

平成26年度

事業報告書

〔 自 平成26年4月 1日 〕  
〔 至 平成27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 総合的環境移行・線量評価モデルの精度向上と拡張	2
1.2 総合的環境移行・線量評価モデルの検証	2
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	2
2.1 牧草におけるヨウ素のウェザリング係数	2
2.2 水産生物におけるヨウ素の形態別濃縮係数	3
2.3 土壌におけるヨウ素の浸透性	3
3. 排出トリチウムの生物体移行に関する調査研究	4
3.1 大気排出トリチウムの大気-植物間移行パラメータに関する実証的調査研究	4
3.2 海洋排出トリチウムの移行パラメータに関する実証的調査研究	4
3.3 人体内におけるトリチウム代謝に関する実証的調査研究	4
4. 排出放射性炭素の蓄積評価に関する調査研究	5
5. 被ばく線量評価法及び $\alpha$ 放射性核種に関する調査研究	5
6. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究	6
6.1 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）	6
6.2 低線量放射線の生体防御機能に与える影響調査	7
6.3 低線量放射線のDNA修復関連遺伝子に与える影響調査	8
7. 生物学的線量評価に関する調査研究	9
8. その他の調査研究	10
9. 環境科学技術研究所自主研究	10
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	10
1. 排出放射性物質影響調査研究情報発信活動	10
2. 広報活動	11
III. 原子力開発利用の発展に寄与する人材育成への支援	11
IV. その他本財団の目的を達成するために必要な事業	11
1. 大型再処理施設排出放射能影響調査交付金事業企画評価委員会の運営	11
2. 福島原発事故対応への貢献	11
3. 地域からの要請への対応	12
4. 研究協力体制の整備	12
附属明細書	13

## 事業の概要

平成 26 年度においては、当研究所の主要事業としてこれまで行ってきた大型再処理施設排出放射能影響調査交付金事業に基づき、環境影響及び生物影響に関する調査研究を青森県から受託し進めている。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を通じ受託し、環境省からは低線量率放射線長期被ばくによる生体影響の低減化に関する研究、極低線量率放射線連続被ばくマウスを用いた健康影響解析の研究等を受託した。また、それらの調査研究に係る情報を青森県民に対して発信する活動を行った。さらに、大型再処理施設排出放射能影響調査交付金事業の成果と将来計画を評価するための企画評価委員会の運営を受託し、計画通りに実施した。加えて、研究領域の拡大や新たな調査研究の展開を目指して、研究所独自の自主研究を行った。その他に、大学・高専の学生に対して放射線の実習・講義等を行い、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は、環境影響及び生物影響に関する調査研究を進めている。

環境影響に関する調査研究では、大型再処理施設から排出される放射性核種を対象として現実的な環境中移行、人体内代謝及び被ばく線量を計算する総合的環境移行・線量評価モデル（総合モデル）を整備する。そのため、地域に即した各種パラメータを求めるとともに、安全側のモデルが用いられてきたトリチウム、炭素 14 の放射性核種についての実証的な環境移行・蓄積及び人体代謝サブモデルを開発し、これらを総合モデルに組み込む。更に、各種環境試料中の排出放射性核種濃度を測定し、総合モデルの検証を行う。加えて、施設由来の放射性物質による人体と環境の被ばく線量及び各種環境試料中の  $\alpha$  放射性核種濃度の適切な比較対照として、自然放射線による被ばく線量及び天然  $\alpha$  放射性核種濃度情報の確立を進めている。(1 章～5 章)

生物影響に関する調査研究では、低線量率・低線量放射線のヒトへの影響を推定するため、実験動物としてマウスを用い、低線量率放射線の継世代影響、生体防御機能への影響、DNA 修復関連遺伝子への影響を調査するとともに、生物学的線量評価に関する研究を進めている。(6 章～7 章)

また、日本原子力研究開発機構、環境省等からの受託調査研究事業及び自主研究についても報告する。(8 章～9 章)

## 1. 排出放射性物質の環境影響に関する調査研究

### 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現実的な被ばく線量を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モデルの精度向上のために、これまでの調査で得られた放射性核種の形態別挙動及び地域の自然環境を考慮した放射性核種の挙動を組み入れる。さらに、鷹架沼及びその集水域に関する放射性核種移行モデルを構築し、総合モデルを拡張する。

