

福島第一原発事故以前の大型原子力施設を中心とした水田等農地土壌中の放射性Cs濃度レベル(1)

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	結田,康一
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	89巻5号
掲載ページ	p. 408-415
発行年月	2018年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



福島第一原発事故以前の大型原子力施設を中心とした 水田等農地土壌中の放射性 Cs 濃度レベル

I. 全国の大型原子力施設立地市町村と非立地市町村の 水田作土中の放射性 Cs 濃度レベル

結田康一[†]

1. はじめに

本資料は、福島第一原発が放射能汚染事故を起こす以前の、全国の原発立地市町村（隣接市町村を含む）と非立地市町村の水田等農地土壌（主に作土）中の放射性 Cs 濃度レベルを明らかにし、その時点まで（おそらくは福島第一原発事故まで）は、原発等の大型原子力施設からの問題となるような放射能漏れ・汚染（主に累積性）はなく、自然環境の違い（年間降水日数や降水量、緯度や東西の位置関係）による地域差が存在し（I～III 報）、同じ流域（地域）でも山地からの距離の違いで、放射性 Cs の濃度差が生じている（III 報）事を明らかにした。

さらに、I～III 報の調査結果のまとめ・評価等に有効と思われる知見や調査データ〔大気圏内核爆発実験（以下、核実験）と、チェルノブイリ原発事故（以下、チェルノ事故）や福島第一原発事故（以下、福島原発事故）で大気中に放出された放射性 Cs と放射性ヨウ素の大気中への放出、大気中移行、地表面への降下、さらに土壌下層への浸透・移行等〕を、IV 報を中心に記した。

なお、I～IV 報に示した筆者らの調査データ等のかんりの部分は、旧科技厅・文科省の「環境放射能調査研究成果論文抄録集（毎年公刊されていた）」等の業務報告書内にとどまっていたものを取りまとめて、本誌に「資料」として公表するものである。

2. 原発事故対応の放射能調査研究（政府と農環研）の流れと筆者の立ち位置

1950 年頃から始まった米ソを中心とした核保有国による核実験（その概要は IV 報に記載）は、1980 年には全て中止されたが、同じく核分裂反応によって発電する原子力発電所（以下、原発）の建設が、先進国を中心に急激に進み、それに伴い、原発等大型原子力施設からの放射能漏洩・汚染事故が増えてきた。日本では、1966 年に東海村の商業用原子炉の運転開始（表 2）以来、原発等の大型原子力施設を全国的に建設・運転（稼働）させてきたが、政府はこれら原子力施設の安全性の確保と事故時に迅速・的確に対応出来る体制づくりにも力を入れるようになり、1978 年にはその中心になるべき原子力安全委員会を発足させた。その翌年の 1979 年には、米国スリーマイル島の原発事故（¹³¹I 等が漏洩）があり、1980 年には、「原子力発電所等周辺防災対策について（防災指針）」を策定した。

その翌年の 1981 年には、福井県若狭湾沿いの日本原子力発電（株）の敦賀発電所での放射能漏洩事故が発生した。

農環研でもこのような情勢の中で、それまでの核実験対応の調査研究から、原発事故対応を重視した調査研究に軸足を移し、筆者もこの頃から、その一員として環境放射能調査研究に加わり、1986 年のチェルノ事故や 1999 年の東海村のウラン（原子炉燃料）加工施設での臨界事故（死者 2 名）での緊急放射能調査にも参加してきた（結田ら、2002）。

しかし、2011 年の福島原発事故では、すでに退職していたこともあって、農環研あげての緊急放射能調査やその後の対応調査研究には参加していない。ただ、これまでの経験を生かし、国民（主として農業関係者）の不安・疑問（主体は農作物と農地の放射能汚染）に答える形で、現状の理解と今後の予測、更には対応策などを中心に、講演や雑誌発表等を介して関わってきた（結田、2011, 2012a, b）。

3. 本報（I 報）の目的

本報（I 報）では、チェルノ事故の前年の 1985 年に、全

Kouichi YUITA: Concentration level of radiocesium in agricultural soils (mainly, paddy soils) in neighboring district of the huge nuclear facilities as the atomic nuclear reactor of Japan before the accident of the Fukushima Daiichi nuclear power plant. I. Comparison of the radiocesium concentration level in the plow layer of the paddy soils between the located and the non-located towns of the huge atomic nuclear facilities in Japan

[†]元、農水省農業環境技術研究所（305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3）

Corresponding Author: 結田康一 k_yuita@yahoo.co.jp

2018 年 1 月 9 日受付・2018 年 6 月 12 日受理

日本土壤肥料学雑誌 第 89 巻 第 5 号 p. 408~415 (2018)

