

参 考 文 献

- (1) 原子力安全委員会：“原子力発電所周辺の防災対策について”、昭和55年6月、P. 41 (1980).
- (2) WHO: “Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food – Guidelines for application after widespread radioactive contamination resulting from a major radiation accident.” WHO, Geneva, 1988.
- (3) ICRP: “放射線緊急時における公衆の防護のための介入に関する諸原則”、ICRP Publication 63, 1992(邦訳版：日本アイソトープ協会、丸善、1994).
- (4) Joint FAO/WHO Food Standard Programme: “Codex Alimentarius, General Requirements, Section 6.1, Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental nuclear Contamination.” 1991.
- (5) IAEA: “International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources.” Jointly sponsored by FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, WHO; IAEA, -Vienna, 1996.
- (6) IAEA: “Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency.” Safety Series No. 109, IAEA, Vienna, 1994.
- (7) 大桃洋一郎、田中義一郎：“放射性物質の農作物への移行”、放医研環境セミナーシリーズ No.13、NIRS-M-65、放医研、千葉、1987.
- (8) 原子力環境整備センター：“土壌から農作物への放射性物質の移行係数”、環境パラメータシリーズ 1、RWMC-88-P-11、(財)原子力環境整備センター、東京、1988.
- (9) UNSCEAR: “Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation – 1988 Report to the General Assembly, with Annexes.” pp. 323-326, p. 350, UN, New York, 1988.
- (10) Dunster, H. J.: “Windscale Revisited – Condensed from the Report of the National Radiological Protection board, NCRP-R135, ‘An Assessment of the Windscale Reactor Fire, October 1957.’ in ‘Environmental Radioactivity’, Proceedings of the Nineteenth annual Meeting of the NCRP, Proceedings No. 5, NCRP, Bethesda, 1983.
- (11) ICRP: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1.” ICRP Publication 56, Annals of the ICRP, vol. 20, No. 2, Pergamon Press, 1989.
- (12) ICRP: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients.” ICRP Publication 67, Annals of the ICRP, vol. 23, No. 3/4, Pergamon, 1993.

- (13) N. S. Jarvis, A. Birchall, A. C. James, M. R. Bailey and M-D. Dorrian:
"NRPB-SR287 Software LUDEP 2.0: Personal Computer Program for
Calculating Internal Doses Using the ICRP Publication 66 Respiratory
Tract Model." , 1996.
- (14) Ohmomo, Y., Sumiya, M., Hirano, K., Nakayama, M., Sumiya, F., Kohara, K. :
"Factors Used for the Estimation of Radioactive Nuclide Intake through
Foodstuffs by inhabitants in Coastal Area of Ibaraki Prefecture (I)
Leaf Vegetable Consumption in Kuji and Tokai Village and Measurement of
Dimensions of the Leaves" , 保健物理, 9, pp.99-107, 1974.
- (15) " : " " (II) Consumption of Fruit Vegetables, Flower
Vegetables and Mushrooms in Kuji Town and Tokai Village." 保健物理, 9,
pp.109-115 (1974).
- (16) Sumiya, M., Ohmomo, Y. : " " (III) Root Vegetable Consumption in
Kuji Town and Tokai Village." 保健物理, 10, pp.215-219, 1975.
- (17) Sumiya, M., Ohmomo, Y. : " " (IV) Consumption of Marine Foods in
Kuji Town and Tokai Village." 保健物理, 11, pp.57-64, 1976.
- (18) Sumiya, M., Ohmomo, Y. : " " (V) Consumption of Marine Foods in
Nakaminato City." 保健物理, 11, pp.115-122, 1976.
- (19) Sumiya, M., Nemoto, Y., Ohmomo, Y. : " " (VI) - Consumption of
Marine Foods in Oarai Town." 保健物理, 12, pp.265-272, 1977.
- (20) Sumiya, M., Nemoto, Y., Ohmomo, Y. : " " (VII) - The Consumption of
Leaf Vegetables and Milk by Infants in Tokai Village-." 保健物理, 14,
pp.111-113, 1979.
- (21) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: "平成8年度国民栄養の現状 - 平成6年
度国民栄養調査成績." 第一出版、東京、1996.

付録 1 放射性物質生成量の計算

いくつかの燃焼度及び炉停止後時間の場合について、初期濃縮度 3.0%、比出力 18.0 MW/t の燃料を PWR で燃焼した場合の主な核分裂生成物の生成量を、ORIGEN2 コードにより試算した。

各燃焼度の燃料に対する放射性物質生成量の炉停止 0.5 日後の計算値を付表 1. 1 に示す。

参考文献：

A. G. Croff : "ORIGEN2-A Revised and Updated Version of the Oak-Ridge Isotope Generation and Depletion Code : ORNL-5621. " July 1980.

