

RITE Today 2016 Vol.11 Annual Report

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 年次報告書 2016年版 第11号



RITE Today 2016 Vol.11

Contents

巻頭言 03

■ パリ協定の意義

理事・研究所長 山地 憲治

特集 04

■ COP21 と 2020 年以降の温室効果ガス排出削減目標

システム研究グループリーダー 秋元 圭吾

研究活動概説

■ 企画調査グループ・CCS 導入に向けた今後の対応について 08

■ システム研究グループ・システム研究グループの研究活動報告 16

■ バイオ研究グループ・バイオリファイナリー生産技術開発及び実用化開発に向けた取り組み 24

■ 化学研究グループ・CO₂ 分離・回収技術の高度化・実用化、および水素エネルギー社会構築に向けた無機膜、膜反応器開発への取り組み 32

■ CO₂ 貯留研究グループ・実適用を目指す CO₂ 地中貯留技術開発の取り組み 40

トピックス 48

2015 年 (平成 27 年) 発表論文一覧 54

2015 年 (平成 27 年) 主な関連新聞記事一覧 64

登録特許及び公開特許一覧 66

特許紹介 67



パリ協定の意義

公益財団法人地球環境産業技術研究機構
理事・研究所長 山地 憲治

2015年はわが国のエネルギー環境政策にとって記念すべき年になった。わが国のエネルギー政策は、福島原子力事故後長らく混迷を続けてきたが、昨年7月には2030年のエネルギーミックスが提示され、それを受けて年末のCOP21に向けた地球温暖化対策目標（約束草案）も決定された。COP21ではパリ協定が合意され、長年わが国が主張していた、すべての主要国が参加する国際枠組みができた。

パリ協定では、すべての国が自主的に温暖化対策目標とその達成方法を決め、5年ごとに提出することが合意された。また、効果的な温暖化対策の実施を促すため、透明性を高めた形ですべての国が共通の方法によって、その実施状況を報告し、レビューを受けることになっている。これはわが国が20年以上前から提案してきたプレッジ&レビュー方式に合致している。

パリ協定のもう一つの注目点は、全球平均気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑制するという長期目標を明記し、1.5℃も努力目標としたことである。そして、この長期目標を達成するため、世界の温室効果ガス排出を出来る限り早期に減少方向に転換し、今世紀後半には温室効果ガスの排出実質ゼロを目指すことになった。ただし、この長期目標には懸念がある。

地球温暖化の科学にはまだまだ多くの不確実性があり、気温上昇による影響予測や温暖化対策の実現性についても不確定要因が多い。地球温暖化対策は、本来は、このような大きな不確実性の下で行うリスク対応として取り組む必要がある。リスク対応としては、長期目標を特定の数値で示すことよりも、今後起こり得る様々な状況に柔軟に対応しつつ、グローバルで実効性のある温暖化対策を長期的に維持していくことの方が重要である。パリ協定における長期目標は、温暖化対策の方向性を示す定性的なビジョンと理解するのが適切だと思う。

パリ協定の合意を受けて、わが国は今年春までに、提出した約束草案の実現を目指す「地球温暖化対策計画」を取りまとめることになった。また同時期には、COP21で安倍首相が提唱した「エネルギー・環境イノベーション戦略」も策定される。このイノベーション戦略では、約束草案で示した2030年目標を超えて、革新的技術の開発とその世界への普及を目指すことになる。

リスク対応としての地球温暖化対策では、グローバルで長期的な視点から研究開発を進め、対策手段の拡大を図ることが重要であり、パリ協定でもイノベーションの重要性が指摘されている。特に、21世紀後半を含む長期的な視点から研究戦略を評価すると、RITEが先導して進めているCCSなどの技術開発の重要性が浮き彫りになる。

RITEは1990年のヒューストンサミットでわが国が提唱した地球再生計画の実現に寄与することを目的として設立された。RITEの基本的役割は、長期的かつグローバルな視点から地球温暖化対策に取り組み、イノベーションの社会実装や現実の政策展開に貢献することである。パリ協定で再確認されたRITE設立の意義を改めて胸に刻み、地球の未来のためにさらに活動を強化したい。

COP21と2020年以降の 温室効果ガス排出削減目標



システム研究グループリーダー 秋元 圭吾

1. はじめに

2015年12月にパリで開催された国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第21回締約国会議（COP21）において、2020年以降（具体的には2030年もしくは25年）の温室効果ガス排出削減枠組み・目標となるパリ協定が合意された。先進国と途上国という隔てなく、ほぼすべての国が温室効果ガス排出削減に取り組む法的拘束力を有する国際枠組ができたという点で画期的なものと言える。この大変難しい交渉に大きな努力を払ってこられた国内外のすべての関係者に敬意を表したい。

1997年に採択され2005年に発効した京都議定書は、先進国グループ（附属書I国）に排出削減の義務を課す一方、それ以外の途上国グループには排出削減を促す仕組みがほとんどないものであった。2014年に出版された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告書でも、世界の温室効果ガス排出量は2000年以前よりも2000年に入ってからの方が排出増大のスピードが増しており、それは中国を中心とした急速に発展した中高所得国における急激な排出増に大きく依るものであった。世界において大きな排出削減の努力がなされてきたものの、世界排出量として見ると結果は伴わなかったと言える。

そのため、日本政府も世界すべての国が参加する実効性のある新たな排出削減枠組みを目指してきた。その中で、1990年時点での先進国と途上国の区分での2分化がそのまま固定化されかねない京都議定書の第2約束期間（2013～2020年）への参加を拒否するなどして、新たな枠組みの構築を促してきた。京都議定書のように先に世界全体の排出削減レベルを決め、それを各国に割り当てて、削減目標そのものに法的拘束力を課すような仕組みではなく、各国が自主的に排出削減目標をプレッジ（宣誓）し、国際的にレビューを行うことで実効性を作り出していく、いわゆるプレッジ・アンド・レビューと呼ばれる仕組みとすることで、ほぼすべての国が取り組める枠組みを作り上げてきた。そしてパリ協定もプレッジ・アンド・レビューの枠組みとなった。京都議定書と同様に法的拘束力を有する国際枠組みであり、目標提出の義務などは有するが、目標そのものの達成義務を法的に縛るものではなく、この点で京都議定書とは大きく異なるものである。

本稿では、まずCOP21合意とパリ協定について簡単に解説したい。そして、パリ協定の下で、各国にたゆまぬ排出削減努力を促していくためには各国が宣誓した約束草案のレビューを適切に進めることが重要と考えられるが、RITEシステム研究グループでは、約束草案の排出削減努力の評価を行っているので、その評価について示すこととしたい。



パリでの COP21 の会場入口の様子

2. パリ協定の概要

2009年にコペンハーゲンで開催されたCOP15では、2020年に向けた世界の排出削減枠組み・目標の合意を目指したが、法的枠組みには合意できず、翌年にカンクンで開催されたCOP16でカンクン合意として表1に示すような内容の合意を見たのみであった。今回はその失敗を繰り返さないようにフランス政府は周到に、そして柔軟性を持ってパリ協定をまとめ上げた。パリ協定においても、提出された排出削減目標の数値自体の実現については罰則がなく法的拘束力を持たないが、排出削減への取り組み等を求める内容を記載した協定という形で法的な拘束力が生じる形となっており、カンクン合意とは異なった形となった（表1参照）。

パリ協定では第2条の目的において「全球平均気温上昇を産業革命前に比べ2℃未満に十分に抑え、また1.5℃に抑えるような努力を追求」し、「適応能力を向上させ」、「資金の流れを低排出で強靱な発展に向けた道筋に適合させる」とした上で、「持続可能な発展と貧困撲滅の文脈において、気候変動の脅威への世界的な対応を強化する」としている。一方、パリ協定の上位に位置するUNFCCCにおいては、「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととされない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべき」とされている。パリ協定では、世界が目指す地球温暖化抑制の数値レベルを明記したという点で大きな変化である。また、濃度安定化ではなく、気温上昇レベルを目標にする記述に書き換わった。しかし、気温レベルの場合は、温室効果ガス排出と気温上昇との関係の不確実性が大きいため、必要となる排出削減レベルには大きな幅が生じることには留意が必要である。

パリ協定では、しばしば先進国と途上国を2分化する論拠として利用されてきたUNFCCCの「共通だが差異ある責任」は維持しながらも、「各国の異なる事情に照らしたそれぞれの共通だが差異ある責任及び各国の能力の原則」とし、「異なる事情に照らし」が追加され完全な2分化が避けられたことは大きい。そして、

すべての国が排出目標を5年毎に提出、更新すること、2年毎に達成状況を報告すること、また内容についてレビューを受けることとなった。このプロセスにおいて先進国と途上国の差異はつけられなかった。こういった点は、後述するように、今後、適切なレビューを行っていくことにより、各国の異なる事情は踏まえながら排出削減努力は公平に行い、排出削減の実効性を上げていくベースになるものと考えられ、パリ協定最大の成果とも考えている。

表1 京都議定書、カンクン合意、パリ協定の違い
(出典：経済産業省三又審議官、RITE革新的環境技術シンポジウム招待講演資料より、2015年12月)

	枠組条約(1992年)、 京都議定書(1997年)	カンクン合意(2010年) ※法的拘束力なし	パリ協定(2015年) ※法的拘束力あり
緩和 (排出削減)	・先進国は総量削減目標 (京都議定書) ・途上国は具体的な削減義務なし	・先進国は総量削減目標 ・途上国は「国別緩和行動」	・先進国、途上国とも「国別貢献」を5年毎に提出・更新 ・先進国は総量削減目標を継続、途上国も時とともに全経済の削減・抑制目標を目指す
資金支援	・先進国から途上国への提供義務	・先進国による1000億ドルの資金動員(途上国の緩和行動と透明性が前提)	・先進国の義務は継続 ・途上国にも任意の支援を奨励
行動の透明性	・先進国は毎年の排出量報告、4年毎の国別報告(排出量に加え、緩和、適応、支援等の政策・措置を含む) ・途上国は期限なしの報告義務	・先進国は2年毎の「隔年報告書」(目標の達成状況含む) ・途上国は2年毎の「隔年更新報告書」(目標の達成状況含まず)	先進国、途上国とも、 ・2年毎に「国別貢献」の達成状況等を報告 ・内容について専門家がレビュー、多国間で検討

※上記のほかにも、適応、技術開発・移転、能力構築等について規定あり。

3. 排出削減努力から見た我が国および世界主要国の約束草案の評価

約束草案の排出削減努力をどのように計測し、評価するかは、排出削減の実効性を上げていくために大変重要と考えられる。RITEではその評価を実施している。なお、本稿では簡単に述べるに留め、より詳細については後述のシステム研究グループの研究活動概説において紹介することとしたい。

約束草案における排出削減目標は、基準年比の排出削減率、GDPあたりの排出量について基準年比での改善率、成り行きケース（ベースライン）からの排出削減率など、国によって様々である。また基準年も統一されていない。各国の事情に差異がある中ですべての国に排出削減目標の提出を促すためにこの柔軟性は役目があると考えられる。しかし、このままでは排出削減努力を国間で比較しにくい。そこで、RITEでは米国の未来資源研究所（RFF）等とも協力しながら、約束草案の排出削減努力を評価するのに適切と考えられる複数の指標に基づく評価を実施してきている。評価指標としては、GDPあたりのGHG排出量の絶対水準や改善率、ベースライン比の排出削減率、CO₂限界削減費用、GDP比排出削減費用などが考えられる。ただし、それぞれの指標には長所と短所が存在するため、それぞれの指標が持っている意味、限界等を理解しながら総合的に評価することが重要と考えられる。

日本は2030年に2013年比で26%削減という目標をプレッジし、UNFCCC事務局に提出した。また例えばその他では、米国は2025年に2005年比で26～28%減、EUは2030年に1990年比で40%減、中国はGDPあたりCO₂排出量を2005年比で60～65%削減等となっている。

図1に評価指標毎の排出削減努力の評価結果を示す。スイスと日本の約束草案はCO₂限界削減費用が高く（ともに380\$/tCO₂程度と推計された）、GDP比削減費用以外の多くの指標で高い評価となっているなどの点で似通っている。日本は既に高い省エネを達成しているが、約束草案では大きな省エネを見込んだ排出削減目標となっており、極めて高い限界削減費用が推計される。豪州は限界削減費用で見ると低いが、GDP比費用で見ると高い評価となっている。インドは一人当たり排出量の指標では高い評価となっている。

これらの成果については、COP21のサイドイベントにおいて発表し、好評を博している。

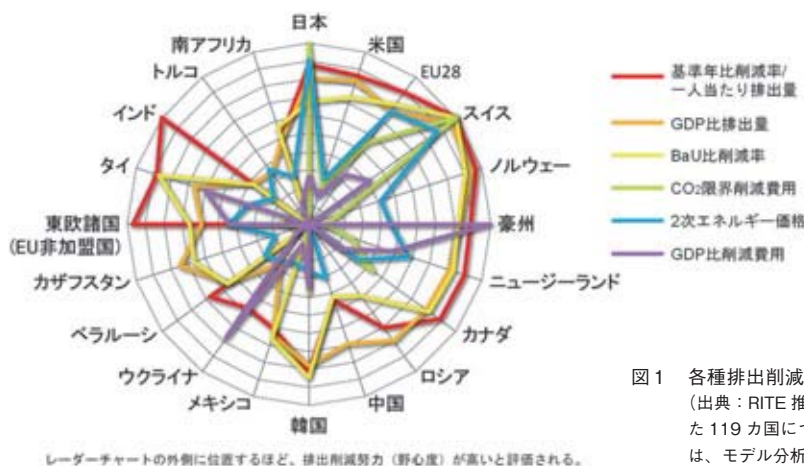


図1 各種排出削減努力の評価指標で見た各国約束草案のランキング
 (出典：RITE 推計。注：2015年10月1日までに約束草案が提出された119カ国について評価をしているが、排出削減費用の評価については、モデル分析上、費用推計が可能な20カ国について評価したもの)

4. 約束草案から期待される世界の温室効果ガス排出量

各国約束草案を積み上げると、どの程度、世界の温室効果ガス排出が抑制できるかについても推計している。RITEの推計（図2）では、約束草案実現時の2030年の世界全体の温室効果ガス排出量は59.5GtCO₂eq程度と推計された（現状政策排出量比6.4GtCO₂eqの削減）。これは、2100年に+2～+3℃程度の範囲が見込まれるシナリオと整合的であると評価される。この気温の幅は、気候感度の不確実性（IPCC第5次評価報告書では1.5～4.5℃と評価されている。図では代表的と考えられる3.0℃と2.5℃の場合についてのみの排出経路を示しているが、0.5℃違うだけで同じく産業革命以前比+2℃以内としても世界排出経路は全く異なってくる）と21世紀後半の革新的技術開発とその普及による大幅な排出削減に大きく依っている。

なお、各国排出削減目標においては限界削減費用に大きな差異が見られるため、削減費用が高い国で削減が進むものの、それによって化石燃料価格が低下することなどによって、限界削減費用がほぼゼロのような国の一部ではむしろ排出が増えることも推計され、排出削減効果の一部が相殺される可能性も示されている。

COP21では、クリーン・エネルギー分野の研究開発についての官民投資拡大を促すイニシアティブである「ミッション・イノベーション」が立ち上げられた。

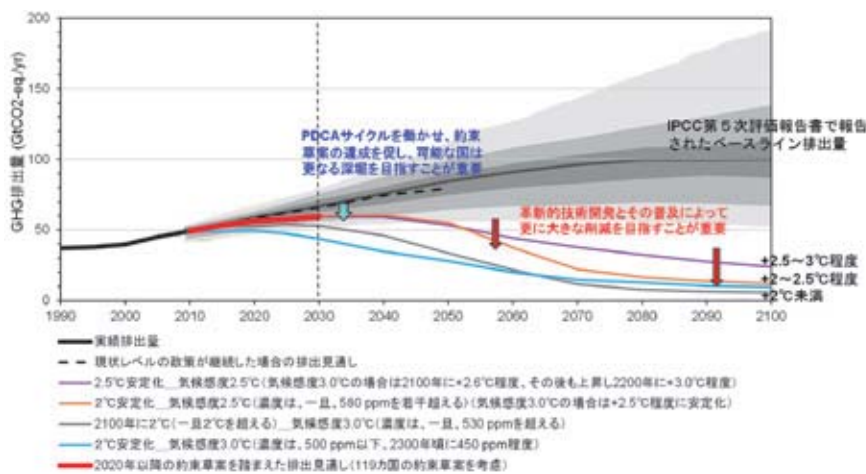


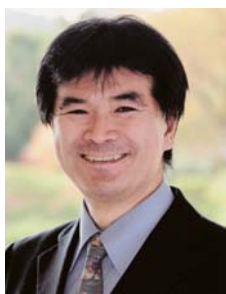
図2 2015年10月1日までに提出された約束草案によって期待される世界の温室効果ガス排出量と長期排出削減・気温上昇見通しとの関係（出典：RITE 推計）

そこでは、賛同国は、クリーン・エネルギー分野の政府研究開発支出を5年間で2倍にすることを旨とするなどとされた。そして日本政府は、安倍首相が途上国支援、イノベーションからなる貢献策として、「美しい星への行動2.0」（ACE (Action for Cool Earth) 2.0）を発表し、「ミッション・イノベーション」への参加を含め、イノベーションの一層の推進を表明した。

5. 今後の主要な要検討事項

COP21決定においては、IPCCに対して1.5℃目標の排出経路の可能性や経済的な影響等に関する特別報告書の作成を求めている。前述のように約束草案を積み上げても、2℃目標であってもその実現は相当難しいと見られる。ましてや1.5℃目標となれば尚更である。また、すべての国に対して2020年までに長期目標を提出することも求めている。長期的に温室効果ガス排出量を大幅に削減していくこと自体は不可欠なことであるが、全くできるはずもない目標を掲げ、それに固執すればいずれ破綻してしまう。また厳しすぎる排出削減目標は、温暖化問題以外の幅広い持続可能な発展を阻害し得る要因をむしろ助長してしまう恐れもある。そのような視点を含め、より一層の定量的な分析を行いながら、温暖化問題に対するより良い解決策を明らかにしていく研究の推進が必要である。

企画調査グループ



グループリーダー
都筑 秀明

【コアメンバー】

サブリーダー・専門役	高木 正人
サブリーダー	中村 哲
主席研究員	野村 眞
研究管理チームリーダー	作山 邦夫
国際標準化チームリーダー	青木 好範
調査役	中神 保秀
主幹	斎藤 一郎
主幹	葛原 宏治
主幹	東 宏幸
主幹	清水 淳一
主幹	倉中 聡

CCS導入に向けた今後の対応について

1. はじめに

昨年（2015年）12月のCOP21において、パリ協定が合意された。この協定において、「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること」、「今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成するために、最新の科学に従って早期の削減を行うこと」などが盛り込まれた。また、「各締約国は、「貢献」（削減目標・行動）を作成、提出、維持する」とともに「目的を達成するための国内措置をとる」こと、「貢献」を5年ごとに提出する」ことが決められた。これにより、発展途上国も含めて全世界が温室効果ガスの削減に取り組むとともに、5年ごとにレビューが行われる方向となった。

このような中、温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）を削減する重要な対策の一つとして、二酸化炭素回収、貯蔵（CCS）が大きく期待されている。一方、CCSには、様々な懸念があり、本格的な導入に向けた様々な課題もある。

本稿では、CCSを巡る内外の動向を概観するとともに、CCSの本格導入に向けて取り組むべき方向等について述べる。

2. IPCCのAR5が示唆するもの

2014年に取りまとめられた気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次報告書（AR5）統合報告書の政策決定者向け要約によれば、「2100年までの範囲では二酸化炭素累積排出量と予測される世界平均気温の変化量の間、強固で、整合的で、ほぼ比例の関係があることを示している。」と記載されている。したがって、安定化させる温度が何度であれ、世界の平均気温を一定にさせるためには、CO₂の「累積」排出量を一定にすること、つまり、増分の排出量である年間の排出量をゼロにすることが必要である（図1参照）。また、2100年にCO₂濃度

を430~480ppmにするシナリオ（いわゆる2℃シナリオ）では、2100年に年間排出量がほぼゼロ、電力部門では2050年に年間排出量がほぼゼロとなっている（図2、図3参照）。政策決定者、CO₂排出事業者などの関係者は、これらの点を十分に認識して対応することが必要である。

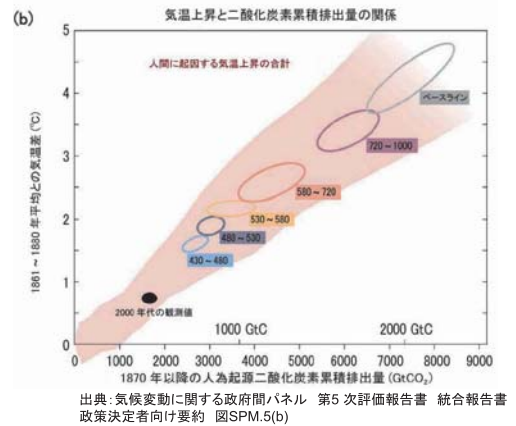


図1 CO₂の累積排出量と世界平均地上気温との関係

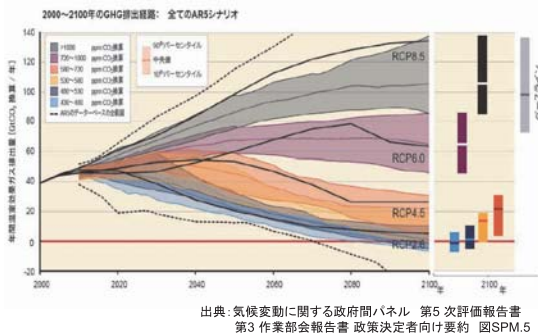


図2 2000年から2100年までの各代表的CO₂排出経路

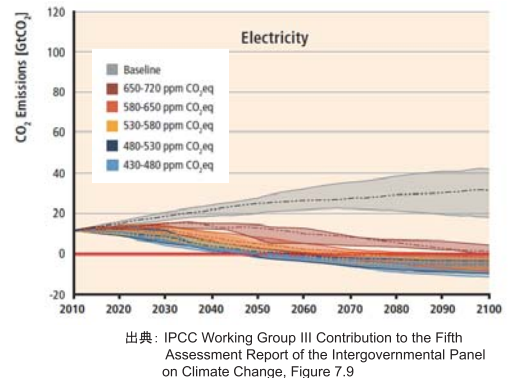


図3 電力部門における2100年までの各代表的CO₂排出経路

一方、CO₂排出削減のためのインフラ整備には相当の時間を要する。例えば、火力発電所の建設リードタイムは平均で10年程度と言われている。すべて同時に建設することは出来ないで順次整備することとなり、最終的な整備に要する時間は建設リードタイムの数倍以上の時間となる。したがって、これらの点を考慮すれば、2100年、2050年と言えども時間的に十分な余裕があるとは言えない。早期からの対策を進めることが必要である。

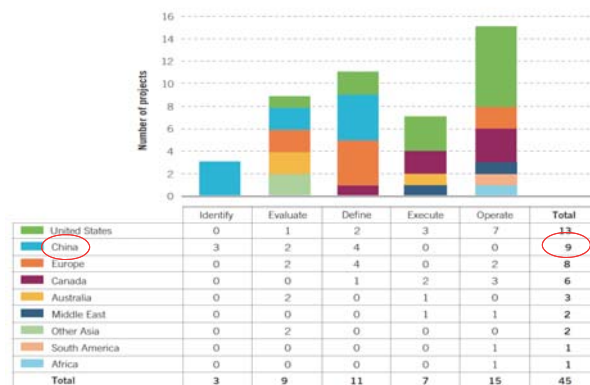
CO₂削減対策の選択肢は限られている。可能性のある全ての対策を検討し、着実に実施することが必要である。その中で、CCSは、重要な対策オプションの一つとして、導入の促進が重要である。しかし、CCSの本格導入のためには、相当の時間と資金が必要である。例えば、「未調査地域を最終投資判断に対応できる水準まで完全に評価するには、10年以上が必要」と指摘されている。このため、将来後手の対応にならないよう、着実に準備を進めていくことが極めて重要と考える。

3. CCSを巡る海外の動向

3.1 世界におけるCCS大規模プロジェクトの現状

GCCSIの「世界のCCSの動向2015」によれば、世界の大規模プロジェクトの開発状況は、運転中のものが15件、建設中のものが7件、全体で45件となっている。昨年に比べ、運転中のものが2件増え、建設中のものが2件減っている。全体のプロジェクトは10件減って、45件となっている（図4参照）。

中国は、プロジェクト数が9件と米国に次いで多い数字となっている。未だ建設、運転段階のものはないが、今後EORを中心にプロジェクトの進展が期待されている。



出典: The global Status of CCS 2015 VOLUME 2

図4 世界におけるCCS大規模プロジェクトの現状

3.2 CO₂排出に関する米国の規制動向

昨年（2015年）8月に、米国環境省（EPA）が、大気浄化法（Clean Air Act）に基づき、二つの規制を発表した（表1参照）。

一つは、新設・改修・改造火力発電所に対するCO₂排出規制である。本規制は、昨年10月23日に既に施行済みである。規制の対象は、新設工事が2014年1月9日以降に開始された火力発電所である。新規に石炭火力を建設する際には、CO₂の排出量をMWh当たり640kg以下に、新規にガス火力を建設する際、売電分についての設備利用率の値が設計発電効率の値よりも大きい場合には、CO₂の排出量をMWh当たり、発電端ベースで450kg又は送電端ベースで470kg以下に抑制することとなっている。今後、新規に火力発電所を設置する際には、石炭火力については、CCS設備を設置せざるを得なくなる。

二つ目は、州毎のCO₂排出規制で、既存の火力発電所に対する規制である。本規制は、昨年12月22日に施行済みである。EPAが①全州共通の個々の既設火力発電所に対するCO₂排出性能レート、②州ごとのCO₂排出レートによる目標値、③州ごとのCO₂排出総量による目標値を設定し、各州は、これらのCO₂排出目標を達成するために、州の計画を策定し、実行する。具体的な達成方法については、州の計画の中で決めることが求められている。対策例としては、熱効率の改善、燃料の転換、再生可能エネルギーの併用、CCS・CCUの導入、バイオマス混焼、排出質量

表1 CO₂排出に関する米国の規制動向

国名	CO ₂ に関する主な規制等の概要
米国	<p>【個別発電所へのCO₂排出規制】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○EPAによる新排出性能基準（NSPS）規制案（2015年10月23日施行） <ul style="list-style-type: none"> ・Clean Air Act 111条b項に基づき、EPAが制定。 ・新規石炭火力：640 kg-CO₂/MWh（GROSS；発電端）（Partial CCSの実施） ・新規ガス火力（ベースロード電源）： <ul style="list-style-type: none"> 450kg-CO₂/MWh（GROSS；発電端）又は470kg-CO₂/MWh（NET；送電端） ○各州によるEPS規制（カリフォルニア州、ワシントン州、オレゴン州） <ul style="list-style-type: none"> ・ベースロード電源：500kg/MWh <p>【州毎のCO₂全体排出規制】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○既設火力発電所に対する排出規制（2015年12月22日施行） <ul style="list-style-type: none"> ・Clean Air Act 111条d項に基づく既設火力発電所に対する排出規制 <ul style="list-style-type: none"> ①全州共通の個々の既設火力発電所に対するCO₂排出性能レート、②州ごとのCO₂排出レートによる目標値、③州ごとのCO₂排出質量による目標値が設定。 ・各州はEPAによって設定されたCO₂排出性能目標を達成するための州の計画（State Plan）を策定して実行。 ・対策例としては、熱効率の改善、燃料の転換、再生可能エネルギーの併用、CCS・CCUの導入、バイオマス混焼、排出質量取引きの利用など。 ・2030年までに発電部門で2005年比で32%のCO₂削減を図る。

取引の利用などが挙げられている。

米国では、個別規制、州毎の全体規制により、CO₂削減を図る戦略である。これにより、2030年までに発電部門で2005年比32%のCO₂削減を図ることとしている。

3.3 CCSのISO化

国際標準化機構 (ISO) では、専門委員会 (TC265) を設立し、CCSの規格原案の作成作業が行われている。TCの下に、「回収」、「輸送」、「貯留」、「定量化と検証」、「横断的課題」、「EOR」に関する6つのワーキンググループ (WG) が設置されている。これに対する我が国の体制としては、RITEが国内審議団体として指名され、ISO/TC265国内審議委員会と関連各WGを設置している。

各WGにおいては、国際規格 (IS) と技術報告書 (TR) の策定作業を行っている (表2、図5参照)。WG1では、回収技術の技術報告書が最終合意され、出版準備中である。本WGは、日本が主導で議論を進めてきているが、発行されれば、TC265として初の出版物となる。また、発電分野における燃焼後回収技術に関する国際規格の開発にも着手している。WG2では、パイプライン輸送に関する国際規格を開発中であり、今年中に発行される。WG3では、陸域、海域の貯留を対象にした国際規格を開発中である。WG4では、定量化と検証分野の情報を集めた技術報告書を開発中である。WG5では、CCSのボキャブラリに関する国際規格とリスクマネジメントに関する技術報告書を開発中である。WG6では、CCS-EORに関する国際規格を開発中である。

2016年には最初の技術報告書および国際規格が発行される予定である。

表2 CCSのISO化 (各WGの状況)

WG	標準化の内容	出版目標	備考
WG1 (回収)	● 回収技術を集めたTRは最終合意されISOにて出版準備中。ISO/TR 27912 ● IS (発電分野・燃焼後回収技術)のNWIPが承認され開発着手。ISO 27919-1	TR:2015 IS:2018	ISO/TR 27912は2015年中に出版予定。日本主導でTC265として初の出版
WG2 (輸送)	● パイプライン輸送に関するISを開発中で、DIS投票し承認。投票コメント対応中。ISO 27913	IS:2016	216個のコメントに基づきドラフトを改訂中。船輸送は今後の検討課題。
WG3 (貯留)	● 陸域、海域の貯留を対象にIS開発中でCD投票し承認。投票コメント対応中。ISO 27914	IS:2017	1000個のコメントに基づき改訂予定。2016年9月DIS投票目標。
WG4 (Q & V)	● 定量化と検証分野の情報を集めたTRを開発中 ISO/TR 27915	TR:2016	WD作成中。2016年1月DTR投票予定。
WG5 (クロスキャッチング)	● CCSのボキャブラリに関するISを開発中。クロスキャッチング用語について2回目のCD投票予定。ISO 27917 ● Lifecycle risk managementに関するTR開発中。ISO/TR27918 ● Stakeholders engagementをPWIキャンセル	IS:2017 TR:2017	ISO 27917は開発期間4年へ変更。
WG6 (CO2-EOR)	● TPを立ち上げ、WD開発中。ISO 27916	IS:2018	ドラフトの作成中。2016年春にはCD投票予定。

