

최 중
연구보고서

새로운 제상방식을 응용한 싱싱회
안전수송 냉장시스템 개발

Development of transport refrigeration system for
sliced raw fish with heat storage for hot gas defrost

2009. 12

연구기관
전남대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “새로운 제상방식을 응용한 싱싱회 안전수송 냉장시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2009년 12월 09일

주관연구기관명 : 전남대학교

총괄연구책임자 : 오 중 택

연 구 원 : 박 기 원

연 구 원 : 오 후 규

연 구 원 : 김 재 훈

연 구 원 : 최 광 일

연 구 원 : 아 구 스

연 구 원 : 지 승 태

연 구 원 : 이 상 훈

요 약 문

I. 제 목

새로운 제상방식을 응용한 싱싱회 안전수송 냉장시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구의 목적은 싱싱회를 고내온도 편차 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하의 일정온도로 보관 유통시킬 수 있는 에너지 절약적인 냉동(장)시스템인 냉동(장)탑차를 개발하는 것이다. 여수지방해양수산청은 싱싱회 보급 촉진을 위해 2006년 5월 여수 국가산업단지내 GS칼텍스 직원을 대상으로 싱싱회 시식 및 설문조사를 실시하였다. 그 설문조사에 의하면 90% 이상이 싱싱회를 맛이 있다고 응답하였고, 맛이 활어회보다 매우 뛰어났거나 좋다가 각각 54%와 39%의 통계를 나타내었다. 응답자의 60%이상은 싱싱회를 주문하여 먹겠다고 하였으나 수송 및 보관 시의 선도 문제와 일반 가정에서 배달 후 얼마 동안의 경과시간까지 위생 안전적으로 식용할 수 있는가에 대해 많은 관심을 보였다.

그러므로 여름철 비브리오팀에도 안전한 위생적인 싱싱회를 공급 소비시킬 수 있는 유통체계만 갖추면 우리나라도 일본처럼 싱싱회(선어회) 문화를 정착시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 싱싱회 생산했을 때의 향과 싱싱함을 거의 같게 유지시킬 수 있고 저탄소 배출의 에너지 절약적인 유통체계만 갖추면 싱싱회의 소비가 급속도로 촉진 될 뿐만 아니라 국가의 유류 절약 정책에도 기여하게 될 것이다. 이를 위해서는 일반 냉동(장)탑차의 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 이상

의 고내온도편차를 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하로 줄일 수 있고 냉각기인 증발기 코일에 서리가 쌓였을 때 제상 시간을 단축시켜 고내온도 상승을 방지 시키면서 에너지 절약적인 냉장시스템 개발이 절실히 필요하다. 본 연구에서는 압축기와 응축기 사이에 설치되는 축열시스템인 thermobank를 개발하여 이를 해결 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구개발의 최종 목표 달성을 위한 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 고내 설정온도 편차 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하인 냉장시스템(냉동탑차) 개발자료 및 국내외 특허사항 조사 분석 후 기초기술 수립
2. 냉장시스템 및 탑을 탑재할 소형 트럭 장단점 조사와 상실회 수송할 수 있는 고내 용적 산정
3. 상실회를 최대 보관 수송할 외기부하 결정 및 냉장시스템 전체 크기 결정과 부하계산
4. 1차 기초설계 및 냉장시스템 전체 Lay out 작성
5. 냉각기(증발기) 및 응축기 설계와 압축기 선정
6. 정확한 고내온도 제어 및 제상시간 단축을 위한 thermobank 설계
7. 시스템 최적화 및 에너지 절약을 위한 냉동사이클 시뮬레이션
8. 각종 부속기기 및 안정장치 결정과 자동제어 회로 설계
9. 냉장시스템 2차(최종) 설계
10. 냉장시스템(탑 포함) 제작
11. 냉장시스템 시운전 및 온도조절, 자동운전 등 성능검사
12. 냉장시스템 정상운전에 의한 고내온도조절, 제상시간 단축 등 데이터 분

석 및 검토에 의한 성능개선품 제작

13. 싱싱회 수송시스템 홍보 및 참여기업 기술이전과 상업화 추진

IV. 연구개발 결과

기존의 냉동(장)탑차는 고내온도 편차가 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 이상이고, 제상시 고내온도가 상승하여 싱싱회 수송에는 부적합하였다. 이것을 thermobank라는 축열시스템을 개발 및 응축기와 Unit화 시켜 냉장시스템에 적용시켰으며, 싱싱회 수송과 관능검사 결과 다음과 같은 성과를 확인하였다.

1. Thermobank 개발

냉동시스템의 제상시간 단축 및 에너지 절약을 위해 압축기와 응축기 사이에 설치하는 thermobank 축열조를 개발하였다. 1차년도 제작된 시제품에서 성능시험을 한 결과 실험조건이 같을 때 thermobank가 없는 기존의 냉장시스템보다 에너지가 약 40% 정도 절약되었다.

2. 온도조절

싱싱회 수송온도를 0°C 로 설정하고 온도강하 시험을 한 결과 thermobank를 부착한 개발품이 일반 냉장시스템보다 무부하 상태에서는 30%, 부하상태에서는 200%이상 각각 온도강하 시간을 단축시켰다.

3. 제상시험

개발품이 일반 냉장시스템(냉동탑차)보다 제상시간을 20% 단축 시켰으며, 싱싱회 수송온도 0°C 일 때 일반 냉장시스템은 고내온도가 12°C 까지 상승하였으나 개발품은 순간 8°C 상승으로 싱싱회 품질을 보존 할 수 있었다.

4. 싱싱회 맛과 향

개발한 냉장시스템(냉동탑차)에 싱싱회를 16시간 수송 보관 후 맛과 향을

관능검사 하였다. 생선회의 쫄깃쫄깃한 맛은 살아있는 생선을 회로 뜬 것보다는 조금 줄었으나 표면색과 전체적인 맛에 있어서는 별 차이가 없었다. 또한 관능검사 한 것을 분석한 결과 같은 시료라도 검사자에 따라 정반대의 결과가 나타났으므로 이와 같은 검사는 상당히 주관적임을 알 수 있었다.

5. 에너지 절약

거제수산업협동조합 싱싱회 생산공장에서 싱싱회를 탑재시켜 창원, 부산, 청주, 광주(경기도), 서울, 남양주 등 전국을 보관 수송 시켰으며, 일반 냉동탑차보다 설정온도까지의 빠른 온도강하, 제상시간 단축, 정확한 온도조절 등에 의해 유류에너지가 평균 20%이상 절약 되었다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

싱싱회 생산 및 유통을 하고 있는 거제수산업협동조합에서 field test 마친 본 개발품은 우선적으로 전국의 단체급식 및 농축수산물 유통을 담당하고 있는 기존의 냉동(장)탑차를 대체 활용될 것이다. 다음은 유제품 수송차량, 대형마트 및 백화점에 공급하는 저온물류차량에 본 개발품이 이용될 것으로 기대 된다. 즉 생활수준 향상 및 식생활 개선으로 유제품 및 냉동냉장식품의 소비가 꾸준히 증가하고 있으므로, 그 보관 및 수송에 본 개발품을 활용함으로써 유류에너지 절약에 의한 차량의 저탄소 배출 및 범국가적 에너지 절약 정책에도 이바지하게 된다.

또한 본 연구에서 개발된 축열시스템인 thermobank는 소형 냉동냉장 시스템, 약품재료 및 광학기 등 고정온도 온도제어 보관 창고, 저온 저장고 및 냉난방 동시가동 냉동시스템에도 활용할 수가 있어 시스템의 콤팩트화에 의한 재료비 절감과 더불어 요소요소에 활용될 것으로 기대된다.

특히, 최근 범세계적인 이슈인 신·재생에너지 개발 및 이용에서 일부에너지는 열펌프의 열원으로 이용하고 있는데, 이곳에 thermobank를 이용하면 축열재료에 따라 성능은 달라지지만 상당히 에너지를 절약시킬 수 있을 것으로 사료되므로 그 활용도는 대단히 광범위하다고 하겠다.

SUMMARY

(영문요약문)

A refrigerated vehicle system for sliced raw fish transportation was developed. The special feature of the system is the thermobank, instead in the refrigeration system water is used as the storage material in thermobank.

This vehicle drive sliced raw fish and ordered from logistic central or supermarket and then got some tests. This vehicle saves about 20% energy compare to popular refrigeration vehicle. The refrigeration vehicle without thermobank can not control the setting temperature, and can not reduce defrosting time when it is compare to a developed refrigerated vehicle.

A developed refrigerated vehicle was tested when it transported sliced raw fish from the raw fish production company in Geoje-si to Cheongju-si, Gwangju-si, Seoul and Namyangju-si.

Some important contents and results of this study are, as follow;

1. A thermobank was developed, a refrigerated vehicle with thermobank can be used to save energy about 40% when it is compared with a popular refrigerated vehicle without heat storage system in same experimental condition.

2. A developed refrigerated vehicle has shorter cooling time about 30% than that of a popular refrigerated vehicle in loading condition, and if at loading condition has 200% shorter time than that of a popular refrigerated vehicle.
3. A developed refrigerated vehicle has shorter defrosting time about 20% than that of a popular refrigerated vehicle when the container is set to 0°C
4. The experts of sliced raw fish taster did sensuous test by using a transported sliced raw fish for about 16 hours. They passed a judgement that the transported sliced raw fish was a wonderful goods.
5. A developed refrigerated vehicle has an energy saving about 20% when it is compared with a popular refrigerated vehicle without thermobank

In conclusions, a developed refrigerated vehicle can be used to save energy and has shorter defrosting time and better temperature control during transportation of sliced raw fish. And that will promotes consumption of sliced raw fish. In addition, the design and manufacture know-how of refrigerated vehicle can be applied to technical development in small and medium refrigeration system and low-temperature logistic system, etc.

CONTENTS

(영문목차)

Chapter 1. Abstract of the research and development subject	17
Section 1. The Necessity of research and development	17
1. Technical aspects	18
2. Economic · industrial aspects	20
3. Social · cultural aspects	21
Chapter 2. Present condition of domestic and abroad technology and Technical information	23
Section 1. Present condition of domestic and abroad technology	23
Section 2. Technical information	27
Chapter 3. Research and Development achievement contents and results	29
Section 1. Research and Development achievement contents the first year	29
1. Investigation and analysis of basic technique	29
2. Volume and size of refrigeration system	30
3. Heat capacity of refrigeration system	33
4. Basic design and lay out	35
5. Selection of compressor and design of heat exchanger	35
6. Selection of expansion valve and defrost method	39
7. Computer simulation of refrigeration cycle	40
8. Design of electric device and automatic control system	45

9. Final design	50
10. Refrigeration system manufacture	52
Section 2. Research result of the first year	52
Section 3. Research and Development achievement contents the second year	54
1. Test working and efficiency test	54
2. Normalcy driving of refrigeration system	67
3. Manufacture improvement product of refrigeration system	69
Section 4. Research result of the second year	71
Section 5. Research and Development achievement contents the third year	73
1. Raw fish transportation experimental and sensuous test	73
2. Design technology modification and modelling	77
3. Public information of refrigerated vehicle and promote commercialization of participating companies	78
Section 6. Research result of the third year	81
Chapter 4. Research and Development target achievement contribution to connection field	83
Section 1. The first year Research and development target achievement	81
Section 2. The first year contribution to connection field	86
Section 3. The second year Research and development target achievement	86
Section 4. The second year contribution to connection field	89

Section 5. The third Research and development target achievement	90
Section 6. The third year contribution to connection field	95
Chapter 5. Practical use plan with Research and Development result	95
Section 1. promotion way of technical feasibility	95
1. Design and manufacture technology of thermobank	95
2. Design and manufacture technology of refrigerated vehicle	95
Section 2. for research utilization	95
1. Government support research task developed technology utilization	95
2. Positive practical use in cooperation bottleneck technical development	96
Section 3. for further research	96
Chapter 6. References	97
Supplement	101

목 차

요 약 문	3
SUMMARY	7
CONTENTS	9
목 차	15
제 1 장 연구개발과제의 개요	19
제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성	19
1. 기술적 측면	20
2. 경제·산업적 측면	22
3. 사회·문화적 측면	23
제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술 정보	25
제 1 절 국내외 기술개발 현황	25
제 2 절 과학기술 정보	27
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	29
제 1 절 1차년도 연구개발 수행 내용	29
1. 자료수집 분석 및 기초 기술조사 수립	29
2. 냉장시스템 크기 결정	30
3. 냉장시스템 고내 부하(열량) 계산	33
4. 1차 기초설계 및 Lay out 작성	35
5. 냉각기 및 응축기 설계와 압축기 선정	35
6. 제어방식 및 제상방식 결정	39
7. 냉동사이클 시뮬레이션	41
8. 각종 부속기기 및 안전장치 결정과 전기 및 자동제어회로 설계 ..	45

9. 냉장시스템의 2차(최종) 설계	50
10. 냉장시스템 제작	52
제 2 절 1차년도 연구결과	52
제 3 절 2차년도 연구개발 수행 내용	54
1. 시운전 및 성능검사	54
2. 냉장시스템의 정상운전	67
3. 냉장시스템의 성능개선품 제작	69
제 4 절 2차년도 연구결과	71
제 5 절 3차년도 연구개발 수행 내용	73
1. 싱싱회 수송 실험 및 관능검사	73
2. 설계기술 개선 및 모델화	77
3. 싱싱회 수송시스템 홍보 및 참여기업의 사업화 추진	78
제 4 절 3차년도 연구결과	81
제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도	83
제 1 절 1차년도 연구개발 목표 달성도	83
제 2 절 1차년도 관련분야에의 기여도	86
제 3 절 2차년도 연구개발 목표 달성도	86
제 4 절 2차년도 관련분야에의 기여도	89
제 5 절 3차년도 연구개발 목표 달성도	90
제 6 절 3차년도 관련분야에의 기여도	93
제 5 장 연구개발결과의 활용 계획	95
제 1 절 기업화 추진 방안 기술	95
1. Thermobank의 설계 및 제작 기술	95

2. 냉동시스템 설계 및 제작 기술	95
제 2 절 타 연구에의 응용	95
1. 정부지원 연구과제에 개발된 기술 이용	95
2. 기업애로 기술개발에 적극 활용	96
제 3 절 추가 연구의 필요성	96
제 6 장 참고문헌	97
부 록	101

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 기술적 측면

국민소득 증가에 따른 식문화의 발달과 더불어 생선회 수요가 급증함에 따라 활어 및 싱싱회 보관과 수송방법은 위생적이면서 대량화, 신속화뿐만 아니라 보다 경제적인 보관 및 수송기술을 필요로 하고 있다. 생선회의 보관 및 수송기술에 관한 연구는 국내에서도 수족관과 활어차에 대한 것뿐만 아니라, 1993년부터 0℃~-10℃, -15℃ 및 액체질소에서 동결하여 -90℃에서 저장한 것 등 다수의 보고가 있다.^{1~2)} 또한 부분동결법(-3℃)(Partial Freezing Method) 및 Super Chilled(-1℃~-3℃)로 저장했을 경우에 단백질 변성도 적고 조직의 손상도 거의 없어 단기간 어류의 선도 보존법으로 우수함^{3~6)}이 밝혀졌을 뿐만 아니라 일본에서는 빙장 및 Super Chilled에 의한 활어와 선어의 포장법이 개발되어 부분적으로 이용되고 있다.^{7~8)} 그러나 이러한 방법들은 담수빙을 사용하여 빙장시키기 때문에 해빙에 의한 온도강하와 염분농도의 저하로 보관 및 수송기간이 단축될 뿐만 아니라 선도가 상당히 떨어진다.

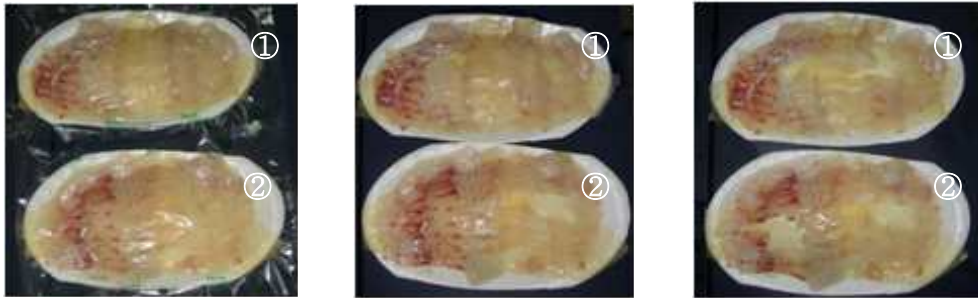
현재 활어수송은 중소형의 트럭에 활어조 및 산소 분배를 장착하여 산소를 공급해가면서 수송하는 방법이 일반적이며, 이때에 계절 및 어종에 따른 차이는 있지만 활어조 내에는 약 80%의 물과 20%의 활어를 싣고서 수송하므로, 필요 없는 대량의 물을 실어 나르는 결과가 되어 수송경비가 증대된다. 이것은 곧 어가의 상승으로 연결되어 소비자의 부담을 증가시킬 뿐만 아니

라, 장시간의 수송과 수송중의 흔들림 등에 의하여 활어가 받는 스트레스 때문에 죽거나 생선회 맛이 저하된다.⁹⁾

그러므로 그것으로 만든 활어회보다 살아있는 싱싱한 상태에서 잡는 즉시 위생적으로 내장을 제거하고 포를 뜨거나 일정한 크기로 썰어 10시간에서 하루(최장 이틀)정도 냉장보관 유통한 선어회가 더 맛이 있다. 즉 활어를 즉살 직후에 육질의 단단함(씹힘성)은 시간의 경과와 함께 일시적으로 상승했다가 저하하고 감칠맛은 이노신산(IMP)이 축적되어 더 좋아진다. 해양수산부는 이와 같은 위생안전적이고 맛있는 선어회의 이름을 국민들로부터 공모 받아 싱싱회로 명명하였다.¹⁰⁾

현재 경남 거제소재 수산업협동조합, 완도, 여수, 기장 및 인천의 일부 수산회사 등에서는 싱싱회를 주문 배달 형식으로 판매를 하고 있으며, 경남 거제소재 수협에서는 서울 및 대구, 부산, 안산 등지의 대도시 소비지 할인점인 마트에 납품을 하고 있다. 그러나 싱싱회가 가공공장에서 위생적으로 진공포장되어 냉장실 보관 및 출고까지는 보관온도를 일정하게 유지시켜 활어회보다 더 상품성 있는 맛과 향을 보존시키나 소비자에게 배달하는 유통과정에서 냉동장치가 없는 소형 수송차량 또는 냉장실 온도의 변동 폭이 큰 소형 1톤 미만의 냉장(동)탑차로 배달되기 때문에 싱싱회의 상품성 가치는 상당히 떨어지고 시간이 경과함에 따라 더 이상 싱싱회로서 판매가치를 잃게 된다.

Photo. 1은 본 과제 제안자의 실험실에서 양식산 넙치 및 참돔을 냉장실내 온도 변동 폭이 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 인 헛감 보관용 냉장고와 현재 싱싱회를 보관 수송하고 있는 냉장시스템과 비슷한 일반냉장고에 각각 보관하면서 10시간, 24시간 및 48시간이 경과함에 따라 촬영한 사진이고 Fig. 1은 각각 냉장고내 온도변화를 나타낸 것이다. Photo. 1에서 10시간 또는 24시간 까지는 두 냉장고에



10시간 후

24시간 후

48시간 후

Photo. 1 Comparison of raw fish in popular refrigerator and raw fish refrigerator in setting temperature 0°C

(① Popular refrigerator, ② raw fish refrigerator)

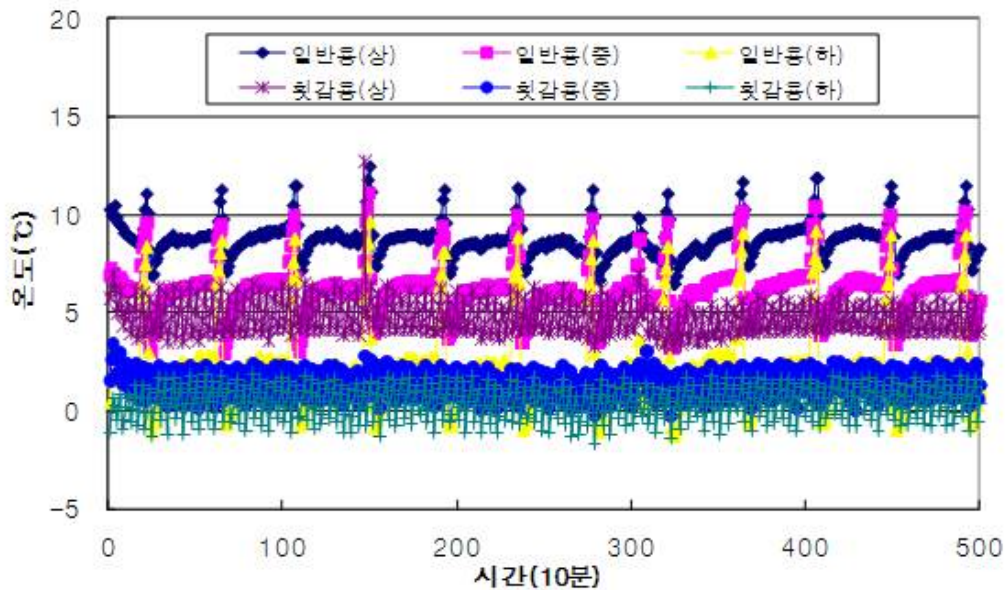


Fig. 1 Comparison of room temperature in popular refrigerator and raw fish refrigerator

보관한 싱싱회의 선도를 육안으로는 뚜렷이 구별하는 것은 어려웠으나, 단단함(썩힘성)은 온도 변동 폭이 Fig. 1과 같이 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 인 횡감 보관 냉장고에서

보관한 싱싱회가 더 좋음을 알 수 있었다. 48시간 경과 했을 때 일반냉장고에 보관한 싱싱회는 Drop현상이 나타났다.

이와 같이 Photo 1 및 Fig. 1에서 알 수 있듯이 냉장실 온도 변동 폭이 큰 일반 냉장시스템 및 냉장고는 싱싱회의 품질을 장시간 지속 시킬 수 없으므로 고품질 싱싱회의 위생안전과 장시간 상품성으로 보관 수송시킬 수 있는 유통의 개선이 시급하며 이를 위해 고내 온도 변동 폭이 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하이면서 고내 설정온도의 빠른 강하 및 제상시간 단축과 에너지 절약적인 싱싱회 안전수송 냉장시스템(냉장탑차)을 개발하였다.

2. 경제 · 산업적 측면

여수지방해양수산청이 2006년 5월 수산물 소비촉진을 위한 여수 국가산업단지내 GS칼텍스 직원을 대상으로 싱싱회(선어회)의 시식 및 설문조사에 의하면 70% 이상이 싱싱회를 알고 있고, 47% 정도는 먹어본 경험이 있어 싱싱회가 어느 정도 일반인에게 알려져 있는 것으로 조사되었다. 그리고 90% 이상이 맛이 있었다고 응답하였고, 54% 이상은 맛이 활어회보다 매우 뛰어나다고 하였으며, 39%는 활어회보다 더 낫다고 하였고, 60% 이상은 싱싱회를 주문하여 먹겠다고 하였으나 수송 및 보관 시의 선도와 일반 가정에서 배달 후 얼마 동안의 경과시간까지 위생 안전적으로 식용할 수 있는가에 대해 많은 관심을 나타내었다.¹¹⁾

그러므로 여름철 비브리오균에도 안전한 위생적인 싱싱회를 소비 공급시킬 수 있는 유통체계만 갖추면 우리나라도 일본처럼 선어회 문화를 정착시킬 수 있을 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 선어회 소비촉진을 위한 위생적이고 에너지 절약적인 냉장시스템으로 싱싱회를 $0^{\circ}\text{C} \sim -0.5^{\circ}\text{C}$ 로 보관하면서 유통시킬

경우 수송도중 육질의 단단함과 감칠맛 성분인 이노신산이 증가하므로 활어 회보다 더 소비가 촉진 될 것이다.

물론 냉동(장)탑차가 수산물을 수송하고 있지만 물품을 싣고 운반하는 고내 (실내) 설정온도에 대한 온도편차가 일반 냉장고의 온도 변동 폭인 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 보다 더 크므로 싱싱회와 같은 고품질 횡감용 선어회를 운반 보관용으로 사용하는 데는 많은 문제점이 있기 때문에 선어회를 전국적으로 수송시키는 것은 적합하지 않다고 할 수 있다.

따라서 싱싱회 수송을 위한 고내 온도편차가 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하인 냉장시스템만 개발되면 하절기 비브리오균에도 안전하고 씹힘성이 좋은 감칠맛 나는 싱싱 회를 전국적으로 수송할 수 있고 또한 Photo. 1에서 볼 수 있듯이 온도편차가 없는 냉장고에 이틀 동안 보관해도 상품성으로 충분히 가치가 있기 때문에 전국의 할인점인 마트에 대량으로 보급할 수 있다. 그러므로 생선회를 좋아하는 소비자들은 위생적으로 안전한 씹힘성이 좋은 싱싱회를 즐길 수 있고, 싱싱회의 대량공급 및 소비 촉진이 이루어져 활어회 가격의 50% 이하로 소비자에게 공급할 수 있으므로 생산자인 양식어민의 소득은 증가하게 될 것이다. 또한 정확한 온습도조절이 요구되는 고급어종, 약품원료 수송 등에 본 개발품을 이용하면 에너지 절약과 함께 제품의 품질을 향상시킬 수 있어 그만큼 가격 경쟁력이 향상 되어 유무형의 경제적인 도움을 많이 주게 된다.