これまでに、放射性核種の形態別ウェザリング挙動、積雪がトリチウムの環境挙動に与える影響等を組み入れてきた。平成 26 年度は、平成 25 年度に行った基本設計に基づき、鷹架沼の流動サブモデル及び鷹架沼集水域の水収支サブモデルの構築を行った。また、総合モデルのサブモデルである大気拡散モデルを改良し、大気拡散の予測精度を高めた。さらに、施設近傍の鷹架沼及びその集水域における放射性核種移行モデル構築のために、鷹架沼の流況、沈降粒子量及び湖底湧水量を明らかにするとともに、鷹架沼集水域の地下水位及び地下水滞留時間等の水文データを実地調査により取得した。

### 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これまで構築した総合モデルを検証する。

平成 23 年度から継続的に調査を実施しており、平成 26 年度は、ほとんどの試料中の排出放射性核種濃度にバックグラウンドレベルからの上昇は認められなかったが、土壌や湖底堆積物等に大型再処理施設のアクティブ試験によって排出された  $^{129}\text{I}$  が残留し、アクティブ試験の核燃料せん断・溶解作業終了後 6 年が経過しても、その蓄積量に大きな変化は認められなかった。さらに、福島県飯舘村の小河川において、地上に沈着した  $^{137}\text{Cs}$  の河川による流出率が暫時減少していることを明らかにした。

## 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  $^{129}\text{I}$  からの現実的な被ばく線量や環境中挙動を評価するには、放射性核種の移行を記述する各種のパラメータが必要である。そこで、現実的な被ばく線量評価用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て、放射性ヨウ素の環境移行予測の精度向上に資するため、以下の調査を行う。

### 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 25 年度までに、粒子状又は液状ヨウ素 ( $I^-$ ) の葉面吸収速度及び葉からの揮散速度を生長段階別に求めると共に、粒子状、液状及び無機ガス状で葉面に負荷したヨウ素の風及び雨によるウェザリング速度を求めた。平成 26 年度は、液状ヨウ素酸イオン ( $IO_3^-$ ) の吸収と揮散を牧草の生長段階別に調査した結果、生長段階に依らず、負荷したヨウ素の 8 割以上が葉面上に存在したままであることが明らかとなった。更に、無機ガス状 ( $I_2$ ) で葉面に負荷したヨウ素は、霧により植物から除去されなかった。 $IO_3^-$  を粒子状又は液状で負荷した葉面上のヨウ素は、霧へのばく露時間の経過により指数関数的に減少し、 $I^-$  を同様に負荷して霧水密度を変えた場合には、2 つ霧水密度の指数関数に従って減少することが分かった。

## 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  $I^-$ 、 $IO_3^-$  の化学形態をとることが知られている。海水から生物へのヨウ素の濃縮係数は化学形態により異なると考えられるため、青森県沿岸域の水産物(海藻等)を対象に、海水中  $I^-$ 、 $IO_3^-$  からの濃縮係数を室内実験により求める。

平成 25 年度までに、海藻類(緑藻、褐藻)のヨウ素の化学形態別濃縮係数を求めると共に、XAFS を用いて海藻類(緑藻、褐藻)中のヨウ素の化学形態を明らかにした。平成 26 年度は、 $^{125}I$  又は  $^{125}IO_3^-$  を添加した海水からエゾアワビ中腸腺及び筋肉への  $^{125}I$  の移行を経時的に測定した。その結果、 $^{125}I$  は中腸腺と筋肉にほぼ同様に取り込まれるが、 $^{125}IO_3^-$  にばく露した場合には中腸腺の  $^{125}I$  濃度が筋肉より高かった。加えて、エゾアワビ中腸腺を対象とした XAFS 測定により、ヨウ素の約 90% が有機態であることが分かった。

## 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の影響を明らかにする。

平成 25 年度までに、六ヶ所村内 2 地点(二又、尾駱)の土壌(0~50 cm)を対象に分配係数の測定を行い、ヨウ素の浸透速度を求めた。また、表層土壌の温度及び水分がヨウ素存在形態に与える影響を検討した。加えて、土壌中のヨウ素の存在形態に与える生物学的要因として植物根の影響を検討した。

平成 26 年度は、六ヶ所村二又で採取した深度 0.5~3.0 m の土壌コアを対象として分配係数 ( $K_d$ ) 法から  $^{125}I$  の下方浸透速度を求め、これまでに求めた表層での結果と合わせたところ、浅層では表層より小さな値であったが、2 m 以深では著しく大きな値を示した。

