# DME(Di-Methyl-Ether) 연료에 대한 최근 동향과 전망

선우 현범
한국 DME Forum 회장
범아시아 가스 파이푸라인연구회 회장
동북아 에너지 포럼 회장

## 1. DME의 Energy로서의 가치

DME(Di-Methyl-Ether)는 LNG나 LPG와 같은 청정 가스연료로서 새로이 등장하는 21세기의 Clean Energy이다.

DME는 이미 20세기 초에 개발된 화학 원료로서 이때까지는 소규모 생산기술 수준이기 때문에 화학원료로서 또 화장품 Spray나 용제로서 제한된 부문에서만 사용되어 왔다. 그 화학적 구조식은 $CH_3$-O-$CH_3$로서 대표적 특성이라 할 수 있는 청정성 연료로서 사용될 수 있으며 -25 Degree C나 또는 6 기압에서 액화되는 특성으로 생산이나 수송 Cost가 LNG나 LPG보다 저렴할 수 있는 것이다.

이때까지는 대량생산기술이 개발되지 못하였으나 최근에는 새로운 촉매법 등이 개발됨에 따라 대량생산 할 수 있는 합성 및 공정이 개발되어 실용화단계에 이르렀기 때문에 대량생산되는 천연가스전이나 석탄 등으로부터 대량생산이 가능해짐으로써 우수한 청정 Energy로서 대량으로 사용될 수 있는 시대가 된 것이다.

그 특성의 청정성을 보면 연소시에 유황분이나 매연발생이 없으며 NOx 발생도 LNG보다 적은 무독성의 가스연료이다. 따라서 이러한 청정성과 저공해 연료로서 자동차연료로 특히 Diesel 자동차와 Engine의 대체연료로서 또한 화력발전소 특히 Combined Cycle 발전의 연료로서 앞으로는 새로 개발되는 연료전지에도 활용되는 등 새 시대의 소위 Clean Energy로 대두되고 있는 것이다.

우리 나라는 약 98%의 에너지를 해외에 의존하고 있으며 특히 가스연료원은 100% LNG와 LPG에 의존하고 있고 이 LNG와 LPG는 각각 시장을 독점하고 있으므로 앞으로 이러한 DME 연료는 특히 발전용연료로서 또 공해가 극심한 자동차 연료로서 LNG와 LPG와 경쟁하는 가스연료로 활용하도록 개발 도입을 촉진하여야 할 것이다.

## 2. DME의 특성

### 가. 물성면의 특성

DME는 천연가스나 석탄 등을 열분해한 수소($H_2$), 일산화탄소(CO) 가스를 화학 반응시켜 합성시킨 가스로 상온 상압 하에서는 가스 상태이지만 6kg/$cm^2$의 압력 하에서나 또는 -25℃(Boiling Point)에서 용이하게 액화됨으로써(유사연료인 프로판은 -42℃, 부탄은 0℃와의 거의 중간) 생산, 해양수송 및 Handling에서 비교적 저cost이고 취급이 용이하다.

일반 연료로는 WI 지수가 메탄과 유사하며 Diesel유보다 세탄가가 높다.

〈표 1〉 DME의 기초 물성 비교

| 항 목 | DME | 프로판 | 브탄 | 메탄(LNG) | 메탄올 | 경유 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 화학식 | $CH_3OCH_3$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ | $CH_4$ | $CH_3OH$ | – |
| 비등점(℃) | -25 | -45 | 0 | -161.5 | 64.6 | 180~370 |
| 액밀도(g/m$^3$.20℃) | 0.67 | 0.49 | 0.57 | – | 0.79 | 0.84 |
| 가스비중(공기대비) | 1.59 | 1.55 | 2.07 | 0.55 | – | – |
| 증발잠열(kcal.kg) | 111.7 | 101.8 | 92.1 | 121.9 | 262 | 60 |
| 포화증기(atm.25℃) | 6.1 | 9.3 | 2.4 | 246 | – | – |
| 세탄가 | 55~60 | 5 | 10 | 0 | 5 | 40~55 |
| 용적당발열량(kcal/Nm$^3$) | 14,200 | 21,800 | 28,300 | 8,600 | – | – |
| 중량당발열량(kcal/kg) | 6,900 | 11,100 | 10,930 | 12,000 | 4,800 | 10,000 |

