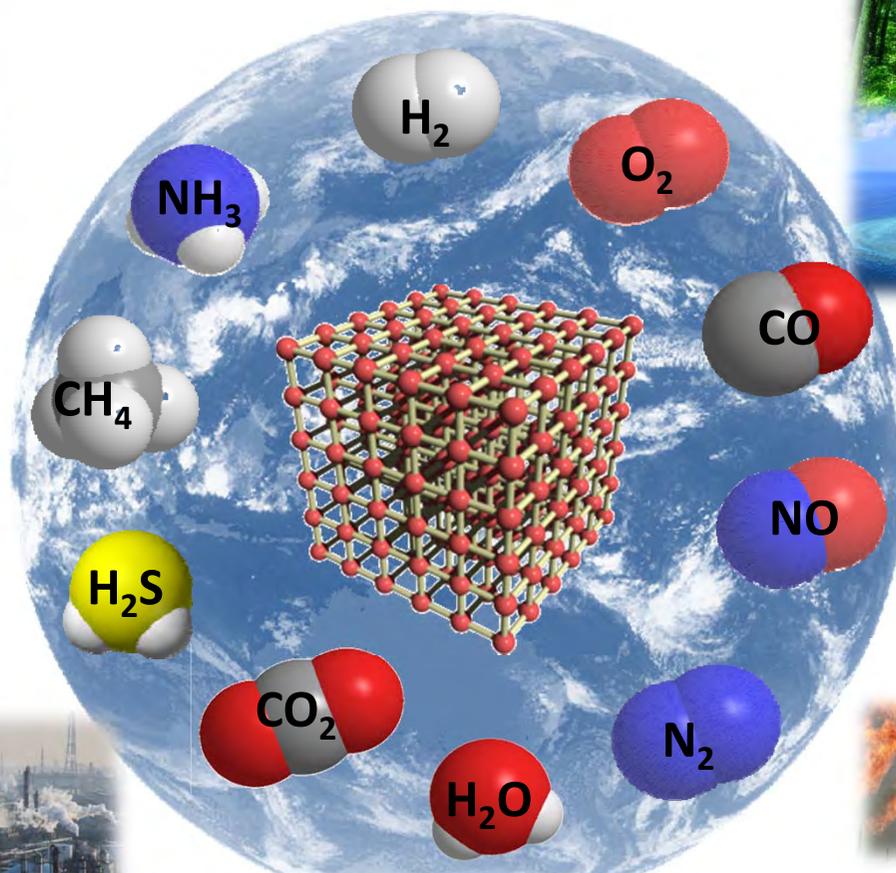


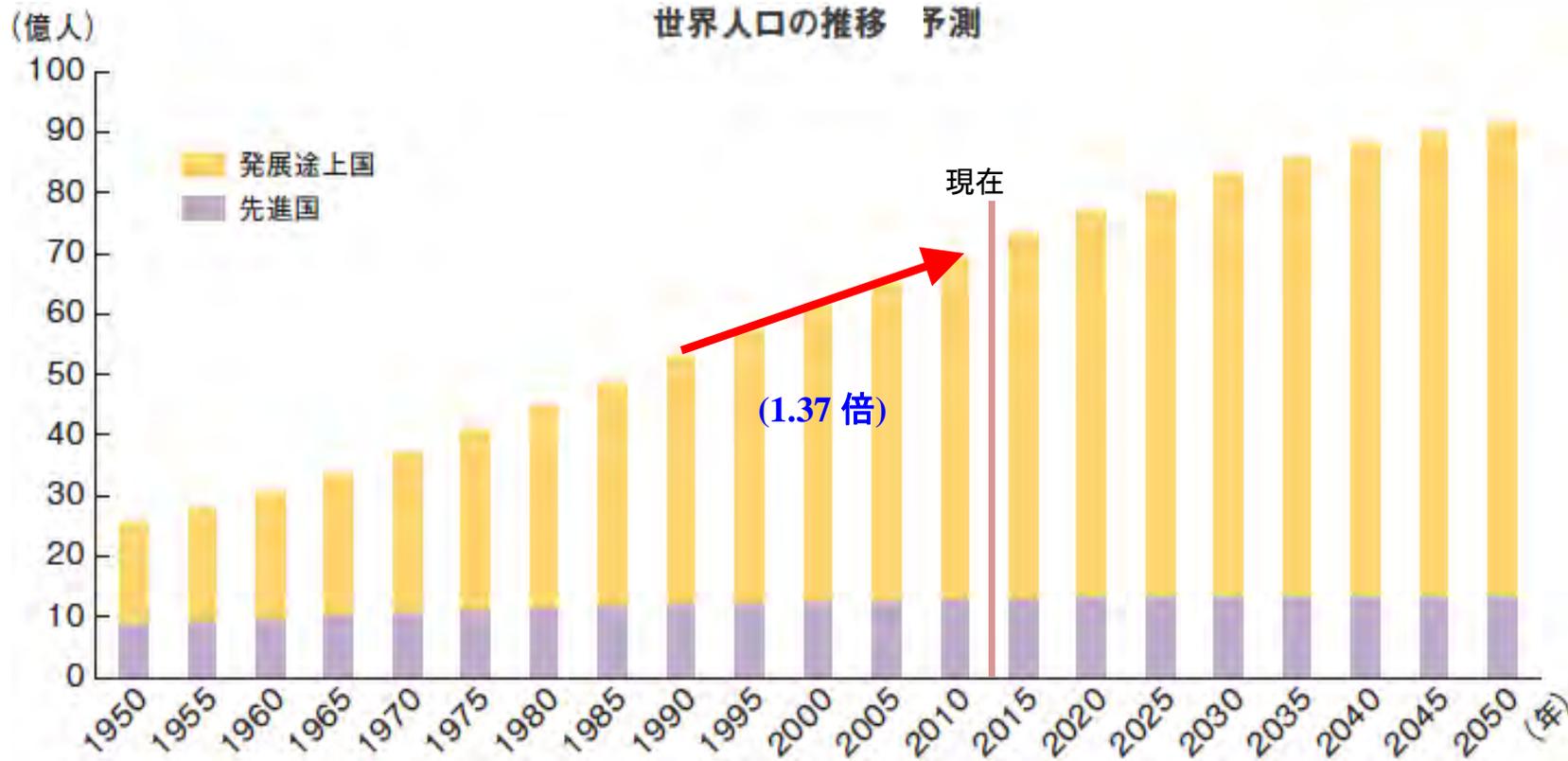


多孔性配位高分子(PCP)による 気体のサイエンスとテクノロジー



京都大学 WPI-物質-細胞統合システム拠点
北川 進

世界の資源、エネルギー



発展途上国

- 経済発展
- 人口増加



不足

- ・エネルギー
- ・資源
- ・食料
- ・水

資源を巡る紛争

保持国の資源ナショナリズム

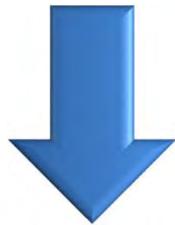
資源のない日本が、
資源を持つ大国になる日

果たして夢か、または現実となりうるか？

気体のサイエンスとテクノロジー

一酸化窒素
一酸化炭素
硫化水素

生命



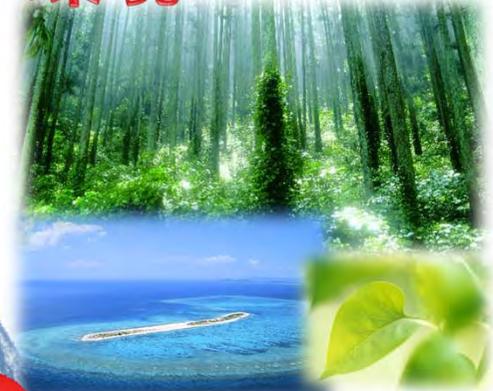
メタン
水素

エネルギー



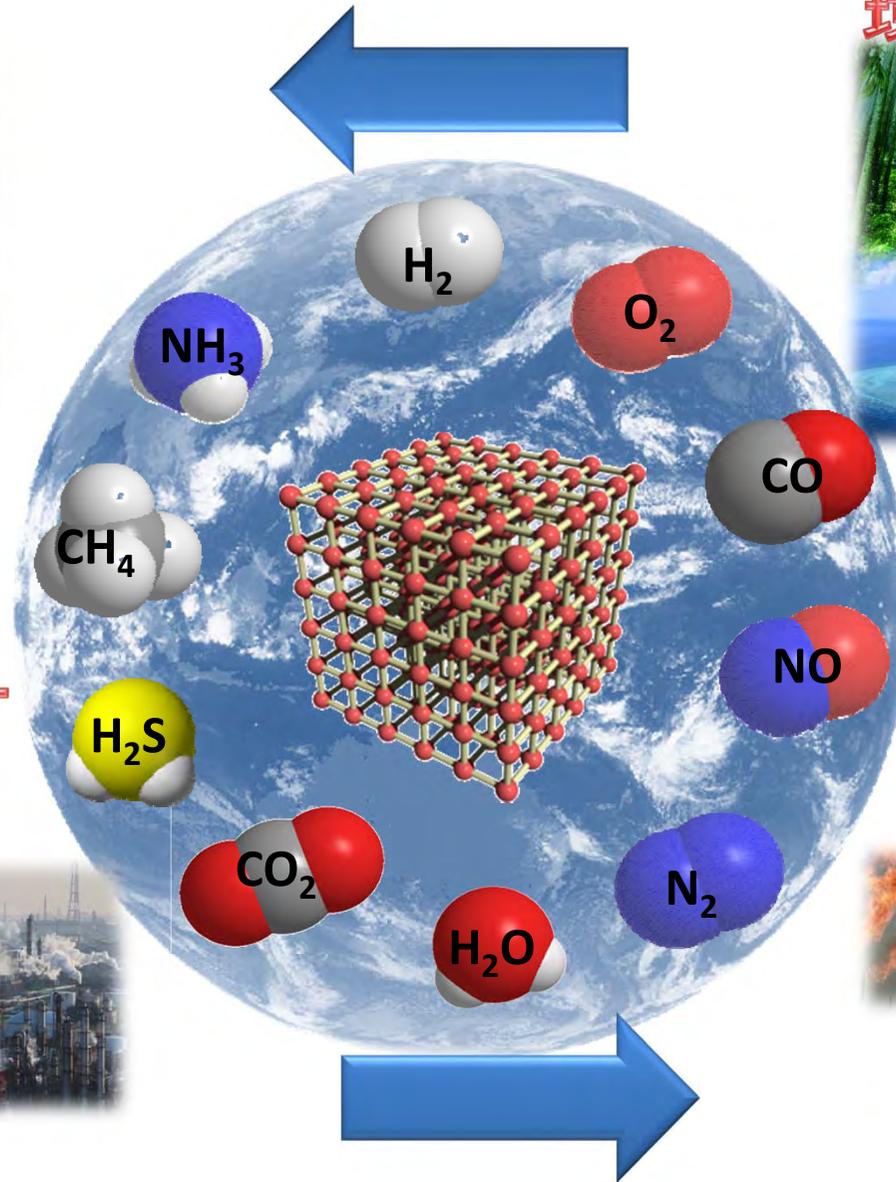
環境

二酸化炭素
酸素
...



資源

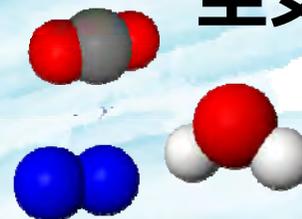
二酸化炭素
一酸化炭素
窒素
酸素
...



