

## 令和 2 年度 事業 計画 書 (変更)

(令和 2 年 4 月 1 日～令和 3 年 3 月 3 1 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、本年 6 月、令和 2 年度から令和 6 年度までの 5 か年を計画期間とする中期事業計画（以下「第 5 期計画」という。）を策定した。

この第 5 期計画では、本年 3 月に県が策定した「嶺南 E コースト計画」において掲げる「嶺南地域を中心に、原子力をはじめ様々なエネルギーを活用した地域経済の活性化を目指すことにより、人・企業・技術・資金が集まるエリアの形成を図る」という基本理念を踏まえ、「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 2 年度事業計画は、本年 3 月に第 4 期中期事業計画に基づいて決定したところであるが、今回、県の「嶺南 E コースト計画」を受けて第 5 期計画が策定されたことから、その内容に沿って改めて策定したものである。

第 5 期計画の初年度にあたる令和 2 年度は、計画の実現に向けて次のような視点から積極的に事業に取り組んでいく。

研究開発では、「医療」、「育種」、「レーザー技術」、「宇宙開発」の 4 分野に重点を置いて、企業ニーズを重視した研究テーマを設定し、県内企業や理化学研究所、JAXA などの研究機関等との連携を強化することにより、実用化に向けた研究を推進する。

また、企業ニーズの把握やコーディネート機能などを強化し、企業等との共同研究を推進するための仕組みを整備する。

産業支援では、当法人の研究成果をはじめとする地域のシーズを活かして、嶺南地域を中心とする県内企業が取り組む新技術・新商品の開発に加え、販路開拓に関する支援も行い、県内産業育成を推進する。また、廃止措置に関する電力事業者や元請企業と県内企業との情報交換や技術力向上に資する取組みを進めるなど、県内企業の原子力関係業務への参入や受注拡大を支援する。

人材育成・交流では、IAEAをはじめとする国内外の関係機関と連携し、海外の原子力関係技術者・研究生などの受入を積極的に推進し、研究・人材育成拠点の形成に貢献する。また、国内の原子力発電所の安全な運転維持のため、原子力関連業務従事者の育成に取り組む。

# 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線の照射の順番やその間隔によって細胞致死効果が有意に異なることを明らかにするとともに、線量の組み合わせが細胞致死効果に与える影響の検証を行った。

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た。また、生体の持つ放射線応答機構を活用して治療効果の向上を図るための基礎研究においては、これまでに明らかにした放射線抵抗性の制御に重要な役割を果たしている分子機構について、さらに詳細な解析を進めた。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

陽子線またはX線を単独で照射した場合と、陽子線とX線を併用した場合の遺伝子発現変化や核内タンパク質の挙動を詳細に比較し、陽子線とX線の併用による細胞の放射線感受性変化のメカニズムを明らかにする。さらに、高精度な治療効果の検証研究を実施するために、最新のイメージングシステムを活

用したモデル動物の生体内における腫瘍動態の精密計測技術を確立する。

引き続き、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として、モデル動物を用いた検証研究を推進するとともに、がん治療効果の向上に資する細胞の放射線応答機構に関する研究を国内外の研究者と連携しながら積極的に進めていく。

## 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

治療高度化技術の開発を行ってきた。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、陽子線と同じくがん治療に用いられる炭素イオンビームへの適用評価を実施した。また陽子線をはじめとする粒子線治療の効果を高めるために、吸収線量に応じて着色するゲルインジケータの開発や、がん治療時の正常細胞に対する余剰線量を評価する技術の開発等を行った。

### (ウ) 令和2年度取組み

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の規制をクリアして実用化するための課題を抽出する。

陽子線をはじめとする粒子線治療の効果を高めるために、吸収線量に応じて着色するゲルインジケータの特性を明らかにし、実用化に必要なデータを取得する。また、DNAを用いた線量評価手法の開発を行う。

## 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、オレガノなど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、特定の遺伝子の一部を欠損させたシロイヌナズナにX線またはイオンビームを照射し、DNA損傷の修復状況や突然変異率等を調査した結果、突然変異誘発効率を高めるために阻害が有効なDNA修復経路をつきとめた。