〈표 2〉 각종 연료와 연소성 비교

| 항 목 | DME | 메 탄 | 프로판 | 부 탄 | 도시가스 |
|---|---|---|---|---|---|
| 웨이버지수 WI(MJ/$Nm_3$) | 52 | 54 | 81 | 91 | 59 |
| 최대연소 속도 MC'(cm/s) | 49 | 36 | 41 | 38 | 38 |

주 1) 도시가스는 13A-1(85% 메탄+15% 프로판))
2) 웨이베 지수 WI= 고발열 양/√비중
3) 최대 연소 속도(Maximum Combustion Speed)

〈표 3〉 DME와 다른 연료의 폭팔 한계 비교

| 항 목 | DME | 프로판 | 부 탄 | 메 탄 | 메탄올 | 경 유 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 폭발한계(%) | 3.4~18.0 | 2.2~9.5 | 1.9~8.5 | 5.0~15.0 | 5.5~36.0 | 0.6~6.5 |

대기 중에서 쉽게 분해되어 오존파괴나 지구온난화의 문제가 적다.

유황분이 전혀 없는 청정 연료이며 연소시 NOx 발생이 LNG보다도 적다.

인체에 무독성이며 다른 연료와 그 특성을 비교하면 표 1과 같다.

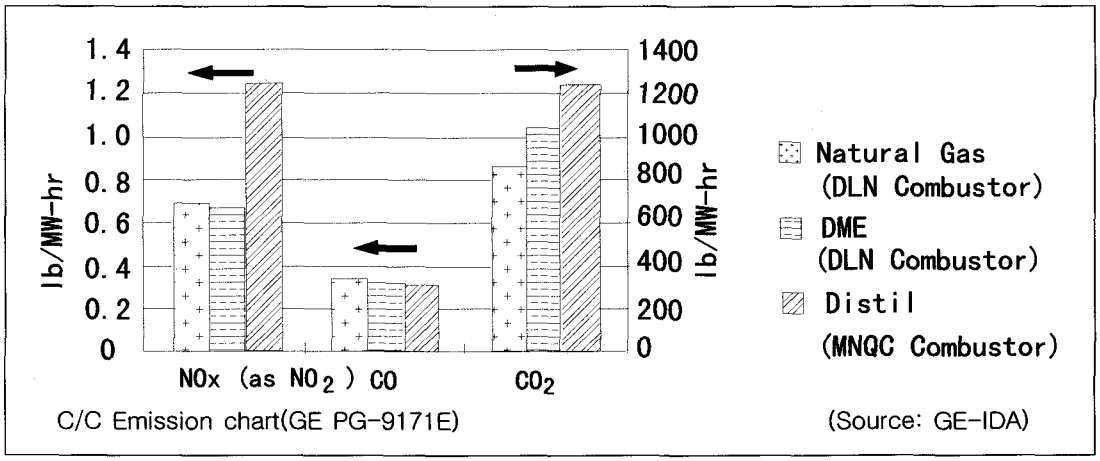
## 나. 연소성

가스레인지에서 연소는 메탄(천연가스)과 비슷하고(표 2 참조) 자동차 연료로서는 Diesel유와 유사(표 1의 세탄가)하다.

