

平成28年度

事業計画書

〔 自 平成28年4月 1日 〕  
〔 至 平成29年3月31日 〕

公益財団法人 環境科学技術研究所

# 目 次

基本方針	1
事業内容	2
I. 放射性物質等の環境影響等環境安全に関する調査研究	2
1. 排出放射性物質の環境影響に関する調査研究	2
1.1 排出放射能の環境移行に関する調査研究	2
1.2 青森県産物への放射性物質移行に関する調査研究	3
1.3 陸圏における放射性物質蓄積評価に関する調査研究	4
1.4 人体内における放射性炭素・トリチウム代謝に関する調査研究	4
1.5 樹木の被ばく線量評価法の開発に関する調査研究	4
1.6 放射性物質の移行低減化に関する調査研究	5
2. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究	5
2.1 低線量放射線生物影響実験調査（継世代影響・線量率効果解析）	5
2.2 母体内における低線量率放射線被ばく影響実験調査	6
2.3 低線量率放射線に対する生理応答影響実験調査	6
2.4 低線量率放射線に対する分子細胞応答影響実験調査	7
3. 環境科学技術研究所自主研究	8
4. 科学研究費補助金による研究	8
II. 放射性物質等の環境影響等環境安全に関する普及啓発	8
III. 原子力開発利用の発展に寄与する人材育成への支援	8
IV. その他本財団の目的を達成するために必要な事業	8

## 基本方針

本研究所は、「原子力と環境のかかわり」の解明を目的とし、平成2年12月3日、青森県六ヶ所村に設立された。以来原子力開発利用に伴う環境安全の確保に資するため、青森県全域を対象に環境放射線の線量率分布や放射性物質の分布・移行及びこの移行に及ぼす地域特性の影響を調べるとともに、低線量放射線の生物影響に関する調査研究を進めてきた。また、調査研究で得られた成果を含めて、原子力開発利用に伴う環境安全に関する正しい知識と情報を地域の人々に提供すること等により、それらの普及啓発にも努めてきた。さらに、大学生の放射線実習を受け入れること等により、原子力関連分野の人材育成を支援してきた。加えて、東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質に関して、これまでの調査研究で得られた成果や専門知識・技術を活用し、放射能測定、線量評価、各種委員会等への参画、講演、一般の人からの問合せへの対応等で貢献してきた。今後ともこれらの方向性を保つとともにさらに発展させ、所期の目的を達成する。

平成28年度は、以下の事業を効率的に進める。

排出放射性物質の環境影響に関する調査研究については、これまでに開発した気圏、陸圏、水圏における放射性核種の移行及びヒトと環境中生物の被ばく線量を評価する総合的環境移行・線量評価モデルの検証、高度化及び運用体制の構築を行う。具体的には、より現実的な線量評価を行うため、放射性炭素及びヨウ素等の環境からリンゴ等の県内産物への移行に関する室内実験、及び安定同位体を用いた放射性炭素の人体内代謝についての実験等を行い、それぞれのパラメータの取得及びサブモデルの構築を進める。また、大型再処理施設周辺地域における排出放射性炭素及びトリチウムの、より長期的な蓄積の可能性を予測・評価するため、室内実験及び野外調査を実施する。さらに、大型再処理施設周辺に分布するクロマツの被ばく線量評価法の開発や土壌から作物への放射性セシウムの移行低減化手法の開発に着手する。

低線量放射線の生物影響に関する調査研究については、マウスを用いて低線量率放射線長期連続照射の子孫への影響(継世代影響)を高線量率放射線照射と比較する研究を行う。また、母体内で低線量率放射線照射された胚・胎仔への短期影響及び出生後の長期影響に関する研究、低線量率放射線に対する成体の造血系・免疫系・内分泌系の応答に関する研究、並びに低線量率放射線が成体の細胞に引き起こす応答及びゲノムへの影響に関する研究を行う。

