10T
RPI-
C055
057-
01

해수담수화·발전및 해양플랜트등을위한 해수전해장치개발

2011

국토해양부

한국건설교통기술평가원

Land Transpot and Maritime
R&D Report

건설교통기술사업화지원사업 제2차년도
최종보고서

R&D / 10TRPI-C055057-01

해수담수화, 발전 및 해양플랜트등을 위한 해수전해장치 개발

2011. 12. 28.

주관연구기관/ 유니테크(주)

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

연구개발 최종 보고서

2010년도 건설교통기술 사업화지원사업에 의하여 개발을 완료한

“해수담수화, 발전 및 해양플랜트 등을 위한 해수전해장치 개발” 에

관한 연구의 최종 보고서를 편집양식에 의거 붙임과 같이 제출합니다.

붙 임 : 1. 최종보고서 15부.

2. 연구개발결과 활용보고서 15부

3. 최종보고서 전자문서 1매(*.PDF)

2011. 12. 28

주 관 연 구 책 임 자 : 신 기 하 (인)

주 관 연 구 기 관 장 : 신 기 하 (직인)

한국건설교통기술평가원장 귀하

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 " 해수담수화, 발전 및 해양플랜트등을 위한 해수전해장치 개발에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2011. 12. 28

주관연구기관명 : 유니테크주식회사

주관연구책임자 : 신 기하

연 구 원 : 서 일경
" : 신 지영
" : 이 원일
" : 정 연일
" : 라 인엽

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>10TRPI-C055057-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2010.12.29~
2011.12.28</td><td>단 계 구 분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">R&D 정책.인프라사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">건설교통기술사업화지원 사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">해수담수화, 발전 및 해양플랜트 등을 위한 해수전해장치 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">신 기하</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 6 명
내부 : 6 명
외부 : 0 명</td><td>해당
단계
연구비</td><td>정부:200,000 천원
기업:133,500 천원
계: 333,500 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 6 명
내부 : 6 명
외부 : 0 명</td><td>총
연구비</td><td>정부:200,000 천원
기업:133,500 천원
계: 333,500 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">유니테크주식회사연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">유니테크주식회사</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 : -</td><td colspan="3">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 : -</td><td colspan="3">연구책임자 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td>P. 139</td></tr>
<tr><td colspan="6">제 1장 연구개발과제의 개요
제 2장 국내외 기술개발 현황
제 3장 연구개발 수행 내용 및 결과
제 4장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도
제 5장 연구개발 결과의 활용방안
제 6장 연구개발 과정에서 수집한 해외과학기술정보</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">해수담수화, 취수공정, 전처리, 전해장치, 살균</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Desalination, Intake Process, Pre-treatment, Electro-Chlorination, Disinfection</td></tr>
</table>

요 약 문

연구배경

해수전해장치는 바닷물을 이용하여 차아염소산나트륨을 발생시켜 바닷물을 사전에 살균처리하는 기술로서, 해수 담수화플랜트등의 분야의 해수 취수공정과 전처리를 비롯하여 후처리등의 담수화 공정에 사용되는 필수적이고 중요한 기술이다. 그러나 우리나라는 아직 구(Old)기술인 Mono-Polar 해수전해시스템기술에 머물러 있어, 국내 및 수주되는 해외 플랜트등에 전량 수입 기자재 및 시스템을 사용하고 있는 실정이다.

해수용 전해발생장치는 수처리용 발생장치에 비하여 효율성, System의 안정성, 전해반응기 설계 및 제작기술의 취약성, 시스템설계기술, 관련 엔지니어링기술 및 Safety 등의 많은 기술적과제들이 국내기술로서는 아직까지 해결되지 못하고 있어, 국내에서는 기술개발 및 사업화에 접근하고 있지 못하고 있는 고 부가가치의 분야이다. 이는 우리나라에서 세계적인 경쟁력을 보유하고 있는 해수담수화 플랜트, LNG Terminal 플랜트, Off-Shor 플랜트, Oil & Gas 플랜트 및 Power Plant등의 해수전해장치 분야에서 매우 중요한 해수전해시스템 시장을 모두 해외 업체들에게 독점하도록 하는 매우 안타까운 현실에 있다.

전해반응시스템 중, Bi-Polar Cell 반응기 System은 한국이 의존하여 왔던 Sanilec사의 Mono-polar system이 가지고 있던 가장 큰 단점인 경제성 및 효율성 문제를 획기적으로 개선하여 2000년대에 들어서면서 본격적으로 사업화되기 시작한 기술이다. 이 시스템은 이탈리아의 Denora사를 중심으로 상용화되어, 세계시장을 석권하고 있다. 동시에 전 세계적으로 Bi-Polar Cell 기술의 유출을 매우 경계하고, 극도로 보호되고 있어, 우리나라에서 조차 Bi-Polar Cell 반응기 시스템 기술에 접근하기가 매우 어려운 실정이다.

이러한 상황에 따라 한국의 경우 삼성중공업, 두산중공업, 현대중공업, 한국전력공사, 미포조선, 대우조선, 한국가스공사 등에서 수행하고 있는 Desalination, Platform, 발전소, Marine & Off-shore, LNG Terminal, 선박건조 등의 해외수주 Project에 해외기술 및 제품을 전량 사용하고 있는 안타까운 실정이어서 Bi-Polar System의 국산화 개발이 매우 시급한 실정이다.

특히 막대한 시장이 기다리고 있는 Ballast water treatment 분야에서 중요한 핵심 기술 중의 하나인 Bi-Polar 형태의 해수 전해발생장치를 개발함으로서 해양•선박분야의 Ballast water treatment 시장에서의 국제 경쟁력확보 또한 매우 용이하여 질 것이다.

연구개발 최종목표	유니테크는 국토해양부의 해수담수화사업단사업을 통하여 해수담수화공정에의 해수전해시스템 적용기술을 기 개발하였다. 개발과정에서 확보되고 검증된 해수전해시스템의 사업화를 위하여, 본 과제에서는 기술의 Commercial Scale-Up 기술을 통한 사업화 기반을 확보하여 사업을 완성시켜 나아갈 것 이다.
연구 내용 및 범위	본 과제인 해수전해시스템 개발의 연구내용 및 범위는 다음과 같다. o Bi-Polar Cell 반응기 설계 o 해수전해시스템 제작 o 해수전해시스템 설치 및 운전 (건설기술연구원이 수행중인 대규모 Pilot Plant에 직접 적용) o 현장 운전을 통한 Test o 해수전해시스템의 사업화
기대효과	o 해양 및 해수분야의 전기화학기술의 적용능력 제고 및 적용 분야의 확대 o 차세대 국가 성장동력인 해수담수화플랜트 및 해양플랜트와 발전플랜트등의 부품/소재 국산화완성으로 인한 공정최적화 o 기술의 국산화를 통한 국산제품 신뢰성 증대 o 해수담수화플랜트, 발전플랜트, 해양플랜트 등의 해외 플랜트 수주 경쟁력제고에 기여 o 국내 플랜트 기자재의 기술 신뢰성 향상 o 전량 해외기술에 의존하고 있는 현황 타개로, 수입대체효과를 극대화 함 o 향후 정수처리, 하수 처리등 일반 수처리 분야에의 본 기술력 적용 및 시장 확대를 비롯한 국제경쟁력 제고 o 국내기술 및 국산 기자재의 국제적 신뢰성 제고

SUMMARY

Background

Seawater Electrochlorination system is a good option to control the biofouling by NaOCl produced from the system. The electrochlorination systems control effectively the biofouling in seawater by continuous and shock dosing, and it is usually considered for the effective control of micro and macro-biofouling. It provides protection against the majority of biofouling, however unfortunately macro organisms can become resistant to the low continuous dosing and require a much higher dosing rate. Much higher dosing is applied only for a short time and repeated at certain fixed intervals, and this kind of process will ensure complete protection against all micro and macro-fouling

However, the technology is not developed yet in Korea because the system technologies are to be linked together by the technologies of process and system design, electrochemistry and electrical engineering, safety control, Electrolyser cell, installation and operation, etc. By this kind of weakness, Korea companies can't approach to the world market in Power plants, Desalination plants, Oil & Gas Plants, Off-shore plants, LNG Terminal plants, and Ballastwater treatment, etc. even if many Korea companies have a good competitive power in the plant engineering and construction over the World.

Bi-Polar cell technolgy of Electrochlorination was commercialized at the turn of the 2000s and it over comes the old technology's problems like the efficiency, reliability, high cost, operation, engineerin, safety and management.

In these circumstances, development of Electrochlorination System in Korea is requested continuously by Engineering and Construction companies located in Korea. It was regrettable situation that Korean enterprises such as Samsung Heavy Industries, Doosan Heavy Industries,

Hyundai Heavy Industries, Korea Electric Power Corporation, Mipo Dockyard, Daewoo Shipbuilding and Korea Gas Corporation, etc apply foreign technology and products to their projects. More over, by developing this Electrochlorination system based on the bi-polar cell reactor, UNITECH can be easy to secure international competitiveness in the World for the ballast water treatment industry formed a huge market.

Final Goal	Unitech has already developed the technology of Seawater Electrochlorination System through R&D Center for Seawater Desalination Plant of Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs in Korea. The target of this development is to have a commercial scale-up factors to design and manufacture the systems, and secures commercialization for the system.

Contents & Range	The development content and range of seawater Electro chlorination system is as the followings: o Bi-Polar Cell Electrolyser design o Seawater Electro chlorination system manufacture o Installation and Operation of Seawater Electro chlorination system (Apply to the large-scale's desalination Plant, 1,000m3/day, operated and managed by Korea Institute of Construction Technology of Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs in Korea.) o Test with on-site operation o Commercialization of seawater Electro chlorination system

Further Effects	o Enhancing and expanding application of electrochemical techniques o Process optimization in desalination plant, marine plants and power plant, etc o Good Reliability for domestic products o Contribute to improving competitiveness to have orders from oversea countries for desalination plants, power plants, offshore plants, Oil & Gas plants, LNG Terminal plants, and Ballastwater treatment, etc. o Reliability increase of domestic parts and systems o Extend the application area for the water treatment, sewage and wastewater treatment, etc.

CONTENTS

Chapter 1. Synopsis ····· 1

Section 1. Outline ····· 1
1. Promotion ····· 1
2. Definition of Disinfection ····· 4

Section 2. Importance ····· 17
1. Technical ····· 20
2. Social and economic ····· 20
3. Others ····· 21

Section 3. Development range ····· 22

Chapter 2. Technical developments in the World ····· 24

Section 1. Present state ····· 24

Section 2. Trends of technical development ····· 25

Section 3. Patents ····· 26

Chapter 3. Developments and Results ····· 31

Section 1. Objects and Contents ····· 31
1. Development Goal ····· 31
2. Promotion ····· 31

Section 2. Contents ····· 40
1. Applicability of electrodes ····· 40
2. Pilot Test ····· 48

3. Development and Manufacture of electrolyser ····· 53
4. Design and Manufacture of Seawater Electrochlorination System ····· 64
5. On-site installation of Seawater Electrochlorination System ····· 74
6. Optimized and Operation DATA ····· 75

Section 3 Results ····· 77
1. Application of electrodes ····· 77
2. System Safety ····· 80
3. Performance analysis and continuous operation ····· 90
4. Chemical cleaning ····· 95
5. Patent ····· 98

Chapter 4. Contribution to related areas ····· 100

Section 1. Achievement for Objects ····· 100

Section 2. Achievement for contents ····· 101

Section 3. Contribution and expected results ····· 102
1. Technical ····· 102
2. Social and economic ····· 102
3. Related to Government policy ····· 103
4. Other ····· 105

Chapter 5. Practical use ····· 107

Section 1. Added development ····· 107

Section 2. Application to other development ····· 107

Section 3. Commercialization ····· 110

Chapter 6. International Science and Technology Information 112

Chapter 7. References 113

• Attached 116

목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 ····· 1

1절 연구개발 개요 ····· 1
1. 연구개발 추진 개요 ····· 1
2. 살균의 정의 및 방법 ····· 4

2절 연구개발의 중요성 ····· 17
1. 기술적 측면 ····· 20
2. 사회·경제적 측면 ····· 20
3. 기타 ····· 21

3절 연구개발의 범위 ····· 22

제 2장 국내외 기술개발 현황 ····· 24

1절 기술개발 현황 ····· 24

2절 국내·외 기술개발 동향 ····· 25

3절 특허 동향 ····· 26

제 3장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 31

1절 연구개발 목표 및 추진내용 ····· 31
1. 연구개발의 최종목표 ····· 31
2. 추진내용 ····· 31

2절 연구개발 내용 ····· 40
1. 국산 전극의 적용성 평가 ····· 40
2. Pilot Test ····· 48

3. 전해반응기 개발 및 제작 ····· 53
4. 해수전해시스템 설계 및 제작 ····· 64
5. 전해시스템 현장설치 ····· 74
6. 전해시스템 운전 최적화 및 운전 DATA 확보 ····· 75

3절 연구수행결과 ····· 77
1. 국산전극의 적용 가능성 ····· 77
2. 시스템 안전성 테스트 ····· 80
3. 성능분석 및 연속운전 DATA 확보 ····· 90
4. 화학세정 ····· 95
5. 특허출원 ····· 98

제 4장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 100

1절 연구개발목표 달성도 ····· 100

2절 연구개발 내용의 달성도 ····· 101

3절 기대성과 및 관련 분야에의 기여도 ····· 102
1. 기술적측면 ····· 102
2. 사회・경제적 측면 ····· 102
3. 정부정책과의 연계 ····· 103
4. 기타 ····· 105

제 5장 연구개발 결과의 활용방안 ····· 107

1절 추가연구의 필요성 ····· 107

2절 타 연구에의 응용 ····· 107

3절 기업화 추진 방안 ····· 110

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 112

제 7장 참고문헌 ····· 113

유　　첨 ····· 116

제1장. 연구개발과제의 개요

1절. 연구개발 개요

1. 연구개발 추진 개요

인류가 오랫동안 사용하고 있는 소독제인 염소가 가지는 저장상, 그리고 운영상의 위험성 및 문제점을 극복하고자 하는 끊임없는 노력으로 전기화학적으로, 그리고 System상으로 염소계인 차아염소산나트륨을 현장에서 안전하고 안정적으로 생산하고자 전기화학적인 많은 시도가 있어왔다. 1893년에 이르러 최초로 개발된 시스템을 New York 현장에서 설치 운영하는데 성공한 이 후로 보다 본격적으로 끊임없는 기술의 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 본 과제에서 중점으로 한 전기화학을 이용한 On-site generation system은 1930년대에 이르러 Wallace & Ternan사가 개발에 성공하여 수영장용으로 최초로 상업적인 설치가 시작 되었다.

1950년대에 이르러 수영장용 살균장치로서 보다 기술적 개량이 진보되고 경제성이 향상된 소형의 전기화학적 차아염소산나트륨 발생장치가 개발되어, 기술적 신뢰를 바탕으로 서서히 확산되기 시작하였다.

1970년대에 이르러 시스템이 대형화되는 변혁기를 거친 이 후, 1980년대에 염소 소독설비의 안전성 문제가 제기되면서 Fire Code가 제정되었다.

1990년대에는 보다 심각하게 염소 소독설비의 안전성과 관리의 위험성문제가 제기되면서 PSM(Process Safety Management)과 RMP(Risk Management Plan)의 요구사항을 만족하여야만 하도록 염소소독설비에 대한 규제가 강화되기 시작하면서 전기화학적 차아염소산나트륨 발생장치에 대한 관심이 급격하게 제고되면서 이에 대한 기술적 해결 방법을 모색하게 되었다.

그러나, 기존의 전통적인 기술인 염소 소독설비에 비하여 경제성이 가장 큰 문제점으로 계속적으로 지적되어 왔으며, 또한 기술적으로는 Electrode(전극)의 수명 및 효율성과 적용성이 극복하여야 할 큰 과제로 꾸준히 제기되어 왔다. 이에 따라 전극의 개발이 본격화되어 용도별 또는 재질별로 DSA(Titanium Basis), Platinum-Coated, Carbon and Iron, Graphite등의 많은 종류의 전극들이 선진국을 중심으로 개발되어 적용되어 왔다.

그에 발맞추어 개발된 전극을 응용한 System의 개발이 활발히 진행되어 왔으며, 특히 최근에 이르러 기존의 Mono Polar 전극을 이용한 전해장치 System의 한계성을 훌

쩍 뛰어 넘는 Bi-Polar 전극의 System의 개발 노력이 선진국을 중심으로 주도되어 왔다. 그 결과 현재에 이르러 이 이탈리아와 영국 및 미국을 중심으로 Bi-Polar 반응 시스템이 개발되어 세계시장을 선도하고 있는 상황이다. 그러나 안타깝게도 우리나라는 아직까지 구(Old) 기술인 Mono-Polar 반응기 시스템기술의 한계를 벗어나고 있지 못하고 있는 실정이다.

세계시장에서 시장규모가 막대하고 또한 수요가 꾸준히 증대하고 있는 해수담수화 플랜트 분야뿐만 아니라 본 기술개발 결과를 연계하여 향 후, 밸러스트 수 처리, LNG Terminal, Off-Shore Plant, Oil & Gas Plant, Power Plant등의 분야에서 매우 중요한 전해설비인 Bi-Polar 반응 시스템을 단계적으로 완전 국산화하고 제품화 할 것이다.

그리하여 국내적으로는 해외 플랜트수주 경쟁력을 제고시키고, 동시에 수입 대체효과를 극대화하며 이를 바탕으로 국제경쟁력을 갖추어 해외시장에 본격 진출할 계획으로 있다.

현장 발생형 NaOCl 발생장치는 크게 두 가지 종류로 나누어질 수 있다.

첫째로는 정수 및 하•폐수용 전해발생장치이다.

정수 및 하•폐수용의 전해장치는 최초에는 Membrane Cell을 이용한 Divided Type이 개발되어 상용화되기도 하였다. 그 이후 Ionics, Electrocatalytic사 등이 Membrane Cell을 이용하지 않는 Non-Divided System을 개발하여 세계 시장을 주도하게 되었다.

한국의 경우에도 1990년대 후 반부터 전해발생장치에 관심을 가지고 기술개발에 적극적으로 참여한 이래로 현재에 이르러 어느 정도 기술적 성과를 이루게 되었다. 특히 전해발생시스템의 핵심부품인 전극의 국산화 개발노력에 집중적으로 많은 투자가 이루어 졌으며 일정부분 성과를 거두기도 하였다.

본 과제의 주관책임자 역시 자체자금 및 국가연구개발 과제 등을 통하여 전극개발에 많은 노력을 기울여 1995년부터 2003년에 이르기까지 전극개발에 전념하여, 그 결과 2002년 DSA (Dimensionally Stable Anode)제조공정을 직접 개발하는데 성공하였다. 이로써 개발된 제조공정을 바탕으로 완전 국산화하여 사업화에 성공하고, 또한 본인이 개발한 DSA전극을 이용하여 하수처리 및 폐수처리 시스템을 개발하는 등의 성공 경험을 가지고 있다.

그러나 한국의 경우에 정수 및 하•폐수처리 부분에는 어느 정도의 기술개발 성과를 거두고 있으나, 아직까지 Mono-Polar 시스템기술의 수준에 머무르고 있어서 전해반응기 및 전해 System 부분을 비롯한 전극부분에서 역시 개선되어야 할 많은 분야가 과제로 남아있는 실정이다.

이러한 문제점 때문에 아직까지 국제경쟁력을 보유하지 못한 채 해외 기술과 제품에 의존하여, 실제 주요 현장에서는 해외로부터 수입된 System이 적용되고 있는 안타까운 현황이다.

둘째로는 본 과제에서 개발에 목표를 두었던 Bi-Polar 반응 시스템의 해수담수화플랜트 및 해양플랜트 등을 위한 해수 처리용 전해발생장치 이다.
(기타 적용 확대 가능 처: 밸러스트 수 처리, 해수담수화플랜트, LNG Terminal, Off-Shore Plant, Oil & Gas Plant, Power Plant 등)

해수용 전해발생장치는 정수 및 하•폐수용 전해발생장치에 비하여 바닷물을 원료로 하여 전기화학적 반응을 통하여 NaOCl을 발생시키는 시스템이다. 본 시스템은 바닷물 속의 미생물 및 조류 등을 제어함으로써 바닷물을 Cooling water 및 공정수로 사용될 수 있도록 하는 매우 중요한 시스템이다.

그러나 해수용 발생장치는 수처리용 발생장치에 비하여 효율성, System의 안정성, 전해반응기 설계 및 제작기술의 취약성, 시스템설계기술, 관련 엔지니어링기술 및 Safety등의 많은 기술적과제들이 국내기술로서는 아직까지 해결되지 못하고 있어, 국내에서는 기술개발 및 사업화에 접근하고 있지 못하고 있는 고 부가가치의 분야이다.

이는 우리나라에서 세계적인 경쟁력을 보유하고 있는 해수담수화 플랜트, LNG Terminal 플랜트, Off-Shor 플랜트, Oil & Gas 플랜트 및 Power Plant등의 해수전해장치 분야에서 매우 중요한 해수전해시스템 시장을 모두 해외 업체들에게 독점하도록 하는 매우 안타까운 현실에 있다.

현재, 세계시장을 주도하고 있는 해외 주요 기술보유사로는 미국의 Severntrent Services Chlor-Tec, Siemens Electrocatalytic Chloropac, Wallace & Tiernan OSEC, PEPCON Systems등이 있으며, 최근에는 일본 업체들이 기술개발을 완료하고 세계시장에 접근하고 있는 실정이다.

이에 반하여, 한국의 경우 전해시스템을 미국의 Sanilec사에 의지하여 지금까지 주로 발전소분야에 적용하여 왔다. 그러나 아직까지 우리나라가 의존하여 오고 있는 Sanilec사(약 40여년이상을 Chlor-Alkali 산업 분야에 주요 기기들을 제작하여 납품하는 Eltech사의 계열회사)의 Sanilec System은 DSA Mono-polar 전극을 이용한 Mono-Polar System으로서 현재는 전 세계적으로 사용되고 있지 않은 구(Old)기술이다.

Bi-Polar Cell 반응기 System은, 한국이 의존하여 왔던 Sanilec사의 Mono-polar system이 가지고 있던 가장 큰 단점인 경제성 및 효율성 문제를 획기적으로 개선하여 2000년대에 들어서면서 본격적으로 사업화되기 시작한 기술이다. 이 시스템은 이탈리아의 Denora사를 중심으로 상용화되어, 세계시장을 석권하고 있다. 동시에 전 세계적으로 Bi-Polar Cell 기술의 유출을 매우 경계하고, 극도로 보호되고 있어, 우리나라에서 조차 Bi-Polar Cell 반응기 시스템 기술에 접근하기가 매우 어려운 실정이다.

이러한 상황에 따라 한국의 경우 삼성중공업, 두산중공업, 현대중공업, 한국전력공사, 미포조선, 대우조선, 한국가스공사 등에서 수행하고 있는 Desalination, Plat form, 발전소, Marine & Off-shore, LNG Terminal, 선박건조 등의 해외수주 Project에 해외기술 및 제품을 전량 사용하고 있는 안타까운 실정이어서 Bi-Polar System의 국산화 개발이 매우 시급한 실정이다.

특히 거대한 시장이 형성된 Ballast water treatment 분야에서 중요한 핵심 기술 중의 하나인 Bi-Polar 형태의 해수 전해발생장치를 개발함으로써 해양•선박분야의 Ballast water treatment 시장에서의 국제 경쟁력확보 또한 매우 용이하여 질 것이다.

이에 따라 유니테크는 주관책임자가 1993년 이 후로 전해장치의 핵심 부품인 전극의 개발과 적용등과 관련된 많은 Know-How와 경험을 가지고 있으며, 특히 영국의 해수전해장치 System 공급사와 오랫동안 함께 일하면서 설계, 엔지니어링, 제작 및 영업 등의 분야에서 오랫동안 획득하고 축적하여 온 기술 Know-How를 활용하여 해수전해시스템의 국산화를 조기에 성공시켜 수입대체 효과를 극대화 시키고 또한 국제경쟁력을 발 빠르게 확보하여 국내 산업경쟁력 제고에 기여 하고자 한다.

2. 살균의 정의 및 방법

살균(Disinfection)이란 병원체를 외부에서 물리적 또는 화학적 수단으로 직접 죽이는 것을 말한다. 감염원 및 감염경로 대책의 하나로서 중요하다. 또한 멸균(Sterilization)이란 병원체, 비병원체를 가리지 않고 모든 미생물을 사멸시키는 것을 말하며, 살균도 거의 멸균과 같은 뜻으로 쓰인다. 그러나 멸균이 물품을 대상으로 하여 쓰이는데 반해 살균은 미생물 자체를 직접 대상으로 하여 쓰이는 것이 보통이다.

가. 물리적 살균법

가장 많이 이용되고 자외선, 방사선(γ선)도 응용된다. 여과법은 미생물제거에 효과가 있으므로 안전한 물과 공기의 공급에 이용된다.

(1) 열에의한 살균

(가) 소각처리 : 사람 및 동물의 사체 외에 종이, 의복, 천 등에 이용된다.
(나) 건열멸균법 : 보통 실험기구, 의료기구 등에 이용되고 있으며, 150℃ ~ 180℃에서 30분간이면 멸균된다.
(다) 자비(煮沸)처리 : 식기, 의복, 천 등의 살균에 가장 많이 이용되며, 65℃에서는 10분간, 80℃에서 5분 이내, 100℃에서는 곧바로 아포(포자)를 제외한 대부분의 미생물이 살균된다.
(라) 고압증기멸균법 : 2기압, 고온(132℃)에서 증기소독을 하는 것으로 아포도 사멸된다. 가장 확실하고 안전한 멸균법으로 병원 등에서 널리 이용되고 있으나, 고온에서 변질되는 것이나 분말, 기름 등의 멸균에는 부적절하다.

(2) 자외선에의한 살균법

침구, 서적 등의 일광소독의 살균효과는 자외선에 의한 것이다. 인공자외선인 살균등의 경우는 주로 2.537Å의 파장을 조사한다. 자외선 살균은 공중이나 물건표면에 있는 거의 모든 미생물에 대해서 효과가 있지만, 자외선 량은 거리의 제곱에 반비례하여 약해지고 그림자 부분에서는 효과가 없다

(3) 여과법

여과효율이 높은 섬유필터를 이용한다. 제품의 발달로 모든 부유미생물이 여과되므로 병실, 수술실의 배기와 각종 멸균실에 이용되며 초순수의 제조 시 0.22㎛의 여과를 통해 세균, 원생 동물 등을 제거한다.

나. 화학적 살균법

살균제를 사용하여 살균하는 것으로 계면활성제, 할로겐 및 그 화합물, 알코올류, 가스상태로 작용하는 약품 등이 있다.

(1) 크레졸 비누 : 보통의 세균과 결핵균에 효과가 있으나, 아포나 바이러스에는 효과가 없다.

(2) 계면활성제 : 역성비누와 양성계면활성제가 있으나 양자 모두 아포에는 효과가 없다. 또 바이러스에 대해서는 종류에 따라 효과가 일정하지 않다. 역성비누는 결핵균에 효과가 있으나 양성 계면활성제는 효과가 없다.

(3) 할로겐(Halogen)계 살균제 : 표백분, 차아염소산나트륨 등의 염소계와 요오드와 계면활성제 등의 혼합물이 있다. 유리염소로 살균하는 염소계는 세균, 아포, 바이러스에는 효과가 있으나 결핵균에는 효과가 없다. 요오드계는 거의 모든 미생물에 효과가 있다.

(4) 알코올류 : 에탄올(에틸알코올)과 이소프로판올(이소프로필알코올)이 있으며, 에탄올은 70%용액이 사용된다.

(5) 강산과 강 알카리

(6) 금속이온(Ag^{+}, Cu^{2+}, etc)

※ 이상적인 살균제로서 갖추어야 할 조건은

(1) 모든 병원미생물에 대하여 매우 낮은 농도로도 효과가 있을 것

(2) 균체 이외의 단백질이나 그 밖의 유기물의 존재에 의해 효력의 저하가 없고 효 과가 가 빠를 것

(3) 소독해야 할 기물을 손상시키지 않을 것

(4) 사람이나 가축에 대하여 전혀 해가 없을 것

(5) 화학적으로 안정할 것

(6) 값이 싸고 사용법이 간단할 것 등이다.

그러나 실제로 살균제는 살균작용에 선택성이 있으며 유기물에 따라 유효성에 강약이 있다. 살균제의 효력판정에는 석탄산이 사용된다. 살균제의 작용 메카니즘은 화학반응에 의해 균체의 단백질에 변성을 일으키거나 효소 계를 저해하는 것 등에 의한다. 살균작용의 반응기작은

(1) 세표 벽의 파괴(Laceration of the cell wall)

(2) 세포침투성의 일시적 변이(Modification of cell permeability)

(3) 원형질의 일시적 변이(Modification of the nature of the protoplasm)

(4) 핵산의 교체(Alteration of nucleic acids)

(5) 단백질 합성의 저해(Disruption of protein synthesis)

(6) 비정상적인 산화환원 과정유도(Induction of abnormal redox processes)

(7) 효소활성도 저해(Inhibition of enzyme activity)

[표 1.1.1] Comparison of important properties and common applications of chlorine compounds, ozone and hydrogen peroxide

특 성	Chlorine	Sodium Hypochlorite	Calcium Hypochlorite	Chlorine Dioxide	Ozone	hydrogen peroxide
화학물질	Cl2	NaOCl	Ca(OCl)2	ClO2	O3	H2O2
형태	Liquid, gas	Solution	Powder, pellets, or 1 percent solution	Gas	Gas	Liquid
저장용기	On-site generation, tank cars	tank cars	drums	On-site generation	On-site generation	Fiberglass drums, tank cars
점유율	100	12 ~15	70	Up to 0.35	2	35 ~70
안전성	S<표	Light yellow, liquid, uns<표	S<표	Greenish yellow gas, explosive	Uns<표	S<표
살균력	High	High	High	High	High	Medium
취급위험성	High	Medium	Medium	High	High	Medium
부식성	High	Medium	Medium	High	High	Low
탈취능	High	Medium	Medium	High	High	High
가 격	Low	Medium	Medium	Medium	High	High
적용	Control of slime growth, H2S, and odor, BOD reduction, Sludge bulking and foaming control, ammonia oxidation, disinfection	Control of slime growth, disinfection	Control of slime growth, disinfection	Control of slime growth and odor, disinfection	Odor control, BOD reduction, oxidation of refractory organic compounds, disinfection	Control of slime growth, H2S, and odor, sludge bulking

● 오존(Ozone)에 의한 살균

오존은 음용수처리에 오래전부터 사용되어지고 있는 처리법이다. 유럽 같은 경우에는 보편적인 살균제로 널리 사용되고 있으며 상수도, 수영장 등에서 잔류가 거의 없고 독성이 있는 부산물이 생성되지 않기 때문에 많이 사용되고 있다. 오존은 분자량 48인 무색의 기체로 코를 자극하는 독특한 냄새를 가진다. 오존을 수처리에 이용할 경우 액상에 용해시켜 사용하며 산소보다 약 10배 높은 용해도를 가진다. 오존은 강력한 산화력을 지니고 있어 많은 유·무기화합물을 산화시킨다. 특히 유기화합물의 올레핀류 뿐만 아니라 방향족 핵도 실온에서 빠르게 분해시키는 특성이 있다. 이 산화분해력을 이용하여 탈색, 탈취, 표백 또는 화학제품의 합성에 이용되고 있다.

오존의 특성으로는

(1) 전력과 공기만 있으면 현장에서 쉽게 필요량을 얻을 수 있으며, 전압과 주파수 변화로 필요한 오존을 합성할 수 있으므로 주입량 제어나 자동화가 용이 하다.
(2) 산화환원 전위가 불소 다음으로 높아 수중의 처리 대상물 분해 시간이 짧다.
(3) 사용되고 남은 오존은 짧은 시간에 산소로 완전 분해되므로 (반감기 상온, 중성에서 대기중 10 ~ 15시간, 수중에서 15 ~ 30분) 처리 후 pH의 변화가 적다.
(4) 수중의 유기물질을 저분자화 하므로 후단의 생물학적 처리와의 병용처리에서 효과가 높아질 수 있다
(5) 처리 후에도 무기물 농도의 상승, 슬러지 발생 유기 염소화합물의 생성 같은 2차 오염이 없다.

오존의 분해 부산물인 OH 라디칼은 오존 자체보다 높은 전위차(3.08V)를 가지며 거의 모든 유기물과 매우 빠른 속도로 반응한다. 오존에 의한 유기물 제거는 오존 분자에 의해 직접적으로 유기물을 제거할 수 있는 직접 경로와 오존의 분해 생성물인 OH 라디칼에 의해 제거되는 간접 경로를 들 수 있는데 OH 라디칼은 오존보다 훨씬 큰 산화력을 가지며 유기물과의 반응도 거의 비선택적이다.

오존을 수처리에 응용할 경우 처리수에 오존 분자와 반응성이 강한 물질이 존재한다면 반응이 직접 경로에 의하여 진행되도록 하고, 오염물질과 오존의 반응이 상대적으로 느릴 경우 간접경로의 특성을 살려 OH 라디칼의 생성을 증가시킬 수 있도록 조건을 조성하는 것이 효율적이다.

또한, 오존은 강력한 산화제이면서 살균제이다. 주로 세포막, DNA에 영향을 주며 구아닌(Guanine)과 티민(Thymine)이 공격대상이 된다. 10ppb의 양에서 100초 이내 대장균 99.99% 제거되는 실험 결과(Wuhrman and Mayrath(1958))가 있을 만큼 작은 양으로도 빠르게 세균에 영향을 줄 수 있다.

그러나 오존은 그람 음성균에는 강하나 그람양성균에는 취약한 면이 있다. 대장균의 경우 염소살균보다 3.150배 속성 살균력이 있어 선진국에서는 오래 전부터 수돗물 정수장에서 이 오존 살균법 을 사용해 왔다. 뿐만 아니라 오존은 냄새 분자와 결합하여 탁월하게 냄새를 제거할 뿐만 아니라 놀라운 산화력으로 유해 유기물이나 야채, 과일에 남아있는 맹독성 농약까지도 완벽하게 분해 제거하여 무해하고 안전하게 만들어주는 역할을 한다. 그리고 오존은 살균이 완료됨과 동시에 자연의 가장 순수한 산소로 되돌아 간다

● UV(Ultraviolet)에 의한 살균

UV의 살균 특성에 관한 연구 이후 UV의 광화학적 반응에 의한 살균효과에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. UV 살균은 단 수초 만에 미생물의 유전자를 변화시켜 비활성화 시키는 것으로 살균에 관한 UV의 에너지 량은 다음과 같다.

D = I X t
D = UV 조사량 (mWS/cm^2)
I = UV 강도 (mW/cm^2)
t = 노출 시간 (S)

그러나 광화학반응에서는 UV의 살균특성보다는 파장특성이 더 중요하다. 자외선은 일반적으로 40 ~ 400nm 의 파장을 가지며 300 ~ 400nm 사이의 파장을 근자외선이라 하며 200 ~ 300nm 사이의 파장을 원자외선이라 한다. 살균에 쓰이는 파장은 250 ~ 265nm 정도이며 이를 초자외선이라 한다.

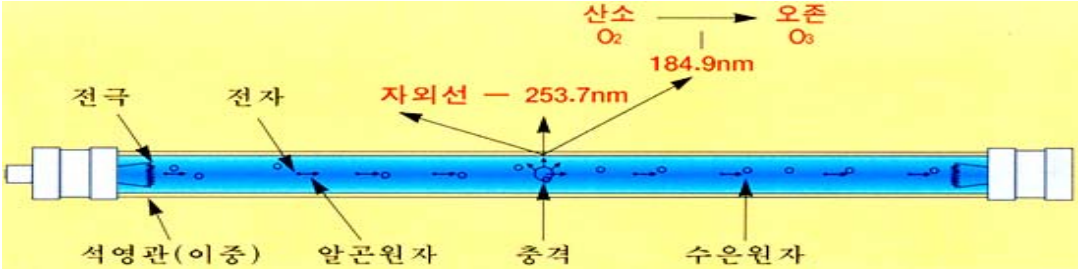
$$I_{ave} = \frac{I_o (1 - e - a_{e\Gamma} L)}{a_{e\Gamma} L\Gamma}$$

a_e = 기선 e에서 일정 거리 떨어진 지점의 흡광도
L = UV beam과 수용액 지점까지 떨어진 길이 (cm)
Io = 측정강도 (㎼/cm^2)
I_{ave} = 평균강도 (㎼/cm^2)

(1). UV 램프의 구조

UV램프는 직경 10 ~ 1,000mm의 고순도 석영관 내부에 Buffer Gas, 수은, 특수 Salt 등이 들어 있으며, 관 내부 양단에 전극이 연결되어 있다. 전극은 몰리브덴 Ribbon에 연결되고, 몰리브덴 리본은 전기 도입선에 연결되어 있어서, 양쪽 전선 Terminal에 전압 인가시 양전극 사이에서 방전을 일으키게 되며, 이때 수은 혹은 특수 금속 원자가 여기 되어서 기저 상태로 복귀되면서 전자기파를 방사하게 된다. 방사하는 파장은 전자가 여기 되는 전자궤도의 에너지 준위에 따라서 달라지며 UV램프의 관벽 온도는 800℃를 전후로 냉각 유지 되는 것이 좋다.

[그림 1.1.1] Structure of UV(Ultraviolet) lamp



(2) UV 파장별 분류

[표 1.1.2] UV 파장별 분류

Wave Length	Effects and Application
184.9 nm	Ozone Produce(오존생성라인)
253.7 nm	Germicidel(살균선)
296.7 nm	Erythermal(홍반효과)
365.0 nm	Black Light
180 ~ 420 nm	UV Curing(자외선 경화)

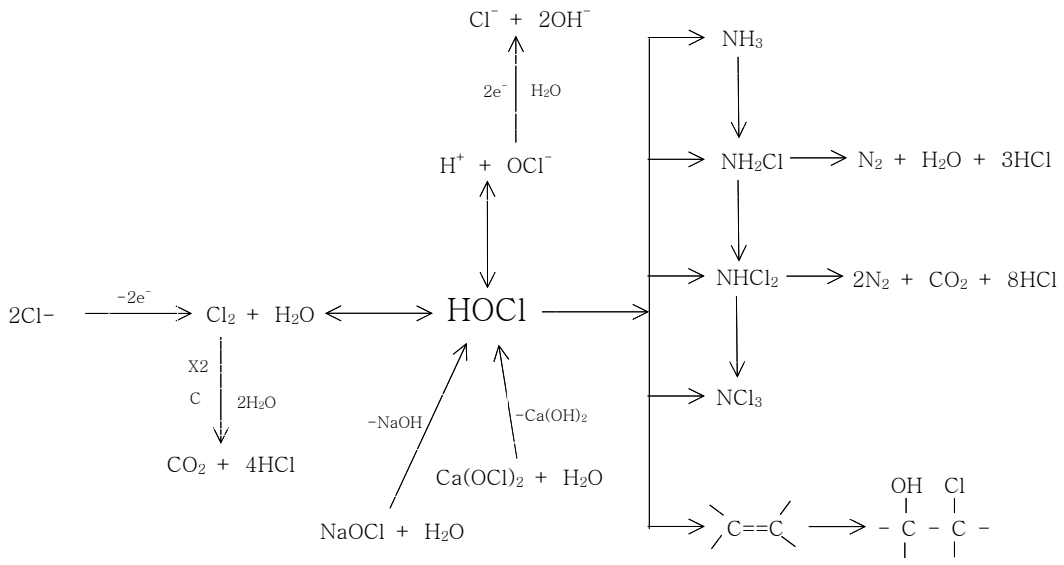
자외선(UV)에 의한 살균은 염소와 같은 화학제를 쓰지 않아도 되고 물속에 아무 것도 처리하지 않기 때문에 차후에 또 다른 부산물을 제거할 필요가 없으며 더구나 물의 물리적, 화학적 성질을 변화시키지 않으므로 pH나 색깔, 냄새, 온도, 맛 등이 원래대로 유지될 수 있어 시설하우스용 양액, 농업용 재순환용 용수, 회집의 활어용 수조, 정수기의 식수 살균에 많이 이용되고 있다.

라. 염소(Chlorine)에 의한 살균

염소살균법은 수처리에 넓게 적용되어지고 있다. 살균, 맛, 냄새뿐만 아니라 색도제거에도 많이 적용되고 있다. 염소는 또한 BOD 제거뿐만 아니라 암모니아, 철, 마그네슘, 황의 산화에도 적용되어진다. 염소는 싸고, 효과가 크고, 많은 부분에서 사용하고 있으며 생명체에 낮은 농도에서는 독성을 일으키지 않으며, 또한 잔류하기도 한다. 그러나 염산의 생성과 총용존성염생성, 2차 오염물질의 생성등 단점도 가지고 있다.

(1) 염소화합물

가장 대표적인 염소화합물은 염소가스(Chlorine gas(Cl_2)), 차염소산칼슘(Calcium hypochlorite[$Ca(OCl)_2$]), 차아염소산나트륨(Sodium hypochlorite(NaOCl)), 이산화염소(Chlorine dioxide(ClO_2)), 클로라민(Chlorine) 등이다. 잔류염소(Chlorine residule)란 물에 일정량의 염소를 가하고 나서 일정시간 후 물속에 잔존하는 염소량, HOCl 또는 OCl^-(화학적, 생물학적으로 반응성이 있어 직접 살균력에 공헌하는 유효염소)와 암모니아성질소, 기타 아민질소와 결합하고 있는 잔류염소량(질소와 결합한 염소량은 살균작용 약해짐)을 말한다.



