

グリーンイノベーション

理工系

研究課題名	太陽光水素製造を実現する革新的光触媒システムの開発
研究機関・部局・職名	京都大学・大学院工学研究科・教授 (元 北海道大学・触媒化学研究センター・准教授)
氏名	阿部 竜

研究概要:

(1) 研究の背景

我々人類にとって、地球規模での気候変動に関わる環境・エネルギー問題の解決は、もはや不可避の最重要課題であり、化石資源に代わりうるクリーンエネルギーの開発が必須である。

(2) 研究の目標

本研究では、無尽蔵の太陽光を利用して水を分解し、クリーンエネルギーである水素を製造するための革新的な光触媒系の開発を目標とする。

(3) 研究の特色

光触媒（光を吸収して様々な化学反応を起こす物質）を用いた水の分解は、日本が世界に誇る先端科学技術の1つである。実用的な効率達成のためには太陽光の大部分を占める可視光線の利用が必須であるが、極めて困難であり長年達成されていなかった。当研究者は植物の光合成メカニズムを模倣した光触媒系を開発し、エネルギーの小さな可視光線を用いた水分解に世界で初めて成功した。本研究課題では、この光触媒反応系を元に、実用化の課題である（1）反応効率の飛躍的向上、（2）水素と酸素の分離生成、を克服し、太陽光水素製造の実現可能性を世界に先駆けて示すことを目的とする。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

本研究の遂行により、化石資源に頼らない社会システムの実現に大きく貢献できるとともに、日本独自の科学技術および関連産業を創出することで、大きな経済効果も期待できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究代表者の所属大学の移動もあって、当初は、研究体制や研究スペースも整わない状況であったことから研究に遅れが生じ、研究期間の中で十分な研究成果を上げられるか懸念された。しかし、その後研究体制を立て直し、研究の遅れを取り戻しつつある。一部で未消化の研究や止む無く計画を変更した部分があったものの、本研究の当初の目的に向け、順調に研究が進展し始めたので、今後の精力的な研究で一定の成果が上がるが見込まれる。</p> <p>これまでに、水と酸素の分離生成や、極めて高効率の酸素生成系など、先進性の高い成果が多く得られている。特に、新しいコアシェル型の複合触媒系の構築や高い量子収率の実現等は目覚ましい成果である。残余の補助事業期間では、水素製造実用化に最低限必要とする 30%の量子収率を超えることに、アイデアと時間を集中することによって、本分野のブレークスルーが生まれる。</p> <p>残余の補助事業期間内に、得られた成果を論文とすることと、知的財産権の取得に精力的に取り組む必要がある。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>太陽光下の水素・酸素分離型水分解を立証する際、達成すべき課題が①量子効率の向上と②水素と酸素の分離生成であるとしている。</p> <p>重要性が特に高い前者については、「最低でも 30%まで向上させる」ことが実用化には不可欠であることも、当初の研究目的で挙げている。本研究の遂行により、酸素発生系について、実用化可能な量子効率を示す光触媒系をすでに見出している。また、水素生成系の量子収率向上にも、コアシェル型助触媒によって従来に比べて高い量子効率を示す成果（タンタル酸窒化物系光アノードを用いることによって 70%以上の量子収率を観察）を挙げており、目的達成は見込める。</p> <p>ただし、水素生成系について量子収率向上の影響が定量的に不明瞭である点が問題である。当初挙げていた実用化可能な「高い量子収率」の光触媒系開発までには、一層の</p>		

努力が必要である。

残された課題が明確に示されており、その対策も十分立てられている。特に、イオン液体固定型光触媒構造体については、さらなる検討は必要であるが、これに代わるコアシェル型助触媒を用いる水素の分離生成の可能性が示されていることから、必ずしもイオン液体固定型光触媒の開発にこだわることなく、酸素生成に適応する助触媒の開発を行うことによって、期間内に最大の成果を上げうる。ただ、今後の研究方針が「半導体材料の表面修飾や複合化による電荷移動の整流化」という一般的な、漠然とした検討方針ではなく、さらに絞り込んだ方針が必要である。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

本研究代表者によって世界に先駆けて開発された「二段階励起型水分解システム」の特徴を活かした水素と酸素の分離生成系を構築したことは、本研究技術の優位性として挙げられる。また酸素生成系の量子収率を飛躍的に向上させている点で先進性が高い。

本研究代表者が挙げているように、実用化に最低限必要な「30%の量子効率」を超えることが、太陽光下での水の光分解の「ブレークスルー」といえる。その点がまだ達成できていない。

コアシェル型助触媒による逆反応の抑制は、水の光分解だけに限らず、酸化還元反応へ一般的に利用できるものであり、本研究の目的以外への展開が期待できる。リンコバルト複合系助触媒をタンタル酸窒化物表面に担持させた光アノードを用いることによって可視光領域で 70%以上の量子収率が得られていること、また、コアシェル型助触媒により水素と酸素の分離生成を可能にしたことは、実用化に向けた重要な技術となりうる。ただ、当初研究の遅れが指摘されたこともあり、研究課題の遂行に集中したためと思われるが、目的以外に特記すべき成果は見当たらない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

水分解の実用化における課題において、酸素発生系の量子収率向上および水素と酸素の分離生成を達成し、他の研究者が追随あるいは模倣するような成果が得られていることから、研究分野の進展に大きく寄与している。

化石燃料からの脱却、再生可能エネルギーの構築が叫ばれている中、太陽光の主要成分である可視光を用いてのエネルギーの創生は、現在、社会的にも経済的にも解決しなければならない大きな課題である。高い量子収率と酸素と水素の分離生成の可能性を示すことに成功したものの、現段階での成果では、実用化レベルである 30%量子収率を達成していないので、社会的・経済的課題の解決への直接的貢献は見込めない。ただし、太陽光による水素製造へ一歩近づいたと言える。本研究成果が契機となり企業との共同研究が始められており、この成果が課題解決につながる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

概ね適切なマネジメントにより、水素生成系光触媒の量子収率向上については、高い量子効率を示す光触媒を見出している。また、イオン液体固定型光触媒構造体の開発については、市販品を用いることで開発の簡略化を図っており研究進度の加速が期待できる。

これまでの研究計画や論文発表、研究体制への指摘事項を踏まえて、具体的な成果、結果を出しており、適切に対応している。

大学主催のサイエンスカフェやアカデミックデイなどで効果的に国民との対話が行われている。また、学外のフォーラムやセミナーなどで積極的に対話、啓蒙活動が行われている。この点は、多忙な中、時間を割いて積極的に取り組んでいると言える。

本研究課題が光触媒による水の分解による水素の生成の実用化を目指しているにもかかわらず、知的財産権獲得へ向けた取り組みがほとんどない。論文の作成と並行しつつ知的財産権の取得にも、最終年度には努力する必要がある。当初から指摘されていた学術論文の発表件数が少ないことは、その後一流誌への掲載も行われ、少しずつ改善されつつある。学会発表は十分行われている。また、一般向けの雑誌等への発表は十分に行われている。

平成 24 年度に多額の未執行額を出しているが、これは博士研究員に適当な人材が見つからなかったということであり、また本研究代表者が京都大学に移動した年度でもあり、研究室の立ち上げに忙殺された結果だと理解はできる。また、機器の導入についても、スペースを確保できなかったことなど事情は十分に理解できる。現在は 2 名の博士研究員の雇用も実施され、研究体制は十分整っている。その他のこれまでの指摘事項についても十分な対応がなされた結果、当初言われていた研究の遅れは解消されつつある。

研究課題名	エネルギー固定型メカノ反応の開発と余剰動力の直接化学的燃料化
研究機関・部局・職名	北海道大学・大学院工学研究院・教授
氏名	伊藤 肇

研究概要:

(1) 研究の背景

産業革命以来、人類は石油などの化石燃料の燃焼によって動力を生み出し、便利な文明社会を築いてきた。しかしその結果、化石燃料の枯渇と、燃焼によって生み出される二酸化炭素による温室効果が切迫した問題となっている。

(2) 研究の目標

化石燃料を燃やして動力を生むという、長年のエネルギー消費パターンを逆転させ、動力から直接燃料を生み出す方法の開発を目指す。力のエネルギーを化学的に固定する新しい化学反応「エネルギー固定型メカノ反応」の開発が本研究の成功の鍵であり、第一目標である。

(3) 研究の特色

風力や水力発電では、動力を電気エネルギーに変換しているが、これらは大掛かりな発電機や制御機構が必要になる。しかし、この方法では、はるかに簡便で安価な装置で十分である。力学的エネルギーを化学反応の駆動力として使う研究は古くからあるが、これをエネルギーの固定に使うというのが新しい点である。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

装置の微細化が容易であるため、発電機では回収不可能であった小さな動力、例えばそよ風や人間の歩く力などをエネルギー化できる可能性がある。究極的にはメタノールなどの汎用燃料を合成できれば、固定したエネルギーを燃料電池で電力や熱として取り出すことができる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本補助事業期間に“固体結晶の分子ドミノ現象”と“無触媒ホウ素化反応”を発見した功績は大きい。しかしながら、当初の研究目的は大変重要で難度の高いものであり、所定の結果が出れば社会に様々な役立つものであった。このため、本来は、目的に向かって着実な研究実施がなされるべきであった。実際には、しっかりとした研究計画のもと幅広い研究が実施されたが、明確に提示できる結果が出なかったため、付随的に見つかった現象をさらに追い求めようとしているのかもしれない。しかし、それは明らかに研究の方針転換である。これらを同時遂行するにしても、中間評価段階で必ずしも当初命題を重要視しないとはしていない。残りの期間で、所期の目標に到達することは容易でないと判断されるが、グリーンイノベーションのためのメカノ反応・触媒の開発に向けて、できるかぎりの努力を期待する。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（□ある ・ ■ない）		
<p>有機化合物結晶内の相互作用転換を力学エネルギーで達成し、そこで蓄えられたエネルギーを触媒作用を介して安定物質の化学変換を成し遂げようとする目的は大変価値が高い。しかし、具体的に示されている研究内容は、逆に高エネルギー状態物質の微小刺激による低エネルギー状態への物質相変化と、固体から派生しているが関連が少ないホウ素系の合成反応をまとめている。目的とした研究が困難であるとしても、実際どのような状況にあるのか不明確であるため、所期の目的を達成するのは困難と判断せざるを得ない。</p> <p>研究当初から研究代表者が想定していた通り、研究の目的達成はたいへん難度の高いものであり、試行錯誤的な方法論を採用することは避けられないと思われる。報告書は外部刺激による相変化やホウ素系の触媒反応の価値を高く強調している。これらの研究結果自体は大変興味深いものであるし、価値が高いものの、安易に研究方針を転換するのは望ましくない。</p> <p>研究方針通り、いかに初期目的の研究を達成するか、様々な取り組みはなされてきた</p>		

と思う。具体的にどのようなものを対象にどのような研究を実施し、どのような結果が得られ、どのような修正がなされ、どのような発想が付加されてきたのか、詳細を提示するとともに、残された補助事業期間でさらに追求すべきと思われる。

当初の研究申請書通りに二酸化炭素から液体燃料を生産することはとても無理としても、その原理をごくわずかな反応実績をとおして実証することが目的であったはずである。原理ないしは方法論の可能性を全くつまびらかにしないで、付随的成果を主目的にして残りの研究期間を費やすことは妥当と思われる。付随的成果を当初目的に関連させて主目的に近づこうとする気持ちは分かるが、どのように関連しているのか判然としない。

以上のように、付随的成果を更に発展させる研究を進めるにしても、上述のような視点で、結果がネガティブであっても、しっかり系統だった形でまとめあげることが望まれる。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

本研究課題の目的自体は先進性があり、達成されれば様々な面で技術的優位性が生まれるとともに、特徴あるものとして社会に存在することになるであろう。しかし、現時点では判然としないため、当初目的の研究の位置づけは困難である。

なお、当初の目的にはない「分子ドミノ」現象を発見した。微小外部刺激による有機結晶の相変化の発見は特記すべきであろう。外部からの力学刺激で相変化する現象はよく知られているが、ごく微小の刺激が変化をもたらす現象は限られる。発光性などの変化を利用してセンサーなどに応用可能であるなど、興味深い。しかし、この現象が高エネルギー状態からの相変化であるならば、今回の研究の主目的と全く逆の方向の現象である。ただし、当初の研究方針のもと一連の研究の中で生まれ得た大きな成果としてみることができる。

ハウ素化合物の合成は本研究の主目的とは全く関連しない成果であるが、固体関連で見いだされたものと推察される。高効率の合成反応として価値の高いものとして位置づけられよう。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

機械的刺激により生じる分子ドミノ型単結晶－単結晶相転移現象の発見は、優れた成果ともいえる。この成果の発表を契機に、有機結晶工学の分野ではこのような現象の基礎研究が進展し、その応用の可能性が模索されていくと考えられる。

また、工業的な有機合成反応で多用されている有機ホウ素化合物の合成方法として、この研究課題で発見した無触媒ホウ素化反応は、従来の方法に比べてコストおよび安全面で優位である。すでに企業から引き合いを受けていることから、工業的に適用可能であり、社会的に貢献しうる成果であると判断される。

しかしながら、本研究課題の場合、上記の成果は主目的ではない。これらの付随的成果を持って効果を評価することは適切ではないため、見込まれないとせざるを得ない。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

2名の博士研究員と10名近くの大学院生が研究に参画しており、研究実施体制は適切である。研究を実施しているメンバーとのディスカッションも頻繁に行われているため、適切なマネジメントが行われている。助成金で購入した機器類はそれぞれ使用頻度が高く、研究を遂行する上で適切に活用されている。研究開始時の指摘事項については、報告書で適切に対応している。

しかしながら、主目的とは異なる研究を中心に据えた感があり、プロジェクトの性格を変えている点は研究実施マネジメントとして必ずしも適切とは思われない。

また、当初の申請書では、計算化学やコンビナトリアルな方法論を展開するとしていたが、どのような装置を設定し、具体的にどのような方式で実施されたのかの不明確である。

また、補助事業期間中での指摘“メカノ触媒の開発に関してやや遅れがある印象”に対して対応されているようであるが、その後の進展が遅れていることから、指摘事項への対応状況はあまり適切でない。

研究課題名	孤立モデル系を規範とする革新的金属クラスター触媒の開拓
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院理学系研究科・教授 (元 北海道大学・触媒化学研究センター・教授)
氏名	佃 達哉

研究概要:

(1) 研究の背景

豊かな社会を持続的に発展させるために触媒の果たすべき役割は、近年ますます重要になっています。有用化合物のみを選択的かつ高効率につくりだすことに加えて、最近では、資源・環境保全の観点から希少元素（白金など）に代わる新材料の開発や、環境に負荷をかけない触媒プロセスの開発が求められています。

(2) 研究の目標

多くの実用触媒では、数～数十ナノメートル程度の大きさの金属微粒子が利用されています。これをさらに微細化した「金属クラスター」（百個以下の金属原子が集まってできた超微粒子）は、原子の種類や会合数に応じて、我々の予想を超えた化学的な性質を示す可能性を秘めています。本研究では、金属クラスターを用いて革新的な触媒をつくりだすことを目指しています。

(3) 研究の特色

まず触媒機能を合理的に設計するために、金属クラスターを真空中に孤立させた状態でその固有の化学的性質を解明します。次に、得られた知見に基づいて金属クラスター触媒を精密に合成し、空気中の酸素分子による酸化反応などに対する触媒性能を探索します。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

金属クラスターの特異的な化学的特性を活かすことで、汎用元素（銅など）を利用した環境にやさしい触媒の実現につながるものと期待できます。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題は基礎研究としては順調に進展しており、公表されている成果は、基礎研究としての学術的価値が高い。平成 24 年度までのそれぞれの年度に対して設定された課題は、概ね目的を達成している。新たな学問分野を形成するような、広範な領域における基盤を形成しつつある。</p> <p>設定された最終目標・「革新的な性能（活性・選択性）をもつ金属クラスター触媒の合理的開発法を構築する」および「金属表面で進行する化学現象の機構を分子論的に理解設計指針を打ち立てる」を達成するためには、3つの項目（1） 孤立金属クラスターの反応性と触媒への展開、（2） 高分子保護金属クラスターの合成と触媒作用、（3） 担持金属クラスターの精密合成と触媒作用、の成果を更に有機的に結合することが望まれる。項目（1）については、最近、Al と O 原子の金属クラスターに集中している。申請時においては、白金、銀、銅、鉄のクラスターについての検討が計画されており、Al 以外の金属のクラスターの触媒活性についての比較検討が必要である。</p> <p>金属クラスター触媒を応用研究へと展開するためには、多くの課題が残されている。特に気相観測された特異な構造と反応性をもつ金属クラスターを、真空槽から取り出された実在クラスターとして詳細な調査を行うためには困難を伴うので、気相と凝縮相との接続のための方法論の開発が必要である。</p> <p>Pd 原子をドーピングしたクラスターについては、触媒活性向上について明らかになっている。しかし、他の金属クラスターの活性および選択性との比較、および現在使用されている触媒と比べて、どの程度活性と選択性の向上を目指しているかを、目的として明確にすると、達成した成果についてより強くアピールできる。</p> <p>成果を早く知的財産権につなげる努力が必要である。また折角、高い成果を挙げているので、新聞等を通じた社会への広範な発信を、今後は考慮する必要がある。Be Found or Perish と、科学の世界も優秀な論文発表だけでは不十分な時代となった。世界は大きく変わっている。</p>		
② 目的の達成状況		

・所期の目的の達成の見込みが (ある ・ ない)

本研究課題では、金属クラスター特有の電子・幾何構造を調査し、革新的な性能をもつ金属クラスターの創生を目的として、上記の3つの項目に焦点を当てながら研究を実施してきた。それぞれの項目について、成果が得られており、公表も順調である。これらの成果の中で特に注目される成果は、担持金属クラスターの精密合成と触媒作用である。

上記のように3つの項目については、目的の達成状況は概ね順調である。すなわち、項目1については、理論・測定の両面からアルミニウム魔法数クラスターの酸化触媒としての機能を解明しつつあり、実在触媒の合成に向けた検討を進めている。項目2については、既に高分子保護クラスターが還元反応に対し高い選択性を示すことを明らかにしているほか、二元系クラスター等においても興味深い結果を得ている。項目3については、サイズ制御した金属クラスターの作製に成功している。この項目で特筆すべき成果として、カーボンナノチューブに Au_{25} と $Au_{24}Pd$ を担持し、Pd をドーピングしたクラスターにおいて酸化反応性が大幅に向上することが見出されている点が上げられる。

一方、本研究課題の目標となっている「革新的な性能(活性・選択性)をもつ金属クラスター触媒の合理的開拓法を構築する」および「金属表面で進行する化学現象の機構を分子論的に理解し、設計指針を打ち立てる」を達成するためには、理論計算との対応が可能な項目(1)で得られた成果を基礎にした項目(2)、(3)への展開、および触媒活性と選択性についての目標がどの程度達成されたかが重要である。現状では、項目(1)を基礎とした項目(2)、(3)への展開がやや遅れている。触媒活性と選択性についてより具体的な目標を設定することは困難と思われるが、「革新的な性能」について成果があったことを明瞭にするためには、この具体的な目標設定が必要である。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (創出されている ・ 創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

「超原子を単位とする新次元の物質化学」を切り開く先進性がある。原子ドーピング効果の実証は先見性ある成果である。

保護配位子を用いた金属クラスターの精密合成は、本課題の基礎となった先駆的な研究成果である。この成果は、更に嵩高いチオールを用いた金属クラスターや末端アルキンを保護分子とした金属クラスターの精密合成へと展開されている。カーボンナノチューブに Au_{25} と $Au_{24}Pd$ を担持し、Pd 原子のドーピングによって酸化反応活性を大幅に向上させた成果には先進性と優位性がある。嵩高い骨格のチオールや末端アルキンを利用して新しい界面構造の構築や多様なサイズの制御に成功した成果、並びにカーボンナノチューブに Au_{25} と $Au_{24}Pd$ を担持し、Pd 原子のドーピングによって酸化反応活性を大幅に向上させた成果は、ブレークスルーである。また、チオールにより安定化された金ナノ粒子をベースとして、精密

な合金触媒の合成技術確立しており、従来法に比して高い優位性を保っている。金-パラジウム合金ナノクラスター触媒の精密合成技術は、1原子ドーピングが可能な技術であり、さらにその触媒活性に対する効果が大きいことから、今後、ドーピング原子の種類や数を制御することにより、様々な発展の可能性がある。

魔法数酸化物クラスター・ $Al_{14}O^-$ や $Al_{15}O_2^-$ が燃焼に対して安定であり、電子移動によって酸素が活性化されることを明らかにし、さらに高圧下での反応追跡の重要性を示し、触媒研究における新たな切り口を提示している。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

本研究課題で開拓された金属クラスター技術は触媒分野に限ってみても、環境調和型プロセスや元素戦略などに大きな貢献ができる。また、金属クラスターは、プラズモンを利用した電子材料、発光材料、またスピンを制御することに磁性材料等への応用が可能であり、ナノテクノロジー分野での寄与が大いに期待される。本研究はアルミニウムや銅など、クラーク数の大きい汎用元素を用いた高機能触媒開拓の道筋を示すものであり、元素戦略の観点からも、社会的経済的貢献が極めて大きい。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究発表に関しては、概ね適切に対応しているが、特許取得が無い。知的財産権への対応が、補助事業残余期間内に望まれる。論文発表については、レベルの高い雑誌に多くの成果が報告されている。会議発表や一般雑誌への公表も積極的に行われている。

社会への情報発信は、概ね効果的に実施されている。北海道大学では、オープンキャンパスでの小中学生向けの研究紹介などが積極的に行われていたが、東京大学へ異動後は、研究室の立ち上げのためか活動がやや低下している。高校生との対話は今後の若手研究者を養成するために効果的である。また、新聞発表などとも連携した成果発信も効果的であり、積極的に対応する必要がある。

全体として、平成24年度の進捗管理等の指導事項についても、適切なマネジメントのもと順調な進捗状況であると結論できる。さらなる発展のための方策も示されている。これらの方策は、当初の目的以上の成果を得るための試みとして位置づけられる。

研究課題名	多金属反応場での二酸化炭素を C1 炭素源とする物質エネルギー創成化学
研究機関・部局・職名	弘前大学・大学院理工学研究科・教授
氏名	岡崎 雅明

研究概要:

(1) 研究の背景

資源枯渇、地球温暖化問題に関連して、化石燃料に頼らない持続可能な社会システムの構築が必要である。地球温暖化の原因物質とされる二酸化炭素を、新たなエネルギーを消費することなく資源化できれば、エネルギー問題と地球温暖化を同時に解決する糸口を提供できる。

(2) 研究の目標

植物の光合成により生成する糖類は、人類が資源として利用しにくい。本研究では、金属を適切に集積化した触媒を用いることで、大気中の二酸化炭素の資源化、つまりメタンあるいは炭素鎖が伸長した炭化水素への変換を目指す。

(3) 研究の特色

本研究の特色は、鉄を適切に配置した集積体を触媒として用いる点にある。鉄集積体は複数の電子を貯蔵でき、相互作用する有機分子に応じて、その電子状態と構造を自由に変換できる。これらの特性により、大気中からの二酸化炭素の効率的捕集、多電子還元、炭素鎖の伸長を達成する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

天然資源の乏しい我が国では、入手が容易な元素を用いて、触媒をつくる必要がある。しかし、毒性が低く最もありふれた金属である鉄は活性が低く、実用的な触媒としては用いられていない。本研究の鉄集積化法により、様々な反応に適用可能で活性の高い鉄触媒の創製が可能となり、基礎、応用両面から波及効果は大きい。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>総合的に言って、本研究課題の狙いは高く、容易に実現できないことは、理解に難くない。当初計画した材料設計において、合成および構造評価は着実に進展しているが、期待した機能が発現していない。未達成課題への対応策は具体的に提示されており、進捗を期待するが、特に支持配位子、架橋配位子を見直す部分が鍵となる対策であり、斬新なものではない。また、その配位子が及ぼす肯定的な効果について不明確である。</p> <p>研究員の確保、理論計算に基づく予想、電気化学的測定による反応場の予想、水素分子による還元系の構築、光増感剤の導入など、魅力的なアプローチが計画書には記されている。しかし、実際はその多くに手がつけられていない。周到な準備を行い、研究計画に沿って着実に成果を出していくことが必要である。高額助成金を獲得したプロジェクトはそれを行う責務を背負っている。</p> <p>四核鉄クラスターの反応性調査ならば、これまでの進め方でよいが、本研究は二酸化炭素に特化したものである。したがって残された補助事業期間内に、ここまでに蓄積した錯体合成の知見と、機能評価の技術を活かし、また本予算で整備した充実した研究環境を存分に活かして、「二酸化炭素の捕捉と分子変換」に向けて最大の努力を払う必要がある。成功することが望ましいが、失敗例をじっくり考えることも必要で、そこから生まれてくるものも数多くある。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
<p>研究申請書では「化石燃料に頼らない社会システムの構築」を目指し、研究の目標として「二酸化炭素を糖濃度で大気中より捕集し、新たなエネルギーを消費することなく高エネルギー、高付加価値化合物へと変換する」ことを提案している。そのため「多核錯体の電子的・構造的な柔軟性」を最大限に活かし、新たなシステムを構築し、1) 配位不飽和多金属反応場による二酸化炭素の高効率捕捉、2) 多金属反応場での二酸化炭素の還元、3) 光増感剤を導入した多金属反応場の構築と二酸化炭素の電気化学的還元、4) 水素発生光触媒を導入した多金属反応場の構築と二酸化炭素の水素化還元、</p>		

5) 二酸化炭素をC1源とする物質変換プロセスの開発を主たるターゲットとして研究を展開するとしている。

当初目的に掲げた二酸化炭素の高効率捕捉は様々な工夫を経て試みられているが、未だ「高効率捕捉」ではない。電気化学的還元、水素化還元ともに予備的な評価が試みられてはいるものの、順調に進展していない。二酸化炭素を炭素源とする高付加価値化合物の創製については、手つかずの状態である。

目的達成のための戦略である「多金属反応場」の設計については、本研究代表者の有する経験と、本予算による研究環境の整備、研究スタッフの努力によって一定の成果が得られている。当初計画した材料設計において、合成および構造評価は着実に進展しているが、期待した機能が発現していない。未達成課題への対応策は具体的に提示されており、進捗が期待できるが、特に支持配位子、架橋配位子を見直す部分が鍵となる対策であり、斬新なものではない。また、その配位子が及ぼす肯定的な効果についての具体的な言及がない。

東日本大震災による機器搬入の遅れがあったり、その後の挽回は思うように進んでいない。多金属骨格により二酸化炭素を高付加価値化合物に変換するという目的設定は、注目に値するが、現実には二酸化炭素を取りこんだ人口光合成サイクルの構築には、程遠い結果である。当初計画した博士研究員3名も実現せず、そのことも思うような研究成果が上がっていない原因の一つである。博士研究員の売り手市場は十分予想できたことである。研究員の雇用も含めて約1億5千万円の予算が付いたのであるから、代表者は研究員確保にもっと努力をすべきである。

当初計画では密度汎関数法による分子軌道計算を駆使して分子設計を行うことが記されているが、具体的にどのような計算結果に基づいて研究を展開したのかが不明確である。本プロジェクトにおいて理論計算はどのような寄与をしたのか、を明確にすべきである。また、電気化学的挙動を調べて、二酸化炭素の還元過程に適した反応場を構築する提案がされているが、それについての結果、およびその結果を目標達成のための研究推進にどのように利用したのかも不明確である。

研究成果を見る限り、提案書に記された研究計画・方法が、あまり達成されていない。もっと目標達成に向けて邁進する姿勢が必要である。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

多様な錯体が合成され、構造が解析され、さらに四核鉄錯体を用いて一酸化炭素をアセチレン、あるいは他の有機物へ還元する反応に成功しており、錯体合成化学的には一定の成果を上げた。いくつかの錯体に関してはこの分野の権威ある雑誌に発表されてい

て、当初期待した機能の発現はともかく、合成化学的に一定の先進性、優位性がある。研究は当初目的に則って、当初戦略に従い着実に行われているが、残念ながら現時点でブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果はない。また、当初目的の他に特記すべき研究成果は見当たらない。

純粋化学的にはケイ素-窒素-チタン三員環錯体は、イミド(シリレン)錯体の寄与があると考えられるので、興味深い化合物と言える。しかし、それが二酸化炭素を還元するかどうかは明らかにされていない。本研究課題の目的である二酸化炭素を C1 炭素源とする物質エネルギー創成という観点からすると、本研究課題の成果全体を通して、目的に沿った目覚ましい成果はない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

現状では期待した機能はほとんど実現しておらず、社会的、経済的課題の解決への貢献は見込まれない。多金属骨格を有する錯体が興味ある反応をすることが示されたことは、関連する研究分野にはそれなりのインパクトを与える。

理想的には、本研究課題において、多金属骨格、特に四核鉄錯体が二酸化炭素を還元して有用な有機物に変換できる具体的反応例を示す必要がある。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

現状では当初期待したほどの成果は出ていないが、当初計画に基づきぶれることなく研究を展開させ、錯体合成化学の点ではしっかりとした成果が見られる。最終年度の計画の進捗で一気に諸問題が解決する可能性は十分にある。

研究実施体制は本予算により整備され、現状では充実した陣容と研究環境が構築されている。今年度の研究の進捗が見込まれる。

現在の成果を基に特許出願などは困難である。論文発表、会議発表は着実にっており、研究成果の積極的な公表という観点では適切に行われている。今後さらに応用性の高い反応、高効率な反応が見出された際には、積極的に特許出願が行われる必要がある。

オープンキャンパスへの協力や学校訪問などを積極的に行っており、十分に実施している。しかし、本研究プロジェクトの内容を一般市民に分かりやすく発信しているかは、あまり明確になっていない。オープンキャンパスや模擬講義以外に、本プロジェクト独自の発信機会を設ける必要（ホームページ開設など）がある。

