

世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

平成23年度拠点構想進捗状況報告書

ホスト機関名	九州大学	ホスト機関長名	有川 節夫 (九州大学総長)
拠 点 名	カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	拠 点 長 名	Petros Sofronis

※平成24年3月31日現在の内容で作成すること

※文中で金額を記載する際は円表記とすること。この際、外貨を円に換算する必要がある場合は、使用したレートを併記すること。

拠点構想進捗状況概要

プログラム2年目において、I²CNERは各部門における研究の領域だけでなく、研究所の人事、新たな教員プログラムの導入及び国際的な活動においても、重要な進展があった。研究のハイライトは、以下のとおりである：有機及び無機半導体の利用及び接合による水素合成用の高性能な光電気化学セルの開発；材料への水素取込みメカニズム及び水素脆化性作用による変形プロセスの解明；粒子サイズの影響、粒界及び双晶境界と水素との相互作用解明と水素貯蔵特性の高性能化；新しい不均一触媒及び均一触媒の開発と、低温型及び高温型燃料電池の触媒作用と耐久性の機構解明；電気化学プロセスによるCO₂分離と有益な物質への変換方法の開発；海洋及び海底貯留層のCO₂動向モニタリングシステムデバイスと塩水帯水層におけるCO₂動的挙動の解明。

I²CNER内の他部門間の研究（異分野融合）を奨励するため、「異分野融合研究スタートアップ経費」プログラムを開始し、計9つの研究プロジェクトを採択した。加えて、本研究所は、一次エネルギーの利用率及びCO₂排出量・効率性・価格に基づいたエネルギー資源の制約が原因となるカーボンニュートラル・エネルギー社会実現の障壁に対処すべく、エネルギー分析をテーマとした研究分野を導入し、エネルギーアナリシス部門を立ち上げた。当該部門の目標は、本研究所の研究活動の関連性を継続評価することによって、中長期的シナリオを通し持続可能なカーボンニュートラル社会に向けたロードマップを構築することである。

平成23年8月、I²CNERはサテライト機関をイリノイ大学に整備し、Kick-off Symposiumにおいて出席者に現状のブレイクスルーの概要を提示し、カーボンニュートラル・エネルギーの未来の実現に向けての科学的・技術的な主要課題を明らかにした。同様に、米国エネルギー省、米国国立科学財団(NSF)、米国内の国立研究所、トヨタ自動車株式会社の各担代表者も、それぞれ見

解を提示した。

I²CNERの国際化は、教員や大学院生の訪問や交流、また人事配置によって急速に前進している。国際公募によりI²CNERは11名の若手教員と3名のポスドク研究者を採用した。新しく導入されたファカルティ・エクセレンス・プログラム (Faculty Excellence Program) により准教授1名を採用した。これらの若手研究者は独自の研究プログラムに着手し、I²CNERのミッションの方向性に沿って研究を進めている。と同時に、I²CNERでは教員業績評価プロセスを導入し、九州大学とイリノイが連携し、本研究所の整備を更に進めるための新たな取り組みを行っている。平成24年4月1日現在、I²CNERの研究者は合計118名（九州大学102名、イリノイ大学16名）を数え、I²CNERの研究者と支援部門スタッフ等の総合計は、193名（九州大学161名、イリノイ大学32名）に増員された。主任研究者の数は45名で、うち10名は世界的に著名な研究者であり、また13名はイリノイ大学の優れた教授陣である。

アウトリーチ・プログラムの一環として、カーボンニュートラル・エネルギー社会への移行について一般社会の関心を高めていくために、I²CNER は世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)6拠点合同シンポジウム「最先端の科学と君たちの未来」を開催し、当日は高校生をはじめとする573名の参加を得た。

本研究所の新研究棟は建設中で、平成25年1月29日に竣工式を予定している。

I²CNERは、研究、イベント開催、他国際機関の関与、研究環境に変革をもたらすインパクト及びアウトリーチ活動等を通し、カーボンニュートラル・エネルギーと持続可能性を追求する重要な研究拠点として認知されつつある。

1. 拠点構想の概要

【応募時】

<拠点構想>

- 持続可能で信頼できるエネルギー源を次世代に供給するためには、グリーンエネルギー・イノベーションとして、石油系エネルギー源に対する代替燃料が必要である。そしてその代替エネルギーキャリアは、環境に影響を及ぼさずに生産・消費されなければならない。考えられるエネルギーキャリアの一つとして、水素ガスがある。しかし、水素社会に移行するためには、製造、貯蔵、エンドユーザーのステーションまでの供給、発電の面において様々な課題がある。その中でも大きな課題は、天然ガスや石炭の改質などによる水素製造に伴って発生するCO₂の管理である。水素社会に基づく完全なカーボンニュートラル・エネルギー社会を実現するためには、CO₂の回収・貯留（CCS）技術が大きく進展しなければならない。このような課題を克服していくために、九州大学を拠点とした国際的な取り組みを展開する。本研究は、CO₂の回収・貯留のための技術開発や水素社会の実現の基本となる基礎科学に重点的に取り組む。特に、カーボンフリーな水素製造、水素貯蔵材料の開発、耐水素脆化材料、燃料電池、物質変換、CO₂の分離・濃縮、CO₂の地中・海洋への貯留に関連する課題に重点的に取り組む。これらの課題の基本を理解することによって、カーボンニュートラルな水素社会を実現し、地球温暖化の解決策を開発する。
- 今後の国際的なエネルギー展望を考慮すると、このような国際的な研究プロジェクトに着手するのに今が絶好の機会である。効率的な石炭燃焼による発電・水素製造やCCSのための米国Future Genプロジェクトや、CCSや光電気化学的な水素製造に関して米国エネルギー省が出資している産業界の取り組みなどは、エネルギーの独立性と持続性を確保するための重要な科学技術戦略である。九州大学の研究拠点における基礎科学の目的は、同様の技術的課題に取り組むとともに、日本と海外の機関間での共同研究のプラットフォームとなることである。我々は、トップレベルの研究者が協力し、知識を共有し、アイデアを交換し、科学的課題やその社会への影響について議論するセンター・オブ・エクセレンスとして「カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所」を設立する。
- 基礎科学的観点からみると、本研究の全領域に共通の課題は、物質・岩石・海洋乱流渦と水素、酸素、CO₂などの気体とのインターフェイスで起

【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

<拠点構想>

- カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（I²CNER）は、平成22年12月1日付けで正式に発足した。本研究のビジョンは、持続可能な環境調和型社会の実現と共同研究及び異分野融合研究を通してイノベーションを育成する学術環境を構築することである。このビジョンのもと、本研究のミッションは、効率的なCO₂貯留や有用製品への転換を可能とする水素エネルギー社会への移行を促進する技術的ブレイクスルーを実現するための基礎科学を前進させることにある。具体的にいうと、本研究における研究活動は、水素製造、水素貯蔵材料、耐水素脆化合金、次世代燃料電池、物質変換触媒、CO₂分離・濃縮材料の開発のための有効な手段を策定し、また地中・海底下のCO₂貯留科学に取り組むことである。これらの活動は、原子レベルからマクロ的な時間・空間スケールで起こる現象の研究に対する専門分野の境界を横断するものであるため、多分野・異分野融合の性質を持つ。日本のエネルギーの未来に対する本研究のミッションおよび目標の関連性は、その他のエネルギー問題解決策、資源の有効性、最適利用に関するエネルギー分析の観点から継続的に査定し、評価される。本研究は、海外から著名な学者を引き付け、研究・イノベーションを推進するよう若手教員や研究者に奨励する体制を整備している。本研究の運営においては、九州大学の運営陣と継続的に連絡を取り、例えばテニユア問題に対する解決策や、研究・教育両方に関する国際プロジェクトの推進にも連携して取り組んでいる。本研究は、科学の普及とパブリック・アウトリーチにも積極的に関与している。
- 平成24年2月1-2日、本研究は1日半かけて外部アドバイザー委員会（EAC）に対し、全ての研究分野と運営体制に関するプレゼンテーション、若手研究者との面談、黒木PD及び笠木POとの意見交換とディスカッションを実施し、評価を受けた。エイドリアン委員長によれば、EACの報告書は近日完成の予定である。
- I²CNERはWPIプログラム採択の告知を受け、開所前に積極的な国際公募を開始した。若手レベルでは、将来国際的に認知され得る有望な研究者の採用に努め、シニアレベルは、すでに世界的に高い評価を得ている研究者のみを候補者としている。採用プロセスは教員選考委員会（FRC）によ

こる様々な現象について理解が不足していることである。例えば、以下の様なことが分かっていない。1) 水素が物質に吸着するメカニズム（水素による劣化に対して耐性のある合金や、理想的な特性の軽量貯蔵材料の設計を困難にしている）、2) 超高压下での水素やCO₂の物性と挙動、3) 岩石・水・CO₂の三相相互作用及び地質での閉じ込めの安定性、4) 超臨界状態のCO₂と海洋乱流との相互作用（海底でのCO₂貯留に対する海象の影響を予測するために必要）。取り組むべき現象は、ナノメートルから数千kmまで、また、ナノ秒から数世紀まで、本質的に異なる時間・空間スケールに及ぶ。本研究では、原子から地球的規模まで、つまり、原子・分子から、結晶物質、デバイス、地層、海洋システムまでの全ての時間・空間スケールの課題に取り組む。その現象は、様々な媒体、時間・空間スケールで起きるが、しばしば同じプロセス（吸着、吸収、固溶、拡散、反応、伝導など）に基づいて起こり、類似の科学的原理で特徴付けることができる。そのため、九州大学のアプローチでは、インターフェイスにおける現象について原子レベルからマクロまでの時間・空間スケールの情報を科学的に統合させることにより、化学、物理学、材料科学、機械学、地球科学、海洋科学、生物模倣学を融合した研究を展開する。

- 本構想の運営・管理においては、研究活動とその成果に関して、個々の研究の効率性と実現可能性、さらには、水素社会の実現とCO₂の排出量の削減という総合的な目標の達成に向けた研究の進展について、定期的な評価・ピアレビューを行う。その研究の進展を評価する際には、我々の科学研究がどの様に技術開発を促進させるか、また、カーボンニュートラル・エネルギー社会への障壁を取り除くことにどの様に貢献できるか、について厳格に評価する。ここで、障壁とは、材料疲労のメカニズムに関する解明不足や海底での超臨界CO₂の安定性問題などである。九州大学の構想では、研究成果やその科学的文化を社会に普及させることにも留意する。また、イリノイ大学の学術的専門知識を活用し、社会教育的なアウトリーチ・プログラムを実施する。国際フォーラム開催に関しての九州大学の専門的知見を活用し、専門ワークショップを通じて、民間や国立研究所の科学コミュニティを取り込む。全世代のためのインターネット学習ツール、博物館展示、その他様々な方法で、社会全体に情報を提供していく。この取り組みにより、研究成果に対する国民の理解を深める道が開かれ、また同時に、研究者にも必要なコミュニケーションスキルを教育できる。

- 九州大学の取り組みは、CO₂の回収・貯留を経て、CO₂排出のない水素社会

って統括されている。当該委員会の詳細については、本レポート内「運営」セクションを参照のこと。結果、I²CNERはファカルティ・エクセレンス・プログラム（Faculty Excellence Program）を通じて研究者を1名採用し、3回の国際公募により14名の研究者を採用した。FRGの活動に関する詳細は「Reference 1」を参照のこと。

- 新規雇用者は、シニア主任研究者と同様に研究計画を記載したホワイトペーパーを提出することになっている。ホワイトペーパーは、「Young Investigator Research Project Summaries」と題してまとめられ、研究所運営陣（所長代理、副所長2名及び各部門長）が評価した。若手研究者に対しては年次評価を実施し、平成24年4月1日付け評価レターを各自に送付した。
- 研究部門や分野を超えた変容や積極的な変革への貢献が期待される研究者を公募するため、所長はファカルティ・エクセレンス・プログラム「Faculty Excellence Program」を制定した。また、このプログラムにより採用された研究者は、優れた研究成果をおさめるものと期待される。また戦略的目標を達成するための能力を高めることになり、異分野融合研究の促進を可能にする。このプログラムを通じて、平成24年1月1日付けで女性研究者を採用し、主任研究者に任命した。
- 国内外のコミュニティー・リーダーとの取り組みを推進し、本研究所の認知度を高めるため、平成23年3月に「I²CNERセミナーシリーズ」を開始した。このセミナーシリーズは、学会、国立研究施設、産業界や関係省庁の政策立案者から、著名かつ国際的に認知されている研究者を講師に選り開催している。平成23年度において、I²CNERは世界トップレベルの研究者17名をセミナー講師に招へいし、研究成果を学ぶ機会を得た。著名な講演者の招へい例は以下のとおりである：東京理科大学学長・藤嶋昭先生、内閣府総合科学技術会議議員・相澤益男先生、北海道大学・大谷文章先生、トロント大学/ニューヨーク市立大学・川路 正裕先生、京都大学・小久見善八先生、東京大学・相田卓三先生、名城大学・飯島澄男先生、奈良先端科学技術大学院大学理事/副学長・村井眞二先生、ベン・グリオン大学（イスラエル）材料工学部・D. Eliezer先生。
- 部門を超えた分野横断的な共同研究と異分野融合研究の環境を育てるため、「Institute Interest Seminar Series (IISS)」を立ち上げた。このシリーズは、若手研究者（准教授、助教、ポスドク、大学院生）がそ

の実現に向けて、その障壁を取り除くための基礎科学の課題について研究を実施するものである。

れぞれの見解、研究方法や研究アプローチを専門家の前で発表することを通して、発表能力や討議する技量を磨くためのフォーラムの役割を果たしている。平成23年度は、合計16回開催し、毎回2名が発表を行った。IISSに関する詳細は「Reference 2」を参照のこと。

本セミナーシリーズの成功は、各部門間で誘発された異分野融合研究に対する積極的な参加・関与・討論により明示される。例として、高分子学専門の西原助教（燃料電池部門）の発表後、異分野融合研究プロジェクト「Theoretical and experimental design of cross-linked polymer electrolyte membranes for use in fuel cells」が、水素製造部門の計算化学専門のStaykov助教と共同で始められた。

- I²CNERは、各部門内において教授、准教授及び助教による指導の下、博士論文に従事出来るよう、優秀な大学院生を採用し支援するため「Super Research Assistants (SRA)」プログラムを制定した。平成23年度は、4月と7月の2回募集をかけて、プレゼンテーションを含む審査を行った。その結果、7月1日付けで2名、10月1日付けで2名のリサーチアシスタントを採用した。SRAは全員、Institute Interest Seminar Seriesにおいて英語で研究発表を行う。また雇用更新の際も、SRA選考委員会の前で研究発表を行わなければならない。4月1日現在、SRA選考委員会は、SRAのうち1名の進捗は満足いくものと判断した。また、2名のSRAを新規採用した。I²CNERはSRAを継続して採用し、次世代の研究者の育成訓練に力を入れている。
- 九州大学とイリノイ大学（I²CNERサテライト機関）、また海外の共同研究機関との間で、学生の積極的な交流を円滑に促進するため、研究所は海外から「短期訪問学生」の受け入れを開始した。平成23年度は、9名の学生を受け入れた。詳細は「Reference 3」を参照のこと。
- 平成24年度以降、本研究所は海外の共同研究機関において外国人主任研究者の指導を受けているポスドク研究者を「短期招へい研究者」として受け入れ、九州大学における研究に従事する体制を確立した。最初の短期招へい研究者は、中国の清華大学から迎え入れ、平成24年4月から3ヶ月間、熱物性部門で研究を行うこととなった。

<研究体制>

研究体制としては、九州大学の著名な研究者を中心に組織され、化学、物理学、材料科学、機械学、地球科学、海洋科学、生物模倣学等の分野の国内外に評価されたトップレベルの研究者からなる。イリノイ大学におけるサテライト機関は、本研究体制の重要な構成要素であり、米国内での研究活動を広め管理する。

<研究体制>

○ 研究所は、研究テーマごとの分野（部門）に組織され、個々の研究課題に取り組んでいる。部門名は以下のとおりである。

- 水素製造
- 物質変換（触媒）
- 熱物性 (H₂, CO₂)
- 水素構造材料
- 水素貯蔵材料
- 燃料電池
- CO₂分離・濃縮
- CO₂貯留
- エネルギーアナリシス

それぞれの部門は、シニアの主任研究者（部門長）によってまとめられている。

平成23年のサイトビジット後に、WPIプログラム委員会による中間評価結果報告書で提示された勧告に基づき、エネルギーアナリシス部門を設置した（「I²CNERは、カーボンニュートラル社会に向けた独自のビジョンとロードマップを短期、中期、長期のそれぞれの時間スケールにおいて確立すべき。」）。その目的は、一次エネルギーの利用率及びCO₂排出量・効率性・価格に基づいたエネルギー資源の制約が原因となるカーボンニュートラル・エネルギー社会実現の障壁に対処することである。本部門の目標は以下のとおりである。

- I²CNERの目指すカーボンニュートラル社会の実現へのビジョンと研究活動の関連を評価する。
- I²CNERの研究が、現在及び将来の日本のエネルギー選択肢に関連する全ての最新情報に基づいたものとする。
- 持続可能なカーボンニュートラル社会に向けたロードマップを確立し、中長期のシナリオを作成する。

本部門は、所長によって統括され、現在構成員としてMark Paster氏（元米国エネルギー省エネルギー効率・再生可能エネルギー部門エネルギーアナリシス担当）及び本田國昭氏（株式会社ガスアンドパワー）が在籍する。Paster、本田両氏は、WPI 招へい教授であり、本田氏は平成24年7

月1日付けで、教授に採用される予定である。James Stubbins教授は、イリノイ大学原子力・プラズマ・放射線工学部長の職にあり、イリノイ・サテライト機関からエネルギーアナリシス部門に参加している。現在、さらなる研究者の採用を進めている。

- 運営委員会（SSC）の推薦を受けて、所長は国際的に著名な以下の研究者を、平成24年度の主任研究者として再任命した。
 - John Kilner教授（英国インペリアル・カレッジ・ロンドン）
 - Brian P. Somerday博士（米国サンディア国立研究所）
水素構造材料部門長
 - Robert O. Ritchie教授（カルフォルニア大学バークレー校）
 - Ludwig J. Gauckler教授（スイス連邦工科大学チューリッヒ校）
 - Harry L. Tuller教授（米国マサチューセッツ工科大学）
 - Xing Zhang教授（中国清華大学）
 - Louis Schlapbach教授（スイス連邦工科大学チューリッヒ校）
 - Ping Chen博士（中国科学院大連化学物理研究所）
 - Chen-Tung Arthur Chen教授（台湾国立中山大学）
 - Reiner Kirchheim教授（独国ゲッティンゲン大学）

これらの研究者は、精力的にI²CNER 研究者と共に共同研究を進め、講義やセミナー発表を行い、短期コースを担当し、学生やポスドク研究者と関わり合うことが期待される。

加えて、イリノイ・サテライト機関の13名全員が、それぞれの専門分野で国際的に認知されている著名な研究者である。彼等は主任研究者として、九州大学におけるI²CNERの研究を補完している。

- その他、主任研究者の異動は以下のとおりである：
 - 平成23年4月1日付：ドイツ・ゲッティンゲン大学Reiner Kirchheim教授及び九州大学高木教授を、水素構造材料部門の主任研究者に任命した。
 - 平成24年1月1日付：山内准教授（北海道大学）を物質変換部門の主任研究者に任命した。
 - 平成24年1月16日付：酒井教授を水素製造部門の主任研究者に、また下島准教授をCO₂貯留部門の主任研究者に任命した。
 - 平成24年3月31日付：近藤教授が健康上の理由により水素構造材料部門の主任研究者を離任した。

<運営>

本研究所の主目的の一つは、九州大学における研究運営の改革である。新しい研究運営は、所長の運営スタイル、学術的経験、研究業績等に基づいて行われる。所長は、研究チームの構成、国際研究者公募、トップクラス研究機関との共同研究や交流の構築、研究成果評価の運営、研究評価会議報告に基づく研究チームの再構成、研究活動の再検討、研究者評価、研究予算・歳出の監視などを行う。

本研究所は九州大学総長直轄の組織とし、研究計画、研究体制、研究分野の構成・確立、予算執行等、研究所の管理運営に関する事項について、所長が意思決定できる体制を整える。これらについて、所長は、自らが委員長を務め、所内の研究分野リーダー、所長が追加する者等から構成される運営委員会の支援を受けられる。

また、研究所に不可欠な要素として、関連研究分野の国内外の主要研究者等から構成される外部アドバイザー委員会を設置し、毎年または所長が必要と判断すれば随時開催する。外部アドバイザー委員会は、所長の指導力、マネジメント、各研究分野の研究の進捗状況、発案される研究計画などを含む研究所全体の評価を行い、委員会での報告・提案をまとめた報告書を所長に提供する。研究所活動の最終決定は所長が行う。

所長の下に、研究マネジメント面での補佐をする副所長を2名（日本に1名、サテライト機関である米国イリノイ大学に1名）置く。また、研究者の事務的な支援を行う支援部門及びそれを統括する支援部門長を置く。支援部門の公用語は英語とする。支援部門の効率的かつ適切な運営のため、ポストク等を積極的に登用し、所内研究活動を把握している者による支援部門の運営を図る。

