

# 革新的環境技術シンポジウム

## CO<sub>2</sub>の利用は可能か —CO<sub>2</sub>産業利用の現状と今後—

(財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)  
東京分室・研究企画グループ  
高木 正人



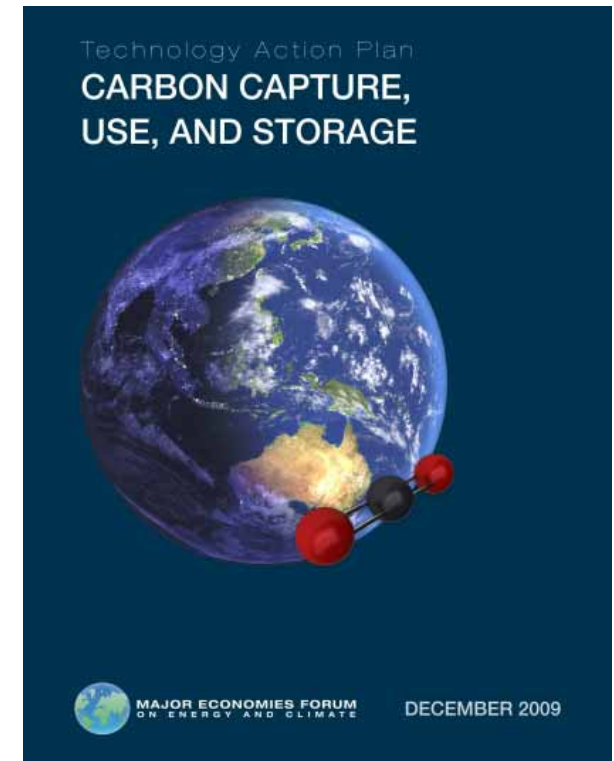
1. はじめに
2. CO<sub>2</sub>の利用技術
3. CO<sub>2</sub>の産業利用の現状
4. CO<sub>2</sub>利用技術の動向
5. CO<sub>2</sub>利用技術の位置づけ
6. CO<sub>2</sub>利用技術としてのバイオマス利用
7. まとめ

## 主要経済国フォーラムMEF 2009年7月首脳宣言

●国情に応じ、既存及び新しい重要な低炭素技術の展開と移転を積極的に加速するために、障壁を撤廃し、インセンティブを創設し、キャパシティ・ビルディングを強化し、及び適切な措置を実施することを約束する。そして、クリーンエネルギー転換技術の開発と普及が早急に必要であることを確認し、**気候に優しい低炭素技術**を推進するため、世界的な協力関係を確立する。

●技術: エネルギー効率性; 太陽エネルギー; スマート・グリッド; **炭素回収・利用・貯留 (CCUS)**; 先進的自動車; 効率的で低排出の石炭技術; バイオエネルギー及び他のクリーン技術

●オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、欧州連合、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、イタリア、日本、韓国、メキシコ、ロシア、南アフリカ、英国、米国 (17カ国)



オーストラリア、英国が  
作成したCCUS報告書

## クリーンエネルギー大臣会合 (CEM)

ワシントンDC 7/19-20

●MEF首脳会合において開始されたグローバル・パートナーシップの技術行動計画(TAP)を前進させるため,7月19・20日,ワシントンDCにおいてクリーン・エネルギー大臣会合が開催され,エネルギー効率,その供給及びエネルギーへのアクセスにつき,新しいイニシアティブが開始された。

●主要経済国フォーラム(MEF)の参加国17カ国が参加。クリーンエネルギー閣僚級会合のプロセスには、MEF参加国と共にUAEを含む8カ国が選ばれて参加。

●CCUSのアクショングループ立ち上げ

# 1 . はじめに CCUSにおけるUse

## CCUS (Carbon, Capture, Use, and Storage)

### Appendix A. Technologies to Capture, Transport, Store, and Use Carbon

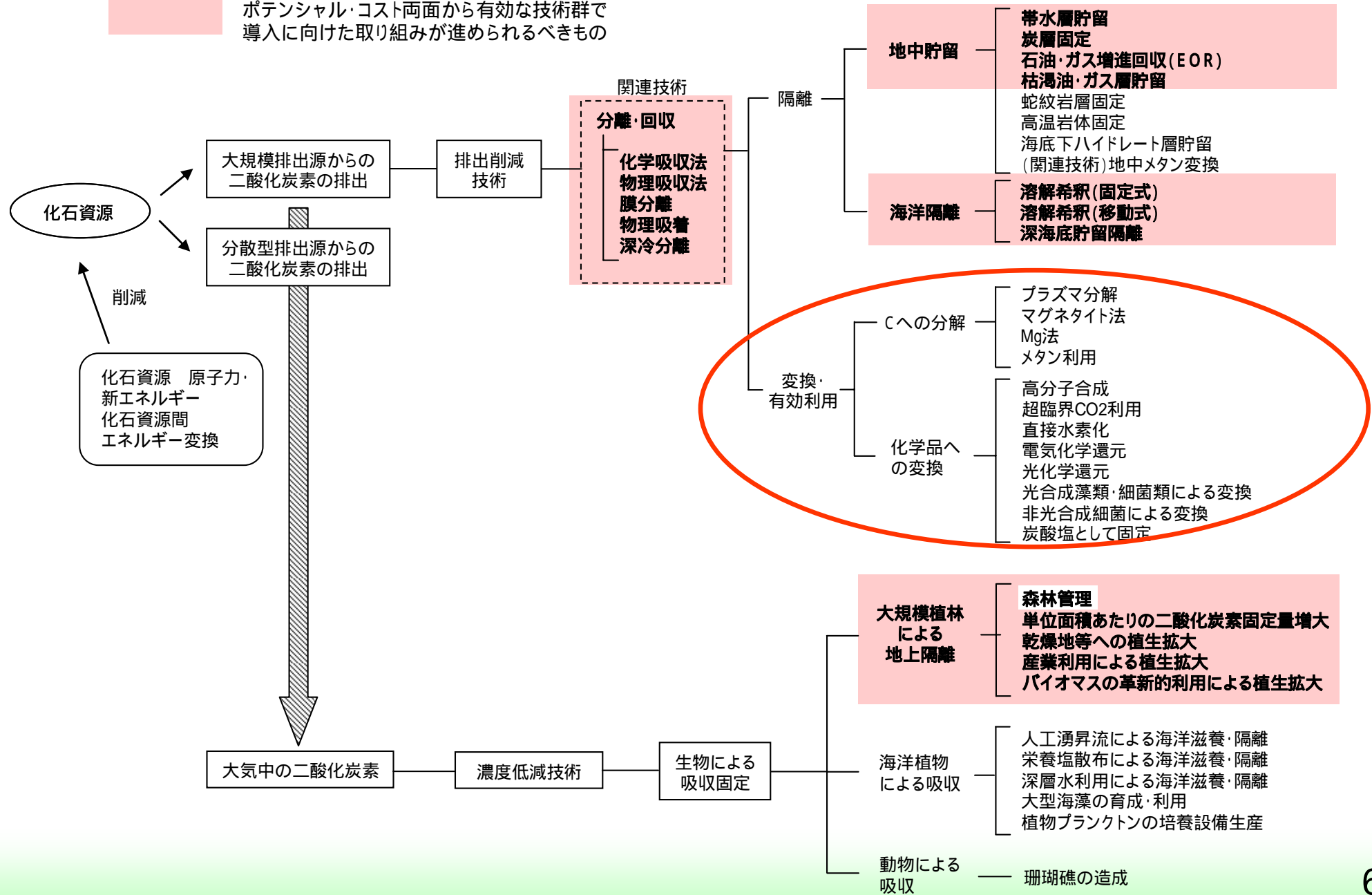
Dioxide .....	25
CO <sub>2</sub> Capture Technologies .....	25
CO <sub>2</sub> Transport .....	25
CO <sub>2</sub> Storage .....	26
CO <sub>2</sub> Use .....	26
Enhanced Oil and Gas Recovery .....	27
Mineralization .....	27
Biofixation .....	28
Industrial Products .....	28

Technology Action Plan, MEF(2009)