산업적으로도 일반 냉동(장)탑차와 수출입 및 장거리 수송에 필요한 냉동 컨테이너의 설계기술을 한층 더 발전시킬 것이다. 즉 일반화물 차량 및 냉동 컨테이너에 냉동(장)시스템을 상세히 설계하지 않고 일반적으로 차량 무게에 맞추어 냉동유니트를 탑재시키는 기존의 설계 방식을 개선시킴으로써 정확한 온도 조절 및 유지에 의한 선어회, 기타 수산물의 품질변화를 최소화 시키고,

냉장시스템 중요설계 요소 중의 하나인 고내온도 제어방식 설계기술의 발전 및 선택의 범위를 넓힐 것이다. 또한 고내온도 빠른 강하 및 제상시간 단축과 에너지 절약을 위해 개발된 thermobank를 수송 및 점포·상업용 냉장시스템과 소형 냉동냉장고 생산에 적용시킬 수가 있어 국가자원의 에너지 절약뿐만 아니라 산업적 파급효과는 상당히 클 것으로 예측된다.

3. 사회·문화적 측면

선어회를 일정온도로 대량 유통시킬 수 있는 냉장시스템의 개발은 생선회식문화가 활어회에서 선어회(싱싱회)로 전환될 것이다. 그러므로 활어수송 차량이 필요 없게 되고 궁극적으로는 횃집에 수족관이 사라지게 되어, 소비자들은 종전보다 위생 안전적인 신선한 싱싱회를 더욱더 즐길 수 있고, 선어회의 대량 공급 및 소비가 가능해 싱싱회의 소비자 가격이 활어회보다 상당히 저렴하게 되므로 싱싱회 소비가 상당히 증가될 것이다. 이것은 소형어선으로 어획하여 생활하는 영세어민 및 양식어민의 소득을 증대시켜 상대적으로 소득이 높은 대도시와의 여러 가지 사회·문화적인 격차를 줄이는데 도움을 줄 수 있다.

제 2장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술 정보

제 1 절 국내외 기술개발 현황

미국 ASHRAE(난방냉동공기조화기술자협회)에서 매년 한 권씩 개정되어 출판되는 Hand book¹²⁾에 의하면 냉동차는 드라이아이스와 같은 냉각재를 사용하여 물품을 냉각하는 냉장(동)자동차(insulated vehicles)와 냉동기를 탑재시킨 냉동기장착 냉장(동)자동차(refrigerated vehicles)로 대별하고 있다. 냉동기 장착 냉장차는 차체의 종류 및 크기, 방열재의 종류 및 총괄열전달계수 등에 따라 냉동기의 냉각 성능은 달라진다. 그리고 소형차는 대부분 배송용의 자가용차이거나 규모가 작은 하청 운송회사의 업무용 냉장(동)차이기 때문에 냉동식품, 아이스크림, 육류 등의 적재화물에 따라 고내온도가 결정되며, 선진국에서는 18℃용, 0℃ 및 또는 그 이상의 용도로 대부분 구분하고 있고, 국내뿐만 아니라 일본에서도 활어 또는 선어 유통을 위한 냉장시스템을 개발하여 탑재시킨 냉동(장) 자동차가 유통에 이용된 바는 조사에 의하면 거의 없는 것으로 사료된다. 일반 냉장시스템을 탑재한 냉동(장)차의 고내온도 관리는 써모스타트로 하기 때문에 도로가 좋지 못한 곳에서는 주행 중 진동 및 충격에 의해 온도부가 뒤틀리는 등 잘못될 경우 최초 정해진 온도로 고내온도가 조절되지 않아 청과물 등은 냉해 또는 고온에 의해 상품으로서의 가치가 저하되므로, 선어회는 더욱더 보관 수송을 할 수 없다. 또한 냉동(장) 탑재에 냉각기의 부착방식에 따라 Fig. 2와 같이 분할구조형 전면부착, 분할구조형 상부부착, 분할구조형 하부부착, 분할구조형 파워백부착 등이 있다.¹³⁾

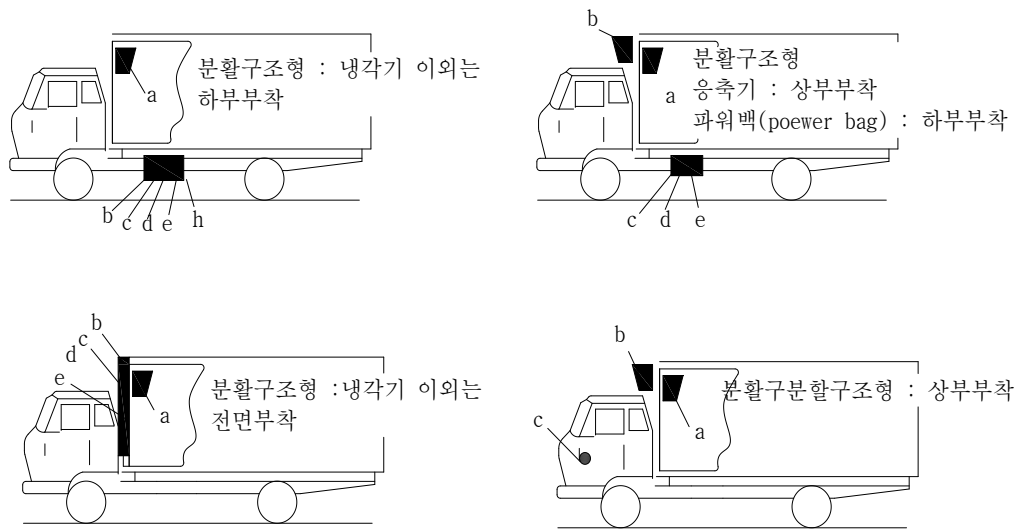


Fig. 2 Refrigerated vehicle with cooler position

그러나 국내 냉장탑차의 냉장시스템은 냉각기 및 응축기를 각각 차체의 옆면과 상부에 부착하고 압축기 유닛을 차체 하부에 부착시키는 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 차의 중심 위치가 아래이기 때문에 운전하기는 쉬우나 작은 물방울 등에 의한 부식, 주행 중 노면에서의 태양 방사열에 의한 엔진의 과열, 모래 및 먼지 등 흙탕물에 의한 전기 계통의 고장과 함께 냉매 누설의 많은 단점이 있다. 또한 장착 및 탈착에는 필히 냉매를 누출시키고 충전시키는 결점을 가지고 있다.

또한 유럽 등의 국외에서는 냉동기 및 냉각장치 전체를 일체로 하여 냉동차체의 전면 또는 상부에 부착시키는 방식을 채택하고 있다.¹⁴⁾ 일체구조형은 분할구조형에 비하여 장착이 용이하고 배관이 짧으며, 조립공장에서 조립할 수 있기 때문에 주행 중의 진동, 충격에 의한 냉매누설이 거의 없다고 하겠다. 또한 장착 및 탈착이 쉽기 때문에 고장 수리할 때 예비 냉동기와 교환할

수 있는 장점이 있다. 그러나 차의 중심 위치가 높기 때문에 운전하기가 어렵고 고가도로 및 다리 위 등에서 강한 횡풍을 받으면 기동 벨트가 탈취될 수 있다. 뿐만 아니라 강한 횡풍을 받고 있는 방향으로 커브를 돌 때 전복이 일어날 수 있는 단점 등을 가지고 있다.

따라서 본 연구개발에서는 일체구조형 및 분할구조형의 장점 및 단점을 모두 고려하여 가장 장점이 많고 단점이 적은 분할구조형 전면 부착을 채택하여 냉장시스템(냉장탑차)을 개발하였다.

제 2 절 과학기술 정보

앞으로의 생선회 식문화는 살아있는 상태로의 운반 및 보관과 대량유통이 어려운 활어회보다 즉살 처리 후 저온에 일정시간 보관 유통시키면서 감칠맛의 증가 및 어느 정도 씹힘성이 좋은 싱싱회인 숙성 선어회로 서서히 변화와 더불어 보관 및 유통 체계도 일대의 전환기를 맞을 것으로 사료된다. 김치냉장고와 같이 상당한 기술축적 및 생산기술로 고내온도를 일정한 온도로 유지시켜, 싱싱한 선어회를 보관할 수 있는 냉장고는 개발된 바가 있으나¹⁵⁾ 아직 까지 고내온도 편차를 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이내로 유지시키면서 싱싱회를 운반할 수 있는 냉장시스템을 탑재한 냉동(장)차 등이 개발된 바는 거의 없다고 하겠다.

그리고 개발하고자 하는 기술 및 제품은 외국에서는 개발하여 이용하고 있다는 보고가 없을 뿐만 아니라 국내에서 생산되는 가정용 냉장고 및 소형 냉장고를 선진국에도 수출하고 있으므로 냉장시스템의 설계 및 생산기술은 어느 정도 국내에서도 이미 확보된 상태라고 할 수 있다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 1차년도 연구개발 수행 내용

1. 자료수집 분석 및 기초 기술조사 수립

유럽에서 육상저온수송을 위한 냉동(장)탑차 또는 냉동시스템을 갖춘 컨테이너는 외기가 $-50^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 일 때도 적재된 화물에 온도 변화를 주지 않아야 하며 또한 환경 친화적이고 에너지 절약적인 장치를 갖추어야 한다. 그리고 미국은 서부에서 동부까지 농수산물을 운반하는데 1주일 이상 소요되므로 우리나라와 같이 얼음이나 드라이아이스 등의 냉각재를 물품과 함께 탑재시켜 목적지까지 운반하는 것과 달리 냉동기를 탑재시킨 냉동기장착 냉장(동)자동차(refrigerated vehicles)를 이용하고 있다.

냉동(장) 탑차에 냉각기의 부착방식에 따라 Fig. 2와 같이 분할구조형 전면부착, 분할구조형 상부부착, 분할구조형 하부부착, 분할구조형 파워백부착 등이 있다. 그러나 국내 냉장탑차의 냉장시스템은 냉각기 및 응축기를 각각 차체의 옆면과 상부에 부착하고 압축기 유닛을 차체 하부에 부착시키는 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 차의 중심 위치가 아래이기 때문에 운전하기는 쉬우나 작은 물방울 등에 의한 부식, 주행 중 노면에서의 태양 방사열에 의한 엔진의 과열, 모래 및 먼지 등 흙탕물에 의한 전기 계통의 고장과 함께 냉매 누설의 많은 단점이 있다. 또한 장착 및 탈착에는 필히 냉매를 누출시키고 충전시키는 결점을 가지고 있다.

또한 유럽 등의 국외에서는 냉동기 및 냉각장치 전체를 일체로 하여 냉동

차체의 전면 또는 상부에 부착시키는 방식을 채택하고 있다. 일체구조형은 분할구조형에 비하여 장착이 용이하고 배관이 짧으며, 조립공장에서 조립할 수 있기 때문에 주행 중의 진동, 충격에 의한 냉매누설이 거의 없다고 하겠다. 또한 장착 및 탈착이 쉽기 때문에 고장 수리할 때 예비 냉동기와 교환할 수 있는 장점이 있다. 그러나 차의 중심 위치가 높기 때문에 운전하기가 어렵고 고가도로 및 다리 위 등에서 강한 횡풍을 받으면 기동 벨트가 탈취될 수 있다. 뿐만 아니라 강한 횡풍을 받고 있는 방향으로 커브를 돌 때 전복이 일어날 수 있는 단점 등을 가지고 있다.

따라서 본 연구개발에서는 일체구조형 및 분할구조형의 장점과 단점을 모두 고려하여 장점이 가장 많고 단점이 적은 분할구조형 전면 부착을 채택하여 thermobank와 일체가 된 unit 형식으로 냉장시스템을 개발하였다. 그리고 국내외 특허자료 조사에 의하면 싱싱회 수송을 위한 전용 냉동(장)차는 없었으며, 뿐만 아니라 제상시 고내온도 편차를 최소화시키기 위한 목적으로 thermobank를 개발하여 이것을 수송용 냉동(장)차에 탑재시켜 에너지를 절약시킨 것도 특허로 출원 및 등록 된 바가 없는 것으로 조사 되었다.

2. 냉장시스템 크기 결정

국내 수송용 냉동(장) 탑재의 제작은 소비자가 요구하는 주문제작으로 공급하고 있다. 생산되는 트럭이 1톤부터 25톤까지 있으며, 1톤이 거의 70% 정도 되므로 본 냉장시스템도 1톤을 기준으로 하였다.

그러므로 차량탑재 냉장고 전체크기는 Fig. 3과 같이 1740mm(W) x 3225mm(L) x 1640mm(H)로 하였으며, 특수차량으로 생산된 상태에서 탑을 설치하기 때문에 냉장(동)고로 만들 수 있는 최대 규격은 자동차를 생산할

때 이며 정해진 상태라고 할 수 있다. 자동차 본체를 제외한 냉동(장) 탑차의 규격과 그것을 기준으로 한 외기부하(Q_1)은 다음과 같다.

가. 설계조건

- ① 외기온도(t_1) : 35℃
- ② 냉장탑차 실내온도(t_2) : 0℃
- ③ 환기횟수(문의 개폐계수) : 2회

환기횟수는 냉장(동)탑차의 문을 개폐했을 때 외부로부터 고내 침입열량이

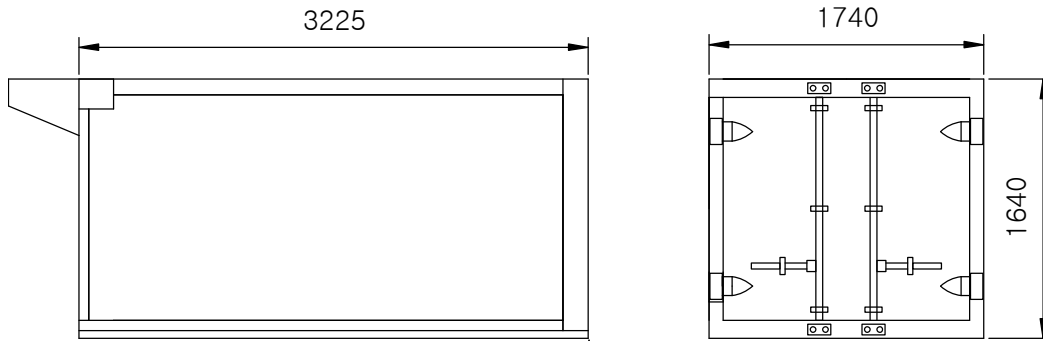


Fig. 3 Refrigerator dimension of refrigerated vehicle.

다. 그러므로 싱싱회를 운반 중에는 문을 개폐할 필요가 없으나, 만약 수송지를 두군 대 이상 했을 경우와 여유율을 고려하여 최대 열량을 계산해 주어야 하므로 환기횟수를 2회로 하였다.

A. 좌우측면 및 앞뒷면

$$Q_A = K \cdot A \cdot \Delta t (1 + \alpha)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0.06}{0.02} + \frac{1}{15}} = 0.312 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

$$A = 3.225(L) \times 1.640(H) \times 2 + 1.740(W) \times 1.640(H) \times 2 = 16.285(m^2)$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 35 - 0 = 35^\circ\text{C}$$

그러므로

$$Q_A = 0.312(kcal/m^2h^\circ\text{C}) \times 16.285(m^2) \times 35(^\circ\text{C}) \times (1 + 0.3) = 231.182(kcal/h)$$

B. 밑면

$$Q_B = K \cdot A \cdot \Delta t (1 + \alpha)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0.06}{0.02} + \frac{1}{20}} = 0.321 kcal/m^2h^\circ\text{C}$$

$$A = 3.225(L) \times 1.740(W) = 5.612(m^2)$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 55(\text{차체밑 엔진 및 기기 등 고려}) - 0 = 55^\circ\text{C}$$

그러므로

$$Q_B = 0.321(kcal/m^2h^\circ\text{C}) \times 5.612(m^2) \times 55(^\circ\text{C}) \times (1 + 0.3) = 128.804(kcal/h)$$

C. 윗면

$$Q_C = K \cdot A \cdot \Delta t (1 + \alpha)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0.06}{0.02} + \frac{1}{15}} = 0.312 kcal/m^2h^\circ\text{C}$$

$$A = 3.225(L) \times 1.740(W) = 5.612(m^2)$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 40(\text{태양열 고려}) - 0 = 40^\circ\text{C}$$

그러므로

$$Q_C = 0.312(kcal/m^2h^\circ\text{C}) \times 5.612(m^2) \times 40(^\circ\text{C}) \times (1 + 0.3) = 91.049(kcal/h)$$

$$\text{따라서 } Q_1 = Q_A + Q_B + Q_C = 231.182 + 128.804 + 91.049 = 451.035(kcal/h)$$

여기서 총괄열전달계수 K값을 계산할 때 h_1 과 h_2 는 참여기압 및 냉장(동)

탑차를 생산하는 기업의 경험치와 문헌조사를 통해 가장 합리적인 값을 사용하였고, 또한 방열재료의 열전도계수(λ)는 우레탄발포시의 사용재료와 발포기술에 따라 $0.018kcal/mh^{\circ}C$ 까지 가능하지만 최대 침입 부하를 계산하기 위해 발포시의 λ 값이 아닌 우레탄 성형방열판의 일반적인 열전도계수 값을 적용하였다.

일반적으로 냉장고 냉각부하 중 냉장고 벽면을 통한 열의 침입이 70%정도 되므로 방열재료의 선택 및 두께 결정이 상당히 중요하다고 할 수 있다. 그러나 냉동(장)탑차를 제작하는 특장차 회사들은 경제적 및 제작의 편리성을 고려해 알루미늄 패널사이에 규격화 된 발포우레탄을 삽입시켜 고내 벽면을 제작하고 있다. 즉, 외부 침입열량 및 고내 물품의 방열량 등을 전혀 고려하지 않고 냉동(장)탑차를 제작 생산하므로 고내온도의 편차가 $\pm 2.0^{\circ}C$ 이상 발생하는 원인이 되고 있다.

3. 냉장시스템 고내 부하(열량) 계산

가. 싱싱회 냉각부하(Q_2)

$$\text{계산식 : } Q_2 = GC_p(t_r - t_1)h$$

① 싱싱회 입고량(G) : $535kg/h$

② 싱싱회 비열(C_p) : $0.72kcal/kg^{\circ}C$

③ 싱싱회 입고온도(t_r) : $15^{\circ}C$

④ 냉장실내온도(t_1) : $0^{\circ}C$

⑤ 냉각시간(h) : $1/2$ 시간

그러므로

$$Q_2 = 535(\text{kg/h}) \times 0.72(\text{kcal/kg}^\circ\text{C}) \times (15 - 0)^\circ\text{C} \times 1/2 = 2889(\text{kcal/h})$$

여기서 싱싱회의 크기에 따라 냉장실내 냉기를 공급시킬 수 있는 공간이 다르겠으나 거제수산업 협동조합에서 생산하는 싱싱회 규격이 20mm 정도 이므로 Fig. 4와 같이 싱싱회를 보관 수송할 경우 최대 전체 무게를 535(kg/h)로 계산하였다.



Fig. 4 Container and shelves for transportation with sliced raw fish

나. 환기(냉장탑차 문개폐침입) 부하(Q_3)

$$\text{계산식 : } Q_3 = (0.54 V_c + 3.22)(t_1 - t_2) \times \beta$$

- ① 냉장시스템 차체 내용적(V_c) : $6.69m^3$
- ② 외기온도(t_1) : 35°C
- ③ 냉장실온도(t_2) : 0°C
- ④ 문의 개폐계수(β) : 2회

$$\text{그러므로 } Q_3 = (0.54 \times 6.69 + 3.22)(35 - 0) \times 2 = 478.282(kcal/h)$$

따라서 총부하(Q_T)는 여유율 10%를 고려하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Q_T &= (Q_1 + Q_2 + Q_3) \times 1.1 \\ &= (451.035 + 2889 + 478.282) \times 1.1 = 4200.15(kcal/h) \end{aligned}$$

4. 1차 기초설계 및 Lay out 작성

상기에 나타낸 '2) 냉장시스템 크기 결정'과 '3) 냉장시스템 고내 부하계산'에 의해 압축기, 증발기 및 응축기의 용량결정, 고내 일정한 온도 유지를 위해 덕트에 의한 냉풍 공급 등의 기초 설계 자료를 이용하여 본 개발품 전체 Lay out 및 Flow sheet를 Fig. 5에 나타내었다.

5. 냉각기 및 응축기 설계와 압축기 선정

가. 냉각기(증발기) 설계

싱싱회 안전수송 및 보관을 위해서는 수송차량 고내온도를 일정하게 유지시켜야만 한다. 그러므로 증발기 설계와 냉기의 공급은 중요하며 이를 위해 덕트 및 에어커튼도 설치도 고려하였으나 고내온도 편차가 크지 않고 문의 개폐가 많지 않아 시제품 제작에서는 보류하였다.

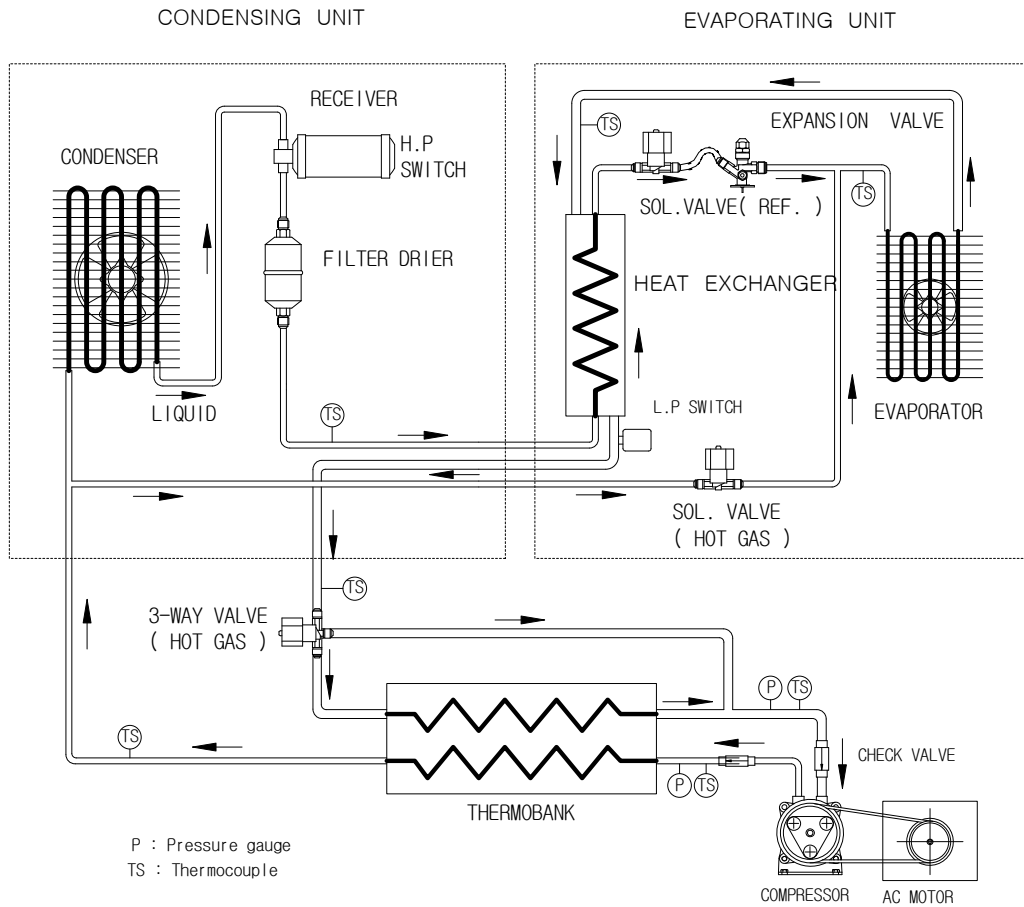


Fig. 5 Refrigerated vehicle lay out and flow sheet for sliced raw fish transportation

① 전열면적

$$Q_e = K \cdot A \cdot \Delta t_m$$

Q_e : 증발부하, 4200.15kcal/h

K : 총괄열전달계수, 24kcal/m²h°C

Δt_m : 대수평균온도차, 12.3°C

$$\Delta t_m (LMTD) = \frac{(5 - (-10)) - (0 - (-10))}{\ln\left(\frac{5 - (-10)}{0 - (-10)}\right)} = 12.3$$

A : 전열면적, $14.23m^2$

$$A = \frac{Q_e}{K\Delta t_m} = \frac{4200.15}{24 \times 12.3} = 14.23m^2$$

② 공기순환량(냉기공급)

$$Q_e = G C_p \Delta t$$

C_p : 공기의 비열, $0.29kcal/kg^\circ C$

Δt : 입구 및 출구온도차, $5^\circ C$

$$G = \frac{Q_e}{C_p \Delta t} = \frac{4200.15}{0.29 \times 5} = 2896.66m^3/h$$

회피치 : $3.5 \sim 4.5$

풍속 : $2.5m/s$

나. 압축기 설계

부하계산에서 증발기(냉각기)의 제거 열량이 $4275.31kcal/h$, 외기온도 $35^\circ C$, 증발온도 $-10^\circ C$, 냉장실내온도 $0^\circ C$, 과냉각 및 과열도를 각각 $5^\circ C$ 로 한 냉매 R-404A용 압축기를 다음과 같이 설계하였다.

① 냉매순환량(G_r)

$$G_r = \frac{Q_e}{r} = \frac{4200.15}{86.8 - 60.2} = 157.9kg/h$$

② 압축기 소요동력(P)

$$P = \frac{G_r A W}{\eta_c \times \eta_m} = \frac{157.9 \times (95 - 86.8)}{0.8 \times 0.9} = 1798.3kcal/h (2.09kW)$$

여기서, r 은 냉동효과, AW 는 압축일량으로써 Fig. 6과 같이 $P-h$ 선도에 나타내었다. 그리고 η_c 는 압축효율, η_m 은 기계효율이며 압축기 소요동력으로 부터 $2.09kW$ 의 압축기로 설계되었다. 현재 생산되지 않고 있으므로 $2.2kW$ 압축기를 선정하였다.