[그림 1.1.2] Production and reactions of Cl_2-based water pathway in electrochemical oxidation process

● 유리잔류염소(Free Chlorine Residual)

염소는 수중에 첨가되어 다양한 반응을 일으킨다. 효율은 온도, pH, 완충능력, 그리고 공급된 염소의 양에 좌우된다. 염소는 수용액상에서 차아염소산(Hypochlorus acid) 와 차아염소산 이온(hypochlorite ion)형태로 존재한다.

※ 염소의 경우

$Cl_2 + H_2O \Leftrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$

$HOCl \Leftrightarrow H^+ + OCl^-$

※ 차아염소산나트륨의 경우

$Cl_2 + H_2O \Leftrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$

$NaOCl + H_2O \Leftrightarrow HOCl + NaOH$

$HOCl \Leftrightarrow H^+ + OCl^-$

수중에 존재하는 차아염소산(HOCl) 과 차아염소산이온(OCl^-)을 유리잔류염소라 한다. 염소살균법에서 HOCl 과 OCl^-의 비율은 상당히 중요하다. 왜냐하면 HOCl 이 OCl^- 비해 살균력이 40 ~ 80 배 정도 더 크기 때문이다. 그래서 수처리의 염소살균은 낮은 pH에서 처리효율이 훨씬 좋은 결과를 나타낸다.

[표 1.1.3] Comparison of chlorine residual and pH

pH	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
존재율(%)	100	99.6	95.0	69.7	18.7	2.2	0.2

차아염소산칼슘과 같은 차아염소산 염으로부터도 수중에 첨가된다.

$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \Leftrightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2$

$NaOCl + H_2O \Leftrightarrow HOCl + NaOH$

- 결합잔류염소(Combined Chlorine Residual)

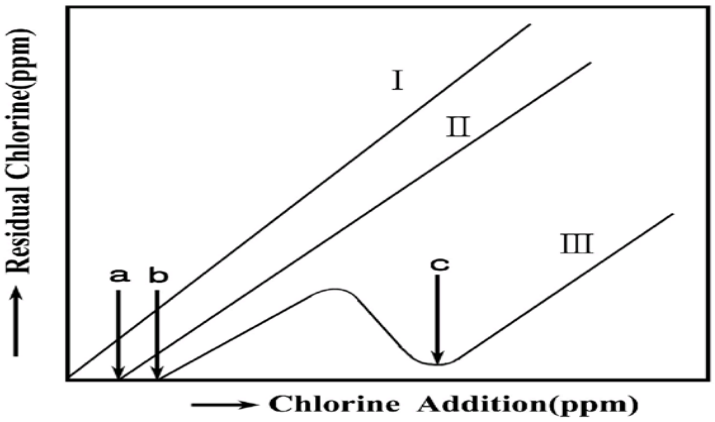
염소는 암모니아(Ammonia)와 결합하여 세가지 형태의 클로라민(chloramine)을 형성한다. 클로라민은 반응진행정도 및 pH에 따라 모노클로라민, 디클로라민 및 트리클로라민으로 존재하며, 모노클로라민과 디클로라민을 결합염소 또는 결합 잔류염소라한다. 유리염소와 결합염소와의 살균력에는 차이가 있어 가장 좋은 조건 하에서 같은 접촉시간으로 동등한 살균효과를 달성하기 위해서는 결합잔류염소는 유리잔류염소에 비해 25배의 양을 필요로 하고 같은 양을 사용하여 동등한 효과를 올리기 위해서는 약 100배의 접촉시간이 필요하다.

$NH_3 + HOCl \Rightarrow NH_2Cl$(Monochloramine) $+ H_2O$

$NH_2Cl + HOCl \Rightarrow NHCl_2$(Dichloramine) $+ H_2O$

$NHCl_2 + HOCl \Rightarrow NCl_3$(Nitrogen Trichloride) $+ H_2O$

(3) 파괴염소점주입법(Breakpoint Chlorination)



[그림 1.1.3] Chlorine Residuals and Breakpoint Chlorination Curve

염소 소독시 염소소독의 유형은 원수의 수질에 따라 I, II, III 형으로 구분된다. I형은 유기물이나 피산화물을 전혀 함유하지 않는 물로 실제로는 존재하지 않는다. II형은 일정한 염소요구량을 가지고 있는 물로 염소요구량의 증가에 비례하여 유리잔류염소가 검출되는 경우이다. III형은 수중에 암모니아화합물이나 유기성질소화합물(알부미노이드, 아미노산, 아민 등)을 함유한 경우로 이와 같은 물에 염소를 주입하면 결합잔류염소를 생성하며 투입된 염소량에 따라서 점차 증가한다.

그러나 어느 양에 도달하면 염소 주입율이 증가함에도 불구하고 잔류염소는 감소하며 거의 불검출에 가깝게 된다. 이는 과잉염소에 의하여 클로라민이 분해되기 때문이다. 이때 다시 염소 주입율을 증가하면 투입된 염소량에 비례하여 유리잔류염소가 증가한다.

II형에서는 a지점까지의 염소 주입율이 염소요구량이며, 염소소비량이기도 한다. III형에서는 b지점까지의 염소주입량이 염소소비량, c지점까지의 염소주입량이 염소요구량이라 하며, 수중에 암모니아성질소가 있어 클로라민을 생성하는 경우에 생성된 클로라민을 모두 파괴하고 유리잔류염소에 의한 소독을 행하는 방법을 말하며 III형의 c점을 파괴점이라 칭하고, 이점을 넘어서 유리잔류염소가 존재하도록 염소를 주입하는 방법을 파괴점 염소처리라 한다. 유리염소는 소독력이 강하여 소독효과를 충분히 달성할 수가 있다.

파괴점 염소소독을 행할 경우 수중의 유기물질과 반응하여 염소계 유기화합물을 생성하는 경우가 있으므로 이에 대한 고려도 필요하다.

마. 이산화염소(Chlorine Dioxide)

아염소산나트륨과 염소와의 반응으로 생성

$$2NaClO_2 + Cl_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl$$

- 산화력 강하고 암모니아나 질소화합물과의 반응성 없음
- 염소보다 물에 오래 잔존하므로 유기물이 다량 존재하는 물 살균에 이용
- 페놀화합물 분해능력
- 무포자 세균 강력작용, 포자형성세균에 대해서는 고농도 필요
- 염소와 달리 *Bacillus*에 대해 보다 강하게 작용
- 가수분해 안 되고 분자자신이 작용본체가 되어 작용
- 살균작용의 pH의존성은 없고, 온도영향 있어 저온일 때 활성 저하

바. 요오드(I_2)에 의한 살균

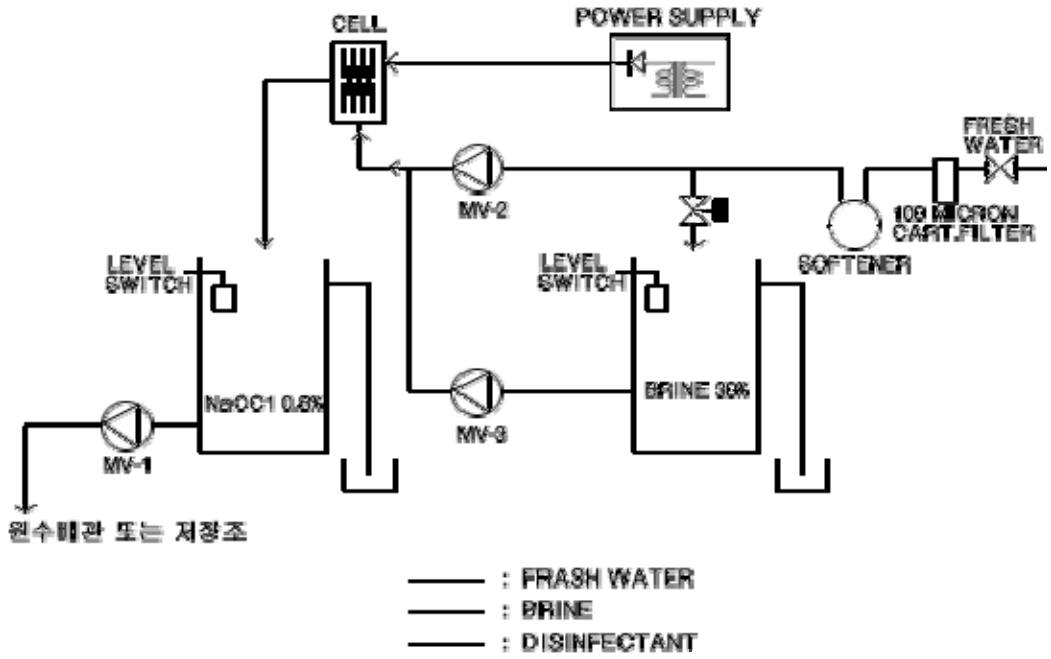
반응성이 강하고, 함질소 화합물이나 halamine은 생성하지 않으며, 살균작용의 본체는 유리요오드로 피부살균제로 주로 이용되고 있다. 낮은 pH에서 살균작용 크고, 알칼리 용액에서는 작용이 미미하다. 이용되는 형태는 요오드 수용액, 요오드 알코올용액과 Iodophors 형태로 사용된다.

- Iodophors polyvinylpyrolidone 또는 계면활성제가 요오드와 복합체를 형성하여 살균력 가지며, 일반요오드용액의 안 좋은 성질을 가지지 않아 제제화
- Carrier에 의해 요오드의 용해도 상승, 수용액 중에서 안정화, 무취, 염색성, 피부에 대한 자극성도 현저히 감소시킴 / carrier로는 비이온성 계면활성제(alkylphenoxypolyglycol ether에 속함) / carrier에 둘러싸인 요오드의 80-90%가 희석에 의해 살균력을 가지고, 남은 것은 계면활성제와 결합된 채로 존재/일반시판품의 유효 요오드 농도는 0.5-1.75%
- 사용 시 pH가 5.0이 되도록 금속부식성이 적은 인산, 구연산 등 이용: 발포성과 세정성 증가 위한 연구도 진행되며, 반면 발포성 억제 위해 글리신 첨가제제도 있음
- 낙농계, 일반식품공장의 기수, 용기, 장치 등 표면의 세정살균이나 물처리에 이용

사. 차아염소산에 의한 살균

해수 또는 소금물을 전기분해하여 0.5 ~ 0.8%의 저농도의 안전한 차아염소산나트륨용액을 생성시켜 주입하는 시스템으로 염소가스와 동일한 살균효과(소독성, 잔류성)를 갖으면서, 염소가스와는 달리 처리수 주입 후 부산물로 생성되는 수산화이온(OH^-)의 영향으로 수중의 알칼리도·pH를 적정히 유지하고 설비 및 관로부식을 억제하는 부차적인 효과를 나타낸다.

[그림 1.1.4] Common process flow diagrams of Chlorine generation



● 차아염소산나트륨(NaOCl) 발생원리 및 수중반응

수중의 차아염소산과 차아염소산이온은 평형관계에 있으며 이 평형관계는 수중의 pH에 의해서 변화한다. pH 6 ~ 7 인 경우 약 80%의 HOCl 과 약 20% 의 비율로 공존하게 된다. 반응생성물중에서 가장 큰 살균력을 갖는 것은 HOCl 이며 무전하이므로 미생물의 세포중에 침투하여 미생물의 생장에 필요한 산소를 분해하여 미생물의 성장저해와 함께 죽이는 작용을 한다.

$$NaCl + H_2O + 2e^- \rightarrow NaOCl + H_2 \uparrow$$
$$NaOCl + H_2O \Leftrightarrow HOCl + NaOH$$
$$HOCl \Leftrightarrow H^+ + OCl^-$$

차아염소산산나트륨은 수중에서 그 부산물로 가성소다를 생성한다. 즉 가성소다는 수중의 알칼리도를 상승시켜 구조물 및 관로의 부식을 방지하고, 응집제 사용시 소요되는 알칼리도를 보충하여 응집효과를 높이며, 정수의 pH를 7.2 정도 유지하기 위해 별도의 처리를 하지 않아도 된다. 이러한 효과는 전염소 뿐만 아니라 염소가스의 후염소 투입시 발생하는 관로부식으로 인한 관말 적수의 문제를 해결할 수 있다.

염소살균에 의한 효율은 1) 접촉시간, 2) 염소주입농도, 3) 온도, 4) pH, 5) 수중에 존재하는 물질, 6) 미생물의 종류와 수 등에 의해 결정된다. 일반적으로 살균은 잔류염소가 주입량 0.5mg/ℓ에서 접촉시간 20 ~ 30분이면 살균이 가능하다. 그러나 수중에 유기물이 있는 경우에는 유효염소주입량을 증가해야만 한다.

[표 1.1.4] 차아염소산나트륨의 살균작용에 대한 pH의 영향

시험균	99.99% 사멸에 요구되는 유효 염소량 (ppm)			
	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10
Pseudomonas aeruginosa	1	1	2	2 ~ 5
Bacillus subtills 포자	200	200 ~ 500	1000	> 1000

※ 낮은 pH 일수록 차아염소산의 구성 분율이 높아져 살균작용이 더 높아지며, 일반적인 수처리의 살균에는 pH 6 ~ 7로 조정해 주어야 한다.

[표 1.1.5] 차아염소산나트륨의 살균작용에 대한 유기물질의 영향

시험균	5분내 99.99% 사멸에 요구되는 유효 염소량(ppm)		
	유기물 없음	효모 1%	혈청 10%
Pseudomonas aeruginosa	5	160	500
Staphylococcus aureus	10	250	500
Pr.vulgaris	8	160	250

※ 수중에 유기물질이 존재할 시 투입된 차아염소산나트륨이 유기물을 산화시키는 데 일정부분 소요됨으로 인하여 살균작용을 하는 살균제의 양이 감소함으로서 원하는 살균력을 유지하려면 살균제의 양을 증가시켜야 할 것이다.

[표 1.1.6] 차아염소산나트륨의 살균작용에 대한 온도효과

온도(℃)	20	30	35	50
살균시간(분)	121	65	39	9

(B. metiens포자, 유효염소 25ppm, pH 10.0)

※ 수온의 증가에 의해 화학반응의 증가와 미생물에 대한 작용이 증가하여 살균시간이 감소되는 것을 알 수 있다. 특히 온도 부분은 곡선의 기울기 증가폭이 상당히 크므로 높은 온도에서의 살균이 훨씬 효과적일 것으로 생각된다.

차아염소산염은 광범위한 미소생물에 대해 파괴, 살균작용을 일으킨다. 또한 Virus, 무포자세균, 항산성 세균, 세균포자, 곰팡이, 조류, 원충류에도 상당한 효과가 있다. 그러나 유기물이 존재하지 않을 경우 1 ~ 10 ppm 정도의 저 농도에서 단시간 살균이 가능하다. Bacillus보다 Clostridium에 대해 감수성이 높다.

2절. 연구개발의 중요성

통상 대부분의 플랜트 시설은 전처리시설이 매우 중요하며, 전처리 설비의 성능여부가 전체 플랜트의 성능과 효율성을 좌우하게 된다. 예를 들어, 막분리 공정의 경우 막의 수명과 성능 유지를 위해 미세한 모래, 미생물, 고형물질 등을 사전 제거하는 방법으로 물리적 방법과 화학적 방법을 적용하게 되는데, 대부분 물리적 방법과 화학적 방법을 병행하여 전처리하고 있다.

이때 바닷물(해수)을 취수하여 원료로 사용하거나 또는 냉각계통의 냉각수 등으로 사용하게 될 경우, 바닷물로 인하여 해수 냉각 계통에 패각류의 서식 및 부착 방지를 위하여 반드시 차아염소산나트륨(NaOCl)을 첨가해야 한다.

이때 해수전해장치가 적용되어, 적정농도의 NaOCl을 발생시켜 필요로 하는 부분에 공급되도록 하는 것 이다.

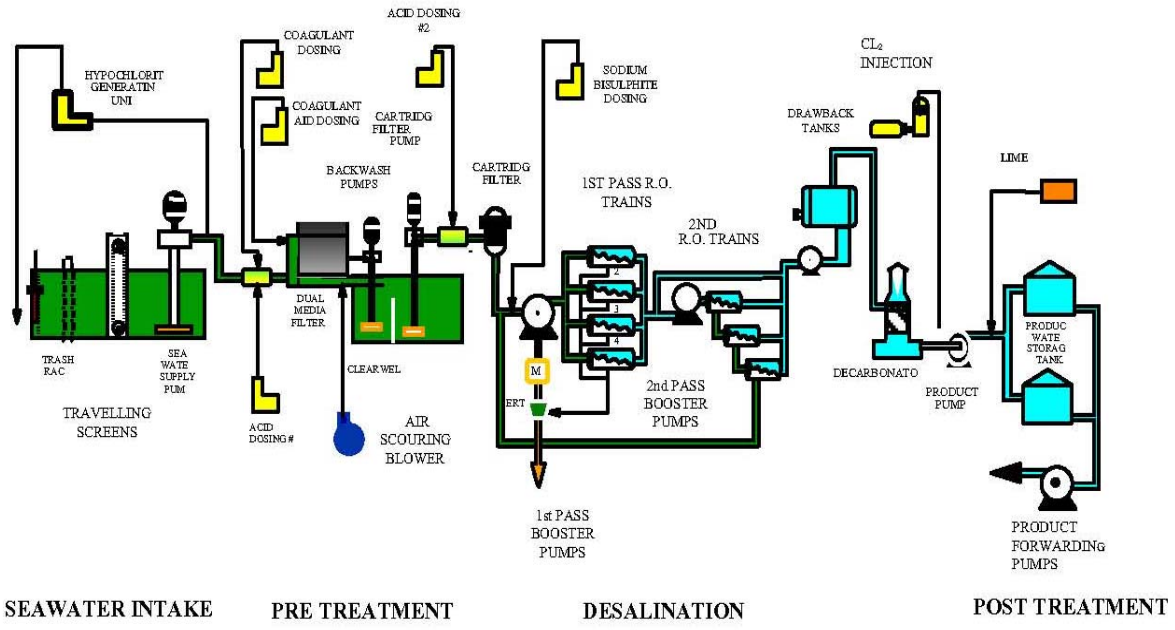
유니테크는 오랫동안의 기초기술 및 응용기술에 대한 기술기반을 확보하여 왔다. 또한 국토해양부의 해수담수화사업단 사업을 통하여 이미 기술검증을 실시한 바 있다. 따라서 이러한 기반을 바탕으로 유니테크가 보유하고 있는 기술의 우수성과 독창성을 바탕으로 사업화를 추진하여 나아간다면, 현재 전량 해외기술에 의존하고 있는 해수전해장치의 수입대체 효과는 물론 관련된 산업의 국제경쟁력 제고에 크게 기여할 것이다.

개발기술은 “해수담수화, 발전 및 해양플랜트 등을 위한 해수전해 장치”의 개발로, 해수전해장치란, 반응기에 일정 전기를 공급하여 해수를 전기분해 함으로써 최종 생성물질인 차아염소산나트륨를 생산하고, 이를 활용하여 바닷물을 사전에 살균처리하는 해수전해장치에 관한 기술로서, 바닷물이 전해장치내의 전기분해반응기를 통하여 최적의 조건 하에서 전기화학 반응이 일어나도록 하는 염소주입설비에 해당된다.

해수전해장치는 해수 담수화 플랜트 등의 분야에서 해수 취수공정과 전처리를 비롯하여 후처리 등의 담수화 공정에 사용되는 기술이다.

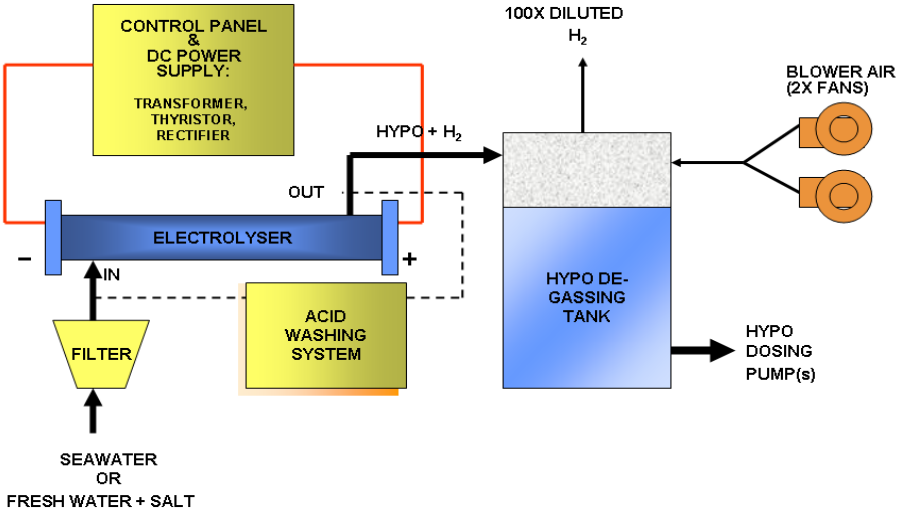
개발기술은 전통적인 증발법 및 역삼투막법 등을 이용한 해수담수화 플랜트 처리 공정 중 Intake Seawater, Pretreatment 및 Post Treatment Process 등에 공통적으로 사용되며, 해양플랜트등에도 적용되는 매우 중요한 기술로서, 오래 전 부터 그 개발의 필요성이 꾸준히 제기되어 왔다.

[그림 1.2.1] 역삼투식 해수담수화플랜트 공정도



해수전해 발생장치는 바닷물을 원료로 한다. 인입 바닷물은 Filter 장치를 통하여 전해반응기로 투입된다. 이와 같은 해수전해 반응기의 기술개발은 모든 해수담수화 플랜트 공정에 공통으로 적용되고 있는 주요 핵심기술로서, 우리나라가 두산중공업을 중심으로 한 해수담수화플랜트 사업 및 STX, 삼성중공업과 현대중공업 등을 중심으로 하는 해양플랜트 분야에서 국제경쟁력을 보유하고 있음에도 불구하고 아직 국산화가 되지 못한 미개척 분야이다.

[그림 1.2.2] 해수전해장치의 계통도



해수전해장치에 적용되는 해수전해 반응기는 전극의 형태와 구성의 방법에 따라 1) Mono Polar 타입과 2) Bipolar 타입으로 나눌 수 있다.

[그림 1.2.3] Mono-polar형 해수전해장치

현재 세계적으로 수행되었거나 혹은 수행중인 해수담수화 플랜트의 경우, 이미 미국, 영국 등 선진국을 중심으로 Electrochlorination System은 Bi-polar 타입의 전해반응기와 시스템이 개발되어 적용되고 있다. 그러나 우리나라의 경우 기초 및 엔지니어링 기술 등의 기반이 미약하여, 아직 예전 기술인 Mono-Polar 형태의 기술수준에 머물러 있는 실정이어서 국내의 해수담수화플랜트의 경우 전량 수입에 의존하고 있는 실정이어서 국산화가 시급한 과제이다.

또한 개발기술은 해수담수화 플랜트 등 주로 대규모 장치 및 플랜트 건설 등에 소요되는 장비를 생산하는 데 소요되는 기술로, 최근 전세계적인 물부족 현상에 대한 우려가 가속되고 있고, 이에 따른 물산업에 대한 관심이 증가함에 따라 급속하게 성장하는 산업

에 속해 있으며, 동시에 국가 또는 정부의 정책 등 공공산업과 밀접하게 연관되어 있는 사업으로, 불특성 다수의 소비자를 위한 공산품이 아닌 대규모 장치 산업과 연관된 기간 산업의 특징이 강함으로 기술적, 경제적 파급효과 또한 매우 기대되는 과제 이다.

1. 기술적측면

최근 정부에서는 "신성장동력 비전과 발전전략"을 발표하고, 이를 바탕으로 에너지·환경, 융합신산업, 그리고 문화 콘텐츠를 포함하는 지식서비스등 6대 분야 22개 신성장동력의 비전과 발전전략을 추진하고 있다.

본 과제에서 개발하고 추진하고자 하는 해수전해 장치개발 기술은 신성장동력의 분야 중 에너지·환경분야의 연료전지 발전시스템, 원전 플랜트 및 수송시스템의 선박·해양시스템과 깊게 연관이 되는 기술이다.

해수전해 시스템은 상수도 및 하수처리 등에 용이하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 상기의 발전시스템과 원전 플랜트 및 선박·해양 시스템의 신성장동력 산업의 추진의 중요한 System으로서 반드시 확보하여야 할 기본 기술이다. 따라서 본 기술의 국산화는 신성장동력 산업의 기술개발에 또한 매우 큰 역할을 차지한다.

이에 따라 물처리산업의 발전은 물 관련 플랜트, 화학 · 소재산업 등 관련 산업에 상당한 파급효과가 예상되고 있다. 특히, 플랜트 산업은 예산의 70% 이상이 외주 구매를 통해 이루어지므로 국내 연관 기업의 기술 및 역량이 상승할 것이다.

상기에서 기술한 산업분야는 본 과제에서 개발하고자 하는 시스템기술과 바로 직결되는 부분이다.

2. 사회·경제적 측면

본 과제에서 개발하고자 하는 시스템기술은 Oil & Gas등의 Plant 분야에서도 해수전해 시스템은 역시 필수적인 기술이다. 이는 중동국가를 중심으로 유화.원전 및 해수담수화 플랜트 등의 분야를 비롯한 해양플랜트등에서 국내에서 수주하는 수주량이 연간 500억불에 달하고 있어 본 과제에서 개발하고자 하는 해수전해 System의 사업성을 매우 밝게 하여주고 있다.

국내 플랜트 수출액을 바탕으로 보면, 지난 2003년 64억 달러였던 수준에서 2008년에는 422억 달러로 불과 4년 사이에 7배 가까이 증가했다는 부분에서도 해수전해 시스템의 국산화 개발 시 충분한 사업가능성을 보여주고 있다. 이는 과거에 하청업체에 머물렀던 국내 업계가 다양한 경험과 실력을 쌓아오면서 2000년 이후부터 원청업체로 성장했기 때문으로 판단된다.

또한 본 과제에서 개발하고자 하는 해수전해 장치의 주요 적용처 중의 하나인 해양플랜트 또한 충분한 가능성을 보이고 있는 부분이다. 이것은 유럽과 미국의 메이저 오일사들이 해양유전개발을 위해 해양플랜트 발주를 계속적으로 늘리고 있기 때문이다. 실제 우리나라의 해양플랜트 수주금액은 지난 2003년에 10억 달러 정도에 불과했지만 2008년에 들어서는 96억 달러로 크게 늘었다.

특히 최근 2009년 7월 4일자로 삼성 엔지니어링 26억 달러(3조 3000억원) 알제리 정유시설공사 수주, 7월 8일자로 대림산업, SK건설, 삼성 엔지니어링 28억 4000만달러(3조 5000억원), 사우디아라비아 주바일 석유화학 플랜트수주, 7월 16일 현대건설. 현대중공업 UAE 아부다비 가스플랜트 공사 39억달러(4조 9600억원) 수주등 수조원대 초대형 플랜트가 줄줄이 수주되고 있어 제2의 중동 붐을 예상하고 있는 형국이다. 또한 2009년 4월 해양플랜트가 30조원이 조선 빅4 업체에 발주되어 해양플랜트 산업이 현대중공업, STX조선해양, 삼성중공업, 대우조선해양 등을 중심으로 확대되고 있다.

따라서 이러한 분야에의 공통 필수 가자재인 해수 전해장치의 국산화는 사회 경제적으로 해외기술의 의존도를 탈피하여, 국내기술의 신뢰성을 제고하고 관련 산업의 국제경쟁력 제고에 기여하며 또한 수입대체효과를 극대화함으로서 국부를 창출하는데 크게 기여할 것이다.

이러한 사회 경제적인 측면에 따라, 본 과제에서 개발하여 사업화 하고자하는 Bi-Polar System은 해양플랜트, 해수담수화 플랜트, LNG기지플랜트등을 비롯한 정수 및 하수처리분야와 철강플랜트, 발전플랜트, 화학플랜트, 에너지플랜트등에 적용하여 나아감으로서 파급효과를 매우 극대화 할 것으로 기대된다.

3. 기 타

본 기술의 효과는 우리나라의 플랜트산업 및 선박의 국제경쟁력제고에 기여할 것이다. 플랜트산업 및 선박분야의 세계 시장규모는 매년 증대되고 있으며 이에 따라 핵심주요 설비 및 부품의 기술 확보의 중요성이 매우 강조되고 있다. 특히, 핵심주요 설비들은 플랜트 및 선박산업에서의 Business Open Key로서의 역할도 무시할 수 없어 해외 플랜트 수주사업에 주요한 부분으로서 자리 잡고 있다.

즉, 해수전해설비는 단일 품목으로서 뿐만 아니라 선박의 밸러스트 수 처리 분야를 비롯하여, 우리나라에서 세계적인 경쟁력을 보유하고 있는 해수담수화플랜트, LNG Terminal 플랜트, Off-Shore Plant, Oil & Gas Plant, Power Plant등의 분야에서 매우 중요한 기술 및 경쟁력 확보의 주요 역할을 담당 할 것이다.

이것은 본 과제에서 개발되는 해수전해장치가 세계적으로 크게 부상하고 있는 거대한 시장인 Ballast water treatment 공정의 개발 및 적용에 활용이 가능함으로서, 현재 미국의 Serverntrends Service사가 적극적으로 진출하여 기술선점을 노리고 있는 분야인 밸러스트 처리사업에 경쟁적으로 진출할 수 있는 매우 주요한 바탕이 되기 때문이다. 유니테크는 본 과제를 통해 개발된 Bi-Polar 시스템을 기반으로 하여 밸러스트워터 처리장치시장등에 빠르게 접근해 현재 전량 해외기술에 의존하고 있는 Bi-Polar형 해수전해장치 시스템 시장을 점유함으로서 우리나라의 해상플랜트 및 관련 플랜트 산업의 신뢰성 제고와 국제 경쟁력 확보에 기여할 것이다.

그리하여 해상플랜트 및 해수담수화 플랜트 등의 해외 플랜트수주 경쟁력을 제고시키고, 관련분야에서 국제 경쟁력을 갖춤으로서 수입 대체효과를 극대화하며 이를 바탕으로 해외시장에 진출하기 위한 기술개발로 우리나라의 경제, 산업분야의 발전에 기여하게 될 것이다.

또한, 해수전해 시스템은 단일기술이 아니라 공정기술과 기계, 전기, 배관, 계장, 토목/건설, 환경, 화학공학, 소재 등의 다양한 분야의 요소기술, 즉 부품/소재 기술부터 시스템설계, 시공, 운전 및 운영기술 등이 모두 결합된 종합기술로서 기술개발에 따른 연관된 타 분야에의 파급효과가 매우 크다고 할 수 있는 장치산업의 특성이 있어 타 산업에의 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다.

3절. 연구개발의 범위

유니테크는 해수담수화사업단사업을 통하여 해수담수화공정에의 해수전해시스템 적용기술을 이미 개발하여 기술검증을 성공적으로 마친 바 있다. 검증이 완료된 개발기술의 미진한 부분에 대한 추가 기술개발을 통하여 이를 완성시키고 사업화를 추진하기 위하여, 본 과제에서는 대형 해수담수화파일럿플랜트에 개발기술을 직접 적용함으로서 사업화를 위한 추가기술 개발과 시스템 재검증 및 Reference를 확보함으로서 사업화를 체계적으로 추진하여 나아갈 토대를 만드는 것이 주요 연구개발의 범위이다.

이를 위하여 다음과 같은 연구개발 목표를 설정하고 구체적 성과를 달성하게 되었다.

연구목표	주요 연구내용
■ 국산전극의 적용가능성 검증	■ 기 수행 과제를 통하여 가능성을 확인한 국산 전극의 적용성 검증
■ Cell 반응기 설계 및 제작	■ 국내 및 해외전극을 이용한 반응기 설계 및 비교 평가
■ 해수전해시스템의 설계 및 제작	■ 기본설계 및 상세 엔지니어링기술 확보 ■ 시스템 제작기술 확보 ■ 시스템 설치기술 확보
■ 해수전해시스템의 운전 최적화 기술 확보	■ 연속운전을 통한 시스템 운전기술 확보 ■ 설계 및 제작인자의 최적화 Data 확보 ■ 운전기술의 최적화와 Manual 확보

주요 연구내용은 아래와 같다.

- Cell 반응기 제작: 500 gCl2/hr (Based on 2,000 ppm)
- 전해시스템 제작: 500 gCl2/hr
- 시작품 현장 설치: 부산 기장(설치 및 운전 장소)
- 시운전 및 운전
- 엔지니어링 도서 작성

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 기술개발 현황

해수전해장치는 미국의 경우 1차 세계대전(1914-1918) 기간 중 NaOCl의 사용에 대한 관심을 기울이게 되었다. 이 물질은 Carrell-Dakin solution으로 알려지기 시작하였으며, 부상당한 병사의 상처가 부패하지 않도록 현장 발생형 차아염소산나트륨시스템이 사용되기 시작하였다.

이러한 목적으로 만들어진 최초의 Electrolytic Cell은 Van Peursem등에 의한 것으로서 Carrell-Dakin solution과 동등의 물질 이었다.

그러던 중 Wallace & Tiernan사가 최초로 빌딩내에서 운영하는 수영장에서 안전하게 Chlorine에 의한 살균이 이루어질 수 있도록 전해장치를 개발하여 판매하게 되었다. 이는 1939년초에 빌딩내에서 Chlorine Gas를 사용하지 못하도록 규정됨에 따라, 건물내에서 안전하게 사용할 수 있는 ElectroChlorination system을 개발하게 되었다. 이때 당시만 하여도 Electrochlorination system을 이용하여 먹는물을 살균하고, 살균된 물을 먹는물로 사용하는데는 이상적인 것으로 생각되었으나 세계 2차대전 이후 이러한 한계가 무너지게 되었다.
세계 2차대전 이 후, 먹는물의 수처리플랜트나 폐수처리 공정에 사용되고 있던 염소개스의 위험성이 대두되기 시작하였다. Chlorine Gas는 위험물로 분류되어 저장, 운송 및 사용시설의 설치등에 많은 제약이 따르게 되었으며, 이와 관련한 규제 법규등이 강화되면서 Chlorine Gas를 대체할 새로운 기술적 대안을 찾기 시작하였다.

1950년대에 이르러, 세계 최초로 ElectroChlorination system이 세상에 나오게 되었는데, 이때는 야외 수영장의 물 소독을 위한 장치였다. 그러나 시스템 제조사들의 설계 및 제조 능력이 취약하고, 가격이 너무 비싼것이 문제점으로 지적되었다.

1970년대에 이르러 다시한번 ElectroChlorination system에 대한 관심이 증대되기 시작하였다. 이것은 Chlorine Gas의 위험성 및 유지관리의 어려움으로 인하여, 이에 대한 대안으로서 ElectroChlorination system이 주목받기 시작하였기 때문이다. 이로 인하여 연구개발 투자가 활발하게 이루어지면서 본격적인 기술개발이 시작되었다.

1990년대에 이르러 Uniform Fire Code가 제정되기 시작하였으며, 이것은 On-Site Chlorine Generation system에 대한 관심과 필요성이 현실화하게 하는 계기가 되었다.

그러나 Chlorine Gas의 대안으로서 나타 난 ElectroChlorination system에서 발생하는 NaOCl의 농도가 저농도 이기 때문에 위험성 문제 및 취급의 어려움등의 문제는

해결되었으나, 반응 부산물로서 발생하는 가연성 개스인 수소개스의 발생량과 처리문제로 인한 안전성 문제가 제기되었다. 이로 인하여 반응에 투입되는 전류량과 수소개스의 적정 발생 농도등에 대한 Material & Energy Balance의 적정성에 대한 연구가 보다 심도있게 진행되었다.

이의 결과로서 포화 소금물을 원료로 사용하였을 경우 0.8% Chlorine을 발생시키는 시스템, 바닷물을 원료로 사용하였을 경우 0.2% Chlorine을 발생시키는 시스템이 개발되어 그 타당성을 인정받게 되었다.

개발된 이 시스템은 저농도의 Chlorine을 발생시키고 사용하게 함으로서 위험물질로 분류되지 않을 뿐만 아니라, 운전자가 특별히 훈련을 받지 않아도 되는 운전의 용이성과 안전성등을 확보함으로서 전 세계의 주목을 받게 되었다.

21세기 초반기에 이르러, ElectroChlorination system이 본격적으로 관심을 받게 되었는데, 이는 바로 테러리스트들의 테러대상 중의 하나가 바로 Chlorine의 운송, 저장 및 사용 지역이라는 특수성 때문이었다. 이로서 ElectroChlorination system은 사업화가 본격적으로 진행되기 시작하였으며 세계 시장에서 매우 중요한 시스템으로서 자리잡게 되었다.
그러나 안타깝게도 우리나라의 경우에는 이러한 연구 및 기술개발과정에 참여하지 못 함으로서, ElectroChlorination system 분야에서는 아직도 기술적 후진성을 면하지 못하고 있는 분야 이다.

제 2절 국내.외 기술개발 동황

바닷물의 경우 지역에 따라 차이가 있으나, TDS 농도의 범위은 약 30,000ppm ~ 36,000ppm으로 알려져 있으며 이 중, Chloride 농도는 평균 19,000ppm 이다. 따라서 모든 ElectroChlorination system은 이러한 바닷물의 TDS 농도를 기준으로 설계되고 제작되어진다.

현재, 세계시장을 주도하고 있는 해외 주요 기술보유사로는 미국의 SevernTrent Services Chlor-Tec, Siemens Electrocatalytic Chloropac, Wallace & Tiernan OSEC, PEPCON Systems등이 있으며, 최근에는 일본업체들이 기술개발을 완료하고 세계시장에 접근하고 있는 실정이다.

이에 반하여, 한국의 경우 해수 전해시스템을 미국의 Sanilec사에 의지하여 지금까지 주로 발전소분야 및 LNG Terminal 분야 등에 적용하여 왔다. 그러나 한국이 주로 의존하여 오고 있던 Sanilec사의 Sanilec System은 과거기술인 Mono-Polar 반응 Cell 시스템 기술로써, 미국의 Sanilec사는 지난 40여년이상을 Chlor-Alkali 산

업 분야에 주요 기기들을 제작하여 납품하고 있는 Eltech사의 계열회사로서 DSA Mono-polar 전극을 주요 핵심 부품으로 제작되어 전 세계에 납품하고 있는 회사이다.

그러나 2000년대에 들어서면서 한국이 의존하여 왔던 Sanilec사의 Mono-polar system이 가지고 있던 가장 큰 단점인 경제성 및 효율성 문제를 획기적으로 개선한 Bi-Polar 전극을 이용한 System이 개발되어 사업화되기 시작하였다. 이 시스템은 이탈리아의 Denora사를 중심으로 상용화되어, 전 세계적으로 기술의 유출을 매우 경계하고 있는 최신 기술이다.

이러한 상황에 따라 한국의 경우 삼성, 두산, 현대, 미포조선, 대우조선, 한국전력 및 한국가스공사등에서 수행하고 있는 Desalination, Plat form, 발전소, Marine & Off-shore, 선박건조등의 해외수주 Project에 해외기술 및 제품을 전량 사용하고 있는 안타까운 실정이어서 Bi-Polar System의 국산화 개발이 매우 시급한 실정이다.
국내의 경우에는 여러 중소업체들이 진출하여 어느 정도 성과를 거두고 있으나 Mono-Polar Cell 반응기를 바탕으로 한 기술 수준에 머물러 있는 실정이다. 이러한 기술적 한계로 개발기술의 수준 역시 수처리 분야의 범위를 벗어나지 못하고 있으며, 특히 해수전해장치에 진출을 시도하고 있는 경우에는 옛날의 구(Old) 기술인 Monopolar Type의 전해반응기 형태를 극복하지 못하고 있음으로 해외업체와의 경쟁력을 확보하지 못하고 있어 전량 해외기술에 의존하고 있는 상황이다.

현재의 상황은 미국 및 영국, 이태리에 근거를 둔 회사들이 세계시장을 주도하고 있으며, 일본의 경우에는 최근에 Daiki Engineering등의 업체들이 기술개발에 박차를 가하면서 사업화에 적극 가담하고 있으며, 일본 업체들은 후발주자로서 소규모의 해수 전해설비사업을 중심으로 사업을 전개하여 나아가고 있다.

제 3절 특허동향

현재 당사에서는 핵심기술이라고 할 수 있는 “전해반응기” 특허를 기 확보 또는 출원중에 있으며, 기타 관련된 지적재산 확보를 위한 준비를 계속하여 진행 중에 있으며, 추가적인 특허등을 출원 중에 있다.

아래의 내용은 한국과학기술정보연구원으로 부터 접수 받은 특허의 조사 의견이다.

