

工學碩士 學位論文

상선과 실습선의 펌프 설치 현황
분석에 관한 연구

A Study on the Analysis of the Present Status of
Pumps Installed in Merchant and Training Ships

指導教授：金 由 澤

2007年 2月

韓國海洋大學交 海事産業大學院

機關시스템工學科

李 相 一

本 論文을 李相一의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長 趙 權 回 (印)

委 員 李 英 浩 (印)

委 員 金 由 澤 (印)

2006年 12月 19日

韓國海洋大學交 海事産業大學院

機關시스템工學科

李 相 一

목 차

Abstract.....	1
제1장 서 론.....	4
1.1 연구 배경 및 목적.....	4
1.2 연구 방법.....	5
제2장 선박에 사용되는 펌프.....	8
2.1 디젤선 냉각수 계통.....	8
2.2 디젤선 연료유 계통.....	9
2.3 디젤선 윤활유 계통.....	10
2.4 터빈선 보일러 급수 계통.....	12
2.5 터빈선 냉각수 계통.....	13
제3장 각 선종별 펌프 설치 현황.....	14
3.1 터보형 펌프의 선종별 사용특색.....	14
3.2 용적형 펌프의 선종별 사용특색.....	16
3.3 선종별 펌프의 rpm 특성.....	33

3.4 선종별 터보형과 용적형 펌프의 분포 특색.....	33
3.5 펌프 동력대비 주기 연속최대출력의 선종별 특색...38	
3.6 펌프 동력대비 발전기 엔진 출력의 선종별 특색....43	
3.7 펌프 질량대비 주기 질량의 선종별 특색.....47	

제4장 선종별 각종 변수의 상관관계 분석.....	51
-----------------------------	----

제5장 결 론.....	80
--------------	----

참고문헌.....	82
-----------	----

A Study on the Analysis of the Present Status of Pumps Installed in Merchant and Training Ships

Sang-II Lee

*Division of Marine System Engineering Graduate School
Korea Maritime University*

Abstract

Various kinds of ships(cargo ship, passenger ship, training ship, and special ship) are operated to transport cargo or passengers at sea in the world. Most of the important auxiliary machinery installed in those ships is fluid machinery such as pump, compressor, and fan. A large percentage of fluid machinery is pumps which are classified turbo and positive displacement pump type. While many previous researches have focused on pumps for shore use, very few are known about marine use pump.

This thesis has two aims: (a) to analyze the present status of pumps installed in merchant and training ships, (b) to contribute to the development of educational material and foundation of research about ship's pump, (c) to find the correlation among sea going pump kW, port pump kW, total pump kW, GE kW, ME MCR, number of pumps, DWT, ME kg_f, pump kg_f.

Based on ship's type, my paper seeks to classify turbo type pump and positive displacement type pump and to find special characteristics as a result of analyzing head, flow rate, and kW.

Moreover this paper analyzes and compares number of pumps, rpm of

pumps, pump kW/ME MCR, pump kW/GE kW under the conditions of seagoing and berthing according to ship's type. It then focuses on how two results(merchant ships, training ships) are analogous.

The author further shows that training ships are compatible to train cadets who will onboard various kinds of ships about pumps.

Divided into five chapters, this dissertation uses marine use pumps as basic tool for the study.

Chapter I presents the research design, background, and purpose.

Chapter II portrays the status of pumps installed in ship.

Chapter III examines the data analysis, explains and interprets the data tables and basic results of the study which is the present status of pumps installed in various kinds of ships.

Chapter IV analyzes correlation coefficient of various values.

Chapter V provides results of the study.

Finally, it seems legitimate to conclude from all this that

The author describes and analyzes the status of pumps installed in ships using graphs.

- 1) the highest head: boiler feed water pump, boiler F.O. service pump.
- 2) the majority of turbo type pump rpm is 1,800 rpm and positive displacement type is 1,200 rpm.
- 3) number of pumps of turbo and positive displacement type:
diesel engine => nearly same number.
turbine engine =>the number of turbo type pumps are much more than the number of positive displacement pumps.

The author finds the result of correlation is as follows;

1) correlation coefficient of various values(high rank 5)

§ Total pump kW - port pump kW: 0.993

§ GE kW - seagoing pump kW: 0.934

§ pump weight - total pump kW: 0.924

§ pump weight - DWT: 0.905

§ ME weight - ME MCR: 0.900

2) correlation coefficient of various values(low rank 5)

§ DWT - ME weight: -0.032

§ ME weight - pump weight : -0.054

§ ME weight - port pump kW: 0.099

§ ME weight - number of pumps: 0.12

§ ME weight - total pump kW: 0.156

This paper's main contribution is to be used as a educational material and foundation of research about ship's pump.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

현재 전 세계적으로 운항되고 있는 선박^[1]은 여객선(passenger ship), 컨테이너를 적재하여 수송하는 것을 목적으로 하는 컨테이너선(container ship), 원유 및 석유 제품의 운송을 목적으로 하는 유조선(oil tanker), 화학제품을 다량으로 운반하는 화학제품선(chemical tanker), 석탄·광석만을 전용으로 운송하는 광탄선(ore/coal carrier), 곡물·철광석 등을 포장하지 않고 살물(bulk)상태로 운송하는 살물 운반선(bulk carrier), 석유 정제 시 발생하는 액화된 프로판 가스를 운반하는 LPG(liquefied petroleum gas)선, 최근 무공해 에너지원으로 각광받고 있는 천연가스(natural gas)를 극저온으로 냉각하여 액체로 양하지까지 약 -160°C 의 낮은 온도를 유지하면서 운송하는 시스템을 가진 LNG(liquefied natural gas)선, 자동차를 전문적으로 운송하는 자동차 전용선(car carrier), 그리고 특수한 화물에 적합하게 제작된 특수선이 있으며 추가로 영리목적이 아닌 군함(war ship)이나 소형 실험선 등 다양한 선박이 운항되고 있다. 또한 선박에 승선할 해기사를 양성하기 위한 실습선(training ship)도 운항되어지고 있다.

다양한 선박에서 중요 보조기계의 대부분을 차지하고 있는 것이 각종 펌프(pump), 압축기(compressor), 송풍기(fan) 등의 유체기계^[2]이며, 유체기계 중에서도 펌프가 대부분을 차지하고 있다. 이러한 선박용 펌프에 대한 선종별 사용 현황 및 특징 등에 관하여 체계적인 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 선박용 펌프에 대한 기초 자료를 만들고 펌프 설치현황을 아래의 1) ~ 5)와 같이 연구·분석하고자 한다.

- 1) 펌프를 선종별로 터보형(turbo pump)과 용적형(positive displacement pump)으로 분류하여 양정, 유량, 소요동력을 분석하여 각 선종의 특징을 분석.
- 2) 선종별로 탑재된 펌프의 수, 펌프 회전수를 비교 분석.
- 3) 정박중과 항해중으로 분류하여 펌프출력을 주기관의 연속최대출력(pump kW/ME MCR), 펌프출력을 발전기 엔진의 정격출력(pump kW/GE kW)로 나누어 무차원화하여 비교 분석.
- 4) 펌프중량을 주기중량과 재화중량톤(deadweight tonnage)으로 나누어 특징을 분석.
- 5) 선박의 종류는 다양하고 해상에서의 특수성이 있는데 연구에 선정된 선박이 그러한 다양한 선박을 대표할 수 있는지 여부를 검증.

또한 유체기계인 펌프와 상기의 많은 변수가 서로 어떠한 상관관계가 있는지 확인하기 위해 우선 선종별로 분리하여 비교한 후 전 선종을 동시에 비교하여 상관 관계를 분석하고자 한다.

1.2 연구 방법

연구 대상 선박은 OO해운 선사에서 운항되어지고 있는 선박을 대상으로 하였으며, 최근에 부각되어지고 있는 LNGC는 국내선사에서 운항되어지고 있는 모든 선박을 대상으로 하였다. 연구대상 선박은 Fig. 1에서 보이는 선박 중에서 선종별 최대선박을 선정하였다. 컨테이너선은 6,500TEU, 벌크선은 161,000DWT, LNGC는 135,000CBM(Moss type), 유조선은 309,000DWT을 선정하고 자동차선은 6,000UNIT, 광탄선은 200,100DWT, 실습선은 한국해양대학교에서 운항중인 Hannara호, Hanbada호를 대상으로 하였다. 선정된 선박의 규격(specification)은 표 1에 나타내었다. 선정된 선박의 적절성은 분석하여 대표성 여부를 판

별하였다. 타선사의 선박에 대해서는 LNGC의 경우만 국내의 모든 선사에서 운항되어 지고 있는 모든 선박을 대상으로 하고자 한다.

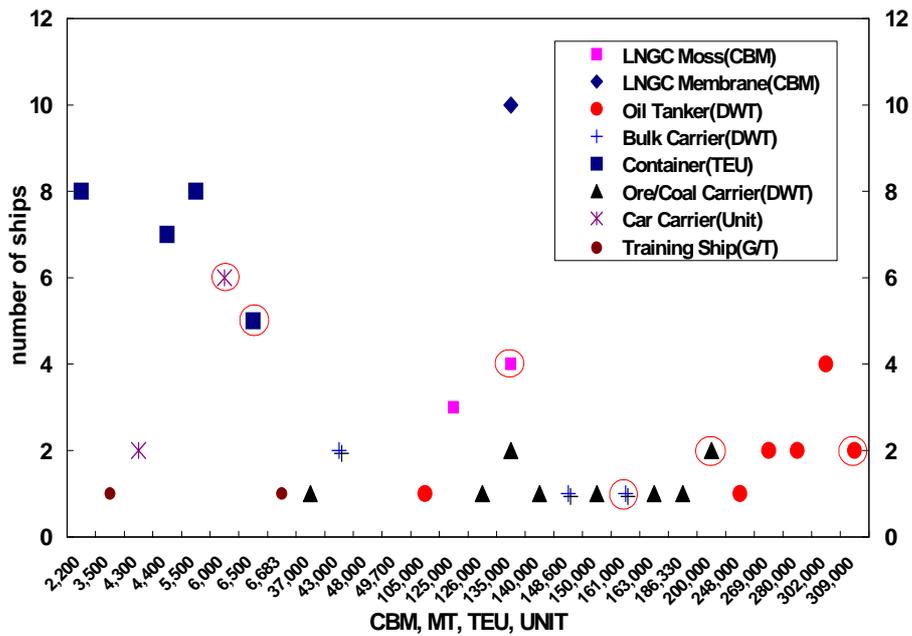


Fig. 1 The subjects of ships for research

Table 1 Specifications of ships for research

	Built (year)	Length(LOA) (m)	Deadweight Grosston(MT)	M/E M.C.R. (kW)	M/E N.C.R. (kW)	G/E output (kW)
LNGC(MOSS)	2000	289	77,584	29,082	26,174	3250 x 3
oil tanker	2005	333	309,000	29,127	25,287	1000 x 3
bulk	1997	280	161,121	17,091	15,928	600 x 3
container	2001	304	80,500	66,844	60,613	3000 x 4
ore/coal	1990	298	200,100	15,123	13,609	560 x 3
car carrier	1997	200	21,505	14,511	13,057	1180 x 3
T/S Hannara	1993	93	3,640	2,982	2,535	480 x 3
T/S Hanbada	2005	117	6,686	6,062	5,153	960 x 3

제 2 장 선박에 사용되는 펌프

선박에 설비되어 있는 기계를 크게 분류하면 주기관(main engine)과 보조기계(auxiliary machinery)로 나눌 수 있으며 전자는 선체를 직접 추진하는 기계를 말하고 후자는 주기 및 보일러의 운전에 필요한 기계(propulsive auxiliary)와 배의 취항에 필요한 모든 기기를 총칭하여 말하고 보기¹⁾라고 한다^[3]. 선박의 보기 중에 펌프가 가장 많은 수를 차지하고 있으며 선박에서의 주요 사용처는 디젤선에서는 Fig. 2 ~ Fig. 4에 청수·해수냉각 시스템, 연료유 시스템, 윤활유 시스템을 나타내었다. 터빈선의 계통도는 Fig. 5 ~ Fig. 6에 보일러의 급·복수 시스템, 청수·해수 냉각 시스템을 나타내었다.

2.1 디젤선 냉각수 계통

냉각수 계통은 청수 냉각과 해수 냉각의 두 가지 방식이 병행하여, 주기나 발전기 엔진 등은 청수로 냉각하고 각종 냉각기 등은 주로 해수로 냉각한다. 최근에는 해수에 의한 부식문제가 심각하게 대두되어 상기의 Fig. 2처럼 중앙냉각방식(central cooling system)으로 냉각시스템을 사용하는 경향이 커지고 있다. 이 방식은 중앙냉각기(central cooler)의 청수를 해수로 냉각하고 냉각된 청수를 이용하여 다른 계통을 냉각한다. 하지만 낮은 온도의 냉각수를 필요로 하는 열교환기는 직접 해수로 냉각하기도 한다. 주기관의 자켓과 같은 고온부위는 고온의 청수로 냉각하는데 고온청수를 저온청수를 이용하여 냉각한다. 저온청수

1) 선박안전법의 선박기관기준(해양수산부고시)에 “기관”이라 함은 원동기·동력전달장치·축계장치·보일러·압력용기·보조기관·보기 및 관 장치와 이들의 제어장치를 말한다. “주기관”이라 함은 선박의 주된 추진력을 얻기 위한 원동기를 말한다. “보기”라 함은 기관실내외에 설치되어 있는 기기 중 원동기, 동력전달장치, 축계장치, 프로펠러, 보일러, 압력용기, 관장치 및 제어장치를 제외한 기기를 말한다.

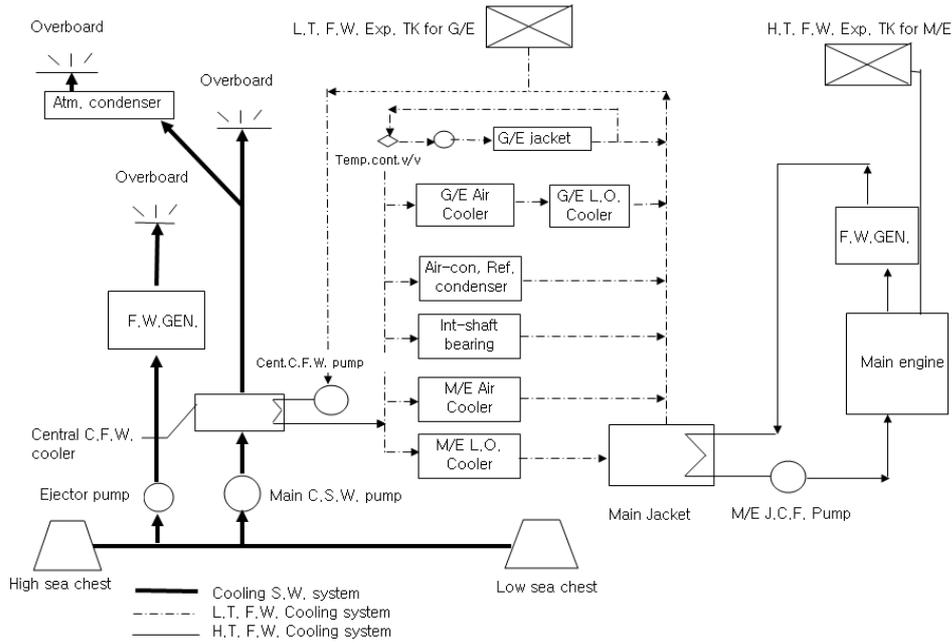


Fig. 2 Schematic diagram of cooling water system

를 이용하여 고온부를 직접 냉각하면 열응력이 발생하여 실린더 라이너의 손상을 가져오는 단점과, 열효율을 저하시킨다. 이 계통에 사용되는 주요한 펌프는 주 해수 펌프(main c.s.w. pump), 중앙 청수 냉각 펌프(central c.f.w. pump), 주기 자켓 냉각 청수 펌프(M/E j.c.f.w. pump) 등이다.

2.2 디젤선 연료유 계통

연료유 계통은 디젤유(marine diesel oil)와 저질중유(heavy fuel oil)의 두 계통으로 이루어지고 일반적으로 주기는 저질유를, 발전기 엔진은 디젤유를 사용하는 경우가 많았었는데 최근에는 연료비 절감을 위하여 저질중유를 주기 및 발전기 엔진에 사용하는 경우가 많다. 또한 저

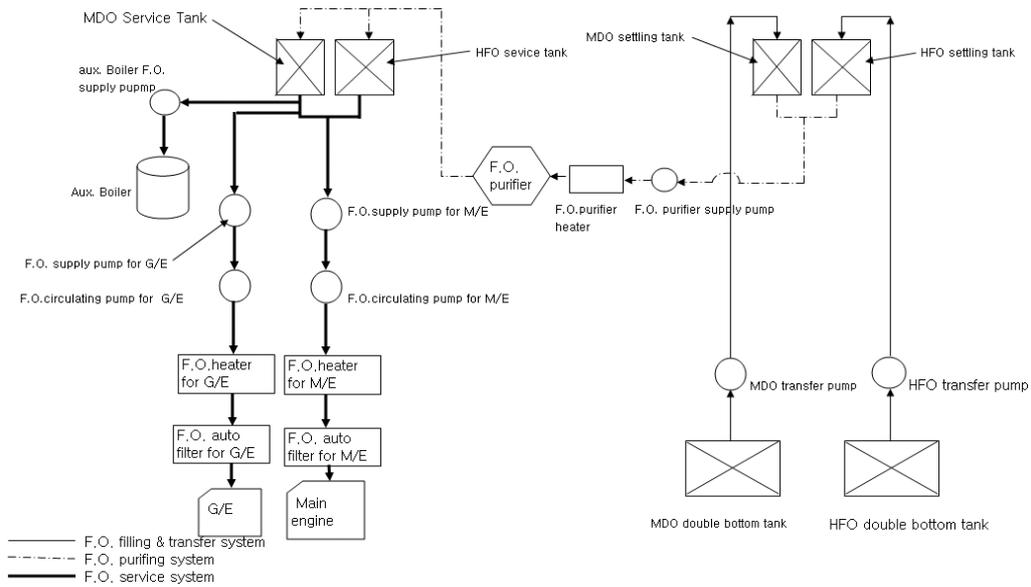


Fig. 3 Schematic diagram of fuel oil system

질유를 사용하는 경우라도 주기를 장기간 정지하거나, 연료유 계통의 정비작업을 위하여 디젤유로 바꾸어 사용하는 경우가 많다. 주기, 발전기 엔진에 사용하는 연료유는 청정기에 의하여 수분, 슬러지와 같은 불순물을 제거할 필요가 있으며 특히, 저질중유에서는 불순물이 많이 포함되어 있으므로 충분히 청정해야 한다. 연료유 계통에 사용되는 펌프는 Fig. 3과 같다.

2.3 디젤선 윤활유 계통

Fig. 4는 디젤선 윤활유 관계의 주요 계통도와 이에 사용되는 펌프를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 주기, 발전기 엔진 등의 윤활유는 섹프탱크(sump tank)에 모여서 펌프에 의해서 베어링, 피스톤 냉각과 같은 곳에 각각 강제 윤활방식에 의해 윤활된다. 주기의 피스톤을 윤활

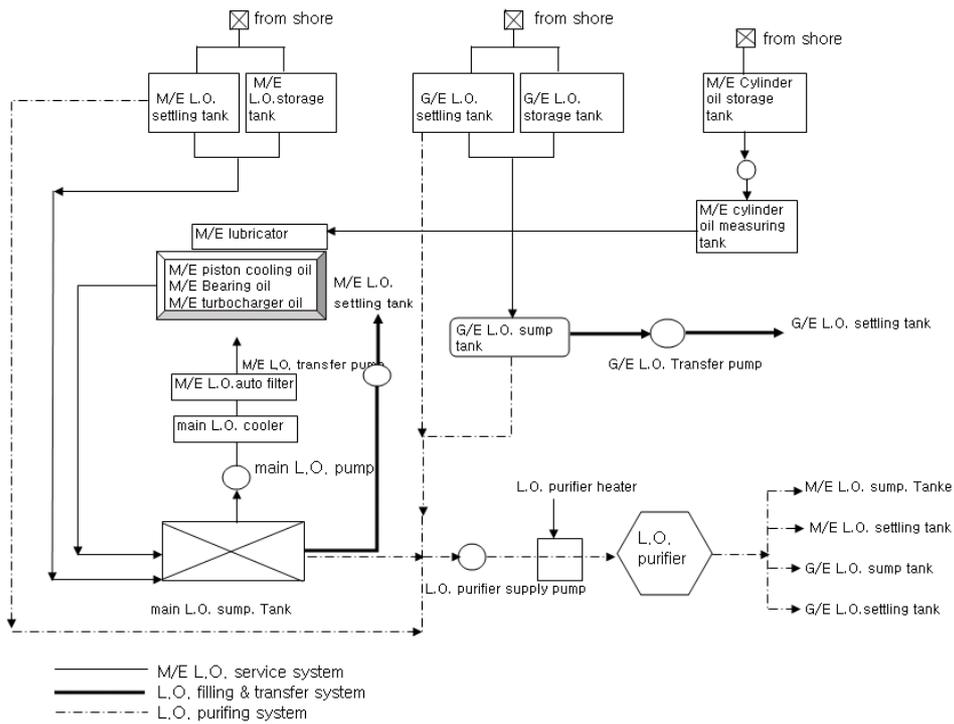


Fig. 4 Schematic diagram of lubricating oil system

유로 냉각할 경우에는 주 윤활유와 동일 계통으로 공급된다. 캠 샤프트 윤활은 별도로 하는 경우와 동일계통으로 하는 경우가 있다. 선박의 경우에만 있는 스톤튜브의 윤활은 별도로 구성하여 해수와 선체를 차단하는 역할 및 스톤튜브 베어링 윤활을 동시에 수행한다.

주기의 실린더는 주기 부속의 주유기로부터 윤활된다. 발전기 엔진과 기타 윤활을 필요로 하는 보기는 일반적으로 부속펌프로 윤활한다. 윤활유의 열화를 방지하기 위하여 유 청정기를 설치하여 계속적으로 청정한다.

2.4 터빈선 보일러 급수 계통

Fig. 5는 터빈선에서의 보일러 급수계통을 나타낸 것이다. 공기분리기(deaerator)로부터 주 급수펌프(main feed pump)를 이용하여 보일러(boiler)에 급수한다. 보일러에서 발생되어진 고온의 스팀이 증기터빈을 운전하고 주 복수기(main condenser)로 모인다. 주 복수기에 모인 스팀 및 드레인을 냉각한 후 주 복수 펌프(main condensate pump)를 이용하여 공기분리기(deaerator)로 보내서 공기를 분리한 후 보일러에 급수되어진다. 스팀의 일부는 열교환기, 유류탱크, 선내 보온과 같은 잡용으로 사용 후 물로 전환된 것은 대기 드레인 탱크(atmosphere drain tank)에 모인다. 이 물을 드레인 펌프(drain pump)를 이용하여 그리스 제거기(grease extractor)를 거쳐 공기 분리기로 보낸다.

