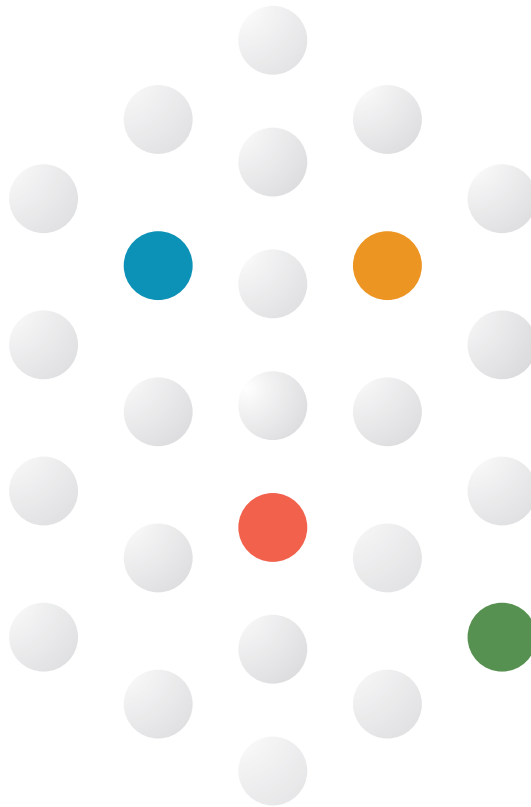


2017 국토교통 R&D  
우수성과  
25<sup>선</sup>



# 국민 삶의 질을 높이는 국토교통 R&D

“사람이 먼저다.”

지금 이 명제에 주목하는 이유는 국토교통과학기술진흥원이 추진하고 있는 국토교통 R&D의 궁극적인 지향점이 바로 국민의 삶의 질을 높이는 기술을 개발하는 일이기 때문입니다. 국민들이 조금더 편리하고 안전하며 풍족한 삶을 누릴 수 있도록 작은 과제부터 국가 당면과제에 이르기까지 국토교통 R&D는 연구진을 독려하고 지원하며 내용 있는 성과들을 도출해왔습니다. 그 결과 올해도 “2017 국토교통 R&D 우수성과 25선”을 펴내게 되었습니다.

아홉 번째가 되는 “2017 국토교통 R&D 우수성과 25선” 성과집은 국토교통 R&D로 추진했던 과제 중 연구 성과를 평가하여 우수한 25개 과제를 선정하여 정리한 것입니다. ‘차세대 선도기술’, ‘사업화 유망기술’, ‘핵심기술 자립화’, ‘공공복지기술’로 나누어서 총 4개 파트별로 다양한 기술을 소개하고 있습니다.

치열한 글로벌 경쟁사회에서 조금 앞서가는 것이 얼마나 어려운 일인지를 새삼 강조하지 않아도 될 것입니다. 아직은 첫 단추를 끼운 상태지만 여기에서 차세대를 선도해나갈 연구 성과 4가지를



자랑스럽게 소개합니다. 나아가 모든 기술은 결국 현실에서 구현되고 적용되어야만 진정한 가치를 발하는 법입니다. ‘사업화 유망기술’은 이런 관점에서 선정한 연구 성과입니다. 여기서 소개한 6가지 기술은 기업과 연계하여 사업화로 나아갈 수 있는 매우 유망한 기술들입니다.

세 번째 파트인 ‘핵심기술 자립화’에서는 우리의 독창적이고 독점적인 기술로 자립하여 해외에 의존하던 제품을 국산화로 대체하고 해외로 뺏어 나갈 핵심기술 7가지를 선정하였습니다. 끝으로 ‘공공복지기술’은 국민들의 행복한 삶과 직결이 되는 성과입니다. 안전한 하천관리와 교통사고 절감, 좁고 비탈진 도로에서 사용할 수 있는 소형 제설장비, 교량의 안전을 감지하는 센서시스템 같은 당장 우리의 삶과 연결되어 피부로 느낄 수 있는 문제들에 대해 해답을 찾아주는 유익한 연구 성과들입니다.

여기 선정된 25가지 성과 외에 많은 연구진들이 수많은 과제들을 정하여 오늘도 최선을 다하고 있음을 잘 알고 있습니다. 성공을 말하긴 쉽지만 성공에 이르기까지 도전과 실패는 말할 수 없이 외롭고 고된 과정입니다. 앞으로 국토교통과학기술진흥원에서는 연구자분들의 도전과 영광뿐 아니라 실패와 좌절까지 격려하며 국가의 미래를 열어가는 큰 목표를 위해 함께 정진할 것을 약속드립니다. 연구자분들께 뜨거운 박수를 보냅니다.

감사합니다.

2017년 12월  
국토교통과학기술진흥원장

김병수



섬과 섬을 이어줍니다.  
도시와 농촌을 연결합니다.  
사람과 사람 사이 다리를 놓아줍니다.

섬과 육지가 하나가 됩니다.  
도시와 농촌의 격차가 줄어듭니다.  
사람과 사람 사이가 가까워집니다.

국토교통 R&D가 준비하는 미래는  
동시대를 살아가는 우리 모두가 하나 되고  
서로 소통하는 풍요롭고 행복한 나라입니다.  
내일의 행복을 위해 오늘 더 열심히 일하겠습니다.

발간사 | 국민 삶의 질을 높이는 국토교통 R&D  
 국토교통 R&D, 미래기술 선도로 국가경쟁력 향상

**차세대 선도기술** Advanced R&D

- 012 전기차, 플러그를 꽂지 않아도 충전할 수 있다**  
 충전 플러그를 꽂지 않아도 충전할 수 있는 상용화 기술성공
- 016 제로에너지 주택 최적화 모델 탄생**  
 행복한 주민, 함께하는 마을, 쾌적한 환경, 따뜻한 건물이라는 제로에너지 공동주택 구현
- 020 해수담수화 플랜트기술 큰 도약**  
 해수담수화 및 염도차에너지 회수공정기술개발
- 024 배터리 자동교환 전기버스시스템 상용화**  
 70초 이내에 신속하게 배터리를 교환하는 시스템 개발 및 상용화



**사업화 유망기술** Business R&D

- 030 건물골조 원천기술로 설계도구 시장 선점**  
 건물골조 특화 BIM 도구로 해외경쟁 제품 대비 업무 생산성 300% 향상
- 034 미연탄소 정제기술로 새로운 에너지와 건설재 출현**  
 바텀애쉬의 재활용을 위한 미연탄소 정제기술개발로 친환경 건설재료 생산시스템 확보
- 038 원하는 곳에 원하는 냉난방**  
 고열전도성 속채움재 개발로 지중열 교환시스템의 열 교환 효율 및 성능 향상
- 042 바닷물에서 리튬을 회수하다**  
 해수담수 부산물을 이용한 전기화학적 리튬회수기술
- 046 하나의 센서로 구조물 6자유도 동적거동 예측**  
 구조물의 6자유도 수평, 수직, 깊이, 피치, 요, 롤 변위와 속도, 가속도, 각변위 등을 동시에 예측
- 050 철도교 신기술로 해외시장 겨냥**  
 강재와 콘크리트를 합성한 경제적이며 친환경적인 'SBarch 합성거더'



**핵심기술 자립화** Core R&D

- 056 해상에서 에너지를 만든다**  
 해양 가스전에서 천연가스를 시추, 이송에 적합하도록 LNG를 생산하는 해상용 플랜트기술
- 060 플랜트 수주를 위한 독자적인 운영기술 확보**  
 역삼투막식 해수담수화 공정 운영비 절감기술 개발
- 064 도시형 자기부상열차가 달린다**  
 도시형 자기부상열차 큰 호응 속에 실제 운영
- 068 우리 손으로 만든 소형민항기 등장**  
 4인승 소형항공기급 인증기(KC-100 나라운) 개발로 국산 항공기의 세계시장 진출
- 072 더 빠르고 더 안전한 고속열차 실용화**  
 430km/h급 고속열차 실용화 기술개발
- 076 자율주행차 시대 준비하는 정밀 위치정보기술**  
 차로구분이 가능한 정밀위치결정 첨단교통인프라 기술 개발
- 080 소형항공기의 항공사고를 예방한다**  
 소형항공기의 사고 방지 및 유지보수를 위한 소형항공기용 안전진단시스템(HUMS)기술



**공공복지기술** Welfare R&D

- 086 좁고 비탈진 도로도 문제없는 소형 제설장비**  
 25마력급 단일엔진을 장착한 소형 제설장비
- 090 농촌지역을 위한 맞춤형 교통안전시설**  
 지역소도시의 교통사고를 감소시킬 수 있는 창의적이고 혁신적인 기술
- 094 콘크리트 뛰어넘는 무독성 친환경 소재 바이오폴리모**  
 무독성 친환경 소재 바이오폴리머를 이용한 경제적 이고 친환경적인 저수호안 조성기술
- 098 기존데이터 없이 교량 피로균열 감지**  
 정밀도 오차 2mm급으로 신뢰성을 확보
- 102 도시 물 순환 돕는 그린인프라·저영향개발 센터**  
 홍수량과 비점오염량 증가를 효율적으로 분담할 수 있는 새로운 관리 방안 마련
- 106 첨단 ICT를 접목한 스마트 하천정보 예·경보 시스템**  
 하천의 유량 및 수질정보의 예보와 더불어 친수활동을 위한 정보생성
- 110 교통사고 제로에 도전하다**  
 자동차 첨단기술의 안전성 제고를 위한 평가기술개발 및 제도화
- 114 지역소도시를 위한 기술개발의 거점**  
 교통사고 저감을 위한 센서기술과 스마트관수공급시스템 개발



# 국토교통 R&D

## 미래기술 선도로 국가경쟁력 향상

### 국토교통 R&D란?

#### 국가 기반시설을 아우르는 폭넓은 R&D 사업

국토교통 R&D란 국토교통기술 분야의 기술연구개발을 지원함으로써 생산성 및 기술수준을 향상시키고 미래 성장동력 확보를 통해 국가 경쟁력을 강화하기 위한 국가연구개발사업으로 국토교통부가 주관하고 국내 유일의 국토교통 R&D 전문기관인 국토교통과학기술진흥원이 기획·평가·관리 업무를 수행한다.

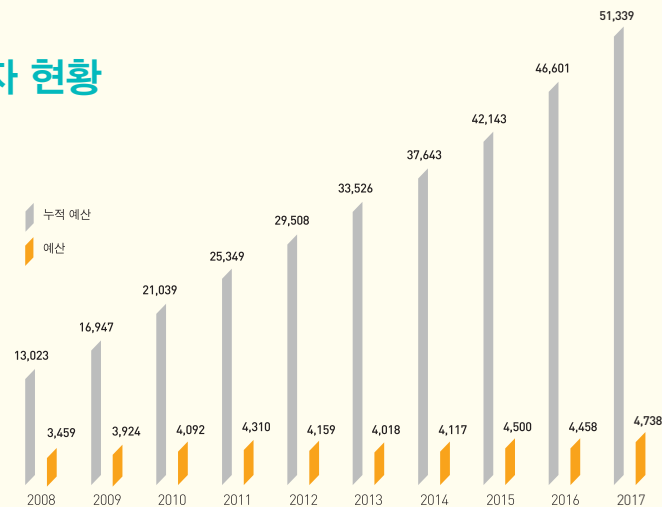
국토교통 R&D 사업은 전통적 산업인 도로·철도·주요건축 등에서 벗어나 차세대 선도기술을 발굴하고 사업화 유망기술을 지원하며 핵심기술의 자립화와 공공복지기술을 지원하는 등 국가 기반시설을 아우르는 폭넓은 R&D 산업을 추진해왔다. 이는 기술융합을 통한 파급효과가 지대하며, 경제와 국민 생활에 직접적으로 큰 영향을 미치는 기술의 보고(寶庫)로 4차 산업혁명시대 국가 경쟁력의 큰 축을 담당하고 있다.

### 국토교통 R&D 사업투자 현황

# 51,339

'94~'17년까지 총 투자액

- 국토기술 21,835억원
- 교통기술 23,797억원
- 기반구축 5,707억원



### 국토교통 R&D 사업별 투자 및 주요 성과 현황('12~'16)

<p><b>건설기술연구사업</b></p>	<p>예산 <b>2,453</b>억원</p> <p>논문 <b>876</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>835</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>102</b>건</p>	<p><b>물관리연구사업</b></p>	<p>예산 <b>1,414</b>억원</p> <p>논문 <b>662</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>378</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>18</b>건</p>
<p><b>플랜트연구사업</b></p>	<p>예산 <b>1,392</b>억원</p> <p>논문 <b>354</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>348</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>18</b>건</p>	<p><b>도시건축연구사업</b></p>	<p>예산 <b>1,937</b>억원</p> <p>논문 <b>799</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>626</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>88</b>건</p>
<p><b>주거환경연구사업</b></p>	<p>예산 <b>479</b>억원</p> <p>논문 <b>168</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>128</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>3</b>건</p>	<p><b>국토공간정보연구사업</b></p>	<p>예산 <b>453</b>억원</p> <p>논문 <b>168</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>156</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>25</b>건</p>
<p><b>교통물류연구사업</b></p>	<p>예산 <b>2,318</b>억원</p> <p>논문 <b>326</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>828</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>90</b>건</p>	<p><b>철도기술연구사업</b></p>	<p>예산 <b>5,193</b>억원</p> <p>논문 <b>434</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>873</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>76</b>건</p>
<p><b>항공안전기술 개발사업</b></p>	<p>예산 <b>2,183</b>억원</p> <p>논문 <b>114</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>142</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>19</b>건</p>	<p><b>국토교통기술 촉진연구사업</b></p>	<p>예산 <b>2,176</b>억원</p> <p>논문 <b>804</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>817</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>45</b>건</p>
<p><b>국토교통기술 사업화지원사업</b></p>	<p>예산 <b>580</b>억원</p> <p>논문 <b>141</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>289</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>68</b>건</p>	<p><b>국토교통기술 지역특성화사업</b></p>	<p>예산 <b>372</b>억원</p> <p>논문 <b>329</b>건</p> <p>특허출원·등록 <b>209</b>건</p> <p>기술실시계약 <b>25</b>건</p>

# Advanced R&D

장강의 뒷물이 앞물을 밀어내며 바다로 나아가듯

내일의 기술은 어제의 기술을 넘어섬으로써 새로운 세상을 만든다.

우리는 차세대를 선도해나갈 기술로 우리의 미래를 준비할 것이다.

## 차세대 선도기술

전기차, 플러그를 꽂지 않아도 충전할 수 있다

제로에너지 주택 최적화 모델 탄생

해수담수화 플랜트기술 큰 도약

배터리 자동교환 전기버스시스템 상용화

# 전기차, 플러그를 꽂지 않아도 충전할 수 있다

**성과명** 충전 플러그를 꽂지 않아도 안전하고 편리하게 충전할 수 있는 무선충전 전기자동차 상용 기술

**연구기간** 2014년 12월 - 2016년 6월

**총연구비** 24억원

**연구자** 조동호 한국과학기술원 무선전력전송연구센터

충전플러그를 꽂지 않아도 안전하고 편리하게 충전할 수 있는 무선충전 전기자동차기술이 상용화 돼 전기버스의 무선충전 시대를 예고했다. 차량 정차 및 주행 중 무선으로 대용량의 에너지를 전달할 수 있는 자기공진 형상화 기술은 '세계 10대 유망기술'로 선정되기도 했다. 무선충전 전기버스는 자기장을 이용한 친환경 교통수단으로서 비약적인 발전이 가능한 분야다.



## 연구목적

유선전화를 사용하던 불과 수십 년 전에 무선전화가 상용화될 것이라고 예측한 사람은 드물었다. 그러나 오늘날 무선전화가 대중화되었듯이 전기버스 충전 방식도 결국 무선충전 방식으로 바뀔 것으로 예측할 수 있다, 무선충전 전기자동차의 실시간 충전을 위해서는 반드시 전기자동차가 운행하는 구간에서 충전이 가능한 급전인프라 구축이 필요하다.



## 주요성과

### 상용운영 인증 확보

급전선로와 픽업간의 이격거리를 20cm이상 확보하여 자동차 지상고 기준에 도달했으며 버스운행에 필요한 집전용량 100kw확보를 완료했다. 평지 언덕 등 차량운행 조건에 상관없이 상시 평균 효율 75%이상 확보가 가능하다.

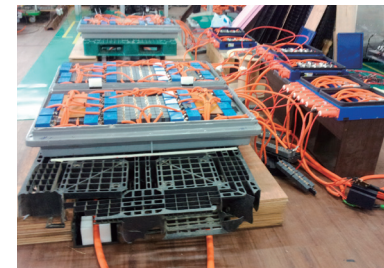
### 상용운행을 위한 관련 법제도 및 안전 인증

무선충전 전기버스 상용화를 위한 주파수, 도로구조, 전기안전, 차량안전 인증을 확보했다.

차량적용 레귤레이터 부하 시험



실험실내의 급집전 실험



### 다양한 시범사업 및 상용운행을 통하여 시스템 안정성 확보

시범 사업 내역	운영
서울대공원 무선충전 코끼리 열차 상용 운행	2011.7. - 현재
2012 여수엑스포 OLEV 시범인프라 구축 및 운행	2012.5. - 2012.8.
KAIST 교내순환 셔틀 무선충전 전기버스 운행	2012.10. - 현재
구미시 시내버스 상용운행 ('14.3월 부터 2대 운행 개시 및 '16.4월 부터 2대 추가 투입 운행 중)	2014.3. - 현재



## 연구의 차별적 특징

### 실제 노선버스에 적용

기존 무선충전기술은 2~10 kW수준의 소용량 시제품에 한정되어 있었다. 본 과제기술은 버스에 적용 가능한 100 kW급 대용량 인증된 기술을 바탕으로 실제 노선버스에 구현되었다. 기존 무선충전시스템은 정차 중 5cm 수준의 낮은 공극간격 유지가 필요한 반면, 본 기술은 정차뿐만 아니라 운행 중에도 급전선로를 통하여 충전이 가능하며, 20cm 이상의 공극 간격 확보가 가능하다. 좌우편차도 ±20cm까지 확보하여 급전선로를 인식하지 않고 차선 운행만 하여도 충전 가능하여 기존기술과 큰 차별성을 갖고 있다.

### 교통부문 온실가스 감축 기여

도로 밑에 매설된 전선에서 발생하는 '자기장'을 차량 하부에 장착된 집전장치를 통해 '전기에너지'로 변환하여 차량을 운행하는 친환경 전기자동차는 교통부문에서 온실가스를 감축할 수 있는 핵심기술이다. CO<sub>2</sub> 저감 등을 위해 내연기관 자동차를 대체할 수 있는 전기차 보급을 추진 중이나, 배터리 가격 및 주행거리의 한계로 보급 활성화에 한계가 있다. 그러나 본 무선충전기술을 활용하면 정해진 노선을 주행하는 대중교통 수단의 친환경화로 교통부문 온실가스를 감축할 수 있다.

세종시 212번 버스



구미시 195번 버스



## 연구 성과의 파급효과

### 기술부문

#### 전기를 사용하는 모든 분야에 적용가능

친환경 대중교통 수단인 버스의 활용 보급 증대 가능 및 버스 이외의 다른 도로 교통수단에 적용이 가능하다. 무선 및 전력전송기술을 철도 분야, 소형 전기자동차 분야, 항만의 물류 운송시스템에 적용해 활용할 수 있다. 이외 로봇, 레저분야 등 전기를 사용하는 모든 분야에 적용이 가능하다.

### 사회경제사업화부문

#### 인프라 개발을 통한 관련 사업의 활성화

무선충전 전기버스 적용에 따른 온실가스 감축효과가 입증되었으며 지자체 버스운영비가 3억2천7백만원/월(2016년 기준)절감되었다. 무선충전 전기버스를 위한 급전도로 구축 및 인프라 개발을 통해 관련 산업의 신규 고용창출 및 사업 활성화가 가능하다. 또한 무선충전 방식이라는 새로운 방식의 전기자동차기술 개발을 통해서 국내 전기자동차 시장의 대내외 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다. 배터리 용량을 획기적으로 줄임으로써 전기자동차의 가장 큰 부분을 차지하는 비용을 줄일 수 있고 관련 부품의 국제기술 표준화를 주도할 수 있다. 무선전력 전송기술을 적용하게 되면 가공 선로 및 부속 구조물로 인한 도시 미관 훼손이 감소하고, 상부 가설 및 터널 구축 등의 건설비용을 절감할 수 있다.

### 연료비 절감 효과 (2016.12월 기준)

구분	무선충전 전기버스	디젤버스	CNG 버스
월연료비	3,266,280원	5,263,626원	4,903,246원
절감효과	디젤 대비 38%, CNG버스 대비 33% 비용 절감 (경유 : 1400L/원, CNG : 1,000원/m <sup>3</sup> 기준)		



기술이전	- 저비용 무선충전 급전 인버터 - 전기버스용 모터 인버터 및 통합제어기
사업화	- 무선충전 전기버스 매매(12억7천만원) - 무선충전 전기버스 모터, 전장 인터페이스(3천80만원)
특수성과	무선충전 기술의 우수성 확보를 위하여 국제표준 제안

# 제로에너지 주택 최적화 모델 탄생

**성과명** 제로에너지 주택 최적화 모델 개발  
**연구기간** 2013년 10월 - 2018년 4월  
**총연구비** 240억9천5백만원  
**연구자** 이명주 명지대학교 건축학부

노원 제로에너지 주택단지는 패시브설계요소기술을 통해 기존 일반 주택단지 대비 61%의 에너지 요구량을 절감시킨데 이어 고효율 액티브설비기술을 통해 추가로 17%를 더 절감시켰다. 그리고 부족한 전기에너지는 태양광 전지판을 통해 자체적으로 생산하도록 함으로써 넷 제로(net-zero) 1차 에너지, 넷 제로 최종에너지, 넷 제로 에너지비용, 넷 제로 이산화탄소를 달성하였다. 2017년 완공된 노원EZ하우스는 제로에너지 주택의 전형이 될 것이다.



## 연구목적

본 연구는 신 기후체제에서 요구하는 '화석에너지 제로'와 행복한 주민, 함께하는 마을, 쾌적한 환경, 따뜻한 건물이라는 4대 철학을 부여한 제로에너지 공동주택을 실증하는데 그 목적이 있다. 국내외 제로에너지 주택단지 확산을 위해 기 개발된 기술을 바탕으로 보급 가능한 녹색융합 설계 및 시공기술 개발뿐 아니라, 경제적, 사회적, 환경적으로 지속가능한 미래도시 구현방안으로 제로에너지 주택단지 프로토타입 발굴에 의의를 두었다. 정량적 목표로는 121세대가 사용하는 건축물 5대 에너지(난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명)를 대상으로 넷 제로 1차에너지를 달성하는데 있다.

## 주요성과

### 패시브설계요소기술을 통해 에너지요구량 61% 절감

복합단열재를 외단열 방식으로 적용하였으며, 지붕, 외벽, 바닥 등의 열관류율을 독일 패시브하우스 수준 이상으로 향상시켰다. 또한 열교 최소화 기술, 고성능 창호, 기밀성능 강화, 열회수형 환기장치 등의 기술 구현 및 자재활용을 통한 패시브설계요소기술을 적용하여 기존 주택(2009년) 대비 에너지요구량의 61%를 절감하였다.

### 재생가능에너지로 건축물 5대 에너지 비용 100% 절감

태양광 발전시스템과 지열히트펌프 등 신재생에너지를 이용하여 기존 주택 대비 5대 에너지비용을 100% 줄였다. 또 잉여 전력량을 한전에 역송전하는 상계거래 계약방식을 적용하여, 에너지비용 절감혜택이 주민들에게 돌아가게 된다.

### 실시간 에너지 사용량·생산량 확인 및 실내 쾌적성 분석시스템 구축

세대 내 건축물 5대에너지 사용량 분리계측과 지열히트펌프와 태양광 전지판을 통한 에너지 생산량을 단지 내 모니터링 시스템을 통해 1시간 간격으로 볼 수 있는 시스템을 구축하였다. 또한 세대 내 실내 쾌적도를 분석하기 위해 이산화탄소 농도, 온도, 습도 등을 모니터링하고 에너지사용량과 연계한 분석결과를 주민들에게 제공하는 시스템을 구축하였다.

### 행복한 공동주택단지 실현

신재생에너지를 활용하여 공급함으로써 이산화탄소가 발생하지 않는 친환경 주택단지를 구현하였다. 또한 모든 차량은 지하로 주차하여 보행자 중심의 단지를 구현하여 단지 내 모든 실외 공간이 쾌적하고 안전한 것이 특징이다.



# 해수담수화 플랜트기술 큰 도약

**성과명** 해수담수화 및 염도차 에너지 발전·회수(SWRO-PRO Hybrid 공정) 기술 개발

**연구기간** 2013년 4월 - 2018년 6월

**총연구비** 105억9천4백만원

**연구자** 박태신 GS건설 환경공정설계팀

해수담수화(Sea Water Reverse Osmosis, SWRO) 플랜트 시장은 매년 20%씩 성장하는 폭풍시장이다. 이 시장에서의 기술경쟁력은 담수 생산원가의 40%를 차지하는 전력비를 절감할 수 있는 기술과 최근 강화되어 가고 있는 환경규제에 대응할 수 있는 기술 확보를 통해 얻을 수 있다. 본 과제에서는 기존 SWRO 해수담수화 공정기술 대비 전력비를 획기적으로 절감하고, 농축수의 해양배출 문제를 개선하는 기술로 도약하고자 한다.



## 연구목적

해수담수화 플랜트의 수주경쟁력 확보를 위한 전력비 절감과 해수담수화 농축수의 해양배출 문제를 개선, 그 운영비용을 절감할 수 있도록 하는 기술을 개발하는데 목적이 있다. 이 목표를 달성하기 위해 해수담수화 플랜트에서 발생되어 바다로 직접 방류되는 농축수(해수농도의 약 2배 정도)와 민물간의 농도차에 의해 발생하는 염도차에너지(삼투에너지)를 생산하면서 동시에 회수하는 최적의 SWRO-PRO Hybrid Desalination 공정 기술 확보를 목적으로 한다.



