 배터리 결함에 의한 비행사고를 사전에 예방하는 것이 매우 중요하기 때문에, 시스템 내 배터리들의 비정상 동작들을 감시할 수 있는 기술 개발
- 항공정비 시, 배터리의 퇴화 및 결함에 의한 이상 동작을 퇴화에 의한 상태 변화인지, 결함에 의한 비정상 거동인지 명확히 구분하여, 다음 비행을 위한 사용 여부를 판단할 수 있는 시스템 개발
- 항공정비 시, 배터리 시스템의 교체 기준은 EV 및 ESS등에 적용되는 기준보다 민감한 수준이기 때문에, 잔존수명이 매우 많이 남아 상품가치가 높을 것이고, 이를 재사용할 수 있는 체계 구축이 필요

ㅇ (필요성)

- 항공기는 상공에서 운행되기 때문에 안전이 무엇보다 중요하고, 이를 확보하기 위해서 중요한 요소중 하나는 배터리 시스템의 안정화이다. 배터리 시스템은 충방전을 거듭할수록 퇴화가 될 것이고, 이에 따른 에너지 용량과 출력 수준 등이 떨어질 수 있다. 또한, 배터리의 사용 빈도가 많지 않아서 퇴화도가 낮더라도, 예상치 못한 변수에 의해서 결함이 발생하여 안전에 위협을 줄 수도 있다. 따라서, 배터리 시스템이 항공기 운항에 문제가 없는지 판단하는 배터리 시스템의 퇴화 및 결함 진단 기술은 반드시 필요하다.
- 항공용 배터리 시스템의 교체 기준은 민감하여, 상품가치가 높기 때문에, EV나 ESS 등에서 한번 더 사용하는 재사용 체계 구축이 필요할 것이고, 이를 통해 항공용 배터리 시스템의 경제적 부담은 완화시킬 수 있다.

ㅇ (기술적)

- EV 및 ESS 등 국내외 배터리를 사용하는 모든 기기들은 각 운행 조건 및 배터리 특성 등에 따른 퇴화 예측 알고리즘을 탑재하고 있음. (정비시에는 상대적으로 정밀한 퇴

화 진단 가능)

- EV 및 ESS 등 국내외 배터리를 사용하는 다수의 기기들이 사고 예방을 위한 결함 검출 알고리즘을 탑재하고 있음(정비시에는 상대적으로 정밀한 결함 검출 가능)
- 산업부 및 환경부 주관으로 국내외 다수 기관 및 업체들이 배터리 재사용 체계 구축을 위해 리유즈&리사이클 센터 건립 및 잔존 수명 예측 기술 개발 등의 노력을 하고 있음

ㅇ (경제적)

- 2040년 730조원 규모로 예상되는 UAM시장의 활성화 및 다수 e-air mobility를 배터리 시스템 안정화를 위한 정비기술 확보로 앞당길 수 있음
- 2030년 21조원 규모로 예상되는 배터리 재사용 시장을 활용한 TBO 배터리 시스템의 2ndUSE를 활성화하여, e-항공기 배터리 시스템의 잦은 교체에 대한 부담을 완화하고, 퇴화 및 결함 진단에 대한 안전 마진을 여유있게 확보 할 수 있음

ㅇ (정책적)

- 국토교통부에서는 미래 모빌리티를 포함한 항공정비 핵심기술로드맵을 기획하고 있음
- 대도시권 인구집중 및 지상 교통망 혼잡에 따라서, 전 세계적으로 3차원 교통수단인 UAM 등 e-air mobility가 대두
  * 유엔의 도시 인구에 관한 보고에 따르면 2030년까지 전 세계 인구의 60%가 도시에 거주
  * 미국 상위 15개 도시에서 매년 46억 시간이 교통정체로 허비됨
  * 미국의 교통수송체는 전체 CO2 배출의 29%를 차지
  * 교통혼잡비용 전체 (연간 38.5조)의 82%가 대도시권에서 발생
- 산업부, 환경부 주관으로 리유즈&리사이클 센터 및 폐배터리 거점 수거센터 등을 건립

**2. 연구목표**

**ㅇ 최종목표 : 배터리 시스템의 TBO 진단 기술 개발**
**(TRL : [시작] 0단계 ~ [종료] 0단계)**

- 배터리 시스템의 퇴화 진단 기술 개발
  · 항공 정비 시, 배터리 시스템의 상태를 빠르게 파악하여, 다음 비행을 위한 배터리 용량, 출력 등의 기본 사항을 만족시킬 수 있는지 판단할 수 있는 기술 개발
- 배터리 시스템의 결함 검출 기술 개발
  · 항공 정비 시, 배터리 시스템 내 배터리들의 비정상 동작들을 감시할 수 있는 기술 개발
- TBO 진단을 위한 항공정비 시스템 개발
  · 항공정비 시, 배터리의 퇴화 및 결함에 의한 이상 동작을 명확히 구분하여, 다음 비행을 위한 사용여부를 판단하는 시스템 개발
- 항공용 배터리의 재사용(REUSE) 체계 구축
  · 배터리 시스템의 교체 기준은 EV 및 ESS등에 적용되는 기준보다 민감한 수준이기 때문

별첨

에, 잔존수명이 매우 많이 남아 상품가치가 높을 것이고, 이를 재사용할 수 있는 체계 구축이 필요

**o 역할 및 기능(총괄)**

- 세부과제 종합관리
- 과제목표 달성을 위한 리스크 관리
- 사업추진방향·예산 조정(마일스톤 관리)
- 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄
- 세부과제의 진도점검, 자체평가
- 국내외 AR/VR 컨텐츠 기술 개발현황 분석

**3. 지원기간/예산/추진체계**

o **개발기간** : 5년 이내
o **주관기관** : 중소/중견기업, 연구소

**4. 인증 추진방안**

o 해당사항 없음

**5. 기대효과**

o 국내 항공정비 MRO 활성화 및 사업 경쟁력 제고
o UAM 등 e-air mobility의 사업화를 앞당길 수 있음
o 항공 배터리 시스템의 안정화에 의하여, 세계적으로 주목받는 3차원 교통수단인 UAM 등 e-air mobility 분야를 선도할 수 있음
o 해외 원제작사의 원격 기술지원으로 해외 국부유출을 최소화
o 신속하고 정확한 정비를 통한 고장률 감소 및 MRO 신뢰성 확보

| 관리번호 | | 2021-미래-03 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비기술 개발 |
| | 1세부 | 항공용 연료전지 시스템 고장진단 및 정비 기술 개발 |
| | 2세부 | 항공기용 수소연료 누출 진단 및 정비 기술 개발 |
| | 3세부 | 항공용 수소저장 시스템 비파괴 진단기술 개발 |
| | 4세부 | 항공기용 수소 충전 시설 정비 기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 미래 수소전기추진 항공기의 원활한 운용을 위한 수소 연료전지 시스템 및 주변 시설들에 대한 진단 및 정비 기술 개발

**※ 연료전지 시스템: 연료전지 스택과 주변장치 (M-BOP, E-BOP)를 포함하는 수소연료전지 파워팩**

**※ 수소저장: 물리적, 화학적 수소저장 방법을 포함한 수소전기추진 항공기에 적합한 다양한 수소저장 방식 (ex. 고압용기, 액화수소, 수소화합물 등)**

**※ 수소 충전 시설: 수소저장 방식에 따른 적절한 수소충전 방식 (ex, 고압, 액화, 카트리지 등)**

- 고출력, 고에너지 밀도가 요구되는 항공용 수소연료전지 시스템(연료전지 스택, M-BOP, E-BOP)에 대한 고장진단 및 정비 기술 개발
- 기체상태 수소의 누출을 효과적으로 진단하고, 이를 정비할 수 있는 기술 개발
- 항공용 수소 저장 시스템을 비파괴 방식으로 고장을 진단하고 정비할 수 있는 기술 개발
- 다양한 수소저장 방식에 따른 수소 충전 기술에 대한 진단 및 정비 기술 개발

ㅇ (필요성)

- 전 세계적인 이상기후 대응 및 우리나라 탄소중립 달성을 위한 움직임에 대응하고, 항공산업 분야의 선도 및 활성화 도모를 목적으로 항공기용 수소전기 추진 시스템에 대한 선제적 대응이 요구됨. 수소전기 추진 항공기의 상용화를 위한 항공용 수소전기 시스템에 대한 전반적인 진단 및 정비 기술의 개발이 필요함
- 수소전기 추진을 위한 수소연료전지 추진 시스템은 연료전지 시스템, 수소 저장시스템, 수소 충전시스템 등으로 구분될 수 있고 이들에 대한 진단 및 정비 기술의 개발이 요구됨
- 항공용 수소전기추진 시스템을 위한 진단 및 정비를 위한 핵심 요소 기술을 선제적으로 식별하고 개발하여, 수소전기추진 항공기의 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대됨

ㅇ (기술적)

- 주요 해외기업들은 수소연료전지시스템 및 이를 장착한 수소항공기 개발을 활발히 진행하고 있으며, 특히 소형항공기(Light Sport Aircraft, Part 23급) 중심으로 개발 중이고 일부는 시험비행성공 및 인증 추진 중으로 대체로 2025년까지 개발 완료를 목표로 추진 중

- 소형항공기(Light Sport Aircraft, Part 23급)부터 대형항공기 순으로 개발을 추진 중 또는 계획
- 수소기반 eVTOL(Alakai)은 비행제어시스템에 대해 FAA 승인을 받고 2021년 기 상용화 되었으며, 수소연료전지기반 추진시스템 장착 항공기(ZeroAvia)는 FAA experimental certificates를 받아 개발 중
- 해외에서는 Airbus(ZEROe), Alakai(Skai), AeroDelft(Phoenix PT), ZeroAvia(HyFlyer) 등의 기업에서 적극적으로 수소항공기를 개발하고 있음
- 국내에서는 현대자동차, 한화에어로스페이스/한화솔루션, 두산모빌리티, LIG 넥스원 등에서 수소추진 드론 및 UAM 등을 개발하고 있음
- 특히 해외에서는 수소추진 항공기의 상용화를 위해서 인증체계, 안정성 평가, 고장 영향 분석, 안전관리 체계 등 광범위하게 수소전기추진항공기의 상용화를 위한 기술들을 개발하고 있음

**※ (Boeing) 항공기용 경량 연료전지 시스템의 안전성 평가**

**※ (Teledyne energy systems, INC.) PEM 연료 전지 시스템의 고장 및 영향 분석**

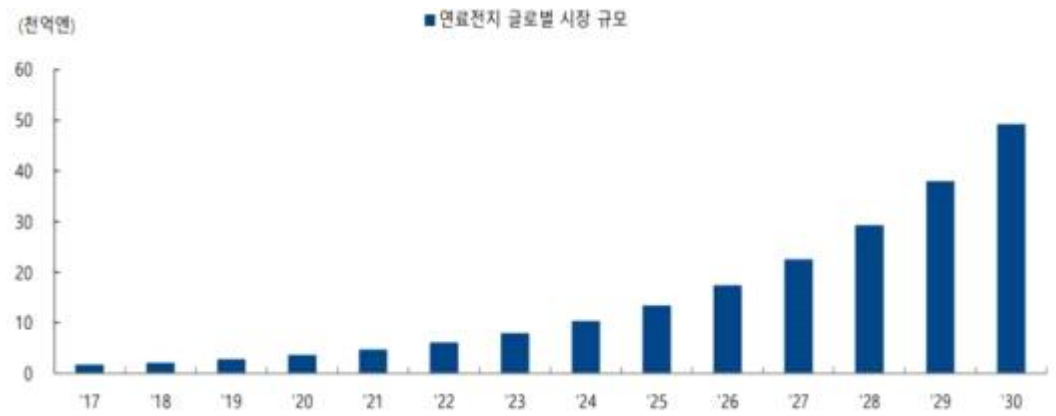
**※ (Honeywell) 항공기 연료전지 및 안전관리 체계 연구연료전지 시스템: 연료전지 스택과 주변장치(M-BOP, E-BOP)를 포함하는 수소연료전지 파워팩**




[그림] 해외 수소추진항공기 관련 인증, 고장, 안전관련 과제 예시

ㅇ (경제적)

