

냉 동 운 반 선

Refrigerated Cargo Vessel

오 후 규
H. K. Oh
부산수산대학교 냉동공학과



- 1948 년생
- 냉동창고, 냉장과 냉동수송등에 관심이 많음.

1. 서 론

최근 식문화의 급격한 변화와 더불어 여러가지 식품의 수출입이 빈번하여 졌고, 이러한 수송의 상당 부분은 냉동 운반선(Refrigerated Cargo Vessel, 혹은 Refrigerated Carrier)을 이용하게 되었다. 냉동 운반선은 냉동품 전용 운반선, 바나나 전용 운반선, 다목적 운반선 등이 있는데, 주로 식품을 적재하고 원산지로부터 수요지로 대량 수송하기 위한 선박으로 적재물을 안전하게 수송하기 위해 냉동장치를 설비한다. 냉동장치의 설비는 다양하게 변할 수 있는 외부조건에 견딜 수 있어야 하며, 해상운송 조건도 화물의 취급습관, 계절에 따라 서로 다를 뿐만 아니라 최적 운송 온도에 대해서도 식품마다 다르다. 따라서 완벽한 냉동 운반선의 설비는 물론 냉동선의 선원은 이러한 다양한 식품의 수송조건을 정확히 알고, 품질에 영향을 미치는 요인에 대해서 숙지할 필요가 있다.

2. 냉동설비

냉동설비의 방식이나 설계에 대해서는 여러가지의 요령과 참고자료들이 있을 수 있으나

여기에서는 기본적인 자료와 몇가지 주의하여야 할 사항에 대해서만 언급하고자 한다. 표1은 냉동 운반선 냉동장치 기준의 개략을 나타낸 것이다.

2.1 설비개요

2.1.1 적재물과 운송조건

적재물은 청과물(과실, 야채류 및 원예 농산물), 낙농품 및 동결품으로 크게 구분된다. 특히, 청과물을 살아 있는 상태로 수송하기 위해서는 그 종류에 따라 정상적인 생리작용을 유지하기 위한 적절한 수송온도, 습도, 임계온도 등의 조건이 있다. 즉, 고내 온도가 적절한 온도이고, 온도 변동이 작을 것, 적당한 상대습도(80~95%)의 유지, 저온 장애가 생기는 온도에 대해 그 임계온도나 동결온도의 관리, 호흡작용에 의한 탄산가스의 최대 허용농도의 관리, 악취, 오염의 관점에서 혼합물의 허용조건 엄수 등이다. 특히, 해상수송의 대부분은 과일인데, 이 중에는 예냉되어 있지 않는 것이 많다. 해상수송의 제1 단계는 소정의 수송온도까지 풀음을 되도록이면 빨리 내려야 하나, 이 작업은 포상용기에 의한 진열 저항과 선내 공간을 유효하게 이용하기 위한

과적으로 인하여 공기순환이 잘 일어나지 않는 점 등의 장애요인이 있다. 또한 식품의 냉각 진행도 공기의 출구측과 입구측은 서로 다를 수 있으므로 공기의 온도만으로 식품의 온도를 예상하는 것은 충분하지 못할 때가 있다.

2.1.2 온도의 설정

(1) 한계온도

과실이나 야채는 어느 온도 이상이나 이하가 되면 불가역적 변화가 일어나 품질의 손상이 일어나는데, 이 변화가 일어날 수 있는

온도를 한계온도라고 말한다. 이 온도는 보통 빙결점의 온도나 저온 장애가 일어날 수 있는 온도이다. 예를 들면, 바나나의 경우는 11.5℃이다. 표2는 청과물, 표3은 동결품 및 낙농품의 냉각 냉장조건을 나타낸 것이다.

(2) 동결식품에 대한 온도범위의 제약

동결식품의 경우, 동결식육의 표면온도는 최고 -5℃까지, 동결포장 식품에서는 -10℃ 정도까지이다. 이 점에 대해서는 하주가 지정할 경우가 있다.