<運営>

- 本研究所の設立にともない、運営委員会（SSC）を設置した。同委員会は、所長が議長を務め、構成員は所長代理、副所長2名（以下を参照）及び各研究分野（部門）の部門長によって構成される。運営委員会は、研究所に係るすべての議事を決定する組織である（例：研究活動の企画と運営、予算執行、国際協力及びアウトリーチ）。一例として、准教授及び助教の昇任に係る研究所の方針及び条件の概要について、現在、SSCにおいて審議中である。つまり、助教の昇任は、I²CNERで進められている異分野融合研究において、今後どれだけ国際的に認知されるかが基準となっており、また、准教授の昇任はこの国際的認知を達成したかにかかっている。
- 所長代理の村上敬宜教授及び2名の副所長である佐々木一成教授と石原達己教授（平成24年2月1日に2人目の副所長として任命）が所長を補佐する。2名の副所長は、以下について担当する。
 - 佐々木教授（燃料電池部門長を兼務）：教員選考委員会（FRC）、次世代燃料電池産学連携研究センター（NEXT-FC）のような国際的な産業界との共同研究
 - 石原教授（水素製造部門長を兼務）：昇任審査委員会、I²CNERワークショップとりまとめ、セミナーシリーズの運営、大学院生の研究に関する事項及び施設設備
- CO₂分離・濃縮の分野において、所長は、外部アドバイザー委員会の委員であり、米国・中西部地中貯留コンソーシアムの代表であるRobert Finley博士からアドバイスを受けている。概して、計画は：
 - i) 基礎的な研究条件を明確化し、日本の地質及び関連する時間スケールが情報をフィードバックできるよう、CO₂貯留部門の研究活動を効率化する。
 - ii) 北海道苫小牧沖において、産業界が工業規模で推進していると目されるCCS（CO₂貯留）の原因となる基礎科学分野を強化する。この点において、I²CNERの海洋学専門家は、海底下貯留向けの環境保証プログラム開発の一環として海底及び水柱モニタリングに適している。
- イリノイ大学のIan Robertson教授は、研究所の多岐にわたる様々な研究活動をまとめ、さらに強化していくにあたり、チーフサイエンスアド

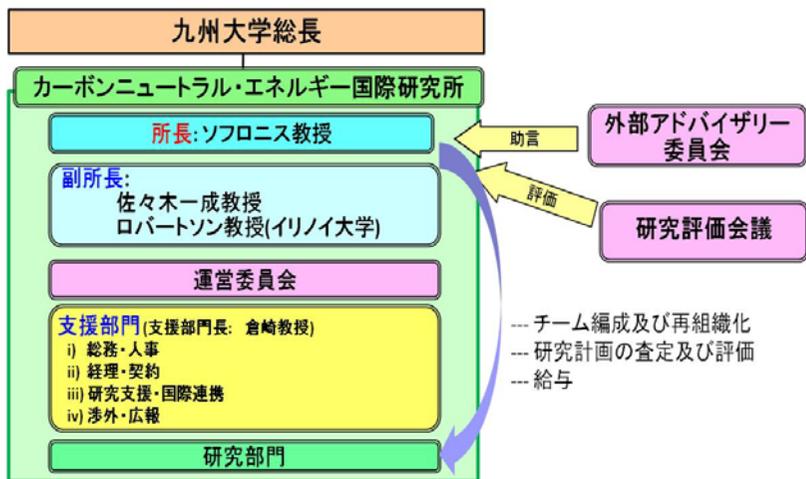


図. 研究所の運営体制

バイザーとして所長を補佐している。

- 研究所の設立にあたり、所長及び所長代理は再生可能エネルギー分野、並びにCO₂貯留分野の重鎮、及び米国エネルギー省の関係者から助言を得、外部アドバイザー委員会（EAC）を設置した。現在のEACの構成員は、以下のとおりである：

EAC委員（平成24年3月31日現在、8名）

- Ronald J. Adrian教授 委員長（米国アリゾナ州立大学）
- Deborah Myers博士 副委員長（米国アルゴン国立研究所）
- Robert J. Finley博士（米国イリノイ大学）
- Reiner Kirchheim教授（独国ゲッティンゲン大学）
- Robert McMeeking教授（米国カリフォルニア大学サンタバーバラ校）
- Kevin Ott博士（米国ロス・アラモス国立研究所）
- 庄子哲雄教授（東北大学）
- George Thomas博士（元・米国エネルギー省エネルギー効率・可能エネルギー担当、米国サンディア国立研究所、米国諮問委員）

- 所長は、SSCと協議の上、教員選考委員会（FRC）を立ち上げた。同委員会は所長代理が議長を務め、メンバーはSSC構成員及び雇用対象者に関する情報を提供しうる教員により構成される。

- イリノイ・サテライト機関において、Kenneth Christensen准教授（実験乱流の分野で国際的に認知された研究者）を副所長として新たに任命した。

- 研究グループや部門間の境界を越えて、I²CNERにおける研究活動の一体性に関する問題を特定し検討するため、所長の要請を受けて、各主任研究者は研究計画案をまとめたホワイトペーパーを提出した。その内容は、具体的には、大きな課題、技術的障壁、目標、技術的アプローチ、短期目標、長期におけるインパクト及び必要な資源に関するもので、「Research Project Summaries」と題して冊子にまとめ、評価のために外部アドバイザー委員会（EAC）に送付した。評価結果は、主任研究者に伝えられ、研究方針の修正依頼が何件かあった。主任研究者は、評価に沿って各自ホワイトペーパーを修正し、最終案として取りまとめ再提出を求められた。所長が個々の主任研究者と直接面談し、評価について討議を行う場合もあった。

<連携体制>

○ 研究所のミッションを遂行するため、国際的に評価されている研究機関、大学、国内外の研究所と協力関係を構築し、共同研究、人材交流、研究機関の相互訪問等を行う。イリノイ大学をサテライト機関とし、その他機関を連携機関とする。

a) サテライト機関（米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校）

所長のソフロニス教授は、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校の教授で、材料の力学的特性に対する水素の影響に関する分野で国際的に認知されている。米国イリノイ大学で行われている他の研究活動にも、本拠点構想で提案されているプログラムに共通するものがある。そのため、イリノイ大学には、本研究所のサテライト機関を設置し、緊密な共同研究、人材交流を行う。また、米国イリノイ大学において、研究所関連の研究活動を展開するだけでなく、このサテライト機関には、米国内の他大学・研究機関における重要な研究計画や優秀な研究者を発掘し、連携するための基盤としての機能も持たせる。所長であるソフロニス教授がサテライト機関長も兼ね、イリノイ大学工学部長へ報告を行う。九州大学・イリノイ大学間で、現在行っている大学院生の交換留学提携に加えて、研究・研究者交流のための協定を締結する。

○ 異分野融合研究と部門間の共同研究を推進するため：

- a) 平成24年1月31日に九州大学で開催した「I²CNER Annual Symposium」の後、2月2日に個々の部門の研究テーマに焦点を当てたワークショップを行った。これらの専門分野別ワークショップに、共同研究関係機関から多くの研究者が参加した。
- b) 平成24年3月8日、九州大学とイリノイ大学双方の主任研究者がイリノイ大学キャンパスに集まり、合同会議を開催し、異なる部門の主任研究者がそれぞれの研究プロジェクトについて率直に話し合った。

イリノイ・サテライト機関から、「2012 I²CNER Annual Symposium」に23名の参加があり、「Illinois Satellite Kick-off Symposium」には九州大学から35名の参加があった。このような一連のI²CNERのイベントを通じて、両大学の主任研究者は通常のEメールやテレビ会議に加えて連携・共同研究に向けたアイデアについて直接話し合う機会を得た。

<連携体制>

○ 平成23年3月、九州大学とイリノイ大学間の協定書締結後すぐに、所長はイリノイ・サテライト機関の研究体制の整備に尽力した。その過程として、イリノイ大学全学にletters of intentを求め、続いて研究プロポーザルの募集が行われた。書類選考は九州大学側教員によって行われ、所長代理が統括した。採択したプロポーザルは、九州大学での研究活動を補完または展開するものである。平成23年8月現在、サテライト機関の研究プログラムの構成は、次のとおりである：

- 構造材料と水素適合性
Robertson教授（材料科学工学）
Sofronis 教授（機械科学工学）
- 材料インターフェースとの水素とCO₂の作用
Cahill教授（材料科学工学）
- CO₂の付加価値を付した生産物への変換
Kenis教授、Gewirth教授、Rauchfuss教授（化学）
- 水素社会の活性化
Gewirth教授（化学）；Martin助教、Rockett教授（材料科学工学）、Ertekin助教（機械科学工学）

b) 連携機関

国際的に著名な機関の優秀な研究者と共同研究を実施する。これには、研究者の研究能力を高め、研究を促進するサイトビジットも含まれる。

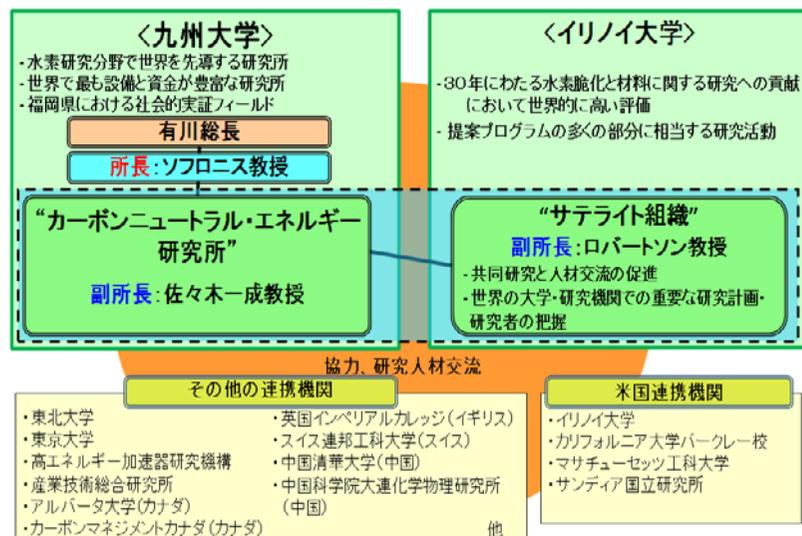


図. 連携体制

- 多相乱流ブルーム・ダイナミクスの海底下地中貯留への適用及び二酸化炭素の水中での浮力に伴う挙動と溶解
Christensen准教授、Pearlstein教授（機械科学工学）
 - 活性固体表面での臨界点近傍の温度圧力条件下におけるCO₂流動
Kyritsis准教授（機械科学工学）
 - エネルギーアナリシス
Stubbins教授（原子力、プラズマ・放射線工学）
 - アウトリーチ
Greenberg氏（地質学調査）
- 平成24年3月6～7日の2日間、I²CNERはSatellite Kick-off Symposiumを開催した。「Powering the Future」と題された初日は、まず最新ブレイクスルーの概要が紹介され、続いて米国エネルギー省、米国国立科学財団（NSF）、国立研究所、トヨタ自動車株式会社の代表者が、それぞれの立場からカーボンニュートラル・エネルギーの未来への深刻な障壁を出席者に提示した。2日目は、4つのセッションに分かれ、本研究所関係者がそれぞれの研究プロジェクトと将来的な方向性について講演した。
- 九州大学・イリノイ大学間及び他の共同研究機関との共同研究や人的交流も開始した。イリノイ大学のリサーチアシスタントは、平成23年夏、日本人研究者と共同実験を実施するために九州大学を訪問し、以降、イリノイ大学や他の研究機関からの来訪はI²CNERの研究活動の国際化に貢献している。
- I²CNERは、「短期訪問学生」及び「短期招へい研究者」制度をつくり、海外からリサーチアシスタントやポスドク研究者を招へいしている。平成23年度、I²CNERは主にイリノイ大学から短期訪問学生を受け入れた（詳細は「Reference 3」を参照のこと）。
- Livermore Valley Open Campus (LVOC) プロジェクトへのI²CNERの幅広い関与に向けたプランが開発された。サンディア国立研究所とローレンス・リバーモア国立研究所の合同で立ち上げられたこのプロジェクトは、外国人研究者（米国人以外）が参加できるオープンキャンパスの設立を目的としている。近い将来、LVOCとI²CNERによる、例えば水素環境における最先端材料についての合同ワークショップの実施が

	<p>想定される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 所長、所長代理の両名は、学会、国立研究所、産業界及び関係官庁間における研究とエネルギー政策に関する交流ネットワーク及び意見交換を推進するため、アメリカ、ヨーロッパ及び日本において折衝を行っている。その目的は、I²CNERのミッションと研究目標が、最先端テクノロジーと社会発展について常に最新の情報に基づいたものとすることである。例として、I²CNER研究者はすでにExxon Mobil Research and Engineering Companyと連携しており、今後はMohawk Innovative Technologyと次世代水素圧縮機のコネプトに向けた材料選定の調整を、トヨタ自動車とは燃料電池について、ドイツのデュッセルドルフのMax-Planck Institute及びフライブルクの Fraunhofer Institute for Mechanics of Materials IWMとは極度の水素環境における材料に関する研究を協力して行う予定である。所長は、平成24年2月27日に開催されたインターネット上のオンラインセミナーにおいて、I²CNER研究プロジェクトをドイツに本部を置くゼネラル・モーターズに提示した。
--	---

<p>2. 対象分野</p> <p>【応募時】</p> <p>対象分野： カーボンニュートラル・エネルギー社会実現に向けた基礎科学 （化学、物理学、材料科学、機械学、地球科学、海洋科学、生物模倣学等の融合科学）</p> <p>対象分野として取り組む重要性：</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ カーボンニュートラル・エネルギー社会を実現するために、CO₂排出のない持続性のあるエネルギー源の開発や、安全で信頼性の高いCO₂回収・貯留(CCS)システムの確立が必要である。 ○ 化石燃料資源の有限性に対するエネルギーセキュリティや、原油価格の高騰による資本の流出と経済活動の不安定さの観点から、化石燃料に依存しないエネルギー源の組み合わせによる柔軟なエネルギーシステムの早期実現が不可欠である。 	<p>【平成 23 年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 東北地方太平洋沖地震により発生した津波や福島における原発事故等の大災害により、将来の日本におけるエネルギー基盤が抱える深刻な課題が表面化した。そのような社会情勢の中で、I²CNERはエネルギーに関する国民的・国家的な議論への参加及び貢献が求められ、本研究所のミッション・目標は、かつてないほど今日的な意味を帯びるものとなっている。 ○ 所長及び所長代理は、I²CNERが下記の事項に対応すべく、プランの策定に取り組んでいる： <ul style="list-style-type: none"> a. 東北地方太平洋沖地震の被害を踏まえた日本のエネルギー選択肢を評価する比較研究。具体的には、将来のエネルギー需要対時間を考慮し、エネルギー分析にいわゆる非線形モデルを用い、日本の利用可能なエネルギー資源の最大限の活用のあり方を調査し特定する。
---	--

○ 特に、水素は以下のような優れた特徴から、持続的発展及びカーボンニュートラル・エネルギー社会の実現のための究極の代替エネルギー源としてだけでなく、多様なエネルギー源から作られる有望なエネルギーキャリアとして、非常に重要な役割が期待される。

- a) 水素は、反応（燃焼）過程において、CO₂を排出しない。
- b) 水素燃料電池は、化石資源の燃焼によってエネルギーを取り出す従来の熱機関システムに比べてはるかに高効率である。（化石燃料等は、電気エネルギーを得るために、その化学エネルギーを燃焼等によって一度熱エネルギーに変換する必要があり、利用できない廃熱を生じてしまうことから、潜在的に持っているエネルギーの全てを十分に活用できていない。）
- c) 水素は、電気分解、核熱の利用、化石燃料の改質、光触媒による水分解等、様々な方法によって製造でき、特にエネルギー密度の希薄な自然エネルギーを化学エネルギーとして濃縮することが可能である。
- d) 水素エネルギー（化学エネルギー）は、電気エネルギーとの間で、電気分解や燃料電池等によって相互に高効率かつ可逆的にエネルギー変換が可能である。
- e) 水素エネルギー（化学エネルギー）は、電気エネルギーとの間で、電気分解や燃料電池等によって相互に高効率かつ可逆的にエネルギー変換が可能である。

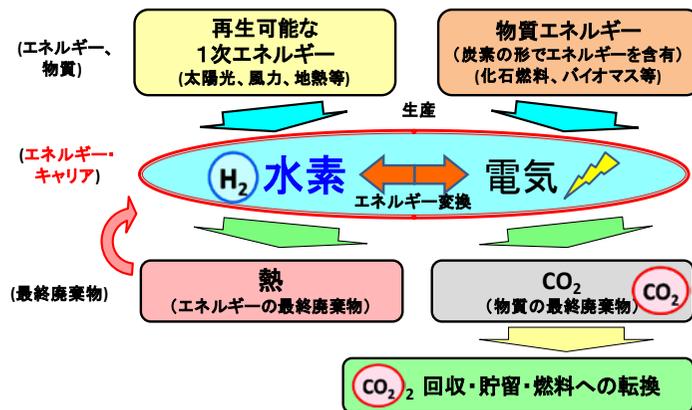


図. カーボンニュートラル・エネルギーシステム

b. 持続可能で、安全かつ安定したカーボンニュートラル・エネルギー社会に向けたその他の潜在的テクノロジーに対し、I²CNER ではいかにその研究目標を、正しくバランスの取れた形で維持していくか。

このようなプラン策定にあたり、所長は米国エネルギー省から助言を受けながら Mark Paster 氏と協働しており、また所長代理は日本国内の関係省庁と協議している。

○ 昨年度の本研究所の各研究部門における進捗状況の概要は、本報告書のセクション3に記載しており、これは九州大学、イリノイ大学及びその他の国際連携機関における研究成果を反映し、統合したものである。

水素の製造やCCSの工程にもエネルギーが必要である。もし、水素製造の際に消費したエネルギーの方が、得られた水素の化学エネルギーよりも多かったり、また、CCS工程で使用したエネルギーによって排出されたCO₂が、実際に回収・貯留したCO₂よりも多かったりしては、クリーン又は持続可能なエネルギーとしての意味がない。さらに、前述したように、炭素の形でエネルギーを含む物質（化石燃料やバイオマス）は、燃やして電気や熱が取り出され、その際に排熱やCO₂を放出する。また、太陽光、風力、地熱等の再生可能なエネルギー源からも熱や電気が生産され、最終的な廃棄物は有効に利用されなかった排熱である。従って、これらの排熱の有効活用も含めて、以下の技術を柔軟かつ適切に組み合わせることによって、最終的なCO₂排出量及び廃棄される熱エネルギーを最小化した、最適で経済的なトータルエネルギーシステムを構築することが非常に重要である。

- a) 既存の火力発電、原子力発電、化石燃料、再生可能エネルギーや排熱等の有効利用も含めた、高効率な水素製造
- b) 水素（化学）エネルギーと電気エネルギーとの間の高効率なエネルギー変換
- c) CO₂の高効率な回収・貯留

つまり、水素エネルギー関連の研究やCO₂の回収・貯留等の研究は、個々に独立して実施するのではなく、全体のエネルギーシステムの中での位置づけ、融合的役割等を十分考慮しながら実施することが重要である。

これまで日本は、家庭用燃料電池、燃料電池自動車、水素ステーション等、再生・クリーンエネルギー技術の分野において世界の最先端にあり、特に九州大学を核として、世界に誇る研究基盤と実績がある。例えば、九州大学は、水素エネルギーに関する基礎基盤研究から、燃料電池や水素ステーション等の実証研究まで、水素エネルギーに関する研究活動において国際的に認められている。この国際的な取り組みの開始に向けて、これまでの九州大学の研究基盤と研究実績が、貴重かつ有益な環境を提供する。CO₂の回収・貯留については、世界中で精力的に研究が進められているが、その長期的な安全性・安定性に関する研究が十分になされておらず、実用化に向けて、これらの技術の科学的な根拠を充実させる必要がある。その素地となる基盤的研究として、九州大学では、地中貯留に関して、SO₂の存在によるCO₂溶解量への影響や浅地層でのCO₂の物理化学挙動等について研究を行っている他、海洋貯留に関して、海洋大循環モデルの開発、モニタリングに活用可能なパーチャルモアリング（係留）

システムの開発等を行っている。

- カーボンニュートラルな水素社会の実現に向けた障壁を取り除くため、本研究対象は、水素製造、水素貯蔵材料、耐水素脆化材料、燃料電池、物質変換、CO₂の回収・海洋貯留・地中貯留とする。そして、これら技術に必要なブレイクスルーを達成するためには、基本原理に立ち返り、水素、酸素、CO₂と、物質とのインターフェイスにおける基本的なプロセス・反応を理解することが必要である。本構想では、課題に共通する現象（吸着、吸収、固溶、拡散、反応、伝導）について、幅広い時間・空間スケールにわたる研究を行う。従って、現在のエネルギー及び環境問題を解決するには、ミクロからマクロまでを扱う異分野科学の融合が必須である。
- 本研究目標達成のためには、化学、物理学、材料科学、熱流体力学、地球科学、海洋科学、生物模倣学等、様々な研究領域の研究者が共に、同じ課題の研究に取り組む必要がある。それによって生み出される相乗効果によって、研究成果全体に良い影響をもたらし、革新的な技術の開発につながっていく。