上記の受託研究に加え、研究領域の拡大や新たな調査研究の展開を目指し、自主研究を行う。

普及啓発については、調査研究の成果等を県民等に対して発信する。

人材育成支援については、大学生の放射線実習の受け入れ等を行う。

その他、地域からの要請に対し、施設・技術・知識等を提供することにより積極的に応えていく。また、所内外との研究協力体制を整備し、事業の円滑・効率的な推進に努める。

## 事業内容

### I. 放射性物質等の環境影響等環境安全に関する調査研究

#### 1. 排出放射性物質の環境影響に関する調査研究

大型再処理施設から排出される放射性物質の環境中での動き及びヒトと生物の現実的な被ばく線量を推定するため、以下の研究を実施する。

##### 1.1 排出放射能の環境移行に関する調査研究

###### 1.1.1 総合モデルの高度化と運用体制の構築

平成 27 年度までに総合的環境移行・線量評価モデル（以下、「総合モデル」）を整備してきたが、これの更なる高度化を行うため、放射性核種濃度や地表面沈着量等の実測値をデータ同化する機能、不確実性を考慮した被ばく線量の確率論的評価機能及びこれまでのパラメータ等に関する調査で得られた知見をモデルに導入する。また、総合モデルの現実的な運用体制を構築するため、気象データをオンラインで入手してモデルに入力する機能等を追加する。

平成 28 年度は、総合モデルに、放射性核種濃度・地表面沈着量分布等の実測値をデータ同化する機能の基本設計を行う。また、総合モデルの運用体制を構築するため、気象データをオンラインで入手してモデルに入力する機能及び線量評価サブモデルにおいて水産物摂取による被ばく線量を評価する機能を追加する。

###### 1.1.2 大型再処理施設周辺等データの取得とモデル検証

大型再処理施設の本格稼働に備えて、気圏、陸圏及び水圏環境における排出放射性核種の濃度及び動態に関するフィールド調査を実施するとともに、それらのデータとモデル計算結果を比較することにより、モデルの検証を行う。また、青森県内で得られにくい、 $^{137}\text{Cs}$  等の環境移行パラメータを福島県において取得する。

平成 28 年度は、大型再処理施設のアクティブ試験に伴ってこれまでに排出された放射性核種を中心に、気圏・陸圏・水圏環境試料中の濃度を測定し、動態を追跡することによりモデルの検証を行うとともに、福島県の河川等における環境

移行パラメータ調査を行う。

## 1.2 青森県産物への放射性物質移行に関する調査研究

大型再処理施設の稼働に伴い、放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )、放射性ヨウ素等が環境中に排出され、また、異常放出時にはこれらに加えて放射性セシウム及び放射性ストロンチウムの放出が考えられる。果樹(リンゴ)及び海産物(ヒラメ)等の経済的に重要な青森県産物を対象に、大気放出される $^{14}\text{C}$ 、放射性ヨウ素及び放射性セシウムの果樹への移行並びに海洋放出される放射性ストロンチウム及び放射性ヨウ素の海産物への移行に関する実験を行い、それぞれの移行・蓄積サブモデルを構築する。このため、以下の調査研究を行う。

### 1.2.1 果樹における放射性炭素移行調査

本調査では、リンゴ幼木を対象に、 $^{14}\text{C}$ の大気からリンゴの果実への移行・蓄積モデルを開発するとともに、屋外栽培個体のばく露実験等によるモデル検証を行う。

平成28年度は、平成29年度からの本実験で対象とするリンゴ品種を選定するため、平成27年度の「ふじ」に引き続き「つがる」を対象に、生育に対する温度の影響を室内実験により調べる。更に、平成27年度に開始した、屋外におけるリンゴ樹の一枝を対象にした果実の生育段階別 $^{13}\text{C}$ ばく露実験を継続し、ばく露直後の短期的な $^{13}\text{C}$ の果実への移行を明らかにする。

### 1.2.2 果樹における放射性ヨウ素等移行調査

本調査では、ヒメリンゴ幼木を対象に、放射性ヨウ素及び放射性セシウムの葉面、樹皮表面及び果実表面からリンゴの果実への移行・蓄積モデルを構築する。

平成28年度は、液状又は粒子状のヨウ素(I)及びセシウムの果樹部位別(樹皮表面、葉面及び果実表面)負荷方法、各部位表面に付着したヨウ素又はセシウムの表面洗浄方法等確立する。

