

## アイソトープ総合部門

部門長 中島 覚

アイソトープ総合部門は、自然科学研究支援開発センターの一つの部門として全学の教育研究の支援を行うとともに、私たちの放射線施設だけでなく全学の放射線施設の中心として放射線安全管理に貢献することがミッションです。それと同時に、広島大学の教育研究にも直接貢献してまいりました。この場では、平成 29 年度の活動の一部を紹介するとともに今後アイソトープ総合部門がどうあるべきかについて述べることにより、ご挨拶に代えさせていただきます。なお、私たちの活動は放射性同位元素教育研究部と放射性同位元素管理部の二つの部で行っています。それぞれの部には 1 名ずつ専任教員が配置されており、その教員が中心になって業務を積極的に行ってています。活動の詳細はそれぞれの部の活動報告にまとめられていますのでそちらをご覧ください。

### 1. 学内での貢献

放射性同位元素、放射線発生装置の利用は法令で規制されています。それらを利用するためには、放射線業務従事者として登録される必要があります。その登録には、教育訓練と健康診断を受けなければなりません。私たちは教育訓練を行い、健康診断のアレンジを行い、保健管理センターに実施していただいたうえで登録を行っております。教育訓練は毎年約 20 回、日本語のみならず、英語でも行っております。私どもの施設を使った放射性同位元素の利用に関しては、実験室の提供、共同利用機器の整備、安全管理、被ばく管理を行い、また学内外の施設の利用者に対して証明書の発行、被ばく管理を行っています。

私たちは、私たちの放射線施設だけでなく、広島大学内の他放射線施設の安全管理に関する貢献をしていきたいと考えています。部門長は全学の放射性同位元素委員会では委員長として貢献しておりますし、部門のメンバーは重点自主検査の重要な検査員となっております。私たちはまた、学内他施設の教育訓練の支援を行っており、そして空間線量やスミア検査などの測定に関する貢献しております。このような観点からの全学支援も積極的に行っていきたいと考えています。

「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」が「放射性同位元素等の規制に関する法律」に変更されました。これまでの法律の目的は、放射線業務従事者の放射線障害の防止と公共の安全確保が目的でしたが、新しい法律ではこの目的に加えて放射性同位元素の防護（セキュリティ対策）が追加されました。この法令改正には多くのことが含まれており、全学の中心になって対応を進めております。

今年度は、日本学術会議から「大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化について」の提言が出されました。これを受けて私たちの大学はどのような対応を取るべきか検討しなければなりません。

### 2. 全国での貢献

私たちは日本アイソトープ協会、日本放射線安全管理学会、大学等放射線施設協議会等を通して全国の RI 施設と連携を取りながら活動しています。この中では、それぞれ、副部会長、副会長、理事として活動しており、これは全国的にも広島大学が貢献しなければならないことであると考えています。今年度は特に、日本放射線安全管理学会の教育訓練の時間と内容に関するアドホック委員会の委員長、委員として貢献してまいりました。また、原子力規制庁原子力規制人材育成事業のフィールドモニタリング実習にも参加しました。これからも、広島大学のセンターとしてのプレゼンスをより一層あげていきたいと意気込んでおります。

### 3. LPへの貢献

広島大学では、「放射線災害復興を推進するフェニックスリーダー育成プログラム－放射線災害による人と社会と環境の破綻からの復興を担うグローバル人財養成－」が平成23年度、文部科学省「博士課程教育リーディングプログラム」に採択されました。私たちのアイソトープ総合部門は放射能環境保全コースの支援をさせていただいています。また、アイソトープ総合部門はこのプログラムのトレーニングセンターとなり、アイソトープ総合部門を使用して実習を行っています。教授は環境保全コースのコースリーダーとして貢献しており、また平成29年度末現在このプログラムの学生8名が教授のグループに在籍し、勉学に励むとともに研究を進めています。この点に関しましてもなお一層貢献したいと考えています。

### 4. 独自の研究

支援センターの教員であっても各自の研究を進めることは大学人として当然であります。スタッフ全員がこのことも忘れず研究活動を展開していくかなければならないと考えています。アイソトープ総合部門としては引き続き放射線安全管理に関する研究や環境保全に関する研究、さらには福島復興に関する研究を進めていきたいと考えています。また、教授は理学研究科化学専攻分子反応化学講座で放射線反応化学研究グループを率いており、放射線が関係する化学研究を中心に教育研究を積極的に行ってています。

私たちは全学的な放射線安全管理と放射線利用教育研究の推進に努めるとともに我々独自の研究も強く進めてまいります。それと同時に、放射線災害からの復興の核となる人材の育成にも、微力ですが努めてまいりたいと思います。さらに、学外での活動においても広島大学として相応の貢献をしたいと考えています。より一層貢献してまいりますので、ぜひ関係各位のご理解を賜りたく存じます。

【アイソトープ総合部門での研究紹介】  
環境中の微生物による Cs の移行に与える影響に関する研究

稻田晋宣

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故により環境中に放射性物質が放出された。中でも  $\gamma$  線放出核種である Cs-137 は、長い半減期（30.04 年）を持っており、環境中の挙動が注目された。食物では放射能測定が行われ、植物では Cs-137 の吸収について多数報告された。Cs は K や Na と同じアルカリ金属で微量であるが環境中に存在しているが、K のように生態に必須な元素ではなく、機能的に生体内の K と取って代わる（あるいは補う）ことはできない。また生体に取り込まれる際に K の取込みを阻害するなどの毒性が知られている。一方でその耐性は微生物種により異なり、Cs を蓄積する微生物種も報告されている。環境中には多く微生物が存在しているが、生育の過程で環境中の元素を吸収し、その中で Cs-137 をその菌体内に取込み、蓄積した状態で環境中を移動することで、Cs-137 の環境中の動態に影響を与えている可能性を考えた。

我々は、広島大学東広島キャンパスの下水およびキャンパス下流の角脇調節池の環境放射能調査および微生物に関する解析を行ってきた。環境水中には多くの微生物が存在することから、この環境水サンプルを用いて微生物による Cs の影響について検討することにした。

池水中の微生物（群）への影響は、は固体培地上に池水を接種し、現れるコロニーの数を計測することで確認した。様々な濃度の Cs を含む固体培地上に池水を接種し Cs の影響を確認した結果、比較的低濃度（1mM や 5mM）では変化は確認できず、10mM からコロニー形成数の減少が確認された（図 1）。一般的に、細胞内に取り込まれた Cs は K チャネルを通して細胞外に排出されるがその効率は K と比較して非常に低いことが知られている。生育阻害は、Cs を細胞内に取り込み、蓄積した影響によるものと推察される。

また生育速度は遅くなる（コロニーが小さくなる）が、比較的高濃度の Cs 存在下でも生育する種も存在していた（図 2 例ええば 20mM）。これらの種は（生育できない種と比較して）、細胞内の Cs を効率良く排出できる、または Cs の取込効率が低いなどの可能性が考えられた。培地の栄養素を低下させた時、Cs の耐性が変化しており、この耐性は代謝と関連していると考えられる。また生育の低下とともに、Cs の細胞内の蓄積による影響と思われる色素生産性が消失する種も確認された。微生物種の同定を行ない、これらの機能の違いについて比較解析を行っている。Cs の毒性に関する報告がある一方で、Cs によって活性化される、あるいは安定化する酵素に関する報告もあり、Cs が生体内の酵素活性などの機能に影響を及ぼしていることが分かる。中には Cs に応答する機能も存在する可能性も十分に考えられる。

本来生物は、自然環境中に存在しており、Cs に限らず環境中に存在する元素により応答する機能を有していることは十分考えられる。微生物が本来持っている機能を活用することを目指し、今回の Cs の耐性に関連する機能に加えてその他の元素に応答する機能についても解析していく予定である。

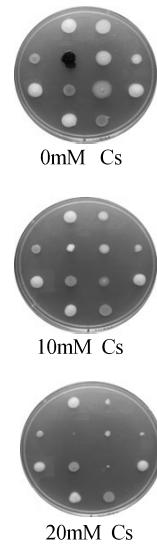
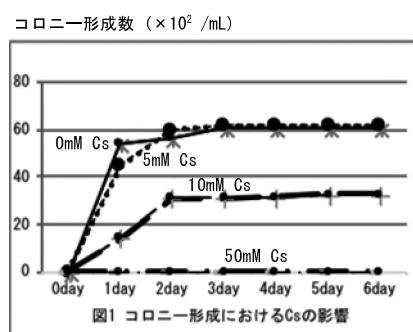


図2 Cs を含んだ培地でのコロニー形成

## 【施設利用者の研究紹介】

### リン代謝経路の再構築によるバイオセーフティー技術開発

大学院先端物質科学研究所 分子生命機能科学専攻 廣田隆一

遺伝子組換え技術は現在のバイオテクノロジーを支える基盤技術である。異種生物由来のDNAを宿主微生物に導入することで新たな能力を付与したり、代謝経路を変更してバイオプロセスにおける物質生産性を大きく高めることができる。さらに最近ではゲノム編集技術の発展やDNA合成の大幅な効率化によって、従来の技術では作ることができなかつたような、いわゆる「合成生物」と呼ばれるような育種株を作り出すことも可能になってきている。これら遺伝子組換え微生物（GMM）の利用は、もはや実験室の物理的に封じ込められた範囲だけでなく、環境、医療、農業分野など開放系での様々な局面が想定されている。しかし、GMMの開放利用は、生物多様性の保全に及ぼすリスクの点から、カルタヘナ法による規制を受ける。また、物理学的に封じ込められた条件であっても産業目的の様に大規模で培養が行われる場合は、漏出のリスクに備えた拡散防止措置を執ることが望まれる。「生物学的封じ込め」は、GMMが環境中では生存できない遺伝的性質をあらかじめ与えておくことで拡散を防ぐ概念である。合成生物学が進展し、開放系を想定したGMM開発が進められている現在、生物学的封じ込めによるバイオセーフティー技術が注目され始めている。

リンはあらゆる生物の必須元素であり、自然環境中ではリン酸 ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) あるいはそのエ斯特ル体の形態で存在するが、環境中では制限栄養塩となりやすい。バクテリアはリンの獲得系を発達させており、酸化状態が異なるリンを利用する能力を備えているものが存在する。我々は、微生物が有する様々なリンの代謝機構の研究を行ってきた過程で、バクテリアがもつ特殊なリン代謝経路を生物学的封じ込めに利用する事を考えた。亜リン酸 ( $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ) は3価のリンであり、天然にはほとんど存在しない。そこで、リン酸を利用できず、亜リン酸だけしか利用できない性質を作ることができれば、その生物は環境中では生存できなくなると考えられる。つまり、亜リン酸の要求性による増殖のコントロール、すなわち生物学的封じ込めが可能になるとを考えた。亜リン酸デヒドロゲナーゼ (PtxD) は亜リン酸を酸化する酵素である。亜リン酸利用能の付与はこの遺伝子の導入によって可能であった。次に必要となったのは、リン酸の利用能力を喪失させることであったが、これは内在性のリン酸（および有機リン酸）輸送体遺伝子の破壊により可能であった。問題になったのは、「リン酸を取り込みず、亜リン酸だけを選択的に細胞内に取り込むことのできる輸送体」が存在するかということであった。様々なリン輸送体の探索を行い、幸運にもこの様な性質を示す輸送体を発見することができた。この輸送体の基質選択性のメカニズムはまだ不明であるが、放射性同位元素 ( $^{32}\text{P}$ ) で標識されたリン酸を使用した取り込み実験により、この輸送体はリン酸に対しては全く特異性を示さないことが確認されている（図1右）。作製した大腸菌の封じ込め株は、期待通り亜リン酸培地でのみ増殖し、他のいかなる培地（リン源がリン酸あるいはリン酸化合物である通常の培地）でも全く増殖しないということが確認された（図2矢印）。

この封じ込め手法の重要な特徴のひとつは、エスケープ変異株（リン酸利用能を獲得した変異株）の出現頻度が著しく低いことである。これは、バイオセーフティー技術に求められる最も重要な要素のひとつであり、本手法は現時点での報告されている中で最も効果が高い。さらに、この手法はシンプルであるため原理的にはあらゆる生物に適用可能である。現在我々はバイオ燃料生産の有望な宿主として注目されている微細藻類への適用を試みており、実際に藍藻で利用できることを確認している。

