

## 디젤연료대체용으로서의 디메틸에테르에 대하여

김종원 · 심규성 · 한상도

한국에너지기술연구소 대체에너지연구부 신연료연구팀

### Dimethyl Ether as a Diesel Fuel Alternative

Jong-Won Kim, Kyu-Sung Sim and Sang-Do Han

Clean Fuel Research Team, Department of New & Renewable Energy,  
Korea Institute of Energy Research, Taejon, 305-343, Korea

#### 1. 서 론

전세계적으로 자원과 에너지는 한정되어 있고, 특히 우리 나라의 경우는 에너지 부존자원이 거의 없어 수입에 의존하고 있어 자원의 효율적 이용 및 에너지의 효율적 이용은 중요한 과제이다. 합성가스의 전환반응은 종래에는 에너지나 석유대체자원의 확보라는데 의의가 있었으나, 최근에는 지구 환경문제와 맞물려 다시 주목을 받고 있다. 자원의 효율적 이용이 곧 지구환경보전이므로 철강, 석유화학공업 등 각종 산업에서 발생하는 부생가스 뿐만 아니라, 현재 문제가 되고 있는 도시폐기물이나 폐플라스틱 등의 유효이용 방안으로서 먼저 합성가스를 만든 후 이를 필요로 하는 분야에서 사용할 수 있도록 network화하여 활용할 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 역사적으로 볼 때, 1970년대의 석유위기 이후 석유의존도를 줄이기 위해서 석탄계 합성가스를 원료로 한 C1 화학기술이 크게 대두된 바 있었으며, 아직도 공정을 개선하기 위한 노력이 꾸준히 이어져 관련 논문 및 특허만 하여도 매우 방대한 양에 이르고 있다. 합성가스는 중요한 C1 화학 원료로, 천연가스, 석탄뿐만 아니라 바이오매스, 도시폐기물 등의 가연성 에너지를 개질 혹은 기화하여 얻을 수 있고, 각종 산업의 부생가스로도 만들 수 있다. 즉, 석유화학공업에서의 부생가스나 석탄가스화에 의한 가스 생성물 또는 제철소의 부생가스는 일산화탄소 또는 수소의 공급원이 될 수 있다. 디메틸에테르(dimethyl ether, DME)는 메탄올과 함께 C1 화학에 의한 직접합성 대상물질로 연구되어 온 바 있는데, 최근 휘발유나 디젤연료를 대체할 수 있는 새로운 자동차 연료로서의 용도, 그리고 LPG를 대신할 가정용 연료로서의 역할에 주목을 받고 있는 현실에 비추어, 본고에서는 합성가스를 이용한 디메틸에테르의

생산 연구 현황과 자동차 연료로서의 특성을 중심으로 서술하고자 한다.

#### 2. 디메틸에테르 생산 연구 현황

이른바, C1 화학이란 천연가스, 석탄, 바이오매스 등의 에너지를 개질 혹은 기화하여 Table 1과 같이 CO와 H<sub>2</sub>로 구성된 합성가스를 제조하고 이를 원료로 하여 에너지원 또는 화학제품을 제조하는 기술을 일컫는데, 합성가스로부터 직접 원하는 제품을 얻는 직접전환법(Direct conversion)이 이상적이기는 하나, 통상 수율이 낮고 혹독한 반응조건을 요구하는 경우가 많아서, 일단 쉽게 제조할 수 있는 중간체를 제조하고 이를 변환시켜 원하는 제품을 얻는 간접전환법(Indirect conversion)이 많이 이용되고 있다. 이러한 중간체로서 가장 각광을 받아 온 것이 메탄올이며, 이외에 최근 디메틸에테르 등이 관심을 끌고 있다. 이러한 중간체들은 합성가스를 원료로 하여 고효율로 제조가 가능하고, 수송과 저장이 용이한 액체이며, 다양한 유도체 제조 공정의 원료가 된다. 현재 상업적으로는 메탄올의 탈수화((5)식 참조)에 의해 디메틸에테르를 만드는 것이 일반적이고 메탄올제조공정과 유사성이 있으므로, 우선 메탄올의 제조 공정에 대하여 고찰한 후 디메틸에테르에 대하여 서술하였다.

