

CRIEPI Activities on Carbon Recycling

電力中央研究所におけるカーボンリサイクル に関する研究開発のご紹介

International Conference on Carbon Recycling 2021
4th October 2021

Contents

- Oxy-fuel IGCC system
- Polygeneration System utilizing various fuels for capturing CO₂
- Demand-and-supply-adjustable reversible electrochemical device
- Electrochemical urea synthesis in ionic liquids for CO₂ resource recovery
- Microbial CO₂ conversion to value-added chemicals
- Catalytic hydrogenation of CO₂ functioned under mild conditions
- CO₂ fixation and utilization by coal ash and biomass ash

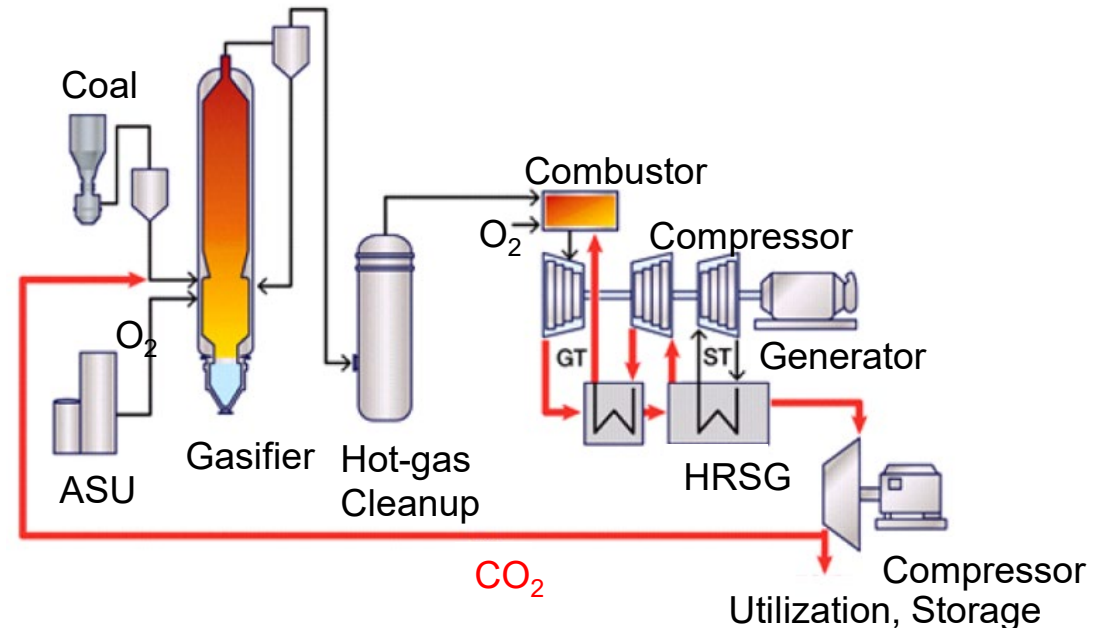
Oxy-fuel IGCC system

Background / Objectives

It was economically difficult to capture CO_2 from thermal power stations, because thermal efficiency is deteriorated by huge energy for CO_2 capture. This project is to develop Oxy-fuel IGCC system, that can keep high efficiency of $42\%_{\text{HHV}}$, even after capturing CO_2 .

Technical Summary

As Oxyfuel IGCC recirculate GT exhaust to a gasifier and a GT combustor to substitute for fuel transport gas and combustion air with adding O_2 from an ASU, high CO_2 concentration exhaust gas can be captured without a shift converter nor a capture unit. Further improvement of the thermal efficiency is expected by enhancing cold gas efficiency of a gasifier with steam injection.



