

대형 저압 증발식 조수기 개발

김병덕* · 송치성* · 김경근** · 김종현*** · 김용모****

A Development Study on the Evaporation Type Large Fresh Water Generator

B. D. Kim · C. S. Song · K. K. Kim · J. H. Kim · Y. M. Kim

Key words : Fresh water generator(조수기), Evaporation type(증발식), Reverse osmosis pressure type(역삼투압식), Cooling sea water(냉각해수)

Abstract

Most merchant ships are supplied with the only essential fresh water from a port for economical cargo transportation and the reduction of a navigation expense. And the deficient fresh water for a voyage is produced by fresh water generator with the various exhaust energy generated in the engine room on a voyage.

At present, an evaporation type fresh water generator are extensively used on ship because the operating cost of it is lower than that of a reverse osmosis pressure type.

This study introduce a development results on the large evaporation type fresh water generator enable to be used for large merchant ships. It is accomplished the performance test using the developed large fresh water generator.

1. 서 론

일반적으로 조수를 하는 방법으로는 증발법, 역삼투법, 냉동법 등이 있으나 선박용으로는 특히 장치구조가 간단하고 폐열을 이용하여 싼값에 청수를 다량으로 생산할 수 있는 감압증발법을 대부분 채용하고 있다. 이러한 증발법에서는 Flash증발이라는 저압증발법이 가장 널리 사용되고 있으

며, 이 저압증발에 대한 연구가 현재도 활발히 진행되고 있다.

저압증발법에 대한 연구로는 기초적 연구로서 1968년 Huyghe 등¹⁾이 물리적인 메커니즘에 관한 연구를 통하여 Flash증발은 물속의 기체함량에 관계된다는 것을 급속감압장치실험을 통하여 확인하였다. 또한 같은 해에 Coogan 등²⁾은 물의 유속과 온도에 관한 연구를 발표했다.

* 정회원, 한국기계연구원

** 정회원, 한국해양대학교 해사대학

*** 정회원, 한국선급

**** 정회원, 한국열유체산업

실용화된 선박에서의 조수를 하는 방법으로는 역삼투막을 이용하여 역삼투막의 한쪽에 약 55~60kg/cm² 정도의 고압으로 해수를 가압하여 청수를 제조하는 방법도 있으나 잦은 역삼투막의 파손에 의한 유지보수비의 과다로 최근에는 거의 채용되지 못하고 있다. 따라서 최근에는 대형의 상선은 물론, 원양어선에서도 본 연구에서와 같이 기관실내의 주기관 또는 발전기 등에서 발생하는 각종 폐열이나 보일러의 증기를 이용하여 진공상태에서 해수를 저온증발시켜 발생하는 증기를 응축시킴으로써 청수를 제조하는 방법을 채용한다.^{5,6}

또한 역삼투막을 이용하여 조수를 하는 것은 설치장소가 작은 이점이 있으나 (1) 초기의 설치비가 고가이고, (2) 역삼투막의 유지에 많은 경비와 기술을 요하며, (3) 고압하에서 운전되므로 고도의 운전 및 보수기술을 요하는 등의 단점을 갖고 있다. 따라서 특히 기관실내의 공간이 넓은 대형선박에서는 운전 및 보수상의 신뢰도가 높은 저압증발식 조수기를 채택하는 것이 보통이다.^{5,6,7}

이상과 같이 각종 조수장치에 대하여 선진국에서는 많은 연구가 수행되어 왔으나, 우리나라에서는 후발 조선국으로서 여러가지 측면에서 기술축적이 미미한 실정이다. 특히, 선박용 조수기에 대하여는 수년전 우리나라의 H조선소, D기계 등에서 대형 증발식 조수기의 국산화를 시도한 바 있으나 결국 여러가지 기술적인 미비점으로 상품화까지는 연결되지 못했다.

본 연구를 통하여 개발하고자 하는 조수기는 중, 대형 디젤엔진이 추진기관으로 사용되는 7,000~30,000톤급의 선박에 사용하기 위한 저압증발식 조수기로서 전술한 바와 같이 조수기에 공급되는 브라인의 온도가 60~85℃ 정도인 경우를 대상으로 하고 있다.^{8,9} 개발하고자 하는 조수기의 정상작동압력은 -631mmHg이며, 이에 상당하는 증발온도는 56.8℃이다. 이와 같이 조수기 내부를 일정한 진공압력으로 유지하기 위하여는 불응축가스와 브라인을 연속적으로 배출시켜야 하는데, 브라인은 포화온도 상태로서 일반 원심펌프로서는 배출이 불가능하다. 그러므로 저압증발식 조수기에서 증발 및 응축부 내부의 연속적인 고진공형성 및 연속적인 브라인 배출을 위한 추기이젝터는 조수

기의 성능을 결정짓는 중요한 기계요소이다. 이에 대하여 본 연구에서는 고진공 형성 및 브라인 배출 겸용의 이젝터 이론 및 실험적 설계를 행하여, 이젝터 흡입유량과 구동유량, 혼합유체의 목부에서의 Reynolds수를 알면, 유량비를 변수로 하여 먼 석비와 압력비와의 관계를 나타내는 성능곡선으로 이젝터의 성능을 쉽게 알 수 있도록 하여 조수기용 추기이젝터를 국산화하였다.^{10,11}

선박에서는 육상의 기기와는 달리 선박의 요동에 의한 증발부 수면의 불안정, 증발부에서 증발에 의한 기포발생시에 액적의 발생으로 인한 염분의 캐리오버에 대한 대책 등을 충분히 고려하여야 하고, 이와 같은 선박의 운항상의 제반 특성을 고려하여야 각부의 상세설계가 비로소 가능하다.

