

## 香川県における環境放射能水準調査について

## Investigation into Environmental Radioactivity Levels in Kagawa Prefecture

勝間 孝

Takashi KATSUMA

## 要 旨

香川県では、1988年から環境放射能水準調査を実施しており、30年が経過した。調査項目は、空間放射線量、定時降水、降下物、大気浮遊じん、土壌、陸水、精米、野菜（大根、ホウレン草）、魚類及び生乳であり、主な調査核種はヨウ素131、セシウム134及びセシウム137である。

空間放射線量については、降雨や近隣の環境の影響を受けることがあるが、調査開始時から大きな変化はなかった。降下物や大気浮遊じんについては、東京電力福島第一原子力発電所事故直後の2011年3月から7月にかけて影響が認められたが、調査開始までに想定される影響と比べて小さかった。未耕地土壌の上層中のセシウム137の実効半減期は約14.7年であることがわかった。県内産の野菜やカレイで、セシウム137が定量下限値程度の濃度で検出することがあるが、現在の香川県内の環境放射能は、ほとんどカリウム40などの天然の放射性同位元素の影響と考えられる。

## Abstract

Kagawa Prefecture has been conducting environmental radioactivity monitoring for the past 30 years, since 1988. Items surveyed include air radiation dose, regular rainfall, fallout, atmospheric suspended dust, soil, inland water, polished rice, vegetables (Japanese radish and spinach), fish and raw milk. This investigation is primarily concerned with the nuclides iodine 131, cesium 134 and cesium 137.

Apart from the effects of rainfall and the surrounding environment, there was no significant change in air radiation dose since monitoring started 30 years ago. Fallout and atmospheric suspended dust were observed in 2011 between March and July after the Tokyo Electric Power Company Fukushima-Daiichi nuclear power plant accident, but these levels were less than what was expected before the investigation began. The results of the investigation show that the effective half-time of cesium-137 in upper layers of uncultivated soil in Kagawa is approximately 14.7 years. Cesium 137 was found at the lowest concentration that can be determined quantity in vegetables and flounder in Kagawa, however the current levels of environmental radioactivity within Kagawa are mostly attributed to the effects of natural radioisotopes, such as potassium 40.

キーワード：環境放射能、空間放射線量、土壌の実効半減期、I-131、Cs-134、Cs-137

## I はじめに

香川県では、1988年度から国の委託事業で環境放射能水準調査を開始し2017年度で30年が経過した。これまで、香川県の環境放射能に影響を及ぼした可能性のある事象は3つ考えられる。一つ目は、1950年代から1960年代にかけて北半球で盛んに行われた大気圏内核実験であり、その実験により生成した放射性物質が北半球全体に拡散し雨水と共に地表に降下したと言われている。二つ目は、1986年に発生したチェルノブイリ

原子力発電所事故で、この事故で環境中に放出された放射性物質は、日本にも飛来したと言われている。この事故がきっかけで環境放射能水準調査が全国で始まった。三つ目は、2011年に発生した東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原子力発電所と略す）の事故であり、精密な調査により、2011年の3月～7月の間、本県でも降下物等でセシウム等が観測された。これらの出来事が香川県の環境放射能へ及ぼした影響も含め、30年間の調査を取りまとめたので報告する。

## II 調査方法・調査項目及び採取・測定方法

### 1 調査方法・調査項目

調査は、放射能測定法シリーズ<sup>1)</sup>及び国との委託契約時に示された環境放射能水準調査マニュアルに基づき実施した。

空間放射線量は、1988年度から香川県環境保健研究センターで常時監視を開始し、2012年3月からは、県内4カ所で常時監視を始めた。以降の項目については、調査開始時から継続して調査した。定時降水については、環境保健研究センターで1日毎の降雨を採取し測定した。降下物については毎月、環境保健研究センターで1ヶ月分をまとめて採取し調査した。大気浮遊じんについては、3ヶ月間に延べ6日間採取し調査した。未耕地土壌、陸水、精米、野菜（大根、ホウレン草）、魚類及び生乳については、毎年1回、県内で採取したものについて調査した。

