RITE Today 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 2013年版 第8号



RITE Today Contents

巻頭言

CCS と革新的膜分離術の研究開発 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 化学研究グループ グループリーダー 中尾真一

03

研究活動概説

研究企画グループ

システム研究グループ	我が国のエネルギー・環境戦略の分析
バイオ研究グループ	バイオリファイナリーの世界動向と実用化への取り組み
化学研究グループ	CO2分離・回収技術の高度化・実用化、及び CO2排出削減技術開発へ向けた取り組み
CO₂ 貯留研究グループ	実適用を目指す CO2 貯留技術開発の取り組み

革新的環境技術の動向と課題

04

14

23

31

38

トピックス

ΛΩ

2012(平成 24 年)発表論文一覧

EC

登録特許および公開特許一覧

G.



巻頭言 RITE Today 2013



CCSと革新的膜分離技術の研究開発

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 化学研究グループ グループリーダー

中尾 真一

最近の北極海の氷の融解のニュースなど見ていると、地球温暖化はますます進んでいるようで、その防止は急務となっている。温暖化の防止には、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、地中や海底に貯蔵する、いわゆるCCS技術の開発が不可欠である。地球環境産業技術研究機構化学研究グループは、この分離回収技術の開発に特化した世界に類を見ない研究グループであり、CO2の化学吸収液や固体吸収材、選択透過膜などの技術開発を行っている。これらの技術は、すでに必要エネルギーやコストの面でもほぼ実用レベル、あるいは実証レベルに達している。貯留技術の開発も進んでおり、苫小牧で大規模な貯留実証試験が始まっている。国のロードマップでは、2020年にはCCSの実用化が始まる計画になっており、急速にそのための技術開発が進められている。

CCSの実用化が本格的に始まると、もちろん技術の改良や安全性評価研究などは必要であるが、CCSの研究開発は基本的には縮小していくことになろう。そこで化学研究グループでは、CCSに続く地球温暖化防止技術として、CCSの技術開発と並行してCO2を出さない技術の開発にも着手している。再生可能エネルギーである太陽光や風力などは、すでに太陽電池や風車を利用することで電気エネルギーを生み出し、利用が広がってきている。しかしこれらのエネルギーの最大の問題点は、供給が安定しないこと、貯蔵ができないことである。そこで現在注目されているのが、これらの電気エネルギーを使って水の電気分解で水素を作り、水素キャリヤーで輸送し、貯蔵するシステムである。必要な時にキャリヤーから再び水素を取り出し、燃料電池や水素発電で電気を作って利用すれば、従来の電気の供給システムと補完的にエネルギーを供給でき、不安定性が回避でき、同時にCO2を減らすことができるというわけである。

水素キャリヤーとしては古くは水素吸蔵合金、最近ではメチルシクロヘキサンに代表される有機ハイドライドやアンモニアが注目されている。有機ハイドライドから水素を取り出すためには脱水素反応とその後の水素と芳香族炭化水素(たとえばトルエン)との分離が必要となる。化学研究グループでは、この反応と分離精製を同時に高効率に行うことのできる膜反応器の開発を、CCS技術と並ぶ次の大きな技術課題に設定し、開発をスタートさせている。

膜反応器の開発には水素と有機ハイドライドを高温で分離可能な膜が不可欠であり、このような膜としてセラミック膜の開発を始めている。また、セラミック膜は炭化水素や有機溶媒の分離にも利用できることから、蒸留法に代わる極めて省エネルギーな分離技術として期待されている。セラミックガス分離膜はいまだ世界のどこでも実用化されておらず、基礎研究では日本が世界をリードしているので、世界トップのセラミック膜産業を確立することは難しいことではない。化学研究グループでは10年後のセラミック膜産業の確立と持続可能な新しい水素エネルギー社会の構築を目標に、研究開発を進めている。皆様のご協力、応援をお願いしたい。

研究活動概説 RITE Today 2013

研究企画グループ

革新的環境技術の動向と課題

1. はじめに

地球温暖化を防止する為に CO_2 排出量の大幅な削減が求められている。2012年に国際エネルギー機関(IEA)が発表した「エネルギー技術展望2012」 1)によると、地球の平均温度の上昇を 2 Cに抑制するためには、 2 050年に、世界の 2 02排出量を 2 2009年比で約半分の 2 16Gt/年とする必要があり、自然体ケースの 2 2排出量 2 58Gt/年に対して 2 42Gt/年の 2 6Q2を削減しなければならないことになる。このような大幅な 2 70回収・貯留(CCS)やバイオマス利用などの革新的な 2 70回収・貯留(CCS)やバイオマス利用などの革新的な 2 70回収・貯留(CCS)やバイオマス利用などの革新的な 2 70回収・貯留(CCS)やバイオマス利用などの革新的な 2 70回収・貯留(CO2)地域技術であり、また風力発電や太陽電池とは異なり、出力変動について心配する必要がない。

RITEでは、現在、化学研究グループは CO_2 回収に関する技術の開発に、 CO_2 貯留研究グループは CO_2 貯留に関する技術の開発に、バイオ研究グループはバイオリファイナリー技術に、システム研究グループは温暖化対策のシナリオ策定研究に、それぞれ取り組んでいる。本稿ではRITEの各研究グループにおける個別の研究活動紹介に先んじて、RITEの中心的研究課題であるCCSとバイオマス利用技術の動向と課題について概観するとともに、RITEの研究開発の概要と今後の課題について述べる。

2. CCSに関する最近の動向

2.1 CCSの必要性と今後の展望

国際エネルギー機関(IEA)が2012年1月に発表した「エネルギー技術展望 (ETP)2012」によれば、2 $^{\circ}$ 2 $^{\circ}$ 2月抑制シナリオ(2DS)では、CCSのCO $^{\circ}$ 1削減寄与度は、2050年時点で約17%とする(図1)など、CCSは、CO $^{\circ}$ 1削減のために重要な手段の一つとして位置づけられている。

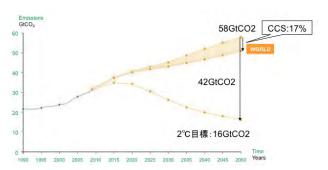
特に、鉄鋼生産、セメント製造、石油化学製品製造などの産業分野においては、生産に伴って CO_2 が発生することから、再生可能エネルギー、原子力発電などの手段で CO_2 を削減することができない。つまり、CCSは、これらの産業部門における大幅な CO_2 排出量削減を可能にする現時点で唯一の技術である。

また、CCSの単位あたりのCO2削減費用は、太陽電池、風力発電などの他のCO2削減手段よりも安価である(図2)。したがって、IEAによれば、CCSなしで2DSを達成するためには、必要とされる電力分野の追加投資額は40%増加し、今後40年間で総額2兆ドルに達することとなり、CO2削減オプションとしてのCCSを放棄すれば、2DSの実現コストは大幅に増加すると指摘している。

一方、一部のCO₂回収技術はすでに商用化され、その大半はさまざまな部門で利用することができることから、CCSは実現可能性の高い技術である。

このように、CCSは今後も長期的に極めて重要な役割を果たすことが期待されている。そのためには、各国政府は、効率的かつ低炭素の技術への転換を奨励する上で決定的な役割を果たさなければならないことが指摘されている。

2050年におけるCO2削減寄与度



CCS:17%, Renewables:24%, End-use energy: 39%, Fuel switching: 12%, Nuclear: 8%, Power gen.: 1%

図1 温暖化対策における各技術の貢献(出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

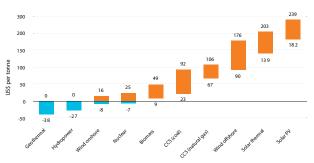


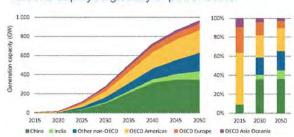
図2 技術別CO2削減の回避原価(出典:GCCSI「世界のCCSの動向2012」)

Where is CO₂ storage needed?



図3 地域別 CO2 貯蔵容量 (出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

CCS is deployed globally in power sector



In OECD North America, almost all coal-fired and 36% of gas-fired generation is CCS equipped; nearly two-thirds of coal-fired generation in China is equipped with CCS

図 4 2DS における火力発電所の CCS 装備率 (出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

IEAによれば、2DSにおいて必要となるCO₂の貯蔵量を地域別に見ると、2030年、2050年ともに、最も貯蔵の必要量が多いのが、中国、次いで北米となっており、2050年までに必要なCO₂貯蔵量は、中国では40Gt、北米では21.2Gtとなっている(図3)。この場合、2050年時点で、北米では、ほとんど全ての石炭火力発電所に、また、ガス火力発電の36%にCCSが装備されるととともに、中国では、約3分の2の石炭火力発電所にCCSが装備されることが想定されている(図4)。2DSにおける2050年までのCCSの投資額は、世界全体で3.6兆米国ドル、約300兆円の規模と想定され、導入されれば巨大な市場となる。

2.2 CCSのプロジェクト動向

グローバルCCSインスティチュート(GCCSI)が発表した「The Global Status of CCS: 2012(世界のCCSの動向2012)」²)には、各国のCCSプロジェクトの最新動向がまとめられている。ここでは、プロジェクトを進行度に合わせて、Identify、Evaluate、Define、Execute、Operate、Closureの6つに分類して表示している。最初のIdentifyはサイトのスクリーニング段階、Evaluateはサイト評価とプレFS段階、Defineは絞り込まれた候補地における詳細なサイト調査とFSの実施段階、Executeはプロジェクトの実施・圧入設備の建設段階、そしてOperateで運転開始である。最後のClosureは圧入が終了し、廃坑となる段階である。

GCCSIによると、大規模プロジェクトの開発状況については、運転中・建設中のものがそれぞれ8件で計16件、計画中のものも含めて全体で75件となっている(図5)。2011年に比べて、9件の新規プロジェクトが追加されたが、8件のプロジェクトが中止等により除かれている。新規プロジェクト9件のうち5件は中国のものである。地域別に見ると、米国の24件、欧州の21件に続き、3番目に多いのが中国の11件となっている。中国のプロジェクトは、ほとんどがIdentify(スクリーニング段階)であるが、今後中国の経済成長とそれに伴うエネルギー需要、さらにIEA見通し等を考慮すると注目に値すると考えられる。なお、これらの貯留プロジェクトのほとんどが、石油増進回収(EOR)である(図6)。

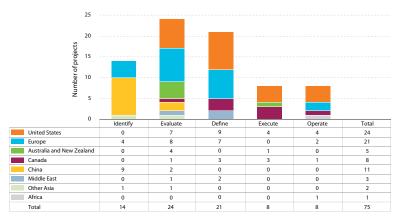


図 5 CCS 大規模統合プロジェクト (出典: GCCSI 「世界の CCS の動向 2012」)

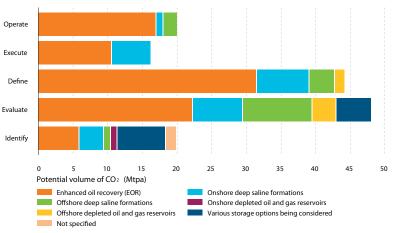
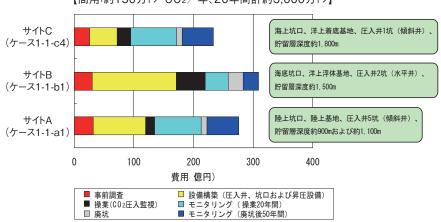


図 6 貯蔵種類別 CO_2 年間貯蔵量(出典:GCCSI 「世界の CCS の動向 2012」)

2.3 CCSの地中貯留の概念設計とコスト算出

CCSのコストに関して、RITEは、NEDOからの委託を受けて「ゼロエミッション石炭火カトータルシステムFS調査」を実施した。本FS調査ではゼロエミッション石炭火力発電のさまざまなケースについてCO2排出削減費用を算出しているが、RITEでは、このうちの地中貯留の概念設計とコスト算出を担当した。海域の地下深部塩水層の貯留候補3サイトについて、貯留層への圧入設備などの貯留システムの概算費用を試算した結果、年間150万トン-CO2、計3,000万トン-CO2を貯留することを前提として、全体費用は、220億円~310億円となった(図7)。貯留層の離岸距離や水深によって、採用設備(陸から傾斜井、着底型・浮体型プラットホーム)の費用に差が出る結果となった。



【商用:約150万トン-CO2/年、20年間計約3,000万トン】

図 7 貯留システムの概算費用の試算例 (出典: RITE「ゼロエミッション石炭火カトータルシステム FS 調査」)

2.4 CCSのISO化

CCSの実用化を前にして、現在、国際標準化機構(ISO)では、国家間の製品融通を円滑にするとともに、一定以上の品質と安全性を確保するため、CCSの国際標準の策定作業が始まっている。国際標準化のメリットとしては、例えば、現時点で定められていない貯留量の算定手順などを国際標準化することによって、安全性を保証するとともに、CO₂削減手段としてより明確に有効性を主張できるようになり、CCSの実施を促進させることができることなどが挙げられる。

CCSのISO化については、カナダから提案があり、2011年10月にISOの技術管理評議会(TMB:Technical Management Board)において、CCSの国際標準を議論する専門委員会(TC:Technical Committee)の設立が了承された。2012年6月に第1回のTCが開催され、TCの名称を「二酸化炭素回収・輸送・地中貯留(Carbon dioxide capture, transportation and geological storage.)」とし、スコープ(適用範囲)は、「CCS分野における設計」、「建設」、「操業」、「環境計画と管理」、「リスク管理」、「定量化」、「モニタリングと検証」などとすることが決められた。また、TCの下に、「回収」、「輸送」、「貯留」、「定量化と検証」、

「横断的課題」に関する5つのワーキンググループ(WG)を設置するとともに、提案国であるカナダのSCCに中央事務局をおくこととなった。

ISO規格開発の手順は、予備段階から提案段階、作成段階を経て、委員会で承認、総会での承認の段階に進み、最後に発行するオープンなプロセスで決定することとしている。規格決定までの期間は、標準的には、NP(New Proposal)が提案されてから、3年となっている。(図8)。

RITEは、CCSのISO化のための日本の国内審議団体に指定され、国内審議委員会の事務局を担当している(図9)。これまで、3回の国内審議委員会と数回のWGを開催し、日本としての対応を議論した。

ISOの規格開発手順及び期間



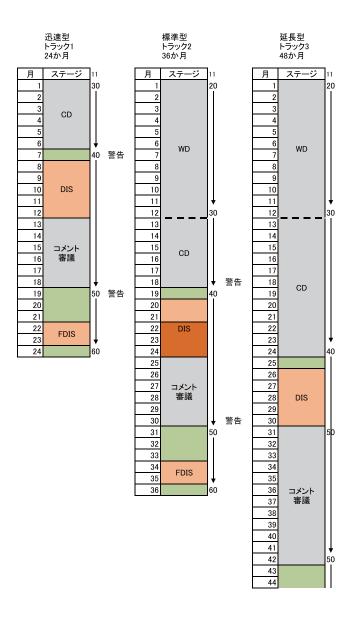
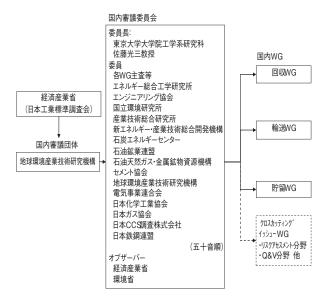


図8 ISO の規格開発手順(出典:日本規格協会)

TC265国内審議委員会(案) および国内WG組織



国際基準がビジネス戦略の重要なツールとして用いられるようになったのは、1995年にWTO・TBT協定が、1996年にWTO政府調達協定が発効してからである。これらの協定が発効して以降、国際基準を満たしていない製品は、事実上生産、輸出できなくなった。このような中で、欧米の企業の都合の良いラインで規格が決定され、国際基準に熱心でなかった日本企業の製品が、結果として規格から外れ、排除される事例が発生することとなった。成功例もある一方、国際基準への適確なフォローアップを欠いたため、市場からの撤退を余儀なくされたものもあった。CCSのISO化に際しては、我が国がこれまで培った技術、知見が適切に評価されるように、確実にフォローしていく必要がある。

図9 国内審議委員会の概要(出典: RITE)

2.5 CCSの今後の課題

CCSは、いわゆる外部不経済に相当する。CCSは、これを導入しても生産等になんら寄与しないので、市場原理では普及しない。したがって、CCSの普及促進を図るためには、外部不経済を内部化する仕組みが必須である。例えば、規制により強制的に設置を義務付けること、補助金や税制優遇、フィードインタリフなどの制度を導入すること、排出権取引市場等を創設することなどが必要である。また、導入を容易にするためには、コスト削減が不可欠であり、そのための研究開発が極めて重要である。現時点で、CO2単位トン当たりのCCSのコストは、約7,300円/t-CO2である。そのうち、分離回収に要するコストが全体の約6割に当たる4,200円/t-CO2となっている。RITEでは、この分離回収に要するコストを1,500円~2,000円にすることを目指している。

CCSを本格導入する場合には、地震国である日本に導入して安全なのか、環境に 影響がないのかなどの懸念が生じる可能性がある。社会的受容性の涵養に向けて、 必要となるデータの蓄積、説明手法の開発、人材の育成、丁寧な説明などを行う必 要がある。

昨年2012年11月18日から22日にかけて京都国際会館においてGHGT11をRITEが事務局として開催した。多くの技術者が世界各国から参加し、熱心にCCSに関する技術論議を行なった。詳細は今号のトピックスに掲載している。

その場でも議論されたように、CCSの導入において何よりも必要なことは、政府がCCSを導入、普及することを決断、表明し、支援策を実行することである。この点は、IEA等の国際機関においても、指摘されている。外部不経済であるCCSの導入に必要不可欠な社会的な仕組みを構築することは、政府にしかできないので、政府の決断と支援の強化が不可欠である。

3.バイオマス利用の動向

最近のバイオ燃料生産の動向を見ると、バイオ燃料の液体燃料全体の生産量に占める割合は、2009年時点で約0.5%と依然として小さいが、生産量は2000年に比べて約4倍となるなど急激に増加している。(図10、11)バイオ燃料の大半が、バイオエタノールである。バイオ燃料の生産能力を地域別に見ると、バイオエタノールについては、その約6割が米国、約3割がブラジルと、米国とブラジルの2国で約9割を占めている。一方、バイオディーゼルについては、約6割がヨーロッパとなっている。(図12、13)

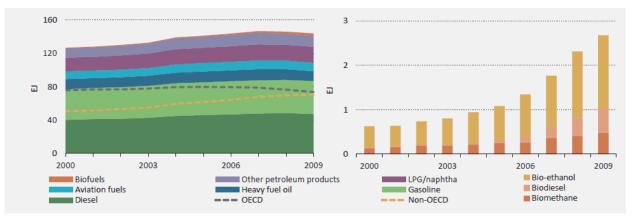


図 10 世界の燃料種別液体燃料生産量(出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

図 11 世界のバイオ燃料生産量(出典: IEA「エネルギー技術展望 2012」)

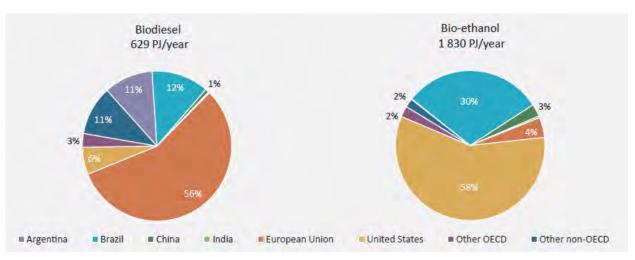


図 12 世界のバイオディーゼルの生産能力(出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

図 13 世界のバイオエタノール生産能力(出典: IEA「エネルギー技術展望 2012」)

IEAによれば、2DSにおいて、2050年度時点で液体バイオ燃料の生産は、世界の全液体燃料生産の約18%を占めることとされている(図14)。液体バイオ燃料のうち、約70%がバイオ燃料から液体燃料への変換(BTL)、約30%がセルロース資源を使用した先進的エタノールプラントによるものとされている。また、エタノールと同様の方法により生産されるバイオブタノールは、その疎水性から既存設備の変更を伴わずに利用できるため、バイオエタノールの代替燃料として有望であることが指摘されている。

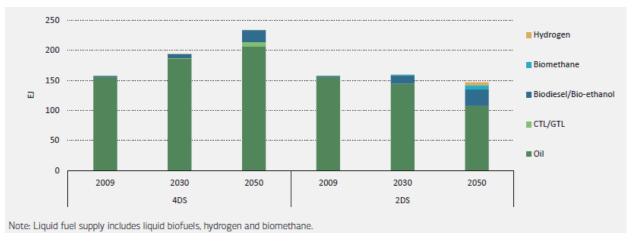


図 14 4DS、2DS における世界の液体燃料生産の推移(出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

また、2DSにおいては、バイオ燃料生産プラントからの CO_2 回収・貯留は、魅力的な CO_2 抑制対策の一つとして位置づけられている。バイオエネルギーとCCSを組み合わせることにより、植物が吸収した大気中の CO_2 を地下に貯留することになるため、負の排出("negative" emissions)と言える。2DSにおいては、これらの対策により、2050年時点で1.3Gtの CO_2 の排出が抑制することとされている(図15)。これは、全抑制量42Gt- CO_2 の約3%に当たる。

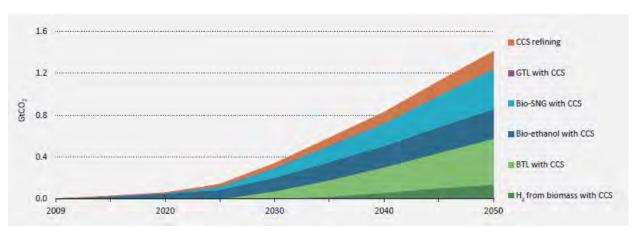


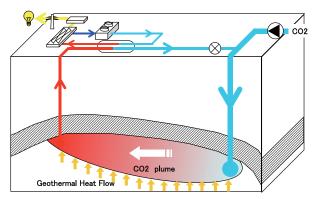
図 15 2DS における燃料転換部門における CO2 回収量(出典: IEA 「エネルギー技術展望 2012」)