CO₂回収型クローズドIGCC技術の開発

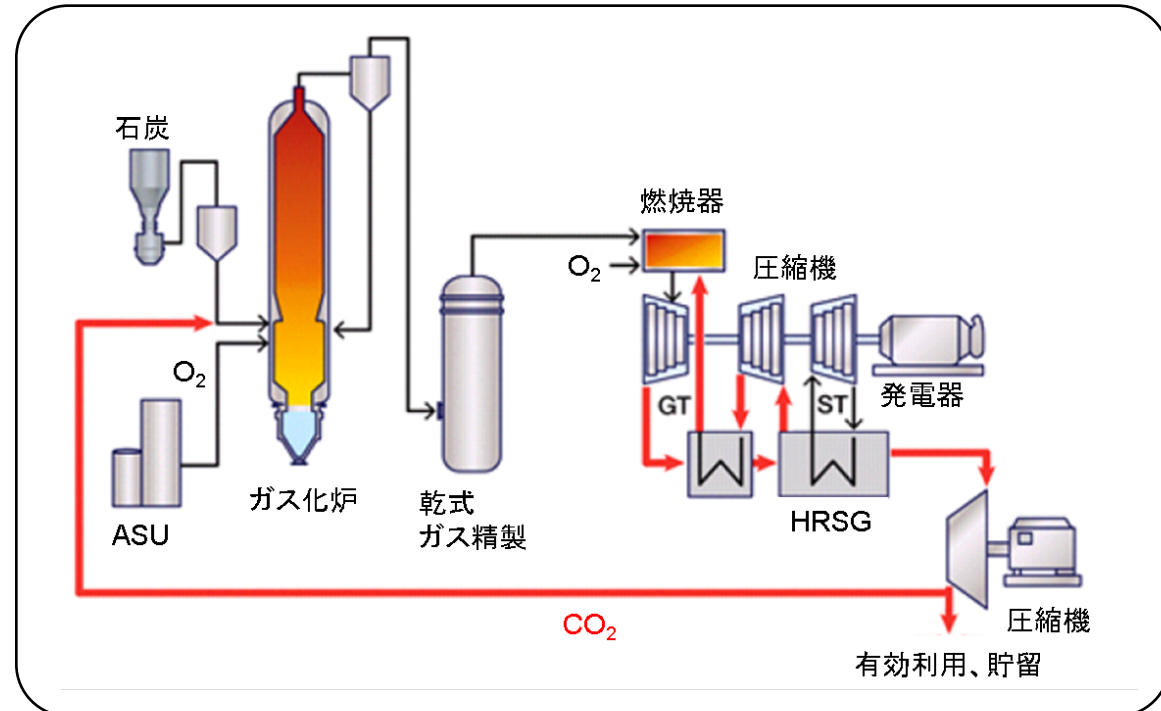
背景・目的

CO₂回収には大量のエネルギーを要するため、火力発電所に適用すると送電端効率が大きく低下するという課題があった。そこで、CO₂回収後も最新鋭石炭火力並の42%_{HHV}という高い送電端効率を実現できるクローズドIGCC技術を開発する。

技術概要

GT排ガスの一部を系統内で循環させ、微粉炭搬送ガスなどの代替や、酸素と混合してGT燃焼用空気の代替とするシステムの導入により、排ガスが高濃度CO₂となり、動力損失の多い分離回収プロセスを用いることなくCO₂を回収できる。

これに加え、ガス化炉へ水蒸気を効果的に投入することにより冷ガス効率を高め、さらに効率を向上できることを明らかにした。



Polygeneration System utilizing various fuels for capturing CO₂

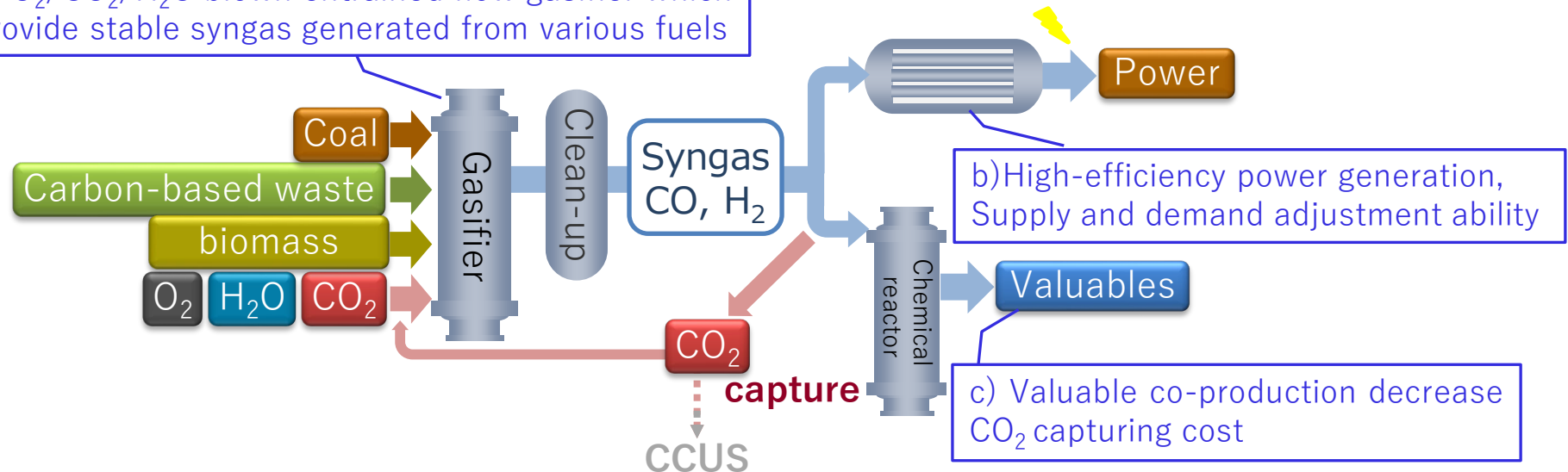
Background / Objectives

Coal-fired power generation has advantages in terms of stable power generation and economy. Additionally, supply and demand adjustment ability is required to respond volatile renewable energy.