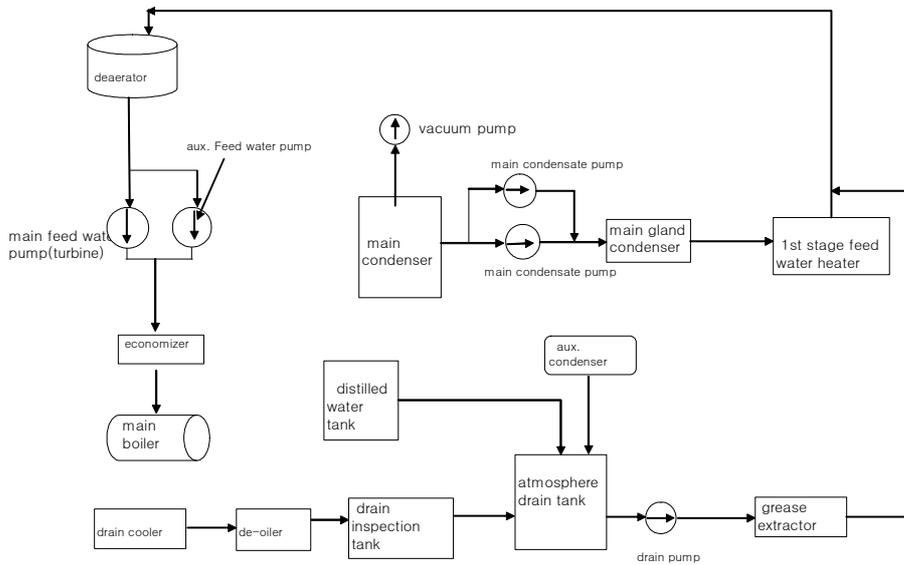


Fig. 5 Schematic diagram of lubricating oil system(turbine ship)

2.5 터빈선 냉각수 계통

Fig. 6의 그림은 터빈 엔진의 냉각 시스템을 보여준다. 디젤선의 시스템과는 많이 다르며, 주 냉각해수 펌프(main cooling s.w. pump)를 이용하여 주 복수기(main condenser)를 냉각하고 선외로 배출되어지고 일부는 윤활유 냉각기(L.O. cooler)와 보조 콘덴서(aux. condenser)로 보내어진다. 주 복수기의 냉각을 제외하고 다른 곳의 냉각은 디젤선과 동일한 방법으로 중앙청수 냉각기(central fresh w. cooler)를 해수로 냉각하여 이 청수를 이용하여 나머지 냉각기에는 청수를 보내는 시스템으로 이루어져 있다.

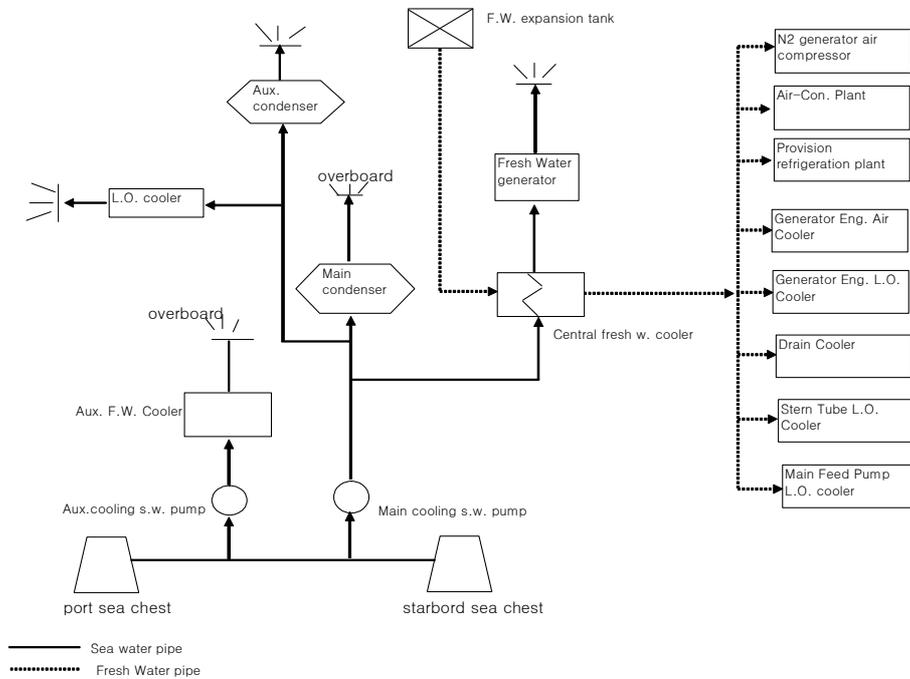


Fig. 6 Schematic diagram of cooling water system(turbine ship)

제 3 장 각 선종별 펌프 설치현황

LNGC, 유조선, 살물 운반선, 컨테이너선, 광탄선, 자동차 전용선, 실습선의 펌프 사용현황을 터보형 펌프(turbo pump), 용적형 펌프(positive displacement pump)로 분류하여 소요동력(kW), 양정(head), 유량(flow rate)을 분석하고자 한다. Fig. 7은 LNGC의 특징을 나타낸다. (a)는 터보형 펌프 그림으로 좌측의 세로축은 펌프의 소요 동력으로 한 대인 경우와 복수대의 펌프가 설치된 경우의 동일 기종 펌프의 소요동력을 합한 값을 나타내고 있다. 우측의 세로축은 단위시간당의 유량과 양정을 나타낸다. 가로축은 펌프의 종류를 나타내고 있다. (b)는 용적형 펌프의 그림이며 (a)와 동일한 방식으로 표시하였다. (c)는 터보형과 용적형 펌프의 회전수의 분포를 나타낸다. 회전수(RPM) 그래프에서 갯수(number)는 펌프 설치 대수를 의미한다.

Fig. 8 ~ Fig. 14은 유조선, 살물 운반선, 컨테이너선, 광탄선, 자동차 전용선, 실습선 2척의 그림이다. 각각의 그림에서 (a)는 터보형, (b)는 용적형, (c)는 RPM이다. LNGC의 주 해수 순환 펌프(main s.w. circ. pump)와 유조선의 화물유 펌프(cargo pump), 광탄선의 발라스트 펌프, Hannara호의 윤활유 펌프처럼 그래프에 나타내기에 상대적으로 커서 다른 값을 표시하기 어려운 경우 일정한 배수로 나누어 나타내었다.

사용한 모든 data는 조선소에서 발급한 Finished plan인 data booklet와 electric load analysis를 근거로 하였다.

3.1 터보형 펌프(turbo pump)의 선종별 사용 특색

펌프당 소요동력은 LNGC에서는 고압의 보일러에 물을 급수 하기 위하여 터빈(turbine)으로 고속 구동되는 보일러 급수 펌프(boiler feed

water pump)가 가장 크며 유조선에서도 터빈으로 구동되는 화물유 펌프(cargo oil pump)가 가장 크다. 하역을 위한 화물유 펌프는 대유량이므로 발전기 엔진으로 구동하기에는 발전기 엔진의 용량이 과도하게 커져야 하므로 보일러에서 발생된 스팀에 의해 구동되는 터빈을 동력원으로 사용한다. 유조선에서의 발라스트 펌프(water ballast pump)도 터빈 구동이다. 살물운반선에서는 발라스트 펌프가 하역 시 발라스트 적재를 위해 대유량의 펌프를 탑재하였다. 컨테이너선은 주 윤활유 펌프(main L.O. pump)가 가장 큰 유량을 가진다. 컨테이너선은 대용량의 주기관에 비례해서 주기관을 윤활하는 큰 펌프가 장착되어 있다.

컨테이너선의 발라스트 펌프도 살물운반선과 같이 대유량이나 정기적인 서비스를 위해서 컨테이너선에는 주기관이 다른 선종에 비해 월등히 크기 때문에 주 윤활유 펌프가 가장 큰 유량을 가지는 것이다. 광탄선은 살물운반선과 비슷한 이유로 발라스트 펌프가 큰 것을 알 수 있다. 자동차 전용선은 주 윤활유 펌프가 가장 크고 실습선 Hannara호에서는 빌지 화재 잡용펌프(bilge fire & g.s. pump)가, Hanbada호에서는 주 냉각해수 펌프(main cooling s.w. pump)가 소요동력이 가장 큰 값을 가진다. 이상의 결과로 터보형 펌프의 펌프당 소요동력(kW)은 선종별로 각기 다른 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

양정(head)은 모든 선종에서 보일러 급수 펌프가 가장 크다는 것을 알 수 있다. 이는 압력이 높은 보일러 내부에 물을 급수하기 때문에 양정이 높은 펌프를 필요로 한다.

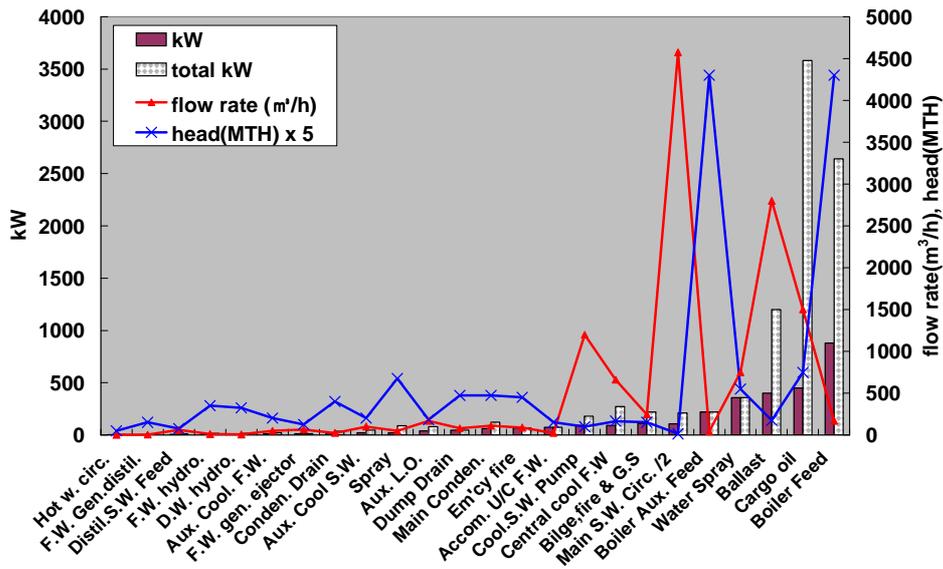
유량(flow rate)은 LNGC에서는 저속 항해 시 또는 정박 중 주 복수기(main condenser)를 냉각하는 주 냉각 해수 순환 펌프(main cooling s.w. circ. pump)가, 유조선에서는 하역을 신속히 하기 위해 화물유 펌프를, 살물운반선, 광탄선, 자동차 전용선에서는 발라스트를 적재·하역 시 짐을 싣고 내리는 시간에 맞추어 발라스트를 적재하기에 적합하도록 발라스트 펌프가 가장 큰 유량을 가진다. 컨테이너선에서는 주 냉각 해수 펌프, Hannara호에서는 진공 복수기 냉각해수 펌프(vacuum

condenser c.s.w. pump), Hanbada호에서는 주 냉각 해수 펌프로 나타난다.

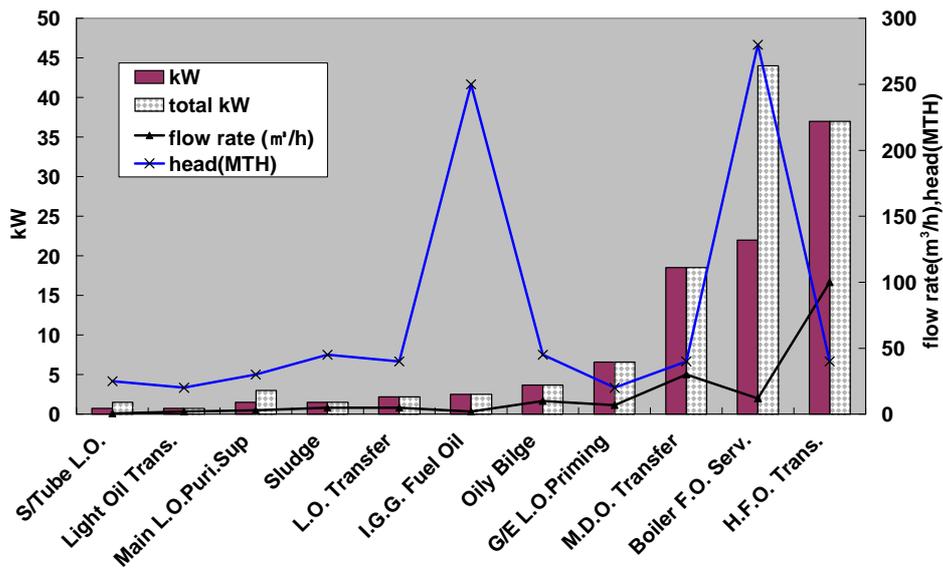
3.2 용적형(positive displacement pump)의 선종별 사용 특색

용적형 펌프는 펌프당 소요동력(kW)과 유량(flow rate)의 최대치는 모든 선종의 대부분 펌프가 일치하고 있다. LNGC, 살물운반선, 컨테이너선, 광탄선, 자동차 전용선에서는 저질중유 이송펌프(heavy fuel oil transfer pump)가 소요동력 및 유량에서 최대치를 나타낸다. 유조선은 주기 크로스헤드 윤활유 펌프(M/E crosshead L.O. pump)가 소요동력과 유량에서 가장 크다. 선박용 디젤 주기관의 제작사(maker)가 크게 두 개로 양분되고 있는데 조사한 선박은 Sulzer사에서 제작한 것으로 주기 크로스헤드 윤활유 펌프가 크게 나타나고 있다. 그리고 두 척의 실습선은 주기의 윤활유 펌프가 상선과 다른 형태의 펌프가 설치되어 있다. 상선은 터보형 펌프가 설치되어 있는 데 반해서 실습선은 용적형 펌프를 탑재하고 있다. Hannara호의 경우 소요동력 및 유량이 최대치가 되는 것은 주 윤활유 펌프이며, Hanbada호는 최대 소요동력은 유압유 펌프(hydraulic oil pump)가 차지하고 있다. 이 펌프는 전자제어엔진(electronic engine)을 장착한 선박에 필요한 펌프인데 학생들의 실습을 위해 Hanbada호는 MC/ME 엔진 겸용으로 제작하면서 이 펌프를 장착하게 되었다. 최대 유량은 주 윤활유 펌프로 나타난다.

최대양정(head)은 실습선 Hanbada호를 제외하고 전 선박이 보일러에 연료를 공급하는 펌프인 보일러 연료유 공급 펌프(boiler F.O. service pump)이다. Hanbada호에서도 보일러 연료유 공급 펌프가 높은 양정을 가지지만 ME엔진에 고압의 유압유를 공급하는 유압유 펌프가 더 높다.

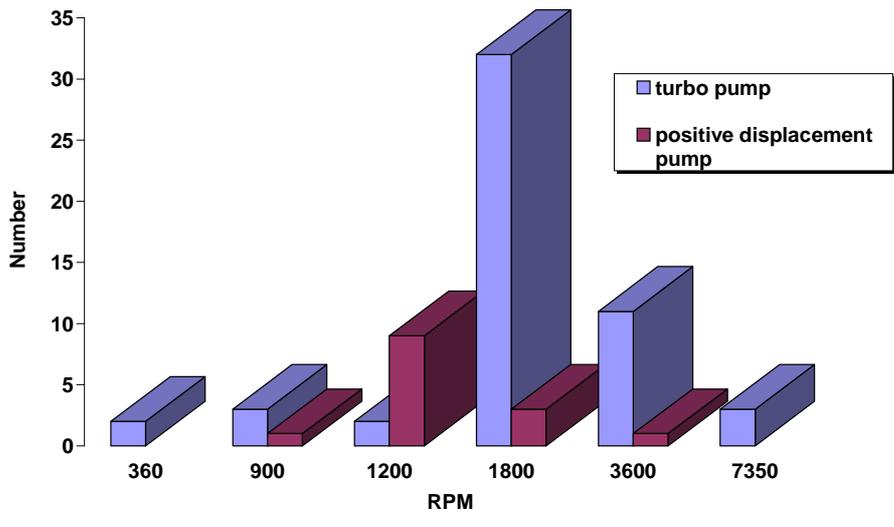


(a) Turbo pump



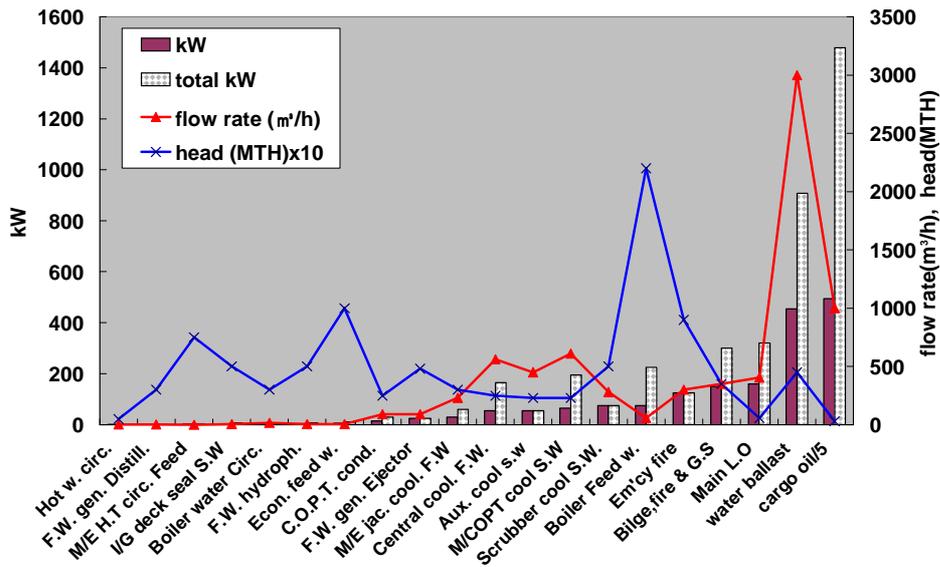
(b) Positive displacement pump

Fig. 7 The characteristics of LNGC

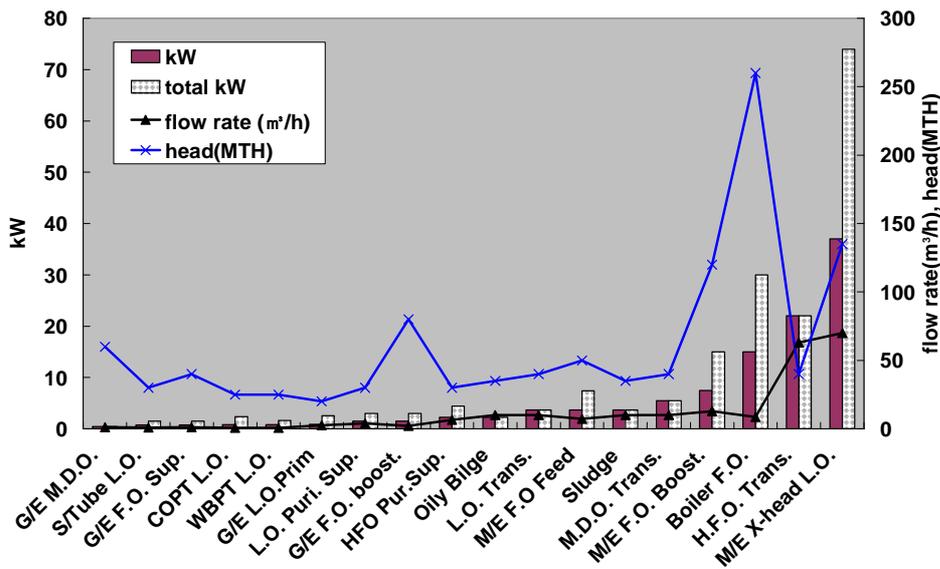


(c) RPM

Fig. 7 The characteristics of LNGC(continued)

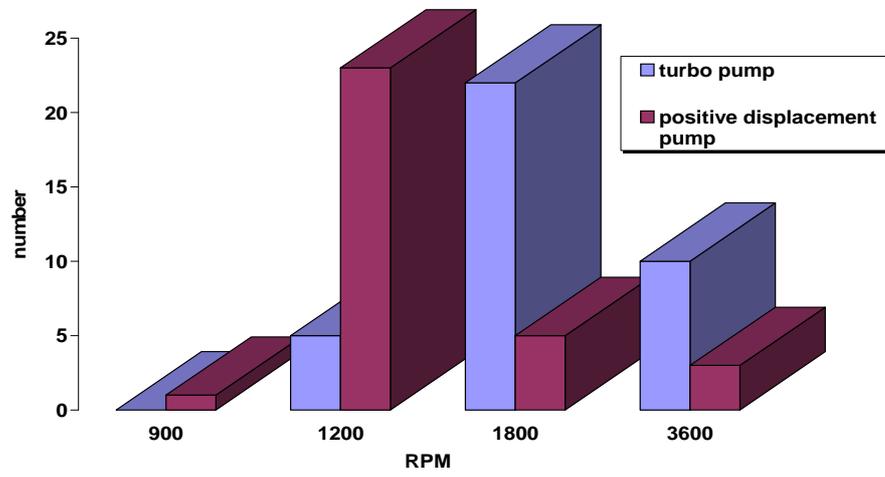


(a) Turbo pump



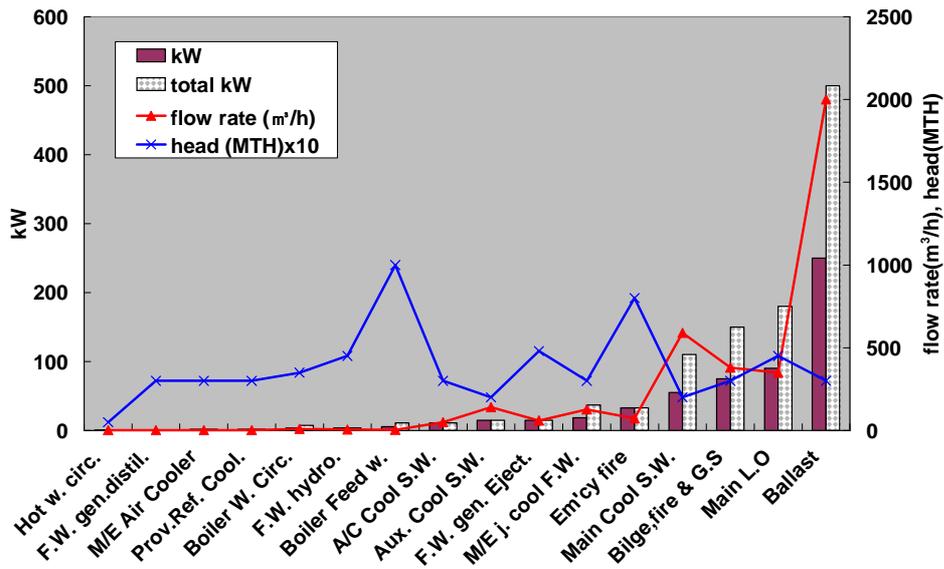
(b) Positive displacement pump

Fig. 8 The characteristics of oil tanker

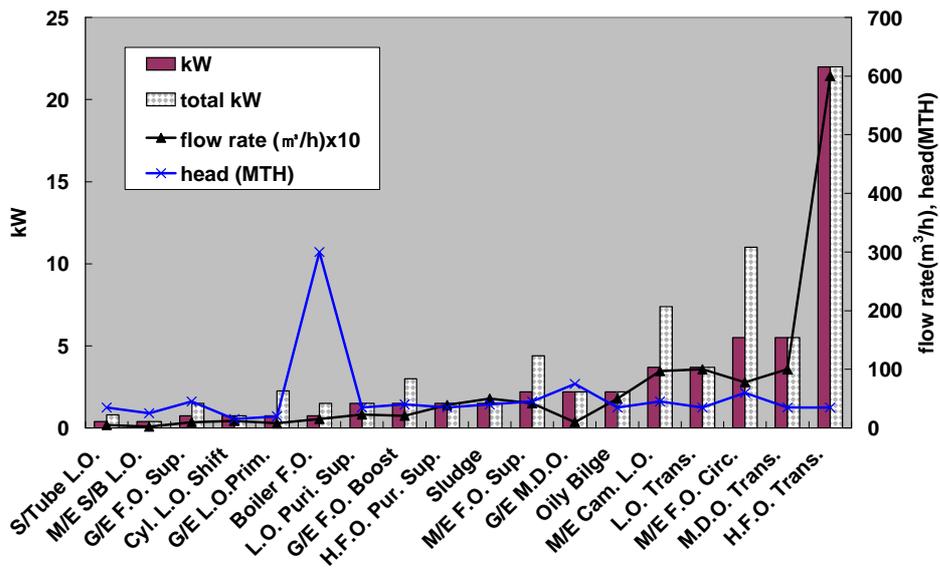


(c) RPM

Fig. 8 The characteristics of oil tanker(continued)



