

評価書（案）

食品中に含まれる放射性物質

2011年7月

食品安全委員会

放射性物質の食品健康影響評価に関する

ワーキンググループ

要 約

2011年3月11日に、東日本大震災に伴い東京電力福島第一原子力発電所において事故が発生し、周辺環境から通常よりも高い程度の放射能が検出されたことを受けて、厚生労働省は、当面の間、原子力安全委員会により示された「飲食物摂取制限に関する指標」を暫定規制値とした。この暫定規制値は、緊急を要するために食品健康影響評価を受けずに定めたものであることから、厚生労働大臣は、2011年3月20日、食品安全基本法第24条第3項に基づき、食品安全委員会に食品健康影響評価を要請した。

今回、食品健康影響評価を行うに当たっては、原子放射線に関する国連科学委員会及び米国毒性物質疾病登録機関の放射性物質に関する報告書に引用されている文献、国際放射線防護委員会、世界保健機関が公表している資料に加え、その他放射性物質に関連する文献等を幅広く検討の対象とした。なお、経口摂取による放射性物質の健康影響に関する文献は限られていることから、経口摂取による内部被ばくの報告に限らず、また、化学物質としての毒性に関する報告も含め、広く知見を収集した。

個別の核種としては、厚生労働省により暫定規制値が定められている放射性ヨウ素、放射性セシウム、ウラン、並びにプルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種（アメリシウム、キュリウム）、さらに放射性ストロンチウムについて検討を行ったが、検討を行った各核種について、経口摂取による健康影響に関するデータは乏しかった。

放射線による影響よりも化学物質としての毒性がより鋭敏に出ると判断されたウランについては、耐容一日摂取量（TDI）を設定することとした。

ウラン以外の核種については、甲状腺への影響が大きく、甲状腺がんが懸念される放射性ヨウ素、及び食品中からの放射性物質の検出状況等を勘案すると、現状では、食品からの放射性物質の摂取に関して最も重要な核種と考えられた放射性セシウムも含め、個別に評価結果を示すに足る情報は得られなかった。

以上のことを踏まえ、低線量放射線の健康影響に関する検討を行い、その結果をとりまとめた。ただし、ウランについてはTDIを設定した。

疫学データには種々の制約が存在するが、そうした制約を十分認識した上で、本ワーキンググループにおいては、入手し得た文献について検討を重ね、研究デザインや対象集団の妥当性、統計学的有意差の有無、推定曝露量の適切性、交絡因子の影響、著者による不確実性の言及等の様々な観点から、本評価において参考にし得る文献か否かについて整理した。

その結果、成人に関して、低線量での健康への影響がみられた、あるいは高線量での健康への影響がみられなかったと報告している大規模な疫学データに基づく次のような文献があった。

① インドの高線量地域での累積吸収線量 500 mGy 強において発がんリスクの増加がみられなかったことを報告している文献 (Nair et al. 2009)

1 ② 広島・長崎の被爆者における固形がんによる死亡の過剰相対リスクについて、被ばく線
2 量 0~125 mSv の群で線量反応関係においての有意な直線性が認められたが、被ばく線
3 量 0~100 mSv の群では有意な相関が認められなかったことを報告している文献
4 (Preston et al. 2003)

5 ③ 広島・長崎の被爆者における白血病による死亡の推定相対リスクについて、対照 (0 Gy)
6 群と比較した場合、臓器吸収線量 0.2 Gy 以上で統計学的に有意に上昇したが、0.2 Gy
7 未満では有意差はなかったことを報告している文献 (Shimizu et al. 1988)

8
9 以上から、本ワーキンググループが検討した範囲においては、放射線による影響が見い
10 だされているのは、通常の一般生活において受ける放射線量を除いた生涯における累積の
11 実効線量として、おおよそ 100 mSv 以上と判断した。

