

LNG

LNG 냉열 이용 사업

2004. 11. 19

 **대우건설**

김용웅 박의승 송재오

목 차

- ◆ LNG 냉열 이용 사업이란!
- ◆ LNG 냉열 평가
- ◆ LNG 냉열 이용 고려사항
- ◆ 냉열이용방법
- ◆ LNG냉열이용 산업
- ◆ 국내 LNG 냉열 이용 현황
- ◆ LNG 냉열 이용 사업 추진 고려사항
- ◆ 결 론



LNG 냉열 이용 사업이란!

• LNG 냉열이용사업

- √ 가스전에서 생산된 천연가스를 수송·저장을 쉽게 하기 위하여 액화하는 과정에서 소요된 에너지
- √ 즉, 냉열을 다시 기화 시킬 때 폐기하지 않고 재활용하는 사업.

LNG 냉열 보유량

- ▷ LNG 보유 냉열 에너지 = 약 200kcal / 1 kg
- -162℃의 LNG 1톤 : 0℃ 기체상태 전환시, 약 20만kcal 열량 회수 가능 (전력으로는 230KWH)

(1)

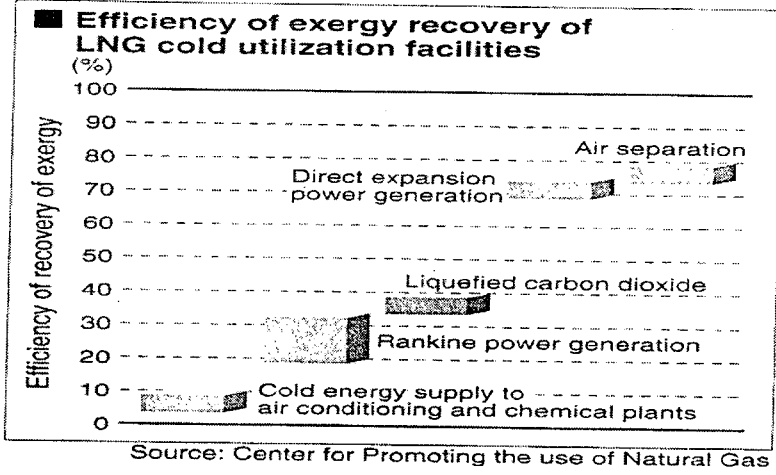


LNG 냉열 이용 사업이란!

LNG 압력	이용온도범위	이용가능 엔탈피(Kcal/kg)
1 kg/cm ²	-162℃ ~ 0℃	202 (잠열 120, 현열 82)
12 kg/cm ²	-162℃ ~ 0℃	191
75 kg/cm ²	-162℃ ~ 0℃	174

(2)

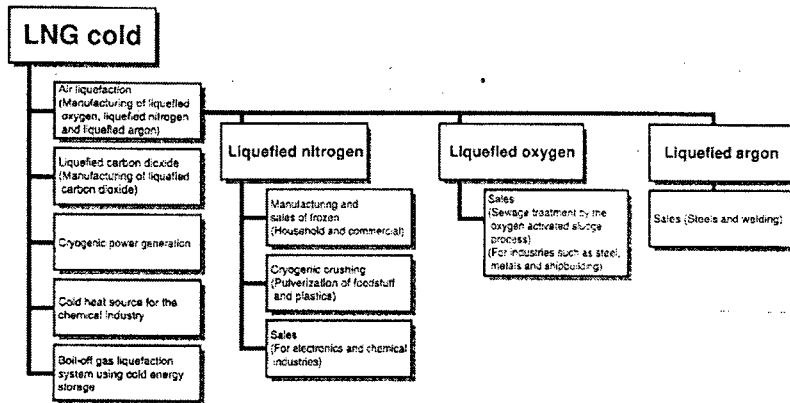
LNG 냉열 이용 사업이란!



(3)

LNG 냉열 이용 사업이란!