生物を「創る」研究が急速に進展している一方で、安全に「使う」研究は大きく後れをとっている。バイオテクノロジーに対する不安や懸念を生み出すひとつの要因になっている。人類の有益な技術としてバイオテクノロジーを安全に活用するためにも、より実用的で効果の高いバイオセーフティー技術の開発が必要である。今後、様々な利用局面を想定した実験により、封じ込め株の安定性や環境中へのインパクトを評価していく予定である。

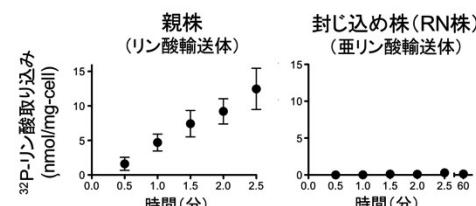


図1: 放射性リン酸( $^{32}\text{P}-\text{PO}_4^{3-}$ )を用いた取り込み試験

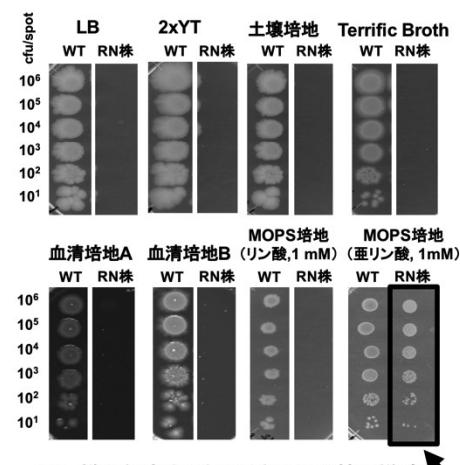


図2: 様々な培地における封じ込め株の増殖

## I. 放射性同位元素教育研究部

生命科学や物質科学の研究分野において放射性同位元素および放射線を用いた基礎・応用研究を推進するための支援を担当している。このために必要となる、法令に基づいた放射線の安全取扱いについての教育を定期的に行うとともに、学内の放射線施設である放射光科学研究センターや、全国共同利用施設である SPring-8 などの利用者のための放射線業務従事者登録を行っている。当部門は生物、化学、地学、物理分野にわたり、ゲノム解析、生体機能解析、標識化合物の利用、環境関連研究、福島支援、メスバウア一分光、放射線の物理的、工学的応用などの研究支援のために最新機器を備えている。また環境放射能調査における生物学的解析を行っている。



教育訓練実習



環境水中の微生物のDGGE解析

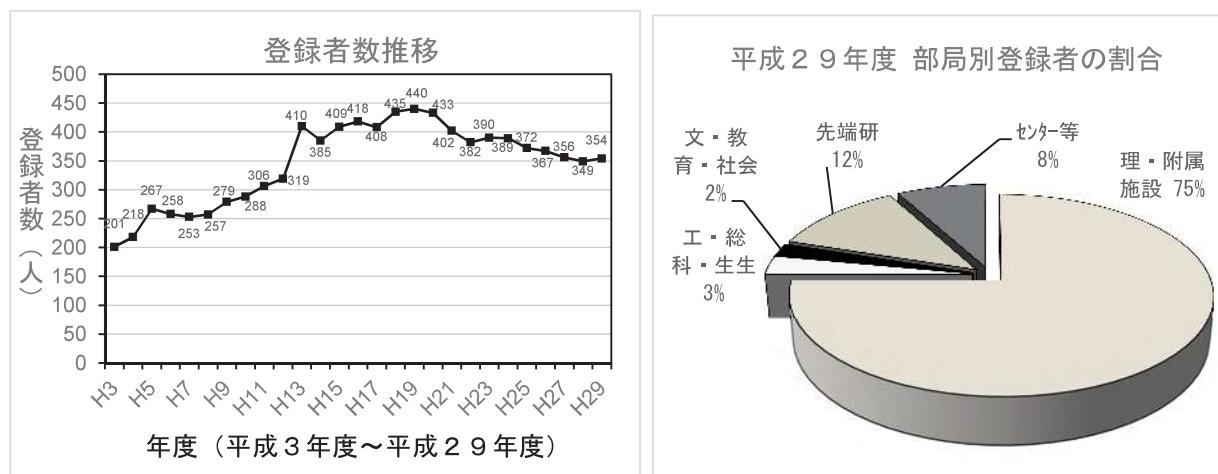
### I-1. 施設の利用状況

#### 【RI 施設の利用状況】

放射線を利用するには、法律に基づいて管理された施設（管理区域）で使用することが義務づけられている。当部門では全学の希望者に対し放射性同位元素を使用するための実験スペースの提供や研究推進のために各種解析装置の導入、組換えDNA実験が可能な実験室、動物飼養設備を整備し、これらの保守や定期自主検査への対応などその維持・管理に努めている。この他に放射線測定器の貸出しや RI 利用に関する問い合わせに教職員が対応するなど、RI 研究の支援全般を行っている。

平成29年度の登録・施設利用状況は以下のとおりである。

登録者数の推移および部局別からみた割合



## 【利用申請者と研究テーマ】

当部門施設利用者

利用申請者	研究テーマ	利用者数
理学研究科		
濱生 こずえ	動物細胞の細胞分裂メカニズムの解明	1
高橋 陽介	植物伸長生長制御機構／植物の環境応答制御機構	10
鈴木 克周	超生物界間 DNA 輸送系の研究	3
泉 俊輔	植物細胞の化学ストレス応答の解明	3
山本 順	ウニ初期胚における遺伝子発現調節機構の研究	4
坂本 敦	形質転換植物の分子形質発現解析	2
井出 博	DNA 損傷修復機構の解明	12
片柳 克夫	蛋白質の X 線構造解析	2
出口 博則	コケ植物に対する放射線影響評価	1
中島 覚	環境放射能	7
附属植物遺伝子保管実験施設		
草場 信	高等植物の分子遺伝学的研究	3
文学研究科		
奥村 晃史	放射性炭素同位体年代測定	1
先端物質科学研究科		
加藤 純一	ウイルス、ファージ植物等の分子生物学的研究	2
黒田 章夫	細菌のポリリン酸代謝制御機構の解明	6
荒川 賢治	放線菌の二次代謝制御機構および放射線感受性に関する研究	4
上野 勝	テロメアの機能解析	1
工学研究科		
遠藤 曜	環境放射線計測	1
梶本 剛	工学部におけるR I 管理：スマア測定	1
金田一 智規	MAR-FISH 法を用いた環境微生物の機能解析	2
生物圏科学研究科		
矢中 規之	肥満白色脂肪組織の新規標的因子の探索	1
総合科学研究科		
斎藤 祐見子	脳内摂食受容体分子 MCH1R の活性制御機構	2
山崎 岳	排水管理業務	1
山田 俊弘	森林生態系内の放射性物質動態	2
両生類研究センター		
矢尾板 芳郎	両生類の変態の分子機構	1
鈴木 厚	初期発生の分子機構	2
古野 伸明	両生類の卵形成・発生の機構解析、両生類の異環境への影響	1
三浦 郁夫	両生類の性決定と系統進化	2
高瀬 稔	両生類におけるホルモン作用機構の解明	1
倉林 敦	魚類両生類爬虫類の転移因子に関する研究	3

自然科学研究支援開発センター		
田中 伸和	遺伝子発現の調節研究	2
中島 覚	金属錯体の集積化によるスピノン状態の制御、多核錯体の混合原子価状態	9
稻田 晋宣	微生物における金属元素の影響、環境放射能	1
松嶋 亮人	バイオマットによる放射性物質の吸着	1
理学部		
井出 博	ラジオアイソトープ取扱の講習と基本操作の実習	33

他施設利用者 ( ) 内は、当部門施設利用者数 (内数)

利用申請者	研究テーマ	利用者数
理学研究科		
杉立 徹	高エネルギー原子核衝突実験	6
深沢 泰司	高エネルギー宇宙・素粒子実験	26
黒岩 芳弘	放射光を用いた誘電体構造物性	15
木村 昭夫	放射光を用いた強相関物質の光電子分光	18
圓山 裕	放射光を用いた電子物性研究	15
平谷 篤也	シンクロトロン放射光を用いた分子光科学反応の研究	11
西原 穎文	キラル磁性体／マルチフェロイクス化合物の構造と物性	20
岡田 和正	放射光を用いた軟X線分子分光および光化学反応の研究	4
井口 佳哉	NEXAFS による、金薄膜上のクラウンエーテル単分子膜の配向決定	3
安東 淳一	高圧力下での鉱物物性	3
大川 真紀雄	X線回折実験	1
片山 郁夫	蛇紋岩の形成過程とマントルウェッジの含水化	1
佐藤 友子	超高压地球物理学	1
井上 徹	超高压地球科学	3
川添 貴章	地球内部物性	1
宮原 正明	隕石に含まれる高压相の解明	4
白石 史人	STXM を用いたシアノバクテリア石灰化過程の研究	2
薮田 ひかる	地球惑星物質の放射光分析	3
柴田 知之	環境試料中の放射性核種分析への同位体比分析法の適用の検討	1
井出 博	DNA 損傷修復機構の解明	5 (5)
片柳 克夫	蛋白質のX線構造解析	2 (2)
楯 真一	タンパク質の動態解析	2
中田 聰	リン脂質膜の配向に関する研究	1
中島 覚	環境放射能	1 (1)
附属植物遺伝子保管実験施設		
草場 信	高等植物の分子遺伝学的研究	1 (1)
教育学研究科		
薦岡 孝則	希土類金属間化合物の中性子回折	1

文学研究科			
野島 永	考古学における金属遺物の構造分析		1
先端物質科学研究科			
世良 正文	強相関電子系の物理	6	
高畠 敏郎	遷移金属酸化物及び希土類化合物	3	
高橋 徹	加速器を用いた素粒子実験	7	
岡本 宏己	ビーム物理・加速器物理の研究	6	
富永 依里子	GaAs 系III-V族半導体の結晶成長およびデバイス応用に向けた結晶欠陥の評価	3	
花房 宏明	Si および SiO <sub>2</sub> と SiC 界面の構造評価	2	
黒田 章夫	細菌のポリリン酸代謝制御機構の解明	1	
水沼 正樹	真核生物の細胞形態形成および寿命制御機構に関する研究	4	
上野 勝	テロメアの機能解析	1(1)	
総合科学研究科			
山田 俊弘	森林生態系内の放射性物質動態	1(1)	
社会科学研究科			
戸田 常一	福島県においてのフィールドワークへの参加	1	
放射光科学研究センター			
生天目 博文	高電子分光による物性研究	15	
自然科学研究支援開発センター			
梅尾 和則	低温高圧下における希土類化合物の磁性	1	
齋藤 健一	機能ナノ構造体の創製とその光物性	8	
中島 覚	金属錯体の集積化によるスピニ状態の制御、多核錯体の混合原子価状態	2 (2)	
小島 由継	高容量ナノ複合水素貯蔵物質の創製	6	
宇宙科学センター			
川端 弘治	ガンマ線、X線衛星の開発とブラックホール連星などの研究	1	
ナノデバイス・バイオ融合科学研究所			
黒木 伸一郎	シリコンカーバイド極限環境エレクトロニクス・パワー半導体デバイス・薄膜シリコンデバイス	6	
横山 新	RBS 維持管理	2	
サステナブル・ディベロップメント実践研究センター			
高橋 修	高压化でのエネルギー物質の結晶構造解析	4	
環境安全センター			
大野 正貴	オゾンナノバブルを用いた余剰汚泥削減	1	
教育・国際室 コラボレーションオフィス			
林田 耕臣	リーディングプログラム	3	
理学部			
	KEK サマーチャレンジ、インターンシップ等の参加の為	3	

