

GOVP1199702391

제1차년도
최종보고서

639.2

L2937

v.1

장어통발어선 활어창 냉각시스템 개발

A Development of the Chilling System of Live Fish Hold
for Trap Fishing Vessel

1996. 10.

연구기관 : 특수 한국어선협회
법인

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “장어통발어선 활어창 냉각시스템 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1996. 10. 23

주관연구기관명 : 한국어선협회

총괄연구책임자 : 김 경 교

연 구 원 : 김주남,정달성,최교호
정춘모,정덕수,이희준
나형진,홍환표,고보현

협동연구기관명 : 부경대학교

협동연구책임자 : 조 영 제

연 구 원 : 이남걸,최영준,김세환
조민성

참 여 기 업 : 청강냉동공업사

연 구 원 : 강상순,이상희,서인석

협 력 기 관 : 근해통발수산업협동조합

여 백

요 약 문

I. 제 목

장어통발어선 활어창 냉각시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

장어에는 다량의 단백질과 비타민 A(쇠고기보다 200배)등이 함유되어 있어, 미용 및 여름철 스테미너 음식으로 각광을 받으며 매년 그 소비량이 증가하고 있다. 붕장어를 포함한 대부분의 장어류는 활선어 상태로 소비자에게 전해져 소비되는 어류이다. 따라서, 어획한 장어를 활어창에 적재하여 조업장에서 위판장까지 활어상태로 수송해야 하며, 수송하는 동안 활어상태를 유지하느냐 못하느냐는 결국 장어통발어업의 존폐와 직결되는 문제이다.

일반적인 어류의 경우와 같이 장어의 생존조건은 여러가지가 있지만 가장 큰 영향을 주는 것은 수온이며, 수온이 높게 되면 장어의 운동량과 호흡량이 증가하여 활어창 내 해수 중의 용존산소량이 감소되어 스트레스를 받아 결국 치사하게 된다. 붕장어를 활어 상태로 유지하기 위해 활어창에 환수공을 설치, 해수가 환수공을 통해 자연환수가 이루어지도록 하여 수온을 관리하고 있지만, 이는 수온이 높을 경우 장어의 적정생존수온(약12℃) 이하로 떨어뜨리는 것이 불가능하기 때문에, 수온이 상승하는 하절기(7~8월)에는 활어의 치사율이 높아 일부 통발어선이 1일조업을 하는 경우도 간혹 있지

만, 대부분 어민들이 출어를 포기하고 있는 실정이다. 여름철 조업중단으로 인해 소득 감소와 선원수급의 어려움 등 이중고를 겪고 있다.

따라서, 장어를 활어상태로 장기간 보관하기 위해서는 활어창 해수온도를 일정온도의 범위로 낮추어야 하며, 수온이 높은 하절기의 조업을 위해서는 활어창의 수온관리를 위한 장치가 필수적이다. 냉동기와 같은 기계적인 냉각장치가 설치되지 않은 재래식 활어창의 경우, 활어창의 현측과 선저에 수십 개의 환수공(Scupper)를 설치하여 자연환수가 이루어지게 하고, 이와 병행해서 얼음을 일정 시간마다 활어창에 투입하는 비효율적인 방법으로 활어창의 수온을 관리하거나 일부 어선들은 미끼창의 냉동용으로 설치되어 있는 냉동 시스템을 개조하여 활어창에 이용하고 있지만, 활어창 냉각에 관한 기술적 자료나 장어류 생리에 관한 전문적 지식을 기초로 한 과학적이고 체계적인 개발이 뒷받침되지 못해 많은 경제적 피해를 입고 있는 실정이다. 또한, UR협상 타결에 따른 WTO체제 출범으로 수산업에도 「무한경쟁시대」가 다가왔고, 배타적 경제수역(EEZ)의 선포 계획은 열악한 연근해 수산환경을 더욱 압박하고 있어 어로 장비의 현대화가 절실한 시점이다.

소득감소와 선원수급의 어려움에 겹친 이러한 대외적인 환경압박은 일선 선주들로 하여금 스스로 어선의 체질개선의 필요성을 일깨워주고 있어 이를 뒷받침할 수 있는 활어창 냉각시스템의 과학적이고 체계적인 기술개발이 절실히 요구되고 있다.

따라서, 하절기에도 조업이 가능토록 하고자 장어를 각종 해수온도 및 수용밀도에 두었을때 일어나는 장어의 생리변화실험 등을 통하여 장어의 치사율을 최소로 할 수 있는 활어창 냉각시스템을 개발하여 통발어업의 생산성 향상에 따른 소득증대와 어선원의 안정적 생활기반을 조성하는데 기여코져 하며, 어선 냉각장치 제작사들의 설계기술 부족 및 영세성으로 장어 생리변화실험등에 의한 적정수온 유지 조건등의 이론적인 기초설계기준 없이 냉각

장치를 제작 공급하여 제기능을 발휘하지 못하므로써 어민이 직접적으로 피해를 보는 현실에서 이러한 연구를 통하여 기초설계조건 및 설계모델 제시를 통하여 다양한 규모의 통발어선 냉각장치 및 기타 용도의 냉각장치 개발의 기술향상에 이바지함이 본 연구사업의 목적이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1. 실선 및 현장조사

기존 목선 및 신조 FRP어선의 활어창 냉각장치 설치 현황과 조업현황 등을 조사하였다.

가. 조사대상어선

- 목 선 : 총톤수 60톤급 제 302 수덕호
- FRP선 : 총톤수 69톤급 제 311 태남호

나. 조사내용

- 주요제원
- 주요설비
- 활어창 냉각장치
- 개선점 및 문제점

2. 개발시작품 설치 대상어선 선정

본 연구의 시작품 설치 대상어선 선정은 기존선과 신조선에 설치할 경우의 문제점을 비교 검토하여 선정하였으며, 시작품이 여타장비와 관련이 많은 점을 감안하여 신조선 69톤급 FRP선으로 선정하였다.

3. 장어의 생리변화 실험

장어를 여러 가지 환경조건에 두었을때 일어나는 운동량 및 호흡량의 변화에 관한 생리적인 실험을 실시하였다.

○ 실험내용

- 비폭기상태의 각종온도 및 밀도에서의 용존산소량의 변화실험
- 폭기상태의 각종온도 및 밀도에서의 암모니아 생성량의 변화실험
- 해수 중의 용존산소량의 영향실험
- 해수 중의 암모니아의 영향실험

4. 활어창 냉각시스템 개발

기본계획, 실선조사결과 및 선진외국자료 등을 조사분석하여 해수냉각방식으로 압축기, 증발기, 응축기 및 증발압력조정밸브(팽창밸브)의 4대 기본요소를 바탕으로 냉동사이클이 형성되도록 냉각장치 계통도와 전기장치 계통도를 완성하였다.

5. 시작품 기기류 사양서 및 제작도

냉각장치 기기류 사양은 활어창 냉각시스템, 장어 생리실험 및 대상어선 관련도면 등을 바탕으로 최상의 성능을 유지하고 보수유지에 편리하도록 사양서를 작성하였으며, 이를 바탕으로 제작도면을 관련규칙에 만족하도록 완료하였다.

6. 시작품 제작 및 설치

냉각장치 기기류 사양 및 제작도면에 의거 관련 규칙을 만족하도록 설비된 시작품을 대상어선에 설치하였다.

7. 시험조업 및 결과분석

가. 시험조업

- 대상어선 : 제 35 성창호(69톤급 FRP선)
- 조업일시 : 1996. 7. 31 ~ 8. 1
- 조업장소 : 장승포 동남쪽 20마일 해상
- 조사내용
 - 활어창 해수냉각장치 기기류 작동상태
 - 활어창내 용존산소량 및 암모니아 생성량 계측
 - 활어창 냉각수온도 변화 계측
 - 최종장어치사율

나. 결과분석

- 냉각장치 기기류의 작동상태 양호하며, 자동운전으로 승선원 전원을 어로작업에 투입
- 용존산소량은 액화산소병으로 기준치 4ppm 이상을 손쉽게 유지할 수 있었으며 약 19ppm 유지
- 단기조업으로 암모니아 생성량은 약 5ppm 유지되었으며, 장기조업시는 암모니아 생성량이 증가되므로 기준치인 30ppm이하를 유지토록 정기적인 냉각해수 순환이 요청됨.
- 활어창 냉각해수온도는 기준치 12℃보다 높은 약 14℃ 유지되어, 해수온도가 기준치보다 약 2℃높았지만 용존산소량 및 암모니아 생성량 등 활어창 내 환경조건이 기준치에 적합하고 저장기간이 짧아 치사하지는 않았으나 행동이 둔화된 장어가 약5%정도 발생하였으나 이는 동절기와 비슷한 상태임.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 결과

가. 활어창 냉각장치 설계를 위한 기초이론의 체계화

나. 장어의 생리적인 변화실험을 토대로 한 하절기 활어창에서 장어 생존의 최적조건 도출

- 장어의 적정저장 온도 : 12℃ 전후 유지
- 활어창 용존산소량 : 용존산소량 4ppm 이상
- 활어창 해수 중의 암모니아량 : 30ppm이하 유지
- 활어창 냉각해수 교환량 : 하루에 어창용적의 1.5배

다. 활어창 냉각장치에 관한 설계자료 종합 및 설계기준 마련

라. 장어의 치사율을 최소화 할 수 있는 활어창 해수 직접 냉각시스템 계통도 개발 및 시작품 제작.

2. 활용에 대한 건의

가. 대어민 및 조선소 관계

- 1) 본 연구개발의 시작품 보급을 위하여 통발조합을 통하여 어민과 조선소 관계자에게 적극 홍보.
- 2) 어민들은 기존목선을 FRP선으로 건조시 활어창 내 민감한 온도변화와 환수공(물봉)에 의한 장어의 손상 등 보다 높은 치사율을 우려하고 있으나 환수공 개선과 활어창 냉각장치 설치로 치사율은 해결되었으며, 오히려 FRP선이 유지관리비용이나 선령면에서 훨씬 유리하므로 FRP선으로 선질개량 기대.

나. 대정부관계

- 1) 통발어선 활어창 냉각장치의 장비개량에 관한 정부 지원사업시 활용.
- 2) 통발어선에 본 개발시스템을 적용설치하고자 할 경우, 보급 확대를

위하여 소요되는 자금의 일부를 정부의 어로시설 지원자금으로 지원 조치 요망.

- 3) 본 연구개발과 관련하여 발생된 시작품을 69톤급 장어통발어선에 설치, 시험조업하여 최종결과를 도출하였으며, 시작품의 관리 및 이용에 대하여는 주관연구기관(갑), 보관은 근해통발수협(을), 사용자는 어민(병)으로 하여 향후 2년간 관리운영상의 문제점 등을 보고토록 하였는 바, 2년 후의 시작품 처리는 “농림수산기술개발사업 실시요령” 제 39조 산업재산권 및 발생품 등의 귀속 등에 의하여 근해통발수협(대상어선소유자)에게 무상으로 양여할 수 있도록 조치 요망.

SUMMARY

I . Title

A Development of the Chilling System of Live Fish Hold
for Trap Fishing Vessel

II. Objects and Importance of the Project

Being rich in protein and vitamin A(200 times more than beef), live sea-eels are being spotlighted for beautiful face and developing physical strength in summer season. So the consumption of them is increasing every year.

Usually, most of the sea-eels are consumed by the live fresh condition. So they caught by the trap fishing vessel on the fishing ground must be kept under the live condition in the live fish hold, and transported to the fish market under the same condition. Accordingly, to keep or not them under the live condition during the while is linked directly with this fishery remains or not.

The live fish holds of a existing vessel have many scuppers to keep catches under the live condition. But, during summer season (especially, July ~ August), due to rising of sea water temperature, the increase of catches' death-rate is coming to the front to big problem.

At present, most of off-shore trap vessels are stopping fishing during

summer season that sea water temperature is high. Part of vessels install the chilling system similar to the other type fishing vessel's and do fishing. But because the systematic and scientific development wasn't achieved about the chilling system, many fishermen had to undergo much economic damage with the frequent troubles.

This circumstance is giving the blow against fishermen with the income-decreasing and the difficulty of crew's supply & demand and management. In addition, the depression of the external situations like the departure of WTO system and the plan of EEZ(exclusive economic zone) proclaim is forcing them into improving their fishing condition. By this international and domestic circumstance, development of the chilling system including the various necessity equipment is demanded sincerely for live fish hold for trap fishing vessel.

This project has two objects as follows in order to satisfy this demand.

- 1) With developing the chilling system of live fish hold so that the death rate of sea-eel can be minimized, makes it possible to keep fishing up all through the year. Providing that, fishermen will be benefited the income-increasing and released in the difficulty of crew's supply & demand and management.
- 2) By means of extracting the chilling system's utility and efficiency through the trial fishing, presents the basic design condition and the standard model of the chilling system in order to supply widely for this fishery and applicate for the related industry.

III. Contents and Scopes of the Project

1. Survey of the existing vessel and the fishing status.

Surveyed the installation status of the chilling system of the live fish hold and the fishing status of a existing wooden vessel and a new built FRP vessel.

a. Survey of Fishing vessels

- A wooden vessel : G/T 60 tonnage class 302 SU DUK HO
- A FRP vessel : G/T 69 tonnage class 311 TAE NAM HO

b. Contents of Survey

- Main principals
- Main equipments
- The chilling system of live fish hold
- Improvement point and problems

2. Development of the prototype equipment installation vessel

Compared and investigated problems occur possible when the prototype equipment is installed in the existing vessel and new built vessel.

3. Check of the changes about the serum and muscle components of eel.

- Experiment contents

- Changes on dissolved oxygen in seawater with non-aeration during storage at various temperatures and densities
- Changes on total ammonia in seawater with aeration during storage at various temperatures and densities.
- Changes on serum and muscle components of eel during storage in refrigerated seawater keeping concentration of 4ppm dissolved oxygen.
- Changes on serum and muscle components of eel during storage in refrigerated seawater including 30ppm ammonia.

4. Development of the chilling system of live fish hold.

Researching and analyzing the basic plan of this project, the research results about a existing vessel and the related foreign data, we designed the chilling system diagram and the related electric system in order to make the refrigerating cycle including the 4-basic components, that is, compressor, evaporator, condenser, evaporating press. regulating valve(expansion valve).

5. Completed the component's specification and the detailed manufacturing drawings.

Drawed up the specification in order to keep up the best performance and also be convenient for the repair and maintenance. And with basing on this, completed the manufacturing drawings in order to satisfy the

related regulation.

6. Manufacture and installation of the chilling system.

Manufactured and installed the chilling system in the selected fishing vessel.

7. Trial fishing and analysis of result.

a. Trial fishing

- Survey of Fishing vessel : 35 SUNG CHANG HO(69 ton class,
FRP)
- Date : 1996. 7. 31 ~ 8. 1
- Contents
 - Working condition of equipments of the chilling system.
 - Measured dissolved oxygen and ammonia concentration.
 - Measured the temperature of live fish hold.
 - Checked the final death-rate of sea-eels.

b. Analysis results

- Working condition of equipments of the chilling system was good. And by operating equipments of the chilling system automatic, all crews were engaged in fishing.
- The dissolved oxygen was kept to about 19ppm.
- The ammonia concentration was kept to about 5 ppm with a short period fishing. The ammonia concentration must be kept

to below 30 ppm by the 1.5 times circulation of fish hold volume each day with a long period fishing.

- The chilling water's temperature was kept to about 14°C higher than 12°C.

But the chilling water's temperature was higher than the limit, dissolved oxygen and ammonia concentration was afford to satisfy the each limits. And with a short period fishing, the death-rate of sea-eels (5%) was much the same with the winter's

IV. Results of development and suggestions for the practical use

1. Results

- a. Summary of basic theories for the chilling system of live fish hold.
- b. Extracted the optimal survival condition based on the changes about the serum and muscle components of eel.
 - The optimal chilling water temperature : about 12°C.
 - Dissolved oxygen : above 4ppm.
 - Ammonia concentration : below 30ppm
 - The exchanging quantity of the chilling water : 1.5 times of hold volume per day.
- c. Summary of various design data and guidance for the chilling system design.
- d. Development of sea water direct cooling system in order to minimize

the death-rate of sea-eels.

2. Suggestions for the practical use

1) For fishermen and ship yard

- a. Trap fisheries cooperatives and korean fishing vessel society(KF) let fishermen and ship yard know positively this manufacture to supply widely.
- b. Coach manufactures about the technique for the manufacture of this chilling system so that fishermen trust this system.
- c. Because of reduce maintenance expanses and extend vessel life, government lets them know positively building of FRP vessel.

2) For governmental authority

- a. When government performs the support project for equipment improvement, we suggest that government use practically this prototype equipment.
- b. To supply widely this prototype equipment, we suggest that government support part of the installation cost with support funds of government about fishing equipment.
- c. We contracted that KF(A) charges about management and usage of this prototype equipment, trap fisheries cooperatives(B) charge deposit of it, fisherman(C) uses it. We suggest that government take action to give trap fisheries cooperatives the property of this prototype equipment after 2 years. For reference, trap fisheries cooperatives(B) paid the part of installation cost of the prototype equipment.

CONTENTS

EXHIBIT (in Korean)	1
SUMMARY (in Korean)	3
SUMMARY (in English)	10
CONTENTS (in English)	17
CONTENTS (in Korean)	20
List of Tables	22
List of Figures	24
Chapter I Preface	29
Section 1 Objects and Importance of the Project	31
Section 2 Contents and Scopes of the Project	33
Section 3 Promotion System of the Project	34
Chapter II Status of the eel trap fishery	37
Section 1 History of the eel trap fishery	39
Section 2 Actual state of this fishery	39
Section 3 Ecology of eel	41
Section 4 Fishing gear and fishing status of the off-shore trap	42
Section 5 Status of live fish hold	46
Chapter III Demonstration on the changes of serum and muscle components of eel.	49

Section 1 Necessity and objects of demonstration.	51
Section 2 Changes on dissolved oxygen in seawater with nonaeration during storage at various temperatures and densities.	53
Section 3 Changes on total ammonia in seawater with aeration during storage at various temperatures and densities.	68
Section 4 Changes on serum and muscle components of eel during storage in refrigerated seawater including 30ppm ammonia.	81
Section 5 Changes on serum and muscle components of eel during storage in refrigerated seawater keeping concentration of 4ppm dissolved oxygen.	96
Section 6 Results of demonstration.	108
 Chapter 4 Basic theory for the chilling system design	111
 Section 1 Concept of refrigeration	113
Section 2 Basic of thermo dynamics	114
Section 3 Refrigeration system	121
Section 4 Refrigerant	125
Section 5 Components of refrigeration system	131
 Chapter 5 Development of the chilling system of live fish hold	145
 Section 1 Survey of the existing vessel and the fishing status	147
Section 2 Selection of the prototype equipment installation vessel	149

Section 3 Determination of the chilling system	150
Section 4 Design and specification of the chilling system	151
Section 5 Manufacture and installation of prototype equipment	168
Chapter 6 Trial fishing and analysis of results	179
Section 1 Trial fishing	181
Section 2 Analysis of results	183
Chapter 7 Conclusion	187
References	190

목 차

제출문 (국문)	1
요약 (국문)	3
요약 (영문)	10
목차 (영문)	17
목차 (국문)	20
표목차	22
그림목차	24
제 1 장 서론	29
제1절 연구개발의 목적 및 중요성	31
제2절 연구개발의 내용 및 범위	33
제3절 연구개발의 추진체계	34
제 2 장 장어통발어업의 현황	37
제1절 장어통발어업의 발달과정	39
제2절 장어통발어업의 실태	39
제3절 장어의 생태	41
제4절 근해통발어업의 어구 및 조업상황	42
제5절 통발어선의 활어창 현황	46
제 3 장 장어의 생리 변화 실험	49
제1절 실험의 필요성 및 목적	51
제2절 비폭기상태로 각종온도와 밀도로 저장중에 용존 산소량의 변화	53
제3절 폭기상태로 각종온도와 밀도로 저장중에	

암모니아 생성량의 변화	68
제4절 해수중의 암모니아가 30ppm상태에서 붕장어의 혈액 및 근육성분의 변화	81
제5절 해수중의 용존산소량이 4ppm상태에서 붕장어의 혈액 및 근육성분의 변화	96
제6절 실험결과	108
제 4 장 냉각시스템 설계를 위한 기초이론	111
제1절 냉동의 개념	113
제2절 열역학의 기초	114
제3절 냉동시스템	121
제4절 냉매	125
제5절 냉동장치의 구성요소	131
제 5 장 활어창 냉각시스템 개발	145
제1절 실선 및 현장조사	147
제2절 개발시작품 설치 대상어선 선정	149
제3절 활어창 냉각시스템 선정	150
제4절 냉각시스템 설계 및 사양	151
제5절 시작품 제작 및 설치	168
제 6 장 시험조업 및 결과분석	179
제1절 시험조업	181
제2절 결과분석	183
제 7 장 결 론	187
참고문헌	190

표 목 차

< 표 1-1 > 연구개발 추진체계	35
< 표 2-1 > 통발어선의 톤급별, 선질별 분포	40
< 표 2-2 > 통발 어선의 어종별(어류) 생산량 비교	40
< 표 2-3 > 장어통발어선의 톤급별 분포실태	40
< 표 2-4 > 장어의 연간생산량 및 수출현황	41
< 표 2-5 > 어구의 구성자재 및 규격	44
< 표 3-1 > 질식을 일으킬 때의 잔존산소량	53
< 표 3-2 > 산소소비량에 미치는 체중의 영향	54
< 표 3-3 > 비폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시에 해수중의 용존산소량이 1ppm까지 저하하는데 걸리는 시간(min)	56
< 표 3-4 > 비폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시에 해수중의 용존 산소량 감소속도상수(min^{-1})	59
< 표 3-5 > 비폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 40% 밀도로 수용시에 붕장어의 치사시간(hr)	65
< 표 3-6 > 폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시 해수중의 암모니아 농도가 40ppm까지 도달하는데 걸리는 시간(hr)	70
< 표 3-7 > 폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시 해수중 암모니아 생성속도 상수(hr^{-1})	73
< 표 4-1 > 기준 냉동 사이클	125

<표 4-2> 냉매의 특성	128
<표 5-1> 실선조사표	147
<표 5-2> 제35 성창호 제원	149
<표 5-3> 냉매별 대수평균온도차(Δt_m)의 기준치	157
<표 5-4> 관내유속의 한도	159
<표 5-5> 냉매별 나관(Bare Tube)의 열관류율	160
<표 5-6> 만액식 SHELL & TUBE식 프레온 증발기의 열관류율	162
<표 5-7> 건식 SHELL & TUBE식 프레온 증발기의 열관류율	163
<표 5-8> 대상어선의 규모변경 내역	168
<표 6-1> 활어창 냉각해수의 시간별 용존산소량 및 암모니아량	181
<표 6-2> 활어창 냉각수의 시간별 온도변화	182

그림 목차

<그림 2-1> 재래의 통발	42
<그림 2-2> 현재의 통발	43
<그림 2-3> 어구의 구성	43
<그림 2-4> 장어통발어업(근해)의 어장도 (50G/T급)	45
<그림 3-1> 비폭기상태로 각종온도의 해수중에 봉장어를 10% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화	57
<그림 3-2> 비폭기상태로 봉장어를 10% 밀도로 저장 중에 용존산소량 감소의 온도의존성 변화	58
<그림 3-3> 비폭기상태로 각종온도의 해수 중에 봉장어를 20% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화	61
<그림 3-4> 비폭기상태로 봉장어를 20% 밀도로 저장 중에 용존산소량 감소의 온도의존성 변화	62
<그림 3-5> 비폭기상태로 각종온도의 해수 중에 봉장어를 30% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화	63
<그림 3-6> 비폭기상태로 봉장어를 30% 밀도로 저장 중에 용존산소량 감소의 온도의존성 변화	64
<그림 3-7> 비폭기상태로 각종온도의 해수 중에 봉장어를 40% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화	66
<그림 3-8> 비폭기상태로 봉장어를 40% 밀도로 저장 중에 용존산소량 감소의 온도의존성 변화	67
<그림 3-9> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 봉장어를 10% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화	71

<그림 3-10> 폭기상태로 붕장어를 10% 밀도로 각종온도별로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성	72
<그림 3-11> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 20% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화	74
<그림 3-12> 폭기상태로 붕장어를 20% 밀도로 각종온도별로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성	75
<그림 3-13> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 30% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화	77
<그림 3-14> 폭기상태로 붕장어를 30% 밀도로 각종온도별로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성	78
<그림 3-15> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 40% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화	79
<그림 3-16> 폭기상태로 붕장어를 40% 밀도로 각종온도별로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성	80
<그림 3-17> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 hemoglobin함양 변화(밀도 : 40%)	86
<그림 3-18> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 glucose함양 변화(밀도 : 40%)	87
<그림 3-19> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 triglyceride함양 변화(밀도 : 40%)	89
<그림 3-20> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 암모니아 생성량의 변화(밀도 : 40%)	90
<그림 3-21> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 근육중의 유산량의 변화(밀도 : 40%)	91

<그림 3-22> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중(5℃)에 붕장어를 저장시에 근육중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)	94
<그림 3-23> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중(12℃)에 붕장어를 저장시에 근육중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)	95
<그림 3-24> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 hemoglobin함양 변화(밀도 : 40%)	100
<그림 3-25> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 glucose함양 변화(밀도 : 40%)	102
<그림 3-26> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 triglyceride함양 변화(밀도 : 40%)	103
<그림 3-27> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 혈액중의 암모니아 생성량의 변화(밀도 : 40%)	104
<그림 3-28> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장 중에 근육중의 유산량의 변화(밀도 : 40%)	105
<그림 3-29> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중(5℃)에 붕장어를 저장시에 근육 중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)	106
<그림 3-30> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중(12℃)에 붕장어를 저장시에 근육 중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)	107
<그림 4-1> 냉동 사이클	117
<그림 4-2> 이상적인 열 사이클인 카르노 사이클	118
<그림 4-3> 모리엘 선도	120
<그림 4-4> 냉동시스템의 계통도	121
<그림 4-5> 압축식 냉동 사이클	123
<그림 4-6> 직접팽창식 계통도	126

<그림 4-7> 간접팽창식 계통도	129
<그림 4-8> 만액식 셀앤드튜브형 프레온증발기	138
<그림 4-9> 건식 셀앤드튜브형 증발기	139
<그림 4-10> 수액기	140
<그림 4-11> 유분리기(배플형)	141
<그림 4-12> 액분리기	142
<그림 5-1> 대향류와 병행류	156
<그림 5-2> Low Fin Tube의 열관류율	159
<그림 5-3> 제302 수덕호 실선조사사진	169
<그림 5-4> 제311 태남호 실선조사사진	170
<그림 5-5> 활어창 냉각장치 계통도	171
<그림 5-6> 시작품 탑재어선 전경	172
<그림 5-7> 시작품-압축기, 응축기사진	173
<그림 5-8> 시작품-증발기, 액분리기사진	174
<그림 5-9> 시작품-유분리기, 건조기사진	175
<그림 5-10> 시작품-증발압력조정변, 팽창밸브사진	176
<그림 5-11> 시작품-전동기, 기동기반사진	177
<그림 5-12> 시작품-펌프사진	178
<그림 6-1> 시험조업사진(1)	185
<그림 6-2> 시험조업사진(2)	186

여 백

제 1 장 서 론

여 백

제 1 장 서 론

제1절 연구개발의 목적 및 중요성

장어통발어선은 어획한 장어를 활어창에 적재하여 위판장까지 활어상태로 수송해야 하며, 수송하는 동안 활어상태로 유지하느냐 못하느냐는 결국 이 어업의 존폐와 직결되는 문제가 된다. 일반적인 어류의 경우와 같이 장어의 생존조건은 여러가지가 있지만 가장 큰 영향을 주는 것은 수온이며, 수온이 높게 되면 장어의 운동량과 호흡량이 증가하여 활어창내 해수 중의 용존산소량이 감소되어 스트레스를 받아 결국 치사하게 된다.

현재, 많은 통발어선이 수온이 상승하는 하절기(8~9월)에는 활어창 내 수온상승으로 인하여 장어의 치사율이 높아 1일조업을 하는 경우도 있지만, 대부분 어민들이 출어를 포기하고 있는 실정이다. 여름철 조업중단으로 인해 소득 감소와 선원수급의 어려움 등 이중고를 겪고 있다. 따라서, 장어를 활어상태로 장기간 보관하기 위해서는 활어창 해수온도를 일정한도의 범위로 낮추어야 하며, 수온이 높은 하절기의 조업을 위해서는 활어창의 수온관리를 위한 장치가 필연적이다.

냉동기와 같은 기계적인 냉각장치가 설치되지 않은 재래식 활어창의 경우, 활어창의 현측과 선저에 수십 개의 환수공(Scupper)를 설치하여 자연환수가 이루어지게 하고, 이와 병행해서 얼음을 일정 시간마다 활어창에 투입하는 비효율적인 방법으로 활어창의 수온을 관리하거나 일부 어선들은 미끼창의 냉동용으로 설치되어 있는 냉동 시스템을 개조하여 활어창에 이용하고 있으나, 활어창 냉각에 관한 기술적 자료나 장어류 생리에 관한 전문적 지식을 기초로 한 과학적이고 체계적인 개발이 뒷받침되지 못해 많은 경제적

피해를 입고 있는 실정이다.

활어창 냉각장치와 관련한 기존연구의 내용으로는 환수공를 입수공과 배수공으로 분리, 설치하는 방법을 연구하여 환수효율의 최대화를 꾀하였고, 환수중에 발생하는 난류를 억제하기 위한 정류장치의 개발(난류는 활어에 스트레스를 줌), 환수가 자연적으로 이루어지지 않는 경우를 위한 강제환수장치의 설치 등이 있었으나, 이는 해수온도 이하로 냉각수온을 떨어뜨리는 것이 불가능하기 때문에 수온이 상승하는 하절기의 조업을 위해서는 냉동장치를 이용한 활어창 냉각장치의 개발이 절실히 요구되고 있다. 또한, UR협상 타결에 따른 WTO체제 출범으로 수산업에도 「무한경쟁시대」가 다가왔고, 배타적 경제수역(EEZ)의 선포 계획은 열악한 연근해 수산환경을 더욱 압박하고 있어 어로 장비의 현대화가 절실한 시점이다.

소득감소와 선원수급의 어려움에 겹친 이러한 대외적인 환경압박은 일선 선주들로 하여금 스스로 어선의 체질개선의 필요성을 일깨워주고 있어 이를 뒷받침할 수 있는 활어창 냉각시스템에 대한 과학적이고 체계적인 기술개발이 절실히 요구되고 있다.

현재, 외국의 경우 어선용 해수냉각장치의 개발로 소득증대 등 생산성 향상의 효과를 보고 있으나, 국내의 경우 근해통발어업에 의한 붕장어의 95년 연간총생산량은 14,378톤에 이르고, 그 중 하절기인 8월의 생산량은 약 3%에 불과한 실정으로 이는 현행의 활어창 냉각시스템으로는 조업의 한계성때문에 하절기에는 출어를 포기하고 있는 경우가 많기 때문이다.

따라서, 하절기에도 조업이 가능토록 하고자 장어를 각종 해수온도 및 수용밀도에 두었을때 일어나는 장어의 생리변화실험 등을 통하여 장어의 치사율을 최소로 할 수 있는 활어창 냉각시스템을 개발하여 통발어업의 생산성 향상에 따른 소득증대와 어선원의 안정적 생활기반을 조성하는데 기여코져 하며, 어선 냉각장치 제작사들의 설계기술 부족 및 영세성으로 장어 생리변

화실험등에 의한 적정수온 유지 조건등의 이론적인 기초설계기준 없이 냉각장치를 제작 공급하여 제기능을 발휘하지 못하므로써 어민이 직접적으로 피해를 보는 현실에서 이러한 연구를 통하여 기초설계조건 및 설계모델 제시를 통하여 다양한 규모의 통발어선 냉각장치 및 기타 용도의 냉각장치 개발의 기술향상에 이바지 하고져 한다.

제2절 연구개발의 내용 및 범위

연구내용은 우선 장어통발어업의 현황과 실태 및 조업상황에 대하여 기술하고, 실선 및 현장조사의 결과 분석에 의한 시작품 설치대상어선 선정내용과 활어창 냉각시스템의 개발에 필요한 기초이론 등을 정리하였으며 장어의 생리적인 변화실험을 통한 활어창 환경조건을 제시하였다.

또한, 위의 내용을 바탕으로 냉각장치 기기류의 설계와 펌프용량 및 배관경 선정 등 설계기준을 제시하였으며, 이를 본 사업 계획상의 연구범위인 시작품 설계제작에 적용하여 결과를 제시하였다.

전반적인 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

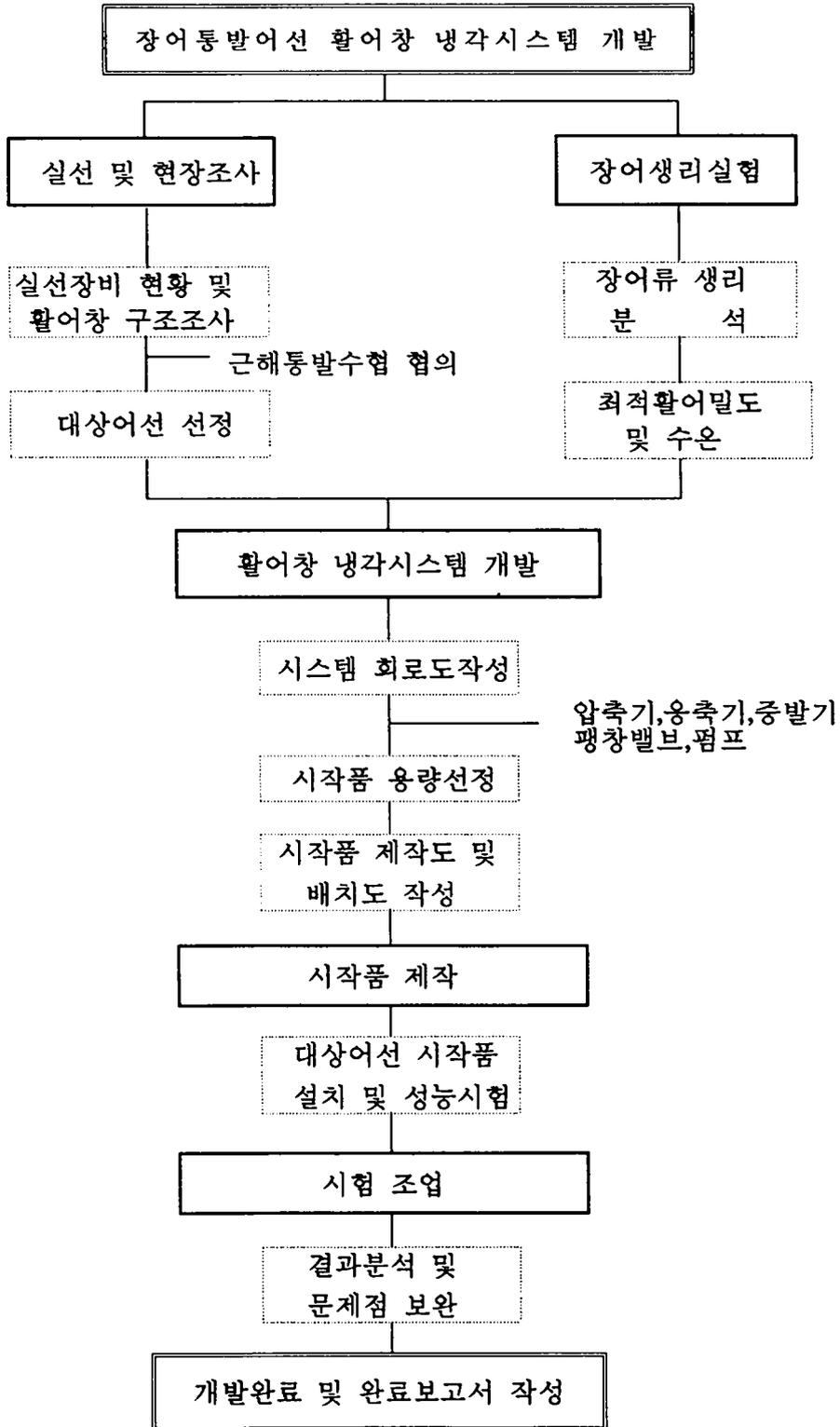
- 장어통발어업의 현황 설명
- 장어의 생리적인 변화실험을 통하여 적정 활어창 수용밀도, 저장온도, 해수 중의 적정용존산소량 제시와 이들이 활어의 치사에 미치는 환경조건 제시
- 근해통발어선의 하절기 조업실태조사 및 문제점 분석
- 활어창 냉각시스템 개발
- 시작품 제작 및 설치
- 시험조업 및 결과분석

제3절 연구개발 추진체계

본 연구개발사업은 산·학·연으로 구성되어 주관연구기관은 본 연구사업을 총괄하고 활어창 냉각시스템의 설계를 담당하는 한국어선협회가, 협동연구기관은 장어의 생리실험을 담당하는 부경대학교(구 부산수산대) 수산식품연구소가, 참여기업은 본 개발품의 시제품 제작을 담당하는 청강냉동이 각각 맡았다. 또한, 실수요자인 근해통발수산업협동조합에서는 시제품을 통발어선에 설치할 수 있도록 대상어선을 선정하고 시험조업에 관련한 제반사항을 담당했다.