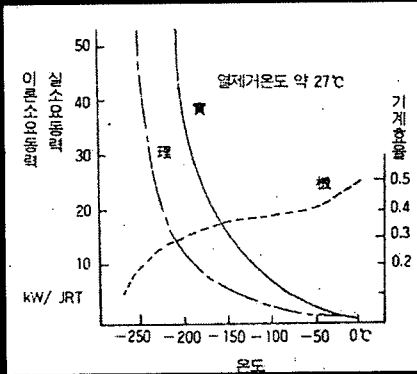
LNG cold utilization systems



(4)

LNG 냉열 평가

- √ 일반적으로 냉동기를 사용하여 저온열원에서 고온열원으로 열을 이동시킬 경우 저온측의 온도가 낮을수록 필요한 일량은 급격하게 증가함

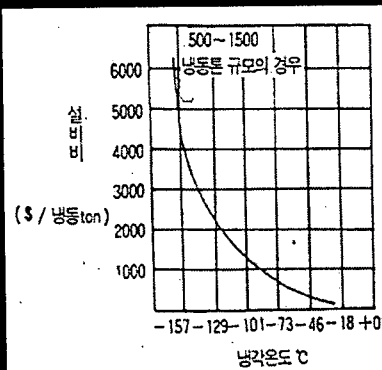


< 냉열발생 소요동력과 온도 >

실 공정에서는 온도레벨이 낮을수록 기계적 효율이 저하
 → 냉각 온도가 저하되면 필요한 일량은 급증.

(5)

LNG 냉열 평가



< 냉각온도와 설비비 >

LNG의 냉열이용은 가능한 낮은 온도에서 시행하는 것이 그 가치를 높일 수 있다

(6)

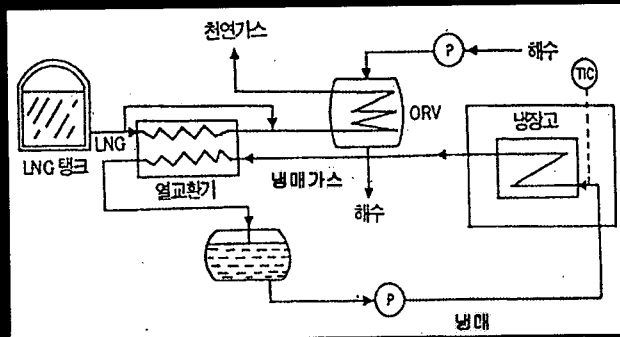
III. LNG 냉열 이용 고려사항

- ▣ 입지조건 : LNG 인수기지 근방. 대규모 사업 경우, 제품유통관점 고려
- ▣ 이용온도 및 압력 : 가능한 낮은 온도, 낮은 압력에서 이용할수록 에너지 회수율 높음
- ▣ 이용 LNG의 량 : LNG인수기지 Base Load량의 20~30% 정도
- ▣ 안전성 : 방폭, 방재 등 안전대책 필수
- ▣ 시장성 : 냉열이용 플랜트는 규모가 크기 때문에 기존 시장에 줄 영향을 고려하여 새로운 용도 개발 필요

(7)

IV. 냉열 이용 방법

- ▶ 직접 이용 방법 : LNG를 냉매에 직접 열 교환시켜 이용 설비비, 전력비가 절감되고 소음이 없으며 유지 보수가 쉽다



< 직접 이용 방법에 의한 대규모 냉동 참고 공정도 >

(8)

냉열 이용 방법

- ▶ 간접 이용 방법 : LNG 냉열을 이용하여 저렴하게 생산된 액체 질소를 이용하는 방법
 사업추진 시 주안점을 액체 질소 공급가격 임

	액체질소식	재래식
원리	액체질소를 피냉동물에 Spray시켜 냉동시킴	냉동기로 공기를 -40℃ ~ -60℃로 냉각 피냉동물에 Blowing시킴
설비비	저가 (재래식의 1/3~1/2)	고가
운전보수	쉬움	복잡함
동결시 중량감소율	적다	크다
품질	세포조직의 품질우려 적음	품질우려됨 (얼음성장이크)

(9)