(a) Turbo pump



(b) Positive displacement pump

Fig. 9 The characteristics of bulk carrier

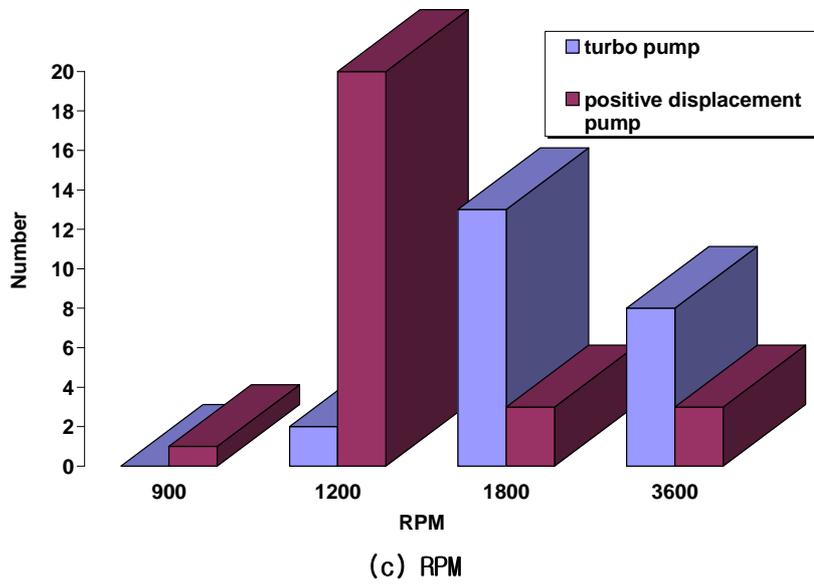
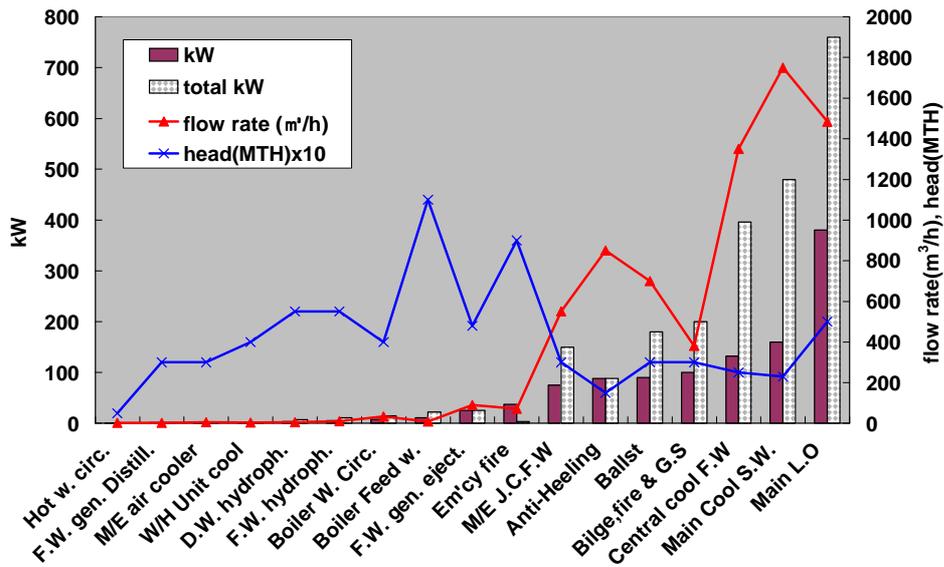
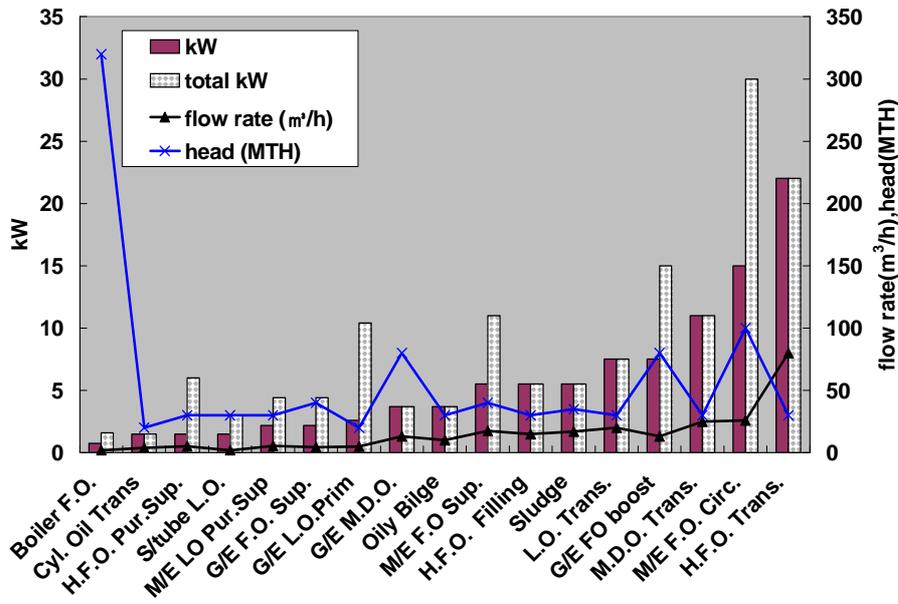


Fig. 9 The characteristics of bulk carrier(continued)

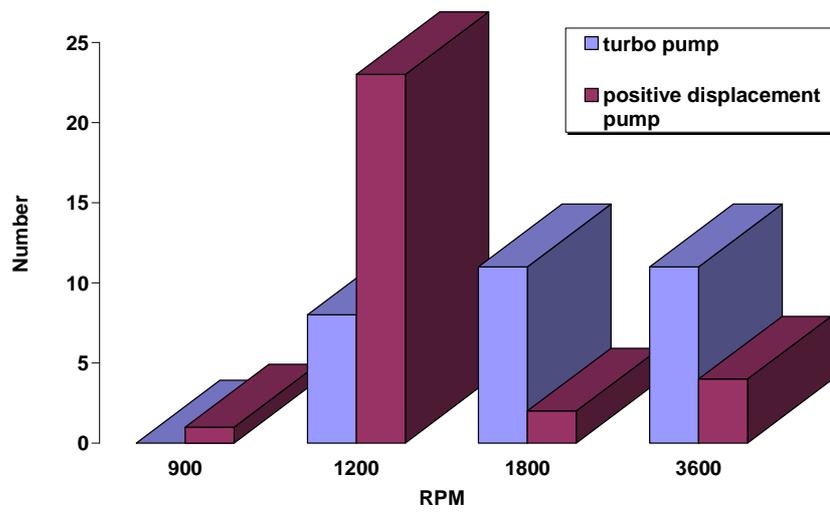


(a) Turbo pump



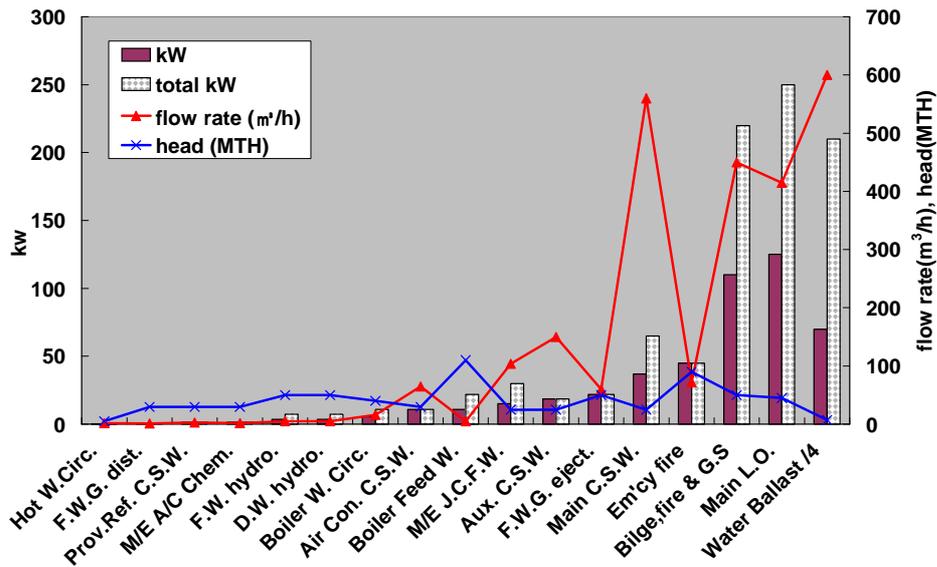
(b) Positive displacement pump

Fig. 10 The characteristics of container ship

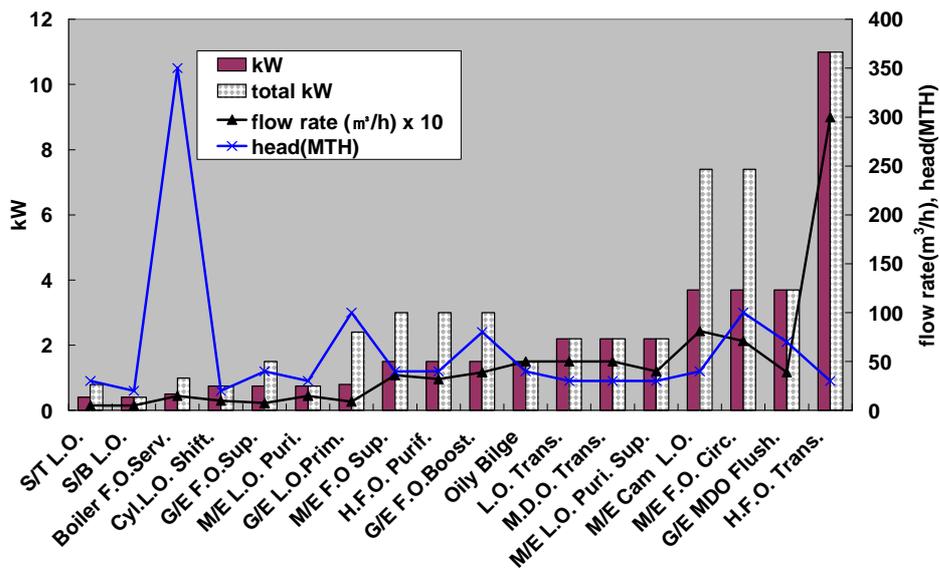


(c) RPM

Fig. 10 The characteristics of container ship(continued)

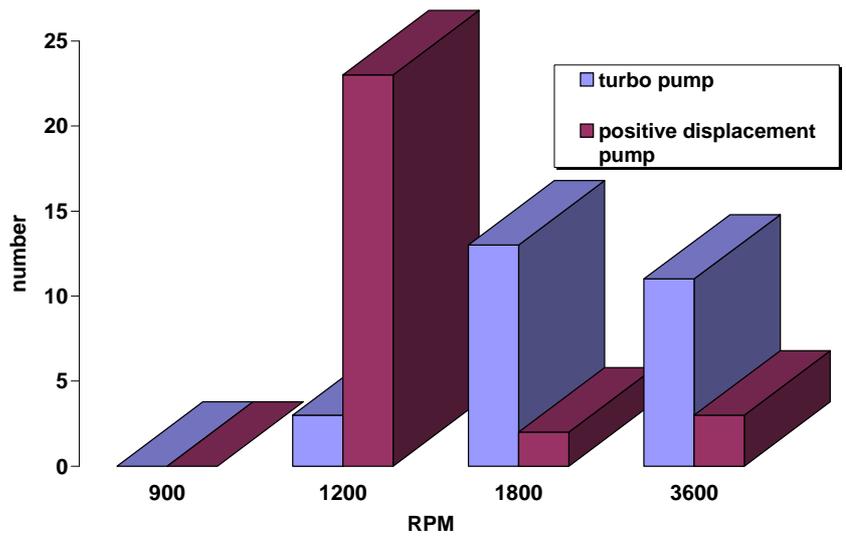


(a) Turbo pump



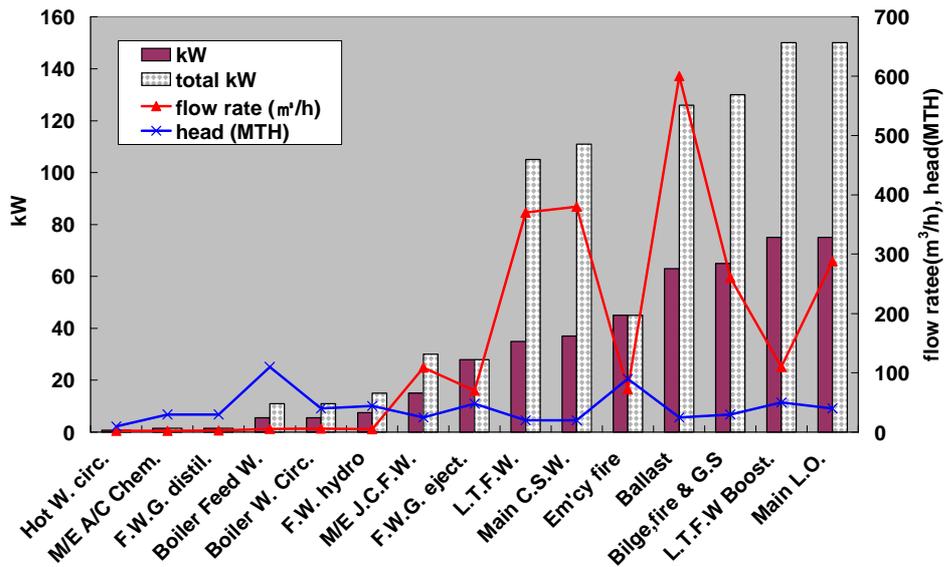
(b) Positive displacement pump

Fig. 11 The characteristics of ore/coal carrier

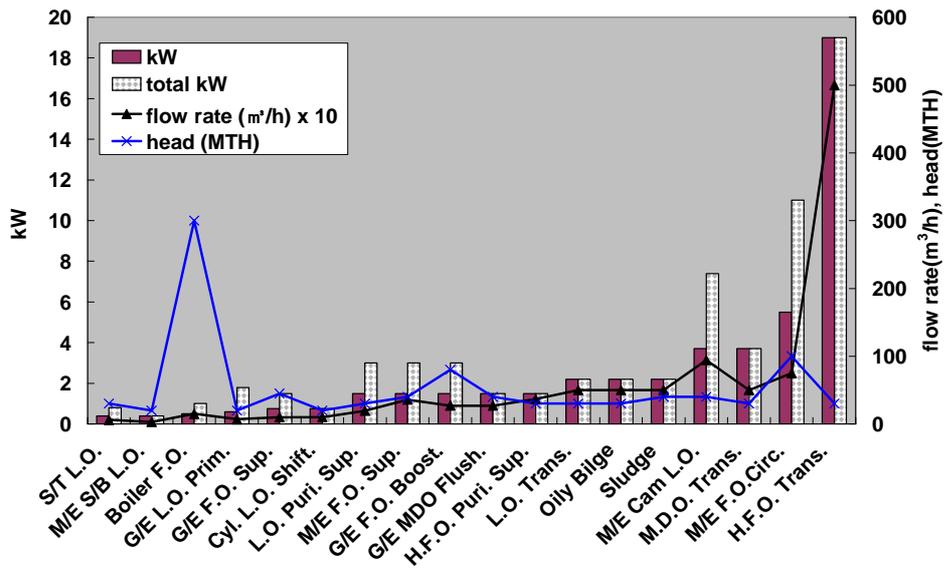


(c) RPM

Fig. 11 The characteristics of ore/coal carrier(continued)

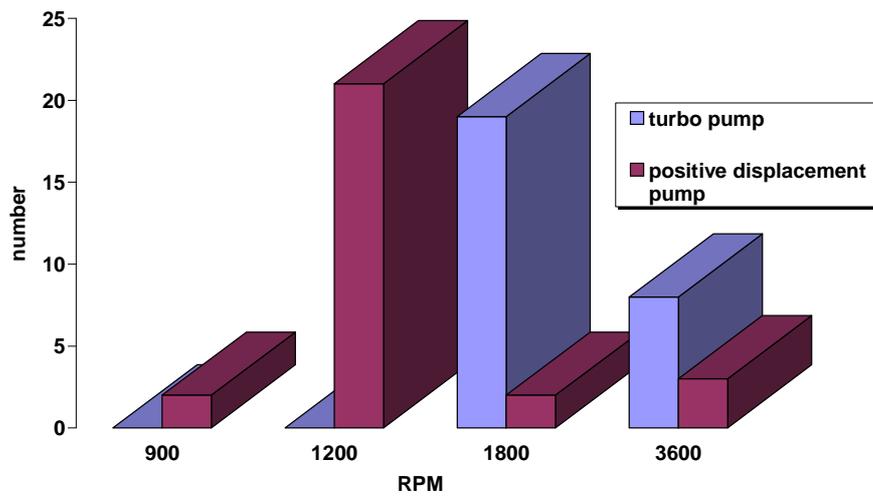


(a) Turbo pump



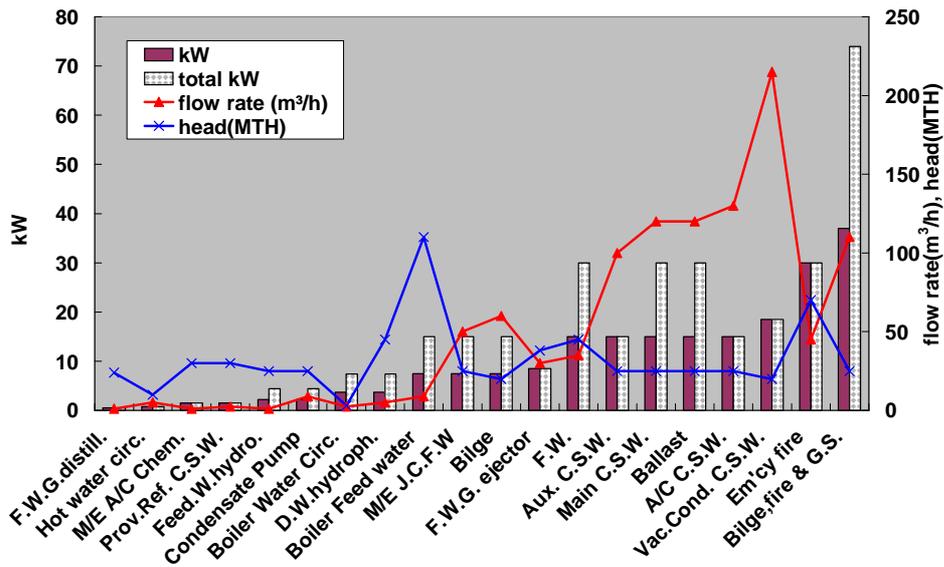
(b) Positive displacement pump

Fig. 12 The characteristics of car carrier

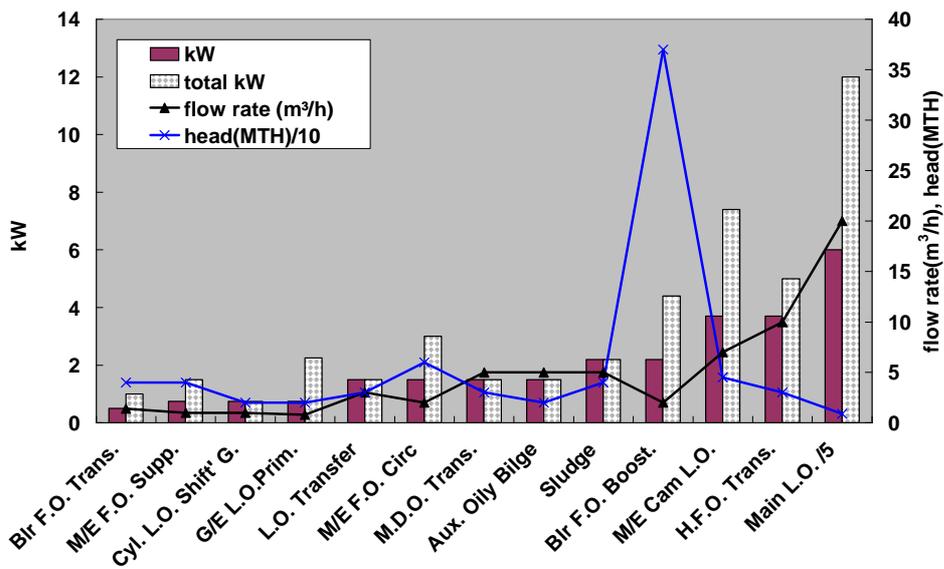


(c) RPM

Fig. 12 The characteristics of car carrier(continued)

