

## LNG船 主蒸氣系統의 熱平衡算定用 電算프로그램 開發

김경근\* · 최순호\*\* · 이정혜\*\*\* · 최두열\*\*\* · 송성옥\*\*\*\*

### The Development of a Heat Balance Evaluation Program for the Main Steam Line of LNG Carrier

K. K. Kim, S. H. Choi, J. H. Lee, D. Y. Choi, S. O. Song

**Key words** : Critical point(임계점), LNG(액화천연가스), GUI(대화형 입출력 형식), Heat balance(열평형), Heat capacity(열용량), Reduced properties(환산 물성치), Steam properties(증기 물성치), Steam flow diagram(증기 유동도)

#### Abstract

The demand of LNG, as a cheap and clean energy which does not cause an environmental problem, has sharply been increased in Korea. In general, LNG is stored in a cargo tank specially designed as a liquid state below  $-162^{\circ}\text{C}$ . The main engine of a LNG carrier is generally a steam boiler because LNG is a highly flammable fluid with the possibility of explosion. The main engine of a cargo ship has to be capable of the propulsion load and various auxiliary loads for the safe navigation since it is the primary energy source. Therefore the evaluation of a main boiler's energy capacity is a key design point in the planning of LNG carrier's construction. This research is to develop the computational program for the analysis of steam boiler Heat balance for LNG carrier.

사용기호		T : 절대온도	[K]
		U : 비내부에너지	[kJ/kg]
B : Helmholtz 자유에너지	[kJ/kg]	$v$ : 비체적	[m <sup>3</sup> /kg]
H : Gibbs의 자유엔탈피	[kJ/kg]	$\theta$ : 환산온도	
I : 비엔탈피	[kJ/kg]	$\beta$ : 환산압력	
P : 절대압력	[Pa]	$x$ : 환산비체적	
S : 비엔트로피	[kJ/kgK]	cr : 임계점	

\* 한국해양대학교(원고접수일 : 98년 9월)

\*\* 일본 동경대학 대학원

\*\*\* 한국해양대학교 대학원

\*\*\*\* (사)한국선급

- ψ : 환산자유엔탈피
- ξ : 환산자유에너지
- ε : 환산비엔탈피

제1장 서론

1970년대와 80년대의 일부 제3세계국가들에 의한 자원무기화에 따른 에너지파동(Energy Shock) 이후 대체에너지 개발의 일환으로 세계 각국은 태양열, 조력, 원자력 및 천연가스와 같은 대체에너지 자원개발을 적극적으로 추진하고 있으며, 특히 우리나라의 경우 액화천연가스(LNG) 국내수요량의 전망을 수입에 의존하고 있는 관계로 이를 수송하기 위한 LNG 운반선의 수요도 최근에 들어 증대되어 현재 수 척이 운영되고 있으며 향후 LNG 운반선의 신조도 지속적으로 증가될 것으로 예측되고 있다.

LNG 운반선 화물탱크 내의 LNG는 대기압상태로 유지되며 증발된 가스(Boiled Off Gas)는 재처리 응축시켜 화물탱크로 다시 공급하거나 대기 중

으로 방출시켜야만 한다. 이와 같은 이유로 인해 LNG 운반선은 항해 중에 증발된 LNG 가스를 선박추진장치의 연료로 사용하기 위해 스팀터빈(Steam Turbine)의 추진장치를 사용하는 것이 일반적이다.

스팀터빈 추진선의 경우 주기관의 동력원뿐만 아니라 기타 대용량의 보조기기(발전기, 펌프류 등)의 동력도 스팀터빈을 이용하는 것이 일반적이므로 선박의 안전운항을 위해 선박운항에 소요되는 제용량 이상의 보일러가 설치되어야 함은 당연함과 동시에 필수적인 요구사항이다. 그러나 대형상선의 동력계통은 발전소와 같은 플랜트류에 비금가는 수준이기 때문에 선박의 주기관으로 설치된 보일러용량의 타당성을 평가한다는 것은 단순한 문제가 아니며 LNG 운반선을 포함하여 대형상선의 주기관용으로 설치되는 보일러용량이 선박의 안전운항을 보장할 수 있는 제용량을 보유하고 있는지의 여부를 사용자와 컴퓨터간의 대화형 입출력형식(Graphic User Interface, GUI)을 통해 편리하고 신속히 확인할 수 있는 전산프로그램을 사