付表 1. 1 核分裂生成物質の生成量の計算

核種	燃 焼 度 (MWD/t)				
	5,000	10,000	20,000	30,000	50,000
⁸⁹ Sr	6.2×10 ⁵	5.7×10 ⁵	4.8×10 ⁵	4.1×10 ⁵	3.1×10 ⁵
⁹⁰ Sr	1.2×10 ⁴	2.6×10 ⁴	4.7×10 ⁴	6.5×10 ⁴	8.8×10 ⁴
⁹⁵ Zr	8.7×10 ⁵	8.8×10 ⁵	8.3×10 ⁵	7.8×10 ⁵	7.2×10 ⁵
⁹⁵ Nb	8.3×10 ⁵	8.9×10 ⁵	8.4×10 ⁵	7.9×10 ⁵	7.2×10 ⁵
¹⁰³ Ru	5.7×10 ⁵	6.4×10 ⁵	7.2×10 ⁵	7.8×10 ⁵	8.8×10 ⁵
¹⁰⁶ Ru	5.9×10 ⁴	1.3×10 ⁵	2.5×10 ⁵	3.6×10 ⁵	5.2×10 ⁵
¹³¹ I	4.4×10 ⁵	4.5×10 ⁵	4.7×10 ⁵	4.7×10 ⁵	4.9×10 ⁵
¹³² I	6.2×10 ⁵	6.3×10 ⁵	6.3×10 ⁵	6.4×10 ⁵	6.5×10 ⁵
¹³³ I	6.9×10 ⁵	6.9×10 ⁵	6.9×10 ⁵	6.7×10 ⁵	6.6×10 ⁵
¹³⁴ I	3.3×10 ²	3.2×10 ²	3.0×10 ²	2.9×10 ²	2.8×10 ²
¹³⁵ I	2.7×10 ⁵	2.6×10 ⁵	2.6×10 ⁵	2.6×10 ⁵	2.6×10 ⁵
¹³² Te	6.0×10 ⁵	6.1×10 ⁵	6.2×10 ⁵	6.2×10 ⁵	6.3×10 ⁵
¹³⁴ Cs	4.5×10 ³	1.7×10 ⁴	5.7×10 ⁴	1.1×10 ⁵	2.5×10 ⁵
¹³⁷ Cs	1.6×10 ⁴	3.2×10 ⁴	6.3×10 ⁴	9.2×10 ⁴	1.5×10 ⁵
¹⁴⁰ Ba	8.8×10 ⁵	8.6×10 ⁵	8.3×10 ⁵	8.1×10 ⁵	7.8×10 ⁵
¹⁴⁰ La	9.3×10 ⁵	8.9×10 ⁵	8.7×10 ⁵	8.5×10 ⁵	8.4×10 ⁵
¹⁴¹ Ce	8.5×10 ⁵	8.4×10 ⁵	8.1×10 ⁵	7.9×10 ⁵	7.6×10 ⁵
¹⁴⁴ Ce	3.8×10 ⁵	5.6×10 ⁵	6.6×10 ⁵	6.6×10 ⁵	6.1×10 ⁵
²³⁸ Pu	2.4×10 ¹	1.2×10 ²	7.4×10 ²	2.1×10 ³	6.8×10 ³
²³⁹ Pu	1.4×10 ²	2.1×10 ²	2.8×10 ²	3.1×10 ²	3.7×10 ²
²⁴⁰ Pu	5.3×10 ¹	1.4×10 ²	3.4×10 ²	5.0×10 ²	6.5×10 ²
²⁴¹ Pu	4.9×10 ³	2.5×10 ⁴	7.5×10 ⁴	1.2×10 ⁵	1.9×10 ⁵
²⁴² Pu	6.9×10 ⁻³	7.7×10 ⁻²	6.5×10 ⁻¹	1.8×10 ⁰	4.7×10 ⁰
²⁴¹ Am	1.5×10 ⁰	1.5×10 ¹	8.9×10 ¹	1.8×10 ²	4.2×10 ²
²³⁹ Np	7.5×10 ⁶	7.7×10 ⁶	8.4×10 ⁶	9.3×10 ⁶	1.1×10 ⁷
²⁴² Cm	8.6×10 ¹	1.6×10 ³	1.6×10 ⁴	4.5×10 ⁴	1.1×10 ⁵
²⁴³ Cm	4.5×10 ⁻³	1.7×10 ⁻¹	4.2×10 ⁰	1.9×10 ¹	8.7×10 ¹
²⁴⁴ Cm	1.0×10 ⁻¹	5.1×10 ⁰	2.0×10 ²	1.5×10 ³	1.4×10 ⁴