본 연구내용을 요약하여 정리하면,

1) 선박용의 고성능 저압증발식 조수기를 개발하기 위하여, 조수기를 구성하는 각 주요기계요소에 대하여 열유체공학적인 입장에서 종래의 지배방정식들을 체계적으로 연구 정리하였고, 가장 경제적인 조수기의 제작을 위하여 조수기내의 증발부와 응축부의 열설계를 전산지원설계로 최적화하였으며, 대형 실험장치를 실제로 설계 제작 설치하여 직접 개발될 조수기의 성능을 확인할 수 있도록 하였다.

2) 설계 제작된 실험장치를 이용하여 추기 및 브라인 배출용 이젝터를 개발하고, 염도제어장치를 연구 제작하며, 개발된 조수기의 종합성능실험을 통하여 조수용량 30ton/day의 감압증발식 조수기를 개발하여 개별 선박에 적합한 조수기의 운전 및 설계조건들을 최적화하는데 연구의 목적이 있다.

2. 조수기 상세설계

상선용 대형 감압증발식 조수기는 주기관(Main Engine)의 냉각수가 보유하는 폐열로 해수를 진공상태에서 가열하여 증기를 발생시킨 후, 이를 다시 해수를 이용하여 응축시킴으로써 선상에서 필요한 청수를 제조하는 보조기기이다.

조수기는 브라인 가열용 열교환기, 발생된 증기 중에서 액적을 분리하기 위한 분리장치, 재응축을 위한 조수용 열교환기, 해수중에 함유된 공기 등의

불응축 가스를 지속적으로 배출하기 위한 추기용 이젝터, 생성된 청수의 염도가 일정치 이하로 유지되는가를 감시하고 제어하기 위한 염도지시 제어기 등으로 구성된다.

2. 1 조수기 설계제원

Table 1은 본 연구에서 개발하고자 하는 대형 선박용 조수기의 상세한 설계조건을 나타낸 것이다. 개발하고자 하는 조수기는 최적상태의 경우 포화온도가 56.8℃, 이에 상당하는 증발압력이 631 mmHg의 진공상태에서 작동하도록 되어 있다.

주기관 출구의 냉각청수가 조수기 증발부에 유입하는 온도는 85℃, 유량은 53.1m³/hr이며, 출구온도는 71.4℃이다. 한편 응축기에 유입하는 냉각해수는 유입온도가 30.5℃, 유량은 70.0m³/hr, 출구온도는 40.5℃이며, 냉각해수의 일부는 증발부에 유입하여 브라인으로서 이용된다.

Table 2에는 개발된 감압증발식 대형 선박용 조수기의 구체적인 각부 재질을 나타내며, 이하에서는 조수기의 주요 부문별로 상세설계결과를 기술한다.

증발부의 열설계기준은 Table 1에 제시한 바와

Table 1 Detailed design conditions of F.W.G

Item	Design Condition
Capacity	30Ton/day
Working Press./Temp. in Condensor	631mmHg, Vacuum/56.8℃
Salinity of distillate	Below 10ppm
Cooling sea water	Inlet Temp. 30.5℃, 70m ³ /hr Outlet Temp. 40.5℃
Jacket cooling water	Inlet Temp. 85℃, 53.1m ³ /hr Outlet temp. 71.4℃
Feed water to evap.	Inlet Temp. 50.6℃, 4.2m ³ /hr
Heating steam	24Ton/day, 20kg/cm ²
Distillate pump	2.5m ³ /hr × 30m × 3,500r.p.m × 1.5kW
Ejector pump	75m ³ /hr × 48m × 3,450r.p.m × 18.5kW
Power source	Motor AC 440V 60Hz 3-Phase
	Salinity Indicator AC 220V 60Hz 1-phase

같이 30ton/day이고, 조수기 입구에서의 온도가 85℃인 것을 기준으로 하였다. 조수기 입구온도는 선박주기관의 출력과 운전조건에 따라 약간씩 변화한다.

설계계산을 위한 응축열전달계수에 관하여는 Nusselt의 막응축이론을 적용하였으며¹¹⁾, 냉각수의 온도는 30℃로 가정하여 설계하였다. 냉각수의 양과 열교환 효율을 높이기 위하여 냉각유체가 4-Pass가 되도록 설계하였으며, 튜브의 길이는 1,210mm, 내경 16mm, 두께 1mm인 황동재질의 파이프를 사용하였다. 응축부 튜브의 배열은 열교환이 증기와 수직으로 접촉되어 이루어지기 때문에 60℃로 했고, 튜브의 갯수는 냉각수의 유량

Table 2 Materials of F.W.G

Equipment	Parts	Materials
Vapor chamber	Shell	Steel plate
	Top cover	Steel plate
	Deflector	F.R.P
	Separator	Stainless wire
Heater (Evaporator)	Shell	Stell plate
	Heating	Aluminium brass
	Tube plate	Naval brass
	Baffle plate	Steel plate
	Bottom cover	Steel plate
Condenser	Shell	Stainless steel
	Cover	Cast iron
	Cooling tube	Aluminium brass
	Tube plate	Naval brass
Water ejector	Casing	Cast bronze
	Diffuser	Cast bronze
	Nozzle	Stainless steel
Ejector pump	Casing	Cast bronze
	Impeller	Phosphor bronze
	Shaft	Stainless steel
Distillate pump	Casing	Cast iron
	Impeller	Phosphor bronze
	Shaft	Stainless steel
Piping	Sea water line	Copper
	Fresh water line	Copper

70m³/hr와 전열면적을 고려하여 220개를 사용하였다.

냉각수 입구관은 직경 100mm의 파이프를 사용하였다. 응축부의 냉각표면은 증발된 증기와 직접 접촉이 되기 때문에 전열표면에 불응축가스가 부착되지 않도록 고려하였고, 응축된 증기가 하부에 고이도록 소위 구유와 같은 형태로 흡통을 만들었다. 흡통의 높이는 원통의 중앙에 일치하도록 함으로써 연속적으로 증기가 응축될 수 있는 내부공간이 있도록 고려하였다.

