

12. 地球規模フォールアウト¹³⁷Csによる 日本人の健康リスクの評価

EVALUATION OF JAPANESE HEALTH RISK BY GLOBAL Cs-137 FALLOUT.

島田洋子*、森澤眞輔*、井上頼輝*

Yoko SHIMADA, Shinsuke MORISAWA, Yoriteru INOUE

ABSTRACT; Fallout Cs-137 from atmospheric nuclear detonation tests has been worldwide transported in the environment and finally taken by human through various pathways. In particular, dietary uptake pathways are very important for evaluating the human health risks by long-term global low level radioactive contamination. In this study, the global Cs-137 transport model containing various possible pathways to total dietary uptake by Japanese is proposed considering the dynamic performance of Cs-137 in global atmospheric environment and its deposition on the land surface. The model includes the pathway through the foods import from all over the world. The proposed model was examined by comparing the numerical simulation results with the monitoring data of Cs-137 in Japanese total diet, and the Japanese health risk was evaluated. The main results obtained in this study are as follows :

- (1) The proposed model is promising for evaluating the Japanese dietary intake of global radioactive fallout Cs-137.
- (2) Uptake of Cs-137 by ingestion depends mainly on farm products during high deposition periods and on marine products during low deposition periods.. Japanese dietary Cs-137 intake from foreign countries through imported foods is increasing.
- (3) The Japanese risk of developing cancer by internal radiation was estimated at maximum about 10 persons annual excess death per 1 billion.

KEYWORDS; Cs-137, Food contamination, Dietary intake, Internal radiation, Health risk, Food trade, global fallout, Mathematical model, Japan

1. はじめに

大気圏内核実験などによって環境中に放出された放射性核種は、地球規模に拡散し、様々な経路を経て最終的に人体へ至るが、生態学的長期にわたる人体への健康リスクを評価する視点から特に重要な経路は、食物を介して人体へ至る経路である(Fig.1)。食物を介する放射性核種による公衆の内部被曝線量を評価する方法には、フォールアウトから食品を経て人間に至る移行をマクロな一つの経路として評価する方法と、放射性核種の移行経路の各々を順次モデル化する方法とがある。前者においては、評価に必要なパラメータとして、降下量-摂取量換算係数が用いられる⁽¹⁾。後者においては、評価に必要なパラメータは多数になり、前者に比べてモデルも複雑になる。しかし、環境の広域微量汚染が人に及ぼす影響の構造を理解し、影響を低減する方法について検討するためには、後者の方法を採用する必要がある。

本研究では、第2回シンポジウムで報告した¹³⁷Csの地球規模降下特性を評価するモデル⁽²⁾を基礎にして、地球の各要素へのフォールアウトの分配量を推定し、地表に降下した¹³⁷Csが食品を通して日本人に摂取され蓄積されるまでの諸特性を評価する数学モデルを構築し、実測データに照らして検証すると共に、日本人の健康リスクを評価することを目的とする。日本人への食物を介しての¹³⁷Cs摂取の評価に関しては、日本の世界規模での農・水・畜産物の輸入に伴う¹³⁷Csの人為的な輸送(Fig.2)を考慮した。

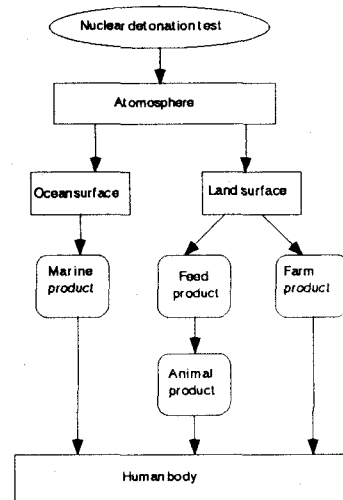


Fig.1 Pathways of fallout Cs-137 to Japanese through dietary intake

* 京都大学工学部環境地球工学教室

Dept. of Global Environmental Engineering, Fac. of Engineering, Kyoto Univ.

