

# 農環研のモニタリング調査と福島原発事故の影響調査

独立行政法人 農業環境技術研究所  
土壌環境研究領域 木方展治

## 1. はじめに

1945年にアメリカが大気圏内核実験を実施し、同年広島・長崎に相次いで原爆を投下した。第2次世界大戦の終結後、1949年に旧ソ連、1952年にイギリスが大気圏内核実験を実施し、爆発の規模も巨大化していった。1954年にはビキニ環礁でアメリカにより行われた水爆実験により、操業中の第5福竜丸が被曝した。これを契機に、放射能による環境汚染が、日本国民に意識されるようになり、農作物も含めた食品の放射能モニタリングが行われるようになった。その後も1960年にフランスが、1964年に中国が大気圏内核実験を実施した。部分的核実験禁止条約が発効した1963年を契機に大気圏内核実験は減少したが、一部の国においては継続され、1980年に中国が実施したものが最後の大気圏核実験となっている。1979年にはアメリカスリーマイル島事故、1986年には旧ソ連チェルノブイリ発電所事故が起こり、原子力発電関連施設の危険性が認識されるようになった。1999年に東海村JCO臨界事故が起こり、日本でも事故が起こりうるということが再認識させられた。その後も北朝鮮が2006年と2009年に地下核実験を行ない、放射能モニタリング体制の充実が喚起された。このようにみると、大気圏核実験が中止されて以降も、東京電力福島第1原子力発電所事故(福島原発事故と称す)までの間に、10年に1度程度は放射能モニタリングの重要性を思い起こさせるような事象が起こっていたことになる。

農業環境技術研究所では、文部科学省が全体を総括し、農林水産省が農畜産物や水産物のモニタリングを行う放射能調査研究事業に設立当初から関わっており、1959年から50年以上にわたり、主要穀類(米・麦)およびその栽培土壌の放射能モニタリングを続けてきた。以下にその概要を述べ、今回の福島原発事故の影響を速報値的に見ることにする。

## 2. 農業環境技術研究所のモニタリング調査の概要

対象とする長期モニタリング核種は半減期30.0年の $^{137}\text{Cs}$ と半減期28.8年の $^{90}\text{Sr}$ である。福島原発事故後、5月ぐらいまでは半減期8.0日の $^{131}\text{I}$ による汚染が大問題であったが、6月以降に採取されたモニタリング試料では検知されなかった。また半減期2.2年の $^{134}\text{Cs}$ については、開始当初は技術的な問題もあってモニタリング対象核種としていなかったが、少なくとも事故前数年間は検知されていなかった。福島原発事故後は見出される場合も多く、濃度が高い地域では2012年2月現在の被曝に対する寄与は $^{137}\text{Cs}$ と同程度とみられるため、福島原発事故後データを取っている。

対象とする作物は米と麦であり、米については2010年までの白米濃度と2001年までの玄米濃度のデータがある。麦については2010年までの玄麦濃度データがある。大部分は小麦であるが、近年1地点だけビール麦となっている。小麦粉データは過去数年おきに採取している。作土の $^{137}\text{Cs}$ については1978年までの酢酸アンモニウムによって抽出される置換態アンモニウム濃度

と2010年までの全量濃度とがある。作土の $^{90}\text{Sr}$ については、水田土壌では1995年までの置換態アンモニウム濃度と2010年までの全量濃度とがある。ただし2000年までの全量濃度は、置換態アンモニウム濃度から算出した推定値を多く含んでいる。畑土壌では2000年までの置換態アンモニウム濃度と2001年から2010年までの全量濃度とがある。2011年度データはまだ取得中であるが、玄米、玄麦、水田土壌、畑土壌の $^{137}\text{Cs}$ と畑土壌(1地点を除く)の $^{90}\text{Sr}$ 濃度については分析を行った。