3. 研究達成目標

【応募時】

- 10年後の研究達成目標は、革新的で安全かつ信頼性のあるCO₂の分離・濃縮、CO₂の地中・海洋への貯留だけでなく、水素の製造・貯蔵・利用技術（水素製造、水素貯蔵材料、耐水素脆化材料、燃料電池、物質変換）を確立することである。この目標達成のため、学問領域の融合（化学、物理学、材料科学、熱流体力学、地球科学、海洋科学、生物模倣学）による研究を行い、水素、酸素、CO₂と物質とのインターフェイスにおける拡散などの現象について、原子から地球規模まで、また、ナノ秒から数十年までのあらゆるスケールで調べる。また、地中・海洋への貯留やカーボンニュートラル・エネルギー社会への転換について、科学的データを提供し、国民に情報を発信することにより、社会的議論に貢献することを目指す。個々の研究における研究達成目標は次の通りである。なお、具体的な研究内容については、次項で述べる。

【平成 23 年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

- 応募時からの変更点はない。研究進捗状況については、各部門の全研究者の報告をまとめ、エグゼクティブ・サマリーとして部門ごとに整理し、以下のとおり報告する。加えて、エネルギーアナリシス部門の現況も報告する。

- 余計な廃棄物やCO₂を排出しない高度物質変換の実現。
- 人工光合成等、革新的な環境調和型水素製造プロセスの実現。
- 水素貯蔵量6質量%以上の革新的水素貯蔵材料の実現。
- 安全で信頼性の高い材料によるインフラ開発に向けた耐水素脆化材料の設計。
- 最先端材料・デバイス研究による次世代燃料電池の実現。
- 低エネルギーのCO₂分離・濃縮プロセスの実現。
- CO₂の挙動や化学的相互作用を考慮したCO₂地中貯留の実現。
- 海洋におけるCO₂の挙動の解明による海洋貯留の実現。
- 水素技術や地中及び海洋におけるCO₂の長期的挙動に対する国民意識を高める。



図. 学問領域の融合による研究プログラムにおけるインターフェイス

(具体的な研究内容と目標)

1) Zスキーム型励起機構による水の光完全分解の研究 —人工光合成の実現を目指して—

- 人工光合成（具体的には水の光分解）はCO₂を排出しない革新的な水素製造方法として有望であるが、現時点では水の完全分解まで達成していない。これは、電荷分離の時間が短すぎてプロセスが完了しないためである。
- これまで、水素と酸素を効率的に製造するため、構造を制御した酸化物

1. 水素製造と人工光合成

目的

平成23年度は、有機・無機ハイブリッド装置を用いた太陽光及び光電気化学 (PEC) によるエネルギー製造を目的とした予備実験や基礎科学を重点的に取り組んできた。これらは、光電変換装置一式及びPEC装置の電極の構成に使用可能な材料の開発などである。後者は、反応を促進し、過電圧を要求されるレベルに低下させるために、触媒を必要とする。この

半導体と有機半導体を組み合わせたZスキーム型の二重励起を開発する；とともに、ある種の酸化物により非常に高速に電荷が有機物に移行する方法を開発した。本研究では、水の光完全分解による水素製造について研究し、これらの原理を利用し、1)革新的な太陽電池の開発、2) 暗反応を模擬した電解技術との組み合わせによるCO₂の有用化合物への転換を実現する。

○これらの目標達成に向けて、生物化合物を模擬した新規の無機・有機半導体の合成、界面構造における色素の制御、電荷移動過程の解明、太陽電池及び電解槽の電極構造の原子レベルでの解析、光励起された電荷を効率的に分離するシステムの解析等の研究を行い、分子化学・生物模倣学・グリーン化学、表面科学等の分野の統合により、光を利用したCO₂を排出しない水素製造技術とCO₂の還元の実現に貢献する。

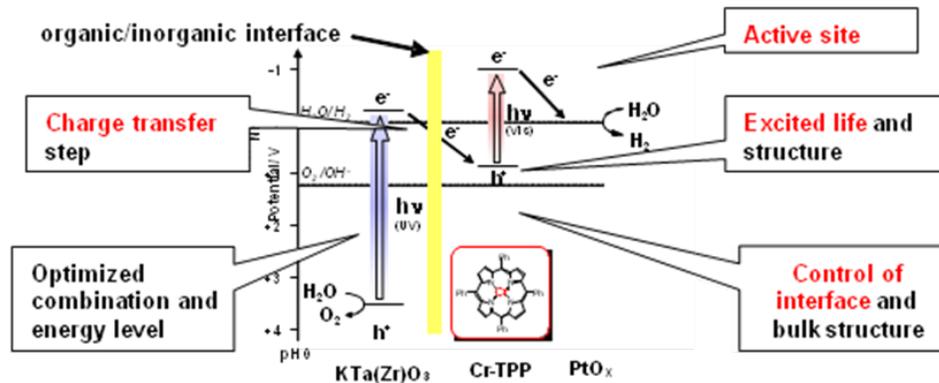


図. 水の完全分解による人工光合成

プロジェクトは論理的計算及び材料評価の両面から裏付けを得ることを検討している。

研究チーム

部門長：石原達己（工学研究院応用化学部門）、安達千波矢（工学研究院応用化学部門）、Elif Ertekin（イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校〈UIUS〉機械科学工学）、合志憲一（工学研究院応用化学部門）、萩原英久（工学研究院応用化学部門）、伊田進太郎（工学研究院応用化学部門）、John Kilner（インペリアルカレッジ・ロンドン）、Lane Martin（UIUS材料科学工学）、松本広重（稲盛フロンティア研究センター）、Angus Rockett（UIUS材料科学工学）、Aleksandar Staykov（I²CNER）、高原淳（先導物質化学研究所分子集積化学部門）、田中敬二（工学研究院応用化学部門）、安田琢磨（工学研究院応用化学部門）、吉澤一成（先導物質化学研究所物質基盤化学部門）、酒井健（理学研究院化学部門）

研究成果

昨年は、第一族陽イオンとそのd軌道の機能としての黄銅鉱型半導体の電子構造における基本的違いを検討した。我々が得た結果は、成長速度が高エネルギー粒子衝撃によりどのように修正される可能性があるか、有機層がOPV装置高度励起阻止層の性能をどのように改善するか、有機・無機半導体がどのように利用され、結合し、高性能の能動的電気化学セルを産み出すか、そして最終的には、我々が行ったアプローチによりどのように水素が合成されるかを検討してきた。我々はこれまでに数々の有機及び無機材料を作り出しており、それらが装置で使用される際の潜在能力や基礎科学に重点を置きつつ、予備実験で結果を示してきた。無機材料の分野では、フッ化物や酸化物、カルコゲナイド等多岐に渡る材料に着目している。Ln₂NiF₄及び(Pr, La)₂NiO₄に関しては、電気化学セルの電極として使用するため、またその表面特性に関し研究を行った。酸化物に関しては、Cu₂O、及びTiO₂は、SrTiO₃単結晶上でエピタキシャル成長した。この作業は、Cu₂O/TiO₂界面の理論モデルにより強化し、これがどのように太陽光の活動に影響を与えるかを更に評価した。我々は、エピタキシャル関係、及び結果として得られたナノ構造に対する、吸着エネルギーと流動速度の関連を立証した。RhドーピングCaNbO₃ナノシートを合成し、高い光触媒の動きを立証した。酸化物とカルコゲナイド材料を結合した状態でBi₂O₂Sを調べ、新しい合成方法を証明した。卓越した光化学活性を証明するため、In₂O₃とのヘテロ結合を示した。

2) 水素材料適合性の研究 —水素脆化に対する緩和・改善戦略—

- 水素脆化は、ほとんど全ての材料において、通常ならば安全に使用できる荷重条件下で突発的かつ壊滅的な不具合を引き起こす深刻な現象である。金属の水素による劣化の問題は現象的には、十分に知見が蓄積されており、限られた荷重条件においては基本的メカニズムの解明には著しい進歩が見られるものの、水素が材料特性を劣化させる種々の道筋や、機器の運用条件にどのように左右されるのかについての情報は未だ不足している。本課題の重要性について例を挙げ実証する。我々は、水素によって促進される疲労破壊において、どのようにして比較的低圧の水素

I²CNERにおける研究で、研究中の数々の光触媒の働きを確認してきた。単結晶エピタキシャル層としてのAgInSe₂を析出し、走査型トンネル分光で調べた。この結果、材料のバンド端変動の基本的性質、及びその他のカルコゲナイドとの違いを発見した。また、CuInSe₂を析出したものを、有機・無機ハイブリッド電極材料の要素として調べ、構造の触媒活性を分析した。

実験したハイブリッド電極には、Cr-TPを混ぜたGaN:ZnO、及びその他の有機分子がある。有機材料のLUMO準位は、結果として得られた光化学電気セルにおける水素の生成速度に重要なことが判明した。純粋な有機材料においては、極小X線小角散乱を用いて候補材料の界面性質を調べ、電流電圧特性、及び基礎的な光電子的特質を求めるために、有機太陽光を合成し、特化して研究した。

今後の方向性

我々のチームは、相互の訪問や共同研究を増やすことにより交流を拡大していく。最良の無機陰イオンの選択を行うことで、候補材料の削減につながり、新しい材料の開発の加速につながる。

科学や工学へ与える影響

エネルギー創出は、このプロジェクト、ひいては将来の世界経済の根幹部分である。これに加えこれら材料の科学知識により、太陽光、及び光電気化学材料に関する広い理解を促すこととなる。

2. 水素構造材料

目的

この分野で知られている技術的障害には、水素表面相互作用、水素の侵入、材料劣化のメカニズムに関する理解の不足が挙げられる。つまり、さらに高強度材料の水素脆化への抵抗を改善し、次世代用材料を開発する必要性、また水素ガス中における疲労、及び破断特性の測定方法を改善する必要性がある。

研究チーム

部門長：Brian Somerday（サンディア国立研究所）、福島良博（工学研究院機械工学部門）、濱田繁（工学研究院機械工学部門）、近藤良之（工

が材料抵抗を桁違いに低下させるのか把握できていない。また、より基本的なレベルについて言うと、水素による空孔安定化が潜在的な破壊機構なのかどうか把握できていない。ましてや空孔形成に起因した破壊の原因となる運転履歴や荷重条件については分かっていない。また、ガス状の水素が乾燥条件下のスライディングシールで潤滑剤として働くのか、あるいは摩耗機構と結びついて破壊を促進するのか、把握できていない。製造、輸送、貯蔵、ディスペンサー等のシステムは、金属以外の部材を含むと考えられる。例えば、ポリエチレンは自動車用途向けの加圧タンクでライナーとして使用され、エラストマーはシールで使用される可能性がある。金属系と比較すると、我々の非金属材料の構造特性への水素の影響に関する知識はせいぜい基本的なものでしかない。

- 水素環境における構造部材の寿命評価、軽減や改善手法の構築、スマート材料の開発は未だ実現していない。本研究では、様々な空間・時間スケールにわたる実験・計算を相乗的に用いた手法を考案し課題に取り組む。各スケールにおける取り組みは、より高いスケールでの開発と理解につながる。例えば、局所水素濃度の実験的測定と第一原理計算を組み合わせることで、水素濃度に関する電子構造及び結合エネルギーの水素濃度への依存性について知見が得られる。材料内部の界面の凝集に及ぼす水素の影響についての知識は、特性予測のためのマイクロメカニカルモデルに組み込む構成方程式やマクロスケールでの寿命評価法の開発のキーポイントである。我々は、本研究の進行には最先端の計算ならびに実験的手法の専門家からなる国際的な研究部門の編成が必要であり、そのように構成されている。具体的には、
 - 金属表面と水素の相互作用を研究する。分子状水素がどのように表面原子と相互作用するか、原子状水素に解離して、金属に入るかを把握することは、劣化メカニズムがどのように水素侵入に依存するのかを把握するために必須の知識である。他の脆化緩和種の存在下で、自由界面や材料内部の界面における水素吸着の物理・化学について研究する。
 - 静的及び繰り返し荷重下のき裂先端部における酸化物等の再生皮膜の形成と水素吸着との相互作用研究のための実験法を開発する。
 - 局所水素濃度及びその局所電子構造への影響、格子結合力、FCC構造の粒界等内部界面の強度について測定する。第一原理計算ならびに分子動力学シミュレーションを用いて、空孔や転位芯等の欠陥と水素の相互作用を解析する。
 - ナノスケールの検討として、水素の影響を受ける各すべり系の塑性流動

学研究院機械工学部門)、久保田祐信(工学研究院機械工学部門)、松岡三郎(工学研究院機械工学部門)、森田健敬(工学研究院機械工学部門)、村上敬宜(I²CNER)、中田伸生(工学研究院材料工学部門)、Robert Ritchie(カリフォルニア大バークレー校)、Ian Robertson(UIUC材料科学工学)、澤江義則(工学研究院機械工学部門)、Petros Sofronis(I²CNER、UIUC機械科学工学)、杉村丈一(工学研究院機械工学部門)、高木節雄(工学研究院材料工学部門)、田中宏昌(工学研究院機械工学部門)、土山聡宏(工学研究院材料工学部門)、Chao Nan Xu(産総研)、山辺純一郎(水素エネルギー国際研究センター)

研究成果

実験とモデリングを合わせた取り組みにより、不純物としての酸素が水素ガス中において、低強度鋼の疲労き裂進展の加速と水素侵入に与える影響に関する理解が深まった。き裂経路に沿った酸素拡散に基づく解析モデルを構築し、酸素濃度や水素で加速する疲労破壊進展における、酸素と応力比の影響を予測した。これに加え、密度汎関数理論(DFT)モデリングにより、鉄表面における酸素と水素の競争吸着のメカニズムに関する新たな視点を提示した。これらの活動のために、複数の海外研究所との共同研究が実施され(サンディア国立研究所、UIUC、ゲッティンゲン大学)、またI²CNERでも部門の枠を超えた共同研究が行われた(水素構造材料と水素製造)。

2つの鋼表面間の繰返し接触実験により、水素の侵入は、通常の繰返し垂直接触により促進されるが、すべりを伴う繰返し接触では抑制されることが解明された。表面分析によると、水素の浸透は鋼表面における酸化膜の形成、及び除去により影響が出ることが明らかになった。摩擦と摩耗における、水素の影響の基本プロセスを理解するための水素侵入に関する研究は、水素による疲労と破壊における基本メカニズムの解明のため、き裂先端部における水素侵入特性を明確にすることに役立っている。

透過性型電子顕微鏡を用い、集束イオンビーム(FIB)で疲労破断表面下側から切り取ったサンプルの、水素の影響による微細構造の違いを調べた。当初、疲労ストライエーションの微細構造が解明され、疲労が破断表面直下の細粒構造微細化の原因となると見られていたが、水素は微細構造特性をさらに微細化させることが明らかになった。

水素脆化現象を積極的に活用した新しい極値統計法に基づく方法が提唱された。この新しい手法は、世界に存在する介在物評価法の中で最も信頼性が高く、効率も高いものである。材料メーカ、及び水素供給用部品

の活性化及び界面結合力の測定、マクロレベルでは破壊力学の観点からマクロスケールの劣化強度を測定する実験法を開発する。

- 水素と材料の結晶構造の相互作用を記述する材料の構成方程式モデルを開発する。このような力学的な観点からの疲労の解明・モデリングは必要不可欠だが、現時点では完璧に不足している。
 - 科学的根拠に基づいた規格・基準の構築を目指し、有限要素解析及びマイクロ／ナノスケールからマクロまでの知見を統合するシミュレーションを用いて材料強度予測を行うツールを開発する。
- 本研究は、1) 水素脆化を軽減あるいは抑制する手法を開発することにより、既存の材料における水素脆化問題の改善、2) 実験と計算を併用した知的手法により、広範な動作条件において耐水素脆化材料の開発を目指す。

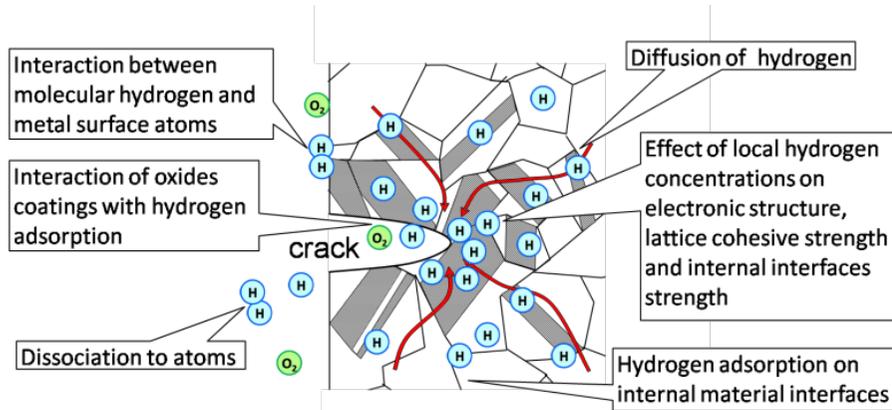


図. 水素存在下における亀裂周辺的基本的プロセス

3) 次世代燃料電池材料の基礎研究

—高効率なエネルギー変換のための基礎学理の確立と新材料デバイス創製を目指して—

- 燃料電池は、水素等の化学燃料を効率的に電気に変換でき、水素エネルギー社会の中核的技術である。しかし、燃料電池材料の使用条件の制約により、本格普及に至っていない。従って、革新的な燃料電池材料開発のブレークスルーが不可欠である。

メーカーとの共同研究の結果、ある種の高強度オーステナイト系ステンレス鋼が耐水素脆化に優れていることがわかった。鋼にはType304の化学成分に添加された微量の窒素、ニオブ、モリブデンを含んでおり、その引張強さは少なくとも800 MPaある。また、100 MPaの水素ガス中の引っ張り試験の絞り値と疲労き裂進展特性は、大気中におけるものとほとんど同じである。

科学や工学へ与える影響

我々の最近の研究成果は、水素と材料表面との相互作用と、さらに高い強度レベルでの水素耐性を高めた次世代用材料を開発し、水素ガス中における疲労、及び破壊特性の計測においても、材料劣化の理解を促進し改良をもたらした。

今後の方向性

今後の計画には、水素拡散、及び弾塑性変形を組み入れて、水素吸着をシミュレートし、ミクロスケールで起こる基本的な破断メカニズムによって記述される破壊基準を確立させることである。この枠組みにおいて、表面酸化が水素吸着に与える影響の度合い、及び水素と酸素の表面吸着競争が、破断開始部位に至る水素量に影響するかに関し調べる。また、水素が影響する摩擦、及び摩擦に関する研究を継続し、高強度鋼の水素脆化における非金属介在物の役割も調べる。特に、高強度ステンレス鋼における脆化抵抗を向上させる微量元素の役割を明らかにしたい。最終的には、引張変形、及び破断挙動に対する水素の影響、及びステンレス鋼における変形誘起マルテンサイト変態を定量化する。

3. 燃料電池

目的

本部門の目標は、燃料電池デバイスを用い、水素やその他の燃料を効率的で安価、かつ安定に電気エネルギーに変換する方法を開発することである。高温型の固体酸化物形燃料電池(SOFC)から低温型の固体高分子形燃料電池(PEM)までを網羅する。固体酸化物形燃料電池においては、より低温で機能するイオン伝導体、高耐久性材料、高効率な触媒の開発に力を注ぐ。固体高分子形燃料電池に関しては、高耐久性かつ十分な電

- 本研究領域では、燃料電池に関して、既存の研究方法だけでなく、界面やナノ領域の固体電気化学や固体化学の基礎研究に基づき、革新的な電解質材料・電極材料・新規デバイスの創製を目指す。
- 具体的には、(1) ナノ構造物質（ナノ複合材料、薄膜、触媒等）の電気特性・電気化学特性・触媒活性等パラメーターのナノ電気化学計測、(2) 表面吸着、拡散等の微視的プロセスや、イオン・電子伝導、熱・物質移行等の巨視的プロセスを計算する計算科学、(3) モデル表面・界面における表面・界面輸送現象を把握する分子化学・表面科学・材料研究、に基づいて、次世代燃料電池デバイスのための電解質材料創製研究（無機系、有機系）、電極材料創製研究（貴金属系、無機系）に取り組む。本研究は、燃料電池に関する電子・原子・分子のナノレベルでの反応機構を解明し、10年後には燃料電池分野のブレイクスルーとなる革新的材料・デバイスを創製する。

Interfaces in Fuel Cells

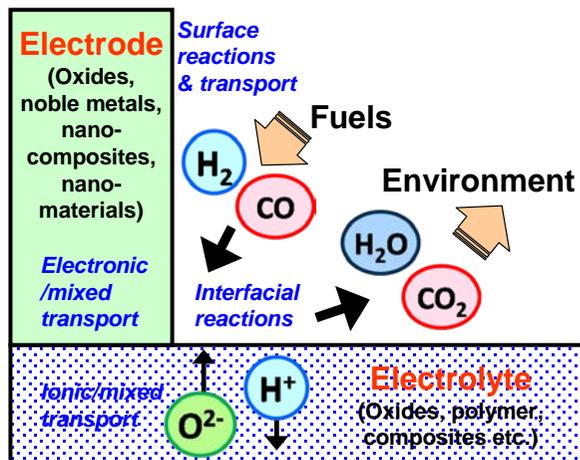


図. 燃料電池の電極・電解質インターフェイスにおける輸送・反応過程

子伝導パスをもつ触媒担体、水管理のために表面制御した炭素材料、そして特に酸素還元反応において高効率で安価な触媒を開発することに注力する。また並行して、CO₂をより付加価値のある化学物質へと変換する方法を検討する。新しいシステムの開発に実践的な焦点を当てながら、更なる基礎研究を実践することで、将来の方向性を見据えていく。