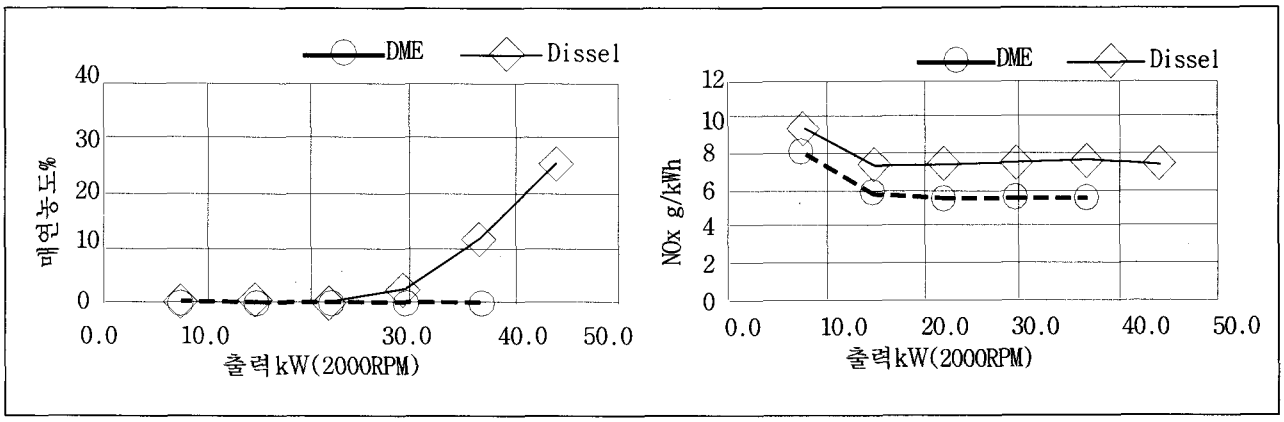
발전용으로 사용시 액체로 직접분사 연소시킬 수도 있고 기화시켜 가상태로 분사 연소 시킬 수도 있다.

## 다. 안전성

안정성은 가스비중 및 연소성으로 보아 프로판, 부탄과 유사 화재시 소화는 일반가스와 동일하다.




〈그림 1〉 가스터빈( C/C 발전소)의 NOx, CO 및 $CO_2$ 방출 비교




〈그림 2〉 디젤엔진에서 DME와 디젤유 연소시의 NOx와 매연농도 비교

### 라. 환경성

DME는 유황분이 없으므로 연소시에 유황 산화물이나 매연발생이 없고 질소산화물은 다른 가스보다 적은 청정성의 연료이다.

대기 중에서 쉽게 분해됨으로 온실효과나 오존층 파괴에 주는 영향이 적다(그림 1, 2 참조).

### 마. 생산, 수송 및 저장성

(1) 생산 : 천연가스 전에서 -25℃로 쉽게 액화시키므로 LNG 액화설비(-162℃)에 비하여 저가 생산이 가능하다(합성비용감안해도).

(2) 수송성 : DME의 해양수송에는 -25℃의 저온용기를 갖춘 수송선박이 이용됨으로 수송 Cost가 저렴하다(LNG, LPG 대비 저가).
LPG 수송선을 활용할 수도 있다.

(3) 저장성: LNG는 -162℃가 액화온도이므로 대기와 온도차 폭이(대기온도 +30℃, LNG 온도 -162℃) 190℃로 초저온 저장용기인 특수강 및 특수 단열 2중각 탱크가 필요한데 반해 DME는 온도차폭이 55℃로 일반저온강의 저장탱크와 저가의 단열재로 충분하므로 건설 및 운용비가 저렴하다(생산액화기지의 저장과 인수기지의 저장 공히 저가).