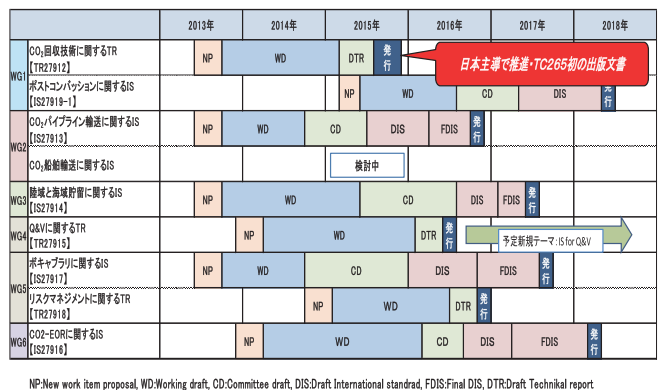


図5 標準化のスケジュール

4. CCS導入のために着実に進めるべき対応の方向

4.1 CCSの重要性と課題

地球の地表平均気温の上昇を抑制するべくCO₂排出の大幅削減を図るためには、対策の選択肢が限られている中、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力などの低炭素エネルギー技術とともに、CCSの導入を推進することが極めて重要である。電力部門においては、太陽、風力等の再生可能エネルギー、原子力

発電だけでは、負荷変動に十分追従できないため、負荷調整機構（蓄電池又は調整電源）が不可欠である。この観点からもCCSを有する火力発電は極めて重要な対策手段と言える。

一方、我が国においては、CCSに対して、いくつかの指摘・懸念がある。①外部不経済である地球温暖化問題への対応に特化したCCSの導入はコストアップとなるだけであり経済的メリットが無い、②断層等が多く不均一な地層で、地震も発生する我が国に大量のCO₂を貯留する場所があるのか、③導入のための制度等が現時点で未整備で、予測よりも貯留量を確保できないリスクもあるなど、CO₂貯留はリスクが高く事業として実施できるのか、といったものである。

4.2 CCSの導入のための今後取り組むべきこと

以上の懸念、課題を踏まえると、CCSを今後本格的に導入していくためには、CCS導入の容易化、事業実施の不確実性の低減等が必要である。具体的には以下の通りである。

一つ目は、CCSのコスト削減のための技術開発の継続的な実施である。CCS導入を容易にするためには、コスト削減が極めて重要である。2030年頃の本格導入が見込まれる中、民間だけで技術開発を進めることは極めて困難である。国が主導して、技術開発の継続的な実施を進めることが必要である。

二つ目は、CO₂貯留賦存量の把握とデータベース化である。政策決定者、CO₂排出事業者などの関係者がCCSを本格的に導入する決断をする上で、我が国のCO₂貯留賦存量を把握することが極めて重要である。一方、「未調査地域を最終投資判断に対応できる水準まで完全に評価するには、10年以上が必要」と指摘されている。CO₂賦存量の把握とデータベース化は期間と資金が必要であるため、早期の調査開始が望まれる。

三つ目は、日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発である。日本の地層には多くの断層が存在し、特性分布も不均一である。このような地層に十分な貯留量を確保するには、日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発が必要である。RITEでは、帯水層内の地層水を排出する次世代CO₂貯留・利用システム（SUCCESS）を提案している。

四つ目は、CCS導入のための仕組み、法制度等の整備である。外部不経済である地球温暖化問題への対応に特化したCCSは、市場原理だけでは導入が困難である。補助金、税制等のインセンティブ、排出権取引、規制等の仕組みを構築することが必要である。

最後は、CCSの理解増進である。CCSは、地球温暖化対策の重要な技術であるにもかかわらず、あまり知られていないのが現状である。その一方で、CO₂の漏洩等の懸念もある。CCSの理解増進に向けては、正確な知識を分かり易く説明する努力が重要である。

4.3 CCS導入のイメージ

回収技術、貯留技術に関する研究開発を継続的に実施するとともに、CO₂貯留賦存量の調査、評価を行うことも重要である。本格導入の前に、大規模実証の実施も必要である。CO₂は漏洩しないのか、誘発地震を引き起こさないのか等に懸

念があるので、国民の理解増進は継続的に実施する必要がある。実際の事業実施に当たっては、地点の詳細調査、環境アセス、建設などの期間が必要である。「未調査地域を最終投資判断に対応できる水準まで完全に評価するには、相当の時間（10年以上）が必要」と指摘されているので、この点を考慮すれば、2030年から本格導入していくためには、運転開始の7年～10年前から準備することが必要である。その前提条件として、法制度の整備、導入のための仕組みなどを整備しておく必要がある。以上を踏まえたCCS導入のイメージを図6に示す。

以上の通り、CCS導入に向け、計画的に、着実に準備することが必要である。

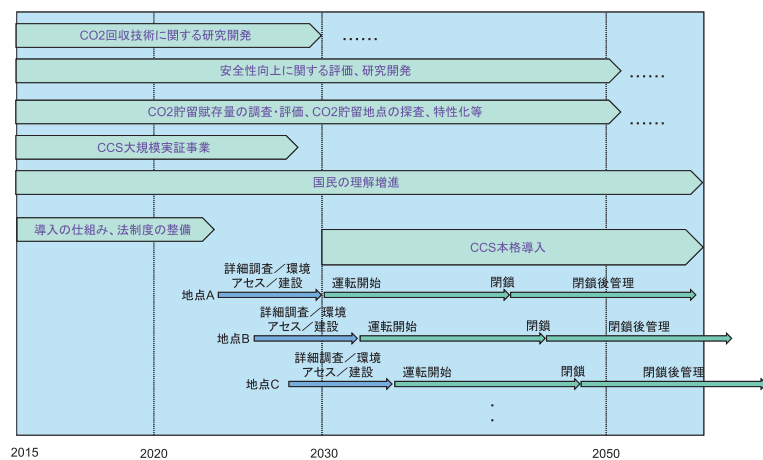


図6 CCSの導入のイメージ

5. より経済的で安全なCCS技術 (SUCCESS) の検討

5.1 複数坑井システムによる貯留量の確保

我が国の地層は、断層や不透水層が多数存在しており、実際に貯留しようとしても十分な量の圧入が出来ない可能性がある。CO₂貯留に際しては、このような点を考慮する必要がある。次世代CO₂貯留・利用システム (SUCCESS) は、圧力井と緩和井を設けて、地層圧上昇の抑制、圧入レートの向上を図るとともに、熱エネルギーを回収する次世代のCO₂貯留システムとして提案したものである

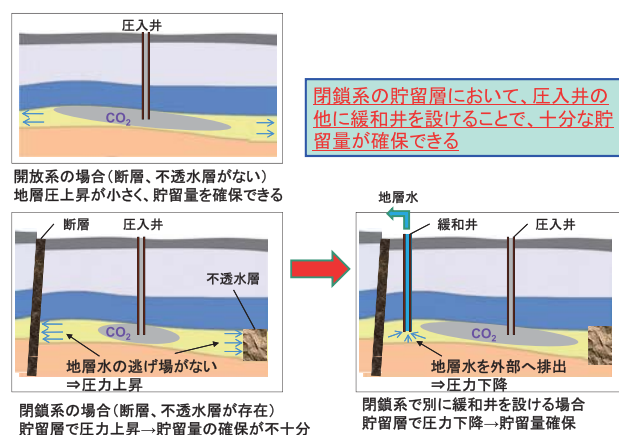


図7 複数坑井システムによる貯留量確保のイメージ

が、断層や不透水層を境界とする閉鎖系の貯留層においても十分な貯留量の確保を可能とすることが期待されている。断層、不透水層がない開放系の貯留層の場合には、通常の圧入で貯留量を確保できるが、閉鎖系の貯留層の場合には、一定以上のCO₂を圧入すると地層水の逃げ場がないため、圧力上昇が起こり、CO₂の圧入が出来なくなり、十分な貯留量を確保できない。これに対して、別の場所に緩和井を設けて地層水を外部に排出することにより、圧力を下げ、本来貯留層が有するCO₂の貯留量を確保することが出来る。つまり、閉鎖系の貯留層において、圧入井の他に緩和井を設けることで、十分な貯留量を確保することができる(図7参照)。

5.2 数値シミュレーションによる複数坑井システムの有効性検討

RITEでは、ある地点の地層データを基に、圧入井と緩和井を設けた場合の数値シミュレーションを行った。その結果を図8に示す。図8のうち、W-1が圧入井、W-2、W-3が緩和井である。W-1,2,3ともに高浸透率ゾーンに配置した。圧入量は、年間100万tとした。計算は、緩和井非設置、W-2に緩和井設置およびW-3に緩和井設置、の3ケース行なった。結果は、緩和井を設置しない場合は4年で地層圧が上昇して圧入できなくなった。W-2に緩和井を設置した場合は、12年以上圧入することが出来た。つまり、緩和井によって貯留可能量は3倍以上に増加した。一方、W-3に緩和井を設置した場合、4年で圧入が出来なくなり、効果は認められなかった。これは圧入井W-1と緩和井W-3の間に3次元的高浸透率部の連続性(導通性)がなかったためである。以上のように、緩和井の設置は閉鎖系では極めて有効だが、設置場所と地層の条件によっては改善効果がないこともあるため、坑井の配置が重要な課題となる。

上述の通り、緩和井の設置場所によって、貯留可能量は大きく異なる。このため、どの位置に圧入井と緩和井を配置すると累積のCO₂貯留量が最大になるかを明確にすることが重要である。2015年度は、最適な坑井配置を確定する手法として、差分進化法(Differential Evolution, DE)を用いて3450ケース計算した。最大化した累積CO₂貯留量(25年間)は約1560万トンとなり、最低値と比べて3.3倍に増加する結果が得られた(図9参照)。複雑な地層にCO₂を効果的に圧入するには、このような手法の更なる開発が極めて重要である。

緩和井の設置は閉鎖系では極めて有効。緩和井がある場合、貯留可能量は3倍以上に増加。ただし、坑井間に導通性が無い場合は改善なし。

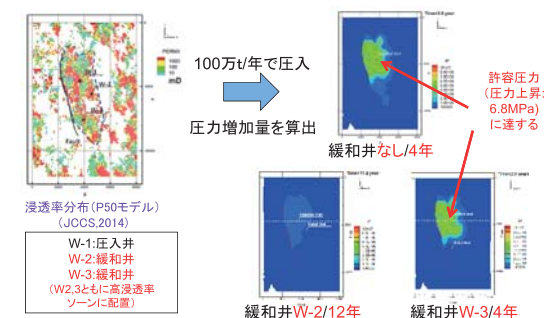


図8 数値シミュレーションによる有効性検討

差分進化法(Differential Evolution, DE)を用いて3450ケース計算し、最大値が得られたのは2982回目のケース
最大化した累積CO₂貯留量(25年間)は8,329MMm3(約1560万トン)
最低値と比べて3.3倍に増加。

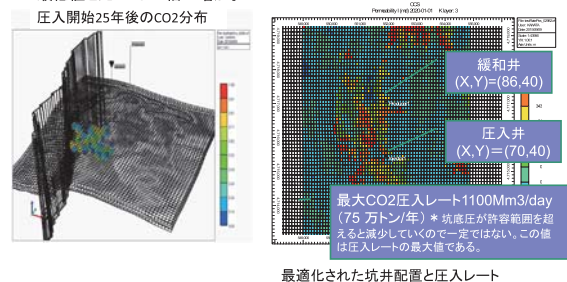


図9 最適化された坑井配置と計算結果

一方、緩和井を設置する方法は新たな坑井掘削や水の処理などコストの増加を招く。今後は、コスト増と貯留量増大効果とのトレードオフの関係も考慮した検討および計算をやっていくことも必要である。

6. まとめ

世界の平均地上気温を安定化させるためには、究極的にはCO₂の年間排出量をゼロにすることが必要である。いわゆる2℃シナリオでは、①2100年にCO₂の年間排出量がほぼゼロ、②電力部門では、2050年にCO₂の年間排出量がほぼゼロ、それ以降は負の排出となっている。選択肢が限られている中、CCSは、重要な対策オプションの一つとして、導入の促進が必要である。

CCSを今後本格的に導入していくためには、①CCSのコスト削減のための技術開発の継続的な実施、②CO₂貯留賦存量の把握とデータベース化、③日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発、④CCS導入のための仕組みづくり、⑤CCSの理解増進などが不可欠である。特に、多くの断層が存在し、特性分布も不均一である日本の地層において、十分な貯留量を確保するには、日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発が必要である。RITEが提案している次世代CO₂貯留・利用システム（SUCCESS）は、緩和井の設置により、閉鎖系の地層では極めて有効である。今後最適な配置の決定手法の開発が重要である。

システム研究グループ



グループリーダー
秋元 圭吾

【コアメンバー】

主席研究員	友田 利正
主任研究員	和田 謙一
主任研究員	長島美由紀
主任研究員	本間 隆嗣
主任研究員	佐野 史典
主任研究員	小田潤一郎
研究員	林 礼美
研究員	徳重 功子
研究員	有野 洋輔
研究員	ショアイ・テラニ・ピアンカ
研究員	魏 啓為

システム研究グループの研究活動報告

システム研究グループは、システムの思考、システムの分析を通して、地球温暖化やエネルギー対応に関する有用なる情報提供を国内外に行っている。以下に、H27年に当グループが取り組んだ研究の中から3つのテーマを紹介する。1つ目は、2020年以降の排出削減目標（約束草案）の排出削減努力の評価である。2つ目は途上国での排出削減の取り組みは重要と考えられるが、インドの発電効率の評価である。3つ目は対策におけるもう一つ大きな柱である長期の革新的な技術について、水素システムを中心とした長期的な対策の評価である。このような分析、評価を通して、より良い温暖化対策・政策立案に貢献してきている。

1. 約束草案の排出削減努力の評価

特集記事でも記述したように、COP21においてパリ協定が合意された。世界における温室効果ガス（GHG）排出削減の実効性を上げていくには、今後、適切なレビューが重要となる。本節では、COP21に先立って日本政府および世界の主要国が提出した約束草案について、排出削減努力の視点を中心とした評価について紹介する。

1.1 日本の約束草案の評価

日本政府は、2015年7月に2030年のエネルギー需給の姿を描いた長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）を決定し、またそれと整合的な2013年比で温室効果ガス排出量26%削減目標を含む約束草案を決定し国連気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に提出した。その政府決定では、省電力を基準ケース比で17%減と見込んだ。しかも電力コストを下げながら実現するとしている。更には電力の価格弾性値は小さい（電力価格が上がっても電力消費量は下がりにくい）。産業部門での省エネルギーはかなり進展しており削減余地は小さい一方、政府が見込んでるように確かに家庭、業務部門における省エネルギーの余地は

まだかなりあると見られる。しかしながら、これらの部門の省エネルギーを考えると、[隠れた費用]とも呼ばれることのある様々な費用など、単純に推計したときの省エネポテンシャルが実現してこなかった理由を踏まえる必要がある。

この大きな省エネルギーを前提とした大きな排出削減を見込んだ排出削減目標となっているため、RITEのエネルギー・温暖化対策評価モデルDNE21+の推計では、温室効果ガス26%削減の限界削減費用は380\$/tCO₂程度、エネルギー起源CO₂排出量（26%減の内の22%削減寄与分）の限界削減費用は260\$/tCO₂と、極めて高い費用が推計された。また、政府の決定に先立って、エネルギーミックス、排出削減目標策定の参考情報を提供すべく、当グループではエネルギー需給構成、温室効果ガス排出削減レベルの違い等に伴う経済影響について費用推計等を行った。そこでは再エネ比率、原子力比率、温室効果ガス排出削減強度の違いによる経済影響等を定量的に示した。マクロ経済への波及効果も含めた推計が可能なエネルギー・経済モデルDEARSの推計では、GDP損失は2.5%、年間約18兆円に及ぶと推計された。これは、電源の構成（再エネ22~24%、原子力20~22%、石炭26%、LNG27%程度）については、現状での制約を踏まえて考えるならば比較的バランスのとれた構成と推計され、それによる経済的な損失はそれほど大きくないレベルと推計されたものの、過大な省エネルギーの想定が経済損失をもたらし得る。目標は過大と見られるが、それを目指すにあたっては良い経済環境を作りだし、経済を良くしながらそれによって民間の設備投資を促し、賢い省エネルギー対策を実施していくことが必要である。

1.2 各国約束草案の排出削減努力の評価

当グループでは、米国の未来資源研究所（RFF）、イタリアのエニ・エンリコ・マッテイ財団（FEEM）等と協力しながら、約束草案の排出削減努力を評価するのに適切と考えられる複数の指標に基づく評価を実施してきている。

評価指標としては、GDPあたりのGHG排出量の絶対水準や改善率、ベースライン比の排出削減率、CO₂限界削減費用、GDP比排出削減費用などが考えられる。

表1 各国の排出削減努力を計測するための指標例

排出削減努力の評価指標	概要、留意点等
排出量基準年比削減率	ベースラインで排出が横ばいに近い場合には、単純に削減率の大きさを比較することでBAU比削減率の代用とでき、BAU推計が不要となるメリット有り
一人あたり排出量	経済活動の大きさや国土の状況等に依拠しやすく、排出削減努力の指標とは言い難い面有り
GDP 比排出量 (CO ₂ 原単位)	経済活動の大きさに見合ったCO ₂ 排出量水準を表すもの。ただし排出削減努力と無関係な産業構造にも依拠する。
BAU 比削減率	経済成長の違いなどを考慮できる。ただし、過去の省エネ努力や再エネ等の削減ポテンシャルは無視される。
CO ₂ 限界削減費用 (炭素価格)	経済成長、過去の省エネ努力、再エネなどの削減ポテンシャル等、各国の諸々の差異を含む指標で、削減努力の計測として妥当性が高い。ただし推計の不確実性が大きい。
2次エネルギー価格 (電力、ガス、ガソリン・軽油)	ベースラインに含まれる削減努力も含む。事後評価であれば、市場価格で観測ができるが、事前評価においてはモデル推計となり、推計の不確実性が大きい。
GDP 比削減費用	限界削減費用は、経済力に応じた負担能力が考慮されないが、本指標は負担能力を含めた評価が可能。推計の不確実性は大きい。

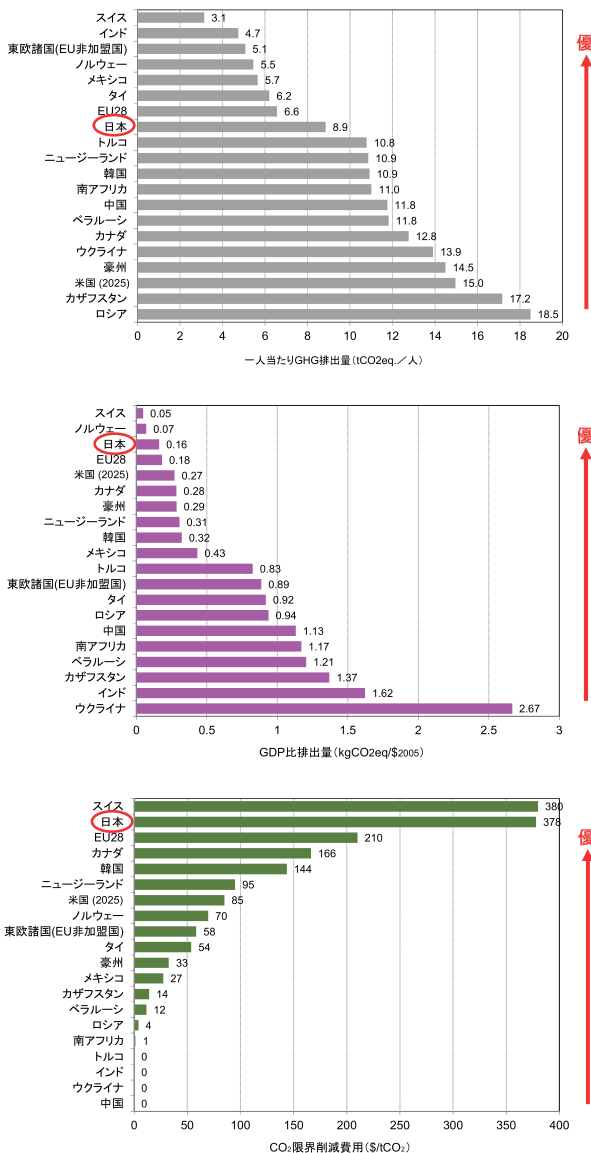


図1 約束草案の排出削減努力の評価指標例（一人当たり排出量、GDPあたり排出量、CO₂限界削減費用。いずれも2030年の目標。ただし米国のみ2025年目標）

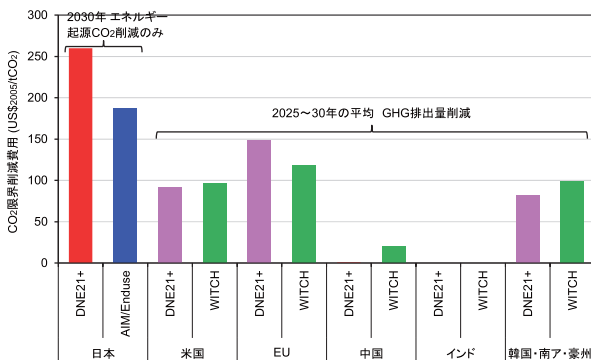


図2 約束草案のCO₂限界削減費用の推計（国環研AIM、FEEM WITCHモデルとRITE DNE21+モデルの比較）

ただし、表1で示すように、万能な指標は存在せず、それぞれの指標には長所と短所が存在するため、それぞれの指標が持っている意味、限界等を理解しながら総合的に評価することが重要と考えられる。

図1には、20カ国の約束草案について（いずれも2030年の目標。ただし米国のみ2025年の目標）、一人あたりGHG排出量、GDPあたりGHG排出量、CO₂限界削減費用を示す。例えば、中国は約束草案を達成したとしても、一人あたり排出量で見ても、2030年にはEUや日本などの排出量を大きく超えると見られる。GDPあたりGHG排出量は、水力発電の比率が高いスイスやノルウェーを除けば、日本は世界において最も優れたレベルの約束草案であると評価される。

なお、限界削減費用等の費用推計は、モデルを用いることとなり、現在の部門別のエネルギー効率の推計や、再生可能エネルギーのコスト低減の見通しなど、モデルの前提条件の想定の違いなどにより、推計に幅が生じる。そこで、RITE以外のモデルによる評価も含め図2に示す。なお、FEEMのWITCHモデルは、日本を単独で評価できない。一方、欧州委員会による約束草案評価に関する国際モデル比較プロジェクト(MILES)にも参加している。そこでは、RITEは、国立環境研究所とともに、日本の約束草案の評価を実施した。そこで、日本については、国立環境研究所のAIMモデルによる評価（エネルギー起源CO₂削減（22%削減分））である186\$/tCO₂を併せて図2に掲載した。モデルによって推計に幅があるものの、主要な国について比較可能な推計となっていると考えられる。

スイスや日本、EUの約束草案は、CO₂限界削減費用など、多くの指標において排出削減努力が大きい野心的な目標と評価される。一方、トルコ、カザフスタン、中国等は相対的に劣る目標と評価される。米国は中位的な結果となった。ただし、大多数の国は2030年目標を提出している一方、米国は2025年目標であるため、他国との完全な比較はできないため、結果には留意が必要である。経済見通しにも依るものの、中国、インドなど、限界削減費用がほぼゼロ、すなわち、成り行きで約束草案達成可能と推計される国も見られる。

このような評価を通して、すべての国が自国の排出削減目標の水準を理解し、更なる排出削減余地がないかを考える機会を生み出し、良いPDCA（Plan-Do-Check-Act）サイクルを確立していくことが重要と考えられる。

1.3 長期目標との関係性

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、2013～2014年にかけて第5次評価報告書（AR5）を公表した。気候変動問題に関する科学的な知見は進展してきているが、それでも大きな不確実性が残っている。代表的なものが気候感度である。平衡気候感度（CO₂濃度が倍増し安定化したときの最終的な全球平均気温上昇幅）については、IPCC第3次評価報告書（TAR）までは1.5～4.5℃、最良推定値が2.5℃と評価されてきた。一方、2007年に発行された第4次評価報告書では上方に修正され、2.0～4.5℃、最良推定値3.0℃と評価された。ところが、最新となるAR5では、平衡気候感度は1.5～4.5℃（最良推定値は合意できず）と再び下方のレベルが広がった。0.5℃の違いしかないが、これによって許容される排出量は大きく変わる。図3は、気候感度が3.0℃の場合に加えて、2.5℃の場合についても気温上昇目標に対する排出経路を示している。気候感度が3.0℃の場合は、約束草案で期待される世界排出量と2℃目標のための経路とは大きなギャップが見られるが、気候感度が2.5℃の場合には21世紀後半の大幅な削減次第では2℃目標達成の排出経路に整合している。

なお、当然ながら温暖化影響被害の大きさについては更に大きな不確実性が存在しているし、気候変動緩和費用についても不確実性は大きい。様々な不確実性が存在する中で、様々なリスクを全体として小さくしていく賢い気候変動対策が求められる。当グループでは、このような不確実性の分析を含め、不確実性を前提とした気候変動リスクの対応戦略のあり方についての検討も行っている。

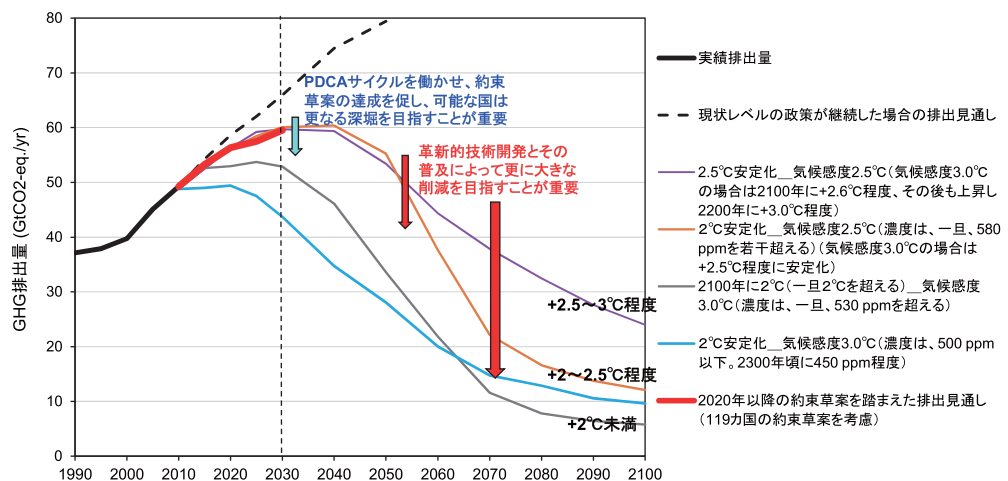


図3 2015年10月1日までに提出された約束草案によって期待される世界の温室効果ガス排出量と長期排出削減・気温上昇見通しとの関係

2. 途上国での技術普及－インド石炭火力発電の評価

2.1 はじめに

CO₂排出量を削減するためには技術の普及が必要であり、その具体策を検討することが早期のCO₂排出削減を進めるためにも有効である。本節では以下、インド石炭火力発電所に注目し、優れた運用保守技術を普及させることで、どの程度のCO₂削減が見込めるかを示す。

2.2 インド石炭火力の発電効率

CO₂削減余地を検討する前に、まずインド石炭火力の現状について見てみる。データ収集が可能であったのは、74の発電所、合計設備容量は69.5GWである(インド石炭に対する設備容量カバレッジは83%)。図4はそのインド石炭火力の発電効率を発電所別に整理したものである¹⁾²⁾。横軸は発電所別の運転開始年である。

インドの電気事業は、国営、州営、民営など多様なプレーヤーから構成されている。そこで図4は、インド電気事業者の最大手であるNTPC(国営)、褐炭発電専門のNLC(国営)、民営などを区別して提示した。図4から、運転開始年が最近の発電所ほど優れた発電効率となる傾向があること、事業者別にみるとNTPCの発電効率が相対的に優れていること、が伺える。

さらなる定量把握のため重回帰分析を適用し、1)発電所の全発電容量が大きい発電所ほど発電効率が高いこと、2)運転開始年が最近の発電所ほど発電効率が高いこと、3)設備利用率が高いほど発電効率が高いこと、4)NTPC及び民営の石炭火力は他の条件が同じでもそれら以外の発電所と比べ1.2%ほど発電効率が高いこと、などを別途確認している²⁾。

このようなインド石炭火力の発電効率を改善するために、既存石炭火力の運用保守水準を改善することが重要である。具体的には、ボイラー内の灰洗浄の効率的実施、燃焼の最適化(未燃分の低減、NO_x発生を低減)、運転の最適化(主蒸気の温度、圧力の安定化)などが挙げられる。

このようなインド石炭火力の発電効率を改善するために、既存石炭火力の運用保守水準を改善することが重要である。具体的には、ボイラー内の灰洗浄の効率的実施、燃焼の最適化(未燃分の低減、NO_x発生を低減)、運転の最適化(主蒸気の温度、圧力の安定化)などが挙げられる。

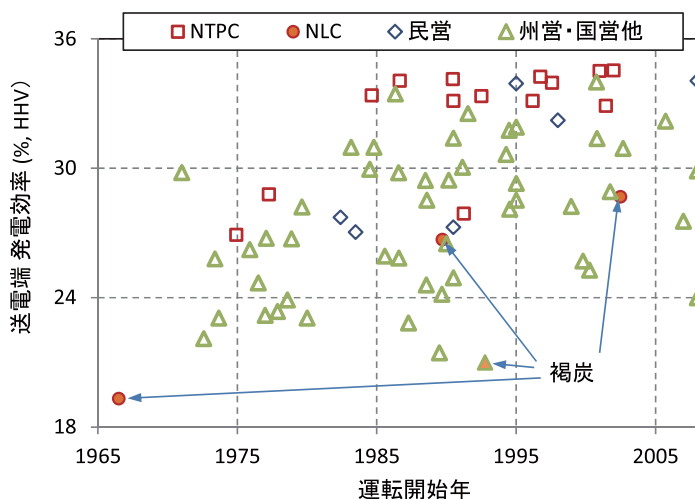


図4 インド石炭火力の発電効率(2007年度~2009年度平均)¹⁾²⁾

2.3 インド石炭火力の排ガス中PM濃度

言うまでもなく温暖化対策としてCO₂削減は重要だが、インド現地における足元のニーズとしてPM排出抑制も関心が高い。優れた運用保守技術の普及により、発電効率向上のみならずPM排出削減も同時に進めることができればシナジーとなりうる。そこで、発電所別の排ガス中PM濃度についても調査した²⁾³⁾。結果を図5に示す。インドでは、210MW以上の石炭火力プラントに対し排ガス中PM濃度の上限基準値150mg/Nm³が設けられている。多くの民営、国営の発電所はその上限基準値を遵守しているものの、一部発電所ではその上限基準値を超えたPM濃度となっている。