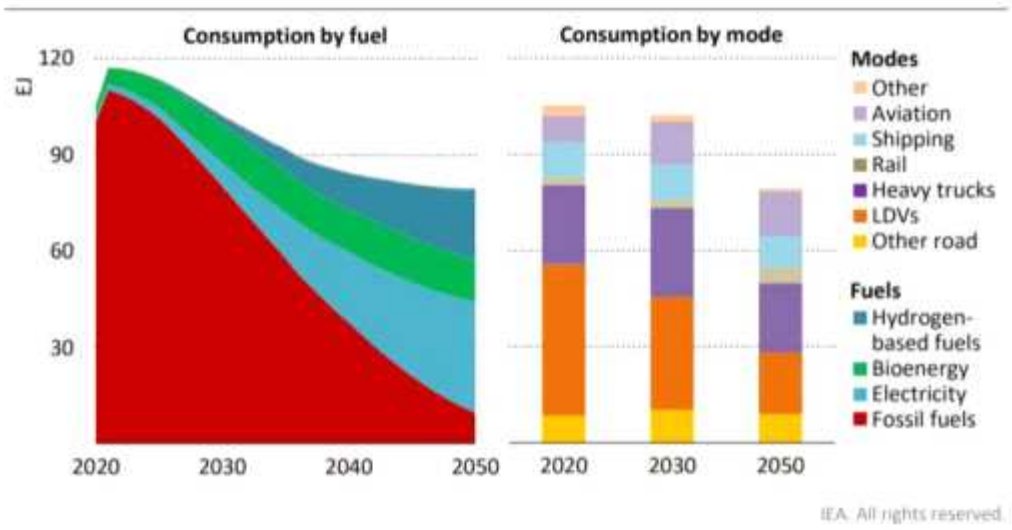
- 수소연료전지 국내외 시장은 가파른 성장을 보일 것으로 전망
- 세계 수소연료전지 시장 규모는 2018년 2조2천억원 수준의 시장이 연평균 30%씩 성장하여 2030년에는 약 50조원 규모가 될 것으로 추정




출처: 한국수출입은행(2021), K뉴딜산업 INSIGHT 보고서, 연료전지 개요와 현황

[그림] 글로벌 수소연료전지 시장 규모 및 전망

- 2020년 상반기 기준 전 세계 수소연료전지 사용량별로는, 수송형 75.3%, 고정형 24.6%, 휴대형 0.03%의 비중을 보여 당분간 수소전기차 중심의 수송형 연료전지 위주로 성장할 전망이나, 2020~2030년까지의 성장률로 보면 항공용(aviation) 수소연료전지 분야의 성장이 가장 클 것으로 예상됨




LDV: 승용차(Light-Duty Vehicles); Other road=버스, 오토바이 등

출처: 한국수출입은행(2021), K뉴딜산업 INSIGHT 보고서, 연료전지 개요와 현황

[그림] 글로벌 수소연료전지 시장 규모 및 전망

- 하지만 그간 자동차 중심이던 수소연료전지 적용 분야가 선박, 열차, 건설기계, 도심항공모빌리티(UAM), 항공기로 확대되고, 시장이 가파르게 성장할 전망

**※ 글로벌 수소 위원회에 따르면 2020년부터 발전, 수송, 건물에너지 등 부문에서 수소의 활용이 본격화되어 2030년 정도부터 수송 분야를 시작으로 본격적인 수소사회가 도래할 것으로 전망**

ㅇ (정책적)

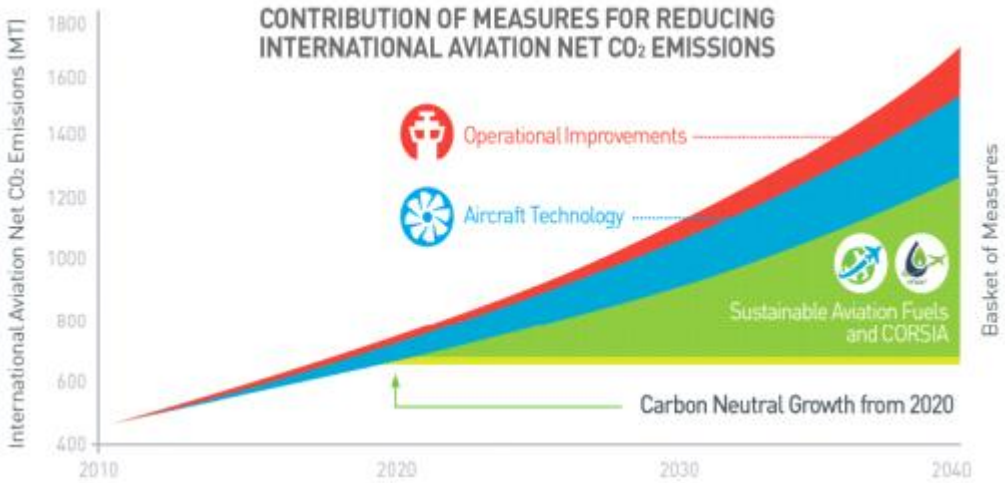
- `16년 ICAO에서 이행을 결의한 바 있는 CORSIA(국제항공 탄소상쇄·감축제도)*가 `21년

별첨

부터 시행하여 항공사 탄소배출 관리

- CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation): 국제항공 탄소상쇄·감축제도로 국제항공 온실가스 배출량을 `20년 수준으로 동결하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 초과하는 항공사는 탄소시장에서 배출권을 구매해 상쇄하도록 하는 제도

  * ICAO는 '16년 총회에서 항공부문 온실가스 배출량을 '20년 수준으로 동결할 것을 목표로 설정하고, 항공기 운영 개선, 항공기 기술개선, 대체연료의 개발과 CORSIA를 통해 이를 달성하고자 함




출처: ICAO, 'CORSIA Implementation Plan Broch

그림] 세계 항공부문 온실가스 감축 목표

- (CORSIA 국내 참여현황) 현재 국내 9개 항공사*가 CORSIA에 참여하고 있으며, 매년 검증기관으로부터 국제선 운항에 따른 온실가스 배출량을 검증받은 후 연간 배출량보고서와 검증보고서를 국토교통부에 제출하여야 하며, 기준량을 초과한 항공사는 배출권을 구매하여 상쇄해야 함

- 제3차 항공정책기본계획(`20~`24)에서 ICAO 탄소상쇄 및 감축제도 이행 체계 구축 본격화 및 미래 친환경 기술·교통수단 도입 방안 추진 내용을 제시함*

  ※ CORSIA 예비적용단계 내 자발적 참여 완료('21년) 및 국제항공 온실가스 관리 관련 법률안 개정 검토 추진

  ※ 항공유 대안으로 논의되고 있는 바이오항공유 도입을 위한 기반을 조성하고, 장기적으로 영국 등에서 검토되고 있는 친환경 전기 시스템에 대한 활용성 검토 및 이에 따른 기술개발 추진

- 제3차 항공산업발전기본계획(`21~`30)을 발표하여 친환경 항공기 체계개발 및 핵심 부품 개발, 기술표준 및 인증체계 마련, 시험평가 인프라 구축 등 항공용 수소에너지 인프라 기반 마련 중

## 2. 연구목표

**o 최종목표 : 미래 수소전기추진 항공기용 핵심 정비 기술 개발**
**(TRL : [시작] 2단계 ~ [종료] 6단계)**

- 항공용 연료전지 시스템 고장진단 및 정비 기술 개발
  · 고출력/고에너지밀도의 항공용 연료전지 스택 및 시스템 고장진단 기술 확보
  · 고장진단에 따른 효율적인 시스템 정비 기술 개발
- 항공기용 수소연료 누출 진단 및 정비 기술 개발
  · 기체상태의 수소연료 누출 감지 기술 확보
  · 수소연료 누출 조건에 따른 대응 프로토콜 및 정비 기술 개발
- 항공용 수소저장 시스템 비파괴 진단기술 개발
  · 물리적/화학적 수소저장시스템에 대한 비파괴 진단 기술 확보
  · 수소저장 시스템 방식에 따른 고장 대응 프로토콜 및 정비 기술 개발
- 항공기용 수소 충전 시설 정비 기술 개발
  · 수소저장 방식 별 수소 충전 시설에 대한 진단 기술 개발
  · 항공용에 특화된 수소충전 방식에 대한 정비 기술 개발

**3. 지원기간/예산/추진체계**

ㅇ 개발기간 : 5년 이내
ㅇ 주관기관 : 중소/중견기업, 연구소

**4. 인증 추진방안**

ㅇ 해당사항 없음

**5. 기대효과**

ㅇ 2050 탄소중립을 위한 항공분야의 정책적 부합성 확보
ㅇ 수소전기추진 항공기의 상용화 견인
ㅇ 수소전기추진 항공기 관련 상용화 기술의 선제적 확보를 통한 시장 점유
ㅇ 수소전기추진 항공기에 대한 정확한 정비를 통한 고장률 감소 및 MRO 신뢰성 확보

| 관리번호 | | 2021-미래-04 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 메타버스 기반 기체 MRO용 교육 시뮬레이션 구현 기술 개발 |
| | 1세부 | 메타버스 기반 기체 MRO용 교육 시뮬레이션 정보 수집, 관리 공유 기술 |
| | 2세부 | 메타버스 기반 기체 MRO용 가상 모델링 구축 및 증강현실 구현 기술 |
| | 3세부 | 디지털 트윈 활용 최적 유지보수 교육 및 예지보전 구현 기술 |
| | 4세부 | 상황별 맞춤교육(Training) 프로그램 시현 기술 개발 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) 메타버스는 어느 한 가지 기술에 의존적인 혁신이라기보다, AR, VR, 인공지능, 빅데이터 등 다양한 디지털 기술의 조합과 산업간 가치사슬의 융합을 통해 창출하는 가상의 생태계가 핵심

- 에어버스와 보잉은 AR을 활용해 항공기 정보, 매뉴얼을 빠르게 확인하며 작업 시간 단축
  · 보잉 B747-8 배선작업공정에서 AR 적용 : 작업시간 25% 단축, 작업 오류율 0%
- 메타버스 시장 확대 : 5년 내 글로벌 시장에서 최소 300조원 이상
  · 2021년 307억달러, 2025년 약 2800억달러 성장 예측
  · 향후 4~5년 이내 최소 5~6배가량 성장
- 현재 단일 기종 B737 교육 관련 시장 규모만 2조 이상됨

ㅇ (필요성) 메타버스 기반의 항공 MRO 교육을 구현함에 따라 원가경쟁력 향상이 가능해지고 국내 항공산업의 경쟁력 제고에 큰 도움이 될 것으로 기대됨

- 국내 메타버스 인프라가 부족하고, 항공 정비분야의 낙후성을 획기적으로 개선하기 위해서는 대규모의 정부지원이 요청되고 있음

ㅇ (기술적) 최근 실감형 VR·AR·MR·XR 디바이스 및 리얼타임 그래픽스 보드 등 관련 기술의 큰 발전으로 메타버스의 기술적 성숙도가 매우 높아지고 있는 실정임

- 국내에서는 NAVER Z - 'ZEPETO', SK Telecom -'Ifland'등 모바일 환경에서 메타버스 즉 가상세계를 아바타를 통해 운영하고 있으나 아직까지는 항공 등 첨단분야에서는 적용이 미흡한 상태임

**2. 연구목표**

**ㅇ 최종목표 : 항공기 기체 MRO용 메타버스기반 가상 정비교육 시현(Simulation) 및 정비기술 개발**
**(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)**

ㅇ 메타버스 기반 기체 MRO용 교육 시뮬레이션 정보 수집, 관리 공유 기술 개발
- 실제 정비 현장 정보 센싱기술
- 센싱 정보 수집 → 관리 → 가상에서의 공유 기술

ㅇ 메타버스 기반 기체 MRO용 가상 모델링 구축 및 증강현실 구현 기술 개발
- 실제 정비 객체 모델링 구축 및 주기적 갱신 기술

- 메타버스 공간과 물리적 공간의 증강현실 구현 기술

ㅇ 디지털 트윈 활용 최적 유지보수 교육 및 예지보전 기술 개발
- 디지털 트윈 환경 구축기술
- 기체 MRO용 유지보수 최적화 구축 및 관련 교육 프로그램 시현 기술
- 현장 상황인식에 따른 예지보전 확장 기술
- 기체 상태 모니터링(Heath monitoring) 기반 정비 매뉴얼 교육 시뮬레이션 구축 기술