표 1. 냉장 운반선의 개략 사양

분류	항목	적재물	증발기	냉각방식	창고 내 통풍방식	창내온도 (℃)	온도제어 편 차	신선공기 도입
냉동품 전용 냉장 운반선		동 결 품	유니트 쿨라 또는 유니트 코일	암모니아, R22 직팽, 건식 직팽, 만액식 직팽, 액펌프식	냉각공기순환 방식 또는 자연대류식	-18 ~ -30	±0.25 ~ 2 (2 위치)	없음
바나나 전용 냉장 운반선		바나나 파인애플 야채류	유니트	R12, R22 직팽, 건식 R12, R22 간접식 (브라인식)	냉각공기 순환방식	0 ~ 15	±0.25 ~ 0.5 (P-1)	있음
다목적 냉장 운반선		일반화물 공업제품 청과물 낙농품 동결품	쿨라	R22 직팽, 건식 직팽, 만액식 직팽, 액펌프식 간접식(브라인)		15 ~ -30	±0.25 ~ 0.5 (P-1)	

표 2. 청과물의 냉각 냉장표

품 명	함유량 (%)	동결 점 (℃)	비 열 (kcal/kg℃)	체적비 (m³/톤)	상대습도 (%)	저장온도 (℃)	저장기간
〈청과물〉							
사 과	85	-2	0.92	7.5	85 ~ 90	-1 / +1	2 ~ 7월
바 나 나	75	-1.7	0.8	15.6	85 ~ 90	+12 ~ +13.5	2 주
파인애플	85.3	-1.2	0.88	8.1	85 ~ 90	+4 / +12	2 ~ 4 주
체 리	82	-4.5	0.87	15.6	80	+0.5 / +1	1 ~ 3 주
레 몬	89	-2.1	0.92	9.4	80 ~ 90	5 / +10	2 월
오 렌 지	90	-2.2	0.90	9.4	85 ~ 90	0 / +10	8 ~ 10 주
복 송 아	86.9	-1.5	0.90	7.5	80 ~ 90	-0.5 / +1	2 ~ 4 주
배	83	-2	0.90	7.5	85 ~ 90	+0.5 / +1.5	1 ~ 6 월
양 배 추	91	-0.5	0.93	15.6	80	0 / +0.1	1 ~ 3 월
양 과	87.5	-1	0.90	9.4	85 ~ 90	+1.5	3 주
감 자	77.8	-1.8	0.82	12.5	85 ~ 90	+3 / +6	6 월

표 3. 동결품, 낙농품의 냉각냉장표

품 명	함유량 (%)	동 결 점 (°C)	비 열 (kcal/kg °C)	체 적 비 (m ³ /톤)	상대습도 (%)	저 장 온 도 (°C)	저 장 기 간
돼 지 고 기	35~42	-2.2/-1.7	0.92~0.32		85~90	-30/-10	3~12 월
양 고 기	60~70	-2.2/-1.7	0.38	5.9	80~90	-24/-12	10 월
닭 고 기	60	-1.7	0.43	6.2	80	-30/-10	3~12 월
햄	47~54	-2.2/-1.7	0.34~0.36	8.1	80	-20	6 월
계 란	73	-2.2	0.42			-15/-13	18 월
야 채	72	-2	0.41	8.1	85~90	-24/-15	3~12 월
과 일					80~90	-23/-15	6~12 월
일반어류	83	-1.5	0.45	8.1	90~95	-20/-12	8~10 월
<낙농품>							
빠 - 다	14~15	-2.2	0.55	47	75~80	-10/-1	6 월
치 즈	46~53	-2.0/-10	0.64	40	65~75	-1.0/+1.50	3~10 월
계 란	70	-2.2	0.76	54	80~85	-1.0/-0.5	8 월

표 4. 냉동창고의 주변온도

구 분	온 도(°C)
외기온도(상대습도)	35 (70%)
해수온도	32
폭로감판표면온도	60
일음감판	40
외판온도(수면상)	45~50
외판온도(수면하)	35
기계실측벽온도	45
전단벽 및 일반벽온도	35
2중 저온도	32
창고내 온도	수송온도(지정되어짐)

(3) 수송온도

일반적으로 과실이나 야채의 경우는 안전성을 고려하여 한계온도보다 높은 온도를 설정한다. 동결식품의 경우는 하주가 지정하는 온도이다.

2.1.3 주위온도

냉장고의 주위설계온도는 표 4 와 같다. 단, 특별한 지정조건이 있는 경우에는 그 지정조건에 따르면 된다.