全体的に見て、研究計画は適切に立てられていた。しかし、実際には計画通りに進んでいない部分が多々ある。その大きな要因は、実施体制が計画通りに組めなかった点に

ある。技量の高い博士研究員数名を早期に確保して研究を推進すべきであったが、それが上手くいかなかった。いろいろな理由があろうが、研究代表者はもっと危機感をもって研究員の確保に努めるべきであった。それもあって、弘前大学機関研究を組織して、マネジメントに当たったようであるが、この機関研究が本研究課題の推進に関して上手く機能しているかには、疑問が残る。実際に参画研究者の専門（電気泳動、水素発生触媒、集積体のカプセル化、理論計算、複合系構築）が本研究課題に有効に活かされている痕跡を見ることができない。

研究課題名	低摩擦機械システムのためのナノ界面最適化技術とその設計論の構築
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	足立 幸志

研究概要:

(1) 研究の背景

省資源・省エネルギーならびに CO₂ 排出削減のために、機械のエネルギー損失の多くを占める「摩擦」の低減が重要な技術課題となっている。しかし、現在は経験的な特性評価に基づく低摩擦のための材料、潤滑剤、機械設計の個別の技術開発にとどまっており、低摩擦技術の飛躍的発展のための基礎的かつ理論的な検討に基づいた汎用性を持った開発手法が強く求められている。

(2) 研究の目標

申請者らにより考案された3つの低摩擦システムにおいて共通して見出された摩擦部での数十ナノメートル厚さの界面層（ナノ界面）に着目し、それらの自己形成機構ならび低摩擦機構を解明することにより、低摩擦を発現し得るナノ界面創製のための最適化技術と設計論を提案する。

(3) 研究の特色

摩擦部で起こる様々な挙動を反映した低摩擦発現ナノ界面の科学的解明に基づき提案する最適化技術とその設計論により、これまでの試行錯誤的な開発では不可能であった低摩擦技術の飛躍的発展を図る。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

低摩擦技術は、様々な機械のエネルギー損失の低減に直接貢献するのみならず、機械システムの高い信頼性と耐久性を保障し、その保全費の節減、耐用年数の延長による設備投資の節減などを通し社会に対する大きな経済効果が期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>超低摩擦発現に関して、低粘度流体（水）を用いたもの、不活性ガスを用いたもの、トライボコーティングを用いたもの3種類について研究を行い、その発現が可能であることを実証するという目的の達成は見込まれると判断される。研究成果は、基礎研究としては極めて先進性があると考えられる。</p> <p>この成果を基に最先端・次世代産業技術につなげるために、ラボレベルの本研究成果を具体的に応用するための目標と方法を設定し、最終年度までにその実現を目指すことが必要であると考えられる。</p> <p>論文発表、会議発表は多数あり、適切に研究成果の公表が行われていると判断される。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>3種類の超低摩擦発現の可能性は実証され、効果の安定化、さらなる特性の向上を目指しての研究が行われている。ただし、これらの基礎的研究の成果を実用化するため研究にも注力して欲しい。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない）</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>3種類の各摩擦システムで実現されている摩擦係数は、それぞれのシステムにおいて十分に優位性のある低い値であり、このような（超）低摩擦係数を実現するために本研究課題により開発・構築された各システムにおける表面創製手法並びに界面解析・分析</p>		

システムには、先進性・優位性が認められる。

不活性ガスを用いた超低摩擦発現システムでは想定していなかった現象の発見があり、当初の目的以上の成果が見込まれる。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

本研究課題による低摩擦システムは、ナノ界面の自己形成に基づくものであり、表面テクスチャ自身の機能に依存する従来の手法に比べ、低摩擦発現がテクスチャ寿命に依存しないなど、トライボロジー分野における潤滑の概念を変革するものであり、今後の実用化開発の進展により、ブレークスルー技術となることが期待される。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

東日本大震災による実験研究の遅れや、研究発展による計画変更や調達機器の変更などがあったが、研究は順調に進められている。

また、研究体制として、東北大学機械系トライボベーストデザイン研究センターを設立して、多方面からの検討・討論の環境を整えていることは高く評価される。

研究課題名	スピン波スピン流伝導の開拓による超省エネルギー情報処理デバイスの創出
研究機関・部局・職名	慶應義塾大学・理工学部・専任講師 (元 東北大学・金属材料研究所・助教)
氏名	安藤 和也

研究概要:

(1) 研究の背景

現代のIT社会を支えるコンピュータは、電子の流れ「電流」により情報の伝送・処理を行っている。しかし、発熱に伴う莫大なエネルギー損失が近年深刻な問題となっており、次世代の省電力エレクトロニクス素子実現のため、全く新しい物理原理に基づく情報処理機能の開拓が急務となっている。

(2) 研究の目標

電子の磁気の流れ「スピン流」による超省エネルギー情報演算の実現を目指す。電子は電気と磁気の2つの性質を併せ持っており、電気の流れ「電流」が金属・半導体でしか存在できないのに対し、磁気の流れ「スピン流」は絶縁体中を流れることもできる。電流の全く存在しない絶縁体中スピン流制御の開拓により、エネルギー損失を極限まで抑えた再構成可能な演算素子を実現する。

(3) 研究の特色

全世界的にみても絶縁体を舞台としたスピン流情報処理機能の開拓は皆無である。絶縁体中のスピン流が有する高い制御性を最大限利用し、エネルギー損失が限りなくゼロに近い次世代の電子情報技術を世界に先駆けて切り拓く。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

絶縁体を舞台とした超省エネルギー情報演算は、従来の素子が抱えていた発熱によるエネルギー損失の問題を根本的に解決する。これにより環境負荷の極めて小さい電子技術が実現され、省エネルギー社会実現に貢献する。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>強磁性絶縁体/金属接合におけるスピン流の授受に関連して起こる非線形効果、さらに双安定効果の発見、強磁性絶縁体からポリマー導電体へのスピン注入の実現等、強磁性絶縁体中のスピン流を利用する新しい量子情報デバイスの実現に向けて順調に成果が挙げられている。さらに、サブテーマとして、スピンプンピングを利用した強磁性金属から抵抗率の高い半導体へのスピン注入、及びその電界制御の実証をはじめとして、特筆すべき成果が挙げており、研究目的の達成に向けて研究が着実に推進されていると判断できる。今後、主テーマである強磁性絶縁体中のスピン流を用いた超省エネルギーな量子情報処理デバイス応用に向けての具体的なアイデアとその進展を期待したい。</p>		
② 目的の達成状況		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない） 		
<p>金属/絶縁体接合を作製し、スピン波の注入・検出及びスピン波スピン流の制御を施し、新規量子デバイスの構築を目指している。スピン波の注入・検出に関しては動的スピン流の生成、強磁性金属から非磁性半導体へのスピンプンピングを利用したスピン注入等順調な成果を得ている。スピン流の制御については課題があるが、交換マグノンモードと伝導電子スピン流の選択的相互作用を明らかとしていることから、物理的な一方法論として将来技術としての可能性を示すことは可能であり、活動目的達成は高いと判断できる。</p>		
③ 研究の成果		
<ul style="list-style-type: none"> ・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない） 		
<ul style="list-style-type: none"> ・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない） 		

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

強磁性絶縁体/金属界面におけるスピン流の授受に係る強磁性絶縁体のスピン流の非線型効果及び双安定マグノンスピン流の観測は先端的研究の成果として注目できる。特にスピンメモリとして、スピン流/電流変換技術のスピンメモリ等の新しいメモリデバイスとして利用できる可能性を示唆しており、先進性の高い成果と考えられる。特に当初の目的の他に特筆すべき成果として、Si を対象物質として上記の両効果を適用し、Si へのスピン流注入に成功した事、またスピン流電流変換の観測実験に成功した事例は意義深く、またグラフェンや電導性ポリマーでも、これらの効果実験を展開していることは将来ブレークスルーをもたらす可能性が大きく、特筆できる。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

物理成果は半導体及び絶縁体にもおよぶため、スピントロニクス分野が金属及び磁性材料から多分野材料へと格段の展開が可能となる。特にスピン編極・マグノン等々で多様な信号変換が可能となり、新・省エネルギー論理デバイス開発に結び付く可能性は高い。特に(伝導電子のスピン流生成に関して)関連への展開は意義深いものがある。公表論文についても14篇、招待講演11件、50件以上の引用がされており、本研究成果の質の高さがうかがえる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究実施マネジメントは概ね適切である。研究代表者の所属機関異動後での研究の迅速な構築より、やや組織としてのマンパワーには欠けるような感じがするものの、概ね良好である。

研究課題名	細胞レベルから構築した微生物サスペンション力学による藻類の分布予測モデルの革新
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	石川 拓司

研究概要:

(1) 研究の背景

藻類は地球上に広く分布し、漁業や地球温暖化、環境問題に密接に関わっている。また、藻類を利用したバイオ燃料はエネルギー革命を起こす可能性もある。しかしながら、この分野の数学・物理学による理解は極めて未熟であり、基礎理論の体系化が世界的な急務である。

(2) 研究の目標

流れ中の藻類の単一細胞に対し、走地性と走光性、遊泳能を考慮した数理モデルを確立する。このモデルを多体問題に拡張し、藻類溶液のマクロなテンソル量をデータベース化することで、大きなスケールにおける藻類の挙動と分布を高精度で予測できる、革新的な数理モデルを開発する。

(3) 研究の特色

1体の藻類の挙動、2体干渉、多体干渉の順で丁寧に実験と理論解析を行い、その成果を積み上げることで、これまで誰も到達できなかった濃厚溶液のマクロ特性を解明する、ボトムアップの手法が特色である。開発した数理モデルは、従来のモデルに比べ適用範囲が格段に広い点も特徴である。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

藻類の分布を予測する革新的な数理モデルは、環境問題や地球温暖化、食糧問題など、地球規模のさまざまな問題の理論予測を可能にし、問題解決を飛躍的に加速させる。また、藻類を利用するバイオ燃料用リアクターの性能を向上など、エネルギー問題解決への応用も期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題の当初の目的、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 静止流体中の藻類の単一細胞に対する数理モデルの確立。 2) せん断流れ中の藻類の単一細胞に対する数理モデルの確立。 3) 多数の藻類が流れている場合の数理モデルの確立 <p>について、既に1)と2)を達成し、研究成果を30編の査読付きの論文としてインパクトファクターの大きい国際学術誌に発表している点は評価できる。その中にはEditors' SuggestionsやResearch Highlightsに選ばれるなど高い評価を得ている。現在、3)の課題達成に向けて研究実施中であるが研究は順調に進められている。目的達成に向けて、このまま研究を推進していくことを期待する。</p> <p>本研究課題の成果は、藻類のみならず細菌など、他の微生物あるいは血球などの流体を流れる細胞にも応用可能であることが明らかになり、医学研究者など他領域への展開も期待できるため、この方面での研究の端緒を付けることを期待する。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>既に初期の研究目的の多くの部分が達成されており、残った目的が達成される見込みと考えられる。また、本研究課題の成果は他の分野への展開も測られている。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない）</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		

本研究課題の成果として以下の3点があげられる。

- 1) 藻類のみならず腸内細菌にも研究範囲を拡大して特異流動を発見した。(Physical Review Letters 誌に論文発表)
- 2) 微細流体流路を用いた細胞操作技術に応用し、細胞の大きさの違いによる分離法を考案した。(特許出願)
- 3) 細胞小器官の繊毛運動の機能を解析した。(Physical Review Letters 誌に論文発表)

以上より、ブレークスルーとなるうる成果が挙がっており、また、この研究から派生した細胞操作技術を基に、乳がん検診に応用できる特許申請に至った成果は当初の目的にない特筆すべき成果が挙げられている。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が(見込まれる ・ 見込まれない)

研究課題の成果は、海洋における赤潮や青潮対策のみならず、藻類からのバイオ燃料の生産などグリーンイノベーション領域での貢献が期待される。また、藻類のみならず細菌などにも応用展開できることから、将来的には医学研究への貢献も期待されるなど、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが(行われている ・ 行われていない)

本研究課題に専念する助教、ポスドク、外国人、日本人のドクター学生他のスタッフがおり、また、国際的な協力体制を組むなど、研究実施体制は、マネジメントも含めて適切である。

研究課題名	高品質バイオ燃料と高機能生理活性物質を同時製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・准教授
氏名	北川 尚美

研究概要:

(1) 研究の背景

豊富な廃棄物系バイオマスとして食用油製造工程で排出する脂肪酸油（米糠 212 万、パーム 1200 万トン/年）がある。この油には軽油代替燃料バイオディーゼルの原料となる脂肪酸と健康保持の薬理活性を持つスーパービタミンEが含まれている。しかし、既存技術ではこれらの有効成分を利用できず大半が焼却されている。

(2) 研究の目標

化学品製造プロセス構築のための学問、反応プロセス工学を活かし、廃棄油を原料として高品質バイオ燃料と健康機能物質の同時製造技術を開発する。原料の前処理や生成物の精製処理を付随させないことで余分なエネルギー消費や廃棄物排出を防ぎ徹底的な環境配慮型技術とする。

(3) 研究の特色

耐久性が高く継続利用できるイオン交換樹脂粒子に触媒と分離剤の2つの機能を発現させることで初めて原料中の油成分の燃料化と不純物成分の除去分離が同時に達成でき、前処理や精製処理が不要となる。本粒子が低濃度のスーパービタミンEを選択的に吸着できる機能も見出しており、その同時製造も可能となる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

現行燃料製造法の問題点（原料油の制約や不純物による品質低下）を全て解消できるため、その代替となって普及を飛躍的に促進させ循環型社会構築に貢献する。かつ、現在高価で利用困難な健康機能物質を安価に同時製造できるため商品化を促進させ国民の健康増進に貢献する。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>所期の5つの目標について、3つの目標が達成されており、残りの2つの目標についても今年度中での達成が期待できる。ビタミンEの回収率ほぼ100%を確認。実現ラボスケールの製造装置から100倍のスケールアップまでが行われており、設計通りの生産性が確認されている。また、メンテナンス性についても評価ができるようになっており、製品バイオディーゼルの高品質性も示されている。</p> <p>しかし、バイオディーゼルのコスト、環境性について、実用化につながる具体的な評価が不明であるので、残りの補助事業期間でこれを明らかにする必要がある。バイオディーゼルに関してはコストが実用化を決定的に左右するので、その評価は重要である。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
所期の5つの目標について、3目標が達成されており、残りの2目標についても今年度中での達成が期待できる。		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されている ・ <input type="checkbox"/> 創出されていない）		
・ 当初の目的の他に得られた成果が（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
<p>ビタミンEの回収率ほぼ100%を確認。実現ラボスケールの製造装置から100倍のスケールアップまでが行われており、設計通りの生産性が確認されなどの成果があり、反応および分離プロセスとしての先進性、優位性があり、ブレークスルーとなりうるものである。</p> <p>また、バイオディーゼルの製造方法は独自性があり、具体的な成果もある。</p>		

研究の成果は当初計画されているものに沿って上がっており、特には当初目的の他の成果はない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

食用油製造工程から排出される残渣を独自のイオン交換樹脂の利用により行えることを明らかにした。この方法は研究の関連分野、および社会的な波及効果が見込まれる。ただし、経済性の具体的な評価が待たれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

東日本大震災に見舞われ、研究遂行への支障、備品納期の遅れ、研究体制の変更を余儀なくされたとはいえ、順調に研究の成果が上がっている。また、バイオディーゼルの技術的視点からは、研究の進展に合わせた研究実施体制が作られている。

以上より、適切に研究実施マネジメントが行われていると判断する。ただし、生理活性物質の製造に関しては改善の余地があると思われる。

研究課題名	第一原理分子動力学法に基づくマルチフィジックスシミュレータの開発と低炭素化機械システムの設計
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	久保 百司

研究概要:

(1) 研究の背景

多様なエネルギーシステム・デバイスにおいて、CO₂の排出量を低減する低炭素化技術の開発が世界的に急務となっている。その実現には、機械システムにおいても、化学反応と摩擦、衝撃、応力、流体、電位、伝熱などが複雑に絡み合った現象を電子・原子レベルで理解することが必須である。しかし、それを可能とするシミュレーション手法は世界的にも開発されていない。

(2) 研究の目標

化学反応と摩擦、衝撃、応力、流体、電位、伝熱が複雑に絡み合った現象を電子・原子レベルで明らかにすることが可能なシミュレータを世界に先駆けて開発し、CO₂排出量の低減を可能とする自動車エンジン、原子力発電、燃料電池、ディスプレイの理論設計を実現する。

(3) 研究の特色

独自に考案した電子・原子レベルのシミュレーション手法を発展させることで、これまでは不可能であった化学反応と摩擦、衝撃、応力、流体、電位、伝熱が複雑に絡み合った現象を明らかにし、その知見に基づき高精度かつ迅速に低炭素化機械システムの設計を実現する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

低摩擦エンジンを実現した自動車、長期信頼性を有する原子力発電、エネルギー効率が低い燃料電池、低消費電力を実現するディスプレイなどの開発、実用化が期待できる。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>平成 24 年度までに第一原理分子動力学法に基づく 4 種類のマルチフィジックスシミュレータを開発し、それらにおいてのシミュレーションの高速化に成功している。また、実験結果との対応も定性的ではあるが十分達成されている。かなりチャレンジングな目標を達成しており、残る課題についても既に具体的な研究の進展があり目標は達成されると考える。最終年度での目標は本研究の有用性を実証するものであり、その成果は社会に与えるインパクトが大きく、目標の達成が期待される。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>既に 4 種類のシミュレータを開発し、それぞれの現象を解明というかなりチャレンジングな目標を達成しており、残る 4 種類の機械システムの設計という課題も十分達成できると考えられる。</p> <p>本研究課題の機械工学分野において電子を考慮した計算手法である「化学反応を伴うマルチフィジックス現象」の導入は世界にも例が無く、本プロジェクトで有効性が示されれば、新しい学問分野の地位を得ることになり、新たな研究分野としての進展が見込まれる。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない）</p>		
<p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>本研究課題における、マルチフィジックスシミュレータの開発とその高速化を達成</p>		

し、計算精度の検証をした。本手法を用いて、トライボロジー関連機械装置における摩擦低減、原子力発電分野における装置の安全性設計、燃料電池やプラズマディスプレイ等の高効率化設計等の具体的な技術開発課題の解決を図る所に先進性、優位性があり、課題解決のブレークスルーとなると判断される。さらに、上記の具体的な技術開発項目以外にも、種々の化学反応と機械的・電気的現象のマルチフィジックスに関連する機器の飛躍的な性能向上に関するものがあり、これらの分野にも貢献が期待できる。

当初の計画に無かった「振動励起と化学反応」のマルチフィジックスシミュレータにおいて、水とメタンを赤外光により振動励起させることで、水素を発生させるプロセスにおけるメタノール中間体の存在を明らかにしている。これは非常に重要な研究成果である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

「振動励起と化学反応」のマルチフィジックスシミュレータにおいて、水とメタンを赤外光により振動励起させることで、水素を発生させるプロセスにおけるメタノール中間体の存在を明らかにしている。これは当初の計画になかった優れた成果である。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究補助員と優秀な助教の確保し、研究実施体制の構築し、優れた成果を上げており、適切なマネジメントが行われている。

指摘事項として、「シミュレータの開発には、その計算精度の検証を実験などとの対比で十分行うことと、その後、特に重要な課題に絞って現象解明を行うことが求められる」が挙げられていた。それぞれ専門の実験研究者との共同研究を行っており、実験結果との対応が進んでいると思われ適切と判断できる。 知的財産権の出願・取得がなされていないが、本研究の成果に基づき重要な特許も出てくるものと思われ、必要性に応じて、最終年度以内の対応が望まれる。

研究課題名	高速酸素透過膜による純酸素燃焼イノベーション
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	高村 仁

研究概要:

(1) 研究の背景

二酸化炭素排出量削減のため、エネルギー利用効率の向上は喫緊の課題である。ガスタービンや溶融炉などの燃焼システムにおいて、高濃度酸素や純酸素を利用すると効率が飛躍的に向上する。さらに、排ガスからの二酸化炭素回収も容易となる。酸素透過膜では、一段で濃度 100%の純酸素が得られるが、実用には透過量の向上と作動温度の低減が必須の課題である。

(2) 研究の目標

現在、酸素透過膜では 100 リットル毎平方メートル毎分の純酸素が得られるが、この 2 倍の酸素を分離するセラミックス膜を開発する。また、作動温度を低温化する指針を探索し、純酸素燃焼の産業用途拡大を図る。

(3) 研究の特色

酸素透過膜を利用すると、現行技術よりも安価かつ小型の純酸素製造システムとなる。膜表面での酸素分子のかい離・イオン化と膜内部の酸素イオン輸送を容易にすること、さらに、薄膜技術により新たな構造体を作製することで、酸素透過量の増大と低温作動化を図る。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

現在、費用対効果の観点から酸素富化や純酸素燃焼が利用できない中小規模の焼却炉や溶融炉などへ応用が可能となる。さらに、小型・高効率酸素分離技術は製鉄プロセスや医療・食品分野でもニーズが強く、潜在的な用途を含めその応用範囲は広い。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>研究目的を的確に捉えた研究を進めており、酸素分離プロセスの効率的実現という観点から総合的に取り組み、研究計画を順調に遂行し、この分野をリードする材料を開発し、プロセス設計にかかわる知見も得ている。総合的に優れた成果を上げており、更に、幅広く情報交換や研究議論等、研究の広がりを工夫することにより、さらに研究の充実と将来性の拡大がもたされるものと考えられる。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>本研究課題は、600℃以下の温度環境で高効率な酸素透過膜を開発することであり、工業的实用性を勘案した 20 cm³/cm²/min を目標値とするとともに、低酸素分圧でも作動する高品位透過膜を目指している。これまでの研究成果から、表面装飾した2種の膜が700℃と高い動作温度において目標値に近い性能を示すことを見出し、その理論的な解釈も考察されている。また、その構造体の製法開発についても有力な手法を見出しており、実用化に向けて期待が出来る。残された課題は、実用化に必要な膜強度や耐久性、性能の安定性などであることを把握しており、所期の目的の達成の見込みがあると判断される。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されている ・ <input type="checkbox"/> 創出されていない）		
・ 当初の目的の他に得られた成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
酸素透過速度の世界的な最高値は、毎分 27cm ³ /cm ² /min であり、本研究で得られつつ		

ある毎分 $20\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{min}$ は多少低い値だが、実用性に向けた研究成果と、新しい膜の製法の研究も進展性と将来性を勘案すると本研究課題の先進性や優位性は十分にあると考えられる。

酸素透過膜の気体接触表面に関して、多孔質表面修飾の特性を把握して他の応用の道が見えてきたこと、及び、多元系緻密膜の創成などの成果は今後の関連研究に道筋を付けたものとしてブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出されていると考えられる。

酸素透過膜の多孔質表面修飾や多元系緻密膜の創成などの成果は、他のエネルギーデバイスなどの開発への可能性を秘めており、所期の目的の他に得られた成果が得られると考えられる

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

酸素ガス分離膜のみならず、固体酸化燃料電池、リチウムイオン電池などの固体におけるイオン化反応を含む物質移動過程を利用するシステムでは、表面反応の高性能化が多くの場合問題となり、反応の触媒の探索、最適形状化など本研究で示した手法とその成果は、関連する研究分野への波及効果が見込まれる。

CO_2 の排出量の低減化も常に念頭に置く必要があり、燃焼プロセスの改良も一つの大きな課題であり、ガス分離膜の重要性が指摘されており、研究成果は、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究マネジメントが実施されていると考えられる。

研究課題名	石油を代替するバイオマス化学品製造のための触媒開発
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	富重 圭一

研究概要:

(1) 研究の背景

身の回りにある多くのプラスチックや繊維は石油を原料として合成されている。脱石油資源、二酸化炭素排出抑制という観点から、再生可能なバイオマス資源から合成する方法が求められている。バイオマス資源からこれらの化学品を誘導するためには、石油系原料の酸化で製造される従来の方法と正反対である還元という方法で製造する必要がある、新しい変換技術が必要とされている。

(2) 研究の目標

セルロース類や、植物油からのバイオディーゼル副生物であるグリセリン等を効率的に高分子材料の原料となる分子へ変換する触媒反応プロセスの基盤研究の確立を目指す。

(3) 研究の特色

バイオマス由来の化学品を製造する触媒反応では、可能な反応ルートの中で有益なルートだけを選択的に進行させることが困難とされているが、ナノ構造をコントロールすることで選択的に付加価値の高い生成物を得ることを可能にする固体触媒を実現する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

本研究で作られた新しい触媒がシーズとなり、より安価で耐久性の高い実用的な触媒が開発されれば、現在石油を原料に製造されている同じ品質のプラスチックや繊維を環境にやさしいバイオマスから製造できるようになり、安心して利用できると同時に持続可能な社会づくりに貢献することが期待できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>バイオマス資源を用いて、化学工業にとって重要な中間原料を合成可能な新規ルート、新規触媒を精力的に開発し、その作用機構を解明した研究業績は高く評価できる。計画した反応のうちの約半数が世界最高レベルの選択性・収率を達成しており、多数の論文発表を行っており、成果は上がっている。</p> <p>ただ、今後、水素をバイオマス由来としたとき、必然的に水素は高価となり、コスト的、エネルギー的に優位性があるかどうかについて評価する必要がある。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>触媒の探索ならびに改良が順調に進み、当初計画していた反応開拓も、一部を除いて、進展しており、論文発表数にも表れている。一方、触媒反応機構の解明に向けた検討は、一部を除いて、さほど大きな進展があるようには見えない。</p> <p>今後の研究により、目標が達成できるものと期待できる。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input type="checkbox"/>創出されている ・ <input checked="" type="checkbox"/>創出されていない）</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>水素化、C-O 水素化分解で見いだされた触媒は、選択性・収率において現時点での最高レベルの性能を有しており、先進性や優位性はある。しかし、本研究課題の成果で見出された触媒自体は、選択性・収率において現時点での最高レベルの性能を有しているが、ブレークスルーと呼べるまでの特質すべき触媒の発見は非常に難しく、本研究課題</p>		

でもそれに至っていないと考えられる。

本研究課題で見出した触媒を用いてバイオマス以外の有機化合物の水素化反応に適用し、特徴的な反応性を見出していることは当初の目的の他に得られた成果と考えられる。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

水素化分解反応は複雑な反応機構で多彩な選択性をとるため、触媒の種類やその性質によって種々の可能性が存在し、このため選択性や収率に関連する多くの研究が必要となっている。本研究課題の成果が水素化分解の体系化研究に寄与すると考えられる。また、企業との共同研究を実施しており、研究成果は社会的、経済的課題の解決への貢献が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

平成 23 年 3 月～5 月まで東日本大震災の影響で実験の停止、また、その影響で助教・研究員の採用が遅れたが、その後は順調に進展し、研究の成果もあがっている。よって適切に研究実施マネジメントが行われていると考えられる。

研究課題名	グリーン ICT 社会インフラを支える超高速・高効率コヒーレント光伝送技術の研究開発
研究機関・部局・職名	東北大学・電気通信研究所・准教授
氏名	廣岡 俊彦

研究概要:

(1) 研究の背景

今日のブロードバンドサービスの急速な普及に伴い、今後 20 年間に 1000 倍の情報量の増大が予想されている。その一方で、光通信の伝送容量は、光パワーや光を増幅可能な周波数幅等の制約により、急速に限界に近づきつつある。情報爆発に対応可能な超大容量光通信網を実現するためには、周波数利用効率（単位周波数幅の中で伝送可能な通信速度）を如何にして増大させ、省資源化・低消費電力化を図るかが重要な課題である。

(2) 研究の目標

光の高速性だけでなく波としての性質に着目して、非常に幅の狭い光パルスを用いその高さや波の位相に同時に情報を乗せる。これらを出来るだけ短い時間間隔で詰め込むことにより、超高速・高効率光伝送技術を実現する。これにより 1 波あたりテラビット(10 の 12 乗)の伝送を 10 倍以上の周波数利用効率で実現することを目指す。

(3) 研究の特色

本方式では、電子回路の限界を超える超高速伝送を低い消費電力で実現できる。さらに、パルスの高さや波の位相を何段階にも細かく設定することにより周波数利用効率が格段に向上し、限られた周波数資源を極めて有効に利用できる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

年率 40%という情報量の急増に対応可能な大容量ネットワーク基盤技術の確立が見込まれる。さらに、ICT インフラの低消費電力化と高効率化によりグリーン・イノベーションへの貢献が期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>新たな超高速・高効率光伝送技術を実現するという目的のもと、OTDM と QAM を組み合わせたコヒーレント光伝送技術により、すでに 1.6 Tbit/s の伝送容量を従来の 10 倍以上となる 160 Gsymbol/s のシンボルレートで実現したことは評価に値する。さらに、光ナイキストパルスが、従来用いられてきたガウス型光パルスを大幅に上回る伝送性能を達成できることを実証し、超高速光伝送に最適な光パルスであることを見出したことは、本研究の大きな成果である。世界で初めて明らかにしたことは優れた成果と言える</p> <p>ただ、提案方式が、従来の並列方式に比べ低い消費電力によりグリーン・イノベーションを実現できるかを今一度考察して欲しい。</p> <p>当初の研究計画にある理論解析による評価検討や、シンボルレートと多値度の組み合わせの最適化などの研究の進捗が明確でないので、これら実用化に向けた知見の体系化などの研究の進捗が期待される。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>現在、160Gsymbol/s のシンボルを 32QAM（5ビット）の変調を行い、偏波多重との組合せで、1.6Tbit/s を実現しており、進捗状況は順調で、所期の目的の達成が充分見込める。</p> <p>実用システムの実現に向けた研究開発課題やその対応方策について明らかにすることが重要と思われる。理論解析と実験結果の整合性を明らかにすることも重要である。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		

