



## ◆◆ CONTENTS ◆◆

■ 公益財団法人への移行		
■ 巻頭言	公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 理事長 茅 陽一 - CCS の推進 -	03
■ 研究活動概説		
	研究企画グループ - 革新的環境技術の動向と課題 -	04
	システム研究グループ - 温暖化対策と持続可能な発展に関する総合シナリオの策定 -	09
	バイオ研究グループ - バイオリファイナリーの世界状況と研究概要及び実用化への取り組み -	14
	化学研究グループ - CO <sub>2</sub> 分離・回収技術の高度化・実用化へ向けた取り組み -	18
	CO <sub>2</sub> 貯留研究グループ - 実適用を目指す CO <sub>2</sub> 貯留技術開発の取り組み -	22
■ トピックス		26
■ 2011 年（平成 23 年）発表論文一覧		32
■ 登録特許および公開特許一覧		42

---

## 公益財団法人への移行

RITE は、2008 年 12 月に施行された公益法人制度に関する新たな法令に基づき、2011 年 11 月 25 日に内閣総理大臣より公益認定を受け、同年 12 月 1 日に公益財団法人に移行いたしました。

今回の公益財団法人への移行は、国が「民間が担う公益」を日本の社会・経済システムの中で積極的に位置づけ、その活動を促進すること、すなわち「民による公益の増進」を最大の目的のひとつとして公益法人制度を見直したことによるものであり、登記のみで設立できる一般社団・財団法人の制度を創設するとともに、より公益性の高い事業を行う一般社団・財団法人が公益認定を受けることで、公益社団・財団法人と呼ばれることとなったものであります。

RITE は、国が世界に提唱する「地球再生計画」を具体化する上で最も重要な柱である「革新的な環境技術の開発」等を国際的に推進する中核的研究機関として、1990 年 7 月に民法に基づく財団法人として設立されました。

この設立の趣旨に鑑み、RITE は、2009 年 6 月の理事会、評議員会において「公益財団法人」への移行を目指すことを決議し、その後、定款の変更の案や、評議員及び役員の新体制、新たな評議員会、理事会の機関設計等の検討を進めてまいりました。

2011 年 3 月の理事会、評議員会において、これら定款の変更の案などの検討結果について承認を得るとともに、内閣府に対して移行認定申請を行うことを決議し、5 月 13 日に移行認定申請を行い、今回の公益認定及び公益財団法人への移行に至ったものであります。

移行に伴い変更いたしました点は、より機動的な機関運営をねらいとして、評議員及び理事の人数を、それぞれ従来の数十人規模から 10 人程度としたこと、また、公益財団法人の適正な運営を確保し続けていくための仕組みとして、役員を選解任権に加えて、決算の承認、定款の変更など法人運営における重要事項の最終的な意思決定権を評議員会に付与するなど、評議員会の権限をより強化したことが挙げられます。

一方で、前述の財団設立の経緯も踏まえ、定款に規定する「目的」、「事業」など財団の根幹に関わる部分については変更いたしておりません（詳細につきましては、RITE ホームページをご参照願います）。

移行後は、秋山 前理事長の後任として就任した茅 新理事長（前副理事長）以下、研究員、職員が一丸となり、新たに名称に加わった「公益」の 2 文字の意義を十分に認識し、従来にも増して公益性の高い研究開発事業等に取り組むことにより、地球環境の保全に寄与してまいりますので、今後とも一層のご支援、ご協力をお願いいたします。





## CCS の推進

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

理事長 茅 陽一



昨年の日本は東日本大震災とそれによる福島第一原発の事故にもつばら眼が集中した感があった。しかしだからといって温暖化問題が重大でなくなったわけでは決してない。そして昨年 12 月の南アフリカでの COP17 では、温度上昇を 2 ないし 1.5 度以内に抑えるという、従来以上に温暖化をきびしく抑える考え方がはっきり打ちだされている。しかし、その実現は容易ではない。というのも、温暖化の主たる原因と考えられる二酸化炭素の排出について、その低減どころかむしろ加速する要因が増大しているからである。従来から言われている発展途上国の経済発展はもとよりその中心であるが、福島第一の事故以来原子力の拡大に抑制がかかっているのも大きな要因である。たしかにフランスや途上国では依然として原子力拡大の流れが存在するが、ドイツ、スイスは脱原発を決定している。またわが国ではエネルギー構成をどのようにするか政府の方針が未だ定まっていないが、原子力依存を出来るだけ脱却する、といった言い方はしばしばなされており、原子力依存度がこれまでよりかなり低下することは確実である。一方、原子力と並ぶ非炭素エネルギーである再生可能エネルギーは世界各地で推進されているが、その現在の高価格と出力変動による系統連携時の系統負担などを考えると、その拡大は限界がある。そうした状況の中で、資源有限性、特に石油の産出の頭打ちの可能性が強く心配されていた化石燃料が、米国を中心とするシェールガスなど非在来ガスの台頭でまだ当分は利用可能といった見方が広がっている。

これらの事情を考えると、化石燃料はまだしばらくはエネルギーの主役の座を簡単に譲りそうにない。その中で二酸化炭素の排出を抑制するとなれば、その回収・貯留、いわゆる CCS の役割は従来以上に重要になる。しかし、CCS の発展にもいくつかの壁がある。回収のコストないし必要エネルギーの大きいことはその第一の要因だが、特にヨーロッパを中心にみられる二酸化炭素の地中貯留を好ましくないとする環境団体や政府機関の姿勢を何としてでも好転させる必要がある。二酸化炭素はいわゆる公害物質と異なってそれ自体は無害な気体であり、自然の形で地中に貯留されているケースも多いことを考えると、CCS は十分安全に実行できる技術であり、今後そのパブリックアクセプタンスの改善に向けて最大の努力をなすべきである。本機構は、従来から CCS を分離・回収技術、貯留技術とその安全性評価といった諸側面から検討を進めており、日本のみならず世界の CCS 研究の軸であると自負している。今回本機構は装いを新たに公益財団法人となったが、これをよい機会に温暖化対策、中でも CCS の発展に一層の努力を行うことを改めて確認する。と同時に、社会の諸賢がこうした本機構の研究開発をこれまで以上に応援していただくことを改めてお願いする次第である。

# 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<sub>2</sub> 排出量の大幅な削減が求められている。2010 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 2010」<sup>1)</sup> によると、2050 年に世界の CO<sub>2</sub> 排出量を 2005 年比で 50% とするためには、2050 年時点の CO<sub>2</sub> 排出量を 14Gt/年とする必要がある。新興国の経済成長等を見込むと、自然体ケースに対して 43Gt/年の CO<sub>2</sub> を削減しなければならないことになる (図 1)。このような大幅な CO<sub>2</sub> 削減は複数の手段を組み合わせなければ達成できない。ここで注目されているのが、CO<sub>2</sub> の回収・貯留 (CCS) やバイオマス利用などの革新的な CO<sub>2</sub> 削減技術である。CO<sub>2</sub> 削減技術のコストを図 2 に示す。両技術はともに比較的成本の安い CO<sub>2</sub> 削減技術であり、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。

本稿では RITE の各研究グループにおける研究活動の紹介に先んじて、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。なお、本稿の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの委託事業「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト・ゼロエミッション石炭火力ターナルシステム調査研究」の成果である。

### 2. CCS の動向と課題

#### 2.1 CCS のプロジェクト動向と今後の課題

グローバル CCS インスティテュート (GCCSI) が発表した "The Global Status of CCS: 2011"<sup>2)</sup> 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、

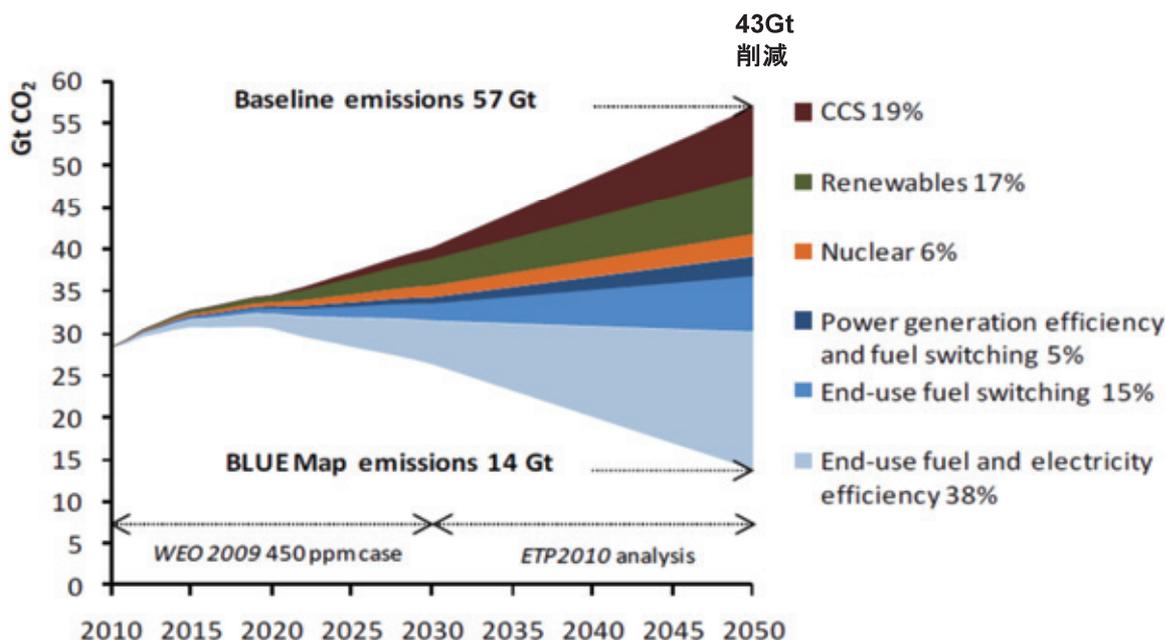


図 1 温暖化対策における各技術の貢献  
(出典：IEA「エネルギー技術展望 2010」)

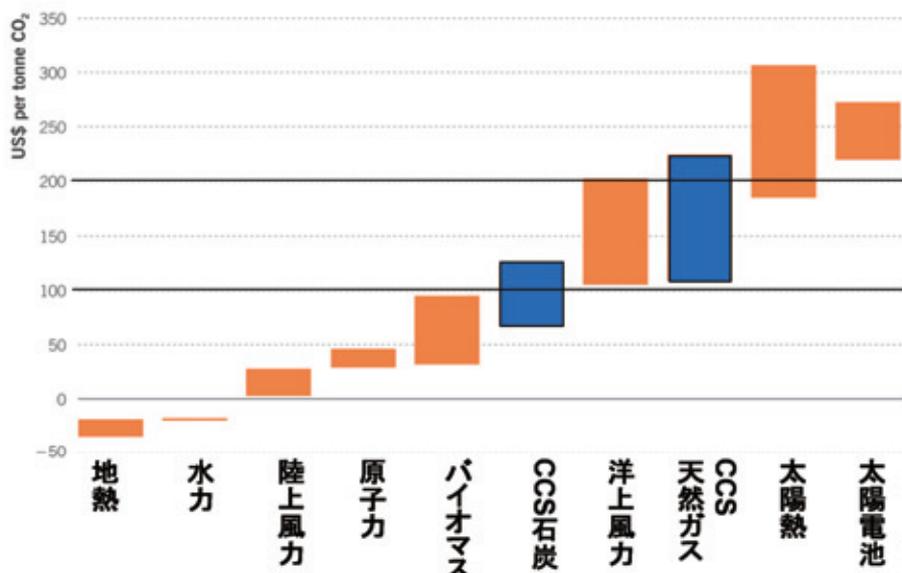


図2 CO<sub>2</sub>削減技術のコスト  
(出典：GCCSI “The Global Status of CCS:2011”)

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。このGCCSIのプロジェクトリストを基に、プロジェクトの開始年とCO<sub>2</sub>年間処理量を、排出源・回収技術別(図3)および貯留層・貯留技術別(図4)に再整理した。このように表示することによって、技術動向の把握が容易となる。

まず、CO<sub>2</sub>回収技術であるが、2011年段階で運転中のプロジェクトの排出源は天然ガス生産が主であり、石炭等からの合成ガス製造や発電所のCCSプロジェクトは2014年からようやくスタートする。このときの、発電所からの回収でみると、初期は燃焼後回収(Post)と燃焼前回収(Pre)が均衡しているが、次第にPreが多くなっていく。酸素燃焼(Oxy)は比較的少ない。合成ガス製造のプロジェクトも含めると、燃焼前回収の占める割合が大きいことがわかる。

次に貯留技術を分析する。貯留プロジェクトの大部分は石油増進回収(EOR)である。Sleipner、Snohvit、およびIn Salahといった塩水層貯留のプロジェクトが有名であるが量的には小さい。2014年から開始される合成ガス製造や発電所のCCSプロジェクトも、一部の例外を除き貯留先はEORである。枯渇ガス田や塩水層への貯留プロ

ジェクトは2015年頃から出現し、以降、次第にその割合が増えていく。

プロジェクト動向は環境によって大きく影響される。初期のCCSプロジェクトは前述のように天然ガス生産—EORであるが、これは天然ガス生産では生産プロセスの中にCO<sub>2</sub>回収が含まれるので新たな回収工程を持つ必要がなくCO<sub>2</sub>の処理コストが小さいこと、さらにEORによって増油収入が得られるため、炭素価格や政府の補助という要素がなくとも自立できる可能性が大きいことによる。2014年からは炭素価格の安定や政府の補助を念頭に発電所等からのCCSプロジェクトが計画されている。しかし、現状では各国においてCO<sub>2</sub>削減政策は確立されておらず、炭素価格も低迷し、財政危機から国の補助も不透明な状況になっている。最近、英国Longannetプロジェクトの中止が報道されたが、このようなケースは今後も起こり得る。CO<sub>2</sub>削減のための世界規模での政策の確立が望まれる。CCSを安定的に進めるためには、十分にタイミングのよい、かつ安定した政策のサポート(インセンティブ、法規制体系など)、コスト、消費エネルギー、リスク低減のための技術開発、早い段階からの、Community Engagementの3つが必要である。

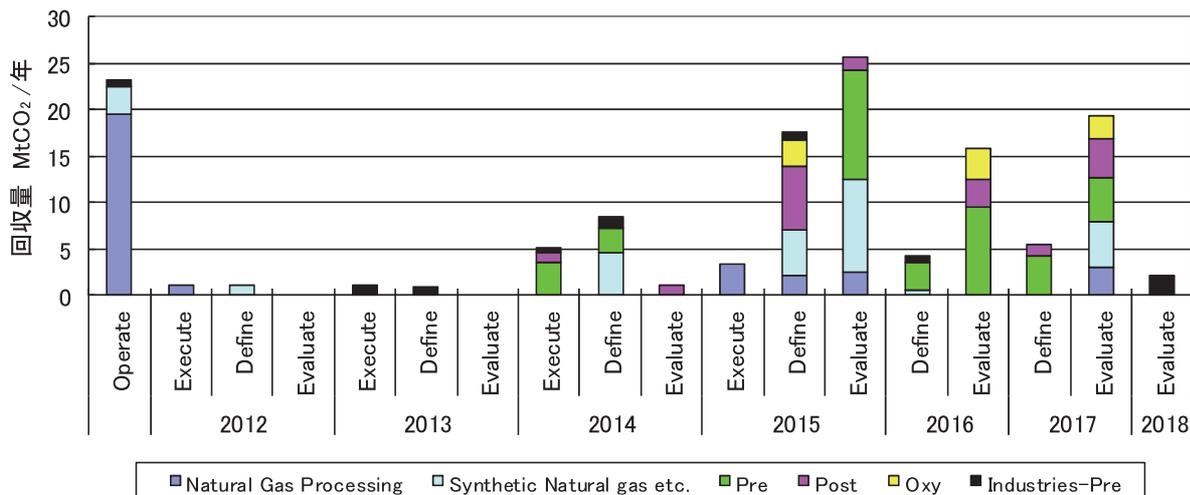


図3 プロジェクト動向（排出源・回収技術別分類）

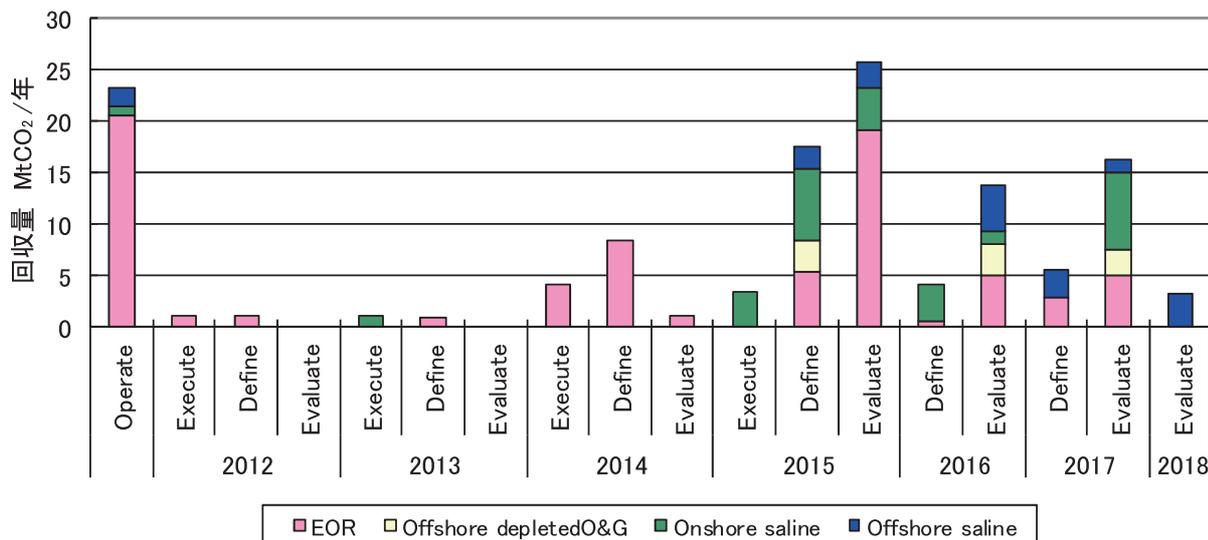


図4 プロジェクト動向（貯留サイト・技術別分類）

## 2.2 CCSのISO化

CCSの普及には、その国際標準化も重要である。CO<sub>2</sub>の回収においては、燃焼後回収、燃焼前回収、および酸素燃焼と3つの方法があり、またそれぞれの中においても、吸収法、吸着法、膜分離法など様々の分離技術がある。CCSの実施を考えている排出源に適する回収技術を選択するためには、技術比較が必要であるが、現状ではまだ共通の言葉がない。また、地中貯留においては、どのように安全にCO<sub>2</sub>を貯留していくのか、さらに貯留量をどのようにカウントするのかについての標準的な手順が定められていな

い。これら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、CO<sub>2</sub>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。

このような目的で、昨年、カナダからCCSのISO化のために、新技術委員会（TC）を設置することが提案され、各国の投票の結果、10月に開催されたTMB（Technical Management Board）において、次の様なTCの設立が決定された。

- 番号：ISO/TC 265

- 仮名称：炭素回収と貯留 Carbon capture and storage (CCS)
- 仮スコープ：CCS 分野における材料、装置、環境計画、管理、リスク管理、定量化と検証 (Quantification and Verification) および関連事項の標準化。ISO/TC67 でカバーされる掘削、生産、パイプライン輸送の装置および材料を除く。
- 中央事務局を SCC (カナダ) に置く
- メンバー (2011 年 10 月時点)：
  - ◆ P-メンバー：オーストラリア、カナダ、中国、フランス、ドイツ、イタリア、日本、韓国、オランダ、ノルウェー、南アフリカ、スイス、英国
  - ◆ メンバー：アルゼンチン、ブラジル、チェコ、エジプト、フィンランド、インド、イラン、ニュージーランド、セルビア、スペイン、スウェーデン、米国
 ただし、名称およびスコープは仮であり、TMB の決議から 18 ヶ月以内にこれらを決定するとともに、ビジネス