세부적으로, 주관연구기관에서는 통발어선의 주요장비 및 어창배치, 구조 등 제반사항을 조사·분석하여 냉각시스템 적용에 관한 사항을 선정하여 활어창 냉각시스템도를 작성했고, 협동연구기관은 장어의 생리실험으로 장어의 생존에 적합한 활어창의 최적조건을 제시했다. 참여기업은 주관연구기관과 협의하여 관련 기기류사양 및 제작도를 작성, 시제품을 제작하여 대상어선에 설치하였다. 본 연구사업의 관계자 입회 하에 시험조업을 행하여 시제품의 성능을 검토, 분석하였다. 이러한 연구과정을 통하여 최종 개발된 활어창 냉각시스템에 대한 연구개발을 완료코져 했다.

<표 1-1> 연구개발 추진체계



여 백

제 2 장 장어통발어업의 현황

여 백

제 2 장 장어통발어업의 현황

제1절 장어통발어업의 발달과정

붕장어를 대상으로 하는 통발어업인 장어통발어업은 약 100여년 전부터 우리 나라에서 행해져 내려 왔음이 관련 문헌에 기록되어 있으며, 실제 본격적인 조업은 1970년대 초부터로 알려져 있다. 1972년 신고어업으로 표면화되기 시작하여 1975년도 말에 허가어업으로 변천해 온 통발어업은 수산업법 시행령에 의거 현재 8톤 미만의 소형선이 종사하는 연안통발어업(Coastal Trap)과 8톤 이상의 어선이 종사하는 근해통발어업(Off-Shore Trap)으로 나누어져 있다.

제2절 장어통발어업의 실태

현재 우리 나라에서 통발어업에 종사하고 있는 어선 수는 무동력선을 포함해 8,500여척이며, 이 중 5톤 미만의 소형선이 7,300여척으로 대부분의 선박이 소형인데다가 아직은 어로 장비 및 설비가 노후하며 영세성을 면치 못하고 있다. 이 어업에 종사하고 있는 어선의 톤급별, 선질별 분포를 <표 2-1>에 나타내고 있다.

통발로 어획하는 어종으로는 장어류를 포함해 넙치류, 임연수어, 망둥이류, 볼락 등이 있으며, 장어류가 전체의 71%를 차지하고 있다. <표 2-2>는 통발 어선의 어종별(어류) 생산량 비교를 나타내고 있다. 장어(대부분은 붕장어)를 통발로 어획하는 장어통발어선의 수는 약 870여척이며, 연근해 어업 중 어획능률이 좋을 뿐만 아니라 어획량의 약 80%를 활선어로 수출하며 많은 외화획득을 하고 있어 비록 본격화된지가 30여년 정도밖에 되지 않지

만 수산업자들에게는 각광을 받고 있는 어업이다.

<표 2-1> 통발어선의 톤급별, 선질별 분포

구 분	톤 급 별				선 질 별			총척수
	5톤 미만	5톤~ 10톤	10톤~ 50톤	50톤 이상	강선	목선	FRP	
근 해	1	12	345	177	80	407	48	535
연 안	7,247	742	-	-	12	6,568	1,409	7,989
소 계	7,248	754	345	177	92	8,975	1,457	8,524

자료 : 농림수산통계연보 (95년도)

<표 2-2> 통발 어선의 어종별(어류) 생산량 비교

구 분	넙치류	갯장어	붕장어	임연수어	망둥이류	볼락	기타	계
근 해	-	2	3,494	-	-	9	70	3,575
연 안	105	206	8,461	689	515	342	2,875	13,193
소 계	105	208	11,955	689	515	351	2,945	16,768

자료 : 농림수산통계연보 (95년도)

<표 2-3>은 장어통발어선의 톤급별 분포를, <표 2-4>는 '95년도 어획한 붕장어의 생산량 및 수출실적을 나타내고 있다.

<표 2-3> 장어통발어선의 톤급별 분포실태

1995.12.30현재

계		10 - 30톤		31 - 50톤		51 - 70톤		비 고
척수	톤수	척수	톤수	척수	톤수	척수	톤수	
158	7,057	38	836	83	3,486	39	2,735	전국 242척중 운반선 전업: 24척 장어통발건수:218척 기타통발겸업: 60척

자료 : 근해통발 수산업 협동조합

<표 2-4> 장어의 연간생산량 및 수출현황

1995.12.30현재

생 산 량		수 출 실 적		비 고
수 량(톤)	금 액(백만원)	수 량(톤)	금 액(천불)	
14,378	71,890	11,495	87,004 (가공가)	

자료 : 근해통발 수산업 협동조합

제3절 장어의 생태

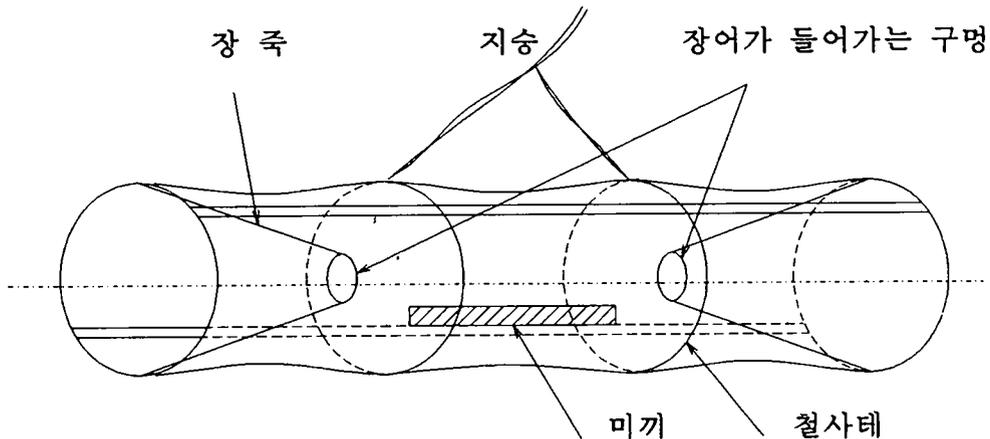
통발어업의 대상어종인 장어는 거의 대부분이 붕장어인데 이 붕장어의 학명은 *Conger myriaster*이다. 이 붕장어의 분포는 일본 북해도 이남의 일본 연해, 우리 나라 전해역 및 우리 나라 남해도서에 접한 대륙붕 등이며, 붕장어의 서식 최적수온은 14℃~16℃로 알려져 있다. 포란 수는 크게 110만~1,200만이며, 산란장소는 우리 나라 서남제도 근해(250°N)의 연안에 접한 「혹조」 수역 또는 그 지류수역이라고 한다. 산란기는 봄부터 여름에 걸치며 변태에 요하는 일수는 약 20일이며, 난은 분리부성란이며 1회에 전부 산란하는 것으로 추정하고 있다.

난에서 부화한 후 치자어(稚仔魚)는 무저항의 표류를 계속하여 이들은 연안의 만입부나 도서주변의 물의 흐름이 완만한 곳에서 점차 수동적 생활을 탈피한다. 변태기 및 변태후기의 반치어(半稚魚)는 저층으로 하강하여 연안의 모래, 자갈, 암초주변의 갈어수역에서 변태를 완료하고 저질의 펄, 모래 펄인 해역으로 이동하여 생활한다. 전장 35cm이상(1세군 이상)이면 어획의 대상이 되는 붕장어는 수심 10m~100m되는 해역의 펄, 모래펄인 자갈 등에서 서식하고 있다. 식성은 내만서식성의 것은 어류를 가장 많이 먹고, 근해의 것은 새우를 가장 즐겨 먹고, 다음에 어류, 게 등의 순으로 먹는다.

제4절 근해 통발 어업의 어구 및 조업 상황

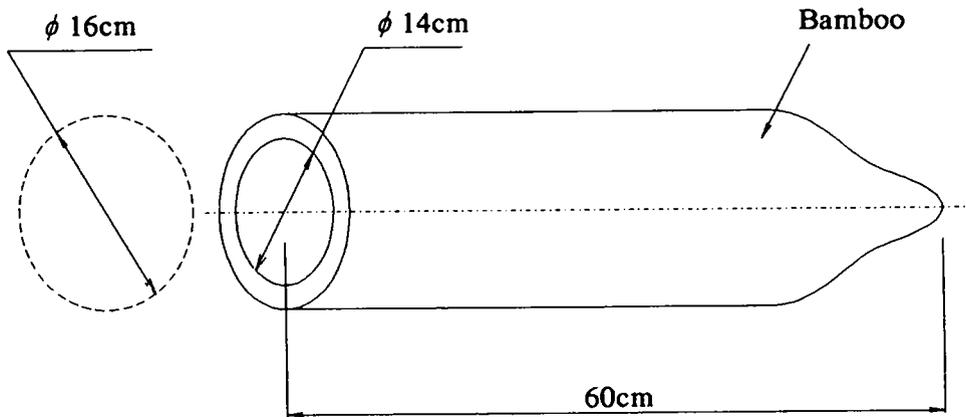
1. 어구와 어구의 구성

지금까지 변천해온 장어통발어구는 형태상으로 재래의 것과 현행의 것으로 크게 2가지로 구분된다. <그림 2-1>의 어구는 그물을 이용해 어구를 만들어 사용하던 과거의 재래식의 것으로 60개 가량의 어구를 줄에 달아 조업했다. 미끼대를 통발내부에 설치하여 통발외부에서 미끼를 건드리지 못하도록 하여, 양쪽 통발입구로 장어를 유도할 수 있는 구조로 되어 있으며, 주로 연안에서 소규모의 어업에만 이용했다.



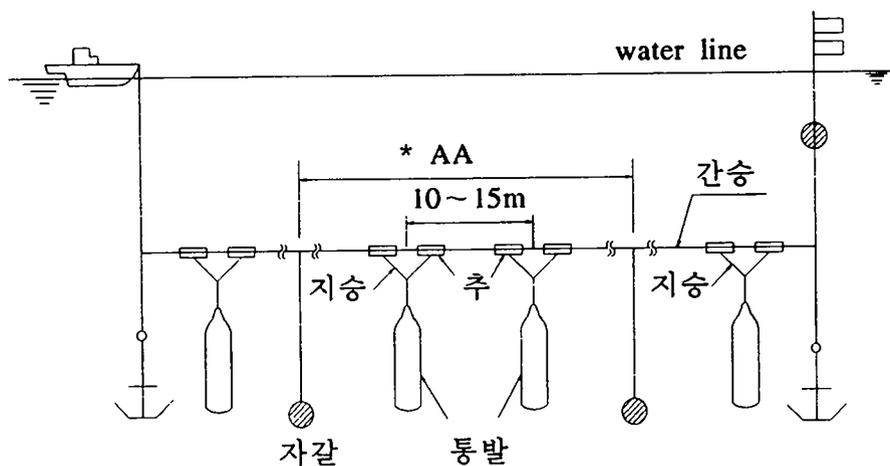
<그림 2-1> 재래의 통발

<그림 2-2>는 현재 사용 중에 있는 붕장어 통발의 구조이다. 재료는 대나무를 사용했다가 P.V.C합성수지 제품으로 거의 대체된 상태이다. 현재 널리 사용하고 있는 P.V.C 통발은 깔데기 모양의 통발입구부를 쉽게 분리, 조립할 수 있게 하여 매우 편리하다.



<그림 2-2> 현재의 통발

어구는 길이 60cm의 통발, 통발을 간승(원줄:Main Line)에 연결하는데 사용되는 지승(가지줄:Branch Line), 걸이줄(Proch Line)과 추(Sinker) 그리고 부표기 등으로 구성되며, 어구의 구성은 <그림 2-3>과 같다. 그림에서와 같이 통발은 지승(가지 줄: 약 1m)과 걸이줄(약 15cm)로 원줄에 15m 간격으로 해서 입구가 아래로 향하도록 연결되며, 각 통발마다 원줄과 걸이 줄의 접합부에 2개씩의 추를 달아서 투승후 어구가 일정한 깊이를 유지할 수 있도록 한다. 어구의 사용재료 및 규격은 <표 2-5>와 같다.



* AA : 자갈간의 거리는 대략 200~300m정도임.

<그림 2-3> 어구의 구성

<표 2-5> 어구의 구성자재 및 규격

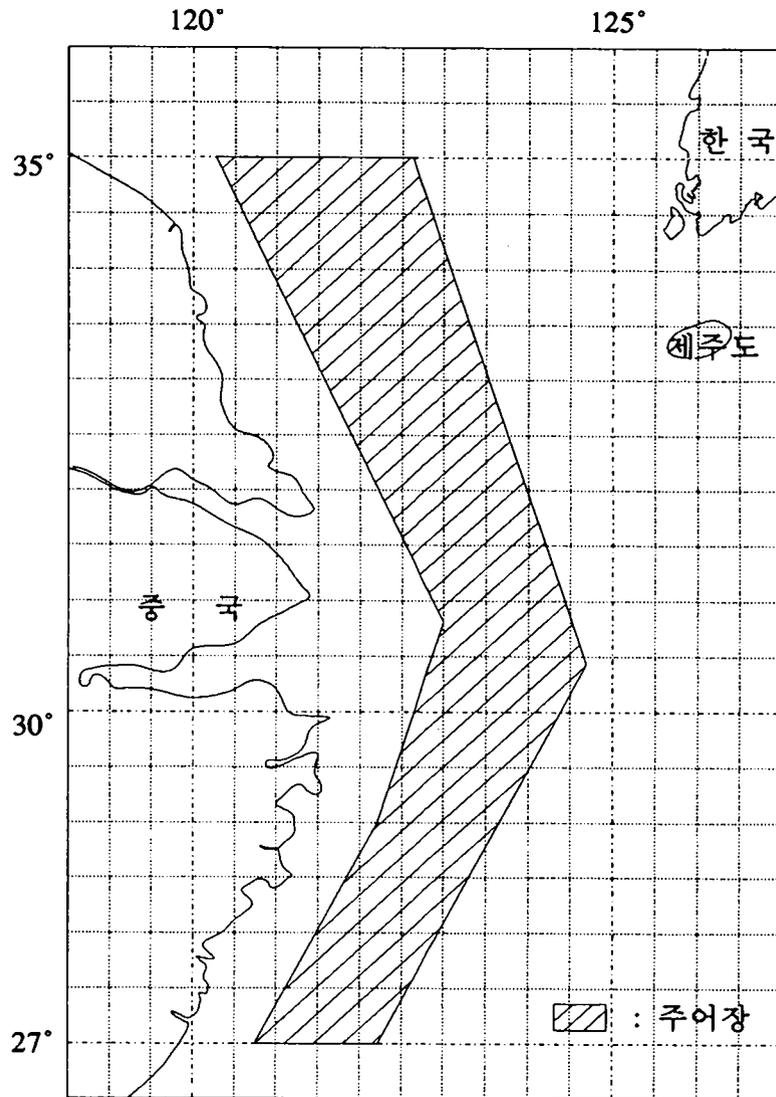
구 분	Main Line (M.L) 간 승	Branch Line (B.L) 지 승	Proch Line (P.L) 걸이줄
Size(ϕ :mm)	9	3	1
Length	15m	80cm~1m	15cm

자료 : 근해통발수산업 협동조합

사이드 롤러(Side roller)로 양승하는 최근의 장어통발어선의 어구는 걸이줄과 추가 없고, 원줄에 매듭을 만들어 통발에 연결된 가지줄을 바로 연결하거나 분리할 수 있도록 되어있어 더욱 간단하다.

2. 조업상황

장어통발어선이 사용하고 있는 통발어구의 구조는 원줄(간승)에 10~15m 간격으로 통발을 1개씩 달아 7~8knot의 선속으로 4시간 낚짓 투승한다. 주간에는 2km거리마다 부표기를 달고, 야간에는 어구 1통에 야간 부표등 하나를 단다. 69톤급 통발어선의 경우, 8,000여개의 통발을 한어구에 사용하므로 어구의 총길이는 약 80여 km에 이른다. 이때 어장의 물발이 빠르면 자갈을 군데 군데 부착하여(한 어구당 40여개 사용) 어구의 지나친 요동을 막는다. 통발은 P.V.C의 것으로 양승시간은 6~8시간이며(롤러에 감아) 1일 평균 1.5회 조업하고 있다. 조업은 1항차(18~22일간)에서 25회 전후로 하며, <그림 2-4>는 50톤급 장어 통발어선의 어장도를 나타내고 있다.



<그림 2-4> 장어통발어업(근해)의 어장도 (50G/T급)

제5절 통발 어선의 활어창 현황

1. 연안 통발 어선의 활어창

연안어업에 종사하고 있는 소형통발어선의 활어창은 선교의 선수부에 2개 정도가 있으며, 활어창의 환수공(Scupper)은 현측과 선저에 4~5개 정도가 있다. 활어창의 규모는 큰 것은 1.0m² 정도의 것이 1~2개 정도이며, 작은 것은 0.5m²의 것이 대략 1~2개이며, 수용적은 활어창 용적의 50%정도를 유지하는 것이 많다.

현재의 소형통발어선의 선질은 목선이 대부분이며 선속은 5~10 knot 정도이다. 그리고, 일일조업시간은 어기와 해역에 따라 약간의 차이는 있지만 전체적으로 10시간 정도다.

2. 근해 통발 어선의 활어창

근해통발어선의 활어창수는 69톤급을 기준으로 약 12m² 용적의 것이 선수갑판부에 10여개가 있다. 각 활어창에는 선저와 선측에 수십개(선저에 20여개, 선측에 30여개)의 환수공(Scupper)이 있어 자연 환수가 이루어지도록 되어있고, 각 환수공에는 필요에 따라 개폐할 수 있도록 잠금장치가 장착되어 있다. 겨울철에는 해수온도가 낮아서 개폐장치를 열어 장어의 노폐물 및 배설물 등을 배출시키고 용존산소량이 많은 새 해수와 자연환수가 이루어지게 한다.

냉각장치가 설치되어 있는 선박의 경우, 수온이 상승하는 하절기에는 잠금장치를 잠구어 냉각시스템으로 냉각해수온도를 조절하며, 어창 내 용존산소량의 보충을 위해 액화산소를 이용하고 있다.

잠금장치를 닫고 조업할 경우, 활어창에 적재하는 해수량은 어창용적의 60 %가량이며, 이때 장어수용량은 해수용적의 15~20%정도이다.

* 본 장의 내용은 水産研究('95/12발행) 지에 실린 近海통발어업 經營에 관한 考察(金 宇盛)을 중심으로 하고, 통계자료는 '95농림수산통계연보와 근해통발수산업협동조합 제공자료를 참조하였다.

여 백

제 3 장 장어의 생리 변화 실험

여 백

제 3 장 장어의 생리변화 실험

제1절 실험의 필요성 및 목적

일반적으로 어류는 주위의 환경조건(수온, 수용밀도, 용존산소, 및 암모니아등)이 변함에 따라서 스트레스를 받으며, 그 결과 혈액성분 및 근육성분의 변화등 생리적인 변화를 수반함이 알려져 있다. 그리고, 이런 변화들이 축적되어서 결국 치사하게 된다. 어류는 주위의 수온이 저하함에 따라서 운동량 및 호흡량이 줄어들어서 어류의 수송에 저온을 이용하는 방법을 채택하고 있으나, 일정한도(한계온도) 이하에서는 저온쇼크에 의하여 치사하게 된다.

활어창의 수용밀도는 수시간 이하의 근거리 수송에는 활어창 수용적의 20%이하 그리고 장거리에서는 10%이하가 적당하다. 그리고, 여름철은 겨울철 보다 수용밀도를 낮추는 것이 안전하다. 수용밀도가 상승하면 용존산소량의 감소, 암모니아의 증가, 그리고 구토물의 증가에 의하여 치사율이 더 높아지게 된다.

해수중의 용존산소량은 5~8ppm 정도로, 공기중의 산소량의 약 1/30밖에 되지 않는다. 그리고, 물속에서의 산소의 확산은 공기중의 약 1/8000이므로, 물이 유동하지 않으면 산소의 이동이 어렵게 되므로 물의 유동이 필요하다. 일반적으로, 수중에서 안정된 어류의 산소소비량은 10~1000ml/kg·hr이며, 이 값은 어류의 성장 및 활동상태, 수온등의 영향을 받는다.

탄산가스는 수중에서 탄산으로 되어서 물을 산성으로 변화시키며 어류에게 독성을 나타내기도 한다. 또, 수중에 탄산가스가 많으면 혈액중의 탄산가스의 배출이 원활하지 못하게 될 뿐만 아니라, 혈액중의 hemoglobin이 산소

와 결합하는 능력을 저하시켜서 수중에 산소량이 많아도 호흡곤란을 유발시킬 수 있다.

암모니아는 단백질을 섭취하는 생물의 종말대사산물로서 생성되며, 일반적으로 암모니아는 생물에게 독성을 나타내므로 다른 형태의 화합물로 바꾸는 기구가 일반생물에게는 발달되어 있다. 그러나, 어류에는 배설된 암모니아중에서 비해리성 암모니아가 독성을 나타내며, 일반적으로 수중의 암모니아량이 30ppm 전후가 어류가 치사하는 농도로 알려져 있다.

붕장어는 비타민 A와 미네랄이 풍부하게 함유되어 있고, 영양면에서도 우수하여 여름철의 스테미너식으로 알려져 있으며, 그 소비량은 매년 증가하고 있다. 그러나, 하절기에는 어획한 붕장어를 육상으로 수송할때에, 어창내의 해수온도의 상승으로 인하여, 치사율이 증가하므로 수송이 불가능하여 어민들이 출어를 포기하고 있는 상황이다. 따라서, 하절기에도 어획한 붕장어를 활어상태로 수송할 수 있는 방법의 개발이 절실하며 하절기에도 어획된 붕장어의 수송을 위해서는 장어통발어선 활어창의 냉각시스템 개발이 필요하며, 활어창의 냉각시스템 개발을 위해서는 저온 및 고밀도 환경하에서 붕장어가 받는 스트레스 및 치사의 원인등에 대한 생리적인 변화에 관한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 붕장어를 저온 및 고밀도 환경하에 두었을 때에 생리적인 변화 및 치사원인들을 검토하여, 하절기에도 어획 및 수송이 가능하도록 하는 활어창 냉각시스템개발을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

제2절 비폭기 상태로 각종온도 및 밀도로 저장중에 용존산소량의 변화

생명체가 생명을 유지하기 위해서는 항상 일정량의 산소를 섭취해야 하며 활어도 동일하다. 해수에 용해되어 있는 용존산소량은 수온등에 따라서 다르고 5~8ppm정도로 알려져 있으며, 산소가 공급되지 않는 부족현상이 일어나면 질식사하여 치사하게 된다. 질식을 일으킬 때의 잔존 산소량은 수온에 따라서 영향을 받으며(<표 3-1>), 고온보다도 저온쪽이 잔존산소량이 적어도 치사율이 떨어진다. 또, 어종별로는 담수어보다 해수어쪽이 높은 잔존 산소량을 나타낸다. 그리고, 수온이 높을때, 성장이 왕성한 시기, 산란기, 수송직후 등에서는 산소소비량이 높으므로 질식시의 잔존산소량은 더 높은 것이 일반적이다.

<표 3-1> 질식을 일으킬 때의 잔존산소량

어 종 명	수 온(℃)	잔존산소량(ppm)
참 돔	9.0~11.0	0.85
참 돔	14.0~15.5	0.98
참 돔	19.0~23.0	1.03~1.45
붕장어	12	1.0
넙 치	6~10	1.7~2.1
뱀장어	22~27	0.5

어종에 따른 산소소비량은 은어가 높고, 잉어 및 붕장어등은 낮다. 또 정어리 등의 회유어는 가장 높으며, 북어, 도미 등의 저서어는 낮은데, 이것은

운동성과 관계가 있다. 산소소비량은 어체의 크기에 따라서도 차이가 있으며, <표 3-2>에 붕장어의 예를 나타낸바와 같이, 치어는 성어보다 소비량이 많다.

<표 3-2> 산소소비량에 미치는 체중의 영향

어 체 중 량 (g)	산 소 소 비 량 (ml/kg · h)
5	150
10	120
20	100
50	76
100	62
150	55
200	51
300	45

본절에서는 붕장어를 각종저장온도 및 각종 밀도로 산소 공급이 되지않는 비폭기 상태로 저장하면서 저장중에 해수중의 용존산소량의 감소 및 산소량의 부족에 의한 치사시간을 관찰하였다.

1. 재료 및 실험방법

가. 재료

붕장어(*conger myriaster*)를 부산소재 민락동회센타에서 180~230g의 것을 구입·운반하여 스트레스 회복을 위하여 약 2시간 수조에 방치한 후에 실험에 사용하였다.

나. 실험방법

1) 저장조건

수온이 조절된(0℃, 5℃, 10℃, 18℃, 25℃)해수에 붕장어의 수용 밀도를 10%, 20%, 30%, 40%로 조정하여 넣고서 산소가 공급되지 않는 비폭기 상태로 저장하였다.

2) 용존산소량의 측정

상기의 각종 온도 및 각종수용밀도에 붕장어를 저장하면서 D.O. meter(형식 DO-14P; (株)東亞電波工業, 日本)을 사용하여 경시적으로 측정하였으며, 또 치사시간도 관찰하였다.

2. 결과 및 고찰

각종 밀도(10%, 20%, 30%, 40%)로 조정된 해수에 붕장어를 넣고서 폭기시키지 않고서 각종 온도(0℃, 5℃, 10℃, 18℃, 25℃)에 저장하면서, 해수중의 용존산소량의 변화와 용존산소량의 온도 의존성을 <그림 3-1> ~ <그림 3-8>에 나타내었다.

붕장어의 수용밀도가 10%인 경우(<그림 3-1>), 저장직후 해수중의 용존산소량이 8ppm이었던 것이 저장초기에 감소가 빨랐으며, 또 저장온도가 높아짐에 따라서 빨리 감소하여, 25℃에서는 70분, 18℃에서는 100분, 10℃에서는 200분후에 질식을 일으키는 농도인 용존산소량 1ppm까지 감소하였다(<표 3-3>).

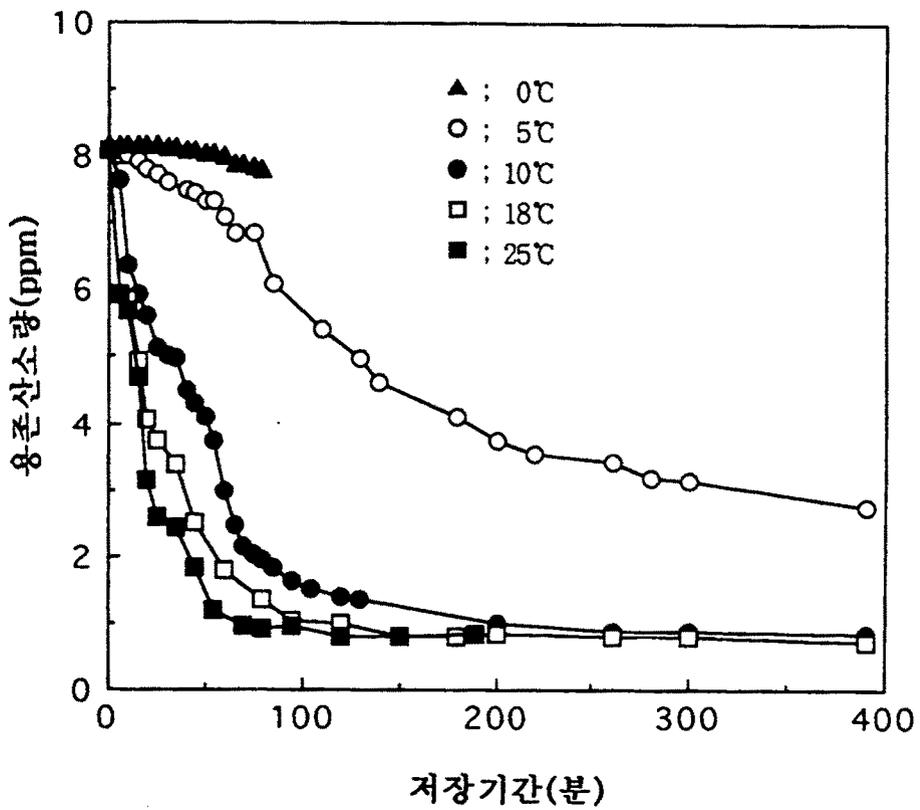
5℃저장에서는 저장초기부터 25℃, 18℃, 10℃ 저장과는 달리 용존산소량의 저하속도가 상당히 억제되어 저장 10시간후에 용존산소량이 1ppm까지 저하하였다. 한편, 0℃저장에서는 용존산소량의 저하가 약간 관찰되었으나 저장 85분후에 치사하였다. 이와 같이 0℃ 저장에서 용존산소량이 약간 저

하한 상태에서 붕장어가 치사하는 것은 저온 쇼크의 영향인 것으로 생각된다. 붕장어 수용밀도 10%의 각종 저장온도에서 용존산소량 감소속도상수는 25℃에서는 0.093 min^{-1} , 18℃에서는 0.065 min^{-1} , 10℃에서는 0.038 min^{-1} , 5℃에서는 0.017 min^{-1} 으로 5℃에서 저온에 의한 영향 때문에 호흡이 상당히 억제됨을 나타내었다(<표 3-4>). 그리고 수용밀도 10%에서 15℃~25℃온도영역에서의 Q10-value는 1.203이었으며, Ea는 -13,42 Cal/mole을 나타내었다(<그림 3-2>).

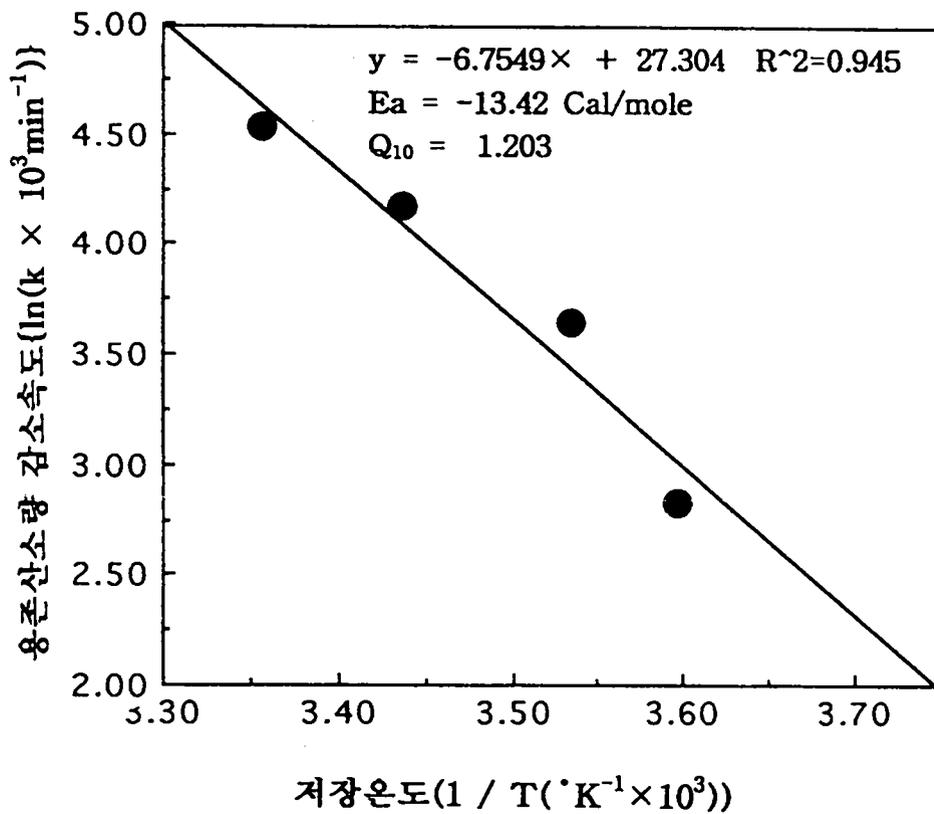
붕장어의 수용밀도가 20%인 경우(<그림 3-3>)도 용존산소량의 감소속도에 약간의 차이가 있었지만, 수용밀도 10%와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 25℃에서는 55분, 18℃에서는 80분, 10℃에서는 120분 후에 질식을 일으키는 농도인 1ppm까지 감소하였다(<표 3-3>).

<표 3-3> 비폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시에 해수중의 용존산소량이 1ppm까지 저하하는데 걸리는 시간(min)

온도 밀도	0℃	5℃	10℃	18℃	25℃
10%	-	600	200	100	70
20%	-	470	120	80	55
30%	-	390	75	60	45
40%	-	300	65	45	35



<그림 3-1> 비폭기상태로 각종온도의 해수중에 붕장어를 10% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화



<그림 3-2> 비폭기상태로 붕장어를 10% 밀도로 저장 중에
 용존산소량감소의 온도의존성 변화

그리고, 5℃저장에서도 용존산소량의 저하가 늦어져서 470분후에 1ppm까지 저하하였고, 0℃저장에서는 10%와 같이 저온 쇼크로 저장초기에 치사하였다. 붕장어 수용밀도 20%의 각종 저장온도에서 용존산소량 감소속도 상수는 25℃에서 0.111 min⁻¹, 18℃에서 0.077 min⁻¹, 10℃에서 0.045 min⁻¹, 5℃에서 0.018 min⁻¹이었다(<표 3-4>). 그리고, 수용밀도 20%에서 15℃~25℃ 온도 영역에서 Q10-value는 1.208이었으며, Ea는 -14.25 Cal/mole을 나타내었다(<그림 3-4>).