역사적으로 C1 화학은 대체에너지 혹은 화학공업원료로의 전환기술로서 1910년경부터 연구가 시작된 이래 많은 기술의 진보가 있었다. 일본의 경우는 1980년부터 7년간 C1 화학에 대한 집중적인 연구를 정부, 산업체의 지원으로 이루어진 바 있고, 국내에서도 이 분야 연구가 이 시기에 가장 활발하였다<sup>2,4)</sup>

C1 화학의 각 반응의 경로는 촉매에 의해 좌우되고, 고효율성, 고선택성의 촉매가 무엇보다 중요하며, Table 1

**Table 1. Compositions of various gases.**

Source	Components								
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Other	H <sub>2</sub> /CO	
COREX (POSCO)	43	32	15	n/a	n/a	n/a	n/a	0.35	
BFG <sup>1)</sup>	22	20.8	3.2		54.1			0.14	
COG <sup>1)</sup>	8.4	3.1	56.4		2.3	26.6		6.71	
LDG <sup>1)</sup>	64.2	17.8	2.0		15.9			0.03	
Water gas	42.8	3.0	49.8	0.5	3.0	0.5	0.1	1.16	
Methane reformer gas	15.5	8.1	75.7		0.2	0.5	0	4.88	
Methane partial combustion	35.6	2.0	61.5		0.4	0.5	0	1.73	
Oil partial combustion	47.0	5.5	47.0		0.3	0.1	0.1	1	
Coal gasification (Subbituminous coal)									
· Lurgi dry bottom	15.2	30.9	42.2		0.7	8.6	1.3	2.78	
· Lurgi slagger	55.0	3.5	31.5		3.4	4.5	1.3	0.57	
· Winkler	53.0	9.4	33.7		0.9	3.7	-	0.64	
· Koppers-Totzek	62.2	8.7	26.8		1.3	trace	1.0	0.43	
· Shell	61.6	1.7	30.6		4.8	trace	1.3	0.50	
· Texaco	49.3	12.3	35.8		1.3	0.4	1.0	0.73	
Pyrolysis gases of Waste plastics at 700°C									
· PE	4.3	0.9	3.1			19.2	72.5	0.72	
· PS	18	8.1	29.7			18.4	25.8	1.75	
· PVC	10.8	12.1	11.1			25.4	40.6	1.03	

**Table 2. Direct synthesis of CO/H<sub>2</sub>.**

Reactions	Ratio CO/H <sub>2</sub>	Reactant loss (%) as H <sub>2</sub> O
CO+2H <sub>2</sub> → CH <sub>3</sub> OH	1 : 2	0
4CO+8H <sub>2</sub> → C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH+3H <sub>2</sub> O	1 : 2	50
2CO+4H <sub>2</sub> → CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	1 : 2	25
3CO+3H <sub>2</sub> → CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> +CO <sub>2</sub>	1 : 1	0

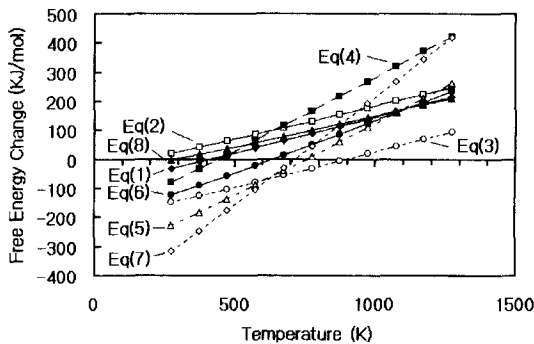
CO 또는 CO<sub>2</sub>의 수소화반응에 있어서 여러 가지 반응의 Gibbs free energy계산 결과를 Fig. 1에 보였다.

