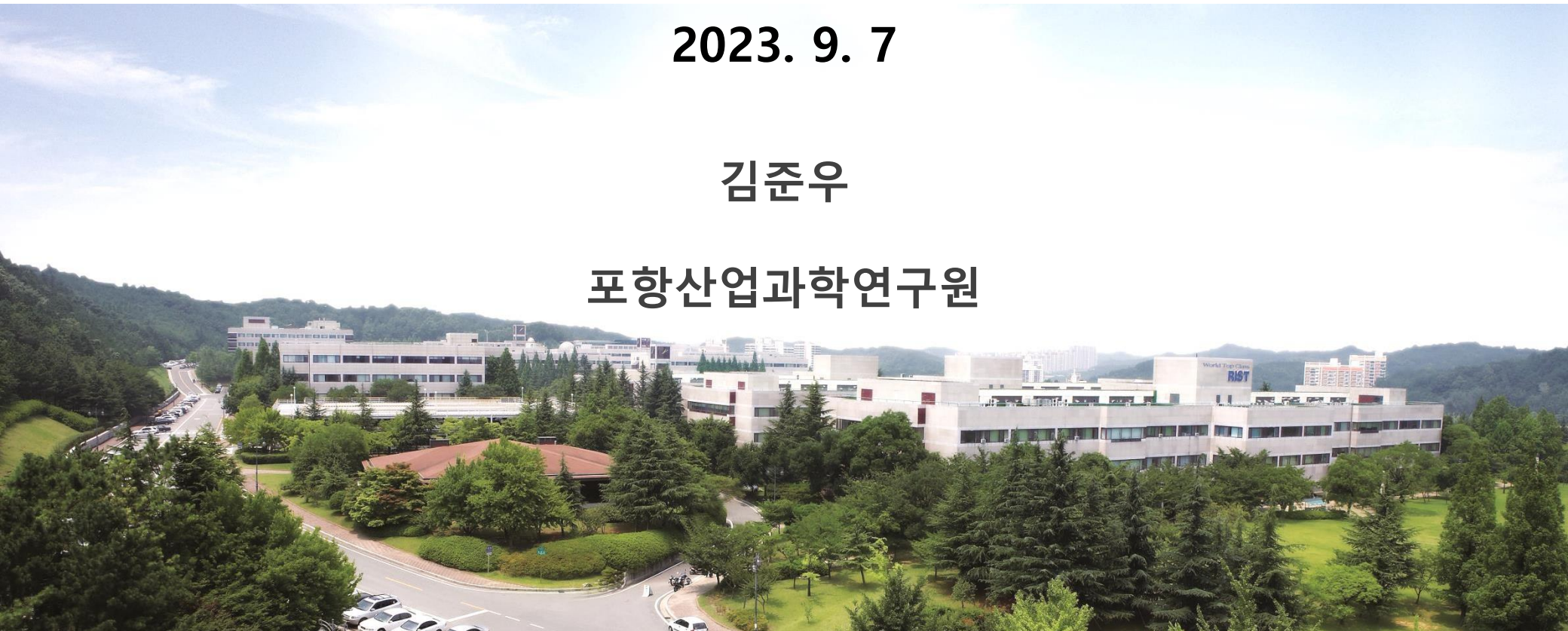


# 이산화탄소 활용 고분자 전환 기술 소개

2023. 9. 7

김준우

포항산업과학연구원



# 연구배경

## ■ CCUS 국내 정책 동향

- 온실가스 저감 목표 상향 조정: 26.3% → 40%
- CCUS기반 이산화탄소 처리량 변화(백만톤 CO<sub>2</sub>eq) ('18년) 0 → [A안] ('50년) -55.1 → [B안] ('50년) -84.6

□ 대한민국



⇒ (NDC 상향 수준) 배출정점인 '18년 대비 40% 감축(4.17%/년 감축)

## ■ 확보수단

- 포집 및 저장(CCS): 국내외 해양 지층 등을 활용하여 최대 60백만톤 저장
- 포집 및 활용(CCU): 광물탄산화, 화학적 전환, 생물학적 전환 등을 통해 최대 25.2백만톤 처리