染色体再構成による育種を目的と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、当法人の炭素イオンビームの高LET領域を利用するための照射方法を確立し、シロイヌナズナ、イネ、コムギでこのビームを用いた突然変異誘発技術の開発を開始した。

福井県立大学と共同で酒米「山田錦」の品種改良に取り組み、福井県での栽培に適した栽培特性を持つ山田錦変異体の候補を得た。

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向上等に成功した。また、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。さらに、カバノアナタケが生産する物質について、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た。

このほか、一般財団法人日本きのこセンターと共同で、有害元素の蓄積が少ないシイタケの開発研究を進め、シイタケの突然変異の誘発に適した炭素イオンビームの線量を決定した。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

イオンビームを用いた花卉植物、園芸植物や有用菌類などの新品種開発や育種、ならびに解析技術や生産技術の開発に関する下記の研究を行う。

- ① DNA修復機構を利用した変異誘発促進技術開発
- ② 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
- ③ 花卉植物や野菜、穀物の新品種開発(ビンカ、山田錦等)
- ④ 有用菌類の開発研究(シイタケ、カバノアナタケ等)

また、当法人の機能強化策として実施する「変異誘発促進技術開発」、「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」に関し、理化学研究所との共同研究を推進する。

## 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

これまでに検出した「越のルビー」と他品種を区別できるDNAパターンを基に、より正確な判別が可能なDNAマーカーの作成を試みた。また、現在福井県が開発中である新ミディトマトの選抜過程で用いる、葉かび病抵抗性の有無を判別するDNAマーカーを作成した。代謝産物解析では、越のルビーと他のミディトマト品種の含有成分を分析し、品種間で糖および香気成分が異なることを明らかにした。

食品の抗酸化力評価法の開発については、生体内で生成し作用することが知られている活性酸素種を従来よりも高い再現性で発生させ、消去力を評価する手法を確立し、ミディトマトを中心とした福井県産農産物と類似他県産品と比較し、分析評価を試みた。

### (ウ) 令和2年度の取組み

農産物DNAカタログについては、現在開発中である新ミディトマトに対し単為結果性の有無を判別できるDNAマーカーの作成、新品種と他品種の判別に使用可能なDNAマーカーの作成を行う。代謝産物に関しては、県内特産物・伝統野菜および同品種産物を試料として、品種ごとの香気成分や栄養成分等の代謝産物の種類、相対量をデータベース化する。

食品の抗酸化力評価法の開発については、本研究における成果の実用化を目指し、他の研究機関と連携しながら、異なる実験環境での検証や、評価基準となる標準物質の探索と評価を実施し、一般的な評価手法として確立するための改良を行う。また、農産品や加工食品など幅広い試料への適用とデータの拡充、

結果の活用を通して、「健康長寿ふくい」を支える食品としての科学的根拠の一助となるよう取り組んでいく。

## 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L E T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するとともに、それらを品種登録出願した。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、栽培試験によって太陽光併用型植物工場における通年栽培を可能とするL E D補光条件を確認した。

気泡駆動式ヒートパイプとヒートポンプを組み合わせた地熱利用ハイブリッド温調システムを開発し、地中熱の輸送能力を計測した。

### (ウ) 令和2年度の取組み

県内の植物工場における栽培品種に関するニーズを調査し、それらのニーズにマッチした植物工場専用の新品种開発に取り組む。また、品種登録済みの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、引き続き植物工場や園芸施設等を所有する事業者へ試験栽培用の種苗を提供し、実際の生産環境における生育試験を実施する。

また、当法人が蓄積してきた植物工場に関する様々な技術等を事業者へ提示するとともに、施設園芸・植物工場展 2020 (G P E C) に出展し、県内の植物工場の普及・発展に資する。

### 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。

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、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、「ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点」施設を活用した最大水深8mの水中レーザー切断試験と発生粉じん量のデータ取得を実施した。

##### (ウ) 令和2年度の取り組み

除染技術では、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開発に取り組む。

切断技術では、機器・配管の設置場所で対象物を粗断するための照射ヘッドを駆動する機材の試作を継続する。令和元年度に試作した250A配管を対象とした機材の試験知見に基づき、大口径配管(500A程度)と小口径配管(80A程度)を対象としたヘッド駆動機材や水中レーザー切断における周辺技術の開発に取り組み、実用化技術の高度化を進める。