### 1.2.3 海産物への放射性ストロンチウム・ヨウ素移行調査

本調査では、ヒラメを対象に、安定ストロンチウム及びヨウ素の海水からの直接移行過程及び食物連鎖を介した移行過程に関する実験に基づき、これらの過程を含む放射性ストロンチウム及びヨウ素の移行・蓄積モデルを構築する。

平成28年度は、ストロンチウムの安定同位体である $^{86}\text{Sr}$ を添加した海水中でヒラメを飼育し、海水からヒラメへの $^{86}\text{Sr}$ 移行を調べる。また、ヒラメから海水

へのストロンチウム排泄を調べる実験に用いるヒラメの<sup>86</sup>Sr 標識を開始する。

### 1.3 陸圏における放射性物質蓄積評価に関する調査研究

大型再処理施設の稼動に伴い排出される<sup>14</sup>Cの土壌への蓄積性を評価するため、平成26年度までに各種環境中（スギ林、耕地等）における放射性炭素蓄積モデルを構築した。しかし、施設周辺に広く分布するクロマツ林におけるモデルは未構築であったため、これを構築するとともに、大型再処理施設からの排出量の多いトリチウムについて、各種環境（クロマツ林、牧草地等）での土壌への蓄積モデルを構築する。

平成28年度は、平成27年度に造成した牧草地における水素の挙動を明らかにするため、降水の土壌内浸透量等の水文学的データを取得するとともに、牧草の生長及び根部等に貯蔵された有機物の挙動に関するデータを取得する。また、クロマツ林内の炭素現存量及び炭素固定量を推定するためのデータ、並びに水文学的データの取得を継続し、さらに、リターの分解パラメータ調査を開始する。

### 1.4 人体内における放射性炭素・トリチウム代謝に関する調査研究

大型再処理施設から排出される<sup>14</sup>C及びトリチウムによる被ばく線量をより現実的に評価することを目的として、3大栄養素を代表するそれぞれ1~2種類ずつの<sup>13</sup>C標識物質を被験者に投与する実験を行い、<sup>14</sup>C及びトリチウム代謝モデルを平成26年度までに構築した。これらのモデルは、<sup>13</sup>C標識ダイズ投与後の<sup>13</sup>C排泄を説明するには不十分であり、その原因として、投与した標識物質の種類が少なく、それらだけでは脂質やタンパク質の全構成成分を代表できないためと判断された。そこで、<sup>13</sup>Cで標識した多種の脂質及びアミノ酸の投与実験を行い、精度の高い<sup>14</sup>C代謝モデルを作成するとともに、水の代謝モデルと組み合わせてトリチウム代謝モデルを構築する。

平成28年度は、脂質では<sup>13</sup>C標識1価不飽和脂肪酸（パルミトレイン酸）を、アミノ酸では代謝が遅いコラーゲンの主成分である<sup>13</sup>C標識グリシンを被験者に経口投与し、呼気中<sup>13</sup>Cを測定する。また、平成27年度の経口投与実験で得られた毛髪試料の<sup>13</sup>C濃度を測定し、有機物としての<sup>13</sup>C排泄速度を評価する。

### 1.5 樹木の被ばく線量評価法の開発に関する調査研究

大型再処理施設周辺には放射線感受性が高いとされるクロマツが広く分布している。そこで、クロマツの被ばく線量率を計算する手法を開発し、その手法を用いて自然被ばく線量率を求めるとともに、大気放出される放射性ヨウ素による

クロマツの被ばく線量評価に必要なパラメータを天然の安定ヨウ素を用いて求める。

平成 28 年度は、クロマツ林調査区域を設定し、クロマツの地上部の形状、重量及び部位別安定元素濃度等の予備調査、並びに林内の環境 $\gamma$ 線線量率の水平分布の調査を行う。さらに、調査区域内等において大気からクロマツへの沈着速度等を求める手法を確立し、加えて、リターフォールによる樹木から土壌へのヨウ素移行量を調査する。

#### 1.6 放射性物質の移行低減化に関する調査研究

大型再処理施設周辺の重要な作物である牧草を対象として、青森県の土壌において放射性セシウムの移行に影響を及ぼす要因を明らかにし、施肥や吸着資材等による移行低減化手法の検証を行う。また青森県の主要農産物であるイネを対象として、作物内の根や茎葉から可食部への転流を植物成長調節物質や化学物質によって制御する手法を確立する。

