

世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）

平成22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23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

本研究所は平成22年12月1日に開所し、平成23年2月1日にキックオフ・シンポジウムを開催した。同シンポジウムでは、九州大学、イリノイ大学をはじめ、米国内の連携機関（サンディア国立研究所、カリフォルニア大学バークレー校、マサチューセッツ工科大学）及びヨーロッパの連携機関（独国ゲッティンゲン大学、スイス連邦工科大学、英国インペリアル・カレッジ・ロンドンなど）からも多くの出席を得た。同シンポジウムの目的は、I²CNER 研究者間のコミュニケーション促進及び共同研究環境の構築であった。本研究所の外国人WPI主任研究者の11名は各々の専門分野において世界的に認知されている。研究分野（部門）及び個別研究グループは部門間連携を促進した。

本研究所は運営委員会（Science Steering Committee）により管理・運営され、その進捗状況は、ヨーロッパ、日本及び米国の一流科学者で構成される外部アドバイザー委員会（External Advisory Committee）が評価することとしている。外部アドバイザー委員会へは、研究プロジェクトの詳細をとりまとめ、評価とアドバイスを獲得するため平成23年3月23日に送付した。

教員選考委員会（Faculty Recruiting Committee）による定例の採用プロセスをはじめ、優秀な大学院生の雇用、招待講演者によるI²CNERセミナー・シリーズ、I²CNER若手教員セミナー・シリーズなど本研究所の諸活動を開始している。助教などの雇用を決定し、さらに新たな教員採用活動を行っている。

また、I²CNER に大きな転換をもたらし得るリーダー採用のため「ファカルティ・エクセレンス・プログラム（Faculty Excellence Program）」を立ち上げた。

サテライト機関設置のため、九州大学とイリノイ大学間の協定を平成22年12月1日付けで締結した。本研究所の活動を補完し、拡張するための提案

を厳選しつつ、サテライト機関の構築を進めている。選定された提案に関しては、本研究所で取り組み可能かを見極めるため、さらに詳細な提案書の提出を依頼した。

このように、研究所の構築、教員の採用、すべての研究主題分野におけるリサーチフロント及び米国を含む国際的なマーケティング・宣伝において大きな進展が見られた。I²CNERのコンセプトは十分に受け入れられており、日本の大学改革に大きく貢献していると言える。本研究所で予定している今後の活動として、サマー・スクール、アウトリーチ・プログラム、国際会議及びワークショップの開催と同時に、日米間の教員、ポスドク、大学院生及び学部学生の交換留学向けの資金を日本学術振興会・米国立科学財団から獲得するため、九州大学とサテライト機関の間で提案書提出の調整を行っている。所長は、平成23年度中にドイツのマックス・プランク研究所及びスウェーデン王立工科大学を訪問し、ヨーロッパ内でも同様の交換留学プログラム設立を調整する予定である。

最後に、3月の東日本大震災を踏まえ、I²CNERは以下に関するアウトリーチ活動及び研究成果の公表により、日本の新しいエネルギー政策の創設に向けた国民的議論への貢献を目指している。

- i) 短期的解決策の一環として、化石燃料が今や我が国のエネルギー・ポートフォリオにおける重要な役割を果たすことが期待されていることをふまえたCO₂回収と貯留
- ii) 水素社会に必要なとなるテクノロジーを生み出す基礎科学
- iii) その他の再生可能エネルギー源に関連した長期的解決策としての水素の重要性

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22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日付けで正式に開所した。
- 本研究の創設に伴い、所長は所長代理と協議の上、再生エネルギーおよびCO₂回収・貯留分野の上級専門家および米国エネルギー省に、外部アドバイザー委員会(EAC)設立のため連絡を取った。現時点での同委員会構成員は以下の通りである：

外部アドバイザー委員会構成員
 - Ronald J. Adrian教授(米国アリゾナ州立大学)
 - Robert J. Finley博士(米国イリノイ州地質調査局)
 - Deborah Myers博士(米国アルゴンヌ国立研究所)
 - 庄子 哲雄教授(東北大学)
 - George Thomas博士(元・米国サンディア国立研究所及び米国エネルギー省EERE局)
 - Reiner Kirchheim教授(独国ゲッティンゲン大学)
- Robert Finley博士は、イリノイ大学におけるCO₂地中貯留分野のエキスパートであり、また中西部地中貯留コンソーシアムの代表も務め、CO₂貯留は日本の地中及び海底地下層に関係することから、本研究の同分野における研究計画の策定への協力の同意を得た。
- 所長の要請により、I²CNER 主任研究者(PI)は、各々大きな課題、技術面での障壁、目的、技術的アプローチ、短期目標及び長期的影響を含む研究計画を記載したホワイト・ペーパーを作成し、所長はこれを精査後、詳細の計画を協議するため各PIと面談した。その後、同文書は冊子に編纂され、評価のため外部アドバイザー委員会(EAC)へ送付された。研究計画はEACのコメントに基づき最終決定される。
- 開所後、運営委員会(SSC)が設置された。同委員会は、所長、所長代理、副所長及び各研究分野の部門長により構成される。
- また開所後、所長はSSCと協議のもと、教員選考委員会(FRC)を設置し

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、我々の科学的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。

た。同委員会の議長は所長代理であり、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からなる。

- 本研究所の採択後、開所前に始めた国際公募では136名の応募があった。国内外より厳選された採用者（准教授1名、助教7名、ポスドク研究員1名）は、平成23年4月1日以降、勤務を開始している。本研究所の採用方針は、ジュニア・レベルでは将来有望であり、シニア・レベルでは世界一流レベルの研究者であることが必須となる。第2回目の国際公募は、平成23年3月末に開始した。
- 世界的に認知された権威であり、各研究部門を越えてI²CNERに変革をもたらす得るシニア・レベルの教員を引き込むため、所長は“ファカルティ・エクセレンス・プログラム”を立ち上げた。
- 平成23年3月から行っている“I²CNER セミナー・シリーズ”は定期的実施され、世界レベルの著名な研究者を講演者として招き、I²CNERの国際的認知度を高める一方、広範な研究領域においてI²CNER研究者がオープンな意見交換を積極的に行うことを目的とする。
- 平成23年4月からは、さらに “Institute Interest Seminar Series”を開始した。本セミナー・シリーズでは、学問領域の融合・交流を促進し、若手研究者が専門家を前にして自身の意見及び科学的手法を提示し主張する能力の養成を行っている。
- さらにI²CNERでは、優秀な大学院生をリサーチ・アシスタントとして採用し、本研究所の様々な研究部門への参加を通じて博士論文への取り組みをサポートするプログラムを策定中である。

- 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。

<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。

<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、

<研究体制>

- 平成23年1月1日付けにて、CO₂地中貯留部門長であった佐々木久郎教授が一身上の都合により辞任した。共同研究者であったLarter博士及びBabadagli教授も同様に辞任した。

- 上記の辞任を受け、運営委員会(SSC)はCO₂地中貯留及びCO₂海洋貯留をひとつにまとめ、CO₂貯留(CCS)という包括的な部門とすることを決定した。当部門の再編成のため、所長は外部アドバイザー委員会(EAC)のメンバーであり当該分野のエキスパートでもあるRobert Finley博士より情報の提供及び助言を受けている。概して、再編成計画としては、i)関係する日本の地質学や時間軸的な考察が必要な基礎研究を明確にするためのフィードバックができるように同部門の研究活動を組織化する ii)日本の様々な場所における工業規模の産業の中でニーズがあると考えられるCCSに関する基礎科学分野の強化、があげられる。

- 所長は、運営委員会の推薦に基づき、その研究貢献により国際的に認知された下記の外国人研究者を、本研究所の“WPI主任研究者”に任命した。

- John A. 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）
- Robert O. Ritchie教授（米国カリ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）
- 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（チューリッヒ工科大学）
- Ping Chen教授（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）

- 上記研究者は、他の主任研究者との共同研究を積極的に進め、講義やセミナー発表を行い、また、学生やポストドク研究者の指導と同時に短期講座にも携わる。I²CNERへの参画により、これら外国人主任研究者は本研究所の研究プログラムの優秀性に貢献することが期待される。

ポスド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。

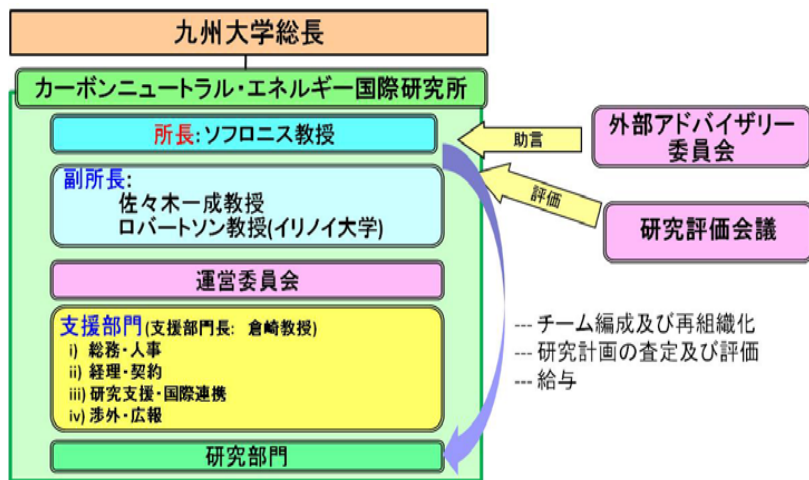


図. 研究所の運営体制

<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。

b) 連携機関

○ その他、主任研究者の異動は以下のとおり：

- 平成23年3月31日付：東北大学の岡田教授は高等専門学校長の任命を受けるため辞任した。
- 九州大学の前理事・副学長および拠点構想責任者である村上敬宜教授が、I²CNER 所長代理及びPIIに任命された。
- 平成23年4月：Reiner Kirchheim教授および高木教授が、水素構造材料部門のPIIに任命された。

<連携体制>

○ 九州大学とイリノイ大学間の協定は平成22年12月1日に締結、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校に設置されたサテライト機関は活動を開始した。

平成23年3月15日、イリノイ大学教員に向けて研究提案書を提出するよう呼び掛けを行った。提出された提案書は運営委員会のメンバーが審査を行い、九州大学で行われている研究を補完するものに関しては、研究計画書の提出を依頼した。

○ 九州大学・イリノイ大学間の共同研究及び人材交流を開始した。一例として、イリノイ大学のリサーチ・アシスタント2名が本年度夏九州大学を訪問し、日本人研究者と共同実験を行う予定である。

○ 本研究所の水素構造材料部門長としてSomerdar博士を迎えるため、I²CNER とサンディア国立研究所間にて調整中である。加えて、リバモア・バレー・オープン・キャンパス・プロジェクトにおいてI²CNERが幅広く関与する計画である。本プロジェクトは、サンディア国立研究所とローレンス・リバモア国立研究所が共同で立ち上げたプロジェクトであり、米国人と外国人研究者が共同で国際協力及び交流を行う環境整備を目的としている。