< 2050 탄소중립 시나리오 최종(안) 총괄표 >

(단위 : 백만톤CO<sub>2</sub>eq)

구분	부문	'18년	초안			최종본		비고
			1안	2안	3안	A안	B안	
배출량		686.3	25.4	18.7	0	0	0	
배출	전환	269.6	46.2	31.2	0	0	20.7	· (A안) 화력발전 전면중단 · (B안) 화력발전 중 LNG 일부 전환 가정
	산업	260.5	53.1	53.1	53.1	51.1	51.1	
	건물	52.1	7.1	7.1	6.2	6.2	6.2	
	수송	98.1	11.2 (-9.4)	11.2 (-9.4)	2.8	2.8	9.2	· (A안) 도로부문 전기수소차 등으로 전면 전환 · (B안) 도로부문 내연기관차의 대체연료(e-fuel 등) 사용 가정
	농축수산	24.7	17.1	15.4	15.4	15.4	15.4	
	폐기물	17.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
	수소	-	13.6	13.6	0	0	9	· (A안) 국내생산수소 전환 수혜 수소(그린 수소)로 공급 · (B안) 국내생산수소 일부 부생 추출 수소로 공급
	탈루	5.6	1.2	1.2	0.7	0.5	1.3	
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-24.1	-24.1	-24.7	-25.3	-25.3	
	이산화탄소 포집 및 활용저장 (CCU)	-	-95	-85	-57.9	-55.1	-84.6	
	직접포집 (DAC)	-	-	-	-	-	-7.4	· 포집 탄소는 저장용 대체 연료로 활용 가정

출처: KETEP CCUS 성과공유 및 기술 심포지엄, 탄소중립시나리오(탄소중립위원회, '21.10)

\* 시나리오 간 내용이 상이한 부분은 파란색으로 표시

# 연구배경

## ■ 새로운 자원으로로서의 CO<sub>2</sub> 활용 방안 - CCU 기술

### ○ CO<sub>2</sub> 특징 및 기존 활용

- 특징: 화학적으로 활성이 낮은 매우 안정한 화합물

지구온난화의 주범인 온실가스 (온실가스지수: CO<sub>2</sub> > CH<sub>4</sub> > Nitrous oxide ~ CFC > 할로겐)

- 현재 주요 용도: 액화 탄산(용접 봉지제, 작물 생장촉진, 식음료), 드라이아이스 (냉각제, 식품보존)

### ○ CO<sub>2</sub> 새로운 활용처

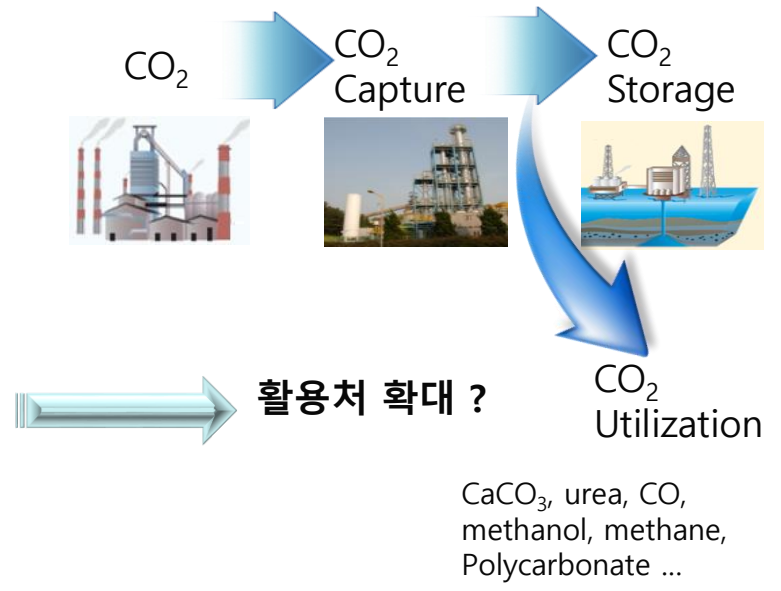
- CCU 기술을 이용한 CO<sub>2</sub> 자원화하여 다양한 연료 및 기초 화학제품 생산 기술