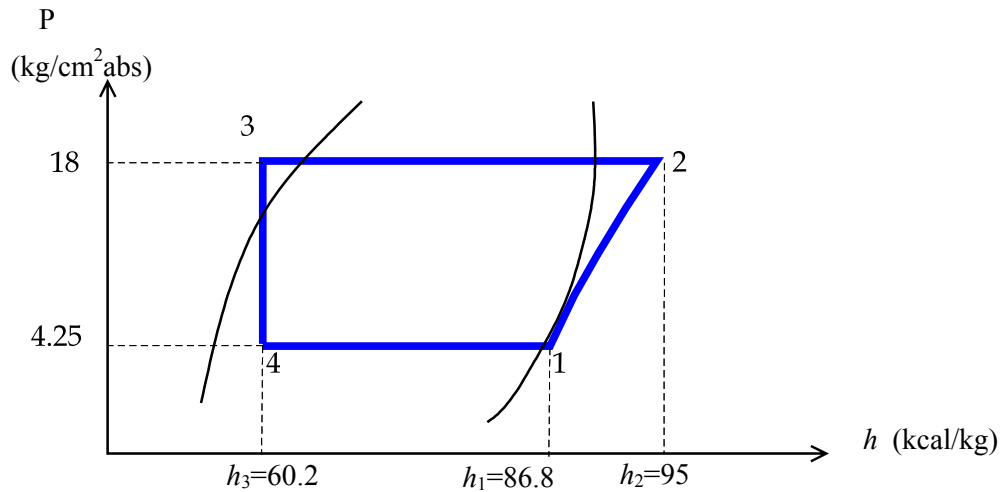


Fig. 6 P-h diagram for evaporator and compressor design.

다. 응축기 설계

냉동(장)탑차 제작회사에서는 증발기, 압축기 및 응축기 등을 설계하지 않고 차량 규격에 따라 생산된 제품을 선정하여 시스템을 제작하고 있다. 그러므로 경제적 및 효율적인 냉동시스템이 되지 못할 뿐만 아니라 시스템 운전 시에도 에너지 소비가 증가하게 된다. 본 연구에서는 우선 정확히 설계를 하고, 그 설계에 따라 제작 하였다. 응축기는 증발기 및 압축기를 설계완료한 후에 다음과 같이 설계하였다.

① 응축열량(Q_c)=증발열량(Q_e)+압축일량(P)

$$Q_c = Q_e + P$$

$$Q_c = 4200.15(kcal/h) + 1798.3(kcal/h) = 5998.45(kcal/h)$$

$$Q_c = K \cdot A \cdot \Delta t_m$$

K : 총괄열전달계수, $24kcal/m^2h^\circ C$

Δt_m : 대수평균온도차, $7.2^\circ C$

$$\Delta t_m (LMTD) = \frac{(40-30) - (40-35)}{\ln\left(\frac{40-30}{40-35}\right)} = 7.2^\circ\text{C}$$

A : 전열면적, 34.7m^2

$$A = \frac{Q_c}{K\Delta t_m} = \frac{5998.45}{24 \times 7.2} = 34.7\text{m}^2$$

② 공기순환량(냉기공급)

$$G = \frac{Q_c}{C_p\Delta t} = \frac{5998.45}{0.29 \times 5} = 4136.9\text{m}^3/\text{h}$$

회피치 : 3.5~4.5

풍속 : 2.5m/s

6. 제어방식 및 제상방식 결정

가. 제어방식

고내 온도제어를 위한 수송용 냉동(장)탑차에 이용할 수 있는 제어방식은 모세관, 온도식 및 전자식 팽창밸브 등이 있다. 가정 및 소형 내장고와 룸에 어컨 등에 많이 사용되고 있는 모세관은 온도편차가 $\pm 2^\circ\text{C} \sim \pm 3^\circ\text{C}$ 정도가 되므로 고내온도를 기준온도 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 범위내에서 조절하는 싱싱회 안전수송 냉장시스템에는 한계가 있으므로, Fig. 5의 Lay out 및 Flow Sheet에 나타내었듯이 우선은 온도식 팽창밸브를 사용하였다.

온도식 팽창밸브는 모세관보다 온도를 정확히 조절하고 가격도 전자식 팽창밸브의 20~30% 정도로 저렴하지만 경험 및 조사에 의하면 전자식 팽창밸브보다 온도편차가 크고 관내 냉매유량 조절에 어려움이 있을 수 있다. 따라서 본 시스템에서는 기존의 방식과 다르게 증발기로 공급되는 냉매순환 회로 및 thermobank를 이용하여 전자식 팽창밸브처럼 고내온도를 정확히 조절하

였다.

나. 제상방식

지금까지 냉동(장)탑차의 냉각기에 서리가 쌓였을 때의 제상방법은 전기히터로 하였다. 전기히터 제상방식(electric defrost)은 유니트형 냉각기나 가정용 등 소형 냉동장치에 주로 사용된다. 즉, 냉각관이 배열되어 있는 사이나 앞면에 냉각관과 같은 모양의 전기가열기를 설치하여 제상을 하는 방법으로써 제상 중에 고내온도가 상승할 뿐만 아니라 가열기가 고장이 났을 때 수리 등이 문제가 되기 때문에 싱싱회 안전수송 냉장시스템에는 적합하지 않다. 그러므로 본 시스템에서는 Fig. 7과 같이 압축기 토출측의 냉매가스를 열매로 하는 고온가스 제상(hot gas defrost)을 이용하였다. 이 방식은 압축기로부터 나오는 고온·고압의 가스를 직접 냉각기(증발기)로 통과시켜 냉각기 코일을 가열하는 것으로써, 고온·고압의 냉매가스가 서리를 녹여서 제상을 한다.

Fig. 8은 thermobank 축열을 이용한 제상 운전시의 냉매순환을 나타낸 것이고, Fig. 9는 제상시간의 단축 및 에너지 절약과 Fig. 8과의 제상운전 상태 비교를 위한 thermobank와 응축기를 동시에 제상운전에 이용한 것이다.

7. 냉동사이클 시뮬레이션

Fig. 5의 싱싱회 안전수송 냉장시스템 Lay out 및 Flow sheet와 앞에서 언급한 기초설계를 중심으로 하여 제상시간 단축 및 에너지 절약을 위한 냉동사이클 시뮬레이션을 실시하였다. 즉, 차량탑재 및 수송시의 대기온도를 고려하여 응축온도 40℃, 증발온도 -10℃에서 사이클 최고 COP가 2.1이 되었으

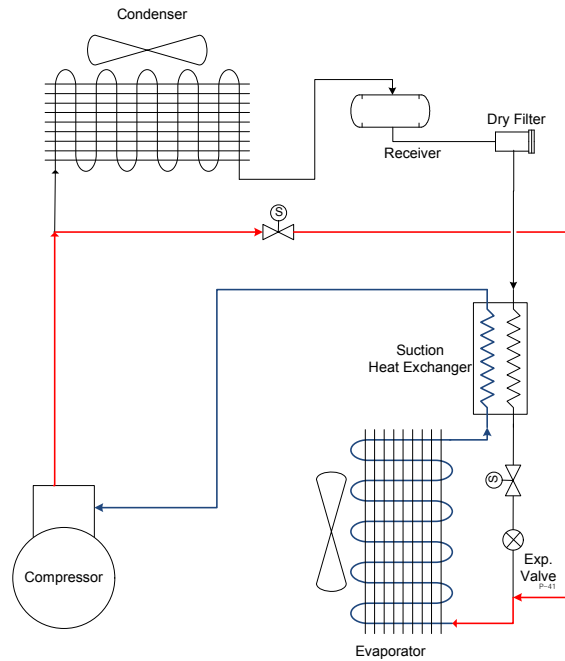


Fig. 7 Diagram of hot gas defrost.

며, 이것은 기존의 냉동(장)탑차 및 소형 냉동시스템 COP 0.8~1.6보다 증가한 것이다. 또한 제상시간을 40% 단축 시켰으므로 본 냉장시스템은 기존에 제작 및 판매되고 있는 냉동(장)탑차보다 고내온도의 편차를 줄일 뿐만 아니라 에너지도 더 절약시키게 된다.(응축온도 및 증발온도가 일정한 상태에서 냉동사이클 최고 COP를 구하기 위해서는 냉매의 체적효율, 압축기의 압축 및 기계 효율의 적용이 중요하며 또한 압축기 제조회사에 따라 성능이 다를 수 있으므로 최고 COP를 산출한 조건에 맞는 압축기의 선택이 중요하다고 할 수 있다.) 냉동사이클 시뮬레이션을 위한 Flow chart는 Fig. 10과 같고 해석 방정식은 Table 1부터 Table 4까지 이며 시뮬레이션 프로그램 sheet는 보고서 페이지 뒤쪽의 부록으로 나타내었다.

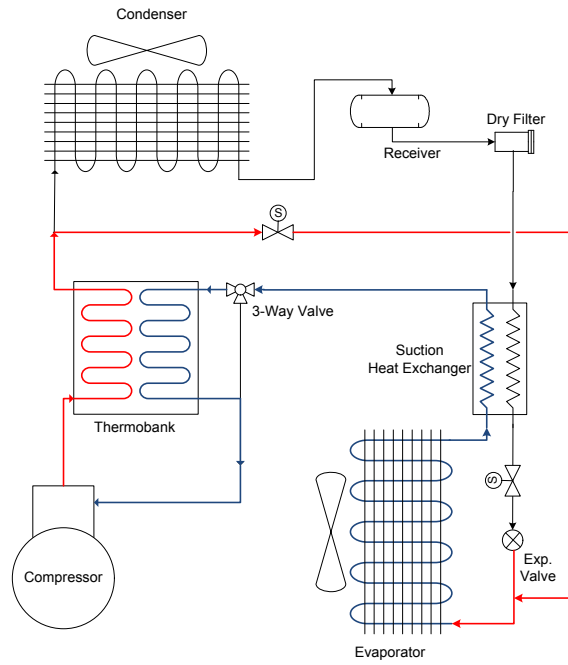


Fig. 8 Hot gas defrost operation with thermobank.

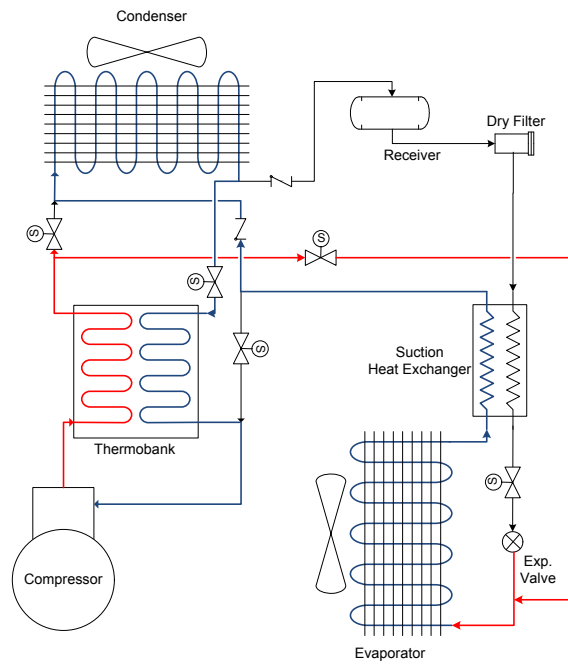
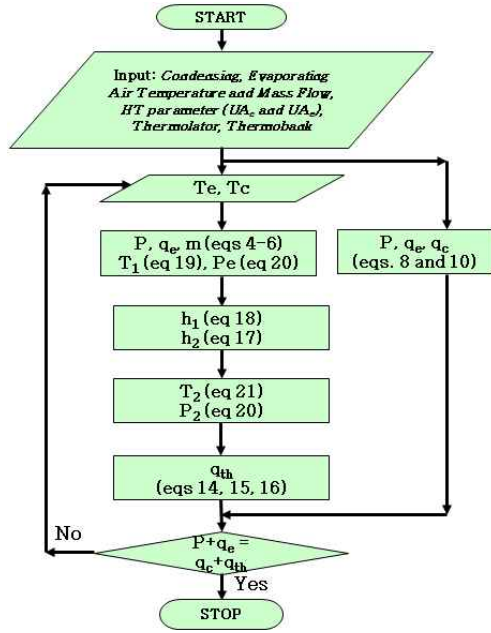


Fig. 9 Hot gas defrost operation with thermobank and condenser.



$$P = C_0 + C_1 T_e + C_2 T_c + C_3 T_e^2 + C_4 T_e T_c + C_5 T_c^2 + C_6 T_e^3 + C_7 T_e^2 T_c + C_8 T_e T_c^2 + C_9 T_c^3 \quad (4)$$

$$q_c = D_1 + D_2 T_e + D_3 T_c + D_4 T_e^2 + D_5 T_e T_c + D_6 T_c^2 + D_7 T_e^3 + D_8 T_e^2 T_c + D_9 T_e T_c^2 + D_{10} T_c^3 \quad (5)$$

$$\dot{m} = E_0 + E_1 T_e + E_2 T_c + E_3 T_e^2 + E_4 T_e T_c + E_5 T_c^2 + E_6 T_e^3 + E_7 T_e^2 T_c + E_8 T_e T_c^2 + E_9 T_c^3 \quad (6)$$

$$q_c = \dot{m} c_p (T_e - T_{w(t)}) \left[1 - \exp\left(-\frac{UA_c}{\dot{m} c_p}\right) \right] \quad (8)$$

$$h_3 = \frac{P}{\dot{m}} - h_1 \quad (17)$$

$$q_e = \dot{m}_a c_p (T_{a,in} - T_e) \left[1 - \exp\left(-\frac{UA_e}{\dot{m}_a c_p}\right) \right] \quad (10)$$

$$h_1 = f(T_1, P_1) \quad (18)$$

$$T_{w(t)} = T_e - (T_e - T_c) \exp\left[-\frac{\epsilon f}{Z_{w(t)}}\right] \quad (14)$$

$$T_1 = T_e + \Delta T_S \quad (19)$$

$$\bar{\epsilon} = 1 - \exp\left(-\frac{UA_h}{\dot{m} c_p}\right) \quad (15)$$

$$P_e = f(T_e) \quad (20)$$

$$q_{th} = \dot{m}_r c_p (T_1 - T_{w(t)}) \left[1 - \exp\left(-\frac{UA_h}{\dot{m}_r c_p}\right) \right] \quad (16)$$

$$T_3 = f(h_3, P_3) \quad (21)$$

Fig. 10 Flow chart of simulation for optimum design.

Table 1 Equations of refrigeration cycle for optimum design.

No	Unit	Equations	Known Var	Unknown Var	No. of Eq.	No. of Unknown
1	System	$q_c = P + q_e - q_{th}$	P, q_e	q_c, q_{th}	1	2
2	Compressor	$P = f(T_e, T_c)$	P, f	T_e, T_c	2	4
3	Thermobank	$q_{th} = \dot{m}_r c_p (T_2 - T_{w(t)}) \left[1 - \exp\left(-\frac{UA_h}{\dot{m}_r c_p}\right) \right]$ $q_{th} = \dot{m}_r c_p (T_2 - T_3)$	$\dot{m}_r, c_p,$ $UA_{th}, M,$ c_p, t, T_{w0}	$T_2, T_{w(t)}$ T_3	3 4	7
4	Condenser	$q_c = \dot{m}_b c_b (T_{b,in} - T_{b,out})$ $q_c = \dot{m}_b c_b (T_c - T_{b,in}) \left[1 - \exp\left(-\frac{UA_c}{\dot{m}_b c_b}\right) \right]$	$\dot{m}_b, c_b, T_b,$ \dot{m}_b, UA_c	T_c $T_{b,out}$	5 6	8
5	Heat exchanger	$(T_1 - T_e) = T_{SH}$ $q_r = \dot{m}_r c_{r,s} (T_1 - T_e)$ $q_r = \dot{m}_r c_{r,l} (T_c - T_4)$	$T_{SH}, \dot{m}_r,$ $c_{r,l}, c_{r,g}$	$q_r, T_c, T_1,$ T_4	7 8 9	11
6	Evaporator	$q_e = f(T_e, T_c)$ $q_e = \dot{m}_a c_a (T_{a,in} - T_{a,out})$ $q_e = \dot{m}_a c_a (T_{a,in} - T_e) \left[1 - \exp\left(-\frac{UA_e}{\dot{m}_a c_a}\right) \right]$	$q_e, f, \dot{m}_a,$ $c_a, UA_e,$ $T_{a,in}$	$T_e, T_{a,out}$	10 11 12	12

Table 2 Analysis of heat transfer for evaporator.

$q_c = m_b \cdot c_p \cdot (T_{b,out} - T_{b,in})$ $m_b \cdot c_b \cdot (T_{b,out} - T_{b,in}) = UA_c \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left[\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right]}$ $m_b \cdot c_b \cdot (T_{b,out} - T_{b,in}) = UA_c \frac{(T_c - T_{b,in}) - (T_c - T_{b,out})}{\ln \left[\frac{(T_c - T_{b,in})}{(T_c - T_{b,out})} \right]}$ $\ln \frac{(T_c - T_{b,in})}{(T_c - T_{b,out})} = \frac{UA_c}{m_b \cdot c_b}$ $\frac{(T_c - T_{b,out})}{(T_c - T_{b,in})} = \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right]$ $(T_{b,in} - T_{b,out}) = (T_c - T_{b,in}) \left\{ -1 + \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right] \right\}$ $(T_{b,out} - T_{b,in}) = (T_c - T_{b,in}) \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right] \right\}$	$q_c = UA_c \cdot \Delta T_{lm}$ $\frac{(T_c - T_{b,out}) + T_{b,in} - T_{b,in}}{(T_c - T_{b,in})} = \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right]$ $\frac{(T_c - T_{b,in}) + (T_{b,in} - T_{b,out})}{(T_c - T_{b,in})} = \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right]$ $\frac{(T_{b,in} - T_{b,out})}{(T_c - T_{b,in})} = -1 + \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right]$ $q_c = m_b \cdot c_b (T_{b,out} - T_{b,in})$ <p>Then, $q_c = m_b \cdot c_b (T_c - T_{b,in}) \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{UA_c}{m_b \cdot c_b} \right] \right\}$</p>	
--	--	--

Table 3 Analysis of heat transfer for condenser.

$q_e = m_a \cdot c_p \cdot (T_{a,in} - T_{a,out})$ $m_a \cdot c_a \cdot (T_{a,in} - T_{a,out}) = UA_e \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left[\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right]}$ $m_a \cdot c_a \cdot (T_{a,in} - T_{a,out}) = UA_e \frac{(T_{a,in} - T_e) - (T_{a,out} - T_e)}{\ln \left[\frac{(T_{a,in} - T_e)}{(T_{a,out} - T_e)} \right]}$ $\ln \frac{(T_{a,in} - T_e)}{(T_{a,out} - T_e)} = \frac{UA_e}{m_a \cdot c_a}$ $\frac{(T_{a,out} - T_e)}{(T_{a,in} - T_e)} = \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right]$ $(T_{a,out} - T_{a,in}) = (T_{a,in} - T_e) \left\{ -1 + \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right] \right\}$ $(T_{a,in} - T_{a,out}) = (T_{a,in} - T_e) \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right] \right\}$	$q_e = UA_e \cdot \Delta T_{lm}$ $\frac{(T_{a,out} - T_e) + T_{a,in} - T_{a,in}}{(T_{a,in} - T_e)} = \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right]$ $\frac{(T_{a,out} - T_{a,in}) + (T_{a,in} - T_e)}{(T_{a,in} - T_e)} = \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right]$ $\frac{(T_{a,out} - T_{a,in})}{(T_{a,in} - T_e)} = -1 + \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right]$ $q_e = m_a \cdot c_a (T_{a,in} - T_{a,out})$ <p>Then, $q_e = m_a \cdot c_a \cdot (T_{a,in} - T_e) \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{UA_e}{m_a \cdot c_a} \right] \right\}$</p>	
--	--	--

Table 4 Analysis of heat transfer for thermobank.

$$U \cdot dA(T - T_{w(t)}) + m \cdot c_p \cdot dT = 0 \quad \frac{1}{(T - T_{w(t)})} dT = -\frac{U \cdot dA}{m \cdot c_p}$$

$$\frac{T_{out} - T_{w(t)}}{T_m - T_{w(t)}} = \exp\left(-\frac{UA}{m \cdot c_p}\right) \quad \text{or} \quad T_{out} = T_{w(t)} + (T_m - T_{w(t)}) \exp\left(-\frac{UA}{m \cdot c_p}\right)$$

$$M \cdot c_v \frac{dT_w}{dt} = m \cdot c_p \left(T_m - \left(T_w + (T_m - T_w) \cdot \exp\left[-\frac{UA}{m \cdot c_p}\right] \right) \right) \quad \frac{T_m - T_{w(t)}}{T_m - T_{w0}} = \exp\left[-\frac{\varepsilon t}{M \cdot c_v / m \cdot c_p}\right]$$

$$\frac{M \cdot c_v}{m \cdot c_p} dT_w = (T_m - T_w) \left(1 - \exp\left[-\frac{UA}{m \cdot c_p}\right] \right) dt \quad , \text{ where } \varepsilon = \left(1 - \exp\left[-\frac{UA}{m \cdot c_p}\right] \right)$$

$$\frac{1}{(T_m - T_w)} dT_w = \frac{1}{M \cdot c_v / m \cdot c_p} \left(1 - \exp\left[-\frac{UA}{m \cdot c_p}\right] \right) dt \quad T_{w(t)} = T_m - (T_m - T_{w0}) \exp\left[-\frac{\varepsilon t}{M \cdot c_v / m \cdot c_p}\right]$$

8. 각종 부속기기 및 안전장치 결정과 전기 및 자동제어회로 설계

가. 각종 부속기기 및 안전장치

Fig. 5, Fig. 9 및 Fig. 11을 기본 설계자료로 하여 Fig. 12와 같은 상싱회 안전수송 시스템 개발을 위한 실험장치 제작도와 균일한 저장온도를 알기 위하여 고내 온도센서 부착 위치도를 Fig. 13과 같이 설계하였으며, Photo 2와 같이 제작완료 하여 시험하였다.

그리고 최종 2차 설계를 위한 3방밸브, 열저장시스템 규격, 차단기 등을 다음과 같이 결정하였다.

- ① 3방밸브(3 way-valve) : Danfos 3 way-valve

- ② 열저장시스템(thermobank) : $\phi 150 \times 1500L$
- ③ 차단기(NFB, MCCB) : ABE 52b
- ④ 마그네틱 콘택터(Magnetic contactor) : GMC-22

스톱밸브, 체크밸브, 온도검지 센서, 기타 부속기기 등은 예비실험장치에서 선정한 것을 이용하거나 실험 중에 개선된 것 등은 참여기업과 협의하여 가장 고내온도를 잘 조절시킬 수 있고 에너지 절약적인 시스템이 되도록 선택 사용하였다.

나. 전기 및 자동제어 회로 설계

본 개발품이 성공적으로 되었을 때 구매 및 이용자는 싱싱회 생산공장 및 수협과 공급처, 기존 냉동(장)탑차를 이용한 저온물류 공급자, 싱싱회 도소매 및 판매처 등이므로 무인자동운전과 안전하게 가동 및 유지(maintenance)에 최대한 역점을 두고 전기 및 자동제어 회로를 설계하였으며, 참여기업과 공동으로 Fig. 14와 같이 설계도를 완성시켰다. 압축기는 각각 보호스위치 동작에 따라 램프가 작동하도록 하였으며, 고내 최적 온도 0℃가 되도록 하였다.

또한 냉매유량제어는 1차적으로 온도식 팽창밸브를 이용하고, 이것의 정확도를 예비실험장치에서 확인하였다. 또한 고내 설정 기준온도의 편차 범위를 벗어날 때는 운전석에 자동적으로 부저가 울리도록 전기 및 자동제어 회로를 구성하였고, 싱싱회 수송 냉장시스템의 고장 및 냉매누설 등에 의한 안전사고 방지에 최대한 노력을 하였다.

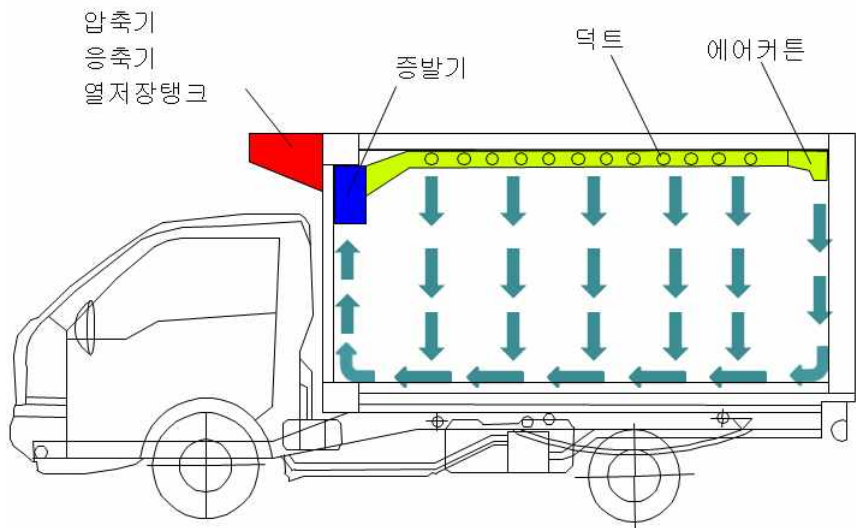


Fig. 11 Schematic diagram of refrigerated vehicle for safety transportation with sliced raw fish.