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。

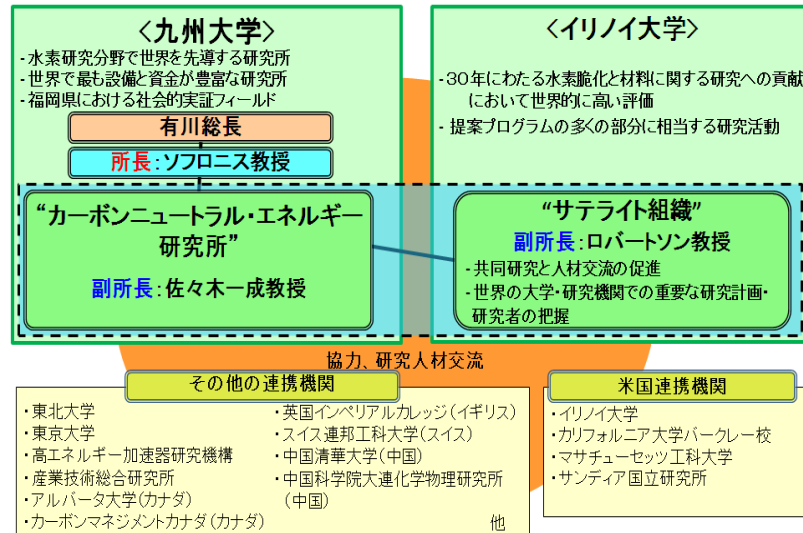


図. 連携体制

○ 所長と所長代理は、産・官及び国立研究所間における研究とエネルギー政策に関する交流のネットワーク促進のため、日米両国内で折衝を行っている。その目的は、I²CNERのミッションと研究目標を常に最新テクノロジーと社会発展に役立てるものにあることにある。例として、すでにI²CNERの研究者は、エクソンモービル・リサーチ・アンド・エンジニアリング・カンパニーの研究者と協働中であり、またモホーク・イノベティブ・テクノロジー・インコーポレーテッドとは次世代水素圧縮機コンセプト向けの材料選定、そしてトヨタ自動車株式会社とは燃料電池において、それぞれ協力して取り組んでいる。

2. 対象分野

【応募時】

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)

対象分野として取り組む重要性：

○ 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。

【平成 22 年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

- 東北地方太平洋沖地震以降、エネルギー自給と安全保障問題への関心は高まっており、そのような社会情勢の中で、I²CNER の使命や目的が今まで以上に重要になることは間違いなく、エネルギー問題に関する議論への参画が求められるだろう。
- I²CNERの所長及び所長代理は、下記の項目について検討している。
 - 東北地方太平洋沖地震の被害を踏まえ、日本のエネルギーオプションに関する比較研究の実施
 - カーボンニュートラル・エネルギー社会の実現に向け、可能性のあるテクノロジーに関する研究目標をどのように維持するか

- 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。
- 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。

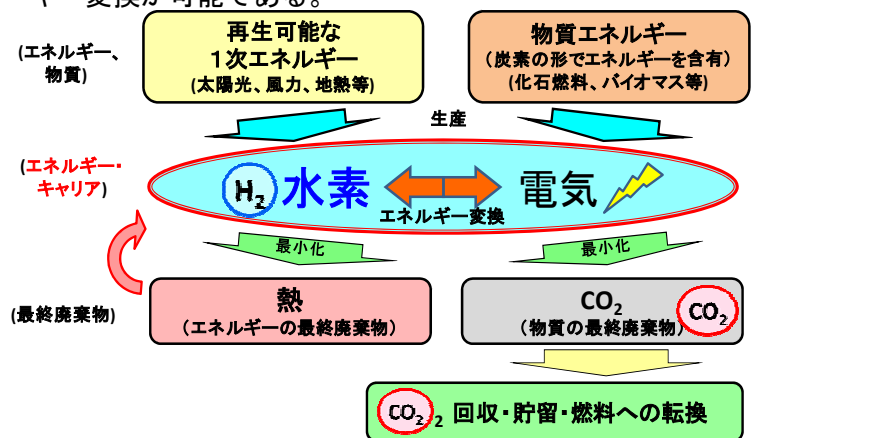


図. カーボンニュートラル・エネルギーシステム

検討にあたり、所長は米国エネルギー省に、所長代理は日本国内の関係省庁に助言を受けている。

- 研究対象分野について、申請時からの変更はほぼ無い。
- I²CNER設立以降の各部門の研究進捗状況については「3. 研究達成目標」に記載する。研究所内の研究グループ間または部門間連携について検討するため、
 - a) ソフロニス所長は全てのPIにホワイトペーパーの提出を求めた。ホワイトペーパーとは、研究計画を詳細に記載したものである。ホワイトペーパーは所長の精査後、外部アドバイザー委員会において検討されている。
 - b) 平成23年2月1日にI²CNERキックオフ・シンポジウムを開催した。引き続き、2月3日に各部門のワークショップを実施し、様々な研究分野の研究者が積極的に意見交換を行った。

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

<p>デルの開発、モニタリングに活用可能なバ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。</p> <p>○ 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。</p> <p>○ 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。</p>	
---	--

3. 研究達成目標

<p>【応募時】</p> <p>○ 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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 余計な廃棄物やCO₂を排出しない高度物質変換の実現。 	<p>【平成22年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>○ 応募時からの変更点はない。</p> <p>○ 各部門の研究進捗状況について、下記の項目に沿って以下に報告する。</p> <ul style="list-style-type: none"> i) 本研究所設立以降の研究業績 ii) 協力体制及びシナジー効果 iii) 長期的及び短期的課題 iv) 成果 v) 刊行物
---	---

- 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。

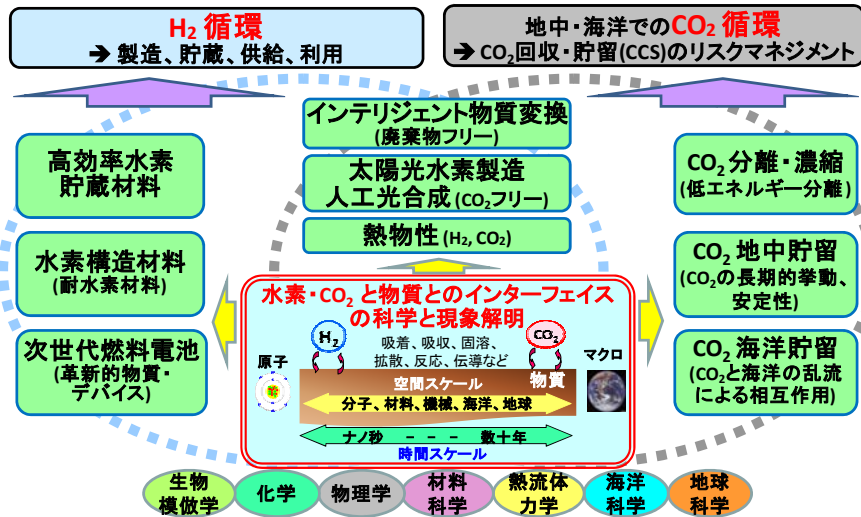


図. 学問領域の融合による研究プログラムにおけるインターフェイス (具体的な研究内容と目標)

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半導体と有機半導体を組み合わせさせた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

1. 人工光合成による水素製造

A) 研究業績

- 450nmまでの可視光を用いて、Ga(Zn)ONのオキシ硝酸塩から図1bに示すようにH₂とO₂を製造することに成功した。
- セルの発電特性をC60のヘテロバルク結合をドナーとしチオフェンベースの有機半導体をアクセプタとするセルについて発電特性を試験した。その結果、両者の混合比を6:4とした場合に最も高い出力密度が得られ、転換効率は1.3%であった。

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、太陽電池およ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。

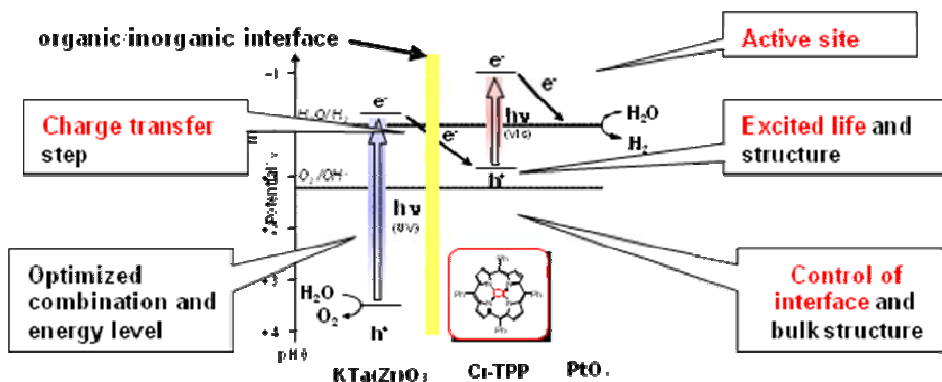


図. 水の完全分解による人工光合成

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

- 水蒸気電解のための電極についての検討を行い、Ni酸化物イオン伝導体が電気分解反応を効率的に促進することが見出された。水素が生成される割合はこれまで用いてきた電極と比較して2倍であった。

B) 協力体制

- 当部門は4つのグループ（石原（光触媒）、安達（太陽光）、高原（界面）、Kilner（電気分解））から構成されており、水素製造を共通目的として研究活動を行っている。

C) 長期的・短期的課題

- 特にヘキサフェラインに焦点を当てた、Ga(Zn)ON半導体に用いる有機色素の最適化
太陽電池のバルク結合層に用いる新しい有機半導体やチオフェンベースの合成
電気分解のアノードとして用いる不純物添加のLa₂NiO₄ベース酸化物の表面活性度について¹⁸O同位体を用いて測定する。蛍石酸化物の活性度について検討を行う。

D) 成果

- 可視光に反応して水を分解することのできる光触媒を開発することに成功した。

E) 刊行物

- [1] S. Ida, K. Yamada, T. Matsunaga, H. Hagiwara, Y. Matsumoto, and T. Ishihara, *J. Am. Chem. Soc.*, 132 (49), pp 17343 (2010)
- [2] K. Harada, T. Edura, and C. Adachi, *Appl. Phys. Exp.* 3, 121602 (2010)