2. 評価モデルの構成

2.1 地球規模 ¹³⁷Cs 降下特性評価モデル

第2回シンポジウムで報告したフォールアウト ¹³⁷Cs の地球規模降下特性の評価モデル⁽²⁾の概略を以下に述べる。このモデルは、地球大気と地表面を14の緯度帯領域に、海洋を6つの領域（北極海、北大西洋、南大西洋、インド洋、北太平洋、南太平洋）に分割したコンパートメントモデルであり、大気圏内核実験によって環境中に放出

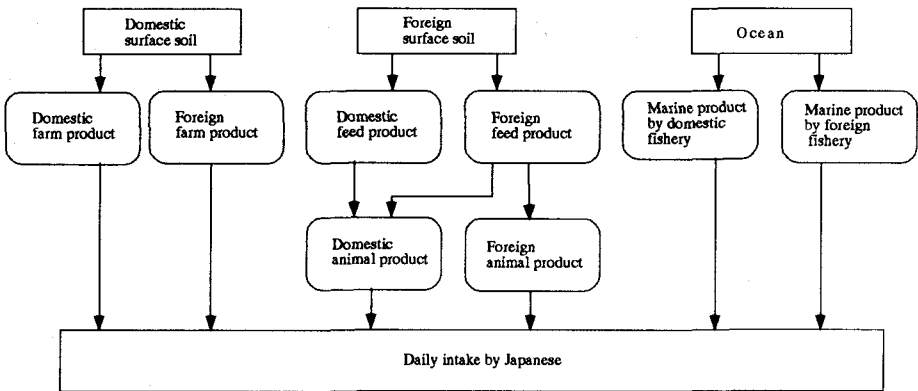


Fig.2 Social supply pathways of fallout Cs-137 to Japanese through food import to Japan

された ¹³⁷Cs の地球規模の挙動を評価し、緯度帯毎の ¹³⁷Cs 降下率、土壌中 ¹³⁷Cs 濃度、海洋領域毎の海水中 ¹³⁷Cs 濃度を算出するものである。本研究では、このモデルを基礎にして、14 緯度帯毎での農産物、畜産物中 ¹³⁷Cs 濃度、6 海洋領域での水産物中 ¹³⁷Cs 濃度を評価するモデルを構築する。

2.2 農産物中 ¹³⁷Cs 濃度評価モデル

農作物を介する土壌中 ¹³⁷Cs 濃度移行経路は、食品経路による内部被曝線量を評価する上で特に重要な経路であるといえる。農作物を介する経路には、（フォールアウト）→（土壌）→（農作物）→（人間）の経路（農作物経根吸収経路）と、（フォールアウト）→（農作物）→（人間）の経路（農作物直接沈着経路）とがある。農作物中の ¹³⁷Cs 濃度は、前述の ¹³⁷Cs の地球規模降下特性を評価するモデルによって算出される14の緯度帯に分割された地球表面ごとの ¹³⁷Cs 降下率と、土壌中濃度を用いて次式により算定する。

$$P_{m,i} = TF_m \cdot C_i + K_m \cdot F_i \tag{1}$$

- ここに、 $P_{m,i}$: 第*i*緯度ゾーンで収穫される第*m*農産物中の ¹³⁷Cs 濃度 (Bq/kg)
- C_i : 第*i*緯度ゾーンの ¹³⁷Cs 土壌中濃度 (Bq/kg)
- F_i : 第*i*緯度ゾーンへの ¹³⁷Cs 降下率 (Bq/m²・month)
- TF_m : 土壌中 ¹³⁷Cs 濃度に対して農作物の種類*m*毎に定義される ¹³⁷Cs の経根移行係数 (-)
- K_m : ¹³⁷Cs の降下率に対して農作物の種類*m*毎に定義される ¹³⁷Cs の直接沈着係数 (Bq/m²・month)