単位 : Ci/t

付録2 セシウムとストロンチウムの複合汚染に対する核種組成

環境汚染における放射性セシウムと放射性ストロンチウムの混合割合として次の3つの場合を検討し、本文3.2に述べた理由から、 $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ の比が下記の②の0.1の場合を採用した。また、②及び③のとき、燃焼度 30,000 MWD/t の場合の炉心内放射能の比率をとって、放射性セシウムの混合割合は、 $^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs} = 1.1 \times 10^5 : 9.2 \times 10^4$ とし、放射性ストロンチウムの混合割合は、 $^{89}\text{Sr}, ^{90}\text{Sr} = 4.1 \times 10^5 : 6.5 \times 10^4$ としている。したがって、

^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr の比は、0.545 : 0.455 : 0.287 : 0.0455 となっていて、線量はこの4核種の合計の線量を計算している。

- ① チェルノブイル事故の際の放出割合で各核種の放出が起き、その放出された核種比率で食品も汚染されるとした場合 [注1]
- ② $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ の比が 0.1 の場合 [注2]
- ③ $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ の比が 0.01 の場合 [注3]

各核種の存在比 f_i は次のとおりである。ただし、 ^{134}Cs と ^{137}Cs 両者の f_i を加えれば1になるように値をとっている。

付表2. 1 セシウムとストロンチウムの複合汚染核種組成

	f _i の値			燃焼度30,000 MWD/t の場合の 軽水炉放射能存在量 (Ci/t)
	① チェルノ ブイル事故の 際の放出割合	② $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ の比が 0.1の場合	③ $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ の比が0.01の場合	
^{89}Sr	0.714	0.287	0.0287	4.1×10^5
^{90}Sr	0.113	0.046	0.0046	6.5×10^4
^{134}Cs	0.479	0.545	0.545	1.1×10^5
^{137}Cs	0.521	0.455	0.455	9.2×10^4

この表では、 $^{134+137}\text{Cs}$ を指標核種として、 ^{134}Cs と ^{137}Cs 両者の f_i を加えれば1になるように値をとっている。

[注1] チェルノブイル事故の場合の放出割合は、事故炉心内の放射能存在量に対して ^{134}Cs 10%、 ^{137}Cs 13%、 ^{89}Sr 4%及び ^{90}Sr 4%であった (IAEA SS No. 75-INSAG-1, p. 34)。また、同じ文献によると事故炉心内の放射能存在量は、 ^{90}Sr 2.0×10^{17} Bq、 ^{137}Cs 2.9×10^{17} Bq であり、炉心内の $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$

の比は、0.69である。この比は、上表の軽水炉の標準的放射能存在量における $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の比 0.71と良く合っている。炉心内存在量と前記の放出割合とから放出された ^{90}Sr と ^{137}Cs の比を計算すると約 0.2となる。

[注2] 国連科学委員会 1988 年報告書の付属書Dの 108項 (p.350)に関する Table 9 (p.350) に示された空气中時間積分の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の比は、ソ連領内及びギリシャなど比較近い距離で約 0.1であった。

[注3] 国連科学委員会 1988 年報告書の付属書Dの 106項では、西独ミュンヘンで $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の空气中濃度比は約 0.01 であった。日本の原子力安全委員会事故特委による「ソ連原子力発電所事故調査報告書」(昭62)の降下量 (p.80) から見ると、降下物中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 比は 0.01 程度であった。ただし、食品中に有意な ^{90}Sr は認められなかったとされている。

付録3 飲食物の分類と摂取量

使用した飲食物の分類と年齢層別1日当り摂取量を付表3. 1に示す。

成人の食品摂取量は“厚生省国民栄養の現状”に基づいて定めた(付表3. 2)。

幼児及び乳児の食品摂取量は、放医研による東海村周辺の食品実態調査からの推定値(付表3. 3)を参考として決めた。

使用した飲食物分類の基となった表を付表3. 4に示す。

食品群ごとの注目すべき核種群については、付表3. 5を参考とした。

付表3. 1 年齢層別1日当りの飲食物摂取量

(kgまたはリットル)

飲食物の種類	成人	幼児	乳児
飲料水	1.65 ¹⁾	1.0 ²⁾	0.71 ³⁾
牛乳、乳製品 ⁴⁾	0.2	0.5	0.6
野菜類 ^{5), 8)}	0.6	0.25	0.105
穀類 ^{6), 8)}	0.3	0.11	0.055
肉、卵、魚介類、その他 ^{7), 8)}	0.5	0.105	0.05
全食品(飲料水を除く)	1.6 ⁹⁾	0.965	0.81 ¹⁰⁾

1) ICRP Publ. 23による、一日当り総水摂取量 3000 mlから、牛乳 300 ml 食物中に含有される水 700 ml、食物の酸化によって体内で生成する水 350 ml を除いた数字。結局、水道水 150 ml とその他 1500 mlの和である。

