

排出放射性物質 影響調査の 概要について

令和2年3月
青森県

はじめに

青森県六ヶ所村には、原子力発電所から発生する使用済燃料を再処理するための再処理工場が立地し、今後操業する予定です。

放射性物質や放射線については、例えば、環境生態系における挙動など、詳細には解明されていないことも多くあります。

このため、県では、周辺住民の皆さん、ひいては県民の皆さんの安全・安心のため、再処理工場から排出される放射性物質による影響について継続的・体系的な調査（排出放射性物質影響調査）を行っています。

なお、再処理工場から排出される放射性物質から工場の周辺住民が受ける放射線量は、多く見積もっても1年間あたり0.022ミリシーベルト（自然放射線量の100分の1程度）であり、健康に影響はないと評価されています。

排出放射性物質影響調査について

排出放射性物質影響調査では、4つの調査を行っています。次ページからは、それぞれの調査の最新の結果についてお知らせします。

排出放射性物質影響調査

- 1 環境影響に関する調査（海域部分を除く）
- 2 環境影響に関する調査（海域部分）
- 3 生物影響に関する調査
- 4 小児がん等に関する調査

環境影響に関する調査（海域部分を除く）

再処理工場から排出された放射性物質は大気、陸域、海洋の環境中を移行・拡散し、その一部は人体へ到達します。そのため、地域特性を考慮した環境移行・被ばく線量評価モデルの開発と検証を行っています。さらに、放出された放射性物質の環境中での挙動を制御し、農作物への移行を低減させる手法の調査を行っています。

環境影響に関する調査では、以下の課題に取り組んでいます。

1. 周辺住民の施設由来被ばく線量の評価

排出放射性物質が環境中でどのような動きをするか、人体に取り込まれた場合の影響及び被ばく線量を評価するモデル（放射性物質の環境移行・線量評価モデル（図1））の開発をしています。また、モデルの検証に用いるため、再処理工場周辺における放射性物質の濃度や地域に即した様々なパラメータを野外観測や室内実験（図2）により取得しています。

2. 環境の被ばく線量評価手法の開発

環境生態系がどの程度放射線の影響を受けるか評価するため、放射線の感受性が高い針葉樹を対象に、被ばく線量評価手法の確立を目指しています。

3. 放射性物質の移行制御手法の開発

環境中に排出された放射性物質のイネや牧草などの植物への取り込み易さは、地域により異なります。このため、青森県内のそれぞれの地域に適した移行を低減させるための手法を開発しています。



図1 放射性物質の環境移行・線量評価モデル

野外調査



環境試料中の放射能分析
気象や河川流量などの基礎データの取得

室内実験



農学、理学、工学の観点から植物や生物を使った研究
RI、安定同位元素によるトレーサー実験

図2 野外調査と室内実験の様子

●食物として摂取した放射性炭素量から被ばく線量への換算率を求める調査

大気中に排出された放射性炭素は光合成で作物に取り込まれて食物に移行し、人が摂取すると吸収・代謝され、呼気のCO₂や毛髪などの有機物で排泄されるまで体内に留まります。体内に留まる量によって被ばく線量は異なるので、被ばく線量を把握するため、放射線を出さない炭素（¹³C）を含む各種栄養素（図3）を食べてもらい、その人の呼気と毛髪を調べることにより（図4）、摂取した放射性炭素の量から被ばく線量への換算率を求めました（図5）。



図3 3大栄養素と実験で摂取した¹³Cを含む代表的な各栄養素

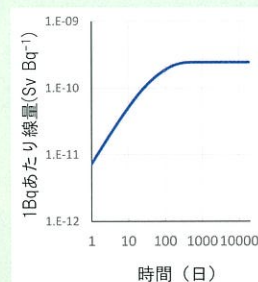


図5 実験データから摂取した放射性炭素1Bqあたりの被ばく線量 (Sv) (換算率)



図4 呼気の採取と毛髪の前処理

●放射性物質の農作物への取込み（移行）を低減させる手法の調査

土壌から植物への放射性セシウム（¹³⁷Cs）の取り込み易さは、土壌の性質や植物の生理的状態によって大きく異なります。土壌からイネ及び牧草などの農作物への¹³⁷Csの移行を効果的に低減させるための手法を調べています。

