

平成 2 7 年度

事 業 計 画 書

〔 自 平成 2 7 年 4 月 1 日 〕  
〔 至 平成 2 8 年 3 月 3 1 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		
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
2. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究	-----	5
3. 環境科学技術研究所自主研究	-----	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27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を行うとともに、計算領域の拡張等の高度化を行う。モデルに用いるパラメータの精度向上を図るため、放射性ヨウ素及びトリチウム等の環境中挙動及び環境から生物への移行パラメータを、主として環境条件をコントロールした室内実験により求める。さらに放射性炭素について安定同位体炭素をトレーサーとして用いた果樹への移行及び人体内代謝の実験等を行い、より現実的な線量評価のためのサブモデルを構築する。また、大型再処理施設周辺地域における排出放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 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。加えて、青森県民が通常的生活環境で受けている線量の評価、大型再処理施設周辺の水圏生態系が受ける線量の評価法の開発、及び排出放射性核種の比較対照として環境中の $\alpha$ 線放出核種に関する調査を実施する。

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新たに開始する。

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 総合的環境移行・線量評価モデルの精度向上と拡張

大型再処理施設から排出される放射性核種による中長期にわたる被ばく線量をより正確に評価することを目的として平成22年度までに開発した総合的環境移行・線量評価モデル(総合モデル1.0)に、これまでの調査で得られた放射性核種の形態別挙動の組み入れ及び地域の自然環境を考慮した放射性核種の挙動の組み入れ等を行い、精度向上に資する。さらに、施設近傍の鷹架沼及びその集水域に関する放射性核種移行サブモデルを構築し、総合モデルを拡張する。

平成27年度は、鷹架沼サブモデル及び鷹架沼集水域サブモデルの構築に必要な各種データを取得するとともに、鷹架沼及び鷹架沼集水域の放射性核種移行サブモデルの構築を行い、総合モデルの計算領域を拡張する。さらに、総合モデルにパラメータの感度解析機能を組み込む。

###### 1.1.2 総合的環境移行・線量評価モデルの検証

大気、降水をはじめとして陸域、湖沼及び沿岸海域から採取する環境試料及び勤労世帯の日常食中の放射性核種濃度( $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{129}\text{I}$ 等)を測定し、得られたデータを用いて、平成24年度までに高度化した総合モデル1.2を検証する。

平成27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及び今後新たに排出される放射性核種を追跡することによりモデルの検証を行う。

##### 1.2 放射性ヨウ素の環境移行パラメータに関する調査研究

大型再処理施設から排出される  $^{129}\text{I}$  の現実的な被ばく線量や環境中挙動を評価するため、ヨウ素の牧草におけるウェザリング係数や水生生物における化学形態別濃縮係数等のパラメータ及び土壌における浸透性を決定する移行パラメータ並びにそれらに与える環境因子の影響を明らかにし、放射性ヨウ素の環境移行予測の精度向上に資するため、以下の調査研究を行う。

#### 1.2.1 牧草におけるヨウ素のウェザリング係数

牧草の葉面に付着したヨウ素の葉面吸収、除去（ウェザリング）及び揮散の速度を物理・化学形態別に求める。

平成 27 年度は、無降水条件下における無機ガス状ヨウ素 ( $\text{I}_2$ ) の葉面吸収及び揮散の速度をイネ科牧草の生長段階別に明らかにする。また、形態別に付着させたヨウ素の霧によるウェザリング速度を求め、霧水の密度と風速との複合効果を明らかにする。

#### 1.2.2 水産生物におけるヨウ素の形態別濃縮係数

海水中のヨウ素は  $\text{I}^-$ 、 $\text{IO}_3^-$  の化学形態で存在し、水産生物の濃縮係数もそれぞれで異なる。このため、青森県沿岸域の水産物を対象に、室内実験により海水中の放射性ヨウ素の形態別 ( $\text{I}^-$ 、 $\text{IO}_3^-$ ) 濃縮係数を求める。

平成 27 年度は、放射性ヨウ素の化学形態別の底生生物（ナマコ）への濃縮係数及び底生生物（ナマコ、ゴカイ）中の安定ヨウ素の化学形態を明らかにする。

#### 1.2.3 土壌におけるヨウ素の浸透性

土壌に沈着した放射性ヨウ素の一部は下方に浸透し地下水へ移行するため、放射性ヨウ素の土壌浸透性とそれに与える植生等の環境因子を明らかにする。

平成 27 年度は、地表面から約 3～20 m までの土壌について放射性ヨウ素の下方浸透速度を明らかにする。また、これまでの調査で土壌溶液中ヨウ素存在形態に影響する環境因子が判明しており、それらの環境因子とヨウ素下方浸透速度との関連を明らかにする。

### 1.3 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放射性核種の放出形態（大気放出、海洋放出）を考慮し、 $^{14}\text{C}$ 、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放射性ストロンチウム及び放射性ヨウ素の主要海

