

公益財団法人 谷川熱技術振興基金

事業報告書

令和 5 年度

TANIKAWA FOUNDATION ANNUAL REPORT

Vol. 42

公益財団法人 谷川熱技術振興基金

財団設立の趣旨

公益財団法人 谷川熱技術振興基金（旧 財団法人 谷川熱技術振興基金）は、故谷川正夫の遺志により、その私財を基に設立されました。

故人は、自分の畢生の事業ときめておりました工業炉の分野で、新技術を開発し、社会に貢献したいとの念願を持っておりました。

産業界におきましては、高度成長時代の量的拡大から質的改善への転換、また技術革新による生産設備の一層の効率化、省エネルギー化など多くの課題をかかえております。これらの命題を解決してゆくには、叡智を結集して、熱技術の研究および生産技術の開発に取り組まねばなりません。

当財団は、この趣旨に添いまして、公益的観点から、熱利用工業技術の研究開発に対し広く助成・援助いたすと共に、その貢献者・功績者に対する表彰を行うこととしております。そしてその成果により、産業の発展と地球環境保全に寄与したいと存じますので、関係各位におかれましては、一層のご理解とご協力を賜わりますよう切にお願い申し上げます。

設立 昭和56年(1981年)7月7日

設立者 故谷川正夫 略歴

昭和36年	中外炉工業株式会社	社長
昭和52年	同 社	会長
昭和46年	日本工業炉協会	会長
昭和37年	日本金属学会 谷川・ハリス賞	創設
昭和47年	藍綬褒章	受賞
昭和53年	正5位 勲3等 瑞宝章(追賜)	

ANNUAL REPORT

TANIKAWA FOUNDATION

Report Vol. 42 目次

事業の概要・2

令和5年度 表彰・4

令和5年度 受賞者随想・6

温室効果ガス排出量に関する一考察

名古屋大学 未来材料・システム研究所 所長 教授 成瀬 一郎

高温耐熱材料の塑性変形機構の解明と金属3Dプリンティングによる新展開

大阪大学 大学院工学研究科 教授 中野 貴由

温度を正しく伝えるために

山里産業株式会社 標準室 室長 丸野 耕一

令和5年度 助成研究・12

令和4年度 助成研究概要報告・20

賛助会員名簿・48

ご寄付会社名簿・49

令和5年度 事業報告・50

研究助成事業実績・51

表彰事業実績・61

●事業の概要

表彰事業

令和5年度各賞の受賞者は次のとおり決定し、令和5年11月8日にLEVEL XXI東京会館において贈呈式を行いました。
(P.4～5参照)

第42回 熱技術賞

成瀬 一郎氏 名古屋大学 未来材料・システム研究所 所長 教授

第38回 粉生熱技術振興賞

中野 貴由氏 大阪大学 大学院工学研究科 教授

丸野 耕一氏 山里産業株式会社 標準室 室長



令和5年度 熱技術賞 粉生熱技術振興賞 贈呈式 令和5年11月8日

《選考委員会》(50音順 令和5年度)

委員長	岡崎 健	東京工業大学名誉教授
委員	加藤 健次	一般社団法人日本工業炉協会 専務理事
〃	藤田 和久	一般社団法人日本熱処理技術協会 西部支部 幹事
〃	横山 伸也	東京大学名誉教授

研究助成援助事業

令和5年度の研究開発に対する助成金交付先は、次のとおり決定いたしました。

(P.12～19参照)

令和5年度研究助成金交付先（敬称略）

研究責任者	研究テーマ
北海道大学 工学研究院 助教 金野佑亮	低重力場における材料燃焼性評価手法の開発
北見工業大学 工学部 教授 林田和宏	水素添加が噴霧燃焼特性に及ぼす影響の解明
東京工業大学 物質理工学院 准教授 谷口 泉	過熱水蒸気を用いた蓄電デバイス材料の合成
東京工業大学 科学技術創成研究院 助教 田中裕也	金属錯体に基づく分子熱電素子の開発
慶應義塾大学 理工学部 教授 小茂鳥潤	スマート浸炭処理の開発と鋼の高疲労強度化
東京都立大学 都市環境科学研究科 特任准教授 秦 慎一	環境発電のためのn型有機材料の開発
新潟大学 工学部 准教授 齊藤健二	バナジウムを用いたNbC電極触媒の高効率かつ炭素蓄積型固相合成技術の開発
岐阜大学 工学部 准教授 朝原 誠	データ科学による水素燃焼特性の開拓
名古屋大学 工学研究科 教授 伊藤靖仁	噴流の熱拡散制御に関する実験研究
大阪大学 工学研究科 教授 芝原正彦	深層学習による伝熱面のマイクロ特性の最適化
大阪大学 理学研究科 助教 小林裕一郎	重縮合系硫黄ポリマーの合成と材料への応用
大阪大学 理学研究科 准教授 塩貝純一	ナノシート積層構造を活用した熱電変換材料
大阪公立大学 工学研究科 准教授 安田雅昭	電子線改質したグラフェンの熱輸送特性解析
広島大学 先進理工系科学研究科 助教 平野知之	気相燃焼法による機能性微粒子の球状化
新居浜工業高等専門学校 准教授 當代光陽	機械学習によるTiAl基耐熱合金組織の自動判定
合計 15件	総額 15,000千円

研究成果の概要報告

令和4年度研究助成金受領者から、助成研究の成果に関し、後掲のとおり概要の報告を受けました。

(P.20～47参照)

令和5年度 表彰

令和5年度 公益財団法人 谷川熱技術振興基金 熱技術賞および^{こもろ}粉生熱技術振興賞の受賞者は、次のとおり決定いたしました。

なお、贈呈式は、令和5年11月8日、来賓ならびに関係者出席のもと、LEVEL XXI 東京会館においてとり行われました。



成瀬 一郎 氏



中野 貴由 氏



丸野 耕一 氏

受賞者

●第42回 熱技術賞

(Tanikawa Award of Tanikawa Thermal technology Achievement Fund)

成瀬 一郎 氏 名古屋大学 未来材料・システム研究所 所長 教授

永年にわたり、燃焼工学の進歩発展に尽力され、とくに固体燃料の地球環境調和型高効率有効利用技術に関する研究に多大な成果をあげ、熱技術の発展に顕著な貢献をされました。



●第38回 ^{こもろ}粉生熱技術振興賞

(Komo Industrial Achievement Award of Tanikawa Thermal technology Achievement Fund)

中野 貴由氏 大阪大学 大学院工学研究科 教授

高温耐熱材料分野の研究開発に尽力され、とくに塑性変形機構の体系的解明に成果をあげ、熱技術の推進に多大な貢献をされました。

丸野 耕一氏 山里産業株式会社 標準室 室長

温度測定技術の向上と信頼性担保に尽力され、とくに計量トレーサビリティを社会へ提供する校正事業の維持・拡大に成果をあげ、熱技術の推進に多大な貢献をされました。



令和5年度 熱技術賞 粉生熱技術振興賞 祝賀パーティー 令和5年11月8日



温室効果ガス排出量に関する一考察

成瀬 一郎*

まずもって、2023年11月に、歴史と栄誉ある谷川熱技術賞を拝受致しましたことを、心から光栄に存じます。長年に亘りまして、御指導、御支援ならびに御鞭撻を賜りました多くの皆様に、改めまして厚く御礼を申し上げます。

さて、“2050年温室効果ガス排出実質ゼロ”を掲げた日本、温室効果ガスの一つである二酸化炭素の日本の排出量は他国と比較してどうでしょうか。BP統計によれば、2019年の二酸化炭素排出量は、日本：1,123百万トン、アメリカ：4,965百万トン、ドイツ：684百万トンおよび中国：9,826百万トンと報告されております。日本の排出量は、ドイツのそれを上回り、アメリカや中国と比べるとその量は少なくなっています。では、儲けたお金である名目GDP（IMF統計）を原単位にした2019年の二酸化炭素排出量はどうでしょう。1アメリカドル基準で、日本：221g、アメリカ：232g、ドイツ：177gおよび中国：667gとなっております。名目GDPを原単位として用いると、アメリカの数値が日本とほぼ同等になり、ドイツはこの指標でも低排出国であるといえます。なお、中国の2010年の原単位は1,350gであって、この10年で半減しており、これは中国における省エネルギー・省資源に関わる目覚ましい技術革新とともに、急激な経済成長の成果であるといえます。この名目GDPを原単位にした二酸化炭素排出量は、如何に少ない排出量でお金を儲けることができるかを示すものであり、その国の技術力のみならず、環境経済力の指標ともいえます。2020年度のエネルギー白書によれば、日本の産業用の電力価格と都市ガス価格に関する対アメリカ比はそれぞれ2.3倍および3.3倍であり、それぞれかなり高価になっております。このような価格差は、例えば、同一機能の“もの”を日本とアメリカでそれぞれ製造すると仮定した場合、そのために必要となるエネルギーコストは、日本においては何も工夫をしなければ必然的に高くなってしまふことを意味しています。よって、日本では、今後も様々な革新技術の開発を行う必要があることは言うまでもありません。しかしそれに加えて、ステップバイステップ的に進めてきた省エネルギー・省資源技術開発も、このエネルギーコストに係るハンディの克服に貢献してきた技術であり、こちらについても不断の技術開発が必要であると考えます。なお、二酸化炭素の排出を抑制するための革新技術

に対するコスト感に関しては、将来、1トンの二酸化炭素を処理するために“約10ドル”を費やしてよいという指標が思案されております。先述したように、日本の二酸化炭素排出量の名目GDP原単位は221 g/アメリカドルでありますので、この数字で割算すると、儲けた1ドルを費やして約450倍の二酸化炭素を処理できる技術が求められていることとなります。

二酸化炭素排出原単位そのものは各年の排出量を示すものであって、数学的に言えば微分的な値を意味しており、“2050年二酸化炭素排出実質ゼロ”もそれに該当します。もちろんこのような微分的な値も重要ではあるものの、本来、大気中の二酸化炭素濃度は過去の蓄積の結果であり、いわゆるこれは積分的な値といえます。そこで、1945～2019年の間に排出された各国の二酸化炭素排出総量を ourworldindata を用いて調査したところ、日本：646億トン、アメリカ：4,102億トン、ドイツ：920億トンおよび中国：2,200億トンでありました。この期間の日本の二酸化炭素の総排出量はこれらの国と比較しても少ないことがわかります。すなわち、ドイツといえども、経済発展をするために、如何に多量の二酸化炭素を過去に排出してきたかが窺えます。

温室効果ガスの排出の境界条件は、一企業でも一国家でもなく、地球そのものであります。ある企業で温室効果ガスの排出を抑制、あるいは、ゼロにできる“もの”を利用して温室効果ガスの排出をゼロにしたと主張されても、その“もの”の製造・廃棄段階で多量の温室効果ガスを排出してしまっていては本末転倒であります。新技術を開発・利用するにあたっては、このようなことが生じないように留意しなければなりません。

最後に、貴基金の主目的である人材育成事業の益々の御発展をここに祈念致します。



高温耐熱材料の塑性変形機構の 解明と金属3Dプリンティングによる 新展開

中野 貴由*

この度、榮譽ある令和5年度熟技術振興賞を（公財）谷川熟技術振興基金様より授与いただき、身に余る光栄に存じます。多くのご指導、ご支援を賜りました関係の皆様、ともに頑張ってきたスタッフや学生・卒業生の皆様、谷川熟技術振興基金ならびに選考委員の皆様、そして常に温かく見守ってくれた家族に改めて御礼申し上げます。引き続き熟技術および関連する生産技術の研究開発に向けて一層の努力を尽くしていきたいと気持ちを新たにしています。

私が熟技術とりわけ高温耐熱材料の研究開発と出会ったのは、1989年の学部4回生の時であり、それ以来、様々に形を変えつつも、35年にわたり魅了され続けています。最初に心惹かれた耐熱材料は、今ではボーイング787のエンジン部品として低圧タービン翼にも搭載されているチタンアルミ金属間化合物です。その特異な層状組織に注目し、塑性変形挙動について、山根壽己大阪大学教授（現名誉教授）、故・馬越佑吉大阪大学教授のご指導の下で研究を進めました。当時チタンアルミと称される耐熱材料は、チタンとアルミが一对一よりも僅かにチタンの多い合金を指し、この組成領域にて限定的に高強度と高延性を併せ持つことから、この起源に強い興味を持ちました。

その結果、チタンアルミの力学特性は体積の大部分を占める対称性の高い γ 相よりも、僅か10%しか存在しない六方晶系 α_2 相に由来することを突き止め、1996年に博士（工学）の取得に至りました。この発見を機に、極限環境で活用されるような高温耐熱材料に代表される新材料は、特定の方向に最大限の機能が発揮できるような異方性を持つものであることを確信し、“異方性材料学”を提唱し、様々な異方性耐熱材料の研究を現在も続けています。

様々な異方性周期構造を持つ耐熱材料としてのシリサイド、アルミナイド、ニッケル基化合物、さらに究極の異方性材料は、自然界の創製物にあるとの考えから、今では生体骨や血管の微細構造解析や構築にまで、材料学的研究の対象領域を広げています。

その間、1997年には、ドイツに短期滞在し、単結晶銅に基づく疲労機構の解明で教科書には必ず出てくるProf. H. Mughrabi先生のもとで、耐熱性チタンアルミの疲労機構の解

明を行い、2003年には透過型電子顕微鏡（TEM）による転位論研究で著名なフランスのDr. P. Veyssière先生のもとで、耐熱材料の強化機構の解明を学びました。いずれも高温耐熱材料研究にとってナノからマクロにつなげるためのマルチスケールでの理解の重要性に加え、日本以外の伝統、文化、事象の考え方や習慣に触れることの楽しさと意義、さらには多様な視点から物事を見ることの大切さを学びました。

結果として、1400℃以上の超高温度に耐えうる異方性複相シリサイド合金の研究開発、異方性C40型シリサイドの異常強化現象の発見、さらにはその発現機構の解明や制御法など、数々の耐熱材料の研究の基礎と応用に携わりました。

こうした異方性制御にヒントを得て、六方晶系結晶構造を持つ、生体骨組織中のアパタイト結晶に注目することで、骨密度ではなく、アパタイト配向性（優先結晶方位やその度合い）を指標とすることで正常・疾患・再生骨の機能解明が可能であることを見出すことで、高温材料研究にて培った知見を生かした医歯薬工連携分野での研究展開をも開拓しています。

近年では、極限環境での利用が期待される耐熱材料や生体材料の異方性を最大限に有効活用させる新手法として、金属3Dプリンティング（AM: Additive Manufacturing）に注目し、熱技術や耐熱材料の研究開発に挑んでいます。とりわけ、金属3Dプリンティングは、材料を付加・積層していく最先端プロセスであるため、材料創製と熱処理（超急冷や再加熱など）を重畳可能な新技術ともいえます。さらに、金属3Dプリンティングは、複雑な形状を造形するための単なる手段ではなく、耐熱材料として不可欠な原子配列を含む組織を場所ごとに最適化し制御するための新設計手法にもなりえます。

今後は、熱技術および生産技術と金属3Dプリンティングのシナジー効果から新たなイノベーションが生まれることを確信し、本受賞を糧に引き続き尽力して参ります。



温度を正しく伝えるために

丸野 耕一*

この度は粉生熟技術振興賞をいただき、誠に光栄に存じます。熟技術の開発や研究に直接携わる者ではないのですが、温度測定という分野で何かしらのつながりから今回このような機会をいただきましたこと、そしてこれまでご指導、ご支援いただきました皆様に感謝申し上げます。

自身が温度というものに携わることになったのは現在の会社に入ってからであり、大学では温度とは縁のない電気工学の専攻であったことから、それまで身近な温度といえば気温、体温、接触による熱い、冷たいといった感覚的なものとして認識している程度でした。今では外出自粛の間に始めた料理の加熱温度に気を配るようになったのですが、料理人の視点と異なるとは思いますが仕事の知識が少し役に立っていると感じるところはあります。学校では当時、氷点は0℃、水の沸点は100℃と教わったと記憶していますが、では目の前にある氷やお湯が厳密には何℃であるか、それをどれくらいの信頼性、正確さで測るのかとなると、いろいろ面倒な話となります。

モノの製造工程において温度をコントロールする場合、製造条件として温度差がどれくらい許容されるかによりますが、それが管理する温度に対して±1℃なのか±0.01℃なのかによって、適切な精度で温度を測定する必要があります。温度を測定するためにはその場の温度を拾うために温度センサなどが用いられます。温度センサの場合は温度と出力される量（電圧や抵抗）の関係から温度に変換して表示するために計測器が必要となります。何れの温度センサ、計測器には少なからず個体差があるもので、その差を把握するためには計測器の校正：Calibrationが必要となります。

温度の校正を簡単に記せば、ある温度を実現している装置に基準とする温度計を設置してその装置が実現している温度を決定し、同じ装置にあるもう一つの温度計の指示の差を特定する作業です。ここで“基準とする温度計”とは、ISO9000sの普及により広く認知されるようになった“トレーサビリティ”の取れた計測器・温度計となります。この温度計の校正、トレーサビリティを供給することが今の私の仕事となっております。

2019年5月にSI基本単位の定義が改定されたのは記憶に新しいところではないでしょ

うか。この時に温度の単位の定義が改定されたのですが、ここで熱力学温度の単位はケルビン：Kであり、私たちが日常扱っている温度はセルシウス度：℃です。日々扱う温度：℃は、熱力学温度を近似する1990年国際温度目盛：ITS-90により定義されています。これにより先に記しました水の沸点温度がそれまでの100℃から99.974℃（1気圧時）と定義された、ということがニュースになっていたと記憶します。現在用いられている温度はこのITS-90に従って国家計量標準より校正事業者へ、そして社会へと供給されています。このような計量標準のトレーサビリティを供給する制度（JCSS）が整備されて30年を迎えましたが、温度に限らず産業や規格の発展により次第に計測器のトレーサビリティが要求されるようになってきました。この傾向は今後よりも厳密になっていくものと想像します。

トレーサビリティの取れた温度計を用いれば正しく温度を測定できるとは限りません。温度計、計測器も使用による劣化や経年により性能に変化が生じます。また、単に測定する対象に温度計を設置したら正確に測れるというものではなく、正しく測定するためには測定する環境に応じた設置の仕方、管理の仕方を考えなくてはなりません。現在、社会では様々な温度が用いられています。昨今のカーボンニュートラル、水素エネルギーの利用に関係する液体水素の測定では-253℃という低温を扱います。これまで産業の発展のために現場のプロフェッショナルの方々が如何に温度を正確に測定するかという課題に取り組み、温度の測定技術を築いてこられました。諸先輩方に比べ若輩者の温度計屋ですが、温度を正しく伝えること—温度測定技術を通じて熱技術の発展に寄与できるよう努めて参ります。

令和5年度 助成研究

低重力場における材料燃焼性 評価手法の開発

〈研究責任者〉

北海道大学

工学研究院 機械・宇宙航空工学部門
助教



金野 佑亮

水素添加が噴霧燃焼特性に 及ぼす影響の解明

〈研究責任者〉

北見工業大学

工学部 機械電気系
教授



林田 和宏

●研究の目的

低重力場において固体材料の燃焼試験を実施可能な遠心機を開発する。そして、回転運動により発生する遠心力により、固体材料の燃焼特性に対する重力影響を評価可能であることを科学的に明らかにする。本課題を実現するために、航空機による微小重力実験を実施し、国際宇宙ステーションで燃焼試験を行うことの実現可能性を示す。

●研究の概要

有人宇宙開発における解決すべき技術課題として、月や火星での火災対策が挙げられている。火災を未然に防止するためには、材料の燃焼性を評価して、選別する必要がある。しかし、低重力環境を長時間安定して再現可能な試験施設は存在しない。本研究では、微小重力環境で遠心機を活用し、低重力場を再現する手法を提案する。遠心機内の燃焼現象には遠心力以外にコリオリ力が作用する。固体の燃焼特性および火災回りの流れ場計測を行い、一様な重力場で観察される燃焼現象との違いを解明する。そして遠心機を用いて、固体材料の燃焼特性に対する重力影響を議論することの妥当性を示す。

●研究の目的

水素混焼ディーゼル機関は、従来のディーゼル機関に比べると排ガス特性が変化することが確認されているが、その理由については不明な点が多い。そこで本研究では、雰囲気ガスへの水素添加が、燃焼反応ならびにディーゼル噴霧の発達過程、ディーゼル噴霧の着火・燃焼特性に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。

●研究の概要

水素混焼ディーゼル機関と従来のディーゼル機関の排ガス性能の違いは、機関筒内における燃料噴霧の着火・燃焼特性に起因すると考えられるが、具体的にどのような差異があるのかは明確ではない。本研究では、まず燃焼反応の違いを明確にするため、(1) 雰囲気ガスに水素を添加した層流拡散火炎の燃焼解析を行う。次に、(2) 定容容器を用いたディーゼル噴霧およびディーゼル噴霧燃焼の詳細な観察を行うことで、水素混焼ディーゼル噴霧火炎の燃焼特性を明らかにする。得られる知見は、水素混焼ディーゼル機関における燃焼改善に資するものであり、排ガス性能と機関性能の向上に寄与できる。

過熱水蒸気を用いた蓄電デバイス材料の合成

〈研究責任者〉
東京工業大学
物質理工学院 応用化学系
准教授



谷 口 泉

金属錯体に基づく分子熱電素子の開発

〈研究責任者〉
東京工業大学
科学技術創成研究院
化学生命科学研究所
助教



田 中 裕 也

●研究の目的

多孔質炭素内に遷移金属酸化物ナノ粒子が分散した複合体材料は、蓄電デバイスの電極材料や電極触媒として期待されている。本研究では、噴霧熱分解法と過熱水蒸気焼成を含む熱処理により遷移金属酸化物ナノ粒子が多孔質炭素粒子内に分散した複合体材料の合成法を確立することを目的とする。

●研究の概要

本研究では、スクロースと遷移金属硝酸塩を溶解させた原料溶液を窒素雰囲気下で500から800℃で噴霧熱分解することにより、アモルファス炭素@遷移金属酸化物の複合体マイクロ粒子を合成する。さらに、この粒子を還元雰囲気および過熱水蒸気雰囲気下で400～900℃で熱処理することにより、ミクロおよびメソ孔を有する多孔質炭素マイクロ粒子内に数十～数百nmの遷移金属酸化物ナノ粒子が分散した炭素と遷移金属酸化物ナノ粒子が複合化された多孔質球状粒子の合成を行う。また、この材料のリチウムイオン二次電池負極材料への応用、さらにはリチウム硫黄電池の電極触媒への応用について検討する。

●研究の目的

熱電変換技術は排熱を電気エネルギーへ変換する、環境調和型のエネルギー獲得手法である。最近、安全・安価な有機材料に基づく熱電変換デバイスに注目が集まっている。一方、現状では有機分子材料の熱電性能は低い。そこで本研究課題では高い熱電性能を示す分子性化合物として金属錯体を含む熱電材料を提案・実現することを目的とした。

●研究の概要

本研究では高い性能を持つ分子性熱電材料を開発すること目的とした。特にデバイスの集積性向上を志向して、単分子膜での実装を目指した材料開発を行う。具体的には単分子レベルでの伝導度が $10^{-2} G_0$ ($1 G_0 = 77.5 \mu\text{S}$)、ゼーベック係数 $40 \mu\text{V/K}$ を超える熱電材料の開発を目標とする。これが達成されると現時点で世界最高性能の単分子熱電材料となる。これを実現する戦略として、申請者が独自に展開している有機分子素子への金属錯体ドーピング法を用いて、(1) 金属錯体によるエネルギー状態の制御と(2) 金属錯体の集積化による金属間相互作用誘起を活用する。

スマート浸炭処理の開発と鋼の高疲労強度化

〈研究責任者〉
慶應義塾大学
理工学部 機械工学科
教授



小 茂 鳥 潤

環境発電のためのn型有機材料の開発

〈研究責任者〉
東京都立大学
都市環境科学研究科
環境応用化学域
特任准教授



秦 慎 一

●研究の目的

申請者は、2020年に貴財団の補助を受け、高周波誘導加熱を利用した固体浸炭プロセスを開発した。しかしその時点では、砂時計型の疲労試験片への処理はできていなかった。本申請では、現在開発中の疲労試験片にも対応可能な処理システムを用いて、構造用炭素鋼に固体浸炭処理を施し、疲労特性の改善効果を明確にする。

●研究の概要

機械・構造システムの破壊事故防止のためには、それらを構成する部材の疲労特性を向上させることが最も有効な手段である。本研究では、鋼材の疲労強度の上昇を目的として開発中の新しい固体浸炭処理を施した鋼に対して、軸荷重の引張圧縮疲労試験を実施し、その疲労特性を明確にする。その際、浸炭条件（深さやカーボンポテンシャル）を変化させた試験片を準備し、疲労特性の影響を調べる。また、一般的に行われているガス浸炭を施した試験片も準備し、比較をする。

●研究の目的

大気中酸素影響されない熱力学的に安定なn型有機熱電材料を開発し、正孔材料と組み合わせた双極型熱電モジュールへの適応を目指す。本申請の成果は、工場の排熱や生産工程で排出される熱を、電気エネルギーとして再利用し、工場設備監視や防災や医療の分野などで自立型システム用電源として活用する。これにより、少子高齢化が進む日本の脱炭素社会の構築に貢献する。

●研究の概要

化石燃料の消費に伴う熱エネルギーは66%を占めており、年間1兆kWhもの未利用排熱が破棄されている。そこで現在、CO₂排出量を削減する観点から、化石燃料由来の未利用排熱を電気エネルギーへ変換する熱電変換モジュールが注目されている。本課題では膨大な150℃以下低品位熱から高効率に電力を得ることを目的とし、有機物で構成される有機熱電モジュールを実現するため、従来開発が難しいとされるn型材料の開発を徹底的に行う。これにより、従来100μW程度だった有機熱電モジュールで得られる電力を1mWまで向上させることを目標とし、エネルギー資源の有効活用に加えて、従来の防災・医療システムを高効率化する。

バナジウムを用いた NbC 電極 触媒の高効率かつ炭素蓄積型 固相合成技術の開発

〈研究責任者〉
新潟大学
自然科学研究科
准教授



齊藤 健二

データ科学による水素燃焼特性 の開拓

〈研究責任者〉
岐阜大学
工学部 機械工学科
准教授



朝原 誠

●研究の目的

無機固体の固相生成経路を人為的に操作し、環境・エネルギーの両面で優れた合成技術を開発することは、エネルギー政策の転換を迎えている今日において重要な取り組みである。本研究では、電気化学的水素生成反応（HER）に高活性な炭化ニオブ（NbC）のサステナブルな合成技術を確立・発信することを目的とする。

