

厚生労働行政推進調査事業費補助金 (食品の安全確保推進研究事業)

食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討 分担研究報告

分担研究者 青野 辰雄 量子科学技術研究開発機構
分担研究者 明石 真言 東京医療保健大学

研究要旨

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集を行い、とりまとめを行った。また東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故時、トリチウムは大量の放出が確認されていないために、食品の基準値策定時には、対象核種ではなかった。FDNPS 事故から 10 年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱いやこの汚染水に含まれる高濃度トリチウムの影響に関する議論が行われている。そのため、トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、情報や知見も取りまとめる必要があると考えられ、とりまとめを行った。

A. 研究目的

諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報やトリチウムに関する情報の収集の調査を行うこととした。

B. 研究方法

公表されている情報を、インターネット等を利用して、資料の収集を行った。

C. 研究成果

1. 基準値導出時における汚染食品の割合

食品中の放射性物質の量に係る基準等を考慮する

上で、食品摂取量や輸入食品の割合に関する情報が重要なために、資料-1 に EU における食品中の放射性物質に係る規制について、資料-2 に CODEX における誘導レベルの計算方法について、まとめた。

2. トリチウムに関する知見

FDNPS 事故時、トリチウムは大量の放出が確認されていないために、食品の基準値策定時には、対象核種ではなかった。事故から 10 年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱い、この汚染水に含まれる高濃度トリチウムの取扱いやその影響に関する議論が行われている。トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、関連する文献を資料-3 にまとめた。

D. 考察

1. 基準値導出時における汚染食品の割合

食品中の放射性物質の量に係る基準の計算方法に関する考え方については、関係資料から取りまとめることができた。一方で、食品のカテゴリーや消費量に関する情報は食品項目や地域等の要因で差があることから安全側に設定されていたが、汚染食品の割合に関する根拠については明確なものがなかった。

2. トリチウムに関する知見

原子力施設から廃棄および放出される放射性廃棄物に関しては、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(原子炉等規制法)」により周辺監視区域外の放射性核種の限度濃度が定められている。しかし、環境放射能水準調査等で実施されているモニタリングにおける環境におけるトリチウム濃度レベルに対して、放射性核種の限度濃度が高いため不安が生じている。一方でトリチウムは宇宙線により生成されるものでもある。放射線リスクも含め正確に情報を発信する必要がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産の出願・登録情報

なし

EU における食品中の放射性物質に係る規制について

1. はじめに

EU における食品中の放射性物質に係る規制値設定の経緯、根拠等について、整理を行なった。食品区分(一般食品、マイナーフーズ等)と規制値の設定の考え方について調査した。

2. EU における食品中の放射性物質規制に係る経緯

EU における放射性物質に係る安全基準としては、国際放射線防護委員会(ICRP)等の動向を踏まえ、基本安全基準(BSS、指令 3954/59/EURATOM、指令 80/836/EURATOM、指令 84/467/EURATOM)で対応していた。

チェルノブイリ事故が発生した当時、原子力事故の結果として汚染された食品を扱うための包括的な国際的ガイドラインはなかった。CODEX(食品国際規格)は、各国でとられる対策は緊急時計画の調和をとる必要があるとして、その規格作りに着手し、CODEX 委員会がその最初の規格を公表したのは 1989 年のことであった(CAC/GL 5-1989)。

一方、EU がチェルノブイリ事故対応として、最初の基準を示したのは 1987 年(規則 3954/87)であったが、その時点では整備されていない項目があり、記載された具体的な内容は乳製品と一般食品のみで、幼児用食品、マイナーフーズ及び家畜用飼料については、その後に出された修正等で対応された。

表 1.2.1 EU 規則における食品区分

規制対象食品区分	導入規則	年月日
幼児用食品	規則 2218/89	1989 年 7 月
乳製品	規則 3954/87	1987 年 12 月
一般食品(マイナーフーズを除く)	規則 3954/87	1987 年 12 月
液体状食品	規則 2218/89	1989 年 7 月
家畜用飼料	規則 770/90	1990 年 3 月

2011 年に発生した福島原子力発電所事故(以下、福島事故)への対応として、EU は 2011 年 3 月 25 日に実施規則 297/2011 を発表した。その内容は、上記の規則 3954/87(含む修正版)に基づいて日本の汚染地区からの輸入食品に対する規制を行うものであった。しかし、事故への対応としての日本規制関連機関が公表する対応策が EU の基準と整合性がないものであったため、より効率的な規制を実施するため、規制の枠組み(規制対象核種、規制値等)を日本側が実施する輸出規制と整合性のあるものへと修正を行った(EU 実施規則 351/2011、2011 年 4 月 11 日)。事故後の状況の変化に対応するように日本側の輸出規制の内容に変更が行われ、それらと整合性を持たせるように EU は実施規則の修正で対応を行ってきている。