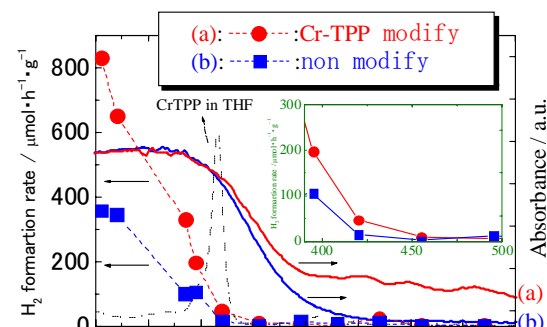


図1b 光の波長と触媒が吸収するスペクトルの関数とした場合のRhOx, NiOx/CrTPP/IrOx-GaN:ZnOの水素の合成率。TPP:有機色素、テトラフェニルポルフィン

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により、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。
 - 静的およ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。
 - 局所水素濃度およ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。

2. 水素構造材料

A) 研究業績

- 高純度水素ガス中において、鉄表面に化学吸着した水素の潤滑作用を初めて見出した。(図 2b 参照)
この水素と鉄表面の相互作用は、トライボ界面における材料の損傷について重要な示唆を与えるものである。
- フェライト鋼水素が加速する疲労亀裂の成長は炭化物要素と微細結晶により緩和される。このような構造特性上の関係性を明らかにすることにより、水素により誘発される材料劣化の基本的なメカニズムを理解することができる。
- 鋼において水素が助長する疲労亀裂の成長は負荷を与える際のサイクル周波数と強い相関があることが見出されたが、しかしながら、この感度は鋼のBCCやFCCといった結晶構造に依存する。最適な負荷サイクル周波数を定義することは水素ガス中での疲労の測定技術を改善する上で重要である。
- 2つの新しいオーステナイト系ステンレス鋼を製造した。一つは超微細結晶鋼であり、もう一つは0.9 GPa及び0.8GPaの降伏応力を持つ高窒素鋼である。これらの高強度鋼は次世代の水素構造材料の候補である。

B) 協力体制

- 大学：イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校、カリフォルニア大学バークレー校、ゲッティンゲン大学
- 研究所：サンディア国立研究所、産業技術総合研究所、材料物質研究機構
- 産業界：Mohawk Innovative Technology, Inc., ExxonMobil Research and Engineering Company

C) 長期的・短期的課題

- しゅう動材料の成分ごとのトライボ海面での水素効果の特徴づけ
- フレッチング疲労条件下での、水素の影響を受けた摩擦表面と亀裂核生成の関係性を決定する。
- 新規高強度ステンレス鋼の水素高圧ガス下での疲労及び破壊特性の測定
- 最新の収束イオンビーム型電子顕微鏡を用いて、疲労テストの試料を観察し、基本的な材料劣化のメカニズムを同定する。

- 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。

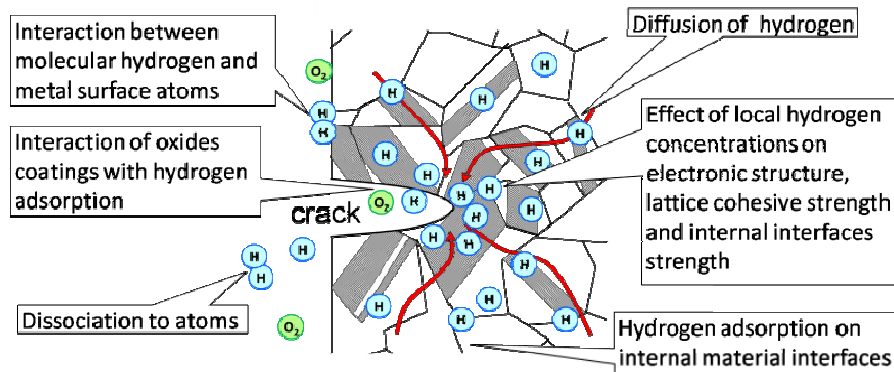


図. 水素存在下における亀裂周辺の基本的プロセス

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。
- 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

D) 成果

- 最近の技術的な進捗により、高い強度で水素脆性に対する抵抗性を持った次世代材料の開発はもちろんのこと、水素と材料表面の基本的な相互作用と材料劣化機構をよりよく理解するための水素ガス中における疲労及び破壊特性の測定手法の改善が達成されている。

E) 刊行物

- [1] K. Fukuda, M. Hashimoto, J. Sugimura, Friction and Wear Ferrous Materials in a Hydrogen Gas Environment, Tribology Online, Vol.6, No.2, pp.142-147 (2011).
- [2] T. Awane, Y. Fukushima, T. Matsuo, S. Matsuoka, Y. Murakami and S. Miwa, Highly sensitive detection of net hydrogen charge into austenitic stainless steel with secondary ion mass spectrometry, Analytical Chemistry, 83, pp. 2667-2676 (2011).

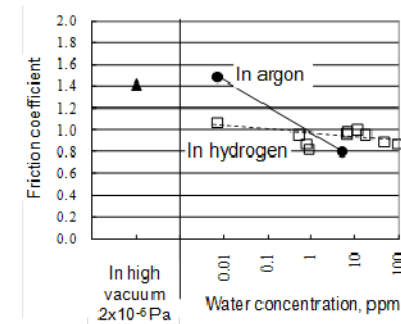


図2b 水分濃度による摩擦係数の変化（純鉄対純鉄）
不純物量を制御する新技術を用いた常圧ガス中でのピン・オン・ディスク試験のデータ（最左のプロットのみ真空中のデータ）

3. 燃料電池

A) 研究業績

- 燃料電池自動車への搭載が可能となる60,000回の高い耐久性をPt/SnO₂触媒によって達成した。高温型燃料電池用のセラミック材料を低温型燃料電池に応用できたことは将来の電気化学の開発にインパクトを与えるだろう。（図3b参照）

B) 協力体制

- 部門内ミーティングを定期的実施している（平成22年12月中

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ー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

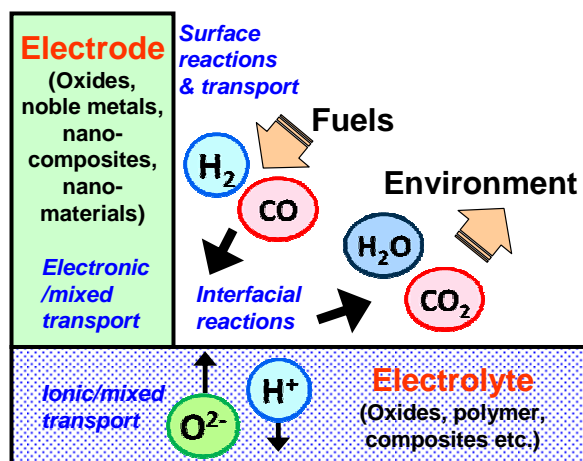


図. 燃料電池の電極・電解質インターフェイスにおける輸送・反応過程

4) 高圧域における水素・ CO_2 の熱物性・熱流動特性研究

水素貯蔵・ CO_2 貯留技術を開発するためには、高圧域（例えば、100MPa）での水素・ CO_2 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 CO_2 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。

5) 水素貯蔵材料の研究

に1回、平成23年度に入って3回を実施。）

出席者は以下の代表者である。

i) 産業界：京セラ、三菱重工、東京ガス、TOTO、三菱マテリアル、関西電力（NEDOプロジェクト）、

ii) 学術界：土屋氏（ハーバード大学）

iii) 国立研究所：Traversa教授、Rupp博士（物質・材料研究機構、MAMA）

iv) WPI主任研究者を含む20人以上の研究者、石原教授、Kilner教授。さらに、林准教授、西原WPI助教も4月から参加しており、同じくWPI助教のBishop氏、Lyth氏も6月から参加の予定である。

本部門の研究については酸化物/炭素による電気触媒及び固体酸化物燃料電池（SOFC）材料/加工を専門とする佐々木教授、Tuller教授、Gauckler教授及び中嶋教授の4つのグループによって構成・運営されている。また、低温から高温までの動作範囲を持つ燃料電池の電極について石原教授、Kilner教授の2人のPIとの連携も行っている。

C) 長期的・短期的課題

- 当部門では様々な動作状況下の燃料電池に用いる新しい材料とその材料の新しい機能に着目する計画である。

D) 成果

- 当部門の研究では分野横断的に電解質/電極、デバイス処理及び様々な動作状態における燃料電池についての検討を行うことを開始した。高温燃料電池材料とデバイスを低温燃料電池材料へ効率的に用いる研究も開始した。

E) 刊行物

- [1] K. Sasaki et al. "Impurity Poisoning of SOFCs." ECS Trans., 35 (1), 2805-2814 (2011).
- [2] H.L. Tuller et al. "Point Defects in Oxides: Tailoring Materials Through Defect Engineering." Annual Review of Mater. Sci., (2011), in press.

—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、圧縮水素およ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、錯体系水素化合物およ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および構造、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。

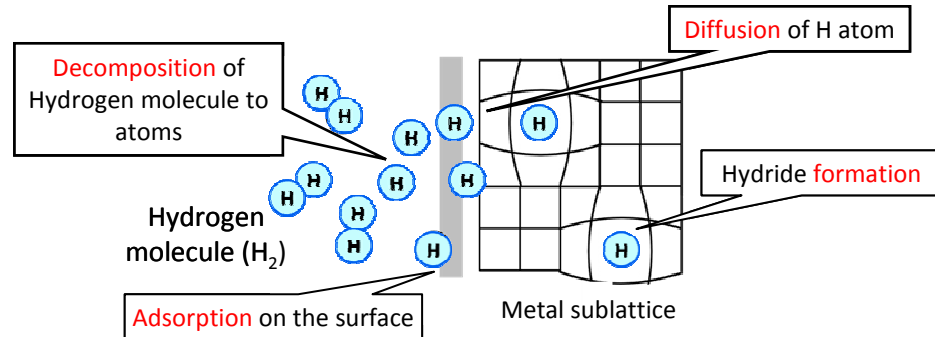


図. 水素貯蔵材料の表面における基本的なプロセス

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

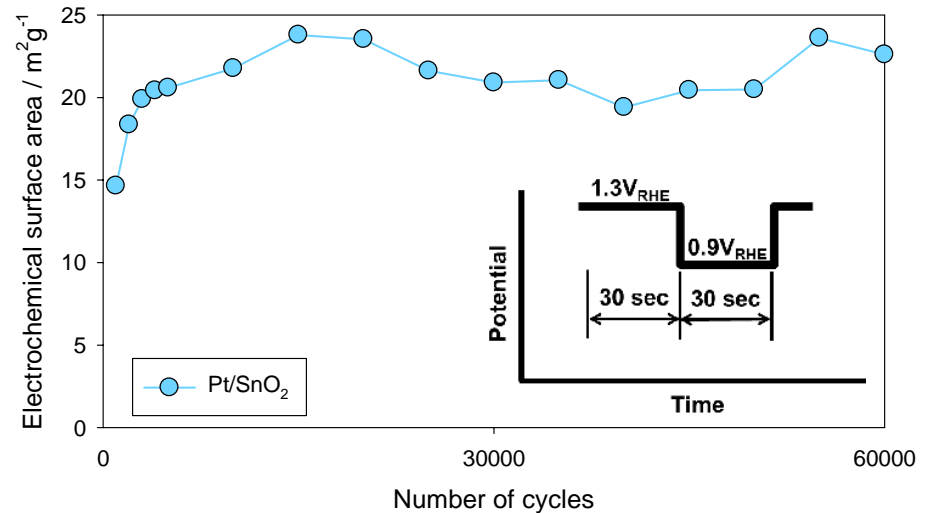


図3b 20年の寿命に相当する60000回の耐久性を持ったPt/SnO₂電気触媒の電気化学表面

4. 熱物性

A) 研究業績

- 100MPa・500°C条件下までの水素 PVT 装置の開発。
- 100MPa・500°C条件下までの水素の熱伝導率を測定。
- 水素の熱伝導率に関する新しい相関式を導出 (図 4 参照)
- 100MPa・200°C条件下までの水素の粘度を測定。
- 水素の熱物性データベースを拡張。
- 高压タンクの亀裂からの水素漏れに関する熱力学的解析手法の開発。
- 活性炭素上のメタンの吸着等温線を温度5~75°C・圧力2.5MPaまでの範囲で測定。