さらに、表層土壌の土壌溶液中ヨウ素の化学形態への物理・化学的要因の影響を明らかにするために、草地及び森林の表層土壌(0~20 cm)の土壌溶液中の形態別ヨウ素濃

度及び pH 等の各種化学的要因を調査したところ、ヨウ素の浸透性には土壌中有機ヨウ素が関わっており、有機炭素の影響を受けることが示唆された。

加えて、生物学的要因がイネ根圏中ヨウ素の化学形態に与える影響を明らかにするため、牧草及び野生植物を土耕栽培し、根圏中ヨウ素の存在形態を調査した結果、根圏における土壌溶液中の  $I^-$ 、有機態ヨウ素濃度は植物の存在する場合に高くなり、植物種間による差異もあることが明らかになった。

### 3. 排出トリチウムの生物体移行に関する調査研究

大型再処理施設から排出されるトリチウム (T) による実証的な被ばく線量評価に資するため、トリチウムの代わりに安定同位体である重水素 (D) を用いて大気－作物間、海水－海産生物間でのトリチウムの移行及び人体内でのトリチウム代謝に関するデータを取得し、それぞれの経路におけるトリチウムの移行評価モデルを作成する。このため、以下の調査を行った。

#### 3.1 大気排出トリチウムの大気－植物間移行パラメータに関する実証的調査研究

大気中水蒸気状トリチウム (HTO) から植物の自由水トリチウム (FWT) への移行パラメータ及び植物体内での FWT から有機結合同位体トリチウム (OBT) への移行・蓄積パラメータを実験的に求めるため、平成 22～23 年度の葉菜、平成 24 年度の根菜の調査に引き続き、平成 25～26 年度はイネを重水蒸気にばく露し、イネ中自由水の重水素 (FWD) への移行速度を測定するとともに、各生育段階で生成された非交換型有機結合同位体重水素 ( $N_x$ OBD) の収穫時残存濃度のデータを取得した。

また、平成 25～26 年度に取得したデータに基づいて作成したイネの重水素代謝モデルにより、イネ各部位の FWD 及び  $N_x$ OBD の濃度を概ね推定できた。

#### 3.2 海洋排出トリチウムの移行パラメータに関する実証的調査研究

トリチウムの海産生物への移行・蓄積に関するモデルの作成を目的とする。このため、生産者と一次消費者間または底生生物間、及び二次消費者である魚類 (ヒラメ) の当歳魚を対象とした食物連鎖による重水素移行・蓄積に関する調査を行ってきた。平成 26 年度はヒラメの成魚を対象として、海水－ヒラメ間の重水素直接移行実験及び重水素標識餌料の投与実験を行い、ヒラメ筋肉の  $N_x$ OBD 濃度を求めた。得られたデータを用いて海水－餌－ヒラメの系における重水素移行モデルを作成した結果、実験結果とモデル計算値は比較的良好に一致した。

#### 3.3 人体内におけるトリチウム代謝に関する実証的調査研究

被験者に重水素で標識した物質を経口投与し、尿及び呼気への排泄を調べ、経口摂取

されたトリチウムの代謝モデルを作成するとともに、ラットを用いた動物実験により重水素の特定臓器・組織への蓄積の有無を調べることを目的とする。

平成 25 年度までに、重水並びに重水素標識したグルコース、パルミチン酸及びアミノ酸（ロイシン及びアラニン）を投与し、その後の尿中重水素濃度を測定した結果から人体の 3 大栄養素別の重水素代謝モデルを作成した。平成 26 年度には、重水素標識したダイズを投与し、重水素の排泄を追跡した。3 大栄養素別の代謝モデルをダイズの栄養素構成に合わせて適用したところ、ダイズ投与後の実験期間内の重水素排泄測定値を概ね再現できた。3 大栄養素別の代謝モデルから日本人の栄養摂取基準に相当する食事に含まれるトリチウムの 50 年間積算残留量（預託線量）を推定したところ ICRP モデルを用いた値の約 1.3 倍となった。

また、重水素標識ダイズをラットに投与し、所定の期間飼育後に解剖して、各器官・組織等への重水素の移行を明らかにした。平成 22～25 年度に得られた様々な単体栄養素中の重水素の体内分布と比較して、ダイズ中重水素の体内分布の偏りは少なかった。