●研究の概要

NbC は一般的に、 Nb_2O_5 と炭素を用いたカルボサーマル法により得られ、温室効果ガスの排出と約 $1500^\circ C$ の合成温度を要する。それに対して先行研究では、合成過程にバナジウムを介在させて合成経路を変化させると、 $770^\circ C$ で NbC の生成が始まることを X 線回折により確認した。本研究では、実験化学的に捉えた合成中間体の構造情報を用い、第一原理計算により NbC の生成メカニズムを解明する。次に、 $770^\circ C$ で NbC 単一相を得るための合成条件を熱力学的アプローチより求める。最後に、各温度で得られた NbC 結晶の質と大きさを HER 活性に対してプロットし、最高性能を明らかにする。

●研究の目的

水素社会において、高圧水素設備からの水素漏えいによるジェット火炎熱影響領域の把握や、需要拡大が見込まれる水素バーナーの開発に向け、水素燃焼特性のさらなる理解が必要とされる。そこで、情報科学と燃焼科学を融合させた“燃焼インフォマティクス”での新たなアプローチにより、水素燃焼の真理を探求する。

●研究の概要

まずは、水素噴流中にエネルギーを管理した着火源を配置し、ジェット火炎の発達挙動を高速度カメラで撮影する。ノズル径、圧力、着火源位置をパラメータとし、火炎自発光の時系列画像をビッグデータとして蓄積する。続いて、主成分分析などの情報科学の手法に基づき、ビッグデータから特徴量を抽出する。数学的処理により抽出される特徴量を時間モードと空間モードに変換することで、火炎長、浮き上がり高さなどを再定義する。さらに、特徴量の近似式を導出し、任意のノズル径、圧力、着火源位置などを代入することで、実験では未取得な条件での火炎の時系列画像を生成する。

噴流の熱拡散制御に関する 実験研究

〈研究責任者〉
名古屋大学
工学研究科 自動車工学プログラム
教授



伊藤 靖仁

深層学習による伝熱面のマイクロ 特性の最適化

〈研究責任者〉
大阪大学
工学研究科 機械工学専攻
教授



芝原 正彦

●研究の目的

申請者が行った深層強化学習と数値シミュレーションの組み合わせ研究により、噴流制御（熱拡散の促進および抑制）のための噴流最適初期流速分布が同定された。本研究では、その分布を実現できる噴流出口部の開発およびその実証実験を行い、その実用性を検証するとともに、更なる最適化に向けて乱流熱輸送機構の理解を深める。

●研究の概要

申請者は、噴流の初期流速分布を変化させると通常では見られない噴流の発達や熱輸送がなされることを明らかにするとともに、拡散や混合の促進や抑制のための最適初期流速形状を同定した。本研究では、その分布を実現させるためのノズル部（アタッチメント）を作成し、風洞実験によってその有効性を検証する。具体的な応用として、既存の装置再現できるサイズであるカーエアコンを想定する。加熱噴流の流速を熱線温度計を用いて、温度を熱電対を用いて計測する。得られた結果を定量評価するとともに、乱流輸送構造をエネルギーおよび熱拡散の観点から解析する。

●研究の目的

熱界面材料との熱抵抗を極小化する伝熱面や沸騰伝熱時の気泡核生成を最大化するの伝熱面のマイクロ特性（表面粗さ、濡れ性等）の2次元分布を高速に予測することを目的として、限定された数の分子動力学解析の結果から、深層学習を用いて最適なマイクロ特性の2次元分布を高効率に決定するための方法論を明らかにする。

●研究の概要

本研究では、伝熱面のマイクロ特性（表面粗さ、濡れ性等）の2次元分布をランダムに変化させた限定された数の分子動力学解析を実施し、①熱界面材料との間の界面熱抵抗や②沸騰伝熱時の初期気泡核生成数、を把握する。これらの①および②の特性と伝熱面マイクロ特性の2次元分布を教師データとして使用して、最適なマイクロ特性の表面2次元分布を深層学習により推定する。その推定結果を元に、再度、最適に近い条件で分子動力学解析を行って、深層学習を行うことにより、無数の表面条件中から①または②に最適な表面特性分布を決定する。

重縮合系硫黄ポリマーの合成と材料への応用

〈研究責任者〉
大阪大学
理学研究科 高分子科学専攻
助教



小林 裕一郎

ナノシート積層構造を活用した熱電変換材料

〈研究責任者〉
大阪大学
理学研究科 物理学専攻
准教授



塩貝 純一

●研究の目的

研究全体の構想は硫黄ポリマープラットフォームを構築し、現状の原油から生産されるプラスチックの代替材料とし、脱炭素社会を実現することによって持続可能な社会を構築することとする。本申請ではその基盤となる硫黄ポリマーの重縮合法を確立することを目的とする。

●研究の概要

原油を原料とした炭素ポリマーの合成方法は一般的にラジカル重合法と重縮合法が知られている。硫黄ポリマーにおいては、ラジカル重合法は数多くの報告があるが、重縮合法の報告が殆どない。重縮合炭素ポリマーは多種のポリマーや合成法が開発され、炭素ポリマープラットフォームが構築され、それぞれのポリマー特性を活かした応用が成されている。本研究ではその炭素ポリマーの代替材料として硫黄ポリマーの社会実装を目的に、硫黄ポリマーにおける重縮合ポリマーの合成法を確立し、プラットフォームを構築する。

●研究の目的

本研究では、従来の薄膜成長法と機械的剥離法に加えて、電気化学的エッチングを組み合わせた「極薄膜化」と「積層化」によって実現されるナノシートの人工積層構造を提案し、巨大熱電応答を示す熱電変換素子を実現する。本手法が今後の薄膜における熱流制御のための要素技術となると確信しており、本基金に申請する。

●研究の概要

超スマート社会の構築には、IoT 機器を駆動する持続可能な電源の構築が鍵となる。その候補として、体温や廃熱を電力に変換する熱電効果が注目されている。熱電性能の向上のためには、高電気伝導度と低熱伝導度をもつ物質の開発が必要とある。しかし、 $(\text{電気伝導度}) / (\text{熱伝導度}) = \text{一定}$ のウィーデマン・フランツ則のため、単一物質でこれを同時に満たすことは困難である。本研究では、ナノシート積層構造を活用することにより、幅広い物質選択による異種物質の積層が可能となり、既存の物質科学の限界を突破する革新的熱電素子を実証する。

電子線改質したグラフェンの熱輸送特性解析

〈研究責任者〉
大阪公立大学
工学研究科 電子物理工学分野
准教授



安田 雅昭

気相燃焼法による機能性微粒子の球状化

〈研究責任者〉
広島大学
先進理工系科学研究科
化学工学プログラム
助教



平野 知之

●研究の目的

熱エネルギーの効率的な利用を目的に、熱輸送特性を3次元的に空間変調する材料改質技術の確立を目指している。本研究では、高い熱伝導率をもつ積層グラフェンを対象に、電子線照射による欠陥導入を利用して、熱輸送特性の3次元空間変調とそれを利用した放熱、断熱および配熱の3次元制御実現の可能性を分子動力学法により理論解析する。

●研究の概要

高い熱伝導率をもつグラフェンは欠陥や不純物の導入による構造改質により熱輸送特性を制御できることが知られており、電子線照射はその代表的な構造改質技術である。本研究では、申請者が独自開発した電子線改質の分子動力学法を利用して、積層グラフェンの電子線改質による熱輸送特性変化を理論解析する。積層グラフェンへの電子線照射では、各層に空孔欠陥が生じ、層内方向での熱伝導率は低下する。一方、層間には架橋結合が形成され、層間方向での熱伝導率は増加する。本研究では、層内および層間の熱輸送制御を組み合わせた熱輸送特性の3次元空間変調構造とその改質条件を分子動力学法により探索する。

●研究の目的

本研究では、化学組成と粒子サイズが精密に制御された1 μm 以下の球状ガラス微粒子の合成を目的として、申請者が独自に開発した燃焼反応器を用いた粉体球状化システムの構築を行う。従来の合成手法（液相法、溶融法）では合成が不可能とされる新組成ガラスや準安定結晶を、提案する新燃焼合成法により作製することを試みる。

●研究の概要

近年、高速かつ大容量のデータ通信や、電子デバイスの高機能化に伴い、電子部品の小型化がされている。そのため、その内部に使用されるガラス粒子においても、効率よく樹脂中に充填させるために球状化と微粒化(0.1-1.0 μm)が必要となる。しかし、現状市販されている種々の機能性ガラス材料はほとんどが1 μm 以上である。球状粒子の生産に使用できる火炎法は工業的に利用されている一方で、一般的な火炎は温度制御が困難であるため、低沸点成分を含む球状ガラスの生成は難しいとされる。本研究では、独自開発した温度・ガス組成が制御可能な火炎を用いて、球状ガラス材料開発を行う。

機械学習による TiAl 基耐熱合金組織の自動判定

〈研究責任者〉
新居浜工業高等専門学校
環境材料工学科
准教授



當代 光陽

●研究の目的

次世代ジェットエンジン用 Ti-48Al-2Cr-2Nb 合金の力学特性はその微細組織制御によって最低化されている。本研究では、優れた画像認識能力を持つ人工知能技術 (AI) の一つである畳み込みニューラルネットワーク (CNN) によって、推論計算コストの最小限化と高精度の自動判定を実現し、今後の合金開発、品質管理およびメンテナンス技術の飛躍的發展を目的とする。

●研究の概要

次世代ジェットエンジン用 Ti-48Al-2Cr-2Nb 合金の微細組織は熱処理や金属 3D プリントにおける造形時の予熱によって制御可能であり、このこと通じて最適な力学特性を実現している。本研究では、本合金の組織制御に重要な温度領域 (1150℃ ~ 1400℃) においてそれぞれ 3 時間の熱処理を施し、各熱処理条件に対する微細組織データを光学顕微鏡および SEM によって取得する。このデータについて CNN を用い、さらに浅い階層のアルゴリズムを設計することで、推論計算コストの最小限化 (各組織 10 枚程度の画像データ) で自動判別することを目的とする。

令和4年度 助成研究概要報告

原子層ナノ構造による熱電変換技術の研究

東北大学 電気通信研究所 准教授 大塚 朋 廣



工業炉や燃焼装置から生じる排熱等の未利用のエネルギーを活用する熱電変換技術は、エネルギーの有効活用に向けて重要な技術である。ナノ構造デバイスは電子運動の高度な制御や観測が可能であるため、新しい熱電変換技術の創製、原理検証に適した系である。またグラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド等の原子層物質は特異な電子物性を示し、これら用いれば、原子層物質の特性を生かした新しい微小エネルギー変換デバイスの可能性がある。そこで本研究では、原子層ナノ構造デバイスの作製、電子状態測定技術を開発し、デバイス内での電子移動を調べ、原子層ナノ構造による熱電変換技術に関する研究を行った。

原子層材料を用いてナノ構造デバイスを作製するためには、まずその作製技術が重要となる。従来の半導体微細加工技術を活用しつつ、原子層材料の性質に応じた技術が必要となるため、本研究ではこれらの研究を行った。原子層材料はバルク材料からの剥離により得られ、これデバイス作製に必要な基板の上に転写する。この転写の際のプロセス条件、使用材料等について最適化を行った。また原子層材料に対する微細加工プロセスの最適化を行い、熱電変換ナノデバイスの作製に必要な技術開発をおこなった。そしてこれらを活用して原子層ナノ構造デバイスを作製した。

次に原子層ナノ構造内部の電子状態を解明するために、原子層材料における局所電子状態測定手法の開発を行った。従来の半導体ナノ構造デバイスでは高周波反射測定と呼ばれる手法が用いられている。これはデバイス内の電荷状態を調べるための高感度センサを形成し、これを内包した高周波共振器を形成して反射する高周波を測定、解析する手法である。これによりナノ構造内の電子状態を電子一個のレベルで高感度かつ、高速に測定できる。しかしながら従来の原子層デバイス構造では、大きな寄生容量が生じ、高周波をうまく印加できない問題があった。そこで私たちは、寄生

容量を抑えたゲート電極構造を開発した。このデバイスに高周波測定手法を適用したところ、明瞭な高周波反射特性を観測することができ、原子層材料における高周波反射測定を実現できた [1]。さらに他の低ノイズ電気伝導測定手法についても研究を行った。

そして原子層ナノ構造における電子移動の測定を行った。量子ドット等のナノ構造では、量子閉じ込め効果や単電子効果により、その内部に特徴的なエネルギー準位が形成され、熱電変換の際のエネルギーフィルタとして活用できる。そこでこれらのエネルギー準位と有限温度の電子溜めを結合させ、熱により誘起される電子移動の観測を行った。またこの現象の温度による変化についても調べた。また高感度測定技術等を活用することにより、関連する研究についても貢献を行った。窒化ガリウム欠陥量子ドット伝導特性の測定、解明や、高速フィードバック回路を活用した電荷センサのダイナミックレンジの改善等に貢献した [2,3]。

以上のように、本研究では原子層ナノ構造による熱電変換技術に関して、原子層ナノ構造デバイスの作製、電子状態測定手法の開発や、熱誘起の電子運動の測定、解明を進めることができた。これらは物性科学等の観点から重要であるだけでなく、原子層材料を活用した熱電変換デバイス等の応用においても有用になる。

さいごに、本研究の実施にあたり公益財団法人谷川熱技術振興基金のご支援を頂きました。心より御礼申し上げます。

参考文献

- [1] T. Johmen, M. Shinozaki, Y. Fujiwara, T. Aizawa, and T. Otsuka, Radio-Frequency Reflectometry in Bilayer Graphene Devices Utilizing Microscale Graphite Back-Gates, *Phys. Rev. Appl.* 20, 014035 (2023).
- [2] K. Matsumura, T. Abe, T. Kitada, T. Kumasaka, N. Ito, T. Tanaka, K. Nakahara, and T. Otsuka, Channel Length Dependence of the Formation of Quantum Dots in GaN/

AlGaN FETs, Appl. Phys. Express 16, 075003 (2023).
 [3] Y. Fujiwara, M. Shinozaki, K. Matsumura, K. Noro, R. Tataka, S. Sato, T. Kumasaka, and T. Otsuka, Wide Dynamic Range Charge Sensor Operation by High-Speed

Feedback Control of Radio-Frequency Reflectometry, Applied Physics Letters 123, 213502 (2023).

希土類系化学蓄熱材による低温排熱の利用

金沢大学 理工研究域 機械工学系 教授 春 木 将 司



【緒言】

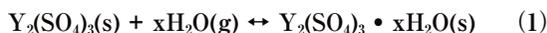
現在、工場などでは 250℃ 以下の比較的低温の排熱が多量に未利用のまま捨てられている。しかしながら、これらの未利用熱を有効に利用することで、化石燃料の使用量を削減でき、地球温暖化問題やエネルギー問題解決の一助となる。未利用熱の利用技術の一つに蓄熱があり、大きく分類すると、顕熱蓄熱、潜熱蓄熱ならびに化学蓄熱がある。中でも化学蓄熱は、脱水・水和などの可逆反応の際の吸熱と発熱を利用する蓄熱技術であり、蓄熱の状態を長期間保つことも可能であり、蓄熱と熱利用の時間・距離のギャップを作ることが可能であり、注目されている技術である。

これまで化学蓄熱は、水酸化マグネシウム / 酸化マグネシウムや水酸化カルシウム / 酸化カルシウムなど、比較的高い温度の蓄熱について研究が進められてきた。一方、近年、希土類系元素の硫酸ランタン / 硫酸ランタン-水和物の脱水・水和反応によって、250℃ 程度の低温の熱を蓄熱できることが明らかになった。本研究では、材料選択の自由度拡大のため、硫酸ランタンと同じ希土類系化合物の硫酸イットリウムに着目し、高熱伝導化のために熱膨張黒鉛と複合化した硫酸イットリウム / 熱膨張黒鉛蓄熱材の脱水・水和特性を明らかにすることによって、硫酸イットリウム化学蓄熱材のプロセス設計の基盤データを得ることを目的とした。

【研究方法】

本研究では、式 (1) に示す硫酸イットリウムの

脱水・水和反応について検討した。



水和実験において、純度 99.9% の硫酸イットリウム 8 水和物 (Strem Chemicals 社製、純度 99.9%) を加熱脱水した硫酸イットリウムを用いた。熱膨張黒鉛との複合化は、所定量の硫酸イットリウムと熱膨張黒鉛をミルによって粉砕・混合した粉体状混合物を油圧プレスによって円板状に成型することによって行った。使用した水和実験装置の概略図を図 1 に示す。実験では、あらかじめ反応器ならびに水蒸気供給ラインを所定の温度に昇温した。次に、窒素流量を調整した後、天秤から吊り下げられたワイヤーに取り付けたメッシュバスケットにサンプルを置いた。その後、水蒸気を窒素に同伴させ反応器内へ供給し水和を開始した。水和数の経時変化はサンプルの質量増加の経時変化から算出した。

【結果及び考察】

水和温度 (反応器温度) がペレット状サンプルの水和反応に与える影響を、水蒸気濃度 18.4 mol/m³ において調査した。水和温度を 110℃、130℃、150℃ とした結果を図 2 に示す。図より、本研究の条件における平衡水和数の最大値は 3 であり、水和温度が 150℃ では平衡水和数は 1 であった。また、110℃ と 130℃ においてはともに平衡水和数は 3 であったが、水和速度に大きな違いが見られた。

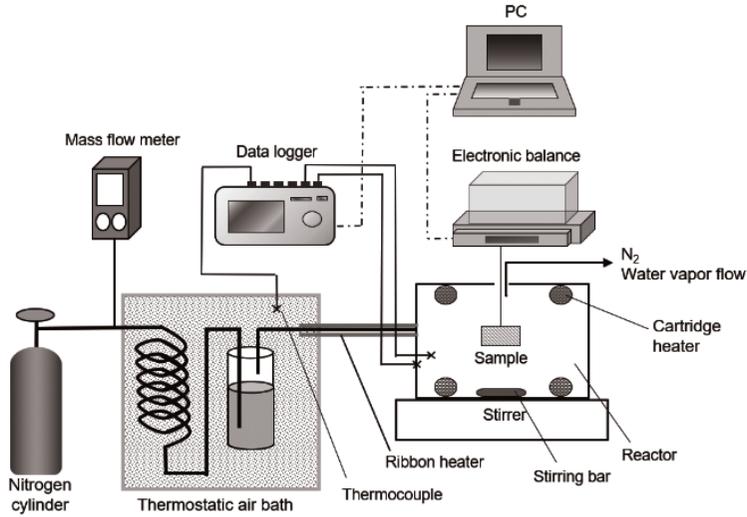


図1 水和実験装置の概略図

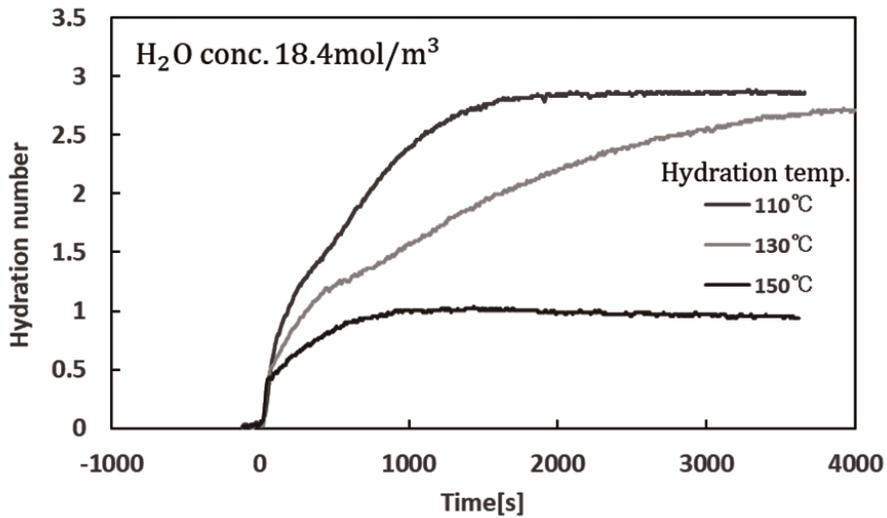


図2 ペレット状サンプルの水和実験の結果

【結言】

本研究では、硫酸イットリウム化学蓄熱材に着目し、水和反応性(放熱特性)を調査した。その結果、水和温度によって、水和挙動が異なり、放

熱量が大きく異なることが示唆された。今後は引き続き、放熱挙動ならびに脱水挙動と操作条件の関係について調査していく予定である。

水素の特性を生かした革新的内燃機関の開発

静岡大学 大学院工学領域 総合科学技術研究科 准教授 吹場 活佳



本研究では水素燃料による高効率な航空用推進器の開発を目標として、水素をエンジン周囲の流路で加熱し、タービンを回すエキスパンダサイクルのエンジンの開発研究を実施した。燃焼器には自己圧縮により自発的に高圧を得ることができるデトネーションエンジンを採用することでエキスパンダサイクルに必要な高い熱流束を得る。エキスパンダサイクルエンジンは水素の高い比熱を生かして燃焼ガスから熱を回収するため、高い熱効率が期待できる。研究は(1)新サイクルによるエンジンの性能解析、(2)パルスデトネーションエンジン燃焼器の試作、運転、(3)ターボチャージャー運転による成立性の検討、の3段階に分けて実施された。

(1) 新サイクルによるエンジンの性能解析

新しく提案する「エキスパンダサイクルパルスデトネーションエンジン (Ex-PDE)」の成立性に関する解析を実施した。エンジンで発生する熱のうち、壁面を通して排出される分を見積もり、エキスパンダサイクルで得ることができる熱量を算出した。この熱によりタービンを回転させ十分な空気を供給することが可能かどうか検討した。また最終的に得られる推力性能、燃費性能について計算した。結果として、成立は可能なものの、エンジンの回転数を十分に上げないと空気供給に必要な熱量を供給できないことが分かった。研究の初期の段階で高回転でエンジンを運転するの

は技術的な障壁が高い。そこで、エキスパンダサイクルを実用化する1段階前の実証機として、新たに「ガスジェネレータサイクルパルスデトネーションエンジン (GG-PDE)」を提案しまずはこれにより自立運転を目指すこととした。GG-PDEではEx-PDEより若干性能は劣るものの、低回転数でも運転が可能であるというメリットがある。

(2) パルスデトネーションエンジン燃焼器の試作、運転

エンジンの自立運転を目指して、まずは燃焼器部分の試作と運転実験を実施した。図1に試作したパルスデトネーションエンジン燃焼器を示す。設計は共同で研究を実施している埼玉大学のメンバーと協力して実施した。広大な敷地を有する室蘭工業大学の白老実験場を活用し、2023年8月に屋外燃焼実験を実施した。今回は空気をボンベから供給した。燃料である水素と空気を混合し、最大20 Hzで燃焼実験を行った。10Hz程度の場合は良好な燃焼が行われ、デトネーション波の発生を確認することができた。燃費の指標であるIsp(比推力)は2600s程度となり、おおむね期待した値を得ることができた。しかし10Hzを超える回転数では燃焼が不完全となり、十分な性能を得ることができなかった。今後燃焼器の形状や入口部分のノズルの損失を抑えることで改善が可能であると考える。

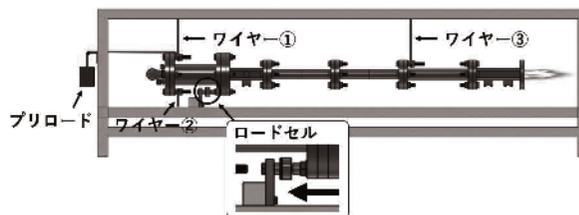


図1: パルスデトネーションエンジン燃焼器実験装置

●令和4年度助成研究概要報告

(3) ターボチャージャー運転による成立性の検討

上記のPDE 燃焼器の実験はポンペを用いて空気を供給したが、最終的にエンジンシステムとして自立運転を行うためには、ターボ機械を用いて空気を供給する必要がある。そこで自動車用ターボチャージャーを購入し、常温空気および燃焼ガスを用いた回転試験を実施した。図2に実験に用いたターボチャージャーと、実験時の配置図を示す。ターボチャージャーは小型の自動車用のも

のである。燃焼ガスを用いる際はターボチャージャー上流に燃焼器を取り付け、プロパンガスを燃焼させたガスをタービンに供給した。圧縮機により 30g/s、1.2atm 程度の空気が供給可能であることを確認した。これは (2) のPDE 燃焼器実験で用いた空気流量、圧力を上回るものである。これにより提案したエンジンサイクルが成立することが確認することができた。

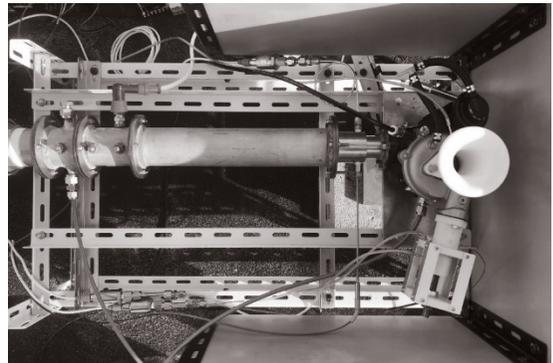
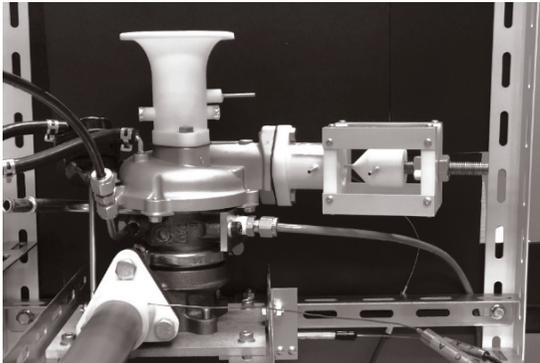


図2:ターボチャージャー回転試験

最後になりますが、本テーマのような萌芽的な段階の研究に資金を提供していただいた公益財団

法人谷川熱技術振興基金に深く感謝申し上げます。

エンジン排気CO₂回収用疎水性吸着材の検討

静岡理科大学 理工学部 機械工学科 准教授 野内 忠 則



1. 背景および目的

エンジンの完全脱炭素化のため、ゼオライトを用いた物理吸着法によるエンジン用CO₂分離回収装置の実現を目指している。本研究では、疎水性の特性を示すSi/AL比（シリカアルミナ比）の高いゼオライトを用いて、ゼオライトのSi/AL比の違いがエンジン排気CO₂の吸着・脱離特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法および条件

(1) CO₂ 吸着特性の検討

図1にCO₂ 吸着実験時の実験装置の概要を示

す。本装置は、試験ガス供給部、CO₂ 吸着部およびガス分析部から構成される。試験ガス供給部は、ガソリンエンジンから成る。表1に試験に用いたエンジンの諸元を示す。

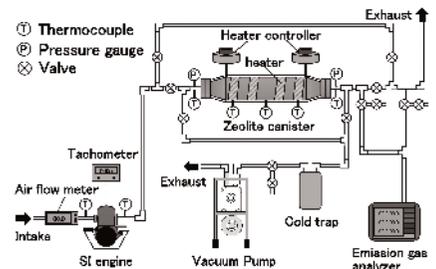


図1 Experimental setup

表1 Main specifications of the engine for the tests

Engine type	-	Air-cooled 4-stroke single cylinder gasoline engine
Displacement	cm ³	25
Bore × stroke	mm	35 × 26
Compression ratio	-	8.0 : 1

