

도서지역의 고밀도 양식증대를 위한 컨테이너형
산소발생 시스템 개발

Development of Container type dissolved oxygen control system
to increase the high density cultivation in islands region

2005. 12

(주)옥서스 산소기술연구소

농림수산식품자료실



0014588

해양수산부

00

29.350733 }
53 74

최 종 보 고 서

2005년도 수산특정연구개발사업에 의하여 완료한 “도서지역의 고밀도 양식 증대를 위한 컨테이너형 산소발생 시스템개발“에 관한 연구의 최종보고를 붙임과 같이 제출합니다.

2005 년 12 월 19 일

총괄연구책임자 이 태 수 (인)

주관연구기관장 이 태 수 (직인)

해 양 수 산 부 장 관 귀 하

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “도서지역의 고밀도 양식증대를 위한 컨테이너형 용존산소 관리 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 12 월 19 일

주관연구기관명 : (주)옥서스
산소기술연구소

총괄연구책임자 : 이 태 수

연 구 원 : 김 용 덕

연 구 원 : 최 윤 순

요 약 문

I. 제 목

도서지역의 고밀도 양식증대를 위한 컨테이너형 용존산소 관리시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

수산용 산소발생기는 활어 및 패류 등의 육상 및 해상에서의 양식, 유통관련 업종에서 보관 등의 용도로 액체산소와 함께 관련업장에서 사용되고 있다. 본 연구는 액체산소의 사용여건이 육지에 비하여 취약한 도서지역에서의 고밀도 증양식을 위해 수중의 용존산소량(DO, Dissolved Oxygen)을 효과적으로 증가시킬 수 있는 전용 산소발생 시스템의 개발과 시작품의 현장운용을 통한 유효성을 검증하여 이를 양산품에 적용, 해당지역에 널리 보급하는 데 그 목적이 있다.

수산양식에 있어서 용존산소 관리를 위한 별도의 산소공급이 필수적이라는 것은 주지의 사실이다. 산소공급은 주로 진공을 유지하는 액체산소탱크와 고압 산소통, 1500평 이상의 대규모 양식시설을 갖춘 업장에서는 액체산소 전용탱크 설비를 적용하며 일부 범용산소발생기를 설치하여 용존산소를 관리하고 있다. 액체산소의 경우 무게 및 빈번한 충전, 보관, 조작, 산소 잔류량에 따른 관리 등 많은 단점이 있다. 또한 기 설치된 산소발생기의 경우, 전용제품이 아닌 일반 범용제품을 사용함에 따른 부식 및 관리소홀, 유지관리의 부담 등 여러 문제점들을 가지고 있다. 특히 도서지역의 경우, 액체산소의 비용은 육지에 비하여 배송에 대한 비용이 가중되어 상당히 고가에 형성되어 있으며 산소발생기 또한 설치 후 단기간 내의 성능저하, 유지보수 및 관리가 전혀 이루어지지 않고 있어 사실상 방치되어 있는 경우가 상당하다. 이러한 문제점에도 불구하고 산소발생기의 경우 전기만을 이용하여 공기 중의 산소를 질소와 분리, 공급하므로 액체산소와 같이 빈번한 교체 및 관리가 필요 없고 그 편리함으로 인하여 과거 많은 외산제품들의 설치가 이루어졌다.

액체산소 대비 사용상의 장점 및 운영경비 등에서 많은 장점들을 가지고 있는 산소발생기는 이처럼 사용상의 문제점들을 내포한 채 외산 범용제품들로 충당되어왔다. 수산양식 전용 산소발생기 제품의 개발은 특히 액체산소의 가격이 고가인 도서지역에서 그 사용이 급격히 신장될 것으로 보이며 나아가 해당제품의 국산화 및 수출로 인한 경쟁력의 성장이 예상된다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 과제는 PSA산소발생 공정기술을 기반으로 하는 IRS 모듈(Independent Rinse and Storage Module)을 적용한 순도 $90 \pm 3\%$ 및 유량 100LPM의 산소를 안정적으로 공급하는 수산전용 컨테이너형 산소발생기(소비전력 11kW 미만)의 시작품 개발을 목표로 i) 산소발생부, DO센서, 산소 센서를 통합하여 피드백정보, 제어하는 제어부 개발, ii) 10 LPM 산소발생 기본모듈 개발, iii) 산소 발생 모듈 장착용 랙시스템 개발, iv)컨테이너 내장형 용존산소 관리시스템 개발을 주된 연구내용으로 한다.

산소발생기의 기본적인 구성은 크게 공기압축부와 산소발생부, 병렬로 연결되어 있는 모듈을 순차적/개별적으로 제어하는 제어부로 나눌 수 있다. 공기압축을 담당하는 Compressor의 경우 상용되고 있는 양산 제품을 적용하였고 산소발생부와 연결하여 일정한 압력범위(5.5~7bar)로 압축공기를 공급할 수 있도록 receiver tank를 선정하였다. 연구개발의 주요 대상 중 산소발생 모듈은 기존 의료용 및 가정용으로 적용되는 5LPM용량의 모듈을 기초로 공정에 영향을 미치는 성능인자들을 결정한 후, 성능인자들을 변화시키면서 분당 10리터의 산소 토출량을 얻을 수 있도록 최적의 조건을 결정하였다. 이를 위하여 사전에 모듈의 길이, 적용되는 밸브류, 입력공기의 유량 및 압력조절기 등 관련부품에 대한 사양을 결정하여 공정최적화 시험을 수행하였다.

시작품의 현장 설치 시 발생할 수 있는 문제에 대하여 사전에 검토하기 위하여 소형샘플을 제작하여 남해안 및 서해안의 양식장에 설치하여 전반적인 모니터링을 수행하였다. 5리터 용량의 산소발생 모듈 3개가 탑재된 15리터 제품으로 5리터 단위의 단독제어가 가능한 구조로 내구성 향상을 위한 전용부품을 장착한 샘플, 해수펌프를 이용한 용해기 일체형 샘플, 5리터 단독형 샘플 등을 제작하였다.

수산용이라는 특성상 제품의 산소발생량은 어종 및 개체수, 환수량 등 현장여건에 따라 조절이 가능한 구조로 제작되어야 한다. 이는 산소발생기의 산소 공급방식이 가변적이어야 한다는 것을 의미한다. 따라서 10리터 용량의 모듈을 병렬연결 구조를 기본으로 하는 랙 시스템을 설계하였고 운전중에도 일부 모듈의 착탈과 관계없이 연속적으로 운전이 가능하도록 제어부를 제작하였다. 기존 전체운전-전체정지 방식의 대형 베드(2-bed)제품과 비교해 볼 때 부품의 교체 및 유지관리, 산소 토출량의 선택적 제어를 통한 에너지 절감적인 측면이 모듈방식의 큰 장점이라 할 수 있다. 도서지역이라는 특성상 제품의 배송 및 설치에 대한 방안이 제품자체에 반영되어야 하기에 전체 부품은 전용도료로 내, 외부가 도장 처리된 컨테이너에 장착하였다. 따라서 기존 산소발생기 제품 설치 시 수반되는 바닥의 콘크리트 공사 및 별도의 하우징 공사, 소음문제 등의 문제점을 해소할 수 있었고, 배송 및 설치에 따른 비용을 절감할 수 있는 방안을 고려하였다.

용존산소를 증가시키기 위해서는 기본적으로 투입되는 산소와 더불어 산소를 물에 녹이는 수단이 필요하기에 펌프를 이용하여 용해기 시작품을 제작하였다. 각각 3마력과 5마력 용량의 펌프를 헤더(Header)를 이용하여 병렬구조로 연결, 통과물량 조절을 위하여 펌프의 입력 측에 조절 밸브(Butterfly valve)를 장착하여 통과물량과 투입산소량의 효율에 대한 상관관계를 확인하였다. 산소의 용해와 관련된 사항은 스톤 및 펌프, 전용 용해기 등 몇 가지 방법이 관련업장에서 사용되어지고 있으나 대부분 기술적 접근이 아닌 개념상의 제품들로 향후 산소적용에 대한 효율성 측면에서 깊이 있는 전개가 필요한 분야이다.

완성된 컨테이너 일체형 시작품 제작 후 유효성 검증을 위하여 제주지역의 넙치양식장에 설치하여 산소발생 성능 및 시작품의 전반적인 검증을 실시하였고, 샘플 제작된 펌프용해기의 효율을 현장시험을 통하여 판정하였다. 장착모듈은 초기 목표했던 분당 10리터 보다 많은 분당 15리터의 산소를 발생시키는 모듈을 추가 개발하여 그 수를 줄여 7개를 장착하였다. 향후 공정의 추가 개선 및 전용제품으로서의 문제점 도출 등 향후 개선점을 보완하여야 할 것이다.

IV. 연구개발결과

본 연구의 수행으로 분당 15리터의 산소토출이 가능한 단위모듈의 산소발생 부품 및 기본공정을 확립하였으며, 이를 위한 최적화 시험, 운전조건, 모듈의 병렬연결구조 운전이 가능한 제어부, 관련 부품 등의 기술적 설계자료를 확보하였다. 확보된 자료를 토대로 분당 100리터의 토출량을 제공하는 산소발생 랙 프레임을 제작하였고 공기압축부를 포함하는 전체시스템을 보호할 수 있는 컨테이너를 설계, 제작하였으며 용해를 위한 자체 제작한 용해기 샘플 및 고성능 에어스톤과 함께 실제 넙치양식장에 설치하여 그 유효성을 검증하였다. 현장시험결과 [표 3-2]와 같은 산소발생 성능 및 용해성능 결과를 얻었다.

V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구는 순도 90±3%, 분당 유량 100리터의 산소를 안정적으로 공급하는 에너지 절감형 산소량 가변방식의 수산양식 전용 산소발생기의 시작품 제작을 통한 양산화 모델의 기술 확보가 가장 중요한 기대성과이며 해당 제품의 국산화를 위한 연구로서 큰 의의가 있다.

본 과제에서 개발된 제품기술은 환경 분야 특히 투자가 늘어나고 있는 오폐수 처리 및 소각로 등 산소의 소비가 요구되는 산업에서도 파급효과가 크다.

경제적인 측면으로는 생산성 저하로 어려움을 겪고 있는 수산양식 어가에 과학적이고 효율적인 산소공급을 적용함으로써 생산단가를 낮출 수 있는 직접적인 대안을 제공하였고, 특히 고가의 액체 산소를 사용하고 있는 도서지역의 경우 최대 70% 이상의 비용절감 효과가 예상된다. 또한 제품기술의 확대 전개를 통한 대형 제품은 적조발생 대비용으로 적용하여 매년 발생하는 양식어가의 손실을 줄일 수 있을 것이다. 어가에서 사용되는 산소발생기가 대부분 외산제품임을 감안한다면 수입대체 효과 및 국산제품의 경쟁력 확보를 기대할 수 있다. 따라서 과제수행으로 획득한 제품기술은 단 시간 내에 양산화 하여 사업화 한다면 그 전망이 매우 밝을 것으로 보인다.

S U M M A R Y

Oxygen generators for fisheries, together with liquid oxygen, are used at the related sites to cultivate live fish and shellfish, etc on land and sea and to assist the storage for the distribution related industry. This research has the purpose to develop the exclusive oxygen generation system to increase effectively the amount of dissolved oxygen (DO, Dissolved Oxygen) in water and to verify the effectiveness of equipment on an experimental basis through operation at sites, of which result will be applied to the mass-production to supply widely to appropriate regions for high density cultivation particularly at islands regions which have the vulnerable environment to use liquid oxygen compared with on land.

For cultivation of fisheries, it is an well known fact that the separate supply of oxygen is essential for dissolved oxygen management. Oxygen supply is made by a liquid oxygen tank where the vacuum is maintained and high pressure oxygen bottle. In general, the exclusive liquid oxygen tanks are applied for the site which has the large scaled cultivation facility above 1500 pyong, and the general purpose oxygen generator is installed to manage the dissolved oxygen for some sites. Liquid oxygen has many demerits such as heavy weight, frequent filling, storage, handling, management according to residual amount of oxygen, and etc. And, in case of existing oxygen generators installed already, as the general purpose equipment not the exclusive equipment is used, there occur various problems such as corrosion, negligence in management and burdensome cost for maintenance.

Particularly for the islands region, liquid oxygen costs too much due to increased cost for forwarding compared with on land. Performance of oxygen generator, furthermore, often deteriorates within a short period after installation, and equipment maintenance is not carried out properly and leads to leave, in fact, in a state of total neglect. In case of oxygen generator, however, as the oxygen in air is separated from nitrogen using electricity only, frequent replacement and management activities are not required. As a result, many foreign equipment were installed in the past due to its convenience. Oxygen generator, which has many merits in view of convenience and operational cost compared with liquid oxygen, has been assigned up to now by foreign general purpose equipment which involves several problems. To settle such problems, oxygen generator is newly developed for exclusive fisheries cultivation and its use will be rapidly increased in islands region where liquid oxygen costs too high. And it will be more encouraging as it is anticipated that the competitiveness can be enhanced owing to localization and possible export of appropriate equipment.

This task has the goal to develop the container type oxygen generator (Power consumption less than 11 Kw) for exclusive use in fisheries on an experimental basis, which can stably supply the oxygen with the purity in $90 \pm 3\%$ and flow rate in 100 LPM by applying IRS module (Independent Rinse and Storage Module) based on PSA oxygen generation process technology and the research includes the contents to accomplish this goal, in broad i) development of control part where feedback alarm is raised combining oxygen generating part, DO sensor and oxygen sensor ii) development of basic module for oxygen generation of 10 LPM, iii) development of rack system for fitting the oxygen generation module, iv) development of container built-in type dissolved oxygen control system.

Oxygen generator consists of air compressing section, oxygen generating section and control section where the module connected in parallel is controlled sequentially and individually. For compressor which has the function of air compression, the equipment in mass-production and in common use are applied and the receiver tanks are selected to supply the compressed air from the connected oxygen generating section at constant pressure in the range of 5.5 to 7.0 bar. Oxygen generation module among the major items of research and development was selected in the basis of the module with 5 LPM capacity being applied for existing medical and home use. Its performance factors affecting the process were determined, and with varying them, optimized conditions were determined so that the oxygen discharge rate of 10 liter per minute can be obtained. To accomplish this scheme, major specifications including length of the module, type of valves to be applied, flow rate of input air and related components such as pressure regulators were previously determined and the appropriate tests were carried out to verify this process optimization.

To check in advance the problems that occur when the equipment on an experimental basis is installed at the site, a small sized sample is manufactured and installed at the fish farm on Southern coast and Western coast to perform the overall monitoring activity. A sample equipped with the exclusive components to improve the durability with a product of 15 liter in volume, composed of 3 sets of oxygen generation module unit of 5 liter in capacity and configured so that the unit of 5 liter can be individually controlled, a sample of dissolver incorporated type using a seawater pump and an individual type sample with a module unit of 5 liter are manufactured.

Due to specific features as fisheries use, the equipment should be constructed so that the amount of oxygen generation of equipment can be controlled in accordance with the site conditions such as species of fish, number of entities, redemption ratio, and etc. This means that oxygen supply of the oxygen generator shall be of variable type. The rack system,

therefore, was designed so that it has the basic configuration with the parallel connectin by the modules of 10 liter in capacity, and the control section was manufactured so that the equipment can be continuously operated even during operation regardless of removal and installation of module in partial.

