



地層処分生物圏評価における感度解析による
重要パラメータの抽出に関する検討

Identification of Significant Parameters through Sensitivity Analysis in Biosphere
Assessment of Geological Disposal

加藤 智子 鈴木 祐二*

Tomoko KATO and Yuji SUZUKI*

地層処分研究開発部門

システム性能研究グループ

Performance Assessment Research Group

Geological Isolation Research and Development Directorate

March 2008

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っ
ております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

*〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

© Japan Atomic Energy Agency, 2008

地層処分生物圏評価における感度解析による重要パラメータの抽出に関する検討

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門地層処分基盤研究開発ユニット
加藤 智子, 鈴木 祐二*

(2008年1月16日受理)

地層処分生物圏評価においては,人間の生活環境である地表における核種移行プロセスとこれによる被ばく経路についてモデル化し,適切なデータを用いて,人間が受ける放射線量を算出している。その際,生物圏評価では,核種ごとに百を超えるパラメータを取り扱っている。

生物圏評価に関するすべてのデータを,実際の処分サイトにおいて整備するのは多大な労力である。したがって,重要度の高いパラメータとその変動特性を把握し,実際の地表環境において重点的に整備すべきパラメータについて見通しを持てるように準備しておくことが重要である。

そこで,本研究においては,実際の地表環境において重点的に整備すべきパラメータリストを整備するために,以下の3つのアプローチをとることとした。

- (1) 処分場からの核種移行率を人間が受ける放射線量に変換するための係数(線量への換算係数)に対する生物圏評価上重要度の高いパラメータの抽出
- (2) 今後実際の地表環境におけるデータ取得を必要とするかどうかを判断するために,パラメータデータの引用元などを整理した,現時点におけるパラメータの設定状況の確認
- (3) 実際の地表環境における生物圏データ取得に関わる優先事項リストの作成

本報告書では,(3)に示した実際の地表環境における生物圏データ取得に関わる優先事項リストを作成するための準備として,(1)および(2)を実施した結果をまとめた。

Identification of Significant Parameters through Sensitivity Analysis in Biosphere Assessment of Geological Disposal

Tomoko KATO and Yuji SUZUKI*

Geological Isolation Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 16, 2008)

Radiation doses to human beings are calculated by modeling the radionuclide migration processes and the exposure pathways at surface environment in the biosphere assessment of geological disposal. A great effort is necessary when all of the biosphere parameters need to be collected at the actual surface environment of any proposed repository, because a great number of biosphere parameters, such as element-specific parameters, parameters specific to the surface environment or human behavior, are used in the biosphere assessment. Therefore, it is helpful to identify the biosphere parameters that should be collected at the actual environment in advance.

For this purpose, the following approaches were developed in this study:

- (1) Extraction of the significant biosphere parameters through sensitivity analysis including estimation of the influences of variation of element-specific parameters (e.g. soil-to-plant transfer factors, concentration coefficients to animal products) on flux-to-dose conversion factors.
- (2) Checking the data sources of the significant biosphere parameters on the present dataset.
- (3) Making the priority list in future data acquisition.

So far, steps (1) and (2) have been done, therefore this report summarizes the results obtained from these steps.

Keywords: Biosphere Assessment, Identification of Significant Parameters, Sensitivity Analysis, Availability of the Present Dataset

* NESI Incorporated

目 次

1	はじめに.....	1
2	生物圏評価パラメータ設定の課題とアプローチの概要.....	2
3	感度解析による重要パラメータの抽出.....	3
3.1	感度解析の対象.....	3
3.2	感度解析の方法.....	4
3.3	感度解析の結果.....	5
3.4	まとめ.....	11
4	パラメータの設定状況の整理.....	12
4.1	パラメータ設定状況の分類.....	12
4.2	パラメータの設定状況の整理の問題点.....	17
5	生物圏評価上重要なパラメータの影響特性の把握.....	18
5.1	検討の目的.....	18
5.2	検討方法.....	18
5.3	解析結果.....	19
5.4	まとめ.....	20
6	おわりに.....	25
	参考文献.....	26
	付録A 感度解析の対象としたパラメータセット.....	28
	付録B 河川水モデルの決定論的解析における各核種の支配的被ばく経路.....	44
	付録C 生物圏評価モデルごとに崩壊系列に着目して整理した解析結果.....	46
	付録D 核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握.....	91

Contents

1	Introduction	1
2	Abstract of approach in this study.....	2
3	Extraction of Significant Parameters through Sensitivity Analysis.....	3
3.1	Target of Sensitivity Analysis	3
3.2	Sensitivity Analysis Method	4
3.3	Sensitivity Analysis Results	5
3.4	Conclusion	11
4	Identification of the Statuses of the Significant Parameters	12
4.1	Classification of Biosphere Assessment Data	12
4.2	Issue of Classification of Biosphere Assessment Data	17
5	Estimation of the impacts for Significant Parameters.....	18
5.1	Aim of Study	18
5.2	Method of Study	18
5.3	Results of Study	19
5.4	Conclusion	20
6	Conclusion.....	25
	Reference	26
	Appendix A Parameter Data Set for Sensitivity Analysis.....	28
	Appendix B Dominant Exposure Pathway with Exposure Group	44
	Appendix C Results of Sensitivity Analysis about Decay Chain	46
	Appendix D Nuclides Migration Process in Crops and Animal Products.....	91

目 次

図 3.1-1	河川水を GBI とした生物圏評価モデルの概念図	3
図 5.3-1	コンパートメント間の移行係数の分配係数依存性(a)表面土壌コンパートメント(b)下部 土壌コンパートメント	21
図 5.3-1	コンパートメント間の移行係数の分配係数依存性(c)河川水コンパートメント(d)河川堆 積層コンパートメント	22
図 5.3-1	コンパートメント間の移行係数の分配係数依存性(e)沿岸海域水コンパートメント(f)沿 岸海域堆積層コンパートメント.....	23
図 5.3-2	コンパートメント中核種濃度の分配係数依存性.....	24

表 目 次

表 3.1-1 感度解析の対象とした生物圏評価モデルの GBI と各モデルで考慮している被ばくグループ.....	3
表 3.1-2 解析対象とする核種.....	4
表 3.3-1(1/2) 各元素の重要パラメータ（支配的な被ばくグループ：農作業従事者グループ）.....	6
表 3.3-1(2/2) 各元素の重要パラメータ（支配的な被ばくグループ：農作業従事者グループ）.....	7
表 3.3-2(1/3) 各元素の重要パラメータ（支配的な被ばくグループ：海洋漁業従事者グループ）.....	8
表 3.3-2(2/3) 各元素の重要パラメータ（支配的な被ばくグループ：海洋漁業従事者グループ）.....	9
表 3.3-2(3/3) 各元素の重要パラメータ（支配的な被ばくグループ：海洋漁業従事者グループ）.....	10
表 4.1-1 パラメータの分類基準.....	12
表 4.1-2(1/5) 重要パラメータの設定状況.....	13
表 4.1-2(2/5) 重要パラメータの設定状況.....	14
表 4.1-2(3/5) 重要パラメータの設定状況.....	15
表 4.1-2(4/5) 重要パラメータの設定状況.....	16
表 4.1-2(5/5) 重要パラメータの設定状況.....	17

1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分では、主として、地下水シナリオ（放射性核種が地下深部の処分場から地下水によって地表に運ばれるというシナリオ）に基づいて、人間が受ける被ばくの影響が評価されている。このような地表環境での人間が受ける影響を評価することを「生物圏評価」と呼んでいる。生物圏評価においては、人間の生活環境である地表における核種移行プロセスとこれらに関連する被ばく経路がモデル化され、適切なデータを用いて、人間が受ける放射線量が算出されている。地層処分の安全評価は数万年以上の極めて長い時間を対象とする。そのため、将来の人間活動や様式を予測することは困難であり、仮に予測できたとしても、地下深部の地質環境やそこに構築される人工バリアの変遷と比較して、大きな不確実性を有すると考えられている。

そこで、国際共同研究プロジェクト BIOMASS において提唱されたレファレンスバイオスフィアの考え方（IAEA, 2003）に基づき、生物圏を様式化してモデルを構築する手法がわが国の生物圏評価において採用されている（核燃料サイクル開発機構, 1999; 原子力発電環境整備機構, 2004; 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005）。

生物圏評価においては、核種ごとに百を超えるパラメータ（例えば、元素に依存したパラメータ、処分場所に特有なパラメータ、人間の生活習慣に特有なパラメータ、一般的なパラメータなど）を取り扱っている。今後、実際の処分サイトが決定し、具体的な地表環境条件が与えられた際に、生物圏評価に関するすべてのデータを整備するのは多大な労力であり、生物圏評価の効率的かつ合理的な検討を進める観点から、生物圏評価における重要度の高いパラメータを把握しておくことは重要である。

一方、原子力発電環境整備機構（2004）では、「立地点の安全評価にあたっては、そのサイト環境条件やそれに応じて想定される処分場のデザインに適合したものとすることが必要である」ことが述べられている。また規制に係わる公開文献にも「処分地が持つ条件を適切に考慮し、評価モデルおよびパラメータを設定し評価する」（原子力安全委員会 放射性廃棄物安全規制専門部会, 2000; 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会, 2003）などのことが指摘されている。

現在、わが国の地層処分プロジェクトは、サイト選定に係わる一連の作業が開始された段階にあり、実際の地表環境に則した評価を具体的に実施できる段階には至っていない。このような段階において重要なことは、将来、サイトが選定された段階において、より効率的に生物圏評価を行うための手法や情報を整理しておくことであると考えられる。したがって、現在の研究開発では場所を特定しない検討において重要度の高いパラメータとその変動特性を把握し、実際の処分サイトが決まった際に重点的に整備すべきパラメータについて見通しを持てるように準備しておくことが重要である。

そこで本研究では、処分場の環境条件を特定できない現段階における重要な課題の中から、特に実際の地表環境を対象とした生物圏評価に先立って行っておくべき重要な技術的課題として、重要度の高いパラメータの抽出および現在のパラメータ値の設定状況に関する整理、パラメータの核種移行メカニズムに与える影響特性の把握をあげ、これまでに構築した生物圏評価モデルを対象として感度解析等を実施した。

2. 生物圏評価パラメータ設定の課題とアプローチの概要

生物圏評価においては、核種ごとに百を超えるパラメータを取り扱っている。これらのパラメータは、以下の2つに分類することが可能である。

(a) 元素の特性に依存するパラメータ

分配係数や農畜産物への移行係数等といった元素の特性に依存するパラメータは、元素によって値が異なることから、パラメータの種類が多く、すべてを処分サイトで取得することは困難である。したがって、処分サイトの環境条件が特定できない段階では、わが国で取得された元素依存パラメータの変動範囲における影響特性を把握し、線量を支配する要因を抽出・整理しておくことが有効となる。

(b) 元素の特性に依存しないパラメータ

河川流量や灌漑水量等といった処分サイトの地表環境に特有なパラメータは、処分サイトの環境特性に大きく依存しており、処分サイトが特定された段階で実際の地表環境においてデータ取得をすることによって、パラメータの不確実性を把握・低減させることが可能である。また、人間の食物摂取量や呼吸量等といった人間の生活習慣に特有なパラメータについては、わが国の統計や国際放射線防護委員会の勧告に基づいてデータを設定することが可能である。

上記に示した生物圏評価に関するすべてのデータを、実際の処分サイトにおいて整備するのは多大な労力である。したがって、重要度の高いパラメータとその変動特性を把握し、実際の地表環境において重点的に整備すべきパラメータについて見通しを持てるように準備しておくことが重要である。

そこで、本研究においては、実際の地表環境において重点的に整備すべきパラメータリストを整備するために、以下の3つのアプローチをとることとした。

- (1) 処分場からの核種移行率を人間が受ける放射線量に変換するための係数（以下、「線量への換算係数」という）に対する生物圏評価上重要度の高いパラメータの抽出
- (2) 今後実際の地表環境におけるデータ取得を必要とするかどうかを判断するために、パラメータデータの引用元などを整理した、現時点におけるパラメータの設定状況の確認
- (3) 実際の地表環境における生物圏データ取得に関わる優先事項リストの作成

本報告書では、(3)に示した実際の地表環境における生物圏データ取得に関わる優先事項リストを作成するための準備として、(1)および(2)を実施した結果をまとめた。

(1)については、3章において「感度解析による重要パラメータの抽出」として検討した。3章では、これまでに構築した生物圏評価モデル（馬場ほか、1999；加藤ほか、2001）を用いて、生物圏評価上重要なパラメータの抽出のための分析を行った。まず、生物圏評価の全パラメータを対象とした感度解析を実施した。次に感度解析の結果に基づいて重回帰分析を行い、線量への換算係数に対する各パラメータの偏回帰係数を算出した。偏回帰係数を基に生物圏評価上相対的重要度の高いパラメータ（以下、「重要パラメータ」という）を抽出した。

(2)については、4章において、「パラメータの設定状況の整理」として検討した。多数の様々な生物圏評価パラメータの中から効率的かつ合理的に検討を進める観点から3章で抽出された重要パラメータを対象として、地層処分生物圏評価手法に関する国際共同研究 BIOMASS において検討されたデータ選定手法（IAEA, 2003）を参考に、重要パラメータの現時点でのデータセットにおける設定状況を確認した。また、パラメータの設定状況の整理の問題点を抽出した。

また5章では、3章で抽出した重要パラメータの中から、安定同位体等の存在や環境中での核種の存在形態の違いによって変動することが考えられる、元素の特性に依存するパラメータ（以下、元素依存パラメータ；例えば、土壌への分配係数、農作物への移行係数、畜産物への濃縮係数）の線量への換算係数に対する変動の影響の程度とその特性を検討した。

3. 感度解析による重要パラメータの抽出

生物圏評価モデルでは、地表環境に流入した核種の環境中の移行および被ばく経路を考慮して人間が受ける放射線量を算出するモデルを構築している。この際、河川水や表面土壌などの環境中での移行経路および人間への被ばく経路を想定した。このようなモデル中で取り扱うパラメータは膨大である。そのため、線量への換算係数に対して影響の大きい生物圏評価上重要なパラメータを抽出することは、効率的かつ合理的に検討を進める観点から大変に重要である。そこで、これまでに構築した生物圏評価モデルを用いて、生物圏評価上重要なパラメータの抽出のための解析および分析を行うこととした。

3. 1 感度解析の対象

1) 生物圏評価モデル

これまで原子力機構において検討してきた生物圏評価モデルとそこで用いたパラメータ（馬場ほか，1999；加藤ほか，2001；鈴木ほか，2006）を感度解析の対象とした。対象としたモデルの地質環境から生物圏への核種流入域（以下、「GBI」という）とそれぞれのモデルで考慮している被ばくグループを表 3.1-1 に示す。また、一例として、河川水を GBI とした場合の生物圏評価モデルを図 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 感度解析の対象とした生物圏評価モデルの GBI と各モデルで考慮している被ばくグループ

被ばくグループ	農作業従事者グループ	淡水漁業従事者グループ	海洋漁業従事者グループ
河川水	●	○	○
河川堆積層	●	○	○
深井戸	●	○	○
沿岸海域水	○	-	●
沿岸海域堆積層	○	-	●
潮間帯	○	-	●
周辺海洋	○	-	●

●は感度分析の対象とした被ばくグループを示す。○は感度分析の対象とはしていないが各モデルにおいて考慮されている被ばくグループを示す。

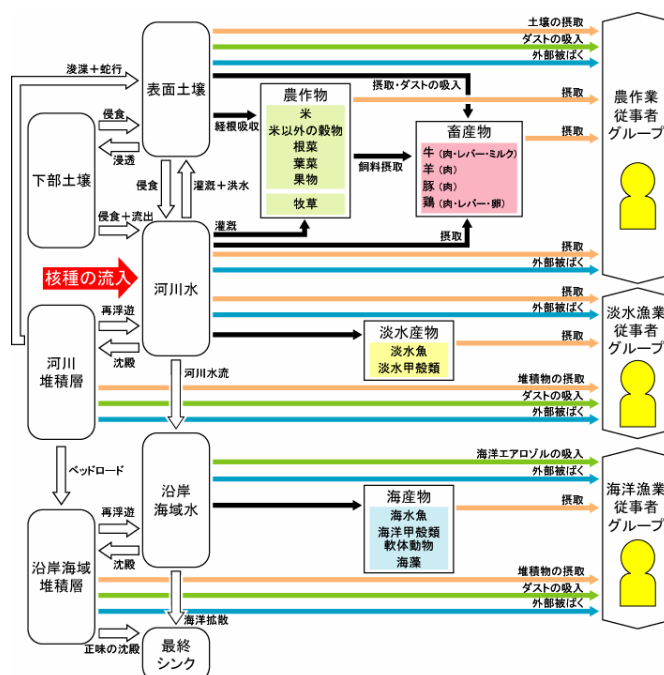


図 3.1-1 河川水を GBI とした生物圏評価モデルの概念図

2) 核種

地層処分研究開発第2次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構，1999）および TRU 廃棄物処分技術検討書（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005）において解析されている核種を対象とした。対象核種を表 3.1-2 に示す。崩壊系列の 4N 系列および 4N+1 系列，4N+2 系列，4N+3 系列の親核種となる核種と Zr-93 については崩壊連鎖を考慮した（例えば Np-237 の場合，娘核種である『Pa-233，U-233，Th-229』の影響を親核種に合算して考慮した。娘核種の取り扱いの詳細については，馬場ほか(1999)を参照のこと）。

表 3.1-2 解析対象とする核種

崩壊系列	対象核種									
4N	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228				
4N+1	Cm-245	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229			
4N+2	Cm-246	Pu-242	U-238	U-234	Th-230	Ra-226	Pb-210	Po-210		
4N+3	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227					
核分裂生成物・放射化生成物	Sm-151	Cs-137	Cs-135	I-129	Sn-126	Pd-107	Tc-99	Nb-94	Nb-93m	
	Mo-93	Zr-93	Sr-90	Se-79	Co-60	Ni-63	Ni-59	Cl-36	C-14	

3) パラメータ

感度解析で取り扱うパラメータの数は，核種ごとに異なっており，約 100～150 個である。それぞれのパラメータの最大値・最小値は，地層処分研究開発第2次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構，1999）および TRU 廃棄物処分技術検討書（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005）の生物圏評価データを用いて設定した。付録 A にパラメータの設定範囲を示す（詳細は馬場ほか（1999）および加藤ほか（2001），鈴木ほか（2006）を参照）。なお，内部被ばく・外部被ばくに関わる実効線量係数¹と生物圏評価モデル構成要素（以下，「コンパートメント」という）の大きさ²は感度解析の対象から除外した。また，文献や統計資料などにパラメータの設定範囲がない場合は，鈴木ほか（2006）の設定値の上下 1 桁（範囲は 2 桁）の値とした。パラメータの分布形については，最大値と最小値の幅が 1 桁以下のものについては一様分布，1 桁を超えるものについては対数一様分布とした。

3. 2 感度解析の方法

感度解析では，文献値に基づいて設定したパラメータの最小値・最大値の範囲内（最大で 5 桁程度）でサンプリングした 5000 個³のパラメータセットを入力として，線量への換算係数を算出した。サンプリングは，生物圏中の核種移行・被ばく評価解析のためのソフトウェアである AMBER[®]に搭載されているサンプリングツール（モンテカルロ法）を用いた。

一方，感度分析では，線量への換算係数に対する生物圏評価パラメータの感度を重回帰分析し，

- 1 確定的なデータであり法令で定められた係数であるため，本検討では内部被ばく・外部被ばくに関わる実効線量係数を固定した。
- 2 生物圏評価解析において，コンパートメント中の核種濃度は，コンパートメント中の核種量をコンパートメントの大きさ（体積）で除することにより算出される。一方，被ばく経路（例えば水の摂取など）は，このコンパートメント中の核種濃度（水の摂取経路の場合は河川水コンパートメント）と実効線量係数等を乗ずることによって1つの被ばく経路の線量への換算係数が算出される。つまり1つの被ばく経路においては，コンパートメント中の核種濃度と比例関係（複数のコンパートメントを基にする被ばく経路は厳密な比例関係ではない）にあるといえる（図 3.1-1 に示した被ばくグループの線量への換算係数は，被ばく経路の線量への換算係数の和である。被ばくグループの線量への換算係数はコンパートメント中の核種濃度に比例的に変化することを確認している）。そのため，コンパートメントの大きさは線量への換算係数に対して大きな影響を及ぼし，他のパラメータの影響を顕在化することを困難にする可能性が高い。そこで，本検討ではコンパートメントの大きさに関する検討は別途行うこととし，コンパートメントの大きさを固定し，コンパートメントの大きさを除くパラメータの影響度に関して着目する。
- 3 解析結果の収束性を考慮して設定

得られた偏回帰係数を指標としてその絶対値の大きさを比較し、パラメータの相対的重要度を検討した。この統計分析においては、統計分析ツールである SAS[®]を用いた。

3. 3 感度解析の結果

河川水および河川堆積層、深井戸を GBI とするモデルにおいては、支配的な被ばくグループである農作業従事者グループの線量への換算係数を算出した。また、沿岸海域水および沿岸海域堆積層、潮間帯、周辺海洋を GBI とするモデルにおいては、同じく支配的な被ばくグループである海洋漁業従事者グループの線量への換算係数を算出して、その係数に対して重回帰分析を実施した。一方、決定論的解析結果に基づいて各核種の支配的な被ばく経路に係わるパラメータを整理しておくことは重要であると考えられる。そのため、重要パラメータの抽出の参考資料として、これまでの生物圏評価モデルの決定論的解析における各核種の支配的な被ばく経路を付録 B に示す。

すべての対象核種とモデルにおいて、偏回帰係数の絶対値の大きいものを重要パラメータとして順序を抽出した。以下に各生物圏評価モデルでの解析結果を支配的な被ばくグループの各元素において整理した結果を示す。また、生物圏評価モデルごとの崩壊系列に着目して整理した解析結果を付録 C に示す。各元素において整理する理由は、元素の特徴を明らかにすると共に、元素依存パラメータのデータを取得する際の一助にするためである。また、崩壊系列において整理を実施する理由は、生物圏評価解析の手法上、親核種から崩壊して生成した娘核種の影響を親核種の影響とし、親核種のパラメータに対する娘核種の影響特性を把握しておく必要があるためである（詳細は馬場ほか（1999）を参照）。

まず、各生物圏評価モデルでの解析結果を支配的な被ばくグループごとの各元素に着目した場合の特徴を以下に示す。本節では、各元素の特徴を整理すると共に、元素依存パラメータのデータを取得する際の一助とするために、生物圏評価モデルに関係なく（生物圏評価モデルにおける支配的な被ばくグループについての区別は考慮する）、重要パラメータを整理した。この際、生物圏評価モデルごとに抽出した重要パラメータ（付録 C 参照）をさらに後述する①～⑥の理由付けを行い抽出した。各元素の重要パラメータと抽出理由について支配的な被ばくグループが農作業従事者グループの場合を表 3.3-1、海洋漁業従事者グループの場合を表 3.3-2 に示す。また、参考のために各表中に決定論的解析（鈴木ほか，2006）から算出された各核種の支配的な被ばく経路を示す。

1) 元素に着目した場合の重要パラメータ (被ばくグループ: 農作業従事者グループ)

すべての対象核種において、河川流量および灌漑水量の線量への換算係数に対する寄与は非常に大きいため、河川流量および灌漑水量は、すべての対象核種の重要パラメータであるといえる。また、各核種の偏回帰係数が大きな上位 10 パラメータに対して、支配的な被ばく経路との関連を検討するなどして (抽出理由は後述の①～⑥を参照) 各元素の重要パラメータを抽出した。なお、本検討においては、生物圏評価中の数多くあるパラメータの相関関係について考慮されていない。この点を考慮しつつ、生物圏評価モデルにおける重要パラメータの抽出 (付録 C 参照) と①～⑥の抽出理由から各元素において特に重要度が高いと考えられるパラメータを抽出した。抽出した重要パラメータを表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 (1/2) 各元素の重要パラメータ(支配的な被ばくグループ: 農作業従事者グループ)

対象核種に共通した重要パラメータ		重要パラメータ	抽出理由	支配的な被ばく経路 (標準的なパラメータ値を用いた決定論的解析結果)			
		河川流量	②	核種			
		灌漑水量	② ④		河川水モデル	河川堆積層モデル	深井戸モデル
元素	対象核種	重要パラメータ	抽出理由				
C	C14	畜産物への濃縮係数(鶏卵) 表面土壌の分配係数	① ③ ③ ⑥	C-14	鶏卵の摂取	鶏卵の摂取	鶏卵の摂取
Cl	Cl36	表面土壌の分配係数	②	Cl-36	鶏卵の摂取	米の摂取	鶏卵の摂取
Co	Co60	河川堆積層の分配係数 表面土壌の分配係数	③ ⑥ ③ ⑥	Co-60	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく
Ni	Ni59,Ni63	河川堆積層の分配係数 表面土壌の分配係数	③ ⑥ ③ ⑥	Ni-59	米の摂取	米の摂取	米の摂取
				Ni-63	米の摂取	米の摂取	米の摂取
Se	Se79	表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数 農作物への移行係数(牧草)	② ③ ⑥ ① ③	Se-79	牛肉の摂取	牛肉の摂取	牛肉の摂取
Sr	Sr90	表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数 農作物への移行係数(葉菜)	③ ⑥ ③ ⑥ ① ③	Sr-90	葉菜の摂取	葉菜の摂取	葉菜の摂取
Mo	Mo93	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Mo-93	水の摂取	水の摂取	水の摂取
Zr	Zr93	表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数	③ ⑥ ③ ⑥	Zr-93	根菜の摂取	米の摂取	水の摂取
Nb	Nb93m,Nb94	表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数 農作物への移行係数(牧草)	③ ⑥ ③ ⑥ ① ③	Nb-93m	水の摂取	牛乳の摂取	水の摂取
				Nb-94	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく
Tc	Tc99	侵食速度	③ ④	Tc-99	米の摂取	米の摂取	米の摂取
Pd	Pd107	表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数	③ ⑥ ③ ⑥	Pd-107	米の摂取	米の摂取	米の摂取
Sn	Sn126	侵食速度 表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数	③ ④ ③ ⑥ ③ ⑥	Sn-126	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく
I	I129	表面土壌の分配係数	③ ⑥	I-129	米の摂取	米の摂取	米の摂取
Cs	Cs135,Cs137	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Cs-135	米の摂取	鶏肉の摂取	米の摂取
				Cs-137	米の摂取	水の摂取	米の摂取
Sm	Sm151	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Sm-151	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
Pb	Pb210	河川堆積層の分配係数	③	Pb-210	水の摂取	米の摂取	水の摂取
Po	Po210	河川堆積層の分配係数	③	Po-210	水の摂取	水の摂取	水の摂取
Ra	Ra226,Ra228	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Ra-226	米の摂取	米の摂取	米の摂取
				Ra-228	水の摂取	水の摂取	水の摂取
Ac	Ac227	河川堆積層の分配係数 ダストレベル	② ① ③	Ac-227	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取

表 3.3-1 (2/2) 各元素の重要パラメータ(支配的な被ばくグループ:農作業従事者グループ)

				支配的な被ばく経路 (標準的なパラメータ値を用いた決定論的解析結果)			
元素	対象核種	重要パラメータ	抽出理由	核種	河川水モデル		
					河川水モデル	河川堆積層モデル	深井戸モデル
Th	Th228,Th229, Th230,Th232	表面土壌の分配係数	②	Th-228	水の摂取	土壌からの外部被ばく	果物の摂取
		河川堆積層の分配係数	③ ⑥	Th-229	ダストの吸入	ダストの吸入	ダストの吸入
		侵食速度	③ ⑥	Th-230	米の摂取	米の摂取	米の摂取
		ダストレベル	① ③	Th-232	水の摂取	米の摂取	米の摂取
Pa	Pa231,Pa233	河川堆積層の分配係数	③ ⑥	Pa-231	ダストの吸入	ダストの吸入	ダストの吸入
		侵食速度	③	Pa-233	水の摂取	土壌からの外部被ばく	水の摂取
U	U233,U234,U 235,U236, U238	畜産物への濃縮係数(牛レバー)	① ②	U-233	水の摂取	水の摂取	水の摂取
		表面土壌の分配係数	②	U-234	水の摂取	水の摂取	水の摂取
				U-235	水の摂取	水の摂取	水の摂取
				U-236	水の摂取	水の摂取	水の摂取
				U-238	水の摂取	水の摂取	水の摂取
Np	Np237	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Np-237	水の摂取	水の摂取	水の摂取
Pu	Pu239,Pu240, Pu241,Pu242	表面土壌の分配係数	②	Pu-239	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
		ダストレベル	① ③	Pu-240	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
		侵食速度	③	Pu-241	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
				Pu-242	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
Am	Am241, Am243	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Am-241	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
		ダストレベル	① ③	Am-243	ダストの吸入	ダストの吸入	水の摂取
Cm	Cm244, Cm245, Cm246	表面土壌の分配係数	③ ⑥	Cm-244	水の摂取	ダストの吸入	水の摂取
		ダストレベル	① ③	Cm-245	ダストの吸入	ダストの吸入	ダストの吸入
				Cm-246	ダストの吸入	ダストの吸入	ダストの吸入

太字表示パラメータは元素依存パラメータである

【抽出理由】

- ① 支配的な被ばく経路に係わるパラメータである
- ② 偏回帰係数が大きく重回帰分析により抽出された上位パラメータである
- ③ 偏回帰係数は小さいが重回帰分析により抽出された上位のパラメータである
- ④ 表面土壌コンパートメント（表面土壌は線量への換算係数に対して寄与が大きく、重要なコンパートメントであることが示されている（加藤ほか 2001））に接続する核種移行プロセスに係わるパラメータである
- ⑤ GBI の核種移行に係わるパラメータである
- ⑥ 様々な移行経路、被ばく経路に係わるパラメータである

2) 元素に着目した場合の重要パラメータ (被ばくグループ: 海洋漁業従事者グループ)

すべての対象核種において、海洋拡散による希釈水量および干満による流れ、最終シンクへの正味の沈殿の線量への換算係数に対する寄与は非常に大きいため、海洋拡散による希釈水量および干満による流れ、最終シンクへの正味の沈殿は、すべての対象核種の重要パラメータであるといえる。また、各核種の偏回帰係数が大きな上位 10 パラメータに対して、支配的な被ばく経路との関連を検討するなどして(抽出理由は後述の①～⑥を参照)各元素の重要パラメータを抽出した。なお、本検討においては、生物圏評価中の数多くあるパラメータの相関関係について考慮されていない。この点を考慮しつつ、生物圏評価モデルにおける重要パラメータの抽出(付録C参照)と①～⑥の抽出理由から各元素において特に重要度が高いと考えられるパラメータを抽出した。抽出した重要パラメータを表 3.3-2 に示す。

表 3.3-2 (1/3) 各元素の重要パラメータ(支配的な被ばくグループ: 海洋漁業従事者グループ)

対象核種に共通した重要パラメータ		重要パラメータ		支配的な被ばく経路 (標準的なパラメータ値を用いた決定論的解析結果)				
		海洋拡散による希釈水量 干満による流れ 最終シンクへの正味の沈殿	抽出理由 ② ② ③ ⑤	核種	生物圏評価モデル			
元素	対象核種	重要パラメータ	抽出理由		沿岸海域水モデル	沿岸海域堆積層モデル	潮間帯モデル	周辺海洋モデル
C	C14	海産物への濃縮係数(海水魚, 軟体動物) 海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物)	① ② ① ②	C-14	海水魚の摂取	海水魚の摂取	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
Cl	Cl36	海産物への濃縮係数(海水魚, 軟体動物) 海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物)	① ② ① ②	Cl-36	海水魚の摂取	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取
Co	Co60	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻) 海産物の摂取量(海水魚, 海藻)	① ② ① ③	Co-60	海藻の摂取	堆積層からの外部被ばく	堆積層からの外部被ばく	海水魚の摂取
Ni	Ni59, Ni63	海産物への濃縮係数(海水魚)	① ②	Ni-59	海水魚の摂取	土壌の摂取	海水魚の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚)	① ③	Ni-63	海水魚の摂取	土壌の摂取	海水魚の摂取	海水魚の摂取
Se	Se79	海産物への濃縮係数(海水魚) 海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物)	① ③ ① ②	Se-79	海水魚の摂取	土壌の摂取	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
Sr	Sr90	海産物への濃縮係数(海水魚) 海産物の摂取量(海水魚)	① ③ ① ③	Sr-90	海水魚の摂取	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取
Mo	Mo93	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻) 海産物の摂取量(海水魚, 海藻) 沿岸海域堆積層の分配係数	① ③ ① ② ③ ⑥	Mo-93	海水魚の摂取	土壌の摂取	海藻の摂取	海水魚の摂取
Zr	Zr93	海産物への濃縮係数(軟体動物, 海水魚) 海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚) 沿岸海域堆積層の分配係数	① ③ ① ③ ③ ⑥	Zr-93	軟体動物の摂取	土壌の摂取	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
Nb	Nb93m, Nb94	沿岸海域堆積層の分配係数	③ ⑥	Nb-93m	海藻の摂取	堆積物からの外部被ばく	海藻の摂取	海水魚の摂取
				Nb-94	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく
Tc	Tc99	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類, 海藻) 海産物の摂取量(海水魚, 海洋甲殻類, 海藻) 沿岸海域堆積層の分配係数	① ③ ① ③ ③ ⑥	Tc-99	海洋甲殻類の摂取	土壌の摂取	海藻の摂取	海水魚の摂取
Pd	Pd107	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻) 海産物の摂取量(海水魚, 海藻)	① ② ① ②	Pd-107	海水魚の摂取	土壌の摂取	海藻の摂取	海水魚の摂取

表 3.3-2 (2/3) 各元素の重要パラメータ(支配的な被ばくグループ: 海洋漁業従事者グループ)

元素	対象核種	重要パラメータ	抽出理由	支配的な被ばく経路 (標準的なパラメータ値を用いた決定論的解析結果)				
				核種	生物圏評価モデル			
					沿岸海域水モデル	沿岸海域堆積層モデル	潮間帯モデル	周辺海洋モデル
Sn	Sn126	沿岸海域堆積層の分配係数	⑥ ②	Sn-126	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取
		潮間帯の分配係数	⑥ ②					
		海産物への濃縮係数(海水魚)	②					
		海産物の摂取量(海水魚)	②					
I	I129	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻)	① ②	I-129	海藻の摂取	土壌の摂取	海藻の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚, 海藻)	① ②					
Cs	Cs135, Cs137	海産物への濃縮係数(海水魚)	① ②	Cs-135	海水魚の摂取	土壌の摂取	海水魚の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚)	① ②	Cs-137	海水魚の摂取	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取
		沿岸海域堆積層の分配係数	③ ⑥					
Sm	Sm151	沿岸海域堆積層の分配係数	⑥ ②	Sm-151	軟体動物の摂取	土壌の摂取	海水魚の摂取	海水魚の摂取
		海産物への濃縮係数(海水魚)	① ③					
Pb	Pb210	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類)	① ③	Pb-210	海水魚の摂取	土壌の摂取	海洋甲殻類の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚, 海洋甲殻類)	① ③					
Po	Po210	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類)	① ③	Po-210	海洋甲殻類の摂取	堆積物の摂取	海洋甲殻類の摂取	海水魚の摂取
Ra	Ra226, Ra228	海産物への濃縮係数(海水魚, 軟体動物)	① ③	Ra-226	海水魚の摂取	堆積物からの外部被ばく	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
		沿岸海域堆積層の分配係数	③ ⑥	Ra-228	海水魚の摂取	堆積物からの外部被ばく	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物)	① ③					
Ac	Ac227	ダストレベル	① ②	Ac-227	海洋甲殻類の摂取	ダストの吸入	ダストの吸入	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚, 海洋甲殻類)	① ③					
		海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類)	① ③					
Th	Th228, Th229, Th230, Th232	沿岸海域堆積層の分配係数	③ ⑥	Th-228	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取
		海産物への濃縮係数(海水魚)	① ③	Th-229	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚)	① ③	Th-230	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海洋甲殻類の摂取	海水魚の摂取
			① ③	Th-232	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海水魚の摂取	海水魚の摂取
Pa	Pa231, Pa233	ダストレベル	① ②	Pa-231	ダストの吸入	ダストの吸入	ダストの吸入	ダストの吸入
				Pa-233	堆積層からの外部被ばく	堆積層からの外部被ばく	堆積層からの外部被ばく	堆積層からの外部被ばく
U	U233, U234, U235, U236, U238	海産物への濃縮係数(海水魚)	① ②	U-233	海藻の摂取	堆積物からの外部被ばく	海藻の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(海水魚)	① ②	U-234	海藻の摂取	堆積物からの外部被ばく	海藻の摂取	海水魚の摂取
		沿岸海域堆積層の分配係数	③	U-235	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	海藻の摂取	ダストの吸入
		地下水流	②	U-236	海藻の摂取	ダストの吸入	海藻の摂取	海水魚の摂取
			②	U-238	海藻の摂取	堆積物からの外部被ばく	海藻の摂取	海水魚の摂取

表 3.3-2 (3/3) 各元素の重要パラメータ(支配的な被ばくグループ:海洋漁業従事者グループ)

元素	対象核種	重要パラメータ	抽出理由	支配的な被ばく経路 (標準的なパラメータ値を用いた決定的解析結果)				
				核種	生物圏評価モデル			
					沿岸海域水モデル	沿岸海域堆積層モデル	潮間帯モデル	周辺海洋モデル
Np	Np237	海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物) 沿岸海域堆積層の分配係数 海産物への濃縮係数(海水魚)	① ② ③ ① ③	Np-237	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
Pu	Pu239, Pu240, Pu241, Pu242	ダストレベル	②	Pu-239	ダストの吸入	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚)	①	Pu-240	ダストの吸入	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
		潮間帯の分配係数	②	Pu-241	ダストの吸入	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
				Pu-242	ダストの吸入	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
Am	Am241, Am243	ダストレベル	②	Am-241	軟体動物の摂取	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚) 海産物への濃縮係数(海水魚, 軟体動物)	① ① ③	Am-243	土壌からの外部被ばく	土壌からの外部被ばく	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
Cm	Cm244, Cm245, Cm246	ダストレベル	②	Cm-244	軟体動物の摂取	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
		海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚)	①	Cm-245	堆積物からの外部被ばく	堆積物からの外部被ばく	軟体動物の摂取	海水魚の摂取
				Cm-246	軟体動物の摂取	ダストの吸入	軟体動物の摂取	海水魚の摂取

太字表示パラメータは元素依存パラメータである

【抽出理由】

- ① 支配的な被ばく経路に係わるパラメータである
- ② 偏回帰係数が大きく重回帰分析により抽出された上位パラメータである
- ③ 偏回帰係数は小さいが重回帰分析により抽出された上位のパラメータである
- ④ 表面土壌コンパートメント(表面土壌は線量への換算係数に対して寄与が大きく, 重要なコンパートメントであることが示されている(加藤ほか 2001))に接続する核種移行プロセスに係わるパラメータである
- ⑤ GBIの核種移行に係わるパラメータである
- ⑥ 様々な移行経路, 被ばく経路に係わるパラメータである

3. 4 まとめ

各生物圏評価モデルにおいて、すべてのパラメータを同時に変動させた感度解析を実施して線量への換算係数に対する重回帰分析により感度について調査した。それら結果から、生物圏評価モデルごとおよび元素ごとに重要パラメータを抽出・整理した。その特徴としては、

崩壊系列、元素に関係なく

- ・重要パラメータは、河川流量、分配係数など水の核種移行に関係するパラメータである場合が多い

元素に着目して

- ・重要パラメータとして農畜産物、海産物の摂取や移行係数が抽出された場合は、元素ごとに農作物、畜産物などの品種に特徴がある（例えば、U は畜産物への濃縮係数（牛レバー）が重要パラメータ）
- ・重要パラメータは、決定論的解析における支配的な被ばく経路に関係するパラメータである場合が多い

崩壊系列に着目して（詳細は付録 C 参照）

- ・親核種の線量への換算係数に対して、娘核種のパラメータが重要である核種を確認した（例えば、Cm-245 や Pu-241 の崩壊により生成する娘核種 Am-241 の表面土壌の分配係数）

などが挙げられる。重要パラメータの抽出においては、GBI が河川水、河川堆積層、深井戸の各モデルの重回帰分析から、偏回帰係数が有意な値として示され、決定係数などから概ね信頼度のある結果が得られた。一方、GBI が海洋である生物圏評価モデルでは、多くの核種において感度分析の結果である偏回帰係数が小さかった。これは、GBI が海洋の生物圏評価モデルの線量への換算係数が小さく、様々なパラメータの寄与が分散しているためであると考えられる。

以上の重要パラメータの整理結果から、崩壊連鎖による親核種と娘核種間の重要パラメータの把握、元素ごとの重要パラメータの把握、重要パラメータの特徴などが示された。

重要パラメータの整理結果は、実際の地表環境を生物圏評価の対象とした場合における、パラメータのデータ取得の効率的かつ合理的取得のために利用できる可能性を示した。例えば、生物圏評価のパラメータデータ取得者側へ、親核種と娘核種の相関の考慮の必要性や各元素の重要パラメータの特徴を示しつつ、各元素の重要パラメータの提示、パラメータ取得の優先度の提示などの指標として利用できる。

なお、本検討においては、生物圏評価のパラメータの相関関係について考慮されていない。そのため、条件付の重要パラメータであることに注意する必要がある。今後は、パラメータの相関関係を考慮した場合の重要パラメータを抽出し、パラメータの相関の考慮の有無による重要パラメータの比較も必要である。

4. パラメータの設定状況の整理

生物圏評価モデルで用いられるパラメータは、灌漑水量、河川流量、食物の生産や消費に関わるデータなどわが国の固有値として考えられるものと、その他の国内、諸外国に関係なく一般的なデータとして考えられるものがある。前者のわが国の固有値をとると考えられるパラメータは、可能な限り国内の文献や統計資料を参照して設定を行い、後者のそれ以外のパラメータについては、諸外国の性能評価報告書や文献を参照して生物圏評価のデータを設定している。

本章では、数多くある生物圏評価パラメータの中から効率的かつ合理的に検討を進める観点から 3.3 で抽出された重要パラメータを対象として、それらパラメータの引用元を確認し、現時点におけるパラメータの設定状況を整理する。

4. 1 パラメータ設定状況の分類

パラメータの設定状況の分類については、地層処分生物圏評価手法に関する国際共同研究 BIOMASS において検討されたデータ選定手法 (IAEA, 2003) を適用した。このデータ選定手法は、生物圏評価全体を通してパラメータ設定に一貫性を確保するための方法論である。その中では、評価において要求されるパラメータを適切に定義し、利用可能なデータソースの信頼性を客観的に判断するためのパラメータの分類方法などが検討されている。そこで、この分類手法を参考に、以下に挙げるような観点からパラメータを整理した。

- ・パラメータのタイプ (分類基準)
- ・信頼性 (分類基準)
- ・元素依存性 (依存性の有無を整理)

また、パラメータの分類基準 (パラメータのタイプと信頼性) に概ね該当するパラメータデータの種類のについて表 4.1-1 に例示する。

表 4.1-1 パラメータの分類基準

		信頼性		
		確定的	理解の程度が高い	理解の程度が低い
パラメータ のタイプ	一般	ICRP, IAEA	国内推奨データ(放射線防護基準)	国外の理解の程度が低いデータ
	わが国固有	国内基準	国内統計資料	国内の理解の程度が低いデータ
	サイト固有	評価の前提条件	サイト調査データ	サイト固有の理解の程度が低いデータ

ここでのパラメータの信頼性については、パラメータの理解度を判断の基準にした。そのパラメータの理解度は、引用文献の種類などによって判断した。また、パラメータのタイプについては、パラメータの取得された場所を判断根拠とした。以下に、パラメータの信頼性の理解度の判断根拠 (①～⑤) を示す。これらパラメータの信頼性およびタイプ、元素依存性に基づいて、3章で抽出した重要パラメータの設定状況を、元素に共通したパラメータおよび元素ごとに整理した。その結果を表 4.1-2 に示す。

【判断根拠】

- ①パラメータの場所依存性：パラメータの取得場所が処分サイトである場合は、理解の程度が「高い」とする
- ②著者または発行元の組織の信頼性：国内の統計、調査データ、国際的な機関の発行であれば理解の程度が「高い」とする (例えば、国内の機関や信頼ある国外の機関 IAEA, ICRP などについては信頼性の理解の程度「高い」)。発行年は考慮しない。
- ③情報の新規性：国外の文献である場合、発行年が原則として 10 年より古ければ理解の程度「低」、10 年前以降現在までは新しく「高」と区別する (国内の文献である場合は、発行年は考慮しない)。文献発行から 10 年を目安にした理由は次のとおりである。既往の生物圏評価研究で引用している、国際的にオーソライズされたデータ集としては、IAEA の Safety Series (以下, SS) や Technical Reports Series (以下, TRS) がある。土壌への分配係数や農畜産物

への核種の移行係数に関しては、TRS No.364 (IAEA, 1994) に、海域堆積物への分配係数や海産物への核種の濃縮係数に関しては TRS No.247 (IAEA, 1985) にまとめられている。近年、SS No.57 (IAEA, 1982) の改訂版として、Safety Reports Series No.19 (IAEA, 2001) が、TRS No.247 の改訂版として TRS No.422 (IAEA, 2004) が発行される一方で、IAEA EMRAS プロジェクトでは、TRS No.364 の改定作業が行われており、今後改訂版が発行される予定である。TRS No.364 が発行されてから約 10 年が経過していることから、TRS No.364 以降の知見が EMRAS プロジェクトの成果として次期 TRS に集約されるであろうことを考え、収集文献の新しさの目安を「10 年」とした。

- ④データの統計処理の有無：複数の引用文献からデータを引用し、データの平均や代表値を用いて処理を行っている場合は、原則的には理解の程度「低」。
- ⑤データの仮定の有無：データを仮定して設定しているものは理解の程度「低」。

表 4.1-2(1/5) 重要パラメータの設定状況

	重要パラメータ	タイプ	元素依存	信頼性 理解の 程度	理解の 程度判 断基準	引用文献の特 徴
対象 核種 に共 通し た重 要パ ラメ ータ	河川流量	わが国固有		高い	②	国内の調査資料
	灌漑水量	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	海洋拡散による希釈水量	わが国固有		高い	②	国内の調査資料
	干満による流れ	一般		低い	⑤	仮定した値
	最終シンクへの正味の沈殿	一般		低い	⑤	仮定した値
C	畜産物への濃縮係数(鶏卵)	一般	○	低い	②③	国外の研究論文
	表面土壌の分配係数	一般	○	低い	②③④	複数の国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚、軟体動物)	一般	○	低い	④	複数の国外の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚、軟体動物)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Cl	表面土壌の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚、軟体動物)	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚、軟体動物)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Co	河川堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚、海藻)	一般	○	低い	④	複数の国外の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚、海藻)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Ni	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Se	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	農作物への移行係数(牧草)	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚、軟体動物)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料

表 4.1-2(2/5) 重要パラメータの設定状況

	重要パラメータ	タイプ	元素依存	信頼性 理解の 程度	理解の 程度判 断基準	引用文献の特 徴
Sr	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	農作物への移行係数(葉菜)	一般	○	低い	④	複数の国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Mo	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻)	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚, 海藻)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	⑤	仮定した値
Zr	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	海産物への濃縮係数(軟体動物, 海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
Nb	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	農作物への移行係数(牧草)	一般	○	低い	④	複数の国外の研究論文
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
Tc	侵食速度	わが国固有		低い	②③	国内の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類, 海藻)	一般	○	低い	②④	複数の国外の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚, 海洋甲殻類, 海藻)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
Pd	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚, 海藻)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料

表 4.1-2(3/5) 重要パラメータの設定状況

	重要パラメータ	タイプ	元素 依存	信頼性 理解の 程度	理解の 程度判 断基準	引用文献の特 徴
Sn	侵食速度	わが国固有		低い	②③	国内の研究論文
	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	潮間帯の分配係数	一般	○	低い	⑤	仮定した値
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	低い	③④	複数の国外の研 究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
I	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海藻)	一般	○	低い	④	複数の国外の研 究論文
	海産物の摂取量(海水魚, 海藻)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Cs	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	低い	④	複数の国外の研 究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
Sm	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Pb	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
	土壌の摂取量	一般		低い	③④	複数の国外の研 究論文
Po	河川堆積層の分配係数	一般	○	低い	④	複数の国外の研 究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
Ra	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	海産物への濃縮係数(海水魚, 軟体動物)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関 の研究論文
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料

表 4.1-2(4/5) 重要パラメータの設定状況

	重要パラメータ	タイプ	元素 依存	信頼性 理解の 程度	理解の 程度判 断基準	引用文献の特 徴
Ac	河川堆積層の分配係数	一般	○	低い	④	複数の国外の研究論文
	ダストレベル	一般		低い	③	国外の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚, 海洋甲殻類)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	海産物への濃縮係数(海水魚, 海洋甲殻類)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
Th	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	侵食速度	わが国固有		低い	②	国内の研究論文
	ダストレベル	一般		低い	③	国外の研究論文
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
Pa	河川堆積層の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	侵食速度	わが国固有		低い	②	国内の研究論文
	ダストレベル	一般		低い	③	国外の研究論文
U	畜産物への濃縮係数(牛レバー)	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	地下水流	わが国固有		低い	⑤	仮定した値
Np	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
	海産物の摂取量(海水魚, 軟体動物)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	沿岸海域堆積層の分配係数	一般	○	低い	③	国外の研究論文
	海産物への濃縮係数(海水魚)	一般	○	高い	②	信頼ある国外機関の研究論文
Pu	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	侵食速度	わが国固有		低い	②	国内の研究論文
	ダストレベル	一般		低い	③	国外の研究論文
	海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	潮間帯の分配係数	一般	○	低い	⑤	仮定した値
Am	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関を含む複数の研究論文
	ダストレベル	一般		低い	③	国外の研究論文
	海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料
	海産物への濃縮係数(海水魚, 軟体動物)	一般	○	低い	④	複数の国外の研究論文

表 4.1-2(5/5) 重要パラメータの設定状況

	重要パラメータ	タイプ	元素依存	信頼性 理解の 程度	理解の 程度判 断基準	引用文献の特 徴
Cm	表面土壌の分配係数	一般	○	高い	②④	信頼ある国外機関 を含む複数の研究 論文
	ダストレベル	一般		低い	③	国外の研究論文
	海産物の摂取量(軟体動物, 海水魚)	わが国固有		高い	②	国内の統計資料

※：理解の程度判断基準に関して、前述した判断基準①～⑤を考慮して「高い」「低い」を区別した。

4. 2 パラメータの設定状況の整理の問題点

パラメータの信頼性（理解の程度）を判断する際には、パラメータの引用文献の信頼性、パラメータの取得場所などを考慮した。引用文献の信頼性を整理するにあたっては、現状において保守的な信頼性の判断となるように前述の①～⑤を考慮した。そのパラメータの設定状況を整理するにあたり、信頼性（理解の程度）の判断基準に関する以下のような課題が挙げられた。

- ・引用文献の著者をどのように判断するのか（本検討では、国外のパラメータデータについて、IAEA 以外の文献についてはすべて理解の程度を「低い」とした）。
- ・複数の引用文献からデータを引用している場合、その設定値が「平均をとる」、「一致した値をとる」などの条件付の引用の場合の判断はどうするのか。
- ・データのないパラメータについて、仮定することによりデータを設定する場合の判断はどうするのか（本検討では「低い」とした）。
- ・引用文献の発行時期を考慮した方がよいのか。古い文献と新しい文献を区別するのか。区別する場合の古いものと新しいものの線引きはどうするのか（古い文献のすべてが理解の程度が低いとすることはないか）。文献中のデータの新鮮さを考慮するのか（最新のものか）。
- ・処分サイトおよび国内、国外のパラメータタイプおよび、パラメータの特性・特徴を考慮しタイプごとに信頼性（理解度の程度）を判断することも必要か（例えば、日本の土壌の特徴に合った分配係数のデータ設定になっているのか）。

現状のデータ設定においては、上記の課題を抱え生物圏評価で用いるデータを設定していることを踏まえつつ、少なくとも設定するデータの追跡性を確保しデータの信頼性を担保することが重要である。

5. 生物圏評価上重要なパラメータの影響特性の把握

5. 1 検討の目的

地層処分研究開発第2次取りまとめ(核燃料サイクル開発機構, 1999)およびTRU第2次レポート(電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005)では, 地下水での移行を主として処分場から生物圏への核種移行が評価されている。この生物圏評価においては, 各核種の線量への換算係数には, 自然界に存在する安定同位元素の影響は考慮されていないので, 今後より詳細な評価を行うために, これらの安定同位体の影響を考慮した生物圏評価を行う必要があることが指摘されている(電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005)。安定同位元素は, 廃棄物由来の放射性核種よりも自然界に多量に存在することが考えられるため, 同位体希釈効果によって, 現在の核種移行解析における設定よりも, 摂取物等への廃棄物由来の放射性核種の移行量が少なくなる可能性がある。また, 当該元素の同位体だけでなく, 施肥等による他の元素の添加が農作物への移行係数に影響を与える場合もあると言われている(Tsukada and Nakamura, 1999)。したがって, パラメータの感度解析を行うことにより自然界に存在する元素の影響による移行係数の変動を模擬し, その影響特性を把握することで, 安定同位体や他の元素の存在による影響について予測することが可能となると考えられる。なお, 原子力施設等の環境安全評価においても濃縮係数法(環境媒体から摂取物等への核種の移行・濃縮を考慮し, 核種濃度を算出する方法)が採用されていることから, 安定元素の影響に関する知見は, 廃棄物処分のみならず, 施設の環境安全評価にも反映できうると考えられる。

上記に関しては, 線量への換算係数に有意な影響を与える条件やパラメータの影響特性等を把握した後に, その結果に基づいて, 安定同位体等を考慮する場合の影響を検討することが合理的であると考えられる。そのため, 3章で抽出した元素に着目した場合の重要パラメータに着目し, 元素の特性に依存するパラメータ(以下, 元素依存パラメータ; 例えば, 土壌への分配係数, 農作物への移行係数, 畜産物への濃縮係数)の線量への換算係数に対する変動の影響の程度とその特性を検討することが必要となる。このことにより, 安定同位体等の存在によって元素依存パラメータが変動した場合の線量への換算係数への影響をあらかじめ予測できるようになると考えられる。

なお, 廃棄物中に含まれる炭素に関しては, その存在形態の違いにより, 環境中での移行挙動が異なる可能性もあることから, 感度解析において, 存在形態の違いによる核種移行パラメータの変動を考慮することも重要である。

ここでは, 高レベル放射性廃棄物およびTRU廃棄物処分における重要核種であるC-14, I-129, Se-79, Cs-135, Np-237, Pa-233, U-233, Th-229について, 元素依存パラメータに着目し, それらの変動に対する線量への換算係数の感度解析を行うとともに, これらのパラメータと密接に関連すると考えられる媒体中の核種濃度決定に関連するプロセス(線量への換算係数を算出するためのベースとなる)と各パラメータの影響特性との関係を併せて分析することとした。

5. 2 検討方法

本検討においては, 以下の手順に沿って, 元素依存パラメータの影響度やその特性を検討する。

- ・ 線量への換算係数に対して影響の大きい生物圏評価上重要なパラメータの抽出(3章に記述)
- ・ コンパートメント間の移行量の分配係数依存性の検討
- ・ 核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握(詳細は付録D参照)

1) コンパートメント間の移行量の分配係数依存性の検討

生物圏評価において用いている土壌あるいは堆積物の分配係数は, 核種移行プロセス・被ばくプロセスの双方に影響を与えるパラメータである。そこで, 核種移行プロセスのうち, 特にコンパートメント間の移行量に着目し, 分配係数の変動が移行量の変動に与える影響について把握す

ることとした。

2) 核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握

生物圏評価で用いるパラメータのうち、元素の特性に依存するものは評価核種ごとに設定されており、各核種の移行挙動の特徴を表すものである。特に、評価上重要となる核種に対しては、これらのパラメータの変動が評価結果に与える影響を把握しておくとともに、どのようなメカニズムで影響を与えるかについて理解しておく必要がある。

そこで、3章で抽出した重要パラメータのうち、元素の特性に依存する主なものをピックアップし、それぞれを個別に単独で変動させた場合の線量への換算係数に対する影響特性について検討することとした。詳細については、付録Dを参照のこと。

5. 3 解析結果

1) コンパートメント間の移行量の分配係数依存性の検討結果

コンパートメント間の移行量（移行係数）は、各コンパートメント間の放射性物質の移行量を示すもので、図3.1-1に示すように各コンパートメント間での移行プロセス（侵食、浸透、沈殿など）に基づいて複数設定される。コンパートメント中核種濃度の分配係数依存性に関する検討の補足情報として、加藤ほか（2001）の付録Aで検討したような、コンパートメント間の移行量（移行係数）の分配係数依存性に関するグラフを作成した（図5.3-1参照）。

図5.3-1(a)および(b)から、トリウムを除くすべての元素の分配係数の設定範囲内で、表面土壌への分配係数の増加に伴い、浸透（表面土壌コンパートメント→下部土壌コンパートメント）および流出（下部土壌コンパートメント→河川堆積層コンパートメント）の移行係数がほぼ比例的に減少することから、表面土壌および下部土壌コンパートメント中核種濃度は表面土壌への分配係数の増加に応じて比例的に増加すると考えられる。表面土壌コンパートメントにおけるコンパートメント間の移行係数の分配係数依存性に基づくコンパートメント中核種濃度の変動について、AMBERによる感度解析結果（図5.3-2）をもとに確認したところ、Pa-233を除いては、表面土壌の分配係数の増加に伴って表面土壌コンパートメント中の核種濃度が増加することが確認できた。Th-229については、トリウムの分配係数の最小値から設定値付近においては、表面土壌への分配係数の増加に伴い、浸透（表面土壌コンパートメント→下部土壌コンパートメント）および流出（下部土壌コンパートメント→河川堆積層コンパートメント）の移行係数がほぼ比例的に減少することから、表面土壌および下部土壌コンパートメント中核種濃度は表面土壌への分配係数の増加に応じて比例的に増加するものの、設定値付近から最大値にかけては、侵食が支配プロセスとなり、移行係数が一定となることから、表面土壌および下部土壌コンパートメント中核種濃度はそれ以上増加しなくなると考えられる。図5.3-2をもとに確認したところ、分配係数の増加に伴って表面土壌コンパートメント中核種濃度は増加するが、設定値（ $3.0 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ）付近以降は一定となることがわかった。

一方、図5.3-1(c)～(f)から、河川水・河川堆積層・沿岸海域水・沿岸海域堆積層コンパートメントに関しては、浮遊堆積物への分配係数の設定範囲内でのコンパートメント間の移行係数の変動はほとんどないことから、各コンパートメント中の核種濃度の浮遊堆積物への分配係数の変動による影響は小さいと考えられる。

2) 核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握結果

畜産物（鶏卵、鶏レバー）への濃縮係数、分配係数（表面土壌）、農作物（穀物）への移行係数に着目し、以降の検討において、

- ・ 表面土壌を含む土壌・堆積物への分配係数
- ・ 穀物を含む農作物への移行係数
- ・ 鶏卵、鶏レバーを含む畜産物への濃縮係数

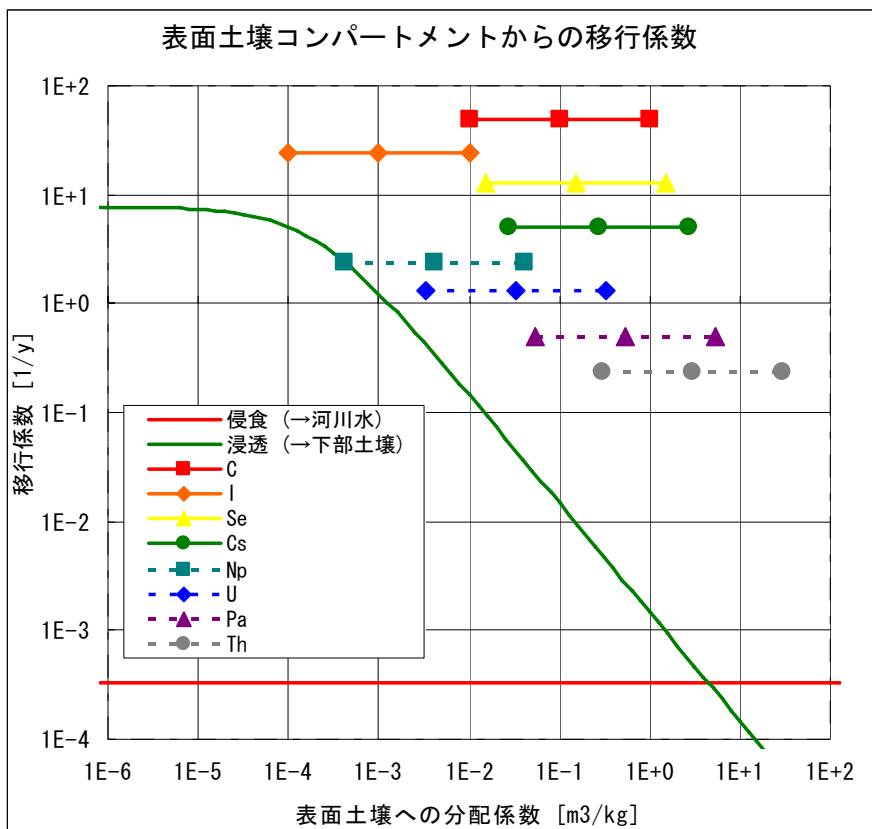
を単独に変動させた場合の線量への換算係数への影響を分析するとともに、合わせて、コンパートメントあるいは農作物・畜産物中の核種濃度や関連するプロセスとの相関関係を分析することにより、その影響特性を把握した。詳細は付録 D を参照のこと。