ㅇ 메타버스 기반 상황별 정비 맞춤교육(Training) 프로그램 시현 기술 개발
- 햅틱(Haptic) 활용 정비 상황별 친숙화(Familiarization) 시나리오 구축기술
- 정비 상황별 맞춤형 교육 프로그램 개발 및 시현기술
- 정비 인증 체계 기반 매뉴얼 구현 기술
- 정비 매뉴얼 메타버스기반 시뮬레이션 구축 기술

### 3. 지원기간/예산/추진체계

ㅇ **개발기간** : 5년 이내

| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|
| 25억원 | 25억원 | 30억원 | 25억원 | 20억원 |

ㅇ **정부출연금** : 총 125 억원

ㅇ **민간투자** :

ㅇ **주관기관** : 제한없음 (중소/중견기업 및 대기업 가능)

### 4. 인증 추진방안

ㅇ 국내 항공 정비(MRO)분야는 항공기 운항사와 협력 업체를 중심으로 정비조직 인증을 통해 모듈이나 부품에 한정하여 이루어지고 있으며 개발된 정비 소프트웨어에 대한 인증사례는 없음

ㅇ 항공기 정비용 프로그램은 항공기 시스템과 연동이 되지 않으므로 일반 소프트웨어 인증을 통해 획득

ㅇ 메타버스 기반 항공기 정비교육용 프로그램 개발을 위해서는 항공기 제작사로부터 항공기에 대한 자료를 확보해야 하므로 항공기 제작사와 협력을 통해 개발 및 교육용으로 적합성 승인을 통해 확보

ㅇ Part 25급 항공부품 인증이 현재 진행되고 있으며, 이를 기반으로 MRO 분야는 항공 OEM사들과 협업 및 국내 감항/인증당국이 국토부(항공안전기술원)과 협력하여 새로운 인증체계 구축을 추진코자 함

### 5. 기대효과

ㅇ 항공기 정비 교육의 디지털 전환
- 메타버스 원격 교육으로 교육효과 상승
- 디지털전환 시대에 적합한 교육체계 개발로 항공정비산업 분야 글로벌 산업화

ㅇ 메타버스 기반 기종별 항공기 정비 교육 및 다양한 교육 시스템 확대 가능

| 관리번호 | | 2021-미래-05 |
|---|---|---|
| 과제명 | 총괄 | 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성 제한 연소기 소재부품 MRO 공정 기술 개발 |
| | 1세부 | 수소터빈 항공엔진 MRO 소재부품 예방정비 및 균열 탐지검사 기술 개발 |
| | 2세부 | 수소터빈 항공엔진 MRO 소재부품 부분 균열 수리 공정 기술 개발 |
| | 3세부 | 수소터빈 항공엔진 MRO 교체용 소재부품 적층제조 공정 기술 개발 |
| | 4세부 | 수소터빈 항공엔진 MRO 공정 소재 Database 구축 |

**1. 개요 및 필요성**

ㅇ (개념) **항공기용 수소 에너지는 이산화탄소 배출이 전혀 없는 친환경 연료**이면서 대체에너지로서 미래 에너지 안보를 담당할 수 있는 중요한 에너지원이기 때문에 주요 가스터빈 개발국의 기술선점을 위한 경쟁이 치열하게 이루어지고 있음. 미국, 영국, 독일, 프랑스 등 세계 항공 선진국에서는 중장기적으로 '탄소제로'를 위하여 항공분야에서도 수소연료, 전기추진, 바이오연료과 같은 SAF(Sustainable Aviation Fuel)을 이용하여 다양한 항공기 적용 프로그램을 착수함. **수소 연료가 가스터빈에 사용되면 수소취성(hydrogen embrittlement)에 의해 수소와 접촉하는 부품의 수명이 제한되며, 미래 친환경 에너지 수소터빈 MRO 기술력 확보 및 향상을 목표로 수소터빈용 수소취성 제한 연소기 소재부품 MRO 공정기술 개발 및 소재 Database 구축을 수행하고자 함**

- **수소취성 제한 소재부품 : 연소기 수소 공급관, 연료노즐, 연소기 라이너, 연소기 후방 덕트**

* **수소취성이란, 수소 분자가 금속조직 내부로 침투하여 점차 확산되면서 금속의 연성과 인장강도가 감소되는 현상으로, 부품의 균열과 파손 유발함.**

ㅇ (필요성) **가스터빈 고유의 높은 압력과 높은 온도 조건에서 수소취성의 특성이 더해지면, 수소와 접촉하는 부품**(수소 공급관, 연료노즐, 연소기 라이너, 터빈/연소기 이후 주유로 덕트)**에서 수명 제한이 되고, 이에 대한 MRO 기술 개발이 추진되어야 함**

- 수소취성 제한 부품과 더불어 수소 연소에 의해 발생한 배기가스내 다량의 수분 함량에 의해 부품 수명 제한도 존재함
- 항공핵심기술로드맵의'유무인 비행체용 다목적 1000마력급 터보샤프트엔진 소재/부품/구성품/모듈 기술'의 부분에 해당되는 연소기 구성품 기술에 있어서 수소연소 기술의 필요성이 언급되고 있음. 즉, 국외 뿐만 아니라 국내 수소연소 기술도 개발 예상되므로, 이에 대한 MRO 기술도 정립할 필요가 있음

ㅇ (기술적) 친환경 수소터빈은 수소 분위기 조건에서 소재부품 내 수소 확산으로 인한 수소함량이 증가되는 경우, **소재부품 내 수소 고용도를 넘어 기체로 부피가 급격히 증가하게 되고 소재부품 균열이 발생되어 운용 중 가스터빈 핵심 연소기 부품들이 파손되어 이는 항공엔진 운영 중단 및 인명 피해까지 발생할 수 있음**. 이에 수소터빈 **연소기 핵심**

**소재부품에 대한 수소 함량 정비 검사 및 균열 탐지 검사를 수행**하는 기술 개발이 필수적임. 그리고 **균열 발생 시 수소 취성 최소화를 위한 균열 수리 및 부품 교체를 위한 적층제조 공정 개발**을 통해 지속적 항공엔진 수소터빈이 안정적 운영되는 기술 개발이 필요

ㅇ (경제적) 항공 MRO 시장은 `19년 기준 약 40조 시장이며, `30년까지 약 63조 수준으로 지속적인 성장이 예상되며 그 중 항공엔진 부분은 `30년 기준 45조 이상이 예상됨. 현재 **국내는 연간 1조 이상(`19년)을 항공엔진 MRO 관련 해외 외주를 진행하는 등 국내 MRO 기술 확보가 시급한 상황임**

- **미래 먹거리인 고청정 수소터빈 MRO 시장에 대한 정확한 예측은 어려우나, 수소터빈 미래 MRO 기술 개발은 향후 45조 이상에 대한 글로벌 항공엔진 MRO 시장 선점을 위한 교두보 마련이 예상됨**

ㅇ (정책적) **정부 중심 탄소중립 위원회에서는 기술로드맵을 수립하며 항공 및 발전 수소터빈을 개발 및 도입을 명시하고 있으며, 국토교통부는 `19년 제3차 항공정책기본계획 발표를 통해 항공 정비산업(MRO) 산업을 항공부분 신성장 동력으로 정의하였으며, `21년 항공정비(MRO) 산업 경쟁력 강화방안에서는 국내 항공정비 기술역량 강화와 신형 엔진 정비를 예시로 발표**

이러한 정부의 정책 방향은 국내 항공 MRO사업 활성화를 통한 정비 서비스 외화수입 확보, 엔진정비비 외화 유출 방지 및 MRO 기술 경쟁력 확보를 통한 양질의 일자리 창출에 초점을 두고 있으며 미래 고청정 에너지 기술에 대한 수소터빈 기술 개발을 명시함.

**2. 연구목표**

ㅇ **최종목표 : 미래 수소터빈 항공엔진 수소취성 제한 연소기 소재부품 5종 MRO 정비/수리 및 적층제조 공정 기술 개발 및 소재 Database 구축**
**(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계)**

- 수소터빈 항공엔진 MRO 소재부품 예방정비 및 균열 탐지검사 기술 개발
  : 소재부품 운영 주기 별 수소함량 분석 기반 예상 예방정기 주기 정의
  : 소재부품 수소 균열 탐지 비파괴검사 기술
- 수소터빈 항공엔진 MRO 소재부품 부분 균열 수리 공정 기술 개발
  : 균열부 수소취성 방지 세척 및 부분 접합 균열 수리 기술
- 수소터빈 항공엔진 MRO 교체용 소재부품 적층제조 공정 기술 개발
  : 연소기 핵심소재 부품 교체용 적층제조 공정 기술 개발
  DfAM 기반 취적 위상 최적화 3D Printing 공정 기술 개발
- 수소터빈 항공엔진 MRO 공정 소재 Database 구축

**3. 지원기간/예산/추진체계**

별첨

ㅇ **개발기간** : 5년 이내
ㅇ **정부출연금** : 총 180 억원
- 수소터빈 항공엔진 MRO 소재부품 예방정비 및 균열 탐지검사 기술 개발 : 40억
- 수소터빈 항공엔진 MRO 소재부품 부분 균열 수리 공정 기술 개발 : 20억
- 수소터빈 항공엔진 MRO 교체용 소재부품 적층제조 공정 기술 개발 : 80억
- 수소터빈 항공엔진 MRO 공정 소재 Database 구축 : 40억

ㅇ **민간투자** : 총 150 억원 (장비, 시설 등 인프라 구축비용)
* **미래 항공엔진 FAA Repair Station 구축 : 100억, 3D Printing 제조 설비 : 50억**

ㅇ **주관기관** : 제한없음 (중소/중견기업 및 대기업 가능)

## 4. 인증 추진방안

ㅇ **수소터빈은 신기술로 엔진 인증 부분 기술 자문으로 참고용으로 활용하며, 수리기술 개발 중심으로 연구개발 과제 수행**
- **수소터빈 MRO 인증 부분은 기존 가스터빈 항공엔진 MRO 인증 해외 전문가 기술 자문을 통한 인증 대비 방안 마련**

## 5. 기대효과

ㅇ **미래 항공추진 엔진인 수소터빈 관련 MRO 기술에 대한 선행 연구개발로 미래 고청정 항공기 추진시스템에 대한 기술 선점 가능하여 향후 항공 가스터빈 시장 대체 시 시장 초기 진입으로 기술적 우위 선점 가능**

ㅇ **미래 항공추진 수소터빈 특화 MRO 정비/수리 및 교체 기술 확보로 관련 국제 표준 및 규격화 진행 시 국내 개발 기술 반영 가능**

ㅇ **미래 항공추진 수소터빈 국내 수리기술 확보를 통한 해외 외화 유출 방지**
- 현재 기준 엔진부품 해외 외주비 1조(`19년 기준)에 대한 장기적 국산화 가능

ㅇ **미래 상용 항공엔진 국내 수리기술 확보를 통한 국내 일자리 창출**
- 고급 기술인력 중심 일자리 창출 가능

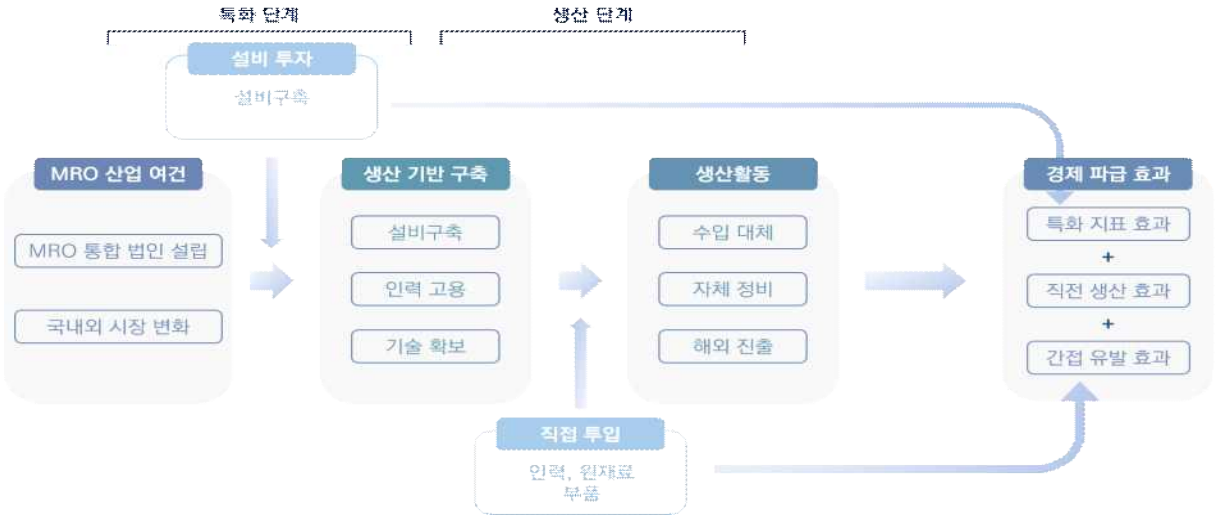
# 별첨 3. 항공 MRO 산업 경제 파급효과분석

## 제1절 경제 파급효과 분석 모형

### 1. 기본 모형

○ 본 파급효과 분석은 크게 항공 MRO 산업의 생산 기반 구축과 생산 활동으로 인해 직간접으로 유발되는 경제 파급효과를 분석

- 환경 변화에 적합한 항공 MRO 산업의 생산 기반 구축을 위한 투자 지출이 이루어지고 이것이 경제 전반에 파급효과를 가져오게 됨
- 구축된 생산 기반을 토대로 항공 MRO 생산 활동이 이루어지고, 이것이 항공 MRO 산업뿐만 아니라 국가 경제에 직간접적으로 파급효과를 미침[8)]
- 항공기제조업, 산업설비 정비업, 항공운송지원서비스업으로 구성된 항공 MRO 산업의 투입 계수가 큰 산업으로는 381개 기본부분 기준으로 산업용 고무제품(2491), 펌프 및 압축기(3820), 금속처리가공품(3032), 기타전기장비(3799), 알루미늄1차제품(2822), 제조임가공서비스(4401), 측정 및 분석기기(3612) 등의 순으로 투입 비중이 높아서 이들 산업 분야에서 유발효과가 크게 나타나고 있음