Compared with the existing large sized bed(2-bed) equipment which are of type in totally operated and stopped, energy saving in the components replacement, maintenance, and selective control of oxygen discharge rate can be the major merits of module type. As the policy for forwarding and installation of equipment should be reflected on the equipment itself due to specific features of islands region, all components are installed on the container which is paint-treated both inside and outside with the exclusive coating material. Accordingly, the problems such as concrete work on floor, separated housing work and noise, which should have been accompanied by the installation of existing oxygen generator, could be solved and the plan to reduce the cost for forwarding and installation could be considered.

To increase the dissolved oxygen, as it is necessary to provide a device to dissolve the oxygen to water, together with oxygen itself, which should be a basic input, a dissolver was experimentally manufactured by using a pump. Pumps of 3 hp and 5 hp in capacity were connected in parallel by using a header and control valve (butterfly valve) installed in the suction side of pump to control the flow rate. As a result, co-relationship between the flow rate and efficiency of input volume of oxygen was identified. Some methods such as stone, pump and dissolver for exclusive use are used at related sites for oxygen dissolution, but these equipment are mostly made not by technical approach but only in the concept. This field, therefore, requires a detailed approach in prospect of effectiveness for oxygen application in future.

After manufacturing the container incorporated equipment on an experimental basis, they were installed at flatfish farms in Jeju to verify the effectiveness, performance of oxygen generation and overall status. The efficiency of pump dissolver, futhermore, manufactured as a sample, was judged through a site test. As an additionally developed module had the capacity of oxygen generation of 15 liter per minute higher than 10 liter per minute that was initially targeted, the number of installed modules could be reduced to 7. In future, it is necessary to perform the additional improvement in the process and to correct problems found to be the equipment for exclusive use.

CONTENTS

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| I | INTRODUCTION | 13 |
| II | RESEARCH TRENDS | 18 |
| 1 | Oxygen concentrator technique | 18 |
| 2 | Oxygen dissolver technique | 20 |
| 3 | DO Control | 20 |
| III | RESEARCH SUBJECT AND RESULT | 21 |
| 1 | Approach | 21 |
| 2 | Data collection and Planning | 22 |
| 3 | Development of Prototype module | 22 |
| 4 | Field monitoring | 28 |
| 5 | Main Controller | 34 |
| 6 | Development of Oxygen rack | 35 |
| 7 | Air-line setup | 39 |
| 8 | Design of Container parts | 40 |
| 9 | Dissolution part assembling | 43 |
| 10 | Field test of prototype | 45 |
| 11 | Evaluation of prototype | 48 |
| IV | ACCOMPLISHMENT & CONTRIBUTION | 50 |
| V | FUTURE APPLICATION | 52 |
| VI | Reference | 55 |

목 차

| | |
|-------------------------------|----|
| 제1장 서론 | 13 |
| 1절 연구개발의 필요성 | 13 |
| 1. 기술적 측면 | 13 |
| 2. 경제적 측면 | 14 |
| 3. 사회·문화적 측면 | 17 |
| 2절 연구의 방향 | 17 |
| 제2장 국내·외 관련 연구의 현황과 문제점 | 18 |
| 1절 산소발생 기술 | 18 |
| 2절 용해장치 기술 | 20 |
| 3절 DO관리 및 장치기술 | 20 |
| 제3장 연구개발수행 내용 및 결과 | 21 |
| 1절 추진전략 및 접근방법 | 21 |
| 2절 기초자료 수집 및 기획 | 22 |
| 3절 시작품 모듈개발 | 22 |
| 1. 기본 공정 | 22 |
| 2. 산소발생 모듈 시작품 제작 | 23 |
| 3. 최적화 공정 시험 | 27 |
| 4절 현장 모니터링 | 28 |
| 1. 소형샘플 제작 | 28 |
| 2. 현장 성능시험 용해기 테스트 | 33 |
| 5절 제어부 제작 | 34 |
| 6절 산소발생 랙 제작 | 35 |

| | | |
|----------|--------------------------------|----|
| 7절 | 시작품 공압회로 구성 | 39 |
| 8절 | 컨테이너부 설계 및 제작 | 40 |
| 9절 | 용해부 제작 | 43 |
| 10절 | 시작품 현장검증 | 45 |
| 1. 시작품 | 구성 | 45 |
| 2. 도서지역 | 양식현장 설치 | 48 |
| 11절 | 시제품에 대한 성능 평가 | 48 |
| 제4장 | 목표달성도 및 대외기여도 | 50 |
| 1절 | 본 연구에 대한 평가 | 50 |
| 1. 본 연구의 | 평가 착안점 | 50 |
| 2. 본 연구의 | 달성도 | 50 |
| 2절 | 연구 성과 및 관련분야 기술 발전에의 기여도 | 51 |
| 제5장 | 연구개발 결과의 활용계획 | 52 |
| 1절 | 활용의 중요성 | 52 |
| 2절 | 기대성과 및 활용방안 | 53 |
| 제6장 | 참고문헌 | 55 |

제 1 장 서 론

1절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

수산 양식에 있어서 용존산소(DO)를 위한 별도의 산소공급이 필수적이라는 것은 주지의 사실이다. 산소를 공급하여 용존산소를 관리하는 방법은 [표 1-1]와 같다.

| 구 분 | 블로어 | 액체산소 | 산소발생기 |
|------|--|--|---|
| 방 식 | 대기중 공기를 흡입하여 수조로 공급 | 산소공장에서 액화분리된 산소를 저장용기에 넣어 공급 | 대기공기중의 산소만을 분리하여 현장에서 직접 공급(PSA,VSA) |
| 공급산소 | 21%(질소78%) | 99% | 90~93% |
| 용해성질 | 용해성이 낮은 질소가 많이 함유되어 물에 잘 녹지 않음 | 용해성능이 높음 | 용해성능이 높음 |
| 용해장치 | 산기장치(에어스톤, 산기관) | 산기장치(에어스톤, 산기관) 전용 용해기 | 산기장치 (에어스톤,산기관) 전용 용해기 |
| 용해효율 | 5%이하 | -10~20%(산기장치) -85~90%(전용용해기) | -10~20%(산기장치) -80~85%(전용용해기) |
| 장 점 | 투자비가 적음. | -안정적인 산소공급 -투자비가 적음 -하절기 사용에만 유리 -고밀도양식가능 | -안정적인 산소공급 -운용비가 낮음 -사철가동이 가능 함 -도서지역에 유리 함 -고밀도 양식가능 |
| 단 점 | -만성적인 산소부족 위험 -하절기 수온관리 어려움 -사용전력량대비 낮은효율 -수조내 소음환경 | -도서지역의 가격이 고가 (육지의 2~3배) -동절기 수온관리 어려움 -취급, 관리의 위험성 -유통상의 어려움 | -투자비용이 큼 -기존제품의 설치복잡 -사후관리 필요 |

[표 1-1] 용존산소 관리를 위한 방법

상기 [표 1-1]의 산소공급방식의 기술은 주장치인 산소공급원 (블로어, 액체산소, 산소발생기) 외에 어패류가 수중호흡에 필요한 산소를 물속에 효율적으로 용해시키는 기능을 갖는 산소용해장치(산기장치, 펌프, 각종용해기)와 조합되는 것이 필연적이다.

또한 공급된 산소를 용해시킨 후 수조 내의 용존산소(DO) 상태를 확인 및 DO를 필요한 수준으로 제어할 수 있도록 하는 연동 기술은 사용자의 편이 및 운용인력 절감을 가져올 수 있으며, 산소공급원이 산소발생기인 경우 공급되는 기체산소의 순도를 상시로 측정하여 설정된 산소 순도 이하로 장비가 작동할 시 경보를 제공하여 DO 부족에 의한 문제를 예방할 수 있는 기술로서 구분될 수 있다.

2. 경제적 측면

- 낙후되어 있는 도서지역 양식현장에 고밀식양식을 통한 소득증대 기회를 제공.
- 수조순환 횟수의 감소에 의한 펌프동력비용이 절감. (소득증대)
- 기본기술을 확대 적용한 제품을 적조대책에 사용함으로써 상당한 피해를 방지함.
- 동 과제의 제품이 경쟁력을 갖추어 해외시장에도 활발히 접목되어 수산기술에 의한 수출확대 기대.

본격적인 연구 진행에 앞서 사전 현장 조사를 전남 및 제주지역을 중심으로 실시하였고 양식 현장에서 접수된 의견은 다음과 같다.

- 불경기의 장기화로 인하여 활어의 가격이 과거보다 낮게 형성되어 있는데 이러한 상황에서는 고밀도 양식(산소공급방식) 통한 생산량 증대가 대안이다.
- 산소공급방식에 의한 단위면적당 생산량증대, 생산납기단축, 품질개선 등의 효과에 대하여 전반적으로 공감하는 분위기임.(20%-30% 수준의 증식을 예상함)
- 밀식재배를 위하여 액체산소를 사용하는 방식이 점차 증가하고 있으나 제주도를 비롯한 도서

지역의 액체산소가격이 내륙(육지)에 비하여 2배-3배(액체산소 1통/165kg 가격이 육지와 연결된 완도에서는 약 3~4만원이나 주변 섬 지역에서는 6~7만원 제주에서는 7~8만원 임)에 달하여 적용에 고민을 하고 있음.

- 산소발생기를 사용하여 본 경험이 있는 현장에서는 과거 수입제품의 사후관리문제로 적지 않은 사업자들이 투자 및 운용상의 손실을 겪어서 불신이 컸으나, 산소사용방식에 의한 고밀도 효과는 모두가 공감하고 있었음.
- 산소발생기를 사용 시 질소분리를 할 때의 소음이 너무 커서 불편한 문제점을 제기함.
- 산소발생기가 해수, 해풍 등의 열악한 환경에서 견딜 수 있고, 24시간 365일 안정적으로 가동될 수 있는 신뢰성이 있으며, 국내기술에 의하여 만들어져 사후서비스가 원활한 신뢰성 있는 제품이라면 즉시라도 적용하겠다는 의견이 많았음.
- 과거에는 전기료가 너무 비싸서 전력소모가 상대적으로 많은 산소발생기를 검토하지 않았으나 2005년 4월부터 농수산용으로 대폭 인하되어 산소발생기를 적극 검토하는 분위기임.

상기에서 도출된 현장의 전반적인 의견은 순산소 공급방식으로 전환하여 고밀도 양식을 하면 생산량과 품질이 개선되어 수익이 증대할 것이라는 것이었다. 따라서 본 과제에서는 도서지역에서 고순도 산소를 사용하여 저비용으로 밀식재배를 할 수 있는 방식의 산소발생기의 제안, 개발하게 되었다. 블로어에 의한 방식은 고밀도양식이 원천적으로 불가능하므로 비교대상에서 제외하고 현재 고밀도 양식을 위하여 사용되는 액체산소를 비교대상으로 하였다. 아래의 [표 1-2]는 순산소 공급방식을 도입 적용할 시 경제성비교를 한 것이다.

[표1-2]의 내용은 실제 적용여건에 따른 어느 정도의 결과차이가 있을 수 있겠지만 산소 공급방식의 고밀도양식이 상당한 수익성이 있다는 것을 비교확인 할 수 있다. 이는 2002-2003년 중 액체산소비용이 비교적 저렴한 육지(내륙)지역인 완도지역을 중심으로 액체산소 적용이 활발한 순산소 공급방식을 채택하더라도 산소 조달비용의 과다로 많은 수익을 기대할 수 없는 것으로 나타나 지역의 애로가 현안으로 부상하고 있다.

[표 1-2] 도서지역에서 순산소 공급방식을 통한 밀식재배의 경제성효과
(생산량증가 - 액산비용 - 산소발생기비용)

| 구분 | 일반 방식 | 액체산소공급 (육지지역) | 액체산소공급 (제주지역) | 산소발생기공급 |
|---|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|
| 기 준 | 블로어 3HP 가동 (공기중 산소) | 액산컨테이너장치 (1일 165kg 공급) | 액산컨테이너 장치 (1일 165kg 공급) | 산소발생기+ 용해기 (분당 70리터 공급/ 기준방식 기준) |
| 설비투자비 | 2,000,000 | 2,300,000 | 2,300,000 | 35,000,000 |
| 전력사용요금/1년 *40원/kw 기준 | 788,400 (년 2,160kw사용) | - | - | 2,204,600 (년 55,115kw사용) |
| 소모품비/1년 *투자비의 5% | 100,000 | 115,000 | 115,000 | 2,500,000 |
| 감가상각비/1년 *10년 상각 | 200,000 | 230,000 | 230,000 | 5,000,000 |
| 액체산소비용/1년 (제주기준 12만원 /1통,165kg 육지기준 4만원) | - | 14,600,000 | 43,800,000 | - |
| 운용비용 계(A) | 1,088,400 | 14,945,000 | 44,145,000 | 9,704,600 |
| 기존 양식생산액 | 600,000,000 | 600,000,000 | 600,000,000 | 600,000,000 |
| 고밀도 증산액(B) *15% 기준 증식 | - | 90,000,000 | 90,000,000 | 90,000,000 |
| 먹이공급증가 비용(C) (생산증가분의15%) | 0 | 13,500,000 | 13,500,000 | 13,500,000 |
| 고밀도 양식에 의한 수익 증가 액(B-A-C) | - | 61,555,000 | 32,355,000 | 66,795,400 |

* 순도산소를 적용할 시 경험자에 따르면 약 품질개선 외에도 20%-30% 수준으로 증식 수확 하는 것으로 확인되고 있으나 본 검토에서는 15% 증식 수확되는 것을 기준으로 비교함.

상기와 같은 직접적인 수익증대(경제성)효과 외에도 현재의 추세가 주변 경관 및 환경오염 문제로 가두리에서 육상수조양식장으로 전환되고 있으므로 이 때 산소공급방식을 적용하면 물의 순환 횟수를 감소시킬 수 있으므로 양정을 위한 펌프가동 에너지비용이 절감되는 추가의 효과가 있다.

해마다 반복되고 있는 남해안 지역의 적조는 다양한 원인에 의하여 매년 최소 수백억의 피해를 입히고 있다. 본 과제는 우선 도서지역에 애로사항을 해결하기 위하여 최적의 용량으로 시스템을 구성하였으나, 동일한 컨테이너 방식으로 용량을 최대화하여 개발할 수 있으므로 동 과제 이후 후속제품은 적조 응급 상황 시에 투입되어 상당한 기여를 할 수 있을 것이다.

3. 사회, 문화적 측면

현재 해안의 양식장이 기존의 가두리 양식장에서 주변경관 및 오염문제 등의 문제로 육상수조양식장으로 전환되고 있는 추세이다. 아직은 배출수의 규제기준이 엄격하지 않아 대부분 최소한의 처리로서 배출하고 있으나, 향후 배출수에 의한 오염이 상당한 이슈가 될 것으로 예상되므로 실제 대규모로 양식장을 운영하는 곳의 시설관리 담당자들이 많은 고민을 토로하는 것을 시장조사 현장에서 접할 수 있었다.