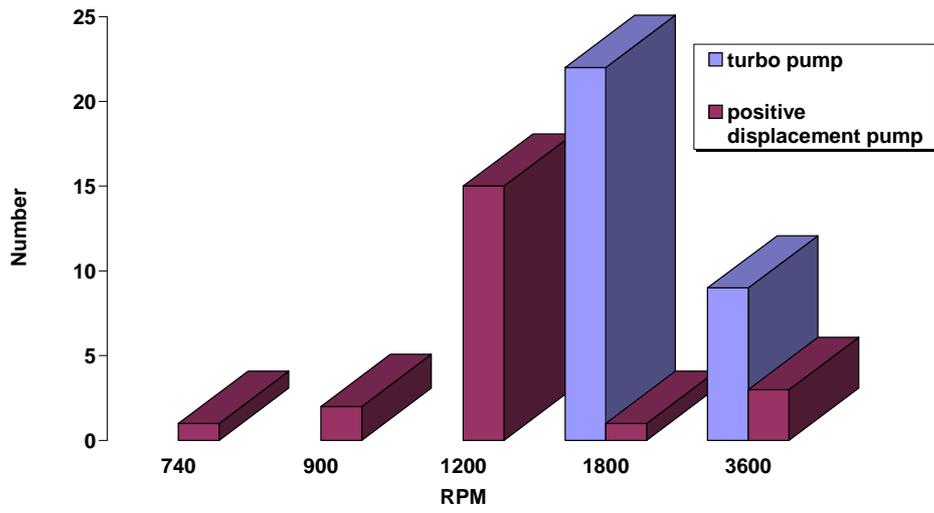


(a) Turbo pump



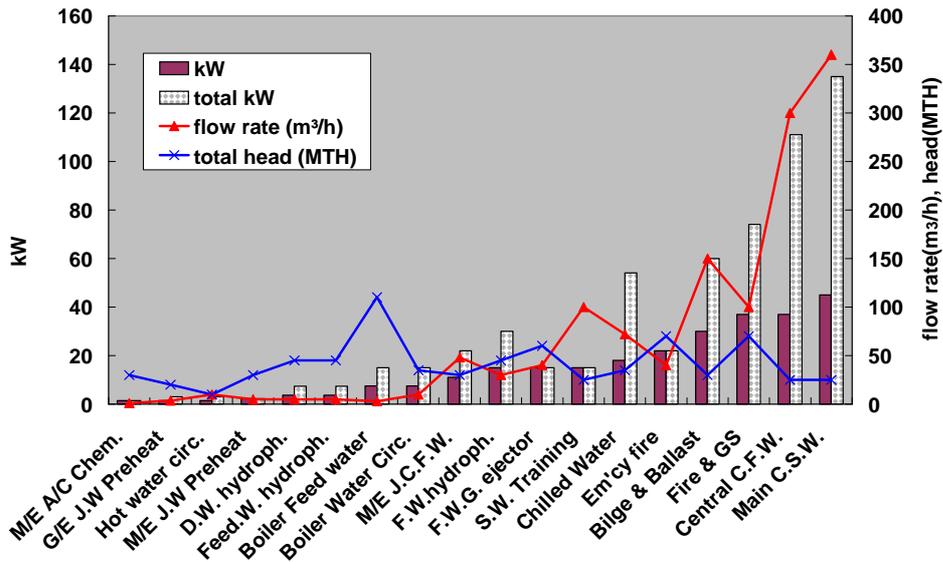
(b) Positive displacement pump

Fig. 13 The characteristics of training ship "Hannara"

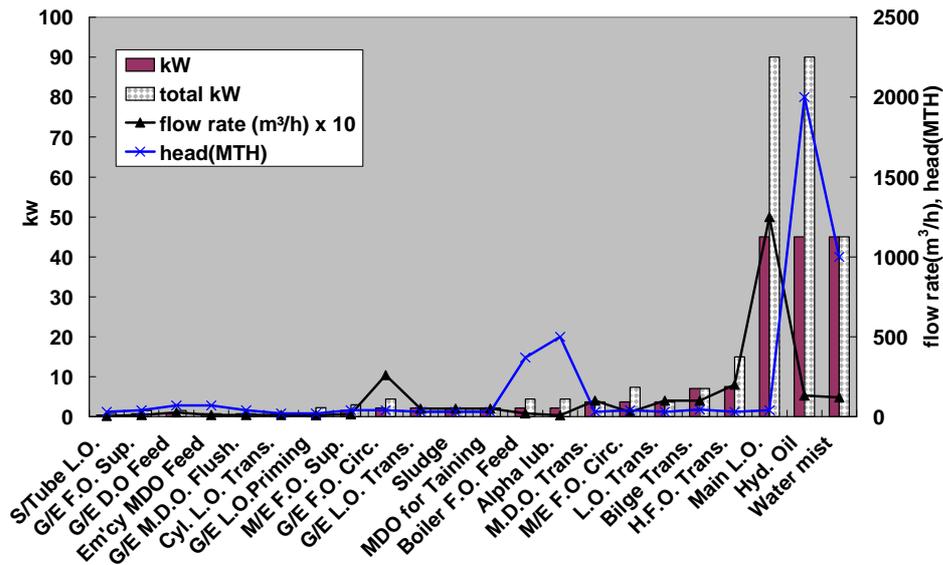


(c) RPM

Fig. 13 The characteristics of training ship "Hannara"(continued)

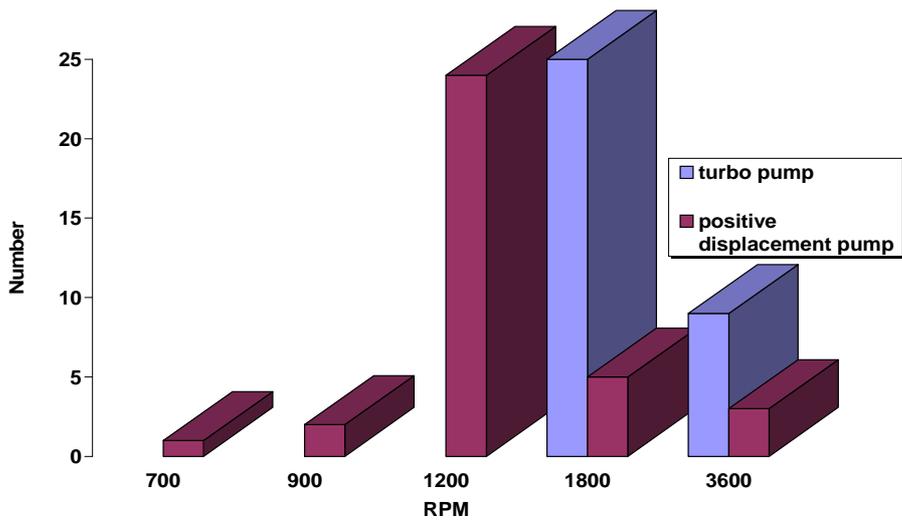


(a) Turbo pump



(b) Positive displacement pump

Fig. 14 The characteristics of training ship "Hanbada"



(c) RPM

Fig. 14 The characteristics of training ship "Hanbada"(continued)

3.3 선종별 펌프의 rpm 특성

터보형 펌프의 회전수는 전 선종에서 1,800 rpm이 가장 많고 3,600 rpm이 그 다음으로 많은 수이다. LNGC에서는 대유량인 주 해수 순환 펌프가 360 rpm으로 저속으로 운전되는 것을 알 수 있다. 특히, LNGC를 제외한 모든 선종에서는 보일러 급수 펌프, 보일러 순환수 펌프(boiler water circulating pump), 주기 공기냉각기 화학약품 소제 펌프(M/E air cooler chemical cleaning pump), 조수기 증류수 펌프(F.W.Gen. distillate pump), 음료수/잡용수 펌프(D.W./F.W. pump for hydrophore tank)는 3,600 rpm으로 운전되고 있다. 이는 높은 양정을 필요로 하는 곳에 사용되는 펌프들이다. LNGC의 보일러 급수펌프(터빈 구동)는 7,350 rpm으로 고속으로 운전하여 높은 양정을 형성하여 고압의 보일러에 급수하고 있으며, 유조선의 화물유 펌프(터빈 구동)와 발라스트 펌프(터빈 구동)는 1,200 rpm으로 운전되고 있다. 모든 선종에서 용적형 펌프는 1,200 rpm이 가장 많은 수를 점하고 있다.

3.4 선종별 터보형과 용적형 펌프의 분포 특성

Fig. 15에 나타낸 펌프의 분포를 보면 LNGC를 제외한 선종에서는 터보형, 용적형 펌프 수가 비슷하며 실습선 Hanbada호에서도 상선과 비슷한 특징을 보이고 있다. LNGC는 터빈엔진을 주기관으로 사용하고 있는데 이러한 선종의 선박은 터보형 펌프가 많은 수를 차지함을 알 수 있다. 실습선 Hannara호에는 발전기 엔진 3대 중 한대가 터보 발전기이기 때문에 터보형 펌프가 용적형 펌프보다 상대적으로 많음을 알 수 있다. 실습선 Hanbada호는 펌프 수가 전자제어엔진의 장착으로 일부 상선보다 수가 많으며, 유조선과 LNGC의 전체 펌프수가 많은 것은 액체 화물을 운송하는 특수선이라서 하역을 위한 펌프가 많이 설치되

어 있다.

Fig. 16은 선종별로 펌프수를 나타낸 그래프로서, 연구에 선정된 펌프의 대표성을 나타내기 위한 것으로 대부분의 선종이 큰 편차 없이 비슷한 수의 펌프를 보유하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 17은 선종별로 펌프 수에 대한 표준편차^[5], 평균 및 연구에 선정된 선박을 표시한 것이다. 평균은 집단의 평균값이다. 산포도란 변량의 값이 흩어져 있는 정도를 가리키는 값으로 자료 값이 변화하는 정도 또는 흩어진 상태를 측정하는 단위가 분산이다. 평균을 중심으로 넓게 흩어져 있으면 분산이 크다고 하고, 좁게 밀집되어 있으면 분산이 작다고 표현한다. 분산의 제곱근이 표준 편차이다. 식 (1)은 평균, 식 (2)는 분산(variance), 식 (3)은 표준편차(standard deviation)를 나타낸다.

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{(X_1 + X_2 + \dots + X_n)}{N} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}\end{aligned}\quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N}\quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N}}\quad (3)$$

Fig. 17에서 선정된 선박과 다른 선박과의 차이를 시각적으로 비교할 수 있다. 컨테이너선의 표준편차가 약 5정도로 선정된 선박들의 펌프 수가 55대에서 65대에 분포하고 있음을 알 수 있으며 선정된 선박

은 거의 중간에 있음을 알 수 있다. 나머지 선종은 대부분 1~2정도이고 많은 차이가 없음을 알 수 있다. 펌프 수가 50대에서 75대까지 많은 수의 펌프가 설치되어 있는 데 표준편차가 5대 이하로 나타난 것은 연구에 사용된 선박의 선정이 적절하였음을 알 수 있다.

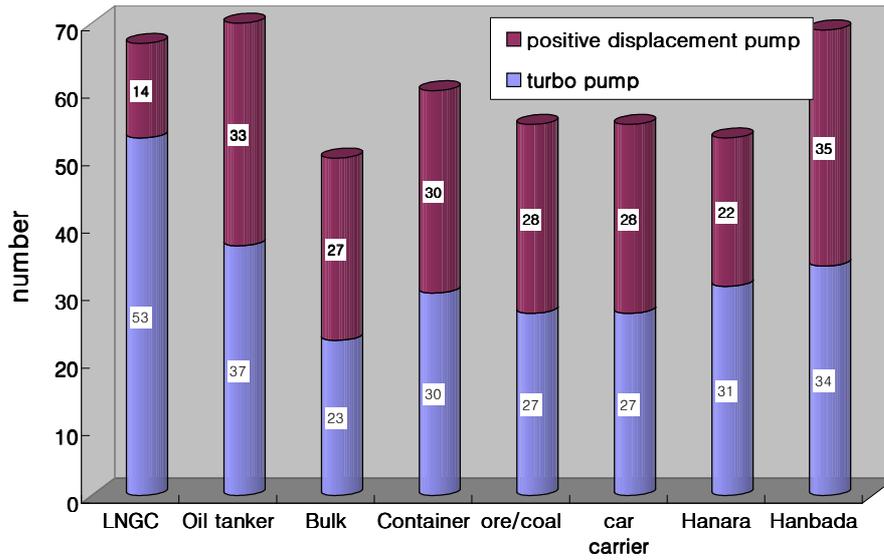


Fig. 15 The number of pumps according to ship's type

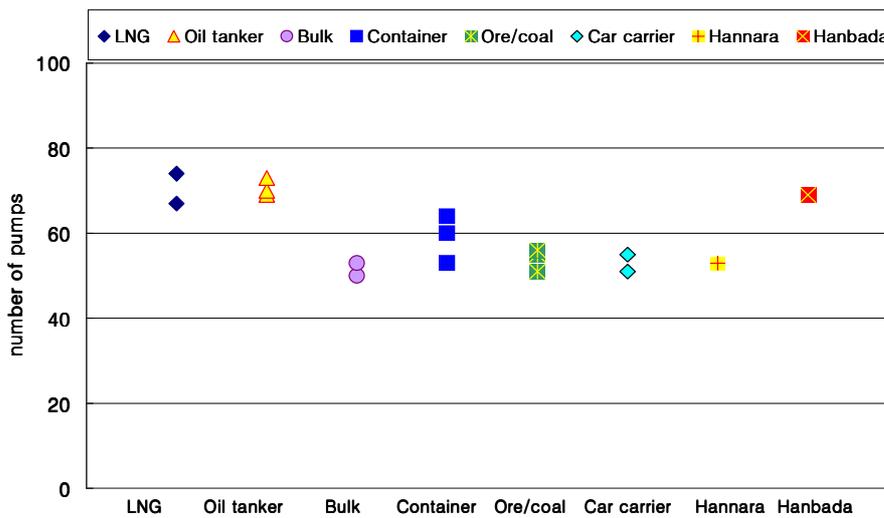


Fig. 16 Comparison between ship for research and ships not for research for the number of pumps according to ship's type

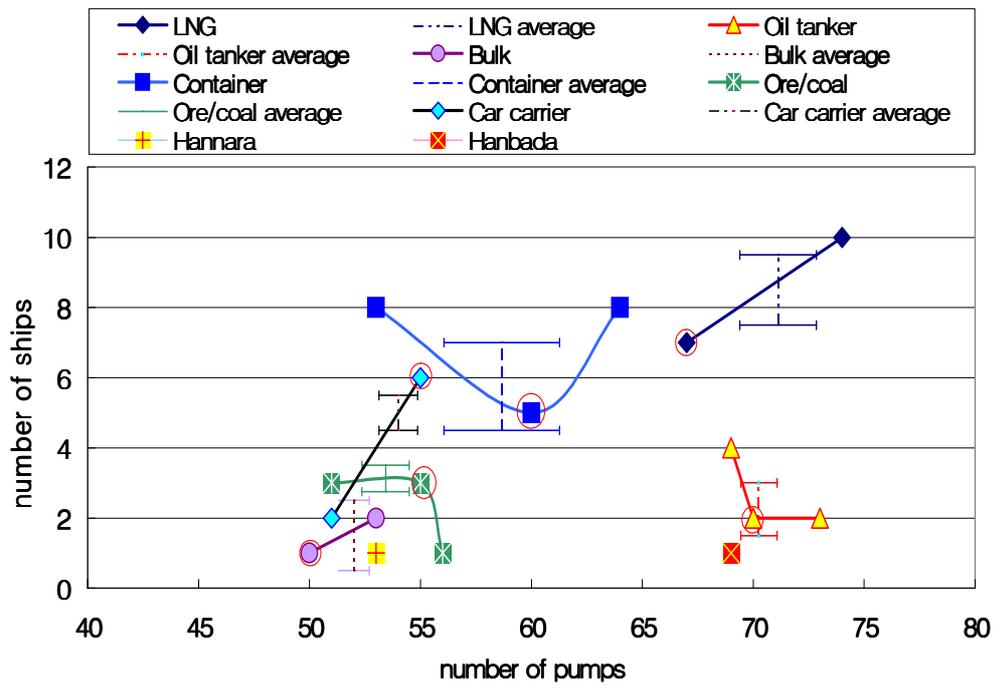


Fig. 17 Standard deviation, mean for the number of pumps according to ship's type

3.5 펌프 동력 대비 주기 연속최대출력의 선종별 특색

Fig. 18은 각 선종별로 항해 중 사용하는 펌프와 정박 중 사용하는 펌프, 그리고 작동 유무와 상관없이 각각의 선박에 설치되어 있는 펌프들의 총 동력(kW)을 주기의 연속최대출력(Maximum Continuous Rating)으로 나눈 값을 보여준다. 실제 운전되는 kW(소요동력)는 매 운전시마다 부하의 변동에 따라 약간의 변화가 생기므로 운전 중에 소요되는 동력이 아니라 data booklet에 명시되어 있는 정격 출력을 기준으로 하였다. 정박 중에 펌프의 운전여부를 판단함에 있어 주기를 2시간 이내에 운전 가능한 조건 및 단순 정박이 아닌 하역을 하는 것으로 설정하였다. 특히, 액체 화물을 운송하는 LNGC, 유조선은 정박 중의 조건이 화물 하역 시와 단순 정박 시 많은 차이점이 있어 상기와 같은 조건을 설정하였다. LNGC, 유조선, 산적화물선, 광탄선은 정박 중 값이 크게 나타나고 있으나, 컨테이너선, 자동차 전용선, Hannara호, Hanbada호는 항해 중 값이 크게 나타나고 있다. 정박 중 값이 큰 것은 하역 시에 운전하는 펌프가 많다는 것을 의미하며, 항해 중 값이 큰 것은 양하지에서 특별히 운전하는 펌프가 없이 육상의 하역 장비를 사용하는 것을 의미한다. 특히, 정박 중에 값이 크게 나타나고 있는 LNGC, 유조선은 액체화물을 운송하는 선박으로 대형의 화물 하역용 펌프가 설치되어 있어 많은 소요 동력을 필요로 한다. 각 선박의 제원이 다양함에도 불구하고 대부분의 선종에서 펌프동력 대비 주기 연속최대출력(pump kW/MCR)값은 항해 중에는 정박 중에 비해 많이 비슷한 값을 가진다는 것을 알 수 있다. 실습선이 상선과 다르게 전반적으로 값이 크게 나타나고 있다. 이는 주기관의 크기는 작아졌으나 펌프 출력은 일정값 이상을 유지하는 것을 알 수 있다. 특히 한바다호가 큰 것은 전자제어 주기관을 탑재함으로 펌프가 많이 증가하였고, Hannara호는 터보 발전기가 있어 이에 필요한 펌프들이 있어 그러한 특징을 나타내고 있다.

Fig. 19은 선종별로 펌프동력 대비 주기 연속최대출력(pump kW/MCR)의 값으로 연구에 선정된 펌프의 대표성을 확인하기 위해 선정되지 않은 선박의 값과 비교하였다. 같은 선종에서의 선박별 값은 거의 일치함을 알 수 있다. Fig. 20은 Fig. 19에서의 값을 상세히 나타낸 그래프로 표준편차, 평균 및 연구에 선정된 선박을 별도로 표시하여 선정되지 않은 다른 선박의 값과 비교하였다. LNGC, 실습선을 제외하고는 왼쪽으로 몰려 있음을 알 수 있다. 디젤선은 선종에 관계없이 비슷한 특징을 가지는 것을 알 수 있다.

Fig. 21은 표준편차(population standard deviation), 자료 값 범위(range of element), 표준편차/평균, 표준편차/전선박의 평균의 각 값들의 추세를 보면 거의 비슷한 것을 알 수 있다. 자료 값 범위가 큰 것이 표준편차가 크다.

Fig. 22, Fig. 23은 정박 중에 펌프 동력대비 주기 연속최대출력(pump kW/MCR)로 나타낸 값으로 LNGC에서 약간의 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 유조선, LNGC는 정박 중에 하역을 위한 화물유 펌프를 운전 시 많은 동력을 필요로 하고 나머지 디젤선은 값이 거의 비슷하게 나타나고 있다. 항해중의 값과 다른 가장 큰 특징은 유조선이 그래프의 오른쪽에 위치하는 것으로 이는 정박 중 화물유 펌프에 많은 동력을 필요로 하는 것을 알 수 있다.

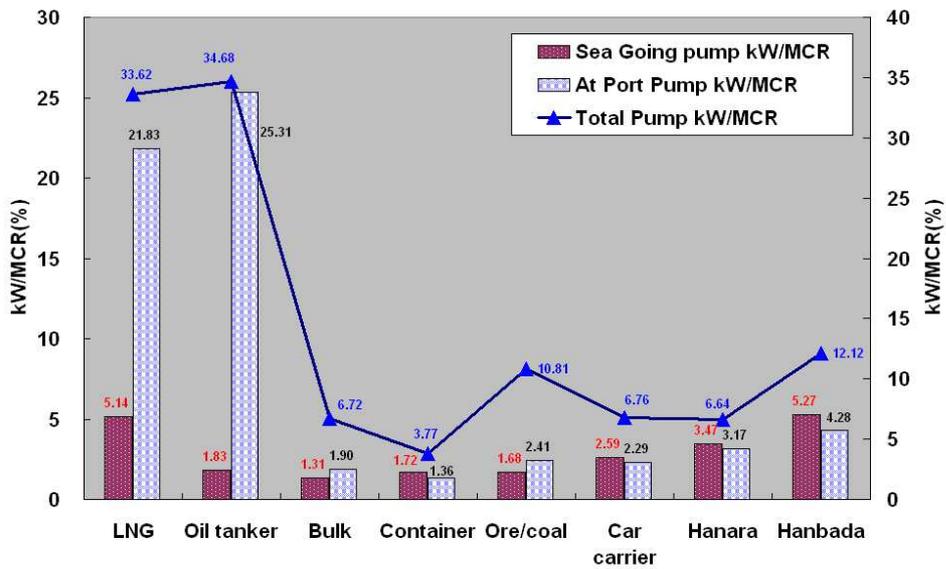


Fig. 18 The power characteristics of pump kW v.s. ME MCR

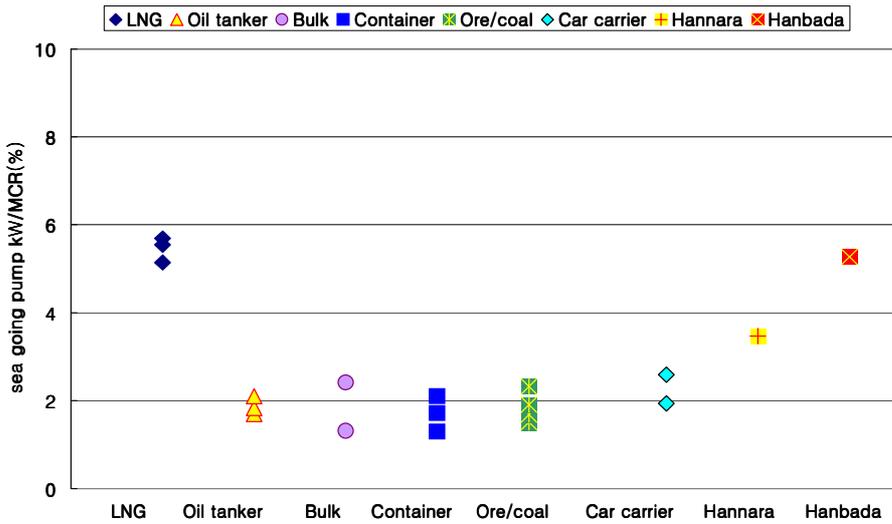


Fig. 19 Comparison between ship for research and ships not for research for the power characteristics of seagoing pump kW v.s. ME MCR

