

2. 유체, 열공학, 동력공학 및 기계역학

(2) 특집기사

선박공조장치 설계계획과 공조방법 Program Phase and Air-Conditioning Systems of Ship



정 형 호
H-H Jung

• 한국해양대학교 기계·정보공학부
• 대한냉동협회 이사

1. 서 론

선박에 대한 공조장치는 선박 내의 쾌적한 환경을 만들기 위하여 채용되었고, 그 대부분은 여객선의 객실, 공동구역을 대상으로 장착되었다. 그러나 최근에 이르러, 선박의 근대화에 따라 공조장치의 장비가 승무원의 작업환경의 개선을 목적으로 해서 유조선에서 일반 화물선까지 적용하고 있다. 선박공조장치의 계획은 비교적 중요한 일이다. 계획 단계에서는 풍부한 경험과 종합적 판단력을 요구하며, 공조장치 이외의 의장, 예를 들면 거주구역에서의 방열과 각 실내의 의장 등과의 유기적인 결합을 고려하여야 한다. 본 자료는 공조 계획에 대한 그 순서와 계획시의 지침을 기록한 것으로 초기 계획의 단계에 있어서 참고로 제공할 목적으로 작성하였다. 아울러 선박 공조방법을 분류하고 각 방법의 장단점을 비교하였다.

2. 선박용 공조장치의 계획 순서

2.1 설계조건 선정

공조장치의 계획에 있어, 먼저 아래의 설계조건을 정한다.

- (1) 선박이 취항할 항로 기항지를 정한다.
- (2) 외기 실내 및 냉각 해수 온도를 정한다.

선주로부터 특별한 지정이 없는 경우는 외기 실내 및 냉각 해수 온도 기준에 따른다.

- (3) 냉난방구역에 인접하는 구역의 온도를 정한다.
- (4) 공조를 해야 하는 구역의 배치 및 공조장치 설치 장소를 결정한다.
- (5) 방열량을 정한다.

2.2 공조방법 선정

설계조건이 정해진 후에 공조방법을 결정한다. 공조방법의 결정은 그 배의 항로와 공조를 실시할 범위, 배의 종류 등의 조건을 종합해서 판단할 작업으로 계획단계에 있어 가장 중요한 작업 중 하나

다.

일반적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 요구되는 설계조건을 충분히 만족시킬 장치는 어느 방법인가를 객관적으로 판단할 것이 중요하다. 필요하다면 면밀한 손익의 비교를 하여야 한다.

(2) 설계조건을 만족하는 범위 내에서 장치의 경제성을 생각한다.

(3) 장치의 조작이 간단하고 확실한 것이어야 한다.

(4) 장치의 자동제어범위를 어느 정도로 할지를 판단하여, 범위에 따라서 제어하기 쉬운 방법을 선정한다.

2.3 냉방 및 난방 부하 계산

냉방 및 난방 부하의 산출은 설계 정확도와 설계 시 구해지는 자료의 정확도에 따라 다음의 세 방법을 생각할 수 있다.

(1) 공조구역의 실내부피(또는 실내바닥면적)에 따라 대략의 부하를 구하는 방법.

(2) 실내부하, 환기공기부하, 재열부하, 기기에서의 취득부하 등을 별도로 산출하는 방법.

(3) 송풍량, 장치의 노점온도, 실내현열부하 등에 따라 부하를 산출하는 방법.

다음에 각 방법의 내용을 아래에 개략적으로 기술하였다.

(1)의 방법은 계획 초기에 냉동기 용량이나 그 외 부속 기기의 용량을 간단히 계산하는 방법이다. 설계 조건의 변화에 따라 큰 차이를 일으키는 경우가 있으므로 이에 관한 자료 사용에 대해서는 주의가 필요하다.

(2)의 방법은 부하를 종류별로 분류하고, 각각의 부하를 계산하여, 이것을 집계하는 방법이므로 설계조건이 정해지면 부하를 산출할 수 있기 때문에 많이 이용되고 있는 방법이다.

(3)의 방법은 냉방 및 난방의 사이클을 습공기선도표 위에 정하고, 공기냉각기, 가열기의 성능이나 공기 취출구의 특성에 따라 부하를 구하는 방법이다. 따라서 초기계획단계에서는 그다지 사용되지 않는 방법이다.

이상 간단하게 설명하였는데, 냉방부하 중 부속 기기 부하에 대해서는 2.4절에 나타낼 기기 사양을 결정한 뒤 정해지는 경우도 있다. 순서적으로는 일부 전후를 바꾸게 될 때도 있으므로 주의하길 바란다.

2.4 공조장치의 계획

냉난방 부하가 구해졌다면 다음으로는 공조장치계획을 하며, 이는 기본계획으로, 장치를 주문할 때의 사양을 정하기 위한 작업이다. 따라서 이 단계에서 상세한 설계를 위한 지침과 예산을 정할 수 있다는 것에 유의해 두기 바란다. 다음에 계획단계에서 결정해야 하는 사항에 대해 대략을 나타낸다.

2.4.1 송풍량의 결정

냉난방부하의 계산과정에서 송풍량을 정할 필요가 있고, 또 아래의 기기 용량산출을 위해서도 결정해 둘 필요가 있다.

2.4.2 부속기기 용량의 결정

각 부속기기의 소요 동력을 결정한다.

2.4.3 냉방 및 난방 방법의 결정

냉방 및 난방 방법이 공조방법과 아주 밀접한 관계가 있다. 따라서 공조방법이 정해지면 대략의 냉난방 방법은 정해진다. 여기서 결정해야 할 점은,

(1) 냉방인 경우 간접냉각식 또는 직접팽창식 중 어느 방법을 사용할 것인지를 정한다.