2) 幼児についての値は、“原子力発電所周辺の防災対策について”(昭和55年6月、平成元年3月改訂、原子力安全委員会) p. 43の幼児の1日当り飲料水摂取量によった。

3) IAEA SS 81の1年当り 260リットル(p. 63の Water and beverages) を用いた。

4) “発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針”(原子力安全委員会) 第5表によった。

5) 葉菜、果花菜、きのこ、果実、海草、及び、根菜、芋類。

6) 米、豆類等、可食部が地上部にあって殻で覆われている食品群として一括。

7) 牛乳を除く動物蛋白質食品、牛肉以外の汚染レベルは低いと考えられる。

8) 付表3. 2及び付表3. 3によった。

9) 厚生省「国民栄養調査」昭和59年と60年の平均は、1.35 kg である(参考値)。

10) WHO、“Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food”

(1988)で乳児は、1年に 275 kg の牛乳と 275 kg の水を摂取するとしている。

その牛乳の 275 kg を1日当りにすると 0.75 kgとなる。

付表3. 2 食品摂取量（成人全国平均値） “厚生省国民栄養の現状”による

食 品 群	日摂取量* (g/日/人)
米 類	220
葉 菜 類	100
果 菜 類	55
根 菜 類	100
芋 類	65
果 実 類	145
牛乳及び乳製品	125
牛 肉	20
豚 肉	30
鶏 肉	20
卵 類	40
魚 介 類	100
海 草 類	25 **
そ の 他	340

*国民栄養調査のデータに汚染経路を加味して分類し直し、消費量としては概数（市販されている状態での生重量）を示したものである。

**生重量に換算

付表3. 3 茨城県沿岸漁業世帯成人の食品摂取量及び幼児の食品摂取量推定値

食 品 群	日摂取量* (g/日/人)		
	茨城県漁業成人	0.5歳～1歳児	5～6歳児
米 類	320	55	110
葉 菜 類	140	20	50
果 菜 類	120	15	30
根 菜 類	180	20	50
芋 類	50	15	30
果 実 類	—	30	75
牛乳及び乳製品	—	600	300
牛 肉	—	5	10
豚 肉	—	10	15
鶏 肉	—	5	10
卵 類	—	10	20
魚 介 類	390	20	50
海 草 類	60	5	15

*幼児の食品摂取量は放医研が東海村周辺で幼児の葉菜、ミルク、海産物の消費実態調査を行った時のデータと付表3. 2の成人摂取量から換算係数を求め、それを用いた推定値である。

付表3. 4 誘導介入レベル（D I L）導出に用いる食品摂取量（成人）

食 品 群	日摂取量（g／日／人）	
	実態調査の数値	DIL導出用の数値*
1. 飲料水	—	2,200 ¹⁾
2. 葉菜、果花菜、きのこ、果実、海草 ²⁾	335	400
3. 牛乳、乳製品	125	200
4. 米、豆類 ³⁾	285	300
5. 根菜、芋類 ⁴⁾	165	200
6. 肉、卵、魚介類 ⁵⁾	210	200
7. その他	245	300
飲料水を除く合計	1,365	1,600

注1) 2,200 という数値は、食品中の水分も含んでいる。

2) 可食部が地上部にあつて直接汚染される食品群として一括。

3) 可食部が地上部にあつて殻で覆われている食品として一括。

4) 可食部が地中にある野菜。

5) 牛乳を除く動物性蛋白質食品、牛肉以外の汚染レベルは低いと考えられる。

* 摂取量が多いほどD I L値はきびしくなる。

付表3. 5 食品群ごとの注目すべき核種群

食 品 群	核 種 群	ヨウ素	セシウム	ストロンチウム	アクチニド核種
1. 飲料水		○	○	○	×
2. 葉菜、果花菜、きのこ、果実、海草		○	○	△	△
3. 牛乳、乳製品		○	○	○	×
4. 米、豆類		×	○	○	×
5. 根菜、芋類		×	△	△	×
6. 肉、卵、魚介類		×	○	×	△
7. その他		—	—	—	—

注1. 一般には、ヨウ素群のみが注目すべき核種であるが、当表ではチェルノブイル事故のような大規模事故までも含めて注目すべき核種を示したものである。

2. 放出条件としては、スタックから大気中への放出を考えたものである。放射性廃液が沿岸放出された場合には、魚介類について注目すべきである。

3. その他の食品は、地域特産物などを考慮するため、ここでは注目すべき核種を示すことはできない。

(付録3の参考文献)

