

## 令和3年度事業報告

(令和3年4月1日～令和4年3月31日)

当法人は、設立の目的である「原子力及びエネルギー関連科学技術の地域産業への普及等による地域活性化」を計画的に推進するため、令和2年度からの第5期中期事業計画において、「研究開発」、「産業支援」、「人材育成・交流」を三つの柱として、真に地域の産業活性化に貢献できる機関となるための研究開発、産業支援機能の強化やグローバルな原子力人材の育成と交流の推進を図ることとしている。

令和3年度は、第5期中期事業計画の2年度目であり、計画の推進を目指して、三つの柱の各分野において積極的に活動を行った。

研究開発では、JAXAと締結した協力協定に基づき、宇宙線耐性評価技術の向上を図るとともに、県内企業・大学との共同研究を進め、県内における超小型衛星開発の取組みに貢献した。また、医療分野では、陽子線とX線の併用照射の順序に依存したDNA損傷の重篤度が、細胞致死効率に与える影響を明らかにした。育種分野では、イオンビーム照射による突然変異誘発促進技術開発の理化学研究所との共同研究や、福井県が開発中のミディトマトに使用する単為結果性の有無を判別するDNAマーカーの作成を行った。さらに、エネルギー分野では、ナノ構造化を活用した新規水素貯蔵材の開発や、有望な水素キャリアであるアンモニアの新規合成装置開発など、水素の製造・輸送・貯蔵に関する研究を県内企業と連携して進めた。

産業支援では、県内企業の新技術、新製品の開発に加え、販路開拓についても積極域に支援を行い、地域産業の振興に努めた。また、原子力発電所の廃止措置への県内企業の参入を促進するため、元請企業と県内企業との情報交換会を開催した。

人材育成・交流では、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、IAEAとの連携による諸外国の技術者への研修や研究者の受入れは実施できなかったが、アジア諸国の原子力関係技術者や行政官等を対象とする研修をオンラインを用いて開催した。また、国内技術者向けの実務研修や大学生等を対象とする廃止措置に関するセミナーを実施するなど、原子力人材の育成に貢献した。

今後とも、当法人が保有する人的資源や知見を最大限に活用し、地域に貢献できるよう取り組んでいく。

# 研究開発

地域社会・経済への貢献を目指し、「医療」、「育種」、「レーザー技術」、「宇宙開発」の4分野に重点をおいて、実用化に向けた研究開発を推進する。

## 1 医療分野

陽子線治療を基軸とした集学的がん治療法の研究開発や陽子線がん治療の腫瘍部における線量分布を簡便に評価する技術の開発など、陽子線によるがん治療の高度化・効率化を進める。

### ア 粒子線がん治療高度化のための生物応答解明研究

#### (ア) 概要

陽子線治療を基軸とした集学的がん治療の実現に向けた研究開発を推進する。併せて、臨床レベルの試験研究の安全性を担保するための生物学的試験研究を実施する。

#### (イ) これまでの取組み

福井県立病院陽子線がん治療センターや福井大学などと連携し、より治療効果が高く、患者の負担が少ない適正な陽子線照射線量を把握するための基礎研究を推進し、治療線量の最適化につながる成果が得られた。

また、陽子線とX線を組み合わせて照射する混合放射線療法の確立に向けた基礎研究を実施し、その成果が臨床試験につながった。さらに、同治療法の高度化を目指した基礎研究を進め、陽子線とX線の照射の順番および間隔に依存した「DNA損傷の質的变化」とこれに伴う「DNA損傷認識効率」の違いが、併用照射の作用に大きく寄与することが判明した。

がん治療効果を詳細に検証するため、生体内イメージングシステムを用いて、モデルマウスに移植した腫瘍の動態を精密計測する技術を確立した。

陽子線と免疫賦活剤を併用したがん治療の実現可能性の検証に向けた共同研究を推進し、動物実験により抗腫瘍効果の拡大につながる可能性が示された。また、放射線治療による急性障害を予防、緩和、治療する薬剤の開発に向けた産学連携の研究において、候補薬剤の有効性を示す成果を得た。

#### (ウ) 令和3年度の成果

陽子線とX線を併用して照射した腫瘍組織の経時変化を統計的に解析し、高い治療効果が得られた線量域において、X線照射後に陽子線を照射した場合に、

陽子線照射後にX線を照射した場合よりも腫瘍組織を死滅させる効率が高いことが示された。これまでの知見と併せて、X線照射後に陽子線を照射することで、より重篤度が高く修復の困難なDNA損傷が形成され、腫瘍細胞の致死効率が上昇し、治療効果が増強されることが示された。

放射線治療による急性障害を予防、緩和、治療する薬剤の開発に向けた産学連携の研究において、モデルマウスに対して静脈内注射を行った場合にも、候補薬剤の有効性を示す成果が得られた。このほか、細胞質の放射線応答が放射線抵抗性の制御に重要な役割を果たすことを共同研究で初めて明らかにした。

## イ 粒子線照射技術の高度化研究

### (ア) 概要

陽子線がん治療時の腫瘍部における線量分布を簡便に評価する技術を開発し、治療計画の時間短縮と治療効果の向上に寄与する。さらに、開発した技術を陽子線治療のみならずX線治療にも適用することを目指す。また、粒子線治療に係る各種工学的要素を含んだ課題の解決につながる知見を蓄積する。

### (イ) これまでの取組み

陽子線で生じる蛍光発光分布を線量分布としてオンラインで可視化表示するシステムの研究を推進し、医薬品医療機器等法の規制をクリアして実用化するため、医薬機器等開発ガイドラインに関する情報収集を行った。

粒子線治療の効果を高めるため、吸収線量に応じて着色するゲルインジケータを応用して開発したPVA-KIゲル線量計について、性能評価を効率的に行うために吸収線量を計測できる範囲を拡大した測定システムを開発した。また、陽子線やヘリウム線を対象に吸収線量に応じた着色の特性を明らかにし、実用化に必要なデータを取得してシミュレーション等との比較を行った。

### (ウ) 令和3年度の成果

陽子線線量分布をオンラインで可視化表示するシステムについて、医薬品医療機器等法に適合させるためのソフトウェア上の問題点を抽出するとともに、放射線耐性評価などの工学分野への適用可能性を検討した。

吸収線量に応じて着色するPVA-KIゲル線量計について、照射中に着色度の分光計測可能なシステムを開発し、実用性を評価した。

また、DNAを用いた線量評価手法の開発として、ヘリウム線を照射した一本鎖および二本鎖の蛍光修飾オリゴヌクレオチドについて、切断量を蛍光強度により評価し、塩基配列によって切断量が変化することを明らかにした。

## 2 育種分野

イオンビームを用いた植物・菌類の育種技術の開発や植物工場に適した新品種の育成を行うとともに、生物資源のDNA情報・特性等の解析評価研究を行う。

### ア 植物・菌類のイオンビーム育種研究

#### (ア) 概要

企業、試験研究機関、大学と共同で、社会や地域のニーズにマッチした有用な植物や菌類の新品種育成に取り組む。また、新品種育成に適用可能な突然変異誘発技術の開発に取り組み、開発した技術を新品種育成に積極的に活用して行く。

#### (イ) これまでの取り組み

植物のイオンビーム育種技術では、種苗会社と共同で新しい花卉等の作出に成功し、これまでに8品種の品種登録を終え、植物工場用レタスなど3品種の登録を出願中である。

DNA修復機構を利用した突然変異誘発促進技術開発では、理化学研究所と共同で、突然変異誘発効率を高めるために阻害が有効なDNA修復経路を明らかにした。また、修復経路阻害剤6種類について照射初期応答への阻害剤投与の影響を調査し、2種類のDNA修復阻害剤に有効性を見出した。

新たな炭素イオンビーム照射技術の開発および実用作物への適用研究では、理化学研究所、福井県立大学と共同で、モデル植物のシロイヌナズナとイネにおいて、炭素ビームの飛程末端付近を活用した照射法が従来照射法の数倍の生物効果を示すことを明らかにし、この領域のビームで照射したイネ照射第2世代では、多収性や耐暑性、その他重要形質を有する複数の変異体を獲得した。

新品種開発研究では、種苗会社と共同でビンカやストックなどの花卉類で有用形質を持った変異を見出した。また、酒米山田錦の品種改良に福井県立大学と取り組み、県内の栽培環境に適し、かつ、粳が落ちにくい系統を開発した。