福島事故へは上記の通り実施規則(implementing regulation)で対応してきたが、規則(regulation)自体はそのままとされていた。EU は国際的な安全基準への適合性を考慮しながら、2013 年には EU としての BSS を改訂した(指令

2013/59/EURATOM)。これらの動きを踏まえ、2016年1月15日、EUはそれまでの規則3954/87(及びその修正版)を廃止し、新しい規則2016/52を導入した。ただし、この規則の規制対象食品区分、規制対象核種及び基準値は、それまでの規則3954/87及びその修正版でまとめられてきたものと同じである(食品区分の定義等に若干の表現上の相違はある)。

上記でEUが示してきた食品中の放射性物質に係る規制については、規則・実施規則及びその修正版の参考文献のリストは以下の通りである。

- 1.1 COUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/52 of 15 January 2016 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of food and feed following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, and repealing Regulation (Euratom) No 3954/87 and Commission Regulations (Euratom) No 944/89 and (Euratom) No 770/90.
- 1.2 COUNCIL REGULATION (EURATOM) No 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
- 1.3 EU Radiation protection 105 (EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident), 1998.
- 1.4 COUNCIL DIRECTIVE 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption.
- 1.5 COUNCIL DECISION of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of a radiological emergency (87/600/Euratom).

3. EUの食品中の放射性物質に係る規則

EUの食品中の放射性物質に係る規則の内容について、以下の2つの観点で整理した。

① 規則2016/52及びその前身である規則3954/87で規定されている重要事項の整理

EUの”Radiation Protection 105(課題文献7.1.3)”を出発とし、CODEX/WHO等の他の国際機関の関連文献の調査を行い、食品カテゴリー設定と許容レベル設定の考え方を整理する。

② 福島事故への対応の経緯

EUの文献では、何時の時点でどこが発表した内容に基づいて対応を変えてきたかについては、説明がなされていない。従って、日本の規制関連機関が発表してきた資料を収集整理し、福島対応でEUが行ってきた規則の改訂内容との関連性を比較しながら整理を行った。

4. EUにおける食品中の放射性物質規制

4.1 食品中の放射性物質規制基準の考え方

4.1.1 基本的考え方

(1) 基本式

食品中の放射性物質の量に係る基準を、具体的にBq/kgの形の誘導レベルとして評価するための考え方の基本は以下の式で示される。

$$CFIL = E / (f \times D \times I \times C)$$

E: 事故でもたらされた汚染した食品の年間の消費から生じる、参照個人実効線量(或いは介入レベルを個人の実効線量で示した値)。単位はmSv/年。

CFIL:特定の食品グループ、核種カテゴリーごとの誘導レベル毎の放射能濃度限度。単位は Bq/kg。

f:当該食品の個人による消費における年平均の放射能濃度についての判断を示す因子で、放射能濃度限度に対する割合で示す。チェルノブイリ事故後に行われた EU での実験では、0.1 と評価されている。

D:食品摂取に伴う線量係数である。単位は Sv/Bq。

I:当該食品の年間消費量。単位は kg/年。

C:一般食品(マイナーフーズ以外)のカテゴリーにおいて、対象とする食品の加算性への対応を取り入れるための修正係数である。半減期が数週間以上の核種の場合はこの係数の値は 5、放射性ヨウ素のように半減期が数日間程度の核種の場合は 1 と評価されている。

(2) 参考文献

- "Radiation protection 105, EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident" 1998
- "Underlying data for derived emergency reference levels Post-Chernobyl action – Final report", EUR 12553 EN, 1991
- "DERIVED INTERVENTION LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOOD - Guidelines for application after widespread radioactive contamination resulting from a major radiation accident", WHO, 1988
- "Criteria for Radionuclide Activity Concentrations for Food and Drinking Water", IAEA TECDOC-1788, 2016

4.1.2 介入レベルの設定

(1) 介入レベルの設定

チェルノブイリ事故以前から、どの程度の被ばくが予想される場合防護対策を実施するかについての介入レベルについては、いくつかの考え方が提示されていた。ここではまず、IAEA の文献で示されている介入レベルについて紹介する。IAEA は事故中期(intermediate phase)の防護対策として、食品・飲料水の制限を実施する介入レベルとして 5~50mSv(事故後最初の1年間)を提唱していた。一方、ICRP はこの問題に対して、事故後最初の1年間での線量として 5~50mSv を提案していた(ICRP Publication 40, 1984)。チェルノブイリ事故後の対応として、WHO は、「正当化」という概念からは介入レベルとしては 5mSv が妥当であるとして、この値に基づく評価方法について解説を行っていた。