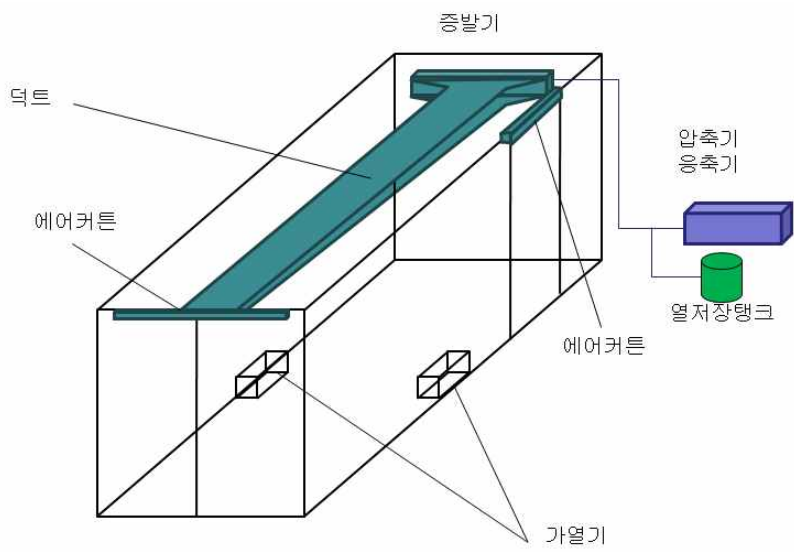


Fig. 12 Schematic diagram of experimental apparatus for refrigerated vehicle development of sliced raw fish transportation.

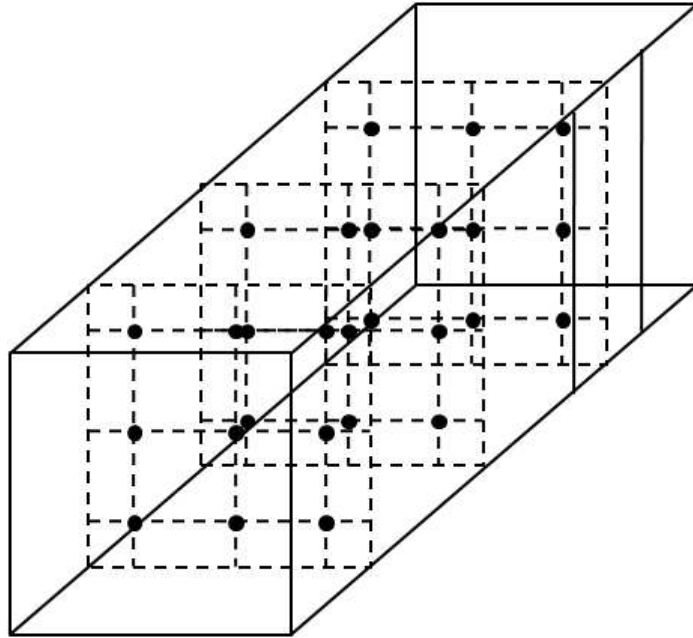


Fig. 13 Temperature sensor position in experimental apparatus for refrigerated vehicle development.



Photo 2 Attachment of temperature sensors in experimental apparatus for refrigerated vehicle development.

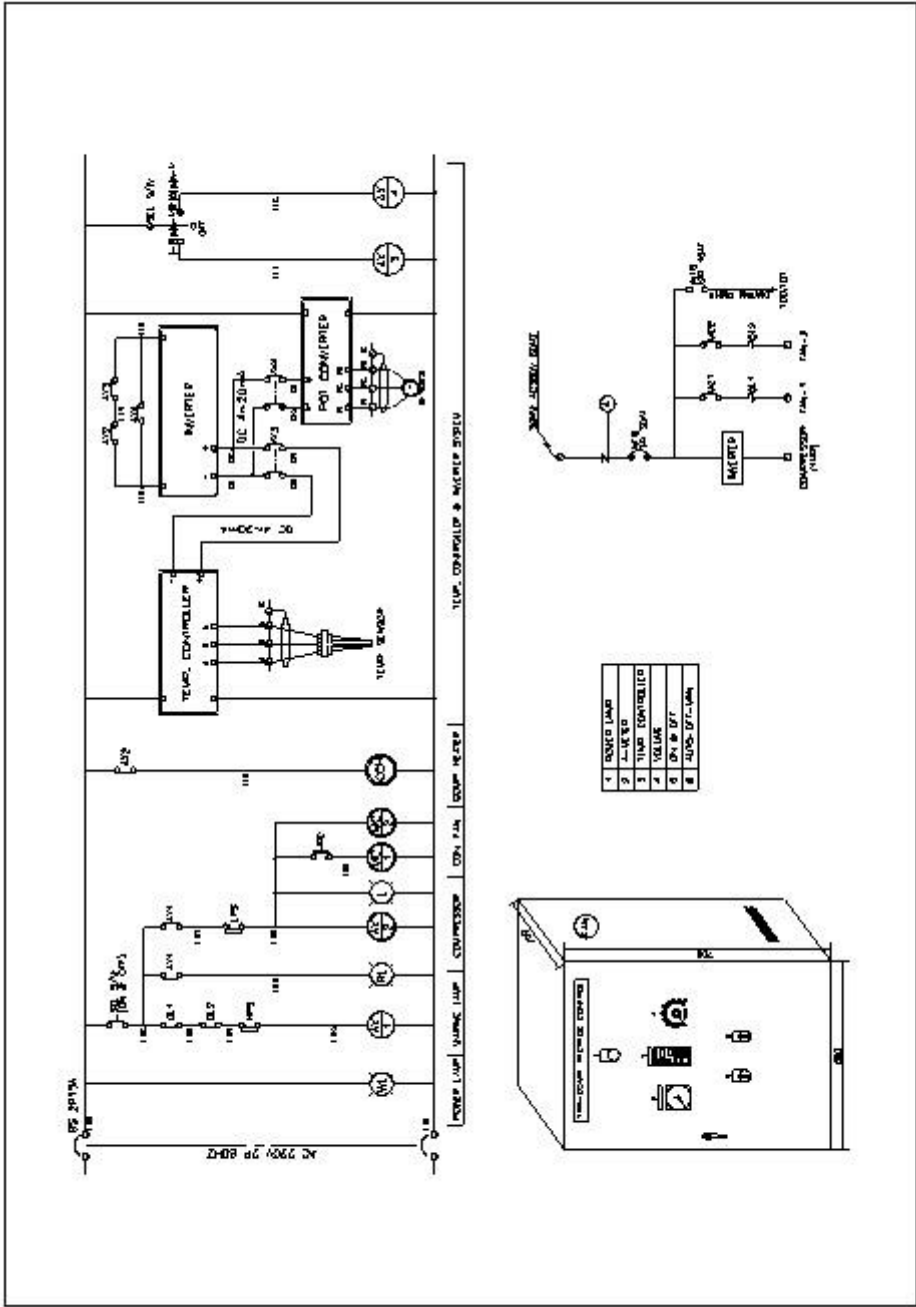


Fig. 14 Flow sheet electric and automatic control system

9. 냉장시스템의 2차(최종) 설계

앞에서 상싱희 안전수송 냉장시스템의 1차 기초설계, thermobank 및 각종 기기와 기계설계, 냉동사이클 시뮬레이션, 전기 및 자동제어회로 등을 설계한 후 냉기의 흐름 상태를 Fig. 15에 나타내었고, 다음과 같이 시스템 제작을 위한 압축기, 증발기, 응축기 및 각종 부속기기들을 결정하였다.

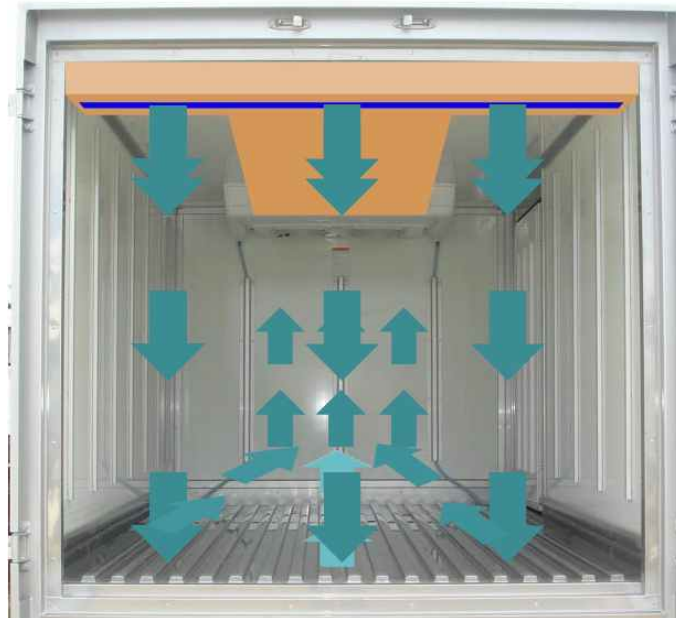


Fig. 15 Operation of air curtain with door open in refrigerated vehicle development.

가. 압축기(compressor)

수송용차량 장착 압축기는 국내에서 생산되지 않으므로 국내 수입품의 카탈로그를 보고 1차로 결정하였고, 참여기업과 함께 가장 에너지 절약적이고 안정적이면서 성능 및 가격 경쟁력에서 우수한 일본 SELTEC 제품으로

최종 결정하였다.

나. 증발기(냉각기, evaporator)

앞의 열교환기 설계 데이터를 이용하여 최종 차량 장착시는 참여기업인 (주)제일특장차에서 제작 및 주문하였다.

다. 응축기(condenser)

압축기의 압축일량 및 냉각기 용량을 고려하여, 증발기와 마찬가지로 참여기업에서 제작 및 주문하였다.

라. 팽창밸브(expansion valve)

Danfoss TES2로 결정하였다.

마. 에어커튼 설계

일반적으로 에어커튼은 냉기의 방향이 문 위쪽에서 아래쪽이지만 최근에 개발된 자료에 의하면 문의 양 옆에서 찬공기를 공급하는 것이 외기차단 및 고내온도 유지에 더 효과가 나타나는 것으로 조사되었다.

따라서 본 연구의 1차년도에는 냉기를 문 위쪽에서 공급하는 규격인 900×220×180(모델 NAC-1209R)인 방식을 이용하였으나 고내 온도차가 별로 나타내지 않았으므로 시제품에는 설치를 보류하였다. 기타 압력계, 밸브, 전기 및 자동제어회로에 관련된 부속기기, 배관재료 등은 직접 구입하거나 참

여기업에서 공급하였다. Fig. 11의 실험장치는 연구계획에 없는 것으로써 차량 수송 냉장시스템 제작 전에 다양한 시험데이터를 얻기 위해 주관기관에서 설계하고 참여기업과 공동으로 제작한 것이다.

10. 냉장시스템 제작

앞에서 설명한 싱싱회 안전수송 냉장시스템 1차 및 2차(최종)설계에 의한 기계 및 기기선정과 설계도면 그리고 예비실험 데이터를 참고로 하여 각종 기기와 재료들을 구입하여 참여기업인 (주)제일특장차에서 제작 하였다.

제 2 절 1차년도 연구결과

연구개발 목표 및 달성도와 앞의 연구내용에 나타내었듯이 각 연구항목에 따른 연구개발목표는 목표치 이상으로 달성하였다. 자료수집 분석 및 기초 기술 조사 수집을 통해서 싱싱회 안전수송을 위한 전용 냉동(장) 차량은 없었으며, 또한 제상시 고내온도 상승을 최소화시키기 위한 목적으로 thermobank와 같은 축열시스템을 이용한 냉장 시스템도 특허출원 및 등록된 바가 없었다. 따라서 본 개발하고자 하는 싱싱회 안전수송 냉장시스템을 “싱싱회 냉장장치(A device for refrigerating slices of raw fish)”로 특허출원(출원번호 : 10-2007-0114308)시켰다.

냉장시스템 크기 결정에서는 국내 수송량의 약 70%인 1톤 차량을 기준으로 하여 냉장고 전체 크기를 결정하고, 침입부하를 계산하였다. 냉장시스템 고내 부하계산은 싱싱회 냉각부하와 냉장(동) 차량의 주행 및 환기부하를 고려하여 ‘냉장시스템 크기결정’의 연구항목에서 구한 외기부하

와 함께 냉각기에서 제거한 총 부하를 산정하였다. 이상과 같은 설계 기초 데이터 및 고내 일정온도 유지를 위한 duct의 냉풍공급 기초 설계자료를 이용하여 1차 기초 설계 및 Lay out을 작성하였다. 그리고 냉각기 및 응축기 설계와 압축기 선정에서는 외기온도 35℃, 수송용 냉장시스템 고내 온도 0℃를 기준으로 한 부하계산에서 냉각열량을 계산하였고, 냉각열량, 냉매증발온도 -10℃ 및 냉장실내 온도 0℃를 기준으로 압축기를 설계한 후 참여기업과 협의하여 압축기를 선정하였다. 또한 냉각기 및 압축기 설계 데이터를 이용하여 응축기 설계를 완료하였다.

제어방식 및 제상방식 결정에서는 본 연구에서 개발되는 thermobank의 축열시스템을 제상방식에 적용할 뿐만 아니라 고내온도 조절용에도 이용하여 싱싱회 수송 및 상하차시 고내온도를 일정하게 유지시키는데 이용되며, 제상은 핫가스 방식으로 하였다.

기존의 냉장(동)탑차, 소형냉장고 및 쇼케이스보다 COP가 향상된 thermobank를 이용한 냉동사이클 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 이와 유사한 연구에서도 이용할 수 있도록 하였다. 각종 부속기기 및 안전장치 결정과 전기 및 자동제어회로 설계에서는 2차 최종설계를 위한 부속기기를 선정하고 전기 및 자동회로 설계는 무인 자동화 및 안전성과 기동 및 유지(maintenance)의 중요성을 감안하여 냉동공조용 덕트와 외기침입 차단용 에어커튼을 설계하였다.

냉장시스템의 2차(최종) 설계에서는 앞에서 연구한 내용들을 종합 정리하여 예비실험 장치 및 차량 탑재용 냉장시스템 제작을 위한 각종 기계 및 기기들의 메이커 등을 참여기업과 협의하여 최종결정하고 설계를 완료하였다. 2차 최종 설계자료를 이용하여 연구계획서에 언급하지 않은 예비 실험장치를 제

작 완료하여 실험하였다.

1차년도 연구 결과를 이용하여 국제학술지에 "Modelling of a High Efficiency Refrigeration System with Heat Storage for Reverse Cycle Hot Gas Defrost." 라는 제목으로 1편의 논문을 투고하고, 국제학술대회 및 국내 학술대회 각각 1편의 논문을 발표하였다.

제 3 절 2차년도 연구개발 수행 내용

1. 시운전 및 성능검사

가. 시운전

Photo 3은 유제품 수송, 수산물 및 일반 택배수송차량에 탑재되는 냉동(장) 탱크 및 본 연구에서 개발한 theermobank와 온도조절 장치를 부착한 싱싱회 수송용 냉장시스템(냉장컨테이너)을 실험실에 설치하여 예비실험 및 시운전 실시하는 것을 나타낸 것이다. 냉장시스템 크기는 3,225×1,740×1,640 mm으로 1톤 트럭 냉동(장)탱크에 사용되는 크기와 동일하다. 본 개발품의 작동은 본 연구에서 설계한 microprocessor controller에 의해 전자 밸브, 냉각시간, 냉장실내 온도 설정에 따라 자동 및 수동으로 할 수 있다. 또한 본 냉동시스템은 차량에 탑재시켜 일반 냉동(장)탱크와 같은 방법으로 싱싱회를 수송하므로 Heat balance, 냉매 및 oil 누설, 냉각능력, 시스템가동 시험은 현재 국내 냉동(장)탱크 성능시험을 위한 기준 및 규격이 없기 때문에 미국 냉동공조협회 시험기준에 의해 실시하였고, 온도센서의 위치 설정과 온도 측정도 미국 냉동공조협회 ARI1110-2006에 기술된 수송냉동의 Calibrated-box방법에 근거



Photo 3 Refrigeration system using sliced raw fish transportation.

하여 실시하였다. 냉장실내 및 증발기(냉각기) 각 위치점에서의 온도는 Yokogawa의 MX-100 데이터기록계를 사용하여 측정하였다.

Table 5는 일반 냉동(장)탑차와 규격이 같은 냉장시스템 사양이다. Table 5에서 Heat storage(thermobank)는 본 연구에서 개발한 사양이다. Heat storage의 규격은 냉장시스템의 규격에 따라 설계가 달라지며 참여기업에 기술이전시는 설계프로그램도 같이 전수시킬 예정이다. 그리고 Heater는 제상시 이용하는 것이지만, 본 개발품은 제상시 고내온도를 상승시키는 heater를 사용하지 않고 thermobank를 이용한 hot gas 제상방식이므로, 개발품이 완료되어 제품화가 되면 Heater는 제품 사양에 포함되지 않게 된다.

Photo 3 및 Table 5 사양에서의 시험조건은 Table 6과 같다. Table 6에서

알 수 있듯이 냉장시스템의 설정 온도는 싱싱회 수송뿐만 아니라 본 시스템의 광범위한 적용을 위해 수산물 및 농축산물 등의 동결 냉장품의 운반을 고려한 0°C, -5°C, -10°C, -20°C로 하였고 본 개발품의 성능비교를 위해 thermobank의 사용 유무 및 부하의 유무에 따른 냉각시간을 비교하였다. 또한 제상시간 및 고내온도도 thermobank 유무에 따라 비교하였다. 그리고 증발기(냉각기) 핀코일의 착상과정 및 공기속도 변화를 측정하였고, 착상과정 및 서리두께 측정을 위해 비디오카메라를 이용하여 동영상 및 스틸화면을 동시에 컴퓨터에 저장하였으며, 증발기 토출 공기속도를 Solomat vane-type anemometer 풍속계로 측정하였다. 위와 같은 시험조건 및 측정 장치를 이용한 시운전은 양호하였으나, $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 의 미세온도조절에서는 기존 냉장 콘테이너의 방열상태가 에너지 절약적인 방열두께가 아닌 노점온도 방지를 위한 최소 두께인 관계로 압축기 on-off가 너무 자주 발생하였다.

Table 5. Specification of each component in refrigeration system

Component	Specification
Compressor	Seltec TM-15HD Nominal 2,000 rpm, Displacement 147 cm ³
Refrigerant	R-404A
Evaporator	Aluminum finned, 6 row, 9.53 mm diameter aluminum tube, total area 8.52 m ² , frontal area 0.172 m ² ; Fan: 2×250 mm diameter, 80 W, 12/24 V, 1,400 m ³ /hr
Condenser	Aluminum finned, 4 row, 9.53 mm diameter Cooper tube, total area 13.635 m ² , frontal area 0.2 m ² ; Fan: 2×250 mm diameter, 80 W, 12/24 V, 1,400 m ³ /hr
Expansion valve	FSE-1/2-C
Heat storage	2 row × 4 circuit Cooper tube immersed in 50 L of water
Heater	5 kw heater element with single fan

Table 6. Test conditions

N O	Test parameter	System configuration		Container set temperature (°C)
		HGD-1	ARI1110	
1	Cooling capacity	HGD-1	ARI1110	-10, -5, 0
2	Cooling-down time	HGD-0	Empty	-20, -10, -5, 0
			Loaded	
		HGD-1	Empty	
			Loaded	
3	Defrost period	HGD-0	Empty	-10
		HGD-1		
4	Defrost time	HGD-0		
		HGD-1		
		Off-cycle defrost		

HGD-0 : Hot gas reverse cycle system without heat storage installed

HGD-1 : Hot gas reverse cycle system with heat storage installed

나. 성능검사

1) 열저장 냉동사이클과 일반 냉동사이클의 냉각시간 비교

Table 6을 실험조건으로 한 냉장시스템의 고내 냉각시간을 Fig. 16에 나타내었다. 열저장을 부착하지 않은 사이클, 즉 일반 냉동(장)탑차와 같은 냉동사이클은 냉장시스템 고내온도를 0°C로 설정했을 때 무부하(unload)는 10분(minute), 부하(load) 상태일 때는 15분이 소요되었으나 열저장부착 냉동사이클은 부하 및 무부하 모두 7분이 소요되었다. 그러므로 열저장 사이클을 부착한 냉장시스템이 일반 냉동(장)탑차의 냉장시스템보다 냉각시간이 2배 이상 단축되었다. 고내온도가 -5°C로 설정했을 때는 약 2.5배나 단축되었다.

Fig. 17은 Photo 4와 같이 개발한 냉장시스템을 차량에 탑재시켜 냉각시간 속도를 일반 냉동탑차와 비교한 것이다. 고내온도를 0°C로 설정하고 부하를 주었을 때 열저장 사이클은 5분 30초, 일반 냉동탑차에 장착된 냉동사

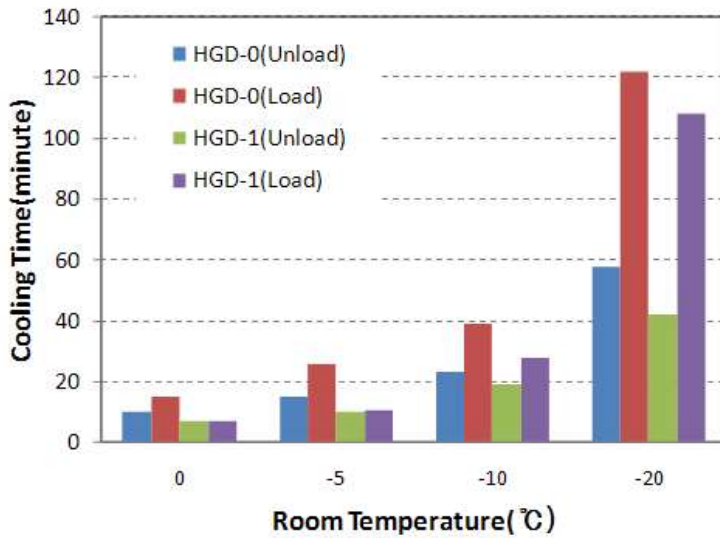


Fig. 16 Comparison of heat storage installed of photo 2 and refrigeration system without thermobank in cooling time.

- * HGD-0 : Hot gas reverse cycle system without heat storage installed
- * HGD-1 : Hot gas reverse cycle system with heat storage installed

이클은 0°C까지 강하하는데 9분이 소요되었으므로, 열저장시스템이 냉각시간을 약 40% 이상 단축시킴을 알 수 있다. -5°C로 설정했을 때는 열저장시스템이 약 30% 냉각시간을 단축시킴으로써 0°C 이상의 상싱회 및 농산물 수송뿐만 아니라 0°C 이하의 선어 동결 및 축산물 수송에도 기존 냉동탑차를 대체시킬 것으로 예상된다. 그러므로 본 개발품은 품질향상 뿐만 아니라 단축된 냉각시간만큼 냉동기를 가동 하지 않음으로써 그 만큼 에너지를 절약시켜 주게 된다.

2) 열저장시스템의 열매체에 따른 냉각시간 비교

열저장시스템의 최대 냉각능력 향상과 냉각속도 단축을 위해 최적 열교환

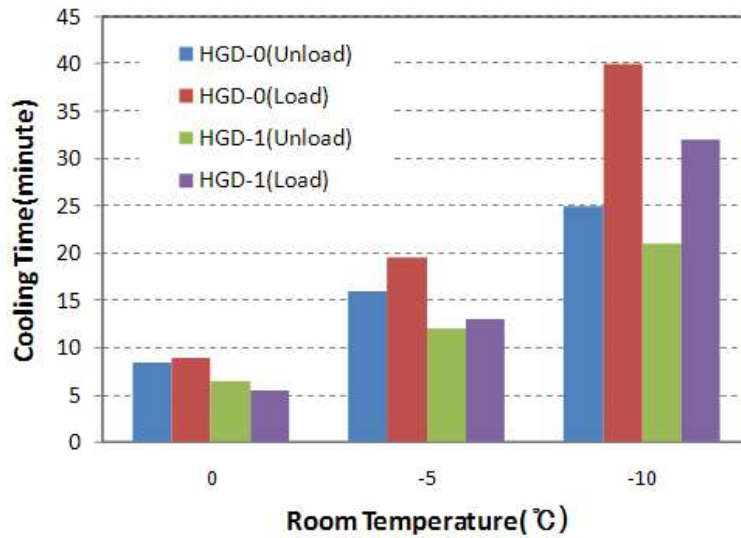


Fig. 17 Comparison of refrigerated vehicle with heat storage installed of photo 4 and refrigeration vehicle without thermobank in cooling time.

- * HGD-0 : Hot gas reverse cycle system without heat storage installed
- * HGD-1 : Hot gas reverse cycle system with heat storage installed

기 설계에 따른 열매체 시험을 Fig. 18과 같이 실시하였다. 즉, 열저장 매체를 Paraffin(파라핀)과 Water(물), 그리고 열저장 시스템이 없는 일반 냉동탑차와의 냉각시간을 비교한 것으로써 설정온도가 0°C이고 부하를 주었을 때 Water는 7분, Paraffin은 21분이 소요되었다. Paraffin은 열전도도가 낮고 잠열이 큰 관계로 압축기에서 토출된 과열증기의 열을 Water 만큼 제거하지 못하기 때문이다. 그러므로 고내온도가 저하할수록 냉각속도의 차이는 더욱 더 커지게 된다. 열저장시스템의 열매체 및 무부하상태에서 냉각속도 비교를 Table 7에 나타내었다. Table 7에서 알 수 있듯이 고내온도를 -20°C로 설정하고 부하를 주었을 때 water를 열매체로 사용한 열저장시스템이 Paraffin을 사용한 것보다 냉각속도가 약 2.8배 단축됨을 알 수 있다.