**2-1. 메탄올**

메탄올은 1994년 국내에만도 총 58.8만 톤이 소비되었으며, 이중 37%가 접착제 및 각종 수지의 원료가 되고 있는 포르말린(21.7만톤)과, 자동차 연료의 옥탄가 향상제로 쓰이는 MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)(9.8만톤), 초산(9.5만톤) 등의 제조에 대부분 쓰이고 있다<sup>6)</sup>. 이외에도 합성 가솔린을 제조하거나 연료원으로 직접 이용할 수 있어, 일본에서는 수송용 또는 발전용으로 도입하여 이용할 것을 검토 중에 있으나, 메탄올 제조 비용을 낮추고 대량 생산하는 기술의 개발이 무엇보다 중요하다.

국내 메탄올 산업은 1969년초 한국종합화학이 나주에 1.6만톤 규모의 공장을 건설해 국산화를 시도한 후, 1971년 대성목재가 울산에 5만톤 공장을, 대성메탄올이 1976년 여천에 33만톤 규모의 공장을 건설해 국산화를 이루었으나, 대부분 6~9년간만을 가동한 후 공장을 폐쇄해 현재는 전량 수입에 의존하고 있는 실정이어서, 늘어나고 있는 수요를 감안한다면 국산화가 시급한 품목이다.

메탄올 제조반응(CO+2H<sub>2</sub> → CH<sub>3</sub>OH)은 심한 발열반응이므로, 열역학적으로 반응열을 제거하는 것이 필요하다. 통상의 상업적 공정에서는 반응열로 인한 구리촉매의 소결을 방지하기 위하여 합성가스의 일회전환율을 10~12%로 낮게 제한하고 미반응의 냉각된 합성가스를



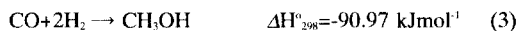
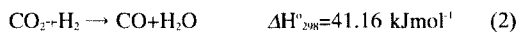
**Fig. 1. Standard free energies of formation of hydrocarbons and alcohols from CO and H<sub>2</sub>: Eq(1) CO+2H<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>OH, Eq(2) 2CO+3H<sub>2</sub>=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>+2H<sub>2</sub>O, Eq(3) CO+3H<sub>2</sub>=CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>O, Eq(4) 2CO+4H<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O, Eq(5) 2CO+5H<sub>2</sub>=C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>+2H<sub>2</sub>O, Eq(6) 2CO+4H<sub>2</sub>=C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>+2H<sub>2</sub>O, Eq(7) 3CO+7H<sub>2</sub>=C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>+3H<sub>2</sub>O, Eq(8) CO<sub>2</sub>+3H<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>OH+H<sub>2</sub>O.**

및 Table 2에서와 같이 생성된 CO, H<sub>2</sub>의 비율에 따라 합성가스를 원료로 하는 반응생성물이 달라지게 된다<sup>6)</sup>.

재 순환시켜 반응온도를 조절하므로 많은 에너지가 소비된다. 최근에는 반응기에서 열을 스팀으로 회수하여 열을 조정하는 방식으로 일본 Toyo Engineering에서 신형반응기(MRF-Z)를 개발하여 1990년부터 상업화된 예가 있는데, 기존보다 건설비 5~6%, 에너지 소비 7~8%를 절감할 수 있고 최대 1계열당 현재 2500~2800톤 수준인 일산 생산 능력을 5천톤으로 쉽게 대형화가 가능한 것으로 알려지고 있다<sup>7)</sup>.