4.RITEにおける今後の課題

RITEは、1990年に設立されて以来、様々な環境技術の研究開発に取り組んできたが、RITEの持つ研究ポテンシャル、社会ニーズや必要性などを踏まえ、現在、CO2回収・貯留技術の開発、バイオリファイナリー技術の開発、温暖化対策のシナリオ策定研究の3つのテーマに取り組んでいる。CO2を回収、貯留するCCS技術については、今後CO2の削減を図るための切り札として、その開発、導入への期待が高まっている。また、バイオリファイナリー技術については、持続的に再生可能な資源・エネルギーであり、その一層の利用拡大が求められている。さらに、温暖化対策シナリオ策定については、2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえエネルギー・環境政策の検討が進む中、政策判断に必要な根拠資料を提供するものとして、その必要性が高まっている。

一方、研究機関は、研究が進展すると、成果の社会への還元を図るため、企業等へ研究成果の移転を図る必要がある。つまり、いつまでも同じ研究を続けていくことはできない。したがって、研究機関が長期にわたって社会から必要とされる組織として貢献するには、常に、新しい研究テーマを掘り起こし、新たな成果を次々と生み出していくことが必要である。RITEにおいては、RITE自身が持つ研究ポテンシャルを生かして、継続的に新規研究課題の種を暖め、立ち上げていくことが極めて重要である。これは、研究機関としてのRITEが持つ宿命的課題と言える。

このため、RITEでは、新たな研究テーマを探索するため、これまで、海洋利用再生可能エネルギー、ジオエンジニアリング、地熱利用、高温岩体発電などのテーマについて調査検討を行った。その結果、RITEが当面取り組むべきテーマとして「CO2高温岩体発電」等を抽出した。



- ・地下に貯留した CO_2 を使い発電する技術。
- ・発電した電気は、所内電力や売電に廻しCCSプロジェクト費用の一助とする。
- ・米国はLBNLが中心となり研究開発をリード。
- ・LBNLは、実験室規模の基礎検討を終え、実際に地下へCO₂を入れるフィールド試験をDOEへ申請中。

図 16 CO₂ 高温岩体発電の概念(出典:HMC 社の資料を基に RITE 作成)

熱回収媒体としての水と CO₂ の比較

性質	水	CO2	
化学的性質	岩石中のミネラルの良い 溶媒 よく溶け、多くの沈殿発生	岩石中のミネラルをほとんど 溶かさない	
移動性	粘性が高く、高密度	粘性が低く、中くらいの密度	
熱伝達	比熱大	比熱小	
坑井循環	圧縮性が小さく、膨張性 が中くらい	圧縮性・膨張性ともに大きい	
流体損失	高価で望ましくない	GHGクレジット、CO2排出削 減につながる	
利用のしやすさ	広範囲、乾燥地では制約 あり	CO2地中貯留がカギ	
発電プラント	投資コスト高い	よりコンパクト、投資コスト小 さい	

図 17 水と CO₂ の比較 (出典: LBNL 他)

 CO_2 高温岩体発電は、CCS貯留施設において、貯留層の一部から CO_2 を抜き出して、高温の岩体で暖められた CO_2 から熱を回収し、発電する技術である(図16)。発電した電気を所内電源や売電に回して、CCS導入のインセンティブとすることが可能である。また、貯留層から CO_2 を抜き出すことにより貯留槽内の圧力を制御すること可能であり、CCS貯留の安全確保技術としても注目されている。既に米国の研究所等で研究が始まっている。なお、 CO_2 は、水に比べて比熱が小さいなどのデメリットもあるが、スケールの発生が少ない、比較的低温でも発電が可能などの様々なメリットがあり、地熱発電用の熱媒体として有望なものである(図17)。

5.まとめ

CCSは、産業部門による大幅なCO $_2$ 排出量削減を可能にする唯一の技術であり、 今後も長期的に極めて重要な役割を果たす。今後、全世界、特に中国、北米において CCSの導入が期待されている。CCSの普及促進のためには、規制、補助金等の仕組 みの確立と導入を容易にさせるためのコスト削減が不可欠であり、政府の決断と 支援の強化が重要である。

CCSのISO化の動きが開始されたが、我が国がこれまで培った技術、知見が適切に評価されるように、フォローしていく必要がある。

RITEでは、新規テーマに関して、調査検討し、当面取り組むべきテーマとして「CO₂高温岩体発電」等を抽出した。今後、本技術の研究開発を進めるためのプロジェクト化に向けて、RITEとして積極的に取り組む必要がある。

2012年11月26日から12月8日にかけて、カタール・ドーハにおいてCOP18 (国連気候変動枠組み条約第18回会議)、CMP8 (京都議定書第8回締約国会合)が開催された。ADP (ダーバンプラットフォーム特別作業部会)の作業計画を含むCOP決定、京都議定書改正案の採択等に関するCMP決定等の一連の決定は「ドーハ気候ゲートウェイ」として採択された。第二約束期間における排出抑制等については、発展途上国と先進国との溝は埋まらず、今後の交渉に委ねられた。日本は第二約束期間に参加しないことが付属書Bで反映された。地球温暖化対策を進めていくためには、国際的な仕組みづくりが非常に重要である。今後、国際的な合意の進展が期待される。今後のエネルギーや経済の姿を見通すことはなかなか容易ではないが、この中で間違いなく必要なことは技術開発である。ここで述べた様な革新的環境技術の開発と実用化をできる限り早急に実施することが求められている。

引用文献

- 1. IEA, "Energy Technology Perspective 2012" (2012)
- 2. GCCSI "The Global Status of CCS: 2012" (2012)

我が国のエネルギー・環境戦略の分析

1.はじめに

2011年3月11日の東日本大震災に伴った福島第一原子力発電所の事故により、日本のエネルギー・環境戦略は、抜本的な見直し、検討が必要となった。エネルギーは、我々の生活、経済の基盤である。そして、CO₂排出はエネルギー利用と表裏一体の関係にあり、エネルギー問題は地球温暖化問題とも不可分である。

エネルギー・環境戦略の見直しにあたっては政府委員会として、エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会、総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会、中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会、原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会等においてそれぞれ検討が行われた。様々な議論を経て、複数の「エネルギー・環境に関する選択肢」が策定されることとなった。そして、2012年春、政府から依頼を受け、RITEは他の3つの研究機関と共に、「エネルギー・環境に関する選択肢」が経済的にどのような影響がもたらされるかを、RITE保有の経済モデルを用いた分析を行った。

そして、経済分析の結果も踏まえ、政府は、2012年6月29日に「エネルギー・環境に関する選択肢」を提示し10、国民的議論が展開された。その上で、2012年9月14日にエネルギー・環境会議にて「革新的エネルギー・環境戦略」20を決定した。しかし最終的に、「革新的エネルギー・環境戦略」ではエネルギーについては「2030年代に原発稼働ゼロが可能となるよう、あらゆる政策資源を投入する」としたが、9月18日の国家戦略会議で決定はなされず報告のみがなされた。また、9月19日の閣議では「革新的エネルギー・環境戦略」は閣議決定せず、「『革新的エネルギー・環境戦略』を踏まえて、関係自治体や国際社会等と責任ある議論を行い、国民の理解を得つつ、柔軟性を持って不断の検証と見直しを行いながら遂行する」と決定するに留めることとなった。最終段階で曖昧な決定となったのは、「2030年代に原発稼働ゼロ」の実現性が見えないことが、政府の最終決定段階で認識されたことも一因と考えられる。

なお、地球温暖化対策については「革新的エネルギー・環境戦略」では、「省エネルギーや再生可能エネルギーの拡大を国内外で強力に推進していくことは、取りも直さず、『地球温暖化対策』の着実な実施に直結する。温室効果ガス排出量の削減には、引き続き国を挙げて長期的・計画的に取り組む」としている。

原発事故の解明も済んでおらず原発の見通しが極めて不透明な段階で、明確な中長期戦略を打ち出すことはなかなか難しい。原発の拡大が困難な状況となった中で、今後、エネルギー安定供給・安全保障、経済性、環境性の3 Eのバランスをいかにはかったエネルギー・環境戦略をとっていくかの困難な課題は残ったままである。経済影響の大きさなどを直視し、実現可能性について更なる検討が必要と考えられる(図1)。

本稿では、「エネルギー・環境に関する選択肢」の経済分析を中心にその概要を解説する。

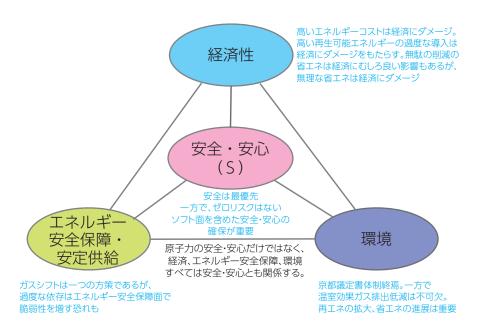


図1 3E (Economy, Energy, Environment) + S (Safety) のバランス

2. エネルギー・環境会議の選択肢の概要

まず、「エネルギー・環境に関する選択肢」を概説する。エネルギー・環境会議から提示された選択肢は大きく3つである。

「原発ゼロシナリオ」は、2030年までに原発をゼロにするシナリオであり、このとき、再工ネ比率35%程度(太陽光:1200万戸(耐震強度が劣る住宅にも補強の上、設置)、風力:東京都の2.2倍の面積に設置)、化石燃料比率65%程度、効率の悪い機器の使用禁止措置などの厳しい省工ネ規制が想定されている。

「原発15シナリオ」は、原発の新増設を行わず、40年稼働を前提とすれば、2030年には原発比率がおおよそ15%程度になると推計され、本シナリオはそれに沿ったシナリオである。このとき、再エネ比率30%程度(太陽光:1000万戸(耐震強度が満たされるすべての家屋に設置)、風力:東京都の1.6倍の面積に設置)、化石燃料比率55%程度である。

「原発20~25シナリオ」では、再工ネ比率25~30%程度、化石燃料比率50%程度である。一方、このシナリオでは2030年までに原発の新増設が必要となる。原発の安全・安心向上への取り組み等を介して、原発への信用が失墜した社会状況が改善できるかが重要になる。

なお、決定された「革新的エネルギー・環境戦略」では、2030年時点については「原発15シナリオ」の対策内容に近い戦略が記載されているが、決定的に異なるのは、「原発稼働ゼロ」ということを明確に視野に入れているということで、質的には「原発ゼロシナリオ」に近いことになる。

各選択肢を選択することによって、どのような経済影響が予想されるのかを経済モデルを用いて分析を行った。政府による経済分析は、4研究機関の4つのモデルによって行われた。RITE以外の4つのモデルは国内のみを分析可能なモデルであり、一方、RITEのDEARSモデルは、日本のみならず、世界を18地域に分割して

いることにより、日本のエネルギー価格上昇やCO2排出制約の強度による、18地域間における産業の国際移転の影響等を明示的に評価できるようになっている。また、DEARSモデルでは、発電部門を発電技術別に積み上げ評価しているため、コスト等検証委員会が推計した電源別発電コストを適切に反映できるモデルである(慶応大野村浩二准教授によるKEOモデルも同様)。本稿では、RITEのDEARSモデルの分析結果を基に、各選択肢における経済、CO2排出削減に関する見通しを述べる。

表1は、政府から依頼があった経済モデル分析における各選択肢の主要な想定条件である。

表 1 エネルギー・環境会議の各選択肢の経済分析の想定

			T	1	1	
		原発ゼロ	原発15	原発20	原発25	
	参照ケース (自然体)	選択版(1) 意思を持ってゼロする 2030 年	選択肢(2) 比率を低減させ、その後は再エネ、原子力安全強化等の取組の成果を踏まえて検討	選択肢(3) 比率を低減させるが、 意思をもって一定比率維持		
人口	2010年:1.28億人、2020年:1.24億人、2030年:1.17億人					
GDP	2010-20年: 1.1%/年 2020-30年: 0.8%/年	モデルで内生的に計算				
電源構成 (2030 年)	2010年 電源構成比 ほぼ維持	原発0% 火力62% 再Iネ38%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力48% 再エネ31%	原発25% 火力48% 再Iネ26%	
発電電力量	2010-30年: +0.15%/年	モデルで内生的に計算 (電源構成の差異によって生じる電力価格の違いおよび CO2 排出目標の差異によって電力需要が変化)				
電源別発電単価	コスト等検証委員会の推計(選択肢によって電源の稼働率が変化する場合もあり、稼働率に応じた差異は生じる)					
90年比エネ起CO ₂ 排出 2020年 2030年	+2% ▲6%	▲ 2% ▲ 21%	▲5% ▲22%	▲6% ▲25%	▲ 7% ▲ 25%	
90 年比 GHG 排出 2020 年 2030 年	-	▲ 7% ▲ 23%	▲9% ▲23%		0% 25%	

図2に各選択肢の2030年における発電電力量シナリオを、図3には設備容量のシナリオを示す。特徴的な点として大きく4つほど指摘しておきたい。1点目は、いずれのシナリオにおいても、省電力が相当大きく見込まれている点である。現行のエネルギー基本計画では、相当な省エネを見込んだ上で、2030年の発電電力量は約1.2兆kWhと想定されていたが、今回の選択肢はそれを大きく上回る省エネが見込まれている。この点については、主要な論点であるため、後に詳述する。2点目は、いずれの選択肢においても相当大きな再生可能エネルギーの拡大が想定されている点である。2010年の再エネ比率は10%程度、そのうち水力を除けばわずか2%程度であるが、2030年の再エネ比率は「原発25シナリオ」であっても

25%、「原発ゼロシナリオ」では35%程度にまで拡大させるように想定されている。急激な拡大が必要である。3点目は、自家発・コジェネの大幅な拡大が想定されている点である。コジェネの利用拡大も重要なことは間違いないが、熱需要とマッチングがよくないケースなど、コスト面でこれまでも普及が難しかった理由があったわけであり、このような大幅な拡大について詳細な検討が必要と考えられる。4点目は、稼働率が極めて低い電源構成が想定されていることである。これは、稼働率が低い再エネの大幅な拡大と電力需要の大幅な低減の見通しの双方と密接に関係しているものではあるが、急激な電源構成の変化に伴って、化石燃料発電設備が遊休することも、稼働率低下の一因となっている。低稼働率は結果として、発電コストとして反映されるものであるが、非効率な設備利用が起こるシナリオと言える。

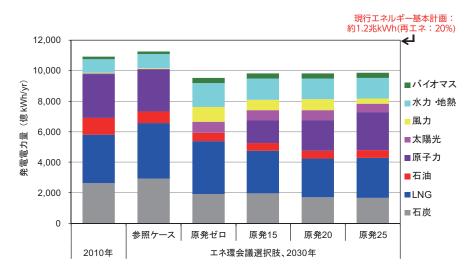


図 2 各選択肢の 2030 年における発電電力量シナリオ

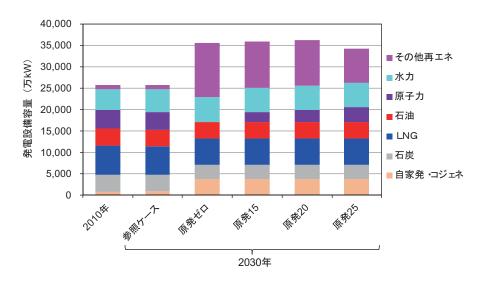


図3 各選択肢の2030年における設備容量シナリオ

3. エネルギー・環境に関する各選択肢の経済分析

前述のとおり、表1が分析における各選択肢の主要な想定条件である。経済成長率は基本的に2030年まで年率1%(成長慎重シナリオ)の想定の下で分析が行われた。電源別の発電コストについては、コスト等検証委員会のコスト推計30を前提に分析を行うこととされた。

経済分析においては、モデル分析の基準となる参照ケースを計算している。全要素生産性向上に関するパラメータなどを調整することによって、モデルが内生的に推計する数値が、表1にあるようなGDP、発電電力量、CO2排出量等の想定にできる限り合致するようにしている。モデル分析結果の見方としては、各選択肢間の参照ケースからの差異が、意味を有する数字である。

なお、この想定は、政府が提示した選択肢の想定であり、すなわちGDPそのもの(もしくは基準年と比較したGDP)については、参照ケースの想定次第でいかようにも変わるし、またそれは、経済モデル分析の上ではほとんど意味を有さない数字である。本来ならばこのような想定の妥当性、蓋然性、整合性等は、過去の推移等の統計的な根拠に基づいて将来の見通しを設定するべきであり、経済モデルで計算されたものではないことに留意しなければならない。

各選択肢の分析においては、参照ケースで設定したパラメータを用いつつ、電源の構成比率とCO2排出目標値について、選択肢毎の想定値を制約条件として、各選択肢の経済影響の分析を行った。発電電力量については、政府が想定した図2に合致するような制約は直接与えておらず、CO2排出量の制約で代用し、発電電力量はモデルで内生的に決定している。よって、経済モデルの分析では、参照ケースの発電電力量は政府想定値に合致させているものの、各選択肢の発電電力量は図1と完全に合致しているわけではない(電源の構成比率は政府想定値に合致している)。

4. 電気料金・電気代への影響

電気料金、電気代への影響を見る。各選択肢による家庭の電気代を推計したものが図4である。電力料金は、原発25シナリオにおいても再工ネ比率が高まるため基準シナリオ(2010年の発電構成と同様)と比較して10~15%程度の上昇が見込まれる。原発15シナリオでは20~25%程度、原発ゼロシナリオでは35~40%程度の上昇になる。この電気料金の上昇によって、省電力が進展すると予想される。しかし、各選択肢で想定されたCO2排出削減目標を達成するためには、更なる省工ネ等の対策が必要である。それを実現するために、仮に炭素価格の形で化石燃料発電に課し、電気料金に付加する場合には、原発ゼロでは110~120%程度の電気料金の上昇が必要と見込まれる。このとき、電気料金の上昇に対応して更に省電力が期待できる。そのため、電気代の負担額はこれよりも若干小さいものとなるが、それでも90~105%程度増大が予想される。また、産業部門の上昇率はこれよりも更に高いものとなる(図5)。

なお、この推計はコスト等検証委員会の推計³⁾に沿って再エネコストが順調に低下することを前提にしたものであり、仮にそうならなかった場合には当然ながら更に大きな上昇となる。

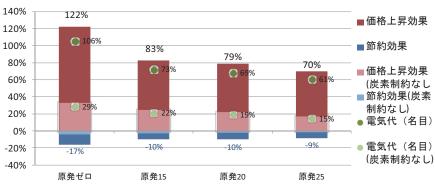


図 4 家庭の電気代:2030年(電気料金の上昇と節電効果を含んだグラフ)

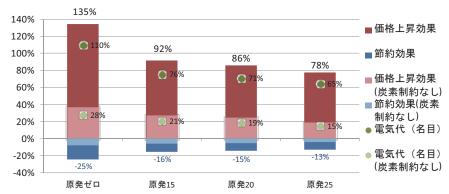


図 5 産業用の電気代:2030年(電気料金の上昇と節電効果を含んだグラフ)

5.マクロ経済への影響

家庭用の電気代の上昇は消費の減少につながり、また、産業用の電気代の上昇は各種製品やサービス価格の上昇につながり、企業の利益を圧迫したり、投資全体の抑制につながったり、また、海外への産業移転の誘引などにもつながる。各選択肢をとることによって経済全体にどのような影響が及ぶのかを示す(図6)。RITEの分析では、原発25~原発15のシナリオでは、GDPは2030年に参照ケース比で4.4~4.9%程度低下が見込まれる。原発ゼロのシナリオになると更に大きくなり2030年に原発ゼロとする場合は7.4%の低下となる。いずれの選択肢でも、厳しい省エネ対策、再エネ比率の急激な拡大が見込まれていることにより、大きな経済影響が推計される。また、原発比率を小さくするに従って、より大きな経済影響が推計されている。

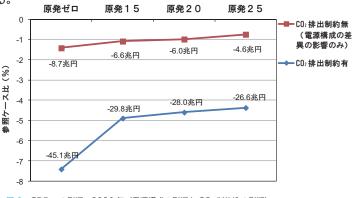


図 6 GDPへの影響:2030年(電源構成の影響とCO₂制約込の影響)

6.CO2対策費用

エネルギー・環境会議の選択肢では、GHG排出削減は、3つの選択肢で2030年に1990年比で23~25%減とされている。そして、「革新的エネルギー・環境戦略」では、「国内における2030年時点の温室効果ガス排出量を概ね2割削減(1990年比)することを目指す」とされた。

各選択肢における2030年の削減目標(1990年比23~25%減)のときのCO2限界削減費用は、政府の原発比率15、20、25%のシナリオでは3.4~4.1万円/tCO2程度である。ゼロシナリオでは、省エネ対策強化が想定されているため、それよりも高く4.0~5.5万円/tCO2程度と推計されている。

一方、国際的な炭素価格水準は、2030年頃までは30~50\$/tCO₂程度までというのがおおよそ見通される水準と考えられる。EUは意欲的な排出削減に取り組んでいるとされているが、そのEUによる分析でもEUの炭素価格は36~61€/tCO₂といった見通しが示されている。また、国際エネルギー機関(IEA)による2011年の世界エネルギー展望(WEO)の新政策シナリオでは2030年に40\$/tCO₂と推計している。これらの国際的な炭素価格水準と比較すると、いずれの選択肢でも10倍程度の炭素価格が推計されることになる。高い炭素価格は国内消費を落ち込ませ、かつ、大きな炭素価格差は、エネルギー多消費産業を中心に産業の海外移転を促すことになる。海外移転されると、世界全体ではCO₂排出削減にはつながらないばかりか、効率の悪い国での生産となれば、むしろ排出増となる可能性すらある。

もとより、CO₂を中心に温室効果ガス排出削減への取り組みは大切である。しかし、無理をし過ぎた対策は、経済に悪影響となる。また、産業の海外移転などによって、グローバルで見たとき、温暖化抑制にも実効性が乏しくなってしまうので、慎重な対応が必要である。