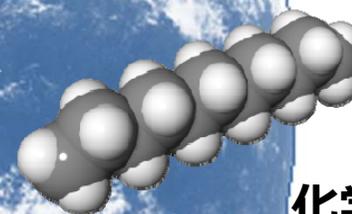
資源のない日本が、ある日資源を持つ大国になる

石油代替

空気、水



気体の錬金術



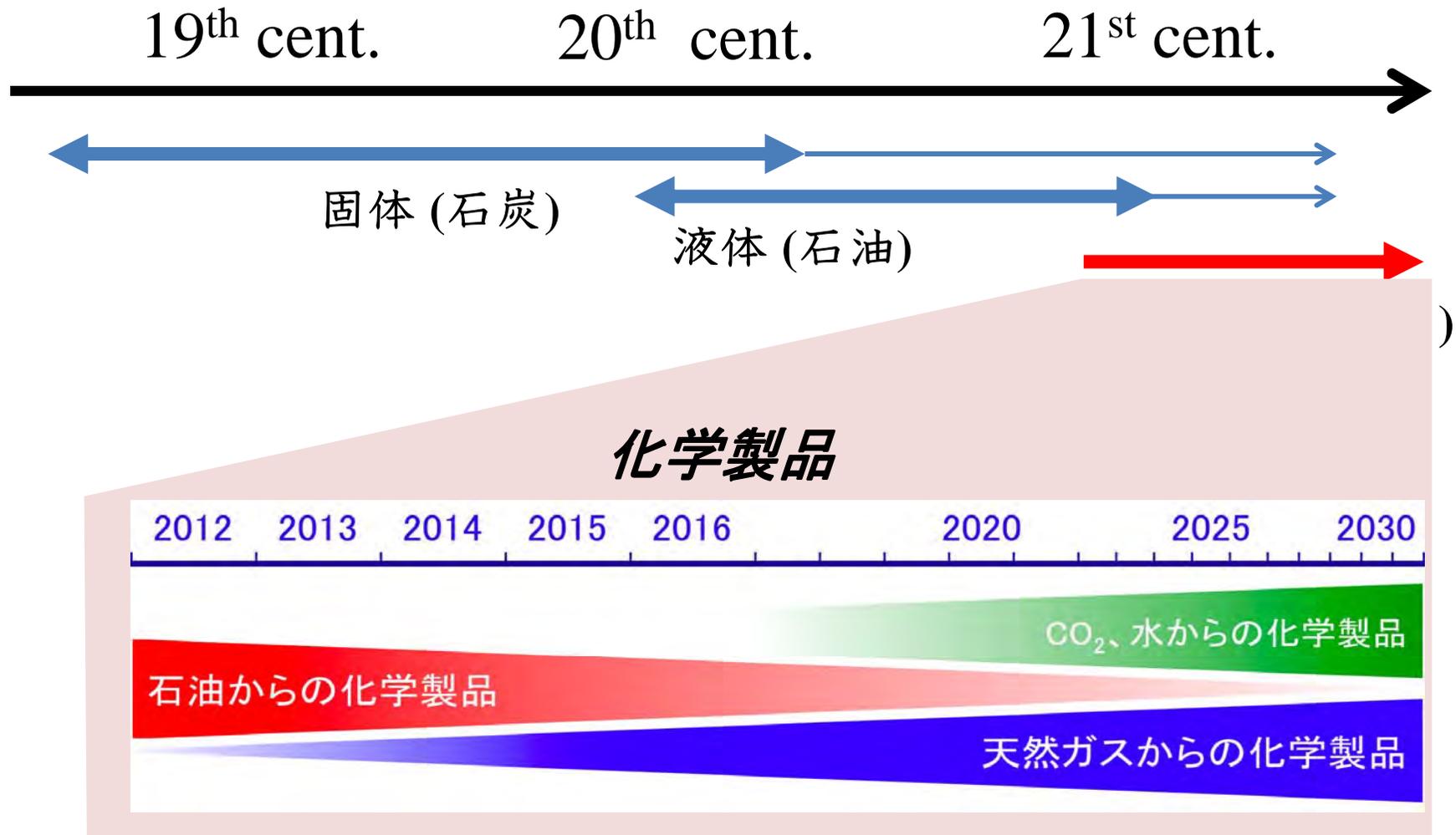
化学製品

ユビキタスで大量に存在する資源を使う



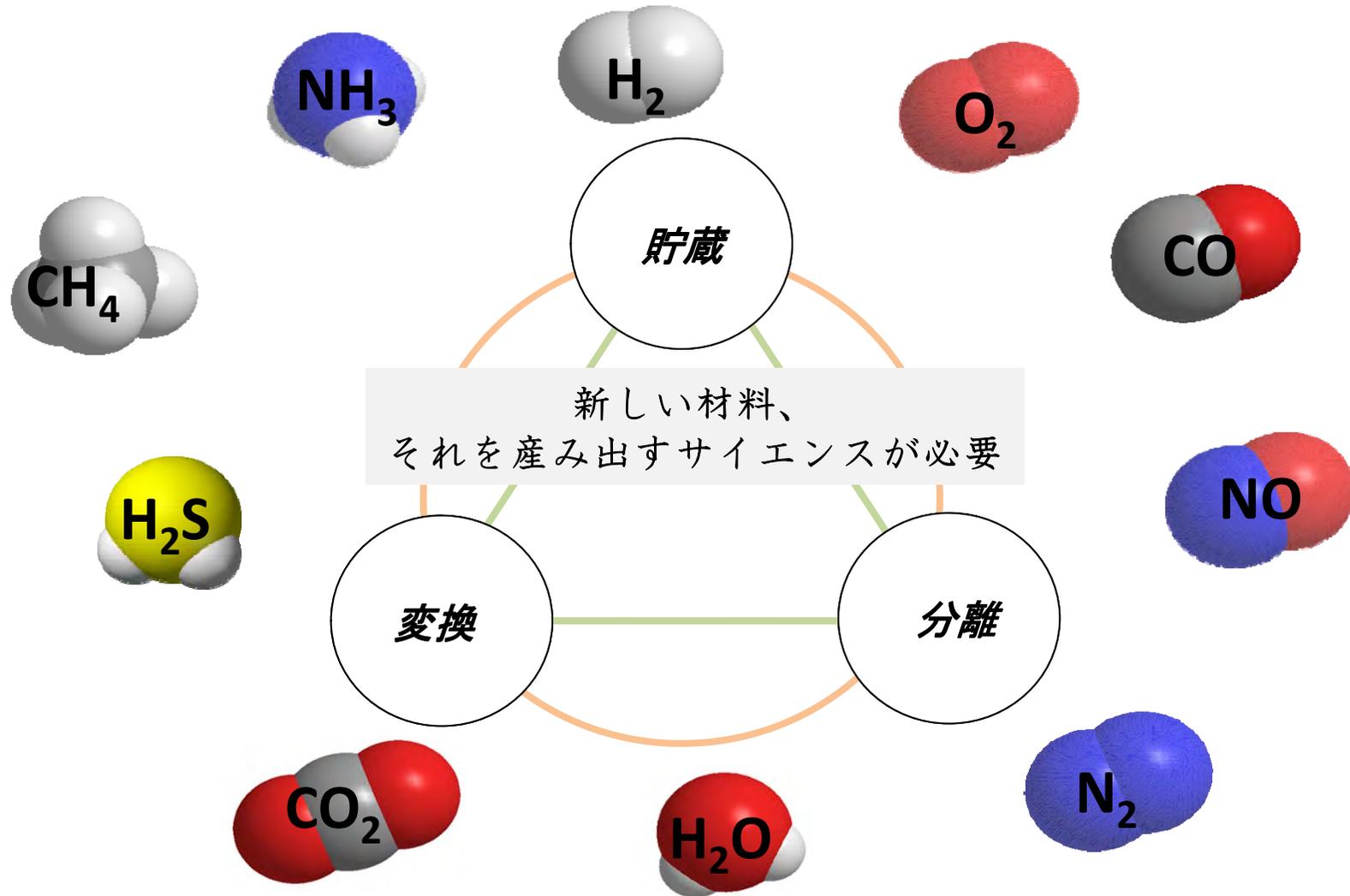
衣服、医薬品、化粧品、容器、家、車、飛行機、...、燃料

固体、液体、そして気体の時代の到来
地下資源に目をおけると



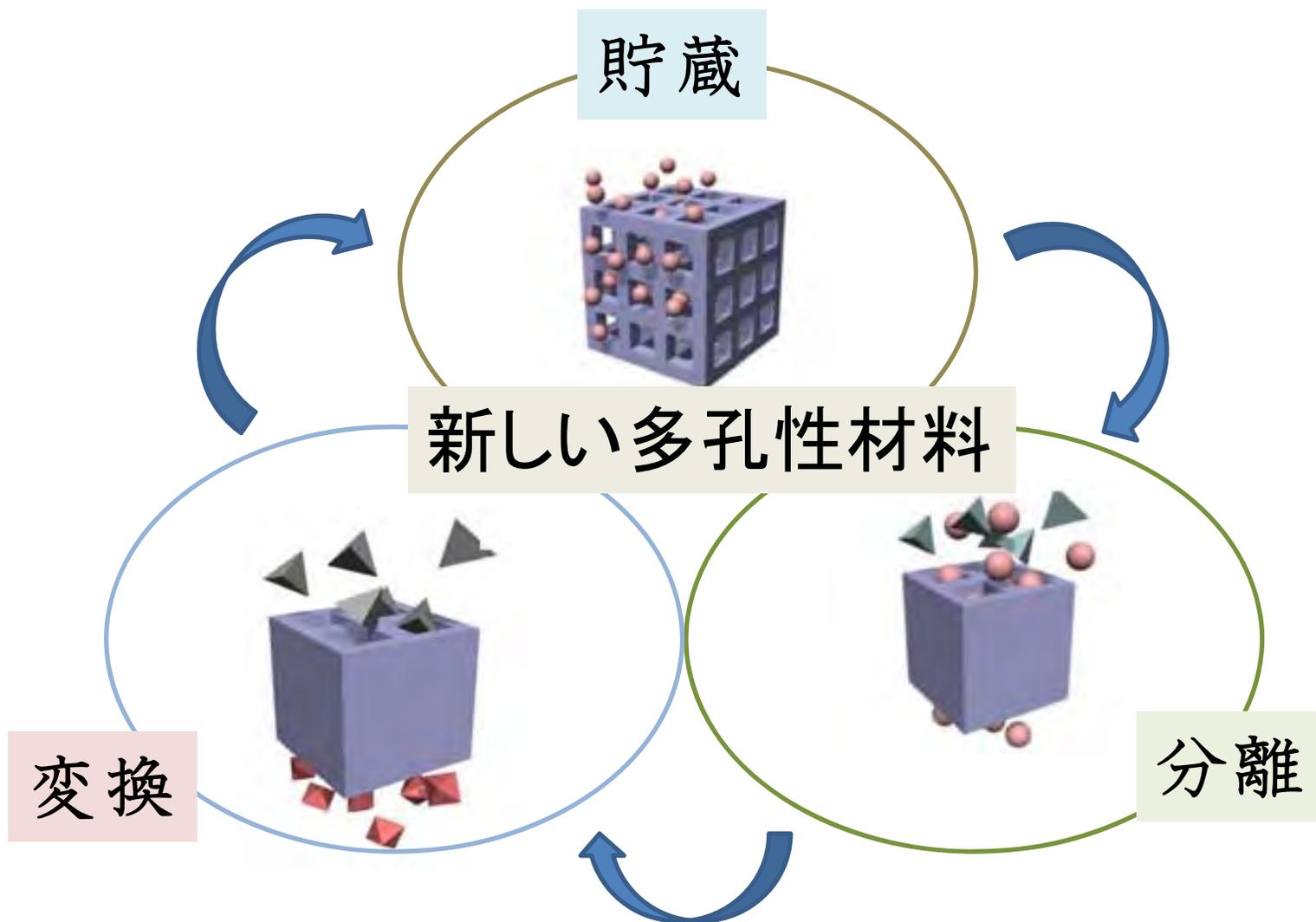
気体