国の原発立地市町村・近隣市町村の水田土壌（作土）中の放射性 Cs 濃度を、非立地市町村の水田と対比して明らかに（概観）し、原子炉等大型原子力施設からの放射性 Cs の漏洩・汚染（主に累積性）の有無の判定と、自然環境、特に降水日数・降水量の違いによる地域間差を明らかにした結果について記した。

4. 原発事故と核実験から大気中へ放出される 主要な放射性物質の核的性質

核実験と原子炉事故で大気圏に放出された主要な放射性核種とその核的性質を表1に示した。

^{131}I の半減期は8日と短い、放出量はいずれでも最も大きく、かつ人体への影響も大きい（主に内部被曝）ため、II報やIV報を中心に放射性Csとも対比して記している。

次いで、放出量が多いのはいずれでも、半減期が30年と長い ^{137}Cs で、土壌中にも長く残留し、長期的な最大の人工被曝線源（主に外部被曝）となっており、本報（I～IV報）では ^{137}Cs を主調査対象とした。

^{134}Cs は、原子炉事故でのみ放出され、放出量もチェルノブイリ事故、福島原発事故共 ^{137}Cs を上回らなかったし、半減期も2年と短いため、被曝線源としての重要性は ^{137}Cs より低い。ただ、環境中に存在する ^{137}Cs が原発起源か核実験起源かの比較的低レベルでの判定には欠かせないので、常に ^{137}Cs と合わせて測定した。

^{90}Sr は半減期が28年と長く、核実験での降下量は ^{137}Cs と比肩されるほど大きかったため、農環研では ^{137}Cs と並ぶ主要核種として現在でも調査対象核種として取り組んでいる。しかし、これまでの原発事故では、大部分が原子炉のごく周辺しか汚染させておらず本報では取り上げていない。これはストロンチウム（Sr）の沸点が $1,384^\circ\text{C}$ と、セシウム（Cs）の沸点 690°C よりかなり高く、原子炉爆発（事故）時の炉内温度がSrの沸点には達しなかったためと推測されている。

^{40}K （半減期12.8億年）は、土壌のみならず植物や人間・動物中に存在する天然の放射性核種の中で放射能濃度が通常最も高く、地表からの外部被曝に留まらず、食べ物等を通じての内部被曝でも最大の天然被曝線源となっており、 ^{137}Cs や ^{134}Cs の放射線被曝線量や放射能濃度レベル

を評価する対照的核種として重視しており（結田, 1997, 2011b, 2012a）、I～III報を通じ、 ^{40}K の測定値を合わせて示した。

5. 全国的大型原子力施設の立地環境と 採土した水田との位置（距離）関係

全国の原発・核燃料再処理施設等の大型原子力施設の立地状況を、A～Eの5地域に大別して表2に示した。

これら原子力施設のほとんどは、大量の冷却水（日本では海水）を必要とすることもあり、全て海水面近くの海岸に設置され、その多くが、海に突き出た半島・岬内か、山や丘陵がせまった狭い平野部（造成地を含む）に設置されている。

これらの原発・再処理施設の立地する市町村、或いは近隣の市町村内の水田作土層土壌（26地点）と、そこから離れた非立地市町村内の水田作土層土壌（17地点）を、チェルノブイリ事故の前年である1985年の8月下旬から10月下旬の水稲収穫期に一斉に採土し、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 及び ^{40}K の放射能濃度を測定した。その結果（ ^{134}Cs を除く）を表3に示した。

なお、運転開始年が1985年以降の原子炉、例えば1. 泊原発、18. 浜岡原発などは、運転開始前のバックグラウンドデータとなるが、そのまま立地市町村とした。同年度から移動した7. 柏崎・刈羽原発も同様とした。まだ計画段階だった8. 志賀原発は、本報（I報）では対象外とし採土しなかったが、1989年の採土時（II報）は建設段階に入っていたので採土している。

立地市町村・近隣市町村での採土地点は、なるべく原子力施設に近く、ある程度広がりのある水田地帯での採土を目指したが、実際には以下に記すようになり離れた地点での採土となった場合も多かった。

核燃料再処理施設の正常運転時の小さな放射能漏洩でも、その施設から100km程度離れていても汚染が及んでいた（II報）ので、数10km程度の遠距離の場合でも可とした。細く狭い半島の先端部近くの山地を背にした原子炉では、近くに採土可能な水田が見いだせず、かなり離れた地点での採土となった。福井県の若狭湾岸沿いの4原発（16基もの原発が立地する世界屈指の集中立地地域）は、いずれも若狭湾内に突き出た小さな半島・岬内に立