7.エネルギー・環境に関する選択肢の省電力の見通し

図7で見られるように、過去、GDP成長と発電電力量の伸びは強い相関を持ってきた。2000年から2010年の10年間では、発電電力量のGDP弾性はちょうど1.0である(過去20年間で見るともっと高い)。政府の選択肢では、先述のとおり、経済成長率は2030年まで年率1%の慎重成長シナリオが基本的に仮定された。2030年のGDPは2010年比で21%増と想定したこととなる。このとき、GDP弾性が過去10年間1.0のとおりとすれば、発電電力量も21%伸びる想定をおく方が蓋然性が高い。しかしながら、政府の参照ケースでは3%増しか想定されていない。このように、「エネルギー・環境に関する選択肢」では、相当大きな省電力・節電が見込まれている。この省電力・節電は、事実上、経済モデルによる経済影響分析の評価対象外に置かれたことになる。すなわち、発電電力量を+21%から+3%まで抑制するために要する経済ダメージはないと仮定したことに相当する。

たしかに福島原発事故以降、省電力・節電は大きく進展した。例えば、2012年夏 (7~8月)の実績はkWhベースで見ると、全国平均で6%程度の省電力・節電が実施できたとされている(資源エネルギー庁試算。気候、景気条件補正後の推計)。それによる経済影響は現時点でははっきりしていない。そこで、福島原発事故以降実施

された省電力・節電については仮に経済ダメージはなかったものとして、その省電力・節電効果をすべて見込んだとしても、年間平均で見れば、せいぜい5%程度の省電力・節電ではないかと見られる。このように、発電電力量の+21%から+3%まで抑制のうち、5%分が福島事故後の省電力・節電継続として説明できると仮にしたとしても、残る節電について経済的な影響の検証が必要と考えられる。しかし、政府指示の経済分析方法では、その経済ダメージの算定はできていないので、「エネルギー・環境に関する選択肢」の経済分析結果は、経済ダメージを過小に見積もっていると考えた方が良いこととなる。

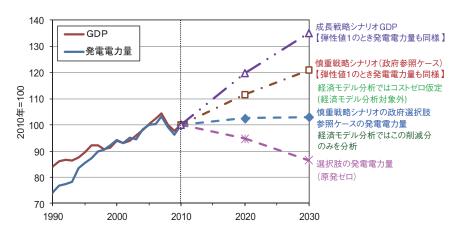


図7 GDP と発電電力量の実積と将来の想定

8.おわりに

東日本大震災に伴った福島第一原子力発電所の事故を受け、中長期のエネルギー需給戦略とするため、「革新的エネルギー・環境戦略」が策定された。RITEは、戦略策定にあたっての検討材料となった「エネルギー・環境に関する選択肢」の経済分析を、政府から依頼を受け実施した。しかし、その間の議論を見ると、ともすると冷静さを失った議論の中で、経済分析の結果が、政治家、国民に正しい形で十分に伝わったかどうかは疑問が残るところでもある。

福島原発事故以降の原子力発電への国民の厳しい視線の下で、これまでのような原発拡大の戦略が事実上不可能なことからすれば、省エネルギーの徹底、進展、また、再生可能エネルギーの拡大が従来以上に不可欠なことは言を俟たない。しかしながら、これまでに指摘してきたように、政府が策定した「エネルギー・環境に関する選択肢」、また「革新的エネルギー・環境戦略」では、経済的に実現が困難視されるようなほど、過大な省エネルギーの進展、再生可能エネルギーの拡大が見込まれている。省電力の見通しについては、過去、経済成長と電力需要は強い正の相関関

係が見られるにも関わらず、政府の見通しでは、今後、経済成長と電力需要の伸びの正の相関が断ち切られることが仮定されている。政府のエネルギー・環境戦略では、こういった点についてほとんど検証が行われないまま、誰もが望むグリーン成長(電力需要やエネルギー需要、CO2排出は大きく低下しながら、一方で経済は成長)が実現できるものとしてしまっている。仮にこのような戦略を描くのであれば、過去の実績と全く異なった社会をどう作り上げるのか、3.11以降の大きな社会変化を踏まえてもまだ極めて大きなギャップがあるものをどう実現させていくのかについて、もっと深い議論が展開されなければならない。

「革新的エネルギー・環境戦略」では「2030年代に原発稼働ゼロが可能となるよう、あらゆる政策資源を投入する」とされたが、限られたリソースを、様々なトレードオフを考えながら、できるだけ最適に資源配分を行うことこそが重要であり、一つの目的を設定し、それに「あらゆる政策資源を投入」しては、将来に大きな負の影響がもたらされるに違いない。バランスのとれた実現可能なエネルギー・環境戦略が求められる。

RITEは、今後も、開発してきた数理モデル群を利用しながら、できる限り客観的にエネルギー・環境戦略の分析を行い、政策立案の基礎的情報の提供に努めていく。そして、実現性を踏まえながら、少しでも良い対応策がないのか、についても検討、提案を行っていく。

1)日本政府 エネルギー・環境会議、「エネルギー・環境に関する選択肢」 http://www.npu.go.jp/policy/policy/9pdf/20120629/20120629_1.pdf (2012)

2)日本政府 エネルギー・環境会議、「革新的エネルギー・環境戦略」 http://www.npu.go.jp/policy/policy/9p/df/20120914/20120914_1.pdf (2012)

3)日本政府 エネルギー・環境会議「コスト等検証委員会報告書」

http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive02_hokoku.html (2012)

研究活動概説 RITE Today 2013

バイオ研究グループ

バイオリファイナリーの世界動向と 実用化への取り組み

1.はじめに

バイオリファイナリーとは、バイオマス資源からのバイオ燃料や化学品製造に 関する技術や産業を意味する米国エネルギー省(DOE)の造語であり、米国ではIT 産業とともに21世紀の脱化石資源・循環型社会の構築に向けた重要な新産業と位 置付け、1990年代から国家科学戦略として技術開発・産業化を強力に推進してき た。バイオリファイナリー産業の将来市場規模は、2020年には\$230 Billion、 2030年には\$300 Billionに達すると予測されており(World Economic Forum 2011)、本分野に流入する投資資金は、90年代にIT産業に投入された額 をすでに上回るとの推測である。このため、バイオリファイナリー関連のベン チャー企業が90年代後半から次々と誕生し、一部の企業はこの数年で株式上場に よる資金調達を果たしている。しかし、米国での大規模なバイオエタノール生産に 代表されるバイオ燃料の急拡大は、トウモロコシ等の穀物を主要な原料に使用し ていることから、食料資源との競合による世界的な穀物価格高騰の主要な原因と され、批判を受けている。そのため現在では、非食料バイオマスである農業残渣 (コーンストーバーなど)やエネルギー作物(スイッチグラス、ミスカンサスなど) 等のセルロース系バイオマスを原料とするバイオリファイナリー技術の実用化開 発が世界各国で進められている。バイオマスは光合成でCO₂を固定した植物由来 資源のため、燃焼させるとCO₂が発生するが、ライフサイクル全体でみると大気中 のCO2濃度には影響を与えないとされており(カーボンニュートラル)、バイオ燃 料はクリーンな燃料として大きな期待が寄せられている。

2.米国でのバイオエタノール生産状況と次世代バイオ燃料への期待

2012年の世界バイオエタノール生産量は、F.O. Licht 社等によると225億ガロン(8500万KL)に達する見込みである。米国での昨年の燃料エタノール生産量は、干ばつによるトウモロコシ価格の高騰などにより予想生産量を若干下回ったが、世界生産量の58~59%(約130億ガロン)を占め、さらにE15(エタノール15%添加ガソリン)の販売も開始されたことから、今後も需要が増える予測である。しかし、米国内のトウモロコシの約40%がバイオエタノール原料として消費されていることから、米国政府は非食料バイオマス原料を利用したバイオ燃料開発を推進している。

2-1.再生可能燃料基準(RFS2)の修正

このように、原料転換を推進し、食料との競合を回避しながら、自国での再生可能燃料の製造・消費拡大を行うため、米国は2007年12月にエネルギー自立・安全保障法(Energy independent and security act of 2007:EISA)を成立させ、2005年に制定した再生可能燃料基準(Renewable Fuel Standard: RFS)をさらに拡大修正した(RFS2)。この計画によれば、2010年~2011年は、

そのターニングポイントとなるはずであった(図1左)。ところが、食料資源トウモロコシから非食料であるセルロース原料への転換は順調に推移するどころか、完全にストップしている状況にある。米国環境保護局(EPA)は、RFS2で定められているセルロースエタノールの使用義務量達成は困難として2010年以降、毎年目標値を大幅に減少させた値に修正している(図1右)。

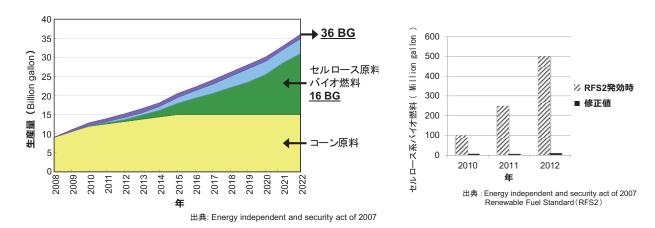


図1 米国におけるバイオ燃料導入計画

2-2.セルロースエタノールの現状と問題点

この理由は、膨大な研究開発費が投入されてきたにもかかわらず経済性あるセルロースエタノール製造が現状技術では確立されていないことにある。セルロースエタノールのキーとなる製造プロセスは、セルロースの結晶構造を緩めて糖化を促進する前処理工程と発酵工程の2つから構成される。「技術的な壁」は、前処理工程における「発酵阻害物質(フルフラール等)」の副生である(図2)。

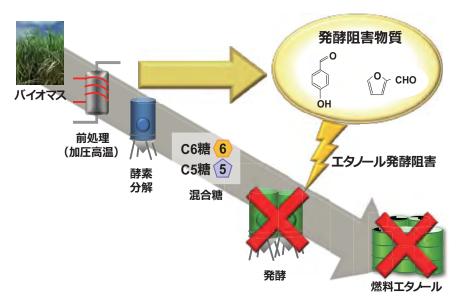


図2 工業化に障害:発酵阻害物資

副生を抑えるため、原料セルロースの前処理条件(温度、処理時間等)をマイルドにすると、糖化酵素セルラーゼの必要量の大幅アップが避けられず、当初予測をはるかに超える量となる点にある。逆にハードな前処理条件にすると、セルラーゼ必要量が減り酵素コストが下がるが、発酵阻害物質が多量に副生してエタノール発酵効率が低下する。即ち、前処理条件と必要酵素量はtrade-offの関係となっているのである(図3)。現状では、必要酵素セルラーゼのコストは、ガロン・エタノール当り、\$3~5に達すると言われ、経済性が低い状況である(ガソリンの末端価格から計算されるエタノール価格は\$3前後となる)。

これに対し、工学的に該阻害物質を除去する方法や、発酵に用いる微生物に耐性機能を付与させる試みなどが行われているが、経済性ある解決策がないのが現状である。このため、一部の石油メジャーは、セルロースエタノール事業計画から撤退を表明しており、その他の主要企業は実証生産の開始時期を軒並み2013年以降に繰り延べとしている。

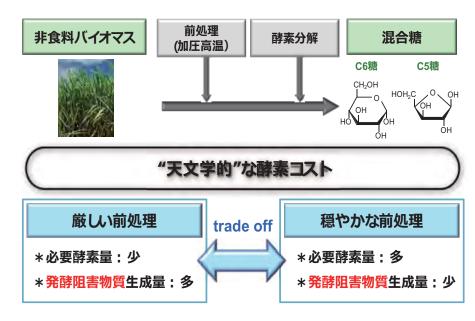


図3 "セルロースエタノール生産" 実現への障害

2-3.次世代バイオ燃料への期待

国際エネルギー機関(IEA)が2011年に発表した輸送用バイオ燃料のロードマップによれば、バイオ燃料の輸送部門における寄与度(使用総エネルギーに占める割合)は、現在の2%から2050年には27%に増加すると予測されている。エタノールに続く次世代バイオ燃料として注目されているのが、ブタノール燃料である。ブタノールは熱密度が高く、水にはほとんど溶けないために製油所で混合し、既存のインフラ設備(パイプライン)で輸送できるという大きな利点がある。ブタノールは、20世紀初頭から糖を原料としてクロストリジウム属細菌による発酵法(ABE発酵)によって工業生産が開始され、その後1950年代から石油を原料に工

業生産されていたが、近年、バイオ燃料推進の動きの中でバイオマス資源を原料とする発酵法が改めて取り上げられている。研究開発手法には既存のABE発酵の改良や、新たに工業用微生物にブタノール生合成遺伝子を導入してブタノールを生産させる方法などがある。RITEでは、大腸菌にブタノール生合成遺伝子を導入したブタノール生産を世界に先駆けて発表している。最近では、分岐鎖アミノ酸合成経路の中間代謝物を利用したイソブタノール生産の可能性が報告され、これらの代謝系を利用した幅広い微生物種での製造技術開発が行われている。現在、バイオマス資源からのブタノール燃料の工業化を目指し、石油メジャーやベンチャー企業が相次いで参入しているが、将来的な大規模製造には非食料バイオマス資源の利用が必須である。この場合も前述のセルロースエタノール製造と共通する課題 "発酵阻害物質"が避けて通れないと予想される。

3.グリーン化学品

バイオ燃料とは状況が大きく異なるのが、グリーン化学品分野である。グリーン化学品は、バイオ燃料と比較し、より高度な技術開発が求められるが、製品としては、付加価値も高く、ビジネスモデルも設計しやすい。グリーン化学品の将来市場は、2020年に約\$100 Billionに達するとされ(Pike Research 2011)、続々とベンチャー企業が誕生している。また、セルロースエタノール生産を主な事業計画としていたベンチャー企業も、事業計画を変更し、グリーン化学品製造を当面の目標とするところも出てきている。

これらベンチャー企業のビジネスプランを見ると、グリーン化学品生産は、バイオ燃料と比較し、生産量自体も小さいため、食料資源との競合の批判も少ないとの判断から、各社とも当面は、トウモロコシ等の澱粉由来のC6糖を原料としている。しかしながら、サステイナブルな産業として発展していくためには、原料としてはバイオ燃料と同様に、食料資源と競合しない非食料バイオマスへの転換が必要である。

4. RITEバイオプロセス (増殖非依存型バイオプロセス)の技術開発

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てきた。本プロセスは、非食料バイオマス由来の混合糖(C6とC5糖類)の同時利用をはじめとする世界初の成果を達成しており、バイオ燃料生産に応用した「セルロースからの混合糖同時変換によるエタノール製造技術」は、第18回日経地球環境技術賞の大賞に選出されるなど高い評価を頂いている(RITE Today 2009 トピックス参照)。本プロセスは海外でも注目されており、当グループリーダーは2011年度米国工業微生物学会Fellowship awardを日本人で初めて受賞し、一昨年から米国エネルギー省傘下の研究所との共同研究も実施し

ている(後述)。また、ドイツの研究グループがコリネ型細菌を用いて追試を行い、微生物の増殖と生産フェーズを分離する我々の革新的なバイオプロセスが可能であることを確認している。以下にRITEバイオプロセスの技術内容を紹介する。

4-1.RITEバイオプロセスの特徴

本プロセスでは、目的物質を効率的に生産できるように代謝設計した微生物(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4)。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、このため増殖に必要な栄養やエネルギーが不要である。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(space time yield;STY, 単位反応容積の時間あたりの生産量)を備えたバイオプロセスが実現した。

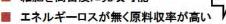
RITE バイオプロセス

増殖抑制条件にて、反応槽に微生物を高密度に充填して物質生産



増殖を伴わないため、







高生産性

従来のバイオプロセス



図4 RITEバイオプロセスと従来法の比較

増殖を伴うため、

- 増殖のためのスペースが必要
- 増殖に連動した物質生産

4-2.C6糖類,C5糖類の完全同時利用

デンプン系バイオマスの構成糖はグルコースなどのC6糖類であるが、セルロース系バイオマスの加水分解物である混合糖には、セルロース由来のC6糖類と、ヘミセルロース由来のC5糖類(キシロース、アラビノース)が共存している(図5)。そのため、発酵工程に用いる微生物は、混合糖中のC6糖類とC5糖類を同時利用できることが効率的物質生産に必須の条件となる。我々は、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。

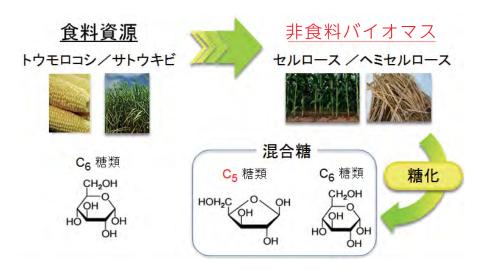


図5 非食料バイオマスの糖化による混合糖の利用拡大

4-3.発酵阻害物質に対する高度耐性

発酵阻害物質とはフェノール類やフラン類、有機酸類などを指し、セルロース系バイオマスの糖化工程で副生されるバイオマスの過分解物である。微生物の生育を強力に阻害するため工業化では大きな課題であった(図2)。しかしながら、RITEバイオプロセスは、これらの発酵阻害物質に対して高い耐性を示した。この理由は、発酵阻害物質の作用機構は微生物の増殖阻害であり、我々のプロセスは非増殖状態で物質生産が行われているためである。即ち、増殖非依存型のRITEバイオプロセスにおいては、その代謝機能は、発酵阻害物質から影響を受けないことが明らかとなった。

4-4.生産物の拡大

コリネ型細菌のゲノム情報に基づいたメタボローム解析や代謝設計、システムバイオロジーを駆使した遺伝子改良により、本プロセスを利用したバイオ燃料やグリーン化学品の拡大を進めている。エタノール、L-、D-乳酸、コハク酸等の高効率生産に加えて、ブタノールや芳香族、アミノ酸など幅広い展開を図っている(図6)。

芳香族化合物は、電子機器や自動車産業等では部品や素材原料の主要化合物であるが、従来の発酵法では経済的生産が極めて困難とされている。従って、これらをRITEバイオプロセスでグリーン化学品として生産することにより、日本企業が高い競争力を維持している産業分野のさらなる強化に貢献できる。また、アミノ酸は、通気撹拌用のコンプレッサーや撹拌モーター等の設備が必要な好気プロセスで発酵生産されている。RITEバイオプロセスは、これらの設備を大幅に簡略化でき、より低コストでの生産が可能と予想されることから、本プロセスを利用したアミノ酸製造技術開発を進めている。

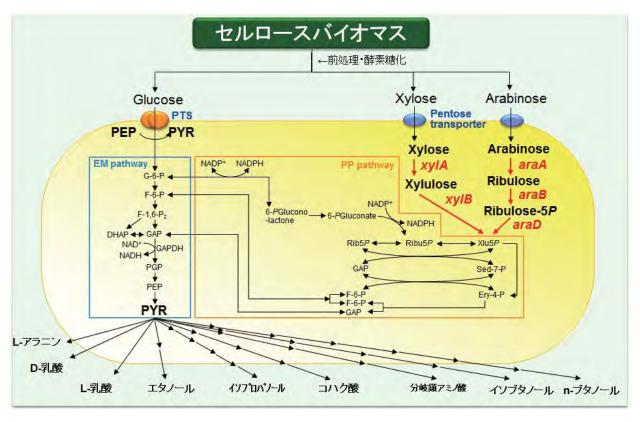


図 6 コリネ型細菌の代謝設計によるグリーン化学品・燃料(鎖状化合物)の生産

5.RITEの取り組み

5-1.RITE発ベンチャー企業の創立

前述したように、RITEバイオプロセスは高生産性や非食料バイオマス由来混合糖の完全同時利用、発酵阻害物質に対する高度耐性等の重要な特性を有することから国内外の産業界より高く評価されている。これらの研究成果をバイオリファイナリー産業の実現に活用し世界をリードする機能設立の要望を受け、RITE発のベンチャー企業として、Green Earth Institute(GEI)株式会社を、2011年9月に創立した。創立趣旨は、RITEバイオプロセスの事業化、ならびに温暖化対策を含む地球環境の保全及び持続可能な脱化石資源社会の実現である(RITE Today 2012トピックス参照)。

5-2.米国エネルギー省「再生可能エネルギー研究所(NREL)」との共同研究

NRELは、バイオリファイナリー分野で、米国のみならず世界の研究をリードする研究機関である。長年開発してきた非食料バイオマス資源からの混合糖調製に関する研究蓄積は膨大であり、幅広いバイオマス種に対応しうる技術を保持している。前述したように、セルロースエタノールの経済性ある製造実現には、課題である「発酵阻害物質」の解決が必須である。この解決にRITEバイオプロセスが有する発酵阻害物質耐性機能の活用が期待されることから、2011年よりNRELと民間企業を含めた共同研究を実施してきた。この結果として、お互いのこれまでの研

究成果を組み合わせることにより、該課題が抜本的に解決される目途が基礎研究レベルで得られた。今後は、これまでの成果を踏まえ、新たにGEIの参加による取組みにより、経済性あるセルロースエタノール生産の実現が期待される(トピックス参照)。

6. 終わりに

NRELとの共同研究開発における当面の目標は、非食料バイオマスからの燃料エタノールの高経済性生産であり、この実現による波及効果はエタノール生産に止まらない。バイオリファイナリー産業の原料となる"非食料バイオマス由来の混合糖"が、低コストで供給可能となることにより非食料バイオマスからのバイオ燃料製造とともに、グリーン化学品の広範囲な製造も可能となる。NRELとの国際共同研究により、バイオリファイナリー産業の実現・拡大による地球環境保全、さらに持続可能社会の実現を図っていきたい(図7)。