천연가스의 수증기 개질로 생산된 합성가스의 조성(수소/일산화탄소=3:1)과는 달리, 석탄계 합성가스는 수소/일산화탄소의 비가 약 1 정도이어서, 일산화탄소의 농도가 높은 분위기에서 메탄을 전환반응이 용이한 촉매를 사용해야 하고, 불순물의 함량이 많기 때문에 합성가스의 재순환이 최소화하도록 합성가스의 일회 전환율이 높아야 한다. 또한 석탄의 메탄올로 전환하는 전체 공정의 효율을 높이는 방안으로 최소한의 처리를 거친 석탄가스를 전환시킬 수 있는 메탄올 제조공정의 개발이 필요하다. 현재 미국을 중심으로 연구 중인 새로운 메탄올 제조 방법에 관한 연구는 주로 합성가스의 일회 전환율을 높이도록 기존의 방법을 개량하거나 새로운 반응시스템의 고안 또는 신촉매의 개발 등의 방법을 채택하고 있다. 낮은 H<sub>2</sub>/CO 때문에 메탄에 대한 선택도를 줄이기 위해, Fe 촉매를 쓰는 것이 일반적이다. Fe 촉매는 수성가스 전이 반응을 동시에 일으키는 효과가 있기 때문이다. 최근에는 Co가 Fe보다 더 높은 활성을 가지고 있어 메탄으로의 선택도가 5% 이하로 낮출 수 있으며, 낮은 H<sub>2</sub>/CO 비에도 좋다는 보고가 있어 관심을 끌고 있는데, Gulf, Shell, Exxon과 Statoil 등이 수많은 관련 특허를 확보하고 있다.

화학적으로 볼 때, 합성가스를 원료로 한 메탄올의 합성에는 다음과 같은 반응이 관여하고 있다.



일산화탄소로부터 메탄올을 합성하는 반응은 이산화탄소로부터 메탄올을 합성하는 반응에 비하여 분자수 감소형의 발열반응이기 때문에 열역학적으로는 저온, 고압이 메탄올 생성에 유리하다. 동일조건에서 일산화탄소 쪽이 평형전환율이 높으며, 저온 및 압력의 영향이 현저하여 423 K 이하에서 5 MPa 정도의 압력에서도 높은 평형전환율을 얻을 수 있다. 그러나 저온에서도 빠른 반응속도를 보일 수 있는 촉매를 개발한다면 낮은 압력에서도 높은 전환율을 기대할 수 있다. 역수성가스 반응은 흡열반응으로서 고온에서 유리하게 진행되어 CO 생성량이 증대된다. 이 반응의 평형전환율은 압력의 영향

을 받으며 온도와 원료가스의 조성에 따라 결정된다. 원료가스중 CO 외에 CO<sub>2</sub>가 다량 포함되어 있는 경우 양반응에서 높은 전환율을 얻기 위한 온도 영역이 다르기 때문에 2단 반응기 사용이 효율적이다.

상용화된 ICI 공정과 Lurgi 공정의 메탄올제조 비용을 줄이기 위해서는 시스템의 효율 개선이 필수적이며, 개질공정시 촉매반응관의 크기 때문에 열전달 강도의 제약으로 일산 2500톤의 생산 규모가 한계점이다. 이를 개선하기 위한 방안으로서 제안된, 슬러리 반응기에 의한 액상의 메탄올 합성법은 1975년 Chem System에서 개발된 이후 Air Products and Chemicals사로 기술 이전되었다. CCT 프로그램으로 진행되고 있으며, 2001년까지 총 2.1억달러를 투자할 계획인데, 이 반응은 액상매체에 고체 촉매를 현탁시켜 수행되기 때문에 반응열을 효과적으로 제거할 수 있다는 장점이 있어서 기존의 기상반응기보다 반응온도 조절에 유리하다. Akron Univ.<sup>6,10)</sup>, Norwegian Institute of Technology, Brookhaven National Laboratory, Pittsburg Univ.<sup>11,12)</sup>, 일본의 Waseda Univ.<sup>13,14)</sup>, 일본전력중앙연구소<sup>15,16)</sup> 등에서 연구수행중에 있으며, 한국에너지기술연구소<sup>17)</sup>에서도 최근 연구한 바 있었고, 안정성이 높은 촉매의 개발이 우선 과제이다. 지금까지 액상에서의 메탄올 합성 kinetic, diffusional analysis, 합성화학(synthesis chemistry), catalyst deactivation(촉매 비활성화), 반응기 및 촉매 설계, 촉매활성 유지 방법(catalytic activity maintenance), 촉매의 재순환 또는 재생을 위한 분리 문제, 물질전달 분석, mini pilot plant 및 pilot plant 조업데이터의 수집 해석과 scale up, 상용화 촉매 생산 문제, 공정의 경제성 등이 연구 또는 고려하여야 한다. 일본의 경우, 저온액상법은 소형 과일 룯 플랜트를 운영 중에 있다<sup>18)</sup>.