表1 核実験や原子炉事故等で大気中に放出される主要な人工放射性核種と天然放射性核種 K-40 の核的性質

放射性核種	物理的半減期	放出放射線	測定指標のガンマ線エネルギー keV	起源	沸点	原子炉事故に伴う大気中への放出形態
人工 I-131	8日	ベータ線, ガンマ線	364	核実験, 原子炉事故	42°C (有機態), 184°C (無機態)	ガス状* (有機, 無機)
人工 Cs-137	30年	ベータ線, ガンマ線	661	核実験, 原子炉事故	690°C	微粒子状 (固体)
人工 Cs-134	2年	ベータ線, ガンマ線	605, 796	原子炉事故のみ	690°C	微粒子状 (固体)
人工 Sr-90	28年	ベータ線のみ	なし	核実験, (原子炉事故)	$1,384^\circ\text{C}$	微粒子状 (固体)
天然 K-40	14.8億年	ベータ線, ガンマ線	1,461	カリウム元素	774°C	放出されない

*有機体ヨウ素は大気中のメタンと結合したヨウ化メタン (CH_3I)、無機体ヨウ素はヨウ素 (I_2) が主、しかし、後者は容易に無機体の水溶性のヨウ化イオン (I^-) やヨウ素酸イオン (IO_3^-) に可逆的に変化する。

表2 全国の原発等大型原子力施設(建設中や廃炉中を含む)の立地状況(2017年月現在)

施設立地地域・県と施設名	立地場所(市町村等)	運転開始年
A 北海道		
1. 泊原発(1~3号機)	北海道道南・積丹半島内, 泊村(日本海沿い)	1989
B 青森県		
2. 大間原発(建設中)	青森県下北半島内, 大間町(津軽海峡沿い)	建設中
3. 東通原発(1号機)	青森県下北半島内, 東通村(太平洋沿い)	2005
4. 核燃料再処理・関連施設	青森県下北半島内, 六ヶ所村(太平洋沿い)	建設中
5. 使用済み核燃料貯蔵施設	青森県下北半島内, 六ヶ所村(太平洋沿い)	1998
6. 再処理済み高レベル放射性廃棄物中間貯蔵施設等	青森県下北半島内, 六ヶ所村(太平洋沿い)	1995
C 北陸(新潟・石川・福井県)		
7. 柏崎刈羽原発(1~7号機)	新潟県中越の刈羽村(日本海沿い)	1985
8. 志賀原発(1~2号機)	石川県能登半島内, 志賀町(日本海沿い)	1993
9. 敦賀原発(1~3号機, 高速増殖炉)	福井県敦賀半島内, 敦賀市(若狭湾沿い)	1970
10. 美浜原発(1~3号機)	福井県敦賀半島内, 美浜町(若狭湾沿い)	1970
11. 大飯原発(1~4号機)	福井県大島半島内, おおい町(若狭湾沿い)	1979
12. 高浜原発(1~4号機)	福井県内浦半島の根元, 高浜町(若狭湾沿い)	1974
D 東北(宮城・福島県)・茨城県		
13. 女川原発(1~3号機)	宮城県牡鹿半島内, 女川町(女川湾沿い)	1984
14. 福島第一原発(1~6号機)	福島県大熊町(太平洋沿い)	1971
15. 福島第二原発(1~4号機)	福島県富岡町と楢葉町(太平洋沿い)	1982
16. 東海第二原発(2号機, なお, 1号機*は廃炉作業中)	茨城県東海村(太平洋沿い)	1978 1966*
17. 核燃料再処理施設等	茨城県東海村(太平洋沿い)	1977
E 西日本		
E-1 静岡県		
18. 浜岡原発(1~3号機)	静岡県東遠地方の御前崎市(太平洋沿い)	1987
E-2 島根県		
19. 島根原発(1~3号機)	島根県島根半島内, 松江市鹿島(日本海沿い)	1974
E-3 愛媛県		
20. 伊方原発(1~3号機)	愛媛県佐田岬半島の根元, 伊方町(伊予湾沿い)	1977
E-4 佐賀県		
21. 玄海原発(1~4号機)	佐賀県東松浦半島内, 玄海町(日本海沿い)	1975
E-5 鹿児島県		
22. 川内原発(1~2号機)	鹿児島県薩摩地方の薩摩川内市(東シナ海沿い)	1984