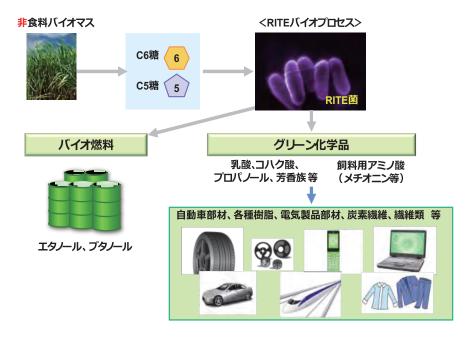


図7 バイオファイナリー産業の早期実現へ

研究活動概説 RITE Today 2013

化学研究グループ

CO₂分離・回収技術の高度化・実用化、 及びCO₂排出削減技術開発へ向けた取り組み

1.CO2分離·回収技術研究開発

CCS(CO₂ capture and storage)は、化石燃料の燃焼で発生したCO₂を回収し、回収したCO₂を地中に貯留・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 CO_2 回収に要すると試算されており、CCSの実用化促進には CO_2 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、COCSプロジェクトと名付けたCO2分離技術の開発成果を引き継ぎ、製鉄所の排ガスを対象にした実証研究となるCOURSE50プロジェクトに参加し、より高性能な新化学吸収液の開発を行ってきた。本プロジェクトの最終年度である本年は、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、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℃以下で可能とする画期的な吸収液を見出すことに成功した。

膜分離法では、 H_2 を含む高圧ガスから CO_2 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1,500円/t- CO_2 (2015年)で CO_2 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 CO_2 / H_2 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。最近では、従来のPEG系からPVA系の膜材料に変更するなど膜材料の改良を進め、大気圧条件において世界最高性能である分離係数>500の分離性能の膜の開発に成功している。

現在は、RITEと民間企業3社で技術研究組合を設立し、実用化を目指した膜モジュール、膜分離システムを開発中である。

吸着法では、これまでに蓄積した化学吸収法等の CO_2 分離・回収技術をベースに、 CO_2 高効率回収・低エネルギー消費型の固体吸収材の開発とプロセス評価技術の開発を実施中である。現在、固体吸収材を用いた CO_2 分離回収に適したより高性能な固体吸収材(目標とする分離・回収エネルギー 1.5GJ/t- CO_2)を見出すべく研究開発に取り組んでいる。これまでに、RITE液をベースとして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。

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分離技術をリードし、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。

なお当グループは、ゼオライト分離膜による CO_2 分離技術、パラジウム膜による H_2 分離技術、膜・吸収ハイブリッド法による CO_2 分離技術、圧力を利用したプラスチック成型技術などの独自シーズ技術を有しており、その普及に努めている。その中で膜・吸収ハイブリッド法による CO_2 分離技術が民間企業に採用され、稼働している。

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 CO_2 をアミン水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 CO_2 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 CO_2 分離に適している。我々は、この10年間、化学吸収法における最大の課題である CO_2 分離・回収コストを低減する高性能新吸収液の開発に取組んできた。

平成16年度から平成20年度においては、製鉄所高炉ガス中のCO₂を化学吸収法により従来の半分のコストで分離・回収するための「低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発」プロジェクト(COCSプロジェクトと呼称)を企画推進し、当初の目標を達成することができた(図1)。

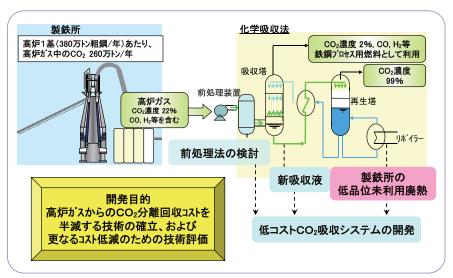


図 1 低品位廃熱を利用するCO2分離回収技術(COCS)概要

このプロジェクトでは、種々の高性能な新吸収液を開発した。それまで基準として使用されていたMEA(モノエタノールアミン)吸収液のCO₂分離・回収エネルギーに対して、本プロジェクトで開発した吸収液は分離・回収エネルギー消費量の大幅低減を達成した。

この開発成果は、製鉄所プロセスガスからのCO₂分離・回収を目的とした環境調和型製鉄プロセス技術開発プロジェクト(COURSE50、平成20年度から5ヵ年)に引き継がれた。

我々は、新日鐵住金㈱および東京大学とともにこれまで培ってきた開発技法、知見および最新の計算機化学を駆使して高性能な新規アミン吸収液の開発を行うとともに、新日鉄住金エンジニアリング㈱の協力のもと、実高炉ガスを用いる1tおよび30t-CO₂/d能力設備での評価に取組んだ(図2および3)。

その結果、本年(本プロジェクトの最終年度)においては、目標とした吸収液の分離回収エネルギー2.0GJ/t-CO₂を達成するとともに、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℃以下で可能とする画期的な吸収液を見出し、開発することに成功した。

また、これまでの吸収液開発で培った研究経験を基に、すでに高圧条件下での CO_2 の吸収および放散性能に優れたアミン系吸収液を開発しているが、更なる性能向上を実現する新たな吸収液を開発中である。

立体障害基:R1, R2, R3, R4

- ・カーバメート生成
- · CO2放散性
- ・反応熱

ヒドロキシ基: OH

- ・電子吸引性(アミノ基の活性化)
- ・親水性(水への溶解性)
- 水素結合生成 (揮発性)



第1ステップ

- ・市販アミンのスクリーニング
- アミン組成物第2ステップ
- ・新規アミン構造の設計・合成

アミノ基: N

- 電子密度 (電子供与性)
- ・CO2との反応 (カーバメートアニオンまたはバイカーボネートアニオン生成)
- ・プロトン親和性 (プロトン化アンモニウムカチオン生成)
- ・1, 2, 3級アミン、アミノ基数

図 2 新規吸収剤開発

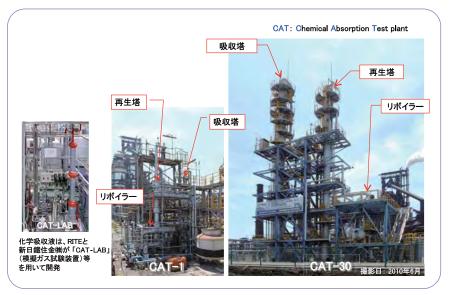


図3 試験設備の外観

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「ゼロ・エミッション石炭火力発電」がある (integrated coal gasification combined cycle with CO2 capture & 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)。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を回収できる新規な分子ゲート膜を開発中である。

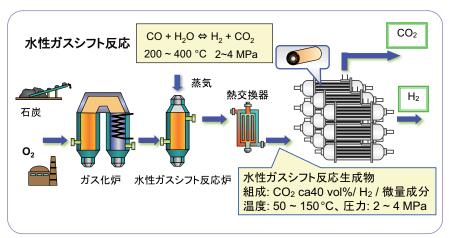


図 4 分離膜を用いた石炭ガス化複合発電(IGCC)からの CO2 分離回収

分子ゲート膜は、 CO_2 と H_2 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。ここで、膜中の CO_2 が分子サイズの小さな H_2 の透過を阻害することで、従来の膜では分離が難しかった CO_2 と H_2 を効率良く分離できる。

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 CO_2 と H_2 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いる。

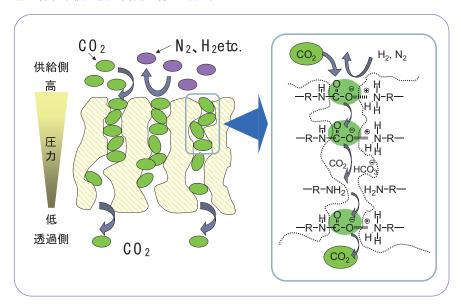


図 5 分子ゲート膜の概念図

これまでに、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。最近では、従来のPEG系からPVA系の膜材料に変更するなど膜材料の改良を進め、大気圧条件において世界最高性能である分離係数>500の分離性能の膜の開発に成功している(図6)。

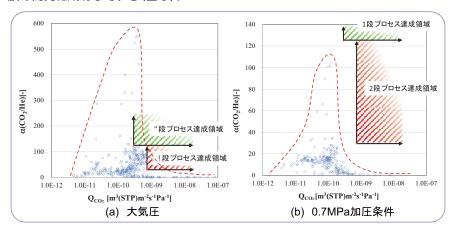


図 6 PVA 系分子ゲート膜の分離性能(QCO $_2$:CO $_2$ 透過速度、 α :選択性)

この成果を元に、㈱クラレ、日東電工㈱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㈱と次世代型膜モジュール技術研究組合を設立し、分離膜開発、膜モジュール開発、膜分離システム開発を実施中である(図7)。その中でRITEは分離膜の開発を担当しており、IGCC等の圧力ガスからのCO2回収コストを1,500円/t-CO2とする膜を開発中である。また、現状のエネルギー事情の中で目標膜性能を見直し、分離・回収コスト1,500円/t-CO2以下を達成するためのシステム検討を行い、膜性能とCO2分離・回収コストとの関係を推算した。その結果、図6に示すように、1段プロセス、2段プロセスにおける目標膜性能を明らかにした。大気圧条件においては、いずれの目標値をクリアしており、今後耐圧性付与等の実用化に向けた検討を進めていく。

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 CO_2 分離」に登録され、米国エネルギー省国立エネルギー技術研究所 (DOE/NETL) と 共同研究を実施している。更に、ノルウェー科学技術大学、米国テキサス大学とも膜開発の共同研究を実施しており、国際協力体制の下で研究開発を行っている。



図7 民間企業との連携による膜モジュール化

*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。日本を含む多数の国・地域が参加しており、CO2の回収、地中貯留等に関する多数のプロジェクトに対して支援を行っている。

4. 固体吸収材の開発

地球温暖化対策としてのCCS技術は早期の実用化が期待されており、低エネルギー・低コスト型のCO2分離・回収技術の開発、および化学吸収法の実証試験や商業規模の事業検討が近年進められている。RITEは、これまでに蓄積した化学吸収法等のCO2分離・回収技術をベースに、平成22年度より経産省委託事業「二酸化炭素回収技術高度化事業」として、CO2高効率回収・低エネルギー消費型の固体吸収材の開発とプロセス評価技術の開発を実施中である。現在、固体吸収材を用いたCO2分離回収に適したより高性能な固体吸収材(目標とする分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO2)を見出すべく研究開発に取り組んでいる(図8)。

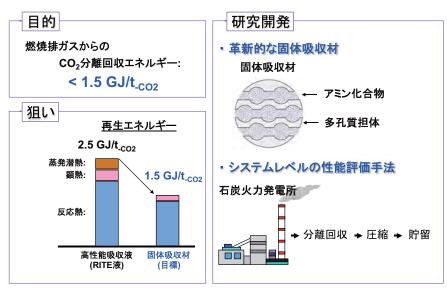


図8 二酸化炭素固体吸収材等研究開発

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(図9)で、アミンを水溶液として用いる化学吸収法と異なり、 CO_2 解離に伴う蒸気エネルギー損失が無視できるため CO_2 分離・回収エネルギー低減の可能性がある。本プロジェクトでは固体吸収材による CO_2 分離回収技術を石炭火力発電に適用した場合、化学吸収法に比べ発電効率の低下を約2%改善出来ると見込んでいる(図10)。固体吸収材の開発は、米国のNETL(National Energy Technology Laboratory)と平成24年5月にCRADAを締結し、RITE開発の吸収液を用いた新規固体吸収材の研究開発に着手した。本年度はNETLにおいてRITE開発液の液評価試験を開始した。RITEは、NETLとの技術交流を通して、RITEの化学吸収液開発技術を発展させた新規固体吸収材の開発を目指している。これまでに、RITE液をベースとして比較的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。

一方、プロセス評価技術の開発として、アミンとCO2の反応を考慮したCO2分離回収プロセスおよびCO2回収型の石炭火力発電システムのプロセスシミュレーション技術の構築を進めている。アミンを従来同様に吸収液として用いたプロセスに関しては、10t/dプラントでの実データを再現するプロセスシミュレータを構築した。今後、固体吸収材を対象とする検討に発展させる予定である。

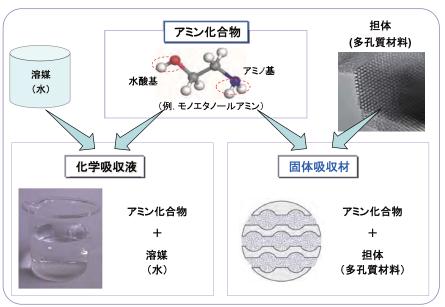


図9 固体吸収材の概念図

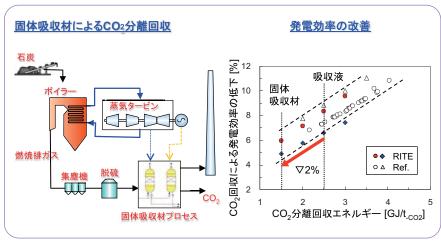


図 10 固体吸収材による CO2 分離回収の発電システムへの影響

5.CO2排出削減技術開発への取り組み

RITE化学研究グループでは、これまで、放出される CO_2 を回収・貯留するCCSのための CO_2 分離・回収技術の研究開発を行ってきた。今後は、 CO_2 排出そのものを削減する技術内容にも取り組んでいく。具体的には、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 H_2 を、 CO_2 を排出しないエネルギーとして使用するプロセスの構築を目指す。その中で、必要となる H_2 の分離精製のために、無機系 H_2 分離膜開発に取り組もうと考えている。

さらに、エネルギー多消費型技術である蒸留法に代えて、分離に相変化を伴わない省エネルギーの膜分離プロセスを用いた有機溶媒系、炭化水素系の分離技術開発にも着手する。

CO。貯留研究グループ

実適用を目指すCO2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 CO_2 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排出源から排出される CO_2 を分離回収し地中に貯留するCCS (Carbon dioxide Capture and Storage)は、燃料消費率改善、燃料転換、再生可能エネルギー利用拡大といった他の CO_2 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。

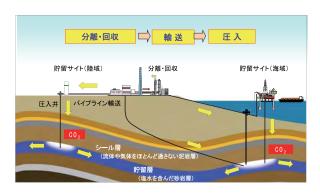
国際エネルギー機関(IEA)のロードマップでは、2050年時点の温室効果ガス半減に向けて、2020年には100件、2030年には850件、2050年には3,400件の CCSプロジェクトが必要と示唆されている。

このような状況の中、我が国ではCCSに必要な技術を確立するための施策としてCCS大規模実証試験が立ち上げられた。現在、北海道苫小牧市において、日本CCS調査㈱が坑井掘削等を進めている。この実証試験では、大規模発生源から分離回収した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)へ圧入し、安全確認のためのモニタリング等を実施する計画である。

現在、RITEは、CO2地中貯留技術研究開発、日中CCS-EORプロジェクト、国際連携・海外動向調査といった、CO2地中貯留関連の技術開発および情報収集に取り組んでおり、その成果をCCS大規模実証試験に適用し、我が国におけるCCS事業を推進することを目標としている。

2.CO₂地中貯留技術研究開発

CO₂地中貯留には、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、帯水層貯留では、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。





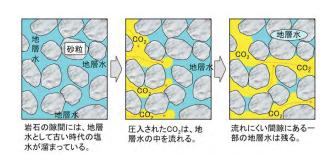


図 2 貯留層における CO2 浸透のイメージ

RITEは、 CO_2 地中貯留の技術課題に対する取り組みとして、図3のように、貯留性能評価手法(地質モデル構築)、貯留層内の CO_2 挙動解析(モニタリング技術開発、挙動予測シミュレーション技術開発)および貯留層外部への CO_2 移行解析(CO_2 移行シミュレーション技術開発、海域環境影響評価手法開発)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技術事例集の作成を行っている。

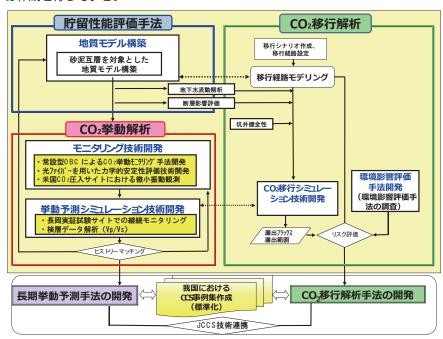


図3 CO₂ 地中貯留の技術課題に対する RITE の取り組み

(1) 貯留性能評価手法の開発

CO₂地中貯留では、超臨界CO₂を大量に地下へ圧入するため、石油・天然ガス開発とは異なる概念での貯留層性能評価と貯留層モニタリングを行うことが重要である。なかでも、特に重要とされるのが初期インプットとなる地下地質モデル(貯留層地質モデル)である。石油天然ガス開発が進んでいない地域での地質モデル構築は、地表に露出する地質の調査や過去の文献に依存することが多く、少ない地下情報を用いてモデル

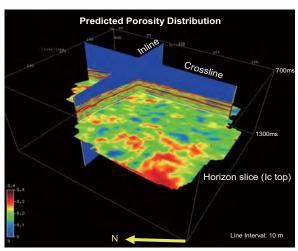


図 4 長岡サイトの貯留層上面の孔隙率分布図

の作成が行われる。また、CO₂地中貯留では、CO₂圧入により地下圧力が上昇するため、岩石の物理特性を把握してCO₂の挙動解析を行うことが重要となることから、その岩石物性を反映させた地質モデルの構築が必要である。

RITEは、2003年7月から2005年1月にかけて、長岡 CO2圧入実証試験サイト(新潟県長岡市岩野原基地:国際石油開発帝石株式会社)において、計10,400トンの CO2を地下1,100mの塩水性帯水層に圧入した。圧入終了後も地下のCO2の挙動を把握するため、坑井を利用して各種の現場測定を継続的に実施している。この測定データおよび岩石コア試料物性試験結果等をもとに、我が国特有の砂泥互層や砂礫層のような複雑な特性を反映した地質モデル構築手法の開発を行っている。

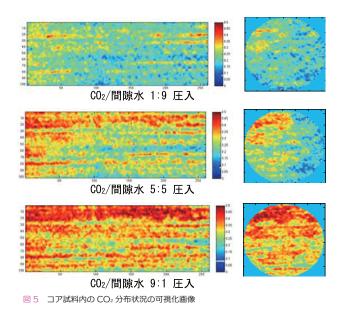
(2) 貯留層内のCO2挙動解析

 CO_2 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 CO_2 の挙動をモニタリングし、安全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、RITEは長岡 CO_2 圧入実証試験サイトにおいて取得した物理検層等のデータを総合的に分析し、 CO_2 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、沿岸域 CO_2 貯留サイトにおける CO_2 挙動モニタリングで有用な常設型OBCシステム等、様々な技術の開発を行っている。

・長岡サイトでのCO2挙動解析

これまでにRITEは長岡 CO_2 圧入実証試験サイトにおいて、物理検層や坑井間弾性波トモグラフィ測定等の CO_2 挙動モニタリングを継続的に実施している。物理検層により、観測井周辺の物性変化が計測され、観測井に CO_2 が到達した時期、 CO_2 の深度方向の広がり、および CO_2 の状態(超臨界状態のままであるか地層水に溶けた状態であるのか)、といったことが推定できている。

2012年度は坑内物理検層を実施して、 CO_2 圧入後の貯留状況の調査を行った。また、これらの調査結果をもとにヒストリーマッチングを行い、長期挙動予測シミュレーション解析を進めた。なお、地中貯留の実証試験は海外でも実施されているが、圧入後の CO_2 挙動を継続的に監視し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。



・X線CT画像解析によるCO2分布状況の可視化

地下深部の貯留層に圧入されたCO2の長期安全性評価には、複雑な貯留層構造とCO2挙動の関連性や、CO2貯留メカニズムの理解を深める必要がある。このメカニズムのひとつである、残留ガストラッピングは、油ガス田開発の分野でよく知られており、貯留されたCO2の長期安定性を評価する上で重要である。

RITEはX線CT装置を用いて不均質性が著しいコア 試料内の CO_2 分布状況を可視化し、 CO_2 と間隙水との 置換特性や CO_2 残留トラップメカニズムについて検討している。可視化された CO_2 分布と弾性波や比抵抗等の岩石物性との関連性を明らかにし、 CO_2 圧入サイトで得た物理検層データや弾性波探査データの解釈への 適用について検討している。

・CO2圧入時の地層の安定性モニタリング技術の開発

光ファイバーセンシング技術では、光ファイバーを地中に設置することにより、深度方向の圧力・温度を連続的に常時監視することが可能である。さらに、CCSの分野では地下の圧力・温度のほかに、CO₂圧入による貯留層やキャップロック層への影響(地層変形等)の把握が期待できる。

これまでにRITEはCO2圧入による地層の安定性評価やCO2漏洩の早期検出の

ための基本技術を岩石やセメント試料を用いた室内試験により検討してきた。その結果、地層の変形を計測できるレベルのひずみ測定、および岩石中のCO2の動きをひずみの変化として捉える基盤技術を確立した。また、坑井のケーシングセメントに埋設する光ファイバーの仕様を検討し、試作品を作製した。さらに、室内試験の結果をもとに、堆積層の地盤に掘削したボーリング孔を利用してCO2圧入時の地層変形をモニタリングする現場試験を開始した。

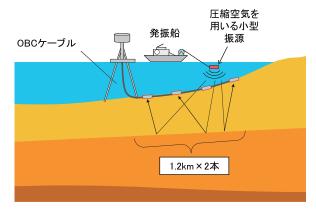


図 6 平塚沖での常設型 OBC 試験観測

·常設型OBC長期現場観測試験

CO2地下貯留技術の実用化においては、地下に圧入されたCO2の挙動モニタリングが重要な研究課題とされるが、そのもっとも有力な手法のひとつとして、石油・天然ガス等の資源探査分野で発展を遂げてきた「繰り返し3次元反射法探査」が挙げられる。この繰り返し3次元反射法探査を海底下CO2地中貯留に適用する場合には、低コストかつ高精度のシステムとして、貯留対象となるエリアの海底に受振器(地震計)を定置し、データを常時収集する常設型OBC(Ocean Bottom Cable)システムが有効である。

RITEは昨年度に引き続き2012年度も神奈川県平塚沖で実海域試験を実施した。エアガン発振による地震波探査を実施するとともに、システムの長期安定性や耐久性等を検証し、実用化に向けた課題を整理した。