## 3. DME 합성공정

### 가. 제조개요

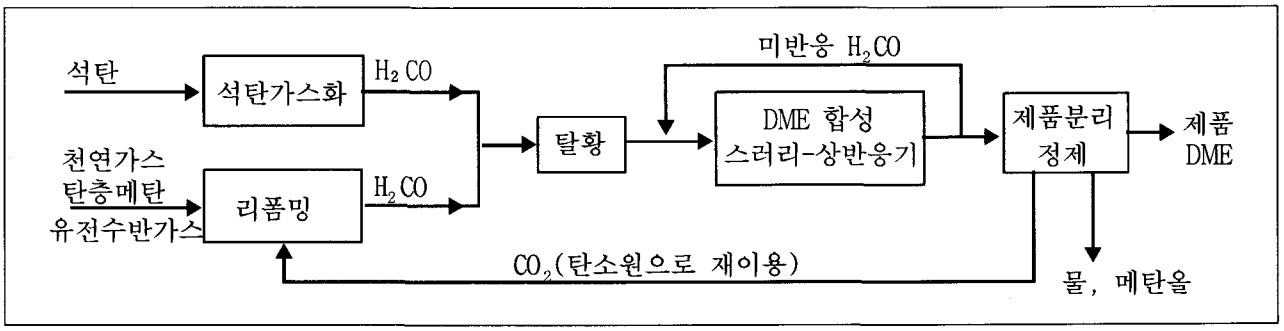
제조공정 : 원료(천연가스, 석탄, 탄층 메탄 또는 유전수반가스)를 산소 또는 공기로 고온 분해하여 CO와 $H_2$를 촉매 통과시켜 합성하며 냉각시키는 Process이다(그림 3 참조).

### 나. DME의 원료원

원료가 다양하다. LNG는 오직 천연가스만이 원료인데 반해 DME는 천연가스뿐만 아니라 석탄, 탄광 폐 메탄가스, 유전의 수반가스, 환경 폐기물 및 바이오 매스 등 다양하다.

특히 천연가스전의 매장규모에서 중소 가스전에서도 경제성이 유지된다. 즉 경제성이 없어 LNG를 생산하지 못하는(대규모 가스전 매장량 6~8Tcf) 중소규모 가스전(매장량 1~3Tcf)에서도 경제성이 있으므로 경제적 생산가능 가스전이 다양하다.

예: DME 5000t/일, 20년 생산가능한 가스전이 아세아 지역에만도 55곳이나 산재함.




〈그림 3〉 DME 생산공정

## 4. 경제성

### 가. DME 연료 가격(시산 가격)

천연가스전에서 생산되어(액화) 일본으로 해양 수송하는 DME의 가격을 시산한 예를 들면 표 4와 같다.