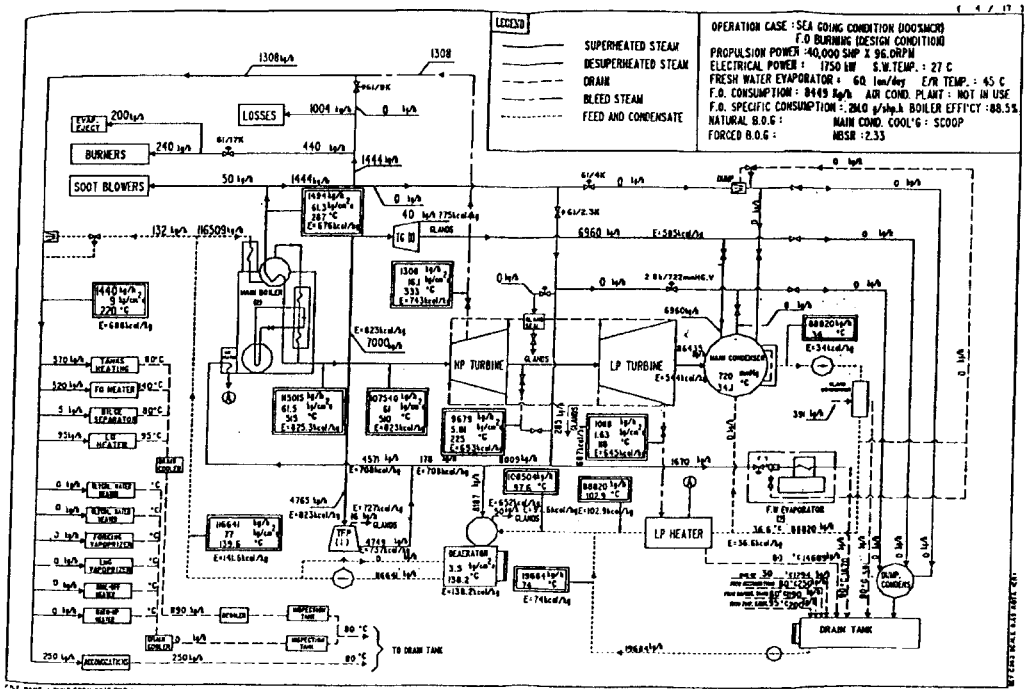


Fig. 1 Heat balance flow diagram of LNG carrier by Daewoo Heavy Industrial Co., Ltd.

용할 수 있다면 보일러의 용량평가를 수행하는 입장에서 검토경비와 시간을 대폭적으로 절감할 수 있다. 본 연구의 목적은 이와 같은 장점을 가지는 GUI형식의 전산프로그램을 개발하는데 있다.

### 제2장 LNG 운반선의 증기계통

LNG 운반선은 폭발 위험성이 상존하는 인화성 유체인 LNG를 수송하기 때문에 일반적으로 디젤 엔진을 주동력원으로 사용하는 일반상선과는 달리 증기보일러를 채택하고 있으며 이는 보일러의 자체운전을 위한 주요기기의 구동, 선박추진을 위한 스팀터빈, 선내의 전력수요를 충족하기 위한 발전기, 선내 각종 갑판 및 기관보기의 구동, 주거용 보조열원 등과 같은 동력원으로서 사용된다. Fig. 1은 LNG 운반선의 증기유동도(Steam Flow Diagram)를 보이는 그림이다.

### 제3장 증기물성치의 수식화

증기의 상태는 증기를 사용하는 열기기의 효율에 지대한 영향을 미치므로 이와 같은 열기기의 설계나 성능을 정확히 계산하기 위해서는 열매체인 증기의 물성치를 상세하고 정확하게 파악할 필요가 있다.

그러나 증기는 압력 또는 온도의 변화에 따라 이상기체로 취급할 수 있는 과열증기, 포화증기, 습증기, 압력수로 상태변화가 매우 다양하기 때문에 물성치들을 간단한 함수로 표현하기에는 많은 어려움이 있다.

현재까지 설계에 필요한 증기물성치는 실험결과에 기초한 증기표를 이용하거나 미국기계학회가 중심이 되어 발표한 전산수식을 대형계산기에 입력하여 이용하는 것이 일반적이다.