2.1.4 적재물의 조건

적재물에 대해 특별한 조건이 지정되어 있지 않은 경우에는 표 5 의 기준에 의한다. 여기서, 냉각시의 냉각시간이라는 것은 냉장고

표 5. 적재 물품별 일반 계획서 조건

항 목	적재물 상태	바 나 나		야 채		빙 결 품	
		냉 각 시	보 냉 시	냉 각 시	보 냉 시	냉 각 시	보 냉 시
적재율(톤/m ²)		0.25 ~ 0.3030		0.35 ~ 0.45		0.55 ~ 0.60	
적재시 품온(°C)		28~-35	-	15~-25	-	-12~-25	-
창고내 계획온도(°C)		-	12~14	-	0~7.5	-	-12~30
공기순환회수(回/h)		60~90		60~80		35~50	
비 열(kcal/톤·h)		900		900		380~460	
호흡열(kcal/톤·h)		92~105	32~45	20~25	12~15	-	-
신선공기환기회수		1.0~3.0		0.9~1.5		-	
냉각시간(h)		36~48	-	60~96	-	48~72	-

에 모든 적재물을 적재하고, 적재 직후부터 계획 온도까지 냉각 강하시키는 동인의 상태 및 그 상태에 도달하는 시간을 말하며, 보냉시라는 것은 계획 고내온도(수송온도)에 달하여 그 온도를 유지하는 상태를 말한다.

2.2 냉장고의 부하계산

2.2.1 방열벽으로부터의 침입열량

냉장고의 주위온도조건에 따라 구분하여 각각 다음식으로 계산한다.

$$Q_H = A \cdot K \cdot (t_1 - t_2)$$

여기서,

Q_H : 방열벽으로부터 침입하는 열량, kcal/h

A : 열침입 면적, m^2

K : 방열벽의 전체 열통과율, $kcal/m^2h^\circ C$

t_1 : 외기온도, $^\circ C$

t_2 : 고내온도, $^\circ C$

외, 중간 갑판 등의 갑판 둘레에서의 침입 열량은 다음 식으로 구한다.

$$Q_D = L \cdot K_D \cdot (t_1 - t_2)$$

여기서,

Q_D : 갑판둘레에서 침입하는 열량, kcal/h

K_D : 갑판둘레에서의 단위 열통과율, $kcal/m^2h^\circ C$

L : 갑판둘레의 길이, m

여기서, K_D 는 다음 식으로 계산한다.

$$K_D = \frac{\lambda \cdot t}{L + \left(\frac{\lambda \cdot t}{E_1 + E_2} \right)^{1/2}}$$

여기서,

K_D : 갑판의 단위 열통과율, $kcal/m^2h^\circ C$

λ : 강철의 열전도율, $kcal/mh^\circ C$

t : 갑판의 유효 두께, m

E_1 : 갑판 표면에서의 열발산율, $kcal/m^2h^\circ C$

E_2 : 갑판의 이면에서의 열발산율, $kcal/m^2h^\circ C$

2.2.2 송풍기, 펌프류의 발열량

순환송풍기는 고내온도에 관계없이 연속 운전으로서 그 전동기 출력에 대해 냉각 및 보냉할 때에 대해서 각각 산출한다. 또, 신선공

기 도입 송풍기, 냉매액 펌프, 브라인 순환 펌프 등도 아래와 같은 식으로 구할 수 있다.

$$Q_F = 860 \cdot G \cdot n$$

여기서, Q_F : 동력의 발열량, kcal/h

G : 전동기의 출력, kw

n : 전동기 대수

2.2.3 청과물의 호흡 열량

호흡열은 청과물의 종류, 상태 및 온도에 따라 다르기 때문에 냉각시에는 적재 초기 온도와 고내 계획온도와의 평균온도, 보냉시에는 고내 계획온도로서 다음식의 단위 호흡열량으로서 산출한다.

$$Q_R = W \cdot R$$

여기서, Q_R : 호흡열량, kcal/h

W : 청과물의 중량, ton

R : 단위 호흡열량, kcal/ton

2.2.4 신선공기의 냉각 열량

신선공기량은 청과물의 종류, 상태, 온도에 따라 다르다. 냉장고내 용적의 1.0~3.0 회/h를 기준으로 계산하며 아래와 같은 식으로 구할 수 있다.

$$Q_V = \frac{V \cdot n \cdot (h_o - h_i)}{v_i}$$

여기서,

Q_V : 신선공기의 냉각열량, kcal/h

V : 냉장고내 용적, m^3

n : 환기 회수, 회/h

h_o : 외기의 엔탈피, kcal/kg

h_i : 냉장고내 공기의 엔탈피, kcal/kg

v_i : 냉장고내 공기의 비체적, m^3/kg

2.2.5 적재물의 냉각열량

적재물을 반입할 때의 온도에서 고내 계획 온도까지 하강시키는 열량이다. 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$Q_P = \frac{W \cdot C \cdot (t_s - t_2)}{t}$$

여기서, Q_P : 적재물의 냉각열량, kcal/h

C : 적재물의 비열, $kcal/kg^\circ C$

t_s : 적재물의 반입시 온도, $^\circ C$

t : 냉각시간, h

2.2.6 총 열 량

이상과 같은 계산 결과를 적재물별로 각각 냉각시, 보냉시로 구분해서 집계한 것이 1일 24시간 운전시의 총열량 Q_r 이다. 즉, 표 6 과 같다.