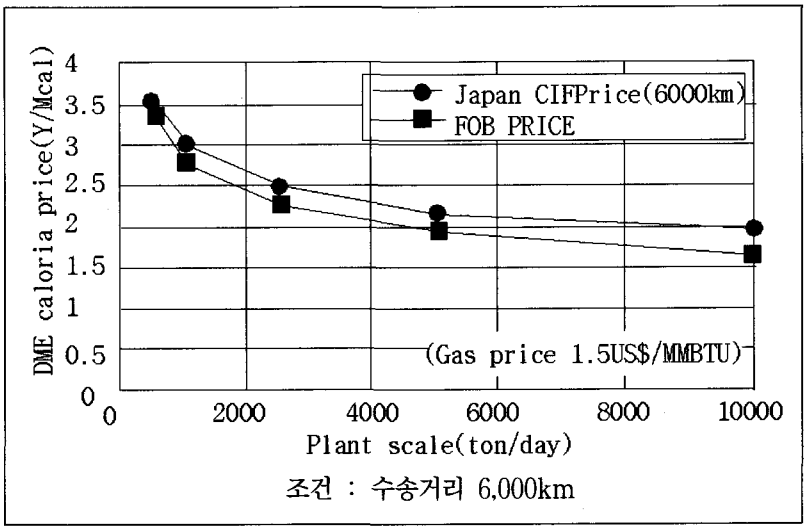
### 나. 경제성 검토의 예

#### (1) 프란트 규모에 따른 가격변화

그림 4 참조

#### (2) DME 수송가격

표 5, 그림 5 참조



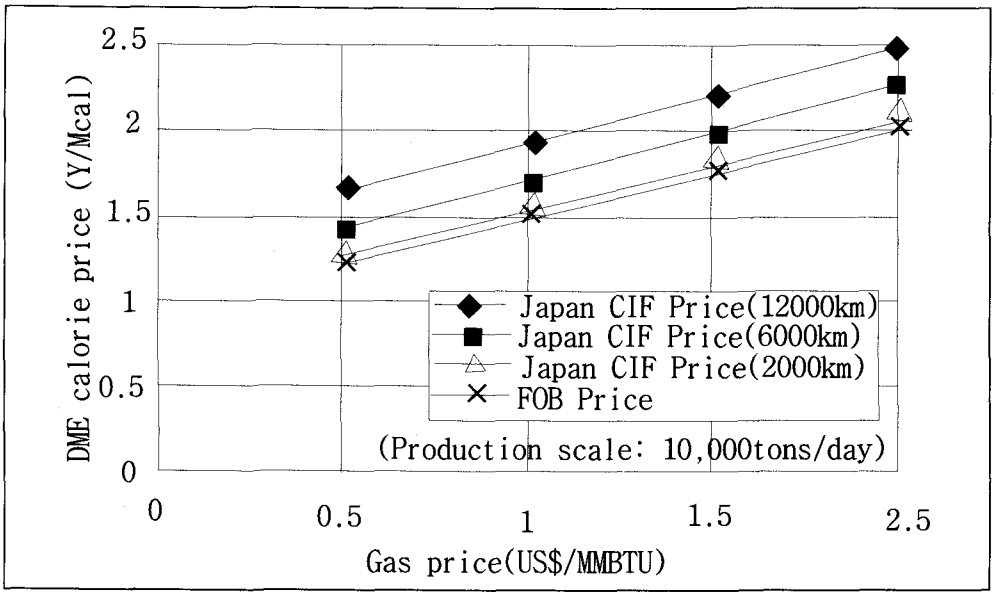

〈그림 4〉 500~10,000t/d의 규모별 DME Calorie Price

〈표 4〉 DME 생산 Cost의 경제성

| Parameter | Value |
|---|---|
| Plant capacity | 2,500-10,000ton/day |
| Plant capital cost | 365- 924MMUS$ |
| Plant on-stream factor | 90% |
| Naturalgas consumption | 1,114Nm$^3$/ton-DME |
| Natural gas price | 0.5-2.0US$/MMBTU |
| Other variable cost | 5.56US$/ton-DME |
| Depreciation | 10years, constant |
| Other capita lcost | 18.65US$/ton-DME |
| IRR before tax | 12% |
| Freight cost | 2.5US$/1,000km/ton-DME |
| Exchange rate | 100yen/US$ |