#### 3.1 기본함수의 유도

물 및 증기에 대한 물성치들은 기본적으로 2개의 독립변수를 택하면 나머지는 종속변수가 되어 열역학 일반관계식으로부터 구할 수 있다.

본 연구에서 채택한 바와 같이 Helmholtz의 식과 Gibbs의 식을 이용하여 필요한 물성치들을 다

음과 같이 나타낼 수 있다.

먼저 비내부에너지, 비엔탈피 및 Helmholtz의 자유에너지식은 각각 다음과 같으며,

$$dU = TdS - PdV \tag{1}$$

$$di = TdS + vdP \tag{2}$$

$$dB = dU - TdS - SdT \tag{3}$$

식(3)을 식(1)을 이용하여 정리하면 다음과 같이 된다.

$$dB = -PdV - SdT \tag{4}$$

Gibbs의 자유엔탈피식을 미분하여 식(2)를 이용하여 정리하면,

$$dH = vdP - SdT \tag{5}$$

따라서 본 연구에서 구하고자 하는 온도와 압력과의 관계는 식(4)로부터,

$$P = - \left( \frac{\partial H}{\partial V} \right)_T \tag{6}$$

비체적은 식(5), 비엔트로피는 식(4)와 식(5)로부터 각각 다음과 같이 표현된다.

$$v = \left( \frac{\partial H}{\partial P} \right)_T \tag{7}$$

$$S = - \left( \frac{\partial B}{\partial T} \right)_v = - \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P \tag{8}$$

수증기에 관한 실제의 물성치들을 수식화하는 경우에는 다음과 같은 임계점에서의 물성치의 값에 대한 비로서 환산압력(Red uced Pressure), 환산온도(Reduced Temperature)와 같은 환산물성치(Reduced Property)들을 이용한다.

임계온도	: $T_{cr} = 647.3$	K
임계압력	: $P_{cr} = 22.12$	rm MPa
임계비체적	: $v_{cr} = 0.00317$	rm m <sup>3</sup> /kg
임계비엔탈피	: $i_{cr} = 2107.4$	rm kJ/kg
임계비엔트리피	: $S_{cr} = 4.4429$	rm kJ/kgK

(9)

이와 같이 하는 이유는 어떤 물질에 대한 물성치들을 임계치에 대한 값들을 이용하여 무차원화하

면 다른 물질에도 그대로 적용되는 장점을 갖는데 이를 대응상태의 원리(Principle of Corresponding States)라고 한다. 임계점에서의 값들을 이용하여 환산온도, 환산비체적, 환산비엔탈피, 환산비엔트로피를 정리하면 각각 다음과 같다.

$$\text{환산온도} : \theta = \frac{T}{T_{cr}} \quad (10)$$

$$\text{환산압력} : \beta = \frac{P}{P_{cr}} = - \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)_{\theta} \quad (11)$$

$$\text{환산비체적} : x = \frac{v}{v_{cr}} = - \left( \frac{\partial \zeta}{\partial \beta} \right)_{\theta} \quad (12)$$

환산비엔탈피 :

$$\varepsilon = \frac{i}{P_{cr} \cdot v_{cr}} = \zeta + \theta\sigma = \zeta + \theta\sigma = \psi + \beta x + \theta\sigma \quad (13)$$

환산비엔트로피 :

$$\varepsilon = \frac{S}{P_{cr} \frac{v_{cr}}{T_{cr}}} = - \left( \frac{\partial \zeta}{\partial \theta} \right)_{\beta} = \left( \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right)_{x} \quad (14)$$

단, 앞의 식들에서

$$\zeta = \frac{H}{P_{cr} \cdot v_{cr}} = \varepsilon - \theta\sigma \quad (15)$$

$$\psi = \frac{B}{P_{cr} \cdot v_{cr}} = \zeta - \theta\sigma \quad (16)$$

### 3.2 전산수식의 영역

본 연구에서는 미국기계학회(ASME)에서 채택한 실험치인 Skeleton Table을 기초로 하여 포화 온도, 포화압력, 비체적, 비엔탈피 및 비엔트로피를 미국기계학회에서 제시한 대형 전산기용 증기 물성치 전산수식을 개인용 컴퓨터에 적용시켰다. 본 연구의 증기물성치 계산범위는 압력 0~100 MPa, 온도 273.16~1073.15 K범위의 압력수, 포화수 및 포화증기 그리고 과열증기 영역이다. 이러한 전 계산범위의 물성치를 하나의 수식으로 표현하는 것은 도저히 불가능하고 또한 정확도가 떨어지므로 통상 6개의 영역으로 구분하며, 본 연구에서는 ASME의 규정에 따라 Fig. 2와 같이 영역구분을 하였다.