表2に、実験に用いたゼオライトの仕様を示す。高いCO₂吸着率を得るために、基準のゼオライトとして、細孔径と細孔容積が最大のゼオライト13X（東ソー、合成ゼオライト、F-9）を用いた。形は球状で、直径は2.36～4.75 mmである。13Xは、Si/AL比が1.3と小さく、親水性の特性を示す。比較する疎水的な特性を持つゼオライトとして、NaY型ゼオライトを選定した。NaY型は、13Xと同一の骨格構造、細孔径および陽イオン（ナトリウム）を持つ。NaY型は、Si/AL比が2.75であり、13Xに比べて疎水的な特性を示す。形状はφ1.5 mmペレットである。図2にゼオライトカラムの寸法を示す。

表2 Zeolite type and zeolite column

Zeolite type	13X	Shape: bead (Φ 2.36 - 4.75)
		Si / AL : 1.3
		Total amount: 487g (dried)
	NaY	Shape: pellet (Φ 1.5mm)
Si / AL : 2.75		
Total amount: 359g (dried)		
Zeolite column	Volume: 0.8L	

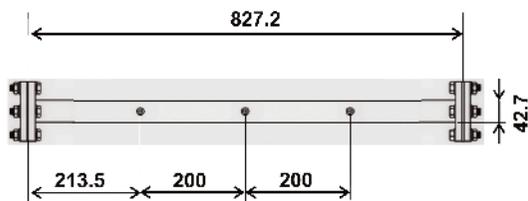


図2 Specification of the zeolite column

エンジンの排気条件を表3に示す。空間速度は約1275 h⁻¹である。なお、本研究では、CO₂の破過時間を、容器出口側のCO₂濃度が容器入口CO₂濃度の5%に達した時間と定義した。吸着実験時間は、CO₂の吸着性能が低下するまでとし、

約30分とした。

表3 Test engine operating conditions

Items	Unit	Value
Engine speed, Ne	rpm	4000 ± 150
Load	-	No load
Exhaust gas flow rate	L/min	17 @25°C
O ₂	vol. %	0.7
CO ₂	vol. %	11.4
CO	vol. %	5.7
THC	vol. ppm	690
NO	vol. ppm	223
Relative humidity	%	93.6 @26°C

(2) CO₂脱離特性の検討

排気吸着実験後、ゼオライト容器の加熱（約300°Cに上昇）と減圧（約-100 kPa）を120分行った。この加熱と減圧により、吸着成分が脱離する。加熱・減圧操作後に、ゼオライトカラムへ空気（60 L/min）を導入（パージ）し、カラム内の残留成分を調査した。また、NaY型ペレットについては、脱離性能が改善される可能性があることから、吸着と加熱・減圧を3回繰り返した後にパージを行った。

3. 実験結果および考察

(1) CO₂吸着特性の検討

図3に、エンジン排気吸着実験の結果を示す。13X型粒を見ると、排気をカラムに導入した直後、CO₂の対入口濃度比は0であり、CO₂が完全に吸着されている。しかし、排気導入開始後6分程で、CO₂は出口から流出（破過）して始めている。なお、CO₂破過時間は、7.7分であり、CO₂破過点でのCO₂総吸着量は、0.054 kg-CO₂/kg-吸着剤であった。また、吸着力の強い成分は、H₂O、THC、CO₂、NO、COの順であることが分かる。

●令和4年度助成研究概要報告

カラム入口、出口および内部の温度変化を見ると、排気導入直後に、カラム内部上流の温度が上昇している。これは、吸着熱によるものである。その後、温度上昇は、内部の中流から下流へ移動した。これは、吸着帯が下流側へ移動していることを意味する。

一方、NaY型ペレットを見ると、CO₂破過時間は7.6分、CO₂破過点でのCO₂比吸着量は0.078 kg-CO₂/kg-吸着剤であり、13X粒よりも高い結果となった(図4)。また、CO₂破過後は、対入口濃度比の上昇が速くなった。これは、CO₂吸着帯の長さが短いことに起因すると考えられる。CO₂以外の成分を見ると、吸着力の序列は、13X

粒と同一であるが、NOの吸着力が、13X粒と比べて強くなった。カラムの温度変化をみると、排気導入後に、内部温度が上流から下流にかけて上昇している。これは13Xと同一であるが、NaY型ペレットの方が、温度の上昇の勾配が急になっている。これは、前述した吸着帯の長さが短い事に起因していると考えられる。

以上のことから、NaY型ペレットは、CO₂比吸着量が0.078 kg-CO₂/kg-吸着剤であり、13X粒に対して約44%増加した。また、NOがやや強く吸着されると共に、吸着熱による温度上昇が速くなること等が分かった

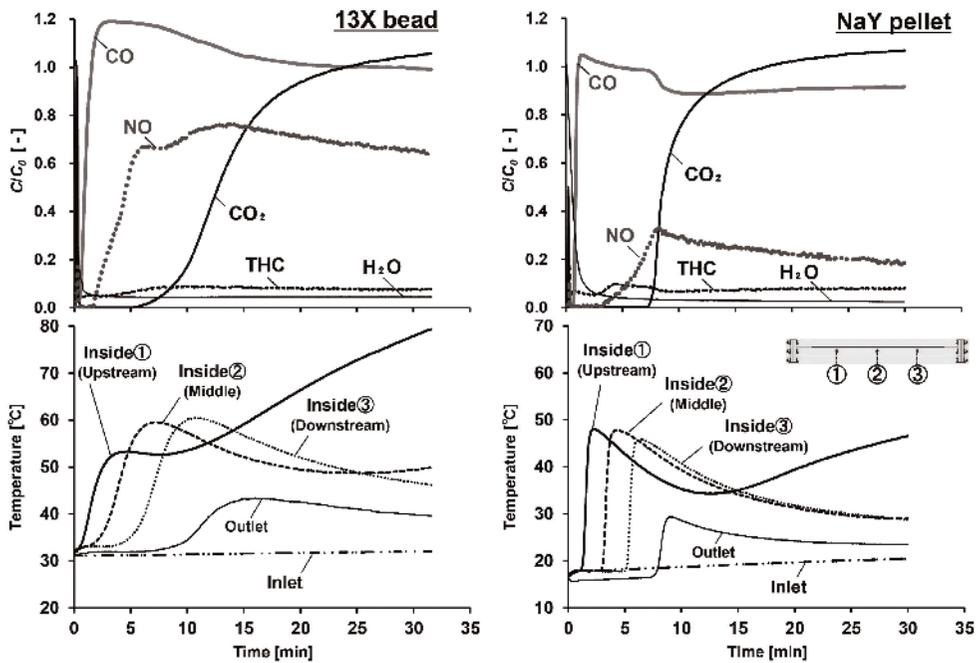


図3 Engine exhaust adsorption characteristics

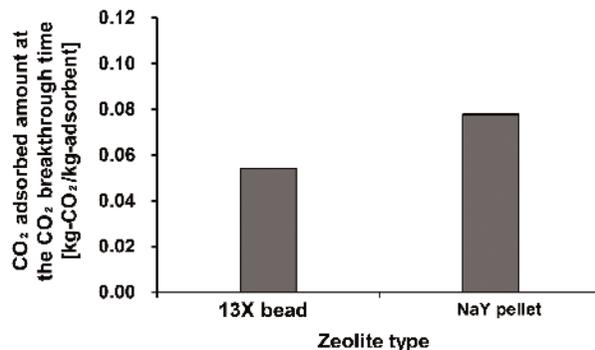


図4 Comparison of CO₂ adsorbed amounts between 13X bead and NaY pellet

(2) CO₂ 脱離特性の検討

エンジン排気を吸着したゼオライトを加熱・減圧した後、カラム内の残留成分を調査した結果を図5に示す。なお、NOは検出されなかったため除外している。

13X粒では、CO₂が最も高い濃度で検出されており、ピーク濃度は約0.5%であった。次いで、CO、THCの順に検出された。5分程で、何れの成分も濃度がほぼ0となっている。

一方、NaY型では、CO₂濃度のピークは0.15%であり、13X粒よりも低くなった。NaY型ペレッ

トは、パーズ無しで吸着と加熱・減圧を2サイクル繰り返した後の結果であることを考慮すると、13Xに比べてCO₂の脱離性能が優れているといえる。また、NaY型では、THC濃度がピークで約40 ppm検出されており、13X粒に比べて高くなった。THCの絶対量は少ないが、NaY型においてはTHCが残留しやすい可能性があり、この原因については今後の検討課題としたい。

以上から、NaY型ペレットは、13X粒に比べてCO₂が脱離し易いことが明らかとなった。

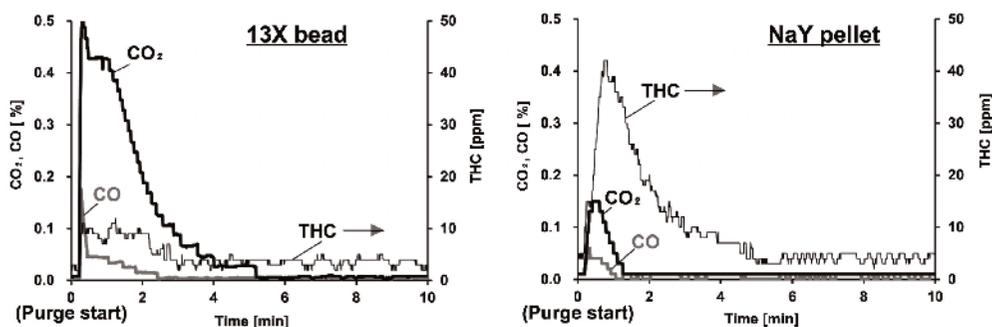


図5 Residual gas concentrations during the air purge (60 L/min)

4. まとめ

1) ガソリンエンジン排気をゼオライト13X型粒およびNaY型ペレットに流通させた場合、両者とも排気成分がH₂O > THC > CO₂ > NO > COの順に強い吸着を示した。しかし、NaY型は、NOの吸着がやや強くなり、吸着熱によるゼオライトの温度上昇が速くなる傾向が見られた。

2) NaY型ペレットは、CO₂破過点でのCO₂比吸着量が0.078 kg-CO₂/kg-吸着剤であり、13X

粒に比べて、約44%高くなった。また、加熱・減圧によるCO₂の脱離も13Xに比べて、容易であることが分かった。即ち、実ガソリンエンジン排気CO₂の吸着・脱離の観点では、NaY型ペレットの方が13X粒よりも優れた特性を示すことが分かった。

今後は、上記結果のメカニズムを解析すると共に、他のゼオライト種でも検討する予定である。

固体酸化物CO₂電解セルのオペランド観察

立命館大学 理工学部 機械工学科 准教授 渡部 弘 達



1. はじめに

固体酸化物電解セル (SOEC) は、CO₂を化成品の原料や鉄鉱石の還元ガスとなるCOに変換で

きる。しかし、SOECに用いられるNi系カソードは高温CO₂雰囲気であり、Niが容易に酸化されるため、性能低下の要因となる。本研究では、

SOEC の電解モードにおけるカソード酸化挙動をオペランドで捉えられる実験システムを構築し、電解モードにおける CO_2 酸化抑制効果を引き出す知見を創出する。

2. 実験方法

図1にオペランド観察用 SOEC 実験装置を示す。実験にはカソードに Ni/YSZ、電解質に YSZ (ϕ 8, 厚さ $200 \mu\text{m}$)、アノードに LSM/YSZ からなる三層構造の電解質支持型セルを用いた。電極の直径は ϕ 6 である。図2にオペランド分析のための Ni/YSZ カソード表面の概略図を示す。集電体には Ag ペーストと Ag メッシュを用いているが、X線照射のために Ni/YSZ 中心の ϕ 3 の部分には集電体は用いていない。実験装置上部には X線を透過するカプトン窓が設置してある。試料ステージの下部をヒーターで加熱し、セル部分のみ局所的に高温にする。本実験装置は、アノード側とカソード側に異なるガスを供給すること

ができる。本実験では、Ni/YSZ 側のみ CO_2 雰囲気とし、電気分解を行う。 CO_2 電解前に Ar 雰囲気とし、セルを加熱し、セル温度が 650°C で一定となった後、 CO_2 を供給する。ここでは非電解モードと電解モード（定電流モード、電解電解 $140\text{mA}/\text{cm}^2$ ）における Ni/YSZ カソードの XAFS (X-ray Absorption Fine Structure) 分析を行い、Ni 酸化挙動のその場観察を行った。セルのオペランド分析は立命館大学 SR センターの BL-3 硬 X線 XAFS ビームラインで実施した。

図3に BL-3 実験ハッチ内部の様子を示す。検出器は照射 X線に対して直角に設置されている。照射 X線を Ni/YSZ カソード法線に対して 45° で入射させ、X線の入射方向に対して 90° の方向に置かれた X線検出器により、Ni/YSZ カソード表面から放出される蛍光 X線の強度を測定した。Ni K 吸収端はエネルギー幅 $8.3 \sim 8.4 \text{ keV}$ で測定した。非電解モード、電解モードともに、 CO_2 供給前の Ar 雰囲気と、供給後 10 分毎に測定した。

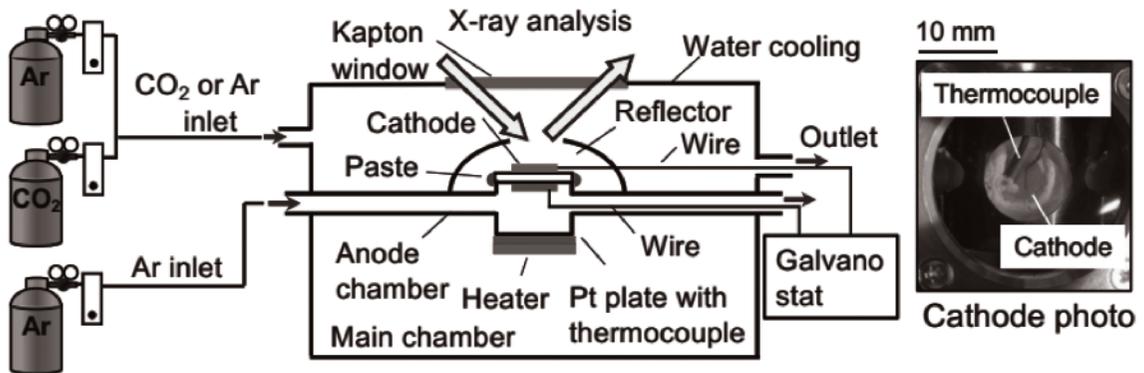


図1 SOEC device for operando X-ray analysis

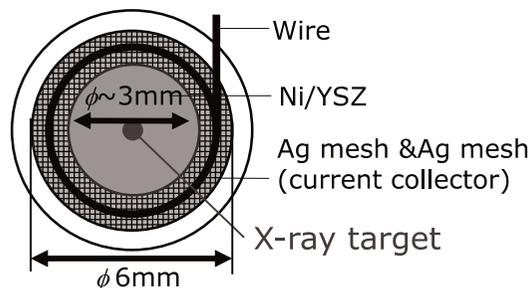


図2 Ni/YSZ cathode for operando X-ray analysis

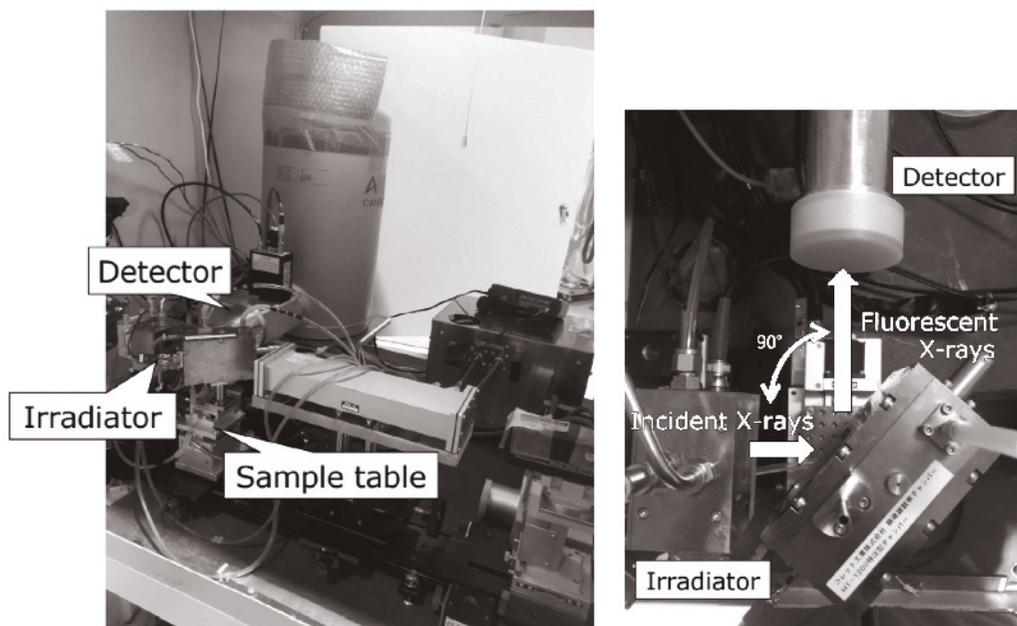


図3 BL-3 experimental hatch in SR-center, Ritsumeikan University

3. 結果と考察

図4に、非電解モード(a)と電解モード(b)のNi/YSZのXANES(X-ray Absorption Near Edge Structure)スペクトルを示す。非電解モード(a)、電解モード(b)ともに、Ar雰囲気でのNi/YSZは8330eV近傍にNiを示すshoulder peakが存在し、Niが酸化していない。しかし、非電解モード(a)においてはCO₂雰囲気では30分経過すると、shoulder peakが消失し、8340eV近傍

にwhite lineが現れた。これはNiが酸化されたことを示している。一方、電解モード(b)では、CO₂供給後も、NiOを示すwhite lineは現れていない。つまり、電解モードではCO₂酸化が抑制されている。CO₂電気分解では、酸素イオンがカソード側からアノード側に輸送されるため、カソード側のNi/YSZが酸化しにくい状態にあるためと考えられる。

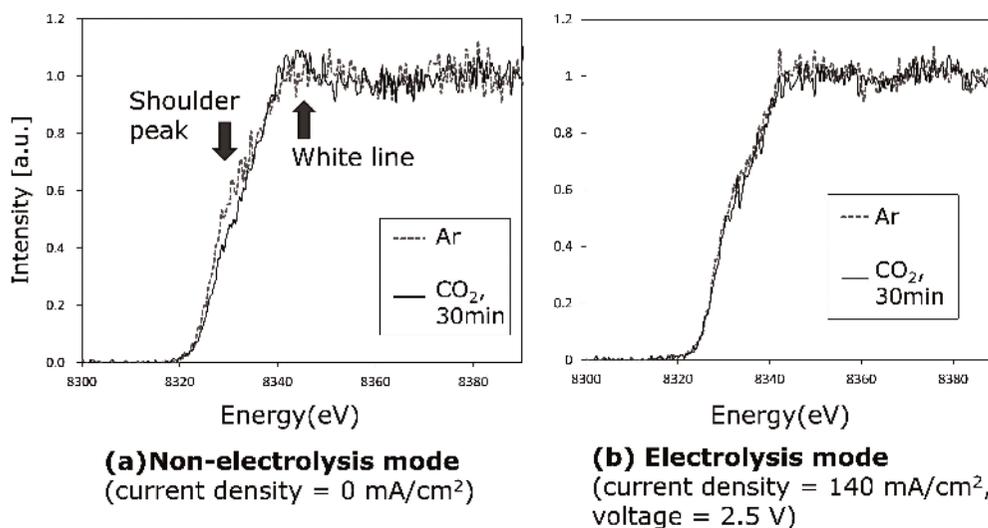


図4 XANES spectra of Ni/YSZ in CO₂, 650°C

4. まとめ

本研究では、固体酸化物形 CO₂ 電解セルをオペランド分析できる実験システムを構築した。CO₂ 電気分解では、カソードが酸化しにくくなること

をオペランド XAFS 分析から明らかにした。今後は、電解電流などの各種条件や電極材料の酸化挙動について分析を進め、CO₂ 酸化耐性のある電極開発を進める。

超高压合成法を用いたゼロ熱膨張材料の創製

大阪公立大学 工学研究科 物質化学生命系専攻 教授 山田 幾也



本課題では、超高压合成法（数万気圧以上・千°C 程度の超高压・高温条件で物質を合成する手法）を用いて、複合遷移金属酸化物 CaCu₃Fe₄O₁₂ において Fe の一部を Mn で置換することによってゼロ・負熱膨張が発現することを明らかにし、メカニズム（電荷移動スイッチング）を解明した。

超高压合成法は人工ダイヤモンドなどの实用超硬材料の製造に使われているほか、種々の無機化合物群における物質・材料探索の手法としても有用であることが知られている。研究実施者らは四重ペロブスカイト型酸化物を中心に、10 万気圧以上の圧力領域を活用した新物質探索・材料開発を行ってきた。CaCu₃Fe₄O₁₂ は、研究実施者らが 2008 年に新物質として報告した四重ペロブスカイトである。室温における価数状態は Ca²⁺Cu^{2.4+}₃Fe^{3.65+}₄O₁₂ のイオンモデルで表記されるが、210 K 以下の低温において Fe 価数が増大する Cu-Fe 間電荷移動転移 (3Cu^{2.4+} + 4Fe^{3.65+} → 3Cu^{2.2+} + 4Fe^{3.8+}) が起こる。電荷移動に伴い CaCu₃Fe₄O₁₂ の格子は不連続に収縮する。CaCu₃Fe₄O₁₂ において、Fe または Cu を別の遷移金属元素で部分的に置換した場合、温度変化に対して安定な価数状態が変化し、負熱膨張やゼロ熱膨張などの熱応答が生じると期待されるが、これまでに負・ゼロ熱膨張材料化を目的とした研究の報告はなかった。

本研究では、超高压合成法によって CaCu₃Fe₄O₁₂ における Fe の一部を Mn に置換した化合物 CaCu₃Fe_{4-x}MnxO₁₂ を試み、良質の試料を合成することに成功した。Mn 以外にも Ti などの遷移金属元素による置換を試みたが、熱膨張挙動を詳細に調べるのに適した試料を得ること

は困難であった。

図 1 に、SPring-8 BL02B2 ビームラインで収集した放射光 X 線回折データのリートベルト解析によって得られた、CaCu₃Fe_{4-x}MnxO₁₂（いずれも立方晶構造）における格子定数 a の温度依存性を示す。Mn 置換量 x の増加によって挙動が大きく変化した。 $x = 0.25-1$ においては、室温近傍の幅広い温度範囲で、昇温時に体積が収縮する負熱膨張が観測された。線膨張係数は $\alpha_L = -2.98(14) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ($x = 0.25$)、 $-2.22(9) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ($x = 0.5$) となり、 10^{-5} K^{-1} オーダーの大きな負熱膨張を示すことがわかった。さらに、 $x = 1.5$ において 90-350 K において、線膨張係数が極めて小さなゼロ熱膨張 ($\alpha_L = 3.2(1.4) \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$) が生じることがわかった。 $x \geq 1.5$ では単純な正熱膨張を示したことから、限られた組成において価数不安定性が生じ、温度変化によって別の価数状態へと遷移することが、負・ゼロ熱膨張の要因であると推定した。

図 2 に、リートベルト解析に基づいて得られた CaCu₃Fe_{4-x}MnxO₁₂ ($x = 0, 0.1, 0.25, 0.5$) における金属-酸素結合長の温度依存性を示す。冷却過程における挙動が $x = 0$ と $x = 0.25, 0.5$ とでは全く異なっており、 $x = 0.25, 0.5$ における負熱膨張は、冷却時の Cu-O 結合の収縮・(Fe,Mn)-O 結合の伸長と対応していることがわかった。金属-酸素結合長の伸縮は、金属イオン半径の膨張・収縮、すなわちイオン価数の変化に対応していると解釈される。つまり、構造解析の結果に基づく、 $x = 0.25, 0.5$ における負熱膨張は、Cu-Fe 間電荷移動が $x = 0$ とは逆方向に生じていることによって発現していると推測できる。

上述の $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ における負・ゼロ熱膨張のメカニズムを直接的な電子状態観察によって明らかにするため、SPring-8 BL14B2 ビームラインにおいて放射線 X 線吸収分光測定を実施した。スペクトルの一例として、図 3 (a) に $x = 0.25$ における Cu K 吸収端スペクトルの温度変化を示す。300 K から 10 K への冷却過程において吸収端が高エネルギー側へシフトしているのは、Cu 価数の増大に対応している。他の組成・元素の吸収スペクトルについても同様に解析を行い、図 3 (b) に各吸収端の温度依存性をまとめた。 $x = 0.25$ と 0.5 の負熱膨張挙動を示す温度範囲の冷却過程において、Cu 吸収端の高エネルギー側へのシフトと Fe 吸収端の低エネルギー側へのシフトが対となって生じており、Cu-Fe 間電荷移動 (Cu から Fe への電子移動) が起こることで負熱膨張が生じたことが明らかとなった。 $x = 1$ においては、通常の正熱膨張と相殺し合う程度に電荷移動が弱

められた結果、ゼロ熱膨張挙動を示したと判断される。

以上のとおり、本研究課題では超高圧合成法で得られた四重ペロブスカイト $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ において負・ゼロ熱膨張を実現し、結晶構造解析・X 線分光に基づくメカニズムの解明を行った。部分元素置換によって母物質とは逆方向の電荷移動を誘起し、負・ゼロ熱膨張材料化できるという知見は、負・ゼロ熱膨張材料の新しい設計原理として有用である。

○主な成果 (査読つき原著論文)

[1] "Switching of Intermetallic Charge Transfer and Negative Thermal Expansion in Mn-Doped $\text{CaCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$ " I. Yamada et al., J. Phys. Chem. C 2023, 127, 19213-19219.

[2] "Near Zero Thermal Expansion and Electrocatalytic Activity Induced by Unusual Valence Transformations in Quadruple Perovskite Oxide $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ " M. Goto, I. Yamada et al., manuscript in preparation.