*国内初の商業用原子炉1号機の運転開始。

地しており(9. 敦賀原発~12. 高浜原発の4原発), 原発から5~15kmの半島の根元付近に位置する美浜町と高浜町(山地・丘陵地に近い)の2地点の水田で採土した。又, 宮城県の牡鹿半島内の13. 女川原発(女川町)の場合も, 10km以上離れた半島外の石巻市内の水田で採土した。一方, 半島内でも根元付近に立地する場合, 例えば, 道南の積丹半島の1. 泊原発(当時建設中)の場合は約3kmの地点(岩内平野内)で, 又, 若狭湾内の内浦半島の根元付近に立地する12. 高浜原発の場合は, 約5kmの地点で採土できた。一方, 愛媛県の佐田岬半島の根元付近に立地する20. 伊方原発では, 半島の根元付近の陸地も山地続きで, 約30km離れた松山市内の水田で採土した。又, 比較的大きい半島で, その中に平野・丘陵もある場合, 例えば, 青森県下北半島内の3. 東通原発, 4. 核燃料再処理・関連

施設, 5, 6の貯蔵施設では, 施設から2~3km以内の水田で採土出来た。島根半島内の19. 島根原発, 佐賀県東松浦半島内の21. 玄海原発の場合も同様である。半島部以外の平野~丘陵地に立地する7. 柏崎刈羽原発, 14. 福島第一原発, 15. 福島第二原発, 16. 東海第二原発, 17. 東海村の再処理施設, 18. 浜岡原発では, 2km以内の水田で採土出来た。半島部ではないが山が迫った22. 川内原発では約5km離れた川内平野部の水田で採土した。

6. 土壌中¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs及び⁴⁰Kの放射能濃度の測定法

放射能測定には, ゲルマニウム半導体検出器(キヤンベラ社製, 計数効率20%, ガンマ線エネルギー分解能2.0keV)を, マルチチャンネルアナライザーに接続したシステムを用い, 周辺環境から検出器部への放射線を十

表3 全国の原発・再処理施設立地・隣接市町村と非立地(対照地)市町村の水田作土中の Cs-137 と K-40 の放射能濃度

採土地	土壌名	土性	放射能濃度 Bq/kg 乾土*	
			Cs-137	K-40
A 北海道				
1 北海道共和町	グライ土	CL	13.0	814
B 青森県と岩手県(非立地県)				
2 青森県六ヶ所村尾ぶち	灰色低地土	CL	18.9	167
3 青森県六ヶ所村千樽	灰色低地土	SL	8.5	199
4 青森県六ヶ所村平沼	灰色低地土	SCL	3.7	270
5 青森県野辺地町	灰色低地土	SCL	12.2	236
6 青森県三沢市織笠	多湿黒ボク土	LiC	19.6	211
立地市町村平均(5地点)			12.6	217
(最小~最大)			(3.7~19.6)	(167~270)
7 青森県田舎館村八反田	灰色低地土	CL	18.5	211
8 青森県黒石市黒石	灰色低地土	CL	14.1	181
9 青森県岩木町駒越高田	灰色低地土	CL	24.8	215
10 青森県弘前市蒔苗	灰色低地土	LiC	27.4	551
11 青森県弘前市境関	灰色低地土	LiC	22.2	400
12 岩手県宮古市津軽石沼里	多湿黒ボク土	CL	26.3	270
13 岩手県宮古市赤前	灰色低地土	SL	19.2	451
非立地市町村平均(7地点)			21.8	326
(最小~最大)			(14.1~27.4)	(181~551)
C 北陸(立地地域), 兵庫県(非立地県)				
14 新潟県柏崎市藤井	グライ土	LiC	44.0	500
15 新潟県刈羽村	グライ土	LiC	47.0	444
16 福井県美浜町	灰色低地土	L	36.6	673
17 福井県高浜町	褐色低地土	HC	83.3	918
立地市町村平均(4地点)			52.7	634
(最小~最大)			(36.6~83.3)	(444~918)
18 兵庫県神埼町寺野殿屋敷	灰色低地土	CL	8.5	733
19 兵庫県姫路市白浜町	灰色低地土	SL	7.8	533
非立地市町村平均(2地点)			8.2	633
(最小~最大)			(7.8~8.5)	(533~738)
D 宮城, 福島, 茨城県(立地県), 埼玉, 千葉, 神奈川県(非立地県)				
20 宮城県石巻市真野	黒泥土	LiC	20.4	343
21 宮城県石巻市渡波	グライ土	SC	15.2	237
22 福島県大熊町	グライ土	SCL	8.5	381
23 福島県双葉町	灰色低地土	SCL	9.3	417
24 茨城県東海村村松	褐色低地土	SCL	20.0	355
25 茨城県東海村村白方	褐色低地土	LiC	20.4	393
立地市町村平均(6地点)			15.6	354
(最小~最大)			(8.5~20.4)	(237~393)
26 埼玉県浦和市三浦	灰色低地土	LiC	21.8	175
27 埼玉県大宮市大谷	黒泥土	LiC	11.8	214
28 千葉県茂原市上林	灰色低地土	SCL	11.5	302
29 千葉県沖山市千方	灰色低地土	LiC	19.2	314
30 神奈川県開成町宮台	灰色低地土	CL	17.0	130
31 同上(同一水田圃場内別地点)	同上	同上	16.3	116
32 神奈川県小田原市曾比	強グライ土	CL	14.1	135
33 同上(同一水田圃場内別地点)	同上	同上	11.1	111
非立地市町村平均(8地点)			15.4	187
(最小~最大)			(11.1~21.8)	(111~314)