5. 4 まとめ

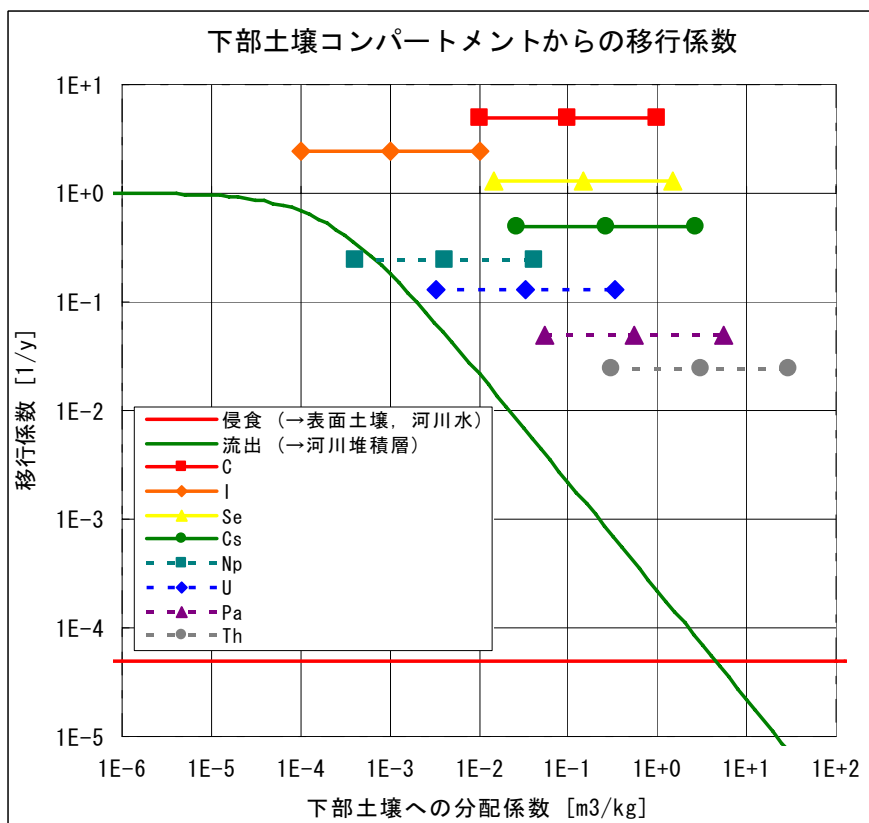
高レベル放射性廃棄物および TRU 廃棄物処分安全評価における重要核種である C-14, I-129, Se-79, Cs-135, Np-237, Pa-233, U-233, Th-229 について、元素依存パラメータに着目し、データの変動に対する影響を解析するとともに、媒体中の核種濃度に対する元素依存パラメータの影響特性に関する分析を行った。

解析の結果、河川流量や灌漑水量などの地表環境での物質移行パラメータと並んで、元素依存パラメータである、表面土壌への分配係数や農作物への移行係数、畜産物への濃縮係数が重要パラメータとして抽出された。重回帰分析の結果、表面土壌への分配係数や農作物への移行係数、畜産物への濃縮係数はいずれもパラメータの増加に伴い線量を増大させることが明らかになった。加えて、農作物あるいは畜産物への核種移行において、灌漑や経根吸収（農作物への核種移行）、水・飼料等の摂取およびダストの吸入（畜産物への核種移行）のうち、いずれのプロセスが各摂取物中の核種濃度に対して支配的になるかを明らかにすることで、線量への換算係数（および、その基となるコンパートメント、農・畜産物中の核種濃度）に対する影響特性について考察することができた。

なお、元素依存パラメータに関しては、パラメータの変動に伴って、支配的となるプロセスが入れ替わる場合があることが示された（例えば、付録図 D.3-2(a)に示した牧草を除く農作物中核種濃度の変動）。実際の地表環境において取得したデータに基づく解析においては、元素依存パラメータの設定値と場の不確実性等に伴う変動を考慮したうえで、パラメータの組み合わせにより核種濃度を支配するプロセスが決定されることとなる。したがって、本検討のような、パラメータを単独にサンプリングした解析に基づく影響特性を整理しておくことで、各パラメータの変動に伴う線量への換算係数の変動幅を把握することができるとともに、重要な核種移行経路（例えば、農作物であれば、土壌や灌漑水から農作物までの核種移行経路として、灌漑や経根吸収、土壌の付着のうちのいずれか）を抽出することで、重要な核種移行経路に関連して、重点的に整備しておくべきパラメータリストを作成することが可能である。

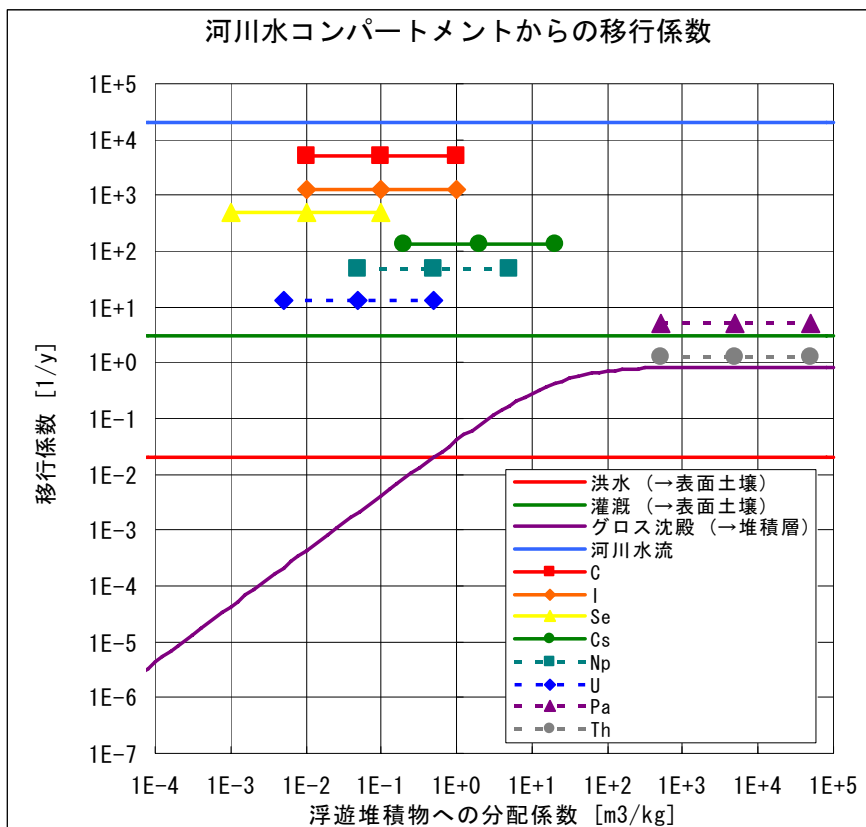


(a) 表面土壌コンパートメント

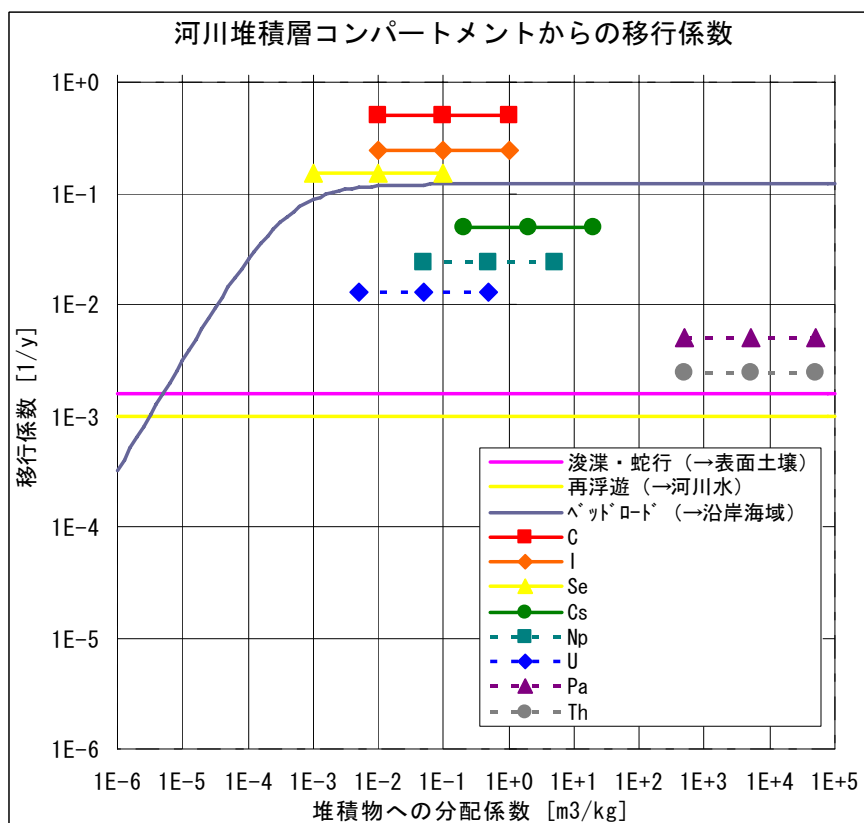


(b) 下部土壌コンパートメント

図 5.3-1 コンパートメント間の移行係数の分配係数依存性

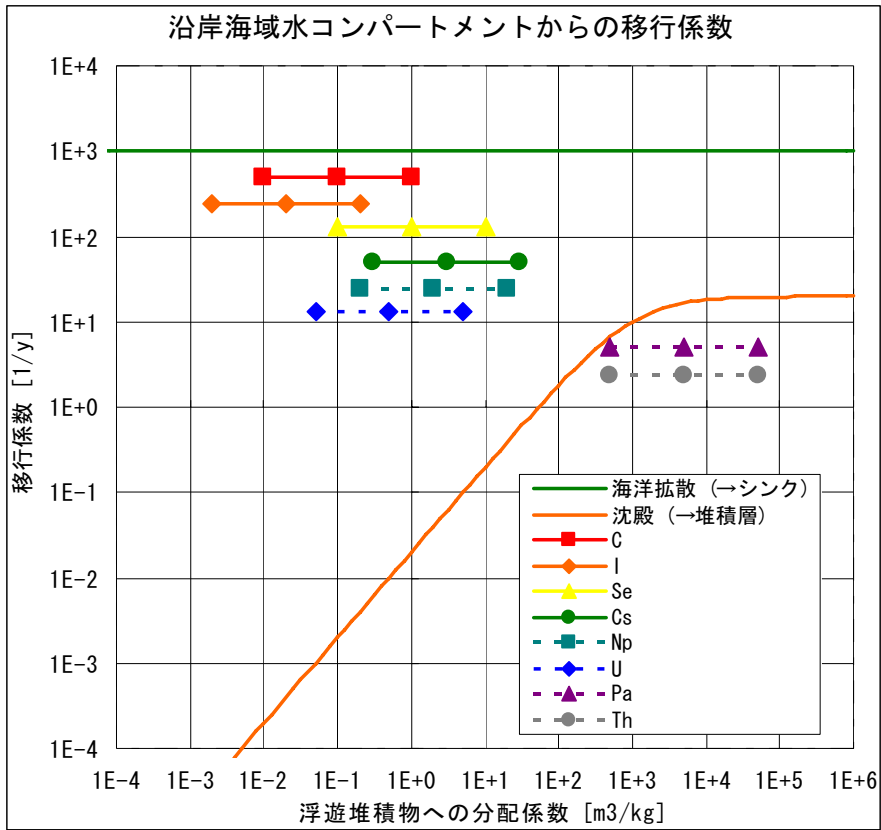


(c) 河川水コンパートメント

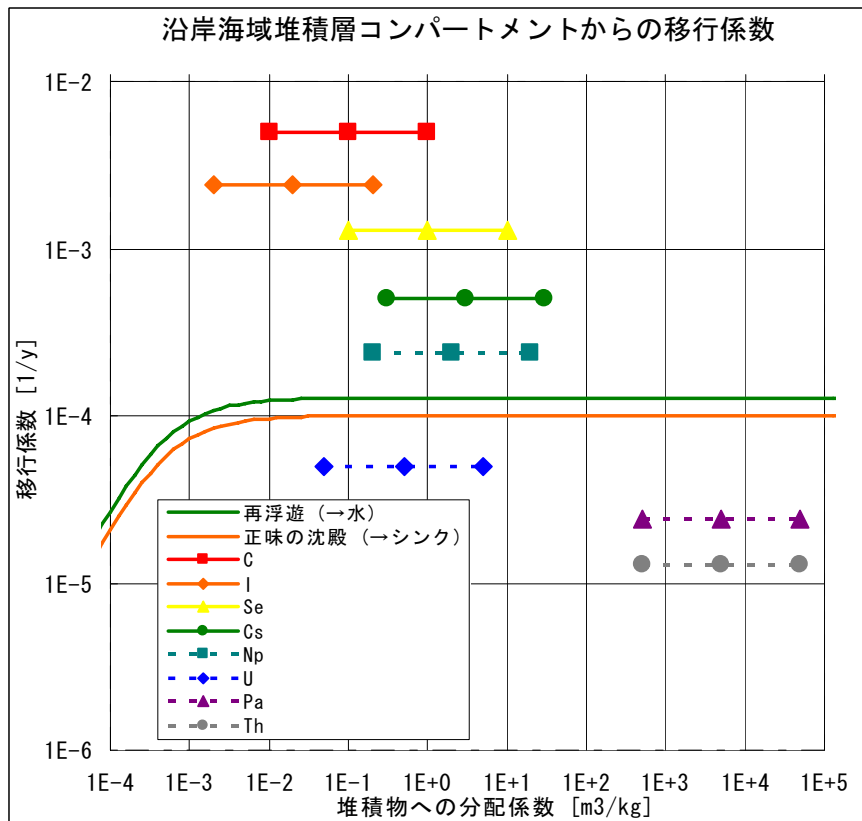


(d) 河川堆積層コンパートメント

図 5.3-1 コンパートメント間の移行係数の分配係数依存性



(e) 沿岸海域水コンパートメント



(f) 沿岸海域堆積層コンパートメント

図 5.3-1 コンパートメント間の移行係数の分配係数依存性

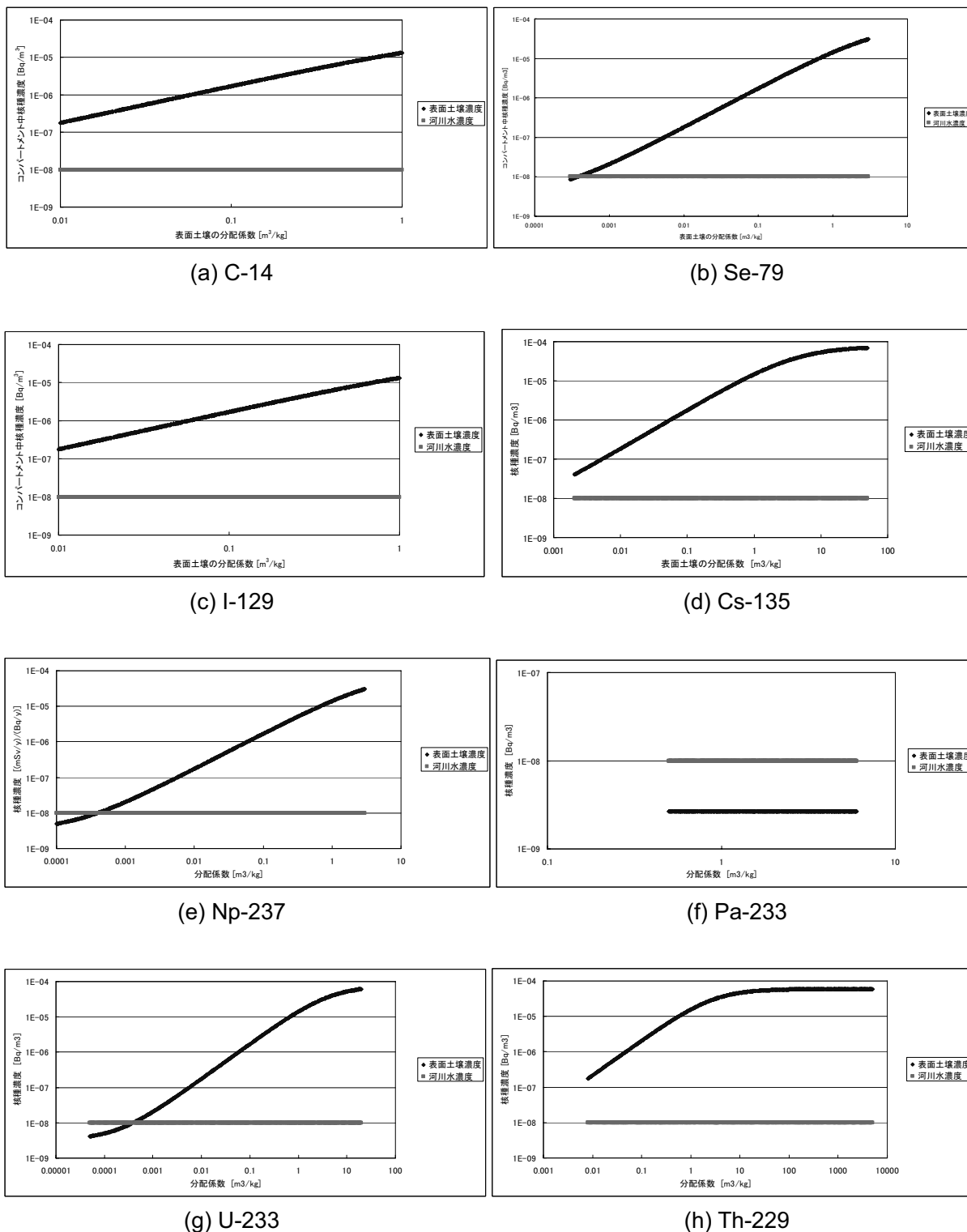


図 5.3-2 コンパートメント中核種濃度*の分配係数依存性
(AMBER による感度解析結果をプロット)

*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)

6. おわりに

生物圏評価モデルを用いてすべてのパラメータを同時に変動させた感度解析を実施し、線量への換算係数に対する重回帰分析を行った。その結果から、生物圏評価モデルごとの崩壊系列に着目した重要パラメータおよび元素ごとの重要パラメータを抽出した。重要パラメータの抽出においては、GBI が河川水、河川堆積層、深井戸の各モデルの重回帰分析では、決定係数などから概ね信頼度のある偏回帰係数が得られた。河川流量など核種の移行に関するパラメータの重要度、また、分配係数、畜産物への濃縮係数など元素に依存するパラメータの重要度を定量的に示すことができた。一方、GBI が海洋である生物圏評価モデルの重回帰分析では、多くの核種において感度分析の結果である偏回帰係数が小さかった。これは、GBI が海洋の生物圏評価モデルの線量への換算係数が小さく、様々なパラメータの寄与が分散しているためであると考えられる。

重要パラメータの整理結果から、生物圏評価モデル上重要なパラメータ、核種に重要なパラメータなど、パラメータの重要度を基に実際の地表環境を対象とした場合のデータ取得の優先度などを効率的かつ合理的に決定する1つの指標として利用する可能性を示すことができた。

なお、本検討においては、生物圏評価のパラメータの相関関係について考慮されていない。そのため、条件付の重要パラメータであることに注意する必要がある。今後は、パラメータの相関関係を考慮した場合の重要パラメータを抽出し、パラメータの相関の考慮の有無による重要パラメータの比較も必要である。

さらに、パラメータの設定状況を整理し、パラメータの信頼性に関わる現状のパラメータ理解度の判断基準の留意点を抽出した。判断の客観性を確保するための留意点として、引用文献の信頼性、データの処理方法（例えば平均をとるなど）、データの新鮮さ（最新のものか）、パラメータの特性・特徴を加味してのデータの引用などをどのように判断するかということが挙げられた。

これらの留意点については実際に生物圏評価のパラメータの取得を行っている専門家と議論したうえで、パラメータ設定の標準化手法などを検討し、解決していくことが考えられる。

一方、高レベル放射性廃棄物および TRU 廃棄物処分安全評価における重要核種である C-14, I-129, Se-79, Cs-135, Np-237, Pa-233, U-233, Th-229 について、生物圏評価上重要となる元素依存パラメータに着目し、データの変動に対する影響を解析するとともに、媒体中の核種濃度に対する元素依存パラメータの影響特性に関する分析を行った。その結果、表面土壌への分配係数や農作物への移行係数、畜産物への濃縮係数はいずれもパラメータの増加に伴い線量を増大させることが明らかになった。加えて、農作物あるいは畜産物への核種移行において、灌漑や経根吸収（農作物への核種移行）、水・飼料等の摂取およびダストの吸入（畜産物への核種移行）のうち、いずれのプロセスが各摂取物中の核種濃度に対して支配的になるかを明らかにすることで、線量への換算係数（および、その基となるコンパートメント、農・畜産物中の核種濃度）に対する影響特性について考察することができた。

本検討では、分析方法として偏回帰係数を求めて、その大きさにより重要度を判断した。今後は、他の解析・分析手法も用いてパラメータの重要度を多角的な視点で比較検討し、生物圏評価における重要パラメータを抽出することによって生物圏評価の信頼性を向上させることが重要である。また、解析および分析対象核種を拡充し、HLW 処分および主な TRU 廃棄物処分の対象核種を網羅した重要パラメータの抽出を実施したうえで、パラメータの信頼性に関する理解度の判断基準を明確にして生物圏評価パラメータの適切かつ効率的な設定のための検討材料として整備する必要がある。さらに、サイトに特有なパラメータおよび国内に特有なパラメータの中で、重要パラメータとして抽出されたパラメータについては、現状のパラメータデータの設定状況を示しつつサイト依存度、データの充実度（信頼性）などを考慮し国内およびサイトにおけるデータ取得の必要性をデータ取得側に対して示す必要性がある。

参考文献

- IAEA: “Reference Biospheres for Solid Radioactive Waste Disposal”, Report of BIOMASS Theme1 of the BIOSphere Modeling and ASSESSment (BIOMASS) Program, Part of the IAEA Co-ordinated Research Project on Biosphere Modeling and Assessment (BIOMASS), IAEA-BIOMASS-6 (2003)
- IAEA/IUR (1994):“Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments”, Technical Reports Series No.364, IAEA, Vienna.
- IAEA (1985):“Sediment Kds and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment”, IAEA Technical Reports Series No.247, IAEA, Vienna.
- IAEA (1982):“Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases”, IAEA Safety Series No.57, IAEA, Vienna.
- IAEA (2001):“Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment”, IAEA Safety Reports Series No.19, IAEA, Vienna.
- IAEA (2004):“Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment”, Technical Reports Series No.422, IAEA, Vienna.
- IAEA: “Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases”, IAEA Safety Series No.57, IAEA, Vienna, 1982.
- IAEA: “Sediment Kds and concentration factors for radionuclides in the marine environment”, IAEA Technical Reports Series No. 247, IAEA, Vienna, 1985.
- IAEA: “Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments”, IAEA Technical Reports Series No.364, IAEA, Vienna, 1994.
- IAEA: “Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment”, IAEA Safety Reports Series No.19, IAEA, Vienna, 2001.
- IAEA: “Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment”, IAEA Technical Reports Series No. 422, IAEA, Vienna, 2004.
- IAEA: “Reference Biospheres for solid radioactive waste disposal, Report of BIOMASS Theme 1 of the BIOSphere Modelling and ASSESSment (BIOMASS) Programme”, Part of the IAEA Co-ordinated Research Project on Biosphere Modelling and Assessment (BIOMASS), IAEA-BIOMASS-6, 2003.
- Kato et al.: “Biosphere assessment for high-level radioactive waste disposal: modelling experiences and discussion on key parameters by sensitivity analysis in JNC”, Proceedings of Symposium on Radioecology and Environmental Dosimetry, pp.465-472, ISBN 4-9980604-6-5 C3040, 2004.
- Nagra: “Project Opalinus Clay, Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste. (Entsorgungsnachweis), Nagra Technical Report NTB 02-05, Wettingen, Switzerland, 2002.
- Tsukada, H. and Nakaura, Y.: “Transfer of ¹³⁷Cs and stable Cs from soil to potato in agricultural fields”, The Science of the Total Environment, 228, pp.111-120, 1999.
- 核燃料サイクル開発機構: “わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ— 総論レポート”, JNC TN1400 99-020, 1999.
- 核燃料サイクル開発機構: “わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ分冊3 地層処分システムの安全評価”, 核燃料サイクル開発機構公開技術資料, JNC TN1400 99-023, 1999.
- 加藤ほか: “海域を核種放出域とする地層処分生物圏評価の代替モデルに関する検討”, 核燃料サイクル開発機構公開技術資料, JNC TN8400 2001-013 (2001)
- 加藤ほか: “感度解析による地層処分安全評価生物圏モデルのパラメータの不確実性に関する検討”, JNC TN8400 2001-014, 2001.

原子力安全委員会 放射性廃棄物安全規制専門部会：“高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について”，2000.

原子力発電環境整備機構：“高レベル放射性廃棄物地層処分の技術と安全性-「処分場の概要」の説明資料-”，NUMO-TR-04-01, 2004.

鈴木ほか：“TRU 廃棄物処分に特有な放射性核種を考慮した生物圏評価データセットの整備と線量への換算係数の算出”，JAEA-Data/Code 2006-011, 2006.

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会：“高レベル放射性廃棄物の安全規制に係る基盤確保に向けて”，2003.

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構：“TRU 廃棄物処分技術検討書—第2次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—”，JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2-2005-02, 2005.

馬場ほか：“高レベル放射性廃棄物の地層処分安全評価における生物圏のモデル化の検討”，JNC TN8400 99-084, 1999.

付録 A 感度解析の対象としたパラメータセット

付録表 A(1/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ				設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×			
パラメータ名	単位	設定対象								
エアロゾルレベル	[m3/m3]	海洋漁業 Gr	沿岸海域水	1.0E-11	1.0E-12	1.0E-10				
家畜の呼吸率	[m3/h]		牛	5.4	0.54	54	×			
			羊	0.36	0.036	3.6	×			
			豚	0.5	0.05	5	×			
			鶏	0.01	0.001	0.1	×			
人の呼吸率	[m**3/h]	農作業 Gr	河川水	0.45	0.4	0.5				
			表面土壌	1.8	1.2	2.4				
		海洋漁業 Gr	沿岸海域水	1.2	1.1	1.8				
			沿岸海域堆積層	1.2	1.1	1.8				
			潮間帯水	1.2	1.1	1.8				
			潮間帯堆積層	1.2	1.1	1.8				
ベッドロード	[kg/y]	潮間帯を除くモデル		1.6E+05	1.0E+05	2.2E+05				
		潮間帯モデル		1.3E+05	110	1.3E+08				
生物擾乱	[m**2/y]	沿岸海域堆積層		3.2E-05	3.2E-06	3.2E-04				
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	牛肉	C	0.12	0.001	0.1				
			Cl	0.043	0.002	0.2				
			Co	0.029	0.001	0.069				
			Ni	0.03	3.0E-04	0.03				
			Se	0.54	2.0E-04	0.54				
			Sr	0.008	6.0E-05	0.019				
			Mo	0.01	0.0068	0.01				
			Zr	0.0031	5.0E-04	0.2				
			Nb	2.0E-04	1.7E-04	0.25				
			Tc	0.006	1.3E-06	0.01				
			Pd	7.1E-05	7.1E-05	0.001				
			Sn	0.0019	2.0E-04	0.01				
			I	0.003	0.0029	0.02				
			Cs	0.05	0.002	0.092				
			Sm	5.1E-04	5.4E-04	0.005				
			Pb	0.01	1.0E-04	0.01				
			Po	0.004	4.0E-04	0.04				
			Ra	0.0013	2.0E-05	0.019				
			Ac	1.6E-04	2.0E-06	1.6E-04				
			Th	0.0027	1.0E-04	0.0027				
			Pa	5.0E-05	2.6E-05	0.005				
			U	6.9E-04	2.0E-04	0.03				
			Np	1.2E-04	7.8E-06	0.005				
			Pu	2.0E-04	5.0E-09	2.0E-04				
			Am	4.0E-04	2.0E-06	4.0E-04				
			Cm	9.8E-05	3.0E-06	0.005				
			畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	鶏レバー	C	23	2.3	230	
						Cl	8.7	0.87	87	
Co	3.4	0.34				34				
Ni	1.7	0.17				17				
Se	76	7.6				760				
Sr	0.57	0.057				5.7				
Mo	0.022	0.0022				0.22				
Zr	0.14	0.014				1.4				
Nb	0.022	0.0022				0.22				
Tc	1.2	0.12				12				
Pd	0.98	0.098				9.8				
Sn	1	0.1				10				
I	1.6	0.16				16				
Cs	12	1.2				120				
Sm	2.6	0.26				26				
Pb	77	7.7				770				
Po	77	7.7				770				
Ra	0.48	0.048				4.8				
Ac	2.7	0.27				27				
Th	2.1	0.21				21				
Pa	1.1	0.11				11				
U	0.1	0.01				1				
Np	0.13	0.013				1.3				
Pu	1.4	1.4				14				
Am	1.4	1.4				14				
Cm	0.63	0.063				6.3				
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	鶏肉				C	23	2.3	230	
						Cl	8.7	0.87	87	
			Co	0.68	0.53	10				
			Ni	1.7	0.38	7.6				
			Se	8.3	8.3	9				
			Sr	0.08	0.016	0.57				
Mo	0.04	0.002	0.04							

付録表 A(2/16) パラメータ値一覧表

パラメータ名	感度解析対象パラメータ		設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
	単位	設定対象					
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	鶏肉	Zr	0.14	0.014	1.4	
			Nb	0.04	0.002	0.04	
			Tc	1.2	0.06	1.2	
			Pd	0.0014	1.4E-04	0.014	
			Sn	0.18	0.018	1.8	
			I	0.2	0.004	1.6	
			Cs	12	0.3	18	
			Sm	0.0039	3.8E-04	0.038	
			Pb	1.2	0.12	12	
			Po	1.2	0.12	12	
			Ra	0.48	0.048	4.8	
			Ac	0.0066	6.6E-04	0.066	
			Th	0.18	0.018	1.8	
			Pa	0.0041	4.1E-04	0.041	
			U	0.1	0.1	1.2	
			Np	0.0017	1.7E-04	0.017	
			Pu	0.1	1.9E-05	0.1	
			Am	0.1	2.0E-05	0.1	
			Cm	0.004	4.0E-04	0.04	
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	牛レバー	C	0.12	0.001	0.12	
			Cl	0.043	0.002	0.2	
			Co	0.32	0.01	1	
			Ni	0.03	3.0E-04	0.03	
			Se	10	0.006	10	
			Sr	0.019	6.0E-05	0.019	
			Mo	0.2	0.02	2	
			Zr	0.0031	8.9E-05	0.0031	
			Nb	1.7E-04	1.7E-04	3	
			Tc	0.021	0.0021	0.21	
			Pd	0.0098	9.8E-04	0.098	
			Sn	0.022	2.0E-04	0.022	
			I	0.008	0.003	0.02	
			Cs	0.031	0.007	0.09	
			Sm	0.58	0.004	0.58	
			Pb	0.81	2.0E-04	1.3	
			Po	0.11	4.0E-04	0.16	
			Ra	0.019	2.0E-05	0.019	
			Ac	0.14	0.002	0.2	
			Th	0.063	9.0E-05	0.063	
			Pa	0.0011	6.0E-05	0.006	
			U	6.9E-04	6.9E-04	300	
			Np	0.015	2.0E-04	0.015	
			Pu	0.068	0.002	1	
			Am	0.068	0.002	0.53	
			Cm	0.032	0.0032	0.32	
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	鶏卵	C	23	2.3	230	
			Cl	8.7	0.87	87	
			Co	0.68	0.02	4.9	
			Ni	1.7	0.17	17	
			Se	8.3	8.3	9.3	
			Sr	0.3	0.27	0.35	
			Mo	0.5	0.05	5	
			Zr	0.14	0.014	1.4	
			Nb	0.022	0.003	0.022	
			Tc	1.2	1.2	3	
			Pd	0.0014	1.4E-04	0.014	
			Sn	0.18	0.018	1.8	
			I	1.6	1.6	3.4	
			Cs	0.4	0.06	12	
			Sm	0.0039	3.9E-04	0.039	
			Pb	1.2	0.12	12	
			Po	1.2	0.12	12	
			Ra	0.25	0.025	2.5	
			Ac	0.016	0.0016	0.16	
			Th	0.18	0.018	1.8	
			Pa	0.0041	4.1E-04	0.041	
			U	0.1	0.1	1	
			Np	0.017	0.0017	0.17	
			Pu	0.008	3.3E-05	0.008	
			Am	0.0039	0.001	0.009	
			Cm	0.04	0.004	0.4	
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	牛乳	C	0.01	0.001	0.1	
			Cl	0.017	0.002	20	
			Co	3.0E-04	9.0E-05	0.01	
			Ni	0.001	1.0E-04	0.01	
			Se	0.004	0.001	0.06	

付録表 A(3/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
パラメータ名	単位	設定対象					
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	牛乳	Sr	0.003	3.0E-04	0.004	
			Mo	0.001	2.4E-04	0.0013	
			Zr	3.0E-05	3.0E-06	5.0E-04	
			Nb	0.02	0	0.2	
			Tc	0.0075	2.3E-05	0.4	
			Pd	2.5E-04	2.5E-04	0.005	
			Sn	0.001	1.0E-04	0.01	
			I	0.003	0.001	0.03	
			Cs	0.008	0.001	0.027	
			Sm	2.0E-05	2.0E-06	2.0E-04	
			Pb	3.0E-04	2.0E-05	4.0E-04	
			Po	3.0E-04	2.0E-05	4.0E-04	
			Ra	0.0013	9.00E-05	0.01	
			Ac	4.0E-07	4.0E-08	2.0E-05	
			Th	5.0E-06	5.0E-07	5.0E-04	
			Pa	5.0E-06	5.0E-07	5.0E-04	
			U	4.0E-04	4.0E-05	6.0E-04	
			Np	5.0E-06	5.0E-07	1.0E-04	
			Pu	5.0E-06	2.0E-09	1.0E-05	
			Am	5.0E-06	4.0E-08	5.0E-05	
Cm	9.0E-06	9.0E-06	1.1E-04				
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	豚肉	C	0.58	0.058	5.8	
			Cl	0.22	0.022	2.2	
			Co	0.067	0.067	0.17	
			Ni	0.041	0.013	0.13	
			Se	0.72	0.32	0.72	
			Sr	0.04	0.035	0.04	
			Mo	0.001	5.5E-04	0.001	
			Zr	0.0035	3.5E-04	0.035	
			Nb	0.001	5.5E-04	0.001	
			Tc	1.0E-04	1.0E-04	0.03	
			Pd	3.6E-05	3.6E-06	3.6E-04	
			Sn	0.0044	4.4E-04	0.044	
			I	0.004	0.0033	0.04	
			Cs	0.24	0.03	1.1	
			Sm	1.0E-04	9.8E-06	9.8E-04	
			Pb	0.031	0.0031	0.31	
			Po	0.031	0.0031	0.31	
			Ra	0.035	0.0035	0.35	
			Ac	1.7E-04	1.7E-05	0.0017	
			Th	0.0046	4.6E-04	0.046	
Pa	1.1E-04	1.1E-05	0.0011				
U	0.0026	0.0026	0.062				
Np	4.5E-05	4.5E-06	4.5E-04				
Pu	8.3E-05	4.0E-06	8.3E-05				
Am	0.001	1.2E-05	0.001				
Cm	9.9E-05	9.9E-06	9.9E-04				
畜産物への濃縮係数	[d/kg] or [d/l]	羊肉	C	1.7	0.03	3	
			Cl	0.62	0.062	6.2	
			Co	0.19	0.02	0.8	
			Ni	0.12	0.004	0.12	
			Se	1.4	0.03	1.4	
			Sr	0.04	0.001	0.12	
			Mo	0.002	0.0016	40	
			Zr	0.01	0.01	0.3	
			Nb	0.002	2.00E-04	0.02	
			Tc	0.086	0.01	5	
			Pd	1.0E-04	1.0E-05	0.001	
			Sn	0.013	0.003	0.03	
			I	0.006	0.006	0.3	
			Cs	0.3	0.03	0.46	
			Sm	3.2E-04	5.4E-04	0.005	
			Pb	0.088	0.003	0.088	
			Po	0.05	0.005	0.5	
			Ra	0.099	0.006	0.099	
			Ac	4.7E-04	3.0E-05	0.003	
			Th	0.013	0.001	0.06	
Pa	3.4E-04	3.4E-04	0.06				
U	0.0074	0.0021	0.4				
Np	1.4E-04	1.1E-04	0.06				
Pu	0.001	6.0E-08	0.001				
Am	0.002	3.0E-05	0.002				
Cm	3.0E-04	3.0E-05	0.003				
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	果物	C	0.1	0.01	1	
			Cl	5	0.05	1000	
			Co	0.01	0.002	0.5	

付録表 A(4/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ						
パラメータ名	単位	設定対象				
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	果物	Ni	0.01	0.007	0.2
			Se	0.5	0.005	5
			Sr	0.5	0.03	1
			Mo	0.05	0.005	0.5
			Zr	0.005	3.0E-06	0.02
			Nb	0.005	0.003	2
			Tc	20	0.1	200
			Pd	0.2	0.02	2
			Sn	0.1	0.002	5
			I	0.05	0.005	0.5
			Cs	0.05	0.01	1
			Sm	0.002	5.0E-06	0.02
			Pb	0.01	3.0E-04	0.07
			Po	2.0E-04	2.0E-06	0.007
			Ra	0.04	7.0E-05	0.8
			Ac	5.0E-05	1.0E-07	0.003
			Th	5.0E-04	1.0E-04	0.001
			Pa	0.04	4.0E-04	4
			U	1.0E-04	2.0E-06	0.02
			農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	穀物	Np
Pu	1.0E-04	1.0E-05				0.001
Am	0.001	2.0E-07				0.005
Cm	0.001	2.0E-07				5.0E-05
C	0.1	0.05				0.5
Cl	5	0.05				1000
Co	0.03	0.02				0.5
Ni	0.05	0.007				0.2
Se	1	0.01				10
Sr	0.08	0.002				6
Mo	0.3	0.03				3
Zr	0.005	3.0E-06				0.02
Nb	0.01	0.003				2
Tc	10	0.4				500
Pd	0.2	0.02				2
Sn	0.2	0.002				5
I	0.1	2.0E-04				1
Cs	0.02	0.001				1
Sm	0.002	5.0E-06				0.02
Pb	0.01	3.0E-04				0.07
Po	2.0E-04	2.0E-06	0.007			
Ra	0.04	7.0E-05	0.8			
Ac	0.001	2.0E-07	0.005			
Th	5.0E-04	1.0E-04	0.001			
Pa	0.04	4.0E-04	4			
U	1.0E-04	2.0E-06	0.02			
Np	3.0E-04	3.0E-05	0.04			
Pu	3.0E-05	4.0E-08	0.04			
Am	1.0E-05	2.0E-07	0.005			
Cm	1.0E-05	2.0E-07	0.005			
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	葉菜	C	0.1	0.05	0.5
			Cl	5	0.05	1000
			Co	0.03	0.02	0.5
			Ni	0.03	0.007	0.2
			Se	1	0.01	10
			Sr	3	0.4	10
			Mo	0.5	0.05	5
			Zr	0.005	3.0E-06	0.02
			Nb	0.01	0.003	2
			Tc	10	0.4	500
			Pd	0.2	0.02	2
			Sn	0.1	0.002	5
			I	0.1	2.0E-04	1
			Cs	0.03	0.01	1
			Sm	0.002	5.0E-06	0.02
			Pb	0.01	3.0E-04	0.07
			Po	2.0E-04	2.0E-06	0.007
			Ra	0.04	7.0E-05	0.8
			Ac	0.001	2.0E-07	0.005
			Th	5.0E-04	1.0E-04	0.001
Pa	0.04	4.0E-04	4			
U	0.001	2.0E-05	0.2			
Np	0.01	5.0E-04	4			
Pu	1.0E-04	4.0E-08	0.04			
Am	0.001	2.0E-07	0.005			
Cm	0.001	2.0E-07	0.005			
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	牧草	C	0.1	0.05	0.5

付録表 A(5/16) パラメータ値一覧表

パラメータ名	感度解析対象パラメータ		設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
	単位	設定対象					
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	牧草	Cl	5	0.05	1000	
			Co	0.006	0.001	0.5	
			Ni	0.02	0.007	0.2	
			Se	1	0.01	10	
			Sr	3	0.1	20	
			Mo	0.1	0.01	1	
			Zr	0.005	3.0E-06	0.02	
			Nb	0.01	0.003	2	
			Tc	10	0.4	500	
			Pd	0.2	0.02	2	
			Sn	0.2	0.002	5	
			I	0.1	0.001	0.6	
			Cs	0.03	0.01	1	
			Sm	0.002	5.0E-06	0.02	
			Pb	0.01	3.0E-04	0.07	
			Po	2.0E-04	2.0E-06	0.02	
			Ra	0.04	7.0E-05	0.8	
			Ac	0.001	2.0E-07	0.02	
			Th	5.0E-04	1.0E-04	0.002	
			農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	米	Pa	0.04
U	0.001	2.0E-05				0.2	
Np	0.005	3.0E-04				0.3	
Pu	0.001	4.0E-08				0.04	
Am	0.005	1.0E-04				0.05	
Cm	0.005	1.0E-04				0.05	
C	0.1	0.05				0.5	
Cl	5	0.05				1000	
Co	0.03	0.002				0.5	
Ni	0.05	0.007				0.2	
Se	1	0.01				10	
Sr	0.08	0.002				6	
Mo	0.3	0.03				3	
Zr	0.005	3.0E-06				0.02	
Nb	0.01	0.003				2	
Tc	10	0.4				500	
Pd	0.2	0.02				2	
Sn	0.2	0.002				5	
I	0.1	2.0E-04				1	
Cs	0.02	0.01				0.3	
Sm	0.002	5.0E-06	0.02				
Pb	0.01	3.0E-04	0.07				
Po	2.0E-04	2.0E-06	0.007				
Ra	0.04	7.0E-05	0.8				
Ac	0.001	2.0E-07	0.005				
Th	5.0E-04	1.0E-04	0.001				
Pa	0.04	4.0E-04	4				
U	1.0E-04	2.0E-06	0.02				
Np	3.0E-04	3.0E-05	0.04				
Pu	0.001	4.0E-08	0.04				
Am	0.001	2.0E-07	0.005				
Cm	1.0E-05	2.0E-07	0.005				
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	根菜	C	0.1	0.05	0.5	
			Cl	5	0.05	1000	
			Co	0.03	0.02	0.5	
			Ni	0.03	0.007	0.2	
			Se	1	0.01	10	
			Sr	0.09	0.002	6	
			Mo	0.07	0.007	0.7	
			Zr	0.005	3.0E-06	0.02	
			Nb	0.01	0.003	2	
			Tc	10	0.4	500	
			Pd	0.06	0.006	0.6	
			Sn	0.1	0.001	5	
			I	0.1	2.0E-04	1	
			Cs	0.03	0.001	1	
			Sm	0.002	5.0E-06	0.02	
			Pb	0.01	3.0E-04	0.07	
			Po	2.0E-04	2.0E-06	0.007	
			Ra	0.04	5.0E-05	0.8	
			Ac	0.001	2.0E-07	0.005	
			Th	5.0E-04	4.0E-05	0.001	
Pa	0.04	4.0E-04	4				
U	0.001	2.0E-05	0.2				
Np	0.001	5.0E-05	0.4				
Pu	0.001	4.0E-08	0.04				
Am	0.001	2.0E-07	0.005				

付録表 A(6/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ		設定対象	設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
パラメータ名	単位						
農作物への移行係数	[Bq/kg / Bq/kg]	根菜	Cm 0.001	2.0E-07	0.005		
海産物への濃縮係数	[l/kg] or[m ³ /kg*10 ⁻³]	海水魚	C	2.0E+04	2000	2.0E+05	
			Cl	1	0.05	1	
			Co	1000	100	1.0E+04	
			Ni	500	50	1.0E+04	
			Se	6000	1000	1.0E+04	
			Sr	2	0.3	20	
			Mo	50	10	200	
			Zr	20	1	50	
			Nb	10	1	50	
			Tc	30	10	200	
			Pd	300	30	3000	
			Sn	5.0E+04	1000	1.0E+05	
			I	10	0.5	500	
			Cs	100	10	300	
			Sm	500	200	800	
			Pb	200	10	300	
			Po	2000	100	1.0E+04	
			Ra	500	50	1000	
			Ac	50	0.5	200	
			Th	600	100	1.0E+04	
			Pa	50	0.5	200	
			U	1	0.1	3.0E+04	
			Np	10	0.1	50	
			Pu	40	0.5	100	
			Am	50	0.5	200	
			Cm	50	0.5	200	
海産物への濃縮係数	[l/kg] or[m ³ /kg*10 ⁻³]	海洋甲殻類	C	2.0E+04	2000	2.0E+05	
			Cl	1	0.05	1	
			Co	5000	500	1.0E+04	
			Ni	1000	100	1.0E+04	
			Se	5000	2000	1.0E+04	
			Sr	10	0.1	100	
			Mo	100	10	1000	
			Zr	200	50	500	
			Nb	200	50	500	
			Tc	1000	500	5.0E+04	
			Pd	300	30	3000	
			Sn	5.0E+04	1000	1.0E+05	
			I	10	5	100	
			Cs	30	5	100	
			Sm	1000	100	1.0E+04	
			Pb	1000	40	2.0E+05	
			Po	5.0E+04	400	3.0E+06	
			Ra	100	100	1000	
			Ac	1000	100	1.0E+04	
			Th	1000	1000	6000	
			Pa	10	0.5	200	
			U	10	0.2	2.0E+05	
			Np	100	10	1000	
			Pu	200	10	1000	
			Am	500	100	1000	
			Cm	500	100	1000	
海産物への濃縮係数	[l/kg] or[m ³ /kg*10 ⁻³]	軟体動物	C	2.0E+04	2000	2.0E+05	
			Cl	1	0.05	1.0E+06	
			Co	5000	1000	1.0E+05	
			Ni	2000	100	1.0E+04	
			Se	6000	3000	1.0E+04	
			Sr	10	0.3	100	
			Mo	100	10	1000	
			Zr	5000	1000	1.0E+05	
			Nb	1000	1000	1.0E+05	
			Tc	1000	100	1.0E+04	
			Pd	300	30	3000	
			Sn	5.0E+04	1000	1.0E+05	
			I	10	0.4	100	
			Cs	20	5	50	
			Sm	5000	1000	1.0E+04	
			Pb	1000	40	2.0E+05	
			Po	1.0E+04	400	3.0E+06	
			Ra	1000	100	1000	
			Ac	1000	100	10000	
			Th	1000	1000	6000	
			Pa	500	100	5000	
			U	30	10	6000	
			Np	400	100	1000	

付録表 A(7/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ		設定対象	設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×			
パラメータ名	単位								
海産物への濃縮係数	[l/kg] or[m ³ /kg*10 ⁻³]	軟体動物	Pu	3000	500	5000			
			Am	2.0E+04	5000	5.0E+04			
			Cm	3.0E+04	5000	5.0E+04			
海産物への濃縮係数	[l/kg] or[m ³ /kg*10 ⁻³]	海藻	C	1.0E+04	1000	1.0E+05			
			Cl	1	0.05	1			
			Co	1.0E+04	1000	5.0E+04			
			Ni	2000	1000	5000			
			Se	1000	500	5000			
			Sr	5	1	50			
			Mo	100	10	1000			
			Zr	3000	500	5000			
			Nb	3000	100	5000			
			Tc	1000	500	1.0E+05			
			Pd	1000	100	1.0E+04			
			Sn	2.0E+04	5000	5.0E+04			
			I	1000	500	5000			
			Cs	100	10	1000			
			Sm	3000	300	5000			
			Pb	1000	1000	2.0E+04			
			Po	1000	1000	2.0E+04			
			Ra	100	10	1000			
			Ac	1000	100	1.0E+04			
			Th	200	100	500			
			Pa	100	6	100			
			U	100	50	200			
			Np	50	10	500			
			Pu	2000	500	1.0E+04			
			Am	8000	5000	1.0E+04			
			Cm	8000	5000	1.0E+04			
			農作物への灌漑水量	[m/y]	果物	0.7	0.07	7	×
					穀物	0.7	0.07	7	×
葉菜	0.7	0.07			7	×			
米	1.9	0.19			19	×			
根菜	0.7	0.07			7	×			
周辺海洋での拡散係数	[m ² /y]	周辺海洋モデル	0.0315	0.00315	0.315				
侵食速度	[m/y]		1.0E-04	6.4E-06	0.0034				
調理ロス	[-]	果物	C	0	0	0.2			
			Cl	0	0	0.2			
			Co	0	0	0.2			
			Ni	0	0	0.2			
			Se	0	0	0.2			
			Sr	0	0	0.2			
			Mo	0	0	0.2			
			Zr	0	0	0.2			
			Nb	0	0	0.2			
			Tc	0	0	0.2			
			Pd	0	0	0.2			
			Sn	0	0	0.2			
			I	0	0	0.2			
			Cs	0	0	0.2			
			Sm	0	0	0.2			
			Pb	0	0	0.2			
			Po	0	0	0.2			
			Ra	0	0	0.2			
			Ac	0	0	0.2			
			Th	0	0	0.2			
			Pa	0	0	0.2			
			U	0	0	0.2			
			Np	0	0	0.2			
Pu	0	0	0.2						
Am	0	0	0.2						
Cm	0	0	0.2						
調理ロス	[-]	穀物	C	0.85	0.5	0.9			
			Cl	0.85	0.5	0.9			
			Co	0.85	0.5	0.9			
			Ni	0.85	0.5	0.9			
			Se	0.85	0.5	0.9			
			Sr	0.85	0.5	0.9			
			Mo	0.85	0	0.85			
			Zr	0.85	0	0.85			
			Nb	0.85	0.5	0.9			
			Tc	0.85	0.5	0.9			
			Pd	0.85	0.5	0.9			
			Sn	0.85	0.5	0.9			
			I	0.5	0.5	0.9			
			Cs	0.5	0.5	0.9			

付録表 A(8/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合：×	
パラメータ名	単位	設定対象					
調理ロス	[-]	穀物	Sm	0.85	0	0.85	
			Pb	0.85	0.5	0.9	
			Po	0.85	0.5	0.9	
			Ra	0.85	0.5	0.9	
			Ac	0.85	0.5	0.9	
			Th	0.85	0.5	0.9	
			Pa	0.85	0.5	0.9	
			U	0.85	0.5	0.9	
			Np	0.9	0.5	0.9	
			Pu	0.9	0.5	0.9	
			Am	0.9	0.5	0.9	
			Cm	0.85	0.5	0.85	
			調理ロス	[-]	葉菜	C	0.9
Cl	0.9	0.7				0.95	
Co	0.9	0.7				0.95	
Ni	0.9	0.7				0.95	
Se	0.9	0.7				0.95	
Sr	0.9	0.7				0.95	
Mo	0.9	0				0.9	
Zr	0.9	0				0.9	
Nb	0.9	0.7				0.95	
Tc	0.9	0.7				0.95	
Pd	0.9	0.7				0.95	
Sn	0.9	0.7				0.95	
I	0.9	0.7				0.95	
Cs	0.9	0.7				0.95	
Sm	0.9	0				0.9	
Pb	0.9	0.7				0.95	
Po	0.9	0.7				0.95	
Ra	0.9	0.7				0.95	
Ac	0.9	0.7				0.95	
Th	0.9	0.7				0.95	
Pa	0.9	0.7				0.95	
U	0.9	0.7				0.95	
Np	0.9	0.7				0.95	
Pu	0.9	0.7				0.95	
Am	0.9	0.7				0.95	
Cm	0.9	0.7				0.9	
調理ロス	[-]	米	C	0.85	0.5	0.9	
			Cl	0.85	0.5	0.9	
			Co	0.85	0.5	0.9	
			Ni	0.85	0.5	0.9	
			Se	0.85	0.5	0.9	
			Sr	0.85	0.5	0.9	
			Mo	0.85	0	0.85	
			Zr	0.85	0	0.85	
			Nb	0.85	0.5	0.9	
			Tc	0.85	0.5	0.9	
			Pd	0.85	0.5	0.9	
			Sn	0.85	0.5	0.9	
			I	0.5	0.5	0.9	
			Cs	0.5	0.5	0.9	
			Sm	0.85	0	0.85	
			Pb	0.85	0.5	0.9	
			Po	0.85	0.5	0.9	
			Ra	0.85	0.5	0.9	
			Ac	0.85	0.5	0.9	
			Th	0.85	0.5	0.9	
			Pa	0.85	0.5	0.9	
			U	0.85	0.5	0.9	
			Np	0.9	0.5	0.9	
			Pu	0.9	0.5	0.9	
			Am	0.9	0.5	0.9	
			Cm	0.85	0.5	0.85	
調理ロス	[-]	根菜	C	0	0	0.2	
			Cl	0	0	0.2	
			Co	0	0	0.2	
			Ni	0	0	0.2	
			Se	0	0	0.2	
			Sr	0	0	0.2	
			Mo	0	0	0.2	
			Zr	0	0	0.2	
			Nb	0	0	0.2	
			Tc	0	0	0.2	
			Pd	0	0	0.2	
			Sn	0	0	0.2	

付録表 A(9/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
パラメータ名	単位	設定対象					
調理ロス	[-]	根菜	I	0	0	0.2	
			Cs	0	0	0.2	
			Sm	0	0	0.2	
			Pb	0	0	0.2	
			Po	0	0	0.2	
			Ra	0	0	0.2	
			Ac	0	0	0.2	
			Th	0	0	0.2	
			Pa	0	0	0.2	
			U	0	0	0.2	
			Np	0	0	0.2	
			Pu	0	0	0.2	
			Am	0	0	0.2	
			Cm	0	0	0.2	
転流割合	[-]	果物	C	0.2	0.02	2	
			Cl	0.11	0.011	1.1	
			Co	0.075	0.0075	0.75	
			Ni	0.16	0	0.16	
			Se	0.12	0.012	1.2	
			Sr	0.004	0.004	0.03	
			Mo	0.062	0.0062	0.62	
			Zr	0.062	0.0062	0.62	
			Nb	0.062	0.0062	0.62	
			Tc	0.12	0.012	1.2	
			Pd	0.16	0.016	1.6	
			Sn	0.11	0.011	1.1	
			I	0.33	0.033	3.3	
			Cs	0.098	0.0098	0.98	
			Sm	0.029	0.0029	0.29	
			Pb	0.11	0.011	1.1	
			Po	0.11	0.011	1.1	
			Ra	0.073	0.0073	0.73	
			Ac	0.21	0.021	2.1	
			Th	0.13	0.013	1.3	
			Pa	0.21	0.021	2.1	
			U	0.19	0.019	1.9	
			Np	0.21	0.021	2.1	
			Pu	0.19	0.019	1.9	
			Am	0.13	0.025	0.13	
			Cm	0.21	0.021	2.1	
転流割合	[-]	穀物	C	0.16	0.016	1.6	
			Cl	0.088	0.0088	0.88	
			Co	0.08	0.08	0.32	
			Ni	0.16	0	0.16	
			Se	0.13	0.13	0.7	
			Sr	0.12	0.002	0.12	
			Mo	0.056	0.0056	0.56	
			Zr	0.056	0.0056	0.56	
			Nb	0.056	0.0056	0.56	
			Tc	0.12	0.012	1.2	
			Pd	0.17	0.017	1.7	
			Sn	0.1	0.01	1	
			I	0.28	0	0.28	
			Cs	0.088	0	0.4	
			Sm	0.048	0.0048	0.48	
			Pb	0.1	0.01	1	
			Po	0.1	0.01	1	
			Ra	0.08	0.008	0.8	
			Ac	0.2	0.02	2	
			Th	0.13	0.013	1.3	
			Pa	0.2	0.02	2	
			U	0.16	0.016	1.6	
			Np	0.2	0.02	2	
			Pu	0.16	0.016	1.6	
			Am	0.13	0.03	0.13	
			Cm	0.2	0.02	2	
転流割合	[-]	葉菜	C	0.58	0.36	0.58	
			Cl	0.19	0.19	0.3	
			Co	0.18	0.018	1.8	
			Ni	0.37	0.041	0.37	
			Se	0.3	0.3	0.8	
			Sr	0.2	0.086	0.2	
			Mo	0.52	0.052	5.2	
			Zr	0.13	0.013	1.3	
			Nb	0.52	0.1	0.52	
			Tc	0.28	0.1	0.28	

付録表 A(10/16) パラメータ値一覧表

パラメータ名	感度解析対象パラメータ		設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
	単位	設定対象					
転流割合	[-]	葉菜	Pd	0.37	0.037	3.7	
			Sn	0.22	0.022	2.2	
			I	0.61	0.068	0.61	
			Cs	0.19	0.019	1.9	
			Sm	0.076	0.0076	0.76	
			Pb	0.22	0.022	2.2	
			Po	0.22	0.022	2.2	
			Ra	0.18	0.018	1.8	
			Ac	0.45	0.045	4.5	
			Th	0.038	0.0038	0.38	
			Pa	0.45	0.045	4.5	
			U	0.36	0.036	3.6	
			Np	0.45	0.045	4.5	
			Pu	0.36	0.036	3.6	
			Am	0.28	0.02	0.28	
			Cm	0.27	0.027	2.7	
転流割合	[-]	牧草	C	0.58	0.36	0.58	
			Cl	0.19	0.19	0.3	
			Co	0.18	0.018	1.8	
			Ni	0.37	0.041	0.37	
			Se	0.3	0.3	0.8	
			Sr	0.2	0.086	0.2	
			Mo	0.52	0.052	5.2	
			Zr	0.13	0.013	1.3	
			Nb	0.52	0.1	0.52	
			Tc	0.28	0.1	0.28	
			Pd	0.37	0.037	3.7	
			Sn	0.22	0.022	2.2	
			I	0.61	0.068	0.61	
			Cs	0.19	0.019	1.9	
			Sm	0.076	0.0076	0.76	
			Pb	0.22	0.022	2.2	
			Po	0.22	0.022	2.2	
			Ra	0.18	0.018	1.8	
			Ac	0.45	0.045	4.5	
			Th	0.038	0.0038	0.38	
			Pa	0.45	0.045	4.5	
			U	0.36	0.036	3.6	
			Np	0.45	0.045	4.5	
			Pu	0.36	0.036	3.6	
Am	0.28	0.02	0.28				
Cm	0.27	0.027	2.7				
転流割合	[-]	米	C	0.16	0.016	1.6	
			Cl	0.088	0.0088	0.88	
			Co	0.08	0.08	0.32	
			Ni	0.16	0	0.16	
			Se	0.13	0.13	0.7	
			Sr	0.12	0.002	0.12	
			Mo	0.056	0.0056	0.56	
			Zr	0.056	0.0056	0.56	
			Nb	0.056	0.0056	0.56	
			Tc	0.12	0.012	1.2	
			Pd	0.17	0.017	1.7	
			Sn	0.1	0.01	1	
			I	0.28	0	0.28	
			Cs	0.088	0	0.4	
			Sm	0.048	0.0048	0.48	
			Pb	0.1	0.01	1	
			Po	0.1	0.01	1	
			Ra	0.08	0.008	0.8	
			Ac	0.2	0.02	2	
			Th	0.13	0.013	1.3	
			Pa	0.2	0.02	2	
			U	0.16	0.016	1.6	
			Np	0.2	0.02	2	
			Pu	0.16	0.016	1.6	
Am	0.13	0.03	0.13				
Cm	0.2	0.02	2				
転流割合	[-]	根菜	C	0.4	0.04	4	
			Cl	0.19	0.0099	0.3	
			Co	0.17	0.05	0.17	
			Ni	0.039	0	0.039	
			Se	0.068	0.068	0.1	
			Sr	0.14	0.0001	0.14	
Mo	0.1	0.01	1				
Zr	0.53	0.01	0.53				