## 【当部門の主な設置機器】

### ◆放射線測定・防護機器

Ge 半導体検出器*	2 台	蛍光分光光度計	1 台
Si/Li 半導体検出器	1 台	蒸留水製造装置	1 台
2πガスフローカウンタ	1 台	超純水製造装置	1 台
低パック液体シンチレーションカウンタ	1 台	製氷機	1 台
液体シンチレーションカウンタ	3 台	オートクレーブ	1 台
プローレ用液体シンチレーションカウンタ	1 台	自動現像機	1 台
オートウェルカウンタ	2 台	超遠心機	1 台
ラピッドカウンタ	7 台	高速冷却遠心機	1 台
GM サーベイメータ（β線）*	3 台	低速冷却遠心機	1 台
GM サーベイメータ（β/γ線）	6 台	微量高速冷却遠心機	1 台
シンチレーションサーベイメータ*	15 台	ヒーティングブロック	1 台
電離箱式サーベイメータ	3 台	恒温振とう水槽	1 台
<sup>3</sup> H/ <sup>14</sup> C サーベイメータ	1 台	低温恒温槽	1 台
<sup>125</sup> I 測定用シンチレーションサーベイメータ	1 台	小型恒温水槽	3 台
可搬型デジタルスベクトロサーベイメータ	1 台	蛍光・発光画像撮影装置	1 台
α/β 線用シンチレーションサーベイメータ	1 台	凍結乾燥機	1 台
ボケットサーベイメータ	5 台	送風定温乾燥器	1 台
ハンドフットクロスマニタ	2 台	定温恒温乾燥器	1 台
ドラフト	18 台	電気炉	1 台
クロープボックス	1 台	小型低温インキュベーター	1 台
トリチウムガス動物実験フード	1 台	ハイブリッド化ーションインキュベーター	3 台
ダストサンプラー	3 台	グラジエントサーマルサイクラー	3 台
<sup>3</sup> H/ <sup>14</sup> C 捕集装置	1 台	ゲル乾燥器／水流式アスピレータ	2 台

### ◆放射線分析・解析機器

ラジオクロマティク (TLC アライザ)	1 台	倒立位相差蛍光顕微鏡	1 台
イメージアナライザ (FLA-9500、他) *	3 台	ゲル撮影装置	1 台
メバクアーチ分光分析装置	1 式	高速液体クロマトグラフィー	2 台

### ◆飼育・培養機器

動物用初タイプラック	2 台	DCode 微生物群集解析システム	1 台
遠赤外線動物乾燥装置	1 台	倒立位相差蛍光顕微鏡	1 台
光照射振とう培養機	1 台	ゲル撮影装置	1 台
クリーンベンチ	1 台	高速液体クロマトグラフィー	2 台
安全キャビネット	1 台	ジエネティックアナライザ (ABI-310)	1 台
CO <sub>2</sub> インキュベータ	1 台	二次元電気泳動装置	1 台
恒温器	1 台	ICP 発光分光分析装置	1 台
低温室	2 室	GC-MS 分析装置	1 台
		マグネティックスター	4 台
		超低温フリーザ	4 台
		電子天秤	3 台
		電気泳動用ワーザブライ	6 台

### ◆汎用研究機器

分光光度計	1 台
-------	-----

\*大学院リーディングプログラムによる導入を含む。

## I - 2. 教育研究活動

放射線を利用する者は、初めて放射線を扱う前に健康診断の受診、教育訓練を受講後、放射線業務従事者として登録されなければならない。当部門では学内の放射線業務従事者に対する教育訓練（日本語・英語）を開催し、当施設の新規利用者を対象に放射線測定器（サーベイメータ）を用いた放射線測定の実習を行っている。また学内の他 RI 施設の教育訓練の支援や学外の教育訓練の講師も担当している。

この他に教育活動支援の一環として学生実習の支援やセミナーを開催し、また三次被ばく医療推進事業への協力や学外への啓発活動として一般向けの講習会の主催や講習会への講師の派遣も行っている。

### 【教育訓練および教育訓練実習】

平成 29 年度登録者のための教育訓練および教育訓練実習の開催、教育訓練の支援は以下のとおりである。

#### <教育訓練>

3 / 6	第 1 回教育訓練	(継続登録者対象)	40 名
3 / 6	第 2 回教育訓練	(継続登録者対象)	29 名
3 / 21	第 3 回教育訓練	(継続登録者対象)	25 名
3 / 27	第 4 回教育訓練	(継続登録者・外国人対象)	8 名
4 / 10	第 5 回教育訓練	(継続登録者対象)	2 名
4 / 10	第 6 回教育訓練	(新規登録者対象)	24 名
4 / 12	第 7 回教育訓練	(継続登録者対象)	40 名
4 / 18	第 8 回教育訓練	(継続登録者対象)	2 名
4 / 18	第 9 回教育訓練	(新規登録者対象)	28 名
4 / 24	第 10 回教育訓練	(新規登録者対象)	29 名
4 / 25	第 11 回教育訓練	(新規登録者・外国人対象)	7 名
5 / 8	第 12 回教育訓練	(継続登録者対象)	1 名
5 / 15	第 13 回教育訓練	(継続登録者対象)	12 名
5 / 16	第 14 回教育訓練	(継続登録者対象)	1 名
5 / 16	第 15 回教育訓練	(新規登録者対象)	26 名
10 / 4	第 16 回教育訓練	(継続登録者対象)	3 名
10 / 6	第 17 回教育訓練	(新規登録者対象)	16 名
10 / 25	第 18 回教育訓練	(新規登録者・外国人対象)	12 名
1 / 18・19	第 19 回教育訓練	(新規登録者対象)	33 名
1 / 18・2 / 16	第 20 回教育訓練	(新規登録者対象)	2 名

#### <教育訓練実習>

4 / 27	第 1 回教育訓練実習	6 名
--------	-------------	-----

#### <RI 教育訓練支援>

講師派遣 (学内)

4 / 19	医歯薬保健学研究科 RI 研究共同施設の教育訓練支援 (中島・稻田)
4 / 29	総合科学研究科・生物圏科学研究所の教育訓練支援 (中島)
5 / 9	医歯薬保健学研究科 RI 研究共同施設の教育訓練支援 (中島・稻田)
5 / 13	工学研究科放射線総合実験室の教育訓練支援 (中島・稻田・松嶋)
5 / 26	広島大学病院 放射線診療従事者の教育訓練 (中島・稻田)
11 / 1	医歯薬保健学研究科 RI 研究共同施設の教育訓練支援 (中島・稻田)

### 【理学部生物科学科 学生実験の支援】

当部門では放射線利用に関する教育の一環として理学部生物科学科三年生のR I 実習の支援を行っている。平成29年度の開催状況は以下のとおりである。

1／18・19 R I 実習 (理学部生物科学科三年生 学生実習)

33名

### 【理学部化学科 学生実験の支援】

理学部化学科三年生の化学実験のうち、放射線反応化学研究グループ担当分の一部支援を行っている。

### 【R I セミナー】

放射線に対する幅広い知識提供と研究・技術の情報交換を行い、有益な放射線利用の啓発を行うことで放射線の安全利用を促し、さらに様々な分野の研究における情報提供を行うことで、全学の研究支援と教育活動を推進することを目的とし、平成13年度より学内外の先生を講師として招き、全学を対象としたR I セミナーを開催している。これは学生に対する教育活動も目的としており、五研究科合同セミナーとしている。平成29年度は以下のとおりに開催した。

第23回 平成29年 9月28日

演題：「福島の放射能汚染と光合成細菌を用いた除染の実際～汚染バイオマスの減容化から汚染水の浄化～」

演者：佐々木 慧（広島国際学院大学工学部）

世話人：中島 覚（広島大学自然科学研究支援開発センター）

### 【理学部化学科新入生対象見学会】

理学部化学科では、新入生のオリエンテーションの一環として、新入生野外研修・見学会を行っている。当部門では、この見学会に協力し、理学部化学科の新入生を対象とした見学会を行っている。平成29年度は4月8日に見学会を行った。

### 【地域貢献事業】

平成19年度より地域貢献事業として、一般の方を対象に霧箱や放射線測定器を利用して宇宙線や身の回りの放射線を観測する実習を行っている。平成29年度の開催状況は以下のとおりである。

#### 1. 目で見る放射線実習

開催日時：7月28日 13:30～16:00

内容：放射線とはどのようなものかを説明する講義を行った後に、市販の霧箱を利用した放射線の観察、測定器を利用して身の回りの放射線の測定を行った。

参加人数：21名

後援：東広島市教育委員会

協賛：広島県教育委員会、広島大学技術センター

#### 2. 霧箱で放射線・宇宙線を見てみよう

開催日時：11月4日 12:00～16:00

内容：霧箱による $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、宇宙線の観察。身の回りの放射線の測定。ウランガラスの展示、解説・紹介用のポスターの展示。

参加人数：51名(乳幼児は含まず)

共催：日本原子力学会中国・四国支部

### 【浜田高等学校生 大学訪問】

下記の日程で、浜田高等学校生の見学会を行った。

実施日：9月13日（水）

参加人数：27名

### 【日本放射線安全管理学会 教育訓練の時間と内容に関するアドホック委員会】

放射性同位元素等による放射線障害防止に関する法律が改正された。教育訓練は、これまで事業形態に関係なく「項目」と「時間数」が規定されており、管理区域に立ち入って作業する者は、初めて立ちに入る前に6時間以上の教育訓練が必要だった。今回の改正で、教育訓練は事業所で取り扱う放射性同位元素又は発生装置の種類等に応じて最低限必要な時間数を告示で定め、事業者は予防規程に項目ごとに必要な時間数を定めるように改正された。この「必要な時間数」について、各事業所が安全に管理、運営できるよう、放射線関係の各学協会で検討が行われることとなった。

日本放射線安全管理学会でも「教育訓練の時間と内容に関するアドホック委員会」を立ち上げ、教育訓練の時間と内容に関するガイドライン案を提案することとなった。アイソトープ総合部門のメンバーも本アドホック委員会に参加し、ガイドライン案の策定に参画した。

### 【大学院リーディングプログラム機構フェニックスリーダー育成プログラム】

広島大学では、「放射線災害復興を推進するフェニックスリーダー育成プログラム 一放射線災害による人と社会と環境の破綻からの復興を担うグローバル人財養成ー」が平成23年度、文部科学省「博士課程教育リーディングプログラム」に採択された。本プログラムでは、放射線災害に適正に対応し、明確な理念の下で復興を指導できる判断力と行動力を有し、国際的に活動できるグローバルリーダー（フェニックスリーダー）を育成する。そして、放射線災害からの復興をけん引できる人財育成を通して、21世紀のモデルとなる安全・安心の社会システムの確立に貢献する。当部門の中島はこのプログラムの環境保全コースのコースリーダーとなり、8人の学生を直接指導するとともに、アイソトープ総合部門も中島を通してこのプログラムに貢献した。

また、当施設はヒロシマ・フェニックストレーニングセンターとして設定されており、授業科目「放射線計測演習」が当施設において実施された。当部門の教員、技術職員も実習において測定の支援等を行った。

## II. 放射性同位元素管理部

学内や周辺地域の環境保全を達成するために、学内放射線施設から出されるR I 排水の管理、R I 有機廃液の焼却、環境放射能動向調査などの実務を担当している。当施設から出るR I 排水だけでなく、東広島キャンパス内のR I 施設である工学研究科、生物圏科学研究所、総合科学研究所の放射線施設から出るR I 排水を受け入れ、排水処理ののち放流を行っている。これは東広島市との協定に基づくものであり、地域社会の環境保全を図る上で、重要な業務となっている。また、浄化した後に放流したR I 排水が環境へ影響を与えていないことを確認するために、定期的に環境水（下水と池水）の放射能測定を行っている。



アイソトープ総合部門にある貯留槽（左）と浄化設備（右）

### II-1. 放射線管理活動状況

#### 【各種研修会への参加】

放射性同位元素等の使用は法律が密接に関係している。アイソトープ総合部門の教職員は各種研修会や講習会に出席し、法令改正などに関する最新の動向を調査している。また各種研修会等に講師として参加し、学外の放射線施設の教職員と情報交換を行い、このようにして得た情報を学内の放射線施設管理者へ提供し、さらに、教育訓練等に反映することで、広島大学の放射線利用における安全管理の向上に努めている。

平成29年度は、放射線取扱主任者の定期講習の講師となった。

#### ●全国関連

##### ◆第41回国立大学アイソトープ総合センター長会議

期日：平成29年5月31日(水)～6月1日(木)

場所：神戸大学 百年記念館

##### ◆日本保健物理学会第50回研究発表会 日本放射線安全管理学会第16回学術大会 合同大会

期日：平成29年6月28日(水)～30日(金)

場所：ホルトホール大分

##### ◆大学等放射線施設協議会 平成29年度 大学等における放射線安全管理研修会

期日：平成29年8月29日(火)