菌類については、抗がん物質を産生する冬虫夏草菌の生産性を向上させるとともに、高い免疫賦活活性を示す多糖類を産生するチョレイマイタケの高増殖性菌株を得た。また、カバノアナタケが産生する物質に関する福井大学との共同研究では、老化を早める糖化物質の生成を抑制する働きがあることを明らかにし、その物質の精製条件を確立した。

このほか、一般財団法人日本きのこセンター等と共同で、有害元素の蓄積が少ないシイタケの開発研究を進め、炭素イオンビームを照射した菌糸体から、子実体へのセシウムやカドミウムの蓄積が少なくなる変異体の選抜を行った。

#### (ウ) 令和3年度の成果

県内の種苗会社との共同研究により作出に成功した結実性の高いミディトマト品種について、品種登録が認められた。

DNA修復機構を利用した突然変異誘発促進技術開発では、変異誘発促進に有効な阻害剤を新たに1種類確認した。既に有効性を確認した阻害剤をイオンビーム照射前後に適用した場合、適用しなかった場合と比較して2倍から4倍の突然変異率増加が得られた。これまでの研究結果に基づき、モデル植物における薬剤処理による変異誘発促進法および他の実用作物に適用する際の薬剤効果の確認手順を確立した。

新たな炭素イオンビーム照射技術の開発および実用作物への適用研究では、炭素ビームの高LET(線エネルギー付与)領域を利用した照射方法により、モデル植物のシロイヌナズナにおいて理化学研究所のアルゴンビームと同等の生物効果や突然変異率を示した。また、この照射方法を用いてイネ(ピカソンタ)やコムギ(ふくこむぎ)において有用な形質を有する複数の変異体を獲得した。

花き類の新品種開発研究では、新たにビンカの花色に関する有望品種を作出した。酒米山田錦の品種改良研究では、既に開発した、県内の栽培環境に適し、かつ、粳が落ちにくい系統について品種登録のためのデータ収集等を行った。

有害元素蓄積の少ないシイタケの開発では、新たに2種類の実用品種について、突然変異の誘発に適した炭素線と陽子線の照射線量を決定し、セシウムやカドミウムの蓄積が少ないだけでなく高収量の変異株も得られた。

## イ 生物資源のDNA情報・特性等の解析評価研究

#### (ア) 概要

福井県産ブランド野菜の育種に使用するDNAマーカーの作成や、地域特産の農産物に関する代謝産物データのカタログ化を行い、福井産のブランド野菜の育成や保護に活用する。また、県産品が有する抗酸化力を評価することができる科学的信頼性や宣伝効果の高い、新しい手法を確立する。

#### (イ) これまでの取組み

農産物DNAデータ等のカタログ化では、福井県のブランド野菜であるミディトマト「越のルビー」に特有の8種類のDNA断片を検出することができた。また、福井県が現在開発中の新ミディトマト(ポスト越のルビー)の選抜過程で用いる、トマト葉かび病抵抗性の有無を判別できるDNAマーカーを作成するとともに、新たな手法を採り入れ、単為結果性に関連すると考えられる9種類のDNA断片を検出した。代謝産物解析では、福井県産および県外産品のミディトマトを試料とし、クロマトグラフによる成分分析を実施し、県産品の特

異性を植物の含有物から判別する手法を開発した。

食品の抗酸化力評価法の開発では、トマト等の福井県特産品と類似試料を用いた測定・評価によって、生体に作用することが知られている活性酸素種に対する消去力を従来法よりも高い精度で評価する手法を確立し、農業・食品産業技術総合研究機構等と連携して検証を行い、有効性を確認した。

#### (ウ) 令和3年度の成果

農産物DNAカタログ化では、新ミディトマト開発の育種過程で用いる単為結果性の判別DNAマーカーについて、候補となる複数のDNA断片を得た。また、カラフルミディトマトを判別するための2種類のDNAマーカーを作成し実用化した。代謝産物解析では、ミディトマトのほか、葉物野菜などの県産物と類似の他県産物について、糖や香気成分、ポリフェノール等の含有成分を比較分析し、県産物の特徴を調査するためのデータを収集した。

食品の抗酸化力評価法の開発については、農業・食品産業技術総合研究機構と共同で測定条件の最適化や試料前処理法の改良などを行い、野菜のほか、加工食品に対しても高い精度で科学的根拠を有する手法として確立した。

## ウ 植物工場関連品種改良

#### (ア) 概要

県内の植物工場における現行品種に対する様々なニーズに対し、理化学研究所との共同研究で培った変異促進誘発技術や高LET炭素線による新育種技術を活用して、新品种の育成を実施する。育成された新品种については、植物工場の事業者へ種苗を提供し、実際の生産環境における生育試験を行う。

#### (イ) これまでの取組み

生育の早いレタス品種や結実性の高いミディトマト品種の作出に成功し、植物工場等に試験栽培用の種苗を提供し、生育試験を実施した。

また、好塩性の機能性野菜であるシーアスパラガスの工場生産法を開発し、太陽光併用型植物工場での通年栽培が可能となるLED補光条件を確認した。

#### (ウ) 令和3年度の成果

植物工場のLED照明下で発生するレタスの生理障害を抑制するため、イオンビーム育種法を用いて耐性を有する変異体を作成するシステムを獲得した。

高い免疫賦活活性を示す多糖類を産生する真菌類(チョレイマイタケ)の高増殖株をイオンビーム育種により作出し、その菌株を用いて生産した多糖類が、野菜の生育を促進することを栽培試験により実証し、新規の植物生長促進剤として特許出願した。生育の早いリーフレタスや高結実性のミディトマトについては、県内外の植物工場に種苗を提供し、試験栽培を実施した。

### 3 レーザー分野

原子力発電所の廃止措置に向けた除染・切断技術の向上と民生分野への技術移転を行う。

#### ア レーザー技術を応用した除染技術、切断技術の開発

##### (ア) 概要

廃止措置に向けた除染・切断技術の試作・試験等で明確になった実用化に向けた課題と最新レーザー技術を反映し、周辺技術を含めた除染・切断技術のシステム高度化に取り組む。

##### (イ) これまでの取り組み

除染技術では、金属表面の除染システムの開発およびホット試験を実施し、火気、レーザー光および汚染粉じんの各対策に問題が無いことを確認し、管理区域内におけるレーザー除染が実施可能であることを示した。また、遠隔操作可能なコンクリートの自走式小型除染システムの開発を行い、走査速度や出力、材料、表面状況の違いが剥離量に及ぼす影響等についてデータを取得した。

さらに、新しい短波長パルスレーザーの技術を取り入れ、表面除去の高効率化を図るため、パルスレーザーのピークパワーや面照射の機構等に着眼し、レーザー除染に適した機材の選定や除染対象物表面の凹凸形状に応じた照射ヘッドの追従機構の検討を実施した。

切断技術では、原子炉圧力容器や容器内構造物を模擬した厚さ300mmの各種鋼材の切断試験に加え、直径が125mmから250mm程度の配管切断に係る操作性を高めるための小型自動配管切断システムの試作・試験や、切断に伴って発生する粉じんの低減や貫通後のレーザー強度抑制を目的とした水ミスト噴霧の有効性確認試験を実施した。また、試作した直径250mm程度の配管を対象とした機材の試験知見に基づき、大口径配管（500mm程度）と小口径配管（80mm程度）を対象としたヘッド駆動機材を開発した。

さらに、「ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点」施設を活用し、水中レーザー切断試験を実施し、「ふげん」原子炉の構造材を模した試験体（平板・二重管）を対象に、異なる水深（最大水深8m）でのレーザー切断状態や切断によって発生する粉じんの気中および水中への移行のデータを取得した。

##### (ウ) 令和3年度の成果

除染技術では、建屋内壁（コンクリート）やゴムライニング剥離における技術利用の可能性を見極めるためにユーザーニーズや技術動向について調査を実施し、レーザー技術を利用する可能性があることを確認した。

切断技術では、レーザー切断の特性を活かせる配管として、直径300mm程度の配管を選定し、既存の自動配管切断システムでの知見を踏まえて、照射ヘッドおよびそれを駆動する機材のさらなる開発を行った。照射ヘッドは、狹隘部での作業性を向上させるため、形状をL型にするとともに高出力に対応させた。また、照射ヘッド駆動機材は、配管への取付方法を改良するとともに軽量化を図った。試作した照射ヘッドと駆動機材は、組み合わせて配管に取り付けて動作確認を行った。