냉열 이용 방법

냉열 이용 산업의 방법에 의한 분류

방식	이용분야	비고
직접이용	- 공기액화분리	- 액체가스, 액체질소 및 액체알곤 제조
	- 냉열발전 (동력회수)	- 직접랭탕방식 - 간접매체방식(Rankine Cycle) - 복합 Cycle 방식
	- 액화탄산제조	- 액화 탄산가스 및 드라이 아이스 제조
	- 저온저장 및 냉동	- 농·수산·축산물, 가공냉동식품
	- 지역냉난방	
	- 해수담수화	
	- 저온송전	
간접이용 -액체질소사용	- 화학공정에 응용	- 암모니아 제조시 냉각 - 에틸렌 제조공정의 에탄냉각분리
	- 저온파쇄 및 분쇄	- 페플라스틱, 폐금속, 폐고무
	- 냉동식품의 제조, 건조, 분쇄	- 코코아, 대두, 참깨, 녹차, 고추 등
	- 액체수소 및 헬륨의 제조, 저장	
	- 저온 Cable	
	- 상하수 처리	
	- 철강산업 - 전기전자공업 등	

(10)

냉열 이용 방법

온도 LEVEL 별 냉열 이용 사업분류

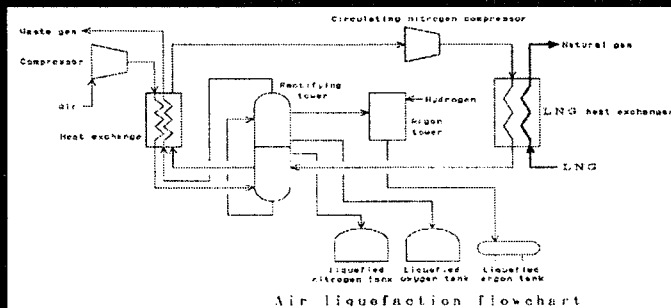
액화가스의 비점		저온 이용 PROCESS
	0°C	- 공조냉방
아황신가스	-10°C	- 배기가스에서 응축수 회수, 해수담수화, 레저시설 동결 공법, 식품의 냉동 보존, 제빙
암모니아	-33.6°C	- 암모니아 제조에 따른 냉각분리
Freon 22	-40.8°C	- 탈수법에 의한 윤활유 제조 식품류 동결, 건조
Propane	-44.5°C -50°C	- 식품동결, 플라스틱의 저온분쇄
탄산가스	-78.9°C -100°C	- 액화탄산가스, DRY ICE 제조
Ethylene	-104°C -150°C	- ETHYLENE 제조공정에서 ETHANE 분리 폐고무류 저온 파쇄, 금속 SCRAP의 저온 파쇄
LNG Methane	-162°C	- 원자력 폐기물 처리, 저온 CABLE
산소	-183°C	- 공기액화분리 (액체산소, 액체질소)
질소	-196°C -200°C	
수소	-253°C	- 수소의 액화, 저장, 수송
헬륨	-269°C	- 헬륨의 액화, 저장, 수송

(11)

냉열 이용 산업

□ 공기액화분리 제조공정

- ▷ 압축공정 : 원료공기 압축
- ▷ 예비공정 : 원료공기로부터 탄산가스와 수분제거
- ▷ 단열팽창공정 : 액화점까지 냉각
- ▷ 냉각공정 : 냉열공급
- ▷ 분리공정 : 각 성분으로 분리



(12)



냉열 이용 산업

□ 경제성 검토

- √ 공기분리 규모 : 10,000Nm³/H
- √ LNG공급량 : 20 T/H
 - 건설비 : 약 20% 감소.
 - 동력비 : 가스상태 5~20% 절감
액체상태 50% 절감

(예) 인천 남부 환경자원사업소의 경우

: 500 T/일의 쓰레기 소각에 필요한 산소는 약 8000 N^m/H

이며, 공기액화 분리공장 투자비는 120억원 소요

(13)