- (1) 大桃洋一郎, 田中義一郎: 放医研環境セミナーシリーズ No.13, 1987.
- (2) USNRC: NRC Regulatory Guide, 1.109, 1977 .
- (3) E. M. Romney, A. Wallace, R. K. Shulz, Jean Kinnrear and R. A. Wood:
Soil Sci., 40-59, 1981.
- (4) IAEA: IAEA Safety Series No.81, 1986.
- (5) たとえば、食品需給表, (財)農林統計協会, 1986.
- (6) たとえば、国民栄養の現状, 厚生省公衆衛生局栄養課編, 1986.
- (7) Ohmomo Y., et al. : 保健物理, 9, 99-107, 1974.
- (8) Ohmomo Y., et al. : 保健物理, 9, 109-115, 1974.
- (9) Sumiya M., et al. : 保健物理, 10, 215-219, 1975.
- (10) Sumiya M., et al. : 保健物理, 11, 57-64, 1976.
- (11) Sumiya M., et al. : 保健物理, 11, 115-122, 1976.
- (12) Sumiya M., et al. : 保健物理, 12, 265-272, 1977.
- (13) Sumiya M., et al. : 保健物理, 14, 111-113, 1979.
- (14) 住谷みさ子: 第7回放医研環境セミナー報文集, 234-242, 1979.
- (15) 原子力委員会: 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針につ
いて, 昭和51年 9月28日.

付録 4 年平均濃度とピーク濃度（最高濃度）との比

飲食物の指標を定めるに当っては、放射性核種の物理的減衰を考慮することとした。ヨウ素群の核種は短半減期であり、長くない日数の汚染飲食物の摂取によって比較的高い線量を受けるため物理的半減期による減衰以外は考慮しない。

これに対して、放射性セシウムあるいは放射性ストロンチウムは半減期が長いため、1年程度ではあまり汚染が減少しない。しかしながら、汚染の程度は地域的にばらつく一方では、人の摂取する様々な飲食物の生産地も多様になるであろう。こうした時間的・空間的な希釈効果を考えて、欧州共同体では、年平均濃度はピーク濃度の1/10以下にしなければならないとして、飲食物の最大許容レベルを導いている。また、この1/10の仮定は、欧州共同体におけるチェルノブイル原子炉事故による飲食物汚染の実情から見ても安全側であったと評価している。

しかしながら、ここでは仮定をよりきびしくする明らかな理由はないが、安全側をとって、年平均濃度はピーク濃度の1/2という仮定をした。なお、年平均濃度がピーク濃度より低くなる理由としては、次のようなこと等が考えられる。

(1) 飲料水については、原子力発電所が海岸立地であるため、大型の湖沼（例えば、水の平均滞留日数は、諏訪湖で47日、琵琶湖で2000日といわれている。）や広い水源地域との距離があり、これらを汚染するおそれは、少ないと考えられる。

原子力発電所に近く、汚染の可能性のある周辺の河川の水の入替りは一般に早いと考えられる。

(2) 食品は他地域との流通があり、限られた汚染地域からの食品だけを飲食するとは考えられない。（例えば、食品の35%程度が輸入品である。）

(3) 野菜、果実などは品目が多いので、一時季にだけ成育または収穫されるのではない。また、露地野菜のほか、ハウス栽培のものも相当に生産されている。

(4) 飼料穀物の多くは輸入品である。

参考表 飲食物摂取制限指標案と他の指針との比較

(1) 放射性ヨウ素

(混合核種の代表核種： ^{131}I)			^{131}I (単一核種)	
甲状腺線量レベルを 50mSv/年とし、ヨウ素が血液から甲状腺に移行する割合を今回 0.3、現行 0.2として試算		今回試算	現行防災指針	
単位 (Bq/kg)	飲料水	300	飲料水	100
	牛乳・乳製品	300	牛乳・乳製品	200
	野菜類 (根菜・芋類を除く。)	2000	葉菜	6000

(2) 放射性セシウム

実効線量レベルを5mSv/年とし、 ^{89}Sr 及び ^{90}Sr 合計の放射能濃度に適用		今回試算 (備考1)
(Bq/kg)	飲料水	200
	牛乳・乳製品	
	野菜類	500
	穀類	
	肉・卵・魚その他	

備考1： $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 比が 0.1を超える場合等、その状況に応じ、指標を低減して運用。

(3) プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種

実効線量(当量)レベルを5mSv/年とし、 ^{241}Am 及び ^{239}Pu 等合計の放射能濃度に適用		今回試算 (備考2)
(Bq/kg)	飲料水	1
	牛乳・乳製品	
	野菜類	10
	穀類	
	肉・卵・魚その他	

備考2：乳児用市販食品には、1 Bq/kg を適用する。ただし、この食品は調理され食事に供される形に適用される。

IAEA BSS.....食糧に対する一般対策レベル

放射性核種	一般用食品 (Bq/kg)	牛乳、乳児用食品、飲料水 (Bq/kg)
$^{134, 137}\text{Cs}$, $^{103, 106}\text{Ru}$, ^{89}Sr	1,000	1,000
^{131}I		100
^{90}Sr	100	
^{241}Am , $^{238, 239}\text{Pu}$	10	1