〈그림 II-1〉 파급효과 분석 기본 모형

8) 경제 파급효과는 직접효과와 유발효과로 이루어지며, 직접 효과는 항공 MRO산업의 생산활동에 의해 직접적으로 창출되는 생산, 소득, 고용 등의 효과를 말하고, 유발효과는 간접효과라고도 하며, 직접효과인 항공MRO 산업의 생산으로 인해 발생되는 부품, 소재 등의 연관 산업에서 창출되는 생산, 소득, 고용 등의 효과를 말함

## 2. 산업연관분석

### ❒ 경제적 파급효과 분석 범위

○ 사업이 순수하게 지역 경제나 국민 경제에 어떤 긍정적인 파급효과를 초래하는지를 분석

- 산업연관표를 활용하여 MRO 산업 시나리오별 지역 및 경제 전체에서의 생산 확대 효과와 소득 창출 효과 및 고용 창출 효과를 분석하여 파악함

### ❒ 기본 분석 모형

○ 파급효과 분석은 산업부문별 투입구조가 일정기간 안정적이라는 가정 하에서 가장 최근에 발표된 한국은행의 산업연관표를 사용하여 클러스터 구축으로 인해 발생되는 지출 증가와 동시에 클러스터 구축으로 인해 발생되는 생산 증가로 의한 중간재 수요 증가로 인해 직접적으로나 간접적으로 유발되는 지역내 및 지역외의 생산 활동이나 소득 창출, 고용 창출 효과를 분석함

- 특히, 국내 생산 유발 효과를 정확히 계측하기 위해 국산과 수입을 구분하여 작성한 $(I-A^d)^{-1}$형 국산투입계수표를 사용하여 산업연관분석을 실시함[9)]
- 기본적인 경제내 수급 균형식을 근거로 하여, 클러스터 구축과 추가 생산을 위한 중간재 수요 등 수요 증가로 인해 초래되는 생산 변화를 산출해 주는 Leontief의 생산모형을 기본 분석 모형으로 함

$$\begin{bmatrix} x_{11}x_{12} & \cdots x_{1n} \\ x_{21}x_{22} & \cdots x_{2n} \\ \vdots & \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ x_{n1}x_{n2} & \cdots x_{nn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_{11}y_{12} & \cdots y_{1n} \\ y_{21}y_{22} & \cdots y_{2n} \\ \vdots & \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ y_{n1}y_{n2} & \cdots y_{nn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

X Y m x

* * 단, X = 중간수요, Y = 최종수요, m = 수입, x = 생산

$$\Delta x = (I-A)^{-1}\Delta y^*$$

○ 본 항공 MRO 산업의 경제 파급효과를 분석하기 위해서는 2018년도 산업연관표를 사용하여 파급효과를 분석함

- 보다 세밀한 분석을 위해 381개 기초분류 기준으로 산업을 분류하여 산업연관분석을 수행

9) 생산유발계수는 $(I-A)^{-1}$형, $(I-A+m)^{-1}$형, $[I-(I-m)A]^{-1}$ 형 그리고 $(I-A^d)^{-1}$형이 있음

### ❒ 파급효과 분석 지표

○ 생산유발효과(X)는 클러스터 구축 사업에 의해 발생되는 투자 및 비용 지출과 클러스터 구축으로 인해 추가로 발생되는 생산을 위한 중간재 투입 등을 충족시키기 위하여 발생되는 각 산업 부문에서의 재화나 서비스의 생산액을 말함

- 최종수요 1단위($Y^d$)가 발생했을 때 각 산업 부문이 이를 충족시키기 위하여 전 산업에 유발되는 직접 및 간접 생산 효과($X$)를 의미함

$$X = (I - A^d)^{-1} Y^d \ : \ A^d \ : \text{국내투입계수}$$

○ 소득창출효과(V)는 생산이 증대되면서 생산 활동에 참여하는 인건비 등 창출되는 부가가치 창출액을 말함

- 여기서 소득은 피용자 보수(報酬)로 국내생산에 종사한 피용자가 받는 현금, 현물 급여 및 사용자가 부담하는 사회보험료 및 퇴직금을 포함하는데, 소득세 공제 전의 개념임

$$V = A_v \ (I - A^d)^{-1} Y^d \ : \ A_v = \text{부가가치계수}$$

○ 고용창출효과(L)는 생산으로 인해 유발되는 노동 수요 창출 메커니즘에 기초하여 최종수요의 발생으로 인해 발생되는 생산 활동에 필요한 노동 수요를 말함

- 고용창출효과는 급여근로자 외에도 자영업자, 무급근로자를 포함한 취업자 기준이며, 연인원 기준임

$$L = \hat{l} \ (I - A^d)^{-1} Y^d \ : \ \hat{l} = \text{취업계수}$$

## 3. 분석 방법

### ❒ 투자 지출의 경제 파급효과 분석

○ 항공 MRO를 위한 설비 투자 지출의 파급효과는 생산 기반 구축을 위한 설비 투자 지출이 타 산업 생산 활동을 유발하는 효과임

- 설비 투자 지출의 경제 파급효과는 최종수요 변화로 인한 경제 파급효과를 분석하는 통상적인 산업연관분석모형에 의해 분석되며, 행렬식으로 표현한 구체적인 산업연관분석 모형은 다음과 같음

$$X=(I-A^{d})^{-1}\ F$$

* * 단, $X$ : 생산유발액 벡터, $A^{d}$ : 국산투입계수행렬,
* $(I-A^{d})^{-1}$ : Leontief 역행렬, $F$ : 최종수요액 벡터

### ❒ 생산 활동의 경제 파급효과 분석

○ 항공 MRO 산업의 생산 활동(정비)에 의한 파급효과는 항공 MRO 정비 과정에서 소요되는 중간재 투입 등으로 인해 창출되는 간접 유발효과를 분석함

- 항공 MRO 산업의 생산 활동(정비)에 의한 국가 전반의 파급효과를 보기 위해서는 내생부문에 포함되어 있는 해당 기술의 관련 산업 부문을 외생화하여 별도의 산업연관표를 작성한 다음, 외생화된 산업연관표를 작성하여 간접 파급효과를 분석하고, 직접 파급효과를 합산하여 직간접 파급효과를 산출함

$$X=(I-A^{d}_{-h})^{-1}A^{d}_{h}X_{h}$$

* 단, $X$ : 생산유발액 벡터, $(I-A^{d}_{-h})^{-1}$: 역행렬, $X_{h}$ : h산업 부문 생산액
* $A^{d}_{-h}$ : h산업 외생화한 투입계수행렬, $A^{d}_{h}$ : h산업의 투입계수 벡터

## 4. 자료 및 통계 처리

### ❒ 2018년도 산업연관표 활용

○ 본 연구에서 수행되는 산업연관분석은 2018년도 산업연관표 연장표(2020년 작성)를 활용하여 항공 MRO 산업이 국가 경제에 미치는 생산유발효과, 고용창출효과, 부가가치 창출효과를 산출함

○ 산업연관분석은 보다 정밀한 분석을 위해 가장 세분화된 381개 기본부문 산업연관표를 활용하여 분석함

### ❒ 항공 MRO 산업의 분류

○ 산업연관표상에는 항공 MRO 산업이 별도로 분류되어 있지 않으나, 관련된 산업으로 항공운송지원서비스업, 항공기 제작업, 그리고 산업 설비 정비업을 포함함

- 항공 MRO 산업은 산업연관표 분류체계에서 항공기 정비서비스와 관련된 부분을 합산하여 정의하며, 여기에는 항공운송지원서비스 외에 산업 설비 정비업을 포함하는 것으로 함
- 그러나 항공 MRO 산업은 항공기제작과 관련된 분야이기도 하여, 항공기 제작업의 한 부분사업으로 분류되기도 함. 이는 대한항공, 한국항공우주산업, 한화에어로스페이스, 등은 항공기 및 부품 제작업체이며 MRO 서비스도 제공하고 있으므로 항공기 제작업도 항공 MRO 산업에 포함함

○ 산업연관표상에서 MRO와 관련한 항목으로 기본부문에서 항공기, 우주선 및 부품 제조업(3120), 산업용 기계 및 장비 수리업(3400), 항공운송지원서비스업(5313) 등으로 구성됨
- 이는 제10차 KSIC 분류와 연계하면, 산업용 기계 및 장비 수리업(3400), 항공기 및 부품, 항공 운송지원 서비스업(5213) 등이 해당함

**〈표 Ⅰ-1〉 MRO 산업의 분류 체계(KSIC)**

| | 한국표준산업분류(KSIC) | 산업연관분류(I-O) |
|---|---|---|
| 항공 수리 관련 | 산업용 기계 및 장비 수리업(3400) | 산업용 기계 및 장비 수리업(3,400) |
| 항공 부품 관련 | 항공기 및 부품 | 항공기, 우주선 및 부품 제조업(3120) |
| 항공운송 지원 관련 | 항공 운송지원 서비스업(5213) | 항공운송지원서비스업(5313) |



### ❒ 통계처리

○ 본 연구에서 수행되는 산업연관분석은 SAS 통계 패키지 중 역행력 분석이 가능한 IML 프로그램을 사용하여 산업연관효과를 분석함

# 제2절 주요 경제 파급효과 분석 전제

## 1. 국내 시장 관련

### ❒ 국내 항공 정비 시장 현황

○ 국내 항공 MRO 시장 규모는 2019년 기준 2조 7,621억원이고, 이는 2017년 2조 2,793억원 대비 연평균 10.1%로 성장한 것임

- 국내 업체들의 해외 외주비는 2017년 1조 1,733억원에서 2019년 기준 1조 2,580억원으로 증가추세에 있으나, 해외외주율은 2017년 51.4%에서 2019년 45.5%로 감소하고 있음

**〈표 Ⅰ-2〉 국내 항공정비시장 해외외주율**

(단위 : 억원)

| | | 2017년 | | | 2019년 | | | CAGR | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 총정비비 | 해외외주비 | 해외외주율 | 총정비비 | 해외외주비 | 해외외주율 | 총정비비 | 해외외주비 |
| 정비 총계 | | 22,793 | 11,733 | 51.5% | 27,621 | 12,580 | 45.5% | 10.1% | 3.5% |
| 정비유형 | 기체정비 | 2,878 | 965 | 33.5% | 2,420 | 869 | 35.9% | -8.3% | -5.1% |
| | 엔진정비 | 17,377 | 10,405 | 59.9% | 14,518 | 7,960 | 54.8% | 7.5% | 4.0% |
| | 부품정비 | | | | 5,566 | 3,293 | 59.2% | | |
| | 운항정비 | 2,538 | 363 | 14.3% | 5,117 | 458 | 9.0% | 42.0% | 12.5% |