なお、日本の石炭火力は10mg/Nm³を下回る実績が報告されており、(日印間で使用する石炭の性状に大きな差異があるものの)運用保守向上によりPM濃度の大幅な低下が可能とみられる²⁾。具体的には、電気集塵機の容量や稼働時間あるいは集塵効率の向上(例えば高抵抗ダストへの実務上の対応)が挙げられる。

2.4 インド石炭火力におけるCO₂削減ポテンシャル推定

指向性距離関数という環境経済学で用いられる手法により、個々の発電所の運

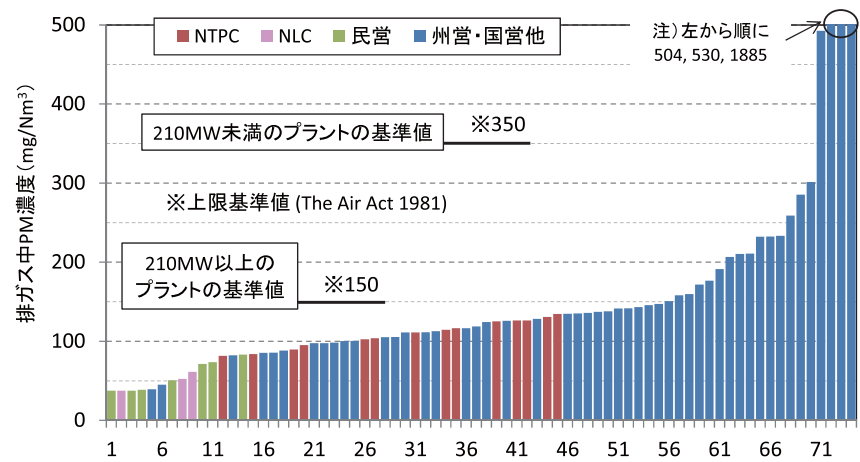


図5 インド石炭火力の排ガス中PM濃度 (2007年度～2009年度平均) ²⁾³⁾

転開始年、発電所容量の差を認めた上で、発電効率、設備利用率、排ガス中PM濃度を同時にどの程度改善できるか発電所別に試算した。これは、条件の不利な発電所（設備容量が小さく、運転開始年が以前の発電所）は不利な発電所同士、条件の有利な発電所（設備容量が大きく、運転開始年が最近の発電所）は有利な発電所同士で比較し改善余地を特定する手法である。本手法により送電端発電効率が30.1%から32.6%へ上昇するポテンシャルがあると算定された。これは、3600万tCO₂/年の削減（分析対象の総CO₂排出量4.8億tCO₂の7.5%）に相当する²⁾。

2.5 まとめ

インド石炭火力に対し優れた運用保守技術を普及させることで送電端発電効率の向上（30.1%から32.6%へ）が期待でき、その場合3600万tCO₂/年規模の削減が見込めるとの結果を得た。優れた運用保守技術により、インドで現在課題となっているPMの排出削減も可能性として期待できる。最新の高効率な発電プラントの普及に留まらず、このような優れた運用保守技術の早期普及も期待したい。

参考文献

- 1) Ministry of Power, Perform, Achieve and Trade (PAT), (2012)
- 2) 小田, 秋元, 長島, インド石炭火力の発電所別パフォーマンスの分析, エネルギー資源, 36(6), pp.17-26, (2015)
- 3) Central Electricity Authority, Ministry of Power, Performance Review of Thermal Power Station 2011-12, (2014)

3. 革新的な技術開発・普及—水素システムの評価

3.1 はじめに

2011年3月11日の東日本大震災とそれに伴う福島原発事故によって、日本のエネルギー政策は大きな転換が必要となっており、2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」¹⁾においても、「将来の二次エネルギーでは、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担うことが期待される。」などと記載されており、水素エネルギーへの期待がこれまで以上に高まってきている。

本節では、長期的なCO₂排出削減対策について、システム研究グループが開発

してきている世界エネルギー・温暖化対策評価モデルDNE21+を用いた水素システムを中心とした評価を紹介する。

3.2 水素システム関連の主たるモデル想定

水素製造技術としては、石炭ガス化、天然ガス改質、バイオマスガス化、水電気分解をボトムアップ的に考慮している（各技術の設備費、効率、および設備寿命を明示的にモデル化）。石炭ガス化、天然ガス改質、バイオマスガス化については、CCS（CO₂回収・貯留）の適用もオプションとして考慮している。なお、現在行われている石油精製や鉄鋼部門などで見られる副生水素製造については、モデルで考慮していない。

地域間（DNE21+モデルは世界全体を国レベルで54地域に分割している）の水素輸送技術については、パイプラインとタンカー（各種の技術があるが、ここでは液化水素輸送で代表させた）を考慮している。また、地域内の水素配送については、ローリー配送やパイプライン配送などがあり、供給地と需要地の分布やその規模などによって配送手段の構成が変わり得ると考えられるが、モデルでは地域内の分布は取り扱っていないため、個別の技術オプションは明示的に想定していない。

水素利用技術としては、水素発電、鉄鋼（水素還元製鉄への利用）、水素燃料電池自動車ボトムアップ的に考慮している。なお、DNE21+モデルにおいてトップダウン的にモデル化している気体燃料需要（民生部門における熱需要等であり、ガスと競合）についても水素による供給が可能と想定している。

ここで、水素燃料電池自動車については、近年の開発動向を踏まえつつ、車両価格について表2のように2種類のケースを想定した。まず、標準ケースとして、将来的に価格低減は進むものの、2050年においても電気自動車より車両価格が

高いケースを想定している。もう一方のケースは、FCV進歩ケースとして、価格低減が更に進み、2050年の燃料電池自動車の価格が電気自動車と同じとなると想定している。文献²⁾など、水素燃料電池自動車を取り扱っている各種のモデル分析があるが、車両価格の想定は様々である。しかしながら、電気自動車との車両価格差という点では標準ケースと同様に燃料電池自動車の方が高いものが多く、FCV進歩ケースは燃料電池自動車について大きな技術進歩を見込んだ想定と位置づけられる。

表2 主要な乗用車技術の想定 (2020年-2030年-2050年)

技術	車両価格 [万円/台]	燃費 [km/L]*2
小型低効率従来型内燃機関車*1	170-170-170	13.0-13.5-14.1
小型高効率従来型内燃機関車*1	200-200-200	23.8-24.8-25.8
小型ハイブリッド車*1	227-224-203	33.7-38.2-42.2
小型プラグインハイブリッド車*1	328-307-209	53.5-60.6-82.9
小型電気自動車	584-439-220	73.0-78.7-96.1
小型燃料電池自動車	標準ケース： 862-602-233 FCV進歩ケース： 585-430-220	44.6-50.5-61.7

*1 ガソリン車の想定。*2 ガソリン熱量等価換算。

3.3 DNE21+モデルによる水素システムの評価

複数の排出削減レベルを想定し、DNE21+モデルによって2050年までの排出削減策を評価した。モデル評価においては、世界全体の費用が最小となる地域別・部門別排出量を算定している。前節で述べた水素利用技術は、温室効果ガス濃度を550ppmCO₂eqに安定化するレベル（2050年のCO₂限界削減費用は

150\$/tCO₂程度と評価されている) から導入され得ると評価された。

水素製造については、石炭や天然ガスといった化石燃料資源からの製造が主になると見込まれるが、排出削減のためにCCSの導入が必要であり、化石燃料、更にはCO₂貯留ポテンシャルを豊富に有する中東やロシア、米国などで製造することが費用効率的であるとの評価である。

水素利用については、550ppmCO₂eqシナリオでは、大規模集中電源としての水素発電がまず費用効率的な対策として評価された。このとき水素発電が費用効率的と評価されるのは、CO₂貯留ポテンシャルが小さく石炭火力やガス火力へのCCSの導入が困難であるなど、競合する他の発電技術の競争力が低い国となっている。評価した中で最も厳しい排出削減レベルであるALPS-CP3.0（産業革命以前比2℃未満が期待できるシナリオ。2050年のCO₂限界削減費用は400\$/tCO₂程度と評価された）における世界全体の水素発電発電電力量は2050年で約900TWh/yr（発電電力量シェアは2%程度）と見込まれている。その他の最終エネルギー需要部門での水素利用は、ALPS-CP3.0のように厳しい排出削減レベルでは費用効率的な温暖化対策として導入され、2050年における世界全体の水素消費量は約25EJ/yr（最終エネルギー需要に占めるシェアは5%程度）と評価された。水素燃料電池自動車については、図6に示すように、標準ケースではほとんど導入されず、電気自動車やプラグインハイブリッド車が優位性を有するが、FCV進歩ケースでは電気自動車よりも優位となり、2050年には世界全体で約1億台が普及しているとの評価である。

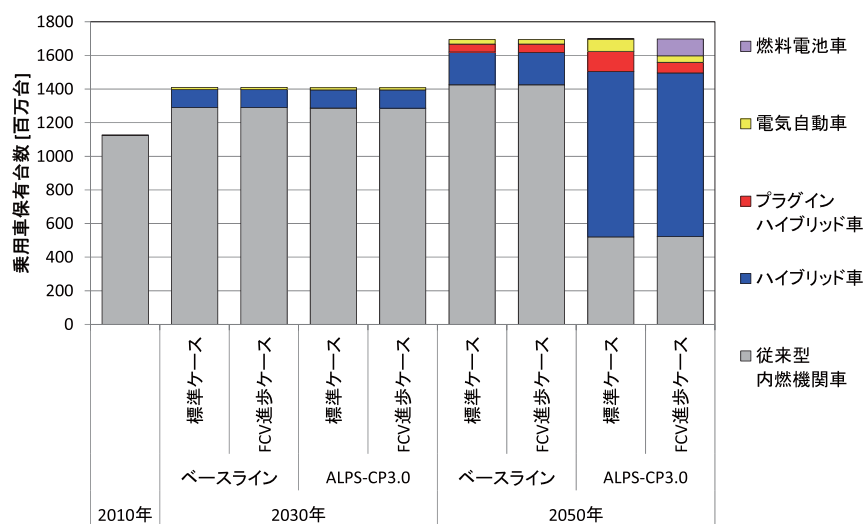


図6 技術別乗用車保有台数 (世界全体)

3.4 まとめ

温暖化対策として大幅なCO₂排出削減に取り組む場合、水素システムは費用効率的な対策の1つとして排出削減に貢献し得ると期待される。この実現のためには、長期的な視点の下での研究開発や水素インフラの構築が重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁、「エネルギー基本計画」(2014)
- 2) IEA, Energy Technology Perspective 2012 (2012)

バイオ研究グループ



グループリーダー代行
乾 将行

【コアメンバー】

サブリーダー・副主席研究員
佐々木朱実
副主席研究員 稲富 健一
副主席研究員 寺本 陽彦
副主席研究員 城島 透
副主席研究員 平賀 和三

主任研究員 渡辺 高延
主任研究員 田中 裕也
主任研究員 須田 雅子
主任研究員 北出 幸広
主任研究員 豊田 晃一
主任研究員 加藤 直人
主任研究員 長谷川 智
主任研究員 小暮 高久
主任研究員 渡邊 彰
主任研究員 小杉 浩史

研究員 久保田 健
研究員 生出 伸一
研究員 猿谷 直紀
研究員 橋本 龍馬
研究員 石田 純也

バイオリファイナリー生産技術開発及び実用化開発に向けた取り組み

1. はじめに

当グループでは、非可食バイオマスからバイオ燃料やグリーン化学品を製造するバイオリファイナリー技術の研究開発を進めている（図1）。最初に、バイオ燃料と近年、実用化開発が加速しているバイオ化学品について世界の概況を紹介する。

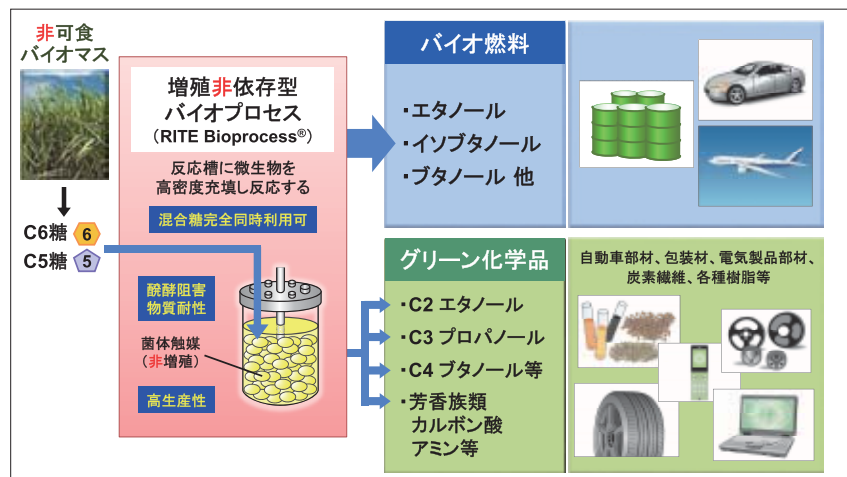


図1 バイオリファイナリーの概要

バイオ燃料

バイオ燃料は、再生可能資源であるバイオマスを原料として製造されることを特徴とする燃料であり、バイオエタノールやバイオディーゼル等がその代表である。生産拡大が続いており、2014年の世界生産量は、それぞれ246億ガロン（9,400万KL）、及び79億ガロン（3,000万KL）であった。バイオエタノール

は主に米国やブラジルで生産・消費され、欧州ではバイオディーゼルの消費が大きい。近年では、食料と競合しない非可食バイオマスへの原料転換を目指した実用化開発が進んでいる。

米国では、米国環境保護庁（EPA）がバイオ燃料の普及を強力に推進している。昨年11月にEPAは、2016年のバイオ燃料の使用目標値は181億ガロン、その中でセルロースバイオ燃料（第2世代バイオ燃料）については2.3億ガロンと発表した。セルロースエタノールは、トウモロコシ等の農業残渣を原料として生産されることからCO₂排出削減効果が大きく、食料資源とも競合しないことから、大きな期待が寄せられている。既に、10万KLレベルの大規模セルロースエタノールプラントが米国、欧州、ブラジルで稼働しており、米国では3番目となる大規模プラント（11万KL、DuPont社）が昨年11月に生産を開始した。

グリーン化学品

バイオ燃料と同様に、バイオ素材やバイオポリマー等のグリーン化学品の世界市場が拡大している。バイオプラスチック分野では、ドイツの調査会社によると2020年までに現在の3倍以上の1,700万トンを超える生産量に達し、プラスチックの生産量の4%を占めるまで増加する予測である。従来型のバイオ化学品の代表である乳酸やコハク酸樹脂に加えて、ペットボトル用のバイオポリエチレンテレフタレート（PET）やバイオポリエチレン（PE）の利用が進んでいる。

また、バイオプラスチックの高機能化が進んでいる。例えば、高耐熱性のポリ乳酸（PLA）や耐衝撃性や耐薬品性に優れるバイオポリアミド（PA）等である。PLAは繊維やフィルム、PAは自動車部品等の用途に使われている。また、原料をセルロース等の非可食バイオマスに原料転換したバイオプラスチックが登場しており、セルロースエタノールと同じように低コストで大量生産する技術開発が進められている。

2. RITEバイオプロセスの特徴

バイオ研究グループでは、これまでに新規技術コンセプトに基づく革新バイオ

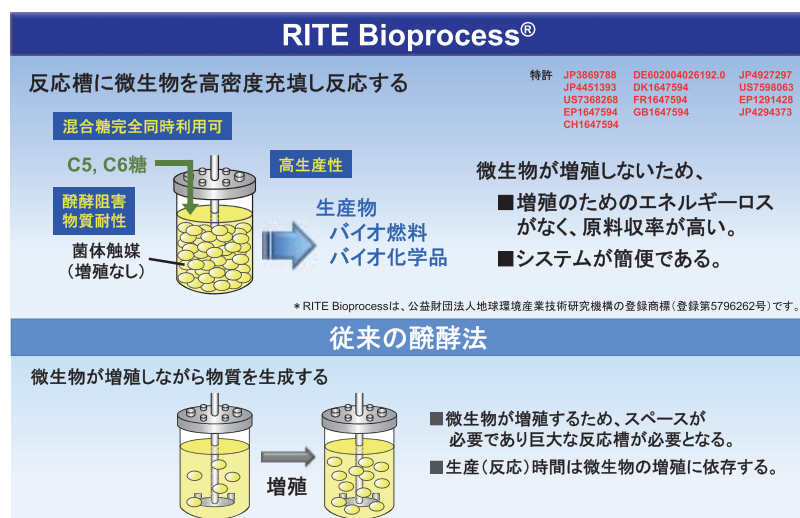


図2 RITEバイオプロセス（増殖非依存型バイオプロセス）の特徴

プロセス「RITEバイオプロセス（増殖非依存型バイオプロセス）」を確立し、バイオ燃料や有機酸を始めとしたグリーン化学品を、高経済性で製造する技術開発に大きな成果を上げ、国内外から高い評価を得ている。

本プロセスの特徴は、目的物質を効率的に生産できるように代謝設計したコリネ型細菌を大量に培養し、細胞を反応槽に高密度に充填後、嫌気的な条件で細胞の分裂を停止させた状態で反応を行う（図2）。高効率化の鍵は、微生物の増殖を抑制した状態で化合物を生産させることにあり、増殖に必要な栄養やエネルギーも不要である。これにより微生物細胞をあたかも化学プロセスにおける触媒のように利用することが可能で、通常の化学プロセスと同等以上の高い生産性を備えたバイオプロセスが実現した。また、コリネ型細菌の代謝系の改良により、C6糖類およびC5糖類の完全同時利用を達成し、効率的なセルロース系バイオマス利用を可能とした。さらに、本プロセスは、セルロース系バイオマスを加水分解した混合糖に存在するフラン類等の発酵阻害物質に対しても耐性が高い（詳細はRITE Today 2013～2014参照）。

現在、エタノール、L-、D-乳酸、アミノ酸等の高効率生産に加えて、ブタノールやジェット燃料素材、フェノール等の芳香族化合物など幅広い展開を図っている。次章では、当グループの主要ターゲットであるバイオ燃料の生産技術開発について紹介する。

3. バイオ燃料の生産技術開発

3.1 バイオブタノール

ブタノールは、ガソリン代替としてエタノールよりも優れた特性を持つ物質であり（表1）、また、化学的にオリゴマー化することでジェット燃料に変換可能なため、近年になってバイオマス原料の中でも、特に非可食原料であるセルロース系バイオマスからの生産が期待されている。

表1 ガソリン混合時のエタノールとブタノールの比較

	エタノール	ブタノール
腐食対策	△ 対策が必要	○ 対策は不要
水混入対策	× 水により相分離するため対策が必要	○ 水溶性が低く対策は不要
蒸気圧対策	× 蒸気圧上昇のため ガソリン側の蒸気圧低下対策が必要	○ 蒸気圧対策は不要

しかし、セルロースブタノール生産技術の開発は、セルロースエタノール生産技術の開発と比較して大きく遅れている。この理由は、ブタノールの持つ強い細胞毒性のため、発酵生産が著しく阻害されるためである。

コリネ型細菌によるRITEバイオプロセスを利用したブタノール生産プロセスは、高度な代謝工学および遺伝子的技術を投入することにより世界最高レベルの生産性を達成している（RITE Today 2014～2015参照）。さらに、当グループでは、経済産業省の「革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業」に昨年採択され、革新的なブタノール製造技術の開発を推進している。本事業では、高度な育種技術により、RITEバイオプロセスの持つ高い生産性を更に引き上げると共に、NREL（米国立再生可能エネルギー研究所）との共同研究により、経済性ある非可食バイオマス由来の混合糖を原料としたブタノール生産プロセスの開発を目指すものである（トピックス参照）。

3.2 グリーンジェット燃料

石油系ジェット燃料は、炭素数C10～C15の分岐および環状飽和炭化水素と芳香族化合物を主成分とする混合物であり、その物理的性質は厳格に規格化され

ている。一方、植物油を水素化した代表的なバイオジェット燃料は、飽和炭化水素化合物のみから構成され、ジェット燃料成分として必須の芳香族化合物を補うために石油系ジェット燃料とブレンドしなければ利用できず、その混合割合は最大で50%である。

当グループは、2014年に提案した「生物・有機合成ハイブリッド微生物による100%グリーンジェット燃料生産技術の開発」がNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）に採択され、ジェット燃料の規格に適合する多様な分岐および環状飽和炭化水素化合物と芳香族化合物の全てをバイオマス由来の混合糖から製造可能な、世界初の100%グリーンジェット燃料生産技術の開発を進めている（表2、RITE Today 2015トピックス参照）。

表2 各種のグリーンジェット燃料製造法とRITE 技術との比較

製造法	ガス化FT法	油脂変換法	ファルネセン	アルコール重合法	RITE技術
原料	バイオマス (安価・豊富)	油脂 (高い)	サトウキビ (供給が限定)	バイオマス (安価・豊富)	リグノセルロース (安価・豊富)
製造される炭化水素	飽和炭化水素のみ	飽和炭化水素のみ	飽和炭化水素のみ	飽和炭化水素のみ	飽和炭化水素 芳香族化合物
化学変換	重合反応	必要	—	必要	不要
	異性化	必要	必要	—	不要
水素供給	必要	必要	必要	必要	不要
混合比率	上限50%	上限50%	上限10%		任意の混合 最大100%

安価で豊富なリグノセルロースを原料とし、コストがかかる重合や異性化反応が不要で、外部からの水素供給も不要。石油系ジェット燃料と任意の割合で混合可能。

本技術では、これまで発酵法では利用されていなかった有機合成反応を微生物細胞内に導入し、新規なバイオ触媒である「生物・有機合成ハイブリッド微生物」を創製し、これをバイオ触媒とする点に特徴がある。本ハイブリッド微生物を利用すると、非可食バイオマス由来のC5、C6糖から炭素数が10~15の範囲で多様な炭素数と、分岐鎖や環状といった多様な構造をもった化合物を同時に生産させることが可能となる。

これらの化合物は、既に炭素数がジェット燃料サイズであり、分岐鎖や環状構造を持っているため、重合や異性化といった変換反応は不要であることから、低コストにジェット燃料を生産することができる。更に、従来の発酵法では製造できなかった化合物の生産も可能になるため、応用範囲はジェット燃料製造にとどまらない。現在は、該ハイブリッド微生物の高効率化を進め、実用化の早期実現を目指して研究を加速している。

3.3 バイオ水素

水素は燃焼時に水のみが生成することから、究極のクリーンエネルギーとして期待されているが、現行の水素製造技術では化石資源に由来するCO₂が排出されるため、トータルのCO₂排出削減効果は限定的となる。微生物を利用した水素生

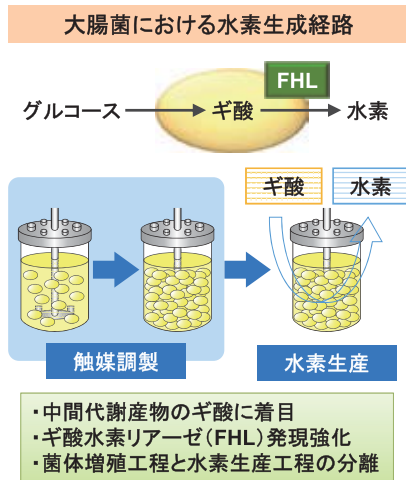


図3 大腸菌高密度菌体触媒による高速水素生産

産（バイオ水素生産）は、将来の持続可能なCO₂フリー水素製造技術となり得るため、多様な微生物の水素代謝に関して基礎および応用の両面から世界中で盛んに研究が進められてきた。しかしながら、生産性が低いことがネックとなり、経済性あるバイオ水素生産技術は確立していない。

当グループでは、シャープ株式会社との共同研究により、大腸菌の水素生成酵素複合体の発現を強化した遺伝子組換え株を作製し、これを高密度菌体触媒として利用した高速バイオ水素生産プロセスを開発した（図3）。このプロセスは、微生物増殖工程と水素生産工程が切り離されており、従来の増殖に伴う発酵水素生産と比較して生産速度は2桁程度高い（300L H₂/L・hr）。この成果を基盤として提案した「セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発」は、経済産業省の「革新的エネルギー技術国際共同研究事業」に採択された。本研究は、NRELとの共同研究であり、非可食バイオマス原料あたりの水素収率を大幅に向上させるため、遺伝子工学による水素生産微生物の改良を行う予定である（トピックス参照）。

4. バイオ化学品の生産技術開発

4.1 バイオマス由来フェノール

フェノールは、フェノール樹脂やポリカーボネート等の原料として幅広い用途があるが、細胞毒性が強く、グリーン化は困難と言われてきた。当グループでは、バイオマス由来フェノールを実用レベルで生産するためには、コリネ菌株改良の他に、生産プロセスの工夫と改良が必要と考え、RITEバイオプロセスを利用した「2段工程法」によるフェノール生産法を考案した（図4）。これは、フェノールの前駆体である4-ヒドロキシ安息香酸がフェノールの約10分の1程度の低毒性であることを発見し、これを応用したものである。本生産法は、既存の報告を大幅に上回っており、今後はさらに高濃度生産を目指す。2段工程法は、これまでにない高濃度フェノール生産を可能とし、グリーンフェノール製造技術の実用化を実証するものであり、他の高細胞毒性な有用化学品のバイオ生産にも今後応用が期待される有用技術といえる（RITE Today 2015参照）。

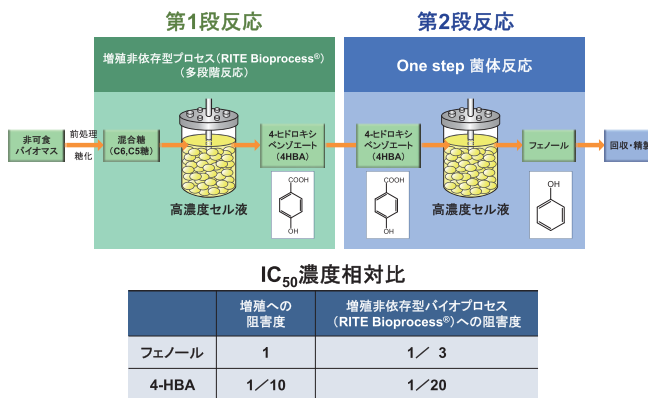


図4 2段工程法によるフェノール生産

世界 2030年、フェノールの世界生産量の50%をバイオマス由来フェノールに置換えた場合、約2600万トンのCO₂を削減可能。

日本 バイオマス由来フェノールへの置換によるCO₂排出抑制効果。

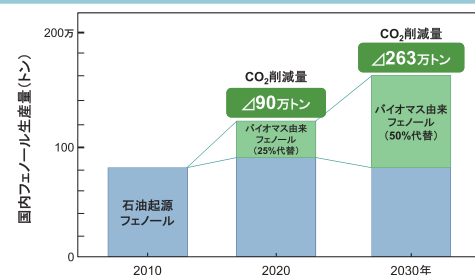


図5 石油代替によるCO₂削減効果

バイオマス由来フェノール利用拡大は、CO₂排出量の削減にも大きな効果があり、2030年までに石油由来フェノールを50%置換すると仮定すると、国内では約263万トン、世界では約2,600万トンのCO₂を削減可能と予測される（図5）。

4.2 様々な芳香族化合物への展開

芳香族化合物は、微生物では主にシキミ酸経路によって生合成され、医薬品、農薬、化粧品、香料、燃料など様々な分野で汎用されている。芳香族化合物は、糖からの生合成ステップ数が30以上と多く、また芳香族化合物自体による強い細胞毒性により、バイオ合成による高生産は極めて困難とされてきた。

しかし、当グループでは独自技術であるRITEバイオプロセスを様々な芳香族化合物生産に適用し、高生産可能であることを実証することに成功した。現在、遺伝子組換え技術、代謝産物解析技術、遺伝子発現解析技術、タンパク質解析技術を独自のRITEバイオプロセスに適用し様々な有用芳香族化合物の高生産に挑戦している（RITE Today 2015参照）。

本技術開発は、多数の反響を企業から頂いており、フェノールの実用化開発で得たノウハウを生かしながら、フェノール以外の高付加価値な芳香族化合物についても実用化開発を目指した共同研究や共同開発に繋げていきたいと考えている。

5. 実用化への取り組み

5.1 セルロースエタノール

非可食バイオマスを原料としたバイオプロセスを実用化するには、生産反応に利用される微生物は、原料に含まれるC5糖とC6糖を同時に利用可能であることに加え、バイオマス糖化液に含まれる各種の発酵阻害物質に対して高い耐性を有する必要がある。我々が開発したエタノール生産菌は（図6）、実験室レベルでこれらの技術課題をクリアーできたことから、現在は実用化へ向けた取り組みを進めている。2011年には、RITEバイオプロセスによるセルロースエタノールの実用化を念頭に、Green Earth Institute株式会社(GEI)を設立した（RITE Today 2012参照）。GEI社は、千葉県木更津市に研究所を整備し、RITEバイオプロセスのスケールアップ技術等の開発を進めている。ビジネス面では、国内外の企業との連携を模索し、グローバルにビジネスを展開している。

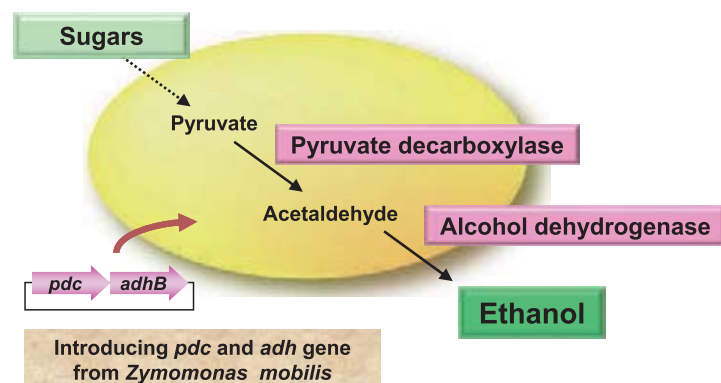


図6 遺伝子組み換えによるエタノール生産能の付与

5.2 フェノール

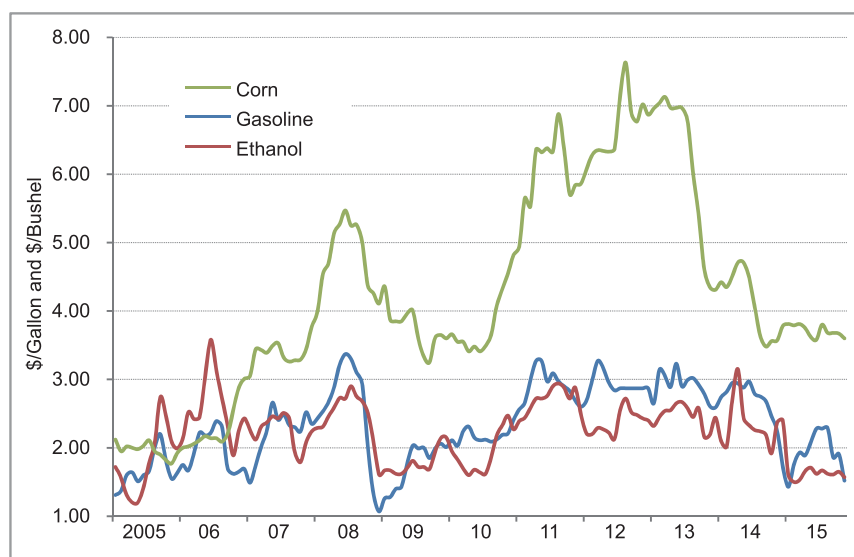
前章で述べた世界初のグリーンフェノール製造技術である2段工程法を利用して、世界初のフェノール生産を早期実用化するため住友ベークライト株式会社と共同で2014年5月にグリーンフェノール開発株式会社を設立した（RITE Today 2015参照）。現在まで、「グリーンフェノール及びこれを原料としたグリーンフェノール樹脂製造に関わる基盤技術開発（2010～2011年）」、及び「非可食バイオマス原料を用いたグリーンフェノール等の実用化開発（2014～2015年）」のNEDOプロジェクトを実施し、パイロットプラント（500L）を建設して糖を原料としたフェノール生産に成功した（図7）。さらに、「非可食バイオマス由来グリーンフェノールの工業生産に向けた技術開発（2015～2017年）」の採択により、上記の既存パイロットプラントへの濃縮精製プロセスの導入を予定している。このプロジェクトによって、非可食バイオマス由来の糖を原料としたバイオマス由来フェノールのバイオ生産、濃縮、精製までの一貫システムが完成する予定であり、2018年からの本格的な量産開始を目指している。