B) 協力体制

- オーストラリア・Griffith 大学の P.L. Woodfield 氏と水素の熱伝導

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。

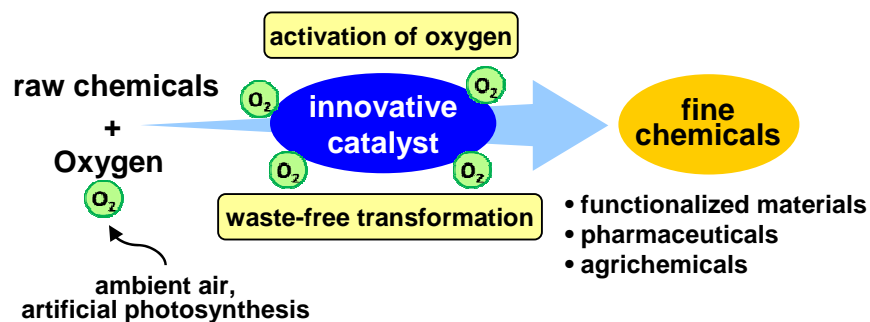


図. 廃棄物ゼロ反応の触媒プロセスのコンセプト

率及び粘度に関して連携

- ギリシャ・ Aristotle大学Thessaloniki校の M. J. Assael氏と水素の熱伝導率に関する連携
- シンガポール国立大学の K. C. Ng氏と吸着を利用した天然ガス貯留システムに関する連携

C) 長期的・短期的課題

- 100Mpa・500°C条件下までの水素の PVT データの取得
- 水素貯蔵システム（圧力タンク及び水素吸蔵合金の最充填/放出/漏洩）の熱分析
- 様々な温度・圧力条件下でのオルト-パラ変換率の測定
- CO₂吸着に関する研究に用いる実験装置の開発
- 液相-気相変化における表面の湿潤性の影響に関する検討

D) 成果

- 水素の熱伝導率に関して 100MPa・500°C条件下までの新しい相関式を、短線加熱法を用いた測定に基づいて導出した。本相関式は実験データを2%の精度で予測する。関連した論文を International Journal of Thermophysics に投稿した。

E) 刊行物

- [1] B. B. Saha, S. Jribi, S. Koyama, and I.I. El-Sharkawy, "Carbon dioxide adsorption isotherms on activated carbons", *Journal of Chemical & Engineering Data*, dx.doi.org/10.1021/je100973t (available online)
- [2] S. Moroe, P.L. Woodfield, J. Fukai, K. Shinzato, M. Kohno, M. Fujii and Y. Takata, "Thermal Conductivity Measurement of Gases by the Transient Short-Hot-Wire Method", *Experimental Heat Transfer*, Vol. 24, Issue 2, pp.168-178, 2011

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。
- 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。

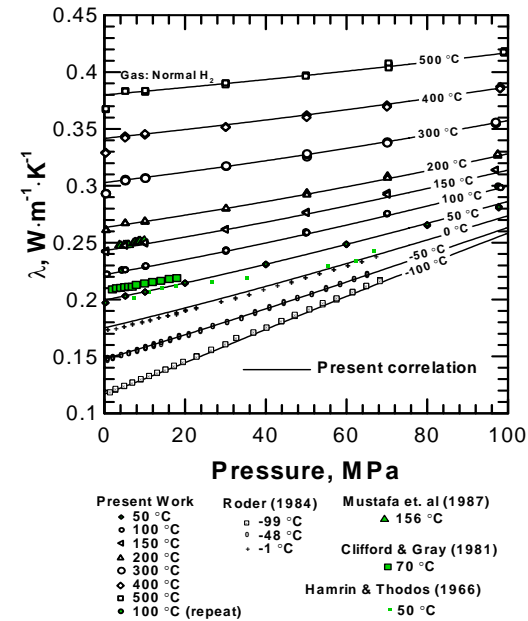
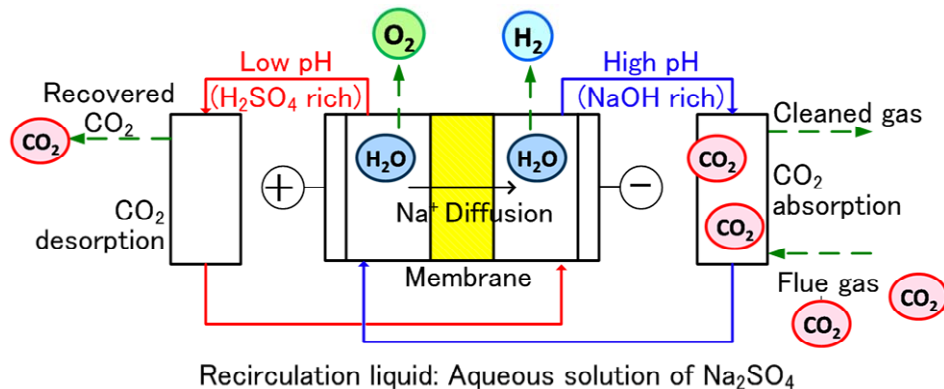


図4 ノルマル水素の熱伝導率等温線（実線が新しく導出された式によるもの）

5. 水素貯蔵材料

A) 研究業績

- 超高分解能走査透過電子顕微鏡（TEM）を駆使した新しい観察手法を用いて水素原子を観察することに世界に先駆けて成功した。（図5b参照）本技術及び観察は、水素が構造材料に及ぼす影響について調査する際、非常に有益である。

B) 協力体制

- 産業技術総合研究所 (AIST)
- I²CNER 熱物性部門（ハイドライドリアクターの熱管理の理解及び改善）
- トヨタ自動車（今後の研究開発についての検討）

C) 長期的・短期的課題

図. 先進的CO₂分離・濃縮システム

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。

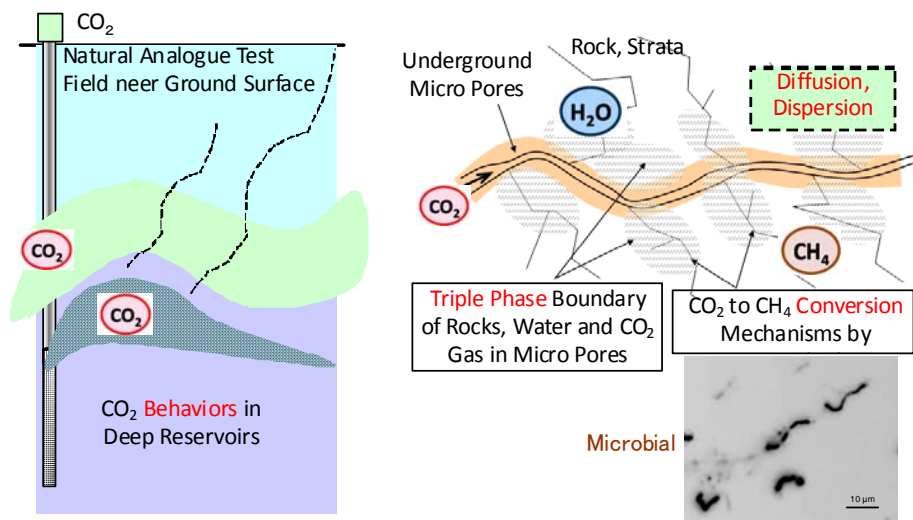


図. CO₂ 地中貯留

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—

- TEM、X線、中性子回析、ラマンなど様々な技術を使い、熱物性部門と緊密な連携をとりながら、水素貯蔵材料のメカニズム及び構造について検討する。

D) 成果

- 世界初のTEMによる単一水素元素の観測を行った。水素貯蔵材料及び水素貯蔵メカニズムと併せて、熱管理についても研究を開始した。

E) 刊行物

- [1] J. Matsuda, Y. Nakamura, E. Akiba, *J. Alloys Comp.*, **509**, 4652-4356 (2011).
- [2] J. Matsuda, Y. Nakamura, E. Akiba, *J. Alloys Comp.*, JALCOM-D-10-06054

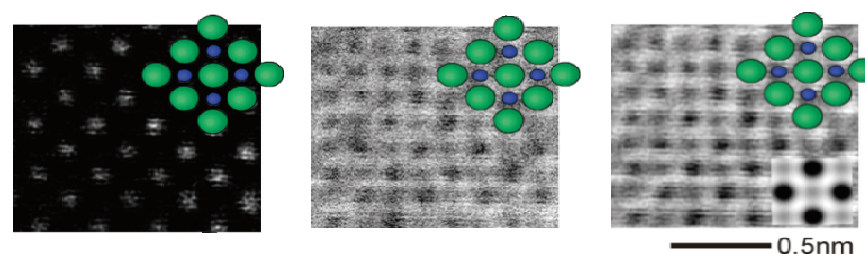


図5b これは透過電子顕微鏡により水素原子を直接観察した最初の例である。(a) VH₂結晶の[001]方向から観察した環状暗視野(ADF)像: HREM Research Inc. 製の位相補正ソフト*1と低周波ノイズフィルター*2によって周期的に現れるノイズを除去。(b) (a)のADF像と同時に撮影した環状明視野(ABF)像。(c) (b)の未補正画像を位相補正フィルターと低周波ノイズフィルターにより補正したABF像。電子線入射方向から投影した結晶構造をすべての画像の上を示し、(c)には試料厚みを5nmと仮定してシミュレーションしたABF像を示した。画像コントラストは視覚的によりはっきり見えるよう(画像解析ソフト上で非線形曲線により)調整した。