12
13 小児に関しては、より影響を受けやすい可能性 (甲状腺がんや白血病) があると考えら
14 れた。

15
16 100 mSv 未満の線量における放射線の健康影響については、疫学研究で健康影響がみら
17 れたとの報告はあるが、信頼のおけるデータと判断することは困難であった。種々の要因
18 により、低線量の放射線による健康影響を疫学調査で検証し得ていない可能性を否定する
19 こともできず、追加の累積線量として 100 mSv 未満の健康影響について言及することは現
20 在得られている知見からは困難であった。

21
22 ウランについては、ラットの 91 日間飲水投与試験における全投与群で認められた腎尿細
23 管の変化 (雌雄に尿細管上皮核の小嚢状の変形、雄では、近位尿細管の拡張、尿細管基底
24 部の核の管腔側への変位、及び細胞質の空胞変性) より、LOAEL はウランとして 0.06
25 mg/kg 体重/日であった。この試験では離乳期のラット (雌雄、各投与群 15 匹) が用いら
26 れ、病理組織学的検査を含め幅広い検査が行われており、この試験における LOAEL に不
27 確実係数を適用して TDI を算出することが適切であると考えられた。この試験における腎
28 臓に対する影響及び体内動態においては、排泄が速く、定常状態にあると判断されること
29 から、91 日間の亜慢性試験による追加の不確実係数は不要と考えられた。ウランは腎臓か
30 ら速やかに排泄されることを考慮して、不確実係数は 300 (種差 10、個体差 10、LOAEL
31 から NOAEL への外挿 3) を適用することが適当と判断した。したがってウランの LOAEL
32 を 0.06 mg/kg 体重/日とし、不確実係数 300 を適用したところ、ウランの TDI は 0.2 µg/kg
33 体重/日となった。

1 XIII. 食品健康影響評価

2
3 本ワーキンググループは、食品に含まれる放射性物質に関する食品健康影響評価について、参照文献等を用いて調査審議を行った。以下にその結果を取りまとめる。なお、線量
4 等の単位については、原著論文にある記載を用いて示している。
5

6 7 1. 個別核種に関する検討

8 個別の核種としては、厚生労働省により暫定規制値が定められている放射性ヨウ素、放
9 射性セシウム、ウラン、並びにプルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種（アメリシ
10 ウム、キュリウム）、さらに放射性ストロンチウムについて検討を行ったが、検討を行っ
11 た各核種について、経口摂取による健康影響に関するデータは乏しかった。

12 放射性ヨウ素については、甲状腺への影響が大きく、甲状腺がんが懸念される物質であ
13 り、甲状腺等価線量として 100 mSv を超える線量においては、統計学的に有意な健康への
14 影響が示された報告があることは確認できたが、放射性ヨウ素として個別に評価結果を示
15 すに足る情報は得られなかった。

16 放射性セシウムについては、食品中からの放射性物質の検出状況等を勘案すると、現状
17 では、食品からの放射性物質の摂取に関して最も重要な核種と考えられた。しかしながら、
18 個別に評価結果を示すに足る情報は得られなかった。

19 放射線による影響よりも化学物質としての毒性がより鋭敏に出ると判断されたウランに
20 ついては、耐容一日摂取量（TDI）を設定することとした。

21 プルトニウム、アメリシウム及びキュリウムについては、特に情報が少なく、また、放
22 射性ストロンチウムについても個別に評価結果を示すに足る情報は得られず、これら 4 種
23 の核種について個別に評価結果は示せないものと判断した。
24
25
26

27 以上のことを踏まえ、低線量放射線の健康影響に関する検討を行い、その結果をとりま
28 とめた。ただし、ウランについては TDI を設定した。以下に、その評価について示す。
29
30

31 2. 低線量放射線による健康影響について

32 低線量の放射性物質の健康影響に関する検討においては、動物実験あるいは *in vitro* 実験
33 の知見よりもヒトにおける知見を優先することとした。低線量における影響は、主に発がん
34 性として現れる。そのため、疫学のデータを重視した。

35 ヒトにおける知見（疫学データ等）については、核種を問わず、曝露された線量につい
36 ての情報の信頼度が高いもの、及び調査・研究手法が適切なものを選択して食品健康影響
37 評価を行うこととした。