場所：東京大学 弥生講堂

◆平成 29 年度放射線安全取扱部会年次大会（第 58 回放射線管理研修会）

期日：平成 29 年 10 月 12 日（木）～13 日（金）

場所：淡路夢舞台国際会議場

◆三朝・人形峠 Seminar

期日：平成 29 年 11 月 20 日（月）～11 月 21 日（火）

場所：三朝温泉渓泉閣、人形峠センター

◆第 14 回日本放射線安全管理学会 12 月シンポジウム

期日：平成 29 年 11 月 30 日（木）～12 月 1 日（金）

場所：東京大学 弥生講堂

◆平成 29 年度放射性物質安全輸送講習会

期日：平成 30 年 2 月 9 日（金）

場所：中国運輸局

●地域関連

◆放射線安全取扱部会 中国・四国支部 放射線業務従事者のための教育訓練講習会

期日：平成 29 年 5 月 12 日（金）

場所：岡山商工会議所

◆放射線安全取扱部会 第 23 回中国・四国支部主任者研修会

期日：平成 29 年 9 月 15 日（金）

場所：岡山大学 自然生命科学研究支援センター

●その他

◆放射線取扱主任者定期講習

期日：平成 29 年 5 月 22 日（月）

場所：公益財団法人原子力安全技術センター（東京）

◆放射線取扱主任者定期講習

期日：平成 29 年 12 月 15 日（金）

場所：ピュアリティまきび（岡山市）

## 【排水管理状況】

### ◆環境放射能測定

当部門では広島大学東広島キャンパスから出るR I 排水の周辺環境への影響を調べるために、三ヶ月に一度環境水の測定を行っている。測定目的がキャンパスのR I 排水の影響ということから、測定点はぶどう池水の流れ込む角脇調節池および公共下水道との接続部の二箇所としている。また毎年8月は外部業者と合同で採水・測定を行い、測定値の健全性を確認している。測定は $\beta$ 線放出核種および $\gamma$ 線放出核種について行っており、核種別( $^{3}H$ 、 $^{14}C$ 、 $^{32}P$ )の $\beta$ 線放出核種の定量には低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタを用い、全 $\beta$ 線量の測定には $2\pi$ ガスフローカウンタを用い、高エネルギー $\gamma$ 線についてはGe半導体検出器を用い、低エネルギー $\gamma$ (X)線の測定にはSi/Li半導体検出器を用いて測定している。また、検出感度の向上のため、全 $\beta$ 線および半導体検出器を用いた測定にはサンプルを蒸発乾固させたものを測定用サンプルとしている。平成29年度の環境水の放射線量の測定は以下のとおり。

通算測定回数	採水年月日	測定完了年月日	測定結果
第98回	H29年 5月29日	H29年 6月 8日	異常無し
第99回	H29年 8月21日	H29年 9月19日	異常無し
第100回	H29年11月27日	H30年 1月17日	異常無し
第101回	H30年 2月27日	H30年 3月16日	異常無し

### ◆R I 排水の放流

東広島キャンパスから流れ出るR I 排水は黒瀬川に放流されるが、この河川水は水量が少なうかつ農業用水に利用されるため、東広島市との協定により、排水中に含まれるR I の濃度と法定基準濃度との比が10分の1以下の排水についてのみ放流できることになっている。平成29年度の放流は以下のとおり。

処理済槽採水年月日	測定完了年月日	放流年月日	放流水量
H28年 8月 5日	H29年 5月18日	H29年11月17日	34.2 m <sup>3</sup>

なお、R I 排水中に含まれるR I 濃度の測定は環境放射能測定と同一の方法で行い、法定基準濃度との比が10分の1以下であることが確認された。また、放流水の水質が環境基準および排水基準を満たしていることを、環境安全センターに測定依頼することで確認した。

### ◆他部局から出たR I 排水の受け入れ

東広島キャンパスから放流されるR I 排水中のR I 濃度限度基準を遵守するため、東広島キャンパスからR I 排水を放流可能な場所は当部門に限定されている。したがって、当部門では他部局からR I 排水を受け入れている。平成29年度のR I 排水の受け入れはない。

### ◆液体シンチレータ廃液の焼却

法令でR I を使用した実験で発生する有機廃液のうち、液体シンチレータ廃液に関しては各事業所での焼却処理が可能であり、当部門においても下記の期間において焼却を行った。

焼却期間：平成30年2月6日～平成30年2月9日

総焼却量：16.5リットル

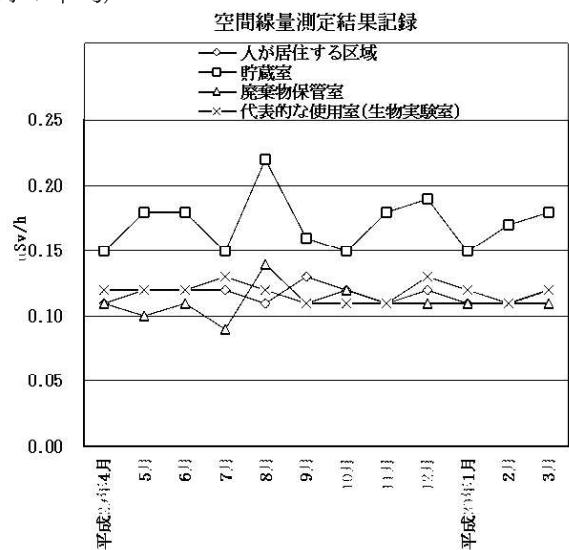
なお、焼却する廃液の濃度は上限濃度目標値以下であり、1日あたり最大12リットル焼却を行った。

## II-2. 施設管理活動状況

### 【業務報告】

#### ◆空間線量率測定結果(平成29年4月～平成30年3月の平均)

測定値 (平均)		
事業所境界	0.14	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
人が居住する区域	0.12	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
管理区域境界	0.11	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
貯蔵室	0.17	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
廃棄物保管室	0.11	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
使用施設	0.11～0.15	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
代表的な使用室	0.12	$\mu\text{Sv}/\text{h}$



(「事業所境界」、「人が居住する区域」、「管理区域境界」は管理区域外、その他は管理区域内)

#### ◆表面汚染密度測定結果(平成29年4月～平成30年3月の平均)

	H-3	C-14	P-32
管理区域境界	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下
汚染検査室	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下
廃棄物保管室	0.107	0.0742	検出限界以下
使用室	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下

単位は  $\text{Bq}/\text{cm}^2$

#### ◆表面汚染密度測定結果(平成29年4月～平成30年3月の最大値)

	H-3	C-14	P-32
管理区域境界	0.04	0.03	0.01
汚染検査室	0.04	0.07	0.01
廃棄物保管室	0.67	0.26	0.01
使用室	0.78	0.04	0.02

単位は  $\text{Bq}/\text{cm}^2$

管理区域内の表面汚染密度限度は、以下のとおりである。

$\alpha$  線を放出する放射性同位元素 :  $4 \text{Bq}/\text{cm}^2$

$\alpha$  線を放出しない放射性同位元素 :  $40 \text{Bq}/\text{cm}^2$

◆R I 保管量（平成30年3月31日現在）

核種	個数	放射能量 (MBq)	核種	個数	放射能量 (MBq)
H-3 (非密封)	23	19465.142	Co-57 (密封)	4	2960.00
C-14 (非密封)	25	162.995	Sn-119m (密封)	1	370.000
P-32 (非密封)	7	2.938	Ra-226 (密封)	1	25.900
S-35 (非密封)	1	0.061			
Cs-137 (非密封)	5	6.653			

◆平成29年度核種別新規R I 受入量

核種	購入件数	放射能量 (MBq)
P-32 (非密封)	11	351.500
P-33 (非密封)	1	18.500

◆平成29年度R I 廃棄物引渡し量

廃棄物の種類	容量(L)・規格	引渡し数量
無機液体	25L・ポリタンク	2
可燃物	50L・ドラム缶	2
難燃物	50L・ドラム缶	4
不燃物	50L・ドラム缶	1
焼却型ヘパフィルタ	218L	1

◆自主検査

検査施設：自然科学研究支援開発センターアイソトープ総合部門

点検日：平成29年11月6日

点検者：中島、稻田（晋）、松嶋、宮下、木庭、寺元、宗岡、山崎、稻田（聰）

結果：化学実験室3の流れを示す表示が外れていたので、貼りなおした。その他は問題なし。

検査施設：自然科学研究支援開発センターアイソトープ総合部門

点検日：平成30年3月12日

点検者：中島、稻田（晋）、松嶋、宮下、木庭、寺元、山崎、稻田（聰）

結果：脱落の可能性がある標識があつたので、後日貼り替えた。天井に何か当たった形跡が認められたので、後日補修を行つた。測定器の点検整備は後日行つた。保管核種の確認は後日行つた。排風機で少し気になる音が感じられたが、引き続き監視予定。管理区域外のチラーの排管からわずかではあるが水滴を見つけたので、引き続き監視予定。帳簿で「日時」とあるものは「時間」も入れることとした。RI管理システムが不具合を起こす場合があることがわかつたので、引き続きメーカーと検討する。福島サンプルを後日整理した。その他は問題なし。

<島根県西部の地震に伴う緊急自主検査>

検査施設：自然科学研究支援開発センターイソトープ総合部門

点検日：平成 30 年 4 月 9 日

点検者：稲田（晋）、木庭

結果：平成 30 年 4 月 9 日に発生した島根県西部を震源とする地震（東広島市は震度 3）に伴い、

緊急の自主検査を実施した結果、異常はなかった。

## 2017 年度 アイソトープ総合部門を利用した業績集

1. Synthesis of Anion-Mixed Crystals of the Assembled Complexes Bridged by 1,2-Bis(4-pyridyl)ethane and Ligand Field of Fe(NCS)(NCBH<sub>3</sub>) Unit  
H. Dote, M. Kaneko, K. Inoue, and S. Nakashima  
*Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 91, 71-81 (2018).
2. Structure and Spin State of Iron(II) Assembled Complexes using 9,10-Bis(4-pyridyl)anthracene as Bridging Ligand  
S. Iwai, K. Yoshinami, and S. Nakashima  
*Inorganics*, 5, 61 (2017).  
DOI 10.3390/inorganics5030061
3. Effect of methyl substituent on the spin state of iron(II) assembled complex using 1,4-bis(4-pyridyl)benzene  
K. Yoshinami, M. Kaneko, H. Yasuhara and S. Nakashima  
*Radioisotopes*, 66, 625-632 (2017).
4. Bonding Study on Trivalent Europium Complexes by Combining Mössbauer Isomer Shifts with Density Functional Calculations  
M. Kaneko, M. Watanabe, S. Miyashita, and S. Nakashima  
*Radioisotopes*, 66, 289-300 (2017).
5. Roles of d- and f-orbital electrons in the complexation of Eu(III) and Am(III) ions with alkyldithiophosphinic acid and alkylphosphinic acid using scalar-relativistic DFT calculations  
M. Kaneko, M. Watanabe, S. Miyashita, and S. Nakashima  
*Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences*, 17, 9-15 (2017).
6. Chemical Information revealed by Mössbauer spectroscopy and DFT calculations  
S. Nakashima  
*Hyperfine Interactions*, 238:39 (2017).  
DOI: 10.1007/s10751-017-1415-9
7. Estimation of ΔR/R Values by Benchmark Study of the Mössbauer Isomer Shifts for Ru, Os complexes Using Relativistic DFT Calculations  
M. Kaneko, H. Yasuhara, S. Miyashita, and S. Nakashima  
*Hyperfine Interactions*, 238:36 (2017).  
DOI: 10.1007/s10751-017-1413-y