추기 및 브라인 배출 이젝터는 해수온도 30.5℃, 유량 70m³/hr, 구동압력 39mAq로서, 진공압력 -631mmHg, 온도 56.8℃의 조수기 상태로 부터 브라인 4.2m³/hr, 함유공기 0.847m³/hr를 흡인해 낼 수 있도록 설계하였다. 또한 이 이젝터를 구동하기 위하여 필요한 냉각해수펌프는 토출량 75m³/hr, 전양정 48mAq, 회전수 3,450rpm 및 18.5kW 능력의 원심펌프를 채용하였다.

조수기 내부를 진공으로 유지하기 위하여 공기가 대부분인 불응축가스를 추기하고, 응축된 브라인을 선외 배출하기 위한 콤비네이션이젝터는 선박의 적하상태에 따라서 흡입양정이 변화하므로

실제의 설계에 있어서는 설계상의 여유가 필요하다.

2. 2 조수기의 실선탍재 배치도

Fig. 1은 조수기의 실선탍재 배치도로서, 본 연구에서 개발하고자 하는 조수능력 30ton/day의 조수기와 주기관 냉각청수 및 냉각해수라인의 연결을 나타낸다. 디젤기관을 냉각시키고 나온 85℃의 청수는 조수장치의 증발부에 유입되어 해수와 열이 교환되고, 이 과정에서 온도가 10℃ 정도 저하하여 냉각수 순환계통으로 되돌아 간다. 응축기의 냉각해수는 발생된 증기를 응축시키며, 이 때 냉각용 해수는 열교환기를 통과하는 동안 약 10℃정도 온도가 상승된 상태에서 유탈용냉각기, 청수냉각기 등의 배관계통을 통하여 선외로 배출된다.

증류수의 제조과정을 살펴보면, 증발기 내부에 공급되는 급수가 가열관 내를 흐르는 동안 85℃의 엔진냉각청수에 의해서 가열되어, 약 631mmHg의 진공상태에서 증발한다. 발생된 증기는 기수분리관에 의하여 해수를 분리하고 응축기에 들어와 응축되며, 증발하지 않고 남은 해수는 발생증기실의 저부로부터 브라인 배출용 추기이젝터에 흡인

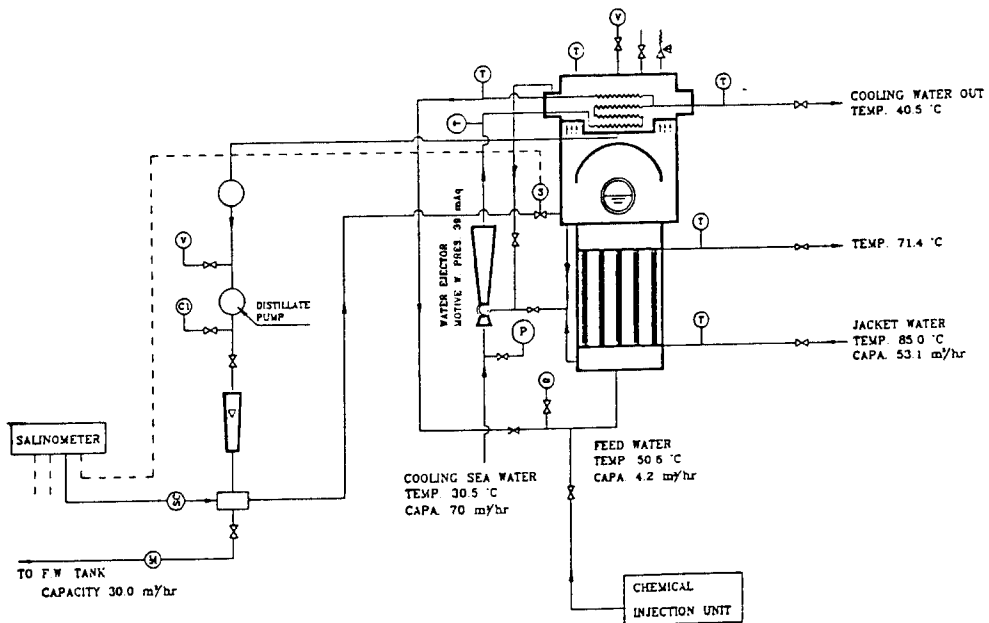


Fig. 1 Ki - Won marine F.W.G. system

되어 선외로 배출된다.

응축기에 들어온 발생기는 응축기 냉각관내를 흐르는 냉각해수에 의해 응축되어 증류수 펌프를 통하여 선내의 증류수탱크로 보내어진다. 이 때 증류수의 염분농도가 규정치 이상이 되면 증류수 펌프의 출구라인에 설치되어 있는 솔레노이드 밸브를 작동시켜 염도가 높은 물은 발생증기실에 되돌려 보내져 증류수탱크가 염분으로 오염되는 것을 방지한다. 이러한 과정중에 조수시스템이 정상적으로 작동되면 염분농도가 규정치 이하로 내려가게 되고, 이 때 자동적으로 솔레노이드 밸브가 닫혀 조수를 증류수 탱크로 보낸다.

3. 실험장치

3. 1 실험장치의 전체 배치도

Fig. 2는 조수기 시작품의 성능실험을 위한 실험 장치의 전체구성 및 배치도를 나타내고 있으며

Photo. 1은 본 장치의 사진이다. 조수기는 증발부와 응축부로 구성되며, 실험장치는 증발부에 열원을 지속적으로 공급시켜주는 보일러를 포함한 가열장치와 응축부를 냉각시키기 위한 냉각장치로 구성된다.