付録表 A(11/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
パラメータ名	単位	設定対象					
転流割合	[-]	根菜	Nb	0.53	0.01	0.53	
			Tc	0.11	0.011	1.1	
			Pd	0.039	0.0039	0.39	
			Sn	0.22	0.022	2.2	
			I	0.074	0	0.15	
			Cs	0.3	0.1	0.85	
			Sm	0.02	0.002	0.2	
			Pb	0.22	0.022	2.2	
			Po	0.22	0.022	2.2	
			Ra	0.099	0.01	0.099	
			Ac	0.29	0.029	2.9	
			Th	0.29	0.029	2.9	
			Pa	0.29	0.029	2.9	
			U	0.043	0.043	0.1	
			Np	0.29	0	0.29	
			Pu	0.043	0	0.043	
			Am	0.29	0	0.29	
Cm	0.11	0	0.11				
畜産物の摂取	[kg/y]	農作業 Gr	牛肉	8.8	1.3	33.5	
			鶏レバー	0.3	0	24	
			鶏肉	9.5	1.1	28.1	
			牛レバー	0.2	0	16	
畜産物の摂取	[kg/y]	農作業 Gr	鶏卵	15.4	10	200	
			牛乳	46	20	400	
			豚肉	9.5	1.4	36.1	
農作物の摂取	[kg/y]	農作業 Gr	羊肉	0.6	0.1	2.3	
			果物	28.5	0	50	
			穀物	28.5	1.6	48	
			葉菜	26.7	25	80	
			米	59.8	3.4	102	
海産物の摂取	[kg/y]	海洋漁業 Gr	根菜	47.2	5	400	
			海水魚	14.9	1.49	149	×
			海洋甲殻類	2.9	0.29	29	×
			軟体動物	1.8	0.18	18	×
家畜の飼料摂取量	[kg/d]	農作業 Gr	海藻	1.9	0.19	19	×
			鶏	0.3	0.07	0.6	
			牛	50	9	300	
			豚	10	5	20	
			羊	7	3.5	14	
土壌の摂取量	[kg/y]	農作業 Gr	0.037	0.001	0.1		
		海洋漁業 Gr	0.037	0.001	0.1		
家畜の土壌摂取量	[kg/d]	農作業 Gr	鶏	0.02	0.01	0.04	
			牛	0.6	0.1	2.2	
			豚	0.2	0.1	0.4	
			羊	0.08	0.08	0.3	
水の摂取量	[m**3/y]	農作業 Gr	0.61	0.4	0.75		
家畜の水の摂取量	[m**3/d]	農作業 Gr	鶏	5.0E-04	2.0E-04	0.001	
			牛	0.07	0.02	0.2	
			豚	0.005	0.0025	0.01	
			羊	0.004	0.002	0.008	
家畜の飼育密度	[1/m**2]	農作業 Gr	鶏	3	0.3	30	×
			牛	4.3E-04	4.3E-05	0.0043	×
			豚	4.3E-04	4.3E-05	0.0043	×
			羊	4.8E-04	4.8E-05	0.0048	×
家畜の放牧時間	[hr/day]	農作業 Gr	鶏	24	0	24	×
			牛	24	0	24	×
			豚	24	0	24	×
			羊	24	0	24	×
滞在時間	[h/y]	農作業 Gr	河川水	120	37	180	
			表面土壌	1300	730	4400	
		海洋漁業 Gr	沿岸海域水	2190	730	3700	
			沿岸海域堆積層	2190	730	3700	
			潮間帯水域	2190	730	3700	
			潮間帯堆積層	2190	730	3700	
干満による流れ	[m^3/y]	潮間帯モデル	9.1E+07	7.3E+04	1.5E+11		
潮流による移行量	[m^3/y]	周辺海洋モデル	1.5E+11	2.6E+10	3.4E+11		
海洋拡散量	[m**3/y]	周辺海洋モデル	1.0E+10	4.0E+09	2.0E+11		
河川流量	[m**3/y]	周辺海洋モデル	3.0E+13	4.0E+12	1.5E+14		
農作物への土壌の付着量	[kg/kg]	農作業 Gr	果物	1.0E+08	3.0E+05	3.0E+10	
			葉菜	1.5E-04	1.5E-05	0.0015	×
			穀物	9.0E-05	9.0E-06	9.0E-04	×
			牧草	1.0E-04	1.0E-05	0.001	×
			米	0.0034	3.4E-04	0.034	×
			根菜	9.0E-05	9.0E-06	9.0E-04	×
根菜	1.5E-04	1.5E-05	0.0015	×			

付録表 A(12/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
パラメータ名	単位	設定対象					
河川・海洋・潮間帯からの沈殿量	[m/y]	沿岸海域水	7.5E-05	3.8E-06	3.7E-04		
		河川水	1.6E-05	1.6E-06	1.6E-04		
		潮間帯モデル	36.5	2.1	150		
最終シンクへの正味の沈	[m/y]		5.0E-05	7.5E-06	0.0037		
シースプレイ	[-]	C	1	1	3		
		Cl	1	1	3		
		Co	1	1	3		
		Ni	1	1	3		
		Se	1	1	3		
		Sr	1	1	3		
		Mo	1	1	3		
		Zr	1	1	3		
		Nb	1	1	3		
		Tc	1	1	3		
		Pd	1	1	3		
		Sn	1	1	3		
		I	10	3	50		
		Cs	1	1	3		
		Sm	1	1	3		
		Pb	10	3	50		
		Po	10	3	50		
		Ra	10	3	50		
		Ac	10	3	50		
		Th	10	3	50		
Pa	10	3	50				
U	10	3	50				
シースプレイ	[-]	Np	10	3	50		
		Pu	10	3	50		
		Am	10	3	50		
		Cm	10	3	50		
海洋エアロゾルの陸地への年間移行量	[m**3/y]	周辺海洋モデル	3.0E+05	1.0E+04	5.0E+06		
		潮間帯モデル	1000	10	5.0E+04		
浚渫/蛇行	[m**3/y]		1.6	0.5	5		
年間洪水量	[m**3/y]		100		1000		
		周辺海洋モデル	6.0E+06	3.0E+05	3.0E+07		
灌漑水量	[m**3/y]	潮間帯モデル	1.3E+05	1.3E+04	1.3E+06		
		[評価式設定する]	1.5E+04			D_jrr: 農作物	
地下水流量	[m**3/y]		2.0E+06	2.0E+05	2.0E+07	×	
		潮間帯モデル	2.0E+06	1.0E+05	1.0E+07	×	
ウェザリング率	[1/y]	果物	C	18	9	30	
			Cl	18	9	30	
			Co	18	9	30	
			Ni	18	9	30	
			Se	18	9	30	
			Sr	18	9	30	
			Mo	18	9	30	
			Zr	18	9	30	
			Nb	18	9	30	
			Tc	18	9	30	
			Pd	18	9	30	
			Sn	18	9	30	
			I	18	9	30	
			Cs	18	9	30	
			Sm	18	9	30	
			Pb	18	9	30	
			Po	18	9	30	
			Ra	18	9	30	
			Ac	18	9	30	
			Th	18	9	30	
Pa	18	9	30				
U	18	9	30				
Np	51	30	80				
Pu	51	30	80				
Am	51	30	80				
Cm	18	9	30				
ウェザリング率	[1/y]	穀物	C	8.4	0.84	84	
			Cl	8.4	0.84	84	×
			Co	8.4	0.84	84	
			Ni	8.4	0.84	84	×
			Se	8.4	0.84	84	×
			Sr	8.4	0.84	84	×
			Mo	8.4	0.84	84	
			Zr	8.4	0.84	84	
			Nb	8.4	0.84	84	
			Tc	8.4	0.84	84	

付録表 A(13/16) パラメータ値一覧表

パラメータ名	感度解析対象パラメータ		設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
	単位	設定対象					
ウェザリング率	[1/y]	穀物	Pd	8.4	0.84	84	
			Sn	8.4	0.84	84	
			I	8.4	0.84	84	
			Cs	8.4	0.84	84	
			Sm	8.4	0.84	84	
			Pb	8.4	4.2	16.8	
			Po	8.4	4.2	16.8	
			Ra	8.4	4.2	16.8	
			Ac	8.4	4.2	16.8	
			Th	8.4	4.2	16.8	
			Pa	8.4	0.84	84	
			U	8.4	4.2	16.8	
			Np	51	30	80	
			Pu	51	30	80	
Am	51	30	80				
Cm	8.4	4.2	16.8				
ウェザリング率	[1/y]	葉菜	C	18	9	30	
			Cl	18	9	30	
			Co	18	9	30	
			Ni	18	9	30	
			Se	18	9	30	
			Sr	18	9	30	
			Mo	18	9	30	
			Zr	18	9	30	
			Nb	18	9	30	
			Tc	18	9	30	
			Pd	18	9	30	
			Sn	18	9	30	
			I	18	9	30	
			Cs	18	9	30	
			Sm	18	9	30	
			Pb	18	9	30	
			Po	18	9	30	
			Ra	18	9	30	
			Ac	18	9	30	
			Th	18	9	30	
			Pa	18	9	30	
			U	18	9	30	
			Np	51	30	80	
			Pu	51	30	80	
Am	51	30	80				
Cm	18	9	30				
ウェザリング率	[1/y]	牧草	C	18	9	30	
			Cl	18	9	30	
			Co	18	9	30	
			Ni	18	9	30	
			Se	18	9	30	
			Sr	18	9	30	
			Mo	18	9	30	
			Zr	18	9	30	
			Nb	18	9	30	
			Tc	18	9	30	
			Pd	18	9	30	
			Sn	18	9	30	
			I	18	9	30	
			Cs	18	9	30	
			Sm	18	9	30	
			Pb	18	9	30	
			Po	18	9	30	
			Ra	18	9	30	
			Ac	18	9	30	
			Th	18	9	30	
			Pa	18	9	30	
			U	18	9	30	
			Np	18	9	30	
			Pu	18	9	30	
Am	18	9	30				
Cm	18	9	30				
ウェザリング率	[1/y]	米	C	8.4	0.84	84	
			Cl	8.4	0.84	84	
			Co	8.4	0.84	84	
			Ni	8.4	0.84	84	
			Se	8.4	0.84	84	
			Sr	8.4	0.84	84	
			Mo	8.4	0.84	84	
Zr	8.4	0.84	84				

付録表 A(14/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×				
パラメータ名	単位	設定対象								
ウェザリング率	[1/y]	米	Nb	8.4	0.84	84				
			Tc	8.4	0.84	84				
			Pd	8.4	0.84	84				
			Sn	8.4	0.84	84				
			I	8.4	0.84	84				
			Cs	8.4	0.84	84				
			Sm	8.4	0.84	84				
			Pb	8.4	4.2	16.8				
			Po	8.4	4.2	16.8				
			Ra	8.4	4.2	16.8				
			Ac	8.4	4.2	16.8				
			Th	8.4	4.2	16.8				
			Pa	8.4	0.84	84				
			U	8.4	4.2	16.8				
			Np	51	30	80				
			Pu	51	30	80				
			Am	51	30	80				
			Cm	8.4	4.2	16.8				
			ウェザリング率	[1/y]	根菜	C	18	9	30	
						Cl	18	9	30	
Co	18	9				30				
Ni	18	9				30				
Se	18	9				30				
Sr	18	9				30				
Mo	18	9				30				
Zr	18	9				30				
Nb	18	9				30				
Tc	18	9				30				
Pd	18	9				30				
Sn	18	9				30				
I	18	9				30				
Cs	18	9				30				
Sm	18	9				30				
Pb	18	9				30				
Po	18	9				30				
Ra	18	9				30				
Ac	18	9				30				
Th	18	9				30				
Pa	18	9	30							
U	18	9	30							
Np	18	9	30							
Pu	18	9	30							
Am	18	9	30							
Cm	18	9	30							
風食速度	[m/y]	周辺海洋モデル	1.0E-07	1.0E-08	1.0E-06					
		潮間帯モデル	2.0E-05	2.0E-06	2.0E-04					
栽培密度	[kg/m**2]	果物	1.4	0.14	14	×				
		穀物	0.4	0.2	0.6					
		葉菜	3.1	0.8	50					
		牧草	3.9	0.39	39	×				
		米	0.5	0.05	5	×				
浮遊堆積物量	[kg/m**3]	沿岸海域水	0.001	1.0E-04	0.01					
		河川水	0.05	0.007	30					
年間浸透/流出量	[m/y]	潮間帯モデル	10	1	20					
		周辺海洋モデル	0.7	0.45	1					
		潮間帯モデル	0.74	0.45	1.2					
ダストレベル	[kg /m**3]	表面土壌	0.93	0.47	1.5					
		河川水	農作業 Gr	2.0E-06	5.0E-09	5.0E-05				
		沿岸海域堆積層	農作業 Gr	5.0E-08	5.0E-09	2.0E-06				
		潮間帯堆積層	海洋漁業 Gr	1.0E-07	5.0E-09	5.0E-06				
分配係数	[m**3/kg]	沿岸海域堆積層・沿岸海域水・[周辺海洋モデルの周辺海洋堆積層]	C	0.1	0.1	10				
			Cl	0.0001	3.0E-05	0.1				
			Co	20	10	1000				
			Ni	20	10	500				
			Se	1	0	10				
			Sr	1	0.1	5				
			Mo	0.1	0.01	10				
			Zr	10	0.1	5000				
			Nb	10	1	1000				
			Tc	0.1	0.01	10				
			Pd	50	10	500				
			Sn	10	0.02	200				
			I	0.02	0	0.1				
			Cs	3	0.1	20				

付録表 A(15/16) パラメータ値一覧表

感度解析対象パラメータ			設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×	
パラメータ名	単位	設定対象					
分配係数	[m**3/kg]	沿岸海域堆積層・沿岸海域水・[周辺海洋モデルの周辺海洋堆積層]	Sm	2000	20	2.0E+05	
			Pb	200	10	1.0E+04	
			Po	200	10	1.0E+04	
			Ra	5	0.5	500	
			Ac	2000	10	1.0E+04	
			Th	5000	100	1.0E+04	
			Pa	5000	100	1.0E+04	
			U	0.5	0.1	5	
			Np	2	0.2	50	
			Pu	2000	10	2.0E+04	
			Am	2000	100	2.0E+04	
			Cm	2000	100	2.0E+04	
			分配係数	[m**3/kg]	河川堆積層・河川水・[周辺海洋モデルの沿岸海域堆積層, 潮間帯堆積層]	C	0.1
Cl	1	0				1	
Co	10	0.01				100	
Ni	10	0.004				10	
Se	0.01	0.004				5	
Sr	0.5	0.003				1	
Mo	0.1	0				0.2	
Zr	10	0.005				10	
Nb	10	0.01				100	
Tc	0.1	0				0.2	
Pd	2	0.004				10	
Sn	10	0.005				50	
I	0.1	0				0.3	
Cs	2	1				30	
Sm	100	0.01				1000	
Pb	10	0.01				10	
Po	10	0.01				10	
Ra	1	0.5				30	
Ac	100	0.01				1000	
Th	5000	0.7				5000	
Pa	5000	1				5000	
U	0.05	0.05				3	
Np	0.5	0.01				50	
Pu	100	0.01				100	
Am	100	0.01				1000	
Cm	100	10				100	
分配係数	[m**3/kg]	表面土壌・下部土壌	C	0.1	0	0.1	
			Cl	0.001	1.0E-06	0.4	
			Co	0.06	2.0E-04	100	
			Ni	0.4	0.003	10	
			Se	0.15	3.0E-04	3	
			Sr	0.013	1.0E-04	4	
			Mo	0.0074	8.0E-04	0.07	
			Zr	0.6	0.03	10	
			Nb	0.16	0.03	6	
			Tc	1.4E-04	0	0.4	
			Pd	0.055	0	1	
			Sn	0.13	0.1	1000	
			I	0.001	0	0.3	
			Cs	0.27	0.002	50	
			Sm	0.24	0.001	1000	
			Pb	0.27	0.003	60	
			Po	0.15	0.006	7	
			Ra	0.49	0.007	1000	
			Ac	0.45	0.4	10	
			Th	3	0.008	5000	
			Pa	0.54	0.5	6	
			U	0.033	5.0E-05	20	
			Np	0.0041	0.0001	3	
			Pu	0.54	0.01	300	
			Am	2	0.001	1000	
			Cm	4	0.1	50	
灌漑水の阻止率	[-]	果物	0.5	0.2	0.6	×根菜と同じ	
		穀物	0.05	0.01	0.06		
		葉菜	0.3	0.2	0.6		
		牧草	0			×	
		米	0.05	0.01	0.06	×穀物と同じ	
		根菜	0.3	0.2	0.6		
河川堆積層からの再浮遊	[m/y]		1.0E-04	6.4E-06	0.0034		
潮間帯堆積層からの再浮	[m/y]	潮間帯モデル	36.5	2.1	150		
コンパートメントの密度	[kg/m**3]		2650	2600	2700		

付録表 A(16/16) パラメータ値一覧表

パラメータ名	感度解析対象パラメータ		設定値	最小値	最大値	文献に範囲ない場合: ×
	単位	設定対象				
間隙率	[-]	沿岸海域堆積層	0.5	0.4	0.6	
		沿岸海域水	0.9999996	0.99996	1	
		河川堆積層	0.5	0.4	0.6	
		河川水	0.99998	0.98867	0.99997	
		表面土壌	0.4	0.1	0.7	
		下部土壌	0.4	0.1	0.7	
		深井戸	1			
		潮間帯水域	0.99623	0.99245	0.99962	
		潮間帯堆積層	0.5	0.4	0.6	
		体積含水率	[-]	沿岸海域堆積層	0.5	0.4
沿岸海域水	0.9999996			0.99996	1	
河川堆積層	0.5			0.4	0.6	
河川水	0.99998			0.98867	0.99997	
表面土壌	0.3			0.06	0.4	
下部土壌	0.35			0.08	0.4	
深井戸	1					
潮間帯水域	0.99623			0.99245	0.99962	
潮間帯堆積層	0.5			0.4	0.6	

付録 B 河川水モデルの決定論的解析における各核種の支配的被ばく経路

付録表 B (1/2) 各核種の支配的被ばく経路(河川水モデル,3 経路抜粋)

FP・AP							
Sm-151		Cs-137		Cs-135		I-129	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	水の摂取	1	米の摂取	1	米の摂取	1	米の摂取
2	果実の摂取	2	水の摂取	2	鶏肉の摂取	2	水の摂取
3	米の摂取	3	土壌からの外部被ばく	3	果実の摂取	3	果実の摂取
Sn-126		Pd-107		Tc-99		Nb-94	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	土壌からの外部被ばく	1	米の摂取	1	米の摂取	1	土壌からの外部被ばく
2	米の摂取	2	果実の摂取	2	果実の摂取	2	水の摂取
3	根菜の摂取	3	水の摂取	3	水の摂取	3	果実の摂取
Mo-93		Zr-93		Nb-93m		Sr-90	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	水の摂取	1	根菜の摂取	1	水の摂取	1	葉菜の摂取
2	果実の摂取	2	水の摂取	2	果実の摂取	2	水の摂取
3	米の摂取	3	米の摂取	3	根菜の摂取	3	果実の摂取
Se-79		Ni-63		Co-60		Ni-59	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	牛肉の摂取	1	米の摂取	1	土壌からの外部被ばく	1	米の摂取
2	牛レバーの摂取	2	水の摂取	2	水の摂取	2	根菜の摂取
3	豚肉の摂取	3	果実の摂取	3	果実の摂取	3	穀物の摂取
Cl-36		C-14					
	被ばく経路		被ばく経路				
1	鶏卵の摂取	1	鶏卵の摂取				
2	米の摂取	2	鶏肉の摂取				
3	果実の摂取	3	豚肉の摂取				

付録表 B (2/2) 各核種の支配的被ばく経路(河川水モデル,3 経路抜粋)

4N 系列		4N+1 系列		4N+2 系列		4N+3 系列	
Cm-244		Cm-245		Cm-246		Am-243	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	水の摂取	1	ダストの吸入	1	水の摂取	1	ダストの吸入
2	果実の摂取	2	水の摂取	2	ダストの吸入	2	水の摂取
3	米の摂取	3	果実の摂取	3	果実の摂取	3	根菜の摂取
Pu-240		Pu-241		Pu-242		Pu-239	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	水の摂取	1	水の摂取	1	水の摂取	1	水の摂取
2	ダストの吸入	2	ダストの吸入	2	ダストの吸入	2	ダストの吸入
3	根菜の摂取	3	根菜の摂取	3	根菜の摂取	3	根菜の摂取
U-236		Am-241		U-238		U-235	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	水の摂取	1	水の摂取	1	水の摂取	1	水の摂取
2	果実の摂取	2	ダストの吸入	2	果実の摂取	2	果実の摂取
3	米の摂取	3	根菜の摂取	3	米の摂取	3	米の摂取
Th-232		Np-237		U-234		Pa-231	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	米の摂取	1	水の摂取	1	水の摂取	1	ダストの吸入
2	根菜の摂取	2	根菜の摂取	2	果実の摂取	2	米の摂取
3	果実の摂取	3	果実の摂取	3	米の摂取	3	根菜の摂取
Ra-228		Pa-233		Th-230		Ac-227	
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路
1	水の摂取	1	水の摂取	1	米の摂取	1	水の摂取
2	果実の摂取	2	果実の摂取	2	根菜の摂取	2	果実の摂取
3	米の摂取	3	米の摂取	3	ダストの吸入	3	米の摂取
Th-228		U-233		Ra-226			
	被ばく経路		被ばく経路		被ばく経路		
1	水の摂取	1	水の摂取	1	米の摂取		
2	果実の摂取	2	果実の摂取	2	根菜の摂取		
3	米の摂取	3	米の摂取	3	果実の摂取		
		Th-229		Pb-210			
			被ばく経路		被ばく経路		
		1	ダストの吸入	1	水の摂取		
		2	水の摂取	2	果実の摂取		
		3	果実の摂取	3	米の摂取		
				Po-210			
					被ばく経路		
				1	水の摂取		
				2	果実の摂取		
				3	米の摂取		

付録 C 生物圏評価モデルごとに崩壊系列に着目して整理した解析結果

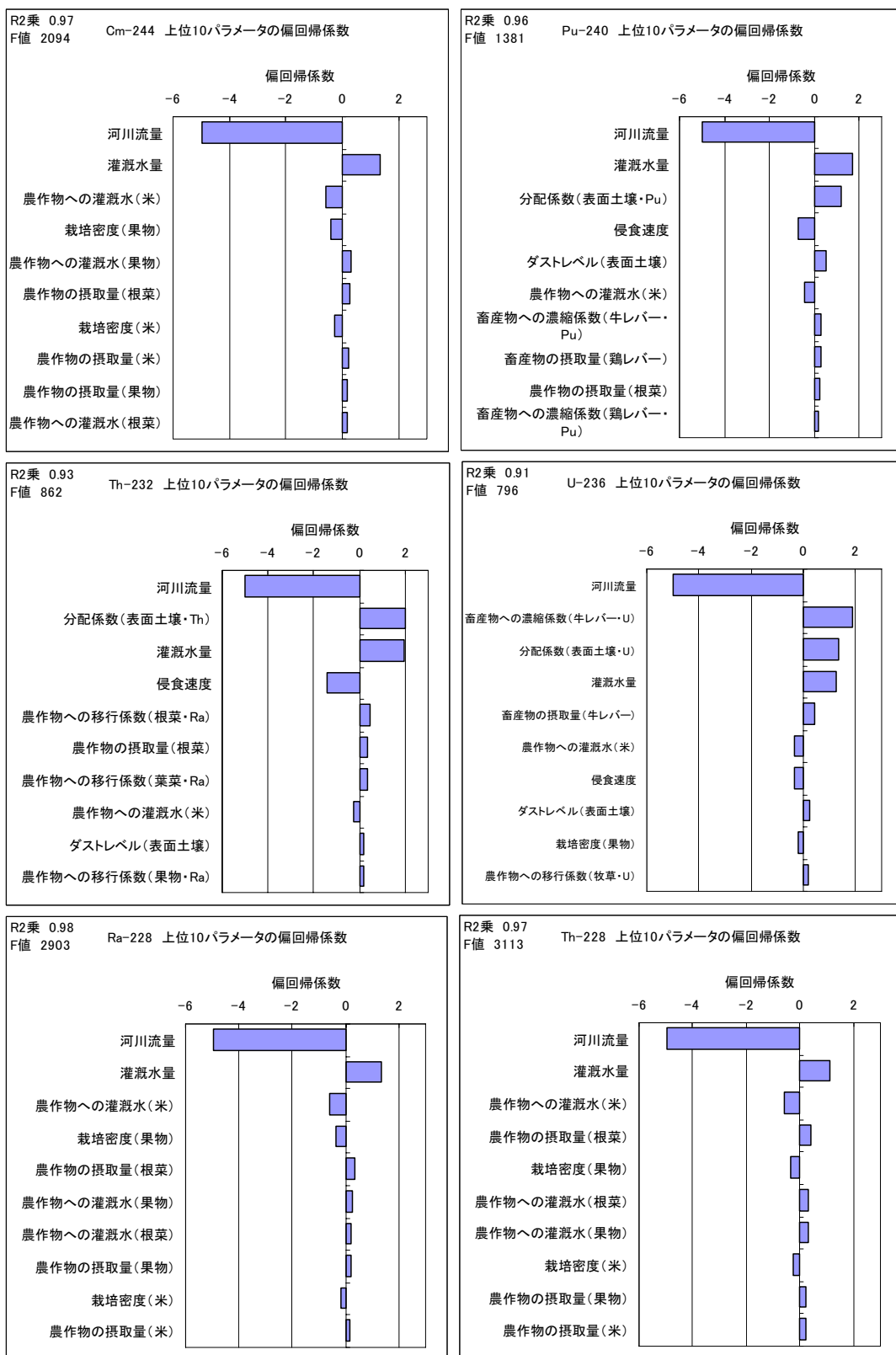
生物圏評価モデルごとの結果の特徴を以下に示す。本付録では生物圏評価モデルと核種の崩壊系列に着目して重要パラメータをまとめた。重要パラメータ抽出の基となった重回帰分析の結果から偏回帰係数が大きな上位 10 パラメータを抽出し、各生物圏評価モデルの崩壊系列ごとに示す。

また、生物圏評価モデルごとの特徴のまとめとして河川水モデルおよび河川堆積層モデル、深井戸モデルの重要パラメータと特徴を付録表 C-1、沿岸海域水モデルおよび沿岸海域堆積層モデル、潮間帯モデル、周辺海洋モデルの重要パラメータと特徴を付録表 C-2 に示す。

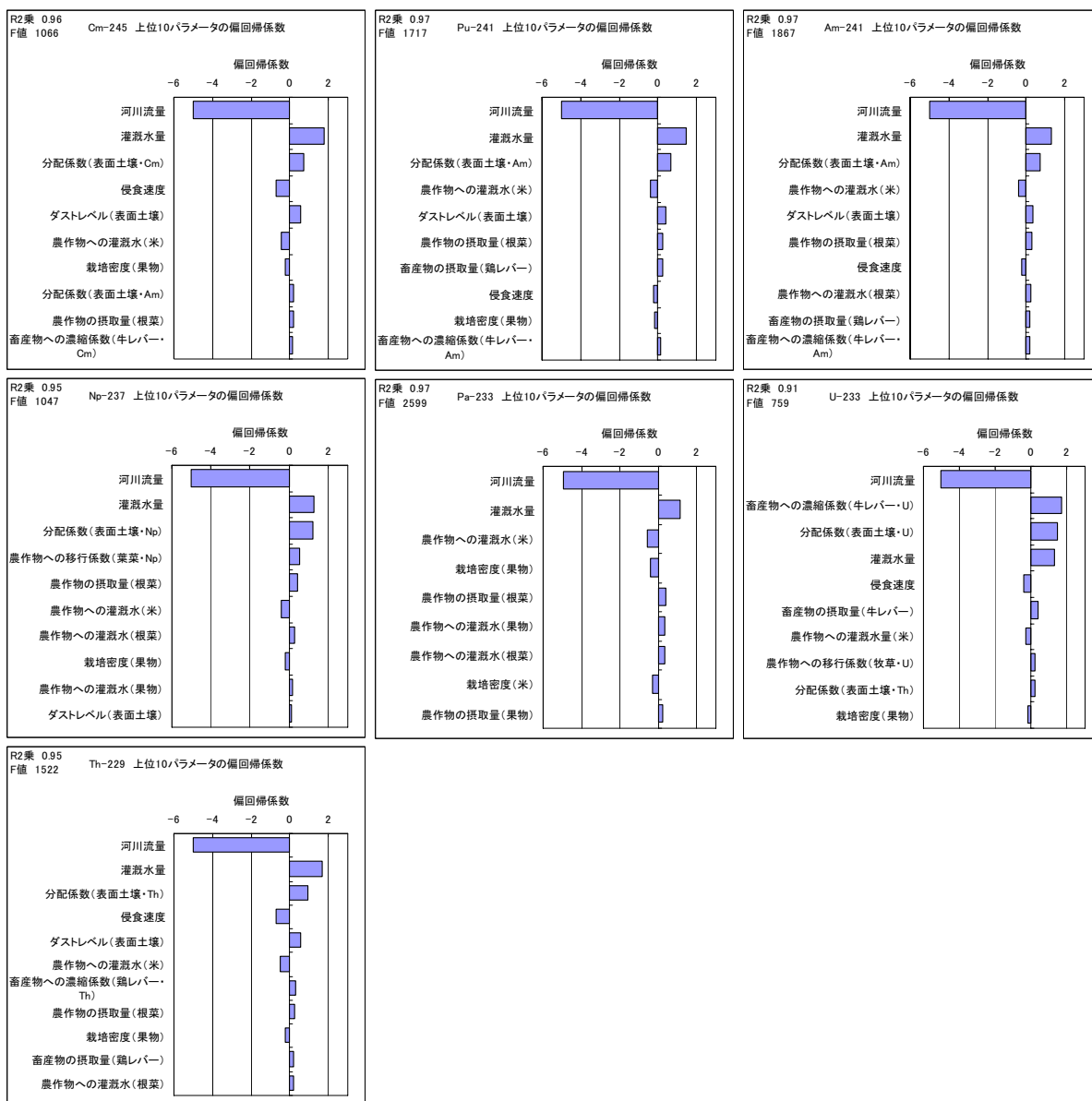
1) 河川水モデル

河川水モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-1～付録図 C-5 に示す。また、以下に河川水モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

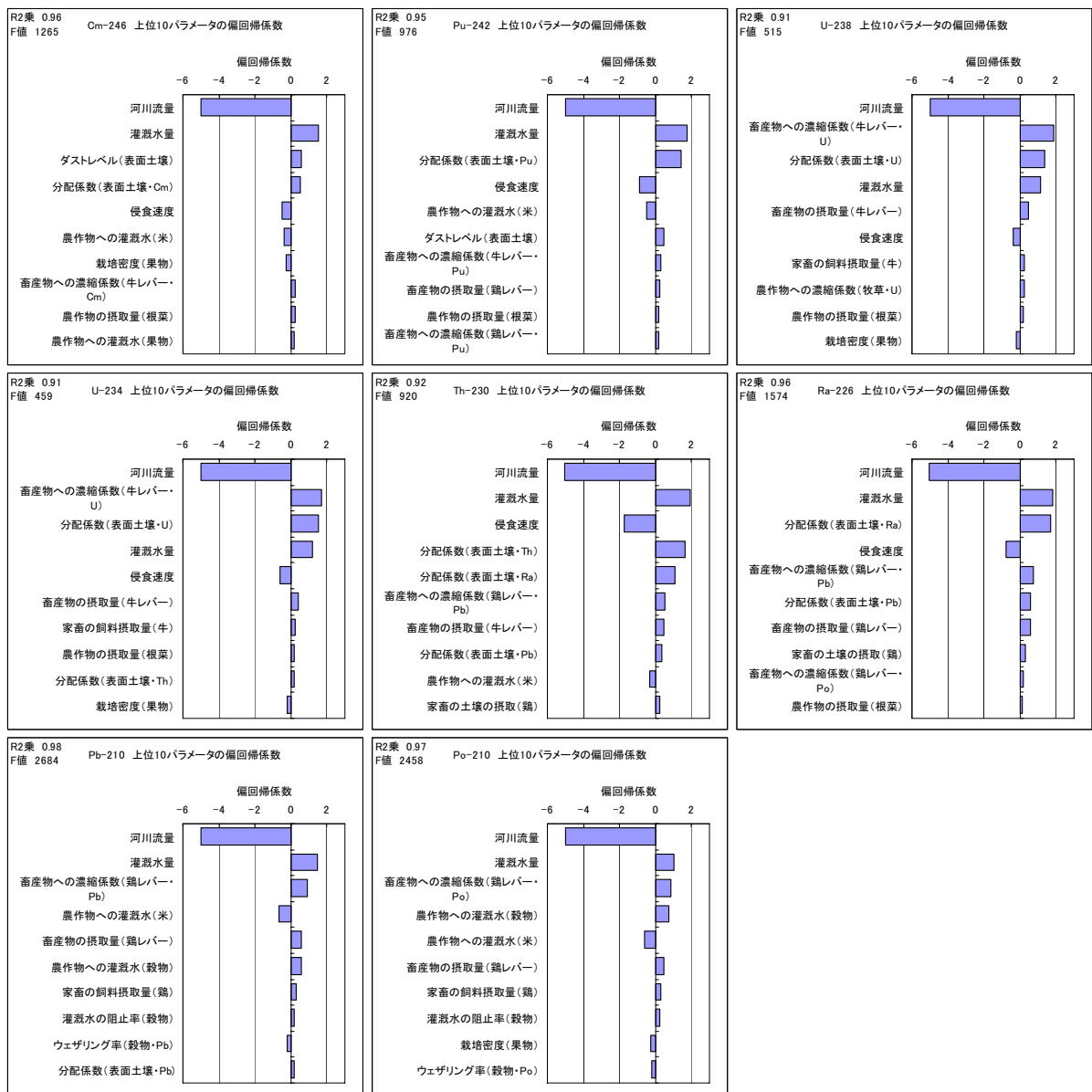
- ・ 河川流量は、核種に共通した重要パラメータである。また、河川流量の偏回帰係数の大きさは他のパラメータよりも数倍大きい。
- ・ 畜産物への濃縮係数（牛レバー）は U における重要パラメータである。
- ・ Th-232 の崩壊によって生成する娘核種 Ra-228 の農作物への移行係数は Th-232 における重要パラメータである。
- ・ Cm-245 や Pu-241 の崩壊によって生成する娘核種 Am-241 の表面土壌の分配係数は Cm-245, Pu-241 における重要パラメータである。
- ・ Th-230 や Ra-226 の崩壊によって生成する娘核種（Th-230 は Ra-226, Ra-226 は Pb-210）の表面土壌の分配係数は Th-230, Ra-226 における重要パラメータである。



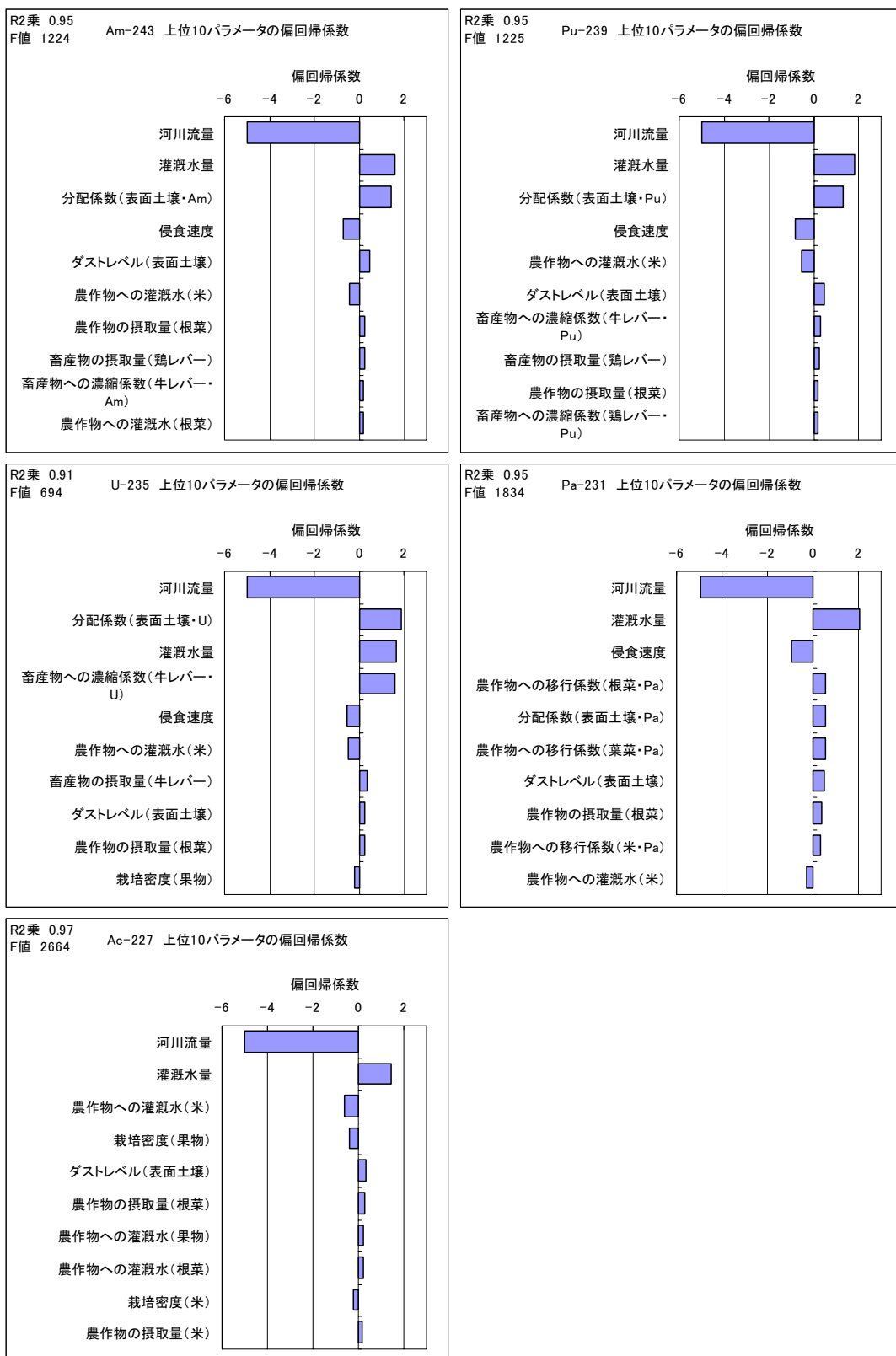
付録図 C-1 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川水モデル・4N 系列)



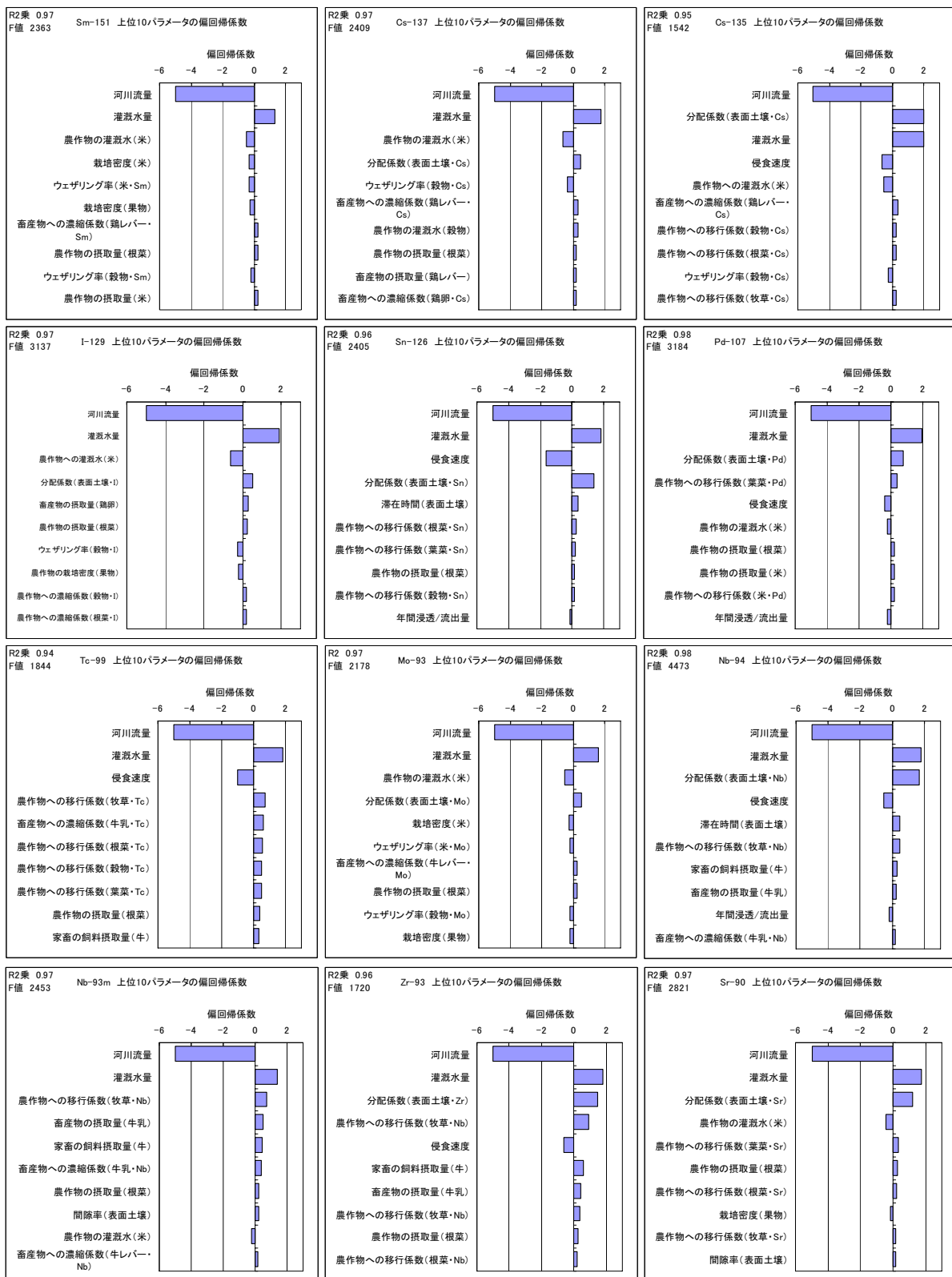
付録図 C-2 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川水モデル・4N+1 系列)



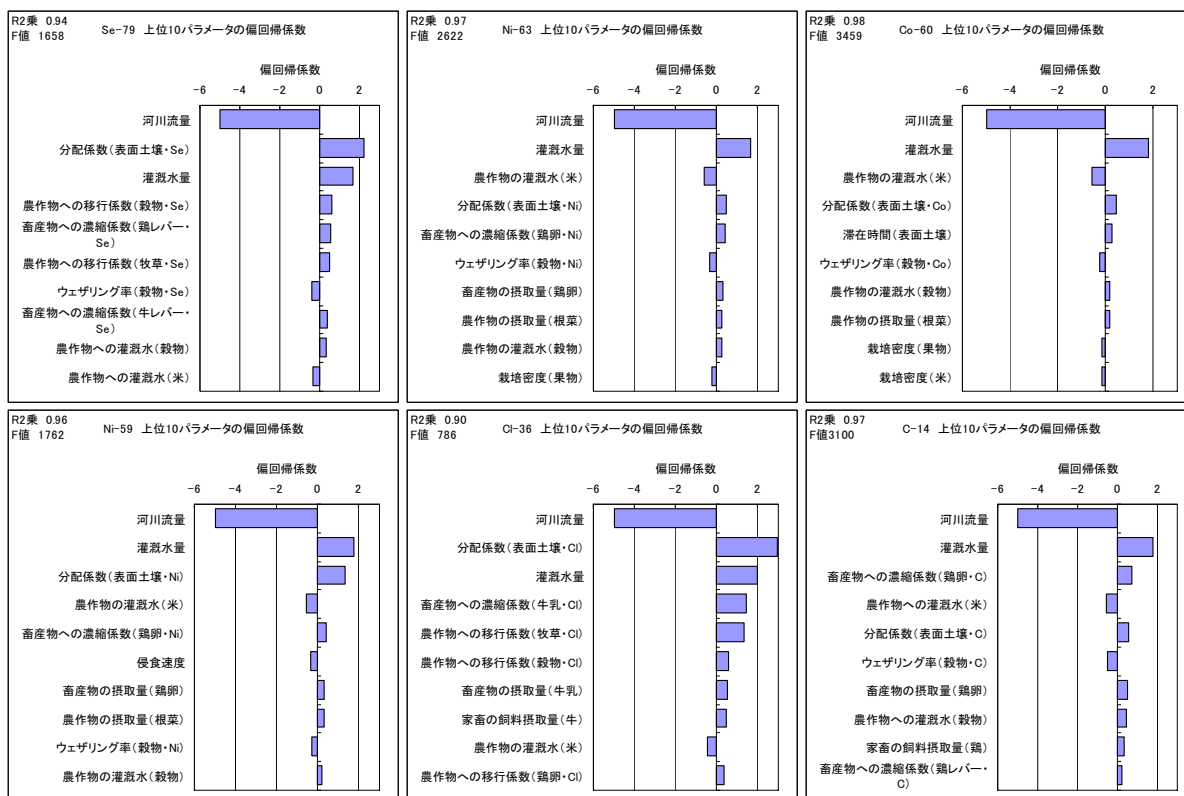
付録図 C-3 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川水モデル・4N+2 系列)



付録図 C-4 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川水モデル・4N+3 系列)



付録図 C-5(1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川水モデル・核分裂生成物, 放射化生成物核種)

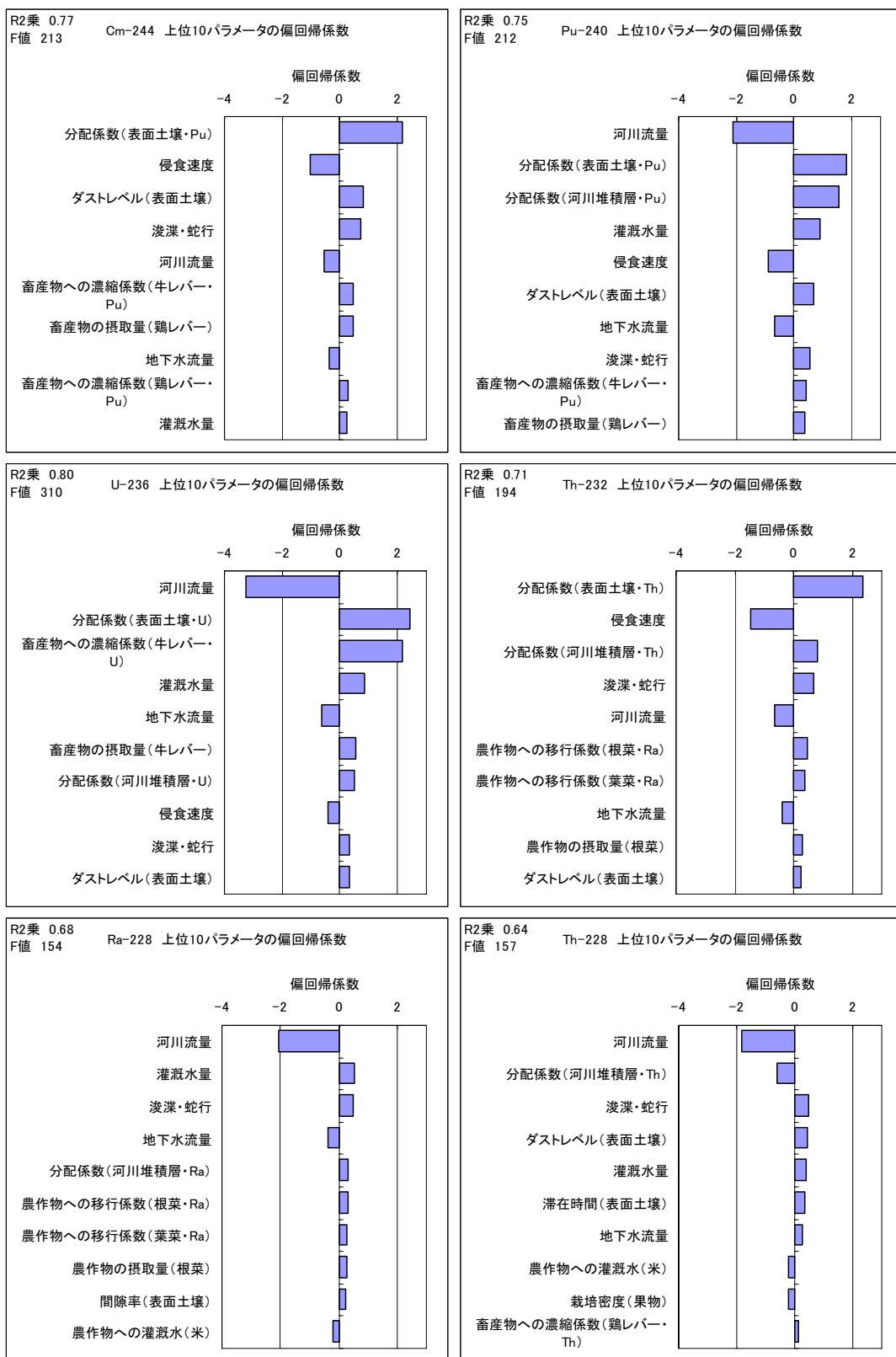


付録図 C-5(2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川水モデル・核分裂生成物、放射化生成物核種)

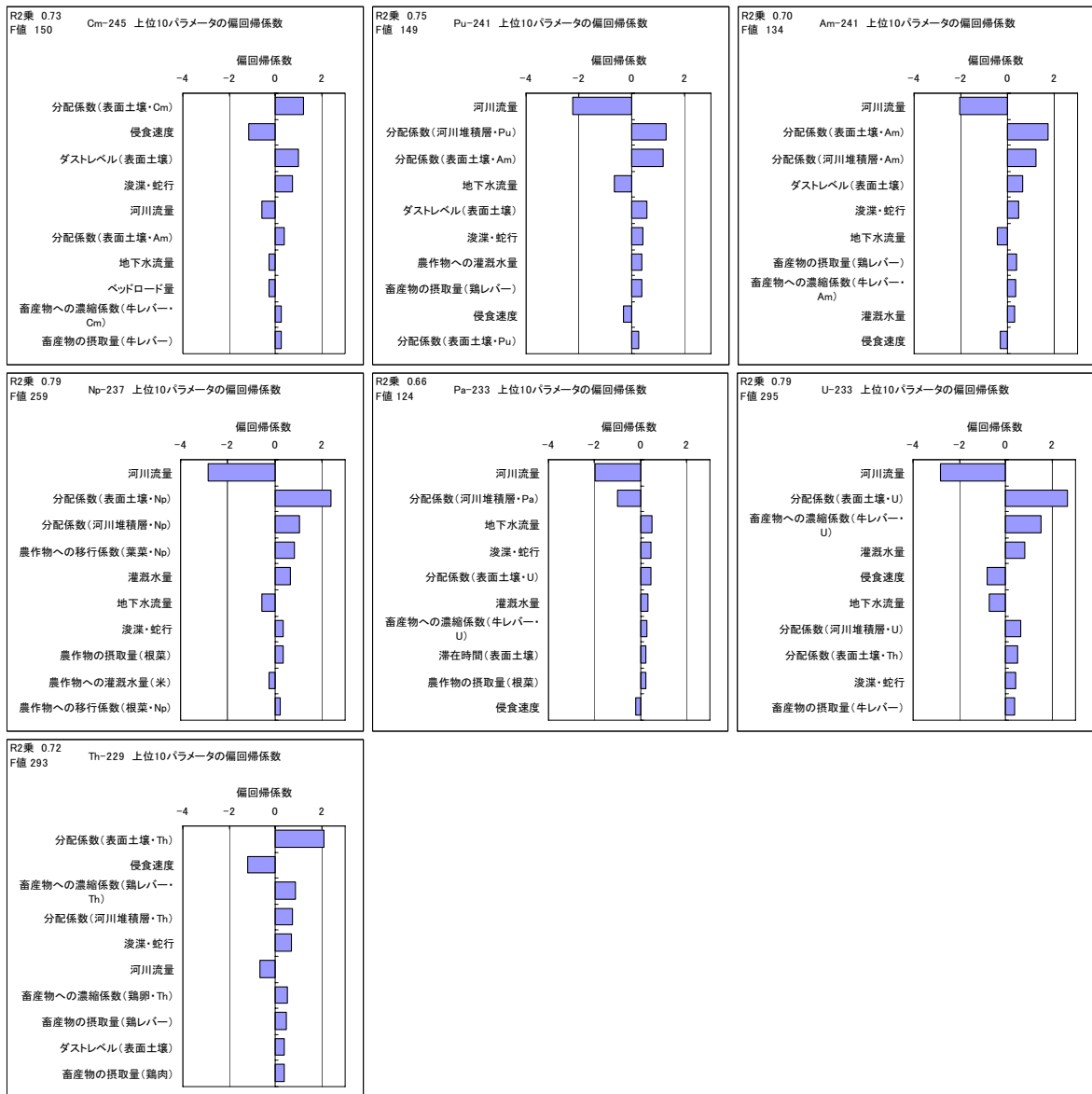
2) 河川堆積層モデル

河川堆積層モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-6～付録図 C-10 に示す。また、以下に河川堆積層モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

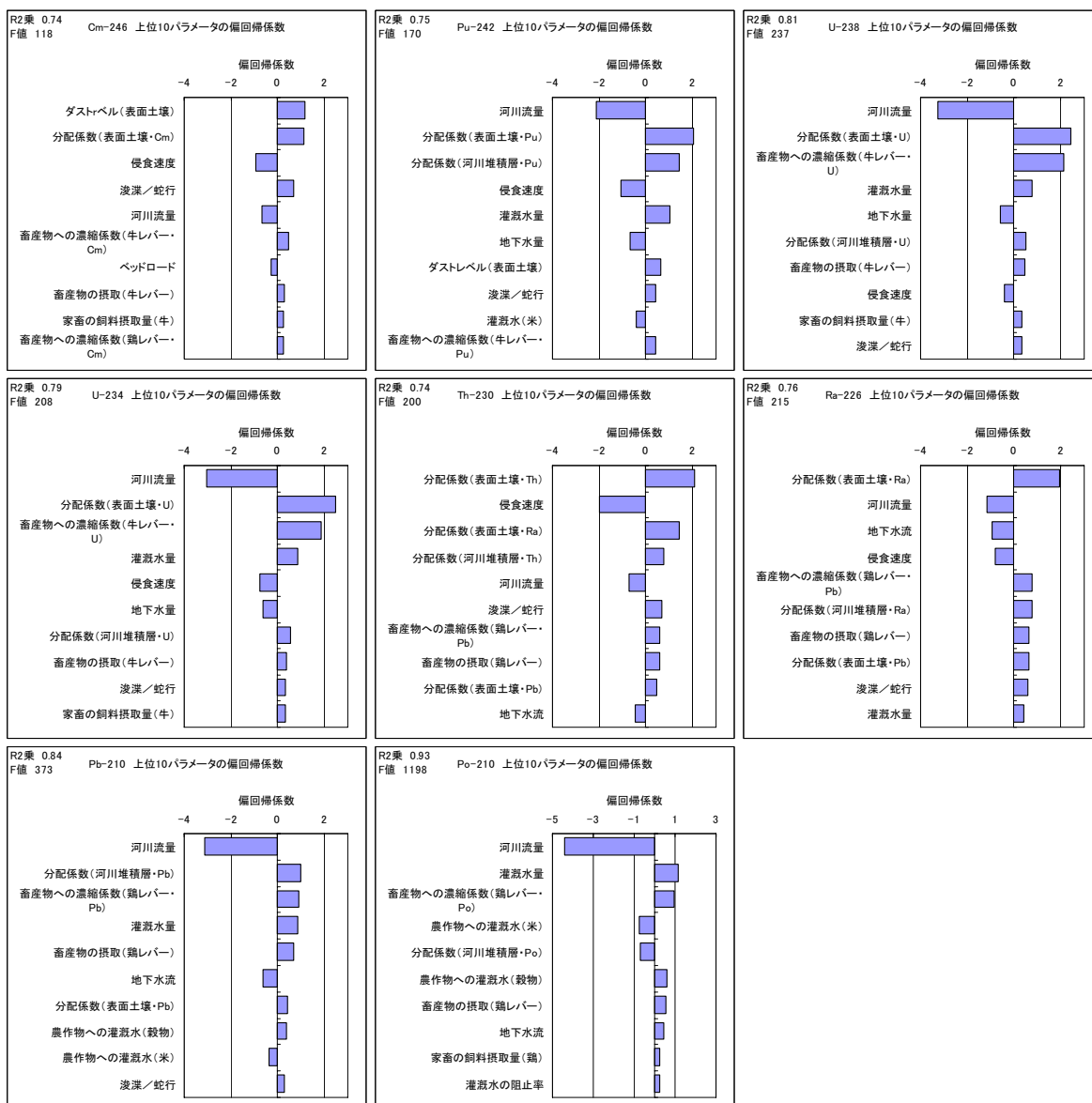
- ・ 河川流量，表面土壌の分配係数，河川堆積層の分配係数，地下水流量などコンパートメント間の移行に関するパラメータは，核種に共通した重要パラメータである。
- ・ 畜産物への濃縮係数（牛レバー）はUにおける重要パラメータである。
- ・ Cm-244 の崩壊によって生成する娘核種 Pu-240 の表面土壌の分配係数は，Cm-244 における重要パラメータである。
- ・ Cm-245 や Pu-241 および Pa-233，U-233 の崩壊によって生成する娘核種（Cm-245 と Pu-241 は Am-241，Pa-233 は U-233，U-233 は Th-229）の表面土壌の分配係数は，各親核種における重要パラメータである。
- ・ Th-230 の崩壊によって生成する娘核種 Ra-226 の表面土壌の分配係数は Th-230 における重要パラメータである。
- ・ 放射化生成物（以下，「AP」という），核分裂生成物（以下，「FP」という）の核種は，特に河川流量，表面土壌および河川堆積層の分配係数が重要パラメータである。



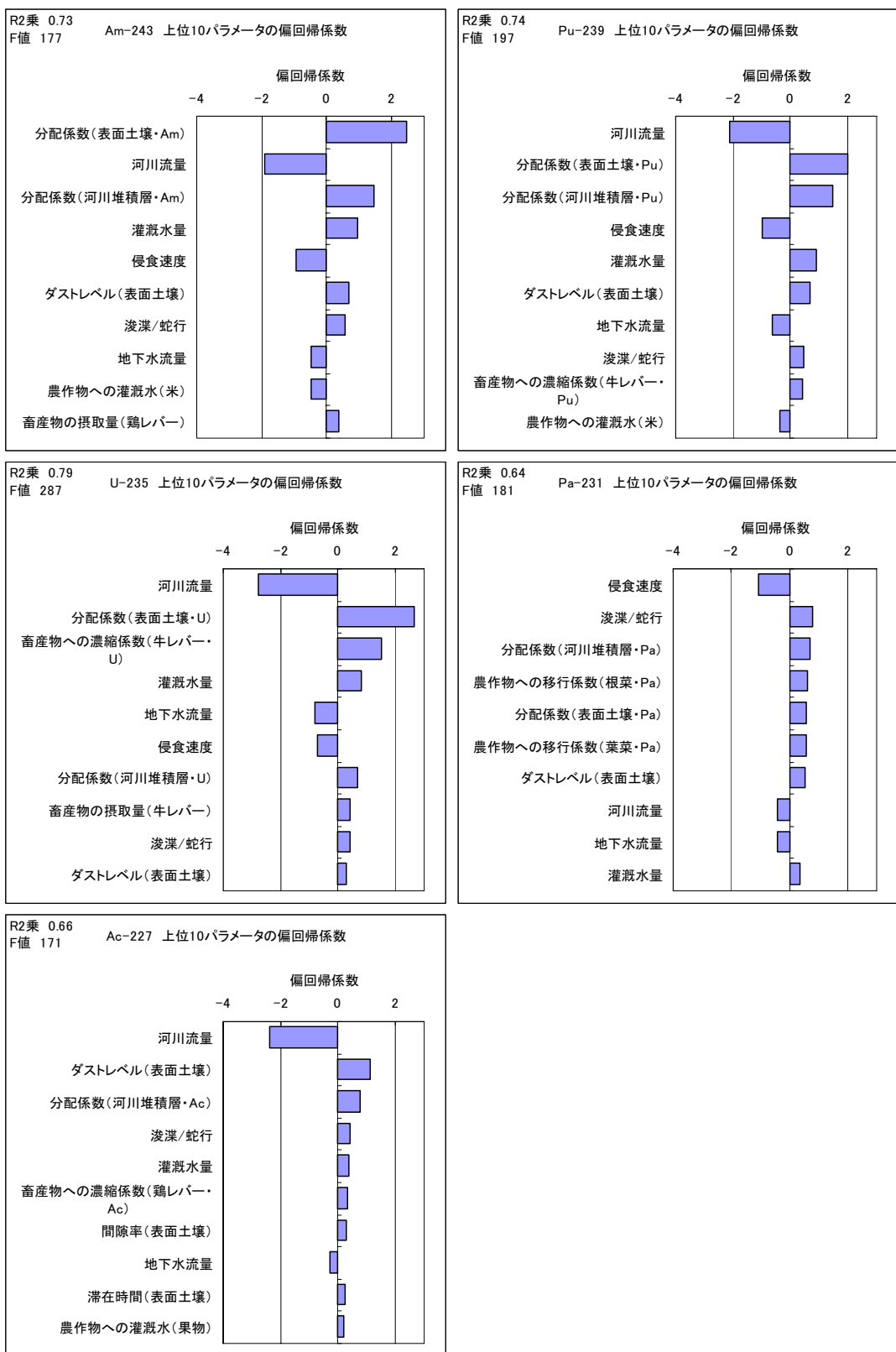
付録図 C-6 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川堆積層モデル・4N 系列)