CO<sub>2</sub>削減スキームの中での意味を考える

# 2 . CO<sub>2</sub>の利用技術 技術戦略マップでの位置づけ

ポテンシャル・コスト両面から有効な技術群で導入に向けた取り組みが進められるべきもの



# 2 . CO<sub>2</sub>の利用技術

## 技術戦略マップでの位置づけ

### ➤ **カーボンへの分解** (抜粋)

- プラズマ分解: 自然エネルギー由来の電力使用時に意味を持つ可能性があるが、自然エネルギーの直接利用との有効性の比較が必要

### ➤ **化成品への変換** (抜粋)

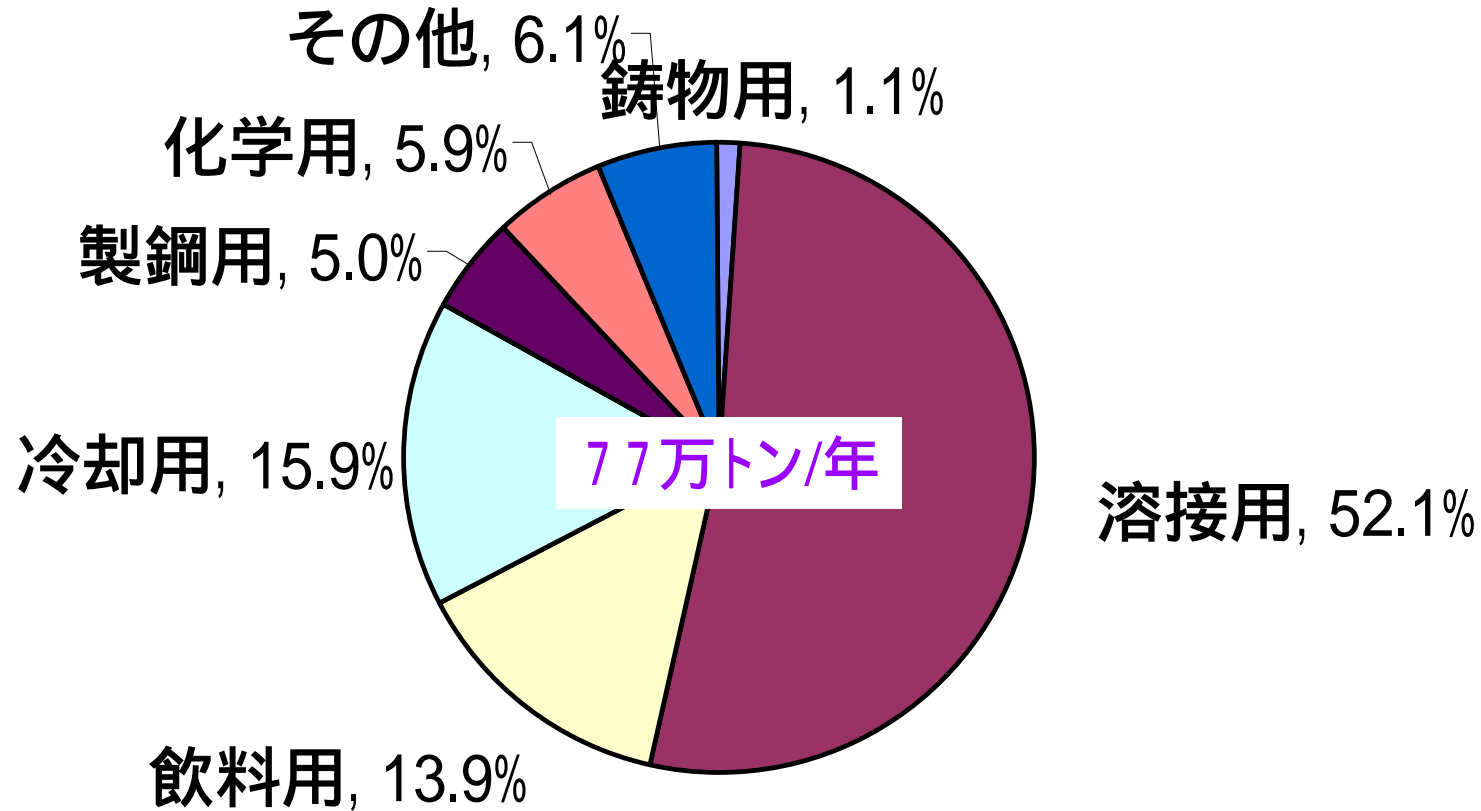
- メタノール、DME: エネルギー変換技術として位置づけるもの (気体燃料 H<sub>2</sub> 液体燃料 炭化水素)
- 炭酸エステル、ウレタン、ポリカーボネート: 省エネ技術、化学品の合成技術として位置づけるもの (改良プロセス 非ホスゲン法)
- 生物学的変換 (光合成藻類等): 大幅に変換効率を高めるブレイクスルー技術が必要。太陽電池や自然エネルギーの直接利用との有効性比較が必要

## 2 . CO<sub>2</sub>の利用技術 MEF - TAPでの位置づけ

- EORに加え、CO<sub>2</sub>は鉱物化(または炭酸化)、薬学および化学的処理、農業および生物学的用途などのいくつかの産業プロセスに利用することができる。
- 現在の用途では、大量のCO<sub>2</sub>を利用しているものはない。大量の吸収が可能な新興技術は、研究または試験的段階にある傾向がある。
- 一部のCO<sub>2</sub>の利用は永久的に貯留するという解決策ではないが、技術が改良され、適切な貯留場所が特定され、CCSのコストが削減されるまでの間、回収コストを相殺するために利用することができる(CSLF 2009)。



# 3 . CO<sub>2</sub>の産業利用の現状 利用状況



工場出荷量 t	用途別出荷割合						
	鋳物用	溶接用	飲料用	冷却用	製鋼用	化学用	その他
767,239	1.1%	52.1%	13.9%	15.9%	5.0%	5.9%	6.1%
	8,440	399,732	106,646	121,991	38,362	45,267	46,802

下段のt表示は、上段%値よりRITEにて逆算したものの。

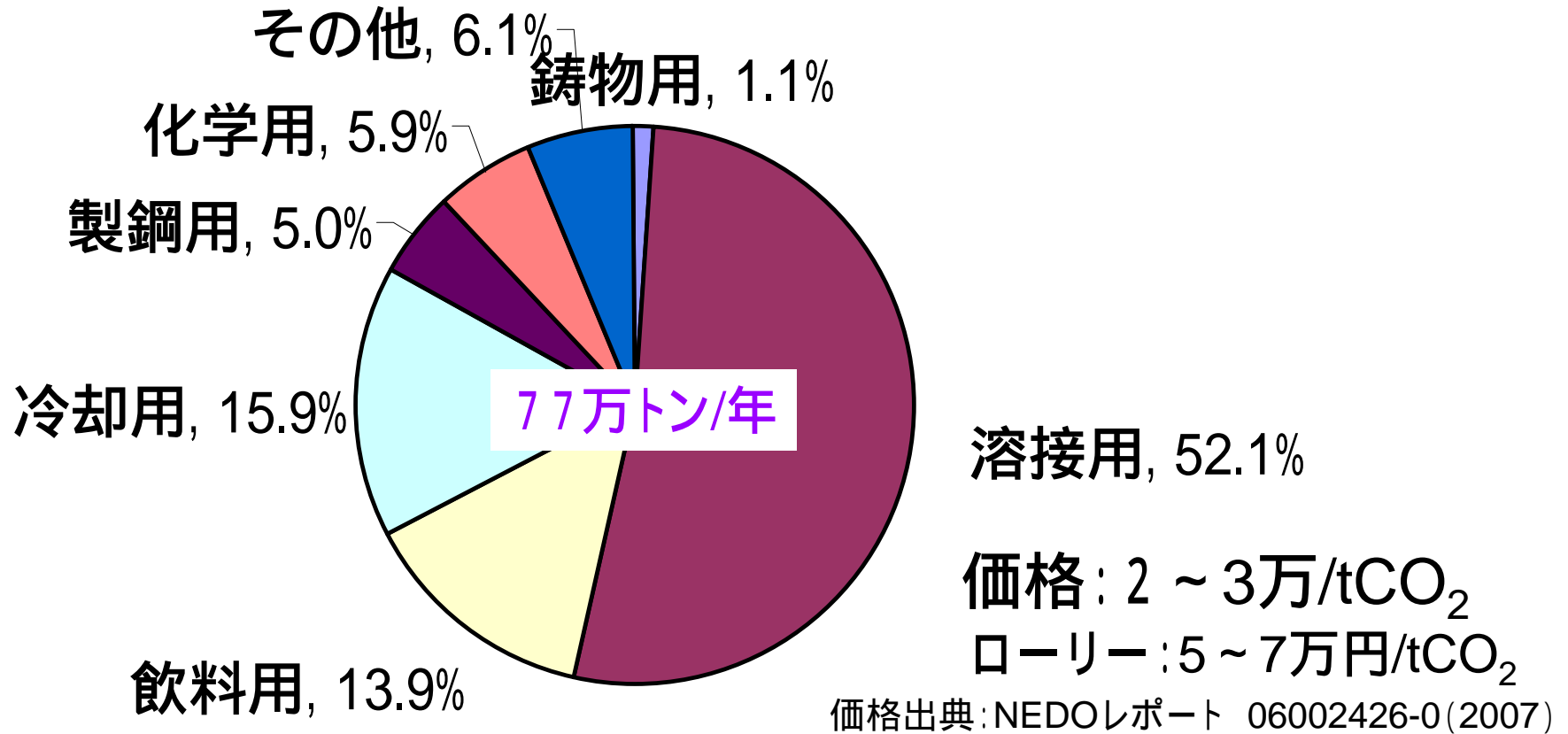
# 3 . CO<sub>2</sub>の産業利用の現状 利用状況

## 【用途の説明】

- ・ 鋳物用・・・鋳造型への吹き付けによる硬化
- ・ 溶接用・・・溶接時のシールドガス
- ・ 飲料用・・・いわゆる炭酸飲料、ならびに飲料製品工場内での圧送
- ・ 冷却用・・・いわゆるドライアイス。また、それを使用した冷却状態での切削加工など
- ・ 製鋼用・・・鋼材中の溶存酸素低減
- ・ 化学用・・・工場でのアルカリ廃水の中和、超臨界での物質抽出、尿素製造など
- ・ その他・・・CO<sub>2</sub>施肥による農産物の生長促進、家畜の麻酔屠殺