表3 つづき

採土地	土壌名	土性	放射能濃度 Bq/kg 乾土*		
			Cs-137	K-40	
E 西日本地域					
E-1 静岡県・浜岡原発					
34	静岡県御前崎市浜岡町	強グライ土	CL	19.2	588
35	静岡県御前崎市小笠町	強グライ土	CL	11.1	511
E-2 島根県・島根原発					
36	島根県松江市鹿島町佐陀宮内	グライ土	HC	18.5	165
37	島根県松江市鹿島町講武	グライ土	LiC	10.0	346
E-3 愛媛県・伊方原発					
38	愛媛県松山市南土井町	灰色低地土	CL	8.1	670
39	愛媛県松山市高木町	灰色低地土	CL	7.8	529
E-4 佐賀県・玄海原発					
40	佐賀県玄海町今村	暗赤色土	LiC	6.4	131
41	佐賀県玄海町普恩春	赤色土	LiC	17.0	153
E-5 鹿児島県					
42	鹿児島県薩摩川内市久見崎町	グライ土	LiC	11.5	254
43	鹿児島県薩摩川内市寄田町	黄色土	LiC	15.5	167
	立地市町村平均 (10 地点)			12.5	351
	(最小~最大)			(6.4~19.2)	(131~670)
	全立地市町村総平均 (26 地点)			19.5	387
	(最小~最大)			(3.7~83.3)	(131~918)
	全非立地市町村総平均 (17 地点)			17.2	297
	(最小~最大)			(7.8~27.4)	(11~733)
	総平均 (43 地点)			18.5	351
	(最小~最大)			(3.7~83.3)	(130~918)

1985年8月下旬~10月下旬(チェルノブイリ原発事故の前年)に全試料一斉に採土:大気圏内核実験起源のCs-137の降下量が急減した1966年から19年経過している。太字は原発・再処理施設の立地または隣接する市町村内,細字はそれ以外の非立地市町村(対照地),*放射能濃度は採土時に半減期補正した値。

分遮断できる,厚く(10cm厚),かつ ^{137}Cs などの不純物が少ない鉛材を使った遮蔽体の中に,検出器の頂部を挿入した測定システムを用い,3核種のガンマ線エネルギー(keV)の違い(^{137}Cs :661, ^{134}Cs :605, ^{40}K :1,461)を利用して同時に測定した。なお, ^{131}I (半減期8日)は,半減期が短く速やかに減衰するだけでなく, ^{131}I のガンマ線エネルギーが ^{137}Cs や ^{134}Cs のそれらより低いため,これら核種のコンプトン効果でさらに検出感度が大きく低下するので, ^{131}I はできるだけ早い時期に測定した。

福島原発事故では,事故後約90日に同原発の100km圏内の約2,200ヶ所で採取した土壌のうち,測定(検出)できたのは全体の2割弱であり,特に放射性Cs濃度が高かった30km圏内の地域では ^{131}I はほとんど検出できなかったと言う(村松,2013)。

なお, ^{90}Sr はガンマ線を放出しないのでこのシステムでは測定できない。

土壌試料の測定には,原則2mm以上の土粒子を篩別して除いた風乾土30~60gを測定用タッパー容器に詰めたもの(緊急時には生土をそのまま容器に詰めた)を使用

した。測定(積算)時間は原則8万秒(緊急時には放射能レベルに応じて短くした)で,この3核種を同時に測定した。この場合(緊急時を除く)の ^{137}Cs と ^{134}Cs の検出下限は0.1Bq/kgであった。

なお,福島原発事故後の東日本の農地土壌中の放射性Cs濃度を測定した農環研の高田らの検出下限は,本報より凡そ100倍以上高く, ^{137}Cs は9~25Bq/kg, ^{134}Cs は9~29Bq/kgであった(Takata *et al.*, 2014)。高い理由の一つは福島原発からの放射性プルームが約170km離れたつくば市にも到達し,測定器や遮蔽体内外の直接汚染を引き起こしたためと推測され,農環研での測定の場合,福島原発事故後間もない3月18日には,バックグラウンド値が ^{134}Cs と ^{137}Cs で1.5Bq相当, ^{131}I で2Bq相当となり,その後はその変動が激しく,バックグラウンド値の差し引きはしなかったという(大瀬ら,2015)。