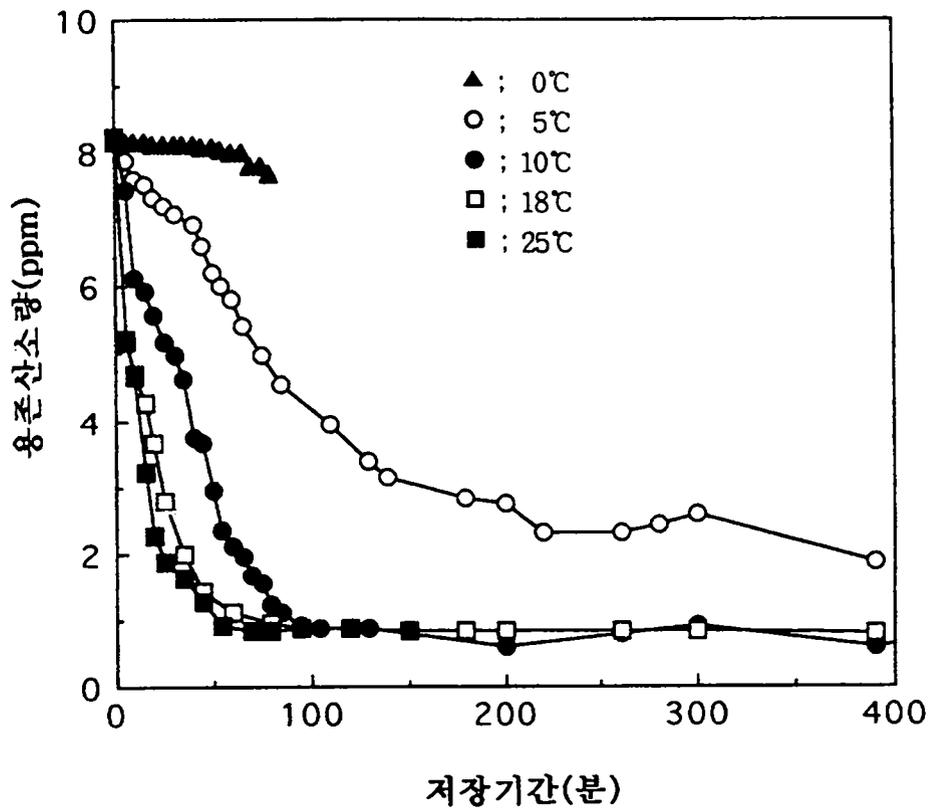
<표 3-4> 비폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시에 해수중의 용존 산소량 감소속도상수(min⁻¹)

밀도 온도	5℃	10℃	18℃	25℃
10%	0.017	0.038	0.065	0.093
20%	0.018	0.045	0.077	0.111
30%	0.019	0.060	0.090	0.140
40%	0.025	0.075	0.136	0.179

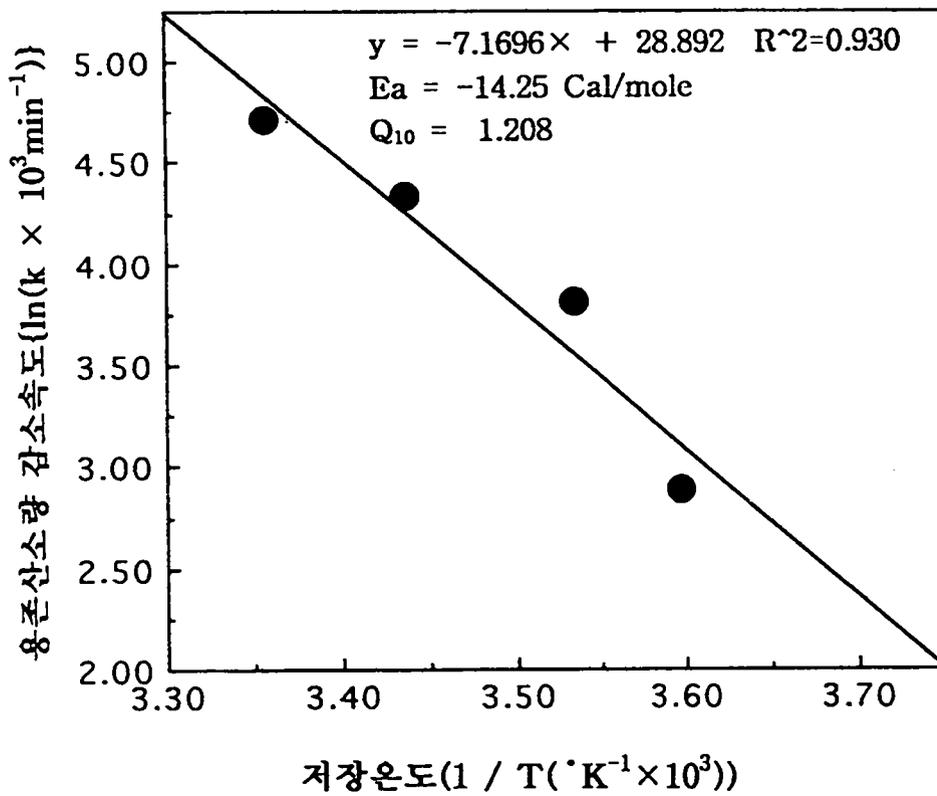
붕장어의 수용밀도가 30%인 경우(<그림 3-5>)도 용존산소량 감소속도가 수용밀도 10% 및 20%보다 빨랐지만, 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 25℃에서는 45분, 18℃에서는 60분, 10℃에서는 75분 후에 질식을 일으키는 용존산소량 농도인 1ppm까지 감소하였다(<표 3-3>). 그러나, 5℃저장에서는 용존산소량의 감소가 상당히 억제되어 390분 후에 그 값에 도달하여, 5℃에서 호흡이 상당히 억제됨을 나타내었다. 한편, 0℃저장에서는 용존산소량의 감소가 극히 적으며 저온 쇼크로 저장초기에 치사하였다. 붕장어 수용밀도 30%의 각종 저장온도에서 용존산소량 감소속도상수는 25℃에서는 0.140

min^{-1} , 18°C 에서는 0.090 min^{-1} , 10°C 에서는 0.060 min^{-1} , 5°C 에서는 0.019 min^{-1} 이었다(<표 3-4>). 그리고, 수용밀도 30%에서 $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 온도영역에서 Q10-value는 1.212였으며, E_a 는 -15.14 Cal/mole 였음을 나타내었다(<그림 3-6>).

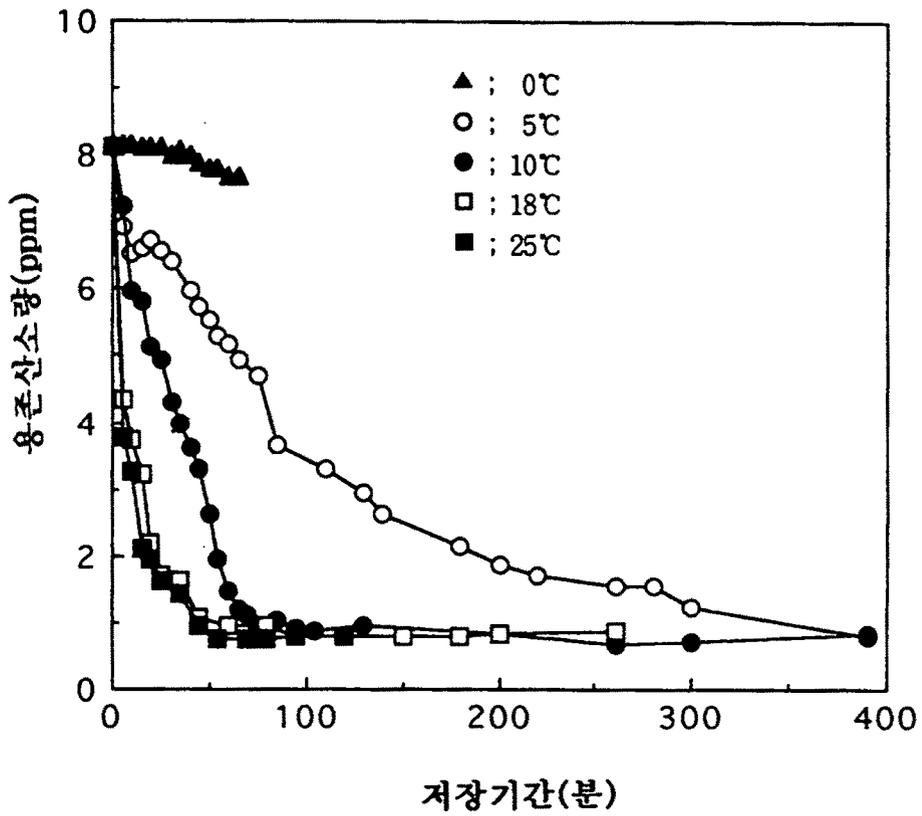
붕장어 수용밀도가 40%인 경우(<그림 3-7>)도 용존산소량 감소속도가 수용온도 의존성을 나타내어 온도가 높을수록 빨랐다. 즉, 질식을 일으키는 용존산소량 1ppm까지 감소하는데 걸리는 시간은 25°C 에서는 35분, 18°C 에서는 45분, 10°C 에서는 65분 걸렸으며, 5°C 에서는 300분으로 상당히 늦었다. 또, 0°C 에서는 저온 쇼크 때문에 치사하였다(<표 3-3>). 붕장어 수용밀도의 40%의 각종 저장온도에서 용존산소량 감소속도 상수는 25°C 에서는 0.179 min^{-1} , 18°C 에서는 0.136 min^{-1} , 10°C 에서는 0.075 min^{-1} , 5°C 에서는 0.025 min^{-1} 의 값을 나타내었다(<표 3-4>). 그리고, 수용밀도 40%에서의 $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 온도영역에서 Q10-value는 1.203이었으며, E_a 는 -15.49 Cal/mole 를 나타내었다(<그림 3-8>).



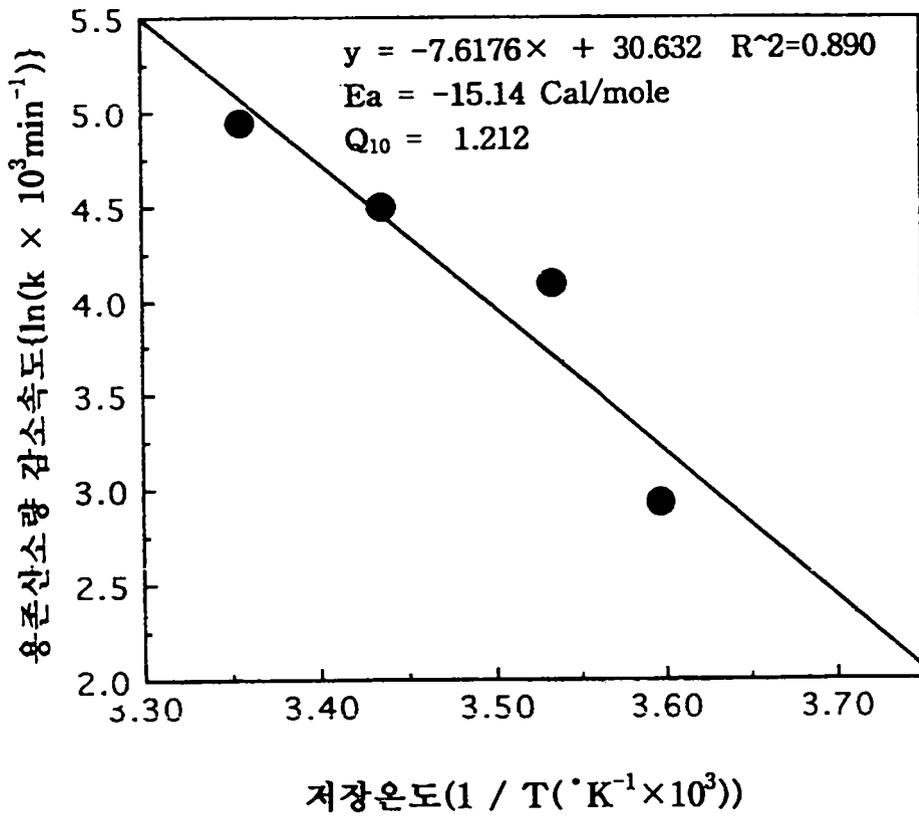
<그림 3-3> 비폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 20% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화



<그림 3-4> 비폭기상태로 봉장어를 20% 밀도로 저장 중에 용존산소량감소의 온도의존성 변화



<그림 3-5> 비폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 30% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화

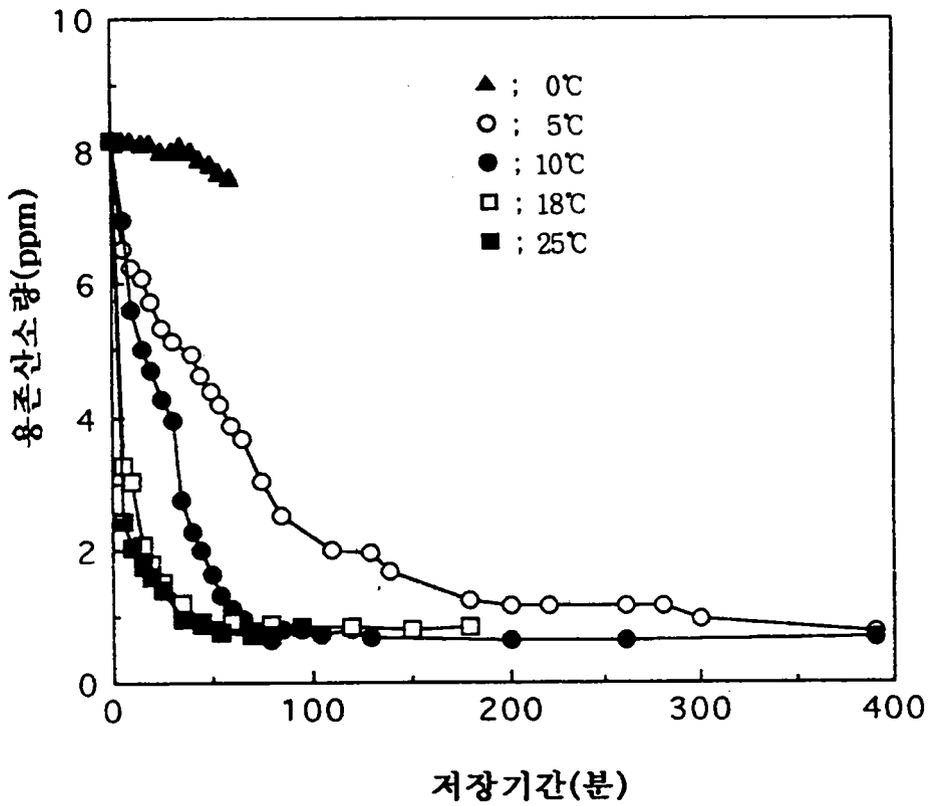


<그림 3-6> 비폭기상태로 붕장어를 30% 밀도로 저장 중에
 용존산소량감소의 온도의존성 변화

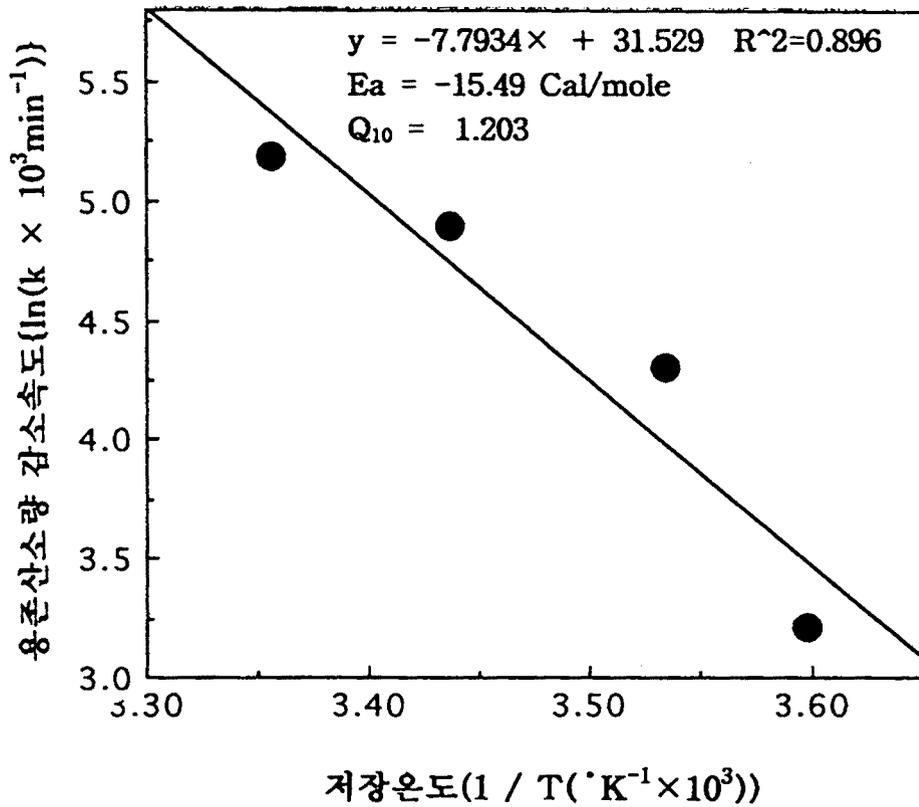
비폭기상태로 40% 밀도로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 저장하면서 붕장어의 치사시간을 관찰한 결과를 (<표 3-5>)에 나타내었다. 저장온도가 높아짐에 따라서 그리고 수용밀도가 높아짐에 따라서 치사시간이 짧았다. 25℃저장에서는 저장밀도 40%에서는 1.5시간후에 치사하였다. 이러한 현상은 저장밀도 상승에 따른 용존산소량 감소속도의 상승으로 인한 질식에 의한 치사이다. 표에는 나타나지 않았지만 저장온도를 30℃로 올렸을 때는, 수용밀도에 관계없이 용존산소량의 감소는 거의 관찰되지않고 저장직후에 표피의 색택이 백탁되면서 황전하여 몸부림 치면서 치사하였는데, 이러한 결과는 heat shock에 의한 치사로 생각된다. 따라서, 하절기에 수온 상승에 의한 붕장어의 heat shock에 의한 치사에 주의해야 할 것이다. 저장온도가 18℃ 및 10℃로 낮아짐에 따라서 치사시간은 길어짐을 나타내었다. 즉, 붕장어 수용밀도 40%에서 18℃에서는 3.2시간, 10℃에서는 7.2시간을 나타내었으며, 특히 5℃ 저장에서는 10시간이상이 경과해도 치사하지 않았다. 이러한 결과는 붕장어를 저온으로 수송하는 경우에는 5℃가 바람직한 수송온도임을 나타내는 결과로 생각된다.

<표 3-5> 비폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 40% 밀도로 수용시에 붕장어의 치사시간(hr)

0℃	5℃	10℃	18℃	25℃
1.4	10시간 이상	7.2	3.2	1.5



<그림 3-7> 비폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 40% 밀도로 저장 중에 용존산소량의 변화



<그림 3-8> 비폭기상태로 붕장어를 40% 밀도로 저장 중에
 용존산소량감소의 온도의존성 변화

제3절 폭기 상태로 각종 온도 및 밀도에 저장중에 암모니아 생성량의 변화

谷崎등(1957)은 옥색송어를 12~13시간 수조에 넣은 때에 배설된 질소 화합물을 측정하여, 전질소화합물중의 80~90%는 암모니아 질소임을 밝혔다. Baldwin (1937)에 의하면 水棲무척추동물 및 해산경골어류의 배설물 중의 대부분을 점하고 있는 것은 암모니아며, 또 비이온형의 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 로 이것은 pH가 높아지면 비해리의 상태로 존재하며 독성이 크게 된다. 암모니아 화합물의 독성은 어종에 따라서 다르지만, 보통 30ppm이 되면 치사하게 된다(五十嵐, 1967). 배설물, 구토물, 체표피 점막의 각리물질등은 수송수를 현저히 오탁시키며 aeration에 의하여 응집되어서, 어류의 아가미를 막아서 호흡곤란의 원인이 된다. 생성된 암모니아는 이온교환수지로 제거할 수 있다(Nemoto; 1957, 谷崎등; 1957).

본절에서는 붕장어를 각종 온도 및 각종 밀도로 폭기상태에 저장중에 배설 및 호흡에 의하여 생성되는 암모니아의 저장온도 및 밀도에 따른 생성량의 변화 및 생성된 암모니아에 의하여 치사하는 시간을 관찰하였다.

1. 재료 및 방법

가. 재료

붕장어(conger myriaster)를 부산소재 민락동 회센타에서 180~230g의 것을 구입·운반하여 스트레스 회복을 위하여 약 2시간 수조에 방치한 후에 실험에 사용하였다.

나. 실험방법

1) 저장조건

수온이 조절된 해수(0℃, 5℃, 10℃, 18℃, 25℃)에 붕장어의 수용 밀도를 10%, 20%, 30%, 40%로 조절하여 넣고서 폭기상태로 저장하였다.

2) 암모니아 생성량의 측정

상기의 각종온도 및 각종 수용밀도에 붕장어를 저장하면서, 해수중에 생성되는 암모니아량을 Solorzano(1969)의 방법에 따라서 측정하였다. 즉, 이 방법은 암모늄이온이 차아염소산의 공존아래에서 니트로프루시드의 촉매작용으로 페놀과 반응하여 생성하는 인도페놀의 청색의 파장을 640nm에서 측정하는 방법이다.

2. 결과 및 고찰

어류의 신장 또는 아가미로부터 배출되는 질소화합물 중에서 암모니아가 가장 많음이 알려져 있으며, 암모니아의 어류에 대한 영향은 비해리성 암모니아가 독성을 나타낸다. 그 독성은 pH가 높을수록 또 수온이 높을수록 강하다. 또, 암모니아가 해수중에 어느 정도 생성되면 어류의 호흡장애(산소이용률 저하)를 일으키기도 한다. 일반 어류에 대한 암모니아의 치사 농도는 30ppm으로 알려져 있다.

각종 밀도(10%, 20%, 30%, 40%)로 조정된 해수에 붕장어를 넣고서 폭기상태(D.O.값을 8ppm전후로 유지)로 각종 온도(0℃, 5℃, 10℃, 18℃, 25℃)에 저장하면서, 해수중의 암모니아 생성량의 변화와 암모니아 생성의 온도의

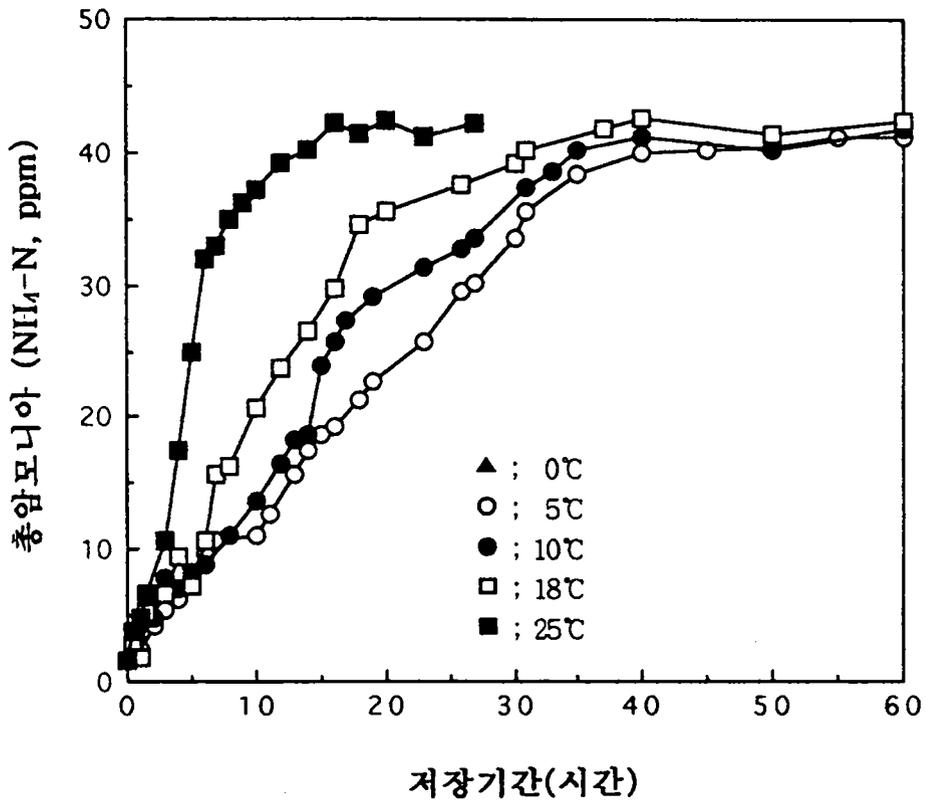
존성을 <그림 9~16>에 나타내었다.

붕장어의 수용밀도가 10%인 경우(<그림 3-9>), 저장 온도가 높을수록 해수중의 암모니아 생성이 빨랐으며, 저장 온도에 관계없이 암모니아 농도가 40ppm에 도달한 일정시간 후에 치사하였다. 이러한 결과는 일반 어류의 치사에 요구되는 암모니아 농도 30ppm보다 높은 값이었다. 저장온도별에 따른, 붕장어 치사농도인 40ppm까지 상승하는데 걸리는 시간은 25℃에서는 14시간, 18℃에서는 31시간, 10℃에서는 35시간, 그리고 5℃에서는 40시간이었다(<표 3-6>). 한편 0℃저장에서는 저장 기간 중에 암모니아 생성은 거의 관찰되지 않았으며 저온 shock로 인하여 저장 1.4시간후에 치사하였다.

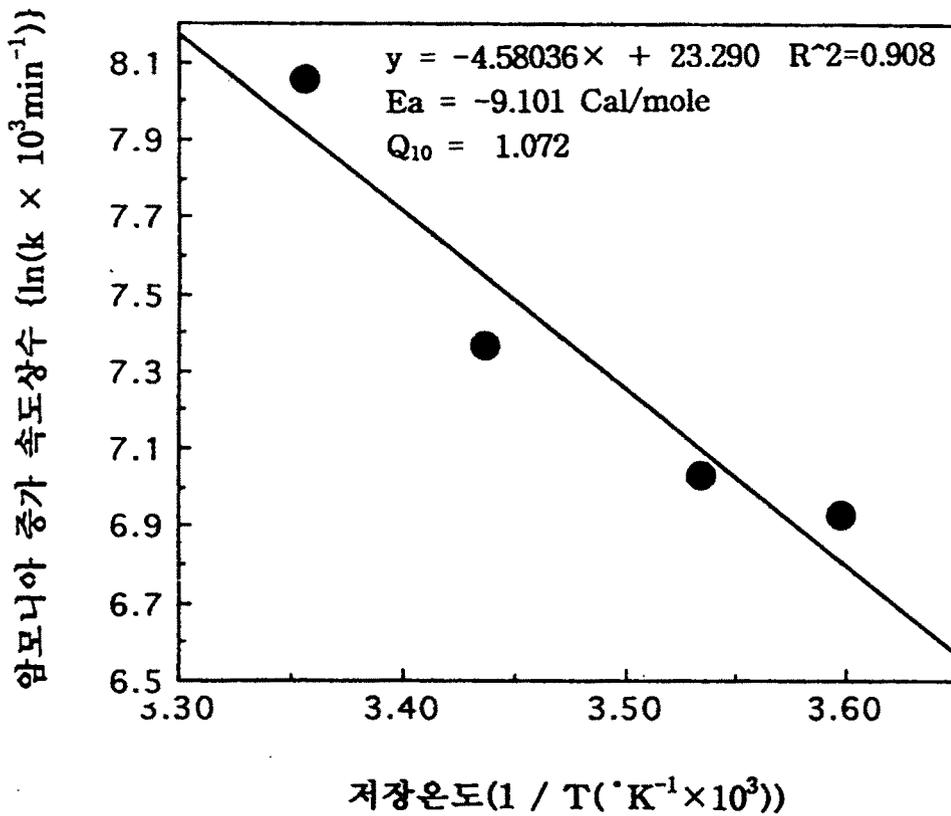
붕장어 수용밀도가 10%인 경우에 각종 저장온도에서 암모니아 생성 속도 상수는 25℃에서는 3.17 hr^{-1} , 18℃에서는 1.59 hr^{-1} , 10℃에서는 1.13 hr^{-1} , 5℃에서는 1.02 hr^{-1} 이었다(<표 3-7>). 그리고, 수용밀도 10%에서 15~25℃ 온도 영역에서의 Q10-value는 1.072이었으며, Ea는 -9.101 Cal/mole 을 나타내었다(<그림 3-10>).

<표 3-6> 폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시 해수중의 암모니아 농도가 40ppm까지 도달하는데 걸리는 시간(hr)

온도 밀도	0℃	5℃	10℃	18℃	25℃
10%	-	40	35	31	14
20%	-	33	26	23	11
30%	-	27	19	15	10
40%	-	23	15	12	9



<그림 3-9> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 10% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화



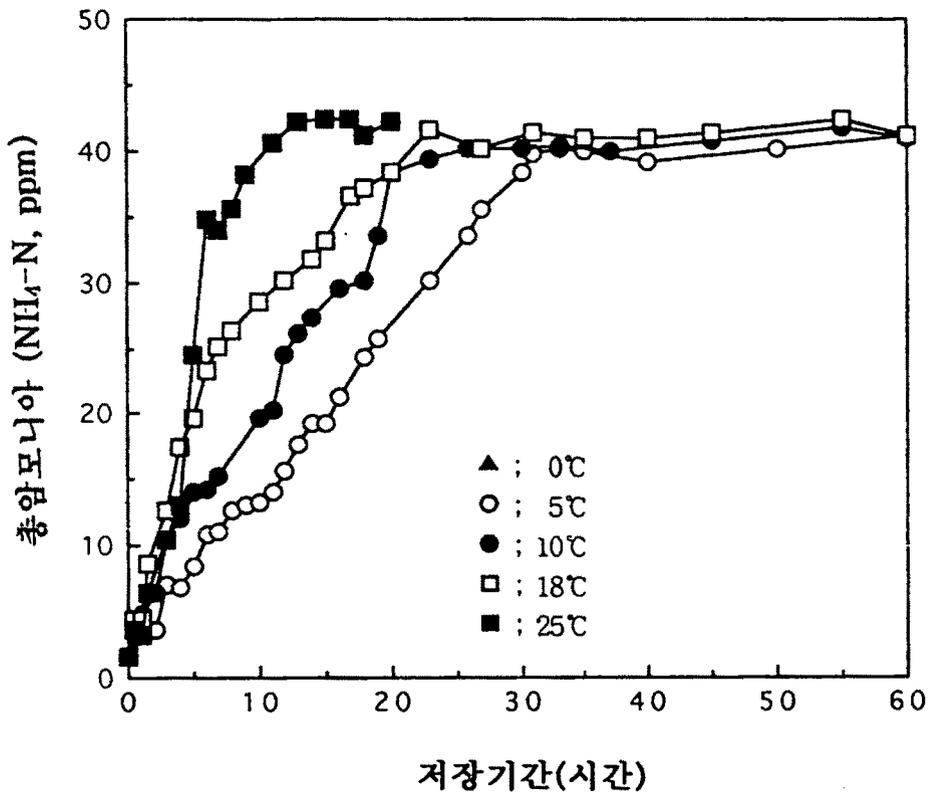
<그림 3-10> 폭기상태로 붕장어를 10% 밀도로 각종온도별로 저장
 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성

<표 3-7> 폭기 상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시 해수중 암모니아 생성속도 상수(hr^{-1})

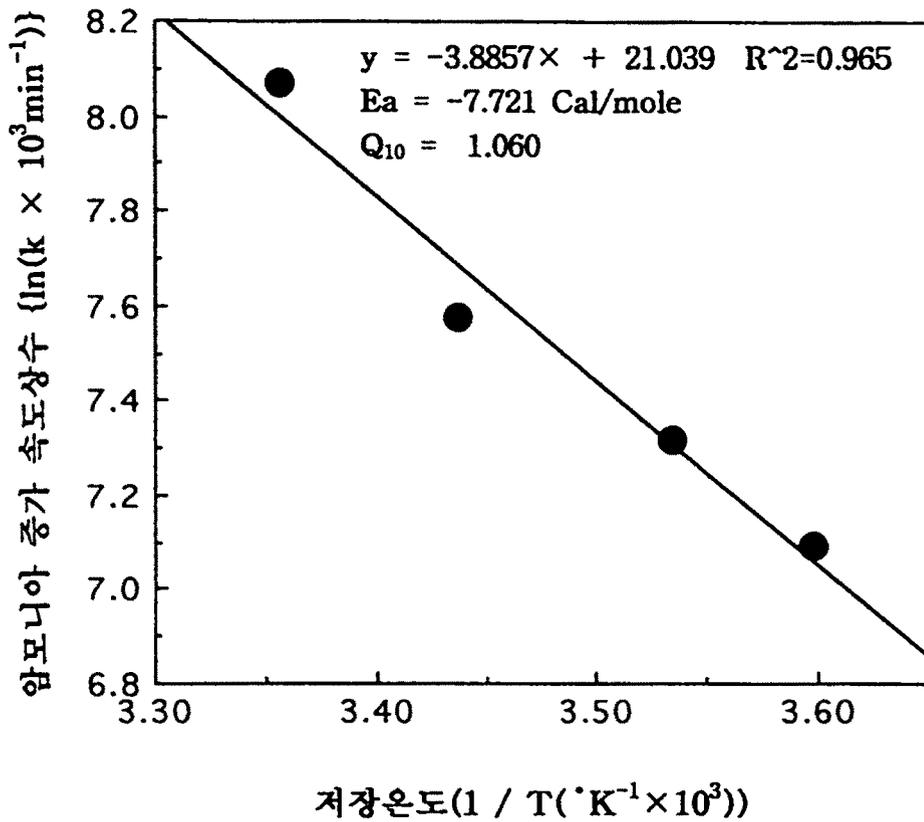
온도 밀도	5℃	10℃	18℃	25℃
10%	1.02	1.13	1.59	3.17
20%	1.20	1.51	1.95	3.20
30%	1.62	1.83	2.45	3.55
40%	2.03	2.27	2.85	3.84

붕장어의 수용밀도가 20%인 경우(<그림 3-11>)도, 암모니아 생성속도에 약간의 차이가 있었지만 수용밀도 10%와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 25℃에서는 11시간, 18℃에서는 23시간, 10℃에서는 26시간, 5℃에서는 33시간후에 치사 농도인 40ppm까지 상승하였다(<표 3-6>). 그리고, 0℃저장에서는 10% 밀도시와 마찬가지로 저온 shock로 저장초기에 치사하였다. 붕장어 수용밀도 20%에서 각종 온도에서 저장중에 암모니아 생성 속도 상수는 25℃에서는 $3.20 hr^{-1}$, 18℃에서는 $1.95 hr^{-1}$, 10℃에서는 $1.51 hr^{-1}$, 5℃에서는 $1.20 hr^{-1}$ 이었다(<표 3-7>). 그리고, 수용밀도 20%에서 15~25℃ 온도영역에서의 Q_{10} -value는 1.060이었으며, E_a 는 7.721 Cal/mole을 나타내었다(<그림 3-12>).