## 2-2. 디메틸에테르

디메틸에테르는 올레핀 생산, MTG 가솔린, 스프레이의 분사추진체, 메틸아세테이트 합성 등의 용도로 쓰이며, 최근에는 디젤 대체 연료, LPG를 대신한 가정용 연료로 사용할 가능성이 있음도 거론되고 있다<sup>19,20)</sup>. TNO Research Institute에서 행한 자동차 연료로서의 디메틸에테르 평가는 매우 긍정적이며, Amoco, Topsoe 등 여러 회사에서 이 화합물에 최근 비상한 관심을 보이고 있다. 1997년 10월 10일~12일에 걸쳐 열린 Monetizing Stranded Gas Reserves Conference에서도 가장 많은 관심을 보인 주제가 바로 디메틸에테르에 관한 것으로서, Amoco에서는 이 디메틸에테르가 장래에 디젤 및 가솔린과 경쟁할 청정연료라고 믿고 있다. 미국의 DOE에서는 자동차용 대체연료 연구 프로그램(Automotive Alternative Fuel R&D program)에서 CNG와 함께 디메틸에

테르의 이용가능성을 검토 중에 있으며, 이에 는 환경 및 경제적 이점, 안전성 평가, 디메틸에테르의 생산 및 공급체계, 연료분사, 연료저장 및 엔진 등의 시스템도 연구되고 있다. 통상 디메틸에테르는 메탄올의 탈수화에 의한 간접법으로 얻을 수 있는데, 이러한 기상에서의 반응에 대한 연구는 많이 이루어져 왔으며, 합성가스를 원료로 한 액상에서의 직접 합성반응의 장점이 부각되면서 최근 활발히 연구되고 있다. 특히 메탄올과 동시에 생산하는 공정은 전환율을 높일 수 있는 방안으로 미국의 Air Products and Chemicals Inc에서 실증 연구되고 있다.

일본의 철강업체인 일본강관(NKK)에서도 1989년부터 합성가스로부터 직접 합성하기 위한 액상 반응 시스템을 연구 시작하여 현재 실용화를 위한 50 kg/d의 실증 장치를 운영한 바 있었다<sup>21)</sup>. 석탄이나 LNG를 대체할 차 세대의 신에너지인 DME의 합성기술개발을 위한 프로젝트로서 상용화를 목표로 1997년부터 일본 통산성의 보조금을 받아 일본강관(NKK)의 주도로 총 3개사가 참여하여 일산 5톤 규모의 시설의 제작, 건설, 운전해석, 시스템 평가 등을 수행할 예정으로 연구를 시작하였으며, 첫째 1.3억엔을 시작으로 2001년까지 5년간 총 18억엔을 투자할 계획이다<sup>22)</sup>. 디메틸에테르의 연료로서의 특징은 Table 3에 비교하였다.

디메틸에테르는 상온에서 무색의 가스로서 화학적으로 안정하고 가압하면 쉽게 액화된다. LPG의 주성분인 프로판이나 부탄과 성질은 비슷하므로 취급하기가 용이하다. 단위무게당 열량은 부탄이나 프로판보다는 작지만 메탄올보다는 35% 정도 더 크며, 가스상태에서는 메탄보다 65% 정도 많은 열량을 갖는다.

폭발범위는 프로판, 부탄보다는 넓어 메탄과 비슷하다. 디젤엔진연료로서의 특성을 보여주는 세탄가는 55~60 정도로 디젤 연료가 갖는 40~55보다 높아 압축점화