図7 フェノール製造パイロット設備

6. 終わりに

エネルギー分野では、原油価格の低下が継続しており、昨年12月には2008年
以来の1バレル35ドルを下回った。一方、米国では40年ぶりに原油輸出を解禁
したため、今年も原油価格の低下は続くとの予測である。昨年は原油安に伴い、
米国でのバイオエタノールの価格も下がったが（図8）、米国でのバイオエタノール
生産量は昨年とほぼ同じ約150億ガロンと予想され、バイオエタノール生産は
原油価格に影響を受けていない模様である。



Source: USDA Economic Research Service (<http://www.ers.usda.gov/data-products/us-bioenergy-statistics.aspx#30041>)

図8 バイオエタノール価格推移

バイオ研究グループでは、本年も本稿で紹介した次世代バイオ燃料であるブタ
ノールや水素、およびグリーンジェット燃料等の生産技術開発に注力し、また、「高
細胞阻害物質」であるフェノール類のような芳香族化合物のバイオプロセスによ
る効率的生産を目指し、実用化開発を進めていく予定である。今後とも、バイオ
オリファイナリー技術開発を進め、地球環境保全や持続可能社会の実現に貢献して
いきたい。

化学研究グループ



グループリーダー
中尾 真一

【コアメンバー】

サブリーダー・主席研究員	佐藤 謙宣	主任研究員	後藤 和也	研究員	伊藤 史典
主席研究員	伊藤 直次	主任研究員	フィロース アラム チョウドリー	研究員	来田 康司
主席研究員	西田 亮一	主任研究員	三上 智司	研究員	段 淑紅
主席研究員	東井 隆行	主任研究員	山田 秀尚	研究員	沼口 遼平
副主席研究員	余語 克則	主任研究員	山本 信	研究員	藤木 淳平
主任研究員	岡島 重伸			研究員	松山 絵美
主任研究員	甲斐 照彦				
主任研究員	加藤 次裕				

CO₂分離・回収技術の高度化・実用化、 および水素エネルギー社会構築に向けた無機膜、 膜反応器開発への取り組み

1. CO₂分離・回収技術研究開発及び水素エネルギー社会構築に向けた研究開発

CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) は、化石燃料の燃焼で発生した温室効果ガスであるCO₂を発電所や工場などの発生源から分離・回収し、回収したCO₂を地中や海底に貯留・隔離する技術である。

CCSコストの約6割程度は排出源からのCO₂回収に要すると試算されており、CCSの実用化促進にはCO₂分離・回収コストの低減が重要である。

化学研究グループでは、CO₂分離・回収技術の研究開発を行っており、今までに化学吸収法、膜分離法、吸着法で世界をリードする研究開発成果を上げてきた。材料の開発に始まり、加工、システム検討までを一貫して研究開発していることが特徴である。

化学吸収法では、新化学吸収液の開発目標とした分離・回収エネルギー2.0GJ/t-CO₂を達成するとともに、吸収液からのCO₂回収温度を100℃以下で可能とする画期的な吸収液を見出すことに成功した。開発した化学吸収液は、民間企業で採用され、CO₂回収設備商用1号機が運転中である。

膜分離法では、H₂を含む高圧ガスからCO₂を選択的に分離・回収する分子ゲート膜で、IGCC等の高圧ガスから分離・回収コスト1,500円/t-CO₂でCO₂を回収することを目指している。デンドリマーを用いる新規な高分子系材料がCO₂/H₂分離に優れることを見出し、このデンドリマーと架橋型高分子材料の分離機能層を有する複合膜の開発を行っている。現在は、RITEと民間企業3社で技術研究組合を設立し、実用化を目指した分離膜、膜モジュール、膜分離システムを開発中であり、膜材料の改良により、2.4MPaの高圧条件で、ラポレベルで目標性能を達成した。さらに、実機膜モジュールシステムの開発を進めており、実ガス試験による膜モジュール性能、プロセス適合性等に関する技術課題の抽出と解決に向

けて取り組んでいる。

吸着法では、CO₂高効率回収・低エネルギー消費型の固体吸収材の研究開発に取り組んできており、これまでに、低温で脱離性能の良い固体吸収材を開発し、その実現可能性を検証中である。ラボレベルの連続回収試験を実施し、再生エネルギー1.5GJ/t-CO₂を達成可能な材料を見出している。現在、民間企業と共同で実用化研究に取り組んでいる。

放出されるCO₂を回収・貯留するCCSのためのCO₂分離・回収技術を中心に研究開発を行い、実用化に近づきつつあるが、CO₂排出そのものを削減する技術も重要であると考えており、本格的な取り組みを始めている。

中でも、自然エネルギーやバイオマス等の再生可能エネルギー由来の水素、あるいはCCSと組み合わせた化石燃料からの水素、いわゆるCO₂フリー水素をベースとするエネルギーシステム構築の必要性が強く言われている。その構築に不可欠なのが、エネルギーキャリア（メチルシクロヘキサンなど輸送が容易な水素含有化合物）から効率的に水素を取り出す技術の開発である。当グループでは、メチルシクロヘキサンから水素を分離・精製できるシリカ膜やゼオライト膜、アンモニアなどから水素を分離・精製できるパラジウム膜、およびそれらを用いた膜反応器（メンブレンリアクター）の開発を進めており、着実に成果を挙げつつある。

以上のように、幅広い次世代の礎となる革新的な技術開発によりCO₂削減に向けた研究開発をリードし、かつ産業界が受け入れ可能な実用的な技術開発を進めている。

2. 化学吸収法によるCO₂分離・回収技術開発

化学吸収法は、ガス中のCO₂をアミン溶液からなる吸収液に化学的に吸収させた後、加熱することでCO₂を吸収液から分離・回収する技術であり、常圧で大規模に発生するガスからのCO₂分離に適している。我々は、10年以上、化学吸収法における最大の課題であるCO₂分離・回収コストを低減する高性能吸収液の開発に取り組んできた。

我々は、これまで120℃を必要としていた吸収液からのCO₂回収温度を100℃以下で可能とする吸収液を見出して、分離・回収エネルギー2.0GJ/t-CO₂を達成するとともに、その実用化開発に成功した（図1,2）。これらの化学吸収液の開発成果については、民間企業の産業用途CO₂回収設備商用機に採用され、2014年秋には1号機の運転が開始されている。

引き続き、2013年度から環境調和型製鉄プロセス技術開発プロジェクト Step2（COURSE50 Step2、2013年度～2017年度）に参加し、更に画期的な高性能化学吸収液の開発に取り組んでいる。

また、これまでの吸収液開発で培った研究経験を基に、高圧CO₂含有ガス（例えば、石炭ガス化ガス）からのCO₂分離・回収において、CO₂の吸収・放散性能に優れたアミン系化学吸収液を開発している。本研究の目的は、温度スイングのみにより、CO₂含有ガスの持つ高いCO₂分圧を維持しつつ、高効率にCO₂の分離・回収が可能な吸収液（高圧再生型化学吸収液）を開発することである（図3）。本プロセスでは、CO₂が高い圧力を持って回収されるため、回収後の圧縮

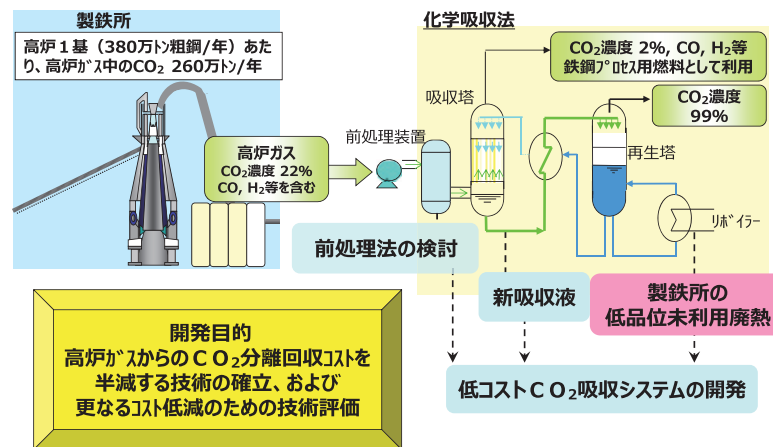


図1 化学吸収液を利用する高炉ガスからのCO₂分離回収技術概要



図2 COURSE50 Step1 実証試験設備の外観

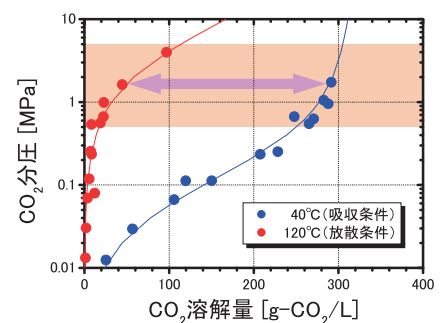


図3 高圧下で高い吸収放散性能を有する新規吸収液

に要するエネルギーが大幅に削減される。

我々はこれまでに、1MPa以上の高圧下において高いCO₂回収量、高い反応速度、および低いCO₂吸収熱を併せ持つ「高圧再生型化学吸収液」を見出しており、圧縮工程を含むCO₂分離・回収エネルギーとして、世界最高レベルの1.1GJ/t-CO₂以下を達成する見通しを得ている。

現在は、更に高性能な新規高圧再生型化学吸収液の開発をRITE独自に推進すると共に、開発した吸収液の実用化検討を民間企業との共同研究において進めている。

3. 高圧ガスからCO₂とH₂を分離する高分子系膜の開発

日本政府が提唱する「クールアース50」の革新的技術のひとつに「革新的ゼロ・エミッション石炭火力発電」がある（CCS付き石炭ガス化複合発電、integrated coal gasification combined cycle with CO₂ capture and storage (IGCC-CCS))。石炭をガス化した後に水性ガスシフト反応でCO₂とH₂を含む混合ガスを製造し、CO₂を回収・貯留して、H₂をクリーンな燃料として用いる（図4）。

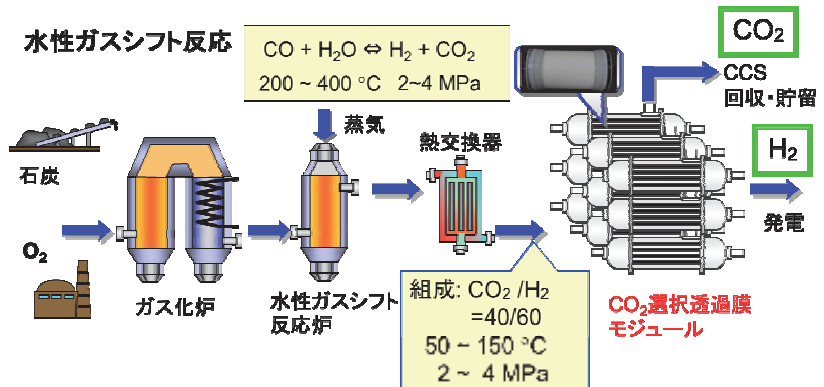


図4 分離膜を用いた石炭ガス化複合発電 (IGCC) からのCO₂分離回収

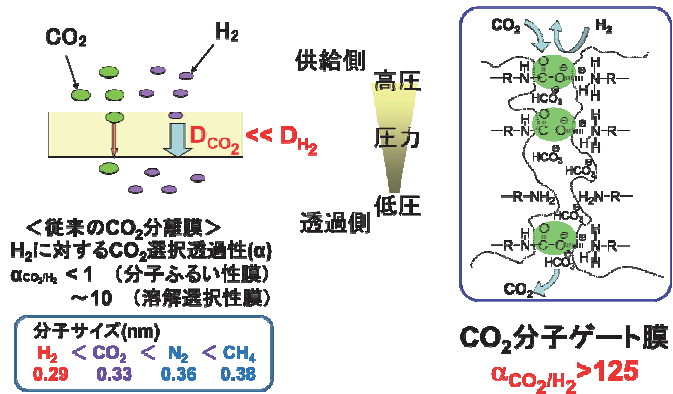


図5 分子ゲート膜の概念図

この圧力を有する混合ガスから、1,500円/t-CO₂以下のコストでCO₂を回収できる新規CO₂分離膜（分子ゲート膜）を開発中である。

分子ゲート膜は、CO₂とH₂を効率良く分離することが可能である。図5に分子ゲート膜の概念を示す。透過機構としては、加湿条件で、膜中に取り込まれたCO₂が膜中のアミノ基とカルバメートや重炭酸イオンを形成し、分子サイズの小さなH₂の透過を阻害することで、従来のCO₂分離膜では分離が難しかったCO₂とH₂を効率良く分離できると考えている。

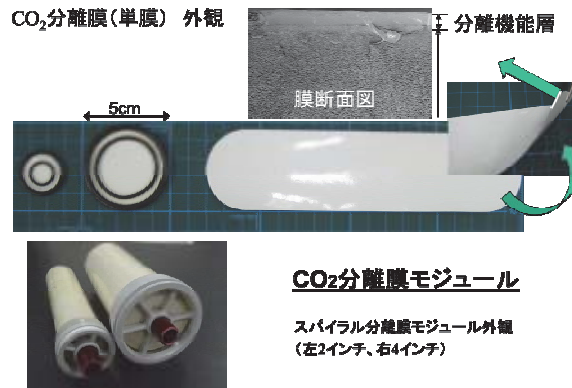


図6 CO₂分離膜及びCO₂分離膜モジュール

RITEでは、デンドリマーを用いる新規な高分子系材料が優れたCO₂とH₂の分離性能を有することを見出し、このデンドリマーと架橋型高分子材料の分離機能層を有する複合膜の開発を行っており、優れたCO₂透過速度とCO₂/H₂選択性を有する複合膜の開発に成功している。

この成果を元に、株式会社クラレ、日東電工株式会社の分離膜メーカー2社及び新日鉄住金エンジニアリング株式会社と次世代型膜モジュール技術研究組合を設立し、CO₂分離膜及びCO₂分離膜モジュール（図6）の開発、膜分離システム開発を実施中である。その中でRITEはクラレと共同で分離膜の開発を担当している。

METI委託事業「二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業」（2011年～2014年度）において膜材料の改良を進め、2.4MPaの高圧条件で、ラボレベルで目標性能を達成した（図7）。現在は、METI委託事業「二酸化炭素回収技術実用化研究事業（二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業）」（2015年度～）において、実機膜モジュールシステムの開発を進めており、実ガス試験による膜モジュール性能、プロセス適合性等に関する技術課題の抽出と解決を行う予定である。

デンドリマー膜の開発は、炭素隔離リーダーシップフォーラム（Carbon Sequestration Leadership Forum, CSLF）* の認定プロジェクト「圧力ガスからのCO₂分離」に登録されている。また、ノルウェー科学技術大学ともCO₂分離膜に関する学術交流を実施しており、国際協力体制の下で研究開発を行っている。

* 米国が、炭素隔離技術の開発と応用を促進するための国際協力を推進する場として提案した組織。

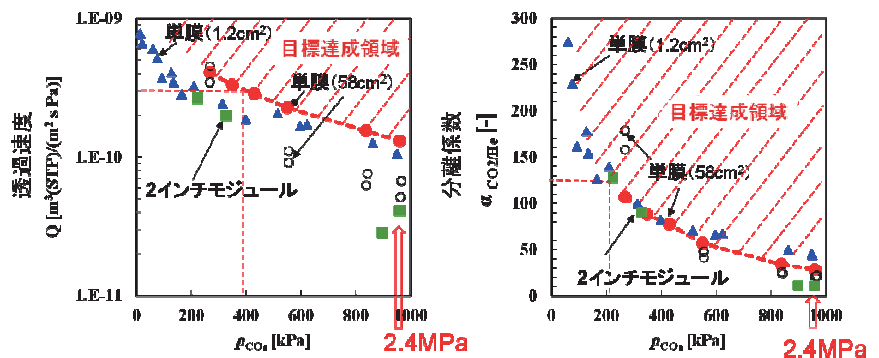


図7 分子ゲート膜の分離性能

4. 固体吸収材の開発

固体吸収材は、化学吸収剤であるアミンを多孔質支持体に担持させた固体であり、化学吸収液と類似のCO₂吸収特性を有しながら、再生工程で顕熱や蒸発潜熱に消費されるエネルギーの大幅低減が期待できる。これまでに、アミンの分子構造とCO₂脱離性能との関係性を計算により明らかにしたことで、脱離性能に優れ、高いCO₂回収容量を有するRITE独自の固体吸収材を開発することに成功した（図8）。本事業で開発する固体吸収材によるCO₂分離・回収技術を石炭火力発電に適用した場合、化学吸収法と比べて発電効率の低下を約2%改善出来ると見込んでいる。

新規固体吸収材の開発

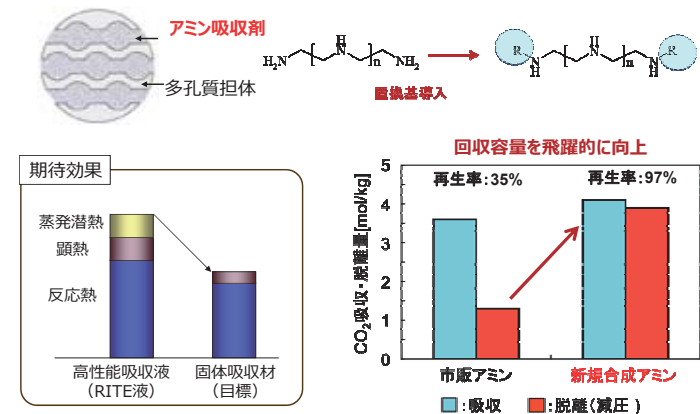


図8 二酸化炭素固体吸収材

また、小型連続回収試験を行い固体吸収材のプロセス性能を評価した結果、脱着工程でスチームを供給するSA-VSA (Steam-aided vacuum swing adsorption) プロセスの適用により、回収率が飛躍的に向上した。模擬ガス(12%CO₂)から回収純度98%、回収率93%でCO₂を回収可能であり、RITE固体吸収材が優れたCO₂分離回収性能を有することを実証した。また、固体吸収材の再生エネルギー1.5GJを達成した(図9)。

これらの知見をもとに、今年度より経産省からの委託事業「二酸化炭素回収技術実用化研究事業(先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発事業)」として、

プロセス・操作条件の最適化



新規固体吸収材のCO₂回収性能(実測値)

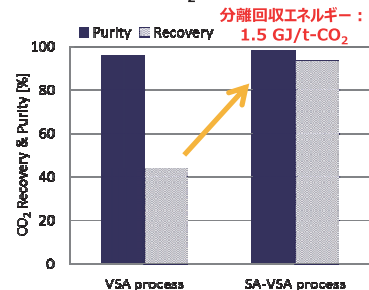


図9 CO₂連続回収試験

基盤技術研究フェーズ

2010~2014



ラボ試験 (~3kg/day)

実用化研究フェーズ

(先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発事業)

2015 2016 2017 2018 2019



ベンチ試験 (~5t/day)



燃焼排ガス実ガス試験 (数十t/day)

実証・商用化フェーズ

(補助事業)

2020~



大規模 CCS

石炭火カプラント + 制度的仕組みの導入

石炭ボイラ排ガスへ適用 (3000t/day)

図10 事業目的達成までのロードマップ

民間企業と連携して最適プロセス検討と材料最適化検討を実施するとともに、次年度以降の石炭燃焼排ガスによるベンチスケール試験を実施すべく、準備を進めている。なお、本事業では2020年を目処に石炭火力発電所からのCO₂分離・回収に適した、より高性能な固体吸収材システムを開発すべく、図に示すロードマップで研究開発に取り組んでいる（図10）。

5. 水素エネルギー社会を支える無機膜技術開発

第4次エネルギー基本計画で大きく取り上げられるなど、最近注目を集めているCO₂フリー水素をベースとするエネルギーシステムの構築に不可欠なのが、エネルギーキャリア（メチルシクロヘキサンなど輸送が容易な水素含有化合物）から効率的に水素を取り出す技術の開発である。

当グループでは2013年度に開始されたNEDOプロジェクト「水素利用等先導研究開発事業／エネルギーキャリアシステム調査・研究／水素分離膜を用いた脱水素」を千代田化工建設株式会社と共同で受託し、対向拡散CVD法で作製したシリカ膜を用いた膜反応器（メンブレンリアクター）の研究開発を進めている。商業施設やオフィスビルなど中小規模の需要家を対象に分散電源と組み合わせる水素製造装置の開発・実用化を目的とし、メチルシクロヘキサンから脱水素・精製を行う単管膜反応器の開発およびそれをモジュール化した水素製造装置の設計・開発を行うもので、単管膜反応器の開発では、装置の実用化に必須と考えられる外側触媒の構成が保護膜等を用いることなく実現可能であることを見出した（図11）。また、この膜反応器を用いた脱水素反応では、反応と精製を別に行う場合と比較して、平衡シフト効果によって反応温度の大幅な低減が可能であることを確認し（図12）、脱水素触媒の長寿命化や副反応の抑制が期待できることが分かった。膜反応器のモジュール化では、7本の単管シリカ膜反応器から構成される小型試験装置を世界で初めて設計・製作した（図13）。2015年11月から運転研究を開始し、実用化に向けた課題抽出やエンジニアリングデータの収集を行っている。

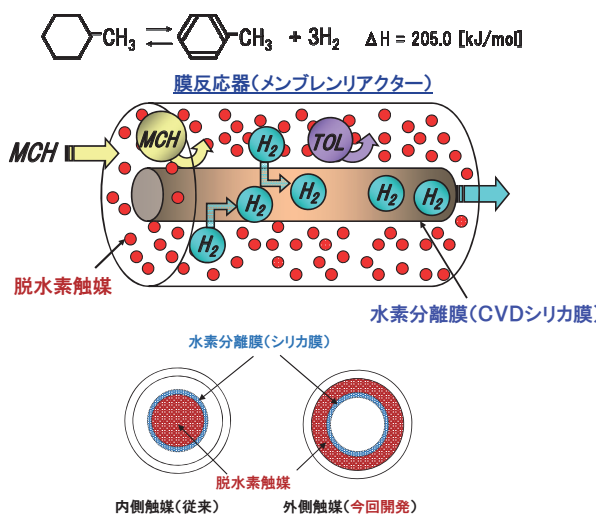


図11 CVDシリカ膜を用いた膜反応器と触媒充填構造

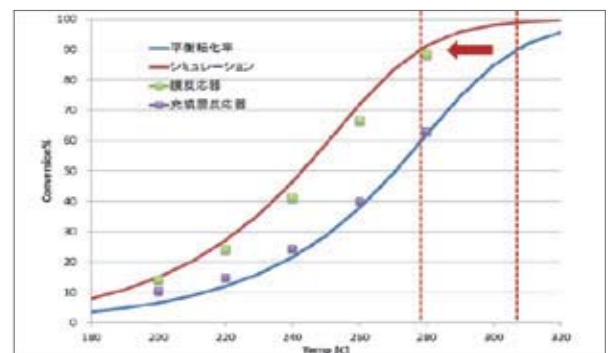


図12 単管膜反応器を用いた脱水素反応による反応温度の低減

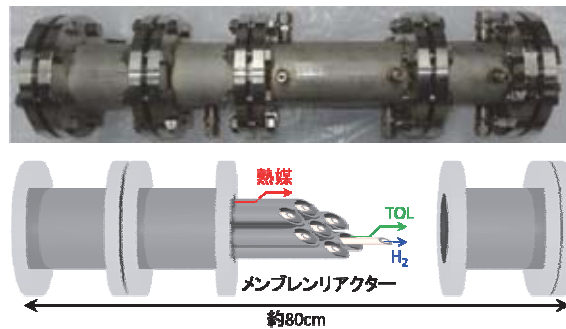


図13 膜反応器モジュール (7本)

アンモニアの脱水素・精製や天然ガス改質への適用が期待されているパラジウム膜についても研究開発を進めている。従来のパラジウム膜は優れた分離性能を有するものの、耐久性やコストの点で実用化が難しかった。当グループでは、それらの課題を解消する可能性を有する細孔内充填型パラジウム膜 (図14) の研究開発を進めている。これは基材表面から少し内側の細孔内に緻密なパラジウム膜を形成するもので、優れた水素分離性能を有するとともに、表面型のパラジウム膜と比較して耐久性が向上することを確認している。また、同じ膜厚で比較するとパラジウムの使用量が約3分の1ですむため、大幅なコスト低減も可能になると期待され、実用化に向けて研究開発を進めている。

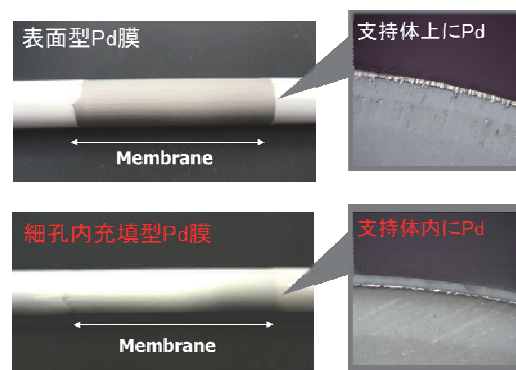


図14 細孔内充填型パラジウム膜

環境調和型製鉄プロセス技術開発プロジェクトStep2 (COURSE50 Step2) では、将来の水素還元製鉄技術確立に向けて高炉ガス (BFG) の有効活用を目的として、高炉ガスの水性ガスシフト反応に適用可能なCVDシリカ膜およびそれを用いた膜反応器の研究開発に取り組んだ。その結果、高度な水素透過性能と優れた耐水蒸気性を兼ね備えた革新的なシリカ膜の開発に成功している。

CO₂貯留研究グループ



グループリーダー
山地 憲治

【コアメンバー】

サブリーダー・主席研究員	主任研究員	間木 道政	主任研究員	和泉 宏典
山崎 啓	主任研究員	三戸彩絵子	主任研究員	岡林 泰広
主席研究員 野村 眞	主任研究員	利岡 徹馬	研究員	張 毅
主席研究員 薛 自求	主任研究員	橋本 励	研究員	中野 和彦
副主席研究員 高須 伸夫	主任研究員	西澤 修	研究員	朴 赫
副主席研究員 田島 正喜	主任研究員	木山 保	研究員	伊藤 拓馬
主任研究員 喜田 潤	主任研究員	指宿 敦志	研究員	中村 孝道
主任研究員 中島 崇裕	主任研究員	小牧 博信	研究員	蔣 蘭蘭
主任研究員 田中 良三	主任研究員	西村 真	研究助手	高岸万紀子
主任研究員 内本 圭亮	主任研究員	高野 修	調査役	金森 薫

実適用を目指すCO₂地中貯留技術開発の取り組み

1. はじめに

温室効果ガスであるCO₂の排出削減は喫緊の課題である。火力発電所や製鉄所等の大規模発生源から排出されるCO₂を分離回収し地中に貯留するCCS (Carbon dioxide Capture and Storage) は、燃焼効率改善、燃料転換、再生可能エネルギー利用拡大といった他のCO₂排出削減策とともに、効果的な地球温暖化対策技術として重要視されている。

2014年に取りまとめられた気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次報告書によると、2100年にCO₂濃度を430~480ppmにするシナリオ (いわゆる2°Cシナリオ) では2100年に年間排出量がほぼゼロ、電力部門では2050年に年間排出量がほぼゼロとなっている。その中で、CCSは重要な対策オプションの一つとして位置付けられている。

このような状況の中、我が国ではCCS大規模実証試験が立ち上げられ、日本CCS調査株式会社が北海道苫小牧市において坑井掘削等を進めてきた。この実証試験では、2016年度より、製油所の水素製造装置から発生したガスから分離・回収したCO₂を年間10万トン以上の規模で地下深部の地層 (萌別層: 地下1,100~1,200m、滝ノ上層: 地下2,400~3,000m) へ圧入を開始し、CO₂挙動モニタリング等を実施する予定である。

RITEでは、CO₂地中貯留安全性評価技術開発および国際連携・海外動向調査に取り組んでおり、苫小牧の大規模実証試験と連携しながら、地中貯留に係る安全性評価技術の実用化やCCSに関する社会的信頼の向上を目指している。

2. CO₂地中貯留技術研究開発

地中へのCO₂圧入については、油層にCO₂を圧入して石油の増進回収を行うEOR、炭層にCO₂を圧入してメタンを回収するECBM、枯渇ガス田への隔離、塩水性帯水層への貯留などがある。このうち地下深部の塩水性帯水層貯留では、図1のように貯留層 (砂岩) 上部にガスや液体をほとんど通さないシール性の高

いキャップロック（泥質岩）が存在することにより、CO₂を長期に安定して貯留することが可能である。

図2に示すとおり、RITEではCO₂地中貯留の技術課題に対する取り組みとして、貯留性能評価手法（地質モデル構築）、貯留層内のCO₂挙動解析（モニタリング技術、挙動予測シミュレーション技術）および貯留層外部へのCO₂移行解析（CO₂移行シミュレーション技術、海域環境影響評価手法）に係る技術開発を進めている。また、これらの研究成果および国内外の知見をもとにCO₂地中貯留に係る技術事例集を作成している。