조치가 필요한 것으로 생각된붕장어의 수용밀도가 30%인 경우(<그림 3-13>)도 암모니아 생성량의 증가속도가 수용밀도 10% 및 20%보다는 빨랐지만, 유사한 온도 의존성의 경향을 나타내었다. 즉, 25℃에서는 10시간, 18℃에서는 15시간, 10℃에서는 19시간, 그리고 5℃에서는 27시간 후에 치사 농도인 40ppm까지 상승하였다(<표 3-6>). 그리고, 0℃저장에서는 저온 shock로 저장 초기에 치사하였다. 붕장어 수용밀도 30%에서 각종 온도로 저장중에 암모니아 생성속도상수는 25℃에서 $3.55 hr^{-1}$, 18℃에서 $2.45 hr^{-1}$,



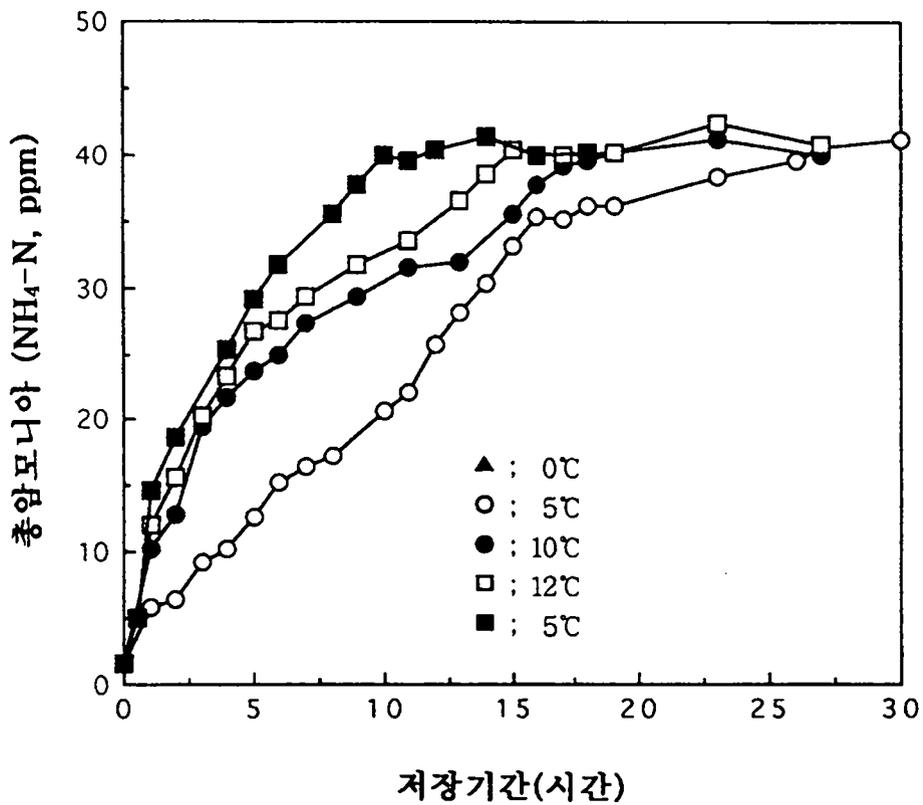
<그림 3-11> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 20% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화



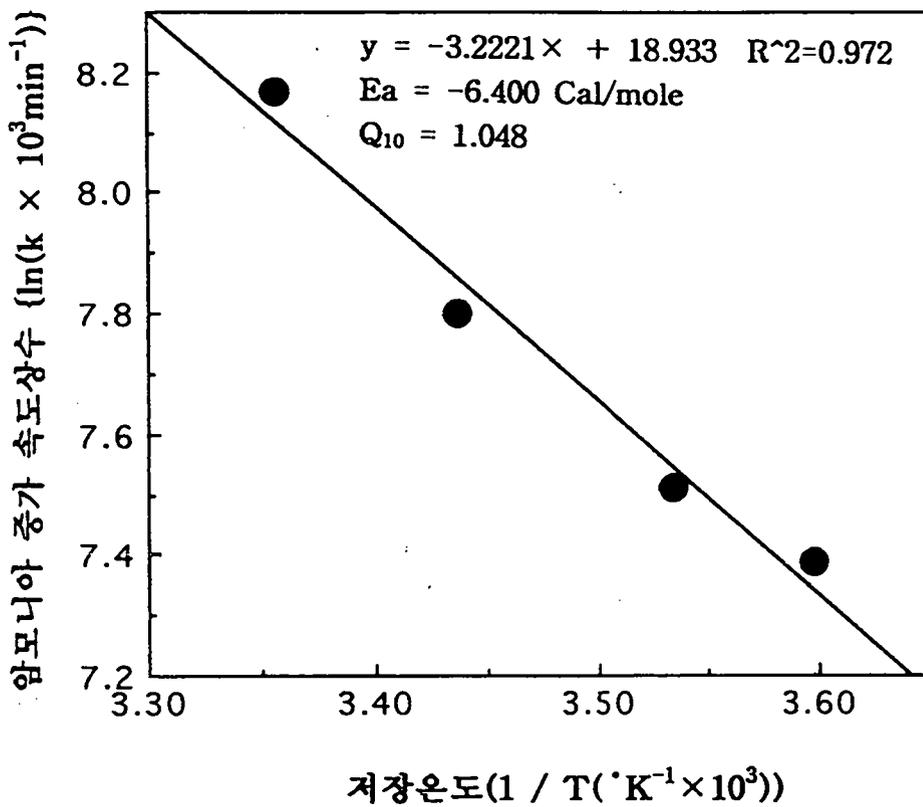
<그림 3-12> 폭기상태로 붕장어를 20% 밀도로 각종 온도별로 저장
 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성

10℃에서 2.45 hr^{-1} , 10℃에서 1.83 hr^{-1} , 그리고 5℃에서 1.62 hr^{-1} 의 값을 나타내었다(<표 3-7>). 그리고, 수용밀도 30%에서 15~25℃ 온도 영역에서의 Q10-value에서 1.83 hr^{-1} 는 1.048이었으며, E_a 는 -6.400 Cal/mole 을 나타내었다(<그림 3-14>).

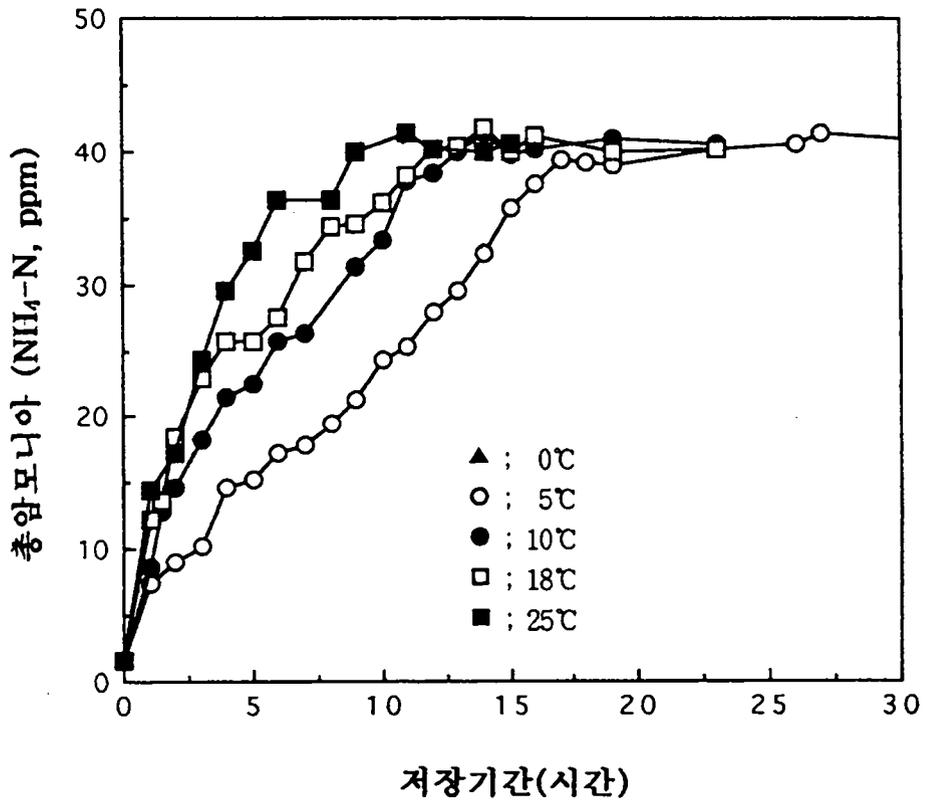
붕장어 수용밀도가 40%인 경우(<그림 3-15>)도 암모니아 증가 속도가 수용온도의존성을 나타내어, 온도가 높을수록 빨랐다. 즉, 치사농도인 40ppm 까지 증가하는데 걸리는 시간은 25℃에서는 9시간, 18℃에서는 12시간, 10℃에서는 15시간, 5℃에서는 23시간이었다(<표 3-6>). 또, 0℃에서는 저온 shock 때문에 저장초기에 치사하였다. 붕장어 수용밀도 40%에서 각종 저장 온도에서 암모니아 생성속도 상수는 25℃에서는 3.84 hr^{-1} , 18℃에서는 2.85 hr^{-1} , 10℃에서는 2.27 hr^{-1} , 그리고 5℃에서는 2.03 hr^{-1} 의 값을 나타내었다. 그리고, 수용밀도 40%에서는 15℃~25℃ 온도 영역에서 Q10-value는 1.037이었으며, E_a 는 -4.944 Cal/mole 을 나타내었다(그림 3-16). (<표 3-6>), (<표 3-7>)에 폭기상태로 각종 온도의 해수중에 붕장어를 각 밀도별로 수용시에 해수중의 암모니아가 치사농도인 40ppm까지 상승하는 시간과 암모니아 생성 속도 상수를 나타내었다. 각종 밀도별 및 각종 저장온도에서 암모니아 생성 속도 상수를 비교하여 보면, 수용밀도가 낮을수록 25℃와 18℃ 사이의 암모니아 생성속도상수의 차가 큼을 나타내었으며, 18℃와 10℃ 그리고 5℃사이에는 온도 의존성은 나타내지만, 25℃와 18℃만큼의 큰 차이는 없었다. 이러한 결과는 붕장어는 주위 환경의 온도가 상온보다 낮은, 적어도 18℃이하로 유지시켜 주는 것이 대사의 억제로 암모니아 생성이 억제됨을 시사하는 것이다. 따라서, 해수온이 높은 하절기에는 어획한 붕장어를 어창에 수용시에 암모니아 생성에 의한 치사를 막기 위해서는 어창의 수온을 적어도 18℃이하로 낮추기 위한 조치가 필요한 것으로 생각된다.



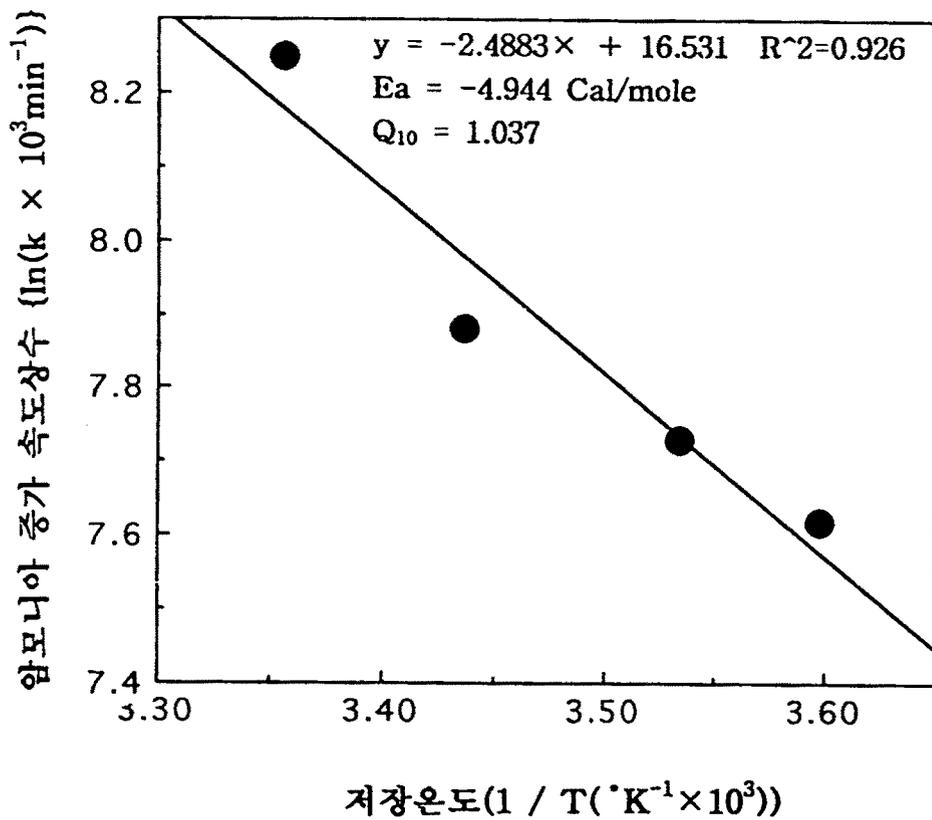
<그림 3-13> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 30% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화



<그림 3-14> 폭기상태로 봉장어를 30% 밀도로 각종온도별로 저장
 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성



<그림 3-15> 폭기상태로 각종온도의 해수 중에 붕장어를 40% 밀도로 저장 중에 암모니아 생성량의 변화



<그림 3-16> 폭기상태로 봉장어를 40% 밀도로 각종온도별로 저장
 중에 암모니아 생성량의 변화에 대한 온도의존성

제4절 해수중의 암모니아가 30ppm상태에서 붕장어의 혈액 및 근육 성분의 변화

해수중에 생성된 암모니아의 어류에 대한 영향은 비해리성 암모니아가 독성을 나타내며, 그 독성은 pH 및 수온이 높을수록 강함이 알려져 있다. 그리고, 일반 어류의 암모니아 치사함량은 30mg%이며, 이 농도에 일정시간 노출되면 치사하게 된다. 제2절의 실험결과에 의하면 붕장어의 경우는 일반 어류와는 달리 암모니아 생성량이 40mg%에 도달한 일정시간 후에 치사하는 것으로 나타났으므로, 어획한 붕장어를 치사시키지 않고 수송하기 위해서는 어창내의 암모니아가 40mg%이하로 유지 가능하도록 환수를 하거나 암모니아 제거 장치를 장착해야 할 것이다.

본 절에서는 제1절 및 2절의 실험결과로부터 붕장어를 저온에 수용하였을 때에 저온 장애도 받지 않고, 용존산소량의 감소속도 및 암모니아 생성속도가 가장 적으며, 치사시간까지의 저장시간이 가장 많이 연장되는 5℃와 어류의 저온저장시의 최적 온도로 알려져 있는 12℃에 저장하면서 해수중의 암모니아 농도를 약 30ppm으로 유지 하면서 붕장어를 40% 밀도로 하여, 저장기간 중에 붕장어가 받는 stress 정도를 혈액성분(glucose, hemoglobin, ammonia, triglyceride) 및 근육성분(ATP관련물질, 유산량)의 변화에 대하여 검토하여, 이들 성분들의 변화와 붕장어 stress의 관계에 대하여 고찰하고자 한다.

1. 재료 및 실험방법

가. 재료

붕장어(Conger myriaster)는 부산소재 민락동 회센타에서 구입한 180~230g의 것을 사용하였다. 이들 시료를 실험실로 운반하여, 수송중에 받은 스트레스를 회복시키기 위하여 약 2시간 동안 수조에 방치하여 회복시킨 후에 실험에 사용하였다.

나. 실험방법

1) 저장조건

수온이 5℃ 및 12℃이고 해수중의 암모니아가 30ppm으로 유지되는 조건에 붕장어의 밀도를 40%로 조정하여 저장하면서, 경시적으로 꼬집어내어서 분석시료로 사용하였다.

2) 채혈방법

채혈은 상법에 따라 항문과 꼬리자루의 중간 복부와 옆줄의 사이에서 비늘밑으로 주사바늘을 꼬리에서 머리쪽으로 45도 정도 비스듬하게하여 주사바늘이 등뼈에 닿을때까지 찔러 등뼈가 닿으면, 1-2mm정도 들어가게하여 채혈하였다. 그리고, 채혈중에 붕장어에 자극을 주지 않기 위하여 benzocaine(아미노안식향산에틸)을 안전마취 수준(30ppm)으로 마취액을 준비하여, 채혈의 전처리 단계로 마취시킨 후에 채혈하였다.

3) 분석방법

가) 혈액성분의 분석

혈액성분의 변화는 붕장어에 자극을 주지않고 주사기로 혈액을 채취하여, hemoglobin분석은 응고되지 않은 전혈을 이용하였고, 나머지 실험항목은 채취한 혈액을 5℃ 냉장고에서 1시간 방치하여 응고시킨 후에 3,000rpm에서 15분 동안 원심분리하여 혈청을 조제한 후에 사용하였다.

①Glucose

Glucose는 glucose oxidase의 효소를 이용한 측정용 시액(형식

AM201-K, (주)아산 제약, 한국)을 이용한다. GOD(Glucoseoxidase)의 작용에 의하여 glucose는 용액중의 효소 및 물과 반응하여 글루콘산과 과산화수소가 된다. 이어서, 이 과산화 수소가 peroxidase의 작용에 의하여 phenol 4-aminoan -tipyrine을 산화적으로 축합시켜, 키논형 적색 색소를 생성한다. 이 적색 색소를 파장 500nm에서 비색 측정하여 검체중의 glucose량을 구한다.

②Ammonia

혈액성분 중의 암모니아량은 인도페놀법을 이용한 측정용 시액(형식 AM 505-K)을 이용한다. 혈액에 즉시 텅스텐산나트륨과 황산으로 된 제단백시액을 가하면 정색의 방해성분과 혈액의 효소활성이 소실되고 혈액 자체 내에서 유래한 내인성 암모니아의 생성을 방해한다. 이 생성액에 페놀성분의 발색시액을 가하고 수산화나트륨을 가하여 알칼리화 한뒤 차아염소산나트륨을 함유하고 있는 발색시액을 가하여 암모니아가 페놀과 반응하여 인도페놀을 생성하면 630nm에서 측정하여 검량선을 이용 혈액중 암모니아의 함량을 산출하였다..

③헤모글로빈

Hemoglobin은 응고되지 않은 전혈을 cyanmethemoglobin법을 이용한 측정용 시액(형식 AM503-K, (주)아산 제약, 한국)으로 혈액중 헤모글로빈을 페리시안화 칼륨과 반응시켜 methemoglobin으로 전환시킨후 다시 시안화칼륨과 반응시켜 cyanmethemoglobin으로 전환시킨다. 이 반응액을 분광 광도계 파장 540nm에서 흡광도를 측정하여 헤모글로빈량을 구한다. 이 측정법은 국제 혈액 표준 위원회의 표준법이다.

④Triglyceride함량

혈액중의 triglyceride함량은 측정용 시액(형식 AM 1579-K ; (주)아산 제약, 한국)을 이용한다. 즉 혈청 0.02ml에 효소용액 3.0ml를 가하여 잘 혼

합한 후, 37℃에서 10분간 방치하여 550nm에서 흡광도를 측정하여 검량선에
서 triglyceride 함량을 구한다.

나) 근육성분의 분석

① 유산량

유산량의 측정은 제단백 추출액을 사용하여 Barker-Summerson의 방
법에 따라서 측정하였다. 즉, 10% TCA용액을 이용하여 제단백시킨후 당류
를 제거한 시료액을 1.5% ρ -hydroxydiphenyl로서 발색시킨후, 560nm에서 비
색 정량하여 검량선을 이용하여 그 값을 산출하였다.

② ATP관련물질

혈액 성분의 측정 시료를 사용하여 ATP 관련 물질의 측정은
Iwamoto등 (1987)의 방법으로 핵산관련 물질을 추출하여 추출액을 -25℃ 동
결고에 동결 보관하였다. 측정시에 증류수로 10배 희석하여 0.45 μ m
membrane filter로 여과후 HPLC에 주입하였다. Column 이동층에는 0.05M의
인산 완충 용액(pH 6.78)을 사용하였고, 핵산 관련 물질 표준품은 Sigma사의
표준품을 사용하여 조제하였다. 장치는 PHILIPS사제 PYE UNICAM 고속액
체Chromatograph 자동분석 시스템을 사용하였고, Column은 Waters사제의 μ -
Bondapack C18, 300 X 3.9mm의 역상분배 column이었으며 측정 조건은 시
료 주입량 25 μ l, 이동층 유량 1.4ml/min, column 온도 25℃, 흡수 파장
254nm, peak 면적 적산법, 분석 시간 30분이었다. 그리고, 분석된 ATP 분해
물질들의 mol농도를 구하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 혈액성분의 변화

어류는 수온 및 염분농도의 급변, 용존산소량의 감소, 공기노출 등의

원인으로 stress를 받으면, 혈액성분이 변함이 알려져 있다. 즉, 이러한 자극을 받으면 먼저 adrenaline이 분비되어서 새로운 환경에 적응하려고 하며, 이때문에 호흡수의 증가, 혈관 확장, 심박수의 증가, 산소섭취량의 증가, 혈액순환량의 증가 등이 일어나므로 혈액성분이 변화한다. 이러한 자극이 강하거나 지속될 때는 회복이 불가능하여 치사하게 된다. 해수중의 암모니아 농도가 30ppm 이고 수온이 5℃ 및 12℃인 조건에 붕장어를 수용시에 고농도의 암모니아 및 저온이 붕장어의 stress에 미치는 정도를 혈액성분을 측정하여 조사하였다.

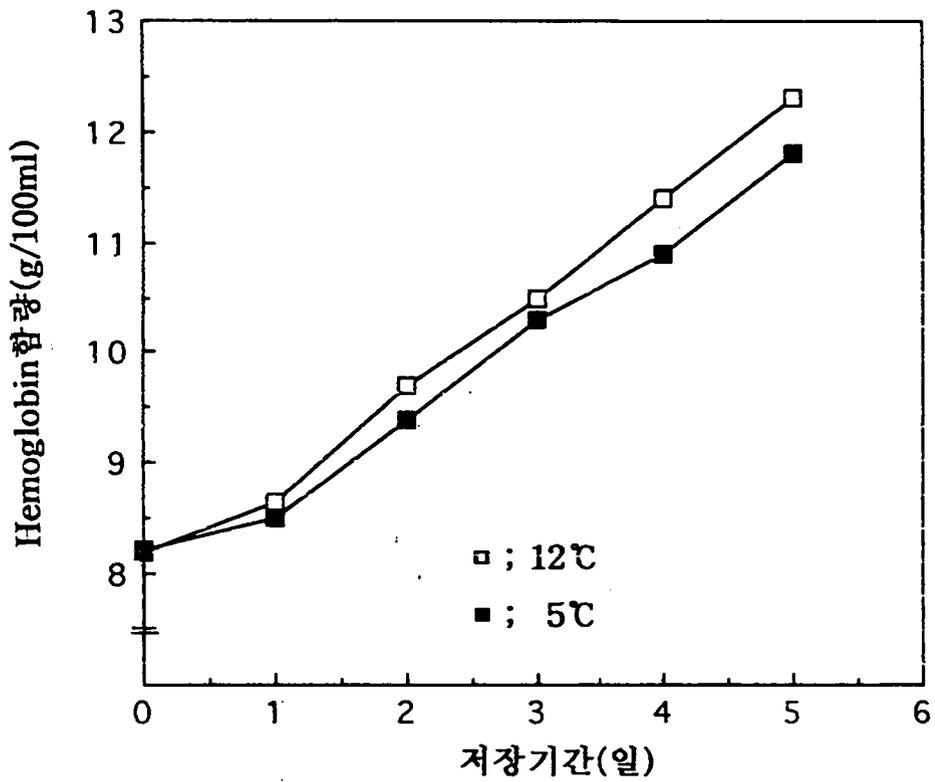
1) Hemoglobin함량의 변화

붕장어 혈액중의 hemoglobin의 함량변화를 (<그림 3-17>)에 나타내었다. 저장직전에 8.2mg/100ml의 값을 나타내었으며, 5일간의 저장 기간을 통하여 서서히 증가하여 12℃저장에서는 12.3mg/100ml, 5℃저장에서는 11.8mg/100ml의 값을 나타내었고, 저장 온도차에 의한 hemoglobin증가의 큰 차이는 없었다.

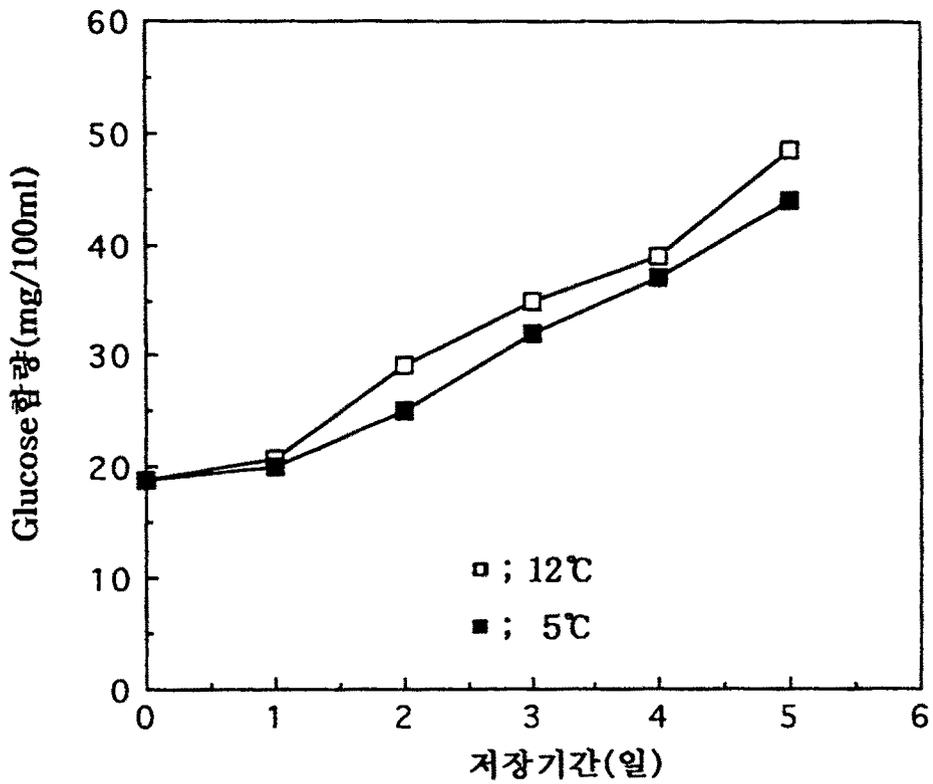
2) Glucose함량의 변화

혈액중의 glucose함량의 변화를 (<그림 3-18>)에 나타내었다. 저장직전에 약 19mg/100ml의 값을 나타내었으며, 저장기간을 통하여 서서히 증가하여 저장 5일후에 12℃저장에서는 약 50mg/100ml, 5℃저장에서는 약 45mg/100ml 값까지 증가하였으며, 저장 온도에 따른 큰 차이는 없었다.

어류가 스트레스를 받을 때에 혈액중의 glucose 농도의 증가에 대하여 Birnbaum 등(1976)과 hayashi and Ooshiro(1977)는 부신수질에서 adrenalin이 과다로 분비되어서 간장에서 glucose를 glycogen으로의 생합성이 억제되며, 근육조직중의 glycogen에서 glucose로의 분해를 촉진한다고 보고하고 있으며, 또 Ottolenghi등(1982)은 스트레스를 받을 때에 췌장으로부터 insulin의 분비가 억제되어서 혈당이 상승한다고 보고하고 있다.



<그림 3-17> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 hemoglobin함양 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-18> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 glucose함양 변화(밀도 : 40%)

3) Triglyceride 함량의 변화

Triglyceride는 glycogen과 더불어서 energy공급원이 되며, 아사(餓死) 상태에서는 초기에 주된 에너지공급원이 된다(Yoon et al., 1986). Takami et al, (1995)은 전복을 장시간 굶길때에 triglyceride함량이 서서히 감소함을 보고하고 있다.

붕장어 혈액중의 triglyceride함량의 변화를 (<그림 3-19>)에 나타내었다. 저장직 전에 약 675mg/100ml였던 것이 저장기간을 통하여 저하하였으며, 저장 5일 후에 12℃저장에서는 약 100mg/100ml까지 감소하였으며, 5℃저장에서는 감소가 약간 억제되어 약 200mg/100ml까지 감소하였다.

4) Ammonia함량의 변화

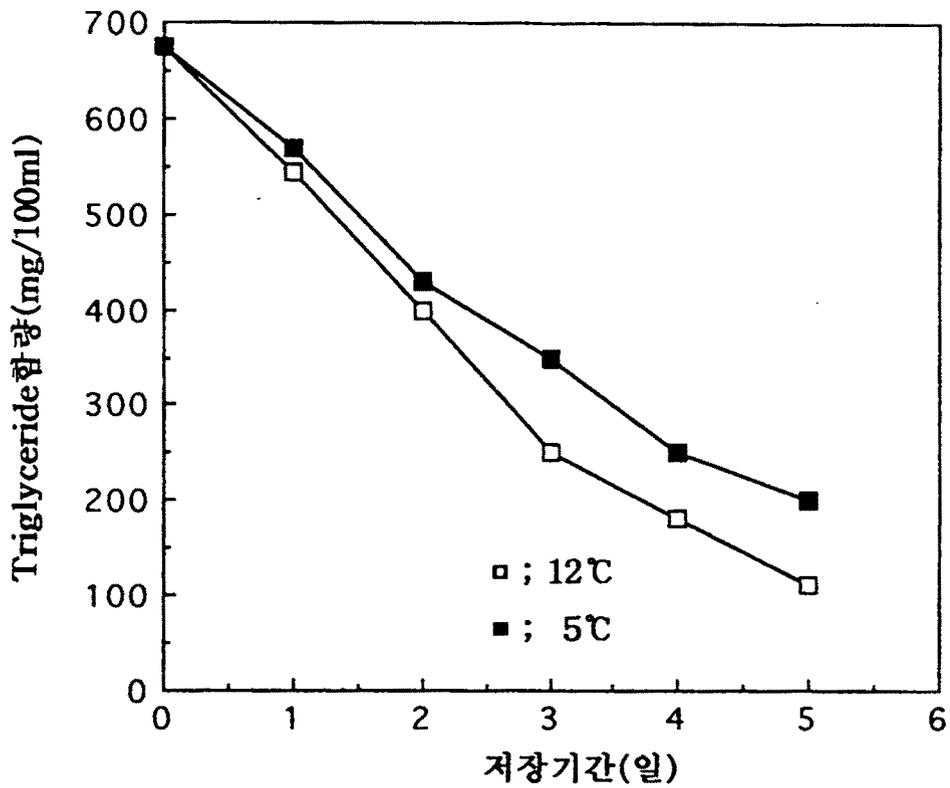
혈중의 ammonia 증가를 <그림 3-20>에 나타내었다. 저장직전에 약 1.3mg/100ml였던 것이 저장 기간을 통하여 서서히 증가하였다. 즉, 저장 5일후에는 12℃에서는 7.5ppm, 5℃에서는 7.1ppm까지 증가하였으며, 저장온도에 따른 큰 차이는 나타나지 않았다. 해수중의 ammonia 농도가 30ppm인 상태에서 혈액중의 암모니아 상승 속도가 빠르지 않는 결과는 혈액중의 암모니아 변화에 해수중의 ammonia가 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

나. 근육성분의 변화

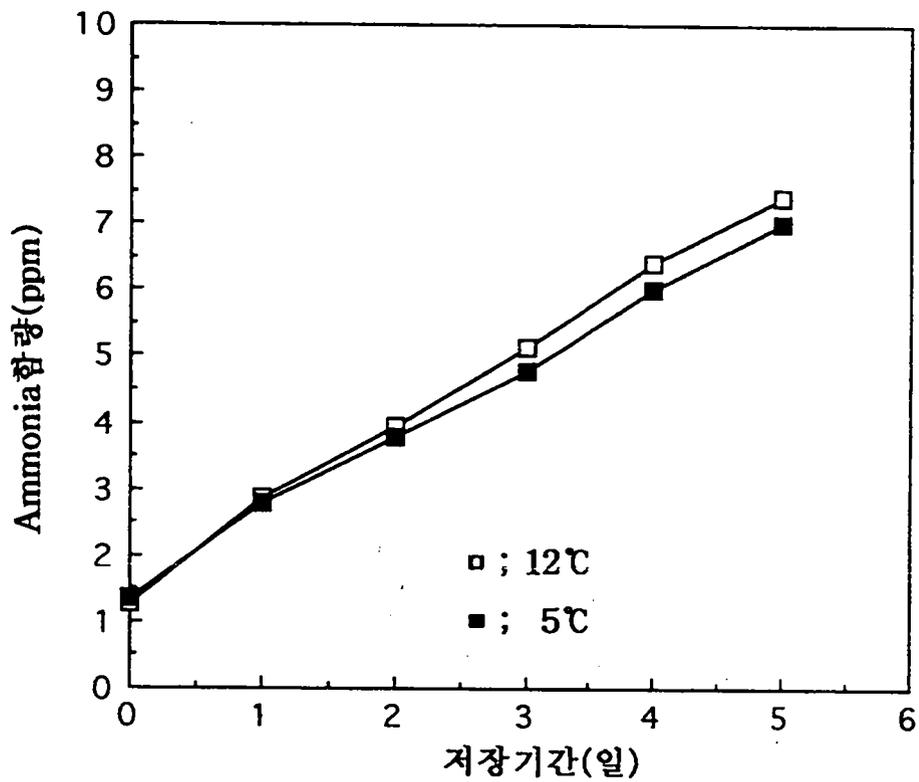
1) 유산량의 증가

생체중의 ATP합성에 관여하는 대사계로서 glycogen 및 glucose를 출발물질로하는 혐기적 대사인 해당(解糖)을 들수 있다. Glycogen glycogenphosphorylase의 작용에 의하여 glucose-1-인산을 생성하며, 이 1몰로부터 최종적으로 2몰의 L-유산 및 2몰의 ATP가 생성된다.

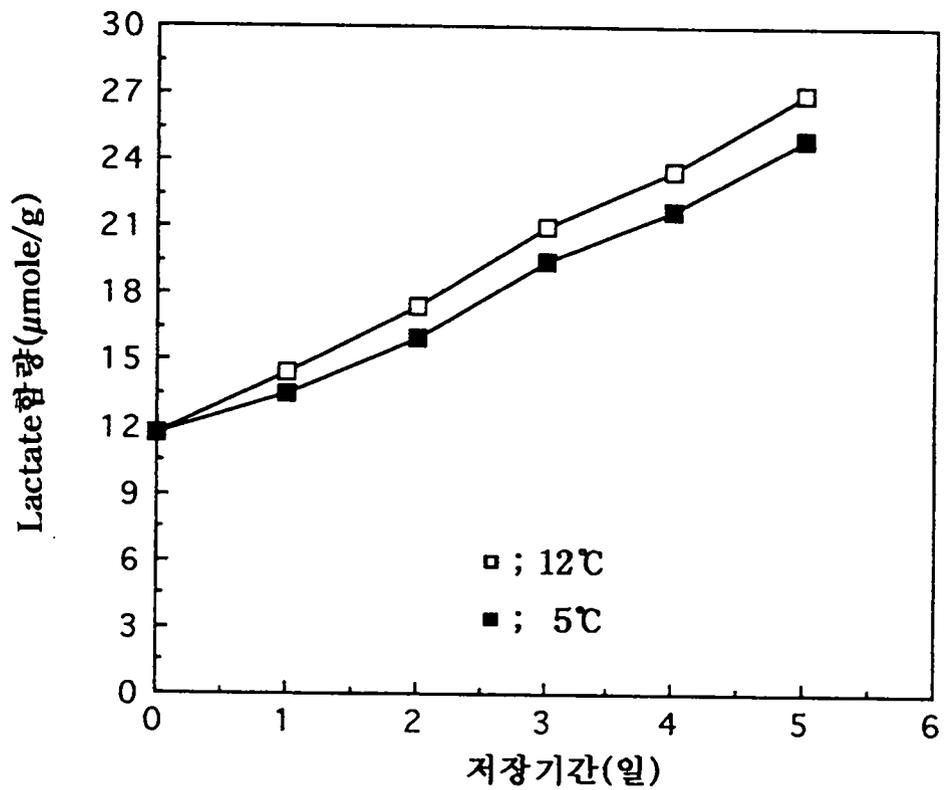
붕장어를 암모니아 농도가 30ppm으로 조정된 5℃ 및 12℃ 해수에 저장하면서 근육중의 유산함량의 변화를 <그림 3-21>에 나타내었다. 저장직



<그림 3-19> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 triglyceride함양 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-20> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 암모니아 생성량의 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-21> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 근육중의 유산량의 변화(밀도 : 40%)

전에 $12 \mu \text{mole/g}$ 이 었던 것이 저장기간을 통하여 서서히 증가하여 저장 5일 후에는 12°C 에서는 $27 \mu \text{mole/g}$, 5°C 에서는 $25 \mu \text{mole/g}$ 까지 상승하였고, 저장 온도에 따른 큰 차이는 없었다. 근육중의 유산량의 증가에 대하여 Wittenkerger등(1975)은 조직중에서 혐기적 해당이 촉진되어서 유산의 생성이 빨라진다고 보고하고 있다.