本研究では、日本人が摂取する農産物を、米、小麦、大麦類、いも類、豆類、果実類、野菜類、植物性油脂の計 8 種類の食品に分類して、¹³⁷Cs 濃度を算出する。

2.3 畜産物中 ¹³⁷Cs 濃度評価モデル

家畜によって飼料から摂取され畜産物へ移行する ¹³⁷Cs 量を評価する数学モデルを構築する場合、飼料から肉、卵、乳への移行係数を用いる方法と、家畜による摂取、保持、排泄の時間変化をモデル化する方法とがある⁽³⁾。前者は、放射性核種が環境への一定で長期にわたる放出する場合の評価に有効であり、各畜産物の移行係数について多数報告されている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。後者は、大量のデータが必要であり、家畜よりむしろ人間の放射性核種の代謝をモデル化して評価する場合に有効である。本研究では、畜産物中の ¹³⁷Cs 濃度を移行係数を用いて、地表面緯度ゾーン毎に次式により算出する。

$$Q_{n,i} = Fm_n \cdot \sum_m P_{m,i} \cdot I_{n,m} \tag{2}$$

- ここに、 $Q_{n,i}$: 第*i*緯度ゾーンで生産される第*n*畜産物可食部中濃度 (Bq/kg)
- Fm_n : 家畜飼料中 ¹³⁷Cs 濃度に対して畜産物の種類*n*毎に定義される ¹³⁷Cs の移行係数 (day/kg)
- $P_{m,i}$: 第*i*緯度ゾーンで収穫される家畜飼料*m*中 ¹³⁷Cs 濃度 (Bq/kg)
- $I_{n,m}$: 飼料の種類*m*毎に定義される家畜*n*の飼料摂取率 (kg/day)

本研究では、日本人が摂取する畜産物を、牛肉、豚肉、鶏肉、羊肉、鶏卵、牛乳、乳製品の計 7 種類に分類し、各食品毎に ¹³⁷Cs 濃度を算出する。

2.4 水産物中 ¹³⁷Cs 濃度評価モデル

海洋中の ¹³⁷Cs が水産物へ移行する経路には、（海水）→（水産物）の経路と（海水）→（海底堆積物）→（水産物）の経路とがある。海水から水生生物への生物濃縮に及ぼす堆積物と海水の影響を比較した研究⁽⁶⁾から、

^{137}Cs の場合、堆積物に比べて海水の影響が大きいことがわかっているため、本研究では堆積物を經由する経路は考慮しない。水産物中の ^{137}Cs 濃度は、放射性核種の水生生物への生物濃縮率を表すパラメータである濃縮係数 (concentration factor; CF) を用いて、次式により算出する。海水中 ^{137}Cs 濃度は、地球規模 ^{137}Cs 降下特性評価モデルにより6つの海洋領域 (北極海、北大西洋、南大西洋、インド洋、北太平洋、南太平洋) ごとに算出したものを用いる。

$$S_{n,j} = CF_j \cdot C_n \quad (3)$$

ここに、 $S_{n,j}$: 第 n 海洋領域で漁獲される水産物 j 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

C_n : 第 n 海洋領域中の海水中 ^{137}Cs 濃度 (Bq/l)

CF_j : 海水中 ^{137}Cs 濃度に対して水産物の種類 j 毎に定義される ^{137}Cs の濃縮係数 (l/kg)

本研究では、日本人が摂取する水産物を、さけ・ます、まぐろ類、たい・かれい類、あじ・いわし類、その他の魚、いか・たこ・かに・えび、貝類、海草類、魚介加工品の計9種類に分類し、各食品毎に ^{137}Cs 濃度を算出する。