〈표 5〉 원료 공급원별 DME 가격 추이

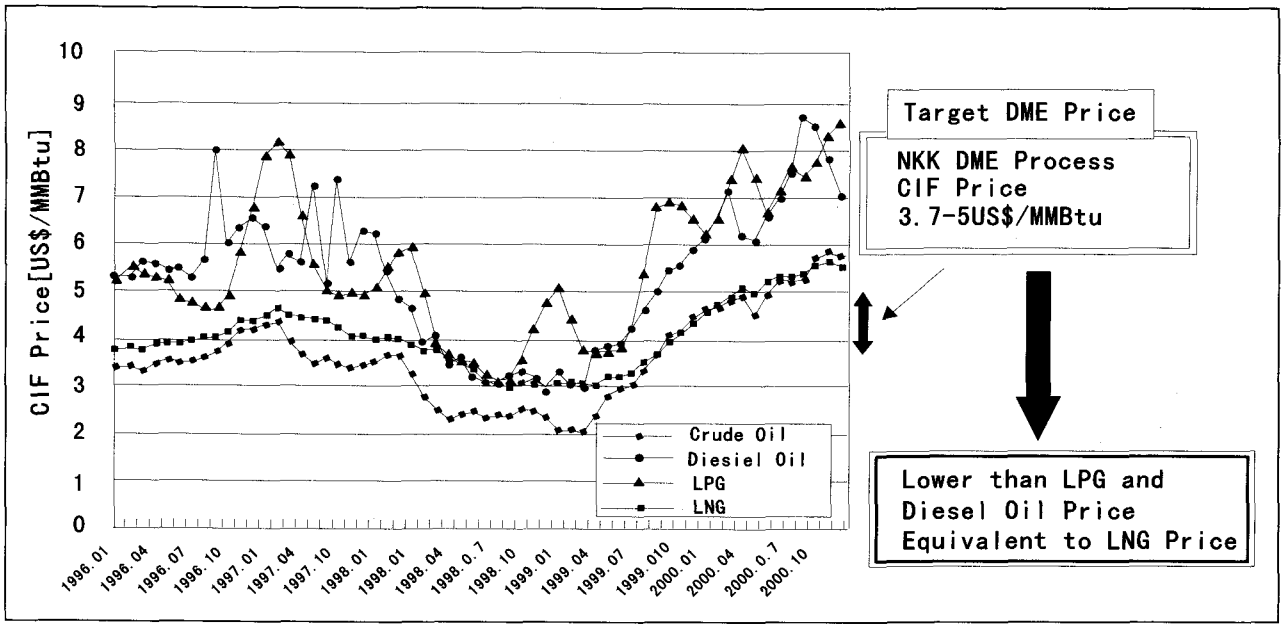
| Area | Gas Price US$/ MMBtu | Plant Scale ton/d | Annual Production Rate kton/y | DME FOB Price US$ /MMBTU | Transpor. Distance km | DME CIF Price US$/ MMBTU |
|---|---|---|---|---|---|---|
| W-Australia Large scale Gas Field | 1.0 | 2,500 | 830 | 4.4 | 7,000 | 5.0 |
| | | 5,000 | 1,650 | 3.8 | | 4.4 |
| | | 10,000 | 3,330 | 3.3 | | 4.0 |
| SouthEastAsia Middle Scale Gas field | 1.25 | 5,000 | 1,650 | 4.1 | 5,000 | 4.6 |
| | | 10,000 | 3,330 | 3.7 | | 4.1 |
| Middle East Large Scale Gas Field | 0.5 | 2,500 | 830 | 3.7 | 12,000 | 4.8 |
| | | 5,000 | 1,650 | 3.1 | | 4.2 |
| | | 10,000 | 3,330 | 2.6 | | 3.7 |



