

PNC TJ1281 94-006

生物圏における核種移行及び被ばく評価 のための解析手法の開発（II）

（動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果概要）

1994年 2月

 **日揮株式会社**

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団
技術協力部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technical Evaluation and Patent Office, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 9-13, 1-chome, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

要 旨

高瀬 博康*

生物圏は、核種移行に対するバリアとしての期待は小さいものの、地層処分された放射性廃棄物に起因して実際に人類への影響が生じる場であり、この意味での重要性は大きい。他方、生物圏は地上及びその近傍から成り、自然あるいは人間活動による種々の擾乱を最も被りやすい領域でもあるため、その将来予測に含まれる不確実性は決して小さいとは言えない。

この様な状況にあって、上述した概念的な不確実性を低減する有効な方法となり得るものは、複数の代表的な生物圏モデルを同時に考えることによって将来の可能な条件変動の幅を網羅し、各モデルと対応して(決定論的な単一の計算ではなく)線量あるいはリスクの計算を行って結果の幅を明確にするというアプローチである。本研究の目的は、代表的生物圏モデルの概念を確立するとともに、数学的モデル、データセット及びソフトウェアといった関連する方法論を開発することである。また、代表的生物圏モデルの概念が多分にstyliseされたものであることから、この研究において、関連分野の国際的な動向と総合的な展開を図ることも必須の事項である。

本年度は、昨年度に引き続きBIOMOVES II における議論特に代表的生物圏についての国際的合意の形成過程を調査し、その過程を逐次まとめるものとし、昨年度提案した我が国における代表的生物圏モデル群の見直しをおこなった。また、この概念モデル群に基づき、

- (i) 概念モデルに対応した諸パラメータについてのデータ収集・整理、
- (ii) 概念モデルに含まれるプロセス群の数学的な定式化、

* 日揮株式会社 原子力・環境・エネルギー事業本部

(iii) ソフトウェア(プロトタイプの生物圏評価コード)の設計、

を行った。

来年度には、この成果に基づき、上述したコードの作成とこれを用いた予備的な生物圏評価の実施を予定している。

SUMMARY

Hiroyasu Takase *

The biosphere has a significant importance as it is the place where the exposure and other types of impact on the human being arise, although its functionality as a barrier is not being relied upon. On the other hand predictions related to the future biosphere conditions inevitably includes relatively large amount of uncertainty since its components such as the surface environment and its vicinity are sensitive to the perturbations due to the natural phenomena and the human actions.

One possible approach to reduce the effect of this conceptual uncertainty is to consider a number of reference biospheres that can cover entire spectrum of the variability of the future conditions and calculate a range of resulting doses and risks instead of a single point estimation. The purpose of this study is to establish the concept of reference biospheres and to develop a relevant methodology including the mathematical models, data sets and the software. Also, because of the stylised nature of the concept of the reference biosphere, it is essential to make them consistent with the international trend of the subject.

In this physical year, survey of the discussions in BIOMOVES II meetings were continued and, based upon the result of this, the draft reference biosphere concepts were reviewed. Also a number of activities were undertaken in order to materialize the conceptual models of the reference biosphere. These include;

(i) collation of the data relevant to the proposed conceptual models,

* JGC Corporation, Nuclear and Advanced Technology Division

(ii) mathematical formulations of the processes involved in the conceptual models,

(iii) design of the software (prototype biosphere assessment code).

Following these tasks, development of the prototype assessment code and a preliminary biosphere assessment are planned in the next physical year.