(2) 난방인 경우 열원으로 증기, 전기 또는 온수 중 무엇으로 할 것인지를 정한다.

(3) 냉난방인 경우 히트펌프방법에 사용할 것인지, 보통 일반적인 방법에 사용할 것인지를 결정한다.

2.4.4 기기의 배치 및 장비 수

공조방법에 의해서 대략의 기기 종류가 정해지고, 각 기기 배치의 개요를 정하고, 장비 수를 정한다. 고려해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 냉동기, 공조기를 어디에 설치할 건가를 정한다. 또 냉동기의 장비대수나 예비의 냉동기를 설치하는지 아닌지, 냉동기 1대에 몇 대의 공조기를 설비할지 등을 정한다.

(2) 냉각수의 공급은 전용 펌프를 이용할 것인가

지, 아니면 다른 용도의 것과 겸용할 것인가를 정한다.

(3) 개별식 공조방법의 경우, 공조구역의 구역화와 공조기의 수를 결정한다.

(4) 기기의 배치에 있어서는 그 보수 점검의 편의성, 덕트, 냉매배관, 냉각수 배관 등도 병행해서 고려한다.

2.4.5 냉동기의 종류 및 부속기기의 종류

선박용 공조기에는 압축기를 사용하는 증기압축냉동방법을 많이 이용하고 있지만, 그 외 방법의 예로 증기분사식 등도 선박용으로 이용되는 경우가 있다. 이 항에서는 사용할 냉동기의 종류를 결정에 대해서 논한다. 예를 들면 증기압축냉동 방법에서는 사용하는 압축기를 왕복식으로 할지, 터보식으로 할지, 또는 회전식으로 할 건지를 여러 가지 점에서 검토하여 압축기의 종류를 선정하는 것이다. 부속기기로는 응축기, 수액기, 수냉각 및 가열기 등이 있으나 이들의 형식, 용량에 대해서는 제작회사의 선정에 맡기는 것이 좋다.

또한 선박용으로 사용하는 것이므로, 재료 면에서는 내식성이 양호한 것을 선정할 필요가 있고, 또 형태 면에서는 배의 흔들림에 대해 지장이 없는 것으로 하는 등의 고려가 필요하다.

2.4.6 공조기

2.2에 따라 공조방법을 정한 후 공조방법에 맞도록 공조기를 구성한다. 공조기의 구성은 일반적으로 육상제품과 다른 점은 없지만, 선박용으로 사용되기 때문에 아래의 점에 주의해야 한다.

(1) 설치장소에서 감판 높이는 육상 건물과 비교해서 기계의 높이에 제약을 적게 받기 때문에 기기의 사이즈에 주의한다.

(2) 염분을 포함한 공기를 다루므로, 내식성이 양호한 재료를 사용한다.

(3) 선체의 롤링, 피칭을 고려하여야 하고, 특히 드레인의 처리에 대한 주의가 중요하다. 센트럴유니트는 일반적으로 센트럴유니트 룸을 설치하기 때문에 팬찮지만, 직접 거실 내에 설치하는 자납유니트, 웬-코일유니트에 대해서는 드레인의 처리가 문제되므로 주의를 요한다. 공조기를 구성하는 요소가 되는 에어필터, 냉각코일, 가열코일, 가습기,

방습기, 송풍기 및 자납유니트 식의 냉동유니트 등의 조합과 구성의 상세한 내용은 공조방법의 차이, 열부하의 다소 등에 따라 다르고, 또 메이커 표준에 따라 차이가 있기 때문에 상세한 내용은 메이커의 선정에 맡기는 것이 좋다.

2.5 송풍 계획

2.2절에서 2.4절의 각 항목을 정한 후에 송풍계획을 실시한다. 송풍계획의 상세한 내용 및 계산에 대해서는 별도로 작성하는 통풍장치 설치기준에 의하기로 하고, 아래에는 공조장치 계획의 초기에 고려해야 할 점을 간략히 나타낸다.

2.5.1 공조를 해야하는 구역의 구역화

(1) 공조구역의 배치에 따라 중앙구역, 선미구역 등으로 나눈다.

(2) 온도조건이 다른 구역이 있는 경우는, 예를 들어 일반 거주구역과 기관실, 감시실과 같이 온도조건이 다른 구역은 다른 계통으로 한다.

(3) 열부하의 밸런스를 생각해 구역화한다. 예를 들어, 정기항로를 취항하는 배는 항상 일사를 받는 구역이 발생한다. 일사가 계절적으로 바뀌는 경우, 일사 열부하의 변동을 생각해서 적합한 구역으로 나눈다.

(4) 사용목적에 따라 구역화한다. 예를 들어 거실구역과 침실구역의 경우와 같이, 그 사용목적에 따라 열부하 피크의 발생 방법이 다른 경우에는 다른 계통으로 한다.

(5) 방수 및 방화구역을 고려한 구역화한다.

구역화는 공조 구역의 온도제어를 쉽게 할 목적으로 실시하지만 그 결과에 따라서 냉동기의 장비대수, 공조기의 장비 수를 바꿀 필요도 있고, 또 공조방법을 재검토할 필요도 있다. 따라서 2.2절에서 2.4절의 내용에 오히려 선행해야 할 것이다. 또한 구역화를 실시한 후에 덕트 설계의 방침을 결정할 수 있다.

2.5.2 공기 취출구의 형식

공조방법이 결정되면 취출구로서 사용하여 얻는 범위는 자연히 결정된다. 취출구의 위치, 그 외에는 실내의 공기분포를 고려해 결정되지만, 선박의 경우 일반적으로 공기의 흐름분포는 육상처럼

이상적인 모습이 아니므로 공간적인 요구가 선행 되기 때문에 이점을 유의해야 한다.