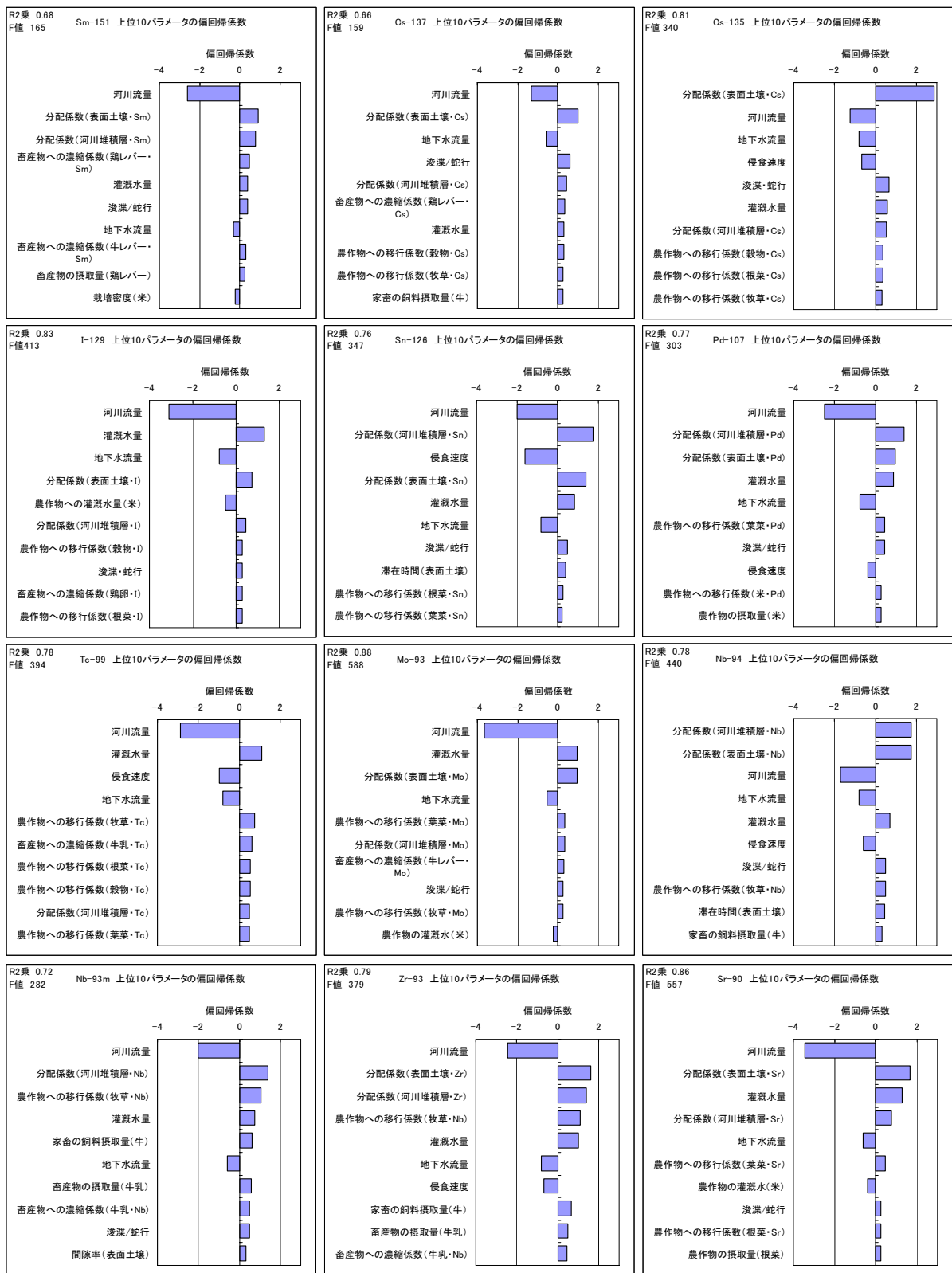
付録図 C-7 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川堆積層モデル・4N+1 系列)



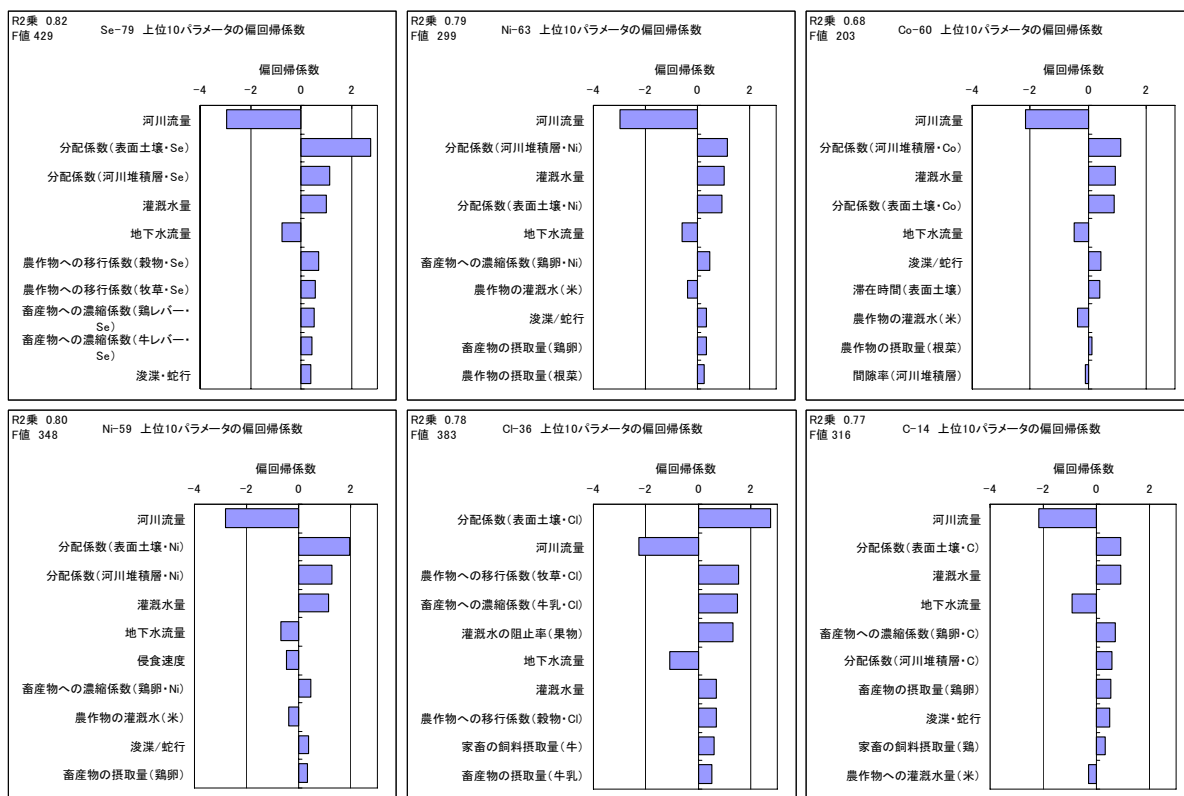
付録図 C-8 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川堆積層モデル・4N+2 系列)



付録図 C-9 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川堆積層モデル・4N+3 系列)



付録図 C-10(1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川堆積層モデル・FP, AP 核種)

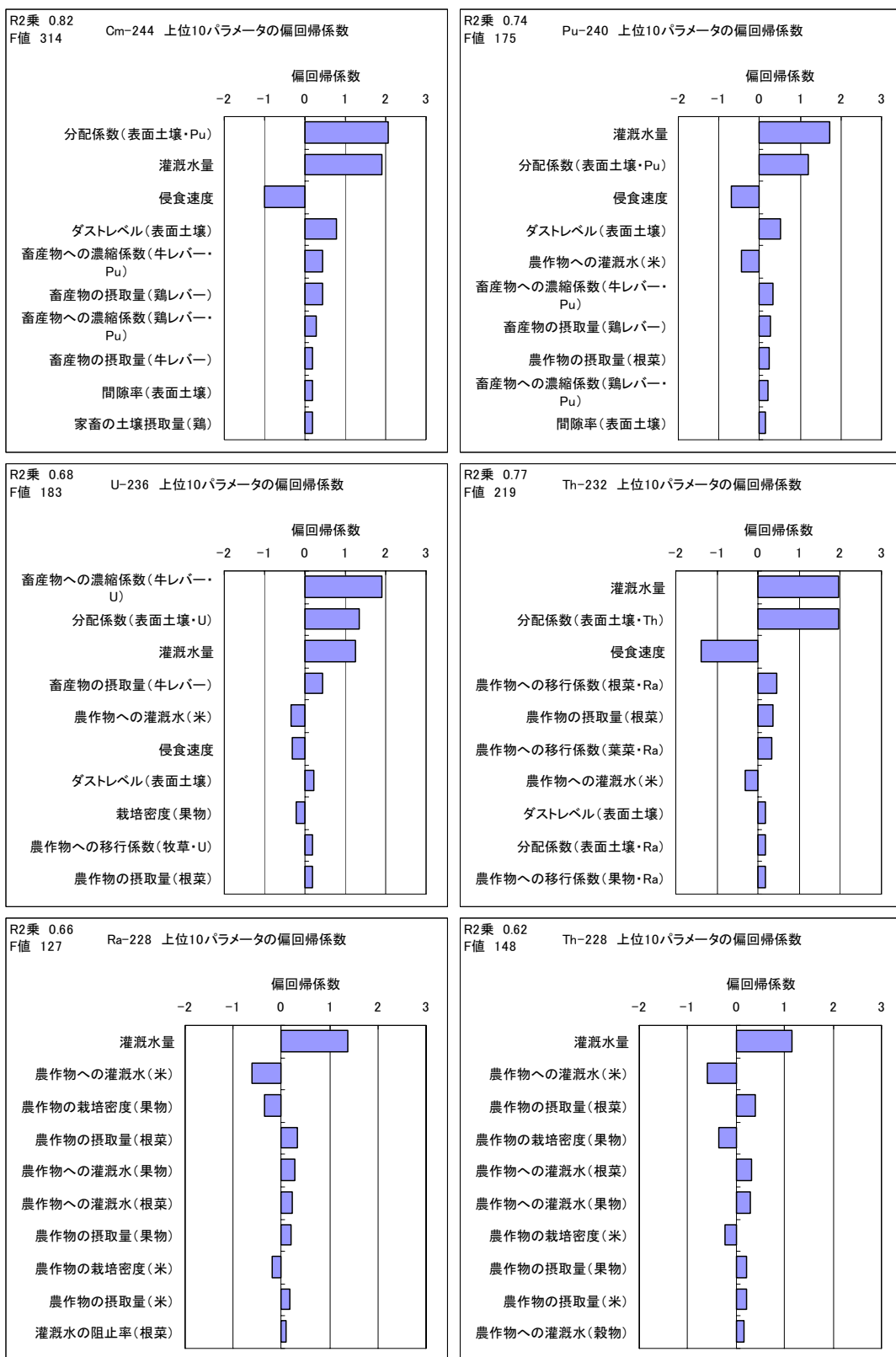


付録図 C-10(2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(河川堆積層モデル・FP, AP 核種)

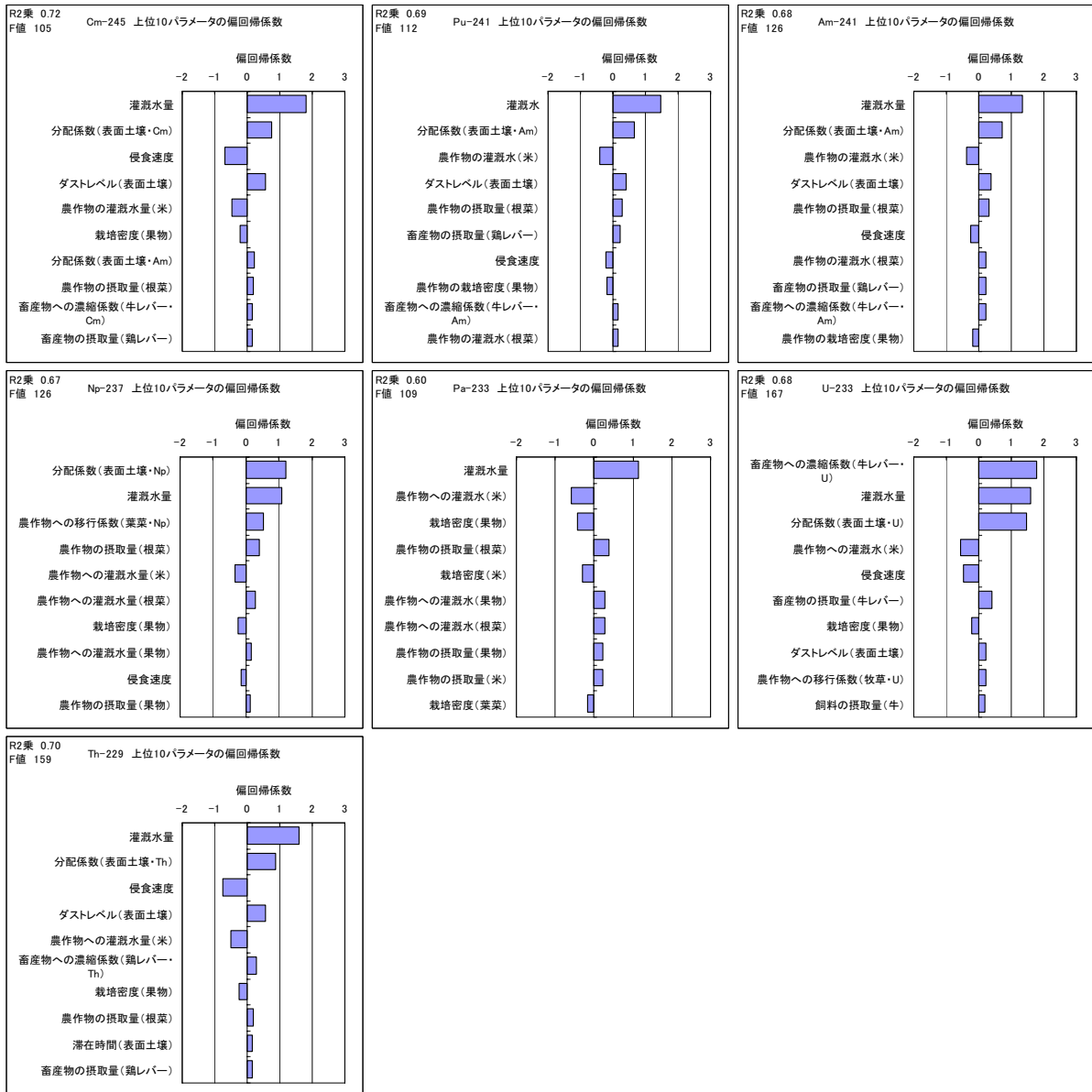
3) 深井戸モデル

深井戸モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-11～付録図 C-15 に示す。また、以下に深井戸モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

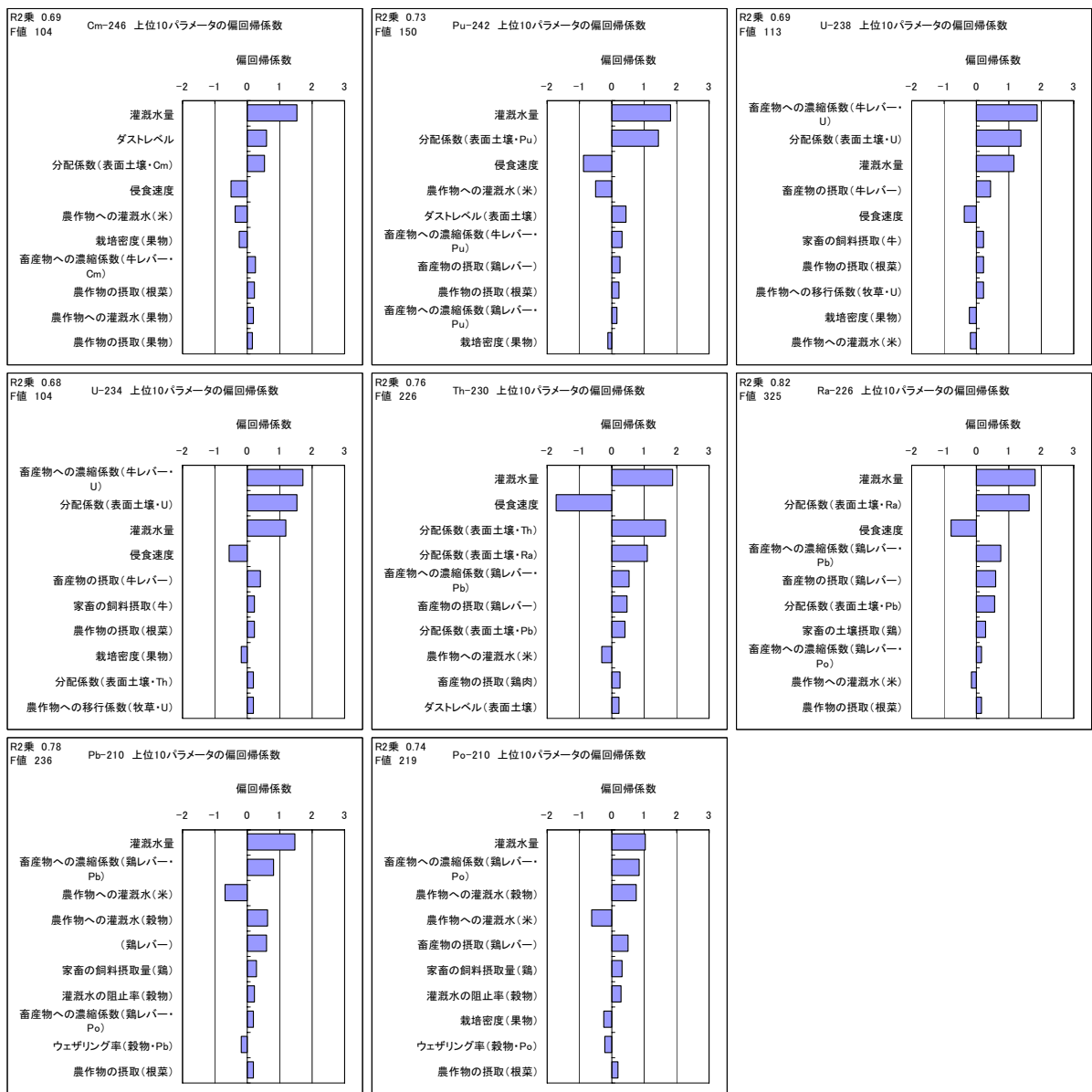
- ・ 灌漑水量，表面土壌の分配係数などコンパートメント間の移行に関するパラメータは重要パラメータである。
- ・ 畜産物への濃縮係数（牛レバー）はUにおける重要パラメータである。
- ・ Cm-244 や Th-232 の崩壊によって生成する娘核種（Cm-244 は Pu-240，Th-232 は Ra-228）の表面土壌の分配係数は，各親核種における重要パラメータである。
- ・ Cm-245 や Pu-241 の崩壊によって生成する娘核種 Am-241 の表面土壌の分配係数は，各親核種における重要パラメータである。
- ・ Th-230 の崩壊によって生成する娘核種 Ra-226 の表面土壌の分配係数および Ra-226 の崩壊によって生成する娘核種 Pb-210 の畜産物への濃縮係数（鶏レバー）は，各親核種における重要パラメータである。



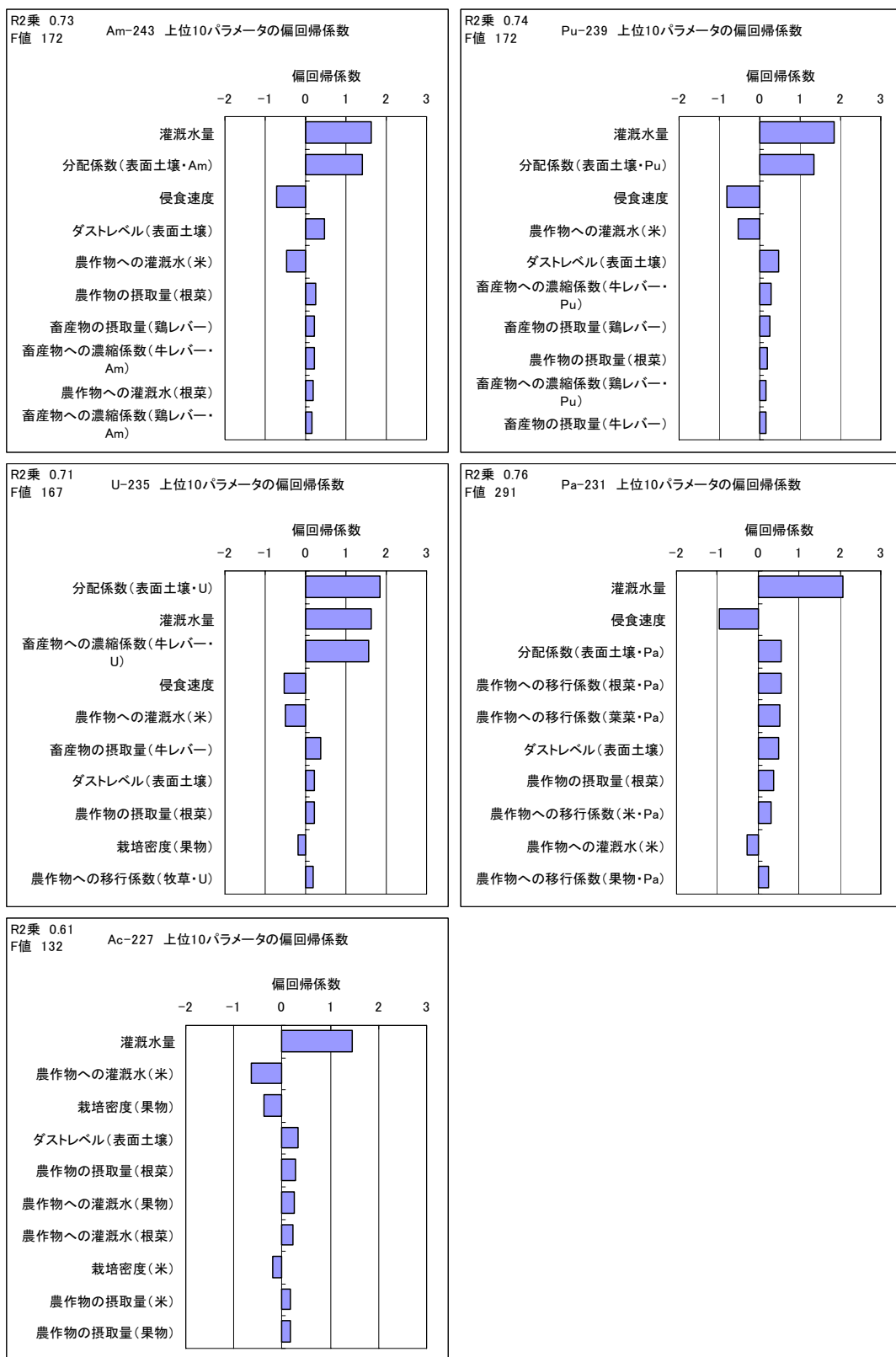
付録図 C-11 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(深井戸モデル・4N 系列)



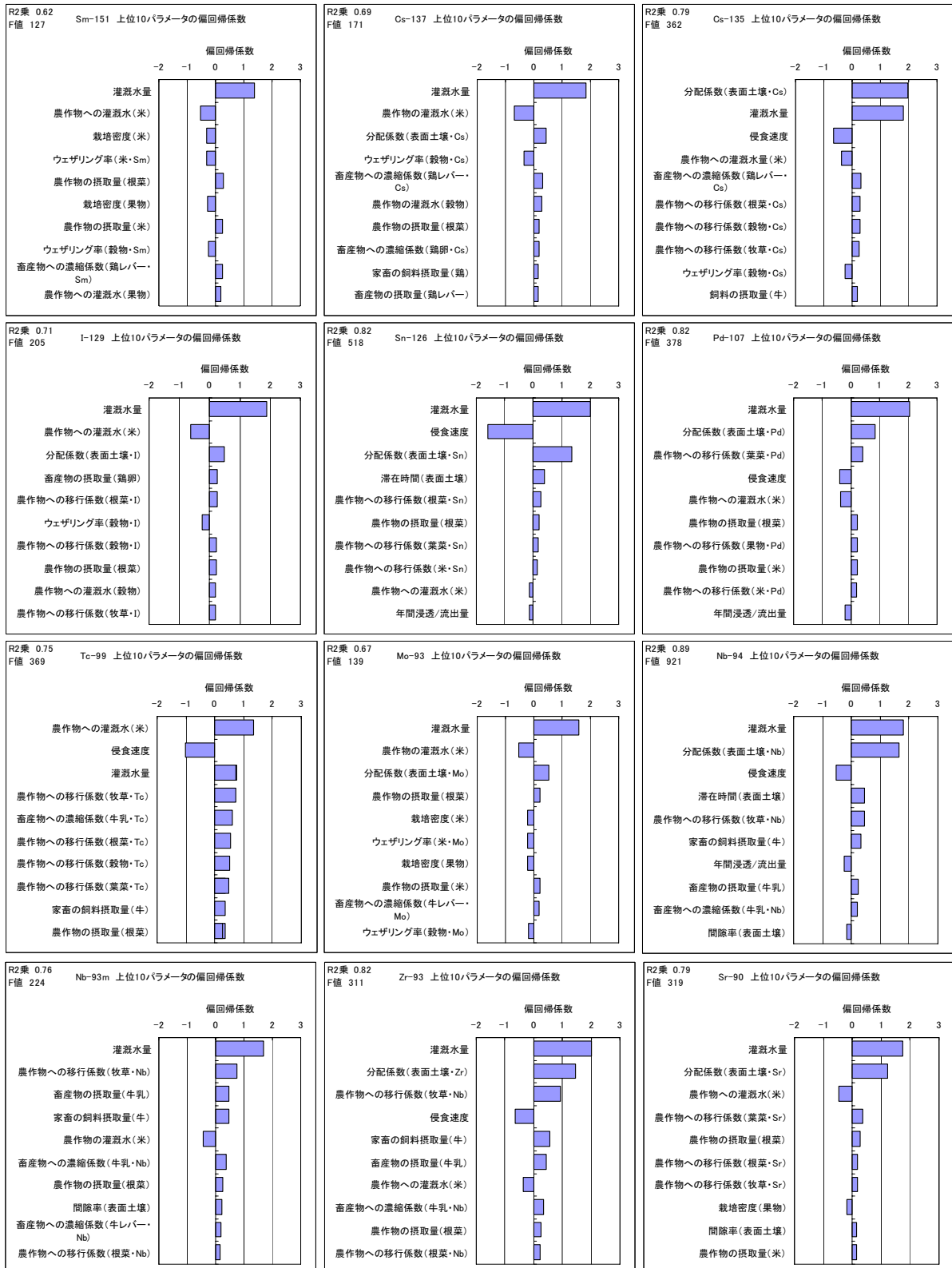
付録図 C-12 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(深井戸モデル・4N+1 系列)



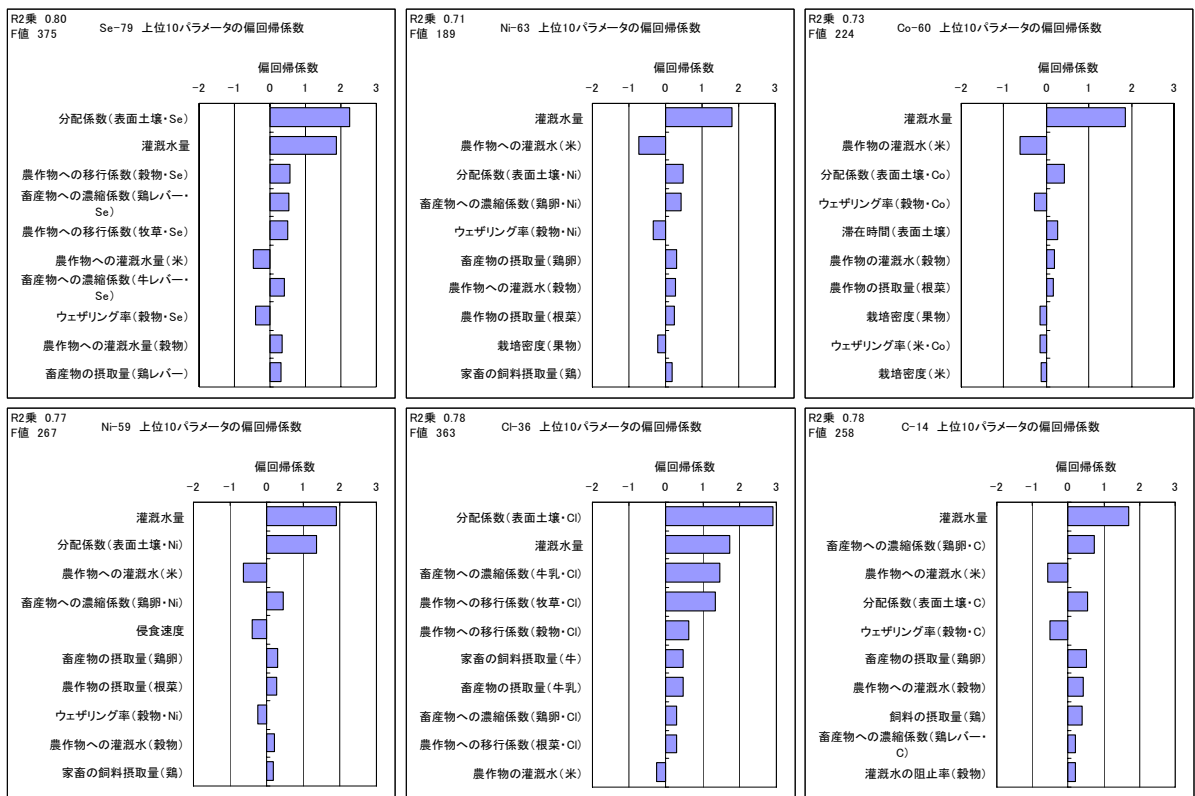
付録図 C-13 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(深井戸モデル・4N+2 系列)



付録図 C-14 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(深井戸モデル・4N+3 系列)



付録図 C-15(1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(深井戸モデル・FP, AP)



付録図 C-15(2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(深井戸モデル・FP, AP)

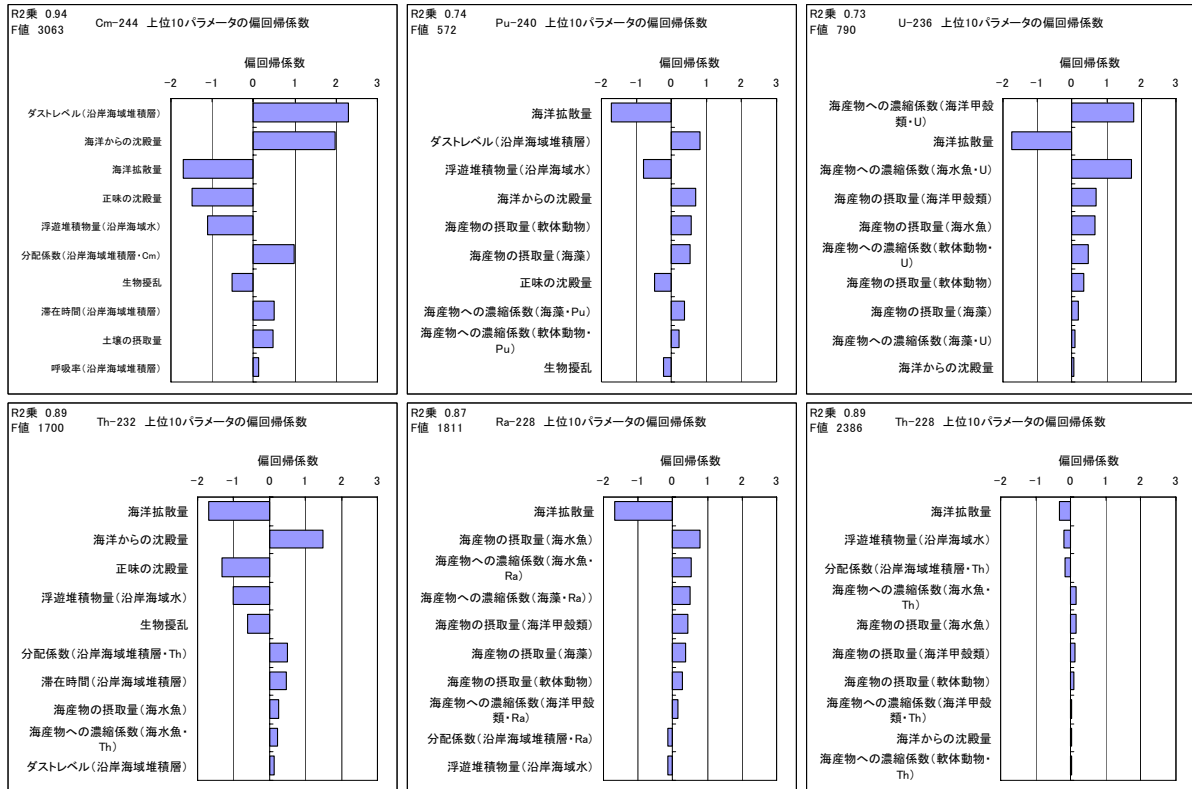
付録表 C-1 農作業従事者グループが支配的な被ばくグループである生物圏評価モデルの重要パラメータと特徴

生物圏評価モデル		河川水		河川堆積層		深井戸	
		河川流量 灌漑水量 表面土壌の分配係数	河川流量 表面土壌の分配係数 河川堆積層の分配係数 地下水流量	河川流量 表面土壌の分配係数	河川堆積層の分配係数	灌漑水量 表面土壌の分配係数	
元素・核種に共通した重要パラメータ	重要パラメータ	河川流量 灌漑水量 表面土壌の分配係数	河川流量 表面土壌の分配係数	河川流量 表面土壌の分配係数	河川堆積層の分配係数	灌漑水量 表面土壌の分配係数	
	特徴	すべての核種において、河川流量の偏帰係数の大きさは他のパラメータよりも数倍大きい	上記重要パラメータの他に河川堆積層コンパートメントにつながる移行経路に係わるパラメータ(侵食速度など)も重要である場合がある	河川堆積層の分配係数が表面土壌の分配係数よりも寄与が大きい場合がある			
4N	重要パラメータ	U-236: 畜産物への濃縮係数(牛レババー) Th-232: 農作物への移行係数(娘核種 Raの移行係数)	U-236: 畜産物への濃縮係数(牛レババー) Th-232: 農作物への移行係数(娘核種 Raの移行係数)	Cm-244: 表面土壌の分配係数(娘核種 Puの分配係数) U-236: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Cm-244: 表面土壌の分配係数(娘核種 Puの分配係数) U-236: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Cm-244: 表面土壌の分配係数(娘核種 Puの分配係数) Th-232: 農作物への移行係数(娘核種 Raの移行係数)	
	特徴	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-244, Ra-228, Th-228)	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-244, Ra-228, Th-228)	河川堆積層の分配係数が表面土壌の分配係数よりも寄与が大きい場合がある	河川堆積層の分配係数が表面土壌の分配係数よりも寄与が大きい場合がある	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-244, Th-232) 重要パラメータの傾向が同じ(Ra-228, Th-228)	
4N+1	重要パラメータ	Cm-245: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) Pu-241: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) U-233: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Cm-245: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) Pu-241: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) U-233: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Cm-245: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) Pu-241: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) U-233: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Cm-245: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) Pu-241: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) U-233: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Cm-245: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) Pu-241: 表面土壌の分配係数(娘核種 Amの分配係数) U-233: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	
	特徴	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-245, Pu-241, Am-241, Th-229)	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-245, Pu-241, Am-241, Th-229)	娘核種の寄与が大きい核種が多い	娘核種の寄与が大きい核種が多い	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-244, Pu-241, Am-241) Pa-233の重要パラメータは元素依存のものはない(他核種とは異なる)	
4N+2	重要パラメータ	Th-230: 表面土壌の分配係数(娘核種 Raの分配係数) Ra-228: 表面土壌の分配係数(娘核種 Pbの分配係数) U-234, U-238: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Th-230: 表面土壌の分配係数(娘核種 Raの分配係数) Ra-228: 表面土壌の分配係数(娘核種 Pbの分配係数) U-234, U-238: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Th-230: 表面土壌の分配係数(娘核種 Raの分配係数) U-238, U-234: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Th-230: 表面土壌の分配係数(娘核種 Raの分配係数) U-238, U-234: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	Th-230: 表面土壌の分配係数(娘核種 Raの分配係数) Ra-228: 畜産物への濃縮係数(鶏レババー, 娘核種 Pbの係数)	
	特徴	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-246, Pu-240) 重要パラメータの傾向が同じ(U-238, U-234) 重要パラメータの傾向が同じ(Th-230, Ra-226) 重要パラメータの傾向が同じ(Pb-210, Po-210)	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-246, Pu-240) 重要パラメータの傾向が同じ(U-238, U-234) 重要パラメータの傾向が同じ(Th-230, Ra-226) 重要パラメータの傾向が同じ(Pb-210, Po-210)	河川堆積層の分配係数が表面土壌の分配係数よりも寄与が大きい場合がある	河川堆積層の分配係数が表面土壌の分配係数よりも寄与が大きい場合がある	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-246, Pu-240) 重要パラメータの傾向が同じ(U-238, U-234) 重要パラメータの傾向が同じ(Th-230, Ra-226) 重要パラメータの傾向が同じ(Pb-210, Po-210)	
4N+3	重要パラメータ	U-235: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	U-235: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	U-235: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	U-235: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	U-235: 畜産物への濃縮係数(牛レババー)	
	特徴	重要パラメータの傾向が同じ(Am-243, Pu-239, U-235)	重要パラメータの傾向が同じ(Am-243, Pu-239, U-235)			重要パラメータの傾向が同じ(Am-243, Pu-239, U-235)	
FP/AP	重要パラメータ						
	特徴	分配係数などの重要核種の他、農畜産物への移行係数の寄与が大きい(種類は核種によって異なる)	分配係数などの重要核種の他、農畜産物への移行係数の寄与が大きい(種類は核種によって異なる)			灌漑水量, 分配係数以外のパラメータの偏帰係数は小さい	

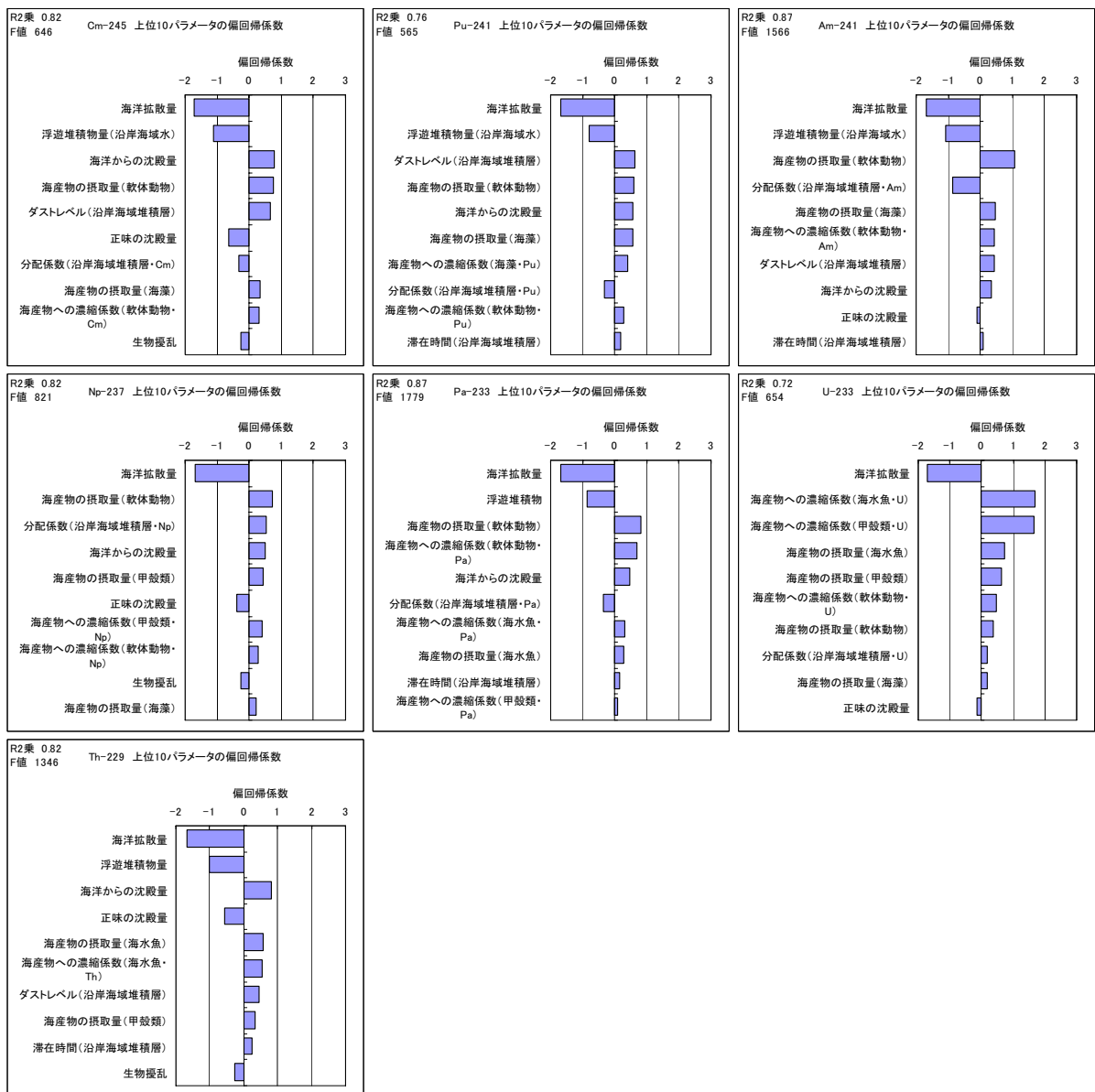
4) 沿岸海域水モデル

沿岸海域水モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-16～付録図 C-20 に示す。また、以下に沿岸海域水モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

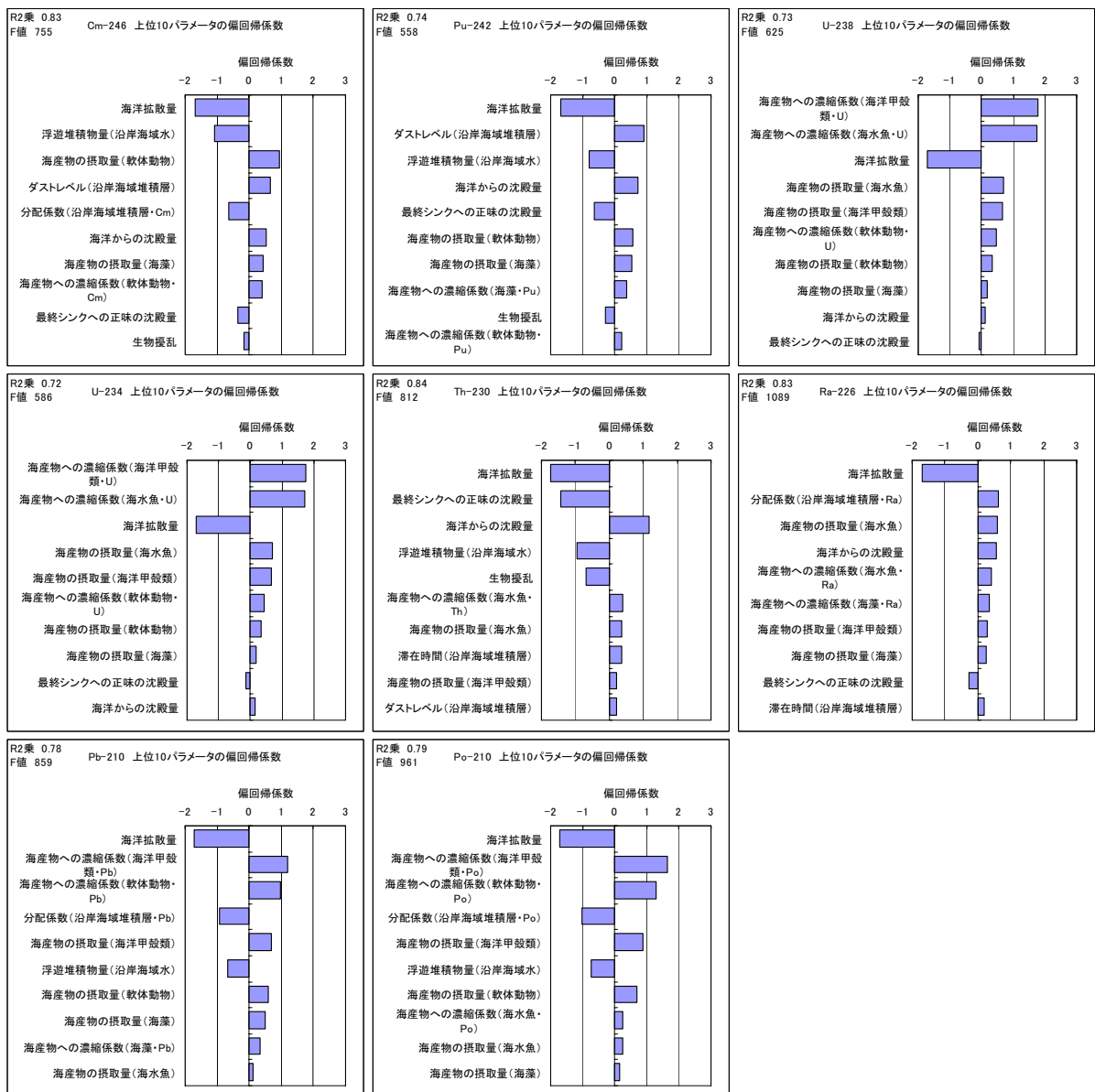
- ・ 海洋拡散による希釈水量は、核種に共通した重要パラメータである。
- ・ 各核種の重要パラメータは、海産物の摂取経路に関するパラメータもしくはダストの吸入経路に関するパラメータが多い。また、沿岸海域堆積層の分配係数は、海産物の摂取、ダストの吸入の両方の被ばく経路に対して寄与するため、各核種における重要パラメータである場合が多い (特に、U, Ra, FP・AP 核種など)。



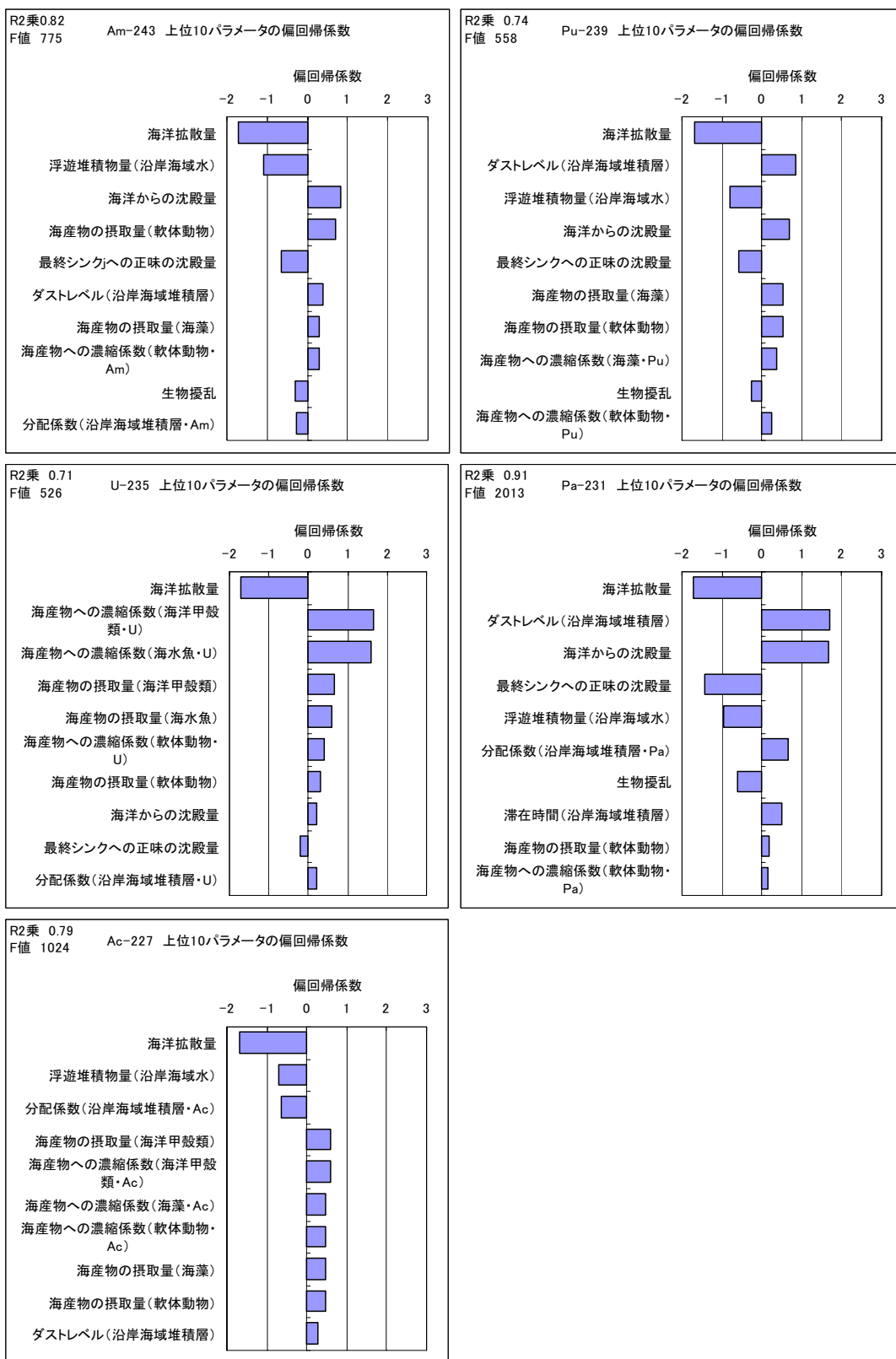
付録図 C-16 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ (沿岸海域水モデル・4N 系列)



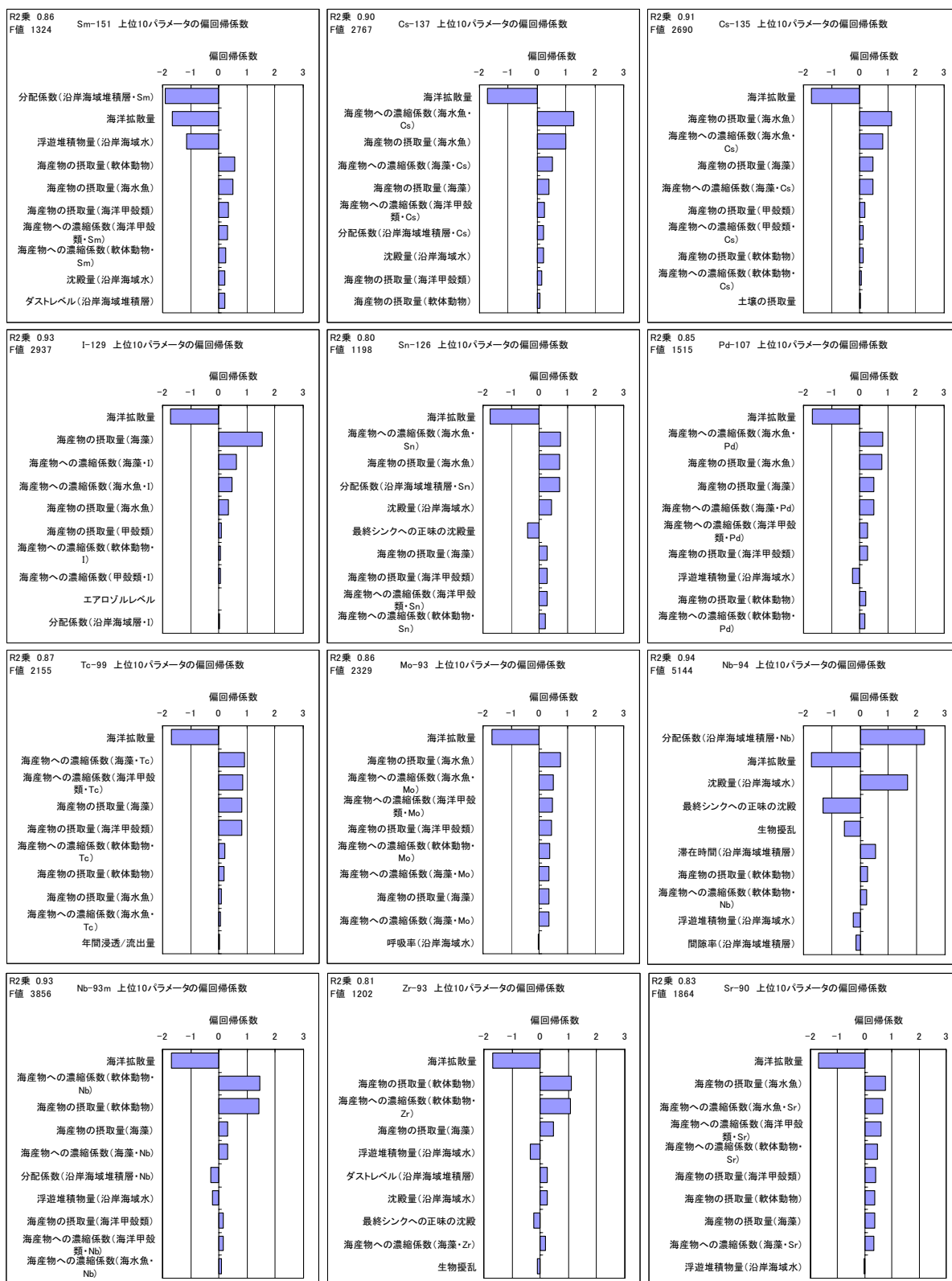
付録図 C-17 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域水モデル・4N+1 系列)



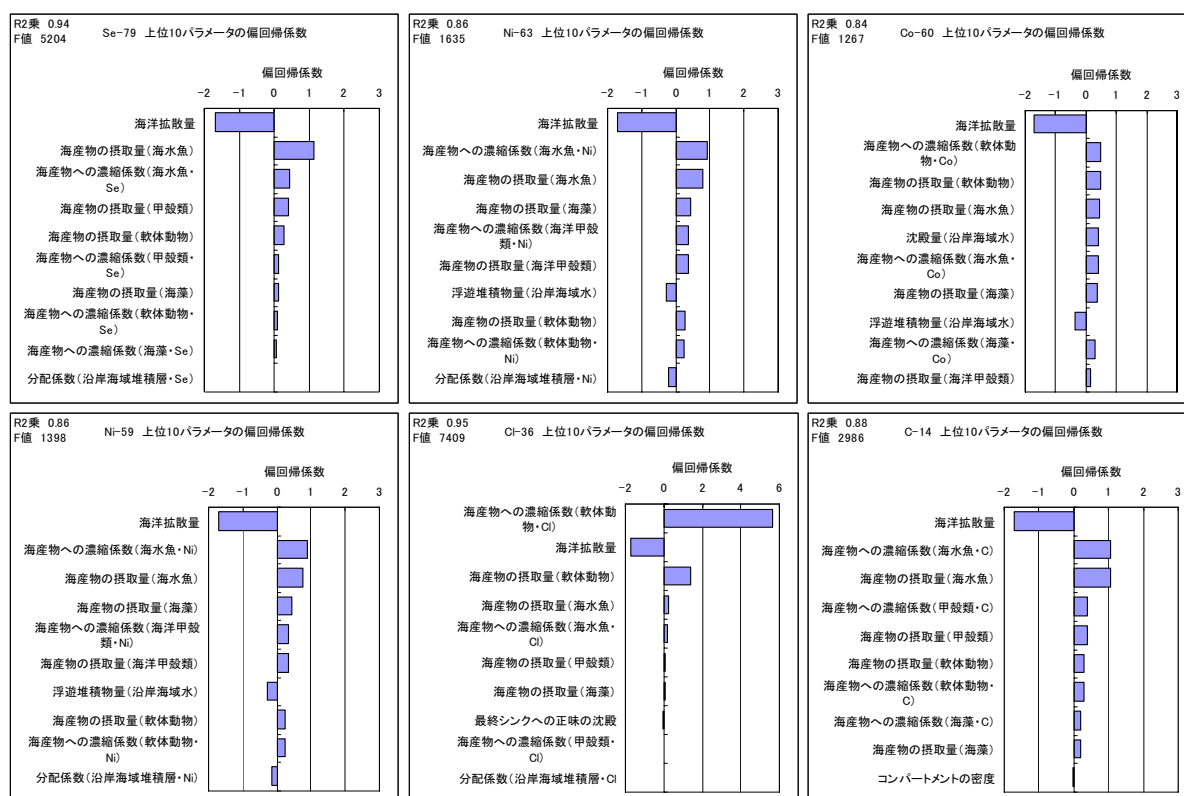
付録図 C-18 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域水モデル・4N+2 系列)



付録図 C-19 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域水モデル・4N+3 系列)



付録図 C-20 (1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域水モデル・FP, AP 核種)

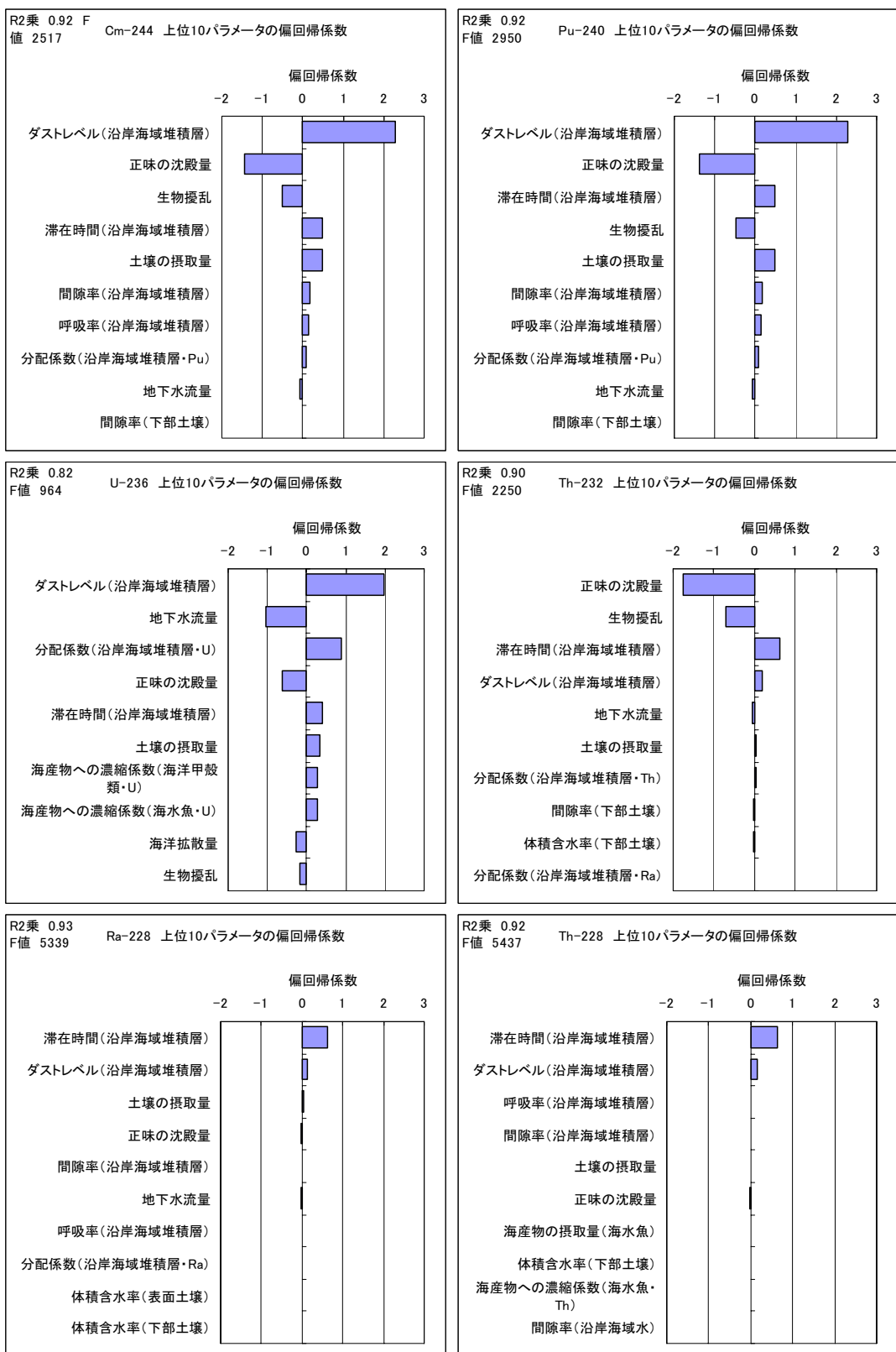


付録図 C-20 (2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域水モデル・FP, AP 核種)