1. 代表的生物圏モデル

生物圏は、気候変動等の自然現象や人間活動による影響を受けやすい場であるため、将来にわたって諸条件が変動することが予想される。また、これらの変動要因の全てが現時点で予測可能なものではないために、将来の条件変動を詳細かつ現実的に追求することは必ずしも可能ではない。そこで、このような生物圏の将来についての不確実性を考慮した上で被ばく線量を算出するための方法論として、専門家の意見を集約することによって複数の代表的生物圏モデルを作成し、それぞれのモデルについて被ばく線量を試算することによって上記の不確実性を包含した場合の結果の幅を明らかにするというアプローチがBIOMOV5 II reference biosphere working groupにおいて議論されている。本研究では、この様な国際的な動向を検討した上で、まず、我が国において考慮すべき代表的な生物圏モデルの抽出を行った。

代表的生物圏モデルは以下の手順で作成される。

- ①生物圏受容体と呼ばれる複数のコンパートメントによって生物圏の枠組みを構成する
- ②各コンパートメント間での核種移行プロセスを定義し、地層からの核種放出があった場合に各コンパートメントにどのように配分されるかを表現するモデルを組み立てる
- ③各コンパートメントに配分された核種が人間に放射線学的な影響を及ぼす経路(被ばく経路)を同定し、被ばく線量を算出するためのモデルを作成する

本研究では、生物圏受容体として、

- ・井戸
- ・河川水
- ・河川堆積層
- ・湖沼水
- ・湖沼堆積層
- ・河口水
- ・河口堆積層

- ・沿岸海域水
- ・沿岸海域堆積層
- ・上部土壌
- ・下部土壌
- ・建築物
- ・大気

を考え、これらの中で作用する移行プロセス、及び各コンパートメント中の核種に起因する被ばく経路を抽出して考え得る組合せを網羅することによってまず代表的生物圏についての概念モデルを作成することとした。抽出されたコンパートメント間の移行プロセスと被ばく経路のリストを表1 及び表2 に、また、これらの組合せとして作成した代表的生物圏の概念モデルの一例を図1 に示す。

表1 代表的生物圏のコンパートメント間に働く移行プロセスのリスト

液 相	固 相	気 相
<ul style="list-style-type: none"> ・ 灌漑 ・ 再チャージ ・ 地下水流 ・ 融解水流 ・ 河川水流 ・ 潮流 ・ 海洋拡散 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生物擾乱 ・ 侵食 ・ 洪水 ・ 浚渫／人的擾乱 ・ 蛇行 ・ 再浮遊 ・ 正味／グロスの沈澱（堆積） ・ bed loadの輸送 ・ 湖沼／海面水位の変化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気体流 ・ 海洋エアロゾル ・ 建築物から外部大気への気体のロス

表2 代表的生物圏における被ばく経路のリスト

コンパートメント	被ばく経路
井戸水	<ul style="list-style-type: none"> ・直接飲用 ・家庭内の水からのRn-222の発散（処分場起因のRa-226/Rn-222が存在する場合） ・水からの外部照射（例：入浴時） ・灌漑水又は飲料水により汚染された動植物食品の摂取
上部土壌層	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌からの外部照射 ・浮遊土壌の吸入（例：農作業時に生ずるダストの吸入） ・土壌の不用意な摂取 ・経根吸収及び土壌の付着により汚染された植物食品の摂取、並びに植物や、土壌の摂取及び浮遊土壌の吸入により汚染された動物食品の摂取
河川水及び湖沼水	<ul style="list-style-type: none"> ・淡水産物の摂取 ・直接飲用 ・家庭内の水からのRn-222の発散（処分場起因のRa-226/Rn-222が存在する場合） ・水からの外部照射（例：入浴時） ・灌漑水又は飲料水により汚染された動植物食品の摂取
河口水及び海水	<ul style="list-style-type: none"> ・魚類、甲殻類、軟体動物、海藻などの海産物の摂取 ・風及び波により発生する海洋エアロゾルの吸入
地表水堆積層	<ul style="list-style-type: none"> ・水際の堆積層表面からの外部照射 ・浮遊堆積物の吸入 ・堆積物の不用意な摂取（例：子供の遊び）
建築物	<ul style="list-style-type: none"> ・気体の吸入