## 주요성과

### 염도차에너지 회수(SWRO-PRO Hybrid Desalination)기술 성공

해수담수화 플랜트에서 해양으로 배출되는 고농도의 농축수와 기존 하수처리장에서 해양 혹은 하천으로 배출되는 하수처리방류수를 염도차에너지 생산을 위한 PRO 공정의 원수로 사용하였으며, 최적의 고효율 염도차에너지 생산 및 회수공정기술 개발과 실증에 성공하였다.

### 친환경 플랜트기술

SWRO-PRO 해수담수화 시스템에서 PRO의 유도용매를 SWRO의 농축수로 사용할 경우, 해수를 사용하는 경우보다 2배 이상의 에너지 밀도를 생산할 수 있다. 또한 기존의 해수담수화 플랜트에서 바다로 그대로 버려지는 농축수를 해수 수준으로 희석하고, 신재생에너지원으로 활용하는 측면에서 친환경적이며, 경제적인 플랜트 기술이다.

### 안정적 생산을 위한 최적화기술

PRO 플랜트에서 사용가능한 유입원수로서 대표적으로 해수나 해수담수화 플랜트 농축수가 있으며, 사해 지역과 같이 고농도의 지표수 등 다양한 원수를 활용할 수 있다. 따라서 안정적인 PRO 공정의 운영 및 에너지 생산을 위해서는 핵심공정 요소기술로서 PRO 전처리공정, PRO 전용막 제조기술, 막 성능평가, 막 파울링 제어, 공정최적화 기술 및 설계/운영 기법이 확보되어야 한다. 본 연구에서는 세계 최대 규모 및 최고 효율의 SWRO-PRO Hybrid Desalination 실증과일터 설계 및 구축에 성공하였으며, 대규모 실플랜트 구축을 위한 설계 및 운영기술 확보를 위해 현재까지 안정적으로 운전 중에 있다.

### 공정효율에 기초한 설계기법 확보

실증과일터를 통한 SWRO-PRO 공정효율 제고를 위한 최적화 기술개발과 PRO막의 성능(플럭스, 압력, 유량, 전력밀도 등)에 따른 설계기법 연구를 통해 단위공정 및 전체공정에 대한 PRO시스템 엔지니어링 기술 및 공정최적화 기술을 확보하였다.



## 연구의 차별적 특징

### 현존하는 기술 중 소모전력량 최저

기존 해수담수화 플랜트 대비 SWRO 주요공정의 전력소모량 (중동지역 실편 플랜트 기준) 25%이상, 운영비 10%이상 절감 가능한 SWRO-PRO 최적 공정 설계 및 운영기법을 도출하였으며, 현존하는 국내외 해수담수화 공정기술 중 최고의 소모전력량 절감이 가능하다.

### 염도차에너지 생산 및 회수 공정시설 구축

해수담수화 농축수 및 하수방류수를 재이용하여 매우 효율적인 염도차에너지 회수기술 및 설계/운영 기법을 확보했다.

### 거대한 규모의 실증파일럿 운영

고효율 해수담수화-염도차에너지-에너지회수(Pressure Exchanger 외) Hybrid Desalination 실증파일럿을 설계하고 구축하였으며 현재까지 운영 중에 있다.

고양시 파일럿 플랜트 전경 및 설비  
(파일럿 플랜트 터빈을 통한 전기생산)

부산시 실증 플랜트 전경 및 설비  
(실증 플랜트 개소식과 SWRO-PRO 설비)



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 전력비 약 25%이상 절감

기존 해수담수화 플랜트 대비 SWRO 주요공정의 전력소모량 (중동지역 실편 플랜트 기준) 25%이상, 운영비 10%이상 절감이 가능하여 현존하는 국내외 해수담수화 공정기술 중 최고의 소모 전력량 절감이 가능하다. 이를 통해 향후 국내외 해수담수화 시장에 대한 경쟁력을 높일 수 있는 기반을 마련하였다. 또한 세계적으로 해양환경 분야에서 문제되고 있는 기존 해수담수화 농축수의 농도(약 6~7% 수준)를 해수 농도(약 3~4%)까지 2배 이상 감소시킬 수 있어서, 해양생태계의 안정에 기여할 수 있고, 기존의 해수담수화 농축수 회석처리 시설 및 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있다. 따라서 국가 차세대 성장 동력인 해수담수화 분야뿐만 아니라 신재생에너지기술 분야의 원천기술로도 활용이 가능하다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 해외 공동 실증연구 및 사업추진

염도차에너지 사업은 타 신재생에너지 사업과 달리 날씨에 직접적인 영향을 받지 않고 일년 365일 하루 24시간 일정하고 끊임없이 에너지를 생산할 수 있다는 장점이 있다. 또 환경적인 위해요소가 없으며 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS)와 같은 추가적인 고가의 부속설비가 필요 없다. 현재 싱가포르 PUB(수자원공사), 쿠웨이트 KISR(국가연구기관) 등 관련 기관에서 본 기술에 대한 공동 파일럿 및 실증화 연구, Scale-up을 통한 시범사업 추진에 대해 관심이 많으며, 2016년, 2017년에 두 차례 방문하여 공정 구성 및 운영현황에 대해 견학과 협의를 진행하였다. 특히, 싱가포르 수자원공사(PUB)의 경우 2018년부터 SWRO-PRO Hybrid Desalination 파일럿 연구를 시작할 예정이며, 현재 국제협력방안에 대해 논의 중이다.



수상실적	2017년 국토교통부장관 포상
특 허	2016년 미국 1건, 사우디아라비아 1건
인력양성	석사 3명
사업화	부산시와 PRO시스템을 활용한 염도차 발전에 대한 공동연구 및 협력 MOU 체결
해외협업	쿠웨이트(KISR) 향후 실증사업 및 사업화 추진관련 전략 수립

# 배터리 자동교환 전기버스시스템 상용화

성과명 **배터리 교환형 전기버스시스템 개발 및 상용화**

연구기간 2010년 12월 - 2014년 2월

총연구비 247억1천5백만원

연구자 김원규 한국항공대학교 항공교통물류학부

교통부에서 온실가스 감축으로 대기의 질을 높이기 위한 전기차의 상용화는 친환경적인 측면에서 매우 중요한 과제이다. 그러나 전기버스를 확대 보급함에 있어서 배터리 교환 시스템이 갖추어져야 상용화에 박차를 가할 수가 있다. 배터리 자동교환 전기버스시스템에 관련한 기술개발에 착수한 것도 이러한 연유다. 이 연구성과로 현재 몇몇 도시에서 정규 시내버스노선에 전기버스가 상용화 되는 성과를 거두는 등 전기버스 상용화에 결실을 보고 있다.



## 연구목적

세계 자동차시장에서 전기차는 대세가 되고 있다. 따라서 전기버스를 확대보급하기 위한 기반으로 배터리의 공용화와 편의성 증진이 필요하다고 판단, 배터리 교환형 전기버스시스템 개발에 초점을 맞추었다. 운행거리가 짧은 전기버스의 단점을 해소하기 위한 방법으로 노선 정류장이나 중점에서 신속하게 배터리를 교환(70초 이내)하는 방안 등 시스템 개발 및 상용화에 관련한 연구를 시작했다.



## 주요성과

### 배터리 자동교환형 전기버스 개조차량 개발

최고 시속 80km인 저상, 고상버스 모델 등 다양한 형태를 개발했으며 이 버스는 배터리 탈부착 회수가 2만 번까지 가능하다.

### 자동배터리 교환시설, 교환형 배터리팩 개발

방전된 배터리를 약 70초 이내에 신속하게 교환할 수 있으며, 자체 배터리 급속 충전기를 개발했다. 정류장에 최적화 된 배터리 충전시설을 설계했고 또한 배터리 교환위치 조정을 위한 영상처리기술을 개발했다. 이밖에도 용량이 51kWh에 이르는 배터리팩을 개발하였다.

### 비상 충전시스템 개발

돌발상황에 대비하기 위하여 50kWh급 충전기를 탑재하여 급속충전을 지원하며 10kWh급 고전압발전을 통해 탑재된 배터리를 자체 충전할 수 있도록 했다.

### 통합운영 관리시스템 개발

배터리 교환을 위한 QTPE 버스 통신제어를 위한 통합운영관리와 배터리 충전을 위한 제어시스템 연동 및 배터리 상태를 모니터링 할 수 있는 관리시스템을 개발했다.

### 서귀포시와 포항시에서 실제 운행

제주 서귀포시에서는 2016년부터 정규버스노선에 총 23대를 도입하고 배터리 교환시설과 병행하여 운행 중이다. 또한 포항시에서는 노인복지회관 셔틀버스로 두 대를 도입, 3년 째 왕복 22km 구간을 운행하고 있다.



## 연구의 차별적 특징

### 버스에 적용하여 상용화

배터리의 신속한 자동교환으로 배터리의 충전시간이 해결되었다. 또한 배터리의 공용화를 통해 배터리 리스사업 활성화, 차량가격 하락, 전기버스 확산에 기여할 수 있게 되었다.

### 온실가스 감축에 기여

대기의 질을 떨어뜨리는 내연기관 자동차를 대체하기 위하여 전기차 보급을 추진 중이나 배터리 가격 및 주행거리의 한계가 활성화에 걸림돌이었다. 그러나 이 문제를 해결함으로써 온실가스를 줄이고 친환경적인 대중교통 수단을 추진할 수 있게 되었다.

### 70초 이내 배터리 자동교환시스템 개발

전기버스 상부에 배터리를 탑재하여 운행하다가 기존 배터리가 방전되기 전에 버스정류장에서 정차할 동안 미리 충전된 다른 배터리로 자동교환해주는 시스템을 개발, 70초 이내 신속교환이 가능해졌다.

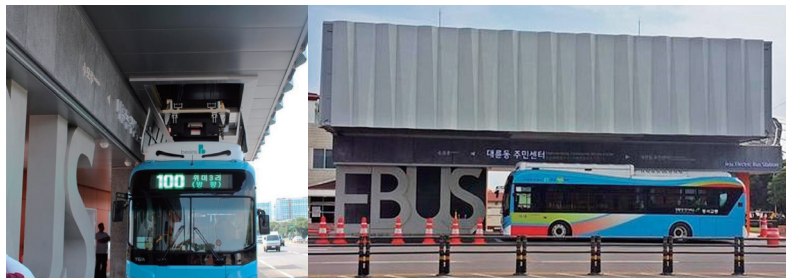
배터리 교환형 전기버스(Smart e-Bus)



배터리 교환시설(QCM)



서귀포시 배터리교환 전기버스 및 교환시설



포항시 배터리교환 전기버스



## 연구 성과의 파급효과

### 기술부문

#### 다양한 전기자동차의 주유소 역할 기대

배터리 자동교환설비 등에 관한 표준시방 개발로 지자체에서 전기버스 도입이 활성화 될 것으로 기대된다. 기존에는 충전시간이 30분이었으나 70초로 단축되면서 신속한 배터리 교환이 가능해 향후 배터리 공용화를 통해 버스를 비롯하여 트럭 택시 승용차 등 다양한 전기자동차의 주유소 역할을 할 것으로 보인다. 한번 충전으로 2개의 배터리를 장착하고 160km를 달릴 수 있다. 한편 2016년에는 국제표준 ISO에서 예비업무항목으로 채택되었다.

### 사회경제사업화부문

#### 온실가스 감축효과로 대기의 질 높인다

배터리 교환 전기버스 적용에 따라 2016년에 7,992kg CO<sub>2</sub>의 온실가스 감축효과를 본 것으로 나타났다. 이는 총 운행거리 9천km를 기준으로 한 것인데 앞으로 전기버스가 활성화 되면 대기의 질을 높이는 데 상당한 기여를 할 것으로 보인다.

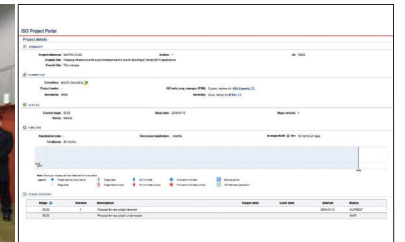
제25회 세계도로대회 전시, 2015



지자체 공무원 대상 설명회, 2016



ISO TC204 WG8 PWI 가결, 2016



특 허	2016년 일본 2건, 중국 5건
기술이전	QTP E-BUS 충전설비 운영관리 기술 및 공용배터리 설계/제조 기술(피엠그로우)   1억3천3백만원
사업화	전기자동차 배터리 리스 지원 사업   72억4백만원

# Business R&D

무에서 유를 창조하고 진화하는 기술은 꿈을 현실로 바꾼다.  
새로운 기술로 새로운 시장을 개척하고 새로운 삶을 펼친다.  
사업화 유망기술로 어제와 다른 오늘, 오늘보다 나은 내일을 연다.

## 사업화 유망기술

건물골조 원천기술로 설계도구 시장 선점  
미연탄소 정제기술로 새로운 에너지와 건설재 출현  
원하는 곳에 원하는 냉난방  
바닷물에서 리튬을 회수하다  
하나의 센서로 구조물 6자유도 동적거동 계측  
철도교 신기술로 해외시장 겨냥

# 건물골조 원천기술로 설계도구 시장 선점

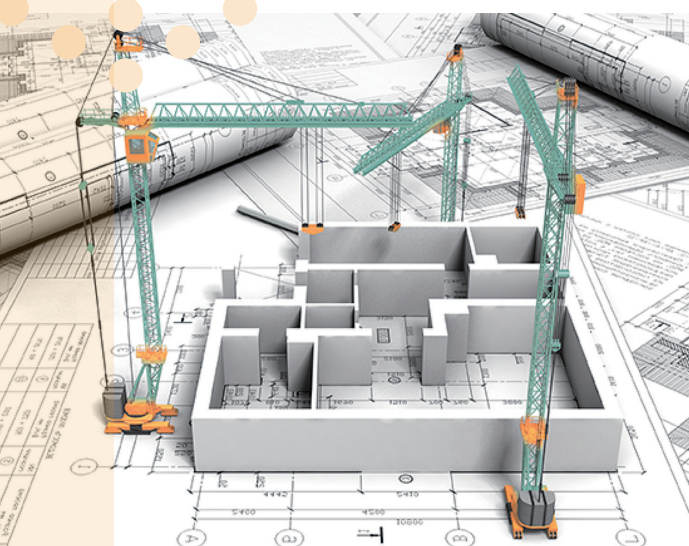
**성과명** 골조 상세설계 및 시공관리를 위한 3차원 BIM 설계도구 빌더허브 개발

**연구기간** 2015년 12월 - 2020년 12월

**총연구비** 22억1천9백만원

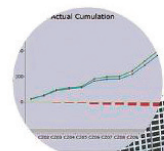
**연구자** 김치경 단국대학교 건축공학과

건설산업은 최근 기존의 물리적 종이도면에서 3차원 디지털 BIM기반으로 패러다임이 전환되고 있다. 이는 설계 역량뿐 아니라 업무 전산화를 통한 생산성 향상, 건설현장 무인자동화 등 건설산업의 4차혁명을 견인할 핵심기술 중 하나다. 우리 기술력으로 개발된 건물골조 특화 BIM설계도구 '빌더허브'가 세계의 이목을 집중시키고 있다.



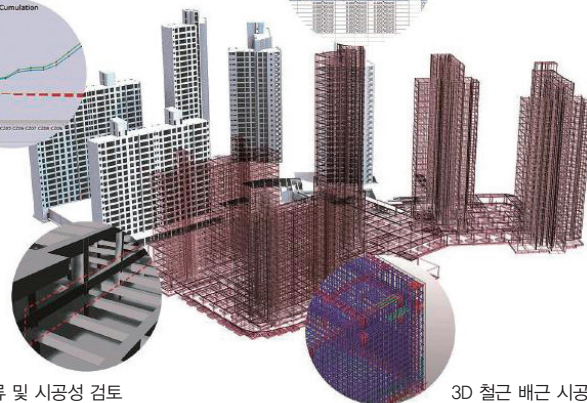
## 빌더허브 주요 기능

Cost Targeting



설계 오류 및 시공성 검토

정밀 골조물량 산출



3D 철근 배근 시공도



## 연구목적

2020년에 7조6천억원에 달할 것으로 예상되는 디지털 BIM(Building Information Model)기반 건설에서 가장 중요한 원천기술은 건축물 디지털 모델을 생성하는 BIM 설계도구다. 우리나라는 실용화된 기술이 전무하여 100% 해외기술에 의존하고 있다. 골조 상세설계 및 시공관리를 위한 '빌더허브' 소프트웨어는 건설산업의 핵심기술로 해외의존도를 줄이기 위한 목적으로 연구에 착수하였다.



## 주요성과

### 시공 단계 적용 가능한 BIM 설계도구, '빌더허브'

글로벌 기업들이 BIM 설계도구 시장선점을 위하여 치열한 기술개발 경쟁 중에 있으며, 우리나라는 실용화된 기술이 전무하여 100% 해외기술에 의존하고 있다. '빌더허브'는 국내 최초로 BIM 설계도구 자체개발 및 현장적용에 성공했다. 특히 배근 상세설계를 자동화하는 등 건물골조 특화 BIM 도구로 해외경쟁 제품 대비 업무 생산성 300% 향상을 거두었다.

### 골조에 특화된 상세정보 제공

골조는 건축현장에서 전체 공사비의 30%를 차지하는 핵심공정이다. BIM 소프트웨어 '빌더허브'는 골조설계뿐만 아니라 골조공사 계획 및 관리를 위한 골조 상세정보 등을 제공한다. 이로써 골조공사비를 2% 정도 절감하게 되었다.

### 2D 도면 인식을 통한 3D 모델 생성기술

기존의 2D CAD 도면을 자동으로 인식해 3차원 골조모델을 자동으로 생성하는 만큼 종전과 비교해 비용을 5분의1 이하로 낮췄다. 이는 해외 글로벌 기업의 경쟁제품 대비 300% 이상의 골조 모델링 생산성을 보여준다.

### 공정과 연계한 시뮬레이션기술

공정계획 프로그램과의 정보연동을 통하여 공정계획 및 관리기능을 통합할 수 있다. 또한 BIM 설계정보에 기반한 작업(activity) 자동생성기술로 업무효율을 혁신, 합리적 공사계획 수립 및 관리를 통한 공기 단축과 공사비 절감 효과를 기대할 수 있게 되었다.



## 연구의 차별적 특징

### 배근 상세설계 및 디지털 모델링 자동화기술

배근 상세설계는 건축물의 품질과 경제성을 좌우하는 중요한 업무이지만 방대한 모델링 작업량으로 인하여 현장 적용이 가능한 수준의 설계기능이 전무했다. 관련 설계기준에 따라 배근 상세설계를 자동으로 수행하는 '빌더허브'는 설계기준에 따라 배근 상세설계를 자동으로 수행하는 기술을 실용화했다. 전통적 설계 프로세스에서 3개월 이상 소요되던 업무는 실시간 처리가 가능하게 되었다.

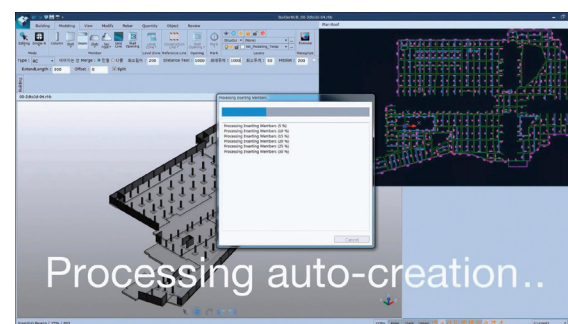
### 1% 오차율을 달성한 정밀 물량산출 자동화기술

해외 경쟁기술도 실용화하지 못한 3차원 골조 상세설계 모델에 기반한 정밀 골조물량 자동 계산 및 관점별 집계 기능 개발을 통해 철근 물량 오차율을 10%대에서 1%대로 낮춰 경쟁제품 대비 최고의 정확성을 이뤘다.

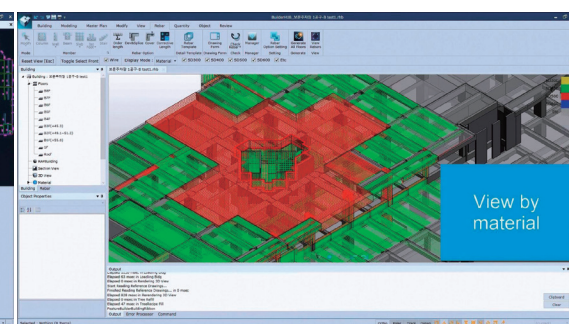
### 배근시공도 자동 추출기술

배근시공도는 집합주택 현장 당 1천장을 작성해야 하는 노동집약적 업무다. 3차원 BIM 모델의 배근 상세설계 결과로부터 1천장에 이르는 배근시공도를 자동 추출할 수 있게 되었다. 기존 업무 프로세스에서 현장 공정 진행에 따라 3~6개월 소요되던 배근시공도를 실시간 추출할 수 있게 되었으며 반복적 수작업(CAD 작업)에 의한 오류 가능성도 10분의 1로 축소되었다.

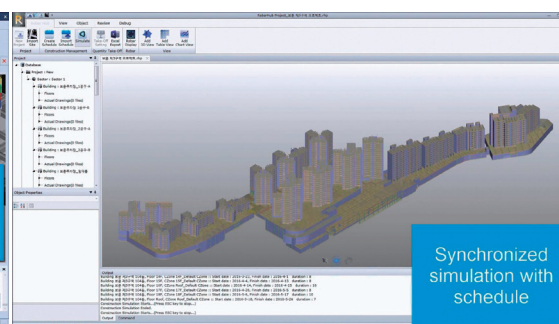
2D 도면 인식을 통한 3D 모델 생성 기술



배근 상세설계 및 디지털 모델링 자동화 기술 개발



공정과 연계한 시공 시뮬레이션 기술



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 100% 해외기술을 국산화로 전환

'빌더허브'는 건물골조의 상세설계와 정밀견적, 시공 관리에 특화된 BIM 소프트웨어다. 해외기술에 100% 의존하던 BIM 설계도구를 국내 최초로 사업화에 성공, 대림산업 GS건설 대우건설 등이 현장별로 '빌더허브'를 적용해 기술검증을 실시했다. 그 결과 골조공사비 2% 절감, 1%대의 철근, 콘크리트, 거푸집 물량산출 오차율 검증을 완료했다. LH공사에 의한 BIM 견적 시범사업 결과, 해외 경쟁제품 대비 골조견적 생산성이 300% 이상 향상된 성과를 확인했다. 현장적용을 통한 기술검증 완료로 국내뿐만 아니라 해외의 관심도 급격히 확대되고 있다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 건설기술환경 전환의 기폭제

3차원 디지털 BIM 모델링 기술은 건설산업의 4차 산업혁명 추진에 핵심적인 원천기술이다. BIM 설계도구의 현장적용에 성공, 원천기술을 국산화함으로써 국내 건설산업 4차 산업혁명 추진에 기여하게 되었다. 또한 LH공사의 'BIM 견적 가이드라인' 추진으로 표준기술 위상을 확보했는데 LH공사가 발주하는 프로젝트에 BIM 기반 견적 적용이 시작되었다. 신기술에 대한 보수성이 강한 건설산업의 진입장벽에 성공한 '빌더허브'소프트웨어는 국내뿐 아니라 세계 건설기술 환경의 골격을 바꾸는 기폭제가 될 전망이다.



고용창출	신규인력 18명 채용
인력양성	석사 1명
사업화	2016년 S/W(빌더허브) 라이선스 판매, 대림산업 등 14억9백만원
해외진출	- 2016년 중국, 베트남 설계회사에 30만달러 수출 - MOU 체결로 베트남 진출 확대

# 미연탄소 정제기술로 새로운 에너지와 건설재 출현

**성과명** Bottom Ash의 미연탄소 에너지화 및 친환경 건설재료 생산 시스템 개발

**연구기간** 2013년 6월 - 2017년 2월

**총연구비** 45억7천3백만원

**연구자** 강현찬 동아대학교 에너지자원공학과

화력발전소에서 발생하는 석탄회 중 10~15%를 차지하는 바텀 애쉬는 연소되지 않은 탄소(미연탄소)가 함유되어 있어 건설재료로 활용시 콘크리트가 검게 변하거나 강도를 저하시키는 등의 문제가 발생했다. 따라서 바텀애쉬를 매립하는 비용만 1천억원대를 지불했고 무엇보다 환경문제를 유발한다는 지적이 끊이지 않았다. 바텀애쉬의 재활용을 위한 첫 번째 조건은 미연탄소 정제기술인데 이 기술이 상용화되면 건설업계에겐 바텀애쉬가 잔모래와 경량골재의 신규 공급원이 될 수 있고, 화력발전소 입장에서 석탄재가 새로운 수익원으로 떠오를 전망이다.



## 연구목적

화력발전소에서 별도의 정제 없이 매립되고 있는 바텀애쉬로부터 미연탄소를 정제하여 발전소 에너지 연료로 재사용하며 정제된 바텀애쉬는 친환경 건설재료 및 건설용 골재로도 활용이 가능하다. 기술 사업화를 위해 하동 화력발전소 내 바텀애쉬 미연탄소 정제 파일럿시스템을 구축, 사업화 공장 착공을 목표로 한다.

## 주요성과

### 친환경적인 시약 개발로 경제성 확보

기존/해외연구에서는 석탄회 정제과정에서 사용된 포수제(광물표면을 소수성으로 만들어 주는 시약)는 1,250원/1L인 kerosene을 사용했지만, 본 연구에서는 400원/1L인 자체 시약을 개발, 광물성 오일에서 식물성 오일로 사용함으로써 친환경적이면서도 비용이 1/12에 불과하여 경제적이며 선별효율이 약 60% 우수하다.

### 새로운 발전소 에너지 연료로 활용

선진국에서 사용하는 시약인 kerosene을 포수제로 사용한 경우에는 회수된 미연탄소의 발열량이 4,800 cal/g 이하로 품질이 낮지만 본 기술을 통해 개발된 kerosene는 가격의 1/3 수준인 친환경적인 시약을 사용하여 무려 6,100cal/g의 미연탄소를 회수할 수 있다. 회수된 미연탄소를 발전소 에너지 연료(화력발전소 석탄 기준 : 4,800~5,500cal/g)로 활용할 수 있어 석탄수입대체 효과도 기대할 수 있다.