プランをまとめ、TMB に提出することになっている。

なお、TC の新設に伴い、国内に国内審議委員会を設置し、議論を行うことになるが、その事務局 (国内審議団体) を RITE が日本工業標準調査会 (JISC) から 2011 年 12 月 28 日付けで委託されており、CCS の ISO 化に関する作業を開始している。

### 3. バイオマス利用の動向

バイオマス利用の動向については、2011 年に発表された IPCC の再生可能エネルギー特別報告書<sup>3)</sup> に詳しい。図 5 は輸送分野におけるバイオエネルギー使用時のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量を従来の化石燃料使用時と比較したものである。多くの場合、バイオエネルギーを使用すると化石燃料使用時に比べて CO<sub>2</sub> 削減が可能となる。一方、食料と競合しないという観点からリグノセルロースの利用が注目を集めている。

図 6 には IEA の 2050 年 50% 削減シナリオを達成する

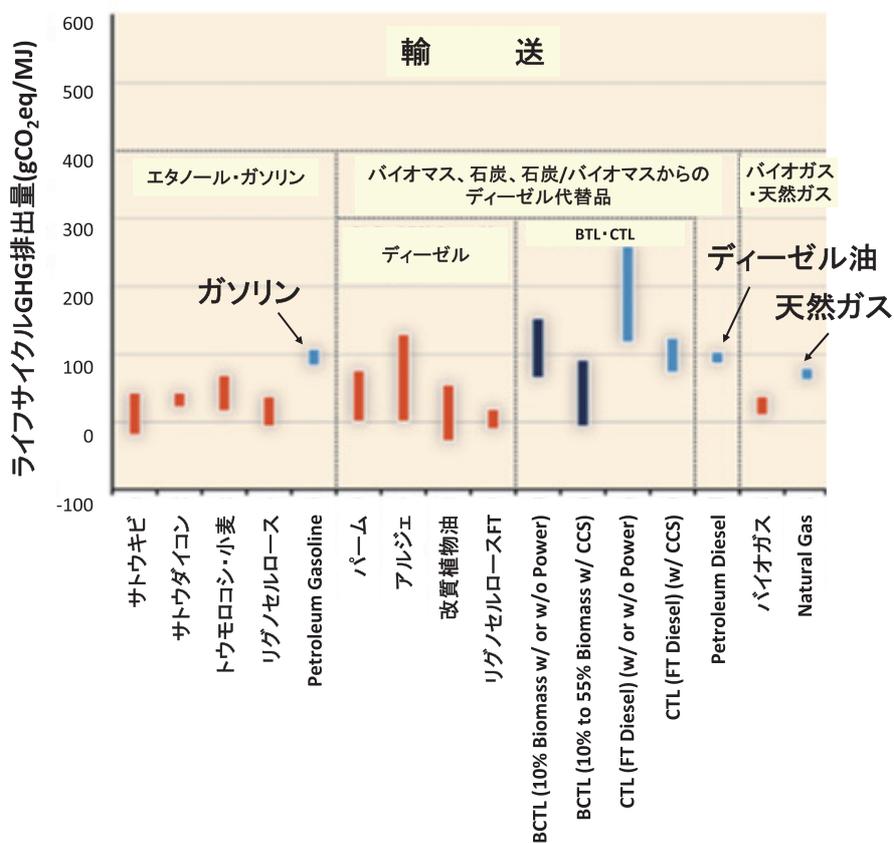


図 5 輸送燃料のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量 (出典：IPCC SRREN 2011)

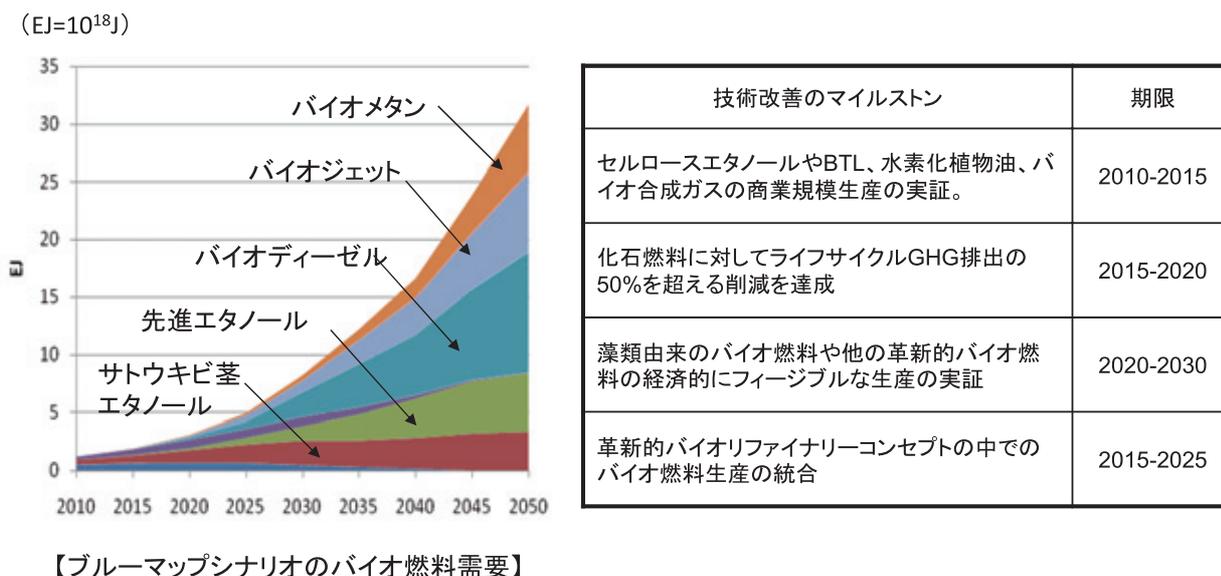


図6 バイオマス燃料のロードマップ  
(出典：IEA バイオ燃料ロードマップ 2011)

ための、バイオ燃料のロードマップを示す<sup>4)</sup>。今後は先進的なエタノール製造やBTLの開発が中心となる。また、利用分野としては、他の技術で置き換えにくい航空機燃料向けが重要な位置を占めるであろう。

バイオ燃料の課題は原料バイオマスの入手、プロセスの生産性向上、およびコストダウンである。先のロードマップは、2010-2015年ごろにセルロースエタノール、BTL、合成ガスの商業規模生産の実証を進め、さらに2020-2030年頃には、藻類由来のバイオ燃料や他の革新的バイオ燃料の経済的にフィージブルな生産の実証を行う事を目標にしている。

#### 4. まとめ

2011年末の時点では、福島原発事故を受けての原子力の低迷、シェールガスの躍進、再生可能エネルギーの発展の姿が見えている。一方、ユーロ危機を初めとして経済情勢は芳しくなく、CCSの展開にブレーキがかかっているようにも見える。我が国は本年夏に向けて、エネルギーベストミックスを明らかにする予定である。また、国連気候変動枠組条約第17回締約国会合(COP17)において、日本は京都議定書の第二約束期間には参加せず、独自のCO<sub>2</sub>

の排出削減努力は続けていくことが決まった。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、この中で間違いのないのは技術開発である。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 2010" (2010)
2. GCCSI, "The Global Status of CCS: 2011" (2011)
3. IPCC, "Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation" (2011)
4. IEA, "Technology Roadmap, Biofuels for Transport" (2011)

# システム研究グループ

## 温暖化対策と持続可能な発展に関する総合シナリオの策定

### 1. はじめに

RITE では、2007 年度より地球環境国際研究推進事業「脱地球温暖化と持続可能な経済社会実現のための対応戦略の研究（通称 ALPS プロジェクト：ALternative Pathways toward Sustainable development and climate stabilization）」において、地球温暖化対策と持続可能な発展の総合的なシナリオ策定を行ってきた。

2011 年末にアフリカ・ダーバンで開催された国連気候変動枠組条約第 17 回締約国会合（COP17）では、京都議定書は形式上は延長されることとなったが、事実上、京都議定書体制は終焉を迎え、ダーバンプラットフォームの下で、主要国すべてが参加する新たな枠組み構築に踏み出すこととなった。COP17 をはじめ、これまでの地球温暖化対応のための国際交渉や各国国内での対応を見ても、各国は多様な目的を有し、また、国によって経済発展段階は異なり、また優先される政策課題も異なっている。多様な目的をバランスさせた中で温暖化対応をとらざるを得ないのが現実である。このような現実の世界を改めて見つめると、

従来の温暖化対策モデル分析による温暖化対策シナリオ策定は、単純にすぎ、その他の多様な部分を捨象してしまい、実態との乖離が大きく、時として、むしろ、世界の温暖化対策、政策立案を混乱させるものにもなっている。

本研究では、社会は多様で多目的であることを前提とし、それをシナリオとして定性的、そしてできる限り定量的に描き出すことにより、多様、多目的な社会の中で、温暖化対応ひいては持続可能な発展につながるより良い意思決定ができるような情報提供を行うことを目的としている。本研究による新たなシナリオ策定は、今後の新たな国際枠組み・目標の構築にも強く貢献できる時機を得たものと言える。

### 2. 分析・評価のためのシナリオ

モデル分析は、ある合理的なシナリオを導くことができ、意思決定サポートのツールとして大変有用であるが、一方で、現実社会の多くを捨棄せざるを得ず、時として誤ったメッセージを発信してしまうこともある。本研究開発プロ

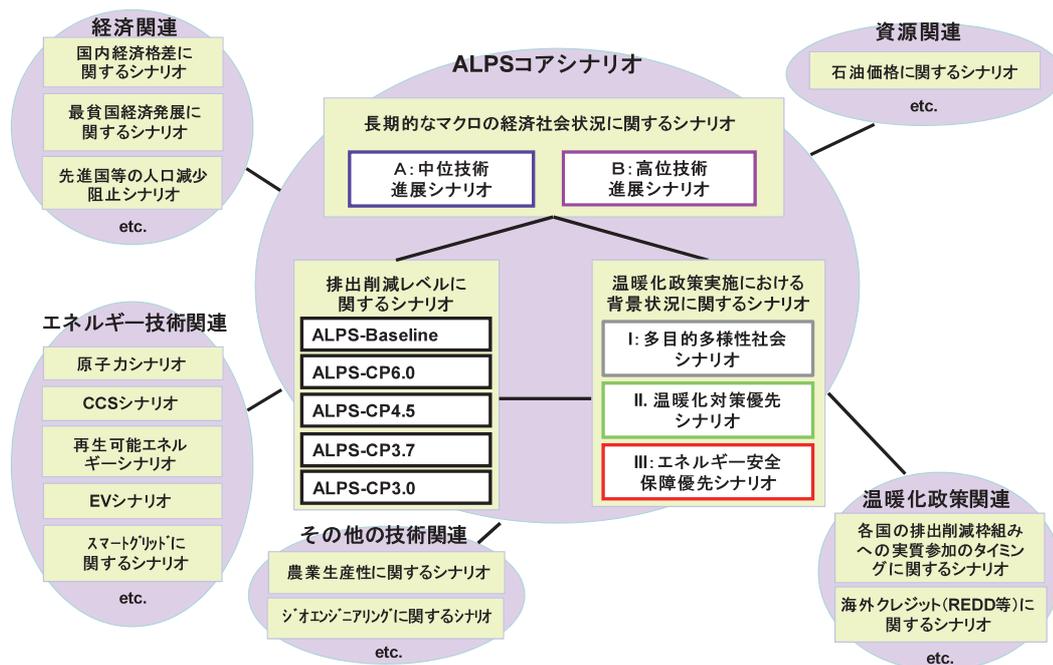


図 1 ALPS で策定予定のシナリオ

プロジェクトでは、モデルによる定量的な分析に先だって叙述的なシナリオ策定を行い、より広く、より深く、現実社会の動向の把握に努めてきた。

分析・評価のためのシナリオとして、1) 社会経済状況に関するシナリオ、2) 温暖化政策実施における背景に関するシナリオ、3) 排出削減レベルに関するシナリオ（濃度安定化レベル）について策定している。これに加え、サブシナリオとして、温暖化対策技術の開発普及状況等について策定している（図1）。

社会経済状況に関するシナリオは、その主要なドライバーフォースは技術の進歩であるとし、その不確実性の範囲として2種類の見通しを策定した。技術進歩は不確実であり、将来の革新性の高い技術を予期することは不確実性が高いと考えたためである。本来、政策によっても技術の進歩は変わり得るが、それ以上に意図しない不確実性が大きいものと考えた。シナリオは、これまでの奇跡的とも言える高経済成長から先進国を中心に次第に緩やかなる経済成長へと変化していく「中位技術進展シナリオ」（シナリオA）と、奇跡的とも言える技術革新が今後も継続し一人当たりGDP成長も大きく成長する「高位技術進展シナリ

オ」（シナリオB）の2種類である。

温暖化政策実施における背景状況に関するシナリオは次の3種類である。シナリオI「多目的多様性社会シナリオ」は、現在の社会行動に近いことを前提としたシナリオである。このシナリオでは、温暖化対策技術普及の様々な障壁が存在することが表現される。シナリオIIは「温暖化対策優先シナリオ」であり、このシナリオにおいては、様々な目的の中で温暖化対策の優先度が高く、温暖化対策をコスト効果的に実施することが優先されるシナリオである。シナリオIIIは「エネルギー安全保障優先シナリオ」であり、エネルギー安全保障の視点から国内資源の利用が優先されるようなシナリオである。

排出削減レベルに関するシナリオは、IPCCが第5次評価報告書に向けた新シナリオのために選定した4つの排出シナリオに沿って、ベースライン（RCPでは2100年に放射強制力が8.5 W/m<sup>2</sup>、RCP6.0（6.0 W/m<sup>2</sup>）、RCP4.5（4.5 W/m<sup>2</sup>）、RCP3PD（3W/m<sup>2</sup>をピークに2100年に2.6 W/m<sup>2</sup>）相当の排出推移、およびこれに3.7 W/m<sup>2</sup>程度のシナリオを加えた5シナリオについて分析を行っている。

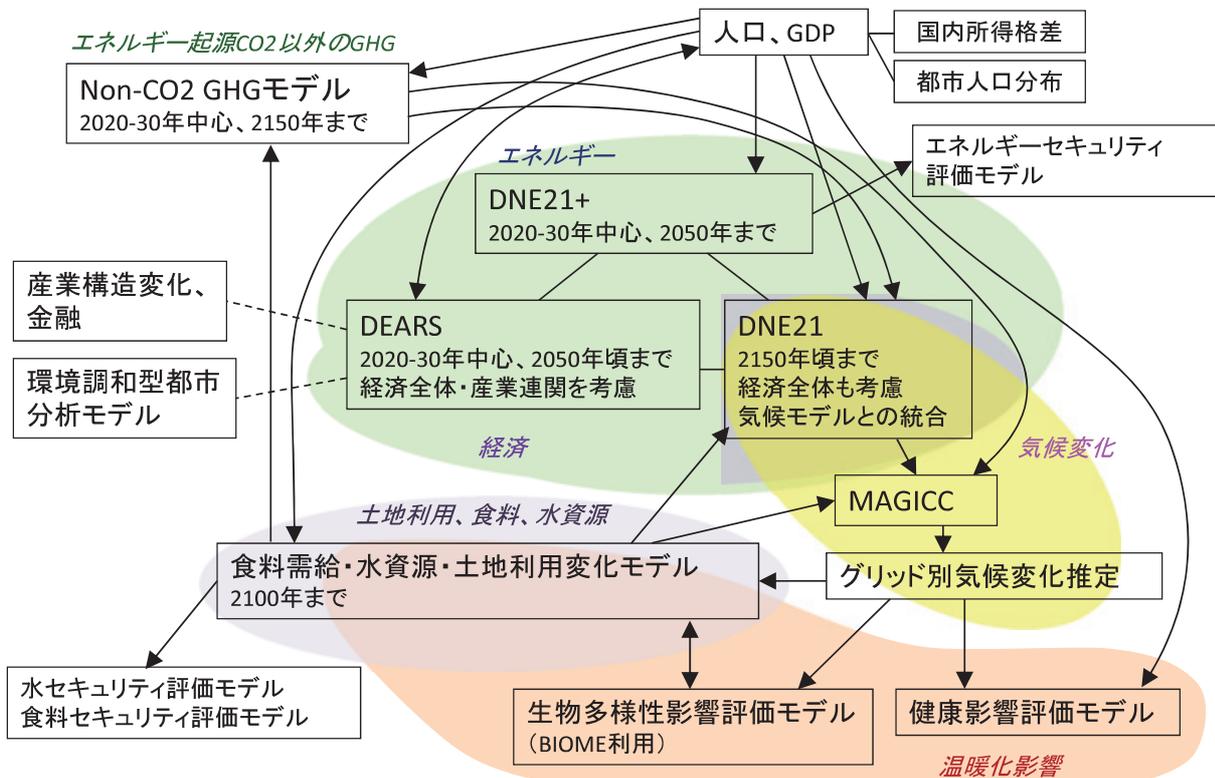


図2 定量的シナリオ策定のためのモデル群

### 3. 各種コンピュータモデルの開発

持続可能な発展の大きな文脈の中で、シナリオを策定するためには、温暖化に関連しつつも、より幅広い社会状況を評価できるモデルが必要である。本研究プロジェクトでは、RITE がこれまでに開発してきたモデルや、本研究プロジェクトにおいて新たに開発したモデルを総合的に利用して、シナリオ策定に取り組んできた。

詳細な国別、セクター別・技術別のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出削減の分析が可能な DNE21+ モデルや、食料需給・淡水資源・土地利用変化評価モデルなどのモデルによって、それぞれのシナリオを表現する各指標が、整合性を有するように定量的な分析を行うことができるようにしている（図2）。

また、国別、セクター別・技術別の対策の提示が重要である一方、温暖化対策、持続可能な発展は長期を考えた上での対応が不可欠である。そのため、短中期を扱う国別、セクター別・技術別評価が可能なモデル以外にも、気候変動、温暖化影響を考慮した評価が可能なより長期を対象に評価できるモデルも用いて、総合的なシナリオ策定に取り組んでいる。

### 4. 脱地球温暖化と持続的発展可能な経済社会シナリオの総合評価

社会は多様であり、温室効果ガス排出量と温暖化対策費用といった温暖化関連の指標について評価するだけではシナリオの評価として不十分である。ALPS プロジェクト

では、叙述的シナリオに沿った定量的なシナリオを、RITE で開発した各種モデルを利用し、また、それらモデル間のデータ整合性を確保しながら策定している。これによって、エネルギー、気候変動関連のみならず、経済社会など、広く持続可能な発展と関連する指標の評価も行うことができ、より広範な視点から、的確な意思決定のサポートが可能となる。