混合物、拡散しやすい、濃度が薄い

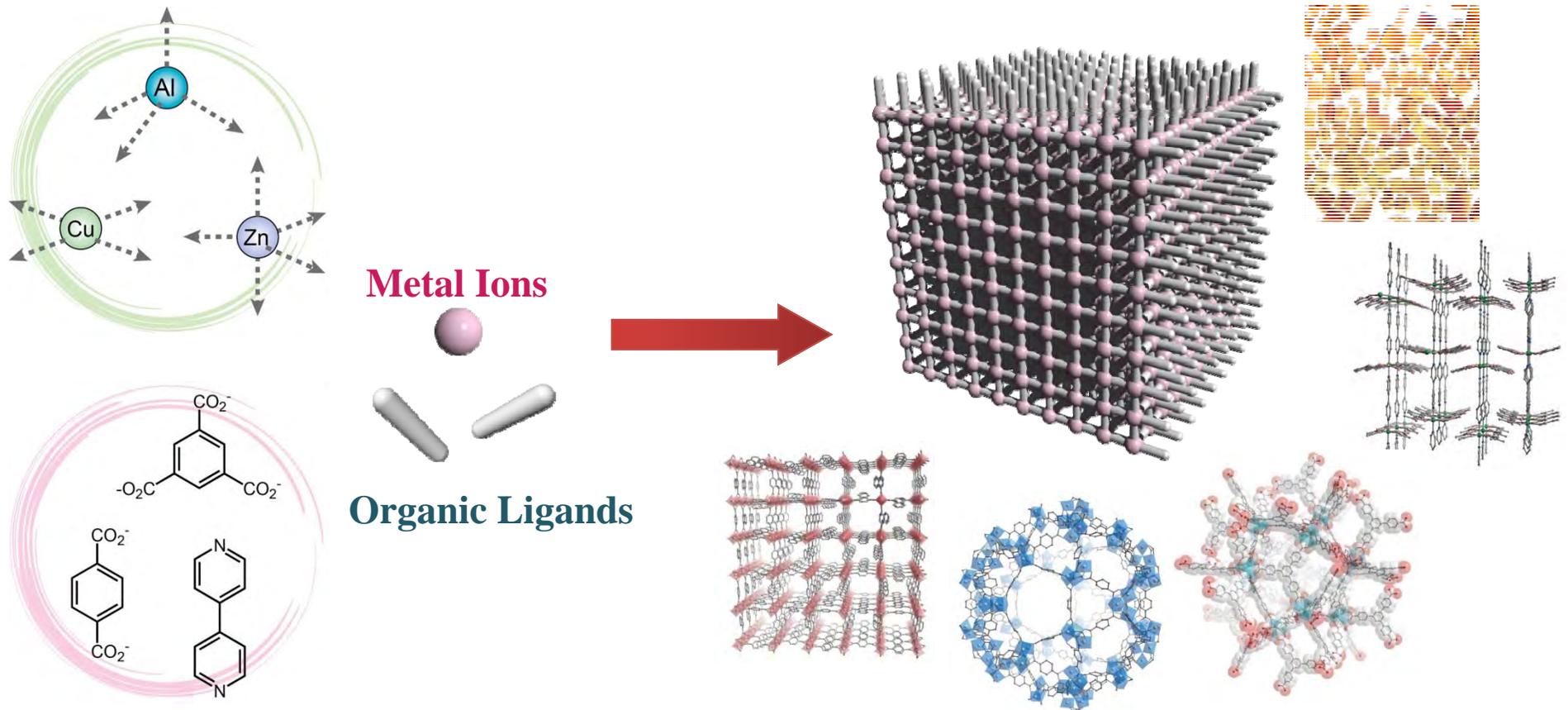


低エネルギー、低温、低圧、マイルドな条件で操作する

気体を自在に操作するサイエンスと技術

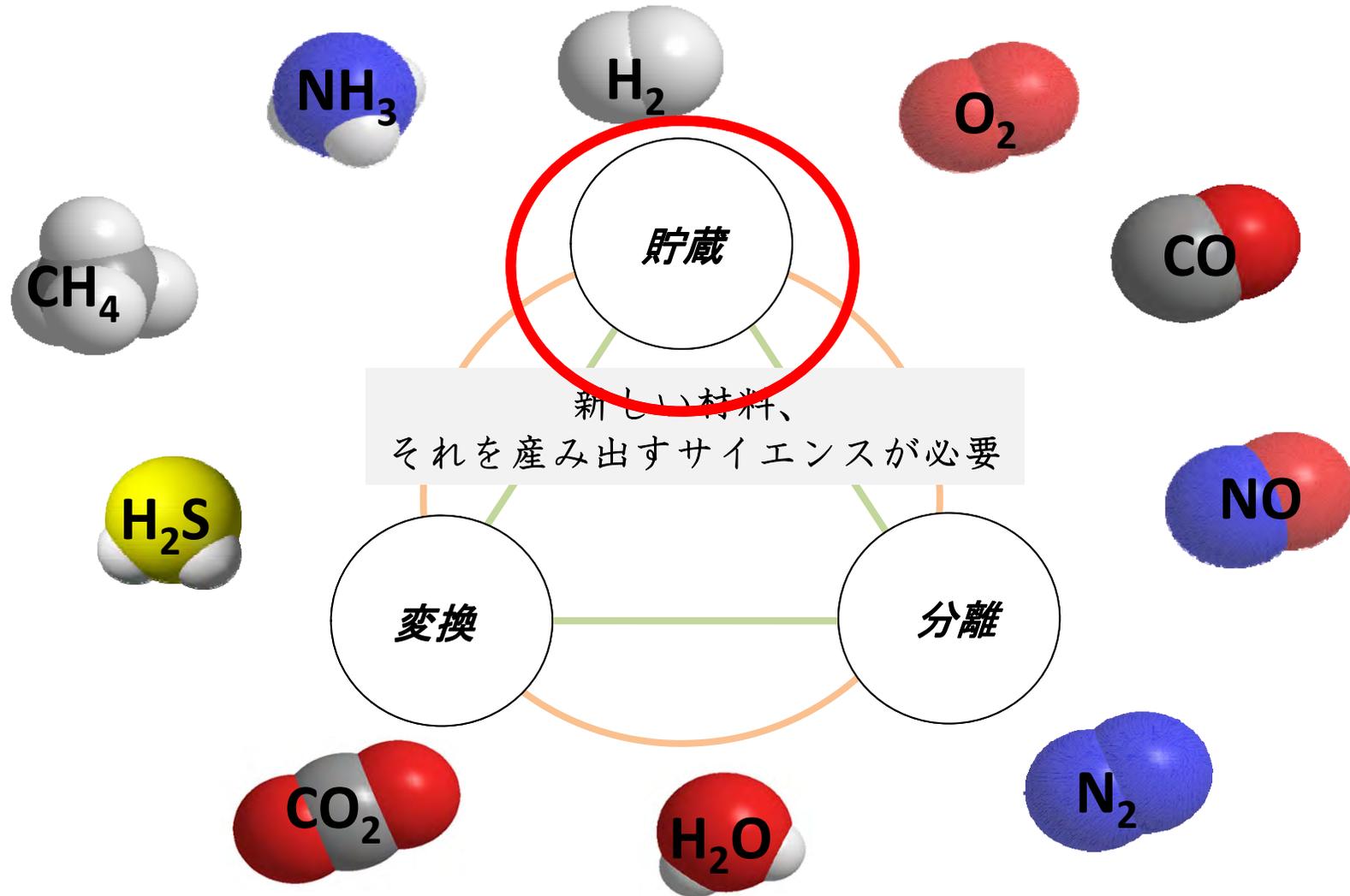


多孔性配位高分子
Porous Coordination Polymers (PCPs)
金属-有机骨格体
Metal-Organic Frameworks (MOFs)



気体

混合物、拡散しやすい、濃度が薄い

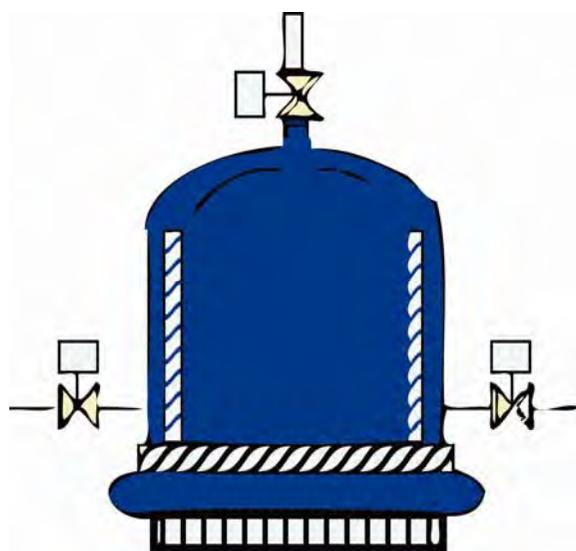