さらに、「ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点」施設を活用し、「ふげん」原子炉の構造材を模した試験体を対象に、異なる水深（最大水深6m）で水中レーザー切断試験を行い、切断後に得られた濁水の浄化試験中の水質調査などを実施した。

## イ レーザー技術の産業利用

### （ア）概要

国内有力研究機関との連携や廃止措置の除染・切断技術開発で培った技術・ノウハウ等をベースに、地元産業構造に合った土木建築分野等での研究開発、レーザー技術全般の相談・支援を行う。

### （イ）これまでの取組み

光産業創成大学院大学と連携し、貯水槽の定期検査・補修で必要となる防水塗膜の除去技術、コンクリート表面をガラス化することによりコンクリート内部への塩水浸入を防ぎ、橋梁等のコンクリート構造物の長寿命化を実現する材料改質技術や、配管レーザー自動切断装置などの開発について、土木建築分野での実用化に向けた研究開発の支援を実施した。

### （ウ）令和3年度の成果

土木建築分野などにおける研究開発を進め、レーザー切断・除染（ハツリ）技術を用いた配管切断の試作装置の実用化に向けた基礎データ収集、企業との情報交換等を行った。

また、廃止措置技術開発で培ったレーザー技術をベースに、技術相談等で地元企業のニーズの把握や技術指導を行い、地元企業の技術力向上と産業振興への貢献に取り組んだ。

## 4 宇宙開発分野

イオンビームを用いて宇宙用電子部品の放射線耐性を評価する技術の向上を図り、県内企業等との共同研究により、県内宇宙産業の技術力強化につなげる。

### ア 宇宙で利用される機器・材料の評価技術開発

#### (ア) 概要

放射線耐性評価研究として、照射量の制御手法や低線量照射に対応した照射量計測手法などを開発する。また J A X A との協力協定の締結により、放射線耐性評価技術の向上を図り、県内企業等との共同研究を推進することで、県内企業の技術力強化につなげる。

#### (イ) これまでの取組み

加速器のイオンビーム強度を宇宙線程度に制御する方法を開発し、宇宙機搭載用機器（素子、放射線検出器等）の宇宙線耐性や作動精度の評価、小惑星の表層構成物質に対する宇宙線の影響の評価に向けたイオンビーム照射試験を実施した。

また、J A X A との共同研究として、火星衛星探査機に搭載する撮像素子の宇宙線耐性の評価のためのイオンビーム照射試験を行うとともに、県内での宇宙産業創出の実現に向け、県内企業が開発に参画中の超小型衛星で使用する電子機器に対する照射試験を行い、打ち上げに貢献した。

令和2年度には、J A X A と協力協定を締結し、協定に基づきシリコン半導体素子のプロトン起因シングルイベント効果（イオン1個が衝突することにより発生する一時的誤作動）およびペロブスカイト太陽電池の高耐放射線性のメカニズム解明についての共同研究を開始し、放射線耐性評価技術の向上を図った。

また、福井大学および県内企業との共同研究を開始し、県内における超小型衛星開発に対する当法人の関与を深化させるとともに、県外の複数の大学とも共同研究を推進し、照射量制御の高度化や線量分布の計算評価技術開発を行った。

#### (ウ) 令和3年度の成果

J A X A と締結した協力協定に基づき、新たに宇宙機への搭載を検討する最先端半導体（F i n F E T）に対するシングルイベント評価や、宇宙用太陽電池へのトータルドーズ評価（放射線による電荷蓄積が起こす特性劣化）についての共同研究を実施した。また、J A X A の協力により、加速器の減速体機構を自動化するなど、照射技術の高度化を進めたほか、J A X A の照射ニーズに

応じた依頼照射も推進し、JAXAとの協力関係を深化させた。

県内企業・大学との共同研究では、福井県工業技術センターやふくい宇宙産業創出研究会とも密接に連携しながら、宇宙機（超小型衛星・探査機等）へ適用する素子等に対するシングルイベント評価技術を確立し、県内の超小型衛星開発の取組みに貢献した。また、イオン加速器の民間ニーズ把握のため、経済産業省の「放射線試験・ソフトウェア対策に関する勉強会」にも参加し、国内の宇宙機開発についての情報収集・把握等を図った。

このほか、照射野の高度化や多様な照射条件の開発など、イオンビームによる放射線耐性評価技術の高度化を図った。

## 5 エネルギー分野

放射線計測技術の向上を図るとともに、太陽炉の効果的な活用や水素エネルギー利用に向けた技術開発を行う。

### ア 放射線計測技術の開発

#### (ア) 概要

放射線計測技術の高度化、加速器利用系装置の利用高効率化により、技術力向上を図る。また、イオンビームの線束や時間変化を間接的に計測する技術を実用化する。さらに、使用済燃料のウラン・プルトニウム量を分析する手法を開発する。

#### (イ) これまでの取組み

放射線源情報評価手法の開発を行い、管理区域や原子力災害時の放射線線量分布を簡易に計測可能なシステムを開発した。また、瓦礫発生時の線量分布評価手法を開発し、シビアアクシデント時に瓦礫等の放射線源が散在している現場の上空から測定したデータから地上線源の強度分布を評価する計算式を導出した。

さらに、高エネルギー光子線計測による線束測定手法を開発し、対象物表面に入射する際のビームエネルギーの詳細評価を可能とした。

加えて、原子炉からのニュートリノを検出する装置を使用済燃料の分析に適用することにより、ウラン・プルトニウム量を測定するための新たな液体シンチレーターの開発に取り組み、ニュートリノエネルギーの測定精度を向上させるため、液体シンチレーターにリチウムを溶解させる手法に取り組んだ。

#### (ウ) 令和3年度の成果

イオンビームの線束や時間変化の経時的計測技術開発のため、これまでに開発した高エネルギー光子線検出システムを用いて自然環境での長期間耐久試験を継続して実施した。

使用済燃料成分分析手法の開発では、ニュートリノエネルギーの測定精度を向上させるため、リチウムを溶解させた液体シンチレーターを開発し、ガンマ線や中性子などに対する測定性能を評価した。また、装置を大型化する上での検出器形状やデータ収集装置の性能について調査した。

## イ 様々なエネルギーの技術開発

### (ア) 概要

太陽炉の活用方法を探求し、実現性を評価した上で効果を実証する。また、燃料電池車の高圧タンクに替わって水素を安全に輸送でき、燃料電池に水素を容易に供給できる水素吸蔵合金を開発する。さらに、水を吸収して水素を発生する性質を持ったセラミックを用いた水素製造システムの構築を目指す。

### (イ) これまでの取組み

バイオマスエネルギー開発では、木質バイオマスからエタノールを生成したほか、農業廃棄物をマイクロ波で加熱処理し、薬品原料等に应用可能なテルペン等やバイオディーゼル燃料となりうる脂肪酸エステルを生成した。

水素エネルギーの利活用では、マグネシウムの酸化還元反応を活用した水素エネルギー循環サイクルの技術開発として、太陽炉を用いた熱還元によるマグネシウム生成試験を実施しマグネシウムの生成を確認した後、回収率向上に向けて還元反応容器の改良を行い評価した。また、実規模を想定した太陽炉本体の概念設計を行い、太陽炉による還元マグネシウム保管型水素ステーションと各種水素貯蔵方式の水素ステーションとの比較を行い、安全面では優位性があるものの、採算面において課題があることを確認した。

水素吸蔵合金の開発として、水素化マグネシウム薄膜にニッケルを触媒として成膜することにより、貴金属触媒を使用することなく水素の発生開始温度を100℃付近まで低下させた。また、大量生産に向けて、ボールミル法を用いて水素化マグネシウム粉末にニッケルを混合し、水素含有量6.1%で、水素放出開始温度が150℃付近となる水素吸蔵合金粉末を作製した。さらに、水素放出時にLaNi<sub>4</sub>Al合金を媒介する方式により、室温から200℃の温度範囲において大気圧に近い圧力の水素ガスを発生させることができた。