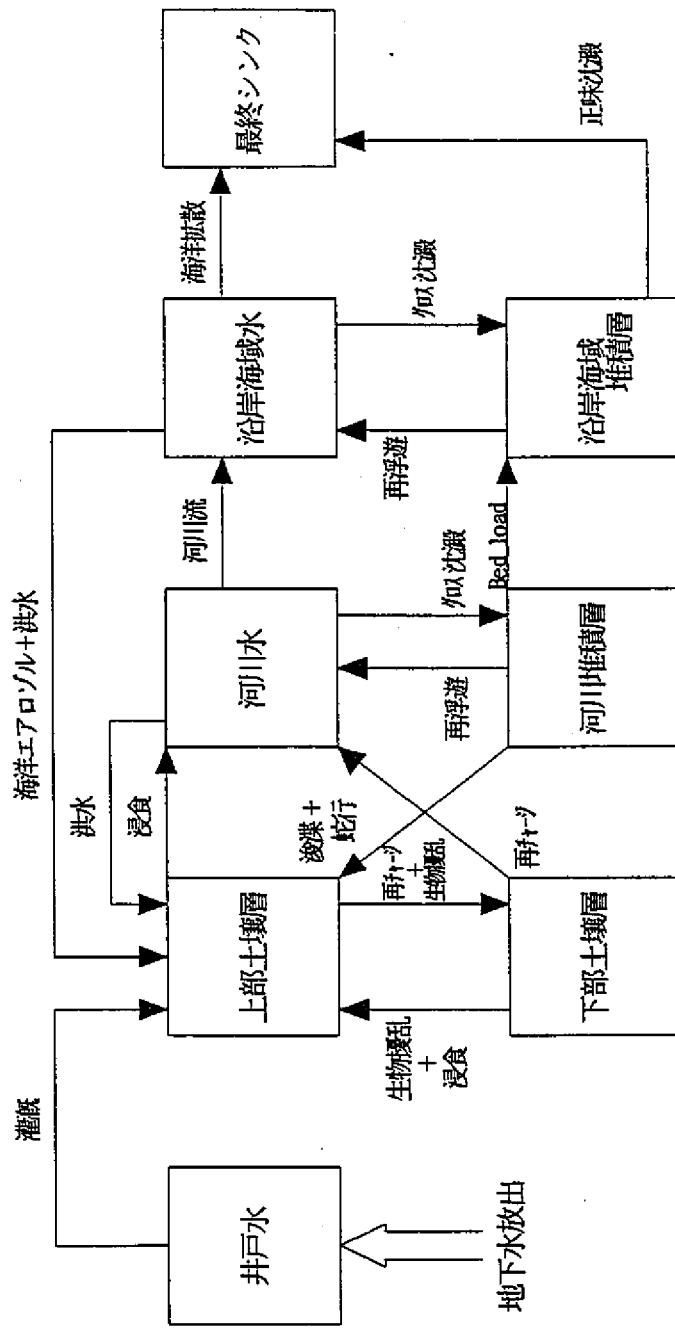


図1 代表的生物圏モデル (井戸への地下水放出、個人被ばく線量)

2. 数学的モデルの定式化

1. に述べた概念モデルに対応して、各移行プロセス及び被ばく経路を定式化することによって数学的モデルを作成した。

(1) コンパートメント間の移行プロセスの定式化

本研究では、各コンパートメントにおける核種濃度の収支を連立常微分方程式系として表現することにより数学的なモデルを作成する。ここで、各移行プロセスは当該コンパートメントからの核種の放出あるいは流入フラックスの形式で表現されることとなる。即ち、コンパートメント*i* における核種*j* の濃度 M^j_i に関する微分方程式は、

$$d M^j_i / dt = \sum r^j_k M^j_k - \sum r^j_m M^j_m$$

但し、*r*:各移行プロセスに対応した移行速度定数

k:上流側コンパートメントの添字

m:下流側コンパートメントの添字

として表現されることとなる。*r* の具体例として、灌漑についての式を下に示す。

(例)

$$(\text{灌漑による核種移行速度係数}) = A d (1 - \mu) / V$$

但し、*A*:灌漑の行われる上部土壌コンパートメントの面積(m²)

d:灌漑水の浸透速度(m/yr)