図1 CO₂地中貯留の概念図

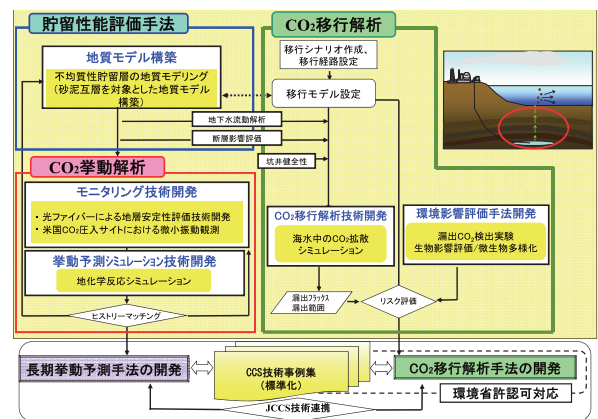


図2 CO₂地中貯留の技術課題に対するRITEの取り組み

2.1 貯留性能評価手法の開発

貯留性能評価手法の開発は、「地質モデルの構築手法の開発」、「地下水流動の解析手法の開発」からなる。

貯留層に圧入されたCO₂挙動解析には、不均質性を反映した信頼性の高い地質モデル構築が重要である。CO₂地中貯留分野では漏洩防止の観点から、調査井の本数が少なく、ボーリングコアや物理検層等の地質学的データに限られる。このような制約下で得られたデータを最大限に有効活用するため、ボーリングコア、物理検層、三次元弾性波探査の各種データを組み合わせた地質モデル構築の技術開発が求められる。RITEでは長岡実証試験サイトを例に、まず貯留層の地質特性解析を実施し、地層の堆積環境を明らかにした。さらにGDI (Geology Driven Integration) 解析技術を適用することで坑井物理検層やコア試料から得られる孔隙率や浸透率等の地質学的データと三次元弾性波探査データを統合することにより、信頼性の高い地質モデル構築手法を開発している。また、大規模貯留層へのCO₂圧入に向けて、最適な坑井配置や坑井機能の組み合わせ手法も検討している。

地下水流動の解析手法の開発では、我が国の沿岸域におけるCO₂地中貯留を想定し、CO₂圧入による広域地下水流動への影響評価を行っている。沿岸域の地下水流動解析のために、陸側と海側の地質データを統合し、陸と海がつながる水理地質モデルを作成する必要がある。RITEでは苫小牧実証試験サイトを対象に、沿岸域の広域地下水解析に必要な水理地質モデルを構築している。地下水の流れを正確に予測するためには、文献値を利用するだけでなく、調査井等による貯留サイトの地層サンプルを採取・分析し、孔隙率や浸透率などの水理定数データを取得することや、CO₂圧入前の地下水状態を把握しておくことが重要である。

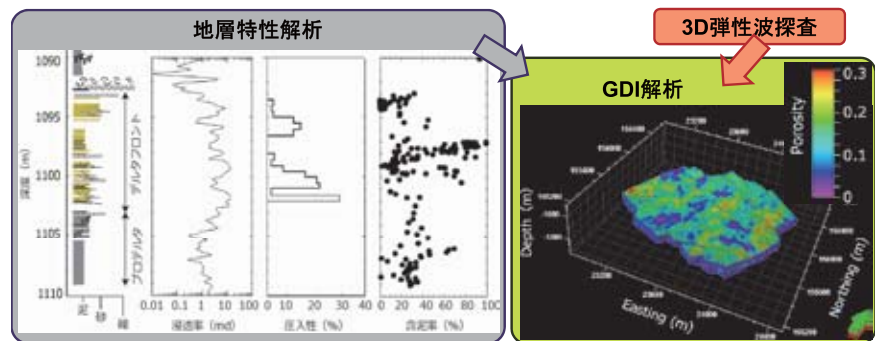


図3 地質学的データと弾性波探査結果を統合解析した孔隙率分布の例

2.2 貯留層内のCO₂挙動解析

CO₂地中貯留の実用化においては、地下深部の貯留層に圧入されたCO₂の挙動をモニタリングし、安定的に留まっていることを確認することが重要である。このため、長岡CO₂圧入実証試験サイトにおいて取得した繰り返し物理検層等のデータを総合的に解析し、CO₂貯留メカニズムを明らかにするとともに、長期挙動予測シミュレーション技術の高精度化に取り組んでいる。また、CO₂圧入に伴う微小振動評価手法の開発、CO₂圧入時の地層の安定性モニタリング技術開発等、CO₂地中貯留の安全性に資する様々な技術開発を行っている。

・CO₂圧入に伴う微小振動評価手法の開発

2014年度までに、米国ローレンスバークレー国立研究所の協力を得て、米国のCO₂圧入サイトに設置した微小振動観測システムを用いて、CO₂圧入に伴う微小振動観測を実施した。これまでに得られた観測データなどを解析し、CO₂圧入との関連性について整理を行った。また、微小振動観測に基づく「CO₂圧入管理手法」(TLS: Traffic Light System)の仕様検討を行った。

・CO₂圧入時の地層安定性モニタリング技術開発

CO₂圧入時の地層の安定性を評価するためには、貯留層や遮蔽層の地層変形を詳細に監視することに加えて、サイトの貯留層から地表までのすべての地層の変形を監視することが望ましい。地表から地下までを連続的に計測できる手法として、石油・天然ガス開発分野では、光ファイバーによる深度方向の温度を計測する技術(DTS: Distributed Temperature Sensing)が実用化されている。RITEではこの光ファイバーセンシング技術に着目し、地層変形(ひずみ)を深度方向に連続的に計測する技術を開発している。

2012年～2013年度のパイロットテストでは、深度300mの坑井のケーシング外側に光ファイバーを設置することにより、CO₂圧入に伴って圧入区間の地層が徐々に変形する状況や坑内パッカーのステップ解放に伴うケーシングひずみの変化を光ファイバーで計測することに成功した(図4)。2014年度は、深度880mの坑井を用いた実証試験を行い、深部坑井への光ファイバー設置方法を確立したほか、長尺ファイバーを用いても、現在の設置方法による信号ロスが少ないことを確認できた。2015年度は、長期モニタリング時の計測システム安定性、現場でのひずみ計測能力および地層変形以外の光ファイバー計測技術開発を検討するために、周辺井戸の揚水に伴う地層変形監視試験(図5)、地層内の漏えい検知試験、

DAS (Distributed Acoustic Sensing) 方式の音波探査試験などを行った。

今後の実用化に向けては、深部坑井に設置可能な高い強度・高い感度の光ファイバーケーブルの製作が必要であり、RITEでは、このような地中埋設型光ファイバーケーブルの開発・改良を行っている。

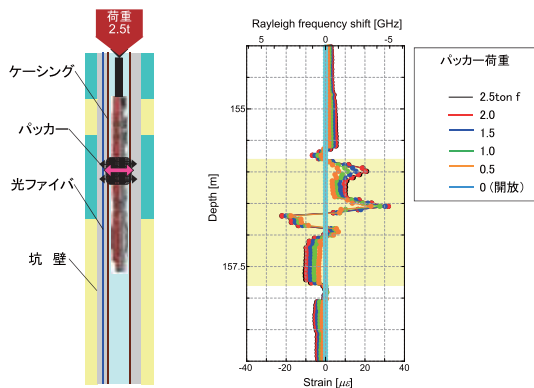


図4 現場でのレイリーの計測感度

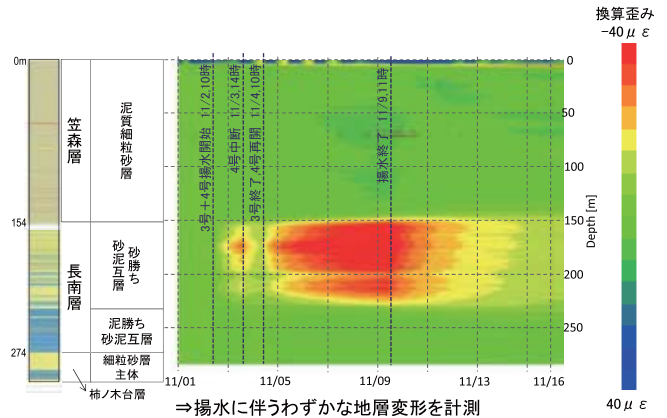


図5 揚水試験 (11/2~11/9) に伴う地層変形

・X線CT装置を用いたCO₂挙動解析とアップスケール化

地下深部貯留層に圧入されたCO₂の長期安定性を評価するためには、貯留層岩石におけるCO₂と地層水との置換メカニズムの解明が重要である。貯留層岩石内部には堆積環境を反映して、孔隙特性 (大きさ、連続性) の違いが存在し、X線CT装置により、不均質を持つコア試料内のCO₂分布と、塩水とCO₂それぞれの浸透率 (相対浸透率) との関係を調べた結果、不均質に対するCO₂の流動特性が明らかになった (図6)。また、CO₂の流動特性は流量にも大きく依存しており、これらの知見は実フィールドへのアップスケール時の流動特性の解明に役立つ。

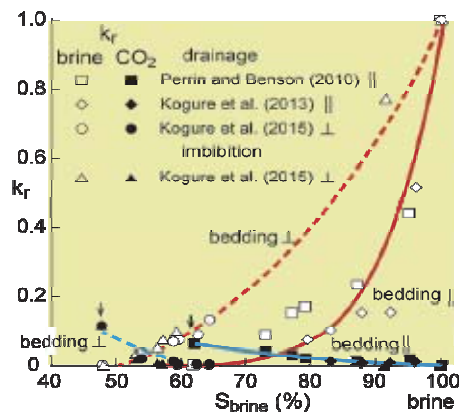


図6 微細不均質に交差する方向と平行方向のCO₂と塩水の相対浸透率

・長岡サイトのCO₂挙動解析

RITEは、2003年7月から2005年1月にかけて新潟県長岡市郊外でCO₂圧入実証試験を実施し、地下1,100mの塩水性帯水層に10,400トンのCO₂を圧入した。RITEでは、当該サイトを研究対象として、地中のCO₂の状態のモニタリング手法の開発、およびCO₂挙動予測シミュレータの開発を行ってきた。地中貯留の実

証試験は海外でも実施されているが、圧入終了後のCO₂挙動を詳細にかつ10年以上継続してモニタリングされているのは長岡サイトだけであり、その成果は世界から注目されている。

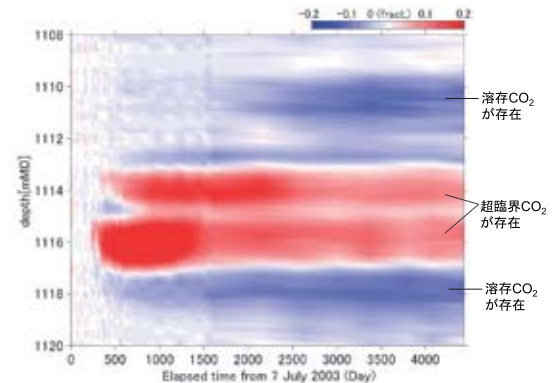


図7 長岡サイトの比抵抗検層によるCO₂挙動モニタリング観測結果

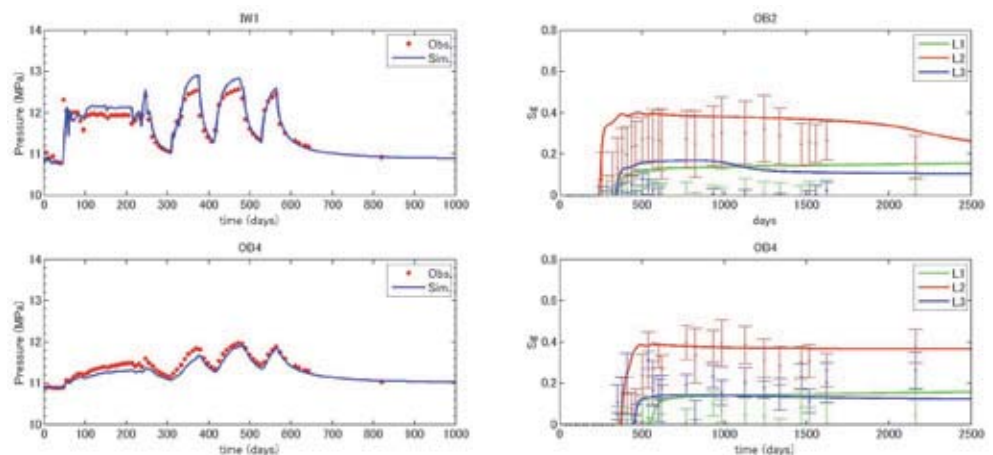


図8 圧入モニタリング観測結果とCO₂挙動シミュレーション結果
(左：坑底圧力、右：層別のCO₂飽和度)

CO₂挙動モニタリング手法の開発では、物理検層、地層水採取、および坑井間トモグラフィを繰り返し実施し、CO₂の広がりや貯留状態（超臨界状態であるか地層水に溶けた状態であるか）の推定を行ってきた。2015年度には中性子・音波・インダクション検層を実施し、圧入後のCO₂はほとんど動かず、安全に貯留されていることを確認した。同時に圧入したCO₂の地層水への溶解が進行し、より安全なトラッピングへと移行していることを確認した。

CO₂挙動シミュレータの開発では、長岡サイトの詳細な観測データを使って検証を行ってきた。観測データとのヒストリーマッチングによって、地質モデルの信頼性の向上や信頼性の高い地質モデルに基づいた1000年後の長期挙動予測を実施した。その結果、圧入されたCO₂は貯留層の限られた範囲に留まりほとんど移動しないことが確認された。

2.3 貯留層外部へのCO₂移行解析

海底下地層へのCO₂貯留の場合、海洋環境保全の観点から貯留層から海中にCO₂が漏出していないことを監視しなければならない。万が一のCO₂漏出検知を

念頭に置いて、海水に溶解したCO₂の監視方法として、海水中のpH、全炭酸、全アルカリ度などを測定し、バックグラウンドデータと比較する方法を提案している。公表されている大阪湾の長期観測データを基にケーススタディーを行い、炭酸系（pH、全炭酸、全アルカリ度など）と同時に溶存酸素量を測定することにより、漏出による異常値を検出できることを示した。さらに、実海域において炭酸系（CO₂分圧）および日射量を連続測定し、炭酸系の自然変動を把握するとともに、自然変動の中から異常値を実際に検出することができるかを検討した。その結果、沿岸域において炭酸系は光合成や生物の呼吸・分解活動等により大きく変動することから、この手法により、漏出による異常値を高精度で検出できる可能性が示唆された。

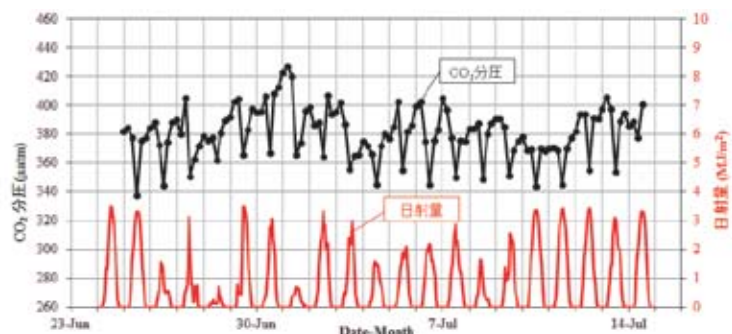


図9 沿岸域の海底（水深50m）で得られたCO₂分圧と日射量との関係

気泡として漏出したCO₂については、音波を強く反射・散乱させるため、音響機器による監視が有効と考えられる。これまでにサイドスキャンソナーを用いて、自然界のガス放出海域での観測や人工的に放出させた気泡による検知実験を行い、比較的少量の気泡漏出でも検知でき、さらに漏出量を定量化できることを示した。

また、海中に漏出したCO₂がどの程度の濃度でどの範囲に広がるのかをシミュレーションするための数値モデルの開発を行っている。CO₂は海底から気泡として漏出してくると考えられているため、CO₂気泡が浮力で海中を上昇しながら溶解するという過程を海洋モデルに組み込むことに取り組んでいる。海水に溶け

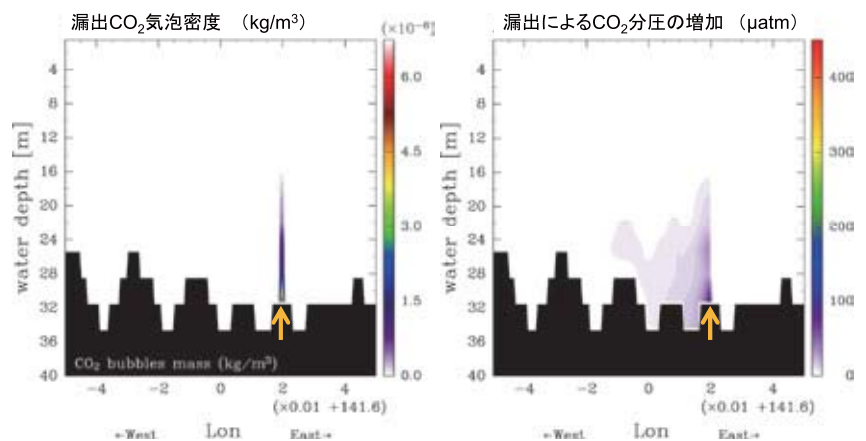


図10 漏出CO₂海中拡散シミュレーション結果（矢印は漏出域）

たCO₂は海の流れによって広がっていくが、海の流れは流れの直上の風だけでなく、遠く離れた海上を吹く風などによって作られていることもある。そこで、数百kmスケールの海域のシミュレーションができる広域モデルと気泡を組み込んだ高解像の狭域モデルを組み合わせることで、より正確なシミュレーションを目指している。

2.4 CCS実用化に向けた技術事例集の作成

1996年に北海のSleipnerにおいて、世界初のCO₂地中貯留事業が開始された後、多くのCO₂地中貯留プロジェクトが行なわれており、CCS推進に向けてCCS技術に関する汎用的解説書、ガイドライン、ベストプラクティスマニュアルが北米やEUの主要国の機関などによって作成されている。

RITEでは、CCS事業の国内普及や将来の海外展開を見据え、国内の事業者がCCS事業を実施する際に技術的に参考となる「CCS技術事例集」の作成を進めている。CO₂地中貯留の国内事例としては、2003年から2005年にかけて新潟県長岡にて実施されたCO₂圧入実証試験での関連技術を中心とし取りまとめるとともに、海外事例としては、米国Regional Carbon Sequestration Partnerships (RCSP) および欧州の事例を主な対象として収集・整理している。

2015年度末までに、第1章「基本計画」から第4章「実施計画」までを完成させ、第5章「設計・建設」から第8章「閉鎖後管理」までは苫小牧の大規模CCS実証試験事業の成果をとり入れ、2020年度までに完成させる予定である。

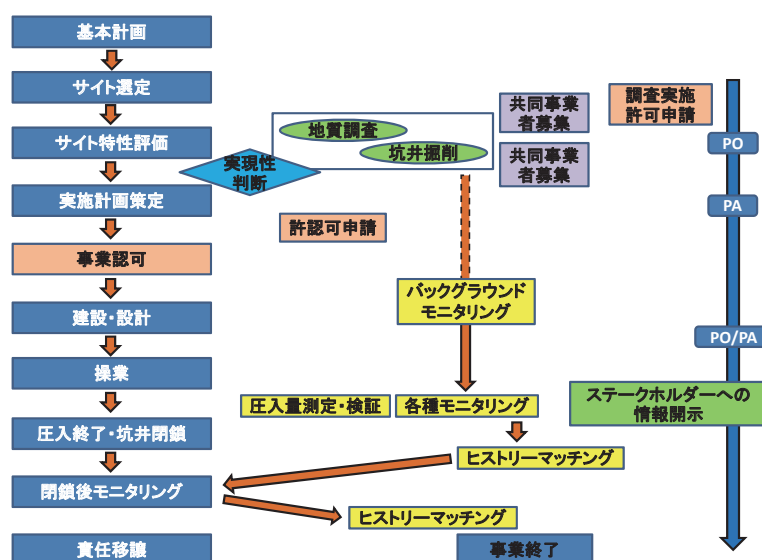


図11 CCSフロー

3. 国際連携および海外動向調査

RITEは、CCSに係る国際機関等との連携を通してCCSの普及に貢献するとともに、CCSの海外動向調査を行っている。ここでは、2015年度のCCSに係る主な国際動向とRITEが参加している国際機関等のうち国際エネルギー機関温室効果ガスR&Dプログラム (IEAGHG) と炭素隔離リーダーシップフォーラム (CSLF) の動向をまとめることとする。

3.1 CCSに係る海外動向

2015年のハイライトの一つとして、11月のカナダでのQuestプロジェクトの稼働が挙げられる。Questは水素製造プロセスからCO₂を回収して塩水性帯水層に貯留するものである。公的補助金の供与のほか、炭素税の2倍に相当するクレジットの付与がインセンティブとなった。この運転開始により、世界の大規模なCCSプロジェクトは15件となり、このうち4件が塩水性帯水層貯留となっている。

電力セクターでは、カナダのBoundary Damプロジェクトが2014年10月に世界で初めて運転を開始したが、2016年には米国で2件の石炭火力のCCSが新規稼働される。さらに、これまでその実施が危ぶまれていたオランダのいわゆるROADプロジェクトに対して、2016年中に最終投資決定がなされる可能性が高まってきた。このように電力セクターでの実績の増加への期待感が高まる中、2015年11月に英国政府から火力発電のCCS実証への10億ポンドの出資の中止が発表された。同国はCCSの普及推進に最も積極的であった国の一つであり、今後のCCS技術の普及への悪影響が懸念されている。

規制面でのハイライトは、米国で導入された火力発電所に対するCO₂排出規制と言える。新設石炭火力に対する規制値は、CO₂排出量の20%程度の回収が必要となるレベルとなった。しかし、この規制によって促進されるのは、コンバインドサイクルのガス火力の新設であり、CCS付きの石炭火力の新設ではないとの見方が多い。

3.2 CCSに係る国際機関等の動向

IEAGHGは、2015年がIPCCによるCCSの特別報告書の発行から10年目に当たることから、学術誌の特別号を9月に発行した。この特別号はこの10年間のCCSの進展に焦点を当てた17の論文から成り、回収、貯留、経済性、バイオCCS、政策、社会的受容性というCCSの主要分野を網羅している。CCSを支える科学技術は過去10年間で大きく発展し、CCSが大規模プロジェクトに適用できる段階まで達したとしている。

CSLFは、11月に開催された閣僚級会合においてルーマニアとセルビアを新メンバーに迎え、加盟国数が25カ国となった。両国とも、世界的に気候変動対策が強化される気運の中で、豊富な国内の褐炭資源を有効活用していく方策としてCCSへの期待が大きい。閣僚級会合においては、大規模な塩水性帯水層貯留のプロジェクト間の国際ネットワークが立ち上げることになり、今後の同分野での知識共有の進展が期待される。これまで約2年間活動してきた第2・第3世代の回収技術タスクフォースや海域CO₂貯留に係るタスクフォースは、それぞれ報告書を策定し公表した。前者で収集された情報はCSLFのウェブサイト上でも整理・公開されることになっている。後者については、今後の国際協力を模索するためにワークショップが2016年に開催される予定である。なお、新しいタスクフォースとして、貯留層における孔隙スペースの有効利用（貯留効率向上）、海域EOR、バイオCCSが取り上げられることになった。

企画調査グループ

CO₂分離回収技術に関する技術報告書(ISO/TR27912) 出版について

CCSの実用化に向けて、現在国際標準化機構 (ISO) では、CCSの国際標準を議論する専門委員会 (ISO/TC265、TC : Technical Committee) のもとCCSの各分野 (回収、輸送、貯留、定量化と検証、横断的課題、CO₂-EOR) ごとに規格の作成作業が進行している。この中で、日本が主導して進めている回収分野のワーキンググループ (WG1) で開発を進めてきた技術報告書 (テクニカルレポート、ISO/TR27912) が、専門委員会最終合意されて出版手続きに入っており、近々ISO/TC265からの最初の文書として出版される予定である。

化石燃料等の使用から発生するCO₂の回収においては、燃焼後回収、燃焼前回収、酸素燃焼等の回収プロセスが存在し、回収技術としては、化学吸収法、物理吸収法、吸着法、膜分離等が開発されている。回収技術が適用される産業分野としては、発電分野、製鉄分野、セメント分野、産業用ガス精製分野等と多岐にわたり、現時点においてそれぞれの実用化検討状況はまちまちである。

この技術報告書は、現時点におけるCO₂の回収技術に関する最新の情報を集約しており、CO₂回収に関する技術、装置、プロセス等を幅広くカバーしている。回収分野における一連の国際規格の開発に先立って技術報告書を開発した過程で、関係各国の関係者間において標準化の優先順位の議論を行い、相互の意識合わせを行うとともに信頼関係を構築することができた。

実際の開発としては、日本国内の回収ワーキンググループに参加している各社で分担して作成したベースドキュメントをワーキングドラフトとし、各国からのエディタの参加を得て、2013年9月の第1回WG1会合 (北京) 以降、計5回のWG1会合での議論・編集を行ってドラフトを完成させた。その後TC265参加各国の投票での合意を得て2015年11月、正式にISO中央事務局において出版手続きに入った。

技術報告書の内容は「スコープ」、「用語と定義」、また「発電分野における燃焼後回収」、「発電分野における燃焼前回収」、「セメント製造プロセスによる回収」、「製鉄産業における回収」、「産業用ガス製造プロセスにおける回収」等のCO₂回収システム、および「将来の方向性に関する議論」の13の章で構成されており、総計200ページを越えて回収分野の包括的な技術情報が記載されている。WG1において、回収分野の今後の技術の進展に伴って必要な時期に内容を改定していくことが合意されている。

革新的環境技術シンポジウム2015
～今後の低炭素社会の実現を目指して～

本シンポジウムは、当機構の研究成果を報告する場として毎年開催しているものです。今年度は招待講演にCOP21にご参加直後の経済産業省三又審議官をお迎えし、パリ協定をはじめとするCOP21の結果についてご講演頂きました。当機構からは基調講演として山地所長より、2030年のエネルギーミックス実現へ向けた道筋や課題および、RITEの役割とCCSの重要性について講演しました。各グループからは最新の研究・開発成果と今後の展望についてご報告すると共に、休憩時間にはポスターセッションを開催し、参加者の方々と当機構の研究者とで活発な意見交換がなされました。

開催日 2015年12月18日 (金)
場所 伊藤謝恩ホール (東京)
主催 地球環境産業技術研究機構
後援 経済産業省、日本化学会、化学工学会、日本農芸化学会、エネルギー・資源学会、日本エネルギー学会

参加者数 360名

プログラム

- ・招待講演：COP21および最近の地球温暖化対策を巡る動向
経済産業省産業技術環境局 審議官 三又裕生
- ・基調講演：今後のエネルギー環境政策とRITEの役割
研究所長 山地憲治
- ・講演1：我が国および世界各国の約束草案の排出削減努力の評価
システム研究グループリーダー 秋元圭吾
- ・講演2：CCS導入に向けた今後の対応について
企画調査グループリーダー 都筑秀明
- ・ポスターセッション
- ・講演3：バイオリファイナリー技術開発の現状と展望
バイオ研究グループリーダー代行 乾 将行
- ・講演4：低炭素社会を目指す化学研究グループの取り組み
化学研究グループリーダー 中尾真一
- ・講演5：CO₂地中貯留安全性評価技術開発－海外プロジェクトの最新動向とRITEの取り組み－
CO₂貯留研究グループ 主席研究員 薛 自求

システム研究グループ

ALPS国際シンポジウム

気候変動問題のための実効性ある枠組みと評価—COP21に向けて

気候変動政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書は、人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の主要因であった可能性が極めて高いと従来の報告書よりも更に強い確信度を持って気候変動に関する警鐘を鳴らしました。エネルギーと気候変動の両方において政策決定の重要な時期に研究事業ALPSの成果報告会としてALPS国際シンポジウムを開催し、国内外の著名な専門家に講演いただきました。産業革命以前比2℃以内に抑制する目標の実現困難性については気候感度の不確実性にも影響することが指摘されました。またCOP21に向けて約束草案のレビュー方法に関する提案もありました。深い知見と経験を有する専門家によって、このように大変有意義な講演そして議論が展開されました。

開催日 2015年2月27日（金）

場所 大手町サンケイプラザ（東京）

主催 地球環境産業技術研究機構

共催 経済産業省

参加者数 212名

プログラム

- ・ COP21への約束草案作成に向けたわが国の取組み
RITE研究所長 山地憲治
- ・ 気候感度の不確実性を考慮した排出パスの再検討
RITE理事長 茅 陽一
- ・ パリへの道：地球規模コミットメントから各国約束とコベネフィットへ
IIASA副所長 Nebojsa Nakicenovic
- ・ 海外石炭火力発電所新設に対する公的融資制限及び規制案の評価
RITEシステム研究グループ主任研究員 長島美由紀
- ・ 地球温暖化のリスク管理戦略
電力中央研究所 上席研究員 杉山大志
- ・ 次期排出削減枠組み策定における削減努力の衡平性指標
デューク大学 教授 William A. Pizer
- ・ 排出緩和の寄与の評価
ハーバード・ケネディスクール助教授 Joseph E. Aldy
- ・ 2020年以降の排出削減目標に関する排出削減努力の評価
RITEシステム研究グループリーダー 秋元圭吾

COP21（パリ）サイドイベント

排出削減努力の国際衡平性指標と約束草案の評価

COP21にてサイドイベントを開催し各国が自主的に決定する約束草案（Intended Nationally Determined Contributions (INDC)）の排出削減努力に関する評価について紹介し議論を行いました。各国排出削減努力は比較可能、計測可能、かつ一般的な指標で計測することが重要で、また複数の指標による評価が必要であるとしてしました。そして定量的な評価からは日本や先進国の限界削減費用は高い一方、多くの途上国はゼロに近い費用で達成し得る目標になっているとの指摘などがありました。

開催日 2015年12月9日（水）

場所 パリ COP21会場内ジャパンパビリオン（フランス）

主催 地球環境産業技術研究機構

共同研究機関 未来資源研究所（Resources For the Future：RFF）、エニ・エンリコ・マッテイ財団（Fondazione Eni Enrico Mattei：FEEM）

参加者数 45名

プログラム

- ・ 透明性、政策審査、努力レベル：約束草案の評価と比較
RFF 上席研究員 Raymond J. Kopp
- ・ 約束草案の評価と比較：効率性vs公平性
ベニス大学 教授 Carlo Carraro
- ・ 約束草案の削減努力のRITE評価と世界排出量見通し
RITEシステム研究グループリーダー 秋元圭吾
- ・ 約束草案のモデル評価
FEEM 副コーディネーター Massimo Tavoni