### 2 採取・測定方法

#### (1) 空間放射線量

空間放射線量の測定にはモニタリングポスト（図1）を用い、1時間当たりの放射線量を測定した。2012年3月以降は、県内4カ所（図2）で測定し、原子力規制委員会のホームページで、全国の結果とともにリアルタイムで公表されている。



図1 環境保健研究センターのモニタリングポスト及び採取装置

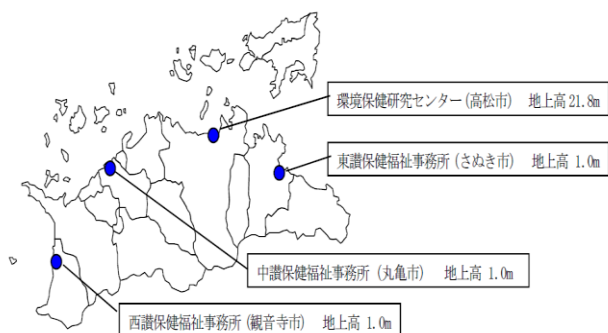


図2 県内のモニタリングポストの配置

#### (2) 定時降水

定時降水は、図1に示した採取装置（表面積 500 平方センチメートル）を使用し、1日毎の降雨を採取してβ線分析装置（図3）でβ線を調査し、放射性物質の存在が疑われる場合は、ゲルマニウム半導体検出器（図4）を用いて核種分析を行った。



図3 β線測定装置



図4 ゲルマニウム半導体検出器

#### (3) 降下物

降下物は、71型大型水盤（表面積 5000 平方センチメートル）（図1）を用いて、毎月1ヶ月分を採取し、濃縮乾固後、ゲルマニウム半導体検出器を用い、ヨウ素 131、セシウム 134、セシウム 137 等を 70,000 秒間測定した。

#### (4) 大気浮遊じん

大気浮遊じんは、ハイボリュームエアサンプラー（図1）を用いて、1分間に 1157 リットル程度の大気の吸引量で3ヶ月にのべ6日間吸引して捕集し、ダストが付着したろ紙をくりぬいて、ゲルマニウム半導体検

出器を用いて降下物と同様に測定した。

(5) 未耕地土壌

未耕地土壌は、毎年1回、表面から5センチメートルまでの層(上層)と5~20センチメートルの層(下層)について、図5に示した採取装置を用いて採取し、風乾後、2ミリメートルの篩で礫を除いてゲルマニウム半導体検出器を用いて降下物と同様に測定した。



図5 土壌採取装置

(6) 陸水

陸水は、毎年1回、100リットル採取し、蒸発乾固させた後、ゲルマニウム半導体検出器を用いて降下物と同様に測定した。

(7) 精米

精米は、毎年1回、県内で採取されたもの約2キログラムをそのまま、ゲルマニウム半導体検出器を用いて降下物と同様に測定した。

(8) 野菜、魚類及び生乳

野菜(大根、ホウレン草)、魚類(カレイ)と生乳は、毎年1回県内で採取されたものを用い、その可食部1キログラム以上を灰化させた後、ゲルマニウム半導体検出器を用いて降下物と同様に測定した。

Ⅲ 結果<sup>2)</sup> 及び考察

1 空間放射線量

(1) 測定値の変動に影響を与える原因の事例

モニタリングポストの測定値に変動を与える要因としていくつかの事例があるが、環境保健研究センターでは近くの事業場が行う非破壊検査の影響があった。この影響については一時的なものであり、工場に操業状態を問い合わせることで、それ以外の原因と分けることができた。

また、降水もモニタリングポストの値に影響してお

り、2016年9月20日の例(図6)の様に、降雨と共に空間放射線量が上昇し、降雨後は速やかに元に戻った。モニタリングポストの値が上昇した時の降雨の試料をゲルマニウム半導体検出器で測定したところ、ベリリウム7とラジウム226が検出された。(図7、図8)