Technical Summary

In the polygeneration system, an entrained flow coal gasifier utilizes carbon-based wastes and biomass to decrease CO₂ emission. Furthermore, the system produces power and valuables to increase supply and demand adjustment ability of coal-fired power plant.

a) O₂/CO₂/H₂O blown entrained flow gasifier which provide stable syngas generated from various fuels



多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発

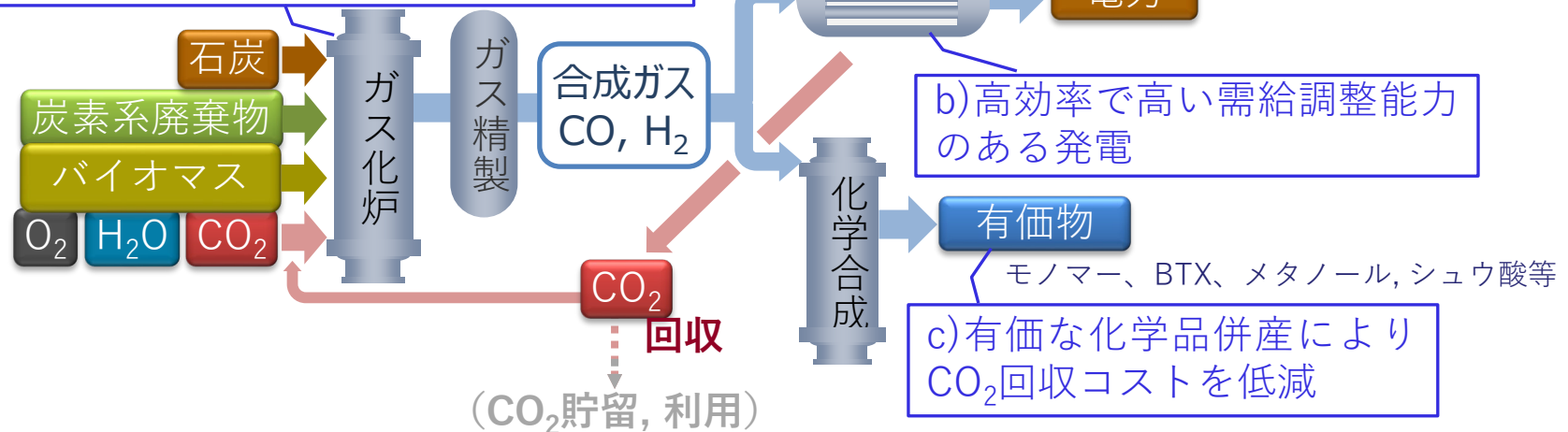
背景・目的

石炭火力発電は安定供給性と経済性に優れるが、CO₂の排出削減とともに、変動型再生可能エネルギーに対応した需給バランス調整の役割が求められている。

技術概要

噴流床石炭ガス化炉に炭素系廃棄物やバイオマスを用いることでCO₂排出量を削減し、電力と有価物を併産することでCO₂回収コスト低減と需給調整力向上を図るCO₂回収型ポリジェネレーションシステムの基盤技術を開発する。

a) 多様な燃料から安定した合成ガスを供給するO₂/CO₂/H₂O吹き噴流床ガス化炉



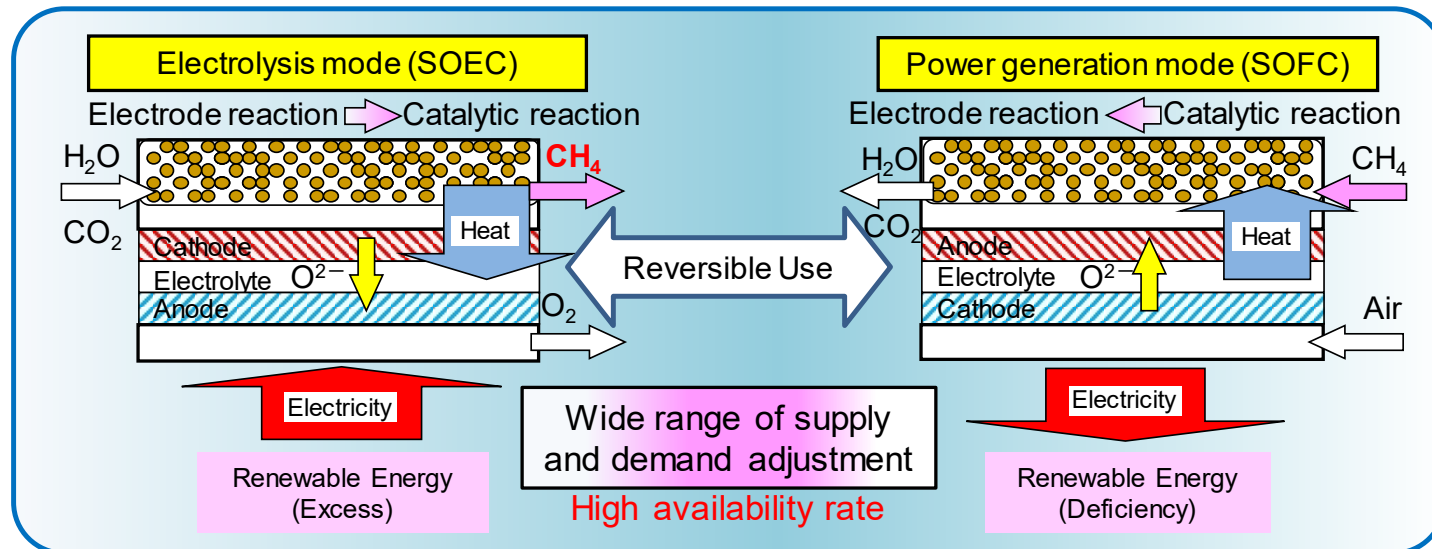
Demand-and-supply-adjustable reversible electrochemical device