研究チーム

部門長：佐々木一成(工学研究院機械工学部門)、Sean Bishop (I²CNER)、藤ヶ谷剛彦(工学研究院応用化学部門)、Andrew Gewirth (UIUC化学)、Ludwig Gauckler (スイス連邦工科大学)、林灯(水素エネルギー国際研究センター)、伊藤衡平(工学研究院機械工学部門)、北原辰巳(工学研究院機械工学部門)、古山通久(稲盛フロンティア研究センター)、Stephen Lyth (I²CNER)、中島裕典(工学研究院機械工学部門)、中島直敏(工学研究院応用化学部門)、新留康郎(工学研究院応用化学部門)、西原正通 (I²CNER)、白鳥祐介(工学研究院機械工学部門)、Harry Tuller (マサチューセッツ工科大学)

研究成果

昨年一年間、数多くの業績を残すことができた。SOFCの分野では、新カソード材料の開発で酸素還元反応速度を改善することが出来た。ナノスケールの白金薄膜やPt-Al膜の脱合金で得られる白金薄膜を合成し、酸素還元活性化エネルギーにおける白金薄膜のひずみ構造依存性を示した。不純物被毒、相互拡散、熱サイクル等に起因する重要な化学劣化のメカニズムについて検討した。マイクロチューブ状のSOFCにおける表面温度の分布の測定も、劣化メカニズム解明の一つとして取り組んだ。また、電極電解質界面での酸素イオン交換反応速度を決定する反応過程を理解することなど、基礎基盤研究も行った。

PEMの分野においては、I²CNER主任研究者自身のテーマでもある、白金触媒の担体材料としてのSnO₂酸化物の研究を継続して行った。酸化物担体を用いることで、標準的な炭素材料に比べ耐久性を向上できることを示した。触媒担体としてナノチャンネル構造を持つメソポーラスカーボンを開発することにより、ナノチャンネル構造がナノ反応場として酸素還元や水素酸化反応を促進出来ることを明らかにした。スルホン化ポリイミドハイブリッド電解質膜は、燃料電池の耐久性を向上させ、特に酸素還元反応速度を改善できることを示した。新しく開発されたマイクロポーラス層付きガス拡散層は、無加湿の条件下での燃料電池の運転を可能にした。メソポーラス材料のナノ空間へイオン液体を導入することで酸

素の拡散を促進するなど、新しい研究にも挑戦した。また、CO₂変換用の新しい分子触媒を開発することで、水素に対するCOの選択性を高めることに成功した。この新触媒を用いればCO₂をより効率的に燃料に変換できる可能性がある。

今後の方向性

高温型及び低温型燃料電池の研究を継続する。両方の燃料電池を網羅することで、例えば高温型の電解質と低温型の膜や触媒担体を組み合わせるなど、新しいハイブリッド材料の開発を実現できる。SOFCに関して言うと、基礎的な反応プロセスを理解することで、低温でも十分な電子伝導性及び活性を有する新しい触媒材料の開発へと繋げる。触媒、及び燃料電池の耐久性における基礎的概念を理解するために、モデル燃料電池としてマイクロSOFCの研究を継続する。高耐久性かつ高活性な燃料電池構造の開発に向けて、様々な材料群から最適な組み合わせを探求することに重点を置く。

PEMに関しては、次世代に向けた高耐久性かつ高活性な新規担体及び触媒の開発を目指す。開発中のSnO₂担体は通常の炭素担体に比べ、高い耐久性を持つものの活性は未だ低いため、今後、活性を向上させることに重点をおく。ポリイミド材料については、膜として、さらに触媒の安定化に寄与できる材料として新たな可能性を探求する。新しいCO₂変換用触媒の開発には、配位子、金属、担体間の相互作用について根本的な解明を行う。

科学や工学へ与える影響

高効率エネルギー変換を目指し、触媒、担体及び電解質の界面で起こる問題を理解・解決するために、高温から低温まで網羅する燃料電池研究は非常に重要となる。比較的に低温で作動するマイクロSOFC(550℃)の開発及び関連する材料の開発は、基礎的な問題点を理解し解明するためのモデルとして必要不可欠である。PEMとSOFCの概念を融合することで、例えばポリイミド材料の特徴を活かした中温燃料電池の開発など、それぞれ単独の研究では見出せない新しい機能性の発現が可能となる。基礎反応に寄与する新しい触媒を開発することは、燃料電池分野にとどまることなく様々な分野に貢献できる。

4) 高圧域における水素・CO₂の熱物性・熱流動特性研究

水素貯蔵・CO₂貯留技術を開発するためには、高圧域（例えば、100MPa）での水素・CO₂の基礎的熱物性に関する知識が必要である。高圧下では、PVT関係・比熱容量・熱伝導率・熱伝達等の特性は測定できておらず、現在は低圧測定結果から推定される値が用いられている。水素のオルソ・パラ変換の解明、超臨界圧CO₂の熱物性・熱伝達特性評価と吸着・脱着特性の把握などを行い、広範囲の温度と圧力にわたる正確な熱物性データベースを開発する。

4. 熱物性

目的

この取組みの目的は、(i) 界面におけるH₂、及びCO₂の材料との相互作用に関する基本的な理解を深め、(ii) 高温環境における界面現象に対し、現在使用されているものよりもより感度が高く、in-situでリアルタイムに実施できる実験方法を開発する、(iii) 炭素を発生させない解決法開発に向けた、水素、二酸化炭素、その他の作動物質に関する熱物性を広く理解し、データベースを作成する。

研究チーム

部門長： 高田保之(工学研究院機械工学部門)、David Cahill (UIUC材料科学工学)、河野正道(工学研究院機械工学部門)、小山繁(総合理工学研究院エネルギー物質科学部門)、Xing Zhang (中国精華大学)

研究成果

我々は、非定常単細線法を開発し、100 MPa、及び500° C以下での水素の熱伝導性を求めた。これより公差±2%の水素熱伝導性の相関式を提唱した。そして、Liイオンバッテリーを使い、in-situで酸化物陰極への充放電調査を開始した。Li_{1-x}CoO₂の弾性定数は、LiがCoO₂層間の面より除去されるにつれて軟化し、繰り返により熱伝導性が低下する。

今後の方向性

短期的な視点における我々の最大の研究目標は、九州大学における熱物性のポンププローブ測定法の実験設備を開発し、九州・イリノイ両大学でこれらの実験を行うための高圧光学セルを開発することである。また、酸化物陰極の熱物性のin-situ測定を継続し、GHz帯における表面音波速度、及び音響ダンピングの高スループット、及び高精度測定を継続する。これにより、100 MPa、500° C以下での水素の粘性率、及び状態方程式用の新しい正確なデータを提供する。

科学や工学へ与える影響

高圧下での材料界面における相互作用を解明する能力を高めることは、高温水素環境におけるより高い信頼性と性能を持つ材料の設計に広く、長期的な貢献をすると考えられる。我々が行った研究で得られた世界に類を見ないデータは、理論と計算モデルに対する重要な証明となり得る。熱物性特性の測定、及び高温水素用の予測可能な整理式とデータベ

5) 水素貯蔵材料の研究 —超高压域における新たな道筋—

- 現在実用化が進められている圧縮水素を用いる方法では、体積エネルギー密度の極めて低い水素を効率よく輸送貯蔵することが難しい。そのため、コンパクトかつ安全でエネルギー効率よく安価に水素を輸送貯蔵できる技術の開発が求められている。水素貯蔵材料では、水素と物質の表面あるいは内部との相互作用により水素を吸着・吸蔵するため、圧縮水素及び液化水素より優れた貯蔵能力を有している。現状では、水素貯蔵量3質量%が世界最高水準であるが、高い体積エネルギー密度を維持したまま、更なる重量エネルギー密度の向上が必要である。
- 分子化学、表面科学、固体力学、物理学、材料科学等、様々な分野の融合により、Mg系材料、錯体系水素化合物及び吸着系材料について、1) 反応温度の制御を目指した水素と貯蔵材料の結合性、2) 最も高い水素貯蔵量を目指すための水素の貯蔵材料中の組織及び構造、3) 超高压法など様々な手法による新しい構造の創成、4) 材料による水素の輸送特性の詳細な解析・評価、等を進める事により、水素貯蔵量6質量%以上の材料の実現を目指す。

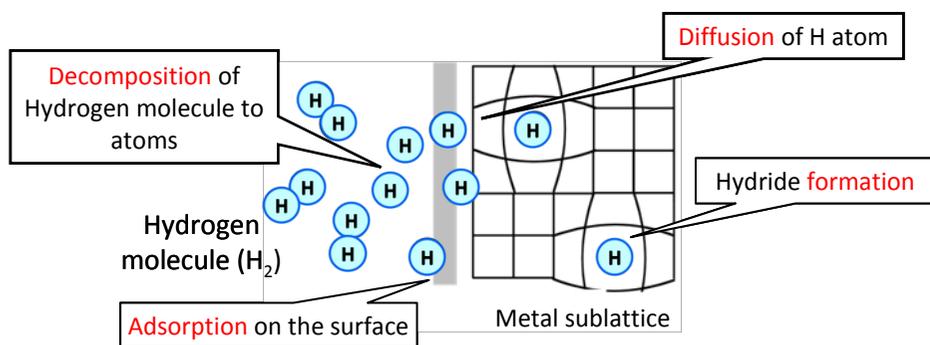


図. 水素貯蔵材料の表面における基本的なプロセス

スは、水素製造、輸送、及び貯蔵システムを設計するための正確なデータを提供することを通じ、水素経済に役立つと思われる。

5. 水素貯蔵材料

目的

当部門は、水素貯蔵システムに関する基礎的なデザイン、分析・解析、及び工学的要素などの各分野における優秀な研究者が集結し、貯蔵システムの重量、体積、費用を抑えると同時に、効率、耐久性、水素吸蔵/放出速度の向上を目指して、安全で安価に水素燃料の貯蔵及び輸送を可能にする水素貯蔵システムの確立及び実証に取り組んでいる。特に金属系及び金属間化合物系水素貯蔵材料における粒界、転位、双晶等の欠陥の分析に注力している。また、最先端の解析手法を用いて、水素吸着及び脱着時における水素貯蔵材料のミクロレベルでの変化を解明することも目的としている。

研究チーム

部門長：秋葉悦男（工学研究院機械工学部門）、Ping Chen（中国科学院大連化学物理研究所）、堀田善治（工学研究院材料工学部門）、Hai-Wen Li（水素エネルギー国際センター）、松田潤子（I²CNER）、Louis Schlappach（チューリッヒ工科大学）、Huaiyu Shao（I²CNER）

研究成果

昨年より当部門は様々な研究成果を上げている。例えば、水素吸着・脱着時に水素貯蔵材料におきる原子スケールのミクロ構造変化を解明するため、当部門実験室内において透過電子顕微鏡（TEM）を使い、チタン、バナジウム等の水素貯蔵合金の研究を行った。また、水素製造部門及び水素構造材料部門との共同研究により、水素化中に発生する双晶境界や積層欠陥の形成に関する新たな知見を得た。

水素拡散速度に対する格子の立体配置（格子サイズ、原子半径）の影響について、マグネシウム-炭素（Mg-Co）合金で実験を行い、その結果を用いて、イリノイ大学サテライトと共同で原子スケールでのモデリング、シミュレーション及び実験を新しく開始した。今後は、マグネシウム基材料の性能を左右するナノ構造と触媒の役割について研究を行う。

また、水素製造部門と共同し、金属化合物における高圧ねじれ（HPT）に

よる粒界の再精製が水素貯蔵能力を改善することを実証した。HPTによる粒子の再精製を実証した実験は、水素吸蔵速度の改善にとって最も重要である。なぜなら、粒界が貯蔵センターとしての性能をより向上させることができる可能性を示唆しているからである。さらに、（微細化が最も困難な）金属間化合物におけるナノスケール粒子の微細化にHPTを適用した。また、パラジウム（Pd）のような金属のHPT加工では、水素吸蔵中におきる体積膨張のような構造的ひずみを最小化することができた。

今後の方向性

新しく開発されたTEMを用いて、水素化中のチタン（Ti）、バナジウム（V）、BCC合金、その他の水素貯蔵材料における格子欠陥の形成メカニズムを解明し、より性能の高い材料を開発する。また、イリノイ大学と共同でナノスケールでの合成や計算学的モデリングなどを実施し、水素貯蔵への構造的影響を解明する。これまでの成果を踏まえ、水素貯蔵におけるミクロ構造についてさらに究明する。ミクロ構造の微細化と性能向上に向け、引き続きHPTの研究を実施する。当部門では、また、触媒の導入やFeTi水素貯蔵金属間へのHPTの適用、体積拡張時の粒子構造の影響及びパラジウムや他の金属のミクロ構造変化についての定量評価を行うことにより、金属間化合物における水素吸蔵温度の低下を目標とする。

科学や工学へ与える影響

水素貯蔵材料における粒子サイズ、粒界、双晶等のミクロ構造欠陥の役割を特定し、水素吸蔵性能を改善する物性を明らかにする。今日まで、金属や金属間化合物の水素化によって導入される欠陥やミクロ構造の変化に関する研究は、水素圧、反応率、有効吸収率、環状固定性において重要な役割があるにもかかわらず、ほとんど報告されていない。当部門の研究成果は、秋葉教授の応用物理学会優秀論文賞受賞（平成23年度）や、金属のナノ構造管理におけるHPT加工について堀田教授が発表した論文が平成23年度最も引用された論文のひとつに選ばれるなど、広く認知されている。

6) 物質変換における不斉酸化の研究 —廃棄物ゼロの触媒プロセスの発見を目指して—

- 日常生活において使用される膨大な数の機能材料物質の多くは化石燃料の化学変換により得られるが、従来の化学反応はかなりのエネルギーの消費を要し、膨大な量の廃棄物や不要なCO₂を排出する。従って、新しい効率的な物質変換法の開発により、CO₂排出量の削減、さらには化石燃料の有限性を前提としたエネルギーの持続性の確保が求められている。本研究では原子効率の良い酸化剤で不斉酸化を行い、物質変換の「グリーン化」に取り組む。分子状酸素を酸化剤として用いて、余計な廃棄物やCO₂の排出、さらにはエネルギーの損失を伴うことなく、目的物質のみを与える方法論を構築する。これは、人工光合成によって生じる酸素の有効活用でもある。
- 一般に生体内酸化はいくつかの段階よりなり、複数の酵素の組み合わせによって触媒される。だが、多くの酵素は不安定で取り扱いが困難であり、必ずしも大量生産に適していない。従って、酵素触媒作用に匹敵する酸化触媒作用を示す効率的な触媒の開発が強く求められている。一方、弱い結合相互作用が酵素触媒作用に関与することは知られている。しかし、酸化酵素の活性部位に関するこれらの情報は不十分であり、このことが求める高性能分子触媒の開発を困難なものとしている。不斉酸化触媒作用の開発にとって、解決すべき課題である。
- 具体的には、グリーン化学、分子化学、表面化学、電荷・質量・熱移動、生物模倣学等の分野の融合により、酸素活性中間体の捕捉を行い、その反応特性を解明し、1) 酸素活性化に伴う電子移動機構の解明を行い、プロトン・電子移動を必要としない酸化システムの構築、2) 室温で分子状酸素を酸化剤として用いる精密酸素酸化触媒の開発を行う。この開発により、生体系酸化反応と異なる酸素活性化システムを構築する。
- 本研究は、複数の触媒作用を示す構造的に柔軟な触媒の開発を通して、基礎科学の発展に影響を与えるだろう。本研究の目標は、酸化反応経路に沿ってその触媒構造が適切に制御され、それぞれの配座異性体が各段階において適切な触媒作用を示した場合に、分子触媒による多段階不斉酸素酸化が実現されることを実証することである。

6. 物質変換-触媒

目的

平成23年度は、触媒を使った廃棄物がでない低炭素技術の研究に焦点をおき、異なる専門分野の研究者の協働により、成果をあげることができた。特に、グリーンテクノロジーへ影響を及ぼす“小分子”（H₂、O₂、H₂O、CO₂）の変換に関する研究を重点的に行った。当部門の学際的な研究は、次世代の科学者育成にとっても必要である。

研究チーム

部門長・香月勲 (I²CNER)、松本和弘 (理学研究院化学部門)、松本崇弘 (工学研究院応用化学部門)、Annada Maity (先導物質化学研究所)、中井英隆 (工学研究院応用化学部門)、成田吉徳 (生物有機化学研究所物質基盤化学部門)、小江誠司 (工学研究院応用化学部門)、太田雄大 (生物有機化学研究所物質基盤化学部門)、Thomas Rauchfuss (有機金属化学、UIUC)、内田竜也 (理学研究院化学部門)、山内美穂 (I²CNER)

研究成果

グリーン環境の実現と「実世界」に関わる触媒科学の主なテーマの一つは、燃料電池の開発に大きな障害となっている酸素還元反応 (ORR) における課題の解決である。今年度は、新しい触媒の開発、埋蔵量の豊富な金属の利用、低過電圧と実施容易な触媒システムの構築などの観点から課題に取り組んだ。新しい触媒として、カーボンナノ構造電解触媒、つまりポリマーで覆われたカーボンナノチューブを開発した。ポリマーで覆われた多層カーボンナノチューブを利用した従来の燃料電池やORRに希少金属を使わない、もしくはより有効に利用する次世代触媒の両方に着目した材料開発に注力した。

当部門では、空気呼吸生物の生命を支えている酵素を燃料電池の開発に活用するという着想に基づいて研究を行っている。低過電圧にて酸素を水に還元する生態模倣学的なFe-Cu触媒に関する研究で進展がみられた。均一触媒系を用いて酸素結合中間体の同定を行うことができた。また、陽、陰両電極反応の選択的触媒を開発し、膜を使わない新しい燃料電池の概念の実証を進めた。

ORRの研究と並んで、もうひとつのテーマは、材料化学と有機合成の方法論を開拓し、酸化過程について研究を行うことである。Fe-Co-Niの合金

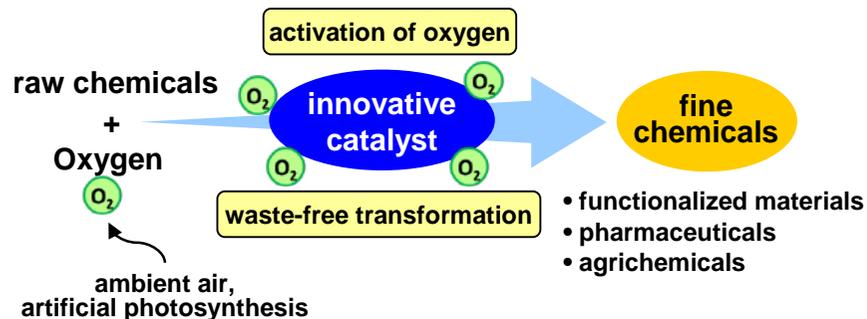


図. 廃棄物ゼロ反応の触媒プロセスのコンセプト

7) 先進的CO₂分離・濃縮システムの開発研究

—効率的で低コストのCO₂分離・濃縮技術の確立を目指して—

- 化石燃料の燃焼により発生するCO₂の分離に関して、種々の方法が提案されているが、いずれも所要エネルギーが大きく、実用化が難しい。本研究では、CO₂の吸収・吸着の高性能化、低コスト・高性能の電気化学的方法によるCO₂分離システムの構築を目指した基礎研究を行う。
- 具体的には、イオン交換膜を介した水の電気分解と組み合わせることにより、発生する水素を有効利用しつつ、生成するアルカリ液でCO₂を吸収させる方法を提案する。1) その原理を解明し最も効果的なCO₂分離システムのための新材料（膜材料・吸収材）を開発する、2) 分子動力学を利用して、高性能の触媒、溶液、膜特性を開発・評価する。また、吸収・吸着法に関しては、脱着しやすい特異的吸着物質の最適な吸着材構造を検討する。
- 本研究は、流体力学、表面科学、電荷・質量・熱移動、電気化学等の分野の融合によって行い、水素製造・燃料電池・CO₂貯留等のグループと連携して行う。

から成る新しい不均一触媒を開発し、バルク化学製品であるエチレングレコールの酸化に適用した。同様に鉄-サラン-ナフトキシド錯体の開発も行った。これは第2アルコールの不斉空気を触媒するものである。その他、基質の範囲拡張、基質と触媒間の水素結合の役割の解明など、部門全体にまたがるテーマの研究を実施し、水の全分解やプロトン還元触媒の研究で進展がみられた。これらの反応は、太陽燃料の開発に不可欠である。

今後の方向性

当部門では、学生のクロストレーニングを拡充し、各プロジェクトの交流による研究のさらなる充実を図る。また、引き続き、小分子、燃料電池及び太陽光エネルギーに重点を置く。

科学や工学へ与える影響

触媒は、太陽光子の取り込みから燃料の消費までエネルギー取扱いに関連するすべての技術の中心となるものである。

7. CO₂分離・濃縮

目的

本研究の目的は、CO₂独特の物理的、化学的特徴を解明することにより、CO₂回収と/もしくは貯留費用を抑え、もってカーボンニュートラルな発電を推進することである。電気化学、界面科学、実験流体力学などの学際研究を実施し、次の3つの技術開発を目指す。(1)高度吸収材料、(2)電気化学法によるCO₂分離、(3)活性固体表面上の臨界点近傍CO₂流体

研究チーム

部門長：峯元雅樹（工学研究院化学工学部門）、藤川茂紀（I²CNER）、草壁克己（崇城大学工学部ナノサイエンス学科）、Dimitrios Kyritsis（機械科学工学、UIUC）、松隈洋介（工学研究院化学工学部門）、Paul Kenis（化学及びバイオ分子工学、UIUC）