#### 4. 排出放射性炭素の蓄積評価に関する調査研究

大型再処理施設周辺地域における土地区分として代表的な森林、牧草地、水田、畑地及び湿地を対象に、施設から排出される炭素 14 の植物体や土壌への蓄積・放出を推定・評価できる予測モデルを整備し、大型再処理施設稼動に伴う中長期の影響評価（環境への蓄積等）に資する。

このため、チモシー採草地、ダイコン及びニンジン畑、水田における総一次生産速度と環境変数との関係を、室内における炭素固定試験及び野外観測データを基に明らかにした。平成 26 年度は森林について、胸高直径の毎木調査並びに落葉・落枝量及び根成長量の調査を継続して行い、地下部を含めた純一次生産速度に関する 4 年目のデータを得た。

また、平成 23 年度に各試験地に埋設した各対象植物の  $^{13}\text{C}$  標識体を回収し、野外における易、中分解性有機物の分解速度定数等を求めた。また、埋設実験に用いた土壌中の土壌微生物群集を調査し、構成微生物種に大きな変化がない事を明らかとした。更に、野外調査地にライシメータを設置し、溶存有機物の流出速度データを取得した。

これまでの結果を基に、耕地（牧草地、水田及び畑地）及び森林の放射性炭素動態を記述するモデルを作成し、湿地モデルのパラメータを最適化した。

#### 5. 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して、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。また、大型再処理施設周辺の水圏自然生態系が受けている線量の評価法を開発する。さらに、天然  $\alpha$  線放

出核種が身近な自然環境中に存在することを示すため、それらの環境中での分布を求める。このため、以下の調査を行った。

生活環境における外部被ばく線量の調査では、平成 25 年度までに六ヶ所村、むつ市及び青森市において生活環境の環境  $\gamma$  線線量率を測定するとともに、個人の環境  $\gamma$  線被ばく線量率を測定した。平成 26 年度に同様の調査を八戸市で行った結果、八戸市の生活環境別の年平均線量率と青森県民の生活時間の文献値を組み合わせることで算出した環境  $\gamma$  線被ばく線量率は、これまでと同様に、個人測定の結果の平均値及び変動をほぼ再現できた。

水圏自然生態系の線量評価法を開発するため尾駱沼を対象として選択し、これまでに湖水中の放射線線量率並びに湖底堆積物、アマモ、ワカサギ及びニシンの放射性核種濃度を調べるとともに、これらの生物の簡易ボクセルファントムを作成した。平成 26 年度は、サケ及びヌマガレイの放射性核種濃度を求めるとともに、それらの簡易ボクセルファントムを作成した。さらに、アマモ、ワカサギ及びニシンの簡易ボクセルファントムを用いて、自然の状態を受けている全被ばく線量率をモンテカルロ法により計算した結果、内部被ばくの寄与が約 60%~80%に達した。

加えて、天然  $\alpha$  線放出核種の環境中分布を明らかにするため、平成 25 年度までに、尾駱沼湖水、六ヶ所村内の土壌、大気降下物及びエアロゾル試料中の  $\alpha$  線放出核種濃度の実態を調査してきた。平成 26 年度は、引き続き調査を行い、六ヶ所村の牧草地土壌、並びに大気降下物及びエアロゾル試料中の主要な天然  $\alpha$  線放出核種は  $^{210}\text{Po}$  であり、尾駱沼表面湖水では  $^{238}\text{U}$  であることが分かった。

## 6. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究

### 6.1 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）

被ばくした親から産まれた仔における継世代影響を動物実験により明らかにするため、高線量率（0.8 Gy/分） $\gamma$  線を急照射および低線量率（20 mGy/22 時間/日） $\gamma$  線を長期間連続照射した C57BL/6J オス親マウスを同系非照射メス親マウスと交配し、仔(F1)を得て、非照射対照群の仔とともに終生飼育し、繁殖データ、死亡マウスの寿命、死因、発がん及び遺伝子変異等を調べる。

本実験調初年度である平成 26 年度は、目的のデータを得るために必要な至適放射線照射線量および実験手法を決定するために、高線量率（0.8 Gy/分）放射線を用いた実験を実施した。その結果、本実験では、照射線量を低線量率連続照射は 6 Gy と 3 Gy、高線量率急照射は 2~3 Gy とし、実験に使用するマウスの数は、オス親；120 匹/群、メス親；120 匹/群、オス F1；180 匹/群、メス F1；180 匹/群、総数は約 2400 匹とし、平成 27 年 1 月より本実験の第 1 回目を開始した。