創出されていない)
・当初の目的の他に得られた成果が (<input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)
<p>OTDM と QAM を組み合わせたコヒーレント光伝送技術により、すでに 1.6 Tbit/s の伝送容量を従来の 10 倍以上となる 160 Gsymbol/s のシンボルレートで実現したことは、本技術の優位性を示している。</p> <p>光ナイキストパルスは当初の目的にはなかったもので、従来用いられてきたガウス型光パルスを大幅に上回る伝送性能を達成できることを伝送実験で実証し、超高速光伝送に最適な光パルスであることを見出した。これは本研究の先進性を示すものであり、超高速伝送には超短光パルスが不可欠という既成概念を覆し、超高速光通信の新しい方向性を示す 1 つのブレイクスルーと言える。</p>
④ 研究成果の効果
・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/> 見込まれる ・ <input type="checkbox"/> 見込まれない)
・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/> 見込まれる ・ <input type="checkbox"/> 見込まれない)
<p>光通信における周波数利用効率向上に大きく貢献する研究成果を上げており、海外を含むいくつかの研究機関でも既に関連研究が始まっており、超高速光通信分野の進展に寄与することが期待できる。</p> <p>本研究成果によりテラビット級の高速伝送が可能となることから、基幹光通信システムの高効率化に寄与することが期待される。</p>
⑤ 研究実施マネジメントの状況
・適切なマネジメントが (<input checked="" type="checkbox"/> 行われている ・ <input type="checkbox"/> 行われていない)
<p>目的達成のための研究人員が確保されており、各研究者は高い専門技量を有しており優れた成果を上げつつある。研究実施体制は適切である。</p> <p>研究成果を積極的に特許に結び付けるよう心掛けて欲ほしい。</p>

研究課題名	窒化物半導体結晶成長の物理化学とプロセス創製
研究機関・部局・職名	東北大学・多元物質科学研究所・教授
氏名	福山 博之

研究概要:

(1) 研究の背景

窒化アルミニウムなどのⅢ族窒化物半導体は、次世代の光およびハイパワー半導体素子として注目され、世界的に開発競争が激しい研究分野である。結晶成長の観点から、素子として適応できる窒化物半導体の組成領域を拡大し、その性能を最大限に発揮させるためには、高品質窒化物基板の開発が急務である。

(2) 研究の目標

本研究では、窒化物半導体の結晶成長に起因する課題を克服し、素子としての可能性を顕在化させるため、結晶成長、物性評価および素子利用の観点から多元的な研究を進め、飛躍的な素子の性能向上を目指す。

(3) 研究の特色

本研究は、申請者の開発した新たな結晶成長技術（サファイア窒化法による高品質窒化アルミニウム薄膜の作製および熱分解輸送法によるバルク窒化物結晶の作製）をベースに結晶成長に関する物理化学的な知見を蓄積しながら、新たな結晶成長プロセスを創製するものであり、学術的にも工業的にも重要な研究課題である。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

窒化物半導体は、次世代照明、光触媒用光源や超高効率太陽電池など、環境、医療、バイオ、情報、エネルギー、ナノテク分野での応用が期待される。また、これまでのシリコンを中心とした電子デバイスに革新をもたらすハイパワー高電子移動度デバイスなどへの応用が期待されるため、グリーン・イノベーションの推進に幅広く寄与する。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>東日本大震災の影響を挽回し、研究は順調に進捗しており、当初の目的は達成されるであろうことが期待される。また、新たな共同研究や研究者のコミュニケーションを通じて、研究開発のプラットフォームの構築も視野に入れた活動を期待したい。研究の進展に伴い、①液相成長法、②スパッタ法、③パルスレーザー法の何れかに重点を絞り、新しい革新的なプロセスの確立が望まれる。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>高品質な AlN 単結晶バルク体を作製する新規のプロセス開発と高温化学熱力学に基づいた解明に関する研究であり、研究目的は明確である。東日本大震災の影響を挽回し、研究は順調に進捗しており、①液相成長法では、それまで培った熱力学的データを駆使しプロセス改善を実施し、転位や不純物元素の低減法をはかりこれに成功している。また、より高品位化が可能な②スパッタ法の適用も順調に実施されている。他大学との共同研究による③パルスレーザー法は進展が大きく、結晶成長の制御にほぼ成功している。</p> <p>試作素子の性能確認での性能未達成に対しては、新たな共同研究の実施や震災の遅れに対しても装置の設計・製作の対応を行い、目標達成に向け意欲的に取り組んでおり、目的の達成は可能であると考えられる。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されている ・ <input type="checkbox"/> 創出されていない）		

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

各種の高品質 AlN の作製膜の分析から、その性能を支配する因子が解明され、さらにその作製条件の最適化が必要なことが明らかになっており、AlN 膜の結晶成長機構で不純物酸素が果たす役割を提示するなどしており、先進性・優位性があると考えられる。

窒素ガス中の微量酸素の結晶成長への影響を解析し国際特許申請を行ったこと、新規スパッタ技術の開発に展開しつつあること、熱処理と組み合わせることで特性が向上することを発見し、知財の申請も進んでいることとブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が上げられていると考えられる。

バルク AlN 結晶の作製において、 Al_2O_3 の熱分解挙動を調べる際に、 ZrO_2 を添加すると窒素雰囲気中でも Al_2O_3 の蒸発速度が飛躍的に増大することを見出しており、当初の目的の他に得られた成果が上げられていると考えられる。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

微量酸素の結晶成長への影響や、AlN 膜の極性制御による品質を向上など、電子デバイス用基板作製分野の進展に新たな切り口を与えたことで、半導体産業はもとより、高温反応のプロセス開発や二酸化炭素排出規模の大きな金属素材産業の CO2 削減への多大な貢献が期待され、関連する研究分野への波及効果と社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究実施マネジメントが実施されていると考えられる。

研究課題名	フロン類温室効果ガス削減と省エネルギー化を両立する磁気冷凍実現のための材料開発
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・准教授
氏名	藤田 麻哉

研究概要:

(1) 研究の背景

冷凍分野では、フロン類ガス冷媒の大きな温暖化係数が深刻な問題であるが、冷媒気体の変更は省エネと安全性の両立に困難を生じる。そこで、気体が不要で高冷凍効率が期待できる磁気冷凍が注目される。室温磁気冷凍実現のためには新磁性材料の開発が不可欠である。

(2) 研究の目標

代表者は、永久磁石程度の磁場により巨大な熱変化を示す新材料を発見した。本材料を冷凍機内で十分に能力発揮させるため、冷却側から放熱側まで数十℃に渡る熱移動や、冷凍サイクル速度に追従する磁気変化など、機器要求に適合する特性制御を材料学に基づき実施する。

(3) 研究の特色

従来の磁性体における磁気の変化に伴う吸放熱は小さく、室温での冷凍動作には不十分であるため、特別な磁性材料が必要である。代表者が独自に見出した新材料を機軸とする実用的開発により、室温で永久磁石により動作する高効率磁気冷凍の具現化が世界に先駆けて進展する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

本材料開発は室温磁気冷凍の実現につながり、業務用貯蔵庫や家庭用機器、さらには電気自動車用空調など多大な波及効果を示す。冷凍機由来の温室効果ガス放出が抑止され、また、圧縮機に替わり磁石で駆動するためエネルギー効率向上による省エネ化も期待できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>東日本大震災による当初の遅れをカバーし、一定の成果を挙げ、研究は適切に推進されていると判断される。提案されている磁気冷凍が他の冷凍技術と競合していくためには、要求される材料的な特性を明確にし、それが物理的、技術的に達成可能であるかについて数値目標を示して検討する必要があると考えられる。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>所期の目標として設定された（1）高効率冷凍のための拘束動作に追従できる転移動力学挙動の解明制御、（2）熱量効果を保持した転移履歴損失の低減、（3）材料複合化に備えた熱特性プロフィール材料の指導原理確立のいずれの項目においても相当の進捗がみられ、所期の目的の達成の見込みがあると考えられる。</p> <p>磁気冷凍が他の冷凍方式と競合して使われるようになるためには、具体的に要求される材料特性が本研究により達成できたのかを判断する材料として、数値目標や達成水準のベンチマークを提示する必要があると考えられるが不明確である。最終報告書では明らかにすることが求められる。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input type="checkbox"/>創出されている ・ <input checked="" type="checkbox"/>創出されていない）</p>		
<p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>本研究課題で独自に見出した、従来の概念を覆す「磁気ジュールトムソン効果」は磁気一次相転移が組成ムラや欠陥、結晶粒界などから乱雑に一様分布することによって核</p>		

生成すると考えられてきた常識を覆し、磁気相互作用が支配的に作用することによってマクロスコピックな異方性が出現する可能性を示し、静磁気相互作用の影響を実証することは先進性・優位性があると認められる。

上記の現状までの研究成果では、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果を創出しているとは判断できない。

当初の目的の他に特記すべき研究成果はないと判断される。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

これまで静的評価しか実施されてこなかった巨大磁気熱量効果の研究分野において、動的性質の重要性を示し、磁気転移の静磁気効果が相転移に影響することを明らかにした点は関連する研究分野への波及効果が見込まれると判断される。

小型磁気冷凍機を一般的な民生用、車載用に適用する上で、本研究結果は材料面での貢献が見込まれる。この技術を現状の気体冷凍方式に置き換えることによって社会問題化しているフロン類の温室ガスの問題、省エネルギーという社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれると判断される。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究マネジメントが実施されていると考えられる。

研究課題名	太陽電池用高品質・高均質シリコン多結晶インゴットの成長技術の開発
研究機関・部局・職名	東北大学・金属材料研究所・准教授
氏名	藤原 航三

研究概要:

(1) 研究の背景

温暖化と化石エネルギーの枯渇が地球規模で問題となる中、太陽電池に対する期待が大きくなっています。現在、シリコン多結晶を用いた太陽電池が世界の全太陽電池生産量の50%以上を占めていますが、そのエネルギー変換効率は、理論限界値(28%)の半分程度(15-17%)にしか達していません。これは、基板材料であるシリコン多結晶の「高品質化」の課題が未だ解決されていないからです。

(2) 研究の目標

本研究では、独自の技術開発により、結晶粒方位、粒サイズ、結晶粒界などの多結晶組織が精密制御された従来に無い高品質なシリコン多結晶を実現します。

(3) 研究の特色

本研究で開発する技術は、シリコン多結晶の製造過程で樹枝状の結晶を成長させるという独自のアイデアをベースとしており、多結晶組織の精密制御を可能とする世界で唯一の技術です。本技術は世界中で平準化されているシリコン多結晶の製造技術にブレークスルーをもたらします。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

本研究により、シリコン多結晶太陽電池のエネルギー変換効率が飛躍的に向上し、発電コストが低減されます。太陽電池の一般社会への普及が促進され、エネルギー・環境問題の改善に大きく寄与します。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>当初の計画通り順調に研究は進展しており、特に結晶成長制御と成長機構の解明・新たな結晶評価技術の開発について、重要な知見が得られている。最終年度に予定されている変換効率の測定と、その得られた試料組織との関連性の解明、さらにそれを基にした多結晶 Si 材料の作製プロセスへのフィードバックが適切になされれば、所期の目的の達成が可能となると考えられる。</p> <p>最終的には、得られた本成果を基に低コストの太陽電池用高性能多結晶 Si の実用化へのスケールアップ、ならびに他の高機能多結晶材料の開発への展開に対する指針をより明らかとして欲しい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>提案計画に対して、結晶成長制御と成長機構の解明・結晶品質評価法の確立等予定通り重要な知見が得られている。20 cm 矩形インゴットの作製も完了済である。</p> <p>更なる結晶のスケールアップを図るための結晶成長時の温度勾配と成長速度について、明確な提案を望みたい。太陽電池としての特性評価が残るが、既に電池メーカーとの協働が出来上がっており、既に評価済の結晶の均質性とそれらの太陽電池変換効率との関連性の明確化、更にそれらをベースとしたフィードバックが適切にされることが期待でき、目的達成の可能性は高い。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が		

<p>(<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない)</p>
<p>・ 当初の目的の他に得られた成果が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない)</p>
<p>一方向成長や配向制御は多結晶材料の作製においては普遍的な技術課題の一つであり、本研究課題では大粒径結晶よりなる多結晶組織の作製と結晶中の欠陥・不純物の制御方法を実用レベルの大きさの結晶作製で実現し、その機構を明らかにしたことは高く評価できる。</p> <p>特筆すべき成果としては、本知見は、Siに限らず他の結晶材料にも通用できるユニバーサルなものである事、また、評価技術としてのCMR法では、結晶の品質パラメータと太陽電池の変換効率との相関性の予測を可能とする方法となりうる事など、当初のインゴットの成長技術の開発だけに拘らず、多結晶Si用太陽電池の材料開発上、非常に有効な技術であると判断できる。</p>
<p>④ 研究成果の効果</p>
<p>・ 研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない)</p>
<p>・ 社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない)</p>
<p>特性を制御された結晶育成技術、初期成長過程の粒サイズ・配向性・不純物偏折等は様々な材料で重要であり、これらの点をSiを通して実用サイズで明確化したことは学術・工学的にも有益となる。また太陽電池用Si多結晶体の作製技術の革新が強く望まれている中、本研究課題で得られるような低コストで高変換効率の太陽電池の実現は世界中でしのぎを削って研究・開発製造が行われている現在、社会・組織的な面でも波及効果が大きい。</p>
<p>⑤ 研究実施マネジメントの状況</p>
<p>・ 適切なマネジメントが (<input checked="" type="checkbox"/>行われている ・ <input type="checkbox"/>行われていない)</p>
<p>研究初期の東日本大震災の影響も最小限としての研究推進は、適切なマネジメントの表れと判断できる。研究の根幹となる製造法及び結晶品質評価法等の特許取得も適切に行われている。最後はメーカーによる太陽電池の作製であるが、これも協働体制ができていることから適切にマネジメントされているものと判断できる。</p>

研究課題名	究極の耐熱性を有する超高温材料の創製と超高温特性の評価
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・准教授
氏名	吉見 享裕

研究概要:

(1) 研究の背景

最も優れた高温材料であるニッケル基超合金は、融点が 1450°C 程度である。近年、エネルギー資源や二酸化炭素排出削減等の地球環境問題解決に向けて、1500°C 以上の超高温で稼働する高効率なエネルギー変換システムが求められており、そのためにはニッケル基超合金の耐熱性を凌ぐ超高温材料の創製とその実用化が急務となっている。

(2) 研究の目標

高融点化合物で強化されたモリブデン材料を新たに探査・合成し、1500°C 以上の超高温下でその耐熱性および耐熱メカニズムを明らかにすることによって、究極の耐熱性を有する新規な超高温材料を創製する。

(3) 研究の特色

冷却や熱遮蔽コーティング無しで 1500°C 以上の超高温状態で耐えうる超高温材料を、高融点金属モリブデンを使って世界で初めて提案する。大型試料の合成プロセスや超高温材料試験法など、超高温材料の研究推進に障害となる様々な問題点を先駆的超高温技術の導入により解決する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

航空機のジェットエンジンや火力発電プラントのガスタービンは、高出力化の一方でエネルギー効率が理想的なレベルから乖離し、エネルギー損失は増大する傾向にある。超高温材料の提案は、高性能な次世代型エネルギー変換システムの創成につながり、航空・宇宙産業や発電分野で大きなブレークスルーを生み出す。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>東日本大震災に遭遇する環境の下において省エネルギー化、温暖化ガス排出量削減などの社会的、経済的課題解決へ超高温材料開発と特性評価に関する研究に鋭意に取り組んでいる意義は大きい。順調な研究の進捗を見せているが、タービンブレードと加工まで目的に挙げたため、ハードルが高くなりすぎた感があり、材料組織の適正制御と加工プロセスの適正化についての微視構造分析などが進めば耐熱材料開発指針に関する有効な知見が提供できる。</p> <p>当初計画した粉末冶金プロセスによる大型試料の作製を断念し、計画案とは異なった考え方で実験方法を選択せざるを得なかったことへの対応について、一層の努力を期待する。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>研究目的が超高温材料の創成であれば、達成されていると考えられるが、必要な加工プロセスの開発までを目的に入れているため、辛目の評価であるが現状では目的達成が順調になされているとは言えない。しかし、研究目的を達成するために残されている課題への対応方策は明確になっており、所期の目的の達成は可能であると判断される。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されている ・ <input type="checkbox"/> 創出されていない）		
・ 当初の目的の他に得られた成果が（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
Mo-Si-B3元系材料などの従来材料と比較して、少なくとも高温圧縮強度において飛		

躍的に向上した Mo-Si-B-TiC 4 元系材料を創製できている点は世界に先んじた成果であり、完全な特性評価は今後の課題ではあるが、良好な高温圧縮強度、破壊靱性を有することが示されており、先進性・優位性を有しており、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出されていると判断される。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

試作に成功した Mo-Si-B-TiC 4 元系材料は、4 相からなる新規な微細構造を呈しており、優れた高温強度特性を有し、耐熱材料開発分野において新しい研究分野を提供することが期待でき、関連する研究分野への波及効果が見込まれる。

新しい耐熱材料の創製を目指す本研究の成果は、省エネルギー化、温暖化ガス排出量削減などの社会的、経済的課題の解決に大きな貢献ができるものであり、波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的を達成するための今後の主な課題は、試作材の高温引張クリープ特性の評価ならびに高温強度や破壊靱性特性評価の精緻化ならびに拡充などが考えられる。

研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究マネジメントが実施されていると考えられる。

研究課題名	グローバルマルチスケールモデルによる無機－有機－地圏環境の強連成評価
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・准教授
氏名	石田 哲也

研究概要:

(1) 研究の背景

人間活動の範囲が地球規模に広がる中で、人々の安全・安心な生活を支えるために様々な用途で地下空間の利用が進められている。一方、生物多様性や生態系を守るために、土壌や地盤といった地圏環境を良好に維持することは非常に重要である。

(2) 研究の目標

本研究は地下空間における様々な自然現象および人工建造物の状態や動きを表現する数値解析モデルを組み立て、短時間で起こる建造物や土壌の安全性評価から数万年スケールの長期で発生する地球規模の環境問題に至るまで、計算機上で正確に再現することを目標とする。

(3) 研究の特色

ミクロな世界で繰り広げられる微生物の活動や物質移動・化学反応と、人間の生活圏や自然環境を含めた地球規模の空間を直接結び付けて評価するモデルであるため、地下空間で繰り広げられる様々な現象を一括して解くことができる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

人間活動による環境汚染の影響を評価し、その対策方法と効果を定量的に検証することができるため、現在土壌汚染対策が進まない用地の再生が可能となり、大きな社会的・経済的価値が生まれる。また地下の二酸化炭素貯留技術や放射性廃棄物格納施設の超長期安全性を評価することが可能となり、低炭素社会に向けた大きな課題の解決につながる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題は、物理化学モデルと生化学モデルに基づき、地球環境評価、二酸化炭素地下貯蓄安定性評価、地上・地中インフラ施設の耐久性予測を一括して扱うグローバルマルチスケール解析統合モデルの構築を目的としている。この統合モデルは世界に類のないシミュレーションを可能とすると評価できる。</p> <p>しかしながら、採択時の研究計画書の研究目的の中に重要な研究項目として示されている「微生物生化学／有機物分解反応モデル」が、毎年の研究計画、実施状況報告書の中で全く示されていない。また、この点に関連して、本研究開始以前の項目として記載されている堆肥化プロセスに関するタイ・タマサート大学との共同研究が本研究課題でどのように進展したかも不明である。の成果のみが実施状況報告書（追加調査票）で記述されていることは、極めて不適切である。</p> <p>本研究課題の予算を用いて行われたこの研究項目に関する成果を明示し、最終年度でそれをまとまりのあるものにすべきである。仮にこの項目に関して独自の成果を示すことが困難であるとしても、微生物的な要素をモデルに組み込むことは必須であろう。</p> <p>このように、「微生物生化学／有機物分解反応モデル」が不明確であることから、「無機—有機—地圏環境の強連成評価」の視点から本モデルがどのように連成しているかが不明確と感じられる。目的に沿って体系的に位置付けるとともにその検証の蓄積が必要であろう。</p> <p>なお、モデルにおいては、理論的根拠に基づく部分、理論的根拠のない近似あるいは仮説に基づく部分、などが明示されるようになると本統合モデルの信頼性や適用範囲が評価しやすくなると期待される。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（□ある ・ ■ない）		
<p>本研究課題の主題であるマルチスケール・マルチケモフィジックス数値解析プラットフォームの構築については、研究が順調に進捗し、所期の目的が達成されると見込まれる。また、「六価クロムのコンクリート中での安定性と土中への拡散問題」、「二酸化炭</p>		

素地下貯留施設の安定性評価」、「地中あるいは陸上構造物の飛来塩分に伴う塩害発生メカニズムの解明」等の個別のテーマについても具体的な目標が設定され、順調に研究が進捗して所期の目標が達成されると思われる。

一方、採択時の研究計画書では「微生物生化学／有機物分解反応モデル」が重要項目の一つとして位置づけられていた。しかし、この項目についてはほとんど研究が行われていないと判断せざるを得ない。当初計画では、平成 24 年度に本項目について実験研究とモデル化を進めることになっていた。しかし、平成 24 年度の計画書にも、平成 24 年度の実施状況報告書にも一切この項目が記載されていない。さらに、最終年度である 25 年度の研究計画書にも一切記載されていない。これらのことから、この「微生物生化学／有機物分解反応モデル」を研究項目として実施する意図がない、あるいは放棄したと理解せざるを得ない。

しかしながら、これらの研究は「当初の予定通り・・・成果を上げつつある」とされており、例えば、共同研究先であるタイ・タマサート大学で行った研究成果が示されている。内容から判断するとこれは堆肥化である。当初の研究計画では、「これまで・・・堆肥化の開発を行ってきた。これに対して本研究ではバイオレメディエーションを対象とする」と記載しており、堆肥化は過去の研究であり今回の研究対象とはなっていない。また、堆肥化とバイオレメディエーションは全く別のプロセスである。それにもかかわらず、堆肥化が今回の研究の成果として示されていることは不適切である。さらに、22, 23, 24 年の実施状況報告書を見ても、このような共同研究が本予算で行われたとの記述は全く見られない。バイオレメディエーションについては報告書の内容も全く具体的でない。「微生物生化学／有機物分解反応モデル」部分については、本予算を用いて独自の研究として行われたことを示す事項は示されていない。従って、本研究の予算によって「微生物生化学／有機物分解反応モデル」においてバイオレメディエーションに関する研究が多少であっても行われたものなのか不明である。

もし本項目に関する研究が行われていないのなら、独自の成果を出す形でこの「微生物生化学／有機物分解反応モデル」の研究項目を達成することは極めて困難と思われる。何らかのやむを得ない理由でこの項目の研究が行い得ないものであったのなら、次善の策として、最終年度において、この微生物的な要素をモデルに組み込むための努力を最低限するべきであろう。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

一つのプラットフォーム上に、ナノスケールからキロメートルスケールをカバーする 20 の支配方程式、数十の材料化学、熱力学、地球化学、力学モデルを備え、それらの

相互連成を考慮して、若材齢時の個体形成から、超長期の地圏環境を含む構造物の性能予測を可能とする本システムは、先進諸国にも見られない先進的な技術である。

材料組成、構造諸元、地盤条件、施工条件、環境条件などを入力するのみで、時々刻々変化する構造性能と地盤環境を予測する本システムは、検証と経験を蓄積すれば、社会基盤に関わる技術を変革する潜在力を有すると考えられる。

ただ、スケール横断的なだけでなく、物理プロセスから微生物プロセスまでを含むという当初の意欲的な発想が期待されたが、「微生物生化学／有機物分解反応モデル」部分が欠けていると思われることは期待外れである。

なお、超臨界 CO₂ に暴露したセメント系材料の圧縮強度が通常のものに比べ 2 倍強になることを副次的に見出した。これは新材料開発につながる可能性がある。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

構造物の性能や地盤環境に対する相互に連成する多数の影響要因を取り入れたモデル、数値解析システムは国内外になく、学術、技術の体系化に大きく貢献すると期待される。しかし、「微生物生化学／有機物分解反応モデル」部分が欠けていると思われる点は、今後の波及効果が限定されると考えざるを得ない。

また、本補助事業期間終了後も作成した数値解析プラットフォーム構成要素の高精度化や適用範囲の拡張のため、解析結果と実現象との整合性の検証を積み重ねていく作業を行う必要があると考えられる。これが首尾よく進み、高精度化が実現されれば、社会資本形成にかかわる構造物の社会的および経済的な諸課題の解決に大きな貢献が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

専門知識を有する補助者を 3 名雇用するとともに、国内外の関連する分野の専門家と連携しており、実施体制も整っていると思われる。

助成金は人件費、分析機器、旅費等に活用されており、研究目的、国内外の連携者を考慮すると有効に使われている。

しかしながら、目的として掲げられている「微生物生化学／有機物分解反応モデル」を無視する形で最終年度までの研究計画が立てられ、実行されていると見られる点は不適切である。この項目が達成できていないことに対して研究実施体制を変更した形跡は見られず、今後の適切な対応が求められる。

研究課題名	レアメタルの環境調和型リサイクル技術の開発
研究機関・部局・職名	東京大学・生産技術研究所・教授
氏名	岡部 徹

研究概要：

(1) 研究の背景

現代のハイテク産業や省エネルギー（・グリーン）産業はレアメタルなしには成立し得ない。我が国は多量のレアメタルを使って世界最高性能を誇るハイテク・省エネ製品を世界に供給してきた。しかしながら、国内のレアメタル鉱物資源はほとんどなく、その多くはごく限られた国に偏在する。レアメタルの継続的かつ安定的な入手は、我が国の産業競争力や安全保障にとって極めて重要となっている。

(2) 研究の目標

本研究では、レアメタルの環境調和型の新リサイクル技術を開発し、さらに、レアメタルの循環利用を基軸とする材料科学の推進を目指す。当該分野の若手人材の育成も行い、世界をリードするレアメタル研究の国際的な最先端研究拠点を築き上げる。

(3) 研究の特色

ハイテク製品中に含まれるレアメタルの中には、無害化処理にコストがかかり、廃棄すると環境を破壊するものも多い。本研究では、レアメタルを抽出して循環利用する環境調和型の新プロセス技術を開発し、レアメタルのリサイクルによるグリーン・イノベーションを推進する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

「産業のビタミン」と呼ばれハイテク・省エネ製品には欠かすことのできないレアメタルの環境調和型リサイクル技術の開発を通じて、世界に通用する研究者や技術者を育成する。さらに、今も世界のトップランナーであるレアメタルのプロセス技術の研究分野を一層発展させ、世界に先駆けて高度な「資源循環技術立国」の実現を目指す。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題が目指しているレアメタルリサイクルプロセスの開発という目的は明確であり、社会的にも経済的にも望まれている分野である。新しい環境調和型のリサイクルプロセス開発の指針を示したという成果が認められる。</p> <p>しかしながら、個別独立的なテーマが多く、総花的にみられる。また、今回の研究開発の対象となっている要素技術が、環境調和型リサイクルやコンビネーション型のリサイクルプロセスの概念の中でどのような位置付けとなっているか試薬レベルの基礎実験からは分かりにくい。今後、塩化物廃棄物等を利用することで、本来のスクラップコンビネーション型のプロセスの実用化が期待される。さらに、関連技術との関連からも、純度や品位といった最低限の達成目標の設定が必要であり、最終報告時においてこれらの点を具体的に説明することが望まれる。また、レアメタルのリサイクル技術を学問的にとらえ、実用的な新しい概念を提案している点では評価できるものの、プロセスのほとんどが熱力学に依存しており、学術的な新しさに欠けるきらいがある。単にプロセスを開発するだけではなく、学術的な新しさを追求する研究を望みたい。このため、最も顕著な成果に関する説明を強調して示されることを期待する。</p> <p>研究成果の公表の点では、数多くの受賞実績は評価されるものの、一流の国際雑誌への論文掲載が貧弱であることが問題である。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（■ある ・ □ない）		
<p>レアメタル等の金属のリサイクルプロセスを開発するという目的は明確であり、我が国が必要とする具体的なレアメタルをターゲットとし、環境保全と資源戦略の両方の観点から、新しい環境調和型のリサイクルプロセスを開発する手法も明確である。本課題で実施している4種類のリサイクルプログラムはいずれも重要な技術であり、取り組んでいる要素技術の方向性を示す意味においては、目標の達成が見込まれる。</p> <p>しかしながら、個々のリサイクル技術は独立したプロセスとなっており、相互の関連性はあまり期待できない。目標についても、対象物質は絞り込まれているが、それぞれ</p>		

のプロセスで目指している純度、品位などの目標値が示されていないことから、進捗状況の判断が困難である。また、プロセスのほとんどが簡単に熱力学で予想できるものであり、学術的な新規性にやや欠ける感がある。単にプロセス技術を開発することを目的とするのではなく、学術的な新規性を追求することも望みたい。

なお、貴金属のリサイクルプロセスを開発するため、当初はスクラップコンビネーションという概念が提案されていた。しかし、その概念に基づく研究成果が見られない。研究対象は広く、環境に調和したプロセス開発という観点では一貫性があるが、研究手法が総花的であり、それぞれのプロセス開発が場当たりの印象を受ける。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

貴金属の塩化処理によるリサイクルプロセス技術開発は、まだ基礎段階であるものの今後の実用化が期待できる。研究代表者はフィージビリティも考慮した大型設備処理を目指しており、この分野では先進的で優位性が高い。環境調和型リサイクルやコンビネーション型のリサイクルプロセスの概念は、これからの資源開発やレアメタルの開発における有力な方向性を提示しており、優位性もあると考えるが、取り組んでいる要素技術の目標値や品位が示されていないことが残念である。

また、当初はスクラップコンビネーションという概念が提案されていたが、その概念に基づく貴金属のリサイクルプロセスの研究成果は試薬を利用したモデル実験にとどまっている。今後、実際のスクラップを利用したフィージビリティスタディの成果を期待する。

なお、実用化という観点では本事業の成果は期待できるが、ブレークスルーに値する学術的な研究成果が見えない。様々なプロセスを提案しているが、それらの学術的な意義が小さいと思われる点が残念である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