표 6. 적재물에 따른 냉동부하

청과물	냉각시	$Q_r = Q_H + Q_D + Q_F + Q_B + Q_V + Q_P$
	보냉시	$Q_r = Q_H + Q_D + Q_F + Q_B + Q_V$
동결품	냉각시	$Q_r = Q_H + Q_D + Q_F + Q_P$
	보냉시	$Q_r = Q_H + Q_D + Q_F$

2.2.7 설계부하

총열량 Q_r 에서 방열문, 배관이나 제상에 의 한 열손실 등을 고려할 필요가 있다. 즉,

$$Q_T = \alpha \cdot Q_r$$

여기서, Q_T : 총설계부하, kcal/h

Q_r : 총열량, kcal/h

α : 안 전 율

다목적 냉동 운반선의 경우에는 각각의 적 재물 및 냉각시, 보냉시의 각각에 대한 계산 을 한다.

2.3 냉동장치의 선정

2.3.1 냉각방식

냉장고내의 공기를 냉각하는 방법은 R12 또는 R22에 의한 직접 팽창식과 R22/브라 인(CaCl₂)에 의한 간접 팽창식이 있다. 이것

들은 선형, 냉장고 용적과 구획수, 적재물, 고 내 계획온도, 냉동 기계실의 위치 등의 조건 에 따라 결정된다.

직접 팽창식은 R12의 건식에만 한정되지 만, R22의 경우에는 건식(고내온도 15 ~ -30℃), 만액식(고내온도 15~-50℃), 액 펌프식(고내온도 15~-50℃)에도 사용된다. 표 7 은 R22 직접 팽창식의 종류와 특징을 나 타낸 것이다.

간접 팽창식은 10000m³ 이상의 대형 선박 에 많이 이용되며, 그 특징은 다음과 같다.

- 냉장고내 온도, 특히 각 고내마다의 온도 제어가 용이하다.
- 냉매 배관이 냉동 기계실만으로 제한되어 냉매 누설 등과 같은 보수, 점검이 용이 하다.
- 저온 운전에 있어서 냉매관내 압력손실 이 작다.
- 공기 냉각기의 제상이 핫 브라인에 의해 짧은 시간에 가능하다.
- 브라인 냉각기, 브라인 펌프 등이 필요 하며 냉동 기계실의 설비면적이 크게 된다.
- 냉매와 공기 사이에 브라인이 존재하기 때문에 냉동 능력이 직접 팽창식에 비해 20~25% 증대하므로 부대설비가 많아 진다.

2.3.2 냉동기의 선정

냉동부하에서 산출한 총열량과 고내 계 획 온도, 적재물의 각 냉장구분에 대한 적재조 건, 보냉시의 운전시간 등에 따라 압축기의

표 7. R22 직접팽창식의 종류와 특징

항목 \ 종류	건 식	만 액 식	액 펌 프 식
고내온도(℃)	15 ~ -30	15 ~ -50	15 ~ -50
냉매총액제어	온도자동식팽창밸브	액면제어기기	액면제어기기
냉매총액	고저압의 차압	액면높이 상당하는 압력차	액펌프의 양정에 상 당하는 압력차
공급기 또는 저압 수액기의 장소	불 필 요	공급기는 각 냉각기 에 부속	저압수액기는 액냉 각식의 위치에 관계 한 기기실에 설치
냉 매 량	작 음	대단히 큼	큼

용량과 대수를 결정한다.

다목적 냉동 운반선의 경우, 적재물의 종류에 따라 수송온도가 다르다. 청과 적재물의 경우에는 0~15℃, 동결 적재물의 경우에는 -30~-20℃이므로 운송시의 계획 증발온도는 각각 -8~5℃, -38~-28℃이다. 이 범위에 있어서 동일 압축기로 운전이 가능한 조건이 되면 청과물 적재 운전시에는 동력을 감소시키고, 동결품 적재 운전시에는 낮은 증발온도하에 있어서 성적계수는 높게 되어 충분한 냉동능력을 확보하지 않으면 안된다. 콤파운드 왕복동 2단 압축기를 이용하여 고내 온도가 15~-20℃의 운전범위에서 용량제어를 고려한 단단 압축운전, 고내 온도가 -20℃ 이하의 운전시에는 2단 압축기로서 냉동능력의 증대를 도모할 수 있다. 또한, 스크류 단단 압축기의 용량제어 특성을 이용하여 용량제어를 하면 상당히 동력을 절감할 수 있다.

