

平成19年度

事業報告書

〔 自 平成19年4月 1日
至 平成20年3月31日 〕

財団法人 環境科学技術研究所

目 次

〔Ⅰ〕 事業の概要-----	1
〔Ⅱ〕 事業の内容-----	1
Ⅰ. 放射性物質等の環境影響に関する調査研究 -----	1
1. 天然放射能による被ばく線量に関する調査研究-----	1
2. 放出放射能の環境分布に関する調査研究 -----	1
2.1 環境移行・線量評価モデルの高度化-----	1
2.2 環境移行・線量評価モデルとパラメータの検証-----	1
2.3 パラメータの充実-----	2
2.3.1 放射性物質の形態間移行-----	2
2.3.2 作物葉面における挙動-----	2
3. 植物の元素集積性に関する調査研究-----	2
4. 閉鎖系植物及び動物飼育・居住実験施設における炭素移行に関する調査研究-----	2
4.1 炭素移行モデル作成試験-----	2
4.1.1 作物における炭素移行データの収集-----	2
4.1.2 動物における炭素移行データの収集-----	3
4.1.3 ヒトにおける炭素移行データの収集-----	3
4.1.4 総合炭素移行モデル作成試験-----	3
4.2 実験系の運用技術開発-----	3
4.2.1 物質循環システム運用技術開発試験-----	3
4.2.2 ¹³ C ₂ 濃度制御技術開発試験-----	3
4.2.3 作物栽培運用技術開発試験-----	4
4.2.4 居住系運用技術開発試験-----	4
5. 閉鎖系陸・水圏実験施設における炭素移行に関する調査研究-----	4
5.1 湿地生態系構築と炭素移行に関する試験-----	4
5.2 海草群落生態系構築と構成生物の炭素収支に関する試験-----	4
6. 微生物系物質循環に関する調査研究 -----	4
6.1 土壌における炭素の蓄積と放出の調査-----	4
7. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究 -----	5
7.1 低線量放射線生物影響実験調査(継世代影響に係る実験) -----	5
7.2 低線量放射線の生体防御機能に与える影響調査-----	5
7.3 低線量放射線のがん関連遺伝子に与える影響調査 -----	6
8. 生物学的線量評価に関する調査研究 -----	6
Ⅱ. 放射性物質等の環境影響に関する知識の普及啓発-----	8
Ⅲ. その他 -----	9
1. 組織・体制等 -----	9
2. 施設の建設・整備等 -----	9
3. その他-----	9

〔Ⅰ〕事業の概要

平成19年度においては、青森県から、放射性物質等の環境影響に関する調査研究として12件、及び放射性物質等の環境影響に関する知識の普及啓発として1件を受託し、計画どおりに実施した。その調査研究活動の一環として、¹⁴C環境移行モデリングへの閉鎖系実験施設の応用に関する国際検討委員会を、六ヶ所村の文化交流プラザ「スワニー」において開催した。

また、先端分子生物科学研究センター第2研究棟の整備を行った。

〔Ⅱ〕事業の内容

I. 放射性物質等の環境影響に関する調査研究

県から受託した12件を、8項目21課題に分類し、課題ごとに成果の概要を報告する。

1. 天然放射能による被ばく線量に関する調査研究

自然放射線・天然放射性核種による青森県民の被ばく線量評価、また生態系の被ばく線量評価法の開発を行うことを目的とし、平成18年度に引き続き、六ヶ所村及び青森市において収集した日常食や食品の放射化学分析を行い、内部被ばく線量を推定した。更に、六ヶ所村の森林生態系としてミズナラ林を選び、そこに生息する小哺乳類の受ける内部被ばく吸収線量を推定した。

2. 放出放射能の環境分布に関する調査研究

2.1 環境移行・線量評価モデルの高度化

大型再処理施設から放出される放射性核種を対象として、地域特性を考慮したより現実的な線量評価を行う「総合的環境移行・線量評価モデル」を構築することを目的とし、平成19年度は、前年度までに整備した「陸域移行・線量評価モデル」と「尾駱沼低次栄養段階生態系放射性核種移行モデル」を統合し、「環境移行・線量評価モデル」とした。また、大気拡散過程の精度向上のために導入する気象モデルを選定した。尾駱沼に関するモデルの高度化を図るため、「尾駱沼集水域放射性核種移行モデル」の水循環に関する部分を構築し、更に、「尾駱沼高次栄養段階生態系放射性核種移行モデル」の基本設計を行った。