보일의 증기를 탈기시킨 후 유량계를 통하여 가열용 열교환기로 보내어 증발부의 열원으로 보내지는 청수를 가열한 증기는 드레인으로 변환되어

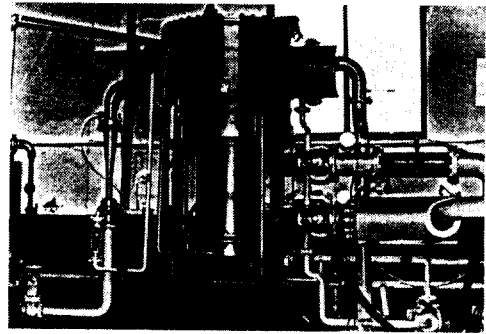


Photo 1 Photo of Ki - Won fresh water generator

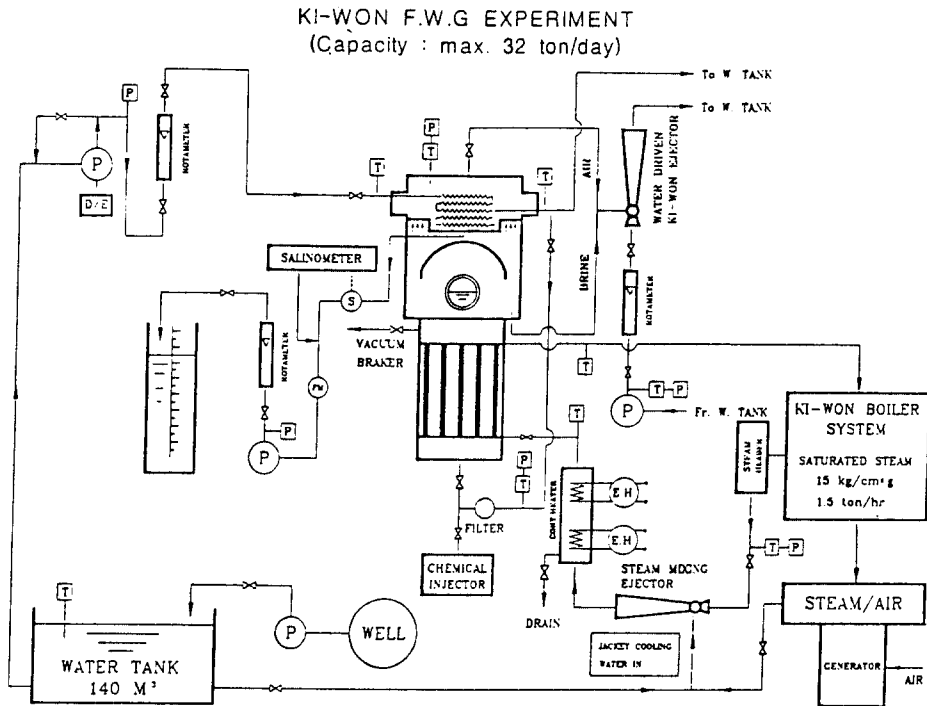


Fig. 2 Ki - Won F.W.G. experimental apparatus

보일러에 재급수된다. 증발부의 열원으로 공급되는 청수는 청수탱크로부터 펌프를 통하여 열교환기로 보내진다. 이때 열교환기를 통하여 가열된 청수는 전기히터식 열교환기에서 증발부 입구의 실험조건에 맞도록 다시 가열하여 보내어지며, 조수기 본체에서 브라인에 의해 냉각된 청수는 본래의 탱크로 보내진다.

냉각 및 증발부에 공급되는 브라인은 응축부 입구의 실험조건에 맞도록 전열히터형 열교환기에서 온도를 미세조정하고, 응축부에서 냉각과정을 통하여 열교환이 진행된 유체의 일정량은 브라인으로 공급되고 나머지는 대형 물탱크에 배출되도록 하였다.

조수기 내부의 진공을 형성시키기 위하여 응축부와 증발부로부터 동시에 불응축가스인 공기를 흡인할 수 있는 이젝터를 설계 제작하였다. 응축부

내부와 연결되어 있는 이젝터는 열교환기 표면에 불응축가스가 부착되는 것을 제거하고, 응축부의 응축효율을 향상시키며 응축열전달계수를 높이기 위하여 고성능 이젝터를 설치하였다. 증발부에는 증발하고 남은 브라인을 연속적으로 뽑아내기 위하여 수구동 이젝터를 설계하였다.

수구동 이젝터는 조수기 내부가 -631mmHg , 56.8°C 의 상태에서 해수온도 30°C , 구동압력 5kg/cm^2 로 운전되며, 배출되는 브라인의 양은 $4.2\text{m}^3/\text{hr}$ 를 설계조건으로 하였다.

응축부 열교환기 트랩에서 응결되어 고여있는 청수는 증류수펌프에 의하여 유량계를 통하여 탱크로 이송된다. 청수에 함유된 염분은 염도센서에 의하여 감지되며, 염분이 규정치 이상일 경우 솔레노이드밸브가 작동하여 청수이송펌프로 가는 라인을 폐쇄시키고 청수를 증발부로 보낸다.