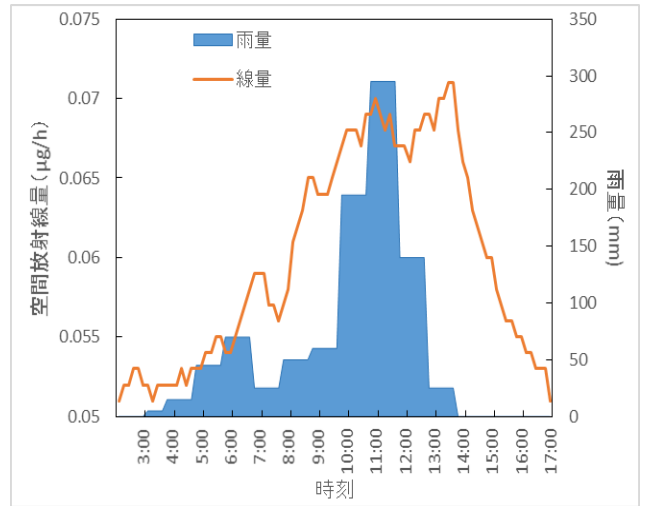


図6 空間放射線量と降雨量との関係 (2016/9/20)

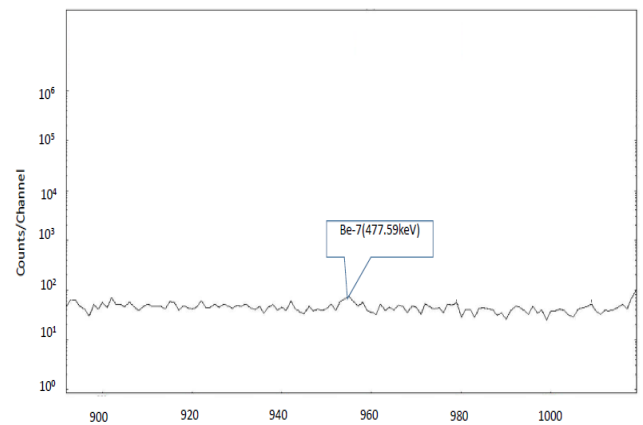


図7 Be-7 スペクトル

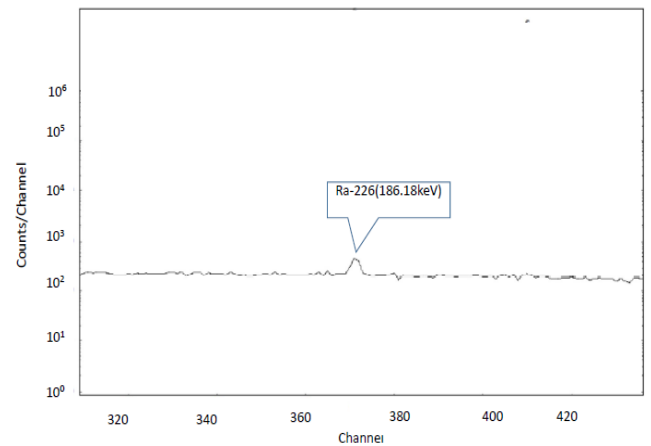


図8 Ra-226 スペクトル

なお、ベリリウム7は、大気上層部において宇宙線が酸素、窒素やアルゴン等と反応した生成物であり、ラジウム226は、大地から巻き上がったウラン系列のラジウム226であると考えられる。

## (2) これまでの空間放射線量の変化

環境保健研究センターにおけるモニタリングポストの日平均値の変化を図9に示した。なお、測定開始から2000年3月16日までの測定値の単位はcps、2000年3月17日以降の単位はnGy/hであることから、ほぼ同じスケールになるように、cpsを左側の軸、nGy/hを右側の軸として調整した。単位が途中で変わったことや測定器の測定方式が変更になったことなどから、単純には比較できないが、測定開始から2000年3月16日までと2000年3月17日から2018年8月31日までは、大きな傾向としてほぼ同じ値で推移しており、空間放射線量の変化の傾向は認められなかった。

2012年3月から測定開始した3地点の空間放射線量の日平均値の変化を図10に示した。丸亀市、観音寺市の空間放射線量は、環境保健研究センターと同程度であったが、さぬき市の空間放射線量は80nGy/h程度であり、他地点より高い値で推移した。さぬき市の空間放射線量が高いのは、花崗岩の山から近いなど地形的な影響が考えられた。これらの3地点についても、設置