Background / Objectives

In case high penetration of variable renewable energy progresses toward 2030 and 2050, the output fluctuation of solar and wind power generation due to the weather are expected to have a significant adverse effect on power system stability. For this reason, in order to stabilize the power system, it is necessary to develop a new supply and demand adjustment and power storage system. Our target of this project is to develop dispatchable electrochemical device that realizes high operation rate by reversibly utilizing electrolysis synthesis of methane from recovered CO_2 and its reverse reaction, high-efficiency power generation.

Technical Summary

Solid oxide fuel cells (SOFC) have high power generation efficiency, and can also be used reversibly as solid oxide electrolysis cells (SOEC) by reverse reaction. For this reason, when there is excess electricity, the recovered CO_2 and H_2O can be converted into hydrocarbons (or Syn. gas) by electrolytic synthesis (Power to Gas), and when electricity is deficiency, high-efficiency SOFC power can be generated using hydrocarbons (or H_2), so this reversible device can be used as a dispatchable system at high availability rate.



可逆利用可能な需給調整形電気化学デバイスの開発

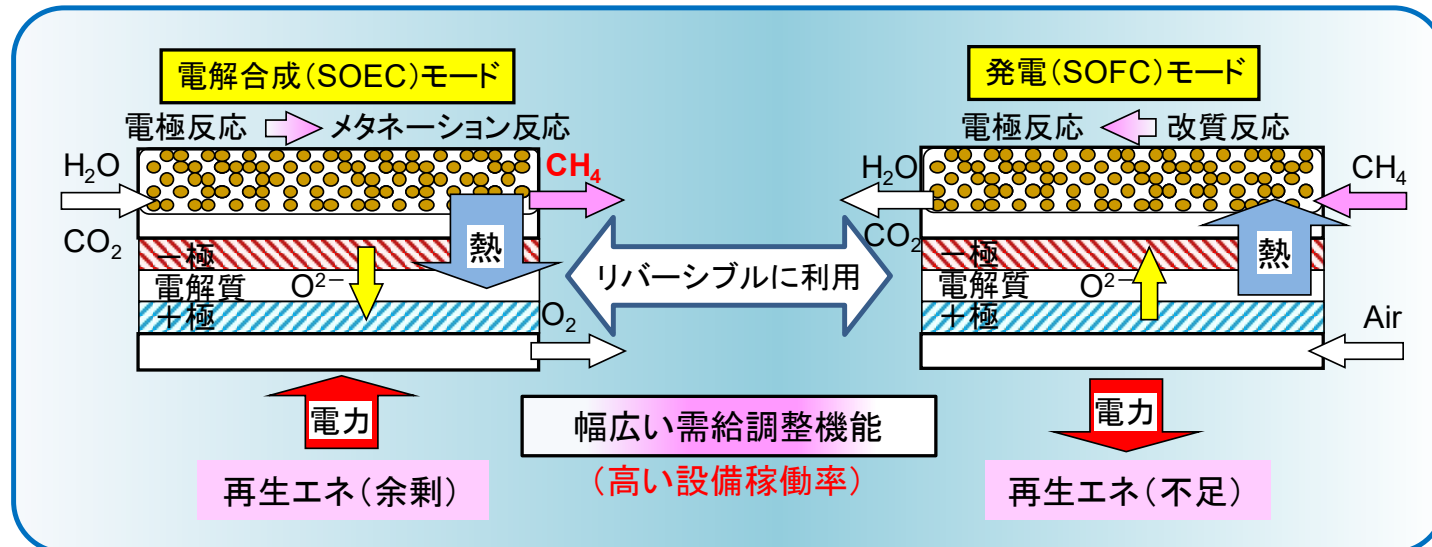
背景・目的

2030年、2050年に向けて、再生可能エネルギーの大量導入が進んだ場合、太陽光・風力発電は天候による出力変動が大きいことから、電力系統安定のための需給調整や電力貯蔵のシステム開発が必要となる。