업체명	유니테크(주)
과제명	해수 및 폐수의 전해처리 관련 기술
조사자	유영복(KISTI 경인지원)
연락처	031-888-9843, 010-8977-6505
상담 내역	□ 상담: 7월 28일, 2차 상담: 8월 18일 성명: 모진배 대리(010-6406-4782) 상담내용 - 1차 상담 시 신청 주제가 너무 광범위하여 보다 구체적인 조사 목적과 관련 자료를 요청한 바, 검색코자 하는 주제범위 및 키워드를 다시 선정하여 통보해 옴. - bipolar 타입의 DSA 불용성 전극 기술을 적용한 해수의 전기분해기술과 관련하여, 본 업체는 특히 전기분해장치 개발에 주안점을 두고 있음. - 그러나, 기술개발 및 특허출원에 활용할 수 있도록 가능한 많은 자료를 취합해 줄 것을 업체에서 요청해옴.
기술 개요	□ 조사주제 전기분해기술을 적용한 수처리 □ 기술개요 bipolar 타입의 전극을 갖춘 전해살균장치에 의해 바닷물을 전기 분해시켜 차아염소산나트륨을 생성함으로써, 해수나 ballast 수 및 기타 선박 오폐수 중에 포함한 미생물이나 세균을 제거하거나 소독함.
조사 범위	□ 기술정보 DSA 전극(또는 bipolar 타입)으로 한정하지 않고 전기분해 기술이 도입된 수처리 전반에 관한 논문 및 특허정보를 검색함.
조사 결과 및 검토 의견	□ 기술문헌과 특허문헌 조사 - 기술문헌은 상기 키워드 조건을 중심으로 검색하였으며 bipolar 타입이 아닌 경우도 포함이 됨. 위 검색 조건은 대표적인 예일 뿐이며, DB에 따라서는 검색범위를 넓히기 위해 특정 키워드를 제외하거나 또는 정확도 부여를 위해 타이틀에 지정하는 등 매우 다각적인 방법으로 실제 검색이 이루어짐. - 특허문헌은 상기 키워드와 국제특허분류코드(c02f:물, 폐수, 하수 또는 오니처리, c25b:화합물 또는 비금의 제조를 위한 전기분해 또는 관련 장치, c23f:기계적방법에 의하지 않는 표면에서 금속재료의 제거, c25f:재료의 전기 분해에 의한 제거방법 및 관련 장치) 또는 DERWENT 매뉴얼 코드(d04-a01m:전기화학적공정에 의한 수처리, d04-a02:수질정화, d04-b07f: 해수의 담수화)를 사용하여 검색함. - 차아염소산나트륨의 살균력을 활용한 해수처리기술 자체는 이미 국내외적으로 널리 사용되고 있는 상황으로서, 보다 효율적이고 경제적인 전기분해에 필요한 전극재료와 장치의 개발에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있음.

그러나 미국, 영국, 이태리 등의 해외 경쟁사들과 마찬가지로 특허는 기술 공개를 의미함으로 전해반응 시스템의 주요 핵심 기술에 대하여는 공개하지 않을 방침이다.

당사에서는 특허분석을 통한 특허 회피전략 수립을 위하여 지금까지 당사는 약 1,000건에 달하는 국내·외 특허를 분석하였으며 또한 보다 심도 있는 분석을 위하여 한국과학기술정보연구원에 의뢰하여 추가로 특허조사를 실시한 바 있다. 아래에는 주요한 국내·외 주요 관련 특허 현황이다.

[표 2.3.1] 국내.외 주요 특허 현황

No	특 허 의 명 칭	출 원 일	출 원 인	특 허 출원국	비 고
1	차아염소산 나트륨을 발생하는 전기분해조	2003. 01	이림테크(주)	한국	수처리용
2	차아염소산 나트륨 발생 전해장치	2001. 03	엔이텍(주)	한국	수처리용
3	비 격막식 차아염소산나트륨 발생장치의 희석염수온도조절장치(실용)	2002. 09	동우워터텍(주)	한국	수처리용
4	비 격막식 차아염소산나트륨 발생장치(실용)	2002. 09.	동우워터텍(주)	한국	수처리용
5	전기분해장치(실용)	2003. 01.	동우워터텍(주)	한국	수처리용
6	염소-수산화나트륨 생산을 위한 전기분해조(실용)	2002. 05.	동우워터텍(주)	한국	수처리용
7	정수장의 정수처리 소독시스템	1997. 09.	김경수	한국	수처리용
8	휴대용 전해 살균 처리기	2002. 10.	테크윈(주)	한국	수처리용
9	차아염소산나트륨 발생장치(실용)	2003. 10.	한힘테크놀러지(주)	한국	수처리용
10	Method and system for continuously monitoring and controlling a process stream for dechlorination residual	1999. 02.	Wallace & Tierana	미국	
11	Compact electrocatalytic sewage treatment unit for maritime use	1981. 11.	Omnipure, Inc.	미국	
12	Portable water disinfection system	2004. 05.	MIOX Co.	미국	수처리용
13	Method for producing chlorine or hypochlorite product	1997. 04.	Pepcon Systems, Inc.	미국	
14	Apparatus for producing chlorine on-site	1997. 11.	Pepcon Systems, Inc.	미국	
15	Process for sealing plates in an electrochemical cell	2003. 03.	DUPONT CANADA Inc.	PCT	
16	Process for the electrolysis of a molten charge using inconsumable bi-polar electrodes	1976. 02.	Swiss Aluminium Ltd.	미국	

No	특 허 의 명 칭	출 원 일	출 원 인	특 허 출원국	비 고
17	Biocides and apparatus	2006. 02.	A.Y. Laboratories	미국	
18	Electrical apparatus	1992. 02.	Beckswift Limited	미국	
19	Electrolytic cell and electrodes therefor	1994. 02.	Charles T. Sweeney	미국	
20	Electrolytic cell	1989. 02.	Charles T. Sweeney	미국	
21	System and method for treatment of ballast water	2006. 02.	Randolfo Fernandez	미국	
22	Method of controlling microbial fouling and a control system therefor	2002. 05.	Acculab Co., Ltd.	미국	
23	차아염소산전기분해장치	2003. 08.	주우화학공업주식회사	일본	
24	Apparatus and method for integrated hypochlorite and hydrogen fuel production and electrochemical power generation	2005. 10.	Edward Andrew Fleming	미국	
25	Apparatus and method for creating a hydrogen network using water treatment facilities	2007. 04.	Edward Andrew Fleming	미국	
26	Apparatus for producing hypochlorite	1997. 08.	CHLORINE ENGINEERS CORP., Ltd.	유럽	
27	Method for diluting hypochlorite	2007. 10.	Steven E. Bromberg	미국	
28	Electrolytic apparatus with polymeric electrode and methods of preparation and use	2007. 11.	SIEMENS WATER TECHNOLOGIES CORP.	PCT	
29	Process for producing hypochlorite	1984. 12.	Panclor S.A.	미국	
30	담수화 시스템의 염소 도징 장치	2006. 12.	두산중공업 (주)	한국	
31	차아염소산나트륨 발생장치	2006. 09.	표수길	한국	

No	특 허 의 명 칭	출 원 일	출 원 인	특 허 출원국	비 고
32	선박, 연해-플랫폼 등의 해수함 및 해수 시스템내에서의 유기체 성장을 저지하기 위한 방법 및 장치	2001. 12.	호퍼, 군터	PCT	
33	차아염소산나트륨 발생장치용 염수 저장조의 물 보충장치	2006. 09.	표수길	한국	
34	차아염소산나트륨 발생장치용 염수 저장조의 소금량표시장치(실용)	2006. 09.	표수길	한국	
35	Means for chlorination of swimming pools	1988. 09.	Jonathan S. Powell, Jr.	미국	
36	Continuous hypochlorite generator	2006. 12.	VARODE, Kenneth, Roland	PCT	
37	Organic sludge dewatering process	1980. 12.	WRC PROCESSING COMPANY	PCT	
38	Electrode assembly	2001. 05.	Andrew Hill	미국	
39	Electrode coating and method of use in a reverse polarity electrolytic cell	2001. 02.	Vadim Zolotarsky	미국	
40	Electrode for use in an electrochemical treatment process	2001. 05.	Atraverda Limited	미국	
41	Electrochemical cell containing a titanium suboxide electrode	1992. 12.	Atraverda Limited	미국	
42	Electrochemical method for producing chlorine dioxide solutions	1989. 12.	Olin Corporation	미국	
43	Method and system for generating hypochlorite	2001. 09.	James W. Bess	미국	
44	Electrolytic process to produce sodium hypochlorite using sodium ion conductive ceramic membranes	2006. 12.	Shekar Balagopal	미국	
45	Process for producing hypochlorite	2005. 07	Severn Trent Water Purification, Inc.	미국	
46	Disinfectant solution based on sodium hypochlorite, and process for preparing it	2002. 07.	Mario Pinza	미국	

제3장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절. 연구개발 목표 및 추진 내용

1. 연구개발의 최종목표

대형 실증 해수담수화플랜트를 통한 해수전해장치 기술 개발

2. 추진 내용

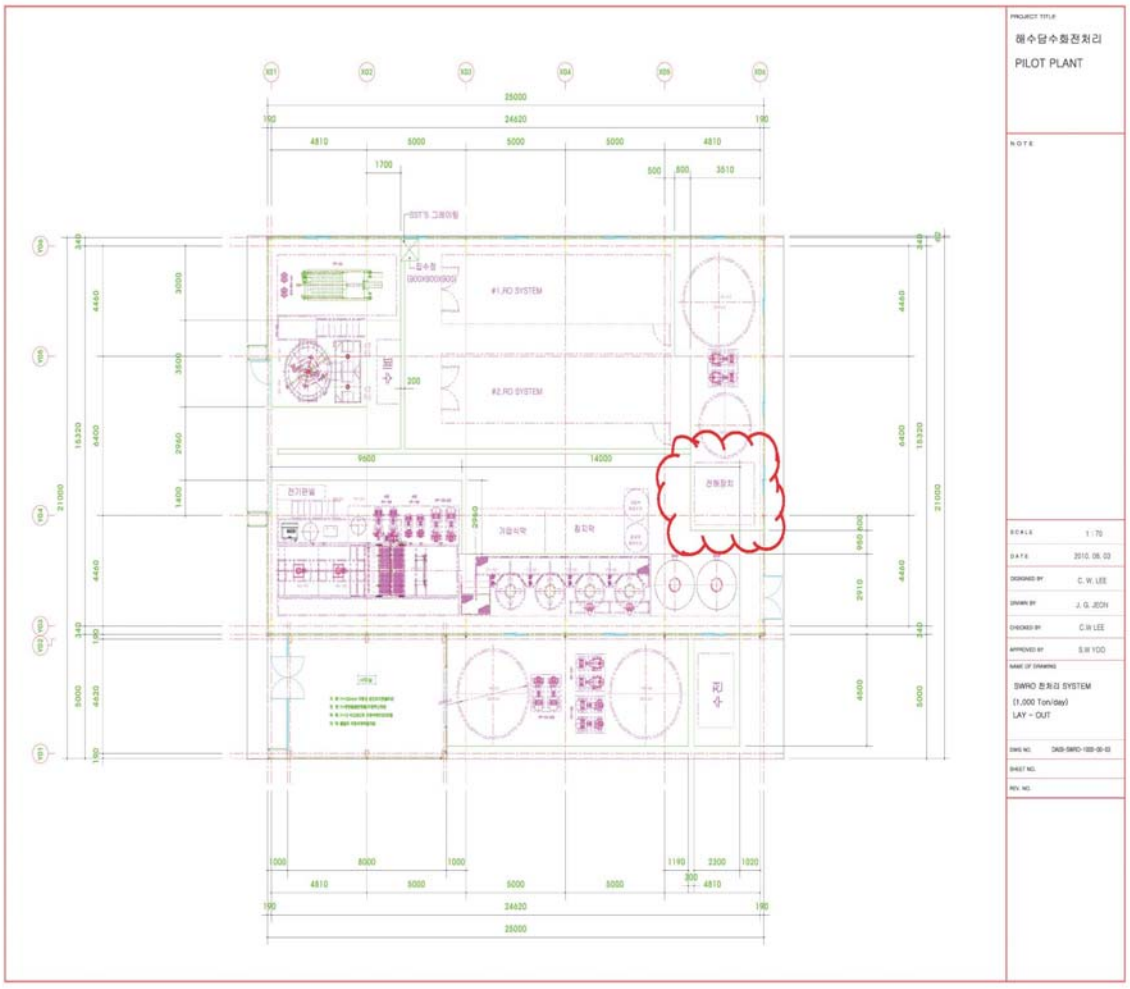
본 과제에서는 기술개발을 결과를 사업화로 연결하여 조기에 시장에 진입하기 위하여, 본 과제에서 개발하고 제작한 시작품을 한국건설기술연구원에서 설치하고 운영하는 1,000톤급 해수담수화플랜트에 적용하여 성능을 점검하고 검증하였다.

이러한 과정을 통하여 사업화를 위한 기초적인 바탕을 확보하게 되었다.

[그림 3.1.1] 국토해양부 해수담수화플랜트사업단에서 주관하고
한국건설기술연구원에서 운영하는 1,000톤급 해수담수화플랜트 현장
(부산 기장군 소재)

상기의 1,000톤급 해수담수화플랜트 전체 공정의 플랜트 배치도는 아래와 같다.

[그림 3.1.2] 1,000톤급 대형 해수담수화플랜트 공정의 배치도



금번 연구개발 결과물로서 설계되고 제작되어진 해수전해시스템은 본 대형 파일럿 플랜트를 통하여 시스템의 성능과 기술적 검증을 통하여 설계 및 제작능력등의 사업화 추진 능력 확보에 중점을 두고 진행 하였다.

해수담수화플랜트에서의 해수전해시스템은 해수담수화플랜트의 Intake 공정에서 Biofouling을 억제하고 제거하는 기능을 하는 매우 중요힌 설비이다. 따라서 취수된 해수를 이용하여 적적한 Chlorine 농도와 양을 발생시키고, 이를 위하여 운전의 자동화를 이루는 것이 매우 중요하다.

이는 Biofouling이 취수공정의 Structure, Pumps, Filters, Heat Exchangers, Chambers등의 기기류와 Piping & Fitting류등을 오염시킴으로서 그 기능을 저해하기 때문이다.

취수는 보통 육상으로부터 최소 200m에서 약 3Km 이상 떨어진 지점에서 취수하며, 취수 지점에서의 깊이는 4~5.5m 부분에서 이루어 진다. 그러나 이러한 취수지점의 선정은 주변 환경과 바다의 특성, 지형, 또는 바닷물의 청정도와 오염정도등에 따라 결정되게 된다.

[그림 3.1.3] 1,000톤급 해수담수화플랜트의 해수 취수

해수의 취수원은 봄, 여름, 가을, 겨울의 계절변화와 폭풍 및 장마등의 변수를 고려하여야 하며, 또한 주변으로부터의 폐수 및 오수등의 유입정도를 살펴 보아야 한다.
이에따라 해수 원수의 성상변화가 발생할 수 있기 때문이다.

또한 높은 파도를 유발하는 기후변화등을 신중히 고려하여 바닷물 표면 해수 및 취수 지점의 해수간에 온도차를 유발하는 경우등도 해수 취수시 고려하여야 하는 변수 중의 하나이다.

우리나라 연안 해수의 수질특성은 아래와 같다.

가. 수온

수온과 기온은 서로 영향을 주고 받는다. 그러나 기후적 계절 변화는 수문학적 계절 변화에 상응하지만 일정한 시간적 차이를 나타낸다. 지역과 수역에 따라 다르지만, 일반적으로 수계의 수문학적 계절 (봄 : 4~6월, 여름 : 7~9월, 가을 : 10~12월, 겨울 : 1~3월) 은 기후적 계절 (봄 : 3~5월, 여름 : 6~8월, 가을 : 9~11월, 겨울 : 12~2월) 보다 약 한 달 정도 늦게 나타난다.

해양수산부 국립해양조사원에서 조사한 수온은 연중 4~26℃의 범위로서 변화폭이 상당히 크다. 특히 수온이 가장 낮은 시기는 1월 중순에서부터 2월 중순이었고, 가장 높은 시기는 7월에서 8월이었다. 이와 같이 연중 변화가 큰 수온은 해수담수화시설의 생산수량 및 수질에 영향을 미치는 중요한 인자이다.

나. 염도

염분은 온도와 더불어 해양수질의 성격을 좌우하는 주요한 물리적 요인이다. 해수의 삼투특성은 해수 내에 용해되어 있는 염류에 기인한다. 염분의 농도에 따라 수질의 물리적 화학적 성격의 차이는 물론이고, 생물학적인 환경이 달라진다. 따라서 생물체들은 연분도에 대한 내성에 따라 적응하는 범위가 큰 광염성 (euryhaline)과 적응범위가 지극히 좁은 협염성 (stenohaline)으로 나누어지며, 이들의 생태적 성격도 다르게 다타난다. 일반적으로 염도의 변화에 작용하는 주요 요인은 일사량과 증발량, 강수량에 의한 담수유입, 조수간만의 차에 따른 해수유입 등이 주요 요인으로 작용한다.

우리나라 주변해역의 염도는 31.5~34.6 ‰이다. 염도도 수온과 더불어 해수담수화시설 생산수량 및 수질에 영향을 미치는 중요한 인자이다.

다. 수소이온농도(pH)

정상 해수는 일반적으로 알칼리성이다. 해수의 수소이온농도는 변화폭이 크지 않아 매우 안정적인데, 해역별 변화범위는 7.5~8.4이며 대기와 접하는 표층 해수면에서는 수온, 염도 및 대기중의 이산화탄소의 분압에 의하여 다소 상이하거나 그 변화 범위는 8.1~8.3 사이이다.

비록 염도의 함량 변화에 따른 수소이온농도가 변하기는 하나 변화의 주요인은 식물플랑크톤에 의해서 발생되는 이산화탄소의 함량이나 이산화탄소의 분압이 주요인으로 작용하며 연안지역에서는 다량의 담수 유입, 지질특성 등에 변화한다. 따라서 수중의 수소이온농도(pH)는 오염에 의한 수질변화를 예측할 수 있는 방법 중의 하나이며, 식물성플랑크톤의 출현, 생장, 번식, 사멸 또는 오염원의 증감에 따른 수질 환경에 의한 변화로서 표현된다.

라. 해수수질 분석자료

한국수자원공사 수자원연구소에서는 1996년 여름시기의 8월과 가을시기의 11월 및 1997년 겨울 시기의 1월과 봄시기의 5월 등 4회에 걸쳐 우리나라 연안해역의 대표지점인 서해의 인천, 목포, 남해의 고흥, 남해, 진해, 동해의 포항, 강릉지점 내만 해수의 성분분석을 실시하였다. 분석항목은 용존산소 외에 13개 항목이었고, 이러한 항목 중에서 염도, 염소이온, 총용존거형물 (TDS) 등은 역삼투압의 크기를 결정할 수 있다. 칼슘, 마그네슘, 실리카, 망간, 철, 바륨, 스트론튬 및 알칼리도, 황산이온은 스케일의 구성성분이며, 탁도, 부유물질은 역삼투법 해수담수화 시설의 전처리 공정을 결정하는데 고려하여야 할 항목이다.

우리나라 연안해역의 대표지점을 선정하여 4회에 걸쳐 해수의 성분 특성을 분석한 하였다. 염도 (Salinity)는 28.1 ~ 34.6 ‰로서 홍해 40 ‰, 지중해 38 ‰, 표준해수 34.7 ‰보다 낮은 수치를 나타내었으나 흑해 18 ‰보다는 높았다.

철과 망간은 각각 0.01~0.41 ㎎/ℓ, 0.00~0.40 ㎎/ℓ 의 범위로서 표준해수보다 높게 나타났고, 칼슘과 마그네슘은 각각 334~454 ㎎/ℓ, 1.061~1.469 ㎎/ℓ 로서 표준해수보다 대체로 낮은 수치를 나타내었다.

[표 3.1.1] 여름철 우리나라 연안해역의 해수성분 (채수시기: 1996. 8. 8 ~ 8. 16)

분석항목	단위	인천	목포	고흥	남해	진해	포항	강릉
용존산소	㎎/ℓ	6.0	7.7	7.9	8.1	7.4	7.3	7.7
수온	℃	26.3	26.4	26.3	28.1	27.4	27.0	28.1
pH	-	8.1	8.0	7.8	8.1	7.8	7.9	7.9
염도	‰	28.6	31.3	32.2	32.6	31.4	32.2	33.1
염소이온	㎎/ℓ	15,890	17,340	17,840	18,000	17,390	17,830	18,330
탁도	NTU	4.88	1.17	1.51	1.83	1.36	2.25	0.98
Calcium	㎎/ℓ	334	364	375	378	365	374	385
Magnesium	㎎/ℓ	1,081	1,179	1,213	1,224	1,183	1,212	1,246
Silica	㎎/ℓ	0.59	0.86	0.61	0.42	0.22	0.19	0.31
Barium	㎎/ℓ	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
Iron	㎎/ℓ	0.41	0.12	0.13	0.10	0.11	0.21	0.17
Manganese	㎎/ℓ	0.22	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
Strontium	㎎/ℓ	5.8	7.0	7.7	7.4	7.2	7.6	7.1
Boron	㎎/ℓ	3.5	4.0	4.3	4.2	4.1	4.3	3.9

[표 3.1.2] 가을철 우리나라 연안해역의 해수성분 (채수시기: 1996. 11. 5 ~ 11. 9)

분석항목	단위	인천	목포	고흥	남해	진해	포항	강릉	홍도
용존산소	㎎/ℓ	6.8	7.9	8.1	8.0	7.8	7.9	8.0	8.1
수온	℃	15.7	16.1	15.8	17.2	20.0	16.2	15.9	13.8
pH	-	7.7	8.1	8.2	8.1	7.6	7.9	7.7	8.2
염도	‰	28.1	31.6	32.3	31.9	32.5	32.9	33.1	32.8
염소이온	㎎/ℓ	15,600	17,506	17,890	17,670	18,000	18,220	18,350	18,170
탁도	NTU	7.69	1.69	5.15	1.81	1.42	2.81	1.67	1.26
Calcium	㎎/ℓ	328	368	376	371	378	383	385	382
Magnesium	㎎/ℓ	1,061	1,190	1,217	1,202	1,224	1,239	1,248	1,236
Silica	㎎/ℓ	0.70	0.78	0.50	0.40	0.10	0.13	0.18	0.53
Barium	㎎/ℓ	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Iron	㎎/ℓ	0.20	0.01	0.26	0.03	0.06	0.29	0.05	0.02
Manganese	㎎/ℓ	0.39	0.02	0.07	0.02	0.06	0.06	0.02	0.01
Strontium	㎎/ℓ	5.9	6.4	6.6	6.4	6.6	6.7	6.5	6.5
Boron	㎎/ℓ	3.1	3.6	3.7	3.8	3.8	3.8	3.7	3.8

[표 3.1.3] 봄철 우리나라 연안해역의 해수성분 (채수시기: 1997. 5. 8 ~ 5. 11)

분석항목	단위	인천	목포	고흥	남해	진해	포항	강릉	홍도
용존산소	㎎/ℓ	8.1	8.9	7.3	10.7	9.8	11.2	10.5	7.6
수온	℃	14.8	14.9	18.8	16.1	15.9	14.8	13.4	11.8
pH	-	6.5	7.8	7.8	8.0	8.2	7.9	7.8	8.0
염도	‰	33.6	32.8	32.8	33.2	33.8	34.6	33.5	33.2
염소이온	㎎/ℓ	19,800	21,000	18,300	18,750	19,500	20,700	21,600	15,900
탁도	NTU	32.5	10.82	13.00	1.52	7.41	0.19	0.54	1.47
Calcium	㎎/ℓ	416	441	384	394	410	435	454	334
Magnesium	㎎/ℓ	1,346	1,428	1,244	1,275	1,326	1,408	1,469	1,081
Silica	㎎/ℓ	0.03	0.75	6.21	0.27	0.29	0.18	0.14	0.38
Barium	㎎/ℓ	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
Iron	㎎/ℓ	0.05	0.07	0.03	0.19	0.06	0.03	0.06	0.07
Manganese	㎎/ℓ	0.02	0.06	0.02	0.02	0.00	0.05	0.01	0.02
Strontium	㎎/ℓ	5.3	5.9	5.5	5.4	5.7	5.8	5.5	5.5
Boron	㎎/ℓ	3.7	4.1	3.9	3.7	3.7	3.8	3.7	3.7

[표 3.1.4] 겨울철 우리나라 연안해역의 해수성분 (채수시기: 1997. 1. 29 ~ 2. 2)

분석항목	단위	인천	목포	고흥	남해	진해	포항	강릉	홍도
용존산소	㎎/ℓ	6.8	8.4	7.8	9.1	7.3	9.6	10.1	8.2
수온	℃	0.1	5.4	0.9	5.8	5.5	10.6	6.9	8.5
pH	-	7.3	7.6	7.5	7.8	7.3	7.9	7.7	7.8
염도	‰	30.7	32.0	33.1	32.8	33.1	34.6	34.1	33.1
염소이온	㎎/ℓ	17,000	17,720	18,650	18,170	18,110	19,160	18,890	18,690
탁도	NTU	31.13	0.88	0.78	1.77	1.44	1.16	0.04	2.26
Calcium	㎎/ℓ	357	372	385	382	385	403	397	385
Magnesium	㎎/ℓ	1,157	1,206	1,247	1,236	1,247	1,304	1,285	1,247
Silica	㎎/ℓ	0.87	0.44	0.17	0.03	0.38	0.49	0.48	0.71
Barium	㎎/ℓ	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01
Iron	㎎/ℓ	0.18	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.04	0.02
Manganese	㎎/ℓ	0.40	0.03	0.05	0.04	0.01	0.03	0.05	0.01
Strontium	㎎/ℓ	5.7	6.4	5.9	5.7	6.5	6.7	6.1	6.6
Boron	㎎/ℓ	3.4	2.9	3.2	3.1	3.0	3.5	3.2	3.3

마. 해수담수화 원수의 선정

하루 수천 ㎥ 이상의 대규모 해수담수화 시설에서 해수를 직접 취수하여 원수로 사용하는 경우가 대부분이며, 취수시설의 구조는 해수의 오염이나 시설의 전처리를 간략하게 하기 위해서 스트레이너나 해안에 수중 취수 구조물을 설치하여 취수하고 있다.

그러나 하루 수백 ㎥ 규모의 소규모 해수담수화 시설에서는 대부분 해수의 오염으로부터 보호할 수 있고, EH한 안정된 수질을 확보할 수 있는 방법으로 해변에 지하관정을 개발하여 취수 한다. 그러나 지하관정을 개발할 수 없는 곳에서는, 수중 취수구조물을 설치하여 직접 해수를 취수하기도 한다. 특히 지하관정을 개발하여 원수로 사용할 경우에는 염분농도와 수량의 안정성을 조사하는 것이 중요하며. 염분의 농도가 해수보다 상대적으로 낮은 경우에는 시설 설계와 운전에 세심한 주의가 필요하다.

따라서 작은 섬지역에 지하관정을 개발하여 원수로 사용할 경우, 원수의 염분농도는 해수와 같을 경우가 운전의 안정성과 기술적용에 유리할 것이다. 또한 삼투압은 염분농도 1,000 ㎎/ℓ 당 0.6 ~ 0.8 kgf/㎠ 정도 발생하기 때문에 염분의 농도가 낮은 만큼 낮은 역삼투압에서 운전이 가능하다. 담수화 시설의 설계에 있어서 원수로 해수를 직접 채수하여 사용할 경우와 지하관정을 개발하여 사용할 경우의 장단점을 비교하였다.

지하관정을 개발하여 원수로 사용할 경우가 해수를 직접 채수하여 원수로 사용할 경우보다 해수의 오염으로부터 보호될 수 있고, 또한 염분농도를 제외하고는 안정적인 수지를 확보할 수 있다는것이 유리하다.

[표 3.1.5] 해수담수화 시설의 취수방법에 따른 장단점

방 식	해수 직접취수	지하관정 (지하해수)
염 도	해수의 염도	≤ 해수의 염도
장 점	- 충분한 수량 확보 가능 - 대규모 시설에 적합 - 역삼투법에 의한 담수화 기술이 안정되어 있음	- 안정적인 수질확보가 가능하므로 전처리시설이 간단해지고, 운영비가 절감 - 중소규모 시설에 적합
단 점	- 조수간만의 차이로 시공 및 유지관리에 어려움 있음 - 취수시설의 구조물이 복잡해지고 전처리에 따른 운영비용이 증가될 수 있음	- 초기 원수의 염도가 해수보다 상대적으로 낮을 경우에는 염도가 변할 가능성이 있기 때문에 운전이 어려움

아래의 표는 본 Test를 위하여 부산기장에 설치되어 있는 해수전해장치 및 해수담수화플랜트로 취수되고 유입되는 해수 원수를 직접 채취하여 분석한 측정 Data 이다.

[표 3.1.6] 1,000톤급 대형 해수담수화플랜트 취수 원수의 측정 Data

회차	온도 (℃)	TDS (ppm)	pH	Conductivity (mS/m)	Salinity (%)	Turbidity (NTU)
1	23.4	35,600	7.75	49.7	32.5	1.96
2	23.4	35,500	7.76	49.7	32.5	2.04
3	23.4	34,900	7.76	49.7	32.5	2.38
4	23.5	35,000	7.76	49.7	32.5	2.45
5	23.4	35,400	7.76	49.7	32.5	2.12
6	23.4	35,500	7.76	49.7	32.5	2.23
7	23.4	35,300	7.76	49.7	32.5	1.62
8	23.4	35,300	7.76	49.8	32.5	1.69
9	23.4	35,700	7.76	49.8	32.5	1.95
10	23.4	35,500	7.80	49.8	32.6	1.87
11	23.4	35,600	7.77	49.8	32.5	2.01
12	23.4	35,300	7.77	49.8	32.5	2.12
13	23.4	35,600	7.77	49.9	32.5	1.40
14	23.4	35,800	7.77	49.9	32.6	1.47
15	23.4	35,100	7.77	49.9	32.5	1.71
16	23.4	35,300	7.77	49.9	32.5	1.71
17	23.4	35,100	7.80	50.0	32.6	2.38
18	23.4	35,200	7.79	50.0	32.6	2.64
19	23.4	35,400	7.79	50.0	32.6	3.36
20	23.4	35,500	7.80	50.0	32.6	3.48

아래의 표는 해수담수화플랜트사업단의 수질분석 센터에서 분석한 1,000톤급 대형 해수담수화플랜트 취수 해수의 수질분석 데이터 이다.

[표 3.1.7] 수질분석 데이터 (1,000톤급 해수담수화플랜트 취수 해수, 부산 기장)

[해수담수화플랜트사업단] 초정밀해수수질분석

분석 결과서

일련번호 : 20110922					
의뢰일: 2011년 09월 22일			의뢰자 소속: 건설기술연구원		
시료명 : 해수(채수일자 : 9월 22일)			의뢰자 성명 : 최 준 석		
분석 결과					
	분석항목	분석장비 및 방법	결과	단위	비고
무기물 (4)	Na^+	IC (Cation)	11,372	mg/L	
	K^+	IC (Cation)	435	mg/L	
	Mg^{2+}	IC (Cation)	1,399	mg/L	
	Ca^{2+}	IC (Cation)	465	mg/L	
중금속 (13)	B	ICP/MS	5.16	mg/L	
	Al	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Si	ICP/MS	0.256	mg/L	
	Cr	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Mn	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Fe	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Ni	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Cu	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Zn	ICP/MS	불검출	mg/L	
	As	ICP/MS	0.002	mg/L	
	Sr	ICP/MS	7.56	mg/L	
	Cd	ICP/MS	불검출	mg/L	
	Ba	ICP/MS	0.007	mg/L	
미생물 (1)	Chlorophyll a	UV-vis spectrophoto-meter	불검출	ug/L	
분석 책임자		해수담수화플랜트사업단 초정밀해수분석실 오 상 근			

제2절. 연구개발 내용

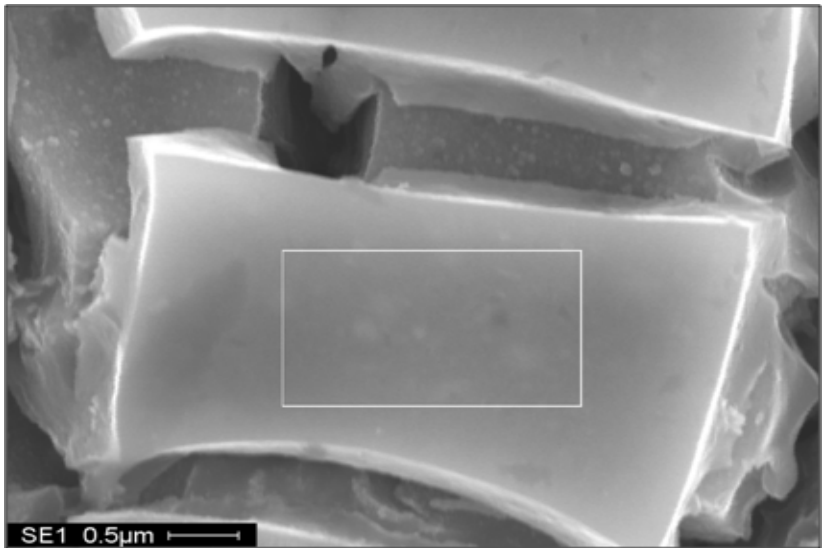
1. 국산 전극의 적용성 평가

해수전해장치용 전극은 국내에서는 아직 개발되지 못 하고 있다. 따라서 적용전극은 전량 해외 제품에 의존할 수밖에 없는 구조인 것이 우리의 현실 이다. 이러한 문제는 핵심소재기술을 해외기술에의 의존성을 탈피하기 위하여, 국산전극으로의 적용성을 평가 하였다.

이를 위하여 우선 해외전극의 특성분석을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

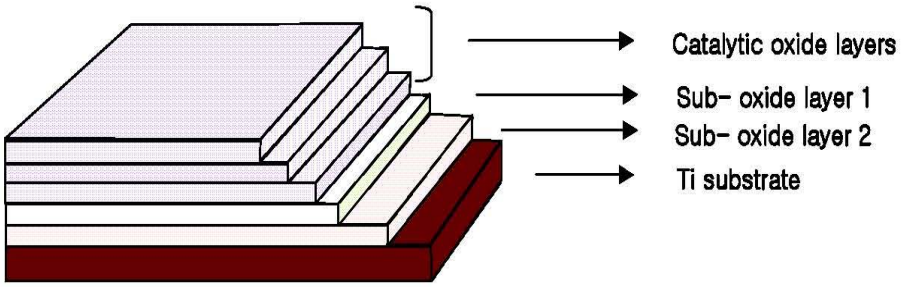
가. 해외전극의 표면 및 조성 분석

[그림 3.2.1] 해외전극의 표면 분석



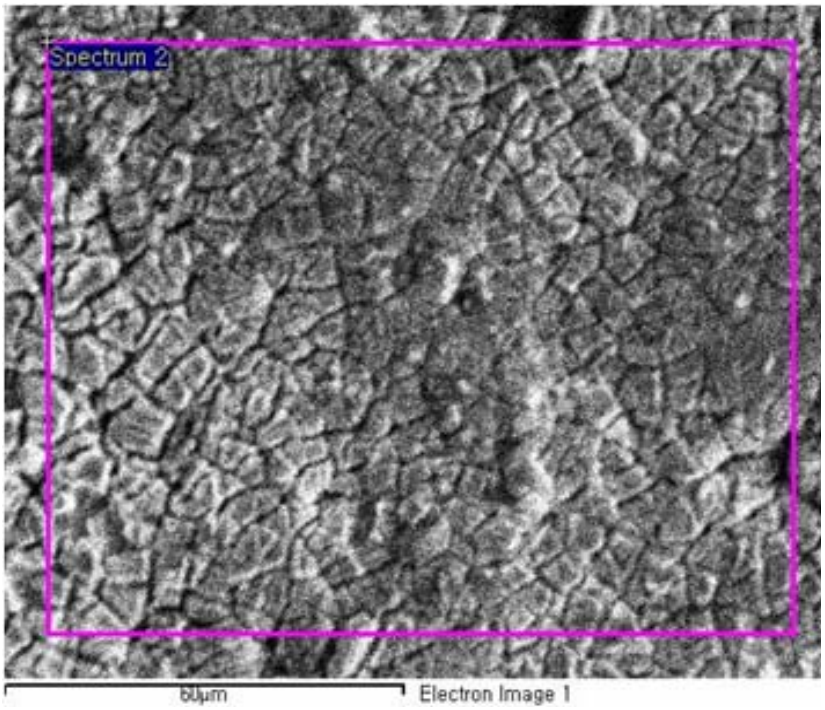
위와 같은 SEM을 이용한 해외전극의 표면분석에서 해외 전극은 다층으로 Mixed Metal Oxide가 코팅되어 있는 것으로 판명되었으며, 이는 아래와 같은 구조로 이루어졌을 것이라고 판단되었다.

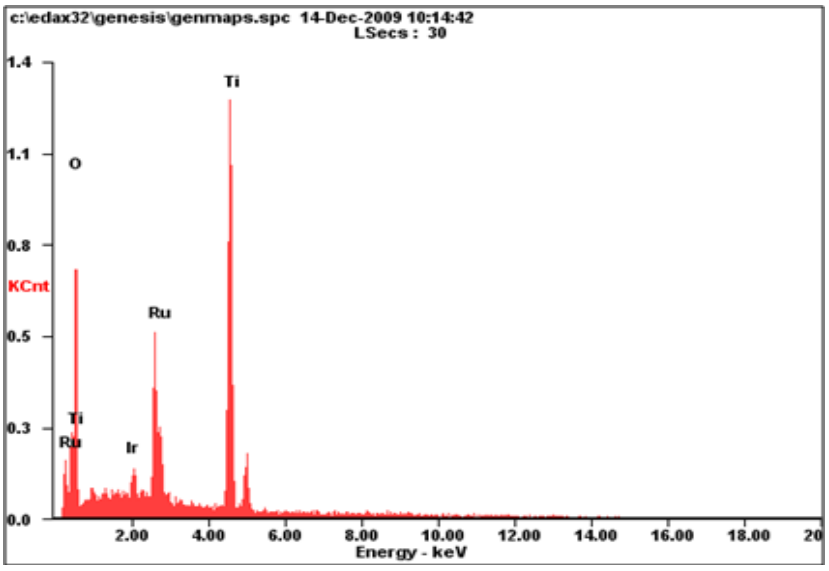
[그림 3.2.2] 해외전극의 구조 모형도



따라서 이를 바탕으로 국산전극의 개발을 추진하였으며, 또한 아래와 같이 EDX 분석을 통하여 해외전극의 조성을 분석하고, 국산 전극개발의 성능 확보에 주력 하였다.

[그림 3.2.3] 해외전극의 조성 분석





위와 같은 EDX 분석에서 해수용 해외 전극은 Ti모재에 Ru-Ir (Ru > Ir)이 코팅되어 있는 것으로 판명 되었다.

Element	Wt%	At%
OK	38.13	69.11
IrM	03.25	00.49
RuL	15.98	04.58
TiK	42.64	25.81
Matrix	Correction	ZAF

이를 바탕으로 국내 및 해외에서 개발되고 사용되고 있는 전극의 조성을 분석 및 비교 Data 이다.

[표 3.2.1] 국내.외 전극의 특성 비교

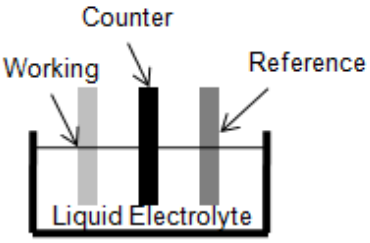
	Techwin		Asahi		Eltech		Eikos	
Condition	Used (500 hr)		New		Used		New	
EPMA	Element	Wt%	Element	Wt%	Element	Wt%	Element	Wt%
			Ru	35.38	Ir	48.16	Ru	22.29
			Ti	29.57	Sn	45.58	Ti	57.85
			Ir	31.81	Ti	3.10	Fe	11.71
Surface resistivity(Ωcm)	7		3		37		2	

나. 전극의 성능 및 수명 평가

해수용 전극을 사용하기 위해서는 반듯이 유지되어야 하는 전극의 성능을 평가한 결과가 아래의 그림에 나타나 있다. 전극의 수명 실험은 4.0Wt% NaCl 용액중의 전극에 0.05A/cm^{2}의 전류를 거는 조건 하 에서의 테스트 결과이다.