セラミックの水分解を利用した水素製造技術として、セラミック製造手法を確立し、水素ガスの定量分析手法について調査した。

### (ウ) 令和3年度の成果

ナノ構造を利用した新規水素貯蔵材の開発について、金属表面にナノ構造を導入する摩擦強加工試験機を設計・試作した。試作装置を用いて摩擦強加工したマグネシウムの表面近傍を透過型電子顕微鏡(TEM)観察した結果、ナノメートルサイズの転位ループや微細結晶粒の形成を確認した。また、イオン照射したマグネシウムにも同様にナノメートルサイズの転位ループの形成が確認された。気相からの急冷によるナノ構造形成では、県内企業と共同で、高真空中とガスを導入した低真空中でのマグネシウム膜の成膜条件や膜質の違いについて実験を行い、ガスの導入によりナノ構造が形成できることが確認された。また、

蒸発させた金属を気流に乗せて成膜基板に到達させる方法が有効であることが判明した。

セラミックの水分解を利用した水素製造技術について、水吸収能力の高いセラミックを製造する手法を確立した。またセラミックを加熱した際に発生する水素ガスを定量する手法を開発し、水素ガス量を推定することができた。

有望な水素キャリアであるアンモニアを低エネルギー投入で合成できる新規装置の開発について、加熱溶融した金属ナトリウムに水素・窒素混合ガスを作用させることによりアンモニアが生成されることを確認した。また、ナトリウム取扱技術を有する県内企業と技術連携して、アンモニアや他のガスを定性・定量できる分析手法を確立した。さらに、反応機構の解明を目指し、温度・圧力制御およびガス回収が可能な卓上の超小型反応装置を製作し、アンモニア合成によってできる反応生成物の分析と反応解析を開始した。

## 6 多様な分野の活動を支える技術開発

加速器の高効率かつ安定運転のための技術、イオンビームを用いた材料分析技術、機器・材料の損傷や放射線耐性などの評価技術を開発する。また、高い付加価値を持つ材料や安価な代替材料等の開発を行う。

### ア 加速器技術の開発・高度化

#### (ア) 概要

医療・育種・宇宙開発分野の効率的かつ安定的な実験・研究のため、加速器の継続的な開発を行う。

#### (イ) これまでの取り組み

タンデム加速器は、安定した加速高電圧の発生が重要であり、加速高電圧の安定化と絶縁性能の向上に努めてきたが、近年では熱的な振る舞いへの対応も必要となっている。このため、加速高周波発振器をシングル増幅方式からプッシュプル方式に改めることにより出力電力を半減させることに加え、半導体化により、絶縁ガス冷却系チラーの水冷化が可能であることの検証を行った。

また、新たな重イオン利用の可能性も探究しており、現在、利用可能な重イオンビームは炭素、窒素、酸素、塩素、ニッケル、銅である。

シンクロトロンでは、出射ビーム制御系の機能の高度化に向け、出射用高周波信号の強度に出射ビーム強度をフィードバックすることによって出射ビームの時間変動を一様にする機能を開発した。また、高周波加速の制御および周波数の安定性改善のためにデジタル化に着手した。さらに、加速空洞制御系を改良し、動作試験を行った。加えて、ビーム電流量が変化した際にビーム位置が変動する問題に対応するために、信号レベルを一定にするフィードバック制御機能付きのビーム位置信号用アンプを開発した。

#### (ウ) 令和3年度の成果

タンデム加速器については、加速高周波発振器の更新と加速管電極間の分割抵抗や保護放電ギャップの更新を行う計画であったが、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、部品の納入が令和4年度となったため遂行することができなかった。また、加速高周波発振器は、加速高電圧の安定化のため、2台のトランジスタによるプッシュプル方式を用いて省電力化を図る計画であったが、トランジスタ4台を用い、耐圧を半分に抑えてトランスの構造も単純化でき、より安定性を増すフルブリッジ方式を採用することとした。

シンクロトロンについては、加速ビーム電流安定化のために加速高周波制御系のデジタル化を進め、デジタル化したビーム位置信号処理系やビーム位置信

号用アンプとあわせて運用試験とオペレーションソフトウェアの開発を行った。

## イ 加速器利用分析技術の開発・高度化

### (ア) 概要

加速器からのイオンビームを用いた材料分析技術の開発を行う。さらに、大気や各種ガス中で試料を分析する手法を開発し、水素やリチウムを対象に材料分析を行う。また、飛行時間測定法を用いた分析手法では、高効率化のための開発を行う。これらの技術や既存の技術を適用し、生体・生物中の元素の挙動の研究やリチウムイオン電池などの元素分析による性能評価を行う。

### (イ) これまでの取組み

マイクロビームを用いた微細領域の二次元元素分析として、歯質中のフッ素およびカルシウム分布測定、茶葉中のアルミニウムおよびフッ素等の分布測定、イネの根に分布する金属の測定を行った。また、高精度薄膜分析のための飛行時間測定弾性反跳粒子検出 (TOF-ERDA) 法の開発、重イオンビームを用いたラザフォード後方散乱 (RBS) 法の開発を行った。

リチウムイオン二次電池の性能向上に貢献するため、TOF-ERDA法によるリチウムの定量分析に必要な、リチウムと入射ビームであるヘリウムの反応断面積の導出、入射ビームの電流を計測する装置の開発、検出器の検出効率等の導出を行った。また、リチウムイオン電池模擬試料の充電・放電状態をTOF-ERDA法により測定し、充電状態と放電状態には明らかにリチウムが移動していることが分かり、リチウム濃度の変動領域も特定することができた。

材料中の水素量を大気中で分析するためのイオンビーム分析手法 (大気ERDA法) を開発し、セラミックによる水分解を利用した水素製造においてセラミック中に吸蔵される水素量を特定するため、大気ERDA法やTOF-ERDA法などのイオンビームを用いた分析を行い、水素のほか、リチウム、炭素および酸素の変化を観察することができた。

### (ウ) 令和3年度の成果

大気中におけるイオンビーム分析手法を用いて、セラミック中のリチウムについても分析できることが判明した。また、この手法を応用して液体試料にも適用できる手法を開発し、リチウム含有液体中のリチウム分析が可能となった。

## ウ 放射線場で利用される機器・材料の評価技術開発

### (ア) 概要

原子力関連機器の高経年化対策に必要なデータを取得するため、加速器等を

使用して機器や材料の損傷評価、放射線耐性評価および評価技術開発を行う。

(イ) これまでの取組み

長期間燃焼した原子燃料の被覆管材料での脆化現象を評価するため、ジルカロイ4 ( $Zr_{1-x}Y_x$ ) の薄膜試料を作製してその微細組織を高分解能電子顕微鏡で観察、分析した結果、粗大析出物は化学組成がクロムよりも鉄濃度が高い  $Zr(Fe_xCr_{1-x})_2$  系が主で、 $ZrFe_x$  系も数%存在することを明らかにした。また、主要な析出物である  $Zr(Fe_xCr_{1-x})_2$  系析出物の重イオン照射下での挙動を調査し、ジルカロイ2と比較してFeの減少の程度が低く、弾き出し環境下での析出物の化学組成の安定性が高いことが明らかとなった。

中性子照射による原子炉構造材料の硬化量の予測評価については、中性子照射を模擬して重イオンを照射したステンレス鋼に、硬さを増加させる照射欠陥のフランクループ、ブラックドット、溶質原子クラスタが形成されることを透過型電子顕微鏡とアトムプローブで確認した。また、250°Cで透過型電子顕微鏡内引張『その場』観察を行い、転位の一回あたりの移動距離や移動頻度と各種の欠陥の空間分布から、転位をピニング（動きを完全に止めること）する照射欠陥がフランクループとブラックドットであることが分かった。溶質原子クラスタは、転位をピニングするのではなく、母材を全体的に硬化する効果として硬化量の予測評価手法に取り入れることが適していることを確認した。

(ウ) 令和3年度の成果

ジルコニウム合金に重水素イオンを注入して水素化物が形成される条件を見出し、多くの既存の金属析出物の近傍で水素化物が形成されると同時に、母相でも形成されることを確認した。

中性子照射による原子炉構造材料の硬化量の予測評価については、溶質原子クラスタを含有するステンレス鋼と含有しないステンレス鋼に重イオンを照射し、フランクループとブラックドットの数密度は透過型電子顕微鏡で、溶質原子クラスタの数密度はアトムプローブで評価し、硬さの増加量は押し込み硬さ試験で測定することにより、溶質原子クラスタが転位をピニングする障害物強度を算出した。

## エ 材料技術の開発

(ア) 概要

種々の材料（金属、高分子等）の製造（バルク・薄膜）、表面改質、形態制御、複合化等のプロセス関連技術と観察・分析技術等、これまでの成果を活用し、高い付加価値を持つ材料や安価な材料等を開発する。また、観察・分析技術の高度化に取り組むとともに、企業からの要請に応じて技術支援等を行う。