遺伝子変異解析では、0.8 Gy/分照射群のオス親とメス親各 1 匹及びその仔マウス 6

匹及び 1 mGy/日照射群のオス親とメス親各 7 匹及びその仔マウス 48 匹についてオリゴマイクロアレイ CGH 法によるスクリーニングを実施した。その結果、1 mGy/22 時間/日照射群の仔 48 匹中 5 匹 (10.4 %) で「Type L 異常値領域」を検出したが、0.8 Gy/分照射群の仔 6 匹には全く検出されなかった。これまでのデータを纏めると、「Type L 異常値領域」の発生頻度は 20 mGy/22 時間/日照射群では 9.9%、1 mGy/22 時間/日照射群では 9.1%、0.05 mGy/22 時間/日照射群では 2.1%、非照射対照群では 2.1%と推定され、20 mGy/22 時間/日照射群と 1 mGy/22 時間/日照射群で有意 ( $P < 0.05$ ) に高い発生率であった。さらに、これらの「Type L 異常値領域」は TaqMan Copy Number Assay で全て「新規突然変異」であることが確認できた。また、「新規突然変異」を持つ 20 mGy/22 時間/日照射群 11 匹中 3 匹、非照射対照群 4 匹中 2 匹の仔マウスから孫マウスが生まれており、これら孫マウス 5 匹について TaqMan Copy Number Assay で確認したところ、仔マウスに認められた「新規突然変異」は、全ての孫マウスに遺伝していることが確認された。

## 6.2 低線量放射線の生体防御機能に与える影響調査

低線量率放射線の長期間連続照射による生体防御機能への影響を明らかにするため、抗腫瘍免疫機能への影響と脂質代謝機能への影響について調査を行っている。

抗腫瘍活性を定量的に把握するために移植腫瘍を用いた。この腫瘍に対する免疫機能活性を調べると、低線量率 (20 mGy/22 時間/日)  $\gamma$  線を長期間連続照射したマウス (B6C3F1) では低下していることをこれまでに明らかにしたが、さらに本解析では、この低下をもたらす要因を明らかにするための調査を行っている。具体的には、人工的な操作を加えた腫瘍細胞を、照射及び同日齢非照射対照マウスそれぞれに移植した時の生着率の違いや、マウス免疫細胞の遺伝子発現の違いを比較している。調査終年度である平成 26 年度は、これまでに移植腫瘍生着率の亢進が認められている B6C3F1 メスマウスに加えて、他系統である C57BL/6 オスマウスに低線量率 (20 mGy/日) ガンマ線を累積線量 8000 mGy になるまで照射し、様々ながん細胞移植研究で用いられているルイス肺癌由来の培養細胞を移植し、その生着率を非照射コントロールマウスと比較した。その結果、ルイス肺癌由来培養細胞の生着率に対して放射線照射の影響は観察されず、腫瘍の種類やマウスの遺伝的背景の違いによって移植腫瘍生着率が大きく異なることが明らかとなった。次に、低線量率ガンマ線長期連続照射によって減少したケモカインレセプター CCR5 発現免疫細胞を補うこと (養子移入) による移植腫瘍生着率の変化を明らかにするために、健康なマウスから単離した CCR5 発現免疫細胞を腫瘍細胞と同時に移植する実験を実施した。その結果、CCR5 陽性免疫細胞の共移植による移植腫瘍生着率の変化は観察されず、移植腫瘍細胞の排除には CCR5 陽性免疫細胞単独の作用だけではなく、その作用を補強する要因

が必要である可能性が示唆された。

脂質代謝機能への影響に関しては、低線量率（20 mGy/22 時間/日） $\gamma$ 線連続照射メスマウスに観察される血清レプチンの増加や脂肪組織重量の増加を伴う体重増加の発生機序に、連続照射による卵巣障害が関与することを明らかにするために実験調査を行っている。調査最終年度である平成 26 年度は、20 mGy/日の $\gamma$ 線を集積線量がこれまで実施した実験より低い線量である 0.1~1.5 Gy に達するまで連続照射したメスマウスと、より低い線量率である 10 mGy/日及び 1 mGy/日の $\gamma$ 線を連続照射したメスマウスの PCNA 抗体陽性卵母細胞数の変化と体重増加及び閉経が起こる時期を調べた。その結果、集積線量に依存した卵母細胞数の減少が生じ、この減少数に相関して閉経及び体重増加が発生する週齢が決定することが分かった。また、1 mGy/22 時間/日、10 mGy/22 時間/日及び 20 mGy/22 時間/日の線量率の $\gamma$ 線を 9 週齢から連続照射したメスマウスにおける、卵巣障害と体重変化との関係を調べた。その結果、20 mGy/22 時間/日より低い線量率での連続照射においても集積線量に依存した卵母細胞数の減少が生じ、この減少数に相関して閉経及び体重増加が発生する週齢が決定することが分かった。