後から大きな測定値の変化は認められなかった。

## 2 定時降水

定時降水については、ヨウ素131、セシウム134とセシウム137の放射性同位元素が検出されることはなかった。

## 3 降下物

降下物については、調査開始直後にわずかにセシウム137を検出した以外は、2011年2月までは、ヨウ素131、セシウム134とセシウム137の検出はなかった。しかし、2011年3月はヨウ素131、セシウム134とセシウム137、4月も同じ3核種、5月はセシウム134とセシウム137、6月と7月はセシウム137を検出した。検出した量は、いずれの核種も4月が最も多かった。この値は、通常のベリリウム7(1991年度までデータ無し)のレベルよりも低く、セシウム137のデータのみであるが、まだ北半球で大気県内核実験が行われていた1966年の四国(高知)における1ヶ月当たりの降下物中の平均値と同レベルであった。セシウム134は、原子炉内でのみ生成される核種であるので、核実験の影響では検出されなかったセシウム134が2011年3月から5月にかけて検出されたことで、同年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故の影響が示唆された。しかし、降下物へ影響した期間は一時的であり、8月には

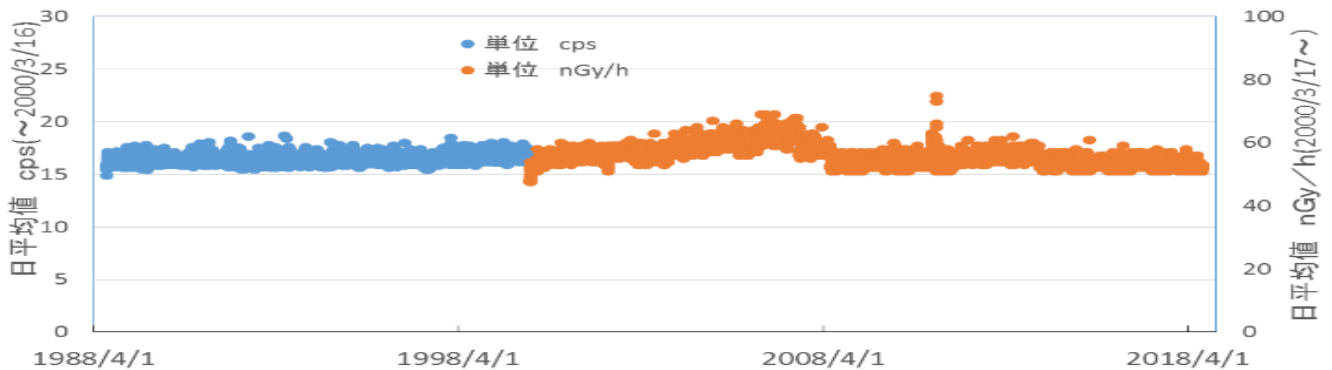


図9 空間放射線量の日平均値の変化(環境保健研究センター)



図10 空間放射線量の日平均値の変化

降下物への影響が確認できなかった。(図11)

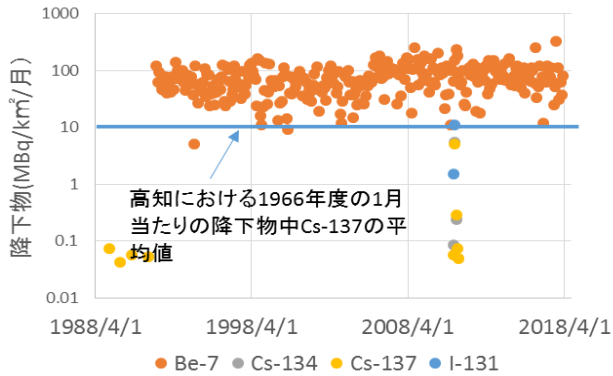


図11 1カ月当たりの降下物中の放射性同位元素の推移

#### 4 大気浮遊じん

大気浮遊じんについては、測定開始から2011年1～3月までは、ヨウ素131、セシウム134とセシウム137は検出されなかったが、2011年4月～6月に採取した大気浮遊じんから、セシウム134とセシウム137が検出された。