低エネルギー、低温、低圧、マイルドな条件で操作する

メタン貯蔵法

液体

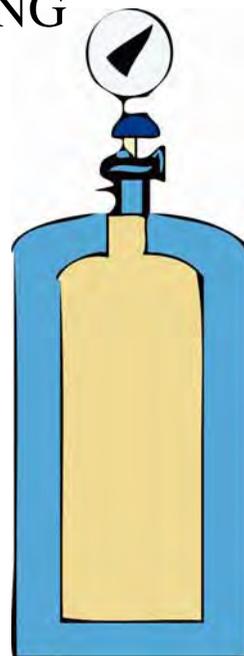
LNG



-162 °C
1 bar

圧縮

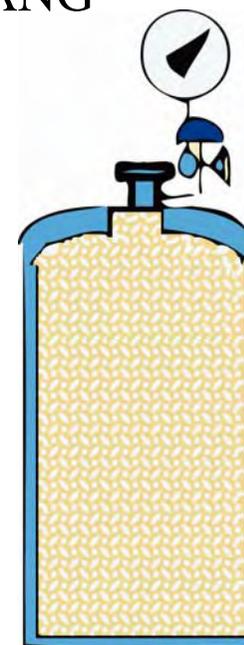
CNG



25 °C
196 bar

吸着

ANG

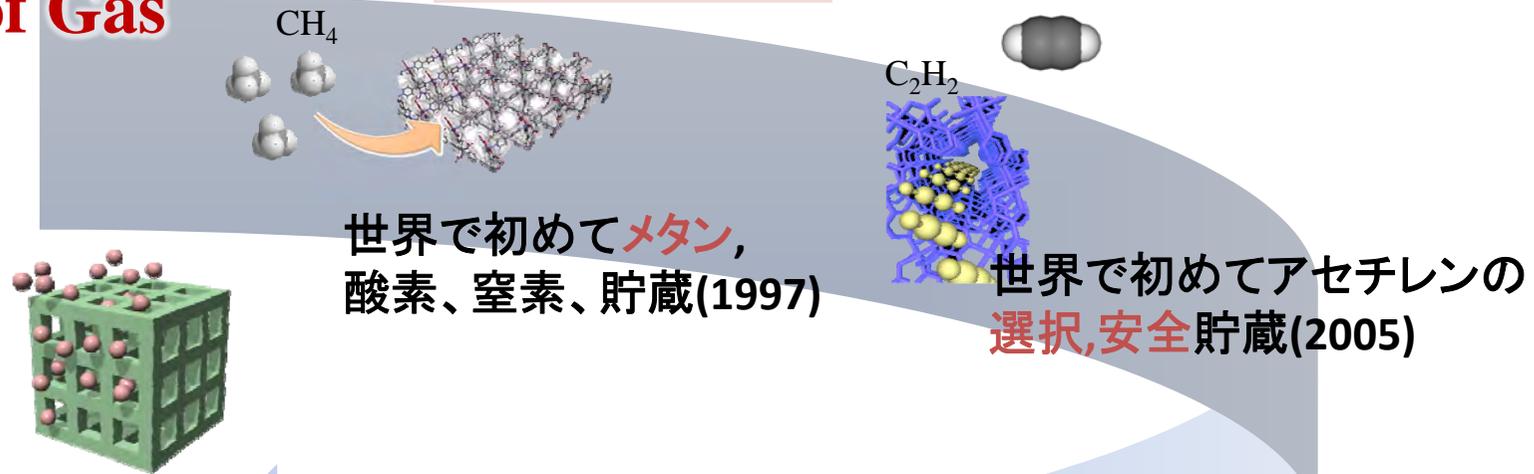


25 °C
30 bar

重く、エネルギー多消費型

Storage of Gas

1. 概念の創出



3. 工業生産

コスト、耐久性、。。。



燃料(メタン)