2.5.3 외기 취입구

외기 취입구는 선박의 배기가스를 고려하여 그 위치를 정한다. 그 크기는 전송풍량을 공급할 수 있는 크기로 할 필요가 있다. 다시 말해 전송풍량을 외기로 한 경우에도 지장 없도록 취입구의 크기를 결정한다.

2.5.4 소음대책

소음 특히 송풍기, 덕트 및 취출구에 의한 소음에 대해서 주의를 해야한다. 고속 덕트에 대해서는 비교적 주의를 하고 있지만, 저속덕트에 대해서는 관심이 적더라도 소음에 대한 충분한 고려를 하여야 한다.

2.6 자동제어장치

공조장치에서 자동제어장치로서 고려해야 할 점은 다음과 같다.

2.6.1 제어의 대상

- (1) 공조구역의 온도
- (2) 공조구역의 습도
- (3) 송풍 덕트의 압력(송풍량의 변동에 의한 압력의 변동) 및 송풍량
- (4) 공조기기의 안전운전
- (5) 부하의 변화에 따른 장치의 경제운전
- (6) 기기의 오조작 방지

2.6.2 제어 방법

- (1) 완전 수동제어
- (2) 부분적 자동제어 기기의 맨 시동은 수동으로 하고, 운전 후 부하변동에 따라서 자동적으로 제어한다.
- (3) 완전 자동제어

2.6.3 자동제어기기의 종류

- (1) 전기식 자동제어기기
- (2) 전자식 자동제어기기
- (3) 공기압식 자동제어기기
- (4) 자납식 자동제어기기

이상의 각 항에 대해 장치의 규모, 예산, 요구되는 조건 등을 고려하면서 자동제어의 범위, 제어방법 및 사용할 기기의 종류를 선정한다. 각 항목의 자세한 내용에 대해서는 참고 문헌 등을 참조하면 되지만, 일반적인 선박용 공조 장치의 자동 조정에 대한 경향, 사고 방법에 대해서 나타내면 다음과 같다.

(1) 승무원의 거주구역에 대한 공조장치에서는 온도, 습도의 제어는 장치전체의 부하변동에 대해 고려하면 된다. 그리고 각각의 거주구역에 대해서는 제어를 실시할 것인지 한다면 수동에 의한 제어(예를 들어 풍량 제어)를 고려하면 충분하다.

(2) 여객의 거주구역에 대해서는 각 실의 부하변동이 심하기 때문에 각실 별도로 온도 습도의 제어하는 것이 바람직하다. 제어 방법을 자동적으로 할 것인지, 또는 수동으로 할 것인지는 그 단계, 예산 등에 맞추어 정하면 된다.

(3) 기기의 안전운전, 경제적 운전을 위해서는 되도록 승무원의 손이 가지 않도록 자동제어범위를 넓게 하도록 고안하여야 하며, 가능하면 간단한 방법을 선택하는 것이 중요하고 쓸데없이 복잡하지 않고 보수, 점검이 간단하게 되도록 한다.

(4) 자동제어기기의 선정에 있어서는 해수, 해풍에 대한 내식성, 선체의 흔들림 등의 요소를 충분히 고려하여 작동이 확실한 것을 선택하는 것이 중요하다. 선박 특유의 환경을 무시해서는 안되고, 오히려 기기의 제어 특성에 선행되어야 한다. 다시 말하면 제어 특성의 좋은 것을 선택하는 것보다는 다소 성능이 떨어지더라도 작동이 확실한 것이 좋다.

(5) 일반적으로 양호한 온도제어를 하기 위해서는 송풍량을 일정하게 하여 송풍온도를 제어하는 방법이 바람직하다.

(6) 제어특성을 효과적으로 실시하기 위해서 구역을 세분하는 것이 바람직하다.

(7) 좋은 제어 특성을 얻기 위해서는, 공조구역의 구역화를 잘 실시해야한다.

이상 간단하게 기록했는데, 자동제어의 문제는 많은 분야를 포함하고 있어, 그 계획에는 많은 경험을 필요로 하고 있다. 그러므로 기본방침을 정한

후, 자세한 내용에 대해서는 전문 메이커와 충분히 협의, 검사하는 것이 중요하다.

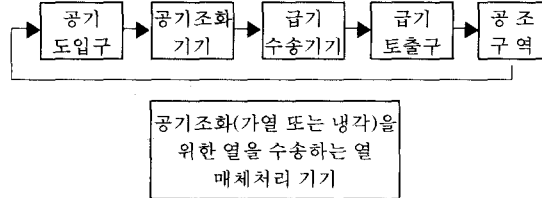
3. 선박용 공조방법의 분류와 비교

본 장은 선박용 공조 방법의 종류, 개략적인 사양 및 사용 범위를 결정하기 위한 것이다. 선박용 공조장치의 유동선도를 그림 1에 나타내었다. 유동선도는 공조장치에 이용되고 있는 단품들의 기능을 단순화시켜, 공기의 흐름(공기의 사이클)과 공조를 위하여 열을 수송하는 열매체의 흐름(냉각 및 가열 사이클)을 보여주고 있다.

유동선도에서 각각의 블록을 구성하는 기기는 다음과 같다.

- 공기 도입구 : 외기도입구, 순환공기도입구, 에어워셔, 에어필터, 뎀프
- 공기조화기기 : 가열기, 냉각기, 에어필터, 예열기, 예냉기, 가습기, 재열기, 룸유니트에 설치된 2차 냉각기, 가열기, 재열기 및 냉풍, 온풍 혼합상자 등
- 급기 수송기기 : 센트럴유니트의 송풍기, 룸유니트의 송풍기, 송풍덕트 등
- 급기 토출구 : 각종 공기토출구, 유인식 룸유니트 등
- 열매체처리 기기 : 압축기, 응축기, 수액조, 냉각수 펌프, 냉각수 온수 순환펌프, 열교환기, 그 외 냉방난방 사이클에 필요한 기기.