大気浮遊じんについても、通常のベリリウム7(1991年度までデータ無し)のレベルよりも低く、セシウム137のデータのみであるが、1966年の西日本(大阪)における大気浮遊じんの平均値と同レベルであった。降下物同様、セシウム134が検出されたことで、福島第一原子力発電所の事故の影響が示唆された。しかし、大気浮遊じんへの影響も、この時のみで、これより後に影響は確認できなかった。(図12)

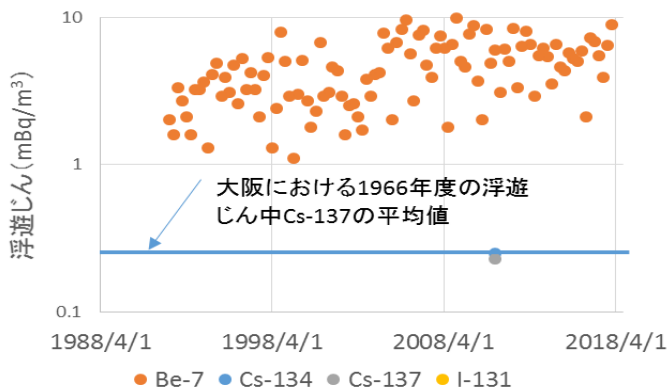


図12 大気浮遊じん中のセシウム137等の推移

#### 5 未耕地土壌

土壌中の放射性物質の濃度は試料採取による変動が大きいとの報告があり<sup>3)</sup>、香川県においてもそのよう

な結果となった。

セシウム137は最も高い値を示した年でも1000MBq/km<sup>2</sup>程度で、自然由来のカリウム40の10000MBq/km<sup>2</sup>程度と比較するとおよそ10分の1程度であった。(図13)

また、福島第一原子力発電所事故の後の2011年3月1日～2011年8月1日に検出された降下物のセシウム137の積算量は6MBq/km<sup>2</sup>程度で、2010年度の土壌の上層中のセシウム137の測定値の約40の1であることや試料採取による変動が大きいことから考えて、土壌中のセシウム137の量への影響は明確ではなかった。なお、土壌からは、セシウム134とヨウ素131は検出されなかった。

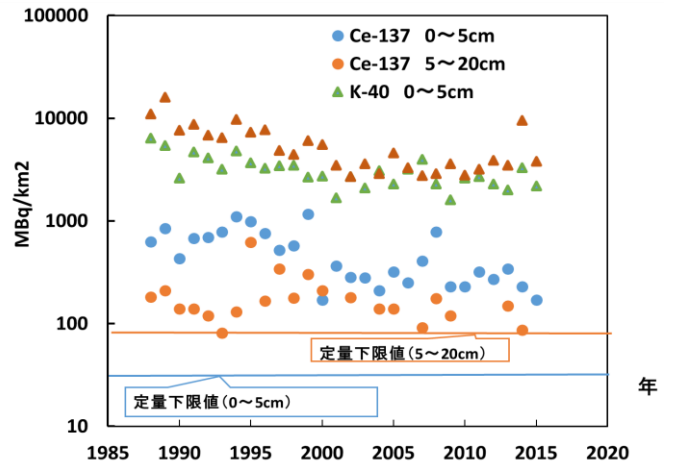


図13 香川県における土壌中のセシウム137とカリウム40の経年変化

上層(0～5cm)のセシウム137の経年変化を図14に示す。土壌中のセシウムは、経年変化で減少している傾向が認められ、土壌中の実効半減期(t)を求めたところ、14.7年となった。