Photo 4 Refrigerated vehicle with heat storage installed.

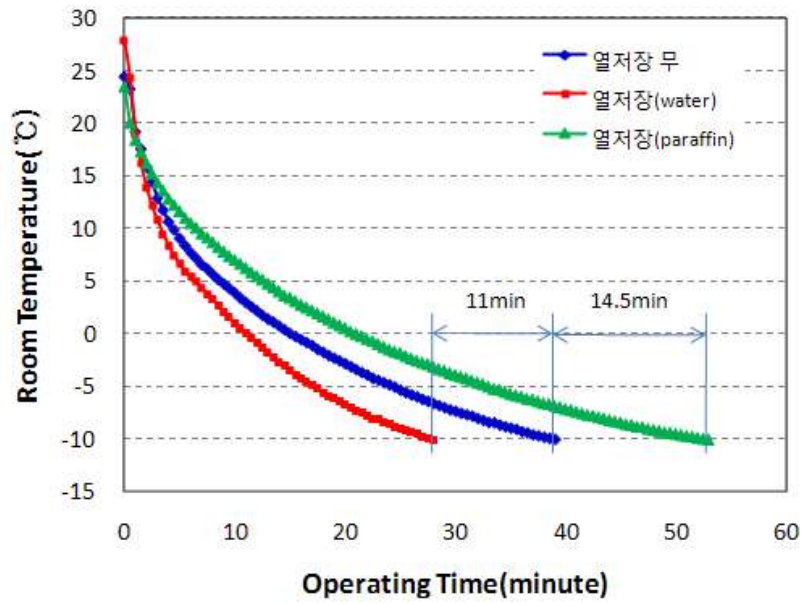


Fig. 18 Comparison of cooling time using water and paraffin and without heat storage material in refrigerated vehicle

Table 7 Comparison of cooling time with load and unload in refrigerated vehicle

Test condition	Container temperature setting[°C]	Cooling-down time (minute)		
		HGD-1	HGD-0	Paraffin
Unload	0	7	10	13.5
	-5	10	15	21
	-10	19	23	33
	-20	42	58	79
Load	0	7	15	21
	-5	10.5	26	33.5
	-10	28	39	53.5
	-20	108	122	289

HGD-0 : Hot gas reverse cycle system without heat storage installed

HGD-1 : Hot gas reverse cycle system with heat storage installed

3) 냉각능력

1차년도 최적설계를 위한 냉각능력 시뮬레이션 결과와 2차년도에서 실시한 데이터를 Fig. 19에 나타내었다. 컴퓨터 시뮬레이션 요소에 주위공기로 인한 냉장시스템의 열손실 및 전기 heater 로 공급한 열부하를 포함시킨 것으로써 열손실 시험은 냉장시스템 주위온도 15°C, 공기유량 1,400 m³/hr의 조건에서 열전달상수 14.39 W/°C를 얻기 위해 냉각능력 시험 이전에 실시하였다. Fig. 19에서 알 수 있듯이 냉장시스템 설정온도가 증가할수록 냉각능력도 증가함을 알 수 있다. 이것은 냉장시스템의 설정온도가 증가할수록 증발온도가 상승하여 냉동효과가 크게 되고 또한 냉매 비체적이 작아지므로 냉매 유량이 증가하여 결국은 냉동능력이 증가되기 때문이다.

4) 냉장실내 각 지점의 온도변화

Fig. 20은 냉장시스템 설정온도를 0°C로 했을 때 Photo 5와 같이 고내 각

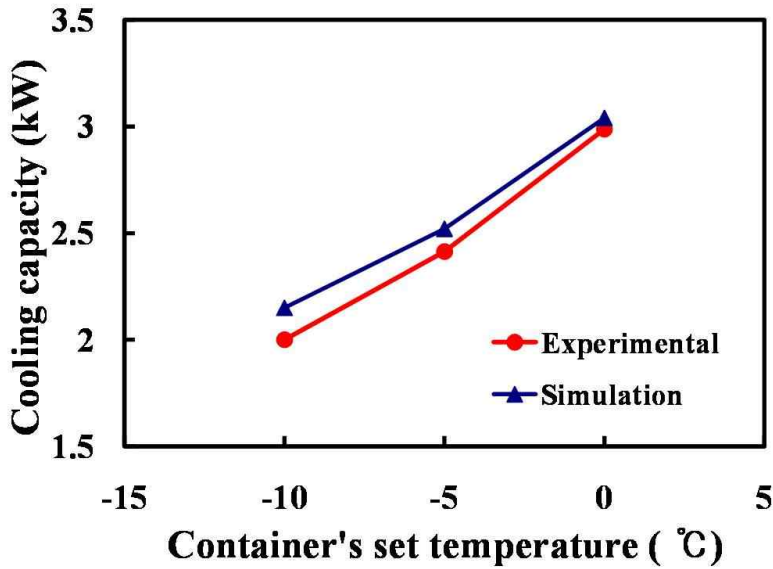


Fig. 19 Cooling capacity in sliced raw fish transportation system

지점의 온도측정 및 강하시간과 그 기준온도에서 고내온도 편차를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 고내온도 편차를 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 하면 압축기의 ON/OFF 전환이 너무 짧아 시스템의 유지관리 및 압축기 수명이 단축될 수가 있다. 현재 설계 및 제작하고 있는 냉장시스템의 방열재 두께로는 열손실이 너무 크기 때문에 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 제어 보다는 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 제어가 최적제어 요소라고 할 수 있다. 그리고 고내 각 요소에서의 온도편차는 거의 일정하므로 싱싱회를 어떤 곳에 두고서도 보관 수송이 가능함을 알 수 있었다.

5) 열저장시스템 온도변화

냉장시스템 고내온도가 -20°C 될 때까지 Fig. 21(Fig. 5와 같으며 thermobank를 강조하기 위해 나타내었음)의 thermobank 내의 온도변화를 Fig. 22에 나타내었다. Fig 22에서 알 수 있듯이 고내온도가 -20°C 될 때까지

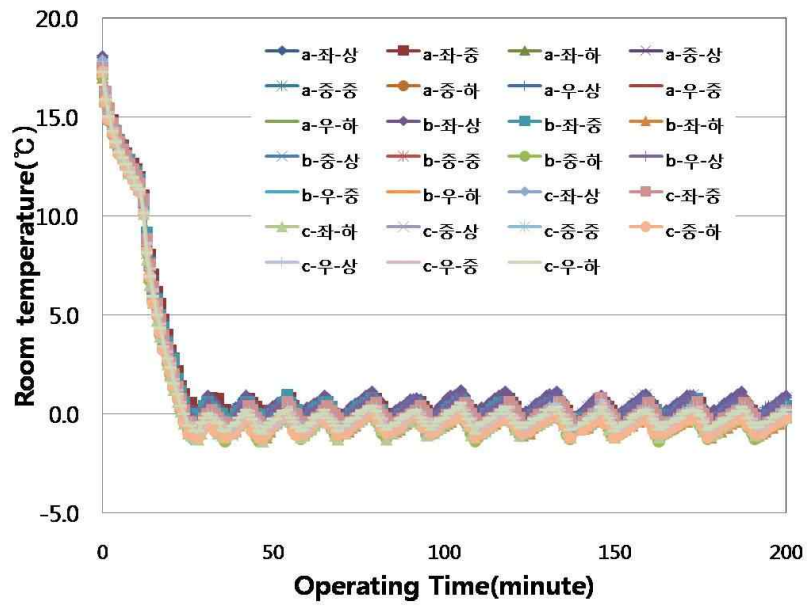


Fig. 20 Room temperature change with operating time in box set temperature 0°C



Photo 5 Temperature measurement at each point in refrigeration box.

약 60분이 소요되었고 열저장 온도는 압축기 출구와 응축기 입구온도 사이에 있으므로 정상가동이 되고 있음을 알 수 있다.

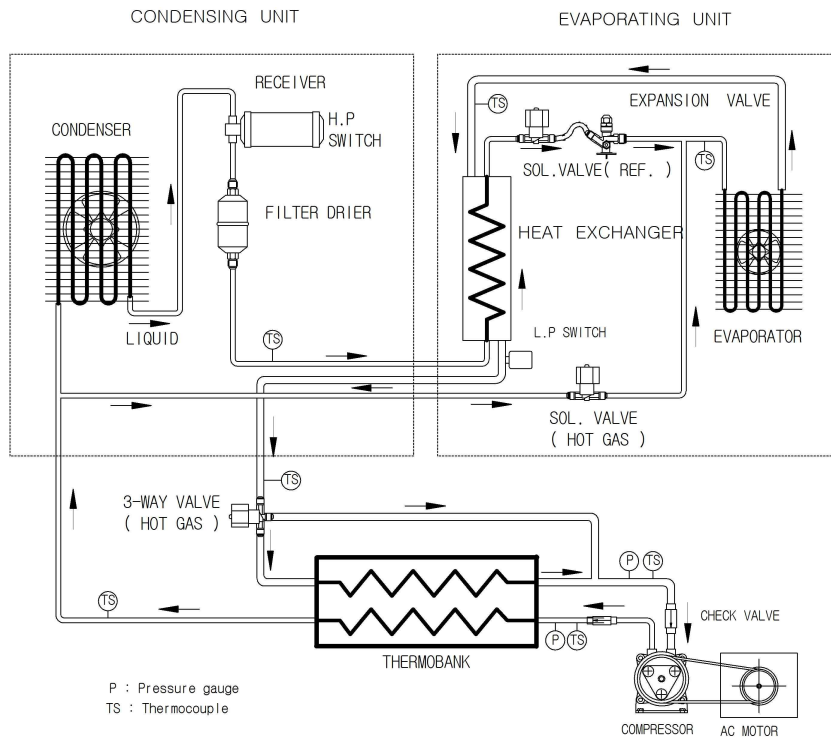


Fig. 21 Refrigerated vehicle flow sheet and lay out for sliced raw fish transportation system.

6) 제상시간 단축

싱싱회는 운반도중 고내 보관온도가 일정하게 유지해야만 최적의 품질을 가능한 한 오래 유지할 수 있으므로 제상이 대단히 중요하다. 만약 제상 시간에 많은 시간을 요하면 고내온도가 상승하고 그와 함께 싱싱회의 품온에 좋지 않은 영향을 주어 상품으로서의 가치가 저하될 뿐만 아니라 제상 후 시스템 재가동에 의한 고내온도를 저하시킬 때 시스템을 더 장시간 가동시켜야

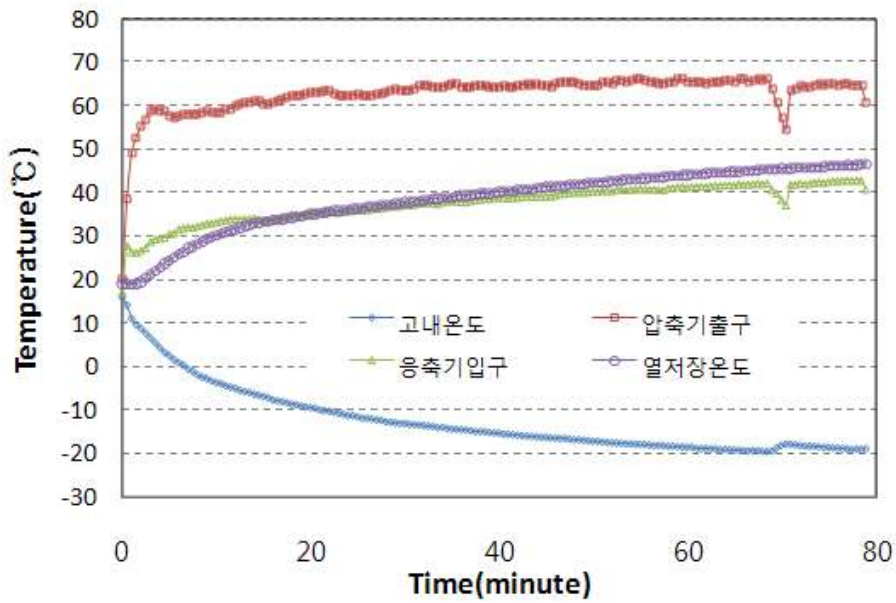


Fig. 22 Temperature change with time in heat storage and refrigeration vehicle

되기 때문에 그만큼 에너지 소비도 증가하게 된다. 따라서 본 개발품도 싱싱회 수송시 품온을 일정하게 유지한 상태로 최적의 안정화된 온도로 수송해야 되기 때문에 제상시간에 중점을 두고 시스템을 개발하였다.

Fig. 23은 증발기에 Photo 6과 같이 서리가 쌓였을 때 Photo 7과 같이 제상한 실험결과이다. 열저장시스템 축열재의 재료로써 Water와 Paraffin, 그리고 열저장시스템이 없는 일반 냉동(장)탑차의 제상과 냉장실 문을 Open한 상태로 자연제상 시간을 비교한 것이다. Fig. 23 및 Table 8에서 알 수 있듯이 Paraffin 및 Water의 제상시간은 thermobank가 없는 일반 냉동(장)탑차 제상시간보다 각각 40% 및 20%가 단축되었음을 알 수 있다. 그러나 Paraffin은 제상시간을 단축시키지만 Fig. 18에서 알 수 있듯이 고내 냉각속도가 Water 보다 느리기 때문에 싱싱회 수송을 위한 열저장 시스템 재료로서는

Water가 더 적합하다고 하겠다.

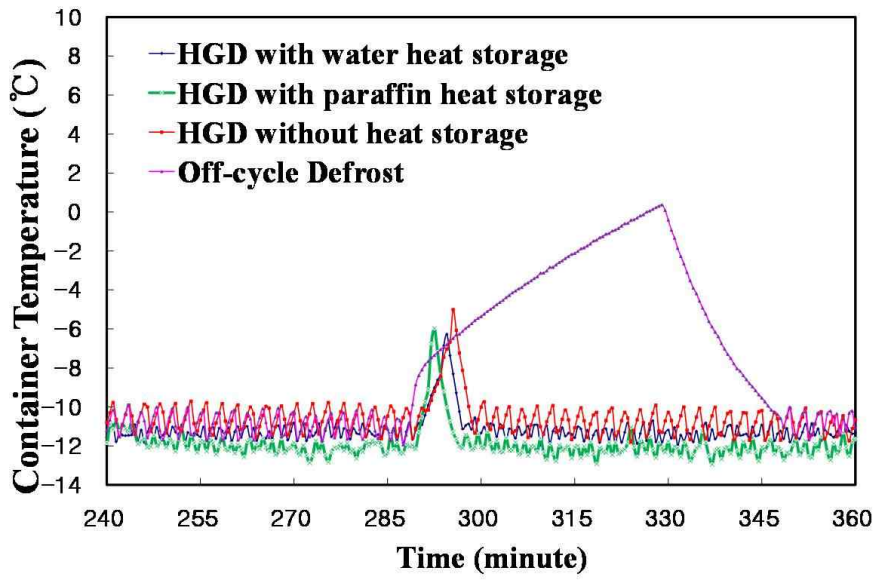


Fig. 23 Comparison of defrost with thermobank materials in refrigerated vehicle



Photo 6 Evaporator fins and coils
with frost formed after 4
hours operation



Photo 7 Evaporator fins and coil
after defrost

Table 8 Comparison of defrost time at container set temperature -10°C

Container set temperature (°C)	System configuration	Defrost period	Defrost time (min)
-10°C	HGD-0	증발기 토출풍속 50% 감소 시점 (기동 후 약 125분)	5
	HGD-1		4
	Paraffin		3
	Off-cycle defrost		40

HGD-0 : Hot gas reverse cycle system without heat storage installed

HGD-1 : Hot gas reverse cycle system with heat storage installed

2. 냉장시스템의 정상운전

가. 냉장 및 온도변화

시운전 및 성능검사를 완료하고 정상운전을 위해 Photo 4와 같이 열저장시스템이 부착된 냉동(장)탑차를 경남 거제시 거제수협 소속 싱싱회 생산공장으로 이동시켜 1주일 동안 싱싱회 수송시험을 하였다. (싱싱회를 매일 판매하는 곳이 거제수협 싱싱회 생산공장밖에 없어 그곳으로 이동시켜 정상가동 시켰음)

Fig. 24는 싱싱회 수송 중 냉장시스템 고내온도 변화를 thermocouple(열전대)를 이용하여 측정한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 냉장시스템 설정온도를 0°C로 했을 때 그 온도 편차는 $\pm 1^\circ\text{C}$ 미만이다. 이와 같은 현상은 싱싱회를 수송차량에 탑재하여 판매 대리점에 공급한 후 부산공동어시장에서 가공 할 원료인 고등어를 탑재시켜 거제 수협 가공공장으로 이동 했을 때도 같았다.

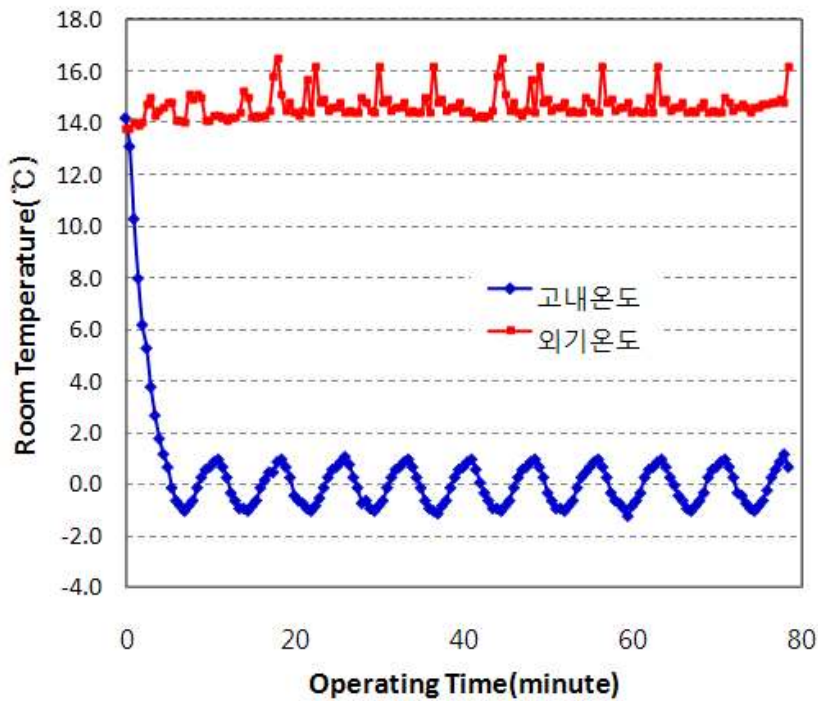


Fig. 24 Temperature change of refrigerated vehicle during sliced raw fish transportation

나. 제상운전

Fig. 25는 싱싱회 수송중 냉장시스템 증발기를 제상했을 때 제상시간 및 온도변화를 나타낸 것이다. Fig. 25에서 알 수 있듯이 제상시간은 4분 소요되었고 그 때의 최고 온도변화는 8°C로써 thermobank가 없는 일반 냉동(장)탑차 제상시에 온도가 12°C 이상 상승 되는 것과 비교하면 본 개발품의 성능이 상당히 우수함을 알 수 있다.

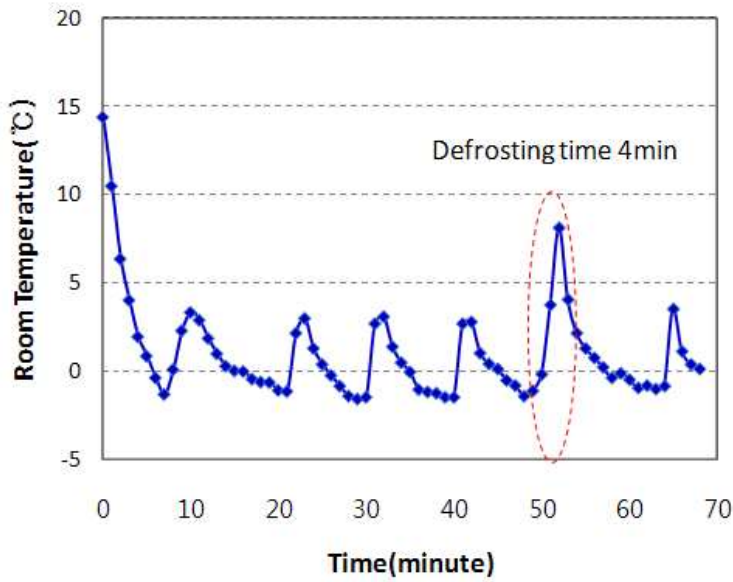


Fig. 25 Defrost heat of evaporator in refrigerated vehicle during sliced raw fish transportation

3. 냉장시스템의 성능개선품 제작

가. 설계기술 보완

싱싱회 수송용 냉장시스템은 수송차량의 용량에 따라 냉장시스템의 크기를 결정하도록 프로그램화 하였다. 그러나 개발품의 용도가 싱싱회 수송뿐만 아니라 기타 수산물 및 농축산물의 수송, 소형 냉동냉장시스템의 냉각시간 단축 및 에너지절약, 특히 고내 설정온도를 기준으로 한 온도편차가 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하인 고품질 냉장품에 더욱 적합하므로, 이와 같은 곳에서도 사용할 수 있도록 설계 프로그램 및 설계순서를 변경 보완하였다. 또한 제상 시간 단축에만 역점을 두고 설계 하는 것을 냉각시간 단축, 고내 설

정온도 기준 편차 최소화, thermobank 축열재 선택에 따른 경제성 등 여러 가지 설계 요소를 고려한 최적 설계 프로그램으로 수정 보완하였다. 그리고 최초의 thermobank는 냉장시스템 상부에 설치하여 냉동(장)탑차를 제작하려고 하였으나 도로교통 기준법에 의해 차량의 높이가 제한되기 때문에, Photo 8과 같이 설계 변경 제작하여 이것을 Photo 9와 같이 응축기와 하나의 unit화 시켰다.



Photo 8 Modification of thermobank with new design

나. 성능개선품 제작

시운전, 각종 기기 및 요소의 성능검사, 경상남도 거제시 거제수협 싱싱회 생산공공장에서 싱싱회를 탑재하여 창원시 및 부산시 소재 대형마트에 공급, 수산가공품 원재료인 고등어 선어 수송 등에서 나타난 문제점을 분석 검토하여 thermobank의 규격 및 설치위치, 고내온도 편차를 고려한 냉장시스템 자동제어 등을 참여기업인 (주)제일특장차와 논의하여 성능개선품을 제작하였다.



Photo 9 Thermobank unit with condenser

제 4 절 2차년도 연구결과

연구개발 목표의 달성도와 앞의 연구내용에 자세히 나타내었듯이 각 항목에 따른 연구결과는 목표치 이상으로 달성되었을 뿐만 아니라 본 개발품은 싱싱회 수송보다 더 시장성이 크고 상업화가 될 수 있는 유제품 및 농축산물 수송에도 적용시켜 냉장실 고내온도 편차를 최소화 시키면서 자동온도조절이 가능함이 입증되었다. Fig. 26과 같이 냉장시스템 고내 설정온도 0℃ 일 때 일반 냉동탑차의 온도편차는 8℃이지만 개발품은 2℃이다. 이것은 냉장시스템의 최적설계, thermobank에 의한 냉각시간 및 제상시간 단축

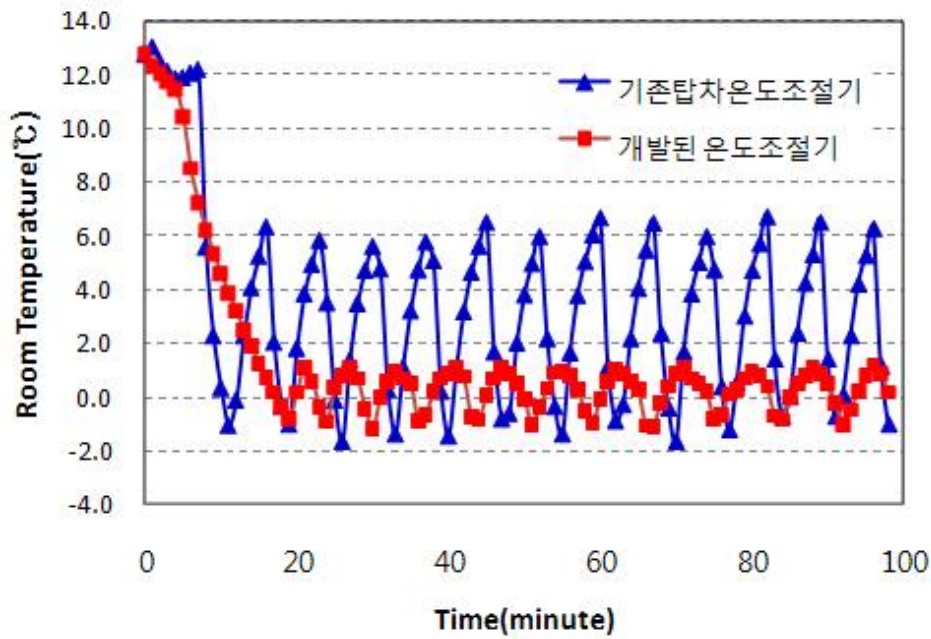


Fig. 26 Comparison of room temperature in developed vehicle and existing refrigerated vehicle

등 기존의 냉동탑차보다 우수한 것으로써 앞으로 산업화가 되면 다량 보급이 예상된다.