#### (イ) これまでの取組み

新たな光学素材として期待されるポリイミド系高分子ファイバーを生成して評価したところ、既存素材と同等の光透過性を有しつつ、引張強度等の高分子物性に優れるとともに放射線耐性を備えていることを確認した。また、エレクトロスピンニング法（電界紡糸法）によりナノファイバーマットを試作し、不織布に適した性状であることを確認した。

高分子材料上の金属めっきの密着性向上について、高分子表面凹凸の制御技術を開発し、触媒粒子の担持状態と金属めっきの密着性の関係を明確にした。

摩擦を利用したナノ結晶微細構造に関する研究では、炭素鋼の表面に滑らかな仕上げ面を得る加工法であるバニシング加工を施し断面方向から内部組織を観察した。その結果、表面から深部に向かい結晶粒のサイズが徐々に粗大化し、それに対応して深さ方向で硬度が減少する傾斜特性が確認された。

固体材料のエロージョン摩耗試験では、アルミナスラリーを高速噴射して摩耗試験をしたチタン合金の最表面近傍を断面方向から観察し、表面には複雑な形状の凹凸が生じており、摩耗は不均一に進行したことが確認された。さらに、表面下に存在する添加元素であるアルミの析出物の近傍で亀裂が観察され、不均一な摩耗の進行との関連性が示唆された。

屈折率が大きいシリコン膜による光の干渉を利用し、見る方向の違いによる色の変化が現われにくい性質を持つ着色法を開発した。実用的な立体物へ着色する手法を開発するため、福井県工業技術センターや県内企業との共同研究により、成膜対象物を回転させながらマグネトロンスパッタ法でステンレス製の板および立体物を着色し、青色については均一性の高い着色が可能となった。

#### (ウ) 令和3年度の成果

ポリイミド系高分子ファイバーについては、エレクトロスピンニング法により高分子溶液濃度や印加電圧を変化させてナノファイバーマットを作製し、その微細構造を走査型電子顕微鏡により観察することでビーズの発生が起らないナノファイバーマットの作製条件を見い出した。

摩擦を利用したナノ結晶微細構造表面膜の創製と評価については、チタンの表面を摩擦強加工し、表面粗さがこれまで調査した材料（炭素鋼、銅）と比較して大きいことが判明した。これはチタンが六方晶であり面心立方晶等と比較して滑り面が少なく塑性変形能が低いことなどに起因する結果と考えられる。

シリコン成膜による着色技術については、県内企業と共同で成膜対象物を回転させながらマグネトロンスパッタ法で立体物への着色実験を行い、ステンレス鋼の平板では、青、黄緑、紫、ピンクなどに着色することができた。また、水素ガスを混合した場合には、鮮やかな色調で着色することができた。

## 7 実用化研究推進に向けた仕組みづくり

企業ニーズの把握やコーディネート機能、情報発信力を強化し、実用化研究を推進するための仕組みを整備する。

### ア 体制の整備

#### (ア) 概要

企業ニーズを把握し、ニーズに基づく研究テーマを的確に設定するとともに研究成果が実用化されるまでの過程を一貫してフォローアップするための推進体制を整備する。

#### (イ) これまでの取り組み

県内企業ニーズの把握を強化し、ニーズに基づく研究テーマの設定から研究成果の実用化までを一貫して推進するため、令和2年度にコーディネーターを中心とした「実用化推進チーム」を新設し、企業訪問やWeb会議を行い、企業との関係強化を行った。

また、企業ニーズに基づく研究テーマを的確に設定し、実用化に向けた研究を推進できるよう、内部・外部評価委員会の評価項目の見直しを実施し、研究内容の実用化の要素について評価を行うこととした。

さらに、公募型共同研究制度においては、当法人の研究成果を実用化することを目指して共同研究する企業を助成する「実用化研究」枠を新設し、当法人が指定した研究テーマ「金属表面の着色技術」の実用化に取り組む企業との共同研究を採択している。

#### (ウ) 令和3年度の成果

コーディネーターを中心とした「実用化推進チーム」が、県内企業のニーズを把握するとともに、特許取得や品種登録を進めて研究成果の優位性を周知するなどして、実用化や共同研究に向けた県内企業等との体制構築に努めた。

育種分野では、福井大学との共同研究により解明したカバノアナタケが産生する抗糖化物質とその高増殖変異株について、特許出願して報道発表するとともに、チョレイマイタケが産生する多糖類を新規の植物生長促進剤として特許出願した。また、高結実性のミディトマト(ルキナ)は品種登録が認められた。

これらのイオンビーム育種による新品種とその育種法については、大手種苗企業、食品企業や県内植物工場などと実用化や共同研究に向けた協議を進めている。

このほか、福井県立大学との共同研究による、県内の栽培環境に適した酒米山田錦の品種改良については、品種登録出願のためのデータ収集を行うとともに

に、実用化に向けて県内企業との共同研究を進めている。

水素エネルギー分野では、ふくい水素協議会との連携を強化するとともに、県内企業のニーズを調査して研究連携を行う企業との機密保持契約を締結するなど、実用化に向けた体制構築を図った。

材料分野では、公募型共同研究の「実用化研究」枠で県内企業と共同研究を進めている「金属表面の着色技術」について、三次元着色や発色のバリエーション化の目途が立ち、実用化に向けて取引先企業への提案準備を開始した。

また、耐放射線性や耐薬品性に優れたポリイミド系ファイバーについて、特許出願の準備を進めるとともに、実用化に向けて福井大学およびフィルタ製造企業との共同研究の体制構築に着手した。

## イ 情報の発信

### (ア) 概要

ホームページの内容拡充、積極的な説明会開催や報道発表などにより、当法人の研究成果の発信力を強化し、企業との共同研究を促進する。

### (イ) これまでの取組み

研究成果報告会のWeb開催、広報紙「エネ研ニュース」での研究活動の紹介、育種・宇宙開発分野等での研究成果に関する報道発表などにより、積極的に情報を発信している。

また、過去10年分の研究成果や四半期ごとの研究発表、直近に発表されたインパクトの強い論文をホームページに掲載し、情報提供機能の向上を図った。

### (ウ) 令和3年度の成果

研究成果報告会をWeb開催し、研究成果の発表を動画で配信するとともに、広報紙「エネ研ニュース」などを活用して、研究活動の紹介に努めた。

また、「北陸技術交流テクノフェア」（福井市）や「航空・宇宙機器開発展」（東京）などへ出展するとともに、育種・宇宙開発・水素エネルギー分野などについては報道発表を行い、積極的に研究成果の情報発信を行った。

このほか、「ふくいオープンイノベーション推進機構」のふくい宇宙産業創出研究会会員企業との意見交換会に参加するなど、県内企業との連携強化を図り、共同研究の促進を図った。

# 産業支援

地域産業の振興を図るため、企業などの商品開発等の科学的分析・評価の支援、産学官連携による新事業創出に向けた研究開発や事業化の支援を行う。

## 1 技術・研究支援

福井県若狭湾エネルギー研究センター（以下「エネ研」という。）に設置されている科学機器を企業、大学、研究機関に貸し出すとともに、技術相談を行い、製品開発等を促進する。

### ア 科学機器等の利用支援

#### (ア) 概要

研究員の専門知識や技術ノウハウ、加速器や高度な科学機器など、当法人およびエネ研が有する人的・物的資源の情報を積極的に発信するとともに、他の産業支援機関との連携を強化することにより、企業等の課題解決を幅広くサポートする。

#### (イ) これまでの取組み

科学機器の利用については、科学機器オペレータの充実等によりサポート能力の向上を図ってきた。また、県内企業等の製品開発・品質管理に貢献するため、走査型電子顕微鏡装置や電子プローブマイクロアナライザー装置等の科学機器を用いた分析・評価技術に関する研修を開催している。

加えて、県内商工会議所などの支援機関やテクノポート福井企業協議会の広報媒体を活用するとともに、各種説明会や企業訪問、施設来訪者への案内などの機会を捉えて科学機器を用いた分析事例を紹介するなど、機器利用についてのPRを強化した。また、ホームページに「科学機器予約状況確認システム」を構築し、利用者の利便性の向上と利用促進を図っている。