이와 관련하여 본 과제가 환경문제와 관련된 필요성에 대한 측면을 검토해 보면 순산소를 공급하는 방식의 경우 기본적으로 유입수의 DO를 상승시켜 사용 후 여전히 유입수 보다 높은 수준이거나 비슷한 수준으로 배출되게 되는데, 일반 브로어 방식을 사용한 후에 배출되는 DO가 낮은 배출수와 비교할 때 DO가 높은 배출수는 수상환경의 오염가능성을 적게 하는 것이다. 또한 적극적으로 양식폐수처리를 하고자 한다면 가동 중인 산소발생기로부터 공급되는 산소를 사용하여 “순산소 호기성미생물 처리방법”을 적용할 수 있는데 순산소공급에 의한 호기성처리방식은 여타 방식에 비하여 처리효율 및 속도가 수배-수집배 개선되는 것으로 환경업계에서 알려져 있다.

2절 연구의 방향

시작품 제작을 위해 개발 초기에 시장조사와 더불어 산소발생기 개발과 제어부 개발을 동시에 진행하여, 개발일정을 최대한 앞당겨 시작품이 현장에 실제 적용되어 시험 가동하는 시간을 확보하였다. 시작품 제작에 앞서 동일 기술이 적용되는 소형 프로토타입 (최종 시제품 용량의 15% 수준 - 토출산소량 15LPM 제품)을 제작, 현장 적용 및 가혹시험을 실시하여 예상

되는 문제점들을 사전에 보완하여 이를 시작품에 적용함으로써 시작품의 기술적인 완성도를 높였다.

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

본 과제의 기술은 부분적으로 산소발생기술, 용해장치기술, DO센서, 산소센서의 및 그 피드백 제어장치 기술, 전체장치를 이동형 컨테이너에 안정적으로 부착 및 내구성기능을 확보하는 기술로서 이루어지며, 전체적으로는 해수, 해풍에 내구적인 솔루션과 질소배출 소음, 전력 사용량 저감, 저가형구성 등이 기술적 과제로 요구되고 있다.

1절 산소발생기 기술

PSA, VSA방식의 기술이 주류를 이루고 있으며 미국의 업체인 Airsep사와 Airproduct사가 각각 기술의 선두에 있다. 이 중 Airsep사의 제품이 산업용(오 폐수처리, 오존용, 소형플랜트) 및 의료용에서 가장 많은 기술과 실적을 보유하고 있다. 그러나 1990년대 중반 국내 최초로 제주도에 도입된 Airsep사의 산소발생기가 여러 가지 사유로 인하여 현장적용에 실패한 사례가 있다. [표 2-1]

VSA방식의 Airproduct사는 이동형 방식으로 산소발생기를 제품화하였으나 국내에 적용한 사례는 없다. 제품의 구조 및 특성상 물류이동이 어려워 수출입이 불가능한 것으로 보여진다. 국내의 업체도 2-3개사 수준으로 PSA방식의 산소발생기를 제조하는 기술을 보유하고 있다. 그러나 안정적인 순도의 품질을 365일 요구 받는 까다로운 품질을 대응하는데 기술적인 한계가 있어서 해안양식장에의 적용실적은 거의 없는 상황이다. 본 과제로서 산소발생기 분야에서 고려하고 있는 내용의 핵심은 다음과 같다.

- 기존의 PSA, VSA방식의 기술이 원통형 2(two)베드의 스페이스를 많이 소요하고 있는 방식인데 비하여 당사의 방식은 콤팩트한 캐비닛 방식으로서 한 구석에 위치할 수 있기 때문에 컨테이너에 장착 시에도 적은 스페이스를 차지하므로 컴프레서 및 부대장치의 설치가

가능한 것이다.

- 산소발생부가 다수의 독립적인 소형모듈로 가동되는 방식으로서 필요한 산소사용량에 따라 컴프레서 가동을 자동으로 가변제어 함으로써 절전형 운전을 할 수 있으며, 질소배출 소음이 개별 소형모듈로부터 분산 토출되므로 획기적인 소음저감의 효과가 있다.

[표 2-1] 현장 적용 사례

| 업체명 | 현장 적용 사진 및 제품 사진 | 설치지역 / 문제점 |
|------------------|---|--|
| Air -sep |  | <ul style="list-style-type: none"> -제주도 -해수,해풍에 의한 부식이 심하며 산소순도는 약55% 정도로 측정됨 |
| |  | <ul style="list-style-type: none"> -제주도 -설치후 약 1,500시간 가동되었으나 산소순도는 약 60%로 측정됨 |
| Air - Product |  | <ul style="list-style-type: none"> -현재 설치 되어있지는 않음 -제품의 구조 특성상 수입이 불가능 할 것으로 사료됨 |

2절 용해장치 기술

용해장치의 기술은 아직까지 그 시장성 때문에 국·내외에 많은 보급이 이루어지고 있지 않은 것으로 보인다. 최근 들어 국내의 사업자가 2000년 초부터 개발된 제품이 지속적으로 효율을 개선하여 2002-2003년도에 남해안 육지지방의 액체산소공급방식으로 전환에 따라 수백기가 설치 운용되고 있는 실정이며, 기타 2-3개의 사업자가 개발. 시판하는 제품이 있으나 용량의 한계, 효율의 한계 등으로 초기 기술접목단계로 보인다.

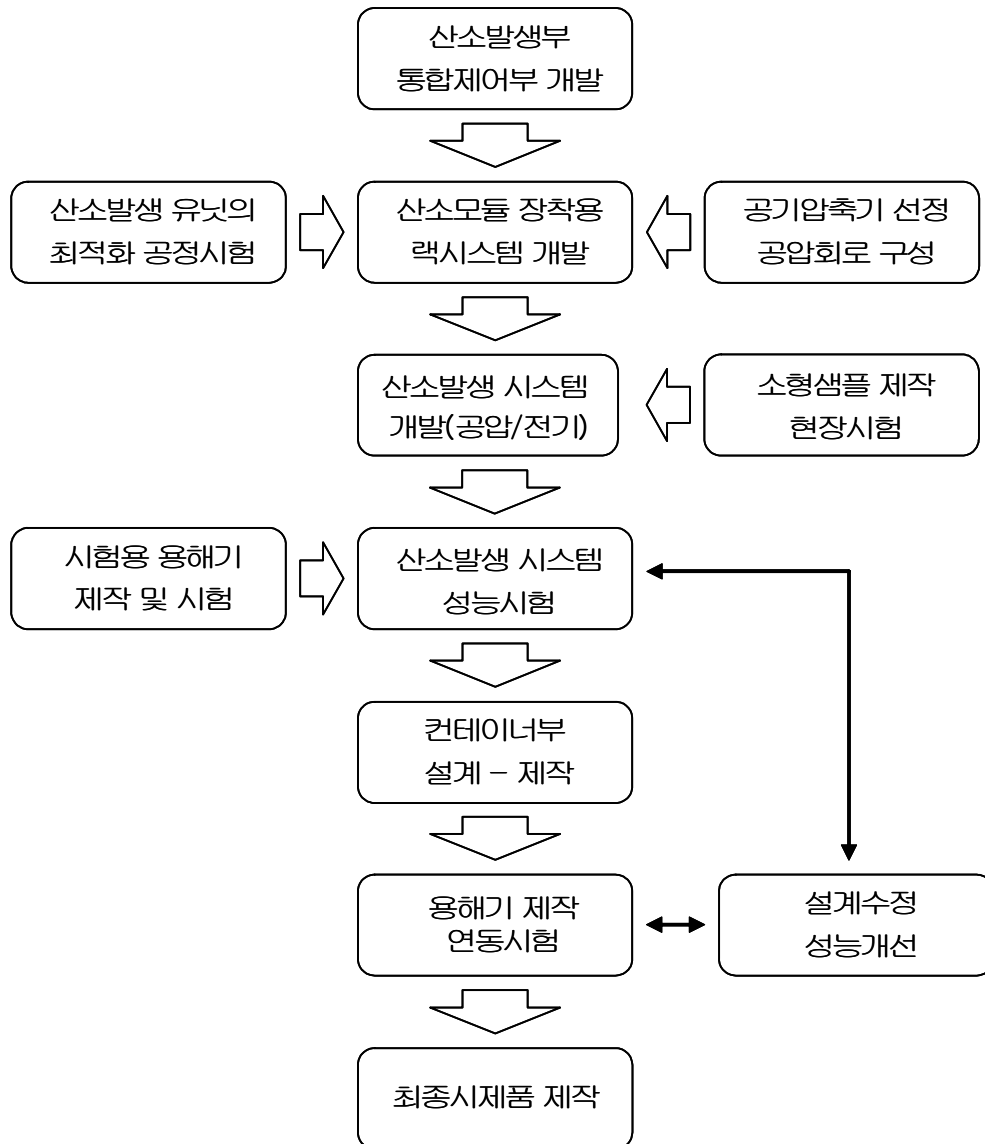
해외에서는 수산시장에 관심을 갖고 있는 Airproduct사 및 기타 산소발생기 제조업자가 TOTAL 솔루션 제공을 위하여 개발된 제품출시를 준비를 하고 있으나 국내에 아직 도입된 실적은 없다.

3절 DO관리 및 장치기술

본 기술은 일반적으로 기존의 여러 산업분야에서 사용되고 있는 기술로서 사용자의 편리성과 장비사용의 안전성을 고려한 상용제품 및 응용제품이 사용되고 있다. 이는 주로 양식장뿐만 아니라 특히 호기성 세균배양을 통한 오폐수 처리 시설 및 수질관리 시스템에 거의 필수적으로 적용된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절 추진전략 및 접근방법



[그림 2-1] 추진전략 및 접근방법

2절 기초자료 수집 및 기획

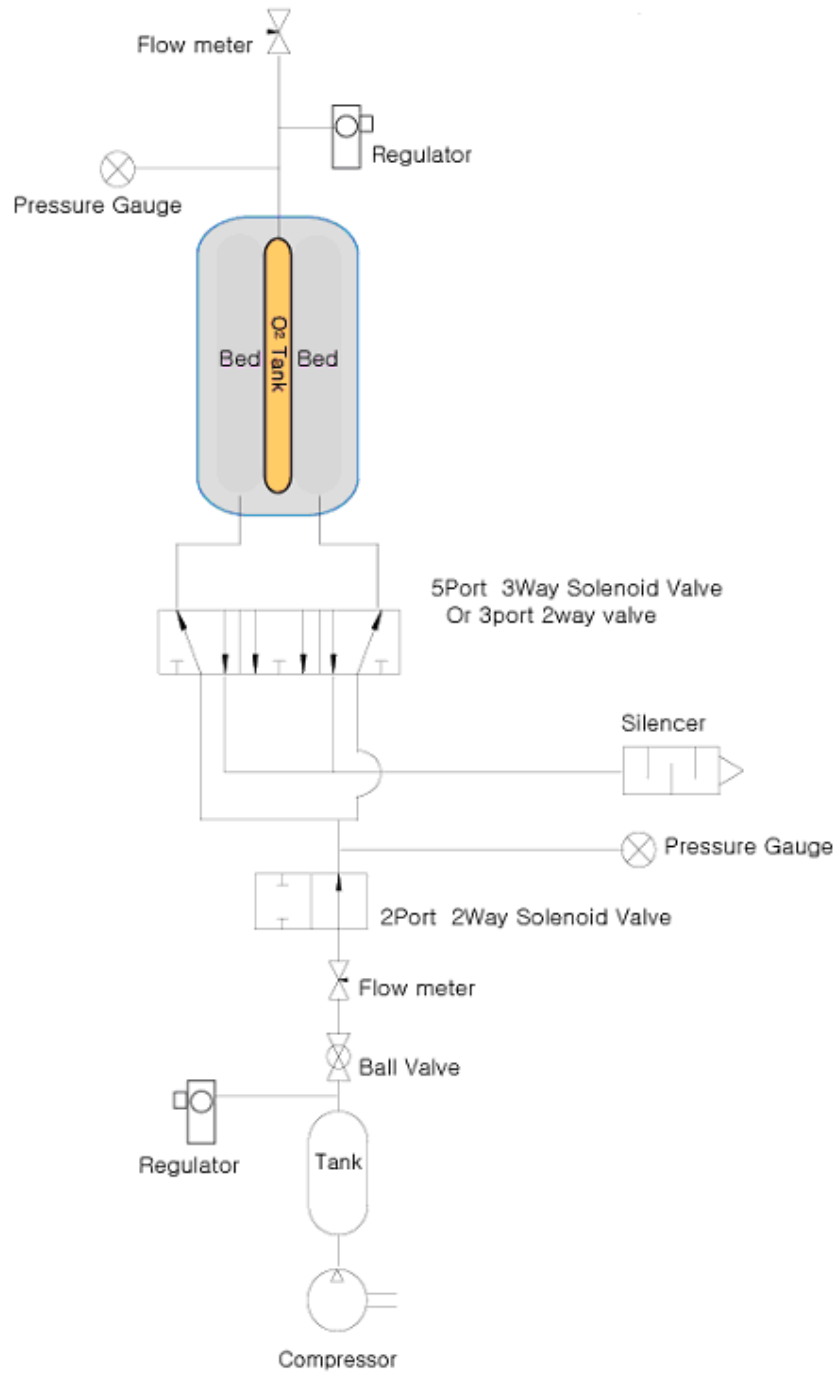
남해안 도서지역 및 제주도, 서해안 일부를 포함하는 실제적인 현장답사는 2004년 4월부터 실시하였다. 구체적으로 서해안의 경우 을왕리 새우양식장 1개소, 전남지역의 도초도를 비롯하여 남해안의 완도지역(넙치 및 전복양식장) 6개소, 여수지역(전복양식장) 2개소, 장흥지역(넙치양식장) 2개소, 고흥(넙치양식) 4개소, 남해지역(넙치양식장) 2개소와 제주지역의 행원 단지를 포함하는 약 30여개소의 양식장을 직접 방문하여 각 현장의 담당자로부터 액체산소 및 산소발생기, 브로어 등을 사용하고 있는 시설 및 사용실태를 파악하였다. 또한 필요에 따라서 각 지역의 관련연구소(내수면 연구소 및 수산연구소)를 직접 내방하여 본 과제 시스템의

소프트웨어 마련을 위한 관련데이터에 대한 자료를 수집하였다. 이러한 현장의 설비 및 적용에 관련된 자료 수집은 현재에도 남해안 지역을 중심으로 계속 진행 중이며 주요어종의 산소소모량과 같은 기초데이터, 해수의 물성치(수온, 염도, 압력 등) 변화에 따른 용존산소의 용해특성과 같은 수치데이터는 지속적인 자료수집 및 관련시험이 진행되어야 할 부분이다.

3절 시작품 모듈개발

1. 기본 공정

흡착공정은 [그림 3-1]과 같이 구성하였다. 컴프레서에 의해 생성된 압축공기는 정량적으로 각각의 모듈로 공급하기 위하여 개별 압력조절기를 통하게 된다. 그리고 추후 개별 모듈의 점검 및 관련 작업을 위하여 압축공기가 다른 모듈의 운전에 영향을 주지 않도록 직동밸브(2way - 2state)를 추가하였다. 프로그램 된 싸이클 타임에 의하여 솔레노이드 밸브를 제어하여 양쪽의 베드로 압축공기 및 질소배출이 이루어지며 생성된 베드로부터 생성된 산소는 모듈 중앙부에 위치한 탱크에 모이게 된다. 모여진 산소는 상부의 오리피스스를 통하여 다시 탈착공정의 베드에 투입이 되며 나머지 산소는 압력조절기와 유량계를 통하여 토출이 되게 된다. 여기에서 오리피스스는 제올라이트의 무게, 싸이클 타임 및 투입되는 압축공기의 양 등에 따라 그 크기가 달라져야 한다.