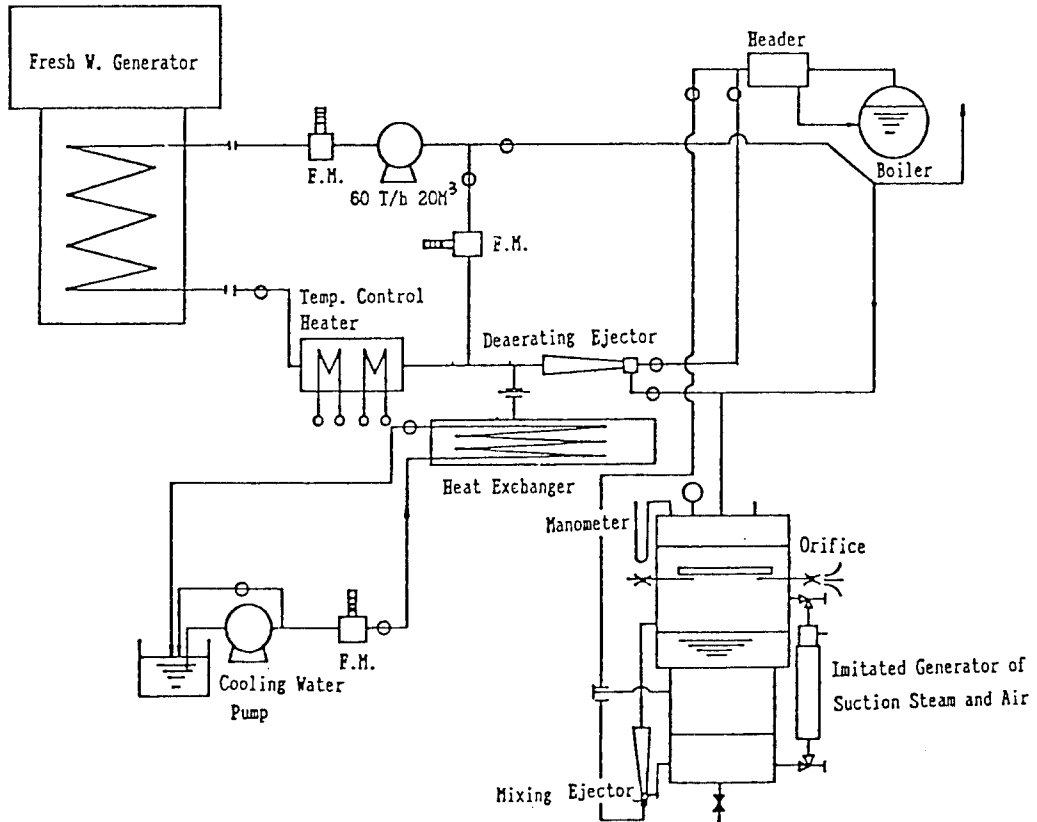


Fig.3 Detailed piping diagram of heating line

해수중에 포함된 광물질이 증발부의 열교환기 튜브에 부착하여 스케일이 생성되면 전열효율이 급격하게 저하되어 전체적인 조수기의 성능이 떨어지게 된다. 이와 같은 요인을 방지하기 위하여 브라인의 파이프라인에 스케일 부착방지를 위한 **Chemical Injection Unit**를 설치하여 브라인과 혼합하여 조수기내로 공급되도록 하였다.

3. 2 브라인 가열계통

Fig. 3은 가열장치의 전체 배치도를 나타내고 있다. 연구참여기업에서 보유하고 있는 보일러로부터 발생된 증기는 실험조건에 맞도록 불응축가스와 혼합되어 **Mixing Ejector**를 통하여 혼합탱크 내부에 고여있는 물과 함께 순환된다. 이 때 진공압력에 해당하는 포화온도까지 물과 증기를 **Mixing Ejector**로 혼합하여 가열한다.

Deaerating Ejector는 보일러의 **Steam Head**로부터 실험조건에 맞도록 임의적으로 구동압력을 변경시키면서 운전된다. **Deaerating Ejector**의 흡

입측은 **Mixing Chamber**내에서 불응축가스가 혼합된 증기를 흡입하며 증기에 혼합된 불응축가스의 양은 오리피스를 통하여 조절하였으며, 내부유체의 포화온도는 마노미터에서 계측된 진공도에 따라 **Mixing Ejector**를 구동하는 증기량을 가감하여 실험조건에 맞추었다.

Deaerating Ejector로 부터 토출되는 유체는 증기와 불응축가스가 인위적으로 혼합된 2상유동의 형태로서 열교환기에 보내어지며 냉각탱크의 냉각수온도, 펌프에 의해서 구동되는 유체의 유량, 냉각수의 열교환기 입출구온도, 열교환기로 혼합되는 증기의 입출구온도, **Deaerating Ejector**의 구동증기압력 등을 측정한다.

3. 3 냉각계통

Fig. 4는 조수기 본체를 냉각시키는 상세배관도를 나타낸다. 엔진을 냉각시키는 냉각청수펌프와 같은 역할을 하는 **Engine Pump**에 의해서 지하에 설치된 대형 물탱크로부터 **Deaerating Ejector**를