2.5 食糧の人為的移行モデル

農・畜・水産物ごとに、貿易統計から輸入相手国を設定し、食糧の輸入に付随する ^{137}Cs の日本への輸入に (人為的移行) をモデル化する。

(A) 農産物・飼料の輸入

農産物の輸入相手国を29ヶ国、飼料の輸入相手国を23ヶ国抽出し、各輸入相手国毎に農産物・飼料中 ^{137}Cs 濃度を次式により算定する。ここで、日本国内での生産量は、便宜上、日本から日本への輸入とみなしている。

$$T_{p,m} = \sum_i PF_{m,i} \cdot p_{m,i} \quad (4)$$

ここに、 $T_{p,m}$: 輸入相手国 p で生産される農産物・飼料 m 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

$PF_{m,i}$: 輸入相手国 p における農産物・飼料 m の第 i 緯度ゾーン生産割合 (-)

$p_{m,i}$: 第 i 緯度ゾーンで収穫される農産物・飼料 m 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

さらに、各国から日本へ輸入される農作物、飼料中 ^{137}Cs 濃度は農作物・飼料の種類毎に次式により算定する。

$$U_m = \sum_p PI_{p,m} \cdot T_{p,m} \quad (5)$$

ここに、 U_m : 輸入農作物・飼料 m 中 ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

$PI_{p,m}$: 日本の農作物・飼料 m の輸入及び生産全量に占める p 国からの輸入量 (日本の場合生産量) の割合 (-)

(B) 畜産物の輸入

畜産物の輸入相手国を17ヶ国とし、各輸入畜産物中の ^{137}Cs 濃度を次式により算定する。ただし、日本以外の国では畜産物の生産に必要な飼料はその国で自給しているものし、日本では国産飼料と輸入飼料とが市場において完全混合され、畜産物の生産割合にしたがって供給されるものとする。

$$T_{p,n} = \sum_i PF_{n,i} \cdot q_{n,i} \quad (6)$$

ここに、 $T_{p,n}$: 輸入相手国 p で生産される畜産物 n 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

$PF_{n,i}$: 輸入相手国 p における畜産物 n の第 i 緯度ゾーン生産割合 (-)

$q_{n,i}$: 第 i 緯度ゾーンで生産される畜産物 n 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

さらに、各国から日本へ輸入される畜産物中 ^{137}Cs 濃度は、畜産物の種類毎に次式により算定する。

$$U_n = \sum_p PI_{p,n} \cdot T_{p,n} \quad (7)$$

ここに、 U_n : 輸入畜産物 n 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

$PI_{p,n}$: 日本の畜産物 n の輸入及び生産全量に占める p 国からの輸入量 (日本の場合生産量) の割合 (-)

(C) 水産物の輸入

水産物の輸入相手国を33ヶ国とし、各輸入水産物中の ^{137}Cs 濃度を次式により算定する。

$$T_{p,j} = \sum_i PF_{j,i} \cdot s_{j,i} \quad (8)$$

ここに、 $T_{p,j}$: 輸入相手国 p が漁獲した水産物 j 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

$PF_{j,i}$: 輸入相手国 p における水産物 j の第 i 海洋領域漁獲割合 (-)

$s_{j,i}$: 第 i 海洋領域で漁獲される水産物 j 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

さらに、各国から日本へ輸入される水産物中 ^{137}Cs 濃度は、水産物の種類毎に次式により算定する。

$$U_j = \sum_p PI_{p,j} \cdot T_{p,j} \quad (9)$$

ここに、 U_j : 輸入水産物 j 中の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)

$PI_{p,j}$: 日本の水産物 j の輸入及び漁獲全量に占める p 国からの輸入量 (日本の場合漁獲量) の割合 (-)

2.6 日本人の ^{137}Cs 経口摂取量評価モデル

日本人が経口摂取する ^{137}Cs は、毎年調査される日本人の1人1日あたりの食品別摂取量と、2.5で定めた輸入及び国産農・畜・水産物中 ^{137}Cs 濃度との積和として算定される。日本人の食品摂取量は、農・畜・水産物