현재 참여기업 뿐만 아니라 일반 냉동(장)탑차 제작회사들은 재료비 절감, 냉장실 고내 용적의 최적화를 위해 방열재의 두께를 노점온도 기준으로 설계 제작하기 때문에 고내온도 편차를 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 할 경우 압축기의 ON/OFF가 너무 자주 전환되어 압축기 수명 또는 솔레노이드 밸브 제어 접점의 재료 수명 단축이 일어날 수 있다. 이를 위해 3차년도에서는 수송온도를 0°C 로 하고 편차를 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 로 싱싱회를 수송하여 상품성으로서의 품질을 검토하였다.

1차년도 연구기간인 2007년 11월에 본 개발품은 특허출원(출원번호:10-2007-0114308)이 되었으며, 또한 국제 냉동공학 학술대회 및 국내 냉동

공학 학술대회에 각각 논문 1편을 발표하였고, 2차년도에는 국제학술지 (International Journal of Air-conditioning and Refrigeration) 논문 1편 투고, 국제에너지기구 열펌프 학회(IEA Heat Pump Conference)논문 1편 발표, 국내 냉동공학 학술대회 및 대한설비공학회 하계학술대회 각각 논문 1편씩을 발표하였다.

제 5 절 3차년도 연구개발 수행 내용

1. 싱싱회 수송 실험 및 관능검사

가. 싱싱회 수송

Photo 10은 경남 거제수산업협동조합 싱싱회 생산공장에서 청주 CJ물류센터, 경기도 광주 CJ물류센터, 오포 물류센터, 서울, 남양주 등에 싱싱회를 수송하기 위해 싱싱회를 탑재 시키고 있는 사진이다. 2차년도 성능시험에서는 싱싱회를 새벽 4시부터 생산하여 아침 9시경에 탑재시켜 창원 농협 하나로마트, 부산 동래의 메가마트에 공급을 시키고 부산 공동어시장에서 고등어 가공 원료를 싣고 거제수협으로 복귀하는 filed test를 하였으나, 3차년도는 전국 배송을 위해 오후 3시경에 싱싱회를 탑재시켜 물류센터에 공급하고 물류센터에서 다음날 각 소비지로 배송 시켰다. 2009년 11월 6일 16시부터 photo 11과 같이 개발된 싱싱회 냉동(장)탑차에 싱싱회를 탑재 완료 시킨 후 청주, 경기, 서울을 거쳐 2009년 11월 7일 아침 8시에 photo 12와 같이 참여기업인 (주)제일특장차가 도착하였다. (주)제일특장차가 소재해 있는 경기도 남양주시에 11월 6일 밤 10시경에 도착하였으나 수송된 싱싱회 관능검사를 위해 싱싱



Photo 10 Loading of sliced raw fish in refrigerated vehicle



Photo 11 Raw fish in container of refrigerated vehicle

회를 수송전 상태로 10시간 더 보관하였다. 이것은 회사 종업원들의 출근 시간을 맞추기 위한 것도 있으나, 그동안 1차년도 및 2차년도 연구를 수행하면서 수송된 싱싱회 맛을 경험한 연구원들의 최종검사를 위해서이다. 그리고 전국 싱싱회 수송 시간은 10시간 이면 충분함을 경험을 통해서 알 수 있었기 때문에 관능검사를 최악의 조건에서 하기위한 것이 주 목적이었다고 할 수 있겠다.



Photo 12 Refrigerated vehicle in front of Cheil SUV Co. Ltd.

나. 싱싱회 관능검사

11월 7일 오전 8시 전날 수송하여 싱싱회 수송 차량에 보관한 싱싱회를 Photo 13과 같이 시료 A와 B로 나누어 관능검사를 하였다. 시료 A는 Photo 11에서 알 수 있듯이 거제수산업협동조합에서 아이스박스에 수송하는 형식과 같은 방법으로 수송한 것이고, 시료 B는 아이스박스에 넣지 않고 온도조절된



Photo 13 Sliced raw fish for sensuous test



Photo 14 Sensuous testing of the transported sliced raw fish

냉장컨테이너에 진공포장된 싱싱회를 그대로 보관 수송시킨 것이다. 관능검사원들에게는 알리지 않고 Photo 14와 같이 수송한 싱싱회에 대한 맛, 향(냄새), 색깔 등을 시험하여 설문지에 작성하도록 하였다. 관능검사표는 p.

106~p. 109에 나타내었고 검사결과는 Table 9와 같다.

Table 9의 관능검사표에서 알 수 있듯이 10점법에 기호(hedonics) 테스트를 이용한 것으로서 SAS 프로그램에 의한 등칸테스터를 한 것이다. 즉, 전반적인 조화를 평가한 것으로서 테스트한 값 우측의 a와 b는 유연성을 표시한 것이다. 시료 A는 아이스박스에 보관하여 수송된 것이고 시료B는 보관하지 않고 컨테이너에 넣은 상태로 수송한 것이다. Table 9에서 알 수 있듯이 시료 A와 B는 차이가 거의 없었으며, 단지 쫄깃쫄깃한 맛과 표면 색 및 광택에서만 아이스박스 보관한 것이 조금 좋을 정도이다.

Table 9 Sensuous test of the transported sliced raw fish in company restaurant

검사항목 싱싱회 보관수송방법	쫄깃쫄깃한 맛	표면 색 및 광택	생선회의 향	생선회 전체의 맛
시료 A	7.92 ± 1.16 ^a	7.83 ± 1.19 ^a	5.00 ± 0.43	7.83 ± 1.03
시료 B	6.08 ± 1.83 ^b	6.17 ± 1.99 ^{1)b2)}	4.75 ± 0.45 ^{NS3)}	6.75 ± 1.54 ^{NS}

1) Mean ± S. D. (n=12)

2) t-test (p < 0.05)

3) NS: Not Significant

2. 설계기술 개선 및 모델화

제 1차년도 연구과제 수행에서 Fig. 5와 같이 싱싱회 안전수송 에너지 절약형 Lay out에 의한 thermobank를 개발하여 시운전 및 정상운전에서 얻은 data를 이용하여 Photo 8과 같이 싱싱회 수용 용량 1ton 냉동(장)탑차에 적용할 수 있는 thermobank를 개발 완료하였다. 2차년도 성능개선품은 Photo 4와 같이 현대자동차에서 생산되고 있는 1ton 트럭(포터2 초장축 고슈퍼캡차

량 1톤)에 맞추어 설계를 하고 Photo 9와 같이 thermobank를 응축기와 일체화된 unit로 제작하여 차량 전면에 부착하였다. 일반 냉동(장) 탭차는 응축기 전면 부착시 탭의 중앙에 부착하므로, 참여기업인 (주)제일특장차와 공동으로 탭을 재설계하여 증발기와 냉매배관 라인 연결, 국토해양부 도로교통법에 저촉이 되지 않도록 탭 규격은 변경하지 않고 차량 전면 부착으로 상품화 할 수 있도록 하였다. 현재 국내 도로교통법은 차량 용량에 따라 탭의 크기 제한만 있고 냉동시스템의 성능 및 에너지 효율에 대한 시험규격이 없기 때문에 참여기업의 홍보과정에서 애로사항이 많았다.

이와 같은 문제점들 까지 고려하여 설계기술을 개선시켰으며, 차량 용량에 따라 설계 및 제작이 가능하도록 설계기술을 모델화시켜 프로그램화 하였다.

3. 싱싱회 수송시스템 홍보 및 참여기업의 사업화 추진

가. 싱싱회 수송시스템 홍보

1) 참여기업의 홍보

앞의 '2. 설계기술 개선 및 모델화'에서 언급했듯이 냉동(장)탭차 및 저온물류 수송과 관련한 법적규격은 국토해양부 도로교통법의 탭차 크기에 대한 기준만 있고 최근 세계적으로 이슈화가 되고 있는 화석에너지(유류) 사용억제를 위한 저탄소 대책, 범국가적 에너지 절약을 위한 냉동시스템의 성능 및 운전과 그와 관련된 검사 기준은 전무한 상태이다. 경남 거제수산업 협동조합이 본 개발품을 1주일 동안 성능시험한 소견서를 p. 110에 나타낸 바와 같이 기존의 냉동(장)탭차보다 최소 에너지가 20% 절약되었으며, 이것은 차량운전에 사용된 유류사용량으로 역 추정된 값이다. 1차년도 개발품을

전남대학교 냉동공학실험실에서 실시한 데이터는 에너지가 기존의 냉동(장) 탭차보다 40%정도 절약되었음에도 이를 증명할 법적 규격이나 시험기준이 없었기 때문에 참여기업 조차도 홍보에 어려움을 겪었다.

그래서 참여기업인 (주)제일특장차는 성능개선품 심심회 수송차량을 학교 급식 및 군부대에 농수산물을 납품하는 기업에 무상으로 사용하게 하였으며, 그 시험결과 각 기업에서 수송시 탭차내 설정한 온도까지의 빠른 강하 및 일정한 온도 유지, 서리가 끼었을 경우의 제상시 시간 단축 등에 의한 냉동시스템 운전 단축 등으로 에너지가 20%이상 절약됨을 확인하였다.

2) 주관연구기관의 홍보

앞에서 언급했듯이 1차년도 및 2차년도의 연구결과를 국내외 학술지에 투고 및 발표를 하였고, 또한 체계적이고 지속적인 홍보와 냉동(장)탭차, 냉동냉장 창고 및 저온 물류 등의 설계 및 제작 기준 표준화를 위해 국토해양부 소속의 사단법인 대한설비공학회내 저온설비부문위원회 2009년 1월 설립시켰다. 냉장시스템이 탑재되는 수송차량(냉동(장)탭차)은 국토해양부 업무소관이나 냉동시스템은 지식경제부의 시험 및 관리 기준을 따르기 때문에 IIR(국제 냉동기구) 한국위원회 및 이 위원회에서 매년 개최되는 학술대회에 홍보했을 뿐만 아니라 저온수송차량에 대한 성능 표준화(기준)가 필요하다는 것을 이슈화 시켰다.

또한 체계적이고 지속적인 홍보활동, 저온유통 시스템 및 냉동(장)탭차 성능규격화를 위하여 대한 설비공학회에서 독립적으로 활동할 수 있는 냉동 탭차 전문위원회, 냉동냉장창고 전문위원회, 저온물류 전문위원회를 각각 설립시켜 활동 중에 있다.

나. 참여기업의 사업화 추진

본 개발품은 p. 111과 같이 2009년 3월 11일 특허등록(특허 제 10-0889292)이 완료 되었으며, 참여기업인 (주)제일특장차에서 사업화를 위해 기존의 일반 냉동(장)탑차와 본 개발품과의 (싱싱회 보관 및 수송을 목적으로 개발하였으나 저온 농수산물 및 유제품 등에도 적합함) 제작단가 비용을 Table 10에 나타내었다.

Table 10 Comparison of production cost in new developed refrigerated vehicle and popular refrigerated vehicle

	일반 냉동(장)탑차	싱싱회 수송 냉장시스템 탑차
모델(1톤)	포터2 초장축 슈퍼캡	포터2 초장축 슈퍼캡
차량가격	13,590,000	13,590,000
냉동(장)탑	3,850,000	3,850,000
냉동시스템	1,980,000	1,980,000
Thermobank	0	500,000
합계	19,430,000	19,930,000

위의 Table 10에서 알 수 있듯이 싱싱회 수송용으로 개발된 thermobank를 부착한 냉장시스템 탑차가 기존의 냉동(장)탑차보다 판매 가격이 2.5% 상승함을 알 수 있다. 냉동(장)탑차 유류소비량이 수송시간에 따라 달라 질 수가 있지만 차량 1대 경유 소비량 100,000/1일 x 30일 = 3,000,000원 경우 20% 에너지 절약을 고려하면 1개월 운전비용만으로도 추가된 제작비의 감가삼각이 가능하다.

그러므로 참여기업에서는 사업화를 위해 p. 112와 같이 9월 10일 기술이전

예정계획서를 작성하였다. 수산특정개발 사업이 농림수산기술센터로 이관이 확정되면 전남대학교 산학협력단에서 참여기업인 (주)제일특장차에 기술이전시킬 계획이다.

제 6 절 3차년도 연구결과

싱싱회 수송 및 관능검사, 제1차년도 및 제2차년도의 시험데이터 등을 분석 검토 및 수정보완 하여 설계기술을 모델화시켜 참여기업에서 냉동(장)탑차 용량에 따라 설계 및 제작이 가능하도록 하였다. 또한 3차년도 연구 내용 및 결과를 2009년 2월에 개최된 제3회 한국냉동공학 학술대회에 논문 1편, 2009년 6월에 개최된 대한설비공학회 하계학술대회 논문 1편을 각각 발표하였고, 2010년 3월 29일부터 3월 31일 까지 영국 Cambridge에서 개최되는 1st IIR(International Institute of Refrigeration) ICCO(International Conference of Cold Chain)에 1편(제목: Modelling and Experimental Investigation of a Transportation Refrigeration System), 2010년 6월 7일부터 6월 9일 까지 개최되는 ACRA(Asia Conference of Refrigeration and Air Conditioning)에 1편의 논문(제목 : Cooling Characteristics of Refrigerated Vehicle Using Thermal Storage Material)을 발표할 예정이다.

3차년도 연구종료와 동시에 참여기업인 (주)제일특장차에 기술 이전시켜 상품화 할 계획이다. 또한 본 개발 기술은 농축산물을 배송하는 냉동(장)탑차, 각종 유제품 수송차량, 소형 냉동냉장창고 등에도 직접 적용시킬 수 있는 기술로써 냉장시스템의 유류절약에 의한 정부의 저탄소 배출 및 에너지 절약에 이바지 할 수 있는 연구결과를 얻었다고 사료된다.

제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 관련 분야 에의 기여도

제 1 절 1차년도 연구개발 목표 달성도

본 연구의 최종목표는 선어회(싱싱회)를 고내온도 편차 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이하의 일정온도로 보관 유통시킬 수 있는 에너지 절약적인 냉동시스템인 냉동(장)탑차를 개발하는 것이다. 1차년도 연구개발 목표달성도는 아래의 표와 같이 요약할 수 있다.

1차년도 연구개발 목표달성도

1차년도 연구목표	목표달성 내용	목표 달성도 (%)
자료수집 분석 및 기초기술조사 수립	1996년 이후 싱싱회 안전수송을 위한 본 냉장수송 시스템 개발과 관련된 국내외 특허 약 3,583건 및 문헌에 의하면 최근까지 냉장실 고내온도 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이내의 편차를 지닌 냉장(동)탑차 또는 저온수송을 위한 냉장시스템은 연구개발 된 바가 없는 것으로 밝혀졌다. 국내에서 주문제작 및 공급하고 있는 냉장(동)탑차 대부분의 고내온도가 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 이상으로써 예비실험에 의하면 냉장실내의 위치에 따라 $\pm 4.0^{\circ}\text{C}$ 의 편차를 나타내고 있다. 그러므로 고내온도 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 이내 편차를 가지는 싱싱	100

1차년도 연구개발 목표달성도

1차년도 연구목표	목표달성 내용	목표 달성도 (%)
	회 수송 냉장시스템을 개발할 충분한 가치가 있다고 사료된다.	
냉장시스템 크기 결정	국내 냉장(동)탑차의 생산규격은 1톤~25톤이며, 그 중에서도 1톤 차량이 70%를 점유하고 있다. 따라서 개발모델을 1톤 차량으로 하고, 냉장고 전체 크기를 Fig. 3과 같이 결정하고 최대 외기부하를 산정하였으며, 이것은 예비실험 장치에도 그대로 적용시켰다.	100
냉장시스템 고내의 부하(열량) 계산	외기조건, 싱싱회 탑재 냉장실내온도, 수송 싱싱회 무게 및 냉각시간, 냉동(장)탑차 문 개폐에 따른 환기횟수 등을 기준으로 한 Fig. 4의 총 부하는 4275.3(kcal/h)이며, 이 값은 기타 부하계산 프로그램을 계산프로그램으로 이용하여 검증하였다.	100
1차 기초설계 및 냉장시스템 전체 Lay Out 작성	냉장시스템 크기 결정 및 고내 부하계산 등을 기본으로 하여 1차 기초설계가 포함된 본 개발품의 전체 Lay out 및 flow sheet를 Fig. 5와 같이 완성하였다.	100
냉각기 및 응축기 설계와 압축기 선정	① 총부하를 기준으로 한 증발기 전열면적 14.48 m ² , 고내온도 유지 및 외기차단을 위한 에어덕트와 에어커튼을 설계하였으며 풍량 2948.48m ³ /h, 풍속 2.5m/s, 흰 피치 3.5~4.5로 설계하였	100

1차년도 연구개발 목표달성도

1차년도 연구목표	목표달성 내용	목표 달성도 (%)
	<p>다.</p> <p>② 총 부하 4275.3kcal/h, 외기온도 35℃, 증발온도 -10℃, 냉장실내온도 0℃를 기준으로하고 Fig. 6을 이용하여 압축일량 1875.2kcal/h를 구하였으며, 일본제품 SELTEC을 선택 결정하였다.</p> <p>③ 응축부하는 증발열량 및 압축일량에 의해 6150.5 kcal/h이며, 전열면적 35.6m², 풍속 2.5m/s, 회전 피치 3.5~4.5로 설계하였으며, 예비 실험장치에서 그 정확도를 확인하였다.</p>	
제어방식 및 제상방식 결정	<p>① 냉매유량은 R-404A용 온도식 팽창밸브로 조절하고 thermobank가 보조역할을 하므로 전자식 팽창밸브 수준의 정확도로 조절될 것이다.</p> <p>② Fig. 8 및 Fig. 9에서 알 수 있듯이 thermobank 축열시스템을 개발하여 핫가스(hot gas) 제상시스템에 적용시킨 결과 제상시간 단축 및 에너지를 기존의 핫가스 제상시스템보다 절약시켰으며, 기존의 냉장(동)탑차 증발기 전기히터(electric heater) 제상방식을 핫가스 제상방식으로 전환시켰다.</p>	100
냉동사이클	Fig. 5의 냉장시스템 Lay out 및 flow sheet를 비	100

1차년도 연구개발 목표달성도

1차년도 연구목표	목표달성 내용	목표 달성도 (%)
시뮬레이션	<p>릇한 설계데이터를 이용하여 증발압력 및 온도, 응축압력 및 온도 등에 따른 에너지 절약 최고 COP와 제상시간 단축을 위한 냉동사이클 시뮬레이션을 실시하였다. Fig. 10은 시뮬레이션 flow sheet, Table1~Table4는 냉동사이클 해석방정식, 시뮬레이션 프로그램은 P. 101에 나타낸 바와 같으며, 최고 COP는 2.1로 나타났다.</p>	
<p>각종 부속기기 및 안전장치 결정과 전기 및 자동제어 회로설계</p>	<p>(1) 각종 부속기기 및 안전장치 예비실험장치 및 싱싱회 수송용 냉장시스템의 제작은 참여기업과 공동수행 하므로 각종 부속기기 및 안전장치 등도 참여기업과 협의하여 결정하였다.</p> <p>① 열저장시스템(thermobank) : $\phi 150 \times 1500L$ ② 3방밸브(3way-valve) : Danfos 3way-valve ③ 차단기(NFB, MCCB) : ABE 52b ④ 마그네틱 콘택터(Magnetic Contactor) : GMC-22</p> <p>(2) 전기 및 자동제어 회로설계 정확한 제어를 위해 냉기공급 에어덕트 및 에어커튼을 설계하였으며, 무인 자동운전 및 안전 가</p>	100

1차년도 연구개발 목표달성도

1차년도 연구목표	목표달성 내용	목표 달성도 (%)
	동과 유지(maintenance)의 중요성을 감안하여 Fig. 14와 같이 회로도를 완성시켰다.	
냉장시스템 2차(최종) 설계	냉장시스템의 1차 기초설계, 냉각기 및 압축기와 응축기 설계, 전기 및 자동제어 회로 등을 설계하여 설계도면을 완성시키고 Fig. 12, Fig. 13과 같은 예비실험장치 설계 도면을 작성하였으며, 싱싱회 안전 수송시스템 제작을 위한 각종 기계 및 기기 등을 최종 결정하여 설계를 완료하였다.	100
냉장시스템 제작	냉장시스템 최종설계에 의한 예비실험장치를 제작하였고, 또한 설계자료 및 설계도면을 기본으로 하여 압축기, 드라이필터, 3방밸브 등 각종 기계 및 기기를 구입하였으며, 증발기 및 응축기 등을 제작 설치하는 냉장시스템이 제작하였다.	100

제 2 절 1차년도 관련분야에의 기여도

1차년도는 특허출원 1건, 국제냉동학술대회(International Congress Refrigeration) 및 국내 냉동공학 학술대회 각각 1편 발표와 국제학술지(International Journal of Air-conditioning and Refrigeration)에 'Modelling of a high Efficiency Refrigeration System with Heat storage for Reverse

Cycle Hot Gas Defrost'라는 제목으로 1편 투고하였다.

이와 같은 국내외 학술활동을 통해 저온수송시스템 분야의 학문 및 기술 발전에 기여했다고 사료되며, 또한 thermobank 개발은 냉동냉장 시스템 뿐만 아니라 열펌프 요소기술 및 에너지절약 기술개발에 기여했음을 학술대회 발표에서도 확인할 수 있었다.

제 3 절 2차년도 연구개발 목표 달성도

2차년도의 연구개발 목표는 1차년도에 개발한 냉장시스템의 시운전 및 성능검사, 정상운전을 통해 얻은 데이터를 이용하여 산업화시킬 수 있는 상품성의 성능개선품 제작이다. 아래에 평가착안점에 입각한 목표달성도를 표와 같이 나타내었다.

2차년도 연구개발 목표달성도

2차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
시운전 및 성능검사	① 시운전 제작 완료한 시제품을 전남대학교 냉동공조공학과 냉동공학실험실에서 시운전을 실시하였으며, thermobank의 성능, 고내온도강하, 제상시간, 온도 조절 및 운전 상태를 점검하였다. Photo 3은 시제품으로서 1톤차량에 탑재시키는 싱싱회 수송 냉장 시스템이고, Photo 5는 시운전을 실시하면서 냉동(장) 컨테이너 내 각지점의 온도분포를 알기 위하	100

2차년도 연구개발 목표달성도

2차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
	<p>여 thermocouple를 설치한 것으로써 고내온도 시험 중인 상태를 나타낸 것이다.</p> <p>② 성능검사</p> <p>Photo 3의 시제품으로써 시운전을 완료한 후 무부하(Unload) 및 부하(Load) 상태로 Table 6과 같이 성능시험을 하였다. 고내온도를 싱싱회 수송 최적온도인 0℃로 설정하여 무부하 상태에서 시험한 결과 개발품이 일반 냉동탑차보다 냉각시간이 30% 단축되었다. 그리고 싱싱회 수송과 같은 조건으로 부하(Load)를 주었을 때는 냉각시간이 2배 이상 단축되었다. 즉 thermobank가 없는 냉장시스템은 고내온도를 0℃까지 하강시키는데 15분이 소요된 반면 thermobank를 부착한 냉장시스템은 7분이 소요되어 냉장물의 품질보존 뿐만 아니라 에너지를 상당히 절약시킬 수 있음을 예측할 수 있었다. 그러므로 싱싱회를 0℃ 이상의 상온에서 수송함을 기준으로 할 때 고내온도의 냉각시간이 2배 이상 단축되므로, 이와 같은 시험결과는 본 개발품이 싱싱회 수송뿐만 아니라 택배로 수송하고 있는 선어, 유제품, 특히 고품질 보관을 요구하는</p>	

2차년도 연구개발 목표달성도

2차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
	<p>의약품 보관의 품질 향상과 에너지 절약에도 이용 가능성을 예측할 수 있다.</p>	
<p>냉장시스템의 정상운전</p>	<p>시운전 및 성능 검사 시의 시험 데이터와 정상 가동에서의 시험 데이터는 유사하였다. Photo.4와 같이 개발한 냉장시스템이 탑재된 1톤 트럭을 거제수산업협동조합 소속의 싱싱회 가공공장에서 생산된 싱싱회를 탑재시켜 창원시 소재 농협하나로마트와 부산시 소재 Top Mart에 운반시키면서 Fig. 24와 같이 온도변화를 측정하였다. Fig. 24에서 알 수 있듯이 운반과정동안 온도변화는 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이내로써 고내온도는 거의 일정하였다. 또한 부산 공동어시장에서 가공원료인 고등어를 탑재시켜 거제수협으로 운반했을 때도 온도변화는 Fig. 9와 같았다. 냉장시스템이 탑재된 냉동탑차를 거제수협에서 시험한 소견서를 P. 110에 첨부시켰다.</p> <p>또한 개발한 냉장시스템을 Fig. 23과 같이 제상 실험을 한 결과 일반 냉동(장)탑차보다 제상시간이 20%단축 되었다. 그러므로 일반 냉동(장)탑차의 냉장시스템보다 고내온도를 조속히 강하시키면서 온도를 일정히 유지시키고 제상시간도 단축되므로 경제성은 상당히 높다고 하겠다.</p>	100

2차년도 연구개발 목표달성도

2차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
냉장시스템의 성능개선품 제작	<p>기존의 컨테이너 냉동(장) 시스템보다 성능이 우수한 제품을 개발하여, 전남대학교 실험실에서 1차 시험 기간 동안 나타난 문제점(thermobank 축열재료에 따른 열전달의 차이점과 온도팽창식 밸브제어에 따른 고내온도 변화, thermobank 전 열관 관경 및 길이에 따른 전열량의 변화) 검토 및 그것을 수정 보완하여 차량탑재 냉장시스템을 제작하였다. 이때 나타난 문제점(도로교통법에 의해 차량의 크기(길이, 넓이 및 높이)가 정해져 있으므로 thermobank를 Photo 4에 설치된 것처럼 응축기 옆에 (최초의 계획은 차량 위쪽에 설치하여 thermobank를 부착하더라도 기존의 1ton 냉동(장)탑차와 크기가 거의 같게 하려고 하였음) 설치하여 상실회 수송 실험을 하였다. 실제 상실회 운반 시험 중에 나타난 문제점은 온도 제어에 따른 고내온도 변화(설정온도기준 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 또는 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 변화) 밖에 없으므로, 현재 참여기업에서 개발된 thermobank와 응축기가 일체 Unit으로 된 성능개선품을 제작하였다.</p>	100

제 4 절 2차년도 관련분야에의 기여도

2차년도의 연구성과는 2008년 5월 스위스 제네바에서 개최된 IEA(국제에너지 기구) Heat Pump Conference에 논문 1편(제목 : Development of energy efficient transportation refrigeration system with heat storage) 발표, 한국 냉동공학 학술대회 및 대한설비공학회 하계학술대회에 각각 논문 1편을 발표하였다. 본 개발품은 싱싱회 수송뿐만 아니라 기타수산물 및 농축산물을 배송, 각종 유제품 수송과 소형 냉동냉장창고 설계 및 건축에도 적용되어 보관 수송품의 품질 보존뿐만 아니라 에너지를 상당히 절약시켜 주므로 관련분야의 기여도가 높아 저온물류 시스템에서 저탄소 배출과 더불어 국가 에너지 절약 정책에 상당히 기여할 것으로 기대된다.