図3のような5つのCO<sub>2</sub>排出削減レベル（ALPS Baseline、CP6.0（750 ppm-CO<sub>2</sub>eq.程度）、CP4.5（650 ppm-CO<sub>2</sub>eq.程度）、CP3.7（550 ppm-CO<sub>2</sub>eq.程度）、CP3.0（450 ppm-CO<sub>2</sub>eq.程度））の排出推移について、各種指標の評価を行っている。このとき、これと整合性を有したCO<sub>2</sub>以外の温室効果ガスの効果を含めた気候変動の推定を行うと、図4のような全球平均気温の上昇が予想される。ALPS CP3.0は、全球平均気温上昇が産業革命以前比で2℃以下に抑制が期待できる排出推移となっている。温暖化影響被害のことだけを考えれば、このようなできるだけ低いレベルに抑制することは望ましいが、様々なトレードオフが存在し、複数の指標で見たときに、これが必ずしも望ましいというわけではない。

図5は、CO<sub>2</sub>の限界削減費用の推移を求めたものである。2050年の限界費用は、CP6.0のとき6\$/tCO<sub>2</sub>、CP4.5は28\$/tCO<sub>2</sub>、CP3.7は137\$/tCO<sub>2</sub>、CP3.0は376\$/tCO<sub>2</sub>と推計された。CP3.0シナリオの場合、他の排出削減レベルと比べて、限界削減費用が急激に大きくなる傾向があり、対策に伴う経済的な負担が大きいことが示唆される。

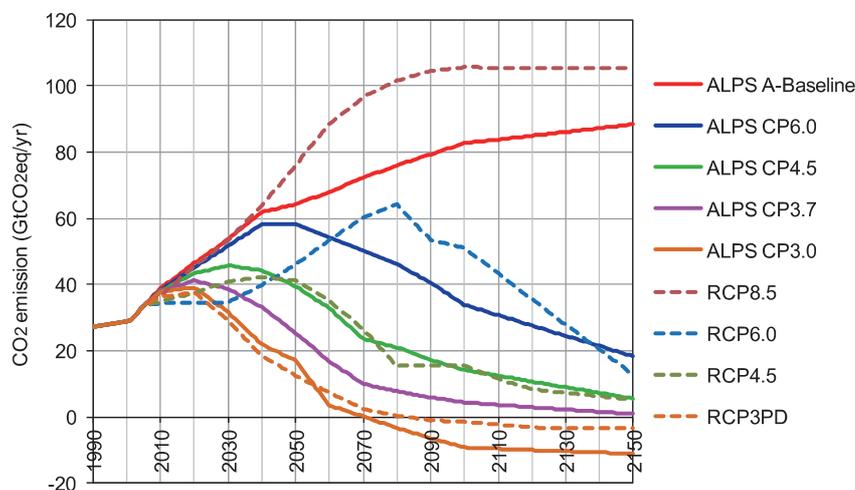


図3 ALPSにおける排出削減レベルに関するシナリオ（世界のCO<sub>2</sub>排出量）

注）RCP（Representative Concentration Pathway）は、IPCCの新排出シナリオであり、放射強制力レベルの違いによる4つのシナリオが選定されている。

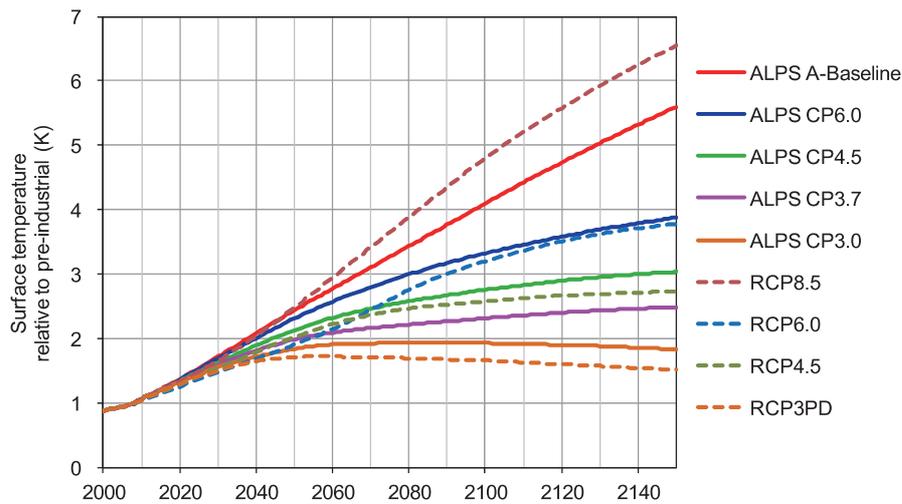


図4 排出削減シナリオ別の全球平均気温上昇

注) ALPS シナリオと RCP シナリオの差異は、主に非 CO<sub>2</sub> の温室効果ガス排出削減の見通しの違いによるものである。

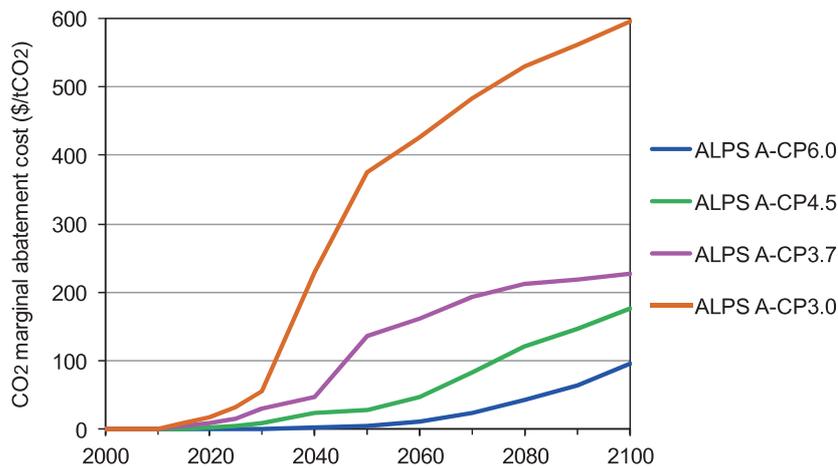


図5 排出削減シナリオ別の CO<sub>2</sub> 限界削減費用 (シナリオ A-I)

図6は、ALPS A-Baseline、CP4.5 (650 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度)、CP3.0 (450 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度) の3種類の排出レベルにおけるエネルギーセキュリティ度に関する評価結果である。CO<sub>2</sub> 排出削減を進めると、石油等の利用が減少し、エネルギーセキュリティにも良いということが一般的には言われるが、ここでの定量的な評価からは、地域によっては、石炭利用を減少させ、ガス利用を増すことにより、むしろ脆弱性が増すと評価されるケースも多い。排出削減レベル、地域によって、エネルギーセキュリティ度は、異なってくる。

また、図7には食料セキュリティ指標として、GDP あたりの食料輸入額を示す。グローバル化した世界において、

自給率といった指標よりも、食料輸入額が購買力に比べ、どの程度占めるのかはより重要と考えられる。そこで、この指標により、食料セキュリティを評価した。所得 (GDP) が増加すれば、セキュリティ度が高まるが、温暖化対策を取り過ぎて GDP が減少すれば、セキュリティ度は下がる。一方、食料生産性向上が食料需要の増大に追い付かず、新たな土地が必要になった場合には、食料価格上昇が見込まれ、食料セキュリティ度は下がる。食料生産性には気候変化が影響を与え、大きな気候変化は食料生産性を悪化させ、食料価格の上昇となり得る。更には、食料との競合が大きいバイオエネルギー利用を行う場合にも食料価格上昇が見込まれる。これらを総合的、統合的に評価した結果である。

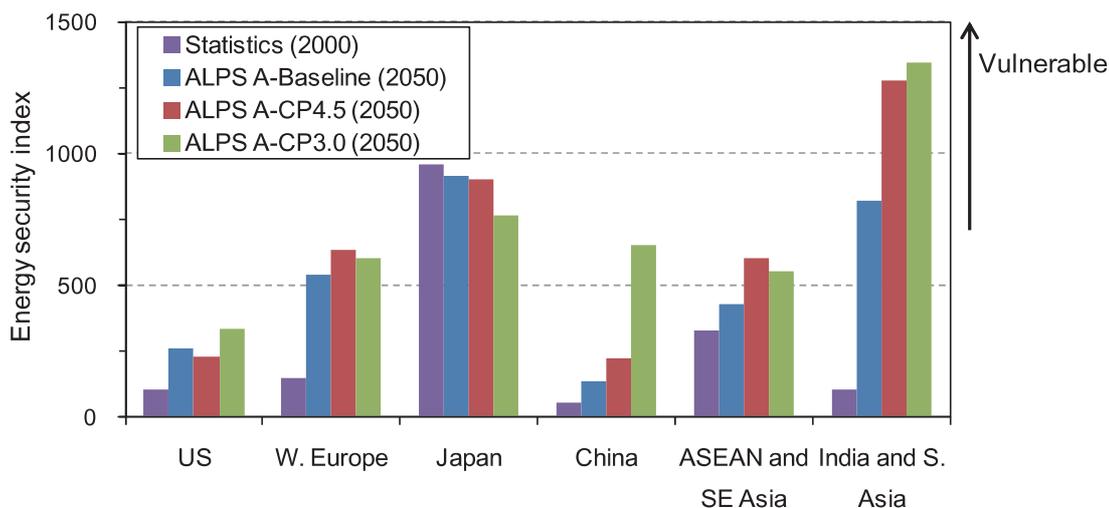


図6 地域別のエネルギーセキュリティ指標（シナリオ A-I。米国の 2000 年値を 100 として規格化したもの）

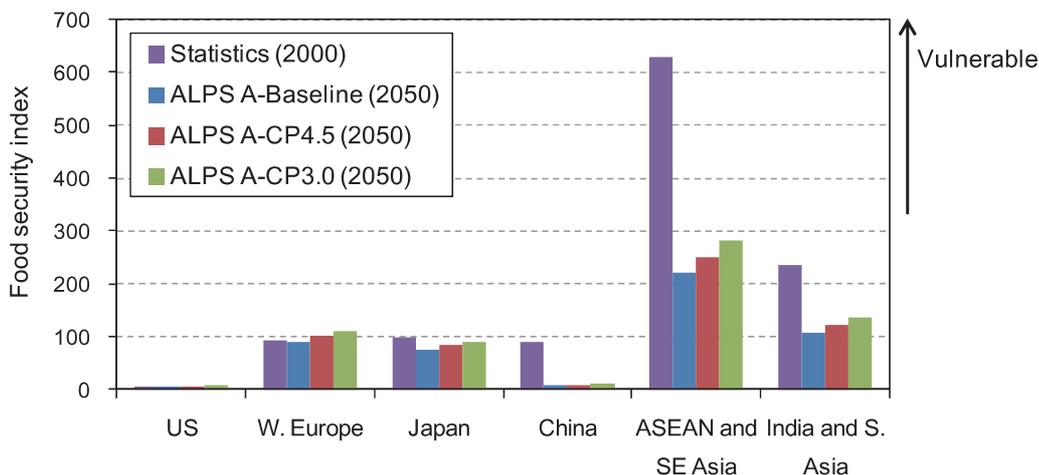


図7 地域別の食料セキュリティ指標（シナリオ A-Iシナリオ A-I。日本の 2000 年値を 100 として規格化したもの）

これを見ると、CO<sub>2</sub>削減レベルを低くすれば、食料セキュリティが増すわけではなく、むしろ、逆の傾向が見られる。

持続可能な発展は、将来世代の幸福が損なわれないよう、現世代が適切な対応をとることと考えられる。温暖化対策を怠れば、将来世代の幸福が大きく損なわれる恐れがあり、その対策は重要である。一方で、負担が大きすぎる対策をとれば、経済や他の持続可能な発展に関する事象に悪影響を及ぼし、将来世代の幸福をかえって損ねてしまう恐れがある。それを避け、持続可能な発展を成し遂げるためには、様々な目的をいかによくバランスさせるかが重要であり、CO<sub>2</sub>排出削減もバランスをもった取り組みが重要と言える。

### 5. おわりに

ALPS プロジェクトでは、脱温暖化と持続可能な発展に関する総合シナリオ策定を行うため、叙事的シナリオに沿って、RITEで開発してきたモデル群を利用し、整合性のある脱温暖化と持続可能な発展に関し、様々な指標でシナリオを評価することにより、総合的、かつ、定量的なシナリオ作成を行ってきた。策定したシナリオ、研究成果を、国内外に広く提供、情報発信し、IPCC等の科学的知見の集積のみならず、国内外における温暖化対策の意思決定のための基礎的情報として役立てられるようにしていく。

# バイオ研究グループ

## バイオリファイナリーの世界状況と研究概要及び実用化への取り組み

### 1. はじめに

バイオリファイナリーは、米国エネルギー省（DOE）による造語であり、バイオマス資源からのバイオ燃料や化学製品製造に関する技術や産業を指している（図1）。バイオマスは光合成でCO<sub>2</sub>を固定した植物由来資源のため、燃焼させるとCO<sub>2</sub>が発生するが、ライフサイクル全体で見ると大気中のCO<sub>2</sub>濃度には影響を与えないとされている（カーボンニュートラル）。米国では21世紀の脱化石資源・循環型社会の構築に向けた重要な施策と位置付け、1990年代から国家科学戦略として強力に推進してきた。EUも本技術の重要性を強く認識し、米国同様に様々な支援策を打ち出している。国際エネルギー機関（IEA）が昨年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。この場合、バイオ燃料の生産量が現在に比べて2050年には10倍に増えることになるが、原料バイオマス栽培に必要な耕作地については、トータルでの生産性の向上などにより、現状の3倍の面積で賄うことが

可能との予測である。

直近の動向では、現在のバイオリファイナリーの負の側面として、食料資源との競合が深刻な問題となっており、非可食バイオマスへの原料シフトが喫緊の課題である。経済協力開発機構（OECD）と国連食糧農業機関（FAO）が昨年共同で発表した報告書（Agricultural Outlook 2011-2012）では、途上国や新興国の人口増加や経済成長による穀物等の農産物の需要拡大と、エネルギー価格高騰による農産物生産コスト上昇により、今後も農産物価格の高止まりが予想されている（図2）。

### 2. バイオ燃料

2011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234億ガロン（8900万KL）に達する見込みで、2009年から20%の伸長が予想される。米国での生産量は約60%（135億ガロン）を占め、2010年にはE15（エタノール15%添加ガソリン）が認可されたことから、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40%がバイオ燃料原料として消費されていること

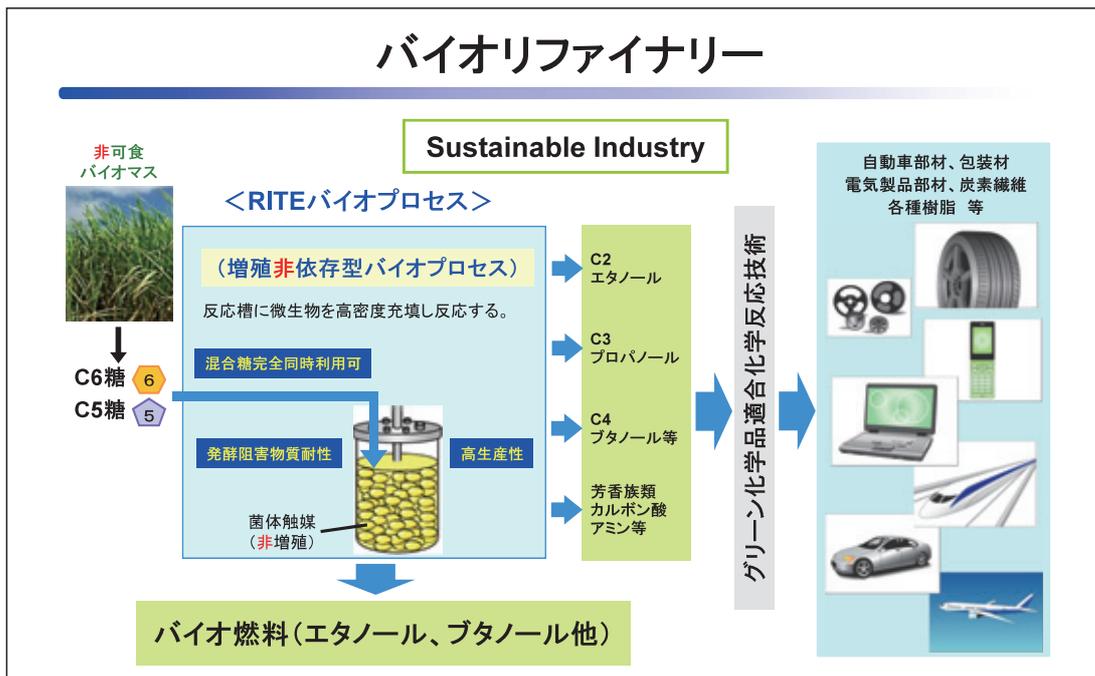


図1 非可食バイオマスを原料としたバイオ燃料やグリーン化学製品生産

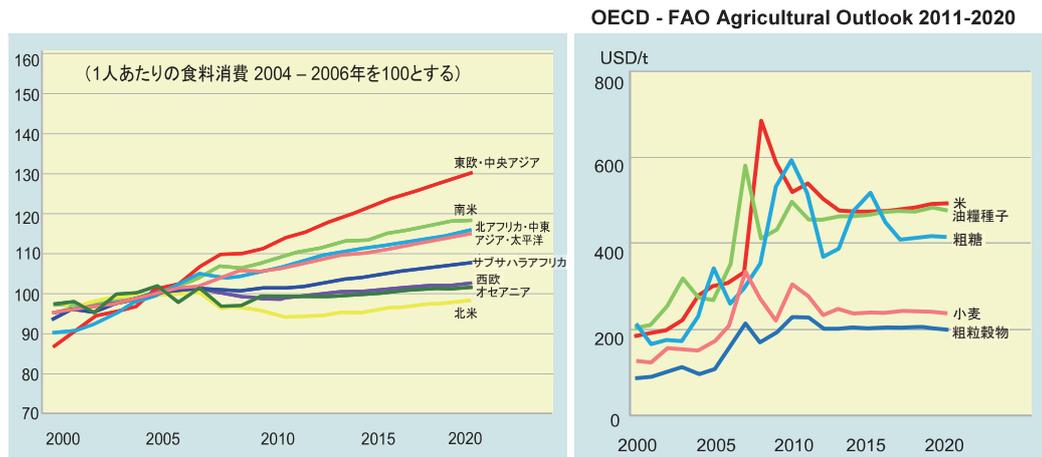


図2 世界食料消費の増加（左）と農産物価格の上昇（右）

から早急な原料転換が求められている。そのため米国政府は、非可食バイオマスであるコーンストーバー等の農産廃棄物やスイッチグラス等のエネルギー作物に由来するセルロースを利用したバイオ燃料開発を強力に推進している。セルロース・エタノールはLCA（Life Cycle Assessment）評価からもCO<sub>2</sub>排出削減に高い効果が示されるなど、クリーンな燃料として期待されているが、米国でのセルロース・エタノール実証生産は、発酵阻害物質に関連する技術的な課題等により計画が遅れている模様である。

バイオ燃料全体の2011年世界生産量は446億ガロンと予測されており、2015年にはさらに20%拡大するとされている（Lux Research社）。EUでは、バイオ燃料生産における環境破壊への懸念などを背景としたバイオ燃料への増税や近年の景気後退から、バイオディーゼルの消費が鈍化しているが、中国やインド、東南アジア、南米などの新興国では、積極的なバイオ燃料への投資拡大が続いている。日本でも「エネルギー基本計画」が2010年に閣議決定され、バイオ燃料については、2020年までに全国ガソリン消費量の3%相当以上の導入を目指している。