このほか、敦賀美方消防組合については、科学機器の活用や研究員の技術支援・助言により火災原因の調査・研究を行ってきた実績があり、こうした取組みをより実効性のあるものとするため、連携・協力に関する覚書を締結した。

#### (ウ) 令和3年度の成果

県内商工会議所などの支援機関やテクノポート福井企業協議会等の広報媒体への情報発信の頻度を高めるとともに、県内企業へのDMの発送などにより利用促進の強化を図った。また、各種説明会や企業訪問、施設来訪者への案内などの機会を捉えて科学機器を用いた分析事例の紹介に努めた。

この結果、県内企業の科学機器利用件数は、新型コロナウイルス感染拡大の影響が続く中で123件と前年度（86件）を上回り、県内企業8社が新たに科学機器を利用した。また、科学機器による分析評価技術の向上を通して県内企業等の製品開発や品質管理に貢献するため、科学機器を用いた分析・評価技術に関する研修を7回開催し、34名の参加があった。

## イ 技術支援・相談

### (ア) 概要

企業の技術開発段階に生じたトラブル等に対し、専門的知識を有する研究員、オペレータ等が相談に応じ、課題解決に向けてサポートを行う。

### (イ) これまでの取り組み

技術相談については、分野や内容に応じた研究員等によるアドバイスや分析等の支援を行うほか、福井県工業技術センターやふくい産業支援センターなど適切な外部機関・大学への橋渡しをはじめとしたコーディネート活動を行ってきた。また、当法人の保有する特許技術を紹介するリーフレットを作成して研究シーズを紹介するなどの活動を展開した。

企業訪問については、関係部門と合同で実施し、レーザー関連技術やイオンビーム育種、宇宙用電子部品の放射線耐性評価試験等について、研究に関するニーズを把握したうえで必要に応じてアドバイス等を行った。

また、平成29年度に理化学研究所の協力のもと「イオンビーム育種相談窓口」を設置し、イオンビームによる品種改良に関する相談を受け付け、回答・助言を行い、品種改良を目指したイオンビーム照射や共同研究に結びついた。

加えて、当法人が蓄積した研究成果について、各種展示会等の場を活用して実用化・製品化を担いうる企業へのPR等を行った。

### (ウ) 令和3年度の成果

技術相談については197件に対応し、植物工場における推奨作物の相談や、イオンビーム照射によるインクの色の変化の定量化についての相談など、企業の課題を解決するための技術支援のほか、新品種レタスやシーアスパラガス育成技術を用いた新商品生産・販売のサポートなど、県内企業による技術開発・新規事業化を支援した。

企業訪問については58件実施し、当法人が蓄積した研究成果を用いたコーディネート活動や、レーザー関連技術や宇宙用電子部品の放射線耐性評価試験等、研究に関するニーズの把握に努め、必要に応じてアドバイス等を行った。「イオンビーム育種相談窓口」では、8件の相談を受け付け、延べ5日のイオンビーム照射を実施した。

## 2 新事業創出支援

企業と大学、研究機関のネットワークを活用した新事業、新産業の創出等を推進するとともに、県内企業の研究開発から製品開発後の販路開拓までの取組みを支援する。

### ア 産学官ネットワーク形成の推進

#### (ア) 概要

多様な地域産業の育成を目指し、様々な企業と大学、公設試験研究機関等との連携による産学官ネットワークの形成を通じて、エネルギー関連技術等による新事業、新産業の創出に向けた取組みを実施する。

#### (イ) これまでの取組み

「ふくいオープンイノベーション推進機構」の取組みに参画し活動を行っており、機構が事業化に向けた課題解決のために立ち上げた研究会において、当法人は放射線利用・材料開発研究会等の事務局として研究開発活動の促進のほか、事業化や販路開拓に向けた支援を行ってきた。

平成27年度にはロボット技術分野への県内企業の参入を支援する取組みとして「災害対応ロボット技術開発研究会」を設立し、平成31年3月の第5回研究会において「空陸両用型ドローン」の試作機のデモ飛行・走行を行うとともに、それまでの活動成果を共有した。

また、県内企業向け技術セミナーとして、平成29年度にはレーザー技術分野における企業支援策として「レーザー加工DIYセミナー」を、令和元年度には光産業創成大学院大学と連携して「次世代型スマート農業セミナー」を開催した。令和2年度は、次世代エネルギーの一つである「水素」について、関西圏の大学の専門家を講師に迎え、「水素製造の新たな道筋」と題したセミナーをWebを中心に開催した。

#### (ウ) 令和3年度の成果

「ふくいオープンイノベーション推進機構」と連携して、各分野の専門知識を有する大学・研究機関や産業支援機関の協力を得て活動を進めた。

令和3年9月には、「イオンビーム育種」をテーマとして、国内のイオンビーム育種の先端研究者を講師に迎え、「高エネルギービーム利活用に向けた展望」と題した県内企業向け技術セミナーをオンライン形式で開催し、県内企業等から63名の参加があった。

## イ 研究開発支援

### (ア) 概要

新産業創出に向けて、嶺南地域を中心として県内企業の研究開発を支援し、新事業、新技術、新製品の開発への取組みを促進する補助事業を行う。また、従来の研究開発に対する支援に加え、製品開発後の販路開拓を支援する補助制度を設ける。

### (イ) これまでの取組み

平成26年度に、広く県内企業を対象として開始した「新産業創出シーズ発掘事業補助金」については、令和2年度までに26件の支援を行い、10件が製品化された。

平成18年度から、嶺南地域の「ものづくり」支援のために開始した「嶺南地域新産業創出モデル事業補助金」については、令和2年度までに85件の支援を行い、24件が新たに製品化された。

なお、「新産業創出シーズ発掘事業補助金」、「嶺南地域新産業創出モデル事業補助金」とともに、令和元年度から対象分野に新たに植物工場・施設園芸分野と防災分野を追加し、支援対象を拡充した

また、「拠点化計画促進研究開発事業補助金」については、平成29年度からは補助対象分野を「再生可能エネルギー、省エネルギーに関する技術開発」として、県を主体に実施されており、当法人は、令和2年度までに5件の申請支援等を行った。

さらに、従来の研究開発に対する支援に加え、製品開発後の販路開拓を支援することを目的として、令和2年度に「エネルギー研究成果等販路開拓支援事業補助金」を新設し、5件の支援を行った。

### (ウ) 令和3年度の成果

「新産業創出シーズ発掘事業補助金」については8件の支援を行い、過去に支援した中から「県産品の素材を生かした若狭高浜クラフトビール」が新たに製品化された。

「嶺南地域新産業創出モデル事業補助金」については7件の支援を行い、過去に支援した中から「キッチン質等成長促進剤を用いた地産苔の短期収穫サイクル技術」など3件が新たに製品化された。

「拠点化計画促進研究開発事業補助金」については、企業から提出された2件の申請支援等を行った。

従来の研究開発に対する支援に加え、製品開発後の販路開拓を支援することを目的とする「エネルギー研究成果等販路開拓支援事業補助金」については5件の支援を行った。

## ウ 県内企業の原子力関連業務への参入支援

### (ア) 概要

県内企業の原子力関連業務への参入、受注拡大を支援するため、メンテナンス業務を行っている元請会社と県内企業との情報交換会を開催する。また、廃止措置工事への県内企業の参入を促進するため、電力事業者による説明会や、元請会社と県内企業との情報交換会を開催する。

### (イ) これまでの取組み

廃止措置工事への県内企業の参入促進策として、「廃止措置工事に係る電力事業者の説明会」を平成28年度に美浜発電所1、2号機、敦賀発電所1号機およびふげんについて開催し、県内企業等227社・団体が参加した。令和元年度には大飯発電所1、2号機について開催し、69社が参加した。

「廃止措置工事に係る元請会社との情報交換会」は、平成28年度に美浜発電所1、2号機の系統除染工事について開催し、県内企業54社が参加した。平成29年度は、美浜発電所1、2号機のタービン建屋内機器等解体工事および放射能調査について開催し、70社が参加したほか、敦賀発電所1号機のタービン・発電機等解体工事について開催し、68社が参加した。平成30年度は、美浜発電所1、2号機の原子炉容器外の放射能調査および新燃料搬出工事について開催し、54社が参加した。令和元年度は、大飯発電所1、2号機の系統除染工事およびタービン建屋内機器等解体工事について開催し、17社が参加したほか、敦賀発電所1号機の水電解装置解体工事およびふげんの原子炉建屋内Aループ側機器等の解体撤去工事について開催し、6社が参加した。