냉열 이용 산업

국가별 항 목		한 국	프랑스	일 본	
		서울냉열	Fos-Sur-Mer	동경 산소질소 Co	중부 산소 Co
LNG사용량(T/H)		30	180	34	26
소요동력 (KwH/Nm ³)		0.47		0.54	0.57
생산 능력 (Nm ³ /H)	LO ₂	6,000	3,500	6,000	6,000
	LN ₂	4,000	4,000	6,000	4,000
	LAr	200		100	100

< 운전중인 실용예 >

(14)



IV. 냉열 이용 산업

▣ ASP에서 고려할 사항

- √ 냉열 이용 조건 : 온도, 압력
- √ 냉열 공급 회수 방식 : LNG의 취출 및 회송의 안전성
- √ LNG 및 BOG의 압력 Balance
- √ BOG 발생량의 처리
- √ LNG 온도 상승에 대한 대책

(15)



IV. 냉열 이용 산업

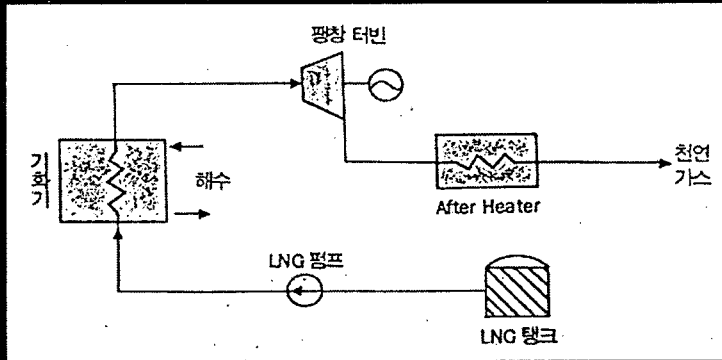
▣ 냉열발전

- √ LNG가 보유하고 있는 에너지를 동력으로 회수 사용하는 것
- 열 Cycle의 열 공급원은 해수나 연소열을 이용
- 열 방출 원 (저온 원)은 LNG를 이용
- 발전 Process : - 직접 팽창 방식
 - Rankine Cycle 방식
 - Brayton Cycle 방식

(16)

냉열 이용 산업

[직접 팽창방식]

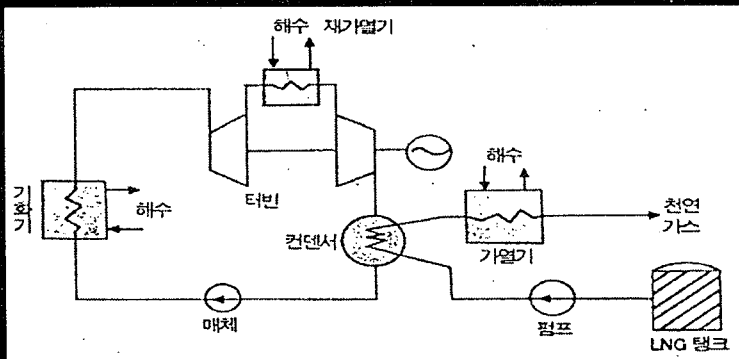


직접 팽창방식은 LNG가 기화되면 체적이 600배로 팽창되는 성상을 이용하는 것임.

(17)

냉열 이용 산업

[랭킨사이클방식]



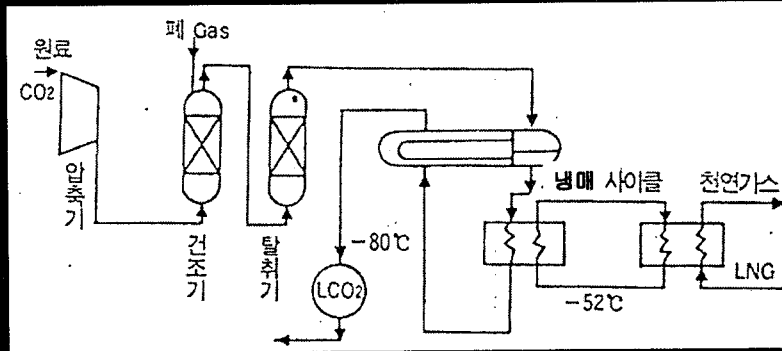
랭킨 사이클 방식은 가열 기화 된 작동 유체 즉, 에틸렌, 에탄, 부탄, 프로펜 등이 터빈을 구동한 후 저온 열원인 LNG와 열 교환하여 응축 재순환 함으로 발전하는 방식 임