[그림 3.2.4] 전극의 성능 평가

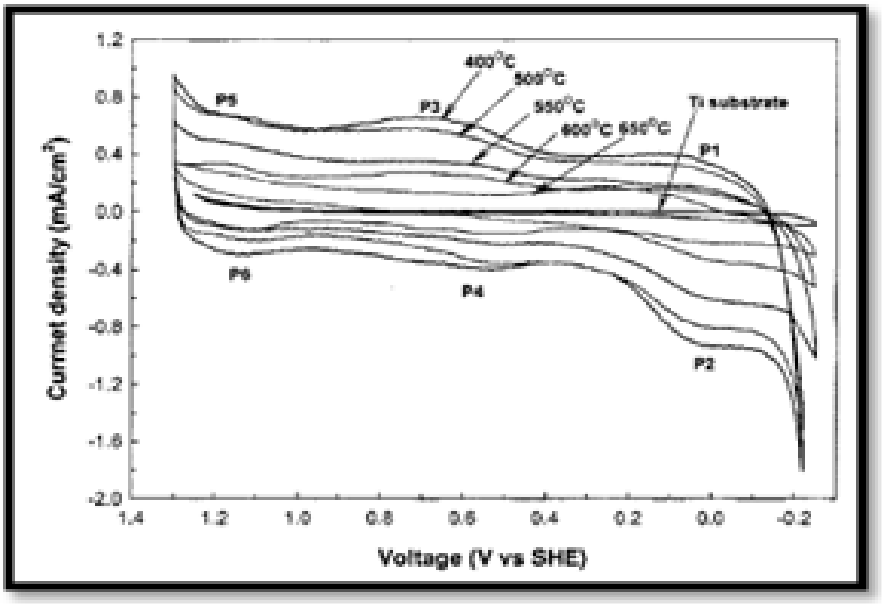
전극 성능 평가
(Cyclic Voltametry)



Half Cell

Method	3 Electrode Method
Working Electrode	Target Electrode
Counter Electrode	Ti
Reference Electrode	SHE*
Electrolyte	3 wt.% NaCl
Range	0 ~ 1.4 V
Equipment	Potentiostat
Temperature	25 oC
Electrode Dimension	1 cm * 1 cm

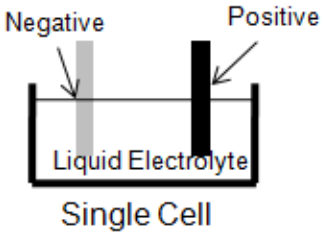
*: Standard Hydrogen Electrode



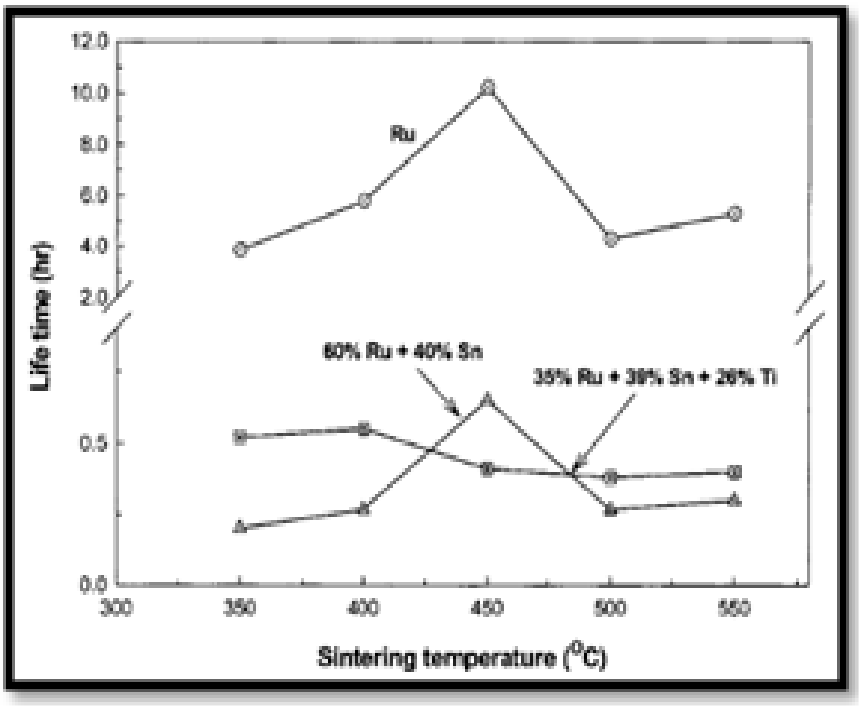
또한 해수용 전극을 사용하기 위해서는 반듯이 유지되어야 하는 전극의 수명을 평가한 결과가 아래의 그림에 나타나 있다. 전극의 수명 실험은 25℃의 0.5M H2SO4 용액중의 전극에 전류를 거는 accelerated life-time 결과이다.

[그림 3.2.5] 전극의 성능 및 수명 평가

전극 수명 평가
(Accelerated Life)

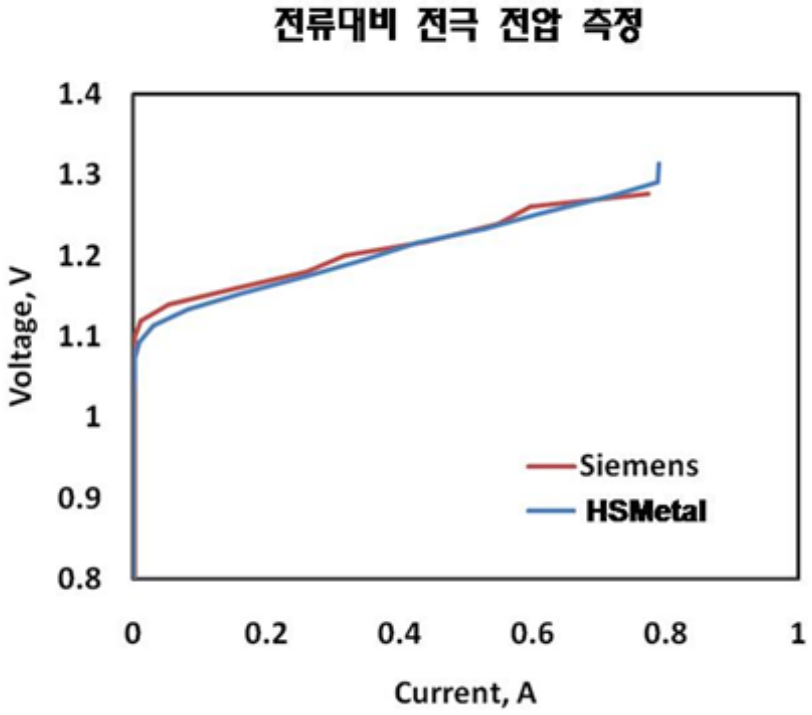


Method	2 Electrode Method
Positive Electrode	Target Electrode
Negative Electrode	Ti
Electrolyte	0.5 M H2SO4
Current	10x ~
Voltage	Max. 5 ~ 10 V
Equipment	D/C Power Supply
Temperature	25 oC
Electrode Dimension	1 cm * 1 cm



다. 성능평가의 결과

◆ 성능평가의 결과 전류 대비 전극 전압 측정에서 0.8 A까지 전류를 올려도 두 전극의 전압은 차이 없는 것으로 판단되어, 전극의 성능은 차이가 없거나 혹은 오히려 우순한 것으로 평가 되었음. (저항값이 비슷 함)

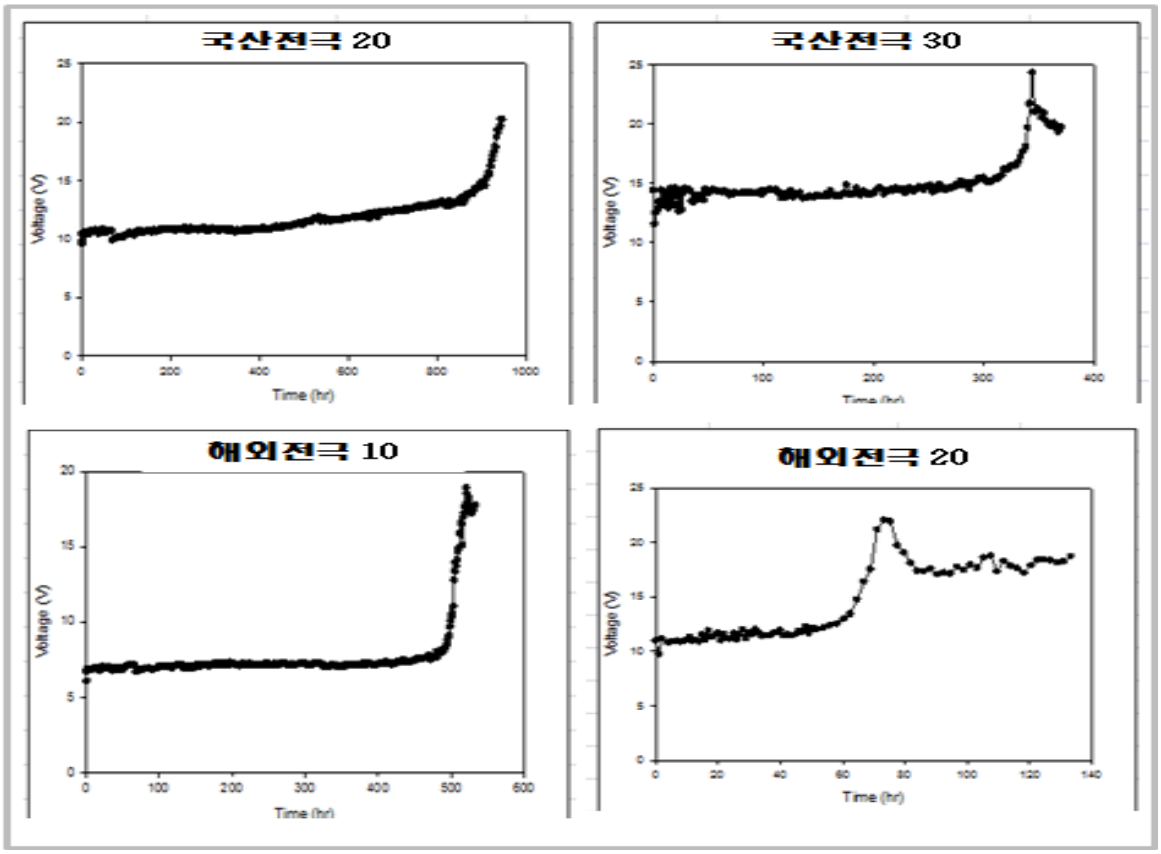


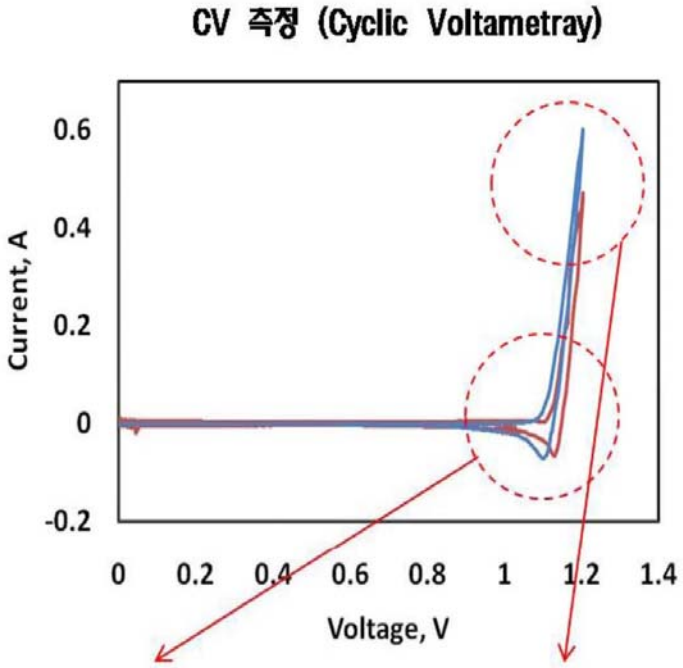
◆ CV값 측정에서 국산 전극의 과전압이 오히려 낮고, 같은 전압 조건에서 해외 전극의 전류가 높은 관계로 국산 전극의 성능이 해외 전극에 비하여 오히려 성능이 우수한 것으로 나타나고 있음.

라. 수명평가의 결과

- Accelerated Life TEST (가속 수명 평가)
  : 보통 운전조건 보다 높은 고전류 밀도를 전극에 인가하여 전압변화에 따른 수명을 평가하는 방법

- 실험조건
  - 전류밀도 : 5 A/cm2
  - 전해질 : 25℃, 0.5 M H_2SO_4





산화피크가 국산전극의 전극이 높음
: 같은 전압에서 더 높은 전류값을 가질 수 있음

환원피크의 경우, 국산전극이 수소과전압이 약0.05V 낮음

[그림 3.2.6] 전극의 수명 테스트(가속실험) 장면

마. 전류 효율 테스트

해외전극과 국산전극의 전류효율을 테스트 하였으며, 국산전극이 해외전극에 비하여 전류효율이 우수한 것으로 나타났다.

[표 3.2.2] 국산전극과 해외전극의 전류효율 평가

해외전극										
No.	TEST 1					TEST 2				
	전류	전압	농도	전류효율		전류	전압	농도	전류효율	
	A	V	mg/L	효율	MEAN*	A	V	mg/L	효율	MEAN*
1	0.6	3.5	53.18	0.80		0.6	4	56.72	0.86	
2	0.6	3.4	44.32	0.67		0.6	4	61.32	0.93	
3	0.6	3.5	60.27	0.91	0.89	0.6	4	53.53	0.81	0.85
4	0.6	3.6	59.56	0.90		0.6	3.9	55.27	0.83	
5	0.6	3.5	57.75	0.87		0.6	3.9	57.78	0.87	

국산 전극										
No.	TEST 1					TEST 2				
	전류	전압	농도	전류효율		전류	전압	농도	전류효율	
	A	V	mg/L	효율	MEAN*	A	V	mg/L	효율	MEAN*
1	0.6	3.6	37.22	0.56		0.6	3.7	58.85	0.89	
2	0.6	3.5	58.49	0.88		0.6	3.5	59.56	0.90	
3	0.6	3.6	59.56	0.90	0.90	0.6	3.4	57.78	0.87	0.91
4	0.6	3.6	60.27	0.91		0.6	3.5	59.56	0.90	
5	0.6	3.6	58.85	0.89		0.6	3.5	61.32	0.93	

• MEAN* : 5개의 data 중, 가장 큰값과 가장 작은값을 제외한 3개의 데이터의 평균
• Test 1,2 : 같은 코팅이 된 다른 샘플

	해외전극	국산전극
전류효율	0.87	0.905

바. 결 론

위의 분석 및 테스트 결과로 보아, 국산전극의 성능 및 효율이 해외전극에 비하여 최소한 동등하거나 우수한 것으로 나타 났다. 이에 따라 보다 더 구체적인 실증시험이 필요할 것으로 사료되어, 실제 Pilot Test를 실시 하였다.

2. Pilot Test

본 과제에서 개발하고 사업화를 하기위한 해수전해시스템을 위하여 적용되는 해수용 전극의 적용성과 시스템의 적절성을 위하여 성능평가를 위한 Pilot Test를 실시 하였다.

파일럿 시스템은 2010년 10월에 유니테크에서 기 설계하고 제작한 바 있는 파일럿 장비를 사용하였으며, 파일럿 시스템의 주요 사양은 아래와 같다.

- 용 량: 100 gCl2/hr
- Chlorine 발생농도: 1,600 ppm ~ 2,000 ppm
- Pilot System의 주요 사양

[표 3.2.3] 파일럿 시스템의 주요 사양

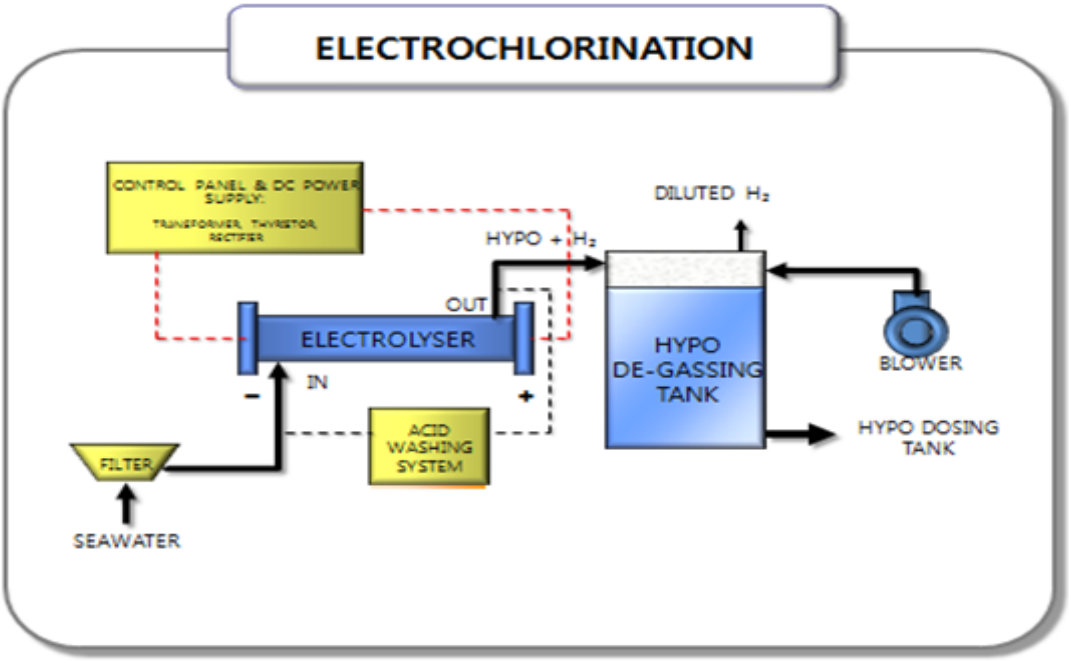
전 원 사 양	
MAIN POWER	220VAC, 3phase, 60 Hz
설 비 사 양	
최소/최대 압력	0 bar ~ 4 bar
유입 유량	50 Liter/hour
유입 배관 Size	1/2" uPVC
Drain 배관	바닷물, NaOCl, HCl (1")
H2 Gas 배출 배관	배관 Size (3")
장치 Size	L=2100mm W = 1600mm H = 1700mm
장치 무게	1(ton)
ACID 탱크	Φ=300, H=300mm, 20(Liter),FRP
원수탱크	Φ=700, H=1400mm, 500(Liter),FRP
NaOCl 탱크	Φ=700, H=1400mm, 500(Liter),FRP

● Pilot System

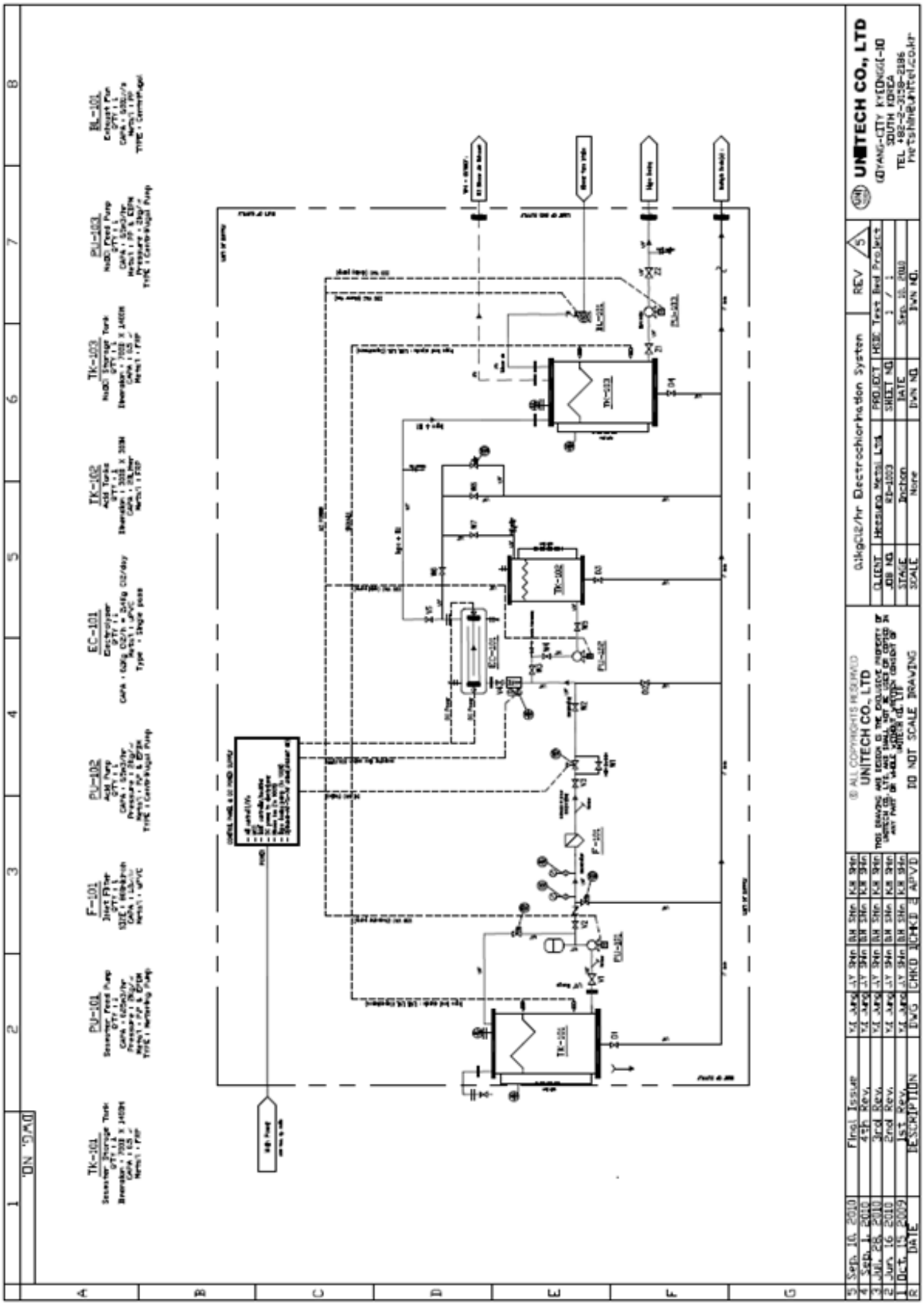
[그림 3.2.7] 테스트용 소형 파일럿 시스템

● 제작 및 설치일: 2010년 10월
● 해수전해장치의 공정 및 P&ID 도면

[그림 3.2.8] 소형 파일럿 시스템의 공정



[그림 3.2.9] 소형 파일럿 시스템의 도면



● Pilot System을 이용한 전극 및 시스템 Test 결과

– 해외전극을 이용한 성능분석 Data

구분	유량	원수TDS농도	원수 온도	전압	전류	측정시간	차염농도	합격여부
	㎥/hr	ppm	℃	V	A	Time	mg/L	
1	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	7:00	1,980	合
2	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	9:00	1,870	合
3	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	11:00	1,880	合
4	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	13:00	1,850	合
5	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	15:00	1,860	合
6	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	17:00	1,900	合
7	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	19:00	1,930	合
8	55~60	34,500	21.0	16.0	29.7	21:00	1,920	合
9	55~60	34,500	21.0	16.1	29.7	23:00	1,870	合
10	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	1:00	1,850	合
11	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	3:00	1,870	合
12	55~60	34,500	21.0	16.1	29.7	5:00	1,890	合
13	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	7:00	1,900	合
14	55~60	34,500	21.0	16.1	29.7	9:00	1,960	合
15	55~60	34,500	20.5	16.1	29.7	11:00	1,960	合
16	55~60	34,500	20.5	16.1	29.7	13:00	1,970	合
17	55~60	34,500	20.5	16.1	29.8	15:00	1,890	合
18	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	17:00	1,930	合
19	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	19:00	1,920	合
20	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	21:00	1,910	合
21	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	23:00	1,950	合
22	55~60	34,500	21.0	16.1	29.8	1:00	1,890	合
23	55~60	34,500	21.0	16.1	29.7	3:00	1,890	合
24	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	5:00	1,900	合
25	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	7:00	1,950	合
26	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	9:00	1,950	合
27	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	11:00	1,850	合
28	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	13:00	1,930	合
29	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	15:00	2,010	合
30	55~60	34,500	21.0	16.2	29.7	17:00	1,920	合

- 국산전극을 이용한 성능분석 Data

구분	유량	원수TDS농도	원수 온도	전압	전류	측정시간	차염농도	합격여부
	㎥/hr	ppm	℃	V	A	Time	mg/L	
1	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	7:00	1,860	合
2	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	9:00	1,810	合
3	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	11:00	1,970	合
4	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	13:00	1,810	合
5	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	15:00	1,830	合
6	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	17:00	1,800	合
7	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	19:00	1,940	合
8	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	21:00	1,910	合
9	55~60	34,700	21.0	15.9	29.8	23:00	1,940	合
10	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	1:00	1,930	合
11	55~60	34,700	21.0	15.8	29.8	3:00	1,890	合
12	55~60	34,700	21.0	15.8	29.7	5:00	1,890	合
13	55~60	34,700	21.0	15.8	29.7	7:00	1,950	合
14	55~60	34,700	21.0	15.8	29.7	9:00	2,010	合
15	55~60	34,700	20.5	16.0	29.7	11:00	1,970	合
16	55~60	34,700	20.5	16.1	29.7	13:00	1,940	合
17	55~60	34,700	20.5	16.1	29.7	15:00	1,980	合
18	55~60	34,700	20.5	16.0	29.7	17:00	1,990	合
19	55~60	34,700	20.5	15.8	29.7	19:00	1,920	合
20	55~60	34,700	20.5	15.8	29.7	21:00	1,910	合
21	55~60	34,700	20.5	15.8	29.7	23:00	1,890	合
22	55~60	34,700	20.5	16.0	29.8	1:00	1,880	合
23	55~60	34,700	20.5	16.1	29.7	3:00	1,890	合
24	55~60	34,700	21.0	16.0	29.7	5:00	1,900	合
25	55~60	34,700	21.0	16.2	29.7	7:00	2,010	合
26	55~60	34,700	21.0	16.3	29.7	9:00	1,950	合
27	55~60	34,700	21.0	16.3	29.7	11:00	2,000	合
28	55~60	34,700	21.0	16.3	29.8	13:00	1,990	合
29	55~60	34,700	21.0	16.2	29.7	15:00	1,950	合
30	55~60	34,700	21.0	16.3	29.7	17:00	1,970	合

- 결 론

위의 Test Data 결과에서 보듯이, 실증을 위한 Pilot Test System에서 국산전극과 해외전극을 반응기에 장착하여 직접 Test를 하여 본 결과 국산전극의 성능이 해외전극에 비하여 동등 혹은 우수한 성능을 나타내고 있다. 이로서 향 후, 유니테크의 해수전해 시스템에 국산전극의 채택과 적용을 적극 검토하여야 할 필요가 있다.

3. 전해반응기 개발 및 제작

가. 개 요

전해 반응기는 해수전해장치에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며 또한 화학산업에서도 중요한 기술중의 하나 이다. 일상생활에서 자주 접하게 되는 알루미늄, 귀금속 등의 제련, 각종 도금/도장 분야를 비롯해서 기초 화학 제품인 염소가스 제조 공정과 이에 따른 PVC 제작 공장 등에서 전해 반응은 필수적이다. 이미 선진국 에서는 반세기를 넘어서 전기화학 공정을 설계/제작/시공 하므로써 기술적 노하우를 쌓아왔다. 그리하여 외국기술과 비교하여 국내 기술 수준은 아직 초보단계에 있다. 더구나 원천기술을 요하는 해수전해장치와 같은 전해설비의 접근은 매우 힘든 실정이다.

하지만 당사에서 개발 완료 했거나 개발 중인 전해 반응기와 시스템은 화학산업에서 사용되는 전해설비와는 적용처 및 적용목적이 상이 하므로 목적에 맞는 시스템을 개발하여 현장에 적용하고 사업화 하고 있다. 즉, 화학산업 플랜트에서와는 달리 해수용 전해시스템은 반응기의 형태와 사양에 따라 크게 달라지며, 또한 반응기는 전극의 형태와 특성, 종류, 전극의 간격, 접촉면적, 전류 밀도, 적정 전류의 공급 및 전극의 배열방법등의 수많은 변수에 의하여 설계되어야 한다.

따라서 전해반응기를 설계하고 구성하는 변수들이 그 다양성과 복잡함으로 인해 어떤 형태의 Model식 등에 의한 화학종 전환등이 이론 및 수치 해석적 접근이 용이 하지 않아 직접적인 기초실험 및 Pilot Test등을 통해 각각의 경우에 따라 전극의 재질, 전극의 부식방지, 전극의 간격, 전극의 크기, 전압 및 전류, 등전점 처리기술, 온도, scum 의 제거, 슬러지의 탈수, 슬러지의 재활용, 반응시간 등과 같은 Factor들이 전해 반응기 설계에 모두 반영되어 균형을 이루어야 합리적인 처리 시스템을 구축할 수 있다.

본 과제를 통하여 이러한 문제들를 해결하기 위하여 전해 반응의 형태 선정, 전극의 형태 선정등 주로 전해반응기의 기계적 물리적 설계를 위한 외부인자에 대한 연구와 개발이 이루어 졌다.

나. 기본설계

전해 반응기 설계 시 도출해야 할 항목은 많은 테스트를 통해서 전극간격, 전극재질, 전류밀도, 총에너지소모율, 반응조건(pH, Temp., TDS, conductivity, 반응시간, 전극면적당 폐수부피비, 극판면적, 겉보기 유효면적, 방전면수, 전극오염도 및 제거방법, 기타 참고해야 할 기초적인 사항등의 데이터를 확보하여야 한다.

많은 테스트를 통하여 얻어진 데이터를 바탕으로 Pilot-test에서는 반응기내에서의 전극의 배열 방법, 정류기 설치 및 wiring , Instrument , 반응기 재질 및 재료, 반응시간, 처리유량 처리효율, 에너지, 설치면적 , cleaning & Flushing , 소요 unit 갯수 , gas 제거/ 양 , 전극면적 (처리당)의 설계 인자를 도출 해야 한다.

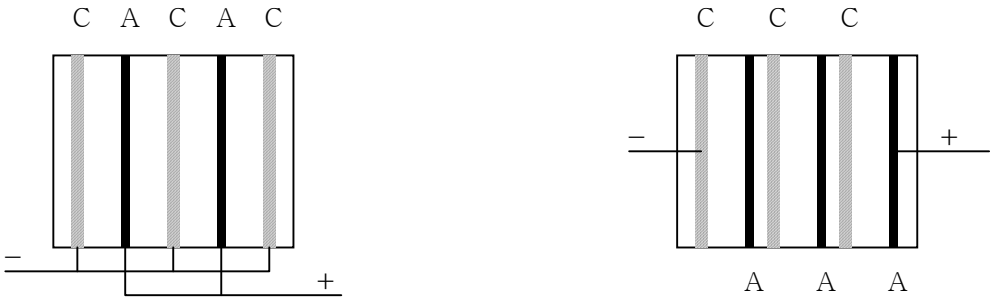
또한, 해수의 흐름과 전류분포등을 동시에 고려하여 최적의 반응기를 설계고 제작 하여야 한다. 전해반응기를 제작할 때는 전극의 내화학성, 내부식성은 물론 전극 및 전선이 합선되었을 때 자동차단기 부착, 경제적인 처리를 위한 자동화 작동 및 염수의 첨가, 전극 부착용 전선 및 접속 방법, 동절기의 동파장치, 견고하고 내부식성의 재료 선택을 통하여 장시간 사용하여도 고장이 없고 안정성을 유지할 수 있도록 반응기 제작시 재질 선정 및 안전성, 내구성 등을 고려하여야 한다.

(1) 전해반응기의 형식

전해반응기의 구조는 전극의 배치와 이에 따른 전류분포 등에 의해 결정되며, 전해조의 용적은 전류농도(일정한 용적당 전류의 크기, A/l), 전해액의 순환속도 및 열의 발산 등에 의해 결정된다. 특히 전기화학반응은 전극표면에서 일어나는 불균일 접촉반응이므로, 단위용적당의 전극표면을 크게 하는 것이 설계상 극히 중요하다.

전해 반응조의 형식은 아래의 [그림 3.2.10]에 나타난 것처럼 크게 단극식 배열(mono-polar) 과 복극식 배열(by-polar)로 나눌 수 있다. 주요 특징은 [표 3.2.4]에 나타나 있으며 최근에는 복극식 전해조가 많이 사용 되어 지고 있다. 단극식 전해조는 비교적 설계 및 제작이 용이하나 균일한 전류밀도로 운전하는 데는 다소 불리한 점을 가지고 있다. 이에 반해 복극식 전해조는 전류 분포가 아주 균일하나 설계시 주의를 하지 않으면 bypass current 가 발생한다.

[그림 3.2.10] 전해반응기의 형식



단극식 전해조 복극식 전해조

[표 3.2.4] 단극식 전해조와 복극식 전해조의 비교표

구 분	단극식(monopolar)	복극식(bipolar)
전 류	ni	i
전 압	V, 도체저항이 있다.	nV, 도체저항이 거의없다.
소요 정류기	저전압대전류로 고가이다.	고전압소전류로 비교적 저가임.
안 정 성	저전압으로 안전하다.	저전압으로 위험하다.
설계제작	간단하다.	어렵다.
해수의 유출입	간단하다.	간단하다.
Maintenance	복잡하고 어렵다	용이하다

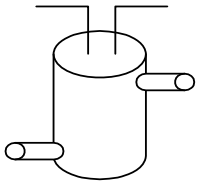
n : 1회로당의 전해극수 , i ; 전극계면 통과 전류 , V : 단일전해조당의 전압

(2) 전해 반응조의 형태

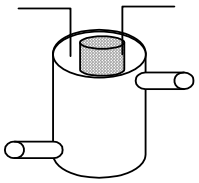
전해 반응기의 비교를 위한 기본 형태가 아래의 [그림 3.2.11]에 나타나 있다. Close 형과 Open형의 결정은 전해 반응 시 gas 발생 유무와 연속되는 후속 공정의 종류 및 유무에 따라 결정되며 전해 장치가 말단으로 있는 경우나 후속 공정으로 진입 시 Reservoir tank를 거치는 경우 gas가 발생하더라도 Close 형을 사용할 수 있다.

Close 형을 사용할 경우 전단계 공정의 단일 펌프로 흐름을 조절할 수 있고, pump에 의해 공정상의 흐름을 정확히 제에 할 수 있지만 gas 발생시 기-액 분리 장치가 필요하다. Open 형은 항상 전해 장치 뒤에 outlet 용액을 받을 수 있는 reservoir tank가 필요하다.

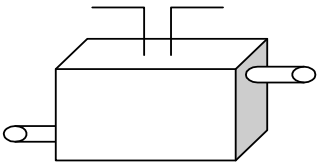
[그림 3.2.11] 전해 반응기의 기본 형태



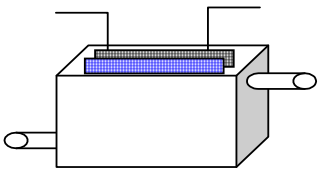
Close 원통형 plug-flow type



Open 원통형 plug-flow



Close 평판형 CFSTR type

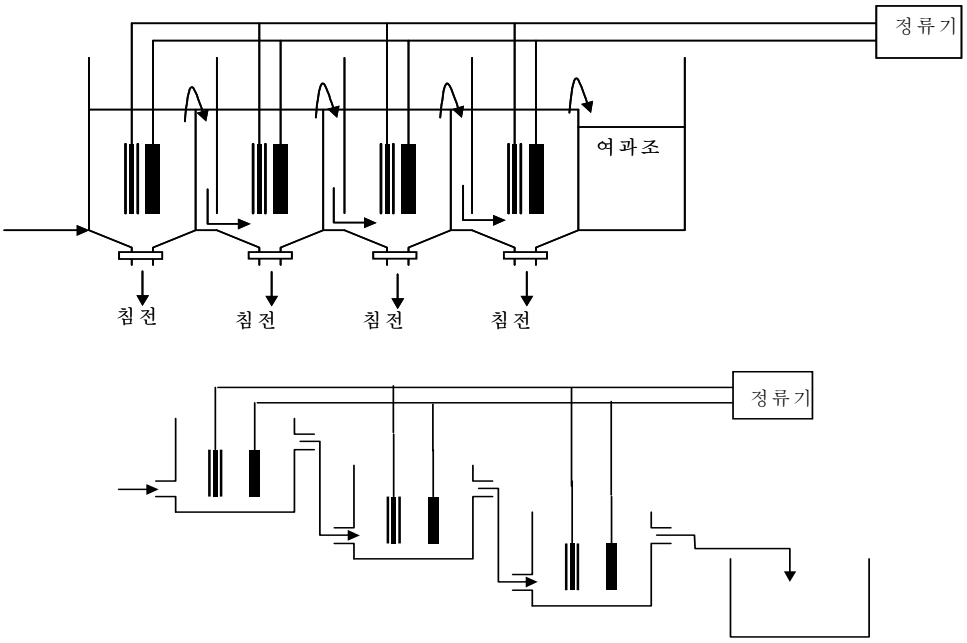


Open 평판형 CFSTR type

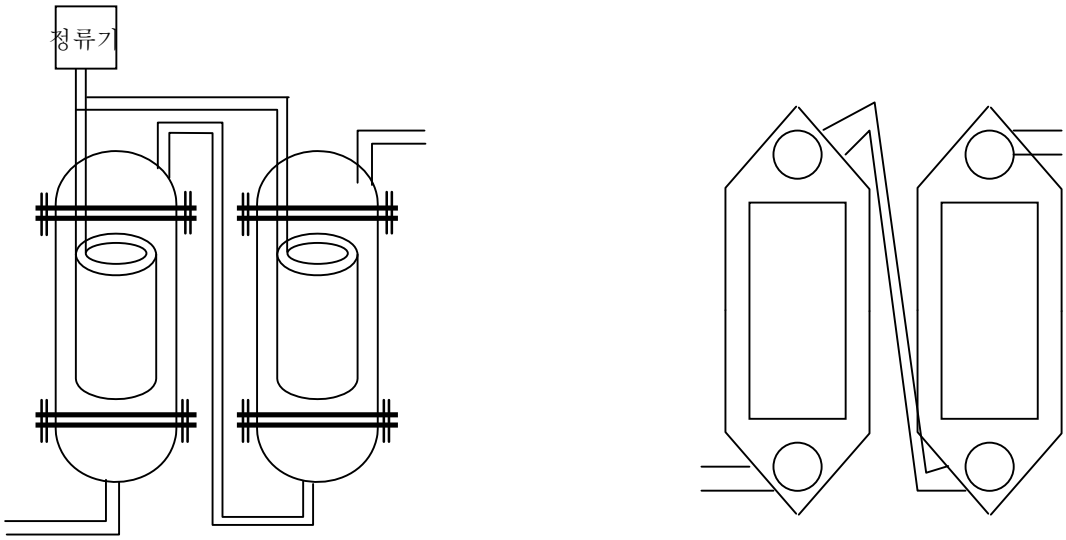
Open 원통형 plug-flow type과 Open 평판형 CFSTR type는 기능상으로 동일하지만 Open 원통형 plug-flow type이 plug흐름에 가까워 보다 균일한 출구 생성물을 얻을 수 있다.

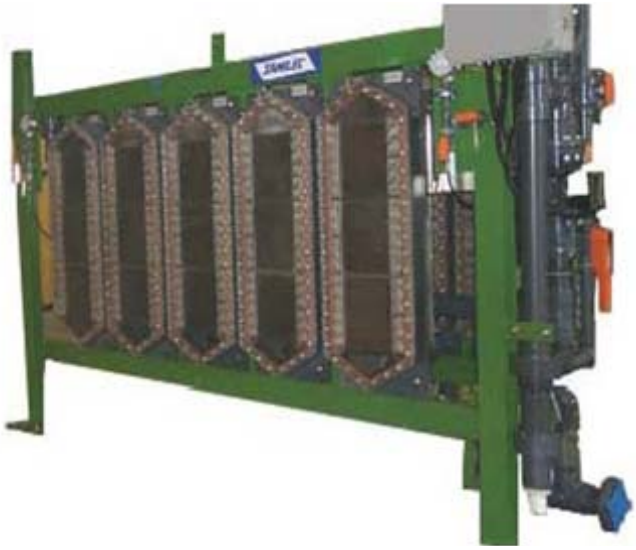
한편 지금까지 사용하였던 구(Old) 공정에 적용되어 왔던 반응기는 아래의 [그림3.2.12 ~ 3.2.13] 과 같이 탱크식 과 밀폐식 반응기로 나뉠수 있다.

[그림 3.2.12] 탱크식 반응기



[그림 3.2.13] 연속형 밀폐식 반응기





탱크식 반응기는 유속저항이 적어 각 전해조의 수압에 의한 높이차가 생기지 않으므로 대용량의 산업폐수등의 정화처리에 사용되어 진다. 또한 전해조의 유량을 전극의 수, 체류시간 등 분해조의 성능에 따라 조절할 수 있으며 반응조에서 발생되는 침전물질, 부유물질을 쉽게 제거할 수 있는 특징이 있으며 전극은 여러가지 전극타입을 적용할수 있는 장점이 있다.

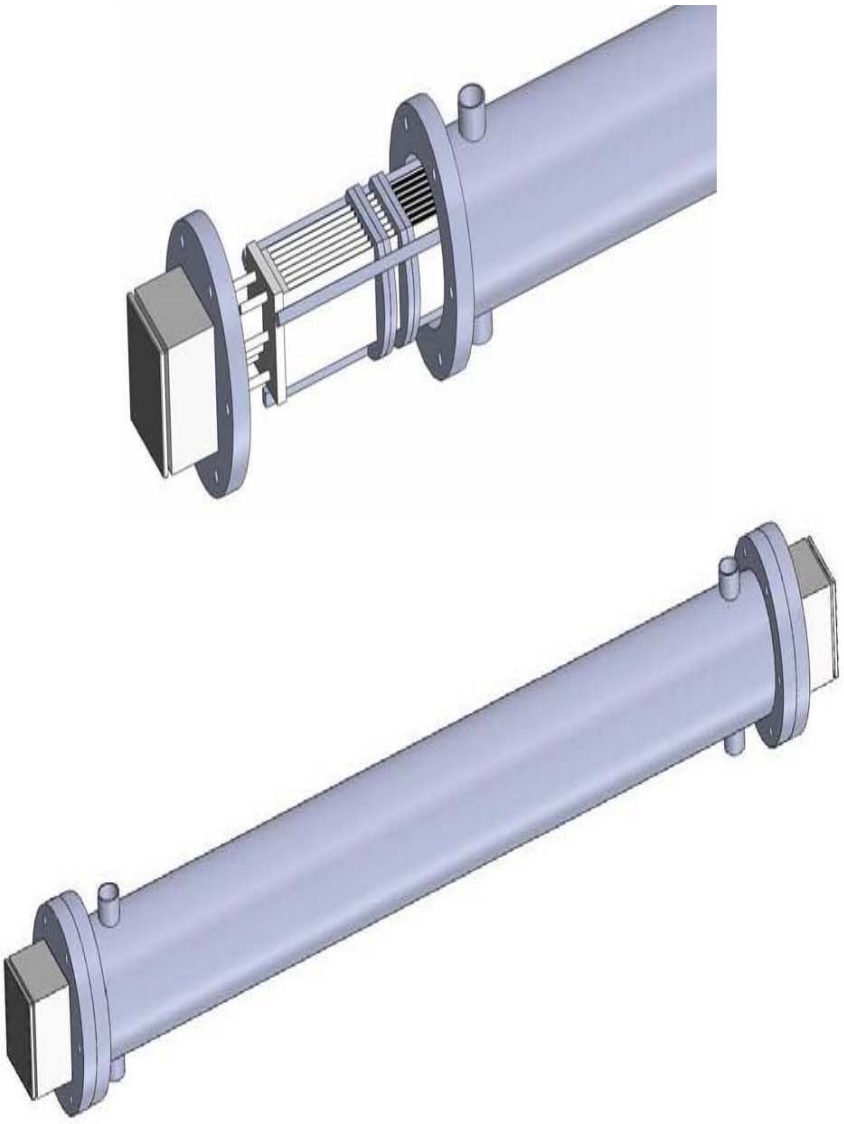
밀폐식 반응기는 정량 펌프를 이용하여 유량 및 사용시간을 조절 할 수 있으며 유속센서를 이용하여 사용할때만 전해반응이 진행되므로 완전자동화가 가능하며 임의의 유속을 조절할 수 있다. 또한 표준형 반응기를 제작하여 다단으로 연결이 가능하므로 소형으로부

터 대형의 반응기를 경제적으로 제작 할 수 있다. 특히 과거에 밀폐식 반응기는 식당, 병원 등의 살균 표백수 및 수영장, 염색폐수의 재활용에 적용되기도 하였다.