プルーム以外にも,放射能レベルが極めて高い試料(10万Bq/kg超の試料あり)を含む多くの試料を短時間(1点1,000~10,000秒)で連続測定した事に伴い,検出部を中心とした測定器や遮蔽体内外を汚染させたり,検出器周辺

に置かれた放射能レベルが高い測定試料からの放射線の一部が、遮蔽体を透過して検出部に到達した事の影響も無視できない。と、筆者は推測している。

なお、¹³⁷Cs は ¹³¹I と共にウランの核分裂反応で生じるため、核実験、原子炉いずれでも生成するが、¹³⁴Cs は核分裂反応中に生じた非放射性の ¹³³Cs の中性子捕獲(放射化)反応で生じるため、瞬間的な核分裂反応だけの核実験では生じない。もし ¹³⁴Cs が土壌中に存在すれば、これは核実験起源ではなく、原子炉起源のものと判断出来るので、全試料で ¹³⁴Cs も測定した。

なお、¹³⁴Cs の生成量は原子炉内で燃料棒の燃焼度に応じて増加し、¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 放射能比(事故直後)は長期間燃焼させた燃料棒の場合は 1.5 程度に達するが、チェルノ事故では 0.5、福島原発事故では 1.0 前後であった(河田・山田, 2012)。3 基の事故となった福島原発事故でのこの強度比は、事故を起こした 3 つの原子炉間でやや異なっており(村松, 2013)、つくばの降下物では 1.0 であった(木方, 2011)。

7. 全国の原子力施設立地・近隣市町村と非立地市町村の水田作土中の ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs 及び ⁴⁰K 濃度

表 3 に、全国の水田作土中の ¹³⁷Cs と ⁴⁰K の放射能濃度

(Bq/kg 乾土) 示した。¹³⁴Cs は全試料 0.1 Bq/kg 乾土以下であったので、表中には示さなかった。¹³⁷Cs 濃度(Bq/kg 乾土)の全立地・隣接市町村(26 地点)の平均値(最小～最大)は 19.5 (3.7～83.3) で、全非立地市町村(17 地点)の 17.2 (7.8～27.4) と比べて、平均値はほぼ同レベルであった。その中で、C. 北陸の立地(4 地点)のみが 52.7 (36.6～83.3) と突出して高く、最小値の 36.6 でも、その他の地域の最大値 27.4 (青森県内の非立地地点)よりも高くなっていた。その理由が原子炉からの漏洩によるのか否か、吟味してみた。

まず、原子炉起源である ¹³⁴Cs が全地点で検出されていない(0.1 Bq/kg 乾土以下)事から、全国の原子炉等大型原子力施設からの放射性 Cs の漏洩は、過去 10 年(¹³⁴Cs は 1/32 に減衰する)ほどはなかったか、あったとしても漏洩・汚染レベルは極めて低かったと推測される。さらに、この年から運転が始まった柏崎刈羽原発の立地市町村の 14. 柏崎市が 44.0, 15. 刈羽村が 47.0 と相当高いが、¹³⁴Cs は検出されておらず、漏洩はなかったと推測される。又、1981 年に放射能漏洩事故を起した敦賀原発に比較的に近い 17. 高浜町と 16. 美浜町では、漏洩事故後 4 年しか経過していないが ¹³⁴Cs は検出されておらず、同事故の影響はほとんど受けていないと推測される。同原発は 1970

表 4 全国の特定水田(総て、非立地市町村で対照地)作土中の Cs-137 濃度*(1985 年秋採土分)

* Komamura et al. (2005) による国立・都道府県農業試験研究機関の水田作土の測定値。

採土地の A, B, C, D, E の記号は、表 3 と共通	土壌名	土性	Cs-137 濃度**
			Bq/kg 乾土
A 北海道			
1 札幌市	多湿黒ボク土	LiC	9.7
B 青森県と岩手県			
2 岩手県盛岡市	多湿黒ボク土	LiC	23.9
C 北陸と秋田県			
3 秋田県秋田市	細粒グライ土	LiC	31.0
4 秋田県大仙市(旧大曲市)	多湿黒ボク土	CL	7.4
5 新潟県上越市	細粒強グライ土	LiC	32.6
6 石川県金沢市	細粒灰色低地土	LiC	40.0
C 地域平均(最小～最大)(4 地点)			27.8 (7.4～40.0)
D 宮城県、福島県、茨城県			
7 宮城県名取市	細粒灰色低地土	HC	21.9
8 茨城県水戸市	黒ボク土	LiC	10.4
9 東京都立川市	細粒褐色低地土	LiC	21.8
D 地域平均(最少～最大)(3 地点)			18.0 (10.4～21.9)
E 西日本			
10 大阪府羽曳野市	細粒灰色台地土	CL	8.3
11 岡山県山陽市	細粒グライ土	CL	9.2
12 鳥取県鳥取市	細粒灰色低地土	LiC	24.8
13 福岡県筑紫野市	中粗粒灰色低地土	CL	10.5
E 地域平均(最小～最大)(4 地点)			13.2 (8.3～24.8)
全地点平均(最小～最大)(13 地点)			19.3 (7.4～40.0)