[그림 3-1] 흡착공정의 기본회로 구성

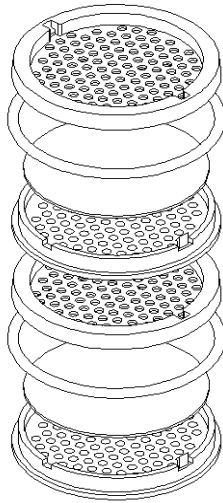
2. 산소발생 모듈 시작품 제작

사용 요구량에 따라 발생 산소의 양을 조절하기 위해서는 단위모듈의 병렬구조를 이용한 개별-통합 운전이 가능한 구조여야 한다. 따라서 독립된 산소발생 기능을 할 수 있는 개별 모듈을 제작하였다.

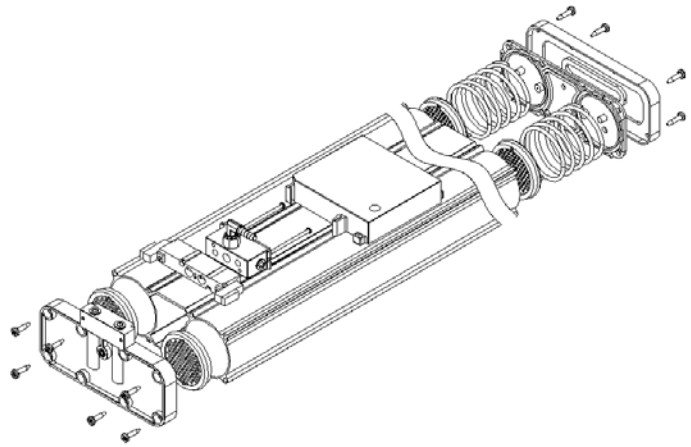
토출산소의 양(10LPM)에 준하는 모듈의 길이(제올라이트의 충전양과 비례)와 이에 대한 필요 압축공기량을 산정하여 솔레노이드 밸브 및 압력조절기, 직동밸브를 선정하여 설계에 반영하였다. 흡착탑 베드파이프(제올라이트가 충전되는 부품)는 기존 5LPM 발생용 제품의 해당 부품이 400mm 길이에 착안하여 그 두 배가 되는 800mm를 최초 선정하였지만 추후 예상되는 부품의 재선정 및 최적화 공정시험에 의한 성능향상을 감안하여 약 20%를 연장한 1100mm로 선정하여 설계하였다. [그림 3-4] 입력공기, 각 베드의 가압시간, EQ 시간(Equalization - 압력균등화), Orifice 지름 등을 공정변수로 하여 순도 90%기준 분당 10LPM 용량의 모듈을 확보하였다.

흡착재로 사용되는 제올라이트는 일정량 베드 내부에 충전 되어 압축공기의 입, 출력과 상관 없이 충전 상태를 계속 유지하고 있어야 한다. 따라서 베드 상단과 하단에는 입력공기의 흐름을 방해하지 않는 범위 내에서 원형 디스크 형태의 부품을 필요로 하게 된다.

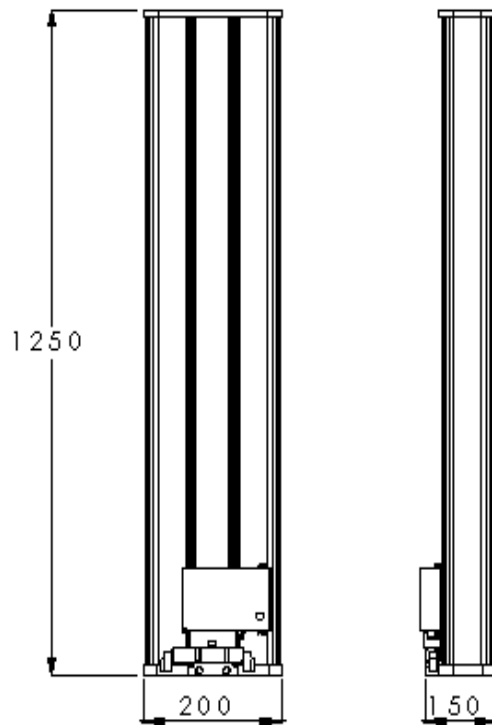
기존의 5LPM 모듈의 경우 베드내부의 공정압력이 최대 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 것을 고려하여 베드 내부의 제올라이트의 고정-분리역할을 하는 타공판은 [그림 3-2] 와 같이 이중 타공판을 적용하여 상승된 공정압(최대 $5\text{kg}/\text{cm}^2$)에 대응하였다. 이와 관련하여 타공판 사이에 삽입되는 필터여지에 따른 수분제거 성능에 대한 실험을 수행하였고 기존 기성품 소형 수분필터에 대한 성능시험을 거쳤다. 시작품에는 대형 수분제거 필터가 적용이 되지만 시작품 이전에 제작된 4절에서 언급될 소형샘플에 장착하여 산소발생기의 흡착재, 즉 수분오염에 취약한 제올라이트의 수명을 연장하기 위해 해당부품의 사전 성능시험을 수행하였고 기술적인 사안을 점검하였다.



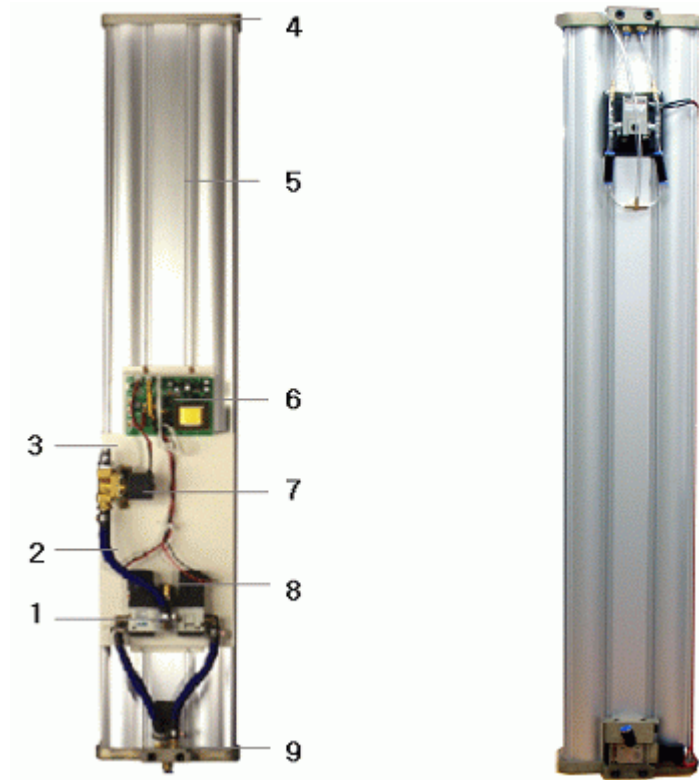
[그림 3-2] 타공판



[그림 3-3] 모듈부 조립도



[그림 3-4] 모듈부 외형크기



[그림 3-4] 10LPM 모듈(좌)과 15LPM 산소발생 모듈(우)

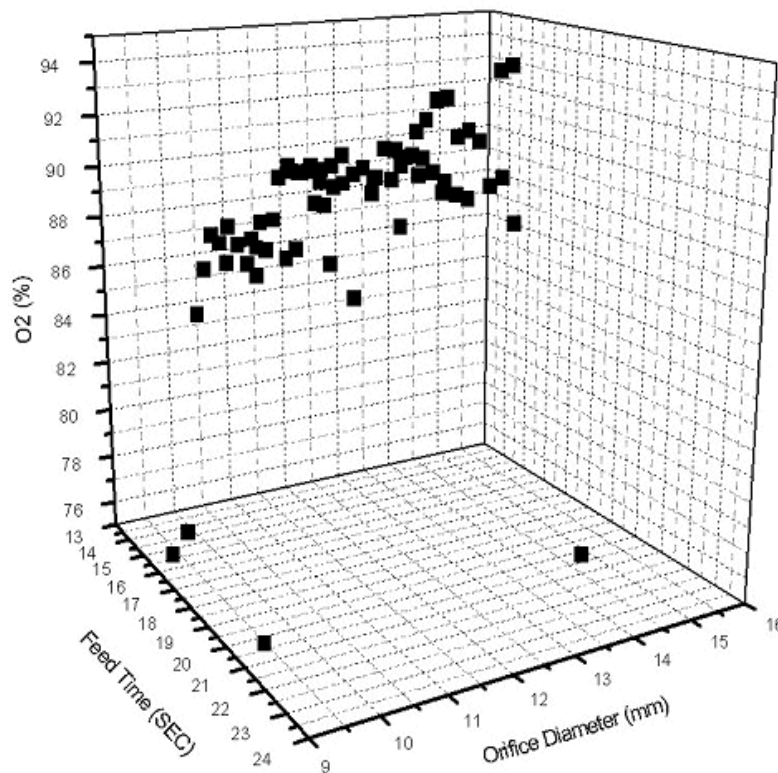
| No. | 부 품 명 | 비 고 |
|-----|-------------|----------|
| 1 | 벨브연결 매니폴드 | Aluminum |
| 2 | 실리콘 압축공기 튜브 | Silicon |
| 3 | 압축공기 연결 커플러 | Aluminum |
| 4 | 상부 매니폴드 | Aluminum |
| 5 | 베드파이프 | Aluminum |
| 6 | 모듈 개별작동 PCB | - |
| 7 | 직동벨브 | 220V |
| 8 | 솔레노이드 벨브 | 24V / DC |
| 9 | 하부매니폴드 | Aluminum |

[표 3-1] 개발모듈의 각 부위 명칭

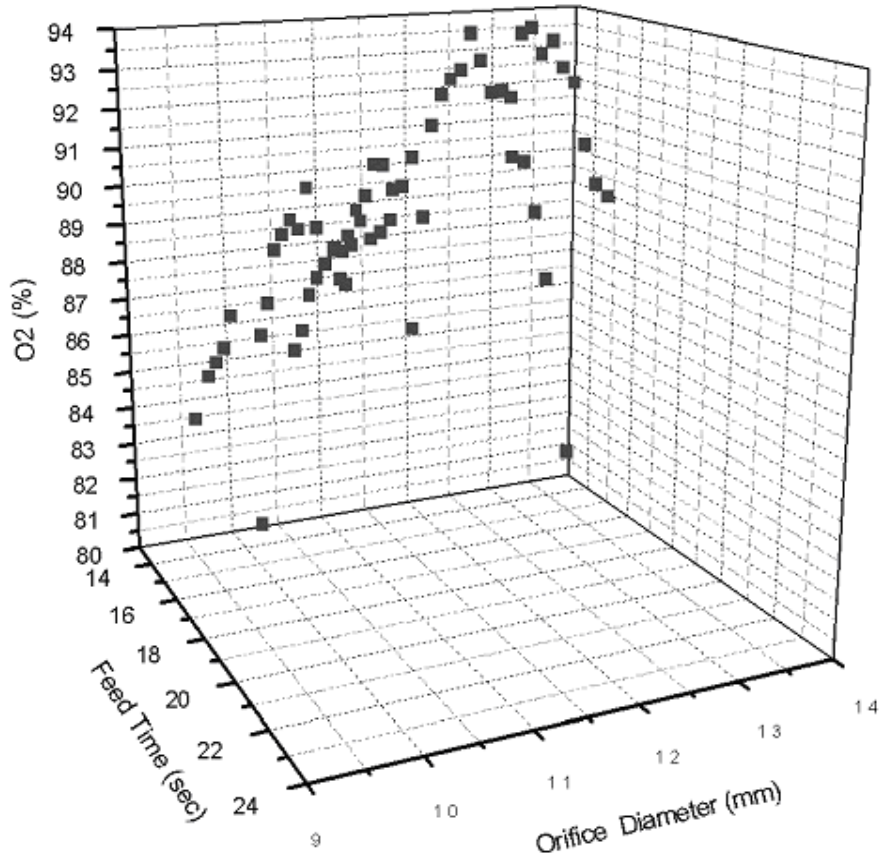
3. 최적화 공정 시험

개별 모듈의 산소토출에 대한 성능은 최초목표(10LPM / 90%)에 도달하였으며 더 나아가 산소발생 모듈의 제올라이트를 제조사 및 종류별로 수차례 변경하여 최초 제안 시 90% 산소 순도 기준으로 약 50%(산소량 10LPM ->15LPM)의 성능향상을 위한 최적화 실험을 수행하였다. 공기를 질소와 산소로 분리하는 제올라이트는 제조방법과 재질특성에 따라(Li-계열, Na-계열 등) 흡착성능이 달라질 수 있으므로 앞서 2항에서 언급한 공정변수와 함께 최적화 공정시험 변수에 포함시켰다.

각 베드에 공급되는 압축공기의 분배 및 압력균등화, 질소의 배출에 관여하는 중요부품인 솔레노이드 밸브의 경우, 압축공기의 통과유량이 현재 5LPM의 모듈에 적용되는 양보다 월등히 많기 때문에 관련된 밸브의 특성값(Cv)에 따라 산소의 순도 및 유량을 비교 값으로 하는 성능 시험을 하여 5-3 밸브 1개를 사용하는 경우, 3-2 밸브 두개를 사용하는 경우 각각의 경우에 대하여 수행하였다. [그림 3-6], [그림 3-7]



[그림 3-6] 산소순도에 대한 오리피스 지름과 싸이클 타임과의 관계
(3way-2state 밸브 2개를 적용했을 경우)



[그림 3-7] 산소순도에 대한 오리피스 지름과 싸이클 타임과의 관계
(5way-3state 밸브 1개를 적용했을 경우)

4절 현장 모니터링

1. 소형샘플 제작

본 연구의 결과물이 설치 적용되는 양식장 및 바닷가 인근의 환경은 해수 및 해풍의 염분에 의한 오염, 외부설치에 의한 수분오염, 이에 따른 부품 및 제품의 부식과 더불어 제품 전체의 내구성에 대해 상당히 취약한 조건이다. 시작품 제작에 앞서 이와 같은 향후 예상되는 문제점들을 파악하기 위하여 기술적으로 같은 방식을 취하는 소형 샘플제품을 제작하였다.