(18)

냉열 이용 산업

□ 액체 탄산가스

√ 액화공정에서 냉동기 대신 LNG의 냉열을 이용



(19)

냉열 이용 산업

□ 액체 탄산가스

√ 소동력이 재래식에 비해 50% 절감 되고 저온·저압 운전
(6.4~8.8kg/cm²) 으로 설비비가 저렴.
단 공장주위 가까운 곳에 정유공장이나 비료공장 등이 있어
부산물로 생산되는 탄산가스를 공급 받을 수 있어야 함.
대기압에서 냉각 시키면 Dry Ice가 됨.

(20)



냉열 이용 산업

▣ 저온 분쇄

- √ 저온 취성을 이용한 기술
- √ 폐 플라스틱, 폐 고무, 폐 금속류를 취화점 (Glass Transition Temperature)이하로 냉각시켜 분쇄한 직접 이용법과 간접 이용법이 있음

▣ 저온 창고

- √ 국내 시설 용량은 약 220만 톤으로 일본의 1,320만 톤의 17% 수준, 90%가 5천만 톤 미만의 소규모
- √ 수도권 33%, 부산 39% 등에 72%가 집중되어 있음
- √ LNG 냉열 이용 2만 톤 규모 저온 창고의 경우 투자비는 115억 정도, 건물 면적은 5천평 정도임

(21)



냉열 이용 산업

▣ 기타분야

- √ 인공 스케이트 및 스키장
- √ 지역 냉방
- √ 배기 가스로부터 수분회수
- √ 해수의 담수화
- √ 초저온 케이블 송전
- √ 수소의 정제 및 액화

(22)

7.1. 국내 LNG냉열 이용 현황

- √ 우리나라는 1990년 11월부터 평택 LNG인수기지 인근에 서울 냉열㈜이 시간당 27.5톤의 LNG를 이용하여 10,200 N㎥/H 용량의 공기액화 분리 공장을 가동하여 재래식에 비해 연간 15억원의 비용을 절감하고 있음
 - √ 또한, 안전과 신뢰도가 높은 질소 냉각 냉열이용방식을 채택하여 제품생산 전력 원단위가 기존 시스템에 비해 50% 절감하고 있음
- ※ 국내외 LNG냉열 이용 사업별 현황은 다음 표와 같음

(23)

7.1. 국내 LNG냉열 이용 현황

< 국내외 LNG 냉열 이용 사업별 현황 >

사업명	플랜트명	회 사 명	용 량	운전 개사일	비 고
냉열발전	Negishi 3	Tokyo Gas	4,000kw	'85.12	린킨사이클
	Sembuku 2	Osaka Gas	6,000kw	'81.12	직접냉장+랭킨
	Chita LNG	Toho Gas	1,000kw	'81.12	린킨사이클
	Himeji LNG	Kansai Electric	400kw	'80.12	직접냉장+랭킨
	Yokachi LNG의 2	Chubu Electric	7,000kw	'89.12	직접냉장+랭킨
	Tobata	Kitakyushu LNG	9,400kw	'89.11	직접냉장+랭킨
	Nihonka LNG	Tohoku Electric	5,800kw	'84. 6	직접냉장
공기액화 분리공장	평택인수기지	서울냉열(주)	10,200Nm ³ /hr	'90.11	LNG 사용량 : 27.5T/hr
	Negishi	Tokyo 액화산소	15,156Nm ³ /hr	'71. 7	LNG 사용량 : 11T/hr
	Sodegaura	Tokyo 산소질소	18,460Nm ³ /hr	'75.10	LNG 사용량 : 45.4T/hr
	Danbuku의 2	Coc Air Product	15,200Nm ³ /hr	'82.12	LNG 사용량 : 40T/hr
냉동식품	Negishi	Negishi Techno Utility Co.	90RT	'88. 6	LNG 이용 : 4T/hr 냉, 소스, 고기, 스프
저온저장	Negishi	Japan Super of Freeze Co.	220RT	'74.10	LNG : 7T/hr, 90T/D 저장용량 : 20,000Ton
액화탄산가스	Negishi의 2	Tokyo Carbonic Co.	LCO ₂ : 86T/D Dry ice : 48T/D	'83. 6	LNG : 6.4Nm ³ /hr
저온분쇄	-	Tire Recycle Center	7,000T/Y	'77. 9	액체질소사용