제 5 절 3차년도 연구개발 목표 달성도

본 연구개발의 3차년도는 최종 연도로서 국내외 학술대회에 싱싱회 수송시스템의 홍보, 참여기업에 기술이전을 위한 사업화이다. 이와 같은 연구개발 목표 달성도를 아래와 같이 요약하였다.

3차년도 연구개발 목표달성도

3차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
싱싱회 수송 실험	① 수송실험 냉장시스템 탑재 싱싱회 수송차량의 정상운전은 경상남도 거제수산업협동조합에서 생산한 싱싱회	100

3차년도 연구개발 목표달성도

3차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
	<p>를 전국 배달서비스에 이용하였다. 기존 싱싱회 유통은 아이스박스에 진공포장 된 싱싱회를 수송 하였으므로 학교 및 군부대, 대기업 등의 단체 급 식 유통에 양적인 제약이 있었을 뿐만 아니라 얼 음 용해시 품질에도 많은 문제점이 초래 되었으나 본 개발품이 이와 같은 문제점을 해결할 수 있었 다.</p> <p>현재 경남 거제수산업협동조합 싱싱회 가공공장 에서만 싱싱회를 생산 유통하고 있어 field test에 어려움이 많았으나 서울, 경기지역에서는 단체급 식 및 유제품 유통에 적용시켜 container 온도조절 의 정확성, 빠른 제상, 냉동시스템 운전시간 절약 에 의한 에너지를 20%이상 절약시켜 개발품의 성 능을 입증시켰다.</p> <p>② 싱싱회 관능검사</p> <p>싱싱회 맛과 향, 쫄깃쫄깃한 씹힘성 등의 관능검 사는 수송 후 개별적으로 많이 이루어졌으나 설문 지에 의한 관능검사는 Photo 11~14와 같이 생산 후 16시간이 지난 후 실시하였다. 관능검사 결과 수송된 싱싱회가 충분히 상품성으로 될 수 있음을</p>	

3차년도 연구개발 목표달성도

3차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
	입증하였다.	
설계기술 개선 및 모델화	<p>thermobank 개발을 위한 설계 및 제작 기술을 개선 싱싱회유통 시스템의 냉장장치 뿐만 아니라 일반 농축수산물 배송 냉동(장)탑차, 각종 유제품 수송차량의 냉동시스템, 소형 냉동냉장 창고의 온도조절 및 에너지 절약에도 응용할 수 있으며 목표를 초과 달성시켰다. 이 기술을 별도로 모델화시켜 화훼재배단지, 농축산물 제습장치에도 적용이 가능하도록 하였다.</p> <p>또한 싱싱회수송 냉장장치인 냉장탑차를 참여기업인 (주)제일특장차에서 차량 용량에 따라 설계가 가능하도록 설계 프로그램을 모델화 시켰다.</p>	100
싱싱회 수송시스템 홍보 및 참여기업의 사업화 추진	<p>① 싱싱회 수송시스템 홍보</p> <p>본 개발품에 대한 홍보는 참여기업과 주관기관에서 각자 또는 공동으로 행하였다. 참여기업인 (주)제일특장차는 본 개발품을 학교 단체급식 및 군부대 수산물 납품업체에 무상으로 대여시켜 홍보하였다. 주관기관에서는 국제 및 국내학술 대회에서 1차년도 4회, 2차년도 3회, 3차년도 4회 등 총 10회 이상 본 개발품과 관련된 연구내용 및 결과를 논문으로 투고 및 발표하였다.</p>	100

3차년도 연구개발 목표달성도

3차년도 연구목표	목표 달성 내용	목표 달성도 (%)
	<p>또한 냉동(장)탑차와 같은 저온수송차량이 국토해양부의 도로교통법에 의한 차량 크기 규격만 기준이 있고 냉동시스템의 용량, 성능 및 에너지 절약에 의한 저탄소 배출 등 설계 및 심사 기준이 없어, 이것을 학연산 전문가 그룹인 대한설비공학회를 통해 해결하기 위해 저온설비부문위원회, 냉동(장)탑차 전문위원회 등을 설립시켰으며, 앞으로 제도개선 공청회 등을 통해 관련 부처에 계속 건의할 계획이다.</p> <p>② 참여기업의 사업화 추진</p> <p>참여기업인 (주)제일특장차는 사업화를 위한 준비가 된 상태이다. 본 개발품의 특허등록(2009년 3월 11일), 설계기술 모델화에 의한 설계의 프로그램화 등 주관기관에서 기술 이전과 동시에 상품화에 의한 사업화 준비가 되어 있다. field test 한 거제수산업협동조합에서 본 제품을 구매할 계획이다. 기존 냉동(장)탑차 보다 판매단가가 2.5% 정도 상승하나 1개월 차량운전에서의 유류비 절약만으로도 감가상각이 가능하기 때문에 상품화가 촉진될 것으로 기대된다.</p>	

제 6 절 3차년도 관련분야에의 기여도

1. thermobank 기술개발에 의한 설계 및 제작기술 모델화는 참여기업인 (주) 제일특장차에서 제작하는 저온물류 차량의 기술 개발에 응용이 가능하다.
2. 본 개발품의 수송실험은 유제품, 단체급식, 농축수산물 유통에 적용시켜 고내온도 조절 및 냉동시스템 운전 단축에 의한 에너지절약과 저탄소 배출이 입증되었으므로 기업에서 본 기술을 생산성 향상기술과 접목시킬 경우 기술의 파급효과는 상당히 클 것으로 기대된다.
3. 냉동(장)탑차의 전면부착을 위한 thermobank와 응축기를 unit화시킨 설계 및 제작기술은 차량 냉동시스템의 설계기술 향상에 기여도가 클 것으로 생각된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용 계획

제 1 절 기업화 추진 방안 기술

1. Thermobank의 설계 및 제작기술

- 가) 참여기업인 (주)제일특장차에서 (주)화성으로부터 납품받는 응축기를 본 개발품인 thermobank와 unit 시킨 제품으로 자체생산으로 기업화 시킬 계획이다.
- 나) (주)제일특장차는 '가' 항에서 제작한 제품을 타 냉동(장)탑차 제작회사에 판매 및 별도 판매업체를 설립시킬 계획도 하고 있다.

2. 냉동시스템 설계 및 제작기술

- 가) 농촌의 소형 냉동냉장창고에 적용시키기 위해서는 냉동시스템 전체를 하나의 unit화 한 제품으로 사업화시키는 방안이 고려되고 있다.
- 나) 최근 목욕탕 및 사우나에 보일러 대체 열펌프 시스템 설치가 증가되고 있으므로 이 분야에 대해 설계 및 제작하는 기업에 본 기술을 사업화 추진시킬 계획이다.

제 2 절 타 연구에의 응용

1. 정부지원 연구과제에 개발된 기술 이용

- 가) 중소기업청 지원 산학협력연구과제 ‘저온저장고와 주택난방동시 가동 열펌프 시스템개발’에 본 개발 기술을 이용할 계획이다.
- 나) 저탄소 녹색성장과 관련된 미활용에너지 이용 냉난방 시스템 개발 등 정부지원 기획과제 및 자유응모과제에도 본 기술을 적극 응용시킬 계획이다.

2. 기업애로 기술개발에 적극 활용

광주 모 기업에서 냉동 및 액체질소이용 교량수리 물막이 공사를 위한 기술자문을 하면서 개발된 본 기술을 적용시킬 계획으로 구상 중에 있다.

제 3 절 추가 연구의 필요성

Thermobank 개발에 의한 수송용 냉장시스템 개발의 추가연구는 필요 없겠으나 대형 냉동냉장 시스템에도 본 기술을 적용시키기 위해 thermobank 고밀도 축열재 개발에 대한 추가 연구는 할 가치가 있다고 사료된다.

제 6 장 참고 문헌

1. 조영제, 조민성, 이남걸, 최영준, 김태민, 1998, “동결-해동조건이 넙치육의 물리·화학적 및 조직학적 변화에 미치는 영향”, 한국수산학회지, 31(4) PP. 463~470.
2. 조영제, 김육용, 1993, “넙치(*Paralichthys olivaceus*)육의 사후 조기변화”
2. 물리 화학적 및 물성적 특성의 온도의존성, 한국수산학회지, 26(1), PP. 1~7.
3. N.Tomlison, S. E. Geiger, W. W. Kay, J. Uthe and S. W. Roach, 1965, J. Fish. Res. Bal. , 22, PP. 955~968.
4. 内山均, 江平重男, 内山つね子, 1978, 東海水産研究報告, 94, PP. 105~117.
5. 趙永濟, 1984, “魚類のPartial Freezing 時にあげる微生物生態學的研究”, 北海道大學博士學位 論文
6. 小川豊, 1990, “多獲性魚類の Super chilled 保藏技術の開発研究について”, 1990년도 대한냉동 협회 韓·日冷凍機術SEMINAR, PP. 73~117
7. 村田道代, 1995, “魚介類の鮮度判定と品質保存”, 1995年度日本水産學會 シンポジウム、(4/5)東京水産大學, PP. 186~191
8. 村田道代, 1995, “魚のうま味—氷藏中の呈味変化”, 冷凍 第70卷 第818号, PP. 1263~1268.
9. 조영제, 2002, 생선회 100배 즐기기, 도서출판 한글, pp. 46~53
10. 해양수산부, 2006, 싱싱회 맛보세요, 해양수산부 홈페이지, <http://www.momaf.go.kr>
11. 여수지방해양수산청, 2006, “수산물(싱싱회) 소비 촉진 활동 전개”,

2006.5.18, 선호도 설문조사

12. ASHRAE, 2004, Refrigeration, ASHRAE Hand Book, pp. 26.1~31.7
13. 日本冷凍協會, 1993, 冷凍空調便覽, 冷凍應用裝置編, pp. 187~225
14. Jetter, J.J, Delafiecd, F.R., Ng, A.s., Ratanaphruks, K. and Tufts, M.W., 1999, Composition change in refrigerant blends for automotive air conditioning, ASHRAE Transation, Vol. 105, Part 1, pp. 157~162
15. 오종택 외 5, 2001, “고품질 히트감보관용 냉장시스템 개발”, 해양수산부 수산특정연구개발보고서.
16. ASHRAE Hand Book, 1994, “Heating, Ventilating, and Air - Conditioning Analysis and Design” , P. 423~498.
17. Christion, J. E., 1977, “Unitary Air to Air Heat pumps” , ICES Technol. Evaluations, Report ANL/CES/TE77 - 10, Argonne National Laboratory.
18. Stoecker, W. F. and Jones, J.W., 1982, “Refrigeration and Air Conditioning” , Mc Graw - Hill. P. 351~364.
19. 해양수산부, 2004, 수산업 동향에 관한 연차보고서, pp. 15~64

부 록

Program List of simulation for optimum design

```
function f=coba1(x)
% Refrigeration capacity equation
f(1)=34094.8400504935+(469.234506248566*x(1))-(254.344104350418*x(2))+(6
.47596825645927*x(1)^2)+(2.09411365531415*x(1)*x(2))+(0.883174864984277*x
(2)^2)+(0.0142736953022953*x(1)^3)-(0.0201631060949888*x(1)^2*x(2))-(0.0237
561686544404*x(1)*x(2)^2)-(0.00223780137066961*x(2)^3)-(3.41214*x(3));
% Compressor work equation
f(2)=-23.839387008641+(1.33638834841182*x(1))+(45.1439577618202
*x(2))+(-0.0824285012636637*x(1)^2)+(0.0547571365923135*x(1)
*x(2))+(-0.153463594136904*x(2)^2)+(0.000515076360874352*x(1)^3)
+(-0.00169353955033769*x(1)^2*x(2))+(0.00255414255304765*x(1)
*x(2)^2)+(-0.000242646198670301*x(2)^3)-x(4);
% Evaporator heat transfer equation
f(3)=(1000*(2.7137*1.003*(2-((x(1)-32)/1.8))*(1-exp(-1.400/(2.7137*1.003)))))-
x(3);
% mdote*cpair*(Tain-Te)          *(1-exp(-UAe/mdote/cpair))-qe
% Condenser heat transfer equation
f(4)=(1000*(1.5338*1.005*(((x(2)-32)/1.8)-40)*(1-exp(-4.000/(1.5338*1.005))))))
-x(5);
% mdote*cpair*(Tc-Tbin)          *(1-exp(-UAc/mdotc/cpair))-qc
```



```

3);
%
pc          h2      T2
% pressure of point 2 (pc=p2)
f(12)=(0.00002*x(2)^3)+(0.0069*x(2)^2)+(0.819*x(2))+38.28-x(12);
% thermobank equation
f(13)=0.000125998*x(7)*866.4*(((x(13)-32)/1.8)-((x(14)-32)/1.8))*(1-exp(-10/0
.000125998/x(7)/866.4))-x(6);
%mdot      * cref      * (T2      -      Twt)      *(1-exp(-UAAt /
mdot/cref)      qth
% temperature of water (Twt)
f(14)=x(13)-(x(13)-77)*exp(-x(15)*12600/(250*4183/(0.000125998*x(7)*866.4
))-x(14);
%      T2      - (T2      - Two)*exp (eff * time/(M      *cv)/(mdot*cref)
      Twt
% heat transfer effectiveness (eff)
f(15)=1-exp((-10/(0.000125998*x(7)*866.4)))-x(15);
%      1- exp(-UAth/      mdot/      cref)      eff

% thermolator superheat
f(16)=0.000125998*x(7)*722.9*22.2-x(16);
%      mdot      * cg      TSH      qtr
% thermolator subcooling

```

```

f(17)=(0.000125998*x(7)*1466*(((x(2)-32)/1.8)-((x(17)-32)/1.8)))-x(16);
%           mdot           * cl *           (Tc - T4)

function solusi1;
format bank
format compact
opts=optimset('MaxFunEvals',1000000,'MaxIter', 100000);
z=fsolve('coba1',[32,140,9000,2000,10000,      200,      2,      60,50,30,
2,10,60,60,0.5,100,120], opts);
disp(z);
disp(' ')
disp('RESULTS:')
disp(['Evaporating Temperature, Te : ',num2str((z(1)-32)/1.8), ' deg
C'])
disp(['Condensing Temperature, Tc : ',num2str((z(2)-32)/1.8), ' deg
C'])
disp(['Refrigeration Capacity, Qe : ',num2str(z(3)), ' Watt'])
disp(['Compressor Work, P : ',num2str(z(4)), ' Watt'])
disp(['Heat Rejection, Qc : ',num2str(z(5)), ' Watt'])
disp(['System COP : ',num2str(z(3)/z(4))])

% heat energy available in the thermobank

```

```
Qth=(250*4183*(((z(14)-32)/1.8)-25))/3600/1000;  
disp(['Heat Energy Available in the Thermobank : ',num2str(Qth),'  
kwh'])
```


체의 맛을 판단합니다. 이때 일반적으로 생선회와 함께 먹는 소스 또는 야채 등은 삼가해 주십시오.

(딱딱함 또는 쫄깃쫄깃함)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
전혀				중간정도					아주
쫄깃쫄깃									쫄깃쫄깃함.
하지 않음									

(기타판단 :)

(생선회 전체 맛)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
아주나쁨				나쁘지도					아주
				좋지도 않음					좋음

(기타판단 :)

평가가 끝나면 생선회를 종이컵에 넣어 버리십시오. 그리고 나서 적당량의 물로 입가심을 합니다.

상기와 같은 방법으로 각 접시에 있는 생선회를 최종검사시료 번호까지 감정 평가하여 기록해 주시기 바랍니다.

B. 검사시료번호: _____

1. 접시에 있는 생선회의 표면색 및 광택을 눈으로 보고 평가합니다.

(생선회의 표면색 및 광택)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
아주				좋지도					아주 좋음
좋지않음				싫지도 않음					

(기타판단 :)

2. 접시에 있는 생선회 한 두점을 젓가락으로 집어 코로 냄새를 맡아봅니다. 생선회 순수 냄새를 제외한 이취 또는 부패등 좋지 않는 냄새가 있는지를 알기위한 것입니다.

(생선회의 향)

1	2	3	4	5
있음		있기도하고		없음
(이취 또는 부패한 냄새)		없기도함		

(기타판단 :)

3. 접시에 있는 생선회 한 두점을 입에 넣고 씹으면서 딱딱함(쫄깃쫄깃함)과 생선회 전체의 맛을 판단합니다. 이때 일반적으로 생선회와 함께 먹는 소스 또는 야채등은 삼가해 주십시오.

(딱딱함 또는 쫄깃쫄깃함)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
전혀				중간정도				아주
쫄깃쫄깃								쫄깃쫄깃함
하지 않음								

(기타판단 :)

(생선회 전체 맛)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
아주나쁨				나쁘지도				아주
				좋지도 않음				좋음

(기타판단 :)

C. 검사시료번호: _____

1. 접시에 있는 생선회의 표면색 및 광택을 눈으로 보고 평가합니다.

(생선회의 표면색 및 광택)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
아주				좋지도				아주 좋음
좋지않음				싫지도 않음				

(기타판단 :)

2. 접시에 있는 생선회 한 두점을 젓가락으로 집어 코로 냄새를 맡아봅니다. 생선회 순 수 냄새를 제외한 이취 또는 부패등 좋지 않는 냄새가 있는지를 알기위한 것입니다.

(생선회의 향)

1	2	3	4	5
있음 (이취 또는 부패한 냄새)		있기도하고 없기도함		없음

(기타판단 :)

3. 접시에 있는 생선회 한 두점을 입에 넣고 씹으면서 딱딱함(쫄깃쫄깃함)과 생선회 전체의 맛을 판단합니다. 이때 일반적으로 생선회와 함께 먹는 소스 또는 야채등은 삼가해 주십시오.

(딱딱함 또는 쫄깃쫄깃함)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
전혀 쫄깃쫄깃 하지 않음				중간정도				아주 쫄깃쫄깃함

(기타판단 :)

(생선회 전체 맛)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
아주나쁨				나쁘지도 좋지도 않음				아주 좋음

(기타판단 :)

대단히 수고하셨습니다. 관능검사에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다.

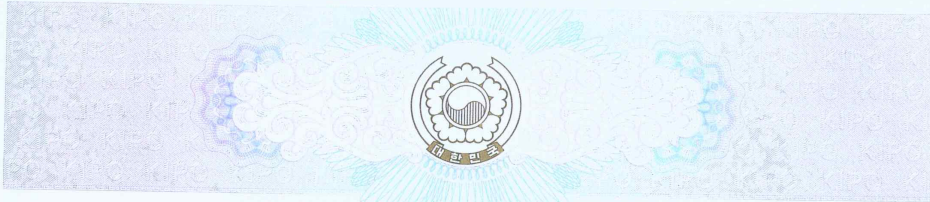
냉동탑차 사용에 따른 소견서

1. 차량번호 : 29서 2590
2. 운행기간 : 2008. 10. 31 ~ 2008. 11. 07(7일간)
3. 운행시간 : 일일 5시간
4. 운행거리 : 일일 280km

시동을 건 후 기존탑차 보다 빠른 시간내에 온도가 하강하여 열교환을 시키므로 순간온도 편차가 적어 연료의 절감효과를 가져와 비용이 감소하고 온도변화가 거의 없어 제상조기가 용이하고 에너지 절약이 기존차량에 비해 약20%정도 절감이 되어 차후 싱싱회는 물론 다른 냉동·냉장 제품 배송에 용이하게 사용될 것으로 사료되어 향후 적절하게 제작되어 생산되었으면 좋겠습니다.

거제수협 수산물가공사업단장 김 갑 용





특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-0889292 호	출원번호 (APPLICATION NUMBER)	제 2007-0114308 호
(PATENT NUMBER)	출원일 (FILING DATE:YY/MM/DD)	2007년 11월 09일
	등록일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	2009년 03월 11일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
생선회 냉장장치

특허권자 (PATENTEE)
전남대학교산학협력단(206371-0*****)
광주 북구 용봉동 300

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록
되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2009년 03월 11일



특 허 청
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



기술 이전 예정 계획서

기술명 : 싱싱회 수송 냉장시스템 설계 및 제작 기술(특허 포함)
양도자 : 전남대학교 산학협력단장
양수자 : (주)제일특장차 대표이사
양도일시 : 수산특정연구개발과제 규정 준수
양도조건 : 수산특정연구개발과제 규정 준수

상기 기술은 전남대학교(연구책임자: 오종택)와 (주)제일특장차(대표이사: 정찬진)가 수산특정연구개발과제 수행으로 산학협력 공동 개발된 것임. 이에 (주)제일특장차는 연구과제 종료 후 수산특정연구개발과제 규정에 의해 기술을 양수할 예정임.