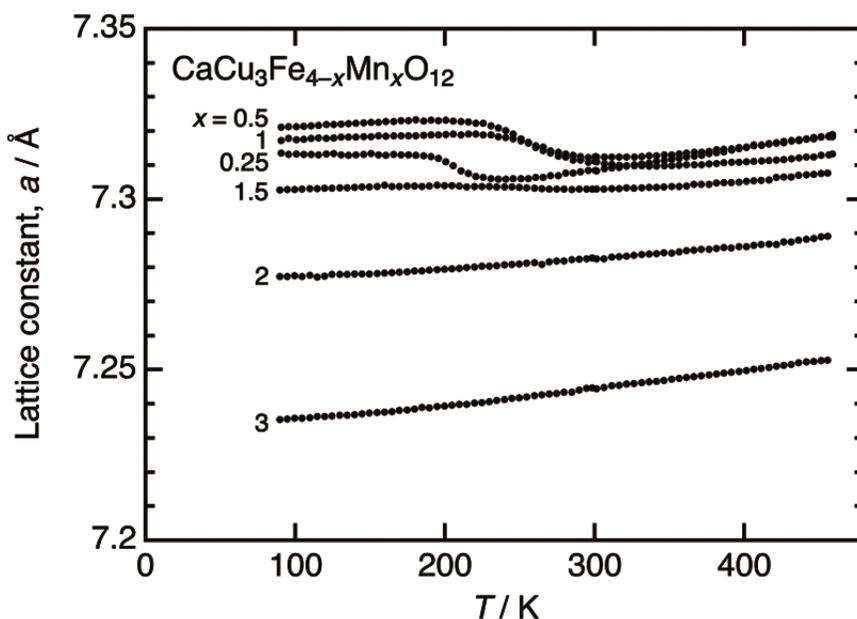


図 1 $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 3$) における格子定数 a の温度依存性。

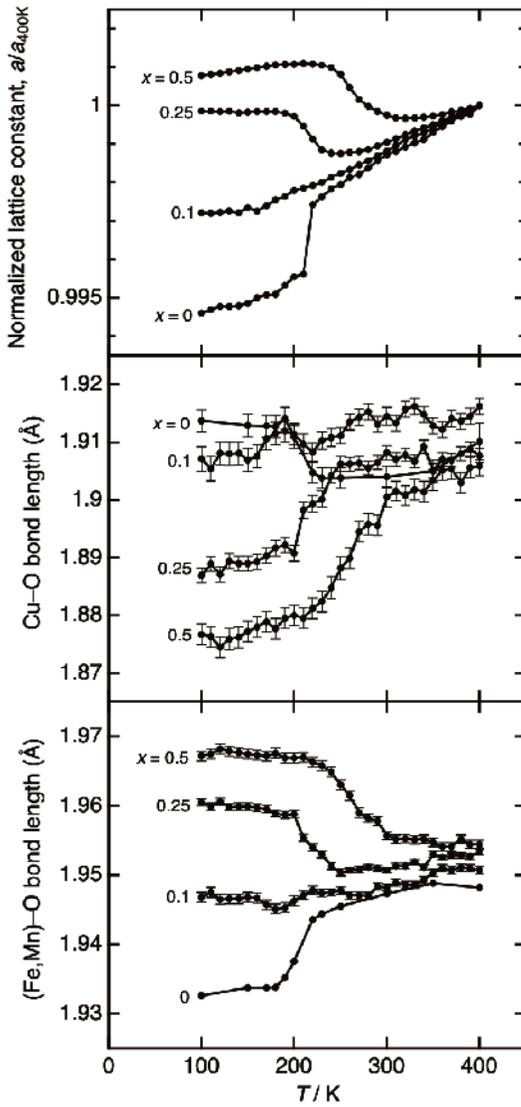


図2 $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0, 0.1, 0.25, 0.5$) における金属-酸素結合長の温度依存性。

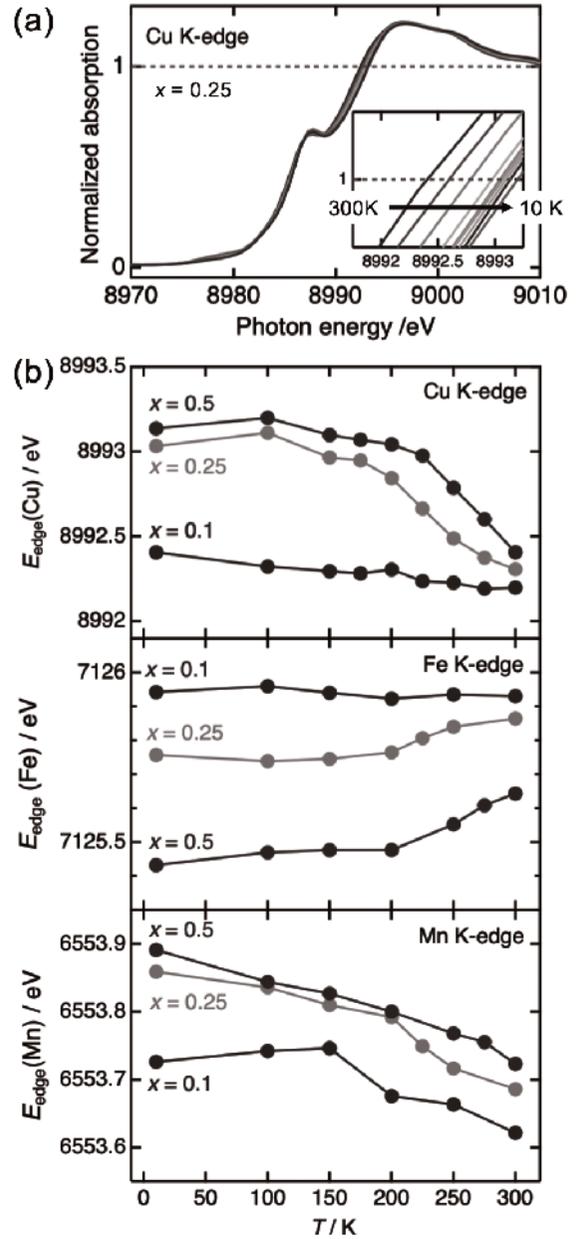


図3 (a) $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0.25$) における Cu K 吸収端スペクトル。
(b) $\text{CaCu}_3\text{Fe}_{4-x}\text{Mn}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0.1, 0.25, 0.5$) の Cu (上)、Fe (中)、Mn (下) の K 吸収端エネルギーの温度依存性。

導電性高分子の熱電特性に及ぼす添加剤効果

広島大学 先進理工系科学研究科 応用化学プログラム 准教授 今 榮 一 郎



世界で消費される一次エネルギーのうち、約3分の2が未利用のまま排熱として地球環境に棄てられている。この排熱の80%以上が200℃以下の中低温排熱エネルギーであるが、この温度域の熱は周囲との温度差が小さいために回収効率が低く十分な排熱利用が行えない。この排熱によって生成する熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換（熱電変換）し、回収することができれば、電気依存性の高い現代社会に大いなる貢献ができる。このような観点から、熱電変換デバイスは再生エネルギー技術の一つとして有望視されている。

一般に、熱電エネルギー変換の効率は、温度差あたりの出力電圧を決めるゼーベック係数 (S)、素子の内部抵抗を決める電気伝導度 (σ)、熱の流れに対して維持できる温度差を決める熱伝導度 (κ) に支配され、これらの因子から下式のように導かれる無次元性能指数 (ZT) が大きい材料ほど熱電変換性能に秀でているということを意味する (T は平均の作動温度)。また、この式において分子に示したゼーベック係数の二乗と電気伝導度の積 ($S^2\sigma$) は、電力因子 (Power Factor, $PF=S^2\sigma$) と呼ばれる。以上の関係から、優れた熱電変換特性を示す (高い ZT 値を有する) には、熱伝導度が低く (低 κ)、電力因子が高い (高 PF) ことが

望まれる。 ($ZT \geq 1.0$ が実用化の目安とされている)

$$ZT = \frac{S^2\sigma}{\kappa} T = \frac{PF}{\kappa} T$$

最近、導電性高分子が有機化合物でありながら熱電変換材料として機能することが見出され、産官学の多くの研究者から高い関心を集めている。導電性高分子は、200℃以下の温度域でも発電できる上に、熱伝導度 (κ) が無機材料に比べて1桁以上低い (一般に1W/mK以下) という性能面での利点を有する。さらに、製造プロセス面においても安価、軽量、低毒性、フレキシブル、プリンタブルという特徴を有している。ただ、導電性高分子の電気伝導度やゼーベック係数は無機材料と比べると依然として低く、これらを改善し、高い PF 値を有する材料を開発できれば実用化に結び付く可能性を大いに有している。

本研究では実用化を意識し、自立性がありながら、高い電気伝導性を有する有機熱電変換材料を開発することを目的として、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン) (PEDOT:PSS、図1) にイオン性液体 (IL) として1-エチル-3-メチルイミダゾリウム テトラシアノボレート (EMIM:TCB、図2) を添加し、ドロップキャスト法によって作製した自立膜の熱電変換特性を調査した。

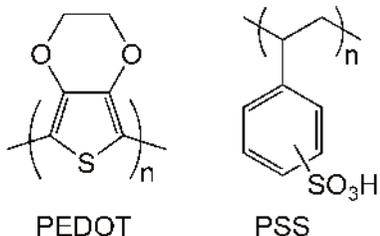


図1: PEDOT:PSSの化学構造

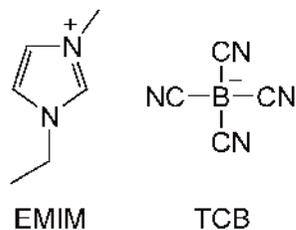


図2: EMIM:TCBの化学構造

PEDOT:PSS水分散液1gに対し、所定の量(15, 30, 45, 60, 75 μ L)のEMIM:TCBを添加し、室温で24時間攪拌した。得られた溶液をガラス基

板上にドロップキャスト法によって製膜し、水洗した。すると、興味深いことに水中でポリマー膜がガラス基板から容易に剥離した。このポリマー

膜はピンセットでつまみだすことも可能であり (IL を添加していない PEDOT:PSS は水中で膜が溶けだしてしまうためピンセットでつまむことができない)、2枚のろ紙にポリマー膜を挟んで乾燥させることで柔軟性のある自立膜を得ることができた。

作製した自立膜の熱電特性を調査したところ、IL を添加したポリマー膜の電気伝導度は IL を添加していない PEDOT:PSS 膜よりも数桁高くなることがわかった (図3)。一方、ゼーベック係数は大きな変化がなかった。そのため、EMIM:TCB を 45 μL 添加したポリマー膜において電気伝導度が最高値をとり、PF 値も最大になった。この

電気伝導度の大きな変化の理由について X 線光電子分光測定、X 線回折測定を用いて解析したところ、IL 添加により膜内に絶縁性の PSS が除去され、PEDOT 分子の配向性が向上していることが分かった。さらに、IL 添加量の違いによる電気伝導度の変化について考察する目的で、申請者が独自に取り組んでいる電気化学的手法 (ポテンシャルステップクロノクーロメトリー) によるキャリア密度評価を行ったところ、IL 添加により PEDOT のキャリア密度が変化することで電荷輸送に適した電子状態 (ポーラロンとバイポーラロンの混在した状態) になっていることを明らかにした。

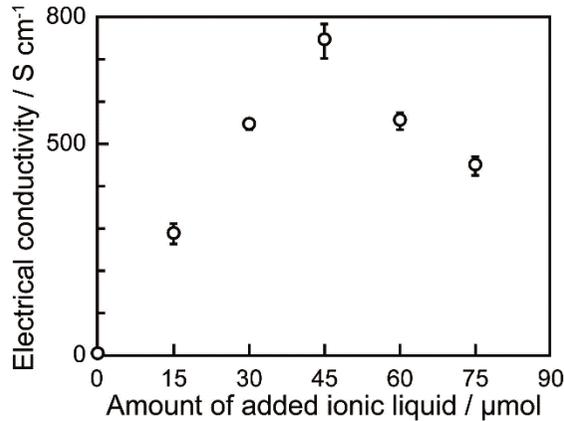


図3: EMIM:TCB 添加量による電気伝導度の変化

火炎浮き上がり高さに対する周囲流速の影響

徳島大学 社会産業理工学研究部 機械科学系 准教授 名田 譲



1. はじめに

浮き上がり火炎は、燃料噴流の下流に浮かぶ火炎であり、燃料ノズルから離れた位置に存在することを特徴とする。燃料ノズルから火炎までの距離は浮き上がり高さと呼ばれ、安全上の観点から、浮き上がり高さを予測するモデルが多く提案されている。その中で、Kalgatgi⁽¹⁾により提案された予混合モデルは以下の式で表される。

$$\frac{S_L H}{\nu_e} \propto \bar{\rho}^{1.5} \left(\frac{U_F}{S_L} \right) \quad (1)$$

ここで、 H は浮き上がり高さを、 S_L は層流燃焼速度、 ν_e は燃料の動粘性係数、 U_F はノズル出口における燃料のバルク流速を表す。また、 $\bar{\rho}$ は燃料と周囲流体の密度比である。一方で、予混合モデルでは、燃料ノズル周囲の空気流速の影響が考慮されていない。本研究では、周囲空気流の影響を

考慮した予混合モデルを提案する。この場合、噴流理論に基づき、修正予混合モデルは以下の式となる。

$$\frac{S_L H}{v_e} \propto \bar{\rho}^{1.5} \left(\frac{U_F - U_c}{S_L} + A_1 + A_2 \right) \quad (2)$$

ここで、 U_c は周囲空気流流速であり、 A_1 と A_2 は以下の補正項である。

$$A_1 = \frac{1}{Z_s^2} \frac{U_c}{U_F - U_c} \frac{U_c}{S_L} \quad (3)$$

$$A_2 = \frac{2}{Z_s} \frac{U_c}{S_L} \quad (4)$$

Z_s は量論位置での混合分率である。式 (2) で表される修正予混合モデルの検証および改良が本研究の目的である。

2. 実験装置

本研究では、図1に示す同軸噴流バーナーを作成した。図2は実際の実験装置写真である。バーナー中央は内径2mmの燃料ノズルであり、その周囲は内径190mmの周囲空気流ノズルである。燃料はプロパン(70vol.%)と窒素(30vol.%)の混合気とした。バーナー本体の周りにフードが設置されており、周囲からの外乱を遮断できる。フード側面にはガラス窓が設置されており、浮き上がり火炎を撮影可能である。撮影にはデジタルカメラ(Nikon D90)が用いられ、浮き上がり高さは画像処理から求められた。この際、浮き上がり高さは燃料ノズル出口から火炎基部先端までの距離とする。200枚以上の画像から得られた浮き上がり高さを平均することで、時間平均浮き上がり高さを求めた。

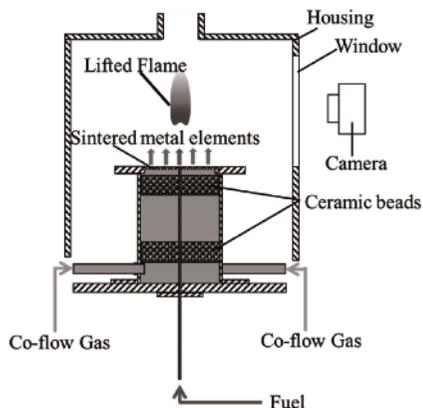


図1 実験装置

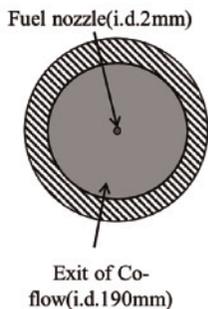


図2 実験装置写真(予備実験風景)

3. 実験結果

図3は燃料流速を11.6m/s一定とし、周囲空気流流速 U_c を変化させた場合の火炎の直接画像である。 U_c の増加に伴い、浮き上がり高さは増加していることがわかる。図4は画像処理より得られた浮き上がり高さ H と燃料流速 U_F および周囲空気流流速 U_c の関係を示している。浮き上がり高さは燃料流速に対して線形に増加する。また、周囲流速の増加により浮き上がり高さは高くなる。

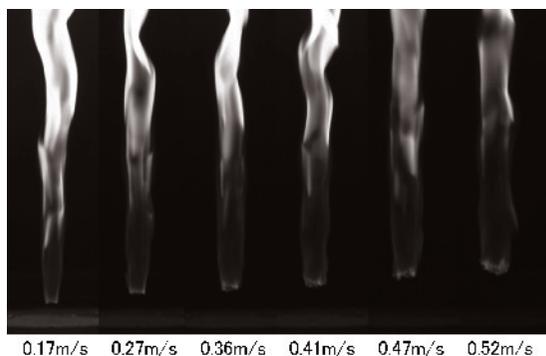


図3 周囲空気流流速を増加させたときの火炎の変化

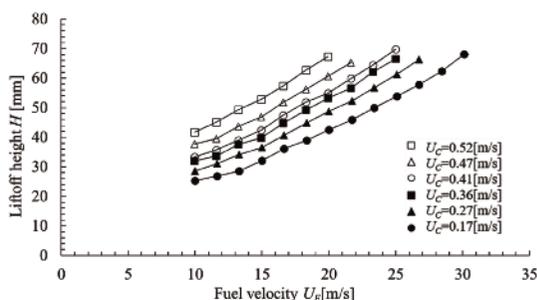


図4 浮き上がり高さとして燃料流速および周囲空気流流速の関係

図5および図6は予混合モデル(式(1))と修正予混合モデル(式(2))で浮き上がり高さを整理した結果を示している。図5に示すように、従来の予混合モデル(式(1))では、周囲空気流速の増加に伴い、無次元浮き上がり高さ($S_L H/v_e$)は大きくなる。このことから、予混合モデルでは、周囲空気流速の影響を考慮できないことがわかる。一方で、修正予混合モデルを用いた場合(図6)、 $S_L H/v_e$ と補正項つき無次元流速の関係は一つの直線で表される。これらの結果は、従来の予混合モデルと比較して、修正予混合モデルは浮き上がり高さに対する周囲空気流の影響を考慮できることを示している。

本研究では、この他に、式(2)における補正項 A_1 と A_2 の寄与についても検討を行い、 A_2 が支配的であることを明らかにした。これは、浮き上がり高さに対する周囲流流速と層流燃焼速度の比の重要性を示している。ただし、図6に示すように、修正予混合モデルの結果にもある程度のばらつきが生じている。今後、流速測定などの結果を用いて、このばらつきの低減を図る予定である。

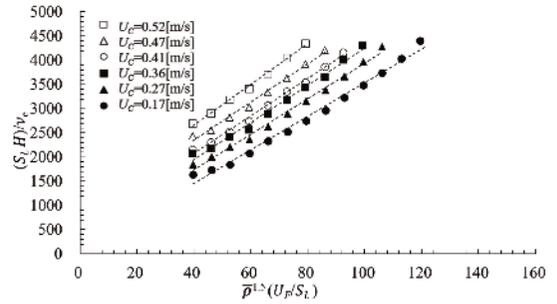


図5 予混合モデル(式(1))で整理した結果

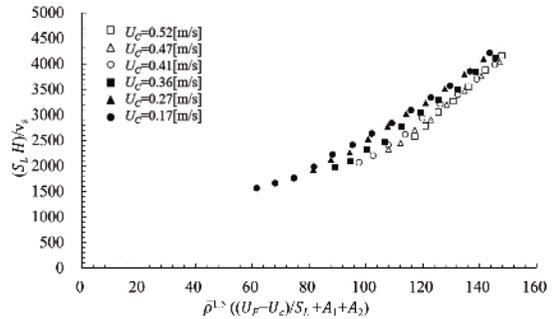


図6 修正予混合モデル(式(2))で整理した結果

参考文献

- (1) Kalghatgi GT. Combust. Sci. Tech. 1984; 41: 17-29.

マイクロ波プラズマによる固体燃焼法の開発

九州大学 工学研究院 化学工学部門 准教授 山本 剛



1. 緒言

近年、環境意識の高まりから廃棄物処理における高い安全性と高度な処理技術が社会的ニーズとなっている。従来の廃棄物処理では焼却処理や有害廃棄物等に適用される熱プラズマが用いられてきた。焼却処理は低コストで運用可能であるが、さらなる分解能力の向上が望まれる。一方で、熱プラズマは分解能力が非常に高いが、高コストとなることが多い。これに対し、本研究室では、比較的lowコストで運用可能なマイクロ波プラズマと噴霧燃焼を融合した装置を開発しその有効性を示してきた^{1,2)}。本研究では、廃棄物の大半を占める固体廃棄物処理への応用を想定し、マイクロ波プ

ラズマを微粉燃焼に対して適用することで新規固体燃焼装置の構築を目指す。

2. 実験装置および方法

本研究で作製した微粉燃焼装置(図1)は、主にマイクロ波発振器、導波管、石英製反応器、真空ポンプ、燃料供給装置、圧力計から構成される。予め反応器内にガスを流通させ、マイクロ波を照射しプラズマを形成する。そこに、燃料の供給を開始すると、燃料は自動的に着火し、火炎の形成に至る。マイクロ波出力は750W、酸素流量は5 L/min(一次酸素): (二次酸素) = 1:4、反応器下部における圧力を4 - 6kPaとする。燃料には

パウダー状のセルロースを用いる。ガスメータにより排ガス流量を、ガスクロマトグラフにより排ガス組成を、分光器により発光スペクトルを測定

する。燃料の分解の程度を表す燃料転換率は、供給燃料中の炭素分および排ガス中に含まれる炭素分から算出する。

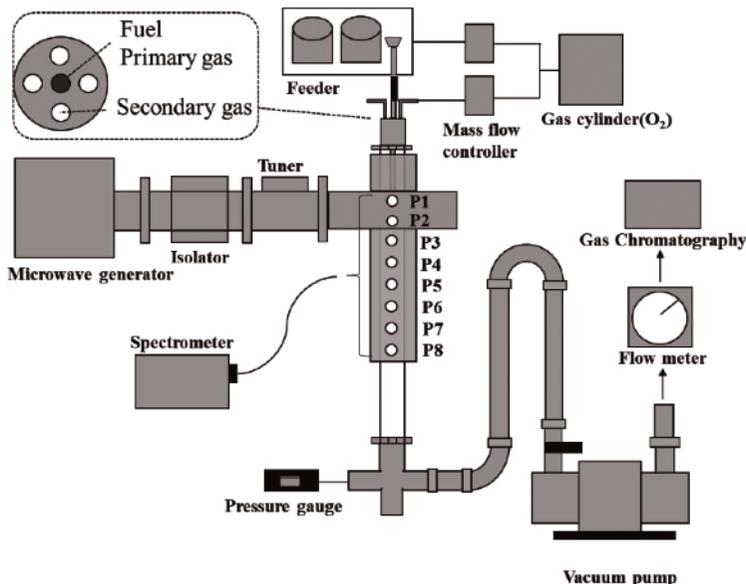


図1 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 結果と考察

酸素比の影響を調査するため、酸素流量 5L/min、圧力 6kPa において検討を行った。図2に酸素比 0.97 - 1.68 における燃料転換率、CO、CO₂ 濃度を示す。この時、低酸素比側では燃料転換率が 100% をやや下回ったが、広範囲で概ね 100% に近い値を示した。さらに、CO 濃度および CO₂ 濃度は酸素比の増加とともに減少した。本検討では、酸素比は燃料供給速度により調整しているが、酸素比の増加は余剰酸素の増加を意味し、その結果として CO、CO₂ 濃度は減少した。CH₄、C₂H₂ は、酸素比が 1.3 以上では生成しなかったが、1.3 を下回ると徐々に生成しはじめた。また、さらに酸素比が低い酸素比 1.0 付近では、実験後の反応管にすすの付着が観測された。これらのことから、酸素比が減少すると燃料は CO や CO₂ まで酸化されず、C₂ 系、すす、未燃分が増加し分解性は悪化した。また、酸素比の増加は単位燃料当たりの酸素量の増加を意味するため、本装置では酸化反応が促進されることで分解性が向上することを確認した。

さらに、燃料の分解経路について確認するため、発光スペクトル解析を行った。図2に、酸素プラズマ、燃焼火炎の典型的な発光強度分布を示す。酸素プラズマ中には、O ラジカル (777nm、845nm)

の発光が観測された。これは、(R1) に示すように供給した酸素と電子が衝突し、解離することで生成する。着火に関して、通常の微粉燃焼器では着火温度以上の高温ガスを供給することで燃料の着火が可能となる。一方で、本研究では燃料、一次酸素および二次酸素はいずれも常温で供給している。そのため、明らかに O ラジカルが着火源として作用しており、この反応はプラズマ支援燃焼特有の反応と言える。燃焼火炎中の発光強度分布から、O ラジカルに加えて、OH (306、308nm) および 588nm 付近にも発光ピークを確認した。588nm 付近の発光は Na 由来の発光と考えられ、石英管中もしくは燃料中の灰分に含まれるものと考えられる。OH ラジカルは、(R2) のように (R1) により生成した O ラジカルと燃料が反応することで生成する。一方で、OH ラジカルは O ラジカルとは異なり、通常燃焼においても観測される発光であるため³⁾、(R3) のように燃料と酸素の反応によっても生成する。本装置では、これらの O、OH ラジカルが酸化剤として作用することで反応が開始し、燃料の分解が起こる。CO はその過程で、(R4) に示す燃料と O、OH ラジカルの反応により生成する。生成した CO は (R5) の反応によりさらに酸化が進行し、CO₂ の生成に至る。

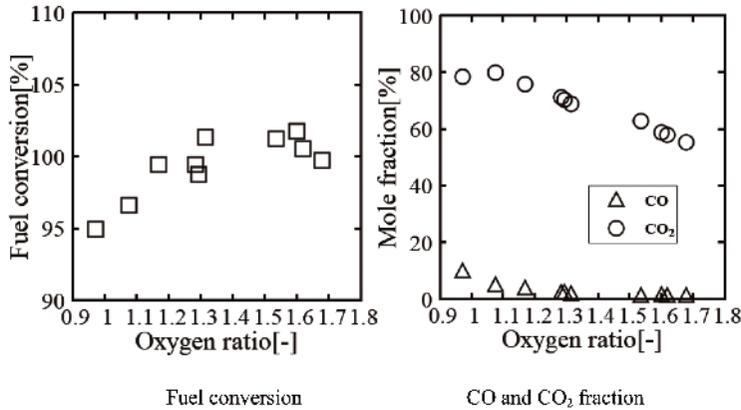


図2 Effect of oxygen ratio on exhaust gas at pressure 6 kPa

参考文献

1) Yamamoto, T. et al., Energy & Fuels, 27, 2283-2289, (2013)

2) Yamamoto, T. et al., Energy & Fuels, 30, 3495-3501, (2016)

3) U. D. Lee et al., Combust. Flame, 141, 186-190, (2005)

熱制御高度化による画期的熱処理技術の開発

九州大学 工学研究院 機械工学部門 助教 梅原裕太郎



緒言

熱処理は、高温物体を急速かつ均一に目標温度まで急速冷却し、それ以降を除冷することが求められている。通常、冷却には水が用いられ、その冷却速度は沸騰状態の影響を受ける。冷却開始直後は、膜沸騰現象が生じる。膜沸騰は、高温物体が蒸気膜で覆われる（固液の接触が生じない）ため、熱伝達率が低い。その後、膜沸騰により、冷却が進行していくと、ある壁面温度にて、核沸騰へと遷移する。核沸騰では固液の接触が生じることから、熱伝達率が高く、急速に冷却が進行する。以上のように冷却現象が沸騰現象に支配されている。このことから冷却時間を短縮するためには、これまでに2つの方法が考えられてきた。1つは、膜沸騰段階における熱伝達率の向上、もう1つは、核沸騰への早期遷移である。いずれの冷却促進手法においても高温物体の表面改質が極めて重要であることが明らかとなっている。本研究では、液体窒素中での銅円柱の急速冷却実験を実施した。その際、銅製金属多孔質体を表面に取り付けることで、急速冷却の実現を試みた。