2.2 環境移行・線量評価モデルとパラメータの検証

「環境移行・線量評価モデル」並びにモデルに用いられている各種パラメータの検

証を行うため、施設から放出される放射性物質の環境中における分布について調べた。平成19年度には、アクティブ試験に伴って排出された放射性核種 (^3H 、 ^{85}Kr 、 ^{129}I) が認められ、これらのうち、大気中 ^{85}Kr による γ 線線量率及び大気中 ^3H 濃度を用いて、環境移行・線量評価モデルに組み込まれている大気拡散モデルの検証を行い、数週間の平均濃度については比較的良く再現できることを確認した。今後、他の核種についても放出源情報を基に、モデル・パラメータの検証を進める。

2.3 パラメータの充実

2.3.1 放射性物質の形態間移行

放出放射性核種の環境中での移行を精度良く評価することを目的として、環境中における微量元素の形態別分析に基づき、土壌内及び水中における形態間移行速度を求めた。土壌中に添加したCs、Srの形態変化と植物吸収との関連を調査した結果、Csは時間の経過に伴い植物への移行率が低下する傾向が認められた。天然の淡水にランタノイド、アクチノイド及びヨウ素を添加し、その形態変化を調査したところ、いずれも極めて迅速に変化することが認められた。

2.3.2 作物葉面における挙動

植物の葉面に沈着した放射性核種の葉面吸収、転流に対する湿度の影響を明らかにするため、安定Cs及びSrエアロゾルを用い、大型人工気象室内において気象条件をコントロールした実験を行った。その結果、硝酸塩の葉面吸収は湿度とともに増加するが、塩化物においては変化しなかった。

3. 植物の元素集積性に関する調査研究

青森県の環境条件に適した植物による環境浄化対策に資することを目的として、土壌からのCs、Sr及び微量元素の除去効率（面積当たりの収奪量）が高い元素集積植物を数種類見出した。また、すでに得られているCs耐性を持つモデル植物について、耐性を制御する遺伝子を絞り込んだ。更に、葉緑素合成系の酵素をノックアウトした植物にCs耐性を認めた。これにより、浄化用植物にCs耐性を付与できる可能性が示された。

4. 閉鎖系植物及び動物飼育・居住実験施設における炭素移行に関する調査研究

4.1 炭素移行モデル作成試験

4.1.1 作物における炭素移行データの収集

大型再処理施設から放出される ^{14}C の環境移行のモデル化、及び速度論的な被ばく線

量評価に資するため、18年度に行った主食である稲及び葉菜（コマツナ）に引き続き、豆（大豆）及び根菜類（大根）に $^{13}\text{C}\text{O}_2$ をばく露し、生育時期による ^{13}C 固定量の違いを明らかにした。

4.1.2 動物における炭素移行データの収集

ヤギに ^{13}C でラベルした濃厚飼料（おから）を給餌し、呼気、血清、血餅、乳汁、尿、糞中の ^{13}C 濃度変化から、 ^{13}C 代謝速度（排出速度）に関するデータを得た。これらのデータと前年度の調査結果から、乳汁への炭素移行に及ぼす粗飼料及び濃厚飼料の寄与率を求めたところ、単位量当たりでは濃厚飼料の寄与が大きいことが明らかになった。

4.1.3 ヒトにおける炭素移行データの収集

^{14}C による被ばく線量評価に用いられる人体内の炭素代謝モデルを高度化するため、昨年度の糖類を対象とした試験に引き続き、三大栄養素の「蛋白質」摂取による炭素代謝を調べた。3人の被験者に対し、 ^{13}C 標識ロイシン及び ^{13}C 濃縮豆乳を与え、呼気、尿、便、血液中の ^{13}C 同位体比の時間変化を求めた。この結果、糖類摂取の場合と同様な2種の炭素排出速度が観察された。

4.1.4 総合炭素移行モデル作成試験

閉鎖型生態系実験施設内での CO_2 濃度変動を解析するために開発した総合炭素移行モデルのシミュレーションプログラムを、今年度の物質循環・閉鎖居住試験で得られたデータに適用し、閉鎖系全体での炭素循環・移送量評価を行った。その結果、このモデルの妥当性及び今後の炭素移行実験への適用性が確認された。