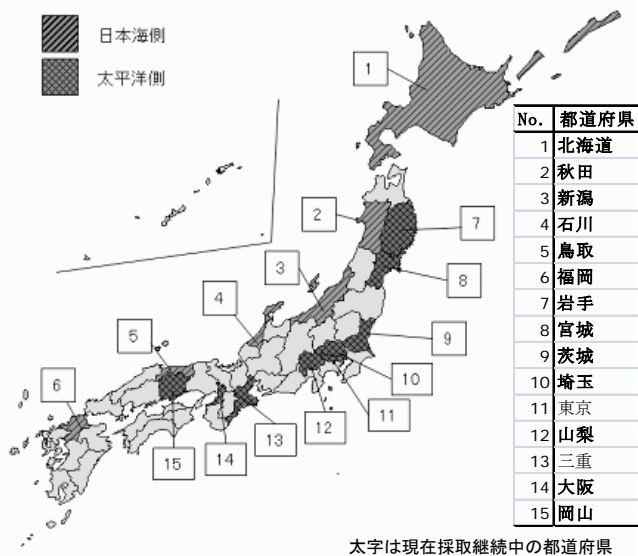


図1 長期モニタリング調査を行っている圃場の所在地

長期モニタリングの採取地点を図1に示した。都道府県および独立行政法人の農業関係試験研究機関の協力により、放射能の観測定点を各地の圃場内に設けている。現在米を12道府県、14ヶ所から、麦を6道県、7ヶ所から採取している。採取地は基本的には不変であるが、試験研究機関の移設等でまれに移転することがある。かつては東京都、三重県でも採取を行った。

米・小麦の $^{137}\text{Cs}$ を分析するには、従来試料を大型燃焼炉で灰化後、スチロール製平板容器に充填してγ線スペクトロメトリのゲルマニウム半導体検出部に装着させ、放出されるガンマ線を測定してきた。福島原発事故以降の汚染試料は、検出器部分を覆う形に成形されたマリネリというアクリル製容器(内容積2L)に試料を直接入れることで、灰化しなくても測定が可能である。同時に $^{134}\text{Cs}$ も測定可能である。 $^{90}\text{Sr}$ を分析するには、 $^{137}\text{Cs}$ 測定用に灰化した試料を塩酸で分解し、Caと分離した後、炭酸塩として $^{90}\text{Sr}$ が娘核種の $^{90}\text{Y}$ (半減期2.7日)と放射平衡になるのを待って、 $^{90}\text{Y}$ のβ線をガスフロー方式のGM管検出器で測定する。一方土壌の $^{137}\text{Cs}$ を分析するには、乾燥・粉碎後2mmの篩を通過した試料をスチロール製平板容器に充填してゲルマニウム半導体検出器に装着し、放出されるガンマ線を測定する。 $^{90}\text{Sr}$ を分析するには、土壌有機物を高温炉で燃焼させた後、米・小麦と同様の操作を行って分析する。

### 3. モニタリング調査結果からみる福島原発事故の影響

図2に1959年から2011年にかけての玄米、玄麦およびその栽培土壌の $^{137}\text{Cs}$ の平均濃度と最高濃度の経年変化を記した。1960年代半ばを極大期(フォールアウト最盛期と称す)として、1980年まで行われた大気圏内核実験の影響による増減はあるが、減少基調が続いた。麦については1986年にチェルノブイリ事故の影響による顕著な濃度上昇が認められた。この影響は1年限りであり、以後検出限界近くまで減少傾向は続いた。米についてはチェルノブイリ事故の影響は認められずに減少傾向が続いた。2011年の福島原発事故は東日本の広範囲に放射