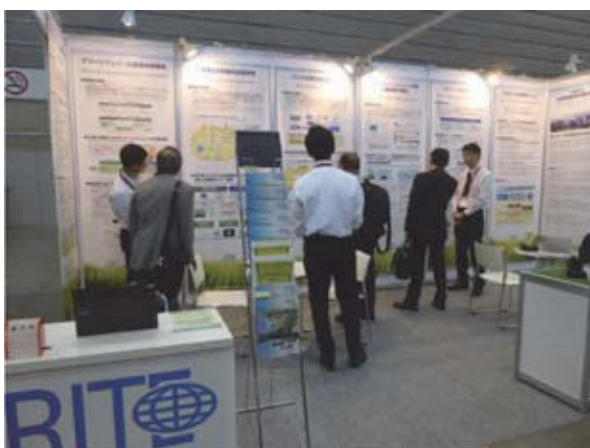


バイオ研究グループ

BioJapan2015

World Business Forum「BioJapan 2015」が2015年10月14日～16日にパシフィコ横浜において開催されました。RITEは主催者団体としてBioJapan組織委員会に参加し、2014年5月にRITEと住友ベークライト株式会社により設立されたグリーンフェノール開発株式会社（GPD社）と共同で展示ブースでの出展を行いました。展示ブースでは、コア技術である「増殖非依存型バイオプロセス（RITE Bioprocess®）」を基盤としたバイオリファイナリー技術の主要開発項目として、バイオ燃料（ジェット燃料、ブタノール、水素）とグリーン化学品（芳香族化合物）生産技術の基盤研究、並びに、GPD社によるグリーンフェノール（バイオマス由来フェノール）の工業化推進について、パネルを用いて紹介しました。

展示ブースには政府関係者や企業関係者を始め多くの方々にお越しいただき、紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

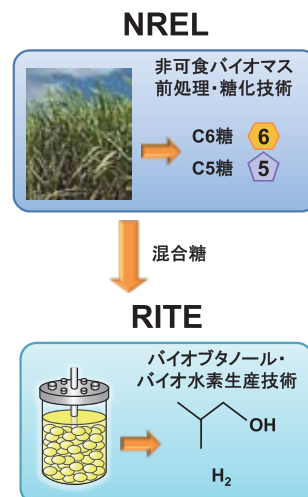


RITE/GPD共同展示ブース

新規プロジェクト紹介

バイオ研究グループは、経済産業省が実施する「革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業」に参画し、この中で2つの研究開発テーマ（セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発、および高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発）を実施します。本事業は、我が国が地球規模・長期の温暖化対策でしかるべき貢献をしていくために、我が国の研究機関が世界最先端の海外研究機関との連携を強化し、国際的な共同研究の実施により、革新的エネルギー技術によるイノベーションの創出を目的としています。本事業において我々は、米国立再生可能エネルギー研究所（NREL）と共同で、非可食バイオマスからの水素およびブタノール生産技術の開発を進めます。研究開発期間は5年間で予定しています。NRELは1977年に設立され、再生可能エネルギーである太陽光、風力、バイオマスに関する研究開発を総合的に行う国立研究機関であり、経済産業省と米国エネルギー省との間で合意した「日米クリーンエネルギー技術アクションプラン」に基づき、再生可能エネルギー技術分野で日本との共同研究開発に取り組んでいます。NRELは、バイオマス研究では世界最大規模の研究所であり、基礎研究だけでなく、研究成果の産業化を効率的に行うための実証研究や産業界との連携を重要視しています。バイオマスエネルギーにおける研究開発では、セルロース系バイオマス資源からの費用対効果の高いバイオ燃料などの開発を強力に推進しており、前処理工程に希硫酸法を用いる前処理・糖化プロセスは、セルロース系バイオマスに対して世界で最も低コストで効率的なプロセスとして知られています。

本事業においては、RITEの発酵技術とNRELのバイオマス前処理・糖化技術という、世界レベルの技術を持つ研究機関が協力することで、革新的なバイオエネルギー生産技術の開発を推進いたします。



NRELとの国際共同研究の枠組み

CO₂貯留研究グループ

CCSテクニカルワークショップ2015
CCSの現状と世界の先進的プロジェクトの紹介

本ワークショップは、大規模発生源から分離回収した二酸化炭素を地下深部の塩水性帯水層に貯留するCCSがCO₂削減の重要な選択肢の一つとして期待されているなか、CCSの普及にあたって、CO₂地中貯留の安全性を高め、社会的信頼を得ることが欠かせなく、先進的なCCS実証プロジェクトの現状に詳しい専門家を招聘し、ご講演いただくと共に、当機構からも安全性評価技術開発に関する最新の成果を報告しました。

佐藤光三教授（東京大学大学院）の司会進行のもと、国内外4名の専門家の講演を通して、参加者とCCSの理解促進のための有意義な情報発信、対話活動を行いました。

開催日 2015年10月9日（金）
場所 ホテルブランドパレス（東京）
主催 地球環境産業技術研究機構
共催 経済産業省
参加者数 296名
プログラム

- (<http://www.rite.or.jp/news/events/2015/10/ccs2015.html>)
- ・ 講演1：世界のCCSの現状、課題および展望
IEA GHG ジェネラルマネージャー John Gale
 - ・ 講演2：CO₂貯留プロジェクトにおける圧力モニタリング、緊急時対応策、漏洩緩和
スタンフォード大学 教授 Sally Benson
 - ・ 講演3：CO₂地中貯留安全性評価技術の取り組み
RITE CO₂貯留研究グループ 主席研究員 薛 自求
 - ・ 講演4：カナダのBoundary Dam Project - 世界初の石炭火力CCSの実例
サスカーパワー CCSイニシアティブ社長 Mike Monea
 - ・ 総括：東京大学大学院 教授 佐藤光三



日本応用地質学会平成27年度研究発表会で優秀ポスター賞を受賞
～光ファイバーの地層変形監視技術の開発～

日本応用地質学会平成27年度研究発表会（9月24、25日）において、RITE橋本励主任研究員（出向元・サンコーコンサルタント株式会社）の「光ファイバーの地層変形監視技術の開発」が優秀ポスター賞に選ばれました。

RITEでは、CO₂地中貯留の安全性評価に関して、光ファイバーを分布式センサーとして坑井に配置し、地表から地下までの地層変形を深度方向に連続的に観測する研究開発を行っています。

深さ300mまでのセンサー設置の工夫、CO₂圧入による地層変形、パッカーに負荷する荷重の増減に伴う坑井ケーシング変形の検知精度の検証まで、実用化に向けた緻密な現場作業の展開がわかりやすく説明されたことに加え、他の分野への応用展開が期待される点でも高く評価される発表であるとの寸評を頂きました。

今後も、室内試験、現場実験を重ねていきながら、CO₂地中貯留における地層安定性監視ツールとして、実用化に向けて取り組んでいきます。



化学研究グループ

第5回革新的CO₂膜分離技術シンポジウム 温暖化防止に貢献する膜分離技術の最新動向

本シンポジウムは、CO₂分離膜技術の最近の研究開発動向や海外での開発状況全般について報告し、CO₂分離回収に関心を持つ方々に最新の情報を広く伝えることで、官民を挙げたCO₂削減に関する研究開発活動の理解を得ることを目的としています。

開催日 2015年10月2日（金）
場所 伊藤謝恩ホール（東京）
主催 次世代型膜モジュール技術研究組合
共催 経済産業省
後援 日本CCS調査株式会社、Global CCS Institute、新化学技術推進協会
協賛 日本膜学会、化学工学会、高分子学会、日本化学会

参加者数 242名

プログラム

- ・ 基調講演：今後の脱炭素化とCCSの役割
RITE理事長 茅 陽一
- ・ 基調講演：高分子気体分離膜の現状と将来展望
首都大学東京 都市環境科学研究科 教授 川上浩良
- ・ 基調講演：次世代石炭火力技術開発の現状と課題
～IGCC/IGFC/CO₂分離回収～
電源開発株式会社 技術開発部長 笹津浩司
- ・ 講演：次世代型膜モジュール技術の進捗について
次世代型膜モジュール技術研究組合 専務理事 中尾真一
- ・ 講演：海外のCO₂分離回収技術の最新動向
次世代型膜モジュール技術研究組合 技術部長 甲斐照彦



ICEF第2回年次総会への参加について

2015年10月7日～8日に開催されたICEF (Innovation for Cool Earth Forum) 第2回年次総会にRITEの研究者が多数参加し、発表を行いました。

ICEFは、安倍総理の提唱に基づき、イノベーションを通じた気候変動問題の解決の重要性について議論するプラットフォームの創設を目的として、経済産業省と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が主催し2014年から開催されている国際会議で、当機構の茅理事長が運営委員会の委員長を務めています。

本年の総会では、当機構の山地研究所長がEnergy Systemsセッションの座長を務めた他、次のとおり、当機構の研究者が各セッションにおいて最新の研究成果を踏まえた発表を行いました。

Session Iron and Steel

システム研究グループリーダー 秋元圭吾

[Role of iron and steel sector in responding to global warming]

Session Advanced Liquid Biofuels

バイオ研究グループリーダー代行 乾 将行

[Current Trends and Emerging Technologies for Biojet Fuel Production in Japan]

Session CCS

化学研究グループリーダー 中尾真一

[CO₂ Capture Technologies for cost reduction]

Session International Framework for Complementing UN

参与 山口光恒

[International/regional schemes complementing the UN]

無機膜研究センター準備室

無機膜研究センターの創設

～オープンイノベーションを基軸とした革新的環境・エネルギー技術の開発拠点～

RITEでは2016年4月に、無機膜を用いた革新的環境・エネルギー技術の研究開発を推進するとともに、その実用化・産業化を促進して地球環境の保全に貢献する研究組織として無機膜研究センターを創設します。

無機膜への期待

近年、取り組みが加速している水素社会構築を実現するには、効率的な水素製造・輸送・貯蔵技術の開発が不可欠です。有機ハイドライドやアンモニア、液体水素などのエネルギーキャリアが水素の効率的な輸送・貯蔵技術の本命として大きな注目を集めていますが、無機膜を用いる技術は有機ハイドライドやアンモニアなどから高純度の水素を取り出して燃料電池などに供給する方法として有望と考えられています。これは、無機膜が有する高い水素分離性能や耐熱性などの特性に加え、無機膜と脱水素触媒とを組み合わせたメンブレンリアクター（膜反応器）を実用化すれば水素の分離と精製が一段階で実現でき、脱水素・精製装置のコンパクト化や高効率化、低コスト化が期待できるからです。

また、無機膜は水素の分離・精製用途だけではなく、CO₂/CH₄分離などへの適用も期待されており、革新的な環境・エネルギー技術として注目されています。

無機膜研究センターとは

無機膜研究センターは、化学研究グループの無機膜研究機能を分離・独立させた「研究部門」と、無機膜関連メーカーやそのユーザー企業との連携を図る「産業連携部門」で構成します。また、各種無機膜研究の第一人者の先生方や燃料電池・水素研究の第一人者の先生方から構成されるアドバイザリーボードを設置します。これらの組織構成によって、RITEがハブとなって、メーカーとユーザー企業の産学連携、大学などの無機膜研究の第一人者との産学連携など、相乗的な成果を生むオープンイノベーションを推進します。

革新的環境・エネルギー技術の開発

研究部門では、無機膜やメンブレンリアクターに関する技術を活用し、水素社会構築やCO₂分離・回収に向けた革新的技術の研究開発に取り組みます。例えば、メチルシクロヘキサンを燃料とする高効率の燃料電池コージェネレーションシステムや水素ステーション、液体を燃料とする高効率の燃料電池自動車の実用化に向けた研究開発を推進します。また、バイオガス精製や天然ガス井戸元でのCO₂/CH₄分離を高効率で行うシステムの開発なども実施する計画です。

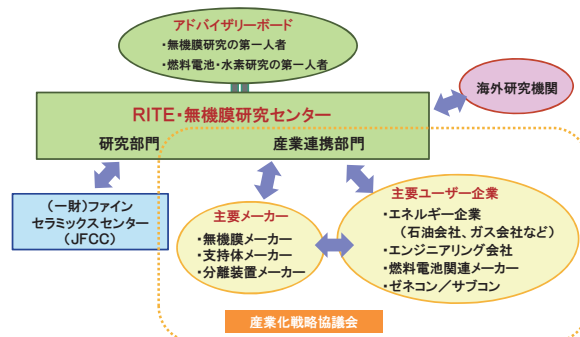
さらに、企業からの研究員を研究部門に積極的に受け入れ、アドバイザリーボードの第一人者の先生方などからの技術伝承を進めます。

無機膜の産業化に向けた取り組み

産業連携部門では、企業会員からなる「産業化戦略協議会」を設置し、無機膜関連メーカーやユーザー企業などとともに、無機膜の産業化に向けた取り組みを行います。例えば、メーカーとユーザー企業が協力して、無機膜を用いた地球環境保全技術の実用化・産業化に向けたロードマップの策定や、共同での国費事業などの立ち上げを図ります。また定期的に公開シンポジウムや会員向けのセミナー、会員間のシーズ・ニーズ情報の共有化の取り組みを行って、無機膜関連メーカーとユーザー企業との実用化・産業化に向けたビジョンの共有化を図り、早期の産業化に向けた取り組みを推進します。

無機膜を活用した地球環境保全を

このようにオープンイノベーションを基軸とし、革新的環境・エネルギー技術の研究開発の推進と、無機膜関連メーカーやユーザー企業とともに無機膜を用いた革新的環境・エネルギー技術の実用化・産業化を促進する取り組みを両輪として、地球環境の保全に貢献する無機膜研究センターの活動にご期待ください。



無機膜研究センターを中心とする実施・推進体制

役員

◆原著論文

1. Y. Kaya, M. Yamaguchi, K. Akimoto, The uncertainty of climate sensitivity and its implication for the Paris negotiation, Sustainability Science, 10.1007/s11625-015-0339-z, 2015
2. 山口光恒, 気候感度下方修正とパリ会議への影響, 環境経済・政策学会発表論文, 2015

◆解説/総説文

1. 山地憲治, リスクの視点から見た再生可能エネルギー政策, エネルギー・資源, pp.16-18, Vol.36, No.2, 2015
2. 山地憲治, わが国のエネルギー・環境政策の再構築, タクマ技報, pp.1-10, Vol.23, No.1, 2015
3. 山地憲治, 複眼的に見る水素, 電気評論, p.5, Vol.100, No.6, 2015
4. 山地憲治, エネルギーミックスと地球温暖化対策, ペトロテック, pp.896-902, Vol.38, No.12, 2015

◆出版物等その他発表

1. Kenji Yamaji, Issues of HLW Disposal in Japan, pp.279-287, In K. Nakajima(ed.), Nuclear Back-end and Transmutation Technology for Waste Disposal, Beyond the Fukushima Accident, Springer Open, 2015
2. 山地憲治, 環境・エネルギー(低炭素社会), SATREPSによる橋渡し, pp.192-193, 地球のために、未来のために SATREPS Vol.2, 地球規模課題対応国際科学技術協力, 2015
3. Y. Kaya, K. Yamaji, K. Akimoto, Climate Change and Energy, Japanese Perspectives on Climate Change Mitigation Strategy, ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation - Vol.4, Imperial College Press, 2015
4. 山地憲治, 日本のエネルギー戦略を考える視点, pp.8-32, 世界の中の日本 これからを生き抜くエネルギー戦略, 東京大学生産技術研究所, エネルギー工学連携研究センター, 先端エネルギー変換工学寄附研究部門, 2015
5. 山地憲治, フクシマのあとさき 複眼的エネルギー論, エネルギーフォーラム新書, 株式会社エネルギーフォーラム, 2015
6. 山地憲治, 長期的な気候変動対策, pp.91-92, 世界統計白書 2015-2016年版, 木本書店, 2015
7. 山地憲治, 10.1エネルギー, pp.395-407, 環境年表平成27-28年第4冊, 国立天文台編, 丸善出版, 2015
8. M. Yamaguchi and K. Akimoto, The view from different parts of the world: A view from Japan pp.115-129, In S. Barrett, C. Carraro and J. de Melo(eds.), Towards a Workable and Effective Climate Regime, CEPR Press, 2015

企画調査グループ

◆解説/総説文

1. 高木正人, IPCCの動向, 電気評論, Vol.613, pp.58-59, 2015
2. 都筑秀明, CCSの現状と課題, 電気評論, Vol.618, pp.66-67, 2015
3. 青木好範, 高木正人, CCSに関するISO国際標準化, 電気評論, Vol.620, pp.50-51, 2015
4. 高木正人, 青木好範, CCS技術のISO化の検討, 化学工学, Vol.79, pp.856-859, 2015

◆口頭発表(国内学会)

1. 東宏幸, 弾性波速度によるCO₂飽和度評価モデルについて, 物理探査学会第133回学術講演会, 2015年9月24日

システム研究グループ

◆原著論文

1. F. Sano, K. Wada, K. Akimoto, J. Oda, Assessments of GHG emission reduction scenarios of different levels and different short-term pledges through macro- and sectoral decomposition analyses, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.90 Part A pp.153-165, January 2015
2. K. Riahi, E. Kriegler, N. Johnson, C. Bertram, M. den Elzen, J. Eom, M. Schaeffer, J. Edmonds, M. Isaac, V. Krey, T. Longdon, G. Luderer, A. Méjean, D. L. McCollum, S. Mima, H. Turton, D. P. van Vuuren, K. Wada, V. Bosetti, P. Capros, Locked into Copenhagen pledges - Implications of short-term emissions targets for the cost and feasibility of long-term climate goals, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.90 Part A pp.8-23, January 2015
3. E. Kriegler, K. Riahi, N. Bauer, V. J. Schwanitz, N. Petermann, V. Bosetti, A. Marcucci, S. Otto, L. Paroussos, S. Rao, T. Arroyo-Currás, S. Ashina, J. Bollen, J. Eom, M. Hamdi-Cherif, T. Longden, A. Kitous, A. Méjean, F. Sano, M. Schaeffer, Making or breaking climate targets: The AMPERE study on staged accession scenarios for climate policy, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.90 Part A pp.24-44, January 2015
4. E. Kriegler, N. Petermann, V. Krey, V. J. Schwanitz, G. Luderer, S. Ashina, V. Bosetti, J. Eom, A. Kitous, A. Méjean, L. Paroussos, F. Sano, H. Turton, C. Wilson, D. van Vuuren, Diagnostic indicators for integrated assessment models of climate policy, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.90 Part A pp.45-61, January 2015
5. N. Bauer, V. Bosetti, M. Hamdi-Cherif, A. Kitous, D. McCollum, A. Méjean, S. Rao, H. Turton, L. Paroussos, S. Ashina, K. Calvin, K. Wada, D. van Vuuren, CO₂ emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.90 Part A pp.243-256, January 2015
6. J. Arakawa, K. Akimoto, Assessments of the Japanese energy efficiency standards program, *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Vol.3 No.1, pp.66-78, March 2015
7. A. Hayashi, K. Akimoto, F. Sano, T. Tomoda, Evaluation of global energy crop production potential up to 2100 under socioeconomic development and climate change scenarios, *Journal of the Japan Instituted of Energy*, Vol.94 No.6 pp.548-554, 2015
8. E. Kriegler, K. Riahi, N. Bauer, V. J. Schwanitz, N. Petermann, V. Bosetti, A. Marcucci, S. Otto, L. Paroussos, S. Rao-Skirbekk, T. A. Curras, S. Ashina, J. Bollen, J. Eom, M. Hamdi-Cherif, T. Longden, A. Kitous, A. Mejean, F. Sano, M. Schaeffer, K. Wada, P. Capros, D. van Vuuren, O. Edenhofer, C. Bertram, R. Bibas, J. Edmonds, N. Johnson, V. Krey, G. Luderer, D. McCollum, J. Kejun, A short note on integrated assessment modeling approaches: Rejoinder to the review of "Making or breaking climate targets - The AMPERE study on staged accession scenarios for climate policy", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.99 pp.273-276, 2015

9. 徳重功子、秋元圭吾、小田潤一郎、本間隆嗣、京都議定書第一約束期間における日本の温室効果ガス排出削減の取り組みに関する分析・評価、*エネルギー・資源*、Vol.36 No.2 pp.1-9, 2015
10. 小田潤一郎、秋元圭吾、長島美由紀、インド石炭火力の発電所別パフォーマンスの分析、*エネルギー・資源*、Vol.36 No.6 pp.17-26, 2015
11. K. Lessmann, U. Kornek, B. Bosetti, R. Dellink, J. Emmerling, J. Eyckmans, M. Nagashima, H.P. Weikard, Z. Yang, The stability and effectiveness of climate coalitions: A comparative analysis of multiple integrated assessment models, *Environmental and Resource Economics*, in press
12. Y. Kaya, M. Yamaguchi, K. Akimoto, The uncertainty of climate sensitivity and its implication for the Paris negotiation, *Sustainability Science*, 10.1007/s11625-015-0339-z, 2015
13. J. Aldy, B. Pizer, K. Akimoto, Comparing emission mitigation efforts across the countries, *Climate Policy*, in press
14. 佐野史典、秋元圭吾、本間隆嗣、徳重功子、日本の2030年温室効果ガス排出削減目標の評価、Vol.37 No.1, 2016年1月号に掲載予定

◆解説／総説文

1. 秋元圭吾、エネルギーミックスと温暖化対策、月刊経団連、2015年5月号
2. 秋元圭吾、地球温暖化問題から考える原子力、オンラインメディア「ポリタス」、2015年5月26日
3. 佐野史典、秋元圭吾、長期排出削減目標の分析、電気評論、2015年6月号
4. 小田潤一郎、秋元圭吾、発電効率の国際比較 - 運用保守改善の効果等 - 、電気評論、2015年 夏季増刊号
5. 和田謙一、UNFCCC交渉と技術移転、電気評論、2015年7月号
6. 秋元圭吾、原子力の国民経済価値の推計、公益事業研究、2015年7月号
7. 徳重功子、秋元圭吾、環境自主行動計画の評価、電気評論、2015年8月号
8. 秋元圭吾、我が国のエネルギーミックス策定と温室効果ガス排出削減に向けた取組、鉱山、Vol.68 No.8, 2015年10月号
9. 秋元圭吾、政府の電源構成比率はS+3Eのバランスとしては妥当、週刊エコノミスト、2015年12月20日号
10. 秋元圭吾、DNE21+ -世界エネルギー・温暖化モデル、エネルギー・資源、2016年1月号掲載予定

◆口頭発表(国内学会)

1. 秋元圭吾、小田潤一郎、佐野史典、電源別発電コストの最新推計と電源代替の費用と便益、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月27日
2. 本間隆嗣、秋元圭吾、電気料金値上げによる地域別産業への影響分析、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月27日
3. 林礼美、秋元圭吾、佐野史典、本間隆嗣、世界地域別のエネルギーとCO₂森林固定策の導入条件に関する分析、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月28日
4. ショアイ テラニ ビアンカ、秋元圭吾、佐野史典、Assessment of Low Carbon Investments in Europe: Two Methodological

システム研究グループ

Approaches, 第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月28日

5. 小田潤一郎、秋元圭吾、長島美由紀、インド石炭火力の発電所別発電効率に関する分析、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、Jan. 28, 2015

6. 徳重功子、秋元圭吾、小田潤一郎、本間隆嗣、2020年以降の各国CO₂排出削減目標誓約のレビューに向けた分析、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月28日

7. 和田謙一、秋元圭吾、長島美由紀、UNFCCCにおける技術移転の多様性と可能性、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月28日

8. 有野洋輔、秋元圭吾、佐野史典、本間隆嗣、小田潤一郎、将来の気候変動の不確実性下におけるジオエンジニアリングのオプション価値に関する分析、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月28日

9. 長島美由紀、本間隆嗣、佐野史典、秋元圭吾、小田潤一郎、友田利正、和田謙一、米国による海外石炭火力発電所新設に対する公的融資制限及び新規排出規制案の評価、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2015年1月28日

10. 佐野史典、秋元圭吾、鳥居広康、小田潤一郎、ショアイ テラニ ビアンカ、世界エネルギーシステムモデルによる水素システム導入シナリオの構築、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス2015年1月28日

11. 秋元圭吾、エネルギーミックスと温暖化目標の分析・評価 - RITEによる分析 -、環境・経済政策学会 創立20周年記念シンポジウム、明治大学、2015年5月8日

12. 秋元圭吾、佐野史典、本間隆嗣、徳重功子、国際衡平性と長期目標との関係からの日本の約束草案の評価、環境経済・政策学会 2015年大会、2015年9月18日

13. 和田謙一、秋元圭吾、佐野史典、省エネ対策の経済性に関する考察、環境経済・政策学会 2015年大会、2015年9月20日

14. 小田潤一郎、秋元圭吾、世界平均のエネルギー効率推移の分析(発電・鉄鋼部門)、環境経済・政策学会 2015年大会、2015年9月20日

◆口頭発表(国際学会)

1. K. Akimoto, Quantitative analyses on emission reduction efforts under the voluntary action plan in Japan, Technical Workshop on Policy Approaches for Industrial Sector in the Climate-Energy Interface, France, Jan. 16, 2015

2. Y. Arino, K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, J. Oda, T. Tomoda, An analysis on the option values of geoengineering under uncertainties in climate change, 21st Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, Helsinki, Finland, June 25, 2015

3. K. Wada, Scaling up technology transfer through the UNFCCC Technology Mechanism, Our Common Future under Climate Change (CFCC) Conference, Paris France, July 30, 2015

4. T. Homma, K. Akimoto, The economic impacts of climate policies under the shared socioeconomic pathways, 18th Annual Conference on Global Economic Analysis, Melbourne Convention Center, Melbourne, Australia, Jun. 17-19, 2015

5. B. Shoai Tehrani, K. Akimoto, Measuring the impacts of climate

change on human well-being through life quality index, The Fifth Congress of the East Asian Association of Environmental and Resource Economics, Taipei, Taiwan, August 18, 2015

6. F. Sano, K. Akimoto, T. Homma, K. Tokushige, B. Shoai Tehrani, Evaluation on the Japan's INDC in comparison with other nations', and in the context of achieving 2 °C target, Eighth annual meeting of the IAMC 2015, Potsdam, Germany, November 16, 2015

◆出版物等その他発表

1. B. Shoai Tehrani, Current conditions of energy and climate mitigation policies in Japan & the analyses with RITE model, MILES Kick-off Meeting, France, 2015年1月15日

2. K. Wada, F. Sano, K. Akimoto, Heterogeneity of technology adoption in the transportation sector, ADVANCE 会合、オランダ、2015年1月22日

3. 秋元圭吾、エネルギーと環境の未来、地域エネルギーセミナー in 広島、2015年1月30日

4. 秋元圭吾、エネルギー基本計画の概要、青森県町村会 エネルギー政策に関する研修会、2015年2月2日

5. 秋元圭吾、2030年の電源別発電コスト推計と今後のエネルギーミックス策定に向けて、エネルギー広報懇談会、2015年2月5日

6. 秋元圭吾、日本と世界の地球温暖化対策・政策動向とCOP21に向けた課題、愛知環境式典講演会、2015年2月19日

7. 秋元圭吾、電力供給の現状と今後について、JAMものづくりシンポジウム、2015年2月21日

8. 秋元圭吾、地球温暖化対策動向とCOP21(気候変動会議)に向けた見通し、全国中小貿易業大阪連盟 時局・時事講演会、2015年3月4日

9. 秋元圭吾、日本のエネルギーミックスと約束草案策定に向けて、経団連 国際環境戦略WG・地球温暖化対策WG合同会合、2015年3月5日

10. 秋元圭吾、エネルギーミックスの策定に向けて考えるべきこと、シンポジウム「日本のエネルギーミックスを考える」、2015年3月6日

11. K. Wada, Progress on co-benefits research, IGES IIASA ワークショップ、2015年3月10日

12. 秋元圭吾、原子力の国民経済価値の推計、公益事業学会 学術研究会、2015年3月17日

13. 和田謙一、技術交渉の動向とCTCNのあり方の検討、第42回 TESCUE研究会、2015年3月18日

14. 秋元圭吾、約束草案の見通しと2°C目標の関係及び国際交流への含意、グリーンフォーラム21 第4回事例研究会、2015年3月23日

15. 秋元圭吾、電源別発電コストについて(原子力のコストを中心に)、日本原子力学会、2015年3月30日

16. Y. Arino, K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, J. Oda, T. Tomoda, Estimating the option value of solar radiation management under uncertain climate sensitivity, Ireland-Japan International Energy Modeling Workshop, April 16, 2015

17. 秋元圭吾、電源別発電コスト推計、自由民主党 原子力政策・需給問題等調査会、2015年4月23日

18. K. Akimoto, Part III, Model Analysis for Climate Change Mitigation Strategy, Climate Change and Energy, Japanese

Perspective on Climate Change Mitigation Strategy, June 2015

19. 和田謙一、約束草案のインプリケーション、第44回TECUSE研究会、2015年5月20日
20. 小田潤一郎、佐野史典、秋元圭吾、世界CO₂排出削減目標下における次世代自動車普及の分析、電気学会研究会「レアメタル資源制約と次世代型エネルギー技術」、2015年5月27日
21. 秋元圭吾、COP21に向けての動向と今後のCO₂排出削減の取り組み方策、日本機械工業連合会「環境配慮事例研究会」、2015年6月5日
22. 秋元圭吾、我が国のエネルギーミックスと2020年以降の温室効果ガス排出削減に向けた取り組み、日本鉱業協会 全国鉱山・精錬所現場担当者会議 特別講演、2015年6月10日
23. 和田謙一、技術交渉の状況について、第45回TECUSE研究会、2015年6月24日
24. 和田謙一、UNFCCCにおける技術移転交渉、メカニズム研究会、2015年6月26日
25. K. Akimoto, Comparing emission mitigation effort, Duke Environmental and Energy Economics Working Paper Series, June 2015
26. 秋元圭吾、太陽光発電を中心とした国内外の再生可能エネルギーの政策動向と課題、日本学術会議、2015年7月2日
27. 秋元圭吾、エネルギーミックスと温室効果ガス排出削減目標、RITE校友会、2015年7月3日
28. K. Akimoto, B. Shoai Tehrani, Overview and assessment of Japan's energy mix and INDCs, MILES Project meeting, Paris, France, 2015年7月8日
29. 秋元圭吾、各国のCO₂限界削減費用について、経団連 国際環境戦略WG 会合、2015年7月17日
30. 秋元圭吾、国際公平性の視点から温室効果ガス排出削減目標の評価、CIGS地球温暖化シンポジウム2015、2015年7月23日
31. K. Wada, K. Akimoto, Y. Arino, RITE's approach to uncertainty analysis for mitigation/geoengineering strategies, EMF Snowmass Workshop, July 24, 2015
32. 林 礼美、社会経済発展と気候変動を考慮した2100年までの世界エネルギー作物潜材量評価、第10回再生可能エネルギー世界展示会 併催フォーラム、2015年7月31日
33. 秋元圭吾、エネルギーミックスの評価とエネルギー政策に関する今後の課題、福井県原子力平和利用協議会会合、2015年8月6日
34. 秋元圭吾、エネルギーミックスと温室効果ガス排出削減の実現に向けて、石炭石鉱業協会 環境委員会、2015年9月4日
35. 秋元圭吾、エネルギーミックスの評価とエネルギー政策に関する今後の課題、エネルギー・資源学会 エネルギー政策懇話会、2015年9月7日
36. M. Yamaguchi, Economics of climate change, Asia Europe Economic Forum, Paris, France, September 15, 2015
37. K. Akimoto, Assessment of relationships between climate change and energy security in the RITE ALPS Project, CD-Links Kick-off Meeting, IIASA, Vienna, Austria, September 29, 2015
38. 秋元圭吾、エネルギー安全保障を含む我が国のエネルギー政策のあり方、日本原子力学会シニアネットワーク連絡会 第16回シンポジウム、2015年10月3日
39. 秋元圭吾、Role of iron and steel sector in responding to global warming, ICEF 鉄鋼セッション、2015年10月7日