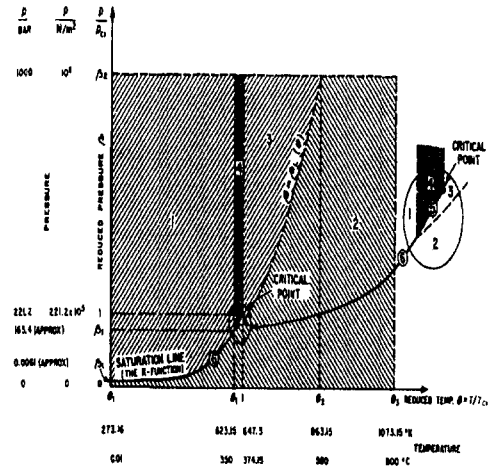


Fig. 2 Illustration of subregion on the temperature-entropy diagram

이와 같이 하여 전산수식화를 시도할 경우 발생하는 가장 큰 어려움은 영역과 영역의 경계에서 물성치가 일치하지 않는 것인데, 특히 영역①과 영역④의 경계, 영역②와 영역③의 경계에서 그 정도가 심하다. 또한 Fig. 2에서 예상 가능한 바와 같이 임계점 근방에서는 배정도의 계산을 조심스럽게 행하지 않으면 전혀 틀린 값이 얻어지는데, 이에 관하여 본 연구에서는 기지의 식(10)에서와 같이 임계점의 값을 이용하여 증기보일러의 열용량 평가용 전산프로그램에 필수적인 증기 물성치를 압력 0~100 MPa, 온도 273.16~1073.15 K의 범위에 대하여 전산수식화하였으며, 미국기계학회 증기표(ASME Steam Table)와 비교하여 임계점 부근에서는 1% 이내, 진공 및 상압 범위에서는 0.02%의 오차가 가능한 한 오차를 줄였다.

- 적용 범위 : 0~100 MPa의 압력  
273.16~1073.15 K의 온도
- 적용 대상 : 포화수 (Saturated Water)  
포화수증기 (Saturated Steam)  
과냉액 (Sub-Cooled Water)  
과열수증기 (Super-Heated Steam)
- 출력물성치 : 비체적 (Specific Volume)  
밀도 (Density)  
비엔탈피 (Specific Enthalpy)  
증발잠열 (Latent Heat)  
비엔트로피 (Specific Entropy)

## 제4장 보일러 열정산용 프로그램

### 4.1 프로그램의 개요

본 연구과제의 목적인 보일러 열정산 프로그램은 제1.3절에서 언급한 바와 같이 LNG 운반선의 주기관으로 사용되는 보일러의 용량이 선박의 운항에 필요한 주기관 및 각종의 보조기기들의 운전 에 필요한 증기소요량을 충족시킬 수 있는지의 여부를 신속하고 정확하게 판단할 수 있는 대화형 입출력방식을 사용한 전산프로그램이다.

### 4.2 프로그램의 구성

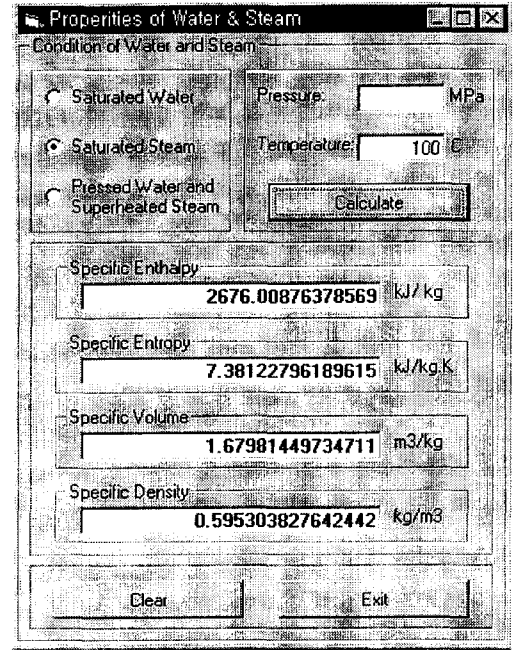
물성치 프로그램은 윈도우(Windows) 환경의 운영체제(Operating System, OS)에서 독립적으로 운영되며 적용범위, 대상 및 출력결과물은 다음과 같다.