6. 物質変換

A) 研究業績

- 当部門は、メカニズムが十分に明らかになっていないヒドロゲナーゼ、フォトシンセターゼ、オキシゲナーゼの作用に密接に関連した触媒作用について研究する。

- 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。

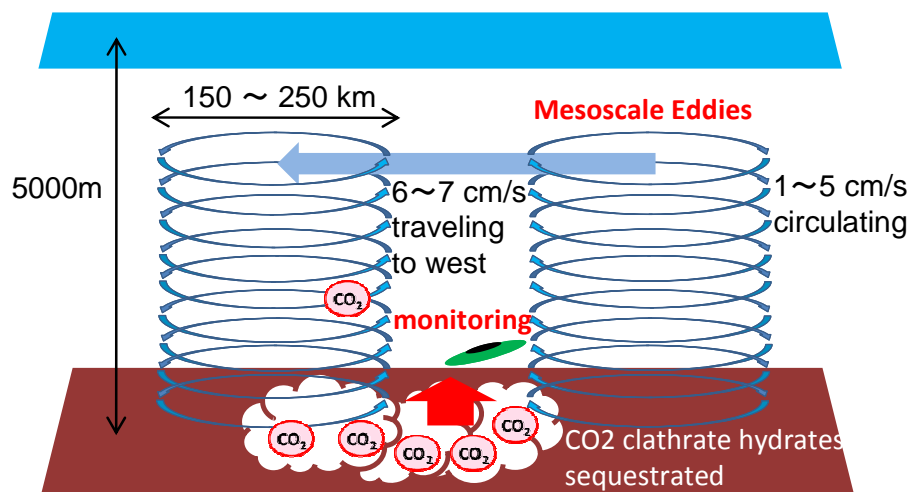


図. CO₂ 海洋貯留

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)

- これまでの研究に基づき、COによる[NiFe] ハイドロゲナーゼの機能阻害に関する機構を提案
- ポルフィリン二量体触媒の開発
光合成におけるMnクラスター模倣体として、化学的に金属酸化物電極に結合したポルフィリン二量体触媒を開発し、高効率の水の酸化を実現する。
- プロトン結合電子移動プロセスを組み込んだ非照射条件下における不斉酸素酸化の開発。

B) 協力体制

- 当部門のPI（図6b参照）は、各専門家（合成化学、生物無機化学、生化学）と意見交換を行い、生体内反応および関連する化学反応の機構の理解を深めるとともに小分子の化学に基づくシンプルかつ効率的な物質変換に関する研究を行う。
 - 香月PIは、原子効率的な不斉酸化に関して日産化学工業と共同研究を実施。
 - 成田PIは、元素戦略およびテクノロジープロジェクトに関して中部大学無機材料グループ及びトヨタ自動車と連携。また、AISTの古部昭広氏と協力し、電荷移動システムの分光分析を実施。
 - 小江PIは、イリノイ大学化学科のThomas Rauchfuss教授と協力し、水中水素の活性化について調査を実施予定。

C) 長期的・短期的課題

- 電子移動、光合成における酸素活性化、酸素原子移動など重要なステップのメカニズムを理解することにより、酵素と同じような高い触媒作用を示す新しい触媒を創る。さらに、NiFeハイドロゲナーゼ模倣体を基にする燃料電池のメカニズムも解明する。

D) 成果

- 当部門では、水素活性化、酸素還元、人工光合成（図6c参照）及び廃棄物をださない酸素酸化などの化学変換の新しい方法論を研究する。

E) 刊行物

- [1] J. Fujisaki, K. Matsumoto, K. Matsumoto, and T. Katsuki, Catalytic Asymmetric Oxidation of Cyclic Dithioacetals. Highly Diastereo- and Enantioselective Synthesis of the S-Oxides by a Chiral Aluminum(salalen) Complex, *J. Am. Chem.*

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。

Soc., 133, 56–61 (2011)

[2] Jin-Gang Liu and Y. Naruta ((Invited review)) Probing dioxygen activation mechanisms in heme-containing enzymes by heme models, *Ind. J. Chem.*, 50A, 369–373, 2011.

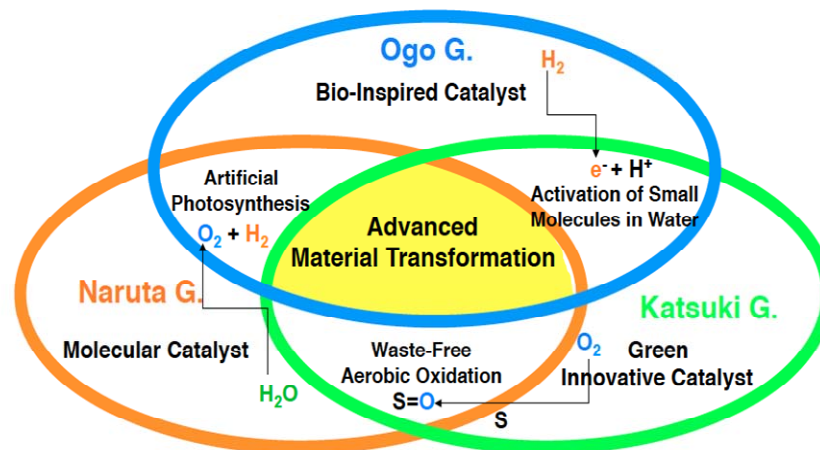


図 6b : 物質変換部門の構成

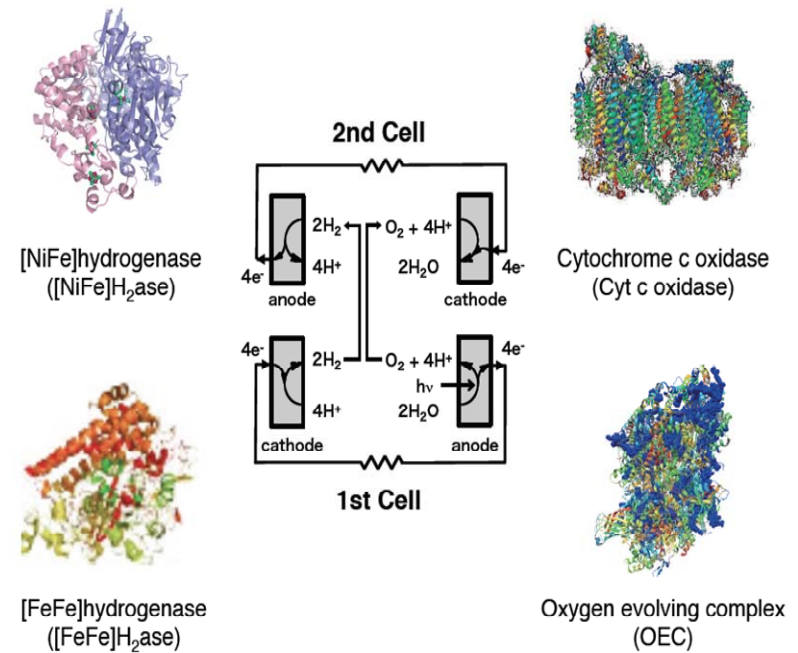


図 6 c : 光合成バクテリアや酸化還元酵素を元にした分子太陽電池 (1stcell) 及び分子燃料電池 (2nd cell)

7. CO₂分離・濃縮

A) 研究業績

- 電気化学的方法を用いたCO₂の吸収分離プロセスについて6種の方法を提案した。これらの消費エネルギーを検討し、最適な運転条件と性能を評価した。最適条件でのシミュレーション結

果より、濃縮したアルカリ溶液を用いてCO₂を吸収すると所要エネルギーはかなり削減できることがわかった。

- 合成した金属有機構造体(Metal Organic Frameworks (MOF-2)の走査電子顕微鏡(SEM)観察から、針状結晶体と非晶質粉体が観察された。MOF-2のBET比表面積値は多孔性を示す高い値ではあるが、論文記載値より低い値だった。これは合成されたMOF-2は、多孔質で結晶性のMOF-2と非晶質の不純物との混合であることを示している。MOF-2製造の条件を変え結晶性の改善を進めた。一方、代表的金属有機構造体であるMOF-5のCO₂吸着特性に関する数値シミュレーションを行った結果、CO₂はMOF-5結晶構造内の広い空間にランダムに吸着されることがわかった。吸着特性を把握するために、CO₂/N₂の混合吸着や様々な種類のMOF結晶構造に数値シミュレーション法を拡張した。(図7b, 7c参照)

B) 協力体制

- I²CNERの水素製造部門、燃料電池部門、水素貯蔵材料部門と連携
- 電気化学的CO₂吸収とMOF合成に関する研究について福岡女子大学の藤岡教授と、またMOF分離膜に関する研究について弘前大学のGuan准教授と連携。

C) 長期的・短期的課題

- CO₂分離電気化学的方法についてフィージビリティスタディを実施。
水電解及び水溶液の電気化学的濃縮の実験やアルカリ水溶液によるCO₂吸着・放散の実験を行う。
- 板状多孔質基材上にMOF分離膜を創製する。
気体分離用透過試験装置を作製する。

D) 成果

- 提案したCO₂分離の消費エネルギー削減に関するデータを取得するための実験方法を検討し、基礎試験を開始した。

E) 刊行物

- [1] M. Minemoto and Y. Matsukuma (2011) Optimization of CO₂ recovery using honeycomb adsorbent, *Novel Carbon Resource Sciences Newsletter*, 4, 5-8, 2011.
- [2] M. Minemoto, Y. Matsukuma et al. (2011) Study on CO₂ Recovery Systems by Pressure Swing Adsorption under High Pressure Conditions, *J. Novel Carbon Resource Sciences*, 3, 6-10, 2011

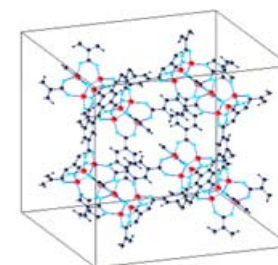


図 7 b : MOF-5の結晶構造内の分子動力学シミュレーション

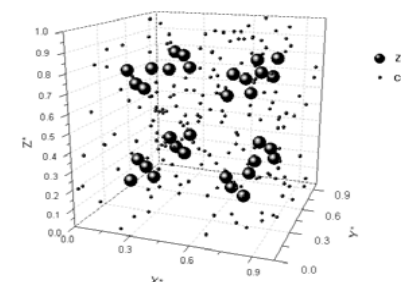


図 7 c : MOF-5結晶中のCO₂吸着状況の分子動力学シミュレーション

8. CO₂ 地中貯留

- 佐々木久郎教授の部門長辞任により、CO₂ 地中貯留部門 とCO₂海洋貯留部門を「CO₂貯留部門」として統合した。
- 新しい部門における地中貯留分野の研究目的は次のとおりである。
 - i. CO₂の注入により発生する地球科学的/地質力学的過程を理解し、密閉された貯留層、超臨界CO₂、排出された海水の状態を特性化する。
 - ii. 今後のサイトインテグリティの将来モデルを開発する。
- 地中貯留の技術的アプローチは、以下のとおり。i)日本の地質査定及び基礎研究に係るタイムスケール、ii)サイトインテグリティモデルにより、CO₂の反応、トランスポート、メカニクス間結合をとらえる化学及