回収CO₂からのメタン電解合成とその逆反応である高効率発電をリバーシブルに活用することによりシステムの高稼働率を実現する需給調整形電気化学システムを構築する。

技術概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は発電効率がよく、また、逆反応で固体酸化物形電気分解(SOEC)としてリバーシブルに利用することも可能である。これを用いて、電力余剰時には、**回収CO₂**を用いて電解により炭化水素または合成ガスに変換(**Power to Gas**)し、電力不足時には炭化水素または水素によりSOFC高効率発電を行うことができる。このため、可逆利用可能なデバイスは、**高い設備稼働率で需給調整可能なシステム**として利用できる。



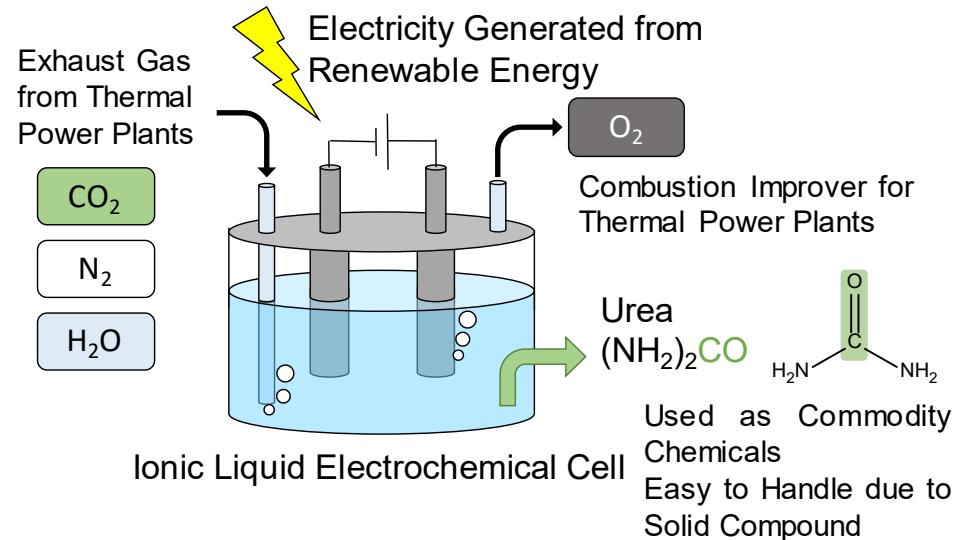
Feasibility research and basic development of electrochemical urea synthesis in ionic liquids for CO₂ resource recovery

Background / Objectives

Urea is an industrial raw material such as fertilizers, denitration agents, and resins synthesized from ammonia and CO₂, and about 180 million tons are produced worldwide. Since the current manufacturing process uses fossil raw materials such as natural gas during the production of ammonia, it does not contribute to CO₂ reduction in total. CO₂ would be expected to be fixed and recycled by synthesizing with renewable electricity.

Technical Summary

The present research project investigates the feasibility of the novel electrochemical synthesis of urea from CO₂, nitrogen, and water (water vapor) using the electricity generated from renewable energy sources in order to capture and utilize CO₂ in the exhaust gas from thermal power plants.