2) ATP관련 물질의 변화

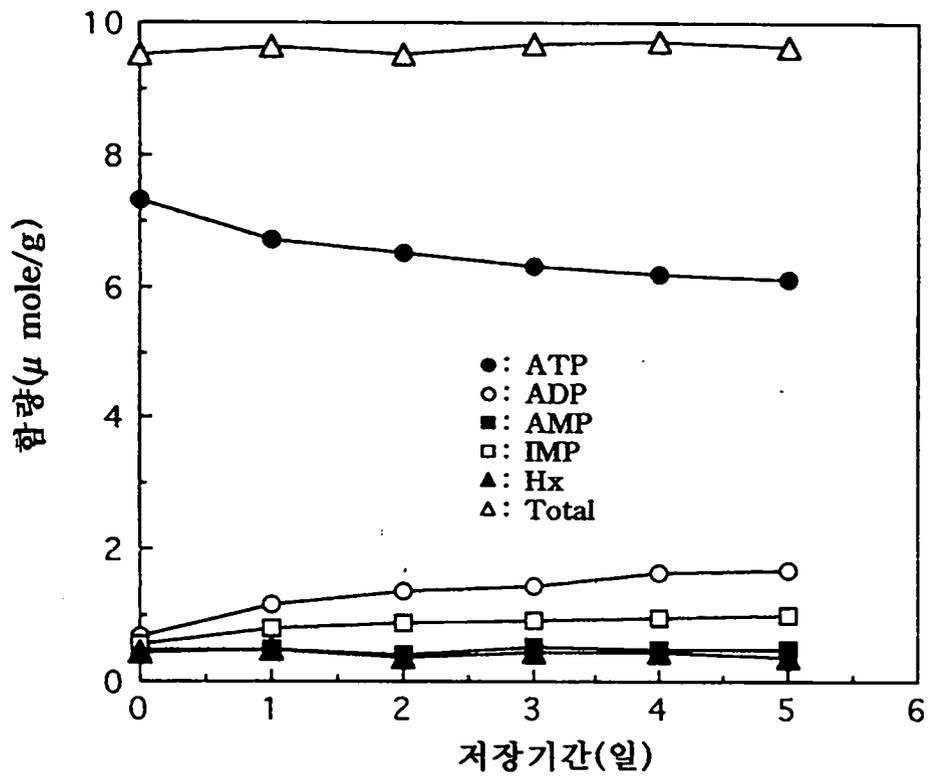
근육의 사후변화와 ATP함량과의 사이에는 밀접한 관계가 있으며, 근육중의 ATP는 사후에 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$ 의 경로로 분해된다. 각 단계의 반응은 관련 효소에 의하여 진행되며 분해속도는 어종에 따라서 차이가 난다. 근육 중의 ATP관련물질의 함량은 적색어와 백색어에 관계없이 대체로 $5\text{-}10 \mu \text{mole/g}$ 을 나타낸다. 살아 있는 근육은 ATP가 ADP로 분해될 때 발생하는 energy를 운동 energy로 사용하며, 생성된 ADP는 여러 경로로 다시 ATP로 재생된다.

붕장어를 저장중에 ATP관련물질의 변화를 <그림 3-22>, <그림 3-23>에 나타내었다. 저장 직전의 ATP함량은 $7.3 \mu \text{mole/g}$ 이었으며, 5°C 저장에서는 (<그림 3-22>) 저장직후에 약간 감소하여 $6.6 \mu \text{mole/g}$ 의 값을 나타낸후에 그후로 약간씩 감소되어 저장 5일 후에 $5.8 \mu \text{mole/g}$ 의 값을 나타내었다. 한편 12°C 저장에서는(<그림 3-23>) 5°C 저장 보다 감소 정도가 컸으며 저장 5일 후에는 약 $5.3 \mu \text{mole/g}$ 의 값을 나타내었다. 그리고, ADP 및 IMP는 ATP의 감소와 반대로 저장 초기에 증가하여 완만한 증가폭을 나타내었다. 그리고, 전저장기간을 통하여 AMP, HxR, Hx의 변화는 관찰되지 않고 일정한 값을 유지하였다. 古岩등(1988)이 보리새우의 활력지표로 사용한 $[\text{ATP}/(\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP}) \times 100]$ 값의 변화는, 저장 7일후에 5°C 에서는 61.1%, 12°C 에서는 55.8%를 나타내었다. 이와같이 저장시에 ATP함량이 감소하는 것은, 조동(1994)이 태래어를 저온고밀도 수용시에, 또 넘치

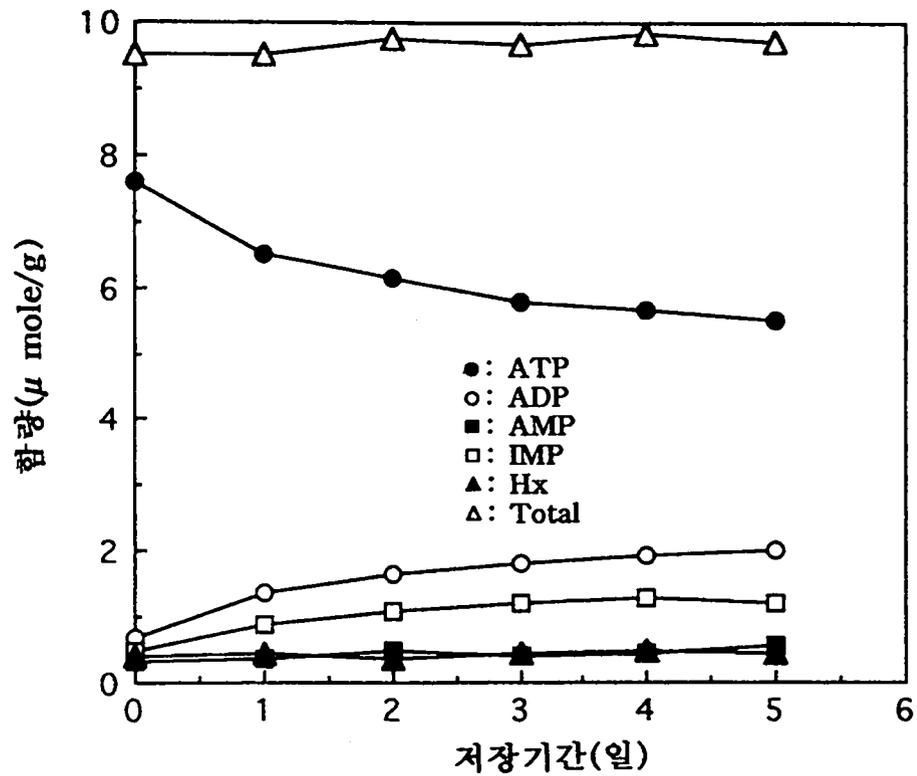
를 저온무수상태로 수용시에 ATP가 분해된다는 보고와 같이, 저장중에 받은 stress 때문에 ATP가 감소되는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 조(1995)가 붕장어를 23℃에서 20%밀도로 저장중에, 치사시의 활력지표값이 30%라고 보고한 값과는 상당한 차이가 있는 것으로, 5일 저장까지 stress는 받지 않, 이 기간까지 치사하지는 않을 것으로 판단된다.

다. 저장기간중의 치사유무

암모니아 농도가 30ppm으로 조정된 해수에 붕장어를 넣고 5℃ 및 12℃로 유지하면서 치사유무를 관찰한 결과는, 5일 동안의 저장기간을 통하여 치사하는 것은 없었으며, 저장 온도에 따른 차이도 관찰할 수 없었다.



<그림 3-22> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중(5℃)에 봉장어를 저장시에 근육중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-23> 암모니아 농도 30ppm으로 조정된 해수중(12℃)에 봉장어를 저장시에 근육중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)

제5절 해수중의 용존산소량이 4ppm상태에서 붕장어의 혈액 및 근육 성분의 변화

해수에 용해되어 있는 용존 산소량은 수온 등에 따라서 다르고 5~8ppm 정도로 알려져 있으며, 산소가 공급되지 않는 부족현상이 일어나면 어류는 질식사하여 치사하게 된다. 질식을 일으키는 잔존산소량은 어종 및 수온에 따라서 영향을 받으며 고온보다 저온 쪽이 용존 산소량이 적어도 치사율이 떨어짐이 알려져 있다. 일반적으로 질식을 일으키는 용존산소량은 1ppm정도이며, 이 값에 노출된 일정시간 후에 치사한다.

본 저자는 붕장어와 넙치를 시료로하여 23℃에 저장하면서 용존산소량의 감소를 측정한 결과, 동일 중량에서 붕장어가 넙치보다 용존산소량의 감소속도가 빠름을 보고하였으며, 또 해수중의 산소농도가 1.0~1.5ppm에서는 산소부족에 의하여 stress를 받아서 치사하는 것으로 나타났으나, 용존산소농도가 4.0~4.5ppm에서는 산소부족에 의한 stress는 거의 받지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 어획한 붕장어를 치사시키지 않고 수송하기 위해서는 어창내 해수의 용존산소량이 4.0ppm 이상으로 유지가능하도록 산소공급 장치를 장착해야 할 것이다.

본절에서는 붕장어를 저온에 수용하였을 때에 저온 장애도 받지 않고 용존 산소량의 감소속도 및 암모니아 생성속도가 가장 적으며 치사시까지의 저장 시간이 가장 많이 연장되는 5℃와 어류의 저온저장시의 최적 온도로 알려져 있는 12℃에 해수중의 용존산소량을 약 4ppm으로 유지되게하여 붕장어를 40% 밀도로 저장하면서 저장기간 중에 붕장어가 받는 stress정도를 혈액성분(glucose, hemoglobin, ammonia, triglyceride) 및 근육성분(ATP관련 물질, 유산량)의 변화에 대하여 검토하여 이들 성분들의 변화와 붕장어 스트

레스의 관계에 대하여 고찰하고자 한다.

1. 재료 및 실험방법

가. 재료

붕장어(Conger inyriaster)는 부산소재 민락동 회센타에서 구입한 180 ~ 230g의 것을 사용하였다. 이들 시료를 실험실로 운반하여, 약 2시간 동안 수조에 방치하여 회복시킨후에 실험에 사용하였다.

나. 실험방법

1) 저장조건

수온이 5℃이고 해수중의 용존산소량의 4-5ppm으로 조정되는 조건으로 조정하여 저장하면서 경시적으로 끄집어 내어서 분석시료로 사용하였다.

2) 채혈방법 및 분석방법

제3장과 동일한 방법으로 채혈하여 혈액중의 글로코오즈, 암모니아, 헤모글로빈, glyceride량을 측정하였으며, 근육중의 ATP관련물질 및 유산함량의 변화도 동일 방법으로 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 혈액성분의 변화

활어의 생리적 변화에 영향을 미치는 요인중에서 용존산소량은 활어의 생존에 기본적 요인의 하나이다. 해수의 용존산소량은 5~8ppm정도로 알려져 있고, 산소가 공급되지 않은 부족현상이 일어나면 어류는 stress를 받으며, 이것이 누적되면 치사하게 된다. 저산소상태에서는 혈액중의 hemoglobin,

hematocrit값, glucose등이 증가함이 알려져 있다. 해수중의 용존산소량이 4ppm이고 해수온도가 5℃ 및 12℃ 조건에 붕장어를 수용시에 붕장어가 받는 stress정도를 혈액성분을 측정하여 조사하였다.

1) Hemoglobin함량의 변화

붕장어 혈액중의 hemoglobin함량 변화를 <그림 3-24>에 나타내었다. 저장 직전에 8.5g/100ml값을 나타내었으며, 5일간의 저장기간을 통하여 서서히 증가하여, 12℃저장에서는 12.7g/100ml, 5℃저장에서는 12.3g/100ml의 값을 나타내었고, 저장 온도차에 의한 hemoglobin증가의 차이는 크지 않았다. Wood and Johansen (1972)은 뱀장어를 1~2주간 저산소상태에 두었을 때, hemoglobin함량과 hematocrit값이 증가하였음을 보고하였다.

2) Glucose함량의 변화

혈액중의 glucose함량의 변화를 <그림 3-25>에 나타내었다. 저장 직전에 약 16mg/100ml의 값을 나타내었으며, 저장기간을 통하여 서서히 증가하여 저장 5일후에 12℃저장에서는 약 53mg/100ml, 5℃ 저장에서는 약 46mg/100ml값까지 증가하였으며, 저장온도에 따른 큰 차이는 없었다.

3) Triglyceride함량의 변화

붕장어 혈액중의 triglyceride함량의 변화를 <그림 3-26>에 나타내었다. 저장직전에 약 760mg/100ml였던 것이 저장기간을 통하여 저하하였으며, 저장 5일후에 12℃ 저장에서는 130mg/100ml까지 감소하였으며, 5℃저장에서는 약 250mg/100까지 감소하였다.

4) Ammonia함량의 변화

혈액중의 ammonia증가를 <그림 3-27>에 나타내었다. 저장직전에 1.3ppm이었던 것이 저장기간을 통하여 서서히 증가하였다. 즉, 저장 5일 후에는 12℃에서는 7.2ppm, 5℃에서는 6.9ppm까지 증가하였으며, 저장온

도에 따른 큰 차이는 나타내지 않았다.

해수중의 용존산소량을 4ppm으로 유지하면서 저온에 저장중에 혈액성분의 변화를 관찰한 결과는, 해수중의 암모니아 농도가 30ppm으로 유지되는 조건과 큰 차이를 나타내지 않았다.

나. 근육성분의 변화

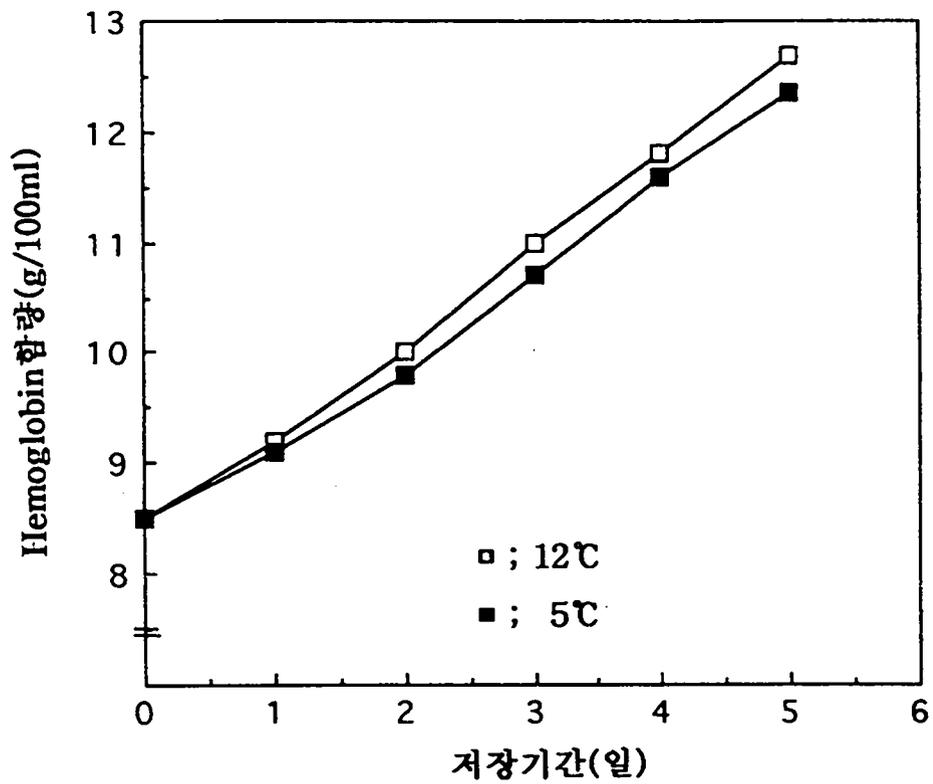
1) 유산량의 증가

붕장어를 산소농도가 4ppm으로 조정된 5℃ 및 12℃ 해수에 저장하면서 근육중의 유산함량의 변화를 그림 28에 나타내었다. 저장직전에 12 μ mole/g이었던 것이 저장기간을 통하여 서서히 증가하여, 저장 5일후에는 12℃에서는 약 25 μ mole/g, 5℃에서는 22.5mole/g까지 상승하였고, 저장온도에 따른 큰 차이는 없었다.

2) ATP관련물질

붕장어를 저장중에 ATP관련물질의 변화를 <그림 3-29>, <그림 3-30>에 나타내었다. 저장직전의 ATP함량은 약 7 μ mole/g이었으며, 저장기간을 통하여 서서히 감소하였다. 5℃저장에서는(<그림 3-29>) 저장 5일후에 약 6 μ mole/g을 나타내었다. 한편, 12℃저장에서는(<그림 3-30>) 5℃저장보다 감소정도가 약간 컸으며, 저장 5일후에 약 5.3 μ mole/g의 값을 나타내었다. 활력지표값은 저장 5일후에 5℃에서는 66.7%, 12℃에서는 58.9%까지 감소하였다.

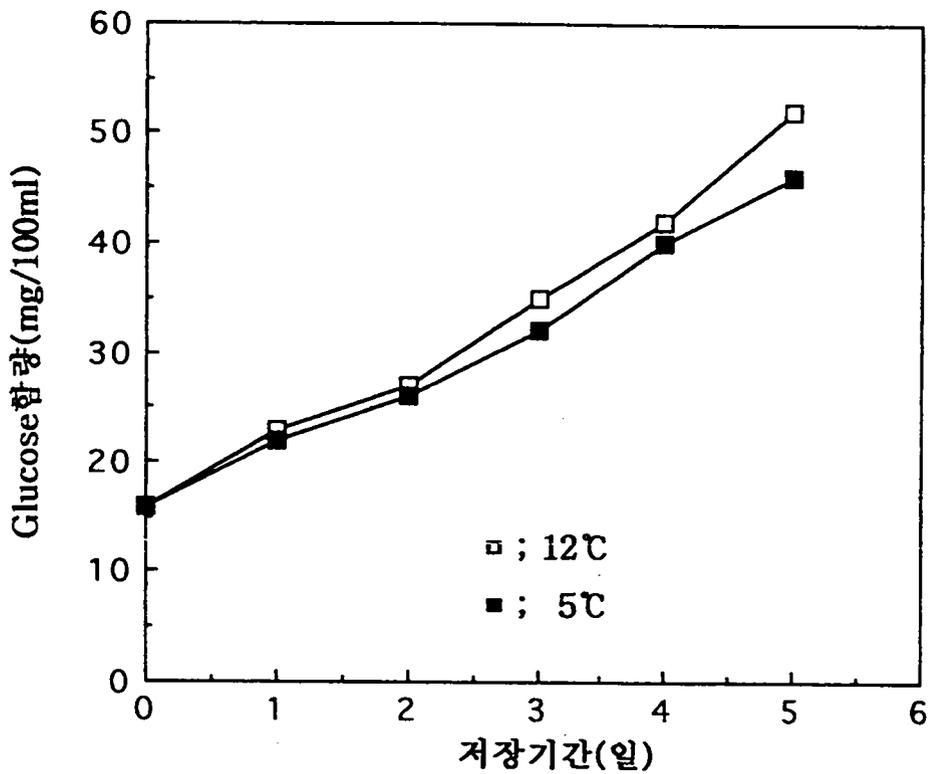
해수중의 용존산소량을 4ppm으로 유지하면서 저온에 저장중에 근육성분의 변화를 관찰한 결과도, 해수중의 암모니아농도가 30ppm으로 유지되는 조건과 큰 차이를 나타내지 않았다.



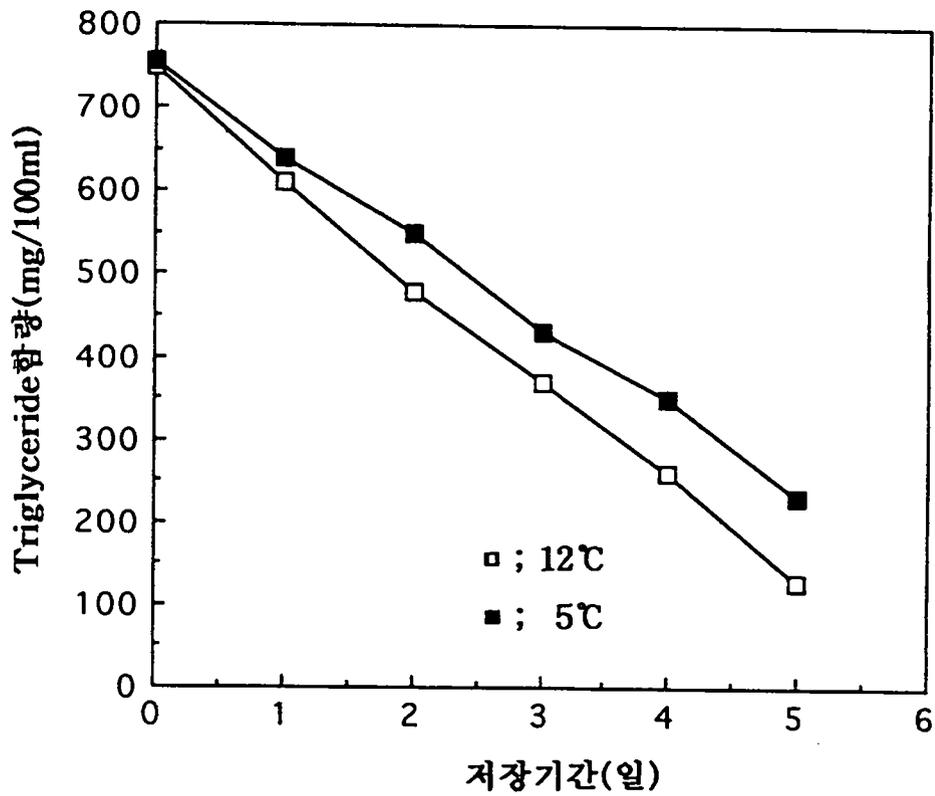
<그림 3-24> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 hemoglobin 함양 변화(밀도 : 40%)

다. 저장기간중의 치사유무

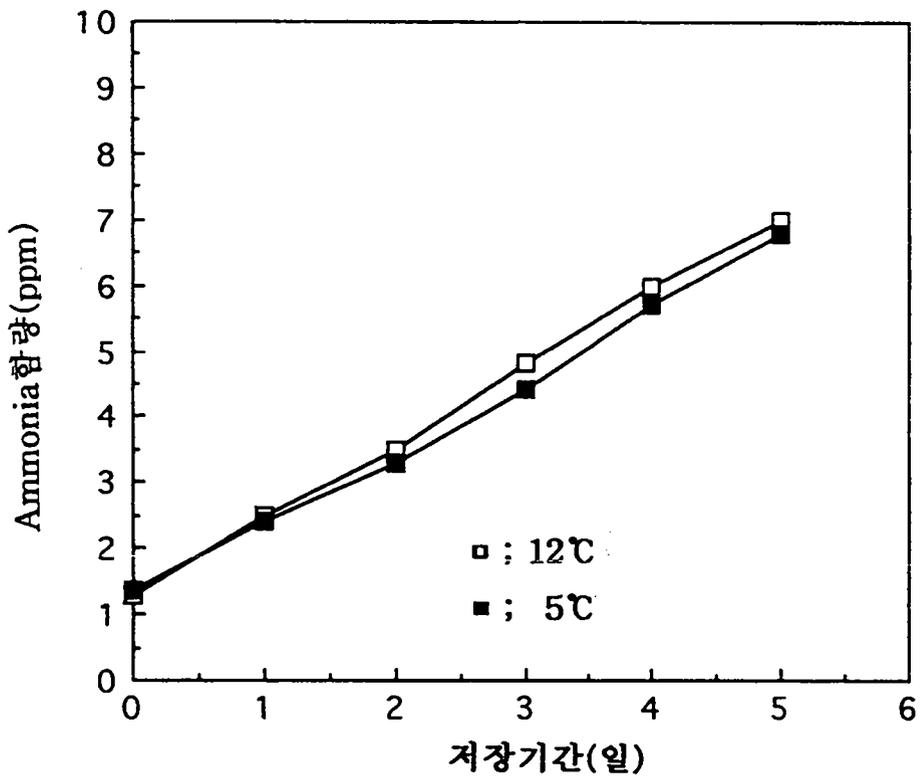
용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수에 붕장어를 넣고 5℃ 및 12℃로 유지하면서, 치사유무를 관찰한 결과는, 5일동안의 저장기간을 통하여 치사하는 것은 없었으며, 저장온도에 따른 외관적인 차이도 관찰할 수 없었다.



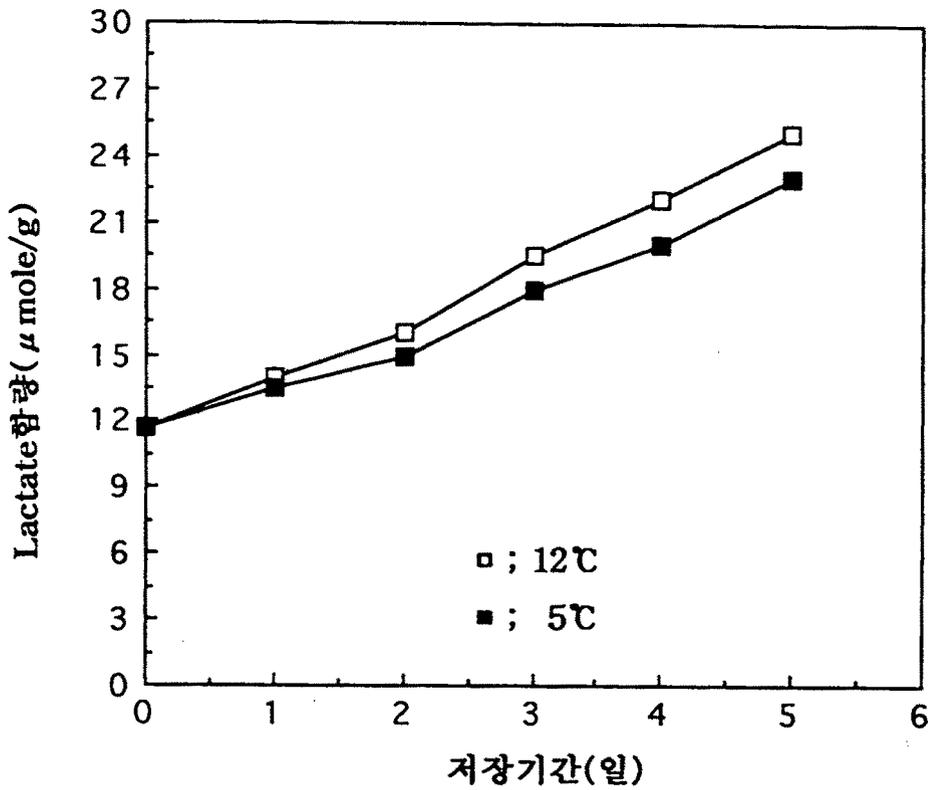
<그림 3-25> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 glucose함양 변화(밀도 : 40%)



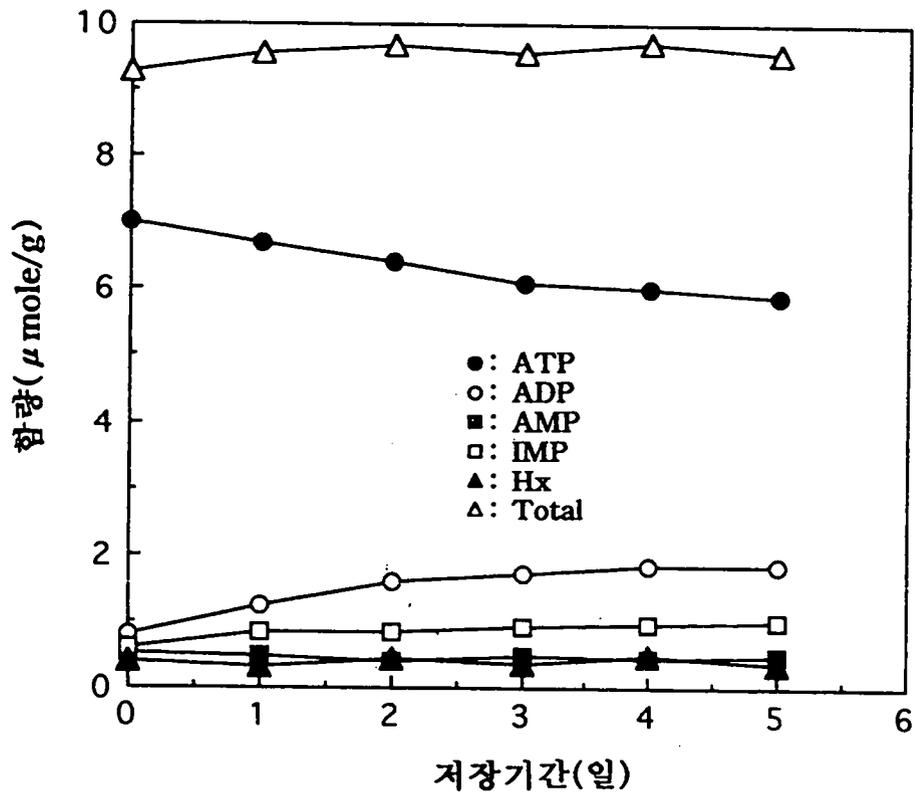
<그림 3-26> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 triglyceride함양 변화(밀도 : 40%)



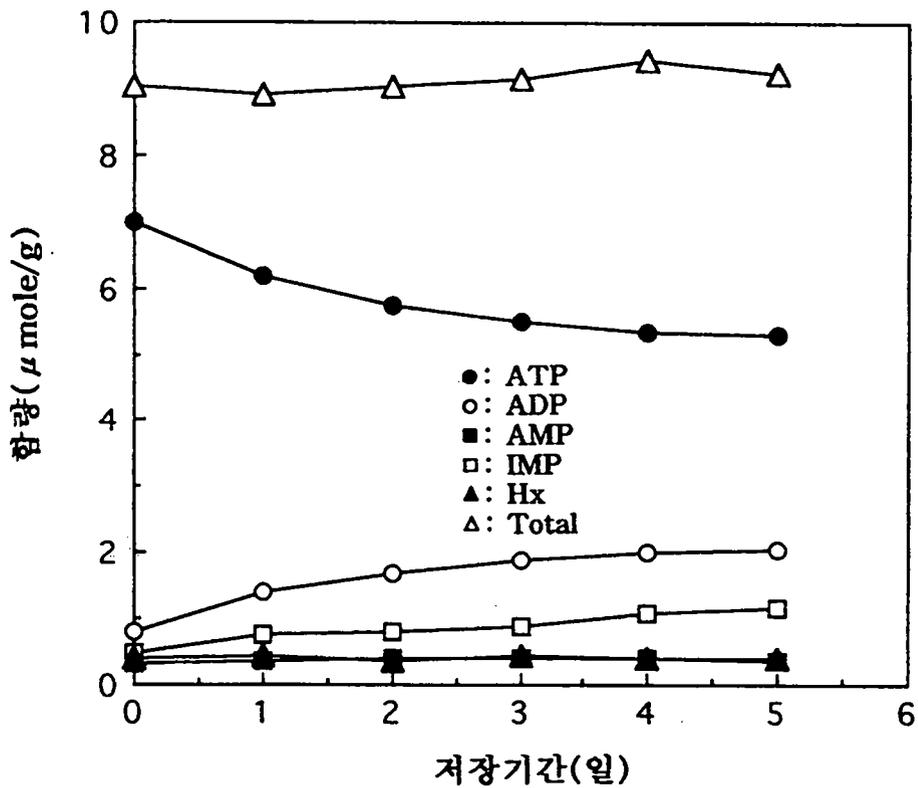
<그림 3-27> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 혈액중의 암모니아 생성량의 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-28> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중에 붕장어를 저장중에 근육중의 유산량의 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-29> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중(5℃)에 봉장어를 저장시에 근육중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)



<그림 3-30> 용존산소량이 4ppm으로 조정된 해수중(12℃)에 붕장어를 저장시에 근육중의 ATP 관련물질의 변화(밀도 : 40%)

제6절 실험결과

붕장어는 풍부한 영양성 때문에 스테미너식으로 알려져 있으며, 그 소비량은 매년 증가하고 있다. 그러나, 하절기에는 어획한 붕장어를 육상으로 수송시에 어창내의 해수온도의 상승으로 인하여 치사율이 증가한다. 특히, 조업장이 멀리 떨어져 있는 남지나해 등에서의 조업은 조업 및 수송에 소요되는 날짜가 길어지므로 현행의 붕장어 활어창시스템으로는 조업의 한계성 때문에 하절기에는 출어를 포기하는 경우가 많다. 따라서, 하절기에도 어획한 붕장어를 활어상태로 수송할 수 있는 방법의 개발이 필요하며, 어창내에 냉각장치를 설치하여 어창내의 해수온도를 저온으로 하면, 수온상승에 따른 heat shock 등에 의한 치사를 막을 수 있을 뿐만 아니라, 붕장어의 호흡량 및 운동량을 적게하여서 고밀도로 수송가능할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 붕장어 어획선 어창에 해수냉각장치 설치를 위한 기초자료를 얻기 위하여 붕장어를 저온환경에 두었을 때에 일어나는 생리적인 변화를 실험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 붕장어를 각종밀도(10%, 20%, 30%, 40%) 및 각종온도(0℃, 5℃, 10℃, 18℃, 25℃)에 비폭기 상태로 저장하면서 저장온도 및 수용밀도에 따른 해수중의 용존산소량의 감소를 측정한 결과는, 저장온도가 높을수록 그리고 수용밀도가 높을수록 용존산소량의 감소속도가 빨랐다. 한편, 0℃에 저장한 경우에는 수용밀도에 관계없이 저온 shock에 의하여 약 1시간 30분까지는 치사하였다. 그리고, 5℃에 저장한 경우에는 호흡량의 억제효과가 뚜렷하였으며, 0℃저장에서와 같은 저온 shock현상은 관찰되지 않았다.

2. 봉장어를 각종밀도(10%, 20%, 30%, 40%) 및 각종온도(0℃, 5℃, 10℃, 18℃, 25℃)에 폭기 상태로 저장하면서 저장온도 및 수용밀도에 따른 해수중의 암모니아 생성량의 증가를 측정된 결과는, 용존산소량의 감소와 동일한 경향을 나타내었다. 즉, 저장온도가 높을수록 그리고 수용밀도가 높을수록 암모니아 생성속도가 빨랐다. 한편, 0℃저장에서는 암모니아 생성이 거의 관찰되지 않았으며, 수용밀도에 관계없이 저온shock에 의하여 저장초기에 치사하였다.

3. 비폭기 상태로 각종온도 및 밀도에 봉장어를 저장한 경우에 용존산소량이 1ppm에 도달한 일정시간 후에 봉장어가 치사하므로, 해수중의 용존산소량을 약 4ppm으로 조정하면서 봉장어가 받는 stress정도를 혈액성분(hemoglobin, glucose, ammonia, triglyceride) 및 근육성분(ATP관련물질 및 유산)의 변화를 실험한 결과, 5일간의 저장기간중에 치사하는 것이 없었으며, 이들 혈액성분 및 근육성분의 변화도 크지 않았다. 따라서, 봉장어를 수송시에 해수중의 용존산소량을 4ppm이상으로 유지시키면 용존산소량 부족에 의한 치사의 염려는 없을 것으로 생각된다.