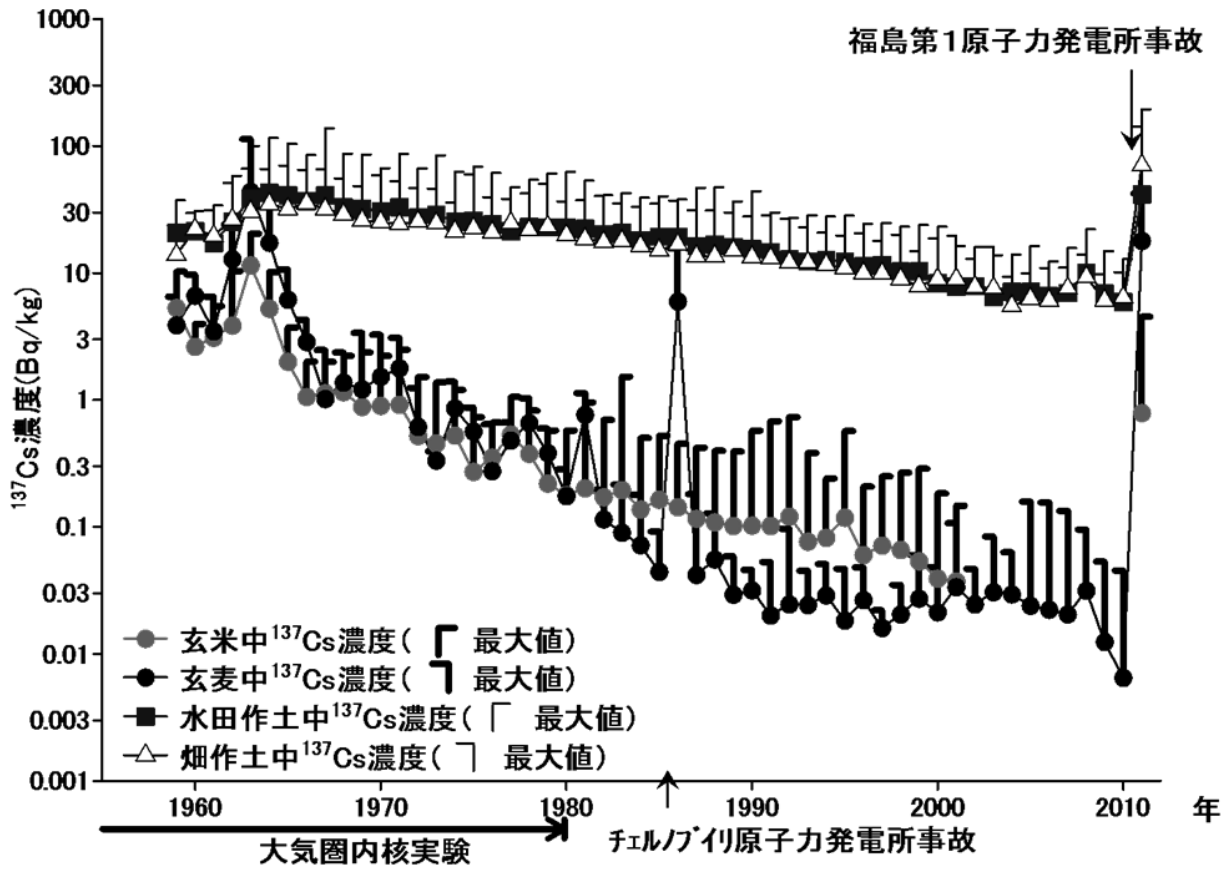


図2 主要穀類および栽培土壌における  $^{137}\text{Cs}$  濃度の経年変化

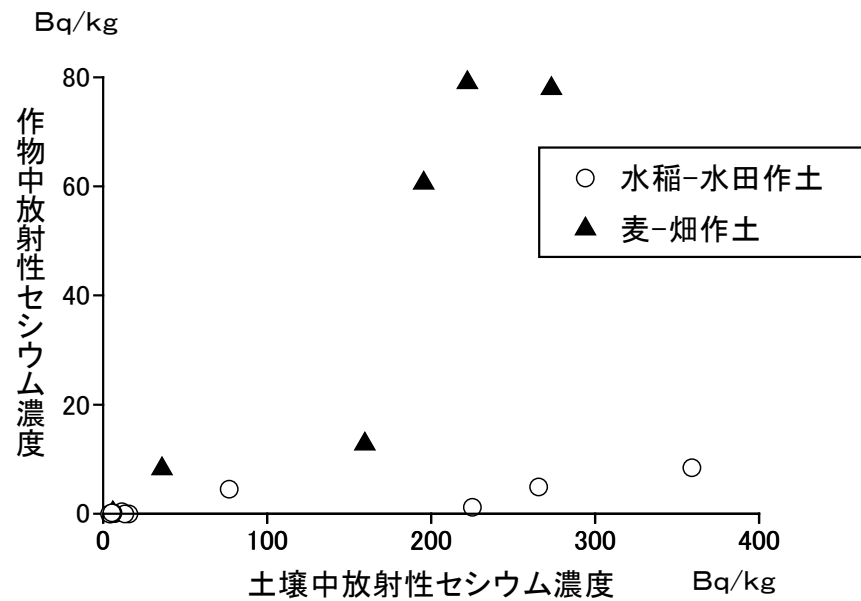


図3 福島原発事故以降の土壌と作物の放射性セシウム濃度の関係

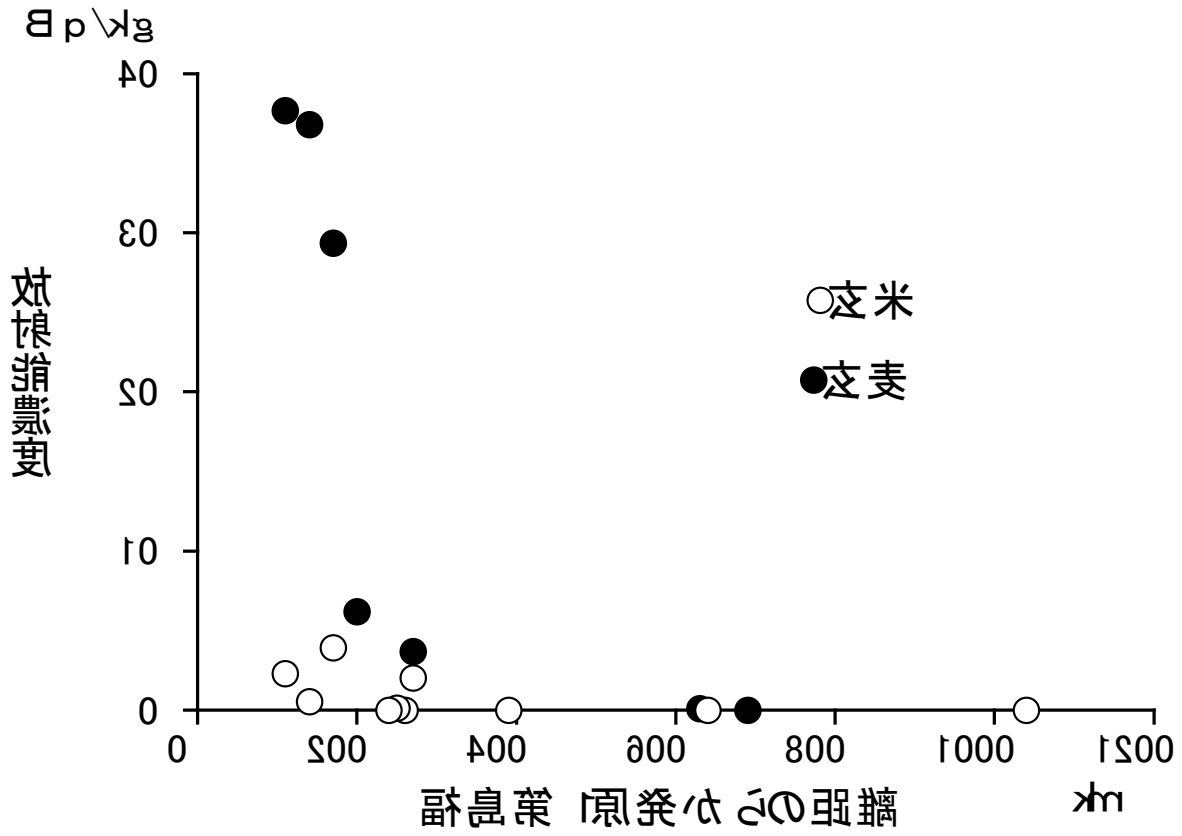


図4 2011年栽培米麦の $^{134}\text{Cs}$ 濃度

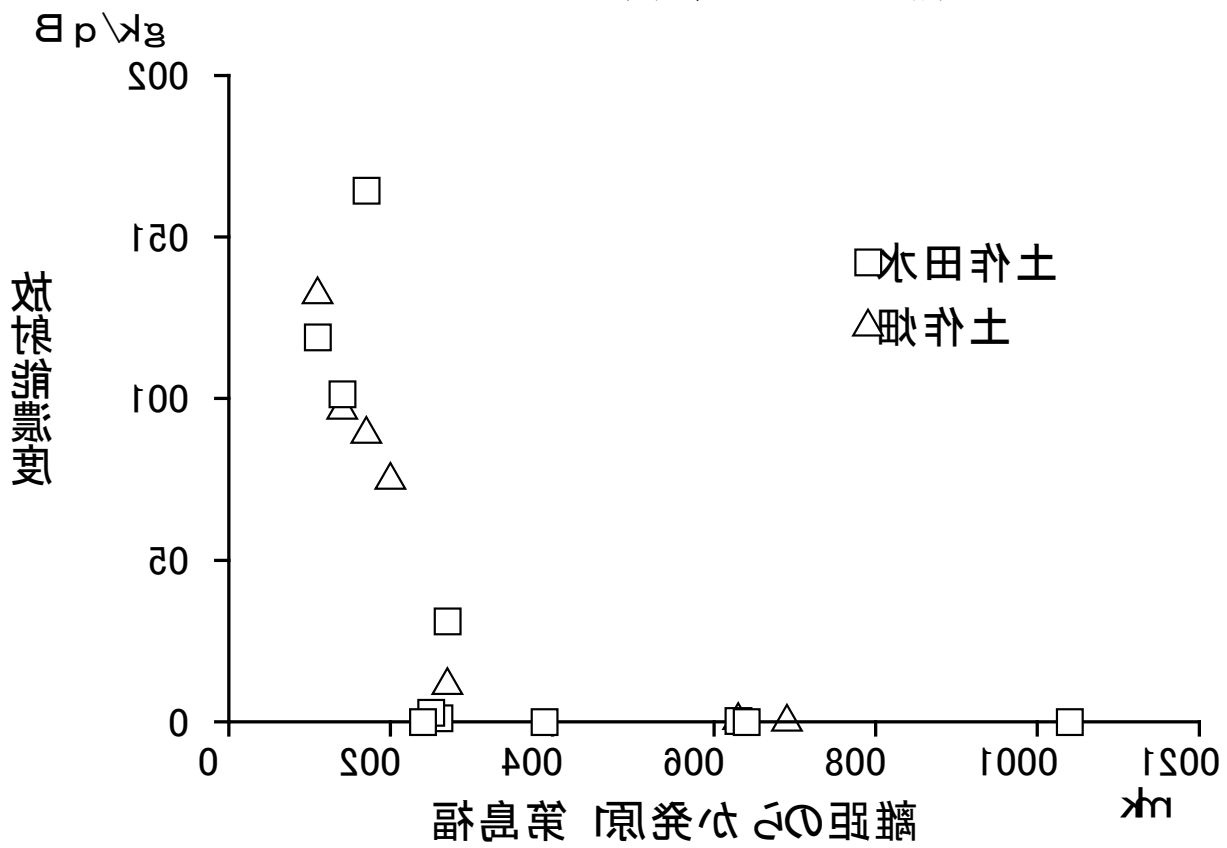


図5 2011年栽培土壌の $^{134}\text{Cs}$ 濃度

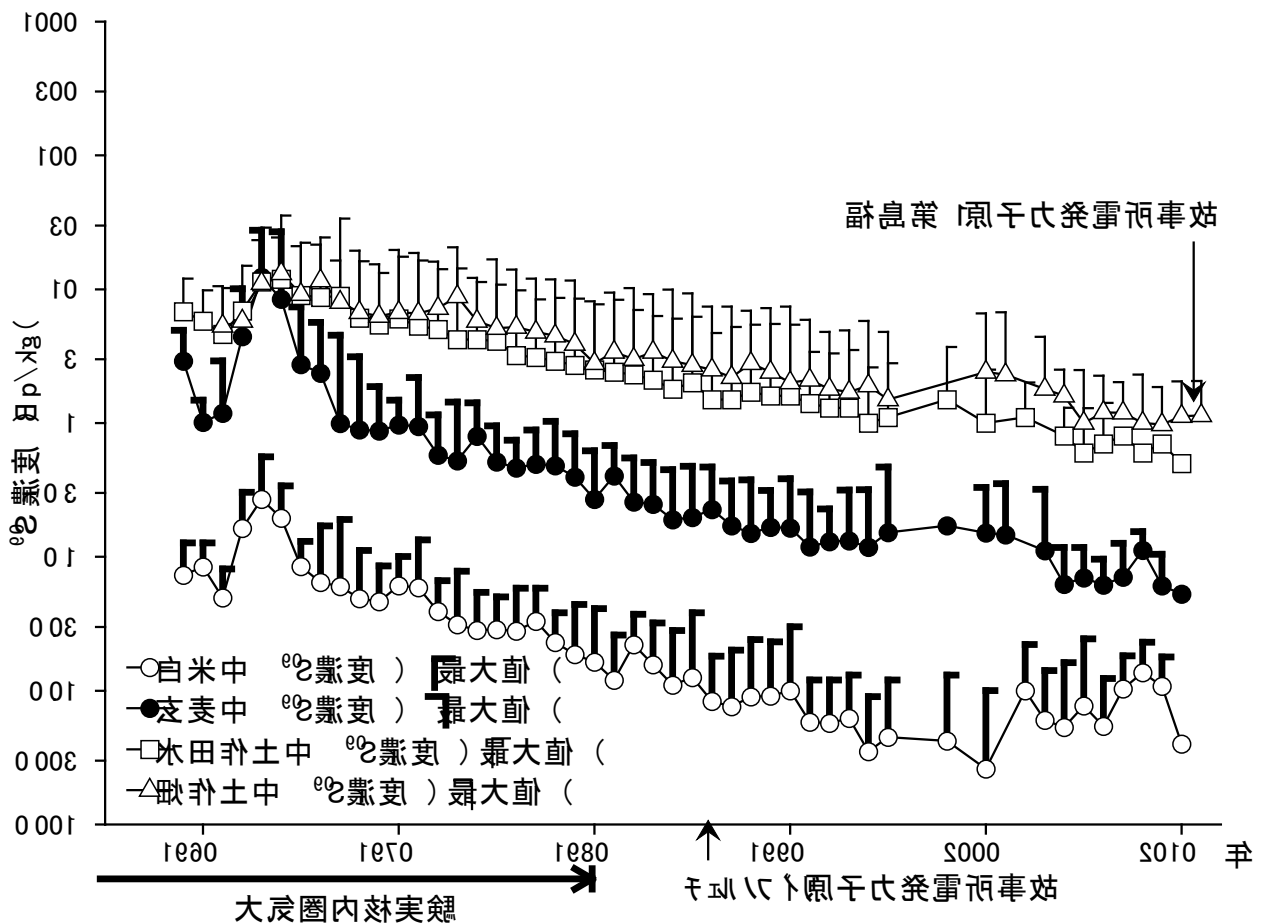