40. 秋元圭吾、2030年のエネルギーミックスについて、安全安心科学アカデミー主催WS 「これでいいのか?未来のエネルギー」、2015年10月14日

41. 和田謙一、How to promote low-carbon investment for mitigation actions in developing countries -The role of the Climate Technology Center and Network-, 東京大学公共政策大学院ホームページ、2015年10月

42. 秋元圭吾、約束草案による温室効果ガス排出見通しとリスク対応戦略、温暖化リスクメディアフォーラム:各国約束草案(INDC)をどう捉えるか?ーリスクの観点から、2015年11月5日

43. K. Akimoto, Climate Change Response Strategy and the Role of Japan, The Political Economy of Japan and the EU: challenges and Strategies, Chatham house, UK, November 13, 2015

44. 秋元圭吾、約束草案の排出削減努力の評価と世界排出量の見通し、国際環境経済研究所 (IEEI) WEBページ<http://ieei.or.jp/2015/11/special201511004/>、2015年11月

45. 和田謙一、UNFCCCにおける技術移転交渉と技術メカニズム、COP21カウントダウンセミナー、2015年11月18日

46. 秋元圭吾、我が国におけるエネルギー政策の展望、全国原子力発電所所在市町村協議会、2015年11月19日

47. 魏啓為、「第10章 産業・生活環境」(執筆・資料提供者)、平成27-28年環境年表、丸善出版、2015年12月

48. K. Akimoto, RITE's Evaluations on Emission Reduction Efforts of the INDCs and the Expected Global Emissions, COP21 ジャパンバビリオン、2015年12月9日

49. K. Akimoto, Measuring Emission Reduction Efforts of the INDCs and the Expected Global Emission Reductions and Economic Impacts, COP21 サイドイベント (BizMEF主催)、2015年12月10日

50. 秋元圭吾、地球温暖化問題と対策・政策およびCCSの役割、二酸化炭素回収・貯留に係る技術動向等調査に係る委員会、2015年12月25日

51. 秋元圭吾、不確実性下での温室効果ガスの長期排出経路、文部科学省 今後の気候変動予測研究の在り方に関する検討会、2015年12月25日

52. M. Yamaguchi and K. Akimoto, Chapter 8, The view from different parts of the world: A view from Japan, pp. 115-129, Towards a Workable and Effective Climate Regime, CEPR Press, 2015

バイオ研究グループ

◆ 原著論文

1. T. Jojima, T. Igari, Y. Moteki, M. Suda, H. Yukawa and M. Inui, Promiscuous activity of (S,S)-butanediol dehydrogenase is responsible for glycerol production from 1,3-dihydroxyacetone in *Corynebacterium glutamicum* under oxygen-deprived conditions, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol.99, pp.1427-1433, 2015
2. T. Jojima, R. Noburyu, M. Sasaki, T. Tajima, M. Suda, H. Yukawa and M. Inui, Metabolic engineering for improved production of ethanol by *Corynebacterium glutamicum*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol.99, pp.1165-1172, 2015
3. K. Toyoda, H. Teramoto, H. Yukawa and M. Inui, Expanding the regulatory network governed by the extracytoplasmic function sigma factor σ^H in *Corynebacterium glutamicum*. *J. Bacteriol.*, Vol.197, pp.483-496, 2015
4. T. Kubota, Y. Tanaka, N. Takemoto, K. Hiraga, H. Yukawa and M. Inui, Identification and expression analysis of a gene encoding a shikimate transporter of *Corynebacterium glutamicum*. *Microbiology*, Vol.161, pp.254-263, 2015
5. N. Takemoto, Y. Tanaka and M. Inui, Rho and RNase play a central role in FMN riboswitch regulation in *Corynebacterium glutamicum*. *Nucleic. Acids. Res.*, Vol.43, pp.520-529, 2015
6. H. Teramoto, H. Yukawa and M. Inui, Copper homeostasis-related genes in three separate transcriptional units regulated by CsoR in *Corynebacterium glutamicum*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol.99, pp.3505-3517, 2015
7. S. Oide, W. Gunji, Y. Moteki, S. Yamamoto, M. Suda, T. Jojima, H. Yukawa and M. Inui, Thermal and solvent stress cross-tolerance conferred to *Corynebacterium glutamicum* by adaptive laboratory evolution. *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol.81, pp.2284-2298, 2015
8. 西村拓, 乾将行, 嫌気性微生物によるバイオマスからの水素生産, バイオ水素とキャリア開発の最前線, pp.43-49, 2015
9. Y. Tsuge, K. Uematsu, S. Yamamoto, M. Suda, H. Yukawa and M. Inui, Glucose consumption rate critically depends on redox state in *Corynebacterium glutamicum* under oxygen deprivation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol.99, pp.5573-5582, 2015
10. Y. Tsuge, S. Yamamoto, N. Kato, M. Suda, A.A. Vertès, H. Yukawa and M. Inui, Overexpression of the phosphofructokinase encoding gene is crucial for achieving high production of D-lactate in *Corynebacterium glutamicum* under oxygen deprivation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol.99, pp.4679-4689, 2015
11. A. Watanabe, K. Hiraga, M. Suda, H. Yukawa and M. Inui, Functional characterization of *Corynebacterium alkanolyticum* β -xylosidase and xyloside ABC transporter in *Corynebacterium glutamicum*. *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol.81, pp.4173-4183, 2015
12. 乾将行, 宮内啓行, グリーンフェノール樹脂生産への挑戦, プラスチックスエージ, Vol.61, pp.116-117, 2015
13. Y. Tanaka, H. Teramoto and M. Inui, Regulation of the expression of de novo pyrimidine biosynthesis genes in *Corynebacterium glutamicum*. *J. Bacteriol.*, Vol.197, pp.3307-3316, 2015

14. T. Kuge, H. Teramoto and M. Inui, AraR, an L-arabinose-responsive transcriptional regulator in *Corynebacterium glutamicum* ATCC 31831, exerts different degrees of repression depending on the location of its binding sites within the three target promoter regions. *J. Bacteriol.*, Vol.197, pp.3788-3796, 2015
15. T. Jojima and M. Inui, Engineering the glycolytic pathway: a potential approach for improvement of biocatalyst performance. *Bioengineered*, Vol.6, 328-334, 2015

◆ 解説/総説文

1. RITE、セルロースで100%バイオ由来の航空燃料開発, 新エネルギー新報, No.112, 2015年10月5日

◆ 口頭発表 (国内学会)

1. 渡邊 彰, 平賀 和三, 須田 雅子, 湯川 英明, 乾 将行, *Corynebacterium alkanolyticum*由来キシロシダーゼとキシロオリゴ糖トランスポーターの機能解析, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
2. 久保田健, 田中裕也, 竹本訓彦, 平賀和三, 湯川英明, 乾将行, コリネ型細菌が有するシキミ酸トランスポーターの同定とその発現制御解析, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
3. 小暮高久, 須田雅子, 平賀和三, 乾将行, コリネ型細菌による芳香族化合物前駆体シキミ酸の高生産, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
4. 城島透, 猪狩尊史, 郡司涉, 茂木康浩, 須田雅子, 湯川英明, 乾将行, コリネ型細菌による1,3-ジヒドロキシアセトンを経たグリセロール生成経路の同定, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
5. 辻本敏博, 豊田晃一, 寺本陽彦, 乾将行, コリネ型細菌におけるECFシグマ因子SigEのイソブタノール応答性発現制御機構, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
6. 久下貴之, 寺本陽彦, 乾将行, コリネ型細菌における転写因子AraRによるアラビノース応答制御機構, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
7. 前田智也, 田中裕也, 竹本訓彦, 乾将行, コリネ型細菌RNase IIIによる細胞分裂制御, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
8. 濱本渚, 田中裕也, 竹本訓彦, 乾将行, コリネ型細菌におけるRNase Jによるリジン合成経路遺伝子の発現制御解析, 日本農芸化学会2015年度大会, 2015年3月27日
9. 竹本訓彦, 田中裕也, 渡邊真弥, 秋山徹, 乾将行, FMN-riboswitchによるRNaseと転写終結因子Rhoを介した遺伝子発現制御, 第9回日本ゲノム微生物学会若手の会研究会, 2015年9月29日-30日
10. T. Kuge, H. Teramoto and M. Inui, Transcriptional regulation of L-arabinose utilization genes in *Corynebacterium glutamicum*, *BioMicroWorld* 2015, 2015年10月28日-30日
11. 竹本 訓彦, 田中 裕也, 前田 智也, 濱本 渚, 乾 将行, *Corynebacterium glutamicum*における転写終結因子RhoとRNase E/Gによる不要なantisense RNAの産生抑制, 第38回日本分子生物学会年会, 2015年12月1日-4日

◆口頭発表(国際学会)

12. A. Watanabe, K. Hiraga, M. Suda, H. Yukawa, M. Inui, Functional characterization of *Corynebacterium alkanolyticum* xylosidase and xyloside transporter, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
13. T. Kubota, Y. Tanaka, N. Takemoto, K. Hiraga, H. Yukawa, M. Inui, Shikimate transporter of *Corynebacterium glutamicum*, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
14. T. Kogure, M. Suda, K. Hiraga, M. Inui, Production of shikimic acid as a precursor of aromatic compounds by metabolically engineered *Corynebacterium glutamicum*, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
15. T. Jojima, T. Igari, W. Gunji, Y. Moteki, M. Suda, H. Yukawa, M. Inui, Glycerol biosynthesis via dihydroxyacetone in *Corynebacterium glutamicum*, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
16. T. Tsujimoto, K. Toyoda, H. Teramoto, M. Inui, The isobutanol-responsive transcriptional regulatory mechanism of *sigE* encoding the ECF sigma factor SigE in *Corynebacterium glutamicum*, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
17. T. Kuge, H. Teramoto, M. Inui, L-Arabinose-responsive transcriptional regulatory mechanism in *Corynebacterium glutamicum*, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
18. T. Maeda, Y. Tanaka, N. Takemoto, M. Inui, Role of the RNase III of *Corynebacterium glutamicum* in cell division, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
19. N. Hamamoto, Y. Tanaka, N. Takemoto, M. Inui, RNase J regulates lysine synthesis genes in *Corynebacterium glutamicum*, The 2015 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology and Agrochemistry, Mar. 27, 2015
20. N. Takemoto, Y. Tanaka, S. Watanabe, T. Miyoshi-Akiyama, M. Inui, Utilization of RNase and Rho in regulation by FMN-riboswitch, 9th meeting of young scientists in Society of Genome Microbiology, Japan, Sep. 29-30, 2015
21. T. Kuge, H. Teramoto and M. Inui, Transcriptional regulation of L-arabinose utilization genes in *Corynebacterium glutamicum*, BioMicroWorld 2015, Oct. 28-30, 2015
22. N. Takemoto, Y. Tanaka, T. Maeda, N. Hamamoto, M. Inui, Bacterial transcription termination factor Rho and RNase E/G cooperatively suppress unwanted antisense RNA production in *Corynebacterium glutamicum*, Biochemistry and Molecular Biology 2015, Dec. 1-4, 2015

化学研究グループ

◆原著論文

1. Response Surface Optimization of Impregnation of Blended Amines into Mesoporous Silica for High-Performance CO₂ Capture, Duc Sy Dao, Hidetaka, Yamada, Katsunori Yogo, Energy Fuels, 2015, 29 (2), pp.985-992
2. Enhanced Adsorption of Carbon Dioxide on Surface-Modified Mesoporous Silica-Supported Tetraethylenepentamine: Role of Surface Chemical Structure, Junpei Fujiki, Hidetaka Yamada, Katsunori Yogo, Microporous and Mesoporous Materials, 2015, 215, pp.76-83
3. CO₂ Solubility Measurements and Modeling for Tertiary Diamines: Hiroshi Machida, Hidetaka Yamada, Yuich Fujioka, Shin Yamamoto, Journal of Chemical & Engineering Data, 2015, 60, pp.814-820
4. The increased CO₂ adsorption performance of chitosan-derived activated carbons with nitrogen-doping, Junpei Fujiki, Katsunori Yogo, Chemical Communications, 2016, 52, pp.186-189
5. Development of Hydrogen-Selective Triphenylmethoxysilane-Derived Silica Membranes with Tailored Pore Size by Chemical Vapor Deposition, Xiao-Liang Zhang, Hidetaka Yamada, Takashi Saito, Teruhiko Kai, Kazuya Murakami, Makoto Nakashim, Joji Ohshita, Kazuki Akamatsu, Shin-ichi Nakao, Journal of Membrane Science, 2016, 499, pp.28-35
6. Mesoporous Silica Sorbents Impregnated with Blends of Tetraethylenepentamine and Alkanolamine for CO₂ Separation, Hidetaka Yamada, Duc Sy Dao, Junpei Fujiki, Katsunori Yogo, Separation Science and Technology, 2015, 50, pp 2948-2953

◆解説/総説文

1. 膜分離技術を用いた有機ハイドライドからの水素の分離・精製, 西田亮一, 中尾真一, 水素エネルギー協会誌「水素エネルギーシステム」第40巻第1号, pp.15-19
2. CO₂回収技術の現状・課題と求められる分離材料, 藤木淳平, 余語克則, MATERIAL STAGE, 2015年4月号, pp.1-7
3. CCSと二酸化炭素分離・回収技術, 東井隆行, 月刊ケミカルエンジニアリング, 2015年7月号, pp.12-19
4. 高圧再生型CO₂化学吸収液の開発, 山本信, 月刊ケミカルエンジニアリング, 2015年7月号, pp.31-36
5. CO₂分離回収技術の高度化—吸着分離技術—, 余語克則, 電気評論, 2015年12月号, pp.44-45
6. 無機系水素分離膜を用いたメンブレンリアクターの開発〜水素社会構築に向けて〜, 西田亮一, 中尾真一, 日本工業出版, 月刊「配管技術」, 2016年1月号, pp.1-5
7. わが国及び世界のCO₂分離回収技術開発の現状, 佐藤謙宣, 中尾真一, 日本エネルギー学会誌第95巻1号, pp56-65

◆口頭発表(国内学会)

1. 高圧再生型CO₂化学吸収液の開発-高圧再生による消費エネルギー低減効果, 山本信, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
2. アミン系固体吸収材のCO₂吸着特性における担体の効果, 藤木淳平, 山田秀尚, 余語克則, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日

3. 細孔内充填型パラジウム膜の構造及び水素透過性能, 馬場美智子, 余語克則, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
4. アミン含浸型固体吸収材が示すCO₂吸収挙動の律速段階解析, 沼口遼平, 山田秀尚, 後藤和也, 余語克則, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
5. CO₂分離回収材の反応(9) アミン系イオン液体, 山田秀尚, 沼口遼平, 後藤和也, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
6. Development of hydrogen-selective triphenylmethoxysilane-derived membranes by chemical vapor deposition, Xiaoliang Zhang, 山田秀尚, 齊藤崇, 甲斐照彦, 赤松憲樹, 中尾真一, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
7. Si-CHAゼオライトの調整とガス吸着特性, 前田康志, 加藤美奈子, 来田康司, 余語克則, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
8. 細孔内充填型Pd/多孔質アルミナ複合膜の調製と水素分離性能, 馬場美智子, 余語克則, 鬼頭知宏, 武山博道, 化学工学会第80年会, 2015年3月19日-21日
9. MDEA系CO₂吸収液における高圧条件下でのCO₂吸収形態の解析, 山本信, 日本化学会第95春季年会, 2015年3月26日-29日
10. CCS,CO₂分離・回収に貢献する化学技術, 東井隆行, 日本化学会第95春季年会, 2015年3月28日
11. Purification of hydrogen from mixture gas containing methylcyclohexane and toluene using triphenylmethoxysilane-derived membranes by chemical vapor deposition, Xiaoliang Zhang, 山田秀尚, 齊藤崇, 甲斐照彦, 赤松憲樹, 中尾真一, 日本膜学会第37年会, 2015年5月14-15日
12. 二酸化炭素分離回収技術の開発動向, 東井隆行, 第101回有機デバイス研究会, 2015年4月24日
13. 二酸化炭素分離・回収技術, 東井隆行, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月25日
14. CO₂分離回収技術に関する最近の動向, 佐藤謙宣, 高分子同友会勉強会, 2015年7月9日
15. 新規固体吸収材を用いたCO₂回収発電システムのエネルギー解析, 後藤和也, 藤木淳平, 山田秀尚, 沼口遼平, 来田康司, 余語克則, 日本エネルギー学会第24回大会, 2015年8月3日
16. 高圧再生型CO₂化学吸収液の開発—蟻酸添加による劣化耐久性評価, 山本信, 化学工学会第47回秋季大会, 2015年9月9日-11日
17. pKaを用いた3級アミン溶媒へのCO₂溶解度モデル, 山本信, 山田秀尚, 化学工学会第47回秋季大会, 2015年9月9日-11日
18. エチレングリコール系溶媒のCO₂吸収メカニズムに関する理論的解析, 山田秀尚, 化学工学会第47回秋季大会, 2015年9月9日-11日
19. シリカ膜を搭載した膜反応器を用いた水性ガスシフト反応の検討, 多胡智貴, 松山絵美, 齊藤崇, 西田亮一, 中尾真一, 化学工学会第47回秋季大会, 2015年9月9日-11日
20. メンブレンリアクターを用いたメチルシクロヘキサン脱水素プロセスの検討, 松山絵美, 沼口遼平, 浦井宏美, 齊藤崇, 西田亮一, 中尾真一, 化学工学会第47回秋季大会, 2015年9月9日-11日
21. 次世代型膜モジュール技術の進捗について, 中尾真一, 第5回革新的CO₂膜分離技術シンポジウム, 2015年10月2日
22. 海外のCO₂分離回収技術の最新動向, 甲斐照彦, 第5回革新的CO₂膜分離技術シンポジウム, 2015年10月2日

23. CO₂分離膜技術の開発について, 佐藤謙宣, 日本化学会CSJ化学フェスタ, 2015年10月14日
24. 固体吸収材を用いた燃焼排ガスからのCO₂分離回収, 藤木淳平, 山田秀尚, Firoz A Chowdhury, 後藤和也, 沼口遼平, 来田康司, 余語克則, 第29回日本吸着学会研究発表会, 2015年11月19日-20日
25. 窒素含有カーボンのCO₂吸着特性, 藤木淳平, 余語克則, 第29回日本吸着学会研究発表会, 2015年11月19日-20日
26. 次世代型CO₂分離膜モジュールの開発, 甲斐照彦, ニューメンブレテクノロジーシンポジウム2015, 2015年11月17日
27. CO₂分離膜の素材設計に向けた溶解拡散メカニズムの計算化学的解析, 山田秀尚, 村木幸弘, 南雲亮, 岩田修一, 森秀樹, 膜シンポジウム2015, 2015年11月25日-26日

◆口頭発表(国際学会)

1. Advanced CO₂ capture technologies at RITE, Takayuki Higashii, 2015 Taiwan-Japan CCT/CCS Information Exchange Program, Taipei, Jan.22, 2015
2. Development of CO₂ molecular gate membrane for CO₂ capture and storage (CCS), Teruhiko Kai, International Workshop on "Recent Progress on Membrane Separation and CO₂ Capture", Japan, Jul.16, 2015
3. Hydrogen Separation in the Hydrogen-Methylcyclohexane-Toluene Gaseous Mixtures through Triphenylmethoxysilane-derived Silica Membrane by Chemical Vapor Deposition, Xiao-Liang Zhang, Hidetaka Yamada, Takashi Saito, Teruhiko Kai, Kazuki Akamatsu, Shin-ichi Nakao, 9th Conference of Aseanian Membrane Society, Taiwan, Jul.19-21, 2015
4. Modeling of CO₂ Solubility in Tertiary Amine Solvent Using pKa, Hiroshi Machida, Hidetaka Yamada, Shin Yamamoto, 7th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation, Japan, Aug.4-7, 2015
5. Effects of CO₂ Absorption on the Lower Critical Solution Temperature Phase Separation in Amine-H₂O Systems, Hidetaka Yamada, Ryohei Numaguchi, Firoz A. Chowdhury, Kazuya Goto, Tsuguhiko Kato, Yoichi Matsuzaki, Masami Onoda, 34th International Conference on Solution Chemistry, Czech Republic, Aug.30-Sep.3, 2015
6. Development of Novel Single Amine Absorbents and Their Blends for CO₂ Capture, Firoz Alam Chowdhury, Kazuya Goto, Yoichi Matsuzaki, Tsuguhiko Kato, Takayuki Higashii, Masami Onoda, 3rd Post Combustion Capture Conference, Canada, Sep.8-Sep.11, 2015
7. Analysis of the Rate-Limiting Step in Carbon Dioxide Absorption to Amine-Impregnated Solid Sorbent, Ryohei Numaguchi, Hidetaka Yamada, Kazuya Goto, Katsunori Yogo, 3rd Post Combustion Capture Conference, Canada, Sep.8-Sep.11, 2015
8. Carbon dioxide adsorption on chitosan derived N-doped carbon, Junpei Fujiki, Katsunori Yogo, International Conference on Coal Science & Technology 2015, Australia, Sep.27-Oct.1, 2015
9. CO₂ capture technology for CCS, Takayuki Higashii, Taiwan International Green Industry Show 2015- Seminar, Taipei, Oct.1, 2015

10. Advanced CO₂ capture technologies at RITE, Takayuki Higashii, The sixth Korea CCS international Conference, Jan.29, 2016

11. Chemically Tunable Ionic Liquid-Amine Solutions for CO₂ Capture, Firoz A. Chowdhury, Tsuguhiko Kato, Jan.27, 2016

◆出版物等その他発表

1. CO₂ Capture by Membrane, Teruhiko Kai, Shuhong Duan, Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation
2. 無機系水素分離膜および膜反応器の開発について, 西田亮一, 大阪科学技術センター エネルギー技術対策委員会 燃料電池・FCH部会 第231回定例研究会, 2015年7月13日
3. RITEが保有する水素分離膜技術について, 西田亮一, 化学工学会関西支部第16回化学工学イノベーション研究会, 2015年7月24日
4. 膜分離技術に関する講演・二酸化炭素分離膜技術, 佐藤謙宣, 化学工学会関西支部第16回化学工学イノベーション研究会, 2015年7月24日
5. RITE化学研究グループの研究概要の紹介, 中尾真一, 化学工学会関西支部第16回化学工学イノベーション研究会, 2015年7月24日
6. 水素利用等先導研究開発事業/エネルギーキャリアシステム調査・研究/水素分離膜を用いた脱水素, 沼口遼平, 西田亮一, 浦井宏美, NEDO H27年度成果発表会, 2015年8月31日-9月1日
7. エネルギーキャリア調査・研究(水素分離膜を用いた脱水素), 中尾真一, 西田亮一, 松山絵美, 今川健一, NEDO-SIP情報・意見交換会, 2015年9月30日
8. RITEにおける分離技術開発, 余語克則, 化学工学会反応工学部会「反応分離分科会」反応分離講習会2015, 2015年10月16日
9. CO₂分離膜回収技術の動向とRITEにおける取組, 佐藤謙宣, (株)技術情報センターセミナー「CO₂分離回収の技術開発と適用動向」, 2015年12月15日

CO₂貯留研究グループ

◆原著論文

1. Yi Zhang, Osamu Nishizawa, Tamotsu Kiyama, Ziqiu Xue, Saturation-path dependency of P-wave velocity and attenuation in sandstone saturated with CO₂ and brine revealed by simultaneous measurements of waveforms and X-ray computed tomography images, *Geophysics*, 80, 4, 2015
2. Yi Zhang, Hyuck Park, Tamotsu Kiyama, Osamu Nishizawa, Yu Liu, Kwang-seok Chae, and Ziqiu Xue, Effect of fluid displacement pattern on complex electrical impedance in Berea sandstone over frequency range 104 Hz-106 Hz, *Geophysical Prospecting*, 査読中
3. Tetsuya Kogure, Yi Zhang, Osamu Nishizawa, Ziqiu Xue, Displacement of brine and supercritical CO₂ during steady-state relative permeability measurements through drainage and imbibition processes under capillary-dominated flow condition, *Water Resources Research*, 投稿中
4. Saeko Mito, Kei Okamura, Hideshi Kimoto, Colorimetric pH Measurement of Pressurized Groundwater containing CO₂, *Analytical Science*, 印刷中
5. 伊藤拓馬, 中島崇裕, 千代延俊, 薛自求, 含泥率の三次元モデル構築:長岡CO₂圧入実証試験サイトへの適用, *地質学雑誌*, 121, 311-323, 2015
6. 西澤修, 張毅, 伊藤拓馬, 薛自求, 小暮哲也, 木山保, 岩石物性研究とCO₂地中貯留I:キャピラリー圧支配領域でのCO₂流動特性と各種スケールの不均質がトラッピングに及ぼす影響, *物理探査*, 査読中
7. 西澤修, 張毅, 薛自求, 岩石物性研究とCO₂地中貯留II:砂岩におけるCO₂飽和度とP波速度変化, *物理探査*, 査読中
8. 中野和彦, 伊藤拓馬, 高原晃児, 森山孝男, 薛自求, ルースパウダー蛍光X線分析法による貯留対象層のコア試料の迅速定量化への適用, *X線分析の進歩*, 46, 227-235, 2015
9. Lauren E. Beckingham, Saeko Mito, Ziqiu Xue, Evaluation of mineral reactive surface area estimates for prediction of reactivity of a multi-mineral sediment, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, submitted
10. 伊藤拓馬, 中島崇裕, 薛自求, 地層の堆積環境と粒度組成・間隙径分布特性からみるCO₂圧入性の支配要因:長岡サイトの例, *堆積学研究*, 投稿中
11. Takuma Ito, Yuhei Komatsu, Tetsuya Fujii, Kiyofumi Suzuki, Kosuke Egawa, Yoshihiro Nakatsuka, Yoshihiro Konno, Jun Yoneda, Yusuke Jin, Masato Kida, Jiro Nagao, Hideki Minagawa, Lithological features of hydrate-bearing sediments and their relationship with gas hydrate saturation in the eastern Nankai Trough, Japan, *Marine and Petroleum Geology*, 66,368-378, 2015

◆解説/総説文

1. 薛自求, 中島崇裕, 長岡サイトの圧入後観測結果からみたCO₂地中貯留の長期安定性, *岩の力学連合会*, 1月号, 2015
2. Shinichiro Hirabayashi, Toru Sato, Michimasa Magi, Tatsuo Suzuki, Numerical study on the effect of artificial mound settled in the shallow ocean for CO₂ fixation, *Marine Systems & Ocean Technology* 10, 1, 18-25, March 2015
3. 堀川滋雄, 佐々木猛, 薛自求, 中島崇裕, 長岡CCSサイトにおける地震時安定性, *地盤工学会誌*, in print

4. 田中良三, 5つの視点から見るCCSの国際動向, *電気評論*2015年10月号
5. 薛自求, 地中貯留及び石油増進回収への適用に向けたマイクロバブルCO₂技術開発, *化学工学*, 2015年11月特集号

◆口頭発表(国内学会)

1. 伊藤拓馬, 中島崇裕, 薛自求, 含泥率の三次元分布とそのCO₂地中貯留への役割:長岡サイトの例, *日本堆積学会2015年つくば大会*, 2015年4月26日
2. 三戸彩絵子, 薛自求, 地中貯留されたCO₂の地化学モニタリングと貯留層の地化学特性評価手法について, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015年5月25日
3. 中島崇裕, 伊藤拓馬, 薛自求, 千代延俊, CO₂分布に対する地層不均質の効果:長岡サイトCO₂貯留層中の数値シミュレーション, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015年5月25日
4. 伊藤拓馬, 中島崇裕, 千代延俊, 薛自求, 含泥率の三次元モデル構築の試み:長岡CO₂圧入実証試験サイトの例, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015年5月25日
5. 田中良三, CCSの国際動向, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015年5月25日
6. 中野和彦, 三戸彩絵子, 薛自求, 複数坑井試料を用いた地化学反応結果から見た地中貯留サイトの坑井健全性評価, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015/5/22~5/26
7. 内本圭亮, 漏出CO₂の海洋環境影響評価手法, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015年5月25日
8. 中村孝道, 佐藤朋之, 川村太郎, 微生物を活用したCCUS技術開発の動向:油層におけるCO₂再資源化技術F/Sから見たジオバイオリクター実現性についての課題, *日本地球惑星科学連合2015年大会*, 2015年5月25日
9. 橋本励, 薛自求, 山内良昭, 光ファイバーを用いた地層変形監視技術の開発, *応用地質学会*, 2015年9月24, 25日
10. 内本圭亮, 喜田潤, CCSにおける海底下貯留CO₂漏出検出手法-DICとDOの関係に着目して-, *日本海洋学会*, 2015年9月28日
11. 中野和彦, 三戸彩絵子, 薛自求, CO₂地中貯留における坑井セメントの地化学反応解析-第2報-, *日本分析化学会第64年会*, 2015年9月9日-11日

◆口頭発表(国際学会)

1. 喜田潤, Environmental Impact Assessment on Offshore Geological Storage of CO₂, *Japan-Norway Energy Science Week 2015*, 2015年5月28日
2. 田中良三, Example of Japanese Participation to EU Framework Programme: CO₂CARE (CO₂ Site Closure Assessment Research) Project, *Japan-Norway Energy Science Week 2015*, 2015年5月28日
3. 喜田潤, Act on Prevention of Marine Pollution and Maritime Disaster for Offshore CO₂ Storage in Japan, *IEAGHG 10th Monitoring Network Meeting*, 2015年6月10日
4. Mitnick, Elizabeth H., Lauren E. Beckingham, Shuo Zhang, Carl I. Steefel, Li Yang, Marco Voltolini, Alexander M. Swift, Jonathan Ajo-Franklin, David R. Cole, Julie M. Sheets, Saeko Mito, Ziqiu Xue, Donald J. Depaolo, Impact of mineral reactive surface area approximations on predictions of mineral dissolution

rates in a CO₂ injection experiment, 2015 Carbon Storage RD Project Review Meeting, 2015年8月18日

5. 伊藤拓馬, 中島崇裕, 千代延俊, 薛自求, Reservoir characterization of a CO₂ storage aquifer: a case study of the Nagaoka pilot site, Japan, Asia Oceania Geosciences Society, 2015年8月3日