38 現時点における科学的水準からは、低線量の放射線に関する閾値の有無について科学
39 的・確定的に言及することはできなかった。また、ある疫学データに基づき直線仮説の適

1 用を検討している論文もあるが、モデルの検証は難しく、そのデータだけに依存すること
2 はできない。国際機関において、比較的高線量域で得られたデータを一定のモデルにより
3 低線量域に外挿することに関して、閾値がない直線関係であるとの考え方に基づいてリス
4 ク管理上の数値が示されているが、もとより、仮説から得られた結果の適用については慎
5 重であるべきである。今回の食品健康影響評価においては、実際のヒトへの影響を重視し、
6 根拠の明確な疫学データで言及できる範囲で結論を取りまとめることとした。なお、ヒト
7 は常に自然界からの放射線（日本平均では約 1.5 mSv/年（放射線医学総合研究所 2007）、
8 世界平均では約 2.4 mSv/年（UNSCEAR 2008））や正常なヒト体内に存在する放射性物
9 質からの放射線など自然線源からの被ばくのみならず、医療被ばくなどの人工被ばくを受
10 けている。データの解釈に当たっては、これらの被ばくに加え、種々の要因による放射線
11 被ばく以外の健康上のリスクも存在していることを考慮して検討を進めることとした。

12
13 本評価の趣旨に照らせば、本来は、食品の摂取に伴う放射性物質による内部被ばくのみ
14 の健康影響に関する知見に基づいて評価を行うべきであるが、そのような知見は極めて少
15 なく、客観的な評価を科学的に進めるためには外部被ばくを含んだ疫学データをも用いて
16 評価せざるを得なかった。また、参照した文献等において、曝露された線量についての情
17 報が1年間当たりの年間線量で示されず累積線量を用いて取りまとめられていたものも多
18 く存在し、また、多くの年間線量値は一定の仮定の下で累積線量から割り出されていたこ
19 とから、根拠となり得る文献において疫学データを累積線量で取りまとめていた場合に
20 あっては、本ワーキンググループにおいてもそれを尊重することとし、累積線量によって健
21 康への影響を検討することが妥当と判断した。なお、累積線量又は年間線量における食品
22 の寄与率を科学的合理性をもって推定できるような文献は見当たらなかった。

23 根拠を明確に示せる科学的知見に基づき食品健康影響評価の結論を取りまとめる必要が
24 あるが、性別、年齢、社会経済的な状況及び喫煙等の生活習慣といった交絡因子あるいは
25 調査研究の方法論的な限界から来るバイアス等複雑な要因を排除しきれないことに加え、
26 用いられた疫学データが有する統計学的な制約から、一定水準以下の低線量の放射線曝露
27 による健康影響を確実に示すことができる知見は現時点において得られていない。現在の
28 科学的水準においてそれを検出することは事実上困難と考えられた。

29
30 疫学データには種々の制約が存在するが、そうした制約を十分認識した上で、本ワーキ
31 ンググループにおいては、入手し得た文献について検討を重ね、研究デザインや対象集団
32 の妥当性、統計学的有意差の有無、推定曝露量の適切性、交絡因子の影響、著者による不
33 確実性の言及等の様々な観点から、本評価において参考にし得る文献か否かについて整理
34 した（別添論文リスト参照）。

35 その結果、成人に関して、低線量での健康への影響がみられた、あるいは高線量での健
36 康への影響がみられなかったと報告している大規模な疫学データに基づく次のような文献
37 があった。

38

- 1 ①インドの高線量地域での累積吸収線量 500 mGy 強³において発がんリスクの増加がみら
2 れなかったことを報告している文献 (Nair et al. 2009)
- 3 ②広島・長崎の被爆者における固形がんによる死亡の過剰相対リスクについて、被ばく線
4 量 0~125 mSv の群で線量反応関係においての有意な直線性が認められたが、被ばく線
5 量 0~100 mSv の群では有意な相関が認められなかったことを報告している文献
6 (Preston et al. 2003)
- 7 ③広島・長崎の被爆者における白血病による死亡の推定相対リスクについて、対照 (0 Gy)
8 群と比較した場合、臓器吸収線量 0.2 Gy 以上⁴で統計学的に有意に上昇したが、0.2 Gy
9 未満では有意差はなかったことを報告している文献 (Shimizu et al. 1988)