令和2年度は、敦賀発電所1号機の補助ボイラーおよびコールドエバポレーター解体工事ならびにタービン建屋1階タービン補機冷却系熱交換器等解体工事について開催し、19社が参加した。

また、平成18年度から原子力関連業務への参入および受注拡大を目指して原子力関連業務従事者研修を受講済みや受講予定の企業を対象に、メンテナンス業務を行っている元請会社等との情報交換会を開催してきた。

### (ウ) 令和3年度の成果

「廃止措置工事に係る元請会社との情報交換会」をふげんの原子炉建屋内Bループ側機器等の解体撤去工事について、令和3年5月にエネ研で開催し、県内企業16社が参加した。また、大飯発電所1・2号機の放射能調査（原子炉容器内）について、令和3年7月におおい町総合町民センターで開催し、21社が参加したほか、原子炉容器外の放射能調査（放射化汚染調査および二次的汚染調査）について、令和4年2月に開催し、22社が参加した。

また、「県内企業と原子力関連企業との情報交換会」を引き続き開催し、県内企業7社が元請会社に対して自社技術の売込みや個別商談等を行った。

# 人材育成・交流

国際的な原子力人材の育成や原子力関連業務従事者研修等の人材育成を行う。また、海外研究機関等との研究交流や国際会議等の誘致などを行う。

## 1 人材育成支援

関係機関と協力し、国際的な人材の育成に取り組む。また、国内の原子力関連業務従事者の育成に取り組む。

### ア 国際的な原子力人材の育成

#### (ア) 概要

国内外の原子力発電所の安全な運転維持のための人材の確保や世界的な原子力発電所の導入計画への貢献を目指し、関係機関と連携し原子力人材育成を行う。

#### (イ) これまでの取組み

平成22年度から毎年、アジア原子力人材育成会議を開催し、各国の原子力導入等の状況や人材育成のニーズを確認してきた。

平成23年度からは、アジア諸国の原子力関係者を対象とした研修を実施しており、このうち平成23年度から平成25年度には、マレーシアやタイなどの原子力発電導入計画国へ講師を派遣して研修を行った。また、平成25年度からは、福井県とIAEAが締結した覚書に基づき、IAEAと連携した研修を実施している。

国内人材の国際化に向けては、平成23年度から県内および関西・中京圏の大学院生計20名の海外留学を支援している。また、平成29年度から高校生・大学生を対象とした「原子力グローバルスクール」を開催している。

さらに、令和元年度からは、文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業により、大学生、高専生等を対象にした「廃止措置テクニカルセミナー」を実施している。

令和2年度には、福井県国際原子力人材育成センターの設立10周年を記念して、センター設立の沿革、活動実績、研修等に関わった方々の寄稿集等を内容とする報告書を日英対訳で作成し、IAEAをはじめとする国内外の原子力人材育成機関等に配布するとともにインターネット上に公開した。

#### (ウ) 令和3年度の成果

##### ① 国外の人材育成

アジア諸国の原子力関係技術者や行政官等への研修およびフィリピン原子力発電所導入のための研修について、新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンラインを用いて実施し、合わせて105名の参加があった。また、フィリピン原子力発電所導入のための研修については、県内大学生等8名がオンラインで聴講した。

一方、IAEAとの共催による安全文化に関するANSN研修、研究炉スクールについては、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、海外からの研修生を受け入れることができず、令和4年度に延期となった。

## ② 国内の人材育成

大学生、大学院生、高専生10名を対象に、原子力発電所の廃止措置等について理解を深めることを目的とした「廃止措置テクニカルセミナー」を実施した。

また、高校生23名を対象に「原子力グローバルスクール」を実施した。

なお、原子力人材の国際化を図るための大学院生の留学支援については、新型コロナウイルス感染拡大防止のため実施できなかった。

## イ 原子力関係業務従事者研修

### (ア) 概要

国内の原子力発電所の安全な運転維持のための人材確保に資するという観点から、国内技術者向け実務研修や原子力保修技術技量認定講習等を実施する。

### (イ) これまでの取組み

平成17年度から国内の現場ニーズに応じた研修を実施し、毎年約1,000名の受講者を受け入れてきた。福島第一原子力発電所事故以降の安全対策工事、廃止措置段階への移行など、原子力発電を取り巻く状況が大きく変化している中、原子力発電所の安全性向上や廃止措置工事について、現場従事者の理解度やニーズに幅広く対応した研修を実施した。また、県内企業のニーズなどを踏まえて研修カリキュラムの充実や技量認定制度の改善について検討し、シニア人材の活用も図るなど、より充実した研修を行い、令和2年度末には受講者の累計が16,680名となった。

### (ウ) 令和3年度の成果

研修の実施状況や原子力発電所の運転および廃止措置を見据えた県内企業のニーズなどを踏まえ、研修カリキュラムの充実や技量認定制度の改善について検討し、シニア人材の活用も図りながら、現場技術力や事故対応力の向上等に寄与する、より適切な研修を行い、受講者の累計が17,802名となった。

## 2 技術・研究交流

海外の大学、研究機関等と研究協力、人材交流等を行うとともに、国際会議等の誘致を行う。

### ア 海外研究機関等との研究交流

#### (ア) 概要

研究・人材育成拠点の形成を目指す取組みの一環として、当法人と海外の研究機関、大学等との共同研究、研究者の交流・研修等を積極的に進める。

#### (イ) これまでの取組み

平成22年度から平成29年度に、文部科学省の原子力研究交流制度により、ベトナム、バングラデシュ、タイおよびマレーシアから計6名の研究員の受入れを行った。

また、当法人の「海外研究者・研究生受入制度」により、平成24年度から当法人のほか、福井大学、福井工業大学、原子力安全システム研究所から受入可能な研究テーマの提案を受けて毎年3名から5名の研究者・研究生を受け入れており、その数は令和2年度までに累計で37名に上っている。

#### (ウ) 令和3年度の成果

福井県とIAEAが締結した覚書のもと、IAEAの制度を活用してロシア人研究員1名を福井大学で受け入れることとしていたが、前年度に引き続き、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、海外からの研究者の受入れは実施できなかった。

### イ 国際会議等の開催・誘致

#### (ア) 概要

国際会議等を誘致することにより、原子力先進県である福井県を世界に向けてアピールするとともに、福井県の魅力を発信することにより福井県の知名度の向上を図る。

#### (イ) これまでの取組み

平成22年度から毎年、アジア原子力人材育成会議を開催し、アジアを中心とした世界各国の原子力機関の代表者およびIAEAの専門家を招聘して、原子力発電や放射線利用等について情報共有するとともに、関係者による議論や意見交換を行ってきた。

また、令和元年度には、エネ研でIAEA主催の「原子力施設の廃止措置に

関する国際ワークショップ」が開催されたほか、文部科学省の主催によるFNCAの気候変動科学オープンセミナーや「つるが国際シンポジウム2019」が開催された。

令和2年度には、文部科学省からの委託により、クリアランスをテーマとして、勉強会とシンポジウムからなる「つるが国際シンポジウム」を開催した。また、IAEA総会サイドイベント（オンライン会合）を開催し、福井県国際原子力人材育成センター設立10周年を記念する報告書への反映を目的として、これまでの活動成果を報告するとともに各国への貢献や今後の活動の方向性についてパネル討論を行った。

(ウ) 令和3年度の成果

原子力利用分野における国際的な原子力人材のネットワークの強化を目的とする「つるが国際シンポジウム」について、文部科学省からの委託を受けるには至らず、実施できなかった。

## 嶺南Eコースト計画の推進

令和2年に福井県が策定した「嶺南Eコースト計画」において、当法人が令和3年度に実施した事業は次のとおりである。

### 基本戦略Ⅰ 原子力関連研究の推進および人材の育成

#### プロジェクト1 国内外の研究者等が集まる研究・人材育成拠点の形成

施策名	令和3年度実施事業
(1) グローバルな原子力人材育成の推進	アジア諸国の原子力技術者や行政官等を対象とする研修をオンラインにより開催
	IAEAと連携した国際研修は新型コロナウイルス感染拡大により開催延期
(5) 廃炉への対応を含め、原子力の安全を支える県内原子力関連企業の人材確保・育成を支援	県内の原子力関連業務従事者の技能向上のための研修を開催
(6) 安全・安心の確保に向け、高経年化対策や小型モジュール炉を含む原子力関連技術のイノベーションに資する研究を推進	廃止措置現場での実用化に向けたレーザー除染・切断技術の高度化研究を推進
	X線と陽子線の併用照射による陽子線がん治療に関する研究を実施