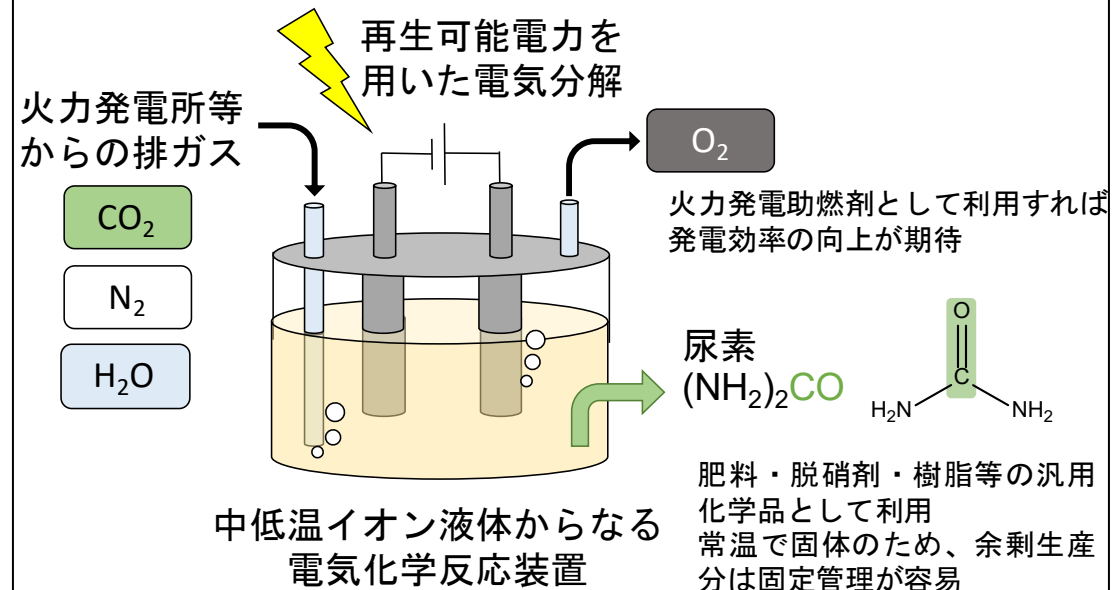
二酸化炭素資源化のための中低温イオン液体を用いた 尿素電解合成の可能性調査

背景・目的

尿素はアンモニアとCO₂から合成される肥料や脱硝剤、樹脂などの工業原料で、世界で約1.8億トンが生産されている。現状の製造プロセスはアンモニア製造時に天然ガスなどの化石原料を用いるため、トータルでCO₂削減に寄与しないが、再生可能電力などを用いて合成できれば、CO₂の固定化・資源化が可能となる。

技術概要

火力発電所等からの燃焼後排ガスに含まれるCO₂を固定化するため、排ガス中に含まれる窒素および水(水蒸気)を原料として再生可能電力を用いた、中低温イオン液体中における尿素電解合成反応によるCO₂固定化・資源化システムの実現可能性を調査する。



Microbial CO₂ conversion to value-added chemicals

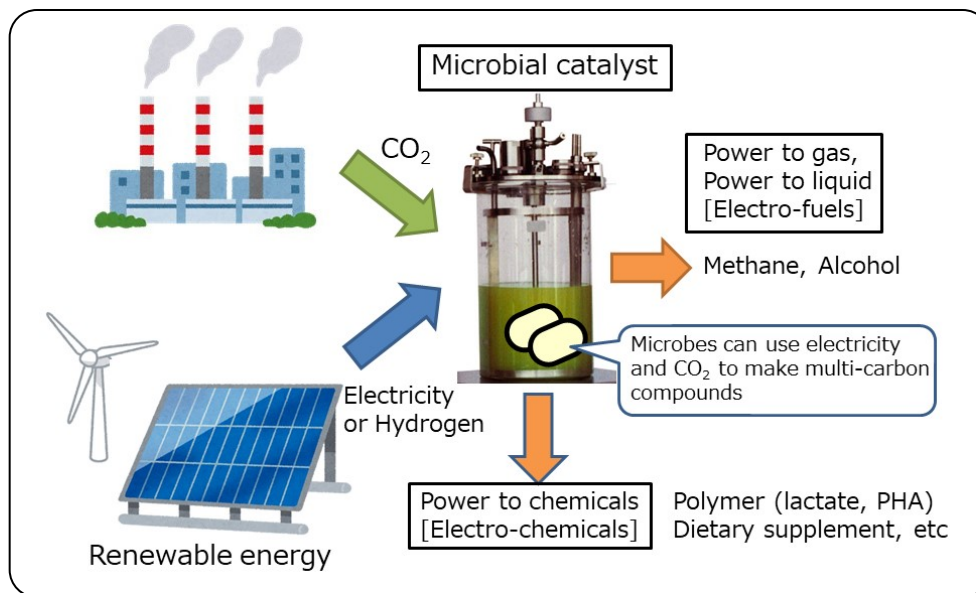
Background / Objectives

In order to realize a carbon recycling society, we must look to the creation of novel CO₂ conversion technology to produce value-added chemicals, to change the present fossil energy dependent society. Also, the rising availability of renewable energy has driven the development of technologies that convert this renewable energy into chemical energy. Some bacterial species can use electrons or indirectly via H₂ generated from renewable energy as energy sources for CO₂ conversion to multi-carbon chemicals. However, effective microbial CO₂ conversion process has not been established.

Technical Summary

The microbial CO₂ conversion is regarded as sustainable platform technology under mild condition (normal temp/pressure). To develop a microbial catalyst for the conversion of CO₂ and energy generated from renewable source into multi-carbon compounds, we construct gene modified microbes with ability to produce value-added chemicals.