출처 : 국토교통부 국감자료(2018), 국토교통부(2020) 재구성

### ❒ 항공업체 규모별 항공 MRO 현황

○ 대형항공사에 비해 저비용항공사가 높은 외주 및 해외 외주 비중을 보이고 있고, 기체/운항 정비보다 엔진/부품 정비에서 높은 해외 외주 비중을 보이고 있음

**〈표 Ⅰ-3〉 항공업체 규모 및 정비별 MRO 현황**

(단위 : 억원)

| | | 총정비비 | 총외주비 | 해외외주 | 총외주율 | 해외 외주율 | 국내 정비율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 대형항공사 (계열항공사 포함) | 기체 | 1,729 | 418 | 327 | 24.2% | 18.9% | 81.1% |
| | 엔진 | 9,365 | 5,084 | 4,767 | 54.3% | 50.9% | 49.1% |
| | 부품 | 3,892 | 2,151 | 2,001 | 55.3% | 51.4% | 48.6% |
| | 운항 | 2,883 | 515 | 319 | 17.9% | 11.1% | 88.9% |
| | 소계 | 17,869 | 8,168 | 7,414 | 45.7% | 41.5% | 58.5% |

| | | 총정비비 | 총외주비 | 해외외주 | 총외주율 | 해외 외주율 | 국내 정비율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 저비용항공사 | 기체 | 91 | 89 | 89 | 97.8% | 97.8% | 2.2% |
| | 엔진 | 725 | 725 | 725 | 100.0% | 100.0% | - |
| | 부품 | 343 | 328 | 328 | 95.6% | 95.6% | 4.4% |
| | 운항 | 226 | 52 | 52 | 23.0% | 23.0% | 77.0% |
| | 소계 | 1,385 | 1,194 | 1,194 | 86.2% | 86.2% | 13.8% |
| 합계 | 기체 | 1,820 | 507 | 416 | 27.9% | 22.9% | 77.1% |
| | 엔진 | 10,090 | 5,809 | 5,492 | 57.6% | 54.4% | 45.6% |
| | 부품 | 4,235 | 2,479 | 2,329 | 58.5% | 55.0% | 45.0% |
| | 운항 | 3,109 | 567 | 371 | 18.2% | 11.9% | 88.1% |
| | 소계 | 19,254 | 9,362 | 8,608 | 48.6% | 44.7% | 55.3% |

* 2016년 기준 추산금액이며, 정확한 금액은 아님(국적 9개 항공사)

출처 : 기술집약형 항공정비산업(MRO) 기술개발 사업기획 최종보고서, 항공안전기술원(2018)

## ❒ 주요 항공사별 MRO 현황

○ 2019년 국내 대형항공사 및 저비용 항공사의 총정비비를 기반으로 항공사별 2019년 세부 정비비와 해외 외주비를 추정하면 다음과 같음

**〈표 Ⅰ-4〉 항공사별 MRO 추정 규모**

(단위 : 억원)

| | | 정비비 | | | 해외 외주비 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 대한항공 | 아시아나항공 | LCC | 대한항공 | 아시아나항공 | LCC |
| 정비비 총계 | | 14,355 | 8,274 | 4,992 | 4,254 | 5,636 | 2,690 |
| 정비 유형 | 기체정비(추정) | 1,938 | 1,169 | 381 | 153 | 695 | 187 |
| | 엔진정비(추정) | 7,136 | 4,076 | 2,577 | 2,751 | 3,395 | 1,673 |
| | 부품정비(추정) | 2,965 | 1,694 | 1,219 | 1,155 | 1,425 | 757 |
| | 운항정비(추정) | 2,316 | 1,335 | 815 | 195 | 121 | 73 |

* 국토부 발표 2019년 항공사 정비비 총계를 기반으로 정비 유형에 따라 2018년 국감(2017) 자료의 비율로 추정한 값

## 2. 해외 시장 관련

### ❒ 세계 항공 MRO 시장

○ 세계 항공 MRO 시장은 2021년 기준 685억달러이며, 외주율 전망치를 기반으로 외주시장규모는 447억달러로 추정됨

**〈표 Ⅰ-5〉 세계 항공 MRO 시장 규모 및 외주 비율**

(단위 : 10억 달러)

| | | 정비시장규모* | | 외주율** | 외주시장규모(추정) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 세계시장 | 아시아 | | 세계시장 | 아시아 |
| 정비비 총계 | | 68.5 | 21.4 | 65.3% | 44.7 | 13.9 |
| 정비 유형 | 기체정비 | 16.2 | 5.1 | 48.7% | 7.9 | 2.5 |
| | 엔진정비 | 29.5 | 8.9 | 81.9% | 24.2 | 7.3 |
| | 부품정비 | 12.1 | 3.9 | 85.2% | 10.3 | 3.3 |
| | 운항정비 | 10.7 | 3.5 | 21.8% | 2.3 | 0.8 |

* 정비시장규모 Oliver Wyman(2021), ** 외주율 TeamSAI(2014)

### ❒ 국내 업체의 세계 항공 MRO 시장 수주 예상

○ 우리나라의 세계 항공 MRO 시장 점유율은 현재 우리나라의 세계시장 규모 비중, 주요국의 세계시장 점유율 수준, 항공 산업 발전 기본 계획에서 제시된 해외 시장 목표 점유율 등을 감안하여 예상함

- 주요국의 세계 항공 MRO 시장 수주량은 2013년 기준으로 인도네시아는 2.2%, 싱가포르는 5.8%로 나타나고 있음
- 제2차 항공정책기본계획의 세계 시장 목표 점유율은 세계시장의 3%[10]로 제시
- 우리나라의 세계시장 규모 비중은 2019년 기준으로 시장 규모 비중은 3.9%, 세계시장의 공급 점유율은 2.1% 등으로 나타남

**〈표 Ⅰ-6〉 세계 항공 MRO 시장 대비 국내 비중**

(단위: 억원)

| | | 세계 시장 규모 (A) | 국내 시장 규모 (B) | 국내 공급 규모 (C) | 시장 규모 비중 (B/A) | 공급 점유율 (C/A) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 정비 총계 | | 702,879 | 27,621 | 15,041 | 3.9% | 2.1% |
| 정비 유형 | 기체정비 | 166,228 | 2,420 | 1,551 | 1.5% | 0.9% |
| | 엔진정비 | 302,700 | 14,518 | 6,558 | 4.8% | 2.2% |
| | 부품정비 | 124,158 | 5,566 | 2,273 | 4.5% | 1.8% |
| | 운항정비 | 109,793 | 5,117 | 4,659 | 4.7% | 4.2% |

주 : 1) 2019년 기준임, 2) 2019년 연평균 ₩/$ 환율을 적용
출처 : Oliver Wyman(2021), 국토교통부(2020)

○ 본 연구에서는 국내업체의 기술력 향상, 해외 물량 증대 등을 통해 세계 항공 MRO 시장 점유율이 점진적으로 증가한다고 전제하고, 국토교통부 기본계획에 기반하여 2025년까지 세계 항공 MRO 시장의 3%에 이를 것으로 예상

10) 출처 : 제2차 항공정책기본계획(2015~2019), 국토교통부(2014)

**〈표 Ⅰ-7〉 세계시장점유율 예상**

| | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계시장점유율 | 0.03% | 1.0% | 1.5% | 2.0% | 2.5% | 3.0% |

주 : 1) 국내 항공MRO 업체의 세계시장점유율은 보수적인 관점에서 현재 추정치 0.03%에서 2025년에는 세계 시장 점유율 목표치인 3% 수준으로 점진적으로 증가한다고 예상함

○ 이를 기준으로 항공 MRO 전문업체에 기존 업체들의 참여 범위에 따라 항공 MRO산업의 시나리오별 세계시장점유율은 다음과 같이 전제함

- 시나리오 1은 합병 예정인 대형항공사의 MRO 사업 부분을 별도 법인으로 분사화하는 시나리오로서 글로벌 경쟁력 확보에 어려움이 있을 것으로 예상하는 시나리오로서 2025년에는 세계시장점유율이 큰 변화가 없으면서 전체 시장의 0.3% 수준으로 점진적으로 증가한다고 예상함

  * 세계시장점유율(외주규모기준) : 0.1%('21)→0.2%('22)→0.2%('23)→0.2%('24)→0.3%('25)

- 시나리오 2는 전문 MRO 업체인 한국항공서비스를 포함하여 대형 전문 MRO 법인을 설립하는 시나리오로서 한국항공서비스가 가지고 있는 기체정비 분야의 글로벌 경쟁력을 상당 수준 확보할 것으로 보는 시나리오로서 운항/기계정비 부문의 세계시장점유율이 3%대로 증가되면서 2025년까지 전체 세계시장점유율이 0.8%로 점진적으로 증가한다고 예상함

  * 세계시장점유율(외주규모기준) : 0.3%('21)→0.4%('22)→0.6%('23)→0.7%('24)→0.8%('25)

- 시나리오 3은 엔진 정비 역량을 가진 한화와 핵심 부품 제조업체 모두 참여한 초대형 전문 MRO 법인을 설립하는 시나리오로서 기체 및 운항 정비뿐만 아니라 엔진 및 부품 정비 분야의 글로벌 경쟁력을 상당 수준 확보할 것으로 보는 시나리오로서 부품 및 엔진 정비 부문까지 해외 수주가 확대되어 2025년까지 전체 세계시장점유율이 3%로 점진적으로 증가한다고 예상함

  * 세계시장점유율(외주규모기준) : 1.0%('21)→1.5%('22)→2.0%('23)→2.5%('24)→3.0%('25)

**〈표 Ⅰ-8〉 시나리오별 세계시장점유율 예상**

| | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시나리오1 | 0.1% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.3% |
| 시나리오2 | 0.3% | 0.4% | 0.6% | 0.7% | 0.8% |
| 시나리오3 | 1.0% | 1.5% | 2.0% | 2.5% | 3.0% |

주 : 1) 시나리오1은 합병 대형항공사의 해외 외주 물량의 수입 대체만 이루어지면서 2025년에는 세계시장점유율이 큰 변화가 없으면서 전체 시장의 0.3% 수준으로 점진적으로 증가한다고 예상함
2) 시나리오2는 국내 정비 업체의 운항 및 기체 정비 경쟁력이 운항/기계 정비 부문의 세계시장점유율이 3%대로 증가되면서 2025년까지 전체 세계시장점유율이 0.8%로 점진적으로 증가한다고 예상함
3) 시나리오3은 국내 정비 업체의 경쟁력이 부품 및 엔진 정비 부문까지 강화되어 2025년까지 전체 세계시장점유율이 3%로 점진적으로 증가한다고 예상함

○ 우리나라의 세계시장점유율이 2025년에 3%로 이를 것으로 전제할 때, 우리나라의 해외 정비 수주액은 2025년에 총 2조 1,834억원에 이를 것으로 예상됨

**〈표 Ⅰ-9〉 시나리오별 세계시장점유율 예상**

(단위 : 억원)

| | | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 총 정비 | | 5,692 | 9,076 | 12,867 | 17,105 | 21,834 |
| 정비 유형 | 기체정비 | 1,292 | 2,008 | 2,774 | 3,592 | 4,467 |
| | 엔진정비 | 2,929 | 4,723 | 6,770 | 9,098 | 11,738 |
| | 부품정비 | 1,124 | 1,795 | 2,549 | 3,392 | 4,335 |
| | 운항정비 | 348 | 550 | 775 | 1,022 | 1,295 |

주 : 1) 해외 정비 수주액 전망치 = 세계 MRO 전망치 * 분야별 외주율 * W/$ 환율(2020년 년평균) * 세계시장점유율로 산출함

## 3. 설비 투자 관련

○ 국내 항공사에서는 운항정비를 위한 설비는 크게 부족함을 못 느끼고 있으나, 중정비 분야에서 향후 해외 물량 수주 및 해외 정비 물량의 국내 정비 전환을 위해서는 상당한 설비투자가 요구되는 것으로 조사[11]됨

- 조사에서 관련 업체들은 보유 장비의 부족함이 적으나(전체 업체의 81.8%가 부족하지 않음), 신규 기체 및 엔진 도입, 해외물량 수주 등 국내 MRO 역량 확대를 위해서 장비, 인프라 구축 등의 지원을 크게 요구하고 있음