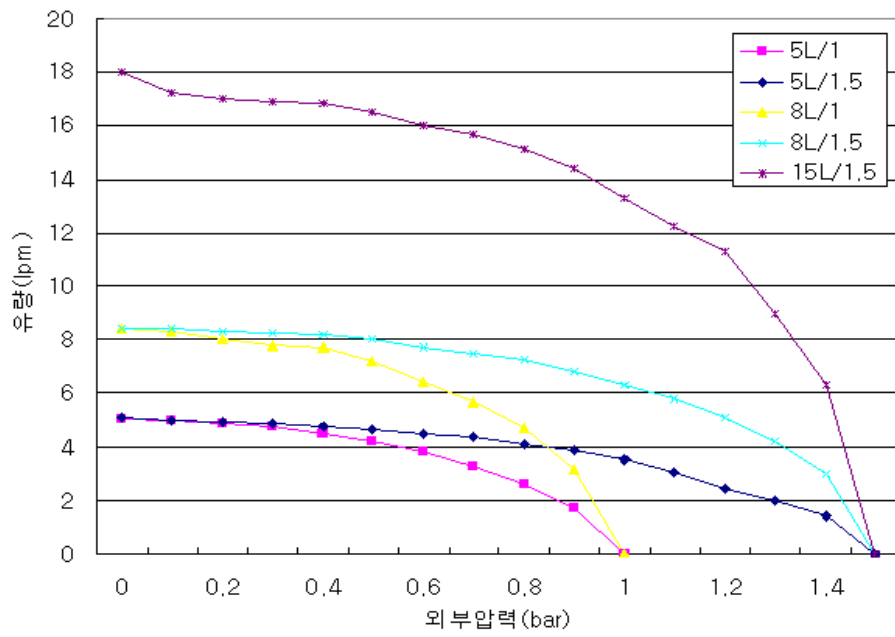
소형샘플의 제작 및 구성은 다음과 같다. 시작품을 현장에 적용했을 경우 예상되는 사용 물량의 약 1/20에 해당되는 5ton/hr 용량의 원심펌프를 선정하여 가압식 용해기(입구경 및

출구경 : 25A)에 연결하였다. 산소의 투입은 PVC 봉을 가공하여 벤추리관(Venturi)을 구성하였고 샘플수 채취를 위해 범용 수도꼭지 및 수압변화 체크를 위한 수압게이지를 부착하였다. 물량의 변화에 따른 용해기 및 이에 따른 산소의 용해특성을 알고자 펌프의 출구단에 수로의 바이패스(Bypass) 라인을 구성하였다. 물량은 바이패스 라인의 볼밸브를 이용하여 조절하였고 물량은 플로우트식 유량계를 토출측에 장착하였다.

실험용 산소는 순도90%, 유량 15LPM 성능의 산소발생기를 이용하였다. 투입되는 산소의 경우 샘플제품에 적용될 용해기의 특성 및 종류, 연결배관에 걸리는 압력 등 연결 상태에 따라 유량계를 통한 수치 읽음값 보다 실제의 질량유량(mass flow rate)은 많게 되므로 질량유량계의 계측이 동시에 이루어졌다. 이에 산소배관 내 압력 및 토출압력(저항), 불유량계와 질량유량계로 구성되는 측정지그를 제작하여 토출산소의 압력에 따른 유량계와 질량유량과의 관계에 대한 실험도 동시에 이루어졌다.



[그림 3-8] 실산소 토출량 측정을 위해 제작된 측정구



[그림 3-9] 외부압력에 따른 실제 산소토출량(mass flow rate / LPM)



[그림 3-10] 1차 소형샘플 조립품



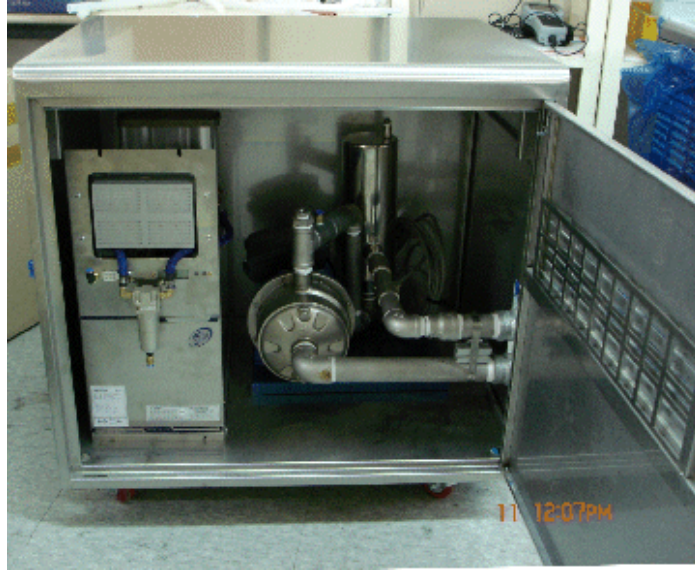
[그림 3-11] 2차 소형샘플 조립품



[그림 3-12] 소형샘플 실험수조(지름 5m / 높이 1m)



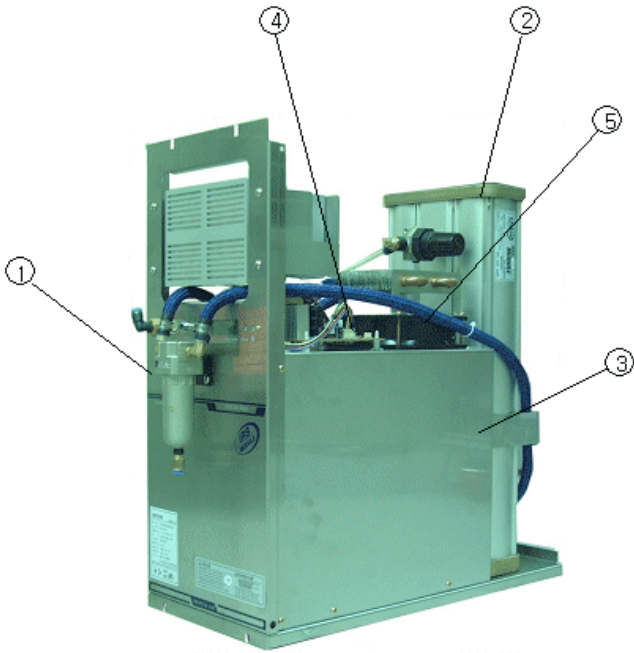
[그림 3-13] 스톤 용해율 시험수조(지름 8m/깊이 1m)



[그림 3-14] 용해기 일체형 소형샘플 시제품 내부



[그림 3-15] 측면모습 (해수 입-출구 연결구)



| No. | 부품명 |
|-----|------------|
| 1 | 수분필터 |
| 2 | 산소발생 모듈 |
| 3 | 컴프레서 룸 |
| 4 | PCB |
| 5 | 냉각팬 및 열교환기 |

[그림 3-16] 소형샘플용 5LPM 산소발생 유닛

2. 현장 성능시험 용해기 테스트

산소토출량 5LPM 샘플 및 모듈방식의 15LPM 샘플제품을 설계, 1차 및 2차 수정을 거쳐 시작품을 제작하여 완도 넙치양식장 및 서해 새우양식장, 제주 넙치양식장에 설치하여 성능 변화에 대한 모니터링을 하였으며 완도의 경우 2004년 7월 중순에 설치되어 2005년 7월 까지 누적시간이 약 7천 시간 가량 운전되었고 현재에도 계속 운전 중에 있다. 수차례 현장 방문을 통해 시간에 따른 제품의 특성을 파악하였으며 사용시간 경과에 따른 수분필터 및 연동 컴프레서의 성능저하 시험 등 제품의 성능과 더불어 부품에 대한 모니터링을 수행하였다. 또한 양어장 공급수의 높은 용존산소 공급을 위하여 필요한 전용 산소용해기의 효율을 파악하는 시험을 장시간 수행하였다. 현재 판매, 설치되고 있는 용해기의 경우 제품의 실제 효율 및 성능이 검증되지 않은 제품들이 대부분이고 또한 제작업체에서 주장하는 용해 효율에 미치지 못하는 실정이다. 따라서 용해기 제작 업체를 통하여 약 4종의 각기 다른 용해기 샘플을 제작하여 양식장 현장에서 샘플용해기의 성능시험을 수행하였고, 또한 현장에 기 설치된 몇 기의 기존 용해기 또한 현장 방문 시 일부 성능을 파악하였다.

현재 널리 사용되고 있는 몇 종의 스톤에 대한 산소용해 시험을 수행하였고, 산소용해용으로 사용가능한 플라스틱 펌프의 산소용해 시험도 수행하였으며 현재 각각의 용해솔루션에 대한 시험을 정리하며 최종 시작품에 적용될 최적의 용해방법을 구상하였다.

5절 제어부 제작

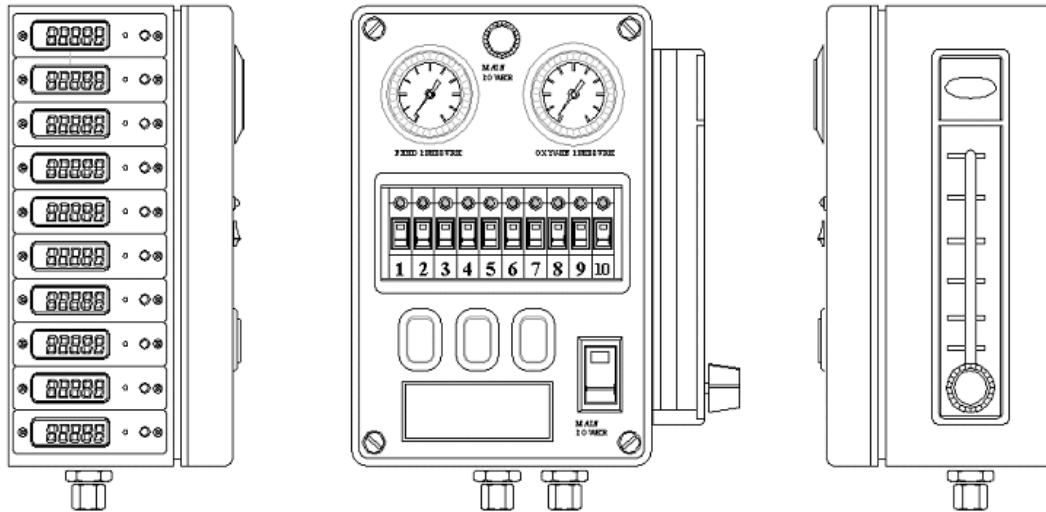
최종 시작품에 장착될 모듈은 최대 10개이며 각 모듈을 개별-통합 제어를 위한 로직이 구성되어야 한다. 즉 산소발생부 10개 모듈에 동시에 압축공기를 공급한다면 압축공기를 저장하는 탱크(Receiver tank)의 용량이 커져야 하므로 각 모듈에 일정시간 간격으로 순차적인 압축공기를 공급하는 방식이 필요하다. 이는 질소배출 공정 시 발생하는 소음의 분산에도 효과적이다.

제어부는 개별모듈의 솔레노이드 밸브 및 입력공기 제어용 밸브, 운전상태 표시 등을 담당하는 모듈제어부와 각 모듈을 병렬 연결하여 순차적인 작동과 전체적인 개별모듈의 제어, 전체 시스템의 작동부 제어 및 표시부를 위한 통합제어부로 나눌 수 있다. 통합 제어부는 산소발생부의 작동뿐만 아니라 시스템을 효과적으로 운전하기 위한 부수기능이 필요하다. 따라서 압축공기 저장 탱크의 loading-unloading에 따른 실시간 압력변화, 토출산소의 압력, 유량, 각 모듈의 개별 제어를 위한 스위치, 상태확인 및 사용시간, 운전 램프 등을 상용 플라스틱 박스를 이용하여 제작하였다. 컨테이너 벽면에 장착되는 냉각팬은 시스템 가동 중에는 물론 정지 시에도 15분간 추가로 작동하여 내부 잔열을 배출하도록 하였다.

통합제어부의 PCB는 추가되는 DO센서 및 산소센서, 경우에 따라 PLC를 이용한 기초데이터의 수식화에 대한 프로그램의 추가가 예상된다. 이는 최종시작품 제작 시 각 모듈의 개별 PCB의 S/W 포트에서 단순신호 제어가 가능할 경우 스위치 박스로 대체가 가능하지만 각종 데이터 입출력 및 용존산소 관련 프로그램 입력 등 다양한 기능을 수행하기 위해서는 지속적 개선 및 성능향상이 필요한 부분이다.



[그림 3-17] 통합제어



[그림 3-18] 개별모듈 제어 및 게이지 등이 부착된 컨트롤박스 개념도

6절 산소발생 랙 제작

산소발생 모듈랙은 압축공기 및 전기 입력만으로 독립적인 운전이 가능한 구조이어야 하며 모듈의 탈, 부착 및 상태점검이 용이해야 한다. 각 모듈에 공급되는 입력공기는 밸브제어와 함께 입력유량과 압력을 균일하게 배정해야 한다.

시작품에 적용될 모듈랙 제작에 앞서 모듈 6개 장착용 1차 시제품을 제작하였다. 성능시험의 목적으로 철골구조가 아닌 캐비닛(Cabinet) 형식의 구조를 적용하여 상부에는 모듈을 장착하고 하부에는 입력공기 배관 및 질소배출 배관을 위치시켰다. 전면 도어는 양개도어를 적용하여 부품의 조립, 해체 시 편의성을 도모하였고 전면측면에 입력공기의 압력, 토출산소의 유량을 위한 표시부를 장착하였다.

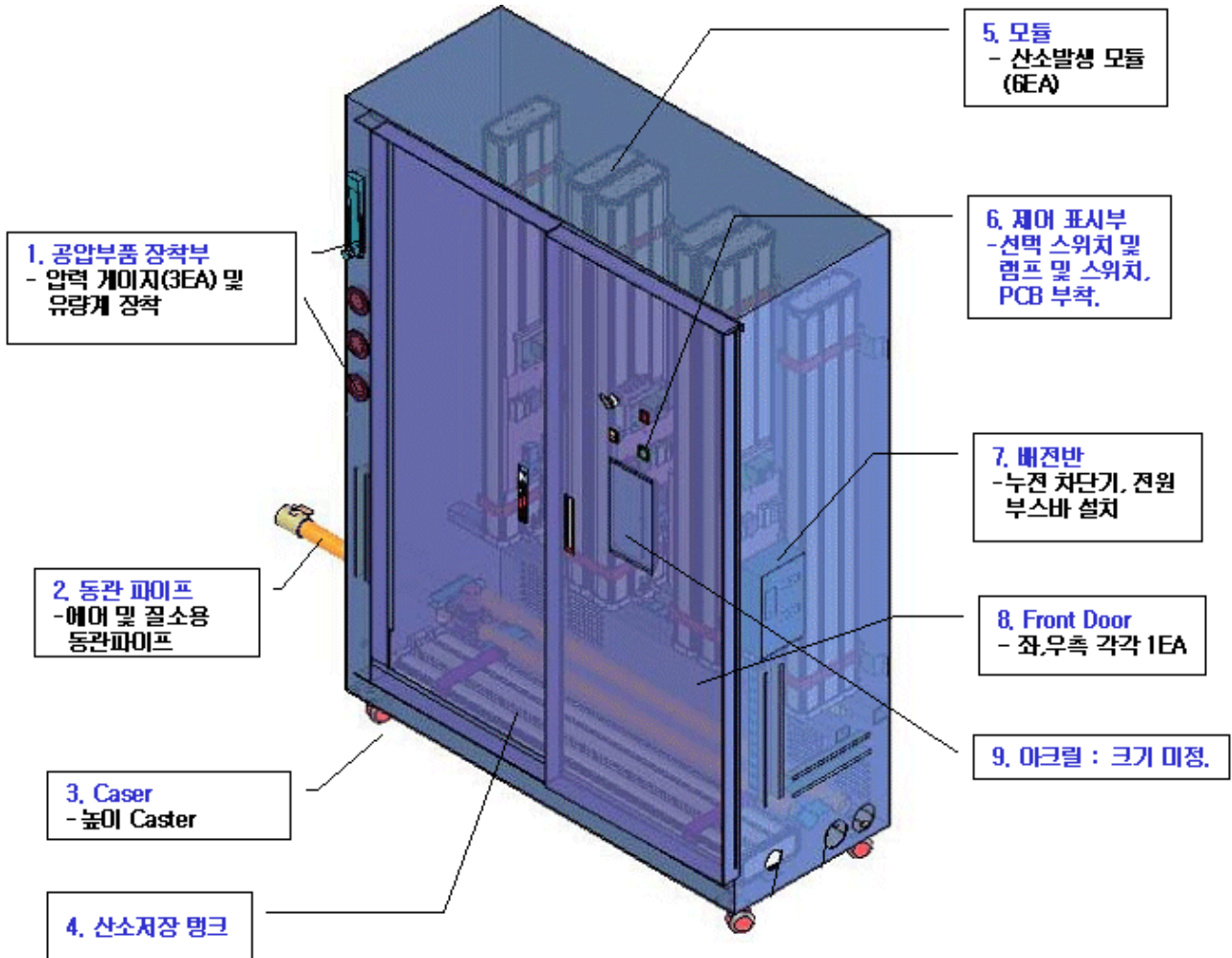
2차 제작된 산소발생 모듈랙은 시작품 컨테이너 내부에 설치되는 이유로 사전 테스트용으로 제작된 캐비닛 형태가 아닌 프레임(Frame)구조로 설계하였다. 프레임 구조를 선택한 이유로는 현장설치를 위한 제품의 장거리 이송 시 발생하는 이송차량 진동 및 선박을 이용한 도서지역의 운반에 수반되는 롤링현상(Rolling)에 대한 충분한 강성을 부여하고 산소발생 모듈의 컨테이너 내부에서의 냉각에 대한 효과를 도모하기 위해서 프레임 타입을 적용하였다. 프레임의 구조는 상용 각형파이프의 가공용접과 부식방지를 위한 고무계열의 도료를 이용하여 도장처리 하였다.