** Cs-137 濃度は採土時に半減期補正した値。

年から稼動しており、漏洩事故(1981年)以前の汚染の有無を ^{137}Cs 濃度からみると、敦賀原発から約50kmとかなり離れた17.高浜町が、最高の83.3であるのに対し、約16kmとより近い16.美浜町が36.6と半分以下の濃度である事から、原発からの漏洩ではなく、山地に近い地理的条件にある事を、III報を中心に明らかにしている。

次に、同じ1985年の秋に農環研の駒村らが行った全国の13地点の特定水田(国立・都道府県農業試験研究機関の水田で、全て本報の非立地市町村に該当)の作土中 ^{137}Cs 濃度を表4に示した(Komamura *et al.*, 2005)。

全地点(13地点)の平均(最小~最大)Bq/kg乾土は19.3(7.4~40.0)で、表3の全立地地点や全非立地地点の平均値とほとんど差がない。地域間(本報の表3に準じて、A~E地域に区分した)で比べると、C.北陸・秋田県(4地点)が27.8(7.4~40.0)と最も高くなっており、日本海沿いの北陸地域・秋田県が立地、非立地を問わず国内で最も高くなっている。なお、その中で4.大仙市が7.4と全国で最小となっているが、これは客土等の人為的影響が考えられる。駒村らは、経年的全国的調査(核実験対応)を通じて、太平洋岸沿いの水田に比べて日本海沿い、特に北陸・秋田県地方の水田の ^{137}Cs 濃度が高い事を指摘しており(駒村ら, 2006)、表3に示す本報の結果(C.北陸地域は立地市町村のみだが)もこれと符合している。

本報の北陸以外の立地市町村の最高は、20.石巻市と25.東海村の20.4で、全非立地市町村(17地点)の最小7.8~最大27.4の範囲内であり、駒村らの北陸・秋田地域を除いた9地点の最小8.3~最大24.8の範囲内でもあり、問題になる放射性Csの漏洩はなかったと推測される。

次に、北陸地域が他の地域に比べて高い理由について考えてみた。大気中から地表面に降下する ^{137}Cs の多くは、IV報に記すように降水に取り込まれて降下する事、又、大気圏内核実験(多くは北半球の中高緯度の砂漠地域で実験)で生じた ^{137}Cs の多くは、成層圏まで達した後、偏西風によって地球上を周回(リング状ではなく、南北に波打ちながら蛇行して流れているが)しながら徐々に降下し続けるが、その日本国内での主要な通り道となるのが北陸・東北地域であり、その中でも降水日数が多く(降雨期間が長い)、かつ降水量が大きい日本海沿いの北陸地域に、より多くの ^{137}Cs を降下させ、偏西風の風下側の山脈を超えた地域(関東・東北太平洋沿岸地域)へは、 ^{137}Cs 濃度が低くなった大気が送り込まれるため、例え同じ時期・量の降水があったとしても、地表に降下する ^{137}Cs の量は減少すると推測した。

表5に、県別の年間降水日数と年間降水量(mm)を、原子力施設の集中地域(B, C, D地域)である東北、北陸、関東地域を中心に、全国順位も記して示した。

年間降水日数では秋田県や北陸各県の日本海沿いの地域が全国の上位を占め、東北・関東の太平洋沿岸地域に比べるとかなり多い。又、年間降水量でも、日本海沿い地域の方が大きい傾向を示している。この両地域の降水日数の差

表5 県別年間降水日数(雪日数を含む)と年間降水量(mm)
観測年:2010年, 出展:総務省統計局「統計でみる都道府県のすがた」。

県名	年間降水日数	全国順位	年間降水量mm	全国順位
青森	167	6	1,570	31
日本海沿い				
秋田	190	4	1,891	16
山形	145	11	1,419	40
新潟	191	3	2,072	12
富山	192	2	2,787	7
石川	197	1	2,859	4
福井	185	5	2,717	8
鳥取	160	7	1,831	20
島根	155	8	1,857	18
太平洋沿い				
岩手	145	11	1,634	25
宮城	105	35	1,787	38
福島	117	26	1,519	35
茨城	103	37	1,531	33
千葉	107	31	1,525	34
東京	111	28	1,680	24
神奈川	107	31	1,856	19
静岡	118	24	2,896	5
愛知	102	38	1,730	21
瀬戸内海沿い				
大阪	106	40	1,568	32
兵庫	92	44	1,633	26
岡山	92	44	1,216	45
広島	91	46	1,586	29
香川	87	47	988	47
愛媛	104	36	1,441	39
太平洋沿い(四国・九州・沖縄)				
高知	108	30	3,093	1
宮崎	145	11	2,811	6
鹿児島	143	14	2,942	2
沖縄	149	9	2,896	3