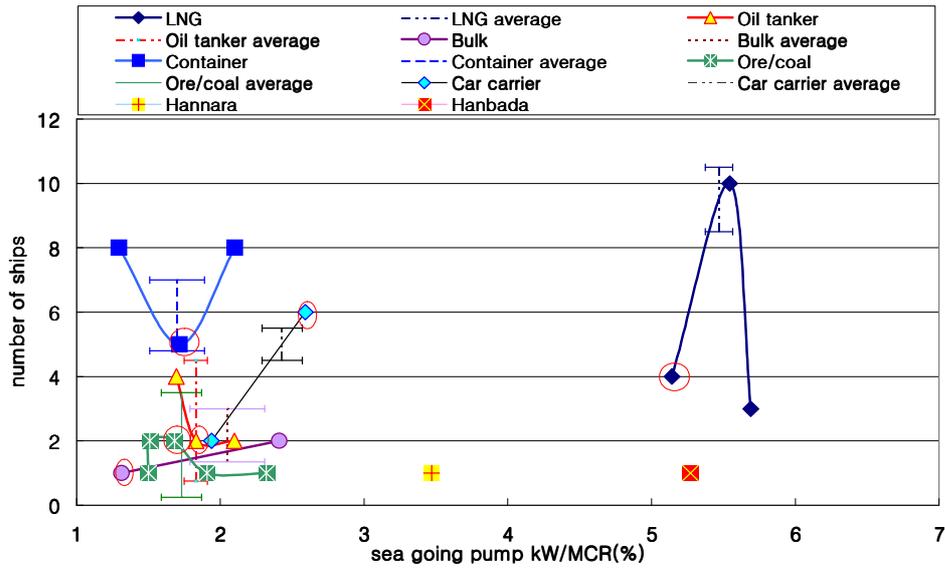


Fig. 20 Standard deviation, mean for the power characteristics of seagoing pump kW v.s. ME MCR

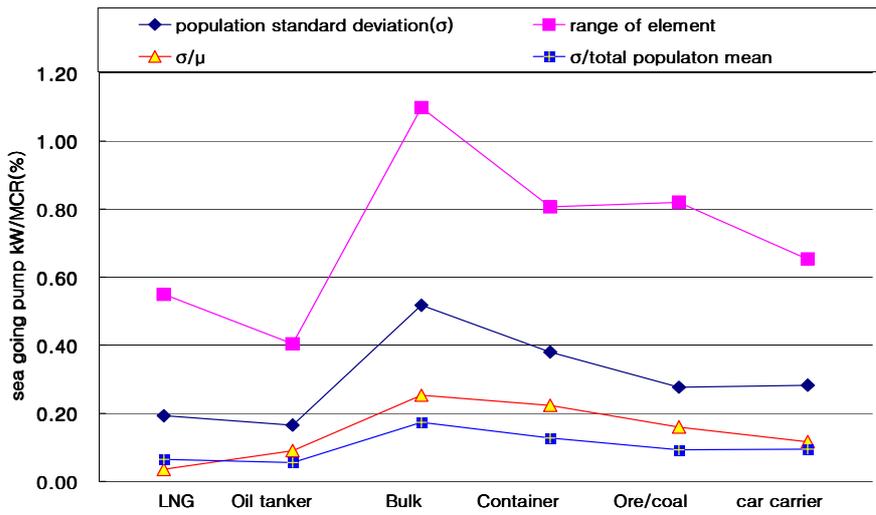


Fig. 21 Standard deviation, mean, range of element of the power characteristics of seagoing pump kW v.s. ME MCR

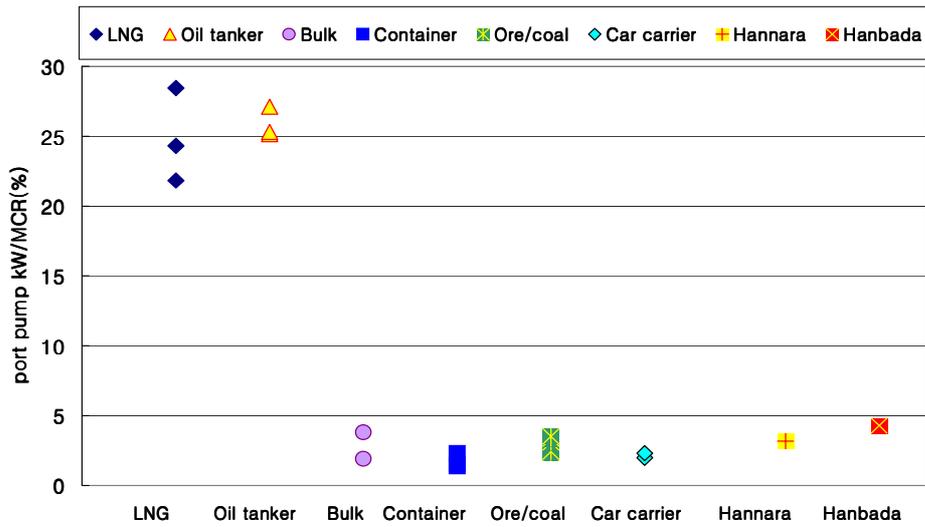


Fig. 22 Comparison between ship for research and ships not for research for the power characteristics of port pump kW v.s. ME MCR

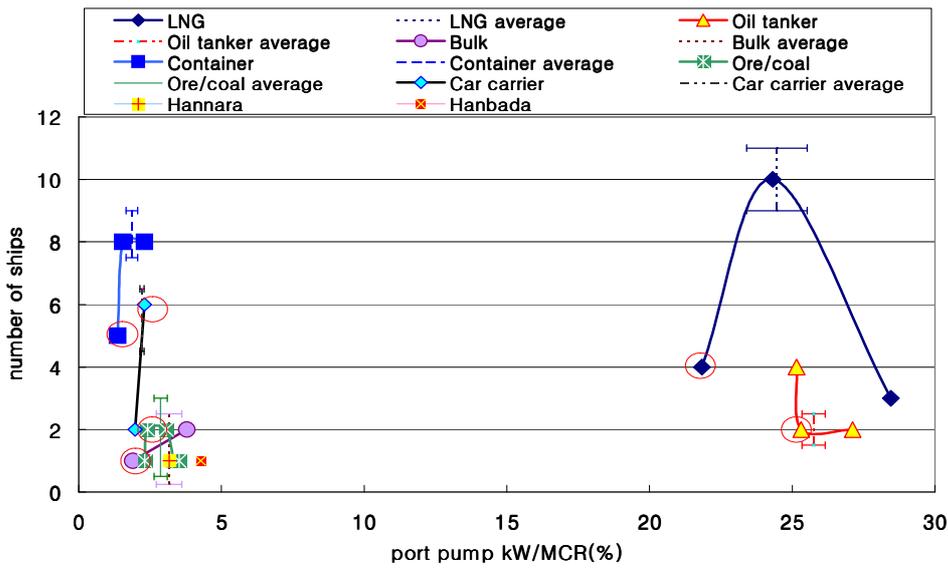


Fig. 23 Standard deviation, mean for the power characteristics of port pump kW v.s. ME MCR

3.6 펌프 동력 대비 발전기 엔진 출력의 선종별 특색

Fig. 24는 각 선종별로 항해 중 및 정박 중의 펌프의 소요동력 그리고 총 펌프 소요동력을 선박에 탑재된 총 발전기 엔진의 출력으로 나누어 선종별로 비교한 것이다. 항해 중의 값은 8 ~ 18% 범위로 많은 차이를 보이지 않고 일정한 값을 가지는 것을 알 수 있다. 하지만 정박 중에는 유조선의 경우는 245.76%로 아주 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 화물유 펌프의 경우 대유량인데 이를 발전기 엔진으로 운전하기 위해서는 아주 많은 소요동력이 필요로 하기 때문에 보일러에서 생산한 스팀을 이용해서 터빈 구동방식을 사용하고 있다. 이를 kW로 환산하여 계산한 결과 총 발전기 엔진 동력보다 크게 나타나고 있다. 이 그래프는 펌프 동력 대비 주기 연속최대출력(pump kW/MCR)의 그래프와 많이 비슷한 경향을 보이고 있다.

Fig. 25는 1대의 발전기 엔진으로 나누었을 경우의 그래프인데 총 발전기 보유 대수로 나누었을 경우와 크게 다르지 않은 것을 알 수 있다.

Fig. 26은 선정된 선박의 대표성을 검증하기 위한 것으로 각 값이 선정된 선박과 연구대상 선박이 아닌 것이 큰 차이 없이 위치하고 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 27은 전 선종 선박의 항해 중 펌프 동력 대비 발전기 엔진 동력(pump kW/GE kW)값을 나타낸 것으로 8 ~ 18%의 범위에 위치하여 전 선종이 비슷한 범위에 있음을 알 수 있다.

Fig. 28, Fig. 29는 정박 중 펌프동력 대비 발전기 엔진 동력(pump kW/GE kW)로 나타낸 값으로 항해중과는 다른 값을 가지는 것을 알 수 있는데 특히, LNGC, 유조선이 많이 차이 나는 것을 알 수 있는데 이는 하역 시에 사용하는 대유량의 화물유 펌프때문에 발생하는 현상이다.

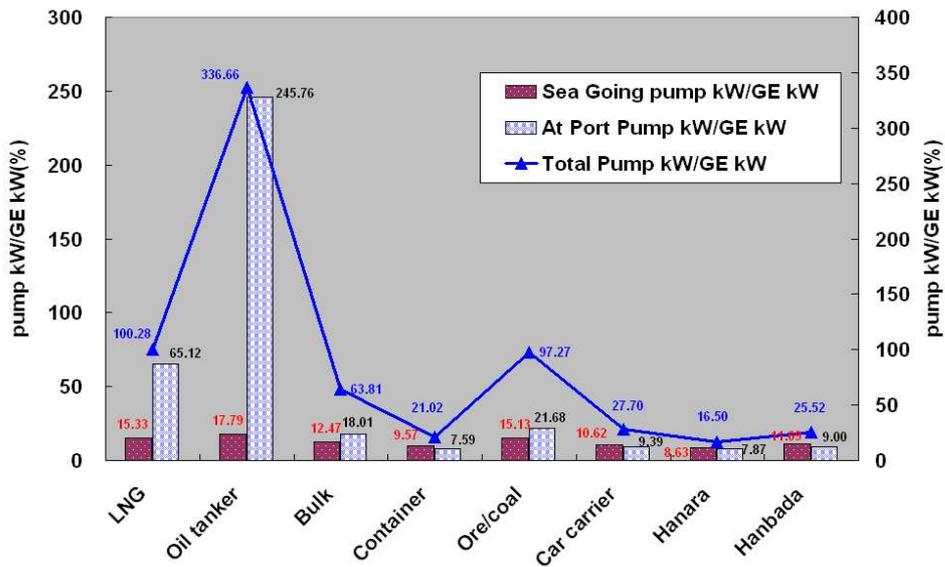


Fig.24 The power characteristics of pump v.s. GE(total)

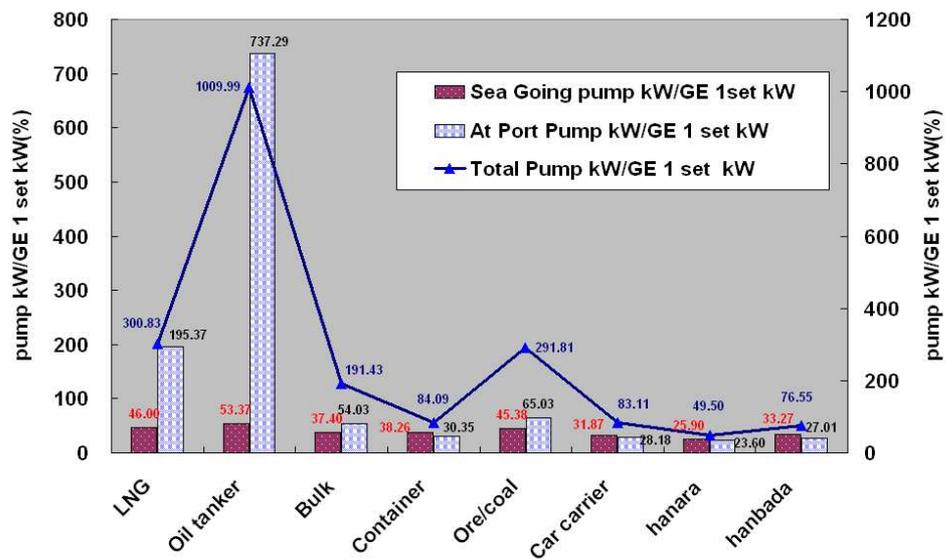


Fig. 25 The power characteristics of pump v.s. GE(1 set)

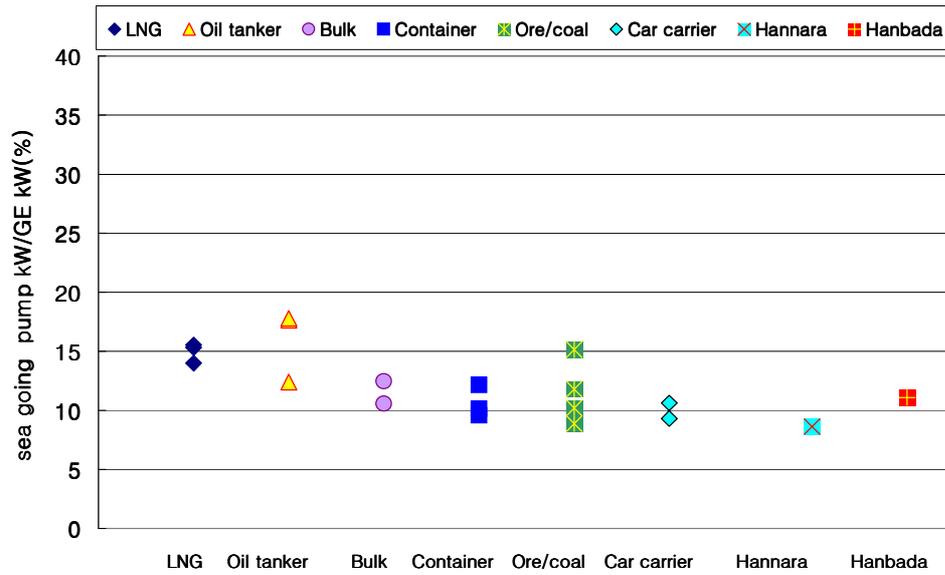


Fig. 26 Comparison between ship for research and ships not for research for the power characteristics of seagoing pump kW v.s. GE(total) kW

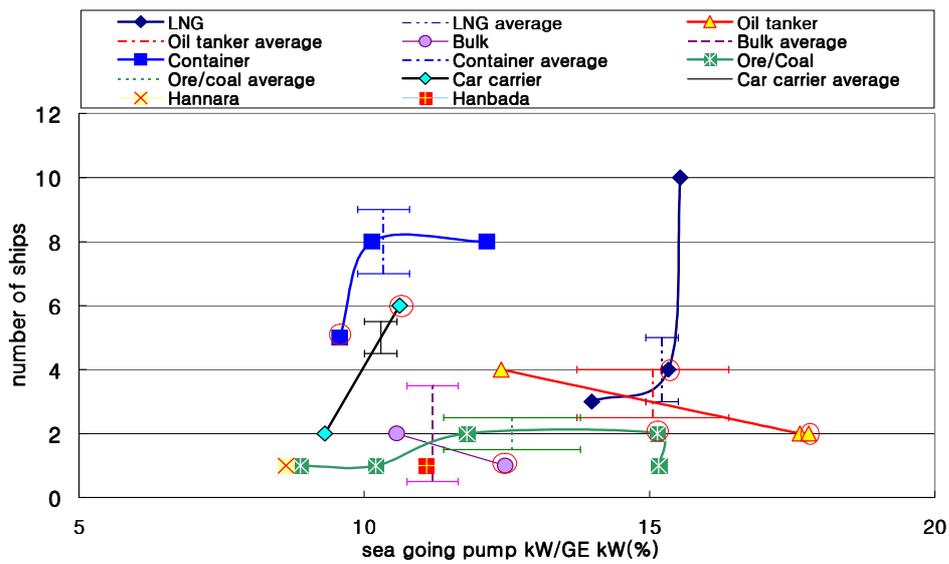


Fig. 27 Standard deviation, mean for the power characteristics of seagoing pump kW v.s. GE(total) kW

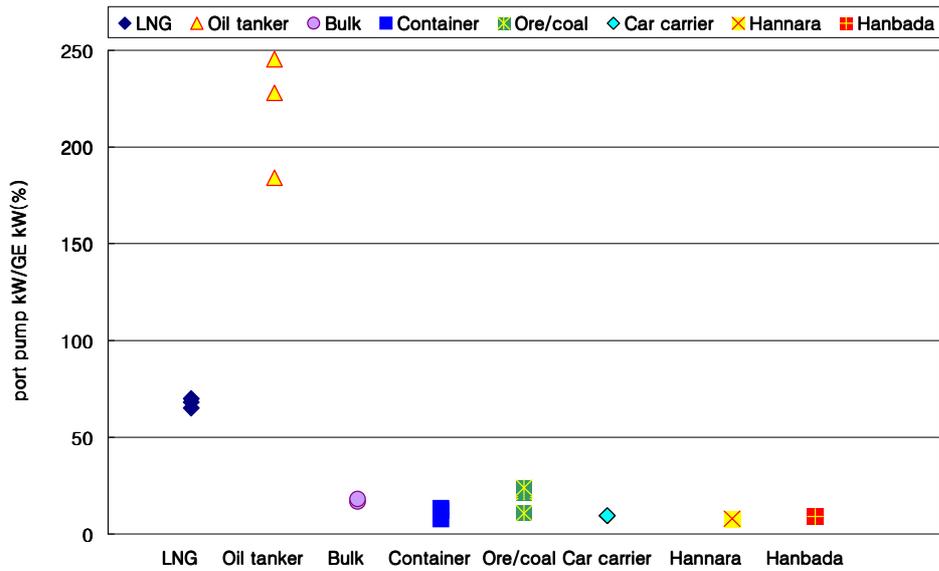


Fig. 28 Comparison between ship for research and ships not for research for the power characteristics of port pump kW v.s.GE(total) kW

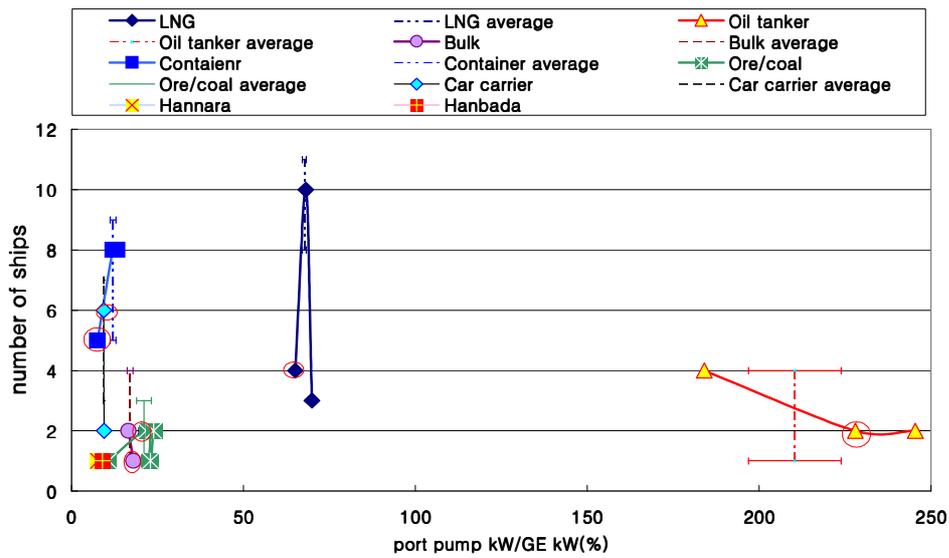


Fig. 29 Standard deviation, mean for the power characteristics of port pump kW v.s. GE(total) kW

3.7 펌프 중량 대비 주기 중량의 선종별 특색

Fig. 30은 각 선종별 펌프의 중량(한 대 이상 설치된 것은 합한 값임)의 주기관 중량 대비 값을 보여준다. 주기 중량 대비 펌프의 중량을 비교해 펌프가 차지하는 비율을 알 수 있다. 그래프에서의 값은 거의 일정한 규칙은 없으며 일부 유조선, 살물운반선, 컨테이너선, 광탄선, 자동차 전용선이 비슷한 값을 가지는 것을 알 수 있다. LNGC는 주기는 터빈으로 가벼우나, 펌프는 가장 무거운 선종으로 나타나는 것을 알 수 있다. 컨테이너선은 정기적인 서비스(liner service)를 하므로 정시에 입항, 정시 출항을 원칙으로 하기 때문에 주기관의 크기가 다른 선종에 비해서 아주 크게 나타나고 있다. 실습선 2척은 주기관의 크기는 작은 데 비해서 기본적으로 모든 펌프는 필요하기 때문에 다른 상선에 비해 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다. Fig. 15에서 펌프 수는 상선에 비해서 작은 수가 아님을 알 수 있다.

Fig. 31은 선정된 선박의 대표성을 검증하기 위해 여러 가지 방법으로 시행했으며 선종별로 선박이 거의 한 위치에 집중된다.

Fig. 32는 LNGC는 주기관이 터빈엔진으로 중량이 가벼운데 펌프는 가장 무겁게 나타나므로 다른 선종과는 다른 특징을 가지는 것이다.

Fig. 33, Fig. 34는 펌프 중량 대비 재화중량톤(pump kg/DWT)을 나타낸 값으로 대표성 및 선종별 특성을 나타내고 있다.

실습선과 상선의 각종 결과에 대하여 비교하면 비슷한 결과를 발견할 수 있다. 3.1, 3.2는 터보형과 용적형 펌프의 특징을 기술하였는데 실습선도 상선과 비슷한 그래프를 형성하고 있으며, 3.3 선종별 rpm 특성은 터보형은 1,800 rpm, 용적형은 1,200 rpm이 주종이라는 것이 일치하고 있다. 선종별 펌프 분포특색에서도 Hanbada호는 디젤선과 비슷한 특징인 터보형과 용적형의 펌프의 수가 비슷하게 나타나고 있으며, Hannara호는 터보발전기가 있으므로 터빈선과 유사함을 나타내고 있

다. 3.5 ~ 3.7까지의 결과를 보면 실습선과 상선의 각종 결과가 비슷하게 일정한 범위에 있다는 것을 알 수 있다. 그러므로 실습선의 펌프에 대한 교육이 적합하다는 것을 알 수 있다. 유조선, LNGC의 화물유 펌프에 대한 교육은 실습선에서 갖추고 있지 못하므로 보완이 필요하다.