の ^{137}Cs 濃度評価モデルにおける分類毎に厚生省の国民栄養調査報告書⁽²²⁾によって定める。

3. 数値シミュレーション

3.1 数学モデルの数値解法

構築した日本人の ^{137}Cs 経口摂取量を評価する数学モデルにより数値シミュレーションを行う。評価対象期間を1945～90年の46年間とし、数値シミュレーションは1ヶ月単位に実行した。初期条件として、1945年以前において、全環境構成要素中の ^{137}Cs 濃度をゼロとした。

3.2 環境パラメータの設定

(A) 食糧中 ^{137}Cs 濃度評価モデル

食糧中の ^{137}Cs 濃度を評価するモデルに必要なパラメータのうち、農作物や飼料への経根移行係数 TF_m 、畜産物への移行係数 Fm_m 、水産物への濃縮係数 CF_j は、それぞれ既報告値が多数ある⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾が、これらは、食糧の種類、測定方法等によって変動することが知られている⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾。本研究では、はじめにこれらの報告値の変動範囲内でパラメータ値を設定し、 ^{137}Cs 経口摂取量実測値によくフィッティングする値をパラメータの設定値とした。また、農作物への直接沈着係数 K_m に関しては、牧草に関する研究例⁽¹¹⁾があるのみで、各農作物についての報告値はないので、実測値にフィッティングすることにより設定した。

(B) 食糧の人為的移動評価モデル

農・畜・水産物の各輸入割合は評価対象期間の日本の輸入実績統計⁽¹²⁾⁽¹³⁾と日本国内生産統計^{(14)・(17)}を用いて算出した。各輸入国の各領域別生産割合は、各国の農業統計等^{(18)・(21)}によって設定した。輸入された農・畜・水産物と国内産農・畜・水産物とは市場において均質に混合するものとした。輸入農・畜・水産物の輸送や貯蔵期間中の放射性崩壊による ^{137}Cs の減衰は無視した。

(C) 日本人の ^{137}Cs 経口摂取量評価モデル

日本人の1人1日あたりの食品別摂取量は、厚生省が実施している国民栄養調査のデータ⁽²²⁾（全国平均の生重量）を用いた。日本人が摂取する食品中にしめる輸入品と国産品との比率は、各食品別の輸入量と国内生産量との比率に等しいと仮定する。

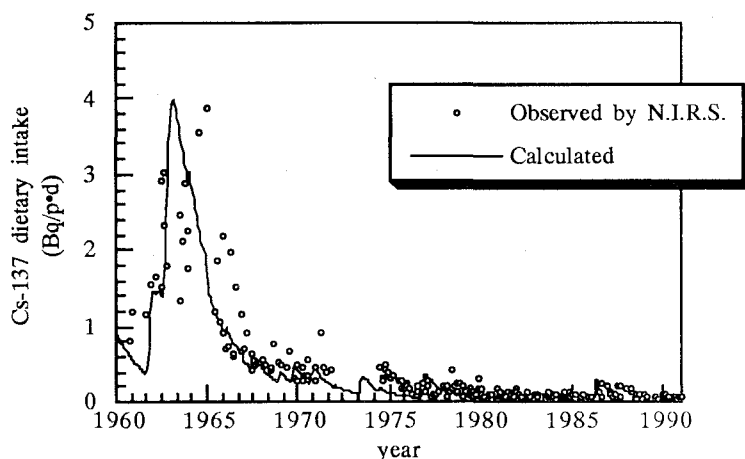


Fig.3 Comparison between the calculated and the observed Cs-137 dietary intake by Japanese

3.3 モデルの吟味

日本人の ^{137}Cs 経口摂取量のシミュレーション結果を放射線医学総合研究所(N.I.R.S)による実測値⁽²³⁾とともにFig.3に示す。実測値と計算値とは比較的良好に一致しており、本研究において構築したモデルによって、環境中に放出された ^{137}Cs が食品を介して日本人に経口摂取されるまでの移行を大略的に評価できたといえる。