μ :農作物による灌漑水の吸収係数(-)

V:灌漑水を採取する淡水コンパートメントの容積(m³)

(2) 被ばく経路の定式化

被ばく経路の定式化は、各経路に対応してコンパートメント中の単位核種濃度から被ばく線量を求める際の係数を表現することによって行う。具体例として、農作物摂取の場合の式を以下に示す。

(例)

$$(\text{農作物摂取による個人被ばく線量}) = \text{ING} \text{ D} \text{ C}$$

但し、ING:農作物経口摂取率(kg/yr)

D:経口摂取に関する線量換算係数(Sv/Bq)

C:農作物中の放射性核種濃度(Bq/kg)

3. 関連するデータの収集

2. に述べた数学モデルを用いて被ばく線量の計算を行うためには、関連するパラメータについての数値を定めることが必要である。そこで、2. の各式に対応して抽出された多くのパラメータについて、既存文献の調査によるデータセットを作成した。データ収集にあたっては、現在作成中のIAEAレポート(1994年刊行予定)と整合的となる様にデータソースとなる文献を選定し、また、より具体的には、

- ①現在の我が国の気候条件、人間活動のレベルを基本ケースとしこの範囲内での各データの変動幅と標準値を設定する。
- ②将来技術レベルの気候変動、人間活動状況の変化については対応するデータの変動を個々に検討する。

という方法で調査結果の整理を行うこととした。

対象とするデータは、

- ・生物圏受容体に関するもの
- ・移行プロセスに関するもの
- ・被ばく経路に関するもの

の三種類に大別される。それぞれのグループについてのデータセットの例を表3～6に示す。

表 3 (1) 生物圏受容体コンパートメントの寸法、空隙率及び堆積物濃度

コンパートメント	深 さ (m)			面 積 (m ²)			容 積 (m ³)			
	標準値	Ref.	範 囲	標準値	Ref.	範 囲	標準値	Ref.	範 囲	Ref.
井戸	-(6)	-	-(6)	-(6)	-	-(6)	2E+4(8)	-	6E+0 to 1E+6(8)	-
河川水(5)	1.5E+0	[1]	5E-1 to 5E+0	7E+4	[1]	4E+3 to 7E+4	1E+5	[1]	2E+3 to 4E+5	[2], [1]
河川堆積層(5)	1.5E-1	[1]	1E-1 to 5E-1	7E+4	[1]	4E+3 to 7E+4(1)	1E+4	[1]	4E+2 to 4E+4	[1], [5]
湖沼水	5E+0	[6], [7], [8]	1E+0 to 1E+2	1E+5	-	7E+4 to 3E+7	5E+5(2)	-	7E+4 to 3E+9	[10], [6]
湖沼堆積層	1E-1	[2], [8]	5E-2 to 1E+0	1E+5(1)	-	7E+4 to 3E+7(1)	1E+4(2)	-	4E+3 to 3E+7(2)	-
河口水	5E+1	-	3E+0 to 1E+1	2E+5(3)	-	2E+4 to 1E+6(3)	1E+6	-	2E+5 to 1E+7	[5], [11], [12]
河口堆積層	1E-1	-	5E-2 to 5E-1	2E+5(1)	-	2E+4 to 1E+6(1)	2E+4(2)	-	1E+3 to 5E+5(2)	-
沿岸海域水	1E+1	[2], [7]	5E+0 to 2E+1	2E+8	[2]	4E+7 to 1E+9(3)	2E+9	[2]	2E+8 to 2E+10	[2], [3]
沿岸海域堆積層	5E-1	[2]	1E-1 to 5E-1	2E+8(1)	-	4E+7 to 1E+9(1)	2E+8(1)	-	4E+6 to 5E+8(2)	-
上部土壌層	3E-1	[2], [4], [8]	1E-1 to 5E-1	1E+4(4)	-	1E+3 to 1E+6(4)	3E+3(2)	-	1E+2 to 5E+5(2)	-
下部土壌層	3E-1	[2], [4], [8]	2E-1 to 1E+0	1E+4(9)	-	1E+3 to 1E+6(9)	3E+3(2)	-	2E+2 to 1E+6(2)	-
建築物	-(6)	-	-(6)	1E+2	[16]	5E+1 to 2E+2	2.5E+2	[16]	1E+2 to 5E+2	[16], [18]