#### 4.2.1 물성치 프로그램의 사용

Windows 95의 OS환경하에서 물성치 프로그램을 사용하기 위한 절차는 다음과 같다.

물성치 프로그램 윈도우의 좌측 상단의 물성조건 중의 한가지인 포화수(Saturated Water)를 선택하고 온도나 압력의 어느 한가지를 입력하고 우측상단의 'Calculate' Button을 클릭(Click)하면 포화수의 물성치를 구할 수 있다.

물성치 프로그램 윈도우의 좌측 하단의 'Clear' Button을 클릭하면 지금까지의 선택항, 입력항 및 계산출력항들은 모두 지워지고 새로운 입력의 대기 상태로 전환된다. 물성치 프로그램 윈도우의 좌측 상단의 물성조건 중의 한가지인 포화수증기(Saturated Steam)를 선택하고 온도나 압력의 어느 한가지를 입력하고 우측상단의 Calculate Button을 클릭하면 포화수의 물성치를 구할 수 있다. Clear Button을 클릭하고 물성치 프로그램 윈도우의 좌측 상단의 물성조건중의 한가지인 과냉액 및 과열증기(Pressured Water and Superheated Steam)를 선택하고 온도와 압력을 입력하고 우측상단의 Calculate Button을 클릭하면 과냉액이나 과열수증기의 물성치를 구할 수 있다. 과냉액과 과열수증기의 경우 온도 및 압력은 서로 독립적인 관계를 가지기 때문에 온도항과 압력항을 함께 입력해야만 한다.



#### 4.2.2 보일러 열용량 평가용 프로그램

보일러 열용량 평가용 프로그램은 Micros oft Excel 97에서 구동되며 LNG 운반선의 Heat Balance Flow Diagram 상에 표기된 주요기기별로 증기공급량(Steam Supply)과 증기소모량(Steam Consumption)을 비교하여 보일러의 총열용량(Total Heat Capacity)의 적합성을 평가한다.

LNG 운반선의 보일러는 열에너지공급원의 역할을 하고 Heat Balance Flow Diagram 상의 주요기기들은 열에너지소비원의 역할을 하기 때문에 열용량은 보일러로부터 주요기기별로 공급되는 증기의 엔탈피와 주요기기의 동력 및 이들 기기로부터 배기되는 증기 엔탈피의 대수합으로 평가할 수 있는데 본 프로그램에서는 이를 보일러 출구로부터 공급된 증기가 다시 보일러 입구까지 순환되는 전구간을 보일러로부터 Flow Diagram 상에서 하류에 위치하는 대표적인 기기를 중심으로 하여 부분구간별로 적용하였다.

BOILER.XLS의 프로그램이 구동되어 4.2.2절에서 보인 Flow Diagram이 그려진 Excel 프로그램이 활성화되며 메뉴판 위에 'HB'(Heat Balance)라고 표기된 Button을 확인할 수 있다.

BOILER.XLS 프로그램은 이미 앞에서 설명한 바와 같이 보일러로부터 공급되는 증기가 사용되어진 후 응축수(Condensated Water)의 형태로 재차 보일러로 순환되는 순환계통의 전구간을 부분구간별로 총입열량과 총유출열량 및 기기에서 소모한 열량의 대수합이 비교될 수 있도록 구성되었기 때문에 프로그램의 각 부분별 구성은 동일하다. 따라서 프로그램의 사용도 처음의 부분구간에 대해서 운용할 수 있다면 나머지 부분도 쉽게 사용할 수 있으며 Heat Balance Flow Diagram의 구성이 바뀌더라도 이에 대응하여 Excel 프로그램의 구성도 쉽게 변경할 수 있다.