8. Observation of radioactive cesium in seabed soil at the Soya Strait derived from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant  
Y. Nabaе, S. Miyashita, and S. Nakashima  
*Radiation Safety Management*, 16, 8-12 (2017).
9. A Spin-Crossover Phenomenon Depending on the Environment around an Iron Atom for the Assembled Coordination Polymers  
S. Nakashima and M. Kaneko  
*Advances in Chemistry Research*, Volume 36, Chapter 6 (2017).
10. UV and IR Spectroscopy of Cryogenically Cooled, Lanthanide-Containing Ions in the Gas Phase  
Y. Inokuchi, M. Kaneko, T. Honda, S. Nakashima, T. Ebata, T. Rizzo  
*Inorg. Chem.*, 56, 277-281 (2017).
11. Formation of (100) Oriented Large Poly-Si Thin Films with Multi-Line Beam Continuous-Wave Laser Lateral Crystallization  
T. T. Nguyen, M. Hiraiwa, T. Koganezawa, S. Yasuno, and S-I. Kuroki  
*Jpn. J. Appl. Phys.*, 57, 031302-1 - 031302-6 (2018).
12. Formation of epitaxial Ti-Si-C Ohmic contact on 4H-SiC C face using pulsed-laser annealing  
M. D. Silva, T. Kawasaki, T. Miyazaki, T. Koganezawa, S. Yasuno, and S-I. Kuroki  
*Appl. Phys. Lett.*, 110, 252108-1 - 252108-5 (2017).
13. Ultrahigh-performance (100)-oriented polycrystalline silicon thin-film transistors and their microscopic crystal structures  
T. T. Nguyen, M. Hiraiwa, and S.-I. Kuroki  
*Appl. Phys. Express*, 10, 056501-1 -056501-4 (2017).
14. 4H-SiC Pseudo-CMOS Logic Inverters for Harsh Environment Electronics  
S-I. Kuroki, T. Kurose, H. Nagatsuma, S. Ishikawa, T. Maeda, H. Sezaki, T. Kikkawa, T. Makino, T. Ohshima, M. Östling, and C.-M. Zetterling  
*Mat. Sci. Forum*, 897, 669-672 (2017).
15. Low Resistance Ti-Si-C Ohmic Contacts for 4H-SiC Power Devices Using Laser Annealing  
M. D. Silva, T. Kawasaki, T. Kikkawa, and S-I. Kuroki  
*Mat. Sci. Forum*, 897, 399-402 (2017).
16. Enhanced-Oxidation and Interface Modification on 4H-SiC(0001) Substrate Using Alkaline Earth Metal

- K. Muraoka, H. Sezaki, S. Ishikawa, T. Maeda, T. Sato, T. Kikkawa, and S-I. Kuroki  
*Mat. Sci. Forum*, 897, 348-351 (2017).
17. Characterization of p-channel TFTs with (100)-oriented poly-Si thin film formed by multiline beam continuous-wave laser lateral crystallization  
T. T. Nguyen and S-I. Kuroki  
*International Thin-Film Transistor Conference 2018 (ITC2018)*, Guangzhou, China, accepted (2018).
18. Back-side Illuminated GeSn Photodiode Array on Quartz Substrate Fabricated by Laser-induced Liquid-phase Crystallization for Monolithically-integrated NIR Imager Chip  
H. Oka, K. Inoue, T. Tomita, Y. Wada, T. T. Nguyen, S. Kuroki, T. Hosoi, T. Shimura, and H. Watanabe  
*2017 International Electron Devices Meeting (IEDM) Technical Digest*, pp.393-396 (2017).
19. 4H-SiC MOSFETs and Logic Inverters for Harsh Environment Electronics  
(Invited) Shin-Ichiro Kuroki  
*19th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium*, pp.15-17 (2017).
20. Calculation of Seebeck Coefficients for Advanced Heat Transfer Modules  
T. Tanehira, Y. Furubayashi, A. Yamamoto, K. Yonemori, S. Miyoshi, and S-I. Kuroki  
*232nd Electrochemical Society Meeting*, National Harbor, MD, USA, #1177 (2017).
21. Correlation between field effect mobility and accumulation conductance at 4H-SiC MOS interface with barium  
K. Muraoka, S. Ishikawa, H. Sezaki, T. Maeda, and S-I. Kuroki  
*The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2017 (ICSCRM2017)*, Washington, D.C., USA, TH.CP.2 (2017).
22. Effects of CF4 surface etching on 4H-SiC MOS Capacitors  
K. Kobayakawa, K. Muraoka, H. Sezaki, S. Ishikawa, T. Maeda, and S-I. Kuroki  
*The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2017 (ICSCRM2017)*, Washington, D.C., USA, WE.CP.9 (2017).
23. Electrical properties of Ti-Si-C Ohmic contact on ion-implanted n-type 4H-SiC C face  
M. D. Silva, T. Kawasaki, and S-I. Kuroki  
*The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2017 (ICSCRM2017)*, Washington, D.C., USA, TU.CP.7 (2017).

24. (211) and (100) Surface Oriented Poly-Si Thin Film Transistors with Continuous-Wave Laser Lateral Crystallization  
(Invited) S-I. Kuroki, T. T. Nguyen, and M. Hiraiwa  
*The 17th International Meeting on Information Display (iMID2017)*, Busan, Korea, C35-2, 157 (2017).
25. Identification and comparative analyses of *Siamois* cluster genes in the *Xenopus laevis* and *tropicalis*  
Y. Haramoto, T. Saijo, T. Tanaka, N. Furuno, A. Suzuki, Y. Ito, M. Kondo, M. Taira, and S. Takahashi  
*Dev. Biol.*, 426, 374-383 (2017).
26. Molecular characterization of aspartylglucosaminidase, a lysosomal hydrolase upregulated during strobilation in the moon jellyfish, *Aurelia aurita*  
N. Tsujita, H. Kuwahara, H. Koyama, N. Yanaka, K. Arakawa, and H. Kuniyoshi  
*Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 81(5), 938-950 (2017).
27. Quinoprotein dehydrogenase functions at the final oxidation step of lankacidin biosynthesis in *Streptomyces rochei* 7434AN4  
Y. Yamauchi, Y. Nindita, K. Hara, A. Umeshiro, Y. Yabuuchi, T. Suzuki, H. Kinashi, and K. Arakawa  
*J. Biosci. Bioeng.*, 126(2), 145-152 (2018).  
DOI: 10.1016/j.jbiosc.2018.03.006
28. Manipulation of metabolic pathway controlled by signaling molecules, inducers of antibiotic production, for genome mining in *Streptomyces* spp.  
Kenji Arakawa  
*Antonie van Leeuwenhoek*, 111(5), 743-751 (2018).  
DOI: 10.1007/s10482-018-1052-6
29. 二次代謝生合成・制御系の合目的改変により取得したアゾキシアルケン化合物 KA57-A の生合成及び生物活性  
國武 博文, 岸本 拓也, 達川 綾香, 木梨 陽康, 福本 敦, 安齊 洋次郎, 荒川 賢治  
第59回天然有機化合物討論会講演要旨集, 657-662 (2017).
30. Cytoskeletal-related regulation in primary cilia shortening mediated via melanin-concentrating hormone receptor 1  
S. Tomoshige, Y. Kobayashi, K. Hosoba, A. Hamamoto, T. Miyamoto, and Y. Saito  
*General and Comparative Endocrinology*, 253, 44-52 (2017).

31. Melanin-concentrating hormone receptor 1  
A. Hamamoto, Y. Kobayashi, and Y. Saito  
*Encyclopedia of Signaling Molecules 2<sup>nd</sup> Edition (Ed. S. Choi)*, 3075-3082, Springer (2018).
32. Sex determination and sex chromosomes in Amphibia  
I. Miura  
*Sexual Development*, 11, 298-306 (2017).
33. Spontaneous tyrosinase mutations identified in albinos of three wild frog species  
I. Miura, M. Tagami, T. Fujitani, and M. Ogata  
*Genes and Genetic Systems.*, 92, 189-196 (2017).
34. Radiocesium contamination of the moss *Hypnum plumaeforme* caused by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident  
E. Oguria and H. Deguchia  
*Journal of Environmental Radioactivity*, 192, 648-653 (2018).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.02.013>
35. Chromosome passenger complex is required for the survival of cells with ring chromosomes in fission yeast  
A. G. K. Habi, K. Sugiura, and M. Ueno  
*PLoS One*, 13(1), e0190523 (2018).  
DOI: 10.1371/journal.pone.0190523
36. Fission yeast strains with circular chromosomes require the 9-1-1 checkpoint complex for the viability in response to the anti-cancer drug 5-fluorodeoxyuridine  
H. M. Shamim, Y. Minami, D. Tanaka, S. Ukimori, J. M. Murray, and M. Ueno M  
*PLoS One*, 12(11), e0187775 (2017).  
DOI: 10.1371/journal.pone.0187775
37. Mutation in fission yeast phosphatidylinositol 4-kinase Pik1 is synthetically lethal with defect in telomere protection protein Pot1  
A. Sugihara, L. C. Nguyen, H. M. Shamim, T. Iida, M. Nakase, K. Takegawa, M. Senda, S. Jida, and M. Ueno  
*Biochemical and Biophysical Research Communications*, 496(4), 1284-1290 (2018).  
DOI: 10.1016/j.bbrc.2018.02.001
38. Logistic regression analysis for the material design of chiral crystals  
E. Shimono, K. Inoue, T. Kurita, and Y. Ichiraku  
*Chemistry Letters*, 47(5), 611-612 (2018).

39. Skyrmion robustness in noncentrosymmetric magnets with axial symmetry: The role of anisotropy and tilted magnetic fields  
A. O. Leonov and I. Kezsmarki  
*Phys. Rev. B*, 96, 214413/9 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.214413
40. Monochiral helimagnetism in homochiral crystals of  $\text{CsCuCl}_3$   
Y. Kousaka, T. Koyama, K. Ohishi, K. Kakurai, V. Hutana, H. Ohsumi, T. Arima, A. Tokuda, M. Suzuki, N. Kawamura, A. Nakao, T. Hanashima, J. Suzuki, J. Campo, Y. Miyamoto, A. Sera, K. Inoue, and J. Akimitsu  
*Phys. Rev. Materials*, 1, 071402(R)/5 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevMaterials.1.071402
41. Helimagnon resonances in an intrinsic chiral magnonic crystal  
M. Weiler, A. Aqeel, M. Mostovoy, A. Leonov, S. Geprags, R. Gross, H. Huebl, T. T. M. Palstra, and S. T. B. Goennenwein  
*Phys. Rev. Lett.*, 119, 237204/6 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevLett.119.237204
42. Magnetic solitons and magnetic phase diagram of the hexagonal chiral crystal  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  in oblique magnetic fields by high field ESR  
J. Yonemura, Y. Shimamoto, T. Kida, D. Yoshizawa, Y. Kousaka, S. Nishihara, F. J. T. Goncalves, J. Akimitsu, K. Inoue, M. Hagiwara, and Y. Togawa  
*Phys. Rev. B*, 96, 184423/9 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.184423
43. Chiral Soliton Lattice Formation in Monoaxial Helimagnet  $\text{Yb}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_3\text{Al}_9$   
T. Matsumura, Y. Kita, K. Kubo, Y. Yoshikawa, S. Michimura, T. Inami, Y. Kousaka, K. Inoue, and S. Ohara  
*J. Phys. Soc. Jpn.*, 86, 124702 (2017).  
DOI: 10.7566/JPSJ.86.124702
44. (Azulene-1,3-diyl)-bis(nitronyl nitroxide) and (Azulene-1,3-diyl)-bis(iminonitroxide) and Their Copper Complexes  
M. Haraguchi, E. Tretyakov, N. Gritsan, G. Romanenko, D. Gorbunov, A. Bogomyakov, K. Yu. Maryunina, S. Suzuki, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, S. Nishihara, K. Inoue, and K. Okada  
*Chem. Asian J.*, 12(22), 2929-2941 (2017).  
DOI: 10.1002/asia.201701085