### 6.3 低線量放射線の DNA 修復関連遺伝子に与える影響調査

低線量率放射線長期被ばくによるがん発生、寿命短縮などの現象への DNA 損傷とその修復の関与の程度を検討するため、「低線量率放射線による DNA 損傷生成⇒細胞のがん化頻度の上昇⇒がんの早期発生⇒寿命短縮」という作業仮説を立て、分子細胞生物学的及び病理学的解析を行った。5 年間の調査の最終年度であることから、結果の集計と取りまとめも行なった。4つの小課題の内容について以下に記載する。

- ①低線量率放射線長期照射により腫瘍がより早期に出現するかを検討するため、マウスに 20 mGy/日×400 日の長期照射中及び照射後、経時的に病理学的検索を行った。26 年度には、病理組織解析および最終的な統計解析を行った。その結果、悪性肝腫瘍など早期発生するものと、悪性リンパ腫など発生が早期化しないものがあることが明らかになった。腫瘍の発生に先んじて同じ臓器で非腫瘍性病変が生じている例、また、非腫瘍性病変発生が照射群で早期化している例も見られた。
- ②血清中の微量の生理活性物質の量的変動を解析する鋭敏な方法を開発し、これを用いて低線量率放射線長期照射の影響あるいは照射による腫瘍の発生を検出するための血清中のマーカー分子を同定してきた。26 年度には、これらマーカー分子を補完するものとして、ヒトの健康診断で汎用される血液検査項目も、マウス低線量率放射線誘発腫瘍の検出に適用可能であることを明らかにした。
- ③低線量率放射線長期照射されたマウスの寿命短縮に対する DNA 損傷の関与を直接的に検討するため、損傷の発生を抑制する抗酸化剤 N-アセチルシステインを投与する、

あるいは、損傷修復に関係した遺伝子を欠いたマウスを用いるという 2 種類の実験法を用いた。損傷の量を操作するというアプローチが有効であること、また、寿命短縮に対して DNA 損傷が少なくとも部分的には関与していることを示唆する結果が得られた。

④低線量率放射線による白血病誘発の機構に関する知見を得ることを目的として、25 年度までに、低線量率放射線照射マウスの造血幹細胞の、26 年度には、造血前駆細胞の網羅的遺伝子発現解析を行った。高線量率照射で顕著にみられる DNA 損傷応答や細胞死の兆候は見られず、低線量率放射線と高線量率放射線では、造血細胞への作用が異なることが示唆された。

上記の各小課題の結果を総合すると、放射線による DNA 損傷が直接細胞のがん化を引き起こすという考えで、低線量率放射線の影響はある程度は説明できるが、それ以外の要因、例えば、がん進展プロセスの関与も大きいと考えるべきと結論できる。

## 7. 生物学的線量評価に関する調査研究

本調査（Ⅱ期）においては、2つの低線量率（1 mGy/日、0.05 mGy/日）の放射線でマウスを長期（最大約 700 日）連続照射した際に脾臓細胞で見られる染色体異常（転座型異常、二動原体型異常）の頻度および転座型染色体異常を持つクローンの頻度について解析を進めてきた。26 年度には、異常頻度が低い 0.05 mGy/日の照射群及び非照射対照群の各解析日数ポイントについて、新たに 3 個体について個体あたり少なくとも 1000 個以上の細胞の染色体解析を行い、データを追加した。7 年間の調査の最終年度であることから、全データ（1 mGy/日照射群は各ポイント 7 個体、0.05 mGy/日照射群と非照射対照群は 10 個体）を集計し統計解析を行った。これまでに得られた結果の中で最も重要なものをあげると、以下のようなようになる。