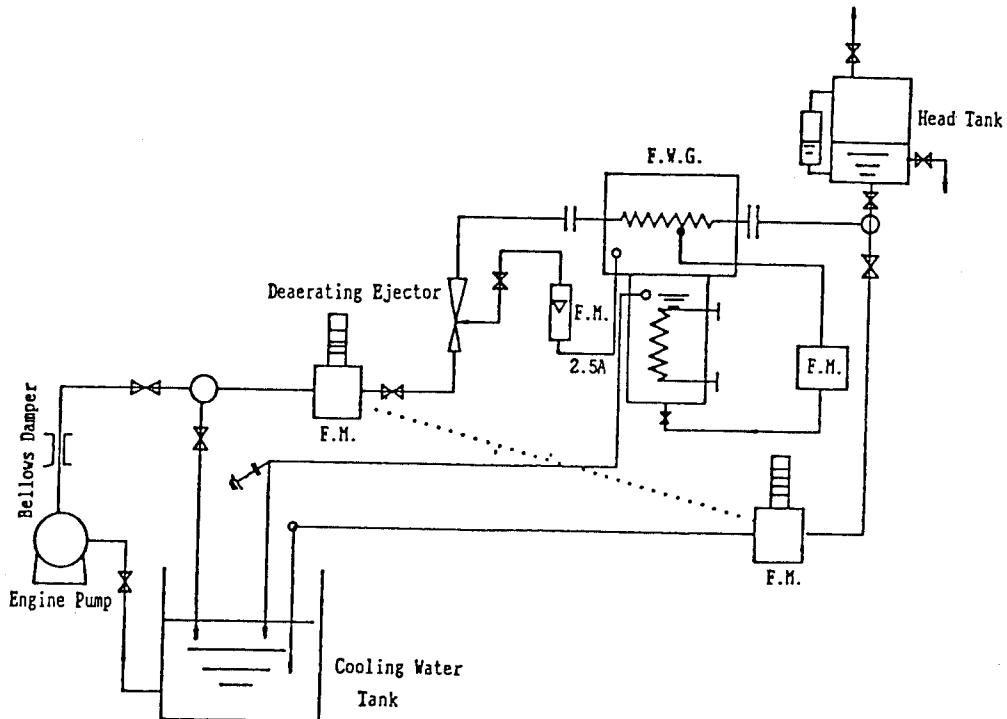


Fig. 4 Detailed piping diagram of cooling line

구동하고, Deaerating Ejector는 응축부의 불응축 가스와 증발부의 브라인을 흡입하여 응축기의 냉각수로 구동유체와 함께 보내어진다. 열교환기를 통과한 냉각수는 유체의 온도가 상승함에 따라 기포가 발생하게 되고, 발생된 기포는 Head Tank에서 배출되어진다.

냉각라인의 성능평가는 Engine Pump의 토출유량과 압력을 조절하여 이젝터의 브라인측과 불응축가스 흡입측의 유량을 조절하여 행하였다. 또한 구동유체의 유량과 압력, 유체의 입,출구온도를 측정하여 열교환량을 산정한다.

3. 4 진공추기계통

조수기에서는 해수중에 용존되어 있는 공기를 중심으로 한 불응축가스가 연속적으로 발생하여 응축부에 축적 된다. 이와 같이 축적된 공기는 연속적으로 외부로 배출되지 않으면 조수기 내부가 최적의 작동압력을 유지하지 못하므로, 추기용 이젝터는 조수기 성능의 양부에 결정적 영향을 미친다. 또한 추기용 이젝터가 과다한 흡입성능을 가지면 증발부에서 발생된 증기가 응축되어 원하는 청수를 제조하는데 이용되지 못하고 선외로 불응축가스와 함께 배출되므로 성능을 저하시키는 요인이 된다. 이러한 추기용 이젝터를 성능실험하기 위하여 Fig.5에 보는 바와 같은 별도의 실험장치를 구성 하였다.

개발될 조수기를 선박에 실제로 탑재하였을 경우에는 선박의 화물적재 상태에 따라서 각종 조수기 관련 해수펌프의 흡입양정과 토출양정이 변화하므로 비교적 넓은 범위의 구동조건에 대하여 추기용 이젝터의 성능이 충분히 확보되어야 한다.

4. 실험결과

4. 1 진공추기 이젝터 성능

조수기에서는 해수중에 용존되어 있는 공기를 중심으로 한 불응축가스가 연속적으로 응축부에 모이게 된다. 그러므로 이와 같이 축적되는 공기를 연속적으로 외부로 배출하지 않으면 조수기 내부의 진공압력이 소정치로서 유지되지 못하므로 증

발온도는 물론 조수량에 결정적 영향을 미친다. 또한 증발부에서 증기의 발생으로 농축되는 브라인은 포화온도상태이므로 일반의 원심펌프 등으로서는 선외 배출이 불가능하므로 조수기에서 진공압력의 형성을 위하여 추기용 이젝터는 필수적으로 사용되어야 하며, 이젝터 성능의 양부는 조수기 성능에 결정적 영향을 미친다.

본 연구에서는 이와 같이 조수기의 연구개발에 지대한 영향을 미치는 추기용 이젝터에 관하여 Fig. 5의 실험장치를 이용하여 추기용 이젝터의 성능실험을 수행하였다.

조수기에 부하를 걸어주기 전에 이젝터 성능과 응축부 및 증발부의 기밀성 시험을 무부하 상태(브라인 가열 없음)에서 실시하여 그 성능을 파악한 것이 다음 Table 3이다. 여기서 구동압력이란 진공추기 이젝터 흡입부에서의 압력을 의미하며, 진공압력은 응축부에서 측정된 값이다. 또한 유량은 브라인이 이젝터에 들어오기 전상태에서 유량계(Flow Cell)로서 측정된 값이다. 이 표에서 보는 바와 같이 진공추기 이젝터에 의해 조수기 내부에 형성되는 진공압력은 620~700mmHg으로서, 충분한 진공이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다. 이것은 이젝터의 성능과 직결되는 문제로서 현재 개발하고 있는 조수기 내부체적 수준에서는 개발된 이젝터가 부합되고 있음을 뜻한다.

또한 Fig. 6은 추기용 이젝터의 성능을 압력비와 면적비의 관계로 나타낸 그림이다.

Table 3 Driving pressure, vacuum pressure and flowrate

No.	Motive Press. (kg/cm ²)	Vacuum Press. (mmHg, Vacuum)	Flowrate (m ³ /hr)	Remarks
1	0.5	752	52	
2	1.0	749	57	
3	2.0	752	68	
4	3.0	752	78	
5	4.5	739	88	
6	5.0	741	85	
7	5.5	742	90	