4. 考察

4.1 パラメータ感度解析

構築したモデルに含まれるパラメータのうち、農作物や飼料への ^{137}Cs の経根移行係数 TF_m および直接沈着係数 K_m 、畜産物への移行係数 Fm_m 、水産物への濃縮係数 CF_j について感度解析を実施した。4つのパラメータの値を設定値の2倍、1/2倍に変化させて解析した結果、特に農産物や飼料への直接沈着係数が ^{137}Cs 経口摂取量に対して大きな影響を及ぼすことがわかった。

4.2 日本人が食品から経口摂取する ^{137}Cs 量

日本人の食品摂取量の経年変化を、食品別にFig.4 (a)～(d)に、日本人の ^{137}Cs 経口摂取量の経年変化を食品別にFig.5 (a)～(d)に示す。フォールアウト量が多い1960年代では ^{137}Cs 経口摂取量の大部分を農産物が占めており、フォールアウト量が小さくなる1970年代以降は水産物が大部分を占めるようになる。1990年の時点で、日本人は ^{137}Cs 経口摂取量の98%を水産物から摂取している。畜産物からの ^{137}Cs 経口摂取量は、評価対象期間を通じてほぼ一定で、かなり小さい。農産物の中では、野菜の寄与が大きく、次いで米、果物の寄与

が大きい。畜産物の中では、1960年代は、豚肉の寄与が大きく、1970年代以降は、豚肉と牛乳とがほぼ同じ割合で大部分を占めている。水産物の中では海草の占める割合が大きい。また、輸入品と国産品食品の¹³⁷Cs経口摂取量は、国産品の寄与が評価対象期間を通じて大きく、畜産物は1980年代以降、輸入品の寄与率が増大し、1990年時点では畜産物による¹³⁷Cs経口摂取量の約80%を輸入品が占めている。

以上の結果から、大気圏内核実験が頻繁に実施された1960年代には、大気から降下してくる¹³⁷Csによる農作物の汚染が主要な役割を果たし、核実験が行われていない1980年代から現在に至るまでは、海洋へ移行した¹³⁷Csによる水産物摂取の効果が著しいことが分かる。

4.3 日本人の健康リスク

¹³⁷Csの経口摂取量1Bq当たりの内部被曝線量換算係数(Table 1)が人体各組織毎にICRPによって与えられている⁽²⁴⁾。4.2の計算結果から、この係数を用いて、人体各組織の成人日本人一人当たりの毎年の内部被曝線量を求め、同じくICRPによって定められた各組織毎の発がんリスク係数(Table 2)⁽⁶⁾から、年毎の発がんによる致死率を算出した。結果をTable 3に示す。1960年代、1970年代には、年間10億人に約10人が遺伝障害、約5人が乳ガン、約1人が骨ガン、約4人が白血病、肺ガン、約1人が甲状腺ガンで死亡すると推定された。