## 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等の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。

また、福井県工業技術センター職員、地元企業を対象に異種金属接合技術等の実習を開催した。

### (ウ) 令和2年度の取組み

土木建築分野（特にコンクリート）などにおける研究開発を進め、引き続き貯水槽の塗膜剥離技術の確立と試作装置の開発を行う。コンクリート橋梁の塩分浸透を防ぐ表面改質ではレーザー波長、入熱量等の照射条件の確立を図り、実用化に向けた基礎データ収集等を行う。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を捉え、新たな実用化研究の推進やレーザー技術の指導を行い、地元企業の技術力向上と産業振興に貢献する。



## 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。特に県内での宇宙産業創出の実現に向け、県内業者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。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

J A X A との協力協定により、宇宙用電子部品の放射線耐性評価技術の向上を図り、県内企業や福井県工業技術センター、県内外の大学等との共同研究や、福井県が進める超小型衛星の開発などに活かし、県内企業の技術力強化および宇宙産業の集積に寄与する。

各ビームコースにおける間接的な照射量計測方法の開発、ビーム出射系制御と照射量計測系との統合や照射量制御法の研究開発を行う。さらに、照射試験の実施依頼へ対応する。

## 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た。

加えて、ニュートリノを検出する装置を使用して、実際の原子炉におけるニュートリノ測定を行った。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

ビームラインにおけるビーム輸送をシミュレーションするシステムを構築する。また、高エネルギー光子線検出システムを応用し、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。

さらにニュートリノ測定による使用済燃料成分分析のための新しい液体シンチレータを開発する。

### 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技術開発では、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することにより薬品原料等に应用可能なテルペン、フェニルプロパノイドやバイオディーゼル燃料となり得る脂肪酸エステルを生成した。

太陽熱等利用技術開発では、太陽炉を用いて酸化グラフェンから高結晶化グラフェンを形成する研究や、月の土壌など低品位の酸化物から酸素等を生成する研究に取り組んだ。

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ほか、電気炉による熱還元反応装置、熔融塩電解法検証装置を整備し、マグネシウム還元反応過程を評価した。

また、水素吸蔵合金の開発として、成膜技術を利用して水素化マグネシウムに様々な触媒を成膜し、水素が放出される温度の低温化を目指し、水素の発生開始温度を100℃付近まで低下させることができた。水素の放出に有効な触媒として知られているニッケルより安価な銅で組成の1/3まで置き換えても触媒性能はほとんど低下しないことが分かった。吸収特性評価および電子顕微鏡観察による構造解析も行った。

さらに、バクテリアによる水素生産については、イオンビームを照射したラン藻から変異株の選抜を行い、水素生産に関与する異形細胞の比率が野生株より増加した変異株を得た。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

マグネシウムの酸化還元反応を活用した持続可能な水素エネルギー利用システムについては、引き続き太陽炉を用いた熱還元法の効率改善に取り組むとともに、実規模を想定した水素製造装置や太陽炉の仕様決定・設計を通して、マグネシウムを活用した水素エネルギーシステムの採算性を評価する。

水素吸蔵合金の開発として、これまでに薄膜法で達成した性能を、比較的大量生産に向いているボールミル法で実現する方法を探る。質量当たりの水素含有量3%以上の吸蔵と放出が可能で吸蔵と放出を繰り返しても劣化しない合金を開発する。

また、水から水素を発生させることができるセラミックを活用した水素製造技術に取り組む、発生する水素量の測定技術の開発やセラミックの開発を行っていく。

## 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) これまでの取組み

タンデム加速器では、平成29年度に大規模修繕を行った。また、除熱能力の向上した絶縁ガス循環系の水冷装置および温度制御の安定化により耐電圧性能の向上を図るとともに、加速電圧ドリフトの抑制によりシンクロトロンへの入射効率の安定化を行った。また、従来の加速イオンである陽子やヘリウム、炭素、銅に加え、分析手法の多様化と模擬対象範囲の拡大のため、窒素の安定同位体である窒素15の利用に向け、イオン生成方法の見直しと加速ビームのイオン光学特性の調査を行った。