45. Co-Crystallization of Achiral Components into Chiral Network by Supramolecular Interactions: Coordination Complexes Organic Radical  
Y.-L. Gao, K. Yu. Maryunina, S. Hatano, S. Nishihara, K. Inoue, and M. Kurmoo  
*Cryst. Growth Des.*, 17(9), 4893-4899 (2017).  
DOI: 10.1021/acs.cgd.7b00847
46. Magneto-chiral dichroism of  $\text{CsCuCl}_3$   
N. Nakagawa, N. Abe, S. Toyoda, S. Kimura, J. Zaccaro, I. Gautier-Luneau, D. Luneau, Y. Kousaka, A. Sera, M. Sera, K. Inoue, J. Akimitsu, Y. Tokunaga, and T. Arima  
*Phys. Rev. B*, 96, 121102(R)/5 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.121102
47. Equilibrium Skyrmion Lattice Ground State in a Polar Easy-plane Magnet  
S. Bordacs, A. Butykai, B. G. Szigeti, J. S. White, R. Cubitt, A. O. Leonov, S. Widmann, D. Ehlers, H.-A. Krug von Nidda, V. Tsurkan, A. Loidl and I. Kezsmarki  
*Scientific Reports*, 7, 7584/11 (8 Aug, 2017).  
DOI: 10.1038/s41598-017-07996-x
48. Two New Sandwich-Type Manganese {Mn5}-Substituted Polyoxotungstates: Syntheses, Crystal Structures, Electrochemistry, and Magnetic Properties  
R. Gupta, I. Khan, F. Hussain, A. M. Bossoh, I. M. Mbomekalle, P. de Oliveira, M. Sadakane, C. Kato, K. Ichihashi, K. Inoue, and S. Nishihara  
*Inorganic Chemistry*, 56, 8759-8767 (2017).  
DOI: 10.1021/acs.inorgchem.6b02994
49. Asymmetric isolated skyrmions in polar magnets with easy-plane anisotropy  
A. O. Leonov and I. Kezsmarki  
*Physical Review B*, 96, 014423/5 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.014423
50. Pressure-induced quantum phase transitions in  $S = 1/2$  Triangular Lattice Antiferromagnet  $\text{CsCuCl}_3$   
A. Sera, Y. Kousaka, J. Akimitsu, M. Sera, and K. Inoue  
*Physical Review B*, 96, 014419/11 (2017).  
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.014419
51. Coupling of Magnetic and Elastic Domains in the Organic?Inorganic Layered Perovskite-Like  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{Fe}^{\text{II}}\text{Cl}_4$  Crystal

- Y. Nakayama, S. Nishihara, K. Inoue, T. Suzuki, and M. Kurmoo  
*Angew. Chem. Int. Ed.*, 56, 9367-9370 (2017).
52. A dielectric anomaly observed for doubly reduced mixed-valence polyoxometalate  
I. Nakamura, R. Tsunashima, S. Nishihara, K. Inoue, and T. Akutagawa  
*Chemical Communications*, 53, 6824-6827 (2017).  
DOI: 10.1039/c7cc03361c
53. Synthesis, Characterization, and Structure of a Reduced Preyssler-type Polyoxometalate  
C. Kato, K. Yu. Maryunina, K. Inoue, S. Yamaguchi, H. Miyaoka, A. Hayashi, M. Sadakane, R. Tsunashima, and S. Nishihara  
*Chemistry Letters*, 46, 602-604 (2017).  
DOI: 10.1246/cl.170015.
54. Coexistence of gyromagnetic resonance and a low frequency plasmonic state in the submicron Ni granular composite materials  
H. Massango, T. Tsutaoka, T. Kasagi, S. Yamamoto, and K. Hatakeyama  
*J. Appl. Phys.*, 121, 103902-1 – 103902-9 (2017).  
DOI: 10.1063/1.4977997
55. Complex permeability and permittivity spectra of percolated Fe<sub>50</sub>Co<sub>50</sub>/Cu granular composites  
H. Massango, T. Tsutaoka, T. Kasagi, S. Yamamoto, and K. Hatakeyama  
*J. Magn. Magn. Mater.*, 442, 403-408 (2017).  
DOI: 10.1016/j.jmmm.2017.07.018
56. Reflection Characteristic Measurements of Thin EM Wave Absorbers in the Microwave Band  
S. Yamamoto, K. Hatakeyama, and T. Tsutaoka  
*Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications*, Tsukuba, Ibaraki, 4 - 6 December 2017
57. Non-destructive analysis of ancient bimetal swords from western Asia by gamma-ray radiography and X-ray fluorescence  
K. Shizuma, T. Kajimoto, S. Endo, K. Matsugi, Y. Arimatsu, and H. Nojima  
*Nuclear Instruments & Methods In Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms*, 407(15), 244-255 (2017).
58. TALEN-mediated targeted editing of the GDE5 gene suppresses fibroblastic cell proliferation  
M. Nakamura, T. Kumrungsee, T. Sakuma, T. Yamamoto, and N. Yanaka  
*Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 81, 2164-2167 (2017)

59. Time-course microarrays reveal early activation of the immune transcriptome in a choline-deficient mouse model of liver injury  
K. Mitsumoto, R. Watanabe, K. Nakao, H. Yonenaka, T. Hashimoto, N. Kato, T. Kumrungsee, and N. Yanaka  
*Life Sci.*, 184, 103-111 (2017)
60. Thyroid hormone receptor  $\alpha$ - and  $\beta$ -knockout *Xenopus tropicalis* tadpoles reveal subtype-specific roles during development  
K. Nakajima, I. Tazawa, and Y. Yaoita  
*Endocrinology*, 159(2), 733-743 (2018)
61. Vitamin A induced homeotic hindlimb formation on dorsal and ventral sides of regenerating tissue of amputated tails of Japanese brown frog tadpoles  
I. Tazawa and Y. Yaoita  
*Dev Growth Differ*, 59(9), 688-700 (2017).
62. Mechanisms of tail resorption during anuran metamorphosis  
Y. Nakai, K. Nakajima, and Y. Yaoita  
*Biomolecular Concepts.*, 8(3-4), 179-183 (2017)  
DOI: 10.1515/bmc-2017-0022
63. An inhibitor of thyroid hormone synthesis protects tail skin grafts transplanted to syngenic adult frogs  
Y. Nakai, K. Nakajima, and Y. Yaoita  
*Zoological Science*, 33(3), 290-294 (2017)  
DOI: 10.2108/zs150203
64. no privacy, a *Xenopus tropicalis* mutant, is a model of human Hermansky-Pudlak Syndrome and allows visualization of internal organogenesis during tadpole development  
Takuya Nakayama, Keisuke Nakajima, Amanda Cox, Marilyn Fisher, Mary Howell, Margaret B. Fish, Yoshio Yaoita, and Robert M. Grainger  
*Developmental Biology*, 426(2), 472–486 (2017)  
DOI: 10.1016/j.ydbio.2016.08.020
65. Effective removal of a range of Ti/Ri plasmids using a pBBR1-type vector having a repABC operon and a lux reporter system  
S. Yamamoto, A. Sakai, V. Agustina, K. Moriguchi, and K. Suzuki  
*Appl. Microbiol. Biotech.*, 102, 1823-1836 (2018).  
DOI: 10.1007/s00253-017-8721-7

66. An extra repABC locus in the incRh2 Ti plasmid pTiBo542 exerts incompatibility toward an incRh1 plasmid  
S. Yamamoto, V. Agustina, A. Sakai, K. Moriguchi, and K. Suzuki  
*Plasmid*, 90, 20-29 (2017).
67. Coordinated regulation of the dorsal-ventral and anterior-posterior patterning of *Xenopus* embryos by the BTB/POZ zinc finger protein Zbtb14  
K. Takebayashi-Suzuki, H. Konishi, T. Miyamoto, T. Nagata, M. Uchida, and A. Suzuki  
*Development, Growth and Differentiation*, 60(3), 158-173 (2018).  
DOI: org/10.1111/dgd.12431
68. D N A鑑定に挑戦！—「PCR 法」と「電気泳動法」によるコメ品種判別実験  
山内 宗治、田中 伸和  
*生物の科学 遺伝*. 71, 280 -287 (2017).
69. A novel biocontainment strategy makes bacterial growth and survival dependent on phosphite  
R. Hirota, K. Abe, Z. Katsuura, R. Noguchi, S. Moribe, K. Motomura, T. Ishida, M. Alexandrov, H. Funabashi, T. Ikeda, and A. Kuroda  
*Sci. Rep.*, 7, 44748 (2017).  
DOI: 10.1038/srep44748

広島大学は2001~2005年度のCOE形成プログラムで「すきまの科学」研究拠点を形成した。これに基づいて、先進機能物質研究センターは、学内共同教育研究施設として2006年4月1日に10年の期限付きで設立された。以来、本センターは革新的機能を有する物質を設計・創製し、物質科学分野の新しい研究領域を創出するとともに、若手研究者を育成し、国際的な研究教育の拠点となることを目的として研究活動を行ってきた。本センターは専任教員2名のほか、先端物質科学研究科、理学研究科、工学研究科、総合科学研究所の教員、及び他機関からの客員教授の計30名が集結し、3つの研究手法（マテリアルデザイン、新物質創製、機能開拓）を用いて異分野融合的に研究を推進することで、先進機能物質に関し世界トップレベルの成果を発信してきた。2010年度からはこの実績と特色を生かし、人類が直面しているエネルギー・環境問題の解決に必須となる革新的先進機能物質（エネルギー貯蔵・変換、省エネ情報機能物質）に的を絞って、サステナブル物質科学の創出を目指してきた。

特に2007年度から2011年度まではNEDO水素貯蔵材料先端基盤研究事業の中で水素貯蔵量の多い非金属系水素貯蔵材料（軽元素系水素貯蔵物質）の基礎研究を先端物質科学研究科、工学研究科、総合科学研究所の実験研究グループや理論グループ、北海道大学、上智大学のグループと協力して実施し、その構造解析と反応機構の解明に取り組んだ。また、出口を見据えた産学連携の応用研究も積極的に進め、軽元素系水素貯蔵物質研究の拠点を構築した。2013年度から先端的低炭素化技術開発、「エネルギーキャリア」に、2014年度からはSIP（戦略的イノベーション創造プログラム「エネルギーキャリア」）に携わり、軽元素系水素貯蔵物質の中でも水素貯蔵量が最大レベルのアンモニアの製造や利用に関する研究開発を世界に先駆けて産学連携で進めてきた。2016年度には当センターから申請した窒素循環エネルギー研究拠点が広島大学自立型研究拠点として採択された。2017年度には先進機能物質研究センターの時限到来に伴い自然科学研究支援開発センターに統合され、その中に先進機能物質部門が設立された。

大学院教育としては、国内、海外の著名な講師を招いて、物性セミナーを開催している。また、サステナブル物質に関連する化学・物性物理・デバイス開発について幅広い知識の習得を目標として、2010年度からは「サステナブル物質科学」の大学院共通講義もスタートさせた。この講義には毎年約80名の学生が聴講している。

循環型で持続可能な社会（サステナブル社会）基盤の形成に貢献し得る再生可能エネルギー（太陽熱・光、地熱、風力、バイオマス、小型水力等）は、クリーンな次世代エネルギーとして注目されている。再生可能エネルギーを広く普及させるために、次世代自動車や太陽電池など最終製品・システムの中心機能を担う革新的先進機能物質が必要とされている。現在、日本の再生可能エネルギーの電源比率は15%であり、世界平均（24%）に比べ低い水準にある。今後、再生可能エネルギーの電源比率向上に貢献できるサステナブル物質科学研究の拠点構築を推進していきたい。

## 先進機能物質部門

### 専任教員紹介

#### ■小島 由継 教授

専門分野：材料工学（メカノケミカル反応，ナノ複合物質，水素貯蔵）

##### 主な研究プロジェクト

- 戰略的イノベーション創造プログラム（SIP），エネルギーキャリア，2014年-現在
- 広島大学研究大学促進事業，自立型研究拠点，窒素循環エネルギーキャリア（N キャリア）研究拠点，拠点リーダー，2016年-現在
- 国家課題対応型研究開発推進事業（原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ），高安全性水素吸蔵材料の試作・製造，2014-2015年
- 戰略的創造研究推進事業（ALCA），エネルギーキャリア，アンモニア製造チームリーダー，2013-2014年
- 科学研究費助成事業 基盤研究(C)，金属アミドボラン再生方法の基礎研究，2017年-現在
- 科学研究費助成事業 特別研究員奨励費 水素貯蔵用高性能金属ボロハイドライド，2015-2017年

#### ■宮岡 裕樹 准教授

専門分野：材料科学（水素貯蔵，エネルギー変換，物質変換）

##### 主な研究プロジェクト

- 科学研究費助成事業 基盤研究(B)，リチウム合金を用いた活性窒素生成における反応メカニズムの解明，2017年-現在
- 広島大学研究大学促進事業，インキュベーション研究拠点，機能性ナノ酸化物研究拠点，2016年-現在
- 科学研究費助成事業 若手研究(B)，2015-2016年