表3(2) 生物圏受容体コンパートメントの寸法、空隙率及び堆積物濃度

コンパートメント	トータル多孔度 (-)			帯水時多孔度 (-)			浮遊堆積物濃度 (hg/m ³)		
	標準値	Ref.	範囲	標準値	Ref.	範囲	標準値	Ref.	範囲
井戸	1E+0	-	1E+0	1E+0	-	1E+0	0E+0	-	0E+0 to 1E-4
河川水(5)	(6)	-	(6)	(6)	-	(6)	5E-2	[1], [3]	7E-3 to 3E+1
河川堆積層(5)	5E-1	-	4E-1 to 6E-1	5E-1(7)	-	4E-1 to 6E-1(7)	(6)	-	(6)
湖沼水	(6)	-	(6)	(6)	-	(6)	1E-2	[10], [8]	3E-3 to 4E-2
湖沼堆積層	5E-1	-	4E-1 to 6E-1	5E-1(7)	-	4E-1 to 6E-1(7)	(6)	-	(6)
河口水	(6)	-	(6)	(6)	-	(6)	1.5E-1	[20]	2E-2 to 2E-1
河口堆積層	5E-1	-	4E-1 to 6E-1	5E-1(7)	-	4E-1 to 6E-1(7)	(6)	-	(6)
沿岸海域水	(6)	-	(6)	(6)	-	(6)	1E-3	[7]	1E-4 to 1E-2
沿岸海域堆積層	5E-1	-	4E-1 to 6E-1	5E-1(7)	-	4E-1 to 6E-1(7)	(6)	-	(6)
上部土壌層	4E-1	[2], [4], [14]	1E-1 to 5E-1	3E-1	[14]	6E-2 to 4E-1	3E-1	[14], [21]	(6)
下部土壌層	4E-1	[4]	1E-1 to 5E-1	3.5E-1	[14]	8E-2 to 4E-1	3.5E-1	[14], [21]	(6)
建築物	(6)	-	(6)	(6)	-	(6)	(6)	-	(6)

表 4(1) コンパートメント間の移動プロセスに関するデータ (最良推定値と変動幅)

移行プロセス	単 位	標準値	Ref.	範 囲	Ref.
<u>液相の移行</u>					
灌漑	m y^{-1}	1.0E+0	[1]	7.0E-1 to 1.8E+0	[1]
全揚水 (あるゆる目的での)	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	1.1E+4(1)	-	8.3E+3 to 1.9E+4(2)	-
再チャージ	m y^{-1}	7E-1(3)	-	4.5E-1 to 1.0E+0(4)	-
地下水流(5)	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	- (5)	-	- (5)	-
地下水から土壌への移行割合	-	- (5)	-	0.0E+0 to 1.0E+0	-
河川流	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	2E+8	[2]	3E+5 to 3E+10	[3]
融解水流(6)	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	2E+8	-	3E+5 to 3E+10	-
湖沼流	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	6.7E+5(7)	-	3.2E+5 to 3.2E+9	[2]
潮流(8)	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	7.3E+8	-	1.5E+8 to 7.3E+9	-
沿岸から近海への流れ	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	4E+10	[4]	4E+9 to 2E+11(9)	-
近海から大陸棚への流れ(10)	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	1E+13	-	1E+12 to 1E+14	-
大陸棚から大洋への流れ(11)	$\text{m}^3 \text{ y}^{-1}$	1E+15	-		-

表 4(2) コンパートメント間の移動プロセスに関するデータ (最良推定値と変動幅)