び多孔質岩の破面における構造的モデルの開発を行う。

- 米国・中西部地中貯留コンソーシアム（Midwest Geological Sequestration Consortium）と今後の連携について、協議している。また、国内では、（財）地球環境産業技術研究機構（RITE）、京都大学、AISTとの連携を行っている。RITEの北村氏は、今夏、I²CNERの助教に着任予定である。

9. CO₂貯留（CO₂地中貯留とCO₂海中貯留を統合）

A) 研究業績

- 3000m以深の海底窪地にCO₂を注入するパイプシステムの開発に着手した。
- 二次元数値モデルにより、メソスケール渦の影響による海水と液体CO₂間のCO₂ハイドレートを通じたCO₂フラックスのシミュレーションを開始した。
- 水中無人探索機（ROV）を利用し、CO₂の分圧とPHをモニタリングするシステムの開発に着手した。（図9b参照）
- 貯留層の温度圧力条件下(10-15 MPa、40 C)におけるコアサンプルの縦波、横波の速度計測を開始。（図9c参照）

B) 協力体制

- 海洋貯留チームと地中貯留チームは、相互に連携しながら今後の研究を進める。
- 京都大学、AIST及びRITEの専門家と意見交換を行っている。
- 岩石物理学的手法を用いてコア解析を行い、米国・中西部地中貯留コンソーシアム（Midwest geological Sequestration Consortium (MGSC)）と連携する。
- ジオリアクターによるCO₂貯留プロジェクトに参画している研究者たちと連携を始めている。

C) 長期的・短期的課題

- 電氣的インピーダンス変化の計測により、地中貯留のCO₂分布パターンを予測する。地球物理学的モニタリングは、貯留層内部のCO₂挙動について重要な情報となる。
- THOUGH 2 を用いた3DのCO₂挙動予測シミュレーションを行う。地球物理学的モニタリングにより得られたデータをもとに、2-D貯留層を拡張し、より現実的な3-D貯留層モデルを構築する。
- 深海底窪地へCO₂を注入するために最適なパイプシステムの開発
- CO₂ハイドレートを利用したCO₂フラックスのシミュレーショ

ンに向けた数値モデルの開発

- 深海中におけるCO₂の分圧とpH のモニタリングシステムの開発
- 海底下 CO₂ 貯留プロジェクト
 - 測地学的手法 (重力、ひずみ)を用い、海底貯留層におけるCO₂動向のモニタリングシステムを開発
 - 物理的、科学的、生物学的方法を用い、貯留層から海中にもれたCO₂のモニタリングを実施

D) 長期的・短期的課題

- 九州地方に特化したCCSプロジェクト
- 国内有数の地熱地帯である九州地方は、地中リアクタープロジェクトに最適なサイトである。地中リアクターのコンセプトは、地熱を利用し、CO₂の鉱物化を促進させることである。

E) 成果

- 海中及び地中貯留研究及び実験的またシミュレーション分析のシステム開発に着手した。

F) 刊行物

- [1] Kitamura, K., Xue, Z. and Nishizawa, O. (2010) Simultaneous measurement of Vp and Vs of Tako sandstone, Proceedings of the 123rd SEGJ Conference, The Society of Exploration Geophysicist of Japan, 229-230 (in Japanese with English abstract).

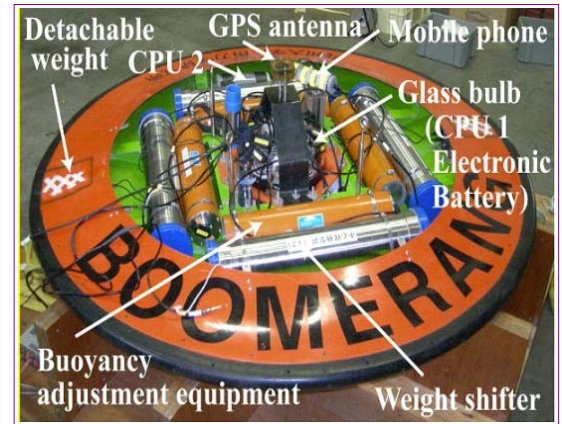


図 9 b : 深海におけるCO₂モニタリングのための水中機

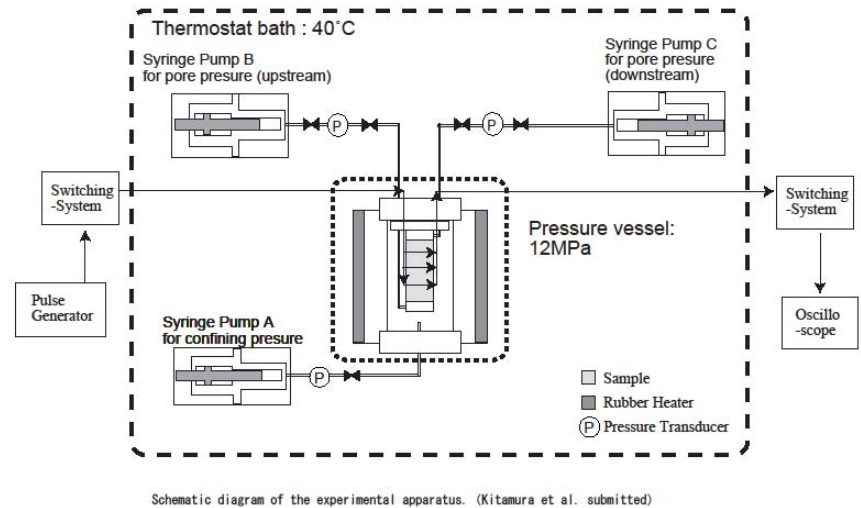


図 9 c : 地中CCSの実験装置の概要

4. 運営

【応募時】

①事務部門の構成

- 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

【平成22年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

①事務部門の構成

- 支援部門は当初の予定どおり、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) 渉外グループの4グループ構成とし、支援部門長及び副支援部門長の下、計18名（平成23年4月1日現在）の体制を整備した。
- 九州大学内からは、総務・人事、経理・契約の専門知識と経験を有する職員を配置した。研究支援・国際連携グループには研究者との潤滑なコミュニケーションを行えるよう博士号取得者を充てた。
- 新規採用職員については、十分な英語能力を有する者を採用した。これにより、所長、外国人PI、外国人研究者との連絡など、日常的に英語を使用する業務においても、十分対応することができる体制が確保できている。
- 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、情報を共有している。I²CNERでは外国人研究者に対してビザ申請など招へい手続きのフルタイムサポートを行う。

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、研究費、給与の分野等で、このような権限が必要である。
- 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。

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。

②拠点内の意志決定システム

- 関係規程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体制が構築されている。
 - 教員選考内規
 - 運営委員会内規
 - 外部アドバイザー委員会内規
 - プログラム評価に関する内規
 - 給与の決定については「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」
- 所長の下に、村上所長代理、佐々木副所長を置き、イリノイ大学のサテライト機関にはイアン・ロバートソン・チーフサイエンスアドバイザーを配置した。また、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を設置し、助言・提言を得る。

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

○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 (○年○月頃)	平成22年度実績	平成23年4月末
ホスト機関内からの研究者数	16	16	16 (2011年3月)	17	18
海外から招聘する研究者数	11	11	11 (2011年3月)	10	11
国内他機関から招聘する研究者数	3	3	3 (2011年3月)	2	1
主任研究者数 合計	30	30	30 (2011年3月)	29	30

全体構成

	発 足 時	平成22年度末時点計画	最 終 目 標 (○年○月頃)	平成22年度実績	平成23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%> (2014年3月)	61 < 17, 28%> [2, 3%]	73 < 21, 29%> [3, 4%]
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%> (2011年3月)	29 < 10, 34%> [1, 3%]	30 < 11, 37%> [1, 3%]
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%> (2014年3月)	32 < 7, 22%> [1, 3%]	43 < 10, 23%> [2, 5%]
研究支援員数	32	37	51 (2013年3月)	28	30
事務スタッフ	23	23	23 (2011年3月)	16	18
合 計	126	152	204	105	121

○サテライト機関

【応募時】

機関名① 米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校

<役割>

- 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持たせる。

<人員構成・体制>

- 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。

<協力の枠組み>

【平成22年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

機関名① 米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校

左欄に記載のとおり、変更なし。

連携先機関

【応募時】

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。

- 東北大学
- 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

【平成22年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

機関名① 東北大学

- 水素貯蔵材料分野における共同研究促進を進める予定であったが、岡田教授が3月末でPIを辞任したため、中止となった。

機関名② 東京大学大気海洋研究所

＜役割＞ CO₂貯留分野での共同研究

＜人員構成・体制＞ 白山義久

＜協力の枠組み＞ CO₂貯留分野での共同研究の促進

機関名③ 産業技術総合研究所

＜役割＞ 水素構造材料及び熱物性分野における共同研究

＜人員構成・体制＞ 松岡三郎、杉村丈一、高田保之

＜協力の枠組み＞ 水素構造材料及び熱物性分野における共同研究の促進

機関名④ 米国カリフォルニア大学バークレー校

＜役割＞ 水素構造材料分野におけるI²CNERへのPIの派遣

＜人員構成・体制＞ Robert Ritchie

＜協力の枠組み＞ 燃料電池分野における共同研究の促進

機関名⑤ 米国マサチューセッツ工科大学

＜役割＞ 燃料電池分野におけるI²CNERへのPIの派遣

＜人員構成・体制＞ Harry Tuller

＜協力の枠組み＞ 燃料電池分野における共同研究の促進

機関名⑥ 米国サンディア国立研究所

＜役割＞ 水素構造材料分野におけるI²CNERへのPIの派遣

＜人員構成・体制＞ Brian Somerday

＜協力の枠組み＞ 水素構造材料分野における共同研究の促進

機関名⑦ 英国インペリアルカレッジ

＜役割＞ 水素製造分野におけるI²CNERへのPIの派遣

＜人員構成・体制＞ John A. Kilner

＜協力の枠組み＞ 水素製造分野における共同研究の促進

機関名⑧ スイス連邦工科大学
＜役割＞ 燃料電池分野におけるI²CNERへのPIの派遣
＜人員構成・体制＞ Ludwig Gauckler
＜協力の枠組み＞ 燃料電池分野における共同研究の促進

機関名⑨ 中国清華大学
＜役割＞ 熱物性分野におけるI²CNERへのPIの派遣
＜人員構成・体制＞ Xing Zhang
＜協力の枠組み＞ 熱物性分野における共同研究の促進