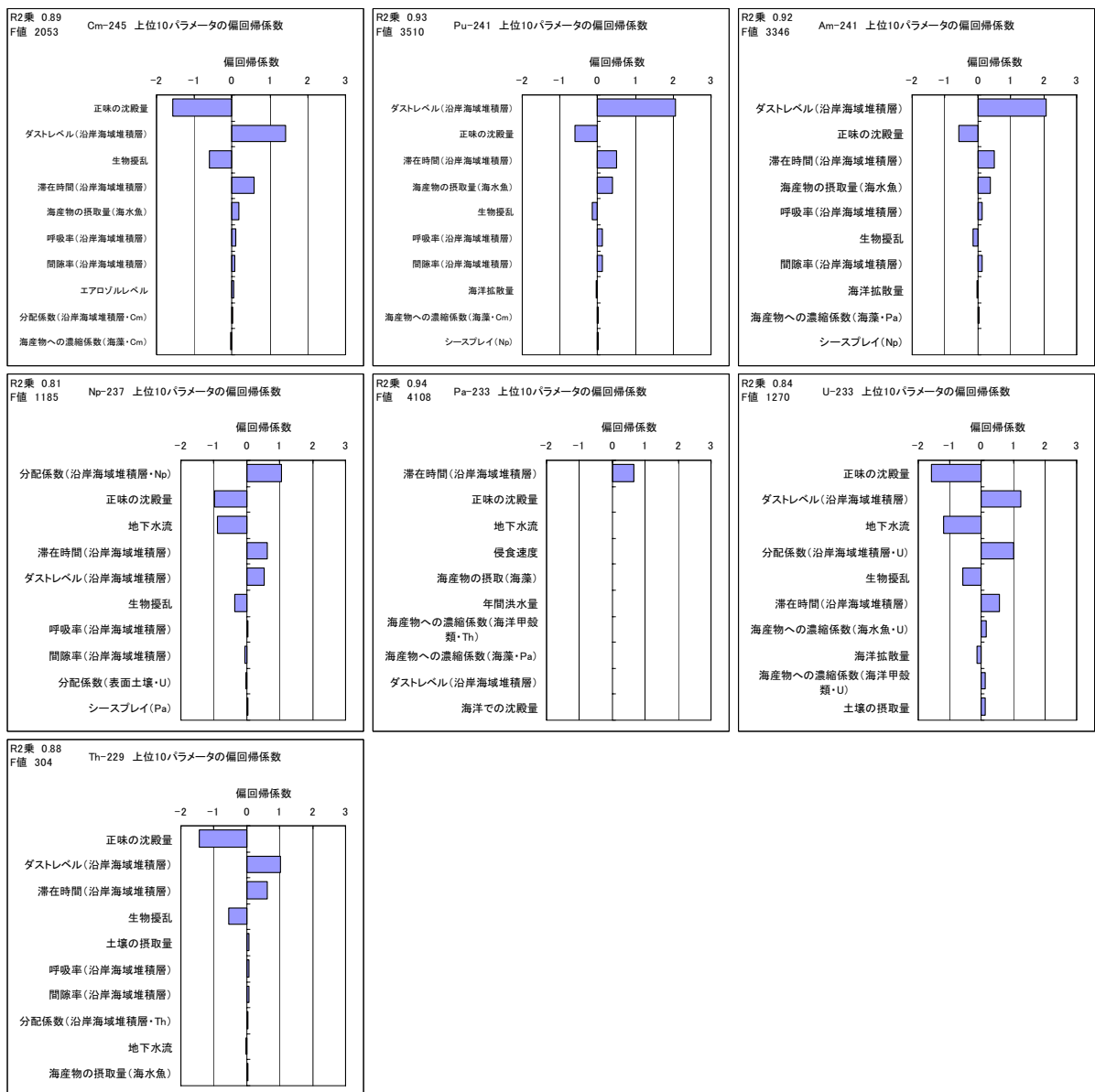
5) 沿岸海域堆積層モデル

沿岸海域堆積層モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-21～付録図 C-25 に示す。また、以下に沿岸海域堆積層モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

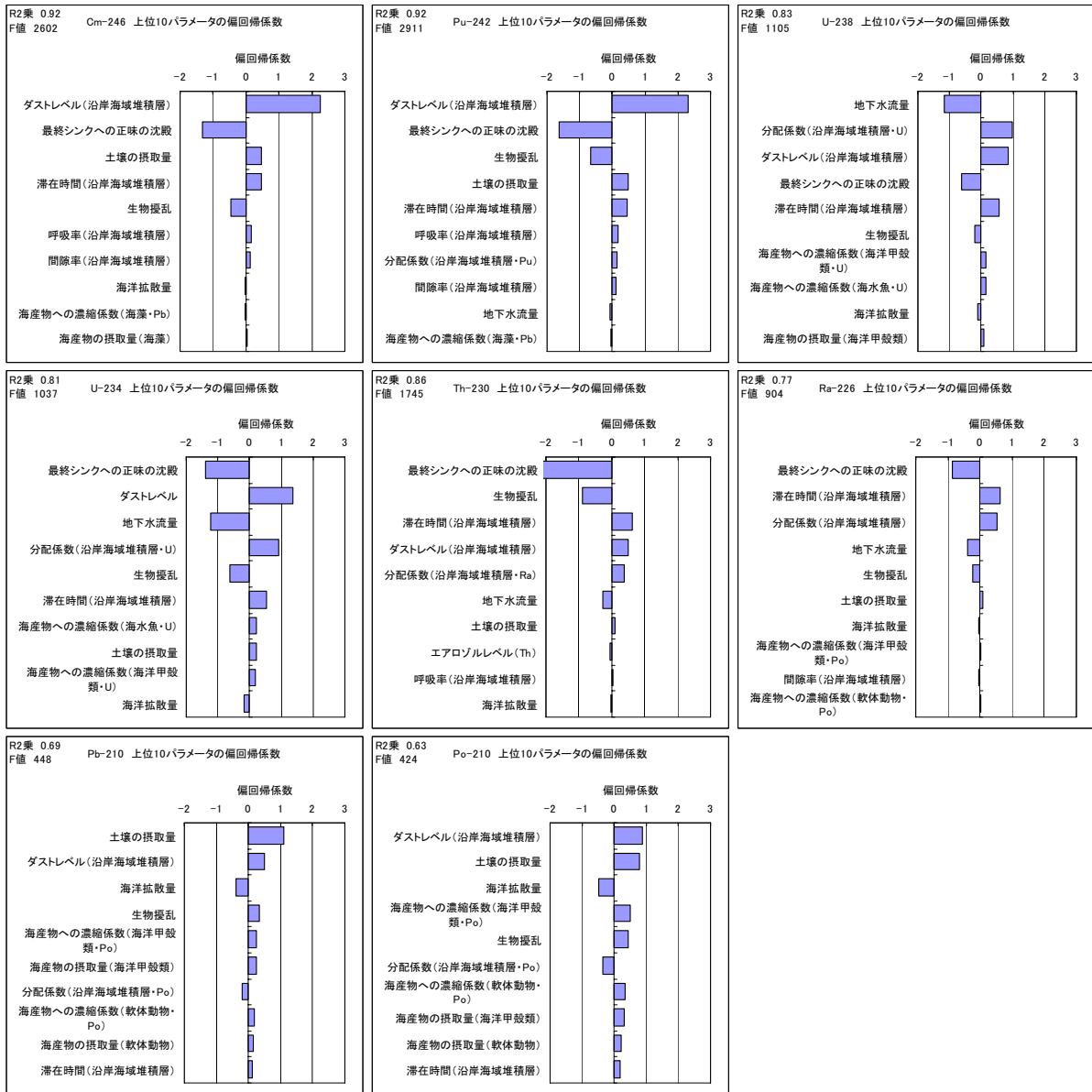
- ・ ダストの吸入経路に関係するパラメータは、核種に共通した重要パラメータである。
- ・ 偏回帰係数の大きさは他の生物圏評価モデルよりも小さい。



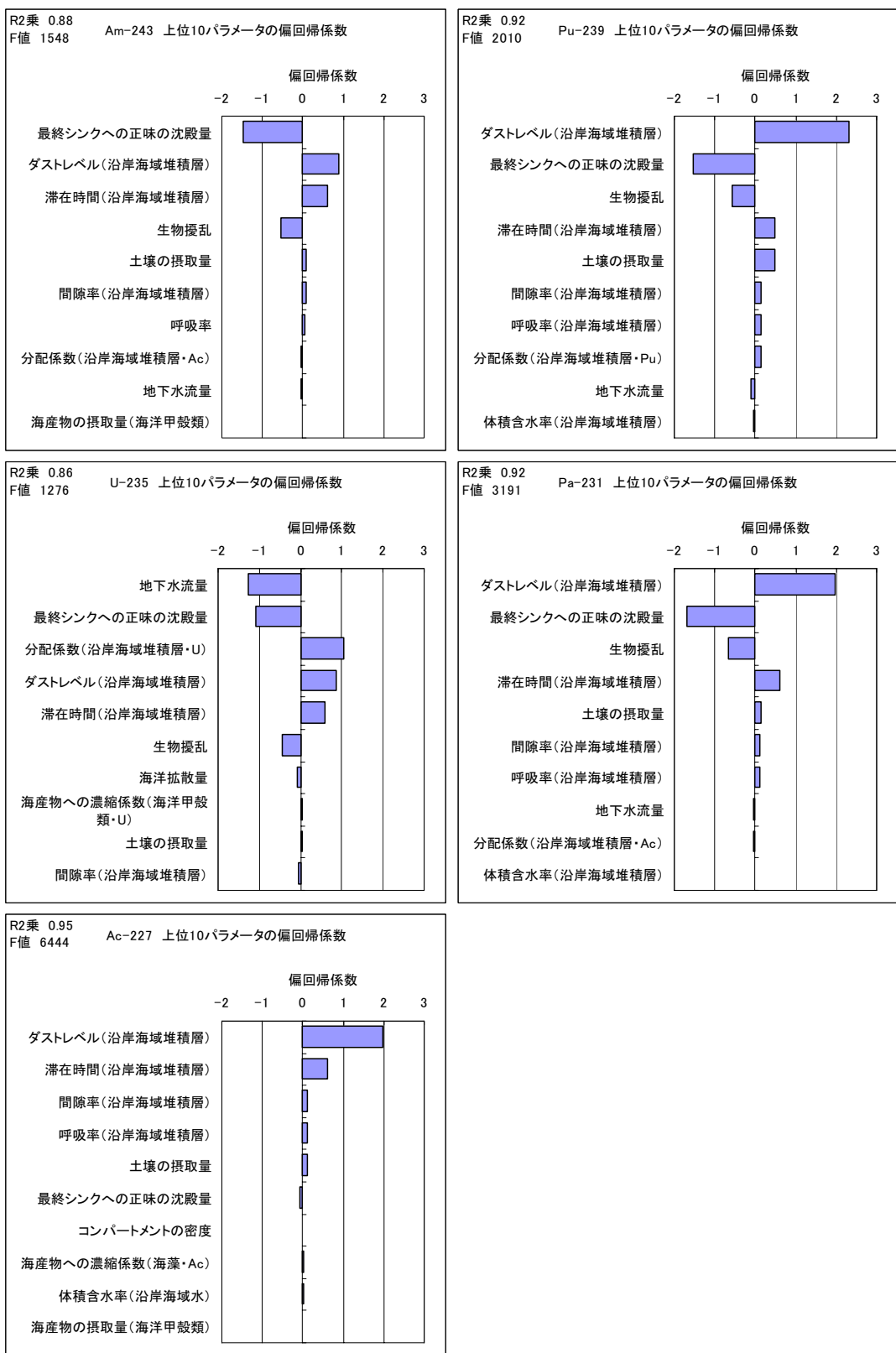
付録図 C-21 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域堆積層モデル・4N 系列)



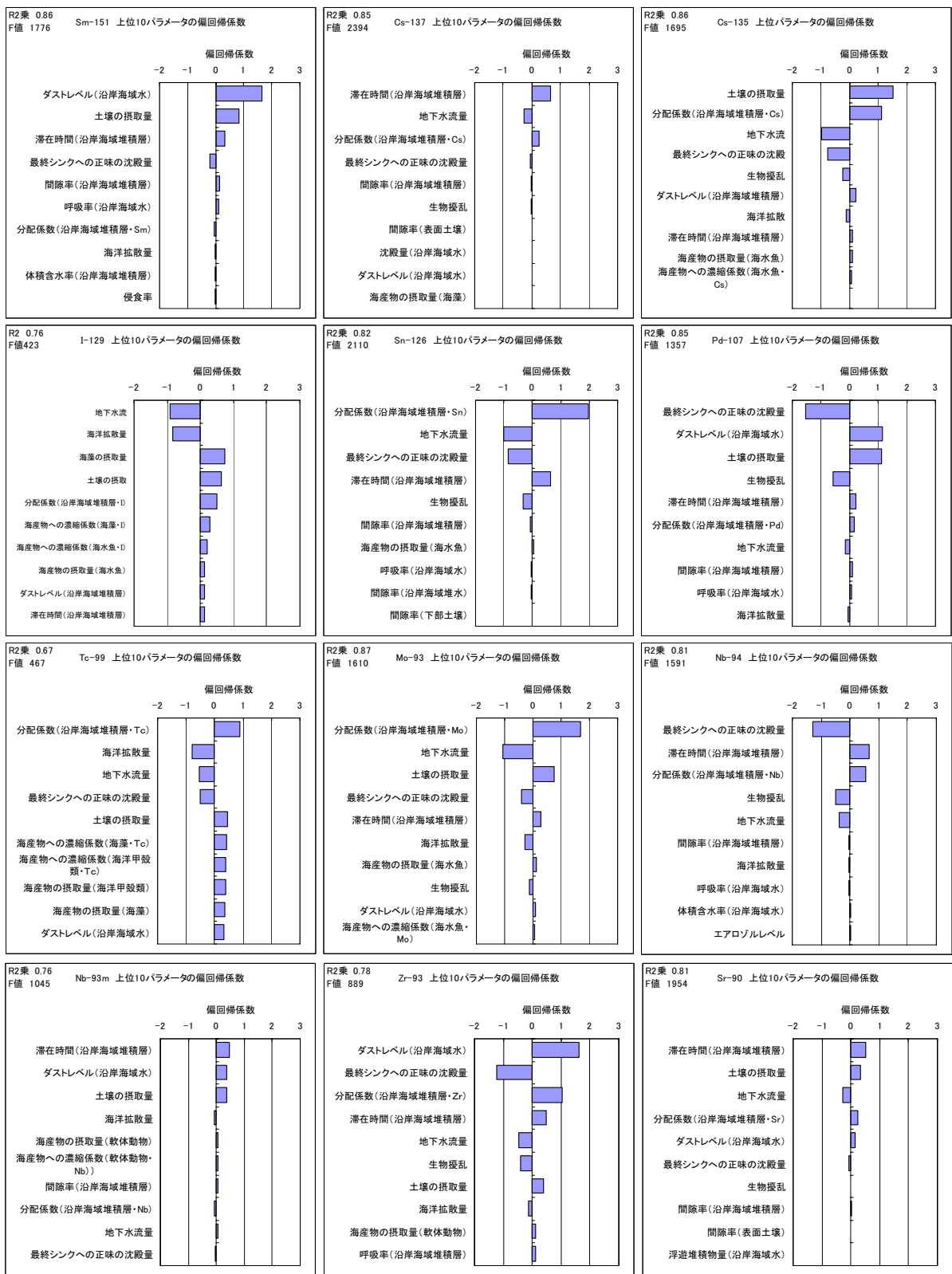
付録図 C-22 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域堆積層モデル・4N+1 系列)



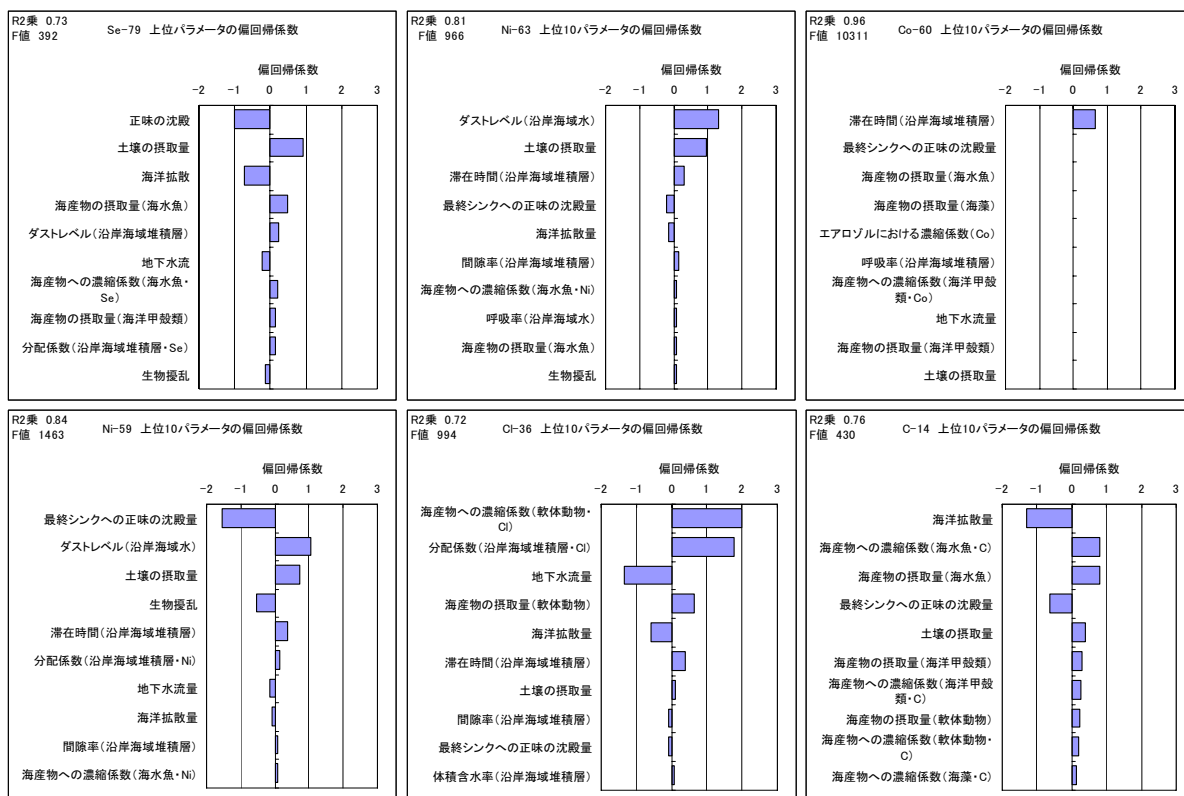
付録図 C-23 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域堆積層モデル・4N+2 系列)



付録図 C-24 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域堆積層モデル・4N+3 系列)



付録図 C-25 (1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域堆積層モデル・FP, AP 核種)

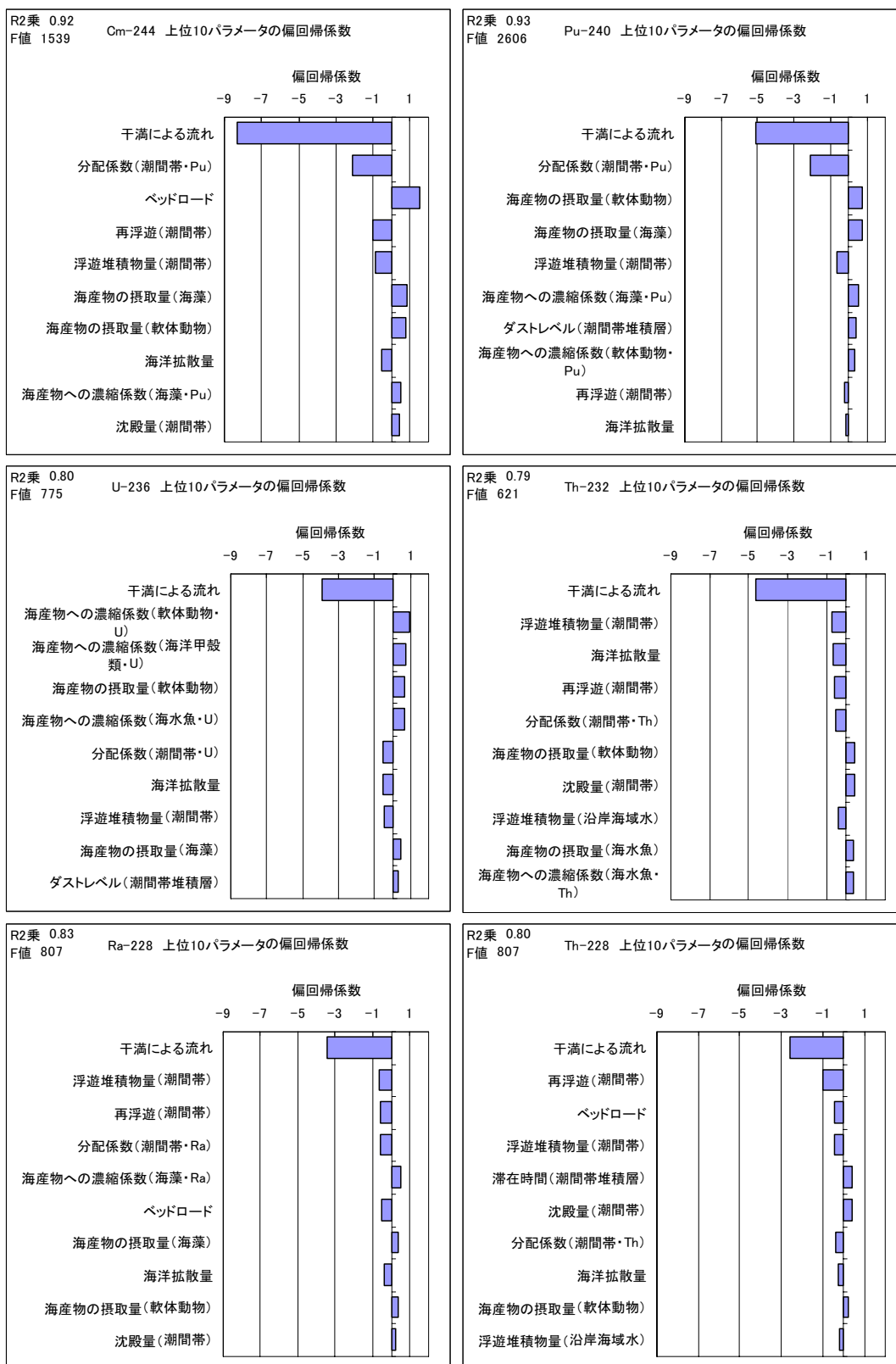


付録図 C-25 (2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(沿岸海域堆積層モデル・FP, AP 核種)

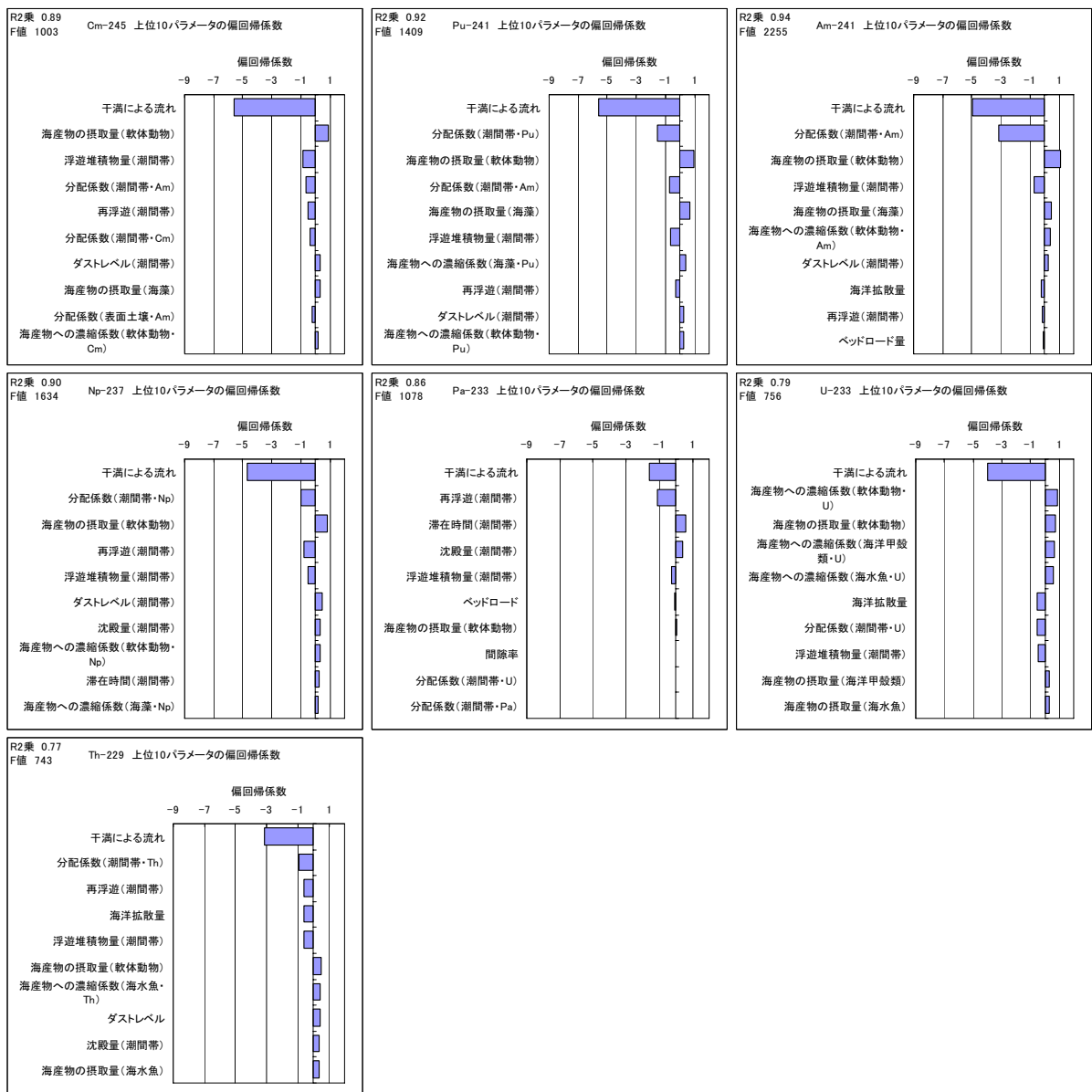
6) 潮間帯モデル

潮間帯モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-26～付録図 C-30 に示す。また、以下に潮間帯モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

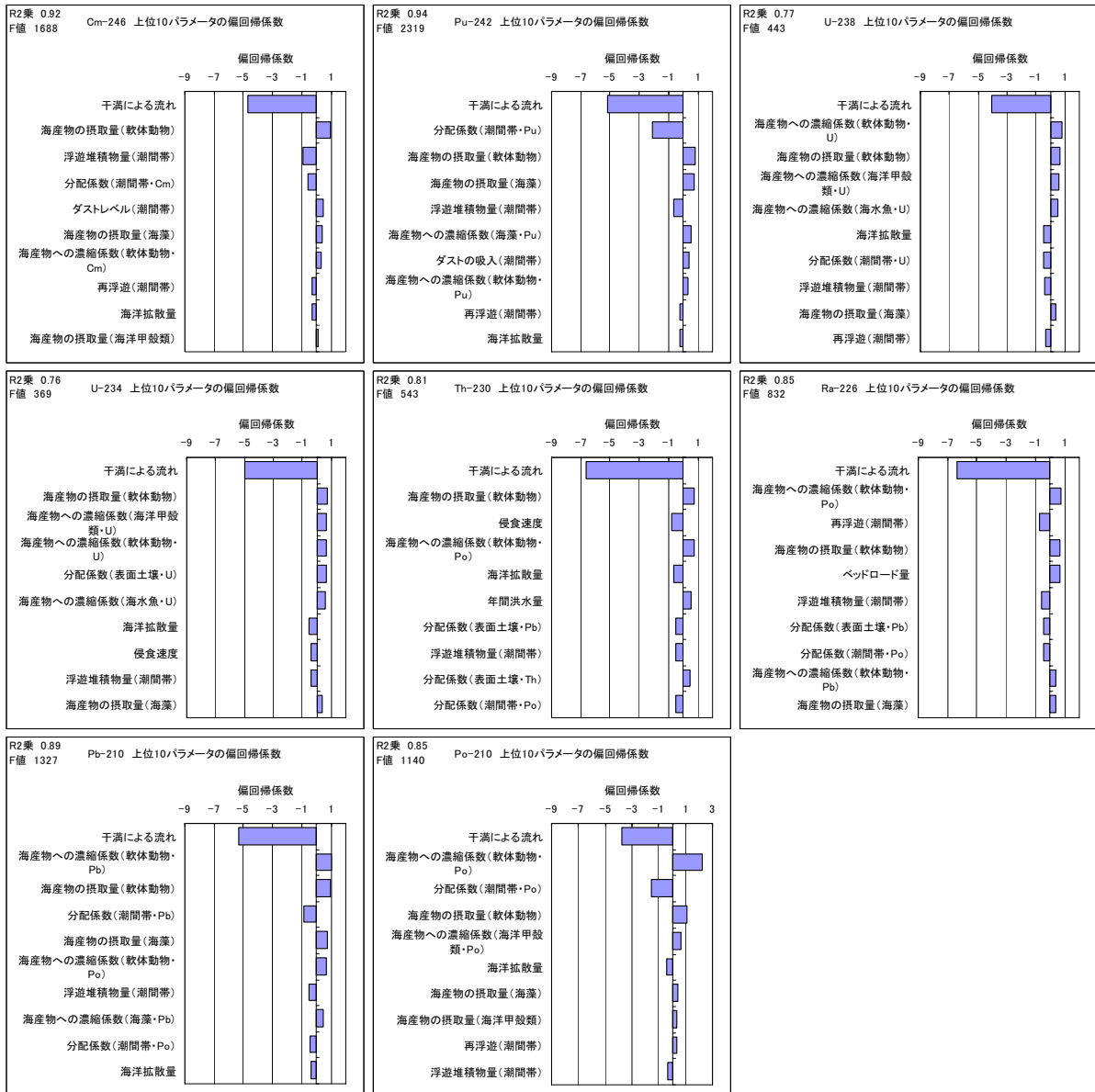
- ・ 干満による流れは、核種に共通した重要パラメータである。干満による流れパラメータの偏回帰係数は、他のパラメータに比べて大きい。
- ・ 潮間帯の分配係数は、重要パラメータであることが多い。
- ・ 海産物に関するパラメータは、U における重要パラメータであることが多い。
- ・ Cm-245 や Pu-241 の崩壊によって生成する娘核種 Am-241 の潮間帯の分配係数は、各親核種における重要パラメータである。



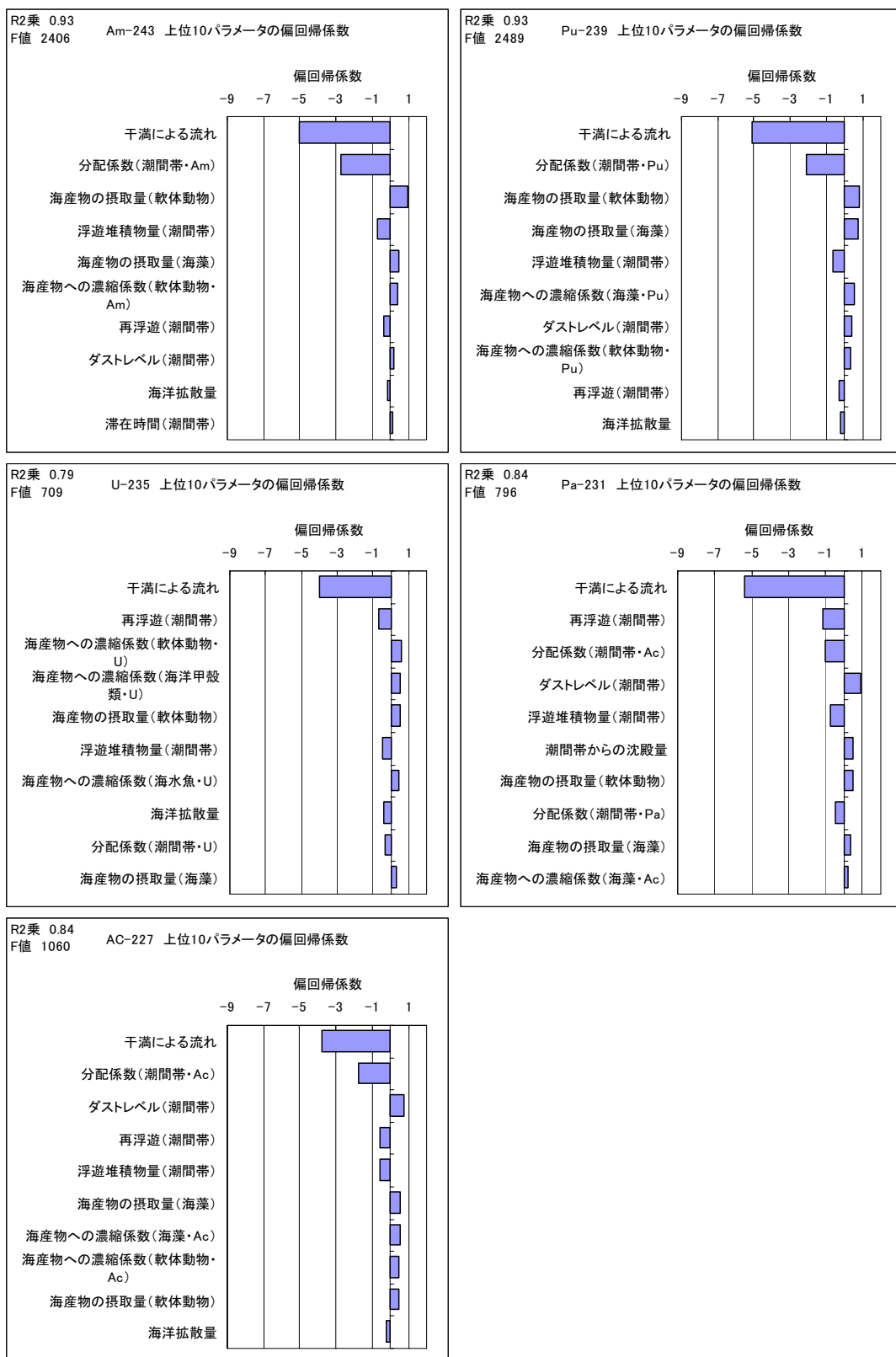
付録図 C-26 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(潮間帯モデル・4N 系列)



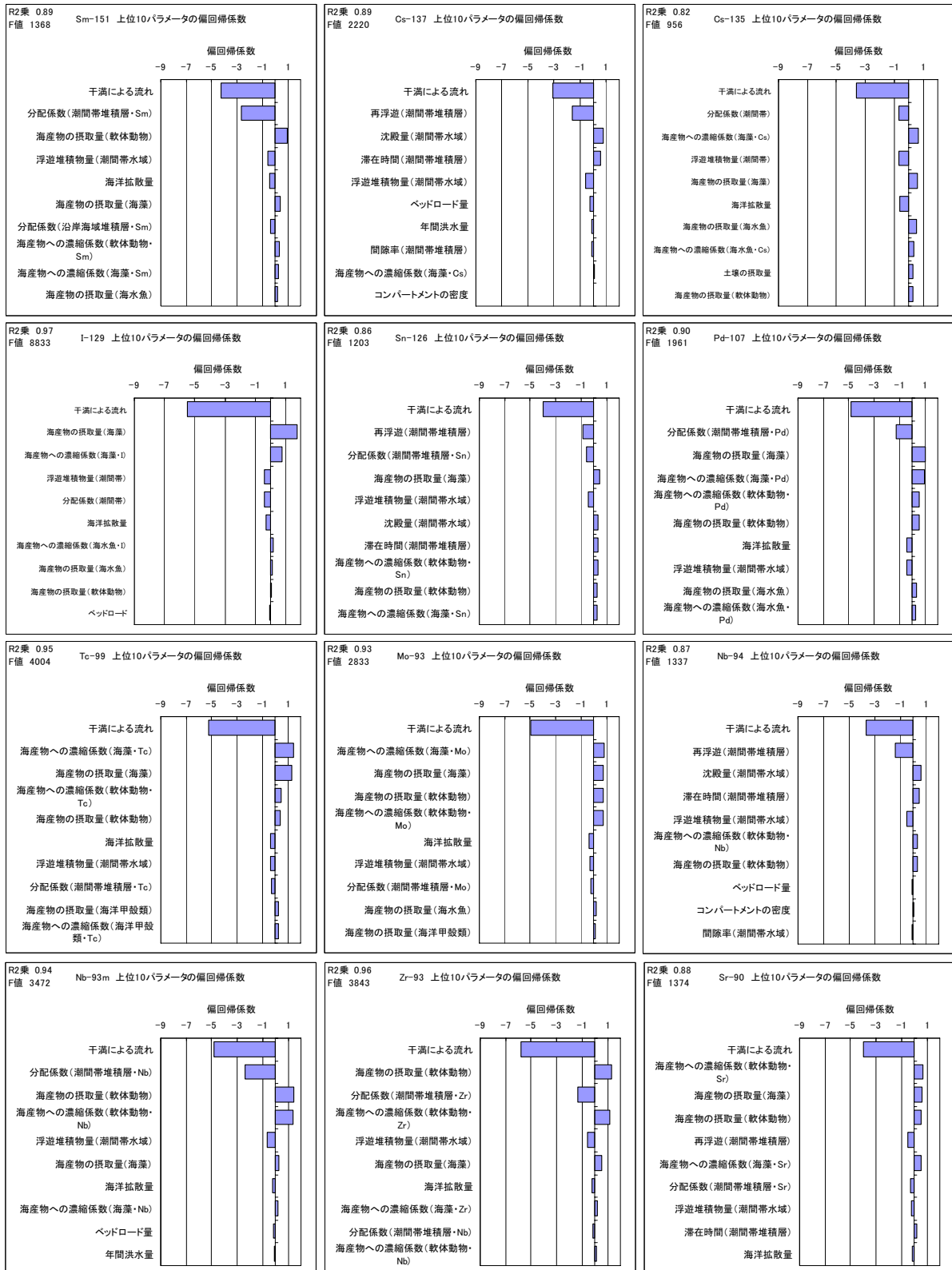
付録図 C-27 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(潮間帯モデル・4N+1 系列)



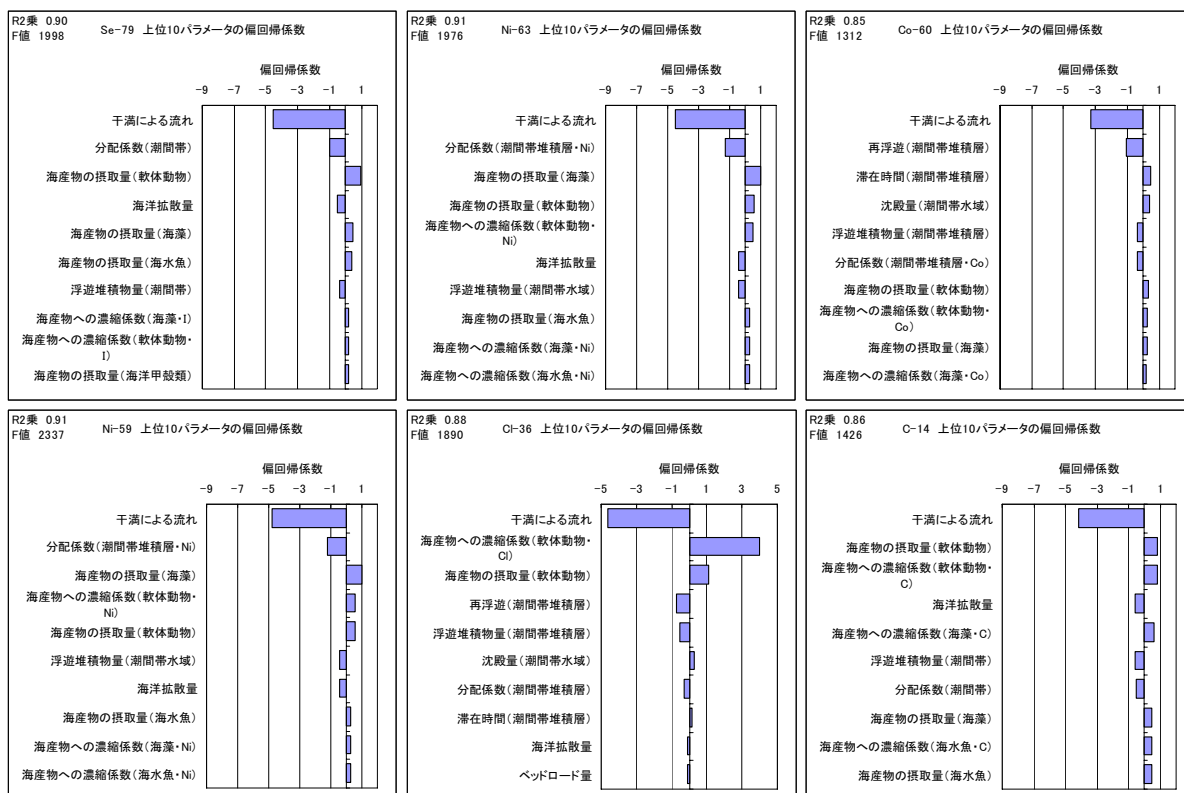
付録図 C-28 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(潮間帯モデル・4N+2 系列)



付録図 C-29 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(潮間帯モデル・4N+3 系列)



付録図 C-30(1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(潮間帯モデル・FP, AP 核種)

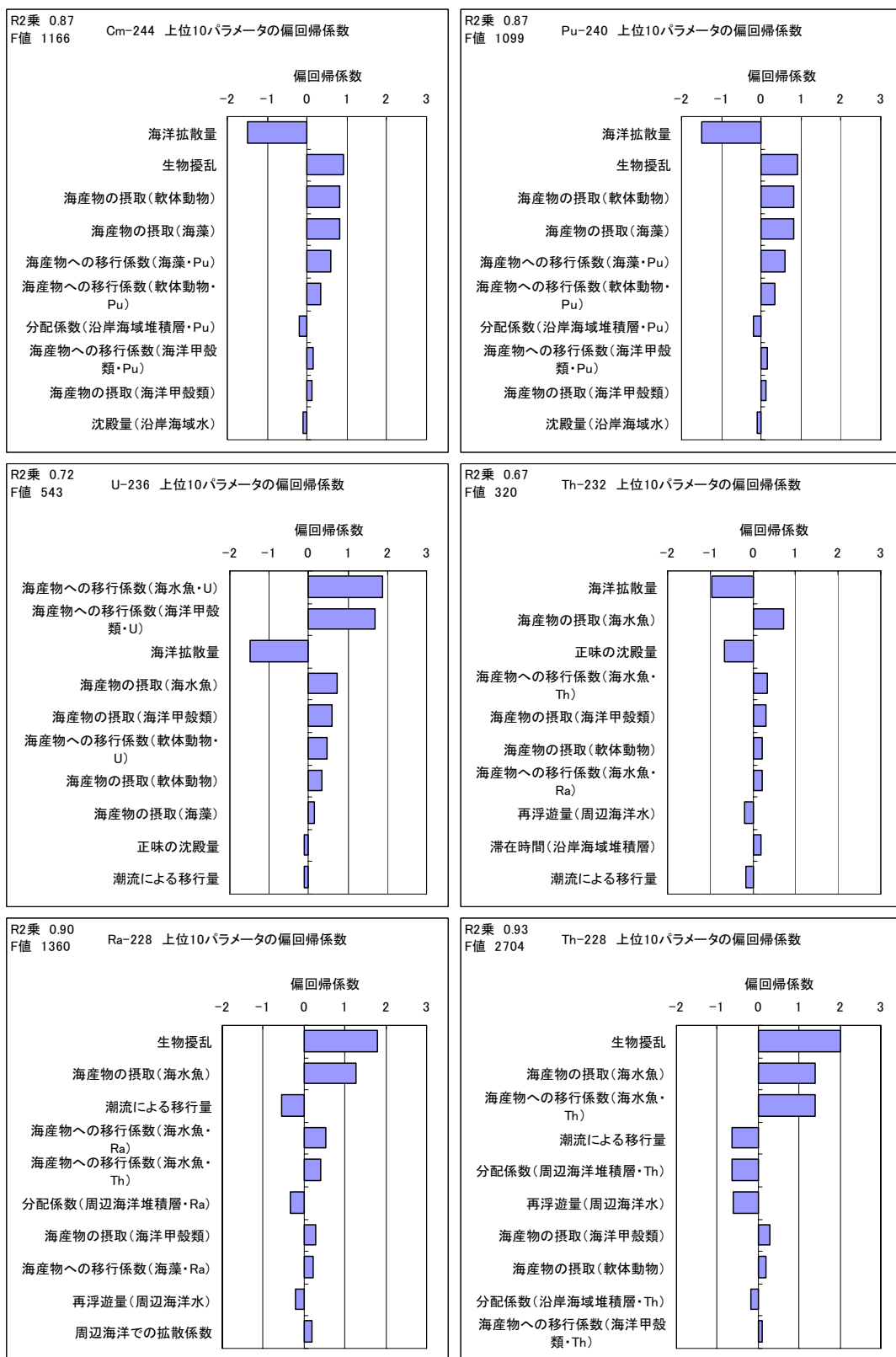


付録図 C-30(2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(潮間帯モデル・FP, AP 核種)

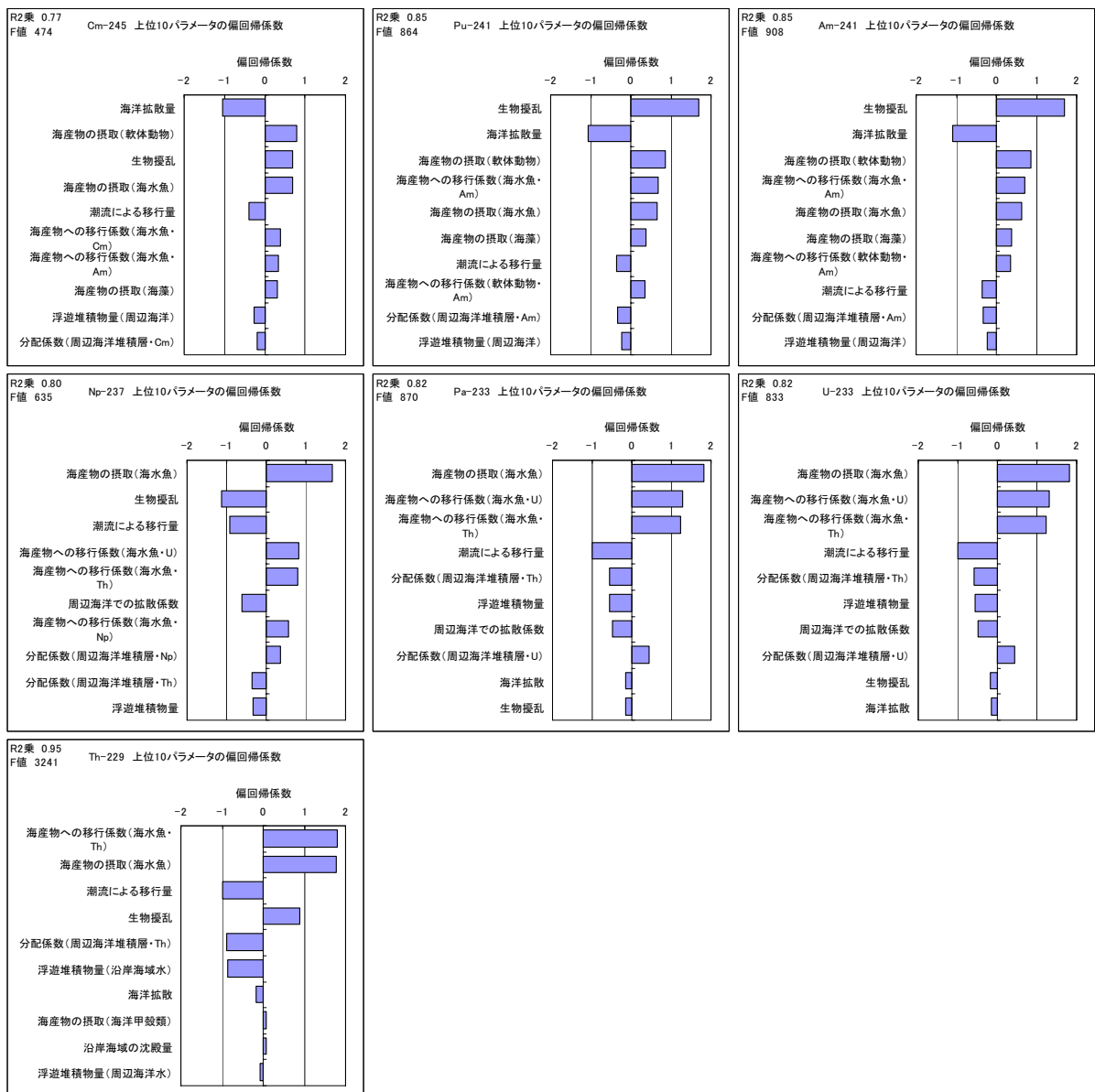
7) 周辺海洋モデル

周辺海洋モデルから抽出された重要パラメータを付録図 C-31～付録図 C-35 に示す。また、以下に周辺海洋モデルから抽出された重要パラメータの特徴を示す。

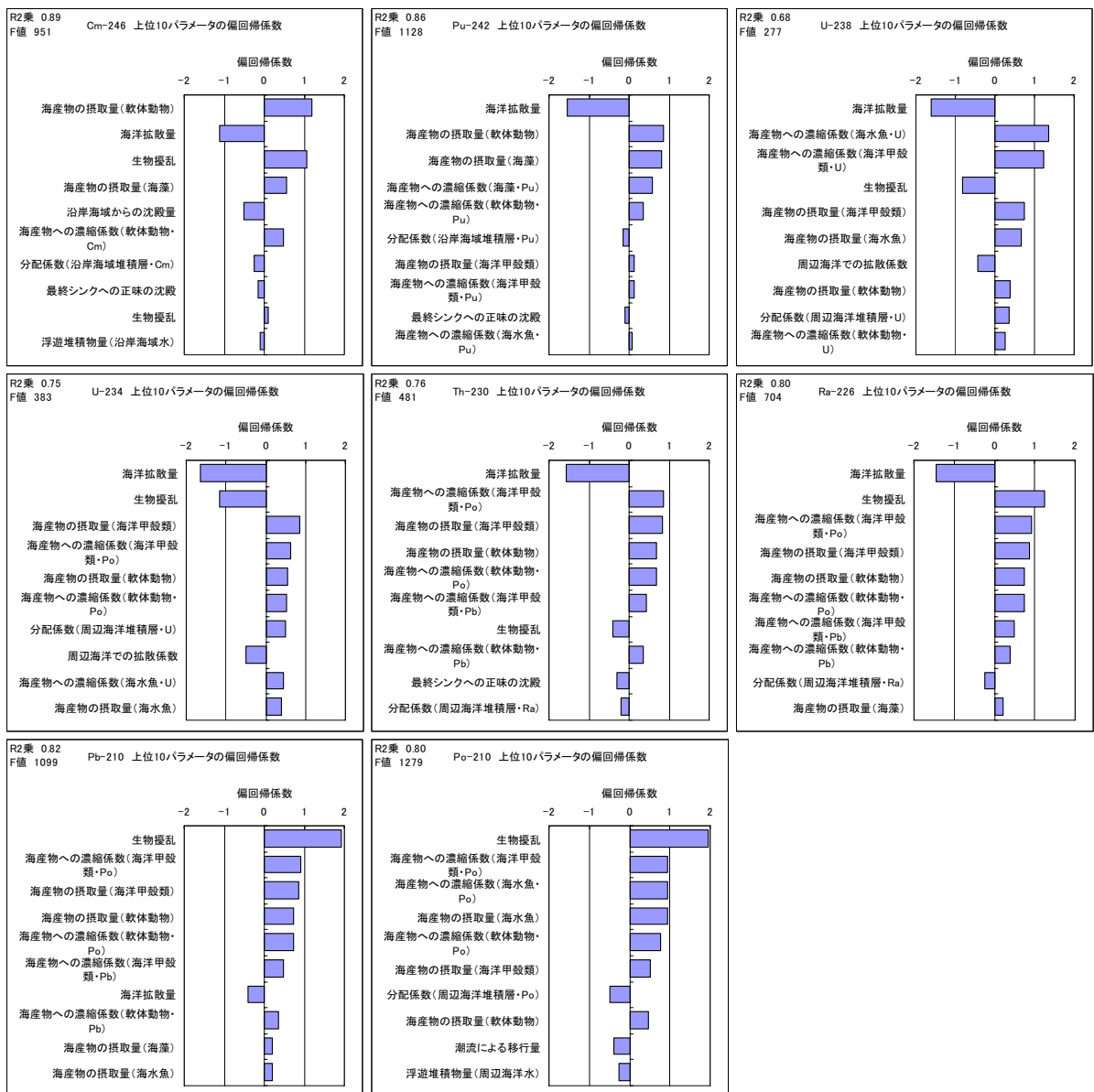
- 海洋拡散量および生物擾乱、海産物の摂取に関するパラメータは、重要パラメータであることが多い。
- 親核種の崩壊によって生成する娘核種の元素依存パラメータ（分配係数など）が重要パラメータであることが多い。
- FP, AP 核種は海水魚の摂取などに関するパラメータが重要パラメータであることが多い。



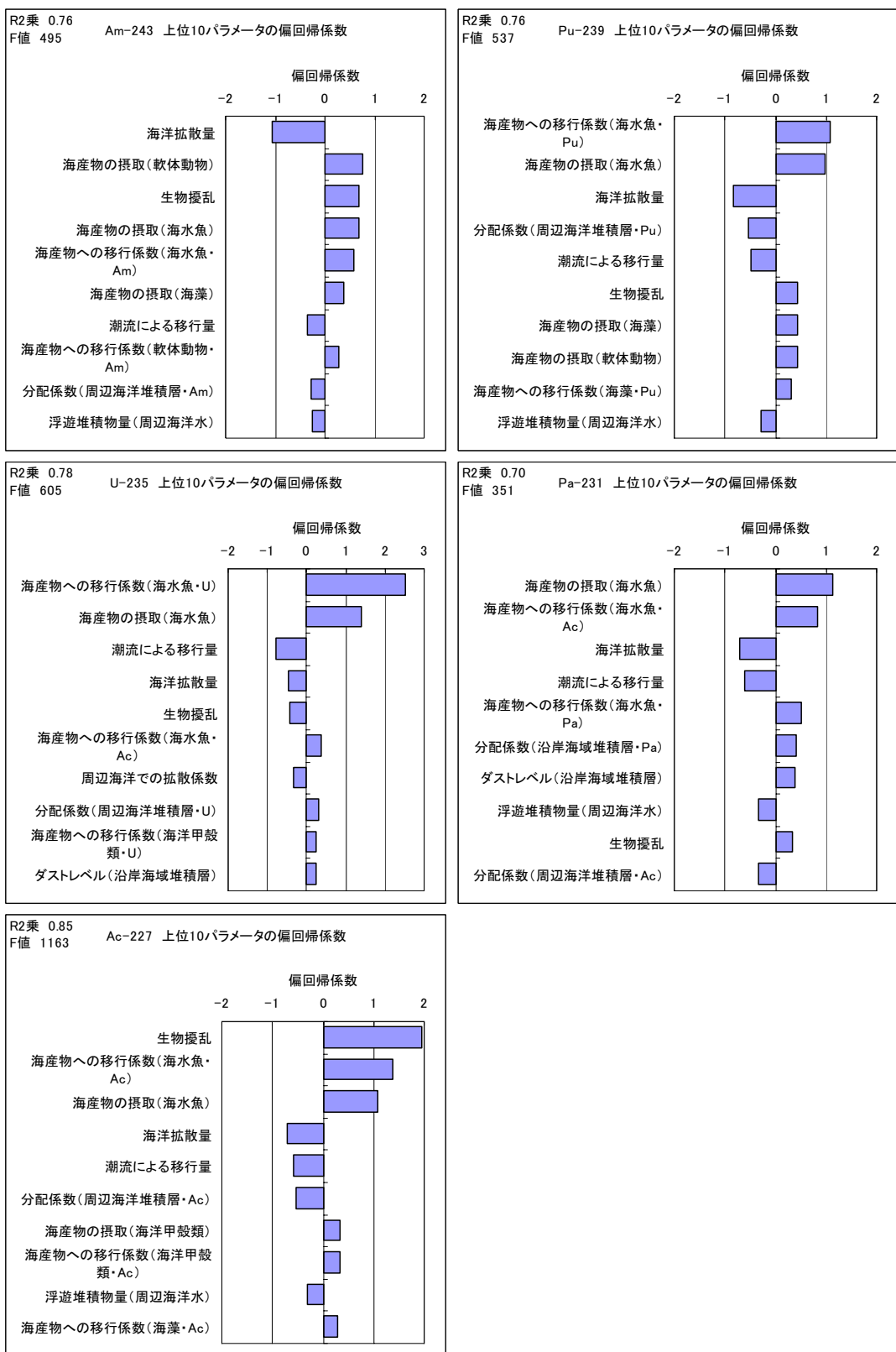
付録図 C-31 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(周辺海洋モデル・4N 系列)



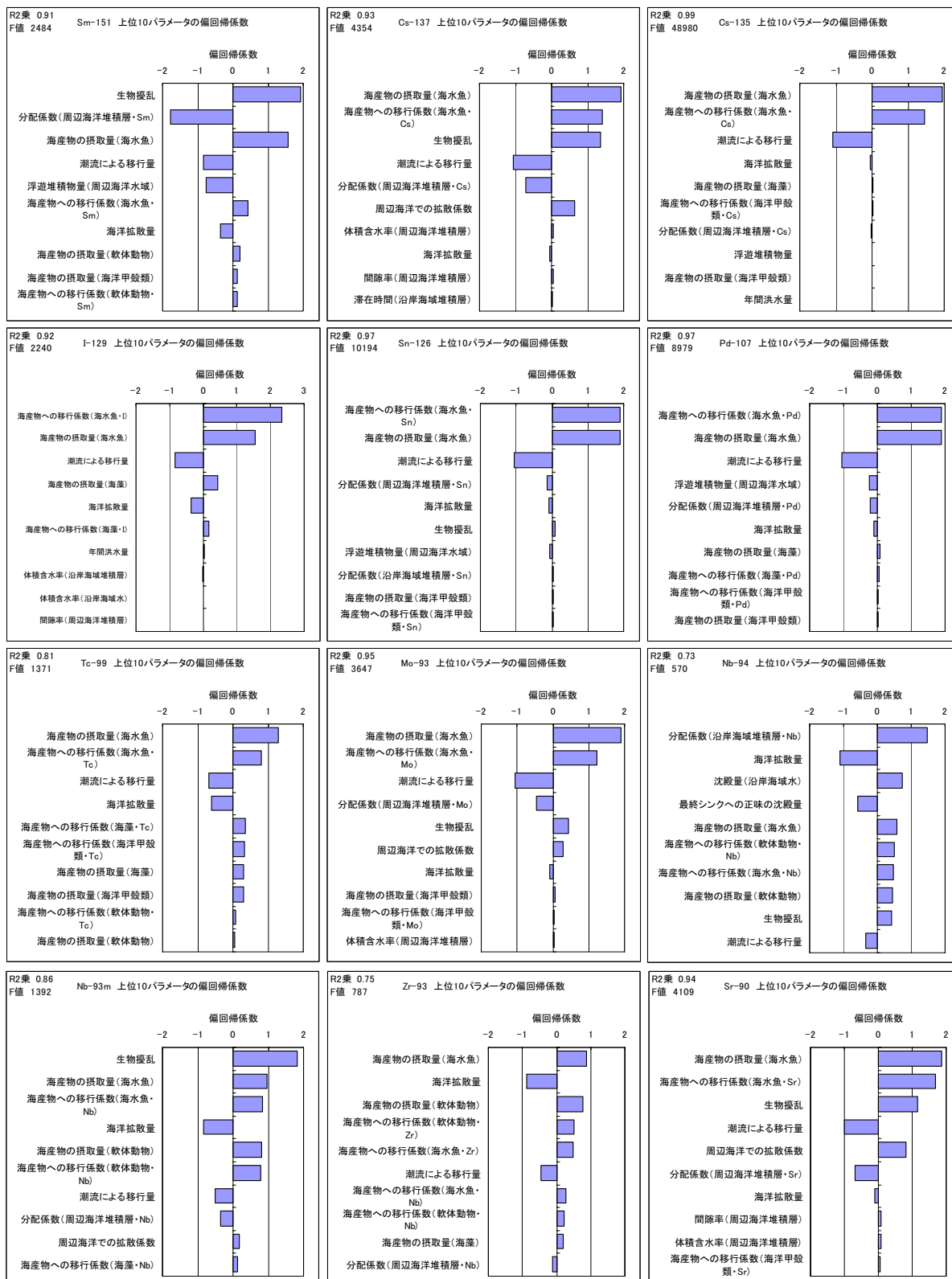
付録図 C-32 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(周辺海洋モデル・4N+1 系列)



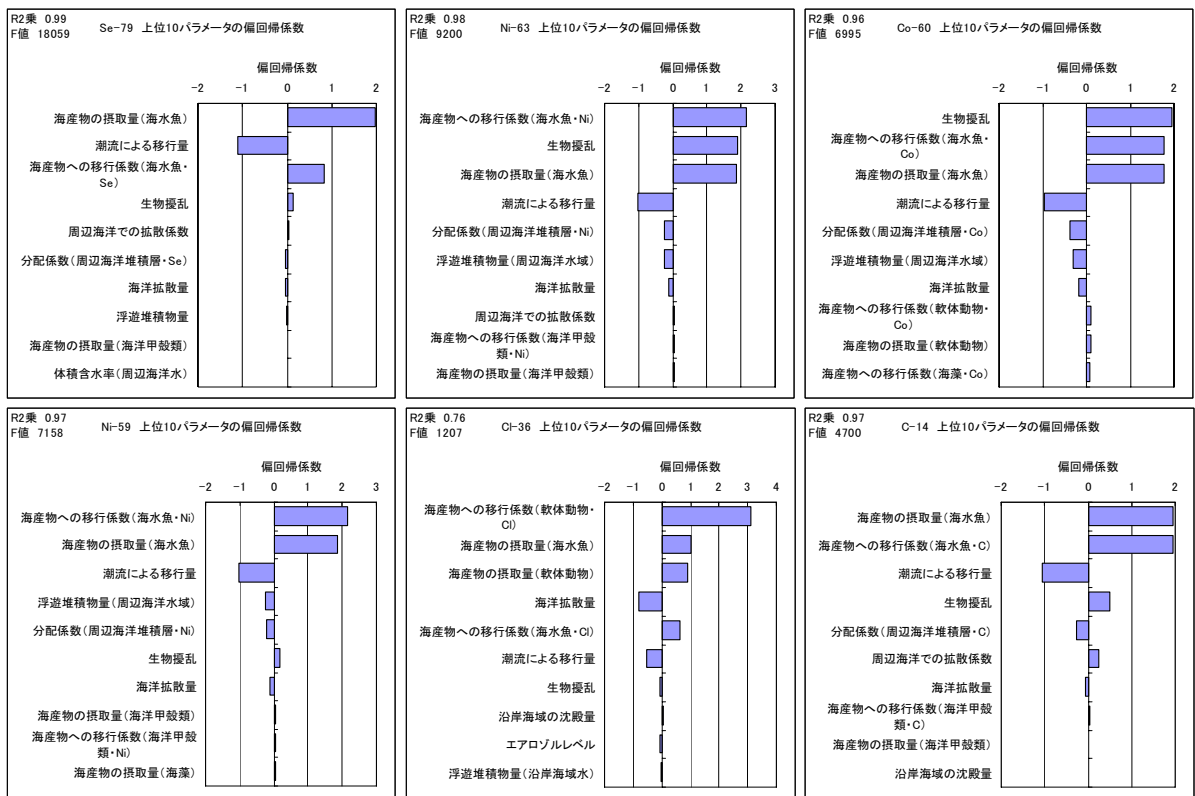
付録図 C-33 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(周辺海洋モデル・4N+2 系列)