## 2017年度の研究成果

化石燃料の消費に伴う資源の枯渇や大気中二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度の上昇といった問題を解決するため、太陽光、風力、水力をはじめとした自然エネルギーを利用した環境に負荷をかけない持続可能なエネルギーシステムが注目されている。しかしながら、自然エネルギーは変動的且つ局在的であるため、我々の需要に応じた供給が極めて困難であり、エネルギー変換、貯蔵、利用といった技術が必要不可欠である。水素は、様々な一次エネルギーから生成され、且つ燃焼後に水しか排出しないため、次世代のクリーンなエネルギー媒体として期待されている一方、水素は常温では気体であるため、その効率的な貯蔵・輸送技術の開発が課題となっている。

以上の背景の基、先進機能物質研究開発部では、エネルギー或いは水素キャリアとしてのアンモニア(NH<sub>3</sub>)やマグネシウム(Mg)をはじめとした水素貯蔵物質等の研究に取り組んでいる。

アンモニア(NH<sub>3</sub>)は、常温、10気圧程度の条件で容易に液化し、1分子中に3つの水素原子を含むため、現在検討されている水素貯蔵物質の中でもトップクラスの重量及び体積水素密度を有している。そのため、燃料電池自動車(FCV)、FC フォークリフト等の燃料としての展開が期待されている。内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「エネルギーキャリア」におけるアンモニア水素ステーションチームでは、当センター先進機能物質部門長である小島由緒教授を研究責任者として、アンモニアから FCV 用の高純度水素を生成するためのアンモニア分解・高純度水素供給システムの研究開発を進めている。我々のグループでは、特に燃料電池自動車用水素燃料仕様の国際規格(ISO14687-2)で定められているアンモニア濃度 0.1 ppm 以下を達成することを目的とした NH<sub>3</sub> 除去(貯蔵)材料の研究を行った。アンモニア分解ガスに残存するアンモニアを除去するため、ハロゲン化物、錯体水素化物、ゼオライト等、数十種類の材料について、NH<sub>3</sub> 除去特性を評価した結果、いずれの材料についても、静的吸着法(反応平衡を用いてアンモニア濃度を制御する方法)では目標とする NH<sub>3</sub> 濃度を達成することが困難であったが、動的吸着法を用いることで残

存 NH<sub>3</sub> 濃度 0.1 ppm 以下の水素を生成することに成功した。特にゼオライトは、優れた NH<sub>3</sub> 除去能を有し、ppb レベル(2- 17 ppb)まで NH<sub>3</sub> 濃度を低減可能であることを世界で初めて見出した。この値は、市販の高純度水素(G1 級)中に含まれる NH<sub>3</sub> 濃度よりも低い

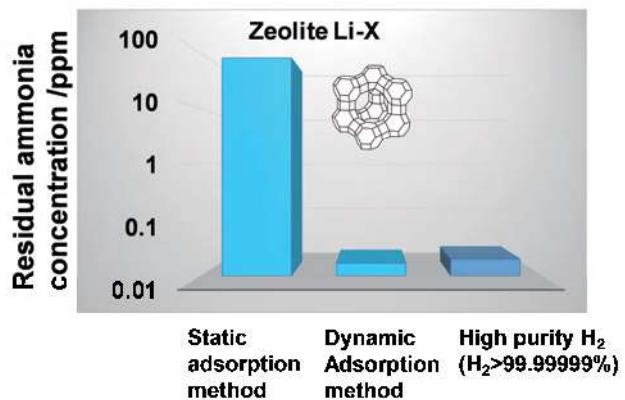


図 1 静的吸着法及び動的吸着法における NH<sub>3</sub> 除去能

(図 1)。また、ゼオライトは比較的低温での熱処理のみで再生可能であり、繰り返し利用することができる。本技術を用いることで、NH<sub>3</sub> から FCV 用高純度水素の生成が可能であり、これにより再生可能エネルギーの導入量拡大やそれに伴う CO<sub>2</sub> 排出量の大幅な削減が期待される。

マグネシウム水素化物(MgH<sub>2</sub>)は、7.6 wt.%という高い重量水素密度を有し、且つ Mg が資源的に優位な元素であることから、古くから水素貯蔵材料として注目されてきた。Mg の実用展開を進めるにあたっての主たる研究課題は、水素吸蔵反応の活性化である。Mg の水素吸蔵は発熱反応であるにも関わらず、Mg 表面が H<sub>2</sub> の解離に対して不活性であるため、300 °C 程度の温度で活性化しなければ反応が進行しない。当研究グループでは、この Mg の水素吸蔵反応速度の改善を目的とし、種々の金属触媒や酸化物、フッ化物、塩化物といった化合物触媒の研究開発を行っている。特に、ニオブ酸化物触媒に関する研究については、広島大学研究大学促進事業：機能性ナノ酸化物研究拠点(インキュベーション研究拠点)における共同研究課題として進めている。溶液法及び噴霧熱化学法を用いて、結晶性、結晶子(粒子)サイズ、結晶構造等を制御したニオブ酸化物(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)を数種類合成し、Mg の水素吸蔵/放出反応に対する触媒能を評価した。その結果、本研究で合成した Mg はいずれも高い触媒能を示し、室温付近で水素吸蔵反応が進行した(図 2)。合成した Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の特徴と触媒能の比較を行ったところ、粒子サイズが小さく比表面積が高いものほど触媒能が高い傾向が見られた。これは、Mg 固体表面上に固体酸化物触媒が分散するプロセスから予想される結果と矛盾しない。一方、粒子サイズが大きい Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> であってもアモルファスや特殊な結晶構造、つまり準安定な構造を有するものが高い触媒能を示す結果が得られた(図 2 : Cat.1)。これは、初期の結晶構造が触媒能の制御因子の一つである可能性を示唆している。今後は、処理過程における Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の化学状態変化や Mg 表面上での分散状態を評価し、より詳細に触媒メカニズムに迫りたいと考えている。

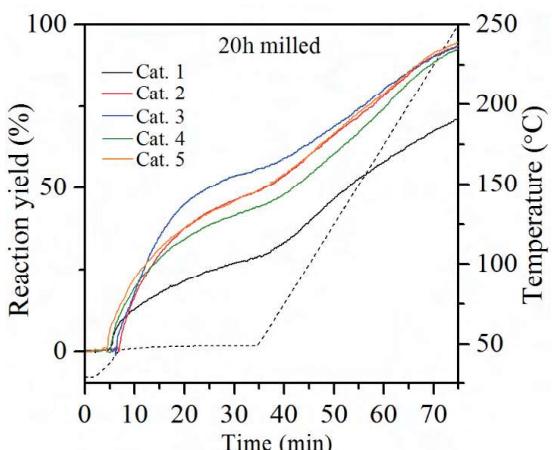


図 2 種々の Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 添加 Mg の水素吸蔵特性

## 論文リスト

1. Tengfei Zhang, Hikaru Miyaoka, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Review on Ammonia Absorption Materials: Metal Hydrides, Halides, and Borohydrides, *ACS Applied Energy Materials*, 1, 232-242, 2018.
2. Yuki Nakagawa, Chung-Hyun Lee, Kouki Matsui, Kohei Kousaka, Shigehito Isobe, Naoyuki Hashimoto, Shotaro Yamaguchi, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Doping effect of Nb species on hydrogen desorption properties of AlH<sub>3</sub>, *Journal of Alloys and Compounds*, 734, 55-59, 2018.
3. Suganthamalar Selvaraj, Ankur Jain, Sanjay Kumar, Tengfei Zhang, Shigehito Isobe, Hiroki Miyaoka, Yoshitsugu Kojima, Takayuki Ichikawa, Study of cyclic performance of V-Ti-Cr alloys employed for hydrogen compressor, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43, 2881-2889, 2018.
4. Ankur Jain, Hiroki Miyaoka, Sanjay Kumar, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, A new synthesis route of ammonia production through hydrolysis of metal – Nitrides, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 24897-24903, 2017.
5. Sanjay Kumar, Keita Nakajima, Anamika Singh, Yoshitsugu Kojima, Gautam Kumar Dey, Assessment of hydrogen storage property of CaMgBH system using NMR and thermal analysis techniques, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 26007-26012, 2017.
6. Sanjay Kumar, Anamika Singh, K. Nakajima, Ankur Jain, H. Miyaoka, T. Ichikawa, G. K. Dey, Y. Kojima, Improved hydrogen release from magnesium borohydride by ZrCl<sub>4</sub> additive, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 22342-22347, 2017.
7. Sanjay Kumar, Ankur Jain, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Study on the thermal decomposition of NaBH<sub>4</sub> catalyzed by ZrCl<sub>4</sub>, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 22432-22437, 2017.
8. Ankur Jain, Sanjay Kumar, Hiroki Miyaoka, Tengfei Zhang, Shigehito Isobe, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Ammonia suppression during decomposition of sodium amide by the addition of metal hydride, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 22388-22394, 2017.
9. Sanjay Kumar, Yoshitsugu Kojima, Gautam Kumar Dey, Tailoring the hydrogen absorption desorption's dynamics of Mg-MgH<sub>2</sub> system by titanium suboxide doping, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 21841-21848, 2017.
10. Sanjay Kumar, Gyanendra Prasad Tiwari, Nagaiyar Krishnamurthy, Yoshitsugu Kojima, Isotopic effect on the non-isothermal dehydrogenation kinetics of lithium alanates, *Journal of Nuclear Materials*, 492, 183-188, 2017.
11. Tengfei Zhang, Shigehito Isobe, Ankur Jain, Yongming Wang, Shotaro Yamaguchi, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Naoyuki Hashimoto, Enhancement of

hydrogen desorption kinetics in magnesium hydride by doping with lithium metatitanate, Journal of Alloys and Compounds, 711, 400-405, 2017.

12. Sanjay Kumar, Ankur Jain, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Catalytic effect of bis (cyclopentadienyl) nickel II on the improvement of the hydrogenation-dehydrogenation of Mg-MgH<sub>2</sub> system, International Journal of Hydrogen Energy, 42, 17178-17183, 2017.
13. Sanjay Kumar, Yoshitsugu Kojima, Vivekanand Kain, Nano-engineered Mg-MgH<sub>2</sub> system for solar thermal energy storage, Solar Energy, 150, 532-537, 2017.
14. Ankur Jain, Shivani Agarwal, Sanjay Kumar, Shotaro Yamaguchi, Hiroki Miyaoka, Yoshitsugu Kojima, Takayuki Ichikawa, How does TiF<sub>4</sub> affect the decomposition of MgH<sub>2</sub> and its complex variants? - An XPS investigation, Journal of Materials Chemistry A, 5, 15543-15551, 2017.
15. Sanjay Kumar, Anamika Singh, Gyanendra Prasad Tiwari, Yoshitsugu Kojima, Vivekanand Kain, Thermodynamics and kinetics of nano-engineered Mg-MgH<sub>2</sub> system for reversible hydrogen storage application, Thermochimica Acta, 652, 103-108, 2017.
16. Sanjay Kumar, Vivekanand Kain, Yoshitsugu Kojima, Remarkably improved dehydrogenation of ZrCl<sub>4</sub> doped NaAlH<sub>4</sub> for hydrogen storage application, International Journal of Hydrogen Energy, 42, 15299-15307, 2017.
17. Sanjay Kumar, Ankur Jain, Yoshitsugu Kojima, Thermodynamics and kinetics of hydrogen absorption-desorption of vanadium synthesized by aluminothermy, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2017.
18. Sanjay Kumar, Ankur Jain, T. Ichikawa, Y. Kojima, G. K. Dey, Development of vanadium based hydrogen storage material: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 791-800, 2017.
19. Sanjay Kumar, Anamika Singh, Yoshitsugu Kojima, Gautam Kumar Dey, Tailoring the Thermodynamics and Kinetics of Mg-Li Alloy for a MgH<sub>2</sub>-Based Anode for Lithium-Ion Batteries, Energy Technology, 5, 1546-1551, 2017.

### 総説

1. 小島由継, アンモニアからの燃料電池自動車用水素燃料製造, ペトロテック, No.8, Vol.40, 659-663 (2017).

### 招待講演等

1. Yoshitsugu Kojima, Highly Purified Hydrogen Production from Ammonia for PEM fuel Cells, 255th ACS National Meeting in New Orleans, LA, March 18-22, 2018, Ernest N. Morial Convention Center, USA (2018) (依頼講演).
2. 小島由継, CO<sub>2</sub>フリー社会の実現を目指して, 第2回「総合エネルギー企業」創出研究

会, 平成 30 年 3 月 6 日(火)13:30～15:30, 中国経済産業局 (2018) (招待講演).