BASF
Basolites

2. 性能の競争



NU-100 (Farha, 2010)
9.0 wt%, 77 K, 56 bar



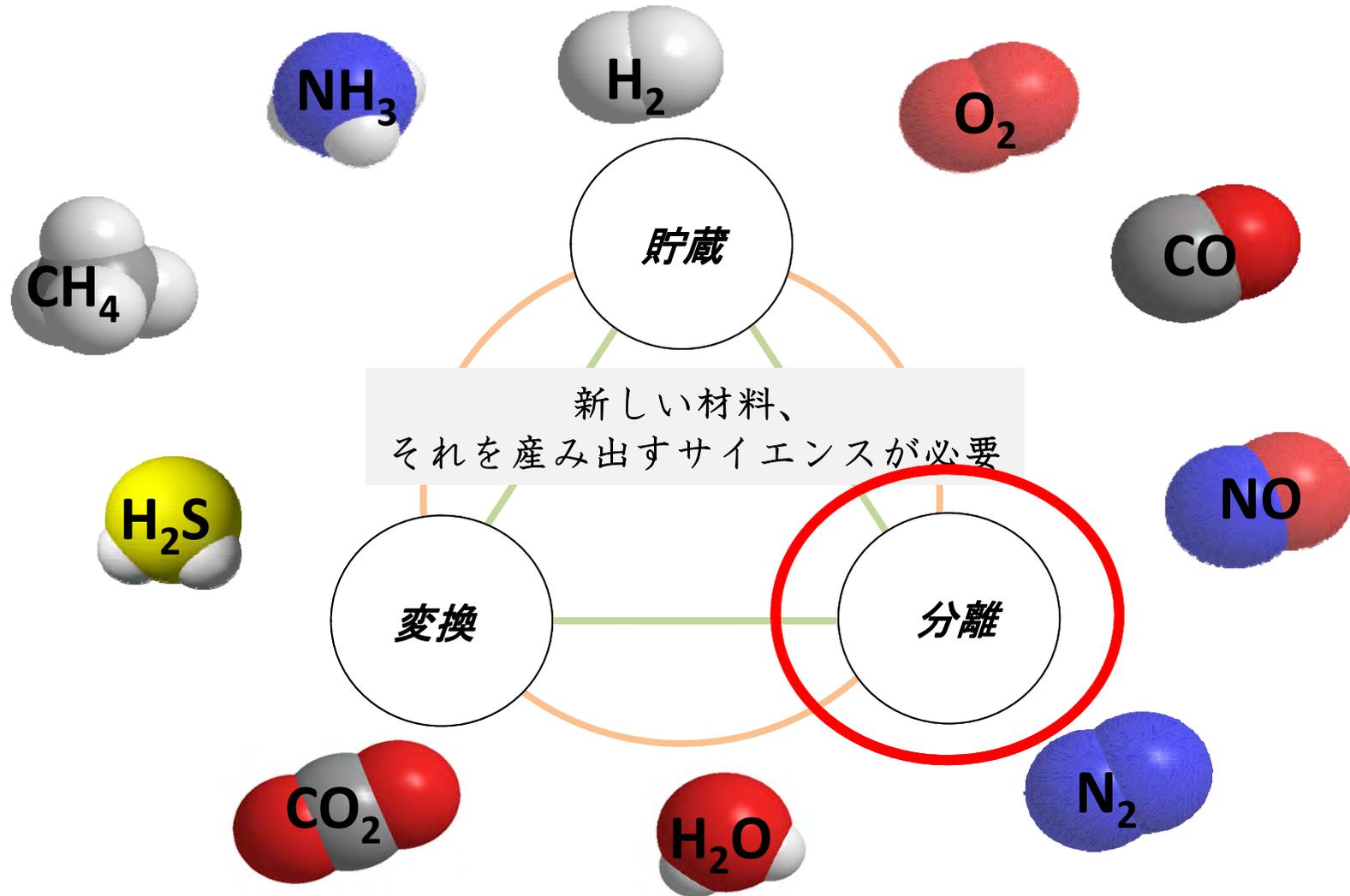
MOF-200(Yaghi,2010)
2347 mg/g, 25°C, 50 bar



PCN-14 (Zhou,2008)
212 mg/g (230 v/v), 17°C, 35 bar

気体

混合物、拡散しやすい、濃度が薄い

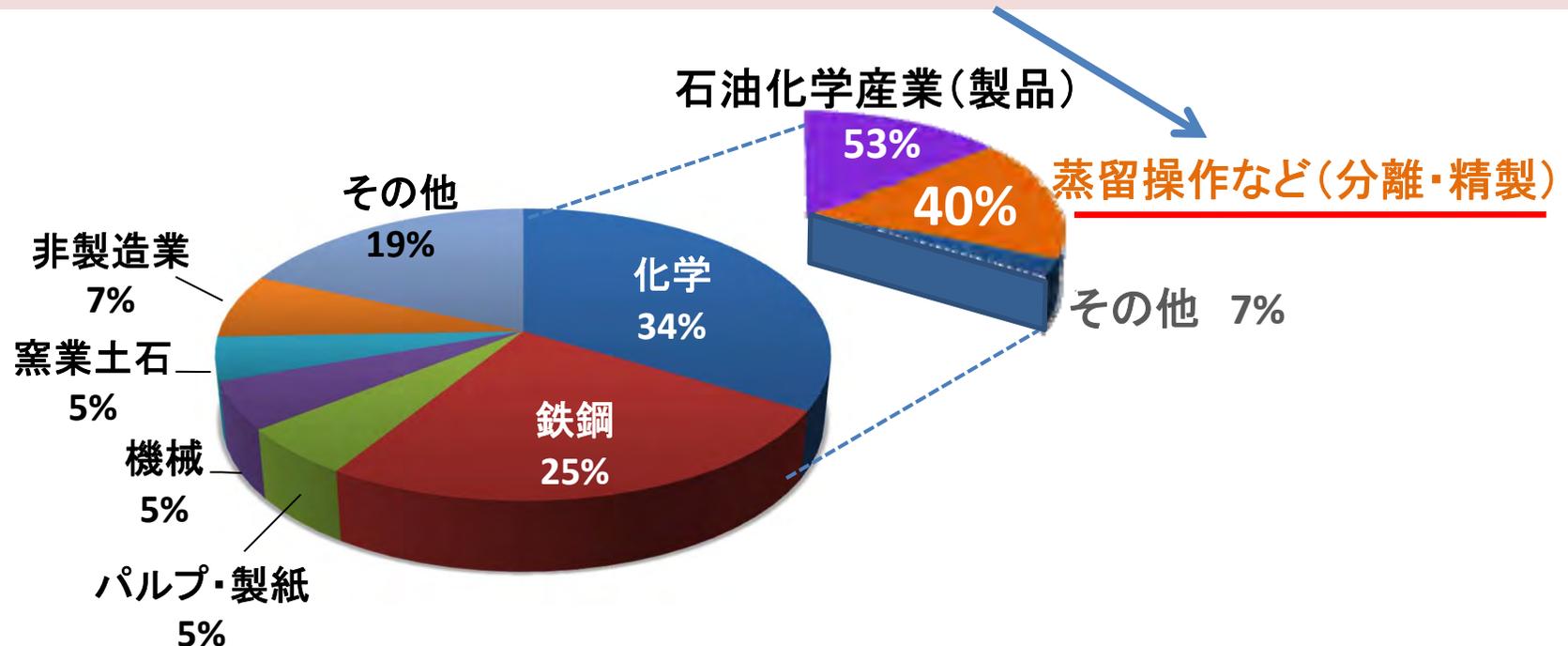


低エネルギー、低温、低圧、マイルドな条件で操作する

社会・産業への波及効果

分離操作

エネルギー：産業全体が消費するエネルギーの実に**12%** を分離操作に費やしている



コスト：現在**15%**、2050年にはその3倍(**45%**)と予測されている

-P. Taylor, Energy Technology Perspectives 2010—Scenarios and Strategies to 2050
74 (International Energy Agency, Paris, 2010).