移行プロセス	単 位	標準値	Ref.	範 囲	Ref.
<u>固相の移行</u>					
土壌の生物擾乱	$m^2 \cdot y^{-1}$	5E-3	-	3E-5 to 1E-2	[5]
土壌の侵食	$m y^{-1}$	4.4E-4	[6]	6.4E-6 to 7.6E-4	[7], [5], [6]
河川の洪水/浚渫/蛇行	$m y^{-1}$	3.5E-3	-	7.5E-4 to 7.5E-3(12)	[8], [9]
湖沼/河口の洪水	$m y^{-1}$	2.5E-3	-	5E-4 to 5E-3(12)	[8]
沿岸海域の洪水	$m y^{-1}$	1.5E-2	-	2.5E-3 to 2.5E-2(12)	[8]
河川/湖沼堆積物の再浮遊	$m^2 \cdot y^{-1}$	3.2E-5	[8], [5]	3.2E-6 to 3.2E-4(13)	-
河口/沿岸海域/近海堆積物の再浮遊	$m^2 \cdot y^{-1}$	3.2E-5	[8]	3.2E-6 to 3.2E-4(13)	-
大陸棚/大洋堆積物の再浮遊	$m^2 \cdot y^{-1}$	3.2E-8	[8]	3.2E-9 to 3.2E-7(13)	-
河川での沈澱 (グロス)	$m y^{-1}$	1.6E-5	[10]	1.6E-6 to 1.6E-4(13)	-
湖沼での沈澱 (グロス)	$m y^{-1}$	1.6E-3	[11]	2.3E-4 to 1.0E-2	[12], [13]
河口での沈澱 (グロス)	$m y^{-1}$	1E-3	-	1E-4 to 1E-2	[14], [10]
沿岸海域での沈澱 (グロス)	$m y^{-1}$	7.5E-5	[12]	3.8E-6 to 3.7E-4	[4]
近海/大陸棚/大洋での沈澱	$m y^{-1}$	1E-4	-	7.5E-6 to 3.7E-3	[4]
bed load(14)	$kg y^{-1}$	8.1E+5	-	5.3E+5 to 1.1E+6	-

表 4(3) コンパートメント間の移動プロセスに関するデータ (最良推定値と変動幅)

移行プロセス	単 位	標準値	Ref.	範 囲	Ref.
気体の移行					[16], [17]
気体流(15)	m ³ y ⁻¹	-	-	-	-
気体のロス(16)	m ³ y ⁻¹	7.7E+5	[15]	5.5E+5 to 2.2E+6	[16], [17]
海洋エアロゾルの陸地への移行(17)	m ³ y ⁻¹	2E+4	[3]	2E+2 to 2E+5	[3]

(注釈)

- 10人の決定集団 (農夫及び家族) が自家用に1人当り130m³/y^(1,8)、灌漑用に10,000 m³/y (灌漑率 (1.0m/y) × 土壌面積 (10,000m²)) 消費するとの前提。
2. 注1と同様。但し、灌漑量の範囲は7,000m³/y~18,000m³/y。
3. 全降水量 (1750mm) の40%が再チャージされると仮定。
4. 現在の降水量範囲 (1500~2000mm) の30~50%が再チャージされると仮定。
5. 地下水モデル/スコーピング計算から求める必要あり。
6. 河川水流量と同じ値を仮定。文献 [19] では、融解水量の例として3E+6~2E+9 m³/yとしている。
7. コンパートメントのターンオーバー数を年1.3回と仮定し、表5に示す容積を用いて計算。
8. コンパートメントのターンオーバー数を1日2回と仮定⁽¹⁾し、表5に示す容積を用いて計算。
9. コンパートメントのターンオーバー数を年20回と仮定⁽¹⁾し、表5に示す容積を用いて計算。
10. コンパートメントのターンオーバー数を100年に1回と仮定⁽¹⁾し、表5に示す容積を用いて計算。
11. コンパートメントのターンオーバー数を1000年に1回と仮定⁽¹⁾し、表5に示す容積を用いて計算。
12. 移行率を5E-3~5E-2/yと仮定し、表5に示す容積を用いて計算。
13. データが無いため、標準値の上下1オーダーの範囲と仮定。
14. 文献 [20] によれば、河川のbed loadは通常、全堆積物量の5~10%である。
15. 気体モデル/スコーピング計算から求める必要あり。
16. 建築物容積の標準値 (表5) に、文献に示されている換気率を乗じて求めた値。
17. 沿岸海水コンパートメント容積の標準値 (2E+9m³) に沿岸地帯への水の輸送割合 (文献 [3] より引用。標準値1E-5、範囲1E-7~1E-4) を乗じて算出。