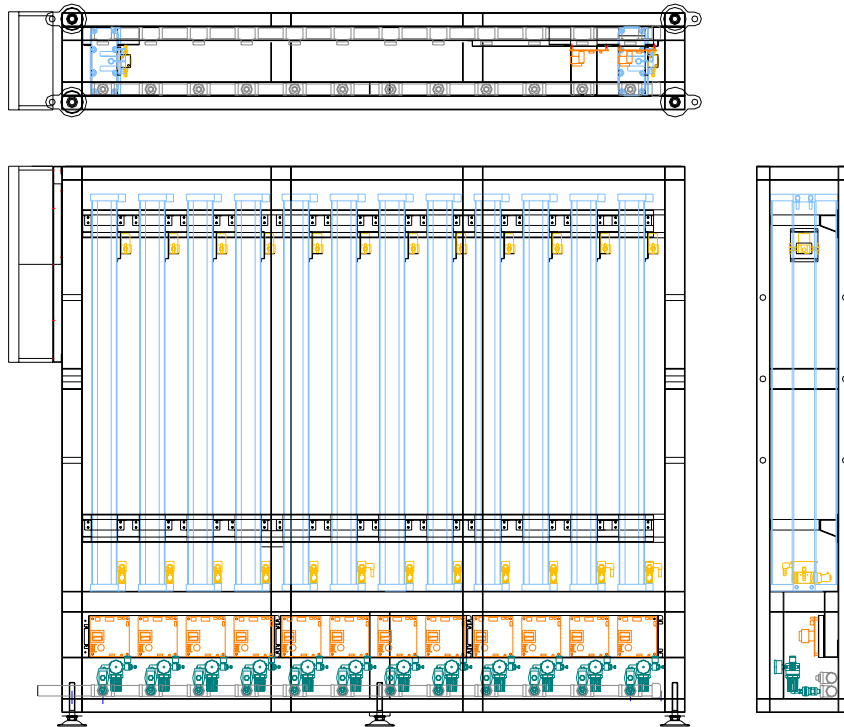
[그림 3-19] 1차 시제품으로 제작된 모듈랙
(10LPM 모듈 6개 장착 / 통합PCB 샘플장착)



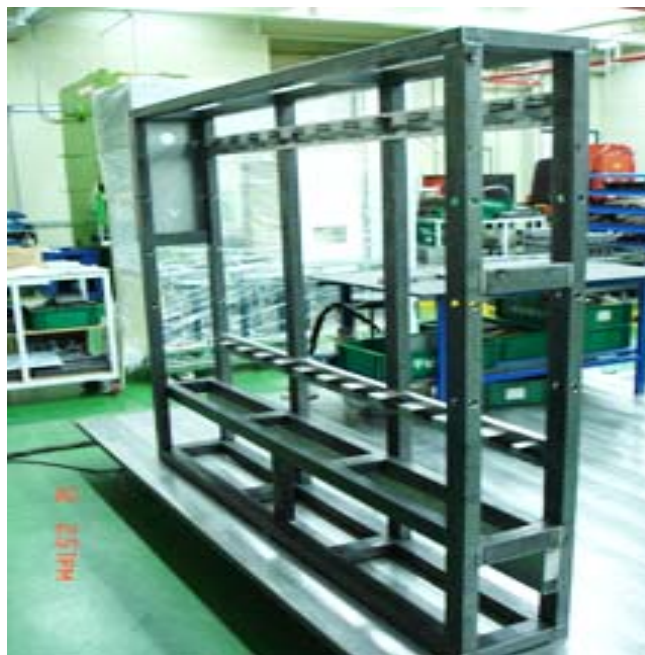
[그림 3-20] 모듈랙 실험용 공기압축기
(무급유식 스크롤컴프레서)



[그림 3-21] 1차 모듈랙 시제품의 구성도면



[그림 3-22] 2차 모듈랙 시작품의 설계도면

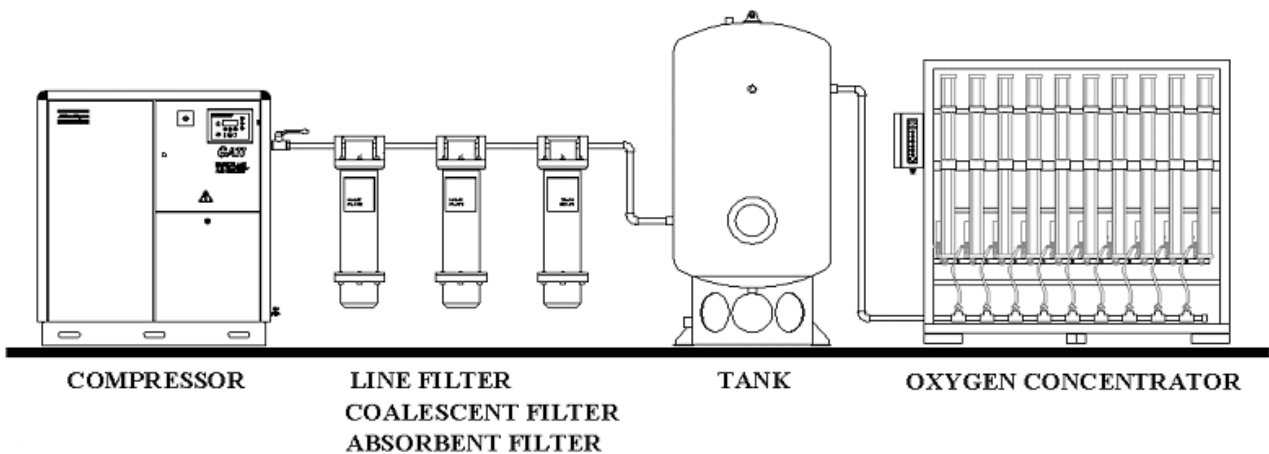


[그림 3-23] 2차 모듈랙 시작품의 현장 제작 사진

7절 시작품 공압회로 구성

시작품의 공압회로는 크게 산소발생부와 공기압축부로 나눌 수 있고 이 중 공기 압축부는 컴프레서부와 필터부, 리시버탱크(Receiver tank)로 구분된다. 컴프레서는 압축공기를 생성하는 가장 중요한 부품으로 컴프레서 자체에 대한 연구는 본 과제에서는 제외된다. 단, 산소발생기의 성능목표를 위한 컴프레서의 유량 및 압력에 대한 사양결정, 운전특성 및 운전조건, 기타 공압적으로 수반되는 부품의 특성 등 공압회로를 설계하기 위한 변수들에 대한 검토가 이루어졌다. 각 모듈의 압축공기 소요량은 5bar에서 분당 200리터를 필요로 하기 때문에 10개를 장착했을 경우 총 소요량은 분당 2,000리터, 즉 압력 5bar 이상, 토출량 2m³/min 이상의 컴프레서를 선정하였다. 대개 산업용 컴프레서의 경우, 공기를 압축하는 부품은 전용오일을 이용한 방식(Oil free)이므로 그 후단에는 오일 및 수분, 이물질을 차단하는 전용 필터를 적용해야 한다. 따라서 Pre Filter - Line Filter - Coalescing Filter의 순으로 직렬 연결하여 0.01 μ m까지 이물질을 거를 수 있도록 하였다.

2-top 방식의 기존 외산 산소발생기의 경우, 용량이 큰 2개의 베드를 적용하기 때문에 순간적으로 많은 압축공기가 필요하게 된다. 본 과제에서 적용하는 모듈방식의 경우, 압축공기의 공급은 탱크로부터 개별 모듈당 필요한 양 만큼이 순차적으로 공급되기 때문에 순간적인 탱크의 압력 변화가 심하지 않으며 질소 또한 일정 간격으로 나뉘어 배출하기 때문에 발생소음을 분산시킬 수 있는 장점이 있다.



[그림 3-24] 컨테이너 내부장착 공압부품 및 산소모듈랙의 연결구성도

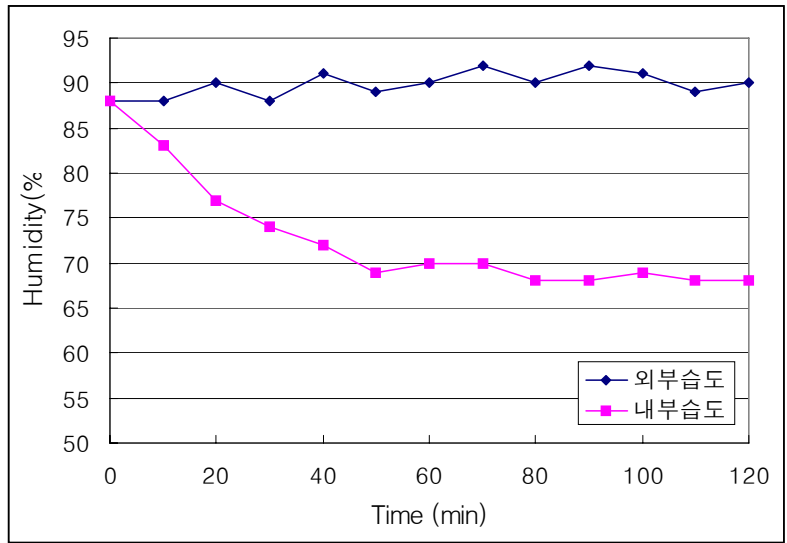
각 모듈당 필요한 압축공기의 압력은 5bar(200LPM)이므로 용량 0.5m³의 리시버 탱크를 적용하여 내압 5.5bar~7bar로 유지할 수 있도록 그 범위를 설정하였고 이는 분당 토출량 2.6m³(토출압 9.2bar일 경우)컴프레서의 loading-unloading 시간 비율을 약 2 : 8로 유지할 수 있는 압력범위이다. 전체적인 배관은 내경 25mm의 STS(Stainless steel)배관을 적용하여 배관에 의한 압력손실 및 부식에 의한 영향을 최소화 하였다.

8절 컨테이너부 설계 및 제작

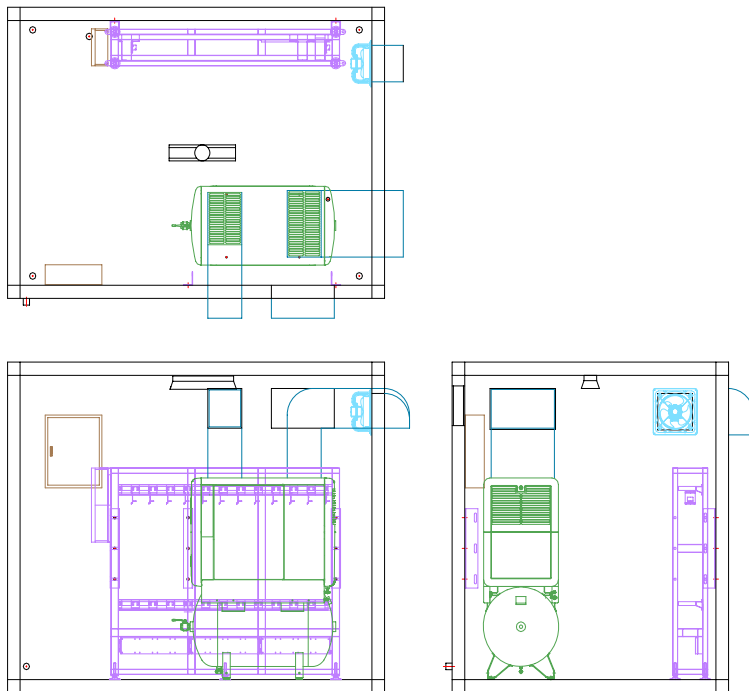
컴프레서를 포함한 공압부품과 사전 설계된 산소발생 랙프레임을 토대로 시작품의 컨테이너를 설계하였다. 일반 컨테이너 제작 방법을 토대로 중량부품인 산소발생 랙과 컨테이너가 장착되는 바닥면 안쪽으로는 추가 철골구조물로 보강하였다. 단열은 컨테이너 상부쪽으로 50mm, 전후좌우 측면으로는 30mm의 단열재를 적용하여 여름철 혹은 직사광선에 의한 내부 온도상승을 방지하였으며 추가 측면의 냉각팬을 장착하여 산소발생기 운전 시에는 상시 내부 공기를 강제적으로 배출하도록 하였다.

적용된 컴프레서는 약 11kW급의 모터를 장착하고 있으며 운전에 따른 모터 및 스크류 엘리먼트(Screw element)에서 발생하는 열은 컴프레서 내부에 장착된 냉각팬을 통하여 배출하게 되며 이는 별도의 덕트를 제작하여 컨테이너 외부로 유도하였다. 따라서 컨테이너 내부는 외부 공기의 온도와 거의 일치되는 수준으로 유지할 수 있었다. 염해 및 수분에 의한 부식은 컨테이너의 외부와 내부 모두 1차 에폭시 계열의 도료를 이용하여 1차 도장 후 고무계열의 도료로 중도와 하도 도장을 적용하였다.