-P.Nugent, et.al., *Nature*,2013,495,80.

統合細孔プロジェクト

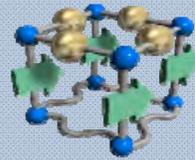
2007.10 – 2013.3

ERATO



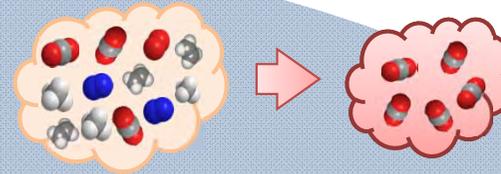
ERATO KIP

多重機能細孔

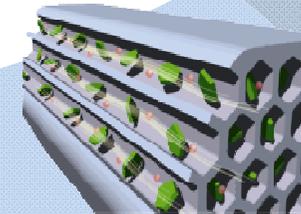


ハイブリッド細孔

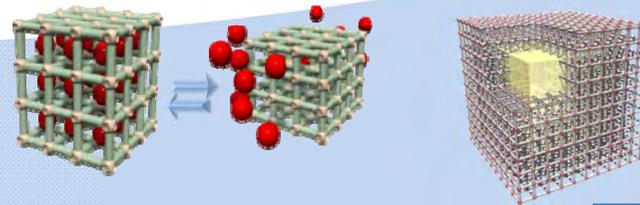
気体分離



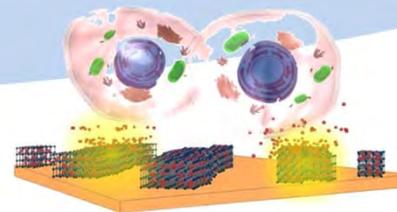
イオン輸送



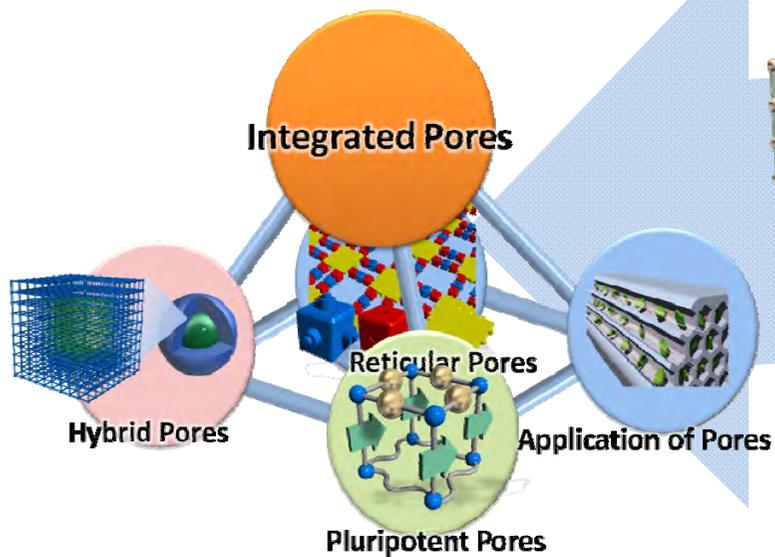
応答機能



結晶成長制御



細胞への応用



ガス分離法



深冷分離法

©AIR WATER PLANT ENGINEERING CO. LTD.



圧カスイング法
Pressure Swing Adsorption (PSA)

Carbon Molecular Sieve
©Iwatani International Corporation

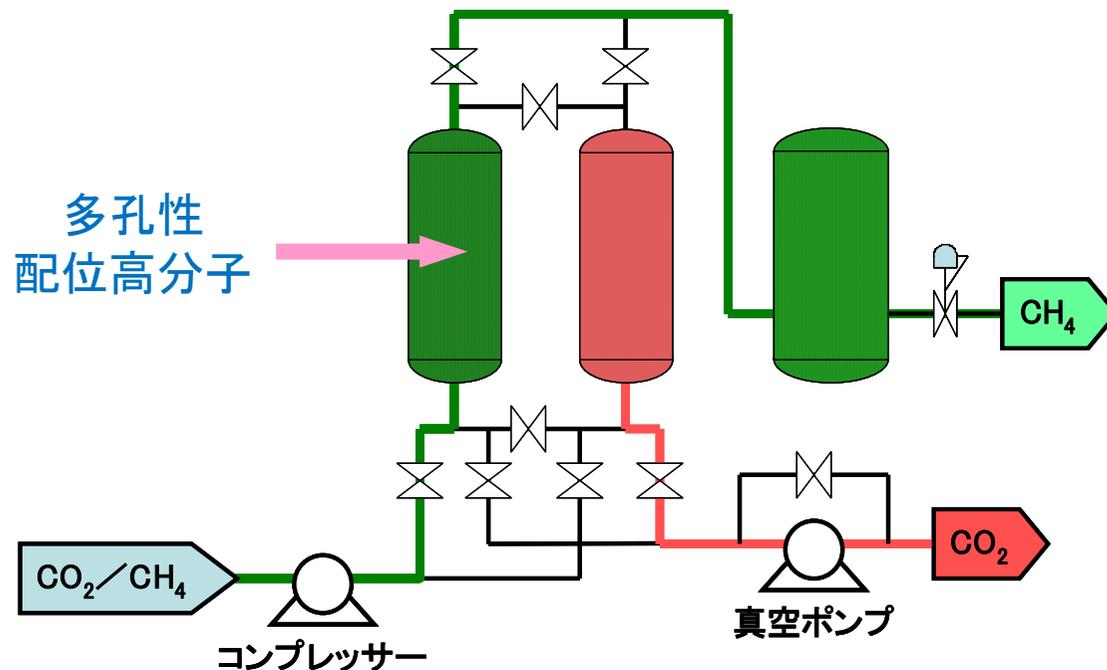


膜分離法

Polyimide hollow fiber
©UBE INDUSTRIES. LTD..

	Cryogenic Separation	PSA	Membrane Separation
Purity	High (~99 %)	Middle (90 ~ 95 %)	Low (20 ~ 40 %)
Cost	High	Middle	Low

PSA (圧カスイング分離法)



- 多孔性材料が充填されたタンク内を繰り返し加圧・減圧することにより、CO₂を分離、回収する
- 運用圧力は0.4 MPa ~ 0.7 MPa、含まれるCO₂分圧は様々

- 様々なCO₂分圧に対応した分離材の開発が必要
- ターゲットのCO₂分離はバイオガスに多く含まれる CO₂/CH₄ (メタン) 混合ガス

統合細孔が進める科学・技術

技術的貢献

☆ 分離、貯蔵材料

希薄ガス、エネルギーガス、環境負荷ガス等の
低エネルギー、高効率貯蔵および分離

☆ イオン伝導材料

科学的貢献

☆☆ 気体の生命への関わりの解明 (Mesoscopic gasbiology)