※ 한국항공서비스는 2020년 이후 2,000억원을 투자하여 격납고 추가건설, 창고, 부품정비동 등을 완공해 산업단지 조성을 목표로 함

※ 대한항공은 신형 엔진 정비능력 확보 및 해외물량 수주를 위한 OEM사 정비네트워크 가입을 추진하고 있으며, 엔진 정비역량 향상을 위한 신규 공장 설립을 검토 중임

○ 항공 MRO 관련 3개 업종의 최근 4개년 동안의 연간 매출액 대비 고정자산 증감액 비율은 10.3%로 나타나고 있음

11) 고부가가치 항공정비(MRO) 핵심기술개발사업 기획연구 실태조사(조사기간: 2021년 2월~3월, 조사대상: 주요 항공사 및 항공 MRO 업체 등)

〈표 Ⅰ-10〉 관련 산업의 설비 투자 비율

(단위 : 백만원)

| | | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 산업용 기계 및 장비 수리업 | 매출액 | 6,696,470 | 5,107,742 | 5,785,406 | 6,187,382 | 23,777,000 |
| | 유형자산증가액 | 331,825 | 698,240 | 473,385 | 402,668 | 1,906,118 |
| | 유형자산투자율 | 5.0% | 13.7% | 8.2% | 6.5% | 8.0% |
| 항공기, 우주선 및 부품 제조업 | 매출액 | 2,257,114 | 2,607,433 | 2,993,122 | 2,913,165 | 10,770,834 |
| | 유형자산증가액 | 56,326 | 78,970 | 78,433 | 50,792 | 264,521 |
| | 유형자산투자율 | 2.5% | 3.0% | 2.6% | 1.7% | 2.5% |
| 항공운송지원서비스업 | 매출액 | 3,661,108 | 3,934,099 | - | - | 7,595,207 |
| | 유형자산증가액 | 1,427,032 | 751,906 | - | - | 2,178,938 |
| | 유형자산투자율 | 39.0% | 19.1% | - | - | 28.7% |
| 총계 | 매출액 | 12,614,692 | 11,649,274 | 8,778,528 | 9,100,547 | 42,143,041 |
| | 유형자산증가액 | 1,815,183 | 1,529,116 | 551,818 | 453,460 | 4,349,577 |
| | 유형자산투자율 | 14.4% | 13.1% | 6.3% | 5.0% | 10.3% |

주 : 유형자산투자율 = 유형자산증가액/매출액

출처 : 통계청, 광업제조업조사, 운수업조사

별첨

## 4. 산업 연관 구조 관련

### ❒ 부가가치율

○ 항공 MRO 산업과 관련된 업종들이 항공 MRO 산업별 생산 1단위를 생산하면서 창출되는 부가가치를 보면, 항공기, 우주선 및 부품 제조업 30.2%, 산업용 기계 및 장비 수리업 30.2%, 항공운송지원서비스업 52.2%로 나타나고 전체 42.3%로 추정됨

〈표 Ⅱ-11〉 주요 업종별 부가가치 현황

(단위 : 억원)

| 산업명 | 산출액 | 부가가치액 | 부가가치율 |
|---|---|---|---|
| 항공기, 우주선 및 부품 제조업 | 57,293 | 17,286 | 30.2% |
| 산업용 기계 및 장비 수리업 | 57,293 | 17,286 | 30.2% |
| 항공운송지원서비스업 | 140,087 | 73,186 | 52.2% |
| 총계 | 254,673 | 107,757 | 42.3% |

주 : 부가가치율 = 부가가치액/산출액

출처 : 한국은행(2020), 2018년도 산업연관표.

## ❒ 국내 항공 MRO 업체의 취업 계수

○ 국내 항공사의 항공정비사 수는 2020년 3월 기준 5,944명으로 해당 기간 여객 수요 증가, 항공기 도입대수 증가, 신규항공사 취항과 더불어 연평균 약 10%로 꾸준한 증가세를 보임

※ 2020~2021년에는 코로나-19 및 이스타항공 법정관리 등으로 정비사 수 하락 예상

**〈표 Ⅰ-12〉 주요 운항사별 항공정비사 추이**

(단위 : 명)

| 구분 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020.03 | CAGR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 대한항공 | 2,305 | 2,730 | 2,702 | 2,878 | 2,852 | 5.5% |
| 아시아나항공 | 1,356 | 1,412 | 1,440 | 1,388 | 1,491 | 2.4% |
| 제주항공 | 175 | 222 | 336 | 375 | 542 | 32.7% |
| 진에어 | 28 | 53 | 133 | 183 | 203 | 64.1% |
| 에어부산 | 26 | 52 | 147 | 195 | 237 | 73.8% |
| 이스타항공 | 90 | 143 | 170 | 183 | 223 | 25.5% |
| 티웨이항공 | 86 | 138 | 181 | 228 | 303 | 37.0% |
| 에어인천 | 16 | 17 | 21 | 26 | 20 | 5.7% |
| 에어서울 | - | - | 10 | 18 | 26 | 61.2% |
| 플라이강원 | - | - | - | - | 47 | - |
| 합계 | 4,082 | 4,767 | 5,140 | 5,474 | 5,944 | 9.9% |

출처 : 국토부 Airportal 항공통계, '20.3 기준, 재구성

○ 산업연관표에서 165개 소분류 기준 항공기, 제조임가공 및 산업용 장비 수리, 운송보조서비스 등으로 구성된 항공 MRO 관련 산업의 취업계수는 평균 6.60명/10억원으로 나타났음

- 이는 동기간 중에 제조업의 평균 취업계수 1.93명/10억원에 비해 매우 높은 것이며, 우리나라 산업 전체의 취업계수 5.65명/10억원에 비해서도 상당히 높은 것으로 그만큼 고용 창출력이 큰 산업인 것으로 나타남

**〈표 Ⅰ-13〉 관련 산업 취업계수**

(단위 : 백만원, 명, 명/10억원)

| 구 분 | 산출액 | 취업자수 | 취업계수 |
|---|---|---|---|
| 항공기 | 57,293 | 14,912 | 2.60 |
| 제조임가공 및 산업용 장비 수리 | 633,325 | 459,333 | 7.25 |
| 운송보조서비스 | 129,947 | 67,366 | 5.18 |
| 항공 MRO 산업 총계 | 820,565 | 541,611 | 6.60 |

주 : 1) 165개 산업연관표 소분류 기준임

출처 : 한국은행(2020), 2018년도 산업연관표 연장표

# 제3절 항공 MRO 산업의 경제파급효과 분석

## 1. 전체 전망

### ❒ 국내 시장 및 생산 예상

○ 국내 항공 MRO 시장 성장률은 연평균 4.0%로 전망되며, 이는 2017~2019년의 우리나라 항공 MRO 시장 성장률 10.1%에 비해 매우 보수적인 전망치임*

* 2019년~2026년 세계 MRO 시장 성장률 4%와 코로나-19 영향으로 인한 세계 항공 MRO 시장 감소율 33% 적용하여 추정된 수치임

**〈표 Ⅰ-14〉 국내 MRO 시장 규모 전망**

(단위 : 억원)

| | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 국내 시장 규모 | 10,923 | 11,368 | 11,833 | 12,318 | 12,823 |
| 기체정비 | 944 | 970 | 996 | 1,023 | 1,051 |
| 엔진정비 | 5,782 | 6,059 | 6,350 | 6,655 | 6,974 |
| 부품정비 | 2,204 | 2,296 | 2,393 | 2,493 | 2,598 |
| 운항정비 | 1,993 | 2,043 | 2,094 | 2,146 | 2,200 |

주요 전제 :

1) 2019년 실적치는 국토부의 조사 결과를 적용함

2) 코로나-19로 인한 2020년 시장 감소율은 전 세계 항공 MRO 시장의 감소율 38%를 적용

3) 국내 시장 연평균 성장률은 2017~2019년간 연평균 시장 성장률 10.1%보다 크게 낮은 2019~2026년간 세계 항공 MRO 시장 성장률 4.0%를 적용

출처 : Oliver Wyman(2021), 국토교통부(2020)

### ❒ 해외 시장 진출 예상

○ 세계 항공 MRO 시장은 Oliver Wyman(2021)의 전망치를 활용하여 2020년도 연평균 W/$ 환율을 적용하면 원화 기준 세계 항공 MRO 시장 전망은 다음과 같음

**〈표 Ⅰ-15〉 해외 MRO 시장 규모 전망**

(단위 : 억원)

| | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 해외 시장 규모 | 702,879 | 745,762 | 791,430 | 840,072 | 891,887 | 947,094 |
| 기체정비 | 166,228 | 172,237 | 178,462 | 184,913 | 191,597 | 198,523 |
| 엔진정비 | 302,700 | 325,428 | 349,864 | 376,135 | 404,378 | 434,741 |
| 부품정비 | 124,158 | 132,210 | 140,783 | 149,913 | 159,635 | 169,987 |
| 운항정비 | 109,793 | 115,887 | 122,320 | 129,111 | 136,278 | 143,843 |
| 정비 외주 규모 | 535,573 | 569,208 | 605,087 | 643,365 | 684,211 | 727,801 |
| 기체정비 | 124,671 | 129,178 | 133,847 | 138,685 | 143,698 | 148,892 |
| 엔진정비 | 272,430 | 292,886 | 314,878 | 338,521 | 363,940 | 391,267 |
| 부품정비 | 105,534 | 112,378 | 119,666 | 127,426 | 135,690 | 144,489 |
| 운항정비 | 32,938 | 34,766 | 36,696 | 38,733 | 40,883 | 43,153 |

출처 : Oliver Wyman(2021) 재구성

별첨

❍ 해외 시장 진출 규모는 국내 업체의 역량 강화나 경쟁력 확보 수준에 따라 상당한 차이가 있을 것이나 본 연구에서는 국토교통부 기본계획(2014)에서 제시한 2025년 세계 정비 외주 시장 3% 점유를 기초로 전망함

- 이러한 세계시장점유율을 적용하면, 해외 MRO 시장 진출 규모는 다음과 같이 전망됨

**〈표 Ⅰ-16〉 해외 MRO 시장 진출 규모 전망**

(단위 : 억원)

| | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 총계 | 5,692 | 9,076 | 12,867 | 17,105 | 21,834 |
| 기체정비 | 1,292 | 2,008 | 2,774 | 3,592 | 4,467 |
| 엔진정비 | 2,929 | 4,723 | 6,770 | 9,098 | 11,738 |
| 부품정비 | 1,124 | 1,795 | 2,549 | 3,392 | 4,335 |
| 운항정비 | 348 | 550 | 775 | 1,022 | 1,295 |

※ 전망 근거

*세계 MRO 시장 규모는 2019~2026년간 연평균 4.0%로 성장한다고 전망한 Oliver Wyman(2021)의 전망치 활용

| 전망기간 | 2019-2026 | 2026-2031 | 2019-2031 |
|---|---|---|---|
| 년평균 성장률 | 4.0% | 1.5% | 3.0% |

*분야별 세계 MRO 시장 규모는 2021~2030년간 기체정비 3.6%, 엔전정비 7.5%, 부품정비 6.5%, 운항정비 5.6% 등 총 4.0%로 성장할 것으로 전망한 Oliver Wyman(2021)의 전망치 활용

(단위 : 10억 달러)

| | 세계 전체 시장 | | | 아시아태평양 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2021년 | 2030년 | CAGR | 2021년 | 2030년 | CAGR |
| Airframe | $16.20 | $22.30 | 3.6% | $5.10 | $8.30 | 5.6% |
| Engine | $29.50 | $56.60 | 7.5% | $8.90 | $23.40 | 11.3% |
| Component | $12.10 | $21.30 | 6.5% | $3.90 | $8.20 | 8.6% |
| Line | $10.70 | $17.40 | 5.6% | $3.50 | $6.30 | 6.7% |

*세계 MRO 외주 비중은 2019년 기준으로 기체정비 75.0%, 엔전정비 90.0%, 부품정비 85.0%, 운항정비 30.0%로 전망한 TeamSAI(2014)의 전망치 사용

| | Airframe | Engine | Component | Line |
|---|---|---|---|---|
| 외주율 | 75% | 90% | 85% | 30% |

*우리나라의 해외시장점유율은 경쟁력 확보와 정비 분야 고도화를 통해 2021년 1.0%→2022년 1.5%→2023년 2.0%→2024년 2.6%→2025년 3.0%로 점진적으로 상승한다고 전제