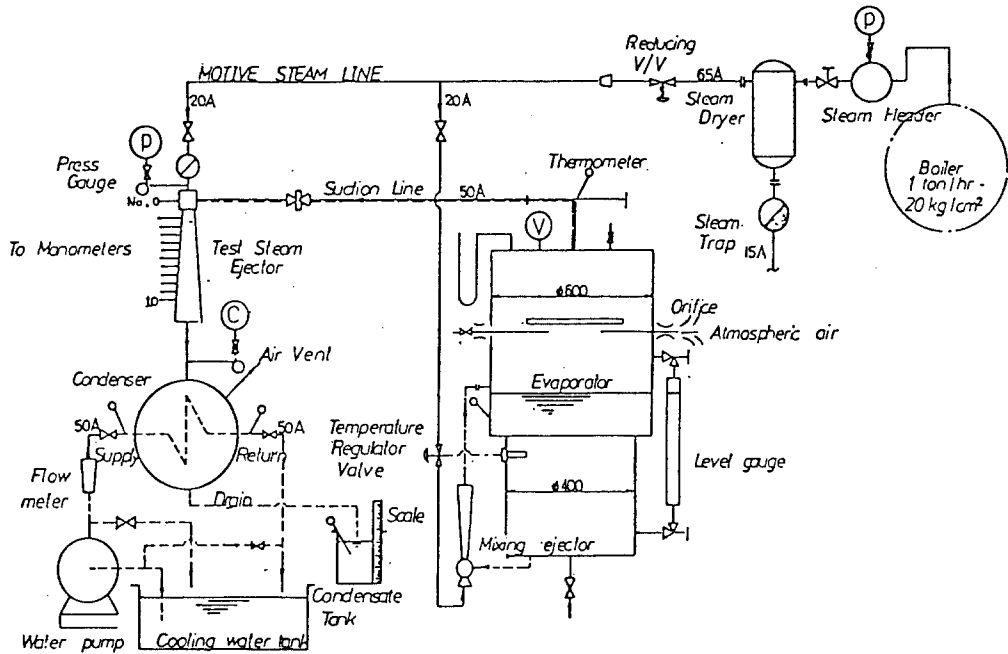


Fig.5 Test loop for the present combination ejector

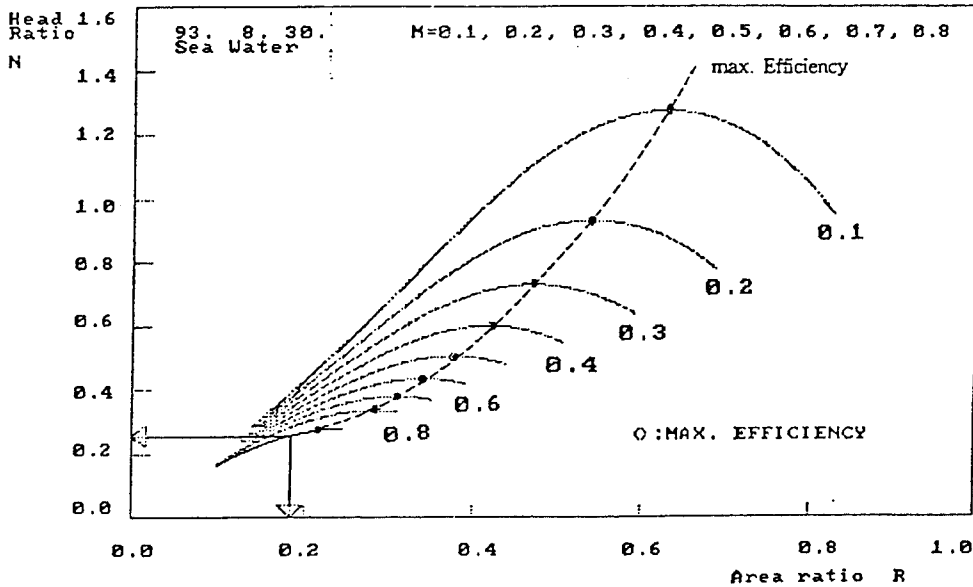


Fig. 6 Correlation of head ratio to area ratio of combination ejector

4. 2 종합성능 평가실험

Table 4~Table 5는 본 연구를 통하여 개발된 대형 저압 증발식 조수기의 종합성능평가실험결과들을 나타낸다. 실험은 실험장치 전체의 충분한

예열을 통하여 실험장치의 각부의 운전조건을 실험조건에 일치시킨 후 15분 이상 경과한 다음 성능모니터링 시스템을 이용하여 계측하였다.

실험의 범위로서 먼저 주기관의 냉각수 유량은 52~80m³/hr, 입구온도는 60.0~83.0℃의 범위내

에서 유지하였으며, 브라인의 입구온도는 38.0~5.16℃의 범위로 하였다.

이상의 실험조건에서 보는 바와 같이 브라인 가열량 및 응축수량을 점점 증가시켜 조수량을 증대시켜가는 실험을 통하여, 본 실험의 범위내에서 조수량은 13.2~30.48ton/day이 확보됨을 확인할 수 있었다. 특히 Table 5에서 보는 바와 같이 조수량이 30.48ton/day의 경우는 본 연구에서 개발하

고자 하는 목표치 30ton/day를 증가하였으며, 정밀하게 설계조건과 실험조건을 일치시킨 순간실험에서 조수량이 약 32.5ton/day가 달성되는 것도 확인할 수 있었다.

생성조수의 염도는 전 실험범위내에서 5ppm 이하로서 원래의 실험조건인 10ppm 이하가 달성됨으로써 내부의 증기유로를 포함한 모든 내부구조설계가 적정함을 확인할 수 있었으며, 진공압력도

Table 4 Performance test results of KI WON marine F.W.G

		실 험(1)		실 험(2)		실 험(3)	
		기 록 장 리		기 록 장 리		기 록 장 리	
* 실험조건		1. 증발잠열 : 540kcal/kg, 응축부잠열 : 575kcal/kg					
메모사항		2. 현열 : 1.0 kcal/kg℃					
* 실험시간		시/분	10 : 00				
		시/분					
		* 분		15	15	15	
1. 주기관냉각수	유량 m ³ /hr		60.0		70.0		80.0
	입구온도 ℃		60.0		68.0		70.5
	출구온도 ℃		56.0		63.2		65.3
	* 온도차 ℃		4.0		4.8		5.2
2. 브 라 인	유량 m ³ /hr						
	입구온도 ℃		38.0		31.9		42.4
	출구온도 ℃		41.0		42.0		43.0
	* 온도차 ℃		3.0		10.1		0.6
3. 콘덴서냉각	유량 m ³ /hr		83.0		83.0		83.0
	입구온도 ℃		30.0		30.0		32.5
	출구온도 ℃		37.0		34.0		37.1
	* 온도차 ℃		7.0		4.0		4.6
4. 추 기 이 켜 터	진공압력 mmHg		690		700		680
	구동유량 m ³ /hr		83.0		83.0		83.0
	구동압력 kg/cm ³		5.0		5.0		5.0
	출구압력 kg/cm ²		0.6		0.75		0.6
5. 조 수 량	순간유량 ton/hr		0.5		0.7		0.62
	* 조수량 ton/day		13.2		16.8		14.88
	* 열량 kcal/hr						
6. 조 수 염 도	염도 ppm		1.3		2.1		1.7
7. 내 부 진 공	내부압력 mmHg		690		700		680
	상하차압 mmHg		8.0		12.0		6.0