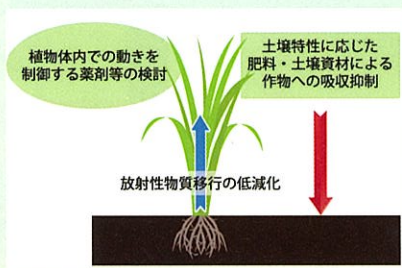


図6 調査の概念

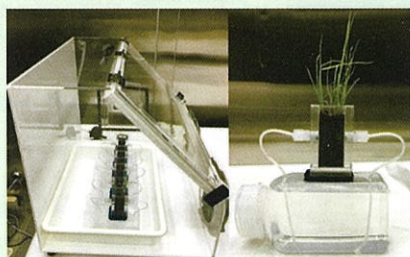


図7 放射性セシウムを加えた土壌を用いた牧草の栽培実験

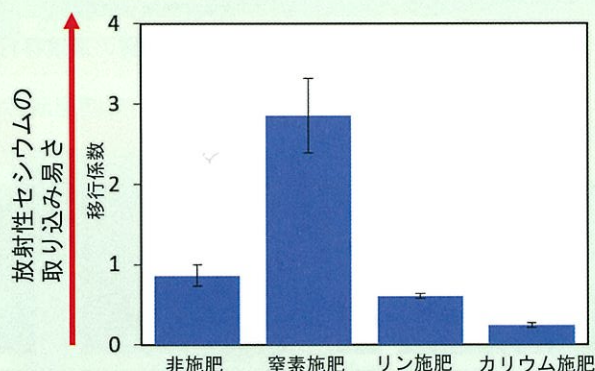


図8 放射性セシウムを加えた土壌における土壌－牧草間の¹³⁷Csの移行係数

$$\text{※移行係数} = \frac{\text{牧草中}^{137}\text{Cs濃度}}{\text{土壌中}^{137}\text{Cs濃度}}$$

カリウムやリンなどの施肥によって牧草への放射性セシウムの移行を抑制できることが分かりました。

環境影響に関する調査（海域部分）

再処理工場から排出される放射性物質の影響を評価するため、海洋における放射性物質の動きを再現・予測するシミュレーションシステムの開発と改良を行っています。

シミュレーションシステムでは、海水の流れを「海水循環モデル（図2）」で計算し、放射性物質の拡散状況などを「核種移行モデル（図3）」で計算します。計算結果の信頼性を向上させるため、実際に周辺海域での流れや放射性物質などの調査を行い、システムの改良に反映しています。

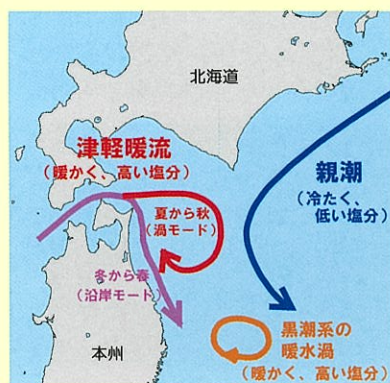


図1 青森県東方海域の海況の概要
青森県東方海域は、津軽海峡から流れ出る暖かい津軽暖流、北からの冷たい親潮、さらに黒潮系の暖水渦がぶつかる海域であり、また、季節によって津軽暖流の流路が変わるため複雑な海況を形成しています。