5. 結論

本研究では、環境中に放出された

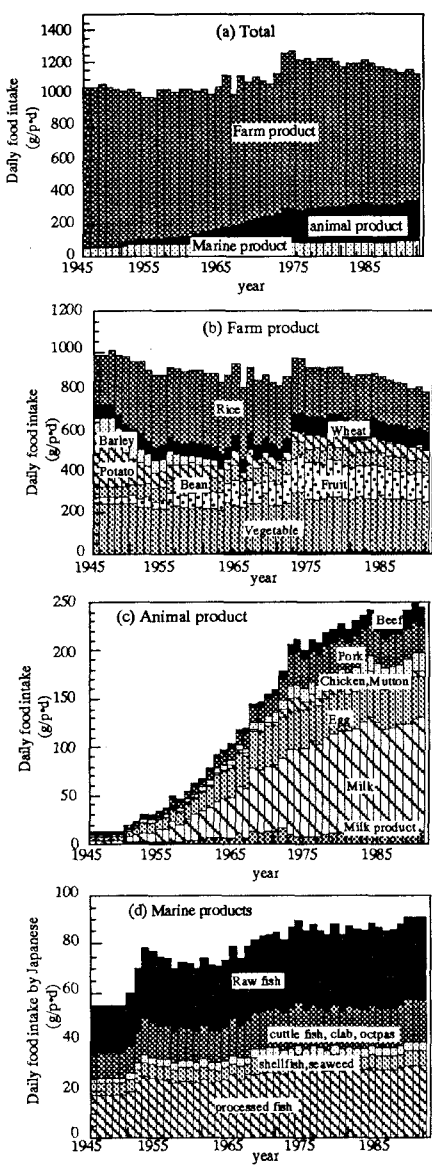


Fig.4 Daily intake of each kind of foods by Japanese

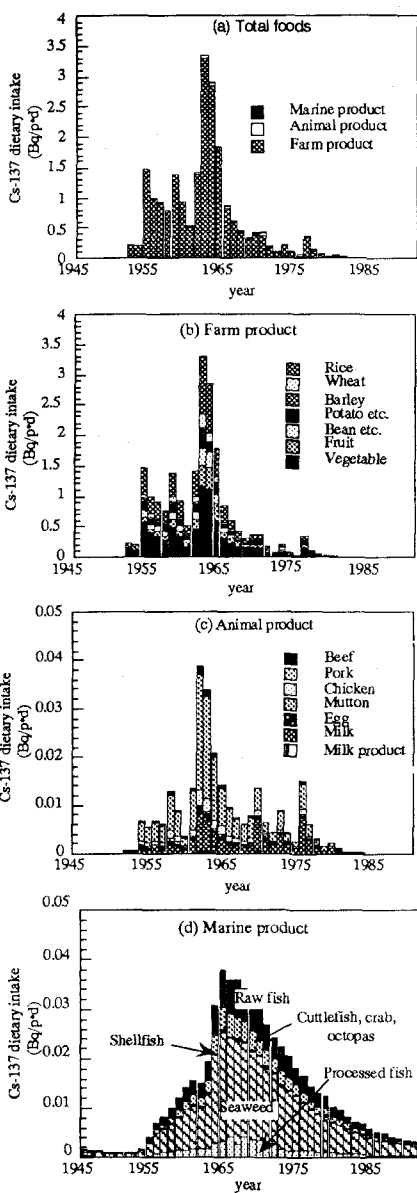


Fig.5 Dietary intake of Cs-137 through each kind of foods

Table 1 Committed dose equivalent in target organs or tissues per intake of unit activity (Sv/Bq) of Cs-137 by ICRP

Organs or tissues	Dose equivalent(Sv/Bq)
Gonads	1.4E-08
Breast	1.2E-08
Red marrow	1.3E-08
Lungs	1.3E-08
Thyroid	1.3E-08
Bone surface	1.3E-08
SI wall	1.4E-08
ULI wall	1.4E-08
LLI wal	1.4E-08
Remainder	1.4E-08

Table 2 Risk coefficient of developping cancer by ICRP

Organs	Risk coefficient (Sv ⁻¹)
Gonads	4.0E-03
Breast	2.5E-03
Red marrow	2.0E-03
Lungs	2.0E-06
Thyroid	5.0E-04
Bonesurface	5.0E-04
Remainder	5.0E-03

フォールアウト¹³⁷Csの食物経路による人体移行のモデル化を試みたが、年齢、性別による違いを考慮する等、今後さらに検討を要する点が残されている。本研究で得られた結論を以下に要約する。

- (1) 本研究で構築したモデルは、日本人による食品を介した¹³⁷Csの経口摂取の概要を把握するために使用することが出来るといえる。
- (2) 日本人による¹³⁷Cs経口摂取は、¹³⁷Cs降下率の大きい期間では農産物の摂取経路が、降下率が小さい期間では水産物の摂取経路が支配的である。
- (3) 日本人が経口摂取する¹³⁷Csは、食品の輸入に付随して外国から人為的に輸送される割合が経年的に増大しつつある。
- (4) 農作物、特に野菜類に対する直接沈着係数は¹³⁷Cs経口摂取量に大きな影響を及ぼす。
- (5) 本研究で構築したモデルにより算出した日本人の¹³⁷Cs経口摂取量は、1960年代には発がん等によって最高年間10億人に約10人の死亡に、また現在では100億人に1人の年間死亡に相当するレベルであると推定された。