リサイクルプロセスに関する多くの提案がなされており、この成果は企業化や現プロセスの改良につながると期待され、その観点から当該分野に対する進展効果があろう。しかし、それは実用化に関する寄与であり学術的な寄与があまりない。ただ、本事業が環境調和型のリサイクルプロセスの可能性を示したことの意味は認められる。

日本における資源戦略上、枯渇資源、有用金属の都市鉱山からの回収利用は急務の課題である反面、十分な研究者がいる状況ではない。我が国の金属資源の貧弱さを補ううえで、環境保全と資源戦略の両方の観点から、レアメタルなどの金属資源を効率良くリサイクルする環境調和型技術の開発は意義がある。

一方、様々プロセスの可能性を提案していることは、今後の新しいリサイクルプロセスの実用化へつながる可能性があり、社会的、経済的課題の解決への貢献が期待できる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（□行われている ・ ■行われていない）

本研究遂行上、個々のリサイクルプロセスの開発に取り組む実質的な研究遂行者が少ない。4種類のリサイクルプロセスの開発に対して研究遂行者は5名であり、大学院生が主力メンバーでは実施体制が必ずしも十分とは言えない。

また、指摘事項としてあげられている「総花的でスクラップコンビネーションの概念が明確ではない」への対応は十分といえない。研究手法は総花的なプロセス開発が中心であり、基礎的な研究が貧弱なままである。また、「査読付き論文の発表や特許申請などにも更なる努力を期待する」との対応も不十分である。受賞がある点では評価された研究課題といえるものの、査読付き論文の公表が少なく、特許の申請も1件にとどまっている。今後こちらにも力を注いでいただきたい。

研究課題名	プラズマプレー-PVD をコアとする次世代 Li イオン電池 Si 系ナノ複合負極開発
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・准教授
氏名	神原 淳

研究概要:

(1) 研究の背景

スマートグリッドを始めとする次世代社会基盤の中核を担う技術とされる Li イオン電池には、現行電池の更に 1 桁以上高い電池容量が求められる。電池電極にナノ複合材料を利用することで実現に近づくと期待されるが、産業展開上、これらナノ複合電極を産業移転が容易な技術にて実現することが重要となる。

(2) 研究の目標

Li イオン電池の高電池容量化と高電池充放電サイクル化を両立しうる、Si ナノ複合粉末負極材料の開発を目標と定める。また、用いるプラズマ中の高温ガス共凝縮過程と粒子成長機構の解明を通じて、ナノ粒子製造とナノミクロ複合構造化を同時に実現するプラズマプロセスを提案する。

(3) 研究の特色

高スループット技術でありながら、プロセス変数が多く様々なナノ粒子複合化が可能である。また、冶金級金属 Si (純度 99%前後で 1\$/kg 程度の廉価原料) の利用が可能であり、低コスト化が期待できる。更に、重工業分野での基盤技術を基礎としており、プロセスの産業移転が容易である。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

次の負極材料とされる Si₀ を用いた Li イオン電池の初期効率向上と高容量化の課題を解決する。また、当該プラズマ技術が適用対象ではなかった太陽電池を始めとする電子材料分野での、ナノ粒子製造技術や Si 高純度化技術として、新デバイス・材料開発に寄与するものと期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>プラズマプレー技術の高度化を通して Si 系ナノ複合粒子の製造法を確立し、作製した電極微細構造の放充電時の変化に関連した電池特性への影響などを系統的に調査把握している。原子状に分解した高温蒸気の急速凝縮を通して、多元系複合ナノ粒子を高効率で製造すること、その際材料組成と構造組織を制御する本法の根幹過程を解明できたことは評価できる。得られた知見に基づき電池特性を向上させ得るナノ複合粒子を開発して、研究当初に設定した Si 系電極材料による Li 電池特性の目標値を達成していることから、本研究は全般的には順調に進捗していると判断される。一方、この3年間に一編の学術雑誌の掲載（投稿）論文が無いことは遺憾である。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>プラズマプレー技術の高度化を通して Si 系ナノ複合粒子の製造法を確立し、作製した電極微細構造の放充電時の変化と関連した電池特性への影響などを系統的に調査把握しており、得られた知見に基づき製造したナノ複合粒子を含む Si 系電極材料を用いることによって、研究当初に設定した Li 電池特性の目標値を達成しており、平成25年度の研究が進捗すれば、所期の目的の達成の見込みがあると判断される。</p> <p>プラズマプレー技術に関しては、水冷式ナノ粒子捕集機構の導入、プラズマ密度の変化を試みているものの顕著な変化は見られず、プラズマ条件の解析が重要と思われ、研究目的を達成するために残されている課題への対応方を急ぎ進める必要がある。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input type="checkbox"/>創出されている ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）</p>		

創出されていない
・ 当初の目的の他に得られた成果が (<input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない)
<p>プラズマプレーの急速冷却によって Si 系複合ナノ粒子の製造を約 10g/min (~ 0.5kg/hr) で達成できたことは大きな成果であり、今後は他の多くの複合系ナノ粒子の製造に対しても本法が適用できるかを調査し、更なる高機能性を有する複合粒子製造が可能かどうかを調査することが期待され、技術等に先進性・優位性があると判断される。</p> <p>今日までには、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出されているとは云えない。</p> <p>原子状に分解した高温蒸気の急速凝縮を通して、多元系複合ナノ粒子を高効率で製造し、その組成と構造組織を制御し得る本法の根幹過程を解明できたことは評価でき、当初の目的の他に得られた成果はがあると判断される。</p>
④ 研究成果の効果
・ 研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/> 見込まれる ・ <input type="checkbox"/> 見込まれない)
・ 社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/> 見込まれる ・ <input type="checkbox"/> 見込まれない)
<p>プラズマプレーによるナノ粒子が期待通りのコア-シェル構造を形成していることから、制御可能なプラズマ条件の解析を十分に行い、また多元系化を進めれば、関連する研究分野への波及効果が見込まれる。</p> <p>各種材料に対してプラズマプレー法を適用して、それらの高温蒸気の急速凝縮に伴うナノ構造の制御技術は、粒子系材料だけに限らず、また他の種々の複合材料に対して、また他の構造体を実現する可能性あること、安価な低品質 Si からでも高品質 Si と同等の性能が得られること、また、現用の黒鉛負極材よりも数倍以上の電気特性が期待されことから社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。</p>
⑤ 研究実施マネジメントの状況
・ 適切なマネジメントが (<input type="checkbox"/> 行われている ・ <input checked="" type="checkbox"/> 行われていない)
<p>研究目的の達成に向けて研究計画は不適切な部分があるが、研究実施体制、助成金は有効な使用、指摘事項への対応状況は適切である。また、国民との科学・技術対話の実施状況は行われているが、国際会議等での口頭発表は積極的に行われているものの、論文としての発表、知的財産権の出願もなく、本研究へのエフォート 50% を考えると不十分である。以上のことを勘案すると研究の適切なマネジメントが行われているとは判断できない。</p>

研究課題名	超高性能ポリマーエレクトレットを用いた次世代環境振動・熱発電システムの開発
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・教授
氏名	鈴木 雄二

研究概要:

(1) 研究の背景

「エレクトレット」は電荷を半永久的に固定させた絶縁体であり、環境に存在する低周波数振動からの発電に極めて有効であることが近年明らかにされている。しかし、エレクトレット膜中に電荷が保持される機構の解明やその機構に基づいた表面電荷密度の改善の試みはこれまでほとんどなかった。

(2) 研究の目標

ナノクラスタへの電荷の局在機構解明とその知識を用いたエレクトレットの大幅な性能改善、耐液性の獲得を目指す。そして、それを用いた環境振動、非定常温度変化からのマイクロ発電システムを構築するとともに、波力発電への適用可能性を明らかにする。

(3) 研究の特色

3次元ナノ構造を持つポリマー材料を用いて、高電荷密度かつ液体中で動作可能な新しいエレクトレットを開発することにより、電磁誘導より高出力な静電誘導発電が実現可能となるとともに、温度変化から発電し BiTe などの重金属を不要とする熱発電デバイスが構築できる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

10年程度保守無しに橋や航空機などの構造物の健全性を監視する無線センサー用電源や体温を用いたウェアブルデバイス用電源への応用、電磁誘導発電の2倍以上の出力密度が得られる波力発電システムの実現により、直接・間接的な環境負荷低減への貢献が期待できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>研究代表者は、エレクトレットを用いた静電誘導発電に関する研究を長年実施してきており、Power MEMS 分野で世界的に評価されている。その経験をもとに当該研究課題では3次元ナノ構造を持ち、耐液性を有する超高性能エレクトレット膜の開発を提案し、着実に成果を上げている。また、それを応用したエレクトレット応用発電デバイス開発についても研究開発が順調に進展しており、無線センサネットワークの電源への応用等、グリーン・イノベーションへの貢献が期待される。ただし、計画当初に掲げた目標性能の実証については最終年度の成果を待つところが大きい。予想に反して期待する性能が得られなかった場合の対応方をあらかじめ検討しておくことが望ましい。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>エレクトレットを用いた発電システムの開発に向け、必要な基盤的知識やプロトタイプ、さらにはその性能評価手法等が整備され、グリーン・イノベーションに向けた技術的な指針が示されるという意味で、所期の目的の達成が見込まれる。一方で、数値的な目標として設定した発電性能については、その最終的な実証デバイスの試作・評価が平成25年度に実施される計画であり、現時点で見込んでいる性能向上については今後の進展によるところが大きい。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		
<p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない）</p>		
<p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p>		

研究代表者は、エレクトレットを用いた静電誘導発電に関して世界的先駆けとなる研究を推進しており、現在、PowerMEMS 分野を牽引している。特に、真空／遠紫外光を用いた高速荷電技術は実用的な高性能発電デバイスへの応用が期待できる。また、フッ素樹脂にナノ構造体を埋め込んだエレクトレット膜開発は、今後の高発電出力デバイス開発に貢献が予想される。

MEMS 構造を有する振動発電器を着想して、プロトタイプを製作しており、比較的大きな電圧出力が得られることを確かめている。この成果をさらに改良することによって、性能向上に向けた大きなブレークスルーをもたらさう。

産業応用上、優位であることが予想される単一ウェハから作製可能な発電デバイスについても別途提案しており、実際に試作や理論検討を進めている。

さらに、単一ウェハから構成できる櫛歯型発電器、ハニカム樹脂ばね構造をもつ圧電ポリマー型発電器の開発は当初の目的を超えた成果であり、高く評価できる。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

エレクトレット膜研究に関しては、新しい高速荷電法やナノ構造を埋め込んだポリマーエレクトレット膜の開発等、実用的な超高性能デバイス開発への応用が期待される。また、エレクトレット応用発電デバイス開発についても高性能振動発電デバイスの実現や新しい非定常熱発電デバイス等を実現し、実用化の可能性を確認するなど、当該分野の進展に寄与している。

提案されたエレクトレット発電デバイスは、インフラモニタリング等で実用化が期待される無線センサネットワークの電源として用いることが可能で、既存システムへの電池の代わりに使用することで省エネルギー機能の付加や電池の廃棄量削減などでグリーン・イノベーションへの貢献が期待される。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて着実に研究は進められており、その実施体制やマネジメントも適切に行われている。助成金についても、主として本課題に必要な装置類の導入に使用されており、有効に活用されている。さらに、指摘事項に対しては、対応する検討を十分に進めており、性能向上への指針を得るとともに、産業界とも連携して実用化に向けた努力を続けている。

研究課題名	セルロース・マイクロフィブリル(CMF)の革新機能の開拓とイノベーションの創出
研究機関・部局・職名	東京工業大学・大学院理工学研究科・教授 (元 東京大学・先端科学技術研究センター・准教授)
氏名	芹澤 武

研究概要:

(1) 研究の背景

木や草などに多く含まれるセルロースは、地球上で最も豊富に存在する有機物である。天然のセルロースは、ナノ（10億分の1）メートルの直径をもつ細長い繊維のかたちをしている。最近、我々は、このセルロース繊維にペプチド（アミノ酸がつながった生体由来の有機物）が張り付くと、その場でペプチドが分解される新しい現象を見つけた。温和な水溶液中でおこる予想外の化学反応であり、世界初の発見である。

(2) 研究の目標

セルロース繊維による様々な有機物の分解反応を解析することにより、その分解メカニズムを明らかにする。さらに、有機物を最もよく分解するセルロース繊維を天然から探し出し、最適な精製方法を確立する。最終的には、水に混入した人体に有害な毒素、ウイルス、大腸菌をセルロース繊維により分解、除去する。

(3) 研究の特色

セルロース繊維は、環境低負荷なプロセスにより、容易かつ安価に大量調製できる。有害物を分解するというセルロースの革新的な機能を最大限に活用する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

真水の安定供給は、近い将来、地球規模で解決すべき最重要課題のひとつである。セルロース繊維を素材として濾過装置を作製すれば、無毒化された水が簡単に得られる。これまでに例のない日本発の水処理技術が開発できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>非常に先進性および独創性の高い研究成果を生み出しており、関連研究領域における今後の進展と産業応用上の波及効果が高いであろう。</p> <p>しかしながら、総合評価が中位の「当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる」であること理由は、端的に「CMF 触媒活性サイトの解明（メカニズムの把握）」に掛かっている。本研究課題での最も難しい点であるが、この解明に成功すれば、基礎および応用の両面で、格段に飛躍するであろう。研究計画全体と進捗状況のバランスを考えながら、この「解明」についてのさらなる注力が必要である。</p> <p>論文発表が現時点で非常に少ない。基礎的な研究成果の学術誌への積極的な公表が必要である。国民との対話についても、研究成果を新聞、一般誌等で積極的にアピールする必要がある。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>当初の研究目的は、CMF の触媒活性機構の解明とともに、他の結晶性多糖も含めた触媒作用の一般性および汎用性を確立し、環境問題やバイオ応用に資する CMF に関連した次世代イノベーションを創出することにあつた。すなわち、基質の構造、CMF の由来・結晶構造・調製方法、反応条件の影響に関する知見を得ることであるが、順次研究成果として得られており、研究の進捗状況は順調である。</p> <p>目的達成のために必要とされる反応機構の解明については、他機関の協力を得て分光学的手法で解明する計画と反応中間体の捕捉計画が示されている。さらに、CMF を利用した次世代イノベーションの創出に必要な研究成果については、適切な企業と協力して推進する計画が示されている。</p> <p>所期の目的達成については、最終年度（平成 25 年度）の研究成果、特にイノベーションに繋がる成果（金属捕捉、キチンへの展開等）が重要となる。最終年度に残された課題に関して、何を実施するのかについて計画が示されている。</p> <p>指摘のあった項目 1)「CMF 表面の触媒活性サイトの同定」については、基質構造</p>		

を変えて、生成する中間体を捕捉して、触媒活性サイトの解明を行う研究計画だが、そもそも触媒活性機構が基質構造には依存しないという暗黙の大前提がここにはあり、すなわち、基質特異性について（換言すれば、触媒を特徴付ける反応速度定数の増加、活性化エネルギーの低下とともに重要な反応選択性についてである）、果たしてこの仮定が妥当であるかは慎重に考慮しながら進めるべきである。本事業の申請の端緒になったオリゴペプチドの加水分解から、触媒活性サイトを解析する道筋もある。当時用いたオリゴペプチドの加水分解サイトは複数考えられたが、2種類のアミノ酸残基からなる「モデルオリゴペプチド」を合成しての解析は現象を単純化し、解析を容易にするであろう。振動分光測定の共同研究は、非常に有効であると思われるので是非推進すべきである。さらに、物性物理学や構造生物学で用いられるような高輝度コヒーレント光源を用いた帯域の広い分光手法の採用や計算科学を専門とする研究者との共同研究も視野に入れるべきである。

また、CMF は結晶性繊維であり、結晶構造あるいは結晶固体表面（固-液界面）における触媒活性サイトという視点も必要と思われる。結晶内セルロース分子との相互作用や固体表面での吸着水分子との水素結合の影響などである。

指摘があった項目2)の量産化や用途開発には、民間企業との共同研究が必須で、大学の研究グループだけでは立ち行かない。また、申請時の研究計画には無い項目「CMF触媒の支持体への固定化」が平成25年度計画書にはあり、重要な実施項目であることは理解できるが、用途開発の例証を示すためにも、具体的項目の目標設定（絞り込み）が重要である。既に、病原性細菌やカビの不活性（無毒化）に向けたCMFの活用を日油株式会社と開始したことは、今後期待できる。

反応機構の分子レベルでの解明については、共同研究により分光学的方法で検討することが示され、現在検討中である点、異なる基質で中間体を捕捉する試みが行われる点が示されているので、対応策については明確である。また、CMFの医療用フィルターや水処理剤としての利用の可能性を検討するため、企業と秘密保持契約して、活性試験を始めている点が示され、課題への対応策も明確である。総じて研究計画とその対策は、妥当である。ただ、金属の捕捉やキチンへの展開についての対応策は示されていない点が指摘される。また、①分光学的手法によるCMF表面の制御機構の解析や②安定な反応中間体の捕捉と構造解析についての、具体的なアプローチについての研究計画が提案されていない。

以上より、全体的に見て、所期の目的の達成は可能と見込まれる。

ただし、以下の点に注意が必要である。

- ・ 新たなイノベーション創出の基になる産業応用面での基盤研究はこれからと感ぜられる。様々な可能性を秘めたCMFの応用展開の中で、ここは具体的目標を絞り込んだ方が良い。
- ・ CMFを用いたモデルエステル基質の加水分解については、目的通り進んでいるが、活性サイトの解明や触媒活性メカニズムについては、停滞している。
- ・ イノベーション創出を目指す分野である、細菌・ウイルスの不活性化や水処理への利用についての研究例は少なく、更なる注力が必要である。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

天然高分子由来の CMF は豊富にあるものの、これまでは必ずしも高付加価値な機能性材料としての利用のされ方はなかった。この天然物から抽出した CMF に加水分解触媒活性があることを初めて見出した例であり、触媒材料として有用性を明らかにしたこと、更にそれらがモデルウイルスタンパク質を不活性化できる成果を有していることから、ウイルス一般への適用の可能性を秘めており、この研究成果は先進性や優位性がある。

また、基質特異性についても、各種の低分子物質からオリゴペプチド、コートタンパク質までと幅広く、グアニジンや尿素による前処理で触媒活性の制御も容易であり、この CMF には触媒としての特徴ならびに優位性がある。

天然物から抽出した CMF がタンパク質を効率よく加水分解できる触媒活性を有し、しかも繰り返し使用可能であることが示され、バイオマスの新しい可能性を示したことでブレークスルーと呼べる研究成果が創出されている。当初の研究目的・計画では、おそらくそれ程議論されていなかった研究項目であるが、「不斉加水分解反応への展開」が挙げられる。すなわち、同一のアミノ酸残基でありながら、光学異性体間での加水分解速度が異なることを見出したことは、今後の研究展開および応用上の波及効果の観点から、特記すべき研究成果である。

当初目的とされた研究成果が、研究推進において順次得られているのみで、予期しない結果から新たな研究テーマとなる課題は現時点で得られていない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

CMF における加水分解触媒活性が解明されれば、セルロース化学の更なる発展、触媒分野への寄与、バイオマスの新しい利用方法の創出へとつながると期待されるので、関連する研究分野の進展への寄与が見込める。キチンなどの他の結晶性多糖も含む天然高分子における全く新しい触媒機能の発現という未踏分野の開拓に繋がる。同時に、CMF の触媒活性は CMF を利用した複合材料や生体材料への適用に新たな課題を示唆しており、別の意味でのこれらの研究分野の進展も図れる。また、この触媒反応機構の詳細な解析は水分子が関与した有機結晶固体表面反応について重要な知見を与えるものである。さらに、殆どが無機・半導体系である触媒材料分野にあって、「有機・高分子触媒」

という概念のさらなる発展および人工触媒の創出にも寄与し、その学術的波及効果は非常に大きい。

最終年度である平成 25 年度の研究成果に大きく依存するが、CMF で細菌やウイルスの無毒化するシステムが構築できれば大きな社会的貢献となる。また、廃材や間伐材さらには海藻やホヤなどのバイオマスからの CMF が、同様な触媒活性を示すことが明らかになれば、経済的課題の解決へ大きく貢献する。一部モデルウイルスでの検討が行われているが、社会的、経済的課題の解決への貢献が見込まれるかどうかについては、最終年度の研究計画から得られる研究成果を見る必要がある。典型的な応用例として、CMF 触媒活性が十分に制御でき、また安定した量産基盤技術が確立されれば、細菌やウイルスの無毒化による真水への精製に活用できるとの提案は魅力的である。水資源問題はグローバルな課題でもあり、重要である。当然、CMF 自体が天然由来の材料であることから、この CMF 触媒自体の環境負荷はかなり小さいであろう。また、CMF の供給源も多様であることから、新たな資源問題も発生しないと推定される。むしろ、CMF 触媒の再生・回収システム、エネルギー収支、コスト計算を適切に判断し、従来型技術手法との差別化が可能であることの見極めを行うことは、今後重要である。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

全体の研究実施のマネジメントは適切に行われている。しかし、事業者および共同研究者の研究室における人員強化（ポスドクの採用など）は、予算の許す範囲で検討し、研究計画全体の加速的進展が強く望まれる。

助成金については、本研究課題推進のために必要な測定装置等の購入に充てられ、有効に利用されている。

会議発表件数は多いが、論文発表と知的財産権の出願・取得は少なく、本研究課題の成果の発信が適切に行われていない。最終年度で残された課題への対応が適切に遂行されれば、論文発表や知的財産権の出願等につながるので、本補助事業期間終了までに一層の努力が必要である。

高分子学会主催の一般公開にて、本研究課題の内容や研究成果の説明があったり、ホームページが解説されており、情報発信は継続的に行われている。また、中高校生を対象とした公開イベントにおいて、成果発表を行うなど情報発信が行われている。しかし、研究成果をアピールするためにも新聞・一般誌等で成果を公表する必要がある。総じて、国民との対話は効果的とは言えないが、実施されている。加えて指摘するならば、かなりトピック性の高い研究成果および産業応用上の波及効果が期待されるにも関わらず、新聞報道が無いのは残念である。一般国民への情報発信に新聞報道は最も効果的であり、不特定多数の人々へ知らせることが基本と考える。これを受けて、さらに興味関心の程度が高い人々に対しての「サイエンスカフェ」などでの情報発信が引き続き望まれる。本研究課題の成果とその応用は一般国民も実生活の中で興味を示すはずである。

研究課題名	光と相転移の相関による新しい光変換機構の探索
研究機関・部局・職名	筑波大学・数理物質系・准教授 (元 東京大学・大学院理学系研究科・JST さきがけ研究員)
氏名	所 裕子

研究概要:

(1) 研究の背景

光によって磁性や電気特性、光学特性などが変化する光応答材料は、情報媒体・エレクトロニクス材料という観点から、現代社会で重要な役割を担っている。これまでは、地球資源（エネルギーや希少元素）をあまり顧みず、高性能な材料をめざし研究開発が行われてきた。しかし、これからは、更なる高性能・高機能化が求められると同時に、ありふれた元素からなる省エネ型の光応答材料の開発が求められている。

(2) 研究の目標

光で相転移を引き起こすという“光誘起相転移”メカニズムを利用することにより、希少元素を使わない光変換効率の大きい光応答材料を見出す。具体的には、イオン伝導等の電氣的特性が光で高効率に変化する材料、優れた磁氣的性質が光で高効率に変化する材料を創製する。

(3) 研究の特色

光誘起相転移メカニズムを利用した光変換機構の場合、光のエネルギーを高効率で使い尽くす、入射光エネルギーが少なくすむ（省エネ効果）というメリットがある。本研究では、このメカニズムに着目して、省エネ型の光応答材料を創製していく。このようなメカニズムに着目した材料開発はこれまでに例がなく、新しい着眼点からの提案となる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

希少元素を使わない省エネ型の光応答材料の創製を通し、得られた材料および開発方法を、産業界を含めた材料開発分野に提供する。化学工業、電機業界に寄与することにより、日本社会への貢献が期待される。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>光誘起相転移による光変換機構を積極的に利用して、新奇な物性や先端的な機能を有する物質を開発するという目的で行われており、金属錯体を出発点として、光とスピンとイオン伝導性が共存する物質、強い磁気異方性を示す光磁性材料、時間発展型の光磁性材料の開発などで大きな研究成果を上げており、成果の先進性・優位性について高く評価できる。一方で、研究が多岐に渡るために本研究課題の一貫性が見えにくい。何をどこまで明らかにするのかを明確にし、全体の中での各研究の位置づけを明らかにした方が良い。また、本研究で対象としている分子磁性材料を他の新材料と比較し、その利点と問題点をはっきりさせるべきである。</p> <p>更に、光と磁気と誘電性が共存する物質（高い相転移点を持ち光で制御できるマルチフェロイック新物質）や環境調和性のある金属酸化物のデザインや創成については、困難でチャレンジングな問題でもあるが、今後の研究の展開に期待したい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>本提案は、光誘起相転移による光変換機構を利用し、新奇物性・先端機能材料を開発しようとするものであり、シアノ架橋型金属錯体を用い、</p> <p>①光とスピンとイオン電導性の共存 ②光と磁気と誘電性の共存 ③強い磁気異方性を示す光磁性材料 ④時間発展型の光磁性材料の研究</p> <p>を通し、これら新機能をもつ材料系を汎用型の金属酸化物系へ拡大し社会貢献を狙っている。④を除いては、ほぼ目標を達成した結果が得られている一方で、研究内容が多角的であり、材料の一貫性・各々実用材に対し残された課題が明確ではない印象を受ける。テーマによっては、②は世界レベルで研究者がしのぎを削って挑戦しているテーマであり、独創的なアイデアを持ってじっくりと研究を進めながら考える必要がある。</p>		
③ 研究の成果		

<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない)
<ul style="list-style-type: none"> ・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない)
<ul style="list-style-type: none"> ・当初の目的の他に得られた成果が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない) <p>強い磁気異方性を示す光磁性材料として、$\text{Co}_3[\text{W}(\text{CN})_8]_2(\text{ピリミジン})_2(4\text{-メチルピリジン})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$において、低温での光照射で強磁性相に転移後、保磁力として世界最高の2.7Tを得たこと、$\text{FeNb}(4\text{-ピリジンアルキドキシム})$オクタシアノ錯体(常磁性)に光照射を施し、光誘起スピン転移を誘発し光強磁性転移を見出したこと、VNb系オクタシアノ分子磁性錯体で最高の210Kという磁気相転移温度を見出したことなど、ブレークスルーに相当する特筆すべき結果を得ている。これらの成果を裏付ける研究発表・学術雑誌への掲載も十分である。更に、Rb-Mn-Feのヘキサシアノ金属錯体の薄膜化に成功し、15~300Kの広い温度範囲で負の熱膨張を示す薄膜を初めて得たこと等、当初の目的外の成果としては特筆できる。</p>
<p>④ 研究成果の効果</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない)
<ul style="list-style-type: none"> ・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない) <p>強い磁気異方性を示す新規物質は、磁場フリーの光磁気記録方式の実現に向けた材料設計という観点から、物質科学分野において重要な知見を与える。またオクタシアノ錯体系での高い磁気相転移温度($T_c=210\text{K}$)は、多機能型磁性体の室温化という分子磁性体分野の命題でかつ社会が求める材料の提案に貢献する。即ち多くの関連分野への高い寄与が見込める。今後、基礎研究の成果が直ちに社会貢献に繋がるわけではないが、将来の金属系の磁性材料との優位性の差を明確にする等、具体的道筋を模索すれば、社会かつ経済への貢献は大きく期待できる。</p>
<p>⑤ 研究実施マネジメントの状況</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・適切なマネジメントが (<input checked="" type="checkbox"/>行われている ・ <input type="checkbox"/>行われていない) <p>平成25年4月に筑波大学に異動したが、その後の研究体制は、今までの結果から判断すると、マネジメントは適切に行われており、研究計画の指摘事項に対しても適切に対応していることから、問題ないと判断できる。成果の発表・論文等及び知的財産出願等、またオープンキャンパス等を通じて、研究実施マネジメントは適切と考えられる。</p>

研究課題名	集積化 MEMS 技術による機能融合・低消費電力エレクトロニクス
研究機関・部局・職名	東京大学・先端科学技術研究センター・教授
氏名	年吉 洋

研究概要:

(1) 研究の背景

集積化MEMSとは、半導体加工技術を応用してシリコン基板上に微小な機械構造・センサ・電子回路を集積化する高付加価値エレクトロニクス技術の総称であり、我が国の次世代革新的製造技術・省エネデバイス技術として期待されている。しかし、応用毎の研究開発的要素が強く、技術の標準化や理工学としての大系化が立ち後れている。

(2) 研究の目標

低消費電力エレクトロニクスを応用先に定めて、①MEMS機械構造と電子回路を同時に設計・解析する手法と②ウエハレベルでの集積化製造手法を標準化技術の高め、③具体的な出口イメージとして、MEMSスイッチを応用した集積回路の省エネ電源管理機能の実現や、超小型光ファイバ内視鏡等の研究に取り組む。

(3) 研究の特色

従来の集積化MEMS研究開発においては、電気系と機械系の機能融合に関する見通しが悪く、材料、製造技術、信号インターフェース、統合設計の各段階で個別の技術調整が行われていた。一方、本研究では解析手法と製造手法を標準化することで、集積化MEMSデバイスの設計から製造、評価を機動的に遂行する技術体系を構築する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