付録図 C-34 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(周辺海洋モデル・4N+3 系列)



付録図 C-35(1/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(周辺海洋モデル・FP, AP 核種)



付録図 C-35(2/2) 偏回帰係数の大きい上位 10 パラメータ(周辺海洋モデル・FP, AP 核種)

付録表 C-2 海洋漁業従事者グループが支配的な被ばくグループである生物圏評価モデルの重要パラメータと特徴

		生物圏評価モデル			
		沿岸海域水	沿岸海域堆積層	潮間帯	周辺海洋
元素・核種に共通した重要パラメータ	重要パラメータ	海洋拡散による希釈水量、沿岸海域堆積層の分配係数	ダストレベル、沿岸海域堆積層の分配係数	干満による流れ、潮間帯堆積層の分配係数	海洋拡散量、海水魚の摂取量、生物擾乱による拡散係数、海産物への濃縮係数
	特徴	沿岸海域水と沿岸海域堆積層中の核種濃度を決定する大きな役割の上記2つのパラメータが重要パラメータになっている 支配的な被ばく経路が海産物の摂取もしくはダストの吸入で重要パラメータの傾向が決まる	ダストの吸入経路に係わるダストレベルの重要度が高い 沿岸海域堆積層中の核種濃度を決定する大きな役割の分配係数が重要パラメータになっている	潮間帯水域と沿岸海域水中の核種濃度を決定する大きな役割の上記2つのパラメータが重要パラメータになっている	重要パラメータは海産物の摂取経路に係わるパラメータが多い
4N	重要パラメータ	U-236: 海産物への濃縮係数(海水魚、海洋甲殻類)	ダストレベル	干満による流れ以外のパラメータの偏り係数は小さい	U-236: 海産物への濃縮係数(海水魚、海洋甲殻類) Cm-244: 娘核種 Pu の元素依存パラメータ(分配係数など)
	特徴	U-236, Ra-228 は海産物の摂取に係わるパラメータの重要度が高く、それ以外の核種はコンパートメント間の核種移行もしくはダストレベルに係わるパラメータの重要度が高い	Ra-228, Th-228 の偏り係数は小さい 重要パラメータの傾向が同じ(Cm-244, Pu-240) 重要パラメータの傾向が同じ(Ra-228, Th-228)	重要パラメータの傾向が同じ(U-236 以外の核種) U-236 は海産物への濃縮係数の重要度が高い	Cm-244 と Pu-240 に寄与する海産物の種類は軟体動物と海藻、その他の核種では海水魚である(軟体動物と海藻は沿岸海域水、海水魚は周辺海洋水の濃度を基に算出される)
4N+1	重要パラメータ	Cm-245, Pu-241, Am-241, Th-229: 浮遊堆積物量 U-233: 海産物への濃縮係数(海水魚、海洋甲殻類)	Cm-245, U-233, Th-229: 正味の沈殿	下位のパラメータの偏り係数は小さい 重要パラメータの傾向が同じ(Cm-245, Pu-241, Am-241, Th-229)	Pu-241: 娘核種 Am の元素依存パラメータ(海水魚への濃縮係数など) 海産物の摂取に係わるパラメータの重要度が高い
	特徴	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-245, Pu-241, Am-241, Th-229)	下位のパラメータの偏り係数は小さい 重要パラメータの傾向が同じ(Cm-245, Pu-241, Am-241, Th-229)	U-233 を除いて重要パラメータの傾向が同じ	Am-241(Th-229 は最下位核種なので除く)以外の核種は、娘核種の元素依存パラメータの寄与がみられる
4N+2	重要パラメータ	U-238, U-234, Pb-210, Po-210: 海産物への濃縮係数(海洋甲殻類) Cm-246, Pu-242, Th-230: 核種移行にかかわるパラメータ	正味の沈殿の重要度が高い核種がある Pb-210: 土壌の摂取量	Th-230 から娘核種 Po-210 は娘核種の海産物への濃縮係数の重要度が高い	すべての核種で海産物の摂取(海水魚以外の種類の寄与がみられる。これは沿岸海域水中の核種濃度の影響が大きいためである(海水魚以外の海産物は沿岸海域水中の核種濃度を基に算出される) U-238 は海産物への濃縮係数(海水魚)も上位パラメータであるが、他の海産物のパラメータも上位である
	特徴	U-238, U-234, Ra-226, Pb-210, Po-210 は海産物の摂取にかかわるパラメータの重要度が高い。	重要パラメータの傾向が同じ(Cm-246, Pu-242) 重要パラメータの傾向が同じ(Pb-210, Po-210) 下位のパラメータの偏り係数は小さい	U 以外の核種で核種重要パラメータの傾向が同じ、U は海産物への濃縮係数/パラメータの重要度が高い	U-234 から下位の娘核種では Po と Pb の元素依存パラメータが寄与している
4N+3	重要パラメータ	U-235: 海産物への濃縮係数(海洋甲殻類・海水魚)	正味の沈殿の重要度が高い核種がある		Pa-231: 海産物への濃縮係数(海水魚、娘核種 Ac の係数)
	特徴	重要パラメータの傾向が同じ(Am-243, Pu-239, Pa-231)	重要パラメータの傾向が同じ(Am-243, Pu-239, Pa-231) 下位のパラメータの偏り係数は小さい		海産物の摂取経路に係わるパラメータの重要度が高い Am-243 は軟体動物の寄与、それ以外の核種は海水魚の寄与が大きい
FP/AP	重要パラメータ	海産物への濃縮係数	CI-36: 海産物への濃縮係数(軟体動物)	干満による流れ以外のパラメータの偏り係数は小さい CI-36: 海産物への濃縮係数(軟体動物)	CI-36: 海産物への濃縮係数(軟体動物) CI-36 以外の核種は海水魚の摂取に係わるパラメータ
	特徴	多くの核種において、海産物への濃縮係数(海水魚、海洋甲殻類)の重要度が高い	多くの核種はダストレベル、正味の沈殿などの重要度が高い。下位のパラメータの偏り係数は小さい	多くの核種は干満による流れの重要度が高い	重要パラメータは海産物の摂取経路に係わるパラメータが多い

付録 D 核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握

D. 1 農作物および畜産物の摂取に係る核種移行プロセス

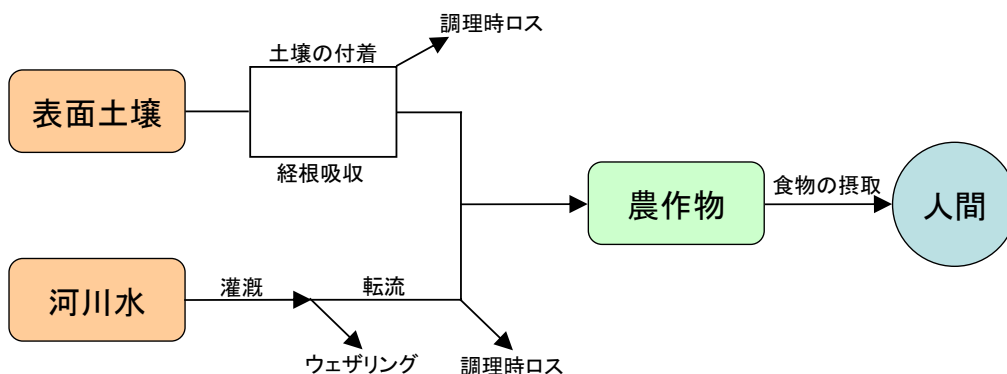
まず、核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握を実施する前段として、農作物および畜産物の摂取に係る核種移行のプロセスについて、図 D.1-1 および図 D.1-2 に示す。付録図 D.1-1 は関連コンパートメントから農作物までの核種の移行経路を表し、付録図 D.1-2 は関連コンパートメントから家畜までの核種の移行経路を、4つの家畜（牛、豚、鶏、羊）ごとに示す。各農畜産物への核種の移行経路の中の、表面土壌または河川水から農作物（牧草を除く）中への核種の移行に関しては、以下の3つのプロセスが設定されている（付録図 D.1-1 参照）。

- ・ 灌漑（河川水コンパートメントからのプロセス）
- ・ 経根吸収（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ 土壌の付着（表面土壌コンパートメントからのプロセス）

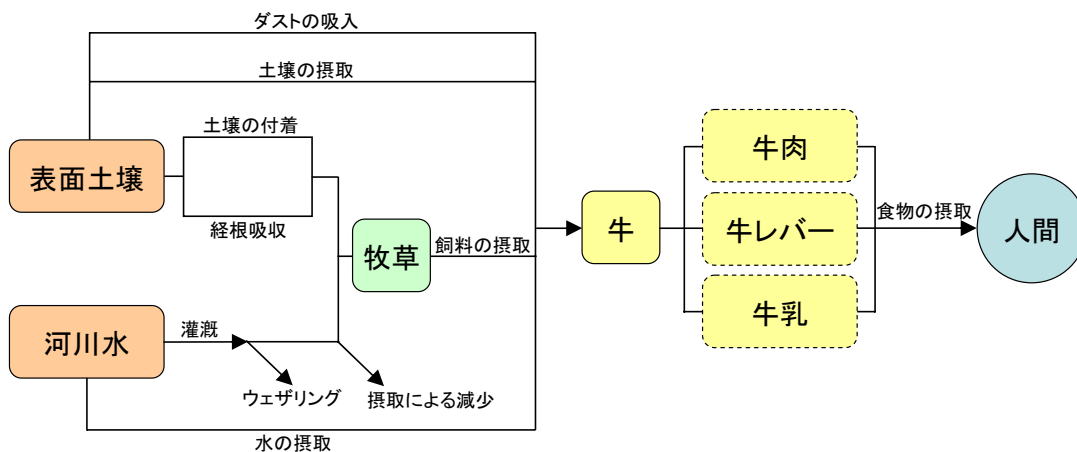
また、表面土壌または河川水から畜産物中への核種の移行に関しては、以下の4つのプロセスが設定されている（付録図 D.1-2 参照）。

- ・ 水の摂取（河川水コンパートメントからのプロセス）
- ・ 土壌の摂取（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ ダストの吸入（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ 飼料の摂取（河川水および表面土壌コンパートメントからのプロセス）

ここでは、これらのプロセスとの関係を含め、元素依存パラメータの影響度やその特性を検討することとする。

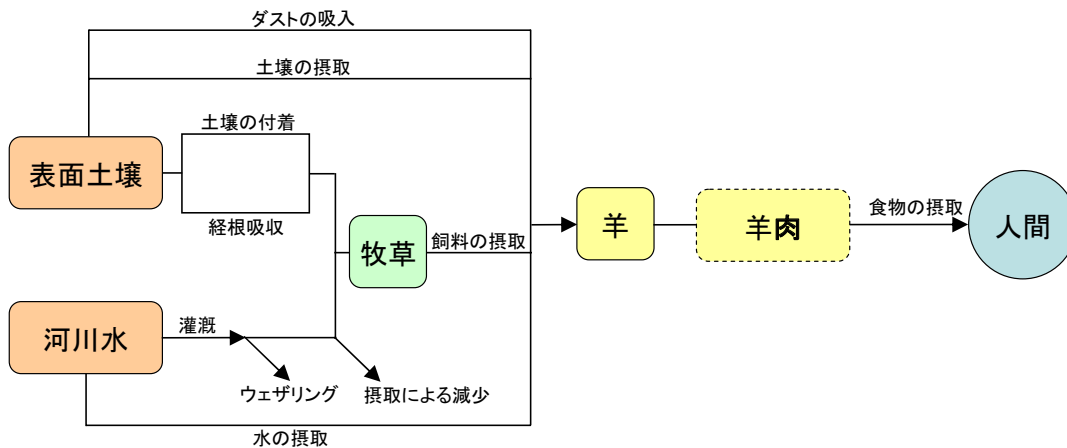


付録図 D.1-1 各農産物への核種の移行経路（根菜，葉菜，果物，米，穀物）

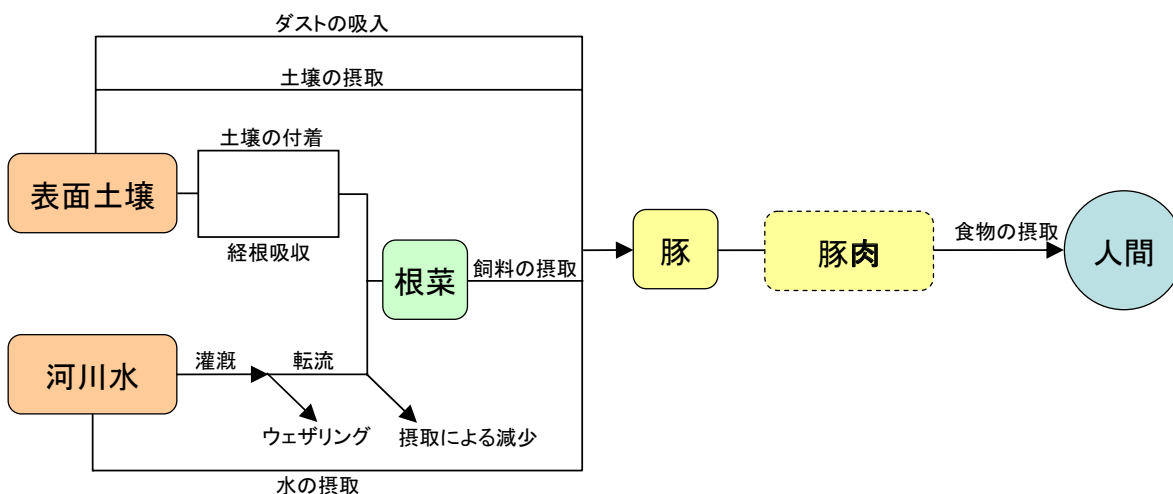


(a) 牛

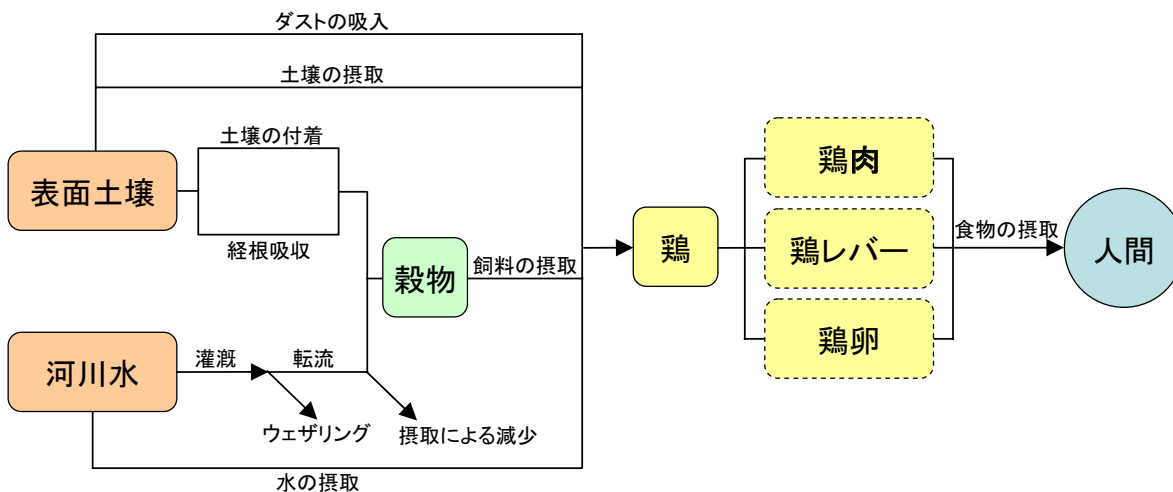
付録図 D.1-2 各畜産物への核種の移行経路



(b) 羊



(c) 豚



(d) 鶏

付録図 D.1-2 各畜産物への核種の移行経路 (続き)

D. 2 核種移行に係るプロセスに着目した重要パラメータの影響特性の把握の方法

生物圏評価で用いるパラメータのうち、元素の特性に依存するものは評価核種ごとに設定されており、各核種の移行挙動の特徴を表すものである。特に、評価上重要となる核種に対しては、これらのパラメータの変動が評価結果に与える影響を把握しておくとともに、どのようなメカニズムで影響を与えるかについて理解しておく必要がある。

そこで、3章で抽出した重要パラメータのうち、元素の特性に依存する主なものをピックアップし、それぞれを個別に単独で変動させた場合の線量への換算係数に対する影響特性について検討することとした。この際、解析の対象としたモデルは河川水モデル、また、抽出したパラメータの変動範囲は、設定値の上下2桁とした。また、抽出したパラメータ以外については鈴木ほか(2006)で設定した設定値で固定することとした。パラメータの変動範囲においてサンプリングした1000個のパラメータセットを入力として、線量への換算係数を算出した。なお、抽出した元素依存パラメータを単独で変動させる場合、その影響特性は、他のパラメータの固定値によって変化することが予想される。特に、本検討の場合、後述するように河川水量や灌漑水量の影響度は大きく、これらの違いによる変化を把握することは重要である。ここでは、まず、設定値における元素依存パラメータの影響特性の把握を試みることにし、河川水量や灌漑水量の値の違いによる変化の把握は今後の課題とする。

抽出した元素依存パラメータの影響特性の検討においては、そのメカニズムの解明を容易にするため、関連することが想定される以下の濃度、プロセスに係る情報を合わせて出力することとした。

- ・ 表面土壌コンパートメント中の核種濃度
- ・ 河川水コンパートメント中の核種濃度
- ・ 農作物（6種類：牧草を含む）中の核種濃度（灌漑，経根吸収，土壌の付着の各プロセスに依存）
- ・ 畜産物（8種類）中の核種濃度（水の摂取，土壌の摂取，ダストの吸入，飼料の摂取の各プロセスに依存）

ここで、本検討で用いるモデルにおいては、農作物中の核種移行に係る経根吸収，土壌の付着の各プロセスは、以下の元素依存パラメータに依存して変化するように設定されている。

- ・ 表層土壌の分配係数に依存（経根吸収および土壌の付着）
- ・ 農作物への移行係数に依存（経根吸収）

また、畜産物中の核種移行に係る水の摂取，土壌の摂取，ダストの吸入，飼料の摂取の各プロセスは、以下の元素依存パラメータに依存して変化するように設定されている。

- ・ 表層土壌の分配係数に依存（土壌の摂取，ダストの吸入，飼料の摂取）
- ・ 畜産物への濃縮係数に依存（水の摂取，土壌の摂取，ダストの吸入，飼料の摂取）

また、土壌への分配係数や浮遊堆積物への分配係数は、既往の研究（例えば、Kato et al.(2004)など）において、コンパートメント間の移行および人間への被ばくの両面から重要なパラメータであることが示されている。そこで、これらの変動によるコンパートメント間の移行量への影響についても検討することとする。

これらの情報を参照し、抽出した元素依存パラメータの影響特性とコンパートメントあるいは農作物・畜産物中の核種濃度や関連するプロセスとの相関関係を分析することとする。

D. 3 解析結果

3章での検討の結果、生物圏評価上重要度が高い元素依存パラメータとして、畜産物（鶏卵，鶏レバー）への濃縮係数，分配係数（表面土壌），農作物（穀物）への移行係数が挙げられた。こ

れらは農作業従事者グループの支配経路（付録 B 参照）と関連しており、支配経路に関連するパラメータが評価上重要となることがわかった。

そこで、畜産物（鶏卵、鶏レバー）への濃縮係数、分配係数（表面土壌）、農作物（穀物）への移行係数に着目し、以降の検討において、

- ・ 表面土壌を含む土壌・堆積物への分配係数
- ・ 穀物を含む農作物への移行係数
- ・ 鶏卵、鶏レバーを含む畜産物への濃縮係数

を単独に変動させた場合の線量への換算係数への影響を分析するとともに、合わせて、コンパートメントあるいは農作物・畜産物中の核種濃度や関連するプロセスとの相関関係を分析することにより、その影響特性を把握することとする。

(1) 土壌・堆積物への分配係数

土壌・堆積物への分配係数を単独に変動させた場合の線量への換算係数（農作業従事者グループ）への影響を付録図 D.3-1 に示す。付録図 D.3-1 には表面土壌への分配係数に関する結果のみを示した。付録図 D.3-1 から、表面土壌の分配係数の増加に応じて線量への換算係数が増加することがわかる。下部土壌、河川堆積層、沿岸海域堆積層の分配係数を変動させた場合には、農作業従事者グループの線量への換算係数は変動しなかった。

農作業従事者グループの被ばく経路のうち、表面土壌への分配係数に関連するコンパートメントは、表面土壌コンパートメントであり、この表面土壌コンパートメントに関連する移行経路は、以下のものである（3 章図 3.1-1 参照）。

- ・ 農作物の摂取
- ・ 畜産物の摂取
- ・ 土壌の摂取
- ・ ダストの吸入
- ・ 土壌からの外部被ばく

表面土壌コンパートメント中の核種濃度が増加することにより、表面土壌コンパートメントから直接摂取や吸入、外部被ばくすることにより核種が人間にもたらされる経路のみならず、農作物や畜産物を摂取することにより核種が人間にもたらされる経路に依存する線量への換算係数も間接的に増加することが推察される。

そこで、農畜産物の摂取の移行経路に着目し、この移行経路に関連するプロセスと表面土壌への分配係数の影響特性との関係について考察することとした。

最初に、牧草を除く農作物の摂取について検討する。

3 章図 3.1-1 にあるように、表面土壌または河川水から農作物中への核種の移行に関しては、以下の 3 つのプロセスが設定されている。

- ・ 灌漑（河川水コンパートメントからのプロセス）
- ・ 経根吸収（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ 土壌の付着（表面土壌コンパートメントからのプロセス）

これらのうち、表面土壌の分配係数が増加することによって移行量が増加するのは、表面土壌コンパートメントからのプロセスである、経根吸収および土壌の付着である。表面土壌の分配係数の変化に対する 6 つの農作物（根菜、葉菜、穀物、米、果物、牧草）中核種濃度の変動を上記の 3 つのプロセスごとの結果を含めて付録図 D.3-2 に示し、以下に考察する。

牧草を除くすべての農作物中核種濃度の分配係数に伴う変動は、大きく分けて、以下の 3 つのパターンに分類することができた。付録図 D.3-2 に示すような分配係数の影響特性は、分配係数の変動範囲と、農作物への移行係数の設定値との組み合わせによって異なる。核種および農作物

ごとの変動パターンを付録表 D.3-1 に整理した（下記の(a), (b), (c)は、表中(a), (b), (c)に該当）。

- (a) 分配係数の最小値側では灌漑プロセスが支配的であり、分配係数が増加するにつれて、経根吸収プロセスが支配的になる場合（分配係数の増加に伴い、農作物中核種濃度が緩やかなシングモイド曲線を描いて増加）
- (b) 分配係数の全変動範囲において、経根吸収プロセスが支配的になる場合（分配係数の増加に伴い、農作物中核種濃度がほぼ比例的に増加）
- (c) 分配係数の全変動範囲において、灌漑プロセスが支配的になる場合（分配係数の変動によらず農作物中核種濃度は一定）

付録表 D. 3-1 核種および農作物ごとの農作物中核種濃度の分配係数に伴う変動パターン

	根菜	葉菜	穀物	米	果物
C-14	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Se-79	(a)	(b)	(a)	(a)	(a)
I-129	(a)	(a)	(a)	(c)	(c)
Cs-135	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Np-237	(c)	(a)	(c)	(c)	(c)
Pa-233	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)
U-233	(c)	(a)	(c)	(c)	(c)
Th-229	(c)	(a)	(c)	(c)	(c)

なお、牧草では灌漑によるプロセスを考慮しないため、Pa-233 を除くすべての核種に関して、分配係数の増加に応じて経根吸収プロセス分の核種濃度が増加し、牧草中の核種濃度が 2 桁程度増加した。Pa-233 については、表面土壌中核種濃度（5 章図 5.3-2）が変動しなかったことに起因して、牧草中の核種濃度も変動しなかった。

次に、畜産物の摂取について検討する。

付録図 D.1-2 にあるように、表面土壌または河川水から畜産物中への核種の移行に関しては、以下の 4 つのプロセスが設定されている。

- ・ 水の摂取（河川水コンパートメントからのプロセス）
- ・ 土壌の摂取（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ ダストの吸入（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ 飼料の摂取（河川水および表面土壌コンパートメントからのプロセス）

これらのうち、表面土壌の分配係数が増加することによって移行量が変動するのは、表面土壌コンパートメントからのプロセスを含む、土壌の摂取、ダストの吸入および飼料の摂取である。表面土壌の分配係数の変化に対する 8 つの畜産物（牛肉、羊肉、豚肉、鶏肉、牛レバー、鶏レバー、牛乳、鶏卵）中核種濃度の変動を上記の 4 つのプロセスごとの結果を含めて付録図 D.3-3 に示し、以下に考察する。

a) C-14

炭素の分配係数の設定範囲内において飼料の摂取プロセスが支配的である。このプロセスは、河川水および表面土壌コンパートメントからのプロセスであり、分配係数の変化（設定値に対して上下 2 桁）に依存して核種濃度が変動することから、畜産物中の核種濃度も変動している。核種濃度の変動幅は 1~2 桁程度であった。

b) Se-79

炭素の場合と同様に、セレンの分配係数の設定範囲内において、ほぼ飼料の摂取プロセスが支配的である。このプロセスは、河川水および表面土壌コンパートメントからのプロセスであり、分配係数の変化（設定値に対して上下 2 桁）に依存して核種濃度が変動することから、畜産物中の核種濃度も変動している。核種濃度の変動幅は 2~3 桁程度であった。

c) I-129

核種濃度の変動パターンは、以下の2つに分かれた。

- (A) 畜産物中核種濃度が水の摂取プロセスに支配されている場合（牛肉，羊肉，牛レバー，牛乳）
- (B) 畜産物中核種濃度が飼料の摂取プロセスに支配されている場合（豚肉，鶏肉，鶏レバー，鶏卵）

家畜に関しては、牛と羊は牧草を、豚は根菜を、鶏は穀物を摂取すると設定していることから、変動パターンの違いはここに起因するものと考えられる。付録図 D.3-2(c)より、牛および羊の飼料である牧草中の核種濃度は、灌漑による移行プロセスを考慮しないことから、分配係数の増加に伴って増加するものの、根菜や穀物等他の農作物と比較すると、核種濃度が同程度か低い。また、牛に限って言えば、水摂取量が他の家畜と比較すると1桁程度多い（付録 A 参照）。したがって、付録図 D.3-3(c)に示すように、牧草を飼料とする牛および羊の産物である牛肉，羊肉，牛レバー，牛乳については、畜産物中核種濃度が水の摂取プロセスに支配される。一方、根菜を飼料としている豚および穀物を飼料としている鶏については、飼料中の核種濃度が相対的に高く、飼料摂取量は家畜間で大きく異なることから、飼料の摂取プロセスが支配的となる。

(A)については、水の摂取プロセスによる核種濃度は分配係数の変化によって変動しないため、畜産物中の核種濃度も変動しなかった。一方、(B)については、飼料の摂取プロセスによる核種濃度は分配係数に依存して変動すると定義されているものの、付録図 D.3-2(c)より、豚の飼料である根菜や鶏の飼料である穀物中の核種濃度は、分配係数の変動範囲において、灌漑による移行プロセスがほぼ支配的であることから一定である。したがって、畜産物中の核種濃度も変動しなかった。

d) Cs-135

いずれの畜産物においても、畜産物中核種濃度の変動は、分配係数の最大値側では飼料もしくは土壌の摂取プロセスに支配された。分配係数の最小値側では、畜産物中核種濃度の変動パターンは、I-129の場合と同様に以下の2つに分かれた。

- (A) 畜産物中核種濃度が水の摂取プロセスに支配されている場合（牛肉，羊肉，牛レバー，牛乳）
- (B) 畜産物中核種濃度が飼料の摂取プロセスに支配されている場合（豚肉，鶏肉，鶏レバー，鶏卵）

飼料の摂取プロセスに関しては、家畜が摂取する農作物中の核種濃度の変動パターンに連動しており、付録図 D.3-2(d)より、牛および羊が摂取する牧草では、分配係数の変動に伴って核種濃度が比例的に増加するため、分配係数の最小値側では水の摂取プロセスによる核種濃度を下回る結果となった。一方、付録図 D.3-2(d)より、豚が摂取する根菜および鶏が摂取する穀物では、分配係数の最小値側では灌漑プロセスが支配的であることから農作物中核種濃度は一定となる一方で、分配係数が増加するにつれて、経根吸収プロセスが支配的になったことから、分配係数の増加に応じて、飼料中の核種濃度が増加する結果となり、付録図 D.3-3(d)に示した飼料の摂取プロセス分の核種濃度も増加した。

飼料および土壌の摂取プロセスは分配係数に依存して核種濃度が増加するため、分配係数の設定範囲内で畜産物中核種濃度は1~3桁程度変動した。

e) Np-237

いずれの畜産物においても、畜産物中核種濃度の変動は、分配係数の最大値付近においては、土壌の摂取プロセスに支配された。分配係数の最小値側では、豚肉を除くすべての畜産物において水の摂取プロセスに支配された。豚肉に関しては、分配係数の最小値側では飼料の摂取プロセスが支配的となった。

上記のプロセスに支配されることにより、畜産物中核種濃度は1~2桁程度変動した。

f) Pa-233

畜産物の種類ごとに水の摂取もしくは飼料の摂取が支配的であったものの、分配係数の設定範囲内ではコンパートメント中の核種濃度が変動しなかった（5章図 5.3-2 参照）ため、畜産物中の核種濃度も変動しなかった。

g) U-233

いずれの畜産物においても、畜産物中核種濃度の変動は、分配係数の最大値側では土壤の摂取プロセスに支配された。分配係数の最小値側では、畜産物中核種濃度の変動パターンは、I-129の場合と同様に以下の2つに分かれた。

- (A) 畜産物中核種濃度が水の摂取プロセスに支配されている場合（牛肉，羊肉，牛レバー，牛乳）
- (B) 畜産物中核種濃度が飼料の摂取プロセスに支配されている場合（豚肉，鶏肉，鶏レバー，鶏卵）

飼料の摂取プロセスに関しては、家畜が摂取する農作物中の核種濃度の変動パターンに連動しており、付録図 D.3-2(g)より、牛および羊が摂取する牧草では、分配係数の変動に伴って核種濃度が比例的に増加するため、分配係数の最小値側では水の摂取プロセスによる核種濃度を下回る結果となった。一方、付録図 D.3-2(g)より、豚が摂取する根菜および鶏が摂取する穀物では、灌漑プロセスが支配的であることから、農作物中核種濃度は分配係数によらず一定となった。また、付録図 D.3-3(g)より、分配係数の最小値側では、飼料の摂取プロセスによる線量が飼料水の摂取プロセスを上回ったために、畜産物中核種濃度が飼料の摂取プロセスに支配される結果となった。

飼料および土壤の摂取プロセスは分配係数に依存して核種濃度が変動するため、分配係数の設定範囲内で畜産物中核種濃度は4桁程度変動した。

また、分配係数の最大値側では、畜産物中核種濃度は、土壤の摂取プロセスが支配的となった。

h) Th-229

いずれの畜産物においても、畜産物中核種濃度の変動は、分配係数の最大値側では土壤の摂取プロセスに支配された。分配係数の最小値付近では、畜産物中核種濃度の変動パターンは、I-129の場合と同様に以下の2つに分かれた。

- (A) 畜産物中核種濃度が水の摂取プロセスに支配されている場合（牛肉，羊肉，牛レバー，牛乳）
- (B) 畜産物中核種濃度が飼料の摂取プロセスに支配されている場合（豚肉，鶏肉，鶏レバー，鶏卵）

飼料の摂取プロセスに関しては、家畜が摂取する農作物中の核種濃度の変動パターンに連動しており、付録図 D.3-2(h)より、牛および羊が摂取する牧草では、分配係数の変動に伴って核種濃度が比例的に増加するため、分配係数の最小値付近では水の摂取プロセスによる核種濃度を下回る結果となった。一方、付録図 D.3-2(h)より、豚が摂取する根菜および鶏が摂取する穀物では、灌漑プロセスが支配的であることから農作物中核種濃度はほぼ一定となった。また、付録図 D.3-3(h)より、分配係数の最小値付近では、飼料の摂取プロセスによる線量が土壤の摂取プロセスを上回ったために、畜産物中核種濃度が飼料の摂取プロセスに支配される結果となった。

飼料および土壤の摂取プロセスは分配係数に依存して核種濃度が変動するため、分配係数の設定範囲内で畜産物中核種濃度は1～2桁程度変動した。

また、分配係数の増加に伴い、表面土壤中の核種濃度が増加したため、土壤の摂取プロセスまたは飼料の摂取プロセスが畜産物中核種濃度を支配する結果となった。

(2) 農作物への移行係数

農作物への移行係数を変化させた場合の線量への換算係数の影響とその影響特性について検討することとした。

農作物への移行係数を単独で変動させた場合の線量への換算係数の影響を付録図 D.3-4 に示す。I-129 および Pa-233, Th-229 では、いずれの農作物においても線量への換算係数への影響はなく、それ以外の核種においては、いずれの農作物においても線量への換算係数への影響はほとんどないか、数倍程度の増加にとどまった。

また、牧草を除く農作物中の核種濃度に関連するプロセスと農作物への移行係数の影響特性との関係について検討した。

表面土壌または河川水から農作物中への核種の移行に関しては、前述のとおり、以下の 3 つのプロセスが設定されている。

- ・ 灌漑（河川水コンパートメントからのプロセス）
- ・ 経根吸収（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ 土壌の付着（表面土壌コンパートメントからのプロセス）

3. 3 節 1) で記述したように、上記のうち農作物への移行係数に依存するのは、表面土壌コンパートメントからのプロセス中の経根吸収によるプロセスである。農作物への移行係数の変化に対する 6 つの農作物中核種濃度の変動を上記の 3 つのプロセスごとの結果を含めて付録図 D.3-5 に示し、以下に考察する。

C-14, Se-79, Cs-135, Np-237 の葉菜、U-233 の根菜および葉菜、Th-229 の葉菜については、農作物への移行係数の変化に伴って、上記の 3 つのプロセスのうち支配的となるものが入れ替わり、農作物中の核種濃度が変動した。付録図 D.3-5(a) より、経根吸収によるプロセス分の核種濃度は、農作物への移行係数の増加に伴って増加している。農作物ごとに若干の違いがあるものの、設定値の前後付近で灌漑によるプロセスと支配プロセスが入れ替わり、移行係数の増加に伴って農作物中の核種濃度が 1 桁程度増加した。農作物への移行係数の影響特性は、灌漑プロセスと経根吸収プロセスによる寄与の大きさによって異なる。今回の結果と比較して、灌漑プロセスの寄与が大きくなるような設定がなされた場合は、農作物への移行係数の変動に依存しない結果になると考えられる。

一方、I-129 および Np-237 の葉菜を除く農作物（根菜、穀物、米、果物）U-233 の一部の農作物（穀物、米、果物）、Pa-233, Th-229 の葉菜を除く農作物（根菜、穀物、米、果物）については、解析対象とした移行係数の設定範囲において、常に灌漑プロセスが支配プロセスとなるため、農作物への移行係数が変化しても農作物中の核種濃度は変動しなかった。この場合には、経根吸収プロセスの寄与が大きくなるような設定がなされれば、農作物への移行係数の影響が有意になるような結果になると考えられる。

なお、牧草については、Th-229 を除くすべての核種において経根吸収によるプロセス分の核種濃度の増加に伴い、牧草中の核種濃度が 1~4 桁程度増加した。Th-229 に関しては、土壌の付着プロセスが支配的となり、核種濃度はほとんど変動しなかった。

(3) 畜産物への濃縮係数

畜産物への濃縮係数を変化させた場合の線量への換算係数への影響とその影響特性について検討することとした。

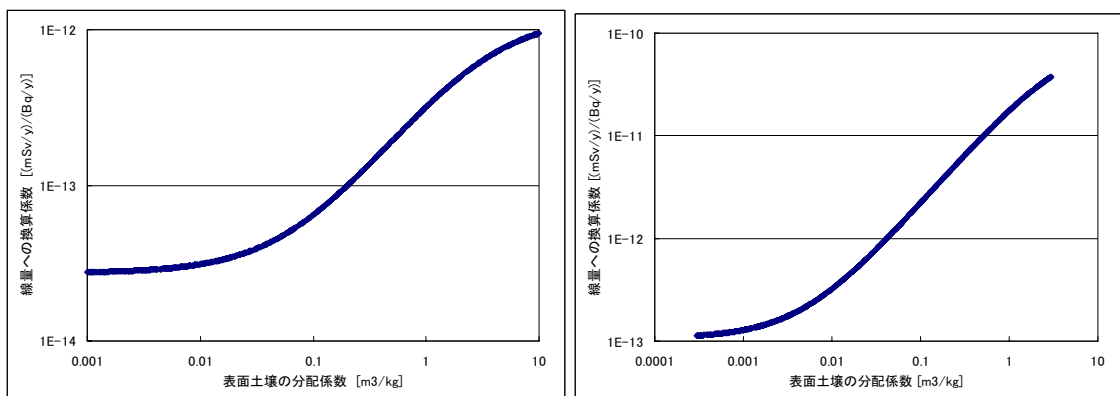
畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の線量への換算係数への影響を付録図 D.3-6 に示す。すべての核種において、各畜産物において線量への換算係数はほとんど影響しないか、数倍程度の増大を示した。

また、畜産物中の核種濃度に関連するプロセスとの畜産物への濃縮係数の影響特性との関係について検討した（付録図 D.3-7 参照）。表面土壌または河川水から畜産物中への核種の移行プロセスとして、以下の 4 つのプロセスが設定されている。

- ・ 水の摂取（河川水コンパートメントからのプロセス）
- ・ 土壌の摂取（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ ダストの吸入（表面土壌コンパートメントからのプロセス）
- ・ 飼料（牧草、根菜、穀物）の摂取（河川水コンパートメントからの灌漑プロセス、表面

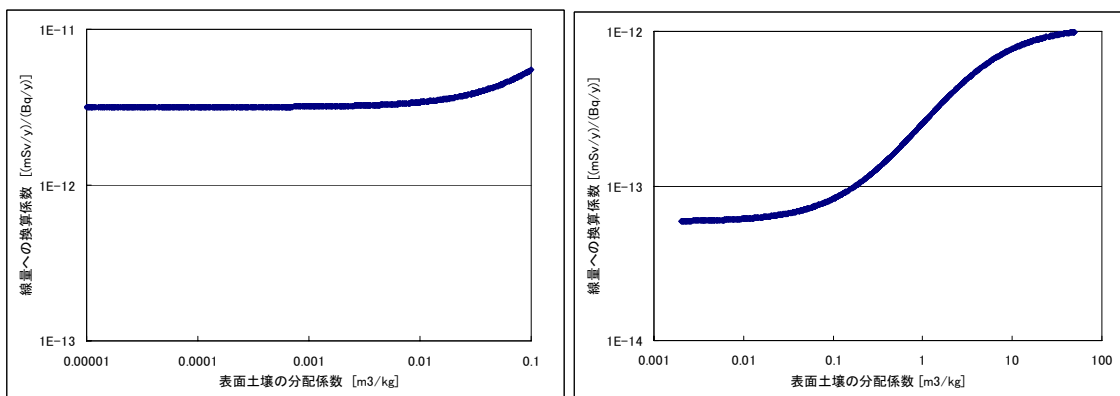
土壌コンパートメントからの経根吸収および土壌の付着)

上記のいずれのプロセスも、畜産物への濃縮係数に依存するため、畜産物中の核種濃度は、畜産物への濃縮係数に比例し、移行係数が増加すると核種濃度も増加することがわかった。変動幅は、**Se-79**の鶏肉および鶏卵を除いて数倍から4桁程度であった。**Se-79**の鶏肉および鶏卵では、濃縮係数の変動幅が小さかったため、核種濃度はほとんど変動しなかった。



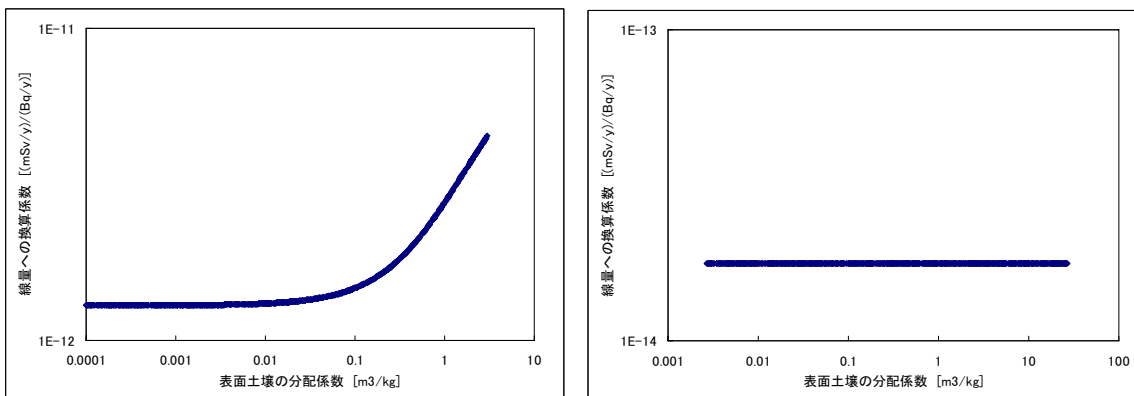
(a) C-14

(b) Se-79



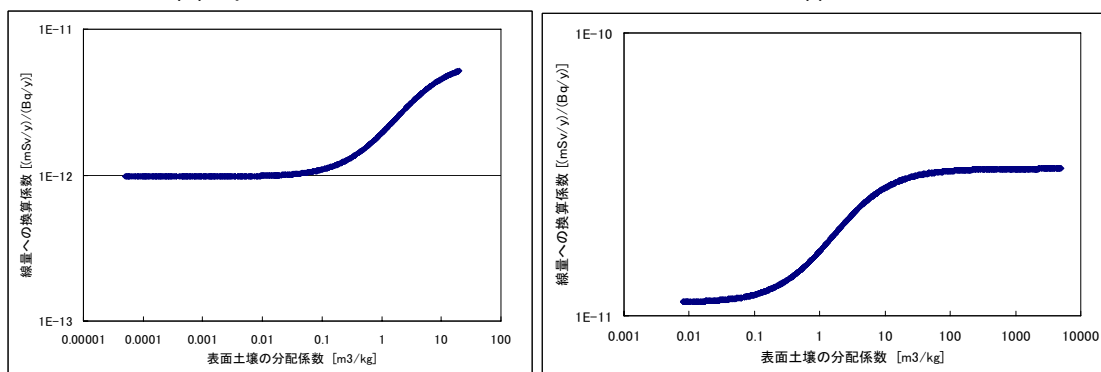
(c) I-129

(d) Cs-135



(e) Np-237

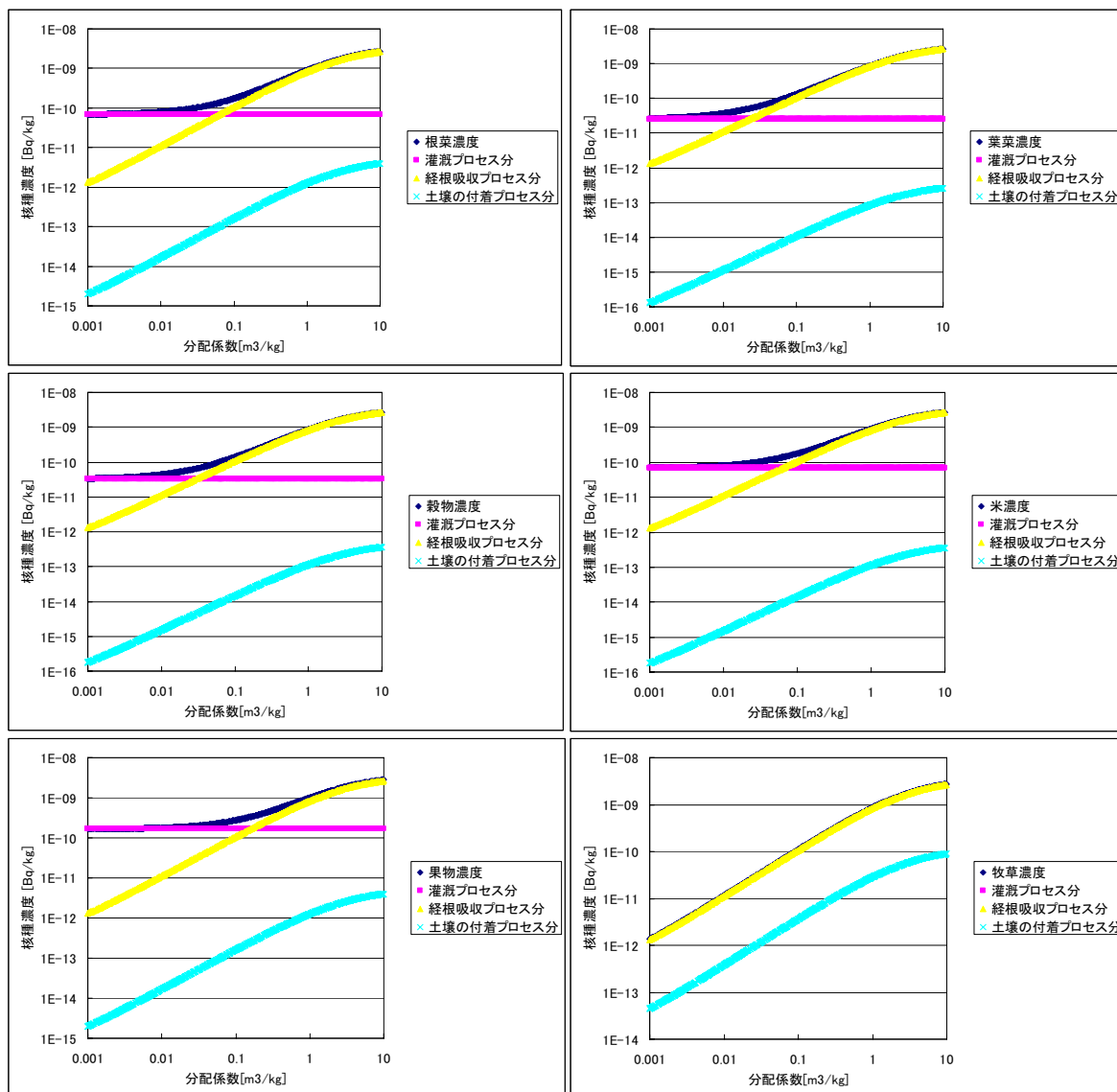
(f) Pa-233



(g) U-233

(h) Th-229

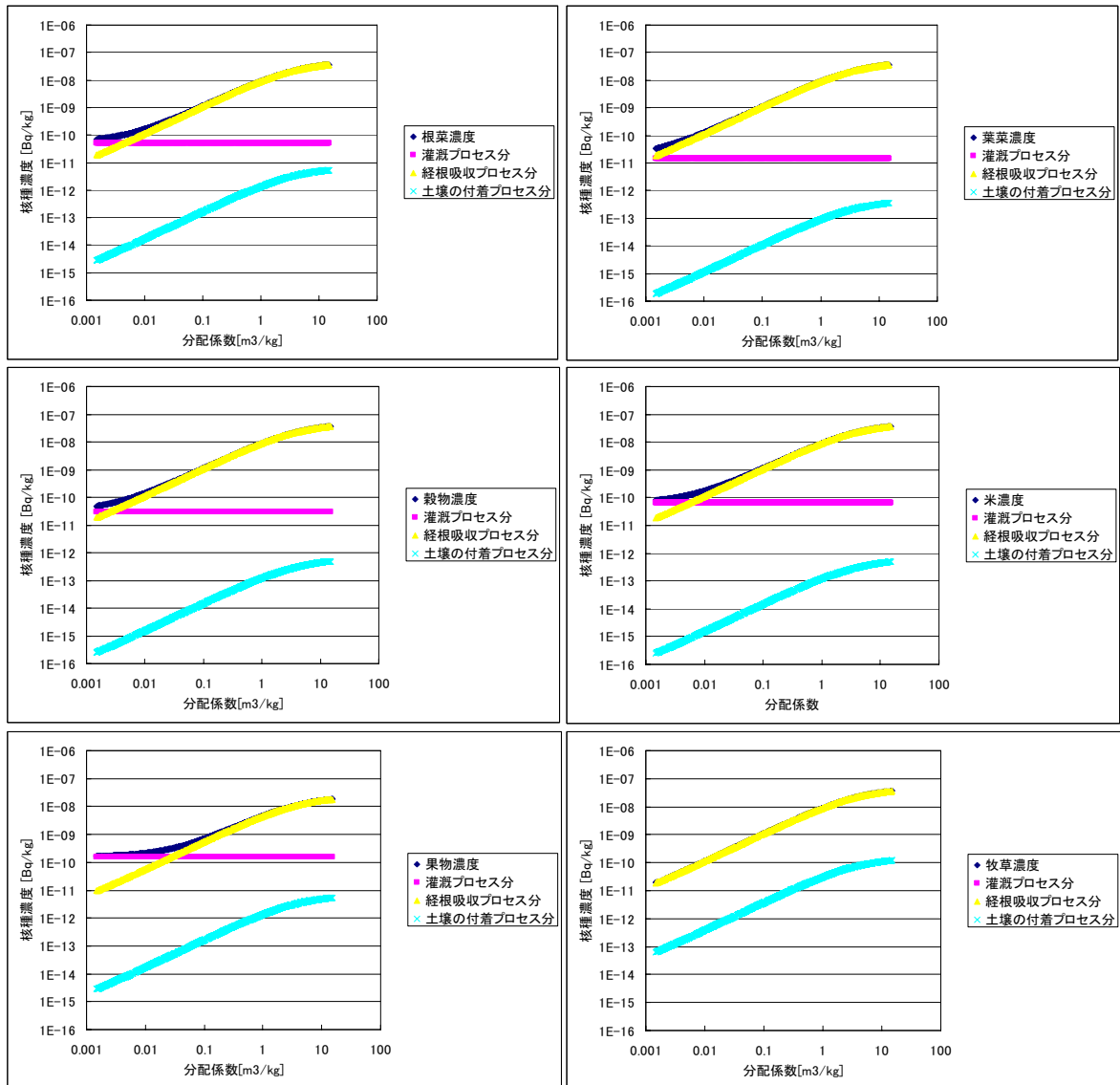
付録図 D.3-1 表面土壌への分配係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



(a) C-14

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

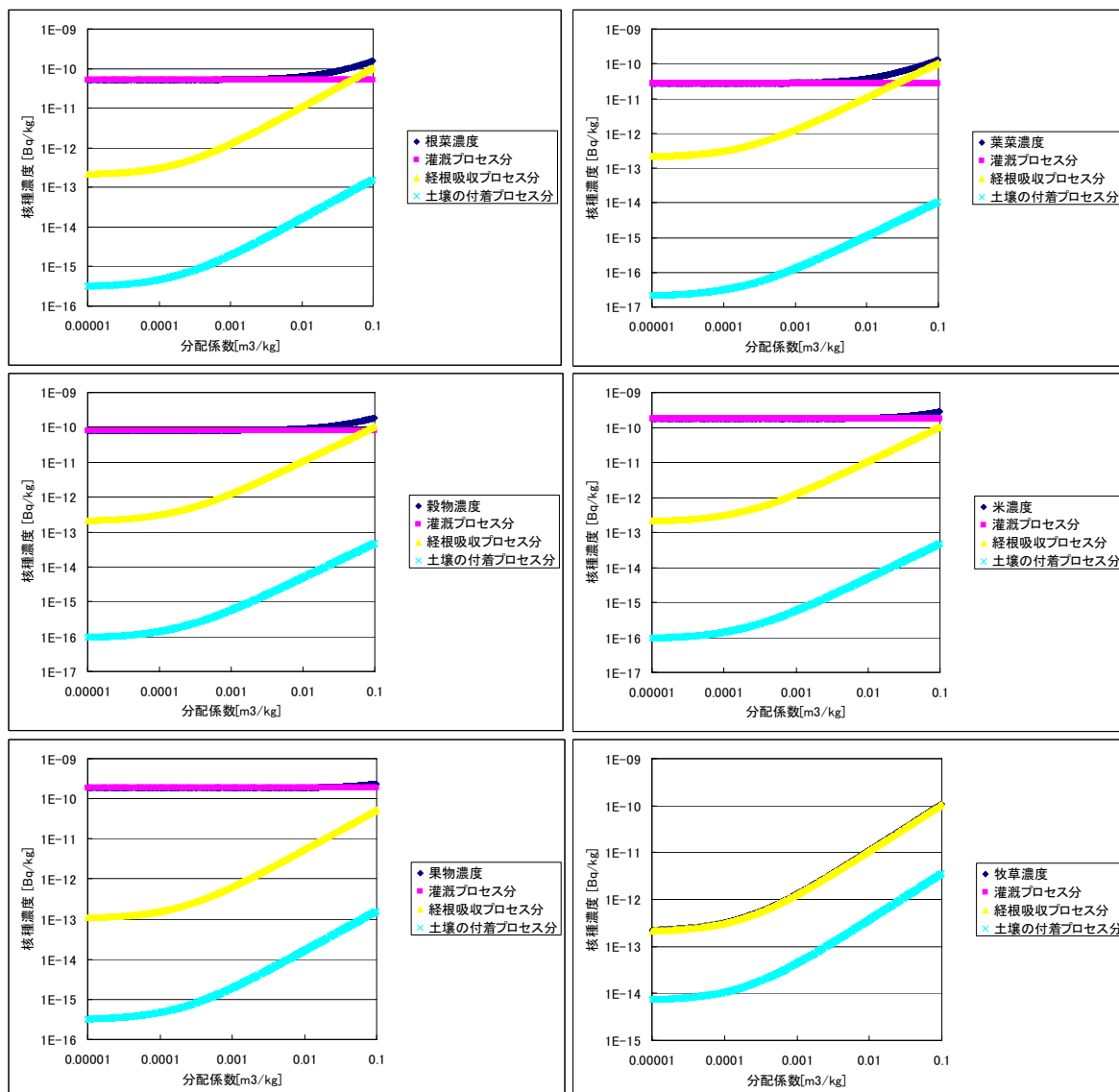
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(b) Se-79

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

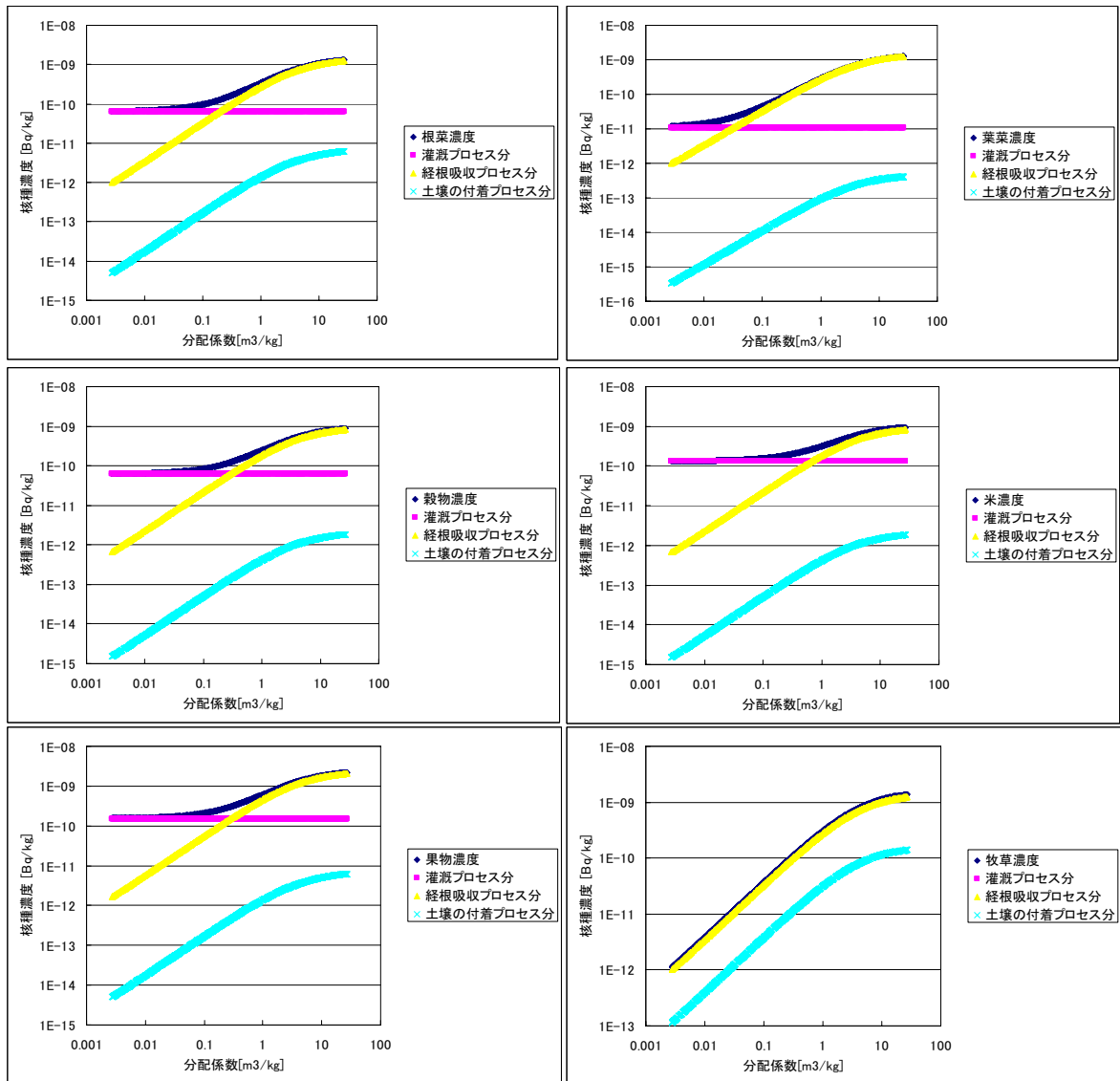
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(c) I-129

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

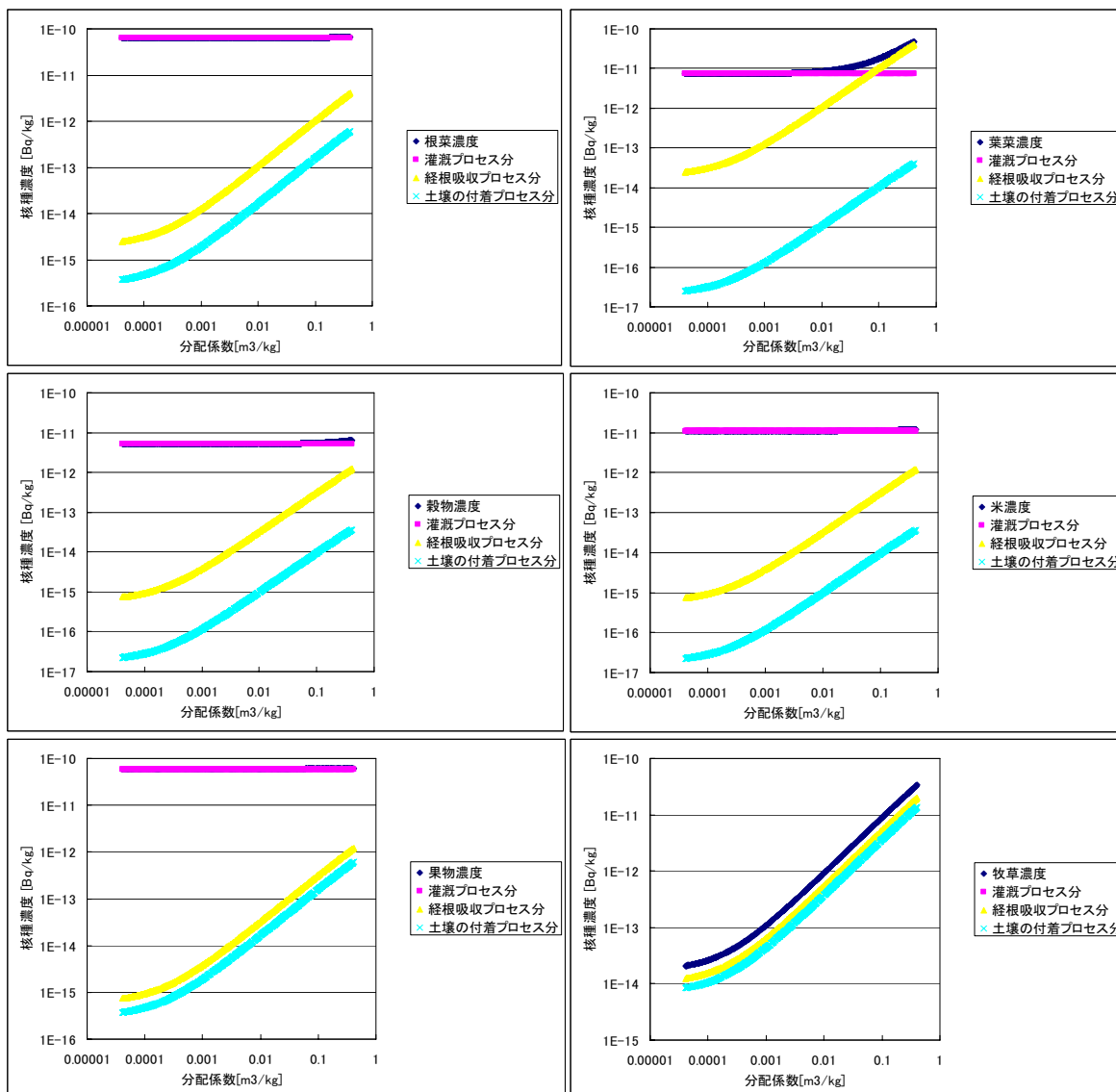
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(d) Cs-135