- 광물화 기술/ 화학제품 전환기술 / 고분자 활용 기술

국내 CO<sub>2</sub> 활용 현황

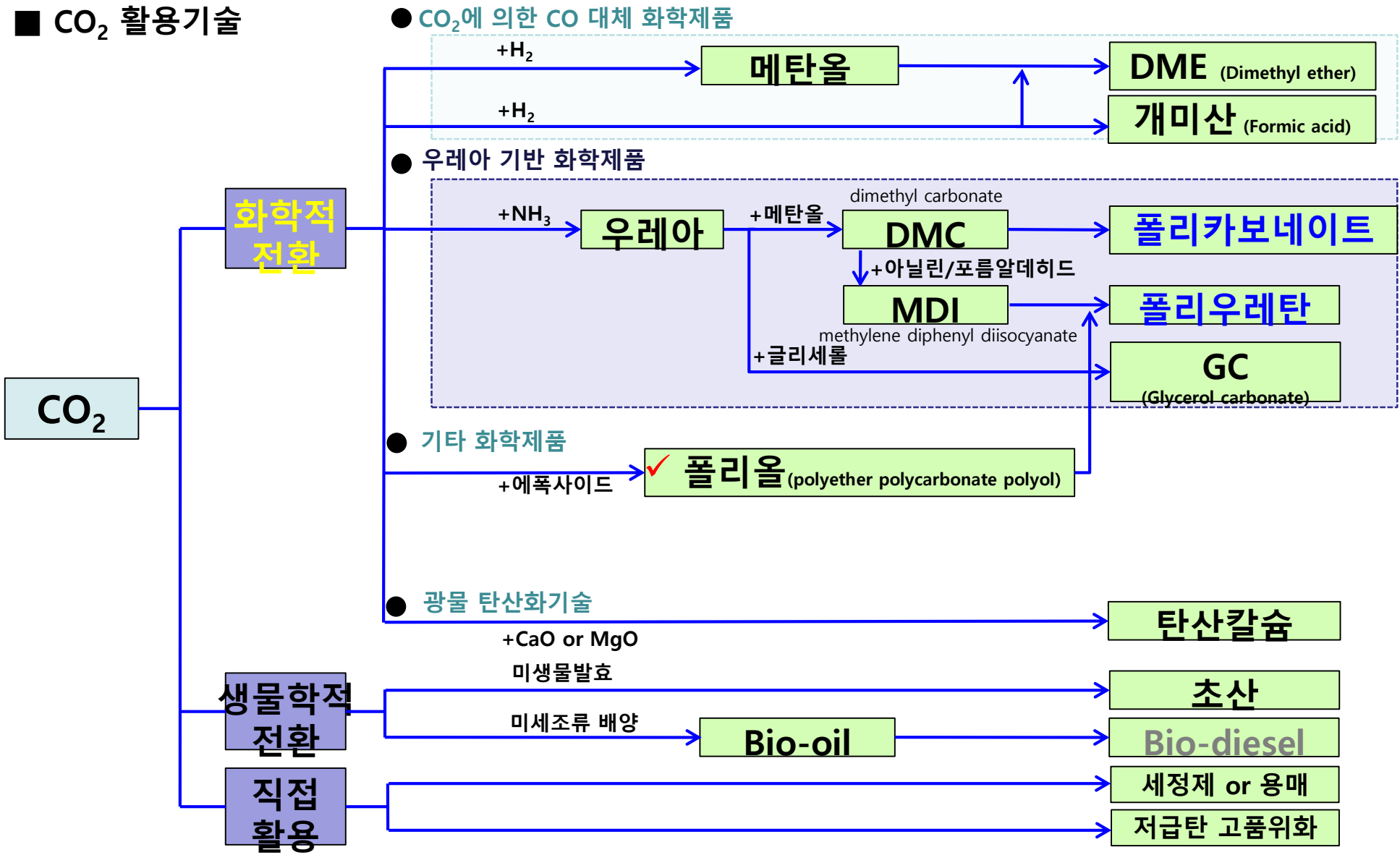
구분	용도	수요(천톤/년)	비고
액화 탄산	용접 실링제	347	조선 6사
	작물 생장촉진	73	시설재배농가
	식음료 첨가	55	맥주, 탄산음료 첨가물
	기타	75	수처리설비 등
	소계	550	
드라이아이스	냉각제, 식품보존	160	
합계		710	