방식의 엔진에서 균일 점화특성을 보여줄 것으로 기대되며, 황이나 질소 성분은 전혀 없다. Navistar, Amoco, Haldor Topsoe A/S 및 AVL powertrain Engineering 등으로 이루어진 연구팀에서 Navistar 7.3리터 V-8 T444E 직접 분사식 트럭엔진(direct-injection turbocharged truck engine)을 대상으로 실험한 결과, 디젤연료 시스템은 고용량의 인젝터를 써서 개조하여 디메틸에테르를 연료로 사용할 수 있으며, 촉매변환기(catalytic converter)는 불필요하다는 결론을 내린 바 있다. 이와 같이 디젤 연료보다 NOx가 적고 매연이 거의 없어 상용의 가솔린 배가스 촉매를 사용해서 배가스를 처리할 수 있다. 연소시 불꽃은 청색으로 메탄과 비슷하며 알데히드를 방출하지 않는다. 급속을 부식시키지는 않으나 고무제품에는 영향을 준다. Haldor Topsoe A/S는 천연가스로부터 직접 디메틸에테르를 합성할 수 있는 공정을 개발하였으며, 천연가스를 직접 사용하는 것에 비하여 약 40% 정도 에너지 손실이 있으나, 저온에서도 쉽게 액화 가능하여 저장 및 수송이 편리하다는 이점이 있는 것으로 평가하고 있다. 독성이 LPG와 같은 수준으로 적어 플로로 카본을 대신하여 스프레이의 분사제로 쓸 수 있으며, 1995년 현재 전세계적으로 년 10만 톤이 소비된 것으로 추정되는데, 일부 용제 또는 냉매로 쓰이는 외에는 대부분 스프레이 분사제용으로 쓰인다. 국내에서는 메탄올 탈수화로 생산하고 있는 것으로 조사되었으며, 년 5천톤 정도 소비되는 것으로 추정된다<sup>9)</sup>.

디메틸에테르는 천연가스외에도 바이오메스로부터 생산가능하고 메탄올 생산보다 에너지가 덜 드는 장점이 있으며, 이의 합성에는 다음과 같은 반응이 관여하고 있다.

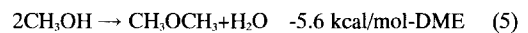
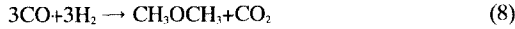
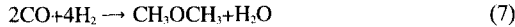


Table 3. Physical properties and combustion characteristics of DME and other fuel.

Properties	DME	Propane	Butane	Methane	Methanol
Boiling point (K)	247.9	231	276.5	111.5	337.6
Density @298K (g/cc)	0.67	0.49	0.57	-	0.79
Specific Gravity (vs. air)	1.59	1.52	2.00	0.55	-
Heat of vaporization (kcal/kg)	111.7	101.8	92.1	121.9	262
Saturated vapour pressure (atm @ 298 K)	6.1	9.3	2.4	246	-
Burning velocity (cm/sec)	50	43	41	37	52
Ignition energy (10 <sup>6</sup> J)	45	30	76	33	21
Ignition temperature (K)	623	777	703	905	743
Explosion limit	3.4~19	2.1~9.4	1.9~8.4	5~15	5.5~36
Cetane number	> 55	(5)*	(10)*	0	5
Net calorific value (kcal/Nm <sup>3</sup> )	14,200	21,800	28,300	8,600	-
Net calorific value (kcal/kg)	6,903	11,100	10,930	12,000	5,040

(\*)\* estimated value.



직접 디메틸에테르를 합성하는 데에는 (7)과 (8)식의 두 식으로 표현할 수 있으며, (8)식은 메탄올 합성 반응 (4)와 메탄올의 탈수화 반응 (5), 그리고 역수성가스화 반응 (6)으로 이루어진 것이다. 수성가스화 반응이 없다면 전체적 합성 과정은 (7)로 나타낼 수 있다. 전체 과정을 나타내는 (7)과 (8)식은 심한 발열 반응으로서 반응열을 제거하여 반응온도를 제거해야 촉매 비활성화를 막을 수 있다. 평형전환율은 동일 온도와 압력 조건에서 메탄올 합성에 비하여 디메틸에테르 합성의 경우가 매우 커서, 메탄올과 디메틸에테르를 동시 생산함으로 해서 메탄올의 수율도 높일 수 있다. 특히 석탄계 합성가스과 같이 H<sub>2</sub>/CO의 비가 1에 근접하는 경우에도 Fig. 2에 보인 바와 같이 디메틸에테르의 경우가 메탄올 합성의 경우보다 높은 전환율을 얻을 수 있다. 또한, 동일 반응온도와 압력조건에서 (8) 반응 경로를 따르는 것이 (7) 반응 경로보다 높은 평형 전환율을 얻을 수 있는데, 특히 H<sub>2</sub>/CO의

비가 1보다 작을 때 상대적으로 이점이 크다. 그리고 Fig. 3에 보인 바와 같이 저온이 유리한 반응이다.