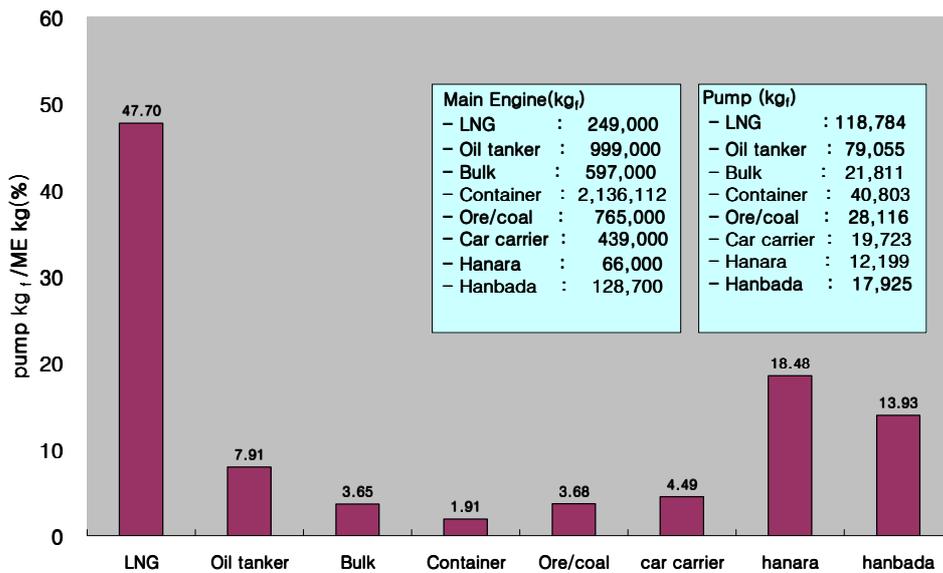


Fig. 30 The weight characteristics of pump v.s. ME

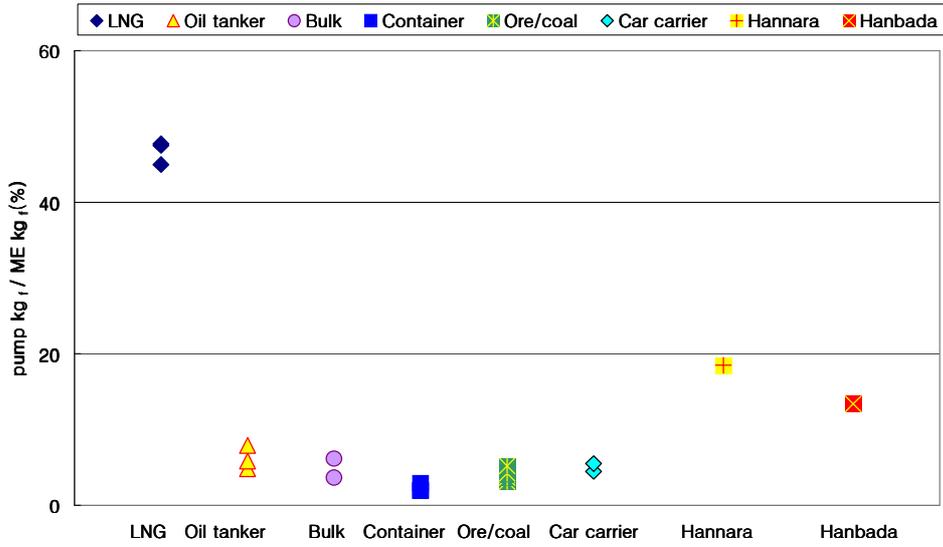


Fig. 31 Comparison between ship for research and ships not for research for the mass characteristics of pump v.s. ME

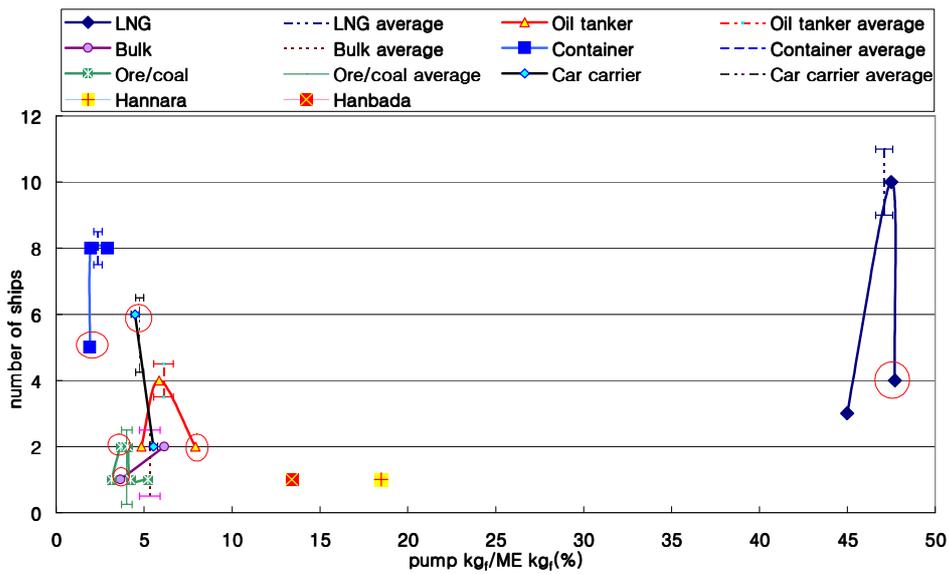


Fig. 32 Standard deviation, mean for the weight characteristics of pump v.s. ME

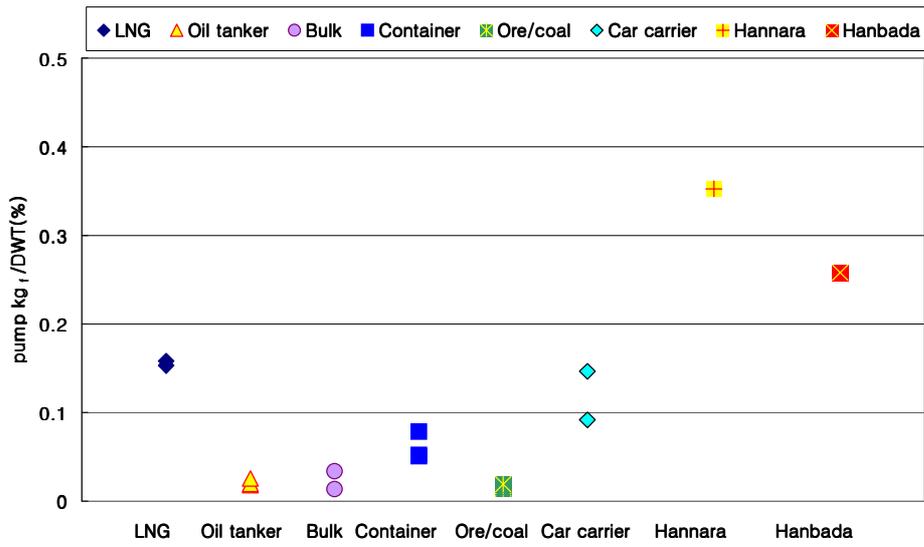


Fig. 33 Comparison between ship for research and ships not for research for the weight characteristics of pump v.s.DWT

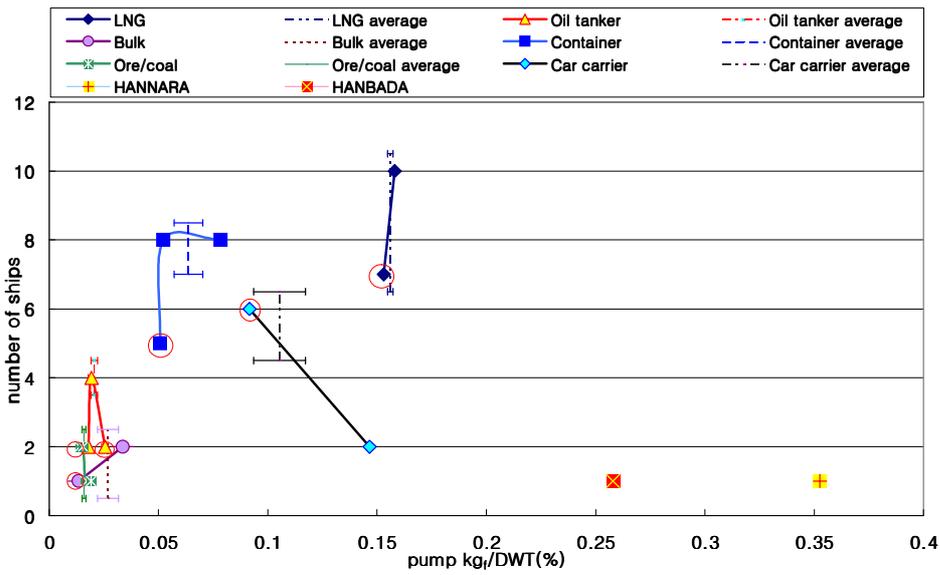


Fig. 34 Standard deviation, mean for the weight characteristics of pump v.s. DWT

제 4 장 선종별 각종 변수의 상관관계 분석

표 2는 선종별 펌프 동력, 발전기 엔진 동력, 주기관 연속최대출력, 펌프 수, 재화 중량톤, 주기중량, 펌프중량을 비교하였다. 컨테이너선이 대부분 수치에서 크게 나타나고 있다. 다만, 재화중량톤은 다른 선종에 비교해서 작다.

Fig. 35는 각종 지표들을 서로 비교하기 쉽도록 그래프로 표시하였으며, 표 3은 이러한 수치들의 유기적인 관계를 분석하기 위해서 SPSS의 Pearson의 단순상관계수 절차를 이용하여 변수 사이의 상관관계를 분석한 것이다.

피어슨의 상관계수^[4](correlation coefficient)는 r 로 표시하며 통계적 정의의 식은 식 (4)와 같다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)S_X S_Y} \quad (4)$$

단, n 은 표본의 크기, s_x 와 s_y 는 각각 변수 X 와 Y 의 표준편차

상관계수^[5]는 두 변수 사이의 일차적인 관계가 얼마나 강한가를 측정하는 지수이다. 이것은 두 변수사이의 일차적인 관계방향과 관련정도를 나타낸다. 상관계수가 의미하는 관련정도는 다음과 같다.

- 1.0 ~ 0.7(-1.0 ~ -0.7)의 경우 : 매우 강한 관련성
- 0.7 ~ 0.4(-0.7 ~ -0.4)의 경우 : 상당한 관련성
- 0.4 ~ 0.2(-0.4 ~ -0.2)의 경우 : 약간의 관련성
- 0.2 ~ 0.0(-0.2 ~ -0.0)의 경우 : 관련이 없음

표 3에서 보면 대부분의 지수들이 서로 관련성을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 특히 아래의 항목들은 0.9 이상으로 매우 강한 관련성을 가지는 것이다.

- total pump kW와 port pump kW : 0.993
- sea going pump kW와 GE kW : 0.934
- pump weight와 total pump kW : 0.924
- pump weight와 DWT : 0.905
- M/E weight와 M/E MCR : 0.900

관련성이 많은 항목과 대조적으로 관련성이 없는 항목을 아래에 나타내었다.

- DWT와 M/E weight : -0.032
- M/E weight와 pump weight : 0.054
- M/E weight와 port pump kW : 0.093
- M/E weight와 number of pumps : 0.099
- M/E weight와 total pump kW : 0.156

상식적으로 선박이 커지면 주기 출력이 커지는 것이 일반적이지만 실질적으로는 유조선은 재화중량톤이 가장 크지만 주기의 중량은 컨테이너선의 1/2 이하로 나타난다. 전체적으로 분석해 보면 주기관의 출력이 커지면 발전기 엔진의 출력이 커지게 되고 펌프의 출력이 커짐을 알 수 있다. 하지만 정박 중에 하역을 위하여 대유량의 펌프가 있는 LNGC, 유조선은 주기관이 작더라도 펌프의 출력은 큰 경우이다.

Fig. 36은 상관관계가 매우 강한 관련성을 가진 상위 5개 항목을 나타낸 것이고, Fig. 37은 상관관계 거의 없는 하위 5개 항목을 그래프로 나타낸 것이다.

상기의 전체적인 선종을 동시에 비교한 후 LNGC(3종), 유조선(3종), 컨테이너선(3종), 광탄선(5종)을 각각의 선종별로 상관관계를 비교 분석하였다. 표 4, 5, 6, 7은 LNGC, 유조선, 광탄선, 컨테이너선을 선종별

로 분류하여 자체적으로 비교 분석한 것이다. 전 선종을 동시에 비교한 것보다 훨씬 더 밀접한 상관관계가 있는 것을 Fig. 38에서 알 수 있다. Fig. 38은 선종별로 각 상관계수를 더하여 평균을 계산한 결과이다. 이 그래프에서 각 상호간의 값이 가장 관련성이 높은 선종은 컨테이너 선으로 0.91이고 LNGC 0.82, 광탄선 0.71, 유조선 0.65이고 전 선종을 합하여 평균을 낸 것은 0.53이므로 선종별 자체적으로 계산한 값이 전 선종을 동시에 비교한 값보다 큰 것을 알 수 있다.

추가로 Fig. 38 ~ Fig. 72의 그래프는 표 3 상관관계를 각각의 항목에 대한 산포도로서 직선에 가까울수록 상관계수가 1에 가깝다는 것을 보여준다.

Table 2 Various values according to ship's type

	LNG	Oil tanker	Bulk	Container	Ore/coal	Car carrier	Hannara	Hanbada
sea going pump kW(*50)	74752.5	26682.5	11220	57395	12707.5	18802.5	5180	15970
port pump kW	6349.65	7372.85	324.15	910.5	364.15	332.55	94.4	259.3
Total pump kW	9777	10099.9	1148.6	2522.7	1634.2	980.7	198	734.9
GE kW	9750	3000	1800	12000	1680	3540	1200	2880
ME MCR	29082	29127	17091	66844	15123	14511	2982	6062
number of pumps(* 1000)	67000	70000	50000	61000	55000	55000	53000	69000
DWT, G/T(÷10000)	7758.4	30900	16121	8050	20010	2150.5	346	668.6
ME weight(÷100)	2490	9990	5970	21361.1	7650	4390	660	1287
pump weight(÷10)	11878.4	7905.5	2181.1	4080.3	2811.6	1972.3	1219.9	1724.1

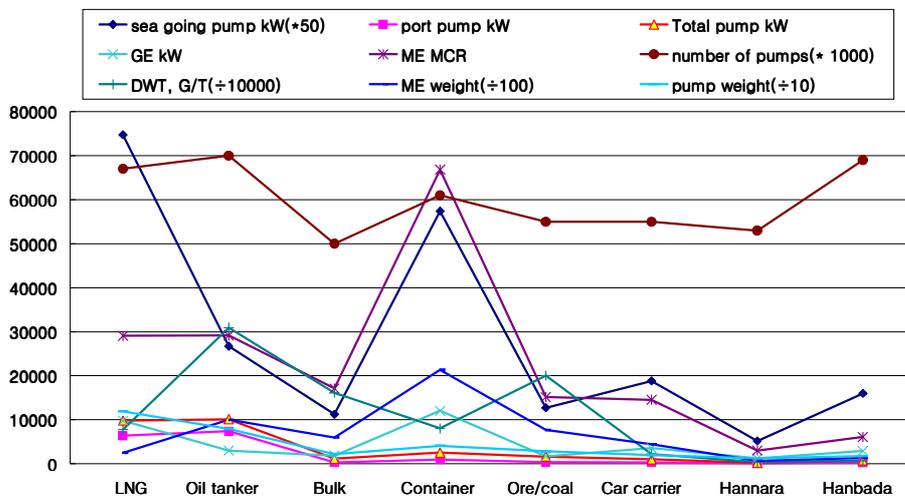


Fig. 35 Various values according to ship's type

Table 3 Correlation coefficient of various values

상관계수

		sea going pump kW	port pump kW	total pump kW	Generator engine kW	MCR	number of pumps	DWT	ME weight	pump weight
sea going pump kW	Pearson 상관계수	1	.566	.639	.934**	.719*	.503	.721*	.398	.793*
	유의확률 (양쪽)		.144	.088	.001	.044	.204	.044	.329	.019
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
port pump kW	Pearson 상관계수	.566	1	.993*	.308	.272	.688	.786*	.099	.892*
	유의확률 (양쪽)	.144		.000	.459	.514	.059	.021	.815	.003
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
total pump kW	Pearson 상관계수	.639	.993*	1	.386	.342	.678	.832*	.156	.924**
	유의확률 (양쪽)	.088	.000		.344	.407	.064	.010	.712	.001
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Generator engine kW	Pearson 상관계수	.934**	.308	.386	1	.855**	.375	.435	.581	.549
	유의확률 (양쪽)	.001	.459	.344		.007	.360	.281	.131	.159
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
MCR	Pearson 상관계수	.719*	.272	.342	.855**	1	.249	.216	.900*	.365
	유의확률 (양쪽)	.044	.514	.407	.007		.551	.608	.002	.374
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
number of pumps	Pearson 상관계수	.503	.688	.678	.375	.249	1	.418	.120	.578
	유의확률 (양쪽)	.204	.059	.064	.360	.551		.303	.777	.134
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
DWT	Pearson 상관계수	.721*	.786*	.832*	.435	.216	.418	1	-.032	.905**
	유의확률 (양쪽)	.044	.021	.010	.281	.608	.303		.939	.002
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
ME weight	Pearson 상관계수	.398	.099	.156	.581	.900*	.120	-.032	1	.054
	유의확률 (양쪽)	.329	.815	.712	.131	.002	.777	.939		.899
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
pump weight	Pearson 상관계수	.793*	.892*	.924**	.549	.365	.578	.905**	.054	1
	유의확률 (양쪽)	.019	.003	.001	.159	.374	.134	.002	.899	
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

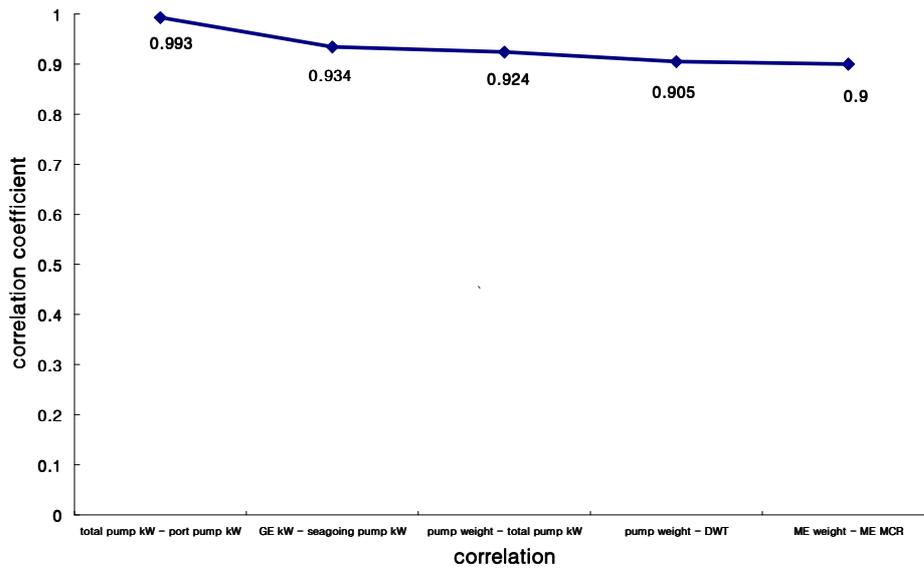


Fig. 36 Correlation coefficient of various values(high rank 5)

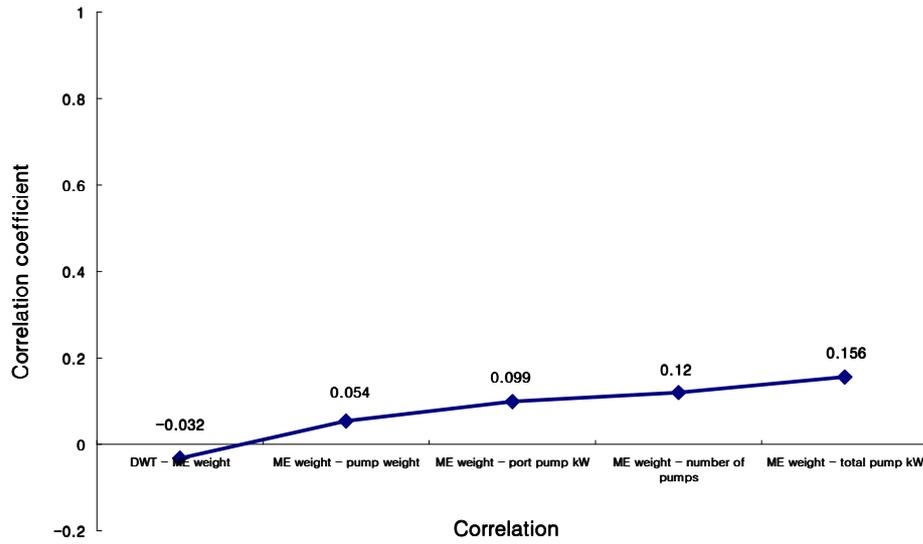


Fig. 37 Correlation coefficient of various values(low rank 5)

Table 4 Correlation coefficient of LNGC

상관계수

		seagoing pump kW	port pump kW	total pump kW	GE kW	ME kW	number of pumps	DWT	ME weight	pump weight
seagoing pump kW	Pearson 상관계수	1	.954	.820	1.000*	.972	.684	.833	.990	.973
	유의확률 (양쪽)		.193	.388	.020	.151	.521	.373	.088	.149
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
port pump kW	Pearson 상관계수	.954	1	.612	.963	.858	.871	.630	.904	.859
	유의확률 (양쪽)	.193		.581	.173	.344	.327	.566	.281	.342
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
total pump kW	Pearson 상관계수	.820	.612	1	.802	.931	.144	1.000*	.891	.931
	유의확률 (양쪽)	.388	.581		.407	.237	.908	.015	.300	.239
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GE kW	Pearson 상관계수	1.000*	.963	.802	1	.964	.706	.816	.986	.965
	유의확률 (양쪽)	.020	.173	.407		.170	.501	.392	.108	.169
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ME kW	Pearson 상관계수	.972	.858	.931	.964	1	.494	.940	.995	1.000*
	유의확률 (양쪽)	.151	.344	.237	.170		.671	.222	.062	.002
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
number of pumps	Pearson 상관계수	.684	.871	.144	.706	.494	1	.167	.577	.496
	유의확률 (양쪽)	.521	.327	.908	.501	.671		.893	.609	.670
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
DWT	Pearson 상관계수	.833	.630	1.000*	.816	.940	.167	1	.902	.939
	유의확률 (양쪽)	.373	.566	.015	.392	.222	.893		.285	.224
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ME weight	Pearson 상관계수	.990	.904	.891	.986	.995	.577	.902	1	.995
	유의확률 (양쪽)	.088	.281	.300	.108	.062	.609	.285		.061
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pump weight	Pearson 상관계수	.973	.859	.931	.965	1.000*	.496	.939	.995	1
	유의확률 (양쪽)	.149	.342	.239	.169	.002	.670	.224	.061	
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3