・CO2圧入時の地層への影響に関する研究

 CO_2 地中貯留による微小振動の発生可能性が議論されている。海外の CO_2 圧入サイトによる事例を踏まえると、 CO_2 圧入によって発生する微小振動はごく微小なものと想定されるが、安全性評価、社会的受容性の観点からサイトでのモニタリングが必須である。

RITEは、CO₂圧入に伴う微小振動を観測するため、米国ローレンス・バークレー国立研究所およびテキサス大学鉱山地質学研究所の協力を得て、米国炭素隔離地域パートナーシップのCO₂圧入サイト(ミシシッピー州クランフィールド油田)に微小振動計を計6台設置し、2011年12月から観測を行っており、得られたデータを解析することにより微小振動とCO₂圧入との関連性について検討している。

(3) 貯留層外部へのCO2移行解析

CCS事業実施にあたっては、様々な側面から慎重に事前調査を行い、 CO_2 が長期間安定して貯留層に留まると予測できるサイトを選定する。しかしながら、一般社会等が抱くCCSに対する懸念のひとつに CO_2 漏出による環境影響を事前に見成く社会に認知され普及するために、万一の CO_2 漏出による環境影響を事前に見積り、CCSを安心安全な技術として確立しておくことが重要である。このためRITEは、安全性評価手法開発の一環として、貯留層外部への CO_2 移行解析を実施している。

貯留層から海底に移行する際、CO2は地層中を移動し海底堆積層を通り、そして海水中へ広がる。したがって、CO2の漏出シミュレーションを行うためには、地層中、海底堆積層中、海水中の3つのモデルが必要である。地層中では、CO2の移行経路となる断層を想定した上で、CO2が超臨界、気相、液相、溶存態と相変化しながら移行する状態をシミュレーションし、海底堆積層中では、CO2が上方に拡散しながら化学反応や微生物による作用等によって変化していく状態をシミュレーションする。海水中では、海底堆積層から漏出したCO2が海水の流動によって広がり、どのような濃度分布となるかをシミュレーションする。また、海水中のCO2濃度変化が海洋生物に与える影響を集約したデータベースを整備している。

さらに、 CO_2 漏出が海洋環境に及ぼす影響について 理解を深めるために、 CO_2 を海底から人為的に漏出さ せる現場実験(英国QICSプロジェクト: Quantifying and Monitoring Potential Ecosystem Impacts of Geological Carbon Storage)に参 加している。ここでは、大型底生生物への行動変化を観 察するために間欠自動撮影水中カメラシステムを設置 してデータを取得した。また、底泥中微生物の好気的ア ンモニア酸化活性に及ぼす影響を調査するために現地 で測定試験を行った。

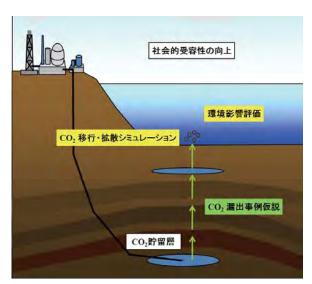


図7 CO2 移行・拡散シミュレーションの概念図

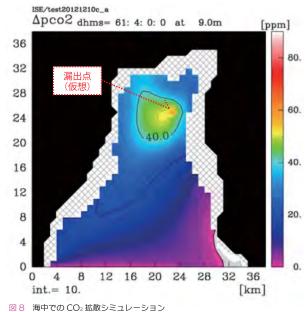


図8 海中でのCO2 拡散シミュレーション (漏出後のCO2 濃度の増加を示している)

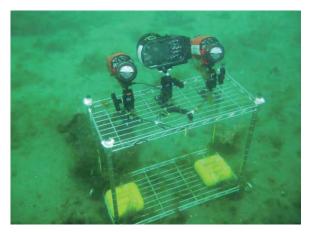


図 9 間欠自動撮影水中カメラシステム



図 10 底泥中微生物の好気的アンモニア酸化活性の測定

(4) CCS実用化に向けた技術事例集の作成

1996年にノルウェーのSleipnerプロジェクトにおいて世界で最初の CO_2 帯水層貯留が開始されてから既に16年が経過した。この間に世界では多くの CO_2 地中貯留事業が開始され、2008年頃からそれらの知見がBPM(Best Practice Manual)などの形で集約され、さらに汎用的な解説書やガイドラインなどが作成されてきた。例えば、欧州では欧州委員会がCCS指令を作成し、加盟国に対してCCS実施に関する規則を示すとともに、EU加盟国が国内法を整備する上での参考資料として4種類のガイダンス・ドキュメントを作成した。このように、CCS事業の実証試験の経験・知見を整理し、本格的な地中および海底下地層への CO_2 貯留の実施に向けた準備が進められている。

我が国においては、環境省が「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律および関連法令」を整備し、経済産業省は国内での大規模実証試験を対象に議論を進め、2009年に「CCS実証事業の安全な実施にあたって」を作成した。この報告書にはCO2地中貯留実証事業の安全面・環境面からの遵守基準などが示されている。また、CCS技術の研究開発については、長岡CO2圧入実証試験等で多くの知見が得られている。

将来の本格的なCCS事業の展開のためには、国内外の知見を整理し有用な形で取り纏めることが重要である。このため、RITEは、CCS事業者を主な対象者として、CCS事業を実施する際の技術的な参考となるように、我が国が保有するCCS技術開発成果や海外事例を整理したCCS技術事例集の作成を目指して、調査研究を進めている。

表 1 CCS に関する主な解説書・手引書

EL COSTERO GEOMENIA 3 318				
	機関	発刊している解説書・手引書など		
WE	EPA	CO2貯留の坑井に関する手引書(全12冊)		
米国	DOE/NETL	CO2貯留のBPMシリーズ(全6冊)		
カナダ	CSA	CCS国際規格		
欧州	EC	CCS指令の加盟国向け手引書(全4冊)		
日本	環境省	CO2海底下地中貯留申請書の作成手引き		
	METI	大規模実証試験のための報告書		
	CSLF	BPMの比較		
国際機関	WRI	EU,IEA,EPAの各規制の比較		
	IEAGHG	ワイバーンプロジェクトのBPM		
民間機関	DNV	事業の認証手続きに関する推奨指針書		

表 2 CCS 技術事例集作成の目的とイメージ

	内 容			
目的	1. 技術的に安全かつ経済的なCCS事業の実施			
	・経済性、安全性、法令遵守、合意形成の担保			
	・CCSの普及障壁の低減			
	2. 日本の技術力の海外への発信・展開・普及の支援			
	・海外での事業展開、国際共同研究への参画			
	・国際標準化活動、国際機関との連携			
技術事例集のイメージ	利用者 :CCS実施事業者			
	使われ方:CCSを実施する際に技術的に参考とする手引書			
	形態 : わが国が保有するCCS技術開発成果を集約			
	海外事例も参考とする			
	事例 :長岡実証試験、海外情報、新規国内事例			

CCS技術事例集の作成に向けた検討スキームを図11に示した。主な流れとしては、①国内外の情報の収集・整理・分析を行い、国内事例である②長岡実証試験事例を整理する。次にRITEの研究開発成果に基づき③RITE版CCS技術事例集を作成し、最終的には国内の大規模実証試験の事例を踏まえた④日本版CCS技術事例集を作成する計画である。2011年度にCCS関連の主要な情報を収集・整理しており、2012年度からは、海外のCCS事例集等に関する更新状況を把握するとともに、長岡実証試験を対象にした事例集の作成に着手するほか、CCS技術事例集のための国内外の情報整理を行っているところである。

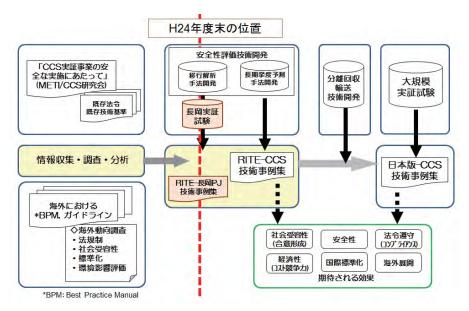


図 11 CCS 技術事例集作成の検討スキーム

3.日中CCS-EORプロジェクト

化石燃料の燃焼時に排出される CO_2 を回収し地中に貯留するCCSは、今後の地球温暖化対策にとってきわめて重要な技術であり、なかでもCCSに原油増進回収を組み合わせたCCS-EORは、商業的利益を生むことから早期実用化が可能なものとして注目されている。既に米国においては天然に存在する CO_2 を活用した CO_2 -EORが年間6+万トンの規模で実施されており、今後、特にエネルギー原単位当たり CO_2 排出量の多い石炭火力発電所の排出 CO_2 を対象としたCCS-EORの普及が期待されている。

中国は既に世界最大のCO₂排出国だが、経済発展に伴いCO₂排出量が年々増加している。日本も世界第5位のCO₂排出国であり、この両国が協力してCCS-EORの共同調査研究を行うことは、地球温暖化防止の観点から国際的に非常に大きな意義を持つ。

RITEは、中国石油天然気集団公司(CNPC)とCCS-EORワークショップ(2009年、2010年)、省エネルギー・環境保全・GHG削減ワークショップ(2011年)の共同開催や、日中のCCS/CCS-EOR関連施設/サイトの相互視察などを通じて技術交流を深めてきた。

2011年9月28日北京で「CCS-EOR日中協力テーマに係る確認書」を調印し、 ①CCS-EOR(CCUS)全体システムの検討、②貯留層評価技術の検討、③微生物利 用地中メタン再生技術検討の3テーマを日中協力テーマとして選定した。

これを受けて2012年度にRITEは中国の岩石試料について弾性波測定、X線C T装置による画像解析等の物性測定/解析などを行い、RITEが保有する貯留層評 価技術の中国油田での適用可能性を検討した。

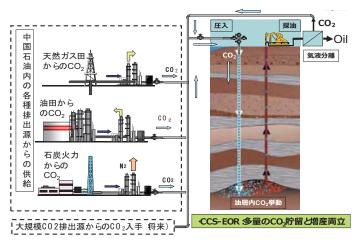


図 12 CCS-EOR の概要図

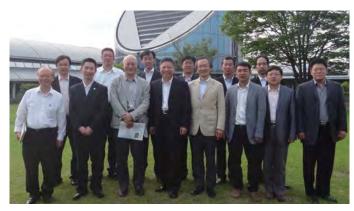


図 13 中国石油RITE訪問(2012年6月)

4. 国際連携および海外動向調査

RITEでは、CCSの普及を図る国際機関等と連携するとともに、CCSの海外動向の調査を実施している。CCSを普及していくためには、経済性、普及政策、法規制の整備、社会的受容性などの課題があり、こうした国際機関等を通しての国際的な連携、協力、知識共有が必要不可欠と言える。

RITEが協力している主な国際機関等として、炭素隔離リーダーシップフォーラム(CSLF)、国際エネルギー機関(IEA)の温室効果ガスR&Dプログラム(IEAGHG)およびロンドン条約の概要と動向、また、CCSに係る全般的な海外動向を以下にまとめる。

·CSLFの概要と動向

炭素隔離リーダーシップフォーラム(CSLF)は、CO₂の回収とその地中貯留ならびに産業利用(CCUS)の研究開発、実証、商業化のための国際協力を推進する国際的な組織であり、米国が主導して2003年に設立された。米国エネルギー省が事務局を務めており、現在、日本などの先進国のほか、新興国、産油国を含む24か国と欧州委員会が参加している。活動は政策立案者から構成される政策グループと企業や研究機関からの代表者で構成される技術グループによって行われており、数年ごとに閣僚級の会合を開催している。RITEは2009年から技術グループに参加している。

CSLFではCO2貯留とともに、2011年から回収したCO2の利用、特に石油の増進回収(EOR)での利用を活動対象に含めることになった。その背景には、世界でのCCSプロジェクトの立ち上げが想定よりも遅延していることから、ビジネスとして成立しやすいCO2の利用を目的としたプロジェクトを推進することにより回収技術のコストを削減し、将来のCCSの加速につなげていくという発想がある。2013年秋に米国テキサス州で開催される次回の閣僚会議でも、EORが会議の主要テーマとして取り上げられる予定である。また、同会議に向けて、CCUSの技術ロードマップの改訂作業が短期的な取り組みにも焦点を当てて進められている。

・IEAGHGの概要と動向

温室効果ガスR&Dプログラム(IEAGHG)は温室効果ガスの削減技術の評価、普及促進、評価調査の情報発信、国際協力の推進を目的として、国際エネルギー機関(IEA)のもとで締結された協定に基づいて1991年に設立された。現在、温室効果ガスの削減技術のうち、主にCCSが活動対象となっている。日本を含む21か国、欧州委員会、石油輸出国機構(OPEC)のほか、24企業が参加している。RITEは2009年から日本の代表機関として執行委員会に参加し、IEAGHGの活動計画の策定や活動の評価に貢献している。

IEAGHGの主要な活動の一つにCCSの専門家ネットワークの構築とワークショップの開催、また、大規模な国際学会の開催がある。ワークショップでは、CCSの実証プロジェクトの進展に伴って、2012年に環境影響の専門家ネットワークが整備された。また、貯留に関するモデリング、モニタリング、リスクといった個々のネットワークにとどまらず、複数のネットワーク間での知識共有が重視されるようになってきている。2012年には貯留関連の4つのネットワークの合同会合が開催され、2013年にはリスクとモデリング、モニタリングと環境影響の合同ワークショップがそれぞれ予定されている。国際学会については、IEAGHGとともにRITEが第11回温室効果ガス制御技術国際会議(GHGT-11)を2012年11月に京都で開催し盛況を呈した。2013年度は回収技術関連の2件の国際会議が予定されている。

・ロンドン条約の概要と動向

ロンドン条約によって、CO2の海底下貯留が国際的に認められている。同条約は陸上で発生した廃棄物などの船舶等からの投棄による海洋汚染を防止することを目的とした国際条約であるが、海底下貯留を可能とする条約改正が2007年に発効した。現在でも、CO2の越境移動などのCCSに関連する議論が続いている。RITEは締約国会合および科学的知見をベースに情報共有化を図る科学会合に日本代表団の一員として参加している。

越境移動には、圧入前の CO_2 の国境をまたぐ輸送と圧入された CO_2 の国境を越えた移動とがある。こうした越境移動が認められるように同条約は2009年に修正されたが、批准国数が規定に達しておらず発効していない。条約の改定以降、 CO_2 輸送と圧入 CO_2 の越境移動についてのガイドラインの制定作業がそれぞれ進められていたが、後者については2012年に作業が終了し採択された。

・CCSに係る海外動向

2009年にIEAが発行したCCSロードマップによると、2050年までにCO $_2$ 排出を現状レベルから半減するシナリオを達成するためには、2020年までに100件の大規模CCSプロジェクトの実施が必要である。一方、現在、操業中の大規模なCCSプロジェクトは8件に過ぎず、数年内の操業が確実な案件を含めても16件にとどまる(グローバルCCSインスティテュート調べ)。このうち、12件が北米でのプロジェクトであり、同地域が現在の大規模プロジェクトを主導していると言える。また、14件がCO $_2$ 回収に必要な追加コストが少ない工業プラントをCO $_2$ 排出源とし、10件が回収したCO $_2$ を石油増産回収(EOR)事業に売却するビジネス形態をとっており、経済性の確保がプロジェクト実施のカギとなっている。石炭火カ発電所のCCSプロジェクトは北米のBoundary DamとKemperの2件にとどまるが、両者とも2014年の運転開始を目指して順調に建設が進んでおり、特に石炭火力からの回収実証の観点からその完成が待たれる。

一方、温暖化対策に積極的な欧州では、これまでCCS導入により大幅なCO2排出削減が期待される石炭火力発電所に対する大規模実証プロジェクトの推進に主眼を置いてきたが、計画通りには進んでいない。欧州委員会は、初期投資に対する支援を目的として2008年と2009年に2つのスキームを立上げているが、経済の混乱、インセンティブとして期待されていた炭素価格の低迷などにより、1996年と2008年にノルウェーで開始されたSleipner、Snøhvitの2つのプロジェクト以降に実施されたプロジェクトはなく、実施が決定された案件もゼロである。こうした中、ノルウェーが2012年に比較的大規模に回収技術の実証を行うことができる試験センターを設立し、回収コストの削減への貢献に期待が寄せられている。また、英国政府が導入を決めた電力の固定価格買取制度は再生可能エネルギーや原子力とともにCCSも対象としており、炭素価格に代わる経済的インセンティブとして注目されている。

豪州では、民間コンソーシアムが海底下ガス田をCCSプロジェクトとして開発している。このGorgonプロジェクトでは、生産した天然ガスを処理する際に発生する年間300万トン超という多量のCO₂を回収して地中に貯留する計画となっており、その建設が2015年の運転開始を目指して順調に進んでいる。同国では、2012年7月に炭素税が導入され、また、連邦政府や州政府がCCSプロジェクトへの出資に積極的であり、CCS推進の環境は整っていると言える。しかしながら、Gorgonに続くプロジェクトの実現には時間を要する見込みである。政府が主導し、多数の排出事業者が参加することになるSouth West Hub、Carbon Netと呼ばれる2つの大規模プロジェクトがあるが、現在、フィージビリティ・スタディの段階にあり、政府による出資コミットもスタディまでにとどまっている。

こうした中、アジアにおけるプロジェクトの動向が注目を集めている。日本政府が北海道苫小牧市での大規模実証の準備を進めているほか、中国では CO_2 回収レートが年間10万トンクラスの2件のCCSプロジェクトが操業中であり、10~30万トンクラスの2件が建設中とされている。

第11回温室効果ガス制御技術国際会議(GHGT-11)を開催















2012年11月18日(日)~22日(木)、国立京都国際会館をメイン会場として、第11回温室効果ガス制御技術国際会議(GHGT-11:11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies)を開催しました。GHGT会議は、北米・欧州・アジア太平洋の3地域が持ち回りで2年ごとに開催されており、今回、10年振りに日本での開催となりました。この会議シリーズはCCSを中心テーマとしており、この分野における世界最大級の国際会議です。GHGT-11は、RITEが日本側の主催者となり、IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEAGHG)(IEA(国際エネルギー機関)実施協定の一つであり、事務局は英国))と共催して実施しました。

前回オランダで開催されたGHGT-10では欧米の参加者が8割以上を占めていましたが、今回は、日本346名、中国61名、韓国60名などアジア各国から526名の研究者が集まり、総計で48か国より1293名のご参加を得て成功裡に終了しました。日本国内からは、8社・団体よりご寄附をいただき、12社にスポンサーとして、また5社・団体に出展者としてご協力いただきました。また、経済産業省、京都府、京都市、京都文化交流コンベンションビューロー、京都商工会議所より後援いただきましたこと感謝申し上げます。

会議は、「プレナリーセッション(基調講演、ファイナルパネルディスカッションなどの全体会合)」、「テクニカルセッション(論文口頭発表、ポスター発表等)」及び「ソーシャルプログラム(ウェルカムレセプション、コンファレンスディナー)」の三部門から構成されました。

プレナリーセッションは、CCSを中心にしつつも、地

球規模での温暖化対策の取り組みに向けたより広い視点での情報発信を行うことを目的として実施しました。GHGT会議の公式言語は英語ですが、一般財団法人地球産業文化研究所のご支援により、プレナリーセッションにおいては英語一日本語の同時通訳を導入するとともに、講演内容を日本語に翻訳した成果報告書を2013年2月に発行することができました。

テクニカルセッションの内容も含めた会議の総括については、会議公式サイトwww.ghgt.infoにて "GHGT-11 Conference Summary"が公開される予定です。また、発表論文については、2013年3月に Elsevier社よりオンライン論文集の発行を予定しております。

セッションの合間には、紅葉の国際会館庭園を散策、 折り紙に挑戦するなど(中央の写真)、思い思いに楽し む参加者の姿も見られました。

ソーシャルプログラムとしては、11月18日(日)ホテルグランヴィア京都においてウェルカムレセプションを開催し、会議の成功を願うと同時に日本文化の紹介もかねて鏡開きを行いました(左の写真)。11月21日(水)には、ウェスティン都ホテル京都においてコンファレンス・ディナーを開催し、京舞を楽しんでいただきました。ディナーの場では、CCS研究とGHGT会議シリーズに対する長年の貢献をたたえ、IEAGHGのExecutive Committee議長であるKellyThumbimuthuより(右の写真・右側)よりSallyBenson(米国Stanford大学教授、GHGT11プログラム委員:同写真左側)に「グリーンマン賞」が授賞されました。

GHGT-11の全体会合と技術セッション

今回のGHGT-11では、"CCS:Ready to Move Forward"というテーマのもと、3件の基調講演、6件のプレナリー講演、およびファイナルパネルディスカッションを含む全体会合と約300件の口頭および約600件のポスター発表が行われ、CO2回収・貯留(CCS)を中心としたCO2削減技術について、活発な議論が行われました。本項ではこの全体会合と技術セッションの概要について紹介します。

1.参加国動向

今回の参加人数は、48カ国1、293名で、その内訳は、日本:346、米国:172、ノルウェー:118、英国:97、オーストラリア:72、中国:61、韓国:60、カナダ:57の順となっています。開催国である日本の参加者が多いのは当然ですが、従来から参加者の多い米国、ノルウェー、英国が二位から四位を占めています。また、今回はアジアでの開催ということで、中国・韓国からの参加が大幅に増加しました。



2.全体会合

今回の会議のテーマは"CCS:Ready to Move Forward"で、前回のテーマで ある"From research to reality"からさらに進んで、「CCSの機は熟した。CCSはこれから利用の時を迎える。さあ動きだそう。」という意味が込められています。しかし、世界的な経済の低迷もあり、実用化のためには数多くの課題が浮き彫りにされました。これらを解決するには各国政府の強いリーダーシップが必要であることが会議全体を通してくりかえし強調されました。

初日の基調講演としては、つぎの3件の講演が行われました。

(㈱東芝 取締役会長 西田 厚聰 氏
「エネルギーと環境の真の調和をめざして」
グローバルCCSインスティテュート CEO
Brad Page氏
「世界のCCSの進捗:現状と将来への提言」
米国エネルギー省 上級アドバイザー
Jay Braitsch氏
「CCSプロジェクトは実現しつつある
ー米国の実証プログラム」