(3) 해수전해반응기 개발

유니테크의 해수전해반응기는 Bi-Polar 전극을 기본으로 하여 개발되었다. 본 반응기는, 해수전해시스템과 연계하여 본 과제에서 사업화를 위하여 개발되고 설계되어 기술적 검증을 마치게 되었다. 아래의 그림은 본 과제에서 개발한 유니테크의 전해반응기의 모습이다.

[3.2.14] Bi-Polar 형태의 개발반응기



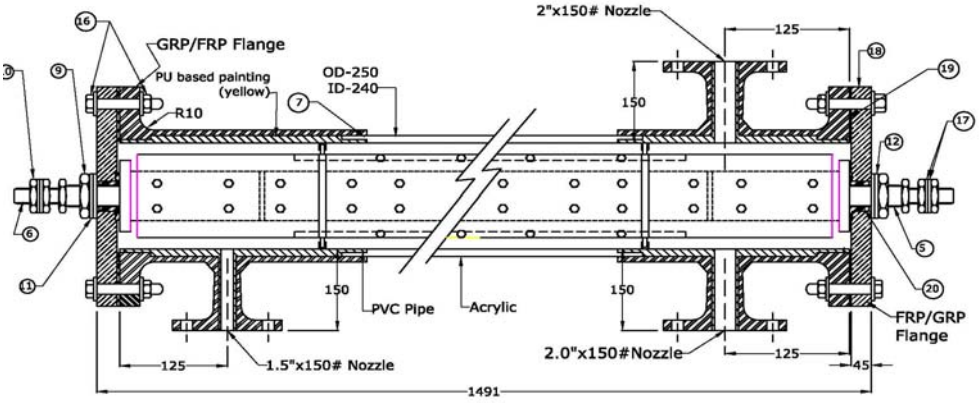
유니테크의 개발 반응기는 아래와 같은 기술적 독창성을 가지고 있다.

해수용 전해반응기는 Bi-Polar 형태의 전극이 적용되어 진다. 유니테크에서는 Plate Type의 전극을 사용함으로서 기술적 차별성을 확보 하였다. 아래의 그림은 본 과제를 통하여 개발된 Bi-Polar type의 전해반응기 개념도 이다.

[그림 3.2.15] Bi-Polar형 전해반응기의 개념도

상기의 그림에서와 같은 기본적인 개념도를 바탕으로, Bi-Polar 형 전해반응기가 설계되며, 이를 바탕으로 Bi-Polar 전해반응기가 제작되어 사업화를 위한 현장평가가 이루어 졌다.

[그림 3.2.16] 해수용 전해반응기 설계도 (예)



기술적 차별성의 주요 핵심 부분은 설계 인자들의 차이에서 오게 되며, 이러한 전해 반응기의 설계 인자들은 반응기 형태와 운전효율 및 유지방식과 비용 등을 결정짓게 하는 주요한 요소이다.

즉, 전해시스템의 설계시 우선 고려하여야 할 주요 인자들은 바로 전해반응기와 관련되어 있다. 전해 Cell 반응기의 설계방법 및 형태에 따라 전체적인 Electrochlorination system 및 plant에 직접적인 영향을 미치기 때문이다. 이 부분은 세계 유수의 각 사별로 보유하고 있는 Know-How에 따라 설계되고 제작되어 공급되고 있다.

아래에서는 해수전해 Cell 반응기의 설계인자 및 방식에 대하여 유니테크가 독자적인 차별성을 가지고 있는 기술에 대하여 설명하고 있다.

(가) 반응부산물인 H2 Gas의 적절한 처리

반응 중에 발생하는 H2 Gas bubble들은 양극(Anode)과 음극(Cathode) 사이를 흐르는 해수(바닷물)의 흐름과, 원활한 반응 등을 저해하고, 전극의 수명을 단축시킴으로서 운전효율을 떨어뜨린다. 따라서 전극사이에서 발생하는 H2 Gas bubble을 가장 짧은 거리로, 가장 빠르게 빠져나가도록 반응기가 설계되어 제거되도록 개발되었다.

Calculation Variables

V_{room} = room total volume in feet
L_{room} = room length in feet
W_{room} = room width in feet
H_{room} =room height in feet
F_{H2} = mass flow rate of hydrogen produced in pounds per day
F_{air} = mass flow rate of outside air into the room in pounds per day
M_{H2} = molar flow rate of hydrogen in lb-mol/day
M_{air} = molar flow rate of air in lb-mol/day
Q_{air} = air volumetric flow rate in ft^3/min
$T_{air,STD}$ = standard temperature of air in degrees Fahrenheit (60°F)
$T_{air,R}$ = temperature of air in degrees Rankine
P = pressure in lb/in^2 absolute
MW_{air} = molecular weight of air in lb/lb-mol
SF = safety factor
TO = room turnover rate based on room volumetric air space
RTR = room turnover rate in air changes per hour

이때 발생되는 수소의 발생량은 아래와 같은 설계 및 계산 변수들을 이용하여, 아래와 같은 수식으로 계산되어 지고, 이를 근거로 하여 설계되어 진다.

Hydrogen Production Calculations

$$F_{H2}(\text{lb } H_2\text{ /day}) = (0.03 \text{ lb } H_2\text{/ lb } Cl_2) \times (\text{lb } Cl_2\text{/day})$$

$$M_{H2}(\text{lb-mol } H_2\text{/day}) = F_{H2}\ (\text{lb } H_2\text{/day})/(2.01594 \text{ lb } H_2\text{/lb-mol } H_2)$$

Air Requirement Calculations

$$M_{air}(\text{lb-mol air/day}) = M_{H2}(\text{lb-mol } H_2\text{/day}) \times (1 \text{ lb-mol air/0.01 lb-mol } H_2) \times SF$$

$$M_{air}(\text{lb-mol air/min}) = M_{air}(\text{lb-mol air/day}) \times (1 \text{ day/24h}) \times (1\text{h/60min})$$

$$25\% \text{ of LEL of Hydrogen} = 1\% = (1 \text{ part air / 0.01 part } H_2)$$

$$SF = 4 \text{ (recommended value)}$$

Outside Ventilation Air Induction Rate

$$T_{air,R} = T_{air,STD} + 460°F = 60°F + 460°F = 520°F$$

$$P_{air} = P_{atm} = 14.7 \text{ psia}$$

$$Q_{air}(ft^3\text{air/min}) \frac{M_{air}(\text{lb-mol air/min}) \times T_{air,R} \times (10.73 ft^3 \times \text{psia/lb-mol} \times {}^\circ R)}{P_{air}(\text{psia})}$$

Room Volume Calculation

$$V_{room}(ft^3) = L_{room}(ft) \times W_{room}(ft) \times H_{room}(ft)$$

Room turnover Rate Calculation

$$RTR\ (TO/h) = Q_{air}(ft^3\text{air/min}) \times [TO/V_{room}(ft^3\text{air})] \times 60\text{min/h}$$

(나) DC Amps 와 DC Volts의 최적 Balance

Faraday 법칙에 따르면, 전해반응으로 발생하는 생성물의 양은 직류 Amps의 양에 정 비례한다. 따라서 소요되는 최적의 Amps DC와 Volts DC의 적정한 비율이 매우 심각하게 고려되어야 한다. 이것은 전극과 반응기 Cell의 수량 및 정류기의 용량, Bus bar의 두께 등을 결정짓는 핵심적인 설계 인자로서 전체적인 경제성에 큰 영향을 미친다.

(다) 전극 간격

양극과 음극간의 전극 간격이 좁아질수록 소요되는 DC Volt는 낮아지고 에너지 효율은 증대하게 된다. 그러나 전극간격이 좁아질수록 H2 Gas로 인하여 전극의 반응 접촉 면적이 축소되고, 전해물질(바닷물)의 원활한 흐름이 저해됨으로서 전기분해반응 효율을 현격하게 저하시키며, 또한 전극의 수명을 단축시킴으로서 운전, 유지비용을 증대시키는 원인이 된다.

(라) Terminal

전해시스템의 Terminal 수량은 최소화되도록 설계되고 제작되어야 한다. 각 Cell에 연결되는 Terminal은 곧 경제적으로 높은 비용 상승으로 직결되기 때문이다. 특히, Terminal의 연결부위에서의 취약함 등으로 Electric Leakage(누전) 및 유체의 누수가 발생하여 시스템의 효율과 안정성에 큰 영향을 미침으로 Terminal의 연결부위 및 Terminal 수를 최적화하여 설계되고 제작되어야 한다.

(마) 생성물인 NaOCl(Sodium Hypochlorite)의 농도

2,000ppm 이상의 NaOCl(Sodium Hypochlorite)을 생산하고자 하는 경우에는 보다 더 많은 전기 에너지가 소요되어, 효율을 떨어뜨리게 됨으로 경제적인 방법이 아니다.
또한 2,000ppm 이하의 NaOCl을 생산하고자 하는 경우에는 같은 조건의 Cl_2/ kW의 비율을 유지하도록 함으로서 전기에너지 효율은 큰 차이가 없을 것 이다. 그러나 유량 시스템 및 용량 등이 비례적으로 상승하게 되어 경제성에 큰 영향을 미치게 된다. 즉, 1,000ppm의 NaOCl을 생산하는 경우에는 시스템이 2배로 커지게 되어 매우 비경제적인 시스템이 되게 되는 것이다. (Piping, Hypo Tank, Dosing Pumps, Dosing Lines, etc.)

따라서 유효염소 Max. 2,000ppm의 농도를 함유하는 NaOCl을 생산하기 위하여 전기에너지(Watt)를 Chlorine으로 변환시키는 에너지 및 물질수지는 효율성을 가장 최적화 한 것이다.

(바) 반응기 및 시스템 효율

전극간격 및 DC Voltage와 DC Amps의 비율 등을 최적화하여 반응기가 설계되었다 하더라도 H2 Gas는 전해반응기에 또 다른 치명적인 영향을 미치게 된다. 즉, 전해반응기를 빠져나오는 부분에서의 반응생성물의 조성은 NaOCl 60%, H2 Gas 40%로 구성된다. 따라서 전해반응기 말단에서는 전체 반응 영역 중 약 40%가 반응되지 않는 영역으로 남아있게 된다.
이러한 부분은 어떠한 전해반응기도, 피할 수 없는 전해반응기의 취약점이기도 하다.

따라서 전해 반응기의 설계와 제작 시에 상기의 원인들 및 설계인자들을 매우 심각하게 고려하여야 한다. 유니테크의 경우 이러한 중요한 설계 및 제작 요소들을 바탕으로 다음과 같이 설계되고 제작되어 진다.

- 양극 및 음극의 전극은 Plate Type을 사용한다. 이 전극은 Mesh Type이나 Tubular Type에 비하여 가장 최적의 설계와 효율을 가지게 된다.

- Plate Type의 전극을 수직(Vertical) 형태로 장착하여 반응기를 설계함으로서, H_2 Gas bubble이 가장 빠르고 효율적으로 제거되도록 전극들이 배열되어 안정적인 전해 반응기효율을 유지할 수 있도록 설계되고 제작된다.

- 전극간격은 전류의 저항을 최소화시키고, H_2 Gas를 매우 효율적으로 제거되도록 배치됨으로서 전극의 접촉면적을 극대화 시키도록 설계된다.

- Bi-Polar 전극을 사용함으로서 Terminal 수를 양극과 음극의 양극(2개)에만 설치되도록 최적화, 최소화시키는 형태로 설계된다.

- DC Amps와 DC Volts의 비율을 최적화함으로서 과부하가 발생하거나, 과부하상태로 운전되는 일이 없도록 설계된다. 이러한 최적화된 설계는 DC Amps로 인한 정류기 등의 설계를 최적화하며, 안전성을 고려하여 DC Volts인 경우 최대 140 DC Volts를 넘지 않도록 설계되고 제작되어진다.

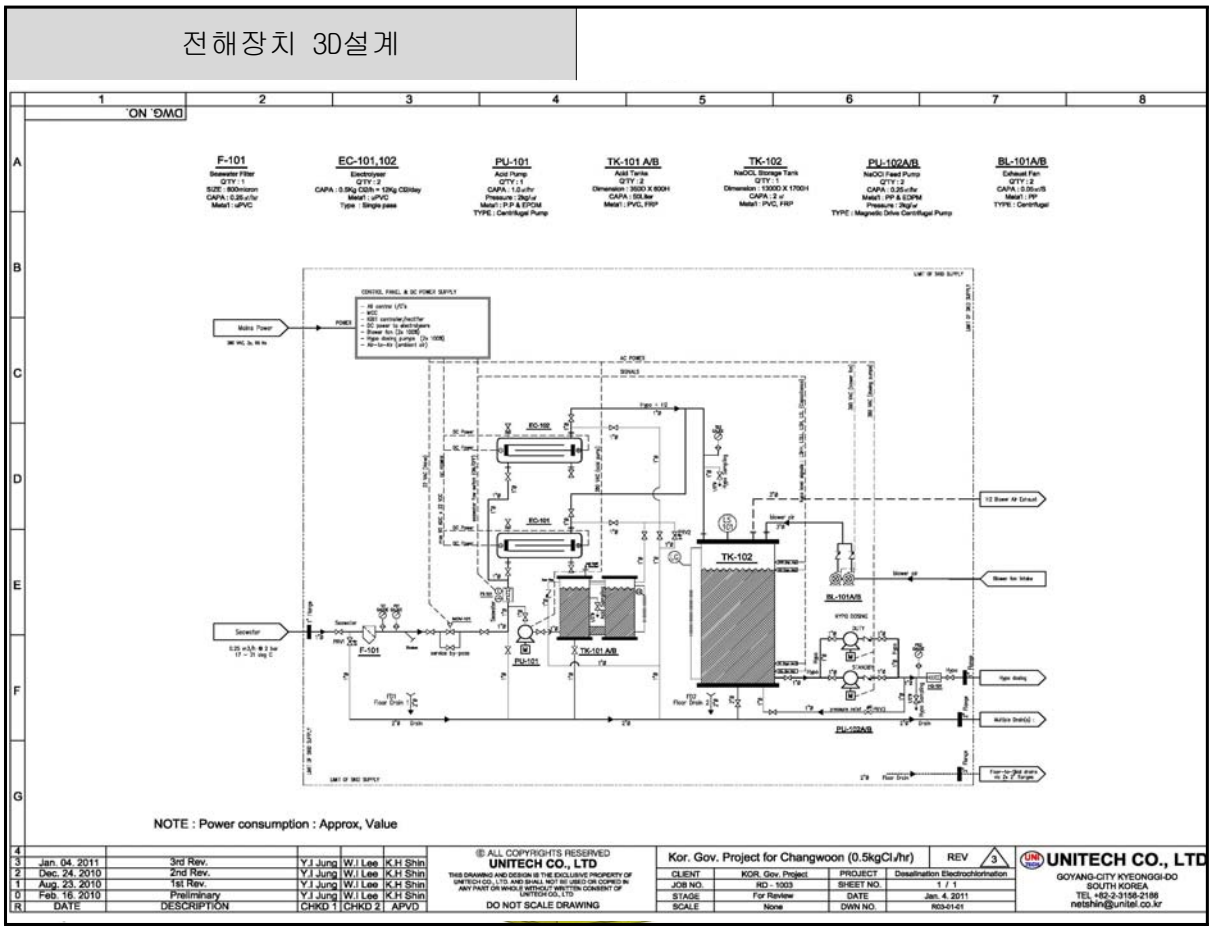
4. 해수전해시스템 설계 및 제작

가. Basic Process Design

세부내용	P&ID 설계, 현장배치 설계, 현장 답사, Scope 확정, 시스템 배치 설계, 기타

설치 현장	

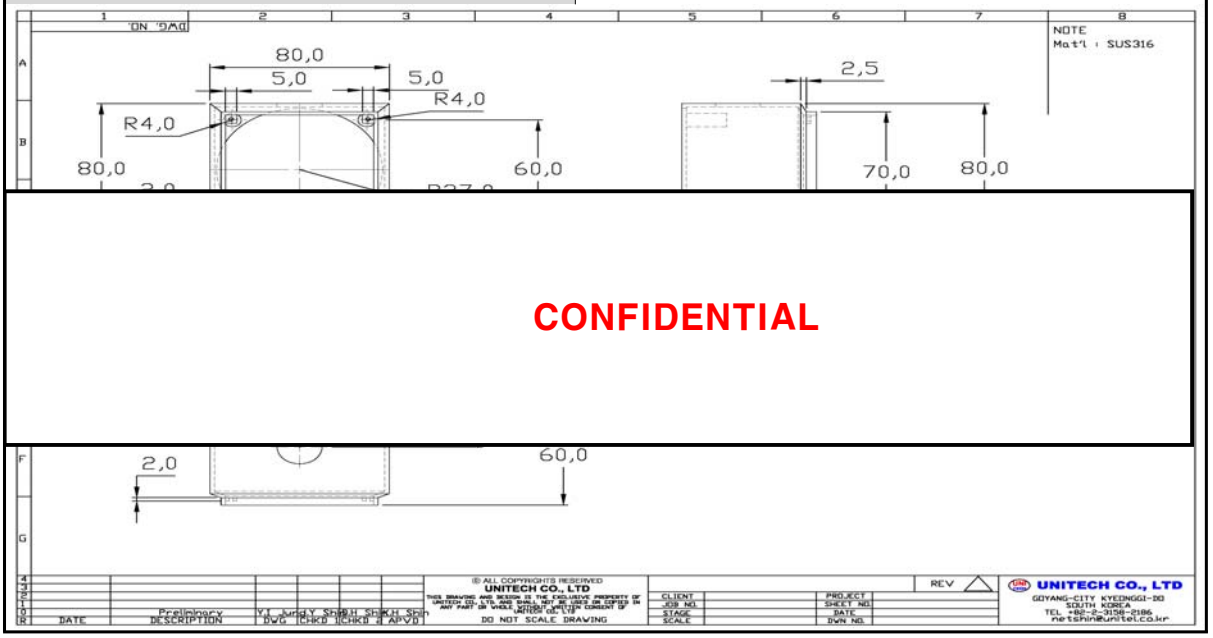
● P&ID 설계


전해장치 3D설계
F-101
EC-101,102
PU-101
TK-101 A/B
TK-102
PU-102A/B
BL-101A/B
Mains Power
Seawater
TK-102
NOTE : Power consumption : Approx, Value
3 Jan. 04. 2011 3rd Rev. Y.I Jung W.I Lee K.H Shin
2 Dec. 24. 2010 2nd Rev. Y.I Jung W.I Lee K.H Shin
1 Aug. 23. 2010 1st Rev. Y.I Jung W.I Lee K.H Shin
0 Feb. 16. 2010 Preliminary Y.I Jung W.I Lee K.H Shin
R DATE DESCRIPTION CHKD 1 CHKD 2 APVD
© ALL COPYRIGHTS RESERVED
UNITECH CO., LTD
DO NOT SCALE DRAWING
Kor. Gov. Project for Changwoon (0.5kgCl/hr)
REV 3
CLIENT KOR. Gov. Project
PROJECT Desalination Electrochlorination
JOB NO. RD - 1003
SHEET NO. 1 / 1
STAGE For Review
DATE Jan. 4. 2011
SCALE None
DWN NO. R03-01-01
UNITECH CO., LTD
GOYANG-CITY KYEONGGI-DO
SOUTH KOREA
TEL +82-2-3156-2188
netshin@unitel.co.kr

나. 반응기 설계

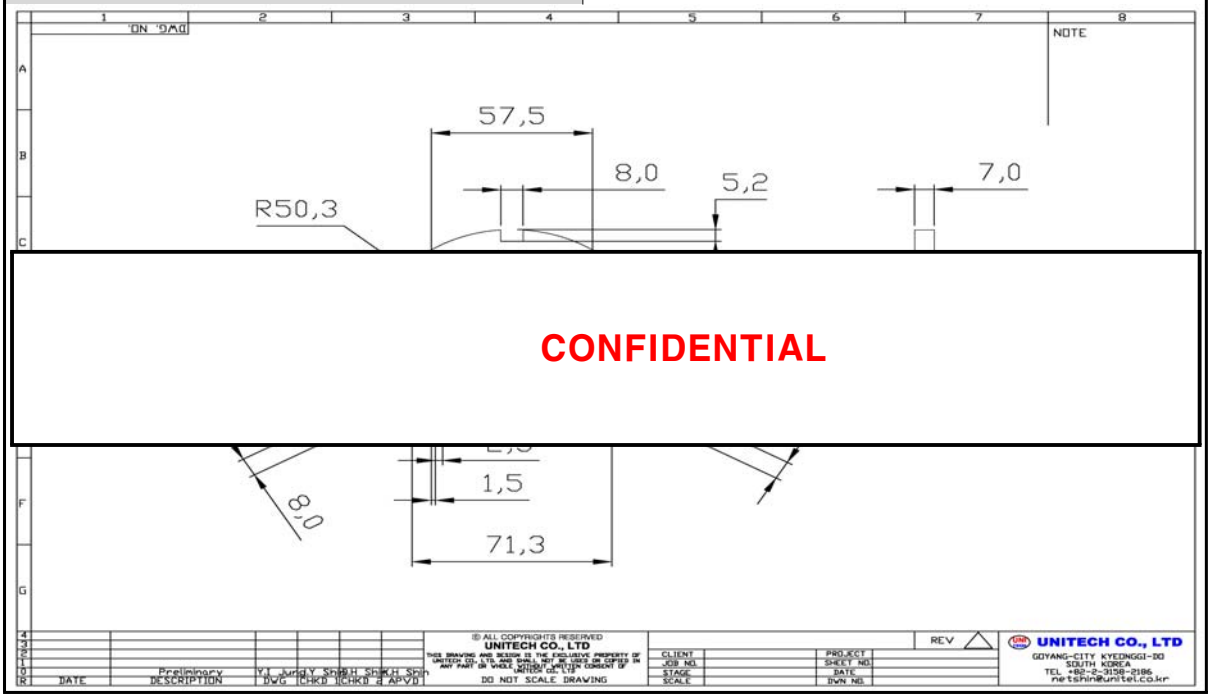
세부내용	전극 설계, 반응기 내부 구조 설계, 터미널 설계, 기타 설계

터미널 연구 & 설계



CONFIDENTIAL

Bi-Polar 반응기 연구 & 설계

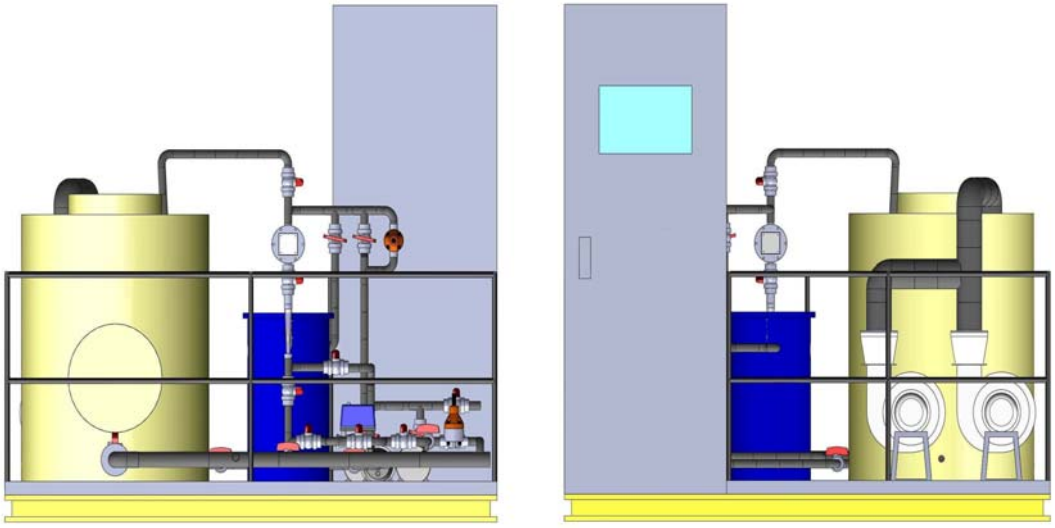


CONFIDENTIAL

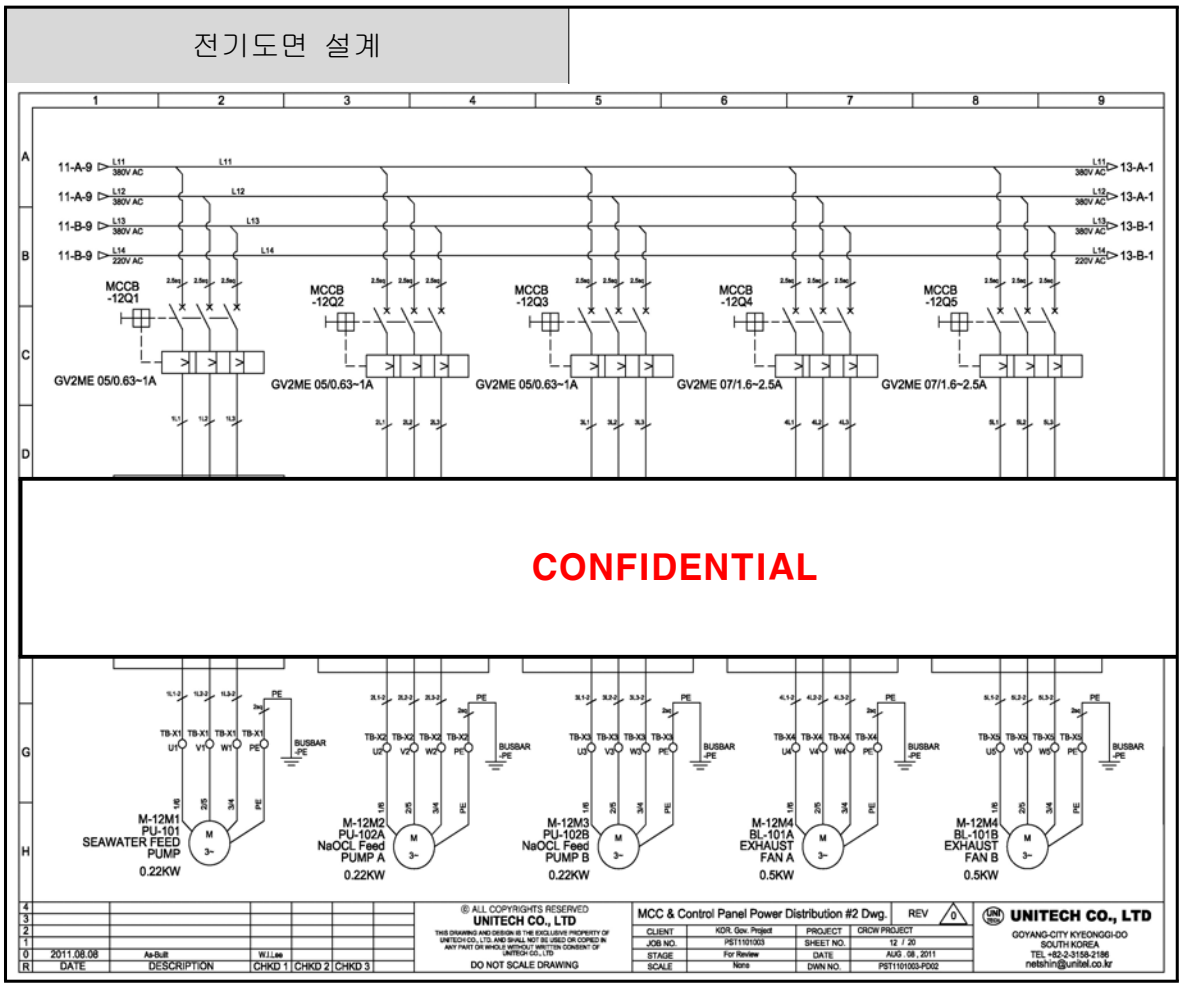
[그림 3.2.17] 해수전해장치에 장착된 전해반응기

다. 전해장치 시스템 설계

세부내용	전기도면 설계, HMI Programing, PLC Programing, Tank 설계, Piping 설계, I/O Point, 부품설계등 기타



전기도면 설계


11-A-9
11-B-9
13-A-1
13-B-1
380V AC
220V AC
MCCB -12Q1
MCCB -12Q2
MCCB -12Q3
MCCB -12Q4
MCCB -12Q5
GV2ME 05/0.63~1A
GV2ME 05/0.63~1A
GV2ME 05/0.63~1A
GV2ME 07/1.6~2.5A
GV2ME 07/1.6~2.5A
CONFIDENTIAL
M-12M1 PU-101 SEAWATER FEED PUMP 0.22KW
M-12M2 PU-102A NaOCL Feed PUMP A 0.22KW
M-12M3 PU-102B NaOCL Feed PUMP B 0.22KW
M-12M4 BL-101A EXHAUST FAN A 0.5KW
M-12M4 BL-101B EXHAUST FAN B 0.5KW
BUSBAR -PE
© ALL COPYRIGHTS RESERVED
UNITECH CO., LTD
DO NOT SCALE DRAWING
MCC & Control Panel Power Distribution #2 Dwg.
UNITECH CO., LTD
GOYANG-CITY KYEONGGI-DO SOUTH KOREA
TEL +82-2-3158-2186
netshin@unitel.co.kr

라. Data Sheet 및 구매 사양서 작성

세부내용	탱크 및 관련기기, Lord list 작성, 전해장치 각 계장품 사양서, 전기사양서, 기타

Lord list

Load list

Electro-chlorination System					
LOAD LIST					Designed by : Unitech CO., LTD. DATE : 2011.01.07(rev_1)
NO.		Description	Q'ty	Estimated power [kW]	CAPA : 일반 : m3/hr
1		Electrolyser	1	3.7	0.5kg Cl2/h , 12kg Cl2/day
2		MOV	1	0.3	-
3		Touch screen	1	0.2	-
4		Acid Pump	1	2.2	1.5 m3/hr
5		Hypo Dosing Pump	1	2.0	0.25 m3/hr
6		Hydrogen Degas Blower	1	0.5	0.4 Nm3/min
7		Sea water feed pump(고려중)	~~1~~	1(제외)	-
8					
9					
		Sub Total	6(7)	8.9(9.9)	

1. 수용율=1,
2. 수용부하=[8.9 (kW)]
3. 부하전류=[수용부하/(사용전압*1.732)]*1.25=13.52(A)

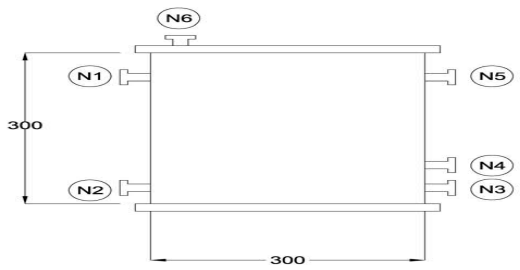
전기사양서

No.	ITEM NO.	Q'TY	Catalog No.	MFG.	Description
1	MCCB -11Q1	1	EZC250N20KA / 63A	Schneider	3Φ4W 380VAC Main Power (Ground-fault Circuit)
2	MCCB -11Q2	1	EZC250N20KA / 63A	Schneider	3Φ4W 380VAC IGBT Power
3	CP -13Q1	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	PLC Main Power
4	CP -13Q2	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	Touch Screen Power
5	CP -13Q3	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	PLC DI,DO Card DC 24V Power
6	CP -14Q1	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	MOV Valve Power
7	CP -14Q2	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	220VAC Panel Internal Air Cooling Fan Power
8	CP -14Q3	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	220VAC Panel Fluorescent Lamp Power
9	CP -14Q4	1	C60N/24335 / 6A	Schneider	220VAC Panel Consent Power
10	MCCB -12Q1	1	GV2ME 05/0.63~1A	Schneider	Seawater Feed Pump (PU-101 0.22KW) Molded-Case Circuit-Breaker
11	MCCB -12Q2	1	GV2ME 05/0.63~1A	Schneider	NaOCl Feed Pump (PU-102A 0.22KW) Molded-Case Circuit-Breaker
12	MCCB -12Q3	1	GV2ME 05/0.63~1A	Schneider	NaOCl Feed Pump (PU-102B 0.22KW) Molded-Case Circuit-Breaker
13	MCCB -12Q4	1	GV2ME 07/1.6~2.5A	Schneider	Exhaust Fan (BL-101A 0.5KW) Molded-Case Circuit-Breaker
14	MCCB -12Q5	1	GV2ME 07/1.6~2.5A	Schneider	Exhaust Fan (BL-101B 0.5KW) Molded-Case Circuit-Breaker
15	PLC -13Q1	1	XGT	LS	Program Logic Controller
16	MC -12Q1	1	LC1D06 /11A	Schneider	Seawater Feed Pump (PU-101 0.22KW) Electromagnetic Contactor
17	MC -12Q2	1	LC1D06 /11A	Schneider	NaOCl Feed Pump (PU-102A 0.22KW) Electromagnetic Contactor
18	MC -12Q3	1	LC1D06 /11A	Schneider	NaOCl Feed Pump (PU-102B 0.22KW) Electromagnetic Contactor
19	MC -12Q4	1	LC1D06 /11A	Schneider	Exhaust Fan (BL-101A 0.5KW) Electromagnetic Contactor
20	MC -12Q5	1	LC1D06 /11A	Schneider	Exhaust Fan (BL-101B 0.5KW) Electromagnetic Contactor
21	THR -12Q1	1	LR3D076 /0.6~1A	Schneider	Seawater Feed Pump (PU-101 0.22KW) Overload Relay
22	THR -12Q2	1	LR3D076 /0.6~1A	Schneider	NaOCl Feed Pump (PU-102A 0.22KW) MCCB Overload Relay
23	THR -12Q3	1	LR3D076 /0.6~1A	Schneider	NaOCl Feed Pump (PU-102B 0.22KW) Overload Relay
24	THR -12Q4	1	LR3D086 /1.6A~2.5A	Schneider	Exhaust Fan (BL-101A 0.5KW) Overload Relay
25	THR -12Q5	1	LR3D086 /1.6A~2.5A	Schneider	Exhaust Fan (BL-101B 0.5KW) Overload Relay
26	FUSE -11F1/11F2	2	KF-32L/2A	Kacon	Signal Input Fuse
27	TS -14Q4	1	KTC-50	Kacon	220VAC Panel Internal Air Cooling Fan Control
28	CS -14Q1	1	220VAC	WINNERS	220VAC Consent (Ground Type)
29	NF -13Q1	1	WYF-S06T1-A (AD)	Woonyoung	220VAC Plc Power Noise Filter
30	PS -13Q1	1	CP SNT 70W 24V3A	Weidmiller	24VDC Signal Input Power
31	DO00	1	4a4b /DC 24V	Koino	MOV-101 Open Output Relay
32	DO01	1	4a4b /DC 24V	Koino	MOV-101 Close Output Relay
33	CR 01	1	4a4b /AC 220V	Koino	MOV-101 Open Limit Relay
34	CR 02	1	4a4b /AC 220V	Koino	MOV-101 Close Limit Relay
35	CT-11T1/11T2	3	100/5A	SAM YOUNG	Current Transformers
36	Relay Board	1	R32C-NS5A-C	SAMWON ACT	PLC Digital Output Relay Board
37	I/O TB	1	TG7-1H40S	SAMWON ACT	PLC Digital Input Card Connector
38	COM-1	10	KH-6020(10P)	Koino	Contact COM Terminal Block
39	COM-2	10	KH-6020(10P)	Koino	Contact COM Terminal Block
40	COM-3	10	KH-6020(6P)	Koino	Contact COM Terminal Block
41	TB -X1	1	KH-6020(4P)	Koino	Seawater Feed Pump (PU-101 0.22KW) Terminal Block
42	TB -X2	1	KH-6020(4P)	Koino	NaOCl Feed Pump (PU-102A 0.22KW) Terminal Block
43	TB -X3	1	KH-6020(4P)	Koino	NaOCl Feed Pump (PU-102B 0.22KW) Terminal Block
44	TB -X4	1	KH-6020(4P)	Koino	Exhaust Fan (BL-101A 0.5KW) Terminal Block
45	TB -X5	1	KH-6020(4P)	Koino	Exhaust Fan (BL-101B 0.5KW) Terminal Block
46	TB -X6	1	KH-6020(5P)	Koino	Main Power Terminal Block
47	TB -X7	1	KH-60150(4P)	Koino	IGBT Terminal Block
48	MC-11Q1	1	LC1D115M7	Schneider	EC-101 Electromagnetic Contactor
49	MC-11Q2	1	LC1D115M7	Schneider	EC-102 Electromagnetic Contactor
50	TB -X8	1	KH-6020(10P)	Koino	MOV Terminal Block
51	COM-4	10	KH-6020(6P)	Koino	Contact COM Terminal Block

TANK DATA SHEET

Owner	UNITECH	Page No	1 of 1
Project No		Item No	
Project Name		Service	HCL Storage tank
Location		No. Required	One (1)
1	Type: Vertical, Flat	Code	
2	DESIGN CONDITIONS		
3	Capacity, net L	20Liter	
4	Fluid Name	5% HCL	
5	Specific Gravity kg/m³		
6	Pressure	Oper.	Atm.
7		Design	Atm.
8	MPa.g	Test	
9	Temperature	Oper.	Ambient
10	℃	Design	Ambient
11	Material	Shell	FRP
12		Head	FRP
13			
14		Internal	FRP
15		Support	
16	Corrosion	Shell	N.A
17	Allowance	Head	N.A
18			
19	mm	Internal	
20	Inside surface treatment		FRP
21	Stress Relief		
22	Radiograph		
23	Joint Efficiency		
24	Roof Type		
25	Bottom Type		
26	Insulation		
27	Weight	Empty	
28		Operating	
29	Kg	Test	
30	NOZZLE SCHEDULE		

31	Mark	Qty	Size	Rating & Facing	Service
32	N1	1	1/2"	JIS 10K	Acid Inlet
33	N2	1	1"	JIS 10K	Drain
34	N3	1	1/2"	JIS 10K	Acid Outlet
35	N4	1	1/2"	JIS 10K	Level Gauge
36	N5	1	1/2"	JIS 10K	Level Gauge
37	N6	1	3/4"	JIS 10K	Acid Refill & Breather
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44	REMARKS :				
45					
46					
47					
48					
49					
50					



Dimension

Diameter	ø 300	mm
Shell height	300	mm
Overall height	350	mm
Th'k (shell / bottom / roof)	FRP(T=4.5)	mm

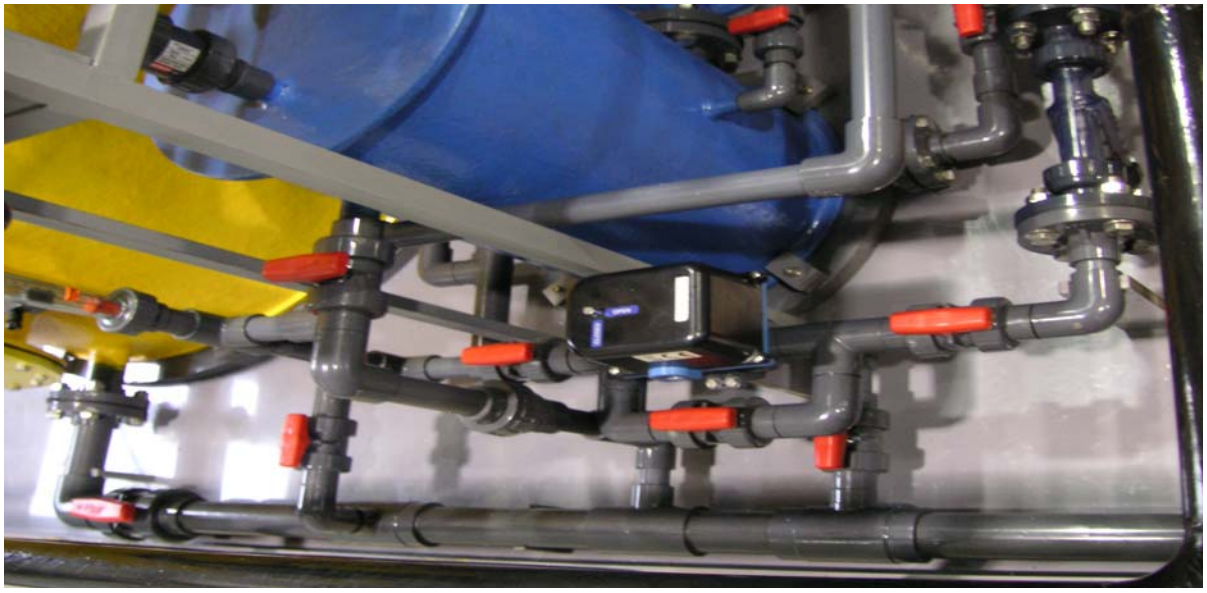
ACCESSORIES

(X) Platform & ladder	(X) Earth lugs
(X) Lifting Lugs	(X) Support for insulation
(X) Flame arrester	

Rev.	Date	Description	Prepared	Checked	Approved

마. 견적접수 및 업체선정

세부내용	국내.외 부품 선정, 부품 발주, 업체미팅, 제품적합성 검토, 기타



부품 발주

UNITECH CO., LTD.