各放射性核種グループの基準は、各グループの放射性核種の放射能の合計に対して個別に適用しなければならない。

欧州共同体規則の食品および家畜飼料中放射能の最大許容レベルと ICRP Pub. 63 勧告
(Bq/kg)

放射性核種 (代表的核種)	乳児用 食品	乳製品	副次食品	他の食品	液状食品	ICRP Pub. 63 勧告 (比較)
Sr 同位体 (Sr-90)	75	125	7,500	750	125	100-1000
I 同位体 (I-131)	150	500	20,000	2,000	500	1,000-10,000
Pu 及び 超 Pu 元素の α 放射性同位元素	1	20	800	80	20	10-100
半減期が10日を 超える他の全ての放 射性核種[a] (Cs-134, 137)	400	1,000	12,500	1,250	1,000	1,000-10,000

[a] このカテゴリーは、Ru-103 及び Ru-106 を含む。C-14、H-3 及び K-40 はこのグループに含まれない。

動物用飼料	最大許容レベル (Bq/kg) [b]
ブタ	1,250
家禽類、子羊と子牛	2,500
その他	5,000

[b] 最大許容レベルは Cs-134 及び Cs-137 についてのみ。

(参考文献)

- (1)CEC(1986):Official Journal of the European Communities. No L 146, 31, 5, 1986, P. 88.
- (2)CEC(1993):ibid. No L 150, 22, 6, 1993, P. 30.
- (3)CEC(1987):ibid. No L 371, 22, 12, 1987, P. 11.
- (4)ICRP:放射線緊急時における公衆の防護のための介入に関する諸原則, ICRP Pub. 63, 1992

原子力発電所等周辺防災対策専門部会 環境ワーキンググループ委員

(平成10年1月現在)

〔委員〕

- | | |
|---------|-------------------------------------|
| 市川 龍 資 | 元放射線医学総合研究所科学研究官 (主査) |
| 赤 沼 篤 夫 | 元放射線医学総合研究所放射線障害医療部長
(平成9年11月まで) |
| 岩 島 清 | (株)環境管理センター取締役・技術本部長 |
| 草 間 朋 子 | 東京大学医学部助教授 |
| 備 後 一 義 | (財)放射線計測協会専務理事 |

〔部外協力者〕

- | | |
|---------|--|
| 小 林 健 介 | 日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部
緊急時システム研究室長 |
| 須 賀 新 一 | 日本原子力研究所国際原子力総合技術センター東海研修センター
動力炉・核燃料開発事業団品質保証推進室次長 |
| 成 田 脩 | 放射線医学総合研究所宇宙環境生物医学及び粒子線生物学第3グループサブグループリーダー |
| 福 田 俊 | 放射線医学総合研究所宇宙環境生物医学及び粒子線生物学第3グループサブグループリーダー |
| 村 松 康 行 | 放射線医学総合研究所那珂湊放射生態学研究センター第4研究グループサブグループリーダー |

原子力発電所等周辺防災対策専門部会 環境ワーキンググループの審議経過

- | | | | |
|------|------|--------|-----|
| 第26回 | 平成8年 | 6月25日 | (火) |
| 第27回 | 平成8年 | 7月24日 | (水) |
| 第28回 | 平成8年 | 9月11日 | (水) |
| 第29回 | 平成8年 | 10月21日 | (月) |
| 第30回 | 平成8年 | 11月28日 | (木) |
| 第31回 | 平成9年 | 1月22日 | (水) |
| 第32回 | 平成9年 | 8月8日 | (金) |

飲食物摂取制限に関する最適介入 レベルについて

原子力発電所等周辺防災対策専門部会
環境ワーキンググループ

事故時の介入線量レベルについては、放射線健康影響のリスクの観点から対策が常に必要とされる線量レベル、いわゆる上限線量レベルと、対策の費用がその対策によって得られる便益を超えるために、これより低いレベルでは対策が正当とはされない線量レベル、すなわち下限線量レベルがあるとされていた。そして、ICRP Publication 40 (1984)「大規模放射線事故の際の公衆の防護：計画のための原則」では、飲食物摂取制限に関する介入線量レベルについて表1が勧告された。

表1 飲食物摂取の制限に関する介入線量レベル

	最初の1年間で与えられる予測預託線量当量 (mSv)	
	全身線量または 実効線量当量	選択的に照射される 個々の臓器
上限線量レベル	50	500
下限線量レベル	5	50

ICRP Publication 63 (1992)では、任意の1種類の食料品に対して、ほとんどいつでも正当化される介入レベルは、1年のうちに回避される実効線量で10mSvとしている。そして、この勧告では、ほとんどつねに正当化される介入レベル、及び最適化される介入レベルが存在すると予想される範囲を示していて、その部分は表2のとおりである。