6. 中島崇裕, 伊藤拓馬, 薛自求, Effects of heterogeneity on the distribution of CO₂ in a saline reservoir at Nagaoka, Japan, 12th Annual Meeting AOGS2015, 2015年8月6日

◆ 出版物等その他発表

1. 中野和彦, 第7章標準物質, 蛍光X線分析の実際(第2版), 朝倉書店, 2016年6月

2. 田中良三, Update on the latest Research and Development into CCS in Japan, Coaltrans Japan

3. 薛自求, 利岡徹馬, 田中良三, Permanent Ocean Bottom Cable System for Offshore CO₂ Storage, 6th CSLF Ministerial Meeting

4. 中村孝道, CCS現場における微生物技術の活用, H27年度資源・素材学会北海道支部フォーラム

■ 2015年(平成27年)主な関連新聞記事一覧 ■

RITE Today 2016

掲載年月日	見出し	掲載紙名
2015.1.1	温暖化対策待ったなし 低炭素技術の開発・普及急げ CO ₂ 回収貯留 分離・回収コスト削減へ	化学工業日報
2015.1.7	CO ₂ 分離回収 低コスト化促進 RITE 吸収法など高度化	化学工業日報
2015.1.8	ウェブ 時評 「改めて原子力の意味を問う」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.1.15	独創の系譜 地球温暖化防止に新ルール(下) 削減余地 モデルで評価	毎日新聞
2015.1.16	RITE バイオリファイナリー 実用化へ技術開発加速	化学工業日報
2015.1.20	エネルギーの選択2015 転換期の日本(3) 山地 憲治氏 原子力発電比率 現実的水準 15~20%に	電気新聞
2015.1.26	石炭火力利用 焦点に 温室ガス削減目標検討会合 電源構成を議論	電気新聞
2015.2.2	需給見通し小委が初会合、エネミックスの検討開始	ガスエネルギー新聞
2015.2.3	RITE CO ₂ 漏出 対策紹介 CCS ワークショップで	電気新聞
2015.2.4	CCS 分離膜でシンポ開催 次世代技術、コストにめど 炭酸脱水酵素を塗布 選択・透過性が向上	化学工業日報
2015.2.4	CO ₂ 膜分離でシンポ MGM 技術研究組合 海外の研究開発紹介	電気新聞
2015.2.5	ウェブ 時評 「ゼロエミッション技術の推進」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.2.9	委員の発言要旨 第1回長期エネルギー需給見通し小委員会 (基本政策分科会との合同会合・1月30日)	ガスエネルギー新聞
2015.2.12	MCH 脱水素プロセス 分離膜方式の新システム RITE -千代田化工 低コストで小型	化学工業日報
2015.2.16	RITE 茅理事長 「原子力15%」ベースに エネミックスで私案提示	電気新聞
2015.2.16	主張 再生エネ導入拡大の課題 太陽光に偏らぬ政策調整を RITE 理事・研究所長 山地 憲治	日刊工業新聞
2015.2.16	CO ₂ 分離膜 実用レベル RITE、回収・地下貯留へ道 運転コスト3分の1	日経産業新聞
2015.2.17	エネルギーの選択2015 転換期の日本(7) 秋元 圭吾氏 電源別コスト リスク見直し公平比較	電気新聞
2015.2.18	RITE /茅理事長「原発15%」/自民党にエネミックス私案提示	環境新聞
2015.2.19	発電コスト再検証 経産省専門家会議が議論開始	朝日新聞
2015.2.19	最新動向踏まえ試算 電源別コスト 再検証に着手	電気新聞
2015.2.19	発電コスト再試算 初会合 「原発は安価」 追従懸念	東京読売新聞
2015.2.20	プラント建設費 OECD モデルを採用 発電コスト WG が初会合	電気新聞
2015.2.20	ウェブ 時評 「たたら製鉄」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.2.26	【論風】温暖化基準「気候感度」の不確実性 地球環境産業技術研究機構理事長・茅陽一	フジアンケイビジネスアイ
2015.2.27	有識者に聞く FIT 見直し後の課題 再エネのポートフォリオ構築を 山地憲治氏	電気新聞
2015.3.4	RITE など 水素ステーション向け 分離システム開発推進 アンモニアやMCH 複数の膜方式採用	化学工業日報
2015.3.7	最適な電源構成比 大阪で国民シンポ 経産省	産経新聞 大阪
2015.3.9	コジェネめぐり応酬、座長が託送費上乗せ提案/発電コスト WG	ガスエネルギー新聞
2015.3.9	電力業界大 CO ₂ 削減 競争下の実効性カギ 経産・環境合同会合 政府の役割重要に	電気新聞
2015.3.11	2030年度再エネ発電 導入比率20%越えも 長期エネルギー需給見通し小委員会 委員の発言要旨	電気新聞
2015.3.12	Eの新話 CO ₂ 地下貯留で漏出実験 海の生態系 影響測定	日経産業新聞
2015.3.18	ウェブ 時評 「オーバーシュート戦略の実現性」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.3.26	ジェット燃料 100%バイオ化めざす RITE 独自コリネ型菌利用	化学工業日報
2015.3.26	エネルギーミックスを考える 最適バランス 多面的に議論	電気新聞
2015.3.27	RITE 100%グリーンジェット燃料 生産方法の研究に着手	電気新聞
2015.3.29	【シンポジウム】日本のエネルギーミックスを考える in 大阪 3つの「E」と安全性を前提に 新たなエネルギー基本計画	産経新聞 大阪
2015.3.31	ベース比率6割視野 需給見通し小委 原子力比率が焦点 委員の発言要旨	電気新聞
2015.3.31	100%バイオマス生産 ジェット燃料、技術開発 着手 RITE	日刊工業新聞
2015.4.1	エネルギーコスト ベース6割で2.4兆円減 RITE 試算「原子力25%必要」	電気新聞
2015.4.1	電力供給 原発25%なら GDP3.5兆円増 平成42年試算	産経新聞 大阪
2015.4.3	経済教室 温暖化ガス削減交渉 茅陽一、山口光恒	日本経済新聞
2015.4.3	ウェブ 時評 「内的世界の真実」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.4.4	温室ガス 30年に9%減 原発20%、再生エネ25%で 05年比試算	読売新聞 夕刊
2015.4.6	ベース電源は6割に—LNG 火力の扱いが焦点 需給見通し小委	ガスエネルギー新聞
2015.4.6	再生エネ 国民負担抑制が課題	日本経済新聞
2015.4.8	原発など安定電源50%で 電力コスト1.4兆円削減 RITE	日経産業新聞
2015.4.9	Japan's Atomic Shutdown Tests Abe's Green Energy Pledges (1)	Bloomberg News
2015.4.13	The Current 国際ニュースの深層 パリ COP21 20年以降削減目標、日本は	電気新聞
2015.4.15	政府 温室ガス削減目標案 JCM 購入分の目標値化見送り	電気新聞
2015.4.16	RITE 30年排出量、05年比16%減 限界削減費用は150ドルで	電気新聞

■ 2015年(平成27年)主な関連新聞記事一覧 ■

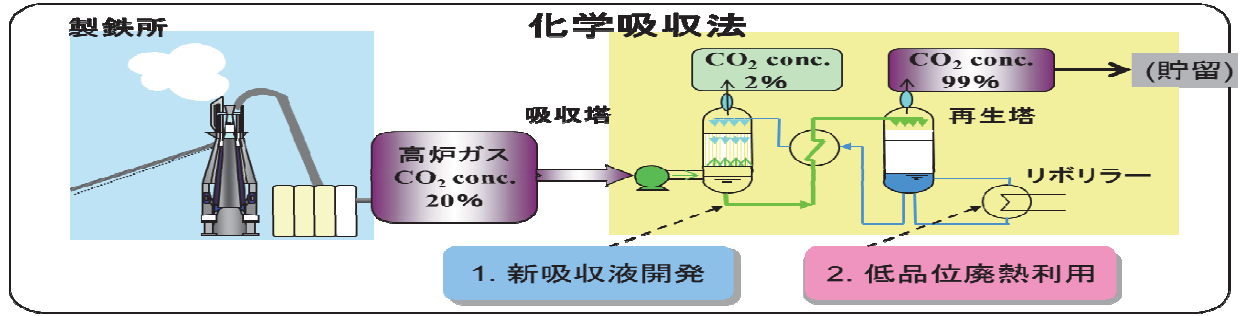
RITE Today 2016

掲載年月日	見出し	掲載紙名
2015.4.27	自民党 需給問題等小委 発電コストでヒア RITE 秋元氏ら説明	電気新聞
2015.4.28	グリーンフォーラム21 事例研究会 温暖化交渉の今後 COP21の争点は	日刊工業新聞
2015.4.29	経済教室 高レベル放射性廃棄物の処分 山地憲治	日本経済新聞
2015.4.30	ウェブ 時評 「新しい温暖化懐疑論」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.5.4	微生物が飛行機飛ばす!? 「バイオジェット燃料」研究活発に	読売新聞
2015.5.10	電源構成を問う：原発20%程度は妥当 秋元圭吾 地球環境産業技術研究機構グループリーダー・主席研究員	毎日新聞
2015.5.13	RITE 一住ベ グリーンフェノール事業化 18年めど コスト低減急ぐ	化学工業日報
2015.5.19	ウェブ 時評 「審議会の不思議」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.5.21	電源構成・温暖化ガス削減目標 政府と研究機関に開き 原子力規制で実現性変動	日経産業新聞
2015.5.22	気温の上昇抑制なぜ「2度以内」 CO ₂ 削減交渉、本格化へ EUの見解定着 根拠はあいまい	日本経済新聞
2015.5.28	長期エネルギー需給見直し小委員会 委員の発言要旨 (26日)	電気新聞
2015.6.1	バイオジェット燃料 実用化へ前進 RITE、独自菌使い開発へ	化学工業日報
2015.6.2	温室ガス削減 世界はどう動いているか COP21 合意へ協議	東京読売新聞
2015.6.4	ミチをひらく CO ₂ 地中貯留への分離技術とは 地球環境産業技術研究機構 研究員 藤木淳平さん(上)	朝日新聞
2015.6.9	パーソン バイオリファイナー産業の育成に力を注ぐ RITE バイオ研究グループ・グループリーダー代行 乾将行氏	化学工業日報
2015.6.10	温室ガス削減 省エネ実現性課題 RITE 推計 費用、米の5倍に	電気新聞
2015.6.11	ミチをひらく 好奇心持ち、環境問題研究を 地球環境産業技術研究機構 研究員 藤木淳平さん(下)	朝日新聞
2015.6.17	東大・生産技術研究所が「エネルギー・環境シンポジウム」開催 国内外識者が定量的に検証・分析	電気新聞
2015.6.19	ウェブ 時評 「ハワイでの共同研究」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.6.25	これからのエネルギー委員会座談会「変革期の課題」 広がる電気、経営力がカギ	電気新聞
2015.6.29	争論＝日本の温室ガス削減 東北大教授・明日香寿川氏 地球環境産業技術研究機構理事・山地憲治氏	熊本日日新聞 夕刊
2015.6.30	<争論>26%削減目標の評価は 明日香寿川さん、山地憲治さん	秋田魁新報
2015.7.9	ウェブ 時評 「約束草案の野心度」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.7.27	コジエネの役割を議論、長期需給テーマに講演会／コジエネ財団	ガスエネルギー新聞
2015.8.3	ウェブ 時評 「グローバルアポロ計画」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.8.11	住友ベークライトの「フェノール」 植物から樹脂原料 量産	日経産業新聞
2015.8.25	ウェブ 時評 「専門家の限界と節度」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.8.27	【論風】温暖化現象に懐疑論 気温上昇の「とぎれ」本当か 地球環境産業技術研究機構理事長・茅陽一	フジアンケイビジネスアイ
2015.9.10	CCS 確立へ 海底貯留 来春にも実証 苫小牧市沖 20年頃実用化狙う	電気新聞
2015.9.16	石炭火力：規制、日米対立 新興国へ輸出巡り	毎日新聞 夕刊
2015.9.18	地球的課題に挑む鉄鋼系エンジ企業 新日鉄住金エンジニアリング CO ₂ 回収設備普及へ	化学工業日報
2015.9.24	ウェブ 時評 「専門と専門外」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.10.7	CO ₂ 膜分離でシンポ 基本技術確立し実用化へ	電気新聞
2015.10.9	温暖化防止の国際会議／鉄鋼分科会を初開催／友野氏(新日鉄住金相談役)ら6氏が基調報告／技術移転の方策など討議	鉄鋼新聞
2015.10.12	省エネ徹底など議論 エネ総合工学研 都内でシンポ	日刊工業新聞
2015.10.14	CCS テクニカルワークショップ RITE が開催	化学工業日報
2015.10.14	転換期、新たな視点を エネ総工研 都内で第30回シンポ 山地 RITE 理事ら講演	電気新聞
2015.10.15	ウェブ 時評 「デュアルユース問題」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.11.2	電力自由化 消費者の参画が鍵に 日立エネルギーソリューション社 野本社長が講演	電気新聞
2015.11.5	日本の温室ガス削減目標 「野心度」世界2位 RITE 分析	電気新聞
2015.11.6	COP21 各国約束草案 RITE、排出削減目標を評価 1位はスイス、2位は日本	化学工業日報
2015.11.11	ウェブ 時評 「ゼロエミッションの追求」 茅 陽一 地球環境産業技術研究機構理事長	電気新聞
2015.11.12	千代化 水素供給網で実証推進 風力由来で電力「地産」 小型脱水素設備も開発	化学工業日報
2015.11.23	非化石電源44%義務に／小売事業者を一律に規制－経産省	ガスエネルギー新聞
2015.11.27	ウェブ 時評 「CCSの悩み」 山地 憲治 地球環境産業技術研究所長	電気新聞
2015.12.3	東大 技術革新戦略を考察 エネ環境シンポ 次世代火力など期待	電気新聞
2015.12.9	Novel Study Finds Wide Disparity In Countries' 'Ambition' To Reduce GHGs	Climate Daily News
2015.12.18	どうする 日本のエネルギー 激動の時代 先行するドイツから何を学ぶか	電気新聞
2015.12.28	温暖化対策「CCS技術が鍵に」 RITE シンポ 山地理事らが講演	電気新聞
2015.12.28	パリ協定「全員参加」出発点に 海電調講演会 COP21成果を議論	電気新聞

	発明名称	権利者	国情報	特許番号 (登録日)
登 録 特 許	コリネ型細菌形質転換体及びそれを用いるインプラントの製造方法	R I T E	日本	5698655 (2015年2月20日)
	cis-アコニット酸炭酸酵素及びそれをコードする遺伝子	R I T E	日本	5702902 (2015年2月27日)
	D-キシロース利用機能が向上したコリネ型細菌形質転換体	R I T E	EP	2287287 (2015年4月8日)
	物体の体積変化計測方法	R I T E ニュープレクス株式会社	日本	5747408 (2015年5月22日)
	物質の圧力、温度、ひずみ分布測定システム、これを用いた二酸化炭素地中貯留の監視方法、二酸化炭素注入による地層安定性への影響評価方法、および結水監視方法	R I T E ニュープレクス株式会社	日本	5769676 (2015年7月3日)
	二次電池用正極材料、二次電池用正極材料の製造方法、および二次電池	R I T E 三井造船株式会社	EP	1603177 (2015年7月22日)
	排ガス中の二酸化炭素を効率的に吸収及び回収する水溶液	R I T E 新日鐵住金株式会社	AU	2011271893 (2015年7月23日)
	水素製造装置	R I T E 大阪ガス株式会社 太陽日酸株式会社	日本	5804860 (2015年9月11日)
	高圧用二酸化炭素吸収剤並びに高圧二酸化炭素吸収及び回収方法	R I T E	日本	5812867 (2015年10月2日)
積層フィルム	R I T E	日本	5821094 (2015年10月16日)	

	発明名称	出願人	国情報	公開・公表番号 (公開・公表日)
公 開 ・ 公 表 特 許	二酸化炭素分離材及び二酸化炭素を分離又は回収する方法	R I T E	日本	特開2015-9185 (2015年1月19日)
	コリネ型細菌形質転換体及びそれを用いるバリンの製造方法	R I T E	日本	WO2013/027709 (2015年3月19日)
	排ガス中の二酸化炭素を効率的に吸収及び回収する水溶液、及びそれを用いた二酸化炭素の回収方法	R I T E 新日鐵住金株式会社	日本	WO2013/118819 (2015年5月11日)
	炭酸ガス分離回収組成物製造のための原料組成物及び該原料組成物から製造される炭酸ガス分離回収組成物	R I T E	日本	特開2015-116532 (2015年6月25日)
	地盤状態監視システムおよび地盤状態監視方法	R I T E	日本	特開2015-145592 (2015年8月13日)
	キシロオリゴ糖利用能を付与したコリネ型細菌形質転換体	R I T E	日本	特開2015-173628 (2015年10月5日)
	多孔質基材の内部に薄膜化した金属充填層を有する複合体の製造方法および複合体	R I T E	日本	特開2015-192959 (2015年11月5日)
	岩石内部の診断システム、それに用いられる容器、岩石内部の診断方法および岩石試料への流体注入方法	R I T E	日本	特開2015-214805 (2015年12月3日)

二酸化炭素 分離・回収 に関する特許



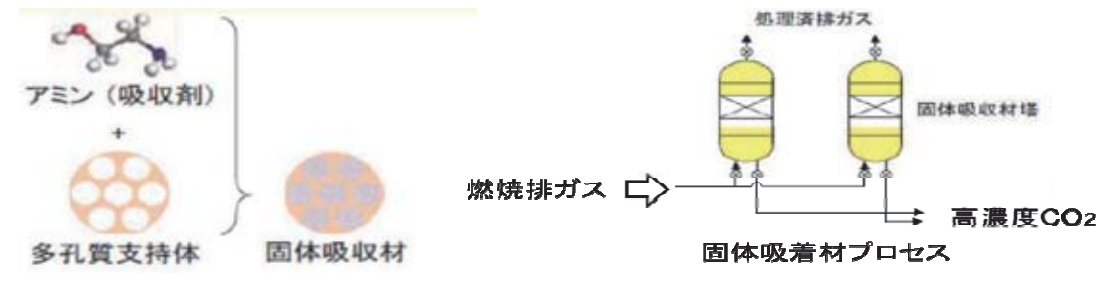
化学吸収技術

(1)技術特長

- ・発電所燃焼排ガスや製鉄所高炉ガス等から、CO₂を高効率に回収 **分離・回収エネルギーを大幅に低減**
- ・石炭ガス化ガスや天然ガス等の高圧ガスに含まれるCO₂を高圧で分離・回収 (高圧再生型化学吸収液) 昇圧エネルギー削減で**分離・回収エネルギーの大幅低減**

(2)関連特許

- ・ガス中に含まれる二酸化炭素を効果的に回収(吸収)する水溶液 (方法) 特許第5557426号、特許第5506486号、特許第5449059号、特許第5452222号
- ・高圧用二酸化炭素吸収剤並びに高圧二酸化炭素吸収及び回収方法 特許第5812867号



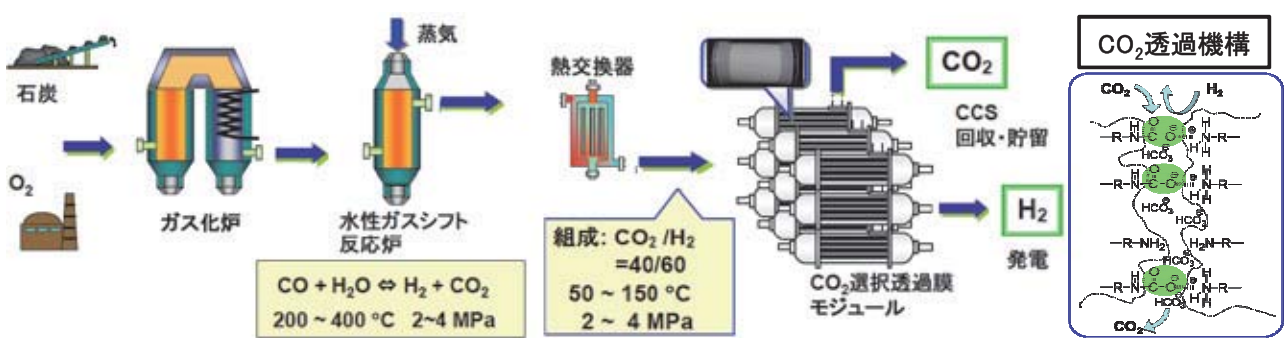
固体吸着技術

(1)技術特長

- ・アミンを多孔質材料に担持(燃焼排ガス用固体吸収材)し、**分離・回収エネルギーを低減** (約3割減)
- ・**低濃度(1%未満)のCO₂回収が可能** (閉鎖空間利用)
- ・**除湿プロセスを簡略可能な耐水蒸気型のCO₂吸着材**

(2)関連特許

- ・ピュアシリカゼオライトの製造方法 特許第5244367号
- ・二酸化炭素分離材及び二酸化炭素を(選択的に)分離又は回収する方法 特許第5186410号、国際公開第2014/208712号



膜分離技術

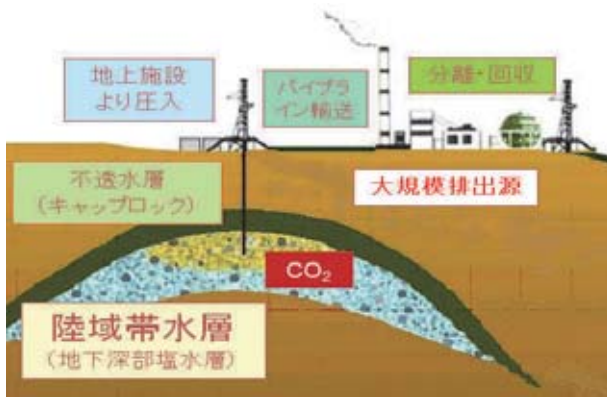
(1)技術特長

- ・石炭ガス化複合発電の**高圧ガスからCO₂を効率よく分離・回収** 圧力駆動で省エネルギーを実現
- ・**CO₂とそれ以外のガス(H₂、N₂等)を効率よく分離**

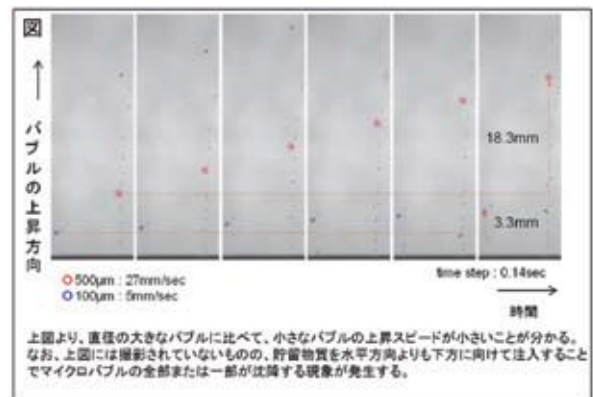
(2)関連特許

- ・CO₂ガス分離膜(高分子膜)及びその製造方法 (利用) 特許第4980014号、特許第5314291号、特許第5329207号、国際公開第2014/073582号
- ・新規トリアジン誘導体ならびにその製法およびそのガス分離膜としての用途 特許第5186126号

二酸化炭素 地中貯留・地層評価 に関する特許



二酸化炭素地中貯留方法の概念図



バブル径の違いによる上昇スピードの比較

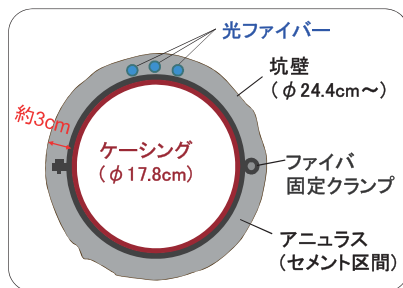
1 CO₂マイクロバブル地中貯留技術

(1) 技術特長

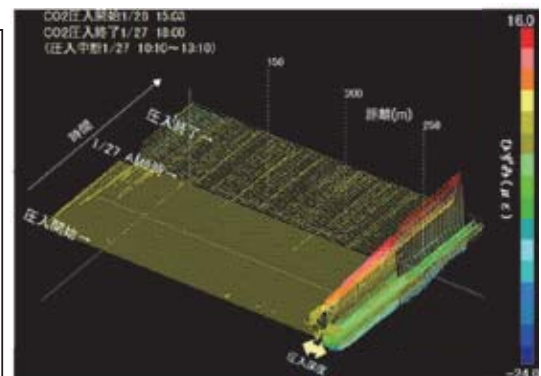
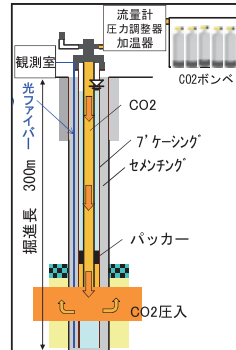
- ・ 特殊フィルターによってCO₂を微細気泡(マイクロバブル)にして地下深部貯留層へ圧入することにより、長時間安定して貯留層内部に滞留させることが可能
- ・ 浸透性が低い油層や生産性が低下した油層を対象としたCO₂-EOR(石油増進回収)にも適用可能
- ・ CO₂以外の廃ガス(フレアー)にも適用可能

(2) 関連特許

- ・ 貯留物質の貯留装置および貯留方法
特許第5399436号



光ファイバーの設置概念図



CO₂圧入時の地層変形測定評価結果

2 光ファイバーによる地層安定性評価技術

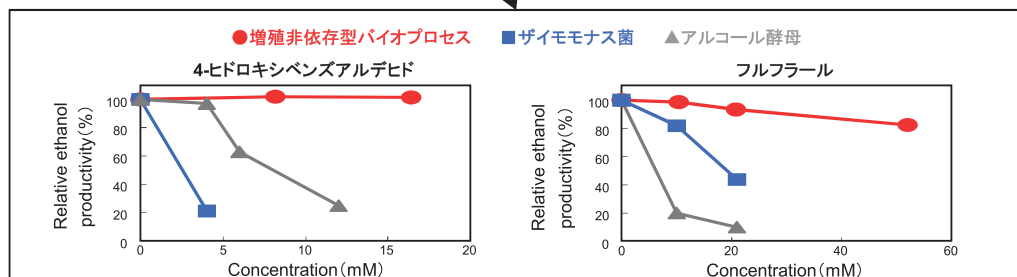
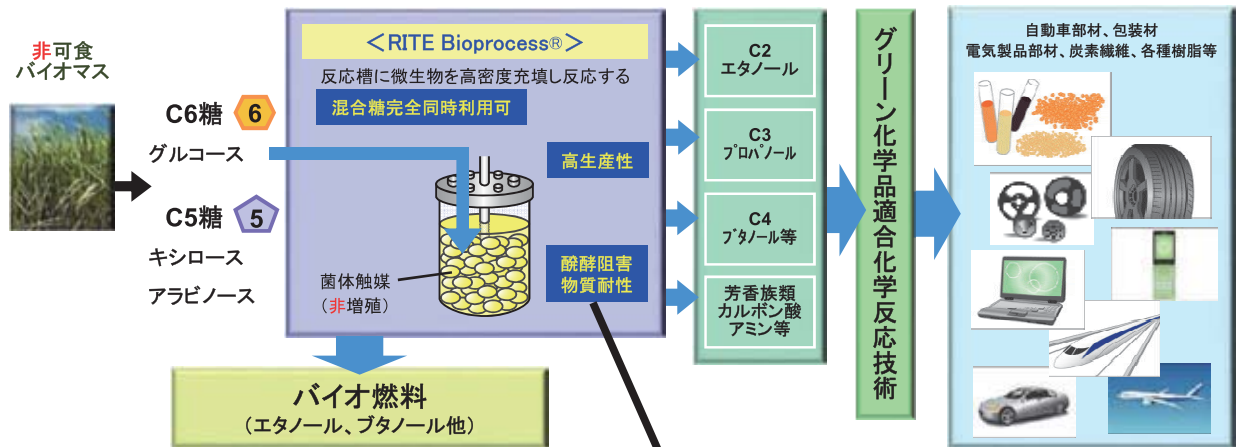
(1) 技術特長

- ・ 光ファイバー内の散乱波周波数シフトや光ファイバー特有の係数を基に、物体のひずみを計測
- ・ 従来はひずみ計を取り付けた箇所のみ計測可能であったが、光ファイバーによる計測では光ファイバー全体で計測できるため、深度方向における地層変形を連続的に把握することが可能
- ・ CO₂地中貯留サイト、石油ガス田開発、シェールガスやメタンハイドレート開発に応用可能

(2) 関連特許

- ・ 物体の体積変化計測方法
特許第5747408号、国際公開第2014/024233号
- ・ 物質の圧力、温度、ひずみ分布測定システム、これを用いた二酸化炭素地中貯留の監視方法、二酸化炭素注入による地層安定性への影響評価方法、および結氷監視方法
特許第5747408号、国際公開第2014/027592号

バイオリファインリーに関する特許



発酵阻害物質に対する耐性の比較

RITEバイオプロセス

(1) 技術特長

- ・微生物の増殖を抑制した状態で目的化合物を生産させるため、増殖に必要な栄養やエネルギーが不要で、通常の化学プロセスと同等以上の高い生産性
単位容積・時間あたりの生産量：通常の発酵法と比較して数倍以上
- ・非可食バイオマス由来の混合糖類（C6 と C5 糖類）の完全同時利用が可能
最先端バイオテクノロジーを駆使した微生物（コリネ型細菌）の創製
- ・フェノール類やフラン類、有機酸類など発酵阻害物質に対し高耐性

(2) 関連特許

- ・コリネ型細菌を用いる有機化合物の製造方法（有機酸やアルコール）
特許第 3869788号
- ・コリネ型細菌形質転換体及びそれを用いるジカルボン酸の製造方法
特許第4451393号、米国第7368268号、E P第1647594号（DE,GB,FR,NL,CH,DK）
- ・コリネ型細菌を用いる還元条件でのアミノ酸の製造方法
特許第4745753号
- ・組換え型コリネ型細菌を用いるエタノールの製造方法
特許第4927297号、米国第7598063号、中国第01811146.7号、インド第209524号
インドネシア第 I D0025354号、E P第1291428号（FR,DE,ES）
- ・コリネ型細菌形質転換体及びそれを用いるイソブタノールの製造方法
特許第5698655号、米国第8871478号
- ・コリネ型細菌形質転換体及びそれを用いるバリンの製造方法
国際公開第2013/027709号
- ・D-キシロース利用機能が向上したコリネ型細菌形質転換体
特許第5564423号、米国第8685703号、中国第ZL200980123139.2号、E P第2287287号（DE）

RITE Today^{2016 Vol.11} Annual Report



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

URL: www.rite.or.jp

〒619-0292 京都府木津川市
木津川台9丁目2番地
TEL. 0774-75-2300
FAX. 0774-75-2314

9-2, Kizugawadai, Kizugawa-Shi,
Kyoto 619-0292 JAPAN
Telephone: +81 774-75-2300
Facsimile: +81 774-75-2314