実験方法

図1に実験装置を示す。高温体として銅ブロック（ $\phi 30 \times 30\text{mm}$ ）を使用した。銅ブロックは底面のみを冷却材と接触させるため、角部にはR加工を施し、蒸気膜の離脱を阻害しないように工夫した。冷却材である液体窒素は、ステンレス製のデュワー瓶に保持した。実験手順は次のとおりである。銅ブロックを45℃に加熱し、ジャッキを上昇させることで、その底面を2～3mm液体窒素中に浸漬させた。その際の温度変化を銅ブロック中に挿入された2本の熱電対で測定し、逆問題解析をすることで、銅円柱底面における表面熱流束および表面温度を算出した。逆問題解析は、一次元非定常熱伝導方程式（Eq. (1)）をラプラス変換を用いて解析的に解くことで実施した[1]。銅製金属多孔質体（6A3min, 厚み0.751mm, 空隙率0.918）は、めっき技術を応用した電解析出法により作製した。電解析出法とは、硫酸銅水溶液中に2枚の銅板を浸漬し、電流を印加することで生じる電気化学反応を用いて、陰極側に銅を析出させる手法である。銅多孔質体は、はんだを用いて、銅円柱底部へ装着した。また、多孔質体の厚みに

よる急冷特性への影響を検討するため、銅板のみ

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

結果と考察

図 2(a) に冷却曲線を示す。裸面に比べて、銅板や銅製多孔質体を装着した場合、冷却時間がそれぞれ約 35, 80% 短縮されていることがわかる。図 2(b) に沸騰曲線を示す。過熱度の高い領域および急激に熱流束が上昇する領域においては、解析の誤差が大きいため記載していない。銅板の場合は、膜沸騰熱伝達率の向上による冷却促進であるのに比べて、銅多孔質体は、冷却開始直後から核沸騰遷移が生じ、急冷が生じている。しかし、冷却の進行とともに熱流束が低下し、冷却速度が低下していることが確認でき、銅板および裸面の場合と同様に、13K 程度から急激に熱流束が上昇してい

をつけたものでも実験を実施した。

ることがわかる。このことから、銅多孔質体装着時においては、2段階の急冷開始が生じていることが考えられる。1段階目は、多孔質体の頂部で固液接触が生じることで、急冷が生じる。これは、多孔質体であることから熱伝導率が低く、接触面温度が低くなることで、固液接触が早期に生じていることが考えられる。この時点においては、銅多孔質体の底面（銅円柱表面）では、固液接触は生じていない。2段階目は、この底面において固液接触が生じ、急冷が生じていると考えられる。

以上のことから急冷促進のためには、多孔質体のような低熱伝導材の表面への付与が重要であることが示された。

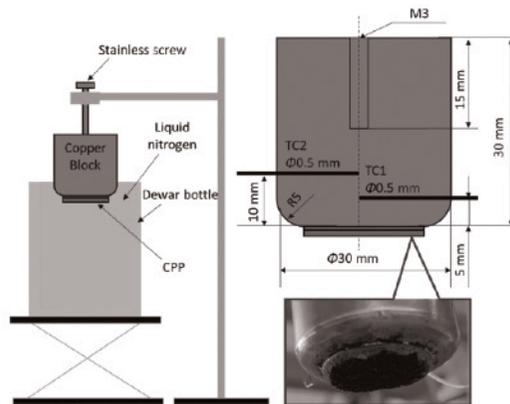


図 1 実験装置

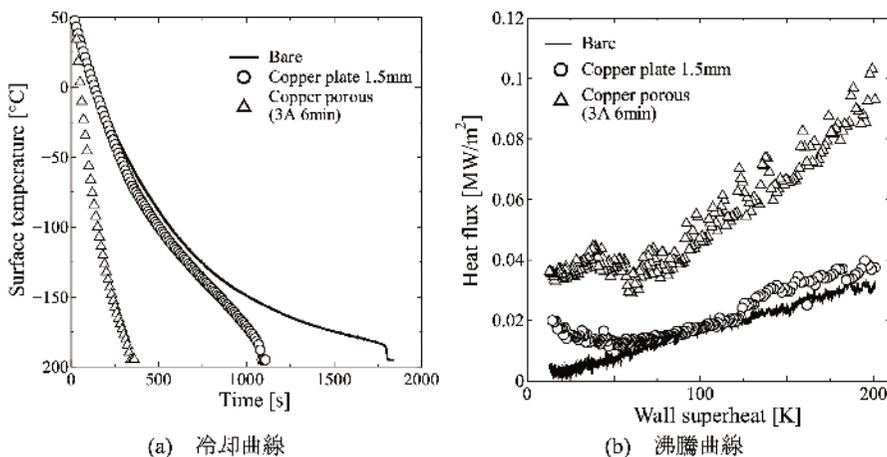


図 2 実験結果

液化水素の界面蒸発速度の量子分子論的解明

九州大学 工学研究院 機械工学部門 准教授 津田 伸一



1. 背景および目的

現在、クリーンエネルギーとしての水素を大規模に液化したうえで輸送・貯蔵する国家プロジェクトが進行中であるが、液化水素の標準温度は約20Kという極低温であるため、僅かな熱侵入によりすぐに蒸発してしまうボイルオフの問題が生じる。ボイルオフについては様々な工学的対策が進められてきているが、そもそも液化水素の気液界面における非平衡蒸発は本質的に分子スケールの素過程であり、液化水素のボイルオフの本質的な現象理解は、マクロなアプローチのみでは困難である。本研究では液化水素特有の量子力学的性質（量子性）を模擬できる経路積分セントロイド分子動力学（Molecular Dynamics, MD）シミュレーションにより、液化水素の蒸発速度を数値実験的に評価した。特に蒸発速度の温度依存性に着目し、液化水素特有の量子性が、蒸発特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究手法

経路積分セントロイド MD（path integral Centroid MD, CMD）法とは、各分子を1つの粒子ではなく、ばねで接続された複数のビーズにより模擬することで、古典力学と同じ Newton の運動方程式を基礎方程式としたまま、水素のように軽い分子が有する量子性をシミュレートできる手法である。ここで、本研究では分子間相互作用モデルとして Lennard-Jones ポテンシャルを採用した。また、まずは水素の平衡液膜を CMD により再現したうえで、液膜の温度条件ごとに非平衡蒸発現象を模擬した。図1は、CMD により非平衡蒸発を模擬した直方体の計算系であり、鉛直方向および紙面垂直方向には周期境界条件を課す一方、水平方向については計算領域内の分子が左右の境界面から外に流出した段階で分子を消滅させることとした。これにより、真空領域に向かって液体が定常的に蒸発する過程を模擬することが可能である [1]。ここでは、水平方向に流出する分子の数流束（蒸発流束 J ）をアンサンブル平均す

ることで、蒸発流束 J の期待値を算出した。また、蒸発流束 J と温度により指定されるバルク気体の平衡流束 J_e との比を取ると、水素以外の物質についても過去に様々な実験や数値解析により評価されてきている蒸発係数 a_e を算出できる。この蒸発係数の温度依存性について、液化水素特有の量子性の有無を評価した。

なお、本研究においては、CMD におけるビーズ数を8個とした。実際には、32個程度のビーズ数が必要と考えられているが、図2の気液平衡線からもわかるように、8個のビーズでも破線で表されている実験値相当の気液平衡 [2] を概ねよく再現できることを確認できたためである。一方、図2の classical（ビーズ数を1個とした古典 MD と同じ計算）においては気液平衡線が実験とは大きく乖離しており、水素の量子性が水素の気液平衡に対して顕在化することがわかる。



図1 CMD シミュレーションにおける計算系

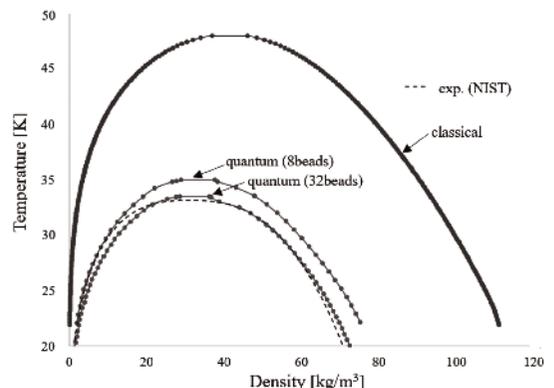


図2 気液平衡線（温度-密度線図）

3. 主要な計算結果

図3に計算結果としての蒸発係数の温度依存性を示す。ここで、横軸は臨界温度 T_c で無次元化

した温度であり、凡例の classical はビーズ数を 1 とした古典 MD の結果、quantum はビーズ数を 8 個とした量子 MD の結果である。また、凡例の Fitting は、量子性が顕在化しないアルゴン・メタノール・水の 3 物質に対する蒸発係数に対するフィッティング式 [3] となっている。これより、少なくとも蒸発係数の温度依存性に対しては水素

特有の量子性が顕著な影響を及ぼすことはなく、他の物質と概ね同じ特性を示すと考えてよい。すなわち、液化水素の界面蒸発速度の特性については、量子性が顕在化しない他の代表的な物質と概ね同じ性質を示すと理解してよいことが新たにわかった。

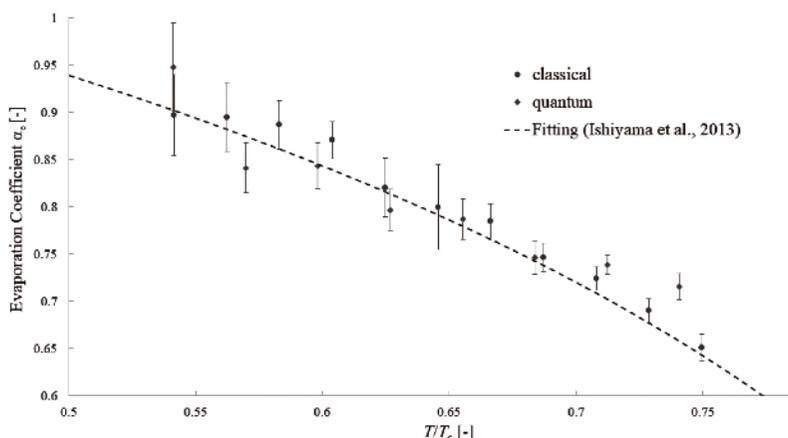


図 3 蒸発係数の温度依存性

4. まとめ

本研究では、ボイルオフがしばしば問題となる液化水素の気液界面における蒸発速度に着目し、特に蒸発係数の温度依存性を、水素特有の量子力学的性質を模擬できる経路積分セントロイド分子動力学シミュレーションにより評価した。その結果、気液平衡に対する水素の量子性は顕著であるものの、臨界温度で無次元化して整理する限り、蒸発係数の温度依存性に及ぼす水素の量子性の影響は小さいことが示された。

参考文献

- [1] Ishiyama, T. et al., Molecular dynamics study of kinetic boundary condition at an interface between argon vapor and its condensed phase, *Physics of Fluids* 16, (2004), pp. 4713-4726.
 [2] NIST chemistry webbook, <http://webbook.nist.gov/chemistry/> (accessed on 2024/02/26).
 [2] Ishiyama, T. et al., Nonequilibrium kinetic boundary condition at the vapor-liquid interface of argon, *Phys. Rev. E* 88, (2013), 042406.

β型チタン合金の熱駆動組成分配現象の解明

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター 准教授 白石 貴久



研究では、β型 Ti-Zr-Nb 合金を対象として、溶体化および時効熱処理過程で生じる Nb および Zr の組成分配度を①合金組成 (Zr/Nb 比) と②熱処理プロセス (温度, 冷却速度) で制御する

ことにより、組成分配の発生条件を探索し、その挙動を解明することで、組成分配に起因した拡散・無拡散変態によって得られる結晶相の制御を目的とした。

●令和4年度助成研究概要報告

Zr/Ti比を変えたTi-Zr-Nb合金を真空アーク溶解法により溶製し、溶体化処理による結晶相変化を調査した。図1はNb添加量を変えた際のX線回折パターンを示している。

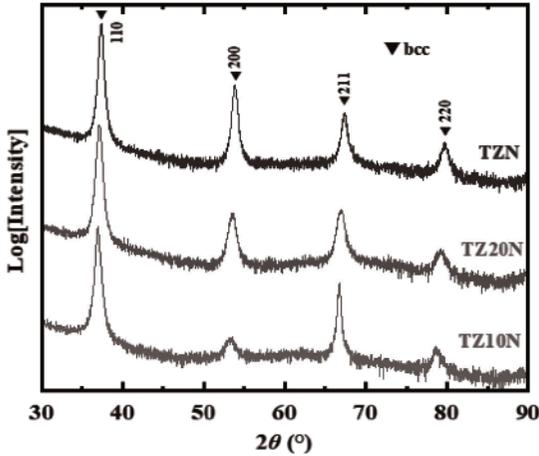


図1 Ti-Zr-(10, 20, 33 at.%)Nb合金のX線回折パターン

で、高温相である β 相が室温まで安定相として存在可能になったためである。本研究において、時効処理による組成分配を試みたが、Ti-Zr-(10-33 at.%)Nbの範囲において組成分布の発生は観測されなかった。そのため、 β 相の安定化度を低減することがポイントなる。

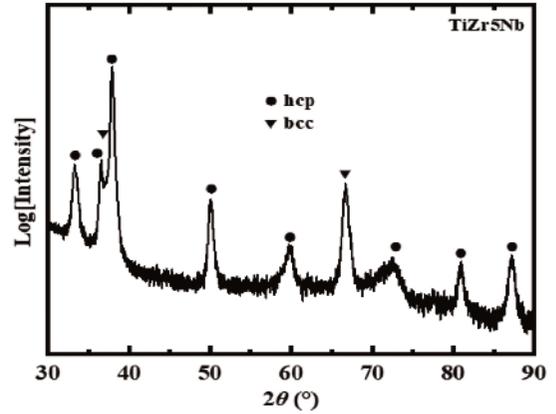


図3 Ti-Zr-5Nb合金のX線回折パターン

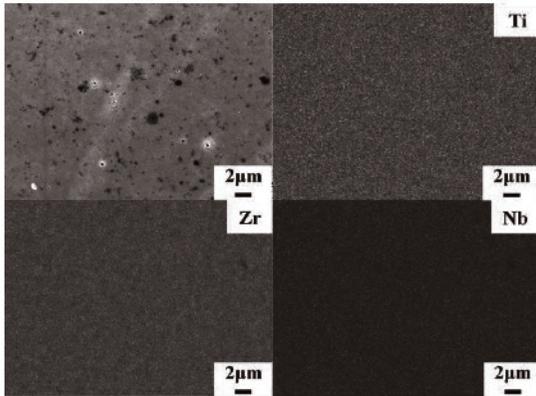


図2 Ti-Zr-10Nb合金のSEM-EDSマッピング

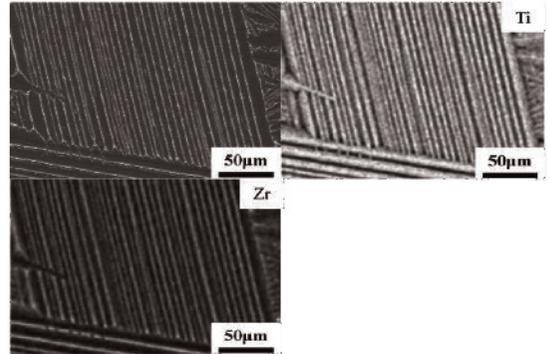


図4 Ti-35Zr合金のSEM-EDSマッピング

各合金の結晶相はbcc構造を有する β 相であり、他の結晶相は観測されなかった。また、図2に示すように、SEM-EDSの結果より組成分配も観察されなかったことから、均一組成の単相合金であることが確認された。これは、高温相から氷水により急冷処理を行ったためと考えられる。そこで、真空炉内で20～50℃/hの速度で炉冷処理を実施した。その結果、図3に示すようにTi-Zr-5Nbにおいて β 相に加えて、hcp構造を有する α 相の形成を確認した。急冷処理では β 相単相であったことから、炉冷処理の効果であると考えられる。一方、Nb添加量が10 at.%を超えると、炉冷処理においても β 相単相であった。これは、 β 相安定化元素であるNbが一定量以上添加されたこと

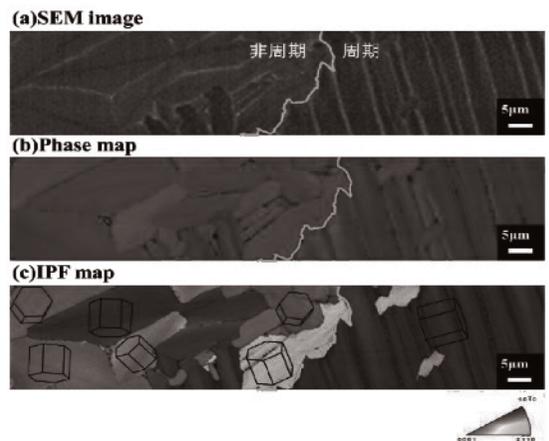


図5 Ti-35Zr合金のSEM-EBSDマッピング

そこで、Nb 添加量が希薄、あるいは無添加であれば、さらなる組成分配が生じるのか検討するために、Ti-(35 at.%)Zr 合金に対して、溶体化処理後に炉冷処理を実施した。その結果、図4に示すように組成変調に起因した周期配列組織を発見した。これは、既往研究で報告されていない微細組織であり、炉冷処理による組織設計が可能であることを示唆している。さらに詳細に調べたところ、Zr 添加量が33 - 37 at.%の範囲において、炉冷処理後に周期構造が形成することが明らかになった。炉冷速度は20 - 50 °C/h の範囲において、速度が速くなるにつれて周期構造の形成量は増加した。また、60 °C/h を超えると形成しないことも分かった。Ti-Zr 状態図より、 $\alpha + \beta$ 相温度域(600 - 680 °C)を一定の速度で通過することで、特異な周期構造が形成すると考えられる。実際に、炉冷課程の各温度で急冷した Ti-35Zr 合金の微細組織を観察すると、Ti が相対的に濃化した領域が一方向に形成した微細組織を観察しており、炉冷が進むにつれて組織の幅が狭くなる傾向がみられた。しかし、最適組成域は非常に狭いことから、冷却速度以外の効果も考慮する必要がある。

図5は Ti-35Zr の SEM-EBSD の結果を示している。これより、合金内では周期構造と非周期構造(通常の組織)が混在していた。また、Phase

マップの結果より構成相は全て α 相であることから、 a/a 周期構造であると断定された。さらに、IPF マップの結果より、非周期構造領域では、種々の方位を持つ微細組織で構成されているのに対し、周期構造領域では特定方位しか存在していないことも分かった。炉冷中の相変態経路は β 相 $\rightarrow \alpha + \beta$ 相 $\rightarrow \alpha$ 相となることから、 $\alpha + \beta$ 相において両者の結晶相が整合界面を持って配列したと考えられる。実際に、 α 相の底面と β 相の $\{110\}$ は整合することが知られているため、Zr 添加量が33 - 37 at.% の組成域において最も格子面間隔の差が小さくなったと考えられる。

以上より、Ti-Zr-Nb 合金に対する熱処理条件を検討することで、炉冷処理による濃度変調の形成を発見し、その形成メカニズムに関する知見を得た。これは、 a/a 周期構造における高強度化が設計指針の一つとなっているチタン合金において a/a 周期構造という新しい微細組織を提案するものであり、炉冷処理という極めて単純かつ簡便なプロセスで実現できる点は魅力的である。そこで、改めて β 相安定化度に立ち返り、Nb を含めた β 相安定化元素の希薄添加に取り組むことで、 α 相、 β 相、周期、非周期から成るマルチモーダル組織へと拡張できるのではないかと考えている。

省資源光吸収層用レーザー熱処理技術の開発

長岡工業高等専門学校 電気電子システム工学科 教授 島 宗 洋 介



1) 研究内容・進捗報告

本研究では、新しいレーザー熱処理技術を開発し、化合物半導体薄膜太陽電池材料である CZTS ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$) 多結晶成長プロセスの技術検討を行った。

研究計画に基づき、硫黄源として硫化水素含有雰囲気中でレーザー照射が可能な新規装置の開発を行い、それを用いて Cu-Zn-Sn-S 系前駆体薄膜へレーザー照射を行うことで CZTS 結晶化を試みた。レーザー照射時のガス雰囲気およびレーザー照射条件と前駆体薄膜の物性の関係を調査し、ガ

ス雰囲気制御したレーザー照射による CZTS 結晶化を実現した。

実施内容：

[1] ガス雰囲気制御型レーザー照射装置開発

図1(左)に示す構成の装置を図1(右)に示すような実物として構築した。レーザーは光源波長 445nm でモジュールが XY 平面内を走査可能な機構を備えている。レーザー出力および走査速度の変更が可能である。またレーザー照射対象となるサンプルは、レーザーモジュールの下方に配

置したチャンパー内の SiC サセプター上に設置し、サセプター上方は石英ガラス窓を備え、レーザーモジュールからのレーザー光を受光可能とした。チャンパー内には、装置外部に設けたシリンダから不活性ガスの Ar あるいは 5%Ar 希釈 H_2S (以下、

5% H_2S/Ar) をフローメータを介して導入し、いずれかのガス雰囲気中でのレーザー照射を可能とした。また、ガスシリンダを使わずにチャンパーを開口し、大気を導入することで、大気雰囲気中でのレーザー照射も可能な仕様とした。

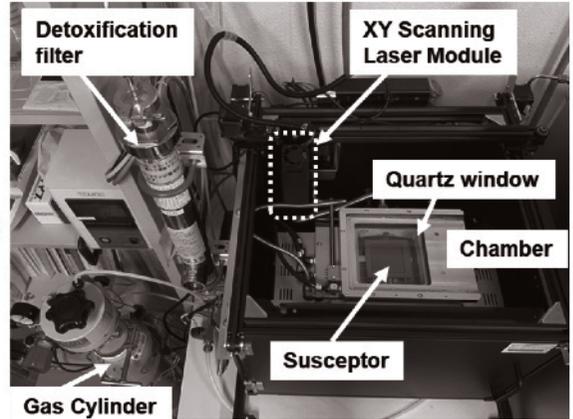
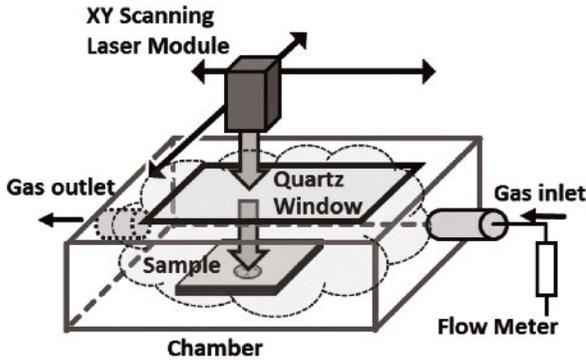


図1 ガス雰囲気制御型レーザー照射装置の構成図(左)と実物写真(右)

[2] ガス雰囲気制御型レーザー照射装置を用いた Cu-Zn-Sn-S 前駆体へのレーザー照射による薄膜物性変化調査

RF スパッタ装置を用いて、mol% 組成比が Cu:Zn:Sn:S = 21:17:12:50 である焼結体ターゲットを用いて、投入電力 50W、Ar 流量 20sccm、圧力 0.4Pa、成膜時間 30min でソーダライムガラス基板上に Cu-Zn-Sn-S 系前駆体薄膜を厚さ 200nm 成膜を行った。その後、ガス雰囲気制御型レーザー照射装置にサンプルを導入し、ガス雰囲気、レーザー出力、走査速度を変えてレーザー照射を行った。

レーザー照射後の薄膜の結晶性を X 線回折分析 (X-Ray Diffraction :XRD, RIGAKU, Miniflex)、結晶種の同定をラマン分析 (JASCO, NSR7200)、組成比をエネルギー分散分光分析 (Energy Dispersive Spectroscopy:EDS, JEOL, IT-200)、断面モフォロジを走査電子顕微鏡観察 (Zeiss, Ultra-55)、光学特性を紫外-可視分光分析 (SHIMADZU, SolidSPEC3700) を用いて分析を行った。

X 線回折パターンならびにラマンスペクトルを図 2 (a) (b) にそれぞれ示す。X 線回折パター

ンにおいて 28.6° 近傍に比較的明確な回折ピークが表れていることがわかる。また、レーザー照射雰囲気が大気中だとピークが小さく、Ar あるいは 5% H_2S/Ar 雰囲気中の場合に回折強度が強くなっていることがわかる。CZTS (112) 面からの回折は 28.4° 近傍に出現することが粉末回折データベース (ICDD PDF #01-075-4122) で報告されているが、ZnS と同一の回折角度を持つために、結晶種の同定のために行ったラマン分析(図2(b))では波数 327cm^{-1} にピークが確認できた。これは CZTS 固有のラマンシフトとして知られる波数と一致していることから、レーザー照射によって Cu-Zn-Sn-S 系前駆体から CZTS 多結晶へと結晶化が生じていることがわかる。

一方、ラマンスペクトルにおいて、大気中及び Ar 雰囲気中では 472cm^{-1} 近傍にもピークが確認できる。これは Cu_2-xS 異相由来のラマンシフトとして知られている。これらの結果から、Cu-Zn-Sn-S 系前駆体薄膜へのレーザー照射において、大気中あるいは不活性ガスの Ar 雰囲気中では CZTS 結晶化はおこるものの、 Cu_2-xS 異相が生じる一方、5% H_2S/Ar 雰囲気中では異相の形成を抑えた CZTS 結晶化が生じていることを示している。

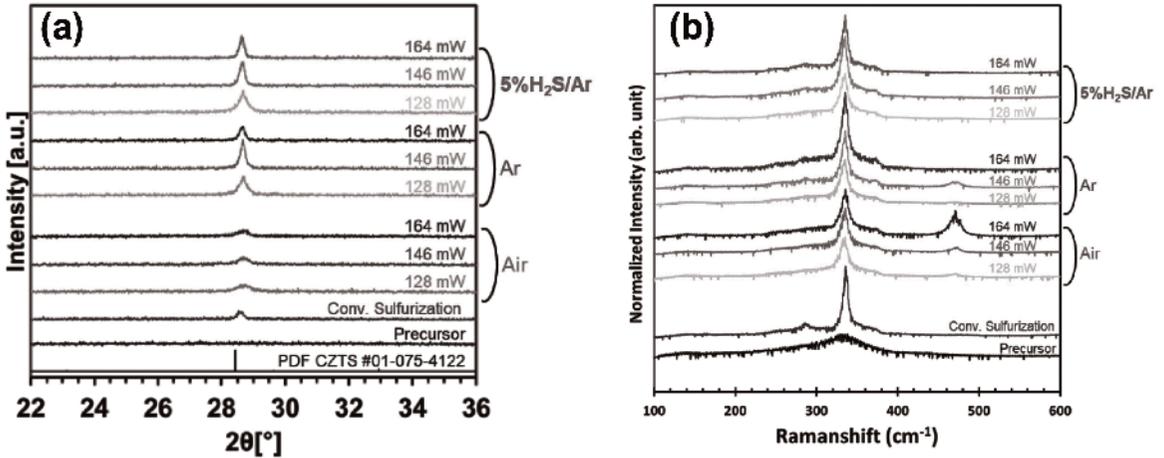


図2 レーザー照射薄膜のXRD回折パターン (a) ならびにラマンスペクトル (b)