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度^{*}の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

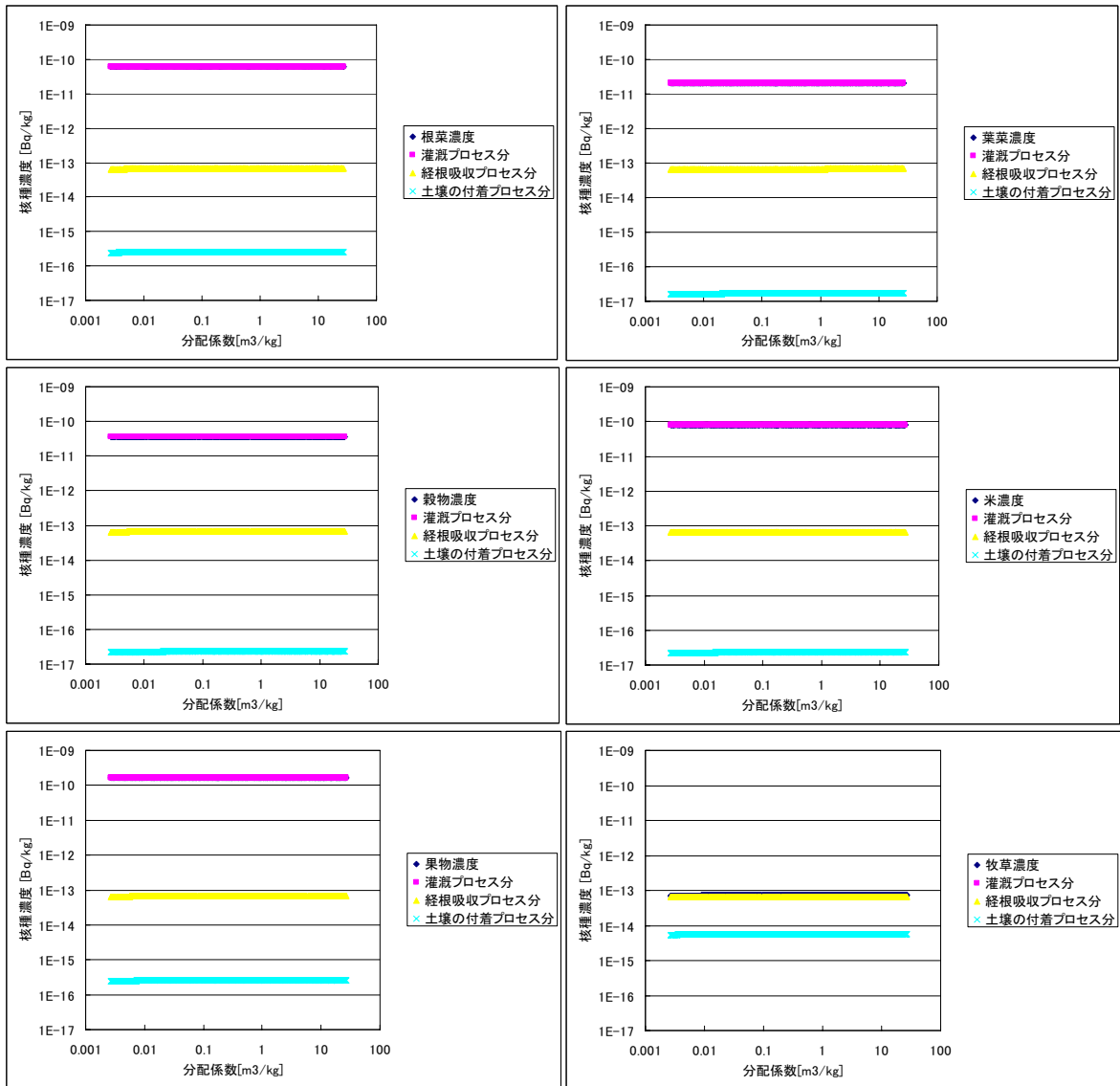
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(e) Np-237

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

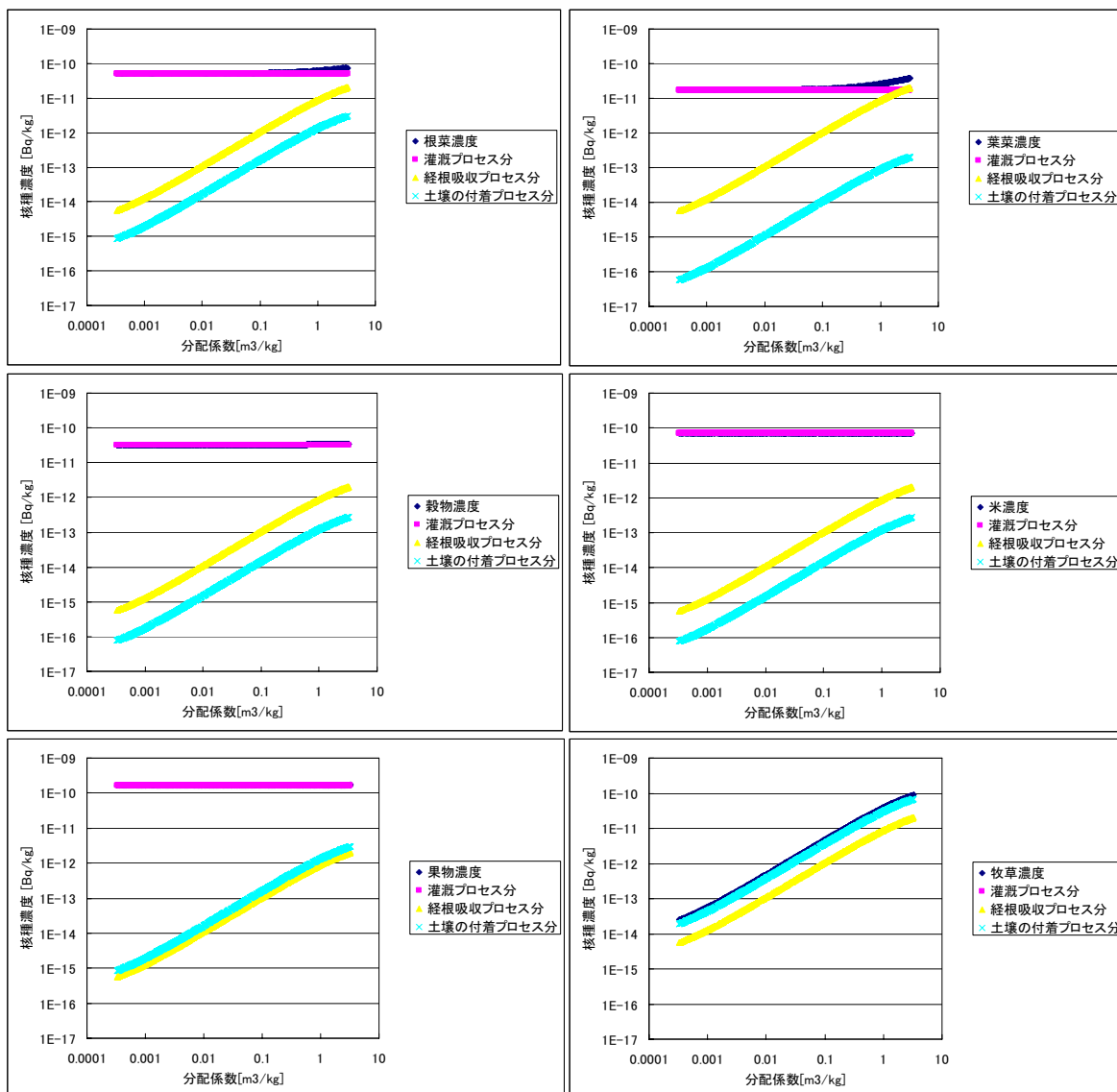
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(f) Pa-233

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

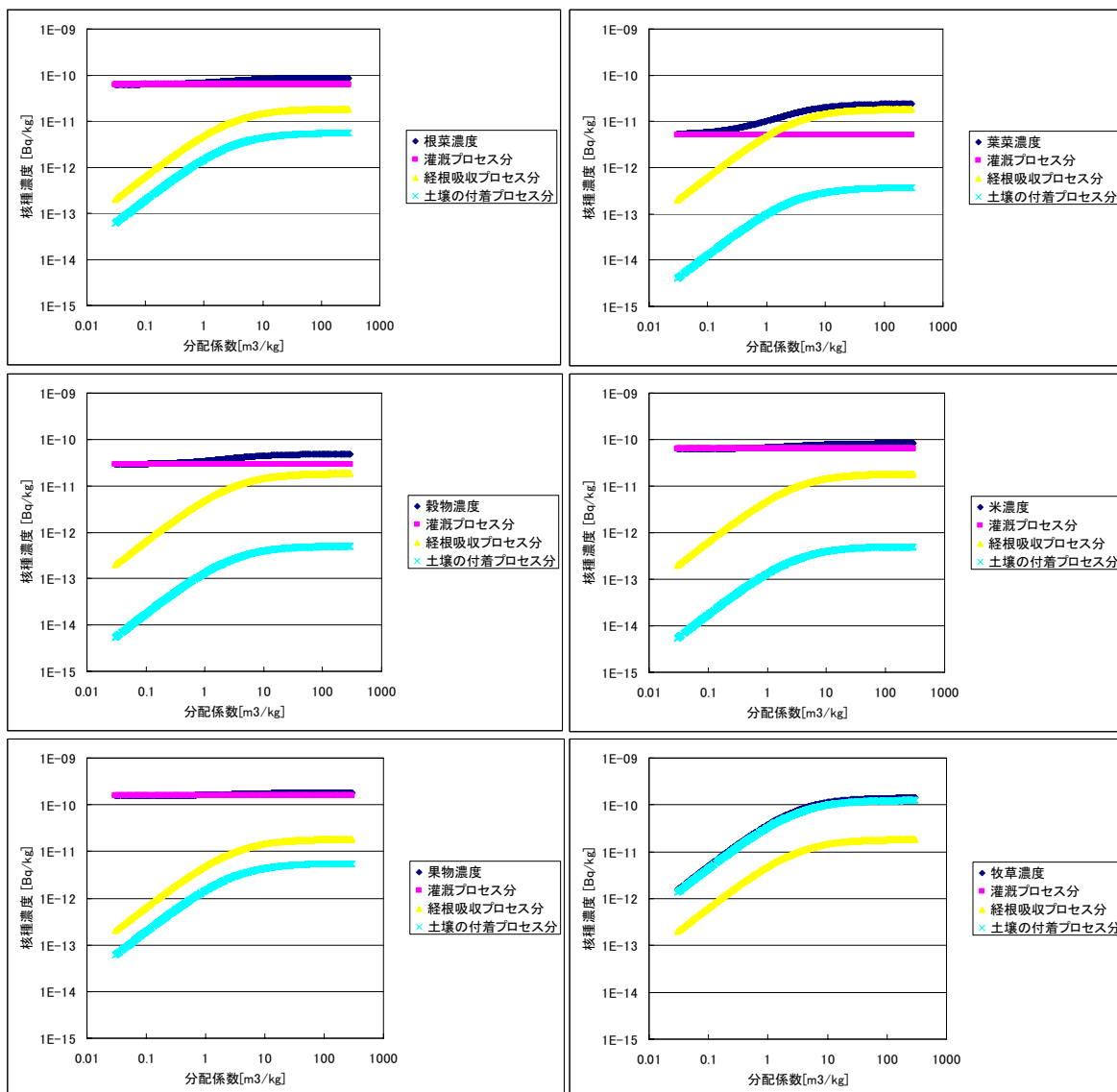
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(g) U-233

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

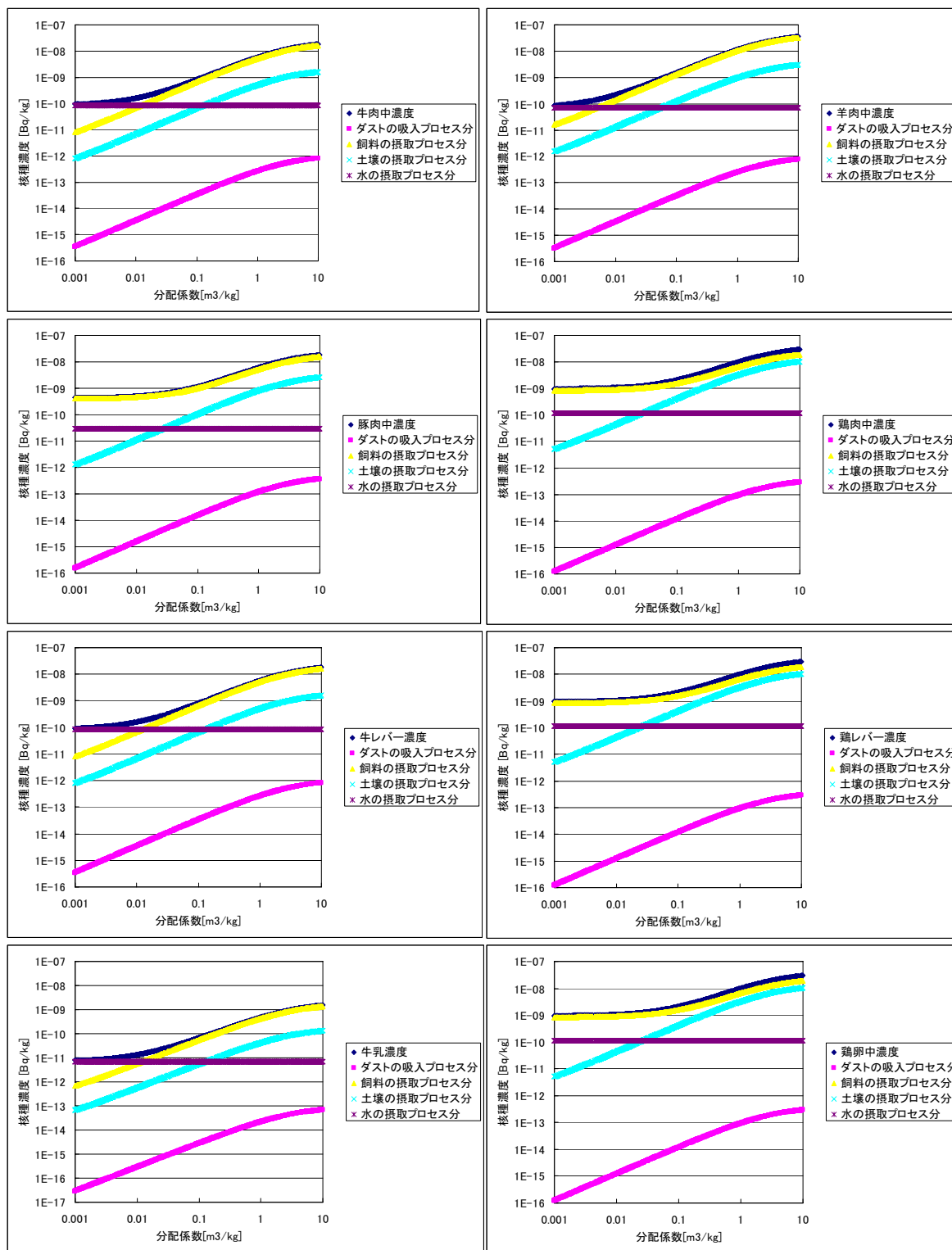
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(h) Th-229

付録図 D.3-2 農作物中核種濃度*の分配係数依存性
 (ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

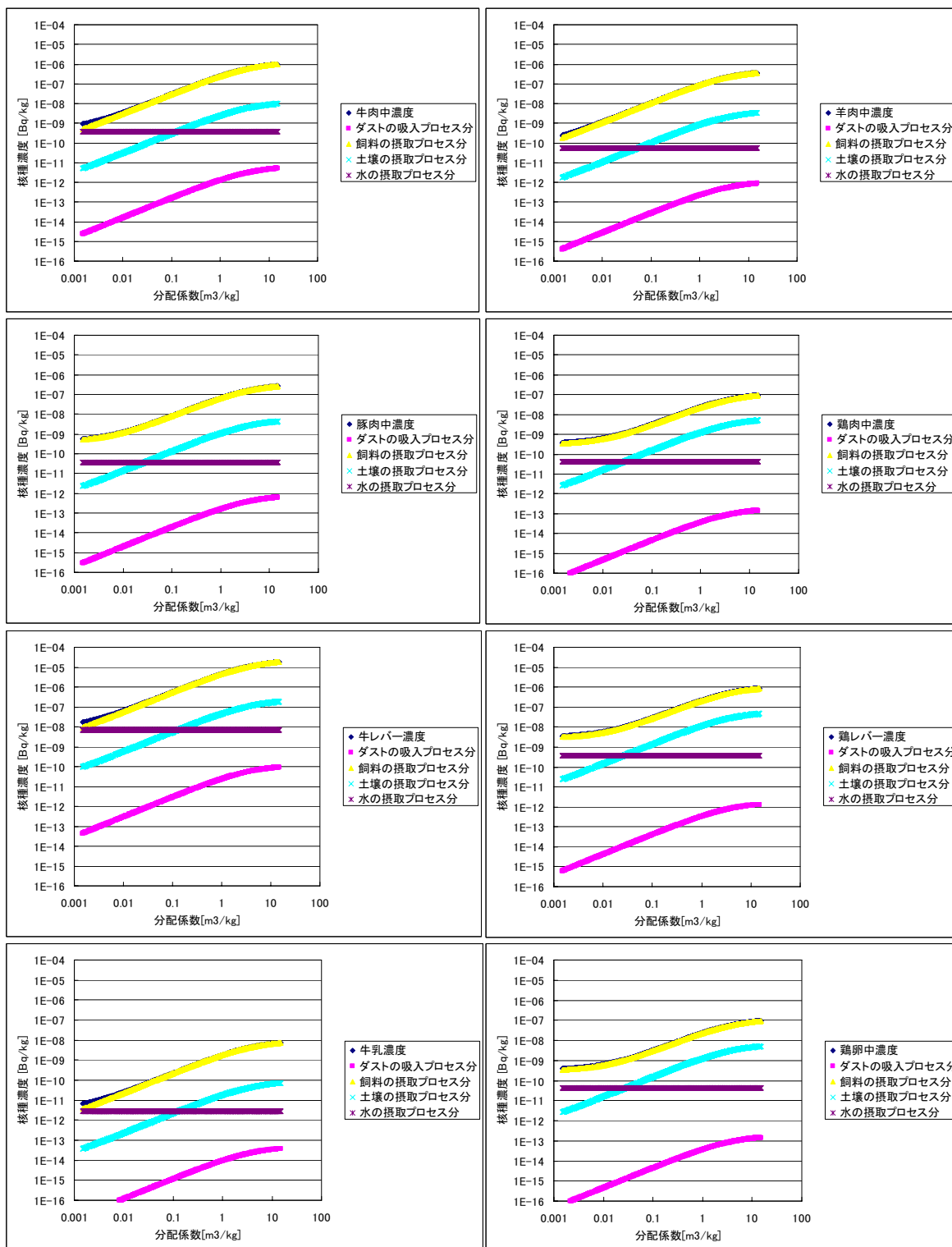
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(a) C-14

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

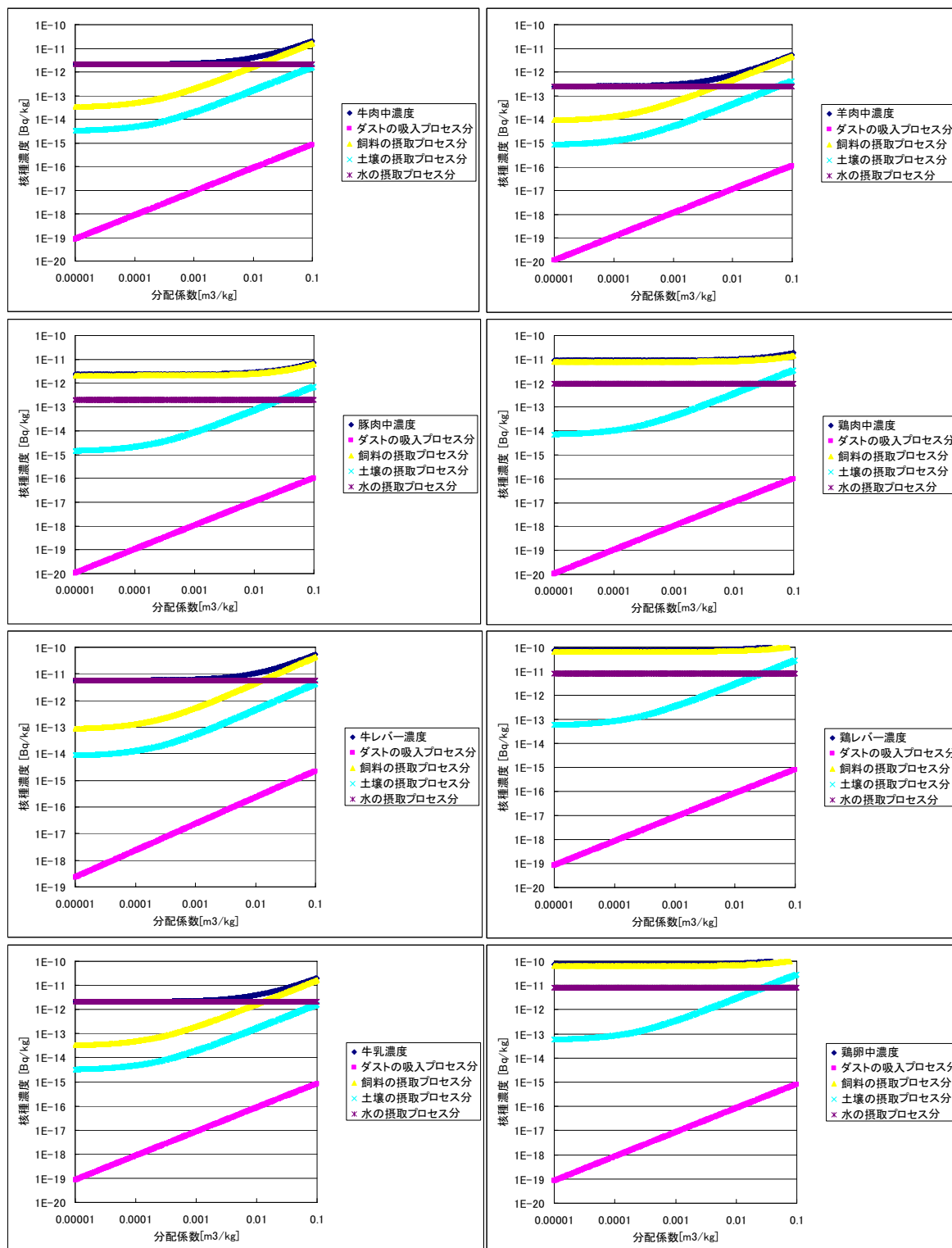
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(b) Se-79

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度^{*}の分配係数依存性

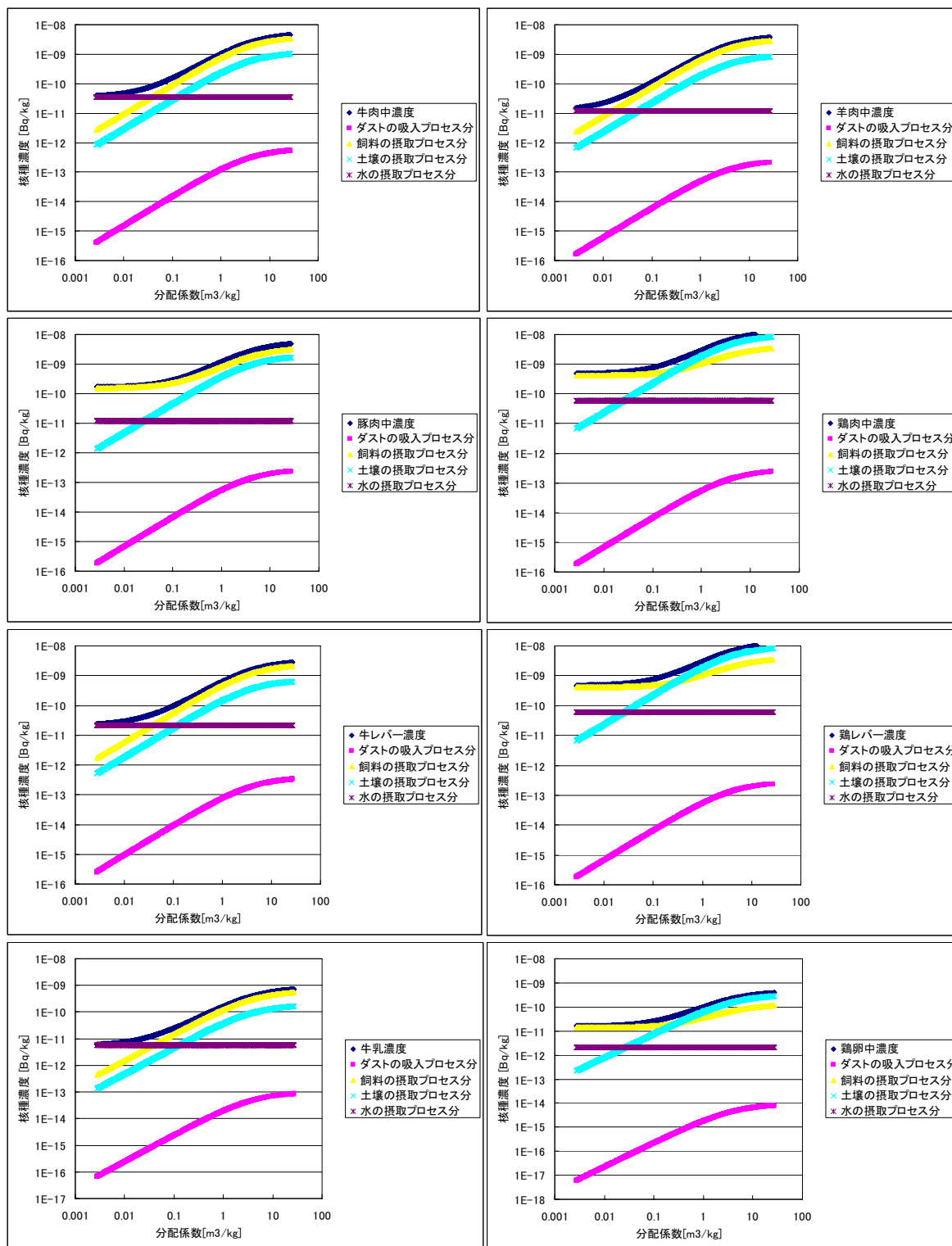
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bqy⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(c) I-129

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

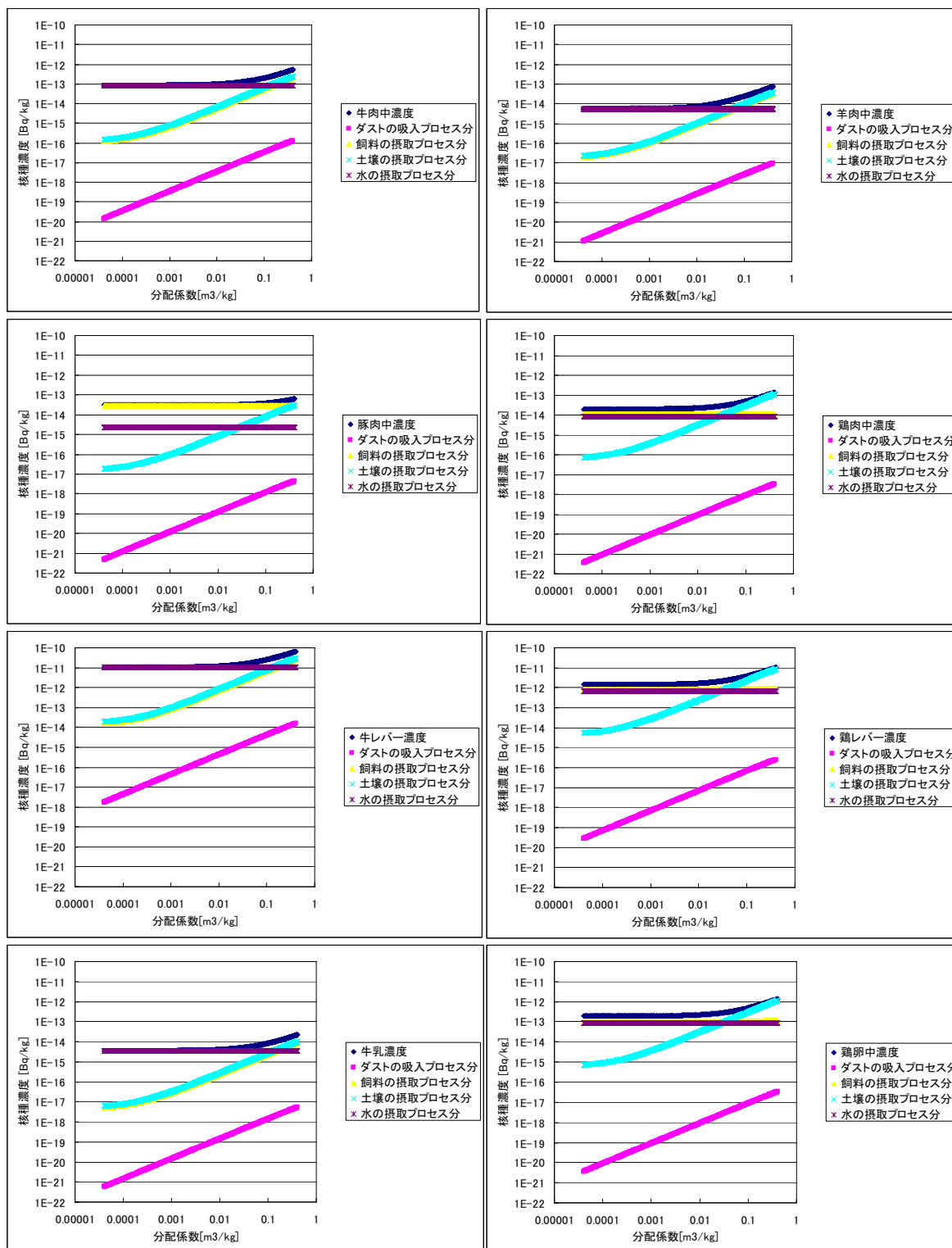
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(d) Cs-135

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

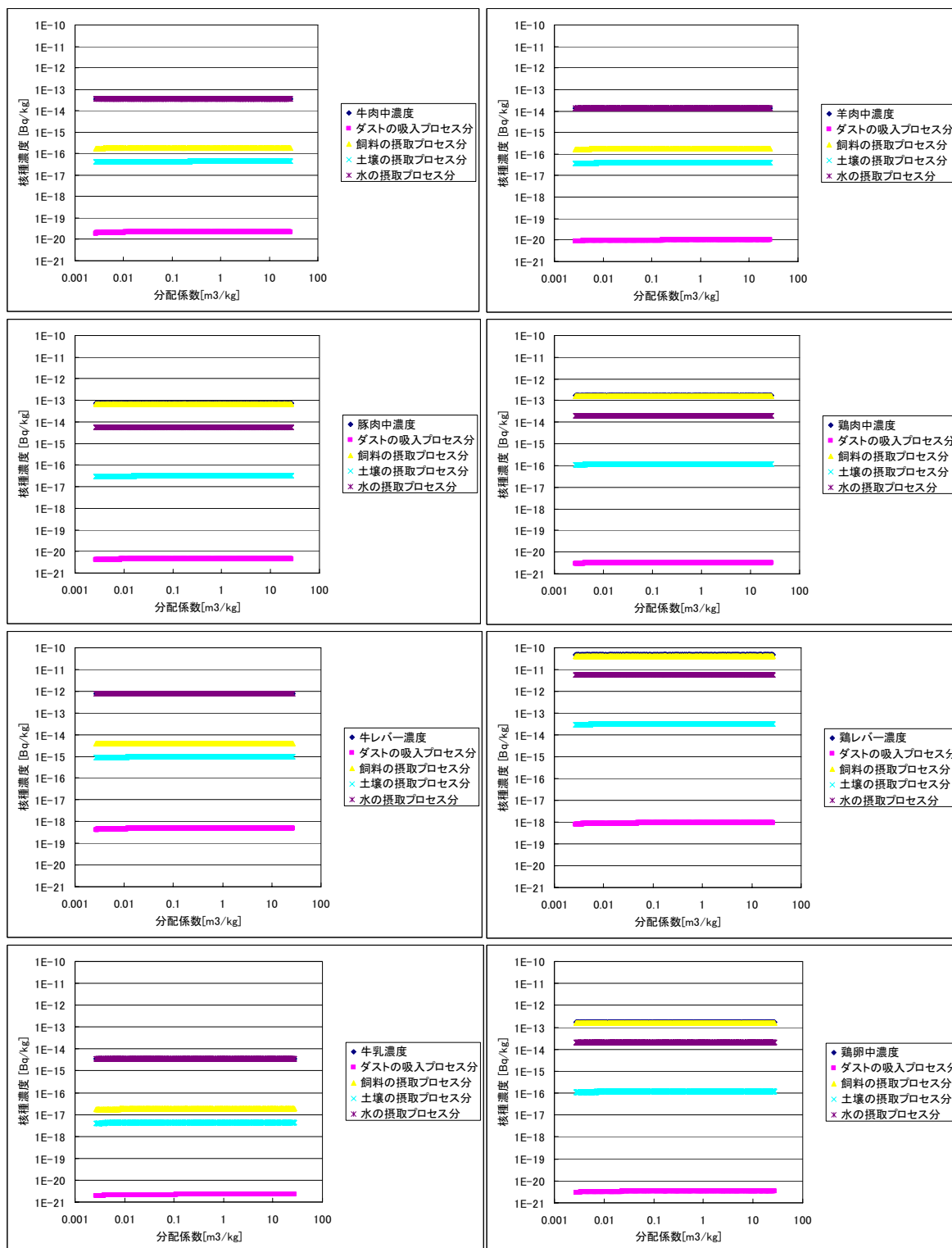
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(e) Np-237

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

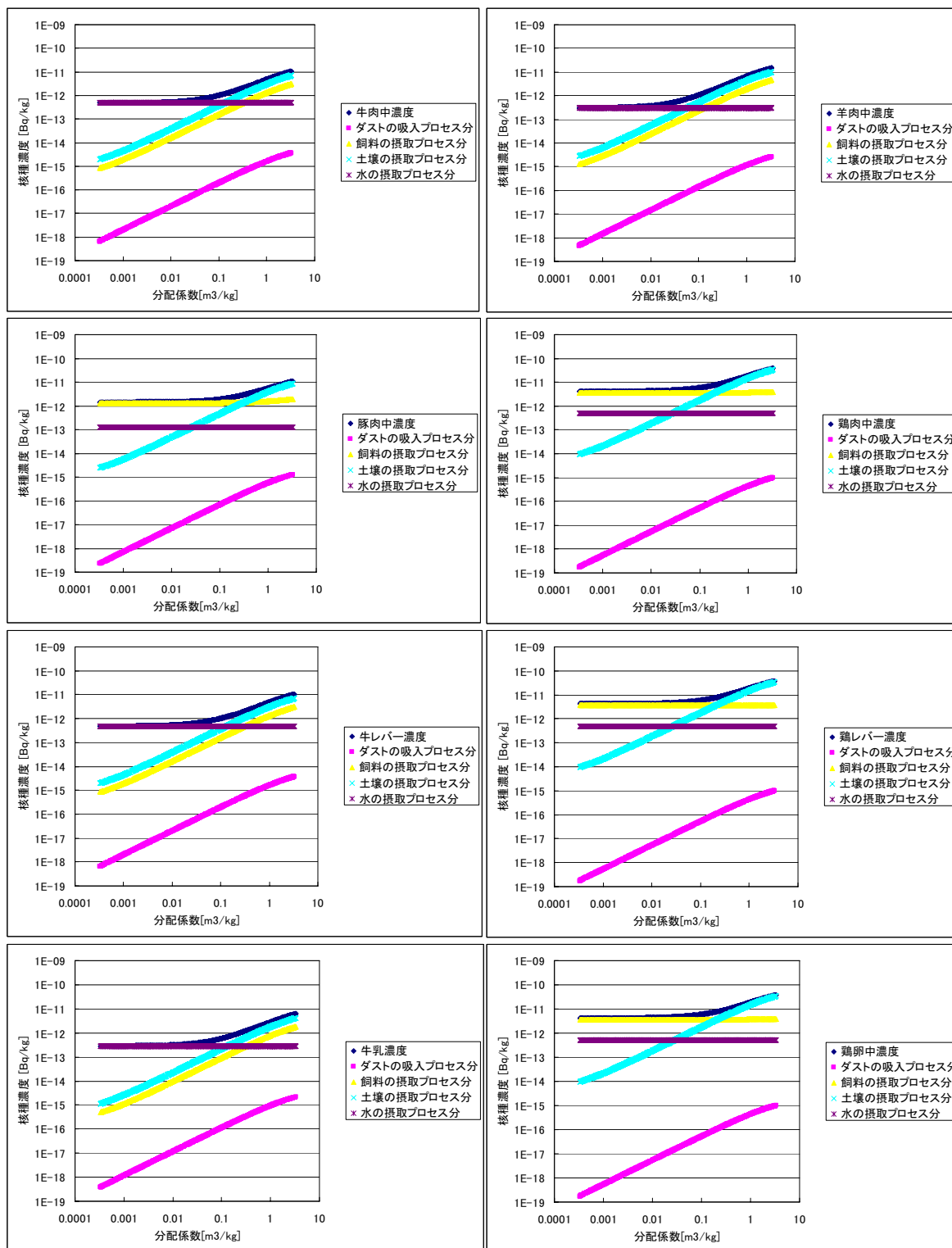
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(f) Pa-233

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

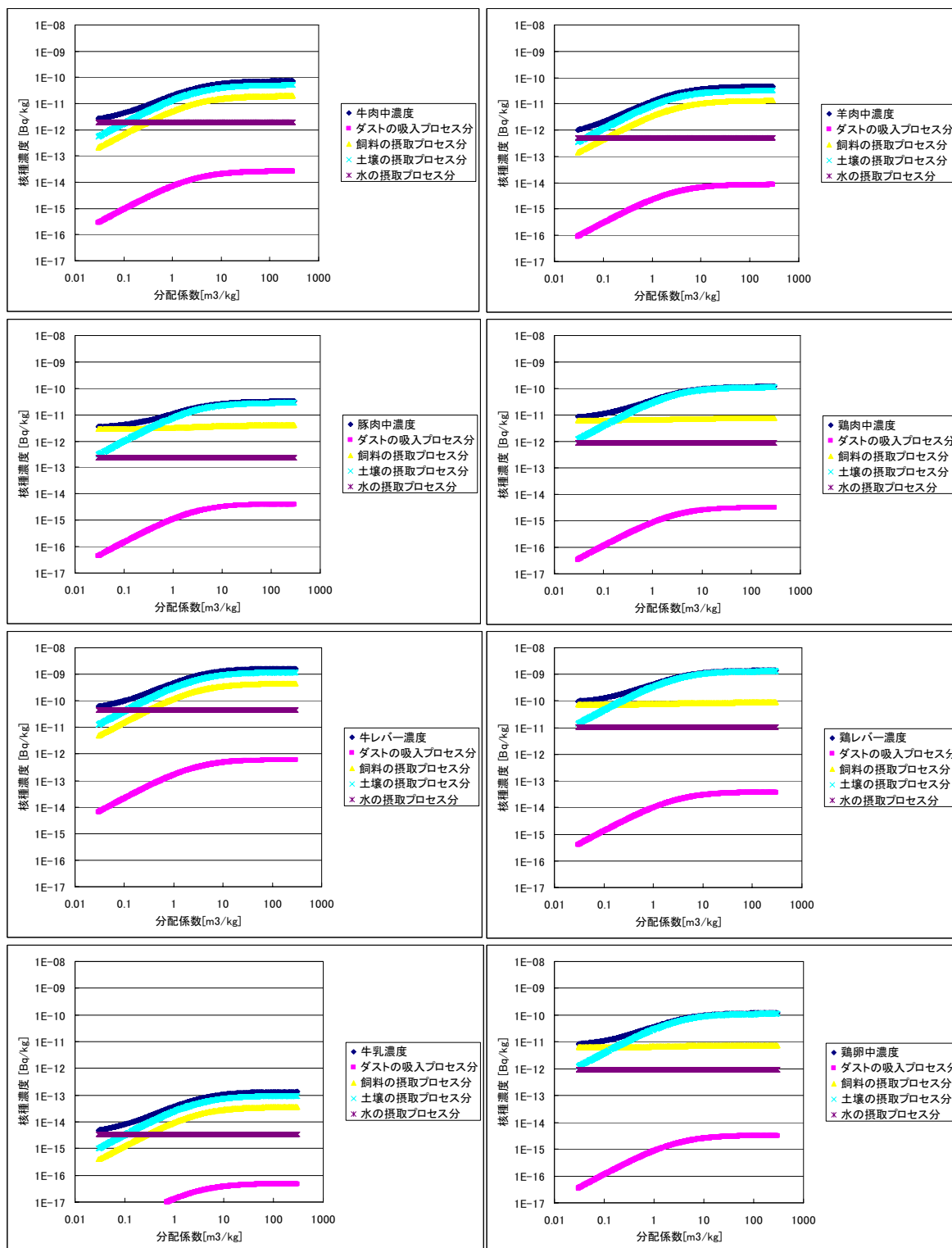
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(g) U-233

付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

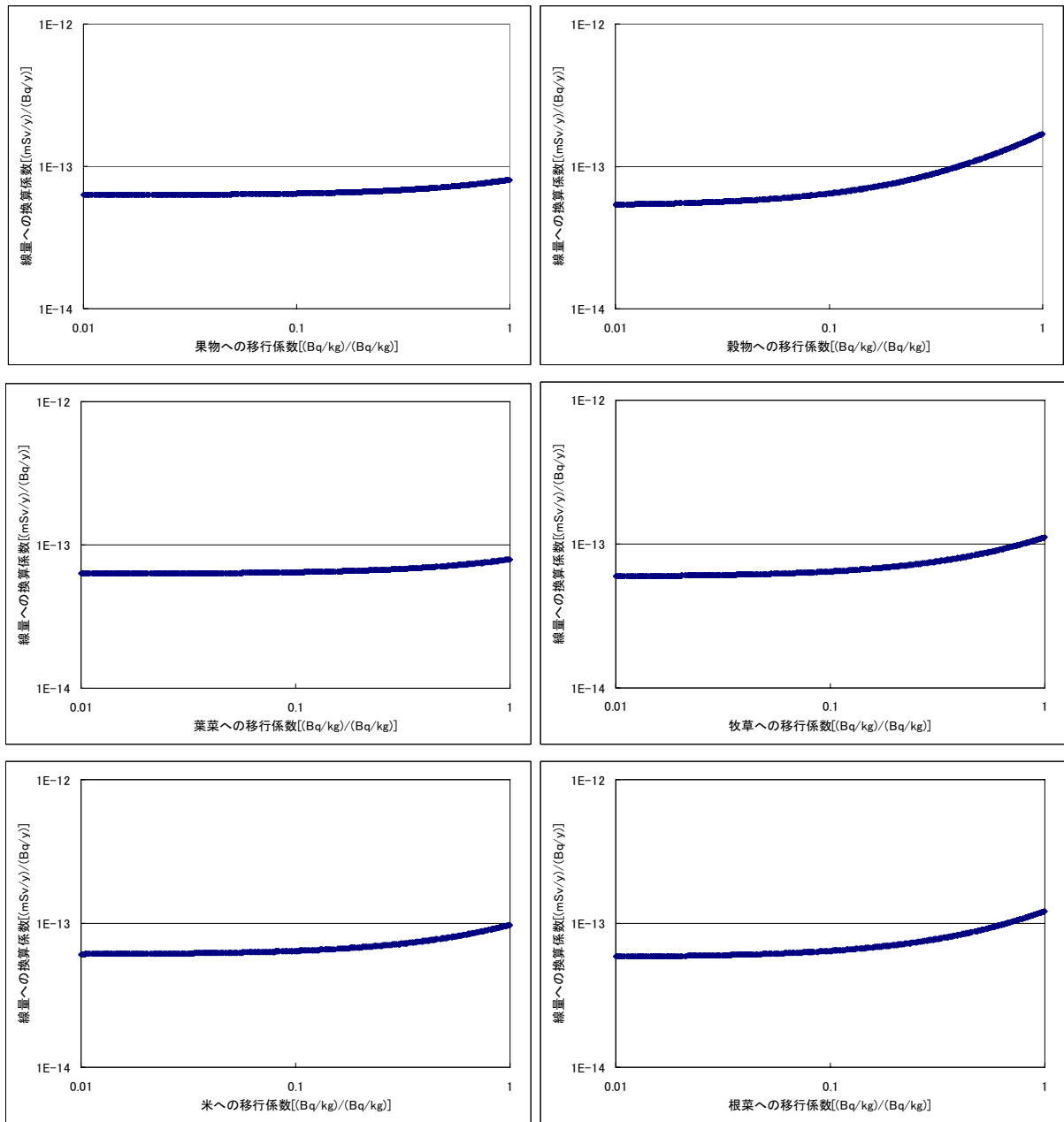
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(h) Th-229