### 基本戦略Ⅱ デコミッションングビジネスの育成

#### プロジェクト1 廃止措置工事等への地元企業の参入促進、製品・技術の供給拡大

施策名	令和3年度実施事業
(2) 原子力関連業務従事者に対する技術研修を充実	廃止措置に係る技能向上のための研修を実施
(3) 廃止措置関連技術の高度化に繋がる研究開発を促進	廃止措置現場での実用化に向けたレーザー除染・切断技術の高度化研究を実施(再掲)
(4) 研究開発した製品・技術について、他分野での活用も含めた県内外への販路開拓を支援	廃止措置に活用できる県内企業の製品・技術に対して販路開拓費を助成
(5) 県内企業への工事情報の提供	廃止措置工事に関する説明会や元請企業との情報交換会を開催

## 基本戦略Ⅲ 様々なエネルギーを活用した地域振興

### プロジェクト1 嶺南の市町と連携し、スマートエネルギーエリア形成を推進

施策名	令和3年度実施事業
(3) 再エネ由来の水素ステーションや、水素を燃料とするドローン等の研究開発・実証試験を実施	水素の製造、貯蔵、運搬に関する先進技術の研究開発を実施

## 基本戦略Ⅳ 多様な地域産業の育成

### プロジェクト1 技術の高度化、地元企業等への技術移転による次世代の農林水産業を実現

施策名	令和3年度実施事業
(2) 農業のスマート化や高付加価値品目の生産に向けた研究を推進	病気に強く省力生産が期待できるミディトマトの開発に向け県園芸研究センターとの共同研究を実施
	イオンビーム育種技術の効率化に係る理化学研究所との共同研究を実施

### プロジェクト2 地元企業支援や企業誘致により、多様な産業を育成

施策名	令和3年度実施事業
(1) 若狭湾エネルギー研究センターの研究開発、産業支援機能を強化	県内企業や大学、JAXAとの宇宙関連の共同研究(様々な宇宙環境を模擬した宇宙放射線耐性評価試験等)を実施
	JAXAとの連携協定に基づく技術交流会の開催など連携を強化
	病気に強く省力生産が期待できるミディトマトの開発に向け、県園芸研究センターとの共同研究を実施(再掲)
	イオンビーム育種技術の効率化に係る理化学研究所との共同研究を実施(再掲)
	X線と陽子線の併用照射による陽子線がん治療に関する研究を実施(再掲)
	廃止措置現場での実用化に向けたレーザー除染・切断の高度化研究を実施(再掲)
	県内企業のニーズを踏まえた実用化研究を進めるため、「実用化推進チーム」による企業訪問活動等を実施
(2) 県内企業への原子力・エネルギー関連技術の移転を促進、経営等の支援を充実	県内企業の新産業創出に向けて、加速器や科学機器を活用した分析や、技術・製品の研究開発を支援
	県内企業が研究開発した製品・技術に関する販路開拓費を助成

## 第5期中期事業計画 推進指標

### ○研究開発

指標	内 容	令和2～6 年度目標	令和3年度 実績	評 価 等
1	研究発表数 (論文、外部発表等)	件 550 (110/年)	96	研究報告会の Web 開催でポスター発表を廃止したことなどによる減。積極的に論文等を投稿していく。
2	民間企業等との共同研究数	件 100 (20/年)	22	目標を達成した。
3	企業訪問数	件 250 (50/年)	58	目標を達成した。

### ○産業支援

指標	内 容	令和2～6 年度目標	令和3年度 実績	評 価 等
4	県内企業の科学機器利用件数	件 950 (190/年)	123	コロナ禍や企業の課題解消などによる利用減。活用事例の紹介などの周知に努める。
5	補助金支援件数	件 85 (17/年)	22	目標を達成した。
6	補助金支援による新たな製品化数	件 22 (4/年)	4	目標を達成した。

### ○人材育成・交流

指標	内 容	令和2～6 年度目標	令和3年度 実績	評 価 等
7	従事者研修受講者数(累計)	名 21,500 (1,116/年)	1,122	目標を達成した。
8	海外からの研究者および研修生の受入れ数	名 400 (80/年)	105	目標を達成した。
9	国際研修コースへの日本人学生の参加者数	名 100 (20/年)	8	一部研修で関係機関との調整が整わなかったことによる減。調整を進めて学生参加を促進する。

(参考)

## 第5期中期事業計画の事業体系

### 研究開発

- |   |   |
|---|---|
| <p>1 医療分野</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 粒子線がん治療高度化のための生物応答解明研究</li><li>イ 粒子線照射技術の高度化研究</li></ul> <p>2 育種分野</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 植物・菌類のイオンビーム育種研究</li><li>イ 生物資源のDNA情報・特性等の解析評価研究</li><li>ウ 植物工場関連品種改良</li></ul> <p>3 レーザー分野</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア レーザー技術を応用した除染技術、切断技術の開発</li><li>イ レーザー技術の産業利用</li></ul> <p>4 宇宙開発分野</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 宇宙で利用される機器・材料の評価技術開発</li></ul> | <p>5 エネルギー分野</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 放射線計測技術の開発</li><li>イ 様々なエネルギーの技術開発</li></ul> <p>6 多様な分野の活動を支える技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 加速器技術の開発・高度化</li><li>イ 加速器利用分析技術の開発・高度化</li><li>ウ 放射線場で利用される機器・材料の評価技術開発</li><li>エ 材料技術の開発</li></ul> <p>7 実用化研究推進に向けた仕組みづくり</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 体制の整備</li><li>イ 情報の発信</li></ul> |
|---|---|

### 産業支援

- |   |   |
|---|---|
| <p>1 技術・研究支援</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 科学機器等の利用支援</li><li>イ 技術支援・相談</li></ul> | <p>2 新事業創出支援</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 産学官ネットワーク形成の推進</li><li>イ 研究開発支援</li><li>ウ 県内企業の原子力関連業務への参入支援</li></ul> |
|---|---|

### 人材育成・交流

- |   |  |
|---|--|
| <p>1 人材育成支援</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 国際的な原子力人材の育成</li><li>イ 原子力関係業務従事者研修</li></ul> | <p>2 技術・研究交流</p> <ul style="list-style-type: none"><li>ア 海外研究機関等との研究交流</li><li>イ 国際会議等の開催・誘致</li></ul> |
|---|--|

# 庶務事項

## 1 評議員会

### (1) 第25回臨時評議員会

日時及び場所等

令和3年4月14日（水） 決議の省略

提案内容

- ・評議員の選任について

### (2) 第26回定時評議員会

日時及び場所等

令和3年6月25日（金） 福井県若狭湾エネルギー研究センター

付議事項

- ・第1号議案 令和2年度事業報告について
- ・第2号議案 令和2年度決算書（案）について
- ・第3号議案 評議員の選任について
- ・第4号議案 理事の選任について
- ・第5号議案 監事の選任について

### (3) 第27回臨時評議員会

日時及び場所等

令和3年8月31日（火） 決議の省略

提案内容

- ・理事の選任について

### (4) 第28回臨時評議員会

日時及び場所等

令和4年3月31日（木） 決議の省略

提案内容

- ・理事の選任について
- ・評議員の選任について

### (5) 第29回臨時評議員会

日時及び場所等

令和4年4月15日（金） 決議の省略

提案内容

- ・理事の選任について
- ・監事の選任について

## 2 理事会

### (1) 第27回通常理事会

日時及び場所等

令和3年6月10日(木) 福井県若狭湾エネルギー研究センター

付議事項

- ・第1号議案 令和2年度事業報告(案)について
- ・第2号議案 令和2年度決算書(案)について
- ・第3号議案 第26回定時評議員会の招集について
- ・第4号議案 内閣府への定期提出書類について
- ・報告事項 職務執行状況の報告について

### (2) 第28回臨時理事会

日時及び場所等

令和3年6月25日(金) 決議の省略

提案内容

- ・理事長の選定について
- ・専務理事の選定について

### (3) 第29回通常理事会

日時及び場所等

令和4年3月25日(金) 決議の省略

提案内容

- ・令和4年度事業計画書(案)について
- ・令和4年度収支予算書(案)について
- ・役員の報酬について

報告事項 職務執行状況の報告について