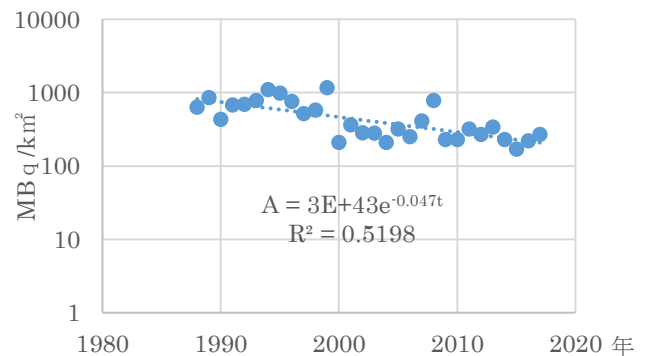


図14 土壌の上層(0～5cm)中のセシウム137の経年変化

セシウム 137 の物理学的半減期は、30.2 年であり、実効半減期がこれより短いことから、セシウム 137 が上層から移動したと推測され、土壌と共に表面流去すること及び下層への移動が考えられた。土壌が表面流去と下層への移動などで半減するまでの時間を滞留半減期とし、実効半減期と物理的半減期から滞留半減期を計算したところ、28.8 年となり水田作土で 9~24 年、畑作土で 8~26 年との報告<sup>4)</sup>と同程度であった。このことから、上層中のセシウムは前年度の放射能濃度に対して約 2.4%ずつ表面流去や下層への移動で減少していると考えられた。

下層の経年変化について図 1 5 に示す。非常にばらつきが多く、有意な相関は認められなかった。これは上層からの移動に加え、定量下限値付近での分析結果であること、土壌の検体がバラツキの大きい試料であること、サンプリング時に上層の土壌の影響などが考えられる。今後調査を継続することにより、傾向が明らかになると考えられる。

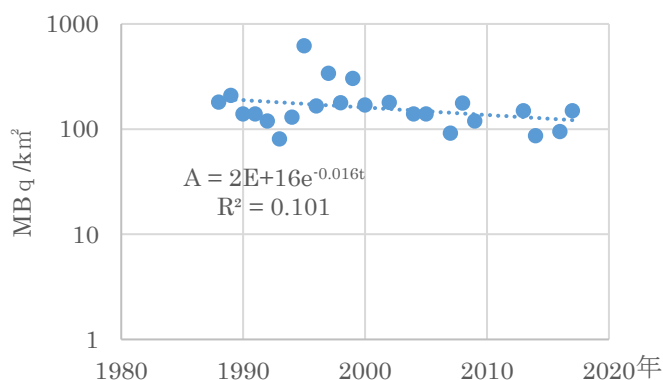


図 1 5 土壌の下層 (5~20cm) 中のセシウム 137 経年変化

## 6 陸水、精米及び生乳

陸水、精米と生乳については、カリウム 40 以外のヨウ素 131、セシウム 134 とセシウム 137 は検出されなかった。

## 7 野菜

大根については、カリウム 40 と 1993 年から 1997 年の 5 年間に 4 回セシウム 137 を検出したのみで、ヨウ素 131 とセシウム 134 は検出されなかった。また、検出されたセシウム 137 は、食品衛生法の一般食品の基準 (100Bq/kg) の 2000 分の 1 以下であり、自然由来のカリウム 40 と比較すると 1000 分の 1 以下であった。

(図 1 6)

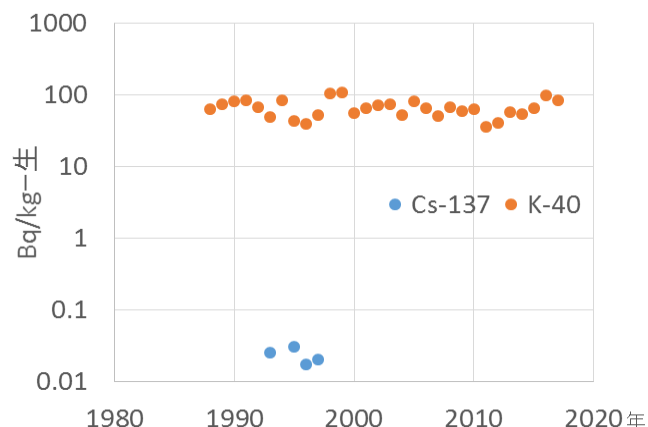


図 1 6 大根中のカリウム 40 及びセシウム 137 の推移

ホウレン草については、カリウム 40 と 2011 年にセシウム 137 を検出した以外は検出されなかった。2011 年のセシウム 137 の放射線量は、食品中の基準 (100Bq/kg) の 2000 分の 1 以下であり、カリウム 40 の 3000 分の 1 以下であった。(図 1 7)