공기 사이클은 공조장치의 종류에 따라서는 그림 1과 같이 재순환하지 않고, 선외로부터 들어온 공기가 모두 선외로 배출되는 경우도 있다. 이 경우는 대기를 재순환한다고 생각하면 위 그림과 같은 공기사이클은 성립한다. 그리고 장치에 따라서는 공기토출구에서 공기를 부분적으로 처리(즉 2차 냉각, 가열, 가습)하는 경우가 있다. 이러한 장치는 열의 관점에서 생각하면 열매체 처리 기기를 분할해서 배치하고 있는 것에 불과하다. 그러므로 모든 선박용 공조장치는 그림 1과 같은 유동도의 블록으로 해석할 수 있다.



(주) — 공기의 사이클
냉각 및 가열 사이클

그림 1 선박공조장치를 분류하기 위한 공조장치의 유동선도

3.1 공조방법의 분류

공조방법의 분류방법은 여러 가지가 있는데, 공조기능을 중심으로 분류한다. 즉 공기사이클에 대해서만 고려하고, 냉동 사이클에 대해서는 별도로 취급하기로 한다.

A. 공조공기의 종류에 의한 분류.

이 분류 방법은 공기도입구에서 받아들이는 공기의 종류에 따라 분류하는 것이다.

A₁ : 실내공기만을 받아들이는 방법

A₂ : 외기만을 받아들이는 방법

A₃ : 외기와 실내공기를 적당한 비율로 혼합해서 받아들이는 방법.

또 공기유인형의 토출구에서 유인되는 실내공기가 공기도입구에서 받아들여지는 공기라고는 할 수 없다.

B. 공기에 열의 배분방법에 따른 분류.

공기에 열의 배분방법의 차이는 공조기기의 배치에 관련된다. 그러므로 이 분류 방법은 공조기기의 배치방법에 따른 분류라 할 수 있다.

B₁ 공조기를 공조구역 외의 장소에 집중 배치하여, 열을 집중관리, 제어하는 방법.

B₂ 공조기를 각실 (또는 공조구역 내)에 두어, 분산해서 열량을 관리, 제어하는 방법.

B₃ 공조기의 주요부분을 선 내의 적당한 장소에 집중해서 배치하여 대부분의 열을 관리를 하고, 각 실에는 개별적으로 열을 2차 제어할 수 있도록, 소규모의 열량제어 유니트를 배치하는 방법.

C. 급기 수송방법에 의한 분류

공기수송방법에 의한 분류는 보통 수송되는 공기의 유속에 따른 분류한다.

표1 선박 공조 장치의 종류와 사양의 개요

공기 조화방식	호 칭		송풍기 정압	환기회수 회/시	외기공기 도입량비	덕트내 송 풍 m/sec
	대 분 류	소 분 류				
A1B2- D1	개별식 공기조화 방식 (unitary air conditioning system)	무통풍 자납유닛 (self contained type air conditioner without ventilation)	10~50	메이커 기준에 따름	0	-
A3B2C1D1		제어통풍식 자납 유닛 (self contained type air conditioner with forced ventilation)	"	"	0~30	-
A3B2C1D1		팬코일유닛방식 (fan coil unit system)	"	"	"	-
A2B1C1D1	표준형 중앙공기 조화방식 (central station air conditioning system)	최대공기저속덕트방식 (max. air low velocity system)	65~120	10~15	100	10~15
A3B1C1D1		표준공기저속덕트방식 (medium air low velocity system)	"	8~12	20~30	"
A3B1C2D1		표준공기고속덕트방식 (medium air high velocity system)	150~250	6~8	50	16~25
A3B1C2D2		표준공기고속덕트, 공기유인식 (medium air high velocity air induction system)	200~280	5~7	50~100	"
A3B3C1D1	유닛병용형 중앙공기 조화방식 (combination type of room unit)	저속덕트, 재열방식 (low velocity terminal reheat system)	65~120	8~12	20~30	10~15
A3B3C2D1		고속덕트, 재열방식 (high velocity terminal reheat system)	150~250	6~8	50	16~25
A3B3C2D2		고속덕트, 공기유인, 재열방식 (high velocity air induction type terminal reheat system)	200~280	5~7	50~100	"
A3B3C2D2		최소공기, 고속덕트, 공기유인식 (minimum air velocity high velocity air induction system)	"	3~4	100	"
A3B3C1D1		이중덕트 중앙공기 조화방식 (dual duct type)	표준형이중덕트방식 (dual duct system)	150~250	10~15	20~30
A3B1C2D1	고속덕트형, 이중덕트방식 (high velocity dual duct system)		200~280	6~8	50	16~25
A3B1C2D1	구역제어형, 이중덕트방식 (zone control type dual duct system)		150~250	"	"	10~25

C₁ : 저속덕트식(덕트내의 풍속이 10 - 15 m/s 정도)

C₂ : 고속덕트식(덕트내의 풍속이 16 - 25 m/s 정도)

이외에 덕트의 설치방법에 의해 분류할 수 있다. 예를 들어 주관식, 분리관식, 순환식, 이중관식 등

으로 구분이 할 수 있다. 이러한 분류는 공기를 수송하는 기기의 성능 상 구분이 아닌 공조공기의 성질 (A항) 및 열의 분배방법 (B항)의 차이에서 생기는 2차적인 구분이므로 본 분류법에서는 채택하지 않는다.