西田氏は東芝グループが実施しているプロセス、製品、技術、市場のグリーン化活動について紹介されました。つぎのBrad Page氏は、近頃発表した2012年版の"Global Status of CCS"からCCSの現状分析と今後に向けての提言を紹介されました。最後のJay Braitsch氏からは米国エネルギー省がサポートしているCCS実証プロジェクトの紹介がありました。

二日目からは毎朝2件のプレナリー講演が行われました。発表者と講演タイトルは次の通りです。

国際エネルギー機関(IEA), Juho Lipponen氏「CCSの世界ビジョン-IEAのCCSロードマップを再考する」

マサチューセッツ工科大学 Frank O'Sullivan氏 「世界ガス供給革命一資源量、コスト、CCSとの関係」 東京大学 佐藤光三教授

「GHGT101: 日本のCO2貯留」

世界鉄鋼協会 Henk Reimink氏

「エネルギー集約型産業におけるCO₂回収技術の

実践と将来の課題:鉄鋼業界の活動」

Ecofys Chris Hendriks氏

CO2輸送インフラの概観と最近の進展

「京都議定書を超えて-気候変動へのより

(公財)地球環境産業技術研究機構 秋元圭吾

効果的な枠組みし

最後のパネルディスカッションでは、RITE の山地 憲治研究所長の司会のもとJuho Lipponen (IEA)、 James A. Edmonds (PNNL)、橘川 武郎(一橋大 学)および 立花 慶治 (一般財団法人電力中央研究所) の各氏がパネリストとして参加し、「地球温暖化対策のために〜エネルギーベストミックスと国際連携の推進〜」について活発な議論が行われました。最後に、「気候変動対策にはCCSが必要。今後は、さらなる展開のため、デモプロジェクトによる実績を積み、得られた知見を共有化していくことが重要であり、CCSに関する情報をステークホルダーに広く知らしめ、CCSが魅力的な技術であることをさらに訴えていく必要がある」というメッセージでディスカッションがしめくくられました。

3.技術セッションの概要

口頭発表は表1に示す77のセッションで実施されました。回収分野が21、貯留分野が地中・その他の貯留オプションを含めると23あり、この両方で全セッションの半分以上を占めています。政策関係のセッション(CCS政策、法規制、社会受容を含む)が5セッションといささか少なく感じます。

統合システムの5つのセッションでは、コストとリスクの技術評価、操業の柔軟性、システム統合(発電所、設備、その他)についての発表がありました。また、貯留、米国の地域リーダーシップ、政策関連、回収と輸送、燃焼後回収の5つの分野の実証試験のセッションが設けられ、このうちの「貯留」のセッションで「苫小牧での大規模実証試験」が紹介されました。

表1 分野別技術セッション数

技術セッション名	数
回収	21
貯留 (地中・その他オプション含む)	23
輸送	3
統合システム	5
実証試験	5
産業ソース	2
制作(制作・法規・受容)	5
商用化	1
教育	1
CO ₂ 利用	4
ネガティブエミッション	1
パネルディスカッション	6
合計	77

回収セッション

回収技術は燃焼後回収、燃焼前回収、酸素燃焼と大きく3つに分類されますが、今回の会議では、燃焼後回収に関する発表が12セッションと回収全体の半分以上を占めました。燃焼前回収が2セッション、酸素燃焼が3セッションですから、桁違いに多くなっています。直近の回収技術として燃焼後回収が広く検討されている事がうかがえます。

燃焼後回収の発表内容も新吸収液の開発などの基礎、充填剤の選定・腐食などの工学的なもの、プロセスシミュレーション、さらには実証試験に至るまで幅広く取り扱われておりますが、特に目を引くのは、環境関係のセッションが3つあることです。吸収液の構成成分であるアミン化合物の変性、その環境中での挙動、影響などについての検討結果がノルウェーおよびオーストラリアから発表されました。また、ノルウェーの実証プラントにおけるアミン等の排出規制値についても報告がありました。

実証試験については、燃焼後回収がTCM(ノルウェー)、Munmorah石炭火力発電所(豪州)、Wilhelmshaven無煙炭火力発電所(ドイツ)、Ferrybridge発電所(英国)など、燃焼前回収がPuertollano IGCC(スペイン)、酸素燃焼ではCallide Oxyfuel Project(豪、日)、Vattenfall Oxyfuel(独)、Compostilla発電所(スペイン)、ENIのFCC酸素燃焼(イタリア)などが紹介されました。先進的技術として、分離膜、固体吸収材、およびケミカルルーピングの発表がありました。また、CO2回収については、石油・天然ガス生産や発電分野のみならず、鉄鋼・セメントなどの産業分野も重要です。産業ソースという名前で2セッションが設けられ、鉄鋼やセメント分野などでの回収技術が発表されました。日本からもCOURSE50プロジェクトが紹介されています。





貯留セッション

貯留セッションではCO2の地中貯留に関して、広範囲なテーマが網羅されていました。世界および特定地域(オランダ沖、豪南クィーンズランド)のCO2貯留容量の推定やノルウェー、デンマーク、苫小牧など海域(海底下)の貯留に関するサイト評価と選定の事例が紹介されました。また、モデリングとシミュレーションでは不確実性の取り扱いについて議論されました。また、CO2圧入性については、Snøhvitの事例紹介や、生産井の設置を含めて、圧力管理について議論されています。

モニタリングについては、CO2の漏洩のモニタリングについて発表がありました。また、In Salah(微少振動)、Otway、長岡、Weyburn(CO2漏洩)におけるモニタリング結果が紹介されました。そのほか安全性評価では、海洋環境への影響を検討するQICSプロジェクトの結果が紹介され、3つのセッションでリスクアセスメントとマネージメント、災害対策とレメディエーションについて議論が行われました。

そのほか、CO₂利用(CCUS)に関して、炭化水素増進回収(EOR、EGR、ECBM)や地熱とCCSの組み合わせに関する発表がありました。

政策セッション

政策のセッションは2つあり、CCSのCDMがUNFCCCで正式に認められたこと、その様式と手続き(M&P)、炭素市場とCCS、EUETSの効果、炭素価格の低迷に伴うCCSの新たな道筋の必要性等について議論されました。また、法規制のセッションでは、EU指令の各国導入状況についての紹介がありました。さらにCCSの社会的受容については、オランダ、スペイン、ポーランド、スコットランド、中国、米国のRCSPにおいての調査結果が報告されています。

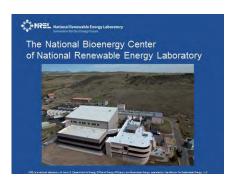
reneurial way basically based on innovations by sectors. G8/G20 Summit or COP (Conference of rties to the UN Framework Convention on Climate e) opened every year is talking about only the ory way. This presentation, however, shows the ance of the entrepreneurial way along with the ory way.



バイオ研究グループ

セルロースエタノール製造に向けて NRELと共同研究を開始

米国エネルギー省傘下の再生可能エネルギー研究所 (NREL)と共同研究を開始しました。米国では、食料資源と競合しないセルロース等の非食料バイオマス資源を原料としたバイオ燃料実証生産が、発酵阻害物質を原因とする「技術的な壁」により大幅に遅れています(バイオ研究グループ本文参照)。本共同研究では、民間会社も加わりNRELが開発した世界をリードする前処理・糖化技術と、発酵阻害物質に高い耐性を持つRITEバイオプロセスを組み合わせて「技術の壁」を克服します。本年後半から、RITEのベンチャー企業であるGreen Earth Institute 株式会社も参加して、セルロースエタノール生産の実証実験を始める予定です。



米国再生可能エネルギー研究所(NREL)



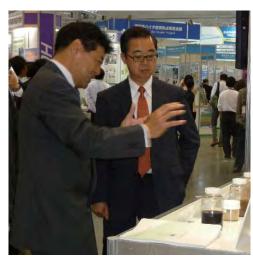
米国工業微生物学会で NREL との 共同研究成果を発表する湯川理事(2012年8月)



実証実験を始める GEI 社の試験設備完成予想 CG(千葉県)

BioJapan2012(World Business Forum) セミナーおよび出展に多数の来場者

バイオジャパン組織委員会(JBA、RITE他)が主催し たワールドビジネスフォーラムが2012年10月10~ 12日に横浜パシフィコで開催されました。RITEは、一 昨年から主催団体の一つとして参加しています。当グ ループの湯川理事がコーディネーターを務めるセミ ナー「グリーンイノベーションサミット」は今回で4回 目を迎え、例年同様多くの方々にご参加いただきまし た。展示会場では、「RITEバイオプロセス」の事業化を 目指して創立したGreen Earth Institute 株式会 社との共同展示を行い、「RITEバイオプロセス」を中心 にパネルやビデオで研究成果を展示すると共に、事業 化を目指したGEI社の取り組みを紹介しました。また、 共同研究中の企業もRITEバイオプロセスで生産した 原料を使用した製品やパネル展示を行いました。セミ ナーも含めて多くの方々にご来場いただき紙面を借り て厚く御礼申し上げます。



経済産業省製造産業局長 菅原郁郎様ご視察



RITE / GEI 共同展示ブース

化学研究グループ

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」



2012年9月28日、次世代型膜モジュール技術研究組合主催、経済産業省共催により、第一ホテル東京において、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」が開催されました(日本CCS調査株式会社(JCCS)、グローバルCCS機構(GCCSI)及び(社)新化学技術推進協会(JACI)後援、日本膜学会及び化学工学会(SCEJ)協賛)。政府関係者、企業、大学、研究機関から147名の参加を頂きました。

次世代型膜モジュール技術研究組合は、RITEの化学研究グループが世界に先駆けて研究開発した分子ゲート膜を実用化するために、㈱クラレ、日東電工㈱、新日鉄住金エンジニアリング㈱及びRITEにより、設立されました。

このシンポジウムは、技術研究組合が行っている CO_2 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、 CO_2 分離回収に関心を持つ 方々に最新の情報を広く伝え、官民挙げての CO_2 削減 に関する研究開発活動に理解を得ることを目的としました。昨年の第1回シンポジウムに続き、今回は2回目 の開催となりました。

今回のシンポジウムでは、基調講演として、RITE山地研究所長より「エネルギー・環境問題とCCS」と題して、昨今の情勢からCCSへの期待の高まり、日本のCCSへの取り組み状況、今後日本が取るべきエネルギー政策再構築について講演しました。続けて当該技

術研究組合研究推進委員長・広島大学 都留教授より、膜分離技術、特に各種CO₂回収プロセスへの膜技術の最新動向について解説頂くと共に、将来展望として新規材料膜の開発と応用展開について紹介頂きました。

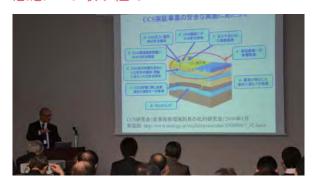
また、海外の開発状況について、昨年のシンポジウムで要望の高かった、米国MTR社および欧州オランダECN社からCO2回収技術の最新動向について講演頂きました。MTR社Dr. Merkel氏からは、燃焼前・燃焼後のCO2回収プロセスのための、MTR社における膜材料及びプロセス設計、発電所における実証試験について紹介頂くとともに、今後の新規分離膜への取り組みについても言及頂きました。ECN社Dr. Vente氏からは、燃焼前CO2回収のオプションとして、ECN社におけるCO2からの水素分離技術の開発状況、特にパラジウム薄層貴金属膜の実証試験状況について紹介頂きました。

最後に当該技術研究組合 中尾専務理事から、当組合が開発しているCO₂分子ゲート膜ならびに膜モジュールの開発状況について報告致しました。 技術研究組合メンバーによるポスターセッションも行い、関係の皆様方と議論をすることができました。

来場者にアンケートをした結果、77人から回答いただき、80%にあたる62人から、良かったという回答を頂きました。

CO。貯留研究グループ

CCSテクニカルワークショップ 〜貯留層に圧入したCO2の漏出に係る 懸念への取り組み〜



RITE CO₂貯留研究グループは、経済産業省の共催で、2013年1月24日(木)にベルサール八重洲(東京都中央区)において、"貯留層に圧入したCO₂の漏出に係る懸念への取り組み"をテーマとしたCCSテクニカルワークショップを開催しました。2012年に日本のCCSの大規模実証プロジェクトが立ち上がるなど、世界でCCSの普及が本格化する中、こうしたCCSの安全性に係る取り組みは重要になってきています。政府関係者、企業、大学、研究機関から約140名の参加があり、東京大学の佐藤徹教授の司会進行のもと、国内外の4名の専門家の講演を通して、こうした取り組みやCCSの安全性確保のあり方について議論を行いました。

初めに、RITE主任研究員 喜田潤から安全性に係る法 規制や環境影響評価の実例が紹介されました。引き続い て、イリノイ地質調査所のRobert J. Finley教授から、 貯留されたCO2の漏出を生じさせないための取り組みと して、米国Decaturプロジェクトにおけるサイトの貯留 性能評価とモニタリングの計画と実績、RITE研究員 内 本圭亮から、万が一、海底下貯留層からCO。が漏出した場 合の評価手法、テキサス大学オースティン校の Katherine Romanak博士からはカナダのWeyburnプ ロジェクトにおけるCO₂漏出の疑いに対して実施された フィールド調査が説明されました。環境影響評価プロセ スがCCSの社会的受容性の向上に大きく寄与すること、 モニタリングプログラムを通して、科学者のみならず、規 制当局、一般市民が、CO2が漏洩していないことやサイト が安全であることを確認できること、CCSプロジェクト の実施前に事故対応プロトコルを定めておくことの重要 性などが指摘されました。最後に佐藤教授より、CCSプ ロジェクトなどにおいては、経済発展と環境影響の両方 の視点が必要であり、環境影響対策は付加価値として認 識されるべきであるとの総括がなされました。

システム研究グループ

ALPS国際シンポジウム開催について

2012年2月7日、灘尾ホール(東京)にて経済産業省後援の下、RITEが主催し、平成23年度ALPS国際シンポジウム(副題:持続可能な発展と調和した温暖化対策)を開催致しました。

今回のシンポジウムでは、海外からの招待講演者の発表4件(国際応用システム分析研究所: Nebojsa Nakicenovic氏・Arnulf Grübler氏、スタンフォード大学: John P. Weyant氏、経済協力開発機構: Rob Dellink氏)、国内からの講演者の発表4件(沖大幹氏:東京大学、杉山大志氏:電力中央研究所、建築研究所:村上周三氏、RITE理事長: 茅陽一)、またALPSプロジェクトに関する発表(RITE: 秋元圭吾)にて、最新の研究成果をご紹介いただきました。持続可能な発展と温暖化対策、およびそのシナリオ分析に関して、長期かつ多視点からのご意見を伺いました。

約200名の方に参加いただき、地球温暖化問題に関わる研究者のみならず、広く行政機関や企業等関係者の交流の場としても有意義なものになったと考えます。今後の研究・開発に役立て、一層の貢献をして参ります。



平成24年度ALPS国際シンポジウムを2013年2月 27日に開催予定です(RITE主催、METI共催)。国内外 からの著名な研究者に講演を頂き、持続可能な温暖化 対策、対応の枠組みについて最新の動向、見通しを紹介 いただく予定です。

企画調査広報グループ

革新的環境技術シンポジウム2012 〜グリーン成長を目指して〜





2012年12月5日に伊藤謝恩ホール(東京大学)において「革新的環境技術シンポジウム 2012~グリーン成長を目指して~」を開催しました。

本シンポジウムは、経済産業省、公益社団法人日本化学会、公益社団法人化学工学会、公益社団法人日本農芸化学会、一般社団法人工ネルギー・資源学会、一般社団法人日本エネルギー学会の後援を受け、RITEの成果報告会として開催したものです。

初めに山地所長より「グリーン成長への期待と課題」 と題した講演を行い、産業振興と経済発展に寄与する グリーン成長実現のための課題や方策について講演 し、続いて研究企画グループの都筑より、CCSを巡る世 界の動向とISO化の動きやRITEの今後の課題につい てご報告しました。

研究グループからは、RITEが取り組んでいるバイオリファイナリー技術、地球温暖化対策シナリオ提案、CCS技術に関する研究成果と今後の展望について、世界の最新の技術動向と日本の状況を踏まえ、広く関係の皆様方にご報告しました。

経済産業省など政府関係者のほか、産業界・学界等から287名の方々が参加され、活発な質疑やご意見をいただくことができました。

けいはんな地域の子供たちへの 環境教育

けいはんな地区在住の小中高生を対象として、地球温暖化問題に関する教育に取り組んでいます。平成24年度は京都府教育局主催「やましろ未来っ子サイエンスラリー事業」、精華町立中学校の学研都市企業訪問学習や中学校への出張授業など地元教育機関と連携した活動を実施しました。授業では地球温暖化の原因とそれが与える自然への影響、そして二酸化炭素削減へ向けたRITEの研究開発への取り組みについて解説しました。参加した生徒達は、どの生徒も熱心に説明を聞いており、二酸化炭素の地中貯留など、新しく触れる技術に驚きと興味の声が挙がっていました。研究施設を身近に感じることで科学への関心を深めてもらえるよう、今後も取り組んで参ります。





発表論文一覧 RITE Today 2013

システム研究グループ発表論文一覧 2012年(平成24年)

●原著論文

- J. Oda, K. Akimoto, T. Tomoda, M. Nagashima, K. Wada, F. Sano. International comparison of energy efficiency in power, steel and cement industries, Energy Policy Vol.44 pp.118-129, May 2012
- K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, K. Wada, M. Nagashima, J. Oda. Comparison of marginal abatement cost curves for 2020 and 2030: longer perspectives for effective global GHG emission reductions, Sustainability Science Vol.7 No.2 pp.157-168, July 2012
- 3. K. Akimoto, F. Sano, A. Hayashi, T. Homma, J. Oda, K. Wada, M. Nagashima, K. Tokushige, T. Tomoda. Consistent assessments of pathways toward sustainable development and climate stabilization, Natural Resources Forum Vol.36 No.4 pp.231-244, November 2012
- 4. T. Homma, K. Akimoto, T. Tomoda. Quantitative evaluation of time-series GHG emissions by sector and region using consumption-based accounting, Energy Policy Vol.51 pp.816-827, December 2012
- 5. K. Wada, K. Akimoto, F. Sano, J. Oda, T. Homma. Energy-efficiency opportunities in the residential sector and their feasibility, Energy Vol.48 Issue 1, pp.5-8, December 2012
- K. Wada, F. Sano, K. Akimoto, T. Homma, K. Tokushige, M. Nagashima, T. Tomoda. Assessment of Copenhagen pledges with long-term implications, Energy Economics Vol.34 Supplement 3, S481-S486, December 2012
- 7. A. Hayashi, K. Akimoto, T. Tomoda, M. Kii. Global evaluation of the effects of agriculture and water management adaptation on the water-stresses population, Mitigation and Adaptation of Strategies for Global Change, in press
- 8. M. Kii, K. Akimoto, A. Hayashi. Risk and hunger under climate change, social disparity, and agroproductivity scenarios, Environmental Modeling and Assessment, in press
- K. Akimoto, F. Sano, A. Hayashi, T. Homma, J. Oda, M. Nagashima, K. Tokushige, T. Tomoda. Trade-offs and synergies of sustainable development and climate stabilization in Asian regions, Edited Volume of Environment Policy in Asia (National University of Singapore (NUS)), in press

◆解説/総説文

- Keigo Akimoto, Chapter 3: Mitigation target, Chapter 5, Cost of mitigation, Chapter 8: Potential for energy efficiency improvement and barriers. Climate Change Mitigation -A Balanced Approach to Climate Change- (Springer), January 2012
- 2. 秋元圭吾、脱原発・縮原発の帰結 —経済、家計、CO2排出へのインパクト—、エネルギーフォーラム58巻686号、2012年2月
- 3. 和田謙一、温暖化対策の動向と課題 EUにおける排出量取引、再生可能エネルギー、省エネルギー政策からの示唆、電気評論、2012年8月
- 4. 秋元圭吾、地球温暖化とエネルギー展望:温室効果ガス排出と温暖 化影響、日本エネルギー学会誌、2012年7月号pp.605-607
- 5. 「エネルギー・環境に関する選択肢」を深く正しく理解しよう、秋元圭吾、 日本商工会議所(会議所ニュース)、2012年9月
- 6. 小田潤一郎、秋元圭吾、日本鉄鋼業、世界で最も優れたエネルギー効率を維持、国際環境経済研究所のWeb にて、2012年10月
- 7. 秋元圭吾、地球温暖化問題からみた今後の電力供給・政策の課題、電

気評論、2012年12月

◆口頭発表(国内学会)