2.3.3 부속장치 및 기기

(1) 고내 온도제어와 하한 온도 경보장치

청과물 중에서 바나나, 파인애플, 토마토, 가지 및 칠드식육 등은 단기 저장기간으로서 수송시간이 한정되어 있고, 또한 고내 온도의 허용온도 편차의 제한이 엄격하다. 이러한 온도제어는 허용온도편차 $\pm 0.25 \sim 0.5^\circ\text{C}$ 에 있어서 공기 냉각기의 공기출구온도를 검출하여 관련 기기의 제어를 한다. 직접 팽창식의 경우에는 공기냉각기 입구의 브라인 유량 및 브라인 온도를 제어한다.

청과물은 저온 장해를 방지할 필요가 있다. 고내온도가 한계온도에 도달할 때는 경보를 울리고, 공기냉각기의 출구 공기온도의 과냉각을 방지한다. 즉, 직접 팽창식의 경우에는 냉매액 공급 전자밸브를, 간접 팽창식의 경우에는 브라인 유량제어 밸브를 각각 차단하는 장치를 하한 온도 경보장치라 한다.

(2) 냉장고내 공기의 가열

외기온도가 낮은 고위도 해역을 항해하는 경우에는 청과물의 발생 열량, 순환 송풍기의 발생 열량에 비해 냉장고의 발생 열량이 작은 상황에서는 고내 공기를 가열할 필요가 있다.

이는 전열, 가스열 및 브라인 등에 의해 가열할 수 있는 설비를 한다.

(3) 공기 냉각기의 제상장치

다목적 냉동 운반선의 공기 냉각기는 강관, 강관핀, 동관 알루미늄핀 등을 사용한다. 바나나 등과 같이 고내 온도가 높은 경우를 제외하고는 증발온도가 0℃, 또는 그 이하로 되면 공기 냉각기의 전열부에 착상이 생기고, 서리 두께 4~6mm를 한도로 하여 냉각효율이 급격히 낮아지므로 제상을 하여야 한다. 제상은 수동조작, 수동 눌림 버튼 또는 서리 검출기에 의해 작동하는 장치를 채용한다.

제상은 냉매액 공급라인을 차단한 후에 순환송풍기를 정지시키며, 압축기를 정지시키고, 제상장치를 가동시켜 정상운전상태로 복귀하는 순서로 한다. 적재물의 종류, 상태, 하역 방법, 냉각시, 보냉시, 공기 냉각기의 사양등에 따라 그 정도는 다르다. 일반적으로 반입 직후는 1회/일, 보냉시는 1회/주 정도로 정기적으로 하는 방법도 있다. 제상의 방식은 다음과 같은 것이 사용된다.

- 직접 팽창식의 경우에는 핫가스(압축기의 토출가스)을 이용하는 방식
- 공기 냉각기의 전열부를 외측에서 전열기로 가열하는 방식 또는 (1)과 병용하는 방식
- 공기 냉각기 전열부의 외측에서 해수 또는 청수(최고온도 60℃)를 살포하는 방식
- 간접 팽창식의 경우에는 공기 냉각기의 관내(브라인측)에 따뜻한 브라인(60℃)을 순환하는 방식

(4) 탄산가스 검지기

청과물을 적재하는 경우에는 고내 공기중의 탄산가스 농도를 정기적으로 측정하여 신선 공기량을 조절하므로써 농도를 일정 이하로 보존한다. 보통 탄산가스 농도는 0.1~1.0%의 범위이지만, 사과는 최대 2%, 포도는 최대 5% 등으로 청과물의 종류와 상태에 따라 차이가 있다. 감귤류에서 탄산가스 농도를 0.1~0.5% 범위로 유지하기 위해서는 냉동장치 부하가 상당히 증대되는 경우도 있다.