Table 5 Performance test results of KI WON marine F.W.G

		실 험(1)		실 험(2)		실 험(3)	
		기 록	정 리	기 록	정 리	기 록	정 리
* 실험조건 메모사항		1. 증발잠열 : 540kcal/kg, 응축부잠열 : 575kcal/kg					
		2. 현열 : 1.0 kcal/kg℃					
* 실험시간		시/분					
		시/분					
		* 분	15		15		15
1. 주기관냉각수	유량 m ³ /hr		76.0		76.0		80.0
	입구온도 ℃		81.5		85.0		86.0
	출구온도 ℃		75.0		77.3		78.0
	* 온도차 ℃		6.5		7.7		8.0
2. 브 라 인	유량 m ³ /hr						
	입구온도 ℃		46.0		44.5		45.0
	출구온도 ℃		48		48		48.5
	* 온도차 ℃		2.0		3.5		3.5
3. 콘 텐 서 냉 각	유량 m ³ /hr		85.0		85.0		85.0
	입구온도 ℃		29.4		28.0		29.0
	출구온도 ℃		35.5		34.7		35.2
	* 온도차 ℃		6.1		6.7		6.2
4. 추 기 이 켜 터	진공압력 mmHg		660		690		690
	구동유량 m ³ /hr		85.0		85.0		85.0
	구동압력 kg/cm ¹		5.0		5.0		5.0
	출구압력 kg/cm ²		0.75		0.7		0.7
5. 조 수 량	순간유량 ton/hr		1.05		1.2		1.27
	* 조수량 ton/day		25.2		28.8		30.48
	* 열량 kcal/hr						
6. 조 수 염 도	염도 ppm		2.5		3.0		2.6
7. 내 부 전 공	내부압력 mmHg		664		691		691
	상하차압 mmHg		10.0		11.0		12.0

690mmHg 정도로 매우 양호한 진공추기 이젝터 성능이 얻어졌다.

5. 결 론

디젤기관을 주기관으로 하는 7000~30,000급 상선에 탑재하기 위한 대형 저압증발식 조수기의 개발을 위하여 본 연구에서는 실제로 시작품 조수

기를 설계 제작하고, 필요한 실험장치를 설치하여 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 개발하고자 한 조수기의 용량은 30ton/day 이었는데, 공식실험을 통하여 30.48ton/day 이상의 양호한 조수성능을 가짐을 확인하였다.

(2) 진공 설계압력은 -631mmHg이었는데, 본 연구에서 개발한 진공추기 이젝터 성능은 최고 -700mmHg로서 매우 우수한 성능을 나타내었으

며, 따라서 선박의 적하상태 등에 관계없이 항상 확실한 진공성능이 보장되었다.

(3) 개발된 염도제어장치를 이용하여 생성된 조수의 염도를 측정 한 결과, 설계치 이하의 값을 지시함이 확인되었으며, 캐리오버 등을 방지하기 위한 조수기 내부의 구조설계도 양호함을 알 수 있었다.

(4) 각부의 압력 및 온도를 온라인상태에서 계측하고, 이로부터 종합성능을 분석하기 위하여 개발된 모니터링시스템은 매우 양호한 작동을 하였으며, 이를 이용하면, 주기관의 냉각수량 및 폐수의 온도변화시에 조수기의 종합성능 예측이 가능하다.

후 기

본 연구는 국민은행의 중소기업지원자금에 의하여 수행되었음을 밝히며, 이에 심심한 사의를 표합니다.

참고문헌

- 1) Huyghe J. et al, Deasination 4, 209~219(1968).
- 2) Coogan C. H. Jr., D. A. Fisher, F. W. Gibert and

H. L. Ornstein, OSW Res. Devel. Prog. Rep. No. 364(1968).

- 3) 高見朝成, "船用造水裝置", Journal of M.E.S.J, Vol. 8, No. 19, pp. 744~746(1973).
- 4) 송치성, 강신돌, 최준섭, "선박용 조수장치", 한국박용기관학회지, 제17권 제3호, pp. 148 - 159(1993).
- 5) Phlip Liu, "A New Concept in Marine Desalination The Thermal Compression Distillation Plant", Marine Technology, Vol. 27, No. 3(1990).
- 6) P. M. Wild et al, "Development of a Centrifugal Revers - Osmosis Desalination Unit of Intermediate Scale", Marine Technology, Vol. 27, No. 3 (1990).
- 7) Roy L. Harrington, "Marine Engineering", The Society of Nava Architects and Marine Engineering(1971).
- 8) 김병덕외 14인, "대형 저압 증발식 조수기 개발 (1)", 1차 보고서(1993).
- 9) 김병덕외 14인, "대형 저압 증발식 조수기 개발 (2)", 2차 보고서(1994).
- 10) 김경근외 2인, "액체 이젝터의 컴퓨터 지원설계 및 실험에 관한 연구", 에너지 R&D, 제10, 제1호 (1988).
- 11) 최순호, "폐열을 이용한 비등형 선박용조수기의 열설계에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원논문집 (1989).