平成 28 年度は、土壌中放射性セシウムの牧草への移行性及びそれに影響を与える土壌要因を評価するための実験手法、並びに放射性セシウムの有機物からの溶解に関わる微生物特性及び土壌・資材への吸着特性を評価する手法を検討する。作物可食部への放射性セシウム転流低減化では、放射性セシウムの転流・蒸散抑制剤の比較試験を行い、その有効性を検討する。

### 2. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究

低線量率・低線量放射線のヒトへの影響を推定するため、異なる線量率と集積線量の放射線をマウスに照射して以下の研究を実施する。

#### 2.1 低線量放射線生物影響実験調査（継世代影響・線量率効果解析）

高線量率（0.76 Gy/分）および低線量率（20 mGy/22 時間/日）ガンマ線を同じ集積線量になるまでオスマウスに照射し、照射終了後に非照射メスマウスと交配して得られる仔マウスとオス親マウスを終生飼育し、病理学的に死因やがんの発生率等を調べ、線量率の違いが継世代影響に異なる影響を及ぼすかどうかを調査する。さらに尾組織から抽出・精製した DNA を用いてゲノムの変化を調べる。

平成 28 年度は平成 26 年度に決定した至適放射線照射線量および実験手法を基に、オス親マウスへの照射・交配・終生飼育、死亡マウスの寿命・死因・がん発生解析並びに遺伝子変異解析を平成 27 年度に引き続いて実施する。

## 2.2 母体内における低線量率放射線被ばく影響実験調査

母体内、すなわち発生初期から胎児期にかけての時期における低線量率放射線長期被ばくの健康影響を評価するため、受精卵の生死、胎仔の発生異常、死亡胎仔数、外表奇形などの出生前までに現れる短期的影響を調べる。また、出生後にみられる出産仔数、体重、外表奇形などに加え、長期飼育後に評価できる寿命、死因、発がんなどに関する長期的影響を明らかにする。

平成 28 年度は、平成 27 年度に得られたデータを基に決定した実験条件を用いて短期影響解析を実施する。受精から胎仔期までの全期間、もしくは一部の期間に照射し、胎仔期に、あるいは生後 10 週齢までに発現する影響についてのデータを蓄積する。また、長期影響解析では受精から出生直前までの全期間照射し、次年度以降の解析のために終生飼育を開始する。

## 2.3 低線量率放射線に対する生理応答影響実験調査

低線量率放射線による健康影響評価の科学的根拠を得るために、生物個体が備えている生理学的恒常性維持のための各種調節システムが低線量率放射線照射にどのような反応をしているか、またその反応を通して最終的に個体レベルでどのような影響を及ぼすか（寿命短縮やがん発生）を明らかにするため、以下の調査研究を行う。

### 2.3.1 造血系解析

低線量率放射線連続照射による造血幹細胞周辺環境に生じる変化と白血病誘発作用について調査するため、周辺細胞が分泌する液性因子の影響を解析する。また、放射線照射を伴わずに造血（幹）細胞を移植することが可能な  $W/W^u$  系統マウスを使用し、造血（幹）細胞のみが受けた低線量率放射線連続照射の影響を、移植を受けたマウスの寿命、造血細胞の自己複製能・分化能等を指標として調べる。

平成 28 年度は、中線量率（400 mGy/日） $\gamma$  線、高線量率（0.7~0.8 Gy/分） $\gamma$  線をさまざまな線量で照射したマウスの造血幹細胞の周辺環境のサイトカイン等の細胞外因子の解析を行う。また、平成 27 年度に導入した放射線照射なしに骨髓移植が可能な遺伝子変異マウス（ $WBB6F1-W/W^u$ ）を用いて、造血（幹）細胞移植実験を実施する。