表2 飲食物摂取の制限に関して勧告された介入レベル

	回避線量についての介入レベル (mSv)	
	ほとんどつねに 正当化される値	最適値の範囲
1種類の食品に対する制限	10(1年間に)	1,000-10,000 Bq kg ⁻¹ (β/γ放出体) 10-100 Bq kg ⁻¹ (α放出体)

そこで、具体的な対策に対して最適化された介入レベルについて、IAEA安全シリーズNo.109 (1994) " Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency " の推定法を参考に我が国における最適化介入レベルを試算推定する。それらは、(1) 食料

品の回収及び交換のための最適化濃度レベル、及び(2)食料品を回収するために農業対策を考慮して最適化された介入レベルの変更として、(2a)汚染されていない飼料との交換に基づく牛乳に関して最適化された介入レベルの範囲、及び(2b)汚染されていない飼料との交換に基づく食肉に関する最適化されたレベルの範囲である。

(1) 食料品の回収及び交換のための最適化レベル

最適化された濃度 C_{ban} [Bq/kg] は次式で与えられる。

$$C_{ban} = b / (a \cdot e(50)) \quad (1)$$

ここに、 b : 1kg当たりの食料品の価格

a : 1人 Sv の回避集団線量に値付けされる費用

$e(50)$: 1Bq の摂取からもたらされる預託実効線量

(パラメータの設定)

・ b (1kg当たりの食料品の価格) :

カテゴリー1 : ミルク、野菜、穀物、果実 約600円/kgまで(140~600円/kg^{*1}を想定)

(SS-109では、0.4~1\$/kgを想定)

カテゴリー2 : 肉、乳製品

約6,000円/kgまで(1,000~6,000円/kg^{*1}を想定)

(SS-109では、約10\$/kgを想定)

・ a (1人 Sv の回避集団線量に値付けされる費用) :

$a = (1人 Sv の集団線量が期待寿命の短縮に与える影響 (約1年))$

× (国の健康管理レベル ; 純粹に経済的な観点で、統計的な生命喪失年に関連づけられる最小値は、1人当たりの年間GNPとしている。我が国の1994年度1人当たりのGNPは、3,860,000円^{*2}である。)

従って、 a は

$$a = 1[年/Sv] \times 3,860,000[円/(年 \cdot 人)]$$

$$= 3,860,000 \text{ 円}/(人 \cdot Sv)$$

この値は、放射線影響のリスク係数に関連する不確定性のために、ファクター2程度以内としている。

ゆえに、 a の範囲は2,000,000~8,000,000円/(人・Sv) (SS-109では、10,000~40,000\$/ (人・Sv)) となる。

・ $e(50)$ (1Bqの摂取からもたらされる預託実効線量) :

ここでは、 $e(50)$ 値が 10^{-8} 、 10^{-7} 及び 10^{-6} Sv/Bqの3つのグループを考える。

*1 小売物価統計調査報告No. 528、総務庁統計局を参考

*2 経済要覧・平成8年版・経済企画庁調査局

(試算)

カテゴリ-1の食料品と 10^{-8} Sv/Bqグループの介入レベルは、おおよそ次のとおり、

140~600[円/kg]

$\approx 2,000 \sim 30,000$ Bq/kg

$(2 \times 10^6 \sim 8 \times 10^6)$ [円/(人 Sv)] $\times 10^{-8}$ [Sv/Bq]

同様に、他の放射性核種グループと他の食料品カテゴリについても計算すると表3のとおりとなる。

表3 食料品の回収及び交換のための最適化されたレベルの範囲

放射性核種グループ	食料品カテゴリ-1 のレベル (Bq/kg)	食料品カテゴリ-2 のレベル (Bq/kg)
グループ1 (10^{-8} Sv/Bq)	約2,000 ~ 30,000 (約1,000~10,000)	約10,000 ~ 300,000 (約10,000~100,000)
グループ2 (10^{-7} Sv/Bq)	約200 ~ 3,000 (約100~1,000)	約1,000 ~ 30,000 (約1,000~10,000)
グループ3 (10^{-6} Sv/Bq)	約20 ~ 300 (約10~100)	約100 ~ 3,000 (約100~1,000)

()内はSS-109の値

(2) 食料品を回収するために農業対策を考慮して最適化された介入レベルの変更

(2a) 汚染されていない飼料との交換に基づく牛乳に関して最適化された介入レベル
牛乳中の最適な放射能濃度は、次式のとおり表されている。

$$C_{opt} = (b_r i_r) / (\alpha V e(50)) \quad (2)$$

ここに、 b_r (汚染されていない飼料の費用) : 38.8円/kg*3 (工場出荷価格)

(SS-109では、0.1~0.5 \$/kgを想定)

i_r (1日当たり動物が消費する飼料の量) : 約25kg/日 (1/3が交換可能)