*대미달러 원화환율은 2020년 연평균 환율인 1026.1을 적용

$$해외진출규모_{it} = 해외시장_{it} \times 외주비율_{it} \times 해외시장점유율_{it} \times 대미달러환율$$

$$총해외진출규모_{t} = \sum_{i=1}^{4} 해외진출규모_{it}$$

단, $해외시장_{it} = 21년도\ Q/W전망치_{i} \times (1+r)^{n}$ : r=년평균 성장률, n=년차

외주율i = 분야별 해외 시장 외주 비율, 대미달러 원화 환율 = 20년도 연평균 W/$환율

## 2. 항공 MRO 산업의 연도별 경제 파급효과

### ❒ 생산유발효과[12)]

○ 항공 MRO 산업은 2021년 4조 693억원, 2022년 5조 2,211억원, 2023년 6조 5,042억원, 2024년 7조 9,312억원, 2025년 기준으로 9조 5,161억원의 생산유발효과가 있을 것으로 분석됨

**〈표 II-17〉 연도별 생산유발효과**

(단위 : 억원)

| | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 국내 정비 효과 | 20,624 | 21,465 | 22,342 | 23,257 | 24,212 |
| 해외 진출 효과 | 16,041 | 25,578 | 36,262 | 48,205 | 61,531 |
| 설비 투자 효과 | 4,028 | 5,168 | 6,438 | 7,850 | 9,419 |
| 총효과 | 40,693 | 52,211 | 65,042 | 79,312 | 95,161 |

☞ 국내정비효과는 국내에서 발생되는 정비 물량(DE)을 국내 MRO 업체가 정비함으로써 얻어지는 경제파급효과(X)를 말하며, 통상적으로 항공 MRO 산업을 외생화한 각종 유발 계수(생산, 소득, 고용)에 국내 정비 물량을 곱하여 산출함

$X=(I-A_h^d)^{-1}A_h^d DE_h$ : $A_h^d$ : h산업의 투입계수, $DE$ : 내수정비액

☞ 해외진출효과는 해외 기업들에게서 수주한 정비 물량(EX)을 국내 MRO 업체가 정비함으로써 얻어지는 경제파급효과를 말하며, 통상적으로 항공 MRO 산업을 외생화한 각종 유발 계수(생산, 소득, 고용)에 해외 수출 물량을 곱하여 산출함

$X=(I-A_h^d)^{-1}A_h^d EX_h$ : $EX$ : 해외수출액

☞ 설비투자효과는 국내 업체들이 수행하는 정비 물량을 정비하기 위해 필요한 유형자산 투자로 인해 발생되는 경제파급효과를 말하며, 통상적으로 각종 유발 계수에 유형자산증가(설비투자)가 가져다 주는 경제파급효과를 말함

$X=(I-A_h^d)^{-1}A_h^d IV_h$ : $IV$ : 설비투자액

☞ 총파급효과 = 국내정비효과 + 해외진출효과 + 설비투자효과

별첨

12) 생산유발효과(X)는 항공 MRO 산업의 생산 활동($X_h^d$)과 설비투자($I^d$)로 인해 발생되는 국가 경제 각 산업 부문에서의 재화나 서비스의 생산액을 말하며, 다음의 식에 의해 산출됨

$X = (I-A_h^d)^{-1} X_h^d + X_h^d + (I-A^d)^{-1} I^d$ : $A^d$ : 국내투입계수

### ❒ 소득창출효과[13)]

○ 항공 MRO 산업은 2021년 1조 5,189억원, 2022년 1조 9,488억원, 2023년 2조 4,277억원, 2024년 2조 9,604억원, 2025년 3조 5,520억원의 소득창출효과가 있을 것으로 분석됨

**〈표 Ⅰ-18〉 연도별 소득창출효과**

(단위 : 억원)

| | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 국내 정비 효과 | 7,835 | 8,154 | 8,487 | 8,835 | 9,197 |
| 해외 진출 효과 | 6,094 | 9,716 | 13,775 | 18,312 | 23,374 |
| 설비 투자 효과 | 1,261 | 1,618 | 2,015 | 2,458 | 2,949 |
| 총효과 | 15,189 | 19,488 | 24,277 | 29,604 | 35,520 |

### ❒ 고용창출효과[14)]

○ 항공 MRO 산업은 2021년 1만 9,001명, 2022년 2만 4,379명, 2023년 3만 371명, 2024년 3만 7,034명, 2025년 기준으로 4만 4,435명의 고용창출효과가 있을 것으로 분석됨

**〈표 Ⅰ-19〉 연도별 고용창출효과**

(단위 : 명)

| | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 국내 정비 효과 | 9,871 | 10,274 | 10,693 | 11,131 | 11,588 |
| 해외 진출 효과 | 7,677 | 12,242 | 17,355 | 23,071 | 29,449 |
| 설비 투자 효과 | 1,453 | 1,864 | 2,322 | 2,831 | 3,397 |
| 총효과 | 19,001 | 24,379 | 30,371 | 37,034 | 44,435 |

○ 항공 MRO 산업은 자체 산업에서 45.2%의 고용을 창출하고 있고, 나머지 54.8%는 타산업에서 유발하는 것으로 나타난 가운데, 플라스틱 1차제품 제조업(223), 기타 비철금속 1차제품 제조업(247), 광고업(693), 유압기기, 펌프

13) 소득창출효과(V)는 항공 MRO 산업의 생산 활동($X_h^d$)과 설비투자($I^d$)로 인해 발생되는 생 산 활동에 참여하는 인건비, 조세 등 국가 경제 각 산업 부문에서의 부가가치 창출액을 말하며, 다음의 식에 의해 산출됨

$V = v[(I - A_h^d)^{-1} X_h^d + X_h^d + (I - A^d)^{-1} I^d]$ : $A^d$ : 국내투입계수, $v$ : 부가가치계수

14) 고용창출효과(L)는 노동 수요 창출 메커니즘에 기초하여 항공 MRO 산업의 생산 활동($X_h^d$)과 설비투자($I^d$)로 인해 유발되는 각 산업에서의 생산 활동에 필요한 고용 인원(연인원)을 말하며, 다음의 식에 의해 산출됨

$L = l[(I - A_h^d)^{-1} X_h^d + X_h^d + (I - A^d)^{-1} I^d]$ : $A^d$ : 국내투입계수, $l$ : 취업계수

및 압축기 제조업(282), 금속 주조업(248), 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업(720), 전기 변환, 공급, 제어장치 제조업(272) 등에서 고용 유발 효과가 큰 것으로 나타나고 있음

**〈표 Ⅰ-20〉 산업별 고용 유발 인력**

(단위 : 명)

| | 고용 유발 인력 상위 산업명 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 (비중) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 항공MRO(900) | 8,598 | 11,032 | 13,743 | 16,758 | 20,106 (45.2%) |
| 2 | 플라스틱1차제품제조업(223) | 744 | 954 | 1,189 | 1,449 | 1,739 (3.9%) |
| 3 | 기타비철금속1차제품제조업(247) | 394 | 505 | 629 | 767 | 921 (2.1%) |
| 4 | 광고업(693) | 262 | 336 | 419 | 511 | 613 (1.4%) |
| 5 | 유압기기,펌프및압축기제조업(282) | 260 | 333 | 415 | 506 | 607 (1.4%) |
| 6 | 금속주조업(248) | 256 | 328 | 409 | 499 | 599 (1.3%) |
| 7 | 기타전문,과학및기술서비스업(720) | 206 | 265 | 330 | 402 | 482 (1.1%) |
| 8 | 전기변환,공급,제어장치제조업(272) | 188 | 242 | 301 | 367 | 440 (1.0%) |
| 9 | 기타운송관련서비스업(529) | 173 | 222 | 276 | 337 | 405 (0.9%) |
| 10 | 기타금속가공제품제조업(259) | 171 | 219 | 273 | 332 | 399 (0.9%) |
| 11 | 조립용프라스틱제품제조업(225) | 170 | 218 | 272 | 331 | 398 (0.9%) |
| 12 | 기타운송장비제조업(319) | 167 | 214 | 267 | 325 | 390 (0.9%) |
| 13 | 비철금속압연,압출및연신제품제조업(246) | 165 | 212 | 264 | 321 | 386 (0.9%) |
| 14 | 기타섬유제품제조업(139) | 157 | 201 | 251 | 306 | 367 (0.8%) |
| 15 | 영상및음향기기제조업(267) | 157 | 201 | 250 | 305 | 366 (0.8%) |

주 : 1) 비중은 전체 고용유발인원에서 차지하는 비중임

## 3. MRO 분야별 경제파급효과

### ❒ 기체 정비(기체구조, 기계장치, 항공전자장비 등)

○ 기체정비에서는 내수 시장으로 인한 생산유발효과가 2,401억원, 해외 진출로 인한 생산유발효과가 1조 2,588억원, 설비투자로 인한 생산유발효과가 1,646억원으로 총 1조 6,635억원의 생산유발효과가 있을 것으로 분석됨

○ 기체 정비에서는 소득창출효과는 내수 시장으로 인한 효과가 912억원, 해외 진출로 인한 효과가 4,782억원, 설비투자로 인한 효과가 515억원으로 총 6,209억원의 소득창출효과가 있을 것으로 분석됨

○ 기체 정비에서는 내수 시장으로 인한 고용창출효과가 1,149명, 해외 진출로 인한 효과가 6,025명, 설비투자로 인한 효과가 594명으로 총 7,768명의 고용창출효과가 있을 것으로 분석됨

**〈표 Ⅰ-21〉 기체정비 경제파급효과**

(단위 : 억원, 명)

| | 생산유발효과 | 소득창출효과 | 고용창출효과 |
|---|---|---|---|
| 내수 시장 효과 | 2,401 | 912 | 1,149 |
| 해외 진출 효과 | 12,588 | 4,782 | 6,025 |
| 설비 투자 효과 | 1,646 | 515 | 594 |
| 총계 | 16,635 | 6,209 | 7,768 |

주 : 25년 전망치 기준

### ❒ 엔진 정비

○ 엔진체정비에서는 내수 시장으로 인한 생산유발효과가 9,650억원, 해외 진출로 인한 생산유발효과가 3조 3,079억원, 설비투자로 인한 효과가 4,694억원으로 총 4조 7,423억원의 생산유발효과가 있을 것으로 분석됨

○ 소득창출효과는 내수 시장으로 인한 효과가 3,666억원, 해외 진출로 인한 효과가 1조 2,566억원, 설비투자로 인한 효과가 1,469억원으로 총 1조 7,701억원의 소득창출효과가 있을 것으로 분석됨

○ 고용창출효과로는 내수 시장으로 인한 고용창출효과가 4,618명, 해외 진출로 인한 효과가 1만 5,832명, 설비투자로 인한 효과가 1,693명으로 총 2만 2,144명의 고용창출효과가 있을 것으로 분석됨

〈표 Ⅰ-22〉 엔진정비 경제파급효과

(단위 : 억원, 명)

| | 생산유발효과 | 소득창출효과 | 고용창출효과 |
|---|---|---|---|
| 내수 시장 효과 | 9,650 | 3,666 | 4,618 |
| 해외 진출 효과 | 33,079 | 12,566 | 15,832 |
| 설비 투자 효과 | 4,694 | 1,469 | 1,693 |
| 총계 | 47,423 | 17,701 | 22,144 |

주 : 25년 전망치 기준

### ❒ 부품 정비

○ 부품정비에서는 내수 시장으로 인한 생산유발효과가 3,557억원, 해외 진출로 인한 생산유발효과가 1조 2,216억원, 설비투자로 인한 효과가 1,733억원으로 총 1조 7,506억원의 생산유발효과가 있을 것으로 분석됨

○ 부품정비로 인해 내수 시장으로 인한 소득창출효과가 1,351억원, 해외 진출로 인한 효과가 4,640억원, 설비투자로 인한 효과가 542억원으로 총 6,534억원의 소득창출효과가 있을 것으로 분석됨

○ 내수 시장으로 인한 고용창출효과가 1,703명, 해외 진출로 인한 효과가 5,847명, 설비투자로 인한 효과가 625명으로 총 8,174명의 고용창출효과가 있을 것으로 분석됨

〈표 Ⅰ-23〉 부품정비 경제파급효과

(단위 : 억원, 명)

| | 생산유발효과 | 소득창출효과 | 고용창출효과 |
|---|---|---|---|
| 내수 시장 효과 | 3,557 | 1,351 | 1,703 |
| 해외 진출 효과 | 12,216 | 4,640 | 5,847 |
| 설비 투자 효과 | 1,733 | 542 | 625 |
| 총계 | 17,506 | 6,534 | 8,174 |