# 3 . CO<sub>2</sub>の産業利用の現状 利用状況

CO<sub>2</sub>はいろいろな用途に利用されている。  
しかし、現状での我が国のCO<sub>2</sub>の産業利用量は非常に少ない

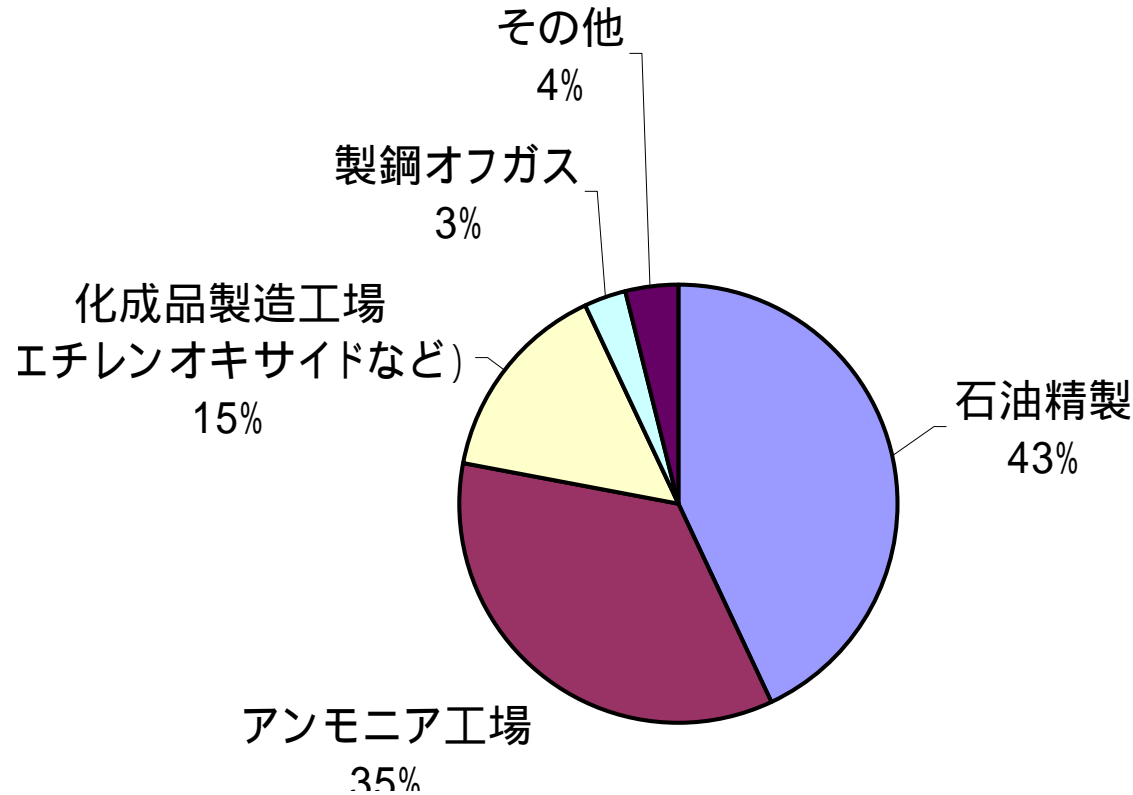


工場出荷量 トン	用途別出荷割合						
	鋳物用	溶接用	飲料用	冷却用	製鋼用	化学用	その他
767,239	1.1%	52.1%	13.9%	15.9%	5.0%	5.9%	6.1%
	8,440	399,732	106,646	121,991	38,362	45,267	46,802

下段のt表示は、上段%値よりRITEにて逆算したものの。

# 3 . CO<sub>2</sub>の産業利用の現状 CO<sub>2</sub>の生産量

化学工場のプロセスガスからの供給でほぼ十分である

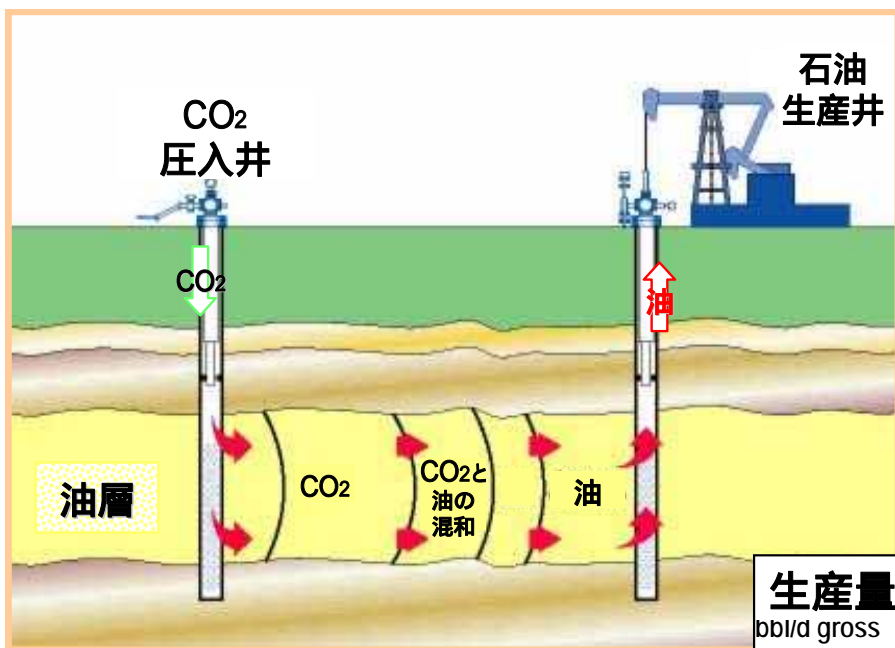


(数量: ton)

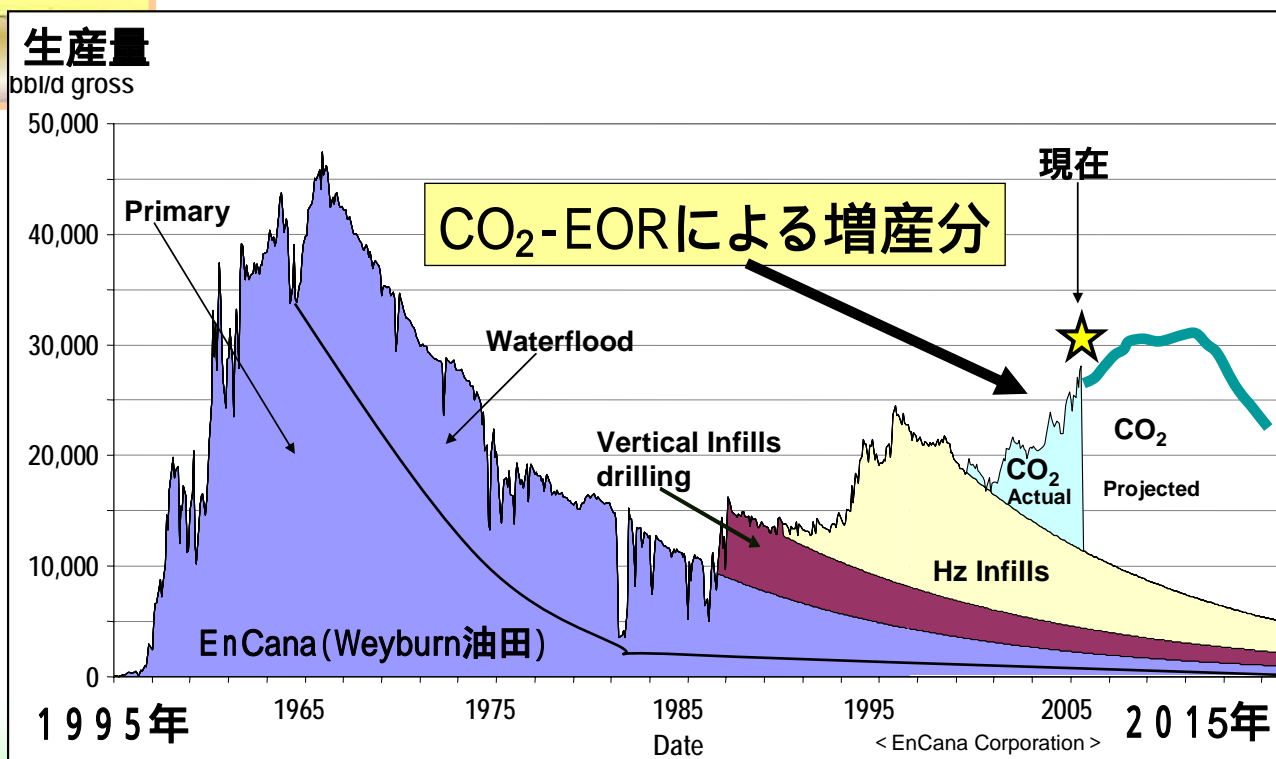
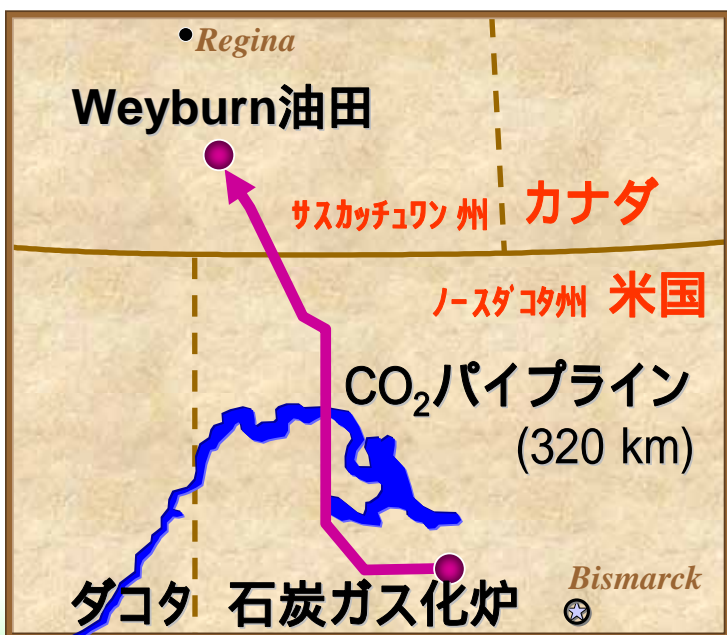
工場地域区分	2003年度		2004年度		2005年度		2006年度		2007年度	
	出荷量	前年比	出荷量	前年比	出荷量	前年比	出荷量	前年比	出荷量	前年比
北海道	20,010	101.5%	17,858	89.2%	18,144	101.6%	19,472	107.3%	19,793	101.6%
東北・関東	290,264	103.5%	312,429	107.6%	304,576	97.5%	307,709	101.0%	292,840	95.2%
中京・北陸	125,481	100.8%	129,312	103.1%	151,864	117.4%	157,654	103.8%	160,891	102.1%
関西・中四国	261,645	103.2%	254,171	97.1%	235,464	92.6%	241,347	102.5%	245,071	101.5%
九州	97,782	104.4%	93,345	95.5%	97,270	104.2%	89,461	92.0%	92,747	103.7%
合計	795,182	103.0%	807,115	101.5%	807,318	100.0%	815,643	101.0%	811,342	99.5%