(5) 오존 발생기

오존의 사용목적은 적재물 양육 후, 고내의 탈취, 살균 등이다. 오존 사용에 관한 확실한 자료는 적지만, 대부분 3~6mg/m³h의 오

존을 공급하도록 권장하고 있다. 운송중의 오존농도는 청과물에 따라 0.01~0.33mg/m³h으로 한다. 오존의 탈취 능력은 감귤류의 악취에 대해 효과가 있는 반면, 다른 악취에 대

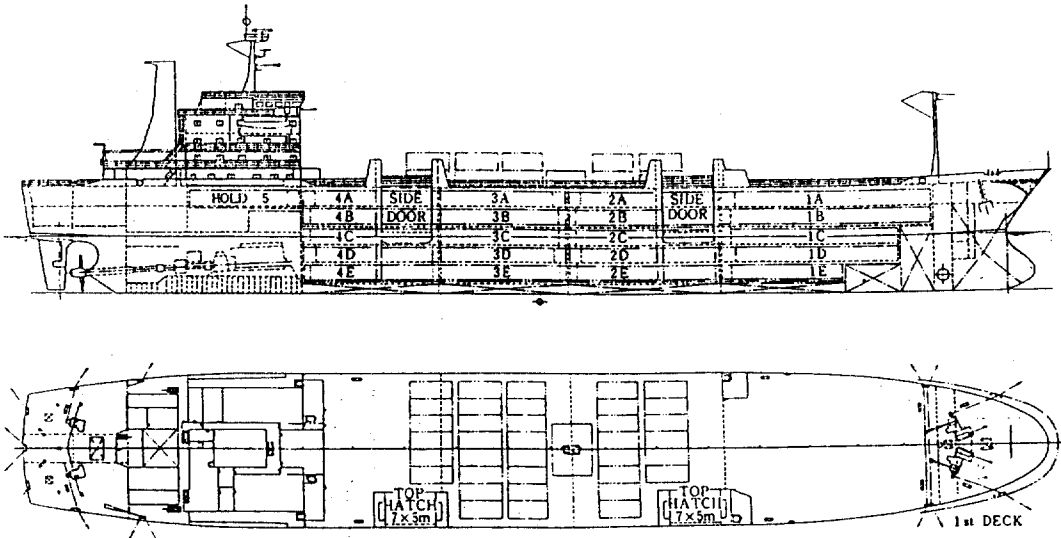


그림 1. 440,000 CF 다목적 냉장 운반선

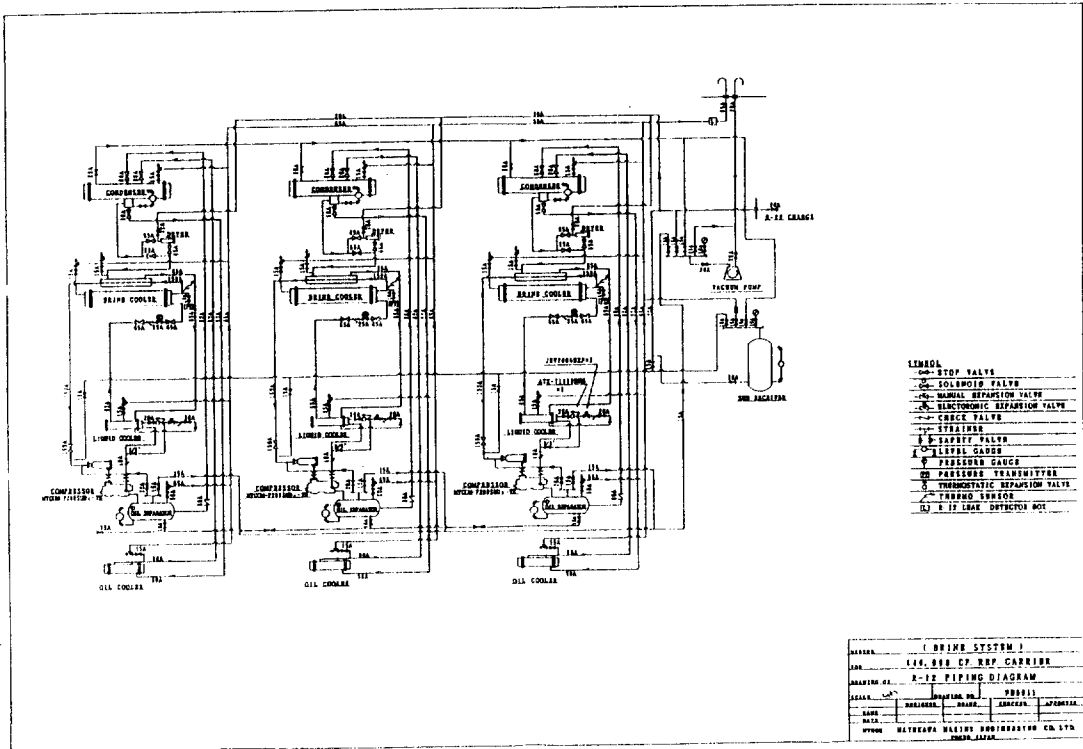


그림 2. 440,000 CF급 다목적 냉동운반선의 계통도

표 8. 440,000 CF Brine System Calculation Table

Heat Load Calculation Table		open air temp = 35°C, open air humid = 70%, sea water temp = 32°C					
Hold Volume (m³)	12460	Banana		Fruits & Vegetable		Frozen Foods	
		C. D.	Maint	C. D.	Maint	C. D.	Maint
Holding Temperature	(°C)	12		2		-25	
Holding Humidity	(%, R, h)	90		90		90	
Loading Factor	(ton / m³)	0.287		0.422		0.598	
Loading Capacity	(ton)	3576		5258		7451	
Specific Heat	(kcal / ton °C)	800		900		420	
Breathing Heat	(kcal / ton h)	95	40	40	10	-	-
Recirculation air	(Times / h)	90	60	90	60	45	45
Fresh Air Supply	(Times / h)	-	4	-	1.2	-	-
Cooling Down Hours	(hr)	30		48		72	
Goods Temperature	(°C)	32		15		-20	
Heat Transfer Coefficient	(kcal / m² h °C)	0.45		0.45		0.45	
Transmission Heat Loss	(kcal / h)	98959	98959	125734	125734	198027	198027
Fan Motor Heat Loss	(kcal / h)	258250	98458	269312	102675	67747	67747
Product Load Heat Loss	(kcal / h)	1335047	-	897167	-	152126	-
Fresh Air Heat Loss	(kcal / h)	-	266558	-	103567	-	-
Breathing Heat Loss	(kcal / h)	339720	143040	210320	52580	-	-
