

平成29年度

事業報告書

〔 自 平成29年4月 1日 〕
〔 至 平成30年3月31日 〕

公益財団法人 環境科学技術研究所

目 次

事業の概要	1
事業内容	1
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
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	2
1.3 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	3
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	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	5
2.3 低線量率放射線に対する分子細胞応答影響実験調査	6
2.4 低線量率放射線に対する生理応答影響実験調査	6
3. その他の調査研究	7
4. 環境科学技術研究所自主研究	8
5. 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
1. 排出放射性物質影響調査研究情報発信活動	8
2. 広報活動	9
III. 原子力開発利用の発展に寄与する人材育成への支援	9
IV. その他本財団の目的を達成するために必要な事業	9
1. 福島原発事故対応への貢献	10
2. 地域からの要請への対応	10
3. 研究協力体制の整備	10
附属明細書	11

事業の概要

大型再処理施設放射能影響調査事業の一環である環境影響及び生物影響に関する調査研究を、当研究所の主要事業として、これまで青森県から受託しており、平成 29 年度においても同事業を受託し、これを遂行した。それに加えて、国が進める福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立のための放射能測定を日本原子力研究開発機構から受託した。また、それらの調査研究に係る情報を青森県民に提供するための情報発信活動等を行った。さらに、研究領域の拡大や新たな調査研究の展開を目指し、研究所独自の自主研究や科学研究費補助金による研究を行った。その他、学生に対する放射線の実習・講義等により、人材育成を支援した。

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

青森県からの受託調査研究事業として、以下の環境影響及び生物影響に関する調査研究を進めている。

排出放射性物質の環境影響に関する調査研究では、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人体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（総合モデル）を高度化するとともに、検証を目的として、各種環境試料中の排出放射性核種濃度を測定した。さらに、より現実的な線量評価を行うために、放射性炭素等を対象とした環境からリンゴ等の県内産物への移行、被ばく線量評価に用いる人体代謝、及び長期的な土壌への蓄積に係るサブモデルの構築を実証的に進めている。加えて、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及び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を実施した。（1 節）

低線量放射線の生物影響に関する調査研究では、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った。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、低線量率放射線が生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、並びに低線量率放射線に対する生体の造血系・免疫系・内分泌系の応答に関する研究を行った。（2 節）

また、日本原子力研究開発機構からの受託調査研究事業等の外部資金による調査研究、環境科学技術研究所自主研究、及び科学研究費補助金による研究についても報

告する。(3 節～5 節)

1. 排出放射性物質の環境影響に関する調査研究

1.1 排出放射能の環境移行に関する調査研究

平成 27 年度までに開発した総合モデルを高度化し、実測データによる検証を行うため、以下の調査研究を行った。

1.1.1 総合モデルの高度化と運用体制の構築

総合モデルの高度化を行うため、大気中放射性核種濃度等の実測値をデータ同化する機能、被ばく線量の確率論的評価機能及びこれまでの調査で得られた知見をモデルに導入する。また、気象データをオンラインで入手し、使用する運用体制を整えるとともに、水圏関連サブモデルへの機能追加等を行う。

平成 29 年度は、総合モデルに放射性核種濃度等の実測値を同化する機能を導入するとともに、大気-作物間 ^{14}C 移行モデルの基本設計を行った。さらに、地形データ及び農林業センサス等のデータを最新版へ更新し、水圏関連モデルの水中放射性核種濃度計算の効率化を行った。

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し、モデル検証用の基礎データとする。また、青森県内で得られにくい、 ^{137}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 29 年度は、六ヶ所村等の大気、降下物、土壌、植物、日常食及び農畜水産物、並びに水圏環境における水、堆積物、懸濁粒子及び水生生物中の放射性核種濃度を測定するとともに、環境研構内に整備した圃場において栽培した農作物中の排出放射性核種 (^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I) 濃度を測定し、再処理施設本格運転前のバックグラウンドデータを取得した。さらに、青森県内で得られにくい、 ^{137}Cs 等の土壌からの再浮遊、河川を通じての移動等に関連する環境移行パラメータを福島県において取得した。

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、 ^{14}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。そこで、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¹⁴C、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った。

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、¹⁴C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29年度は、モデル作成用データを取得するため、果実生育前半期のリンゴ幼木を用いて、実験室内において果実生育段階別に¹³CO₂ばく露を行い、収穫時の各部位における¹³C残存量を測定するとともに、各部位の炭素量の変化を明らかにした。