덕트 종횡비	온습도의 제어	설비의 장점과 단점
-	각실 내에 설치하므로 부하에 맞는 조절이 가능하다.	공공장소 등의 부분적인 조화에 적당하다. 기기의 시작, 정지가 각실에서도 조정할 수 있으므로 경제적인 운전이 가능하다.
-	"	실내용적 200m ³ ~250m ³ 정도의 공기조화에는 설비비가 적어 간단하게 설비할 수 있는 이점이 있다.
-	각 실내의 부하에 맞게 각실 내에서 임의로 조절 가능하다.	조화구획이 분산되어 있지만 총 구획용적이 큰 경우, 온도조건이 각실마다 다른 경우 적합하다.
6-8	조화구획의 평균 부하 변화에 따라 조절하기 때문에 각실 내에서는 제어하기가 어렵다.	강제통풍에 추가해서 공기조화를 하는 경우에 적합하다.
5-7	조화구획의 평균 부하변화에 따라 조절하므로 각실 내에서는 제어가 어렵다. 그러나 풍량 가변 공기토출구를 사용한 경우는 각 실내에서 풍량을 제어하는 것에 따라 어느 정도는 조절이 가능하다.	설비비는 적지만 대용량의 장치에서는 덕트 설치에 많은 장소를 필요하므로 불리하다.
3-4		전체에 냉난방을 실시하는 경우 가장 경제적인 장치로 넓게 사용되고 있다. 온도의 개별제어가 어렵다.
2-3		덕트공간이 제한된 경우에 유효하게 설비할 수 있다. 송풍기용량이 상승하는 결점이 있다.
5-7	중앙공기조화기에서 공조구역의 평균 부하변화에 따라서 조절하고, 그밖에 각 실내의 공기토출구에서는 부하에 맞는 재열을 실시하므로 각실 별로 온, 습도의 제어가 용이하다.	각 실마다 온도제어가 요구되는 객선에 적합하다. 온도제어 성능은 좋지만, 온수 증기배관을 요하므로 설비비가 높아진다.
3-4		저속덕트 재열방식과 비슷한 장점 단점을 가진다. 덕트 공간이 적어지므로 대용량의 경우에 적당하다.
2-3	이차냉각코일에서 각 실내의 부하에 맞게 제어하므로 각 실내별로 온습도의 제어가 용이하다.	고속덕트 재열식보다 덕트공간이 작아지므로 덕트공간이 제한을 받는 경우에 적당하다.
1	냉풍 및 온풍의 2계통 덕트가 각 실로 송풍하고, 각 실에 설치되어있는 혼합기에서, 냉풍 및 온풍을 부하에 맞는 비율로 혼합한다. 혼합비는 임의로 한 것이므로 각 실별 온습도의 제어가 용이하다.	각 실마다 온도제어가 요구되는 객선에 적합하다. 덕트공간이 가장 적지만 냉온수 배관이 필요하므로 설비비가 높아진다.
6-8		온도제어성능은 좋지만 덕트 2대 필요로 하므로 덕트공간이 커지는 결점이 있다. 설비비가 많이 든다.
3-4		표준형 이중덕트의 결점을 개선한 것으로 덕트스페이스가 작아진다.
3-4	세분된 공조구역별로 온습도의 제어를 실시한다. 따라서 온습도의 제어성은 표준형과 유니트병용형의 중간 특성을 나타낸다.	공조구역이 온도조건, 부하의 관계에 따라 조온으로 나뉘어져있는 경우에 적합하다. 이중덕트식의 이점을 살렸고, 설비비가 적게 든다.

D. 급기를 실내로 토출시키는 방법에 의한 분류
급기 토출구에서의 실내공기(2차 공기)의 유인의 유무에 따라 분류한다.

D₁ : 급기(1차공기)만을 실내에 공급하는 방법

D₂ : 급기의 압력에너지를 이용해서 실내공기를 유인하여, 공기토출구에서 공조공기와 실내공

기를 혼합해서 실내에 공급하는 방법.

이외에, 토출구의 온도차에 따른 분류, 토출구 유인비에 따른 분류가 가능하다. 토출구 온도차에 의한 분류는 공조장치에 처리하는 공기량의 많고 적음(A항)에 따라 자동적으로 정해지므로 본 분류법에서는 채택하지 않는다. 후자의 유인비에 따른

표 2 저속덕트와 고속덕트의 비교

		저속 덕트	고속 덕트
풍속		600~900 m/min(10~15m/sec)	1,000~1,500m/min(16~25m/sec)
송풍기 정압		65~120 mmAq	150~280mmAq
송풍기 정압 내역	공기도입구	5 mmAq	5 mmAq
	공조기	25~40 mmAq	65~85 mmAq
	공기토출구	10~20 mmAq	20~80 mmAq
	덕트 손실	20~40 mmAq	50~100 mmAq
여유		10 mmAq	10 mmAq
덕트 마찰손실(평균)		0.5 mmAq/m	2 mmAq/m 정도
덕트 구성법		각형, 용접트렁크	용접트렁크, 구형 스파이럴덕트
장 점		1. 풍량이 비교적 많으므로 봄가을에 다량의 외기를 공급할 수 있고, 쾌적한 통풍을 실시할 수 있다. 2. 공급 공기온도를 높게 할 수 있다. (20℃정도) 때문에 냉매의 발열온도를 높이고 냉방기의 효율이 좋다. 3. 공조장치가 간단하다.	1. 공급 풍량이 적고 풍속이 빠르므로 덕트가 소형으로, 덕트공간은 저속 배관의 1/2 이하가 된다. 2. 덕트, 공조기 및 부속기기가 소형으로 중량의 경감이 가능하다. 3. 덕트의 소형화로 인해 방열효과, 재료, 공사비용 등이 싸진다. 4. 덕트의 재료비, 공사비가 싸진다.
단 점		1. 덕트 공간이 상당히 크게 차지한다. 2. 덕트 중량이 많이 나간다.(고속의 약 3~배) 3. 통풍기, 공조기가 대형화된다. 4. 덕트 표면적이 커지므로 방열효과가 나쁘고, 방열재료, 공사비용이 증가한다. 5. 배관의 재료비, 공사비가 증가한다.	1. 공급공기량이 적기 때문에 봄가을에도 냉방의 필요가 발생할 경우가 있고, 냉방기간이 증대한다. 2. 급기 온도가 낮기 때문에 (약 12~16℃) 냉매의 증발온도가 낮고 (2~6℃) 냉동기의 효율이 나쁘다. 3. 고속이기 때문에 송풍기 용량이 커져 운전비가 높아진다. 4. 공기토출구에는 소음장비를 설치할 필요가 있기 때문에 특수한 토출구를 붙일 필요가 있다.