Brine Pump Heat Loss	(kcal / h)	81953	27318	74365	24788	54635	36424
Total Heat Loss A	(kcal / h)	2113930	634332	1576897	409344	472535	302197
Compressor Model		F 200 Sud 2-Ve × 200 kw × 3 Sets					
Condensed Temperature	(°C)	40(L)	(L)	40(M)	(M)	40(HE)	(HE)
Evaporative Temperature	(°C)	5	0	-5	-10	-35	-37
Capacity / One Comp. B	(kcal / h)	831200	694000	574700	457600	206200	188200
Brake Power / One Comp.	(BKW)	198.3	197.2	199.0	189.1	159.5	155.4
Calculation A / B		2.54	0.91	2.74	0.89	2.29	1.61
	(set)	3	1	3	1	3	2

해서는 그다지 효과가 없다. 감귤류는 상당한 농도에도 견디지만, 보통의 과실은 오존농도가 2ppm을 초과하면 피해가 발생하며, 또한 지질을 많이 함유한 식품에는 사용하지 않도록 한다. 이와 같이 운송중에 오존을 사용하는 경우에는 상당한 제약이 따른다. 오존 발생기는 배관이나 안전면에서 각 냉장고에 대해서 마스터실에 설치하여, 고내 순환덕트에 독립 배관으로 설치한다.

(6) 제어, 감시장치

각 냉동기의 운전, 제어를 기관실에서 할 수 있도록 제어 감시판을 설치한다. 여기에는 냉동 압축기, 순환 송풍기 등의 원격조정, 운전표시, 용량제어표시, 이상압력, 온도에 의한 자동정지의 경보 및 표시외에 고내 온도제어용 조절기, 하한 경보용 온도조절기, 고내 온도기록계 등을 설치하여 집중 감시한다.

그림 1은 다목적 냉동 운반선의 개략도, 그림 2는 냉매 계통도, 그리고 표 8은 부하 집계표의 일례를 나타낸 것이다.

3. 운전관리 및 점검

3.1 공기의 분포

화물 사이의 공기분포가 균일할 때는 냉각 작용이 능률적으로 일어난다. 화물을 밀적하였을 경우는 냉각공기의 분포가 균일하지 못하게 되어 불균일한 냉각이 일어나며 동일 어창에 크기가 다른 2가지 용기의 화물을 적재하였을 경우도 냉각공기의 기류가 균일하지 못할 경우가 있다. 그림 2는 고내 냉각공기의 순환과정을 나타낸 것이다.

3.2 온도의 범위

선적을 종료했을 때의 어창의 온도범위는 초기 화물의 온도 및 선적작업 시간에 따라서 달라진다. 냉장실내에서 냉각의 진행과 더불어 어창의 온도와 식품의 온도차는 점차 줄어들게 된다. 바나나의 경우 선적 초기의 품온은 전부 동일하나 10시간 후에는 냉각공기 출구부근의 저단에는 20℃ 정도 되었을 때 7단에 있는 것은 25℃로 되어 품온의 차가 일어난다는 조사 보고도 있다.