シンクロトロンでは、加速高周波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。また、ビーム取り出し制御に対する改良も継続している。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

タンデム加速器については、絶縁ガス循環系の除熱能力向上と温度制御の安定化の方法の改良に取り組む。

加速高周波発振器の半導体化に向け設計に着手する。半導体化により解放される除熱能力を絶縁ガスの除熱・排熱方法に組み込む。

また、加速利用可能イオンの多様化に向けた技術開発を引き続き行うとともに、イオンビーム分析の特性に合わせた重イオン加速に取り組む。

シンクロトロンについては、加速ビーム電流の安定化のために加速高周波制御系のデジタル化を進める。まず、ビームフィードバックに重要なビーム位置検出系をデジタル化し、デジタル加速高周波制御系に統合するとともに、オペレーションソフトウェアを開発する。また、電磁石の据付状況の変化を計測し、閉軌道の歪みの補正を行う。

## 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に対して、TOF-ERDA法によるリチウム測定を行った結果、リチウムの移動が確認できた。

水素を吸蔵する合金およびセラミック等の水素吸蔵材料に関して、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を開発し、試作した水素吸蔵材料に適用して誤差1%という高い精度で水素量を測定できることを確認した。

また、「イオンビーム分析研究会」を開催し、県内外の大学や研究機関との連携強化を図った。

### (ウ) 令和2年度取組み

水から水素を発生させることができるセラミックに関する研究については、これまで開発してきた大気中イオンビーム分析手法を、セラミック試料にも適用し水素含有量を調査する。

TOF-ERDA法については、従来の計測時間よりも数分の1程度の時間で測定できるよう、検出効率を高めた装置を開発する。

## 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、ジルコニウム合金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、低密度に存在する鉄とクロムを含む粗大析出物および高密度で存在する微小析出物の存在を確認した。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。

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たニッケルイオン照射による欠陥導入を行い、ヘリウムイオン照射との違いを評価した。また、照射硬化量に対する様々な照射欠陥の影響を調べるための実験の準備を行った。

### (ウ) 令和2年度の取組み

ジルコニウム合金の微細組織評価について、ジルカロイ4の主要な析出物である  $Zr(Fe_xCr_{1-x})_2$  系の重イオン照射下での安定性についてFeおよびCrの組成比や直径の変化等の観点から調査する。

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、欠陥を導入したステンレス鋼およびモデル合金を透過型電子顕微鏡内で引っ張り、材料の変形の基本となる可動転位と欠陥との相互作用を観察することで、照射硬化量評価技術の高度化を目指す。

## 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。

高分子材料上の金属めっきの密着性向上に関して、高分子表面凹凸の制御技術を開発するとともに、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。

金属薄膜作製技術を活用し、鉄白金薄膜永久磁石の保磁力を最大1.5倍程度引き上げた。

摩擦を利用したナノ結晶微細構造に関する研究では、摩擦が大きい場合には最表面からより深部まで結晶粒微細化が進展することを明らかにし、摩耗特性の改善に寄与する可能性を示した。

屈折率が大きいシリコンの成膜により、見る方向の違いによる色の変化が現れにくい性質を持つ、光の干渉を利用した着色法を開発した。着色対象は金属だけでなく、光の反射層を成膜することでガラスやプラスチックにも適用可能であることを示した。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

高分解能電子顕微鏡等の科学機器を活用し、下記の研究を行う。

- ① 固体材料のエロージョン摩耗試験およびその表面下微細組織解析評価
- ② 収差補正機能付き分析電子顕微鏡による原子炉構造材料の高精度定量分析
- ③ 摩擦を利用したナノ結晶微細構造表面膜の創製と評価
- ④ フレキシブル性と耐久性を有する導電性皮膜の開発に関する調査研究
- ⑤ ポリイミドナノファイバーの作製条件の評価

また、シリコン成膜による着色技術については、福井県工業技術センターおよび県内企業と連携を強化し、立体物への着色技術を改良、実用化を目指す。

## 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) 令和2年度の取組み

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、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。

また、企業ニーズに基づく実用化に向けた研究テーマを的確に設定するため、内部・外部評価委員会の評価項目を見直す。さらに、公募型共同研究制度を見直し、当法人が展開する研究に資する分野について共同研究する大学等への助成に加え、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「実用化枠」を新設する。