4. 폭기상태로 각종온도 및 밀도에 봉장어를 저장한 경우에 일반어류의 치사한계값인 암모니아농도 30ppm과는 달리, 암모니아 생성량이 40ppm에 도달한 일정시간 후에 봉장어가 치사하므로, 해수중의 암모니아량을 30ppm으로 조정하면서 봉장어가 받는 stress정도를 혈액성분 및 근육성분의 변화를 실험하였다. 그 결과, 5일간의 저장중에 치사하는 것은 없었으며 이들 혈액성분 및 근육성분의 변화도 크지 않았다. 따라서 봉장어를 수송시에 해수중에 생성되는 암모니아량이 30ppm이하가 되도록 환수를 하거나 암모니아를 제거하면, 암모니아 독성에 의한 치사는 없을 것으로 생각된다.

5. 해수온도가 25℃에서 일정시간 순치시킨 붕장어를 5℃ 및 12℃로 냉각된 해수에 붕장어를 바로 넣었을 때의 치사 및 외관의 변화를 관찰한 결과, 5℃에 바로 넣었을 때는 침지 직후부터 횡전하면서 심한 몸부림을 치다가 약 1시간 후에는 치사하였다. 이런 현상은 서식온도(25℃)와 저장온도(5℃)의 온도차(20℃)가 크기 때문에 나타나는 저온 shock에 의한 치사이다. 한편, 12℃에 바로 넣었을 때는 침지직후에 약간의 몸부림은 있었지만, 저장 5일 동안 치사하지 않았다.

이상의 결과로 부터, 붕장어 어창에 냉각장치를 설계 및 장착하기 위하여, 다음과 같은 조건을 제시한다.

- 붕장어 활어창의 냉각수 온도는 약 12℃전후로 유지해야 한다.
- 해수중의 용존산소량은 4ppm이상 유지가능하도록 산소를 공급해야 한다.
- 해수중의 암모니아량은 30ppm이상 유지되지 않도록, 해수순환량을 어창용적의 1.5배 이상 매일 순환시켜야 한다.
- 모기장의 설치 등, 분비물 및 기타 이물질 제거를 위한 방법을 모색해야 한다.

제 4 장 냉각시스템 설계를 위한 기초이론

여 백

제 4 장 냉각시스템 설계를 위한 기초이론

제1절 냉동의 개념

냉동(Refrigeration)이란 인공적으로 어떤 물질로부터 열을 빼앗아서, 주위의 온도보다 낮은 온도의 상태로 유지하는 것을 말한다. 경우에 따라서는 이것을 냉장과 냉동으로 나누어서, 식품을 얼지 않을 정도의 낮은 온도로 저장하는 것을 냉장, 빙점 이하의 저온도로 동결시키는 것을 냉동이라 부르기도 한다. 여기서, 냉각이라 함은 물(해수)을 얼지 않을 정도의 낮은 온도로 유지하는 것을 말하고, 냉동의 일부로 고려한다.

냉동을 행하는 방법에는 다음과 같은 방법들이 있다.

- 얼음이나 기한제(얼음과 소금의 혼합물)의 용해열을 이용하는 방법
- 드라이 아이스의 승화열을 이용하는 방법
- 증발하기 쉬운 액체가 증발할 때 흡수하는 증발열을 이용하는 방법

첫번째와 두번째 방법은 일정한 온도를 장시간 다량으로 이용하는 데는 한계가 있어 소규모의 일시적인 용도로 많이 쓰이며, 현재 산업 현장에서 가장 많이 쓰이고 있는 방법은 세번째의 액체의 증발열을 이용하는 방법이다. 열은 스스로 저온에서 고온으로 이동하지 못하기 때문에 연속적으로 액체의 증발열을 이용하기 위해서는 압축기(Compressor)라고 하는 기계력을 이용해야 한다. 여기서는 본 연구개발 시스템에 채용된 기계력을 이용한 냉동 시스템을 중심으로 설명하기로 한다.

증발한 가스는 압축기에서 압축되어 고온 고압의 가스로 되지만, 물 혹

은 공기로 냉각되어 다시 액화하며 이와 같이 반복되는 과정을 냉동 사이클 (Refrigeration cycle)이라 한다.

최근, 선박에서의 냉동장치의 응용은 매우 광범위하여 선원이나 선원 식량의 저장은 물론 냉동식품의 냉장 수송, 어선에서의 냉동 및 냉장, 특수 화물을 취급하는 선창 내 공기의 습도 조절, 선내의 공기 조화(Air Conditioning) 등에 널리 이용되고 있다. 이중에서도 어선에 가장 중요한 것은 어획물의 냉동, 냉장 시설은 어선의 생명이라 해도 좋을 만큼 중요한 시설물 중의 하나이다.

먼저 열역학 기초 이론과 이론적 냉동 사이클의 구성에 대해 기술하고, 주로 냉동 시스템을 구성하는 구성품 들의 역할 및 방열장비등 실제 시스템에 대해 알아본다.

제2절 열역학의 기초

1. 기체의 상태변화

기체에 여러 가지 형태로 에너지를 가하든지 혹은 빼앗으므로써 상태변화를 일으킨다. 상태변화에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 가. 정압변화 — 변화를 하는 동안 압력이 일정히 유지된다.
- 나. 정적변화 — 변화를 하는 동안 용적이 일정히 유지된다.
- 다. 등온변화 — 변화를 하는 동안 온도가 일정히 유지된다.
- 라. 단열변화 — 변화를 하는 동안 열의 출입이 전혀 없다.
- 마. 폴리트로픽 — 단열변화와 등온변화의 중간적인 변화를 폴리트로

픽(Polytropic) 변화라 한다. 실제의 압축기에서는 압축 도중에 발생한 열의 일부는 외부에 전달되며, 기체의 온도는 압축 전보다 상승하게 된다. 따라서, 압축기 내에서의 상태변화는 폴리트로픽 변화이다.

2. 열역학 제 1법칙

열역학 제 1법칙이라 함은 “기계적 일이 열로 변하거나 또는 열이 기계적 일로 변하는 경우 이 양자의 비는 일정하다”이다. 지금 일을 W , 이 일에 의하여 발생한 열량을 Q 라 하면 열역학 제 1법칙은 다음과 같이 표시된다.

$$Q = A \cdot W \text{ 또는 } W = J \cdot Q$$

여기서, A 를 일의 열당량, J 를 열의 일당량이라 하며, 열량 Q 의 단위를 kcal, 일 W 의 단위를 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 로 나타내면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$A = \frac{1}{427} \text{ kcal/kgf} \cdot \text{m} , \quad J = 427 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$$

이 값을 사용하면 1마력의 일에 상당하는 열량은 다음과 같이된다.

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} = 75 \times 3600 / 427 \text{ kcal/h} = 623 \text{ kcal/h}$$

압축기가 한 일은 열역학 제 1법칙에 의해 일정 비의 열로 변해 열 전달의 매체인 냉매를 통해 흐르게 된다.

3. 열역학 제 2법칙

“열은 고온도의 물체에서 저온도의 물체로 이동할 수 있으나 자기 스스

로 저온도의 물체에서 고온도의 물체로 이동할 수 없다.”라고 하는 설이 열역학 제 2법칙이다. 따라서, 저온도의 물체(어창내의 냉동물)에서 열을 흡수하여 이것을 고온도의 물체(옹축기의 냉각해수)에 주어, 저온도의 물체 온도를 더욱 낮게 하기 위해서는 기계적인 일(냉동기)이 필요하게 된다.

4. 엔탈피와 엔트로피

액체와 기체가 가지고 있는 모든 에너지를 열량의 단위로 나타낸 것을 엔탈피(Enthalpy)라 하며, 전 열량이라고도 한다. 즉, 그 물질의 내부에너지와 부피의 팽창을 통하여 외부에 행할 수 있는 에너지인 외부에너지의 합이다. 이것을 식으로 나타내면,

$$i = u + APV$$

여기서, i : 엔탈피

u : 내부에너지

A : 일의 열당량

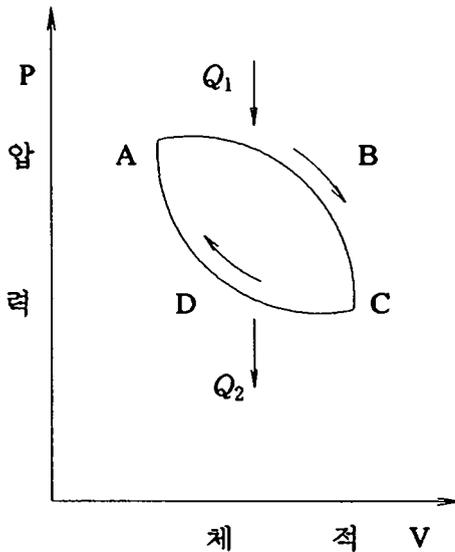
P : 압력

V : 체적

어떤 물질이 일정 온도 하에서 얻은 열량을 그의 절대 온도로 나눈 값을 엔트로피(entropy)라 하며 S(kcal/K)로, 또는 단위 질량당의 엔트로피는 s(kcal/kg · K)의 기호로 표시한다. 엔트로피 개념의 도입에 의하여 T-s선도를 사용하면 열량을 선도 상에 표시할 수 있어 매우 편리하다.

5. 성적계수

그림 4-1과 같이 단위 중량의
 동작물질이 A-D-C의 경로를 따른
 반사이클동안 저열원에서 열량 Q_1
 을 받아서 상태 C에 이르고, 또 다
 시 C-B-A의 경로를 따른 반사이클
 동안 고열원으로 열량 Q_2 를 버려서
 원래의 상태 A로 되는 사이클을 생
 각해 보자. 이것이 냉동사이클의 원
 리이다. 이 사이클 동안 외부로 부
 동작물질에 가해진 일은 $Q_1 - Q_2$



<그림 4-1> 냉동 사이클

= AW 가 된다.

이상의 설명에서 알 수 있는 바와 같이, 이 사이클은 열량을 저온에서 흡수하여 고온으로 배출한다. 마치 펌프가 낮은 곳에서 높은 곳으로 물을 이동시키는 것과 같은 것이다. 열역학 제 2법칙에 의하면, 위와 같은 사이클은 스스로 이루어지지 않는다. 그래서, 냉동 사이클을 이루려면 냉동기와 같은 기기가 필요하게 된다.

이 때, 외부로부터 가해진 일에 대한 흡수열의 비율

$$\epsilon = \frac{Q_2}{AW} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

이 되며, ϵ 을 냉동기의 성적계수(coefficient of performance)라 한다. 즉,

$$\text{성적계수} = \frac{\text{흡수한 열량(냉동량)}}{\text{압축 일의 열당량}}$$

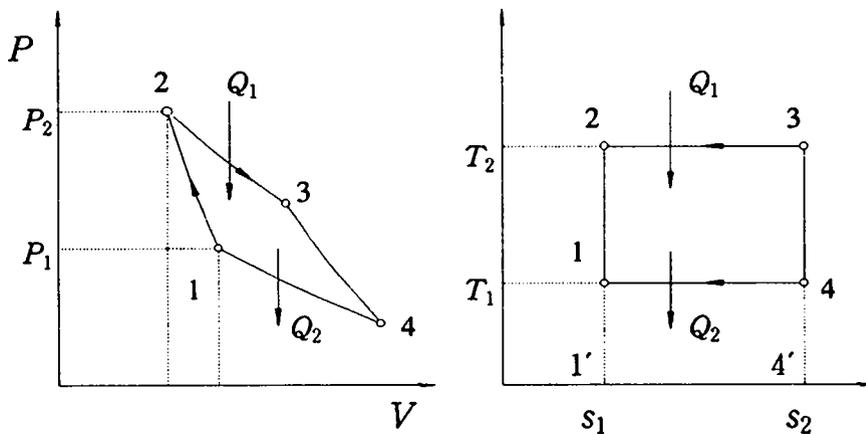
으로 정의된다. 냉동기의 경우 성적계수 ϵ 이 클수록 성능이 우수한 냉동기라 할 수 있다.

6. 카르노 사이클

1924년에 새디 카르노(Sadi Carnot)에 의하여 제창된 이론적인 열 사이클을 카르노 사이클(Carnot cycle)이라 하며, <그림 4-2>와 같이 두 개의 등온 변화와 두개의 단열변화에 의해 성립된다. 이 카르노 사이클은 열기관의 이상적 사이클이며, 같은 온도사이에서 움직이는 기관 중 최고의 효율을 가진다.

2 → 3 : 등온 팽창
3 → 4 : 단열 팽창

4 → 1 : 등온 압축
1 → 2 : 단열 압축



<그림 4-2> 이상적인 열 사이클인 카르노 사이클

7. 이론적 냉동 사이클(역카르노 사이클)

이미 설명한 카르노 사이클을 거꾸로 행하면 냉동 사이클이 된다. <그림 4-2>로 이론적 냉동 사이클을 표현하면,

$$\begin{array}{ll} 2 \rightarrow 1 : \text{단열 팽창} & 1 \rightarrow 4 : \text{등온 팽창} \\ 4 \rightarrow 3 : \text{단열 압축} & 3 \rightarrow 2 : \text{등온 압축} \end{array}$$

동작물질(냉매)은 2에서 1까지 단열팽창을 하여(팽창밸브에서) 그 온도를 내리고 1에서 4까지 등온팽창을 하여 외부에서(증발기에서) 열을 흡수한다. 4에서 3까지는 단열압축을 받고(압축기에서) 열의 출입이 없으므로 이 물질의 온도는 올라간다. 마지막으로 3에서 2까지 등온압축을 받고, 이 물질은 열량을 배출하여(응축기에서) 최초의 상태로 돌아간다.

역카르노 사이클에서 압축일 $AW = \square_{1234} = Q_1 - Q_2 = (T_1 - T_2) \times (s_1 - s_2)$ 이고, 흡수열량 $Q_2 = \square_{11'4'1} = T_1 \times (s_1 - s_2)$ 이므로, 이론적 성적계수 ϵ 은

$$\epsilon = \frac{Q_2}{AW} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \text{ 으로 된다.}$$

8. 냉동능력, 냉동톤

냉동기가 단위시간 동안 흡수할 수 있는 열량을 냉동능력이라 한다. 냉동

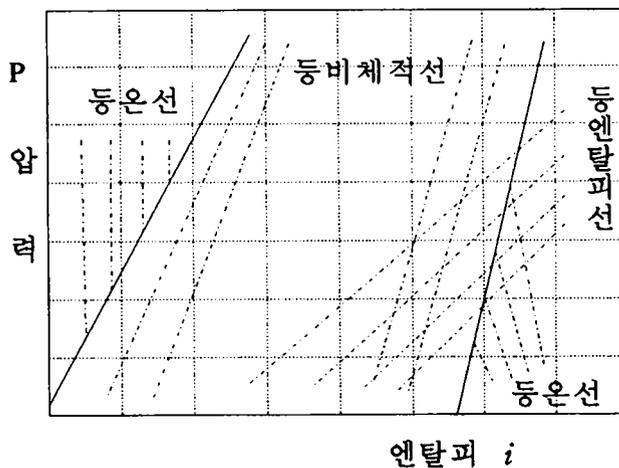
능력의 단위에는 kcal/h 또는 냉동 톤(RT)을 사용한다. 냉동 톤이라는 것은 0℃의 순수한 물 1톤을 24시간에 걸쳐서 0℃의 얼음으로 바꾸는 능력을 말한다. 즉,

$$1 \text{ 냉동 톤} = \frac{79.68(\text{kcal/kgf}) * 1000(\text{kgf})}{24(\text{h})} = 3,320(\text{kcal/h})$$

따라서, 1 냉동 톤은 3,320 kcal/h에 해당한다.

9. 모리엘 선도(Mollier diagram) : 압력 - 엔탈피선도

모리엘 선도는 세로축에 절대압력 P 혹은 log P를 잡고, 가로축에 엔탈피 i를 취하여 양자의 관계를 선도에 나타낸 것으로, 냉매의 일정압력에 대한 상태변화와 교축작용(팽창밸브에서의 작용) 등이 직선적으로 표시되므로 각 상태간의 엔탈피차를 구하기가 용이하여 냉동장치의 성능을 분석하는데 매우 편리하다. <그림 4-3>은 모리엘 선도를 개략적으로 나타내고 있다.

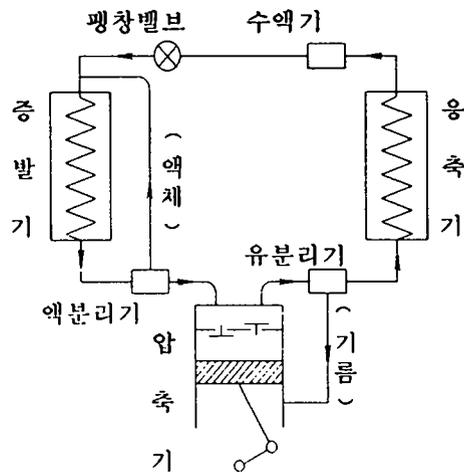


<그림 4-3> 모리엘 선도

제3절 냉동 시스템

1. 압축식 냉동 시스템의 구성 및 원리

가스 압축식 냉동기에서 극저온용을 제외하고는 1단 압축식 냉동기가 가장 많이 사용된다. 시스템의 구성은 압축기, 응축기, 팽창밸브 및 증발기의 4대 요소와 이를 포함한 기타의 필요 장비 등이며, 이들은 계통 내에서 다음과 같은 기능을 수행하게 된다. <그림 4-4>은 4대 요소와 기타 장비를 포함한 냉동기의 계통도이다.



<그림 4-4> 냉동시스템의 계통도

이들의 역할은 다음과 같다.

가. 압축기(Compressor) : 저온 부에서 열을 흡수하여 액체에서 기체로 변한 순환 물질(냉매)을 흡입하고, 응축기에서 냉각수 온도로 액화할 수 있을 정도의 압력까지 압축하는 기계장치이다.

나. 응축기(Condenser) : 압축기에서 압축된 고온, 고압의 기체를 받아들여

서 그의 열을 빼앗아 액화시키는 열 교환기의 일종이다. 선박에서는 해수를 이용해서 냉각하게 된다.

다. 팽창밸브(Expansion valve) : 응축기에서 액화한 고압의 액체를 교축 작용에 의하여 어창내의 낮은 온도에서도 기화할 수 있는 압력까지 감압시켜 주는 밸브이다.

라. 증발기(Evaporator) : 어창 내에 설치된 기기로서, 팽창밸브를 통해 감압되고 저온도로 된 액체가 주위로부터 열을 흡수하여 기화하는 곳을 말한다.

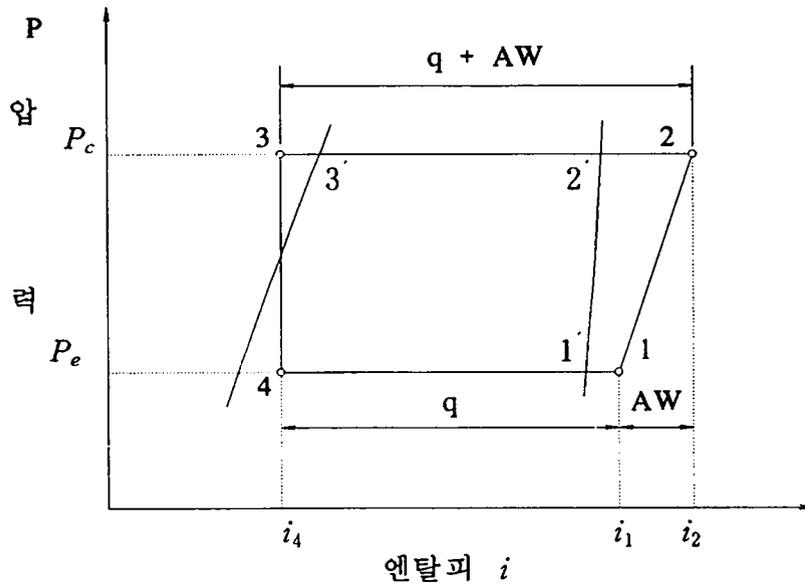
마. 수액기(Receiver) : 응축기에서 액화한 액체를 응축기에 저장하면 응축기의 냉각표면이 줄어들므로 능력이 감소한다. 따라서, 이 액체를 응축기에서 빼 내어 별도로 저장해야 한다. 이것이 수액기이다.

바. 유분리기(Oil separator) : 압축기내의 윤활유 일부가 순환물질과 혼합되어 계통 내를 순환하게 된다. 이 기름이 응축기나 증발기 등에 들어가서 그들의 열 전달 표면에 부착하면 열의 이동을 방해하여 냉동능력을 감소시키므로, 유분리기를 압축기 출구에 설치하여 기름을 분리 제거한다.

사. 액분리기(Accumulator) : 증발기에서 압축기로 돌아오는 기체가 냉동기 운전 상태에 따라서는 아직도 증발하지 못한 액체를 혼합하고 있는 경우가 있다. 액체가 압축기에 혼입되면 냉동장치의 효율이 나빠질 뿐만 아니라 여러 가지 부작용이 발생할 수 있으므로 액상의 냉매는 분리시켜 증발기 입구 쪽으로 되돌려 보내야 한다. 이 역할을 하는 것이 액분리기이다.

2. 압축식 냉동기의 사이클

<그림 4-5>은 냉동사이클을 모리엘 선도(Mollier diagram)에 나타낸 것이다.



<그림 4-5> 압축식 냉동 사이클

가. 제1과정(4→1) : 팽창밸브에서 나온 저온 저압의 액체가 증발하는 사이에 주위의 피냉동 물체로부터 열량 q 를 뺏고 기체로 변하는 과정으로서, 이것이 냉동 효과를 얻는 과정이다. 이 사이의 변화는 일정압력하에서 일어나는 정압 변화이므로 선도 상에서는 가로축과 평행한 선이 된다. 이 과정에서 냉매 1 kg가 흡입하는 열량을 냉동효과 $q(\text{kcal/kgf})$ 라 하며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q = i_1 - i_4$$

나. 제2과정(1→2) : 기화된 액체를 압축기에 흡입하여 고온 고압의 가스로 압축하는 과정이며, 이렇게 하면 냉매가스는 응축기에서 용이하게 액화할 수 있는 상태로 된다. 압축기에 필요한 일의 열당량 $AW(\text{kcal/kgf})$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$AW = i_2 - i_1$$

다. 제3과정(2→3) : 고온 고압의 가스가 응축기에서 공기 또는 물에 의하

여 냉각되어 액화하는 과정이다. 이 과정도 등압 변화이므로 선도 상에서는 가로축과 평행한 선으로 표시된다. 응축기에서 방출하는 열량 $q+AW(\text{kcal/kgf})$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q + AW = (i_1 - i_4) + (i_1 - i_2) = i_2 - i_4$$

라. 제4과정((3→4) : 고압의 액이 팽창 밸브를 통하여 교축 팽창하는 과정으로서 등엔탈피 변화이다. 즉 이 과정에서는 엔탈피 변화가 없어서 $i_3 = i_2$ 가 된다.

이상의 사이클에서, 증발기 및 응축기 이외의 곳에서는 열의 출입이 없고, 장치 내에서의 마찰 등에 의한 압력 손실도 없는 것으로 간주하고 있다. 따라서, 실제의 냉동 사이클과는 약간 다르다.

3. 실제 냉동 사이클

실제의 냉동 사이클에서는 냉매의 냉각을 과냉까지 확대시키며(냉동 효과와 성적계수를 증가시킬 목적으로), 냉매가스의 작동 범위를 과열증기의 영역까지 확대시키게 되는데(냉매의 상태 변화를 포화 증기 영역 이내로 한정하게 되면 압축의 시작이 습증기 상태가 되므로 곤란함.), 이 경우 부분적으로 등온 변화가 실현되지 않으며, 등압 변화로 된다. 또, 포화액을 실린더 내에서 단열 팽창시키는 것이 역카르노 사이클의 원리이나 장치가 복잡해지는 데 비해 이익이 적기 때문에 이것을 팽창 밸브를 통하여 교축시키게 된다.

4. 기준 냉동 사이클

냉동 장치의 냉동 능력이나 소요 동력의 크기는 응축 온도, 증발 온도,

과열도 및 과냉각도에 따라 변화하게 된다. 따라서, 기준이 되는 온도 조건을 정해서 그 온도 조건에 있어서의 성능을 비교하도록 다음과 같은 온도 조건을 규정하고 있다.

<표 4-1> 기준 냉동 사이클

증 발 온 도	-15 ℃
응 축 온 도	+30 ℃
압축기의 흡입 가스 온도 (건포화 증기)	-15 ℃ (과열도 = 0)
팽창 밸브 직전의 액온도	+25 ℃ (과열온도 = 5℃)

제4절 냉 매

1. 냉매의 정의

냉매는 그 이름과 같이 냉기를 운반하는 중개역할을 맡은 물질이다. 원래 냉동기는 열기관의 반대작용을 하는 것이기 때문에 동작 유체를 필요로 한다. 이 동작유체가 냉매이다.

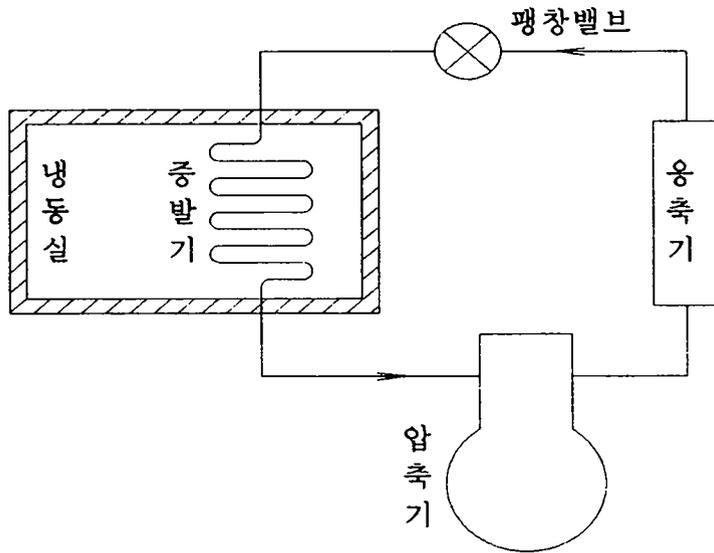
냉매는 보통 액화하기 쉬운 가스로서 냉동기 속에서 액체나 기체로 되어 그 상태를 변화하는 것이다. 브라인도 냉기를 운반하는 중개역할을 맡은 것이며, 단 그상태가 변화되지는 않는다. 따라서, 냉매는 아니지만 넓은 뜻에서 냉매로 취급되는 되는 수도 있다.

2. 냉매의 종류

냉동시스템에서 냉매를 이용하는 방법에 따라 크게 두 종류로 나눌 수 있다.

가. 직접냉매

열의 흡수 혹은 방출에 냉매의 잠열을 이용하는 것. 즉, 냉동실(어창) 내를 냉매가 직접 순환하는 냉동장치를 직접팽창식 냉동장치라 하고, 이때, 계통 내를 이동하는 냉매를 직접냉매, 또는 1차냉매라 한다. 암모니아, 프레온, 탄산가스 등이 이에 속하며 사이클 중에 상태변화를 행한다. <그림 4-6>은 직접팽창식 계통도이다.



<그림 4-6> 직접팽창식 계통도

1) 직접냉매가 갖추어야 할 조건

가) 물리적 조건

- ① 임계온도가 어느 정도 높을 것 : 임계온도가 낮으면 저온의 냉각수를 사용해야만 냉매의 액화가 가능하다.
- ② 상온에서 응축압력이 그다지 높지 않을 것 : 액화하기 쉬운 조건.
- ③ 대기압 하에서의 증발온도가 낮을 것 : 이것은 냉매가 증발하기 쉬운 조건이다.
- ④ 증발잠열이 클 것 : 냉매가 증발할 때, 흡수하는 열량이 클수록 냉동

효과가 크기 때문이다.

- ⑤ 용고온도가 낮을 것

나) 화학적 조건

- ① 독한 냄새나 독성이 없을 것.
- ② 화학적으로 안정할 것.
- ③ 누설을 발견하기 쉬울 것.
- ④ 냉동장치에 사용하는 재료를 부식시키지 않을 것.
- ⑤ 윤활유와 반응하여 냉매나 윤활유를 변형시키지 않을 것.

2) 직접 냉매의 종류와 특성

현재 냉매로 사용되고 있는 것으로는 암모니아(ammonia : NH_3), 탄산 가스(carbon dioxide : CO_2), 메틸 클로라이드(methyl chloride : CH_3Cl), 프레온(Freon) 등이다. 이들의 특징은 다음과 같다.

가) 암모니아(NH_3)

암모니아는 냉매로서 매우 오랜 역사를 가지고 있으며, 대규모의 냉동장치에 널리 사용되고 있다. 증발 압력, 임계 온도, 용고 온도가 모두 냉매로서 적합하며, 특히 증발 잠열은 현재 사용되고 있는 냉매 가운데 가장 크다. 철은 부식시키지 않으나, 수분을 포함한 암모니아는 구리 및 구리 합금을 부식시키므로 이들을 사용할 수 없고, 윤활유는 극히 소량 용해한다. 따라서, 냉매에 섞여서 응축기나 증발기에 들어간 기름은 정기적으로 제거해 주어야 한다.

암모니아는 극심한 자극성의 냄새가 나고, 독성도 강하므로 취급에 주의를 요한다. 특히 암모니아는 가연성 물질이며 공기 중에 16~25% 혼합된 경우 점화 원이 있으면 폭발하게 되므로 주의를 해야만 한다.

나) 프레온

이 냉매는 1930년에 미국에서 발명되었고, 과학적 명칭이 길기 때문에 냉매(Refrigerant)의 머리 글자를 따서 R로 표시하고 있다. 이 냉매는 종래 냉매들의 여러 가지 결점을 해결한 이상적인 냉매이며, 육상은 물론 선박용으로 널리 사용되고 있다. 그러나, 최근 대기 중에 방출된 R-12등의 프레온 가스가 지구의 성층권의 오존층을 파괴하는 새로운 공해 물질로 판명됨에 따라 사용에 규제를 받고 있다.

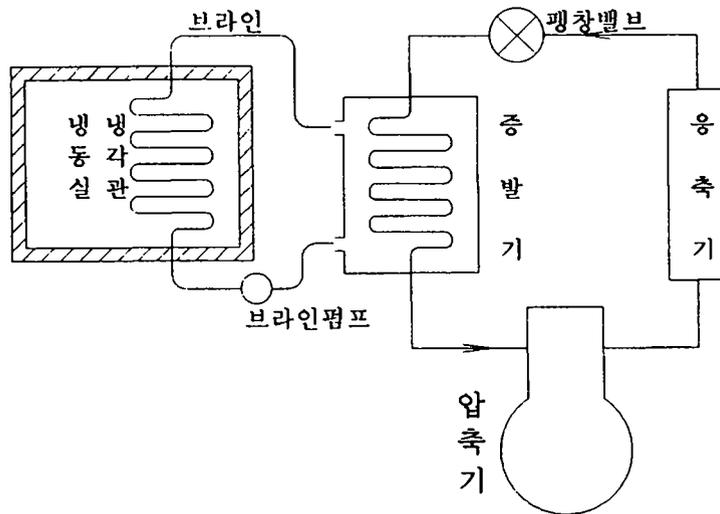
UNEP(국제연합 환경계획)이 1987년에 채택한 몬트리올 의정서에 기초한 규제 스케줄(1992년 11월 개정)에 의하면 R-12는 1996년에 전폐하고, R-22는 2030년에 전폐하도록 규정하고 있다. 프레온의 종류는 매우 많지만, 현재 널리 사용되고 있는 것은 R-11 (CCl_3F_2), R-12(CCl_2F_2), R-22($CHClF_2$)등이다. 표 4-2는 현재 사용 중인 직접 냉매의 특성을 나타내고 있다.

<표 4-2> 냉매의 특성

냉매명	암모니아	탄 산 가 스	R - 12	R - 22
용 도	일반제빙, 냉장용	옛날 제빙,냉장 및 냉방등	선박용, 가정용, 상업용	선박용, 가정용, 상업용
화학기호	NH_3	CO_2	CCl_2F_2	$CHClF_2$
분 자 량	17.03	44.00	120.9	86.46
색	무색	무색	무색	무색
포화온도 (비등점)	-33.3	-78.3	-29.8	-40.48
임계온도	133	31	112.0	96.0
용 고 점	-77.7	-78.5	-155	-160
증발잠열	313.5	65.3	38.6	55.92
유 독 성	독성이 많다.	독성이 적다.다량이면 질식한다.	독성이 적다.다량이면 질식한다.	독성이 적다.다량이면 질식한다.
연 소 성	연소하기 어렵다.	없다	없다.	없다.
부 식 성	구리 및 그의 합금	없다	마그네슘,알루미늄, 천연고무	마그네슘,알루미늄, 천연고무

나) 간접냉매

열의 흡수 혹은 방출에 냉매의 잠열을 이용하는 것. 즉, 증발기와 냉동실 사이에 열을 이송하는 간접냉매를 사용하는 냉동장치를 간접 팽창식 냉동장치라 하고, 이때의 냉매를 간접냉매 혹은 2차냉매라 한다. 염도를 높여 응고점을 낮춘 소금물, 즉 브라인이 주로 2차냉매로 사용되고 있다. <그림 4-7>은 간접팽창식 냉동장치의 계통도이다.



<그림 4-7> 간접팽창식 계통도

간접냉매로 사용되고 있는 것으로는 물, 공기, 브라인(Brine)등이 있으며, 브라인이 현재 가장 많이 사용되고 있는 간접 냉매이다. 브라인이란 증발기에서 발생하는 냉매의 증발 잠열을 피냉각 물질(냉동품)에 전달함으로써 열 전달의 중계 역할을 하고 있는 부동액을 말한다. 냉매는 잠열의 형태로 열을 운반하지만 브라인은 감열의 형태로 열을 운반한다. 따라서, 순환 중에 상태변화가 일어나지 않으며, 열을 저장하는 역할도 한다.

1) 브라인이 구비해야 할 조건

- ① 물에 용해하기 쉽고, 소량의 염화물에 의해 낮은 동결 온도를 얻을 수 있을 것.
- ② 철과 강에 대한 부식성이 적을 것이며, 사용 온도에 있어서 비열 및 열전달률이 클 것.
- ③ 값이 싸고 공급이 용이해야 한다.

2) 브라인의 종류

식료품의 냉동에만 사용되는 식염 브라인과 현재 저온 냉동에 가장 많이 사용되고 있지만 식료품 냉동용으로는 사용되지 못하고 있는 염화 칼슘 브라인이 있다. 이 밖에도 고가인 염화 마그네슘 브라인이 있다.

가) 식염브라인 : 값이 싸고 독이 없으나 금속에 대한 부식성이 강하므로 주로 식료품의 브라인식 급속냉동법(식품을 직접 브라인에 접촉시켜서 얼린다.)에만 사용한다.

나) 염화칼슘브라인 : 가장 많이 사용하는 브라인이며 금속에 대한 부식성이 적고 동결점이 낮으며 따라서 저온 냉동에 적합하다. 비열은 크고 보존도 용이하다.

다) 염화마그네슘브라인 : 염화칼슘에 비하여 동결점이 높으나 값이 싸므로 이용하는 경우가 있다.

3) 브라인의 취급법

가) 사용온도에 대하여 동결하지 않는 적당한 농도를 택하고 때때로 비중계로 그 비중을 검사하여 언제나 정상상태를 유지한다. 즉 브라인은 공기 중의 수분을 흡수하여 묽어지는 성질이 있다.

나) 브라인은 오랫동안 공기와 접촉하고 있으면 산성이 되므로 가성소다 등을 적당히 가하여 중화시킴으로써 항상 중성으로 유지한다. 또한 산소를 흡수하는 것을 막기 위하여 되도록 공기를 차단한다.