분류는 유인비를 구분하더라도 그 구분과 공기토출구로의 내부유인의 유무를 명확히 관련지을 수 없으므로 분류로는 적당하지 않다.

이와 같이 공조장치의 유동선도를 이용하여 공조장치의 종류와 사양의 개요를 표 1에 나타내었다.

3.2 공조방법의 선정법

공조방법의 선정시 지침으로, 각 방법의 차이가 실용화되고 있는 공조 장치의 형태에 대해 어떠한 영향을 끼치고 있는가를 아래에 기술한다.

A. 공조공기의 성질

A₁ 실내공기만을 받아들여 조화하는 방법

이 방법은 기존에 설치되어 있는 강제통풍에 추가해서 어느 한 구역에 공조하는 경우나, 작은 구역에 공조장치를 설치하는 경우에 사용된다. 이 방법에서는 공기의 오염을 피하기 위해, 외기를 자연통풍 또는 강제통풍을 이용하여 별도로 공급 할 필요가 있다. 소요풍량은 강제통풍과 같이 10 - 15회

환기/시 정도를 선정하는 것이 좋다.

A₂ 외기만을 받아들여서 조화하는 방법

현재로는 외기만을 공조하는 방법은 그다지 사용되지 않고 있다. 순환공기 트렁크를 설치할 수 없을 때나 수리선 등에 사용되는 경우가 있다. 공조 초기에는 강제송풍장치와 겸용한 형식으로 이 방법이 사용되었지만 당시 소요풍량은 10 - 15회 환기/시 정도로 풍량이 충분한 외기를 공급할 수 있는 이점은 있지만, 장치가 대형화하는 결점이 있어, 근래에는 재래선의 개조 등의 경우 외에는 그다지 사용되고 있지 않다. 또 최근 통풍 트렁크의 치수를 작게 하는 목적보다 필요 최소량의 외기만을 받아들여 공조해서 각실에 공급하고 유인형의 토출구에서 실내의 순환공기와 혼합해 공급하는 방법이 개발되고 있다. 이 방법은 토출구에서 실내공기를 유인하므로 전외기식이라고는 할 수 없지만 배관에서 반송되는 공기는 전량이 외기이므로 편의상 본 항에 포함한다.

이 방법에서는 외기량은 상당히 적어 3 - 4회 환

기/시 정도로 할 수 있으므로 통풍덕트는 상당히 적지만, 소요 열량을 처리하기 위해서는 공급공기의 온도를 낮게 해야 하므로 실내온도와 공급공기의 온도차가 커진다. 이 때문에 토출구에는 유인형을 사용하고, 실내공기와 혼합해서 토출시의 실내온도와의 온도차를 적게할 필요가 있다. 이 방식의 결점은 냉, 난방을 하지 않는 중간기에는 강제통풍으로 사용하면 외기량이 부족하므로, 바람직하지 않지만, 냉, 난방이 불필요한 시기에 공조 해야 할 때에 적당한 방법이라고 할 수 있다.

A₃ 외기와 실내공기를 적당한 비율로 혼합해서 받아들여 조화하는 방법

현재 선박용으로 사용되고 있는 공조장치는 대부분 이 방법에 속한다. 외기와 실내공기혼합의 비율은 장치의 종류에 따라 그리고 설계조건에 따라 쉽게 결정할 수 없다. 일반적으로 총 송풍량이 일정한 경우 받아들여야하는 외기의 양이 적을 수록 냉각코일의 냉각부하는 적어진다. 따라서 경제적인 냉동기 용량을 얻기 위해서는 외기량을 적게해서 실내공기를 많이 하면 되지만, 공기의 오염 문제를 생각한다면, 재실인원 1인당의 최소 필요외기량은 줄어든다.

또 공기도입구의 설계에 있어서는 외기도입구 및 실내공기 도입구의 치수는 각 도입구에서 전 송풍량을 제공할 수 있도록 계획하는 것이 필요하다.

B. 공조공기에 열의 배분방법.

B₁ 공조기를 공조구역 외의 장소에 집중배치하고 열을 집중관리 제어하는 방법.

이 방법은 중앙식 공조방법(central station system)으로 불리어지고 있으며, 배 전체를 공조할 경우 널리 이용되는 방법이다. 선 내의 적당한 장소에 중앙 공조기(냉각, 가열코일, 송풍기 등을 포함한다)를 배치해서 공기를 집중처리하고, 처리된 공기는 덕트를 통해 각 실에 배분된다. 본 방법의 장점과 단점은 다음과 같다.