### 3. グリーン化学品

バイオ燃料と同じく成長が見込まれるのがバイオプロセスによる化学品生産の分野である。グリーン化学品の生産は、バイオ燃料より高度な技術開発が求められるが、バイオリファイナリーの観点からはさらに広い製品群や市場規模が予想され、サステイナブルな産業として今後の発展が期待されている。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可食バイオマスの利用が求められている。ターゲットとしては、プロパンジオール生産などのファインケミカルからアクリル酸、イソプレン等の大型市場品、各種カルボン酸、アミン類、芳香族化合物などに拡大しており、ジョイントベンチャーも数多く誕生している。グリーン化学品の将来市場としては、種々の推定が出されているが、一般的な見方としては、2015年には\$70B、2020年には\$100Bとされている。

### 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有用化学品を、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、非可食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た（トピックス参照）。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、ターゲット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3）。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。

#### 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。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、コリネ型細菌の遺伝子改良により、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。

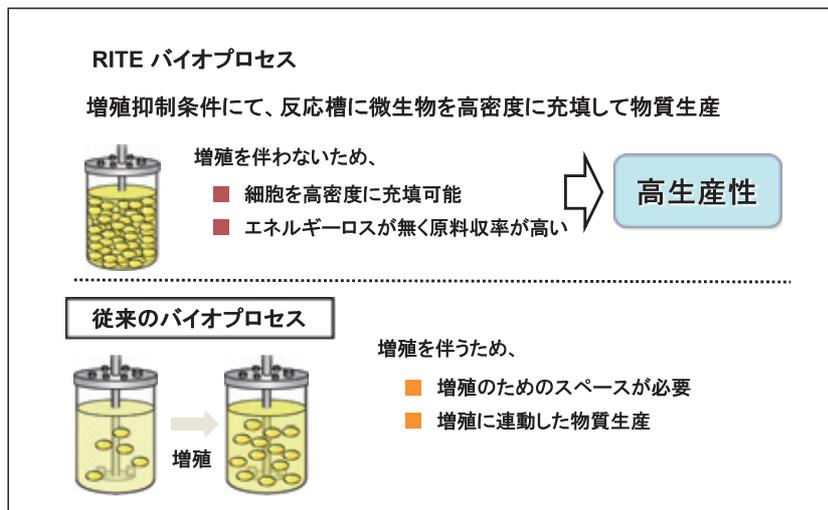


図3 RITE バイオプロセスと従来法との比較

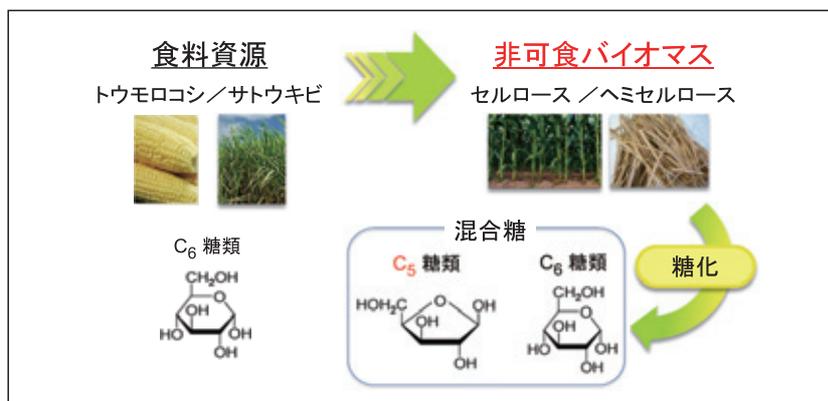


図4 非可食バイオマスの糖化による混合糖の利用拡大

#### 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。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 今後の技術開発

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、ゲノム工学等の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ターゲット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。

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、通気攪拌用のコンプレッサーや攪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。

#### 4.5 実用化への取り組み

企業とのセルロース・エタノール生産等の共同開発に加えて、一昨年から「技術研究組合」を設立して研究開発の効率化を進めている。組合は法人格を持ち、企業や公的研究機関との共同研究が可能である。現在、「グリーンフェノール・高機能フェノール樹脂製造技術研究組合」及び「バイオブタノール製造技術研究組合」の二つを設立して共同開発を進めている。昨年、さらに事業化を加速させるため、事業会社 Green Earth Institute (株)を設立した（トピックス参照）。設立趣旨は、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。

#### 5. 終わりに

地球温暖化防止や環境対策に資する技術開発競争は、今後も世界レベルで激化・拡大し続けると予想される。我々 RITE は、独自技術である「RITE バイオプロセス」を基盤とし、内外企業との共同研究開発によりバイオリファイナリー産業を早期に実現すべく努力していきたい。

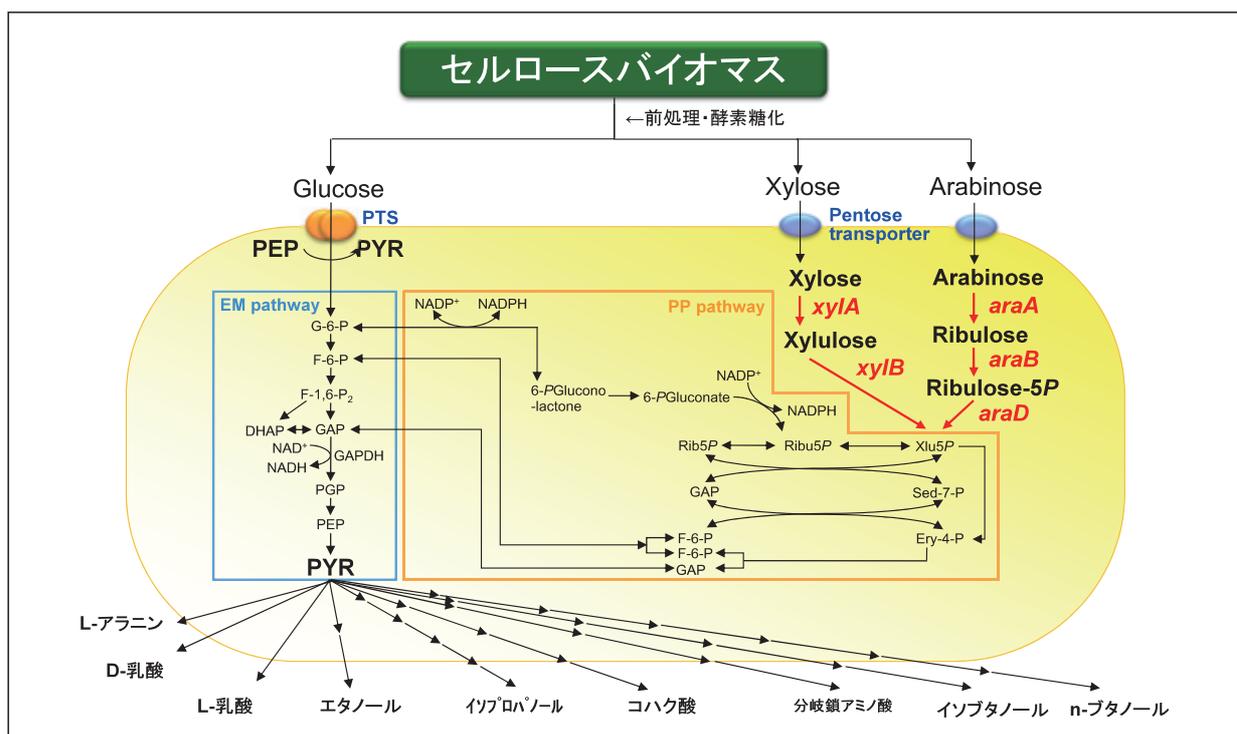


図 5 コリネ型細菌の代謝設計によるグリーン化学品・燃料（鎖状化合物）の生産

# 化学研究グループ

## CO<sub>2</sub> 分離・回収技術の高度化・実用化へ向けた取り組み

### 1. CO<sub>2</sub> 分離・回収技術研究開発

CCS (CO<sub>2</sub> capture and storage) は、化石燃料の燃焼で発生した CO<sub>2</sub> を回収する技術と、回収した CO<sub>2</sub> を地中に貯留・隔離する技術である。

CCS コストの 6 割程度は排出源からの CO<sub>2</sub> 回収に要すると試算されており、CCS の実用化促進には CO<sub>2</sub> 回収コストの低減が重要である。

化学研究グループでは化学吸収法と膜分離法及び吸着分離法等の独自の CO<sub>2</sub> 分離・回収技術の開発に力点を置いてきた。

化学吸収法では、COCS プロジェクトと名付けた、製鉄所の排ガスを対象にした CO<sub>2</sub> 分離技術の開発を完了し、革新的なアミンの開発と未利用廃熱の活用により製鉄所高炉ガスから従来の半額となる 3,000 円/t-CO<sub>2</sub> で CO<sub>2</sub> を回収する目処を得た。実証研究となる COURSE50 プロジェクトに参加し CO<sub>2</sub> 回収コスト 2,000 円/t-CO<sub>2</sub> (2015 年) を狙った化学吸収液の開発を継続している。

一方、高圧ガスからの CO<sub>2</sub> 回収に適した高性能な吸収液を開発し、応用展開を図っている。

膜分離法では、H<sub>2</sub> を含む高圧ガスから CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> (2015 年) で CO<sub>2</sub> を回収することを目指している。 dendrimer を用いる新規高分子系材料が CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 分離に優れることを見出し、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、高圧の条件下で水蒸気が存在しても殆ど CO<sub>2</sub> 吸着性能が低下しない新規 CO<sub>2</sub> 吸着材を開発し、除湿塔省略による低コスト分離プロセスの構築を目指している。

更に、低コストの CO<sub>2</sub> 分離・回収技術を目的として、アミン系の CO<sub>2</sub> 吸収液を固体吸着材に担持させた新たな固体吸収材の開発に着手している。

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 CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 分離技術、パラジウム膜による H<sub>2</sub> 分離技術、膜・吸収ハイブリッド法による CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 分離技術が民間企業に採用された。

### 2. 化学吸収法による CO<sub>2</sub> 分離・回収技術開発

化学吸収法は、ガス中の CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 分離に適している。我々の目的は、化学吸収法における最大の課題である CO<sub>2</sub> 分離・回収コストを低減する高性能新吸収液を開発することである。

我々は、平成 16 年度から平成 20 年度の期間、製鉄所高炉ガス中の CO<sub>2</sub> 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)。

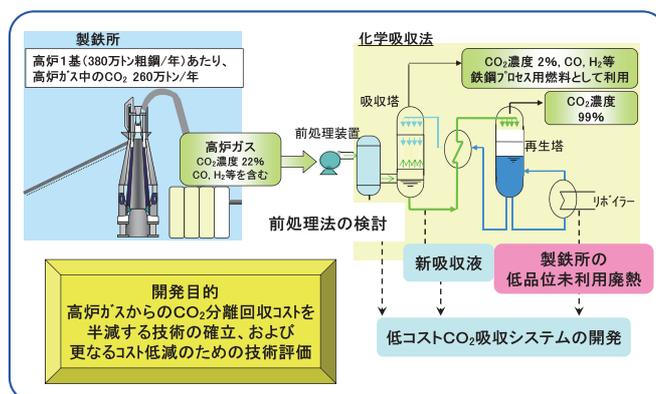


図 1 低品位廃熱を利用する CO<sub>2</sub> 分離回収技術 (COCS) 概要

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。それまで標準的に使用されていた MEA (モノエタノールアミン) の CO<sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>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。

現在、我々は、COURSE50プロジェクトに適したより高性能な新吸収液（目標とする分離・回収エネルギー2.0GJ/t-CO<sub>2</sub>）を見出すべく研究開発に取り組んでいる（図2）。

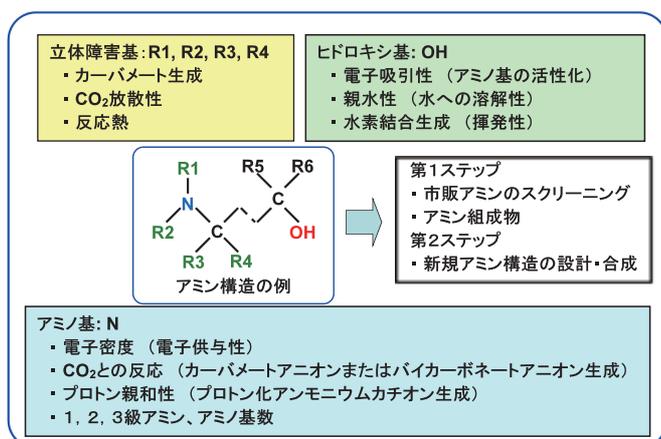


図2 新規吸収剤開発

分離・回収エネルギーを最小化するためにはCO<sub>2</sub>分離・回収時の化学的反応熱を最小化し、設備を最小化するためにCO<sub>2</sub>分離・回収反応速度を最大化しなければならない。一般に、反応熱とCO<sub>2</sub>分離・回収速度はトレードオフの関係にあるが、これらを両立する吸収液を開発する必要がある。

そこで我々は、新日本製鐵(株)および東京大学とともに最新の計算化学や合成化学を駆使した高性能な新規アミン吸収液の開発を行うとともに、新日鉄エンジニアリング(株)の協



図3 試験設備の外観

力のもと、実高炉ガスを用いる1tおよび30t-CO<sub>2</sub>/d能力設備（図3）での評価に取り組んでいる。

これまでに、以前に開発した化学吸収液（開発液1）よりも消費熱エネルギーを低減した化学吸収液（開発液2）の開発に成功している（図4）。開発液2の熱エネルギー消費量は2.5GJ/t-CO<sub>2</sub>を達成し、さらに実機では0.1GJ/t-CO<sub>2</sub>程度の改善が見込まれる。

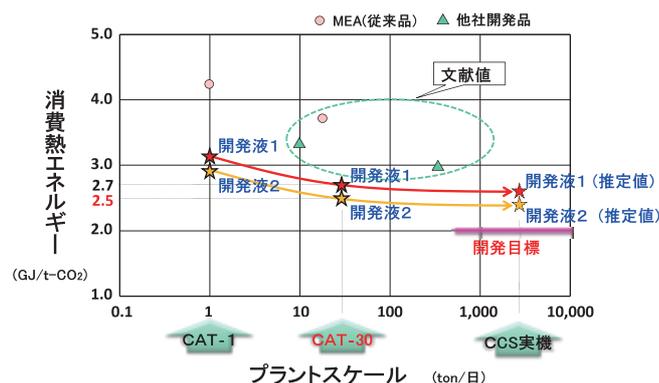


図4 性能（消費熱エネルギー）評価状況

また、これまでの研究経験を基にして、平成19年度から平成21年度まで、高圧条件下でのCO<sub>2</sub>分離・回収に適した吸収液の研究開発に取り組み、吸収および放散性能の優れたアミン系吸収液を開発した。我々は、これらのアミン吸収液を用いた高圧ガスにおける化学吸収法を新たなCO<sub>2</sub>分離・回収方法として提案していく。

さらに、化学吸収法のプロセス研究として、新規プロジェクト（「二酸化炭素回収技術高度化事業」経産省委託事業、平成22年度～）において、“先進的な化学吸収液を実機システムレベルで評価する標準的手法の開発”を進めている。具体的には、化学吸収液をエネルギーとコストの両面から評価するためのプロセスシミュレーション技術の高度化や、プロセスを産業技術として確立するための化学吸収液の耐久性および環境影響等の調査を実施している。平成22年度には国内企業所有のパイロットプラント（10t-CO<sub>2</sub>/d規模）を用いてRITE開発液の性能を評価するとともに、プロセスシミュレーションに必要なデータの収集を行った。

### 3. 高圧ガスからCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>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。石炭をガス化した後に水性ガスシフト反応で  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2$  を含む混合ガスを製造し、 $\text{CO}_2$  を回収・貯留して、 $\text{H}_2$  をクリーンな燃料として用いる。この圧力を有する混合ガスから、1,500 円/t- $\text{CO}_2$  以下のコストで  $\text{CO}_2$  を回収できる新規な分子ゲート膜を開発中である。

分子ゲート膜は、 $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2$  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  $\text{CO}_2$  が分子サイズの小さな  $\text{H}_2$  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  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2$  を効率良く分離できる。現在までに、新規に開発した dendrimer が優れた  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2$  の分離性能を有することを見出し、この dendrimer と架橋型高分子材料の分離機能層を有する複合膜で世界トップ性能となる 30 を超える  $\text{CO}_2/\text{H}_2$  選択性を得ている。図 6 に、RITE で開発した dendrimer 包含架橋高分子膜の概念と  $\text{CO}_2/\text{H}_2$  分離性能を示す。現在、これらの材料をベースに膜材料の改良、薄膜化等による

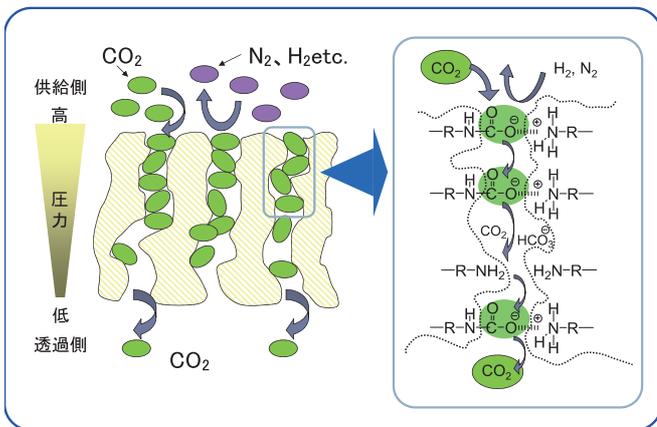


図 5 分子ゲート膜の概念図

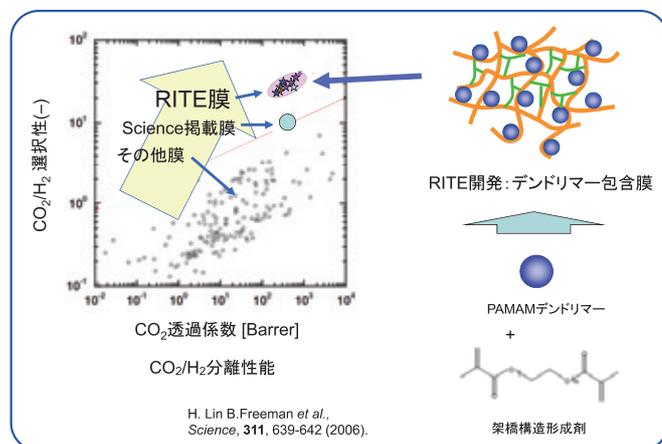


図 6 dendrimer 包含膜と  $\text{CO}_2/\text{H}_2$  分離性能

$\text{CO}_2$  選択透過のさらなる向上を検討中である。

この成果を元に、(株)クラレ、日東電工(株)の分離膜メーカー 2 社及び新日鉄エンジニアリング(株)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)。

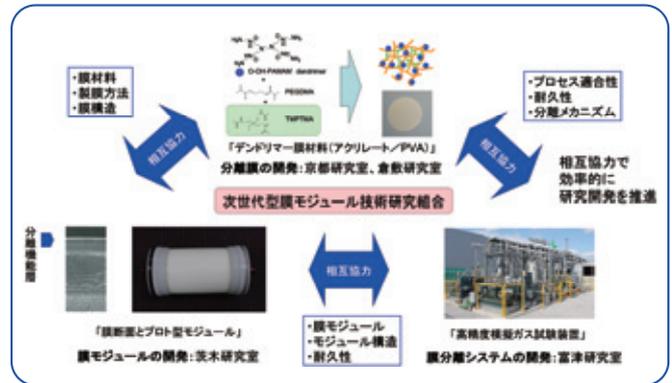


図 7 民間企業との連携による膜モジュール化

dendrimer 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  $\text{CO}_2$  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。