一方、ICRP Publication 43 (1985)では、1985 年の ICRP 声明の以下の文を引用している。

「委員会は、公衆の構成員の確率的影響について、放射性物質に対する被曝からの預託実効線量当量は、いかなる 1 年間においても 5mSv に制限されるべきこと、また、長時間にわたって繰り返される被曝に関してはさらに、終生にわたる被曝の各 1 年につきこれを 1mSv に限定するのが賢明であろうと勧告している。」

即ち、被ばくが長期に及ぶ場合は、介入免除レベルとして 1mSv/年が提示されていたのである。

CODEX では、チェルノブイリ事故後の対応として、CAC/GL 5-1989 において、介入レベルについて以下の考え方を示していた。

「5mSv は、事故による被ばくに対する参照レベルとして採用された。ほとんどの放射性核種に関して、この値は、事故1年後までの期間における食物摂取がもたらす預託実効線量当量を示している。十分に安全側の仮定が採用されており、このレベルを適用すれば、個人の被ばく線量が 1mSv よりも高いものとなることはありそうもない。」

この内容については、ICRP の 1987 年 COMO 会議声明でも繰り返されている。

このような観点から、CODEX では介入免除レベル 1mSv/年に基づく基準を策定したものと考えられる(CODEX STAN 193-1995)。

同様に、EU においてもこれらの動きを踏まえ、介入免除レベルとして 1mSv/年を採用している。

(2) 参考文献

- IAEA Safety Series 72, 1985
- ICRP Publication 40, 1984
- ICRP Publication 43, 1985
- CAC/GL 5-1989, “Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade”
- ”GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED”, CODEX STAN 193-1995

4.1.3 代表核種の選定

(1) 代表核種

1-1) 基本的考え方

実際の原子炉事故で環境中へ放出される放射性核種は、原子炉の型、事故の種類等によって異なる。そもそも原子炉内での発生量、半減期等を考慮し、かつ野菜等の食品の生態によっても実質的には影響を受ける。原子炉の事故解析の分野では、ソースタームの言葉で研究されてきた課題であり、DERIVED INTERVENTION LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOOD (WHO, 1988) では、WASH-1400 等の米国で 1970 年代に行われた研究を事例として挙げている。それらの研究の成果として、Sr の放射性同位体(代表は Sr-90)、Cs の放射性同位体(代表は Cs-134, Cs-137)、そして Pu-239 に代表されるアクチニドが挙げられる。食品安全という観点からは、これらの特定の放射性核種を対象として規制することで、他の放射性核種についても規制することが可能という考え方である。代表核種選定の重要な要因として、食品検査では膨大な量のサンプルを検査することになるので、比較的、短時間に検査ができる核種を対象とすることが必要となる。

1-2) EU 基準における考え方

- ①先述したように、誘導レベルは注目する核種の線量変換係数に反比例する。ただし、核種毎に誘導レベルを設定していたのでは、膨大な量のサンプルを処理する現場では作業効率が悪くなるので、性質が類似したものを一括りとしている。

1-3) 核種カテゴリーについての他の事例

基本的なカテゴリー区分について、Radiation protection 105 (1988)では必ずしも明確な定義づけをしているわけではない。CODEX の食品中の放射性核種の濃度に係る基準構築の考え方は、CODEX STAN 193-1995 に示す。基本的には、事故で放出される可能性が高いとされる核種毎に許容濃度限度(誘導レベル)を計算しておき、それらの数値を丸め、その値を用いてクラス分けしている。また、IAEA (IAEA Safety Series No.109, Annex 1, 1994)の中で、実施する対策に伴う費用(特定の食品を市場から撤去する費用)という観点でこの問題について検討しており、本質的には同じ結果を得ている。

4.1.4 対象食品の区分

食品の消費量は、食品項目、地域等の要因によってかなり差があるが、それらを踏まえた上で、安全側の仮定のもとに消費量を設定している。ただし、食品の区分毎にその仮定の成立が困難な場合もあり、いくつかのカテゴリ

リーに分けて誘導レベルを評価している。EU の規則では食品カテゴリーとして幼児フード、乳製品、マイナーフーズ、他の食品及び液状フーズの5つが導入されている。各カテゴリーで食品中の放射性核種濃度についての誘導レベルが異なるのは、カテゴリー間でそれらの食品カテゴリーの消費量が異なることを反映したものである。