### 우수한 건설재료로 활용 가능

기존 및 해외 연구에서는 낮은 미연탄소의 선별효율로 인해 정제 후 바텀애쉬 내 미연탄소가 약 20% 함유되어 있어 건축재료로 활용 시 강도저하의 문제가 있었다. 하지만 본 연구에서는 정제된 바텀애쉬 내 미연탄소 함량이 0.25%(KS 규격 5%)로 우수한 건설재료로 활용할 수 있음을 확인하였다. 정제된 바텀애쉬를 활용해 콘크리트 양생과정에서 강한 다짐 및 증기 양생 시 일반벽돌보다 약 50% 강도가 향상되는 것을 확인하였다.

### 바텀애쉬 미연탄소 에너지화기술 사업화 추진

2018년도 1월부터 자원순환기본법이 시행됨에 따라 국내 10개 이상의 주요 화력발전소에 기술을 확대 보급할 계획이다.



## 연구의 차별적 특징

### Bottom ash 정제기술의 우수성

해외 선진국에서는 Kerosene을 포수제로 사용하여 회수된 미연탄소가 최대 4,800 cal/g으로 품질이 낮으며 정제된 바텀애쉬의 미연탄소가 약 20% 함유되어 있었다. 하지만 본 기술을 통해 정제 과정에서 약 6,100 cal/g 이상의 미연탄소를 회수하여 발전소 에너지 연료로 활용이 가능하며 정제된 바텀애쉬의 미연탄소가 0.25%로 친환경 건축재료로 활용이 가능하다.

### 정제 효율 높고 경제적

기존기술은 바텀애쉬를 정제하기 위해서는 1,250원/1L의 광물유를 사용했다. 높은 비용을 지불한 것에 비해 정제 효율은 낮고 선별 공정도 여러 단계를 거쳐야 해 에너지 소비량도 많았다. 이에 반해 개발된 기술은 400원/1L 폐식물유를 사용해 경제적이고 미연탄소 함량을 0.5% 이내로 정제하여 정제 효율도 높였다. 선별 공정도 간단하여 해외 기술에 비해 생산 비용이 1/12 정도 해결된다.

### 매립지 건설비용 감소와 환경문제 해결

매립지 바텀애쉬의 재활용을 통해 매립지 확보를 위한 추가 건설비용이 필요 없고 환경문제도 해결된다. 또한 기존 매립지의 바텀애쉬를 정제하면 매립지를 산업단지 및 주거단지로 활용할 수 있다.

6,100cal\_g 미연탄소(석탄 연료용)



30-200mesh 미연탄소 0.25%이하 정제 Bottom ash



Bottom ash 4-30mesh 다공체



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

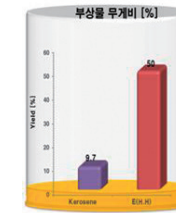
#### 석탄 수입 대체효과 및 고부가가치 건축재료 활용

해외기술의 경우 낮은 선별효율로 인해 회수된 미연탄소가 4,800cal/g으로 에너지 연료로 활용이 불가능했지만, 본 기술을 통해 매립지 바텀애쉬 정제 과정에서 미연탄소를 6,100cal/g 이상으로 회수할 수 있어 화력발전소 에너지 연료로 활용할 수 있다. 또한 회수된 미연탄소를 에너지 연료로 활용해 연간 400억원의 석탄 수입 대체효과도 얻을 수 있다. 정제된 바텀애쉬를 건설용 골재로 활용하면 동남권 지역의 골재 및 흙 공급부족 현안문제도 해결할 수 있다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 국내 전국 화력발전소 기술이전을 통한 이익 창출

하동 화력발전소를 대상으로 본 기술의 경제성 평가를 실시한 결과, 바텀애쉬 정제 공장 운영 시 하루 수익금은 약 2천만원/day로 약 60억원/1년의 수익이 발생하며 본 기술을 국내 10개 이상의 주요 화력발전소에 기술이전 시 60억원 × 10개소 = 약 600억원/1년의 이익이 발생한다. 또한 국내 화력발전소를 대상으로 바텀애쉬 정제시스템 설비를 기술이전 할 경우, 약 50억원 × 10개소 = 500억원의 매출이 발생한다.



바텀애쉬 정제 기술의 경제 우수성

석탄회 미연탄소 및 친환경 건축재료 생산 파일럿 시스템



고용창출	신규인력 2명 채용
인력양성	박사 1명, 석사 3명
매출액	정제된 바텀애쉬를 활용한 투수블록, 해안 구조물 제작 (주)대왕콘, (주)유주   8억원

# 원하는 곳에 원하는 냉난방

**성과명** 지열시스템용 고열전도·고유동성 속채움재 개발  
**연구기간** 2014년 6월 - 2018년 2월  
**총연구비** 42억9천6백만원  
**연구자** 김영상 전남대학교 해양토목공학과

에너지와 이산화탄소 저감정책은 국내외, 정권을 불문하고 중요한 경제 및 사회이슈다. 최근 신재생에너지의 경우 태양광 및 풍력발전사업에 이어 에너지 저감사업이 본격화되고 있다. 이러한 요구에 부합해 놓여준 특성을 고려한 고열전도성·고유동성을 가지는 지열시스템용 속채움재가 개발되었다. 이를 통해 지중열교환시스템의 열 교환 효율이 크게 향상됐을 뿐 아니라 성능도 매우 우수하다. 게다가 저렴한 광산 폐기물을 재활용해 경제적이다.



## 연구목적

에너지 저감형 주거 및 지열시스템 적정기술 개발을 위해 고열전도·고유동성을 갖는 속채움재를 개발했다. 지중열 교환시스템이란 땅속의 지열을 열교환기를 통하여 외부 에너지 도움 없이 주택 및 건물 등 원하는 곳에 원하는 냉·난방을 할 수 있는 시스템이다. 속채움재 개발은 지중열교환시스템(ground-source heat-pump system)의 열 교환 효율을 크게 높일 수 있기 때문에 중요하며, 강도 및 치수성능, 열전달률, 환경영향, 시공의 용이함, 장기사용 안정성, 재료수급 용이성, 설계 고려 시공비 등에서 기존보다 뛰어난 재료를 개발하고자 했다.

## 주요성과

### 열전도도, 열효율 및 부피 안정성 높여

고유동 속채움재(Controlled low-strength materials, CLSM) 개발 시 벤토나이트 그라우트나 시멘트 모르타르와 같은 고가의 재료가 아닌 저렴한 광산 폐기물을 활용하였음에도 불구하고 열전도도, 열효율 및 부피 안정성 등에서 성능이 높게 나타났다. 기존 고가의 재료인 벤토나이트 그라우트는 0.5~1.2 W/mK의 열전도달률을 보이는 반면, 개발한 고유동 속채움재는 1.4~1.7 W/mK로 이보다 높았다. 탄성계수도 낮아 수축과 팽창이 적어 안정적이며 장기간 사용해도 문제가 발생하지 않았다.

### 국제 성능규격 부합·환경영향성 검증

개발된 고열전도성 재료인 시멘트 모르타르는 용액의 수소이온지수인 pH가 교란될 가능성이 있지만 속채움재는 한국 및 미국 환경기준시험 TCLP Test를 통과하고 국제 성능규격(ACI 229R)에 부합해 환경영향에도 무해하다고 검증받았다.

### 수급 용이·시공비 20% 감소

기존 고가의 속채움재(벤토나이트)가 수입재료라서 재료수급에 애로가 있는 반면 개발된 속채움재는 부산물을 활용해 경제적이며 수급도 용이하다. 또한 기존의 속채움재는 시공비가 높고 해안지역에 적용하기 힘든 반면, 개발된 속채움재는 기존 시공비의 80~85% 정도만 들어 시공비가 20% 감소되고 어디에나 시공 및 적용할 수 있다.



## 연구의 차별적 특징

### 기존기술 대비 경제성 우수

벤토나이트 그라우트(토목공사에서 누수방지 공사나 토질 안정 등을 위해 지반의 갈라진 틈· 공동(空洞) 등에 충전재를 주입하는 작업)나 시멘트 모르타르는 고압그라우트가 필요한데 반해 고열전도성 초유동 속채움재는 시공이 쉽고 일반그라우트가 가능해 매우 경제적이다. 부산물을 활용하다 보니 재료를 수급하기도 편하다. 또 기존 공법에 비해서 비용이 최대 20% 절감된다.

### 장기간 사용 시에도 안정성 확보

기존기술인 벤토나이트 그라우트는 건조와 습윤에 따라 부피 변화가 생겨 안정성이 떨어지고, 시멘트 모르타르 역시 열팽창과 수축 등에 따라 내부 균열이 발생할 가능성이 높다. 이에 반해 새로 개발한 기술은 탄성계수가 낮아 수축하거나 팽창할 가능성이 낮아 장기간 사용해도 안정성을 확보할 수 있다.

### 부산물을 이용한 열 교환 효율 개선기술

부산물을 활용한 열 교환 효율 개선기술은 세계적으로도 유례를 찾아볼 수 없는 기술이다. 또한 일반적으로 상반된 개념인 고유동성과 고열전도성을 동시에 충족시켜준과 동시에, 열규사(Quartz, 열전도율 우수)계 이면서도 유체 안에서 요변성(Thixotropy, 가압 시 유동성이 우수해짐)을 가진 광산 폐기물을 선별해 사용해, 배합시 유동성과 부피의 안정성을 동시에 확보할 수 있다.

### 새로운 개념의 물성 측정방법 제시

부산물을 활용한 배합설계를 위해 새로운 개념의 물성 측정방법을 제시했으며 이를 실용화하고 보편화 하는데 기여할 것으로 보인다. 또한 환경영향성 평가 및 설계·시공비 검토에서도 우수성을 확보했다.

지열시스템용 초유동 속채움재



개구부 프레임과 외부패널 적용 시험동



일반대조군 시험동



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 열 전달률 개선에 일조

열효율을 높게 설계하기 위해 지중열 교환시스템 중 지반-열 교환 파이프 간의 열 전달률을 개선하는 문제가 중요해지고 있고, 폐광미를 활용해 환경에도 좋고 재료를 효과적으로 재활용할 수 있어 관련 기술향상에 일조할 것으로 보인다. 한편 지금까지는 도심을 중심으로 지중열 교환시스템을 시공했지만 향후에는 해안, 도서, 농어촌 주택 시장으로 확대될 것으로 보인다. 호남의 경우 해안 도서지역이 넓게 분포돼 있고, 이로 인해 농촌지역은 염해 피해 위험에 노출돼 있어 지열 시스템용 그라우트 시공 시 '내염해성 그라우트'나 '시멘트 그라우트'로 시공하는 것이 필수가 됐다. 본 재료는 시멘트 그라우트의 하나로 사용되기 때문에 진입이 한결 용이할 것으로 내다봤다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 국내외 저심도 지열에너지 시장성 확대

IEA(International Energy Agency)에 따르면 전 세계적으로 70여 개국이 저심도 지열을 직접 활용하고 있다고 밝혔다. 그만큼 향후 시장성이 밝고 확대될 것으로 예측하고 있다. 국내 역시 개발 가능한 저심도 지열에너지는 약 800GW(국내 발전 설비의 14배)로 매우 우수하다. 무엇보다 신재생에너지 가운데 지열에너지의 비중이 2008년에는 0.1%에서 2030년에는 3.8%까지 연평균 25% 가량 성장할 것으로 보여 미래 성장성은 매우 낙관적으로 전망한다.

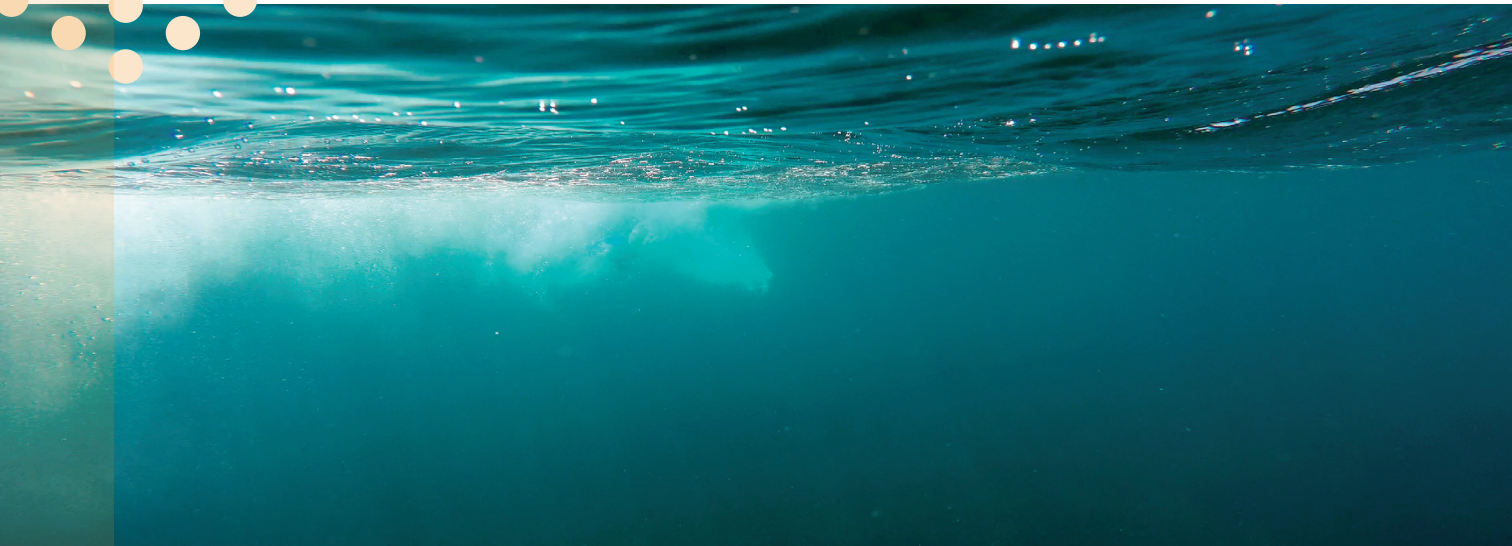


논문	2017년 1건(SCI)
특허	2016년 국내 3건
인력양성	박사 5명, 석사 11명
특수성과	(주)노빌과 기술실용화 협약(MOU)

# 바닷물에서 리튬을 회수하다

**성과명** 해수담수 부산물을 이용한 유가자원인 전기화학적 리튬 회수 기술  
**연구기간** 2013년 6월 - 2018년 6월  
**총연구비** 40억9천만원  
**연구자** 윤제용 서울대학교 화학생물공학부

우리나라는 연간 수만 톤의 리튬을 전량 수입에 의존한다. 휴대폰 등 소형전자기기뿐만 아니라 전기차 등 대용량의 축전지가 필요함에 따라 앞으로 그 수요는 더욱 증가할 것으로 보인다. “해수담수화 플랜트 부산물 자원화기술 개발”과제를 통해 바닷물에서 리튬을 회수하는 기술이 상용화될 경우 현재 수입에만 의존하는 리튬을 자체 공급함으로써 관련 산업의 경쟁력을 한 단계 높일 수 있을 것이다.



## 연구목적

현재 대다수의 탄산리튬은 염호에서 자연증발식 리튬추출법을 통해 얻어지는데, 이 방법은 탄산리튬을 대량으로 추출할 수 있다는 장점이 있으나, 추출시간이 길고 그 과정에서 발생하는 폐수가 환경오염을 시키는 단점이 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 에너지기술인 2차전지기술을 리튬 분리기술과 결합시켜 새로운 형태의 리튬추출 연구를 진행, 염수에서 친환경적이고 효율적인 리튬추출 개발을 주도하고자 한다.

## 주요성과

### 전기화학적 리튬회수 원천기술 개발

염수 내의 리튬을 선택적으로 회수할 수 있는 전기화학적 리튬회수 원천기술을 개발하였다. 리튬회수 원천기술 관련 특허를 1건 등록하고, 국제학술지에 3편의 논문을 게재하였다.

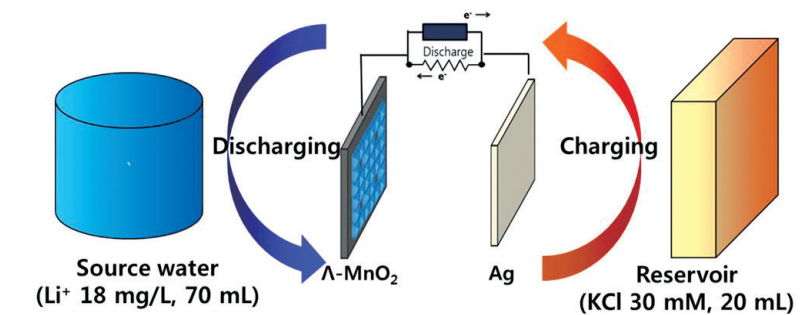
### 기술이전 및 상용화를 위한 대형화 공정 개발

개발한 원천기술을 바탕으로 실제 공정 상용화를 위해 전극의 대형화 및 시스템 구축을 통해 대량의 염수에서 리튬을 회수할 수 있는 리튬회수 장치를 구축하였다.

### 해수담수화 농축수로부터 리튬회수 공정에 적용

미량의 리튬이 포함되어 있는 해수로부터 리튬을 추출하기 위해 해수담수화 공정과 결합하여 리튬을 효율적으로 회수할 수 있는 공정을 개발하여 2018년 소형 시스템 운전을 앞두고 있다.

간수에서의 리튬추출을 위한 리튬회수 이차전지 시스템





## 연구의 차별적 특징

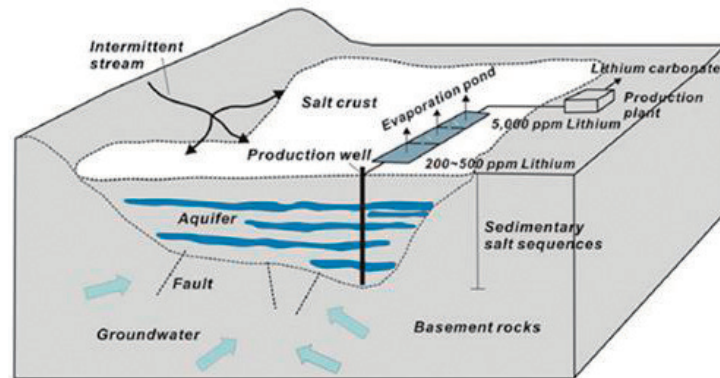
### 전기화학적 공정에 의한 금속리튬회수

리튬의 공급원은 광물, 염수 또는 해수 등이며, 이중 광물은 스포듀민(spodumene), 페탈라이트(petalite) 및 레피돌라이트(lepidolite) 등으로서 리튬이 약 1 내지 1.5%정도 함유되어 있다. 그러나 광물로부터 리튬을 추출하기 위해서는 회수 절차가 복잡하고, 1000℃ 이상의 고 에너지 공정이 필요하다.

이러한 이유로 현재 리튬은 주로 염수로부터 추출되고 있으며, 염수는 천연의 염호에서 산출되고, 리튬을 비롯한 Mg, Ca, B, Na, K 등의 염류가 함께 용존되어 있다. 이러한 염수에서 리튬을 회수하는 기존의 방법은 천연의 염호에서 염수를 펌핑하여 노지의 증발못에 가둔 후 1년 이상의 장시간에 걸쳐 자연증발시켜 리튬을 수습 배로 농축시켰다. 그리고, Mg, Ca, B 등의 불순물을 침전시켜 제거하고, 탄산리튬 용해도 이상의 양이 석출되도록 하여 리튬을 회수하고 있다.(그림 1)

본 과제를 통해 개발 중인 전기화학적 리튬회수기술은 수주 또는 1년 이상의 기간이 걸렸던 기존의 흡착 또는 증발 공정에 비해 수 시간 내로 빠르게 추출할 수 있으며, 화학적 첨가제 및 넓은 부지가 필요하지 않아 매우 친환경적인 공정이다. 또한 충·방전을 이용한 저 에너지 공정이며, 반응기 구조 및 운전방법도 단순하기 때문에 효율적으로 리튬을 추출할 수 있다.

〈그림〉 증발법을 이용한 염수에서의 리튬 추출



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 리튬회수 관련산업 발전 기대

리튬은 중요한 에너지자원 중 하나로서, 그 수요는 하이브리드 전기차 등 대용량의 축전지가 필요함에 따라 앞으로 더욱 증가할 것으로 보인다. 현재 한국은 리튬을 전량 수입에 의존하고 있으며, 앞으로 리튬 자원의 경쟁력 확보를 위해 해수, 간수, 페리튬 진지 등에서의 리튬회수기술을 개발해야 할 것으로 판단된다. 본 연구과제를 통해 개발되고 있는 기술은 기존 공정에 비해 간단하고 효율적이므로, 리튬추출 공정에서 많은 비용을 절감시킬 수 있어, 리튬회수 관련 산업의 발전을 기대할 수 있다. 또한 염수에서의 리튬회수 뿐만 아니라 해수, 페리튬 진지의 리튬 재활용 등에서도 활용 가능하며, 이러한 기술발전을 통해 앞으로도 세계에서 한국이 리튬 자원의 경쟁력을 확보하는데 기여할 수 있을 것이다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 전기화학적 이온분리 전문인력 양성

해수에서의 리튬추출에 대한 연구는 현재 일본과 한국을 중심으로 진행되고 있다. 일본의 경우에는 1980년대 후반부터 흡착제 연구를 시작, 해수에서의 리튬추출을 위한 벤치스케일 규모 실험을 진행하고 있다. 한국에서는 2000년대 초반부터 지질자원연구원을 중심으로 해수에서의 리튬추출에 대한 연구가 진행되고 있다.

과학기술적으로는 리튬회수 뿐만 아니라 나트륨, 칼륨 등 다른 이온들에 대해 선택성을 가진 물질들을 이용, 이를 본 기술 개발에 적용시켜 다양한 이온분리기술에 적용시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 전기화학적 이온분리 전문인력 양성을 통하여 앞으로의 과학기술개발 육성을 이룰 수 있을 것으로 예상된다.



논 문	2017년 1건(SCI)
인력양성	박사 2명, 석사 3명
기술이전	염수로부터 리튬을 회수하기 위한 방법, (주)셀젠

# 하나의 센서로 구조물 6자유도 동적거동 계측

**성과명** 구조물 안전성 향상을 위한 가속도계 및 GPS-RTK 융합을 통한 구조물 6자유도 동적거동 정밀계측 시스템 개발 및 상용화

**연구기간** 2015년 6월 - 2018년 6월

**총연구비** 총 15억원

**연구자** 손 훈 한국과학기술원 건설 및 환경공학과

구조물의 변형여부를 계측하는 센서의 국산장비 점유율은 1.6%에 불과하다. 한국과학기술원과 (주)풍산FNS는 하나의 센서로 구조물의 6자유도 변위와 속도, 가속도, 각변위 등을 동시에 계측할 수 있는 시스템을 개발, 외국산 제품이 독점한 센서시장에 국산화의 길을 열었다. 변위 기준 정확도 2mm급으로 신뢰성을 확보, 사회기반시설의 안전성 향상에 기여할 것으로 기대된다.



## 연구목적

단일 센서로 구조물의 6자유도(변위,속도,가속도 및 각변위)를 동시에 계측하는 시스템을 개발하여 해외제품이 독점하고 있는 구조물 모니터링용 센서의 국산화 가능성을 높였다. 또한, 태풍이나 해일 등과 같은 특수 재난 상황에서도 안정적이고 정확한 계측이 가능하도록 기술연구에 집중했다.

## 주요성과

### 변위오차 2mm급, 매우 높은 수준의 정확도 구현

‘저가형 GPS-RTK (실시간 이동측위 GPS)’와 ‘국산 포스피드백 가속도계’로 계측한 변위를 융합하여 이전의 계측기술보다 훨씬 정확한 변위 기준 2mm급 정확도와 100HZ의 샘플주파수로 변위를 실시간 계측하는 기술을 개발하였다.

### 국내/외 현장 검증 실험 수행

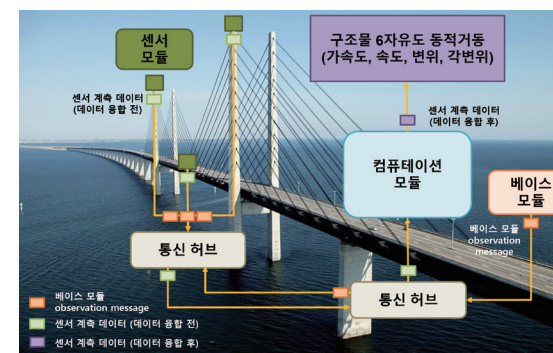
국내 대표적인 교량인 영종대교, 이순신대교 그리고 중국의 Xihoumen Bridge, 말레이시아의 Penang Second Bridge에서의 현장 실험을 통하여 동적응답을 실제 계측함에 있어 계측 용이성과 정확도를 검증하였다. 또한 기존 교량에 설치되어 구조물 모니터링에 활용되고 있는 상용 GPS-RTK 변위 계측 시스템과의 성능 비교평가를 통해 우수성을 입증하였다.

## 구조물 6자유도 동적거동 정밀계측 시스템 실용화 달성

인천국제공항고속도로 교량계측시스템 구축사업의 일환으로 개발, 시스템의 핵심 알고리즘을 적용하기로 계약하여 별도 프로그램을 개발 중에 있다.

## 기술이전 계약 체결

센서 관련 국내기업과 3건의 정액기술료 3억원의 기술실시 계약체결이 완료되어 국내기업은 안정적으로 기술 상용화를 위해 박차를 가할 수 있게 되었다.





## 연구의 차별적 특징

### 6자유도 동적거동 계측시스템 개발

단일 센서로 구조물의 6자유도(변위, 속도, 가속도 및 각변위)를 동시에 계측할 수 있는 시스템은 성능 면에서 변위기준 2mm 정확도를 이루었다.