ユビキタスセンサによる境モニタリングや、超小型MEMSスイッチによるエレクトロニクスの低消費電力化などを通じたグリーンイノベーションへの貢献や、超小型内視鏡や体内埋め込み型ドラッグデリバリーなどの革新的医療技術への貢献、小型噴霧器による害虫忌避剤散布などのハイテク農業への貢献が期待される。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題で目標とした集積化 MEMS は当初米国の大学・企業が熱心に研究を進めてきたが、設計ツールの使い勝手などが不十分で進展が滞る場合が多かった。当該研究課題で実施したマルチフィジクス統合設計基盤技術およびウエハレベル集積化 MEMS 基盤技術開発により、エレクトロニクス技術者や LSI 設計者が容易にデバイス設計・製作が可能となり、具体的な集積化 MEMS デバイス開発の進展が期待される。また、これを用いた低消費電力エレクトロニクス実現への貢献も期待される。近年、台湾の当該分野の研究レベルが急速に上がって来ており、日本の優位性を確保する上で集積化 MEMS の研究開発は益々重要となっている。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>計画された研究項目の内、（1）MEMS 機械構造と電子回路のマルチフィジクス統合設計基盤技術の開発および（2）ウエハレベル集積化 MEMS 基盤技術の開発については、当初の目標を達成し、十分な成果を上げて研究が完了している。上記基盤技術を基礎とした（3）集積化 MEMS 理工学研究開発についても3つの具体的デバイス開発が順調に進んでおり、成果が期待される。実施中の（4）共同研究・共同利用拠点としての運営も研究期間終了後も継続できる形で順調に進展している。また、課題であった集積化 MEMS パワーゲートスイッチの低電圧駆動について、MEMS 機械構造体のそりが原因であることを特定し、構造設計の変更により解決できる見通しを得ているなど、十分な対応方策が取られている。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (■創出されている ・ □創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (■ある ・ □ない)

シリコンを基盤とした MEMS デバイスは LSI との集積化が可能であると言われてきたが、実際には集積化システムの設計ツールの機能が十分とは言えなかった。本研究課題で開発されたマルチフィジクス統合設計基盤技術およびウエハレベル集積化 MEMS 基盤技術はこの点を克服するもので、これらを用いて試作された具体的なデバイス性能を考慮すると今後の集積化 MEMS 開発に有効に活用することが期待できる。

特筆すべきことがらとして、本研究課題で開発したスイッチド・キャパシタ型制御回路は汎用性が高く設計が容易で、今後実用的な MEMS デバイスの開発に寄与すると考えられることがあげられる。

さらに、本研究課題により新たに MEMS 光スキャナの高速化が可能となり、高機能医療用光断層計測装置に応用されている点は当初の目的の他に得られた成果である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)

研究成果は MEMS 分野で次世代技術基盤となりえると考えられ、ここで見出された成果をもとに種々展開が見込まれる。また、この研究で形成される拠点を軸に横展開も大いに期待できる。

これまでの MEMS 技術をさらに進展させる基盤技術の確立から、集積エレクトロニクスとしてのシステム特性評価まで一貫して実施している点、これを社会に発信できる産学拠点を形成している点で、貢献が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (■行われている ・ □行われていない)

研究体制の整備、予算の執行等、適切に行われている。また、権威ある英文雑誌や採択が難しい IEEE MEMS などでの研究発表が数多くなされている。

研究課題名	アンモニアをエネルギー源として利用した低炭素社会を実現可能にする次世代型窒素固定法の開発
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・准教授
氏名	西林 仁昭

研究概要:

(1) 研究の背景

現在、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料がエネルギー源として広く用いられてきている。これらの化石燃料使用時には、地球温暖化の主要原因の一つとされている二酸化炭素の排出が不可避である。地球に優しいエネルギー源として水素を用いる燃料電池が次世代システムとして注目されているが、エネルギー源として水素を用いることは、環境面からは理想的だが、水素の貯蔵運搬には安全面から致命的な問題点がある。

(2) 研究の目標

アンモニアをエネルギー源として利用する低炭素社会の実現を可能にする次世代を担う省エネルギー型窒素固定法の開発を行うことで、現在の世界が抱えているエネルギーに関する諸問題を一挙に解決することが本研究課題の最終目標である。

(3) 研究の特色

本研究では、次世代エネルギー源としてアンモニアの利用を提案する。アンモニアは二酸化炭素を全く排出しない循環系構築が可能となる。また、液化が容易で水素含有量が極めて高く、効率的な貯蔵運搬が可能となる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

アンモニアを安価でより大量に供給する工業プロセスの基盤技術を含む次世代型窒素固定法の開発を達成することで、世界に対する主導権を確保し、日本の二酸化炭素排出量の削減に大きな貢献をすることができる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>「アンモニアをエネルギー源とする」という表現は「新しい触媒」の開発を目的としていることから、平衡反応（アンモニアの生成および分解）の触媒による制御を目指しているものと理解できる。すなわち、窒素を用いるアンモニア合成は平衡反応の一方向であって、研究代表者の意図する所はそれだけには止まらず、その逆方向も含めた壮大なものである。協力者とともに地道な努力を続けて、アンモニアをエネルギー源とする触媒開発まで研究を発展させる必要がある。</p> <p>その意味で、研究計画自体は妥当であるが、残念ながら現在のところ重要課題については研究が進展しておらず、研究全体としての評価が難しい。</p> <p>投稿論文の数は多いが、大部分は本研究課題とは関係のない触媒的な有機合成に関するものであり、本研究予算による成果とは見做すことができない。特許出願が、平成22～24年度は皆無である。知的財産権獲得へ向けて、特許の出願が必要である。</p> <p>今後残された期間、本研究課題で重要研究課題として設定された1) 新たな反応系の開発（酸-コバルトセンを用いる系からの脱却）、2) 窒素の電気還元、3) プロトン源としてのH₂Oの利用、4) 触媒系の改良、5) 反応機構の解明のうち、課題1)から3)の実現に力を振り絞る必要がある。また、研究計画書の4ページに記載されている“実用化を視野に入れたスケールアップの検討”については、平成25年度の研究計画書に記載されていない。</p> <p>難しい課題ではあるが研究代表者がゴールの近くにいることは間違いない。</p> <p>これまでに得られた成果については、積極的にレベルの高い論文誌に投稿あるいは発表している。また、「解説」など化学者向けの情報は頻繁に発信している。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（■ある ・ □ない）		
エネルギー効率の高いアンモニア製造の実現のための新しい触媒の開発が本研究の究極の目標だとすると、この程度の規模のプロジェクト（人材、期間、資金面）でそれが達成できるとするのは、期待が大きすぎる。本研究代表者が、その必要性を説き、協力		

者を集め、地道な努力によって目標達成のための新しい一つの可能性を見出し、先導的役割を果たしたことが成果である。本研究課題がスタートした後、国内においても2つの興味深いアンモニア合成の研究結果が公表されている。

さらに評価すべき本研究課題の先導性は、アンモニアの低エネルギー製造のみを、研究の究極の目標とはしていない点である。窒素と水素の反応でアンモニアを生成する触媒はその逆反応をも触媒する。そのような真の触媒の探索を目指しているものと理解できる。

最近の研究ではアンモニアの合成に向けて、鉄錯体の触媒効果を明らかにしている。地道なさらなる研究によって、追従する研究者の指針となる事実を明らかにすると期待される。この意味で初期の目的の達成の見込みがあるとした。

本研究代表者は、工業的な窒素固定がエネルギー消費量の多いハーバー・ボッシュ法に拠っていることを指摘しつつ、生物に範をとり穏和な条件下での空中窒素固定法の開発を目指し、その基盤を支える学術的な知見を得ることを目的として研究を推進している。本研究代表者は以前より窒素固定に関わる研究を進めており、申請時点で錯体触媒の存在下、プロトン源として酸を用い、還元剤としてコバルトセンを用いることにより窒素をアンモニアにしている。その知見をもとに、本研究課題では、1) 新たな反応系の開発 (酸-コバルトセンを用いる系からの脱却)、2) 窒素の電気還元、3) プロトン源としての H_2O の利用、4) 触媒系の改良、5) 反応機構の解明、を重要研究課題として設定しており、研究目的自体は具体的である。研究申請書によれば最も重要な課題は1) であり、それを解決するための方策を検討するのが、課題2) と3) である。研究代表者の設定した研究課題は極めて妥当、かつ挑戦的なものである。

酸-コバルトセン系からの脱却を申請書の第一課題に挙げた以上、それを達成するよう集中して取り組む必要がある。しかし、これまでの研究成果報告にはそれらに関する記述が殆ど見られず、それらに関しては特段の成果も上がっていない。今後、研究グループの総力を傾注して課題1) から3) に取り組む必要がある。世界中で相当数の研究グループが取り組んでも、なかなか解決に至らない難問題であり、そう易々と答えは得られないが、本研究代表者は、以前に化学量論的な反応ではあるが、窒素と水素からアンモニアを得ており、さらにシクロデキストリンの包接化合物を用いての窒素の還元にも成功しており、かなり有利な立場にある。

酸とコバルトセンを用いて触媒的に窒素をアンモニアへと変換する反応について、触媒回転数はさほど良くないものの、すでにMITのSchrock教授の研究グループが先行して達成している (*Science* 2003, 301, 76)。研究代表者らのグループで触媒回転数が50回まで引き上げられたとしても、所詮は酸とコバルトセンを必要とする系であり、学術的にもさほどのインパクトはない。

PNP型ピンサー配位子を有するモリブデン窒素錯体の配位子上の置換基効果を詳細に検討するとともに、PCP型ピンサー配位子を有するモリブデン窒素錯体を創製し、その触媒能を検証する、また、触媒作用を明確にするため反応中間体を単離してその反応性を明らかにし、それをもとに触媒機能の高度化を目指す、など明確な対応策が講じられている。しかし、本研究課題の当初の目的はコバルトセンなどの還元剤を使用しない反応系の開発であったはずであるが、平成25年度の計画ではその具体的な方策につ

いて殆ど触れられていない。補助事業の残余期間は非常に限られているので、今後は水素を還元剤とする系、水をプロトン源とする系、あるいは電気化学的還元など、酸-コバルトセンによらない反応系に集中して研究を進める必要がある。その際には研究代表者の過去の実績 (*Science* 1998、 *Nature* 2004) が生きてくるであろう。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (創出されている ・ 創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

実用的なアンモニア合成に関しては、現時点では世界中で誰も「ブレークスルー」できていない。これまでの研究の殻を破り一回り成長したという意味では、本研究による先導的成果は創出されている。

酸とコバルトセンを用いた触媒反応の回転数は、本研究代表者のものが世界最高であるが、コバルトセンを用いている限り実用化することはできない。本事業の中で最も重要と思われる研究課題は、酸とコバルトセンを用いない反応系の創出であり、その意味では、残念ながら現在のところブレークスルーと呼べるような成果は得られていない。

酸とコバルトセンを用いる系ではあるが、触媒回転数が向上しているのは一定の成果ではある。しかしながらピンサー配位子を様々に変えて触媒回転数をさらに上げて、反応系が変わらない限り、不要な金属塩は出続けることとなり、問題の解決にはつながらない。

鉄錯体が触媒として機能するなど、新しい事実が明らかにされている。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

ここで得られている成果は重要であり、この分野の研究の今後の発展に大いに寄与する。

しかし、究極の目標は人類の存続に関わる問題であり、完成にはまだまだ長い年月を要するであろう。多くの研究者の力を結集し、超大型プロジェクトとして実現に向けた研究を推進しなければならない。その意味で、現時点での本研究代表者の研究は先導的であり、社会的貢献は非常に大きい。残念ながら社会的、経済的課題の解決には程遠い。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究経費の使用は、適切である。むしろ、この種の研究に使える人件費として額は少なすぎる。

仕上げた仕事については積極的にレベルの高い論文誌に投稿あるいは発表している。

あまりにも遠大で難しい課題であるため、地道な努力による実際の学問的研究成果と国民の期待する所の、いわゆる一般性（大衆受けする話題性）とのギャップを埋めるのは非常に難しい。しかし、「解説」など化学者向けの情報はこまめに発信している。

研究課題名	強誘電体を用いた革新的太陽電池の創製
研究機関・部局・職名	東京大学・先端科学技術研究センター・准教授
氏名	野口 祐二

研究概要:

(1) 研究の背景

地球は、エネルギー危機と二酸化炭素問題のために、「存亡の危機に瀕している」と言われている。クリーンエネルギー源として太陽電池が有力候補として挙げられているが、変換効率の向上など、克服すべき課題は多い。地球を存亡の危機から救うには、既存の技術に囚われることなく、新規なエネルギー源の研究開発を積極的に推進することが必要である。

(2) 研究の目標

従来とは全く異なるメカニズムで発電する新しい太陽電池を開発し、既存の太陽電池を超える機能を創出する。対象外と考えられている新材料（強誘電体）を用いて、電子・原子の構造を設計することにより、高機能な新太陽電池を開発する。

(3) 研究の特色

本研究の最大の特色は、従来にないメカニズムで発電する新太陽電池を開発することである。従来の太陽電池では、1ボルト程度（1素子あたり）の電圧しか発生できない。新太陽電池では、原理的には数百ボルトの高電圧を発生できるため、既存の太陽電池を超えるエネルギー変換効率を達成できる可能性がある。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

新太陽電池は、クリーンなエネルギー源の中核となって日本の国益に資するだけでなく、地球規模でのエネルギー危機と二酸化炭素問題の同時解決に、大きく貢献することが期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>新しい太陽電池用の材料として強誘電体に着目して、ドメイン構造を設計し、実験及び電子状態の計算を有機的に連携させ、発電機構を明らかにし、大きな開放電圧と色素増感太陽電池に匹敵する光電流が得られており、新しい太陽電池用材料の探索としては評価される。しかしながら、光電流が余りにも小さすぎるため、エネルギー変換効率が低いと予想されるので、既存の太陽電池を超える変換効率を実現できるか疑問である。また、コストに関する検討をすべきである。更に、研究計画書に記載された計画した研究が実施困難な状態にあれば、各年度の研究計画をきちんと変更して対処すべきであるが、そのような対処がなされずに研究が進められたことは課題が残ると判断される。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>研究目的は、強誘電体を用いて欠陥制御によりドメイン構造を設計し、優れた機能を有する太陽電池を開発することであり、実験及び電子状態の計算を有機的に連携させ、発電機構を明らかにしており、進捗状況は順調であると考えられ、所期の目的の達成の見込みがあると判断されている。</p> <p>所期計画の研究対象物がBiFeO₃から、消費電力の観点からBaTiO₃とLiNbO₃に変更されているが、対象物の変更による太陽電池開発への優位性は議論されていない。また、指摘事項として「太陽電池変換効率の向上のために必要な低抵抗化へ向けた取り組み」として、BiFeO₃に、Cuドーピングや、Coドーピングを挙げられていたが、対応結果が不明確である。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

酸化物強誘電体に微細なドメイン構造の導入が可能な欠陥制御「欠陥分極エンジニアリング」を確立してバンドギャップが大きい酸化物強誘電体を用いた太陽電池の光電流特性の向上に有効な電子状態設計指針を確立したこと、可視光吸収による発電メカニズムを解明することにより強誘電体太陽電池の実用化への道が開かれたことは、先進性・優位性があると判断される。

研究目的が太陽電池である以上、実際に高い変換効率で電力を取り出してこそそのブレークスルーではないと考えられる。

当初の目的の他に得られた成果は見当たらない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

現行の太陽電池に比較して光電流が十分でなく、本研究成果から強誘電体の太陽電池への応用が大きく進展したとは言い難いが、ドメイン構造と発電機構の明確化とそれに基づく実験における大きな開放端電圧は学術的に極めて興味深く大きなインパクトがあり、ドメイン構造は単純なストライプドメインとは限らず、サイズも構造も多種多様で、変換特性との関係を最適化するには多くのパラメータを含んでおり、関連する研究分野の進展に寄与するものと考えられる。

今後の研究開発のポテンシャルはあると考えられるが、現用の太陽電池に比較して光誘起電流が十分でなく、実用化にはほど遠いため、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれないと判断される。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究目的の達成に向けて研究計画、研究実施体制、助成金は有効な活用は適切にマネジメントされていたが、指摘事項である低抵抗化・高効率化については検討されているが、太陽電池としての性能に関する具体的な記載がなされていない。研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、全体として研究マネジメントは実施されていると判断される。

研究課題名	一酸化炭素、二酸化炭素を炭素資源として用いる触媒反応：新触媒発見・新物質創製
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・教授
氏名	野崎 京子

研究概要：

(1) 研究の背景

現代の化学産業は、その原料を、石油をはじめとする化石資源に依存している。持続可能社会実現のためには石油に依存しない炭素資源の確保が必要である。また、化学合成には触媒（化学反応を促進したり、多くの生成物の中でほしいものの割合を高めたりする物質）の利用が必須だが、触媒の多くは稀少金属をもちいておりその安定供給には不安がある。

(2) 研究の目標

一酸化炭素と二酸化炭素を原料とする物質合成のための新しい触媒開発を目的とする。汎用性が高くかつ毒性の低い金属でこの目的を達成する。また、新しい触媒反応によって、これまでにないはたらきを示す新物質創製も併せておこなう。

(3) 研究の特色

新しい触媒を見つけるために「実質電荷戦略」という新概念を提唱する。これは、触媒の金属が周期表の中のどこに位置するかを無視して、その金属の電荷だけに注目して触媒を探索する方法で、従来の元素の特性を活かそうとする戦略とは全く異なる視点である。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

化学品（例えばプラスチックや繊維）を一酸化炭素や二酸化炭素からつくれるようになり、石油に依存しない化学産業が確立できる。また、稀少金属に依存しない化学産業を生み出す。これらは、世界的な環境・資源問題の中で、我が国の産業が持続的に成長を続けるために大きく資する。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>総合的に見て、研究は極めて良好に進んでいる。</p> <p>一酸化炭素、二酸化炭素を炭素資源とするための当初計画された3つの合成反応（ルテニウム触媒を用いるオレフィンのヒドロホルミル化、チタン触媒を用いるエポキシドと二酸化炭素の共重合、そしてパラジウム触媒による極性ビニルモノマーと一酸化炭素の共重合体の創製）のそれぞれについて、実質電荷戦略に基づいて触媒の探索が行われ、新たな触媒の開発に成功している。</p> <p>開発された触媒の中には希少金属からユビキタスな金属への転換が図られたものもあり、社会的、経済的な波及効果も見込まれる。従って、当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。</p> <p>今後さらに、触媒開発におけるブレークスルーになることを、あるいは「もっと大きなブレークスルー」を目指して、実質電荷戦略の妥当性の検証と汎用化に向けた取り組みが行われることが必要である。</p> <p>論文の発表数はそれほど多くはないが、評価の高い雑誌へ発表されている。知的財産権の出願・取得については、少し遅くれぎみである。また、国民との対話も積極的に行われている。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>目的として掲げられた一酸化炭素、二酸化炭素の関わる上記3つの合成反応に対して、「実質電荷戦略」の観点から研究が進められ、それぞれの反応について新たな触媒開発に成功していることから、研究の進捗状況は順調である。</p> <p>また、触媒材料としてロジウムなどの希少元素からチタンや鉄などのユビキタスな元素への転換が図られている点、一酸化炭素や二酸化炭素がポリマー等の構造の中に取り込まれ、新たな炭素資源となりうることを明らかにしていることから、所期の目的を達成することが見込まれる。</p> <p>最終年度は、これまでに得られた成果をさらに進展させるべく研究が進められ、「特</p>		

に優れた成果」が期待できる。

本研究代表者は、残された課題はないとしているが、研究計画段階では目標の一つとなっていたオレフィンのヒドロホルミル化反応における鉄触媒の開発が進んでいないことや、提唱されている「実質電荷戦略」の妥当性の検証や汎用化のための対応においては、残された課題はないとは言えない。これまでの成果を踏まえつつ、さらなる高度な課題設定が可能と思われ、それへの対応方策を考えることが必要である。ただ、残された課題として、ヒドロホルミル化水素化を同時に行う触媒ならびに不斉合成の可能性が提案されている。また、種々のエポキシドとの交互共重合から脂肪族ポリカーボネート合成への提案が掲げられており、それらへの対応策は明確である。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

オレフィンのヒドロホルミル化反応では、ロジウム錯体に代わってルテニウム錯体が効率的な触媒になりうることを明らかにし、エポキシドと二酸化炭素の共重合反応においては、四価のチタン錯体を使用する交互共重合に成功し、極性ビニルモノマーと一酸化炭素との共重合においては、汎用の原料を用いながら、新たな物質の創製を達成している。また、計算科学的手法を導入することにより、安定な中間体と不安定な中間体のエネルギーの差が小さいほど、触媒活性が高いこと、さらに、鉄錯体がプロピレンオキシドと二酸化炭素との共重合反応に対して触媒活性を示すことを明らかにしている。これらの研究成果はいずれも先進性に富んだものであり、これまでの研究に比べても優位性が認められる。

目的とした反応系それぞれについて、新たな触媒系が開発され、その研究成果は学会で評価の高い雑誌に公表されている。質の高い研究成果は得られている。しかし、これらの結果は、本研究代表者が提唱している「実質電荷戦略」を支持はしているが、この触媒開発の基本原理の汎用化には必ずしも十分寄与していない。これまでの成果と平成25年度の成果によって、「実質電荷戦略」の妥当性と汎用性がさらに明確に示されれば、それは大きなブレークスルーに繋がる。

当初計画された3つの課題に関する研究目的については、いずれも新たな触媒開発に成功しており、一部は希少金属からユビキタな金属触媒への変換が図られていることは大きな成果ではあるが、これらは当初の目的の範囲内である。また、「ロジウムをルテニウムに・・・」との発想はあってもブレークスルーがなければ実現は不可能である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

「実質電荷戦略」に基づいた触媒開発にある程度成功し、今後この分野における触媒開発・探索において、この戦略が一つの指針を与えるものとして期待でき、研究分野の進展への寄与が見込まれる。

希少金属からなる触媒を用いていた反応系に、ユビキタスな金属の中から触媒開発を目指すことができることを示した点で、また、二酸化炭素の固定化、石油からの脱却への道筋の可能性を示したという点において、社会的、経済的な視点からの貢献が見込まれ、グリーンイノベーションに寄与する。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

平成 23 年度に未執行額を出しているが、これは測定機器の不具合を修理可能かどうかの判断が遅れたということであり、実験科学においてはよくあることとして理解できる。従って、助成金は適切に利活用されており、また、指摘事項（理論計算の強化、エフォートの引き上げなど）についても確実に対応が行われていることから、研究実施のマネジメントは適切に実行されているものと判断される。

論文発表の数はそれほど多くはないが、学会で評価の高い雑誌への発表が行われている。学会等での発表も適切に行われ、また、一般雑誌等での発信や、マスコミ等からの発信も十分行われている。知的財産権の出願・取得については、少し遅くれぎみである。

学内のオープンキャンパスやホームカミングディなどでポスター展示に加え、中高生への講演など国民との対話も積極的におこなっている。

研究課題名	山岳氷河の融解が世界の水資源逼迫に与える影響の評価
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・准教授
氏名	平林 由希子

研究概要:

(1) 研究の背景

世界各地の山岳氷河の大半が近年急激に後退しつつあることが指摘されており、氷河下流の農業地域の水資源逼迫が国際穀物貿易へ与える影響や、氷河からの融解水による海水面上昇が沿岸大都市へ及ぼす影響が懸念されている。しかし、地球温暖化に伴う山岳氷河の変化が水資源・農業生産・海水面上昇へ及ぼす影響は明らかになっていない。

(2) 研究の目標

世界の山岳氷河の将来の変化と、その水資源や食糧生産、海水面上昇への影響評価を行う。

(3) 研究の特色

これまで開発してきた世界最先端の山岳氷河モデルを発展させ、日本が開発してきた世界最先端の水資源シミュレータと結合することにより、氷河質量の将来予測と水資源、農業生産、海水面上昇の変化を世界で初めて明らかにする。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

最新の温暖化予測をより社会が必要とする情報として示すという点で意義が高く、貿易大国である日本の将来の食糧安全保障にも資する。加えて、温暖化および水資源の持続可能性の分野は、日本の国際貢献に関する海外戦略の中核である。本課題は将来の日本と世界の持続的な水利用と食糧対策への政策決定を助けるとともに、地球環境問題の解決や途上国援助などにもつながり、科学的貢献のみならず社会的貢献も期待される。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>データの入手やシミュレーション用のハードの入手に当初計画よりも遅れた部分があったが、それに対する適切な処置も行われたため、ほぼ計画通りに研究が進められている。また、国際的に評価の高い論文誌へ数多く発表していることも高く評価できる。</p> <p>氷河の融解と水文水資源モデルとの融合により、氷河自身の変化のみならず水資源としての将来予測にまで言及できる本研究成果は、今後生じるであろう社会的、経済的課題の解決へきわめて大きな貢献を果たすものと期待される。</p> <p>なお、最終的な目標である水資源・水災害・農業生産・海面上昇などへの影響評価および適応策・緩和策の提言については、治水安全度の向上や農業技術の向上等の気候変動に伴う地域の努力についても評価して欲しい。また、これらの分野において気候変動の影響を見込んだ手法への転換がよりスムーズにできるとともに、その影響が顕著になった際の社会的・経済的影響を最小限に抑えることが可能となるような具体的な施策等を含む提言とすることを期待する。</p> <p>一方、気候変動の影響を見込んだ手法への転換に要するコストは、実際に経済的負担を行う国民に対してきわめて重要な情報である。より積極的な発信を期待する。</p> <p>なお、本研究が最先端・次世代研究開発支援プログラムによる助成研究であることが、Web ページ http://hydroinfo.t.u-tokyo.ac.jp/ を見ても、研究室の Web ページと一体になっていてすぐに分からない。助成研究ページにまとめて発信されることが望まれる。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>当初 23 年度までに行う予定であった全球を対象とした氷河の影響を組み込んだ水文水資源モデルの開発がほぼ終了している。なお、24 年度に行う予定の気候変動による氷河質量の長期変動の再現及び予測は、一部データの入手の問題で 25 年度に繰り越されているが、入手され次第実施の見通しが立っている。</p> <p>このように、東日本大震災による機器購入の遅れがあったものの、その遅れを取り戻</p>		

してきたと思われる。治水安全度の向上や農業技術の向上等の気候変動に伴う地域の努力についての評価方法をどのように扱うかなどがやや不明であるものの、最終的な目標である水資源・水災害・農業生産・海面上昇などへの影響評価および適応策・緩和策の提言については計画通りの実施が予定され、所期の目的の達成がなされるものと期待される。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

氷河の標高分布や形状、デブリなどを組み込んだ最先端の全球氷河モデルを構築していること、このモデルに全球水文水資源モデルを組み込んで氷河融解と水循環・水資源への影響評価を可能にしたこと、さらに氷河融解量と海水準上昇量との関連や、複数の気候変動モデルの予測の不確実性ととも地球温暖化時の洪水変化予測を可能にしたことは、先進性や国際的な優位性が高いと判断される。

世界各地の氷河に関しては個別に研究が進められているが、最終的な目標となっている水資源・水災害・農業生産・海面上昇などへの影響評価が行われれば、その成果はブレークスルーと呼べる特筆すべき研究成果となると期待される。

一方、研究代表者は当初予定していなかった温暖化時の洪水変化についても検討行っており、それが”Nature Climate Change”に掲載されるなどの成果をあげており、水災害などの分野への新たな展開も期待される。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

氷河の標高分布や形状など氷河のインベントリー情報が整備されたこと、地球観測技術を活用して山岳氷河の広域モニタリング技術を開発したこと、さらに全球氷河モデルを全球水文水資源モデルに統合したことなどの研究成果は、今後の山岳氷河変化研究や水循環・水資源研究の進展にきわめて大きな貢献をするものと思われる。また、地球温暖化の農業生産や洪水規模への影響評価結果は、将来の農業や治水に関する分野の研究動向に大きなインパクトを与えるものと考えられる。

最終的な目標となっている水資源・水災害・農業生産・海面上昇などへの影響評価が予定通り行われれば、水資源・水災害・農業生産において気候変動の影響を見込んだ手

法への転換をスムーズに行うことが可能となる。気候変動のこれらへの影響が顕著になった際の社会的・経済的影響を最小限に抑えることができると考えられるため、これらへの貢献は大であると判断される。また、水資源・水災害・農業生産において気候変動の影響を見込んだ手法への転換に対するコストを社会に認識させることは、たとえば温暖化後の水災害による被災コスト、それを防ぐための公共事業投資の費用便益分析などにも貢献が期待される。このため、今後の経済政策の動向をも左右させるものと考えられ、将来における経済的課題の緩和にも大きく貢献するものと思われる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

データの入手やシミュレーション用のハードの入手に当初計画よりも遅れた部分はあるものの、それに対する適切な処置もなされ、ほぼ計画通りに研究が進められている。このため、目的達成に向けての計画、実施体制、マネジメントは適正に行われているものと判断される。研究実施体制としては、研究代表者、助教、特任助教、ポスドク研究員、大学院生が主体であるが、適切な研究協力体制が整えられていると思われる。

助成金は、本研究遂行のために重要な特任助教やポスドク研究員の雇用など、有効に活用されているものとする。また、より安価でスペックの高い研究設備が購入された。それらの設備はその後の継続的研究に有効に利用されており、研究マネジメントは適切に行われているものと判断される。

研究課題名	透明導体スピントロニクス基礎と応用
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院理学系研究科・准教授
氏名	福村 知昭

研究概要:

(1) 研究の背景

半導体エレクトロニクスのさらなる発展には新たなテクノロジー「Beyond CMOS 技術」を創出する必要がある。その Beyond CMOS 技術の有力候補である半導体スピントロニクスは、従来デバイスにおける電荷の制御に加えて電子のスピンを制御を行う。半導体スピントロニクス材料として強磁性体と半導体の性質を併せ持つ強磁性半導体が知られているが、室温で強磁性を示す材料はほとんどない。

(2) 研究の目標

透明酸化物を主成分とする強磁性半導体であるコバルトを添加した二酸化チタンは室温強磁性を示し、ここ最近に室温強磁性の電氣的制御が初めて実現した。本研究では、室温強磁性のメカニズムを明らかにして、室温動作が可能な半導体スピントロニクスデバイスの実証を目指す。

(3) 研究の特色

これまで不可能であった室温で動作するデバイスを実証することで、半導体スピントロニクスの応用への展開が拓ける。コバルトを添加した二酸化チタンは透明で電気伝導性を持つ強磁性体であり、多分野への幅広い応用が見込める。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