(장점)

- (1) 공기를 집중 처리하므로 유지 및 관리가 용이하다.
- (2) 대용량을 공조하는 경우, 개별식에 비해 설

비비가 줄어들고 경상비도 적다.

(3) 냉난방을 실시하므로 4 계절을 이용할 수 있는 공조방법이다.

(단점)

열을 집중 처리하므로 모든 각 실의 온도의 조정이 곤란하다.

B₂ 조화기기를 각실(또는 구역 내)에 놓고 분산하여 열을 처리하는 방법.

이 방법은 개별식 공조 방법(unitary system)으로 불리는 방법으로, 부분적으로 예를 들어 거실 등에 공조를 실시하는 경우나, 공조해야 하는 실내(또는 구역)가 분산해서 배치되어 있는 경우에 널리 이용된다. 이 방법의 장점 및 단점은 아래와 같다.

(장점)

- (1) 각 실 또는 구역마다 조화기기를 설치하므로 모든 각 실 또는 구역의 온도 조정, 제어가 용이하다.
- (2) 덕트가 불필요하고 덕트설비의 비용 및 공간 절약이 가능하다.
- (3) 소용량의 장치에서는 상용화 된 장치를 이용할 수 있으므로 설비비가 줄어든다.

(단점)

- (1) 패키지형에서는 연중 공조하기 위해서는 증기난방 등의 다른 설비와 공용해야 할 필요가 있다.
- (2) 공조구역 내에 기기를 설치해야 하므로 실내의 공간을 차지하게 된다.

이 방법은 냉동유니트를 공기 조화기내 장치하는 패키지형과 냉동유니트를 별도로 설치하는 웬코일 유니트형으로 분류할 수 있다. 전자는 기존에 설치된 강제 통풍에 추가해서 거실 등을 냉방할 경우나 2~3의 실내를 냉방하는 경우에 이용되고 있다. 후자는 코일과 송풍기 등을 갖추고 있는 것으로, 중앙식에 비해 불리할 때 또는 냉방하려는 방수가 적은 경우에 적당하다.

B₃ 공조기의 주요부분을 집중 설치하여 대부분의 열을 관리하고, 각 실에서는 개별적으로 열량

을 제어하는 소규모의 열량 제어 유니트를 배치하는 방법.

본 방법은 중앙공조기에서 열을 처리하는 외에 재열코일, 2차 냉각코일 등을 이용해서 각 실에 소규모의 열의 제어를 행하는 방법이다. 중앙공조방법에서는 실온의 조정은 풍량을 변화시키기 때문에, 어느 한 실의 풍량이 변하면 다른 실의 풍량에 따라 변하는 불합리함이 발생한다. 이 때문에 풍량을 바꾸지 않고 공급공기의 온도를 각 방의 열부하의 변동에 따라 변화시키기 위해서 고안되었다. 공급공기의 온도를 변화시키는 방법으로 재열코일을 이용하는 방법, 2차 냉각코일을 이용하는 방법 및 온풍, 냉풍을 혼합해서 혼합공기의 온도를 바꾸는 방법이 있다.

재열코일을 이용하는 방법은 중앙공조기에서 보내진 급기온도를 충분히 낮출 수 있으므로 송풍량을 줄일 수 있고 또 다량의 제습이 요구되는 경우에 유효하게 작동하는 이점이 있다. 그러나 재열부하 때문에 냉동기의 용량이 증대하는 단점과 재열코일에 특수한 공기토출구(로 유니트)를 설치해야 하므로 설치비가 많이 드는 단점이 있다. 2차 냉각코일을 이용하는 방법은 필요한 냉각부하의 일부를 실내에서 처리할 수 있으므로, 중앙공조에서 처리해야 하는 공기량을 적게할 수 있다. 중앙공조장치에서의 송풍량을 줄일 수 있는 장점은 있지만 유인 유니트의 특수한 공기토출구와 냉각코일이 필요로 하므로 설치비가 많아지는 단점이 있다.

온풍 및 냉풍을 혼합하여 혼합공기의 온도를 바꾸는 방법을 이중덕트방법이라 한다. 전술한 두 방법은 재열 또는 2차 냉각을 위한 코일 및 배관을 필요로 하는 반면, 이 방법에서는 온풍 및 냉풍 덕트만 설치하면 된다. 온도의 제어는 용이하게 되지만 덕트를 이중으로 해야 하므로 덕트의 설치할 수 있는 공간이 필요하고 또 송풍량이 증가하는 단점이 있다.

이상 각 방법의 장점과 단점을 기술하였다. 어떤 방법을 선정할지는 설계조건, 공조구역의 배치, 경제성 등을 고려해 종합적으로 판단해야 한다.

C. 공조공기의 수송

공조공기를 수송하는 덕트의 크기와 풍속의 관

계는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$A = \frac{q_s \cdot V}{3600 C_p \cdot \Delta t \cdot W} \quad \dots (1)$$

- q_s : 실내의 현열취득(Kcal/h)
- Δt : 토출공기와 실내온도의 차 (°C)
- W : 덕트내의 풍속(m/s)
- V : 비체적 (m³/Kg)
- C_p : 공기의 비열

식 (1)에서 q_s , V , C_p 는 설계 조건이 정해지면 일정한 값이 되기 때문에 덕트의 단면적은 Δt 및 W 에 반비례한다. 선박에서는 갑판간 높이가 제한받고, 또한 갑판간의 간격을 충분히 크게 해야 하는 상반된 요구가 있기 때문에 덕트를 설치할 공간은 제약을 받게 된다. 이 때문에 덕트 치수는 축소되고 있다. 이 요구 때문에, Δt 를 크게 하고 또한 풍속을 빠르게 하는 것이 고안되어 왔으나 최근 토출구의 개선과, 스파이럴 덕트의 개발에 따라 고속덕트방법이 폭넓게 이용되고 있다.