상기의 부분구간은 Excel 프로그램의 1 Page에 도시되어 있으며 이에 대한 Heat Balance는 그 아래의 도표로 작성되어져 있다. 도표에서 굵게 표기된 부분은 사용자가 직접 입력해야 하는 Data Input Column이며, 나머지 부분은 Excel Programming에 의해 자동적으로 계산되는 부분을

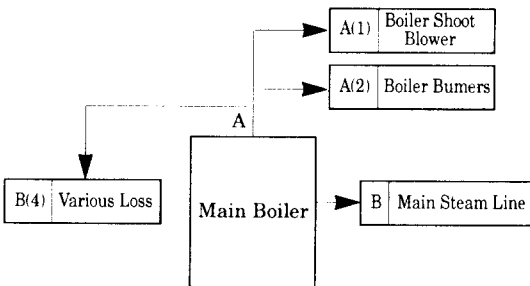


Fig. 3 Schematic diagram from boiler to main steam line

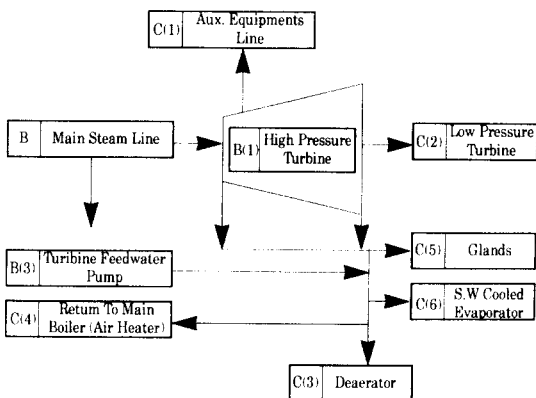
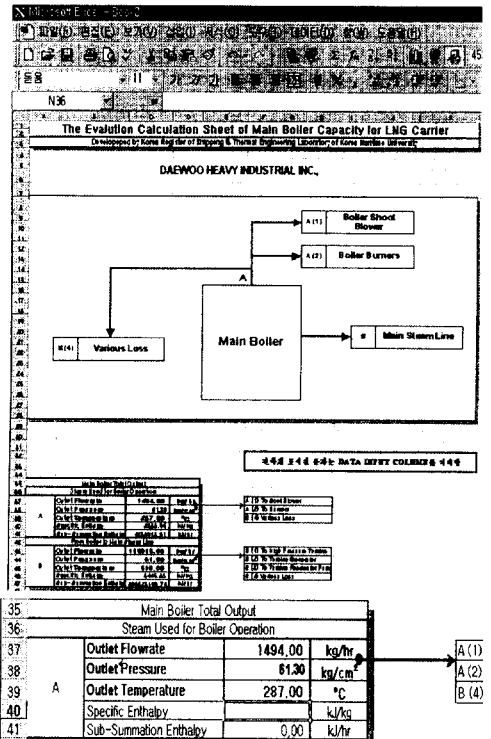


Fig. 4 Schematic diagram from high pressure turbine to its down stream

의미한다. 이후의 설명은 편의상 Fig. 1의 대우조선소에서 건조 중인 LNG 운반선의 Heat Balance Flow Diagram을 기준으로 하였다.

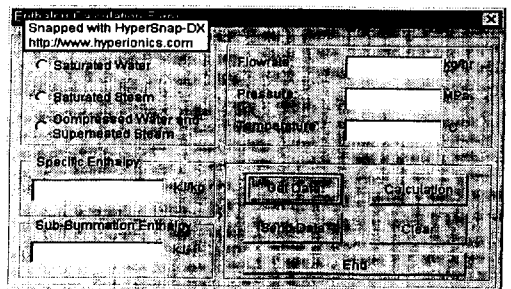
첫 번째 도표의 사용은 보일러 자체의 운전을 위



해 Burner와 Shoot Blower로 공급되는 증기를 나타내는 항목 A의 입력란인 증기유량, 증기압력 및 증기온도를 입력한 후 Excel 메뉴판에 있는 'HB'이라고 표시된 Button을 클릭한다.

'HB'이라고 표시된 Button을 클릭하면 물성치를 구할 수 있는 프로그램이 활성화된다.