\*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、 $\text{CO}_2$  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. 耐水蒸気型吸着剤による $\text{CO}_2$ 吸着分離技術開発

水蒸気共存条件下でも  $\text{CO}_2$  の吸着性能が低下しない新しい吸着剤の開発に取り組んでいる。これまでに常圧型ではアミン化合物により表面修飾したメソポーラスシリカを開発している。また最近、高圧ガスからの  $\text{CO}_2$  分離に有効な材料を開発し、本吸着剤を利用した省エネルギー型の  $\text{CO}_2$  吸着分離プロセスを検討している (図 8)。

従来型の 13X ゼオライトは、低  $\text{CO}_2$  分圧で吸着が飽和するため、高圧ガスからの  $\text{CO}_2$  回収には不向きであるが、新規に開発した吸着剤 (A) はほとんど水蒸気の影響を受け

ず、また常圧に戻すだけで吸着したCO<sub>2</sub>が回収できるため、大幅な分離・回収エネルギーの低減が可能である。また除湿プロセスの省略により装置のコンパクト化も可能となる。これまでにCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 流通混合ガスからCO<sub>2</sub>を高選択的に分離可能なことを確認し、現在小型の2塔式連続吸着分離試験装置を用いてプロセスの有効性を検証中である。

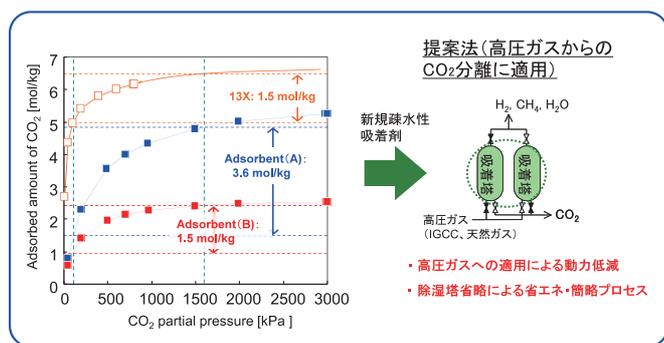


図8 耐水蒸気型吸着剤によるCO<sub>2</sub>分離プロセス

### 5. 化学吸収剤を用いたCO<sub>2</sub>分離・回収技術の高度化

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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離・回収技術をベースに、平成22年度に新たなプロジェクト（「二酸化炭素回収技術高度化事業」経産省委託事業）を立ち上げ、CO<sub>2</sub>高効率回収・低エネルギー消費型の固体吸収材の開発、および化学吸収法のプロセス評価技術の開発に着手した。

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<sub>2</sub>解離に伴う蒸気エネルギー損失が無視できるためCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギー低減の可能性がある。固体吸収材の開発は、米国のNETL（National Energy Technology Laboratory）において実績があり、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、その実用可能性を検証中である。

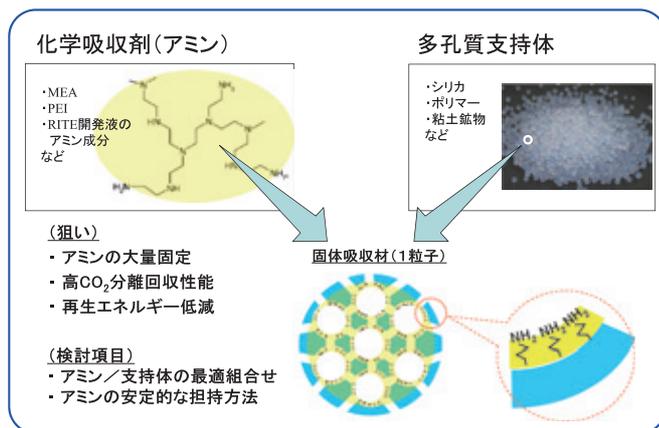


図9 新規固体吸収材の開発

### 6. GCEPの紹介

スタンフォード大学のGCEP（Global Climate and Energy Project）から「先進的CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>分離材料の開発」を受託している。この「先進的CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>分離材料の開発」では、亜臨界並びに超臨界状態のCO<sub>2</sub>を鑄型とする新しいコンセプトを用いる革新的な分離膜の開発を目指している。その概念を図10に示す。CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>分離材料では、膜中に存在するCO<sub>2</sub>親和性物質を分子レベルで構造制御することにより、優れた分離性能を発現することが可能となる。図10に示すように、超臨界CO<sub>2</sub>の存在下では、分離膜中のCO<sub>2</sub>親和性物質がCO<sub>2</sub>と接した最適な構造をとっている（状態A）。超臨界CO<sub>2</sub>を除去する際に構造が維持される（状態B）、CO<sub>2</sub>親和性物質がCO<sub>2</sub>の透過に最適な構造を有する分離膜を得る可能性が期待される。

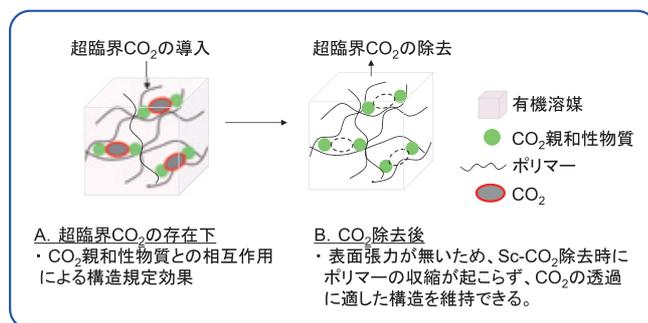


図10 CO<sub>2</sub>を鑄型に用いる分離膜開発の概念

# CO<sub>2</sub> 貯留研究グループ

## 実適用を目指す CO<sub>2</sub> 貯留技術開発の取り組み

### 1. CO<sub>2</sub> 地中貯留技術研究開発

CO<sub>2</sub> 地中貯留は、温室効果ガスである CO<sub>2</sub> を大気に放出することなく地下に安全に閉じ込めるための技術であり、油層に CO<sub>2</sub> を圧入して石油の増進回収を行う EOR、炭層に CO<sub>2</sub> を圧入してメタンを回収する ECBM、枯渇ガス田への隔離、塩水性帯水層に貯留する方法などがある。このうち、RITE が取り組んでいる帯水層貯留では、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）が存在し、CO<sub>2</sub> を長期に安定して貯留することが可能である。



図1 CO<sub>2</sub> 地中貯留の概念図

RITE では、貯留性能評価（地質モデリング）、CO<sub>2</sub> 挙動解析（モニタリング及び長期挙動予測）及び CO<sub>2</sub> 移行解析（安全性評価）に係る基盤技術の開発を進めている。

#### ①貯留性能評価手法の開発

長岡 CO<sub>2</sub> 圧入実証試験サイトにおける弾性波探査、物理検層、コア試料の物性試験等の結果を基に、貯留層の地質構造を詳細に把握し、我が国特有の砂泥互層や砂礫層のような複雑な地質特性を反映した地質モデリングを行うことにより、貯留層の性能評価手法を開発する。

#### ②貯留層内の CO<sub>2</sub> 挙動解析

長岡実証試験サイトにおける過年度並びに本事業において新規に取得する物理検層等のデータを総合的に解析し、CO<sub>2</sub> 貯留メカニズムを明らかにするとともに、これらの成

果を用いて長期挙動予測シミュレーション技術の高精度化を図る。

#### ③貯留層外部への CO<sub>2</sub> 移行解析

貯留層外部への CO<sub>2</sub> 移行の主因とされる断層や廃坑井等について、CO<sub>2</sub> 移行のモデリング手法や解析手法を検討し、海域環境影響を監視するためのモニタリング技術等を開発する。

これらの技術を現在計画中の 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。なお、2011 年度には次のような実績をあげることができた。

#### ・長岡サイトでの CO<sub>2</sub> 挙動解析

2003 年 7 月から 2005 年 1 月にかけて、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 CO<sub>2</sub> を地下 1,000m の塩水性帯水層に圧入した。圧入終了後も地下の CO<sub>2</sub> 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。2011 年度は物理検層、VSP 測定、貯留層の流体採取分析を実施して、CO<sub>2</sub> 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

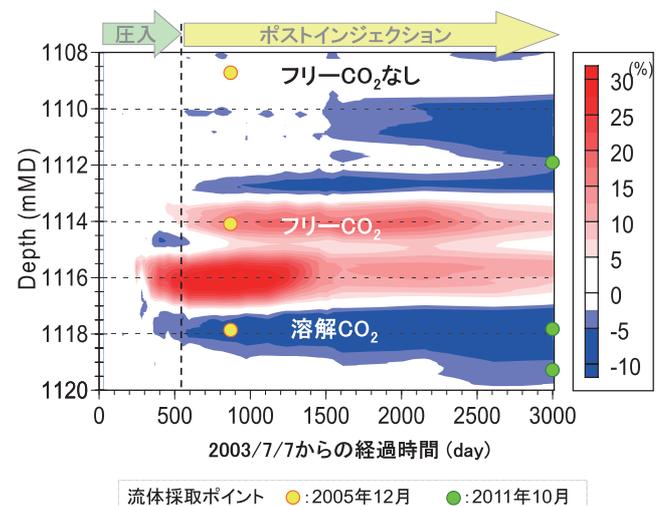


図2 比抵抗の変化率及び流体採取ポイント（観測井 OB-2）

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<sub>2</sub>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を集めている。

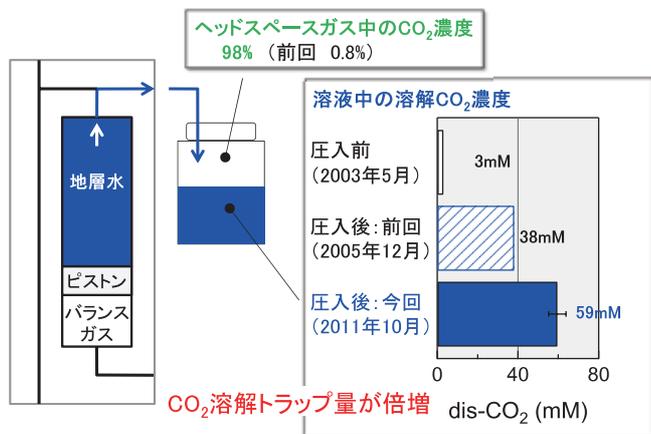


図3 地層水中の溶解CO<sub>2</sub>濃度

・X線CT画像解析によるCO<sub>2</sub>流動の可視化

帯水層を構成する多孔質砂岩層に圧入されたCO<sub>2</sub>の挙動を解明するために導入した最新鋭のX線CT装置を用いることで、砂岩の空隙構造における超臨界CO<sub>2</sub>流動の可視化に成功した。今後は、岩石の孔隙率及びCO<sub>2</sub>飽和度を評価し、弾性波速度との関連付けによりCO<sub>2</sub>モニタリング技術の向上を目指す。

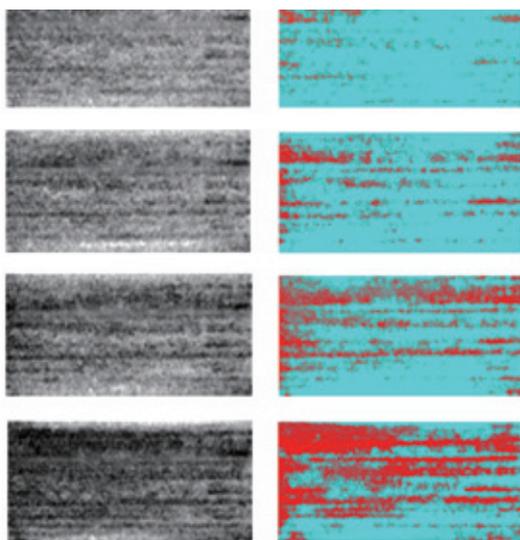


図4 砂岩におけるCO<sub>2</sub>流動状況の可視化画像 (左: CT画像、右: 圧入されたCO<sub>2</sub> (赤) を示すCT画像)

・常設OBC長期現場観測試験

海底下のCO<sub>2</sub>地中貯留におけるモニタリング技術として、2007年度より常設OBC(Ocean Bottom Cable)シス

テムの導入と評価を行っており、16モジュール(800m)のOBCによる内陸貯水池における性能評価実験を経て、2010年度には24モジュール(1,200m)による短期の実海域実験を実施し、その能力と有効性を実証した。2011年度においては、CCS大規模実証試験サイトにおける実適用を視野に入れ、さらに24モジュール(1,200m)を追加した上で、相模湾平塚沖において長期間連続観測を実施した。今後も引き続き、常設OBCによるCO<sub>2</sub>挙動モニタリング手法の実用化を進めていく予定である。

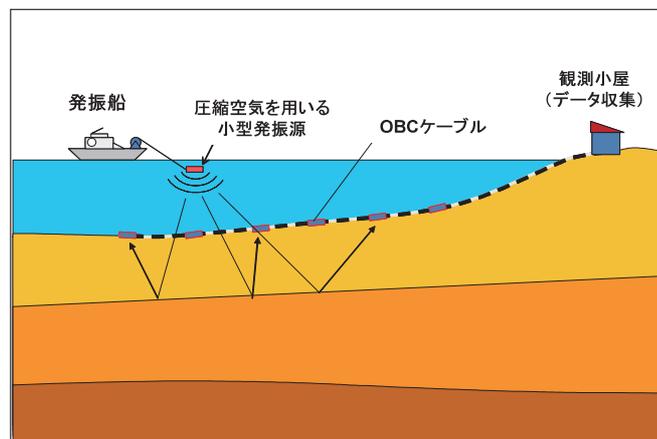


図5 常設OBC観測システムの概念図



図6 常設OBC敷設作業

・CO<sub>2</sub>圧入時の地層への影響に関する研究

CO<sub>2</sub>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及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CO<sub>2</sub>圧入サイト(ミシシッピ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

開始した。今後、CCS 大規模実証試験及び実用化において安全に CO<sub>2</sub> 圧入ができるように微小振動観測技術を開発する。

・環境影響評価

CO<sub>2</sub> 移行に係る安全性評価手法開発の一環として、海底堆積物中における CO<sub>2</sub> 移行シミュレーションのベースとなるモデルを選定し、CO<sub>2</sub> 移行モデル構築を開始した。また、海域環境モニタリング手法開発の一環として、微生物活性を用いた CO<sub>2</sub> モニタリング手法の検討を行った。さらに、海底生態系への CO<sub>2</sub> 影響評価手法開発の一環として、底生生物に及ぼす CO<sub>2</sub> 影響データベース構築に着手するとともに、英国における研究開発の情報収集を行った。今後は、海域環境モニタリングに関する物理的、化学的、生

物的ベースラインの調査法を検討するとともに、潜在的移行経路から海底付近に到達し、海水中に拡散する CO<sub>2</sub> の挙動予測モデルを構築し、海底生態系への CO<sub>2</sub> 影響評価手法を開発する。

2. 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<sub>2</sub> を回収し地中に貯留する CCS は、今後 2100 年まで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<sub>2</sub> を活用した CO<sub>2</sub>-EOR が年間 6 千万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<sub>2</sub> 排出量の多い石炭火力発電

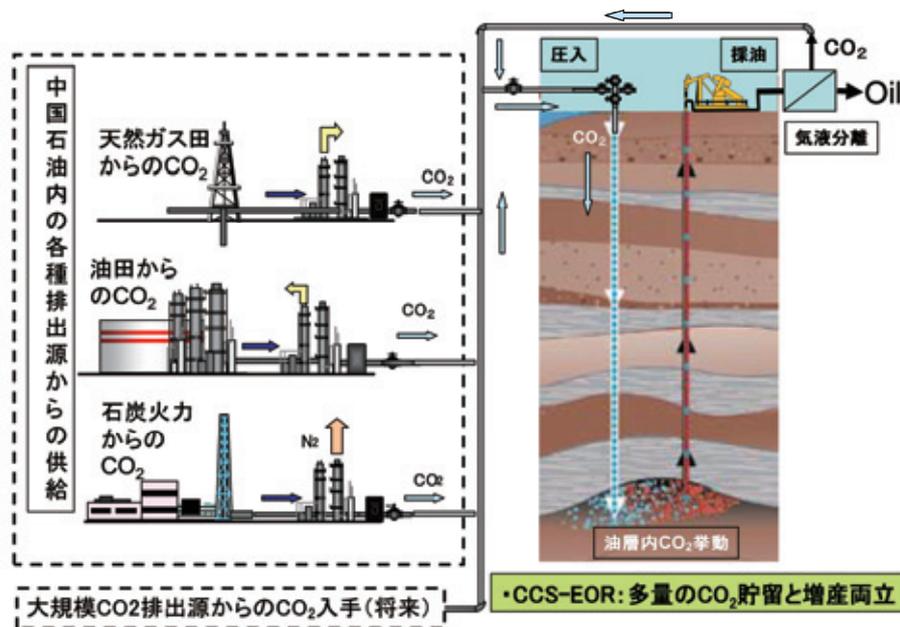


図7 CCS-EORの概要図



図8 「CCS-EOR 日中協力テーマ確認書」調印式

所の排出 CO<sub>2</sub> を対象とした CCS-EOR の普及が期待されている。

中国は、近年の目覚ましい経済発展に伴い CO<sub>2</sub> 排出量が年々増加し、2007 年には世界最大の CO<sub>2</sub> 排出国となった。日本も世界第 5 位の CO<sub>2</sub> 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、中国石油天然気集团公司 (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。そしてこれら技術交流の結果に基づいて、CCS-EOR 日中協力テーマとして、① CCS-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 テーマを選定し、2011 年 9 月 28 日に北京にて「CCS-EOR 日中協力テーマに係る確認書」を調印した。

2012 年は、RITE 担当テーマである「貯留層評価技術の検討」について、中国石油と共同で、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について詳細検討を実施する予定である。

## GHGT-11（第11回温室効果ガス制御技術国際会議）2012年11月に京都で開催

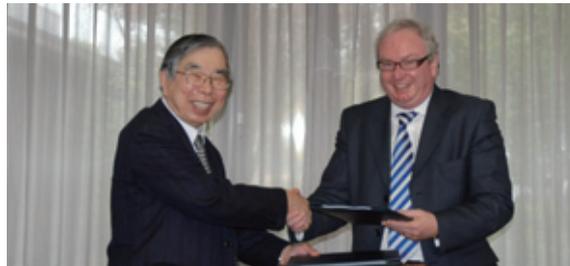
GHGT-11 準備室



## GHGT-11

■ 日程：2012年11月18日（日）～22日（木）（於；国立京都国際会館ほか）

■ 主催：RITE 及び IEAGHG



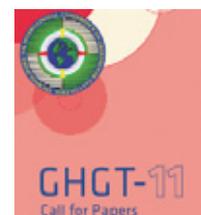
GHGT-11 実施に係る RITE と IEAGHG との覚書締結  
（写真左：RITE 理事長 茅 陽一、写真右：IEAGHG 事務局長 John Gale 氏）

2012年11月、RITEが日本側の主催者となり、GHGT-11を京都で開催します。GHGT (International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies) は、IEA (国際エネルギー機関) 実施協定の一つである IEAGHG R&D Programme (IEAGHG) (RITEが日本代表機関) による国際会議です。会議は、北米－欧州－アジア太平洋3地域が持ち回りで2年に1回開催されています。GHGT-11は、前身の ICCDR 会議を含めると20周年の節目にあたり、また、10年振りの日本での開催となります。