室温強磁性のメカニズムの解明が新しい室温強磁性半導体の材料開発に役立つ。そしてデバイスの実証は、超低消費電力デバイスの実現につながる。材料の透明性を活かした、窓ガラス等に搭載可能なユビキタスデバイスの開発にも貢献できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題は、次世代半導体デバイスの創出の可能性のある室温動作半導体スピントロニクス材料についての Co ドープ TiO₂ 系材料に関する研究であり、研究代表者が創出した薄膜材料で、電界効果を用いて室温で強磁性を誘起、実証した世界初の成果であり、その発現機構の解明、室温強磁性の制御の可能性を示すなど、材料創成および物性解明において世界最先端の成果を挙げている。その意味で、この総合評価として「当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる」に十分に値する。</p> <p>但し、当初計画において重要目標の一つとして掲げられた電界効果型トランジスタの製作と特性評価に関しては、計画より大幅に着手が遅れ、現時点ではデバイス構造の作製にも至っていない、デバイス特性評価の目処も立っていない。この点に関しては具体的効果的な成果が見られない。この意味で、この部分においては、総合評価として「当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要」とならざるを得ない。</p> <p>また材料創成、材料解析評価での研究マネジメントは高く評価できるが、デバイス作製・特性評価に関しては、研究分担、連携、推進などのマネジメントが十分でなかったと言わざるを得ない。研究成果の発信は、国際的に著名な科学誌などに積極的に投稿し、また多数の招待論文が掲載されるなど高く評価できる。</p> <p>しかしながら、今後は知的財産権として結実させることを期待したい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>本研究課題の目的は、研究代表者等が見出した透明酸化物をベースとする Co ドープ TiO₂ の室温強磁性を室温動作半導体スピントロニクス材料として活用し、新デバイスを確立することにある。現在までの結果、強磁性の発現機構と磁気異方性に代表される磁気物性の明確化を通しての強磁性シグナルの増大、及び電界による磁化の生成・回転・消滅等の研究は、初期目標通りの成果を得ている。</p> <p>しかしながら、トランジスタ開発、電流注入による磁壁移動は所期の研究成果は得られ</p>		

ておらず、残された補助事業期間での達成が必要である。特に、電界効果トランジスタの開発については、当初計画では平成 23 年度にトランジスタ構造を試作して特性を評価し、平成 24 年度には各種物性評価にも活用することとなっていたが未達成である。今後取り組むべき重要課題として挙げられているものの、現時点で具体的なデバイス構造も作成されるには至っておらず、デバイス特性の評価を含めて所期の目標を達成するためには残された期間での相当の努力が必要である。

更に、透明性をうたったデバイスと新原理のスピントロニクスデバイスのイメージを明確にすることも重要である。

電界効果トランジスタの開発課題に対しては、更に具体的なデバイス構造の検討が必要である。また、デバイスとして十分な特性を得るには、酸化膜表面状態、絶縁膜-酸化膜界面状態の改善・制御も重要な研究要因であるがほとんど触れられていない。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出されている ・ 創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

これまで一般的に懐疑的であった、室温強磁性半導体の実現とその磁性の制御を電界で行うという結果を実証した極めて先進的な成果であり、技術的にも優位性は高い。特に、室温で強磁性と常磁性間の転移を実証させた意義は大きい。更に、本材料系は研究代表者等が長年行ってきた酸化物半導体をベースとした磁性半導体の物質設計・薄膜品質改善・物性解明等の総合的な研究の結果生まれたものであり、新規電子デバイスを構成する電子材料として有望。順調に成果を上げつつあり、その意味においては、当初目的から外れた特記すべき成果は見当たらない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

半導体スピントロニクス分野では、室温での強磁性半導体の実現が強く望まれていたが、本研究の結果、電界誘起室温強磁性が確認され、室温強磁性半導体の存在を実証でき、室温半導体スピントロニクスの実現と進展に多大な貢献をするものと期待できる。本材料の実現により、電子の電荷自由度に加えてスピン自由度も加えた超低消費電力、超高速スイッチングデバイスの実用化につながり、エネルギー、情報、センシングなどのあらゆる半導体応用分野への波及効果が期待できる。また、本材料が透明電子材

料より構成されるため、ディスプレイ、光デバイス、太陽電池等の光機能をも複合化した省エネルギー情報通信技術デバイスとしての展望も開け、ポストシリコン集積回路等も期待させる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究推進に関しては、概ね適切と判断する。しかしながら、重要課題の1つである電界効果型トランジスタの試作・特性評価については大幅に遅れ、デバイス構造の作製までにも至っていない。この点については、適切なマネジメントが行われたとは言い難い。また、基礎的な研究とはいえ、知的財産権の出願が1件もなされていないのは若干不満が残るが、今後の課題として重要と考える。

研究課題名	フラーレン誘導体の合成を基盤とした化学的アプローチによる高効率有機薄膜太陽電池の開発
研究機関・部局・職名	東京大学・大学院理学系研究科・特任教授
氏名	松尾 豊

研究概要:

(1) 研究の背景

有機薄膜太陽電池は、低コストや低環境負荷を特長とする新しいエネルギー源として注目されている。今世紀に入ってその研究開発がますます活発になり、欧米・アジアとの競争が激化している。光電エネルギー変換効率は8%に達している。

(2) 研究の目標

本研究では、有機薄膜太陽電池の高効率化研究においてボトルネックとなっている電子受容体であるフラーレン誘導体の合成研究に特に注力し、高効率、安価で長寿命な高効率有機薄膜太陽電池を開発する。また、化学的な立場から有機薄膜中における新しいサイエンスを創成する。

(3) 研究の特色

これまで応用物理学や電気電子工学の研究対象であった太陽電池を、物質を基盤とする化学の視点から研究する。また本研究は、電子受容体であるフラーレン誘導体の開発を鍵として研究を推進することを特色としており、従来型の電子供与体（導電性ポリマー）開発を基盤とした研究と異なっている。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

優れたフラーレン誘導体を供給できれば、有機薄膜太陽電池の効率が大きく向上するだけでなく、有機エレクトロニクス分野全体でイノベーションの誘発を期待できる。フラーレンは我が国でのみ工業的に生産されており、フラーレンを基盤とした優れた有機薄膜太陽電池が開発されれば、我が国がイニシアチブをもつ科学技術となる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題の推進で大きな学術的貢献があったことは、一流誌へ掲載された論文数から明白である。しかし、社会的貢献となると太陽電池の開発に問われるのは、リチウム二次電池や燃料電池の開発等と同様に、エネルギーデバイスとして実用性（効率、コスト、耐久性）である。電池の特性（効率）を見る限り、この研究成果から、既存の高効率太陽電池との差別性、革新性を示す特筆すべき技術が見えない。</p> <p>成果の知財化には対応できているが、研究エフォートとして気になるのは、出版論文数が多すぎる点である。1か月に2件のペースであり、物理的にこの過密な執筆活動の状況で、実験研究指導に十分な時間を費やすことは難しい。論文の多くは、研究代表者が得意とする素材の合成と評価であり、研究の最終目標である太陽電池製作と特性に関する検討が不足である。</p> <p>今後の研究は、研究題目に掲げているように、高効率化を重点目標として、数値目標を立て、その目標達成のブレークスルーとして、素材と電池構成にどのような改良を施すべきかの検討に注力することが必要である。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>本研究課題のタイトルであり最終目標は、高効率太陽電池である。高効率化を目指すのであれば、効率目標が数値化されるのが当然であり（研究代表研究者自身も、①世界最高レベルの効率、②安価、③長寿命を目標とすると認識している）、効率と耐久性の点で数値目標が設定されていなければならない。太陽電池の開発では一般的であるこの観点が研究計画では抜けている。一方で、「合成を基盤とした」と掲げている部分については、太陽電池用の新規のフラレン誘導体、ドナー材料の合成を行った点で、目標の一部は達成できた。順調に推移できていないのは、これらのチャレンジングな合成から得られる太陽電池の性能、上記の①、②、③である。2013年発表の効率6.4%は、確かにP3HTを用いたポリマー太陽電池としては最高効率と考えるが、すでに10%を超える効率が複数の研究機関で達成されている現在、有機薄膜太陽電池の分野の中では特別</p>		

に高い効率とは位置づけられない。また、ここで合成した新規化合物が太陽電池をどう変えうるかについて、有機系のメリットであるコスト、そしてデメリットである寿命に関する優劣の評価も見えない。

残されている主たる課題は、本研究課題で開発したフラレン系電子受容体を用いた大面積有機薄膜太陽電池セミモジュールの作製とその性能評価、ならびにLi⁺内包フラレン材料の開発とそれを界面に適用した太陽電池の作製とその性能評価である。

研究計画、対策は、全体的には適切である。また、黒鉛を用いた有機太陽電池の研究を打ち切ったことも妥当と考えられる。ただし、研究計画には高効率化の目標値を設定し、この目標に対して何を持ってして高電流、高電圧、あるいは内部抵抗低減を改善できるかの材料設計のシナリオを提案する必要がある。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

特に、新規フラレン誘導体の設計と、その合成法ならびに集合体の構造研究に先進性、優位性が認められる。

フラレン誘導体の合成法に関していくつかの新手法を開発した点、フラレンメタノインデン付加体/P3HT系の有機薄膜太陽電池が高い変換効率を示した点は、特筆される。

素材合成は、太陽電池のみならず、他のエレクトロニクス素子でも特長を発揮できる可能性から、優位性がある。ただ、有機系太陽電池の高効率化（一般的には目標15%）に、将来つながりそうなブレークスルーはまだない。

Li⁺イオン内包を含めた各種の新しいフラレン誘導体の合成は、素材として光った成果である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

本研究課題での成果は有機薄膜太陽電池の研究分野のみならず、有機合成化学やデバイス化の研究分野にも寄与するものである。なによりも望まれるエネルギー変換効率、安全性、経済性に優れた高効率な有機薄膜の実現が見込まれる。

しかし、すでに有機系太陽電池の分野では10~15%の効率が、次々と発表されてい

る状況を考えると、本研究課題の 6~7%は社会的インパクトとしては限定的であり、低コスト太陽電池の実現には距離はある。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

チーム構成が適切であり、それを統括するマネジメントも効果的に行っている。高評価の媒体に多数の原著論文を出しており、優れた成果発信として評価できる。指摘された点である知財化も対応できている。高いレベルの基礎研究だけでなく、啓発レベルの活動にも多くの時間を割いて機会を設けている。デモンストレーションや展示も活発である。

研究課題名	気候モデル予測精度向上のための海洋表層情報復元
研究機関・部局・職名	東京大学・大気海洋研究所・准教授
氏名	横山 祐典

研究概要:

(1) 研究の背景

現在進行中の地球温暖化についての将来予測は広く関心を集めている（今後100年で2℃かそれ以上）。気候変化予測については、気候モデルの進展により、進歩してきているが、未だに不確定性が残っている。多くはモデルの検証に用いられてきたデータが、過去わずか数十年の測器記録に基づいているためである。

(2) 研究の目標

気候モデルの動作特性検証のための、高精度の過去の気候変動記録を、サンゴや堆積物を地球化学的に、より精度よく復元する。特に気候モデルの制約条件として重要な海洋表層環境データを復元する。それらは時系列データおよび時間断面データとして広く世界の気候モデル研究者が使用可能な基準データを提供する。

(3) 研究の特色

地球表層の気温が2℃以上上昇した氷期-間氷期の移行期を含む過去2万年間の各種試料を用いる。いままでに提案者が参画してきた国際共同研究により採取された試料を用いることが可能である。また、気候モデルのグループと同じ研究チームで研究を行っていることから、日常的に多様な分野の研究者との議論が行える。現有・新規導入の分析装置を用いることで、高時間分解能のデータ復元が可能となる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

エルニーニョの発生頻度や強度の変化予測や集中豪雨や渇水の予測など、人間活動に密接に関連し、かつ現在の気候モデルで復元が難しい中-低緯度地域の水循環を中心とした気候変動モデルの予測精度向上や、農業および災害対策のための基礎データの提供など、幅広く効果をもたらすものと思われる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>目標としてきた IPCC AR5 への貢献を成し遂げている点は高く評価できる。また実際の試料を用いた分析に基づく成果も、一部に遅れがみられるものの、ほぼ順調に進んでおり、問題を感じない。それらの成果は遅滞なく公表されつつあると判断できる。また、それら公表論文の内容も高い質を持っていると言える。以上から、本研究課題は着実に進展し、目標を一部達成し、成果を残していると判断できる。</p> <p>一方、要望点としては、新規導入の装置の立ち上げに時間がかかり、その装置を用いたデータに基づく研究には着手できていない。新しい手法の確立に関する技術論文の公表が待たれる。実データをベースに物理モデル研究に具体的に取り込んだ研究も期待され、最終目標に「気候モデルの予測精度向上」を置いているのだから、それを実現するための具体的な取り組み事例を提示して欲しい。</p> <p>すなわち、モデルとしては、これまでの研究で既に復元されている過去 2 万年間の古気候データの内容に対して、本研究課題による研究によって、どこそこの部分がそれぞれどのように、そしてどの程度強化されたか、それらが気候モデルの高度化にそれぞれどのように貢献できたか、あるいはできるか、具体的に記述するなど、この研究分野の中での位置づけをもっときちんと本当に使えるパラメータを提供できているのか否かも含め示してほしい。</p> <p>また、本研究課題で得た研究成果のうち、それぞれ Nature および Science に掲載された論文は確かに重要な成果である。実際、「研究成果の先進性や優位性及び特記事項の欄にも、極めて重要な特記すべき研究成果の主なものとしてトップに記述され、その欄の記述の殆どを占めている。ところが、研究実施体制の状況に記載されているメンバーは、これらの論文の第一著者になっておらず、著者順でむしろ末尾の方に位置しているように見える。もし、これらチームメンバーが主として得た研究成果であると言うなら、著者順も考慮する必要がある。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		

質の良い古気候データを高精度で取得することにより、物理モデル研究と比較しつつ、地球環境の将来予測のための精度を向上させるために、詳細年代、水温データ、水質データなどを抽出して、着実に成果を上げ続けていると言える。特に、研究申請段階で目標に掲げていた「IPCC 第5次報告書への引用と貢献」に関しては、同報告第5章の「古気候アーカイブ」で研究代表申請者筆頭として執筆したレビュー論文が引用されている。同研究は本研究課題のために資料整理を行ったもので、本研究課題の直接的成果であり、最低限の目標は既にクリアしたと言える。

平成24年度研究計画書に「モルジブのサンゴ試料について水温情報を得てモンスーンに関する知見を得る」とあるが、学会では既にこれに関連する講演を行っており、この点に関してはやや遅れているものの研究は進行していると判断する。

本研究は4つのサブ課題に分割して進行しているが、それぞれのサブ課題について残された課題が整理されている。投稿準備段階に達しているようであり、大きな問題を感じない。平成25年度以降に期待される内容としては、実データを物理モデル研究に具体的に取り込んだ研究である。これまでも実データと物理モデルの供給する理論値の比較に基づいた議論が行われ、重要な成果を上げてきたことは評価される。

一部、太陽活動と気候変動の関わりについては、降水量と太陽活動との直接的関係の解明が判りにくい。最終目標は「気候モデルの予測精度向上」を目指すのだから、それを実現するための具体的な取り組み事例を示して欲しい。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出されている ・ 創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

当該年度に行われた研究としては、4つのサブテーマのうち(A)では、Sr/Ca比を用いた古水温推定に関しての新たな知見が、今後、高精度気候変動を解読するツールとして酸素同位体比と並行して利用するための基本的な情報を供給可とした事で、一定の先進性を認める。(C)の氷床量変動復元に関しては、顕著な成果がある。特に14500年前の急激な氷床量変化について、規模とタイミングを推定し、加えて南極氷床の寄与を示唆するに至っている。また、日本付近の現在の海水準の上昇は、氷期以降の氷床融解の延長にあるのではなく、3~4000年前にいったん海水準上昇が止まっていたことを示唆した。これは現在みられる海水準上昇が、人為的な行為によるものであることを裏付ける重要な知見と言え、先進性と優位性がある。(D)のデータとモデルの比較検討では、南シナ海のこれまでにないデータを供給している。

特筆すべきは、グレートバリアリーフという世界遺産のエリア内での深海掘削計画において、通常の学術研究では試料を得ることができない保護された位置で、国際学術プロジェクトのリーダーシップを研究代表者が担い、そこから新たなデータ取ができると

いう大きなブレークスルーがある。

また、古気候を論じるうえで最重要となる「年代尺度」について、新たに作成された国際標準曲線に本助成研究の成果が取り込まれ、Scienceに掲載されている。これは国際的に注目された福井県水月湖のデータ等であるが、代表者はその炭素放射年代測定で大きく貢献しており、この点も特筆すべき点である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

公表されつつある成果は、すでに多くの論文で引用されている。特に、IPCC AR5の第一部会報告で引用されていることは、関連する研究分野の進展に本研究課題が貢献していることをはっきりと示している。特に、研究代表者が筆頭の本論文では、これらを受けて過去の気候システムの個別のデータの検討(異なる時間断面や地域性など)をしており、IPCCの作業に大きな貢献をした論文と言える。

南極氷床の融解がグリーンランド氷床と共に現在観測されているが、果たしてそれが自然変動(LGMから現在までの全球的な氷床融解)の一連の流れなのか、近年にユニークなものなのか明らかにすることが重要であるが、Yokoyama et al (2012 GRL)では下北半島のデータとアイソスタシーを考慮した地球物理モデルを組み合わせる研究を行ったところ、4000-3000年前までに主な融解が一旦停止していたと考えなければ観測値を説明することができないことが明らかになった。IPCCのSea Levelの章でも重要テーマとして議論されており、今後のIPCC作業でも重視される論文となる事が予想される。

その他、研究成果はまだ公表されていないものも多いが、気候変動の将来予測をする上で明らかに重要なものも含まれている。特に南極のロス海の棚氷の変化を捉える方法を初めて提唱した内容は興味深い。

また、本研究課題と関連した放射性炭素年代の国際標準曲線は、年代測定や元素分析結果の解釈、気候変動についての議論そして年代決定の高精度化に重要だった地磁気エクスカージョンについての化学分析結果の解釈と検討に貢献している。

以上、本研究課題が大きく研究分野の進展に寄与することが見込まれる。

研究課題の成果は、地球温暖化という言葉に代表されるように、人類にとって、将来の地球にどのような気候変化が予想されるかを正確に把握することは、解決しなければならない極めて重要な課題である。しかし残念ながら、現時点では、その予測にまだまだ大きな不確定性が存在する。従って、現在の気候モデルの予測精度を格段に上げることが、喫緊の課題である。この課題を克服し気候モデルの予測精度を格段に向上させる上で、どうしても欠かせないものが、高精度に復元された古気候データである。本研究は、地球化学的手法に基づき、過去2万年間の海洋表層情報の高精度復元を目指したもので、これまでの研究で、高精度の海洋表層情報の復元に寄与するであろう成果を得て

いる。これらの成果は、気候モデルの高精度化に寄与すると期待される。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究実施マネジメントは、計画段階から4つのサブ課題に振り分けるなど、上手に行われており、各サブ課題で豊富な人材を有効に活用して行われている。またそれが有効に機能していることが報告書から読み取れる。それぞれのサブ課題を担当する院生等が積極的に学会や研究集会で発表していることから、適切なマネジメント・指導がなされていると言える。

本研究課題に関連して開発が進められている微量分析技術は、本研究課題のみならず多くの研究分野でも求められていることであり、幅広い活用が期待できる。それらの分野の研究との連携も視野に入っているようである。本研究は高価な装置を導入して進められているが、本研究課題の一環として機器運用の担当者同士の技術者交流を積極的に行い、他国の技術を吸収するなどに務めている。従って助成金の活用状況は良好であると判断できる。

成果の公表については、査読付き論文誌 45 編、学会での講演等 171 回は、本研究に関わる多くの研究者が活発に成果を公表していることを示しており、学術発表は適切に行われていると判断する。

社会的な普及・国民との科学・技術対話についても新聞報道などに研究成果が取り上げられたり、小学生・中学生を対象とした講演を計 12 回行い、高校への特別講義などを実施するなど、適切に行われていると言える。

研究課題名	ビスマスの特性を活かした環境調和機能性酸化物の開発
研究機関・部局・職名	東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授
氏名	東 正樹

研究概要:

(1) 研究の背景

持続的発展が可能な社会の構築が急務である現在では、環境への低負荷や、エネルギーの高効率利用のための材料開発が望まれる。例えばインクジェットプリンターや超音波診断機に使われる圧電体が環境に有害な鉛を多量に含む問題、コンピュータの消費電力が増大し続ける問題、LSI 製造や光通信の分野で、熱膨張によるエラーを避けるための高度空調に多くのエネルギーが使われる問題は、材料開発で解決できる。

(2) 研究の目標

本研究は、ビスマスという元素の特性に注目し、1. 環境に有害な鉛を含まず、既存の鉛系物質を超える性能を持つ圧電材料、2. 低エネルギーメモリーデバイスとなりうる、室温動作する強誘電・強磁性体、3. 電荷移動による負の熱膨張物質を用いた熱膨張率ゼロ材料、という、グリーンイノベーションに寄与する3つの環境調和機能性酸化物の実現を目標とする。

(3) 研究の特色

本研究で取り上げる材料は、従来の圧電体・負の熱膨張物質の物質探索指針に縛られない、新しい機能発現メカニズムを持つ事が特色である。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

鉛による環境破壊の低減や、産業界での省エネルギーの効果を期待できる。また、機能発現のメカニズムを探る基礎的研究と、応用を指向した材料開発研究の両方の分野を活性化できる。さらに、新技術で海外との差別化を行う事で日本の産業界の競争力が高まる事を期待している。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>全体的に初期の計画（①～③）の通り研究は進捗しており、現在、初期機能あるいは基礎物性としては、ほぼ目標を達成し、一部の物質では応用特性の向上に努めている。</p> <p>①有害な鉛を含まず、既存の鉛系物質の特性を越える圧電材料の実現 ②低エネルギーメモリーデバイスとしての、室温で動作する強誘電・強磁性体の実現 ③電荷移動メカニズムによる負の熱膨張を持つ材料と、それによる熱膨張率ゼロ材料の実現</p> <p>特に③については、$\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$が、従来の3倍もの負の熱膨張を示すことを発見し、エポキシ樹脂にこの物質を分散させることで、熱膨張ゼロ材料の開発を行っており、応用特性の向上が期待される。ただしコンポジット材料がこの物質の特性を活かす唯一の方向なのかどうかも含めて応用材料への幅広い可能性を模索し、展開を目指してほしい。①と②については、基礎物性としては、目標に近づいてはいるが、応用特性の向上という観点から、もう一段の進展が望まれる。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（■ある ・ □ない）		
<p>Bi^{4+}の持つ電荷の不均化を利用したペロブスカイト化合物の合成を通し、①有害な鉛を含まない既存の鉛系物質の特性を越える新圧電材料、②メモリーデバイスを意図した室温動作の強誘電・強磁性材、③電荷移動メカニズムによる負の熱膨張を持つ材料と、それによる熱膨張率ゼロ材、各々の実現を目指した研究内容。①では、鉛系に迫る圧電係数を$\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$なるBi系で、②では$\text{BiFe}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_3$で室温ゼロ磁場下で弱強磁性を観測、③では、既存材料の3倍もの負の熱膨張を示す$\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$を見出し、この物質をエポキシ樹脂に分散させることで、熱膨張ゼロ材の開発を行っている。この③の開発で一次構造相転移に伴う熱膨張の温度履歴が生じるが、構成原子の組織の微調整で、この消失が対応可能という状態まで来ている。</p>		

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出されている ・ 創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

鉛系で従来多相相境界における圧電特性増大の起源と考えられていた分極の回転を $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ なる Bi 系材料で初めて観測し、鉛系に迫る圧電係数を得た点は現材料が重量比で約 66%もの有害な鉛を含んでいることを考えると、先進性・優位性が高く、今後の環境調和型材料開発の指針を与えたという点から高く評価できる。

更に、従来比 3 倍もの負の熱膨張係数を示す $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$ の発現は、レベルの高い学術誌のトピックスに取り上げられるなど注目を集めている。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

鉛系で従来、多相相境界における圧電特性増大の起源と考えられていた、分極の回転を Bi 系において初めて観測した点は、今後の材料開発の指針を与えたという点からも、また、有害な鉛を含まない圧電材料の実現という点からも、直接グリーンイノベーションに貢献する可能性を秘めており、関連する研究分野の進展に大きく寄与する可能性がある。

また、従来の 3 倍もの負の熱膨張を示す $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$ の発見は、今後、材料のコンポジット化により、ゼロ熱膨張の実用材料開発に進む可能性を秘めている。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

全般的に研究は順調に進捗しており、当初目的を達成できる見通しであり、研究計画は適切にマネジメントされている。「室温で利用可能とする工業材料に展開する事」との指摘事項に対し、強い意識を持ち各々のテーマについて専門性の異なる会社との共同研究を行う等、適切なマネジメントがなされている。成果発表等も質量共に適切である。

研究課題名	安定同位体異常を用いた地球大気硫黄循環変動の解析
研究機関・部局・職名	東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授
氏名	上野 雄一郎

研究概要:

(1) 研究の背景

大気中に存在する種々の硫黄化合物は太陽光の反射や温室効果を担う。このため、大気中の硫黄が気候を左右する可能性について世界的に研究が進められているが、その化学過程について不明な部分が多く、解明に至っていない。安定同位体（質量数の異なる原子）はこの大気硫黄循環を追跡する新しい指標として近年注目されつつある。

(2) 研究の目標

大気化学反応が硫黄の同位体比を変化させる過程とその要因を実験的に明らかにする。同位体比の情報は過去の地層に記録されているため、これと実験結果を対比する事で気候変動/環境変動と大気硫黄循環の関わりを解明する。

(3) 研究の特色

同位体比に着目することで、これまで知られていなかった温暖化関連物質の供給源や未知の反応経路をあぶり出すことができる。またそれらの寄与率を定量化できる。地質記録との照合により大気と気候の関わりを地球史的な視野で再評価することにつながる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

大規模火山噴火など大気への硫黄注入イベントが生じた際の気候変動予測に応用ができる。また温暖化の対抗措置として成層圏への意図的な硫黄注入が議論されている。これが実際に行われた場合に気候や環境にどのような変化が生じるかを予測する上で最も基礎となる化学過程の情報を与えると期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>研究目的・計画は適切に設定され、それに応じて着実に成果が挙げられている。過去の改善要求事項についての対応も適切である。これからの発展が期待できる。</p> <p>本研究課題が対象とする非質量依存同位体分別については、現象面のみならず理論面での理解（特に 29 億年前の大気組成変化変動要因解明のための大気化学モデルの構築等）も深める必要があると考えられる。研究実施体制の中では、理論計算・分別係数の理論予測を担当する研究者との協力が計画されているが、共同研究の成果・問題点等の対応が求められる。</p> <p>また、研究成果のとりまとめとその公表をより積極的に行って欲しい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>本研究課題は、大気化学研究において、トレーサーとして用いる硫黄安定同位体の種類を 4 種にし、酸素濃度変化に留まらない新しい大気化学指標を構築し、太古代末期に起きた大気組成変動の実態解明を目指す。</p> <p>具体的には、</p> <p>① 4 種の硫黄安定同位体のハイスループット分析法の確立</p> <p>② 光解離実験と分子分光実験から同位体分別係数のスペクトル依存性を求め、同位体記録の再現可能な大気モデルの構築</p> <p>③ 太古代末期に特化した堆積岩試料の硫黄同位体分析による同位体異常値の変動現象の把握</p> <p>これまで、材料に対する S の同位体分析が行われ、高時間分解能同位体異常プロファイルが作成された結果、従来の予想とは異なる、約 29 億年前に大気組成が変わったということを新たに見出した。</p> <p>但し、その実態解明には至っていない。理由としては、光解離実験で得られた同位体異常が波長依存性に加えて圧力依存性もあることが判明したために、従来データの見直しや新たな実験が必要となり、地球史スケールの大気変動の実態解明には遅れが生じるこ</p>		

とになった。

このこと自体は、研究目的や計画の不備というよりも成果と捉えるべきで、課題への対応策は明確に示されている。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出されている ・ 創出されていない)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

研究課題の成果の先進性や優位性としては、目的①に関連する4種の硫黄安定同位体のハイスループット分析法の確立である。この分析法は、目的②や目的③に止まらず、硫黄が関与する多くの研究課題に適用できるものと考えられる。成層圏硫酸エアロゾル形成過程の解明や派生效果としての放射性核種³⁵Sの輸送経路の追跡等、本研究でも本分析法が有効に利用されている。

特に本手法により約29億年前に大気組成が変化したことを明らかにしたこと、また光解離時に引き起こされる同位体効果の圧力依存性を新たに見出したこと等、独自の成果、技術として高い先進性・優位性を持つと判断できる。

また、本手法を現在の大気化学過程に応用し、硫酸エアロゾル形成経路の解明に役立つことを示したのは、当初の目的の他に特記すべき研究成果であると判断する。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

既に述べたように本研究課題の最も優れた成果は、4種の硫黄安定同位体のハイスループット分析法の確立、光解離と分光実験により4種の硫黄安定同位体の分別係数を紫外線波長の関係として得ることと考えられる。この分析法は、大気過程を同位体から追跡する研究分野、特に硫黄が関与する多くの研究課題に適用できるものと考えられる。

本研究課題の成果は、純粋科学的立場からの探求の結果であり、社会的・経済的課題の解決への貢献が見込まれるものではない。しかし、本研究課題の成果である硫黄安定同位体の分析法は、波及効果として、また大規模活動に伴う環境変動の予測などを通して、社会的課題の解決へ貢献する可能性は見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究開発マネジメント全般については、良好に運営されているものと判断できる。

本研究課題が対象とする非質量依存同位体分別、その中での波長依存同位体効果、本研究課題で明らかになった圧力依存性等については、現象面のみならず理論面での理解も他の理論研究者との協働を通し深める必要があると考えられる。