図3にEDSによって見積もった薄膜の組成比のレーザー出力依存性を示す。Cu, Zn, Snの組成比のレーザー出力依存性は、ガス雰囲気によらずにほぼ様な依存性を示すが、Sは、ガス雰囲気によって大きく出力依存性が変わる。大気中雰囲気下ではレーザー出力増大に伴いS比率が大きく低下する。Ar雰囲気中ではS比率はやや低下し、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中ではSはレーザー出力増大とともに増加傾向を示している。大気中、Ar雰

囲気中でのレーザー照射は前駆体中からのSの脱離を促進している一方、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中でのレーザー照射は、脱離したSを気相中の H_2S が補いさらに増加させる作用がある。ラマン分析において $\text{Cu}_2\text{-xS}$ が検出されている大気中とAr雰囲気中ではいずれもSの減少傾向がみられており、レーザー照射時のSの脱離による膜中S濃度低下が $\text{Cu}_2\text{-xS}$ 異相を促進していると推察される。

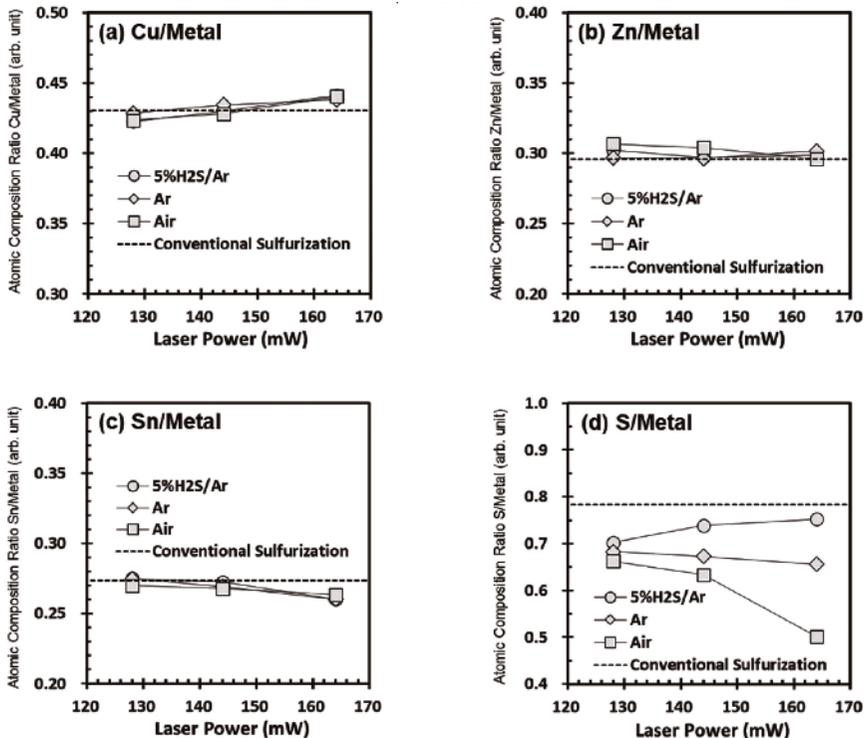


図3 薄膜中の元素組成の照射レーザー出力依存特性

図4にXRDの 28.6° 近傍に検出された回折ピークから見積もった薄膜の結晶子サイズのレーザー出力依存性ならびに断面SEM観察像を示す。結晶子サイズはシェラーの公式を用いて求めた(XRDのX線Cuk α 波長 = 0.1542nm、シェラー係数 = 0.9)。大気中レーザー照射では従来気相硫化法で形成したCZTS結晶子よりも小さく、15~19nm程度であることがわかる。Arおよび5% H_2S/Ar 雰囲気中でのレーザー照射で出力を146~164mWに増大することで、従来気相硫化よりも4~10nm程度結晶子サイズが大きくなる。また、断面SEM観察形状から

も大気中レーザー照射では結晶粒が小さく、レーザー出力を増大しても大きく変化しない一方、Arおよび5% H_2S/Ar 雰囲気中のレーザー照射では146~164mWにおいて128mWと比較すると結晶粒が大きく、従来気相硫化法と比較しても大きな溶融形状の結晶粒が成長していることがわかる。これらは、XRDから見積もった結晶子サイズの傾向とおおむね一致している。これらの結果より、前駆体へのレーザー照射において、大気雰囲気と比較してAr雰囲気中では結晶子ならびに結晶粒を大きく成長させる作用があると考えられる。

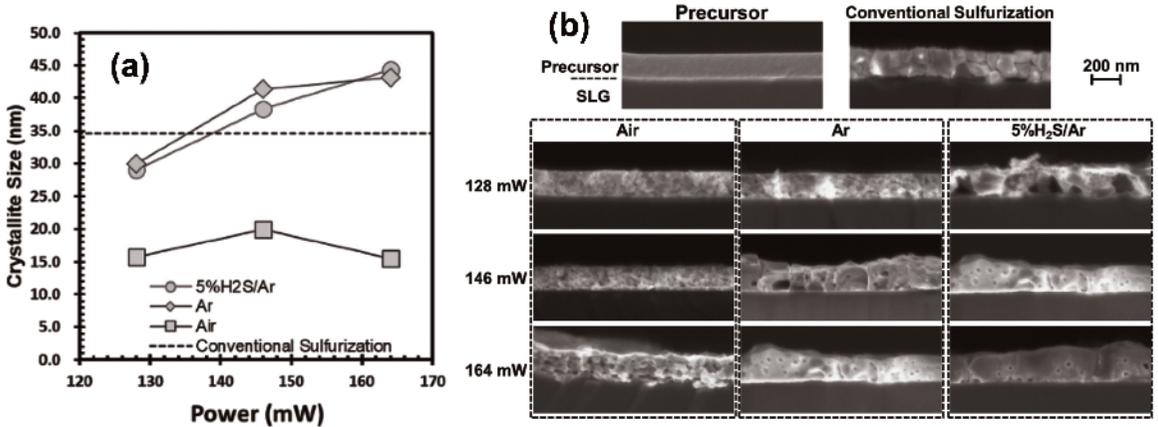


図4 レーザー照射後の薄膜の結晶子サイズのレーザー出力依存性 (a) ならびに断面SEM観察像 (b)

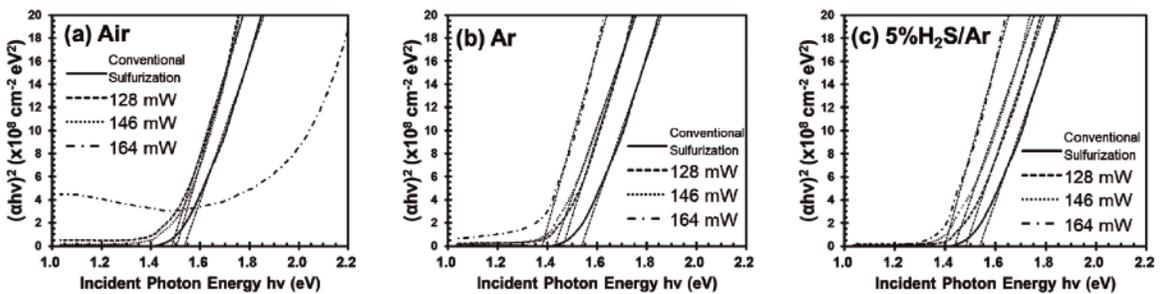


図5 レーザー照射した試料の Tauc Plot

図5にレーザー照射した試料の光吸収係数からもとめた Tauc plotを示す。CZTSは直接遷移型半導体として知られており、(光吸収係数 \times 入射光子エネルギー)²を入射光子エネルギーに対してプロットしたものを Tauc plotと呼び、その立ち上がりエネルギーが光学的バンドギャップエネルギーに相当するといわれている。図5から、大気中レーザー照射では出力164mW

時において膜の消失が起こり、立ち上がりを定義できないが、それ以外の条件においては比較的急峻に立ち上がり、バンドギャップエネルギーが1.4~1.5eV程度の範囲であることがわかる。いずれの条件においても、気相硫化した従来条件 (conventional sulfurization) と比較して、低エネルギー側で立ち上がっており、バンドギャップエネルギーが小さくなっていることがわかる。ま

た、Ar あるいは 5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中ではレーザー出力とともにバンドギャップエネルギーに変化が表れている。吸収係数と入射光子エネルギーの関係から、バンドギャップの揺動成分を Urbach エネルギーとして求めることができる。光学的バンドギャップエネルギーおよび Urbach エネルギーを図 6 に示す。

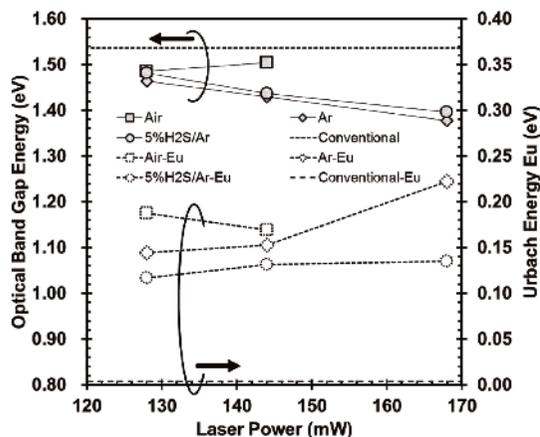


図 6 光学的エネルギーならびに Urbach エネルギーのレーザー出力依存性

レーザー出力増大とともに、光学的バンドギャップエネルギーは、大気中レーザー照射では変化が見られないが、Ar および 5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中照射では低下傾向がみられる。一方、Urbach エネルギーは大気中、Ar 雰囲気、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中の順で大きく、さらにレーザー出力増大とともに Ar 雰囲気中では増大し、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中では増加傾向が小さいことがわかる。これらの結果より、ポテンシャル揺動を抑えるためには 5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中で低出力のレーザー照射が効果的であることがわかる。

[3] まとめ

- ・ガス雰囲気制御型レーザー照射装置を開発した
- ・新規レーザー照射装置を用いて、ガス雰囲気を大気、Ar、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ と変えて、Cu-Zn-Sn-S 系前駆体薄膜へのレーザー照射を行った。いずれの雰囲気においても CZTS 多結晶の形成を確認した。大気中および Ar 雰囲気中レーザー照射では $\text{Cu}_2\text{-xS}$ 異相が形成される一方、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気では $\text{Cu}_2\text{-xS}$ 異相の形成を抑えた CZTS 多結晶形成を実現した。さらに、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{Ar}$ 雰囲気中レーザー照射では、大気中および Ar 雰

囲気中と比較して Urbach エネルギーを小さく抑えることができることを明らかにした。以上、本研究を通して、レーザー照射を用いた低熱負荷型の CZTS 多結晶成長技術における重要な知見を得ることができた。

[4] 論文および学会発表

上記の関連結果を次の論文および各種学会にて報告を行った。

【論文】

- [1] " $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ formation by laser annealing in a controlled atmosphere", Yosuke Shimamune, Nagumo Reiya and Kazuo Jimbo, Japanese Journal of Applied Physics (accepted, Oct 2023), <https://doi.org/10.35848/1347-4065/ad07e9>.

【学会発表】

- [1]"CZTS formation by laser annealing in controlled atmosphere", Nagumo Reiya, Kazuo Jimbo and Yosuke Shimamune, The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2023) PB-8 2023 年 6 月 7 日
- [2]"レーザーを用いた CZTS 化合物薄膜太陽電池の熱処理プロセス開発", 島宗洋介, 南雲伶椰, 神保和夫, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 2023 年 9 月 20 日, 20p-P06-11
- [3]"Cu-Zn-Sn-S 前駆体のレーザー照射におけるガス雰囲気の影響", 南雲 伶椰, 神保 和夫, 島宗 洋介, 令和 5 年度電気学会東京支部新潟支所大会, NGT-23-047 2023 年 10 月 28 日

●令和5年度公益財団法人谷川熱技術振興基金賛助会員名簿

(平成7年4月1日発足)

公益財団法人 谷川熱技術振興基金 賛助会員名簿

(50音順・敬称略)

会社名	代表者名	所在地	電話番号
アズビル(株)アドバンス オートメーションカンパニー	関西支社長 大森泰志	〒530-6021 大阪市北区天満橋1-8-30 OAPタワー	06-6881-3381
(株)江口高周波	代表取締役社長 江口洋平	〒143-0002 東京都大田区城南島2-4-3	03-3790-5231
関東冶金工業(株)	代表取締役社長 高橋 慎一	〒254-0014 神奈川県平塚市四之宮 3-20-48	0463-55-1083
三建産業(株)	代表取締役社長 三浦雄一郎	〒731-3169 広島市安佐南区伴西3-1-2	082-849-6790
(株)三水コンサルタント	代表取締役社長 山崎義広	〒530-0005 大阪市北区中之島6-2-40	06-6447-8181
(株)Z T V	代表取締役社長 田村欣也	〒514-8557 三重県津市あのお台4-7-1	059-236-5111
Daigas エナジー(株)	代表取締役社長 井上雅之	〒541-0046 大阪市中央区平野町4-1-2	06-6205-3564
中外炉工業(株)	代表取締役社長 尾崎 彰	〒541-0046 大阪市中央区平野町3-6-1 あいおいニッセイ同和損保御堂筋ビル	06-6221-1262
日本ファーンレス(株)	代表取締役社長 持田 晋	〒221-0823 横浜市神奈川区二ツ谷町2-6	045-872-8111
(株)宮本工業所	代表取締役社長 宮本芳樹	〒930-0857 富山市奥田新町12-3	0764-41-2201
横河ソリューションサービス(株)	執行役員 関西・四国本部長 田中 顕	〒530-0001 大阪市北区梅田2-4-6 ブリーゼタワー	06-6341-1430
ロザイエ工業(株)	代表取締役社長 小林太郎	〒550-0015 大阪市西区南堀江1-2-14	06-6534-3630

令和6年3月31日

令和5年度 ご寄附会社名簿

ご賛同、ご支援有難うございました。お蔭様で総額10,286,000円のご寄附を頂きました。(50音順・敬称略)

会社名	代表者名	所在地
愛知製鋼株式会社	代表取締役社長 後藤 尚英	〒476-8666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1
株式会社神戸製鋼所	代表取締役社長 山口 貢	〒651-8585 神戸市中央区灘浜海岸通2-2-4
JFEスチール株式会社	代表取締役社長 北野 嘉久	〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-2-3 日比谷国際ビル
大同特殊鋼株式会社	代表取締役社長 清水 哲也	〒461-8581 名古屋市東区東桜1-1-10
中外炉工業株式会社	代表取締役社長 尾崎 彰	〒541-0046 大阪市中央区平野町3-6-1 あいおいニッセイ同和損保御堂筋ビル
トピー工業株式会社	代表取締役社長 石井 博美	〒141-8634 東京都品川区大崎1-2-2
日本製鉄株式会社	代表取締役社長 橋本 英二	〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1 丸の内パークビルディング
株式会社淀川製鋼所	代表取締役社長 二田 哲	〒541-0054 大阪市中央区南本町4-1-1

令和6年3月31日

令和5年度 事業報告

主要事業・行事

令和 5. 4. 1 賛助会員及び寄附金の募集活動を開始
(令和4年度に引きつづき)

令和5年度

熱技術賞 粉生熱技術振興賞の受賞
候補者推薦依頼

17 あすの監査法人の第42期事業年度会計監査

令和4年4月1日から令和5年3月31日
までの第42期事業年度の財務諸表等
により監査を受けた。

17 監事の第42期事業年度の業務および
会計監査

5. 12 第25回理事会(決議の省略) 開催

6. 1 令和5年度 助成研究実施者募集開始
第13回評議員会(決議・報告の省略) 開催
臨時理事会(決議の省略) 開催

30 令和4年度事業報告書発行

9. 6 助成研究実施者、熱技術賞・粉生熱技
術振興賞の受賞候補者の最終選考委員
会開催

6. 3. 22 第26回理事会 開催

会 計

令和5年度末 貸借対照表

(令和6年3月31日)

(単位 千円)

科 目	当年度	前年度	増減
資産の部			
流動資産	21,560	19,926	1,634
固定資産			
基本財産	749,071	695,585	53,486
特定資産	90,060	80,871	9,189
その他の固定資産	859	859	0
資産合計	861,550	797,241	64,309
負債の部			
流動負債	2,394	938	1,456
固定負債	2,122	2,067	55
負債合計	4,516	3,005	1,511
正味財産の部			
一般正味財産	857,033	794,236	62,797
(うち基本財産)	(749,071)	(695,585)	(53,486)
(うち特定資産)	(87,938)	(78,804)	(9,134)
正味財産合計	857,033	794,236	62,797
負債及び正味財産合計	861,549	797,241	64,308

令和5年度 正味財産増減計算書

(令和5年4月1日～令和6年3月31日)

(単位 千円)

科 目	当年度	前年度	増減
I. 一般正味財産増減の部			
1. 経常増減の部			
経常収益	35,549	23,486	12,063
経常費用	31,482	28,871	2,611
評価損益等調整前当期経常増減額	4,067	△ 5,385	9,452
基本財産評価損益等	53,046	10,374	42,672
特定資産評価損益等	5,684	1,073	4,611
投資有価証券評価損益等	0	0	0
評価損益等計	58,730	11,447	47,283
当期経常増減額	62,797	6,062	56,735
2. 経常外増減の部			
経常外収益	0	0	0
経常外費用	0	0	0
当期経常外増減額	0	0	0
当期一般正味財産増減額	62,797	6,062	56,735
一般正味財産期首残高	794,236	788,174	6,062
一般正味財産期末残高	857,033	794,236	62,797
II. 正味財産期末残高	857,033	794,236	62,797

研究助成事業実績

財団設立後、今日迄の42年間で、研究助成金交付者延べ585名、研究助成総額は7億0355万円となっており、過去の助成金交付先及びテーマは次の通りです。

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者		研究テーマ	
昭和56	群馬大学	工学部	定方正毅	微粉炭燃焼のスケールエフェクトの研究
	東京工業大学	工学部	森 康夫	レーザー計測技術を用いた擬乱流拡散火炎の構造解明
	慶応義塾大学	理工学部	猪飼 茂	炉内の乱流燃焼に関する研究
	京都大学	工学部	藤本徳治	赤外発光の時間分割分光測定による工業用材料の熱特性解析
	京都大学	工学部	田村今男	耐熱鋼板の省エネルギー製法と性質改善に関する研究
	大阪大学	工学部	増淵正美	連続加熱炉の最適計算機制御
	大阪大学	工学部	水谷幸夫	対向流噴霧火炎に関する研究
	広島大学	工学部	廣安博之	低質燃料油の燃焼促進に関する研究
	第一熱工	技術部	中山国俊	通気性耐火物の利用による加熱炉の熱効率向上
	57	東北大学	工学部	大谷茂盛
東京大学		工学部	国井大蔵	高含水可燃物の多重効用水蒸気流動層乾燥法
東京工業大学		工学部	黒崎晏夫	多波長高速度ホログラフを用いた火炎内の温度・濃度の非定常同時計測
慶応義塾大学		理工学部	佐藤 豪	高負荷連続流燃焼器における燃焼の一般化
長岡技術科学大学		工学部	三山 創	燃焼反応の速度論的研究
京都工芸繊維大学		工芸学部	今村成一郎	非貴金属系燃焼触媒の開発
大阪大学		工学部	高城敏美	旋回流における循環流形成と火炎安定
大阪府立大学		工学部	木村弘	ガス浸炭における炭素析出の基礎的研究
久保田鉄工		鋳鋼研究部	赤松克太郎	省エネルギー型鋳鋼品の合成法の研究
58		東北大学	非水溶化研究所	松田 実
	群馬大学	工学部	中山満茂	回折光利用による燃焼速度係数の測定
	埼玉大学	工学部	大八木重治	燃料液面上の拡散燃焼に及ぼす流れの影響
	東京大学	工学部	松為宏幸	気体燃料の爆発、消尽機構に関する研究
	東京大学	工学部	竹野忠夫	超過エンタルピー火炎の燃焼限界の研究
	東京工業大学	工学部	後藤和弘	鉄鋼業用各種新型耐火物の熱伝導度の高温測定
	明治大学	工学部	藤井石根	廃熱の回収とその利用システムに関する研究
	静岡大学	工学部	牧野 敦	固体炭素の燃焼率に関する基礎的研究
	豊橋技術科学大学	工学部	稲垣道夫	新しい断熱材用黒鉛シート開発の為の基礎的研究
	大阪大学	工学部	幸塚善作	還元雰囲気用酸素センサーの開発
59	東北大学	工学部	斉藤正三郎	超臨界ガスによる石炭液化油の脱灰と精製
	埼玉大学	工学部	辻 廣	超希薄混合気を酸化剤とする拡散燃焼の研究
	山梨大学	工学部	米村元喜	電子的スペックル干渉による非定常噴霧・燃焼のリアルタイム計測
	名古屋大学	工学部	藤原俊隆	誘導ラマン法による燃焼生成微量成分の計測
	豊橋技術科学大学	工学部	小沼義昭	乱流拡散火炎の燃焼機構に関する基礎的研究
	京都大学	工学部	神野 博	炎における炭化水素の燃焼反応
	大阪大学	溶接工学研究所	岩本信也	熱サイクル使用セラミックスに発生するクラックの追跡
	大阪府立大学	工学部	室津義定	極薄板材の非接触高速連続加熱冷却法の研究
	関西大学	工学部	赤松勝也	真空浸炭における炭素濃度推移曲線の制御
	九州大学	生産科学研究所	持田 勲	風化炭の熱溶融性の化学的改質
60	北海道大学	工学部	大内公耳	メタノール分解により生成する水素による重質油の軽質化
	東北大学	選鉱製錬研究所	徳田昌則	微粉炭の着火・燃焼・ブロー反応の速度論
	東京大学	工学部	古澤健彦	新しい接触方式によるNOx、SOx同時除去石炭燃焼
	早稲田大学	理工学部	井口信洋	急速加熱による変態超塑性・制御・加工熱処理法
	岐阜大学	工学部	志水昭史	火炎温度の二次元分布測定法の開発
	名古屋大学	工学部	架谷昌信	輻射・反応を組合わせた高効率高温熱輸送
	京都大学	工学部	乾 智行	通気性構造をもつ高性能触媒燃焼器の開発
	大阪大学	工学部	堀 茂徳	低密度耐熱複合材の省エネルギー製法と高温特性評価
	岡山大学	工学部	笠岡成光	各種石炭の燃焼活性評価相関式の確立
	九州大学	工学部	小野信輔	動力熱源用高温接触燃焼器の基礎研究

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
昭和 61	北海道大学	工学部	谷口 博	放射熱線法による炎の放射特性の検討
	東京大学	工学部	吉田豊信	高周波プラズマを利用した新溶射法開発
	東京工業大学	工学部	大津賀望	噴霧熱分解による超微粉セラミックスの合成
	上智大学	理工学部	五味 努	ラジカルの発光強度による燃焼空燃比の瞬時計測法に関する研究
	岐阜大学	工学部	河村長司	熱循環バーナを用いた超希薄混合気の燃焼によって得られる有効エネルギー
	三重大学	工学部	山本 治	高温型固体燃料電池の電極と電解質の開発
	京都大学	工学部	小野勝敏	ヒートシンク方式還元気相析出法の開発
	大阪大学	工学部	香月正司	強ふく射場における燃焼現象に関する研究
	広島大学	工学部	新井雅隆	噴霧の不輝炎燃焼法の研究
	石川県工業試験場		蓮谷謙二	マイカガラスセラミックスの熱衝撃特性
日本熱処理技術協会		山中久彦	イオン窒化によるワイヤ放電加工金型の長寿命化	
62	北海道大学	工学部	粥川尚之	高温乱流温度場の二次元高速測定法の研究
	筑波大学	構造工学系	成合英樹	高熱負荷壁の冷却と構造上からの熱負荷限界
	東京農工大学	工学部	亀山秀雄	省エネルギー型悪臭物質の燃焼除去装置の開発
	名古屋大学	工学部	浅井滋生	コールドクルーシブルの設計と高融点材料の溶解・浮揚特性
	京都工芸繊維大学	工業短大部	林 国郎	炭素質断熱材の熱伝導率測定装置の開発と評価
	岡山大学	工学部	高橋照男	噴霧燃焼炉による有機廃液エマルションの燃焼
	山口大学	工学部	大坂英雄	膜冷却過程における不均一性の発生機構
	九州工業大学	工学部	橘 武史	高周波放電付加による燃焼促進技術の開発
	熊本大学	工学部	千葉 昂	表面改質した金属とセラミックスの接合
	京都合成樹脂研究会		斉藤勝義	金属粉体の射出成形に関する研究
63	北海道大学	工学部	村山 正	ディーゼル機関の黒煙、NO _x の同時低減
	東北大学	金属材料研究所	木村 宏	高純度鉄合金中の微量不純物と高温脆化
	群馬大学	工学部	倉林俊雄	噴霧粒径測定のための検定用基準装置の製作
	東京大学	工学部	越 光男	燃焼器の新らしい反応解析法の開発と応用
	東京農工大学	工学部	堀尾正靱	熱プラズマ噴流層CVD法による各種機能性複合化粒子の製造に関する基礎研究
	防衛大学	物理教室	新原皓一	アルミナ系ナノ複合材料の熱衝撃破壊に関する研究
	豊橋技術科学大学	工学部	岡崎 健	微粉炭燃焼灰粒子の生成機構と元素濃縮挙動
	同志社大学	工学部	吉川進三	水噴霧流を伴うしみ出し冷却
	大阪大学	溶接工学研究所	岡本郁男	Ni基耐熱合金接合部の高温硫化腐蝕特性
	広島大学	工学部	菊地義弘	膜沸騰下境界の発生機構の解明
平成 1	東北大学	選鉱製錬研究所	八木順一郎	潜熱・反応熱を利用する蓄熱充填層の伝熱特性
	東京大学	工学部	平野敏右	固体面近傍における乱流火炎の火炎面の挙動
	東京工業大学	工学部	井川博行	ZrTiO ₄ を主成分とした耐熱衝撃材料の設計
	東京工業大学	精密工学研究所	三島良直	単結晶金属間化合物の製造条件の最適化
	成蹊大学	工学部	小島紀徳	コークス炉炭化室内のガス移動解析と制御
	岐阜大学	工学部	熊田雅弥	高性能流動層型熱交換器の開発
	同志社大学	工学部	藤本 元	間欠乱流拡散火炎によるすす生成機構の研究
	広島大学	工学部	角田敏一	レーザ分光法による乱流拡散燃焼機構の解明
	九州大学	工学部	城戸裕之	予混合乱流伝ば火炎微細構造の解明
	センシング技術応用研究会		奥山雅則	高温環境下センサ用機能材料薄膜の基礎物性
2	東北大学	工学部	新井邦夫	超臨界水中でのバイオポリマーの選択的分解
	東京大学	工学部	幸田清一郎	活性種付加による燃焼排気浄化法の研究
	東京工業大学	工業材料研究所	吉村昌弘	正方晶ジルコニア固溶体の高温安定性
	東京電機大学	工学部	吉田 亮	小型ガスタービン燃焼器の開発
	東京理科大学	工学部	本阿弥眞治	ダンプディフューザ型燃焼器の流動機構
	静岡大学	工学部	中崎清彦	バイオリアクターによる排ガス中のCO ₂ 除去
	名古屋大学	工学部	高村秀一	超高熱流プラズマによる耐熱材料の損耗過程
	京都大学	工学部	牧 正志	β型チタン合金の加工熱処理による強靱化
	徳島大学	工学部	三輪 恵	間欠噴霧燃焼の熱分解過程と粒子状物質の生成機構
	近畿環境測定協会		山口光夫	ボイラのNO _x 抑制実用化研究