## 《GHGT-11：プログラム概要（暫定）》

	11/18(日)	11/19(月)	11/20(火)	11/21(水)	11/22(木)
午前		開会式	基調講演	基調講演	基調講演
		基調講演	テクニカルセッション4	テクニカルセッション7	テクニカルセッション10
		テクニカルセッション1	テクニカルセッション5	テクニカルセッション8	テクニカルセッション11
午後		テクニカルセッション2	ポスターセッションA	ポスターセッションB	ファイナルパネルセッション
		テクニカルセッション3	テクニカルセッション6	テクニカルセッション9	閉会式
夜	ウェルカムレセプション (京都市内)		ネットワーク レセプション (開催未定)	コンファレンスディナー (京都市内)	

近年の GHGT 会議では、温室効果ガスの制御技術について、CCS (CO<sub>2</sub> 回収・貯留技術) に係る研究成果の発表が中心となっています。GHGT-11 では、Call for Papers に基づき 2011 年 9 月 26 日～2012 年 2 月 15 日の間に応募のあった論文要旨をプログラム委員会で選考し、口頭発表 (6 つ程度のセッションを同時開催) やポスターセッションから成るテクニカルセッションで発表・議論を行います。



## 《GHGT-11: Call for Papers で要旨を募集した論文テーマ》

メインテーマ	サブテーマ
①CO <sub>2</sub> 回収技術	燃焼前回収、燃焼後回収、酸素燃焼、吸収液、膜 等
②CO <sub>2</sub> 地中貯留技術 (塩水帯水層、天然ガス井・油井)	CO <sub>2</sub> 圧入性、貯留容量、モニタリング技術、坑井健全性、貯留コスト 等
③その他貯留技術	炭層、鉱物固定、玄武岩等、海洋隔離
④電力以外の排出源とCCS	鉄鋼、セメント、精製、高濃度CO <sub>2</sub> 排出源、分散型CCS
⑤輸送、インフラ	パイプライン、船舶輸送、ハブと輸送網、CO <sub>2</sub> の品質問題、ソース・シンク・マッチング
⑥マイナス排出	バイオ燃料とCCS、大気中のCO <sub>2</sub> 回収、海洋肥沃化 等
⑦CO <sub>2</sub> 利用	石油増進回収(EOR)、天然ガス増進回収(EGR)、炭層メタン増進回収(ECBM)、藻・化学製品の生産、地熱増産 等
⑧実証プロジェクトと 主要な研究開発実証プログラム	パイロット・プロジェクト、教訓、コスト、ベストプラクティス・ガイドラインの進化、プログラム概観 等
⑨CCS技術評価とシステム統合	安全衛生、システム全体のライフサイクルアセスメント研究、CCSと水資源、リスク評価 等
⑩商業展開	ビジネス関係、バリューチェーン、官民連携、資金調達
⑪CCSに関する一般社会の認識と 受容(PA)、情報伝達	社会科学的研究、情報伝達活動と経験、知識共有
⑫エネルギー・気候変動に関する 政策とCCS	将来のエネルギーシステムにおけるCCSの役割、ポスト京都、CO <sub>2</sub> 以外の温室効果ガス排出削減等、炭素税とCCS適用義務 等
⑬CCSに対する法規制と CO <sub>2</sub> 貯留の長期的な責任	法規制の進展、法規制の要件・関連事項・許認可、責任の移転と長期的責任、排出量算定、安全衛生
⑭教育、訓練、能力開発	ニーズ、経験 等

GHGT-11 のテクニカルセッション（口頭発表、ポスターセッション）では、CCSに関する上記テーマの議論を深めつつ、一方、基調講演やパネルディスカッションでは、より広い視野でエネルギー政策、先進技術の商業展開に向けた課題解決策、国際協力のあり方等を議論するとともに、日本の最先端の環境関連技術を世界に発信するような企画にしたいと考えています。



GHGT-10：基調講演



GHGT-10：ポスターセッション



会議の参加登録は、2012年4月23日よりGHGT-11公式ウェブサイトにて受付を開始し、7月23日までは早期割引料金で受け付けます。2010年にオランダで開催されたGHGT-10では、参加者総数1,600名のうちアジアからの参加者は約200名と少なかったため、日本開催となるGHGT-11では是非ともアジアのプレゼンスを高めたいと考えております。CCSをはじめ、広く地球温暖化対策に関わる多くの皆様にご参加いただき、温室効果ガス削減の世界的な進展に力添えをいただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

■ GHGT-11 公式ウェブサイト（英語）（参加登録受付、プログラムの詳細発表など）

[www.ghgt.info](http://www.ghgt.info)

- ・ 早期割引登録期間：2012年4月23日～7月23日
- ・ 一般登録期間：2012年7月24日～11月15日

■ GHGT-11 に関する RITE ホームページ（日本語）

<http://www.rite.or.jp/japanese/ghgt11/ghgt11.html>

## 革新的環境技術シンポジウム

～低炭素・グリーンイノベーションの実現に向けて～

### 企画調査広報グループ

2011年12月1日に全社協・灘尾ホールにおいて「革新的環境技術シンポジウム～低炭素・グリーンイノベーションの実現に向けて～」を開催しました。

このシンポジウムは、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、社団法人日本農芸化学会、一般社団法人エネルギー・資源学会、一般社団法人日本エネルギー学会、IEAGHGの後援を受けて、RITEが主催したものです。

経済産業省や環境省など政府関係者のほか、産業界・学界等から348名の方々にご参加いただきました。

本シンポジウムでは、山地 憲治 RITE 理事・研究所長の講演に続き、地球温暖化対策シナリオ提案、バイオリファイナリー技術、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させていただきました。多くの方々にご参加いただき、活発な質疑やご意見をいただくことができました。参加者にアンケートを取った結果、194名から回答をいただき、88%にあたる171名から、充実した講演内容であったという回答を頂きました。



## ALPS 国際シンポジウム

### システム研究グループ

2011年2月9日、灘尾ホール（東京）にて平成22年度ALPS国際シンポジウムを開催致しました（RITE主催、経済産業省後援）。

今回のシンポジウムでは、海外からの招待講演者の発表5件（国際応用システム分析研究所：Nebojsa Nakicenovic氏・Markas Amann氏、米国ローレンスバークレー国立研究所：Mark Levine氏、パシフィックノースウェスト国立研究所：Leon Clarke氏、国家発展改革委員会エネルギー研究所：ジャン・ケジュン氏）、国内からの講演者の発表2件（電力中央研究所：杉山大志氏、RITE理事・研究所長：山地憲治）、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。シンポジウム副題を温暖化対策シナリオ・分析の最前線とし、長期かつ多視点からシナリオ分析に関するご意見を伺いました。

約230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。



## バイオリファイナリー事業化に向けて Green Earth Institute 株式会社を設立

バイオ研究グループ

再生可能資源であり、食料とも競合しない非可食バイオマスを原料として、バイオ燃料やグリーン化学品を製造する新規産業「バイオリファイナリー」に大きな期待が寄せられています。我々の独自技術である「RITE バイオプロセス」を利用したバイオ燃料やグリーン化学品製造の事業化をさらに加速するため、事業会社「Green Earth Institute 株式会社」を設立しました。設立理念は、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す。G.E.I. 社は、バイオリファイナリーにおけるリーダー的な存在として、グローバル展開を目指します。



東京大学アントレプレナープラザ

名称：Green Earth Institute 株式会社

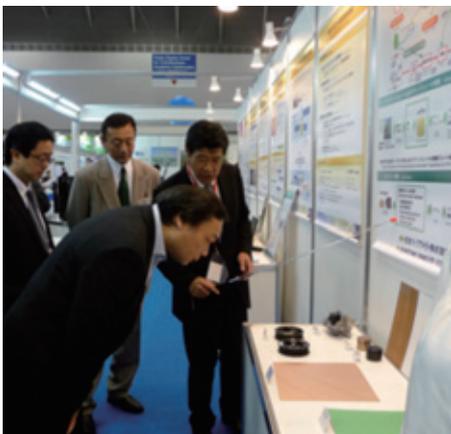
設立：平成 23 年 9 月 1 日

住所：〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1  
 東京大学アントレプレナープラザ 6F

## BioJapan2011(World Business Forum) セミナーおよび出展に多数の来場者

バイオ研究グループ

日経 BP 社とバイオジャパン組織委員会が主催したワールドビジネスフォーラムが 2011 年 10 月 5 日～10 月 7 日にパシフィコ横浜で開催され、今回から RITE は主催団体の一つとして参加しました。前回に引き続き「グリーンイノベーションサミット」セミナーが開催され、当グループの湯川理事がモデレータを務めました。出展会場では、「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、共同研究中の企業もパネルや RITE バイオプロセスで生産した原料を使用した製品を展示しました。また、9月に設立した事業会社「Green Earth Institute 株式会社」の紹介を行いました。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上田隆之様ご視察



RITE ブース

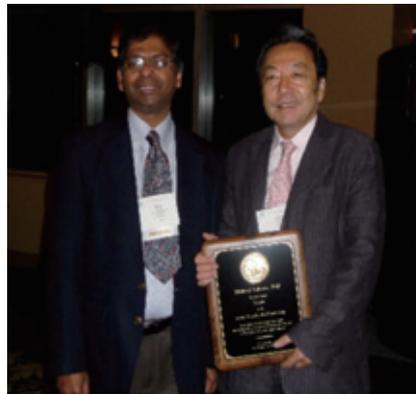
## 2011 年度、米国工業微生物学会 Fellowship award を受賞

バイオ研究グループ

米国工業微生物学会（The Society for Industrial Microbiology）は、1949年にニューヨークで設立されたバイオテクノロジーに必須の応用微生物分野を代表する学会です。本学会ではバイオリファイナリーに関連する微生物や微生物が生産する酵素、生理活性物質などの幅広い先端研究成果が発表・討議され、著名大学をはじめ世界的な化学・バイオテクノロジー企業が会員に名を連ねています。Fellowship award は 1985 年に創設され、応用微生物分野での業績に与えられるもので、日本人の受賞は今回が初めてです。右の写真は、2011 年 7 月の授賞式の模様です。



Society for Industrial Microbiology  
Dedicated to the Industrial Application of Microbiology and Biotechnology



SIM President Badal Saha 博士と受賞の湯川理事

## 革新的 CO<sub>2</sub> 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～

化学研究グループ

2011 年 11 月 4 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 CO<sub>2</sub> 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 170 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、(株)クラレ、日東電工(株)、新日鉄エンジニアリング(株)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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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。

シンポジウムでは、地球温暖化への対応（RITE 茅副理事長（当時）、膜分離技術の現状と将来展望（工学院大学 中尾教授）、北米の最新膜技術動向（米国テキサス大学 Freeman 教授）、膜技術の海外調査報告（技術研究組合 伊勢主管）、次世代型膜モジュール（技術研究組合 風間専務理事）、膜の世界市場展開（技術研究組合 岩堀シニアコンサルタント）について講演がありました。

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、85 人から回答いただき、69%にあたる 59 人から、良かったという回答を頂きました。



## CCS ワークショップ ～社会合意へ向けた安全性評価～

### CO<sub>2</sub> 貯留研究グループ

2012年1月18日(水)、ベルサール汐留(東京都中央区)において、CCS ワークショップ「社会合意へ向けた安全性評価」を開催し(共催:経済産業省、後援:産業技術総合研究所、電力中央研究所、Global CCS Institute、IEA Greenhouse Gas R&D Programme、エネルギー・資源学会、日本 CCS 調査)、内外の政府関係者、企業、大学、研究機関から 386 名の参加をいただきました。

ワークショップでは、「持続可能なエネルギーシステムにおける CCS の役割」(RITE 理事・研究所長 山地憲治)、「CCS の実用化と商業化に対する課題」(IEAGHG ジェネラルマネージャー John Gale 氏/英国)、「CO<sub>2</sub> 地中貯留の“実用化に向けて”ーサイト選定の課題、そのリスク、不確実性」(CGSS CEO John Bradshaw 氏/豪州)、「漏洩の検出、プルームの移行、圧力上昇モニタリングのための新たな選択肢」(Stanford 大学 GCEP ディレクター Sally Benson 氏/米国)、「CCS における微小振動観測技術開発」(RITE 副主席研究員 薛自求)、「CCS 実施を成功に導くステークホルダーの参画:考察と教訓」(CSIRO グループリーダー Peta Ashworth 氏/豪州)について講演がありました。

RITE 研究員によるポスターセッションも行い、CCS の安全性評価技術や CCS 推進に向けた課題について広く関係の皆様方と議論することができました。



システム研究グループ発表論文一覧 2011年(平成23年)

◆2011年(平成23年)原著論文

	タイトル	研究者	掲載先
1	キャップ割り当てスキームの不確実性が電源投資に与える影響評価	小田 潤一郎、高嶋 隆太	リアルオプション研究 Vol.4 No.1, 2011年2月
2	GIS-based Estimation of Global Carbon Sequestration Potential through Forest Management	K. Akimoto, T. Tomoda, K. Tahara, T. Kojima	Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol.44 No.10 p764-773, 2011
3	International Climate Agreements under Induced Technological Change	M. Nagashima, H-P. Weikard, K. Bruin, R. Dellink	Metroeconomica, Vol.62 No.4 p612-634, 2011
4	Assessment of Copenhagen Pledges with Long-term Implications	K. Wada, F. Sano, K. Akimoto, T. Homma, K. Tokushige, M. Nagashima, T. Tomoda	Energy Economics, in press

◆2011年(平成23年)解説/総説文

	タイトル	研究者	掲載先
1	中期の排出削減目標の検証—先進国と途上国の削減分担—	秋元 圭吾	国際環境経済研究所 WEBページ <a href="http://ieei.or.jp">http://ieei.or.jp</a> 2011年3月1日
2	電源別発電コストの推計とソーラーベルト計画の問題点	秋元 圭吾	月間ビジネスアイ エネコ 2011年7月号
3	Insights from Game-Theoretic Analysis on the Design of International Climate Agreements	長島 美由紀	国際公共政策研究 第16巻1号 2011
4	Proper Understanding of Scenario	秋元 圭吾	IPCC第3作業部会 第5次評価報告書 緩和政策とシナリオに関する国際シンポジウム WEB 2011年9月
5	Importance of Minimizing Social Barriers to Adoption of Energy-efficient Technologies for Realizing Emission Reductions	長島 美由紀	IPCC第3作業部会 第5次評価報告書 緩和政策とシナリオに関する国際シンポジウム WEB 2011年9月
6	森を見、根を見、土を見る	秋元 圭吾	日刊 温暖化新聞 <a href="http://daily-ondanka.com/thoughts/index.html">http://daily-ondanka.com/thoughts/index.html</a> 2011年9月
7	持続的発展のためのバランスあるエネルギー・地球温暖化対策に向けて	秋元 圭吾	Energy for the future 2011年12月末

◆2011年(平成23年)口頭発表(国内学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	中長期の温室効果ガス排出削減における国際公平性の分析	秋元 圭吾、佐野 史典、本間 隆嗣、和田 謙一、林 礼美、長島 美由紀	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
2	環境・省エネ投資における人間の限定的合理性	和田 謙一、秋元 圭吾、本間 隆嗣、佐野 史典、長島 美由紀	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
3	農業土地利用と土地利用変化に伴うCO2排出量の推計	林 礼美、秋元 圭吾、紀伊 雅敦	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
4	温暖化中期目標によるCO2削減の国内経済への影響分析	本間 隆嗣、秋元 圭吾、長島 美由紀、佐野 史典、和田 謙一	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
5	社会経済要因の分析に基づいた将来の社会経済シナリオの策定	本間 隆嗣、秋元 圭吾、徳重 功子、和田 謙一	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
6	世界エネルギーシステムモデルによる発電部門の長期温暖化対策の分析	佐野 史典、秋元 圭吾、小田 潤一郎、本間 隆嗣、和田 謙一	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
7	世界エネルギーシステムモデルによる運輸部門の長期温暖化対策の分析	佐野 史典、秋元 圭吾、小田 潤一郎、本間 隆嗣、和田 謙一	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
8	温暖化対策と持続可能な発展に関する評価指標の整理検討	徳重 功子、秋元 圭吾、小田 潤一郎、和田 謙一、林 礼美	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
9	世界各地域における鉄鋼シナリオの検討	小田 潤一郎、秋元 圭吾、佐野 史典、本間 隆嗣、和田 謙一、劉 娟	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
10	気候変動問題における割引率の考察	長島 美由紀、秋元 圭吾	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
11	五カ年計画から読み解く中国エネルギー政策の変遷	劉 娟、秋元 圭吾	第27回エネルギー・環境・経済コンファレンス 2011年1月26日
12	気候変動下での農業土地利用と水利用の評価	林 礼美、秋元 圭吾、紀伊 雅敦	第30回エネルギー・資源学会研究発表会 2011年6月2日

	タイトル	研究者	発表先
13	EU-ETSフェーズIIIベンチマーク値の強度の評価(鉄鋼・セメント部門)	小田 潤一郎、秋元 圭吾、和田 謙一	第30回エネルギー・資源学会研究発表会 2011年6月2日
14	森林保護下での世界食糧生産に関する分析	林 礼美、秋元 圭吾	環境科学会2011年会 2011年9月8日
15	温室効果ガス削減方策	秋元 圭吾	化学工学会 第43回秋季大会 シンポジウム 2011年9月14日

◆2011年(平成23年)口頭発表(国際学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	Balancing Mitigation Efforts from Long-term Perspectives	和田 謙一	The Fourth Asian Modeling Exercise Meeting, China, March 31, 2011
2	Toward Effective and Sustainable Global Warming Mitigations	秋元 圭吾	Hartwell II Meeting, United Kingdom, April 8, 2011
3	Scenarios for Sustainable Development and Global Warming Response	秋元 圭吾	UN Expert group meeting on SD21 sustainable development scenarios for Rio-20, Austria, June 27-29, 2011
4	For Rightful Understanding of Scenarios	秋元 圭吾	Symposium on IPCC-AR5 (Mitigation Policy and Transformation Pathways), Japan, July 5, 2011
5	Importance of Minimizing Social Barriers to Adoption of Energy-efficient Technologies for Realizing Emission Reductions	長島 美由紀	Symposium on IPCC-AR5 (Mitigation Policy and Transformation Pathways), Japan, July 5, 2011
6	Energy-efficiency Opportunities in the Residential Sector and their Feasibility	和田 謙一、秋元 圭吾、佐野 史典、小田 潤一郎、本間 隆嗣	The Sixth Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Croatia, September 8, 2011
7	Overview of ALPS Project and Future Perspectives	長島 美由紀	Seminar on Japan's contribution to IIASA activities, Austria, September 16, 2011
8	Climate Policies in Japan Update	和田 謙一	AMPERE Vienna, Austria, October 3, 2011
9	Energy-efficiency Opportunities in the Residential Sector and their Feasibility	和田 謙一、佐野 史典	EMF24 Potsdam, Germany, November 7, 2011