- 石油の増産技術：
  - 従来の石油産生技術：貯留層の石油の5～15%程度
  - 2次的回収技術(水攻法等)：回収率を30～50%に上昇
  - CO<sub>2</sub>注入などの3次的回収技術：さらに回収を進める
- すでに世界で利用されている技術(米・カナダ)
  - 2008年には、米国で100を超えるプロジェクトが実施されており、増油量は25万バレル/日。
- CO<sub>2</sub>の発生場所：ほとんどが天然CO<sub>2</sub>か、天然ガス生産設備からの回収。
  - 分離回収されたCO<sub>2</sub>を利用しているプロジェクトとしては  
Weyburn-Midale(カナダ), Salt Creek(米),  
Rangley Weber(米)、大慶・吉林油田(中国)
- CO<sub>2</sub>トン/石油バレル = 約0.3

# Weyburn, Canada



- ・石油増進回収 (EOR) のため CO<sub>2</sub> 圧入
- ・2000年開始。
- ・100万 t-CO<sub>2</sub>/年、20年間の計画  
現在の圧入量: 240+40万tCO<sub>2</sub>/年
- ・原油の回収率増加:  
約30% 約45%

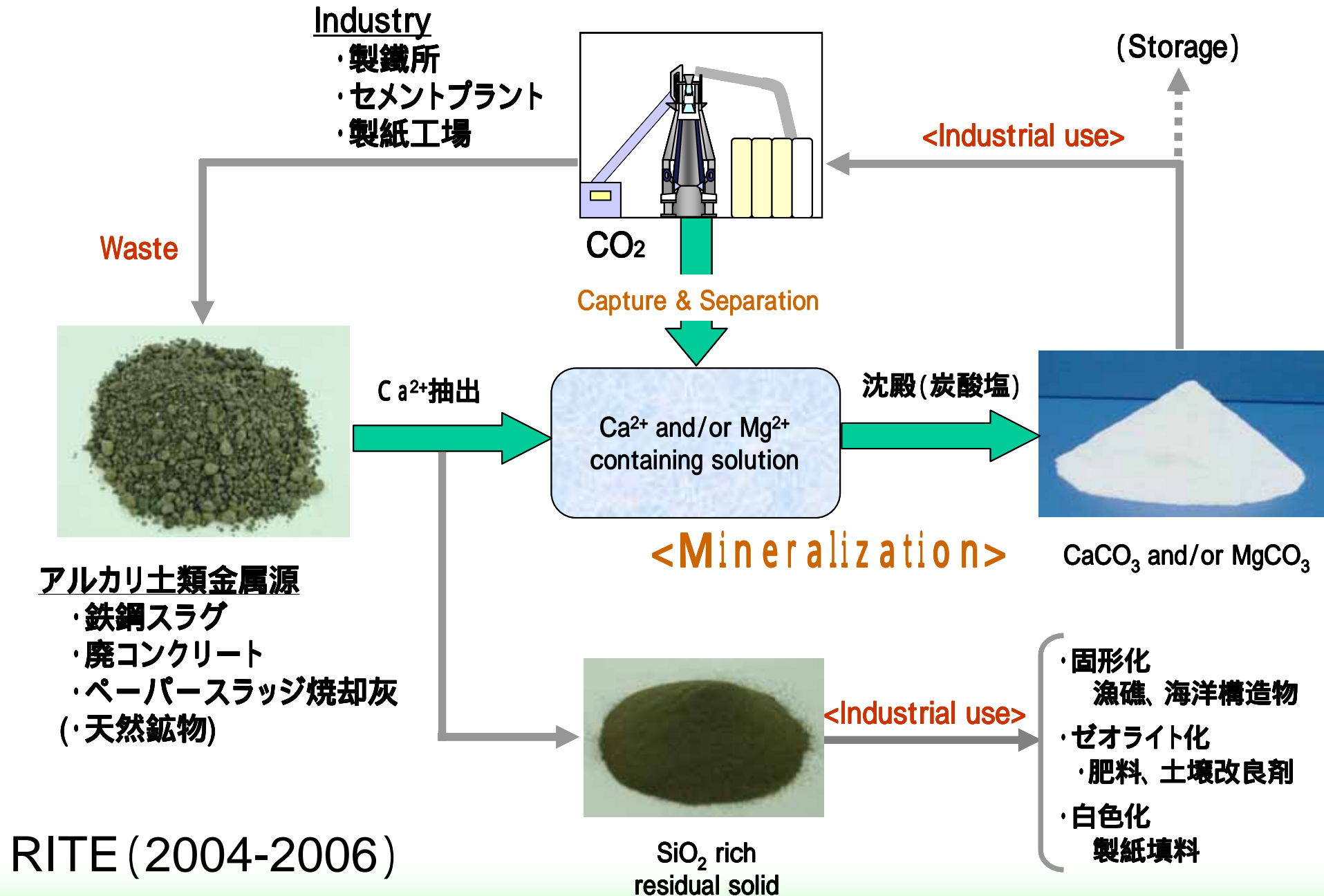


- 地下の天然鉱物とCO<sub>2</sub>を反応させ地下で炭酸塩として固定
  - 蛇紋岩層へのCO<sub>2</sub>圧入 (RITE)
  - 地熱帯へのCO<sub>2</sub>圧入 (RITE、電中研等)
  
- プラントでスラグ等とCO<sub>2</sub>を反応させて炭酸塩を製造
  - 製鋼スラグ、廃コンクリート等 (RITE)
  - ボーキサイト廃棄物 (アルコア、豪)
    - 赤泥：酸化鉄、シリカ、チタニア

Kwinana carbon capture plant

炭酸塩は路盤材、建設材、土壌改良材として利用  
廃棄物の25%を炭酸塩化。さらに増強を予定。  
7万トンCO<sub>2</sub>/年。

# 4 . CO<sub>2</sub>利用技術の動向 鉱物固定





- 生物固定はCO<sub>2</sub>と太陽エネルギーによりバイオマスを産生する技術
  - 通常のバイオマス生産では大気中0.04%のCO<sub>2</sub>を固定
  - 固定排出源に隣接した場所でCO<sub>2</sub>濃度を上昇させ、バイオマス生産
    - (温室)園芸、植物工場  
人工的にCO<sub>2</sub>濃度を上げることで植物の成長速度が上がることを利用
    - 微細藻類またはシアノバクテリア
- バイオマスからはガスまたは液体燃料、あるいは食品、肥料、プラスチックなどの高付加価値製品に変換が可能
- 大規模なCO<sub>2</sub>固定のためには大きな空間が必要であることが課題

## 4 . CO<sub>2</sub>利用技術の動向 生物固定



- ロッテルダムのシェルの石油精製プラントでは年間600万トンのCO<sub>2</sub>が発生。
- 約50万トンのCO<sub>2</sub>を農家に販売。1300ha。
- CO<sub>2</sub>濃度を2倍にすると、約25%成長が速くなる。