※ 국회 정책자료



# 연구배경

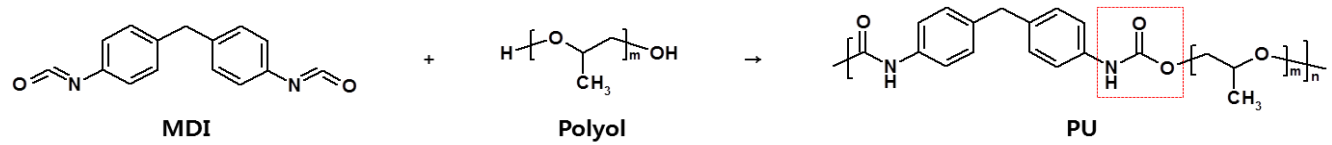
## CO<sub>2</sub> 활용기술



# 연구배경

## ■ 폴리우레탄의 개요 및 특징

○ 합성법: 폴리올과 다 이소시아네이트 화합물을 반응(중합)하여 제조

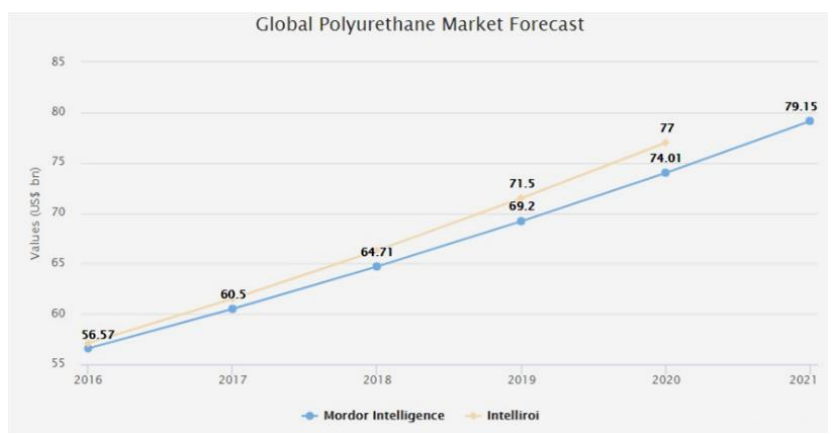
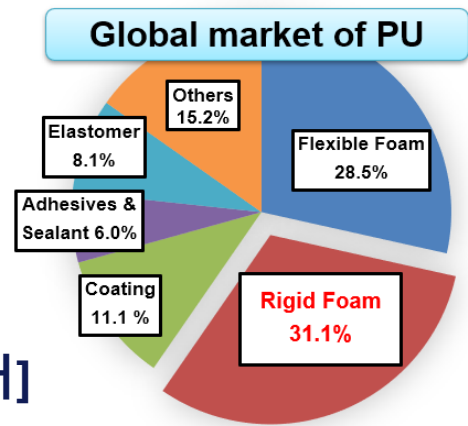


○ 시장: 전세계 시장 규모는 약 66조원 (13백만톤/년('11), CAGR 5.1%)  
국내 시장 규모는 약 1.9조원 (63.6만톤/년('17, 생산량 기준)

### ○ 특징

- 성형방식에 따라 발포/비발포, 가교 정도에 따라 연질/경질로 구분
- 전반적으로 인장강도, 내마모성 우수
- 연질 발포(30%): 통기성과 성형성 우수 (가구나 침대, 자동차 시트, 신발등에 사용)
- 경질 발포(30%): 단열성과 내수성 우수 (선박용 보냉재)
- CASE TPU(40%): 코팅제, 접착제, 도료, 필름에 사용