は、冬期の降水日数、特に降雪日数の差が反映しており、1年を通じて主として偏西風によって地球上を周回している核実験起源の放射性Csの降下量は、冬期に大差が生じると推測される。

天然放射性核種の ^{40}K は、全国43地点の土壤中放射能濃度(Bq/kg乾土)は平均351(最小111~最大918)で、 ^{137}Cs の全国43地点の平均18.5(最小3.7~最大83.3)と比べると、平均値で19倍も高く、 ^{40}K の最小値111でも ^{137}Cs の最大値83.3を上まわっていた。従って、 ^{137}Cs のこのレベルの放射能濃度では、外部被曝線源としても問題になるレベルではないと考える。

8. おわりに

原発等大型原子力施設の建設・稼働が全国的に進行していた1985年の秋(チェルノ事故の前年)に、これら施設が立地する市町村(近隣市町村を含む)の水田作土中の ^{137}Cs 濃度(Bq/kg乾土)を、非立地市町村のそれらと対比して明らかにした。全国平均値ではほとんど差がなかったが、原発密集地域である北陸の立地市町村が平均52.7(最小36.6~最大83.3)と高いのが目立った。これは近くに立地する原発等からの放射能漏れによるのではなく、大気圏内での核実験起源のものが、主として偏西風で日本国内に送り込まれ、降水と共に地表面に降下したため、降水日数・降水量が大きく、核実験場と近い緯度に位置する等により、このような高濃度になったと推測した。

文 献

- 河田やすし・山田崇祐 2012. 原子炉事故により放出された放射性セシウムの $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比について, *Isotope News*, **697**, 16-20.
- 木方展治 2011. 農作物や農耕地土壌中の放射性質の長期モニタリング. 34回農業環境シンポジウム, 放射性物質による土壌の汚染—現状と対策—(講演要旨集), 7-13.
- 駒村美佐子・津村昭人・山口紀子・藤原英司・木方展治・小平潔 2006. わが国の米, 小麦及び土壌における ^{90}Sr と ^{137}Cs 濃度の長期モニタリングと変動解析. *農環研報*, **24**, 1-21.
- Komamura, M., Tsumura, A., Yamaguchi, N., Kihou, N., and Kodaira, K. 2005. Monitoring ^{90}Sr and ^{137}Cs in Rice, Wheat, and Soil in Japan from 1959 to 2000. *Misc. Publ. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.*, **28**, 1-56.
- 村松康行 2013. 原発事故により放出された放射性ヨウ素のマップ作りの試み— ^{129}I の分析から ^{131}I を復元する—. *科学*, **83**, 602-606.
- 大瀬健嗣・木方展治・井上恒久・栗島克明・福園康志・谷山一郎 2015. つくば市において観測された東京電力福島第一原子力発電所事故直後から1年間の葉菜, 土壌及び降水中の放射性核種濃度の推移. *農環研報*, **34**, 23-28.
- Takata, Y., Kohyama, K., Obara, H., Maejima, Y., Ishitsuka, N., Saito, T., and Taniyama, I. 2014. Spatial prediction of radioactive Cs concentration in agricultural soil in eastern Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **60**, 393-403.
- 結田康一 1997. 放射性物質. 岩田進午・喜田大三監修 土の環境圏, p. 200-209. (株)フジ・テクノシステム, 東京.
- 結田康一 2011. 農作物と農地, 森林生態系の放射能汚染を考える(1). *土づくりとエコ農業*, **43**(6), 59-66.
- 結田康一 2012a. 農作物と農地, 森林生態系の放射能汚染を総合的に考える—安全・安心な農作物の生産を目指して—. *日本農学アカデミー会報*, **17**, 4-72.
- 結田康一 2012b. 農耕地土壌と農畜産物の放射能汚染の今後を総合的に考える(1). *土づくりとエコ農業*, **44**(6), 58-64.
- 結田康一・駒村美佐子・木方展治・藤原英司・栗島克明 2002. 原子力施設事故等に伴う農作物・土壌の緊急放射能調査—チェルノブイリ原発事故と東海村臨界事故への対応を中心に—. *土肥誌*, **73**, 203-210.