研究成果

高度吸着材料の研究では、水蒸気吸着と関連するCO₂吸収のゼオライト克服について成果があった。草壁教授グループは、Zn(MOF-5、Zn₄O(1,4-benzenedicarboxylate)₃)を基にした金属有機フレームワークについ

- 所要エネルギーを従来の4分の1以下にできる新しいCO₂分離システムを構築する。

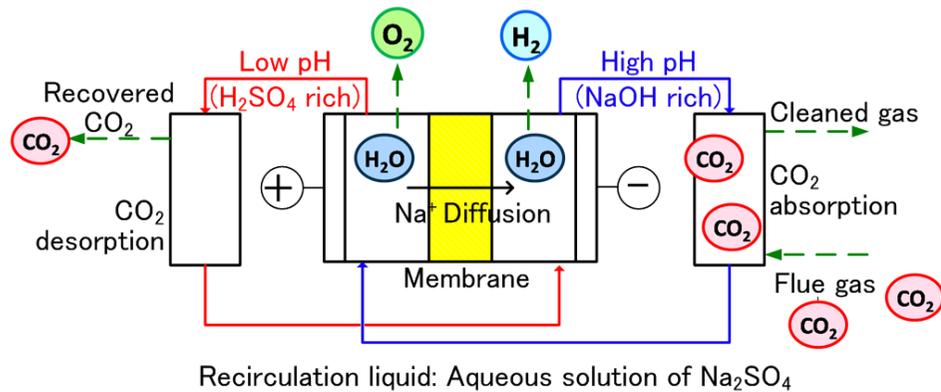


図. 先進的CO₂分離・濃縮システム

て研究を行った。これは、比較的安価な材料から作製され、比表面積1000 m²/gを超えた。α-alumina 基板を、Zn(NO₃)₂/ジメチルホルムアミド溶液に浸漬することで、結晶サイズが20 μm オーダーのMOF-5 crystalsを作製した。結晶化反応は、反応溶液調整後およそ6時間で始まり、21時間以内に完了する。

吸収に関する研究は、これまで開発してきた電気化学的吸脱着とも密接に関連しており、これはKHCO₃としてCO₂を吸収し、次いで陽イオン陰イオン交換膜をつかってCO₂を脱着するという方法でK₂CO₃水溶液を活用する。放散には低圧力状態が必要であるが(0.05–0.10 atm)、真空維持に必要なエネルギーは、従来の方法に必要とされる熱量より明らかに優れている。新しく開発された技術の必要エネルギー消費量は1000 kJ/kgであり、現行技術で必要とする量の約4分の1である。さらに、研究を進めている革新的な方法は、室温で行うことができる。電気化学的CO₂分離は、CO₂を高価値化学物質に転換する電気化学法と結びつける。

分離したCO₂は高圧、低温下で圧縮され、このときCO₂は臨界点近傍状態となる。イリノイ大学に臨界点近傍流体実験施設が設立され、臨界点近傍のCO₂によって圧縮機オイルの異常噴流をレーザー誘起蛍光計測により検出した。特に、噴出液体の液速度体は圧縮差の4乗根に比例し、古典的な流体力学から予想される平方根スケールと明確に区別できる。複雑系流動によって、CO₂流からオイルを排除可能であることを示した。ラマン測定による温室効果の可能性の基礎を確立するために、レーザーを基にした診断法についても追求した。

今後の方向性

来年は、高度吸着材料研究と電気化学的分離を融合した研究を実施する。九州大学とイリノイ大学共同で臨界点近傍流体の熱物性について研究を実施する。この臨界点近傍流体の熱物性値は、イリノイ・九州両大学にとって有益である。イリノイ大学では、光学的に検出する装置を使って、ブリルアン散乱測定を行う。最終目標は、CO₂の特異な物理化学特性に基づいて効率的にCO₂を回収できるよう、分離技術と貯蔵技術の結合を目指す。

科学や工学へ与える影響

吸着と電気化学の先駆的研究によって、極めて高い比表面積材料をもつ材料合成を通じて、界面化学を発展した。吸着実験によって、有機・無機化合物からなるマイクロ孔材料が吸着材として働くことを示した。炭酸

8) CO₂地中貯留研究 —地中でのCO₂挙動の解明と数値予測モデルの開発

- CO₂の地中貯留は地下千m以深の貯留層を対象として計画されているが、長期間にわたる安全性・安定性に関する研究は少なく、高圧多孔質層内でのCO₂の吸着・溶解等の各種トラップ、断層を通じたCO₂ガスの浅層領域での移流・拡散等解明すべき現象が多い。
- 貯留層工学、地球科学等の分野を融合し、高圧多孔質層での岩石・水・CO₂の三相共存下におけるCO₂の溶解、変質、鉱物化について解明する。とくに、CO₂貯留層から地表への拡散挙動について、浅層試験フィールドでの測定・評価を行い、CO₂移流・拡散の数値予測モデルを確立する。また、地下貯留層内の微生物によるCH₄への転換プロセスについても研究を行う。

水溶液をつかったユニークな実験により、CO₂分離法として使えることが明らかとなった。これは現行のCO₂分離で消費されているエネルギーの約4分の1のエネルギーで分離を行うことができる。さらに臨界点近傍流体研究によって超臨界状態の二相間の区別が消え、臨界点近傍の熱及び物質移動特性をの異常なふるまいが明らかとなった。その結果、古典的な単一系及び二相系流領域の境界に存在する新しい流動様式が明らかとなった。

8. CO₂貯留

目的

当部門は陸域及び海底下におけるCO₂地中貯留（以下CCS）のプロジェクト設計や環境や経済的なリスク評価を行うための科学的知見、新規技術を研究・開発する事を目的としている。また、実験や計算機シミュレーション、野外観察、データ解析などの理学・工学的手法と同様に教育やアウトリーチ活動も研究対象とする。CCSの安全性を評価する為に多孔質な地質試料で構成されるCO₂貯留層内部でのCO₂の挙動をモニタリングするための手法開発を行う。

研究チーム

部門長：柳哲雄（応用力学研究所）、Chen-Tung Arthur CHEN(台湾国立中山大学)、Kenneth Christensen(イリノイ大学アーバナ・シャンペーン・Mechanical Science and Engineering)、Robert Finley(Illinois Geological Survey)、Sallie Greenberg(Illinois Geological Survey)、Changhond Hu(応用力学研究所)、梶原宏之 (Marine Systems Engineering)、北村圭吾 (I²CNER)、中村昌彦(応用力学研究所)、下島公紀 (I²CNER)、Arne Pearlstein (イリノイ大学アーバナ・シャンペーン・Mechanical Science and Engineering)、末吉誠(応用力学研究所)、Jong Hwan Yoon (応用力学研究所)

研究成果

九州大学において、超臨界状態のCO₂を用いた岩石実験を行うことが可能な実験システムの開発を行った。また計算機シミュレーションにより、不均質な多孔質砂岩中のCO₂流動は微小スケールの孔隙構造に強い影響を受けることを明らかにした。

海水中や岩石の間隙内部でのCO₂挙動を理解するため、高い水圧条件下に

図. CO₂ 地中貯留

おける気相、液相CO₂及び溶解CO₂の挙動観察実験のための機器開発も今後、継続して行う。

Illinois State Geological Survey 及び Midwest Geological Sequestration Consortium (MSGC) や他の海外及び国内の研究者と岩石物理学分野での共同研究を開始し、岩石試料の提供を受けている。また異分野融合研究として地層水中の金属イオンの定量的な観察手法の開発を開始している。

大西洋、鹿児島湾、イタリアのパナレア諸島近くにある天然の熱水噴出口から噴出する天然のCO₂液滴とCO₂バブルの観察は継続して行う。

イリノイ大学では塩水帯水層中におけるCO₂の挙動解明のために、高解像度の屈折率測定装置を用いて、均質な多孔質媒体と模擬CO₂流体を用いて観測を行っている。

さらに、海底貯留層から海中へのCO₂漏洩モニタリング手法を開発するためにCO₂流動可視化実験装置を設計・開発した。この装置を用いて、今後CO₂液滴やバブルの基礎物性測定や液体中のCO₂バブル及び液滴の3次元挙動解析研究を行う。

また計算機シミュレーションは“クリーン”な境界面を持った、CO₂液滴と水の密度差を駆動力とするに軸対象フローの初期モデルを開発した。

西太平洋や日本沿岸でみられる熱水噴出口から排出されるCO₂液滴と気泡のフィールド調査は重要である。またイリノイ大学では、CO₂漏洩リスクの評価のために実験的かつ計算機シミュレーション的手法を用いて多相流体の挙動の研究を行っている。イリノイ大学のグループは実験的及び計算機シミュレーションを用いて多孔質媒体中のCO₂の力学的特性の解明、貯留層の間隙水圧の異常上昇による断層形成モデルの開発、海底貯留層から海中に漏洩した気化及び液化CO₂の挙動モデルの開発を目的に研究を行っている。

また、海底下の貯留層から漏洩した液相及び気相のCO₂の挙動及び溶解に関する計算機シミュレーションを実施している。

九州大学、イリノイ大学との共同研究として、イリノイ大学が開発したモデルへ九州大学のデータを適用、CO₂ハイドレート膜の形成モデルの共同開発、イリノイ大学の実験データを利用した九州大学におけるリスク評価計算等を実施する。

9) CO₂海洋貯留研究

—CO₂海洋貯留に関する社会への情報発信—

- 海洋吸収によって大気中のCO₂は自然に取り除かれるが、増え続けるCO₂の排出量に追いつかない。CO₂の削減目標達成のためには、CO₂の海洋貯留が重要な役割を果たすと期待されるが、中規模渦や湧昇流等を考慮した場合の安定性や海洋酸性化による環境や生物への影響など、解明すべき点が多い。
- 本研究では、CO₂の安定性や海洋環境・地球環境への影響について評価するとともに、CO₂注入・モニタリングシステムのリスク解析を行い、海洋貯留の長所・短所について理解を深め、社会に情報提供していく。
- 具体的には、九州大学が開発した海洋大循環モデルに炭素循環モデル（大気・海洋間炭素交換過程、海洋中のpH変化、バイオ・ポンプ過程などを含む）を結合し、流体力学、海洋科学を融合し、中規模渦や湧昇流下でのCO₂の挙動を解析する。
- 本研究活動成果により、九州大学が開発したバーチャルモアリングシステムに基づいたモニタリングシステムが構築される。

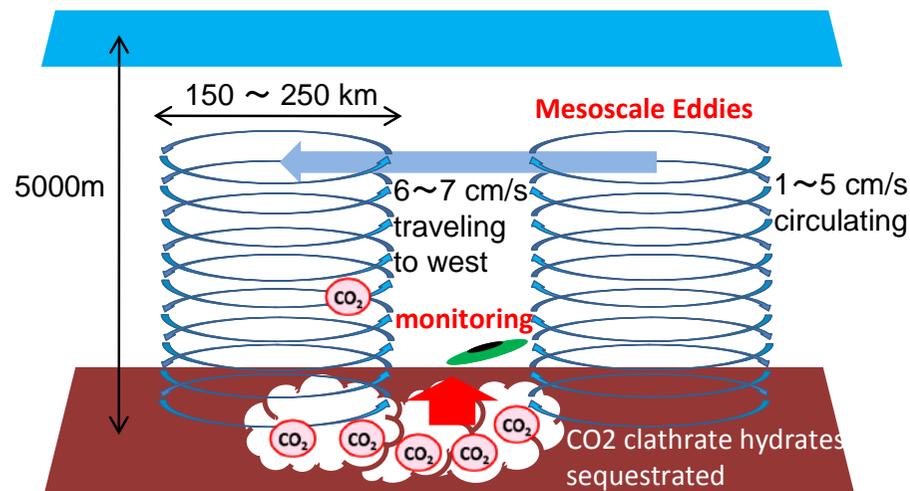


図. CO₂ 海洋貯留

今後の方向性

高圧岩石実験装置を用いて、MGSC、DECATURサイトのコアサンプルなど様々な岩石試料の弾性波速度、相対浸透率及び電気比抵抗の測定を行い、CO₂飽和度の評価手法を確立する。また、CO₂を注入した岩石の地球化学的変化の測定、地球物理学的及び地理学的データを利用した貯留層モデルの開発、その貯留層モデルを用いた長期CO₂挙動シミュレーションを実施する。

熱水噴出口から発生するCO₂気泡や液滴についてフィールド研究を継続し、3,000 M級のバーチャル係留システムを開発する。イギリスでのえい航体システムの実験、フィールド調査に参加し、CO₂地中貯留が海洋へ与える影響を観察し、評価する。

イリノイ大学では、多孔質媒体中のCO₂流動を理解するために、不溶性流体を用いた液体—液体相互反応についての実験を実施する。またマイクロスケールの孔隙モデルを開発し、浸潤性と飽和液体の相互作用を研究する。WATER-TUNNEL試験装置を用いて水とCO₂の水中への同時注入試験を行い、液滴の水中拡散を考察する。また、軸対称計算を用いて、周囲の水へのCO₂の溶解が無く、圧力依存性をもち、CO₂ハイドレート膜を持つ条件下のCO₂液滴の上昇シミュレーションを行う。この時、CO₂液滴の密度や粘度の温度圧力条件による変化を考慮する。

これらの手法からCO₂拡散時のハイドレート膜の力学及びメカニズムの詳細なモデルを確立する。

科学や工学へ与える影響

我々がI²CNERで実施する研究はCCSのCO₂圧入候補地点のリスク評価を行う上で重要となる。また同時にCCS実施のために不可欠なMVA (Monitoring, Verification and Accounting: 監視、実証、定量)を行う上で、我々の研究を応用して、弾性波探査、重力、電気比抵抗、地表変動、地層流体のサンプリング計測等の手法を用いる事が可能である。

岩石実験によりCO₂飽和度と弾性波速度との関係を理解することは、地震波探査による貯留層モニタリングの結果を解釈する上で重要な手掛かりとなる。

海中でのCO₂モニタリング手法は、他の海洋研究分野への応用が考えられる。また、熱水噴出口から噴出するCO₂観察のデータは海底面からのCO₂漏洩の“Natural Analogue”として漏洩したCO₂の挙動計算手法の改良や界面ハイドレート膜モデルの開発に寄与する。

我々の実験的研究は海底下地中貯留を含めた地中CCSに関連する様々なリスクの評価及びその軽減を目的として行う。貯留層スケールでのCO₂の長期挙動は、孔隙スケールでのCO₂挙動によって支配される事が分かっている。そのため、我々の実験的研究は孔隙スケールでの詳細なデータ収集と解析を目的として行っている。これらの孔隙スケールでの研究成果を集積したうえで、現実性の高い貯留層スケールのCO₂長期挙動予測シミュレーション手法の開発に寄与する。

計算機シミュレーションでは断層を経由して海中へ漏洩したCO₂液滴の挙動が予測可能となるコードを開発し、さらに素開発したコードを、前述の貯留層スケールのCO₂長期挙動シミュレーション(例えばサブグリッドスケールモデル)に組み込み、統合的な海底下CO₂の長期挙動シミュレーションをI²CNERとして開発する。

※「CO₂海洋貯留部門」と「CO₂地中貯留部門」は、「CO₂貯留部門」に統合された。

10) カーボンニュートラル・エネルギー社会研究

カーボンニュートラル・エネルギー社会を支える各要素技術について、効率、CO₂削減効果の可能性、現実性等を常に評価し研究を行う。所内研究成果を評価し、我々の開発技術の意義と重要性を国民的視点から明確にしていく。1) 公営ラジオでの解説、2) 理工学を専攻していない学生を対象にした革新的な授業、3) 演説、4) 著書や雑誌記事等を通して、本研究が社会に与える影響を継続的に確認し、組織的に国民の理解促進を図る。

9. エネルギーアナリシス

目的

当部門は、I²CNERで行われている現在及び将来のエネルギー選択に関する様々な研究がいかに将来の日本におけるカーボンニュートラル・エネルギー社会基盤に資するかを明示し、日本のカーボンニュートラル・エネルギー社会実現に向けた今後のビジョンとロードマップを策定する。すべての分析において、コスト、エネルギー使用効率、温暖化ガス排出量の三点を含む。「井戸元から自動車走行まで」(WTW)/ゆりかごから墓場まで(CTG)の概念に基づき、1次エネルギー源(天然ガス井など)からエネルギーの最終利用(住宅市場用ガスタービン発電や燃料電池自動車用天然ガス改質水素等)にいたるエネルギー経路におけるすべての活動、費用、温室ガス(GHG)排出等の分析を行う。

研究チーム

本田國昭(株式会社ガスアンドパワー)、Mark Paster(元米国エネルギー省)、James Stubbins(原子力、プラズマ、放射能工学、UIUC)

	<p>研究成果</p> <p>当部門では、日本のエネルギー現況及び今後の需要ニーズを分析し、I²CNERで実施している研究の成果によって二酸化炭素排出の削減が可能なエネルギー経路の提案を目指している。</p> <p>I²CNERのテクノロジーを用いた一次の（直線的）WTW/CTGエネルギー経路と、現状もしくは将来可能性のあるエネルギー経路について、コスト、用途、GHGガス排出等の観点から比較し、日本のエネルギー社会基盤におけるI²CNERの研究成果の適用についてエネルギーのマクロシステムモデルを用いて分析を行い、一次の（直線的）WTW/CTGエネルギー経路と併せて、日本のカーボンニュートラル・エネルギー社会基盤実現に向けたI²CNERのビジョンとロードマップの策定を支援する。当部門は設立間もないため、研究計画の策定とスタッフの充実にまず力をいれている。日本のエネルギー現況に関するデータ収集、様々なエネルギー経路のリストアップ、米国における水素製造及び水素輸送に係る重要な研究の調査分析を始めている。I²CNERの重要な研究の一つである太陽光を利用した水分解による水素製造の初期コスト予測等を行う。</p> <p>今後の方向性</p> <p>短期的には人員の拡充及び日本の現在のエネルギー経路に係る費用、エネルギー利用、GHG排出等を試算するためのデータ収集及び分析を行い、I²CNERの研究成果を適用した将来実現可能性のあるエネルギー経路モデルの作成を目指す。</p>
--	--

<p>4. 運営</p>	
<p>【応募時】</p> <p>①事務部門の構成</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 所長、研究者等の要望に的確かつ迅速に対応するとともに、理想的な研究環境を提供するため、研究所専用の支援部門を設置する。支援部門は、1) 総務・人事グループ、2) 経理・契約グループ、3) 研究支援・国際連携グループ、4) 渉外グループからなる。 ○ これら事務職員には、九州大学内から十分な英語能力を有する職員を充てるとともに、外部から専門知識・経験、十分な英語能力等を有する人 	<p>【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>① 事務部門の構成</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 平成23年8月1日付けで、新しい支援部門長が就任した。支援部門は、以下の4グループで構成される：1) 総務・人事、2) 経理・契約、3) 研究支援・国際連携、4) 渉外。支援部門長と副支援部門長の下、事務職員19名（平成24年4月1日現在）による支援体制が確立している。 ○ 九州大学の職員は、総務・人事、経理・契約の専門知識と経験を有する

材を雇用する。支援部門内での公用語は英語とする。

- また、各種申請書等作成、成果発表支援、共同研究の企画・契約、特許申請等、研究所の国際活動の支援を行うため、相応の専門知識が必要とされる。このような効率的で適切な研究支援体制を整備するため、ポスドク等をリサーチアドミニストレーター（RA）として登用し、所内研究員が研究に専念できるよう支援する。また、これにより、日本ではまだあまり普及していないRAをポスドク等の魅力ある新たなキャリア・パスとして定着させる。
- 本研究所は、既に学内で整備されている外国人留学生・研究者サポートセンターと密接に連携し、外国人研究者に対して、研究活動だけでなく、大学内外におけるその他の活動についても支援する。これには、ビザ手続き、住居、空港等への出迎え、大学内の手続き、外国人登録、銀行手続き、就学、携帯電話等必要品の購入や諸経費支払い手続き等の支援が含まれる。

各グループの主要な業務は以下の通りである。

1) 総務・人事グループ

研究所全体の管理、各種会議の準備、各種規程の整備、雇用・給与・出張等の人事管理、安全管理、外国人研究者の支援を行う。

2) 経理・契約グループ

予算の立案、設備・装置・物品等の調達、物品費・給与・出張旅費等の支払い、経理管理等を行う。

3) 研究支援・国際連携グループ

各種申請書等作成支援、成果発表支援、共同研究の企画・契約、特許申請・管理（知財本部と連携）等を行う。

4) 渉外グループ

渉外、広報、ホームページ管理、訪問者対応、国際会議開催等を行う。

②拠点内の意志決定システム

- 所長がこれまでの米国学界での経験に基づいて、大学のシステム改革や管理を行うためには、相応の権限を付与する必要がある。研究者採用、トップクラス研究機関との共同研究、厳格な研究評価・研究計画評価、

職員を配置した。研究支援・国際連携グループには研究者との円滑なコミュニケーションを行えるよう博士号取得者を2名充てた。

- 支援部門職員は、十分な英語能力を有し、所長、外国人主任研究者、外国人研究者との日常的な連絡業務においても、スムーズな英語のコミュニケーションが可能である。
- 支援部門は九州大学外国人留学生・研究者サポートセンターと連絡を密に行い、ビザ申請、宿泊施設を含む招へいなど、外国人研究者に対して支援を行っている。加えて、健康診断、住宅手配、家族支援、出張手配及び健康保険を含む日本の社会保険システムの紹介などが、I²CNER支援部門が行う多岐にわたる生活支援の事例として挙げられる。