고속덕트는 저속덕트에 비해 덕트 치수가 1/2배로 축소되어, 덕트용 자재에서 설비비, 중량 등을 절약할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 공기의 통과 저항은 풍속의 2승에 비례해서 증가하고, 또 고속 때문에 발생하는 소음을 제거해야 하고, 또한 실내로의 공기분포를 좋게 하기 위해 특수한 형상의 토출구를 사용해야 하기 때문에 공기 저항과 송풍기의 소요정압은 증가한다. 따라서 전 송풍량의 감소에도 불구하고 송풍기 용량은 증가한다. 이러한 원인으로 고속은 그다지 경제적이지 않고, 현재 일반적으로 이용되고 있는 풍속은 16 - 25 m/s의 범위이다. 표 2는 고속덕트와 저속덕트의 차이를 구별한 것이다.

D. 급기를 실내로 토출시키는 방법

D1. 급기(1차공기)만을 실내에 공급하는 방법

이것은 공조공기만을 실내에 공급하는 방법으로 실내공기(2차공기)를 유인하지 않는 방법이다. 고속덕트를 채용하는 경우, 급기 온도는 종래의 저속통풍보다 3~5°C 정도 낮아진다. 재실자가 쿨드드래프트를 느끼지 않기 위해서는 토출공기의 운동에 의해 실내공기를 유인해 혼합시켜서 온도차

를 적게할 필요가 있다. 이 때문에 현재 선박용으로 사용되고 있는 공기 토출구는 어느 정도의 공기 유인비를 가진 형식이 많지만, 뒤에 기술할 공기유인식 토출구와 같이 적극적으로 실내 공기를 유인하는 방법을 취하고 있지 않다. 본 형식에 속하는 공기토출구는 저속배관용에 사용되는 펑크루버형, 고정 배인형 또는 가변배인형 그릴식 토출구, 콘형(아네모스타트형 등) 쉘형, 고속덕트용으로 사용되는 소음챔버를 설치한 노즐형, 슬롯형, 콘형(아네모스타트형) 및 이중 덕트용으로 이용되고 있는 혼합챔버를 설치한 배인형 토출구 등이 있다. 또 소음챔버, 토출구 및 풍량 조정 댐프를 등을 조합한 토출구 등이 이용되고 있다.

D₂ 급기의 압력에너지를 이용해서 실내공기를 유인하여, 공기토출구에서 공조공기와 실내공기를 혼합해서 실내에 공급하는 방법.

이러한 토출구는 3정도의 큰 공기유인비를 가지고 있기 때문에 적극적으로 공기토출구로 실내공기(2차공기)를 유인하고, 급기와 혼합시키므로 공조공기의 온도를 상당히 낮출 수 있다. 일반적으로는 실내온도와의 차를 16℃ 전후(고속덕트에서는 12℃ 전후)로 하므로, 전 송풍량은 고속덕트에 비해서 30% 전후, 저속덕트에 비해서 50% 전후의 감소가 되어, 고속덕트식과 병용하여 덕트공간이 감소된다. 공기의 유인의 특성을 살려서, 2차 공기 유인 측에 재열코일, 2차 냉각코일을 설치하여, 개별의 온도제어를 할 수 있다. 공기유인비는 다음 식에서 나타내어진다.

$$r = \text{공기유인비} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad \dots (2)$$

여기서 Q₁: 일차공기량

Q₂: 2차공기량

V₁: 일차공기의 풍속

V₂: 혼합공기의 풍속

식 (2)에서와 같이 일차공기의 풍속이 빠를 수록 유인비는 커진다. 공기유인식의 토출구에서는 공기가 가진 압력을 노즐 또는 슬롯 등의 단면 수축부를 통과시켜, 속도에너지로 교환시키므로, 다른 공기토출구보다는 여분의 정압을 필요로 한다. 이

때문에 송풍정압은 증가하는 결점이 있다. 본 방법은 압력이 다른 방법보다 높으므로 고압식이라 불린다.

3. 맺음말

본 고에서는 선박 공조장치의 설계계획과 공조방법의 장단점에 대해서만 개략적으로 기술하였으며, 대부분의 내용을 냉난방과 환기 부분으로 국한하였다. 선박은 주위의 열악하고 다양한 환경으로부터 독립적으로 인간의 거주에 쾌적한 환경을 유지하기 위해서는 선박의 용도, 주항로, 주위 바다의 영향 등을 고려하여 설계가 되어야 한다. 그러므로 선박의 공조설비설계는 조선의 기획, 기본설계, 상세 설계 단계 등의 순서에 따라 공조설비설계가 진행되어야 하며, 특히 환경공학적인 판단과 경제성 분석을 기반으로 조선설계를 보조하여야 한다. 최근 선박에서의 오염이 문제되고 있고, 호화 유람선, 특수선 등의 수주량이 증가하고 있다. 이러한 추세에 따라 선박공조설비설계자도 조선설계자와 협의, 조연 등으로 선박의 고유 기능이 유지되도록 하여야 한다. 그리고 공조설비는 선박에서 사람이 거주하는 공간들을 개방하므로 화재, 오염물질의 확산 등 비상시의 대책이 강구되어야 하며, 공조설비의 작동 또한 안전성이 우선되어야 한다.

참고문헌

1. 日本造船學會編, 船用空氣調和裝置計劃基準, 海文堂
2. Kirkpatrick, A. T. and Elleson, J. S., 1996, Cold Air Distribution, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, Inc.
3. 정형호, 도덕회, 1997, 선박공조장치의 기본설계, 냉동공조공학, 제16권, 제5호 pp. 297-336.