4.2 実験系の運用技術開発

4.2.1 物質循環システム運用技術開発試験

閉鎖型生態系実験施設において、植物の非可食部や動物・ヒトの糞尿等の廃棄物から CO_2 や栄養塩を循環・再利用するため、炭化・燃焼法による廃棄物循環システム技術を整備して閉鎖居住実験に適用し、その機能実証試験を行った。その結果、2名の被験者、2頭のヤギから排出される廃棄物を4週間に亘って連続的に処理し、循環させることができた。

4.2.2 $^{13}\text{CO}_2$ 濃度制御技術開発試験

閉鎖系植物実験施設内で $^{13}\text{CO}_2$ 濃度を制御した実験を行うための予備試験を行った。二酸化炭素供給タンクに循環機能を付与することにより、植物栽培室へ供給する大量

のCO₂の¹³C同位体比を制御することが可能となった。

4.2.3 作物栽培運用技術開発試験

閉鎖型生態系施設における物質循環の割合を高めるため、廃棄物処理システムの燃焼残渣灰分からのミネラル抽出法の検討、及び排ガスから回収されるCO₂を系内へ循環させ、植物栽培への再利用を図った。この結果、回収ガス中のVOC（揮発性有機化合物）や回収ミネラルによる植物生育への悪影響は認められなかった。

4.2.4 居住系運用技術開発試験

昨年度までの閉鎖居住実験の結果を基に、閉鎖系内における微量有害ガス濃度の低減化、菌叢の増加抑制をはかり、廃棄物処理及び再利用技術を確立し、最長4週間に及ぶ閉鎖居住実験を実施した。閉鎖居住実験期間中、CO₂循環、水循環等は計画通りに実施された。また、被験者の生理・心理状態は良好に維持された。今年度の成果により、閉鎖型制御実験施設としての機能確認はほぼ完了した。

5. 閉鎖系陸・水圏実験施設における炭素移行に関する調査研究

5.1 湿地生態系構築と炭素移行に関する試験

六ヶ所周辺に広く分布しているヨシ群落生態系を閉鎖系陸圏実験施設内に構築し、大気から植物への炭素の移行並びに湿地における炭素の蓄積に関する予測モデルを作成するため、湿地からの二酸化炭素発生量の時間変化等の基礎データ収集を行った。また、得られた二酸化炭素交換速度、メタンフラックス等、炭素移行解析に必要な要素データを基に、湿地生態系における炭素移行・蓄積基本モデルを作成した。

5.2 海草群落生態系構築と構成生物の炭素収支に関する試験

海草（アマモ）及び底棲動物からなる海草群落生態系を構築し、個体レベルおよび群落レベルでの炭素移行に関する試験を行った。個体レベルの試験では、底棲動物の生理活性と水温の関係を明らかにし、個体レベルでの炭素移行に関する予測モデルを作成した。また、群落レベルの試験では、海草から底棲生物間の食連鎖に伴った¹³C同位体比の変化に関するデータを収集した。

6. 微生物系物質循環に関する調査研究

6.1 土壌における炭素の蓄積と放出の調査

大気-植物-土壌間での¹⁴C循環に関するモデル構築のため、土壌からの¹⁴C再放出に係る調査を行った。稲ワラを鋤込んだ水田及び牛糞・稲藁堆肥を施用した畑地での、土

壤中炭素量及び気体状炭素量の調査を行った。土壌中の炭素量は、水田土壌では年間を通じてほぼ一定していたが、畑地土壌では季節変動が認められた。二酸化炭素発生量はいずれも夏季に高く、土壌中の温度及び微生物活性と相関していた。

また、 ^{13}C 同位体比を指標にして牛糞・稲藁堆肥の作成過程における炭素の挙動を解析し、堆肥熟成過程では稲藁由来の有機物の分解が優先的に進むことがわかった。