図6 主要穀類および栽培土壌における<sup>90</sup>Sr濃度の経年変化

1995年までの土壌中<sup>90</sup>Sr濃度は置換態の値

能汚染をもたらし、平均濃度における顕著な濃度増加をもたらした。玄麦については平均、最大ともにフォールアウト最盛期(44//114; 平均値//最大値を単位Bq/kgで表す、以下括弧内は同様記載)よりもやや低い濃度値(18//42)を示した。玄米についてはフォールアウト最盛期(12//20)よりもかなり低い濃度値を示し(0.8//5)、チェルノブイリ事故時における玄麦(6//16)よりも低かった。一方、土壌作土についてはフォールアウト最盛期(水田43//138、畑35//70)以上の濃度値を示した(水田42//195、畑71//141)。図3にも示したが、放射性セシウムにおける玄麦>玄米の濃度関係は、チェルノブイリ事故と同じである。麦の場合は、ともに事故時(4月下旬と3月中旬)に麦がほ場で生育中であったのに対し、水稻は移植前であった。麦は葉や穂に汚染物質が付着し、<sup>137</sup>Csが直接吸収されるのが主要経路であったのに対し、水稻では地上部からの直接吸収はなかったため、その差が濃度に大きく反映されたと考えられる。

福島原発事故がフォールアウト最盛期と異なる点は、地域による濃度差が顕著に現れている点である。図4および図5に今回の事故直前には存在しなかった<sup>134</sup>Csの福島原発の事故現場からの距離と濃度を作物と土壌についてそれぞれ記した。狭域で見ると距離と濃度との関係は明確でない場合もあるが、広域的に見ると距離が離れば濃度が低くなるのは明らかであり、

400km 以上離れた地域への影響は極めて小さいことが認められた。

図 6 に 1959 年から 2011 年にかけての白米、玄麦およびその栽培土壌の  $^{90}\text{Sr}$  の平均濃度と最高濃度の経年変化を記した。フォールアウト最盛期以降の減少傾向は  $^{137}\text{Cs}$  と同様であるが、玄麦においてもチェルノブイリ事故時の顕著な濃度上昇は認められなかった。また土壌の濃度減少速度は  $^{137}\text{Cs}$  よりも大きかった。畑作土中の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は平均値、最大値とも前年並みであり、今回の事故直前には存在しなかった  $^{89}\text{Sr}$  も認められないことから、観測地点には福島原発事故に起因する放射性ストロンチウムはほとんど到達しなかったと考えられる。