<http://www.dwworld.de/dw/article>

/0,,2214482,00.html

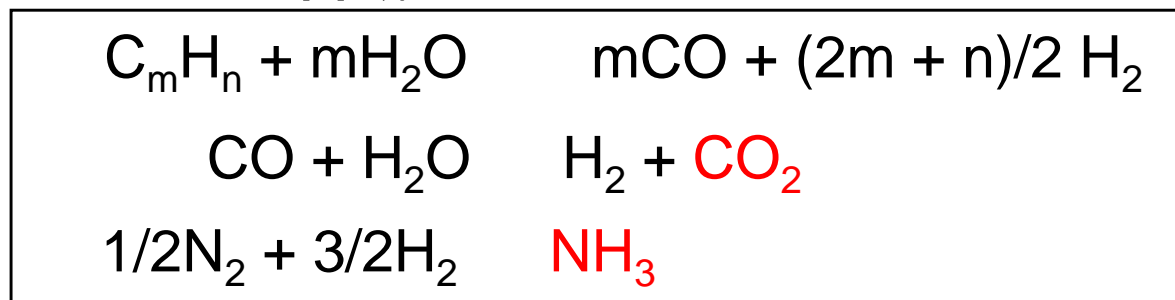
- 日本においても同様の温室栽培が実施されている。  
例) 響灘菜園 カゴメー電源開発

- 炭酸水の施肥により苗の根量増加  
(RITEー王子製紙、2002-2004)

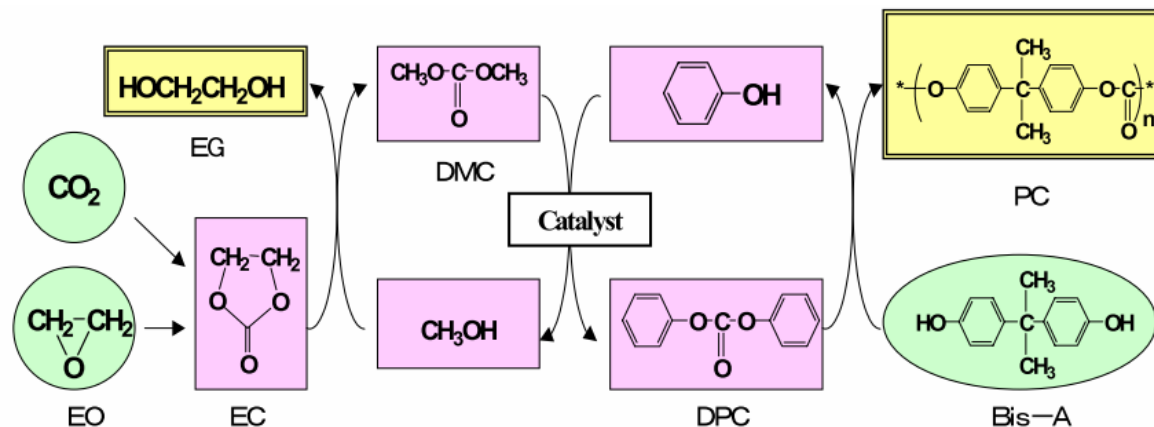
## ➤ 尿素



## アンモニア合成プラント



## ➤ 非ホスゲン法ポリカーボネート(旭化成)



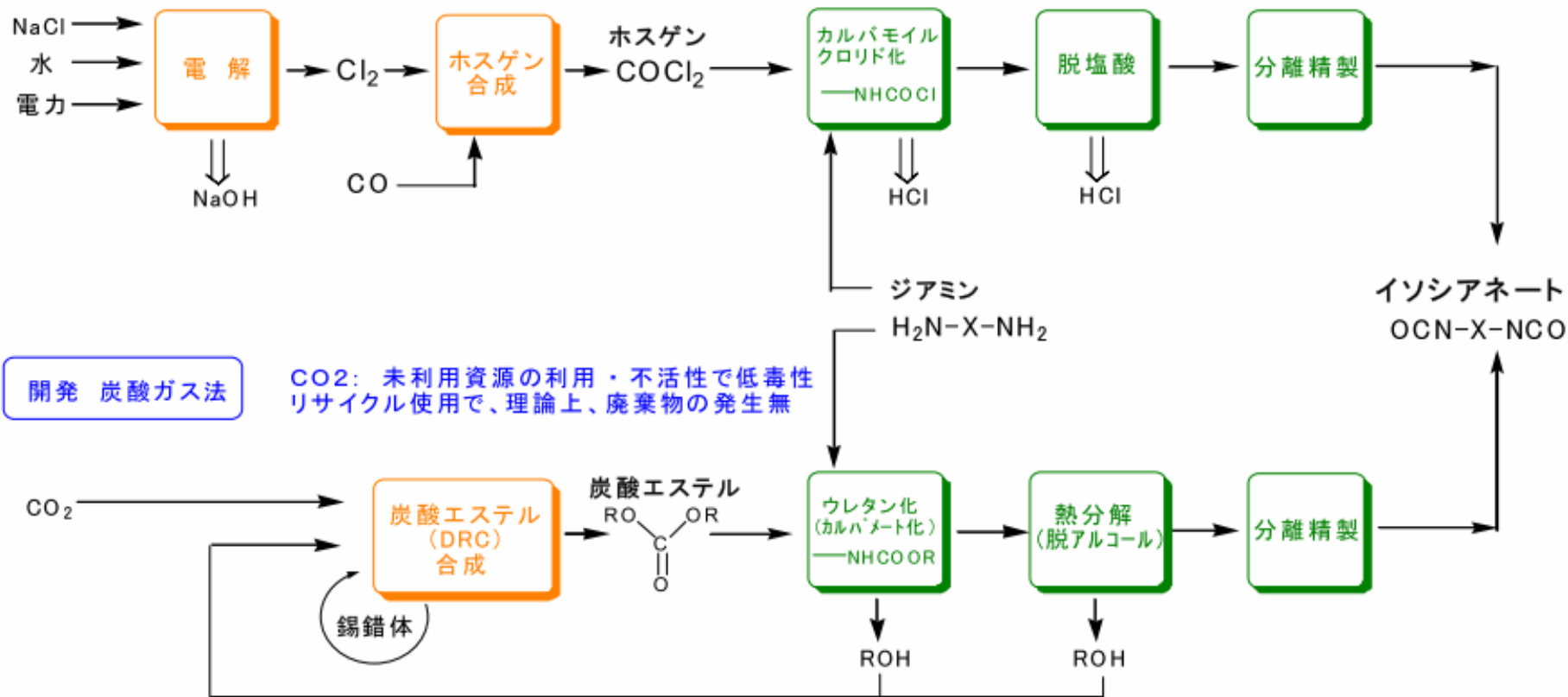
EO: エチレンオキシド    EG: エチレングリコール    EC: エチレンカーボネート    PC: ポリカーボネート  
 DMC: ジメチルカーボネート    DPC: ジフェニルカーボネート    Bis-A: ビスフェノールA

出典: NEDOレポート  
 06002426-0(2007)

## ➤非ホスゲンポリウレタン

現行 ホスゲン法

ホスゲン: 毒性・電力消費 塩化水素: 量論の副生・装置の腐食



前段

後段

出典: NEDOレポート  
06002426-0(2007)

# 4 . CO<sub>2</sub>利用技術の動向 化学品原料

化学品	市場(世界) Mt/y	CO <sub>2</sub> 使用量 MtCO <sub>2</sub>
尿素	90	65
メタノール	24	< 8
無機炭酸塩	8	3
有機カーボネート (ポリカーボネート <sup>a</sup> )	2.6 (約3)	0.2 (1.7)
ポリウレタン	10	< 10

IPCC特別報告書(2005)

<sup>a</sup>化学と教育 54巻1号(2006)

- CO<sub>2</sub>を原料に用いた化学品の製造が商業規模で実施されているが、CO<sub>2</sub>としては当該化学工場のプロセスガスが使用される。
  - アンモニア合成で発生するCO<sub>2</sub> 尿素合成
  - 酸化エチレン製造で発生するCO<sub>2</sub> ポリカーボネート
  
- 化学品原料としてのCO<sub>2</sub>の使用量は小さいため、CO<sub>2</sub>削減への寄与は小さい。
  
- メタノールやDMEなど製造では、H<sub>2</sub>やメタンなどの還元剤が必要であり、これらの起源も問題となる。

2つの視点:

- 1 . CO<sub>2</sub>利用技術は有効なCO<sub>2</sub>削減技術となるか？
- 2 . CCS とCO<sub>2</sub>利用を組み合わせること  
でCCSの推進が促進できるか？  
— 世界・日本