10
11 また、小児に関しては、線量の推定等に不明確な点のある文献ではあるが、チェルノブ
12 イリ原子力発電所事故時に 5 歳未満であった小児を対象として、白血病のリスクの増加を
13 報告している文献 (Noshchenko et al. 2010) があつた。また、甲状腺がんについては、
14 チェルノブイリ原子力発電所事故に関連して、被ばく時の年齢が低いほどリスクが高かつ
15 たことを報告している文献があつた (Zablotska et al. 2011)。さらに、胎児への影響に関
16 しては、1 Gy 以上の被ばくにより精神遅滞がみられたが、0.5 Gy 以下の線量については健
17 康影響が認められなかったことを報告している文献 (UNSCEAR 1993) があつた。

18
19 以上から、本ワーキンググループが検討した範囲においては、放射線による影響が見い
20 だされているのは、通常の一般生活において受ける放射線量を除いた生涯における累積の
21 実効線量として、おおよそ 100 mSv 以上と判断した。

22
23 小児に関しては、より影響を受けやすい可能性 (甲状腺がんや白血病) があると考えら
24 れた。

25 100 mSv 未満の線量における放射線の健康影響については、疫学研究で健康影響がみら
26 れたとの報告はあるが、信頼のおけるデータと判断することは困難であつた。種々の要因
27 により、低線量の放射線による健康影響を疫学調査で検証し得ていない可能性を否定する
28 こともできず、追加の累積線量として 100 mSv 未満の健康影響について言及することは現
29 在得られている知見からは困難であつた。

30 31 32 3. ウランによる健康影響について

33 ウランはすべての同位体が放射性核種であることから化学物質及び放射性物質両方の毒
34 性を発現する可能性がある。

35 ウランは、ヒト及び実験動物に対して腎毒性を示す。低濃度のウランを含む井戸水を飲

³ 被ばくした放射線がβ線又はγ線だったと仮定した場合、放射線荷重係数 1 を乗じて、500 mSv 強となる。

⁴ 被ばくした放射線がβ線又はγ線だったと仮定した場合、放射線荷重係数 1 を乗じて、0.2 Sv 以上となる。

1 用したヒトに関する疫学調査では、腎尿細管への影響を示唆する知見は得られているが、
2 その臨床的意義は明らかではない。

3 実験動物においては、ウランは主として腎臓、肝臓に影響を与え、発生毒性も示されて
4 いるが、最も影響を受けやすいのは腎尿細管である。

5 遺伝毒性については、*in vitro* のほ乳類細胞を用いた染色体異常試験、小核試験、コメッ
6 トアッセイ、突然変異試験で陽性であり、*in vivo* 試験でマウス精原細胞の染色体異常の誘
7 発等が報告されており、いずれもメカニズムとしては放射線による DNA 損傷に起因する
8 ものと考えられた。

9 発がん性について、ヒト及び実験動物に関するデータは不十分であり、現時点ではウラ
10 ンの経口摂取による発がん性を示す知見は得られていない。

11
12 実験動物を用いた試験において最も低い用量で認められた影響は、30 日間飲水投与試験
13 (マウス)における母動物での小型一次卵胞数の減少に基づく NOAEL 0.5 µg/L (0.125～
14 0.250 µg U/kg 体重/日相当)であった。

15 この試験において生殖能力の指標には影響はみられなかった。卵胞数の減少については
16 用量反応関係がみられているが、信頼性が未確立の手法を用いて得られた結果であり評価
17 結果にも不明確な点が認められた。さらに再現性について判断することは困難であること
18 から、今回は TDI の設定根拠としては採用しなかった。