Page 1 of 1

UNI TECH	Supplier: Valve Control Ltd.	Order No : 11031801
	Doc. NO.: CWB-KW-2011-002	Ver.: 1.0
	Your ref.: by E-mail	Date: 03.18.2011.

PURCHASE ORDER

UNITECH CO., LTD.	Valve Control Ltd.
#409, Korea Aerospace University Business Incubation Center, 200-1, Hwajeon-Dong Deogyang-Gu, Goyang-City, Kyeonggi-Do, South Korea(412-791) Tel: +82-2-3158-2186, 2188 Fax: +82-2-3158-2187 E-mail: wonil@unitechinc.co.kr	9 Brookside Industrial Estate, Sawtry, Huntingdon, Cambridgeshire, PE28 5SB U.K

Purchase Order conditions:
Issued by : Won Il, Lee
Delivery site : Unitech Office, S-Korea
Essential delivery date : April. 10, 2011
Shipment: Valve Control Ltd.
Prices : Firm and Fixed **Currency : GBP**
Certificates and documentation in: English
Packing : Suitable for Air Freight
Payment Terms: By T/T
Initial Payment : 100%
Invoicing : SEE ATTACHED , INVOICE of Valve Control Ltd

Unitech Co., Ltd.

Notes:
Attachments:

Description	Version

Notes:
According with the above conditions and Invoice of the attached, we order you:
Items:

No	Qty	Description	Sub Total (GBP)
1	2	Your Model: 1 Inch, S4/E/LRF033AS-K Double Union Ball Valve, Body UPVC, Seals EPDM, Seat PTFE Plain female socket for solvent welding Fitted with Valvcon electric actuator PVC pipe : SCH 80(To be connected) Type LRF three phase supply 230 vAC, Operating time approx 11 seconds	592.40
3	1	Carriage DOOR TO DOOR	116.00
		NET TOTAL AMOUNT AGREED GBP	GBP 708.40

UNITECH CO., LTD.
#409, Korea Aerospace University Business Incubation Center, 200-1, Hwajeon-Dong Deogyang-Gu, Goyang-City, Kyeonggi-Do, South Korea(412-791)

미 팅

바. 부품 및 기자재 구매

세부내용	Blower, TG, PG, Flowmeter, Level S/W, PRV, MOV, 전극, 정류기, Basket Filter등 기타

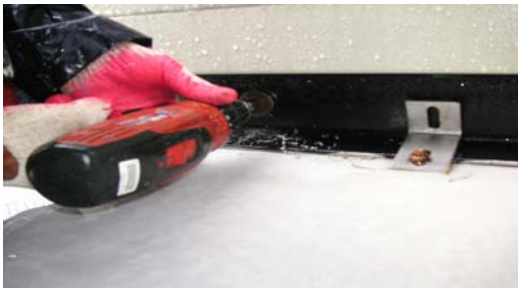
부품 구매

부품 구매	

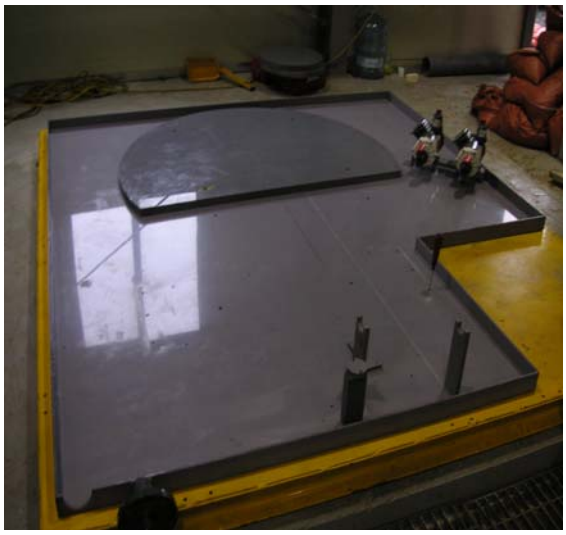
사. 전해시스템 제작

세부내용	탱크제작, 판넬 제작, 정류기 제작, Piping, 시스템 조립, Skid 제작, 반응기 제작, 도색, 기타

판넬 및 시스템 제작	



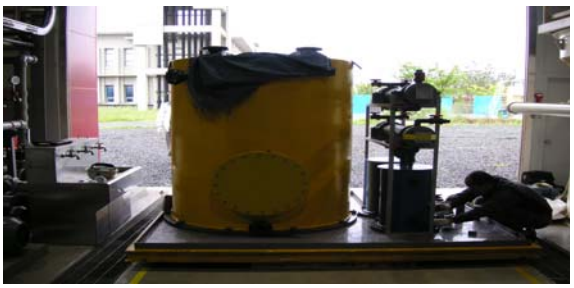
시스템 및 탱크 제작	



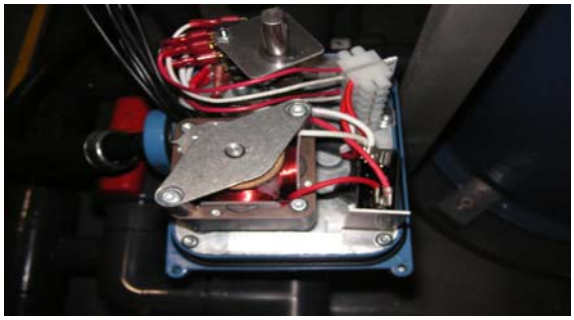
5. 전해시스템 현장설치

세부내용	현장설치(시스템 재 조립 및 고정, Piping, 전원공사등)

해수전해장치 조립	

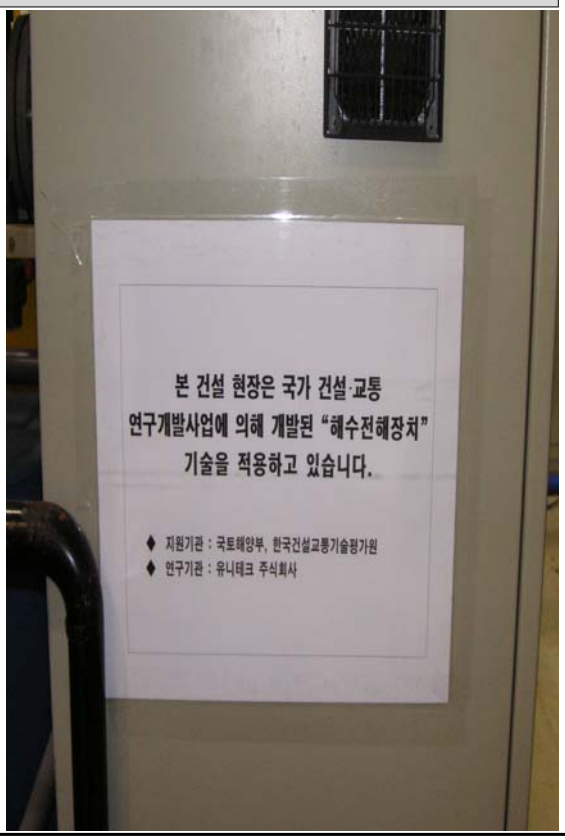


전원공사	

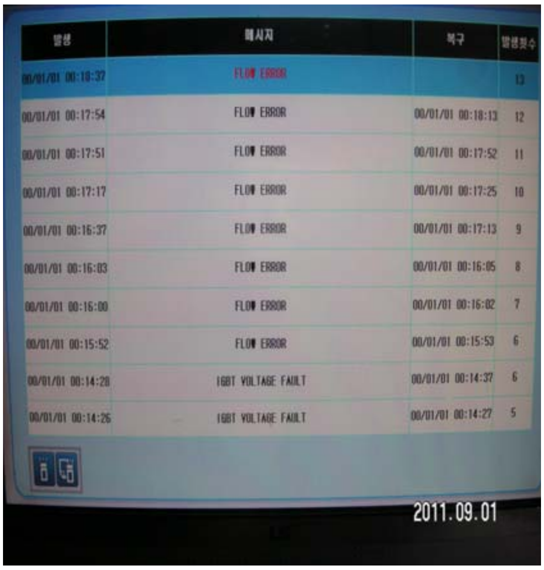


6. 전해시스템 운전 최적화 및 운전DATA 확보

시스템 시운전	



시스템 시운전



세부내용	전해시스템 운전 최적화 및 운전 DATA확보

시험 성적서 발부

해수담수화플랜트사업단 Page 1 of 2

구분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성명	서명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (us)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소모전력 (kW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	220-	23.4	34,940	7.75	49.7	32.5	1.96	25.6	34,170	20.5	63	1.29	1,910	31.9	오상근	(서명)
2	260	23.4		7.76	49.7	32.5	2.04	25.6					1,920	31.9	오상근	(서명)
3	240-	23.4	34,930	7.76	49.7	32.5	2.38	25.6	34,160	20.5	63	1.29	1,950	31.8	오상근	(서명)
4	260	23.4		7.76	49.7	32.5	2.45	25.6					1,940	31.8	오상근	(서명)
5	250-	23.5	35,200	7.76	49.8	32.5	2.12	25.6	34,250	20.5	63	1.29	1,960	31.8	오상근	(서명)
6	280	23.5		7.76	49.8	32.5	2.23	25.6					1,910	31.9	오상근	(서명)
7	250-	23.4	35,020	7.77	49.8	32.5	1.95	25.6	34,140	20.6	63	1.29	1,940	31.9	오상근	(서명)
8	280	23.4		7.76	49.8	32.5	1.87	25.6					1,980	32	오상근	(서명)
9	250-	23.4	35,120	7.77	49.8	32.5	2.01	25.7	34,180	20.6	63	1.29	1,840	32.1	오상근	(서명)
10	270	23.4		7.77	49.9	32.6	2.12	25.7					1,950	32	오상근	(서명)
11	250-	23.5	34,930	7.76	49.9	32.6	1.4	25.9	34,230	20.6	63	1.29	1,920	32	오상근	(서명)
12	300	23.5		7.76	49.8	32.5	1.47	25.9					1,950	32	오상근	(서명)
13	250-	23.4	34,940	7.76	49.9	32.6	1.45	25.8	34,170	20.6	63	1.29	1,920	32	오상근	(서명)
14	300	23.4		7.77	49.9	32.6	1.39	25.8					1,930	32	오상근	(서명)
15	250-	23.4	35,540	7.81	49.9	32.6	1.71	25.9	34,070	20.6	63	1.29	1,930	32	오상근	(서명)

위 사항을 확인 함.

2011. 9. 7.

분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 오 상 근 (서명)

New Technology Global Frontier, GIST

해수담수화플랜트사업단

수신자 유니테크 주식회사 대표이사

(경유)

제목 해수전해시스템 관련 분석항목에 대한 시험성적서 교부

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 귀사가 의뢰한 해수전해시스템 관련 분석항목에 대한 시험성적서를 붙임과 같이 교부합니다.

붙임 : 1. 시험성적서, 1부. 끝.

해수담수화플랜트사업단장

이지연 사무국장 전결 09/08 김형균

협조자

시행 해수담수화플랜트사업단-905 (2011.09.08.)접수 ( )

우 500-712 광주광역시 북구 첨단과기로261 (오룡동) / http://www.seahero.org

전화 062)970-2585 /전송 062)970-2584 / jylee02@gist.ac.kr / 공개

운전 DATA 확보 및 검증	

제3절. 연구수행 결과

1. 국산전극의 적용 가능성

본 과제를 통하여 유니테크(주)는 대기업인 (주)희성금속과 함께 해수용 전극을 개발하였으며, 개발된 전극의 성능평가를 실시 하였다.

전극의 성능평가는 해외전극과의 비교 테스트를 통하여 실시하였으며, 테스트 실시를 위하여 2010년 10월에 유니테크에서 제작하여 (주)희성금속에 납품한 바 있는 Pilot System을 통하여 이루어 졌다. 국산전극의 Pilot Test 결과는 별첨 자료와 같다.

상기의 제2절 연구개발내용에서 언급한 바와 같이, 국산전극은 해외전극에 비하여 성능 평가 결과 동등 또는 그 이상의 우수한 성능을 나타내고 있어, 향 후 유니테크의 해수전해시스템의 설계와 제작에 국산전극의 적용과 사용을 계획하고 있다.

국산전극 및 해외전극의 조성분석 및 Life Time Test등을 위하여 사용되었던 주요 기자재는 아래와 같다.

[표3.3.1] 전극의 조성 및 성능분석등을 위한 주요 기기(희성금속)

No	설비명	Model (제작사)	용도	주요 세부사항
1	ICP-AES	SPS1200A(SEIKO)	무기 불순물 분석 (습식)	측정가능 원소 Li~U 농도 100ppb~1000ppm
2	ICP-Mass	SPQ9000(SEIKO)	극 미량 불순물 분석 (습식)	측정가능 원소 Li~U 농도 1ppt~1ppm
3	EPMA	EPMA1400 (Shimadzu)	미세부위 구조 및 성분관찰	측정가능 원소 C~U 배율 ×50~×200
4	SEM-EDX	S-3000H(Hitachi)	표면 형상 관찰 성분관찰	측정가능 원소 B~U 배율 ×25~×10000
5	B.E.T	NOVA2000E (Quantachrome)	다공성 물질의 비 표면적 측정	Powder, Bulk 측정 측정치 최저 0.5m2/g ~
6	PSD	Mastersizer 2000 (Marvern)	분말의 입도 측정	0.1㎛ ~ 3000㎛
7	TG/DTA	SSC5100(SEIKO)	유,무기물의 열분석	Max 1200℃ , 50mg
8	저항측정기	Loresta GP(Mitsubishi)	면저항, 비저항측정	측정범위 10^{-3} ~10^{7}Ω
9	UV vis.	Cary4000(Varian)	광 투과율 측정	분해능 0.032nm 파장범위 175 ~ 900nm
10	Sputter	Ulvac (SME-200)	금속, 세라믹 박막 성막	DC/Magnetron Target 신뢰성 평가

No	설비명	Model (제작사)	용도	주요 세부사항
11	Stylus profiler	Dektak6M (Veeco)	박막 두께 측정	분해능 1 Å Vertical range 6.55㎛
12	FE-SEM/EDX	S-4800 (Hitachi)	미세 입자 형상 관찰	분해능 1nm 배율 Max ×800,000
13	HT-TG/DTA	STA449C (Netzsch)	고온 열 분석	Max 1650℃, 5g 이하
14	휴대용 현미경	DG-3 (Scala)	실체, 표면 관찰	X 200 / Image Capture
15	OHN 분석기	HORIBA[EMGA-930]	고체상 내부 O, N, H 검출	O: 0.02ppm~5% N: 0.02ppm~3% H: 0.04ppm~0.25%
16	OES	OES5500II (Shimadzu)	미량 성분 분석 (건식)	농도1ppm~50%
17	XRF	ZSX Primus	정량, 정성 분석	농도 5~90%
18	실체 현미경	STM6-423B (Olympus)	시료 분석 및 3차원 측정	배율 ×1,000
19	CS 분석기	HORIBA[EMIA-820V]	고체상 내부 C, S 검출	C : 0.2ppm~5% S : 0.2ppm~5%
20	PL 분석기	PerkinElmer[LS-55]	형광체 광특성 분석	265nm high/ 790nm wide/ 680nm deep

2. 시스템 안전성 테스트

해수전해장치는 해외 수출 및 주로 해외에 건설되는 플랜트를 적용 대상으로 함으로 유럽의 CE기준에 의거하여 안전성을 테스트 하였다.

테스트 기준:

EN 60204-1:2006 & ISO3740:2000
ON "Seawater Electrochlorination System"

- Test List : 1) High Voltage Test 2) Continuity Test
  3) Insulation Test 4)Sound Level Measure
  5) Functional Test

- Check Result: Pass

가. Description of Electro chlorination System

(1) Intended USE :

Seawater Electrochlorination System(Bi-Polar, Acid washing Type)

(2) System Construction :

Inlet seawater controller, Electrolyser, Hydrogen dilution/removal system, Hypo tank, Air-to-air chiller

(3) Description of hazards presented by product :

HYPO Tank, Electrical hazard by electrical equipment in the system.

(4) Description of method adopted to eliminate hazards in this product :

Exhaust system provides Hydrogen dilution/removal system to prevent hazard by HYPO Tank.

Electrical equipment complies with relevant standard, EN 60204-1.

(5) Facility connections(Electrical, Air, etc.) :

Electric supply : AC380V, 3Phase, 60Hz

(6) Applicable standard in the product:

EN 12100-1/2:20036,EN60204-1:2006, EN ISO 14121-1:2007

나. 내전압 시험(High voltage Test / According to sub-clauses 19.4 of EN60204-1)

(1) 정의 : 내전압(耐電壓, 또는 내압)시험은 전기적으로 접촉되어 있지 않은 두 개의 도체 사이에 높은 전압을 인가하였을 때 장치가 견딜 수 있는 정도를 시험해 보는 것이다. 이는 해수전해장치의 노출되어 있는 접지(외함)와 각 상전압에 대하여 일정 이상의 전기를 인가하였을 경우, 인체에 접촉될 가능성에 대한 안정도 테스트에 해당된다.

내전압 시험의 목적은 Motor, Pump, Relay 등의 충전부(전기인입선)와 비충전부(접지될 수 있거나 사람의 손이 닿는 외부 금속체)사이에 전압 도통 한계를 테스트하는데 있으며, 이러한 시험을 통하여 절연의 상태, 파손위험 여부, 이물질 개입, 또는 비정상적인 근접부위가 있는지를 가늠하여 제품의 전기적 안전성과 품질을 보장하기 위한 것이다.

(2) 테스트 방법: PE(접지)와 각 상에 5초 동안 1000V,1.5mA를 인가하였으며, 각 Sub-instruments(Pumps, Blower, DC Power Supply, Air Conditioner, Noise Filter 등)는 폐회로를 구하여 시험하였고 PLC, Touch Screen, Rectifier 등의 장치들은 개방회로로 시험하였다.

(3) 테스트 결과 : 성공

[표 3.3.2] High Voltage Test Results

High Voltage Test Results			
Phase	I	I	V
L1	2.0mA	0.0mA	1,042kV
L2	0.0mA	0.0mA	1,043kV
L3	0.0mA	0.0mA	1,041kV

[그림 3.3.1] High Voltage Test(According to sub-clauses 19.4 of EN60204-1)

다. 접지연속성 시험(Continuity Test / According to sub-clauses 19.4 of EN60204-1)

(1) 정의 : 기보절연의 파손에 의해 접지된 부분이 활전 될 우려가 있는 지점과 보호접지 단자 또는 보호접지 접점과의 사이에 시험전류를 인가하여 보호접지 여부의 판정을 하게 된다.

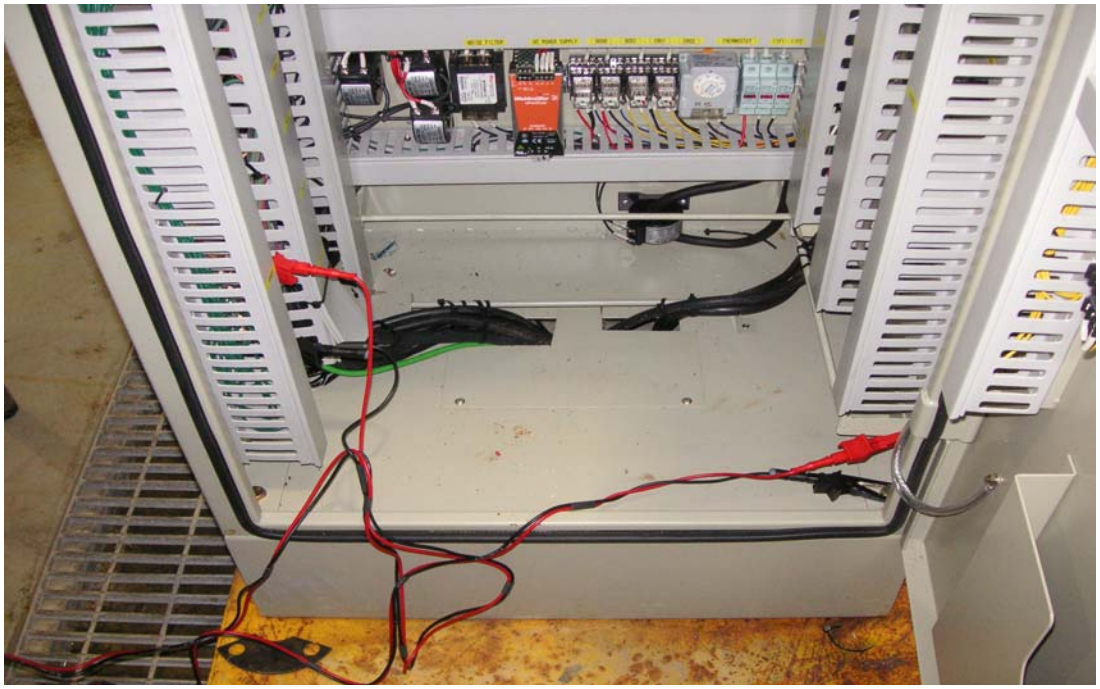
(2) 테스트 방법 : 해수전해장치의 컨트롤 판넬(MCC)의 외함과 접지단자(PE)와의 회로를 구성하여 5초간 10A(100Ω기준)를 인가한 후, 회유하는 저항값으로 외함의 절연 상태를 판단한다.

(3) 테스트 결과 : 성공

[표 3.3.3] Continuity Test Results

Continuity Test Results	
R	0.00Ω
I	10.8A(0.8A 기기의 오차)
V	0.000V

[그림 3.3.2] Continuity Test (According to sub-clauses 19.4 of EN60204-1)



라. 절연저항(Insulation Test / According to sub-clauses 19.4 of EN60204-1)

(1) 정의 : 절연저항시험은 전원 공급 단자등의 Power Circuit Conductor와 메인 접지 부분사이에 DC500V를 인가하여 저항을 측정하는 것으로 측정값은 최소 1MΩ을 넘어야 한다.

(2) 테스트 방법 : 해수전해장치의 컨트롤 판넬(MCC)과 2st측과 접지단자(PE)와의 회로를 구성하여 500V(1.0MΩ기준), 3초간 전압을 인가하였다.

(3) 테스트 결과 : 성공

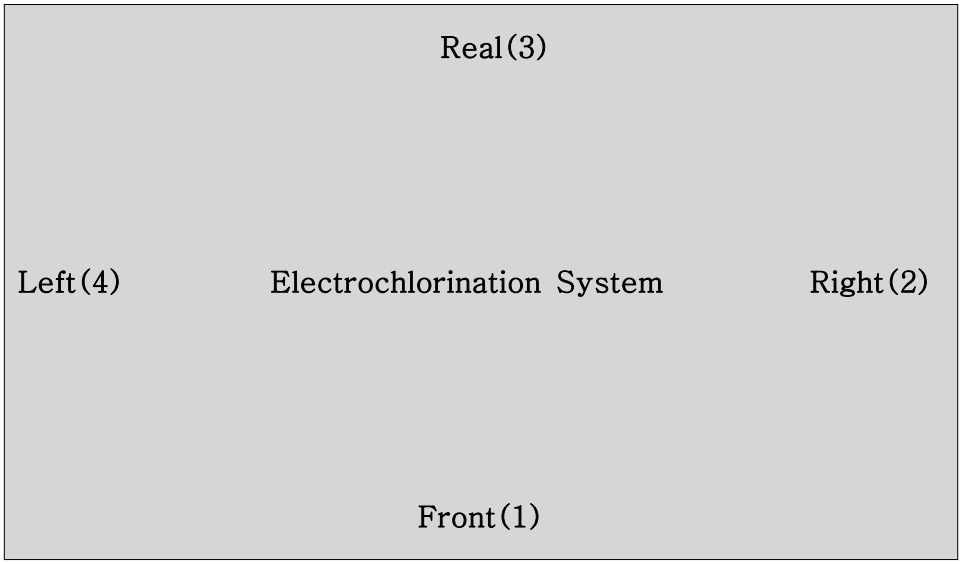
[표 3.3.4] Insulation Test Results

Insulation Test Results		
Phase	Ω	V
L1	999.9MΩ	542V
L2	999.9MΩ	546V
L3	999.9MΩ	546V

[그림 3.3.3] Insulation Test (According to sub-clauses 19.4 of EN60204-1)

마. 소음측정 (Sound Level Measurements / According to Machinery Directive 98/37/EC)

(1) 기계를 실 부하로 일반 동작 시킨 후 소음 테스터기를 사용하여 기계의 전후좌우 4방향에서 기계 사이와의 거리 1m, 지면과의 거리 1.6m 위치에서 기계의 소음을 측정한다. 소음 값이 85dB이하인 경우 Test는 성공이다.



[표 3.3.5] Sound Level Measurements Results

Sound Level Measurements Results		
Point No.	Position	Sound Level dB(A)
(1)	1m from Front of System	69.3
(2)	1m from Left of System	67.2
(3)	1m from Real of System	66.7
(4)	1m from Right of System	66.1

(2) 테스트 결과 : 성공

[그림 3.3.4]Sound Level Measurements
(According to Machinery Directive 98/37/EC)

Left of System	Real of System
Front of System	Right of System

사. 기능 테스트(Functional test / According to Clause 18.6)

(1) 목표 : 해수전해장치의 비상 상황과 안전 대비에 대한 기능을 테스트 한다.

[표 3.3.6] Functional Test Results

Functional Test Results	
List	Results
Emergency Stop device	OK
Blower Timer	OK
Level Overflow Test	OK

(2) 테스트 결과 : 성공

[그림 3.3.5] Functional test(According to Clause 18.6)

3. 성능분석 및 연속운전 Data 확보

아래에는 본 과제를 통하여 개발되고, 설치 운전되고 있는 해수전해시스템의 운전 결과 Data중의 일부 이다.

[표 3.3.7] 해수전해 장치의 운전 Data (부산기장, 1,000톤급 해수담수화플랜트) – 여름 및 가을철

회차	유입유량 (L/hr)	온도 (℃)	TDS (ppm)	pH	DC Volts (V)	DC Amps (A)	탁도 (NTU)	Salinity (%)	NaOCl (ppm)
1	250	25.6	35,100	8.58	20.5	63	1.35	32.2	1,910
2	250	25.6	34,100	8.58	20.5	63	1.38	32.2	1,920
3	250	25.6	34,900	8.59	20.5	63	1.34	32.0	1,950
4	250	25.6	34,200	8.59	20.5	63	1.35	32.0	1,960
5	250	25.6	34,300	8.55	20.5	63	1.37	32.4	1,940
6	250	25.6	34,400	8.57	20.5	63	1.41	32.4	1,840
7	250	25.6	34,300	8.54	20.5	63	1.32	31.7	1,920
8	250	25.6	34,400	8.59	20.5	63	1.84	31.6	1,950
9	250	25.6	34,300	8.55	20.5	63	1.72	31.7	1,930
10	250	25.6	34,300	8.58	20.5	63	1.56	31.5	1,920
11	250	25.6	34,800	8.57	20.5	63	1.57	31.2	1,910
12	250	25.7	35,300	8.56	20.5	63	1.44	32.2	1,940
13	250	25.7	35,200	8.58	20.6	63	1.39	31.2	1,890
14	250	25.8	35,100	8.57	20.6	64	1.45	32.3	1,910
15	250	25.8	35,200	8.55	20.6	64	1.54	32.4	1,920
16	250	25.9	34,900	8.59	20.6	64	1.49	31.6	1,910
17	250	26.0	35,100	8.57	20.6	64	1.47	31.8	1,890
18	250	26.0	35,200	8.58	20.6	64	1.51	31.5	1,970
19	250	26.0	34,900	8.57	20.7	64	1.43	31.7	1,990
20	250	26.1	34,900	8.58	20.7	64	1.44	31.6	1,940

[표 3.3.8] 해수전해 장치의 운전 Data (부산기장, 1,000톤급 해수담수화플랜트) – 겨울철

회차	유입 유량 (L/hr)	온도 (℃)	TDS (ppm)	pH	DC Volts (V)	DC Amps (A)	탁도 (NTU)	Salinity (%)	NaOCl (ppm)
1	250	17.0	35,000	8.81	20.3	53	1.38	32.1	1,910
2	250	17.0	35,200	8.81	20.3	53	1.34	32.5	1,920
3	250	17.0	35,300	8.81	20.3	53	1.36	32.1	1,880
4	250	17.2	35,300	8.81	20.3	53	1.35	32.9	1,940
5	250	17.2	35,300	8.79	20.3	53	1.39	32.7	1,870
6	250	17.2	34,700	8.81	20.3	53	1.41	32.6	1,860
7	250	17.2	34,600	8.80	20.4	53	1.37	32.7	1,990
8	250	17.2	34,500	8.85	20.4	53	1.59	32.6	1,810
9	250	17.2	35,300	8.80	20.4	53	1.62	32.7	1,890
10	250	17.2	35,100	8.80	20.4	53	1.72	31.5	1,970
11	250	17.2	34,700	8.79	20.4	53	1.66	32.2	1,960
12	250	17.6	35,200	8.80	20.3	53	1.44	32.2	1,990
13	250	17.6	35,600	8.75	20.3	53	1.64	31.9	1,880
14	250	17.6	35,700	8.73	20.3	53	1.54	32.6	1,860
15	250	17.6	35,000	8.70	20.3	53	1.51	32.7	1,970
16	250	17.9	34,800	8.83	20.3	53	1.62	31.2	1,920
17	250	17.9	35,100	8.82	20.4	53	1.77	31.7	1,970
18	250	17.9	35,200	8.80	20.4	53	1.48	32.6	1,850
19	250	17.9	35,800	8.82	20.4	53	1.62	32.7	1,890
20	250	17.9	35,200	8.81	20.4	53	1.49	32.6	1,980

가. 분석항목

① 발생염소 및 해수

유입되는 원수의 TDS에 따라 NaOCl의 염소 농도가 달라질 수 있으므로 원수의 TDS, Conductivity, Salinity, Tubidity, Ph, Temperature등을 측정 한 후, 반응 후의 TDS, Salinity, Temperature, NaOCl 등의 수치를 비교하여 보다 객관적인 Data를 확보하였다. 또한, 각 Sample 채취 시, 반응기의 DC Volt, DC Ampere를 각각 측정하여 순수 반응 시, 필요한 소요전력 및 시간에 따른 Volt, Ampere의 변화 추이를 고찰하였다.

② 전기적 회로분석

유니테크는 CE기준 규격에 만족하는 인체 및 시스템의 안전을 위한 연구계발계획서에 의거한 해수전해장치의 전기적 분석을 시행하였다. 측정항목으로는 절연저항, 전지연속성 테스트(Continuity), 내전압 인가(High Voltage), 소음측정(Sound Level)을 하도록 하였다.

나. 측정 방법

제10차 분석 테스트 : 측정 횟수는 30분 간격으로 하되, 오차 범위를 감안하여 2회씩 측정하여 10차례의 테스트에서 총 88회의 분석데이터를 확보하였다. 해수는 해수전해장치로 직접 투입되는 전처리 설비 이후의 해수를 분석하여, 반응 전후의 변화만을 비교하여 실질적인 해수전해장치 통과 전후에 따른 데이터를 확보하도록 하였다. 해수전해장치의 Sample point는 NaOCl Storage Tank에 투입되기 전단(차아염소산나트륨이 생성된 직후), 반응기 후단의 Sample Valve를 통하여 채취하도록 하였다.

다. 분석 결과

Bi-Polar Type의 반응기를 장착한 해수전해장치는 지속적인 분석 및 테스트를 시행하여, 유니테크가 목표로 하였던 최종 유효염소 발생 농도에 해당하는 Min:1,800 ~ Max:2,050ppm(오차범위 ±5%이내)까지의 농도로 측정 되었다. 분석 테스트의 측정분석 결과, 목표치에 해당하는(1,800~2,000 ppm) 염소 농도가 발생 되어 국산 전극을 장착한 해수전해장치의 성공적 실험 결과를 가져왔다.

[그림 3.3.6] 부산기장 해수전해장치 농도분석 장면

시간에 따른 농도변화에는 영향이 없었으며, 지속적으로 같은 농도의 염소가 측정(1830 ~ 2050ppm)되었다. 이로써, NaOCl 발생에 영향을 미치는 요소인 Bi-Polar 전극의 구조, 접촉면적, 전류밀도, 반응기의 형태와 구조, 전압·전류, 전극의 간격과, 재질 및 운전 조건 등이 적정한 상태를 이루고 최적의 조건이 되었음을 입증하는 결과를 가져오게 되었다.

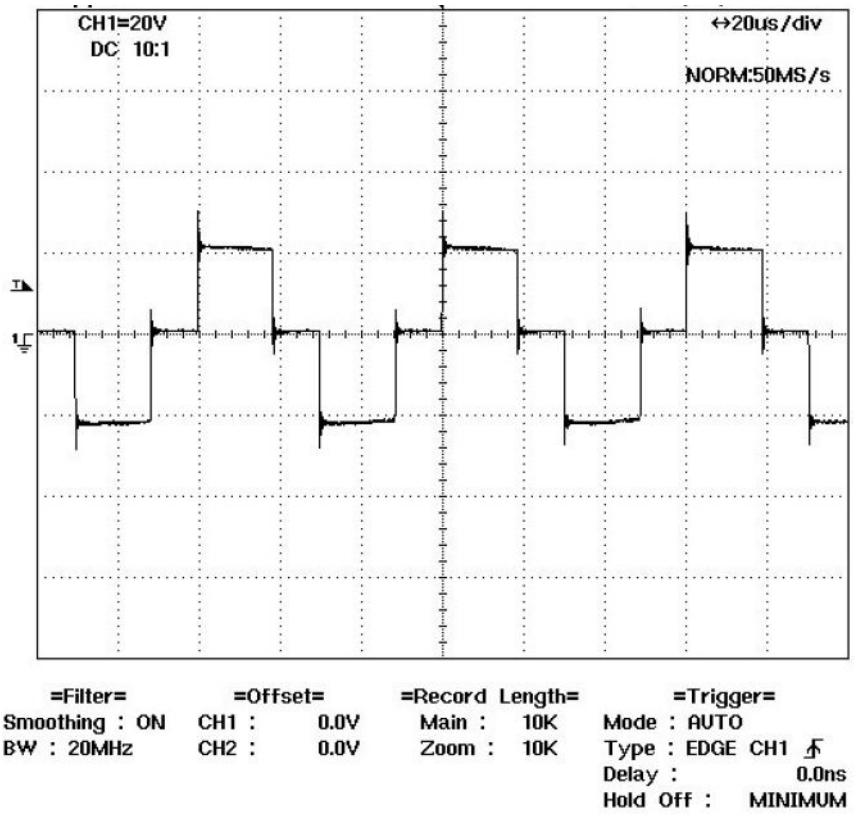
즉, 본 과제의 참여한 연구개발의 결과로써 유니테크의 Bi-Polar구조 반응기의 성공적인 기술검증이 이루어 졌으며, 한국건설기술연구원의 대형 실증플랜트(1,000m3/hr)에 참여하여 성공적 기여를 함으로써, 검증된 Commercial Reference의 확보 및 연구개발 과제의 대내외적인 성공이라는 일거양득(一擧兩得)의 실을 얻은 셈이다. 이에 더하여, 본격적인 사업화에도 박차를 가할 수 있는 Bi-Polar의 전극구조(Electrode structure)의 효율성을 입증한 동시에, 국산전극의 시장성을 입증한 결과이다.

라. 전력량에 의한 결과

앞서 열거한 해수전해장치의 핵심 기술인 반응기의 구조 및 전극간격과 배치 등의 최적화 기술은 반응기에 투입되는 전력사용량에 또한 절대적인 영향을 미치게 된다.

따라서 본 과제를 통하여 유니테크는 최소 사용전력으로 최대의 전해효율을 얻기 위하여 시간에 따른 전력량 변화를 고찰하였다. 사용시간에 비례하여 전력량은 자연스럽게 증가하게 되는데 이는 반응 중에 전극에 부착되는 해수의 Mg, Ca이온으로 인하여 반응기의 저항이 증가함으로써, 발생하게 되는 불가피한 필요악의 조건이다. 그러나 일정한 염소농도를 유지하기 위하여 저항에 따른 변화에 의해 DCV를 증가시켜(혹은 감소시켜) 상대적인 일정 DCA를 유지 하도록 하는 정류기(Rectifier)를 사용하게 된다. 소요전력을 최소화하기 위한 방법의 일환으로 정류기에 주요 소자인 IGBT를 선정하여 적합성을 고려한 최적의 시스템에 기여토록 하였다.

[그림 3.3.7] IGBT 1차 고주파 Switching 파형

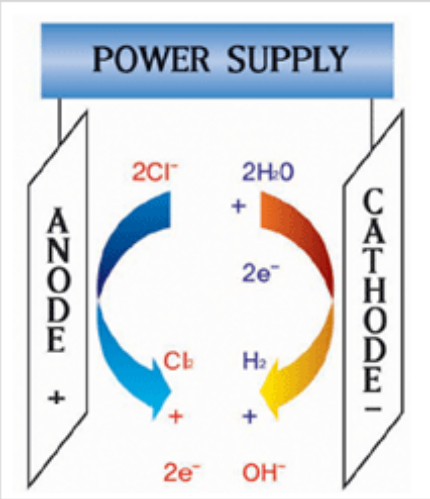


세계시장에 견주어 해수전해 장치를 차별화 할 수 있는 경쟁력으로 소용전력량 대비 유효염소 발생량을 꼽을 수 있는데, 유니테크에서 연구개발의 목표로 하는 500g/h 기준의 유효염소 농도에 소요전력량은 2.25kw/h로 세계주요사의 소요 전력량인 2.3kw/h 보다 낮게 개발되고 설계되고 있으며, 이는 대용량의 설비일수록 현격한 차이를 보일 수 있어 전력사용량에 의한 결과에서도 성공적 연구실험결과를 가져올 수 있었다.

4. 화학세정

해수의 일반적인 조성은 3.4%의 염분을 함유하고 있으며, 그 중 70%는 NaCl 이다. 해수를 전기분해하면 양극에서는 해수중의 염소이온이 방전하여 염소를 발생하게 되며, 음극에서는 수산이온이 생성되어 해수중의 Ca, Mg 이온과 반응하여 금속수산화물이 생성되어 전극 표면에 부착하여 전해 효율을 감소시킨다. 일반적으로 해수 전해 설비의 전극 수명은 양극의 도포 피복량에 따라 결정되며, 도금피복은 전기분해과정에서 소모되는 희생전극으로 양극의 소모량은 운전전류가 높고 해수저항이 클수록 증가한다.

해수전해장치의 기본적인 이론은 아래와 같다.



- ANODE

산화반응으로 염소(Cl2) 및 이온 발생

2Cl → Cl2 + 2e−

반응생성물 : HOCl(차아염소산), ClO2(이산화염소), O3(오존), Cl2(염소), OH(수산기)

- CATHODE

환원반응으로 수소와 수산화이온 생성

2H2O + 2e− → H2 + OH−

반응생성물 : NaOCl(차아염소산나트륨), NaOH(수산화나트륨), H2(수소)

해수전해설비는 바닷물 또는 소금물을 양극(Anode)과 음극(Cathode)으로 구성되어 있는 전해반응기에 공급하여 전기분해 시키는 방식이다. 즉, 각 전극에 직류전원(DC)이 공급되어 바닷물 또는 소금물을 전기 분해 함으로써 양극(Anode)에서 염소 Gas, 음극(Cathode)에서는 NaOH를 생성한다.

이때 생성되는 H2 Gas는 충분하게 공기와 희석하여 외부로 안전하게 배출되며, 각각의 생성물들이 상호반응을 일으키게 됨으로서 NaOCl을 생성하게 된다.

Anode : 2Cl− → Cl_2 + 2e−

Cathode : 2H2O + 2e− → H2↑ + OH

NaCl + H2O→ NaOH + H2↑

전체반응 : 2NaCl + H2O → NaOCl + NaCl + H2↑

가. 화학세정법의 Test

설치 운전되고 있는 500gCl2/hr 용량의 해수전해장치를 운전하면서, Cleaning Time 및 Cycle을 관찰하고 결정 하였으며 아래와 같은 내용을 주요 지표로 하였다.

(1). Efficiency 10% 강하시
(2). Voltage 10% 상승시
(3). Operating Time: 통상 700 ~ 1,000 hr 경과시 Cleaning 시작

사용 전극은 Titanium을 Base Material로 하는 Mixed Metal Oxide 재질의 전극을 적용하여 사용 하였으며 기본적으로 세정제로는 HF, H2SO4, HCl을 사용 가능한 것으로 알려져 있다.

그러나 HF (불화수소)는 약품 자체의 독성이 매우 강하여, 희석농도를 최소 5% 이내로 낮추어도 전해 설비의 반응기 자체의 부품 부식을 일으킬 염려가 있어 세정제로서 부적합하다고 판단된다. 또한 H2SO4 (황산) 역시 상온에서 반응기 자체의 부품 부식을 일으킬 염려가 있어 최대 5% 이내로 사용하여야 하며 세정효율이 HCl에 비하여 미약한 것으로 알려져 있어 역시 H2SO4도 세정액에서 제외하였다.