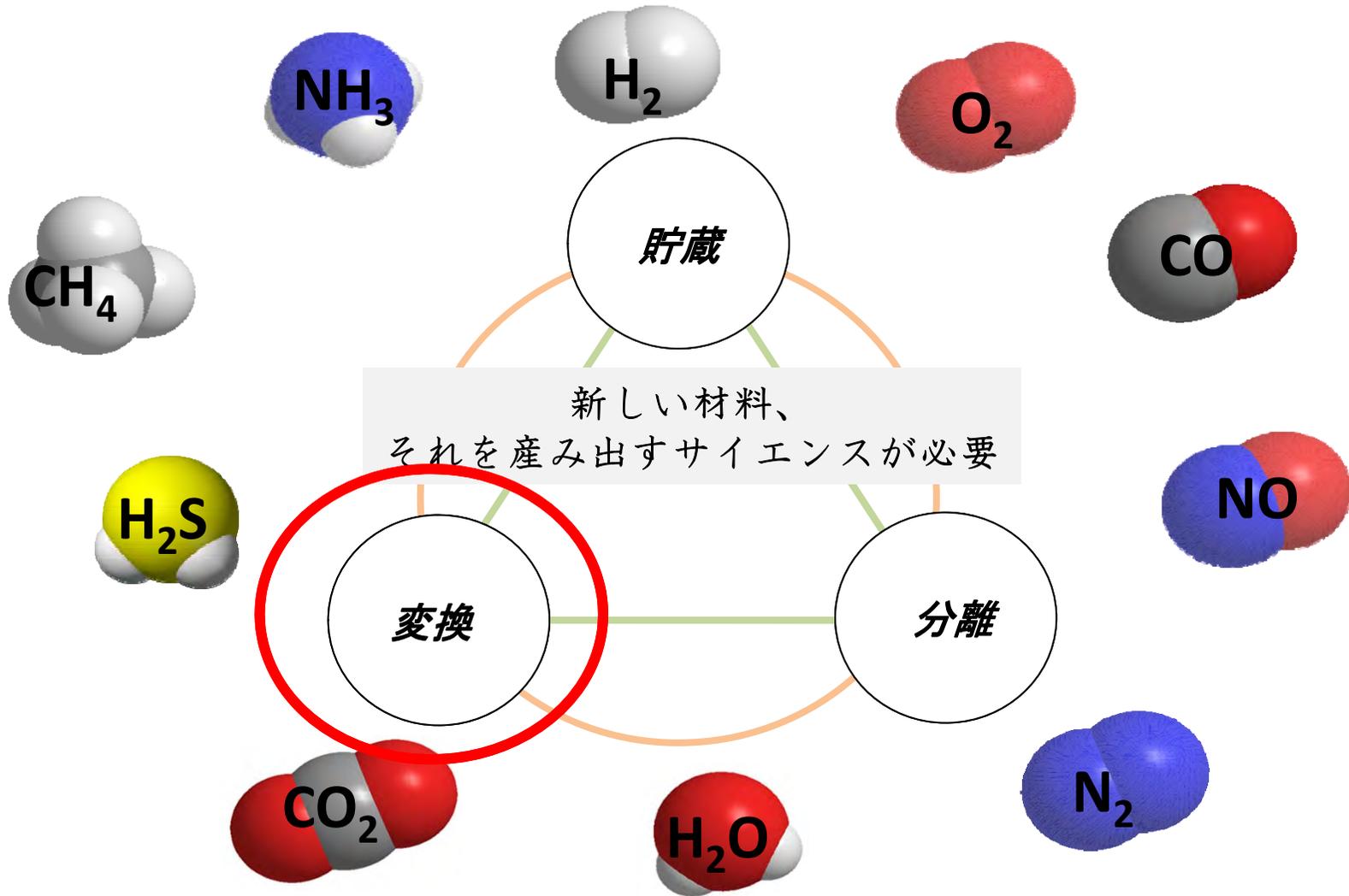
☆☆ 気体を自在に操る科学

空気(炭素、窒素、水素元素)からの有用物質への変換

☆☆ メゾ領域にあらわれる非線形現象のサイエンス

気体

混合物、拡散しやすい、濃度が薄い



低エネルギー、低温、低圧、マイルドな条件で操作する

Strategy of life through evolution
for over 3.5 billion years

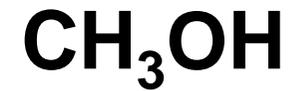
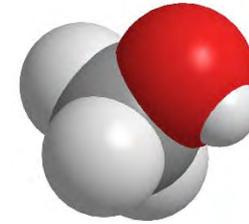
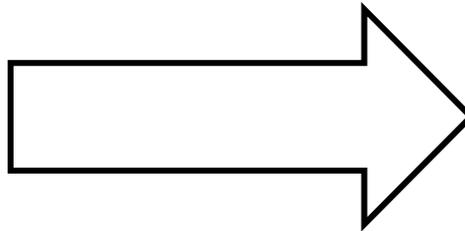
エネルギーを化学結合に貯蔵

Energy Storage
in Chemical Bonds



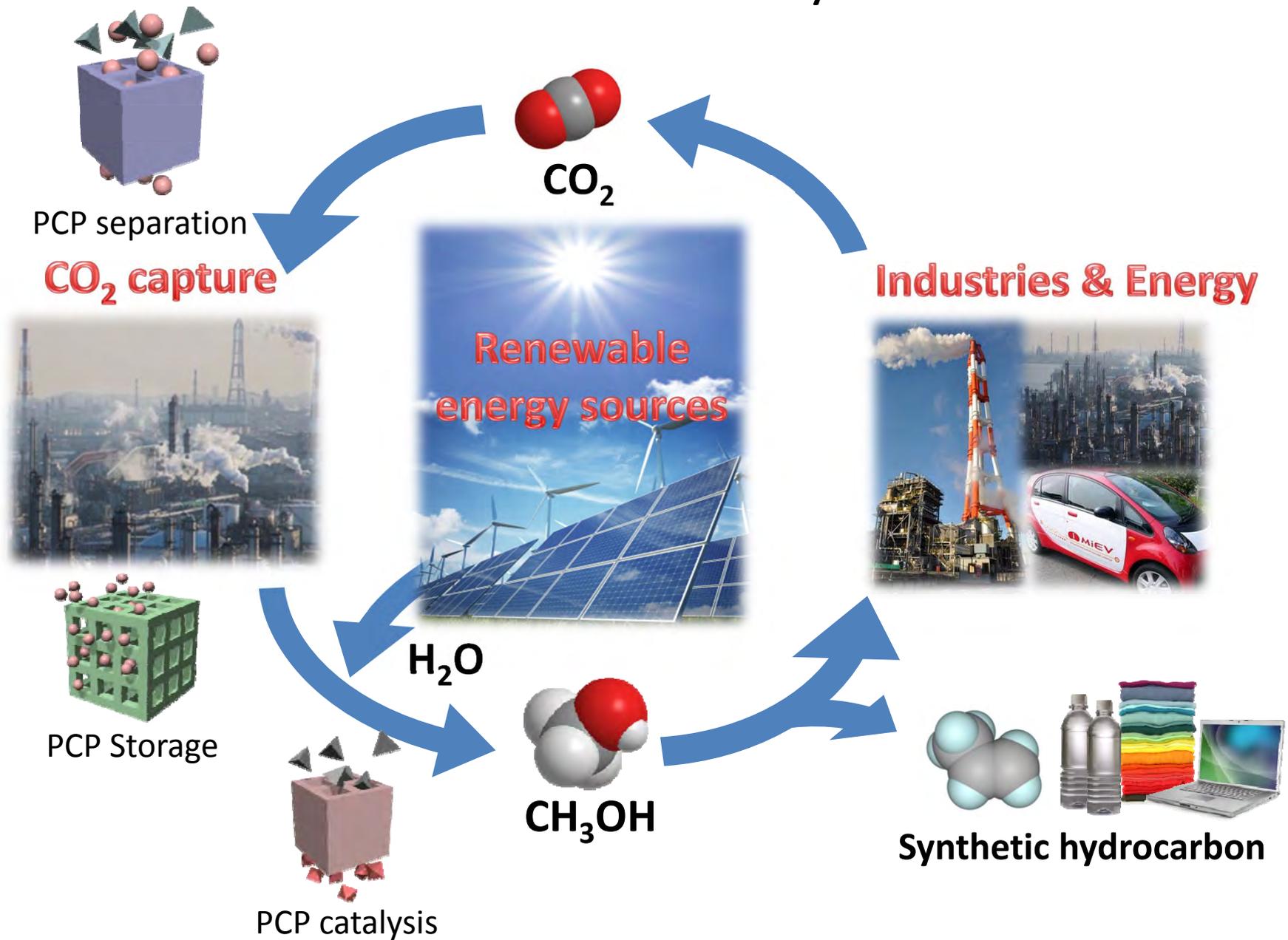
Cell-inspired Gas Conversion

ACT-C 先導的物質變換領域
Advanced Catalytic Transformation Program for Carbon Utilization



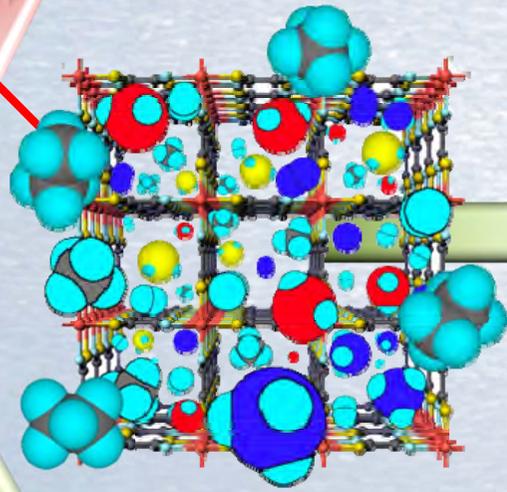
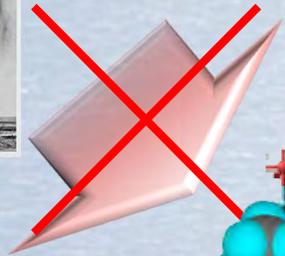
Our goal is to develop bio-inspired catalysts that produce methanol from carbon dioxide and water.