機関名⑩ 中国科学院大連化学物理研究所
＜役割＞ 水素貯蔵材料分野におけるI²CNERへのPIの派遣
＜人員構成・体制＞ Ping Chen
＜協力の枠組み＞ 水素貯蔵材料分野における共同研究の促進

6. 環境整備

【応募時】

- ①研究者が研究に専念できる環境
- 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、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、それを代理する者への謝金等の措置を講じる。
- ②スタートアップのための研究資金提供
- 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so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。

【平成22年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】

- ① 研究者が研究に専念できる環境
- 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、副支援部門長のもと、総務・人事グループ（8名）、研究支援・国際連携グループ（2名）、渉外グループ（3名）、経理・契約グループ（3名）で、左記の事務手続きを含む研究者の支援を行っている。研究支援・国際連携グループには専門知識を有する博士号取得者を配置している。
 - 平成22年12月の研究所発足時には研究支援者29名の体制であった。必要な人員の増員については調査を行っている。
- ② スタートアップのための研究資金提供
- 新規でPIが配置された水素材料貯蔵部門に対して、基盤的環境整備費として重点的に予算を配分した。
- ③ ポスドク国際公募体制
- 平成23年10月～12月に第1回国際公募を行い、Nature世界版、Science等の国際雑誌に公募情報を掲載した。教員61名、ポスドク75名の応募者があり、書類審査及び面接により教員選考委員会が選考し、最終的に所長の判断により教員8名、ポスドク3名に採用通知を送付した。ポスドクのうち1名は研究テーマの相違により辞退、もう1名は、教員選考委員会による評価が本人の希望する職位と異なっていたため辞退した。選考に当たっては、単に必要な人材を採用するのではなく、国際的レベルにある優秀な研究者のみを採用する方針で対応している。平成23年3月現在、第2回国際公募を行っている。なお、極めて優秀な研究者に対しては、公募によらず、書類選考により所長の

④英語を使用言語とする事務スタッフ機能

- 業務上のコミュニケーションは、英語を基本とする。
- 所内の英語環境を整備するため、支援部門の職員には、九州大学内外から英語堪能な職員を充てる。
- また、支援部門職員には、定期的に研修機会の提供を行う予定である。
- 支援部門では、所内の外国人職員の日常生活を円滑にするために、出張、物品購入、給与、生活関連等の各種手続き資料の英文化を進める。

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

決定で採用できるファカルティ・エクセレンス・プログラムを適用できるようにした。

④ 英語を使用言語とする事務スタッフ機能

- 新たに採用した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事務体制を整備した。各種手続きや申請様式についても順次英文化を進めており、外国人研究者が円滑に作業できるようにしている。
- 留学生課との連携のもと、外国人教員向け研修やワークショップなどを随時周知して教員の意識を高めるとともに、他教員とのコミュニケーションを図る機会を設けている。

⑤ 研究成果評価システムと能力連動型俸給制度の導入

- 本研究所に適用される給与システムとして、「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」を定めた。これにより、新たに採用する者については、従来にない高い給与の設定ができるようになり、従来からの職員については、「拠点手当」の制度を導入した。研究者の給与等の設定にあたっては、プログラム評価会議及び外部アドバイザリー委員会による意見を参考として、研究業績、拠点形成への貢献度などを勘案したうえで決定する。

⑥ 世界トップレベルに見合う施設・設備環境の整備

- 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、新しい研究施設を設計中であり、平成24年秋、完成予定である。
- 異分野の研究者が共有する共通ラボを学内に5部屋確保した。
- テレビ会議システムを整備し、九州大学とサテライト機関等との間での会議、セミナーの開催に活用している。
- 共通ラボ及び学内の研究室等に最先端の設備を導入し、世界トップレベルの研究所に相応しい研究環境の整備に着手した。

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に開催する。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。

⑧その他取組み

- 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。

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オープニングセレモニー
 - 開催日：平成22年12月9日
 - 出席者：国内外から128名が参加
 - 概要：ソフロニス所長による研究所の将来展望、研究計画及び各部門についてのプレゼンテーションを行った。

YouTubeへは500回以上のアクセスがあった。

○ I²CNERキックオフ・シンポジウム

- 開催日：平成23年2月1日
- 出席者：国内外から160名が参加
- 概要：I²CNER初の国際シンポジウムであり、PIを含め8名の海外の研究者が講演を行った。今後、研究所では同様の国際シンポジウムを毎年開催する予定である。

○ HYDROGENIUSとI²CNERによる合同ワークショップ

- 開催日：平成23年2月3日
- 出席者：国内外から266名が参加
- 概要：九州大学伊都キャンパスにおいて研究されている以下の研究分野に焦点をあて、水素先端世界フォーラム2011において合同で開催した。
 - i. 水素材料強度特性・水素高分子材料研究
 - ii. 水素トライボロジー研究
 - iii. 水素物性研究
 - iv. 燃料電池研究

b) 国際セミナー

I²CNERセミナーシリーズを平成22年3月に開始した。研究所の特徴的な活動というだけではなく、本研究所の世界的認知度を高め、九州大学、日本と世界との対外的な交流を深めるための場としての役割を期待している。セミナーシリーズは定期的開催される。

○ 第1回セミナーシリーズ

講演者：国武豊喜 氏

開催日：平成22年3月11日

演題：“Why is nanomembrane so interesting?”

参加者：142名

○ 第2回セミナーシリーズ

講演者：Darrell Socie 氏

開催日：平成22年3月18日

演題：“Multiaxial Deformation and Fatigue Under Discriminating Strain Paths”

参加者：97名

○ 本研究所の主任研究者が重要な役割で参加する国際会議を積極的に共催する：

- International Conference on Hydrogen/Materials Compatibility at the Grant Teton National Park, September 2012. この会議は、4年に1度開催されており、水素と材料についての世界的な会議である。

⑧ その他の取組み

- 国内外から招聘する研究者の宿舎としては、大学所有の施設に加え、大学から近い家具付きの民間施設を手配する。

7. 世界におけるレベルを評価する際の指標・手法

【応募時】

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

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、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

○現状評価

- 評価・手法については応募時と比較して変更は生じていない。
- 本評価・手法基準に従い、今年度（平成22年12月～平成23年3月分）の成果を示す。これらの成果状況を踏まえると、国際的な研究拠点の形成に向けて、順調にスタートすることができたと評価している。

1) 雑誌掲載学術論文の質とインパクト

本期間において26本の学術論文が掲載された。

- H. Kitagishi, M. Tamaki, T. Ueda, S. Hirota, T. Ohta, Y. Naruta, and K. Kano, "Formation of ROO-Ferric Porphyrin Complexes (R = alkyl and H) in a Hydrophobic Cage Formed in Aqueous Solution." *Journal of American Chemical Society*, 2010, 132, 16730-16732.
- S. Ida, K. Yamada, T. Matsunga, H. Hagiwara, Y. Matsumoto, and T. Ishihara, "Preparation of p-Type CaFe₂O₄ Photocathodes for Producing Hydrogen from Water," *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132 (49), pp. 17343-17345.
- S. Matsuoka, H. Tanaka, N. Homma, Y. Murakami, "Influence of hydrogen and frequency on fatigue crack growth behavior of Cr-Mo steel," *Int. J. Fracture* (2011) 168:101-112.
- K. Edalati, A. Yamamoto, Z. Horita and T. Ishihara, "High-Pressure Torsion of Pure Magnesium: Evolution of Mechanical Properties, Microstructures and Hydrogen Storage Capacity with Equivalent Strain," *Scripta Materialia*, 64, 880-883, (2011).
- El-Sayed R. Negeed, S. Hidaka, M. Kohno, Y. Takata, "Experimental and Analytical Investigation of Liquid Sheet Breakup Characteristics," *International Journal of Heat and Fluid Flow*, (32) 1, pp. 95-106, 2011.
- K. Fukuda, M. Hashimoto, J. Sugimura, "Friction and Wear of Ferrous Materials in a Hydrogen Gas Environment," *Tribology Online*, (6) 2, pp.142-147.
- T. Koga, Y. Matsukuma, G. Inoue, M. Minemoto, "Study on CO₂

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ジェクト等である。

Recovery Systems by Pressure Swing Adsorption Under High Pressure Conditions, *J. of Novel Carbon Resource Science*, 3, 6-10 (2011).

2) 研究所の価値を示す共著学術論文の数

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、欧州委員会などの研究機関との国際的な共同研究がなされ、本期間において11本の学術論文が掲載された。

- K. Edalati, A. Yamamoto, Z. Horita and T. Ishihara, "High-Pressure Torsion of Pure Magnesium: Evolution of Mechanical Properties, Microstructures and Hydrogen Storage Capacity with Equivalent Strain," *Scripta Materialia*, 64, 880-883, (2011).

- H. Nobukuni, H. Uno, Y. Shimazaki, T. Kamimura, Y. Naruta, and F. Tani, "Both 'End-On' and 'Side-On' Orientations of C70 Included by Cyclic Nickel Porphyrin Dimer in Crystalline State," *Chem. Commun.* (Submitted)

- H. J. Kim, J. Nakamura, H. Y. Shao, Y. Nakamura, E. Akiba, K. Chapman, P. Chupas, and T. Proffen, "Local structure evolution of mechanically alloyed Mg50Co50 from the atomic pair distribution function analysis", *J. Chem. Phys. C.*, Publication Date (Web): March 28, 2011 (Article), DOI: 10.1021/jp111711c.

- M. J. Assael, J. A. M. Assael, M. L. Huber, A. Perkins, and Y. Takata, "Correlation of the Thermal Conductivity of Normal and Parahydrogen over a Wide Range of Temperatures and Pressures," *J. of Physical and Chemical Reference Data*. (Submitted)

3) 基調講演・本会議講演

本期間において、本研究所の研究に関連した12件の講演が国際的学会等においてなされた。

- Prof. E. Akiba et al., "Mg-TM (TM = Ti and Co) alloys: Preparation, hydrogenation, and characterization," (PACIFICHEM-2010), Honolulu, USA, Dec. 17, 2010.

- Prof. E. Akiba, "Synthesis and characterization of novel metal hydrides," IEA Hydrogen Implementing Agreement Task 22, Fremantle, Australia Jan. 20, 2011.

- Prof. Yoshinori Naruta, "Activation and Catalytic Reduction of Dioxygen: Lessons from Heme Enzyme Chemical Models", 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2010), Honolulu, USA, Dec. 19, 2010.

- Prof. Saburo Matsuoka, "Global Strategies for Realization of a Hydrogen Energy Society", International Hydrogen Energy, Fukuoka, Japan, Feb. 2, 2011.