7. 低線量放射線の生物影響に関する調査研究

7.1 低線量放射線生物影響実験調査（継世代影響に係る実験）

低線量率・低線量放射線の継世代影響を明らかにするため、低線量率（0.05 mGy/22時間/日、1 mGy/22時間/日、20 mGy/22時間/日） γ 線を約400日間連続照射したオス親マウスを非照射メス親マウスと交配し、仔(F1)を得、さらにその仔同士の交配によって孫(F2)を得て、非照射対照群の仔・孫とともに、それらを終生飼育して死亡マウスの寿命、死因、発がん等を調べる。オス親マウスの照射は、各群180匹を6回に分け7年間で終える計画である。平成19年度末までに、4回分（100匹）の照射を終了し、それぞれ仔と孫を含む3世代の妊娠率、出産匹数等繁殖データの収集、死亡個体の病理学的検索及び遺伝子解析用組織試料の凍結保存を行った。また、実験に必要なマウスの自家生産と系統維持を行った。

7.2 低線量放射線の生体防御機能に与える影響調査

低線量率放射線の連続照射が免疫系に及ぼす影響を検討するため、低線量率（20 mGy/22時間/日および1 mGy/22時間/日） γ 線を連続照射したマウスの脾臓リンパ球の比率と増殖能の変化を経時的に調べ、高線量率（900 mGy/分）または中線量率（400 mGy/22時間/日） γ 線を照射したマウスと比較した。これまでに、低線量率（20 mGy/22時間/日） γ 線連続照射（集積線量1,000～8,000 mGy）マウスでは、高・中線量率 γ 線照射マウスで得られた結果とほぼ同様に、脾CD8リンパ球比率の低下、Th2リンパ球比率の増加、およびTリンパ球増殖能の低下がみとめられた。このような低線量率・高線量放射線照射による免疫細胞の構成比や増殖応答能の変化は、免疫機能の低下あるいは変調を示唆しており、腫瘍・非腫瘍性病変の発生に関わっていると考えられる。

また、寿命試験で観察された低線量率放射線連続照射マウスの体重増加に関わる要因を検討するため、低線量率（20 mGy/22時間/日） γ 線を連続照射したマウスを個別飼育して体重、摂餌量、飲水量及び排泄物量等を測定するとともに、照射30週目（40週齢）に解剖して肝、脂肪組織、血清中の脂質含量を調べた。その結果、体重の重い照射マウスでは、摂餌量に変化はないが、飼料効率（体重増加量/摂餌量）の上昇、肝細胞、脂肪細胞および血清中の脂質（中性脂肪）含量の増加等がみとめられ、脂質代謝異常が

示唆された。

7.3 低線量放射線のがん関連遺伝子に与える影響調査

低線量率放射線の連続照射による発がんや遺伝子の変異・発現変化等を検討するため、低線量率・高線量放射線を照射したマウスに発生した悪性リンパ腫の遺伝子変異、急性骨髄性白血病の発生・分化、脾臓組織の遺伝子発現、および培養細胞におけるタンパク質発現についてそれぞれ調べ、高線量率あるいは中線量率放射線照射と比較した。

悪性リンパ腫に関しては、低線量率(20 mGy/22時間/日) γ 線を約400日間連続照射(集積線量8,000 mGy)したマウスから得た試料で、mRNAの発現アレイ解析を行った。その結果、非照射群と照射群で悪性リンパ腫の発生率がほぼ同じであるにもかかわらず、照射群に発生した悪性リンパ腫では細胞増殖に関わる遺伝子の、また非照射群に発生した悪性リンパ腫では細胞死に関与するPI3K/Akt経路に含まれる遺伝子等の発現がそれぞれ高いことが示唆された。

急性骨髄性白血病に関しては、低線量率(20 mGy/22時間/日) γ 線連続照射(集積線量8,000 mGy)、中線量率(400 mGy/22時間/日) γ 線連続照射(集積線量4,000 mGy)および高線量率(約900 mGy/分) γ 線1回照射(総線量3,000 mGy)したマウスにそれぞれ発生した白血病細胞の発生・分化段階を調べた結果、造血幹細胞、多能性前駆細胞、骨髄球系前駆細胞あるいはリンパ球系前駆細胞等の比率が異なり、線量率の違いにより分化段階が異なる造血幹細胞・前駆細胞から白血病細胞が発生してくる可能性が示唆された。