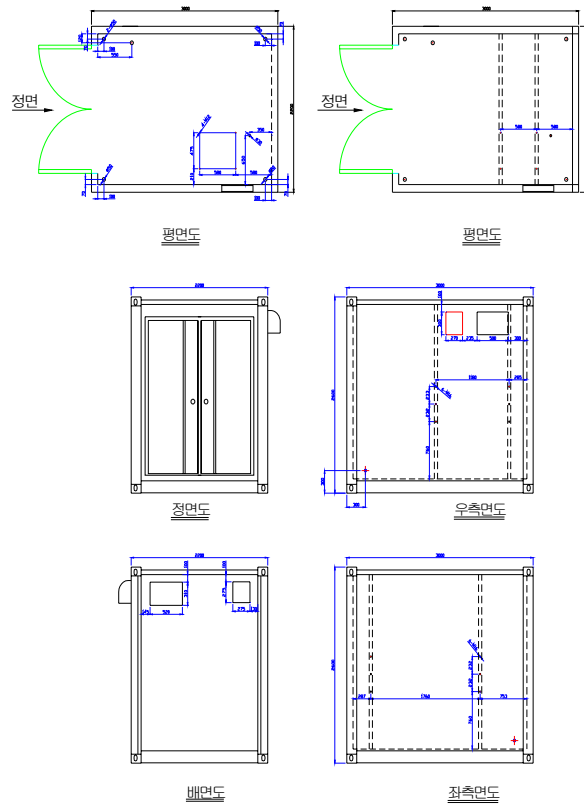
컨테이너 내부에 장착된 산소발생기 및 공압 부품들은 대부분 습기에 취약한 부품들이며 이는 제품의 내구성능과 밀접한 관계가 있다. 따라서 산소발생 공정 중 분리된 매우 건조한 성질의 질소(약 85%)를 밀폐된 컨테이너 내부로 배출하여 상대습도를 낮추도록 하였다. [그림 3-25]는 실제 우천 시 컨테이너 외부와 내부의 상대습도 차이를 보여주고 있다.



[그림 3-25] 배출질소를 이용한 컨테이너 내부의 상대습도 저감



[그림 3-26] 컨테이너 시작품의 내부배치 도면

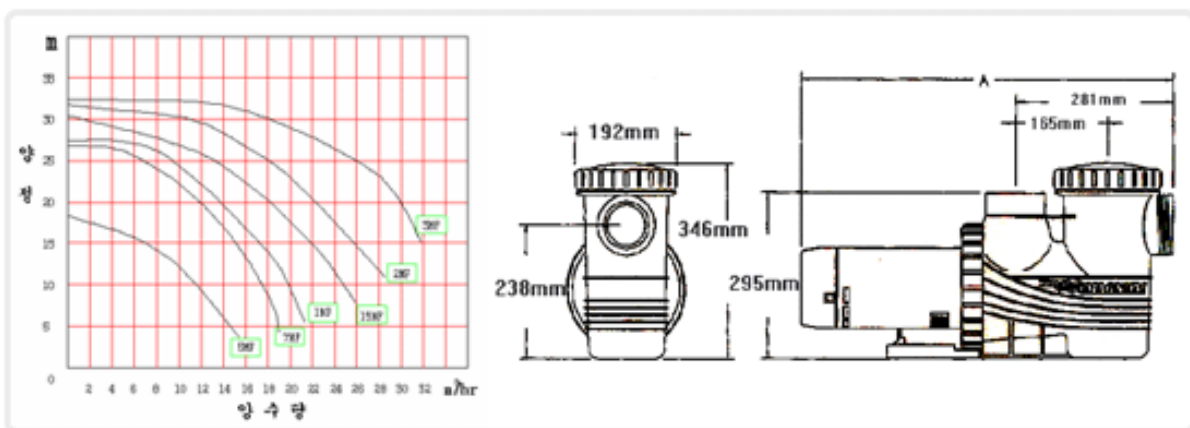


[그림 3-27] 시작품 컨테이너의 제작도면

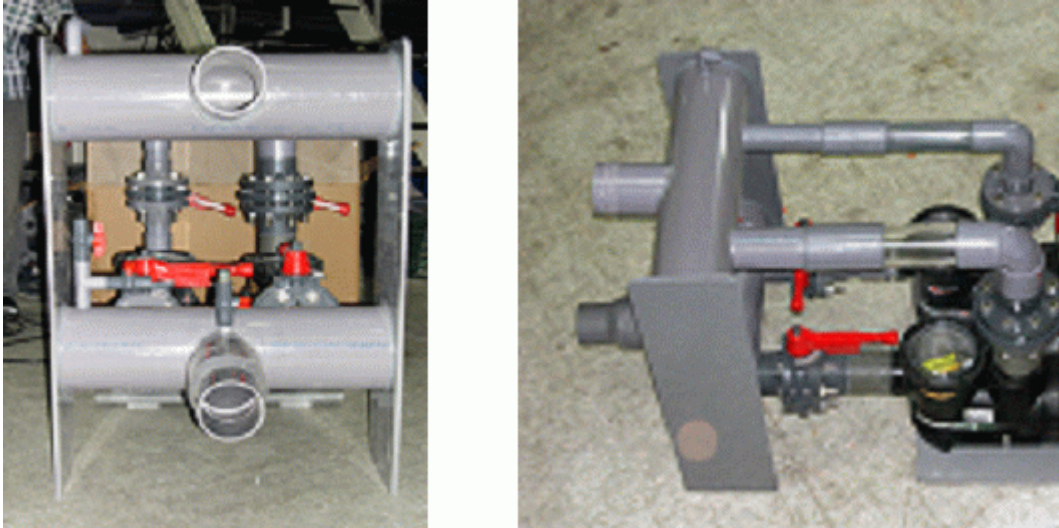
9절 용해부 제작

용존산소를 높이기 위해서는 산소의 투입과 더불어 물에 산소를 용해시키는 용해장치가 필수적이다. 대부분의 용해장치는 투입된 산소기체를 미세한 기포로 만들어 이를 물속에서 최대한 장시간 머물 수 있도록 하는 원리를 취한다. 이를 위해서는 용해장치에 대한 통과물량, 투입산소량, 통과 물과 투입산소의 압력 등 몇 가지 용해를 위한 변수가 있지만 대부분의 용해장치는 제작자의 경험에 의하여 제작된 제품들이 대부분이다. 일정 부피를 가지는 용기내부에 해수를 통과시키며 산소를 동시에 투입, 많은 셀(cell)을 수차례 통과시켜 미세한 산소기포를 만들어 내는 방식과 일반 급수펌프를 적용하여 흡입부에 산소를 투입하여 펌프의 임펠러 회전으로 기포를 파쇄(破碎)하는 방법을 적용하는 방법, 기타 에어스톤(Bubble-stone) 직접 수조에 투입하여 사용하는 방법 등 많은 방법들이 현장에서 사용되고 있다.

시작품으로 제작된 용해기는 이 중에서 해수의 통과량 및 압력, 투입산소량의 제어를 일정하게 유지할 수 있고 실제 현장에서 설치가 비교적 용이한 펌프방식을 택하였다. 제작에 사용된 펌프는 5HP와 3HP 각각 두 대의 펌프가 사용되었고 특히 해수가 직접적으로 통과하기 때문에 임펠러는 플라스틱 재질의 제품을 적용하였다. 두 대의 펌프는 헤더(Header)를 이용하여 병렬로 연결하였으며, 유량조절을 위하여 조절밸브(Butterfly valve)를 각각의 펌프 입구측과 출구측에 장착하였다.



[그림 3-28] 시작품 용해기에 적용된 원심펌프



[그림 3-29] 시작품 용해기의 헤더조립 모습

산소의 투입은 위 사진[그림 3-29]과 같이 흡입단 중간에 볼밸브를 통하여 투입되며 볼밸브는 유량계와 연결되어 있어 산소의 유량을 조절하는 역할을 한다. 펌프의 수평 토출배관에는 투명한 아크릴 배관을 연결하여 각 펌프에서 나오는 산소기포가 포함된 통과해수를 육안으로 확인할 수 있도록 하였고 용존산소의 측정은 헤더 종단 두 펌프의 토출 해수가 하나로 만나는 지점에서 샘플수를 채취할 수 있도록 배관하였다.



[그림 3-30] 용해기 헤더 및 펌프의 조립완성 모습

10절 시작품 현장검증

산소발생 랙 프레임의 단일 성능시험과 컴프레서를 비롯한 부품, 공압 배관을 모두 구성한 컨테이너 시작품에 대한 성능시험 결과 산소순도 90%, 유량 105LPM의 성능을 확보하였다. 시작품의 성능은 산소공급과 관련된 성능은 물론 제품의 장거리 이송에 따른 제품의 안정성, 다양한 현장조건에 따른 설치의 용이성, 초기성능의 지속성 등 실제 설치현장에서의 운전에 따른 다양한 조건들을 만족시켜야 하므로 시작품의 현장운전에 대한 유효성을 검증이 필요하다.

1. 도서지역 양식현장 설치

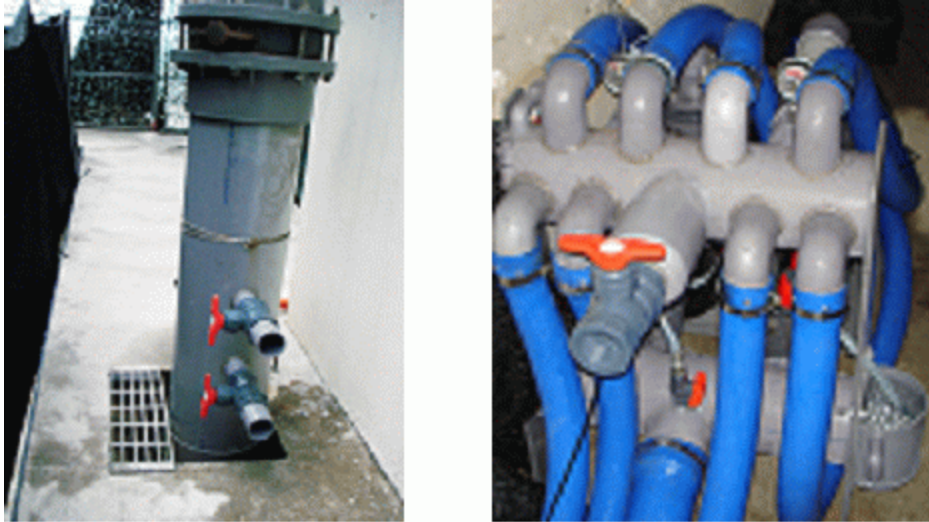
설치현장은 남해안 제주도의 넙치양식장을 선정하였다. 전남 남해안을 중심으로 많은 양식장이 분포되어 있지만 기존 외산 산소발생기의 사용경험과 현재 사용되고 있는 산소발생기와의 성능비교를 위해 제주지역으로 선정하였다.

- ① 장 소 : 제주도 북제주군 애월읍
- ② 현장규모 : 수면적 약 1,000평의 육상수조
- ③ 양식구분 : 넙치 성어육성
- ④ 설치방법 : 고가수조에 직접 배관하여 용해펌프로 해수투입

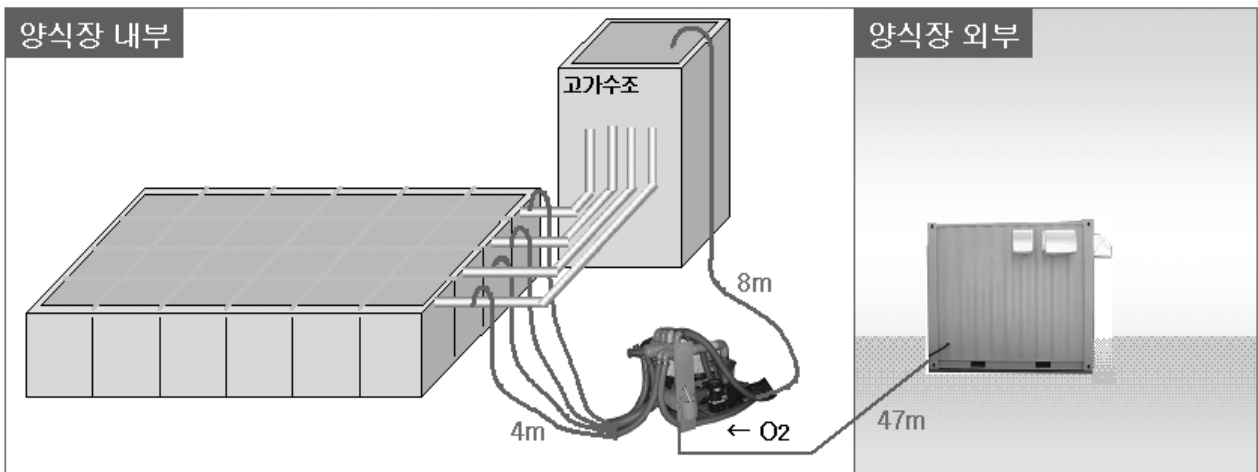
용해펌프의 토출을 수조 공급배관에 연결

용해펌프의 토출은 헤더를 이용 총 8개의 지관으로 수조 공급배관과 연결

용해장치의 설치는 최초 제작 시 [그림 3-29], [그림 3-30] 와 같이 헤더(Header)의 입구와 출구가 각각 1개씩으로 제작된 사양을 현장에서 출구를 8개로 분기하였다. 고가수조에서 수조로 공급되는 배관에 분기관을 각각 1개, 2개, 2개, 3개씩 연결하여 각 상태에서의 수조내의 용존산소 변화를 관찰하기 위하여 헤더의 출구측을 분기하였다.



[그림 3-30] 고가수조 공급배관의 지관 조립 및 용해기 헤더 수정 후 모습



[그림 3-31] 산소발생기와 용해기의 현장설치 구성도



[그림 3-32] 시작품 조작부 및 산소발생 랙프레임



[그림 3-33] 시작품 컨테이너의 내부모습 및 측면모습



[그림 3-34] 시작품 현장설치 모습

2. 유효성 검증사항

시작품 제작 완료 후, 2005년 9월 초 제주도 양식장 현장에 설치되어 12월 현재(약 2,100 시간)까지 연속적인 운전 중에 있으며 이를 토대로 시작품의 성능을 체크하였다. 성능검증은 초기성능 대비 시간에 따른 성능변화 및 부품의 내구성능, 부식 등을 점검하였다.