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
平成 3	北海道大学	工学部	石黒亮二	高温熱機器の熱媒体温度変動と熱疲労の研究
	東京大学	工学部	河野通方	交直電界による予混合燃焼制御に関する研究
	東京大学	工学部	吉田邦夫	冷熱発生用ケミカルヒートポンプの開発
	豊田工業大学	工学部	恒川好樹	プラズマ浸炭における炭素侵入の高効率化
	京都大学	工学部	福谷征史郎	スス生成反応経路の分子軌道法による決定
	京都工芸繊維大学	工芸学部	西野茂弘	熱CVD法による単結晶炭化珪素の育成と機能性素子の製作
	大阪大学	工学部	岡本達幸	位相ドップラ法による火炎内噴霧挙動の解明
	岡山大学	工学部	吉尾哲夫	CVI施膜による高温耐食性R B - S i 3 N 4
	九州大学	工学部	高木節雄	2相ステンレス鋼粉体の加工熱処理
	サンレー冷熱		高木健二	感染性医療廃棄物の実用焼却炉の開発
4	北海道大学	工学部	嶋田志郎	炭化物の酸化によるクラック発生と熱音響放出
	東北大学	反応化学研究所	大塚康夫	安価な触媒を用いる石炭の低温高効率ガス化
	東京大学	工学部	畔津昭彦	プラズマジェットによる拡散燃焼の促進と制御
	東京工業大学	工学部	菊池 實	W添加によるフェライト系耐熱鋼の高強度化
	慶応義塾大学	理工学部	溝本雅彦	高温平行平板間を流れる乱流の構造
	都立科学技術大学	工学部	湯浅三郎	水素ガスタービン用予混合型燃焼器の開発
	豊橋技術科学大学	工学部	亀頭直樹	高精度雰囲気酸素分圧調整炉の試作
	芦屋大学	教育学部	大原清司	超微粒化による低NO _x 油バーナの開発
	山口大学	工学部	加藤泰生	加圧流動層内気泡核生成機構とその制御
5	茨城大学	工学部	辻本得蔵	T i A l 基軽量耐熱合金の加工熱処理
	東京大学	工学部	石塚 悟	回転伸長流場を用いた希薄燃焼器の開発
	福井大学	工学部	荻原 隆	ミスト熱分解法によるL i 系複酸化物の合成
	岐阜大学	工学部	塗師幸夫	原料粒径と加熱雰囲気によるスピネルの生成形態制御
	名古屋大学	工学部	竹野忠夫	燃料噴流拡散火炎の層流から乱流への遷移の研究
	三重大学	工学部	社河内敏彦	衝突噴流の流動および伝熱特性の制御
	大阪大学	工学部	香月正司	大きな渦を伴う流れの影響を受ける噴霧燃焼
	岡山大学	工学部	稲葉英男	赤外線照射による霜結晶の能動的融解機構
	大分大学	工学部	滝田祐作	窒化ケイ素超長ウイスカ合成と生成形態制御
6	北海道大学	工学部	土田 猛	燃焼合成法とメカノケミカル活性化を組み合わせたAlN基セラミックスの新しい合成法
	東北大学	素材工学研究所	鈴木幹雄	鋼の連铸鑄片直送圧延時の鑄片組織制御
	群馬大学	工学部	加藤邦夫	粉粒流動層を用いたバイオマス廃棄物の接触熱分解
	東京工業大学	工学部	神沢 淳	化学反応を利用した高性能熱輸送
	岐阜大学	工学部	安里勝雄	予混合火炎と渦の干渉における火炎特性の変化
	京都工芸繊維大学	工芸学部	西田俊彦	窒化ケイ素新固溶体に関する基礎的研究
	大阪大学	工学部	馬越佑吉	超高温加熱炉用ヒーター材料の開発
	大阪府立大学	工学部	岡村清人	耐熱鋼と窒化ケイ素の接合界面での高温反応
	広島大学	工学部	西田恵哉	高圧噴射燃料噴霧内の混合気形成と燃焼
	九州大学	総合理工学研究科	清水昭比古	固気混相流の排熱回収系による熱泳動現象
7	東北大学	工学部	中田俊彦	ガスタービンの窒素酸化物生成機構の解明
	群馬大学	工学部	斉藤勝男	超高温度場の新しい温度計測法の実用開発
	東京工業大学	工学部	岡田 清	噴霧熱分解粉体からの高耐熱性多孔体の作製
	武蔵工業大学	工学部	海老原大樹	炉内における金属板等の磁気浮上搬送に関する研究
	防衛大学校	機械工学教室	五十嵐保	一様流中に置かれた鈍い物体の伝熱促進機構
	山梨大学	工学部	木野村暢一	層状化合物からの酸素窒素分離材の合成
	豊田工業大学	工学部	奥宮正洋	気相放電融合によるAl表面へのSIALONの創製
	京都大学	工学部	田中 功	窒化ケイ素焼結体の高温強度を決める因子
	高知工業高等専門学校	機械工学科	永橋優純	流動層プロセス中の管群に働く振動力の低減
	日本バーナ研究会		山本 博	燃焼振動の解析

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
平成 8	東北大学	工学部	犬竹正明	MPD アークジェットによる高密度プラズマ流の研究
	東京大学	工学系研究科	松為宏幸	縮退4波混合分光による火炎中の微量成分定量
	東京工業大学	工学部	水谷惟恭	ICP・ミスト結合によるセラミックス成膜
	慶応義塾大学	理工学部	菅 泰雄	溶射皮膜の気孔率と密着性の非接触同時測定
	岐阜大学	工学部	山下新太郎	伝熱・流動特性のリプレットによる最適化
	三重大学	工学部	加藤征三	プラズマ活性反応による炭酸ガスの燃料種への再変換
	同志社大学	工学部	千田二郎	非定常噴霧火炎内のすす粒子の光学計測
	大阪大学	工学部	小宮山正治	レーザ散乱画像による瞬時乱流火炎構造の研究
	長野工業高等専門学校	機械工学科	長坂明彦	TRIP型複合組織鋼板の温間プレス成形性
	和歌山工業高等専門学校	物質工学科	富上健次郎	備長炭製造における焼結条件に関する研究
9	室蘭工業大学	工学部	永田正一	高温加熱硫化法による新化合物の合成
	東北大学	工学研究科	内藤 均	産業プロセスヒート用高温太陽集熱炉の開発
	東京農工大学	生物システム応用科学研究科	堀尾正靱	流動層燃焼・ガス化における灰の凝集制御
	東京工業大学	総合理工学研究科	八島正知	高温での構造の新しいその場観察法の開発
	横浜国立大学	工学研究科	飯田嘉宏	高温材料の輸送熱物性値同時測定法の開発
	名古屋工業大学	工学研究科	長谷川達也	直線渦管に沿う火炎伝播の研究
	豊橋技術科学大学	工学部	梅本 実	ナノスケールで組織制御したシリサイド系高効率熱発電材料の開発
	京都工芸繊維大学	工芸学部	G・ベツオッティ	高温内部摩擦挙動に対する理論的アプローチ
	神戸大学	機器分析センター	池田裕二	半導体レーザ分光を用いた燃焼診断技術の開発
	愛媛大学	工学部	定岡芳彦	排ガス中の塩素ガス検知用センサの開発
10	東北大学	流体科学研究所	小林秀昭	高圧乱流燃焼に対するLIF計測技術の開発
	山形大学	工学部	高橋一郎	触針式熱物性測定による組成分布診断法の開発
	千葉大学	工学部	菱田 誠	高性能熱輸送管—新ドリームパイプ—の開発研究
	東京大学	工学系研究科	幾原雄一	超塑性を用いたセラミックス材料の加工
	慶応義塾大学	理工学部	松尾亜紀子	衝突噴流中に形成される拡散火炎の安定機構
	名古屋大学	難処理人工物研究センター	松田仁樹	含油廃水焼却処理のためのTCCTBの開発
	京都大学	工学研究科	武田信生	ダイオキシン類関連物質の生成抑制技術
	大阪大学	工学研究科	山内 勇	Cu添加Fe-Si系高集積度燃焼型熱電変換モジュールの開発
	九州工業大学	工学部	清水陽一	固体電解質厚膜型窒素酸化物センサの開発
	大阪府立産業技術総合研究所		石神逸男	雰囲気変動下におけるガス浸炭の解析と制御
11	東北大学	工学研究科	滝田謙一	プラズマジェットによる保炎機構の研究
	拓殖大学	工学部	堀 守雄	燃料成分によるNO ₂ 生成反応の促進効果
	東海大学	工学部	松下純一	高温耐酸化性C/C複合材料の研究開発
	名古屋大学	工学研究科	吉川典彦	燃焼ガス中高温固体のLIF温度分布計測
	豊田工業大学	工学部	奥宮正洋	バレルin-situ還元によるアルミニウムのガス窒化
	豊橋技術科学大学	工学部	武藤浩行	超塑性変形機構の解明による塑性加工技術の確立
	京都大学	工学研究科	古原 忠	強加工・急速加熱冷却による超微細粒金属材料の創製
	京都工芸繊維大学	工芸学部	中平 敦	ダブルシリサイド系複合材料の微細組織制御と熱電特性
	大阪大学	接合科学研究所	宮本欽生	窒化燃焼法によるアルミドロスのリサイクルプロセス開発
	岡山大学	工学部	富田栄二	赤外線吸収法を利用した燃焼制御センサの開発
12	埼玉工業大学	工学部	巨 東英	鋼の浸炭焼入れ過程における変形および残留応力の制御
	東京大学	生産技術研究所	岸本 昭	燃焼圧直接測定のための高温圧力センサー
	東京農工大学	生物システム応用科学研究科	神谷秀博	廃棄物再生燃料(RDF)燃焼灰の改質による高温集塵特性の向上
	東京工業大学	理工学研究科	相澤哲哉	半導体レーザー誘起蛍光・吸収分光法による燃焼計測に関する研究
	防衛大学校	機能材料工学科	江阪久雄	一方凝固による効率的単結晶製造プロセス
	名古屋工業大学	工学部	西川直宏	気孔傾斜型セラミック多孔体の開発
	大阪大学	工学研究科	今中信人	燃焼ガス中での計測を実現する新規塩素センサの開発
	大阪府立大学	工学研究科	瀬川大資	燃焼噴霧非接触温度計測技術開発のための基礎研究
	九州大学	工学研究院	北川敏明	高圧下における燃焼促進の研究
	九州工業大学	工学部	鶴田隆治	被乾燥体の生体情報を考慮した乾燥技術開発

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
平成 13	北海道大学	工学研究科	吉川信一	自己燃焼合成法による透明導電性微粉体の合成と応用に関する研究
	東北大学	工学研究科	升谷五郎	C ₂ O ₂ 添加火炎の消炎限界に及ぼす圧力の効果
	東京大学	生産技術研究所	朱 世杰	耐熱 SiC/SiC 複合材料の損傷評価手法の開発
	東京工業大学	応用セラミックス研究所	若井史博	ナノ結晶炭化ケイ素の in-situ 成形加工技術の開発
	電気通信大学	電気通信学部	三浦博己	分散強化合金の高温疲労特性と材質改善に関する研究
	名古屋大学	工学研究科	河本邦仁	層状酸化物熱電材料の自己組織化配向制御
	京都工芸繊維大学	工芸学部	田中勝久	熱ポーリングを用いた高効率 2 次非線形光学ガラスの開発
	大阪大学	接合科学研究所	小林 明	プラズマ反応溶射による熱遮蔽 ZrO ₂ 膜の高機能化に関する研究
	奈良大学	文学部	西山要一	熱伝導率による石造文化財の劣化度の新規評価法の開発
九州大学	工学研究院	村瀬英一	予混合圧縮着火燃焼の着火時期制御	
14	東北大学	工学研究科	廣田光智	TripleFlame の火炎特性に与える微小擾乱の影響
	茨城大学	工学部	友田 陽	中性子回折による熱処理残留応力分布の測定
	東京工業大学	精密工学研究所	細田秀樹	ペロブスカイト金属間炭化物の相安定性と高温特性
	東京電機大学	工学部	吉田 亮	強乱流のもとで形成される予混合火炎の構造
	横浜国立大学	環境情報研究院	鈴木和也	交流法による比熱迅速測定システムの開発
	名古屋工業大学	工学部	淡路英夫	流水急冷法による定量的熱衝撃試験法の開発
	豊橋技術科学大学	工学部	滝川浩史	SiC 熱分解による石英ナノファイバの合成
	岡山大学	自然科学研究科	吉山定見	ガスケット型イオンセンサによる燃焼診断法に関する基礎的研究
	九州大学	工学研究院	中原真也	新コンセプト成層燃焼法開発のための基礎研究
15	東北大学	多元物質科学研究所	鈴木 茂	鉄系形状記憶合金の熱弾性特性の向上と構造材への応用
	慶應義塾大学	理工学部	溝本雅彦	カーボンナノチューブの燃焼合成法の開発
	長岡技術科学大学	工学部	小松高行	希土類原子加熱法によるガラスの結晶化機構
	金沢大学	工学部	田中康規	パルス誘導熱プラズマによる熱・ラジカル流束制御
	金沢工業大学	工学部	柴原正和	三次元溶接高温割れ解析法の開発とその応用
	福井大学	工学研究科	荻原 隆	エアロゾルプラズマ合成法による単分散ナノ結晶の開発
	名古屋大学	理工学総合研究センター	小林敬幸	光・電気・熱トリジェネレーションシステムにおける燃焼駆動レーザーの開発
	名古屋工業大学	工学研究科	大岩紀生	離散渦法による渦と火炎の相互干渉の解析
	大阪大学	工学研究科	芝原正彦	ナノ微細構造による界面伝熱促進機構の研究
産業技術総合研究所		高尾泰正	非酸化物粒子の直火製法に関する研究	
16	東北大学	多元物質科学研究所	吉川 彰	ジオメトリック構造 MGC 材料の製造技術
	茨城大学	工学部	本橋嘉信	SOFC デバイスのミリ波加熱焼結接合法
	千葉大学	知的財産本部	田中 学	鳥の呼吸機構を取り入れた新しい熱輸送管
	金沢大学	自然科学研究科	上杉喜彦	高周波加熱による燃焼火炎の制御と高熱流化
	山梨大学	医学工学総合研究部	管野善則	耐熱性被覆電磁波遮蔽能熱電対の開発
	名古屋大学	エコピア科学研究機構	中村祐二	Multi-LinePLIF による瞬時燃焼構造の可視化
	京都大学	工学研究科	武田信生	テルミット反応の廃棄物処理への応用
	大阪大学	工学研究科	碓井建夫	高温混合ガスからの選択的水素分離法の開発
	九州工業大学	生命体工学研究科	宮崎康次	生物に学ぶメタマテリアルの熱ふく射特性
石川県工業試験場		部家 彰	原子状水素による極表面アニール法の開発	
17	群馬大学	工学部	稲田茂昭	低温プラズマ炉を用いたオゾン含有製水
	東京工業大学	総合分析支援センター	木口賢紀	非晶質 HfO ₂ 薄膜の高温安定性の向上
	長岡技術科学大学	環境エネルギー高度工学研究センター	中山忠親	ナノロッド複合型耐熱被覆合成手法の開発
	名古屋大学	工学研究科	山本和弘	実器乱流場のすず計測と反応機構の検討
	豊橋技術科学大学	工学部	梅本 実	無毒性低中温域用熱電材料の設計と素子開発
	大阪大学	産業科学研究所	中嶋英雄	排気ガス触媒用ポーラス金属担体の開発
	神戸大学	工学部	平澤茂樹	アクティブ熱制御による高精度スパイク熱処理技術
	岡山大学	環境学研究所	長江正寛	高温 HIP 装置用 Mo 系構造部材の組織制御
	愛媛大学	理学部	樋高義昭	炭化水素の高温反応の研究
長野工業高等専門学校	機械工学科	長坂明彦	同種材および異種材金属の接合に関する研究	

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者		研究テーマ
平成 18	東北大学	金属材料研究所 仲井正昭	湿潤環境での耐熱鋼の高温酸化と水素浸入
	群馬大学	工学部 天谷賢児	レーザ分光計測に基づくすず形成モデルの構築
	埼玉大学	理工学研究科 柳瀬郁夫	ゼロ熱膨張コーディエライト複合材料の開発
	東京大学	先端科学技術研究センター 日暮栄治	プラズマリフローにおけるはんだの熔融過程観察
	名古屋大学	先端技術共同研究センター 小林 潤	W/Oエマルジョンの燃料過濃燃焼による単分散金属ナノ粒子製造
	名古屋工業大学	工学研究科 大岩紀生	球形樹脂微粒子の加熱過程の高速画像解析
	大阪大学	工学研究科 国吉ニルソン	物質添加が燃焼反応へ与える影響の数値解析
	九州大学	工学研究院 土山聡宏	高品位な高窒素鋼線の連続熱処理装置の開発
	九州工業大学	工学部 長山暁子	ナノ構造制御による機能性伝熱面の創製
	宇宙航空研究開発機構	宇宙科学研究本部 大西 晃	Christiansen 効果を用いた非接触高温測定
19	北海道大学	工学研究科 鶴飼重治	次世代型高強度 Ni 基 ODS 超合金の開発
	東北大学	工学研究科 青木秀之	超高压パルス噴霧燃焼時の環境汚染物質低減
	筑波大学	システム情報工学研究科 河井昌道	高圧水素容器用炭素繊維強化複合材料 (CFRP) の耐久性支配因子の抽出とモデル化
	慶應義塾大学	理工学部 横森 剛	高安定性を有する RQL 燃焼器の開発
	大阪大学	基礎工学研究科 尾方成信	分子動力学法による浸炭表面反応の解析
	大阪府立大学	工学研究科 塚田隆夫	単結晶成長炉内の輸送現象と結晶欠陥との相関
	岡山大学	自然科学研究科 田口秀樹	結合距離を制御した排ガス浄化触媒の開発
	九州大学	工学研究院 山本 剛	CFD による微粉炭燃焼炉制御基盤技術の開発
	大阪府立産業技術総合研究所	井本泰造	木質系廃材のガス化メタノール製造法の開発
	福岡工業技術センター	周善寺清隆	非酸化物粒子合成のための還元ガス発生装置の開発
20	北海道大学	工学研究科 中村祐二	変則十字火炎の創製とその基礎特性の把握
	東北大学	工学研究科 松下洋介	燃焼場における温度測定技術の高度化
	東北大学	多元物質科学研究所 篠田弘造	複層磁性微粒子合成のための熱処理技術開発
	筑波大学	システム情報工学研究科 阿部 豊	超高压極微細管積層型熱交換器の開発
	東京工業大学	理工学研究科 谷口 泉	流動層式エマルジョン滴下燃焼法による LiFePO ₄ /C 複合材料の合成
	横浜国立大学	工学研究院 森 昌司	含水多孔質を用いた瞬間過熱水蒸気生成装置の開発
	名古屋大学	工学研究科 窪田光宏	マイクロ波加熱によるメソ孔性活性炭の開発
	京都大学	工学研究科 岡本範彦	界面フォノンミスマッチによる熱電特性制御
	京都大学	工学研究科 河原全作	沸騰研究のための極細熱電対の開発
	大阪大学	接合科学研究所 近藤勝義	非食部バイオマスの完全再資源化燃焼技術
大阪府立大学	工学研究科 須賀一彦	革新的超小型排ガス触媒装置の開発研究	
21	東北大学	流体科学研究所 石本 淳	スラッシュ超高温流束プロセス冷却の研究
	東京大学	工学系研究科 柴田直哉	高温セラミックス粒界の偏析強化機構の解明
	横浜国立大学	工学研究院 梅澤 修	チタン合金の表面改質熱処理技術の開発
	新潟大学	自然科学研究科 大鳥範和	分子動力学法によるスラグの熱伝導率評価
	静岡大学	工学部 松井 信	レーザーによる高圧酸素プラズマ源の開発
	愛知工業大学	総合技術研究所 渡辺藤雄	多孔体担持型蓄熱材の新規開発研究
	三重大学	工学研究科 西村 顕	CO ₂ 改質光触媒メンブレンリアクター開発
	広島大学	工学研究科 福井国博	制御流同伴型サイクロンによる燃焼排ガス浄化装置の開発
	愛媛大学	理工学研究科 中原真也	超小型燃焼器の燃焼促進技術の開発
官城工業高等専門学校	材料工学科 渡邊陽一	N系マルテンサイトを活用した鋼の高強度化	
22	北海道大学	工学研究院 島田敏宏	高温に耐える無機エラストマーの開発
	東北大学	多元物質科学研究所 吉川 彰	燃焼圧センサ用ラングサイトの形状制御技術
	東京工業大学	理工学研究科 関口秀俊	超高温型小型過熱水蒸気炉の作成
	慶応義塾大学	理工学部 小茂鳥潤	構造用鋼の超微細結晶化熱処理技術の開発
	福井大学	工学研究科 荻原 隆	パルスジェット衝撃ナノ粒子合成法の開発
	名古屋大学	工学研究科 小林信介	ケミカル・ルーピングプロセスにおける酸素担体の開発
	名古屋大学	エトピア科学研究所 植木保昭	O ₂ -CO ₂ 雰囲気凝結燃焼挙動の解明
	豊橋技術科学大学	工学研究科 戸高義一	Ga, Ag 添加 Mg ₂ Si 系熱電材料の開発
	京都大学	工学研究科 大下和徹	燃焼を中心とした畜産廃棄物の再資源化
	大阪大学	接合科学研究所 小林 明	高効率・高機能 SiC

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
平成 23	茨城大学	工学部	太田弘道	高放射性廃棄物ガラス固化材の熱伝導率評価
	筑波大学	システム情報工学研究科	河井昌道	炭素繊維強化複合材料の高温耐久性評価技術の開発
	東京工業大学	原子炉工学研究所	劉 醇一	高耐久性化学蓄熱材の開発
	新潟大学	研究推進機構	石垣 雅	高温アンモニア中の機能性酸化物の熱分析
	名古屋大学	工学研究科	吉田 隆	配向制御技術を用いた熱電薄膜の高性能化
	名古屋大学	工学研究科	出口清一	小型・低温改質水素製造器の開発
	大阪大学	理学研究科	花咲徳亮	水熱合成法による熱・電気変換材料の開発
	大阪府立大学	21世紀科学研究機構	小菅厚子	CuInTe ₂ 相分離系化合物の熱電特性
	鳥取環境大学	環境情報学部	横山伸也	エタノール生産による放射能汚染土壌の修復
	山口大学	理工学研究科	岡本浩明	イオン液体を基盤としたCO ₂ 吸収剤の開発
	九州大学	工学研究院	山本 剛	非平衡プラズマを用いた廃油燃焼技術の開発
	福岡県工業技術センター		小野本達郎	高窒素鋼線のナノ析出時効熱処理の高度化
24	東北大学	金属材料研究所	佐藤和久	高温観察による Mg 合金の格子変調機構解明
	群馬大学	工学研究科	座間淑夫	バイオディーゼル燃焼排出物の基礎的研究
	東京大学	生産技術研究所	甘蔗寂樹	エクセルギー損失最小熱交換の基礎研究
	東海大学	工学部	宮沢靖幸	炉内温度勾配を利用した新ろう付技術の開発
	名古屋大学	エトピア科学研究所	竹内恒博	プラズマ溶射を用いた高効率熱電素子の開発
	名古屋工業大学	工学研究科	平下恒久	亜臨界水中の精密有機合成反応
	三重大学	工学研究科	佐藤英樹	カーボンナノチューブ熱伝導体の開発
	三重大学	工学研究科	石原 篤	有機系廃水からの燃料ガス製造装置の開発
	京都大学	工学研究科	巽 和也	セラミック多孔質体燃料改質器の開発
	大分大学	工学部	田上公俊	非平衡プラズマによる点火技術の開発
	鹿児島大学	理工学研究科	徳永辰也	熱量測定に基づく高Cr耐熱鋼の寿命評価
25	北海道大学	工学研究院	能村貴宏	高温産業排熱回収用潜熱蓄熱材料の開発
	秋田県立大学	システム科学技術学部	鶴田 俊	ガス爆発の樹脂類への熱影響
	東北大学	金属材料研究所	内田健一	スピンドル駆動型熱電変換の基盤技術創出
	茨城大学	工学部	池田輝之	高効率廃熱発電をめざす熱電材料の多孔質化
	千葉大学	工学研究科	武居昌宏	循環流動層内のトモグラフィ可視化計測
	東京農工大学	工学研究院	村田 章	ディンプルによる燃焼器壁の高性能熱遮蔽
	東京農工大学	工学研究院	桜井 誠	燃焼反応用高性能マイクロリアクターの開発
	岐阜大学	工学部	小林信介	蓄熱型ケミカルルーピングプロセスの開発
	静岡大学	工学研究科	荻野明久	新規光熱併用熱電子発電システムの開発
	大阪大学	工学研究科	小林慶裕	太陽炉を用いたグラフェン製造法の開発
	大阪大学	産業科学研究所	筒井真楠	単一分子接合の熱電性能評価
	大阪府立大学	理学系研究科	細越裕子	低次元磁性体による絶縁性熱伝導材料の開発
	近畿大学	理工学部	湊端 学	バイオマス熱分解プロセスの最適条件の検討
26	山梨大学	医学工学総合研究部	船谷俊平	地中熱ヒートポンプの高精度COP計測
	名古屋工業大学	工学研究科	齋木 悠	MEMS 壁面を用いた化学的消炎現象の解明
	三重大学	工学研究科	西村 顕	CO ₂ を燃料に改質する新型光触媒の開発
	京都大学	工学研究科	白土博通	アップドラフト発電の高効率化技術開発
	大阪大学	基礎工学研究科	山田 亮	界面制御による有機熱電変換素子の高効率化
	関西大学	化学生命工学部	西本明生	新規スクリーンプラズマ熱処理技術の開発
	神戸大学	自然科学系先端融合研究環	白井克明	次世代潜熱蓄熱輸送媒体評価技術の開発
	九州大学	工学研究院	山本 剛	高効率連続再生式PM _{2.5} 除去装置の開発
	佐賀大学	海洋エネルギー研究センター	小山幸平	海洋温度差発電用プレート式熱交換器の開発
	神戸市立工業高等専門学校		吉本隆光	プラズマによる燃焼限界拡大と輻射熱利用