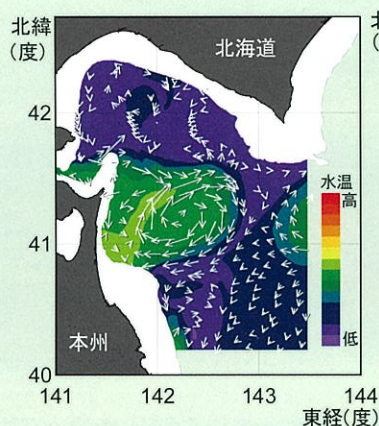


図2 海水循環モデルによる流れと水温の計算例（夏季、深さ200m）

矢印は流れの向き・大きさを示し、海域の色は水温を示します。下北半島の東に暖かい津軽暖流が渦を形成している様子が再現されています。

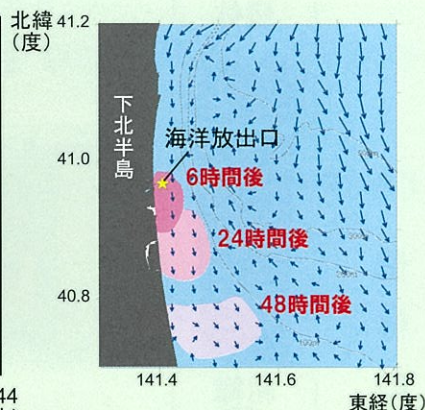


図3 核種移行モデルによる放射性物質の広がり（6時間後、24時間後、48時間後）の計算例

薄赤色の領域は、排出後の放射性物質の分布範囲を示します。時間経過とともに移動しながら徐々に拡散し、濃度が低下して行くことが予測されます。

●放射性物質の分布の再現

再処理工場からの排水は岸から約2.4km（44m深）の海底に位置する海洋放出口から上向きに噴流として放出されます。排水とともに放出される放射性物質の分布状況は、放出口周辺の流速と、海水の密度（水温・塩分によって変化）の鉛直分布の影響を受けます。放出口付近の密度の鉛直分布や流れは時間と共に変化し、1日のうちで大きく変化する場合も観測されています（図4）。観測で得られた表層・底層の密度を用いて放射性物質の拡散を計算した例（図5）では、密度鉛直分布の違いによって放射性物質の分布深度も異なる計算結果となります。放射性物質の拡散・希釈状況についてより正確に再現するため、放出口付近での観測結果などを元にモデルの改良を行っています。

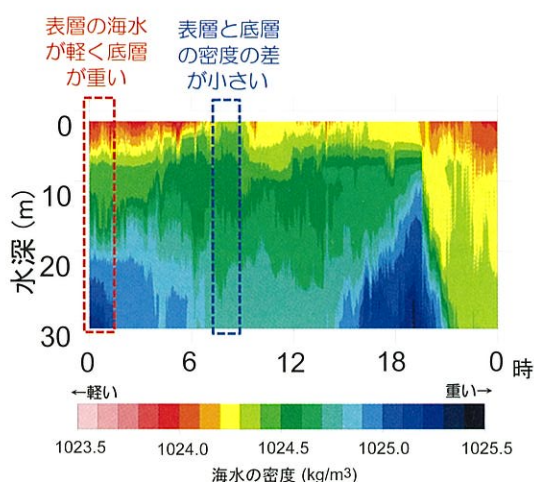


図4 放出口付近での海水の密度の鉛直分布の時間変化（2017年8月5日）

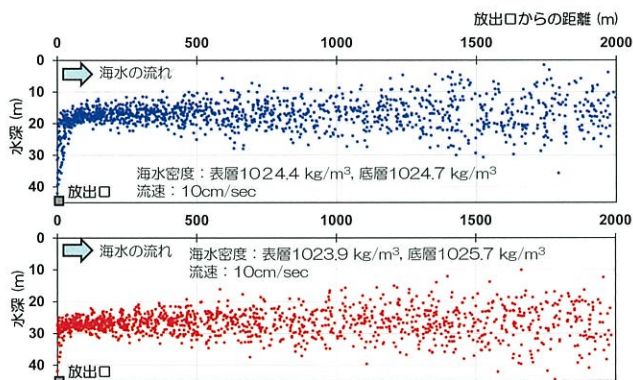


図5 排出放射性物質の分布深度のシミュレーション結果

海水密度（図4の「□」および「■」の値使用）と流速が一定の状況下で連続的に排水放出した場合の放射性物質分布の計算例です（放出開始から6時間後の状況）。青点・赤点は放射性物質の分布を示します。

表層と底層で海水の密度差が小さい場合、排水は表層近くに分布し、密度差が大きい場合は深い層に分布します。

生物影響に関する調査

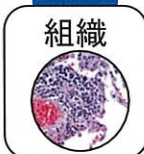
多量の放射線に短時間で被ばく（高線量率放射線被ばく）したときの影響については、原爆被ばく者のデータなどからかなりよくわかっています。

しかし、少量の放射線に長期にわたって被ばく（低線量率放射線被ばく）したときの影響については、よくわかっていないため、主にマウスを用いてさまざまな調査を行っています。