### 2.3.2 免疫系解析

低線量率放射線連続照射がもたらす免疫系への悪影響に対する飼育環境の変更による軽減効果を、移植腫瘍細胞の生着・転移率、免疫細胞応答及び移植腫瘍

細胞に対する応答を指標として調べる。

平成 28 年度は、平成 27 年度に得られたデータを基に決定した実験計画により、卵巣顆粒膜細胞腫由来培養細胞を移植する系を用い、低線量率（20 mGy/日） $\gamma$ 線長期連続照射による移植腫瘍排除能低下に対する飼育環境影響観察実験を実施する。

### 2.3.3 内分泌系解析

低線量率放射線連続照射メスマウスの閉経早期化に伴う内分泌系の変化とがん発生や寿命との関連を調べる。

平成 28 年度は、平成 27 年度に導入・確立した低線量率（20 mGy/日） $\gamma$ 線を長期連続照射したメスマウスへの卵巣機能の補完処置及び非照射メスマウスにおける人工的な卵巣の切除処置を継続して行うとともに、その影響を評価するため性周期の解析及び体重測定を実施する。

## 2.4 低線量率放射線に対する分子細胞応答影響実験調査

低線量率放射線長期連続照射マウスで見られたがんの誘発や寿命短縮を理解するためには、染色体のわずかな変化だけでなく、低線量率放射線が個々の細胞に対して引き起こす応答（細胞応答）、細胞応答の結果として細胞のゲノム等に刻印される永続的影響を明らかにすることが必須であると考え、以下の調査研究を行う。

### 2.4.1 低線量率放射線照射による細胞応答分子への影響解析

低線量率放射線照射により個体細胞中で誘起される分子レベルの応答を解明する。また、加齢マーカーとされる分子や加齢による臓器の機能低下の指標となりうるマーカー分子の量を、照射個体において経時的に追跡し、低線量率放射線による非特異的寿命短縮あるいは加齢促進という観点から、寿命試験結果のさらなる解明をめざす。

平成 28 年度は、低線量率放射線長期連続照射メスマウスの既存の正常組織サンプル（肝臓および膵臓）を材料として、臓器の機能の指標となる分子の発現変化を経時的に追跡する。また、雌雄差検討のためオスマウスについての低線量率放射線長期照射・経時的剖検実験を開始する。

### 2.4.2 線量率の違いによるゲノムへの影響解析

異なる線量率で放射線照射をしたマウス脾臓細胞における転座型染色体異常

誘発を解析したこれまでの調査において、低線量率放射線で照射された細胞と高線量率放射線で照射された細胞は明白に異なる反応を示すという結果が得られており、その境界となる線量率域を明らかにする。また、低線量率放射線誘発染色体異常に対する加齢の影響についても明らかにする。

平成 28 年度は、平成 27 年度に得られたデータを基に決定した条件を用いて中線量率から高線量率間の様々な線量率でのマウス照射、染色体解析を行い、ゲノムへの線量率効果が発生する線量率領域がどの辺りにあるかについて決定していく。

### 3. 環境科学技術研究所自主研究

これまでの受託研究を中心とした調査・研究に加え、研究領域の拡大や新たな調査研究の展開を目指し、研究所独自の調査研究を行う。

### 4. 科学研究費補助金による研究

昨年、科学研究費補助金における研究機関としての指定を受けたことを踏まえ、研究代表者及び研究分担者としてそれぞれ数件の申請を行った。現在、文部科学省等において審査中であるが、採択されるものがあれば、自主研究とともに研究所の新たな調査研究事業として進める。

## II. 放射性物質等の環境影響等環境安全に関する普及啓発

調査研究の内容や得られた成果等を、成果報告会の開催、出前説明会の実施等によって青森県民に直接紹介するほか、県外からの講演依頼にも対応する。また、インターネットホームページや印刷物等を通じて、放射性物質の環境影響、放射線の生体影響についての情報を県内外の住民に広く発信し、理解増進に資する。

## III. 原子力開発利用の発展に寄与する人材育成への支援

大学生の放射線実習の受け入れ、大学・高専への非常勤講師等の派遣、職場見学の受け入れ等により、原子力関連分野の人材育成を支援する。

## IV. その他本財団の目的を達成するために必要な事業

地域からの要請に対し、施設・技術・人材等を提供することにより可能な範囲で応えていく。また、所内外との研究協力体制を整備し、調査研究等事業の円滑・効率的な推進に努める。