Metab Eng. (2018), 47:211-218



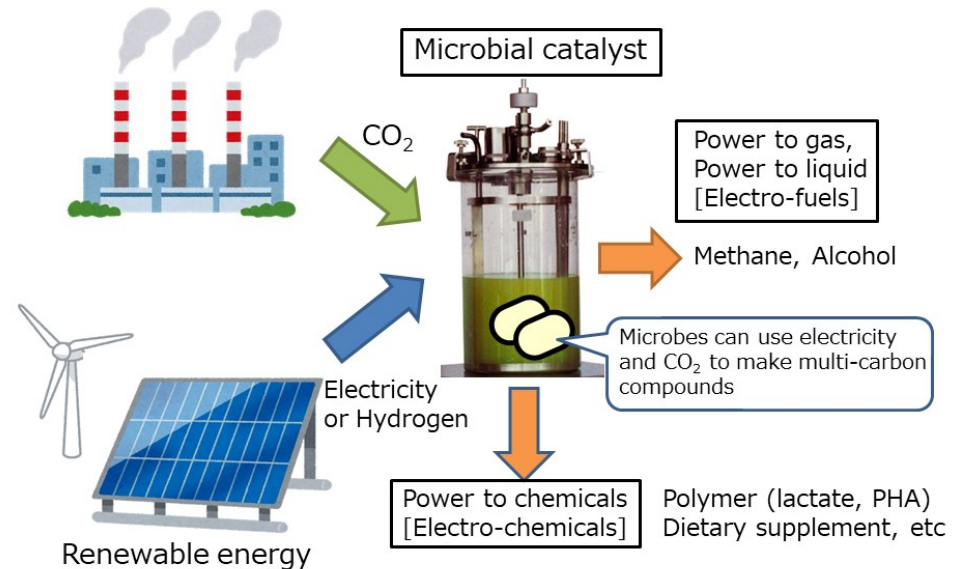
微生物によるCO₂の再資源化技術の開発

背景・目的

炭素循環社会の構築のためCO₂の化成品への再資源化技術が有望視されている。また、近年の再生エネの急速な普及に伴い生じる余剰電力の有効活用が今後必要となる。微生物の中には電気もしくは水素をエネルギー源、C1化合物であるCO₂を細胞内の代謝経路にて高分子化合物に変換する能力を有するものが存在するが、物質生産プロセスとしては確立されていない。

技術概要

微生物機能を利用したCO₂変換技術は温和な条件下、1プロセスで多様な化合物を生産できる特徴を有する。生産対象とする有価物（メタン、アルコール、樹脂材料など）に合わせ、遺伝子改変により代謝機能を最適化した微生物触媒を開発する。



太陽光発電の利用により、光合成による物質生産に対して高いエネルギー利用効率を達成可能。

Catalytic hydrogenation of CO₂ functioned under mild conditions

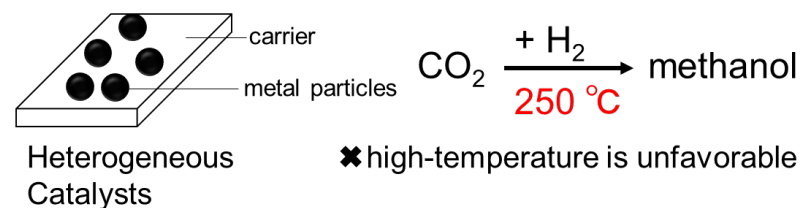
Background / Objectives

Catalytic hydrogenation of CO₂ to methanol is promising for a large-scale conversion of the GHG gas into valuable products. It is known that the conversion is promoted under low-temperature condition.

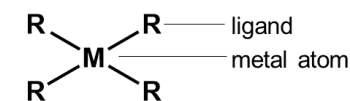
Technical Summary

In general, the transformation is proceeded in the presence of heterogeneous catalysts under 250 °C. In our laboratory, we develop **homogeneous catalysts** directed toward low-temperature methanol synthesis (**100–150 °C**). Molecular modification of the catalysts can serve to lower the condition. In addition, we focus on the intermediate in order to develop a **novel synthetic route** in favor of methanol generation.

【Conventional】



【Our Target】



Homogeneous Catalysts

To develop efficient catalysts



To find novel synthetic route

低エネルギー条件におけるCO₂水素化技術の開発

背景・目的

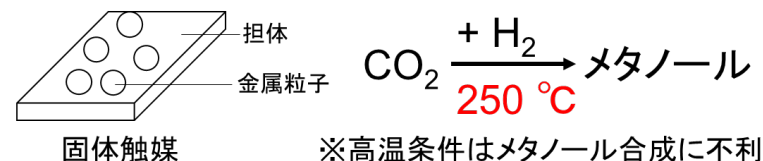
CO₂の大規模な資源化手法として、触媒的水素化反応によるメタノール合成が注目されている。本反応は、熱力学的に低温条件において有利であることが知られており、より低い温度条件で機能する触媒が開発されれば、反応の省エネルギー・高収率化に寄与できる。

技術概要

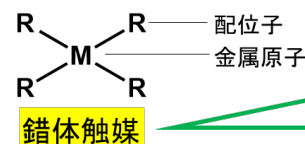
一般的に、触媒的水素化反応には固体触媒が用いられ250 °C程度の条件を必要とする。

本研究では、低温下（100–150 °C）におけるメタノール合成に資する**錯体触媒**を開発する。錯体触媒特有の分子レベルの構造設計により、反応の低温化が可能になると考えられる。同時に、経由する中間体に着目して**メタノール生成に有利な合成ルート**を開拓する。