### 높은 가격 경쟁력

구조물의 6자유도 동적거동 정밀계측에서 변위기준 2mm 이하의 오차라는 우수한 성능에도 불구하고 제품단가는 해외에서 수입하는 센서보다 저렴할 것으로 예상된다. 변위 외에 가속도를 동시에 측정할 수 있는 장점을 고려하면 기존 수입센서 대비 가격 경쟁력은 더욱 뛰어날 것으로 예상된다.

### 다양한 분야에 적용

개발시스템은 교량, 건물, 원전 시설물, 풍력발전기, 댐 등 다양한 대상구조물에 설치하여 시공 중 또는 상시 동적거동 계측이 가능하며, 휴대용 장비로 내하력 검사 및 현장실험 장비로도 활용 가능하다. 특히, 센서의 고정된 지지점이 필요한 기존 변위센서와 비교해 제안시스템은 지지점이 필요하지 않은 완전부착식이므로, 해상교량의 주탑 및 중앙 거더부, 초고층빌딩 등 기존 변위센서로 계측이 어려운 지점도 계측이 가능하다.

### 해외시장 개척 용이

일반적으로 건설 분야에서 개발되는 신기술을 해외에 적용하기 위해서는 적용 현지의 설계/시방서 규정 및 관련 건설 분야 법규 심의를 통과해야 하므로 상대적으로 해외영업 및 사업화가 어렵고 현장 적용까지의 기간이 오래 소요된다. 반면 개발기술은 이미 전 세계적으로 상용화되어 널리 보급된 GPS 및 가속도계 계측장비 관련 규정만 준수하면 곧바로 적용이 가능하므로 해외시장 개척이 상대적으로 용이하다.

인천 영종대교 현장 검증실험



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

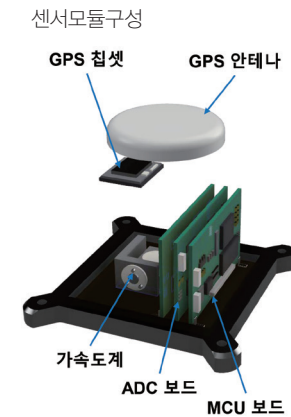
#### 계측 편의성 향상과 적용범위 증가

기존 구조물에 설치하였던 '가속도계, 경사계, GPS'를 하나의 시스템으로 대체 가능하여 계측 편의성이 향상되고 적용범위가 크게 증가했다. 또한 기존 구조물에 적용된 변위 센서보다 계측성능(정밀도 및 샘플주파수)이 확연하게 뛰어나므로 모니터링 기법의 정확도가 향상돼 검사의 신뢰성이 높아졌으며 구조물의 안전도 또한 신뢰성이 검증되었다.

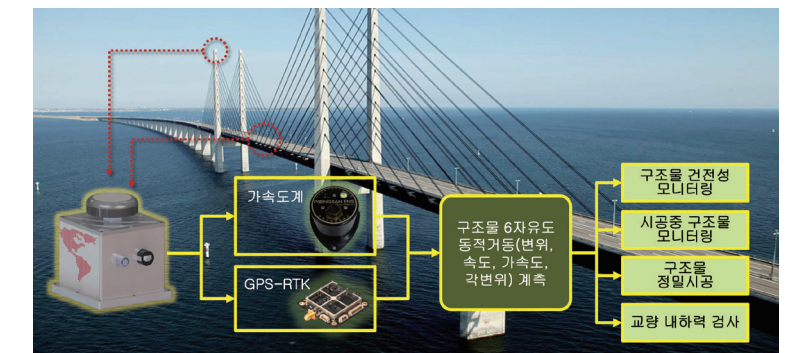
### ● 사회경제사업화부문

#### 신흥개발국 건설시장 진출

현재 교량, 고층빌딩 등 사회기반시설물에 설치되어 있는 GPS 시스템의 단가는 3천만원 수준이며, 라이선스 비용이 지속적으로 발생한다. 보다 성능이 뛰어나고 경제적으로 우수한 개발시스템을 실용화하여, 국내 적용실적을 바탕으로 중국 등 신흥개발국 건설시장에 진출하여 우수한 우리의 기술을 해외에 수출할 예정이다.



최종 개발시스템의 현장 적용 및 모니터링 수행



해외진출	미국 중국과 협업, 테스트를 통한 현장검증 추진 중
기술이전	동적 변위 계산 장치 및 동적 변위 계산 방법 등 총 3건   3억원

# 철도교 신기술로 해외시장 겨냥

**성과명** 장경간 강합성거더(SBarch 합성거더)의 철도교 실용화 기술개발  
**연구기간** 2010년 12월 - 2012년 1월  
**총연구비** 3억1백만원  
**연구자** 원용석 해동브릿지㈜

전국 대도시권을 90분 생활권으로 묶을 2,119km의 새로운 철도망이 2020년까지 구축된다. 이로 인해 철도교의 수요는 지속적으로 증가할 수밖에 없는 현실이다. 그러나 기존의 콘크리트교가 안고 있는 비용, 시간, 이산화탄소 등의 문제를 해결해야 한다. 강재와 콘크리트를 합성한 강합성 구조인 'SBarch 합성거더'는 비용절감과 공기단축은 물론이고 콘크리트교 대비 약 25%의 이산화탄소 절감효과와 수려한 미관 등 다양한 효과를 거둘 수 있다. 철도교 시공 신기술의 청신호가 되고 있다.



## 연구목적

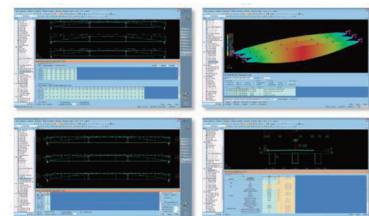
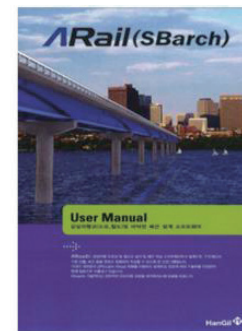
지구온난화와 같은 환경오염의 영향으로 미래의 교통수단은 철도로 대체될 전망이다. 이에 따라 철도교의 수요 또한 증가할 것이다. 현재 PSC빔교와 Precom과 같은 합성형 교량이 주로 사용되고 있으나 거더중량으로 인해 장경간 구현이 불가능하여 강박스교로 대체하고 있으나 고가의 공사비가 단점이다. 장경간 구현이 가능하고 미관이 우수하며 경제성까지 겸비한 철도교의 새로운 교량형식 개발의 필요성이 대두됐다. SBarch 합성거더는 장경간(60~70m) 적용이 가능하고, 기존 강박스교 대비 약 30% 정도의 강재절감이 가능하므로 경제적이며 환경파괴를 최소화할 수 있다는 장점을 지니므로 이에 따른 실용화 기술 개발을 목적으로 연구가 진행됐다.

## 주요성과

### 설계자동화 프로그램 개발

기존의 강철도교 범용 프로그램인 ARail을 모듈화하여 설계자동화 프로그램을 개발했다. 2010년 개발되어 사용 중에 있는 'ARoad(SBarch)' 도로교 설계자동화 프로그램 개발과 동일한 방법으로 공사 단계별 안전성을 고려한 것이 특징이다. 개발과정에서 지속적으로 오류를 수정하고 업그레이드 단계를 거쳐 보다 정확하고 신속한 설계체계 확보로 실용화를 도모했다.

설계 자동화 프로그램



### SBarch 합성거더 철도교에 의한 최적 설계 제작 및 시공현장 적용

한국철도시설공단에서 발주한 연장 40m, 50m의 익산~대야 1공구 신평화교 가교와 연장 50m의 도담~영천 2,6공구 및 연장 45m, 55m의 경부선 금호강교는 심의 완료 상태이며, 연장 60m의 성남~여주 복선전철 5공구의 광주교는 현재 시공 중이다.

### 이종재료의 사용으로 상호보완효과

SBarch 합성거더는 제작과정에서 U형 단면과 I형 단면이 효율적으로 결합된 강재거더에 아치형태의 콘크리트를 타설하는 기법을 사용한다. 이종재료의 사용으로 상호보완효과를 극대화하며 처짐과 비틀림을 방지할 수 있는 유리한 기술이다.



## 연구의 차별적 특징

### 50m 장경 간 교량의 철도교 설계 및 3D 거동분석

철도교를 대상으로 설계된 SBarch 합성거더교로 동적해석을 수행하고 교량의 동적응답을 다각적으로 수집했다. 또한 철도교의 실질적인 거동은 교량의 종류와 형식, 교량, 열차의 동적특성, 궤도의 상태, 열차의 주행 속도 등 여러 요인에 의해 변화하므로 여러 변수와 조건을 고려하여 동적거동분석을 수행했다. 설계 시 시공단계별 하중상태에 따라 설계, 시공단계별 발생응력의 안전성을 검토하여 3차원 해석을 통해 확인했다. 3D 해석결과 아치콘크리트는 단부에서 일부 인장응력이 발생하나 전단면 압축상태로 아칭효과가 발생하고 있음을 밝혀냈다.

### SBarch 합성거더 60m 철도교 실물실험 수행

2014년 11월 19일 한국철도기술연구원 주관 하에 명지대 하이브리드 구조실험센터에서 국내 최초로 60m 철도교 실물실험을 수행했다. 우수한 구조적 성능 결과를 통해 연장 60~70m 장경 간 철도교 적용성을 증명했고 SBarch 합성거더는 수려한 미관과 경제성을 갖춘 거더임이 입증됐다.

SBarch 합성거더 60m 철도교 실물실험(명지대 하이브리드 구조실험센터)



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 아치교나 트러스트교를 대체할 새로운 기술

강교의 약점인 비경제성과 사용성을 보완한 기술이다. 기존 60m 이상에 적용되는 아치교나 트러스트교를 대체할 수 있는 공법으로 공사비가 저렴하고 시공공정이 단순하여 공기 단축이 가능하며 측면 미관과 열차 이용자의 주행진망성을 향상시킬 수 있다. 장경 간 적용이 가능하므로 기존 ST.Box보다 다양한 경관을 선택·적용시킬 수 있는 효율적인 계획 수립이 가능하다. 또 외국기술의 수입이 필요 없으며 국제특허 출원을 통한 해외시장 기술수출이 기대된다.



### ● 사회경제사업화부문

#### 경제성과 미관이 뛰어나

전 세계적으로 철도산업의 비중이 확대됨에 따라 경제적이고 미적으로 우수한 SBarch 합성거더 보급 시 철도시설물의 수명연장과 미관개선 그리고 정부예산 절감효과를 가져올 수 있다. 콘크리트교는 현장공정이 많고 시공절차가 복잡해 도심지 공사에 부적합한 반면에 강교는 공장 제작이 전체공정의 90%를 차지하므로 높은 품질과 현장에서의 공기비중이 작고 콘크리트교 대비 약 25%의 이산화탄소 배출 절감효과가 있다. 국내 철도노선에 적극 활용할 경우 향후 10년 간 212km의 철도교량 건설 수요가 발생할 것으로 예상된다.



수상실적	2016년 국토교통부 표창장
고용창출	신규인력 4명 채용
사업화	KCC건설 외 16개사 납품으로 264억원 매출 달성

# Core R&D

연구실의 불이 꺼지지 않을 때 희망의 불빛도 함께 빛난다.

핵심기술 자립화는 미래 경제라는 심지에 불을 당기는 일이다.

작은 불길의 활활 타올라 세계를 환하게 밝힐 것이다.

## 핵심기술 자립화

해상에서 에너지를 만들다

플랜트 수주를 위한 독자적인 운영기술 확보

도시형 자기부상열차가 달린다

우리 손으로 만든 소형민항기 등장

더 빠르고 더 안전한 고속열차 실용화

자율주행차 시대 준비하는 정밀위치정보기술

소형항공기의 항공사고를 예방한다

# 해상에서 에너지를 만든다

**성과명** 상용급 LNG-FPSO FEED 패키지  
**연구기간** 2011년 7월 - 2017년 12월  
**총연구비** 116억8백만원  
**연구자** 김태진 현대중공업 해양플랜트사업본부

에너지원의 확보는 전 세계적인 관심사다. 대규모 가스전들은 이미 에너지 메이저가 점유하고 있으나, 중소규모의 해양 가스 전이나 비전통 가스전을 개발하여 에너지 안보 및 사업 이득을 확보하려는 시도가 늘고 있다. LNG-FPSO는 중소규모의 해양 가스전에서 천연가스를 시추하여 이송에 적합하도록 LNG를 생산하는 해상용 플랜트기술로 에너지 분야의 새로운 기술시장 개척이 가능하다.



## 연구목적

일반적으로 해양에 있는 가스전은 해저배관을 통하여 육상으로 천연가스를 가져와 전처리 후 액화플랜트에서 LNG로 액화시키고 있다. 그러나 LNG-FPSO는 해양에 있는 가스전에서 바로 천연가스를 시추하여 이송에 적합하도록 해상에서 LNG를 생산, 저장 및 출하의 기능을 종합적으로 수행할 수 있는 플랜트다. 기존 육상 LNG액화플랜트와 비교하여 건설비용 절감과 공기 단축이 가능한 기술력의 향상을 위한 연구가 절실히 필요했다.

## 주요성과

### 상용급 LNG-FPSO FEED 패키지 개발

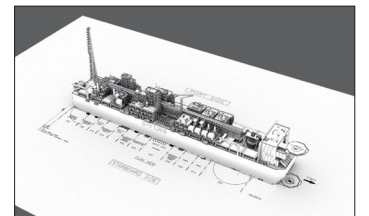
LNG-FPSO는 다른 해양플랜트 설비들과 마찬가지로 생산가스 조성과 환경에 따라 설계가 달라진다. 이번 과제는 아프리카 해양 가스전에 적용되는 것을 기준으로 했다. 한국가스공사의 KSMR 액화공정과 KC-1 멤브레인 탱크 라이선스를 적용, 상용급 LNG-FPSO FEED 패키지를 개발하였다.

### 천연가스 조성에 적합한 설계

최종적으로 LNG를 얻기 위해서는 여러 단계의 공정이 순차적으로 적용되어야 하며 각 공정마다 천연가스 조성 및 처리 특성을 고려한 시스템 설계가 필요하다. LNG-FPSO의 핵심공정은 액화공정인데 혼합냉매를 사용하는 한국가스공사의 KSMR을 사용하여 에너지효율을 극대화 하였다. Topside 모듈 설계 및 배치는 화재 및 폭발 위험으로부터 안전성, 유지 보수 효율성을 고려하였다.

### 3D 모델 확보

본 과제의 설계정보를 종합하여 3D 모델링을 추진하였으며, Topside와 Hull, 거주구, 하역 및 대피설비를 포함한 3D 모델을 확보하였다. 최종 개발모델의 이름은 K-FLNG(K는 Korea를 의미)이다.



### 해외선급사로부터 기본형식인증 획득

최종 완성된 LNG-FPSO FEED 패키지는 해외 선급사(DNV-GL)에 의뢰해 기본형식(Approval In Principle)인증을 획득, 이는 설계패키지가 해외 선급사가 정한 설계 규칙에 부합됨을 의미한다.



## 연구의 차별적 특징

### 국내 기술진들에 의한 기술력 확보

본 연구는 국내 기술진이 컨소시엄을 구성하고 주도적으로 개념설계부터 FEED까지 수행한 개발사례로 일련의 설계과정을 거치면서 기술력을 한 단계 끌어올렸다.

### 설계 참여범위 확대를 통한 이익창출

현재 단계에선 해외 기술선진사와 직접적인 기술수준 비교는 어렵다. 그러나 본 개발을 통해 쌓은 설계 경험은 향후 해외선진사와 프로젝트를 수행할 때 설계참여범위 확대를 통한 이익을 개선하고 프로젝트 리스크를 관리하는 데 있어 참고자료로서 활용가치가 높다.

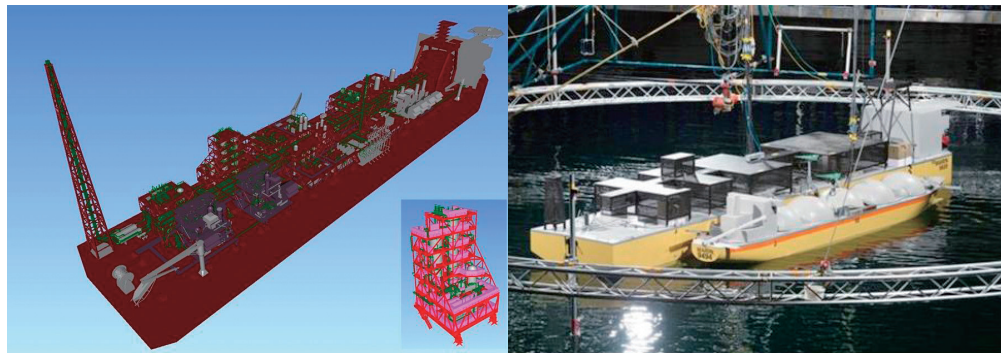
### 액화공정 차별화 포인트

액화공정의 경우 한국가스공사가 라이선스를 가지고 있는 KSMR을 LNG-FPSO에 적용 가능하도록 설계하였다. 이는 향후 해외 액화공정 라이선스에 의존할 수밖에 없는 현재 상황에서 차별화 포인트로 가져갈 수 있다.

### 국내 중공업의 장점을 반영

LNG-FPSO 설계 수행시 해양플랜트 및 LNG선의 상세설계 및 제작경험 등 국내 중공업사만이 가지는 장점을 잘 반영하고, Topside의 이해를 기반으로 Hull 인터페이스를 고려하여 차별화를 꾀하였다.

LNG-FPSO 3D 모델 및 모형시험 모습



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

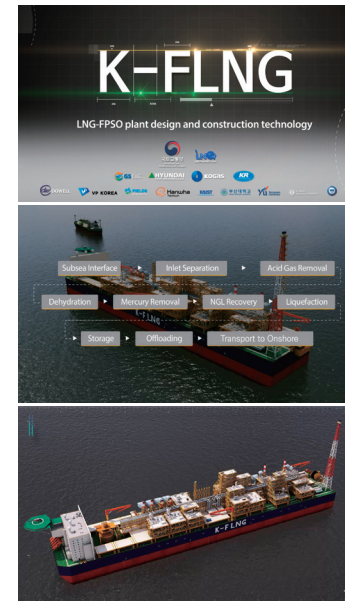
#### 다양한 설계노하우 축적으로 경쟁력 강화

LNG-FPSO의 개념은 이미 1980년도에 제안되었고, 해외 선진사에서는 2000년도에 실제 프로젝트에 적용하고 있는 단계로 우리하고는 기술력 격차가 상당히 있었다. 이번 연구개발을 통해 확보된 설계패키지는 LNG-FPSO의 다양한 설계노하우들이 정립되어 참고자료로 활용가치가 높다. 해외사가 주도하는 개발 프로젝트에 본 과제의 설계기술을 당장 적용하는 것은 제약사항이 있지만, 축적된 설계 노하우를 기반으로 공사 참여시 위험요소 산출 및 시스템 개선에 우선 활용이 가능하며 이는 제작과 관련한 경쟁국인 중국, 동남아시아의 국가들과 차별화를 꾀할 수 있는 부분이다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 국산기자재 사용으로 부품소재산업의 내수 발판

에너지 자원에 있어 LNG는 시장 성장 잠재성을 가지고 있다. 우수한 건조기술을 보유하고 있는 장점을 최대한 활용하고 Topside에 대한 설계기술력이 합쳐진다면 시장 선점에서 우위를 차지할 수 있다. LNG-FPSO의 적당 프로젝트 규모가 조 단위 이상임을 감안할 때 본 기술개발을 이용하여 수주 시 국가의 부 확대와 고용시장 창출을 기대할 수 있다. 또한 설계기술력을 기반으로 국산기자재 사용 확대를 추진하여 플랜트 부품소재산업의 내수 유발 효과를 꾀하고 부품소재산업의 기술력 향상은 LNG-FPSO의 건조 품질 향상으로 이어지는 선순환 효과를 기대할 수 있으며, 국가 전체적인 기술 수준도 향상될 것이다.



인력양성	석사 1명
해외협업	스위스 소재 기업과 국제 가스 및 FLNG 전문가 그룹과 기술동향 토론 및 Case Study 수행
특수성과	2016년 LNG-FPSO Topside 설계에 대하여 해외 선급사(DNV-GL)로부터 AIP 인증 획득

# 플랜트 수주를 위한 독자적인 운영기술 확보

**성과명** 역삼투막식 해수담수화 공정 운영비 절감기술 개발  
**연구기간** 2014년12월 - 2017년12월  
**총연구비** 57억4천2백만원  
**연구자** 김형수 성균관대학교 수자원학과

세계 해수담수화시장의 경우 기존 재정사업에서 민간협력사업으로 비즈니스 환경이 변화함에 따라 운영관리(O&M)를 포함한 사업 발주가 증가추세에 있다. 실제 해수담수화 플랜트 입찰 사례를 살펴보면 운영비 절감능력이 사업 수주에 큰 비중을 차지하고 있다. 이에 역삼투식 해수담수화 플랜트 수주를 위해 전력소비량을 감소시킬 수 있는 혁신기술과 독자적인 운영기술 확보로 성공의 발판을 마련하였다.



## 연구목적

본 연구 과제는 종래의 해수담수화 플랜트의 한계를 극복하고, 세계 선도형 역삼투식 해수담수화 플랜트 운영·관리 기술 확보를 통해 고부가가치 시장인 O&M 분야에 진출하는 것을 최종목표로 지향한다. 이를 위해 200 m<sup>3</sup>/일 규모의 파일럿 플랜트를 구축하여 역삼투 막여과 공정 전력소비량 3.3 kWh/m<sup>3</sup> 이하, 운영비 30% 저감이 가능한 중대규모 역삼투식 해수담수화 플랜트 설계 및 운영·관리기술 확보를 연구목표로 설정하였다.

## 주요성과

### 운영비 절감 30% 달성

역삼투식 해수담수화 공정(Seawater Reverse Osmosis) 운영비의 세목 중 전력비 비중이 약 40%~50%를 차지하고 있으며, 그중 역삼투 막여과(Reverse Osmosis)공정에서 약 70%의 전력을 소비하고 있기 때문에 RO 공정의 전력비 절감은 핵심기술이다. 이에 본 연구를 통해 적용된 물리·화학적 세척 기술을 바탕으로 효율적으로 막오염을 제어함으로써 기존대비 높은 회수율과 안정적인 막투과유속을 통해 기존 생산단가 1000원/m<sup>3</sup>에서 30%가 절감된 700원/m<sup>3</sup>으로 30%의 운영비를 절감할 수 있다.

### 막 수명 연장과 오염물질 제거 효과 향상

분리막 제조사에서 제시하는 일반적인 방식에서 벗어나 대상 현장과 원수에 맞춰 막오염을 예측하고 기존에 적용되지 않은 RO공정의 유지세척 기술을 도입, 막오염으로 인한 분리막의 손상을 방지하여 사용 수명을 향상시켰다. 또한 역삼투 분리막 전용 화학세정제를 개발함으로써 보다 효율적이고 안정적으로 막오염 물질을 제거할 수 있게 되었다.

### 독자적 운영기술 실증화

현재 광양제철소 내 200 m<sup>3</sup>/일 규모의 파일럿 플랜트를 설치, 연속적으로 운영하면서 이상적인 세척 조건을 도출하기 위한 시험이 진행되었다. 역삼투 분리막에서 발생하는 막오염을 능동적으로 제어함으로써 역삼투식 해수담수화 공정의 전력소비량 3.5kWh/m<sup>3</sup> 대비 약 0.2 kWh/m<sup>3</sup>를 낮출 수 있는 기술을 실증함으로써 유지관리 비용 저감에 대한 근거를 도출할 수 있었다.



## 연구의 차별적 특징

### 유지세척기술을 도입

종래 역삼투식 해수담수화 공정에서 수행되어 왔던 수동적인 막오염 제어 방식의 한계를 벗어나기 위해 유지세척기술을 도입함으로써 능동적인 대처가 가능한 유지세척기술의 실증연구를 수행하고자 했다. 이를 위해 200 m<sup>3</sup>/일 규모의 파일럿 플랜트를 구축하여 역삼투 막여과 공정의 유지세척 기술의 현장 적용성 및 경제성 평가를 통해 중대규모(50,000 m<sup>3</sup>/일) 역삼투식 해수담수화 플랜트 설계 및 운영 가이드라인을 도출 중에 있다.

### 순환유속의 전단력으로 막오염을 제거하는 방식

본 연구에서 실증 중인 유지세척기술은 삼투역세척 기법으로 역삼투 막여과 공정에서 운전압력을 배제하거나 그 이상의 삼투압을 갖는 유입수를 이용, 처리수를 원수 측으로 확산시켜 분리막 표면에 존재하는 오염물질을 부풀리거나 들뜨 상태로 만들어 순환유속의 전단력으로 막오염을 제거하는 방식이다. 이러한 유지세척기술이 적용된 파일럿 플랜트 설계 및 구축을 완료하였다. 파일럿 플랜트 운영 인자를 도출하기 위한 실제 해수 및 인공 원수를 이용한 기초 연구를 통해 파일럿 플랜트 운영과 병행하여 이상적인 운영 인자를 도출 중에 있다.

### 막오염 예측 및 제어 알고리즘 연구

공동연구기관인 광주과학기술원에서는 역삼투식 해수담수화 공정의 막오염 예측 및 제어 알고리즘 연구를 수행하고 있다. 현재 예측모델을 개발하기 위해 분리막과 주요 막 오염인자 간의 영향 메커니즘 연구와 유입수 수질인자 및 운전조건과의 막오염 현상 인과관계 분석을 통한 모니터링 인자 선정에 관한 연구를 진행하고 있다.

### 막오염 심화 가능성을 조기 예측

실시간 유입수 수질과 현재의 막오염 상태를 반영, 막오염 심화가능성을 조기 예측할 수 있도록 실시간 모니터링 데이터베이스(DB)를 구축하고 칼만필터, 기계학습법 등의 빅데이터에 대한 분석을 연구 중이다. 또한 기존 역삼투 분리막의 약품세척 효율 및 분리막의 열화 문제가 대두됨에 따라 보다 높은 효율의 세척 약품 개발을 위한 연구를 수행 중이며, 약품 세척 시 발생하는 폐액을 처리하여 해양에 직접적인 방류가 가능한 처리 효율을 갖는 폐액 처리 공정을 개발하고 있다.