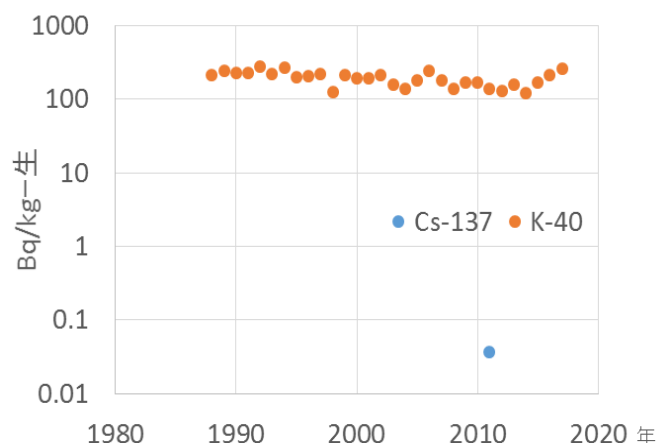


図 1 7 ホウレン草中のカリウム 40 及びセシウム 137 の推移

## 8 魚類

カレイにおけるセシウム 137 の定量下限値は 0.04Bq/kg 程度であり、過去のほとんどの年でこの定量下限値を上回って検出されているが、食品の基準 (100Bq/kg) よりはるかに低く、カリウム 40 の 1000 分の 1 程度であった。

カレイは、海底の砂や泥に生息しており、海底の環境影響を受けると考えられる。カレイ中のセシウム 137 の経年変化については、定量下限値付近での分析結果であること、個体差によるバラツキなどから明確な傾

向は認められなかったが、今後さらに調査を続けることで、明らかになると考えられる。(図18)

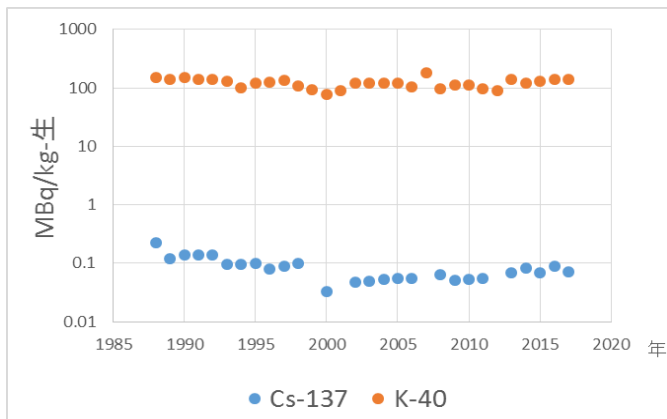


図18 カレイ中のカリウム40及びセシウム137の推移

#### IV まとめ

30年間環境放射能水準調査を継続しているが、空間放射線量については調査開始時から大きな変化はないことが明らかになった。今後も継続して推移を見守る必要がある。降下物については放射能事象の影響が表れやすいと考えるが、福島第一原子力発電所の事故の直後に現れた影響は、土壌中のセシウム137の40分の1程度であり、調査開始までの影響と比べて小さいことが明らかになった。また、未耕地土壌の上層中のセシウム137の実効半減期は約14.7年であり、香川県の未耕地土壌での今後の推移の推察の資料となると考えられる。県内産の精米、生乳では、セシウム137が検出されなかった。野菜では数回、カレイについてはほぼ継続してセシウム137が検出されたが、その度合いは定量下限値程度であることから、現在の香川県内の環境放射能は、大部分がカリウム40などの天然の放射性物質の影響と考えられる。今後、調査を継続し、さらに県内の環境放射能について明らかにするとともに、放射能事象の影響を調査できる体制を維持する必要がある。

#### 文献

- 1) 放射能測定法等シリーズ [http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/pdf\\_series\\_index.html](http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/pdf_series_index.html)
- 2) 原子力規制庁. “環境放射線データベース”. [http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search\\_top](http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search_top), (参照 2018-09-01) .
- 3) 環境モニタリング指針 平成20年3月(平成22年4月 一部改正 P10
- 4) 塚田祥文・鳥山和伸・山口紀子・武田 晃・中山淳・原田久富美・高橋知之・山上 睦・小林大輔・吉田 聡・杉山英男・柴田 尚:土壌-作物系における放射性核種の挙動, Japanese Society of Science and Plant Nutrition P409