② 拠点内の意志決定システム

- 関係規定を整備することにより、所長が運営委員会（所長、所長代理、副所長、部門長で構成）の意見を聞きながら意思決定を行うトップダウン

<p>研究費、給与の分野等で、このような権限が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 研究所は総長直轄の組織とし、所長及び研究領域リーダー等から構成される運営委員会等の意見も参考にしながら、所長の研究計画、研究体制、予算執行等について、所長が意思決定できる体制を整える。 ○ 所長の下に、副所長2名（日本国内1名、米国内1名）を置く。また、本研究所は、当該分野における国内外の著名な有識者からなる外部アドバイザー委員会により、毎年評価され助言・提言を得る。 	<p>ン体制を構築している。討議内容は、次のとおりである：</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 研究方針 ○ 人事 ○ 研究に係る重要事項 ○ 諸規則等の制定改廃 <p>給与は、九州大学がI²CNERのために制定した「国立大学法人九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所職員の就業に関する特例を定める規則」に準拠している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 本研究所は、以下の内規を制定した。 <ul style="list-style-type: none"> ○ 構成員に関する規則 ○ 運営委員会（SSC） ○ 外部アドバイザー委員会（EAC） ○ プログラム評価プロセス ○ 教員選考プロセス ○ ファカルティ・エクセレンス・プログラム ○ リサーチアシスタント（RA）プログラム ○ 外国人主任研究者のためのポスドク研究者支援部門の役割と責務 ○ 会議・ワークショップの主催または後援について ○ 異分野融合研究スタートアップ経費 ○ 短期訪問学生受入れに関するガイドライン ○ WPI 短期招へい研究者受入れに関するガイドライン ○ 九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所事業 基金要項 ○ 競争的資金に係る間接経費の取扱方針 ○ 教員の昇任 ○ 所長は、村上敬宜所長代理と佐々木一成副所長及び石原達己副所長（平成24年2月1日付けで2人目の副所長として新しく任命した）によって補佐される。イリノイ・サテライト機関は、Kenneth Christensen准教授が副所長として従事している。外部アドバイザー委員会（EAC）は、関連分野における国内外の著名な研究者によって構成され、勧告を行う。
--	---

③拠点長とホスト機関側の権限の分担

- 所長の選・解任と主任研究者採用の承認は、ホスト機関長である九州大学総長が行うが、それ以外の研究所の人事、予算執行等、研究所の管理運営は、所長が判断できることとする。

③ 拠点長とホスト機関側の権限の分担

- 研究所規則等を整備することにより、九州大学総長の関与は所長の選・解任などに留め、研究所の管理運営に関する権限の大部分は所長に付与した。

5. 拠点を形成する研究者等

1) ホスト機関内に構築される中核

主任研究者

	発 足 時	平成22年度末時点計画	最 終 目 標 (〇 年 〇 月 頃)	平成23年度実績	平成24年4月末
ホスト機関内からの研究者数	16	16	16 (平成23年3月)	21	20
海外から招聘する研究者数	11	11	11 (平成23年3月)	11	24
国内他機関から招聘する研究者数	3	3	3 (平成23年3月)	1	1
主任研究者数 合計	30	30	30 (平成23年3月)	33	45

全体構成

- 「研究者」の欄の<>は、海外の研究者数と割合、[]は女性研究者数と割合を示す。

- 「事務スタッフ」の欄の () は、2カ国語対応職員数と割合を示す。

	発 足 時	平成22年度末時点計画	最 終 目 標 (〇 年 〇 月 頃)	平成23年度実績	平成24年4月末
研究者 (うち<外国人研究者数, %> [女性研究者数, %])	71 <21, 30%>	92 <36, 39 %>	130 <54, 42%> (平成26年3月)	84 <26, 31 %> [4, 5 %]	117 <41, 35%> [7, 6%]
主任研究者 (うち<外国人研究者数, %> [女性研究者数, %])	30 <11, 37%>	30 <11, 37%>	30 <11, 37%> (平成23年3月)	33 <11, 33%> [2, 6%]	45 <24, 53%> [3, 7%]
その他研究者 (うち<外国人研究者数, %> [女性研究者数, %])	41 <10, 24%>	62 <25, 40%>	100 <43, 43%> (平成26年3月)	51 <15, 29%> [2, 4%]	72 <17, 24%> [4, 6%]
研究支援員数	32	37	51 (平成25年3月)	39	58
事務スタッフ (うち(英語を使用可能なものの人数, %))	23	23	23 (平成23年3月)	18 (16, 89%)	21 (19, 90%)
合計	126	152	204	141	196

- 「平成24年4月末」の欄は、イリノイ・サテライト機関の31名を含む。(内訳：研究者15名、研究サポートスタッフ14名及び事務スタッフ2名)

<p>○サテライト機関</p> <p>【応募時】</p> <p>機関名① 米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校</p> <p><役割></p> <ul style="list-style-type: none"> ● イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校は、米国内の水素エネルギー・材料分野における世界トップクラスの機関である。米国イリノイ大学において、研究所関連の研究活動を展開するだけでなく、このサテライト機関は、米国内の他大学・研究機関における重要な研究計画や優秀な研究者を発掘し、連携するための基盤としての機能も果たせる。 <p><人員構成・体制></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 所長であるソフロニス教授がサテライト機関長も兼ね、イリノイ大学工学部長へ報告を行う。九州大学・イリノイ大学間で、現在行っている大学院生の交換留学提携に加えて、研究・研究者交流のための協定を締結する。 <p><協力の枠組み></p>	<p>【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>サテライト機関</p> <p>機関名① 米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校</p> <p>左記のとおり、サテライト機関の役割に変更はない。 (セクション1、「連携体制」を参照のこと)</p>
<p>【応募時】</p> <p>○連携先機関</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国際的に著名な機関からの優秀な研究者と共同研究を実施する。これには、研究者の研究能力を高めることと、研究を支援するサイトビジットも目的としている。主要な研究機関は以下の通りである。 ● 東京大学大気海洋研究所 ● 産業技術総合研究所 ● 米国カリフォルニア大学バークレー校 ● 米国マサチューセッツ工科大学 ● 米国サンディア国立研究所 ● カナダアルバータ大学 ● カーボンマネジメントカナダ ● 英国インペリアルカレッジ ● スイス連邦工科大学 ● 中国清華大学 ● 中国科学院大連化学物理研究所 	<p>【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>○連携先機関</p> <p>連携機関、研究者及び連携部門は下記のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 東京大学大気海洋研究所 植松光夫教授 (CO₂貯留部門) ● 産業技術総合研究所・HYDROGENIUS客員研究員: 松岡教授・杉村教授 (水素構造材料部門)、高田教授 (熱物性部門) ● 米国カリフォルニア大学バークレー校 Robert Ritchie教授 (水素構造材料部門) ● 米国マサチューセッツ工科大学 Harry Tuller教授 (燃料電池部門) ● 米国サンディア国立研究所 Brian Somerday博士 (水素構造材料部門) ● 英国インペリアルカレッジ John Kilner教授 (水素製造部門) ● スイス連邦工科大学チューリッヒ校Ludwig Gauckler (燃料電池部門) ● 中国清華大学 Xing Zhang教授 (熱物性部門) ● 中国科学院大連化学物理研究所 Ping Chen教授 (水素貯蔵材料部門) ● 独国ゲッティンゲン大学 Reiner Kirchheim教授 (水素構造材料部門)

	<ul style="list-style-type: none"> ● スイス連邦工科大学チューリッヒ校 Louis Schlapbach教授（水素貯蔵材料部門） ● 台湾国立中山大学 Chen-Tung Arther Chen教授（CO₂貯留部門） ● 崇城大学 草壁克己教授（CO₂分離・濃縮部門） ● 電力中央研究所 宮川公男博士・海江田秀志博士（CO₂貯留部門） ● 地球環境産業技術研究機構 喜田潤博士（CO₂貯留部門） ● 京都大学 松岡俊文教授（CO₂貯留部門） ● 英国National Oceanography Center Ian Wright教授（CO₂貯留部門） ● 英国ノッティンガム大学 G. Caramanna博士（CO₂貯留部門） ● 英国スコットランド海洋科学協会 Henrik Stahl博士（CO₂貯留部門） ● 東京大学 佐藤徹教授（CO₂貯留部門） ● ノルウェー王国大使館 Per Christer Lund博士（CO₂貯留部門） ● 海洋研究開発機構 才野敏郎上席研究員（CO₂貯留部門）
--	---

<p>6. 環境整備</p> <p>【応募時】</p> <p>①研究者が研究に専念できる環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 研究者が研究に専念できるよう、世界トップクラスの研究機関にあるような、全ての管理業務を実施する効率的で優れた支援部門を設置する。支援部門では、予算の立案、設備・物品の購入、調達手続き、出張手続き、各種申請書手続き、成果発表支援、共同研究支援、契約管理、特許申請、広報、訪問者対応等を行う。円滑に研究所のミッションを遂行できるように、強力な支援基盤を整備する。 ○ また、研究の補助、施設・設備の維持管理を行うテクニカルスタッフの強化も図る。 ○ さらに、研究者の大学での教育義務を軽減できるように、それを代理する者への謝金等の措置を講じる。 <p>②スタートアップのための研究資金提供</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 所内研究者や外部から招聘する研究者等が、研究資金確保に奔走するこ 	<p>【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>① 研究者が研究に専念できる環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 研究者が研究に専念できるよう、支援部門を設置した。現在、支援部門長及び副支援部門長の下、4グループ体制となっている。平成24年4月1日現在、総務・人事グループ6名、研究支援・国際連携グループ3名（うち2名は本業務に必要な博士号を持つ）、渉外グループ4名、経理・契約グループ4名が従事している。 ○ 九州大学の主任研究者は、それぞれテクニカルスタッフを1名雇用できることとし、平成23年度はテクニカルスタッフ7名を新規採用した。 <p>② スタートアップのための研究資金提供</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 所内における異分野融合研究促進のため、異分野融合スタートアップ経費を制度化した。平成23年度は、9件のプロジェクトを採択し、開始した。
--	---

となく研究に専念できるよう、また、当初から研究を開始・継続できるよう、必要な研究施設・設備を整備する。また、所長の判断によって、適切と思われる研究者にスタートアップ研究資金を提供できるような体制を整備する予定である。

③ポスドク国際公募体制

- 有能なポスドクを確保するため、九州大学のホームページ、海外事務所、イリノイのサテライト機関のホームページ、主要な国際学会誌、関連国内学会誌等に求人広告を掲載する。所長は、運営委員会と相談しつつ、採用プロセスを監督する。イリノイ大学での類似の採用方法を、本研究所の研究者雇用にも活用する。
- 九州大学では、「若手研究者の自立的な研究環境整備促進プログラム」の下で実施している「次世代研究スーパースター養成プログラム」において、既に募集活動を行っている。

(詳細はReference 14、「研究分野の融合」を参照。)

- 新たに採用した専任研究者の研究環境整備のためにスタートアップ経費を配分した。

③ ポスドク国際公募体制

- 平成 22 年 10 月から 12 月にかけて、第 1 回国際公募を実施した。求人広告は Nature や Science 等の国際的学術雑誌に掲載し、教員 61 名、ポスドク 75 名の応募があった。教員選考委員会 (FRC) は、書類審査し、面接対象者を選考した。その結果、教員 8 名 (准教授 1 名及び助教 7 名) とポスドク 1 名を平成 23 年 4 月 1 日以降、順次採用した。
- 平成 23 年 3 月から 6 月にかけて、第 2 回国際公募を実施した。教員に応募した 32 名のうち 4 名を面接及びプレゼンテーション審査し、准教授 1 名を採用した。ポスドクに応募した 50 名中 6 名が面接及びプレゼンテーション審査に進み、1 名を採用した。
- 平成 23 年 8 月から 11 月にかけて、第 3 回国際公募を実施した。教員に応募した 13 名のうち 6 名を面接及びプレゼンテーション審査し、教員 2 名 (准教授 1 名及び助教 1 名) を採用した。また、ポスドクに応募した 12 名中 2 名が面接及びプレゼンテーション審査に進み、1 名を採用した。
- 選考にあたっては、単に人数を満たすためだけでなく、国際的に目に見える研究プログラム立ち上げのため、有望な教員候補者のみを慎重に選んだ。
- 平成 24 年 3 月に第 4 回国際公募を開始した。
- 国際公募とは別に、非常に優秀な候補者が特定された場合、通常の採用過程ではなく所長の裁量によって雇用プロセスを進めるファカルティ・エクセレンス・プログラムを通じて、さらに有能な研究者を採用する。当該プログラムにより、平成 24 年 1 月 1 日付けで女性研究者 1 名を主任研究者として採用した。
- 平成 23 年度中に合計 15 名の研究者 (教員 12 名及びポスドク 3 名) を採用した。

④英語を使用言語とする事務スタッフ機能

- 有能なポスドクを確保するため、九州大学のホームページ、海外事務所、イリノイのサテライト機関のホームページ、主要な国際学会誌、関連国内学会誌等に求人広告を掲載する。所長は、運営委員会と相談しつつ、採用プロセスを監督する。イリノイ大学での類似の採用方法を、本研究所の研究者雇用にも活用する。
- 九州大学では、「若手研究者の自立的な研究環境整備促進プログラム」の下で実施している「次世代研究スーパースター養成プログラム」において、既に募集活動を行っている。

⑤研究成果評価システムと能力連動型俸給制度の導入

- 所長のビジョンで述べたように、外部アドバイザリー委員会は、研究所全体の評価を毎年、または所長が必要と判断した場合には随時開催する。委員会は、所長の指導力、マネジメント、各分野での研究活動の進捗状況、新たな研究計画などを含む研究所全体の評価を行い、報告・提案をまとめた報告書を所長に提供する。
- 外部アドバイザリー委員会の提案及び運営委員会の意見を参考にしながら、所長が研究資金の配分や給与を調整し、成功報酬により研究環境を活性化する。
- 九州大学では、各研究者による大学への貢献度等に応じて給与を設定する制度が既にあるが、必要に応じて見直す。

⑥世界トップレベルに見合う施設・設備環境の整備

- 九州大学は、「教育機関における最先端の研究の最前線に位置する開かれた大学の構築」という新たな戦略的目標に向けて、現在、福岡市西部の伊都キャンパスへの移転を進めている。
- 現在、伊都キャンパスには、水素エネルギー国際研究センター、産業技術総合研究所の水素材料先端科学研究センター（HYDROGENIUS）、稲盛フロンティア研究センター等があり、水素エネルギー関連の最先端の研究

④ 英語を使用言語とする事務スタッフ機能

- 支援部門職員は英語が堪能であり、大学の事務経験豊富な職員とともに、外国人研究者が研究に専念できる研究環境を整備し得る支援体制を確立した。
- 九州大学の国際部と連携し、様々な書式の英語版を導入している。外国人研究者が I²CNER で研究を行いながら九州大学における研究環境へ移行できるよう、追加的なトレーニングやワークショップへの参加の機会も提供している。

⑤ 研究成果評価システムと能力連動型俸給制度の導入

- 本研究所は、九州大学制定の給与支払区分とは別に、新規の給与体制を確立した（「カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所職員の就業に関する特例を定める規則」を整備）。教員及び研究者それぞれの給与は、業績及び本研究所への利益貢献度に基づき決定される。
- 九州大学教員で、本研究所を兼務している者には、業務評価に基づき、拠点手当が支給される。また、I²CNER 専任教員のうち、高評価を受けた者に対し、翌年度昇給を行う。

⑥ 世界トップレベルに見合う施設・設備環境の整備

- 引き続き世界トップレベルの研究所に相応しい環境の整備を進めるべく、新研究棟を建設中で、今秋竣工、平成 25 年 1 月に開所、移転は今冬に完了予定である。
- 異分野の研究者が共有する共通ラボを学内に 6 部屋確保した。
- 専任研究者の実験室を学内に 3 部屋確保し、新たに購入した設備及び研究者が前任地から移設した設備を設置した。

設備等が整備され、世界最大規模の水素研究拠点となっている。

- 世界トップレベルの研究所に相応しい研究環境を整えるため、総長のイニシアティブの下、この伊都キャンパスにWPI用の最先端設備を備えた研究施設を建設する予定である。施設の建設中も、国内外からの所内研究者のための居室及び研究室を提供するものとする。
- 異分野の研究者がオープンに打ち合わせ、議論等を行えるよう、オープンスペース及び実験室の共有を確保する。
- また、テレビ会議システム等を整備し、九州大学、サテライト機関、連携機関との間で意見交換や議論を促進する予定である。

⑦世界トップレベルの国際的な研究集会の開催

- 過去4年間にわたり、年に1回、九州大学及び福岡市内において、「水素先端世界フォーラム」を開催している。このフォーラムでは、各専門分野の世界的リーダーが研究を発表し、日本の科学界・産業界と交流している。
- この世界フォーラム開催の経験を活かし、研究所で行う研究活動全般について、世界的に著名な研究者や機関が積極的に参加するような国際会議や専門のワークショップを定期的で開催する。例えば、水素エネルギーと燃料電池、光触媒を用いた水分解による水素製造、物質変換、革新的CO₂回収、CO₂ 地中貯留・海洋貯留、経済的分析・評価等のテーマで開催する。
- 会議やワークショップでの情報交換、活発な討議、新たな研究・共同研究等を促進することにより、地球温暖化対策への社会の取組みに貢献するという研究所のミッションを支援する。

○ 以下の設備を購入した：

- ・ 酸素・窒素・水素分析装置 EMGA-930 一式
- ・ 高速ラマンイメージング分光分析システム 一式
- ・ 全自動X線回析システム 一式
- ・ フェムト秒レーザーシステム 一式
- ・ SEM/小型疲労試験機複合システム 一式
- ・ PLD薄膜作製装置 STD-PLD-11301 一式
- ・ 薄膜熱物性測定装置 NanoTR-A 一式
- ・ ピコ秒サーモリフレクタンス薄膜熱物性測定装置 一式

⑦ 世界トップレベルの国際的な研究集会の開催

a) 国際シンポジウム

- I²CNER Annual Symposium 2012
 - 開催日：平成24年1月31日
 - 参加者数：国内外170名
 - 概要：九州大学（伊都キャンパス）において、以下9部門における国内外から18名の研究者による研究成果等の発表が行われた：
 - エネルギーアナリシス
 - 水素製造
 - 水素構造材料
 - 燃料電池
 - 熱物性
 - 物質変換
 - 水素貯蔵材料
 - CO₂分離・濃縮
 - CO₂ 貯留
- I²CNER International Workshop 2012
 - 開催日：平成24年2月2日
 - 参加者数：国内外109名
 - 概要：九州大学（伊都キャンパス）において、以下の研究分野に焦点を当てた4つのワークショップを開催した。I²CNER Annual Symposium 2012との合同開催（平成24年1月31日於福岡市）：
 - CO₂貯留

- 水素貯蔵材料
- CO₂分離・濃縮
- 物質変換

- HYDROGENIUS & I²CNER Joint Research Symposium

- 開催日：平成24年2月2日
- 参加者数：国内外266名
- 概要：九州大学（伊都キャンパス）において、以下の研究分野に焦点を当てた5つのシンポジウムを開催した。水素先端世界フォーラム2012との合同開催（平成24年2月1日於福岡市）：
 - 水素材料強度特性
 - 水素高分子材料
 - 水素トライボロジー
 - 水素物性
 - 燃料電池及び水素製造

- I²CNER Satellite Kick-off Symposium

- 開催日：平成24年3月6日、7日
- 参加者数：国内外約100名
- 概要：“Powering the Future”と題して行われたシンポジウムでは最新のエネルギー動向に関する取り組み及びカーボンニュートラル・エネルギー社会を実現するための重要課題が述べられた。日本とイリノイ・サテライトの各講演者は、現在の研究内容と今後の目標について説明した。

b) 国際セミナー

本研究所のランドマークとするだけでなく、I²CNERの世界的知名度を上げ、九州大学 I²CNER（日本）と海外との間の結束を深める意図で、I²CNER セミナー・シリーズを平成22年3月に立ち上げ、定期的で開催している。平成23年度開催のセミナー一覧については「Reference 4」を参照のこと。

c) 国際会議（後援・共催）

I²CNERは、主任研究者に対し、本研究所の明確な達成目標に関連する国際会議を計画し、推進することを奨励している：

- 第3回 ERATOソフト界面セミナー（後援）
 - 開催日：平成23年7月14日

<p>⑧その他取組み</p> <p>○ 国内外から招聘する研究者の宿舎としては、大学所有の4施設に加え、大学指定宿舎として民間施設を手配する。招聘する研究者が研究に専念できるよう、家財道具を備えた快適な住環境を提供する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>第4回マイクロスケールの熱流動に関する国際会議（後援）</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 開催日：平成23年9月4日－9日 ● <u>第3回アジア先端材料シンポジウム（後援）</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 開催日：平成23年9月19日－22日 ● <u>第3回 Dalton Transactions 国際シンポジウム（共催）</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 開催日：平成23年11月16日 ● <u>根岸英一氏 ノーベル賞特別フォーラム（共催）</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 講演者：米国パデュュー大学・特別教授 根岸英一氏 ○ 開催日：平成24年2月16日 <p>⑧ その他取組み</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 現在、国内外からの招へい研究者向け宿舎として、大学所有の施設又は九州大学にアクセスのよい家具付きの民間施設を手配している。 ○ 海外からの短期滞在研究者向けに、I²CNERの位置する伊都キャンパスに「伊都ゲストハウス」が新築された。 ○ 外国人研究者の便宜を図るため、伊都キャンパスのバス停には、キャンパス・最寄駅間を運行するバスの時刻表及び行き先を日英2カ国語で表記し、カフェテリアに英語メニューを整備するなど、国際化の取り組みを行った。
--	--