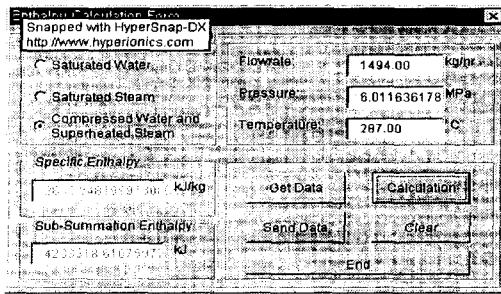
물성치 프로그램의 우측 중앙부에 있는 'Get



Data' 라고 표시된 Button을 클릭하면 앞 단계에서 입력했던 Data가 우측 상단의 입력란으로 기재되어진다.

보일러에서 공급되는 증기는 과열증기이므로 물성치 프로그램 창의 좌측 상단에 있는 Check Box의 Superheated Steam에 표시하고 우측 중앙부의 Calculation Button을 클릭하면 증기의 엔탈피가 계산된다.

마지막으로 'Send Data' 라고 표시된 Button을



클릭하면 계산된 엔탈피가 Excel Program으로 기재되어진다.

이상의 계산을 끝내고 Excel Program 1 Page의

Main Boiler Total Output			
Steam Used for Boiler Operation			
A	Outlet Flowrate	1494.00	kg/hr
	Outlet Pressure	61.30	kg/cm
	Outlet Temperature	287.00	°C
	Specific Enthalpy	2833.95	kJ/kg
	Sub-Sumation Enthalpy	4233918.61	kJ/hr

우측을 주목하면 평가항을 나타내는 또 하나의 도표가 있음을 볼 수 있는데 이는 지금까지의 계산결과를 열유입항과 열유출항으로 구분하여 전체의 대수합을 계산하는 도표이다.

도표의 좌측항인 A항은 보일러로부터 공급받는 증기의 엔탈피량과 그리고 우측항인 A(1), A(2) 및 B(4)는 A로부터 유출되는 증기의 엔탈피량의 합을 나타내는 것으로서 만일 A가 A(1)+A(2)+B(4)의 값보다 크거나 같으면 RES ULT항에 GOOD이라는 결과가 출력되고 A가 A(1)+A(2)+B(4)의 값보다 적으면 NG(NOT GOOD)이라는 결과가 출력되므로 이로부터 사용자는 Heat Balance Flow Diagram이 잘못 작성되어져 있음을 지적하고 제출자(조선소측)에게 Heat Balance의 잘못된 부분

을 지적함과 동시에 재계산 및 재작성을 요구할 수 있다.

따라서, 대우조선소의 LNG 운반선에 대하여 Heat Balance를 검토해 본 결과는 다음 그림과 같으며, 그림에서 보는 바와 같이 'GOOD' 이라는 결과가 나와 대우조선소의 LNG선의 Heat Balance가 합당함을 알 수 있었다.

이 결과계산은 사용자가 입력할 필요가 없으며

EVALUATION	
A kJ/hr	A(1) kJ/hr
	A(2) kJ/hr
	B(4) kJ/hr
423391861	423391861
ENTHALPY CAL.	GOOD
MASS CAL.	GOOD
ENTHALPY %	1.00
MASS %	1.00

이는 이미 앞에서 계산되어진 각 항들을 이용하여 Excel Programming에 의해 자동적으로 계산되어진다.

1 Page의 맨 하단부를 주목하면 또 하나의 도표가 있음을 보게 되는데 이는 지금까지의 초기계산 결과로부터 보일러 1기당의 열용량과 LNG 운반선의 주기관 전체의 열용량을 동력으로 표시하는 것으로서 사용자는 LNG 운반선의 주기관으로 설치되는 보일러의 댓수만을 입력하면 된다.

본 프로그램의 전체구성은 각 Page마다 이와 동

Number of Main Boiler	2	Unit(s)
Output of Main Boiler / Unit	111267.24	KW
Total Output of Main Boiler	222534.49	KW

일한 방법으로 구성되어 있으므로 지금까지와 같은 방법을 사용하여 마지막 계산까지 수행할 수 있다.