- 1. 秋元圭吾、地球温暖化対策とエネルギー展望: 温室効果ガス排出と 温暖化影響、日本エネルギー学会「エネルギー学」部会セミナー、2012年1 月23日
- 2. 秋元圭吾、林礼美、佐野史典、本間隆嗣、小田潤一郎、長島美由紀、徳 重功子、友田利正、地球温暖化対策と持続可能な発展シナリオの分析、第 28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 3. 徳重功子、秋元圭吾、小田潤一郎、本間隆嗣、我が国の京都議定書目標達成の見通しについて、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 4. 長島美由紀、秋元圭吾、和田謙一、小田潤一郎、佐野史典、環境・省 エネ設備の投資潜在コストについての考察、第28回エネルギーシステム・ 経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 5. 林礼美、本間隆嗣、秋元圭吾、佐野史典、気候変動下での農業土地利用に関する分析、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 6. 佐野史典、秋元圭吾、林礼美、本間隆嗣、土地利用を考慮した温暖化 緩和策におけるバイオエネルギー利用・植林の評価、第28回エネルギーシ ステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 7. 和田謙一、秋元圭吾、佐野史典、小田潤一郎、長島美由紀、徳重功子、リスク認知における人間の限定合理性、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 8. 本間隆嗣、林礼美、佐野史典、秋元圭吾、CO2制約下における国別食糧セキュリティ指標、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 9. 小田潤一郎、秋元圭吾、佐野史典、和田謙一、CO2制約下における国別のエネルギーセキュリティ指標、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月31日
- 10. 秋元圭吾、地球温暖化対策を踏まえた我が国のエネルギーシステムの将来展望、化学工学会 第77年会、2012年3月16日
- 11. 秋元圭吾、佐野史典、本間隆嗣、小田潤一郎、日本の中長期の電力供給と地球温暖化対策の分析・評価、第31回エネルギー・資源学会研究発表会、2012年6月5日
- 12. 佐野史典、秋元圭吾、和田謙一、世界エネルギーシステムモデルにおけるモデル表現の差異によるCO2排出削減効果への影響、第31回エネルギー・資源学会研究発表会、2012年6月5日
- 13. 小田潤一郎、秋元圭吾、和田謙一、長島美由紀、佐野史典、中国における中小規模製鉄所の存続理由の考察、第31回エネルギー・資源学会研究発表会、2012年6月6日
- 14. 秋元圭吾、佐野史典、林礼美、本間隆嗣、小田潤一郎、和田謙一、長島美由紀、徳重功子、友田利正、持続可能な発展と調和した地球温暖化対策に関するシナリオ分析、環境経済・政策学会 2012年大会、2012年9月15日、16日
- 15. 林礼美、秋元圭吾、佐野史典、世界のバイオ燃料用作物潜在量に関するシナリオ分析、環境科学会 2012年会、2012年9月14日
- 16. 秋元圭吾、我が国のエネルギー戦略とCO2削減について一政策の分析・評価一、化学工学会P&Dセミナー、2012年12月14日

◆口頭発表(国際学会)

- 1. Kenichi Wada, Co-benefits of energy efficiency in the context of climate change mitigation, IGES International Workshop on a Co-Benefits Approach, Feb. 13, 2012
- 2. F. Sano, K. Akimoto, T. Homma, J. Oda, K. Wada, Analysis of

- Asian long-term climate change mitigation in power generation sector, 3rd IAEE Asian Conference, Kyoto, Japan, Feb. 20, 2012
- 3. J. Oda, K. Akimoto, F. Sano, M. Nagashima, K. Wada, T. Tomoda, Assessment of Asian energy security index in the context of global CO2 mitigation, 3rd IAEE Asian Conference, Kyoto, Japan, Feb. 20, 2012
- 4. K. Wada, F. Sano, Solar and wind representation in DNE21+ model for EMF27 study, EMF 27, Stanford University, US, May 1, 2012
- 5. Keigo Akimoto, Trade-offs and synergies of sustainable development and climate stabilization in Asian regions, Policies for Environmentally Sustainable Development: Asia's Perspective an International Workshop, Singapore, May 24, 2012
- 6. K. Wada, F. Sano, DNE21+'s study results and energy policy debate in Japan, AMPERE Project Meeting in Venice, Italy, May 23, 2012
- 7. Takashi Homma, Analysis of economic impacts including poverty under global CO2 emissionreduction targets, GTAP Conference 2012, Centre International de Conférences Genèva, Switzerland, June 29, 2012
- 8. J. Oda, K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, A. Hayashi, M. Nagashima, K. Wada, T. Tomoda, Comprehensive evaluation of sustainable development and climate stabilization: ALPS Project, IIASA 40th Anniversary Conference, Austria, October 24, 2012
- A. Hayashi, K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, J. Oda, K. Wada,
 M. Nagashima, T. Tomoda, K. Tokushige, Global evaluation of land area required for food production and water stress, IIASA 40th Anniversary Conference, Austria, October 24, 2012
- 10. K. Akimoto, K. Wada, F. Sano, A. Hayashi, T. Homma, J. Oda, M. Nagashima, K. Tokushige, T. Tomoda, Consistent analysis of different scenarios of climate stabilization and sustainable development, IAMC (Integrated Assessment Modeling Consortium) 2012 Annual Meeting, Netherlands, November 12, 2012
- 11. K. Wada, F. Sano, Decomposition analysis of emission reduction scenarios with DNE21+ model, AMPERE Project Meeting in Utrecht, Netherlands, November 14, 2012
- 12. J. Oda, K. Akimoto, F. Sano, M. Nagashima, K. Wada, T. Tomoda, Analysis of CCS impact on Asian energy security, GHGT-11, Nov. 20, 2012, Kyoto, Japan
- 13. F. Sano, K. Akimoto, K. Wada, M. Nagashima, Analysis of CCS diffusion barriers for CO2 emission reduction considering technology diffusion barriers in the real world, GHGT-11, Nov. 20, 2012. Kyoto, Japan
- 14. M. Nagashima, K. Akimoto, F. Sano, A. Hayashi, T. Homma, J. Oda, K. Wada, K. Tokushige, T. Tomoda, Comprehensive analysis of measures towards sustainable development and climate stabilization:ALPS Scenarios, GHGT-11, Nov. 20, 2012, Kyoto, Japan
- 15. Keigo Akimoto, Beyond Kyoto More effective framework for climate change, GHGT-11, Nov. 22, 2012, Kyoto, Japan

◆出版物等その他発表

- 1. 秋元圭吾、真のグリーン成長の実現に向けた日本の戦略、第五回けいはんな先端技術トップセミナー、2012年2月15日
- 2. 秋元圭吾、エネルギー問題が日本経済に及ぼす影響について、長野商

工会議所 議員総会、2012年3月26日

- 3. 秋元圭吾、本間隆嗣、佐野史典、RITEエネルギー・経済モデルによる 2030年の経済影響分析、総合資源エネルギー調査委員会・基本問題委 員会 (経済産業省)、2012年5月9日
- 4. 秋元圭吾、原子力発電のコストと経済影響、東京都議会 民主党会 派勉強会、2012年5月14日
- 5. 秋元圭吾、本間隆嗣、佐野史典、RITEエネルギー・経済モデルによる 2030年の経済影響分析(2)、総合資源エネルギー調査委員会・基本問題 委員会 (経済産業省)、2012年5月21日
- 6. 秋元圭吾、本間隆嗣、佐野史典、RITEエネルギー・経済モデルによる 2030年の経済・C02影響分析、中央環境審議会地球環境部会・2013 年以降の対策・施策に関する検討小委員会合同会合 (全国都市会館、 東京都)、2012年5月28日
- 7. 秋元圭吾、新たな気候変動枠組みの構築に向けて、IGES「気候変動将来枠組みに関する検討会」 (IGES東京事務所)、2012年7月2日
- 8. 秋元圭吾、エネルギー・環境戦略による経済・産業への影響、日本学術会議主催学術フォーラム 「今、復興の力強い歩みを一震災後のエネルギー・産業復興を考える」(日本学術会議講堂、東京都)、2012年7月3日
- 9. 秋元圭吾、新たなエネルギー戦略およびCO2排出削減戦略の策定、(社) 科学技術と経済の会 「エネルギー・環境」専門委員会、2012年7月11日
- 10. 秋元圭吾、今後のエネルギー環境戦略、RITE交友会 (経団連会館、東京都)、2012年7月13日
- 11. 秋元圭吾、エネルギー・環境会議選択肢の分析および代替戦略の可能性、エネルギー政策に関するシンポジウム 我が国のエネルギー・環境政策のありかた 〜選択肢の国民的議論に向けて〜 (経団連会館、東京)、2012年7月23日
- 12. 秋元圭吾、IPCC統合シナリオ策定動向と概要、IPCC WG3 国内 幹事会 (経済産業省)、2012年8月3日
- 13. 秋元圭吾、エネルギー・環境会議選択肢のRITE分析と留意点、関経連「エネルギー・環境に関する選択肢の経済モデル討論会」 (リーガロイヤルホテル、大阪市)、2012年8月10日
- 14. 秋元圭吾、IPCC WG3 Chapter 6 Assessing transformation pathway (FOD)の状況、IPCC WG3 産業章勉強会 (経済産業省)、2012年8月21日
- 15. 秋元圭吾、ポスト京都の新たな国際枠組みに向けて、経団連 国際環境戦略WG会合、2012年8月29日
- 16. 秋元圭吾、我が国のエネルギー環境戦略について、財務省ランチミーティング、2012年9月4日
- 17. 秋元圭吾、RITEにおける温暖化対策総合研究とIPCC統合シナリオ動向、第一回シナリオ・イニシアティブ会合、電力中央研究所、2012年9月10日
- 18. 秋元圭吾、エネルギー政策に関する動きについて、桐生商工会議所 会館、2012年9月27日
- 19. 秋元圭吾、エネルギー・環境会議選択肢の経済影響と課題、国際環境経済研究所 プレス勉強会、2012年9月24日
- 20. 小田潤一郎、世界水準のエネルギー効率を堅持している日本鉄鋼業、 重工業研究会、2012年10月3日
- 21. 秋元圭吾、Economic impacts and issues of options for energy and environment provided by the Japanese government、経済広報センター 海外研究者招聘意見交換会、2012年10月24日
- 22. 秋元圭吾、国民生活からみた原子力の平和利用、核兵器禁止平和 建設国民会議 研修会、2012年10月25日
- 23. 和田謙一、Evaluation, diagnostics and uncertainty in Integrated Assessment Model 及びAMPERE、第二回シナリオ・イニシアティブ会合、電力中央研究所、2012年12月12日
- 24. 秋元圭吾、IMAC報告Energy—water-land interactions、第二回シナリオ・イニシアティブ会合、電力中央研究所、2012年12月12日

発表論文一覧 RITE Today 2013

バイオ研究グループ発表論文一覧 2012年(平成24年)

◆原著論文

- X. Peng, S. Yamamoto, A.A. Vertès, G. Keresztes, K. Inatomi, M. Inui and H. Yukawa. Global transcriptome analysis of the tetrachloroethene-dechlorinating bacterium *Desulfitobacterium hafniense* Y51 in the presence of various electron donors and terminal electron acceptors. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 39:255-268. 2012.
- 2. S. Hasegawa, K. Uematsu, Y. Natsuma, M. Suda, K. Hiraga, T. Jojima, M. Inui and H. Yukawa. Improvement of the redox balance increases L-valine production by *Corynebacterium glutamicum* under oxygen deprivation conditions. Appl. Environ. Microbiol. 78:865-875. 2012.
- 3. K. Uematsu, N. Suzuki, T. Iwamae, M. Inui and H. Yukawa. Increased fructose 1,6-bisphosphate aldolase in plastids enhances growth and photosynthesis of tobacco plants. J. Exp. Bot. 63:3001-3009. 2012.
- 4. H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa. NdnR is an NAD-responsive transcriptional repressor of the *ndnR* operon involved in NAD *de novo* biosynthesis in *Corynebacterium glutamicum*. Microbiology 158:975-982. 2012.
- K. Uematsu, N. Suzuki, T. Iwamae, M. Inui and H. Yukawa.
 Alteration of photosynthate partitioning by high-level expression of phosphoglucomutase in tobacco chloroplasts. Biosci.
 Biotechnol. Biochem. 76:1315-1321. 2012.
- 6. S. Yamamoto, W. Gunji, H. Suzuki, H. Toda, M. Suda, T. Jojima, M. Inui and H. Yukawa. Overexpression of genes encoding glycolytic enzymes in *Corynebacterium glutamicum* enhances glucose metabolism and alanine production under oxygen deprivation conditions. Appl. Environ. Microbiol. 78:4447-4457. 2012.
- A.A. Vertès, M. Inui and H. Yukawa. Postgenomic approaches to using corynebacteria as biocatalysts. Annu. Rev. Microbiol. 66:521-550. 2012.
- 8. K. Uematsu, N. Suzuki, T. Iwamae, M. Inui and H. Yukawa. Expression of Arabidopsis plastidial phosphoglucomutase in tobacco stimulates photosynthetic carbon flow into starch synthesis. J. Plant. Physiol. 169:1454-1462. 2012.
- 9. H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa. *Corynebacterium* glutamicum CsoR acts as a transcriptional repressor of two copper/zinc-inducible P_{1B}-type ATPase operons. Biosci.
- 10. Y. Tanaka, S. Ehira, H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa. Coordinated regulation of *gnd*, which encodes 6-phosphogluconate dehydrogenase, by the two transcriptional regulators GntR1 and RamA in *Corynebacterium glutamicum*. J. Bacteriol. 194:6527-6536. 2012.

- 11. H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa. *Corynebacterium glutamicum* Zur acts as a zinc-sensing transcriptional repressor of both zinc-inducible and zinc-repressible genes involved in zinc homeostasis. FEBS J. 279:4385-4397. 2012.
- 12. T. Jojima, T. Igari, W. Gunji, M. Suda, M. Inui and H. Yukawa. Identification of a HAD superfamily phosphatase, HdpA, involved in 1,3-dihydroxyacetone production during sugar catabolism in *Corynebacterium glutamicum*. FEBS Lett. 586:4228-4232. 2012.
- **13**. K. Watanabe, H. Teramoto, N. Suzuki, M. Inui and H. Yukawa. Influence of *SigB* inactivation on *Corynebacterium glutamicum* protein secretion. Appl. Microbiol. Biotechnol. (in press)
- 14. S. Hasegawa, M. Suda, K. Uematsu, Y. Natsuma, K. Hiraga, T. Jojima, M. Inui and H. Yukawa. Engineering of *Corynebacterium glutamicum* for high-yield L-valine production under oxygen deprivation conditions. Appl. Environ. Microbiol. (in press)
- 15. T. Kubota, Y. Tanaka, K. Hiraga, M. Inui and H. Yukawa. Characterization of shikimate dehydrogenase homologues of *Corynebacterium glutamicum*. Appl. Microbiol. Biotechnol. (in press)
- 16. K. Toyoda, H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa.
 Involvement of regulatory interactions among global regulators,
 GIxR, SugR, and RamA in expression of *ramA* in
 Corynebacterium glutamicum. J. Bacteriol. (in press)

◆解説/総説文

- 郷義幸、湯川英明、新世紀を迎えるフェノール樹脂、プラスチックスエージ、58: 107-110. 2012
- 2. 須田雅子、冨山俊男、湯川英明、ソフトバイオマスからの次世代バイオ燃料生産基盤技術の開発、産業と環境、41: 40-44. 2012.
- 3. 田中裕也、乾将行、湯川英明、コリネ型細菌における糖取り込み機構 PTSの遺伝子発現制御、化学と生物、50: 188-195. 2012.
- 4. 乾将行、湯川英明、増殖非依存型バイオプロセスによるバイオ燃料・ 化学品生産技術の開発、生物工学会誌、90: 396-400. 2012.
- 湯川英明、バイオリファイナリー産業の将来、未来材料、12:53-56.
 2012.
- 6. 湯川英明、バイオリファイナリー産業の現状と将来、バイオサイエンスとインダストリー、70: 380-389. 2012.

◆口頭発表(国内学会)

- 1. 田中裕也、乾将行、湯川英明、コリネ型細菌における糖取り込み機構 PTSの遺伝子発現制御、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3 月23-25日
- 2. 須田雅子、山本省吾、郡司渉、茂木康浩、平賀和三、乾将行、湯川 英明、遺伝子組換えコリネ型細菌によるフェノール生産 I:フェノール生 合成経路の代謝設計、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3月 23-25日
- 3. 山本省吾、須田雅子、渡辺恵郎、茂木康浩、平賀和三、乾将行、湯川英明、遺伝子組換えコリネ型細菌によるフェノール生産 II. 還元条件下におけるフェノール生成試験、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3月23-25日
- 4. 豊田晃一、寺本陽彦、乾将行、湯川英明、コリネ型細菌のグローバルレギュレーターGIxRの転写制御システムの解析、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3月23-25日
- 5. 西村拓、寺本陽彦、乾将行、湯川英明、コリネ型細菌の嫌気硝酸呼吸条件下におけるSOS応答の役割、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3月23-25日
- 6. 寺本陽彦、乾将行、湯川英明、コリネ型細菌におけるNAD de novo 生合成オペロンの転写制御因子、日本農芸化学会2012年度大会、 2012年3月23-25日
- 7. 湯川英明、バイオリファイナリー産業の将来像、日本化学会第92春季年会 アドバンスト・テクノロジー・プログラム、2012年3月26日
- 8. 湯川英明、新産業バイオリファイナリーの現状と将来像、第61回高 分子学会年次大会、2012年5月31日
- 9. 辻本敏博、豊田晃一、寺本陽彦、乾将行、湯川英明、コリネ型細菌におけるイソブタノールストレス応答機構のトランスクリプトーム解析、日本生物工学会創立90周年記念大会、2012年10月24-26日

◆口頭発表(国際学会)

1. Hideaki Yukawa, Advances in Oxygen-deprived Production of Organic Acids by *Corynebacterium glutamicum*, Symposium on Bio-based Production of Organic Acids, 2012/5/10-11

◆出版物等その他発表

- 1. 乾将行、湯川英明、コリネ型細菌の潜在能力を活用したバイオ燃料・ 化学品生産技術の開発、合成生物工学の隆起-有用物質の新たな生 産法構築をめざして-、p.159-168、シーエムシー出版、2012.
- 2. 乾将行、湯川英明、新規産業バイオリファイナリーの実現へ向けて、 微生物を活用した新世代の有用物質生産技術、p.195-202、シーエム シー出版、2012.
- 3. Hideaki Yukawa, Masayuki Inui(eds.), Microbiology Monographs: Biology and Biotechnology of *Corynebacterium glutamicum*, Springer, Berlin. 2012.

4. M. Sasaki, M. Inui and H. Yukawa, Microorganisms for xylitol production: focus on strain improvement. p.109-131. In S.S. da Silva and A.K. Chandel (eds.), D-Xylitol: Fermentative Production, Application and Commercialization, Springer. 2012. · RITE Today 2013

化学研究グループ発表論文一覧 2012年(平成24年)

◆原著論文

- Shin Yamamoto, Hiroshi Machida, Yuichi Fujioka, Takayuki Higashii, Shingo Kazama, Novel amine solution development for high pressure CO2 capture and application examination to IGCC gas, ACS Symposium Series, "Recent Advances in Post-Combustion CO2 Capture Chemistry", Vol.1097, pp.87-98, 2012
- Kazuya Goto, Satoshi Kodama, Hiromichi Okabe, Yuichi Fujioka, Energy performance of new amine-based solvents for CO2 capture from blast furnace gas, ACS Symposium Series, "Recent Advances in Post-Combustion CO2 Capture Chemistry", Vol.1097, pp.71-85, 2012
- 3. Kazuya Goto, Firoz Alam Chowdhury, Satoshi Kodama, Hiromichi Okabe, Yuichi Fujioka, CO2 absorption characteristics of 2-Isopropylaminoethanol(IPAE) aqueous solution, ACS Symposium Series, "Recent Advances in Post-Combustion CO2 Capture Chemistry", Vol.1097, pp.317-331, 2012
- 4. Manabu Miyamoto, Ayato Takayama, Shigeyuki Uemiya, Katsunori Yogo, Study of Gas Adsorption Properties of Amidoamine-Loaded Mesoporous Silica for Examining Its Use in CO2 Separation, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol.45, No.6, pp395-400, 2012
- 5. Hidetaka Yamada, Takayuki Higashii, Firoz A. Chowdhury, Kazuya Goto, Shingo Kazama, Experimental study into carbon dioxide solubility and species distribution in aqueous alkanolamine solutions, WIT Trans. Ecol. Envir. 157, pp.515-523, 2012
- 6. Ikuo Taniguchi, Yuka Ootera, Firoz A, Chowdhury, Kin-ya Tomizaki, Teruhiko Kai, Shingo Kazama, Polymeric Membranes Composed of Polystyrenes Tethering Amino Acids for Preferential CO2 Separation over H2, Polymer Bulletin, Vol.69, Issue 4, pp.405-415, 2012
- 7. Ikuo Taniguchi, Shingo Kazama, Hiroshi Jinnai, Structural analysis of poly(amidoamine) dendrimer immobilized in cross-linked poly (ethylene glycol), Journal of Polymer Science PartB:Polymer Physics, Vol.50, Issue 16, pp.1156-1164, 2012
- 8. Ikuo Taniguchi, Nathan G. Lovell, Low-temperature processable degradable polyesters, Macromolecules, 45 (18), pp.7420-7428, 2012
- Manabu Miyamoto, Yuichi Fujioka, Katsunori Yogo, Pure Silica CHA Type Zeolite for CO2 Separation Using Pressure Swing Adsorption at High Pressure, Journal of Materiasl Chemistry, 22 (38), pp.20186-20189, 2012
- 10. Shuhong Duan, Ikuo Taniguchi, Teruhiko Kai, Shingo Kazama, Poly(amidoamine) dendrimer/poly(vinyl alcohol) hybrid membranes for CO2 capture, Journal of Membrane Science, Vol.423-424, pp107-112, 2012

◆解説/総説文

1. 余語克則、甲斐照彦、新規CO2分離回収技術開発の動向 "エネルギー・ 資源、第195号 (平成24年9月号) Vol.33, No.5, p39-43

◆口頭発表(国内学会)

- 1. 風間伸吾、二酸化炭素を安価に分離・回収する新技術ー技術開発の現状と課題ー、高分子同友会 勉強会(高分子学会会議室)、2012年3月7日
- 2. 武山博道、永田健祐、渡部毅、余語克則、細孔内充填型Pd/多孔質アル ミナ複合膜の作製および水素透過性能、化学工学会第77回年会(工学院 大学)、2012年3月15日
- 3. 町田洋、藤岡祐一、山本信、東井隆行、風間伸吾、3級ジアミンに対する CO2吸収挙動、化学工学会第77回年会(工学院大学)、2012年3月15日