## 연구 성과의 파급효과

### 기술부문

#### 혁신적인 원천기술 확보로 유지비용 절감

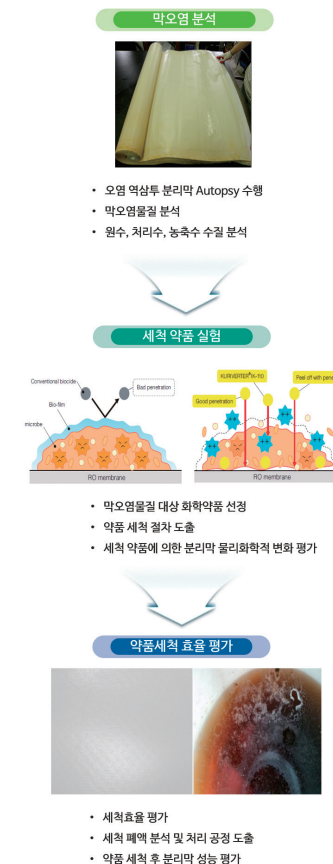
본 연구를 통해 기존의 역삼투 막여과 공정이 갖는 간접적 막오염 제어 방식의 한계를 극복하고, 원수와 공정 운영 특성에 따른 막오염 경향을 예측함으로써 직접적이고 능동적인 막오염 제어가 가능한 기술을 확보할 수 있었다. 또한 해수담수화 공정 이외에 하수 재이용, 발전용수, 산업용수, 보일러용수 등 역삼투 막여과 공정이 사용되는 다양한 산업분야에 적용이 가능한 확장성을 가지고 있다. 이후 차세대 해수담수화공정(MD, PRO, FO) 뿐만 아니라 스마트 워터 그리드 등 수자원 관리 분야와의 연계도 가능하다. 더욱이 기존 해수담수화 공정의 기술적 한계를 극복하고 효율성과 기술적 역량을 제고시킴으로써 기존 선도국 기술의 의존도를 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

### 사회경제사업화부문

#### 고부가가치사업 진출을 위한 준비

과거 물 산업은 공공성 측면이 강조되었으나 최근 “비즈니스”로의 추세 전환에 따라 21세기 핵심 산업군으로 자리매김하고 있다. 또한 물에 대한 인식이 공공재에서 소비재로 전환됨에 따라 서비스개념의 산업모델이 등장하는 등 물 시장 규모도 빠르게 성장하고 있다. 그중 해수담수화는 미래의 물부족 문제를 해결하기 위한 대체 수자원으로 급부상하고 있으며 고효율 저에너지 운영이 가능한 기술 개발을 목표로 세계의 많은 경쟁기업들이 노력하고 있다. 이에 본 연구를 통해 해외 해수담수화 시장으로 진출하기 위한 기술 경쟁력을 높이며, 향후 국내의 물부족 문제를 해결할 수 있는 국가 R&D의 성공적 상용화를 통한 선진 국가로서의 이미지 제고가 가능할 것으로 기대된다.

역삼투 분리막 전용 세척 약품 개발 모식도



인력양성	박사 2명, 석사 8명
사업화	(주)한수 - 고효율 세정제 납품실적   6천7백만원 (주)우호건설 - 파주시 하수처리수 재이용민간투자사업 (BTO)   531억2천4백만원

# 도시형 자기부상열차가 달린다

**성과명** 친환경 차세대 교통수단 도시형 자기부상열차 실용화  
**연구기간** 2013년 12월 - 2017년 4월  
**총연구비** 258억8백만원  
**연구자** 신병천 한국기계연구원 도시형자기부상열차실용화 사업단

자기부상열차는 바퀴 없이 자기력으로 레일 위를 부상하여 주행하는 친환경 첨단교통수단으로 2016년에 인천국제공항 교통센터와 용유역을 연결하는 6.1km 복선으로 실용화되었다. 앞으로 운영실적을 확보하여 그 우수성이 입증된다면 국가성장동력의 기반이 되고 나아가 해외시장에 진출하여 경제적성과를 얻을 수 있는 품목이다. 많은 승객들이 이용하는 교통수단이므로 무엇보다 중요한 안전성과 경제성, 그리고 미래지향적인 친환경적 요소 등의 장점을 갖춘 도시형 자기부상열차의 실용화 기술개발에 주력, 세계1위 수준의 도시형 자기부상열차 기술력을 확보했다.



## 연구목적

삶의 질이 높아질수록 친환경은 강조될 것이며, 자기부상열차는 이에 가장 적합한 교통수단이다. 1989년부터 국가연구개발사업으로 개발된 연구개발품 수준의 도시형 자기부상열차가 국토교통부의 연구개발사업의 결과 2016년에 복선 6.1km의 6개 역사를 가진 인천공항 자기부상철도로 개통되어 실제로 승객을 태우고 운행, 승객들의 큰 호응을 받고 있다. 자기부상열차의 운영을 조기에 안정화 시키고 세계 시장에 진출하기 위해 기술적 측면과 경제성 면에서의 경쟁력을 높이기 위하여 도시형 자기부상철도 시범노선 안정화 지원 및 성능향상 기술개발을 수행하였다.

## 주요성과

### 100% 자체기술, 98% 국산화제품 사용

외국산 자재인 센서류를 제외하고 나머지는 국내기술로 제작이 가능하다.

### 저렴한 건설비 및 운영비로 해외경쟁에서 유리

선도국인 일본보다 슬림한 구조물로 경관성이 향상되고 공사비 절감효과가 있어 해외시장 경쟁에서 유리하다. 공사비에서 일본이 km당 1천억이라면 한국은 400억 이하(인천공항 건설기준 434억9천만원이며, 본 연구를 통하여 400억 이하로 구조물 경량화 달성), 운영비도 유사철도대비 30~40% 절감되어 경제성이 뛰어나다.

### 도시형 자기부상열차 차량 개발과 선로구축물 설계

인천공항에서의 경험을 바탕으로 세계 시장에서 성능 및 가격측면의 경쟁력을 배가하도록 차량과 선로구축물의 성능향상 연구결과, 차량의 소비전력 절감을 위하여 추진제어방식을 개선하여 14% 절감하였다. 추가 절감을 위하여 추진장치 및 필터리액터 등 전장품의 경량화를 달성하였고, 부상제어장치의 완전 이중화도 달성하였다. 선로구축물중 상부구조의 경량화 및 궤도-거더 일체화 구조물을 개발하여 거더높이 27% 저감, 중량 15% 저감, 상부구조 건설비 16.8% 절감효과를 거두었다.

### 도시형 자기부상철도 안정화 및 성능향상

2016년부터 운영되고 있는 인천공항 자기부상철도의 조기 운영 안정화를 통하여 성공적인 운영실적의 확보와 기술적 우위 유지를 위해 차량분야의 성능향상 및 선로의 경제성 향상 기술을 확보하였다.



## 연구의 차별적 특징

### 인천공항 자기부상열차의 성공적인 운영

2016년 2월 3일 개통한 인천공항 자기부상열차는 1년이 넘는 기간 동안 성공적으로 운영되고 있다. 도시 철도의 성공적인 운영지표인 서비스가용성이 당초 계획했던 98%를 초과하여 99.8%를 달성하였다.

### 일본보다 우수한 환경성

타 경전철에 비해 소음과 승차감이 우수, 차량의 성능이 일본 이상의 수준이다.

### 차량 및 핵심 선로시설물 완전 국산화

차량, 선로, 운영기술의 토털시스템 패키지로 해외시장에 진출할 수 있는 여건을 갖추었다. 기술수준에 있어서 일본보다 건설비 부문에서 우위를 점하고 있으며 후발국인 중국에 비해서는 전반적으로 우위에 있다.

### 2020년 대한민국을 이끌 미래 100대 기술로 선정

도시철도 사업은 대규모 자금이 투입되는 특성을 갖고 있으므로 해외 진출시 고부가가치 창출이 가능하여 미래기술로서 미래먹거리 개발에 기대를 갖게 한다. 2013년 한국공학한림원에서는 2010년 대한민국산업을 이끌 미래 100대 기술로 선정하여 우수상을 수상했고, 2016년에는 한국철도학회에서 올해의 10대 기술로 선정되는 등 미래를 건인할 기술로 주목받고 있다.

인천공항 자기부상철도



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 시스템의 안전성 입증

RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) 활동을 계획 설계 건설 운영단계까지 구현했다. RAMS, 즉 철도의 신뢰성 가용성 안전성 유지보수성이라는 관련기술을 개발함으로써 일반산업과 철도차량산업에 기술 파급효과를 거둘 수 있게 되었다. 또한 200km/h급 준고속 자기부상열차 등 국내외 다양한 시장의 요구에 기술적으로 대응 가능한 기반을 확보했다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 미래 국가 성장동력산업으로 자리매김

기술 후발국인 중국의 거센 추격 속에서 100% 국내기술로 기술적 경제적 우위성을 입증하여 한국의 철도기술력을 홍보하고 무분별한 외국 기술도입 방지 및 해외진출을 기대할 수 있게 되었다. 대규모 자금 및 기간이 소요되는 사업의 특성상 아직 수출성과는 없지만 도시철도를 필요로 하는 국내 여러 지자체 및 해외국가로부터 문의가 증가하고 있다. 계약이 성사될 경우 한 국가 당 수조원의 예산이 투입되는 사업이어서 고부가가치가 기대된다.



수상실적	2016년 10대 철도기술 선정 2016년 국토교통부장관 표창
특 허	2016년 국내 3건
특수성과	2016년 2월 인천공항 자기부상철도 개통

# 우리 손으로 만든 소형민항기 등장

**성과명** 4인승 소형항공기급 인증기(KC-100, 나라온)  
**연구기간** 2008년 6월 - 2013년 12월  
**총연구비** 823억5천6백만원  
**연구자** 고대우 한국항공우주산업(주)

세계 항공기시장에 수출기반을 확보하기 위한 목표로 독자적인 민간 상용항공기 개발에 도전, 국산 민간항공기 개발에 성공했다. 소형항공기 인증기술을 확보했고 특히 2014년에 한미상호항공안전협정(BASA) 체결을 통하여 세계 선진수준의 국가항공안전인프라를 공인받는 성과를 거둬으로써 국산 항공기의 세계시장 진출의 문을 열었다.

**제원** 탑승인원 4명 길이 8.03m 폭 11.29m 최대이륙중량 3,600 lb(1,633 kg)  
엔진 315마력 단발 프로펠러 최고속도 363km/h 항속거리 2,020 km



## 연구목적

전 세계적으로 미국과 BASA 체결은 항공안전 선진국의 지표로 인식되고 있으나 우리나라는 미국과 기술표준품 수준에서 BASA를 체결하였다. 따라서 항공안전에 대한 국가역량을 FAA급의 인증능력 수준으로 증대시켜, 국내의 항공안전수준 및 기술능력을 세계적인 수준으로 향상시키기 위해서는 한미간 항공기급 BASA 확대 필요성이 제기되었다. 이를 효율적으로 추진하기 위하여, 2007년 12월에 『항공안전기술개발사업단』을 구성하여, 4인승 소형항공기 KAS 23급 항공기의 형식증명 획득을 추진, 그에 필요한 기술연구에 착수하였다.



## 주요성과

### 형식증명(Type Certificate) 취득

4인승 소형항공기 KAS 23급 항공기의 형식증명 획득을 위해 한국항공우주산업(주)에서 단발 피스톤 프로펠러항공기를 개발했다. 이로써 국내인증기관으로부터 형식증명(Type Certificate)을 취득했다.

### 미국 직접수출 길 열려

항공안전향상을 위한 인프라를 구축하고 기술표준품 BASA(상호항공안전협정)의 범위를 항공기급으로 확대했다. 이로써 세계시장에 민수 완제기 수출의 발판이 마련되었다. 특히 국토교통부는 이 연구 성과를 바탕으로 2014년 10월에 한미상호항공안전협정을 체결, 소형항공기급에 대한 최고수준의 안전 인증을 확보했고, 미국으로 직접수출이 가능해졌다.

### 공군사관학교 생도용 비행실습기로 납품

공군사관학교 생도용 비행실습기로 납품, 항공기의 성능 및 신뢰성을 검증받게 되었다. 또한 공군사관학교의 비행훈련 전 과정을 국산 비행기로 진행하면서 자주국방의 기틀을 마련하는 효과를 거둘 수 있다.

### 세계시장 진입의 디딤돌 구축

가혹한 운영환경에서 진행되는 생도용 실습기 운영을 통하여 항공기의 성과 신뢰성을 검증받음으로써 세계시장 진입의 디딤돌을 구축하게 되었다.



## 연구의 차별적 특징

### 탁월한 Stall/Spin 회복능력

항공기 기술기준에 부합되는 Stall/Spin 회복능력시험에 모두 통과했으며 동급 소형항공기에 비해 Stall/Spin 회복능력이 매우 우수한 것으로 나타났다.

### 소형항공기 최초 HIRF 시험 통과

최근에 신규 추가된 기술기준으로서 일반적인 EMI/EMC 시험보다 시험조건과 통과기준이 까다로운 HIRF 시험에서 전 세계 소형항공기 중 KC-100이 최초로 통과하였다.

### 엔진 FADEC(Full Authority Digital Engine Control) 장착

엔진 FADEC은 연료분사 및 점화시기를 자동조절하고 공기밀도와 온도에 따라 자동으로 최적의 연료-공기 혼합비를 제어함으로써 연비향상은 물론 소음/진동 감소효과가 있다. KC\_100은 전 세계 소형항공기 가운데 유일하게 왕복엔진 FADEC를 탑재하여 높은 비행안전성을 확보했다.

### 고강도 탄소복합재 사용

타 경쟁기종에 비해 KC-100은 탄소복합재 사용률이 현저히 높다. 따라서 중량절감 효과가 있으며 기체 구조물의 내구성이 매우 우수하다.

민항기 개발을 위한 인프라 구축

- 실시간 모니터링을 위한 비행통제실(MCR) 2식 구축
- 비행시험 조종사 포함한 비행시험 요원 선발 및 훈련 수행
- 비행계측 제반사항 및 비행안전 정구류 준비



4인승 국산 소형항공기(KC-100)

공군 훈련용 소형항공기(KT-100)



## 연구 성과의 파급효과

### 기술부문

#### 기술수준, 선진국대비 약 54%에서 80%로 향상

국내 항공산업의 기술수준은 군용기 위주의 개발기술만 축적되어있어 선진국 대비 약 54% 수준이었다. 그러나 복합재 민항기 체계 종합 경험, 최신 경량화 제작공법, 소형민항기 인증 관련 기술 등을 확보함으로써 선진국 대비 약 80% 수준까지 향상될 것으로 기대를 모은다. 또한 FAR25급 중형항공기 개발로 연계되어 국내 기술력을 체계적으로 심화시키고 민항기 항공안전 인증기술도 보다 선진화 할 수 있게 되었다.

### 사회경제사업화부문

#### 국가 신인도 및 경쟁력 강화로 국가위상 제고

민항기 시장분석, 요구도정의, 설계 및 개발, 시험평가 및 인증 등의 전 사이클을 경험하고 관련기술, 전문인력, 설비를 확보함으로써 민항기 개발을 위한 인프라를 구축하게 되었다. 또한 확보된 신기술을 활용하여 소형 비즈니스 제트기 등 상용화 목적의 민항기 개발을 추진하여 개발투자효과를 극대화하고 국내 항공산업의 고부가가치 산업화를 실현할 수 있는 전기를 마련했다.

특히 선진국 수준의 항공안전인프라를 구축함으로써 국가 신인도가 높아지고 산업경쟁력이 강화되었다. 2014년에 한미상호항공안전협정(BASA) 체결을 통하여 세계선진 수준의 국가 항공안전인프라를 공인받음으로써 대외신인도가 향상되었다. 이제 고우브랜드의 완제기로 세계 민간항공기 시장에 성공적으로 진입한다면 국가 과학기술 경쟁력이 한 단계 높아질 것이다. 예산이 투입되는 사업이어서 고부가가치가 기대된다.



사업화	2014년-2017년 상품화   249억6천만원
특수성과	2016년 KC-100AF 제작에 대한 안정성 확보

# 더 빠르고 더 안전한 고속열차 실용화

**성과명** 동력분산형 차세대고속열차(HEMU-430X) 실용화 달성  
**연구기간** 2012년 11월 - 2015년 12월  
**총연구비** 178억1천7백만원  
**연구자** 김석원 한국철도기술연구원 고속철도연구본부

430km/h급 동력분산형 고속열차 기술개발의 성공으로 동력집중형 및 동력분산형 고속열차 기술을 모두 보유한 국가로 도약, 연간 250조에 달하는 세계시장을 선점할 토대를 마련, 향후 해외 고속철도시장 진출을 기대할 수 있게 되었다. 동력분산형 차세대 고속열차(HEMU-430X)가 국내는 물론 해외에서도 안정성과 실용성을 인정받아 세계 곳곳을 누비게 될 날이 기대된다.



## 연구목적

해외진출을 모색하기 위한 기술개발을 목표로, 차세대 고속철도시스템 기술과 430km/h급 고속열차 실용화 기술개발에 착수했다. 동력분산형 고속철도 차량인 HEMU 시리즈를 개발하여 안전성과 신뢰성을 확보하고, 그 실용화를 목표로 다양한 모델의 포트폴리오를 구성함으로써 세계시장에 조속하게 대응할 수 있는 시스템을 구축하고자 했다.

## 주요성과

### 430km/h급 고속열차 실용화기술 개발

경부고속철도와 호남고속철도에서 영업열차와 동시운행으로 12만km 이상 무사고 시운전을 수행하여 주행 안정성, 접전성능, 신호시스템, 궤도 안전성, 교량 안전성 시험 등에서 차량의 안전성을 확보했다.

### 동력분산형 차세대고속열차 실용화 달성

한국철도공사에서 실시한 경전선(부천-순천) 열차 국제경쟁 입찰에서 차세대 고속열차 실용화 모델인 동력분산형 고속열차(EMU-250)가 선정되어 2016년 6월에 30량이 계약완료 되었으며, 중앙선, 서해선, 중부내륙선에 운행 예정인 차량으로 2016년 12월에 84량이 계약되었다. 또다른 실용화 모델인 EMU-300이 2016년 12월에 16량이 계약되는 등 지속적으로 고속철도 노선에 투입될 것이다.

### HEMU시리즈 실용화 모델 마련

250, 300, 350, 370km/h의 다양한 운영속도별 실용화 모델 포트폴리오를 확보함에 따라 세계시장에 조속한 대응이 가능하다.

### 동력분산형 차세대고속열차 해외 실용화 추진

국내 실용화를 바탕으로 민관합동으로 터키, 말레이시아, 싱가포르 등 해외 주요 고속철도 프로젝트 수주를 위해 활발히 움직이고 있다. 터키 태국 철도 관계자들이 이미 시승을 마친 바 있다.



## 연구의 차별적 특징

### 차량부품 97% 국산화

시속 421.4km를 달성하여 세계 수준의 기술력을 과시했다. 또한 전체 차량부품 수 대비 97%, 금액 대비 83.7%의 국산화를 달성했다.

### 주요 핵심성능 국제기준 및 요구기준 충족

추진, 제동, 주행안정성, 접전, 소음/진동 등에서 국제규격(EN Code) 및 국내 철도안전법 기준을 만족하는 수치로 통과하였다.

### 동력분산형 동력시스템으로 우수한 가감속 성능

구동축 개수 증가로 인해 가감속 성능이 우수해져 역간 거리가 짧은 국내철도 환경에 적합하다. 시속 300km 도달시간이 214초로 KTX-산천 대비 30% 이상이 단축되었다. 또한 차체 소재가 알루미늄 압출재의 최적설계로 경량화되고 소음성능이 개선되었다.

### 주요 경쟁차종 대비 연간 소요비용 우수

실용화 모델 경제성 분석 결과 주요 경쟁차종 대비 우수한 것으로 분석되었는데 좌석 당 가격을 보면 KTX-산천의 85% 정도로 저렴하다.



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 국가적 수출전략기술로 활용

동력집중형과 동력분산형 고속열차 기술을 모두 확보함에 따라 연간 250조에 달하는 세계시장 선점의 토대를 마련했으며 국가적 수출전략기술로 활용할 수 있게 되었다. 또한 국내 고속전철사업의 독자적인 추진기반을 구축하고 고속전철시스템 엔지니어링 분야의 독자기술력을 확보하는데 크게 기여할 수 있게 되었다. 이로써 고속철도산업의 대외 기술경쟁력을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 해외 고속철도시장 진출 전망

분산형 고속열차 실용화로 향후 엄청난 경제적 부가가치가 창출될 것으로 예상된다. 추진 중인 터키수주에 성공할 경우 3조원 매출이 전망되며 국내수요를 대체하고 해외수요를 고려할 때 생산 유발효과 약 17조원, 부가가치 유발효과 약 5조원, 고용 유발효과 약 6만 명을 예상한다. 또한 향후 국내 주요거점을 1시간 30분대로 연결이 가능해져 수도권과 지방간 격차가 크게 해소되고 국민의 편의를 증대할 것으로 기대된다. 또한 철도산업의 선진화로 국토가치 재창출 및 동북아 경제중심국가로서의 자긍심을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

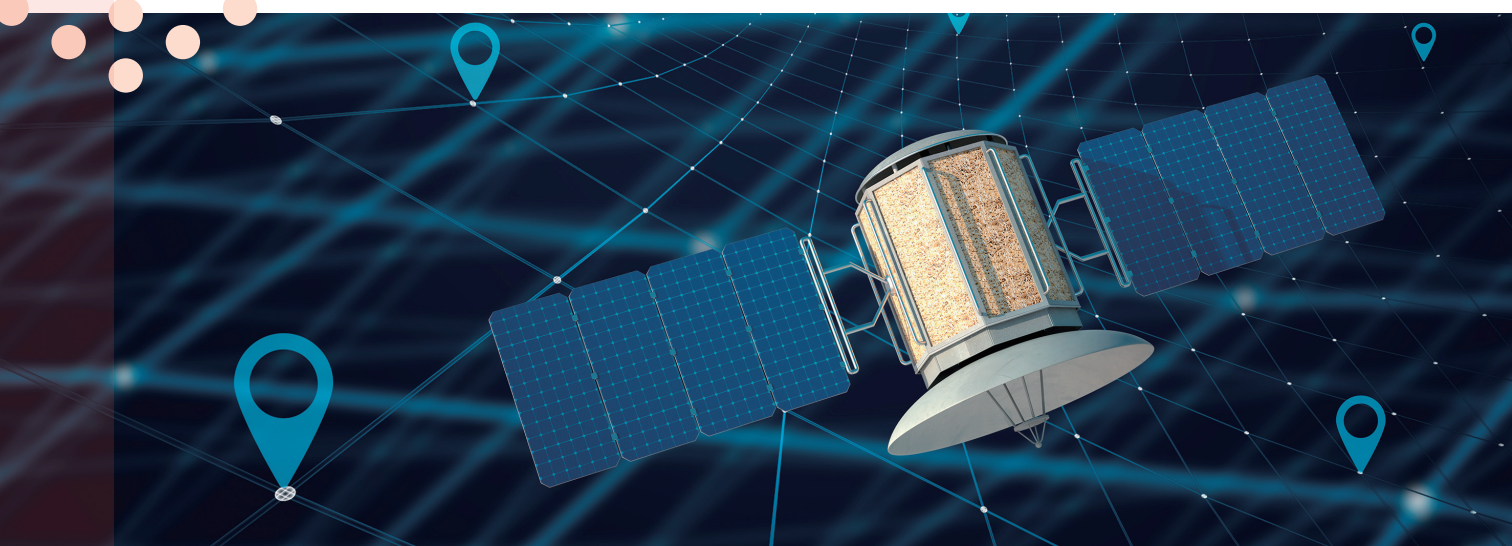


수상실적	2016년 대한민국기술대상 국무총리상
인력양성	박사 2명, 석사 4명
사업화	2016년 경전선, 중앙선, 서해선 등   4천292억원

# 자율주행차 시대 준비하는 정밀위치정보기술

**성과명** 차로구분이 가능한 정밀위치결정 첨단교통인프라 기술 개발  
**연구기간** 2009년 3월 - 2018년 12월  
**총연구비** 80억2천만원  
**연구자** 허문범 한국항공우주연구원 위성항법팀

경기도 화성에는 자율주행차 실험을 위한 가상도시인 K-시티가 32만㎡(11만 평) 규모로 구축되고 있어, 성큼 다가온 자율주행차 시대를 실감하게 한다. 그러나 자율자동차 상용화 시대를 맞이하려면 꼭 해결해야 할 과제가 있다. 육상교통의 안전과 효율성을 위한 차로구분 수준의 위치 정확도 확보이다. 그런 측면에서 '위성항법을 이용한 차로구분(1m이내) 수준의 위치결정기술'은 다가올 미래를 위해 꼭 풀어야 할 숙제를 푼 것과 다름없다.



## 연구목적

위성항법을 활용한 육상교통 분야의 위치결정 방법은 주요 ITS관련 과제를 통해서 수행하고 있으나 육상교통 환경의 특수성에 따라서 위성항법의 성능을 향상시키는데 한계가 확인되었다. 이 가운데 자율주행자동차 시대를 비롯한 4차 산업시대에 돌입한 시점에서, 기존의 한계를 극복한 위성항법을 이용한 차로구분 수준의 위치결정기술 개발은 C-ITS와 텔레매틱스산업 등 국내의 미래 교통인프라시장을 선점하기 위해서도 시급한 과제이다.