*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

Table 5 Correlation coefficient of oil tanker

상관계수

		seagoing pump kW	port pump kW	total pump kW	GE kW	ME kW	number of pumps	DWT	ME weight	pump weight
seagoing pump kW	Pearson 상관계수	1	.719	.709	-.805	.459	.357	.184	.183	.609
	유의확률 (양쪽)		.489	.498	.405	.696	.767	.882	.883	.584
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
port pump kW	Pearson 상관계수	.719	1	1.000*	-.166	.948	-.392	.816	-.552	.989
	유의확률 (양쪽)	.489		.009	.894	.207	.743	.393	.628	.094
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
total pump kW	Pearson 상관계수	.709	1.000*	1	-.152	.952	-.405	.824	-.564	.991
	유의확률 (양쪽)	.498	.009		.903	.198	.734	.384	.619	.085
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GE kW	Pearson 상관계수	-.805	-.166	-.152	1	.158	-.842	.436	-.731	-.018
	유의확률 (양쪽)	.405	.894	.903		.899	.363	.713	.478	.988
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ME kW	Pearson 상관계수	.459	.948	.952	.158	1	-.666	.958	-.789	.984
	유의확률 (양쪽)	.696	.207	.198	.899		.536	.186	.421	.113
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
number of pumps	Pearson 상관계수	.357	-.392	-.405	-.842	-.666	1	-.852	.984	-.524
	유의확률 (양쪽)	.767	.743	.734	.363	.536		.351	.116	.649
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
DWT	Pearson 상관계수	.184	.816	.824	.436	.958	-.852	1	-.933	.892
	유의확률 (양쪽)	.882	.393	.384	.713	.186	.351		.235	.299
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ME weight	Pearson 상관계수	.183	-.552	-.564	-.731	-.789	.984	-.933	1	-.669
	유의확률 (양쪽)	.883	.628	.619	.478	.421	.116	.235		.534
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pump weight	Pearson 상관계수	.609	.989	.991	-.018	.984	-.524	.892	-.669	1
	유의확률 (양쪽)	.584	.094	.085	.988	.113	.649	.299	.534	
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

Table 6 Correlation coefficient of container

상관 계수

	seagoing pump kW	port pump kW	total pump kW	GE kW	ME kW	number of pumps	DWT	ME weight	pump weight
seagoing pump kW	1	.868	.978	1.000*	.924	.548	.915	.917	.923
Pearson 상관 계수		.331	.135	.006	.249	.631	.264	.261	.252
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
port pump kW	.868	1	.953	.873	.992	.891	.995	.994	.992
Pearson 상관 계수		.331	.195	.325	.081	.300	.066	.070	.079
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
total pump kW	.978	.953	1	.979	.984	.712	.979	.981	.983
Pearson 상관 계수		.135	.195	.129	.114	.496	.129	.125	.116
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GE kW	1.000*	.873	.979	1	.928	.555	.919	.921	.926
Pearson 상관 계수		.006	.325	.129	.243	.625	.259	.255	.246
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ME kW	.924	.992	.984	.928	1	.825	1.000*	1.000*	1.000*
Pearson 상관 계수		.249	.114	.243	.382	.015	.011	.011	.002
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
number of pumps	.548	.891	.712	.555	.825	1	.839	.835	.828
Pearson 상관 계수		.631	.496	.625	.382	.367	.370	.370	.379
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
DWT	.915	.995	.979	.919	1.000*	.839	1	1.000*	1.000*
Pearson 상관 계수		.264	.129	.259	.015	.367	.004	.004	.013
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ME weight	.917	.994	.981	.921	1.000*	.835	1.000*	1	1.000*
Pearson 상관 계수		.261	.125	.255	.011	.370	.004		.009
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pump weight	.923	.992	.983	.926	1.000*	.828	1.000*	1.000*	1
Pearson 상관 계수		.252	.116	.246	.002	.379	.013	.009	
유의 확률 (양쪽)									
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

Table 7 Correlation coefficient of ore/coal

상관계수

		seagoing pump kW	port pump kW	total pump kW	GE kW	ME kW	number of pumps	DWT	ME weight	pump weight
seagoing pump kW	Pearson 상관계수	1	.577	.870	-.755	.661	-.463	.898*	.979*	.644
	유의확률 (양쪽)		.309	.055	.140	.224	.432	.039	.004	.241
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
port pump kW	Pearson 상관계수	.577	1	.709	-.772	.740	-.634	.812	.677	.915*
	유의확률 (양쪽)	.309		.180	.126	.152	.251	.095	.209	.029
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
total pump kW	Pearson 상관계수	.870	.709	1	-.592	.904*	-.216	.979*	.947*	.820
	유의확률 (양쪽)	.055	.180		.293	.035	.727	.004	.015	.089
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
GE kW	Pearson 상관계수	-.755	-.772	-.592	1	-.372	.734	-.735	-.723	-.577
	유의확률 (양쪽)	.140	.126	.293		.538	.158	.157	.168	.308
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ME kW	Pearson 상관계수	.661	.740	.904*	-.372	1	-.229	.871	.797	.930*
	유의확률 (양쪽)	.224	.152	.035	.538		.712	.055	.106	.022
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
number of pumps	Pearson 상관계수	-.463	-.634	-.216	.734	-.229	1	-.390	-.429	-.530
	유의확률 (양쪽)	.432	.251	.727	.158	.712		.516	.471	.358
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
DWT	Pearson 상관계수	.898*	.812	.979*	-.735	.871	-.390	1	.963*	.862
	유의확률 (양쪽)	.039	.095	.004	.157	.055	.516		.009	.060
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ME weight	Pearson 상관계수	.979*	.677	.947*	-.723	.797	-.429	.963*	1	.769
	유의확률 (양쪽)	.004	.209	.015	.168	.106	.471	.009		.129
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
pump weight	Pearson 상관계수	.644	.915*	.820	-.577	.930*	-.530	.862	.769	1
	유의확률 (양쪽)	.241	.029	.089	.308	.022	.358	.060	.129	
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

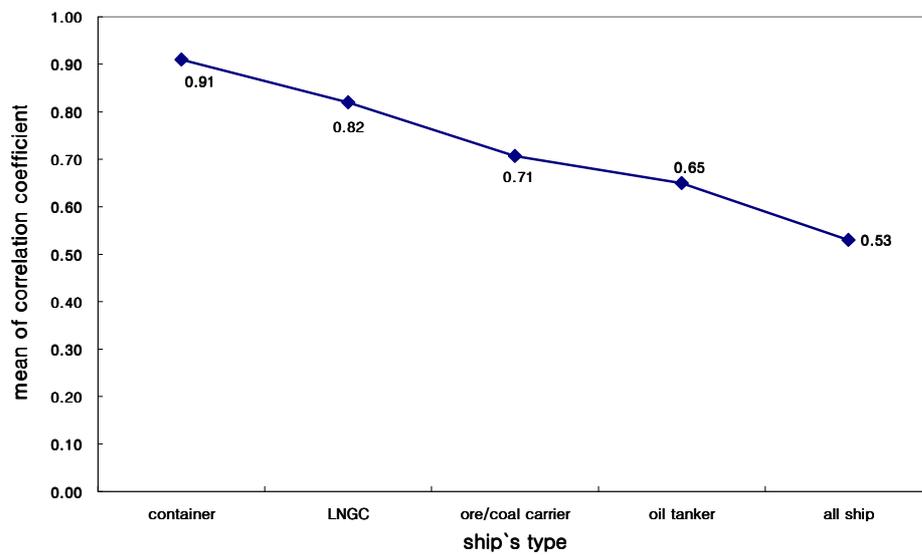


Fig. 38 Mean of correlation coefficient according to ship`s type

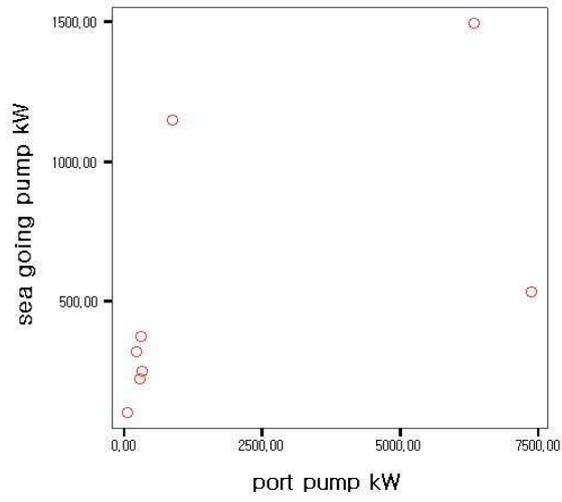


Fig. 39 Scatter plot(seagoing pump kW/port pump kW)

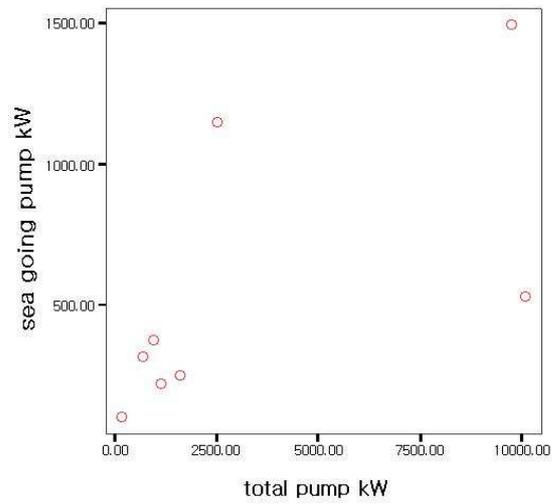


Fig. 40 Scatter plot(seagoing pump kW/total pump kW)

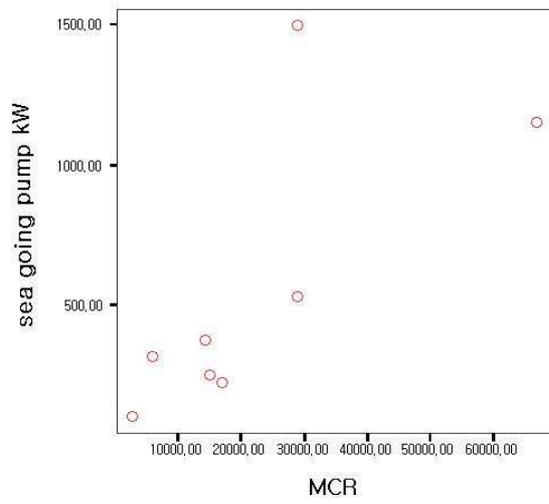


Fig. 41 Scatter plot(seagoing pump kW/MCR)

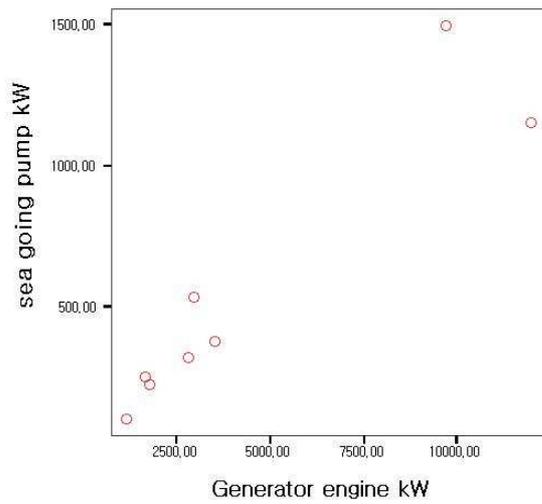


Fig. 42 Scatter plot(seagoing pump kW/GE kW)

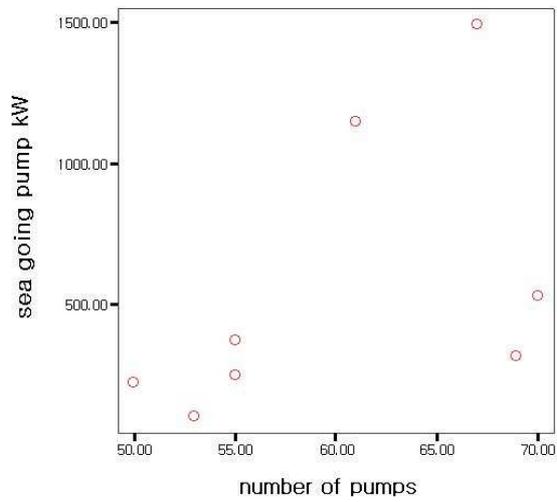


Fig. 43 Scatter plot(seagoing pump kW/number of pumps)

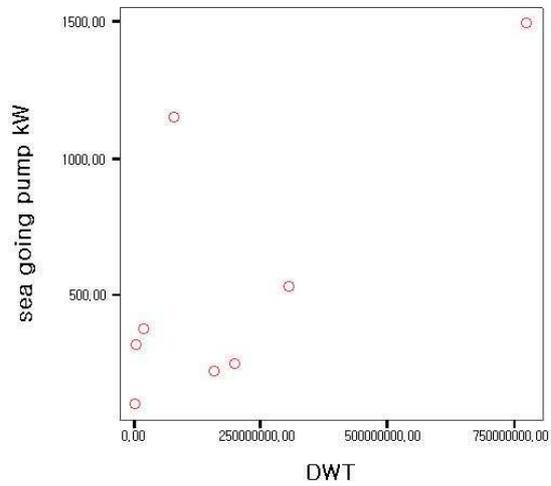


Fig. 44 Scatter plot(seagoing pump kW/DWT)

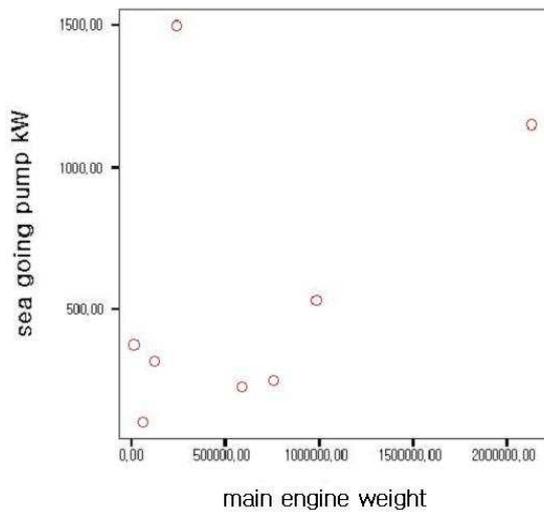


Fig. 45 Scatter plot(seagoing pump kW/ME weight)

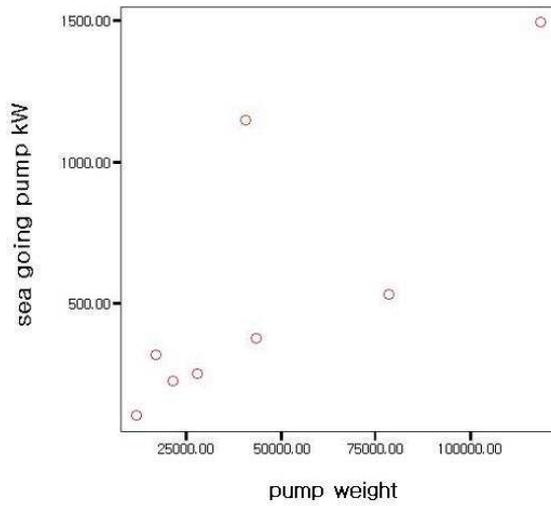


Fig. 46 Scatter plot(seagoing pump kW/pump weight)

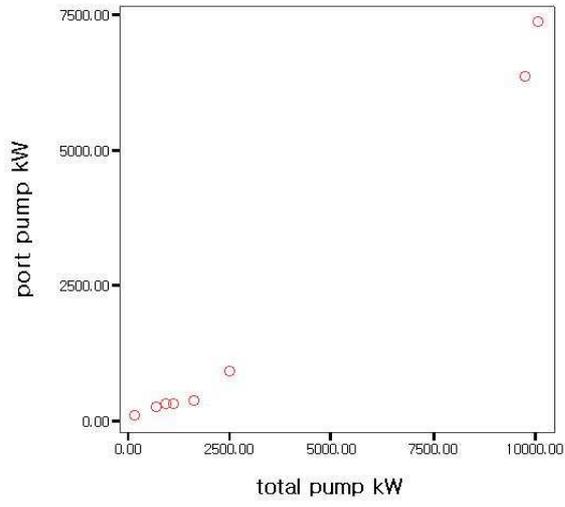


Fig. 47 Scatter plot(port pump kW/total pump kW)

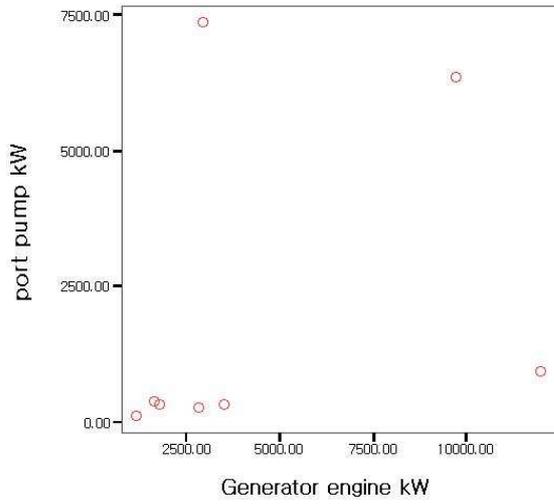


Fig. 48 Scatter plot(port pump kW/GE kW)

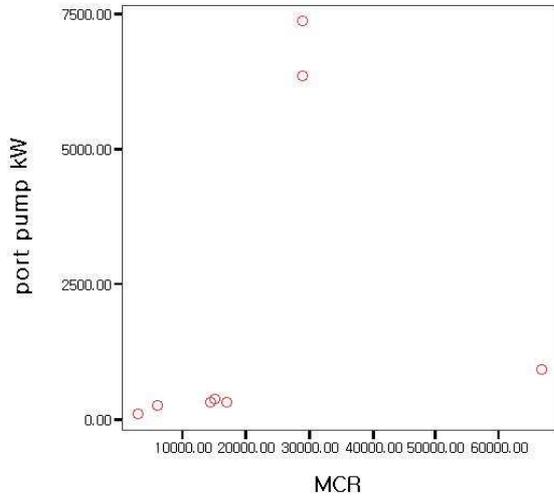


Fig. 49 Scatter plot(port pump kW/MCR)

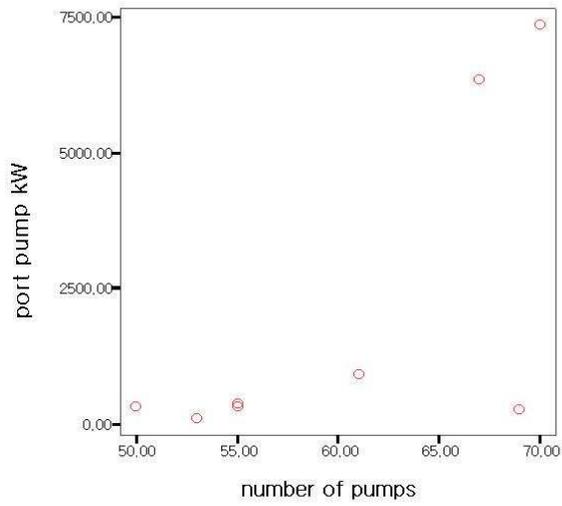


Fig. 50 Scatter plot(port pump kW/number of pumps)

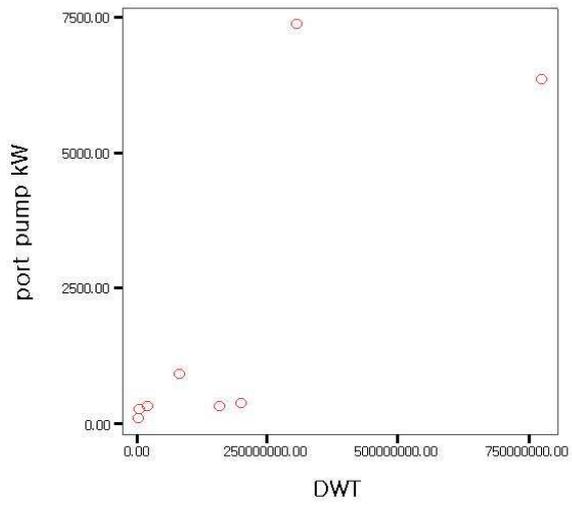


Fig. 51 Scatter plot(port pump kW/DWT)

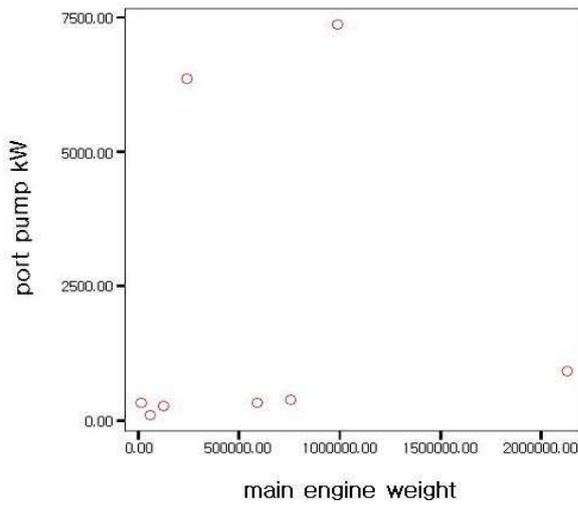


Fig. 52 Scatter plot(port pump kW/ME weight)

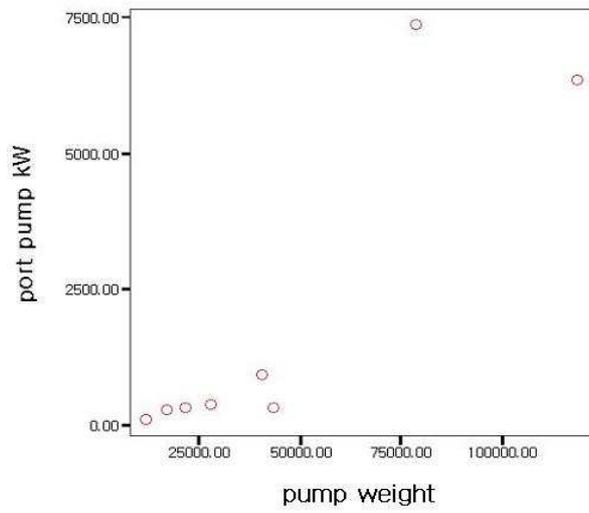


Fig. 53 Scatter plot(port pump kW/pump weight)

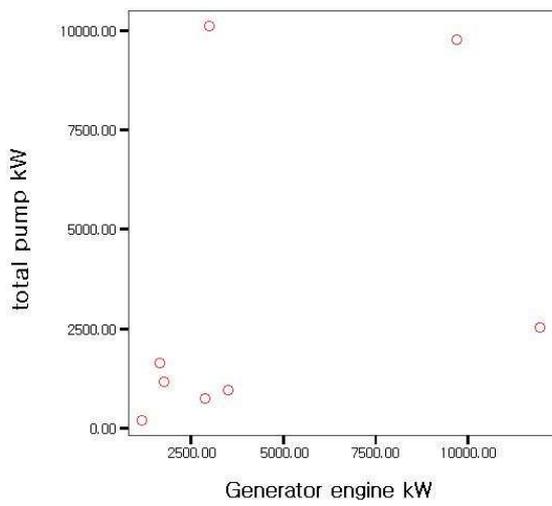


Fig. 54 Scatter plot(total pump kW/GE kW)

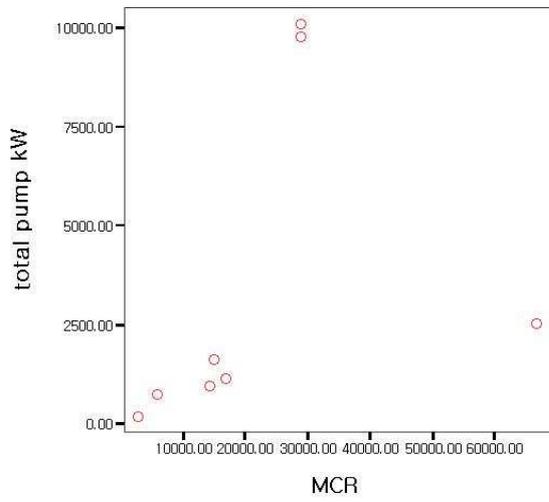


Fig. 55 Scatter plot(total pump kW/MCR)