Table 3 Estimated excess death by cancer according to the Cs-137 dietary intake

Kind of Cancer	Number of annual death caused by cancer per 1 billion				
	1950	1960	1970	1980	1990
Hereditary	0.02	11	8.0	0.9	0.06
Breastcancer	0.01	5.8	4.5	0.5	0.03
Bonecancer	0.002	1.2	1.0	0.1	0.007
Leukemia	0.009	5.0	3.9	0.4	0.03
Lung cancer	0.009	5.0	3.9	0.4	0.03
Thyroidcancer	0.002	1.2	1.0	0.1	0.007

参考文献

- (1) 渡辺輝久：環境中の¹³⁷Csに起因する公衆の線量当量預託評価に係わる降下量-摂取量換算係数について (1)、保健物理、**28**、325-341 (1993)。
- (2) 島田洋子、森澤眞輔、井上頼輝：セシウム-137の地球規模降下特性とその評価、第2回地球環境シンポジウム講演集、(1994)。
- (3) P. J. Coughtrey, M. C. Thorne : "Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecocystems, A Critical Review of Data, Vol.1", (1983) , A. A. Balkema Pub.
- (4) Y. C. Ng : A review of transfer transfer factors for assessing the dose from radionuclides in agricultural products., Nuclear Safety, **23** (1) , 57-71 (1982)。
- (5) IAEA, "Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases.", IAEA Safety Series No.57 (1982)。
- (6) 佐伯誠道編著："環境放射能"、(1984)、ソフトサイエンス社。
- (7) 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)"、(1988)。
- (8) F. G. Lowman, T. R. Rice, F. A. Richards. : Accumulation and redistribution of radionuclides by marine organisms., IN "Radioactivity in the Marine Environment", 161-199., (1971) , National Academy of Sciences.
- (9) IAEA : Sediment Kds and concentration factors for radionuclides in the marine environment., IAEA Thechnical Report Series No.247, (1985)。
- (10) 佐伯誠道他：公衆の線量評価に用いる環境パラメータ、原子力学会誌、**34** (5)、382-407 (1992)。
- (11) A. C. Chamberlain : Interception and retention of radioactive aerosols by vegetation, Atoms. Environ., **4**, 57-78 (1970)。
- (12) 日本貿易振興会："農林水産物の貿易"、1971,76,81,86,91年度版。
- (13) 大蔵省："日本外国貿易年表"、昭和44-48,50,55,60年度版。
- (14) 農林水産省大臣官房："食糧需給表"、平成元年度版。
- (15) 農林水産省流通飼料課："飼料便覧"、1976,81,86,91年度版、(財)農林統計協会
- (16) 農林省畜産局："濃厚飼料統計年報"、昭和30,38-39,44-45年版
- (17) 農林水産省統計情報部："漁業・養殖業生産統計年報"、平成2年版
- (18) US Dept.of Agriculture : "Agricultural Statistics 1986"
- (19) Sates Statistical Bureau, China : "Statistical Yearbook of China (1986)
- (20) Australian Bureau of Statistics : "Yearbook Australia 1988"
- (21) 国際食糧農業協会："アジア・オセアニアの穀物貿易"、季報第31号 (1984)
- (22) 厚生省公衆衛生局栄養課："国民栄養の現状"、昭和21-平成2年度版
- (23) National Institute of Radiological Sciences : "Radioactivity Survey Data in Japan", No.1-105 (1963-1994)
- (24) ICRP : "Limits for Intakes of Radionuclides by Workers", ICRP Pub. 30 Suppl. to Part1, (1979) , Pergamon Press