## 주요성과

### 육상교통용 위치결정 위성항법시스템기술 시연

GPS의 반송파(데이터 신호를 변조하기 위해 사용되는 기준 파형)를 활용하여, 우리 환경에 맞는 육상교통용 정밀위치결정 테스트베드를 개발하고 적용이 완료되었다. 2016년 3월, GPS전파 장애 구조물과 개활지가 혼재된 충북 오창 테스트베드에서 기술 시연으로 차로구분 위치결정 성능이 확인되었다. 또 2016년 12월, GPS전파 장애가 큰 도심지인 수도권 용인시 테스트베드에서 기술시험 평가를 완료함으로써 본격적인 상용화가 기대된다.

### 핵심기술 해외특허 등록 및 국제표준 추진을 통한 기술력 검증

차로구분 위치결정을 위한 네비게이션 장치, 시스템 및 방법에 관한 국내외특허(국외11건 등록 및 7건 출원, 국내 18건 등록 및 25건 출원)를 추진했다. 또한 국제 표준(ISO TC204 WG17) 예비단계 가결 및 제안도 추진하였다. 이로써 위성항법기반 교통인프라기술 국제 표준화 토대를 마련하게 되었다. 또 교통 선진국의 위성항법기반 정밀위치결정기술 대비 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다. 기존 방식에 비해 저가 단말기를 이용해서도 가용성 90%이상의 성능을 확보한 것으로 검증되었다.

### 기술이전을 통한 핵심기술 상용화 촉진

차로구분 정밀위치결정기술 이전(파인디지털社, MBC社)으로 응용기술 사업화를 추진하고 있다. 또한, 이동통신3社와 서비스 상용화 협력도 추진 중에 있다. 현재는 정밀위치결정 가용성 및 안전성 확대기술 및 시스템 통합운영 관리기술을 개발 중이다. 해당기술이 개발되면 전국 서비스 실시를 위한 기틀을 마련할 수 있게 된다.



## 연구의 차별적 특징

### 자율주행시대 막힘없는 첨단교통 가능

차량과 차량, 차량과 인프라 등 유무선 통신을 통하여 정보를 주고받는 차량·사물 통신인 C-ITS(협력·지능형 교통체계) 및 자율주행차 시대를 앞두고 육상교통용 위치결정 위성항법시스템 기술이 실현됨으로써, 안전한 무인 자동운전시대가 열릴 것으로 기대된다.

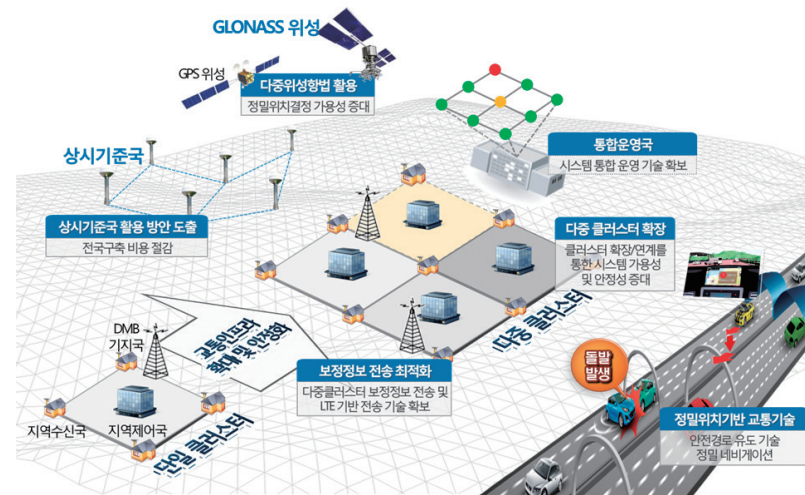
### ITS, 텔레매틱스 등 관련산업 분야 기술 선점

현재 GPS방식의 평균오차 15m를 획기적으로 개선한 차로구분 수준 오차범위를 1m이하로 줄임으로써 ITS, 텔레매틱스(차량 무선인터넷 서비스) 등 관련 세계시장에서 기술 선점이 가능해 질 전망이다.

### 국내 육상교통인프라의 핵심기술로 활용

현재까지 완료된 기술만으로도 국내 육상교통인프라 구축을 위한 핵심기술로 활용이 가능하다. 무인 톨게이트 기술, 차로 기반 차량 안전유도기술, 자율주행차량을 위한 도로시스템 인프라구축에 핵심기술로 쓰이게 될 전망이다.

위성항법기반 정밀위치결정시스템 구성도



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

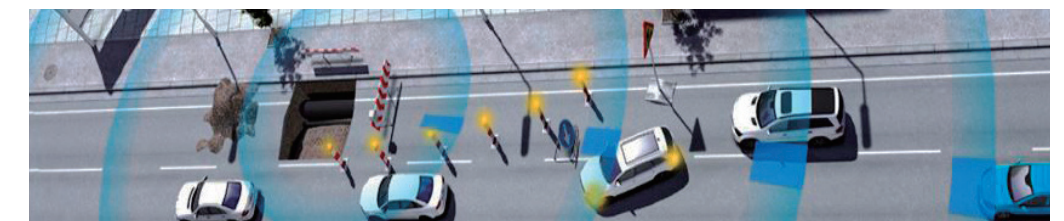
#### 차로구분 1m내 위치 정확도 확보

육상교통 환경에서 일반적인 사용자가 정확한 위치결정을 수행하기 위해서는 중저가 위성항법 수신기를 사용하여야 한다. 유럽을 기준으로 보면, 평균적인 차로의 폭이 3.5m이므로 적어도 차로구분이 가능한 수준의 위치결정을 위해서는 1.75m이내의 위치결정 정확도가 필요하다. 그러나 교통선진국에서도 현재까지 중저가 수신기를 사용하면 수평면에서 1.75m 이내의 정확도를 갖는 위성항법 활용 위치결정이 불가능했다. 그러나 이번 기술 개발로 중저가 수신기를 이용한 차로구분의 오차 범위가 1m 이내의 위치 정확도를 확보할 수 있게 되었다. 이는 중저가 수신기를 장착한 일반인들도 보다 정확한 위치 정보를 제공받을 수 있게 된다는 의미다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 차세대지능형 교통시스템인프라 구축

‘위성항법을 이용한 차로구분 수준의 위치결정기술 개발’은 차세대 지능형 교통시스템인프라 구축을 위한 핵심기술이라는 측면에서도 의미가 크다. 실제로 GPS전파 장애 구조물과 개활지가 혼재되어있는 충북 오창 테스트베드에서 시연한 기술시험평가 시험과 GPS전파 장애가 심한 수도권 도심지와 유사한 환경의 경기도 용인시에서 테스트베드 기술시험평가가 완료되었다. 이에 따라 C-ITS나 텔레매틱스에 적용되어 차세대지능형 교통시스템인프라 구축에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 다시 말해, 향후 무인 톨게이트 기술, 차로 기반 차량 안전유도 기술, 자율주행차량을 위한 도로시스템인프라 구축에 쓰일 수 있을 것으로 전망된다.



인력양성	박사 5명, 석사 3명
사업화	(주)CNPS - 골프 및 레저용 정밀위치결정 장비 "cm프로" (KPGA 공식 기록측정 장비 적용)
기술이전	(주)문화방송 - 위성항법기반 사용자 정밀위치결정기술 (주)파인디지털 - 차로구분 수준의 위성항법기반 위치결정기술

# 소형항공기의 항공사고를 예방한다

**성과명** 고정익 항공기 안전진단용 시스템 개발  
**연구기간** 2008년 6월 - 2013년 5월  
**총연구비** 55억1천6백만원  
**연구자** 석종낙 단암시스템즈(주) 기술연구소

항공기의 첨단기술 개발로 항공기 성능 및 안전성은 비약적인 발전을 하였고, 대형항공기의 항공사고는 점점 줄어들었다. 그러나 소형항공기에 의한 사고는 운항시간이나 운송인원에 비해 항공사고에서 큰 비중을 차지하고 있다. 소형항공기의 사고 방지 및 유지보수를 위한 소형항공기(FAR Part23급)용 안전진단시스템(HUMS)기술의 확보로 사고예방에 대한 기술인프라를 확보하게 되었다.

## 연구목적

소형항공기의 항공사고예방을 위해 소형항공기(FAR Part23급)용 안전진단시스템(HUMS) 개발을 통한 항공사고예방이 필요하다. 안전진단시스템의 운영기술은 비행하는 동안 저장된 데이터를 지상분석시스템을 이용하여 항공기 고장진단, 고장예측, 해석을 수행하는 기술이다. 본 과제는 소형항공기의 상태를 감시하고 진단 및 저장하는 탑재장치의 개발과 사업화를 위해 경량화, 저 전력화, 소형화 및 생산단가를 낮추는 것을 목표로 하였다.

## 주요성과

### 비행체용 결합형 안전진단시스템 개발

결합형 안전진단시스템(Combined HUMS, c-HUMS)의 시제품은 고정익 소형항공기 및 무인항공기에 탑재 및 운영을 고려하여 사업화를 목적으로 개발하였다. 개발하는 중에 경량화, 저 전력화, 소형화 및 생산단가를 낮추는 것을 추가 목표로 달성하여, 국내개발 무인항공기에 적용하였다.

### 주요 특허 출원 및 기술이전

소형 항공기 비행 데이터 저장장치와 회전사프트 진동변위 측정장치 및 그 방법에 대한 특허를 취득했고 게재 논문 6편, 학술대회 발표논문 35편, 실시간 안전진단시스템(HUMS)의 기술이전 등 다양한 연구 성과를 거두었다.

### 시제품 개발

**c-HUMS(저가형) 시제품**

  
1차 시제품

  
2차 시제품

  
3차 시제품

  
GSE 시제품

---

**i-HUMS(인프라형) 시제품**

  
DAFU 시제품

  
CQAR 시제품

  
PIP 시제품

### HUMS 개발 주요성과

**특허**

특허 제 10-108427 호 (2011.08.25)

특허 제 10-121029 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121030 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121031 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121032 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121033 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121034 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121035 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121036 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121037 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121038 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121039 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121040 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121041 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121042 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121043 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121044 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121045 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121046 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121047 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121048 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121049 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121050 호 (2012.08.29)

**특허**

특허 제 10-121029 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121030 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121031 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121032 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121033 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121034 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121035 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121036 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121037 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121038 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121039 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121040 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121041 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121042 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121043 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121044 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121045 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121046 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121047 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121048 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121049 호 (2012.08.29)

특허 제 10-121050 호 (2012.08.29)



## 연구의 차별적 특징

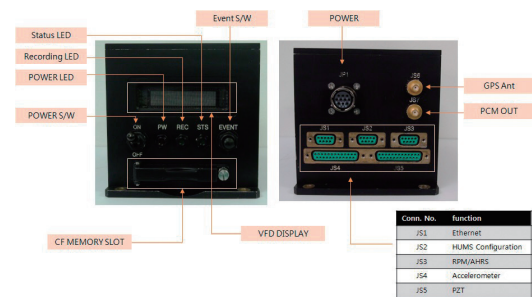
### 사업화를 위해 항공기를 이용한 비행시험 수행

소형 복합재 항공기의 날개(주익)구조물에 광센서 및 PZT 센서를 부착하여 비행시험 환경을 구축하였고 이는 사업화 발판을 마련하는 초석이 되었다.

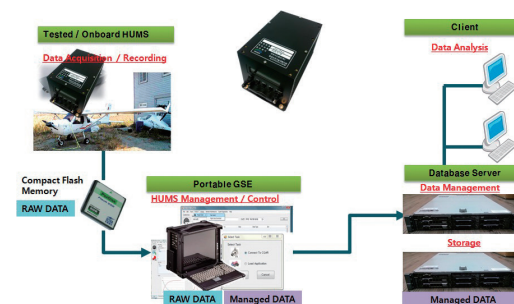
복합재 소형항공기 기반의 비행시험은 호주에서 제작한 JABIRU UL-D 모델을 선정하여 주익을 제작하고, 지상 및 비행시험을 통하여 실시간 안전진단시스템(HUMS)의 성능검증을 통한 사업화 가능성을 예측하였다. 단계별 비행시험의 수행은 다음과 같다.

- 1단계 : Testbed 장착센서 유효성 및 HUMS 장착 후 비행체 영향성 확인
- 2단계 : HUMS 장착 후 항전장비 안전성 점검 및 획득데이터 유효성 확인
- 3단계 : HUMS 알고리즘 검증을 위해 비행시험을 통한 기준 데이터 획득시험
- 4단계 : HUMS 비행데이터 누적 및 알고리즘 적용 추세곡선(CI Value) 검토

c-HUMS 시제 인터페이스



지상 분석 장비 비행 데이터 획득 및 처리 절차



HUMS 항공기 비행시험을 위한 주익 센서부착



HUMS 탑재 후 실 기체 비행시험 수행



## 연구 성과의 파급효과

### 기술부문

#### 미래형 고부가가치기술

항공기사고 예방기술은 항공기 유지보수의 기술수준 향상과 향후 늘어날 복합재료 구조물에 대한 구조 건전성 진단기술의 적용 및 응용이 가능한 미래형 고부가가치기술이다. 미래에는 항공기의 구조 건전성 진단기술에 매우 중요한 부분인 광섬유 센서시스템과 압전 트랜스듀서를 이용한 진동 모니터링 시스템이 있다. 이는 기계, 광학, 전자 및 전기공학 등의 다양한 분야가 융합된 복합적 기술이다. 여러 전후방 관련 사업에 기술적 파급효과가 클 것으로 예상된다.

### 사회경제사업화부문

#### 항공안전기술 개발 국산화

항공안전기술 개발사업의 성과는 우선 항공안전기술 개발 국산화에 따른 국제사회의 상징적인 성과와 국내산업의 생산유발, 부가가치유발, 취업유발 등이라고 볼 수 있다. 또한 항공안전기술 개발을 통한 항공기 적용을 통해 국내 항공 산업의 수출증대 및 국내 수요의 촉진을 가져올 수 있다. 현재 국내에서는 복합재료나 금속재료로 이루어진 실제 구조물에 구조 건전성 진단기술을 응용한 사례가 거의 없기 때문에 본 과제를 통한 기술 확보는 향후 국내의 복합재료 건전성 진단기술의 표준이 될 수 있을 것이다. 또한 대형항공기나 항공 우주 구조물이 복합재료로 대체되고 있는 실정이므로 이러한 구조물에 대한 구조 건전성 진단기술의 요구에 발 빠르게 대처할 수 있다.



고용창출	신규인력 7명 채용
인력양성	석사 6명
사업화	2016년 구조진단, 국과연, 9억2천만원 2016년 구조건전성, 대한항공, 22억8천만원

# Welfare R&D

다 함께 편안하고 따뜻하고 쾌적한 공동체의 삶을 위하여  
공공복지기술이 더 세심하고 더 완벽한 그림을 그린다.  
국민복지의 마지막 퍼즐을 맞출 때까지 국토교통R&D는 계속될 것이다.

## 공공복지기술

좁고 비탈진 도로도 문제없는 소형 제설장비

농촌지역을 위한 맞춤형 교통안전시설

콘크리트 뛰어넘는 무독성 친환경 소재 바이오폴리머

기존데이터 없이 교량 피로균열 감지

도시 물 순환 돕는 그린인프라 · 저영향개발센터

첨단 ICT를 접목한 스마트 하천정보 예·경보시스템

교통사고 제로에 도전하다

지역소도시를 위한 기술개발의 거점

# 좁고 비탈진 도로도 문제없는 소형 제설장비

성과명 **좁고 비탈진 도로도 문제없는 소형제설장비 개발**  
 연구기간 2013년 12월 - 2017년 3월  
 총연구비 49억5천7백만원  
 연구자 이종순 대동공업㈜

갓은 폭우, 폭설 등 기후변화에 대응하는 길은 곧 국가 경쟁력과도 직결된다. 강설 재해 발생 시 대규모 인력에 의존하는 제설작업에 소요되는 비용과 비효율성도 그 중 하나. 그런 측면에서, 25마력급 단일엔진을 장착한 대당 2천만원 내외의 소형 제설장비 개발은 좁고 비탈진 이면도로까지 문제없이 제설이 가능해, 대한민국 겨울철 국민안전과 생활편의 증진에 크게 기여할 것으로 기대된다.



## 연구목적

그동안 강설시 대규모 인력동원에 의존해온 제설작업은 국민안전과 생활불편의 문제를 초래했다. 특히 제설작업이 늦어져 발생하는 공원산책로 사고를 비롯해 비탈길 미끄러짐 사고는 겨울철 국민안전을 위협하는 문제 중 하나로 꼽힌다. 따라서 어떠한 도로 조건에서도 운행이 가능한 저가형 소형 제설장비 개발은 보다 안전한 국가경쟁력 확보를 위해서도 필요했다. 좁고 비탈진 도로에도 문제없는 소형 제설장비는 국민의 낙상사고 방지 및 국민의 삶의 질 향상에 크게 기여할 수 있기 때문이다.

## 주요성과

### 수입 대체와 국산화 실현

소형 제설장비(제품명 파워트레인)는 작업 중 엔진 RPM이 고정된 상태에서도 차량속력을 0~최대까지 무단 변속하는 주변속시스템을 확보했다. 또한 미끄러운 도로나 험로 등 오프로드에서 탁월한 탈출능력을 보유한 Part-time 4WD를 구현했고 겨울철 극한의 한파에도 등판성능 구현 및 작업중 주행부하 경감을 위한 고감속비 3단 부변속 기능도 구현했다. 아울러, 전방 동력작업기(브러시/블로워 등)의 동력 공급을 위한 동력 취출(Power Take Off) 구조도 제공하고 있다. 이 같은 기술실현은 수입대체는 물론, 국산화에 기여하게 되었다.

### 간선도로용 대형 제설장비 한계 극복

‘소형 제설장비 및 제설 표준화기술 개발 과제’를 통해 개발된 소형 제설장비 파워트레인은 25마력급 단일엔진을 장착한 대당 2천만원 내외의 보급형이다. 도로 주행이 가능한 차량형으로, 6가지 Quick-Attachment-Interface는 동일규격으로 호환이 가능해 기존의 간선도로용 대형 제설장비의 한계를 극복했다. 총 6종의 단위장비(제설삽날, 스노우 블로워/브러시, 살포기, 흡입식/블로잉 청소장치)를 소형 제설장비 본체에 교체 운용할 수 있어, 기존의 간선도로용 대형 제설장비 여러 대의 기능을 한 번에 실현할 수 있게 되었다.

### 오프로드용 파생산업 활성화 기여

소형 제설장비 개발은 이면도로 및 험로, 빙판길 등 제설작업의 특수성을 감안해 개발되었다. 따라서 어떠한 도로 조건에서도 운행이 가능하도록 독립현가장치와 4륜구동, 자동잠금 기능이 기본적으로 구비되어 있다. 더불어 동력 공급 역시, 별도의 엔진을 부착하지 않고 메인 엔진으로부터 고효율 기계식으로 동력전달을 수행하여 기존장비에 비해 탁월한 연비 실현이 가능해졌다.



## 연구의 차별적 특징

### 작업조건별 Quick-Attachment 가능

기존 P사 & B사의 상용 장비인 버킷(bucket), 포크리프트, 모어(Mower), 그레플(Grapple)을 활용 가능하도록 동일규격의 호환성도 갖췄다. 이로써 작업조건에 따라 Quick Attachment의 기능 변경을 통한 작업 능력이 확장되었으며 작업기 파손도 줄일 수 있도록 개선되었다.

### 탁월한 연비 실현 가능

별도의 엔진을 부착하지 않고 메인 엔진으로부터 고효율 기계식으로 동력을 전달할 수 있게 설계되어 기존 장비에 비해 탁월한 연비 실현이 가능해졌다.

### 농업기계 인증으로 면허 없이 운전가능

그동안 제설장비 운용을 위해서는 별도의 면허가 필요해 전문인력이 필요했다. 그러나 소형 제설장비 파워트레인 은 간단한 운전교육만 받으면 운전이 가능한 농업기계 인증 형식을 따라 향후 발생할 수 있는 인력수급 문제를 해결했다.

### 제설현장 상용화 시행 중

2016년 서울시에 시범운용을 위한 장비를 공급해 실제 제설현장에 활용한 바 있으며, 사업화 추진시 조달 사업을 통한 장비공급으로 민간 및 공공기관에서 활용이 가능하다.

### 전국망 확보로 신속한 AS 가능

사업화 이후 필요한 사후서비스는 주관연구기관인 대동공업(주)의 전국적인 A/S망을 활용하여 처리되어 신속한 정비가 가능한 장점이 있다.

소형 제설장비 본체



Quick Attachment Interface



Quick Attachment Interface에 포크 리프트 부착 예



## 연구 성과의 파급효과

### 기술부문

#### 오프로드 장비 응용 시 신산업 창출

본 과제로 개발된 소형 제설장비용 기술을 활용하여 각종 산업용 오프로드 장비에 응용 시 다양한 파생 장비 개발이나 산업 활성화가 기대된다. 앞으로 소형 제설장비가 확대 공급될 경우, 장착 가능한 Quick Attachment Interface에 호환되는 다양한 작업장비 개발로, 신산업 분야를 창출할 수 있을 것이다. 소형 제설장비 또한 제설작업 외에 다양한 용도로 활용 가능하게 되어 장비 활용도는 더욱 증대될 수 있을 것으로 기대된다.

### 사회경제사업화부문

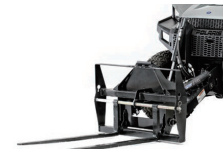
#### 대규모 인력동원의 비효율적 제설작업 개선

강설 재해 발생 시 대규모 인력에 의존하는 제설작업을 소형 제설장비가 대체함으로써 신속한 제설과 더불어 동원 인력 축소로 그간 고비용 저효율의 구조를 개선할 수 있게 된다. 아울러 좁은 도로, 비탈진 경사로, 공원 산책길 등 제설장비가 들어갈 수 없었던 이면도로의 제설문제를 보다 빠르고 편리하게 해결할 수 있어, 이로 인한 사고를 감소시킬 수 있다. 겨울철 낙상사고와 자동차 접촉사고, 우편물 배송 지연 등 이면도로 제설로 인한 사회 경제적 손실은 국민의 삶의 질과도 직결된 문제이므로, 소형 제설장비의 개발은 대한민국 겨울철 국민안전과 생활편의 증진에 기여할 것으로 기대된다.

Bucket



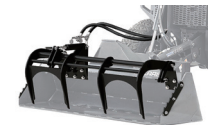
Fork Lift



Mower



Grapple



특 허	2016년 국내 2건, 미국 1건
사업화	서울시 장비 무상 임대 수리 및 기술지원
특수성과	소형 제설장비 인증, 서울시 시범운행

# 농촌지역을 위한 맞춤형 교통안전시설

성과명 **지역소도시 교통사고 저감을 위한 센서기술 기반 차량·인명 상호인식 기술 개발**

연구기간 2013년 6월 - 2017년 2월

총연구비 11억4백만원

연구자 이민재 충남대학교 토목공학과

대도시와 다른 교통 환경을 가진 농촌지역에 맞춤 교통안전시설물을 개발하고 적용하여 교통사고를 줄이고 교통안전환경을 개선하는 연구로서 기존의 교통안전기술과 차별화 된 기술을 적용하였다. 서행하는 농기계의 추돌사고 같은 특수상황을 고려한 인식시스템, 신호등을 따로 설치하기 어려운 생활도로 같은 곳에서 차량에 대한 안전 LED 신호체계를 구축하는 등 지역소도시의 교통사고를 감소시킬 수 있는 지역기반 적정기술을 개발하였다.



## 연구목적

대도시에 초점이 맞추어진 교통안전에 관한 기존의 개념을 소도시 농촌지역의 특성에 맞게 전환하여 지역의 환경에 맞는 교통시설물을 개발하고 적용하고자 시작한 연구이다. 지역특성에 따른 마을 진출입로, 블라인드 코너 등에 설치하여 교통사고를 줄이는 등의 맞춤형 교통안전시설물을 개발하고 보행자 이동특성을 고려한 보행자 인식센서를 개발하는 등, 적재적소에 맞는 능동적인 교통안전에 관한 연구를 목표로 했다.



## 주요성과

### 설치비용이 저렴하고 농작물 피해가 없는 인식등

교통약자의 이동특성 및 보행자 인식센서를 개발하여 테스트베드를 설치하였다. 특히 교통약자 노견용 인식등은 기존 가로등 대비 설치비용이 저렴하고 농작물 피해가 거의 없다. 또한 보행자 건널목 인식등은 기존 건널목 신호등에 비해 설치비용이 저렴하며 센싱과 태양광을 이용한 자생형 기술이다.

교통약자 노견용 인식등



### 농기계 운행안전 LED전광판

농촌지역에서 주야간에 서행하는 농기계로 인한 후발 추돌 교통사고를 예방하기 위한 운행안전 LED전광판을 설치함에 있어 유연한 관리가 가능하고 태양광 자체충전방식으로 유지관리가 용이하다.

보행자 건널목 인식등



### 차량인식시스템으로 교차로 안전 개선

차량인식시스템을 이용한 교차로 안전 개선시스템을 블라인드 교차로 등 사각지역에 설치하여 방사형스캐너를 통해 감지영역을 도로유형에 맞게 적용했다.

농기계 운행 안전 LED 전광판 설치



### 야간보행자 안전성 향상

야간보행자의 안전성을 향상시키기 위한 시설물로 도심/비도심 지역의 가로등이 설치되지 않은 구간과 교통량과 야간보행자가 많은 길 가장자리에 교통약자 노견용 인식등을 설치했다. 가로등 미설치지역에서 야간운전자의 시인성이 확보됨으로써 보행자의 교통안전이 확보되는 효과가 있다.

차량 인명 상호인식시스템 제품





## 연구의 차별적 특징

### 지역여건에 적절한 교통안전기술

기존 교통안전기술 대비 본 연구에서 도출된 교통안전기술은 농촌지역에 적용하기 위한 특성을 가진 적정기술기반 교통안전시설물이다. 교통약자 노견용 인식등의 경우 기존의 가로등 대비 설치비용도 저렴하고 빛 공해로 인한 농작물 피해가 적어서 농촌지역에 알맞은 교통안전시설물이다. 또한 고령화 되어가는 농촌지역 보행자의 특성에 맞춘 인식센서를 개발하여 적용했다.