(24)

VII. LNG 냉열이용 사업 추진 고려사항

- ▣ 적정 냉열 이용 사업 선택
- ▣ 가능한 한 냉열이용 복합단지 조성
- ▣ 효율적 사업운영 체계 구축

(25)

VIII. 결론

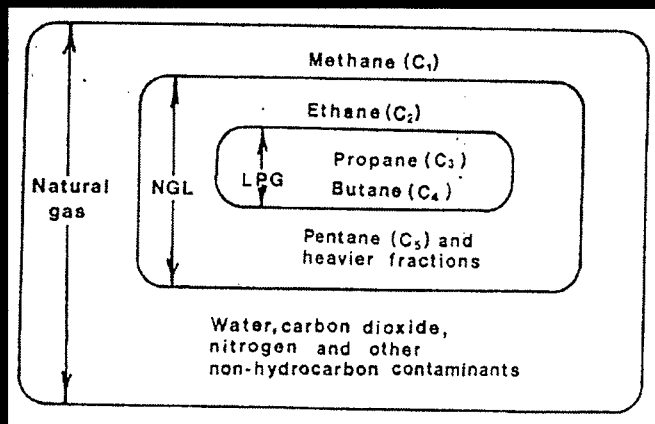
- ▣ 공기 액화 분리, 냉동식품 창고 등은 경제성이 있으나,
- ▣ 냉열 발전은 경제성이 떨어짐
- ▣ 냉열 이용 사업에 소요되는 LNG는 LNG인수기지의 천연가스 판매에 비해 소규모이고 사업수행에 따른 제약 조건이 많아 현 단계에서 득실을 논하기 어려우나,
- ▣ 환경보전 측면에서는 권장 할 사업임

(26)

참고자료

- ▣ 천연가스의 구성
- ▣ 도입 LNG물성비교표
- ▣ LNG특성
- ▣ LNG Vapor의 특성
- ▣ 장기 천연가스 수요 전망 (6차)
- ▣ 인수기지 설비와 냉열 이용 계통도

(27)



< Constituents of natural gas >

(28)

< 도입 LNG 물성 비교 >

구 분	인 니 산		밀 련 산		호 주 산		브 르 나 이 산		
	'95	'96	'95	'96	'95	'96	'95	'96	
성 분	CH ₄	89.92	89.96	91.27	89.82	88.90	88.76	90.19	90.19
	C ₂ H ₆	7.42	7.32	4.21	5.18	7.27	7.60	4.84	4.84
	C ₃ H ₈	1.98	2.01	2.87	3.32	2.65	2.73	3.25	3.25
	i-C ₄ H ₁₀	0.32	0.34	0.69	0.78	0.43	0.37	0.72	0.72
	n-C ₄ H ₁₀	0.32	0.34	0.65	0.70	0.67	0.48	0.94	0.93
	i-C ₅ H ₁₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
	n-C ₅ H ₁₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	N ₂	0.03	0.02	0.30	0.19	0.06	0.05	0.04	0.03
열 량 Btu/scf	1110.62	1111.50	1112.07	1130.93	1129.90	1127.52	1133.30	1133.33	
액 밀도 (kg/m ³)	454.08	454.18	457.77	462.19	460.34	460.18	460.23	460.76	

(29)