◆2011年(平成23年)出版物等その他発表

	タイトル	研究者	掲載先/発表先ほか
1	我が国の地球温暖化対策のあり方を考えるー低炭素技術を活用した国際貢献ー	秋元 圭吾	地球環境関西フォーラム 環境戦略部会 2011年2月3日
2	温暖化抑制と原子力および分散型エネルギーシナリオ	秋元 圭吾	シンボオ社会研究会「エネルギー・環境問題の国際動向を考える」講演会 2011年3月4日
3	世界の温暖化対策シナリオ	秋元 圭吾	CO2固定研究会 2011年4月21日
4	エネルギー・気候変動政策の展望	秋元 圭吾	東京大学先端科学技術センター インテレクチュアルカフェ「地球温暖化ー日本の戦略」 2011年6月2日
5	地球温暖化リスクとその対応戦略	秋元 圭吾	拓殖大海外事情研究所「地球環境変動に対応した防災・危機管理に関する研究プロジェクト」(座長:森本敏教授)平成23年6月21日
6	ポスト京都の新たな国際枠組みに向けて	秋元 圭吾	経団連 国際環境戦略WG 2011年7月21日
7	地球温暖化対応戦略ー地球温暖化問題をめぐる全体像	秋元 圭吾	東京大学教養学部・大学院総合文化研究科集中講義 2011年8月1日-2日
8	発電コストの推計	秋元 圭吾	内閣府 原子力委員会・コスト勉強会 2011年9月1日
9	発電コストの推計	秋元 圭吾	原子力委員会定例委員会 2011年9月13日
10	Game-theoretic analysis of international climate agreements: Introduction of the latest paper and future perspectives	長島 美由紀	「大震災後の環境・エネルギー・資源戦略に関わる経済分析」研究会 2011年9月22日
11	発電コストの推計について	秋元 圭吾	経団連 エネルギー政策研究会 2011年10月21日

	タイトル	研究者	掲載先/発表先ほか
12	日本のエネルギー・環境戦略分析	秋元 圭吾	経団連 グローバルJAPAN特別委員会 2011年10月25日
13	これからのエネルギー・環境政策と技術の展望	秋元 圭吾	香川県 かがわ次世代ものづくり研究会 2011年11月9日
14	SSP, RCP, ALPS シナリオ	秋元 圭吾	第二回シナリオ・影響評価国内ワークショップ 2011年11月15日
15	21世紀の食糧生産と農業土地利用—世界モデルを用いた分析と定量的シナリオの策定—	林 礼美、秋元 圭吾	第二回シナリオ・影響評価国内ワークショップ 2011年11月15日
16	コスト等検証委員会の検討概要および分析	秋元 圭吾	日本商工会議所 エネルギー・原子力政策に関する研究会 2011年11月28日
17	エネルギー問題が地域経済に及ぼす影響について	秋元 圭吾	日本商工会議所 総合政策委員会 2011年12月16日

バイオ研究グループ発表論文一覧 2011年(平成23年)

◆2011年(平成23年)原著論文

	タイトル	研究者	掲載先
1	Regulation of the nitrate reductase operon <i>narKGHJ</i> by the cAMP-dependent regulator GlxR in <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	T. Nishimura, H. Teramoto, K. Toyoda, M. Inui and H. Yukawa.	Microbiology 157: 21-28. 2011.
2	Translation efficiency of antiterminator proteins is a determinant for the difference in glucose repression of two beta-glucoside phosphotransferase system gene clusters in <i>Corynebacterium glutamicum</i> R.	Y. Tanaka, H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa.	J. Bacteriol. 193: 349-357. 2011.
3	Identification of mannose uptake and catabolism genes in <i>Corynebacterium glutamicum</i> and genetic engineering for simultaneous utilization of mannose and glucose.	M. Sasaki, H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa.	Appl. Microbiol. Biotechnol. 89: 1905-1916. 2011.
4	Gene expression profiling of <i>Corynebacterium glutamicum</i> during anaerobic nitrate respiration: induction of the SOS response for cell survival.	T. Nishimura, H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa.	J. Bacteriol. 193: 1327-1333. 2011.
5	Efficient markerless gene replacement in <i>Corynebacterium glutamicum</i> using a new temperature-sensitive plasmid.	N. Okibe, N. Suzuki, M. Inui and H. Yukawa.	J. Microbiol. Methods. 85: 155-163. 2011.
6	Diversity of metabolic shift in response to oxygen deprivation in <i>Corynebacterium glutamicum</i> and its close relatives.	S. Yamamoto, M. Sakai, M. Inui and H. Yukawa.	Appl. Microbiol. Biotechnol. 90: 1051-1061. 2011.
7	Metabolic engineering of 1,2-propanediol pathways in <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	S. Niimi, N. Suzuki, M. Inui and H. Yukawa.	Appl. Microbiol. Biotechnol. 90: 1721-1729. 2011.
8	Transcriptional regulators of multiple genes involved in carbon metabolism in <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa.	J. Biotechnol. 154: 114-125. 2011.
9	Metabolic engineering of bacteria for utilization of mixed sugar substrates for improved production of chemicals and fuel ethanol.	T. Jojima, M. Inui and H. Yukawa.	Biofuels 2: 303-313. 2011.
10	High yield secretion of heterologous proteins in <i>Corynebacterium glutamicum</i> using its own Tat-type signal sequence.	H. Teramoto, K. Watanabe, N. Suzuki, M. Inui and H. Yukawa.	Appl. Microbiol. Biotechnol. 91: 677-687. 2011.
11	Genome-wide identification of <i>in vivo</i> binding sites of GlxR, a cyclic AMP receptor protein-type regulator in <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	K. Toyoda, H. Teramoto, M. Inui and H. Yukawa.	J. Bacteriol. 193: 4123-4133. 2011.
12	Characterization of the mannitol catabolic operon of <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	X. Peng, N. Okai, A.A. Vertès, K. Inatomi, M. Inui and H. Yukawa.	Appl. Microbiol. Biotechnol. 91: 1375-1387. 2011.
13	Global transcriptome analysis of the tetrachloroethene dechlorinating bacterium <i>Desulfitobacterium hafniense</i> Y51 in the presence of various electron donors and terminal electron acceptors.	X. Peng, S. Yamamoto, A.A. Vertes, G. Keresztes, K. Inatomi, M. Inui and H. Yukawa.	J. Ind. Microbiol. Biotechnol. (in press)
14	Improvement of the redox balance increases L-valine production by <i>Corynebacterium glutamicum</i> under oxygen deprivation.	S. Hasegawa, K. Uematsu, Y. Natsuma, M. Suda, K. Hiraga, T. Jojima, M. Inui and H. Yukawa.	Appl. Environ. Microbiol. (in press)

◆2011年(平成23年)解説/総説文

	タイトル	研究者	掲載先
1	急展開が見込まれるバイオリアファイナリー産業	湯川 英明	バイオブラジャーナル 40. 2011.
2	バイオリアファイナリー:世界の動向とRITEの研究開発	湯川 英明	化学工学 75. 2011.
3	次世代バイオ燃料「バイオブタノール」:現状と将来像	須田 雅子, 富山 俊男, 湯川 英明	MATERIAL STAGE 11: 52-56. 2011.

◆2011年(平成23年)口頭発表(国内学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	コリネ型細菌におけるグローバルレギュレーターGlxRの機能解析	豊田 晃一, 寺本 陽彦, 乾 将行, 湯川 英明	日本農芸化学会2011年度大会, 2011年3月25日-28日
2	コリネ型細菌beta-グルコシドPTSのカタボライト抑制機構の解析	田中 裕也, 寺本 陽彦, 乾 将行, 湯川 英明	日本農芸化学会2011年度大会, 2011年3月25日-28日
3	コリネ型細菌における硝酸呼吸遺伝子の転写因子AmRの活性調節機構	西村 拓, 寺本 陽彦, 乾 将行, 湯川 英明	日本農芸化学会2011年度大会, 2011年3月25日-28日
4	コリネ型細菌におけるNAD de novo生合成経路遺伝子群の発現制御機構	寺本 陽彦, 須田 雅子, 乾 将行, 湯川 英明	日本農芸化学会2011年度大会, 2011年3月25日-28日
5	コリネ型細菌由来pCGR2, pCG1プラスミドのコピー数制御機構	沖部 奈緒子, 鈴木 伸昭, 乾 将行, 湯川 英明	日本農芸化学会2011年度大会, 2011年3月25日-28日

	タイトル	研究者	発表先
6	コリネ型細菌におけるプラスミドの構造不安定性に関する研究	北出 幸広、沖野 祥平、郡司 渉、平賀 和三、須田 雅子、鈴木 伸昭、乾 将行、湯川 英明	日本農芸化学会2011年度大会、2011年3月25日～28日
7	Industrialization of the Biorefinery Concept by the Growth-Arrested Bioprocess	Alain A. Vertès	日本農芸化学会2011年度大会シンポジウム [デザインドバイオマスによる次世代のバイオ燃料およびグリーンケミカル生産]、2011年3月28日
8	バイオリファイナリー産業の将来像	湯川 英明	日本化学会第91春季年会「アドバンスド・テクノロジー・プログラム(ATP): 多様化する炭素資源にどう対応するか」、2011年3月28日
9	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	乾 将行	新資源生物変換研究会シンポジウム[バイオリファイナリーの今、そして未来]、2011年6月17日

## ◆2011年(平成23年)口頭発表(国際学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	Biorefinery Blue-Print: a Growth-Arrested Bioprocess for Manufacturing a Portfolio of Commodity and Fine Chemicals.	Masayuki Inui, Alain A. Vertès and Hideaki Yukawa	241st American Chemical Society National Meeting & Exposition、2011年3月31日
2	Mechanism of The Different Response of Two <i>bgl</i> -PTS Gene Clusters to Glucose in <i>Corynebacterium glutamicum</i> R.	Yuya Tanaka, Haruhiko Teramoto, Masayuki Inui and Hideaki Yukawa.	American Society for Microbiology 111th General Meeting、2011年5月21日～24日
3	Genome-wide Identification of In Vivo Binding Sites of GlxR, A cAMP Receptor Protein Homolog in <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	Koichi Toyoda, Haruhiko Teramoto, Masayuki Inui and Hideaki Yukawa.	American Society for Microbiology 111th General Meeting、2011年5月21日～24日
4	Production of Biofuels/Biochemicals from Non-food Based Biomass by the RITE Bioprocess	Hideaki Yukawa	2nd Annual Future of Biobased Chemicals – Inception to Marketplace Conference、2011年7月7日
5	Gene expression profiling of <i>Corynebacterium glutamicum</i> under anaerobic nitrate respiration.	Taku Nishimura, Haruhiko Teramoto, Masayuki Inui and Hideaki Yukawa.	SIM Annual Meeting、2011年7月25日
6	Regulation of NAD <i>de novo</i> biosynthesis genes in <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	Haruhiko Teramoto, Masako Suda, Masayuki Inui and Hideaki Yukawa.	SIM Annual Meeting、2011年7月25日
7	The RITE Bioprocess in Production of Biofuels and Biochemicals from Lignocellulosic Biomass-Derived Mixed Sugars	Masayuki Inui and Hideaki Yukawa.	International Union of Microbiological Societies 2011 Congress (IUMS2011)、2011年9月8日
8	Biorefinery: Today and Future	Hideaki Yukawa	BioJapan2011ー国際連合工業開発機関 東京投資・技術移転促進事務所 在京途上国大使館向けバイオ・セミナーー、2011年10月7日
9	コリネ型細菌によるバイオマスからのグリーン化学品生産技術の開発	Masayuki Inui	BioJapan2011ー主催者セミナー[日本バイオプラスチック協会主催「バイオリファイナリーとバイオプラスチックの将来」]ー、2011年10月7日
10	Production of Biofuels and Biochemicals from Non-Food Biomass by a Growth-Arrested Bioprocess Using <i>Corynebacteria</i>	Masayuki Inui and Hideaki Yukawa.	UM-BTI/NAIST Joint Symposium、2011年10月18日

## ◆2011年(平成23年)出版物等その他発表

	タイトル	研究者	掲載先/発表先ほか
1	High-Throughput Transposon Mutagenesis of <i>Corynebacterium glutamicum</i> .	N. Suzuki, M. Inui and H. Yukawa.	Strain Engineering: Methods and Protocols、p.409-417、Humana Press
2	バイオリファイナリーの新潮流ーグリーンフェノール製造への挑戦ー	郷 義幸、湯川 英明	植物由来ポリマー・複合材料の開発、p.48-55、サイエンス&テクノロジー株式会社
3	バイオリファイナリーの現状と展望: バイオ燃料・化学品生産技術の開発	乾 将行	特定非営利活動法人バイオチップコンソーシアム[第36回ワーキンググループ会議]、2011年7月20日
4	新規産業バイオリファイナリーの将来像 技術展望からマーケット予測まで	湯川 英明	平成サマライ塾、2011年10月3日
5	新規産業バイオリファイナリーの将来像とRITEの取り組み	湯川 英明	産総研関西懇話会、2011年10月11日

化学研究グループ発表論文一覧 2011年(平成23年)

◆2011年(平成23年)原著論文

	タイトル	研究者	掲載先
1	Preparation of Pore-fill-type Palladium-Porous Alumina Composite Membrane for Hydrogen Separation	Kensuke Nagata(NAIST), Katsunori Yogo, Tsuyoshi Watabe, Yuichi Fujioka, Manabu Miyamoto	Chemistry Letters 40 (1), 19-21 (2011)
2	Development of a Low Cost CO <sub>2</sub> Capture System with a Novel Absorbent under the COCS Project	Kazuya Goto, Firoz Alam Chowdhury, Hiromichi Okabe, Shinkichi Shimizu, Yuichi Fujioka	Energy Procedia 4, 253-258 (2011)
3	Synthesis and selection of hindered new amine absorbents for CO <sub>2</sub> capture	Firoz Alam Chowdhury, Hiromichi Okabe, Hidetaka Yamada, Masami Onoda, Yuichi Fujioka	Energy Procedia 4, 201-208 (2011)
4	Quantum chemical analysis of carbon dioxide absorption into aqueous solutions of moderately hindered amines	Hidetaka Yamada, Hiromichi Okabe, Shinkichi Shimizu, Yuichi Fujioka, Yoichi Matsuzaki(Nippon Steel Corporation)	Energy Procedia 4, 133-139 (2011)
5	Development of an energy-saving CO <sub>2</sub> -PSA process using hydrophobic adsorbents	Katsunori Yogo, Tsuyoshi Watabe, Yuichi Fujioka, Yosuke Matsukuma, Masaki Minemoto (Kyusyu Univ.)	Energy Procedia 4, 803-808 (2011)
6	Effects of membrane properties on CO <sub>2</sub> recovery performance in a gas absorption membrane contactor	Hiroshi Mano, Yuichi Fujioka, Nobuhide Takahashi, Yusuke Furuta, Hiroshi Fukunaga, Toru Takatsuka(Shinshu Univ.)	Energy Procedia 4, 693-698 (2011)
7	Density functional theory study on carbon dioxide absorption into aqueous solutions of 2-amino-2-methyl-1-propanol using a continuum solvation model	Hidetaka Yamada, Takayuki Higashii, Shingo Kazama, Yoichi Matsuzaki(Nippon Steel Corporation)	J. Phys. Chem. A 115 3079-3086 (2011)
8	Development of novel absorbents for CO <sub>2</sub> capture from blast furnace gas	Kazuya Goto, Hiromichi Okabe, Firoz Alam Chowdhury, Shinkichi Shimizu, Yuichi Fujioka, Masami Onoda(Nippon Steel Corporation)	International Journal of Greenhouse Gas Control 5 1214-1219 (2011)
9	Gas permeation properties of amine loaded mesoporous silica membranes for CO <sub>2</sub> separation	Katsunori Yogo, Manabu Miyamoto, Ayato Takayama, Shigeyuki Uemiyu (Gifu Univ.)	Desalination and Water Treatment 34 266-271 (2011)

◆2011年(平成23年)解説/総説文

	タイトル	研究者	掲載先
1	CCS(CO <sub>2</sub> 貯留・回収・分離技術)	風間伸吾	日本機械学会誌 2011年4月号 114, 1109, 26-28
2	膜によるCO <sub>2</sub> 分離技術の進展	風間伸吾	電気評論 2011年4月号 環境技術ノートNo.153 50-51
3	耐水蒸気型吸着剤の開発と高圧ガスからのCO <sub>2</sub> 分離	余語克則、藤岡祐一	電気評論 2011年5月号 環境技術ノートNo.154 36-37
4	進化した新吸収液による高圧ガスからのCO <sub>2</sub> 分離回収技術	山本信、東井隆行、風間伸吾	電気評論 2011年6月号 環境技術ノートNo.155 50-51
5	二酸化炭素の回収・貯留および再資源化	風間伸吾	雑誌「化学と教育」 2011年8月号
6	疎水性ゼオライトの合成とCO <sub>2</sub> 吸着分離への応用	余語克則、藤岡祐一(福岡女子大学)	月刊「化学工業」 2011年10月号 62, 10, 21-25

◆2011年(平成23年)口頭発表(国内学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	CO <sub>2</sub> 分離・回収技術の紹介 膜分離技術を中心に	風間伸吾	大気環境学会近畿支部セミナー(大阪大学中之島センター) 2011年1月14日
2	CO <sub>2</sub> 回収・貯留(CCS) 膜分離技術を中心に	風間伸吾	同志社大学講義(同志社大学) 2011年1月21日
3	地球温暖化防止に貢献する新規なCO <sub>2</sub> 分離・回収技術-RITEでの取り組み	風間伸吾	「CO <sub>2</sub> 低減のための将来技術を考える」ワークショップ(東北大学多元物質科学研究所) 2011年1月28日
4	地球温暖化防止に貢献する高分子系CO <sub>2</sub> 分離膜	風間伸吾	第48回プラスチックフィルム研究会講座(東京工業大学大岡山キャンパス) 2011年3月7日
5	地球温暖化防止に貢献するCO <sub>2</sub> 分離膜-RITEでの取り組み	風間伸吾	先端膜工学研究推進機構春季講演会(神戸大学) 2011年3月10日
6	界面に拡散促進層を有する有機/無機複合膜の開発とブタノール/水分離特性	加藤和裕(奈良先端大)、中村紀美代、甲斐照彦、風間伸吾、藤岡祐一	化学工学会第76年会(東京農工大学小金井キャンパス) 2011年3月22日
7	細孔内充填型Pd多孔質アルミナ複合膜の調製条件の検討	武山博道(奈良先端大)、永田健祐、余語克則	化学工学会第76年会(東京農工大学小金井キャンパス) 2011年3月22日