출처: CMRI, 자동차용 플라스틱 시장전망(2017)



[주요 폴리우레탄 사용처]

[글로벌 폴리우레탄 시장 동향 및 예측]

(2016-2021, Mordor Intelligence 및 Intelliroi)

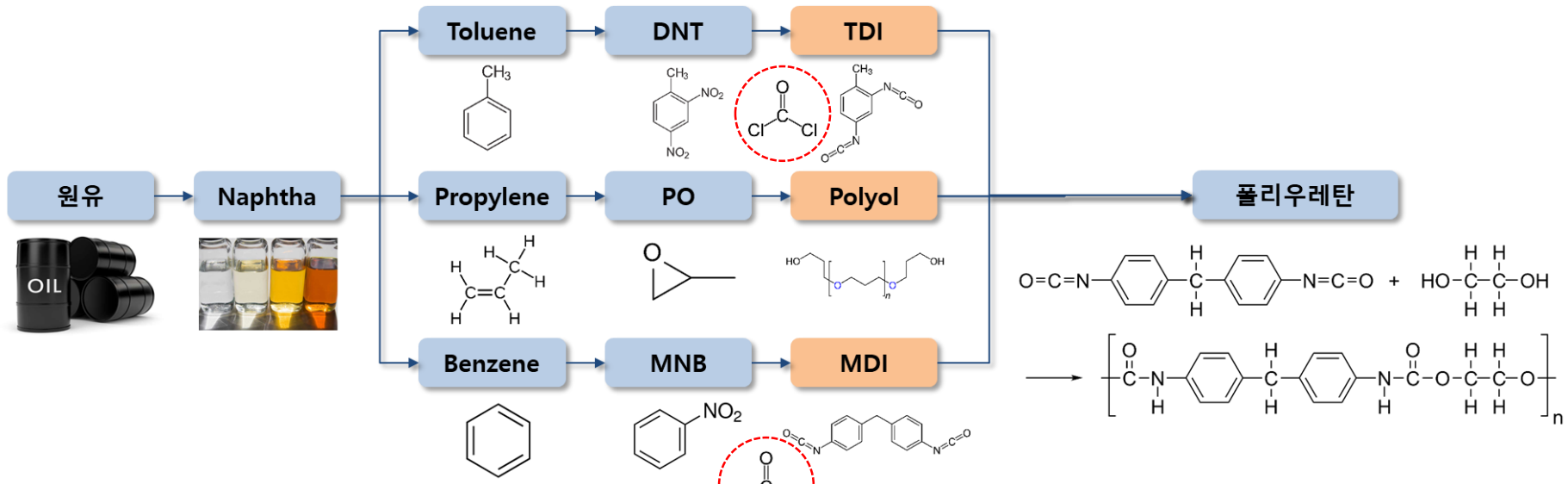
# 연구배경

## PU 제조

### ○ 기존 원유 유래 PU 제조법

- 납사 기반 벤젠/톨루엔과 포스젠을 반응, 이소시아네이트 작용기를 가진 TDI/MDI 제조
- 프로필렌으로부터 산화프로필렌을 제조한 후 중합하여 폴리올 제조
- 폴리올과 이소시아네이트 반응(중합)을 통해 다양한 특성을 갖는 PU제조
- MDI, TDI 비율, 폴리올의 작용기도/분자량에 따라 폴리우레탄 물성/구조 결정