3.3 냉각의 균일성

화물의 냉각온도에 차이가 나는 것은 열의 이동상태와 공기순환의 차이에 의하여 일어난다는 것은 어쩔 수 없는 현상이나, 다음과 같은 원인에 의하여 품온의 차이가 일어날 수 있다. 즉, 동일 어창에 선적되는 물품중에 선적 초기부터 품온의 차이가 있는 것, 혹은 선적 작업시간이 너무 길었을 때는 최초 선적물과 최후 선적물과는 심각한 온도차이가 날 수 있다. 또한 기계적인 냉각설비의 미비로 인하여 냉각공기의 기류가 적당하지 못할 경우에도 선적물의 냉각온도가 서로 달라 안전한 수송을 할 수 없게 된다.

3.4 품온감하

품온감하를 간단히 냉각시간이라고도 하나 일반적으로 현장에서는 다음과 같은 의미의 어느 하나로 말하는 경우가 많다. 즉,

- 공기의 냉각시간 : 이 시간은 출구공기의

온도를 소정의 수송온도까지 강하시키는 데 걸리는 시간을 말한다. 어창에 있는 온도계를 이용하여 이 온도를 측정할 수 있다. 과실수송선인 경우의 냉각시간은 12~18시간이 보통이다.

- 화물의 냉각시간 : 이것은 화물의 평균적인 품온을 소정의 수송온도까지 냉각하는데 걸리는 시간을 말한다. 물론 이것을 측정하는 것은 어려운 일이며, 공기의 냉각시간보다 훨씬 장시간이 소요된다. 예를 들면 바나나의 경우 냉각공기의 온도가 12℃로 되었을 때도 바나나 자체의 품온은 20~22℃ 정도이다. 이 온도를 예측하는 간단한 요령은 냉각공기의 출구와 입구의 온도차가 0.5~1℃로 장시간 유지되는 시간을 측정하는 방법이다. 물론 공기의 순환효율, 선적방법 등에 따라 조금의 차이는 있을 수 있다.

3.5 운전 점검사항

육상 냉동장치의 점검사항이 준수되어야 하며 이 외에 특히 유의하여야 할 냉동운반선의 냉동설비 운전점검 사항은 다음과 같다.

- 냉동설비 업자의 특별한 지시를 제외하고는 증발온도를 높게 유지할 것.
- 제상을 신속하고 정기적으로 할 것.
- 자동제어기기는 화물을 적재하기 전에 작동을 확인할 것.
- 모든 밸브류는 각 항해마다 1번 정도 개폐해 볼 것.
- 냉매의 누설검사는 정기적으로 할 것.
- 브라인은 허용 pH 값의 범위에서 사용할 것.
- 건조기의 건조제는 정기적으로 점검하여 교환할 것.
- 고내에서 외기로 통하는 부분은 공기의 누설이 없도록 할 것.
- 새로운 냉동설비를 운전할 때, 모든 필터는 냉동설비내의 전회로가 깨끗해질 때까지 정기적으로 점검할 것.

4. 결 론

이상으로 냉동운반선에 관한 냉동설비의 설비조건, 부하계산, 장치의 선정, 그리고 운전관리 및 점검요령에 대해서 알아보았다.

최근 식문화의 급격한 변화는 물론 UR협상 등 여러가지 국제적 여건이 변함으로 해서 식품의 수출입이 빈번하여 졌고, 이러한 수송의 상당부분은 냉동운반선을 이용하게 되었다. 수입 농산물의 통계자료, 그리고 세관의 냉동식품 수입현황을 보아도 해마다 물동량이 증가하고 있음을 볼 때, 냉동운반선의 수요는 앞으로도 계속 증가하리라 예상된다.

본고가 냉동운반선의 설계자는 물론 운전

및 이용자들에게도 다소나마 도움이 되었으면 한다.

참 고 문 헌

1. ASHRAE Hand Book, 1991. Applications .
2. 한서 엔지니어링, 선박 냉동설계 데이터.
3. 加藤舜郎, 1976. 3~1976. 11, “冷蔵貨物の海上輸送(1)~(5)”, 冷凍空調技術.
4. 江口博, 1974. 1, “冷凍運搬船”, 冷凍.
5. 冷凍空調便覽, 1981, 應用編, 日本冷凍協會, 第4版.