19 次に低い用量で認められた影響は、NZW ウサギ 91 日間飲水投与試験の雄の腎尿細管の
20 病理組織学的変化(細胞質空胞変性、核大小不同)であり、LOAEL はウランとして 0.05
21 mg/kg 体重/日であった。しかし、試験中に雄ウサギのパスツレラへの感染が認められてい
22 る。引き続き行われた SPF の NZW 雄ウサギを用いた 91 日間飲水投与試験では、腎臓の
23 病理組織学的変化の発生頻度及び程度の統計学的解析から、600 mg/L (40.98 mg U/kg 体
24 重/日)投与群のみで有意差が認められている。著者らは前の試験において、より低い投与
25 量で観察された腎臓の変化と合わせて、この試験における LOAEL を 24 mg/L (1.36 mg
26 U/kg 体重/日)と結論している。前に行われた試験の LOAEL 0.05 mg U/kg 体重/日を TDI
27 の算出に用いなかった。

28 その次に低い用量で認められた影響は、ラットの 91 日間飲水投与試験における全投与群
29 で認められた腎尿細管の変化(雌雄に尿細管上皮核の小嚢状の変形、雄では、近位尿細管
30 の拡張、尿細管基底部の核の管腔側への変位、及び細胞質の空胞変性)であり、LOAEL は
31 ウランとして 0.06 mg/kg 体重/日であった。この試験では離乳期のラット(雌雄、各投与
32 群 15 匹)が用いられ、病理組織学的検査を含め幅広い検査が行われている。したがって、
33 この試験における LOAEL に不確実係数を適用して TDI を算出することが適切であると考
34 えられた。

35 この試験において、体重等の全身影響はなく、病理組織学的検査項目以外に腎毒性を示
36 す結果は認められなかったこと、腎臓における病理組織学的結果に明らかな用量相関は認
37 められないことから、このウランの腎臓への影響は、重篤な病変ではないと考えられた。
38 これらの腎臓に対する影響及び体内動態においては、排泄が速く、定常状態にあると判断
39 されることから、91 日間の亜慢性試験による追加の不確実係数は不要と考えられた。ウラ

1 ンは腎臓から速やかに排泄されることを考慮して、不確実係数は 300(種差 10、個体差 10、
2 LOAEL から NOAEL への外挿 3) を適用することが適当と判断した。したがってウラン
3 の LOAEL を 0.06 mg/kg 体重/日とし、不確実係数 300 を適用したところ、ウランの TDI
4 は 0.2 µg/kg 体重/日となった。

5
6 TDI に相当する摂取量のウランによる放射線量は、実効線量として約 0.005 mSv/年に相
7 当し(参考 1 参照)、十分低い線量であると考えられた。したがって、ウランの毒性は化学
8 物質としての毒性がより鋭敏に出るものと考えられた。

9

10

11 <参考 1>

12 TDI=0.2 µg/kg 体重/日について、体重 60 kg とした場合、天然のウランの存在度と各同
13 位体の線量換算係数を用いて放射線の大きさを見積もると、約 0.005 mSv/年に相当。

14

核種	天然存在度 %	半減期 yrs	Specific activity Bq/µg	換算係数 mSv/Bq
²³⁴ U	0.0054	2.446 x 10 ⁵	230	4.9 x 10 ⁻⁵
²³⁵ U	0.72	7.038 x 10 ⁸	0.0803	4.7 x 10 ⁻⁵
²³⁸ U	99.2745	4.470 x 10 ⁹	0.0124	4.5 x 10 ⁻⁵

15

16 <参考 2>

17 対象者数が 50 と少ないなど、不確実性が大きいためあくまで参考であるが、カナダ・ノ
18 バスコシア州住民のウラン摂取量と尿中グルコース及びβ₂-MG 排泄量に関する Zamora et
19 al. (1998) のデータにベンチマークドース法を適用すると、性・年齢・飲料水ウランレ
20 ベル(高・低)を調整したベンチマークドースの 95%信頼下限値(BMDL)として 74~
21 82 µg U/日を得られた。

22

23

24