다) 암모니아가 새어서 브라인과 혼합하면 알칼리성이 되므로 이 경우에는 중클롬산 등으로 중화시키면 된다. 또한 염화칼슘 브라인의 방식제로서 브라인 1ℓ에 대하여 중클롬산소다 1.6g, 이와 동시에 중클롬산소다 100kg에 대하여 가성소다 27kg을 혼합한 것을 사용하면 좋다.

제5절 냉동 장치의 구성 요소

1. 압축기(Compressor)

압축기에는 여러 가지 형식이 있는데, 다음과 같이 구분할 수 있다.

가. 압축방식에 의하여

왕복압축기, 회전압축기, 터보(Turbo)압축기로 나눌 수 있고 현재까지 널리 사용되는 것은 왕복압축기이다.

1) 왕복식 압축기

왕복운동하는 피스톤과 적당한 밸브구조가 있으며 왕복운동하는 피스톤에 의해 냉매가스를 압축하는 것이다. 직결전동기의 구동으로 크랭크축은 회전하고 피스톤은 왕복운동한다.

2) 회전식 압축기

왕복운동 대신 회전운동을 하는 피스톤과 실린더의 조합에 의해 압축이 행해지는 것이다. 이 형식의 특징은 직결구동을 용이하게 할 수 있다는 것과 틈새용적이 작기 때문에 체적효율이 높은 것, 압축기가 회전기제이기 때문에 진동이 작다는 것이다.

3) 터보압축기

임펠러(Impeller)의 고속회전운동에 의하여 냉매가스에 큰 속도를 부여할 뿐만 아니라, 속도에너지(Velocity energy)를 압력에너지(Pressure energy)로 변화시켜 줌으로써 압력을 높여주는 회전속도형 압축방식이다. 터보압축기는 육상 공기조화 등에 최근 많이 이용되고 있다.

나. 동작방식에 의하여

1) 단동식압축기

단동식 압축기는 피스톤의 상승행정에서만 압축작용을 행하는 것이며 현재 주로 사용되고 있다.

2) 복동식 압축기

복동식 압축기는 행정시 마다 압축을 행하며, 같은 회전수의 경우에는 토출량이 크나 구조가 복잡한 결점이 있다.

다. 압축의 단수에 의하여

1) 단단압축기

왕복식에서는 단단압축기를 사용하며 상당한 저온을 필요로 하는 곳이

서 다단으로 하는 경우가 많다. 터보압축기는 대부분이 다단으로 한다. 단단 압축식은 용축압력과 중발압력의 비가 크게 되지 않는 단일의 냉매 가스를 흡입함으로써, 그것을 압축해서 용축기에 송출하는 방식이다.

2) 다단압축기

다단압축기는 압축압력비의 증대와 함께 체적효율은 점차 저하하나 특히 6 이상의 압력비에서는 2단 내지 3단 압축으로 하는 편이 성적계수가 훨씬 높아진다. 이 목적 때문에 보통 압축기와 부스터를 조합하여 가끔 사용되나 한대의 압축기로 2단압축이나 그 이상의 다단압축을 할수 있도록 된 것이 있다.

라. 실린더수에 의하여

압축기의 실린더수는 한개로부터 16개 정도의 것까지 만들어지는데 각각 단기통형, 2기통형, 3기통형 등으로 불리워 진다.

마. 실린더 배치에 의하여

압축기의 실린더 배열에는 횡형, 직립형, V형, W형, 성형 등이 있다.

바. 구동방법에 의하여

압축기의 구동방법에는 벨트(Belt)로서 구동하는 것도 있으나 대부분이 직결식으로서 모터나 증기기관, 디젤기관 등이 사용된다. 이들은 크랭크축이 크랭크실을 관통하고 있으므로 냉매가 셸 염려가 있다. 이것을 방지하기 위하여 최근에는 모터를 크랭크실 내에 넣은 밀폐형의 것이 있고 가정용 냉장고에는 주로 이 형식을 채택하고 있다. 이것에 대하여 전자를 개방형이라 한다.

1) 개방형 압축기

구동용 전동기가 압축기와 별개로 설치된 것을 말하며 구동방식에 따라 분류하면

벨트구동식

전동기 직결식

으로 구분된다. 벨트구동식은 압축기 및 전동기에 벨트바퀴를 장치하여 벨트에 의해 구동하는 것이고, 전동기 직결식은 신축성 접속구에 의해 직접 구동하는 것이다. 또한 구동용 원동기로서는 보통 전동기가 사용되나 차량용 따위에서 전동기를 사용할 없는 경우에는 엔진이 사용되는 수도 있다. 개방형 압축기는 외부에서 구동하기 때문에 크랭크 축이 크랭크실 밖으로 관통되어 있어 관통부분으로 부터의 냉매가스 누설을 방지하는 필요상 축수장치가 설치되어 있다.

개방형 압축기는 점차 밀폐형 또는 반밀폐형으로 이행하는 경향이 있고 다음과 같은 특징이 있어 일반상업용, 공업용의 여러 가지 광범한 용도에서 사용되고 있다.

가) 장점

- ① 압축기의 회전수를 바꿔 사용조건에 가장 적합한 방법으로 운전할 수 있다.
- ② 보수점검이 간단하고 취급이 용이하다.
- ③ 압축기 또는 전동기를 각각 별개로 바꿔 사용할 수가 있고 전력배선이 없는 경우 엔진구동도 할 수 있다.

나) 결점

- ① 유닛으로 한 경우 외경치수가 커져 캐비닛 따위에 수용하는데 불편하다.

② 크랭크축이 외부로 관통되어 있기 때문에 축수장치가 필요하다.

③ 밀폐형 및 반밀폐형 쪽이 다량생산의 경우 가격이 싸진다.

2) 밀폐형 압축기

밀폐형 압축기는 개방형 압축기와 달라 한개의 밀폐된 금속제 용기속에서 압축기와 전동기가 일체로 된 구조의 것이다. 밀폐방식에 따라 전밀폐와 반밀폐로 대별된다.

가) 반밀폐형 압축기

압축기와 전동기가 일체로 되어 있지만 이것을 격납하는 용기가 완전한 밀폐가 아니고 보울트로 죄어져 있는 냉매압축기를 반밀폐형 압축기라 한다. 압축기는 외부에서 고무나 스프링으로 지지되는 것이 보통이다.

나) 전밀폐형 압축기

압축기에 전동기를 직결한 압축기 조립을 용접한 용기속에 격납한 냉매 압축기를 전밀폐형 압축기라고 한다. 압축기는 용기속에서 스프링에 지지되거나 또는 용기에 압입되고 용기 밖에서 스프링으로 지지되거나 그 어느 하나다.

2. 응축기(Condenser)

가. 응축기의 작용

응축기는 압축기에서 송출된 고온, 고압의 냉매가스를 냉각하여 액화시키는 곳이다. 응축기는 냉각방식에 따라 수냉식과 공냉식 및 증발식의 3종류가 있다. 수냉식은 고온의 송출가스를 청수나 해수로 냉각하여 액화시키는 방식으로 선박용으로 널리 사용되고 있는 방식이다.

나. 응축기의 종류와 특징

1) 입형 셸앤드튜브식 응축기 (Vertical shell and tube condenser)

주로 대형 암모니아 냉동기에 사용되며, 설치 장소가 좁아도 되며, 냉각관의 청소가 용이하나, 높이의 제한을 받는 선박에서는 사용이 곤란하다.

2) 횡형 셸앤드튜브식 응축기 (Horizontal shell and tube condenser)

암모니아나 프레온의 어느 것에서나 사용되며, 압축기의 대소에 관계없이 사용된다. 전열효과가 양호하며, 냉매량이 적을 경우에는 수액기를 겸할 수도 있다. 특히, 높이에 제한을 받는 선박용으로 대부분 이 형식의 응축기를 사용한다.

3) 이중관식 응축기

비교적 소용량의 응축기로서 암모니아 및 R-12 냉동기 어느 것에서나 사용된다. 벽을 이용하여 설치할 수 있고 공급 수량이 적어도 된다. 물과 냉매가 서로 반대방향으로 흐르므로 찬 액체의 냉매를 얻을 수 있고 고압에도 잘 견디나, 구조가 복잡하고 냉각관의 부식 발견이 어려운 결점이 있다.

3. 증발기(Evaporator)

가. 증발기의 작용

증발기는 팽창 밸브에서 온 냉매를 증발시켜서 필요한 증발열을 주위의 물체로부터 흡수하여 냉동작용을 하는 곳이다.

따라서, 증발기는 열전달 작용이 좋아야 하며, 구조가 간단하고 취급

이 간편해야 한다. 또한, 적은 냉매로도 높은 냉동 효과를 얻을 수 있는 것이 요구된다.

나. 증발기의 종류와 특징

1) 건식 증발기

건식이란 팽창밸브를 통과한 냉매액이 증발기에서 증발하여 그 출구에서 증발하여 그 출구에서 전부 가스로 되는 방식이며, 냉매량이 적어도 되고 윤활유가 증발기에 필 염려가 적다. 그러나, 전열효과는 만액식 증발기에 미치지 못한다. 이것은 프레온과 같이 값이 비싸고 윤활유를 잘 용해시키는 냉매의 경우에 사용되는 방식이다.

2) 만액식 증발기

증발기의 대부분이 액으로 채워지는 것으로서, 냉각 코일 속으로 흐르는 냉매의 일부가 증발하고, 증발하지 않는 냉매액은 액분리기에서 분리되어 또 다시 코일을 통과하도록 한 것이다. 전열효과는 좋으나 냉매량이 많이 필요하다.

3) 액 순환식 증발기

증발기에 공급하는 냉매액을 펌프를 사용하여 강제적으로 순환시키는 방식으로서, 냉매는 액상태로 냉각관 속을 빠른 속도로 흐르기 때문에 전열 효과가 매우 양호하며, 증발기 내에 윤활유가 머무는 일이 없다.

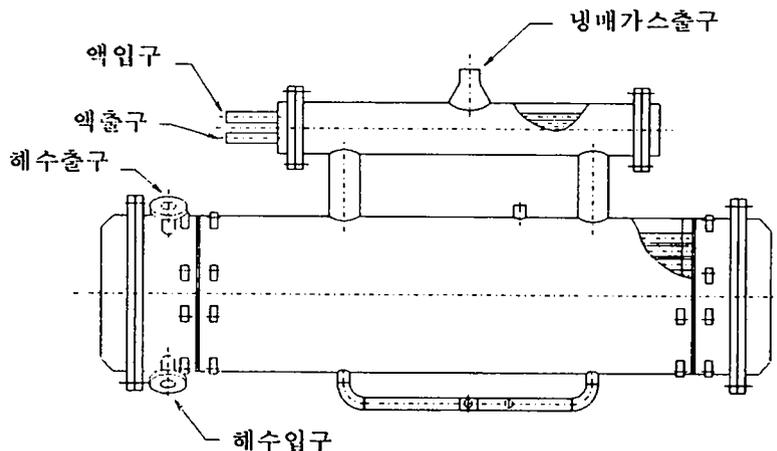
4) 만액식 셸앤드튜브형 프레온 증발기

이 증발기는 공기조화장치, 화학공업, 식품공업 따위에서 물이나 브라

인을 생각하는 경우에 사용되는 수가 많으며 대용량의 것도 제작된다. 구조는 강제의 몸통과 이에 용접된 관판에 동관의 양끝을 확대하여 부착된다. 최근은 냉매측의 전열을 좋게 하기위해 핀달림관을 사용하여 관내유속을 높여 사용된다.

몸통 하부에는 액헤드를 설치하고 상부의 가스헤더는 고압냉매액과의 열교환기를 겸한 구조의 것이 많으며 여기서 고압냉매액의 과냉각과 동시에 증발하는 냉매가스를 과열가스로 하여 압축기로의 액복귀를 방지한다. <그림 4-8>은 이 형식의 증발기의 구조를 나타낸다.

만액식 증발기를 사용할 경우, 특히 주의를 요하는 점은 관내에서의 물 또는 브라인의 동결과 기름 복귀의 문제이다. 관내를 통하는 유체의 동결점에 대해 냉매의 증발온도가 너무 낮으며 관내 액이 동결하여 관의 파괴를 초래할 위험이 있으므로 압축기와 증발기의 용량을 고려하여 위험상태가 되지 않도록 운전상태를 유지해야만 한다. 이 대책으로서 증발압력 제한밸브에 의한 증발압력, 온도조절기에 의한 액은의 조정 및 액 유량의 감소에 대한 압력조절기를 병용하여 제어할 필요가 있다.

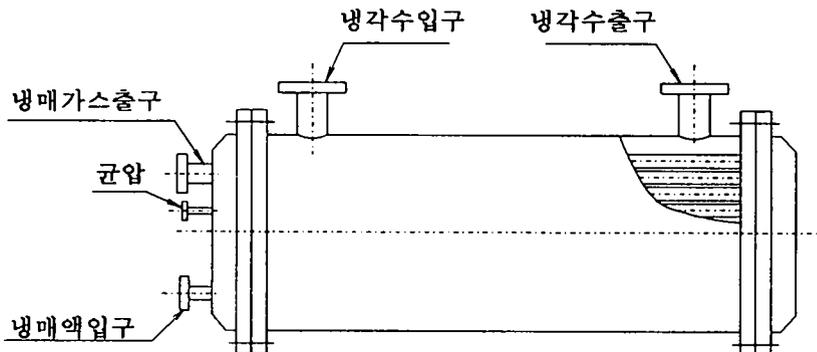


<그림 4-8> 만액식 셸앤드튜브형 프레온증발기

5) 건식 셸앤드튜브형 증발기

공기조화 및 일반화학공업에서 액체냉각의 목적으로 관내를 냉매가 지나는 소위 드라이익스팬션형 프레온 증발기가 사용된다. 냉각되는 액체도 단지 물, 브라인에 한정되지 않고 메탄올, 에탄올의 알콜류, 에틸렌 글리콜, 유류, 프레온 따위의 냉각에도 이르고 있다.

이 증발기의 구조는 만약식 셸앤드튜브형 증발기와 동일하며 액체는 관 밖의 방해판 사이를 지나 흐르고 냉매는 관내를 왕복통과하여 압축기에 흡입된다. 냉각관의 재질은 물의 경우 동관이 사용되고, 해수나 브라인의 경우는 알브랙관이 사용된다. 방해판 틈새가 작으면 유속이 빨라지며 전열은 좋아지나 저항이 커지고, 또 유속이 너무 빠르면 관의 침식이 일어나기 때문에 한도가 있다. 유속의 한도는 0.3 ~ 2.4 m/sec까지며, 동관의 경우는 평균 1.0 m/sec로 된다. 냉매가 통하는 관내의 속도를 너무 빠르게 하면 저항에 이어 전열이 좋아지기 보다는 압력강하에 의해 유닛으로서의 능력이 떨어지므로 주의해야 한다. <그림 4-9>는 이 형식인 증발기의 구조를 나타낸다.

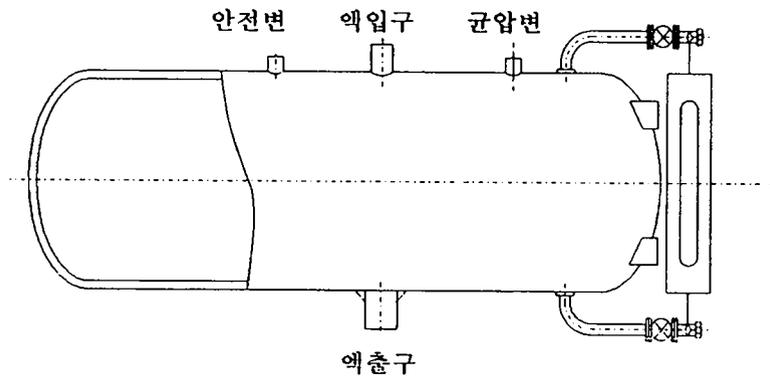


<그림 4-9> 건식 셸앤드튜브형 증발기

4. 부속기기

가. 수액기

응축기에서 응축한 액체 냉매를 팽창 밸브로 보내기 전에 잠시 저장해 두는 용기인데, 용기의 용량이 크면 수리할 때 냉매를 저장할 수 있어 편리하다. 소형 냉동기에서는 응축기와 수액기를 겸용하는 경우가 있다. <그림 4-10>는 수직형과 수평형 수액기를 나타내고 있으며, 그 형상은 모두 원통형이다.



<그림 4-10> 수액기

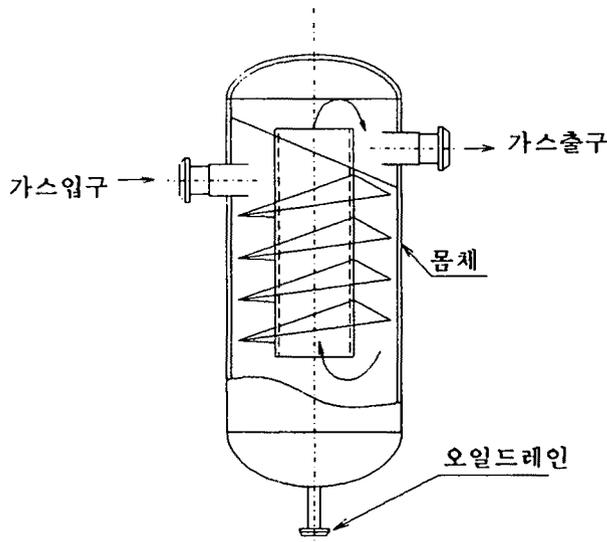
나. 유분리기

냉매 중에 기름이 포함되어 있으면 응축기와 증발기의 전열면에 기름이 부착되어 열의 전도를 방해하므로 기름을 냉매로부터 분리시켜야 하는데 이런 역할을 하는 장치가 유분리기이다. <그림 4-11>은 유분리기를 나타낸 것이며, 분리된 기름은 크랭크실로 되돌려 보내진다.

암모니아 냉동기에서는 반드시 압축기와 응축기 사이에 유분리기를 설치한다. 유분리기를 다는 목적은 압축기가 배출한 기름을 토출가스에서 분

리하여 저압측에 가지 못하게 하기 위해서이다. 이 분리한 기름은 압축기에 자동적으로 복귀시킬 경우와 기름 저장소에 모아 꺼내고 여과 또는 원심분리기로 수분이나 먼지를 제거하여 소위 재생하여 사용하는 경우가 있다. 압축비가 높은 경우에는 재생하여 사용하는 것이 바람직하다. 암모니아의 냉동장치에서 유분리기를 반드시 사용하는 것은 암모니아가 기름과 용합하지 않기 때문에 분리가 없으면 냉각기에 기름이 고이는 속도가 빨라져 드레인 빼기의 횟수가 증가하고, 또 이것을 압축기에 되돌려도 압축비, 토출온도가 높으므로 기름의 열화속도가 빨라 압축기를 상하게 하기 쉽기 때문이다.

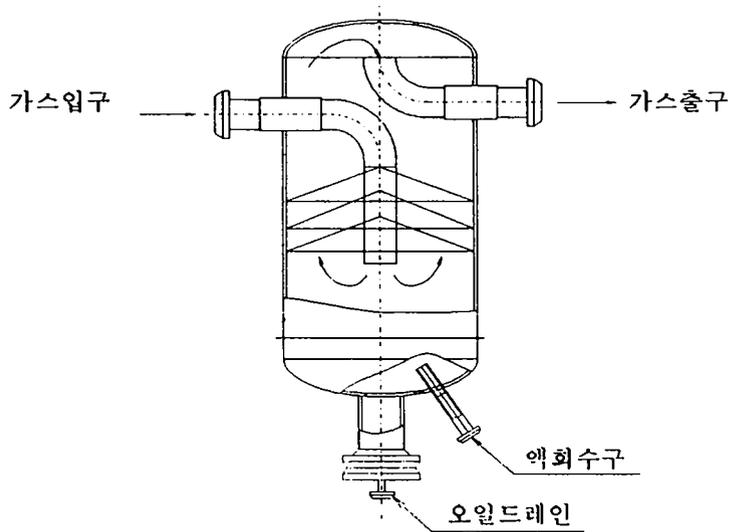
프레온 냉동기의 경우는 유분리기를 필요로 하는 경우와 그다지 필요로 하지 않는 경우가 있다. 냉각기가 만액식인 경우는 냉각기에 기름이 피기 때문에 유분리기를 달아 가능한 한 이 영향을 적게 하는 것이 좋으며, R-22의 경우에도 액속에서 기름과 냉매가 분리되는 경우가 있으므로 기름의 순환증량이 많을 때는 팽창밸브 기타에 악영향을 주기 때문에 유분리기를 다는 것이 좋다.



<그림 4-11> 유분리기 (배플형)

다. 액분리기

액분리기란 증발기와 압축기 사이에 설치하여 흡입가스 속의 액상을 분리하고 증발기에 되돌려 압축기에 액상 및 액이 가지 못하게 하기 위한 것이다. 액상이 압축기에 복귀하면 실린더 속에서 팽창하여 냉각능력을 내리며 액이 복귀하면 액해머를 일으켜 기계를 손상시키는 수가 있으므로 충분히 막아야 한다. 단지 온도식 팽창밸브를 사용하거나 또 열교환기가 달린 직접팽창식의 증발기에는 불필요한 경우가 있다. 또 프레온 냉매일때 만액식으로 액분리기가 작용하는 열교환기가 있으면 반드시 액분리기가 필요하지는 않다. 그 구조는 <그림 4-12>과 같다.



<그림 4-12> 액분리기

라. 건조기

프레온 냉동장치로는 냉매에 용해하는 수분이 적기 때문에 자유수분이 되어 유리하므로 냉매 속에 수분이 있으면 다음에 열거하는 원인이 된다.

- 팽창밸브를 얼음으로 채운다.

- 슬러지를 만들어 금속을 부식시킨다.
- 밸브판을 손상시킨다.
- Copper plating을 일으킨다.

따라서 냉매는 항상 건조시켜 두어야만 한다. 소형의 기계는 완전 밀폐가 많고 냉매 충전시 장치를 완전히 건조하여 삽입하므로 그 후의 습기의 침입을 생각할 수 없으므로 건조기를 달지 않는다. 따라서 중형이상에서는 건조를 달고 건조제를 가끔 교환하여 건조한다.

건조기에 넣는 건조제로서는 활성알루미나(Activated alumina), 실리카겔(Silica gel), 염화칼슘(CaCl₂), 산화칼슘(CaO), 산화바륨(BaO) 및 아연 등이 있다.

마. 팽창밸브

팽창밸브는 용축기에서 액화된 냉매액을 단열팽창시켜 온도와 압력을 낮추고 동시에 증발기로 유입하는 냉매유량을 조절하는 일종의 교축밸브이다.

증발기로 유입하는 냉매량을 인위적으로 가감하는 수동팽창밸브와 온도와 압력등에 의해서 자동적으로 유량을 조절하는 자동팽창밸브 등이 있다.

수동팽창밸브는 정밀한 유량조절이 가능하도록 밸브 본체가 니들밸브(Needle Valve)로 되어있다. 자동팽창밸브에는 증발기의 압력을 일정히 유지하도록 하는 정압팽창밸브, 증발기 출구의 냉매가스 온도를 일정하게 유지하도록 작동하는 온도식 팽창밸브 등이 있다.

온도식 팽창밸브는 감온통과 벨로즈로 구성되어 있는데, 감온통을 증발기 출구에 접촉시켜 온도를 감지하면 밸브내부 작동가스가 온도에 따라 팽창 혹은 수축하여 벨로즈를 동작시켜 냉매량을 조절하게 된다.

여 백

제 5 장 활어창 냉각시스템 개발

여 백

제 5 장 활어창 냉각시스템 개발

제1절 실선 및 현장조사

1. 실선조사내용

통발어선의 실선 및 현장조사는 기존 목선과 신조 FRP어선을 조사하여 목선과 FRP선에서의 냉각장치 설치현황 및 사용상 문제점등을 조사하여 개발하고자 하는 냉각시스템에 참고토록 하였으며 조사내용은 <표 5-1>과 같고, 실선전경은 <그림 5-3> 및 <그림 5-4>와 같다.

<표 5-1> 실선조사표

조사항목		제 302 수덕호	제 311 태남호	비 고
총 톤 수		60톤	69톤	
선 질		목 선	FRP선	
주요 제 원	등록장 (L)	22.40 m	23.05 m	
	형 폭 (B)	5.94 m	5.90 m	
	형 심 (D)	3.15 m	3.08 m	
어 창 수 량	활어창 : 6개 미끼창 : 1개	활어창 : 12개 미끼창 : 2개		
어 창 용 적	활어창 : 56.1 m ³ 미끼창 : 5.3 m ³	활어창 : 145.9 m ³ 미끼창 : 26.0 m ³		
주 기 관 보 조 기 관	563PS x 1800rpm 1대 185PS x 1800rpm 1대 105PS x 1800rpm 1대	671PS x 1800rpm 1대 120PS x 1800rpm 1대 230PS x 1800rpm 1대		
냉 동 기	30PS x 1대(19.4 R/T) 냉매 : R-22	50PS x 1대(40.2 R/T) 냉매 : R-22		
용 축 기	355.6D x 1350L 1조	318.5D x 2100L 1조		
중 발 기	355.6D x 1540L 1조	318.5D x 2200L 2조		
수 액 기	-	508D x 1300H 1조		
액 분 리 기	165.2D x 350H 1조	318.5D x 500H 1조		
유 분 리 기	165.2D x 420H 1조	165.2D x 600H 1조		
냉각해수펌프	2.2kW x 1750rpm 1대	5.5kW x 1750rpm 1대		
냉각해수공급펌프	-	7.5kW x 1750rpm 1대		

2. 실선조사 결과 및 문제점

기존 목선인 제302수덕호의 경우, 하절기조업을 위하여 활어창에 냉매관을 가설하여 미끼 및 부식용 냉동시스템(냉동기 30PS)에 연결하여 사용하고 있으나 냉동기 용량 부족으로 적정수온 유지가 곤란하여 얼음을 활어창에 투입하는 방법을 병행하여 사용하고 있기 때문에, 장기 조업이 불가능하여 1일 조업이 가능한 연안지역에 국한하여 조업하고 있는 실정으로 어획고가 적고 폐사율도 약 20%이상에 이르는 등 문제점이 많았으며 활어창내에 설치된 냉매관의 부식등에 의한 냉매누설 사례도 종종 발생하고 있는 실정이었다.

장어통발의 경우 종래 목선이 활어창 보온이 우수하고, 또한 기존목선에 대한 고정관념에 변화를 꾀리는 어민의 성향으로 FRP선 보급이 이루어지지 않았으나 하절기에 미끼 및 부식용 기존냉동시스템을 사용하여 1일 조업이 가능케 됨에 따라 FRP선에 냉동장치를 설치하면 폐사율을 줄일 수 있다는 확신을 얻고 처음으로 제311태남호를 FRP선으로 건조하게 되었다.

FRP 신조선인 제311태남호의 경우는 냉각시스템 설계 및 제작에 있어 장어의 생리변화실험에 의한 적정수온 및 순환량 설정 등 이론적인 기초설계조건 없이 경험에 의한 설계제작으로 인하여 증발기용량 부족에 의한 냉각수 토출량 부족으로 적정시간내 냉각수 공급이 불가능하여 조업에 상당한 어려움이 많았다.

또한 활어창내 용존산소량 유지를 위하여 양 어선 공히 액화산소를 이용한 산소공급으로 용존산소량 부족에 의한 폐사를 방지하고 있었으며 활어창내 노폐물 제거는 1일 조업인 관계로 활어창내 냉각해수 교환등의 작업은 하지 않고 있었다.

제2절 개발시작품 설치 대상어선 선정

시작품 설치 대상어선으로서 기존선과 신조선을 검토한 결과 기존선으로 할 경우 기존 발전기등의 교체와 시작품 설치에 따른 선각구조의 절단.복구 등으로 투자비용의 과대가 예상되어 기존선은 검토범위에서 제외하고 신조선을 대상으로 선정기로 했다.

그러나 배타적경제수역(EEZ) 선포계획에 따른 통발어선의 어장상실이 예상되어 신조선 건조수요가 격감되고 일부 건조예정 선박도 건조포기하는등 대상선박 선정에 어려움이 있었다. 69톤급 제311태남호 및 제35성창호 단지 두척이 건조 추진중에 있어 시작품 제작일정과 건조공정을 비교 검토하여 제35성창호를 선정하였으며 제원은 <표 5-2> 와 같다.

<표 5-2> 제 35 성창호 제원

항 목		내 용
총 톤 수		69 톤급
업 종		근해통발어선
선 질		FRP (Fiber glass Reinforced Plastic)
주 요 제 원	등록장 (L.O.A)	31.35 m
	수선간장(L.B.P)	23.05 m
	형 폭 (MLB)	5.90 m
	형 심 (MLD)	3.08 m
	흘 수(D.L.W.L)	2.62 m
어 창 용 적	NO. 1 F H	8.23 m ³
	NO. 2 "	17.77 m ³
	NO. 3 "	21.20 m ³
	NO. 4 "	22.62 m ³
	NO. 5 "	23.96 m ³
	NO. 6 "	25.48 m ³
	NO. 7 "	25.90 m ³
	NO. 8 "	26.69 m ³
주 기 관 보 조 기 관		671PS x 1800rpm 1대 270PS x 1800rpm 1대 185PS x 1800rpm 1대

제3절 활어창 냉각시스템 개발

활어창의 해수를 적정온도로 유지하기 위한 방법으로서, 해수를 1차 냉매로써 냉각하는 직접식 해수냉각방식과 2차냉매(브라인)로써 냉각하는 간접식 해수냉각방식이 있다.

간접식 해수냉각방식은 장치가 복잡하고 비용이 많이 소요되며, 또한 활어창내 냉매관의 누설이 우려될 뿐만아니라 냉매관 설치로 어창용적이 적어진다는 점 등을 고려하여 본 연구에서는 직접해수냉각방식으로 개발하였으며, 활어창내 냉각해수 공급은 최대 28℃의 해수를 증발기를 통하여 최저 5℃로 냉각하여 공급될 수 있도록 하여 외부온도 증가 및 증발기의 전열효과 감소에 대한 여유를 고려하였으며 활어창내 냉각해수가 적정온도를 유지할 수 있도록 증발기를 통하여 냉각해수가 다시 순환될 수 있도록 하였다.

하절기에 어획된 장어가 활어창내 냉각해수에 갑자기 접하게 되면, 장어의 생리상 분비물이 많아져 호흡에 장애를 일으키므로 분비물이 많은 활어창의 해수는 완전히 선외로 배출하고 또다시 새로운 냉각수를 공급할 수 있도록 하였다.

압력스위치 등에 의해 보호될 수 있도록 하고, 인력절감을 위하여 압축기, 증발기, 응축기 및 펌프류 등의 냉각기기류는 온도조절기와 상호연계하여 자동운전이 가능토록 개발하였다.

본 시스템의 냉동사이클은 압축기, 응축기, 증발기, 액분리기, 유분리기, 건조기, 팽창밸브 등으로 구성되어 있으며 냉매는 R-22를 사용하였으며, 활어창 냉각장치의 계통도는 <그림 5-5>와 같다.

제4절 냉각시스템 설계 및 사양

농림수산기술개발사업실시요령 제33조 ④항에 의거 비공개

(페이지 151 ~ 167)

제5절 시작품 제작 및 설치

시작품 제작은 당초 설치대상 선박의 규모 증대로 인하여 시작품 제작비가 예산보다 증가되어 근해통발수산업협동조합이 추가금액을 부담키로 하여 추진하게 되었으며 변경내용은 <표 5-8>와 같다.

<표 5-8> 대상어선의 규모변경 내역

구 분	당 초	변 경
대상어선 규모	40톤급	69톤급
시작품 규모	압축기-30PS	압축기 - 50PS
시작품 제작비용	33,000천원	54,000천원 (21,000천원 통발조합 부담)

주관연구기관이 작성한 시작품 제작에 대한 시방서 및 시스템 도면에 의거 제작도면은 참여기업인 청강냉동공업사에서 작성, 주관연구기관의 검토 및 기술지도 하에 제작하여 한국어선협회의 예비검사(성능검사)후 설치대상 어선에 설치하였으며, 설치대상어선의 전경 및 시작품 구성기기류의 실물사진은 <그림 5-6> ~ <그림 5-12>와 같다.

- 대상어선 : 69톤급 근해통발어선
- 선 명 : 제35 성장호(FRP)
- 선 적 항 : 통 영
- 건 조 : 목 포 한철조선소
- 설치일자 : 1996. 5. 15 ~ 7. 10
- 시작품 설치내용 : 압축기, 응축기, 증발기, 액분리기, 유분리기, 건조기, 증발압력조정변, 팽창밸브, 기동기반, 냉각수 펌프 등.