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、姫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果実への移行・蓄積モデルを、それぞれの安定元素を用いた実験により構築する。

平成29年度は、果実表面に液状ヨウ素(I)又は液状セシウムを負荷し、果実表面から内部への吸収速度を求めるとともに、結実前のリンゴ樹葉面又は樹皮表面に液状セシウムを負荷し、各表面からの吸収及びその後の転流速度を求めた。

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、放射性ストロンチウム及び放射性ヨウ素について海水からの直接移行及び食物連鎖を介した移行を含む移行・蓄積モデルを構築する。

平成29年度は、平成28年度より開始した、⁸⁶Sr安定同位体を添加した海水中でヒラメを飼育する実験を継続し、海水からヒラメへの長期の⁸⁶Sr移行データを得た。さらに、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⁸⁶Sr標識試料を作製した。加えて、放射性ヨウ素の魚類への移行を調査するための実験系を確立した。

1.3 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¹⁴C及び³H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、 ^{13}C で標識した多種の脂質及びアミノ酸等の投与実験を行い、精度の高い ^{14}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 ^3H 代謝モデルを構築する。

平成 29 年度は、 ^{13}C 標識ケト原性芳香族アミノ酸（フェニルアラニン）及び単糖（グルコース）を被験者に経口投与し、呼気中 ^{13}C を測定し、無機物としての ^{13}C 排泄速度を評価した。また、平成 28 年度の ^{13}C 標識一価不飽和脂肪酸（オレイン酸）及びコラーゲン主原料アミノ酸（グリシン）経口投与実験で得られた毛髪試料の ^{13}C 濃度を測定し、有機物としての ^{13}C 排泄速度を評価した。

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動に伴い排出される ^{14}C の土壌への蓄積性を評価するため、施設周辺に広く分布するクロマツ林におけるモデルを構築するとともに、排出量の多い ^3H 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 29 年度は、環境研構内のダイコン畑及び牧草地における土壌水の挙動を明らかにするため、降水の土壌内浸透に関する水文学的データを取得するとともに、1 年草牧草地土壌への重水散布を行い、重水の浸透に関するデータを得た。さらに、牧草の生長及び牧草体内での有機物の挙動に関するデータを取得した。クロマツ林では降水の土壌内浸透に関する水文学的データ、樹木の有機物生成量データ、リター供給量データ並びにリター分解速度データの取得を継続した。加えて、これまでに得られたデータを用いて、牧草のトリチウム代謝モデル及びクロマツ林の有機物生成モデルの基本設計を行った。

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安定ヨウ素により求める。

平成 29 年度は、平成 28 年度に設定したクロマツ林調査区内において、根部を含めたクロマツ 1 個体を採取して、クロマツの部位別形状、重量、安定元素濃度、放射性核種濃度等を測定するとともに、このクロマツが生育した周辺の土壌中安定元素濃度等を測定した。加えて、クロマツ林内の環境 γ 線線量率の鉛直分布の調査を行い、さらに、クロマツ林内外におけるヨウ素降下量及び大気中ヨウ素濃度を測定して、大気中ヨウ素のクロマツへの沈着速度及び降雨等による洗浄速度

を求めた。

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、青森県の土壌で栽培した場合の放射性セシウムの移行に影響を及ぼす土壌要因を明らかにし、要因に応じた施肥や資材等による移行低減化手法の検証を行う。さらに、青森県の主要農産物であるイネを対象として、玄米へのセシウム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 29 年度は、上北地方の牧草地土壌を対象として、放射性セシウムを添加した土壌を用いたポット栽培実験により、短期の放射性セシウムの移行性と土壌特性との関連を明らかにした。さらに、土壌特性と有効な移行低減化手法の関連を明らかにし、それぞれの土壌特性に応じた手法を選定した。加えて、セシウム転流抑制に有効であった転流・蒸散抑制剤に関して、効率の良い薬剤散布時期を明らかにした。

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した。

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（700～800 mGy/分）及び低線量率（20 mGy/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、線量率の違いが異なる継世代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 を用いて遺伝子変異を調べる。

平成 29 年度は、オス親マウスへの照射・交配、仔マウスとオス親マウスの終生飼育、死亡マウスの寿命・死因・がん発生解析及び遺伝子変異解析を平成 28 年度に引き続いて実施した。

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、すなわち出生前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、胎仔、仔の生死、胎仔の発生異常、外表奇形などの胎仔期あるいは生後比較的早期に発現する短期的影響を調べる。また、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 29 年度は、平成 28 年度に引き続き、短期影響解析においては、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しその概要を把握した。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たマウスの終生飼育及び死亡マウスの病理学的検索を実施した。