	タイトル	研究者	発表先
8	木質バイオマス転換過程におけるアルカリ金属除去機構の検討	山口大次郎(奈良先端大)、小玉聡、藤岡祐一	化学工学会第76年会(東京農工大学小金井キャンパス) 2011年3月24日
9	Degradable Baroplastics - Mechanism of Pressure - Induced Phase Transition	谷口育雄、風間伸吾	第60回高分子学会年次大会(大阪国際会議場) 2011年5月26日
10	RITEにおけるCO <sub>2</sub> 分離膜開発	甲斐照彦、風間伸吾	分離技術会年会2011(明治大学 生田キャンパス) 2011年6月3日
11	二酸化炭素-アルコールアミン-水系における化学種分布の解析	山田秀尚、東井隆行、後藤和也、風間伸吾	分離技術会年会2011(明治大学 生田キャンパス) 2011年6月3日
12	Density functional theory study on carbon dioxide absorption into aqueous amine solutions using a continuum solvation model	山田秀尚、東井隆行、風間伸吾、松崎洋市(新日鐵(株))	第27回化学反応討論会(東京工業大学 大岡山キャンパス) 2011年6月9日
13	二酸化炭素の分離回収・貯留技術開発の動向	余語克則	第49回触媒研究懇談会(KKRホテル熊本) 2011年7月27日
14	新規アミン系CO <sub>2</sub> 吸収液における熱安定性塩の生成挙動	山本信、東井隆行、風間伸吾	化学工学会第43回秋季大会(名古屋工業大学) 2011年9月15日
15	省エネルギー型二酸化炭素分離用吸着剤の合成と機能評価	西坂洋輔(奈良先端大)、余語克則、渡部毅	化学工学会第43回秋季大会(名古屋工業大学) 2011年9月15日
16	細孔内充填型Pd/多孔質アルミナ複合膜の調製と水素分離膜性能	武山博道(奈良先端大)、余語克則、渡部毅、永田健祐	化学工学会第43回秋季大会(名古屋工業大学) 2011年9月15日
17	各種アミノシランを用いたアミノ修飾MCM-41のCO <sub>2</sub> 吸着特性	余語克則、樋口達夫、宮本学、近江靖則、上宮成之(岐阜大学)	化学工学会第43回秋季大会(名古屋工業大学) 2011年9月15日
18	二酸化炭素分離回収技術の最新動向	東井隆行	日本機械学会関西支部(大阪科学技術センター) 2011年9月21日
19	ポリアミドアミンデンドリマー含有PEGネットワーク(3) 二酸化炭素分離性能の向上	谷口育雄、甲斐照彦、段淑紅、風間伸吾	第60回高分子討論会(岡山大学津島キャンパス) 2011年9月29日
20	高プロトン伝導性、低ガス透過性ポリアミド電解質膜の合成	山崎浩太、川上浩良(首都大学東京大学院)	第60回高分子討論会(岡山大学津島キャンパス) 2011年9月29日
21	分解性バロプラスティック-化学構造と成形性	谷口育雄、風間伸吾	第60回高分子討論会(岡山大学津島キャンパス) 2011年9月30日
22	生分解性バロプラスティック:室温成形性とそのメカニズムについて	谷口育雄	エコマテリアル研究会(東京大学生産技術研究所) 2011年10月14日
23	分解性バロプラスティックの室温成形性	谷口育雄、風間伸吾	プラスチック成形加工学会第19回秋季大会(秋田大学工学資源学部手形キャンパス) 2011年10月15日
24	次世代型膜モジュール	風間伸吾	革新的CO <sub>2</sub> 膜分離技術シンポジウム(第一ホテル東京) 2011年11月4日
25	二酸化炭素の分離回収・貯留技術開発の動向	余語克則	日本吸着学会25周年記念シンポジウム(沖縄産業支援センター) 2011年11月11日
26	アルコールアミン水溶液の二酸化炭素吸収におけるアルコール鎖長の影響	山田秀尚、Firoz A. Chowdhury、後藤和也、東井隆行、風間伸吾、松崎洋市(新日鐵(株))	第34回溶液化学シンポジウム(名古屋大学) 2011年11月16日
27	CO <sub>2</sub> 回収技術の最新技術動向と課題-CCS実用化に向けて-	風間伸吾	第2回サステナブル理工学研究センターシンポジウム(第一ホテル東京) 2011年11月22日

◆2011年(平成23年)口頭発表(国際学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	CO <sub>2</sub> Membrane Separation	Teruhiko Kai, Shingo Kazama	CCS WORKSHOP(Hotel Sultan in Jakarta, Golden Ballroom, Jakarta(Indonesia)) 22 February 2011
2	Membranes in precombustion	Shingo Kazama	International Symposium on Environment, Energy and Materials(Doshisha University, Kyoto) 10 March 2011
3	Synthesis and selection of new amine absorbents for CO <sub>2</sub> capture	Firoz Alam Chowdhury, Takayuki Higashii, Kazuya Goto, Shingo Kazama, Masami Onoda(Nippon Steel Corporation)	1st Post Combustion Capture Conference (PCCC1) (Abu Dhabi, UAE) 17 May 2011
4	Advanced CO <sub>2</sub> Separation Using Molecular Gates	Shingo Kazama	Carbon Capture Workshop (Stanford University, Stanford, California) 27 May 2011

	タイトル	研究者	発表先
5	Development of Molecular Gate Membrane for CO <sub>2</sub> Capture	Shuhong Duan, Teruhiko Kai, Ikuo Taniguchi, Shingo Kazama	第6回日中化工シンポジウム(6th Japan-China Symposium on Chemical Engineering) (Wuhan, China) 23 June 2011
6	Development of a novel CO <sub>2</sub> capture system with chemical absorption for the integrated steel works	Kazuya Goto, Firoz Alam Chowdhury, Satoshi Kodama, Shin Yamamoto, Takayuki Higashii, Hiromichi Okabe, Shingo Kazama	1st International Conference on Energy Efficiency and CO <sub>2</sub> Reduction in the Steel Industry(CCD Congress Center Dusseldorf, Germany) 29 June 2011
7	Experimental study into carbon dioxide solubility and species distribution in aqueous alkanolamine solutions	Hidetaka Yamada, Takayuki Higashii, Firoz A. Chowdhury, Kazuya Goto, Shingo Kazama	Sustainable Chemistry 2011(University of Antwerp, Belgium) 9 July 2011
8	Evaluation of a novel absorbent for CO <sub>2</sub> capture in a pilot plant with coal combustion gas containing high concentration of SO <sub>2</sub>	Kazuya Goto, Satoshi Kodama, Yuichi Fujioka, Shingo Kazama, Rei Satoh, Masayuki Iwamura(Chiyoda Corp.), Yuli Artanto, James Jansen, Pauline Pearson, Erik Meuleman(CSIRO)	The 8th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy & Environmental Technologies (APCSEET2011)(University of Adelaide, Australia) 12 July 2011
9	Development of poly(amidoamine) dendrimer/polymer hybrid membranes for CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> separation	Teruhiko Kai, Shuhong Duan, Ikuo Taniguchi, Shingo Kazama	ICOM2011(The RAI in Amsterdam) 25 July 2011
10	Development of Novel Absorbents for Energy-Saving CO <sub>2</sub> Capture System	Kazuya Goto, Firoz Alam Chowdhury, Shin Yamamoto, Takayuki Higashii, Shingo Kazama	14th Asian Chemical Congress(14ACC)(Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand) 6 September 2011
11	Development of Molecular Gate Membrane for CO <sub>2</sub> Capture	Shingo Kazama	The Fourth CSLF Ministerial Meeting(Beijing, China) 20 September 2011
12	Advanced CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> Separation Materials Incorporating Active Functional Agents	Shingo Kazama	GCEP symposium(Stanford University, Stanford, California) 5 October 2011
13	Generation Behavior of Heat-Stable Salt in Novel Chemical Solvent for CO <sub>2</sub> Capture Process from Blast-Furnace Gas	Shin Yamamoto, Takayuki Higashii, Shingo Kazama	2011 AIChE Annual meeting(Minneapolis Convention Center, Minneapolis, MN) 18 October 2011

◆2011年(平成23年)出版物等その他発表

	タイトル	研究者	掲載先/発表先ほか
1	膜・吸収ハイブリッド法によるバイオガス精製技術 現状と課題	真野弘	『バイオマスリファイナリー触媒技術の新展開』 p.62-69 シーエムシー出版 2011年8月
2	CCS技術の新展開 【第二編 CO <sub>2</sub> 回収技術】	風間伸吾、東井隆行、甲斐照彦、後藤和也、谷口育雄、真野弘、余語克則	『CCS技術の新展開』 第3章、第4章、第6章、第7章、第9章 シーエムシー出版 2011年11月

CO<sub>2</sub>貯留研究グループ発表論文一覧 2011年(平成23年)

◆2011年(平成23年)原著論文

	タイトル	研究者	掲載先
1	Monitoring and detecting CO <sub>2</sub> injected into water-saturated sandstone with joint seismic and resistivity measurements	Jongwook Kim, Toshifumi Matsuoka, Ziqui Xue	Exploration geophysics, 2011, 42(1), 1-10
2	Experimental study of electric and seismic monitoring for mobile and residual CO <sub>2</sub> in the drainage and imbibition stages	Jongwook Kim, Toshifumi Matsuoka, Ziqui Xue	Geophysical Journal International, submitted
3	多孔質砂岩中の定常流動状態における水-超臨界CO <sub>2</sub> 間の相対浸透率	小暮哲也・北村圭吾・山田達也・西澤修・薛自求	石油技術協会誌,投稿中
4	多孔質砂岩中に存在する低孔隙率の葉理面が超臨界CO <sub>2</sub> 流動に与える影響:弾性波速度による検討	北村圭吾, 薛自求, 山田達也, 西澤修	資源・素材学会「資源と素材」,投稿中
5	Effect of formation water compositions on predicting CO <sub>2</sub> behavior case study at the nagaoka post-injection monitoring site	Saeko Mito, Ziqui Xue, Tatsuya Sato	Applied Geochemistry,投稿中
6	多孔質砂岩中の定常流動状態における水-超臨界CO <sub>2</sub> 系の相対浸透率	小暮哲也, 北村圭吾, 山田達也, 西澤修, 薛自求	地学雑誌, in press

◆2011年(平成23年)解説/総説文

	タイトル	研究者	掲載先
1	プロジェクト紹介 CO <sub>2</sub> 地中貯留技術開発	坂下晋, 薛自求	岩の力学ニュース, 平成23年4月
2	CO <sub>2</sub> の深部塩水層貯留技術(環境技術ノート)	瀧澤孝一, 薛自求	電気評論, 平成23年6月臨時増刊
3	CO <sub>2</sub> の海域帯水層貯留における海洋環境影響評価技術	喜田潤, 薛自求	電気評論, 平成23年7月
4	CO <sub>2</sub> の鉱物固定化技術	三戸彩絵子・薛自求	電気評論, 平成23年8月

◆2011年(平成23年)口頭発表(国内学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	CO <sub>2</sub> 地中貯留開発の世界動向とRITEの取り組み	村井重夫	革新的環境技術シンポジウム, 2011/12/1
2	二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術の現状—CO <sub>2</sub> 貯留技術の紹介—	野村真	大気環境学会第37回近畿支部総会・シンポジウム, 大阪, 2011
3	弾性波速度と比抵抗の同時測定による多孔質砂岩中の超臨界CO <sub>2</sub> 挙動モニタリング	薛自求, 松岡俊文	資源素材学会秋季大会(招待講演), 2011/09/28
4	長岡CO <sub>2</sub> 圧入実証試験サイトにおける地化学トラップの証拠	三戸彩絵子, 朝原友紀, 薛自求	日本地球化学会(招待講演), 2011/09/14-16
5	多胡砂岩の層理面構造がCO <sub>2</sub> 流動に与える影響に関する岩石物理学的研究	北村圭吾, 薛自求, 山田達也, 西澤修	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
6	CO <sub>2</sub> 状態モニタリング手法と岩石の物性—地震波速度異方性と比抵抗	西澤修, 山田達也, 薛自求	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
7	長岡サイトにおけるCO <sub>2</sub> 貯留モニタリングのための繰り返し物理検層のデータ解析	中島崇裕, 薛自求, 三戸彩絵子	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
8	CO <sub>2</sub> 挙動モニタリングに関わるdrainageとimbibitionにおける弾性波の走時と振幅の検討	坂下晋, 北村圭吾, 信岡大, 東宏幸, 竹島淳也, 齋藤秀樹, 薛自求	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
9	定常法による水-超臨界CO <sub>2</sub> 系の相対浸透率測定方法の開発	小暮哲也, 薛自求	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
10	X線CT装置によるCO <sub>2</sub> 挙動可視化技術の開発	矢崎至洋, 千代延俊, 薛自求	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
11	堆積相解析に基づく長岡実証サイトの地質学的特長	千代延俊, 矢崎至洋, 薛自求	日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011/05/22-27
12	部分飽和するCO <sub>2</sub> の分布サイズについて	東宏幸, 小西千里, 薛自求	物理探査学会秋季大会(招待講演), 2011/09/13-15

◆2011年(平成23年)口頭発表(国際学会)

	タイトル	研究者	発表先
1	Roles of geophysics and rock physics in geological CO2 sequestration	Ziqiu Xue	12th international congress on rock mechanics, Beijing, China, 2011/10/21
2	Fluid chemistry of the onshore CO2 sequestration formation at nagaoka, japan: 5 years passed since CO2 injection	Saeko Mito, Yuki Asahara, Ziqiu Xue	AGU fall meeting (Invited), San Francisco, USA, 2011/12/5-9
3	Nagaoka 4d seismic revisited	Naoshi Aoki, Akihisa Takahashi, Ziqiu Xue	IEA-GHG 7th monitoring network meeting (Invited), Potsdam, Germany, 2011/06/07
4	CO2 saturation from nagaoka wireline measurement	Ziqiu Xue, Takahiro Nakajima, Shun Chiyonobu, Saeko Mito	IEA-GHG 7th monitoring network meeting (Invited), Potsdam, Germany, 2011/06/08
5	CO2 monitoring by the time-lapse well logging at the pilot-scale injection site, Nagaoka, Japan	Takahiro Nakajima, Ziqiu Xue, Saeko Mito	KACST-JCCP 1st joint international workshop for the Earth's surface and subsurface 4D monitoring in 2012, Rihadh, Saudi Arabia, 2011/1/9

◆2011年(平成23年)出版物等その他発表

	タイトル	研究者	掲載先/発表先ほか
1	CCS実証サイトにおける微小振動観測手法に関する検討1 -米国SECARB周辺を対象とした現地地質調査と実証試験サイトの選定-	橋本 励, 楠瀬 勤一郎, 近藤 はるか, 堀川 滋雄, 新沼 岩保, 薛 自求	日本応用地質学会平成23年度研究発表会, 2011/10/27-28
2	CCS実証サイトにおける微小振動観測手法に関する検討1 -観測ネットワークの構築計画と国内CCSサイトへの展開-	橋本 励, 楠瀬 勤一郎, 堀川 滋雄, 近藤 はるか, 新沼 岩保, 薛 自求	日本応用地質学会平成23年度研究発表会, 2011/10/27-28
3	Relative permeability of water and supercritical CO2 under steady-state flow conditions in porous sandstones	Tetsuya Kogure, Keigo Kitamura, Tatsuya Yamada, Osamu Nishizawa, Ziqiu Xue	International Conference on Flows and Mechanics in Natural Porous Media from Pore to Field Scale- Pore2Field, Rueil-Malmaison, France, 2011/11/16-48
4	Evaluation of a resistivity model derived from the time-lapse well loggings at CO2 injection site, Nagaoka, Japan	Takahiro Nakajima, Ziqiu Xue	KACST-JCCP 1st joint international workshop for the Earth's surface and subsurface 4D monitoring in 2012, Rihadh, Saudi Arabia, 2011/1/9
5	2050年CO2半減を目指すCCS技術開発	村井重夫	2050 Earth Catalogue, Tokyo, Japan, 2011/10/26-28
6	CO2地中貯留技術	村井重夫	新化学技術推進協会環境技術部講演会, 2011/11/10
7	CO2地中貯留技術について	朝原友紀	女子中高生のための科学塾2012, 2011/11/12
8	真のグリーン成長のための省エネ・地球温暖化対策戦略	秋元圭吾	社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会理事会講演会, 2011/11/18

## 【 登録特許 】

	発明名称(外国名)	権利者	公開番号(年月日)	特許登録番号(年月日)
1	水処理用ゼオライト触媒	RITE 日揮触媒化成株式会社	2006-159044 (2006年6月22日)	4619758 (2010年11月5日)
2	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	RITE 三井造船株式会社	WO2005/041327 (2005年5月6日)	4656653 (2011年1月7日)
3	木質系廃材の分解処理方法	RITE パナソニック株式会社	2008-019458 (2008年1月31日)	4666378 (2011年1月21日)
4	木質系廃材の分解処理方法	RITE パナソニック株式会社	2007-301468 (2007年11月22日)	4674723 (2011年2月4日)
5	プロモーター機能を有するDNA断片	RITE	WO2006/028063 (2006年3月16日)	4712716 (2011年4月1日)
6	キク科植物の葉緑体の形質転換方法	RITE 奈良先端科学技術大学院大学 奈良県	2006-075078 (2006年3月23日)	4740567 (2011年5月13日)
7	コリネ型細菌を用いる還元条件下でのアミノ酸の製造方法	RITE	2007-043947 (2007年2月22日)	4745753 (2011年5月20日)
8	水素生産能力に関する遺伝子を改良された微生物、及びその微生物を用いた水素の製造方法	RITE シャープ株式会社	WO2006/062130 (2006年6月15日)	4746558 (2011年5月20日)
9	生ゴミ処理装置および生ゴミ処理用容器	RITE 島産業株式会社	WO2008/059622 (2008年5月22日)	4750855 (2011年5月27日)
10	エネルギー回収システム	RITE シャープ株式会社	2004-303601 (2004年10月28日)	4773045 (2011年7月1日)
11	微生物を用いた連続水素生成方法	RITE シャープ株式会社	2007-330113 (2007年12月27日)	4790505 (2011年7月29日)
12	二次電池用正極材料、その製造方法、および二次電池	RITE 三井造船株式会社	WO2004/068620 (2004年8月12日)	4822416 (2011年9月16日)
13	水素生成能力に関する遺伝子が改良された微生物、その微生物の培養法及び水素生成方法	RITE シャープ株式会社	2007-209269 (2007年8月23日)	4827547 (2011年9月22日)
14	微生物を用いた水素生産方法	RITE シャープ株式会社	2008-199916 (2008年9月4日)	4827763 (2011年9月22日)
15	植物体を用いたタンパク質発現系	RITE	2002-272476 (2002年9月24日)	4838434 (2011年10月7日)
16	ガス分離用ゼオライト膜複合体の製造方法	RITE	2009-011980 (2009年1月22日)	4856595 (2011年11月4日)
17	L-スレオ-3, 4-ジヒドロキシフェニルセリンの製造法	RITE 独立行政法人製品評価技術基盤 機構	2007-54011 (2007年3月8日)	4858676 (2011年11月11日)
18	水素生成方法および水素生成装置	RITE シャープ株式会社	2009-273372 (2009年11月26日)	4860659 (2011年11月11日)
19	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 三菱重工株式会社	2006-241979 (2006年9月14日)	4865241 (2011年11月18日)

## 【 公開特許 】

	発明名称	出願人	公開番号(年月日)	特許登録番号(年月日)
1	炭酸ガス中の不純物の除去方法	RITE	WO2011/007752 (2011年1月20日)	
2	炭酸ガス中の不純物の除去方法	RITE	2011-20871 (2011年2月3日)	
3	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 三菱重工株式会社	2011-021616 (2011年2月3日)	
4	高圧ガスから二酸化炭素を回収する方法及び水性組成物	RITE	2011-25100 (2011年2月10日)	
5	高圧用二酸化炭素吸収剤並びに高圧二酸化炭素吸収及び回収方法	RITE	WO2011/071150 (2011年6月16日)	
6	複合体の製造方法	RITE	2011-125818 (2011年6月30日)	

	発明名称	出願人	公開番号(年月日)	特許登録番号(年月日)
7	ガス分離複合膜	RITE	WO2011/102326 (2011年8月25日)	
8	ガス分離複合膜	RITE	2011-167591 (2011年9月1日)	
9	二次電池用正極材料、その製造方法、および二次電池	RITE 三井造船株式会社	2011-181526 (2011年9月15日)	
10	新規アルコール分離膜及びその製造方法並びにそれを用いるアルコール処理方法	RITE	2011-183378 (2011年9月22日)	
11	ガス中に含まれる二酸化炭素を効果的に吸収及び回収する水溶液	RITE 新日本製鐵株式会社	2011-194388 (2011年10月6日)	
12	コリネ型細菌形質転換体による高効率な有機物の製造方法	RITE	2011-229544 (2011年11月17日)	





Research Institute of Innovative  
Technology for the Earth

公益財団法人

地球環境産業技術研究機構

〒619-0292 京都府木津川市木津川台 9 丁目 2 番地

9-2, Kizugawadai, Kizugawa-Shi, Kyoto

619-0292 JAPAN

TEL. 0774-75-2300

FAX. 0774-75-2314

**URL <http://www.rite.or.jp>**