### 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) 令和2年度の取組み

ホームページの内容拡充により、研究成果や保有特許などの情報提供機能を向上させるとともに、各種説明会の開催、施設の公開や報道発表などを積極的に行い、情報発信力を強化していく。

また、「ふくいオープンイノベーション推進機構」と連携し、企業が研究者と交流し製品開発に結び付ける交流会を開催し、研究成果の発信と実用化に向けたマッチングに取り組む。



# 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ほか、各種講演会や施設来訪者への案内等の機会を捉え、科学機器を用いた分析事例の紹介など機器利用についてのPRを強化してきた。令和元年度の県内企業による利用件数は131件となった。

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・品質管理に貢献するため、走査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計6回開催し、27名の参加があった。

#### （ウ）令和2年度の取組み

福井県工業技術センターや「ふくいオープンイノベーション推進機構」などと連携を図りながら、企業等における様々な課題の解決に向け、適切な分析・評価のサポートを行っていく。

また、ホームページ、各種説明会などを通じて科学機器を活用した研究開発や品質管理・分析の事例について紹介していく。科学機器を用いた分析・評価技術に関する研修については、これまでに利用実績のない県内企業へ周知広報することなどにより、利用ニーズの更なる喚起に努めていく。

## 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) これまでの取組み

企業のような課題に対して、分野や内容に応じた研究員等によるアドバイスや分析などの技術支援等によるサポートを行うほか、福井県工業技術センターや公益財団法人ふくい産業支援センターなど適切な外部機関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いる。令和元年度は198件の相談に対応し、レーザーによる改質やコンクリート表面保護層の形成などの技術開発支援のほか、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てきた。

また、関係部門と合同で42件の企業訪問等の活動を実施し、研究に係わ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。

イオンビームによる品種改良に関する相談窓口として、理化学研究所の協力のもと平成29年度に設置した「イオンビーム育種相談窓口」については、令和元年度は7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ほか、「福井イオンビーム育種研究会」を発足し、サポート体制充実を図っている。

### (ウ) 令和2年度の取組み

国内有力研究機関などとの連携を拡充し、企業からの相談や課題などに対するアドバイス・サポート機能等を強化するとともに、植物育種・レーザー関連技術のほか、当法人が蓄積した研究成果や特許、ノウハウを用いて、技術支援や継続したコーディネート活動を行っていく。また、関係部門と合同で実施する企業訪問の機会等を利用し、アドバイスや支援を行っていく。

## 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

平成20年度に、企業の事業化促進を目的として設立された「ふくい未来技術創造ネットワーク推進協議会」は、「新ふくい未来技術創造ネットワーク」への見直しを経て、平成27年度に「ふくいオープンイノベーション推進機構」に移行し、当法人も同機構に参画して活動している。

ロボット技術に関する分野への県内企業の参入を支援する取組みとして、平成28年3月に「災害対応ロボット技術開発研究会」を設立し、研究会を5回開催して延べ114名の参加があった。第5回の研究会では、完成した空陸両用型ドローン試作機の試験飛行を行い、空中での安定性や陸上走行時の走行性を確認した。なお、本研究会は平成30年度をもって終了し、その成果は福井工業大学の小沢教授に引き継いだ。

また、県内企業向け技術セミナーとして、平成29年度にレーザー加工の基本を市販キットを組み立てたレーザー装置で学ぶ「レーザー加工DIYセミナー」を開催した。令和元年度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、県内企業等31名の参加があった。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

「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等の研究機関の協力を得て、研究会活動や県内企業向け技術セミナーの活動を進めていく。具体的には、当法人の研究成果を活かした「イオンビーム育種」や「放射線耐性評価による宇宙デバイスの開発」などをテーマとする研究会等を行っていく。これらの活動においては、当法人の研究員も加わり、県内企業の研究開発や新技術、新商品の開発の取組みを支援する。

## 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、令和元年度は5件の支援を行い、新たに「越前そばの生麺と同じ風味・食感の半生麺」および「工事現場から発生する汚泥（廃棄物）をクリンカアッシュ混合し、盛土材にリサイクル活用する技術」が開発され、製品化された。