2.3 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、低線量率放射線が個々の細胞において引き起こす遺伝子発現変化やゲノムの変異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った。

2.3.1 低線量率放射線照射による細胞応答分子への影響解析

低線量率放射線を照射された個体中の細胞において誘起される遺伝子発現変化等を、高中線量率放射線との相違点、加齢との関連、雌雄差に重点を置いて解明する。

平成 29 年度は、オスマウスへの低線量率放射線長期照射と経時的組織サンプリングを、平成 28 年度に引き続いて実施した。また、オスマウスの肝臓及び精巣サンプルを用いた網羅的遺伝子発現解析を行い、線量率依存性や臓器依存性を明らかにした。さらに、個体中の骨髓細胞等の特定細胞集団を蛍光で標識し他の細胞と区別して解析する実験を開始した。

2.3.2 線量率の違いによるゲノムへの影響解析

低線量率及び高線量率放射線を照射したマウスの脾臓リンパ球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の結果、両者は明白に異なる反応を示すことが分かっている。本課題では、染色体異常誘発の線量効果関係が、線量率の変化に従いどのように変化するかについて解析することにより、放射線効果における線量率依存性の解明を目指す。

平成 29 年度は、平成 27 年度より行ってきた、低線量率から高線量率の間の様々な線量率での照射により誘発された染色体異常の線量率依存性解析作業を完了しその実態を明らかにした。

2.4 低線量率放射線に対する生理応答影響実験調査

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）のプロセスを明らかにするため、これまでの調査により放射線の影響が顕著であることが明らかになっている造血系、免疫系、内分泌系の3システムに関し以下の調査研究を行った。

2.4.1 造血系解析

低線量率放射線の造血幹細胞への影響が、造血幹細胞が照射されたことによる直接的な影響であるのか、あるいは周辺の細胞や液性因子を介した間接的な影響であるのかを明らかにする。

平成29年度は、平成28年度に引き続き、マウス個体を用いた造血幹細胞周辺環境を解析する実験及び造血幹細胞に対する影響を培養系で解析する実験を行った。また、照射された造血幹細胞を非照射 W/W^v 系統マウス（造血能不全マウス）に移植する実験のための低線量率放射線照射を継続した。

2.4.2 免疫系解析

抗がん免疫能（がん細胞を排除する機能）などに対する低線量率放射線の悪影響が、飼育環境変化により低減されるか否かを明らかにする。

平成29年度は、がん細胞を照射マウスに移植する実験系を用い、低線量率放射線照射によって生じる抗がん免疫能低下に対する飼育環境変化の影響を観察する実験を継続した。

2.4.3 内分泌系解析

低線量率放射線により誘発された卵巣機能障害が、照射メスマウスのがん発生頻度の増加及び寿命短縮の原因であるか否かを明らかにする。

平成29年度は、平成27年度より行ってきた、低線量率放射線を照射したメスマウスへの非照射卵巣移植処置及び非照射メスマウスの卵巣切除処置を終了した。手術後のメスマウスを長期もしくは終生飼育し、性周期解析、体重測定、発がん及び寿命の解析を継続して行った。

3. その他の調査研究

日本原子力研究開発機構からの委託により、前年度に引き続き、福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立のために、土壌試料（300試料程度）に含まれるガンマ線放出核種（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等）の測定を行った。

また、環境省から大分県立看護科学大学に委託された「低線量率放射線長期連続

照射によるマウス急性骨髄性白血病の起因となる *PU.1* 遺伝子変異の線量率依存性の解析～放射線発がんの線量率効果の仕組みを考える～」の一部を再受託し、計画通り実施した。

4. 環境科学技術研究所自主研究

研究所の調査研究領域の拡大及び既存の調査研究の新たな展開を目指し、研究所独自の自主研究を下記のとおり行った。

平成 28 年度に採択し、平成 29 年度へ継続した自主研究

- ・低線量率放射線照射されたマウス肝臓のメタボローム解析

平成 29 年度に採択した自主研究

- ・気相中二酸化炭素及び分子状水素のパッシブサンプラーの開発とその応用
- ・胎仔生殖細胞の放射線高感受性時期の検索
- ・低線量率放射線長期連続照射マウス表現型の包括的観察