4) I²CNER研究者による国際学会でのシンポジウム開催

本期間において4件のシンポジウムが開催された。

- Organizer of S3: 8th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, 35th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites, January 24-28, 2011, American Ceramic Society

- 2011 HYDROGENIUS Tribology Symposium, February 3, 2011

- Scientific Committee Members of Symposium X, Fuel Cells Energy Conversion, E-MRS, Bilateral Energy Conference, May 9-13, Nice, France, E-MRS

- The International Symposium on Metal-Hydrogen Systems to be held in October 2012. (Prof. E. Akiba: Vice Chair of the Organizing Committee)

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
本期間において2件のワークショップが開催された。

- Prof. E. Akiba, Hydrogen Storage Material Forum 2011, Tokyo, Jan. 20, 2011.

- Prof. Yoshinori Naruta, 1st International Conference on MEXT Project of Integrated Research on Chemical Synthesis, Jan. 24-25, 2011.

- ソフロニス所長は日本と米国の共同研究プロジェクトについて、平成23年3月7~8日に米国エネルギー省（DOE）及び米国国立科学財団（NSF）に招かれた。ワシントンD.C.に滞在中、DOE主催の燃料電池技術プログラムでWEBシステムを使ったセミナーで講演を行

	<p>った。「I²CNER：カーボンニュートラル・エネルギー社会の構築のための国際共同研究」と題した講演を行い、約200名が聴講した。</p> <ul style="list-style-type: none"> •また、NSFにおいても3月8日に同様の講演を行い、I²CNERと米国の研究所からNSF、JSPSへの共同研究提案について議論した。 <p>6) 国際学会の開催、国際学会へのI²CNER研究者の参加</p> <ul style="list-style-type: none"> •本期間において21件の学会参加があり、PIの1人については、平成23年3月13～17日にホノルルで開催された第8回ASME/JSME熱工学合同学会において、実行委員会のメンバーとして参画した。 <p>7) I²CNER研究者の政府パネル及び国立研究所への参加招へい</p> <p>本期間において合計で4名の参加招へいがなされた。</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saburo Matsuoka, Venus Orbiter “Akatsuki” Accident Investigation Committee (Dec. 17, 2010, Dec. 27, 2010) • Yoshinori Naruta, Member of Science Council of Japan (2000-present) • Kazunari Sasaki, International advisor of the European Fuel Cell Forum • ソフロニス所長は米国DOEの水素パイプライン・ワーキンググループのメンバーとして参画 <p>8) 特許・研究業績</p> <p>本期間において合計で2件の特許取得がなされた。</p> <ul style="list-style-type: none"> • H. Takadama, S. Yamaguchi, T. Kokubo, T. Matsushita, Y. Naruta, Manufacturing methods of electrode components, JP2011-046627. • Direct H₂O₂ synthesis method from H₂ on Pd-Au/Brookite TiO₂ (Kokaitokkyo kouho) <p>9) I²CNER訪問者数、特に外国人訪問者数</p> <p>本期間において20名の訪問者を受け入れ、その内外国人研究者は19名であった。</p>
--	--

8. 競争的研究資金等の確保	
<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>【平成22年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <p>1) 過去の実績</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>換算レート：日本円/米国ドル=100 日本人PI及び研究者が獲得した2010年度における競争的研究資金は、11.86億円であった。</p>
--	---

<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</p>	
<p>【応募時】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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2010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。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。 	<p>【平成 22 年度実績／進捗状況／応募時からの変更点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 本プログラム終了後も継続することを前提として、九州大学の他の研究所と同様に恒久的な組織として学則に位置づけた。 ○ 研究所の運営に関しては、研究者の採用、研究者からのホワイトペーパーに基づく経費配分など、所長の裁量のもとで決定できる仕組みを適用している。

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2010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、申請に向けた戦略的検討・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22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

- 左記のとおり、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

- 事務部門である支援部門の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、申請に向けた助言等を行っている。また、研究支援担当の支援部門の職員に博士学位取得者を採用し、申請書作成支援等、競争的資金等の獲得に向けた支援を行っている。
- 本研究所が入居（借用）する施設を、平成24年10月頃を目途に、九州大学伊都キャンパス内に建設する予定であり、現在、予算面、設計面の調整を進めている。関連する企業等にも建設・運営面での支援を働きかけている。

- 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に、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、総長のイニチアティブの下で、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。
- 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に、研究所長の要請

- 新施設が完成するまでの間は、既存の施設から、所長室1室、支援部門事務室1室、研究室5室、実験室5室、会議室1室を措置している。

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、これまでの附置研究所と同様に総長直轄の新たな国際研究所として学則に位置づけるとともに、カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所規則を定め、研究所における研究計画、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、運営委員会等の意見を踏まえて、所長が意思決定できる体制とした。

- 研究者の新規採用については、国際公募により、書類審査・面接による教員選考委員会の推薦を踏まえて、所長が決定することとした。

③ 研究者を雇用する際に他部局での教育研究活動への配慮を行うなど、ホスト機関における他部署との調整を含む所長への支援

- 学内の研究者が研究所の活動に参加する場合や、何らかの調整が必要となった場合には、当該研究者の所属部局長への説明・協力依頼を行うなど、積極的に関係部局との調整を支援している。

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

- 現在、総長のイニチアティブの下で、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、左記のとおり、学内文書やホームページの英文化、「外国人留学生・研究者サポートセンター」の設置など国際化を進めている。関係規則の整備・改定等により、本研究所の研究者及び職員に対し、独自の俸給表により能力に応じた給与の決定（「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）等を可能とした。また、研究所は従来からの職員に対し「拠点手当」を支給している。研究者の給与は、研究所への業績・貢献度、またプログラム評価会議と外部アドバイザー委員会によって得られた意見を基に決定されてい

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WP I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、超高圧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を図れるようにする。
- 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。

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

- 本研究所が入居（借用）する施設を、平成24年10月頃を目途に、九州大学伊都キャンパス内に建設する予定であり、現在、予算面、設計面の調整を進めている。
- 新施設が完成するまでの間は、既存の施設から、所長室1室、支援部門事務室1室、研究室5室、実験室5室、会議室1室を措置している。

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ともに、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. 事業費

(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	3
	・ 主任研究者 17人	36
	・ その他研究者 28人	18
	・ 研究支援員 0人	0
	・ 事務職員 15人	24
	計	81
事業推進費	・ 招へい主任研究者等謝金 17人	3
	・ 人材派遣等経費 0人	0
	・ スタートアップ経費 3人	32
	・ サテライト運営経費 1ヶ所	58
	・ 国際シンポジウム経費 1回	4
	・ 施設等使用料	0
	・ 消耗品費	43
	・ 光熱水料	1
	・ その他	8
	計	149
旅費	・ 国内旅費	2
	・ 外国旅費	1
	・ 招へい旅費 国内4人、外国26人	15
	・ 赴任旅費 国内0人、外国0人	0
	計	18
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	163
	計	163
研究プロジェクト費	・ 運営費交付金等による事業	54
	・ 受託研究等による事業	144

平成22年度WP I 補助金額	346
平成22年度施設整備額	0
平成22年度設備備品調達額	611
・ 遠隔会議システム 3式	15
・ 顕微鏡用ステージ 3式	15
・ 3D測定レーザー顕微鏡 1台	13
・ 多機能X線回折装置 1式	8
・ 小型高周波誘導加熱装置 1台	8
・ その他	552

	・ 科学研究費補助金等による事業	32
	計	230
	合 計	641

12. 審査結果における改善を要する点への対応とその結果

○改善を要する点

1. 所長・ソフロニス教授が日本に拠点を置いていないことへの危惧がある。所長の九大での所在は大変重要であることから、九州大学とイリノイ大学との協力関係において、協力の範囲や体制及び義務と共に、研究所長としての責任および役割が明確化され、合意文書として承認される必要がある

2. 研究所への継続的な財政的支援を含め、ホスト機関の関与がさらに具体的なものとなるよう要望する。

3. 本拠点における研究の中心が明らかに水素にあることに懸念がある。研究所名に適合するようにCCSを含む他の研究分野についても詳細な研究が必要である。

<平成22年度における対応とその結果>

1. 平成22年12月1日付で九州大学とイリノイ大学間で締結された協定の中で、両大学の学術研究における双方にとって有益となる連携の骨組み、及び所長の役割と責務について定めた。

また、ソフロニス所長は、村上所長代理、倉崎支援部門長、歌丸秘書らと週末を含め毎日EメールおよびTV会議を用いて意思疎通を図っている。所長が九州大学不在の間は、支援部門のサポートのもと所長の指示に基づき研究所は運営されている。

2. 九州大学内システム改革として以下を進めている。

a. 研究所の重要事項は、所長、所長代理、副所長、部門長からなる運営委員会の意見も踏まえて、所長が決定できることとした。

b. 研究者の新規採用は国際公募によって行い、教員選考委員会の推薦を踏まえて、所長が最終決定できることとした。その際、国際水準に達していない応募者は採用しない方針とした。また、研究所に大きな転換をもたらす得る教員採用のため、ファカルティ・エクセレンス・プログラムを立ち上げた。

c. 新規採用者の配属、役職、研究内容、給与等についても、上記委員会の意見を踏まえて、所長が最終決定できることとした。

3. カーボンニュートラル・エネルギーの全分野を対象として研究者の国際公募を行い、CO₂海洋貯留分野で准教授1名を、CO₂海洋貯留分野で助教1名を採用することとし、本年6月から着任予定である。

a. I²CNERIは、RITEのようなCO₂地中貯留分野における国内の重要な研究所とのパートナーシップを積極的に築いている。

4. 大学によるコミットメントとして、水素貯蔵材料分野の教授1名、燃料電池分野の准教授4名を大学の独自予算により採用した。

5. 各PIに大きな課題、技術面での障壁、目的、長期的影響等を記載した具体的なホワイトペーパーを作成させ、所長がヒアリングを行った。現在は外部アドバイザー委員会に助言を求めている段階である。

a. 現在、CO₂の地中貯留については、イリノイ大学における同分野の専

門家であり、I²CNER の外部アドバイザー委員会メンバーである Robert Finley 博士の助言等を踏まえて研究計画を作成している。

6. 昨今の東日本大震災を考慮して、日本の新しいエネルギー方針についての議論が持ち上がっている。I²CNERは以下のことを予定している。
- a. 短期的解決策の一環として、化石燃料が日本のエネルギーポートフォリオにおける重要な役割を担うため、CO₂貯留の研究を強化する。
 - b. 水素社会に必要となるテクノロジーを生み出す基礎研究の継続。
 - c. その他の再生可能エネルギー源に関連した長期的解決策としての新エネルギー（水素）の重要性に対する徹底した評価の提供を行う。

この目的を達成するために、所長は米国エネルギー省と協議し、所長代理は日本の協力企業との話し合いを行っていく。