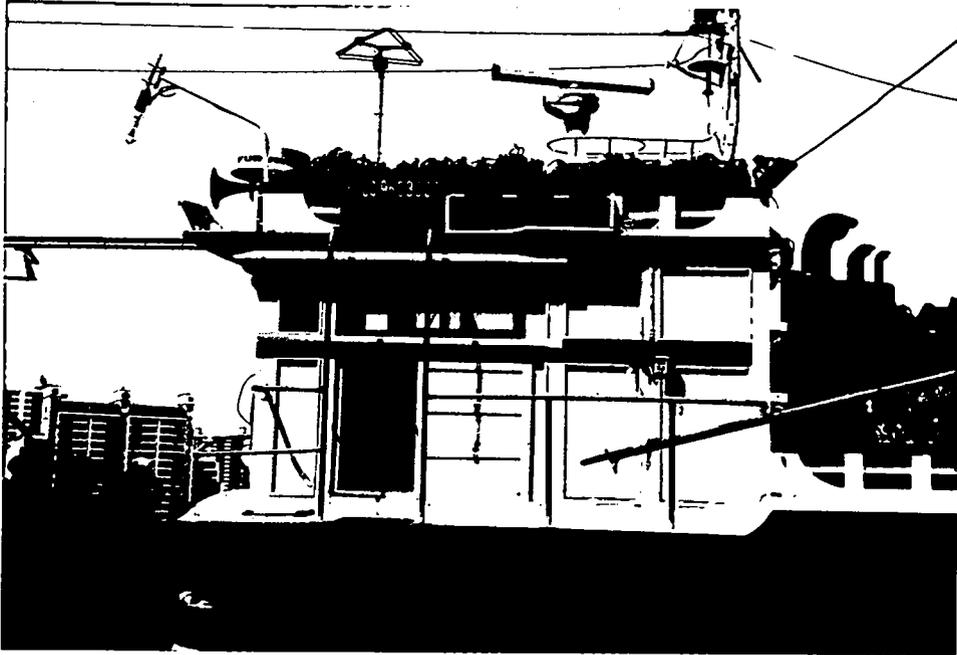


전 경



선주의견수렴

<그림 5-3> 제302 수덕호 실선조사사진



전 경

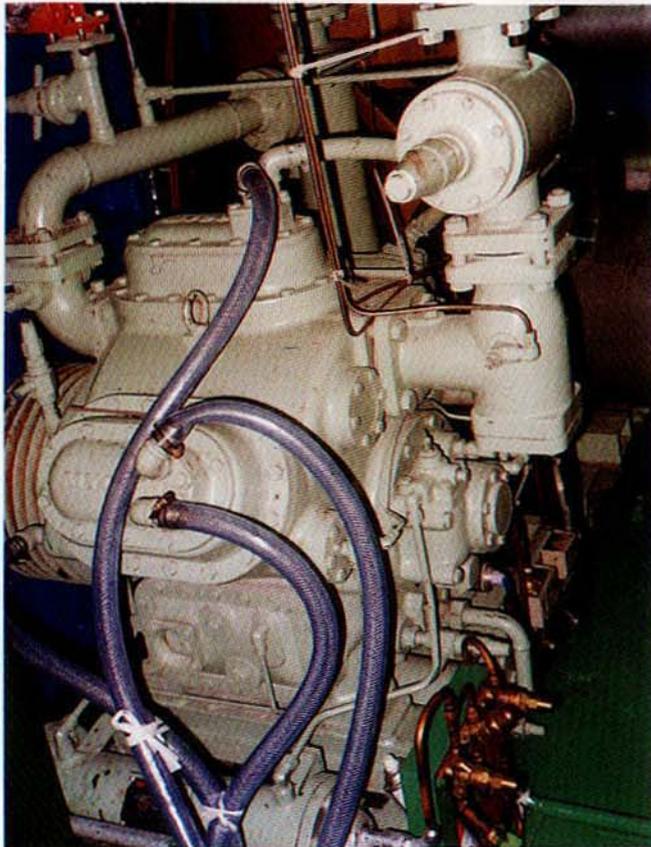


선주의견수럼

<그림 5-3> 제302 수덕호 실선조사사진

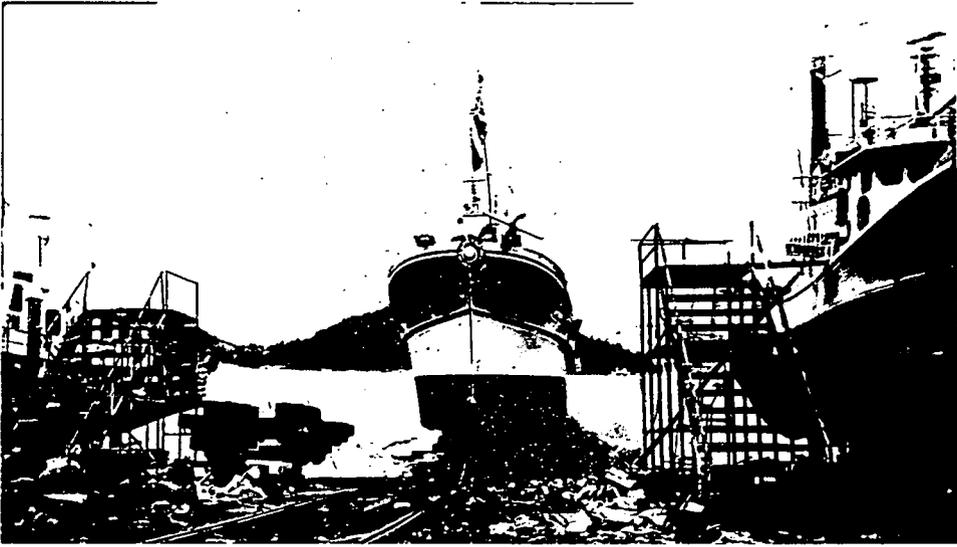


진수광경

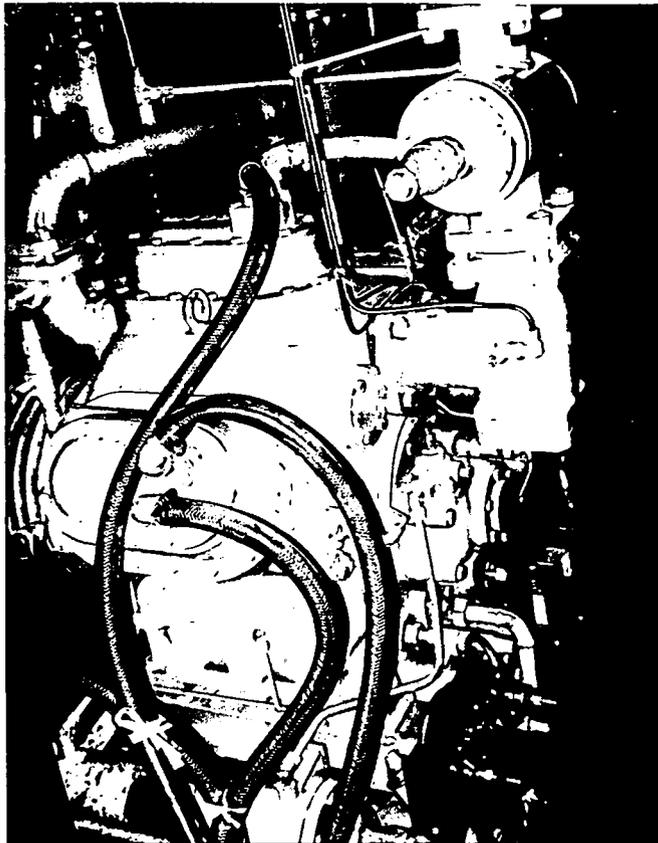


압축기

<그림 5-4> 제311 태남호 실선조사사진

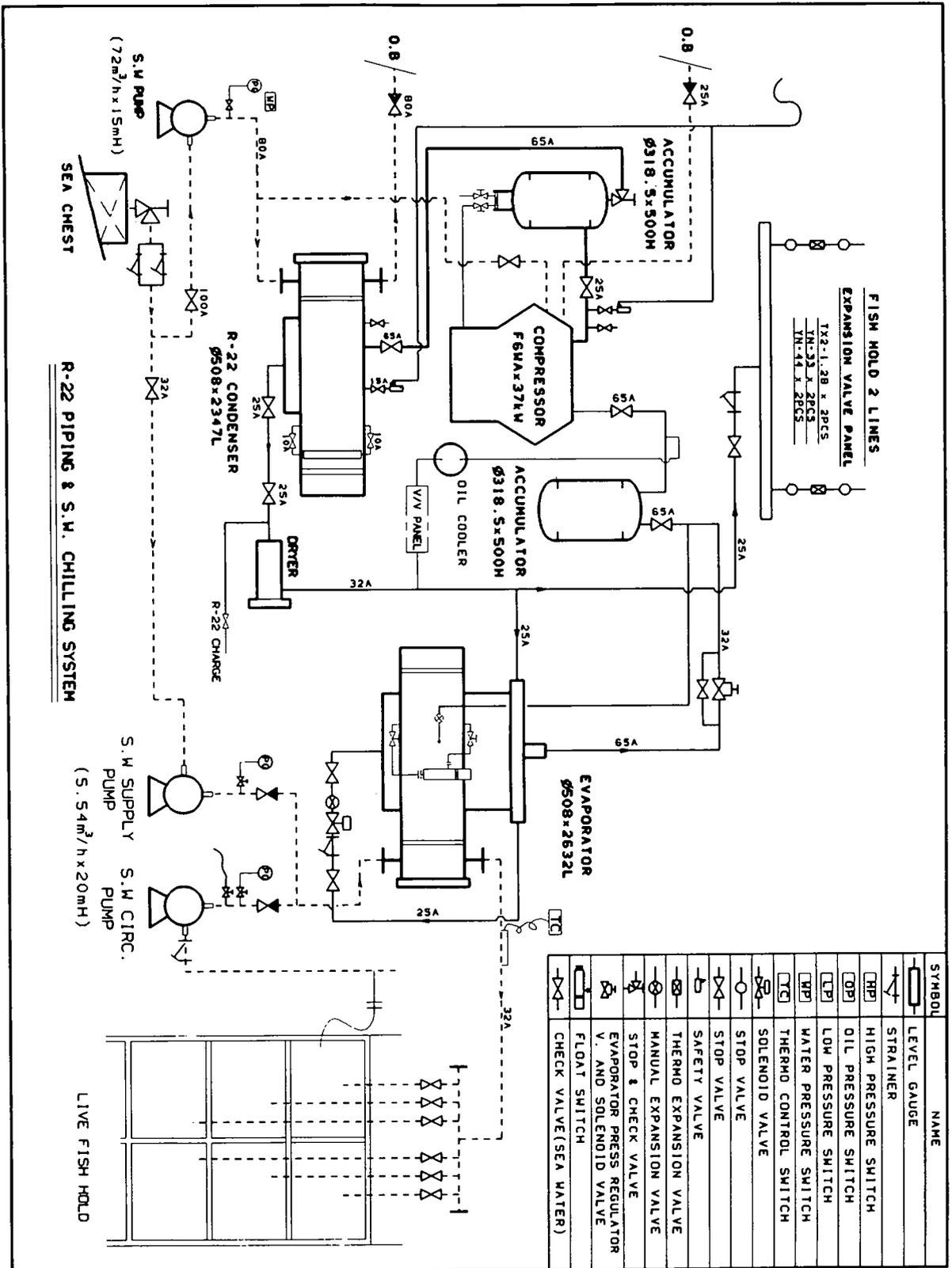


진수광경



압축기

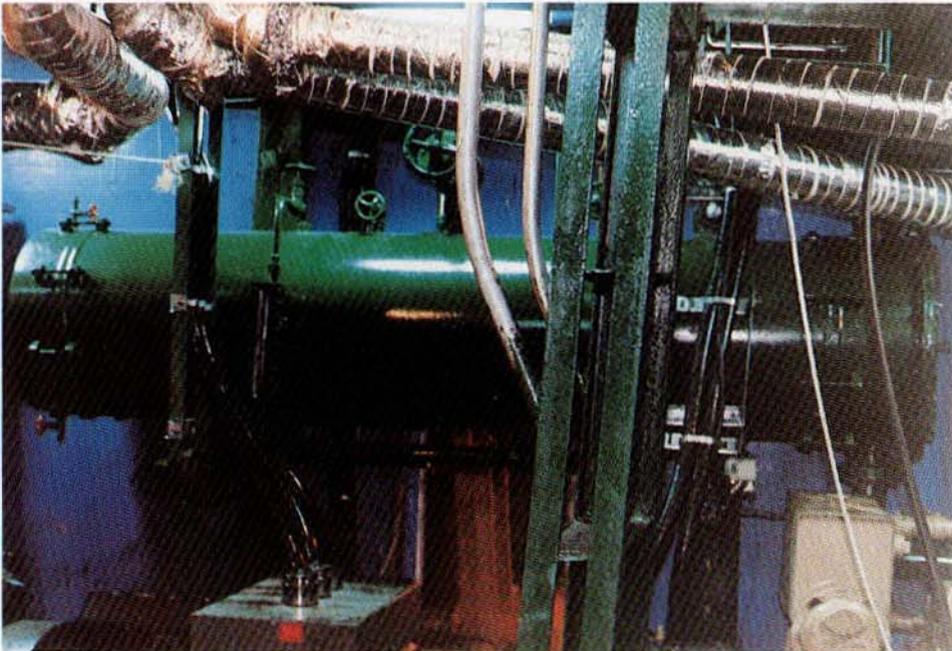
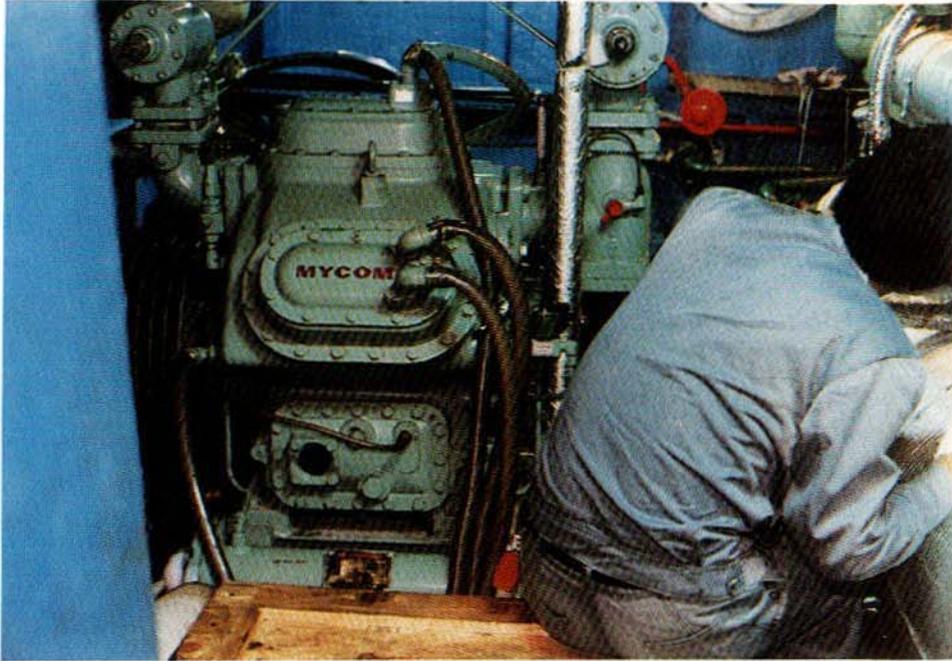
<그림 5-4> 제311 태남호 실선조사사진



<그림 5-5> 활어창 냉각장치 계통도

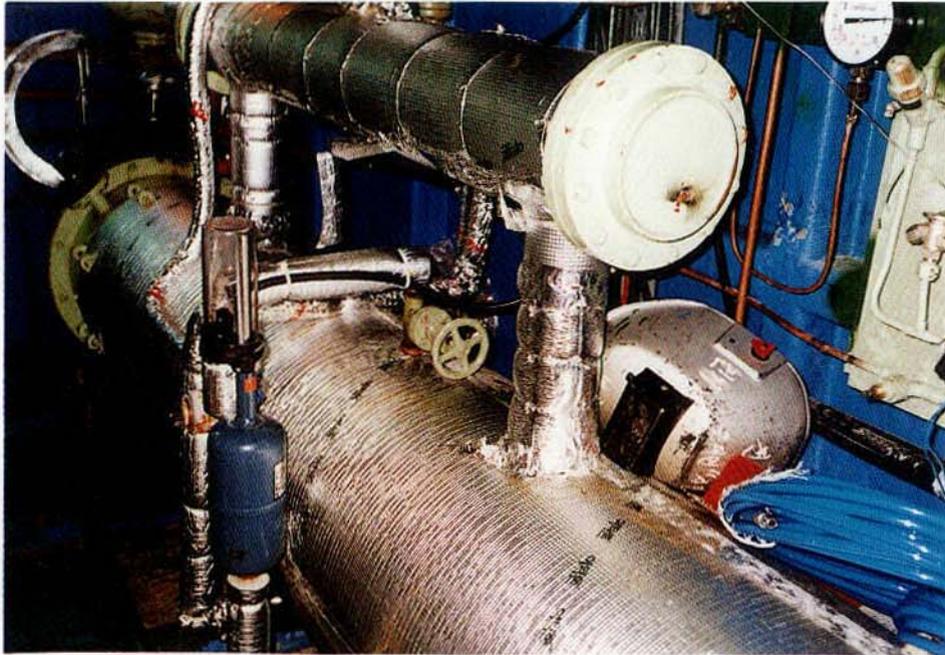


<그림 5-6> 시작품 탑재어선 전경



응축기

<그림 5-7> 시작품 - 압축기, 응축기 사진

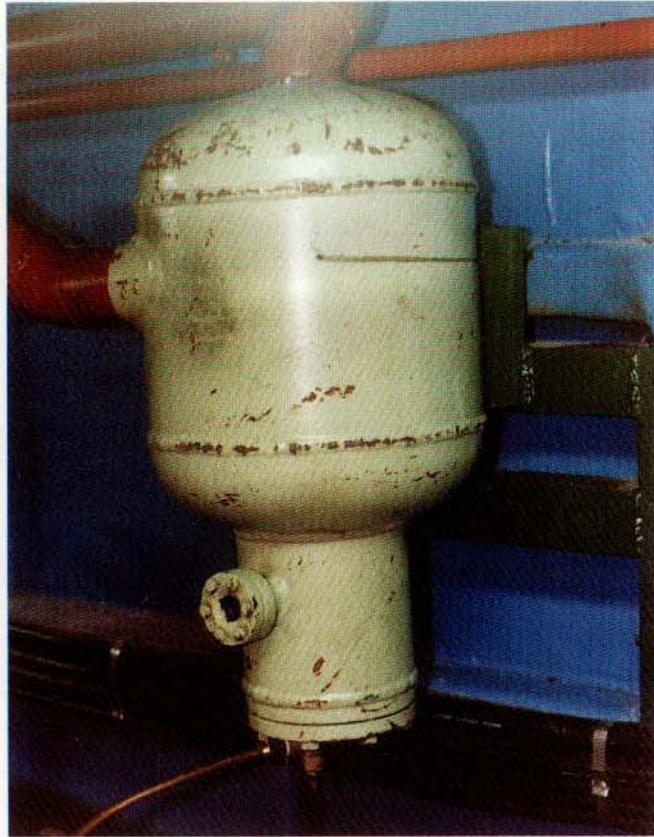


증발기

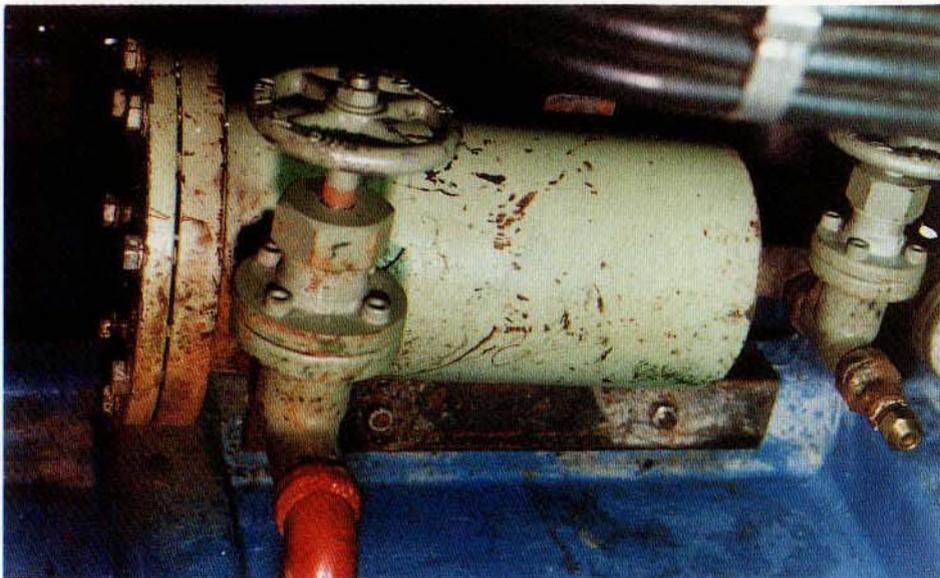


액분리기

<그림 5-8> 시작품 - 증발기, 액분리기 사진

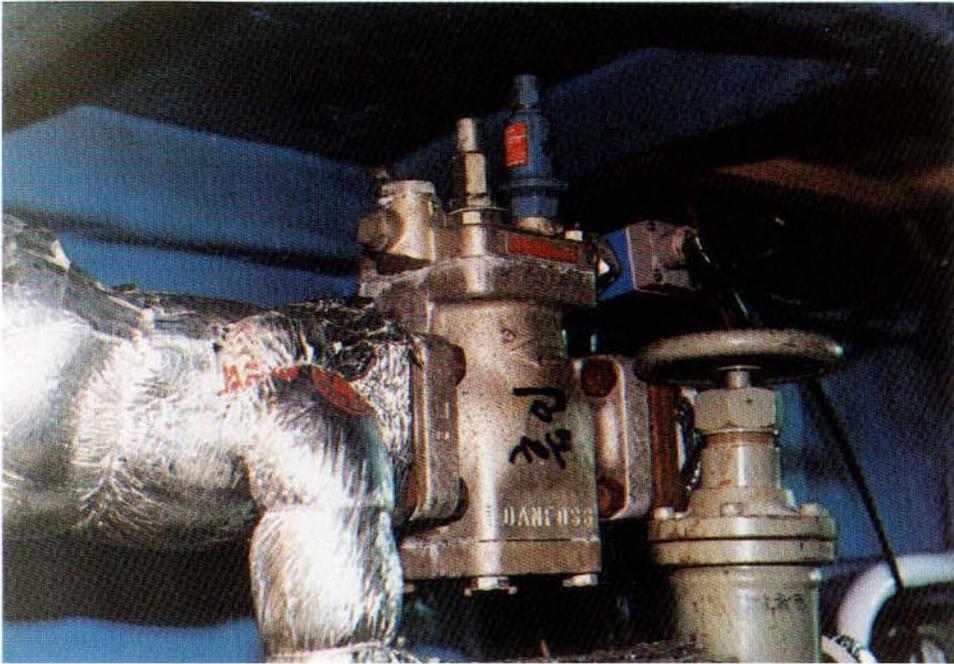


유분리기

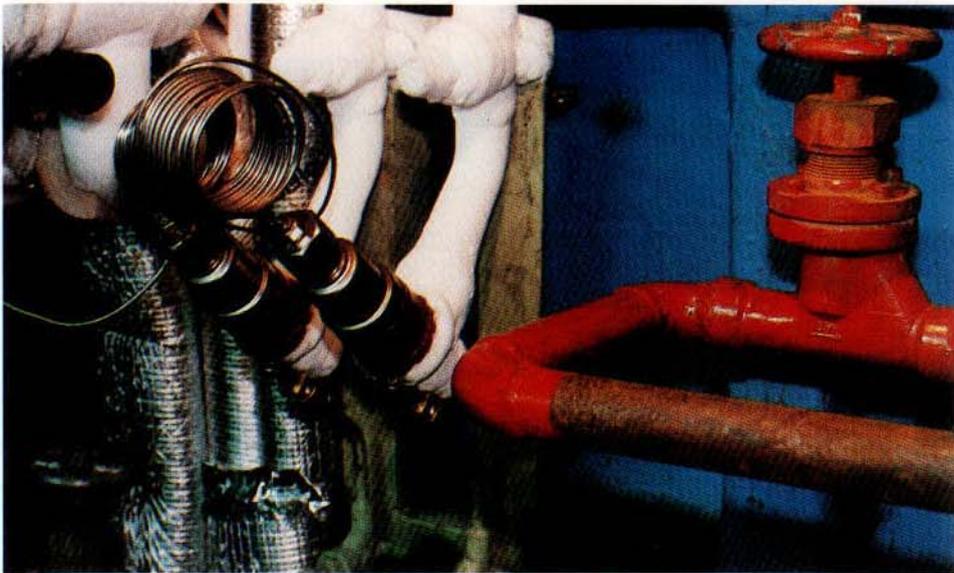


건조기

<그림 5-9> 시작품 - 유분리기, 건조기 사진

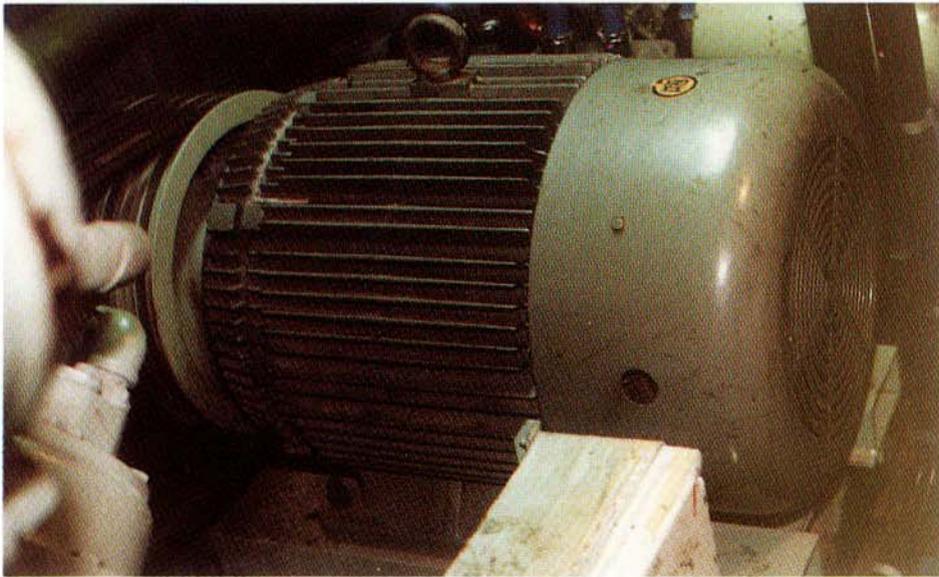


증발압력조정변



팽창밸브

<그림 5-10> 시작품 - 증발압력조정변, 팽창밸브 사진



전동기



기동기반

<그림 5-11> 시작품 - 전동기, 기동기반 사진



<그림 5-12> 시작품 - 펌프 사진

제 6 장 시험조업 및 결과분석

여 백

제 6 장 시험조업 및 결과분석

제1절 시험조업

시작품을 설치한 어선에 승선하여 1박2일간 시험조업을 통하여 제작된 냉각시스템의 성능 및 조업상의 문제점 등을 조사하였다.

- 시험조업일시 : 1996. 7. 31 ~ 8. 1
- 시험조업지역 : 장승포 동남쪽 20마일 해상
- 해 수 온 도 : 약 28℃
- 출 항 지 : 거제 지세포항
- 입 항 지 : 거제 지세포항
- 용존산소량 및 암모니아량 계측 조사

시험조업시 활어창에 장어 입고시부터 경과시간별 용존산소량 및 암모니아량을 계측한 결과 <표 6-1>과 같았다.

<표 6-1> 활어창 냉각해수의 시간별 용존산소량 및 암모니아량

시간(hr)	용존산소량(ppm)	암모니아량(ppm)	해수온도(℃)
0	9.5	0.47	11.2
2	19.99	1.04	12.4
4	19.99	1.62	13.0
6	19.99	2.07	13.6
7	19.99	2.96	14.1
8:30	19.99	3.97	14.6
10	19.99	4.03	15.2
10:30	19.99	4.86	15.3

활어창 냉각해수 적재시의 증발기(EVAPORATOR) 출구온도 및 적재 완료시까지의 활어창 온도변화와 장어 입고시부터 완료시까지의 온도를 시간대별로 측정한 결과 <표 6-2>와 같았다.

<표 6-2> 활어창 냉각수의 시간별 온도변화

시 간	어 창 온 도	내 용
96 7/31 17:15	9.5 ℃ (증발기출구 온도)	냉각해수 적재시작, 해수온도 28℃
17:30	9.5 / 11.0 ℃ (CLR출구/어창온도)	
18:00	9.0 / 10.0 ℃ (")	
18:30	9.0 / 9.9 ℃ (")	냉각해수 적재완료, 활어창용적의 60% (약 5.3톤)
22:10	11.4 ℃	양송시작, 장어입고
24:00	12.3 ℃	장어입고 1시간50분 경과후
8/1 01:00	12.8 ℃	장어입고 2시간50분 경과후
03:00	13.3 ℃	장어입고 4시간50분 경과후
05:00	14.3 ℃	장어입고 6시간50분 경과후
06:00	14.7 ℃	장어입고 7시간50분 경과후, 연송절단사 고
07:50	15.1 ℃	장어입고 9시간40분 경과후, 양송종료
08:00	"	장어입고 9시간50분 경과후, 어장출발
09:30	15.8 ℃	장어입고 11시간20분 경과후, 항구도착
10:05	16.2 ℃	하역종료, 어획량 620kg

제2절 결과분석

1. 압축기

성능시험 결과 압축기의 작동상태 및 경보기 등 안전장치의 작동상태는 양호하며 자동운전으로 승선원 전원을 어로작업에 투입할 수 있었다.

2. 응축기

증발기에서 28℃의 해수를 9.5℃까지 냉각하는 열량과 압축작용에 상당하는 열량을 응축기로 제거하는데는 별 무리가 없었으나, 5℃까지 냉각할 경우에는 응축기 해수출구온도와 압축기 고압측 압력이 상승되므로 응축기 오염제수의 조정이 바람직한 것으로 사료된다.

3. 증발기

해수흡입구로부터 흡입되는 $5.54 \text{ m}^3/\text{h}$ (28℃)의 해수는 팽창밸브의 조정에 의해서 임의의 온도까지 자동적으로 냉각할 수 있었고, 어창 1실의 냉각해수적재시간은 1시간 20분이 소요되었으며, 적재시간은 어선규모와 어민의 취향 및 운반선 작업 등을 고려하여 증발기 전열면적과 냉각수량을 종합적으로 검토하면 조정 가능할 것으로 판단됨.

4. 용존산소량

장어의 생리적인 실험결과로 제시된 4ppm이상은 액화산소병(2개)를 설치하여 적정산소량을 유지하는데는 별문제가 없었으나, 액화산소병의 무게와 규모가 상당하여 취급에 어려움을 겪고 있었다. 취급이 간편한 기계식 산소발생기의 적용가능성에 대한 연구검토가 요망됨.

5. 암모니아생성량

장어의 종말대사 산물로 생성되는 암모니아의 농도는 장어입고 후 10시간 동안 약 5ppm으로 측정되어 치사농도인 30ppm까지는 충분한 여유가 있었으나 이는 단기조업이므로, 장기조업시는 어창용적의 1.5배 이상으로 매일 냉각해수를 교체하여 적정농도를 유지해야 한다.

6. 활어창 해수온도

단일조업인 관계로 28℃의 해수가 증발기 출구에서 9.5℃가 되도록 팽창밸브를 조정하여 운전하였으며, 시험조업시 어획한 장어 620kg을 활어창에 저장하여 16시간 30분이 지난 후의 하역시 최종어창수온이 적정수온인 12℃보다 높은 15.8℃를 나타내어 치사율이 다소 우려되었으나, 하역결과 행동이 둔화되어 상품가치가 적다고 판단되는 장어는 약 30kg(약 5%) 발생하였다. 이는 장어의 먹이과식에 의해 동절기에도 발생하는 아주 적은 양으로서 저장수온은 15.8℃로 높았지만, 저장시간이 짧아 암모니아 생성량이 적고, 용존산소량이 충분하기 때문에 장어의 치사율에는 아무런 영향이 없는 것으로 판단되었다.

다만, 장기조업시에는 수온을 12℃전후로 유지하여 치사율을 최소로 해야 할 것이다.



활어창냉각해수 적재



활어창 내 장어

<그림 6-1> 시험조업사진(1)



통발을 연승에 연결



양 승

<그림 6-2> 시험조업사진(2)

제 7 장 결 론

여 백

제 7 장 결 론

1. 본 장어통발어선 활어창 냉각장치는 장어통발어선에 대하여
 - 가. 현지에서 조업실태조사 및 실선조사로 어민의 요구사항 수집
 - 나. 장어의 생리적인 변화실험으로 치사율을 최소로 할 수 있는 최적 활어창 환경조건 도출
 - 다. 냉각장치 시스템 설계와 기기류의 설계내용 및 기준 제시
 - 라. 시작품 제작설치 기술지도와 시험조업 평가의 과정을 통하여 활어창 환경조건과 냉각장치 설계기준 등이 정립되어 있지 않은 국내의 실정과 현실을 최대한 반영하도록 노력하였다.

2. 한편, 본 연구에 의한 시작품은 장어통발어선으로서는 국내 유일의 5℃의 냉각해수 직접식 냉각방식을 적용한 것으로서 시험조업을 통하여 어민의 신뢰도를 확보하였으며 앞으로 동 시작품을 어민에 양여 또는 대여 후 조업을 통한 어로 적용성 의견 수집 후 설계보완의 과정을 거치면 어가소득과 생산성 향상 등 본 사업의 목적은 더욱 충실히 달성될 것이다.

참고문헌

- 1) 金 宇盛, 1995, "近海통발어업 經營에 관한 考察", 水産研究 ('95/12), pp. 37~45
- 2) 교육부, 1992, 선박보조기계, 대한교과서주식회사, pp. 91~143, pp. 308~329
- 3) 編輯부, 1992, 冷凍핸드북(基礎編), 새진사, pp. 66~90
- 4) 柳 常新 외, 1995, 冷凍工學 및 空氣調和, 東明社, pp.269~299
- 5) 全孝重, 1980, 船用補機, 太和出版社
- 6) 日本漁船機關技術協會, 漁船機關
- 7) 日本 前川製作所, 設計資料, pp. 141
- 8) 日本漁船協會, 漁船冷凍設備設計
- 9) Barker, S. B. and W. Summerson, 1941, The colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem., 138, pp. 538-540.
- 10) Birnbaum, M. J., J. Schultz and J. N. Fain, 1976, "Hormone-stimulated glycogenolysis in isolated goldfish hepatocytes", Am. J. Physiol., 231, pp. 191-197.
- 11) Dejours P., 1975, Principles of comparative respiration physiology. North - Holland Publ. Comp., Amsterdam, 253-265.
- 12) Ferreira, J. T., Schoonbee and G. L. Smit, 1984, The use of benzocaine hydrochloride as an aid in the transport of fish. Aquaculture, 42, pp. 169-174.
- 13) Hatting, J., 1977, The effect of tricanemethanesulphonate(MS222) on the micro-haematocrit of fish blood. J. Fish Biol., 10, pp. 453-455.
- 14) Hayashi, S. and Z. Ooshiro, 1977, Gluconeogenesis in perfused eel liver -Effect of starvation, aminooxyacetate, D-malate and hormones. Mim. Fac.

- Fish. Kag- oshima Univ., 24, pp. 89-95.
- 15) Ishioka, H., 1984, Physiological and biochemical studies on the stress responses of the red seabream. *Pagrus major*(Temminck et Schlegel). Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., No. 17, pp. 76-116.
 - 16) Mazeaud, M., F. Mazeaud and E. M. Donaldson, 1977, Primary and secondary effects of stress in fish Some new data with a general review. Trans. Am. Fish. Soc., 106(3), 201-218.
 - 17) Ottolenghi, C., C. Puviani, A. Baruffaldi and L. Blighenti, 1982, "in vivo" effects of insulin on carbohydrate metabolism of catfish(*Ictalurus melas*). Comp. Bio- chem. Physiol., 72A, 35-41.
 - 18) Schmidt-Nielsen K., 1975, Animal physiology-adaptation and evolution. Cambridge U. press, London, pp. 699-714
 - 19) Solorzano L. 1969. "Determination of Ammonia in Natural waters by the Phenol Hypochloride Method", Limnology and Oceanography. 14, pp. 799-801.
 - 20) Stephen Spotte, 1979, Fish and invertebrate culture, John Wiley.
 - 21) Wardle, C. S., 1978, "Non-release of lactic acid from anaerobic swimming muscle of plaice", *Pleuronectes platessa* L. : A stress reaction. J. Exp. Biol., 77, pp. 141-155
 - 22) Wedemeyer, G., 1973, "Some physiological aspects of sublethal heat stress in the juvenile steelhead trout(*Salmo gairdneri*) to handling and crowding stress in the intensive fish culture", J. Fish. Res Board Can., 30, pp. 831-834
 - 23) Wittenberger, C., d. coprean and L. Morar, 1975, "Studies on the carbohydrate metabolism of the lateral muscles in carp (Influence of

- poloridzin, insulin and adrenaline)", J. Comp. Physiol., 101, pp. 161-172
- 24) Yoshikawa, H., S. Ueno and H. Mitsuda, 1989, Short and long term cold-anesthesia in Carp. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(3), pp. 491-498
- 25) 古庄眞喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰, 1988, おがく詰め活きクルマエビにおける筋肉中のATP關聯物質および乳酸の量的變化, 日水誌, 54(7), pp. 1209-1212
- 26) 山光後一・板澤靖男, 1988, 急激な水溫の低下がコイ心電圖および呼吸機能に及ぼす影響, 日水誌, 54(5), pp. 751-759
- 27) 池田彌生, 1988, 養殖, 臨時増刊「活魚販賣」, 25(13), pp. 148-151
- 28) 山口正男, 1980, マタイ養殖の基礎と實際, 恒星社(日本)
- 29) 日本水産學會, 1978, 水産學シリーズ 24, 魚の呼吸と循環, 恒星社(日本)
- 30) 日本水産學會, 1982, 水産學シリーズ 39, 活魚輸送, 恒星社(日本)
- 31) 諸岡 等, 1966, 水産研究叢書 14, 活魚輸送, 日本水産資源保護協會
- 32) 川本信之, 1977, 魚類生理, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 306-317
- 33) 清水盟行, 1970, 病態營養學雙書-血液病代謝異常. 日本營養士會篇, pp. 169-289
- 34) 조영제・김옥용, 1994, "Tilapia(Oreochromis niloticus)의 저온 고밀도 수송에 관한 기초 연구", 냉동공조공학회지, 13(2), pp. 31-40