# 5 . CO<sub>2</sub>利用技術の位置づけ

## CCSとの複合 CO<sub>2</sub>-EOR

EORはCCSに経済性を与え、促進策として機能する重要な手段である。日本では実施場所が少ない。

### CCSプロジェクト -7300円/tCO<sub>2</sub>

- ・分離回収:4200円
- ・輸送:800円  
20km、距離による
- ・貯留:2300円  
場所による

50  
USD/tCO<sub>2</sub>

### EOR

3.3バレル/tCO<sub>2</sub>  
油価:70USD/バレル  
収入231USD/tCO<sub>2</sub>

油田による

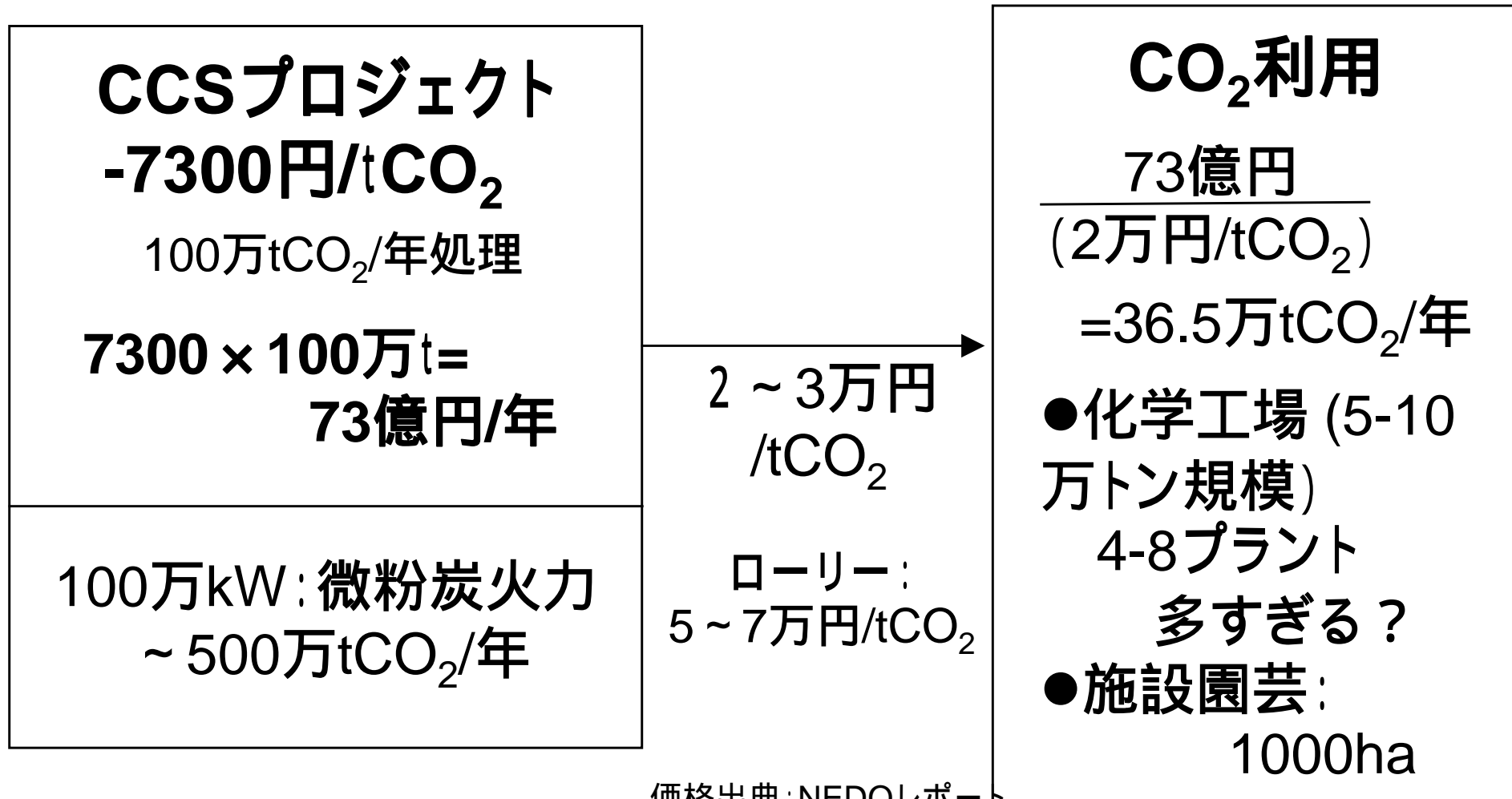
三菱重工技報 VOL.44 NO.1: 2007



# 5. CO<sub>2</sub>利用技術の位置づけ

## CCSとの複合 他のCO<sub>2</sub>利用

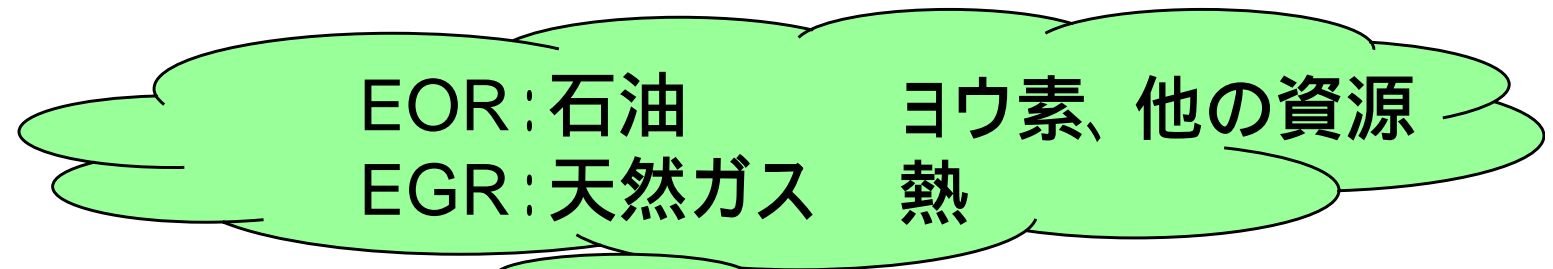
100万吨規模のプロジェクトならあり得ない話ではない



価格出典：NEDOレポート  
06002426-0(2007)