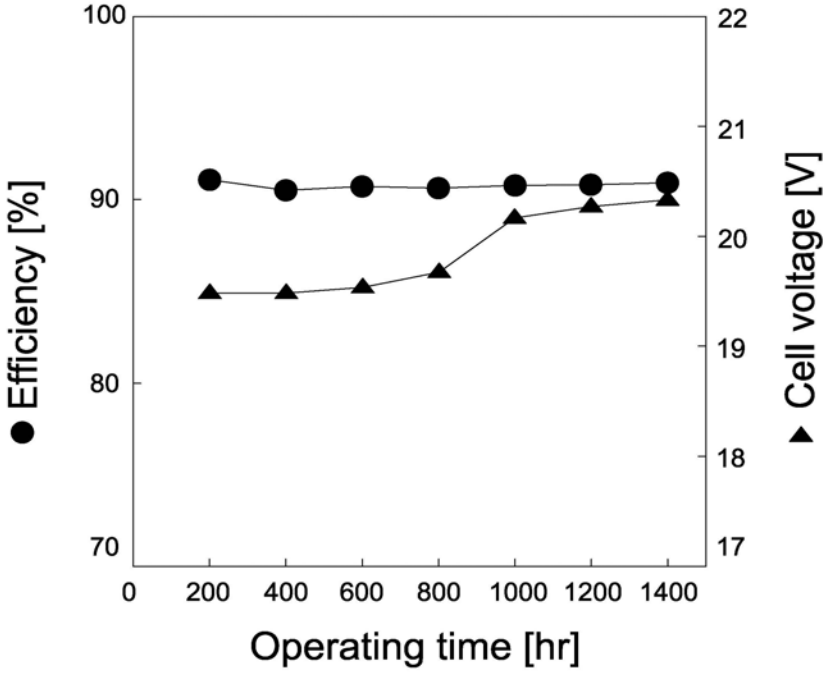
세정액으로는 HCl (염산)을 사용하였으며, HCl의 경우 15% 이내까지는 부식성이 일어나지 않아 해수전해설비의 주요 산세정 약품으로 쓰이고 있으나, 유니테크의 경우 본 과제에서 보다 취급 및 운영에서의 안전성과 세정효과의 적절성을 위하여 5% 농도의 HCl을 사용하였다.

이에따라 세정 방법으로는 해수전해설비의 동작 정지와 함께 해수로 5분동안 Flushing 세척 후, HCl 세정액을 해수전해설비 내 반응기에 주입하여 그 효율을 측정하여 보았다.

나. 해수 전해 설비의 성능 시험 및 세정 시기의 결정

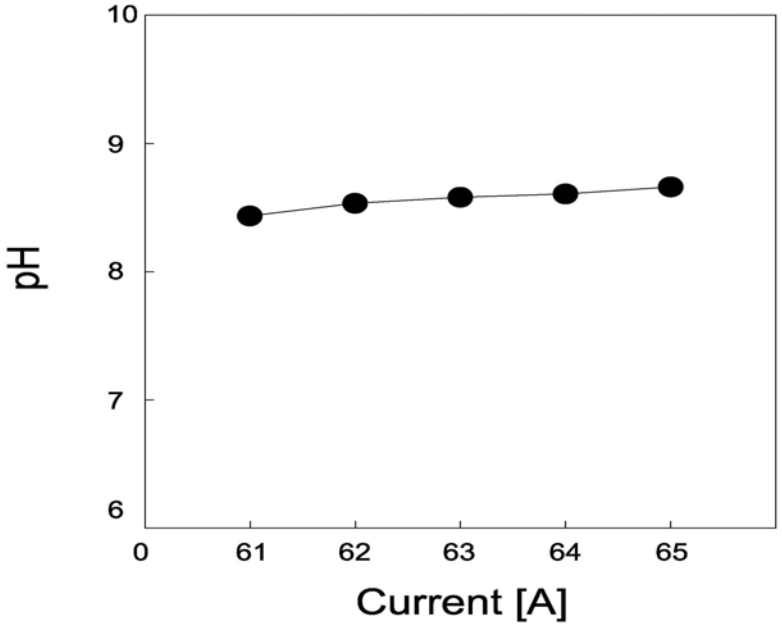
아래의 그래프와 같이 전압과 전해효율과의 관계가 전형적인 전해조의 성능곡선을 확보 하였다. 전해조의 전압은 운전이 진행됨에 따라 이물질의 유입과 전해 부반응 생성물의 침적으로 전압이 상승되고 전해 효율이 감소되고 있으며, 정상적인 상태에서는 설계전해효율 90% 이상을 상위하고 있음을 알 수 있다.

따라서 정상적인 운전 상태에서는 운전시간 700 ~ 1,000hr에서 산세정을 실시하도록 권장하도록 계획하고 있다.



(1). 운전전류에 따른 전해조 출구수의 pH

아래의 그래프와 같이 운전 전류가 낮을수록 출구수의 pH가 낮게 나타나는 것을 볼 수 있는데 이러한 경향성은 앞서 실험한 바와 같이 운전 전류가 낮을수록 주반응이 많이 일어나 전류효율이 높다.



따라서 운전전류가 낮을수록 주반응에 의한 수소 이온이 증가하고 출구수의 pH가 낮아진다고 할 수 있다.

다. 세정제 및 세정제 농도의 결정

앞서 서술한 바와 같이 HCl(염산)은 15wt%이하에서 온도에 관계없이 20mpy 미만의 부식률을 보였으며, 부식률 20mpy에서 염산 농도에 따른 온도의 상한치를 살펴보면 다음 표와 같다.

농도(wt%)	10	8	6	4	3	2
온도(℃)	24	25	26	28	36	37

따라서 염산의 농도를 10wt% 이하로 사용하며 모재 및 기타 부품에 영향을 주지 않고 사용 가능하나, 산세정으로 인한 염산과 반응물과의 발열량으로 인하여 2~3℃의 온도가 상승하므로 이를 고려하여 염산의 최적 농도는 5~6wt% 정도가 적절한 것으로 판단되었다.

한편, 5wt%의 HCl을 세정을 행한 경우, 세정액 주입 후 10분 이내에 전극에 침적된 수산화물 중의 Ca, Mg 이온이 70 ~ 80%가 제거되는 것으로 관찰되었으며, 세정액의 순환 운전 중에 20~30%가 제거되는 것을 알 수 있다. 5wt%의 HCl의 경우 세정시간 60분 이후에 Mg 이온의 농도가 평형에 도달하는 것으로 보이며, 이것으로 세정이 완료됨을 알 수 있었다.

10wt% HCl 세정용액과 비교하면 세정시간이 10분정도 더 소요되는 것으로 예측되고 있으며, 이는 5wt%의 HCl을 사용할 경우 세정시간은 60min이 경과되어야 세정이 완료될 수 있음을 보여 준다.

따라서 세정시간은 세정액의 농도와 밀접한 관계가 있으며, 세정시간을 단축시키고 운전시간을 늘리기 위해서는 세정액의 농도를 진하게 사용하여야 하나, HCl의 농도는 4~5wt%가 적절할 것으로 판단되며, 이때 세정시간은 60min이 적절하다.

5. 특허출원

유니테크(주)에서는 본 과제를 통하여 해수전해장치를 개발하는 과정에서 확보한 기술은 국내.최 특허를 통하여 기술보호를 받고 있으며, 그 사업성과 상품성을 검증하였다.

[표 3.3.4] 지적재산권 보유현황

종류	명 칭	출원번호 (등록번호)	출원일 (등록일)	발명자 (고안자)	권리자	비고
특허	차아염소산나트륨 제조용 전해조의 염수공급장치	10-1054711	2011. 08.01	신기하외	유니테크(주)	등록유지
특허	차아염소산나트륨 제조용 전해조의 전극판 지지구조	10-2010- 0076582	2010. 08. 09	신기하외	유니테크(주)	출원
특허	차아염소산나트륨 제조용 전해조의 전극판 지지부재	10-2011- 0047127	2011. 05. 19	신기하외	유니테크(주)	출원
실용	전해반응기의 터미널커버 결합구조	20-2011- 0004309	2011. 05. 19	신기하외	유니테크(주)	출원
디자인	전극판 고정구	30-0623742	2010. 08. 09	신기하외	유니테크(주)	등록유지
디자인	전극판 고정구	30-0623742호의 01	2010. 08. 09	신기하외	유니테크(주)	등록유지
PCT	차아염소산나트륨 제조용 전해조	PCT/KR2011 /001019	2011. 02. 16	신기하외	유니테크(주)	국제출원 국제조사 보고서 접수 (2011.10.20)

제4장. 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

현재 개발되어 판매되고 있는 해외 최고 수순의 해수전해장치 특성 중 핵심 기술사항을 기준으로 하여, 개발기술은 이와 동등 또는 보다 우수한 성능을 확보하는 것을 본 기술개발의 목표로 설정하였다.

성과지표	측정방법	최종목표치	목표치 설정 근거 (세계최고기업/ 독일, 이태리)
유효염소 발생 농도	ppm	1,800~2,000	1,600~1,800
Electric Consumption (유효염소 1Kg 기준)	kW	Max. 4.2~4.5	Max. 4.5~4.8
전극 오염회복도	%	>90	>85
Control System	Automatic Control	Yes	Yes

제1절 연구개발목표 달성도

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	달성도	성과물명칭
국산전극의 적용성	1-1	전극조성	조성물분석	3건	100%	분석 Data (국내, 해외전극)
	1-2	전극의 수명평가	가속실험	3건	100%	가속 수명평가 (국내, 해외전극)
	1-3	실증평가	운전결과	1,800~ 2,000ppm	100%	운전 Data 및 검증기관 Data
전해장치 설계 및 제작, 설치	2-1	제작품	제작품	500 gCl2/hr	100%	부산기장에 설치
	2-2	운전 Data	시스템운전	500 gCl2/hr	100%	1,000톤급 해수담수화 플랜트내에 운전
	2-3	특허출원	건수	2건	100%	특허 및 실용신안 각각 1건
연속운전 Data 확보	3-1	운전기술	Data	최적화	100%	운전 Data를 통한 최적화
	3-2	운전 매뉴얼	건수	1건	100%	운전 매뉴얼 작성

제2절 연구개발 내용의 달성도

연구 계획 및 내용	실 적
■ 국산전극의 적용가능성 검증	■ 국산전극의 적용성 평가를 위하여, 희성금속과 함께 전극의 조성 분석 및 수명평가 수행 ■ 전극 특성분석을 통한 국산전극의 제조 ■ 제작된 국산전극의 1차 Pilot Test – 유니테크+희성금속/ 100gCl2/hr 용량의 해수전해장치에 직접 설치, 적용하여 별도의 Pilot Test 수행 ■ 부산기장의 개발품에 국산전극을 이용한 전해반응기 설치 및 운전 ■ 전극의 반응 및 생성물 분석, 평가
■ Cell 반응기 설계 및 제작	■ 국내 및 해외전극을 이용한 반응기 설계 및 제작 ■ 동일 조건하에서의 Test – 1차: 소형시스템에 적용 – 2차: 개발 시스템에 적용
■ 해수전해시스템의 설계 및 제작	■ 기본설계 및 상세 엔지니어링을 통한 설계 기술 확보 ■ 시스템 제작기술 확보 – 전기회로 – Control System – Material Balance – Energy Balance – Safety – 기타 ■ 시스템 설치기술 확보 ■ 시스템 운전기술 확보
■ 해수전해시스템의 운전 최적화 기술 확보	■ 연속운전을 통한 시스템 운전 Data 확보 ■ 설계 및 제작인자의 최적화 Data 확보 ■ 운전기술의 최적화와 Manual 확보 ■ 운전 Data의 검증 Data 확보 – 분석기관: 해수담수화플랜트사업단 초정밀 해수 분석 센터

제3절. 기대성과 및 관련 분야에의 기여도

1. 기술적 측면

최근 정부에서는 “신성장동력 비전과 발전전략“을 발표하고, 이를 바탕으로 에너지·환경, 융합신산업, 그리고 문화 콘텐츠를 포함하는 지식서비스등 6대 분야 22개 신성장동력의 비전과 발전전략을 추진하고 있다.

본 과제에서 개발하고 추진하고자 하는 해수전해 장치개발 기술은 신성장동력의 분야 중 에너지·환경분야의 연료전지 발전시스템, 원전 플랜트 및 수송시스템의 선박·해양시스템과 깊게 연관이 되는 기술이다.

해수전해 시스템은 상수도 및 하수처리 등에 용이하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 상기의 발전시스템과 원전 플랜트 및 선박·해양 시스템의 신성장동력 산업의 추진의 중요한 System으로서 반드시 확보하여야 할 기본 기술이다. 따라서 본 기술의 국산화는 신성장동력 산업의 기술개발에 또한 매우 큰 역할을 차지한다.

이에 따라 물처리산업의 발전은 물 관련 플랜트, 화학 · 소재산업 등 관련 산업에 상당한 파급효과가 예상되고 있다. 특히, 플랜트 산업은 예산의 70% 이상이 외주 구매를 통해 이루어지므로 국내 연관 기업의 기술 및 역량이 상승할 것이다.

상기에서 기술한 산업분야는 본 과제에서 개발하고자 하는 시스템기술과 바로 직결되는 부분이다.

2. 사회·경제적 측면

본 과제에서 개발하고자 하는 시스템기술은 Oil & Gas등의 Plant 분야에서도 해수전해 시스템은 역시 필수적인 기술이다. 이는 중동국가를 중심으로 유화.원전 및 해수담수화 플랜트 등의 분야를 비롯한 해양플랜트등에서 국내에서 수주하는 수주량이 연간 500억불에 달하고 있어 본 과제에서 개발하고자 하는 해수전해 System의 사업성을 매우 밝게 하여주고 있다.

국내 플랜트 수출액을 바탕으로 보면, 지난 2003년 64억 달러였던 수준에서 2008년에는 422억 달러로 불과 4년 사이에 7배 가까이 증가했다는 부분에서도 해수전해시스템의 국산화 개발 시 충분한 사업가능성을 보여주고 있다. 이는 과거에 하청업체에 머물렀던 국내 업계가 다양한 경험과 실력을 쌓아오면서 2000년 이후부터 원청업체로 성장했기 때문으로 판단된다.

또한 본 과제에서 개발하고자 하는 해수전해 장치의 주요 적용처 중의 하나인 해양플랜트 또한 충분한 가능성을 보이고 있는 부분이다. 이것은 유럽과 미국의 메이저 오일사들이 해양유전개발을 위해 해양플랜트 발주를 계속적으로 늘리고 있기 때문이다. 실제 우리나라의 해양플랜트 수주금액은 지난 2003년에 10억 달러 정도에 불과했지만 2008년에 들어서는 96억 달러로 크게 늘었다.

특히 최근 2009년 7월 4일자로 삼성 엔지니어링 26억 달러(3조 3000억원) 알제리 정유시설공사 수주, 7월 8일자로 대림산업, SK건설, 삼성 엔지니어링 28억 4000만달러(3조 5000억원), 사우디아라비아 주바일 석유화학 플랜트수주, 7월 16일 현대건설. 현대중공업 UAE 아부다비 가스플랜트 공사 39억달러(4조 9600억원) 수주등 수조원대 초대형 플랜트가 줄줄이 수주되고 있어 제2의 중동 붐을 예상하고 있는 형국이다. 또한 2009년 4월 해양플랜트가 30조원이 조선 빅4 업체에 발주되어 해양플랜트 산업이 현대중공업, STX조선해양, 삼성중공업, 대우조선해양 등을 중심으로 확대되고 있다.

따라서 이러한 분야에의 공통 필수 가자재인 해수 전해장치의 국산화는 사회 경제적으로 해외기술의 의존도를 탈피하여, 국내기술의 신뢰성을 제고하고 관련 산업의 국제경쟁력 제고에 기여하며 또한 수입대체효과를 극대화함으로서 국부를 창출하는데 크게 기여할 것이다.

이러한 사회 경제적인 측면에 따라, 본 과제에서 개발하여 사업화 하고자하는 Bi-Polar System은 해양플랜트, 해수담수화 플랜트, LNG기지플랜트등을 비롯한 정수 및 하수처리분야와 철강플랜트, 발전플랜트, 화학플랜트, 에너지플랜트등에 적용하여 나아감으로서 파급효과를 매우 극대화 할 것으로 기대된다.

3. 정부 정책과의 연계

최근 정부에서는 “신성장동력 비전과 발전전략“을 발표하고, 이를 바탕으로 에너지.환경, 융합신산업, 그리고 문화 콘텐츠를 포함하는 지식서비스등 6대 분야 22개 신성장동력의 비전과 발전전략을 추진하고 있다.

본 과제에서 개발하고 추진하고자 하는 해수전해 장치개발 기술은 신성장동력의 분야 중 에너지.환경분야의 연료전지 발전시스템, 원전 플랜트 및 수송시스템의 선박·해양시스템과도 역시 깊게 연관이 되는 기술이다.

해수전해 시스템은 상수도 및 하수처리 등에 용이하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 상기의 발전시스템과 원전 플랜트 및 선박.해양 시스템의 신성장동력 산업의 추진에서 자칫 간과할 수 있는 중요한 System으로서 반드시 확보하여야 할 기본 기술이다.

따라서 본 기술의 국산화는 신성장동력 산업의 기술개발에 또한 매우 큰 역할을 할 것으로 판단된다.

국가 전략산업으로 발표(2007년 7월 16일)된 "물산업 육성 5개년 세부 추진 계획"에 따르면 환경부, 지식경제부, 국토해양부등의 범부처적 미래 전략산업으로 물 산업 육성에 집중 투자할 것을 시사 하였다. 이러한 5개년 계획은 상하수도서비스, 하폐수처리, 해수담수화 플랜트를 주된 전략산업으로 지목하고 떠오르는 Blue Gold 산업으로 다국적 기업과 경쟁할 만한 물 전문기업 육성 및 연구역량 확대를 통하여 국내 물 산업이 본격적으로 성장할 수 있는 계기를 마련 할 것을 밝혔다.

특히, 이명박 대통령은 강수량이 많은 우리나라도 이미 물 부족 국가가 되었다며 물 산업 육성을 적극 강조하고 있다. 그래서 유유히 강 따라 흘러 바다로 나가는 물을 효용 있게 쓸 수 있는 방안을 마련하는 한편, 물 산업을 수출산업으로 육성하기 위해 '신성장동력'으로 선정했다.

세계 물 시장은 2004년 8556억 달러 규모이며, 인구증가·수질오염 등으로 물 부족이 심화돼 2015년에는 1조5433억 달러의 대규모 시장이 형성될 전망이다. 기후변화 등에 따른 물 부족 현상으로 해수담수화플랜트산업은 매년 평균 18.7%씩 성장하는 추세이다. 이에 따라 전 세계적으로 물처리산업에 관심이 집중되면서 미래를 선도할 Blue Gold산업으로 각광받고 있다.

정부는 국내 물처리산업의 성장잠재력이 충분할 것으로 평가하고 있다. 상하수도 플랜트, 댐 건설 등의 국내기술 수준은 단기간에 선진국 수준에 도달 가능하며, 해수 담수화 분야는 이미 세계 1위의 기술력을 보유하고 있다. 현재 아제르바이잔에서 2조 원 규모의 상하수도 정비 사업을 추진 중이며, 대우건설이 라오스 후웨이호 댐을, 대림산업이 이란 카룬 댐을 각각 건설했다.
이에 따라 물처리산업의 발전은 물 관련 플랜트, 화학·소재산업 등 관련 산업에 상당한 파급효과가 예상되고 있다. 특히, 플랜트 산업은 예산의 70% 이상이 외주 구매를 통해 이루어지므로 국내 연관 기업의 기술 및 역량이 상승할 것이다.

상기에서 기술한 산업분야는 본 과제에서 개발하고자 하는 시스템기술과 바로 직결되는 부분이다.

즉, 본 과제에서 개발하고자 하는 해수전해시스템기술은 적용범위가 수처리 및 하수처리를 비롯하여 해수를 이용한 냉각수 처리와 Oil & Gas등의 Plant 분야에서도 해수전해 시스템은 역시 필수적인 기술이다. 또한 중동국가를 중심으로 유화.원전 및 해수담수화 플랜트 등의 분야를 비롯한 해양플랜트등에서 국내에서 수주하는 수주량이 연간 500억불에 달하고 있어 본 과제에서 개발하고자 하는 Bi-Polar system의 사업성을 매우 밝게 하여주고 있다.

국내 플랜트 수출액을 바탕으로 보면, 지난 2003년 64억달러였던 수준에서 2008년에는 422억 달러로 불과 4년 사이에 7배 가까이 증가했다는 부분에서도 해수전해시스템의 국산화 개발 시 충분한 사업가능성을 보여주고 있다. 이는 과거에 하청업체에 머물렀던 국내 업계가 다양한 경험과 실력을 쌓아오면서 2000년 이후부터 원청업체로 성장했기 때문으로 판단된다.

또한 본 과제에서 개발하고자 하는 Bi-Polar Type의 해수전해 장치의 주요 적용처 중의 하나인 해양플랜트 또한 충분한 가능성을 보이고 있는 부분이다. 이것은 유럽과 미국의 메이저 오일사들이 해양유전개발을 위해 해양플랜트 발주를 계속적으로 늘리고 있기 때문이다. 실제 우리나라의 해양플랜트 수주금액은 지난 2003년에 10억 달러 정도에 불과했지만 2008년에 들어서는 96억 달러로 크게 늘었다.

따라서 본 과제에서 개발하여 사업화 하고자하는 Bi-Polar System은 각종 해양플랜트, 해수담수화 플랜트, LNG기지플랜트 및 냉각수처리 분야 등을 비롯한 정수 및 하수처리분야와 철강플랜트, 발전플랜트, 화학플랜트, 에너지플랜트등에 적용하여 나아감으로서 파급효과를 극대화 할 것이다.

4. 기타

본 기술의 효과는 우리나라의 플랜트산업 및 선박의 국제경쟁력제고에 기여할 것이다. 플랜트산업 및 선박분야의 세계 시장규모는 매년 증대되고 있으며 이에 따라 핵심주요 설비 및 부품의 기술 확보의 중요성이 매우 강조되고 있다. 특히, 핵심주요 설비들은 플랜트 및 선박산업에서의 Business Open Key로서의 역할도 무시할 수 없어 해외 플랜트 수주사업에 주요한 부분으로서 자리 잡고 있다.

즉, 해수전해설비는 단일 품목으로서 뿐만 아니라 선박의 밸러스트 수 처리 분야를 비롯하여, 우리나라에서 세계적인 경쟁력을 보유하고 있는 해수담수화플랜트, LNG Terminal 플랜트, Off-Shore Plant, Oil & Gas Plant, Power Plant등의 분야에서 매우 중요한 기술 및 경쟁력 확보의 주요 역할을 담당 할 것이다.

이것은 본 과제에서 개발되는 해수전해장치가 세계적으로 크게 부상하고 있는 거대한 시장인 Ballast water treatment 공정의 개발 및 적용에 활용이 가능함으로서, 현재 미국의 Serverntrends Service사가 적극적으로 진출하여 기술선점을 노리고 있는 분야인 밸러스트 처리사업에 경쟁적으로 진출할 수 있는 매우 주요한 바탕이 되기 때문이다. 유니테크는 본 과제를 통해 개발된 Bi-Polar 시스템을 기반으로 하여 밸러스트 워터 처리장치시장등에 빠르게 접근해 현재 전량 해외기술에 의존하고 있는 Bi-Polar 형 해수전해장치 시스템 시장을 점유함으로서 우리나라의 해상플랜트 및 관련 플랜트 산업의 신뢰성 제고와 국제 경쟁력 확보에 기여할 것이다.

그리하여 해상플랜트 및 해수담수화 플랜트 등의 해외 플랜트수주 경쟁력을 제고시키고, 관련분야에서 국제 경쟁력을 갖춤으로서 수입 대체효과를 극대화하며 이를 바탕으로 해외시장에 진출하기 위한 기술개발로 우리나라의 경제, 산업분야의 발전에 기여하게 될 것이다.

또한, 해수전해 시스템은 단일기술이 아니라 공정기술과 기계, 전기, 배관, 계장, 토목/건설, 환경, 화학공학, 소재 등의 다양한 분야의 요소기술, 즉 부품/소재 기술부터 시스템설계, 시공, 운전 및 운영기술 등이 모두 결합된 종합기술로서 기술개발에 따른 연관된 타 분야에의 파급효과가 매우 크다고 할 수 있는 장치산업의 특성이 있어 타 산업에의 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다.

제5장. 연구개발 결과의 활용방안

제1절. 추가연구의 필요성

유니테크는 본 과제를 통하여 개발된 시스템을 국토해양부의 해수담수화플랜트사업단에서 추진하고 있는 1,000톤급 해수담수화플랜트 현장에 설치하고, 직접 취수해수를 이용하여 연속운전을 통한 운전 Data를 확보함으로서 설계 및 제작등에 관한 주요 핵심 기술을 확보하게 되었다.

따라서 개발기술은 아래와 같은 분야에 지속적으로 활용되어질 것 이다.

- 해수담수화 플랜트, 선박의 Ballastwater treatment, Oil & Gas Plant, 해상 Plant, LNG Terminal등 국내에서 진행하는 해외 Project에 적용함으로써 국내기술의 신뢰도를 향상시키며 Plant의 기술경쟁력 제고
- Bi-Polar 기술을 기반으로 하는 해수전해 Plant의 건설
- 정수, 하수등의 수처리분야에의 적용 확대
- 선박, 조선분야의 Ballastwater treatment 공정개발
- 국내.외 Plant의 국제 경쟁력 제고
- 기타

현재 유니테크는 해수전해장치의 기술개발을 완성하고 또한 객관적 기술검증을 마침으로서 해수전해장치에 대한 기술능력을 인정받고 있다.

따라서 이를 기반으로 하여 관련 시장에 적극 진출할 계획으로 있다.

제2절. 타 연구에의 응용

본 과제에서 개발된 개발기술은 향 후 선박의 밸러스트수처리 및 해상플랜트를 비롯하여 원자력발전소등에의 적용 및 수처리 기술개발등에 응용될 것이다.

특히 밸러스트수처리의 경우, 본 기술개발에서 확보한 Bi-Polar 기술이 매우 중요하게 응용될 수 있는 최신 기술이다.
본 과제에서 개발된 전기분해방식의 밸러스트수처리 기술은 전 세계적으로 매우 큰 관심을 받고있는 기술중의 하나로서 다음과 같은 배경과 중요성을 가지고 있기 때문이다.

즉, IMO(International Marine Organization)에 따르면 선박에 의하여 연간 30억~50억톤의 바닷물이 이동하고, 7천여종 이상의 생물 및 세균이 밸러스트 수를 따라 옮겨지고 있다. 이에 국제적 차원에서 밸러스트 수 처리를 위한 소독장치 설치를 의무화 하기로 하였다. 이러한 규제는 2009년부터 신규 건조선박에의 설치의무화를 시작으로, 2015년부터 모든 선박에 적용되게 되므로 수십조원의 시장이 형성되는 것으로 보고 되고 있다.

IMO협약의 발효가 임박해옴에 따라 미국, 일본, 독일등 선진국을 중심으로 국제적으로 밸러스트 수처리 소독기술의 선점을 위하여 국가 주도의 치열한 기술개발 경쟁을 벌이고 있다.

살균방식은 물리적처리방식과 화학적처리방식으로 구분할 수 있으며, 물리적 방식으로는 UV, Heating, Ultra Sonic 방식등이 있으며, 화학적 처리방식으로는 염소, 이산화염소, 오존, 과산화수소 및 기타 여러 유기화학제를 사용하는 방식등이 선상적용시험 등을 통하여 적극적으로 개발되고 있다.

우리나라의 경우에도 약70억원 이상의 연구비를 투입하여 기술개발을 추진한 바 있어 현재 IMO 기술인증을 받고 있으나, 오존(O3) 시스템기술로서 기술경쟁력에 한계를 가지고 있다. 또한 (주)테크로스가 한국 해양연구원으로부터 전기화학적 처리기술을 이전받아, 각종 처리성능과 환경 위해도에 대한 시험과 평가를 통하여 역시 IMO 기술인증을 획득 한 바 있다.
그러나 실제 사업화 적용을 위해서는 밸러스트 수 처리용량, 설치면적, 처리비용등이 매우 중요한 요소로서, 국내의 개발기술은 세계시장에서의 경쟁에서 많은 한계를 가지고 있다.

즉, (주) 엔케이사에서 개발한 오존시스템의 경우 일반적인 담수 수처리에서는 많이 쓰이지만 바닷물(해수)에 적용하기에는 처리비용이 너무 고가이고, 운전 및 유지관리가 어려우며, 밸러스트 탱크의 부식도 고려하여야 하는 등 경쟁력에 많은 문제점을 가지고 있다.

또한 국내의 (주)테크로스에서 개발된 전기분해장치의 경우, 해수를 직접 유입시켜 접촉시키는 형태의 전기분해방식으로, 기본적으로 현재 해외에서는 사용되고 있지 않은 Mono-Polar 방식의 전해반응시스템 형식으로서 역시 경제성 및 유지관리, 장치의 크기등에 심각한 문제점을 노출시키고 있으며 적용방법 및 용량에 제한을 가지고 있다.

[그림 5.2.1] 국내에서 개발한 Mono-Polar 반응기

[그림 5.2.2] 본 과제에서 제안하는 Bi-Polar 반응기

이에따라 다양한 크기의 선박과 여러 해수 환경에 대응하기 위한 기술 우위를 바탕으로 한 경제적이며 구체적인 기술개발 접근이 요구되며, 특히 선진국의 기술장벽을 넘어설 수 있도록 핵심 요소기술의 원천기술 개발을 위한 정부의 적극적인 대응과 지원 및 기술개발 투자 노력이 요구되고 있는 분야이다.

아래에는 본 개발기술을 응용하여 나아갈 분야를 보여주고 있다.

. 밸러스트 수 처리 시스템
(Shipping Company, 한국 및 전 세계)
. LNG Terminal (한국, 영국, 아프리카, 러시아 등 전 세계)
. Oil & Gas Plant
(한국, 일본, 미국, 러시아, 아프리카, 유럽 등 전 세계)

. 해양플랜트(Off-Shore)
(영국, 독일, 스웨덴 등 유럽국가, 한국, 일본 등 전 세계)
. 원전 등 발전플랜트
(일본, 영국 등의 유럽국가, 미국, 한국 등 전 세계)
. 정수처리
(한국, 일본, 중국 등 아시아 국가, 유럽국가 등 전 세계)
. Cooling Water 및 초 순수처리장치
(한국, 일본, 중국 등 아시아 국가 및 유럽 등 전 세계)
. 하수 및 폐수처리
. 기타 식품 및 음료 관련 Plant 등

제3절. 기업화 추진 방안

본 과제의 기술개발을 위하여 유니테크는 지금까지 Lab. Test등을 실시하여 성공적으로 마친 바 있으며, 2010년 1월부터는 Bench Scale Test를 성공적으로 완료하였다. 이로서 유니테크는 기초 기술확보로부터 각 단계별로 착실하게 기술적 기반을 다져왔다.

가. Lab Test 실시: 기 완료 (2008. 6 ~ 2009. 3/ 8개월)
- Lab. Test를 위한 System 설계 및 제작: 2008. 6 ~ 2008. 12
  . 설계용량: 10 gCl2/hr

- Lab. Test Module 운전을 통한 Test
  . Test 장소: 당사 실험실
  . Test 기간: 2009. 1 ~ 2009. 6

나. Pilot System Test: 2009. 9 ~ 2010. 4 (8개월)
- Pilot Scale Test를 위한 System 설계 및 제작: 2009. 5 ~ 2010. 1
  . 설계용량: 1,000 gCl2/hr
- Pilot Scale System 운전을 통한 Test
  . Test 장소: 한국해양대학교 Pilot 동 (바닷물을 이용한 직접 Test)
  . 취수설비 완료: 2009. 11. 30
  . Bench Scale System의 현장 설치: 2010. 2
  . Test 기간: 2010. 3 ~

상기에서와 같이 이미 Lab. Scale Test는 기 완료하여 기초적인 Data를 확보하고, 기본적인 해수전해시스템의 설계인자를 획득하였다.

이를 바탕으로 본 과제를 통하여 기술개발을 완성하고 Commercial Scale의 시제품을 개발하고 설계 및 제작하여 Test를 실시하였다. 이를 통하여 시제품에 대한 품질평가 및 제품평가를 통하여 제품의 품질을 최적화하고 관련 인증을 획득하여 조속 한 사업화를 실현하기 위한 구체적인 사업화 계획을 추진하고 있다.

아래의 표는 생산용량별 규격에 대한 예시 이다.

유효염소 발생량		소요바닷물 (ℓ/hr)	전기 소요량 (Max. / kW)	H2 Gas (ℓ/hr / S.T.D)
$kgCl_2$/day	$kgCl_2$/hr			
24	1	500	4.5	330
120	5	2,500	22.5	1,650
360	15	7,500	67.5	4,950
480	20	10,000	90	6,600
720	30	15,000	135	9,900
1,200	50	25,000	225	16,500
1,680	70	35,000	315	23,100
2,400	100	50,000	450	33,000

본격적인 사업화를 위하여 유니테크는 대형시스템을 제작할 수 있는 제작능력을 이미 갖추고 있으며, 국내 대기업을 비롯하여 해외기업에의 진출을 위하여 노력하고 있다.

[그림 5.3.1] 유니테크의 제작공장

위와 같은 결과물을 바탕으로 사업 추진을 위한 SWOT 분석을 통하여, 향 후 사업전략을 수립하여 나아갈 예정이다.

강점	● 20여년에 걸친 기초기반 기술과 엔지니어링 기술 기 확보 ● 국토해양부 해수담수화플랜트사업단 사업을 통한 해수전해장치의 사업 가능성 검증 ● 해외 경쟁사 기술에 대한 지식과 경쟁요인 파악 ● 발빠른 해외경쟁사 동향정보 파악	약점	● 실증 시스템 미 보유 ● 실적확보 미약 ● 대외적인 인지도 취약 ● 국제적인 판매 Net Work 구성 미흡 ● After Sale Service 체계 구축 미흡 ● 대외 신뢰도 확보 미흡
기회 요인	● 세계적인 해양플랜트 시장 활성화 및 성장 ● 국내 경쟁업체 미 발현 ● 해수담수화플랜트, Oil & Gas Plant등의 관련 플랜트 산업의 지속적 성장 ● 국내 대기업의 세계 플랜트 시장 참여율 및 경쟁력이 꾸준히 성장 ● 선박 및 수처리분야등에의 시장 적용성 확대 ● 국내에서의 체계적인 기술검증 및 Data 축적으로 국내 대기업의 신뢰도 확보	위협 요인	● 해외 경쟁사들의 견제 강화 ● 국내 기업의 기술개발을 통한 접근 ● 해외경쟁사의 신기술 개발속도 향상 ● 국내기업등과의 전략적 제휴를 통한 가격 인하

위와같은 SWOT 분석에 따라, 유니테크는 제품의 홍보 및 판로 등은 국내 대기업(두산중공업, 한국가스공사, 현대중공업, 삼성중공업, 한국전력 등)과의 제휴 및 Project 추진을 통하여 실적을 확보하고, 확보된 실적을 바탕으로 적극적으로 해외에 진출함으로서 국제 경쟁력을 확보 하여 나아갈 것이다.

또한 국내.외 전시회 및 Conference등에 적극 참여하여 국내 및 해외 시장에 곧 바로 진입하기 위하여 제품의 품질을 안정화하고 국제 표준화함으로서 세계시장에 조속히 진입하여 시장을 점유하여 나아갈 것 이다.

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 본문 내에 포함되어 있음 -

제7장 참고문헌

1. 2007년 산업기술동향 분석 (선박내 밸러스트 수처리 기술, 2007. 12, 한국산업기술평가원)
2. CNB저널 특집(물, 미래 선도 Blue Gold 산업, 2009. 1. 19)
3. 일본의 해외플랜트 및 엔지니어링 실적조사 (일본기계수출조합, 2008. 1. 15)
4. CNB저널 (플랜트산업협회장 인터뷰, 2008년 플랜트수출 500억불 달성, 2008. 8. 24)
5. IDA Desalination Yearbook 2006~2007, 19th Inventory
6. 해수전해설비의 화학세정 최적화 방안에 관한 연구, HOJHB0 1999년 vol.1 no.4 pp4_114
7. Biofouling in a seawater reverse osmosis plant on the Red Sea coast, Saudi Arabia, Desalination, 18 January 2000
8. Biofouling potential and environmental factors of seawater at a desalination plant intake, Desalination, 25 September 2000
9. Biofouling potential of chemicals used for scale control in RO and NF membranes, Desalination, 25 July 2000
10. Diagnosis of fouling problems of NF and RO membrane installations by a quick scan, Desalination, 3 April 2002
11. Diagnosis, prediction and prevention of biofouling of NF and RO membranes, Desalination, ebruary 2001
12. RESPONSE OF BROWN MUSSEL, PERNA INDICA TO ELEVATED TEMPERATURES IN RELATION TO POWER PLANT BIOFOULING CONTROL, Pergamon, 4 January 1995

13. An atomic force microscopy study of the adhesion of a silica sphere to a silica surface—effects of surface cleaning, Colloids and Surfaces, 3 February 1999
14. BIOFILM FORMATION ON SURFACES OF GLASS AND TEFLON EXPOSED TO TREATED WATER, Pergamon, November 1994
15. Biofouling – the Achilles heel of membrane processes, Desalination, 11 August 1997
16. Economic and environmental impacts on ports and harbors from the convention to ban harmful marine anti-fouling systems, Marine Pollution Bulletin 46 (2003) 935-.940
17. International legal options for the control of biofouling on international vessels, Marine Policy, 17 October 2007
18. Photochemical modification of 10 kDa polyethersulfone ultrafiltration membranes for reduction of biofouling, journal of MEMBRANE SCIENCE 156 (1999) 223±240, 2 November 1998
19. Photochemical modification of membrane surfaces for (bio)fouling reduction_ a nano-scale study using AFM, Desalination 158 (2003) 65-72, 4 February 2003
20. Photoinduced grafting of ultrafiltration membranes comparison of poly(ether sulfone) and poly(sulfone), Journal of Membrane Science 194 (2001) 245--261, 19 June 2001
21. Surface modification of polysulfone ultrafiltration membranes and fouling by BSA solutions, Journal of Membrane Science 133 (1997) 57-72, 17 March 1997
22. B. Cyna, G. Dourdin, D. Gatel, Drinking water production on an urban site electrochlorination, in: S.Sealey (Ed.), Modern Chlor-Alkali Technology, vol. 7, 1998, p. 197
23. H. Vogt, J. Balei, J. E. Bennett, P. Wintzer, S. A. Sheigh, P. Gallone, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 5th ed., vol. A6, 1985, p. 495.
24. D.M. Novak, B.V. Tilak, B.E. Conway, in: J.O.M. Bockris, B.E. Conway, R.E. White (Eds.), Modern Aspects of Electrochemistry, 1982.
25. N.Ibl, H. Vogt, in: J.O.M. Bockris, B.E. Conway, E, Yeager, R.E. White (Eds.), Comprehensive Treatise of Electrochemistry, 1981, p. 167.
26. M. Rudolf, I. Rousar, J. Krysa, J. Appl. Electrochem. 25(1995) 155.

27. C. Boxall, G.H. Kelsall, I. Chem. E. Symp. Electrochemical Engineering and the Environment, vol. 127, 1992, p. 59.
28. F. Goodridge, C.J.H. King, A.R. Wright, Electrochim. Acra 22(1977) 1087.
29. C. Belmont, R. Ferrigno, O. Leclerc, H.H. Girault, Electrochim, Acta 44(1998) 597.
30. R. Ferrigno, PhD Thesis, EPFL (1998).
31. C. Belmont, H.H. Girault, J. Appl. Electrochem. 24 (1994) 719.
32. A.J. Bell, in : N. Setter E.L. Colla (Eds.), Multilayer Ceramic Processing, Basel, 1993, p. 241.
33. S. Trasatti, Electrochim. Acta 32 (1987) 369.
34. G.H. Kelsall, J. Appl. Electrochem. 14 (1984) 177.
35. G.R. Heal, A.T. Kuhn, R.B. Lartey, J. Electrochem. Soc. 124(1977) 1690.
36. R. Ferrigne, J. Josserand, P.F. Brevet, H.H. Girault, Electrochim. Acra 44 (1998) 587.
37. G.H. Kelsall, I. Chem. E. Symp. Electrochemical Engineering and the Environment, vol. 127, 1992, p. 71.
38. P,M. Robertson, W. Gnehm, L. Ponto, J. Appl. Electrochem. 13 (1983) 307.

유 첨

1. 해수전해시스템 성능 및 분석 Data (해수담수화플랜트 초정밀해수분석 실험실)

① 해수담수화플랜트 사업단 시험성적서 공문

② 2011. 9. 2. 분석 Datasheet

③ 2011. 9. 14. 분석 Datasheet

④ 2011. 9. 26. 분석 Datasheet

⑤ 2011. 10. 6. 분석 Datasheet

⑥ 2011. 10. 17. 분석 Datasheet

⑦2011. 10. 27. 분석 Datasheet

⑧2011. 11. 7. 분석 Datasheet

⑨2011. 11. 17. 분석 Datasheet

⑩2011. 11. 28. 분석 Datasheet

⑪2011. 12. 8. 분석 Datasheet

2. 국산 전극의 적용 가능성 Test Data (주식회사 희성금속)

① 2010. 12. 1 분석 Datasheet

② 2011. 2. 27. ~ 2011. 3. 8. 분석 Datasheet

③ 2011. 4. 1. ~ 2011. 6. 13. 분석 Datasheet

④ 2011. 6. 28. ~ 2011. 8. 10 분석 Datasheet

⑤ 2011. 8. 16. ~ 2011. 8. 19 분석 Datasheet

- 해수전해시스템 성능 및 분석 Data -

New Technology Global Frontier, GIST

해수담수화플랜트사업단

수신자 유니테크 주식회사 대표이사

(경유)

제목 해수전해시스템 관련 분석항목에 대한 시험성적서 교부

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 귀사가 의뢰한 해수전해시스템 관련 분석항목에 대한 시험성적서를 붙임과 같이 교부합니다.