平成18年度から開始した「嶺南地域新産業創出モデル事業補助金」については、令和元年度は7件の支援を行い、新たに「県産間伐材を使用し3D切削機械を活用した新しい若狭塗箸」など5件が開発され、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、平成24年度から新製品・新技術の開発を支援するために開始した「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いる。令和元年度は、当法人は3件の支援を行い、新たに「耐水性防護服の機能性向上に向けた研究開発」が製品化された。

### (ウ) 令和2年度の取組み

県内企業が取り組む新技術・新商品の開発を促進することを目的として、「新産業創出シーズ発掘事業補助金」および「嶺南地域新産業創出モデル事業補助金」について、県内外で開催される展示会や説明会等を活用して制度内容の周知や成果事例の紹介を行うなど積極的に支援していく。また、研究開発内容により当法人の研究員も参画し、支援を行う。

これらの補助金制度については、県内企業が利用しやすい制度を目指し、企業ニーズ等を踏まえ、必要に応じ対象分野、対象経費等を見直していく。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新設し、産業の創出・育成の実効性を高める。

## 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

プラントメーカーとの情報交換会を平成22年度から平成26年度まで毎年開催し、県内企業延べ107社が参加した。

廃止措置工事への県内企業の参入促進策として、説明会、情報交換会を次のとおり実施した。

#### ○ 廃止措置工事に係る電力事業者の説明会

- ・平成28年度；美浜発電所1・2号機、敦賀発電所1号機およびふげんの廃止措置工事について開催、県内企業等227社・団体が参加。
- ・令和元年度；大飯発電所1・2号機の廃止措置工事について開催、県内企業等69社・団体が参加。  
(平成31年4月24日)

#### ○ 廃止措置工事に係る元請会社との情報交換会

- ・平成28年度；美浜発電所1・2号機の系統除染工事について開催、県内企業54社が参加。
- ・平成29年度；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、県内企業70社が参加。  
敦賀発電所1号機の廃止措置工事について開催、68社が参加。
- ・平成30年度；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、54社が参加。
- ・令和元年度；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、17社が参加。  
(令和2年3月10日)  
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、6社が参加。(令和2年3月27日)

\*令和元年度は、新型コロナウイルス感染拡大防止のため全体説明会は中止。

また、原子力関連業務従事者研修を受講または受講予定の原子力関連業務への参入および受注拡大を目指す企業を対象に、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おり、令和元年度は6社が参加した。

(ウ) 令和2年度の取組み

県内企業が保有する技術の廃止措置への活用や、廃炉業務への県内企業の参入促進のため、電力事業者や元請会社等の協力を得て、県内企業向けの説明会・情報交換会を積極的に開催する。また、廃炉技術に関する共同研究の技術相談に協力する等の支援を進めていく。

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についても、引き続き開催する。

# 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) これまでの取り組み

原子力人材の育成については、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、各国の原子力政策や人材育成の課題等について議論しているほか、平成23年度からアジア諸国の原子力関係者向け研修を、平成25年度からはIAEAと連携した研修を実施している。

令和元年度の研修については、近畿大学、京都大学との共催による研究炉スクール、IAEA、原子力人材育成ネットワークとの共催によるIAEA訓練コース、IAEAとの共催による緊急時対応に関するANSN研修のほか、アジア諸国の原子力関係技術者や行政官等への研修を実施し、合わせて99名を受け入れた。

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するとともに、平成29年度から県内高校生等を対象に「グローバルスクール」を開催してきた。さらに、平成23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「廃止措置セミナー」（平成27年度～29年度）および「廃止措置テクニカルセミナー」（令和元年度～）を実施してきた。

#### (ウ) 令和2年度の取り組み

福井県国際人材育成センター設立10周年の報告書を取りまとめる。また、IAEA、福井県との共催によるANSN研修やアジア諸国の原子力関係技術者、行政官等への研修を引き続き実施する。

さらに、全国の原子力人材育成ネットワークの活動に対し、中核的な機関として積極的に参画するとともに、福井県が実施してきた地方自治体としての原子力への取組みと当人材育成センターのこれまでの成果を世界的に発信する。