(1) 全体の消費量

EU の規則がどのような考え方で策定されたかを示している Radiation protection105 (1988)では食品カテゴリー毎に消費量の評価データが示されている。

表 4.1.3 食品の消費量

食品項目	1才児	EU 成人	
		下限値	上限値
幼児食品	35kg(半年間)	-	-
乳製品	200kg	49kg	206kg
ポテト	10kg	35kg	126kg
肉	10kg	55kg	106kg
果物	20kg(果物+野菜)	52kg	172kg
野菜	-	71kg	156kg
穀物	20kg	58kg	115kg
液体状食品(飲料水を含む)	250 リットル	600 リットル	-

先述した CODEX では、「幼児食品」と「幼児食品以外の食品」の2つのカテゴリーが設定されており、幼児食品以外の食品については平均的な値として 550kg を用いている(CODEX STAN 193-1995)。EU 規則で用いられている食品項目カテゴリーに上表を当てはめると、271~675kg となり、CODEX では比較的高いレベルの値を用いていることが分かる(左欄の「ポテト」から「穀物」までの合計に CODEX の「幼児食品以外の食品」が対応すると考える)。

(2) 消費量に係る仮定

- ①誘導レベルの算定において、上記の食品消費量のうち、10%が事故で汚染された地域からのもの、90%が非汚染地域からのものと仮定されている。最初に示した誘導レベルの算定式において、f と記載された因子がこの効果を示しており、計算式において $f=0.1$ とおく。
- ②食品項目のうち、例えばスパイス類の消費量は他の食品と比較してかなり低いものであることは十分に想定される。その影響を考慮するために、EU 規則では「マイナーフーズ」という食品カテゴリーが設けられている。EU 規則では、この効果については規則 944/89 で具体的な対象となる食品項目が示され、誘導レベルについては一般食品の 10 倍とすることが示された(具体的な消費量については言及されていない)。このことは、マイナーフーズの消費量が少ないため、介入レベルの 1mSv に相当する誘導レベルとしては、一般食品よりも高いものとなることを示している。この 10 倍とする根拠については、IAEA の文献に以下の記載がある。
「一人あたりの年間消費量が少ない食品については(10kg 未満)、誘導レベルを一般食品の 10 倍以上とすることが可能である。」(IAEA Safety Series No.109 の頁 51 の TABLE V.)

尚、CODEX では検討はされたようではあるが、マイナーフーズという概念は用いられていない(CODEX の 1989

年ハーグでの会議等、Radiation protection105 (1988)には 10 倍という記載はある)。

- ③EU 規則、CODEX が示す基準は、非常に広範な地域を対象としており、実際には国ごと、地域ごとに食品の消費パターンは異なる。そのため、特殊な地域での誘導レベルについては、その地域特性を踏まえた対応が必要となる。

参考文献

- COUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/52 of 15 January 2016, Official Journal of the European Union, L13.
- COUNCIL REGULATION (EURATOM) No 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency
- EU Radiation Protection Publication 105 (EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident), 1998
- COUNCIL DIRECTIVE 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption
- COUNCIL DIRECTIVE 87/600/Euratom of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of radiological emergency

CODEX における誘導レベルの計算方法

食品中の放射性核種に係る誘導レベルについての EU 規則 3954/87 は、チェルノブイリ事故への対応として、1987 年から 1990 年にかけて整備された。同時期に CODEX は、事故直後という状況において、事故後1年間に適用する誘導レベルとして CAC/GL 5-1989 を発表した。その後、CODEX では、1年経過後も適用できる基準として、CODEX STAN 193-1995 を 1995 年に発表している。本資料では、本調査は現在の EU 規則に係るものであり、それに対応するものは CODEX STAN 193-1995 で、こちらに基づいて CODEX における考え方を整理する。

(1) 計算で用いる基本式及び仮定

①基本式

$$GL=IED/(M\times IPF\times e_{ing})$$

GL=CODEX ガイドラインレベル(誘導レベル) Bq/kg

IED=介入免除線量レベル(mSv/y) 1mSv/y と仮定

M=食品消費量(kg/y) 550kg/y

IPF=輸入生産率 10%

e_{ing} =食品摂取線量変換係(mSv/kg)