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者		研究テーマ
平成 27	東北大学	金属材料研究所 木口賢紀	Mg合金の低温時効析出による組織形成
	早稲田大学	創造理工学研究科 中垣隆雄	蓄熱材を利用したボイラの開発
	横浜国立大学	工学研究院 石井一洋	マイクロバブル爆轟生成特性の解明
	名古屋大学	工学研究科 尾上 順	革新的低次元カーボン熱電変換材料の創発
	豊田工業大学	工学部 奥宮正洋	プラズマ浸室焼入による鋼の低歪表面硬化
	豊橋技術科学大学	工学研究科 西川原理仁	ループヒートパイプ最適設計理論の構築
	京都大学	工学研究科 鈴木基史	分子振動励起のための狭帯域赤外線源の開発
	大阪大学	工学研究科 芝原正彦	伝熱促進媒体としての燃焼生成微粒子の利用
	兵庫県立大学	物質理学研究科 満身 稔	金属錯体に基づく光電変換素子の創製
	九州大学	工学研究院 藤ヶ谷剛彦	カーボンナノチューブ熱電変換材料の開発
	日本原子力研究開発機構	原子力科学研究所 桑原 彬	プラズマ風洞を用いた同位体比分析法の開発
28	北海道大学	工学研究院 米澤 徹	中温度域潜熱蓄熱ナノフルイドの創製
	筑波大学	システム情報系 嶋村耕平	レーザー衝撃波による流体エネルギー変換器
	筑波大学	数理工学系 守友 浩	電池型熱発電素子の開発と排熱利用
	埼玉大学	理工学研究科 長谷川靖洋	量子効果による巨大ゼーベック効果の実証
	東京工業大学	工学院 渡部弘達	ダイレクトカーボン燃料電池の高出力化
	国土館大学	理工学部 岸本 健	酸素を溶解した液体燃料の燃焼特性
	名古屋大学	工学研究科 出口清一	熱電モジュールの超安定化・高出力化
	名古屋大学	工学研究科 土屋雄司	高効率熱電変換材料の厚膜配向化技術の開発
	名古屋大学	工学研究科 竹中康司	巨大負熱膨張材料 SmS による熱膨張制御
	大阪大学	工学研究科 小林慶裕	超高温過程による新奇ナノ炭素構造体の創成
大阪大学	理学研究科 中澤康浩	少量試料を用いた磁場下断熱型熱益計の開発	
広島大学	工学研究院 松村幸彦	下水汚泥のリン回収型超臨界水ガス化	
29	東北大学	金属材料研究所 水口将輝	熱磁気効果を用いた熱電変換素子の創製
	東京大学	工学系研究科 神原 淳	Si ナノ構造化プラズマスプレー技術開発
	東京工業大学	物質理工学院 寺田芳弘	超高効率熱機関用軽量耐熱 Mg 合金の開発
	慶應義塾大学	理工学部 小茂鳥 潤	燃焼合成反応を利用した表面改質手法の提案
	東京理科大学	理工学部 上野一郎	高密度除熱に向けた蒸気泡崩壊過程の解明
	名古屋工業大学	工学研究科 川崎晋司	排熱で充電する燃料電池
	京都工芸繊維大学	分子化学系 中 建介	有機無機ハイブリッド分子潜熱蓄熱材の開発
	広島大学	工学研究科 深澤智典	木質バイオマス発電燃焼灰の再資源化
	愛媛大学	理工学研究科 中原真也	難処理木質廃棄物の超低温燃焼技術の開発
	舞鶴工業高等専門学校	電子制御工学科 奥村幸彦	水素保炎によるアンモニアバーナーの開発
30	北海道大学	工学研究院 夏井俊悟	熔融塩電解のサブミリ秒スケール熱流動解析
	東北大学	金属材料研究所 岡本範彦	電気化学反応を利用した熱スイッチング材料の開発
	東京大学	工学系研究科 苑 勇	水素燃焼におけるセラミックスの腐食特性
	東京大学	工学系研究科 松井裕章	酸化半導体の熱流制御と透明断熱の開発
	東京工業大学	工学院 渡部弘達	すずの直接かつ連続的エネルギー変換
	東京工業大学	科学技術創成研究院 片瀬貴義	電界効果を利用した超高効率熱電性能の実証
	横浜国立大学	工学研究院 西島喜明	熱輸送電磁メタマテリアルの開発
	名古屋大学	工学研究科 片山尚幸	高熱応答性潜熱蓄熱材料の開発
	豊田工業大学	材料プロセス研究室 南部紘一郎	複合浸室プロセスを利用した鋼の低ひずみ化
	大阪大学	レーザー科学研究所 重森啓介	レーザークリーニングにおける熱影響効果
	大阪工業大学	工学部 平郡 論	電気伝導性芳香族分子の開発
	関西大学	システム理工学部 小田 豊	強い加減速を伴う脈動乱流熱伝達現象の解明
	兵庫県立大学	工学研究科 部家 彰	原子状水素アニールによる表面汚染物除去
	大阪府立大学工業高等専門学校	総合工学システム学科 君家直之	シリカ繊維/エアロゲル複合断熱材の創製

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
平成 31	東北大学	未来科学技術共同研究センター	横田有為	革新的難加工線材作製技術の高度化
	茨城大学	工学部	小峰啓史	ハイブリッド構造熱電変換素子の創成
	東京農工大学	生物システム応用科学府	秋澤 淳	排熱を活用する吸着冷凍サイクルの高効率化
	東京工業大学	物質理工学院	谷口 泉	流動層燃焼法による蓄電池電極触媒の合成
	東京工業大学	科学技術創成研究院	ガバベッチ アンナ	高周波誘導加熱による Al_4SiC_4 の燃焼合成
	岐阜大学	工学部	小林信介	触媒活性用噴流層プラズマ反応装置の開発
	名古屋大学	工学研究科	上野智永	超軽量 CNT 構造体を用いた断熱・伝熱スイッチング
	名古屋工業大学	工学研究科	岸 直希	刺しゅうに基づく発電する断熱材料の開発
	豊橋技術科学大学	工学研究科	中村祐二	低圧場を利用したポリマーの燃焼特性の把握
	三重大学	工学研究科	西村 顕	バイオガス由来 H_2 製造リアクター開発
	大阪府立大学	理学系研究科	小菅厚子	相転移を利用した欠陥含有熱電材料の開発
	岡山大学	自然科学研究科	河原伸幸	バイオマスガスのエンジンシリンダ内燃焼反応素反応モデルの構築
	広島大学	工学研究科	曙 紘之	高周波誘導加熱による元素拡散熱処理の開発
	山口大学	創成科学研究科	田之上健一郎	バイオマス燃焼時のクリンカー生成機構解明
令和 2	東北大学	未来科学技術共同研究センター	大橋雄二	高温環境を可視化する超音波計測技術開発
	群馬大学	理工学府	石井孝文	高温環境での炭素材料の気相酸化機構解明
	千葉大学	工学研究院	劉 醇一	低環境負荷型化学蓄熱材の開発
	東京大学	理学系研究科	山野井慶徳	熱刺激を跳躍運動に変換するケイ素化合物
	慶應義塾大学	理工学部	小茂鳥 潤	高周波熱処理を応用した固体浸炭処理の開発
	静岡大学	工学部	菊池将一	大気圧プラズマを援用した NH_3 フリー窒化
	静岡大学	工学部	青山真大	熔融金属揚程用小型高効率電磁ポンプの開発
	名古屋大学	工学研究科	山田智明	強誘電体ナノ構造による電気熱量効果の増大
	名古屋大学	工学研究科	伊東 裕	高分子熱電デバイスの高性能化指針の解明
	大阪大学	基礎工学研究科	椋田秀和	局所電子揺動由来の熱電性能向上因子の解明
	大阪工業大学	工学部	和田英男	赤外線スマートウィンドウの開発
	香川大学	創造工学部	奥村幸彦	シンガス対応のバーナーおよびエンジン開発
	九州大学	工学研究院	山本 剛	CO_2 の高効率分解による高濃度 CO の生成
	北九州工業高等専門学校	生産デザイン工学科	山本洋司	二酸化炭素無排出亜酸化窒素バーナーの開発
3	北海道大学	工学研究院	荻野 勲	マイクロ波加熱による電極触媒の高性能化
	東北大学	金属材料研究所	木口賢紀	熱処理による LPSO 型 Mg 合金の組織制御
	東京大学	理学系研究科	山田鉄平	配位高分子を用いた熱回収システムの構築
	東京農工大学	工学研究院	伏見千尋	フラッシュ加水分解による高効率オイル生産
	東京電機大学	工学部	小林佳弘	PM の特性に及ぼす潤滑油添加の影響
	名古屋大学	工学研究科	原田 寛	縮流下での微細気泡生成条件に関する検討
	名古屋工業大学	工学研究科	石井陽祐	熱利用による超高压電解水素製造の高効率化
	豊田工業大学	工学研究科	田辺賢士	薄膜における熱伝導率の計測手法の開発
	豊橋技術科学大学	工学研究科	中村祐二	粉体による燃焼促進特性の評価法開発
	大阪大学	接合科学研究所	近藤勝義	水素を利用したチタン粉末充填焼結法の開発
兵庫県立大学	工学研究科	朝熊裕介	無次元数によるマイクロ波加熱の定式化	
4	東北大学	電気通信研究所	大塚朋廣	原子層ナノ構造による熱電変換技術の研究
	金沢大学	理工研究域	春木将司	希土類系化学蓄熱材による低温排熱の利用
	静岡大学	学術院工学領域	吹場活佳	水素の特性を生かした革新的内燃機関の開発
	静岡理工科大学	理工学部	野内忠則	エンジン排気 CO_2 回収用疎水性吸着材の検討
	立命館大学	理工学部	渡部弘達	固体酸化物 CO_2 電解セルのオペランド観察
	大阪公立大学	工学研究科	山田幾也	超高压合成法を用いたゼロ熱膨張材料の創製
	広島大学	先進理工系科学研究科	今榮一郎	導電性高分子の熱電特性に及ぼす添加剤効果
	徳島大学	社会産業理工学研究部	名田 謙	火炎浮き上がり高さに対する周囲流速の影響
	九州大学	工学研究院	山本 剛	マイクロ波プラズマによる固体燃焼法の開
	九州大学	工学研究院	梅原裕太郎	熱制御高度化による画期的熱処理技術の開発
	九州大学	工学研究院	津田伸一	液化水素の界面蒸発速度の量子分子論的解明
	熊本大学	先進マグネシウム国際研究センター	白石貴久	β 型チタン合金の熱駆動組成分配現象の解明
	長岡工業高等専門学校		島宗洋介	省資源光吸収層用レーザー熱処理技術の開発

●研究助成事業実績

(所属は交付当時・敬称略)

年度	研究責任者			研究テーマ
令和5	北海道大学	工学研究院	金野佑亮	低重力場における材料燃焼性評価手法の開発
	北見工業大学	工学部	林田和宏	水素添加が噴霧燃焼特性に及ぼす影響の解明
	東京工業大学	物質理工学院	谷口 泉	過熱水蒸気を用いた蓄電デバイス材料の合成
	東京工業大学	科学技術創成研究院	田中裕也	金属錯体に基づく分子熱電素子の開発
	慶應義塾大学	理工学部	小茂鳥 潤	スマート浸炭処理の開発と鋼の高疲労強度化
	東京都立大学	都市環境科学研究科	秦 慎一	環境発電のためのn型有機材料の開発
	新潟大学	工学部	齊藤健二	バナジウムを用いたNbC電極触媒の高効率かつ炭素蓄積型固相合成技術の開発
	岐阜大学	工学部	朝原 誠	データ科学による水素燃焼特性の開拓
	名古屋大学	工学研究科	伊藤靖仁	噴流の熱拡散制御に関する実験研究
	大阪大学	工学研究科	芝原正彦	深層学習による伝熱面のマイクロ特性の最適化
	大阪大学	理学研究科	小林裕一郎	重縮合系硫黄ポリマーの合成と材料への応用
	大阪大学	理学研究科	塩貝純一	ナノシート積層構造を活用した熱電変換材料
	大阪公立大学	工学研究科	安田雅昭	電子線改質したグラフェンの熱輸送特性解析
	広島大学	先進理工系科学研究科	平野知之	気相燃焼法による機能性微粒子の球状化
新居浜工業高等専門学校		當代光陽	機械学習によるTiAl基耐熱合金組織の自動判定	

表彰事業実績

財団設立後、今日迄の42年間で、熱技術賞46名、粉生熱技術振興賞75名となっており、それぞれ次の方々に贈呈いたしました。

◎熱技術賞

(所属は交付当時・敬称略)

年度	氏名	所属	役職	推薦団体
昭和57	豊田 茂	新日本製鐵(株)	取締役副社長	(社)日本鉄鋼協会
58	國井大蔵	東京大学 工学部	教授	(財)省エネルギーセンター
	功刀雅長	愛知工業大学 工学部	教授	(社)窯業協会
59	田村今男	京都大学 工学部	教授	(社)日本熱処理技術協会
	飛山一男	いすゞ自動車(株)	代表取締役社長	(社)自動車技術会
60	上杉年一	山陽特殊製鋼(株)	代表取締役副社長	(社)日本鉄鋼協会
	辻 廣	埼玉大学 工学部	教授 東京大学名誉教授	日本燃焼研究会
61	林 武志	耐火物技術協会	会長	(社)窯業協会
	一色尚次	日本大学 工学部	教授 東京工業大学名誉教授	(社)日本機械学会
62	鶴巻良輔	昭和シェル石油(株)	専務取締役	(社)日本プラントメンテナンス協会
63	神野 博	京都大学 工学部	教授 工学部長	日本燃焼研究会
平成1	新美 格	豊田工業大学 工学部	教授	(社)日本金属学会
2	林 主税	日本真空技術(株)	代表取締役会長	(社)日本真空工業会
3	甲藤好郎	日本大学 理工学部	教授 東京大学名誉教授	(社)日本機械学会
4	永井親久	(株)神戸製鋼所	代表取締役副社長	(社)日本鉄鋼協会
5	平田 賢	芝浦工業大学 システム工学部	教授 東京大学名誉教授	(社)日本機械学会
6	北岡 徹	日本セメント(株)	代表取締役会長	(社)日本セミック協会・(社)セメント協会
7	谷口 博	北海学園大学 工学部	教授 北海道大学名誉教授	(社)日本ガスタービン学会
8	鈴木 孝	日野自動車工業(株)	顧問 技監	(社)自動車技術会
9	田中良平	(株)超高温材料研究センター	技術顧問 東京工業大学名誉教授	(社)日本鉄鋼協会
10	永井 敏	ハリマセラミック(株)	顧問	耐火物技術協会
11	廣安博之	近畿大学 工学部	教授 広島大学名誉教授	日本燃焼学会
12	高橋 進	関東冶金工業(株)	代表取締役社長	(社)日本工業炉協会
13	山口正治	京都大学 大学院工学研究科	教授	(社)日本金属学会
14	杉田 清	耐火物技術協会	名誉会員	耐火物技術協会
15	平野敏右	(独)消防研究所	理事長 東京大学名誉教授	(社)日本火災学会
16	鈴木泰信	NTN(株)	代表取締役副社長	(社)日本ベアリング工業会
17	牧 正志	京都大学 大学院工学研究科	教授	(社)日本熱処理技術協会
18	林 稔	アイシン精機(株)	代表取締役副社長	(社)日本熱処理技術協会
19	香月正司		大阪大学名誉教授	日本燃焼学会
20	森田 研	パナソニックプラズマディスプレイ(株)	代表取締役社長	(社)電子情報技術産業協会 関西支部
21	伊東弘一	早稲田大学理工学術院総合研究所	客員教授 大阪府立大学名誉教授	(一社)エネルギー・資源学会
22	野村 寛	JEEスチール(株)	代表取締役副社長	(社)日本鉄鋼協会
23	武田信生	立命館大学 総合理工学研究機構エコテクノロジー研究センター	客員教授 センター長 京都大学名誉教授	(一社)廃棄物資源循環学会
24	三木伸一	住友精密工業(株)	代表取締役社長	(一社)日本鉄鋼協会
25	佐藤順一	(株)IHI	顧問	(一社)日本機械学会
26	西本利一	東京製鐵(株)	代表取締役社長	(公財)池谷科学技術振興財団
27	川 寄 修	(株)東研サーモテック	代表取締役社長	日本金属熱処理工業会
28	尾上善則	(株)神戸製鋼所	代表取締役副社長	(一社)日本鉄鋼協会
29	岡崎 健	東京工業大学 科学技術創成研究院	特命教授 東京工業大学名誉教授	(一社)日本機械学会
30	山口明良	(一財)岡山セラミックス技術振興財団	顧問	耐火物技術協会
31	村上英樹	日本製鉄(株)	技術開発本部 フェロー	(一社)日本鉄鋼協会
令和2	三島良直	(国研)日本医療研究開発機構	理事長 東京工業大学名誉教授	(公社)日本金属学会
3	小林秀昭	東北大学 流体科学研究所	教授	(一社)日本燃焼学会
4	古川誠博	JFEスチール(株)	専務執行役員 西日本製鉄所長	(一社)日本鉄鋼協会
5	成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長 教授	(一社)日本燃焼学会

●表彰事業実績

◎粉生熱技術振興賞

(所属は交付当時・敬称略)

年度	氏名	所属	役職	推薦団体
昭和61	堀江 鋭二	イソライト工業(株)	取締役社長	(社)日本工業炉協会
	大竹 一友	豊橋技術科学大学 工学部	教授	日本燃焼研究会
62	篠原 虔章	川崎製鉄(株) エネルギー技術部	部長	(社)日本鉄鋼協会
	平野 敏右	東京大学 工学部	教授	(社)日本火災協会
63	渡部 康一	慶應義塾大学 理工学部	教授	日本熱物性研究会
	竹内 修	石川島播磨重工業(株) 機械鉄構事業本部	部長代理	(社)日本工業炉協会
平成1	小林 廣	(株)平川鉄工所	取締役 技術部長	(社)日本ボイラ協会
	高城 敏美	大阪大学 工学部	教授	日本燃焼研究会
2	伊藤 文夫	東京電力(株) 技術開発部	開発研究所長	ジャパン・フレーム・リサーチ・コミッティ
	架谷 昌信	名古屋大学 工学部	教授	(社)化学工学会
3	吉田 正彦	タイホー工業(株)	常務取締役	(社)日本工業炉協会
	城戸 裕之	九州大学 工学部	教授	日本燃焼学会
4	三木 泰	(株)東洋金属熱練工業所	常務取締役	大阪府立鍛圧熱処理技術センター
	定方 正毅	東京大学 工学部	教授	(社)化学工学会
5	仲町 一郎	東京ガス(株)産業営業部 技術開発グループ	マネージャー	ジャパン・フレーム・リサーチ・コミッティ
	牧 正志	京都大学 工学部	教授	(社)日本熱処理技術協会
6	小島 久義	日産自動車(株) 富士工場	取締役 工場長	(社)日本塑性加工学会
	齋藤 武雄	東北大学 工学部	教授	日本太陽エネルギー学会
7	合野 定彦	住友金属工業(株) 地球環境部	専任部長	(社)日本鉄鋼協会
	河野 通方	東京大学 大学院工学系研究科	教授	日本燃焼学会
8	松尾 護	日本ファーンレス工業(株) 基本技術本部	取締役 副本部長	(社)日本工業炉協会
	馬越 佑吉	大阪大学 工学部	教授	(社)日本鉄鋼協会
9	牧 徹	光洋リンドバーグ(株)	副社長	(社)日本工業炉協会
	吉田 亮	東京電機大学 工学部	教授	日本燃焼学会
10	篠崎 斌	(株)クボタ 素形材事業本部 素形材事業第一部	鉄鋼研究部 副部長	(財)素形財センター
	友田 陽	茨城大学 工学部	教授	(社)日本金属学会
11	福嶋信一郎	日本鋼管(株) 鉄構技術センター 環境エネルギー部	エネルギー主席	(社)日本鉄鋼協会
	宮内 敏雄	東京工業大学 工学部	教授	(社)日本機械学会
12	丸山 公一	東北大学 大学院工学研究科	教授	(社)日本金属学会
	林 順一	新日本製鐵(株) 技術開発本部 先端技術研究所	エネルギー・環境基盤研究部長	(社)日本鉄鋼協会
13	山本 博	大阪ガス(株) エネルギー開発部	部長・燃焼技術チームマネージャー	日本バーナ研究会
	石塚 悟	広島大学 大学院工学研究科	教授	日本燃焼学会
14	宮本 欽生	大阪大学 接合科学研究所	教授	(社)日本セラミックス協会
	西川 直	横河電機(株) プロダクト事業部 フィールド機器センター技術部 伝送器グループ	係長	(財)省エネルギーセンター
15	佐藤 安司	(株)宮本工業所	専務取締役	(社)日本工業炉協会
	岡崎 健	東京工業大学 大学院理工学研究科	教授	(社)化学工学会
16	中村 秀樹	日立金属(株)ファイブメット メトガラス事業推進部	事業役員	(財)素形材センター
	中山 喜萬	大阪府立大学 大学院工学研究科	教授	応用物理学会 関西支部
17	影近 博	JEEスチール(株)	専務執行役員・スチール研究所長	(社)日本鉄鋼協会
	菱田 公一	慶應義塾大学 理工学部	教授	(社)日本伝熱学会
18	鈴木 富雄	(株)神鋼環境ソリューション	取締役技術開発本部長	日本燃焼学会
	河本 邦仁	名古屋大学 大学院工学研究科	教授	(社)日本セラミックス協会
19	西岡 潔	新日本製鐵(株) 技術開発本部 技術開発企画部	執行役員 部長	(社)日本鉄鋼協会
	吉葉 正行	首都大学東京 大学院理工学研究科	教授	(社)日本機械学会
20	吉田 壽夫	(株)山武アドバンスオートメーションカンパニー	執行役員	日本バーナ研究会
	高杉 隆幸	大阪府立大学 大学院工学研究科	教授	(社)日本金属学会
21	原田 広史	(独)物質・材料研究機構 超耐熱材料センター	センター長	(社)資源協会
	三島 良直	東京工業大学 大学院総合理工学研究科	教授	(社)日本金属学会
22	兵藤 剛二	(株)大阪チタニウムテクノロジーズ	常務取締役	(社)日本チタン協会
	塩路 昌宏	京都大学 大学院エネルギー科学研究科	教授	(社)自動車技術会
23	栗谷川 悟	ソーラーフロンティア(株)	執行役員 技術本部長	(社)日本工業炉協会
	成瀬 一郎	名古屋大学 大学院工学研究科	教授	(一社)日本燃焼学会

●表彰事業実績

年度	氏名	所属	役職	推薦団体
平成 24	川 寄 一 博	高周波熱練(株)	専務取締役	(一社)日本熱処理技術協会
	鶴 田 俊	秋田県立大学 システム科学技術学部	教授	(公社)日本火災学会
25	丸 田 薫	東北大学 流体科学研究所	教授	(一社)日本燃焼学会
26	河 野 幸 次	新日鐵住金(株) 設備・保全技術センター 無機材料技術部	主幹	耐火物技術協会
	木 村 一 弘	(独)物質・材料研究機構 材料信頼性評価ユニット	ユニット長	(独)物質・材料研究機構
27	河 田 一 喜	オリエンタルエンジニアリング(株)	代表取締役社長	(一社)日本工業炉協会
	長 坂 雄 次	慶應義塾大学 理工学部	教授	日本熱物性学会
28	小 林 敬 幸	名古屋大学 大学院工学研究科	准教授	(一社)エネルギー・資源学会
	店 橋 護	東京工業大学 工学院	教授	(公社)日本伝熱学会
29	大 林 功 治	アイシン・エイ・ダブリュ株式会社 生産技術本部	執行役員	(一社)日本熱処理技術協会
	山 本 剛	九州大学 大学院工学研究院	准教授	(公社)化学工学会
30	藤 田 修	北海道大学 大学院工学研究院	教授	(一社)日本燃焼学会
	山 田 哲 也	アズビル(株) アドバンスオートメーションカンパニー	CP開発部 副部長	(一社)日本工業炉協会
31	奥 宮 正 洋	豊田工業大学 機械システム分野	教授	(一社)日本熱処理技術協会
	藤 岡 恵 子	(株)ファンクショナル・フルイッド	代表取締役社長	(公社)化学工学会
令和 2	谷 口 善 一	ウメトク(株)	常務執行役員 熱処理事業部長	(一社)日本工業炉協会
	板 谷 義 紀	岐阜大学 工学部 機械工学科	教授	(一社)日本エネルギー学会
3	御 手 洗 容 子	東京大学 新領域創成科学研究科	教授	(公社)日本金属学会
	吉 本 成 実	三建産業(株)	取締役	(一社)日本工業炉協会
4	久 米 道 也	日垂化学工業(株) 第一部門M生産部	部長	日本ボンド磁性材料協会
	西 本 明 生	関西大学 化学生命工学部	教授	(一社)日本熱処理技術協会
5	中 野 貴 由	大阪大学 大学院工学研究科	教授	(公社)日本金属学会
	丸 野 耕 一	山里産業(株) 標準室	室長	(一社)日本電気計測器工業会

評議員・理事・監事・顧問 (50音順 令和6年3月31日現在)

理事長	谷川	寛	株式会社横河ブリッジ 社友
評議員	粉生	博	元 茶谷産業株式会社 顧問
〃	谷川	正	中外炉工業株式会社 名誉会長
〃	灘本	正博	元 大阪商工会議所 専務理事
〃	架谷	昌信	愛知工業大学 特任教授 名古屋大学名誉教授
〃	牧野	忠裕	関西電力株式会社 ソリューション本部 法人ソリューション担当部長
専務理事	大原	孝	当財団 事務局長
理事	荏開津	孝生	Daigasエナジー株式会社 ビジネス開発部 技術開発チーム マネージャー
〃	香月	正司	大阪大学名誉教授
〃	田中	顕	横河ソリューションサービス株式会社 執行役員 関西・四国本部長
監事	桑木	肇	公認会計士
〃	山田	四司一	税理士
顧問	岡本	平	大阪大学名誉教授
〃	佐藤	眞住	国立研究開発法人物質・材料研究機構名誉顧問

公益財団法人谷川熱技術振興基金 事業報告書 第42号

発行日 令和6年6月30日

発行所 **公益財団法人 谷川熱技術振興基金**

〒550-0001大阪市西区土佐堀1丁目6-20

電話・FAX 06(6444)2120

<https://www.disclo-koeki.org/04a/00707/index.html>

((公財)公益法人協会 共同サイト内)