表5 生物圏での分配係数 (m³/kg)

元素	沿岸海域堆積層				大洋堆積層			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[5]	0E+0 to 1E+1	[10]	1E+0	[5]	1E-1 to 1E+1	[5]
Tc	1E-1	[5]	1E-2 to 1E+1(2)	[5][9]	1E-1	[5]	1E-2 to 1E+0	[5]
Pd	5E+1	[5]	1E+1 to 5E+2(9)	-	5E+0	[5]	1E+0 to 2E+3	[5]
Sn	1E+1	[6]	2E-2 to 2E+2	[5][11]	5E+1	[5]	5E+0 to 5E+2	[5]
Cs	3E+0	[5]	1E-1 to 2E+1	[5]	2E+0	[5]	5E-1 to 2E+1	[5]
Pb	2E+2	[5]	1E+1 to 1E+4	[10]	1E+4	[5]	1E+1 to 2E+4	[5]
Po	2E+2(3)	-	1E+1 to 1E+4(3)	-	2E+4	[5]	1E+2 to 5E+4	[5]
Ra	5E+0	[5]	5E-1 to 5E+2	[5][10]	3E+1	[5]	5E-1 to 5E+2	[5]
Ac	2E+3(5)	-	1E+1 to 1E+4	[10]	2E+3	[5]	2E+2 to 2E+4	[5]
Th	5E+3	[9][6]	1E+2 to 1E+4	[10][5]	5E+3	[5]	5E+2 to 1E+5	[5]
Pa	5E+3	[9][6]	1E+2 to 1E+4	[10][9]	5E+3	[5]	1E+2 to 5E+4	[5]
U	5E-1	[9][6]	1E-1 to 5E+0(2)	[10][5]	5E-1	[5]	1E-1 to 1E+0	[5]
Np	2E+0	[10]	2E-1 to 5E+1(2)	[5][9]	1E+0	[5]	1E-1 to 7E+1	[5]
Pu	2E+3(8)	-	1E+1 to 2E+4	[10][5]	1E+2	[5]	1E+1 to 1E+3	[5]
Am	2E+3	[5]	1E+2 to 2E+4	[10]	2E+3	[5]	1E+2 to 2E+4	[5]

(注釈)

1. 類似物であるAgデータを使用。土壌に対するAgデータは文献 [12]、[7] 及び [4] より引用。
2. Kdが高いのは、恐らく還元条件を反映したもの。
3. 類似物であるPbデータを使用。
4. 類似物であるAmデータを使用。
5. 類似物であるAmデータを使用。
6. 類似物であるThデータを使用。
7. Kdの推奨値は、他のアクチナイドと整合を取るため、文献 [12] に記載の範囲 (3.3E-2~6.9E+0m³/kg) の上限値に近い値とした。
8. 選定値は、他のアクチナイドと整合を取るため、文献 [10] に記載の範囲 (1E+1~1E+3m³/kg) の上限値に近い値とした。
9. 類似物であるNiデータを使用。Niデータは、淡水については文献 [4]、沿岸海水については文献 [5] 及び [10] より引用。

表6 人間の食物摂取率 (kg/y)