### [폴리우레탄 Value chain]

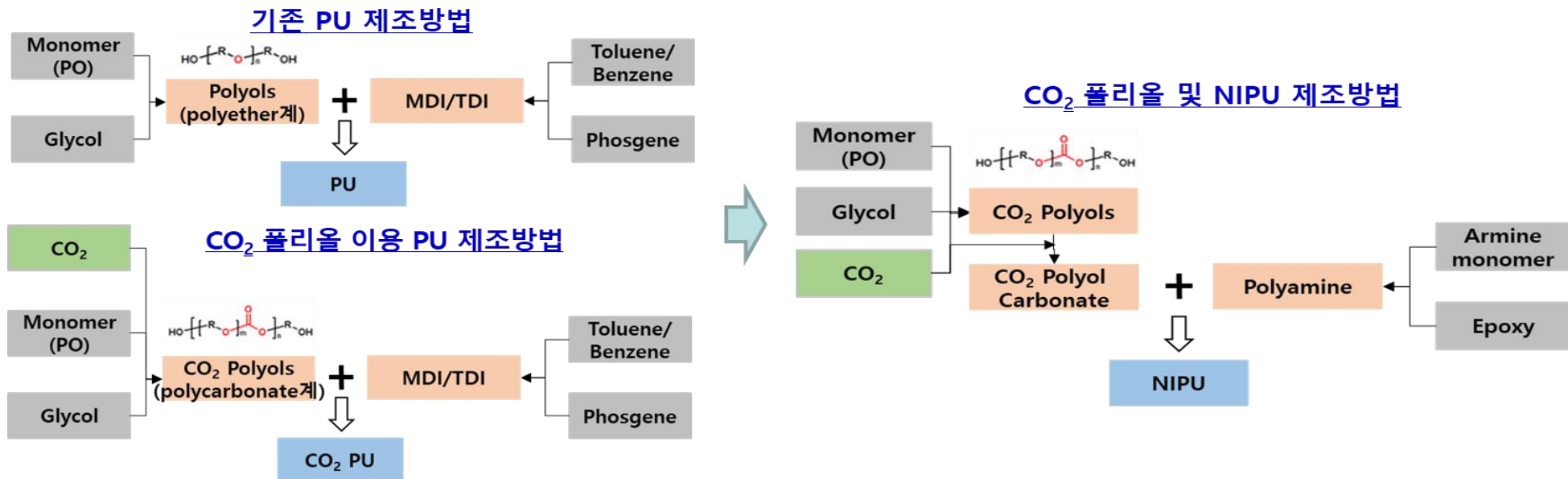


DNT: Dinitrotoluene  
 TDI: Toluene diisocyanate  
 PO: Propylene oxide  
 MNB: Mononitrobenzene  
 MDI: Methylene diphenyl diisocyanate

**포스젠**  
 (phosgene)

## ■ 연구 상세 내용

- CO<sub>2</sub> 폴리올 기반 친환경 폴리우레탄(NIPU) 제조 촉매 & 공정 기술 개발 및 실증  
: 폴리올→환형 카보네이트→NIPU 제조단계 별 최적 촉매 개발 및 각 공정 10kg/day 급 파일럿 설비 구축을 통한 시제품 확보
- NIPU 반응원리 규명 & 공정모사 기반 제조기술 최적화  
: 전구체 및 CO<sub>2</sub> 화학 반응기작 규명과 공정모사 기반 통합시스템의 안정적 운영기술 개발
- 친환경/고기능성 PU 제조를 위한 나노복합체 기술 개발  
: 이소시아네이트 대체 환형 카보네이트와 아민 활용 친환경 PU 제조 및 나노실리카 함유 NIPU 배합기술 개발로 코팅재 물성 향상



# 경쟁사 (Covestro) CO<sub>2</sub> 폴리올 기반 PU 개발현황

## ■ CO<sub>2</sub> 폴리올 이용 폴리우레탄 적용 확대 (제품명: Cardyon®)

- ('16) 연질폼: 매트리스 및 가구 등
- ('18) Elastomer 및 binder: 하키경기장 시험 설비 적용
- ('18) 빌딩, 가전, 자동차 등 적용 확대 project 착수

Sleeping on CO<sub>2</sub>  
Flexible foam for mattresses



Fit with CO<sub>2</sub>  
Binder for sports flooring



Building, driving, cooling with CO<sub>2</sub>  
Full project pipeline



## ■ 기술 Gap 극복 방안

- 조속한 상용화로 아시아 지역 시장 선점
  - 폴리올의 운송비 고려, 유럽 제품 대비 저가 판매 가능
- CO<sub>2</sub> 폴리올 기반 폴리우레탄의 우수한 특성 발굴, 제품 우수성 홍보
  - VOC 배출저감, 연소특성, 흡음특성 등
- 다양한 용도로의 폴리올 제품군 확보 필요
  - 연질폼외의 경질폼용 폴리올 제조기술 확보 (건축 단열재, LNG선 보냉재 등)