脾臓組織の遺伝子発現に関しては、低線量率(20 mGy/22時間/日)および中線量率(400 mGy/22時間/日) γ 線をそれぞれ連続照射したマウスの脾臓Tリンパ球画分の遺伝子発現を調べた結果、細胞老化等に関わる*p21*遺伝子等の発現増加が見られた。また、高線量率(900 mGy/分) γ 線を照射した細胞の核内でみられる γ H2AXタンパク質のフォーカス形成は、ATM欠損マウス胎仔線維芽細胞では見られなくなるが、低線量率および中線量率 γ 線を照射したATM欠損細胞では観察されることから、低線量率および中線量率 γ 線照射ではATM以外の細胞応答シグナルが関与している可能性が示唆された。

8. 生物学的線量評価に関する調査研究

低線量率・低線量放射線被ばく時の被ばく線量を、染色体異常を指標として推定する生物学的線量評価法を確立するため、低線量率 γ 線長期連続照射マウスの脾臓細胞に生じた染色体異常頻度の線量・線量率効果について調べた。

マウスに低線量率(20 mGy/22時間/日) γ 線を最大約400日間連続照射し、脾臓細胞に

生じた染色体異常頻度を調べたところ、不安定型染色体異常頻度および転座型異常頻度はいずれも線量の増加に伴い、ほぼ直線的に上昇することが示された。低線量率(1 mGy/22時間/日、20 mGy/22時間/日)および中線量率(400 mGy/22時間/日) γ 線長期連続照射マウス脾細胞の不安定型染色体異常頻度の線量効果曲線の勾配に有意な差が認められ、線量率効果があることが示された。また、低線量率 γ 線照射でも高線量(6,000 mGy以上)で、同じ転座型染色体異常が数個の細胞にみられる所謂クローンが出現することがわかった。

II. 放射性物質等の環境影響に関する知識の普及啓発

原子力の利用について理解を促す上で重要な、放射線や放射性物質の環境影響に関する知識について説明するとともに、自然科学に対する関心を高めることを目的として、以下の活動を行った。

1) 原子力と環境のかかわりに関する知識の普及活動

原子力と環境のかかわりに関する知識の普及を草の根レベルで推進するため、対話集会及び講座を開催するとともに、パンフレットの作成・配布を行った、

対話集会は、住民等からの申し込みに応じて県内外で25回開催し、放射線、原子力、エネルギー、環境等について説明した。

講座は、青森市、弘前市、八戸市、むつ市で開催し、地球環境とエネルギー問題、環境中の放射性物質及び低線量率・低線量放射線の生物影響について説明をした。

パンフレットとして、原子力に関する基本的な内容、用語などを分かりやすく解説したリーフレット「ミニ百科」、原子力の専門的な内容について分かりやすく記載した小冊子「アトミックサイエンスノート」を作成し配布した。

2) 排出放射性物質影響調査研究情報発信活動

平成18年度までに実施された「排出放射性物質影響調査」で得られた成果等の情報を、対面する形式によって、インターネットを通じて、印刷物を通じて、青森県民に発信した。

対面形式としては、成果報告会を青森市、六ヶ所村、弘前市、八戸市で開き、自然放射線に関する調査結果、マウス寿命試験の結果等を紹介した。

インターネットでは、専用のホームページを制作し、調査の内容、成果の他、成果報告会の配布資料等も掲載した。

印刷物については、青森県が発行するパンフレットの原稿を作成した。

3) その他の活動

環境研の活動等を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、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開催した。

Ⅲ. その他

1. 組織・人員等

平成20年3月31日現在の組織と人員構成は以下のとおりである。

1) 役員

理事長 (非常勤)	: 1
専務理事 (常勤)	: 1
常務理事 (常勤)	: 1
理事 (常勤)	: 3
理事 (非常勤)	: 9
監事 (非常勤)	: 2

2) 職員

所長	: 1 (専務理事兼務)
特任相談役・調査役	: 3
総務部	: 10
技術・安全室	: 7 (内非常勤2)
広報・研究情報室	: 3
環境動態研究部	: 16
環境シミュレーション研究部	: 16
生物影響研究部	: 13
先端分子生物科学研究センター	: 1 (兼務17)

3) 特別顧問、技術顧問、相談役 : 5 (非常勤)

常勤役員	5名
常勤職員	67名
計	72名

2. 施設の建設・整備等

先端分子生物科学研究センター第2研究棟の設備整備工事を竣工させた。これにより、平成13年度から開始した先端分子生物科学研究センター整備事業の全てが完了した。

3. その他

六ヶ所村からの依頼により、田茂木沼の水質調査等2件を実施した。