<p>7. 世界におけるレベルを評価する際の指標・手法</p>	
<p>【応募時】</p> <p>1) 対象分野における世界的なレベルを評価するのに適当な評価指標・手法</p> <p>所長のビジョンで述べたように、研究所の地位と認知度の評価尺度として以下のものが挙げられる。1) 雑誌掲載学術論文の質とインパクト、2) 研究所の価値を示す共著学術論文の数、3) 基調講演・本会議講演、</p>	<p>【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>○現状評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 評価・手法については応募時より変更はない。 <p>左記評価・手法に従い、今年度（平成23年4月～平成24年3月）の評価は以下のとおりである：</p>

4) 所内研究者による国際学会でのシンポジウムの開催、5) 文部科学省、日本学術振興会、米国国立科学財団、米国エネルギー省、欧州委員会などの政府機関が参加する研究動向を決めるワークショップ、6) 国際学会の開催、国際学会への所内研究者の参加、7) 所内研究者の政府パネル・国立研究所研究への参加招へい、8) 特許・研究業績。また、研究所訪問者数、特に外国人訪問者数も研究所の世界的認知度を判断する指標となる。

2) 上記評価指標・手法に基づいた現状評価

所長は、外部アドバイザー委員会及び運営委員会の意見を聞きながら、研究所の卓越性を獲得・維持するための対策を調整する。それには、上述の評価尺度に関する対策を講ずることにより、主任研究者が自らの認知度ひいては研究所の認知度を向上させるよう促すことも含まれる。特に、所内研究者が受賞する国際的な賞及び論文被引用数を、研究所の地位と認知度の評価尺度として用いる。その際、研究所の質の指標は、若手教員・研究者の研究成果の被引用度としてみなされる（通常、若手研究者の研究が認められるのに時間がかかるのは良く知られているが）。各研究部門の資金は、世界トップレベル研究所としての目標や認知度を達成するための研究所活動に対する個々の研究部門の参加の程度に比例する。

3) 本事業により達成すべき目標（中間評価時、事後評価時）

第一目標として、中間評価（事業開始から5年後）までに、本研究所は、カーボンニュートラル・エネルギー社会の実現というミッション達成に向けた基礎科学に関して、国際的な中核機関（センター・オブ・エクセレンス）としての名声を確立する。この目標達成の指標は、基礎研究において十分認知されたブレイクスルーであるべき（例. 水素による材料疲労のメカニズムの発見や、不斉酸化による物質変換のための新規触媒の発見等）。このような基礎科学のブレイクスルーにより、第二期目標（6～10年）を技術開発の方向性にまで拡げることが可能になる。

10年にわたる包括的目標は、技術開発の基礎研究を完了することである。例として、具体的な目標は、新たな耐水素脆化合金の開発、新たな水素貯蔵材料の開発、技術的に実現可能な人工光合成による水素製造の実現、低コスト燃料電池のための新触媒の開発、CO₂ 地中・海洋貯留の実証プロ

1. WPI所属記載論文

平成23年度WPI所属記載論文は51本、インパクトファクター2以上のジャーナルに発表された共同論文（WPI所属記載）は27本であった。全論文リストは「Reference 5」を参照のこと。

2. 基調講演・本会議講演

平成23年度本研究所研究者が行った基調講演は20件であった。詳細は「Reference 6」を参照のこと。

3. 招待講演

平成23年度本研究所研究者が行った招待講演は79件であった。詳細は「Reference 7」を参照のこと。

4. I²CNER研究者による国際学会でのシンポジウム開催

平成23年度本研究所研究者が開催したシンポジウムは21件であった。詳細は「Reference 8」を参照のこと。

5. 文部科学省、日本学術振興会、米国国立科学財団、米国エネルギー省、欧州委員会などの政府機関の参加を促すトレンドセティング・ワークショップ

本研究所研究者が開催したワークショップは5件であった。詳細は「Reference 9」を参照のこと。

6. 国際学会の開催

本期間において21件の学会参加があった。詳細は「Reference 10」を参照のこと。

7. 国際学会へ参加（Gordon Research Conferencesなど）

国際学会への参加は88件あった。詳細は「Reference 11」を参照のこと。

8. I²CNER研究者の政府パネル及び国立研究所への参加招へい

平成23年度は、14件の参加実績があった。詳細は「Reference 12」を参照のこと。

9. 特許・研究業績

本期間において、22件の特許取得がなされた。詳細は「Reference 13」

<p>ジェクト等である。</p>	<p>を参照のこと。</p> <p>10. I²CNER 訪問者及び研究者交流実績 昨年度はI²CNERもますます国際化し、それにつれ訪問者数も増加した。と同時に、多くのI²CNER研究者が、イリノイ・サテライト機関をはじめとする海外の研究機関に招へいされ、訪問している。特に、外国人主任研究者のI²CNER訪問は32回におよび、うち15回はイリノイ・サテライト主任研究者によるものであった。</p>
------------------	--

<p>8. 競争的研究資金等の確保</p>	
<p>【応募時】</p> <p>1) 過去の実績</p> <p>過去5年間の日本人主任研究者による獲得研究資金は、以下の通りである。</p> <p>2005年度： 3.7 億円 2006年度： 21.7 億円 2007年度： 24.6 億円 2008年度： 29.2 億円 2009年度： 28.5 億円</p> <p>2) 研究所設立後の見通し</p> <p>過去5年間の主要な日本人主任研究者による獲得研究資金は、年平均21.5億円以上である。今後研究所を強化し、さらなる資金確保が目標である。</p>	<p>【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>○ 左記獲得研究資金は、水素材料先端科学研究センター（HYDROGENIUS）が獲得した資金を含む。水素事業資金を除いた、平成18年度から平成21年度の学内主任研究者による平均年間獲得研究資金は、9.5億円であった。平成23年度の学内主任研究者による年間獲得研究資金は、16.36億円（換算レート：日本円/米国ドル=100）であり、平均年間獲得研究資金比30%増であった。</p>

9. その他の世界トップレベル拠点の構築に関する重要事項

【応募時】

- 本プログラム終了後も本研究所の研究活動を継続する。今後10年にわたる科学的ブレイクスルーによって、本研究所で開発される技術に関連して、新たな研究経路が開かれることが期待されることから、本研究所での研究は推進され続けるだろう。
- 九州大学の平成22年年度からの中期目標及び中期計画に記載されているように、本研究所の構想は、九州大学の研究・教育ミッションの国際化の例として推進される。世界トップクラスの研究者が共同研究する研究環境が維持され、国家的・社会的ニーズに対応する研究においても、同様の異分野融合での研究活動を九州大学全体に波及させていく。

本研究所は、外国人研究者を所長として採用する初めての例である。研究所の管理システムは所長のこれまでの経験によるところが大きいのが大きい、九州大学内の他の部局・組織にとって、大いに参考になると期待される。研究者採用のあり方、トップクラスの研究機関との国際的な共同研究の構築・推進、厳格な研究評価、研究資金の配分、能力・認知度・研究実績等に応じた給付金等について、本研究所の運営形態が九州大学全体のモデルとなることを期待する。

【平成 23 年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

- I²CNERは、九州大学内に設立されているその他の研究所と同様に、恒久的機関として位置づけられている。
- 所長は、研究者の採用及びI²CNER研究者から提出されたプロポーザル(ホワイトペーパー)の内容に応じた経費配分に関する決定を行う権限を持つ。
- 九州大学は、毎年度、各部局から提出された組織改革案を、総長が評価分析し、優れた構想には教員採用枠を配分する制度を導入した。若手教員の採用と確保には、テニユア教員ポストは非常に重要である。I²CNERは、所内のテニユア教員ポスト導入について、九州大学総長と話し合いを続けている。これまでのところ、I²CNERにはテニユア教員ポスト1名が配分され、ファカルティ・エクセレンス・プログラムで採用された准教授に充てられている。
- I²CNERは、九州大学及びリノイ大学図書館の交流が深められるよう取り組んだ。平成24年1月30日、イリノイ大学のGrainger工学図書館情報センターのM. Schlembach氏及びW. Mischo氏は、九州大学図書館を来訪した。また、3月7日有川総長、藤木理事・副学長、黒木WPIプログラムディレクターがGrainger図書館を訪問した。共同連携目標は次のとおりである：I²CNER研究者のための特別ツール及びサービスの開発；研究論文及び関連研究データの特注データベースの導入；万一のためのI²CNER研究者への文献送付；共同データ収集及びデータ管理支援体制；両機関書庫(レポジトリ)内の記録保管の調整及び支援。

10. ホスト機関からのコミットメント

【応募時】

○中長期的な計画への位置づけ

九州大学の平成22年年度からの中期目標及び中期計画には、具体的に以下のように記載されている。

- 研究に関する中期目標：「世界的研究・教育拠点としての学術研究活動を展開し、その成果を社会に還元する。卓越した研究者が集い成長していく魅力ある学術環境を整備し、新しい学問分野や融合研究の発展及び創成を促進する。」
- この目標に対する中期計画：「国家的・社会的政策課題対応型研究開発を推進し、総合大学としての特徴を活かした独創的・先端的な研究成果を上げる」、「人文・社会科学から自然科学、芸術工学までの幅広い分野において世界を先導する学際的・学融合的な研究を推進し、成果を上げる」、「研究組織として（中略）時代の要請に柔軟かつ迅速に対応できる研究体制を構築する。」

従って、“カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所”は、まさにこの新たな中期目標、中期計画に沿った構想であり、総長直轄の組織として、明確な達成目標の下に、全学を挙げて支援する。

○具体的措置

①拠点の研究者が獲得する競争的資金等研究費、ホスト機関からの現物供与等

- 研究費に関して、研究戦略企画室等による情報収集、申請に向けた戦略の検討・助言、研究所専用の事務部門による申請書作成支援等を行うことにより、研究者が大規模な競争的資金を獲得できるよう積極的に支援を行う。また、大学内の予算を活用した研究支援等も積極的に行う。
- 世界トップレベルの研究所に相応しい研究環境を整えるため、現在移転途中の九州大学伊都キャンパス内に、総長のイニシアティブの下に新たにWPI用の施設を建設するとともに、最先端の設備・機器等を整備する予定である。この新施設が完成するまでの間も、外部機関から招へい、又は新たに採用された研究者のための居室・研究室等を提供できるよう措置する。

【平成23年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

○ 中長期的な計画への位置づけ

- 修正変更なし

○ 具体的措置

- ① 拠点の研究者が獲得する競争的資金等研究費、ホスト機関からの現物供与等
 - 本研究所の支援部門長は、研究戦略企画室の教授でもあり、研究費に関する情報収集及び助成金申請について戦略的な助言を行っている。加えて、博士学位を持つ支援部門職員2名が、研究支援・国際連携業務を担当し、大規模な競争的資金向けの申請を含む支援サポートを行っている。
 - 本研究所の恒久的施設となる新研究棟は伊都キャンパスに平成24年12月頃完成し、平成24年度冬には移転完了予定である。
 - 新研究棟完成までは、伊都キャンパスの既存建物内に、暫定的に所長室、支援部門事務室、研究室8室、実験室9室及び会議室1室を確保している。

- また、関係する自治体、民間企業等からも寄付等の支援が得られるよう、積極的に働きかけを行う。

②人事・予算執行面での拠点長による判断体制の確立

- 研究所は総長直轄の組織とし、研究所長の選・解任や主任研究者採用の承認等を除いて、研究計画、研究体制、予算執行等、研究所の管理運営に関する事項について、研究所長が意思決定できる体制を整える

③機関内研究者集結のための、他部局での教育研究活動に配慮した機関内における調整と拠点長への支援

- 研究所に参加する学内の研究者について、その所属部局における教育研究活動に支障が生じないよう、当該部局に対して代替教員の確保等必要な支援を行うなど、関係部局との調整を積極的に支援する。
- 今回のような研究所を例として、政策的・社会的に対応すべき研究課題等に対して、部局の枠を超え、また国内外からトップクラスの関係研究者が結集・融合・連携できる柔軟な研究体制が構築できるよう、その基盤を整備する。

④従来とは異なる手法による運営（英語環境、能力に応じた俸給システム、トップダウン的な意志決定システム等）の導入に向けた機関内の制度整備

- 現在、総長のイニシアティブの下で、世界的研究・教育拠点形成を目指した国際化戦略を進めている。その一環として、英語による学部・大学院課程の拡充、外国人留学生や教員数の増加、学内文書やホームページの英文化、教職員・学生の英語力向上や国際感覚醸成、各キャンパスごとに「外国人留学生・研究者サポートセンター」の分室の運営などを実施してきているが、国際部と連携を図りながら、これら国際的環境の整備を一層加速させる。

② 人事・予算執行面での拠点長による判断体制の確立

- 本研究所は、九州大学規則の下、常設の国際研究所として位置づけられている。研究計画、研究体制、予算執行、その他研究所の運営管理に関する事項について、運営委員会等との協議の下、所長が意志決定できるよう、内規を整備した。
- 新規教員採用は、国際公募により実施され、書類審査・面接に基づいた教員選考委員会の推薦を踏まえ、所長が最終決定を行っている。
- I²CNER 専任教員のうち、高評価を受けた者に対しては、翌年度昇給を行う。

③ 機関内研究者集結のための、他部局での教育研究活動に配慮した機関内における調整と拠点長への支援

- 本研究所における学内研究者の活動への取り組みを促進するため、例えば当該研究者の所属部局長に対する協力や取り決めの依頼など、所属部局と連携のもと積極的な支援を行っている。

④ 従来とは異なる手法による運営（英語環境、能力に応じた俸給システム、トップダウン的な意志決定システム等）の導入に向けた機関内の制度整備

- 九州大学総長のイニシアティブの下で、学内における研究及び教育現場の国際化が進められている。その一環として、学内文書や大学ホームページの英語版作成への取り組みが行われた。各キャンパスに「外国人留学生・研究者サポートセンター」が設置された。
- 本研究所は、九州大学制定の給与支払区分とは別に、新規の給与体制を確立した（「カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所職員の

- 研究所を総長直轄の組織として、研究計画、研究体制、予算執行、厳格な評価に基づく等、研究所の管理運営に関する事項について、研究所長が意思決定できる体制を確実に整備できるよう措置する。
- 給与に関しては、主に外部からの研究者に対して、能力に応じた給与システムが整備されているが、必要に応じて見直しを行う。
- その他、本研究所の運営に関して支障が生じないよう、研究所長の要請に応じて、学内の制度の柔軟な運用、改正、整備に積極的に協力する。

⑤ インフラ（施設（研究スペース等）、設備、土地等）利用における便宜供与

- 世界トップレベルの研究所に相応しい研究環境を整えるため、現在移転中の九州大学伊都キャンパス内に、総長のイニシアティブの下に新たにWPI用の施設を建設するとともに、最先端の設備・機器等を整備する予定である。この新施設が完成するまでの間も、外部機関から招へい、又は新たに採用された研究者のための居室・研究室等を提供できるよう措置する。
- また、学内には、中央分析センター、超高压電子顕微鏡室などの学内共同教育研究施設に様々な先端設備・機器等が整備されており、その効率的な利用が可能となるように便宜を図る。

⑥ その他

- 本研究所の拠点構想責任者である村上前理事・副学長（所長代理に就任予定）には、ホスト機関として確実に責任を果たし、拠点構想が着実に実現できるよう、研究所設置後も引き続き、総長の下で拠点構想責任者としての役割を継続し、学内関係部局との調整等きめ細かな対応が図れるようにする。
- 九州大学で進めている世界的研究・教育拠点の代表例として本拠点構想を積極的に推進することにより、世界に通用する若手研究者の育成も含めて、この様に部局を超えて関連分野の研究者が結集・融合する組織の運営形態を、大学全体に波及させていくこととする。

就業に関する特例を定める規則」を整備)。また、既存職員に対しては「拠点手当」を支給している。教員及び研究者それぞれの給与は、業績及び本研究所への利益貢献度、及び外部アドバイザー委員会の意見に基づき決定される。

- I²CNER専任教員のうち、高評価を受けた者に対し、翌年度昇給を行う。

⑤ インフラ（施設：研究スペース等、設備、土地、等）利用における便宜供与

- 現在、最新機器と設備を備えたWPIプロジェクト用新研究棟を建設中であり、平成24年12月頃に完成予定である。
- 新施設完成まで、所長室、支援部門事務室、研究室8室、実験室9室及び会議室1室を暫定的に措置している。

⑥ その他

- 本研究所の拠点構想責任者である村上前理事・副学長を研究所の所長代理とすることにより、拠点構想責任者としての役割を継続し、学内関係部局との調整等、ホスト機関としての責任を果たすと同時に、所長が不在の間も、所長と緊密な連絡を保ち、所長の目指す拠点構想の着実な実現に向けて対応している。

11. プログラム委員会からの指摘事項への対応

○改善を要する点（平成22年度フォローアップ結果の「3. (Actions Required and Recommendations)」を転記)

3. 求められる対応及び勧告

① ソフロニス拠点長は、九州大学への実質的滞在時間を少なくとも50%以上確保しなければならない。これはできるだけ早く達成するようにしなければならない。

② 研究者の数はまだ要求される水準に達していない。設立間もないこの段階では、研究者のさらなる採用は迅速に進められるべきであり、同時に非常によい候補を集めてくることが極めて重要である。

① ソフロニス所長は、向こう3年間で九州大学における「フィジカルプレゼンス（実質的滞在時間）」を50%、エフォート率を75%に引き上げる意向である。本年度のエフォート率に関しては、確実に75%に届く。一方で、所長は、九州大学・イリノイ大学の部門リーダー間の週次テレビ会議に加え、研究・計画に係る課題に効率的に対処するため、引き続き最新通信機器を活用していく。

平成23年度に、所長が九州大学での業務、I²CNER活動促進、新しい才能の発見、アメリカとの連携及び国際的なパートナーシップ構築に従事するため、イリノイ大学を不在にした日数は合計92日となり、所長の勤務時間全体の41.25%に相当する。また、この92日のうち54日は九州大学において費やされ、これはフィジカルプレゼンス24.21%に相当する。

平成24年度におけるこれまでの実績は、4、5、6月の3ヶ月間で、I²CNER業務で計34日出張し、うち31日は九州大学で業務を行った。この31日は九州大学におけるフィジカルプレゼンス55.6%に相当し、所長は今後もこのような毎月の滞在を継続して行っていく予定である。

② 平成23年3月25日、九州大学とイリノイ大学との間で協定書を締結した。調印後、速やかにサテライト機関の設置準備に取り掛かり、イリノイ大学全学においてプロポーザルを募集し（1. 拠点構想の概要「連携体制」を参照のこと）、サテライト機関を平成23年8月までに整備した。これにより、平成24年4月1日現在、I²CNER研究者の合計数は118名（九州大学102名、イリノイ大学16名）、支援スタッフを含めると総勢193名（九州大学161名、イリノイ大学32名）となった。また、主任研究者は45名おり、うち10名は世界的に著名な研究者であり、13名はイリノイ大学の優れた教授陣である。本研究所は、年2回、研究者の公募を行い、研究所が目指す目標と研究対象に合致する一流の研究者を発掘している。面接審査は教員選考委員会（FRC）が行い、候補者の面接とプレゼンテーションを実施する。これとは別に、優秀な候補者が主任研究者によって特定され、運営委員会（SSC）が当該候補者を、本研

③ 主任研究者のエフォートは、少なくとも50%以上の、WPI拠点として理にかなった水準まで引き上げられるべきである。イリノイ大学からのより積極的な参画が必要である。少なくとも外国人主任研究者の10-20%は拠点に常駐しなければならない。

④ I²CNERは、カーボンニュートラル社会に向けた独自のビジョンとロードマップを短期、中期、長期のそれぞれのタイムスケールについて確立させなければならない。

⑤ 研究者、事務職員の双方について、WPIのミッションが正確には理解されていないようである。

研究所にとって非常に前途有望な人材であると判断した場合は、教員選考審査が開始される。具体例として、最近のエネルギーアナリシス部門設置の際、通常の公募プロセスでは候補者の発掘は困難と想定され、この審査方法を採用し、優秀な人材を確保した。

③ 平成23年度サイトビジット用にまとめた報告書の中で、主任研究者のエフォート率が低く報告されていたが、これはI²CNER内での「participation effort」に対する評価と誤解されたことによるものである。本報告書では、主任研究者が再計算したエフォートの数字が反映され、I²CNER関連のプロジェクトに従事したエフォートも含まれている。I²CNERは、主任研究者の研究費を支援しないため、各主任研究者は外部資金を申請し、I²CNER関連の研究プロジェクトを立ち上げている。更に、大学院生指導をI²CNER関連活動としてエフォートに含めるようにした。よって、主任研究者が再計算した後は、九州大学主任研究者の半数のエフォート率が80%を超えた（内訳：90%以上 6名、80-90% 6名、70-80% 5名、60-70% 3名）。