# 연구내용 및 결과

## CO<sub>2</sub> 폴리올 제조 기술

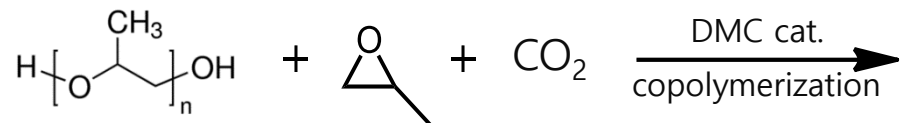
**연구목표** DMC 촉매 대량 제조 및 CO<sub>2</sub> 활용 폴리올 제조 조건 확보

### Double Metal Cyanide (DMC) 촉매 제조 방법

◆ Pilot-scale CO<sub>2</sub> polyol 제조용 DMC 촉매 확보 완료

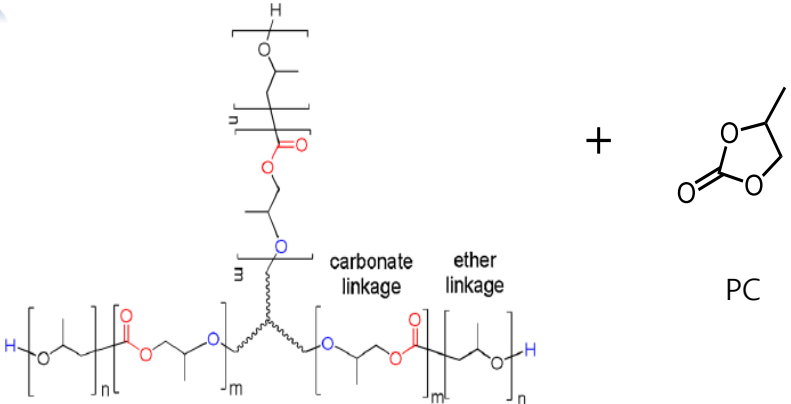


### Polly(ether carbonate) polyol (PEC polyol) 합성 반응



Initiator, Mn=1000, OH functionality = 3

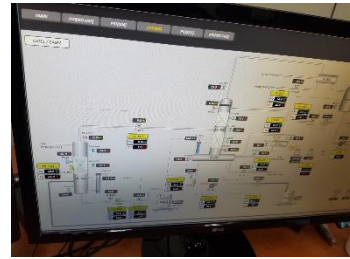
PO



PC

# 연구내용 및 결과

## ■ 보유중 실증설비



# 연구내용 및 결과

## ■ RIST CO2 polyol 발포시험(연질 Slab, 밀도:15kg/m3, Index:110)

- RIST에서 제조한 CO2 폴리올을 사용하여 선 연구 진행으로 발포 시험을 진행.
- 기존 수경화학에서 사용하던 연질 Slab 배합에 적용하여 테스트 진행
- 기존품과 RIST polyol 적용품간의 발포력이나 반응성 측면에서는 별다른 차이가 없는것으로 확인됨.

### \* 향후 계획

- Foam에 대한 물리적 특성 비교(밀도, 경도, 통기도 등)

	기존품 (f=3, M.W:3,000g/mol)	RIST 적용품 (f=3, M.W:3,300g/mol)
CT	16 sec	23 sec
RT (H.B)	118 sec	115 sec
높이	유사함	



## ■ Amine grafted nanosilica의 우레탄 코팅제 혼합

- 현재 사용되어지고 있는 우레탄 코팅제에 혼합하여 난연성 평가
- 미함유 / 1차 반응물 함유 / 2차 반응물함유 의 **UL-94** 측정
- 미함유: V-2 / 1차 반응물 함유: V-2 / 2차 반응물 함유: V-0
- 성적서 성과란 첨부.



경청해 주셔서 감사합니다.