論文発表、会議発表については、平成 23 年から平成 24 年にかけて、本研究課題に関係する成果が経時的に増えているので、研究成果は着実に公表されている。

更に積極的な論文雑誌への公表を期待する。

研究課題名	ナノ半導体におけるキャリア輸送・熱輸送の統合理解によるグリーンLSIチップの創製
研究機関・部局・職名	慶應義塾大学・理工学部・教授
氏名	内田 健

研究概要:

(1) 研究の背景

ナノ半導体（サイズが10ナノメートル以下の非常に小さな半導体）では、ナノスケールに特有の効果により、サイズに依存して熱伝導（熱の伝わり方）や発熱の特性が大きく変化すると予測される。しかし、ナノ半導体の熱伝導特性および電流によって生じる発熱の特性は、ナノ半導体を作製・評価することが難しいことから、世界的にも殆ど調べられていない。

(2) 研究の目標

本研究では、発熱および熱伝導の評価に適した構造のナノ半導体を作製し、ナノサイズのヒーターと温度計を開発することで、ナノ半導体の熱伝導特性と発熱現象の詳細を明らかにする。

(3) 研究の特色

従来個別に議論されていたキャリア輸送（電流）による発熱と熱輸送（熱伝導）の統合理解を目指す。実験用のナノ半導体には、サイズを精密に制御できるフィルム状のナノ半導体を用いる。またナノ半導体での発熱と熱伝導を明らかにするだけでなく、得られた知見を基に、ナノ半導体の発熱を抑え、生じた熱を素早く散逸させる構造の提案を行う。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

ナノ半導体を利用しながらも、発熱を抑えた熱散逸の良い高性能の電子デバイス（電子機器）が実現できる。本研究で開発した低発熱かつ良好な熱散逸の電子デバイスを用いることで、電力消費の少ないグリーンなLSIチップ（携帯電話やPCで情報処理を担う半導体集積回路）の実現が期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>ナノデバイスで最も重要とされる発熱とリーク電流の問題に積極的に取り組んでおり、かなりの成果が得られている。しかし、本研究代表者は途中で研究環境が大きく変わったとはいえ、課題に対して、より定量的・解析的な取り組みを進めて欲しい。</p> <p>グラフェンナノリボンの研究が加えられているが、研究の関連性はあるものの現在の研究が発散してしまうものと思われる。グラフェンを用いた抵抗変化型メモリは新規な研究であるが、ナノデバイスの消費電力の低減を実施している中で、1,800℃、2mWの消費電力の研究は少々唐突すぎるのではないだろうか。主な研究テーマとなるSOIトランジスタの更なる研究の進展を期待したい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>ナノ半導体における熱伝導特性、フォノン特性、非平衡キャリア輸送、高感度ナノ温度計の実現、thermal-aware デバイスの最適化に取り組み、ナノ半導体トランジスタでの熱設計がデバイス特性の高性能化・低消費電力化に有効であることを実証しており、研究は進んでいる。</p> <p>Thermal-aware デバイス・システム最適化によりLSI消費電力を1/10にするには、システムレベルでの最適化が残された課題である。これを解決するために、多チップ積層LSIを提案しLSIシステム専門家との共同研究を実施しており、残されている課題への対応方策は明確であるが。課題に対して、より定量的・解析的な取り組みを進めるべく努力をして欲しい。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

ナノデバイスを試作する技術及びその熱伝導特性を評価するために計測系を一体化する技術、ベースとなるものづくりを基盤としてナノデバイスの発熱低減を目指していることは先進性・優位性がある。

実験と計算を対応させながら多くの研究成果を見出ししており、極薄 BOX を有する SOI トランジスタの自己加熱に対し、研究成果から実現した測定方法を用いて定量的に評価できたこと、熱配慮設計によりアナログ特性を 40%程度改善できた点は評価できる

非弾性トンネル分光法によりナノシリコン中では電子と強く総合作用するフォノンのエネルギーが低くなることを実験的に見出した。これは、電子デバイスの評価では見出せなかった現象でナノ材料が光デバイスに応用できる物性値であると評価できる。

抵抗変化型不揮発性メモリを実現できることを提案している。

このように、ナノスケールにおける熱物性を探索した点は、ナノ材料の新たな可能性を開くことになるため今後の成果が期待される。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

ナノデバイスはデバイス間の漏れ電流の影響が大きく、それを低減させるために SOI 構造にする事が必要となる。しかし、絶縁層上にナノデバイスを構築することは、ナノデバイスからの発熱を放熱できない。そのためナノデバイスではバルクデバイスに比べてデバイス構造を最適化させ、如何に外部に放熱させるかがナノトランジスタ実用化の鍵である。本研究では発熱の問題を計算と実験からチャレンジし、ナノデバイスの最適設計を試みようとしており、この研究成果は関連する研究分野の進展に大きく寄与するものと思われる。

デバイスの自己加熱による温度上昇は、LSI の高集積化及び信頼性を阻害する大きな要因であり、本研究はこれの解析・評価と対策のための具体的な提案を行っている。本研究成果が LSI の高信頼性に繋がることにより、安全・安心な社会の実現に役立ち、社会的、経済的課題を解決できると考えられる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究途中で所属先が東京工業大学から慶應義塾大学に変更になったにもかかわらず、共同研究等を推進し研究成果を上げており、実施体制、研究実施マネジメントは適切であると考えられる。

しかし、半導体の製造設備が十分な東京工業大学との更なる連携が出来る事が研究に進展に繋がると思われるので研究実施体制の再構築を期待したい。

研究課題名	高速省電力フレキシブル情報端末を実現する酸化物半導体の低温成長と構造制御法の確立
研究機関・部局・職名	東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授
氏名	神谷 利夫

研究概要:

(1) 研究の背景

アモルファス酸化物半導体 (AOS) は私たちが開発した純国産の新半導体であり、将来の携帯情報端末に不可欠な材料である。高性能化・低温形成・省電力化を進めることにより (4) に述べるような新技術を生み出せると期待される。

(2) 研究の目標

AOS 薄膜の作製過程を原子層レベルで解析・制御することで高性能化・高速化を図るとともに、性能を落とさずに作製温度を下げ、150°C以下で高性能フレキシブルデバイスを作る。また、微細化により、現在のアモルファス Si の 30 倍以上の性能、3 V 以下の低電圧、1 GHz 以上の高速動作を達成する。

(3) 研究の特色

AOS は「酸化物」であり、今まで使われてきた Si とは全く異なる材料である。そのため、技術的な開発は急速に進んだが、酸化物に適した技術開発がされていない。本研究では、AOS の開発者であり、かつ、酸化物の専門家である提案者が、AOS の特徴を活かした高性能化・低温化・省電力化技術を開発することに特徴がある。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

高性能な AOS 電子回路をディスプレイなどに集積化し、かつ、フレキシブル基板上へ作製することが期待できる。これらの技術により、「持ち運ぶときは文庫本サイズ」「広げたら iPad サイズ」で、「落としても壊れない」「数日間充電不要」な省電力で人にやさしい情報端末が実現できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題の成果は近年急速に実用化と産業化が進展する液晶ディスプレイ、有機ディスプレイの高機能化、大型化、フレキシブル化、省電力化、低コスト化などに直結するものであり、社会的、産業的に極めて要望されている技術開発である。本研究課題は材料科学としての基礎研究をベースに材料研究、デバイス研究に取り組んでいるものであり、世界最先端の技術開発である。</p> <p>本研究課題は、研究計画、計画目標、推進状況に応じた計画見直し、適切な経費使用など優れた研究マネジメントの下、所期の研究成果を達成しつつある。</p> <p>最終年度においては具体的に示されているデバイスの数値目標の達成を期待する。また、世界をリードする成果が期待できるためにより積極的な特許出願も行ってもらいたい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>アモルファス半導体薄膜構造の評価技術の確立、薄膜成長過程の解析は既に所期の目的を達成している。安定性に優れた低温処理 TFT の作製技術の確立について、従来の低温処理 TFT プロセスの問題点を解明することができ、低温処理の TFT で高い移動度、安定性を有するデバイス作製に目処を付けた。高速動作。低電圧動作 TFT の開発においては低電圧動作で高移動度 TFT の開発に成功し、今後の高速動作達成が見込まれる。高移動度、長期安定性、p 型材料を可能にする新組成材料の探索に関しては、当初検討の Cu₂O から更に適切な材料として SnS への検討を進めている。残された課題としては、高速動作 TFT の開発、長期安定高移動度 TFT と p 型 TFT 材料の新規材料探索、非真空プロセスでの作製技術開発、酸化物半導体中の欠陥起源解明による低温プロセス・長期安定性確保であるが、いずれも適切に問題点を整理して具体的な対応方策を行っている。</p> <p>よって、初期の目的の達成は可能であると考えられる。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/>		

<p>ある ・ □ない)</p>
<p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (■創出されている ・ □創出されていない)</p>
<p>・当初の目的の他に得られた成果が (■ある ・ □ない)</p>
<p>アモルファス酸化物 TFT 材料は今後の広範な産業界での応用が期待され、本研究が目指す低温化プロセスの開発、長期動作安定性、省電力化の達成の必要性が認識され、企業を中心として研究が行われてきているが、デバイス技術開発が主体で適切な解決策が見出されていない。本研究は、大学研究の特長を生かして基礎材料科学の視点から酸化物半導体材料、TFT デバイスの研究に取り組み、薄膜成長過程、薄膜内欠陥構造と形成過程、薄膜内不純物と TFT 特性との相関、熱処理条件との関連、デバイス不安定性要因の解明など、いずれも世界でも例のない新しい研究成果を挙げており、先進性・優位性は顕著である。</p> <p>IGZO 系材料に関しては世界トップの性能を達成している。水素低減により 200℃以下の温度で薄膜トランジスターを形成する低温プロセスを実現し、移動度 15cm²/Vs が得られている。更に低温熱処理のトラップの原因追究、300℃オゾン処理の捕獲準位のモデル化まで成功している。ディスプレイを現実にも担う材料開発としては優れた結果であり、ブレークスルー技術となりうる。</p> <p>当初計画には無かった関連成果として光照射／電圧印加履歴センサーの開発に成功した。</p>
<p>④ 研究成果の効果</p>
<p>・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)</p>
<p>・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)</p>
<p>本研究課題の成果は液晶ディスプレイ、有機ディスプレイの高機能化、大型化、フレキシブル化、省電力化、低コスト化などに直結するものであり、社会的、産業的に極めて要望されている技術開発である。本研究課題材料科学としての基礎研究をベースに材料研究、デバイス研究に取り組んでいるものであり、世界でも例のない新しい研究成果を挙げており世界最先端の技術開発である。よって、関連する研究分野、社会的課題解決への波及効果は大きい。</p>
<p>⑤ 研究実施マネジメントの状況</p>
<p>・適切なマネジメントが (■行われている ・ □行われていない)</p>
<p>研究目的の達成がほぼ計画通りであり、研究計画、研究実施計画、適切なマネジメントは適切と判断する。ポスドク 2 名で立ち上げ、途中でポスドク 1 名＋大学院生での研究体制は、本補助事業の規模であれば適切である。</p>

研究課題名	ホログラフィックに制御された光ポテンシャルによる大規模2次元量子計算機の実現
研究機関・部局・職名	東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
氏名	上妻 幹旺

研究概要:

(1) 研究の背景

新材料を実際に作らずとも、その性質を詳らかにできるならば、時間・コスト・エネルギー、全てに亘って利点となる。しかし物質の性質は量子力学という不可思議な法則に支配されており、0と1だけで処理をする通常の計算機でこのようなシミュレーションは出来ない。それを可能にする量子計算機が提案されているが、その実現は見通しがたっていない。

(2) 研究の目標

量子計算機を実現するには、量子ビットとよばれる特別な情報記憶素子が必要となる。これまで実現されてきたのは「数個の量子ビットを使った計算」であったが、ここでは単なるデモンストレーションではなく、実益をもたらすレベルである「100量子ビットを用いた計算」を実現する。

(3) 研究の特色

電子は磁石として働き、その磁石は量子ビットとして機能する。だが地球磁場等の影響で磁石の向きが乱れると、計算は遂行出来ない。しかし核がもつ磁石は、電子の千分の1以下しかなく乱れにくい。原子一つ一つをレーザーの力で制御し、核由来の量子ビットを整然と並べ、量子計算を実現する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

物質の性質は、構造、力によって特徴づけられる。それらを自由に制御できる系があれば、物を作らずとも新規材料の性質を詳らかにできる。未解明な磁性現象、超伝導等の物理を解明する強力な道具にもなる。スーパーコンピュータでも処理できない問題を瞬時にといてしまうことも可能となる。

【総合判断】		
○	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>研究代表者は、核スピンを用いた2次元量子縮退系の量子計算研究の世界的な先駆者であり、本研究課題にて固浸レンズ一体型超高真空ガラスセルを新たに構築し、2次元系の大規模量子計算の実現に向けて着実に研究が前進している。本補助事業期間内にどこまでが実現し、その先に本研究で目指している目標を実現するまでの道筋も見通せており、本研究目的の達成が大いに期待できる状況にある。本研究の目的が達成された際には、世界的ニュースとして取り上げられるものと考えられる。</p> <p>量子計算というチャレンジングであるが夢のある研究に前向きに取り組んでいることは非常に高く評価できる。東日本大震災等だけでなく、研究上の予期せぬ困難にも前向きに取り組みハイレベルで世界初の成果を出していることも高く評価できる。特許出願は難しいかもしれないが、何らかの関連技術への応用（量子計測など）も含めて1件でもよいのもう少し前向きに考えて欲しい。また成果を展示会、プレスリリースなども含めて、より積極的に成果をアピールして欲しい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>本研究課題では、光学顕微鏡の分解能を回折限界以上に高めることができる固浸レンズを用い、レンズ表面から1μm程度離れた平面内に、中性Yb原子集団をアレイ上に配列させ、100qubitを超える大規模量子計算を実現することを目的としている。これまでに、Yb原子の2次元量子縮退系を世界で初めて実現しており、進捗状況は順調である。</p> <p>本補助事業期間内に達成することが想定できることが明確であり、補助事業期間後に所期の目的を達成することが見込まれると考えられる。</p>		
③ 研究の成果		

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

論文数は少ないものの PRL 誌などの高い IF の雑誌に掲載されるだけでなく、量子計算の実証自体が非常にチャレンジングでその一步一步のマイルストーンをきっちりすることにも世界初の言葉が付くほどこの分野は難しい。単一量子ドットの可視化など非常に高い先進性、優位性がある。特に 2 次元系の構築が構築された明確な証拠を得ることができたことは非常に先進性がある。本研究課題で試作する装置が完成する研究終盤から予算が終わったあとに本研究課題の成果が見えてくると思う。

量子計算の実現という視点からはまず 2 次元系の構築が構築された明確な証拠を得ることができたことは当然大きなブレークスルーである。続けて新しい蒸発冷却の理論的提案と基礎的なデモンストレーションなどフェルミオンに関する研究も特筆できる。これだけでなく研究者自身も述べているがマクロな量子系をマイクロスコピックに探索するという視点でもブレークスルーとなる可能性を秘めている。チャレンジングでギャンブルライクな側面がある研究であるが、成果イコールブレークスルーとなる良い面もある。研究の進展に伴い当初予期されなかった問題点に対して、明確化された技術的課題の解決の過程で得られた新たなアイデアに基づいて、新規の実験手法の開拓を行った点は特記すべき成果である。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

2 次元系の構築が構築された明確な証拠を得ることができたことは量子計算実現にとって当然大きなブレークスルーである。続けて新しい蒸発冷却の理論的提案と基礎的なデモンストレーションなどフェルミオンに関する研究、そして Yb の光格子中の個々の原子の蛍光撮像など、これらの成果は量子計算の実現、量子物理の進展に大きく寄与できる。装置作りが中心の仕事であるので論文数は稼げないが、内容のインパクトの強さが重要であり、十分に関連分野で世界的にトップレベルの位置にあると思われる。

社会的、経済的課題の解決への貢献については、量子計算による高速計算などの利点が社会的にはわかっているものの、量子計算が実現しただけでは不十分で、応用出口を明確にし、アーキテクチャーの構築などまだまだたくさんやることがある。そのため、さらに膨大な開発の時間がかかると思われるので、現段階では近未来の社会的、経済的課題の解決への貢献やや弱い。特に量子コンピューターは特殊な系であり既存のシリコンコンピューターと違うため実用はまだ数十年先の遠い先であると思われ、やや遠い将来に社会的・経済的課題への貢献が見込まれる。しかし、それ以外にも近い将来に応用

可能な領域があると思われ(単純な量子効果を利用した高密度メモリーなど)、この成果を見た企業の研究者などとの異業種の情報交換などでさらに幅を広げることはいまの段階では難しいものだろうか。そのようにすれば本研究課題の成果が社会的、経済的課題の解決への貢献がさらに早くなる可能性もある。あるいは高感度計測、新型のイメージング法などの視点でもバイオ、材料科学などを考慮した展開によってはより近い将来の社会貢献が可能であろう。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究計画は計画がうまくいかなかった場合に、その場その場で適切に見直されており、その見直し時点から目的達成に向けてきちんとシナリオを描き、常に微修正をかけながら着実に研究を進めている。例えばなぜ Rb ではうまくいくのに Yb でうまくいかなかったのか、Yb での実験成功のために3次元シミュレーションなどを行い、成功させるためのポイントを押さえた。このような柔軟性は高く評価できる。ただ実施体制については適切であるものの、研究の加速のためにマンパワーを増やせないかという気がする。マネジメント、助成金の有効活用は問題なく、設備品、旅費など研究の目的に従って予算執行が行われている。

研究課題名	環境調和型ゼロエミッション次世代半導体配線形成方法の研究開発
研究機関・部局・職名	東京工業大学・精密工学研究所・准教授
氏名	曽根 正人

研究概要:

(1) 研究の背景

ノートパソコンや携帯電話はこの10年で身近なアイテムになりましたが、これは半導体がより小さく高密度になることにより実現しました。この超微細な半導体を更に小さく作成するためには、ナノメートルレベルの銅を欠陥無く配線する技術が必要です。また、半導体の作成には非常に多くのエネルギーが必要な上に、環境に負荷をかけるような廃液や二酸化炭素を大量に排出します。

(2) 研究の目標

水の代わりに二酸化炭素を使って半導体を「作り」「洗い」「乾かし」、その二酸化炭素を再利用することで環境に優しいプロセスを作るとともに、欠陥の無いナノメートルレベルの銅配線を高密度に作成する次世代半導体配線形成法を完成することを目指します。

(3) 研究の特色

提案者は、めっき液と二酸化炭素を混ぜ合わせてマヨネーズ状にすることで、欠陥の無い微細な金属配線ができる革新的なめっき技術を発明しました。この方法を用いて直径30ナノメートル以下の欠陥の無い銅配線を高密度に作成し、二酸化炭素で「洗い」「乾かし」その二酸化炭素を再利用することで環境に優しいモノづくりを実現します。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

二酸化炭素を利用し循環するモノづくりの実現と、半導体・マイクロマシン・燃料電池などの次の時代を担う最先端技術の発展に寄与します。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>短期間で基礎研究と応用研究を並行して進めてきたことは、所期目的を達成するだけでなく、半導体配線技術にこだわることなく、新たな展開をはじめており、優れた成果であると考えられる。理論やシミュレーションに関して他の分野の研究者と共同研究をさらに発展させて、当該分野で新たな学術領域を作り上げることを望む。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>新規な銅めっき方法における金属結晶成長機構などの基礎研究と同時に、応用として装置試作まで行っており、非常に多くの成果が上げられており、所期の設定目的が順調に達成できると判断される。</p> <p>研究目的を達成するために残されている大きな課題はないが、小型 M-SNP 装置の開発に伴う特許出願あるいは企業との共同研究への発展による実用化と、学術的にはシミュレーション研究と実際の実験結果との理論的対応を完成させることが期待される。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない）</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）</p> <p>M-SNP 法により直径 60nm アスペクト比 2 及び直径 70nm アスペクト比 5 のホールへの無欠陥銅埋め込みに成功させただけでなく、これによりレジストパターンの基板への密着強度が向上することを示しており、先進性・優位性があると判断される。</p> <p>本技術を応用した洗浄技術を開発するだけでなく、全自動で M-SNP 操作を行う新しい</p>		

半導体配線装置を完成させており、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出されていると判断される。

当初の目的の他に得られた成果があるとは判断されない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

新しい半導体配線装置として、実用化に資するだけの条件を兼ね備えた装置を実現しており、波及効果は大きいと推測され、メッキの関連する研究分野への波及効果が見込まれる。

超臨界の二酸化炭素を利用することでコスト的や投入エネルギーの面で既存技術に対する優位性は現時点では不明に思える。今後の研究開発で、さらなる実用化に発展することを期待され、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究マネジメントが実施されていると考えられる。

研究課題名	多次元多変量光学計測と超並列 GPU-DNS による高圧乱流燃焼機構の解明と高度応用
研究機関・部局・職名	東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
氏名	店橋 護

研究概要:

(1) 研究の背景

我が国の一次エネルギー供給の約 85%は化石燃料の燃焼が担っており、エンジン等の燃焼器には更なる高効率化と低環境負荷化が求められている。多くの実用燃焼器内の流れは化学反応と乱流による熱物質輸送が混在した複雑な乱流燃焼状態にあるが、理論的、実験的及び数値的取り扱いの困難さから、実用燃焼器のような高圧力環境下の乱流燃焼機構には、未解明な点が多く残されている。

(2) 研究の目標

実用燃焼器の更なる高効率化と低環境負荷化を目指して、世界最先端の実験的・数値的研究手法を用いて、高圧乱流燃焼機構、自然由来代替燃料の乱流燃焼特性及び新型燃焼器における乱流燃焼特性等を解明する。

(3) 研究の特色

複数の燃焼生成物濃度と速度の同時・高速度レーザ計測法及び膨大な数の GPU(画像演算処理装置)を用いた大規模直接数値シミュレーション技術等の世界最先端の研究手法を用いて、高圧乱流火炎構造、代替燃料の乱流燃焼特性、壁面近傍の乱流燃焼特性と熱損失特性等を明らかにする。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

実用燃焼器の更なる高効率化と低環境負荷化、自然由来代替燃料の有効利用及び新燃焼技術の確立は、中長期的な地球・都市環境問題の解決に大きく寄与し、我が国の CO2 排出量の低減やアジア諸国等への技術移転による CO2 排出権獲得など、グリーン・イノベーションの推進に寄与する。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題は高圧燃焼反応における化学種の特定やその化学種の反応を時系列的に追跡する計測システムの開発、特に多次元多変量光学計測及び超並列 GPU での超高速計算技術の開発し、実用燃焼機器の更なる高効率化、低環境負荷化を目指すものである。これに関して、乱流噴流予混合燃焼の解析に、開発した多次元多変量光学計測を適用し、火炎の特性を明らかにしており、目標に沿って順調に成果を得ていることは高く評価できる。今後、得られた研究成果を最大限、産業に応用、活用し、実際に高効率化、低環境負荷化が目に見えるようになることが期待される。</p> <p>光学的測定システムに関して、非常に高い技術開発を行っているので、今後この計測技術の汎用化を積極的に進めることも考えて欲しい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>高圧燃焼反応における化学種の特定やその化学種の反応を時系列的に追跡する計測システムの開発、特に多次元多変量光学計測及び超並列 GPU での超高速計算技術の開発については、目標に沿って順調に成果を得ている。また、乱流噴流予混合燃焼の解析に、開発した多次元多変量光学計測を適用し、火炎の特性を明らかにしている。さらに、新たな知見として、従来の乱流燃焼モデルでは想定できなかった予混合気塊が火炎先端部に高頻度で形成され、高速に消費されるということを見出している。</p> <p>高圧下での燃焼過程における乱流火炎の伝播特性や火炎の消炎機構については、火災事故により高圧条件での実験が実施できなくなったが、対応は考えられており、初期の目的は十分達成できると考えられる。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/>		

ある ・ □ない)
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (■創出されている ・ □創出されていない)
・ 当初の目的の他に得られた成果が (□ある ・ ■ない)
<p>補助事期間の当初に多次元多変量光学計測の高時間分解能化が実現されたことにより、計測技術のブレークスルーが行われ、乱流燃焼の微細構造解明へ向けて大きく前進したと言える。計測手法は産業界への波及効果もあり、先進性・優位性は認められる。</p> <p>従来の計測手法では明らかにすることができなかった、乱流燃焼における火炎の微細構造が定量的にとらえられ、その結果、火炎要素の曲率、燃焼速度に基づいて、従来の定説が覆される可能性を見出した。LES モデルの構築のための知見として特筆すべき研究成果と認められる。</p>
④ 研究成果の効果
・ 研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)
・ 社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)
<p>計測手法の高度化と並行して開発されている GPU-DNS 手法は計算機の高度利用の促進に大いに寄与すると認められる。</p> <p>燃焼に関する研究の成果および、計測手法と計算手法のそれぞれについて自動車メーカー等が導入を検討するなど、社会的・経済的な効果は大いに見込まれる。</p> <p>さらに、また、光学的測定システムの技術は高い汎用性があると考えられ、その波及効果は大きい。</p>
⑤ 研究実施マネジメントの状況
・ 適切なマネジメントが (■行われている ・ □行われていない)
<p>研究計画の策定ならびに実行、研究体制の構築、研究実施マネジメントはいずれも適切である。火災事故の発生により当初計画の一部変更を余儀なくされたが、他の課題の一部を前倒し手実行するなどして補填がされている。</p>

研究課題名	ナノ流体制御を利用した革新的レアアース分離に関する研究
研究機関・部局・職名	東京工業大学・原子炉工学研究所・准教授
氏名	塚原 剛彦

研究概要:

(1) 研究の背景

ハイテク製品に不可欠なレアアース（17種の希少元素）は世界市場の90%超を中国が占め、安定調達が困難、価格高騰等の問題があるため、我が国のみならず世界的な課題となっている。そこで、都市鉱山（使用済製品等の資源ゴミ）からレアアースをリサイクルする技術の開発が期待されているが、既存の方法は煩雑で長時間の工程が必要であり、個々のレアアースを相互に分離・回収することが難しい。

(2) 研究の目標

100ナノメートル（髪の毛の太さの1000分の1）までサイズを小さくしたナノ流路内（基板に彫り込んだ微細な溝）でのみ発現するユニークな効果（液体特性、表面機能等）を利用することにより、ナノ流路に複数のレアアース元素を含む溶液を流すだけで、目的元素を選択的に分離する手法を確立すると共に、その分離メカニズムを分子レベルで明らかにする。

(3) 研究の特色

これまで殆ど未開拓の領域であったナノ流路を分離場として用い、そこに熱・光・電気といった多様な機能を集約させて、通常分離が困難なレアアース同士を高速かつワンスルーで相互分離できる技術と方法論を提供する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

ナノ流路を使う新概念の分離法が実現すると、レアアースリサイクルだけでなく、工場廃液の水質改善や高純度合金作製等、資源・環境・エネルギー分野に係る諸問題の解決に繋がり、環境負荷低減や経済性の向上にも寄与できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>溶媒抽出法やクロマト法を凌駕する精緻なレアアース分離の技術と方法論を確立することが重要な研究目的に挙げられていることから、当初より実用化に向けた課題と解決方法、実廃棄物のレアアース分離が指摘事項に挙げられている。最終年度に実廃液を用いた検討を行うことになっており、基礎研究成果だけではなく、本法が従来法を凌駕できる成果を示すことが貴重な成果に繋がると考えられる。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>ナノ表面機能性制御法の確立に関する達成度は高いもののナノ流体制御による分離試験と評価、溶媒和イオンの構造とダイナミクス解析の達成度と、実用化に向けた課題と解決方法、実廃棄物のレアアース分離に対する成果が不十分な点もあるが、研究目的を達成するために残されている課題への対応方策も明確にされており、今後の研究の進捗により、所期の目的は達成できると判断される。</p>		
③ 研究の成果		
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されている ・ <input type="checkbox"/> 創出されていない）		
・ 当初の目的の他に得られた成果が（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
<p>従来の溶媒抽出やクロマト法による分離性能の限界を、溶媒和イオン種と壁面間の静電相互作用の差を制御することにより克服しようとしている点はユニークで、提案者がいう拡張ナノ領域の学問創出という側面への端緒となる研究成果が得られているものとみられ、研究課題の成果には先進性・優位性とブレークスルーと呼べる特筆すべきものはあると判断される。</p>		

今日までの研究成果では、当初の目的の他に得られた成果があるとは判断できない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

ナノ流体制御を使った物質分離の研究としての意義があり、研究が進展して技術的な問題点が解決され、理論的にも整理されれば関連する研究分野の進展に寄与するものと考えられる。拡張ナノ空間の研究開発コンソーシアムを、東大・慶応大・早稲田大・川崎市と東工大で設立したとされており、こうした展開は評価できる。

都市鉱山への社会応用には、相当のステップが必要という印象であるが、水素貯蔵合金や放射性環境汚染物質制御など、幅広い応用側面が存在すると見られているが、現状の研究成果においては、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれるとは判断できない。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究マネジメントが実施されていると考えられる。

研究課題名	シリコンインクを用いた低コスト量子ドット太陽電池の開発
研究機関・部局・職名	東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
氏名	野崎 智洋

研究概要:

(1) 研究の背景

シリコン量子ドット（10nm以下のシリコン単結晶。結晶サイズによって物性を制御できる）は、次世代太陽電池を実現する夢の材料として世界的に注目を集めている。目的の物性を持つシリコン量子ドットの合成と太陽電池のコストダウンを目指した研究が世界中で行われているが、いまだ目標達成の目処はついてない。

(2) 研究の目標

高温・高真空を用いず、常温でシリコンインク（シリコン量子ドットを有機溶媒等に分散させたもの）を大量合成する革新的プロセス技術を開発し、さらに印刷技術を用いて量子ドット太陽電池を低コストで製造する基盤技術を確立する。