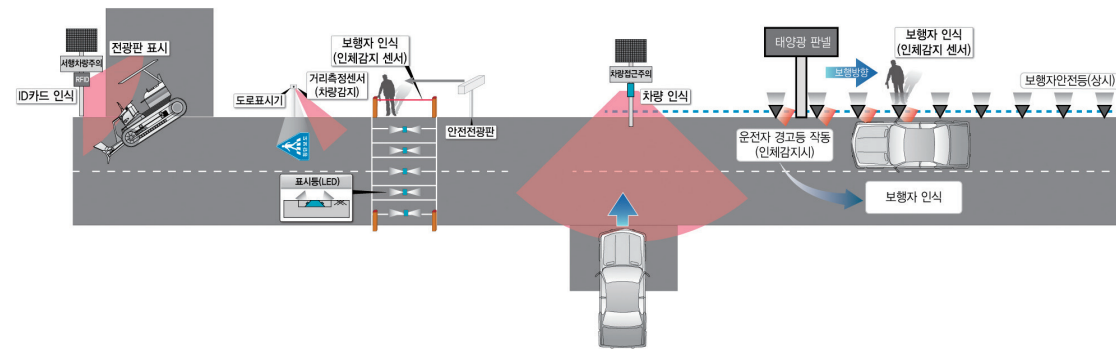
### 경운기 운행안전시스템 개발

기존에 없던 새로운 농촌형 교통안전시설물로 경운기 운행안전 인식시스템을 개발했다. 또한 보행자 건널목 인식등은 기존 건널목 신호등에 비해 설치비용이 저렴하며 센싱과 태양광을 이용한 자립형 기술이다.

### 신호등 설치가 어려운 지역에 차량/인명 상호인식시스템 이용

차량/인명 상호인식시스템을 이용한 안전포스트는 신호등 설치가 어려운 농촌지역 특성에 맞춰 마을 진출입로, 블라인드 코너 등에 설치하여 교통사고를 줄일 수 있는 효과가 있다. 방사형 스캐너를 이용한, 기존에 없던 농촌형 교통안전시설물로 혁신적인 제품이다.

테스트베드 설치도(개선품 및 시제품)



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 태양광에너지를 이용한 친환경제품

신재생에너지인 태양광에너지를 이용하여 전력을 충전하는 친환경제품으로 에너지 절약을 할 수 있고 인체감지센서를 통해 사람과 차량의 통행이 적은 지역에서 불필요한 전력소모와 빛공해를 감소시킬 수 있다. 또한 충청권 지역 소도시의 교통사고 특성을 고려한 교통안전기술로서 기존의 대도시 위주의 기술보다 지역에서의 실용성이 높을 것으로 기대된다. 특히 농기계 운행안전을 위한 교통안전기술을 개발하고 보급기반을 마련했다는 점에서 의미가 크다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 교통사고 감소효과와 에너지 절감

비교적 교통안전시설이 낙후된 지역소도시 주민들의 교통사고안전성을 확보함으로써 사회적 비용이 감소될 것으로 전망한다. 개발기술은 시제품의 소형화를 통해 기존의 유사기술에 비해 재료비와 시공비가 적게 들고 센싱 및 태양광에너지 기반기술로서 유지관리비가 매우 저렴하다. ICT(센싱)기반의 능동적 교통안전기술로 기존의 수동적 신호체계보다 도로이용자 측면에서 심리적인 안정감을 가질 수 있고 태양광기반 재생에너지기술로 에너지 사용량 절감과 그로 인한 저탄소화에 기여할 것으로 예상된다.



수상실적	2016년 건설관리학회 학술대회에서 우수논문상 수상
고용창출	신규인력 2명 채용
인력양성	석사 2명
기술이전	2016년 차량/인명, 차량/차량 상호인식시스템, 특허권

# 콘크리트 뛰어넘는 무독성 친환경 소재 바이오폴리머

성과명 **무독성 친환경 소재 바이오폴리머를 이용한 생태하천 복원기술**  
 연구기간 2011년 7월 - 2018년 7월  
 총연구비 총 58억6천7백만원  
 연구자 안흥규 한국건설기술연구원 수자원하천연구소

21세기 산업을 관통하는 키워드는 친환경과 경제성이다. 끊임없이 신소재가 개발되는 것 또한 이러한 흐름과 일치한다. 저비용 고강도 재료인 콘크리트는 값싸고 튼튼한 재료지만 물속에 장기간 노출되면서 중금속을 포함해 각종 유해물질이 용출되고 생태계가 위협을 받자 이를 해결할 새로운 기술이 등장했다. 무엇보다 기존의 하천조성기술을 넘어선 경제적이고 친환경적인 하천 복원기술이 개발되었는데 바로 무독성 친환경 소재인 바이오폴리머를 이용한 생태하천 복원기술이 그것이다.



## 연구목적

독성물질이 포함된 콘크리트 대신 무독성 식물성 폴리우레탄 접착소재 바이오폴리머(biopolymer)를 활용해 하도 및 저수호안에서 치수적으로 안전하고 생태적으로 건강한 하천으로 복원할 수 있는 생태복원기술을 개발하고자 했다.



## 주요성과

### 적용기술에 대한 실험적 데이터 확보

개발된 기술에 대한 안전성을 확보하기 위해 실내실험, 실규모 하천실험, 고유속실험을 시행했다. 실내실험에서는 '하상보호공(보(淤)나 낙차공과 같은 구조물 하부의 침식을 방지하기 위해 하천 바닥에 설치하는 기술)'의 토양흡출 방지를 위한 포설두께 산정공식을 개발하고 이를 적용했다. 또 실제 규모 하천실험장인 안동하천실험센터에서 유속에너지가 표면 유속 대비 30%가 절감되는 효과도 확인했다. 끝으로 유속 5m/sec에서 안전성을 담보하는 고유속실험 및 소류력 측정실험도 성공적으로 마쳤다.

### 친환경 소재 바이오폴리머를 활용한 저수호안 및 하상보호공 개발기술 검증

친환경 소재인 바이오폴리머를 활용하여 개발된 기술을 현장에 적용하기 위해 지자체(창원시/김해시)와 MOU를 체결하고 창원시 광려천과 김해시 대청천 현장에 시범사업을 추진했다. 개발기술의 수리적 안전성과 생태성도 검증했다. 홍수 전후를 포함해 계절별로 물리(하상변동/수심/유속 등), 화학(수질 및 저니질), 생물(식생/어류/저서무척추동물/양서파충류/부착조류 등)학적인 모니터링도 성공적으로 실시했다.

### 물리, 화학, 생물학 면에서 안전하고 친환경적인 기술 확인

개발된 기술은 대규모 홍수에도 하상이 변동되거나 침하와 이탈현상이 나타나지 않고 수리적으로 안전했다. 또 사업구간을 전후로 비교한 결과, 오염물질이 용출되지 않아 생태계에 미치는 영향이 없었다. 특히, 하상보호공의 경우 깨끗한 물에서 확인되는 부착조류(附着藻類)의 비율도 더 높게 나타났다. 하상보호공 안에 조성된 여울구조를 통해 용존산소(물 또는 용액 속에 녹아 있는 분자상태의 산소)가 공급되어 수질이 개선된 것이다. 이뿐 아니라 홍수 때에 하천호안 및 하상보호공 골재 틈 사이(공극)로 자연스럽게 토양과 종자가 공급되기 때문에 별도로 식물을 식재하지 않아도 식물이 자랄 수 있는 환경을 만들어줘 하천경관도 크게 개선됐다.



## 연구의 차별적 특징

### 독성 없는 자연친화적인 소재 바이오폴리머 활용

식물성 소재에서 추출한 바이오폴리머(Bio-polymer) 접착소재가 하천생태계(어류 및 양서류)에 미치는 영향을 분석해 독성이 없다는 것을 검증했다.

### 차수시트 미활용

호안조성기술은 하천 유수에 의한 침식으로부터 하안과 제방을 보호하기 위하여 조성하는 공작물이다. 기존에 저수호안을 조성할 때에는 사면부 토사가 유출되는 것을 방지하기 위해 차수시트를 설치해야 했다. 문제는 차수시트를 설치하면 저수호안 표면에 도입되는 식물의 뿌리가 흙에 연결되지 않아 식물과 생물이 제대로 자랄 수가 없다는 점이다. 하지만 개발된 기술은 차수시트가 없어도 토사가 빠져나가지 않도록 다층의 구조(필터층)를 만들었는데, 이것은 식물이 다공질 틈새로 뚫어나가 뿌리를 내리고 저수호안 표면에 붙어 원활히 자랄 수 있게 도와주는 역할을 한다.

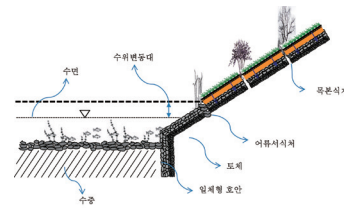
### 공기 단축 및 경제성 높여

기존에는 미끄럼방지공과 사면부를 따로 설치해 공사기간도 길고 단가도 비쌌다. 하지만 미끄럼방지공과 사면부를 하나로 합쳐 공사기간을 단축시키고 시공비용도 30% 가량 절감했다.

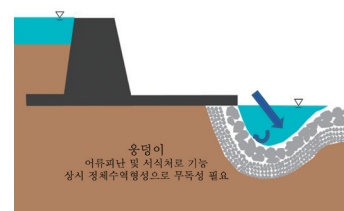
### 치수 안전성 확보

기존의 호안조성기술 중에 식물과 생물이 자랄 수 있는 식생호안은 생태적으로 양호하지만 홍수 때에 유실되기 쉬워 수리적으로 안전하지 못하다는 평가를 받아왔다. 또한 대부분의 하천조성기술들이 과학적으로 검증되지 못하였기 때문에 사용자들이 신뢰할 수 있는 기술이 요구되었다. 개발된 기술은 실내실험과 실규모 하천실험을 통해 수리적인 안전성을 검증하였고, 시공시 포장두께 산정공식도 제시했다. 또한 GPR비파괴분석법을 활용하여 개발된 호안공법이 일정 규모의 홍수가 발생해도 무너지거나 붕괴·유실되지 않는다는 것을 검증함으로써 홍수에도 견딜 수 있는 안전하고 신뢰성 있는 기술로 친환경 조성에 일조할 것으로 보인다.

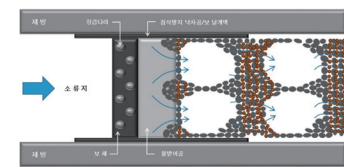
일체형 호안조성기술



하상보호공 모식도



하상보호공 모식도



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 내구성 · 생태 환경성 뛰어난 친환경 생태하천 조성

기존기술은 홍수가 날 경우 이탈하고 훼손되어 제 기능을 하기 힘들지만 개발기술은 유수에너지를 흡수하고 저감시켜 이탈과 훼손되지 않고 호안과 하상을 보호한다. 또한 기존 콘크리트에서는 강 알칼리(pH), 납, 카드뮴, 크롬과 같은 중금속이 약 10년간 지속적으로 방출되어 하천환경에 악영향을 미쳤다. 이에 반해 개발기술은 내구성과 환경성, 생태성이 뛰어나 친환경 생태하천을 조성할 수 있다. 또 관련 특허 및 원천기술기반 신기술로 지정될 경우 하천복원기술이 크게 향상될 것으로 기대된다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 저수호안 · 하천구조물 개선되고 관련 산업 활성화

개발된 기술은 지역주민에게 홍수에 안전하며 건전한 하천생태계를 제공하고 빼어난 하천경관과 다양한 문화행사가 이루어질 수 있는 하천공간도 제공할 것으로 보인다. 단순 설치비용도 최소 30% 절감될 뿐 아니라 홍수 발생 시 20% 유실이 발생한다고 가정할 때 유지관리비용도 70% 절감될 것으로 예측된다. 무엇보다 2차 환경부담금까지 고려하면 경제성이 매우 뛰어나다. 이 기술은 국가·사회적으로도 크게 일조해 국가와 지방 하천의 저수호안 전반과 전국 약 50,000여 개의 하천구조물을 개선하고 개량하는 데에도 활용될 것으로 기대된다. 또 하천복원과 관련한 신소재산업이 활성화되고 관련 시공법에도 활용될 것이다.



수상실적	2016년 국토교통부 장관상
사업화	- 다층 다공성 하상보호공 및 시공방법(남양주시 월문천) · (주)SBB, 110백만원(2016) - 다층 다공성 하상보호공 및 시공방법(창원시 광려천) · (주)SBB, 113백만원(2016)
기술이전	다층 다공성 하상보호공 및 시공방법 · (주)SBB

# 기존데이터 없이 교량 피로균열 감지

**성과명** 피로균열 감지 비선형 초음파 기술 및 무선 센서 노드 개발  
**연구기간** 2013년 6월 - 2018년 5월  
**총연구비** 약 6억원  
**연구자** 손 훈 한국과학기술원 건설 및 환경공학과

교량을 비롯한 사회기반시설물 및 공공시설물의 안전 확보에 대한 대국민 신뢰가 강조되고 있는 시대다. 성수대교 붕괴사고로 사전 안전점검의 중요성을 경험한 우리로서는 이와 관련된 원천 기술의 확보가 매우 중요한 가치를 지닌다. 기존에 계측한 데이터가 없는 상태에서도 피로균열의 유무를 판단할 수 있는 비선형 초음파 기술과 강재 피로균열 모니터링용 무선 센서 노드가 개발됨으로써 국가적인 차원의 안전기술 확보는 물론이고 사업화를 통한 기술이전 및 수익창출도 기대할 수 있게 됐다.



## 연구목적

교량사고의 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리기술 개발의 필요성이 요구되고 있다. 강재에 발생된 피로균열 감지기술 및 무선 센서 노드 개발은 관련 지적재산권 확보와 개발기술의 건설시공사 또는 교량 유지관리 업체로의 기술이전을 통한 제품화 및 상용화에 크게 기여할 것이다. 또 교량 뿐만 아니라 초고층빌딩, 해상크레인 등 강재 피로균열 모니터링이 필수인 새로운 산업 분야 시장개척과 해외 사회기반시설물 모니터링 시장으로 진출도 기대할 수 있다.



## 주요성과

### 비선형 초음파기술 개발

기존에 계측한 데이터가 없는 상태에서도 피로균열의 유무를 판단할 수 있는 기술이다. 금속 구조물의 피로균열과 같은 손상은 국부적으로 비선형성을 가지며 초음파가 해당 영역을 통과할 때 초음파로 인한 균열의 여단힘으로 인해 가진한 주파수 성분의 조화 및 변조성분이 발생하는 성질을 적용하여 피로균열을 진단한다.

강재 피로균열 모니터링용 무선 센서노드 시제품



### 강재 피로균열 모니터링용 무선 센서 노드 개발

비선형 초음파기술을 적용한 강재 피로균열 모니터링용 무선 센서 노드를 개발했다. 에너지 하베스팅 기법을 적용하여 배터리 교체 없이 반영구적으로 운용이 가능하며, 무선 데이터 통신 알고리즘을 탑재하여 무선 센서 노드에 접근 없이 교량의 건전성 평가를 진행할 수 있다. 영종대교와 남해대교 현장에 적용하여 온도 변화 및 KTX 통행으로 인한 하중 변화에 대해 성능 검증을 실시한 결과, 주변 환경 변화에 관계없이 일정한 결과가 도출되어 현장 조건에서도 피로균열 진단이 가능한 것으로 확인됐다.



### 무선 센서 노드 전력 수급용 진동기반 에너지 하베스팅기술 개발

교량내부의 경우, 태양에너지 또는 바람 등이 존재하지 않으므로 무선 센서 노드에 에너지를 공급하기 위하여 차량 통행으로 발생하는 상시 진동에 의한 에너지 하베스팅기술을 개발하였고 영종대교 현장에 적용하여 성능 검증을 실시했다.



## 연구의 차별적 특징

### 육안으로 확인 어려운 미세 피로균열 감지

육안으로 확인이 어려울 정도의 미세 피로균열에 따른 구조물의 유지보수가 시급한 시점이다. 비선형 초음파 기법의 경우 수  $\mu\text{m}$  수준 균열 폭을 갖는 피로균열에 대해 검출이 가능하여 조기에 피로균열에 대한 정보를 획득할 수 있어 적절한 시기에 적절한 방법으로 유지보수가 가능하다. 강재 구조물의 내구 수명을 증진시키는 효과가 있다.

### 기존에 계속한 데이터 없이도 피로균열 유무 판단

기존 피로균열 모니터링 기법은 정상상태에서 계속한 기본 데이터를 전제조건으로 하여 데이터의 변화 유무로 피로균열 진단을 실시한다. 정상상태에서 계속한 데이터가 변질 또는 손실 될 경우, 피로균열의 판단이 불가능해지는 경우가 발생할 수밖에 없다. 비선형 초음파 기반 피로균열 진단기술의 경우, 기존에 계속한 데이터 없이도 피로균열 진단이 가능하다.

### 배터리 교체 없이 반영구적 운용

배터리로 구동이 되는 기존 센서 노드는 배터리 수명이 센서 노드의 수명에 비해 짧기 때문에 배터리 교체 등 센서 유지에 많은 비용이 든다. 무선 센서 노드의 경우, 태양에너지, 진동에너지 등 주변 환경에너지를 저장하는 에너지 하베스팅기술을 접목하여 무선 센서 노드를 배터리 교체 없이 반영구적으로 운용 가능하다.

### 무선통신 알고리즘 탑재

기존 센서를 적용한 구조물 모니터링 시스템의 경우, 데이터 수집을 위해 센서와 계측시스템을 연결하는 케이블을 설치한다. 센서와 계측시스템이 멀 경우, 케이블에 소비되는 비용이 증가하고 케이블이 길어짐에 따라 신호에 잡음이 섞이는 현상이 증가하는 이차적인 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 무선 센서 노드에 높은 에너지 효율을 지닌 무선 통신 알고리즘을 탑재하여 케이블 설치 없이도 데이터를 통신할 수 있게 됐다.

영종대교 현장 적용 모습



남해대교 현장 적용 모습



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### ‘무선내장형 센서 노드 시스템’ 원천기술 확보

기존의 피로균열 모니터링 시스템을 무선내장형 센서 노드시스템으로 대체할 수 있는 핵심 원천기술을 확보했다. 설계변경이나 전력선 및 배터리 교환이 필요 없는 반영구적 무선 내장형 센싱기술 개발을 통한 무선 센서 노드 내 구성과 수명 향상 그리고 모니터링시스템의 적용성·운용성 개선이 가능하다. 강재 교량뿐만 아니라 항공기 날개 이음부인 Fitting-lug, 해양크레인 용접부, 고속철도 하부 구조 Bogie, 원전 배관 볼트체결부 등 다양한 구조물에 적용되어 높은 부가가치 창출이 가능하다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 국내외 기업체로의 기술이전 통한 수익모델 창출 가능

첨단 안전 모니터링기술 개발 및 적용을 통해 강재 피로균열 발생에 대한 조기 진단을 통한 구조물 안전성 향상 및 대형사고 방지가 가능해졌다. 이로 인해 사회기반시설물의 안전성 보장은 물론이고 정부와 기업의 이미지를 쇄신하고 국민과 소비자의 신뢰 확보와 안전에 대한 요구를 충족시킬 수 있게 됐다. 또한 기존기술 대비 시스템 설치비용, 유지관리 비용 및 시간을 혁신적으로 절감시키는 한편 원천기술 개발로 확보된 지적재산권의 국내외 기업체로의 기술이전을 통해 수익모델 창출도 가능하다. 최근 급격히 성장하고 있는 세계 구조물 유지관리 분야 시장 개척 및 시장 우위 선점을 기대할 수 있게 됐다.



논 문	2016년 2건(SCI)
안력양성	박사 1명, 석사 2명
사업화	피로균열 모니터링시스템 영종대교 상용 설치 (티엠이앤씨, 이제이텍)
기술이전	1건 (“비선형 초음파 모듈레이션 기법을 이용한 구조물의 무선 진단 장치 및 그를 이용한 안전진단 방법” 특허로 티엠이앤씨, 정액기술로 1억원 및 3% 경상기술료)

# 도시 물 순환 돕는 그린인프라·저영향개발센터

**성과명** 건전한 도시 물순환 구현을 위한 그린인프라 및 저영향 개발 기술 효율성 및 교육 검·인증 센터 구축

**연구기간** 2012년 11월 - 2018년 2월

**총연구비** 257억9백만원

**연구자** 신현석 부산대학교 사회환경시스템 공학부

수질이 오염되고 물 순환 장애를 겪으며 하천 생태계가 파괴되고 전 세계적으로 물 부족 현상이 진행되고 있다. 우리나라도 2025년에는 물 부족국가로 전락할 가능성이 크다. 원활한 물 순환이 파괴되면 도시 가뭄 및 침수가 동시에 발생할 뿐 아니라 돌발 호우가 급증하고 수질이 악화되는 심각한 부작용이 발생한다. 그린인프라·저영향개발센터 설립은 기존 인프라를 활용한 우수 관리 전략에서 벗어나 홍수량과 비점오염량 증가를 효율적으로 분담할 수 있는 새로운 관리 방안으로 큰 의미를 지닌다.



## 연구목적

도시화와 기후변화 탓에 천연자원인 강우와 우수의 물 순환이 왜곡되어 왔다. 이 때문에 홍수재해, 수자원 부족, 오염, 열섬과 같은 수많은 문제들이 발생했고, 이를 해결하기 위해 GI(Green Infrastructure)와 LID(Low-impact development)기법을 활용하고자 했다. 본 연구는 도시재생 연구, 교육 및 인·검증사업이 필요하다고 판단하고 한국 그린인프라 및 저영향개발기술 검증 및 인증을 위한 통합 실증실험동과 단지를 구축하고자 했다.



## 주요성과

### 물 순환 효율성, 수환경, 지반-구조안정성 관련 통합 검·인증 시스템 구축

표면유출수, 지표하유출수, 증발산, 침투계수 외에 다양한 강우관리 효과를 분석하고 물 순환의 효율성을 높였다. GI&LID, 기술의 pH, 전기전도도, 수온, BOD 외에 활용 목적에 따라 수환경을 분석할 수 있으며 강우 침투로 하부지반이 안정한지, 또 GI&LID 제품의 내구성은 어떠한지 모두 분석 가능하다.

### 공무원, 기업체, 일반인 대상 GI·LID 교육프로그램 운영시스템 구축

국토교통부, 국토교통부 수자원정책국, KAIA, 환경부, 한국환경공단, 국회의원 외 다수의 정부기관 및 연구기관 관계자들이 방문했다. 2016년 1월 이후, 공식 방문 작성자 수 기준으로 총 25건(470명)이 방문했고 비공식적 방문자까지 고려하면 약 700명에 이를 만큼 GI·LID 교육프로그램의 발전 가능성을 보여줬다.

### 실외 복합 GI&LID 기술 성능평가 시설

건축형 시설(옥상녹화, 건물화분, 우수저류조 외), 도로 및 주차장형 시설(투수성 아스팔트 및 콘크리트, 블록, 거리화분 외), 빗물정원형 시설(빗물정원, 모래여과시설 외), 생태공원형 시설(습식 및 건식연못 외) 등 시험시설을 개발하고 구축했다. 또한 실외실증단지 통합모니터링 시스템도 갖췄다. 각 LID 시설의 유출특성을 고려한 최적화 설계 및 자료의 신뢰성 확보, 단위시설의 변동성에 따른 Flexible한 시스템, 경제적인 시스템, 자료의 공유, 확산 등을 목표로 구축했다.

### 한국형 LID 해석모형 개발

해외에서 개발된 LID 분석가능 모형의 현황과 상세기능, 계산방법 등을 조사하고 상세히 분석해 이를 벤치마킹 하여 연구에 활용, LID 계산로직 분석을 통한 WWHM-SWMM 기반 한국형 LID-해석모형(K-LIDM)을 개발했다. K-LIDM은 미국 EPA의 SWMM과 비교해 지하수연동모의 기능이 우수하고 LID 컴포넌트가 10개 탑재돼 있다.



## 연구의 차별적 특징

### 그린인프라·저영향개발센터 건립

기존에는 저영향개발기술에 대한 평가 장비나 시설이 전무했다. 하지만 센터 건립으로 저영향개발, 그린인프라기술의 검증 및 인증을 위한 실내·실외 장비 및 시설을 구축할 수 있게 되었다.

### 물 순환 효율성 및 수환경 검증 가능 시설

해외 사례와 비교해 볼 때 수문학적 특성만을 시험할 수 있는 국외 검증기술과 달리, 수환경과 구조적 안정성에 대한 시험이 모두 가능하다는 점이 돋보인다. 또한 국내 저영향개발 사업 추진 시 객관적이고 신뢰성 있는 기술성능 데이터를 제공할 수 있어, 이를 바탕으로 보다 합리적인 비용과 효율적인 방법으로 사업을 추진할 수 있다.

### 동시간 여러 기술 계측·분석

실시간 모니터링 관측이 가능한 시스템이다. 인력으로 측정하는 경우와 비교해 같은 시간 안에 여러 기술을 계측하고 분석할 수 있는 강점이 있다.

한국 GI·LID센터 실내시험동 전경



LID 물순환 효율성 검증장비



LID 폐색성능 검증장비



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 선진적인 GI·LID 검증 및 실증기술로 공공성·신뢰성 확보

선진적인 GI·LID 검증 및 실증기술이 개발돼 공공성과 신뢰성을 동시에 확보할 수 있다. 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원이 지원하고 '건전한 도시 물순환 인프라의 저영향개발(LID) 및 구축·운영기술'이라는 연구단명으로 시행된 이번 센터건립으로 그린인프라 및 저영향개발기술 실험실증과 도시의 물 순환 왜곡을 해결하기 위해 빗물관리기술(국토부R&D), 그린인프라 및 저영향개발기술 교육, 그린인프라 및 저영향개발연구 및 컨설팅 활동을 충실히 수행할 수 있게 되었다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 해외사업 진출 및 전문가 양성·교육

그린인프라 및 저영향개발기술은 도시 물 순환을 위한 침투와 저류 기능을 건축·도로·공원·공공부지 등의 도시시설에 부여하고, 분산적으로 빗물관리를 수행해 재해로부터 안전하고 친환경적으로 도시를 녹색화 하는 기술이다. 따라서 세계적으로 주목받고 있는 미래 녹색도시기술 중 하나다. 센터 개설로 정부의 저영향개발기술의 정책적인 지원을 수행하는 등 신성장 녹색산업의 육성과 산업체 기술개발 지원을 선도하며, 해외사업 진출을 위한 기반 역할을 할 것으로 보인다.