# 5 . CO<sub>2</sub>利用技術の位置づけ CCSとの複合

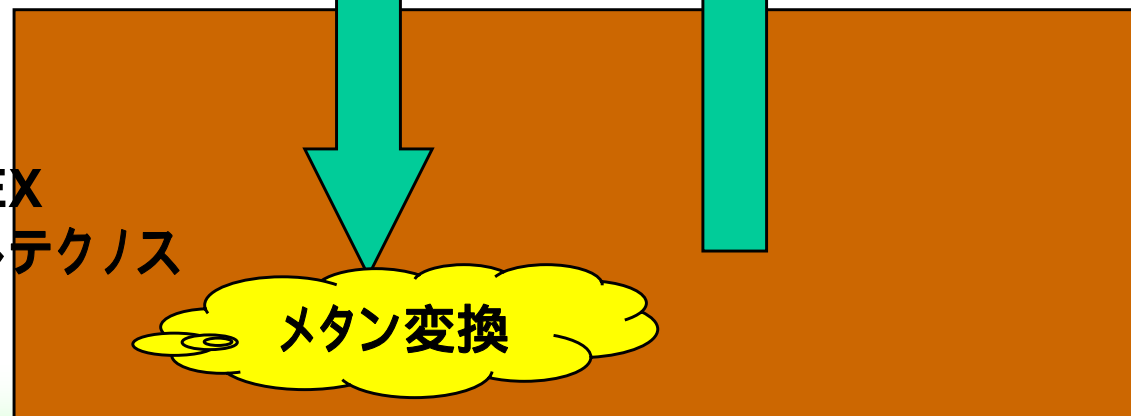
EORのアナロジー：有価物が生産できないか？



CO<sub>2</sub> 有価品

圧入井

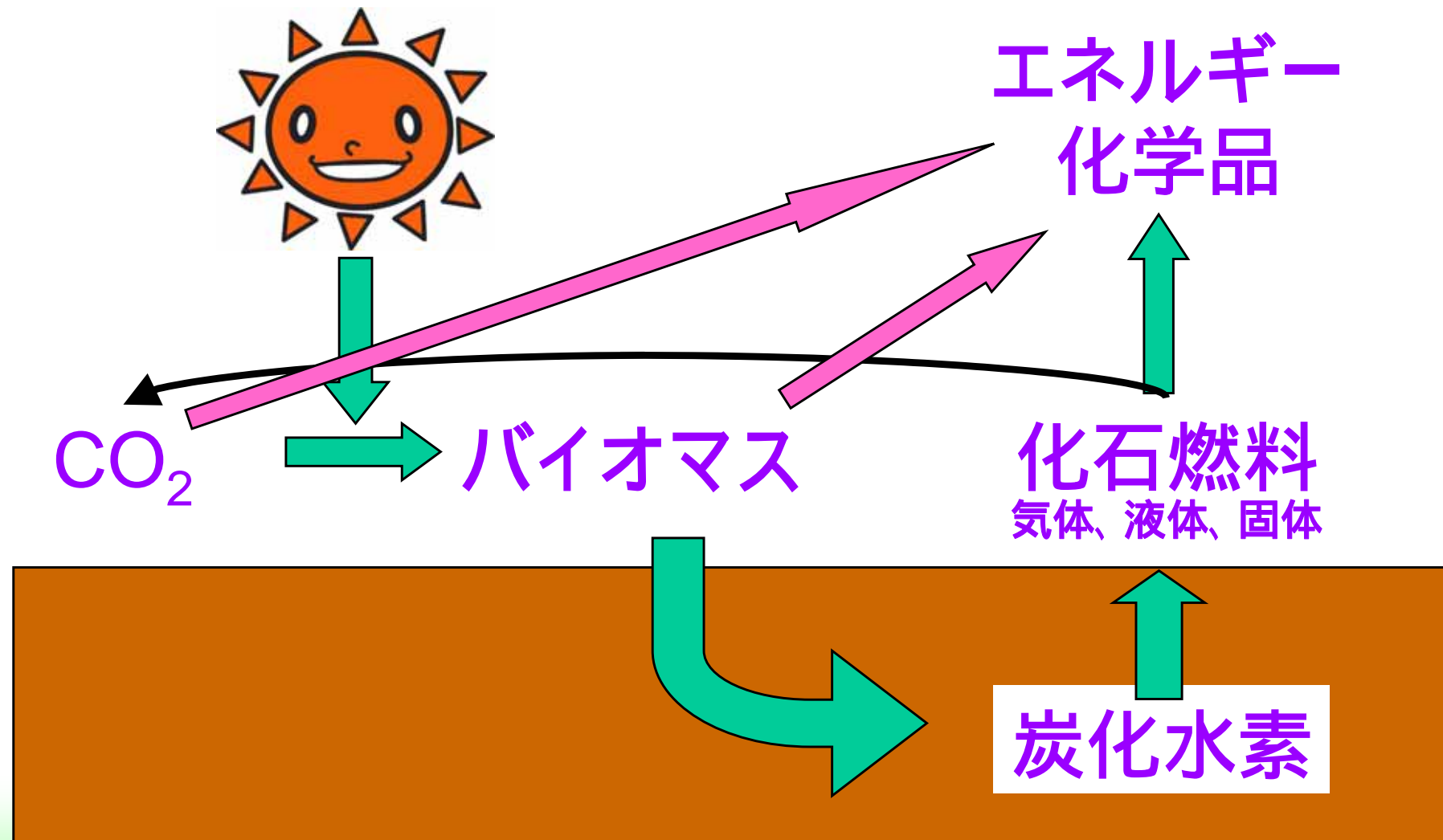
生産井



東京大学 / INPEX  
JOGMEC / 中外テクノス  
など

# 5 . CO<sub>2</sub>利用技術の位置づけ 削減技術として

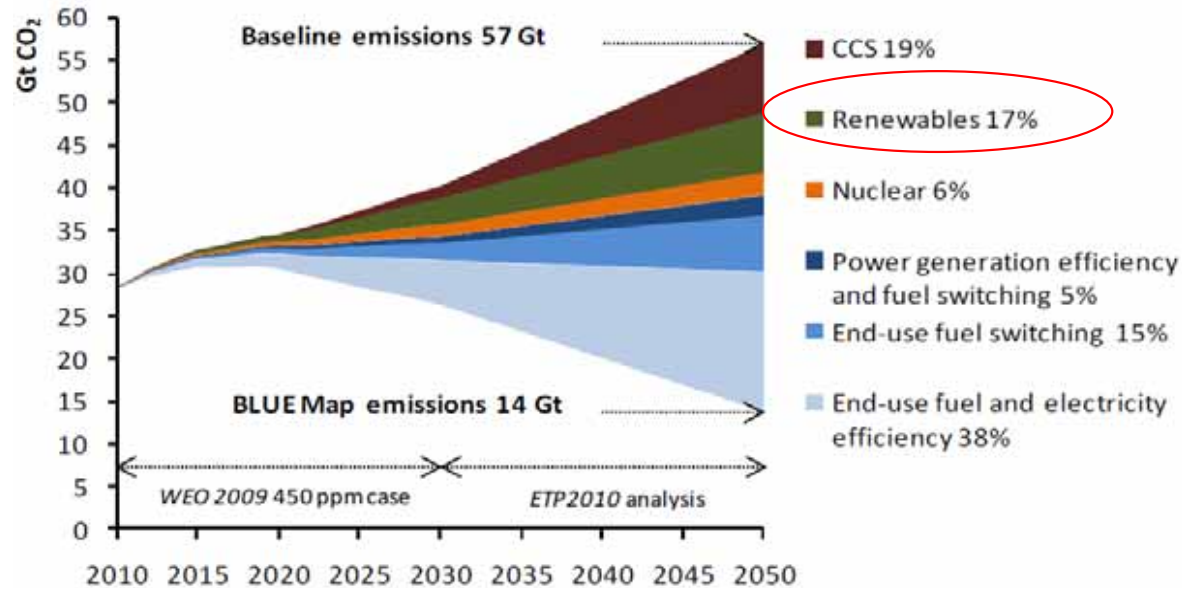
有効利用の多くは追加エネルギーが必要  
太陽エネルギーを利用する生物固定が自然の理にかなっている..



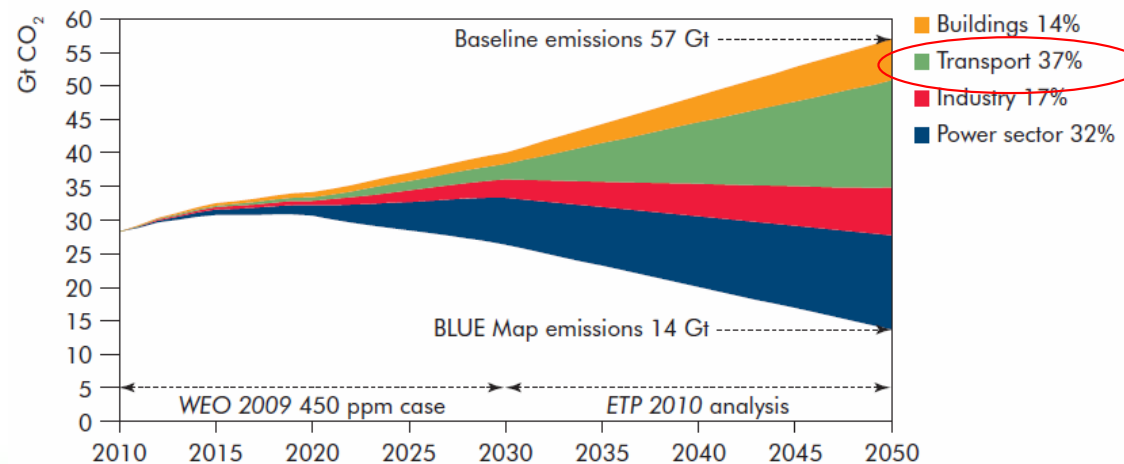
# 6 . CO<sub>2</sub>利用技術としてのバイオマス利用 位置づけは？

## IEAの分析: 2050年50%排出削減シナリオ

技術別



セクター別



# 6 . CO<sub>2</sub>利用技術としてのバイオマス利用 位置づけは？

2050年半減シナリオ達成のために一次エネルギーとしては  
バイオマスに期待

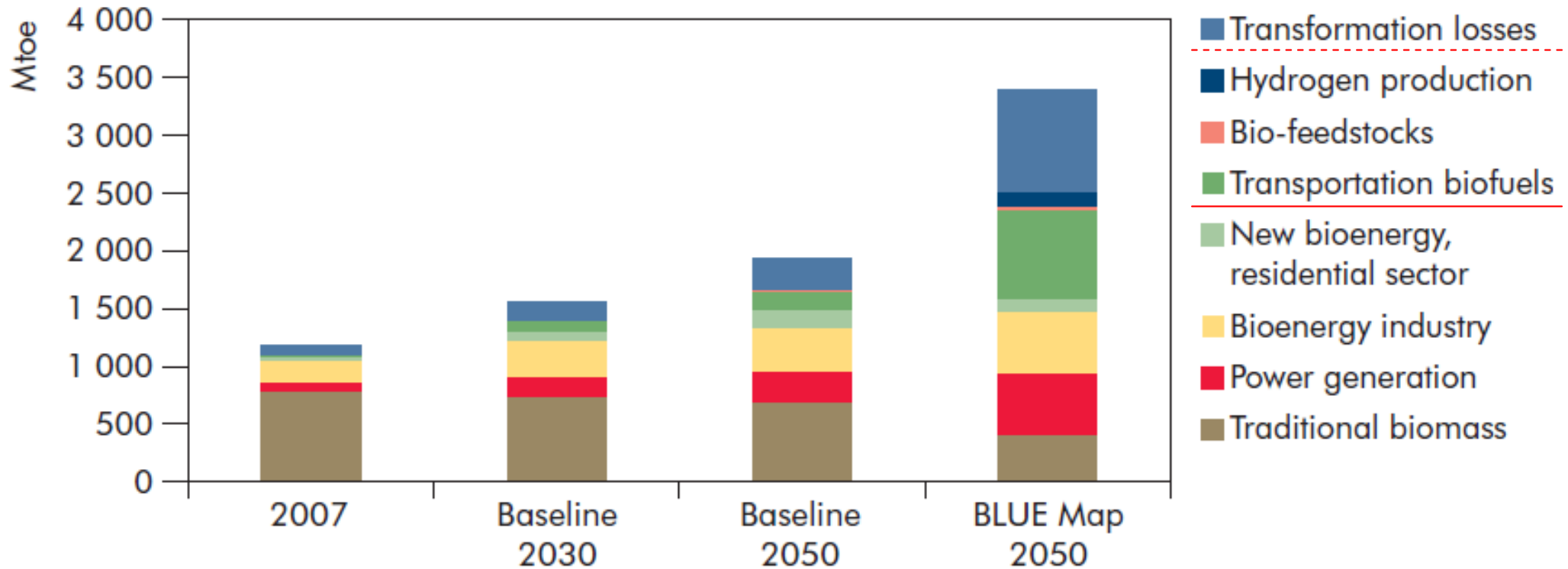
Figure 2.14 ▶ Primary energy demand by fuel and by scenario