5. 科学研究費補助金による研究

科学研究費補助金等による研究として、以下の 8 課題を実施した。

研究代表者である研究

- ・水俣湾海洋食物網における生産者及び低次消費者への水銀化合物の移行に関する研究
- ・北日本太平洋側における森林樹木の霧水利用特性の評価
- ・長期窒素連用樹園地における放射性セシウムの可溶化・下方移動と植物吸収との関係解析（住友財団 環境研究助成）

分担研究者である研究

- ・土壌中の有機物に含まれる放射性セシウムの挙動に及ぼす生物的要因の解明
- ・プレート境界沈み込みに伴う南部チリ弧火成作用の多様性とマグマ生成過程の全容解明
- ・日本の農耕地土壌における植物必須元素可給態量の網羅的定量と規定要因の機構論的解明
- ・超新星背景ニュートリノ観測による星形成の歴史の研究
- ・難分解性溶存態有機物の消失経路 -泡による粒子化-

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

1. 排出放射性物質影響調査研究情報発信活動

青森県からの受託事業として、大型再処理施設放射能影響調査事業によって実施

されてきた環境影響及び生物影響に関する調査研究の内容や得られた成果等を県民に対して発信することにより、大型再処理施設から排出される放射性物質の影響に関する県民の理解を得る活動を行った。具体的には、成果報告会、出前説明会、インターネットホームページ及び印刷物によって、下記のとおり発信した。

成果報告会は、六ヶ所村、青森市、弘前市及び八戸市の4か所で開催し、「土壌から作物へのセシウムの移行を低減化させる」、「放射線の生体影響を防護剤で抑制する試み」と題してそれぞれ環境影響研究、生物影響研究の成果について報告した。また、六ヶ所村、青森市、八戸市では外部有識者による基調講演をあわせて実施し、更に六ヶ所村では日本海洋科学振興財団から「青森県近海域海洋数値モデリングについて」の報告も行った。参加者は4会場合計で245名であった。

出前説明会は青森県内で20回実施し、参加者総数は1,002名であった。説明会は講演、出展の形式で実施し、前者では調査研究成果等を中心に放射線の基礎知識や生物影響についての講演、後者では青森県内の大学祭や六ヶ所村内のイベントに出展し、パネルを用いた成果の説明や放射線に関する基礎的な内容について説明した。

ホームページに関しては、研究の進捗に応じた研究紹介に関するページの更新等を行った。アクセス数は、福島原発事故以前に比べて高い水準を維持した状況であった。

印刷物については、放射線の基礎知識や調査で得られた成果を解説した放射線の基礎知識パンフレットや、調査成果を解説するリーフレットを作成した。

2. 広報活動

環境研の活動について発信するため年報及び環境研ニュースを発行するとともに、施設公開を行った。また、自然科学に対する関心を高めるため六ヶ所村の小学生等を対象とした理科教室を実施した。

III. 原子力開発利用の発展に寄与する人材育成への支援

青森大学薬学部の放射線実習及び八戸工業大学の原子力人材育成プログラムにおける研修を環境研内で実施し、学生に対する講習等を行った。さらに、東京海洋大(1名)、東京理科大(4名)、筑波大(1名)より学生実習生を受け入れ、分析手法等の指導を行った。また、北里大学と八戸工業高等専門学校において職員が講義を担当した他、弘前大学において被ばく医療に関する委員会の委員を務め、人材育成の支援を行った。

IV. その他本財団の目的を達成するために必要な事業

1. 福島原発事故対応への貢献

福島原発事故で問題となっている放射性物質及び低線量被ばくに関して、I章3節「その他の調査研究」に記載の通り、2つの調査研究を受託した。また事故に関する調査や対策に関する委員会への就任要請に応え職員を派遣した。

また、福島県内において放射性セシウムの環境移行に関する調査を行い、それらのデータを研究に用いるとともに現地の行政機関へ放射性物質移行等の実態に関する情報として提供した。

2. 地域からの要請への対応

六ヶ所村内の教育機関からの支援要請により、講師としての職員の学校等への派遣や、職業体験学習の受け入れを行った。また、地域からの要請に応え、六ヶ所次世代エネルギーパーク事業に参加するとともに、産業まつりへの後援及び出展、各種委員会への職員の委員としての参画等を通じて、地域振興や社会教育に貢献した。さらに、青森県防災会議や青森県原子力施設環境放射線等監視評価会議等に職員が委員として参画した。

3. 研究協力体制の整備

調査研究事業を円滑に推進するため、弘前大学や日本原子力研究開発機構等国内の機関と14件の共同研究を実施した。