고용창출	신규인력 9명 채용
인력양성	박사 2명, 석사 6명
시설장비 구축	LID-지표유출수리적 효율성 검증기기 LID시설 요소재료 구조적안정성 시험장비
소프트웨어	한국형 물순환 엘아이디 해석모형(KLIDM Version 1.0), 부산대학교산학협력단

# 첨단 ICT를 접목한 스마트 하천정보 예·경보시스템

**성과명** 안전한 하천관리 및 이용을 위한 하천정보 예·경보시스템  
**연구기간** 2011년 12월 - 2017년 6월  
**총연구비** 29억4천만원  
**연구자** 서일원 서울대학교 건설환경공학부

최근 전국 주요하천의 수변공간 및 친수시설이 크게 개선되면서 하천이 지역주민들의 사랑을 받는 장소로 탈바꿈하고 있다. 산책 및 자전거타기와 같은 비입수형 친수활동 뿐만 아니라 하천 내에서 즐기는 입수형 친수활동을 즐기는 인구가 점차 증가함에 따라 시민들의 안전한 친수활동을 위한 하천정보의 제공과 하천관리가 요구되는 실정이다. 시민들의 안전한 친수활동을 도모하고, 신속하고 정확한 하천정보의 예보 및 경보를 위한 첨단기술기반의 ICT를 접목한 스마트 하천정보 예·경보시스템을 개발했다.



## 연구목적

시민들의 안전한 하천이용을 위해서는 평상시 하천의 유량 및 수질정보의 예보와 더불어 친수활동을 위한 정보생성이 필요하다. 또한 유류 유출사고 등 대규모 수질오염 발생 시 오염된 수체의 이동경로 및 도달시간에 대한 정보도 필요하다. 따라서 평상시 하천의 정보를 예보하는 RiverCAST-K와 수질오염 사고 시 오염된 수체에 대한 정보를 조기에 경보하는 RiverALARM-K의 개발을 목표로 두었다.

## 주요성과

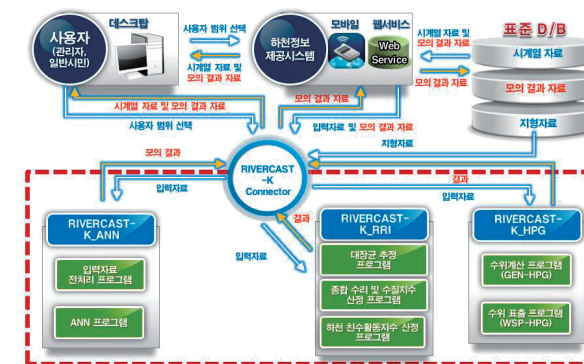
### RiverCAST-K시스템 구축을 위한 빅데이터 활용

RiverCAST-K시스템은 빅데이터를 활용한 데이터기반 모델을 적용하였다. 이러한 데이터기반 모델은 물리기반 모델에 비해 하천정보 예측에 소요되는 자원 및 시간이 적게 들고 정확도가 높아 정보의 예보에 적절하다.

### RiverCAST-K의 요소모델 간 입출력 데이터 연계

RiverCAST-K 모델은 크게 세 가지 요소모델로 구성되어 있다. 하천의 유량 및 수질을 인공신경망 모델(Artificial Neural Network, ANN)을 이용하여 예보하는 RiverCAST-ANN, 수리거동 곡선을 이용하여 일차원 수위 예보 결과를 제시하는 RiverCAST-HPG, 친수활동지수를 산정하여 예보하는 RiverCAST-RRI 모델로 이루어져 있다. 세 개의 요소모델의 입출력 데이터는 서로 연계되어 있어, RiverCAST-ANN, RiverCAST-HPG에서 예보된 수질, 유량 및 수위 정보는 RiverCAST-RRI에서 친수활동지수를 산정하는데 활용된다.

RiverCast-K의 모식도



## RiverALARM-K의 요소모델 및 사용자 인터페이스 개발

RiverALARM-K는 수질오염사고 발생 시 하천관리자의 신속한 의사결정을 돕기 위한 수치해석기반의 시스템이다. 하천흐름해석모델(HDM-2D), 수질해석모델(CTM-2D), 입자분산모델(PDM-2D)로 구성되며, 사용자 친화적인 GUI를 통해 예측자료의 전·후처리를 쉽게 수행할 수 있다. 또한 수질오염사고 발생 시 입자성 또는 부유성 오염물질의 혼합거동을 정확히 예측할 수 있으며, 개선된 수질해석모델(CTM-2D)을 이용하여 하천의 조류발생 모의가 가능하다.



## 연구의 차별적 특징

### RiverCAST-K 시스템, 등급별 권고사항 제공

국내에서는 친수활동만을 위한 수리 및 수질정보 예측이 전무한 실정이다. 기존에 실시간 수질데이터시스템을 통해 실시간 측정되는 수질정보를 제공하고 있으나, (1) 친수활동 시 가장 고려되어야 할 대장균과 같은 수질정보를 포함하지 않고 있다는 점, (2) 우수, 양호, 보통, 주의, 불량과 같은 등급으로 변환되어 제시되고 있지만 각 등급이 권고하고 있는 활동사항이 구체적이지 않다는 점, (3) 예보가 아닌 실시간 정보이기 때문에 활용에 한계가 있다는 점, (4) 수질정보만을 포함한다는 점에서 한계를 지닌다.

또한, 북미, 유럽, 호주 등 친수활동의 수요가 높은 국가들에서 RiverCast-K와 유사한 시스템이 있으나, 대부분 실시간 및 당일 예보에 그치고 수질정보만을 제공한다.

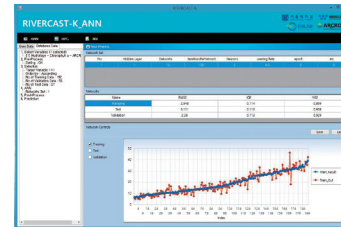
반면, RiverCast-K는 이러한 제한점을 보완하여 최대 3일 앞까지의 정보를 예보하여 제공, 다양한 수질정보(분변성대장균, DO, 수온, pH, 탁도, 클로로필a) 및 수리정보를 종합하여 제공, 등급 별 구체적인 권고사항 제공과 같은 우수성을 지닌다.

### RiverALARM-K 시스템, 2차원 수질사고 대응

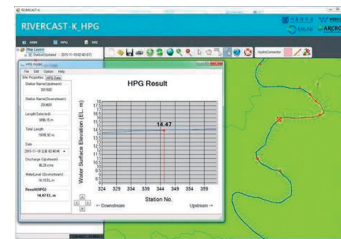
국내 2차원 수질사고 대응시스템은 전무한 실정이며 1차원 수질사고 대응시스템을 사용하고 있다. 그러나 1차원 모형은 해석결과의 적용범위에 제한이 있으며, 오염물질의 하폭방향 혼합해석이 불가능하기 때문에 시설물 운영 가능여부 판단이 어렵다. 반면, RiverAlarm-K는 2차원 하폭방향 혼합해석에 따라 시간별, 공간별 수질농도의 변화를 가시화하여 시설물 운영 가능여부 판단에 대한 효과적인 의사결정을 지원할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 기존의 오염물질 혼합거동의 모의를 위한 소프트웨어는 모의에 필요한 계산격자 생성 및 계산에 소요되는 시간이 과도하여 하천에서 수질오염사고 발생 시 즉각적인 모의 결과를 생산하기 어려웠다. RiverAlarm-K는 주요 수질오염사고 발생 예상지역에 대해 사고유형별 시나리오를 사전에 모의, 사고 발생 시 방재계획에 활용할 수 있는 데이터베이스를 구축할 수 있다. 또한 수질사고 시점의 수리정보 및 지형정보를 추가로 입력하여 사후 수질사고의 정밀 분석 및 자료 생산이 가능하다.

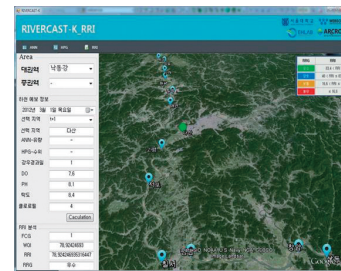
RiverCast-ANN



RiverCast-HPG



RiverCast-RR1



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 하천 관리 및 예측 정확도의 향상

국내기술 및 자본으로 개발된 RiverCAST-K 및 RiverALARM-K는 해외기술에 의존적인 관련 분야에 대해 국산화를 실현할 것으로 기대된다. 국내 하천 환경 여건에 최적화된 기술을 개발하여 하천 관리 및 예측 정확도의 향상이 가능하다. 특히 RiverALARM-K의 경우, 시스템에 탑재된 각 해석엔진은 이미 출시된 해외 소프트웨어 및 시스템과 비교했을 때 유사한 수준의 예측결과를 생산해 냈다. 또한 관련 분야의 해외 선진국들과 국제적 학술교류를 바탕으로 개발되어 향후 해외시스템 및 소프트웨어 연동, 자료입출력에 대한 호환성 확보가 가능하다.

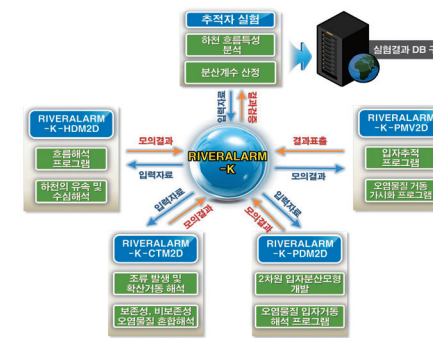
### ● 사회경제사업화부문

#### 종합적인 정보로 삶의 질 개선

2012년에 실시한 수상레저활동 이용자들을 대상으로 한 설문조사에 따르면, 수상레저의 주요 장애요인으로 친수활동정보 부족(28.0%), 수질문제(20.7%), 물에 대한 공포(17.3%) 등이 제기되어 '정보부족'과 '수질 및 물에 대한 공포'가 주요 장애요인임을 확인할 수 있다.

본 연구기술을 적용하면 친수활동을 위한 수질, 수리적 안전성에 대한 종합적인 정보를 시민들에게 전달하여 '수질 및 물에 대한 공포'를 해결할 수 있다. 또한 친수구역의 위치, 체험 가능한 친수활동의 종류 등에 대한 정보도 제공할 수 있어 '정보 부족'과 관련된 문제 역시 해결할 수 있다.

RiverAlarm-K 연계도



인력양성	박사 3명, 석사 2명
기술이전	2016년 매그파이소프트   6백만원 2017년 (주)미랩스플러스   1천5백만원
사업화	스마트폰 APP, 하천길라잡이 출시 1건
특수성과	RiverALARM-K GS인증 획득

# 교통사고 제로에 도전하다

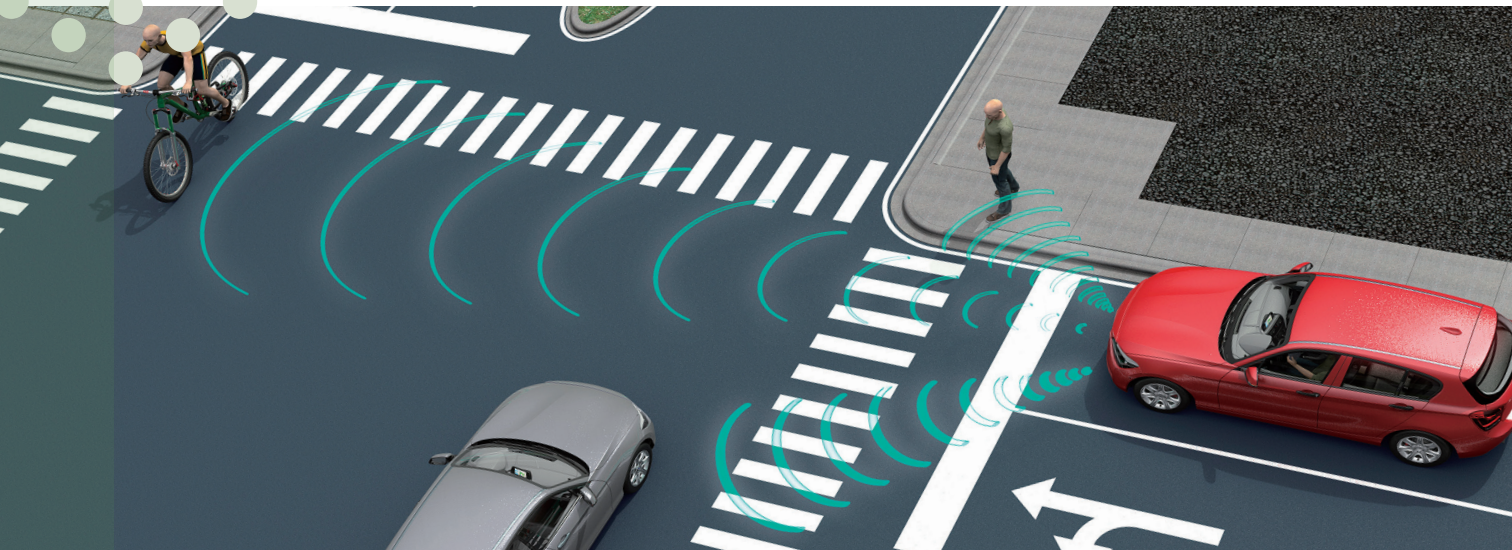
**성과명** 교통사고 제로에 도전하다! 자동차 첨단기술의 안전성 제고를 위한 평가기술 개발 및 제도화

**연구기간** 2009년 12월 - 2017년 9월

**총연구비** 290억1천6백만원

**연구자** 신재곤 교통안전공단 자동차안전연구원 자율주행자동차센터

교통사고 제로에 도전하기 위해서 첨단안전자동차에 선행되어야 할 안전성 평가기술 개발과 자동차 안전관련 기준 제·개정 제도에 도전했다. 이 결과 자동차 안전 분야 최대 규모의 국제 행사인 ESV에서 2015년 '올해의 안전인상'을 수상하는 등 자동차 안전도 향상을 위한 평가기술을 선도하게 되었다. 전 세계에서 선도위치에 있는 유럽의 안전도평가와 비교하여 동일한 수준과 내용으로 국내 수준에 맞게 안정성을 평가할 수 있게 되었다.



## 연구목적

교통사고 사상자를 줄이기 위해 기존 자동차에 적용된 기계기술 외에 IT기술 등을 융합한 첨단자동차를 대상으로 자동차의 안전성 여부를 평가하는 기술 개발이 연구의 목적이었다. 교통사고 예방 및 사상자를 최소화할 수 있는 기술을 선정하여 충돌안전기술, 예방안전기술, 기반기술로 분류하고 연구항목을 정하여 평가기술 개발을 진행하였고 이를 제도화 하고자 했다.



## 주요성과

### 첨단안전기술 및 장치 평가기술 개발

비상자동차 제동장치, 차선이탈 경고장치 등 22개 안전장치에 대한 평가기술을 개발했다.

### 자동차 안전도평가(KNCAP) 기준 반영

차선이탈 경고장치, 능동형 보행자보호, 사각지역 감시장치, 승용차 비상자동차 제동장치 등 7개 항목을 반영하는 평가를 실시했다. 자동차 안전도평가는 유럽 미국 등에서 각기 해당 국가의 기준에 따라서 시행하는데 우리나라에서 실시하는 평가항목의 수는 매우 수준이 높다.

### 자동차관리법, 자동차안전기준 제·개정

자율주행자동차 임시운행을 위한 규정을 제정하는 등 법,령,규칙 3건과 안전 규정 2건을 제·개정하였다.

### 국제 자동차 기준 제·개정 선도

긴급구난체계, 차선유지 지원장치, 자율차 자동조향기능 등에 관한 UN 법령 등 국제 자동차 기준을 제·개정 하는데 노력을 기울였다.

### UN/ECE/WP.29내에 세계기술규정(GTR) 선도

GTR No.15에 해당하는 보행자 안전성(Pedestrian safety)과 배기시험(Emissions test)분야에서 TF를 구성하고 리더로 활동 중이다.



## 연구의 차별적 특징

### 자동차 안전도평가 선도

이번 과제를 통해 개발된 평가기술은 자동차 안전도평가(KNCAP)에서 7개 항목이 반영되어 평가를 시행하고 있고 향후 추가로 5개 항목이 반영될 예정이다. 현재 평가를 실행 중인 승용차 비상자동 제동장치와 차선이탈 경고장치 등 7개 항목은 전 세계에서 선도위치에 있는 유럽의 안전도평가와 비교하여 동일한 수준과 내용으로 국내 수준에 맞게 평가를 실시하고 있다.

### 국제 자동차기준 제·개정 선도

이번 연구의 결과를 활용하여 국내 기준 제·개정을 비롯하여 국제 자동차 기준의 제·개정을 선도하는 역할을 수행했다. UN산하 자동차분과(WP.29)에서 세계기술기준(GTR)의 개정과 관련하여 한국의 역할이 증대되고 있다. 특히 GTR No.9(보행자 안전, Pedestrian safety)와 No.15(배기시험, Emissions test) 분야에서 TF를 구성하여 리더로서의 역할을 수행하고 있다. 리더의 역할을 수행할 수 있었던 가장 큰 이유는 첨단자동차 연구결과를 국내외에 발표하고 선도함으로써 가능한 일이었다.

안전성 평가기술 · 자율주행자동차 시연회



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 첨단안전장치가 적용된 신차 출시 증가

첨단안전장치 평가를 실시함으로써 자동차 제작사에서는 첨단안전장치를 적용한 신차를 시장에 보다 많이 출시할 수 있게 되었다. 이로 인해 자동차의 안전도가 향상되는 효과가 나타나고 있다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 교통사고 감소를 통한 사회적 비용 절감

첨단안전장치가 적용된 첨단안전자동차로 인해 교통사고 사상자가 감소되어 경제적·사회적 비용이 절감되는 효과가 있다. 특히, 능동형 보행자보호 기술적용으로 15%, 차선유지 지원장치로 15%, 승용차 비상자동 제동장치로 18%, 차로이탈 경고장치로 12%, 상용차 비상자동 제동장치로 18%의 사망감소 효과를 보여주고 있다. 이는 첨단안전자동차의 안전성을 지속적으로 향상시켜 국내의 자동차제작사가 향후 미래 자동차시장에서 주도권을 잡을 수 있는 기틀을 마련해 줄 것으로 기대한다.



고용창출	신규인력 43명 채용(2015년~2017년)
인력양성	박사 18명, 석사 28명(2015년~2017년)

# 지역소도시를 위한 기술개발의 거점

**성과명** 수재생 지하 저류조를 이용한 스마트 관수공급시스템 개발  
**연구기간** 2013년 6월 - 2017년 2월  
**총연구비** 29억3천8백62만원  
**연구자** 박형근 충북대학교 토목공학과

국토교통과학기술진흥원은 지역에 특성화된 산업을 발굴하고 건설교통산업의 수도권 편중현상을 막기 위해 강원·동남·충청·대경권·제주·호남 등 6개 권역별로 지역거점센터를 운영하고 있다. 충청지방의 경우 지역소도시 교통사고 저감을 위한 센서기술 개발과 수재생 지하저류조를 이용한 스마트관수공급시스템 개발을 통해 기술개발의 산실이 되고 있다.



## 연구목적

충청권 국토교통기술지역거점센터의 R&D사업은 충청지역 주민들의 생활편의와 삶의 질 향상에 도움을 주는 기술개발들이 세부과제다. 충북대가 위탁 운영하는 충청권 국토교통기술지역거점센터는 지역소도시 교통사고 저감을 위한 기술개발과 홍수·침수·가뭄대비를 위한 수재생저류조, 자동배수장치, 보호공, 스마트관수공급시스템의 실용화기술을 개발하고자 했다.



## 주요성과

### 농촌 교통특성을 반영한 교통안전시설 개발

교통약자의 보행관점을 위해 보행자 인식센서를 개발, 적용하였으며 차량인식시스템을 이용한 교차로 안전개선시스템은 블라인드 교차로 등 사각지역에 설치, 방사형 스캐너를 통해 영역 내 이동물체를 감지할 수 있도록 설계해 교통사고를 줄일 수 있게 했다.

### LED신호체계 구축

야간보행자 안전성 향상을 위해 신호등이 없는 건널목에 차량에 대해 안전한 LED신호체계를 구축, 야간 보행자 교통사고를 예방했다. 또한 농기계 후방추돌사고를 예방하기 위해 농기계 운행안정 LED 전광판을 설치했다.

### 홍수·가뭄대비를 위한 분산형 수재생지하저류조 개발

홍수가 빈번히 발생하고 작물 재배를 위한 수량 확보가 힘든 지역에 설치한다. 이 장치를 활용하면 하천 수위 이상의 일정량의 비가 내릴 경우에 배수를 통해 배수로의 수위를 자동으로 조절해 재산피해를 막을 수 있다.

### 침수방지 자동배수장치 개발 및 적용

침수피해방지 자동배수장치는 저수구역에 자동배수시스템을 도입해 침수와 인명피해를 막기 위한 시스템이다. 집중호우가 발생했을 때 저류지역의 범람이 빈번하게 일어나는 배수로나 논둑에 적용 가능하다.

### 스마트관수공급시스템 개발

센서 및 네트워크 기술을 적용하여 강우 발생 시 지하에 설치된 빗물저류조에 빗물을 저류시켜 이를 경작에 필요한 용수로 활용 가능하도록 ICT기반의 스마트관수공급시설이 운영 중이다.



## 연구의 차별적 특징

### 태양광을 이용한 자립형 기술

보행자 건널목 인식등은 기존 건널목 신호등에 비해 설치비용이 저렴하며 가로등과 같은 빛 공해로 인한 농작물 피해가 적다. 또한 태양광에너지를 이용하여 전력을 충전하는 친환경 제품으로 에너지도 절약할 수 있는 자립형 기술이다.

### 새로운 농촌형 교통안전 시설물

본 연구를 통해 개발된 시설물들은 기존에 없던 새로운 농촌형 교통안전 시설물로 혁신적인 차별성을 가진다. 차량·인명 상호인식시스템은 방사능 스캐너를 통해 물체를 감지하고 경운기 전광판 역시 농기계 운행안전을 위한 첫 개발품이다.

### 분산형 수재생 지하저류조 시공비 절감

반영구적인 플라스틱 주철 레진 콘크리트구조물로 조립하는 방식으로 기존 저류조에 비해 시공비가 절감된다. 침수방지 자동배수장치 역시 태양열 집열판으로 비상 시 전기가 없이 자동배수가 가능하다.

### 유지관리 용이

기존 하천 호안공은 지속적인 관리가 필요한 것에 비해 자연형 오염저감을 위한 식생활착을 유도했으며 수질관리 역시 일반적 화학처리 및 막을 이용한 분리기술에 비해 유지관리가 용이하다.

수재생 지하저류조 하천수 유입관로 시공



수재생 지하저류조 시공



침수방지 자동배수장치



## 연구 성과의 파급효과

### ● 기술부문

#### 맞춤형 교통안전기술 개발로 실용성 높여

지역소도시 인구의 고령화와 통행특성 그리고 기하구조를 고려한 교통안전기술의 개발을 통해 기존의 도심지 위주로 개발된 기술들에 비해 지역 소도시에서 실용성이 높을 것으로 판단된다. 또한 태양광에너지를 이용하여 전력을 충전함으로써 전력소모를 감소시킬 것으로 기대된다.

#### 생활기반시설을 위한 국내기술 활성화

물관리기술의 실용화를 위한 국내기술 수준을 제고함으로써 보편화되지 않은 국내기술의 활성화에 기여할 것으로 기대된다. 개발된 제품들은 여러 개의 모듈로 구성되어 저개발 국가에서도 필요한 모듈만 조합하여 사용할 수 있도록 할 예정이다. 스마트관수공급시스템은 적용지역의 특성을 반영한 형태, 규모, 시공 방식 선정 및 배관 설치가 가능하며, 빗물저류조는 철근콘크리트 구조물인 기존의 빗물저류조에 비해 시공비 40% 이상 절감 효과가 있을 것으로 기대된다.

### ● 사회경제사업화부문

#### 소도시 주민의 생명과 재산피해 감소

비교적 교통안전시설이 낙후된 지역소도시 주민들이 교통사고 안정성을 확보함으로써 그에 따른 사회적 비용을 감소시킬 수 있을 것이다. 또한 태양광 기반 자생에너지기술은 에너지 사용량 절감으로 인해 저탄소화에 기여할 것으로 기대된다.

#### 농업활동의 노동력 감소

농작물 재배지하고 떨어져 있는 농가에 스마트 어플리케이션과 스마트관수공급시스템을 적용함에 따라 원격 및 자동으로 용수를 공급하고 제어할 수 있어 농업활동의 노동력 감소, 삶의 질이 향상될 것으로 기대된다.



고용창출	신규인력 22명 채용
기술이전	자동 수위 감지에 의한 수문 조작, (주)청수산업   8천8백만원
특수성과	2016년 분산형 수재생 설치관련 시방서 및 운영매뉴얼

---

## 2017 국토교통 R&D 우수성과 25선

---

**발행인** 김병수  
**발행처** 국토교통과학기술진흥원  
**발행일** 2017년 12월  
**펴낸곳** (주)더비엔아이  
**기획편집** 윤진  
**편집위원** 국토교통과학기술진흥원  
임청권 산업진흥본부장  
민성진 성과관리실장  
**편집자** 김한엽 전임연구원  
김경현 연구원  
선광웅 연구원

---

이 책에 수록된 내용 중 문의사항이 있으시면 아래로 연락 주시기 바랍니다.  
경기도 안양시 동안구 시민대로 286 송백빌딩 Tel. 031-389-6313 Fax. 031-381-9922

- 이 책의 판권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.
- 이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가 없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여 사용할 수 없습니다.