# 6 . CO<sub>2</sub>利用技術としてのバイオマス利用 位置づけは？

## 特に輸送分野でのバイオマス利用の寄与が大きい

### バイオマスエネルギー使用量の内訳



(出典) IEA Energy Technology Perspective 2010

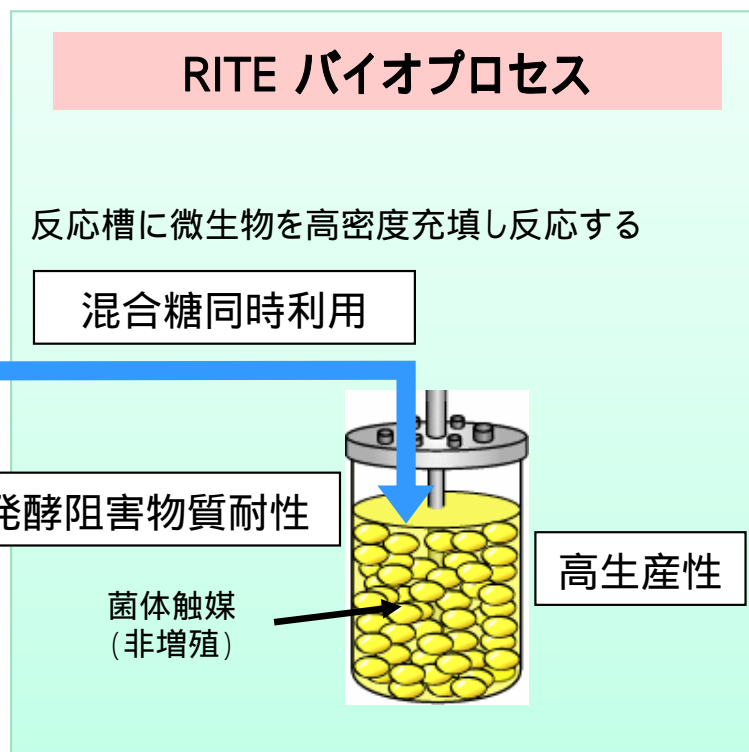
# 6. CO<sub>2</sub>利用技術としてのバイオマス利用 エネルギー・化学品生産

## CO<sub>2</sub>はバイオマスを経て種々のエネルギー・化学品に利用される

非食料バイオマス



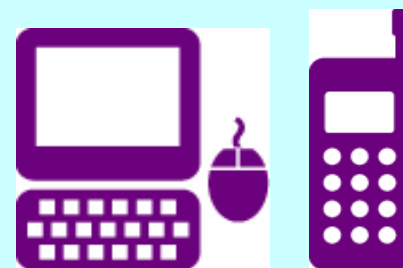
C6糖 6  
C5糖 5



- C<sub>2</sub> エタノール
- C<sub>3</sub> プロパノール
- C<sub>4</sub> ブタノール等
- 芳香族類  
カルボン酸  
アミン等

グリーン化学適合反応技術

自動車部材、包装材  
電気製品部材、  
炭素繊維、各種樹脂等



**バイオ燃料**  
(エタノール、ブタノール他)

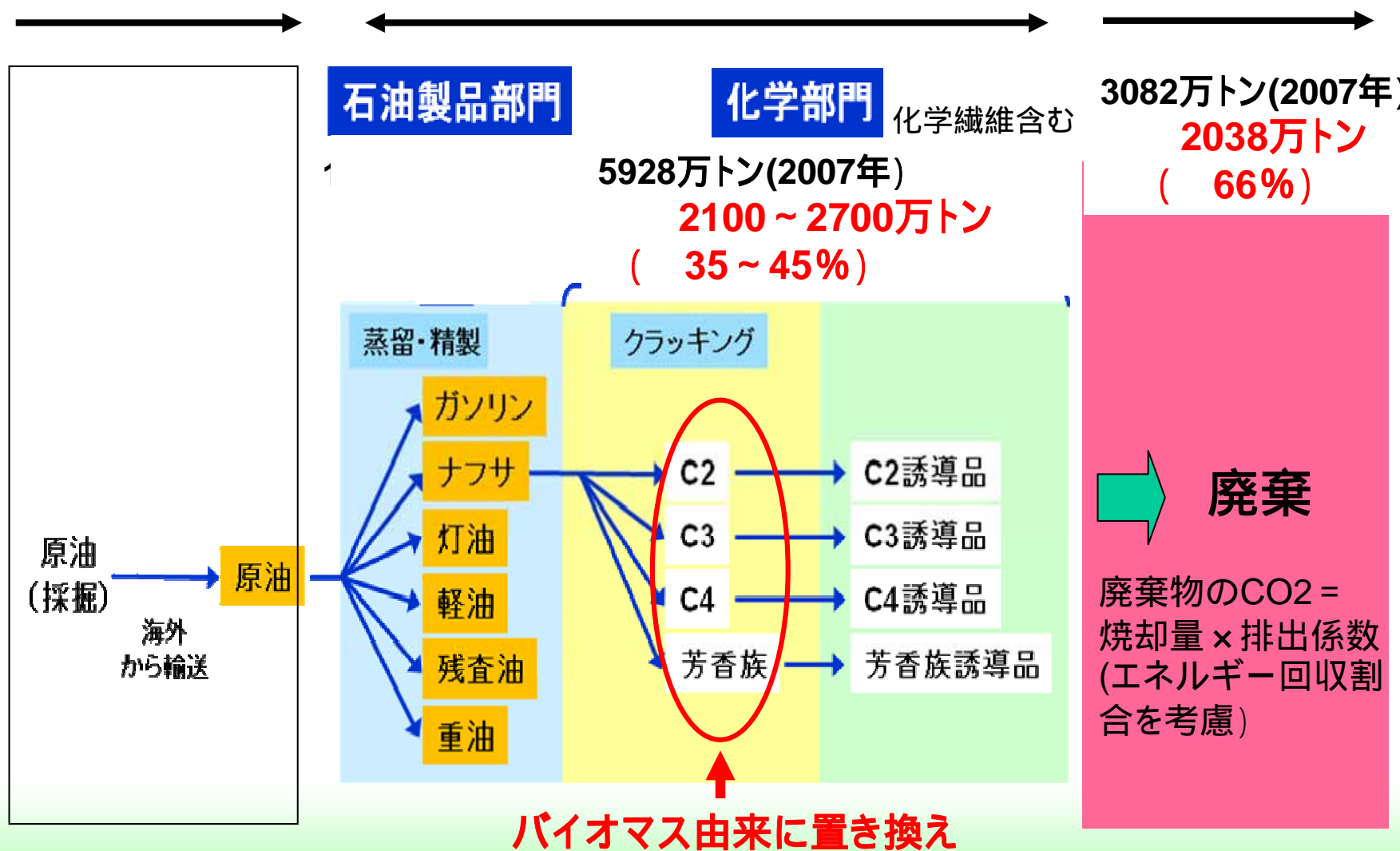
# 化学工業のグリーン化によるCO<sub>2</sub>削減(日本)

石油基礎製品をバイオマス由来に置換すると、4000～5000万トンのCO<sub>2</sub>の削減が期待される

原油の採掘・輸送  
(産油国分としてカウント)

石油化学プロセス  
(石油精製・化学分野としてカウント)

廃棄物  
(廃棄物分野でカウント)





# 石油化学とグリーンプロセスでのCO<sub>2</sub>排出量比較

## 石油化学プロセス(石油蒸留・精製を除く)

kg-CO<sub>2</sub>/kg resin

原料	-	-	ナフサ分解 ・重合	トータル 排出係数	製品
原油	-	-	1.10	1.10	LDPE

出典:(社)プラスチック処理推進協会「石油製品のLCIデータ調査報告書(2009)」

## グリーンプロセス

原料	栽培・輸送	糖化・醗酵	脱水・重合	トータル 排出係数	製品
コーン ストーバー	0.25 輸入0	0	0.17	<b>0.42</b> <b>輸入0.17</b>	LDPE

出典:DOE資料、NEDO資料等を基にRITEで算出

- CO<sub>2</sub>利用技術としてEOR、鉱物固定、生物固定、化学  
品製造などがあり、その動向をみてきた
- EORを除くCO<sub>2</sub>利用技術には、エネルギー変換、化学  
品原料変換、省エネなどの意味があるが、CO<sub>2</sub>削減技  
術としては限定的である
- CCSとCO<sub>2</sub>利用を組み合わせることは、CCSの費用を  
相殺させるために有効である場合がある
- バイオマス利用はCO<sub>2</sub>の利用技術にほかならず、今後  
期待できる領域である

ご静聴ありがとうございました