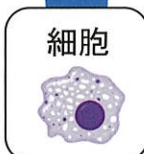
個体のレベルから分子のレベルまで



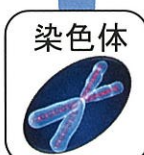
個体



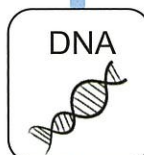
組織



細胞

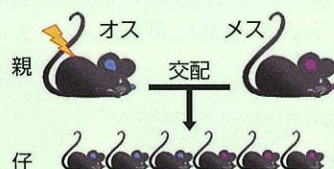


染色体



DNA

■子孫への影響を調べています



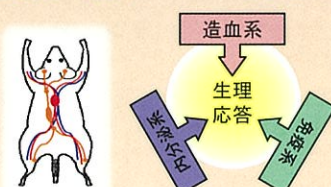
低線量率の放射線を照射したオスマウスと照射していないメスマウスとの交配で生まれた仔マウスへの影響（寿命、死因、遺伝子変異）を調べています。

■発生初期・胎児期の被ばくの影響を調べています



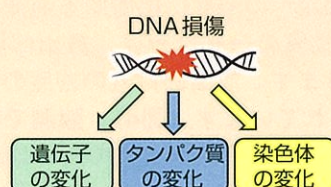
生まれる前に低線量率放射線被ばくしたマウスに起こる影響（奇形、がん、寿命短縮、遺伝子異常など）を調べています。

■組織・個体レベルの変化を調べています



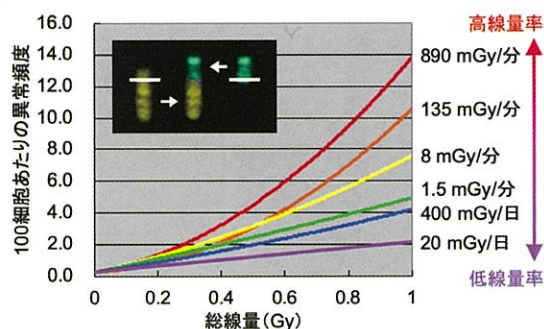
組織や個体の調節機能に対して低線量率の放射線が引き起こす変化（例えば、免疫系、内分泌系、造血系などの働きの変化）を調べています。

■分子・細胞レベルの変化を調べています



低線量率の放射線が引き起こす分子や細胞レベルの変化（例えば、遺伝子の働きの変化、タンパク質の変化、染色体の異常の誘発など）を調べています。

【放射線による転座型染色体異常誘発に関する線量率効果】



放射線の影響は、総線量が同じでも線量率が低いと（少しずつ長期間にわたる被ばくでは）影響が小さくなります。これを線量率効果と呼びます。マウスに照射したときのリンパ球で見られる転座型染色体異常（上グラフ内の図参照）についても、高線量率から低線量率の広い範囲で発生頻度が変わり線量率効果が見られることが明らかになりました。

小児がん等に関する調査

再処理工場操業開始前から小児がん等に関するデータを継続的に収集・蓄積し、再処理工場操業開始後のデータと比較し評価するものです。成人よりも放射線の影響を受けやすいと考えられる18歳未満の県民を対象として、平成12年1月から令和2年1月までに医療機関から提出された調査票を集計した結果は次のとおりです。