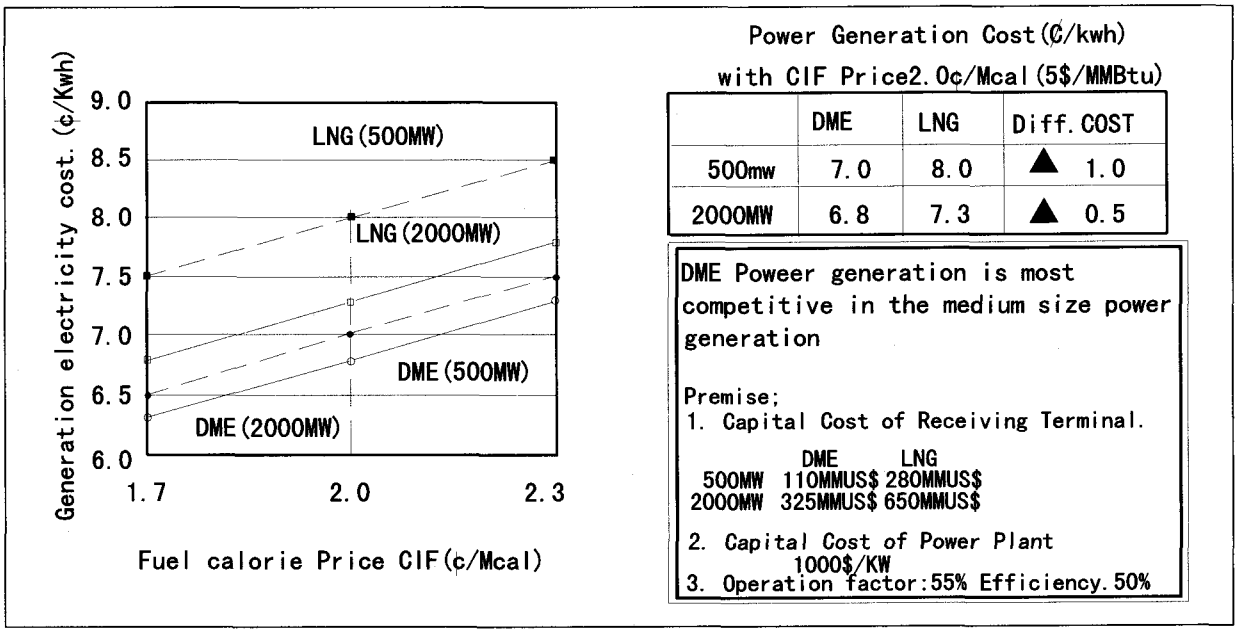

〈그림 5〉 원료가스 가격별 DME 가격 추이

### (3) DME의 예상가격

그림 6에서 보는 바와 같이 일본에 도입되는 여러 가지 연료가격과 DME 가격을 비교하면 DME 가격은 LNG 가격보다 저렴하다는 것이 예측된다.




〈그림 6〉 일본에서 각 연료원별 CIF 가격(DME와 타연료의 비교)




| | DME | LNG | Diff. COST |
|---|---|---|---|
| 500mw | 7.0 | 8.0 | ▲ 1.0 |
| 2000MW | 6.8 | 7.3 | ▲ 0.5 |

〈그림 7〉 LNG와 DME의 발전 원가 비

## 6. 발전용 신 연료로서의 DME

석탄은 최근의 $CO_2$ 배출량의 규제로 자원으로서의 매력을 잃을 가능성이 크다고 할 것이다.

천연가스(LNG)는 발전 특히 복합화력으로 이용시 고효율 및 환경친화적이므로 발전연료로서의 수요는 계속 증가할 것으로 예상된다.

〈표 6〉 상업화 생산계획

| 규 모 | 연 도 | 내 용 |
|---|---|---|
| 5톤/일 | 1997~2001년 | DME 5t/일 DME 베치프란트건설 |
| | 2001(2003) | DME 개발사 설립 |
| | 2003년 | 시운전 및 시험운전 |
| 100톤/일 | 2002~2003년 | 100t/일 설계건설 |
| | 2003~2004년 | 100t/일 시운전 및 시험운전 |
| 1000톤/일 | 2001(10.19) | 상업프란트 회사 설립 |
| | 2006년 | 상업적 생산 |
| 3000톤/일 | 2008년 | 증설 |
| 3000톤/일 | 2010년 | 증설 |

※5톤/일, 100톤/일 시험운전 데이터를 기본으로 하여 상업적 생산 프란트 설계

$CO_2$/kWh 배출량은 LNG〈DME〈유〈석탄으로서 DME가 C/C 발전연료로서 적합한 것으로 유망된다(그림 7 참조).