문제는 액상반응의 경우 용제로 통상 쓰이는 고온 오일은 물의 용해도가 작아 (6)의 역수성가스화 반응을 일으키는데 불리하다는 점에 있으며, 또한 물의 생성은 반응촉매의 비활성화를 가져오기 때문에 역수성가스를 활발히 일으킬 수 있도록 이른바 혼성촉매(hybrid catalyst)를 사용하는 것이 일반적이다. 따라서 메탄올 합성 촉매인 Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>계 상용 촉매를 메탄올 합성 촉매로 사용하고 탈수화 촉매로 감마알루미나<sup>23</sup>나 또는 역수성가스화 반응을 촉진하기 위해 Cu 5~10% loading한 감마알루미나<sup>24</sup>를 동시에 사용한다.

이밖에도 미국 노스 캐롤라이나 주립대학에서는 액상반응기에서 400°C, 170 atm의 반응 조건에서 zinc chromite 촉매를 사용하면, 메탄올 합성반응은 평형에 거의 도달하며, 디메틸에테르와 올레핀이 상당량 생성되고, 이소부탄올도 생성될 수 있음을 발표한 바 있어 관심을 끌고 있다.

지금까지 디메틸에테르의 연구현황에 대하여 고찰하였는데, 디메틸에테르는 메탄올의 탈수화로 만들어지므로, 메탄올과 디메틸에테르는 동시 생성되며, 디메틸에테르의 수율을 높일 수 있는 촉매의 개발과, 기존 기상반응공정의 문제점을 개선할 수 있는 액상반응공정에 대한 연구가 국내에서도 최근 이루어지고 있다<sup>25</sup>.

### 3. 결 론

디메틸에테르는 스프레이, 냉매 등으로 쓰이고 있으나, 디젤기관용 청정 연료나, LPG를 대신한 가정용 연료로서의 용도 때문에 최근 주목을 받고 있는 화합물이다. 차세대 발전기술인 석탄가스화 복합발전(IGCC)시에, 전력수요가 적은 심야에 석탄가스를 디메틸에테르 또는 메탄올로 전환시켜서 저장했다가 peak time에 이를 이용하여 전력을 추가로 생산하게 함으로서, 효율적인 설계가 가능할 것으로 평가되고 있다. 합성가스로부터 디메틸에테르 제조 방법은 매장량이 풍부하고 지역적으로 널리 분포되어 있는 석탄의 활용기술로서, 에너지공급의 불안정성을 피할 수 있고 청정연료화를 지향할 수 있다는 점에서 매우 관심을 끄는 분야이다. 그동안 메탄올의 탈수화에 의한 간접적인 디메틸에테르의 제조는 많은 연구가 있어 왔고, 기상반응을 이용한 반응이 대부분이었으나, 액상반응을 이용한 합성법이 많은 장점을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다. 디메틸에테르의 디젤연료 대체용 청정에너지원으로서의 유용성을 감안할 때, 제조에서 응용에 이르는 각종 분야에 대한 연구가 국내에서도 활발히 전개될 것으로 기대된다.

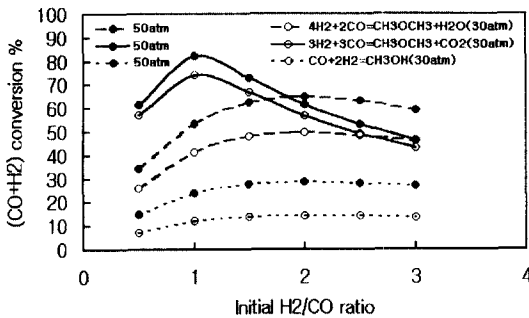


Fig. 2. Equilibrium (H<sub>2</sub>+CO) conversion to DME or methanol as function of pressure at 553 K.