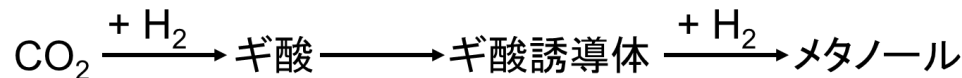
【従来技術】



【本研究】



分子レベルの設計により
反応の低温化が可能



様々な合成ルートが存在

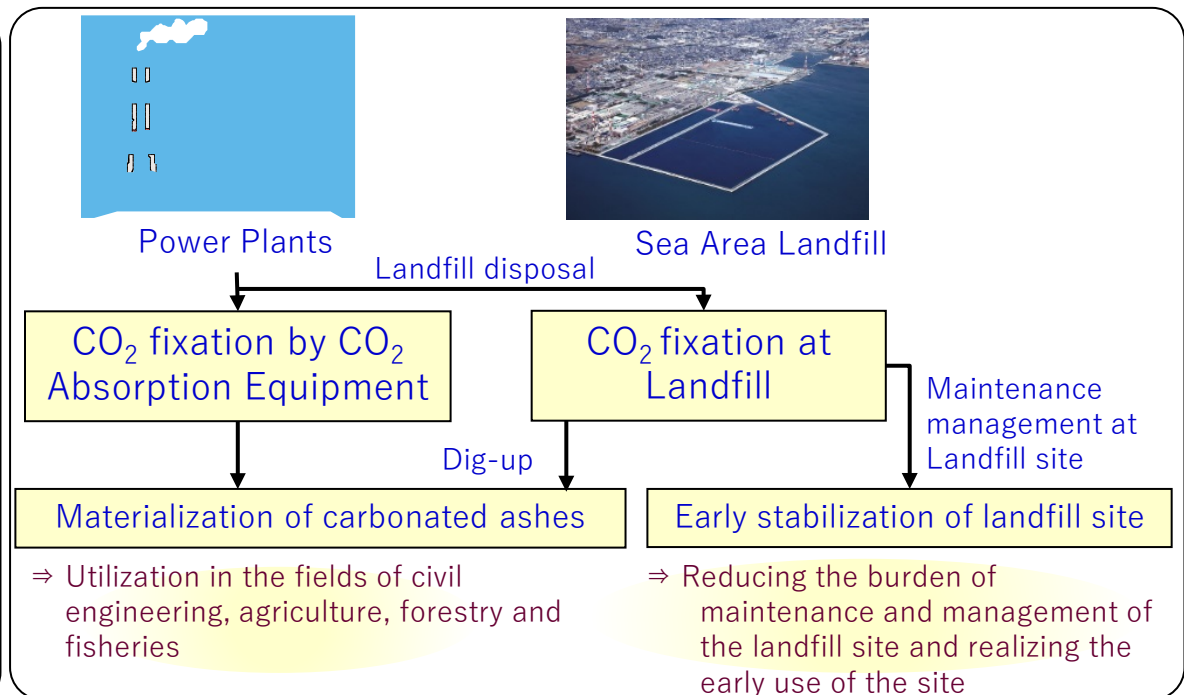
CO₂ fixation and utilization by coal ash and biomass ash

Background / Objectives

Among by-products generated in Japan, coal ash and biomass ash are contained alkaline components such as Ca and Mg that form stable carbonates. This project is to research and develop to construct a CO₂ fixation system using coal/biomass ashes and establish the technology of utilizing carbonated ashes.

Technical Summary

CO₂ fixation capacity and reaction rate for coal ash, biomass ash are evaluated in order to construct basic design of CO₂ absorption equipment, and CO₂ injection method to landfill. In addition, we obtain the properties of carbonated ash and develop technology for its utilization.



The R&D project has been funded by New Energy and Industrial Technology Development Organization(NEDO) and conducted by CRIEPI, Mitsubishi Power, Ltd., TOYO CONSTRUCTION CO., LTD. and Japan Coal Energy Center(JCOAL).

石炭灰およびバイオマス等によるCO₂固定・有効活用に関する要素技術開発

背景・目的

国内で発生する産業副産物のうち、石炭灰およびバイオマス灰等といった燃焼灰は、カルシウムやマグネシウム等といった安定的な炭酸塩を形成するアルカリ成分を含む。

産業副産物を用いてCO₂を固定・利用する技術として、CO₂吸収装置や処分場を活用したCO₂固定システムを構築するとともに、炭酸塩化した灰を有効活用する技術を開発する。

技術概要

燃料種の異なる石炭灰・バイオマス灰等を対象としたCO₂固定能と反応速度の評価を行い、CO₂吸収装置の基礎設計を行うとともに、処分場をCO₂固定リアクターとみなした最適なCO₂吹込み方法を検討する。また、炭酸塩化灰の性状を明らかにし、土木・農林水産分野での活用に向けた技術開発を行う。