붙임 : 1. 시험성적서. 1부. 끝.

해수담수화플랜트사업단장

행정원 이지연 단장 12/27 iskim

협조자

감사부장

시행 해수담수화플랜트사업단-1274 (2011.12.27.)접수 ( )

우 500-712 광주광역시 북구 첨단과기로261 (오룡동) / http://www.seahero.org
전화 062)970-2585 /전송 062)970-2584 / jylee02@gist.ac.kr / 공개

시 험 성 적 서

수신처 :	발송처 :
인천광역시 남동구 고잔동 658-9 유니테크 주식회사 대표이사 신 기 하 Tel : 032)813-2195~8 Fax : 032)813-2199	광주광역시 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 (GIST) 삼성환경동 101호 Tel : 062)715-3048 Fax : 062)715-2584

- 의 뢰 자 : 유니테크 주식회사
- 목 적 : 해수전해시스템 (Electrochlorination System)의 성능 확인
- 접 수 일 : 2011 년 8 월 22 일
- 시험기간 : 2011 년 9 월 2 일 ~ 2011 년 12 월 8 일
  - 분석 대상 System : 해수전해시스템 (Electrochlorination System)
  - 용량 : 500gCl2/hr (유효염소 농도 기준)
  - 설치 장소 : 부산 기장군 (1,000m3/day 급 해수담수화플랜트 공정 내)
  - 분석 항목 : 해수전해시스템 (Electrochlorination System) 관련 분석항목

유니테크 ㈜가 상기와 같이 의뢰하여 주신 해수전해시스템 관련 분석항목에 대한 시험성적서를 유첨과 같이 교부합니다. (※ 시험 결과 : 별첨 자료 참조)

2011. 12. 27.

분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 오 상 근 (인)

본 성적서의 시험결과는 신청자가 본원에 제출한 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.

해수담수화 플랜트 사업단장

조정밀 해수 분석 실험실

직인

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINEERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 9월 2일 금요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	23.4	34,940	7.75	49.9	32.5	1.96	25.6	34,170	20.5	63	1.29	1,910	31.7	오상근	
2	250	23.4	34,940	7.76	49.9	32.5	2.04	25.6	34,170	20.5	63	1.29	1,920	31.7	오상근	
3	250	23.4	34,930	7.76	49.9	32.5	2.38	25.7	34,160	20.5	63	1.29	1,950	31.7	오상근	
4	250	23.4	34,930	7.76	49.9	32.5	2.45	25.8	34,170	20.5	63	1.29	1,940	31.7	오상근	
5	250	23.4	35,200	7.77	50.2	32.8	2.12	25.8	34,250	20.5	63	1.29	1,960	31.8	오상근	
6	250	23.5	35,100	7.76	50.1	32.7	2.23	25.9	34,200	20.5	63	1.29	1,910	31.8	오상근	
7	250	23.6	35,020	7.77	50	32.6	1.95	26.1	34,140	20.6	63	1.3	1,940	31.7	오상근	
8	250	23.6	35,050	7.76	50	32.6	1.87	26	34,180	20.6	63	1.3	1,980	31.8	오상근	
9																
10																

위 사항을 확인 함.
2011. 9. 2

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINEERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 9월 14일 수요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	24.1	35,120	7.77	50.1	32.5	1.96	26.2	34,170	20.5	63	1.29	1,910	31.8	오상근	
2	250	24.1	35,100	7.77	50.1	32.5	2.04	26.2	34,170	20.5	63	1.29	1,920	31.8	오상근	
3	250	24.1	34,930	7.76	49.9	32.5	2.38	26.3	34,160	20.5	63	1.29	1,950	31.8	오상근	
4	250	24.1	34,950	7.76	49.9	32.5	2.45	26.4	34,170	20.5	63	1.29	1,940	31.8	오상근	
5	250	24.2	34,940	7.76	49.9	32.5	2.12	26.5	34,250	20.5	63	1.29	1,960	31.9	오상근	
6	250	24.2	34,950	7.77	49.9	32.5	2.23	26.6	34,200	20.5	63	1.29	1,910	31.8	오상근	
7	250	24.2	35,100	7.81	50.1	32.5	1.95	26.6	34,140	20.6	63	1.3	1,940	31.7	오상근	
8	250	24.2	35,200	7.81	50.2	32.5	1.87	26.7	34,180	20.6	63	1.3	1,980	31.8	오상근	
9																
10																

위 사항을 확인 함.
2011. 9. 14

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINEERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 9월 26일 월요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	23.1	35,150	7.81	50.1	32.7	1.96	25.4	34,200	20.6	63	1.3	1,940	31.8	오상근	
2	250	23.1	35,100	7.81	50.1	32.7	2.04	25.4	34,100	20.6	63	1.3	1,960	31.7	오상근	
3	250	23.2	34,900	7.76	49.9	32.5	2.38	25.4	34,300	20.7	64	1.32	2,000	31.9	오상근	
4	250	23.2	34,800	7.76	49.9	32.4	2.45	25.5	34,200	20.7	64	1.32	2,050	31.8	오상근	
5	250	23.3	35,000	7.82	50	32.6	2.12	25.5	34,100	20.7	64	1.32	1,990	31.7	오상근	
6	250	23.2	35,200	7.82	50.2	32.8	2.23	25.6	34,100	20.7	64	1.32	1,950	31.7	오상근	
7	250	23.2	35,100	7.81	50.1	32.7	1.95	25.6	34,200	20.7	64	1.32	2,020	31.8	오상근	
8	250	23.2	34,900	7.81	49.9	32.5	1.87	25.6	34,300	20.7	64	1.32	2,020	31.9	오상근	
9																
10																

위 사항을 확인 함.
2011. 9. 26

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험용에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINEERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 10월 6일 목요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	22.6	35,800	8.07	51.1	33.8	0.67	24.8	35,000	21.3	65	1.38	1,910	33.2	오상근	
2	250	22.6	35,700	8.07	51.1	33.8	0.54	24.8	35,400	21.3	65	1.38	1,890	33.6	오상근	
3	250	22.6	35,600	8.2	50.9	33.8	0.89	24.8	35,200	21.3	65	1.38	1,850	33.4	오상근	
4	250	22.6	35,600	8.23	50.9	33.8	0.71	24.8	35,200	21.3	65	1.38	1,870	33.3	오상근	
5	250	22.6	35,600	8.19	50.9	33.7	0.81	24.9	35,100	21.3	65	1.38	1,850	33.3	오상근	
6	250	22.7	35,600	8.23	50.9	33.7	0.66	24.9	35,100	21.3	65	1.38	1,890	33.2	오상근	
7	250	22.6	35,300	8.22	50.5	33.5	0.59	25	34,800	21.3	65	1.38	1,880	33	오상근	
8	250	22.6	35,400	8.24	50.6	33.5	0.59	24.9	34,900	21.3	65	1.38	1,840	33	오상근	
9																
10																

위 사항을 확인 함.
2011. 10. 6

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험용에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINEERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 10월 17일 월요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	21.7	35,700	8.18	51	33.9	0.63	23.9	34,400	21.3	65	1.38	1,830	32.5	오상근	
2	250	21.8	35,700	8.19	51	33.9	0.62	23.9	34,400	21.3	65	1.38	1,930	32.5	오상근	
3	250	21.8	35,600	8.14	50.9	33.8	0.69	23.9	34,900	21.3	65	1.38	1,800	33.1	오상근	
4	250	21.8	35,700	8.16	51	33.8	0.74	23.9	35,000	21.3	65	1.38	1,840	33.1	오상근	
5	250	21.8	34,800	8.15	49.7	33.1	0.89	23.9	34,800	21.3	65	1.38	1,800	33.1	오상근	
6	250	21.8	34,900	8.19	49.9	33.1	0.9	24	34,900	21.3	65	1.38	1,960	33.1	오상근	
7	250	21.8	35,600	8.14	50.8	33.7	0.86	24	35,100	21.3	65	1.38	1,800	33.2	오상근	
8	250	21.8	35,600	8.19	50.8	33.7	0.71	24	35,100	21.3	65	1.38	1,870	33.2	오상근	
9																
10																

위 사항을 확인 함.

2011. 10. 17

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.

분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINEERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 10월 27일 목요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	20.1	35,300	8.13	50.5	33.4	0.56	21.9	34,800	21.3	65	1.38	1,800	32.9	오상근	
2	250	20.1	35,300	8.14	50.5	33.5	0.68	21.9	34,800	21.3	65	1.38	1,870	33	오상근	
3	250	20.2	35,700	8.11	50.9	33.8	0.68	22	35,100	21.3	65	1.38	1,880	33.2	오상근	
4	250	20.2	35,700	8.14	50.9	33.8	0.61	22	35,100	21.3	65	1.38	1,870	33.2	오상근	
5	250	20.2	35,700	8.11	51	33.9	0.85	22.1	34,400	21.3	65	1.38	1,890	32.6	오상근	
6	250	20.1	35,700	8.11	51	33.9	0.87	22.1	34,400	21.3	65	1.38	1,880	32.6	오상근	
7	250	20.1	35,600	8.14	50.9	33.8	0.68	22.2	34,900	21.3	65	1.38	1,840	33.1	오상근	
8	250	20.1	35,600	8.15	50.9	33.8	0.55	22.2	34,900	21.3	65	1.38	1,830	33	오상근	
9																
10																

위 사항을 확인 함.

2011. 10. 27

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.

분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINNERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 11월 7일 월요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	19.9	35,600	8.25	50.8	33.8	0.74	21.7	35,100	20.3	53	1.08	1,920	33.2	오상근	
2	250	19.9	35,500	8.26	50.8	33.8	0.73	21.7	34,100	20.3	53	1.08	1,910	32.2	오상근	
3	250	19.9	34,900	8.31	49.8	33.1	0.57	21.8	34,900	20.3	53	1.08	1,870	33	오상근	
4	250	19.9	35,000	8.3	50	33.2	0.56	21.8	34,800	20.3	53	1.08	1,880	33	오상근	
5	250	20	35,400	8.37	50.7	33.6	0.81	21.9	34,200	20.3	53	1.08	1,910	32.3	오상근	
6	250	20	35,500	8.37	50.7	33.5	0.63	21.8	34,200	20.3	53	1.08	1,860	32.3	오상근	
7	250	20	35,300	8.36	50.4	33.5	0.57	21.9	34,300	20.3	53	1.08	1,860	32.4	오상근	
8	250	20	35,300	8.35	50.4	33.5	0.51	21.9	34,300	20.3	53	1.08	1,890	32.4	오상근	
9	250	20	34,700	8.31	49.5	32.7	0.42	22	34,300	20.3	53	1.08	1870	32.4	오상근	
10	250	20	34,600	8.34	49.5	32.8	0.46	22	34,300	20.3	53	1.08	1930	32.4	오상근	

위 사항을 확인 함.
2011. 11. 7

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINNERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 11월 17일 목요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	18.4	35,400	8.38	50.6	33.6	0.55	20.3	34,500	20.3	53	1.08	1,880	32.7	오상근	
2	250	18.4	35,500	8.37	50.7	33.6	0.5	20.3	34,500	20.3	53	1.08	1,890	32.7	오상근	
3	250	18.3	35,700	8.44	51	33.9	0.59	20.4	35,400	20.3	53	1.08	1,890	33.5	오상근	
4	250	18.4	35,700	8.32	51	33.9	0.69	20.4	35,300	20.3	53	1.08	1,960	33.5	오상근	
5	250	18.3	35,000	8.28	50.1	33.2	0.68	20.5	34,100	20.3	53	1.08	1,940	33.2	오상근	
6	250	18.3	35,000	8.23	50	33.1	0.67	20.5	35,000	20.3	53	1.08	1,930	33.2	오상근	
7	250	18.3	35,400	8.34	50.7	33.2	0.69	20.4	35,100	20.3	53	1.08	1,890	33.3	오상근	
8	250	18.3	35,500	8.36	50.7	33.6	0.69	20.4	35,000	20.3	53	1.08	1,900	33.2	오상근	
9	250	18.3	35,000	8.3	50.1	33.2	0.71	20.4	35,000	20.3	53	1.08	1,840	33.3	오상근	
10	250	18.3	35,000	8.26	50	33.2	0.71	20.4	35,100	20.3	53	1.08	1,850	33.3	오상근	

위 사항을 확인 함.
2011. 11. 17

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINNERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 11월 28일 월요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	17.5	35,300	8.3	50.4	33.5	0.57	19	35,200	20.3	53	1.08	1,850	33.4	오상근	
2	250	17.7	35,300	8.33	50.4	33.4	0.63	19.4	35,100	20.3	53	1.08	1,810	33.3	오상근	
3	250	17.8	35,700	8.28	51	33.9	0.72	19.7	35,000	20.3	53	1.08	1,840	33.2	오상근	
4	250	17.7	35,700	8.32	51	33.8	0.62	19.8	35,000	20.3	53	1.08	1,860	33.1	오상근	
5	250	17.7	35,300	8.31	50.4	33.4	0.64	19.7	35,000	20.3	53	1.08	1,810	33.3	오상근	
6	250	17.8	35,400	8.32	50.4	33.4	0.62	19.6	35,100	20.3	53	1.08	1,830	33.3	오상근	
7	250	17.5	35,400	8.3	50.4	33.4	0.67	19.6	35,100	20.3	53	1.08	1,920	33.3	오상근	
8	250	17.3	35,600	8.29	50.8	33.7	0.65	19.3	35,200	20.3	53	1.08	1,910	33.3	오상근	
9	250	17.3	35,200	8.33	50.3	33.3	0.71	19.4	35,000	20.3	53	1.08	1,920	33.2	오상근	
10	250	17.2	35,300	8.34	50.3	33.4	0.69	19.3	35,100	20.3	53	1.08	1,900	33.2	오상근	

위 사항을 확인 함.
2011. 11. 28

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

해 수 담 수 화 플 랜 트 사 업 단
seaHERO SEAWATER ENGINNERING & ARCHITECTURE OF HIGH EFFICIENCY REVERSE OSMOSIS

Test 및 분석일 : 2011년 12월 8일 목요일
측정시간 : 10:30 ~ 17:30
분석자 : 오상근 외 1명 (해수담수화플랜트사업단)

구 분	해수 원수							생성물 분석 결과							분석자 성 명	서 명
	유량 (l/hr)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	PH	Conductivity (ms/cm)	Salinity (PSU)	Turbidity (NTU)	온도 (℃)	TDS 농도 (ppm)	DC Volts (V)	DC Amps (A)	소요전력 (KW/hr)	NaOCl 농도 (ppm)	Salinity (PSU)		
1	250	16.2	35,300	8.23	50.4	33.5	0.73	17.5	35,100	21.3	65	1.38	1,880	33.2	오상근	
2	250	16.3	35,300	8.26	50.4	33.5	0.58	17.9	34,900	21.3	65	1.38	1,870	33	오상근	
3	250	16.2	35,700	8.31	51	33.9	0.57	18	34,800	21.3	65	1.38	1,860	32.9	오상근	
4	250	16.3	35,700	8.32	51	33.9	0.59	18.2	35,100	21.3	65	1.38	1,850	33.2	오상근	
5	250	16.2	35,600	8.33	50.8	33.8	0.53	18.1	35,100	21.3	65	1.38	1,850	33.3	오상근	
6	250	16.1	35,300	8.32	50.4	33.5	0.42	17.7	35,000	21.3	65	1.38	1,820	33	오상근	
7	250	15.8	35,300	8.35	50.4	33.5	0.56	17.6	34,900	21.3	65	1.38	1,830	32.9	오상근	
8	250	15.4	35,400	8.34	50.5	33.6	0.55	17.3	35,000	21.3	65	1.38	1,850	33	오상근	
9	250	15.3	35,400	8.31	50.5	33.6	0.5	17.3	35,200	21.3	65	1.38	1,860	33.3	오상근	
10	250	15.2	35,300	8.32	50.4	33.5	0.69	17	35,200	21.3	65	1.38	1,870	33.3	오상근	

위 사항을 확인 함.
2011. 12. 08

본 성적서의 시험결과는 신청자의 해당 시험품에만 적용되며, 의뢰목적(시험결과) 이외의 활용에 대한 법적책임을 지지 않습니다.
분석자 : 해수담수화플랜트 사업단 초정밀해수분석실 오 상 근 (인)

- 해수전해설비용 전극 성능 분석 Data -

① 2010. 12. 1 분석 Datasheet

해수전해설비 차염농도 검수결과

일자 : 2010. 12. 1

구분	유량	전류	전압	원수 온도	원수 TDS농도	측정시간	최종 차염농도 mg/L			합격여부
	m^3/hr	A	V	℃	mg/L	Time	구분	A	B	
1차	55~65	29.8	15.9	22.0	34600	18:50	①	2030	1940	
							②	1890	1870	
							③	2080	2030	
							1차평균		1973.3	합격
2차	55~65	29.8	16.0	22.0	34600	19:00	①	1320	1850	
							②	2050	1990	
							③	1840	1810	
							2차평균		1810.0	합격
3차	55~65	29.8	16.0	22.0	34600	19:10	①	1990	1990	
							②	1900	2040	
							③	2080	1970	
							3차평균		1995.0	합격
4차	55~65	29.8	16.0	22.0	34600	19:20	①	2030	2040	
							②	1910	1810	
							③	2010	2040	
							4차평균		1973.3	합격
5차	55~65	29.8	16.0	22.0	34600	19:30	①	1960	1850	
							②	2020	1990	
							③	1900	1880	
							5차평균		1933.3	합격
6차	55~65	29.8	16.0	22.0	34600	19:40	①	1690	1930	
							②	1840	1960	
							③	2050	2000	
							6차평균		1911.7	합격
							최종평균		1932.8	합격

▶ 차염농도 검수 기준 : 1600~2000mg/L

② 2011. 2. 27. ~ 2011. 3. 8. 분석 Datasheet

해수전해용 전극 차염생성농도 측정결과	담당자	책임자

1. 실험일자 : 2011. 2. 27~3. 8(10일간)
2. 실험장소 : 희성금속 남동공장 2층 신뢰성센터
3. 실험장비 : 해수전해용 Lab. Test 설비

구분	유량	원수 TDS농도	원수 온도	전압	전류	측정시간	차염농도	합격여부
	m^3/hr	mg/L	°C	V	A	Time	mg/L	
1일차								
1	55~60	34700	21.0	15.8	29.8	7:00	1860	合
2		34700	21.0	15.8	29.8	9:00	1810	合
3		34700	21.0	15.8	29.8	11:00	1970	合
4		34700	21.0	15.8	29.8	13:00	1880	合
5		34700	21.0	15.8	29.8	15:00	1810	合
6		34700	21.0	15.8	29.8	17:00	1860	合
7		34700	21.0	15.9	29.8	19:30	1810	合
8		34700	21.0	15.8	29.8	21:30	1830	合
9		34700	21.0	15.8	29.7	23:30	1800	合
10		34700	21.0	15.8	29.7	1:30	2040	合
2일차								
11	55~60	34700	21.0	15.9	29.7	5:00	2090	合
12		34700	21.0	15.9	29.7	7:00	1980	合
13		34700	21.0	16.0	29.7	9:00	1940	合
14		34700	21.0	16.1	29.7	11:00	1910	合
15		34700	21.0	16.1	29.7	13:00	1940	合
16		34700	21.0	15.9	29.7	15:00	1930	合
17		34700	21.0	16.0	29.7	17:00	1970	合
18		34700	21.0	16.0	29.7	19:30	1880	合
19		34700	21.0	16.0	29.7	21:30	1970	合
20		34700	21.0	16.0	29.7	23:30	1940	合
3일차								
21	55~60	34700	20.5	16.2	29.7	6:30	2010	合
22		34700	20.5	16.2	29.7	9:30	1940	合
23		34700	20.5	16.2	29.7	11:30	1970	合
24		34700	20.5	16.2	29.7	13:30	1980	合
25		34700	20.5	16.2	29.7	15:30	1870	合
26		34700	20.5	16.2	29.7	18:00	1850	合
27		34700	20.5	16.2	29.7	21:00	1850	合
28		34700	21.0	16.2	29.7	23:00	1860	合
29		34700	21.0	16.3	29.7	1:00	1920	合
30		34700	21.0	16.3	29.9	3:00	1920	合
4일차								
31	55~60	34600	21.0	16.0	29.7	7:00	1860	合
32		34600	21.0	16.0	29.7	9:00	1900	合
33		34600	21.0	16.2	29.7	11:00	1870	合
34		34600	21.0	16.2	29.7	13:00	1980	合
35	55~60	34600	21.0	16.1	29.8	15:00	1870	合

1

③ 2011. 4. 1. ~ 2011. 6. 13. 분석 Datasheet

해수전해용 전극 차염생성농도 측정결과

1. 실험일자 : 2011. 4. 1 ~ 6. 13
2. 실험장소 : 희성금속 남동공장 2층 신뢰성센터
3. 실험장비 : 해수전해용 Lab. Test 설비
4. 측정장비 : RC-3F 고농도 유효 염소계

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
			mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
1	강동원	유니테크	34500	21.0	55~65	15.5	29.9	2011년04월01일 16 : 00 ~ 18 : 00	2.0	①	1890
										②	1870
										③	1810
										평균농도	**1857**
2	강동원	유니테크	34500	21.0	55~65	15.1	29.9	2011년04월04일 12 : 00 ~ 15 : 00	3.0	①	1840
										②	1810
										③	1800
										평균농도	**1817**
3	강동원	유니테크	34500	21.0	55~65	15.2	29.8	2011년04월05일 10 : 15 ~ 12 : 15	2.0	①	1890
										②	1860
										③	1810
										평균농도	**1853**
4	강동원	유니테크	34500	22.0	55~65	15.4	29.8	2011년04월06일 10 : 00 ~ 13 : 00	3.0	①	1860
										②	1850
										③	1800
										평균농도	**1837**
5	강동원	유니테크	34700	24.0	50~60	15.5	29.5	2011년04월12일 16 : 30 ~ 19 : 30	3.0	①	2300
										②	2200
										③	1950
										평균농도	**2150**
6	강동원	유니테크	34700	24.0	55~65	15.5	29.6	2011년04월13일 13 : 30 ~ 16 : 30	3.0	①	2040
										②	2020
										③	1970
										평균농도	**2010**
7	강동원	유니테크	34700	24.0	55~65	15.6	29.6	2011년04월18일 14 : 00 ~ 17 : 00	3.0	①	2010
										②	1970
										③	1950
										평균농도	**1977**
8	강동원	유니테크	34700	24.0	55~65	15.6	29.5	2011년04월19일 15 : 20 ~ 18 : 20	3.0	①	1850
										②	1850
										③	1790
										평균농도	**1830**
9	이동근	유니테크	34500	22.5	55~65	15.8	29.7	2011년04월28일 08 : 50 ~ 10 : 50	2.0	①	2000
										②	1790
										③	1710
										평균농도	**1833**
10	이동근	유니테크	34500	24.0	55~65	15.8	29.7	2011년04월28일 10 : 50 ~ 12 : 50	2.0	①	1860
										②	1800
										③	1700
										평균농도	**1787**
11	이동근	유니테크	34500	24.0	55~65	15.8	29.7	2011년04월28일 12 : 50 ~ 14 : 50	2.0	①	1800
										②	1740
										③	1690
										평균농도	**1743**
12	이동근	유니테크	34500	24.0	55~65	15.9	29.7	2011년04월28일 14 : 50 ~ 16 : 50	2.0	①	1800
										②	1780
										③	1720
										평균농도	**1767**

No.	운전자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
	분석자		mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
13	이동근	유니테크	34500	21.0	55~65	16.1	29.7	2011년04월29일 08 : 45 ~ 10 : 45	2.0	①	1860
										②	1820
										③	1670
										평균농도	**1783**
14	이동근	유니테크	34500	21.0	55~65	16.3	29.7	2011년05월04일 10 : 20 ~ 12 : 20	2.0	①	1800
										②	1760
										③	1750
										평균농도	**1770**
15	이동근	유니테크	34500	21.0	55~65	16.3	29.7	2011년05월04일 12 : 20 ~ 14 : 20	2.0	①	1880
										②	1880
										③	1850
										평균농도	**1870**
16	이동근	유니테크	34500	21.0	55~65	16.4	29.6	2011년05월04일 14 : 20 ~ 16 : 20	2.0	①	1860
										②	1830
										③	1780
										평균농도	**1823**
17	강동원	유니테크	34500	24.0	55~65	15.8	29.6	2011년05월09일 15 : 05 ~ 17 : 05	2.0	①	1860
										②	1840
										③	1830
										④	1780
										평균농도	**1828**
18	강동원	유니테크	34500	24.0	55~65	16.3	29.6	2011년05월12일 12 : 20 ~ 14 : 20	2.0	①	1910
										②	1860
										③	1810
										④	1800
										평균농도	**1845**
19	강동원	유니테크	34600	24.0	55~65	16.3	29.6	2011년05월12일 14 : 25 ~ 16 : 25	2.0	①	1930
										②	1890
										③	1860
										④	1850
										평균농도	**1883**
20	강동원	유니테크	34600	22.0	55~65	16.4	29.5	2011년05월12일 16 : 40 ~ 18 : 40	2.0	①	1880
										②	1810
										③	1800
										④	1790
										평균농도	**1820**
21	이동근	유니테크	34600	23.0	55~65	16.0	29.6	2011년05월16일 09 : 30 ~ 11 : 30	2.0	①	1870
										②	1820
										③	1810
										④	1800
										평균농도	**1825**
22	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.1	29.5	2011년05월16일 11 : 30 ~ 13 : 30	2.0	①	1890
										②	1870
										③	1820
										④	1820
										평균농도	**1850**
23	이동근	유니테크	34700	23.0	55~65	16.6	29.7	2011년05월17일 10 : 00 ~ 11 : 00	2.0	①	1910
										②	1890
										③	1880
										④	1870
										평균농도	**1888**
24	이동근	유니테크	34700	23.0	55~65	16.6	29.6	2011년05월17일 12 : 00 ~ 14 : 00	2.0	①	1910
										②	1910
										③	1880
										④	1860
										평균농도	**1890**
25	이동근	유니테크	34600	28.0	55~65	16.0	29.7	2011년05월20일 09 : 00 ~ 11 : 00	2.0	①	1780
										②	1840
										③	1820
										④	1780
										평균농도	**1805**

No.	운전자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
	분석자		mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
26	이동근	유니테크	34600	27.0	55~65	15.9	29.8	2011년05월31일 09 : 40 ~ 10 : 10	0.5	①	1880
										②	1860
										③	1870
										④	1775
										평균농도	**1846**
27	이동근	유니테크	34600	27.0	55~65	16.2	29.7	2011년05월31일 10 : 40 ~ 11 : 10	0.5	①	1850
										②	1800
										③	1810
										④	1780
										평균농도	**1810**
28	이동근	유니테크	34600	27.0	55~65	16.2	29.7	2011년05월31일 11 : 10 ~ 11 : 40	0.5	①	1870
										②	1860
										③	1860
										④	1850
										평균농도	**1860**
29	이동근	유니테크	34600	27.0	55~65	16.2	29.7	2011년05월31일 11 : 40 ~ 12 : 10	0.5	①	1820
										②	1820
										③	1810
										④	1790
										평균농도	**1810**
30	이동근	유니테크	34600	27.0	55~65	16.2	29.7	2011년05월31일 11 : 40 ~ 12 : 10	0.5	①	1820
										②	1820
										③	1810
										④	1790
										평균농도	**1810**
31	이동근	유니테크	34600	27.0	55~65	16.2	29.7	2011년05월31일 11 : 10 ~ 11 : 40	0.5	①	1870
										②	1860
										③	1860
										④	1850
										평균농도	**1860**
32	이동근	유니테크	34600	29.0	55~65	16.2	29.7	2011년05월31일 11 : 40 ~ 12 : 10	0.5	①	1820
										②	1820
										③	1810
										④	1790
										평균농도	**1810**
33	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.0	29.9	2011년06월13일 09 : 30 ~ 10 : 00	0.5	①	1820
										②	1800
										③	1780
										④	1780
										평균농도	**1795**
34	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.1	29.8	2011년06월13일 10 : 00 ~ 10 : 30	0.5	①	1800
										②	1790
										③	1780
										④	1780
										평균농도	**1788**
35	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.1	29.8	2011년06월13일 10 : 30 ~ 11 : 00	0.5	①	1810
										②	1790
										③	1770
										④	1770
										평균농도	**1785**
36	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월13일 11 : 00 ~ 11 : 30	0.5	①	1790
										②	1790
										③	1770
										④	1760
										평균농도	**1778**
37	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월13일 11 : 30 ~ 12 : 00	0.5	①	1770
										②	1760
										③	1740
										④	1710
										평균농도	**1745**

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도 mg/L	원수온도 ℃	유입량 L/hr	전압 V	전류 A	측정일자 Day	가동시간 hr	최종 차염농도 mg/L	
38	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월13일 12 : 00 ~ 12 : 30	0.5	①	1770
										②	1770
										③	1690
										④	1680
										평균농도	**1728**
39	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.1	29.8	2011년06월13일 13 : 45 ~ 14 : 15	0.5	①	1710
										②	1690
										③	1680
										④	1540
										평균농도	**1655**
40	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월13일 14 : 15 ~ 14 : 45	0.5	①	1800
										②	1760
										③	1750
										④	1750
										평균농도	**1765**
41	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월13일 14 : 45 ~ 15 : 15	0.5	①	1770
										②	1740
										③	1730
										④	1680
										평균농도	**1730**
42	이동근	유니테크	34600	24.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월13일 15 : 15 ~ 15 : 45	0.5	①	1760
										②	1750
										③	1700
										④	1690
										평균농도	**1725**
										총가동시간	**64.5**

▶ 차염농도 검수 기준 : 1600~2000mg/L

④ 2011. 6. 28. ~ 2011. 8. 10 분석 Datasheet

해수전해용 전극 차염생성농도 측정결과

1. 실험일자 : 2011. 6. 28~8. 10
2. 실험장소 : 희성금속 남동공장 2층 신뢰성센터
3. 실험장비 : 해수전해용 Lab. Test 설비
4. 측정장비 : RC-3F 고농도 유효 염소계

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
			mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
1	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.1	29.7	2011년06월28일 13 : 30 ~ 14 : 00	0.5	①	1660
										②	1640
										③	1620
										④	1630
										평균농도	**1638**
2	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.1	29.7	2011년06월28일 14 : 00 ~ 14 : 30	0.5	①	1650
										②	1640
										③	1610
										④	1610
										평균농도	**1628**
3	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월28일 14 : 30 ~ 15 : 00	0.5	①	1600
										②	1630
										③	1650
										④	1580
										평균농도	**1615**
4	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.2	29.7	2011년06월28일 15 : 30 ~ 16 : 00	0.5	①	1640
										②	1610
										③	1600
										④	1580
										평균농도	**1608**
5	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	15.9	29.8	2011년07월04일 10 : 10 ~ 10 : 40	0.5	①	1720
										②	1660
										③	1660
										④	1640
										평균농도	**1670**
8	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.0	29.7	2011년07월04일 10 : 40 ~ 11 : 10	0.5	①	1700
										②	1620
										③	1620
										④	1620
										평균농도	**1640**
9	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.0	29.7	2011년07월04일 11 : 10 ~ 11 : 40	0.5	①	1620
										②	1600
										③	1620
										④	1600
										평균농도	**1610**
10	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	16.0	29.7	2011년07월04일 11 : 40 ~ 12 : 10	0.5	①	1660
										②	1590
										③	1600
										④	1580
										평균농도	**1608**
11	이동근	HS전극	34800	26.0	55~65	15.9	29.8	2011년07월04일 13 : 40 ~ 14 : 10	0.5	①	1660
										②	1590
										③	1600
										④	1580
										평균농도	**1608**
12	이동근	HS전극	34800	26.5	55~65	16.0	29.7	2011년07월04일 14 : 10 ~ 14 : 40	0.5	①	1640
										②	1600
										③	1610
										④	1560
										평균농도	**1603**

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
			mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
13	이동근	HS전극	34800	27.0	55~65	16.0	29.6	2011년07월04일 14 : 40 ~ 15 : 10	0.5	①	1670
										②	1610
										③	1620
										④	1600
										평균농도	**1625**
14	이동근	HS전극	34800	28.0	55~65	16.1	29.6	2011년07월04일 15 : 10 ~ 15 : 40	0.5	①	1830
										②	1790
										③	1820
										④	1760
										평균농도	**1800**
15	이동근	HS전극	34800	28.0	55~65	16.1	29.6	2011년07월04일 15 : 40 ~ 16 : 10	0.5	①	1880
										②	1800
										③	1850
										④	1760
										평균농도	**1823**
16	이동근	HS전극	34800	28.0	55~65	16.2	29.6	2011년07월04일 16 : 10 ~ 16 : 40	0.5	①	1820
										②	1800
										③	1810
										④	1790
										평균농도	**1805**
17	이동근	HS전극	34800	27.0	55~65	15.9	29.9	2011년07월12일 09 : 50 ~ 10 : 20	0.5	①	2020
										②	1840
										③	2000
										④	1800
										평균농도	**1915**
18	이동근	HS전극	34800	27.0	55~65	16.0	29.8	2011년07월12일 10 : 20 ~ 10 : 50	0.5	①	1920
										②	1900
										③	1910
										④	1860
										평균농도	**1898**
19	이동근	HS전극	34800	27.0	55~65	16.0	29.8	2011년07월12일 15 : 00 ~ 15 : 30	0.5	①	1910
										②	1880
										③	1890
										④	1860
										평균농도	**1885**
20	이동근	HS전극	34800	28.0	55~65	16.1	29.7	2011년07월12일 15 : 30 ~ 16 : 00	0.5	①	1890
										②	1860
										③	1870
										④	1840
										평균농도	**1865**
21	이동근	HS전극	34800	28.0	55~65	16.2	29.7	2011년07월12일 16 : 00 ~ 16 : 30	0.5	①	1870
										②	1840
										③	1850
										④	1840
										평균농도	**1850**
22	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.0	29.8	2011년08월08일 10 : 21 ~ 10 : 51	0.5	①	2020
										②	1990
										③	2020
										④	1980
										평균농도	**2003**
23	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.1	29.7	2011년08월08일 10 : 51 ~ 11 : 21	0.5	①	2160
										②	2030
										③	2060
										④	2000
										평균농도	**2063**
24	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.2	29.7	2011년08월08일 11 : 21 ~ 11 : 51	0.5	①	2120
										②	2020
										③	2030
										④	2020
										평균농도	**2048**

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도 mg/L	원수온도 ℃	유입량 L/hr	전압 V	전류 A	측정일자 Day	가동시간 hr	최종 차염농도 mg/L	
25	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.3	29.6	2011년08월08일 11 : 51 ~ 12 : 21	0.5	①	2070
										②	2040
										③	2070
										④	2040
										평균농도	**2055**
26	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.0	29.7	2011년08월08일 14 : 05 ~ 14 : 35	0.5	①	2160
										②	2130
										③	2140
										④	2060
										평균농도	**2123**
27	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.0	29.7	2011년08월08일 14 : 35 ~ 15 : 05	0.5	①	2070
										②	2050
										③	2040
										④	2030
										평균농도	**2048**
28	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.2	29.6	2011년08월08일 15 : 15 ~ 15 : 45	0.5	①	1840
										②	1800
										③	1830
										④	1790
										평균농도	**1815**
29	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.5	29.6	2011년08월08일 15 : 45 ~ 16 : 05	0.5	①	1890
										②	1810
										③	1830
										④	1790
										평균농도	**1830**
30	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.5	29.6	2011년08월08일 16 : 05 ~ 16 : 35	0.5	①	1790
										②	1780
										③	1790
										④	1750
										평균농도	**1778**
31	이동근	HS전극	34900	30.0	55~65	16.5	29.6	2011년08월08일 16 : 35 ~ 17 : 05	0.5	①	1800
										②	1780
										③	1800
										④	1780
										평균농도	**1790**
32	강동원	HS전극	35500	26.0	55~65	16.6	29.9	2011년08월10일 19 : 35 ~ 20 : 05	0.5	①	1650
										②	1650
										③	1650
										④	1680
										평균농도	**1658**
33	강동원	HS전극	35500	26.0	55~65	16.7	29.7	2011년08월10일 20 : 05 ~ 20 : 35	0.5	①	1620
										②	1660
										③	1660
										④	1670
										평균농도	**1653**
34	강동원	HS전극	35500	26.0	55~65	16.8	29.7	2011년08월10일 20 : 35 ~ 21 : 05	0.5	①	1610
										②	1620
										③	1640
										④	1670
										평균농도	**1635**
35	강동원	HS전극	35500	26.0	55~65	16.8	29.7	2011년08월10일 21 : 05 ~ 21 : 35	0.5	①	1620
										②	1620
										③	1650
										④	1660
										평균농도	**1638**
										총가동시간	**16.5**

▶ **차염농도 검수 기준 : 1600~2000mg/L**

⑤ 2011. 8. 16. ~ 2011. 8. 19 분석 Datasheet

해수전해용 전극 차염생성농도 측정결과

1. 실험일자 : 2011. 8. 16~ 8. 19
2. 실험장소 : 희성금속 남동공장 2층 신뢰성센터
3. 실험장비 : 해수전해용 Lab. Test 설비
4. 측정장비 : RC-3F 고농도 유효 염소계

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
			mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
1	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	16.5	29.8	2011년08월16일 09 : 40 ~ 10 : 10	0.5	①	1570
										②	1640
										③	1670
										④	1690
										평균농도	**1643**
2	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	16.6	29.7	2011년08월16일 14 : 00 ~ 14 : 30	0.5	①	1620
										②	1640
										③	1640
										④	1690
										평균농도	**1648**
3	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	16.7	29.7	2011년08월16일 11 : 40 ~ 12 : 10	0.5	①	1530
										②	1620
										③	1660
										④	1780
										평균농도	**1648**
4	강동원	HS전극	35600	28.0	55~65	16.6	29.8	2011년08월16일 16 : 27 ~ 16 : 57	0.5	①	1590
										②	1600
										③	1610
										④	1620
										평균농도	**1605**
5	이동근	HS전극	35600	26.0	55~65	16.5	29.7	2011년08월18일 10 : 10 ~ 10 : 40	0.5	①	1670
										②	1670
										③	1670
										④	1670
										평균농도	**1670**
6	이동근	HS전극	35600	26.0	55~65	16.9	29.7	2011년08월18일 10 : 40 ~ 11 : 10	0.5	①	1620
										②	1630
										③	1630
										④	1650
										평균농도	**1633**
7	이동근	HS전극	35600	26.0	55~65	16.9	29.7	2011년08월18일 11 : 10 ~ 11 : 40	0.5	①	1590
										②	1610
										③	1620
										④	1630
										평균농도	**1613**
8	이동근	HS전극	35600	26.0	55~65	17.0	29.7	2011년08월18일 11 : 40 ~ 12 : 10	0.5	①	1610
										②	1640
										③	1650
										④	1650
										평균농도	**1638**
9	이동근	HS전극	35600	27.0	55~65	16.9	29.7	2011년08월18일 14 : 05 ~ 14 : 35	0.5	①	1640
										②	1640
										③	1650
										④	1650
										평균농도	**1645**
10	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	16.8	29.8	2011년08월19일 13 : 55 ~ 14 : 25	0.5	①	1610
										②	1620
										③	1620
										④	1620
										평균농도	**1618**

No.	운전자 분석자	전극명	TDS농도	원수온도	유입량	전압	전류	측정일자	가동시간	최종 차염농도	
			mg/L	℃	L/hr	V	A	Day	hr	mg/L	
11	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	16.8	29.7	2011년08월19일 14 : 25 ~ 14 : 55	0.5	①	1610
										②	1610
										③	1620
										④	1620
										평균농도	**1615**
12	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	16.9	29.7	2011년08월19일 14 : 55 ~ 15 : 25	0.5	①	1670
										②	1670
										③	1670
										④	1680
										평균농도	**1673**
13	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	17.0	29.7	2011년08월19일 15 : 25 ~ 15 : 55	0.5	①	1630
										②	1630
										③	1640
										④	1650
										평균농도	**1638**
14	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	17.0	29.7	2011년08월19일 15 : 55 ~ 16 : 25	0.5	①	1610
										②	1620
										③	1630
										④	1650
										평균농도	**1628**
15	이동근	HS전극	35600	28.0	55~65	17.0	29.7	2011년08월19일 15 : 55 ~ 16 : 25	0.5	①	1610
										②	1620
										③	1630
										④	1650
										평균농도	**1628**
										총가동시간	**7.5**

▶ 차염농도 검수 기준 : 1600~2000mg/L

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설기술연구개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031) 381-6311
유니테크(주) TEL 032) 813-2195

R&D / 10TRPI-C055057-01

해수담수화플랜트 국산화지원을 위한 공정최적화 기술 개발

■ 발행일 / 2011 . 12 . 28

■ 발행처 / 유니테크(주)
인천광역시 남동구 앵고개로 609
TEL : 032) 813-2195

■ 인쇄처 / 드림오피스