3. Yoshitsugu Kojima, Hydrogen storage materials: past, present and future perspectives, Indian Institute of Metals, NMD-ATM, 71st Annual Technical Meeting, November 11-14, November 12, 11:00-11:20 (2017) (招待講演).
4. 小島由継, アンモニア分解と高純度水素併給システムの開発動向, エネルギー分野(発電・水素製造など)へのアンモニア利活用技術／研究開発動向, 2017 年 10 月 26 日(木)15:50～16:50, 東京・新お茶の水・連合会館 (2017) (招待講演).
5. Yoshitsugu Kojima, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Highly Purified Hydrogen Production from Ammonia for Fuel Cell Vehicles, IUPAC 13th International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XIII), October 15-20, 2017, Nanjing, China (2017) (基調講演).
6. Tnegfei Zhang, Hikaru Yamamoto, Hiroki Miyaoka, Takayuki Ichikawa, Yoshitsugu Kojima, Progress and Application on Ammonia Absorption Materials, IUPAC 13th International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XIII), October 15-20, 2017, Nanjing, China (2017) (招待講演).
7. 小島由継, アンモニアから燃料電池自動車用水素燃料製造, 日本化学会秋季事業 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 平成 29 年 10 月 19 日(木) 14:40-15:20, タワーホール船堀 (2017) (招待講演).
8. Yoshitsugu Kojima, Basic Technology for Hydrogen Station Utilizing Ammonia, Asia Pacific Gas Conference 2017 APGC2017, APGC Tech Forum 3. Hydrogen Production & Transportation, Friday, September 29, 10:30-16:00 (2017) (招待講演).
9. 小島由継, 水素貯蔵材料の研究開発, 公益社団法人日本金属学会, 2017 年秋期講演大会, 2017 年 9 月 6 日(水)～9 月 8 日(金), 北海道大学(2017) (学術貢献賞受賞講演).
10. 小島由継, アンモニアを利用した水素社会, 第 6 回「エネルギー物質創成のための触媒科学技術研究会」, 平成 29 年 8 月 31 日(木) 15:35-16:35, 名古屋工業大学 4 号館 2 階 会議室 3 (2017) (招待講演).
11. Yoshitsugu Kojima, High Purity Hydrogen Generation from Ammonia, 254th ACS National Meeting in Washington, DC, August 20-24, 2017, Walter E. Washington Convention Center, USA (2017) (依頼講演).
12. Yoshitsugu Kojima, SIP Energy Carriers - Basic Technology for Hydrogen Station Utilizing Ammonia, 7th World Hydrogen Technology Convention, 9-12 July 2017, Prague, Czech Republic (2017) (依頼講演).
13. 小島由継, 水素社会実現の切り札"アンモニア", 蔵前工業会(東京工業大学同窓会)広島県支部, 平成 29 年 5 月 12 日(金) 19:05-19:35, ホテルグランヴィア広島 3 階飛鳥の間(2017) (招待講演).

#### イベント (研究会, セミナー等)

1. 第 518 回 物性セミナー (第 5 回窒素循環エネルギーキャリア研究拠点会議)  
題目 : アンモニアの発電利用に関する事業性評価

講師：谷川博昭（中国電力株式会社総合研究所 総合エネルギー技術グループ マネージャー）

日時：2018年2月22日（木）16:10～

2. 第517回 物性セミナー

題目：Properties of topological Dirac and Weyl semimetals

講師：Friedhelm Bechstedt (University of Jena, Germany)

日時：2018年1月12日(金)16:30～

3. 第516回 物性セミナー

題目：IR and X-ray combinatorial experiments and imaging. an original approach to characterize materials and dynamical phenomena

講師：Augusto Marcelli (INFN, Italy)

日時：2017年12月4日（木）16:30～

4. 第515回 物性セミナー

題目：Mg系、Ti系水素貯蔵材料を用いた水素インフラへの貢献とデバイス開発

講師：近藤亮太（関西大学 化学生命工学部）

日時：2017年11月22日（水）16:00～

5. 第514回 物性セミナー

題目：希土類金属間化合物のX線非弾性散乱

講師：筒井智嗣（高輝度光科学研究センター）

日時：2017年11月13日（月）16:30～

6. 第513回 物性セミナー

題目：X線発光における誘導放出現象を用いたX線STED顕微鏡

講師：江島丈雄（東北大学多元物質科学研究所）

日時：2017年10月12日（木）16:30～

7. 第512回 物性セミナー

題目：微視的多極子の一般化と風変わりな電気磁気光学応答

講師：楠瀬博明（明治大学理工学部）

日時：2017年10月13日（金）16:30～

8. 第511回 物性セミナー

題目：電気二重層トランジスタを用いた電界誘起二次元超伝導体の新奇物性探索

講師：野島勉（東北大学金属材料研究所）

日時：2017年9月6日（水）16:20～

9. 第510回 物性セミナー（第4回窒素循環エネルギーキャリア研究拠点会議）

題目：化学物質の健康リスク評価

講師：吉田喜久雄（産業技術総合研究所）

日時：2017年8月9日（水）16:10～

10. 第 509 回 物性セミナー

題目：高スピン分極率材料の開発

講師：手束展規（東北大学大学院工学研究科）

日時：2017 年 7 月 27 日（木）16:20～

11. 第 508 回 物性セミナー

題目：Novel two-dimensional electron systems at the surface of transition-metal oxides

講師：Andrés F. Santander-Syro (CSNSM, Université Paris-Sud/HiSOR, Hiroshima University)

日時：2017 年 7 月 25 日（火）16:20～

12. 第 507 回 物性セミナー

題目：スピノおよび軌道分解走査トンネル顕微鏡による物性研究

講師：吉田靖雄（東京大学物性研究所）

日時：2017 年 7 月 14 日（金）16:20～

13. 第 506 回 物性セミナー

題目：Theoretical/Computational Studies of X-Ray Absorption Spectroscopy

講師：Prof. Tamio Oguchi (Osaka Univ.)

日時：2017 年 5 月 30 日（火）16:20～

14. 第 505 回 物性セミナー

題目：The unconventional nature of the high-T<sub>c</sub> superconducting ground state :Evidence from tunneling and ARPESTheoretical/Computational Studies of X-Ray Absorption Spectroscopy

講師：Prof. William Sacks（ソルボンヌ大学）

日時：2017 年 5 月 12 日（金）14:30～

特許

1. 小島由継，蓄電装置，出願番号：特願 2017-173180，出願日：2017 年 9 月 8 日
2. 小島由継，アンモニア除害液及びアンモニア除害方法，出願番号：特願 2017-220439，出願日：2017 年 11 月 15 日
3. 小島由継，アルカリ二次電池，出願番号：特願 2018-004907，出願日：2018 年 1 月 16 日
4. 小島由継，青木隆典，藤谷忠博，足立貴義，久保秀人，アンモニア除去材料，アンモニア除去方法及び燃料電池自動車用水素ガスの製造方法，特開 2017-104778

講義

サステナブル物質科学

科学技術の発展は我々の生活を豊かなものにしたが、その一方で環境破壊を惹き起こしてきた。今後の科学技術の開発は豊かな生活への貢献と同時に、環境保護も視野に入れる必要がある。例えば、太陽電池や燃料電池、地熱発電は環境に優しい次世代エネルギー源と

して注目され、有害物質の捕獲や分解などの機能を 持った高効率触媒の開発は環境汚染の問題を解決できる。本科目では、これらの材料に関連する化学・物性物理・デバイス開発について幅広い知識を習得することを目標としている。

## 自然科学研究支援開発センター名簿

### センター長

29.4.1

役職	氏名	職名	所属	内線	メールアドレス
センター長	田中 伸和	教授	自然科学研究支援開発センター	7875	ntana@hiroshima-u.ac.jp

### 遺伝子実験部門

役職	氏名	職名	所属	内線	メールアドレス
部門長	田中 伸和	教授	自然科学研究支援開発センター	7875	ntana@hiroshima-u.ac.jp
遺伝子実験部 主任	山下 一郎	教授	自然科学研究支援開発センター	6271	iyama@hiroshima-u.ac.jp
副主任	清水 典明	教授	生物圏科学研究科	6528	shimizu@hiroshima-u.ac.jp
副主任	山本 卓	教授	理学研究科	7446	tybig@sci.hiroshima-u.ac.jp
副主任	北村 憲司	助教	自然科学研究支援開発センター	6273	kkita@hiroshima-u.ac.jp
遺伝子科学研究開発部 主任	田中 伸和	教授	自然科学研究支援開発センター	7875	ntana@hiroshima-u.ac.jp
副主任	坂本 敦	教授	理学研究科	7449	ahkkao@hiroshima-u.ac.jp
副主任	江坂 宗春	教授	生物圏科学研究科	7927	mesaka@hiroshima-u.ac.jp
副主任	河本 正次	教授	先端物質科学研究科	7753	skawa@hiroshima-u.ac.jp

### 生命科学実験部門

役職	氏名	職名	所属	内線	メールアドレス
部門長	檜山 英三	教授	自然科学研究支援開発センター	(霞)5951	eiso@hiroshima-u.ac.jp
生命科学機器分析部 主任	檜山 英三	教授	自然科学研究支援開発センター	(霞)5951	eiso@hiroshima-u.ac.jp
副主任	金輪 真佐美	助教	自然科学研究支援開発センター	(霞)6878	mfuku@hiroshima-u.ac.jp
	原田 隆範	特任助教	自然科学研究支援開発センター	(霞)6844	tharada@hiroshima-u.ac.jp
動物実験部 霞動物実験施設 主任	外丸 祐介	教授	自然科学研究支援開発センター	(霞)5106	sotomaru@hiroshima-u.ac.jp
副主任	吉村 幸則	教授	生物圏科学研究科	7958	yyosimu@hiroshima-u.ac.jp
副主任	信清(大中)麻子	助教	自然科学研究支援開発センター	(霞)5108	asako@hiroshima-u.ac.jp
生物医科学研究開発部 主任	檜山 英三	教授	自然科学研究支援開発センター	(霞)5951	eiso@hiroshima-u.ac.jp
副主任	柘植 雅貴	助教	自然科学研究支援開発センター	(霞)6814	tsuge@hiroshima-u.ac.jp

### 低温・機器分析部門

役職	氏名	職名	所属	内線	メールアドレス
部門長	齋藤 健一	教授	自然科学研究支援開発センター	7487	saitow@hiroshima-u.ac.jp
低温実験部 主任	梅尾 和則	准教授	自然科学研究支援開発センター	6276	kumeo@sci.hiroshima-u.ac.jp
副主任	鈴木 孝至	教授	先端物質科学研究科	7040	tsuzuki@hiroshima-u.ac.jp
物質科学機器分析部 主任	齋藤 健一	教授	自然科学研究支援開発センター	7487	saitow@hiroshima-u.ac.jp
	加治屋大介	助教	自然科学研究支援開発センター	2484	dkajiy@hiroshima-u.ac.jp
低温・機器分析研究開発部 主任	井上 克也	教授	理学研究科	7416	kxi@hiroshima-u.ac.jp

### アイソトープ総合部門

役職	氏名	職名	所属	内線	メールアドレス
部門長	中島 覚	教授	自然科学研究支援開発センター	6291	snaka@hiroshima-u.ac.jp
放射性同位元素管理部 主任	山崎 岳	教授	総合科学研究科	6527	takey@hiroshima-u.ac.jp
	松嶋 亮人	助教	自然科学研究支援開発センター	7119	masha@hiroshima-u.ac.jp
放射性同位元素教育研究部 主任	遠藤 曜	教授	工学研究院	7612	endos@hiroshima-u.ac.jp
副主任	稲田 晋宣	助教	自然科学研究支援開発センター	7119	kinada@hiroshima-u.ac.jp

### 先進機能物質部門

役職	氏名	職名	所属	内線	メールアドレス
部門長	小島 由継	教授	自然科学研究支援開発センター	3904	kojimay@hiroshima-u.ac.jp
先進機能物質研究開発部	宮岡 裕樹	准教授	自然科学研究支援開発センター	4604	king20@hiroshima-u.ac.jp