②上記パラメータについての仮定

- i 介入免除線量レベルとしては、長期に渡ることを想定しているため 1mSv/y とした(事故後1年間の場合は 5mSv/y)。
- ii 成人の食品摂取量を 550kg/y とした。
- iii 幼児の食品及びミルクの消費量を 200kg/y とした。
- iv 輸入食品の 10%が、汚染地域から輸入されたものと仮定。従って、IPF の値は 0.1 を採用した。
- v GL の利便性を図るため、適切な値に丸めることとした。同様に、放射性核種摂取に伴う線量変換係数も同程度にグルーピングを行った(オーダーで)。ただし、幼児と成人では、その影響の程度の差を考慮するため、区別して評価を行った。

(2) 計算事例

①幼児食品における I-131

$$GL=1\text{mSv}/(200\text{kg}\times 0.1\times 0.00018\text{mSv/Bq})=278\text{Bq/kg}$$

この計算値を 100Bq/kg と丸めた。

②成人食品における Cs-137

$$GL=1\text{mSv}/(550\text{kg}\times 0.1\times 0.00013\text{mSv/Bq})=1400\text{Bq/kg}$$

この計算値を 1000Bq/kg と丸めた。

上記において、線量変換係数は ICRP Publication 72 を用いている。

(3) 誘導レベルの評価結果

先の(2)の計算を代表核種について実行した結果を下表に示す。

誘導レベル Bq/kg	幼児食品 対象核種	幼児食品以外の食品 対象核種
1	Pu-238,Pu-239,Pu-240,Am-241	Pu-238,Pu-239,Pu-240,Am-241
100	Sr-90,Ru-106,I-129,I-131,U-235	Sr-90,Ru-106,I-129,I-131,U-235
1000	S-35,Co-60,Sr-89,Ru-103 Cs-134,Cs-137,Ce-144,Ir-192	S-35,Co-60,Sr-89,Ru-103 Cs-134,Cs-137,Ce-144,Ir-192
10000	H-3,C-14,Tc-99	H-3,C-14,Tc-99

参考文献

- Fact Sheet on Codex Guideline Level for Radionuclide in Foods Contaminated Following a Nuclear or Radiological Emergency – prepared by Codex Secretariat(2 May, 2011)
- Guideline Levels for Nuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade, CAC/GI 5-1989

トリチウムについて

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故時、は大量のトリチウムが放出されていないために、食品の基準値の策定時には、対象核種ではなかった。事故から10年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱い、この汚染水に含まれる高濃度トリチウムの取扱いやその影響に関する議論が行われている。トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、関連する文献を資料にまとめた。

2. 関連する資料

2.1 厚生労働省「食品中の放射性物質への対応 > よくある質問」

「Q4 東京電力福島第一原子力発電所から、トリチウムやストロンチウムを含む汚染水が海に流出しているとの報道がありますが、トリチウムやストロンチウムとは どのような物質ですか。水産物を食べて大丈夫ですか。」があり、トリチウムに関する解説記事がある。

Website: https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin_qa.html

2.2 国立保健医療科学院生活環境研究部「トリチウムはどうなっているの？」

保健福祉職員向け原子力災害後の放射線学習サイト内に、「放射線リスクを考えてみたい?」、「そもそもトリチウムって何?」、「原子炉でのトリチウムの生成」や「再処理工場からトリチウムの計画放出」などについて記載されている。

Website: <https://ndrecovery.niph.go.jp/trustrad/tritium-2.html>

2.3 トリチウム研究会「トリチウムとその取扱を知るために」

2018年3月に開催されたトリチウム研究会(主催/日本原子力学会、後援/日本原子力研究開発機構)の資料で、「環境中のトリチウム」、「環境生態系へのトリチウム影響」、「規制と管理」、「福島第一原子力発電所の汚染水の現状と汚染水中のトリチウム」などの講演資料が掲載されている。

Website: https://fukushima.jaea.go.jp/info/20140314_1.html

2.4 水産庁「東京電力福島第一原子力発電所事故における 水産物の安全性と汚染水対策について」

水産物の放射性物質調査の流れや調査結果について解説があり、「ストロンチウム90とトリチウムについて」や「福島第一原発専用港湾内への汚染水漏洩による影響について」の解説がされている。

Website: <https://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/saigai/index.html>

2.5 福島県漁業協同組合連合会「1F 周辺海域における魚のトリチウム濃度分析結果」

東京電力福島第一原子力発電所海域における魚のトリチウム濃度分析結果とQ&Aが掲載されている。

Website: <http://www.fsgyoren.jf-net.ne.jp/sono/buhin/H3bunseki.pdf>

2.6 原子力規制庁「放射性廃棄物に対する規制について」

東京電力福島第一原子力発電所における放射性廃棄物に対する法令上の規制について解説している。

Website: https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/pdf/011_03_02.pdf