国内人材の国際化に向けては、大学院生留学支援、「グローバルスクール」および「廃止措置テクニカルセミナー」を引き続き実施する。

## 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守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。原子力発電を取り巻く状況が大きく変化している中、「原子力関連業務従事者研修」、「原子力の安全性向上を担う人材の育成研修」、「技量認定」の三つの取組みにより、原子力関係業務従事者の技能向上を図っており、令和元年度末には受講者の累計が約16,000名となった。

### (ウ) 令和2年度の取組み

研修の実施状況や原子力発電所の廃止措置を見据えた県内企業のニーズなどを踏まえ、実施コースや実施時期・回数等を見直す等、研修カリキュラムの充実を図るとともに、技量認定制度の継続的な見直しや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、より適切な研修を実施していく。



## 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、その数は令和元年度までに累計で37名に上っている。

#### (ウ) 令和2年度の取組み

国の国際的な研究交流制度による海外研究機関との研究交流を引き続き行うとともに、福井県とIAEAが締結した覚書のもと、県内研究機関の要望等を確認の上、放射線利用（加速器、医療、農業）や放射線監視等の分野でIAEAと連携した研究者の県内研究機関での受入れを実施し、県内研究機関と海外研究者との交流拡大を図っていく。

### 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発言を行った。

(参考) 令和元年度には、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）気候変動ワークショップ、つるが国際シンポジウム「試験研究炉」が文部科学省主催によりエネ研で開催された。

(ウ) 令和2年度の取組み

原子力利用分野における国際的な原子力人材とのネットワークを一層強化するため、クリアランスについて議論と情報の共有を行う「原子力人材育成ワークショップ」等を開催する。

第5期中期事業計画 推進指標

○研究開発

指標	内容	H27～R 元年度 平均（／年）	2 年度	3 年度	4 年度	5 年度	6 年度
1	研究発表数 （論文、外部発表等）	100 件	550				
2	民間企業等との共 同研究数	14 件	100				
3	企業訪問数	38 件	250				

○産業支援

指標	内容	H27～R 元年度 平均（／年）	2 年度	3 年度	4 年度	5 年度	6 年度
4	県内企業の 科学機器利用件数	184 件	950				
5	補助金支援件数	16 件	85				
6	補助金支援による 新たな製品化数	4 件	22				

○人材育成・交流

指標	内容	H27～R 元年度 平均（／年）	2 年度	3 年度	4 年度	5 年度	6 年度
7	従事者研修受講者 数（累計）	名 H17～R 元 15,916	21,500				
8	海外からの研究者 および研修生の受 入れ数	100 名	400				
9	国際研修コースへ の日本人学生の参 加者数	— 名	100				

(参考)

## 第5期中期事業計画の事業体系

<b>研究開発</b>	
1 医療分野	5 エネルギー分野
ア 粒子線がん治療高度化のための生物応答解明研究	ア 放射線計測技術の開発
イ 粒子線照射技術の高度化研究	イ 様々なエネルギーの技術開発
2 育種分野	6 多様な分野の活動を支える技術開発
ア 植物・菌類のイオンビーム育種研究	ア 加速器技術の開発・高度化
イ 生物資源のDNA情報・特性等の解析評価研究	イ 加速器利用分析技術の開発・高度化
ウ 植物工場関連品種改良	ウ 放射線場で利用される機器・材料の評価技術開発
3 レーザー分野	エ 材料技術の開発
ア レーザー技術を応用した除染技術、切断技術の開発	7 実用化研究推進に向けた仕組みづくり
イ レーザー技術の産業利用	ア 体制の整備
4 宇宙開発分野	イ 情報の発信
ア 宇宙で利用される機器・材料の評価技術開発	
<b>産業支援</b>	
1 技術・研究支援	2 新事業創出支援
ア 科学機器等の利用支援	ア 産学官ネットワーク形成の推進
イ 技術支援・相談	イ 研究開発支援
	ウ 県内企業の原子力関連業務への参入支援
<b>人材育成・交流</b>	
1 人材育成支援	2 技術・研究交流
ア 国際的な原子力人材の育成	ア 海外研究機関等との研究交流
イ 原子力関係業務従事者研修	イ 国際会議等の開催・誘致