11절 시작품에 대한 성능평가

시작품의 현장설치 후 각 성능에 대한 항목을 체크하여 초기설정 성능목표치와 비교하였다. 가장 주목할 부분은 단위모듈의 산소발생량이 분당 10리터에서 15리터로 증가하였고 이에 따라 장착되는 모듈의 수를 10개에서 7개로 줄일 수 있었다. 산소의 토출압력은 2.5~3bar로서 가압 방식의 전용용해기 혹은 고압스톤을 적용할 경우 압력손실에 의한 영향으로 실제 용해에 투입되는 산소가 감소하게 된다. 이 부분은 앞으로도 공정개선 및 추가 부스터(booster) 펌프로 보완할 예정이다.

| 구분 | 항 목 | | 목 표 치 | 결 과 | 성과(%) | 비 고 |
|-----------------------|----------|---------|-------------------|-------------------|-------|--------|
| 컨 테 이 너 부 | 산소 | 순도(%) | 90 ± 3 | 90 ± 3 | - | |
| | | 유량(LPM) | 100 ± 10 | 105 ± 10 | ▲ 5 | 대기압 기준 |
| | | 압력(bar) | 3 | 2.5 ~ 3 | ▼10 | 부스터 보완 |
| | 소비전력(kW) | | 16 | 11±1 | ▲32 | 용해기 제외 |
| | 중 량(kg) | | 3,500 | 1,800 | ▲49 | |
| | 크 기(mm) | | 5,900-2,300-2,400 | 3,000-2,400-2,600 | ▲42 | 부피 기준 |
| 산 소 발 생 부 | 소비전력(kW) | | 200 ± 20 | 200 ± 20 | - | |
| | 중 량(kg) | | 300 | 280 | ▲ 7 | |
| | 크 기(mm) | | 1,300-600-2,000 | 1,800-250-1,800 | ▲48 | 랙프레임 |
| | 모듈수(ea) | | 10 (10LPM) | 7 (15LPM) | ▲30 | |

[표 3-2] 시제품의 성능평가 테이블

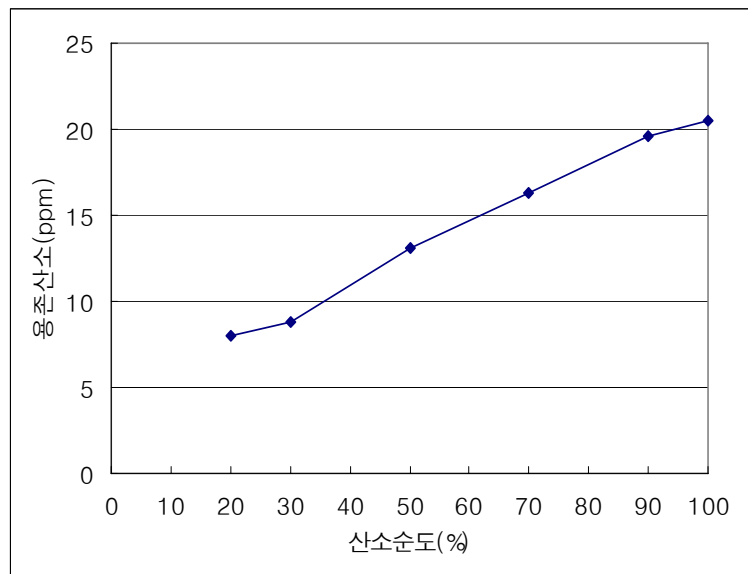
12절 산소순도에 따른 용해도

액체산소(산소순도 99% 이상) 대비 산소발생기(산소순도 90% 이상)의 산소순도에 따른 용해효율 시험을 하였다. 시험조건은 일정용량의 해수수준(35‰) 염도환경에 투입유량을 각각 산소순도를 각각 21%(공기), 30%, 50%, 70%, 90%, 99%로 세팅하여 순산소(순도 100%) 기준으로 동일한 양을 투입하였다. 산소의 용해를 위해 세라믹 스톤 1조를 적용하였다.

※ 시험조건

- 시험수조 용량 : 280L
- 시험수 염도 및 온도 : 32 ‰ , 13℃

| 산소순도 (%) | 산소유량 (LPM) | 기포 크기 |
|----------|------------|-------------|
| 21 | 5 | 대 ↓ 소 |
| 30 | 3.3 | |
| 50 | 2 | |
| 70 | 1.4 | |
| 90 | 1.1 | |
| 99.9 | 1 | |



[그림 3-35] 투입산소 순도에 따른 용존산소

테스트 결과 산소순도에 따른 용존산소는 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 결과적으로 산소의 순도에 따른 용존산소의 증가는 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있으나 스톤의 특성상 투입되는 유량에 따른 발생기포의 크기가 다르므로 용존산소의 증가 폭은 고순도일수록 그 차이가 감소하게 된다. 즉 유량이 적은 고순도의 경우 스톤에서는 작은 크기의 기포가 발생하여 용해효율이 높으나 유량이 많은 저순도의 경우에는 동일한 기포발생 면적을 갖는 스톤에서는 큰 기포가 발생하므로 용해효율은 상대적으로 저하된다. 따라서 산소순도 90%와 100%의 실제적인 용해효율의 차이는 매우 근사하다고 할 수 있다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1절 본 연구에 대한 평가

1. 본 연구의 평가 착안점

- ▶ 10LPM 산소발생 공정의 최적화 시험 : 완료
 - 추가 15LPM 모듈개발
- ▶ 공압회로 및 제어부 개발 : 완료
- ▶ 산소발생 랙 프레임 개발 : 완료
- ▶ 컨테이너형 시작품 개발 및 제작 : 완료

2. 본 연구의 달성도

가. 10LPM 산소발생 공정의 최적화 시험

- 추가 15LPM 모듈공정 개발

PSA공정을 기반으로 하는 산소발생량 5LPM(산소순도 90±3% 기준) 모듈을 토대로 흡착공정의 가압시간 및 압력, 제올라이트 종류 및 충전량, 공압회로 오리피스스의 지름, 탱크압력 등을 변수로 설정하여 최적화 시험을 수행하였다. 산소농축의 효율을 높이기 위하여 최초 3-2밸브 2개를 적용한 공정과 5-2밸브 1개를 적용한 공정(하방 Equalization)에 대한 공정시험을 수행하였다. 모듈 하단부의 5-2밸브와 상부의 직동밸브를 구성(상방 Equalization)하여 위와 동일한 모듈에 적용하여 산소발생 효율을 약 50% 증가시켜 15LPM 모듈제작의 토대를 마련하였다.

나. 15LPM 모듈의 개발 및 제작

목표했던 10LPM 용량의 모듈의 공정개선을 통하여 동일크기의 15LPM 용량의 모듈을 개발하여 시작에 적용하였다. 이는 100리터급 산소발생 랙의 장착모듈을 10개에서 7개로 그 수를 줄이는 역할을 하였고 이에 따라 압축공기의 공급 또한 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

다. 병렬구조의 산소발생 랙 프레임

15LPM 산소발생 모듈 7개를 장착하여 산소순도 $90\pm 3\%$ 기준 105 ± 5 LPM 용량의 산소발생부를 프레임 구조를 적용한 랙타입으로 제작 완료하였다. 장착모듈의 개수를 변경하여 적용현장에서의 산소수요에 대하여 능동적으로 대체할 수 있고 기존 외산 산소발생기를 적용하고 있는 사업장에서는 성능저하 및 폐기 방지된 산소발생부의 대체 적용이 가능하다.

마. 펌프를 이용한 용해기 제작 및 효율측정

용량이 다른 두 대의 펌프(5HP, 3HP)와 헤더(Header), 유량조절밸브(Butterfly valve)를 이용하여 시작품에 적용될 용해기를 제작하였다. 통과유량 및 산소투입량을 변수로 하여 용해효율을 측정하였고 그 결과값을 상용 스톤 및 전용용해기의 용해효율과 비교하였다. 용해펌프의 적정 산소용해 효율은 약 32%이며 그 이상은 용해되지 않는 산소의 양이 많아져 산소의 낭비가 심해지는 현상을 알 수 있었다.

2절 연구성과 및 관련분야 기술발전의 기여도

본 과제를 통하여 개발된 분당 산소발생량 15리터 용량의 모듈은 산소를 원료기체로 하는 산업용 오존발생기의 부품으로 현재 적용되기 시작했으며 향후 오페수 및 환경 분야에 단일 부품으로 그 파급효과가 클 것으로 예상된다. 또한 과제수행 중 현장모니터링을 위해 제작된 소형샘플 제품은 내구성 및 양산성을 고려하여 수차례의 설계변경을 거쳐 유통수조 및 치어 부화장, 전복치폐 등 관련 업장에서의 소비가 증가하고 있어 중소형 양식업장의 기술적이고 체계적인 용존산소 관리가 가능해졌다.

앞서 3장에서 기술한 15LPM에 적용된 압력균등화(Equalization)공정은 입력공기량 및 전기소모량, 부품크기 등 기존 산소발생 모듈에 비해 비약적인 발전을 이루었다. 이는 향후 전개되어질 산소발생기의 공정에 대한 표준을 제시할 것이며 산소발생기 및 관련 산업에 지대한 영향을 줄 것이라 사료된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1절 활용의 중요성

모듈방식의 수산전용 산소발생 시스템의 개발은 크게 경제, 사회, 기술적으로 아래의 표와 같은 중요성을 가지고 있다.

| 항 목 | 중 요 성 |
|--------|--|
| 기술적 측면 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 15LPM 모듈의 기반기술 확보 ◇ 환경 및 공조분야의 활용 및 파급효과 ◇ 염해 및 부식 등 현실적인 문제점을 고려한 수산전용제품 |
| 경제적 측면 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 과제 중간제품(15LPM)의 양산화 판매개시(유통수조, 종묘, 치어) ◇ 증가추세의 수입품 대체효과, 장기적으로 수출 증대 ◇ 양식 산물의 생산단가 절감 및 사육에 따른 에너지 절감 ◇ 양식산업의 생산성증대 분위기에 따른 산소수요의 증가가 예상되며 고가의 액산보다 도서지역의 현실적인 대안 |
| 사회적 측면 | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 맹목적인 외산제품 선호에 따른 부작용 해소 ◇ 배출수의 DO증가로 인한 해수오염 방지 |

이러한 중요성을 고려해 볼 때 수산전용 산소발생기는 그 파급효과가 다양한 측면에서 매우 클 것이라 생각된다. 하지만 아직까지 양식현장에서 특히 도서지역에서 고가의 액체산소 및 외국산제품을 성능이 저하된 상태로 사용하고 있는 이유는 국산제품의 외산대비 신뢰성 저하, 내구성에 대한 불신감과 같은 제품의 기술적인 측면과 장비도입에 따른 초기투자비용에 대한 경제적 부담감을 들 수 있다.

기술적인 신뢰성 및 장시간 사용에 따른 내구성의 경우, 본 과제를 진행하면서 수행했던 소형 샘플제품의 현장 모니터링을 통하여 핵심부품인 모듈과 제품성능에 대하여 충분히 입증

되었고 또한 이러한 결과는 시작품에도 적용되었다. 하지만 장비도입에 따른 경제적 부담감으로 인해 단기적이고 소모성인 고가의 액체산소를 현재에도 많은 현장에서 사용하고 있으며 막대한 A/S비용이 요구되는 외산 산소발생기마저 성능이 저하된 사실도 모른 채 사용하고 있는 실정이다. 이러한 문제는 시간이 지남에 따라 누적되는 사육 에너지비용의 손실은 물론 나아가 양식업의 고비용으로 인하여 고밀도, 다량생산을 지향하는 국내 양식산업을 더욱 어렵게 할 것으로 예상된다.

반면 본 과제기술로 개발된 시작품의 경우, 제작에 적용된 부품을 고려해 볼 때 공기압축기(Compressor) 및 흡착재(Zeolite)를 제외한 나머지 전 부품은 성능에 대한 검증절차를 걸쳐 국산품으로 적용하였다. 이는 향후 시작품의 양산단계에서 외산제품과의 가격경쟁력 및 유지관리에 따른 부품의 교체, 교환 측면에서 상대적인 우위를 점할 수 있고 앞서 언급한 초기투자에 대한 경제적 부담과 유지보수에 따른 비용문제를 충분히 해결할 수 있다고 기대된다.

2절 기대성과 및 활용방안

- 수산용 산소발생 및 DO관리 기술의 세계 일류화 부상
- 도서지역 양식 주민 소득 증대 효과
- 부대적인 에너지 비용 절감 및 환경 개선
- 수산장비 해외 수출

가. 기술적 측면

고비용으로 산소를 사용하고 있는 도서지역 양식 주민의 증양식에 대한 실제적인 비용절감 대안을 마련한 산소발생 시스템의 시작품 개발이 가장 큰 성과이며 국산 기술 및 부품적용에 따른 수입대체효과를 기대할 수 있다. 이는 15LPM 산소발생 모듈 기술을 기반으로 하는 중·대용량 병렬형 산소발생기의 제품기술이 핵심이다. 또한 동일 기술을 적용한 대용량 제품은 해마다 큰 피해를 입히는 적조발생에 대한 대안제품으로 적용가능하며, 동일한 제품기술은 오·폐수 처리 및 소각로 등 환경산업에도 적용될 수 있으므로 그 파급효과가 크다.

나. 경제·산업적 측면

- 제주도 및 도서지역에서 밀식양식에 의한 수익증대의 효과와, 부수에너지절감 효과
- 과제 제안자의 부가가치 창출이익 및 내륙 및 해외시장 개척효과
- 해변환경 개선에 의한 오염처리비용 예방효과
- 기타 수입대체 및 수출활성화에 의한 수지개선효과가 있을 것이다.

| 구 분 | 수익증대(비용절감)-현장 매출증대(부가창출)-업자 | 산업발전효과 (수출입) | 기타 |
|-----------------|--|--|---|
| 양식현장 -사용자- | *년간 약15% 수준의 수익 증대효과(밀식양식에 의한 증식수익25%-산소공급 비용10%)-투자감가상각 5년 감안한 기준임 | *증식에 의한 수산 분야GDP개선효과 *양식 어패류의 품질이 개선되어 수출 증대 효과 | *수조 순환 횟수의 감소 (예,20회->15회)시 펌프 동력 비용 25% 절감효과 |
| 과제 제안자 -옥서스- | *2005 하반기 적용 30개소 1억*30=30억 매출 *2006 적용 150개소 1억*150=150억 매출 | | *해외현지사업자에게 Total Solution 로얄티 청구방식으로 기술판매 (산소발생모듈의 국제특허 및 전용장착장점) |
| 해양수산부 -환경부- | *해안의 오염방제비용 절감 (배출수 DO수치 및 순환 횟수 감소로 예방효과) *2006년 기준 180개소 적용*1개소당 약 1,000K 소요 가정 시 총 180*1,000K=1억8천만원 예방효과 있을 것임. (예상치에 준한 기준임) | *2005년수출 3개국/3개 (이란-1,태국-1, 칠레-1) 1억*3=3억 매출 *2006년수출 10개국/30개 1억*30=30억 매출 *2005년 수입대체 1억*10=10억 *2006년 수입대체 1억*30=30억 | |

제 7 장 참고문헌

1. Steven C. Chapra, Surface water quality modeling, McGrawHill Education, 1999
2. 임여호, 넙치육상수조식 양식의 액화산소 사용효과 조사, 장흥수산기술 관리소 연구-교습 어장 보고서, 2002
3. 김성근, 고유봉, 제주 연안 환경을 고려한 전복 양식 시스템 개발, 제주대학교 해양연구소, 제주대학교 해양학과, 1997
4. 이태수, 의료용 3LPM 산소농축기 양산모델 개발에 관한 연구, 서강대학교, 1999
5. Douglas M. Ruthven, Pressure Swing Adsorption, VCH, 1994
6. 윤재호, 김종훈, 권오경, 배관의 유지관리, 태훈출판사, 2002
7. 김상진, 공기압 시스템, 성안당, 1994
8. 장계남, 어류양식, 양식시리즈 1, 삼광출판사, 2002
9. 권오경, 윤재호, 최영석, 펌프의 유지관리, 태훈출판사, 2002