α : 2,000,000~8,000,000円/(人 Sv)

V (1日当たりのミルク生産量) : 10リットル/日

$e(50)$: 10^{-8} 、 10^{-7} 及び 10^{-6} Sv/Bqの3つのグループ

この結果は、表4のとおりである。

*3 農水省 飼料月報 (1996年5月)

表4 汚染されていない飼料との交換に基づく牛乳に関する最適化されたレベルの範囲

放射性核種グループ	最適化された介入レベル (Bq/kg)
グループ1 (10^{-8} Sv/Bq)	約 400 ~ 1,600 (約 100~1,000)
グループ2 (10^{-7} Sv/Bq)	約 40 ~ 160 (約 10 ~ 100)
グループ3 (10^{-6} Sv/Bq)	約 4 ~ 16 (約 1 ~ 10)

()内はSS-109の値

(2b) 汚染されていない飼料との交換に基づく食肉に関して最適化された介入レベル
食肉中の最適な放射能濃度は、次式のとおり表されている。

$$C_{opt} = (b r i r) / (\alpha M \lambda_b e (50)) \quad (3)$$

ここに、

- b_r (汚染されていない飼料の費用) : 38.8円/kg*³(工場出荷価格)
(SS-109では、0.1~0.5\$/kgを想定)
- i_r (1日当たり動物が消費する飼料の量) : 約25kg/日
(この場合、全部交換可能とする。)
- α : 2,000,000~8,000,000円/(人 Sv)
- M (動物個体当たりの食肉の質量) : 300kg
- λ_b (生物学的クリアランス率[1/日]) :
(Cs-137の場合: $\ln 2/30$ [/日])
- $e(50)$: 10^{-8} 、 10^{-7} 及び 10^{-6} Sv/Bqの3つのグループ

なお、本計算の λ_b はSS-109の入力条件と同一にした。これにより計算すると、表5のとおりとなる。

表5 汚染されていない飼料との交換に基づく食肉
に関する最適化されたレベルの範囲

放射性核種	最適化された介入レベル (Bq/kg)
Cs-137	約 1,800 ~ 約 7,000 (数 100 ~ 数 1,000)
I-131	約 180 ~ 約 7,000 (約 10 ~ 約 1,000)
Sr-90	約 180 ~ 約 7,000 (数 10 ~ 数 1,000)
Pu-239	約 1,800 ~ 約 7,000 (数 100 ~ 数 1,000)

()内は S S - 109 の値

参考として、以下の文献*4により推定した λ_b (生物学的(実効)クリアランス率[1/日])により、計算した例を示す。

推定値 I-131: $\ln 2/3$ [/日]、Sr-90: $\ln 2/57$ [/日]、Pu-239: $\ln 2/1,000$ [/日]

I-131: 約180 ~ 約 700 Bq/kg

Sr-90: 約300 ~ 約1,000 Bq/kg

Pu-239: 約500 ~ 約2,000 Bq/kg

長期間動物の体内に残留する核種 (たとえば、Pu-239) ほど最適化放射能濃度が高い。そのため、この対策による線量低減のための費用と努力は大きくなり、他にそれほど費用や努力が掛からずにより良く線量低減を達成できる対策があるならば、その対策を選んだ方が効率的である。

これまで検討した対策のうち、食料品の回収及び交換の最適化レベル (表3) を基礎にして、最適化の観点から我が国における飲食物摂取制限の一般対策レベルを推量するとおおよそ表6のとおりである。

*4 P. J. Coughtrey, D. Jackson, M. C. Thorne: 'Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystem. A Critical Review of Data' Vol. 1(1983), Vol. 3(1983), Vol. 4(1984): Prepared for the Directorate-General Employment, Social Affairs and Education. Health and Safety Directorate. CEC: A. A. Balke/Rotterdam. の文献より推定

表6 最適化された介入レベルの範囲に基づく食料品に関する一般対策レベル

放射核種	一般的食料 (Bq/kg)	牛乳、乳児食 (Bq/kg)
Cs-134, 137, Ru-103, 106, Sr-89	3,000	3,000 (1,000)
I-131	(1,000)	300
Sr-90	300 (100)	(100)
Am-241, Pu-238, 239, 240, 242	30 (10)	3 (1)

() 内はSS-109の値

表6の一般対策レベルで、I-131及び α 核種(Am-241、Pu-238, 239等)は一般対策レベルが“牛乳、乳児食”では、一般的食料の値より1桁小さくなっている。この理由は、I-131の乳児の $e(50)[Sv/Bq]$ が 10^{-8} より1桁高い 10^{-7} であり、また α 核種の乳児の $e(50)[Sv/Bq]$ が 10^{-6} よりもむしろ1桁高い 10^{-5} となっているためである。