< LNG 특성 >

▣ LNG 구성 성분

성분	물 분 율 (%)
질 소	0.01
메 탄	85.12
에 탄	9.32
프로판	4.58
i-부탄	0.56
n-부탄	0.42
소 계	100.00

- ▣ 비 등 점 : -158.53℃ (1.13kg/cm² abs)
- ▣ 분 자 량 : 19.05
- ▣ 밀 도 : 474.6kg/m³
- ▣ -160℃에서의 점도 : 142CP
- ▣ 비 열 : 0.8Kcal/kg℃

(30)

< LNG Vapor의 특성 >

□ 구성 성분

성분	몰분율 (%)
질소	0.34
메탄	99.64
에탄	0.02

□ 분자량 : 16.09

※ 밀도 : 1,525kg/m³

※ 점도 : 0.0057CP

※ 압축계수 : 0.982

□ 팽창계수 : 661

※ 비열 : 0.5Kcal/kg °C

□ 단열계수 : 1.314

※ 표시한 특성치는 -130 °C, 1.13kg/cm²abs에서의 측정치임

(31)

장기 천연가스 수요전망 (제6차)

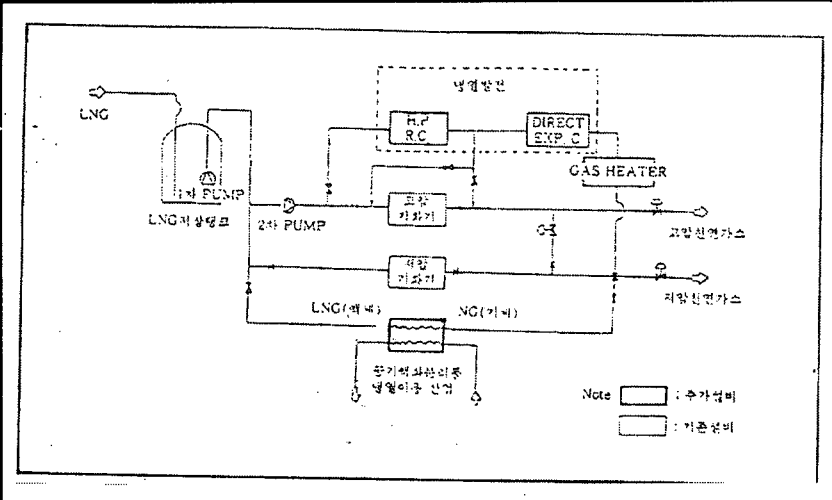
(단위 : 천톤)

연도	도시가스용(A)				발전용(B)			합계(A+B)
	주택용	일반용	산업용	계	전기사업용	자가발전용	계	
01실적	5,720 (55.5)	1,831 (17.8)	2,749 (26.7)	10,300 (100.0)	4,791	496	5,287	15,587
2002	6,061	1,845	2,937	10,843	4,659	610	5,269	16,112
2003	6,639	2,020	3,245	11,904	5,682	673	6,355	18,259
2004	7,002	2,163	3,504	12,669	6,544	680	7,224	19,893
2005	7,377 (54.7)	2,333 (17.3)	3,773 (28.0)	13,483 (100.0)	5,900	600	6,500	19,983
2006	7,892	2,483	4,035	14,410	6,067	660	6,727	21,137
2007	8,290	2,612	4,282	15,184	6,645	660	7,305	22,489
2008	8,666	2,747	4,542	15,955	5,568	660	6,228	22,183
2009	9,023	2,891	4,819	16,733	4,011	660	4,671	21,404
2010	9,368 (53.6)	3,076 (17.6)	5,038 (28.8)	17,482 (100.0)	3,508	660	4,168	21,650
2011	9,669	3,218	5,299	18,186	3,496	660	4,156	22,342
2012	9,969	3,367	5,573	18,909	3,667	660	4,327	23,236
2013	10,272	3,522	5,862	19,656	4,964	660	5,624	25,280
2014	10,581	3,686	6,165	20,432	5,952	660	6,612	27,044
2015	10,902 (51.5)	3,857 (18.2)	6,484 (30.5)	21,243 (100.0)	6,337	660	6,997	28,240
연평균증가율	4.7%	5.5%	6.3%	5.3%	2.0%	2.1	2.0%	4.3%