本研究所は、研究拠点に常駐する外国人主任研究者の数値目標10-20%に達していないが、全般的な外国人主任研究者のエフォート率は上がっている（例：MITのHarry Tuller教授は、九州大学に1か月滞在し共同研究を行った）。I²CNERは常駐する外国人主任研究者の割合が0%のままであるが、I²CNERに参画している外国人主任研究者は、I²CNERの研究環境に深く根をはって研究活動を行っている。実際、I²CNERの研究目標は、外国人主任研究者のこのような不可欠な交流と関与を通して、理想的に推進されている。加えて、I²CNERは、年2回の公募により常駐可能な主任研究者を採用する努力を引き続き行っている。

④ ロードマップの問題に取り組むため、エネルギーアナリシス部門を新たに設置した。詳細は、1. 拠点構想の概要「研究体制」を参照のこと。

⑤ WPIプログラムとそのミッションについて、I²CNERの研究者及び支援部門担当者が十分に理解するよう、主任研究者会議と新規採用者のオリエンテーションを実施した。具体的には、所長は主任研究者と面談し、WPIプログラムの4本柱、すなわち「最先端研究・異分野研究アプローチ（融合）・国際共同研究・研究システム改革」を明確に説明した。

	<p>例えば、所長がI²CNERの専任教員等に宛てた年次評価レターの中で強調して伝えたことは、部門の研究領域を超えて、あるいは、イリノイ大学のような国際的な連携機関と異分野融合研究に取り組み論文を発表することは、次のレベルへの昇任に重要であるということである。</p> <p>さらに、「研究者、事務職員の双方について、WPIのミッションが正確には理解されていないようである。」とのコメントが、I²CNERには未だに常駐外国人PI数が全体の10-20%に満たないという事実を示唆するものであるとすれば、本研究所の説明は次のとおりである： I²CNERは常駐する外国人主任研究者の割合は依然として0%ではあるが、I²CNERに参画している外国人主任研究者は、I²CNERの研究環境に深く根をはって研究活動を行っている。実際のところ、I²CNERの研究目標は、九州大学側の研究者との異分野融合研究に積極的に取り組んでいる外国人主任研究者の継続的かつ不可欠な交流と関与を通して、理想的に推進されている。加えて、I²CNERは、年2回の公募により常駐可能な主任研究者を採用する努力を引き続き行っている。世界中からシニア研究者の応募があるが、審査は徹底して行っている。本研究所のアプローチは、イリノイ大学、MIT、スタンフォード大学やカルフォルニア工科大学のような世界的に知名度のあるアメリカの工学系大学で雇用されないような教員は採用しないというものである。</p>
--	--

<p>12. 作業部会からの指摘事項への対応</p>	
<p>○改善を要する点（平成22年度拠点構想進捗状況確認報告で指摘された改善点を抜粋）</p> <p>1. 科学（研究）の質</p> <p>1) WPIは各拠点に対して中核となる10-20人の世界トップクラスの主任研究者を拠点に集結していることを要求しており、I²CNERはまだこの居件を満たしていない。他の懸案されることは、トップレベルの研究者数名が退職年齢に近いことである。新しい視点で研究のレベルを維持向上させるための交代要員となり得る一流の研究者の採用が強く望まれる。</p> <p>2) サイトビジットの際、イリノイ側から主任研究者の参加がなかった。外国人主任研究者は9名いるが、彼らのエフォート率は3~35%と低い。彼等は、I²CNERの活動により積極的に参加すべきである。予算について</p>	<p>○対応とその結果</p> <p>1. 科学（研究）の質</p> <p>1) 11.-2)と11.-3)の回答を参照のこと。 加えて、平成24年4月1日現在、九州大学とイリノイ大学の研究者32名が主任研究者である。これにより主任研究者の合計は45名になり、イリノイ・サテライト機関からは13名の教員が主任研究者として参画している。退職を控えた教員への対応は、すでに運営委員会（SSC）で協議済みである。年2回、研究者の公募を実施し、積極的に有能な若手研究者の登用を行う。</p> <p>2) 11.-2)と11.-3)の回答を参照のこと。 加えて、平成24年4月1日現在、イリノイ大学の教員13名が、サテライト</p>

は、拠点とサテライト機関の双方において会計や資金配分といった構造やルールを明確に定義する必要がある。イリノイ大学は配分された資金を基に米国から追加の予算を確保しなければならない。これは九州大学とのパートナーシップを成功に導くために極めた重要である。

3) 産業界や他のNEDO・RITE等、関連プロジェクトから情報を得ることは、ビジョンを更新するために有益である。また、水素関連の組織（例：米国エネルギー省）、また、水素製造・利用の分野で際立った業績をあげているエキスパートの助言を得ることも推奨される。

2. 異分野融合研究

1) 異分野融合研究に触れるのは時期尚早であるが、サイトビジット時に融合の成果はあまり認められなかった。

機関に参画している。サテライト設立後、イリノイ大学の研究者は、当然I²CNERの活動に参画している。例えば、平成24年1月31日に九州大学で開催した「Annual Symposium」には、サテライトの教員及び多数の外国人主任研究者が一堂に会した。

資金に関して、本研究所は九州大学とイリノイ大学の間で締結した協定書に基づいて運用している。WPI 交付金の配分と運用についての理解を共有するために、九州大学・イリノイ大学の財務担当者による相互訪問を実施し、両大学における会計処理の適正執行を図った。

イリノイ大学の教員は、以下のプログラムについてNSF（米国科学財団）にプロポーザルを提出し、助成金を獲得するため、すでにI²CNERの資金を活用している：

- a. PIREプログラム（国際共同研究教育パートナーシッププログラム）：九大との共同申請
- b. IGERTプログラム（統合的大学院教育研究研修生制度）
- c. 多国間国際研究協力事業（材料効率に関する多国間研究助成金）

今後も、イリノイ側の取り組みは継続して行われる。

3) 所長、所長代理の両名は、学会、国立研究所、産業界及び関係官庁間における研究とエネルギー政策に関する交流ネットワーク及び意見交換を推進するため、アメリカ、ヨーロッパ及び日本において折衝を行っている。所長は、I²CNERの研究プログラムを、常に最先端テクノロジーと経済発展に関する最新の情報に基づいたものとするため、米国エネルギー省のエネルギー効率・再生可能エネルギー局関係者と頻りに協議を行っている。例として、I²CNER研究者はすでにExxon Mobil Research and Engineering Companyと連携しており、今後はMohawk Innovative Technologyと次世代水素圧縮機のコネクトに向けた材料選定の調整、トヨタ自動車とは燃料電池に関し、協力して研究を行う予定である。

2. 異分野融合研究

1) 平成23年6月には、時期尚早ということもあり、研究所における異分野融合研究を紹介できるまで至らなかった。異分野融合研究に着手する以前に、所長及び所長代理は、I²CNER研究者の研究能力の調査を行った。

2) I²CNER は融合研究の創出に向けた適切な取組を始めるべきである。I²CNERの指導者やシニアの主任研究者は、研究チーム間のギャップをカバーする新しい学際研究プロジェクトを作るよう提案すべきである。そのためには、問題提起型の研究が有望な方策であろう。ボトムアップ的なアプローチとして、融合研究の発展のためには、率直な議論が最も重要である。主任研究者・ポスドク・大学院生の主導で、異分野融合研究がはかどるよう、異分野融合研究の環境と機会づくりのために最大限の努力をはらう必要がある。定期的に関催されるセミナーは典型的な良い例であり、共通研究分野に方向性を定めたセミナー (Institute Interest Seminar Series) は特に効果的である。所長は、セミナー参加や異分野融合研究への貢献について、研究者の評価点 (欠点ではなく) として保証しなければならない。

3. 世界的に目に見える研究拠点の確立

1) 社会的に認知されるように、報道関係やマスメディアへの更なる働きかけが必要である。新しい研究成果は、遅滞なくプレスリリースすべきである。広報チームの形成も効果的と思われる。

2) 部門の研究領域を超えた異分野融合研究を促進する目的で、運営委員会 (SSC) は、スタートアップ資金向けの研究プロポーザルを募集するため、「異分野融合研究スタートアップ経費」と題した新しいプログラムを導入した。少なくとも2つの異なる部門に属する教員による共同プロポーザルのみが評価の対象となる。これまでに、厳格な選考により9つのプロポーザルを採択した。進行中の異分野融合研究プロジェクトの全リストについては「Reference 14」を参照のこと。

更に、「Fusion(融合)」が所内のあらゆるレベルにおいて浸透するよう、部門別セミナー (週次又は隔週) を導入し、また、さらに異分野融合活動を促進するため、リトリートや公開企画会議も計画している。

「Institute Interest Seminar Series (IISS)」は、異分野の主任研究者及び若手研究者が交流できる場であり、融合研究の前進に極めて効果的である (例: 「Theoretical and Experimental Design of Cross-linked Polymer Electrolyte Membranes for Use in Fuel Cells」を参照のこと)。加えて、本研究所をとりまく環境は時間の経過とともに進化しており、この「Fusion(融合)」モードは基準になりつつある。新規採用教員の中には、すでに異分野融合・共同研究に着手した者もいる (例: 山内准教授及び貞清助教)。

3. 世界的に目に見える研究拠点の確立

1) 本研究所の渉外 (PR) グループは4名のメンバーを有し、一般、特に高校生を対象とした年3回発行の「Hello! I²CNER」の発行などのアウトリーチ活動に取り組んでいる。渉外グループは、定期的にI²CNERの研究活動を宣伝するための公開イベントの企画・運営も担当し、その成功例としては、平成23年11月に開催した、高校生対象のWPI 6拠点合同シンポジウムが挙げられる。

渉外グループはまた、九州・イリノイ両大学のI²CNER メンバー間における研究活動、研究者情報 (シニア・若手両方)、イベントカレンダー等の共有・宣伝を目的とした、研究所内向けのニュースレター「Fuse News」の編集・発行を、イリノイ・サテライト事務局と協力して行っている。

平成23年度、I²CNERが主催 (または共催/後援)、参加したイベントの全リストについては「Reference 15」を参照のこと。

2) I²CNERは継続して、質の高い研究成果を良質の論文にまとめ、主要なジャーナルに発表する努力が必要である。何よりも重要なことは、積極的に研究活動を行っている世界トップレベルの研究者を、主任研究者また短期訪問研究者として迎え入れ、I²CNERがカーボンニュートラル社会研究の中心になることである。若手のトップ科学者を採用することも必須である。残念ながらこの点において、サイトビジットの際に、国内外での競争力を立証するものが見られなかった。

研究成果の即時プレスリリースに関して、研究者の研究成果が遅滞なく公表されるよう、研究者向けのマニュアル作成を、九州大学広報室と連携して行っている。例えば、平成23年9月9日、小江教授による「分子触媒を用いた燃料電池の開発」についてのプレスリリースが行われ、同研究成果は、同年11月18日発行のドイツ化学会誌「Angewandte Chemie 国際版」に掲載された。

支援部門、特に渉外グループは、平成24年度のアウトリーチイベントの組織運営を積極的に行っている。イベントの全リストについては、「Reference 16」を参照のこと。

渉外グループは、九州大学への様々な来学者向けに、I²CNERの施設/研究室視察ツアーを実施している。平成23年度における渉外グループによる幅広い広報活動は、以下の数値に示される：

- I²CNER来訪者：111名
- I²CNERセミナーシリーズ講演者：9名
- （海外、政府関係、諸大学からの）来学者：84名
- 2012 Annual Symposium 期間中の施設視察ツアー参加者：18名

I²CNER研究者は、国内外で開催される学会、会議、シンポジウム及びワークショップに参加・出席することにより、研究所の活動を世界的に提示している。例えば、世界的にその重要性と知名度が認知されている「Gordon Research Conference Series」において、平成23年7月ポストンで開催された「2011 Hydrogen Metal Systems Gordon Conference」では、I²CNERは4名の招待講演者によって紹介された。これは、本研究所の非常に高い国際的評価と国際社会における地位の高さを示すものである。

2) I²CNERは、年2回の積極的な国際公募プログラムを採用している。影響力の大きいジャーナル（例：Science, Nature）への掲載広告によるこの国際公募は、これまでのところ准教授3名、助教8名及びポストドク3名の採用に結びついた。これらの研究者は、ライプチヒ大学、英国インペリアル・カレッジ、九州大学、マサチューセッツ工科大学（MIT）、東京工業大学、産業技術総合研究所（AIST）、マックス・プランク研究所、京都大学、東京大学、理化学研究所、電力中央研究所、地球環境産業技術研究機構など、世界の一流大学・研究所の出身者である。

3) 会議を主催することに加え、I²CNERの目標と密接に関連した分野の年次国際学会（例：米国エネルギー省により毎年開催されているICEPAG他）への参加を検討したほうがよい。

加えて、これらの教員及びポスドクは、以下のような世界中の大学・研究所に在籍している研究者を含む有望な応募者から選ばれた：スタンフォード大学、ブルックヘブン国立研究所、ローレンス・バークレイ国立研究所、コロラド・スクール・オブ・マイنز、日立造船株式会社、韓国科学技術院（KAIST）、シンガポール国立大学、中国科学院上海冶金研究所、エコール・デ・ミン・ド・ナント、中国科学院、韓国生産技術研究院、物質・材料研究機構（NIMS）、スウェーデン王立工科大学ストックホルム校、インド工科大学（IIT）デリー校、ミラノ工科大学、東京工業大学、フランス原子力・代替エネルギー庁。なかでも、日本において著名な若手研究者である北海道大学の山内准教授を、ファカルティ・エクセレンス・プログラムを通して採用した。I²CNERが導入した本プログラムは、一流研究者の採用を促進するためのものである。

本研究所の若手研究者の質の高さを示す指標として、優れた外部資金獲得能力があげられる。平成23年度に採用した12名の若手研究者のうち、5名が科学研究費補助金の採択を受けた。採択された若手研究者は次の通りである：松田潤子助教（基盤研究（C）/420万円）、西原正通助教（若手研究（B）/340万円）、下島公紀准教授（挑戦的萌芽研究 /310万円）、山内美穂准教授（挑戦的萌芽研究/320万円）、Huaiyu Shao助教（研究活動スタート支援/120万円/継続）。

本研究所の主任研究者には、現在のところイリノイ・サテライト機関の13名に加えて、非常に活躍している世界トップクラスの外国人研究者10名（詳細は、1. 拠点構想の概要「研究体制」を参照のこと）が含まれる。

3) I²CNERは福岡水素エネルギー戦略会議（FSCH）の一員であり、研究者は、米国エネルギー省（DOE）水素プログラムの年次成果評価会議（AMR）に参加している。FSCHは日本三大自動車メーカーであるトヨタ、ホンダ、日産を含む480企業が参加する、日本の重要な組織である。一方、AMRIは、製造から利用まで、全水素プログラムの概要を示す、米国内の重要な会議となる。I²CNERの研究者は、経済産業省の補助金により設立された水素材料先端科学研究センター（HYDROGENIUS）にも参画している。HYDROGENIUSのミッションは、水素経済に向けた水素利用に関連する技術的問題の解決策を提供することである。I²CNERは、平成24年9月に、水素/材料の適合性に関する基礎研究の分野における主要な世界的イベントである「2012 International Conference on Hydrogen in Materials」

4. 運営上の制約の打破

1) 所長代理及び副所長は、協力的に連携をはかり所長の不在をカバーしていると思われる。しかしながら、I²CNERの管理体制が幾分複雑で、分かりやすい決定や実行には支障がある。運営体制、外部アドバイザー委員会及び運営委員会における米国側の役割や定義の明確化が必要である。イリノイとの連携体制の詳細を定義し、正式な形に整える必要がある。

2) 採用手続き、若手を含む研究者を含むすべての教員の独立した研究スタイル、ホワイトペーパーに基づく研究計画の査定等、様々な意欲的試みはさらに進めるべきである。

3) 若手研究者はある程度研究の自由が許され、研究環境に満足していると思われる。しかしながら、主任研究者の管理や影響を超えたところで独自に研究テーマを創造し、研究アプローチを選択し、共同研究を進める発想を持つことが望まれる。

5. 前回プログラム委員会により提示されたコメントに対する対応

定期的で開催されているセミナー、テレビ会議、所長のセミナー出席、主任研究者及び研究者からのメールへの所長の速やかな応答、そしてI²CNERの運営の支えとなる役割は、意識して継続すべきものである。研究場所は二つに分割されていることにより引き起こされる現状の課題を克服し、利点にするために更なる努力が必要である。

の開催を予定している。最後に、I²CNERは水素関連技術分野における重要会議への出席や世界トップクラスの研究機関や企業と交流を図ることにより、知名度を高め、国際社会への関与を深めていくよう努めていくものである（詳細は、セクション1. 「連携体制」を参照のこと）。

4. 運営上の制約の打破

1) 運営委員会（SSC）は、本研究所のすべての事案について討議し、所長に助言する教員からなる委員会である。最終決定は、所長代理と2名の副所長との協議の上、所長が行う。決裁手順は、関連内規及び、4. 運営「②拠点内の意思決定システム」内で詳しく説明している。外部アドバイザー委員会（EAC）は、研究及び管理運営を含む本研究所に係るすべての事項に関し、所長に助言を行う。詳細は、関連内規内に記述している。サテライト機関の役割は、九州大学とイリノイ大学の間で締結した協定書に記載されている。要するに、サテライト機関は、副機関長と協議の上、所長が運営管理する。サテライト機関の研究プログラムは、九州大学のそれと相互補完するものである。

2) これらすべての試みは、現在、研究所の基準となっている。

3) 若手教員及び研究者による独立した研究プログラムの進展は、I²CNERの最も重要な目標のひとつである。所長自身が若手研究者と定期的にミーティングを行うことで、研究の進捗や展開の確認を行っている。所長と若手研究者の交流は、毎年度末に研究者に渡される年次評価レターに要約される。最後に、2.-2)の項で触れた融合研究のシードプロジェクトは、本質的には准教授及び助教により進められている。具体的には、9つの研究プロジェクトの内、6つが専ら准教授及び助教によって進められている。

5. 前回プログラム委員会により提示されたコメントへの対応

九州大学・イリノイ大学間の大学院生の交流は、本研究所とサテライト機関をつなぐ、非常に効果的なコミュニケーション手段であることが判明した。今後も、このような太平洋を横断し交流を深める大学院生の数を増やす予定である。

6. 具体的措置・推奨事項

1) I²CNERはカーボンニュートラル社会を目指した独自のビジョンと、短期、中期、長期のロードマップを作成しなければならない。目標を達成するために定量化できる戦略を開発し、また技術的ニーズ/ギャップや時間枠等を明確にする必要がある。進行中の研究テーマは、価値や関連性を明確にするため、I²CNERのビジョンの枠組みの中で評価されなければならない。

以下は推奨事項である。

1) ポジションに関する九州大学のコミットメントを公式のものとし、若手教員全員にその旨通知するべきである。これは10~15年後、研究所を維持するために不可欠である。

2) 若手研究者に異分野融合研究の課題を与え、主任研究者間の研究分野の連携や融合を強化すべきである。融合の推進力になりうるのは、若手研究者である。

6. 具体的措置・推奨事項

1) ロードマップの問題に取り組むため、新たにエネルギーアナリシス部門を設置した。詳細は、1. 拠点構想の概要「研究体制」を参照のこと。

推奨事項について

1) 9. 「その他の世界トップレベル拠点の構築に関する重要事項」の第3項目を参照のこと。

2) すべての若手研究者が「異分融合研究スタートアップ経費」プログラムを活用するよう奨励している。このプログラムは、2部門以上の教員によるプロポーザル提出が必須となる。実際、第1回及び第2回の公募で採用した准教授及び助教全員が、このような異分野融合プログラムに取り組んでいる。第3回目の公募で採用された若手教員は、平成24年4月1日付けで勤務を開始しており、本プログラムへの申請を奨励している。

13. 事業費

i) 総経費

(単位: 百万円)

(単位: 百万円)

経費区分	内訳	事業費額
人件費	・拠点長、事務部門長	15
	・主任研究者 21人	218
	・その他研究者 48人	199
	・研究支援員 12人	23
	・事務職員 22人	92
	計	547
事業推進費	・招へい主任研究者等謝金 62人	11
	・人材派遣等経費 0人	0
	・スタートアップ経費 25人	297
	・サテライト運営経費 1ヶ所	175
	・国際シンポジウム経費 2回	7
	・施設等使用料	4
	・消耗品費	30
	・光熱水料	4
	・その他	31
	計	559
旅費	・国内旅費	12
	・外国旅費	45
	・招へい旅費 国内64人、外国47人	23
	・赴任旅費 国内 6人、外国 4人	4
	計	84
設備備品等費	・建物等に係る減価償却費	0
	・設備備品に係る減価償却費	458
	計	458
研究プロジェクト費	・運営費交付金等による事業	115
	・受託研究等による事業	449
	・科学研究費補助金等による事業	620
	計	1,184
合計		2,832

平成23年度WPI補助金額	1,334
平成23年度施設整備額	0
・施設の設定	0
・施設の修繕	0
・その他	0
平成23年度設備備品調達額	892
・SEM/小型疲労試験機複合システム 1式	49
・フェムト秒レーザーシステム 1式	49
・全自動X線回析システム 1式	42
・高速ラマンイメージング分光分析システム 1式	40
・ピコ秒サーモリフレクタンス薄膜熱物性測定装置 1式	28
・酸素・窒素・水素分析装置 EMGA-930 1式	16
・その他	668

ii) サテライト機関、連携機関

経費区分	内訳	事業費額
人件費	・研究者 9人	/
	・事務長 1人	
	・研究支援員 17人	
	・その他 3人	
	計	
事業推進費		33
旅費		19
設備備品等費		40
研究プロジェクト費		0
	合計	175