주 : 25년 전망치 기준

### ❒ 운항 정비

○ 운항정비에서는 내수 시장으로 인한 생산유발효과가 5,514억원, 해외 진출로 인한 생산유발효과가 3,648억원, 설비투자로 인한 효과가 1,006억원으로 총 1조 169억원의 생산유발효과가 있을 것으로 분석됨

○ 소득창출효과는 내수 시장으로 인한 효과가 2,095억원, 해외 진출로 인한 효과가 1,386억원, 설비투자로 인한 효과가 315억원으로 총 3,796억원의 소득창출효과가 있을 것으로 분석됨

○ 내수 시장으로 인한 고용창출효과가 2,639명, 해외 진출로 인한 효과가 1,746명, 설비투자로 인한 효과가 363명으로 총 4,748명의 고용창출효과가 있을 것으로 분석됨

**〈표 Ⅰ-24〉 운항정비 경제파급효과**

(단위 : 억원, 명)

| | 생산유발효과 | 소득창출효과 | 고용창출효과 |
|---|---|---|---|
| 내수 시장 효과 | 5,514 | 2,095 | 2,639 |
| 해외 진출 효과 | 3,648 | 1,386 | 1,746 |
| 설비 투자 효과 | 1,006 | 315 | 363 |
| 총계 | 10,169 | 3,796 | 4,748 |

주 : 25년 전망치 기준

# 제4절 MRO 전문법인 통합 시나리오별 경제파급효과

## 1. 통합 법인 설립 시나리오 구성 및 시장 효과

### ❒ 통합 가능 법인 현황

○ 통합 가능 항공사와 항공 MRO 업체의 MRO 현황을 보면 다음과 같음

- 대한항공은 운항/중정비, 엔진 정비 등 종합적인 MRO 능력을 확보하고 있으며 아시아나 항공은 운항정비와 일부 중정비에 능력 확보
- KAEMS는 기체 중정비에 능력을 확대하고 있으며, 한화에어로스페이스는 군 엔진 창정비와 민수 엔진 부품 제작에 강점을 가지고 있음

**〈표 Ⅰ-25〉 항공사별 재무 개요(2020년 기준)**

(단위 : 억원, 명)

| | | 대한항공 | 아시아나항공 | KAEMS | 한화에어로스페이스 |
|---|---|---|---|---|---|
| 매출액 | | 74,050 | 42,426 | 144 | 53,214 |
| 종사자수 | | 18,518 | 8,952 | 190 | 2,012 |
| | 정비인력 | 2,852 | 1,491 | 190 | |
| 보유설비 및 장비 | 격납고 | • 김포 격납고<br>• 인천 격납고<br>• 김해 중정비 공장<br>• 전자보기 정비공장<br>• 부천 엔진정비 공장<br>• 인천 ETC | • 김포격납고(B767 1bay)<br>• 인천 제1격납고(B747 1bay),<br>• 인천 제2격납고(B747 2Bay+B767 1bay) | • 사천격납고 개장<br>• 주 Hanger<br>• Wash bay<br>• 페인트 hanger | • 창원공장(기술/제조)<br>• 한화에어로엔진(베트남)(제조)<br>• 항공우주연구소(판교)(R&D)<br>• 아산공장(기술/제조)<br>• 민수엔진사업부<br>• 군수엔진사업부 |
| | 설비 | • 주요 자동 시험장비(ATEC)<br>• 전력 계통 시험장비<br>• light Management 계통 시험장비<br>• 공유압 계통 시험장비<br>• 연료, 오일 계통 시험장비 | • Teleplatform : Teleplatform 2기 + Crane 3기<br>• Docking : Nose + Fuselage + Wing + Tail Dock | • B737 MPD(Maintenance Planning Data) (약 2,200개) 자체정비 가능 장비 및 공구 보유<br>• 정비전용 전산시스템 구축<br>- ALKYM : Seabury Solution의 Aircraft Maintenance Software로 통합 MRO IT Solution임 | |

별첨

| | 대한항공 | 아시아나항공 | KAEMS | 한화에어로스페이스 |
|---|---|---|---|---|
| 정비능력 | • 항공기 : 전 기종 항공기 운항정비, 중정비, 개조, 항공기 페인팅<br>• 엔진 : 전 기종 엔진 제한 수리능력, 경제성 고려 Overhaul 수리능력 확보<br>• 부품 : 전자, 전기 부품 수리, 기계 장비부품 수리능력 보유 | • 경정비(주간점검, A check, engine water wash, engine 교환)부터 중정비(C, D check, L/G 교환, avionics, 기체수리)까지 수행 | • '19.09.19 미국 연방항공청(FAA)로부터 정비조직절차교범(RSQM), 교육훈련프로그램(TPM), 정비계약목록 등에 대한 인정과 승인을 받아 B737 항공기의 정비 능력을 입증 | • 가스터빈 엔진 제작 및 MRO서비스<br>• 최신 설비 및 장비, 원가경쟁력 우수<br>• 가스터빈엔진 설계, 해석, 시험능력보유<br>- 수리 및 창정비, 국산화 엔진, 독자 엔진 |

출처 : 국토교통부(2020). 항공정비산업 조기육성 및 일자리 창출. 전자공시시스템(DART)

## ❒ 3가지 MRO 통합 법인 설립 시나리오

❍ 시나리오 1: 합병 업체 내부 MRO 부서 (대한항공 + 아시아나 항공)

❍ 시나리오 2: 대한항공 + 아시아나 항공 + KAEMS 포함

❍ 시나리오 3: 대한항공 + 아시아나 항공 + KAEMS + 한화 포함

〈표 Ⅰ-26〉 시나리오별 업체 구성 범위

| 대한항공 | 아시아나 | LCC | KAEMS | 한화 | 부품제조업체 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시나리오1 (기존사업분사화) | | | | | |
| 시나리오2 (전문기업융합화) | | | | | |
| 시나리오3 (초대형전문기업화) | | | | | |

## ❒ 시나리오 개요 및 시사점

| | 시나리오1 | 시나리오2 | 시나리오3 |
|---|---|---|---|
| 시나리오 개요 | • 통합한 대한항공과 아시아나 항공의 정비 사업 부문으로 별도 법인 설립 | • 대한항공과 아시아나항공의 정비사업 부문 통합과 한국항공서비스가 별도의 법인을 설립 | • 대한항공, 아시아나항공, 한국항공서비스뿐만 아니라 한화 및 항공 부품 업체들도 포함 |
| 핵심 정비 분야 | • 자체 정비 중심 운항정비와 기체정비 | • 외주 중심 운항정비와 기체정비 | • 부품정비 및 엔진정비 포함 |
| 해외 경쟁력 | • 해외 경쟁력 부족 | • 기체 정비 중심 해외 경쟁력 확보 | • 부품 및 엔진 정비 경쟁력 확보(능력 증대) |

| | | 시나리오1 | 시나리오2 | 시나리오3 |
|---|---|---|---|---|
| 영향 | 국내 시장 | • 아시아나 항공 외주 물량의 수입 대체 | • 추가로 국내 LCC의 기체 및 운항 정비를 확대 | • 국내 경쟁력 약화로 해외 정비에 의존하던 부품 및 엔진 정비를 수입 대체 |
| | 해외 시장 | • 군용 중심 해외 수주<br>• 기존 수준을 유지 | • 기체/항공 정비의 약 3% 정도 해외 시장을 점유<br>• 해외 업체 운항 및 기체 정비 수주 | • 엔진 정비 수주<br>• 해외 시장에서 부품과 엔진 정비의 약 3% 정도 점유 가능 |
| | 설비 투자 | • 정비 물량 증가분 소규모 보완 | • 기존 정비 설비 활용 + 수출용 신규 시설 투자 | • 기존 내수 시장 + 수출 시장 신규 시설 투자 |

### ❒ 법인 통합 시나리오별 MRO 예상 규모(2025년 기준)

(단위 : 억원)

| 시나리오 | 대상시장 | MRO 생산액 | MRO 수출액 | MRO 분야 설비 투자액 |
|---|---|---|---|---|
| 기존 사업 분사화 | 기존 대한항공 + 아시아나 항공 정비 수요(A) | 12,863 | 728 | 1,359 |
| 전문 기업 융합화 | A+ 국내 LCC 업체 수요(B) + 해외 운항 및 기체 정비 시장(C) | 15,025 | 10,999 | 2,602 |
| 초대형 전문기업화 | A+B+C+내수 엔진정비+해외 부품 및 엔진 정비 시장(D) | 19,711 | 27,071 | 4,678 |

주 : 2025년 기준 세계 및 국내 MRO 규모 전망 기준임

## 2. 시나리오별 경제파급효과

### ❒ 파급효과 분석 지표

| | 산출 공식 | 비 고 |
|---|---|---|
| 생산유발효과 | $X = (I - A^d)^{-1} Y^d$ | X : 생산유발효과<br>$A^d$ : 국내투입계수<br>$(I - A^d)^{-1}$ : Leontief 역행렬<br>$Y^d$ : 최종수요 1단위 |
| 소득창출효과 | $V = A_v (I - A^d)^{-1} Y^d$ | V : 소득창출효과<br>$A_v$ = 부가가치계수 |
| 고용창출효과 | $L = \hat{l} (I - A^d)^{-1} Y^d$ | L : 고용창출효과<br>$\hat{l}$ =취업계수 |

### ❒ 생산 유발 효과

○ 2025년 기준으로 법인통합 시나리오1(합병 업체 정비 사업 분산화)은 4조 2,508억원의 생산유발효과가 있을 것으로 분석되고, 시나리오2에서는 8조

별첨

1,393억원의 생산 유발 효과가 예상되며, 시나리오3에서는 14조 6,322억원의 생산유발효과가 있을 것으로 예상됨

- 그만큼 항공 MRO 산업은 국가 경제적으로 상당한 경제 파급효과를 가지는 것으로 분석되고 있으며, 특히, 고부가가치 정비 분야로의 확대나 해외 시장 경쟁력 강화가 매우 중요한 것으로 나타나고 있음

**〈표 Ⅰ-27〉 생산 유발 효과**

(단위 : 억원)

| | | 내수 시장 효과 | 해외 진출 효과 | 설비 투자 효과 | 총계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시나리오1 | 기존 사업 분사화 | 36,249 | 2,051 | 4,207 | 42,508 |
| 시나리오2 | 전문 기업 융합화 | 42,342 | 30,996 | 8,056 | 81,393 |
| 시나리오3 | 초대형 전문기업화 | 55,549 | 76,290 | 14,482 | 146,322 |

주 : 25년 전망치 기준

### ❒ 소득 창출 효과

○ 2025년 기준으로 시나리오1에서는 1조 5,866억원의 소득창출효과가 있을 것으로 분석되고, 시나리오2에서는 3조 381억원의 소득창출효과가 예상되며, 시나리오3에서는 5조 4,616억원의 소득창출효과가 예상됨

**〈표 Ⅰ-28〉 소득 창출 효과**

(단위 : 억원)

| | | 내수 시장 효과 | 해외 진출 효과 | 설비 투자 효과 | 총계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시나리오1 | 기존 사업 분사화 | 13,770 | 779 | 1,317 | 15,866 |
| 시나리오2 | 전문 기업 융합화 | 16,084 | 11,774 | 2,522 | 30,381 |
| 시나리오3 | 초대형 전문기업화 | 21,101 | 28,981 | 4,534 | 54,616 |

주 : 25년 전망치 기준

### ❒ 고용 창출 효과

○ 2025년 기준으로 시나리오1에서는 19,848명의 고용창출효과가 있을 것으로 분석되고, 시나리오2에서는 38,006명의 고용창출효과가 예상되며, 시나리오3에서는 68,324명의 고용창출효과가 예상됨

**〈표 Ⅰ-29〉 고용 창출 효과**

(단위 : 명)

| | | 내수 시장 효과 | 해외 진출 효과 | 설비 투자 효과 | 총계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시나리오1 | 기존 사업 분사화 | 17,349 | 982 | 1,518 | 19,848 |
| 시나리오2 | 전문 기업 융합화 | 20,265 | 14,835 | 2,906 | 38,006 |
| 시나리오3 | 초대형 전문기업화 | 26,586 | 36,514 | 5,224 | 68,324 |

주 : 25년 전망치 기준

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발 성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.