Methanol Economy



石油代替に要請される技術

oil



Air
Natural gas
Bio gas



分離

貯蔵

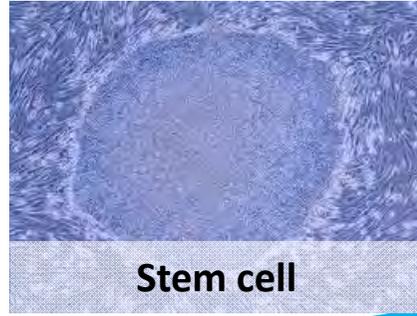
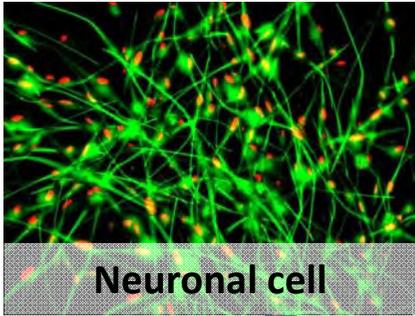
変換

従来プロセス

Bioregulation

(細胞機能制御)

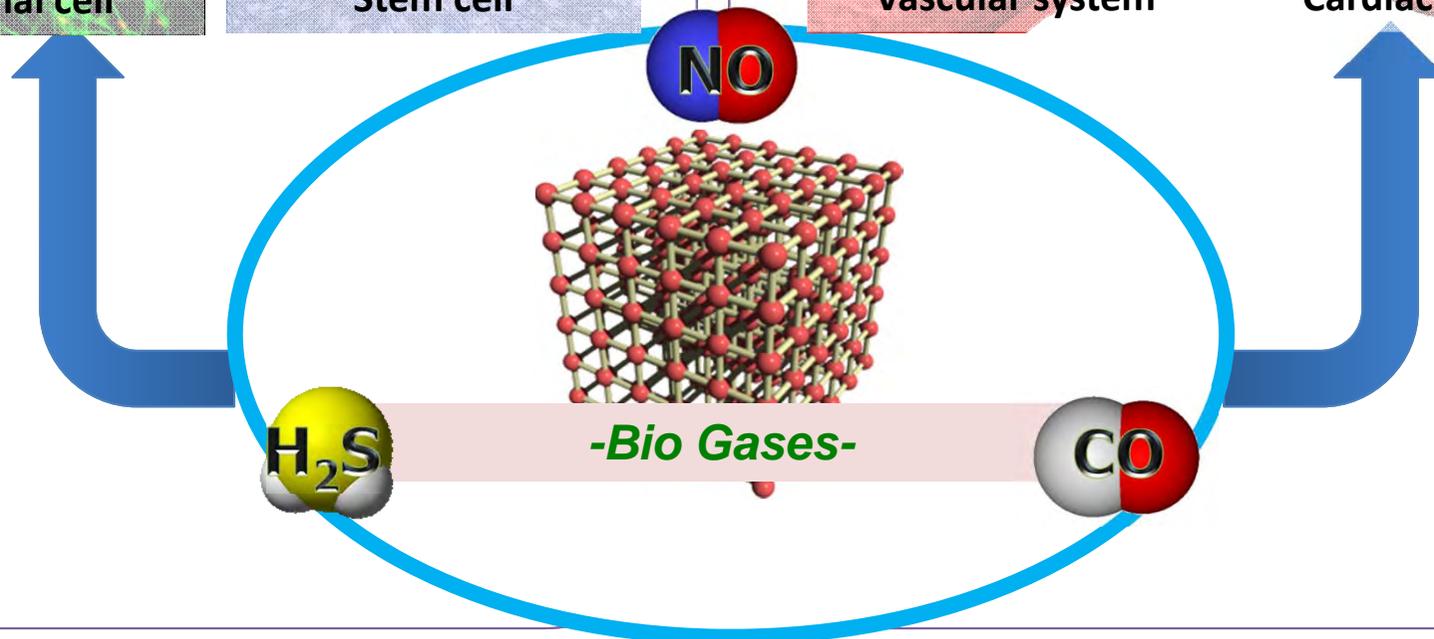
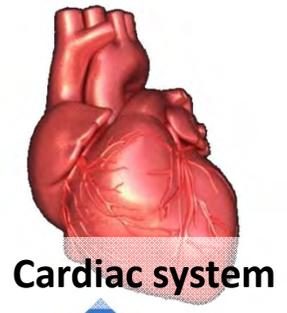
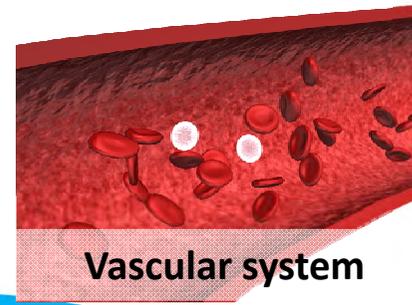
Control of cell growth, cell division, cell differentiation and signal transduction by bioactive gas molecules



Regenerative medicine

(再生医療)

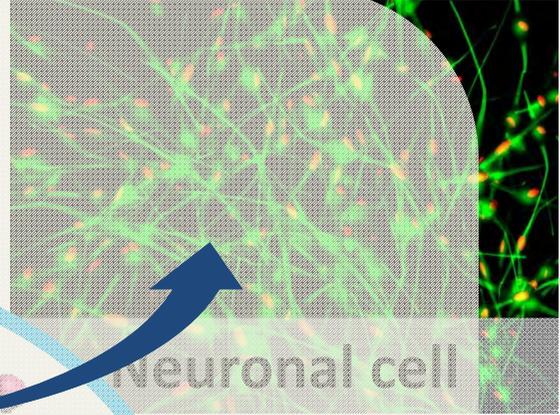
Medical application by functional artificial organs using bioactive gas molecules



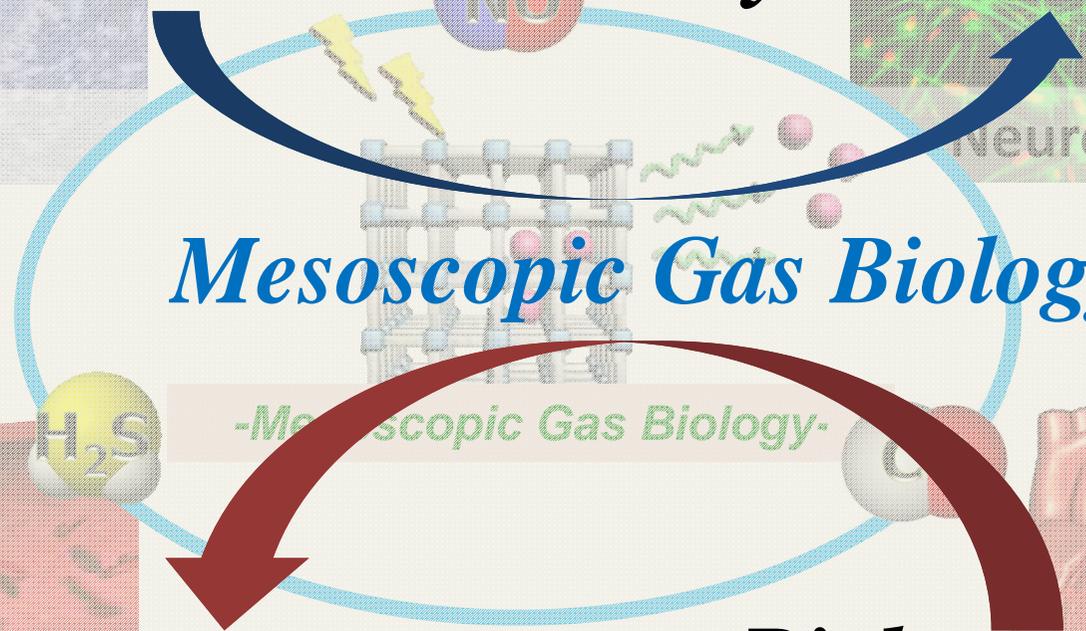


Stem cell

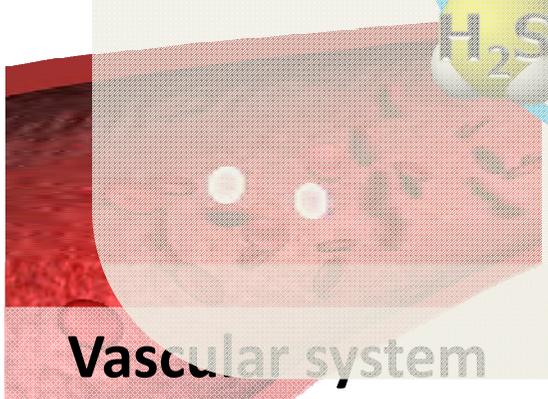
Mesosopic Coordination Chemistry



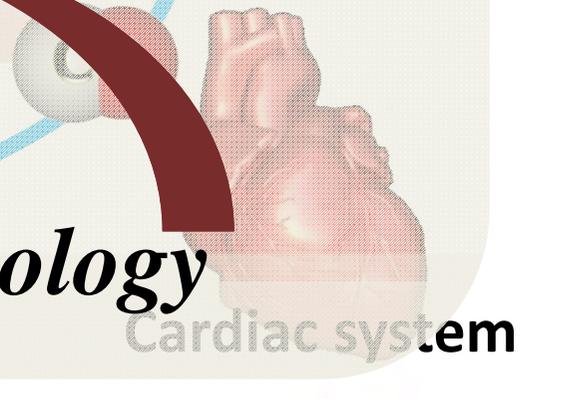
Neuronal cell



Mesosopic Gas Biology



Vascular system



Cardiac system

Biology