## 7. 상업화 생산계획

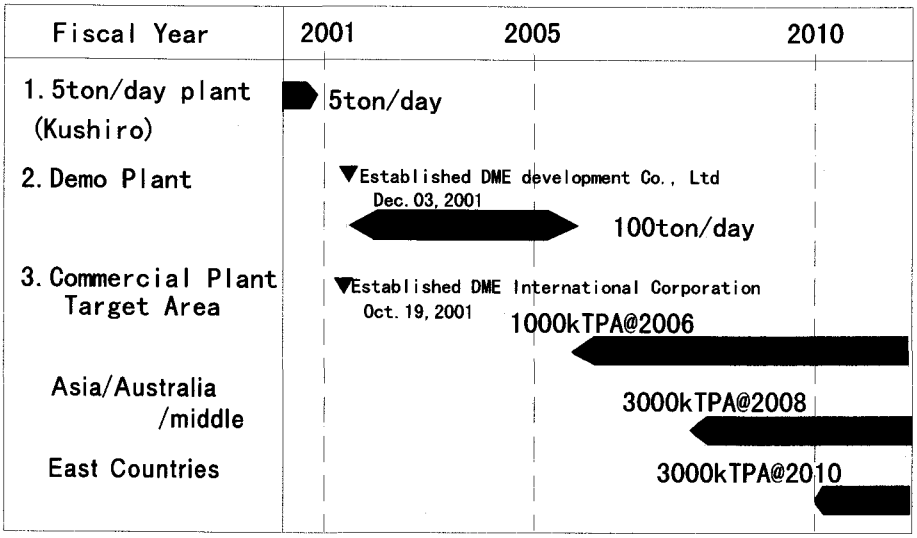
표 6, 그림 8 참조

## 8. 수요 분야

그림 9 참조

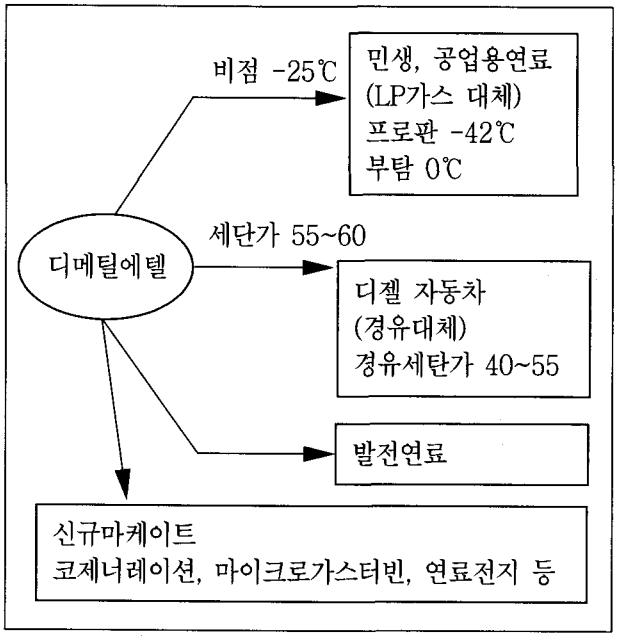
## 9. 맺음말

DME의 실용 상업화는 아직 초기단계에 있지만 2006~2007년부터는 연간 100백만~300백만톤 생산 공급으로 본격적 상업화 단계가 될 것으로 예측되고 있다. LNG 및 LPG와 같이 청정연료이고 무독성이면서 LNG,




〈그림 8〉 상업화 생산계획

LPG보다 가격이 저렴할 것으로 예측되며 또 수송 및 취급이 용이하므로 발전용, 차량용(Diesel 대체 및 DME 자동차의 신규생산과 상업화) 및 가정용 등 연료로서 그




〈그림 9〉 DME의 연료로서 기대되는 분야

사용이 확대될 것이다. 또한 다양한 화학공업원료와 냉매 대체제 등으로 다음 몇 가지 장점을 가지고 있다.

첫째, DME는 액체가스 대체 에너지로서 소비자에게 선택의 다양성을 부여할 수 있다는 점을 들 수 있고 또한 유한한 에너지 자원의 활용도를 높임으로써 소비자들의 요구를 극대화하는데 기여할 수 있다(중소 가스전개발, 석탄과 메탄가스 활용 및 BiO-Mass 등의 대량 활용 등).

둘째, DME는 에어로졸 분사제로서 CFC를 대체함으로써 오존층파괴 방지와 지구 온난화 예방에 기여할 수 있다.

셋째, 환경세가 부가되는 등 청정연료인 DME관련 기술이 크게 발전될 것이며 DME가 타에너지에 비해 그 Infra. 설비와 운용비가 저렴하여 종합적으로 경제적이고 유리한 가스에너지로 부각될 것이다.

넷째, DME는 수송과 저장이 용이하여 생산, 수송 및 재고 비용이 저렴할 뿐만 아니라 수급 조절이 편리하다(현재 LNG가 않고 있는 수급조절의 경직성 같은 문제가 없음).

다섯째, DME의 원료는 석탄, 메탄가스, 화경 폐기물, Biomass로 다양한 원료를 용이하게 확보할 수 있으므로 원료를 다원화 할 수 있다.

DME는 LPG나 천연가스의 결점을 공급적인 면에서 보완하여 주고 지구온난화 방지와 도시 환경 개선에 기여하며 LNG, LPG의 가스시장 독점성을 완화하는 즉 경쟁성을 제고하여 주는 21세기 클린에너지기 될 것이다.