#### 4. 調査結果からの考察

農業環境技術研究所における調査の特徴は、沖縄を除く日本全域を対象として、基本的に同一の地点で栽培された米麦とその栽培土壌を長期にわたり観測し続けている点であり、これから土壌から作物への放射性物質の移行の状況を見ることができる。また土壌における放射性物質の残存の状況を把握できる。その適用例について述べる。

表 1 に穀類とその作土の放射性セシウム濃度比を大気圏核実験終了後 2 年目の 1982 年からチェルノブイリ事故前の 1985 年までと、チェルノブイリ事故後の 1987 年から 2001 年までとを福島原発事故後の 2011 年までとを対比して示した。駒村らは、チェルノブイリ事故後は作物地上部からの吸収はほとんどなかったことを示している<sup>1)</sup>。福島原発事故前のデータは、この濃度比は移行係数を表していると考えられる。福島原発事故後は、玄麦については明らかに高い濃度比を示し、地上部からの吸収が起こっていることを示している。玄米については玄麦よりもかなり低い濃度比を示したが、事故直前の濃度比を大きく上回っている。この上昇は原発放出直後の放射性セシウムの作物への可給性の高さを示唆している可能性が高い。

表 1 放射性セシウムの土壌から主要穀類への移行係数\*

	玄米			玄麦		
	分析数	平均値**	標準偏差	分析数	平均値**	標準偏差
1981年から1984年まで***	70	0.009	0.010	32	0.005	0.004
1986年から2001年まで***	212	0.007	0.008	129	0.003	0.003
2011年****	9	0.037	0.016	6	0.216	0.131

\*  
濃度比 = 
$$\frac{\text{穀類の放射性セシウム濃度 (Bq/kg新鮮重)}}{\text{土壌の放射性セシウム濃度 (Bq/kg乾土重)}}$$

\*\* 検知できなかった試料 (ND) は計算から除外した。

\*\*\* この期間は  $^{134}\text{Cs}$  濃度を 0 とみなし、 $^{137}\text{Cs}$  濃度を放射性セシウム濃度とした。

\*\*\*\* この期間は  $^{137}\text{Cs}$  濃度と  $^{134}\text{Cs}$  濃度との合量を放射性セシウム濃度とした。

駒村らは、水田と畑作土に存在する核種が、半減するまでの時間を平均滞留半減期間と定義し、フォールアウト最盛期の 1964 年を基準年と定め、各採取地点毎に算出した<sup>1)</sup>。その結果、土壌の性質等により観測地間で大きく異なるが、 $^{137}\text{Cs}$  の場合、水田作土で 9~24 年の範囲で平均 16 年、畑作土で 8~26 年の範囲で平均 18 年と算定している<sup>1)</sup>。福島原発事故でも  $^{137}\text{Cs}$  が物理的半減期

よりも短期間で作土から半減することが予測されるが、物理的半減期の短い<sup>134</sup>Csとの含量である放射性セシウムは、さらに速く半減することになる。

## 5. おわりに

福島原発事故を機会に、モニタリング調査の意義を再認識しているところであり、玄米の<sup>137</sup>Cs濃度を始め、土壌の置換態<sup>137</sup>Cs濃度など、これまで中断していた分析項目の復活も検討している。またどの範囲まで作物・土壌に福島原発事故の影響が及んでいるかを確定するには、さらに慎重な調査が必要である。

この長期モニタリング調査で試料の栽培・採取に協力を頂いている農業関係試験研究機関の皆様と長年当モニタリング調査に参画し、貴重な助言をされた津村昭人氏に深く感謝申し上げます。なお、本研究は放射能調査研究事業の予算によって行われました。

## 参考文献

- 1) 駒村美佐子他 (2006) ;わが国の米、小麦および土壌による<sup>90</sup>Srと<sup>137</sup>Cs濃度の長期モニタリングと変動解析、農業環境技術研究所報告 24、1-24