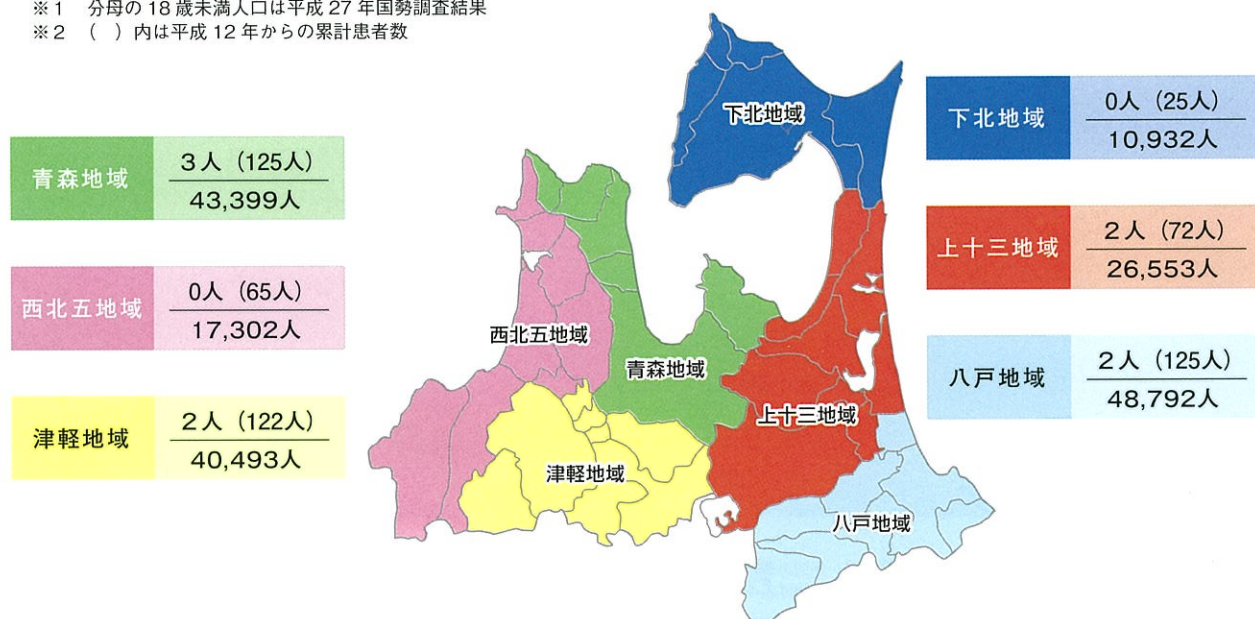
●発症部位別の小児がん等患者数

男 女 計			現住所（二次保健医療圏）						合計
			青森地域	津軽地域	八戸地域	西北五地域	上十三地域	下北地域	
ICCCコード	1	白血病など	42	35	37	17	21	10	162
	2	リンパ腫など	16	11	17	8	10	4	66
	3	中枢神経系腫瘍	23	29	19	18	20	4	113
	4	神経芽腫などの末梢神経腫瘍	11	10	11	5	3	2	42
	5	網膜芽腫	2	1	3	2	2	—	10
	6	腎腫瘍	7	2	8	1	6	1	25
	7	肝腫瘍	4	2	2	2	2	1	13
	8	悪性骨肉腫	2	7	8	2	4	—	23
	9	軟部肉腫など	5	5	7	4	3	1	25
	10	胚細胞性腫瘍など	8	15	11	4	—	1	39
	11	上皮性腫瘍および悪性黒色腫	5	3	—	1	1	1	11
	12	分類不能ながん	—	2	2	1	—	—	5
合 計			125	122	125	65	72	25	534

※ ICCCコードとは、世界共通で使用されている小児がんの分類基準であり、小児がん登録や小児がん疫学調査の標準となるよう定められたものです。令和元年度は、9件の患者情報を新規登録しています。

●居住地域別の小児がん等患者数（H31年2月～R2年1月までの新規報告分）

※1 分母の18歳未満人口は平成27年国勢調査結果
 ※2 ()内は平成12年からの累計患者数



調査機関の紹介

●公益財団法人 環境科学技術研究所

所在地：青森県上北郡六ヶ所村尾駁字家ノ前1-7

TEL：0175-71-1200 URL：<http://www.ies.or.jp/>



先端分子生物科学研究センター

再処理工場から排出される放射性物質による環境影響に係る調査、マウスを用いた低線量率放射線による生物影響に係る調査を実施しています。

また、この調査を通し、県民の方々に施設の周辺環境、及び健康への影響について関心、理解を深めていただくため、調査結果に関する報告会、イベント出展、出前講演等を開催しています。

●公益財団法人 日本海洋科学振興財団(むつ海洋研究所)

所在地：青森県むつ市港町4-24

TEL：0175-22-9111 URL：<http://jmsfmml.or.jp/j/>



再処理工場から排出される放射性物質の海域における分布や移行予測に関する調査、海洋シミュレーションモデルの構築など、海洋に関する調査を実施しています。

また、海洋科学技術の振興・発展に寄与するための事業や、むつ市関根浜港に隣接する「むつ科学技術館」の運営管理等も行っています。

排出放射性物質影響調査ホームページ

URL：<http://www.aomori-hb.jp/>



この冊子に関しては、下記までお問い合わせください。

青森県エネルギー総合対策局

原子力立地対策課

TEL：017-734-9739

この冊子は、大型再処理施設放射能影響調査交付金により作成したものです。
なお、この印刷物は2,400部印刷し、印刷経費は1部あたり159.5円です。