- ①1 mGy/日の長期連続照射は、転座型および二動原体染色体異常を明らかに増加させる。言い換えると、染色体異常は、1 mGy/日の放射線の影響を十分に検出できる鋭敏な指標である。
- ②0.05 mGy/日の照射の場合、放射線による転座型および二動原体染色体異常の増加は、加齢等非照射群でも自然に起こる変化や個体間のばらつきなどを超えて検出されるようなレベルのものではない。クローンを構成する転座型異常の解析からも、非照射対照群と 0.05 mGy/日照射群の類似性が示唆される。
- ③本調査のⅠ期の低線量率（20 mGy/日）および高線量率（890 mGy/分）の照射群のデータを含めて転座型異常の線量効果関係を比較すると、890 mGy/分と 20 mGy/日の間での線量率効果は非常に大きく、一方で、20 mGy/日と 1 mGy/日の間での線量率効果は小さい。

以上のように、本調査により、放射線がマウスの染色体異常を自然発生のレベルを超えて誘発するような（あるいはその際の異常を検出できるような）最も低い線量率がどの程度であるかに関する重要な知見が得られた。これはリスク評価に大きく資するものである。

## 8. 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(Cs-134 等)の測定を行った。

また、環境省の委託により、低線量率放射線長期被ばくによる生体影響の低減化に関する研究を平成 24 年度から引き続き行うとともに、新たに極低線量率放射線連続被ばくマウスを用いた健康影響解析の研究を受託した。さらに、環境省から大分県立看護科学大学に委託された「細胞動態のシステマティックレビューと実験データによる低線量・低線量率における放射線がんリスクの描写」を再受託し、計画通り実施した。

## 9. 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（自主研究）を下記のとおり行った。

平成 25 年度に採択し、平成 26 年度に継続した自主研究

- ・ 土壌の放射性セシウム及びハロゲン元素等の保持機構に関する研究
- ・ 魚類における放射性ストロンチウム移行に関する基礎研究
- ・ 低線量放射線適応応答に関与する血清因子の探索

平成 26 年度に採択した自主研究（平成 27 年度に継続決定）

- ・ 福島県における河川からの放射性核種流出量の数値モデルを用いた推定
- ・ 放射性核種の動態に影響を及ぼす環境微生物群集評価技術の基盤構築

## 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

「排出放射性物質影響調査」によって実施されてきた調査研究の内容や得られた成果等を青森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ため、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、トリチウムの海産生物への移行に関する調査研究および放射線の遺伝的影響に関する調査研究についてそれぞれ報告した。また、六ヶ所村では日本海洋科学振興財団からの報告も同時に行い、

青森市では青森県との共催により東京大学医学部中川恵一准教授の講演とジョイントの形で行った。参加者は、4会場合計で、315名であった。

出前説明会は青森県内で15回実施し、参加者総数は476名であった。実施内容は、調査研究成果等を用いて放射線の影響や福島原発事故で放出された放射性物質の影響について説明した。他にも、青森県内の大学祭への参加者や六ヶ所村の小学生を対象に、成果とともに放射線に関する基礎的な内容を説明した。

ホームページに関しては、これまでの調査で得られた成果を分かりやすく解説するページなどを追加・更新するとともに、それらのページの専門用語について用語解説を追加・更新した。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、調査成果や関連する知識を分かりやすく記載したリーフレットを作成した。また、排出放射性物質影響調査の概要を紹介するパン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・八戸工業高等専門学校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、学生に対して講習等を行った。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. 大型再処理施設排出放射能影響調査交付金事業企画評価委員会の運営

大型再処理施設排出放射能影響調査交付金事業の適正かつ効率的な運営を確保するために、外部の有識者を招聘し、事業内容、成果及びその活用、並びに中長期の事業計画等について評価し、事業の妥当性を検証してもらうことを目的として、企画評価委員会を青森県の主催で開催している。その企画評価委員会の運営を青森県から受託し、委員会を2回開催した。

#### 2. 福島原発事故対応への貢献

福島原発事故で放出された放射性物質に関して、I章8節「その他の調査研究」に記載の通り、4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及びトリチウムの植物中濃度の調査を行い、そ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。

### 3. 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、職員を科学関係の講師として学校等に派遣した。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所として参加するとともに、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の環境放射線調査の結果検討委員会に職員が委員として参画した。

### 4. 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 17 件の共同研究を実施した。また欧州連合の低線量放射線影響研究コンソーシアム (DoReMi) にメンバーとして参画している。

## 附属明細書

平成 26 年度事業報告に関して、「一般社団法人及び一般財団法人に関する法律施行規則」第 34 第 3 項に規定されている附属明細書により事業内容を補足する重要な事項はありません。