### 제5장 결 론

현재 국내 대형조선소에서 건조중이고 그리고 향후에도 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있는 LNG 운반선의 주기관으로 사용되는 증기보일러의 열용량을 간편하게 평가할 수 있고 동시에 증

기물성치를 쉽게 검색할 수 있는 대화형 인터페이스(GUI)를 가지는 전산프로그램을 개발하는데 그 목적이 있다. 본 연구를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 연구에서는 증기보일러 열용량 평가용 전산프로그램을 개발하였다.
- (2) 본 전산프로그램을 국내 조선 4사의 주증기 계통에 적용하여 본 결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.
- (3) 증기보일러의 열용량 평가용 전산프로그램에 필수적인 증기 물성치를 압력 0~100 MPa, 온도 273.16~1073.15 K의 범위에 대하여 전산수식화하였으며, 미국기계학회 증기표(ASME Steam Table)와 비교하여 임계점 부근에서는 1% 이내, 진공 및 상압 범위에서는 0.02%의 오차로 전체적으로 만족할 만한 결과를 얻었다.
- (4) 증기보일러의 구성은 LNG 운반선의 주기관 뿐만 아니라 화력발전소와 같은 기타의 플랜트와 대응소이한 관계로 본 연구에 의해서 개발된 프로그램은 타 산업분야에도 충분히 적용할 수 있다.  
증기물성치 검색용 프로그램은 독자적으로 엔지니어링 및 설계분야에 바로 적용할 수 있는 관계로 기타 설계분야에 있어서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. ASME, ASME Steam Tables (4th Edition), 1979
2. JSME, 유체의 열물성치집, pp.6~83, 1983
3. 김경석, 증기이젝터의 성능특성 및 전산 설계에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 논문집, pp.289~369, 1993
4. 김경근의 3인, 증기이젝터의 자동설계를 위한 전산 프로그램의 개발, 한국박용기관학회지, 제11권, 제3호, pp.219~226, 1987
5. J. H. Keenan & F.G. Keyes, Thermodynamic Properties of Steam Including Data for Liquid and Solid Phases, John Wiley & Sons Inc., Newyork, 1936
6. 김경근의 4인, 공업열역학, 진영사, pp.339~369, 1997
7. 최인규의 2인, 공업열역학, 보성문화사, pp.269~

311, 1994

8. 열역학 연구회, 열역학, 교보문고, pp.503~540, 1997
9. 함현철, Visual Basic 21일 완성, 인포·북, 1996
10. 이정길, Visual Basic 4.0, 정보문화사, 1997
11. 이형배, Ms Excel 4.0, 성일당, 1993
12. 정연급, 한글엑셀 95, 영진출판사, 1997

## 저 자 소 개



### 김경근(金京根)

1952년 10월생. 1974년 한국해양대학교 해사대학 기관공학과 졸업. 1976년 한국해양대학교 대학원 기관공학과 졸업(석사). 1979년 일본 동경대학 대학원 기계공학부 졸업(석사). 1985년 일본 동경대학 대학원 기계공학부 졸업(박사). 1979년~1986년 한국해양대학교 선박기계공학과 교수. 1986년~현재 한국해양대학교 기관공학과 교수. 1994년~현재 조선·해양기자재 지역컨소시엄 사업단장. 대한기계학회 평의원



### 최순호(崔淳豪)

1961년 2월생. 1987년 한국해양대학교 이공대학 선박기계공학과 졸업. 1989년 한국해양대학교 대학원 선박기계공학과 졸업. 1989년~1992년 현대 엔지니어링 플랜트 사업부. 1992년~1996년 한국원자력 연구소 선임연구원. 현재 동경대학 대학원 박사과정 기계공학과 재학중.



### 이정혜(李貞惠)

1975년 1월생. 1997년 한국해양대학교 이공대학 냉동공조공학과 졸업. 현재 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학과 석사과정 재학중(석사).



### 최두열(崔斗烈)

1968년 7월생. 1993년 한국해양대학교 이공대학 기계공학과 졸업. 1993년~1997년(주)한국열유체 부설연구소 연구원. 현재 한국해양대학교 대학원 기계공학과 석사과정 재학중.



### 송성목(宋成五)

1946년 3월생. 1971년 한국해양대학교 해사대학 기관공학과 졸업. 1986년 한국해양대학교 대학원 박용기계공학과 졸업(석사). 1977년~현재 (사)한국선급. 부장. 1997~현재 한국해양대학교 대학원 기관공학과 박사과정 재학중.