シリコン量子ドットを原子レベルで位置制御・構造化する技術を確立し、発電効率40%を実現する太陽電池のプロトタイプを開発する。

(3) 研究の特色

シリコンインクの開発によって、これまで不可能であった太陽電池の革新的な高効率化と大幅なコストダウンを同時に実現し、次世代太陽光発電の早期実現と普及を可能にする。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

シリコンインクによって既存の印刷技術を活用できるため、超軽量・薄型の半導体デバイスや、自由に曲げることができるディスプレイ等を低コストで大量生産できる。

シリコン量子ドットの特性を活かし、従来技術では対応できない新しい機能を持ったエレクトロニクス製品を開発できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
○	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>申請時に掲げた、発電効率 40%は夢のような効率で、達成されれば大きなインパクトであると期待され、本申請は採択された。目標は 20 年後と言え、現状の隔たりがあまりにも大きい。残り一年でハードルは高いと思えるが、研究代表者の務めとして発電効率 10%は達成して欲しい。</p> <p>研究課題では、学術的に有用な知見が種々得られている点があったと思われるが、当初の目標に比べた発電効率の向上速度は遅いと言わざるを得ない。</p>		
② 目的の達成状況		
<p>・所期の目的の達成の見込みが（<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）</p> <p>最終目標として掲げている発電効率 40%に対し、平成 25 年 5 月時点で 2%を達成しており、これは競合他研究に比して高いとはいえ、この値は、最終目標の 40%との開きはあまりにも大きい。また、最適化によりまず 10%の効率を目指す計画をたててはいるものの、プロトタイプを目指す研究とはいえ、目的の達成にはかなりの努力が必要である。</p>		
③ 研究の成果		
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input type="checkbox"/>創出されている ・ <input checked="" type="checkbox"/>創出されていない）</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が（<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）</p> <p>シリコン量子ドットを大量合成することに成功しているほか、シリコン量子ドットは可視領域では結晶サイズに応じた光吸収波長のチューニングが難しいこと、ならびにシリコン量子ドットだけを用いた単接合セルではキャリア輸送が著しく制限され、重金属系の量子ドットとは発電メカニズムが異なることを明らかにしている。しかし、研究開</p>		

発電目標とした発電効率 40%以上の達成が困難な状況を考えると現状では先進性・優位性があるとは言えない。

新たな知見①SiQD は可視領域で光を殆ど吸収しないことやシリコン系と重金属系の量子ドットでは、発電のメカニズムが異なることを得たのは、成果と言えるが、ここでの結果を乗り越え、目的とする高い発電効率を得るために必要な成果を得るまでには至っていない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

新発見により、今後得られる成果が飛躍的なものを期待したいが、本研究の成果が最終的に低コストで高効率の太陽電池開発につながらないのであれば、この点の貢献はなかったと言わざるを得ない。

平成 25 年度の開発目標が、発電効率 10%程度 (期待値として、20%) であることを考慮すると、これまでの太陽発電効率を凌駕するほどの成果を得ているとは言いがたい。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

それなりのマネジメントはされており、また指摘事項にも対応しようと努力している点は見えるが、しかし、成果は不十分な状況である。

太陽光電池の実用化という観点から、これからでも現状の技術に詳しい技術者にアドバイザーとして研究グループに入ってもらい、実用化に向けた問題点の認識をしっかりと研究代表者が持って研究を進めるようにすることを期待する。また、本研究成果が実用化に何とか結びつく道筋も、アドバイザーと相談しつつ提示することを期待する。

研究課題名	電荷分離状態の長寿命化と二酸化炭素の光資源化
研究機関・部局・職名	新潟大学・大学院自然科学系・准教授
氏名	由井 樹人

研究概要:

(1) 研究の背景

人類が直面している危機として 1) エネルギーの枯渇 2) 炭素資源の枯渇 3) 二酸化炭素(CO₂)排出に伴う地球環境の悪化、が挙げられる。これら問題の根源は石油等の化石資源の大量消費によるものであり、抜本的な問題解決が必要である。一方、植物が行っている光合成は太陽光エネルギーを用い、CO₂を資源に変換する有用な反応系である。

(2) 研究の目標

光合成のように、無尽蔵な太陽光を用いて CO₂をエネルギー資源や炭素資源に転換できれば、これらの危機を一挙に解決できる。本研究では、(3)に述べる「長寿命電荷分離状態」を鍵技術とし、光エネルギーを用いた CO₂の資源化反応を行う。

(3) 研究の特色

植物は正電荷と負電荷の対である「電荷分離状態」を経由して、CO₂の資源化を行っている。従って電荷分離状態が長いほど、CO₂との反応は有利に進行する。申請者らは、天然光合成の約1万倍という極めて長い電荷分離状態を達成した。この「長寿命電荷分離状態」を CO₂の変換反応に組込むことで、高効率な CO₂光資源化反応が期待される。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

太陽光を用いた CO₂の資源化に成功すれば、環境・エネルギー・資源問題を一挙に解決できる可能性があり、科学技術のみならず、経済・社会にも多大なインパクトを与えることが予想される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題は安定な長寿命の電荷分離状態が見出されたことをもとにして、CO₂還元 に繋げようとしている。テーマが新規性の高い基礎的要素の組み合わせとその集約化で あり、その進捗を測るのはやや困難である。電荷分離の長寿命化、光エネルギーの集約 に関しては、世界をリードできる成果が見られており、この部分では進捗は順調である といえる。ただし、電荷分離の長寿命化メカニズムや光エネルギーの反応への転化など、 本研究の最終出口となる部分に関しては未解決の部分が残されているため、視点を変え た積極的な挑戦を期待したい。</p> <p>本研究課題は、東日本大震災や異動などの影響があるとともに、極めて高い目標を掲 げていることから、本補助事業期間の残りの期間で所期の目標に到達することは容易で ないと思われるが、その一部でも達成することにより、次への展開を期待したい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
<p>研究代表者は、光励起で生成した正負電荷分離状態から化学反応を進行させ、CO₂の 資源化につなげることを最終目標にしている。その基盤技術として、電荷分離の長寿命 化、光エネルギーの集約に関しては、世界をリードできる成果が見られている。しかし ながら、本研究で目的とした電荷分離状態が長寿命を示すメカニズムに関しては必ずし も解決したとは言えない状況と思われる。</p> <p>また、CO₂還元の光触媒の開発もこれからである。さらに、これら要素技術を集積し た反応系の構築も担当者が述べているように現状では達成が容易でないと思われる。電 荷分離の長寿命化メカニズムや光エネルギーの反応への転化など、本研究課題の最終目 標となる部分に対し、視点を変えた積極的な挑戦によって目標達成に近づくことを期待 する。</p>		
③ 研究の成果		
・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ）		

ある ・ □ない)
・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (■創出されている ・ □創出されていない)
・ 当初の目的の他に得られた成果が (□ある ・ ■ない)
無機-有機複合膜による長寿命電荷分離状態のメカニズムを明らかにするため、一定の成果が得られており、その先進性は認められる。また、界面活性剤を使用せずに光捕集能を有する細孔体と金属錯体を複合化し、光捕集能と二酸化炭素の光還元能を両立させた成果は先進性が高い。CO ₂ の光資源化には光集積系と反応場を繋ぐエネルギー輸送系の構築が必要であり、その技術が確立されればブレークスルーになるであろう。システム構築へ注力して頂きたい。
④ 研究成果の効果
・ 研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)
・ 社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (■見込まれる ・ □見込まれない)
CO ₂ を光エネルギーで効率良く還元できるシステムができれば人工光合成の技術分野での寄与は大である。また、CO ₂ を効率良く還元できる固体触媒を開発することでも寄与は充分あり、関連分野に高いインパクトを与えるものと期待される。 さらに、CO ₂ の光資源化そのものが極めて独創性の高い技術である。申請者も認めているように、本研究期間内に具体的な資源化まで到達することは困難と考えるが、その視点と具体的なアプローチで実現可能性が示されれば、社会的な貢献、経済的な問題解決へのインパクトは大きいと思われる。また、このようなアプローチが横展開されれば、自然規範化学のような新分野創出にも繋がると期待できる。
⑤ 研究実施マネジメントの状況
・ 適切なマネジメントが (■行われている ・ □行われていない)
東日本大震災、これに関連する職場の異動など、いくつかの問題が発生し、一時期は研究実施マネジメントに問題が発生した感もある。ただ、遅れたものの研究補助員ならびに特任助教の雇用を行っており、研究実施体制は適切といえよう。研究を実施しているメンバーとのディスカッションも頻繁に行われているため、適切なマネジメントが行われていると判断される。助成金で購入した大型の物品は研究を遂行する上で必須の装置であり、使用頻度も高い。助成金は適切に活用されていると思われる。研究開始時の指摘事項については適切に対応している。 研究の遅れを十分に取り戻したとは言い難いが、研究のスピードアップに努めていることがわかるため、全体的な研究実施に係るマネジメントは適切に行われているものと判断する。

研究課題名	自己組織化を活用した光機能性素子の創製
研究機関・部局・職名	東京工業大学・資源化学研究所・准教授
氏名	吉沢 道人

研究概要:

(1) 研究の背景

地球資源の負荷を最小限にする次世代の化学産業技術として、金属イオンによって制御された、ナノサイズの分子集合体の作成技術が注目されています。しかしながら、産業的なブレイクスルーを達成するためには、安価で豊富で安全な金属イオンを利用した分子集合体の作成とその機能の開発が必要不可欠であります。

(2) 研究の目標

本研究では、新規な光機能を有するナノサイズの分子集合体の作成を目標とします。安価で入手の容易な金属イオンを用いて、必要な数や種類の分子を自発的に集めることで、ナノサイズの空間を有する発光性の集合体を選択的に組み上げます。さらに、その内部空間への分子の取り込みによる新しい光機能を開拓します。

(3) 研究の特色

本研究の特色は、①入手容易な金属イオンと合成した分子部品を用意して、②それらの選択的な集合により、③発光性のナノ構造体を簡単にかつ精密に作成するとともに、④その内部空間を利用した前例のない光機能を創出する点であります。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

光センサーや有機EL、太陽電池などの光機能を備えた材料の開発は、現在の化学産業において最も重要な先端研究分野であります。その根幹にある分子の機能向上が、それらの材料の革新的な発展に直結します。本研究では、独自の分子集合体を基盤にして、新しい合成戦略による次世代の光機能性素子の創製に挑戦します。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>全体的に見て、当初の目的のほとんどの項目は補助事業期間内に達成できると見込まれる。基礎研究に優れた成果を挙げた。</p> <p>πスタッキングを用いたミセル状ナノカプセルの創成など、新たな展開もある。自己組織化に基づく分子カプセル合成に関するライブラリー構築に関する学術研究としては、当該分野におけるインパクトのある研究成果を挙げている。</p> <p>一方、「光機能性」という観点（研究課題には「光機能性素子の創製」と記されている）からは、発光素子などかなり限られた機能しか検討されていない。合成されたカプセル構造で初めて達成されるような革新性には達していない。化学反応を含むような機能にも展開が必要である。</p> <p>また、合成された新規材料によって「グリーン・イノベーション」をどのように実現するのか、にも重点を置いて取り組む必要がある。</p> <p>得られた結果の特許化する試みを進めている。高レベルな学術雑誌等を通じた成果の学会への発信に加えて、新聞発表やサイエンスカフェ等を通じた広く一般への発信にも精力的である。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>補助事業期間内に目的が達成される可能性は十分ある。全般的に見て、設定した研究目的の中で、光触媒機能の付与等一部達成されていないものもあるが、ほとんどは達成されている。加えて、計画に無かったπスタッキングを有したナノカプセルの合成に成功し、新たな展開もある。</p> <p>残された課題、「ヘテロ元素ドーピングによる光触媒化」、「光活性分子の内包による反応制御」、「ドラッグデリバリーシステムの開発」にも、足がかりとなる一定の成果が得られている。ただ、例えば光触媒反応やドラッグデリバリーシステム開発などで、どの程度インパクトのある有用な成果が得られるかについては、具体例が明記されていない。インパクトのある反応・分子を選んでチャレンジするべきである。</p>		

具体的な事柄であるが、アントラセン2量体を利用した、 π -スタッキングを利用した分子カプセルの実現は、興味深い成果である。AFM、DLS、IG、NMRにより、サイズ分布などの構造評価が十分にできている。高速分光による物性解析についても足がかりとなる成果が得られている。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

多環 π 共役分子を用いた分子ナノカプセルは、本研究代表者のオリジナルな材料系であり、その系を様々な展開した研究は先導性・優位性を有している。特に π -スタッキングと疎水性相互作用を利用した分子カプセルは新規性があるだけでなく、今後の応用も期待される研究成果である。

多環 π 共役分子に両親媒性を付与し、ミセル形成過程を利用して分子ナノカプセルを形成する手法は、これまでのミセルや分子ナノカプセルの双方の特徴を有しているだけでなく、応用展開も期待できる。

しかし、当初の目的を超える範囲の研究成果は特に無い。ただ、カプセル型ミセルについては、新たな分子設計等、今後の発展如何では、大きなブレークスルーを与える可能性がある。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

新たな自己組織化手法に基づく分子カプセルの合成手法をいくつか開発しており、関連する研究分野の進展に寄与すると見込まれる。

全体的に基礎的な基盤を構築している段階にあるので、現時点では、実用化という観点からはまだ距離があり、近い将来社会的、経済的課題の解決へ貢献できる可能性は低い。もちろん、今後の地道な研究発展により、十分な貢献を果たすと見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

研究室の立ち上げ段階にあったため、かなりの労力を必要としたが、順調にグループが成長している。特に多くの博士課程の学生を獲得している点は、マネジメントの高さを象徴している。指摘事項への対応も真摯に取り組んでいる。

論文数や特許数が特段に多いわけではないが、適切な範囲で公表されている。高等専門学校、高校、中学校向けの講演や実験も効果的に実施している。また、新聞の活用やサイエンスカフェ等を通じて、一般国民への情報提供も行われている。質の高い「対話」ができている。

ただし、研究計画において、「光機能素子」、「光触媒化」をどのように進めようとしているのか、不明確であり、今後、明確にすることが求められる。

研究課題名	高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発
研究機関・部局・職名	新潟大学・自然科学系・教授
氏名	児玉 竜也

研究概要:

(1) 研究の背景

太陽日射の豊富なサンベルト地域（米南西部，豪州，地中海沿岸，中東等）では次世代技術として，大型太陽集光システムによって得られる 1000°C以上の高温太陽熱で直接，水を熱分解して水素を製造する反応システムの開発が期待されている。

(2) 研究の目標

研究代表者の開発した新しいソーラー水熱分解反応器の原理を日本企業が開発した高温用集光システムと結びつけた高効率の水熱分解ソーラー水素製造システムの原型を開発し，その実証試験を行なう。

(3) 研究の特色

これまで二段階反応で別々のプロセスで行われてきた水熱分解反応を反応器内で同時に行うことができ，さらに反応表面積の大きい微粒子触媒が反応体として機能する新しいソーラー反応器の原理を用いることで，反応の高速化と反応器のエネルギー高効率化が可能になる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

経済的で大量のCO₂フリー水素がサンベルト地域で生産できる太陽熱水素製造の実用化が期待できる。サンベルト地域をほとんど持たない日本にとっては，海外のサンベルト地域で太陽エネルギーを水素等の燃料に転換して日本へタンカー輸送する方法に応用が期待される。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>研究の進捗に遅れはあるが、当初の目的向けの一定の成果が見込まれる。発泡体デバイス式よりも内部流動層式は性能が高いことを見出しており、将来的な大型化における技術開発の方向性を明らかにしており、小型試験装置による内部流動層式の水素生成能力については世界最高レベルを達成しており我が国独自の太陽集熱型水素製造技術を実用化へ一歩進めるための構築できると考えられる。</p>		
② 目的の達成状況		
・所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器の開発では、その中型試験において、当初のもくろみの性能は得られず、大型性能試験は取りやめて中型試験器の改良に研究を変更している。また、内循環流動層式ソーラー水熱分解器の開発においては、震災の影響もあって、宮崎大へのビームダウン型集光システムの設置が遅れ、それにともない大型内循環流動層式反応器の性能試験が遅れている等、必ずしも進捗は順調ではない。しかし、研究目的に沿った目標の設定と計画の変更は、限られた経費と期間の中で適切に行われており、所期の目的の達成は可能であると考えられる。</p>		
③ 研究の成果		
・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されている ・ <input type="checkbox"/> 創出されていない）		
・当初の目的の他に得られた成果が（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
<p>発泡体デバイス式よりも内部流動層式は性能が高いことを見出しており、将来的な大型化における技術開発の方向性を明らかにしており、小型試験装置による内部流動層式</p>		

の水素生成能力については世界最高レベルを達成しており、先進性・優位性があると考えられる。

室内規模のモデル研究から、実用規模のシステム技術を構築するための重要なステップにおいて、一塔式ならびに二塔式の内循環流動層式ソーラー水熱分解器の実試験データから実用機の設計指針が得られ、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出されていると考えられる。

当初の目的の他に得られた成果はないと考えられる。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (見込まれる ・ 見込まれない)

内循環流動層式水熱分解器とビームダウン型集光システムを組み合わせた高効率太陽集熱型水素製造システム技術は、高温タービン発電技術や石炭ガス化等、関連研究分野の進展にも寄与する可能性が見込まれる。

長期的にみて太陽エネルギーから水素を製造して利用する技術は大きなポテンシャルを有しており、太陽日射の豊富な地域から太陽エネルギーを水素の形態で移出することを可能とし、世界のあらゆるところで太陽エネルギーを有効利用できる途を拓くと期待され、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われている ・ 行われていない)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行されており、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施されている。更に、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話については今後効果的に実施していく必要があるが、全体として研究マネジメントは適切に実施されていると考えられる。

研究課題名	グリーンイノベーションを加速させる超高性能分離膜による革新的 CO2 回収技術の実現
研究機関・部局・職名	長岡技術科学大学・工学部・准教授
氏名	姫野 修司

研究概要:

(1) 研究の背景

地球温暖化抑制のために二酸化炭素 (CO₂) の排出を抑制させることは全世界的課題である。火力発電所等の大規模な事業所の燃焼排気ガスに含まれている CO₂ を効率的に回収するためには、CO₂ 分子のみを分けて分離する技術の開発が必要である。

(2) 研究の目標

CO₂ の分子の大きさとほぼ同じ大きさの細孔 (小さな穴) を持つゼオライトと呼ばれる鉱物を薄く合成することで CO₂ 分子だけが通過できる膜 (CO₂ 分離膜) を作成する。CO₂ 以外の気体が通過できないように緻密に合成することで、CO₂ 分子だけを取り出せる膜と膜を使った CO₂ 回収技術の開発を行う。

(3) 研究の特色

膜素材をセラミックとすることでこれまでは難しかった高温、高圧など過酷な条件でも分離を可能にする。膜の開発から装置化のために膜の広大化や、実際の排気ガスに適用させる実証実験までを一貫して行うことで、実用化の際に生じる課題を早期に解決し実用化を加速させる。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

開発する膜により、これまでよりも簡単に安価に CO₂ を取り出すことを可能にする。現在の技術では回収されていない所からの CO₂ の回収が可能になる。また、合成するゼオライトの種類を変えることで他の気体の分離など様々な応用可能である。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
○	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>目標の達成状況、研究の成果、研究成果の効果、研究実施マネジメントの状況のすべての点において、ほぼ計画通り順調に進展していると思われる。また、注目される新たな知見が得られており、当該研究分野のみならず社会的な貢献が認められる研究である。知的財産権の保全のために論文の発表が遅れているが、他の方法による発信に努めている。最終的に計画通りの成果が期待される。</p> <p>なお、実験そのものがかなり「きれいな」理想的条件でなされているので、実装に際して生じる問題を先取りして検討することが望まれる。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない）		
<p>当初の研究目的である、1) 高性能 CO₂ 分離膜と環ゼオライト膜の創製、2) 分離膜のモジュール化、3) 天然ガスからの CO₂ 分離・回収の実証実験のうち、課題 1)、2) はほぼ計画通り進行している。課題 3) は少し遅れ気味とを感じるが、全体を通して進行は順調であり、所期の目的達成がほぼ見込める。現場での実証実験についても、25 年度の実施に向けてある程度の見通しがついており、当初の計画通り研究が進むものと期待される。ただ、8 員環ゼオライト結晶 (ZSM-58) の安定した薄膜化など、細部では残されている課題がある。</p> <p>天然ガスからの CO₂ 分離・回収の実証実験に際し、油分の混入に対する対応策の検討が課題として記載されているが、具体的に解決策が示されていない点が気がりである。膜の高性能化には成功しているが、使用可能時間（膜寿命）についての検討がなされていないので、実用化には少し距離がありそうである。なお、研究をさらに順調に進行させるために研究支援者としてのポスドクの確保がぜひ求められる。</p>		
③ 研究の成果		

<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない）
<ul style="list-style-type: none"> ・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（<input checked="" type="checkbox"/>創出されている ・ <input type="checkbox"/>創出されていない）
<ul style="list-style-type: none"> ・当初の目的の他に得られた成果が（<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない）
<p>知的財産権の関係で、特許等の出願前に論文発表が行えない状況にある。このため、開発された技術の独創性、先駆性に関して専門家からの評価を得られない状況にある。</p> <p>しかし、8員環ゼオライトの骨格構造にアルミニウムを含有させた結晶（ZSM-58）を円筒状セラミック基材表面に膜合成することに成功した点は高く評価される。また、CO₂/CH₄が500以上の高い分離性を有し、複合層厚を従来の10分の1にすることで6x10⁻⁷以上のCO₂透過速度を有する分離膜を世界で初めて開発したことも先進性を示すものと思われる。</p>
<p>④ 研究成果の効果</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない）
<ul style="list-style-type: none"> ・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない） <p>天然ガスからの分離 CO₂ 分離の効率化に寄与するだけでなく、様々なガス膜分離技術に応用可能である。さらに、ステンレス等多様な膜基材へのゼオライト膜の拡張が可能となる技術展開が期待される。</p> <p>また、天然ガスでの CCS にとどまらず、バイオガスでのメタン濃度の改善を従来用よりも低エネルギーで行うことが可能となるなど、エネルギー対策、地球温暖化対策など多くの効用が期待される。</p> <p>なお、現時点ではコストが示されていないため、費用対効果は明確でないが、分離装置の実用化によりコスト低下と社会的問題の解決に有用と期待される。</p>
<p>⑤ 研究実施マネジメントの状況</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・適切なマネジメントが（<input checked="" type="checkbox"/>行われている ・ <input type="checkbox"/>行われていない） <p>研究計画、実施体制、マネジメント体制、資金の利用、指摘の反映とも妥当であり、研究実施のマネジメントも良くなされていると判断される。ただ、研究実施体制として、有能な研究員を確保することが欠かせない。是非、ポスドクの確保が願われる。また、共用設備の利用等を図り、節減された経費を合成装置の強化や研究員の増員に回すべきと思われる。ただ、海外との交流や発信が、当初予定より少ない点がやや気になる。</p>

研究課題名	有機エアロゾルの超高感度分析技術の確立と応用に基づく次世代環境影響評価
研究機関・部局・職名	金沢大学・環日本海域環境研究センター・准教授
氏名	松木 篤

研究概要:

(1) 研究の背景

地球の大気には液体や個体からなる微粒子（エアロゾル）が無数に存在し、人々の健康はおろか、太陽光を吸収・散乱することで気候にも大きな影響を与える。有機物を含むさまざまな性質（光の吸収・散乱のしやすさ、水への溶けやすさ）の物質が混ざって混合粒子を形作るため、気候との関わりは複雑で、温暖化予測上の大きなハードルとなっている。

(2) 研究の目標

一つ一つの粒子に含まれるわずかな有機物でも検出が可能な新しい分析手法を確立し、グローバルな環境影響が懸念される東アジア由来のエアロゾルに応用する。例えば、黄砂に有機物（微生物や有害有機化合物など）が付着しているのか、といった粒子のミクロな混ざり具合を明らかにし、その気候・環境への影響を評価する。

(3) 研究の特色

従来、有機エアロゾルの検出には大量の粒子を一緒くたに捕集し分析するのが一般的で、混ざり具合の評価が困難であったが、本研究では新たにレーザー光を用いた最先端の非破壊分析技術を用いることで、個別粒子レベルでの分析を実現する。

(4) 将来的に期待される効果や応用分野

地球温暖化の予測精度向上への貢献はもちろん、非常に強い温室効果を示す未知の混合粒子が発見され、新たに監視すべき項目にのぼる可能性も考えられる。また、気候問題に限らず、黄砂飛来に伴う潜在的な健康リスクの評価（疾患原因の特定や予防策の提言）への応用も期待できる。

【総合判断】		
	S	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、特に優れた成果が見込まれる
	A	当初の目的に向け、順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれる。
○	B	当初の目的に対し、計画よりも研究の進捗が遅れており、残余期間で一層の努力が必要。
	C	当初の目的の達成は困難と見られる。
【所見】		
① 総合所見（改善を要求する事項を含む）		
<p>本研究課題は、顕鏡レーザーラマン分光法による個別のエアロゾル粒子の有機物の同定手法を確立し、それを実際の観測に応用してエアロゾルの影響評価を行うことを目的としているが、研究の進捗が遅れが認められる。</p> <p>また、ニトロ化 PAH やその健康影響評価に関する研究を行ったかも不明確である。計画通りの目標を達成するためには研究の一層の進展を急ぐ必要がある。</p> <p>これらの手法を研究期間内に確立し、手法の正当性が論文等で評価され、実際に応用するとともに、この手法を用いた環境影響評価、および定量的な健康影響評価ができるよう、研究代表者は今後相当の努力と改善が必要であると判断する。</p> <p>なお、研究成果として報告および発表された業績と当初の研究計画に乖離が認められる。細菌がエアロゾルとして長距離輸送されたり、エアロゾルの化学的性質を変えたりすることは、興味深い科学的にも重要なことと思われる。しかし、研究計画書の審査に基づいて研究費が評価・選定されており、当初研究計画に沿った進捗報告を具体的に報告してほしい。</p> <p>なお、論文業績においては、本研究課題と直接関係がある業績を挙げるべきであり、今後、最終報告にあたっては本助成金との関係を明確に示すよう留意されたい。</p>		
② 目的の達成状況		
・ 所期の目的の達成の見込みが（ <input type="checkbox"/> ある ・ <input checked="" type="checkbox"/> ない）		
<p>本研究課題は、レーザーラマンによる微粒子の有機物分析と、雲凝結特性に対する有機物の効果の解明が目的であった。しかしながら、研究成果と示されているものの多くは従来のバルク法による成果に過ぎない。粒子の個別同定法の進展に関しては“立ち上げを行い”“改良・最適化を図った”のみであり、個別粒子における有機物の超高感度分析技術の確立がどの程度進んでいるかが不明である。なお、新たな手法であるならばその検証に最新の注意を払うべきであるが、検証手法の記述もなく、査読付き論文も発表もされていない。</p> <p>成果の多くはバイオエアロゾルに関するものと、観測ステーションの基本機能として</p>		

のエアロゾル測定や雲凝結核に関するものであり、順調に目的が達成されつつあるとは思われない。成果や研究の方向性が、バイオエアロゾルや能登ステーションの維持・機能強化にすり替えられてしまっているように見受けられる。

さらに潜在的健康リスクの検証に必要な研究が行われているかどうか記述されていない。健康リスク把握のために必要と思われる、機械購入要求を行っていた PAH センサーが購入されていないが、変更理由などは記されていない。また、UV 空気力学的パーティクルサイザーの購入を取りやめて AMS を購入しているが、研究目的との整合性が読み取れない。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（創出されている ・ 創出されていない）

・当初の目的の他に得られた成果が（ある ・ ない）

当初目的としたレーザーラマン測定に関して具体的な進捗が明らかでないため、先進性・優位性があるとは判断できない。

研究成果として示されている有機物が占める割合の重要性に関しては、全球で行われた Zhang et al (2007) の結果に新たに能登での結果を加えたものであり、新規性は乏しく、本研究の主目的である個別同定の結果でもない。また、計画では、その有機物の組成がエアロゾルの特性に大きく寄与するとしているが、組成に関する分析結果が示されていない。微粒子の雲の作りやすさへの影響も、吸湿性から有機物が多いことが想定されるという結果を基にした判断であり、それ自体に先進性はない。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（見込まれる ・ 見込まれない）

有機物分析の進展は明らかではないが、うまく研究が進捗すれば、現在、温暖化予測で最も大きい不確定要因となっているエアロゾルの評価が進展し、生物地球科学、地球環境学などに大きな波及効果が期待できる。

また、エアロゾル観測拠点としての能登ステーションは、本研究計画による測定機器の充実やキャンペーンの実施など、世界の観測拠点としての存在感を増している。また、他研究機関との共同研究が進展し、研究ハブとしての研究機関の活用が進んでいることは一つの成果であるとは認められるが、本研究の主要目的である粒子毎の有機物組成判別やその応用による環境影響評価が基盤となった進展ではない。

温暖化予測の精度向上は社会的、経済的ニーズであり、当初目的が達成されれば大きな貢献となろう。また、越境汚染などをモニタリングする拠点としての能登ステーションも社会的ニーズと言える。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（行われている ・ 行われていない）

主要な目標であるレーザーラマン分析の進捗状況が不明であり、適切な進捗マネジメントが行われたとは思われない。また、残された課題としての整理も不十分である。

2名の博士研究員を雇用しているが、マネジメント、実施体制の判断がよりよくできるよう、具体的な分担および本助成による博士研究員の業績がわかるよう記述された。

当初購入予定の PAH センサーおよび粉塵濃縮センサーが購入されていない理由が不明である。また、UV 空気動学的パーティクルサイザーの研究目的達成への具体的貢献は書かれていない。計画変更して購入した AMS も能登ステーションの観測機能充実という意味では十分有効と考えられるが、主要目的を考えた場合有効であったとは言い難い。

指摘事項である海外の既存研究との関連・応用は依然明確ではない。また、PAH 等による健康影響評価が可能となるよう推進すべきである。