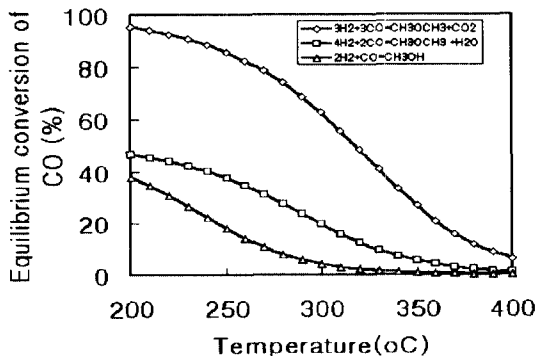


Fig. 3. Equilibrium conversion of CO in different reactions (Initial molar ratio H<sub>2</sub>/CO=1, 30 atm).

## 참고문헌

1. 포항제철 홍보 자료(<http://www.posco.co.kr>).
2. 박건유 외: "C1 화학에 의한 Acetic acid 제조 공정 개발 연구", 한국과학기술연구원, 1986.
3. 엄성진 외: "C1 화학에 의한 Ethylene glycol 합성 기술 개발", 한국과학기술연구원, 1988.
4. 이재성, 김영걸: 촉매, **4**(2), 58 (1988).
5. Fahey, D.R.: "Industrial Chemical via C1 processes", American Chemical Society, Washington DC, (1987).
6. '96 화학연감, 2nd Edition, 화학경제연구원 (1996).
7. 일본 Toyo Engineering web site(<http://www.toyo-eng.co.jp/>).
8. Lee, S., Gogate, M.R. and Kulik, C.J.: Chem. Eng. Sci., **47**(13/14), 3769 (1992).
9. Vijayaraghavan, P., Kulik, C.J. and Lee, S.: Fuel Science and Technology Int'l, **13**(3), 317 (1995).
10. Vijayaraghavan, P. and Lee, S.: Fuel Science and Technology Int'l, **13**(3), 331 (1995).
11. Palekar, V.M., Jung, H., Tierney, J.W. and Wender, I.: Appl. Catal. A, **102**, 13 (1993).
12. Palekar, V.M., Tierney, J.W. and Wender, I.: Appl. Catal. A, **103**, 105 (1993).
13. Kikuchi, E. and Itoh, H.: Seikiyu Gakkaishi, **34**(5), 407 (1991).
14. Matsuda T., Shizuka M., Yoshizawa, J. and Kikuchi, E.: Applied Catalysis A: General **125**, 293 (1995).
15. 大山聖一: 觸媒, **38**(5), 326 (1996).
16. 大山聖一: 觸媒, **38**(2), 188 (1996).
17. 박태준외: "탄화수소 및 유도체의 전환 특성 연구", KIER-952105, 한국에너지기술연구소 보고서 (1995).
18. NEDO News, No. 147, p.126 (1995).
19. CATF (Center for Alternative Transportation Fuels) Review, Issue No. 21, April (1995).
20. McCandless, J.C.: US patent 5,626,294 (1997).
21. Ogawa, T., M. Ono, M. Mizuguchi, K. Tomura, T. Shikada, Y. Ohno and K. Fujimoto: in Proceedings of the 14th International Pittsburgh Coal Conference (1997).
22. 일본 化學工業日報, 1997년 4월 8일자.
23. Guo, J., Y. Niu and B. Zhang: in Proceedings of the 14th International Pittsburgh Coal Conference (1997).
24. Han, Y.Z., K. Fujimoto and T. Shikata: in Proceedings of the 14th International Pittsburgh Coal Conference (1997).
25. 조순행 외: 공해저감 에너지공정 기술개발(석유화학 공장), KIER-971260, 한국에너지기술연구소 보고서 (1997).