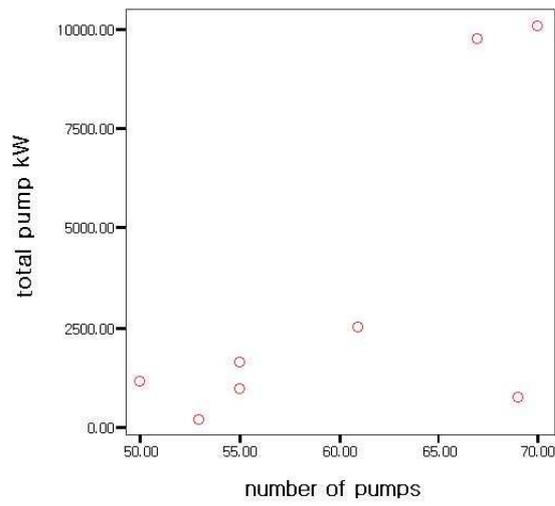


Fig. 56 Scatter plot(total pump kW/number of pumps)

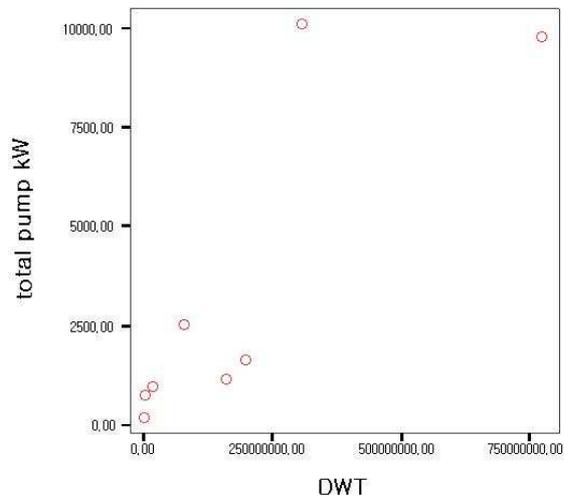


Fig. 57 Scatter plot(total pump kW/DWT)

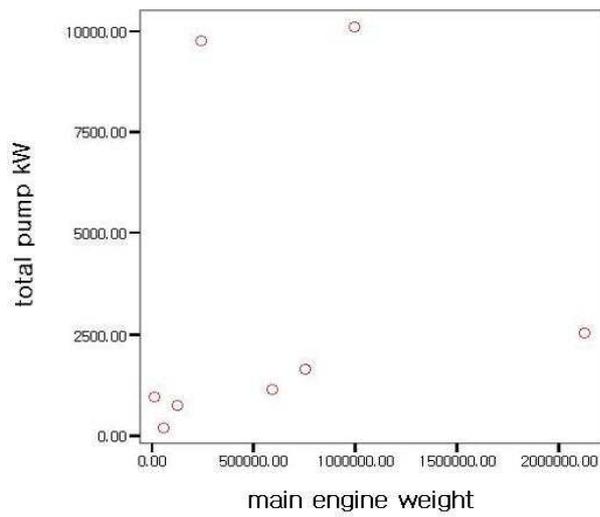


Fig. 58 Scatter plot(total pump kW/ME weight)

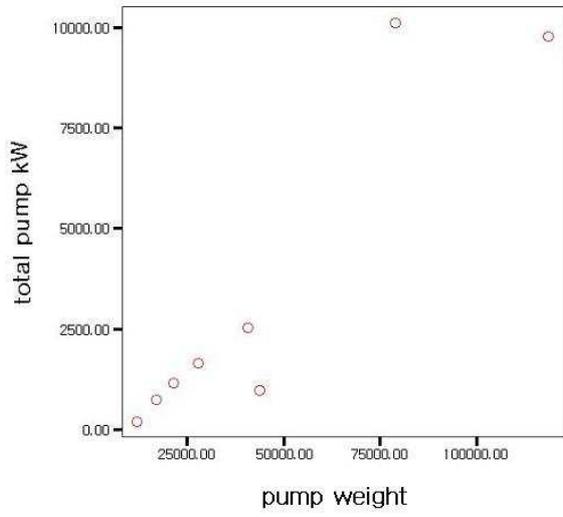


Fig. 59 Scatter plot(total pump kW/pump weight)

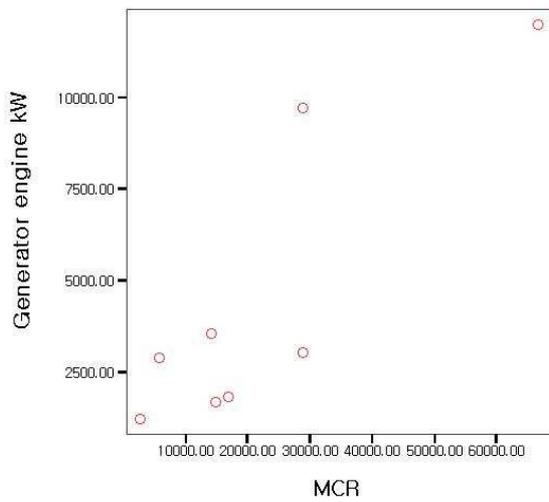


Fig. 60 Scatter plot(GE kW/MCR)

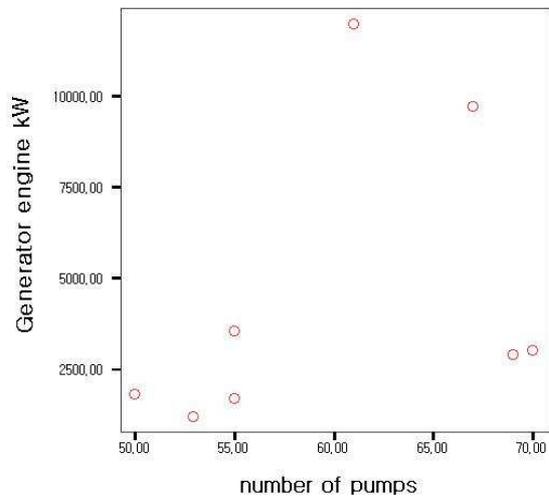


Fig. 61 Scatter plot(GE kW/number of pumps)

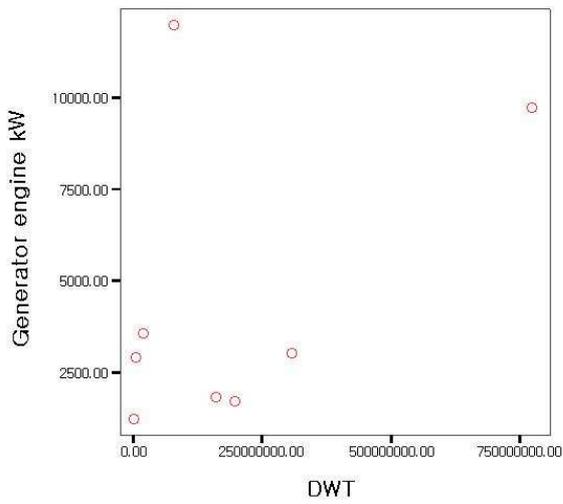


Fig. 62 Scatter plot(GE kW/DWT)

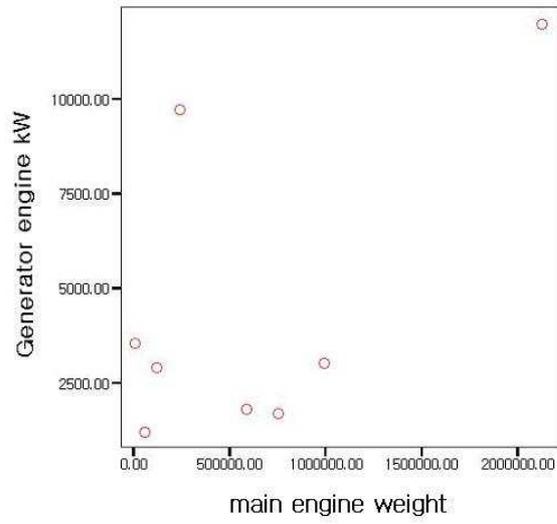


Fig. 63 Scatter plot(GE kW/ME weight)

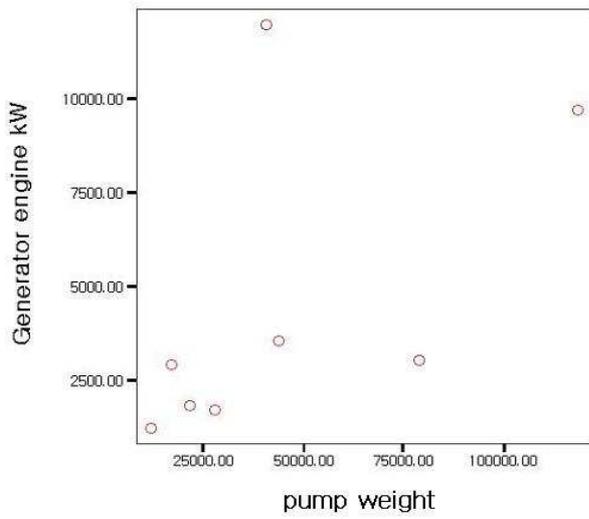


Fig. 64 Scatter plot(GE kW/pump weight)

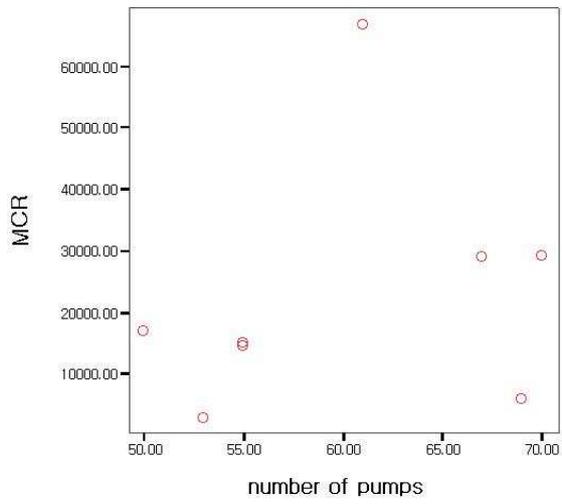


Fig. 65 Scatter plot(MCR/number of pumps)

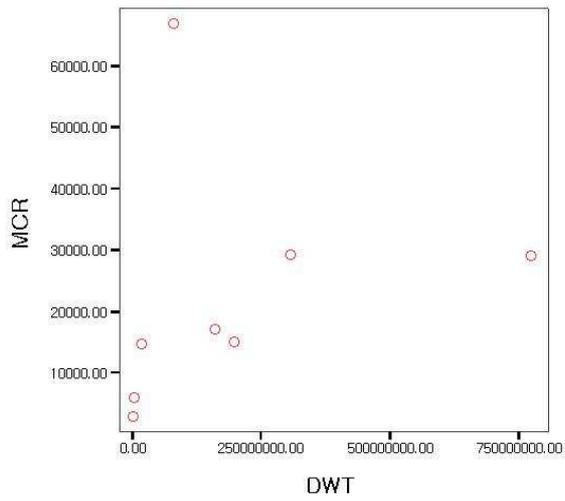


Fig. 66 Scatter plot(MCR/DWT)

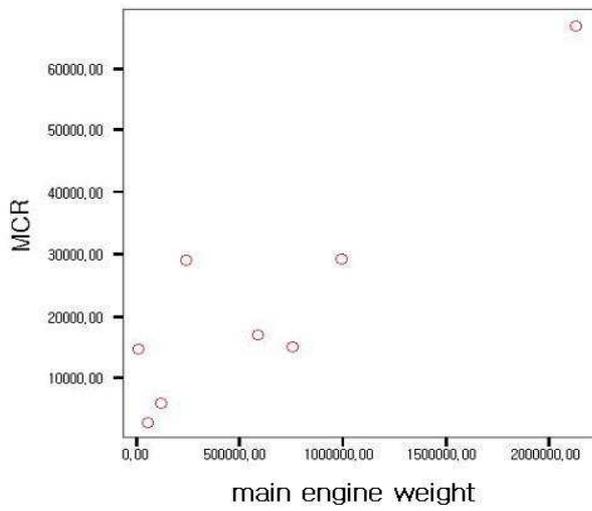


Fig. 67 Scatter plot(MCR/ME weight)

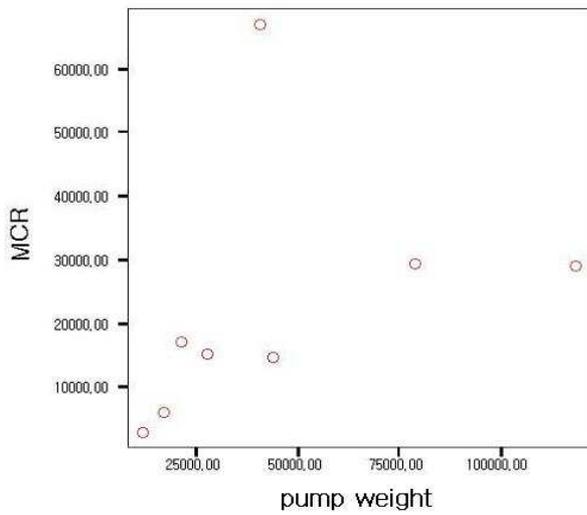


Fig. 68 Scatter plot(MCR/pump weight)

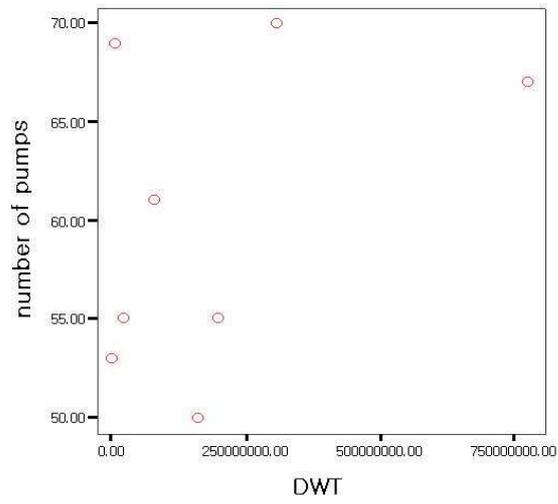


Fig. 69 Scatter plot(number of pumps/DWT)

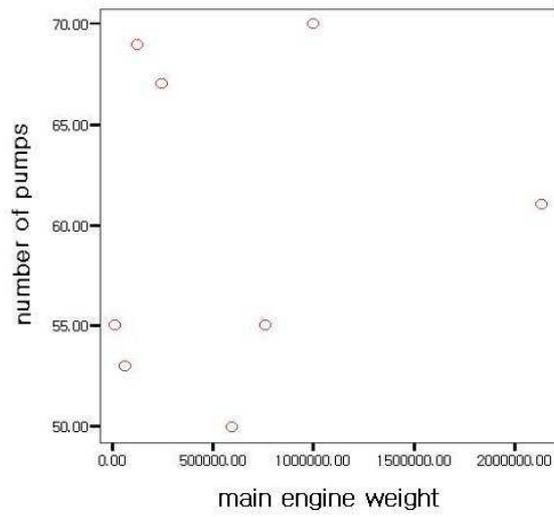


Fig. 70 Scatter plot(number of pumps/ME weight)

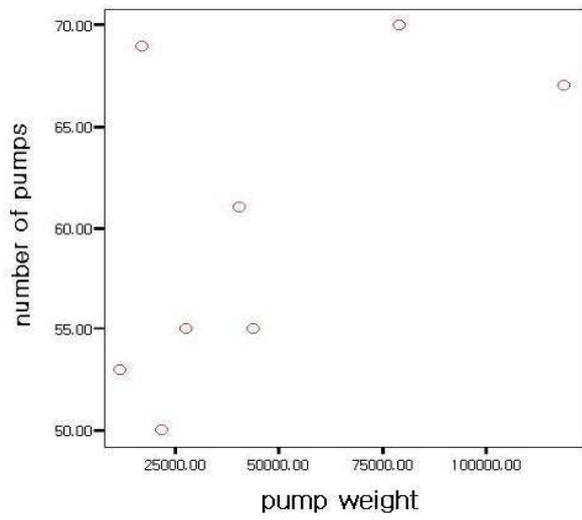


Fig. 71 Scatter plot(number of pumps/pump weight)

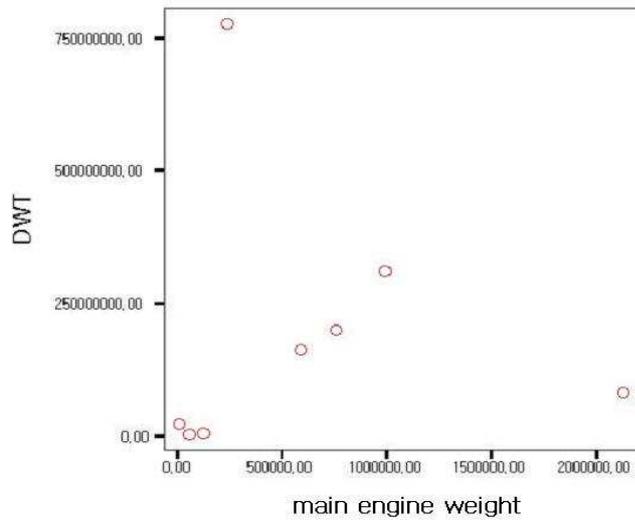


Fig. 72 Scatter plot(DWT/ME weight)

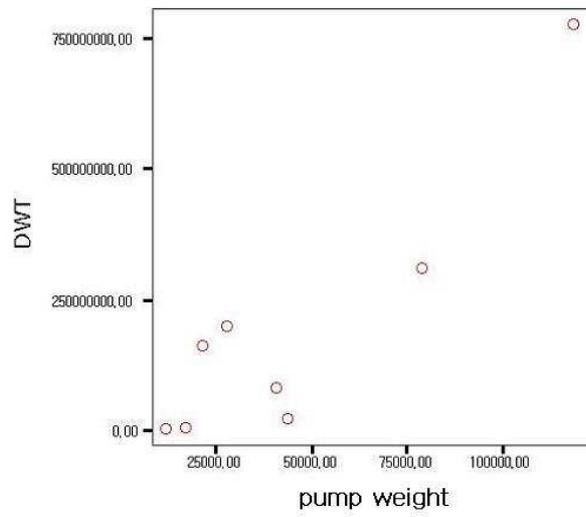


Fig. 73 Scatter plot(DWT/pump weight)

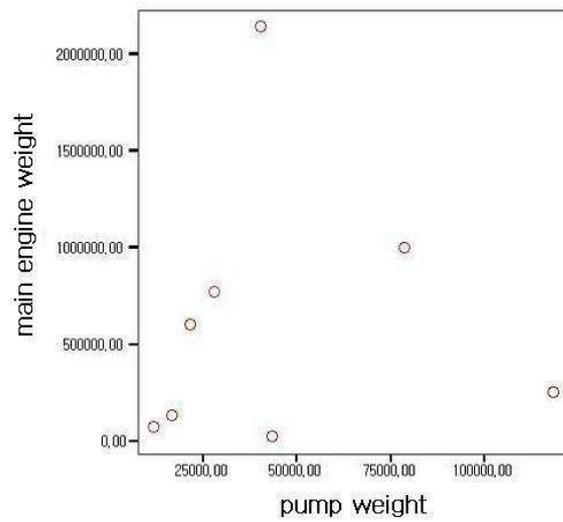


Fig. 74 Scatter plot(ME weight/pump weight)

제 5 장 결론

6종류의 비교적 최신 상선과 2척의 실습선을 대상으로 선종별 펌프의 사용현황 및 특색을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상선과 실습선의 펌프 설치현황을 파악하였다.
 - 1) 상선과 실습선의 터보형 최고양정은 보일러 급수 펌프, 용적형 최고양정은 보일러 연료유 공급 펌프이다.
 - 2) 펌프의 설치대수는 디젤선에서는 터보형과 용적형의 비율이 비슷하나, 터빈선에서는 터보형의 펌프 수가 용적형보다 월등히 많은 수를 차지한다.
 - 3) 터보형 펌프의 회전수는 1800 rpm, 용적형은 1200 rpm이 주종이다.
 - 4) 상선과 실습선의 각종 결과가 비슷하므로 실습선의 펌프에 대한 교육이 실습생 교육이 적합하다는 것을 알 수 있다. 유조선, LNGC의 화물유 펌프에 대한 교육은 보완이 필요하다.
2. 연구에 사용된 선박을 다양한 방법으로 검증한 결과, 동일 종류의 선박에 대하여 대표성이 있었다.
3. total pump kW, port pump kW, GE kW, seagoing pump kW, pump weight, DWT, ME weight, ME MCR, number of pumps, ME kW의 상관관계를 파악하였다.
 - 1) 선종별로 분리하여 상관관계를 분석한 결과 밀접한 관련성을 가진다는 것을 알 수 있었다. 선종별로 전 상관관계 수치를 더하여 평균을 낸 결과 컨테이너 0.91, LNGC 0.82, 광탄선 0.71, 유조선 0.65 전 선종 0.53으로 나타났다.

2) 전 선종에 대한 상관관계 분석한 결과 평균은 0.53으로 선종을 분리하여 한 것보다는 관련성이 떨어진다. 상관관계 상위 5개 하위 5개는 아래와 같다.

상관관계 상위 5개

- § total pump kW - port pump kW: 0.993
- § GE kW - seagoing pump kW: 0.934
- § pump weight - total pump kW: 0.924
- § pump weight - DWT: 0.905
- § ME weight - ME MCR: 0.900

상관관계 하위 5개

- § DWT - ME weight: -0.032
- § ME weight - pump weight : -0.054
- § ME weight - port pump kW: 0.099
- § ME weight - number of pumps: 0.12
- § ME weight - total pump kW: 0.156

참 고 문 헌

- [1] 대한조선학회, 「조선해양공학개론」, 동명사, 1993, pp. 15~18.
- [2] 오인호·노기택·양경옥·이일영, 「선박보조기계」, 다솜출판사, 2003, pp. 8~10.
- [3] 전효중·김춘식, 「박용보기」, 효성출판사, 2002, pp. 1~19
- [4] 원태인·정성원, 「한글 SPSS12K 통계조사분석」, (주)데이터 솔루션, 2006, pp. 313~319.
- [5] 장원경·김태균 「자료분석의 이해와 응용」, 도서출판 대경, 2004, p.123, p.258.
- [6] 이상일·이상득·정은석·김유택, 「 각종 선박에 설치된 펌프의 사용 현황」, 2006년도 대한기계학회 부산지부 춘계학술대회 논문집.
- [7] 이상일·이상득·이영호·남청도·조권희·김유택 「 상선과 실습선의 펌프 설치 현황」, 2006년도 전기 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집.
- [8] 데이터 분석에 사용된 선박의 data booklets, electric load analysis 를 사용함.