2009년 9월 10일

(주)제일특장차 대표이사

정 찬 진 (인)
주소: 南陽市 院西里160-3,9
第一特裝車
代表理事 鄭 燦 振



Calculate Program of raw fish in refrigeration vehicle

```

#include "r-404A.h"
#include "menu.h"
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <time.h>
#include <conio.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
struct heatp{
    char nalza[11];
    char name[11]; /* 제목 */
    char whst[5]; /* 겨울철 외기온도 */
    char shst[5]; /* 여름철 외기온도 */
    char tankt[5]; /* 탭차내부온도 */
    char tankv[6]; /* 탭차용량 */
    char compty[2]; /* 압축기의 종류 */
    char et[5];
    char ct[5];
    char sct[4]; /* 과냉각도*/
    char sht[4]; /* 과열도*/
    char efm[5]; /* 압축기의 기계효율*/
    char efv[5]; /* 압축기의 체적효율 */
    char efp[5]; /* 압축기의 체적효율 */
};
struct node {
char nalza[11];
char record[4];
char name[11];
char tankt[5];
};
char *ju_menu[]={" Data "," Result "," Simulation ", "
    Help "."};
char *bu_menu[][6]={ {"Input... ","Open.... ","
    Delete..","Backup..","Exit",""},
    {"Result.. ","P-h graph","P-Heat."
    Evaporator."Condenser."},
    {"Tsea & COP","Tc & COP","Te &
    COP ","Tc & Te & COP","R & Gr & COP"},
    {"How to Use ","About","."} };
void start(void);
void first(int);
int up(void);
void screen(void);
void input(void);
void read(struct heatp *);
void pulldown(void);
void del(void);
int kbd(int);
int count(void);
void search(void);
void copy(void);

void today(void);
void second(int);
void backup(void);
void third(int);
void fourth(int);
void logo(void);
void chang(void);
void boxx(void);
void chamgo(void);
void calcul(void);
void out(int);
void simul(int);
void screenout(void);
void disply(void);
void moriel(int x1, int y1, int x2, int y2, float
vp,float h1, float h2,float h22,float h4,float
h5,float h6,float h7,float p1,float p2,int I);
void calcul5(int m,int n,int o,int p,int Dpt,float whst,
float tankt, float tankv, float et, float ct, float
sht, float sct, float efm, float efv, float efp,
float i, int sun, int cn);
void calcul6(int m,int n,int o,int p,int Dpt,float whst,
float tankt, float tankv, float et, float ct, f l o a t
sht, float sct, float efm, float efv, float efp,
float i, int sun, float dt);

int bytesu;
FILE *fp;
FILE *ffp;
FILE *ffpp;
struct heatp *record;
int geksu;
int huakin=0;
int pandan1=0;
int ccnum=0;
char getsuchar[5];

float cpsw=0.94;
float kh=2200.0;
float kl=1900.0;

float
p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,t1,t2,t22,t3,t4,t5,t6,t7,h1,h2,h2
2,h3,h4,h5, h6,h7;

float
pin,pout,cin,cout,ein,eout,cedt,eedt,clmtd,elmtd,Q
p,Qc,Qe, Ap,
Ac,Ae,Gr,compkw,Rcop,Hcop,HHcop;
float d1,d7,d22;
char *cp1,*cp2,*cp3,*cp4,*cp5,*cp6,*cp7,*ct1,*ct22,*ct3,
*ct4, *ct5,*ct6,*ct7;
char *ch1,*ch2,*ch22,*ch3,*ch4,*ch5,*ch6,*ch7,*cpin,
*cpout, *ccin,*ccout,*cein,*ceout;

```

```

char *ccedt,*ceedt,*cclmtd,*celmtd,*cQp,*cQc,*cQe,
    *cAp,*cAc,*cAe,*cGr,*ccompkw,*cRcop,*cHcop,*c
    HHcop;
char *cd1,*cd7,*cd22;
float whst,shst,tankt,tankv,et,ct,sct,shf,efm,efv,efp;
char *cwhst,*cshst,*ctankt,*ctankv,*cet,*cct,*csct, *csht,
    *cefm,*cefv,*cefp;
main(){
    start();
    textattr(0x07);
    clrscr();
    normal();
    logo();
    normal();
    pulldown();
    return;
}

void start(void)
{
    int gdriver = DETECT, gmode, errorcode;
    int midx, midy,ii,jj,hht;
    initgraph(&gdriver, &gmode, "..\\bgi");
    errorcode = graphresult();
    if (errorcode != grOk) {
        printf("Graphics error: %s\n",
            grapherrormsg(errorcode));
        printf("Press any key to halt:");
        getch();
        exit(1);
    }

    midx = getmaxx() / 2;
    midy = getmaxy() / 2;

cleardevice();
setactivepage(0);
setvisualpage(0);
setfillstyle(7,14);
settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
for(ii=1;ii<=7;ii+=1){
    jj+=20;
    setcolor(8-ii);
    cleardevice();
    settextstyle(0,0,ii);
    outtextxy(midx,jj,"Heat-Pump");
    delay(300);
}

setfillstyle(1,2);
fillellipse(midx,midy-15,300,100);
outtextxy(midx,200,"Heat-Pump");
setcolor(0);
settextstyle(1,0,1);
hht = textheight("W");
outtextxy(midx, midy, " This is calculate program of
    heat pump.");
outtextxy(midx, midy+1*hht,"1999. 5. 1. Kwang-II
    Choi");
outtextxy(midx, midy+2*hht,"Jong-Taek Oh");
setcolor(14);

settextstyle(1,0,1);
setfillstyle(0,1);
bar(120,midy+5*hht,520,midy+7*hht);
outtextxy(midx, midy+6*hht,"<< Press any key !!!
    >>");

getch();
closegraph();
}
/*-----*/
void logo(void){
    int i;
    window(1,2,80,24);
    textbackground(1);
    clrscr();
    window(1,1,80,25);
    textattr(0x30);
    textattr(0x1f);
    single_box(1,2,79,24);
    normal();
}
/*-----*/
void pulldown(void){
    int st_ju=0;
    int st_bu=0;
    char *flag="DS";
    bytesu=sizeof(struct heatp);
    normal();
    clrscr();

    today();
    set_attr(1,80,1,0x75);
    set_attr(1,80,25,0x75);

    while(st_ju != -1){
        logo();
        textattr(0x70);
        xy_puts(1,25,"");
        st_ju=x_menu(1,1,st_ju,flag,ju_menu);
        if(st_bu==LEFT || st_bu==RIGHT || st_bu==-1)
            st_bu=0;

        if(pandan1 != 7)

        switch( st_ju )
        {
            case 0 : st_bu=y_menu(5,3,st_bu,"LC",bu_menu[0],0);break;
            case 1 : st_bu=y_menu(15,3,st_bu,"LC",bu_menu[1],1);break;
            case 2 : st_bu=y_menu(32,3,st_bu,"LC",bu_menu[2],2);break;
            case 3 : st_bu=y_menu(42,3,st_bu,"LC",bu_menu[3],3);break;
        }

        if(st_bu==-1) flag="DS";
        else flag="XX";
        if(st_ju==0 && st_bu==LEFT) st_ju=3;
        else if(st_ju!=0 && st_bu==LEFT) st_ju--;
        else if(st_ju==3 && st_bu==RIGHT) st_ju=0;
        else if(st_ju!=3 && st_bu==RIGHT) st_ju++;
        else if(st_bu!=-1)

```

```

switch(st_ju) {
case 0 : first(st_bu); break;
case 1 : second(st_bu); break;
case 2 : third(st_bu); break;
case 3 : fourth(st_bu); break;
}

}

normal();
exit(0);
}
/* -----*/

void first(int sun){ /* 첫번째 부메뉴기능 */
switch(sun){
case 0 : pandan1=up(); break;
case 1 : search(); break;
case 2 : {}/del()*/ break;
case 3 : {}/copy()*/ break;
case 4 : normal(); exit(0);
}
}
/*-----*/

void second(int sun){ /* 두번째 부메뉴 기능 */

out(sun);
}

/*-----*/
void third(int sun){ /* 두번째 부메뉴 기능 */

simul(sun);
}

}

/*-----*/
void fourth(int sun){ /* 세번째 부메뉴 기능
*/

switch(sun){

case 0 : {}/manual(); break;
case 1 : {}/chango();
}
}

/*-----*/
int up(void){ /* 등록을 하는 함수 */
int pan;
int z;
int pandan=1;
screen(); /* 화면을 찍는다 */
textattr(0x9f);
xy_puts(5,25," 새로운 데이터를 입력하세요
");
normal();
count();
geksu++;

```

```

itoa(geksu,getsuchar,10);
textattr(0xe0);
xy_puts(56,23,"현재 레코드번호: ");
xy_puts(73,23,getsuchar);
normal();
pandan=input();
if(pandan == -1)
{
return(0);
}
}

record=(struct heatp *) calloc(bytesu,1);
read(record);
pan=0;
pan=talk(pan,0);
switch(pan){
case 0 :
if( (fp=fopen("heatp2.dat","ab")) == NULL)
fp=fopen("heatp2.dat","wb");
fseek(fp,0,SEEK_END);
fwrite(record,bytesu,1,fp);
free(record);
fclose(fp);
textattr(0x20);
single_box(22,12,52,14);
xy_puts(24,13,".....계산중입니다.....");
calcul();
return(7);
case 1 : free(record);
return(7);
case -1 : free(record);
return(7);
}
}
/*-----*/
void screen(void){
textattr(0xF0);
window(79,3,80,19);
clrscr();
window(1,1,80,25);
gotoxy(1,2);
textattr(0xF0);
printf("\n\r | _____");
printf("\n\r | 데이터 제목(영문10자, 한글5자이내)");
printf("\n\r |");
printf("\n\r | 겨울철 외기온도 [℃]");
printf("\n\r | 여름철 외기온도 [℃]");
printf("\n\r |");
printf("\n\r | 고내온도 [℃]");
printf("\n\r |");
printf("\n\r | 냉매(R-404A) 압축기의 종류(1. 왕");
printf("\n\r | 복동식, 2.스크류) 1");

```

```

cprintf("\n\r                                     | /*-----*/
");
cprintf("\n\r | 증 발 온 도                                     -1.2
   응 축 온 도   24.9                                     ");
cprintf("\n\r                                     |
");
cprintf("\n\r | 과 냉 각 도                                     0
   과 열 도     5                                     ");
cprintf("\n\r                                     |
");
cprintf("\n\r | 압축기의 기계효율 [%]                                     90
   압축기의 체적효율 [%] 90                                     ");
cprintf("\n\r                                     | /*-----*/
");
cprintf("\n\r | 압축기의 압축효율 [%]                                     90
");
cprintf("\n\r | _____
   _____");
textattr(0xb0);
xy_puts(1,20," _____ ");
xy_puts(1,21," | _____ ");
xy_puts(1,22," | _____ ");
xy_puts(1,23," | _____ ");
xy_puts(1,24," | _____ ");
xy_puts(4,21," ⇐ 모든 입력은 커서가 처음 위치한 곳
   부터");
xy_puts(50,21," ← 커서이동");
xy_puts(67,21," Esc 취소");
xy_puts(4,22," ⇓ 다음필드(←)");
xy_puts(30,22," ↑ 이전필드(→)");
xy_puts(48,22," F10 등록(압축효율필드에서 ←)");
// xy_puts(4,23," BackSpace 지우기");
xy_puts(4,23," 압축기 종류 선택시 스크류->1,왕복동식
   >2");
normal();
// getch();
}
int count(void){
geksu=0;
if((fp=fopen("heatp2.dat","rb")) == NULL)
return -1;
fseek(fp,0,SEEK_SET);
while(1){
record=(struct heatp *) calloc(bytesu,1);
fread(record,bytesu,1,fp);
if(!feof(fp))
{ free(record); break; }
geksu++;
free(record);
}
fclose(fp);
}
}

void today(void){
struct dosdate_t d;
char h a r
*yo[7]={"Sun","Mon","Tue","Wed","The","Fri","Sat"};
;
_dos_getdate(&d);
gotoxy(62,1);
cprintf("%d.%d.%d (%s)", d.year, d.month,
d.day,yo[d.dayofweek]);
}

int input(void){ /* 키보드로 입력 */
int tab=0; /*앞으로 가기위해 이용 */
int key;
int munjasu=0;
textattr(0xF0);
gotoxy(60,4);
while(1){
key=get_key();
switch(key){
case RIGHT : if(tab==0)
if(munjasu<10)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==1)
if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==2)
if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==3)
if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==4)
if(munjasu<5)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==5)
if(munjasu<1)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==6)
if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==7)
if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==8)
if(munjasu<3)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==9)
if(munjasu<3)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==10)
if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==11)
if(munjasu<4)
}
}
}
}

```

```

gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
if(tab==12)
    if(munjasu<4)
gotoxy(wherex()+1,wherey()),munjasu++;
break;
case LEFT : if(munjasu>0)
gotoxy(wherex()-1,wherey()),munjasu--;
break;
case 8 : if(munjasu>0){
gotoxy(wherex()-1,wherey()),munjasu--;
putch(' ');
gotoxy(wherex()-1,wherey());
}
break;

} /* switch */
if(key==ESC) {

    normal();
    return(-1);
}

if(key==DOWN){
if(tab==0)
tab++,munjasu=0,gotoxy(30,6);
else if(tab==1)
tab++,munjasu=0,gotoxy(67,6);
else if(tab==2)
tab++,munjasu=0,gotoxy(30,8);
else if(tab==3)
tab++,munjasu=0,gotoxy(67,8);
else if(tab==4)
tab++,munjasu=0,gotoxy(70,10);
else if(tab==5)
tab++,munjasu=0,gotoxy(25,12);
else if(tab==6)
tab++,munjasu=0,gotoxy(61,12);
else if(tab==7)
tab++,munjasu=0,gotoxy(25,14);
else if(tab==8)
tab++,munjasu=0,gotoxy(61,14);
else if(tab==9)
tab++,munjasu=0,gotoxy(32,16);
else if(tab==10)
tab++,munjasu=0,gotoxy(68,16);
else if(tab==11)
tab++,munjasu=0,gotoxy(32,18);
else if(tab==12)
tab=0,munjasu=0,gotoxy(60,4);

}
if(key==UP){
if(tab==0)
tab=12,munjasu=0,gotoxy(32,18);
else if(tab==1)
tab--,munjasu=0,gotoxy(60,4);
else if(tab==2)

```

```

tab--,munjasu=0,gotoxy(30,6);
else if(tab==3)
tab--,munjasu=0,gotoxy(67,6);
else if(tab==4)
tab--,munjasu=0,gotoxy(30,8);
else if(tab==5)
tab--,munjasu=0,gotoxy(67,8);
else if(tab==6)
tab--,munjasu=0,gotoxy(70,10);
else if(tab==7)
tab--,munjasu=0,gotoxy(25,12);
else if(tab==8)
tab--,munjasu=0,gotoxy(61,12);
else if(tab==9)
tab--,munjasu=0,gotoxy(25,14);
else if(tab==10)
tab--,munjasu=0,gotoxy(61,14);
else if(tab==11)
tab--,munjasu=0,gotoxy(32,16);
else if(tab==12)
tab--,munjasu=0,gotoxy(68,16);

}

if(key==F10)
{ normal(); return; }

if(key==CR) {

if(tab==12)
{ normal(); return; }
else if(tab==0)
tab++,munjasu=0,gotoxy(30,6);
else if(tab==1)
tab++,munjasu=0,gotoxy(67,6);
else if(tab==2)
tab++,munjasu=0,gotoxy(30,8);
else if(tab==3)
tab++,munjasu=0,gotoxy(67,8);
else if(tab==4)
tab++,munjasu=0,gotoxy(70,10);
else if(tab==5)
tab++,munjasu=0,gotoxy(25,12);
else if(tab==6)
tab++,munjasu=0,gotoxy(61,12);
else if(tab==7)
tab++,munjasu=0,gotoxy(25,14);
else if(tab==8)
tab++,munjasu=0,gotoxy(61,14);
else if(tab==9)
tab++,munjasu=0,gotoxy(32,16);
else if(tab==10)
tab++,munjasu=0,gotoxy(68,16);
else if(tab==11)
tab++,munjasu=0,gotoxy(32,18);

}
}

```



```

if(key!=CR && key!=LEFT && key!=RIGHT && key
!= DOWN && key != UP && key != 8){
    if(tab==0)
        if(munjasu<10)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==1)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==2)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==3)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==4)
        if(munjasu<5)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==5)
        if(munjasu<1)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==6)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==7)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==8)
        if(munjasu<3)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==9)
        if(munjasu<3)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==10)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==11)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    if(tab==12)
        if(munjasu<4)
            munjasu++, putch(key);
    }
} /* while */

}
/*-----*/
int talk(int sun,int jonglu){
    char *yosu[10]={" ", " ", " ", " ", " ", " ", " ", " ", " ", " "};
    normal();
    window(26,12,53,17);
    clrscr();
    textattr(0x40);
    window(24,11,50,16);
    clrscr();
    window(1,1,80,25);
    single_box(24,11,50,16);
    textattr(0x1f);
    xy_puts(28,14,yosu[0]);
    textattr(0x40);
    xy_puts(38,14,yosu[1]);
    if(jonglu==0)
        xy_puts(29,12,"등록하시겠습니까?");
    else if(jonglu==1)
        xy_puts(28,12,"정말 지우시겠습니까?");
    else if(jonglu==2)
        xy_puts(29,12,"저장하시겠습니까?");
    else if(jonglu==3)
        xy_puts(29,12,"삽입하시겠습니까?");
    while(1){
        switch(get_key()){
        case LEFT : textattr(0x40);
            xy_puts(28+sun*10,13,yosu[sun]);
            if(sun==0) sun=1; else sun--;
            textattr(0x1f); xy_puts(28+sun*10,13,yosu[sun]);
            break;
        case RIGHT : textattr(0x40); xy_puts
            (28+sun*10,13,yosu[sun]);
            if(sun==1) sun=0; else sun++;
            textattr(0x1f); xy_puts(28+sun*10,13,yosu[sun]);
            break;
        case ESC : return(-1);
        case CR : return(sun);
        default : break;
        }
    }
}
/*-----*/
void search(void){
}
/*-----*/
int kbd(int dir){
    int key2;
    int munsu=0;
    int b,c;
    if(dir==11)
        b=34,c=4;
    if(dir==12)
        b=42,c=10;
    if(dir==13)
        b=36,c=6;
    if(dir==14)
        b=33,c=3;
    if(dir==15 || dir==16 || dir==17)
        b=32,c=2;
    if(dir==18)
        b=34,c=4;
    if(dir==19)
        b=55,c=24;
    if(dir==20)
        b=57,c=28;
}

```



```

void boxx(void){
    window(24,7,67,15);
    clrscr();
    textattr(0x70);
    window(22,6,64,14);
    clrscr();
    window(1,1,80,25);
    single_box(22,6,64,14);
    textattr(0x7f);
    xy_puts(25,8, "-----");
    textattr(0x70);
    xy_puts(25,10,"-----");
    xy_puts(25,8, "-----");
}
/*-----*/
void screenout(void){
    normal();
    textattr(0xF0);
    window(1,2,80,24);
    clrscr();
    textattr(0xF0);
    window(1,1,80,25);
    gotoxy(1,1);
    printf("\n\r -----<< 계 산 결
    과 >>-----");
    printf("\n\r < 설 계 조 건 >
    < 계 산 결 과 >
    냉매 : R-404A
    증 발 온 도 : [C] ";
    printf("\n\r 해 수 온 도 : / [C] 증
    발 압 력 : [kg/cm^2] ");
    printf("\n\r 수 조 온 도 : [C] 응
    축 온 도 : [C] ");
    printf("\n\r 급 수 량 : [Ton/h] 응
    축 압 력 : [kg/cm^2] ");
    printf("\n\r 과 냉 각 도 : [C] 흡
    입가스 비체적 : [m^3/kg] ");
    printf("\n\r 과 열 도 : [C] 토
    출가스 비체적 : [m^3/kg] ");
    printf("\n\r 체 적 효 율 : [%] 흡
    입가스 엔탈피 : [kcal/kg] ");
    printf("\n\r 압 축 효 율 : [%] 토
    출가스 엔탈피 : [kcal/kg] ");
    printf("\n\r 기 계 효 율 : [%]
    축출구 엔탈피 : [kcal/kg] ");
    printf("\n\r -----");
    printf("\n\r 축기출구 온도 : [C] ");
    printf("\n\r < 성 적 계 수 >
    매 유 량 : [kg/h] ");
    printf("\n\r 냉 동 기 성적계수 :
    축 부 하 : [kcal/h] ");
    printf("\n\r 히트펌프 성적계수 :
    발 부 하 : [kcal/h] ");
    printf("\n\r 시 스템 성적계수 :
    -----");
    printf("\n\r -----<
    예열기> 입구온도: [C] ");
}
printf("\n\r < 기 기 용 량 설 정 >
    출구온도: [C] ");
printf("\n\r 압 축 기 : [kW] <
    응축기> 입구온도: [C] ");
printf("\n\r 예 열 기 : [m^2]
    출구온도: [C] ");
printf("\n\r 응 축 기 : [m^2] <
    증발기> 입구온도: [C] ");
printf("\n\r 증 발 기 : [m^2]
    출구온도: [C] ");
printf("\n\r -----");
normal();
}
/*-----*/
void calcul(void){
    auto float
        whst,shst,tankt,tankv,compty,et,ct,sct,shf,efm,efv,
        efp;
    auto float
        p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,t1,t2,t22,t3,t4,t5,t6,t7,h1,h2,h2
        2,h3, h4,h5,h6,h7;
    float v1,v2,v22,s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7,d1,d22,d3,d4,d5,d6,d7;
    float pin,pout,cin,cout,ein,eout,cedt,eedt,clmtd,elmttd,
        Qp,Qc,
        Qe,Ap,Ac,Ae,Gr,compkw,Rcop,Hcop,HHcop;
    char *cnalza=" ";
    char *cname=" ";
    char *cwhst=" ";
    char *cshst=" ";
    char *ctankt=" ";
    char *ctankv=" ";
    char *ccompty=" ";
    char *cet=" ";
    char *cct=" ";
    char *csct=" ";
    char *csht=" ";
    char *cefm=" ";
    char *cefv=" ";
    char *cefp=" ";
    float dt1=3.0;
    float dt4=3.0;
    응 ffp=fopen("heatp3.dat","r");
    fscanf(ffp,"%10s\n%10s\n%4s\n%4s\n%4s\n%5s\n%
    1s\n%4s\n%4s\n%3s\n%3s\n%4s\n%4s\n%4s"
    ,cnalza,cname,cwhst,cshst,ctankt,ctankv,ccompty,c
    et,cct,csct,csht,cefm,cefv,cefp);
    응 fclose(ffp);
    증 whst = atof(cwhst);
    shst = atof(cshst);
    tankt = atof(ctankt);
    tankv = atof(ctankv);
    compty = atof(ccompty);
}

```

```

et = atof(cet);
ct = atof(cct);
sct = atof(csct);
sht = atof(csht);
efm = atof(cefm);
efv = atof(cefv);
efp = atof(cefp);
pin = tankt+273.15;
pout = p_prehb(whst)+273.15;
    ein = p_prehb(whst)+273.15;
    cin = tankt+273.15-(ein-whst-273.15);
    cout = tankt+273.15;
    cedt = cout-cin;
    Qc = tankv*1000*cpsw*cedt;
    Qe = tankv*1000*cpsw*cedt;
    t7 = et+273.15;
    t4 = ct+273.15;
    t1 = t7+sht;
    p1 = r_rpa(t7);
    d1 = r_rgdens(t1,p1);
    h1 = r_rghmg(t1,p1);
    d7 = r_rgdens(t7,p1);
    h7 = r_rghmg(t7,p1);
    p2 = r_rpa(t4);
    t2 = c_compoutt(t1,t4,p1);
    h2 = r_rghmg(t2,p2);
    h22 = h1+(h2-h1)/(efp/100);
    t22 = r_rt22(h2,t2,p2);
    d22 = r_rgdens(t22,p2);
    t3 = t4;
    p3=p4=p5=p2;
    p7=p6=p1;
    h3 = r_rghmg(t3,p2);
    h4 = r_rlhmg(t4);
    t5 = t4-sct;
    h5 = r_rlhmg(t5);
    Gr = Qc / (h22-h5);
    Qe = Gr * (h1-h5);
    eout = ein - Qe / (tankv*1000);
    t6 = t5;
    h6 = h5;
/*****/
    clmtd = l_lmtd(cin,cout,t4);
    Qp = tankv * 1000 * cpsw * (pin-pout);
    Ap = Qp / (kl * (pin-pout));
    Ac = Qc / (kl * clmtd);
    elmtd = l_lmtd(ein,eout,t7);
    Gr = Qe / (h1-h5);
    Ae = Qe / (kl * elmtd);
    compkw = (h22-h1) * Gr / ( efv/100 *
efm/100 * 860)*1.1;
    Rcop = Qe/(compkw*860);
    Hcop = Qc/(compkw*860);
    HHcop = (Qp + Qc ) / (compkw*860
+tankv*1000*15*2/102/3600*860*1.1*1.25)/1.1;
    remove("heatp4.dat");
    if ( (ffpp=fopen("heatp4.dat","ab")) ==
NULL)

```

```

        ffp=fopen("heatp4.dat","w");
fprintf(ffpp,
"%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%
f\n
%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n",whst,sht,tankt,ta
nkv,sct,sht,efm,efv,efp,p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7);
fprintf(ffpp,
"%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%
f\n
%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n",t1-273.15,t2-273.1
5,t22-273.15,t3-273.15,t4-273.15,t5-273.15,t6-273.15,t
7-273.15,h1,h2,h22,h3,h4,h5,h6,h7);
fprintf(ffpp,
"%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%
f\n
%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n",pin-273.15,pout-2
73.15,cin-273.15,cout-273.15,ein-273.15,eout-273.15,
cedt,eedt,clmtd,elmtd,Qp,Qc,Qe,Ap,Ac,Ae);
fprintf(ffpp,
"%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n",Gr,compkw,Rcop,Hc
op, HHcop);
fprintf(ffpp, "%f\n%f\n%f\n",d1,d7,d22);

        fclose(ffpp);
}
/*-----*/
void out(int sun){
char *bnalza=" ";
char *bname=" ";
char *bwhst=" ";
char *bshst=" ";
char *btankt=" ";
char *btankv=" ";
char *bcompty=" ";
char *bet=" ";
char *bct=" ";
char *bsct=" ";
char *bsht=" ";
char *befm=" ";
char *befv=" ";
char *befp=" ";

ffpp=fopen("heatp4.dat","r");
fscanf(ffpp,
"%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%
f\n
%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n",&whst,&sht,&ta
nkt,&tankv,&sct,&sht,&efm,&efv,&efp,&p1,&p2,&
p3,&p4,&p5,&p6,&p7);
fscanf(ffpp,
"%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%
f\n
%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n%f\n",&t1,&t2,&t22,&t3
,&t4,&t5,&t6,&t7,&h1,&h2,&h22,&h3,&h4,&h5,&h
6,&h7);

```

```

lineto(x1+(x2-x1)*(r_rghmg(t,p)-90)/80,y2-(y2-y1)*pp/20);
    }
    }
}

/*-----*/
jump:
    setcolor(4);
    if (x2-x1<300){ setlinestyle(4,0xffff,1);}
    if (x2-x1>300){ setlinestyle(4,0xffff,3);}
    yf=y2-(y2-y1)*6.676164*log(p2)/20;
    xf=y2-(y2-y1)*6.676164*log(p1)/20;
    moveto(x1+(x2-x1)*(h2-90)/80,yf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h4-90)/80,yf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h5-90)/80,yf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h6-90)/80,xf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h7-90)/80,xf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h1-90)/80,xf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h2-90)/80,yf);
    if (x2-x1<300){ setlinestyle(4,0xff0f,1);}
    if (x2-x1>300){ setlinestyle(4,0xff0f,3);}
    lineto(x1+(x2-x1)*(h22-90)/(80),yf);
    lineto(x1+(x2-x1)*(h1-90)/(80),xf);
    setcolor(5);
    setlinestyle(4,0xff0f,1);

    line(x1+(x2-x1)*(h5-90)/80,yf,x1-(x2-x1)*0.02,yf);

    line(x1+(x2-x1)*(h6-90)/80,xf,x1-(x2-x1)*0.02,xf);

    line(x1+(x2-x1)*(h6-90)/80,xf,x1+(x2-x1)*(h6-90)/80,y2+(y2-y1)*0.02);

    line(x1+(x2-x1)*(h1-90)/80,xf,x1+(x2-x1)*(h1-90)/80,y2+(y2-y1)*0.02);

    line(x1+(x2-x1)*(h22-90)/80,yf,x1+(x2-x1)*(h22-90)/80,y2+(y2-y1)*0.02);
}

/*-----*/

```

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개할 수 없습니다.

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

■ 문의처 : 한국해양수산기술진흥원 TEL 02)3460-4000
전남대학교(주관연구기관) TEL 062)659-3273

새로운 제빙방식은 응용한 싱싱회 안전수송 냉장시스템 개발
농림수산식품부