주 : () 내 수치는 도시가스 총수요 대비 용도별 구성비

(32)

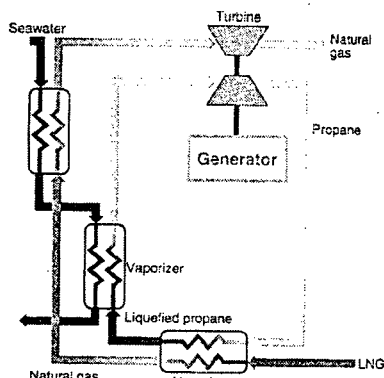
인수기지 설비와 냉열 이용 계통도



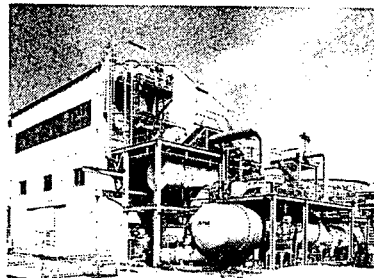
(33)

Cryogenic power generator

Generator 1 (1,450 kW) installed in 1979
 Generator 2 (6,000 kW) installed in 1982



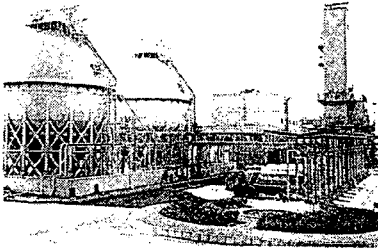
	Generator 1	Generator 2
Power output	1,450 kW	6,000 kW
Power generation system	Rankine system	Rankine system Direct-expansion system
LNG amount used	60 t/h	150 t/h
Seawater amount used	3,000 t/h	6,000 t/h



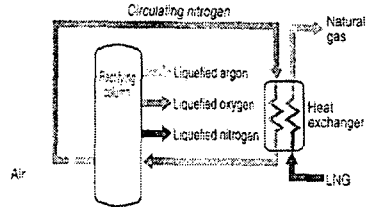
(34)

Air liquefaction facilities

COLD AIR PRODUCTS Co., Ltd. was established in 1975.
 CLIO AIR Co., Ltd. was established in 1991.
 Power cost: Saving of over 50%
 Amount of cooling water: Saving of over 70%



■ Air liquefaction flowchart



	COLD AIR PRODUCTS Co., Ltd.	CLIO AIR Co., Ltd.
Manufacturing capacity		
Liquefied oxygen	7,500 Nm ³ /h	5,500 Nm ³ /h
Liquefied argon	7,500 Nm ³ /h	15,000 Nm ³ /h
Liquefied nitrogen	200 Nm ³ /h	440 Nm ³ /h
Gaseous oxygen		4,000 Nm ³ /h
Start of operation	1983	1993

(35)

EU의 규제안

<자료 WSJ리서치>

규제내용	규제목적	기업의 반박
전자제품 폐기물 규제 2006년	전자제품 재활용 원활	방화제 사용 금지로 화재위험성 증가
통신비밀보호 조치 2003년 중	e메일이나 인터넷상의 프라이버시 보호	웹 서핑을 번거롭게 할 소지
생명공학 등급제 2003년	기존 식품등급제 강화 유전자 변형 사료 등급제	식품 가공업자와 판매자들이 GMO제품의면, 농민들의 재배기피 부추김
보험자 보호 조치 2002~2012년	교통사고때 부상과 희생자 감소	자동차 제조원가 상승, 제조업체의 디자인 자유침해
화학제품 규제 2012년	화학제품에서 인체 유해성분 줄임	화장품, 세제 생산 위축가능성

(36)

“최고의 기술과 품질로
지구촌 건설에 앞장서는
창조적 기업”

감사합니다