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。

#### 1.3.1 果樹における放射性炭素移行調査

本調査では、果樹（リンゴ）を対象に、 $^{14}\text{C}$ の大气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 27 年度は、実験施設内でリンゴ幼木を安定して栽培するための予備栽培実験を実験施設内及び屋外で行う。また、屋外において果実の生育段階別にリンゴ樹枝への  $^{13}\text{CO}_2$  ばく露実験を行い、ばく露直後の短期的な  $^{13}\text{C}$  の果実への移行を調べる。

#### 1.3.2 果樹における放射性ヨウ素等移行調査

本調査は、平成 28 年度から開始し、果樹（リンゴ）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。

#### 1.3.3 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、海産物（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 27 年度は、ストロンチウムの食物連鎖を介した実験に必要な餌生物を確定し、餌生物を混入した餌料の効率的な作成方法を確立する。

#### 1.4 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働に伴い排出される放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 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、耕地等）の土壌への蓄積モデルを構築する。

平成 27 年度は、耕地の中で植物へのトリチウム移行モデルが未構築である牧草地について新たにモデル構築を行うため牧草地試験圃場を整備する。また、クロマツ林調査地を設定し、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、並びに降水の土壌内浸透量等の水文学的データを取得する。

#### 1.5 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放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 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  $^{13}\text{C}$  標識物質を被験者に投与する実験を行い、 $^{14}\text{C}$  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、炭水化物を主成分とする米を  $^{13}\text{C}$  で標識し、投与した場合の代謝排泄をよく説明できたものの、脂質やタンパク質成分の多いダイズを投与した場合には不十分であった。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、 $^{13}\text{C}$  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  $^{14}\text{C}$  及びトリチウム代謝モデルを構築する。

平成 27 年度は、 $^{13}\text{C}$  標識リノール酸及び  $^{13}\text{C}$  標識グルタミン酸の投与実験を行い、炭素の代謝排泄データを取得する。

## 1.6 被ばく線量評価法及び $\alpha$ 放射性核種に関する調査研究

排出放射性核種による被ばく線量の比較対照となる自然放射線に起因する青森県民の被ばく線量を評価するため、生活実態に沿った環境  $\gamma$  線線量率を求める手法を開発する。また、大型再処理施設周辺自然生態系の線量評価法を確立するために、水生生物が受けている線量を求める手法を開発する。さらに、身近な環境中での天然  $\alpha$  線放出核種の濃度を明らかにする。

平成 27 年度は、弘前市の生活環境における環境  $\gamma$  線線量率の測定と、個人の環境  $\gamma$  線線量率測定を実施する。また、カキ及びムラサキイガイの被ばく線量率計算に使用する簡易ボクセルファントムを作成するとともに、これらの天然放射性核種濃度を求める。加えて、サケ、カレイ、カキ及びムラサキイガイの簡易ボクセルファントムを用いた被ばく線量率計算法を確立し、自然被ばく線量率を求める。さらに、六ヶ所村の森林土壌中、尾駱沼表層水及び大気中の天然  $\alpha$  線放出核種濃度を求める。

## 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 27 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・飼育・交配、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、また、出生後に長期飼育を行い、出産仔数、体重、外表奇形などに加え、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 27 年度は母体内被ばくのさまざまな影響を検出するために適した病理形態学および分子細胞生物学的な指標・実験手法および照射線量・線量率を決定する。また、一部の時期にのみ照射する実験については照射時期を決定する。条件設定後の短期影響解析においては、受精から胎仔期までの全期間照射の短期影響について概要を把握する。

## 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の低線量率放射線照射に対する反応、及び低線量率放射線がこのような調節システムへの関与を通して生物個体に最終的に及ぼす影響（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* 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 27 年度は、至適条件を探るための予備実験として、高線量率（0.76 Gy/分）を中心に中線量率（400 mGy/22 時間/日）ガンマ線をさまざまな線量で照射したマウスでの造血幹細胞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、放射線照射なしに骨髄移植が可能な遺伝子変異マウス（*WBB6F1-W/W*）を導入し、造血（幹）細胞移植の実験条件を検討するための予備実験を実施する。



### 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影響を、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 27 年度は、卵巣顆粒膜細胞腫由来培養細胞を用い、低線量率 (20 mGy/22 時間/日) ガンマ線照射による移植腫瘍生着率亢進に対する飼育環境の影響を調べるための至適実験条件を検討する。

### 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 27 年度は、非照射メスマウスにおける卵巣の切除処置及び低線量率 (20 mGy/22 時間/日) ガンマ線を連続照射したメスマウスにおける人工的な卵巣機能の補完処置の至適実験条件を検討する。

## 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発生による寿命短縮を理解するためには、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応答について、特別に鋭敏な生化学的検出系によりその応答分子を同定する。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 27 年度は、低線量率放射線長期連続照射メスマウス正常組織 (肝臓) を材料として、既知の生体機能マーカー分子 (特に加齢に関する分子や肝機能に関連する分子) の発現変化を経時的に追跡し、低線量率放射線照射が加齢や肝臓に与える影響、それに関係する応答について検討する。

### 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 27 年度は、中線量率から高線量率間の様々な線量率でのマウスへの照射、染色体異常頻度の解析・比較を行うことにより、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予備解析を行った上で、本実験を開始する。

### 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。

## 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。