- 4. Firoz Alam Chowdhury, Hidetaka Yamada, Takayuki Higashii, Masami Onoda, Shingo Kazama, Selection of Amine Absorbents for CO2 Capture、化学工学会第77回年会(工学院大学)、2012年3月16日
- 5. 西坂洋輔、渡部毅、余語克則、各種アミン修飾メソ多孔体の水蒸気共存 条件下における二酸化炭素吸着特性評価、化学工学会第77回年会(工学 院大学)、2012年3月17日
- 6. 渡部毅、西坂洋輔、余語克則、疎水的空孔を有する新規多孔性配位高 分子の合成と水蒸気共存下での二酸化炭素吸着特性、日本化学会第92 春季年会(慶應義塾大学)、2012年3月28日
- 7. 甲斐照彦、谷口育雄、段淑紅、風間伸吾、ポリアミドアミンデンドリマー/架橋ポリエチレングリコールハイブリッド膜の構造制御と分離特性、日本膜学会第34年会(早稲田大学西早稲田キャンパス)、2012年5月8日
- 8. 谷口育雄、日野正孝、風間伸吾、Degradable Baroplastics From Renewable Resources、第61回高分子学会年次大会(パシフィコ横浜)、 2012年5月29日
- 9. 余語克則、二酸化炭素分離回収技術開発(固体吸収材)の展開、第8回 化学工学イノベーション研究会(RITE京都本部)、2012年8月3日
- 10. 東井隆行、化学吸収液に関する技術、第8回化学工学イノベーション研究会(RITE京都本部)、2012年8月3日
- 11. 甲斐照彦、膜分離に関する技術、第8回化学工学イノベーション研究会 (RITE京都本部、2012年8月3日
- 12. 余語克則、二酸化炭素分離回収技術開発への多孔質材料の応用展開、島津セミナー「触媒および多孔質材料の応用展開」((株)島津製作所三条工場 研修センター43号)、2012年8月29日
- 13. 山田秀尚、松崎洋市、東井隆行、量子化学計算による二酸化炭素-アミン系の反応解析、第6回分子科学討論会(東京大学 本郷キャンパス)、2012年9月18日
- 14. 山﨑浩太、段淑紅、池田健一、甲斐照彦、谷口育雄、風間伸吾、二酸化炭素分離のためのデンドリマー/ポリビニルアルコール膜、第61回高分子討論会(名古屋工業大学)、2012年9月19日
- 15. 谷口育雄、室温成形可能なバイオベースポリマー、第61回高分子討論 会(名古屋工業大学)、2012年9月20日
- 16. 段淑紅、甲斐照彦、谷口育雄、風間伸吾、デンドリマー/PVAハイブリッド 膜の開発とCO2分離特性、化学工学会第44回秋季大会(東北大学川内 北キャンパス)、2012年9月20日
- 17. 糸山晃仁、斉藤崇、谷口育雄、甲斐照彦、有機/無機複合膜の界面構造とガス透過特性、化学工学会第44回秋季大会(東北大学川内北キャンパス)、2012年9月20日
- 18. 山本信、東井隆行、高圧CO2化学吸収液の開発—非水系溶媒の添加効果、化学工学会第44回秋季大会(東北大学川内北キャンパス)、2012 毎9月20日
- 19. 谷口育雄、甲斐照彦、段淑紅、風間伸吾、ポリアジアジンデンドリマー含有高分子膜のCO2雰囲気下でのモルフォロジー、第61回高分子討論会(名古屋工業大学)、2012年9月21日
- 20. 小玉聡、後藤和也、関口秀俊、石炭火力発電所排ガスに対するCO2分離回収技術のプロセス比較、化学工学会第44回秋季大会(東北大学川内 北キャンパス)、2012年9月21日
- 21. 斉藤崇、糸山晃仁、加藤和裕、余語克則、谷口育雄、池田健一、甲斐照 彦、ゼオライト/PDMS複合膜の界面構造と分離特性 "膜シンポジウム2012(神戸大学百年記念館)、2012年11月6日
- 22. 山田秀尚、余語克則、渡部毅、東井隆行、アミン担持メソ多孔体における二酸化炭素吸収反応の解析、第26回日本吸着学会研究発表会((独) 産業技術総合研究所 つくばセンター中央)、2012年11月14日
- 23. 谷口育雄、生分解性バロプラスチックとその応用、第29回バイオ技術シーズ公開会(大阪科学技術センター)、2012年11月27日

◆口頭発表(国際学会)

- Yuichi Fujioka, Kazuya Goto, Decreasing energy of CO2 recovery for CO2 capture & storage "International Institute for Carbon-Neutral Energy Research(I2CNER) International Workshop (Kyushu Univ.), 2 February 2012
- 2. Teruhiko Kai, Poly(amidoamine) Dendrimer/Polymer Hybrid Membranes for CO2 Capture, International Institute for Carbon-Neutral Energy Research(I2CNER) International Workshop (Kyushu Univ), 2 February 2012
- 3. Shuhong Duan, Teruhiko Kai, Ikuo Taniguchi, Shingo Kazama, Development of Poly(amidoamine) Dendrimer/Poly(vinyl alcohol) Hybrid Membranes for CO2 Separation, AMS7(The 7th Conference of Aseanian Membrane Society)(Pusan, Korea), 6 July 2012
- Ikuo Taniguchi, Room-temperature processable degradable plastics, Asian Workshop on Polymer Processing 2012 (Kyoto Institute of Technology), 29 August 2012
- Masataka Hino, Ikuo Taniguchi, Teruhiko Kai, Low-temperature processable degradable polymers from renewable materials, Asian Workshop on Polymer Processing 2012 (Kyoto Institute of Technology), 30 August 2012
- 6. Hidetaka Yamada, Yoichi Matsuzaki, Takayuki Higashii, Computational investigation of the absorption of carbon dioxide into alkanolamine solutions, Modeling and Design of Molecular Materials 2012(Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland), 11 September 2012
- 7. Teruhiko kai, Current status of CCS technology in Japan, KIFEE2012(NTNU, Trondheim, Norway), 11 September 2012
- 8. Ikuo Taniguchi, Shuhong Duan, Teruhiko Kai, Shingo Kazama, Preferential CO2 separation over H2 with poly(amidoamine) dendrimer immobilized in a poly(ethylene glycol) network, 2012 AlChE Annual Meeting(David L. Lawrence Convention Center, Pittsburgh, PA,USA), 2 November 2012
- 9. Ikuo Taniguchi, Teruhiko Kai, Shuhong Duan, Shingo Kazama, Poly (amidoamine) dendrimer containing polymeric membrane for preferential CO2 separation over H2-Interplay between CO2 separation properties and morphology, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto,Japan), 19 November 2012
- 10. Hidetaka Yamada, Firoz A. Chowdhury, Yoichi Matsuzaki, Kazuya Goto, Takayuki Higashii, Shingo Kazama, Effect of alcohol chain length on carbon dioxide absorption into aqueous solutions of alkanolamines, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto,Japan), 20 November 2012
- 11. Katsunori Yogo, Hiromichi Takeyama, Kensuke Nagata, Pore-fill-type Palladium-Porous Alumina Composite Membrane for Hydrogen Separation, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto, Japan), 20 November 2012
- 12. Tsuyoshi Watabe, Yosuke Nishizaka, Shingo Kazama, Katsunori Yogo, Development of Amine-Modified Solid Sorbents for Postcombustion CO2 Capture, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto, Japan), 20 November 2012

- 13. Nobuhide Takahashi, Kei Matsuzaki, Tetsuya Funai, Takuya Wada, Hiroshi Fukunaga, Toru Takatsuka, Hiroshi Mano, Effects of membrane properties on CO2 desorption from chemical absorbents using a membrane flash process, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto, Japan), 20 November 2012
- 14. Kazuya Goto, Shingo Kazama, Atsuyoshi Furukawa, Masahiro Serizawa, Satoshi Aramaki, Kazuo Shoji, Effect of CO2 purity on energy requirement of CO2 capture processes, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11) (Kyoto, Japan), 20 November 2012
- 15. Takafumi Tomioka, Toru Sakai, Hiroshi Mano, Carbon dioxide separation technology from biogas by ""membrane/absorption hybrid method, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto, Japan), 21 November 2012
- 16. Shuhong Duan, Ikuo Taniguchi, Teruhiko Kai, Shingo Kazama, Development of poly(amidoamine) dendrimer/polyvinyl alcohol hybrid membranes for CO2 capture at elevated pressures, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11) (Kyoto, Japan), 21 November 2012
- 17. Teruhiko Kai, Ikuo Taniguchi, Shuhong Duan, Shingo Kazama, Molecular Gate Membrane: Poly(amidoamine) Dendrimer/polymer Hybrid Membrane Modules for CO2 Capture, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11) (Kyoto,Japan), 21 November 2012
- 18. Yoichi Matsuzaki, Hidetaka Yamada, Firoz a. Chowdhury, Takayuki Higashii, Shingo Kazama, Masami Onoda, Ab Initio study of CO2 capture mechanisms in monoethanolamine aqueous solution: reaction pathways from carbamate to bicarbonate, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11) (Kyoto,Japan). 21 November 2012
- 19. Shin Yamamoto, Hiroshi Machida, Yuichi Fujioka, Takayuki Higashii, Shingo Kazama, Development of Chemical CO2 Solvent for High-Pressure CO2 Capture, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto, Japan), 21 November 2012
- 20. Firoz Alam Chowdhury, Hidetaka Yamada, Takayuki Higashii, Yoichi Matsuzaki, Shingo Kazama, Synthesis and Characterization of New Absorbents for CO2 Capture, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto, Japan), 21 November 2012
- 21. Shingo Kazama, Kenji Haraya, Optimization of CO2 concentration captured by membrane technology Possibility of reduction in CO2 capture energy and cost -, 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-11)(Kyoto,Japan), 21 November 2012
- 22. Masataka Hino, Ikuo Taniguchi, Teruhiko Kai, Katsunori Yogo, Room-temperature processable polymer from renewable resources, Kyoto International Symposium on Biodegradable and Biobased Polymers(Kyoto Institute of Technology), 10 December 2012

RITE Today 2013

CO₂ 貯留研究グループ発表論文一覧 2012年(平成24年)

◆原著論文

- 1. Shun Chiyonobu, Motoyoshi Oda, Yuko Mori, Reconstruction of paleoceanographic conditions in the northwestern Pacific Ocean over the last 500 ky based on calcareous nannofossils and planktic framiniferal assemblages, Marine micropaleontology, Vol. 96-97, p29-37
- 2. Shun Chiyonobu, Jumpei Morimoto, Masayuki Torii, Motoyoshi Oda, Pliocene/Pleistocene boundary and paleoceanographic significance of the upper Miyazaki Group, southern Kyusyu, Southwest Japan, based on calcareous nannofossils and planktic foraminiferal assemblages, The journal of the geological society of Japan, Vol. 118, p109-116, 2012
- 3. Yuzuru Yamamoto, Shun Chiyonobu, Lislie Gadenne, et al., Unconformity between the Late Miocene-Pliocene accretionary complex and Pliocene trench-slope sediments, central Japan, Island Arc, Vol. 21, p231-234
- 4. Takahiro Nakajima, Ziqiu Xue, Evaluation of a resistivity model derived from time-lapse well logging at the pilot-scale CO2 injection site, Nagaoka, Japan, International Journal of Greenhouse Gas Control, Vol.12, p288-299, 2013
- 5. Shun Chiyonobu, Yuzuru Yamamoto, Saneatsu Saito, Middle-Upper Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy in the southern Boso Peninsula, central Japan: implications for basin evolution and fault tectonics in the subduction-accretion system, Tectonophisics, submission
- 6. 坂下晋, 信岡大, 青木直史, 東宏幸, 薛自求, 長岡CO2圧入実証試験サイトにおけるVSPの適用, 物理探査, 査読中
- 7. 北村圭吾, 薛自求, 千代延俊, 山田達也, 西澤修, 多孔質砂岩中に存在する低孔隙率の葉理面が超臨界CO2流動に与える影響: 弾性波速度による検討, Journal of MMIJ, Vol. 128, p511-518, 2012
- 8. Duoxing Yang, Ziqiu Xue, Simon A. Mathias, Analysis of Momentum Transfer in a Lid-Driven Cavity Containing a Brinkman-Forchheimer Medium, Transport in Porous Media, Vol. 92, No.1, p101-118, 2012

◆口頭発表(国内学会)

- 1. 木山保、薛自求、数種の泥岩における超臨界CO2のスレッショルド圧力 測定法に関する検討、日本地球惑星科学連合、2012年5月20-25日
- 2. 木山保、薛自求、超臨界CO2のスレッショルド圧力測定法に関する実験的検討、資源素材学会春季大会、2012年3月26-28日
- 3. 中島崇裕、薛自求、渡辺二郎、伊藤喜則、坂下晋、超音波およびcbl検 層による長岡CO2圧入サイトでの坑井健全性評価の試み、日本地球惑星 科学連合2012年大会、2012年5月20日
- 4. Shun Chiyonobu, Takahiro Nakajima, Yi Zhang, Takeshi Tsuji, Ziqiu Xue, Impact of lithofacies and reservoir hetorogeneity on distribution of CO2 at nagaoka pilot site, 日本地球惑星科学連合 2012年大会, 2012年5月20日

- 5. 小暮哲也、西澤修、千代延俊、矢崎至洋、柴谷聖司、薛自求、定常法による相対浸透率測定:X線CTスキャンと物質収支法より測定された水飽和度の比較、日本地球惑星科学連合2012年大会、2012年5月20日
- 6. 高岸万紀子、橋本励、堀川滋雄、楠瀬勤一郎、瀧澤孝一、薛自求、 CO2地中貯留サイトにおける微小振動観測―米国Cranfield油田の初期 観測結果について―、日本地球惑星科学連合2012年大会、2012年5月 20日
- 7. 堀内侑樹、小暮哲也、薛自求、松岡俊文、光ファイバーを用いたベレア 砂岩のひずみ測定、資源素材学会 秋季大会、2012年9月11日
- 8. 辻真也、小暮哲也、薛自求、西尾普、亀山寛達、松岡俊文、X線CT可 視化による多孔質砂岩内CO2流動特性の解析、資源素材学会 秋季 大会、2012年9月11日
- 9. 喜田潤、海底下二酸化炭素貯留の環境影響評価について、東京大学 大気海洋研究所共同利用研究集会 バイオミネラリゼーションと石灰化-遺伝子から地球環境まで・東京大学海洋研究所、2012年11月8-9日
- 10. 中島崇裕、長岡サイトにおけるCO2分布域の弾性波・比抵抗検層 データの解析について、JOGMEC-TRCウィーク2012フォーラム1:地下 深くの貯留層における流体の動きを把握する~残留炭化水素の開発に向 けた最新モニタリング技術~JOGMEC-TRC大講堂、2012年11月27日

◆口頭発表(国際学会)

- Ziqiu Xue, Japan nagaoka pilot project and recent CCS research activities, International Workshop on CO2 geological sequestration, China, 2012/7/5
- Masatoshi Hayashi, Akifumi Shimamoto, Yuji Watanabe, Jun Kita, Microbial nitrification activity in the surface sediment as a biological monitoring tool for CO2 leakage, IEA-GHG Environmental Impacts Workshop, 2012/7/18
- Saeko Mito, Ziqiu Xue, Geochemical trapping of CO2 in saline aquifer storage; results of the repeated formation fluid sampling at the Nagaoka site, GHGT11, 2012/11/18-22
- 4. Yuki Asahara, Saeko Mito, Ziqiu Xue, Yuji Yamashita, Kazutoshi Miyashiro, Chemical impacts of CO2 flooding on well composite samples: experimental assessment of well integrity for CO2 sequestration, GHGT11, 2012/11/18-22
- Saeko Mito, Ziqiu Xue, Nagaoka post-monitoring update and recent research activities in Japan, Carbon storage R&D project review meeting, Pittsburgh, USA, 2012/8/22
- Jun Kita, Overview and comparison of environmental assessment for the CCS, IEA-GHG, 2012 Environmental Impacts of CO2 Storage Workshop, USA, 2012/7/17-19
- Takahiro Nakajima, Ziqiu Xue, Evaluation of CO2 Saturation at Nagaoka Pilot-Scale Injection Site Derived from the Time-Lapse Well Logging Date, GHGT11, 2012/11/18-22

◆出版物等その他発表

- 1. Shun Chiyonobu, Nakajima Takahiro, Aoki Naoshi, Takeshi Tsuji, Takahashi Akihisa, Xue Ziqiu, Geological modeling and its application of Nagaoka pilot site, implication for reservoir heterogeneity, International Geological Congress, 2012/8/6
- 2. 橋本励、高岸万紀子、楠瀬勤一郎、堀川滋雄、薛自求、CCS実証サイトにおける微小振動観測ー初期観測結果について一、日本応用地質学会平成24年度研究発表会、2012年11月1-2日
- 3. Jun Kita, Hideaki Kinoshita, Effects of Impurities in CO2 stream on Marine Organisms, 11th International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT-11), ICC Kyoto, 2012/11/18-22
- 4. Masatoshi Hayashi, Jun Kita, Yuji Watanabe, Akifumi Shimamoto, Effects of elevated pCO2 on the nitrification activity of microorganisms in marine sediment, 11th International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT-11), ICC Kyoto, 2012/11/18-22
- 5. Takahiro Nakajima, Ziqiu Xue, Jiro Watanabe, Yoshinori Ito, Susumu Sakashita, Assessment of Well Integrity at Nagaoka CO2 Injection Site Using Ultrasonic Logging and Cement Bond Log Data, 11th International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT

	発明名称(外国名)	権利者	登録番号(登録日)
	二次電電池用正極材料、その製造方法、および二次電池(中国)	RITE 三井造船株式会社	ZL200480003336.8 (2012年1月4日)
	組換え型コリネ型細菌を用いるエタノールの製造方法	RITE	4927297 (2012年2月17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(米国)	RITE	8119285
	地熱発電方法並びにシステム	三井造船株式会社 RITE	(2012年2月21日) 4972752
		一般財団法人電力中央研究所 RITE	(2012年4月20日) 4976070
	成膜装置	住友電気工業株式会社 RITE	(2012年4月20日) 4980014
	ガス分離膜およびその利用		(2012年4月27日)
	プラズマ反応器用電極	RITE ダイハツ工業株式会社	4980601 (2012年4月27日)
	モールド材およびモールド成型体	RITE パナソニック株式会社	4990170 (2012年5月11日)
	複合中空糸膜の製造方法	RITE 株式会社クラレ	4991686 (2012年5月11日)
	二次電電池用正極材料、その製造方法、および二次電池(米国)	RITE	8178239
	酸とアルカリの製造方法	三井造船株式会社 RITE	(2012年5月15日) 4992019
		株式会社アストム RITE	(2012年5月18日) 5000189
丞	コリネ型細菌形質転換体による高効率な有機化合物の製造方法	RITE	(2012年5月25日) HK1091036
登録	二次電電池用正極材料、その製造方法、および二次電池(香港)	三井造船株式会社	(2012年5月25日)
特	SiCエピタキシャル基板の製造方法 (ドイツ)	RITE 株式会社エコトロン	2196565 (2012年6月6日)
許	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(韓国)	RITE 三井造船株式会社	10-1156828 (2012年6月8日)
	高立体選択性 L-スレオニンアルド ラーゼ およびこれをコード する遺伝子	RITE 独立行政法人製品評価技術基盤機構	5028850 (2012年7月6日)
	イソプロパノール生産能を有するコリネ型細菌の形質転換体(米国)	RITE	8216820
	微生物を利用した老化防止剤、加硫促進剤または変性天然ゴムの製造方法(米国)	RITE	(2012年7月10日) 8222011
		住友ゴム工業株式会社 RITE	(2012年7月17日) 10-1169082
	二次電池用正極材料、その製造方法、および二次電池(韓国)	三井造船株式会社 RITE	(2012年7月20日) 2008268116
	ガス中の二酸化炭素を効率的に回収する方法(オーストラリア)		(2012年8月2日)
	炭酸ガス中の不純物除去方法	RITE	5059063 (2012年8月10日)
	メタン分離方法、メタン分離装置及びメタン利用システム	RITE 大陽日酸株式会社	5061328 (2012年8月17日)
	ガスエンジンのガス供給装置及び該ガス供給装置をそなえたガスエンジン	RITE 三菱重工業株式会社	5073039 (2012年8月31日)
	L-アラビノース利用機能を有するコリネ型細菌形質転換体	RITE	5074131
	メタン分離方法、メタン分離装置及びメタン利用システム(中国)	RITE	(2012年8月31日) ZL200780011858.6
	SiCエピタキシャル基板及びその製造方法	大陽日酸株式会社 RITE	(2012年10月24日) 5130468
		株式会社エコトロン RITE	(2012年11月16日) 2385159
	SiCエピタキシャル基板の製造方法(ドイツ)	株式会社エコトロン RITE	(2012年11月28日) 5159710
	微生物の培養方法ならびに培養装置、生物的水素製造方法および燃料電池システム	シャープ株式会社	(2012年12月24日)
	発明名称	出願人	公開番号(公開日)
	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	RITE 新日鐵住金株式会社	WO2012/002394 (2012年1月5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	RITE 新日鐵住金株式会社	2012-011309 (2012年1月19日)
	二酸化炭素の濃縮方法	RITE	WO2012/060229 (2012年5月10日)
	コリネ型細菌形質転換体及びそれを用いるアニリンの製造方法	RITE 住友ゴム工業株式会社	WO2012/090978
		任及コム工業株式云任 RITE	(2012年7月5日) 2012-139622
		RITE	(2012年7月26日) 2012-176879
公	水素製造装置	大陽日酸株式会社 / 大阪瓦斯株式会社 RITE	(2012年9月13日) 2012-179514
開	複合分離膜	RITE	(2012年9月20日) WO2012/133265
特 —	貯留物質の貯留装置および貯留方法	東京瓦斯株式会社	(2012年10月4日)
	架橋性アミン化合物、該化合物を用いた高分子膜及びその製造方法	RITE	WO2012/133737 (2012年10月4日)
	ガス分離複合膜	RITE	2012-192316 (2012年10月11日)
	貯留物質の貯留装置および貯留方法	RITE 東京瓦斯株式会社	2012-206103 (2012年10月25日)
	室温成形可能な生分解性ポリエステル及びその製造方法	東京瓦斯林式芸在 RITE	2012-214599
	物体の体積変化計測方法	RITE	(2012年11月8日) 2012-225744
		ニューブレクス株式会社 RITE	(2012年11月15日) 2012-250494
	積層フィルム		(2012年12月20日)





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