食 物	標準値(4)	Ref.	範 囲(4)	Ref.
肉	3.0E+1	-	2.2E+1 to 9.0E+1	[1], [2], [3]
くず肉(1)	4.0E+0	[3]	0.0E+0 to 4.0E+1	[2]
ミルク	1.0E+2	-	4.3E+1 to 3.0E+2	[1], [2]
家禽の卵	1.5E+1	[1]	1.0E+1 to 2.0E+2	[1], [3], [4]
穀物(2)	8.0E+1	[1], [3]	7.5E+1 to 1.3E+2	[2], [4]
根菜	8.0E+1	[3]	7.5E+1 to 1.2E+2	[2], [4]
葉菜	4.0E+1	[1], [3]	2.5E+1 to 8.0E+1	[2], [4]
果実	1.0E+1	[3]	0.0E+0 to 2.0E+1	-
水(3)	6.0E-1	[5]	5.0E-1 to 7.0E-1	-
淡水産物	2.0E+1	[2], [3]	8.0E-1 to 3.0E+1	[1], [4]
海水魚	1.1E+1	[3]	2.0E+1 to 2.2E+2	[1], [2]
その他海産物	3.5E+1	[3]	8.0E+0 to 1.1E+2	[1], [2]

(注釈)

1. 肝臓及び腎臓を含む。
2. 米を含む。
3. 単位はm³/y。

参考文献

- [1] Takase H (1992). Personal Communication listing the Parameter Values for the PAR 1 Biosphere Assessment.
- [2] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1988). Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.
- [3] Ashton J and Sumerling T J (1988). Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.
- [4] Bergström U and Puigdomenech I (1987). Radiological Consequences to Man due to Leakage from a Final Repository for Reactor Waste (SFR). SKB Report SFR 87-12.
- [5] ICRP (1975). Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford.

4. 評価コードの設計

被ばく評価を行うためのソフトウェアとして、上記の代表的生物圏モデル及び関連するデータセットに対応した評価コードの設計を行った。本コードは、グラフィカルユーザーインターフェイスと連立常微分方程式ソルバにより構成されるものである。これら二つの概要は以下の通りである。

(1) グラフィカルユーザーインターフェイス

- ・ 入出力データ解析及び初期設定にグラフィックスを使用
- ・ 3. のデータセットにおける標準値をデフォルトとして設定
- ・ ソースタームとして、複数媒体の複数コンパートメントへの核種流入を時間の関数として入力可能
- ・ Monte Carlo 法あるいはLatin Hypercube Sampling法による統計的解析及び結果のスキッタプロットを作成

(2) 連立常微分方程式ソルバ

- ・ 線型連立常微分方程式系をラプラス変換により解法

5. 生物圏評価に関する国際的動向の調査

既に述べたように、代表的生物圏モデルを用いた被ばく評価のアプローチは、この分野における国際的な合意形成と対応した形で進めることが重要である。そこで、上記1.～4. と並行して各国での基準策定及びモデル開発の動向についての調査を行った。

(1) 基準策定に係わる動向

IAEA, OECD/NEA, CEC, ICRP といった各関連国際機関及び諸外国の動向を調査した。特に注目すべき点は、北欧諸国が高レベル放射性廃棄物についてのガイダンス文書

を改訂し超長期的な安全性を示す付加的な指標として自然バックグラウンドフラックスとの比較を用いることを明文化したことである。

(2) モデル開発の動向

モデル開発については、前出のBIOMOV5 II reference biosphere working groupが代表的生物圏モデル作成のための方法論を中間報告書としてとりまとめつつあること、及びカナダにおいて新たな包括的生物圏モデルBIOTRACKを開発したことが注目に値する。このうち特にBIOMOV5 IIの中間報告書については、ドラフトについて本研究との整合性を確認した。

6. 今後の課題

(1) ソフトウェア開発

- ・ 今期設計した解析コードのプログラミング
- ・ コード上での代表的生物圏モデルの定義
- ・ データセットの収容

(2) 予備的生物圏評価

- ・ H3報告書に於けるファーフィールドフラックスに対応した被ばく計算、及び前回計算結果との比較
- ・ 新しい核種移行評価モデル群との接続
- ・ ステップ関数による近似を用いた環境変化の影響の試算