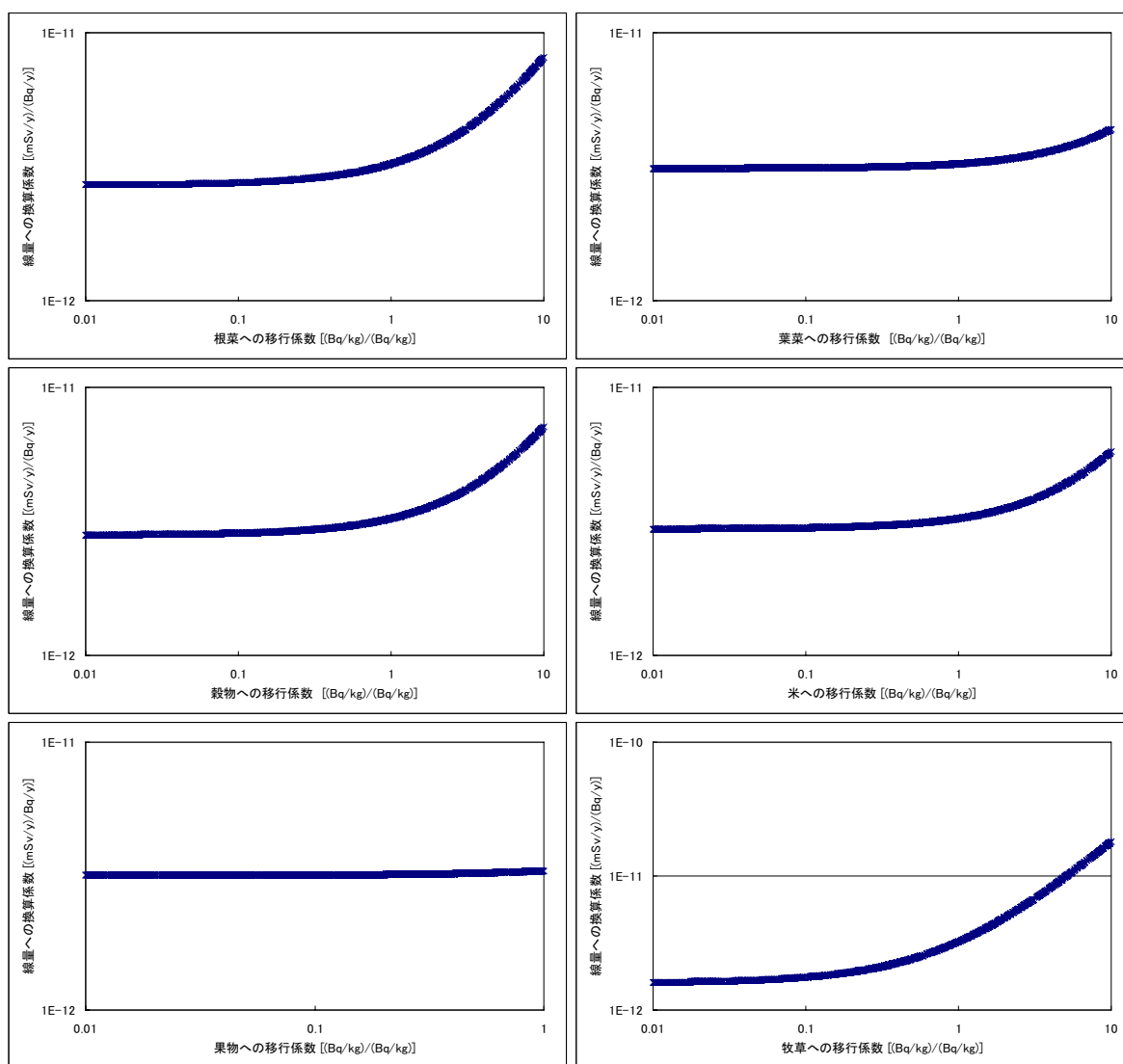
付録図 D.3-3 畜産物中核種濃度*の分配係数依存性

*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



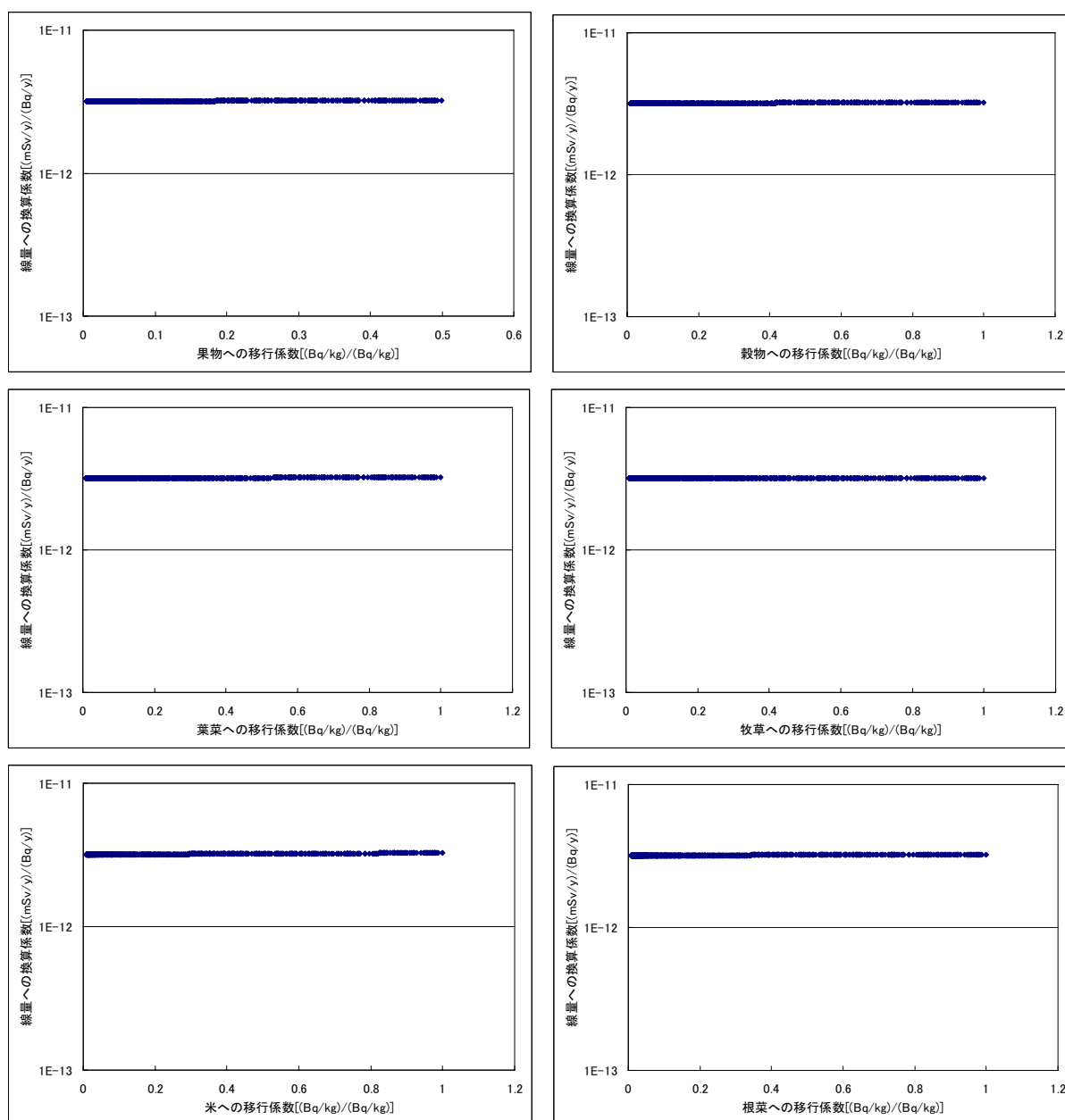
(a) C-14

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



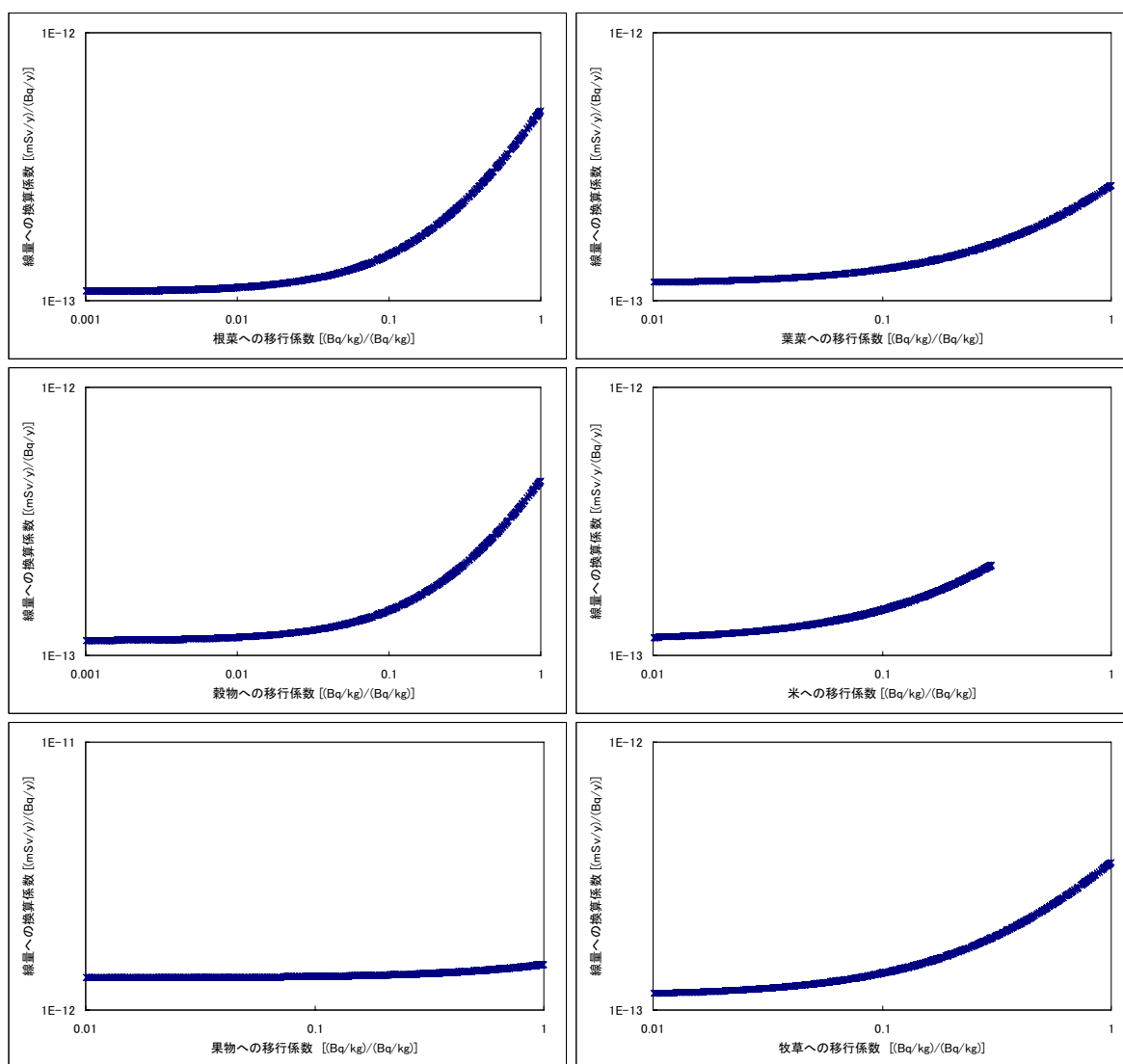
(b) Se-79

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



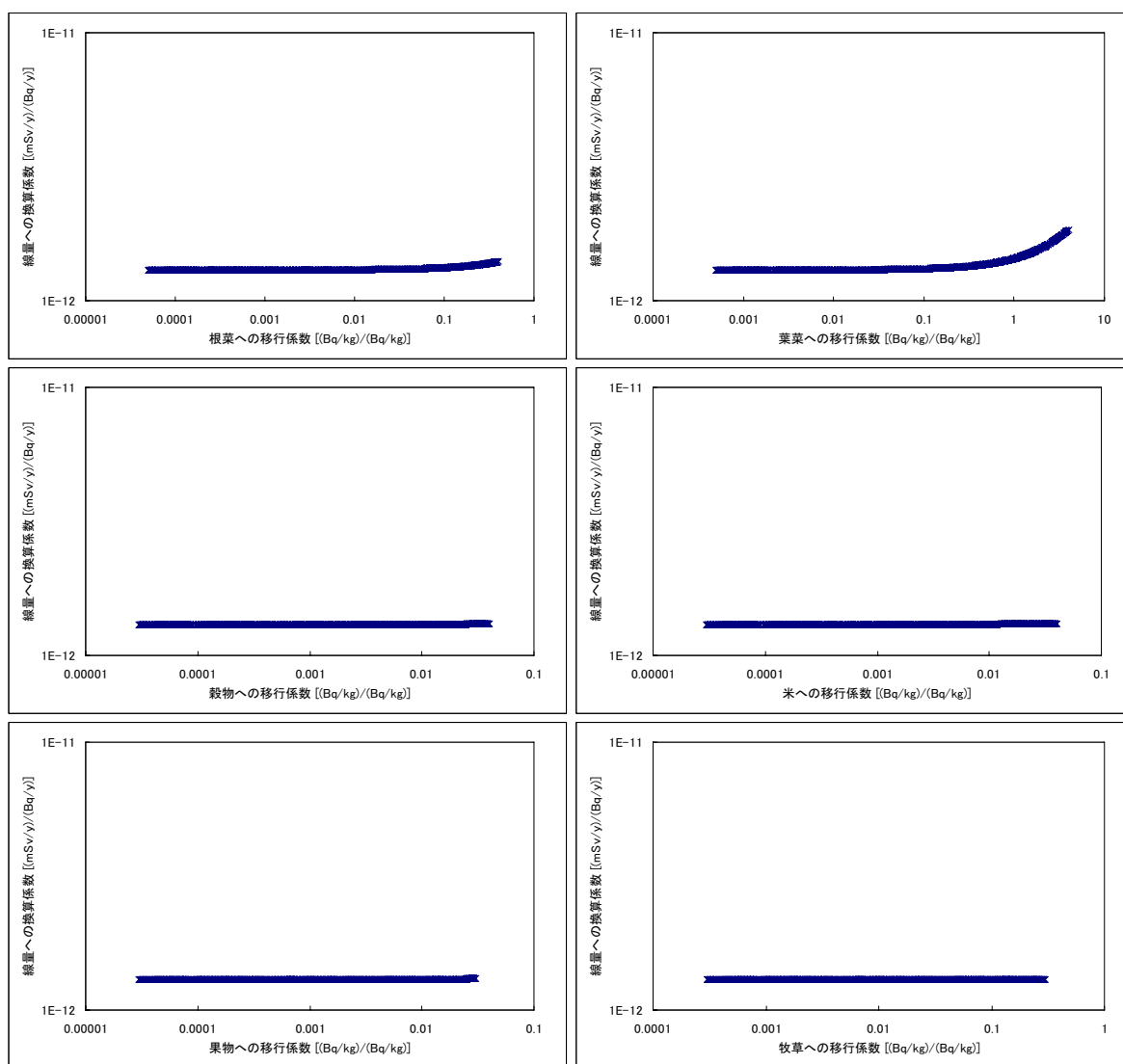
(c) I-129

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



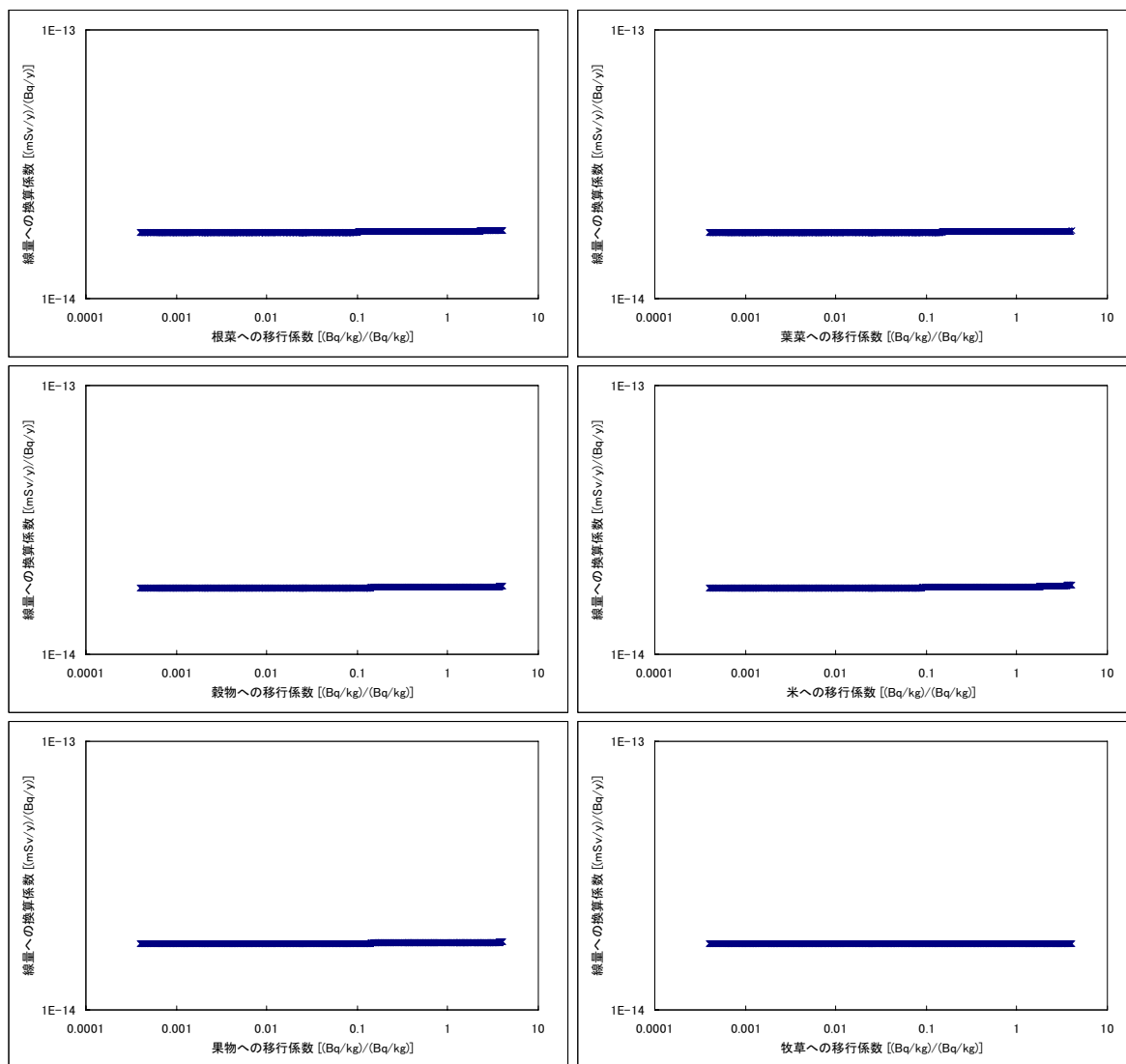
(d) Cs-135

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



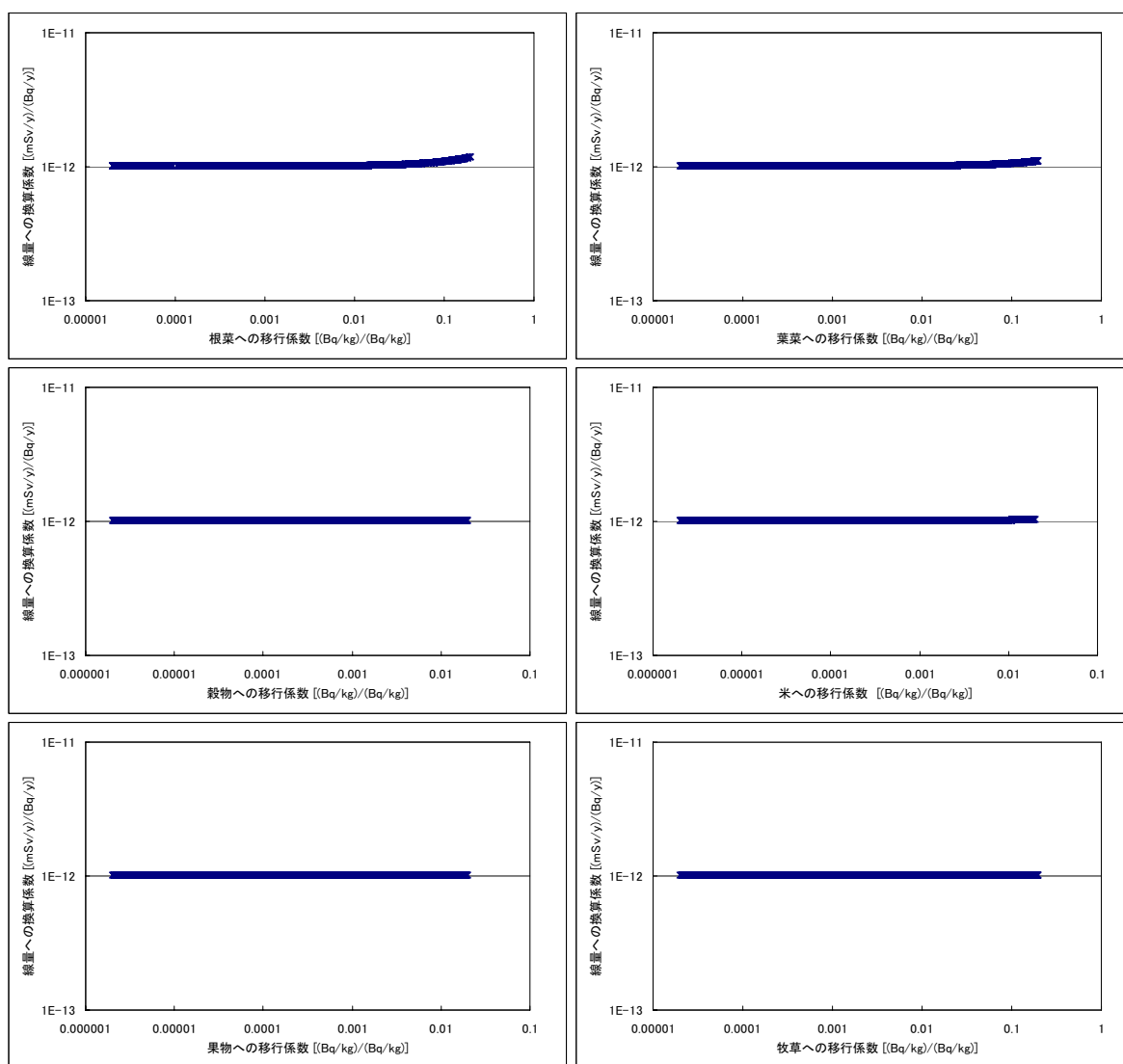
(e) Np-237

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



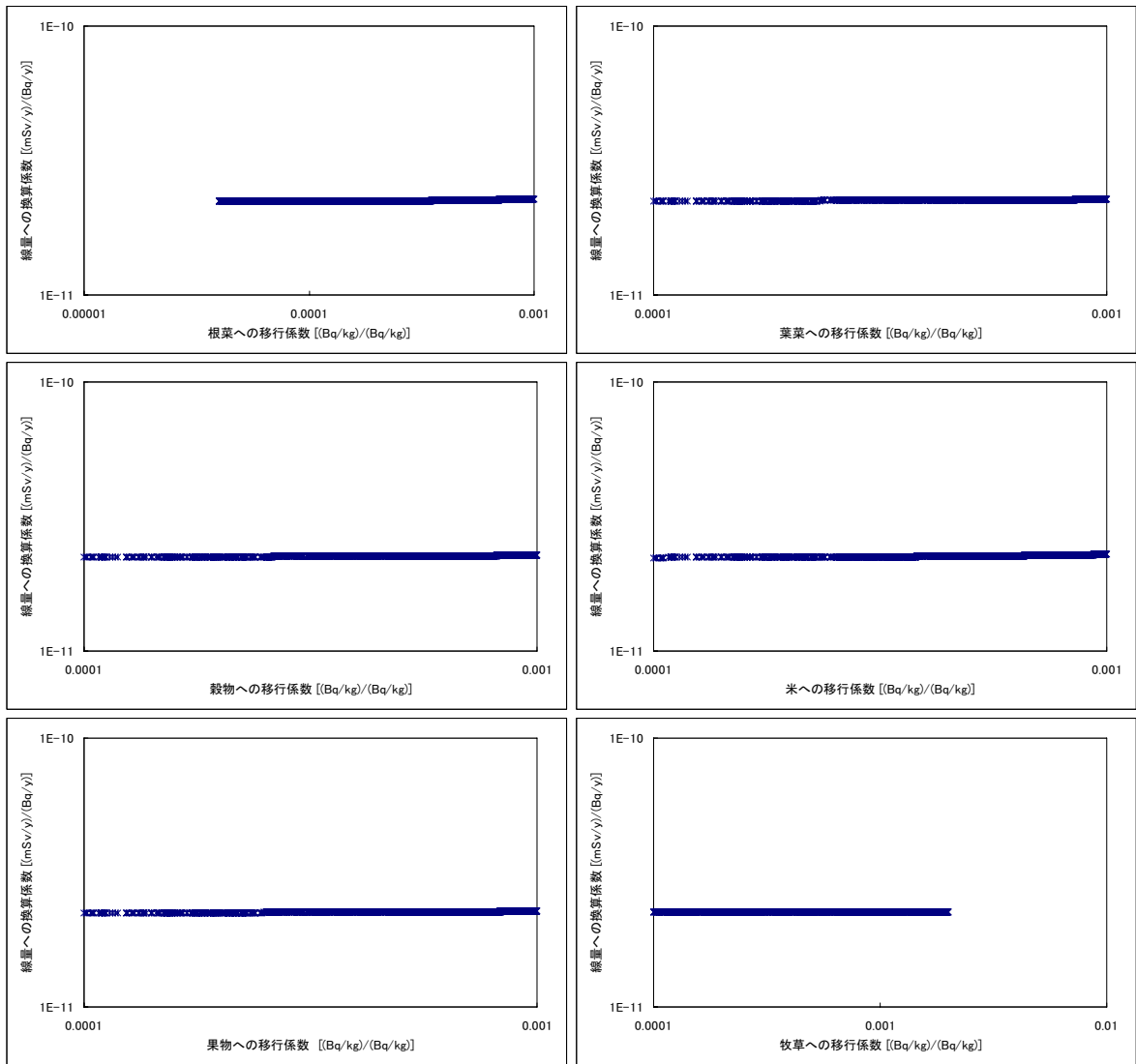
(f) Pa-233

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



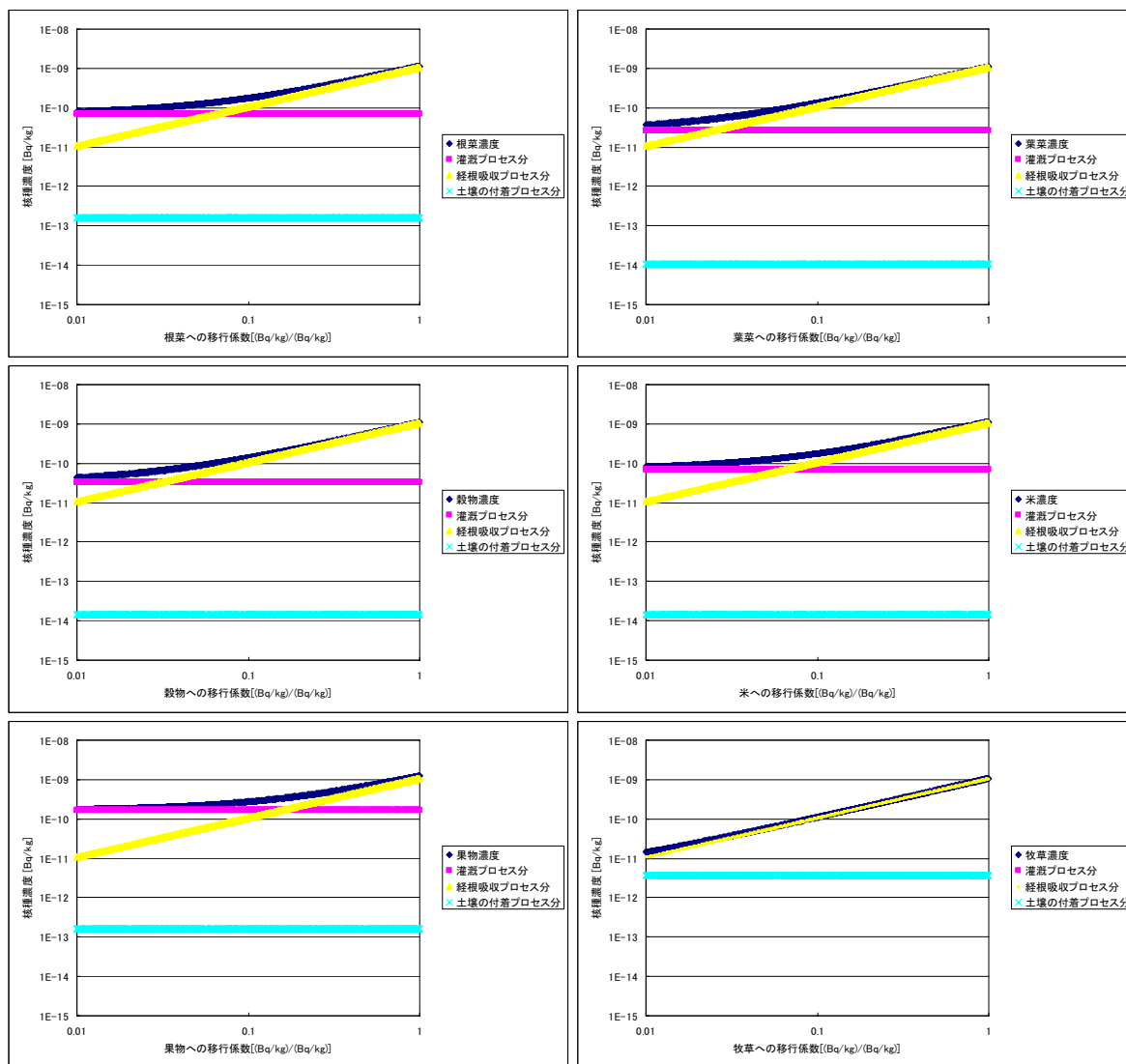
(g) U-233

付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



(h) Th-229

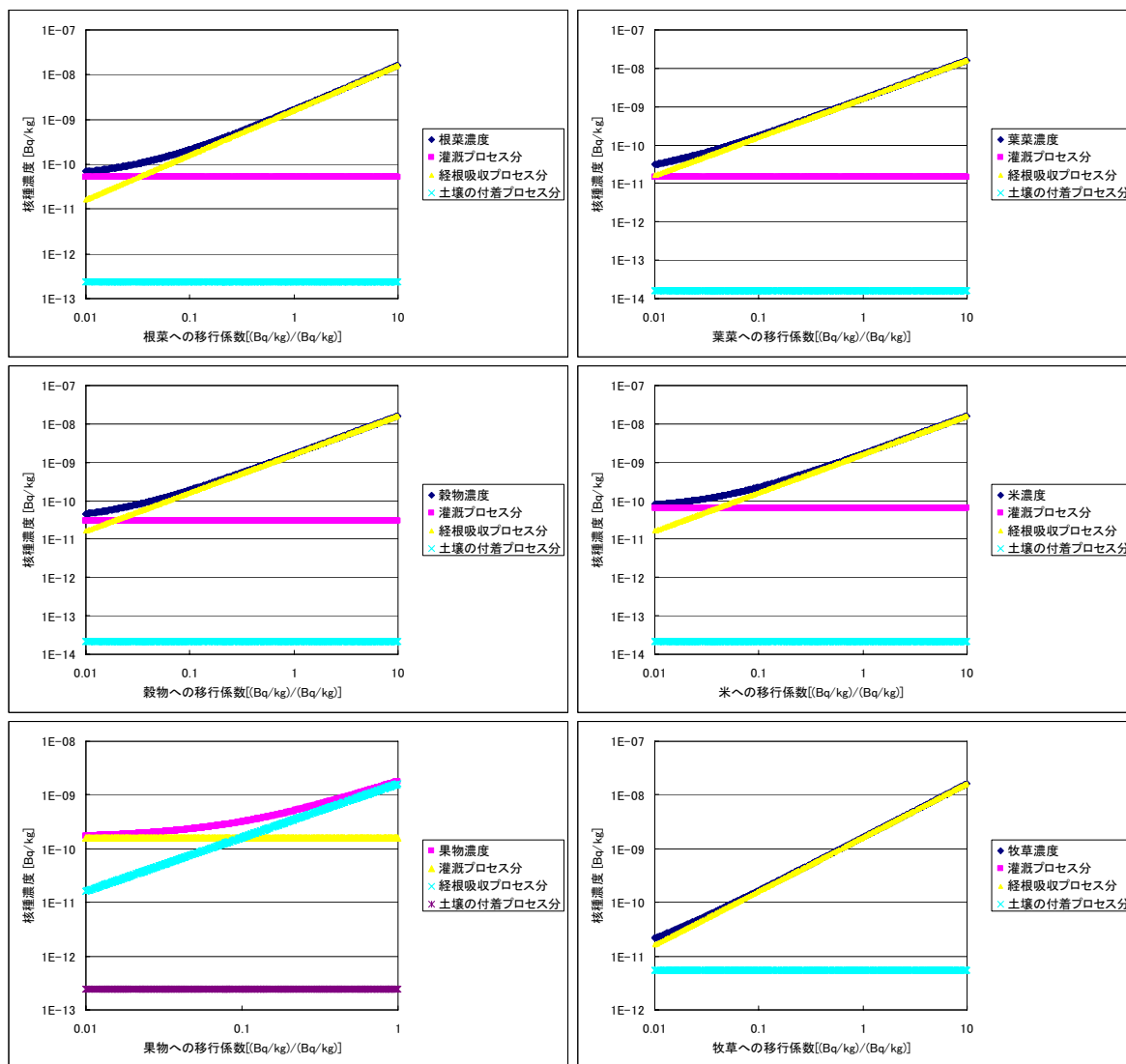
付録図 D.3-4 農作物への移行係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数



(a) C-14

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度^{*}における農作物への移行係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

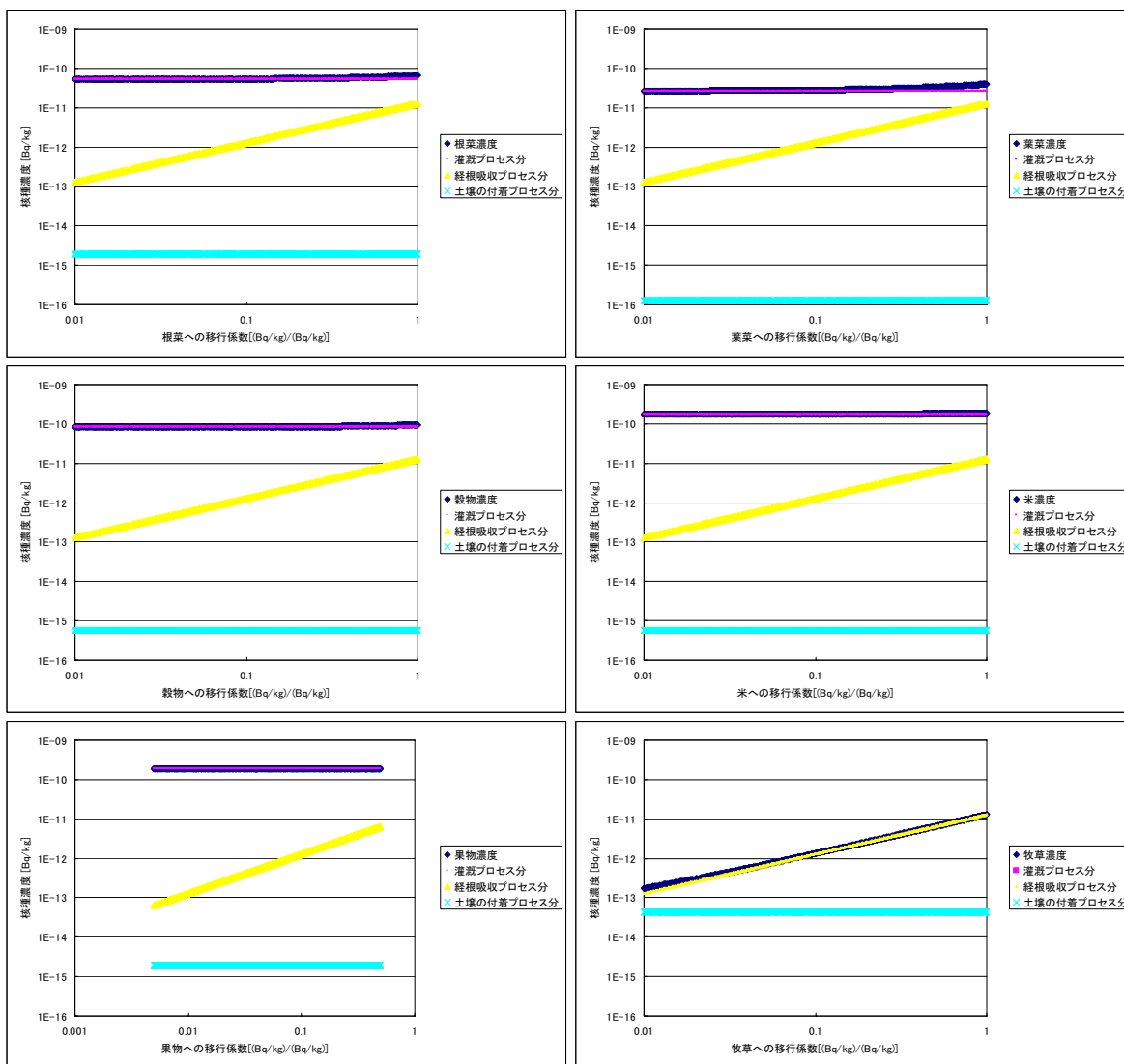
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y^{-1}) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(b) Se-79

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度^{*}における農作物への移行係数依存性
(ただし、牧草については灌漑プロセスを考慮しない)

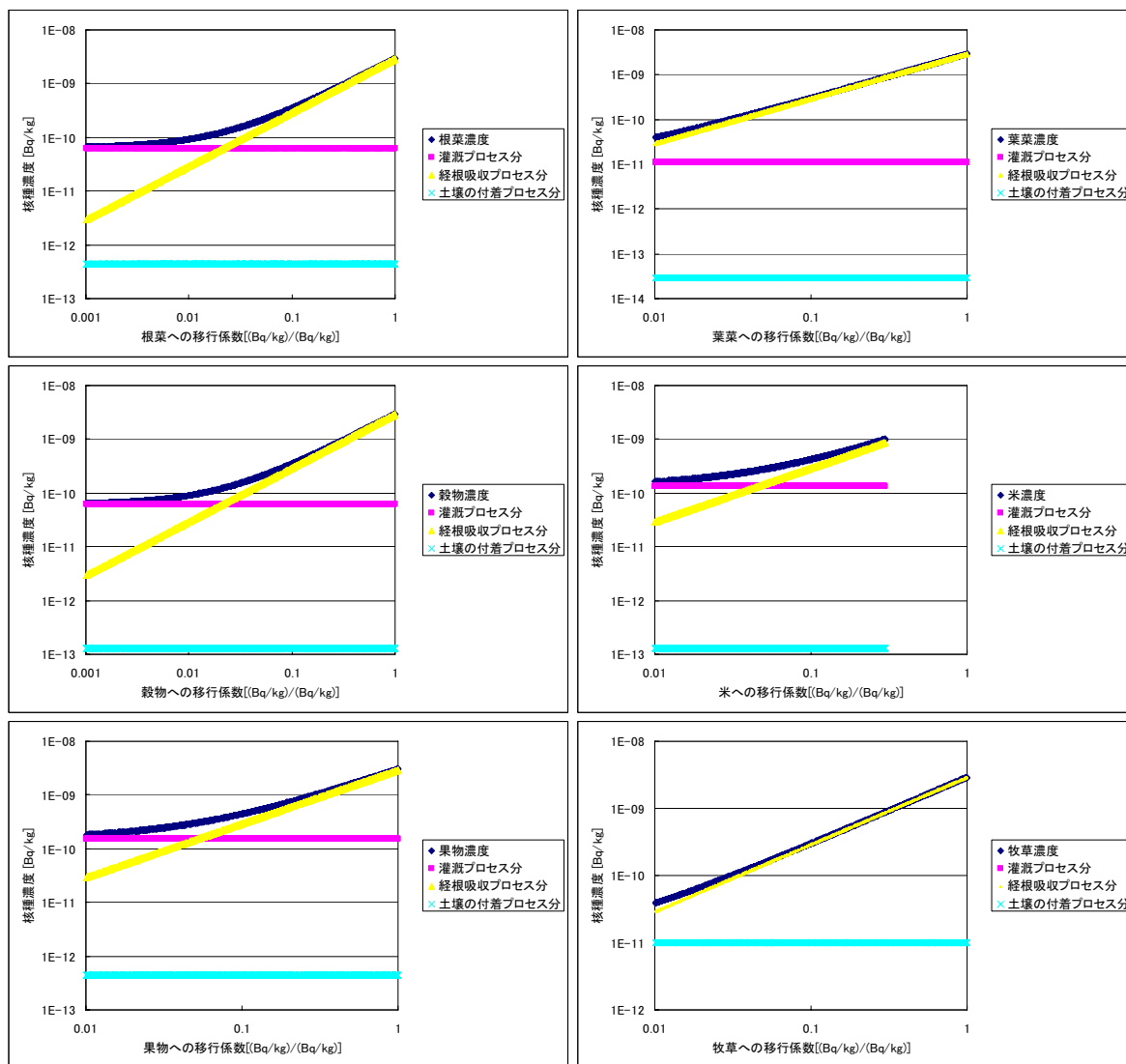
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(c) I-129

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度*における農作物への移行係数依存性

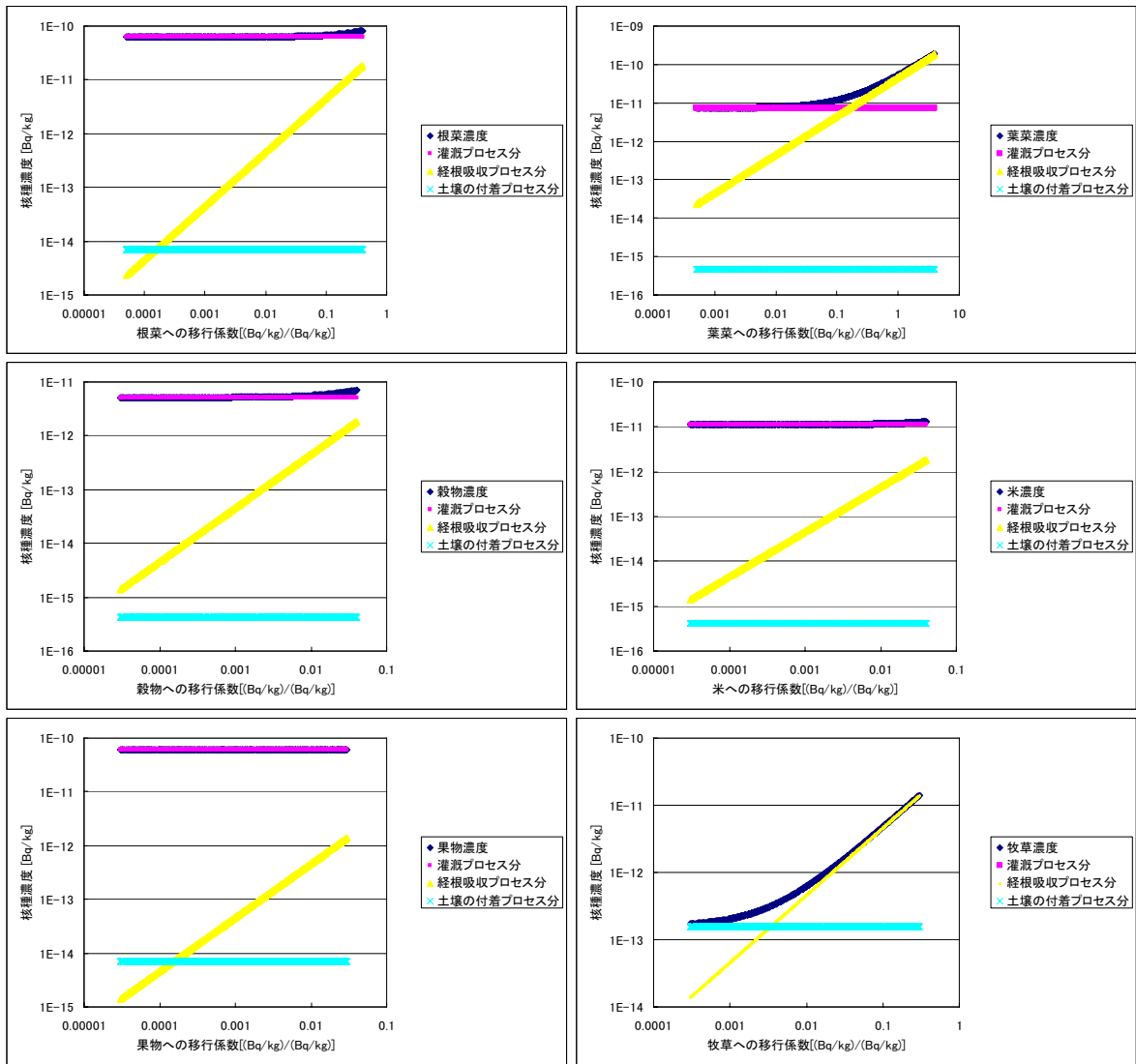
*ここでは、生物圏への定期的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(d) Cs-135

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度*における農作物への移行係数依存性

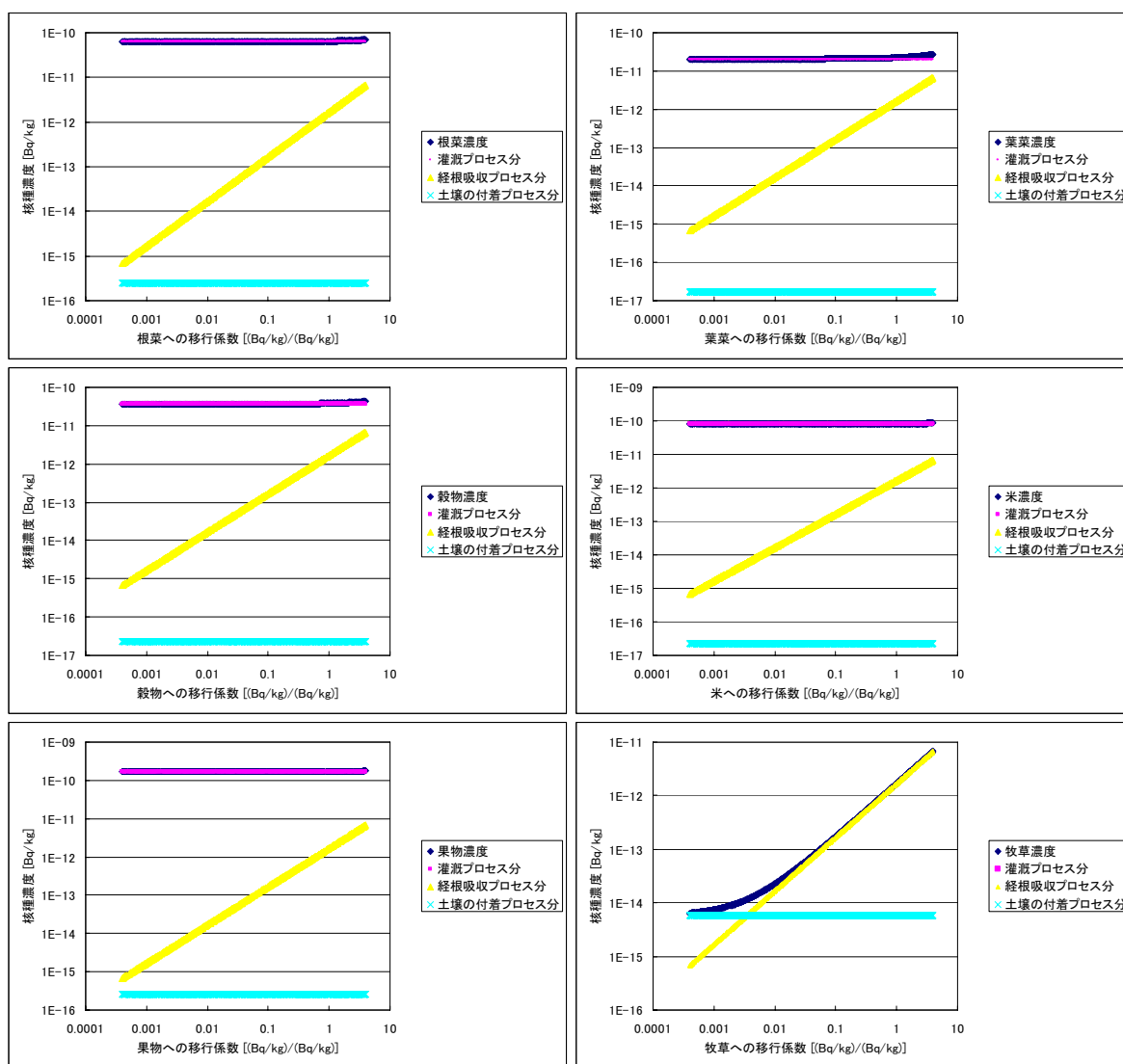
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(e) Np-237

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度*における農作物への移行係数依存性

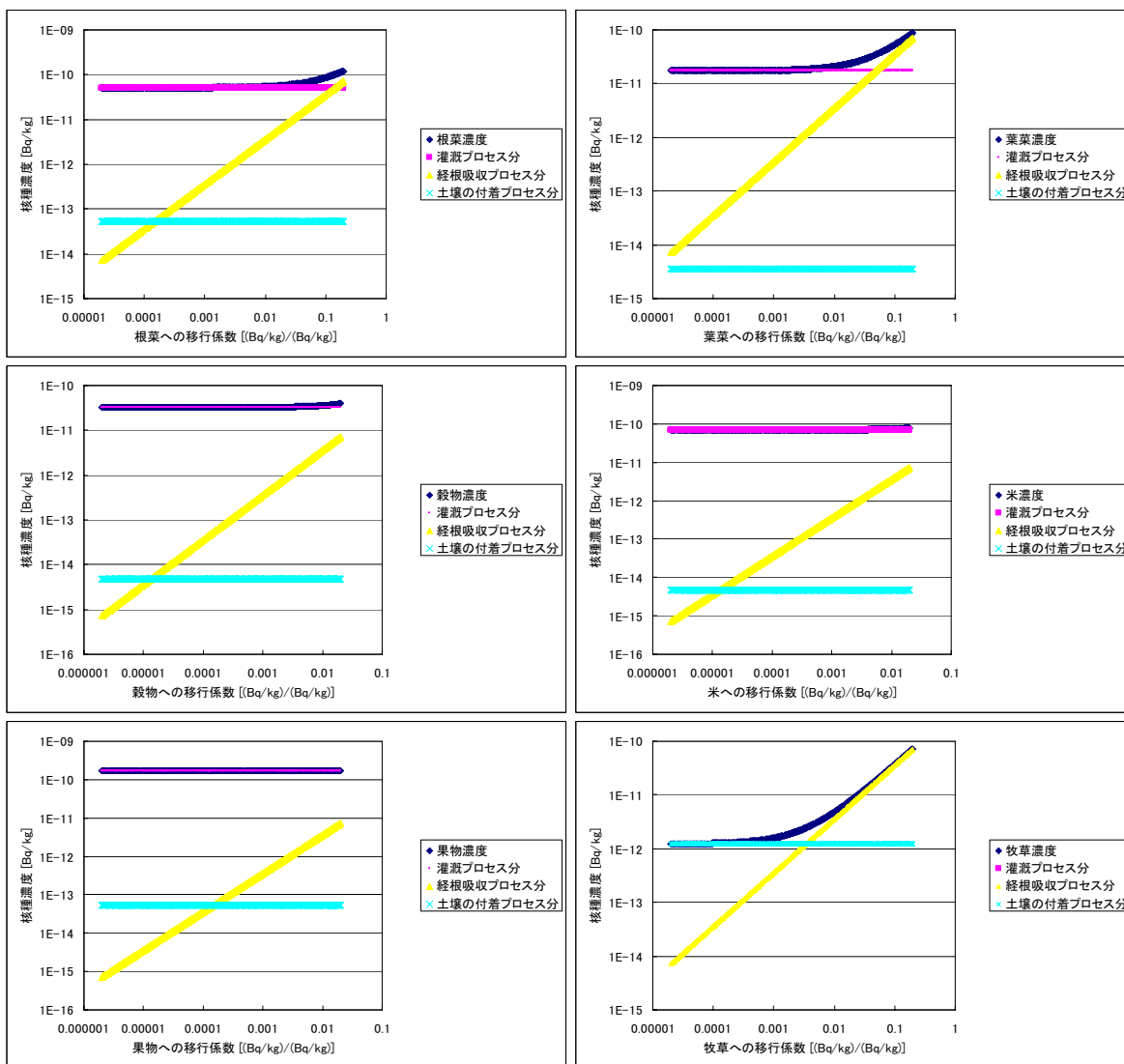
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(f) Pa-233

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度*における農作物への移行係数依存性

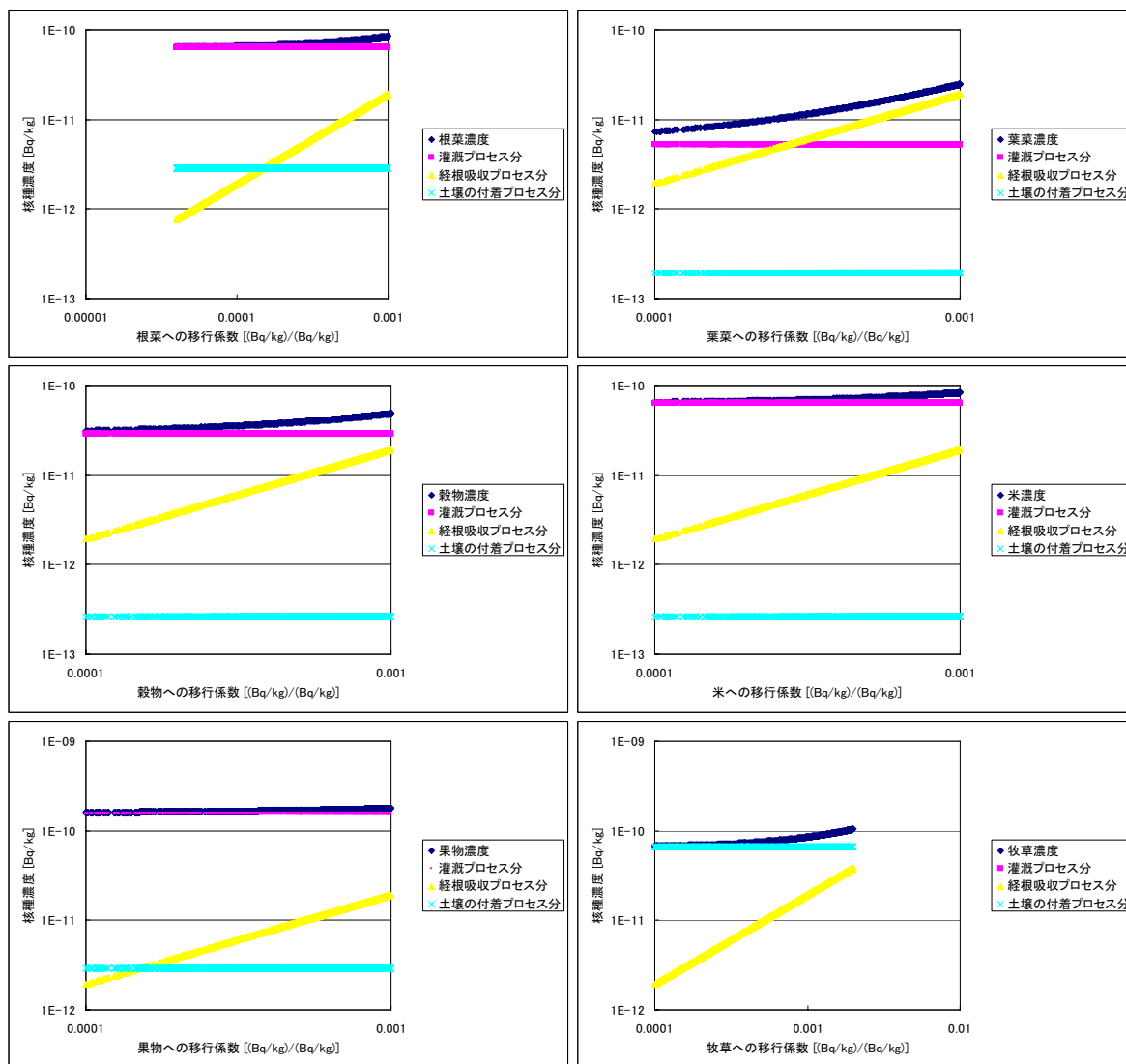
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq^y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(g) U-233

付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度*における農作物への移行係数依存性

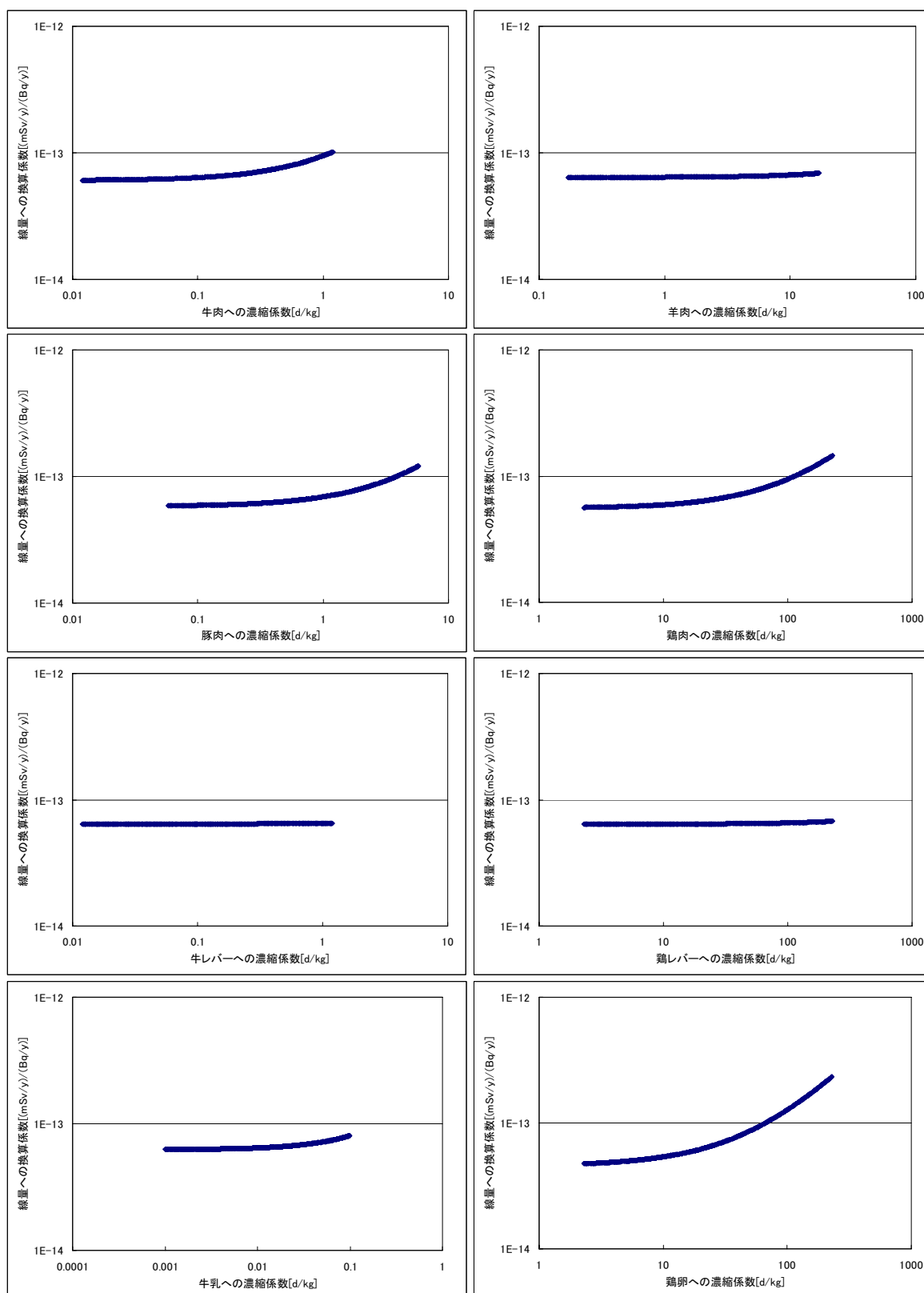
*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(h) Th-229

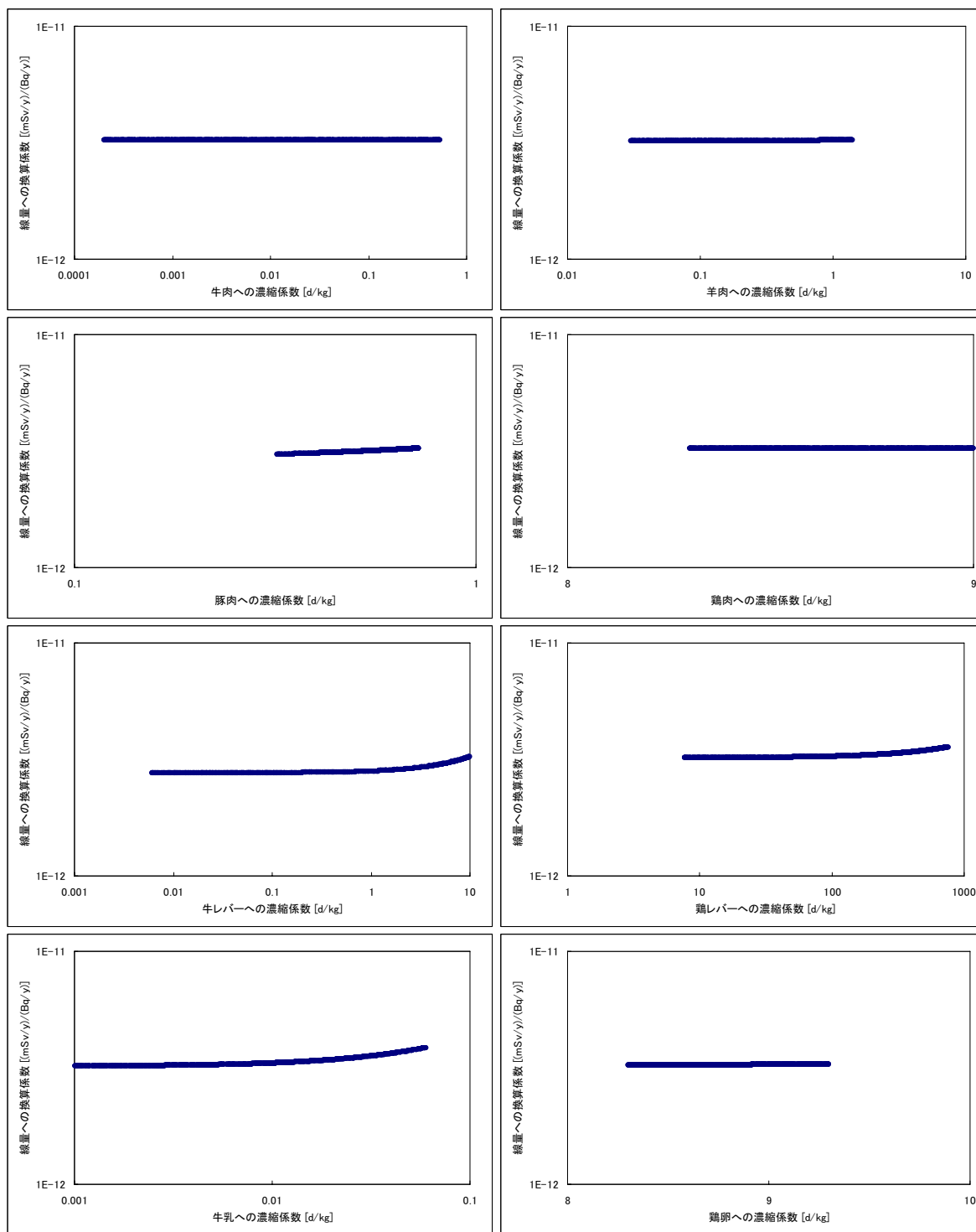
付録図 D.3-5 農作物中の核種濃度*における農作物への移行係数依存性

*ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



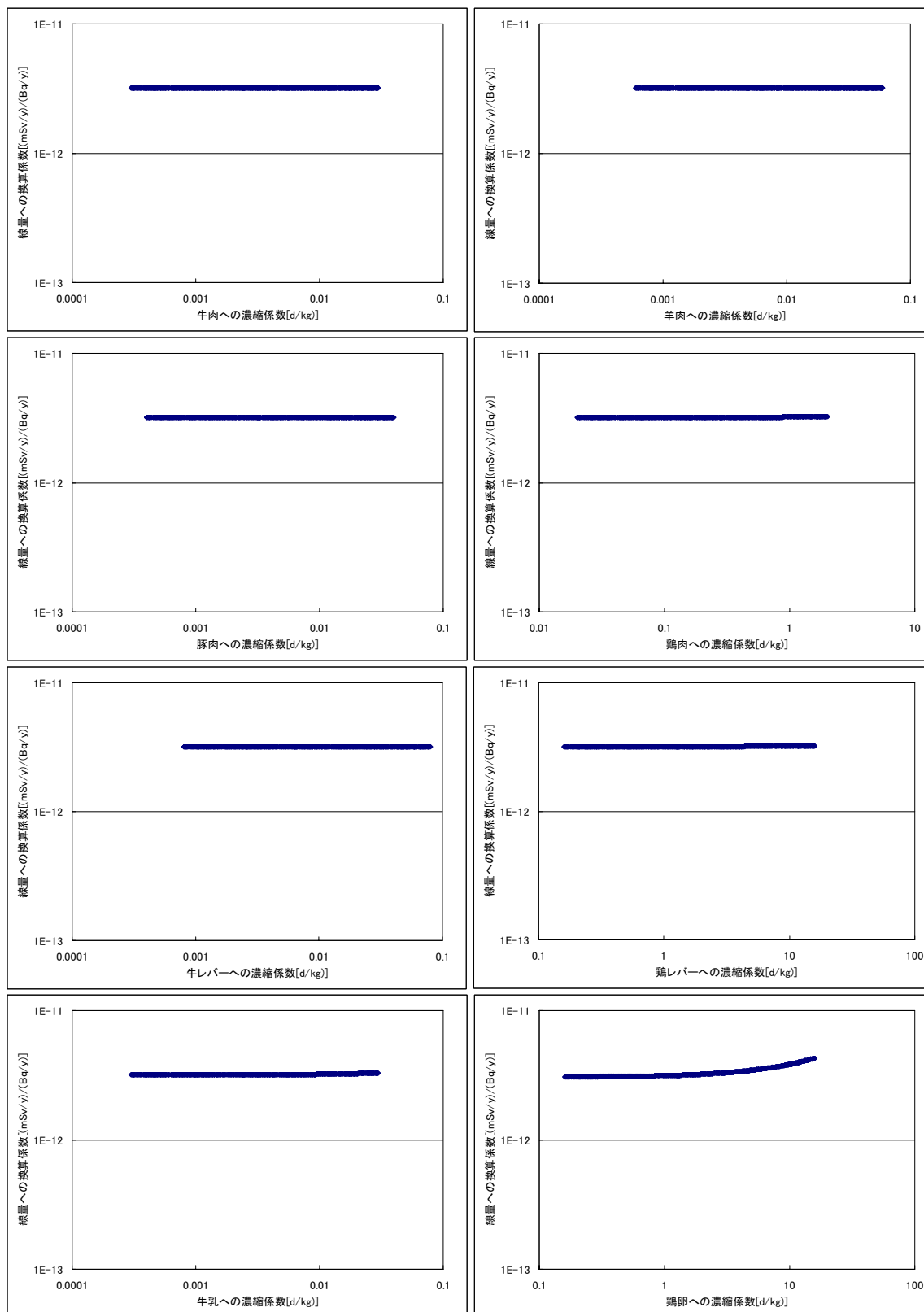
(a) C-14

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



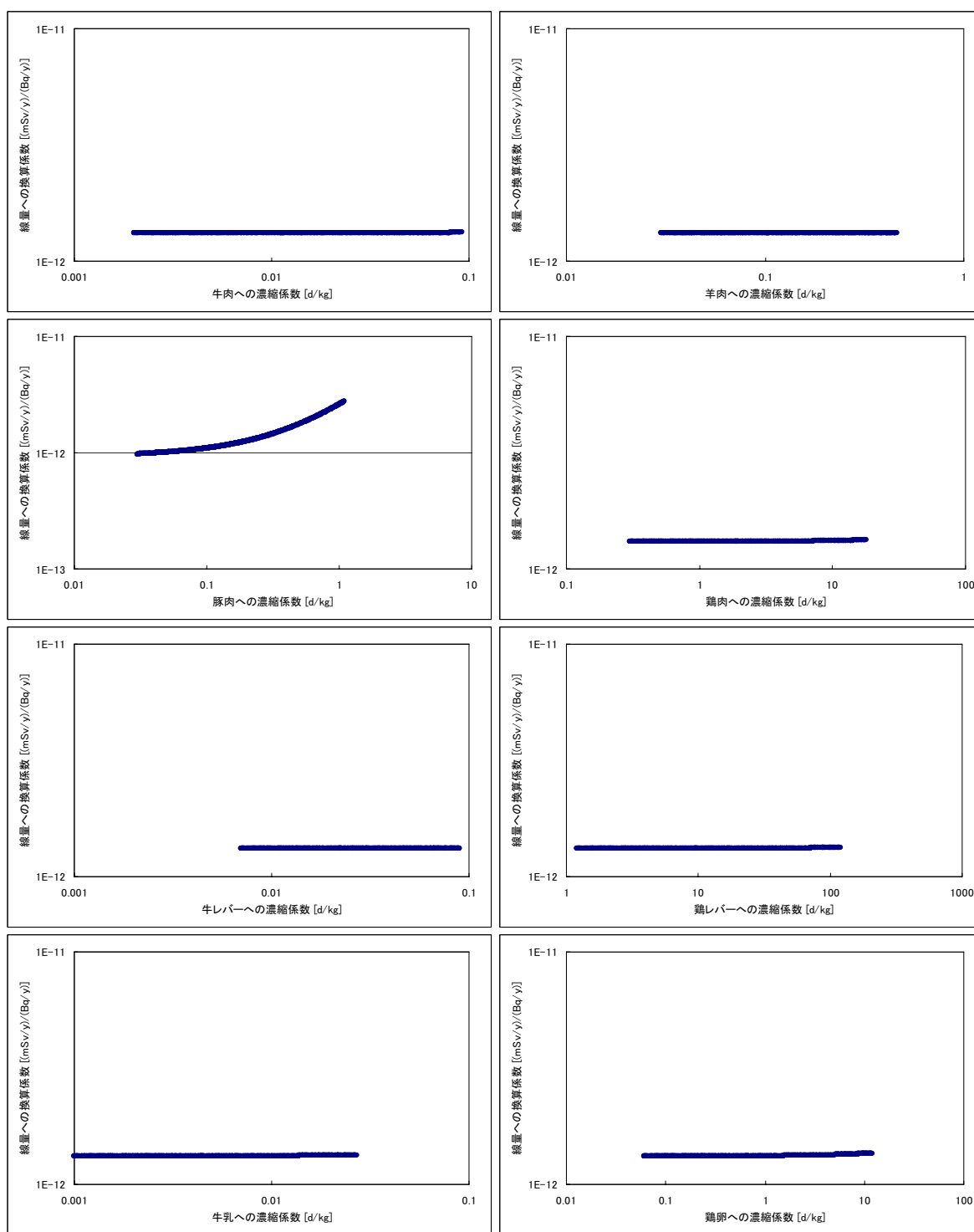
(b) Se-79

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



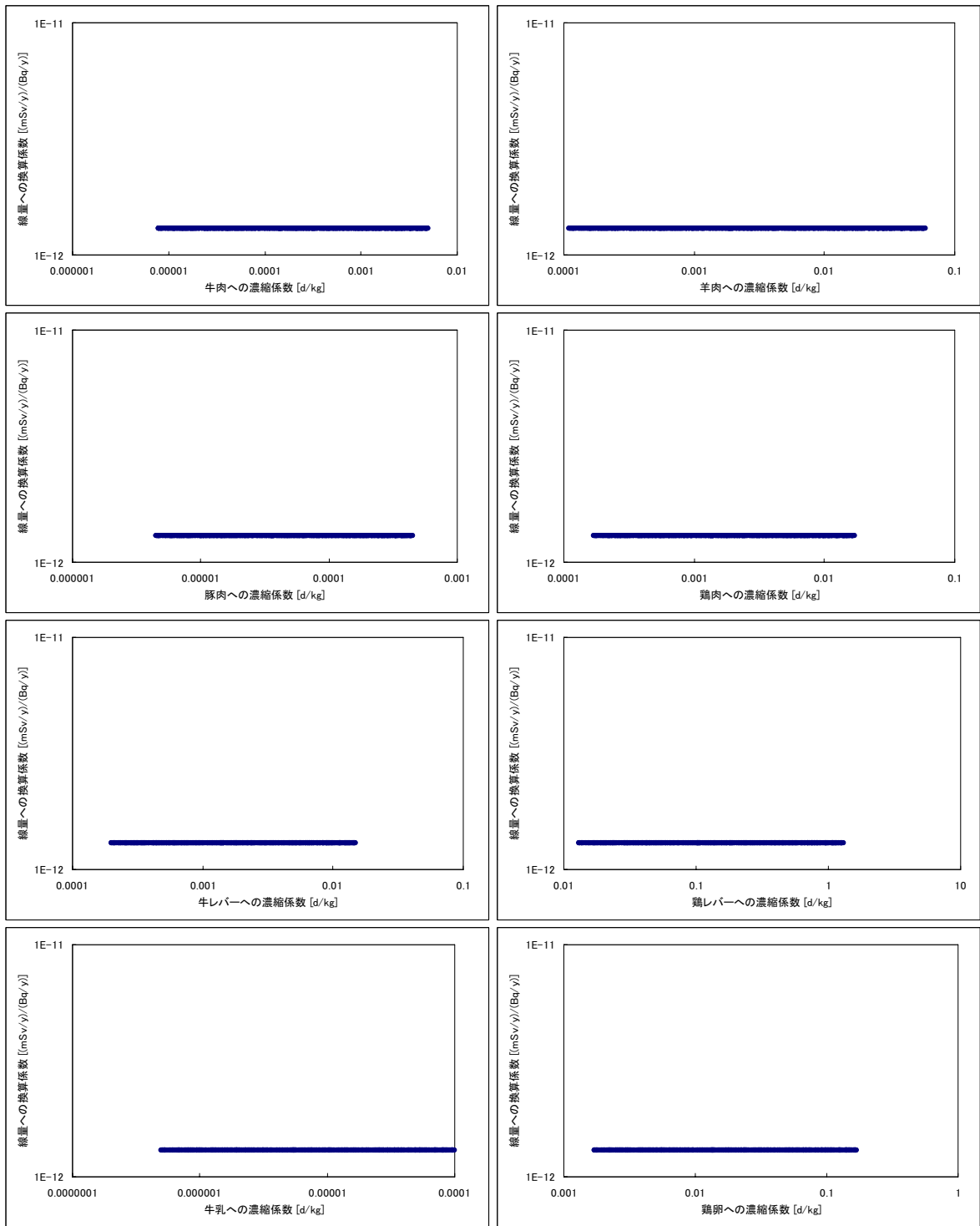
(c) I-129

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



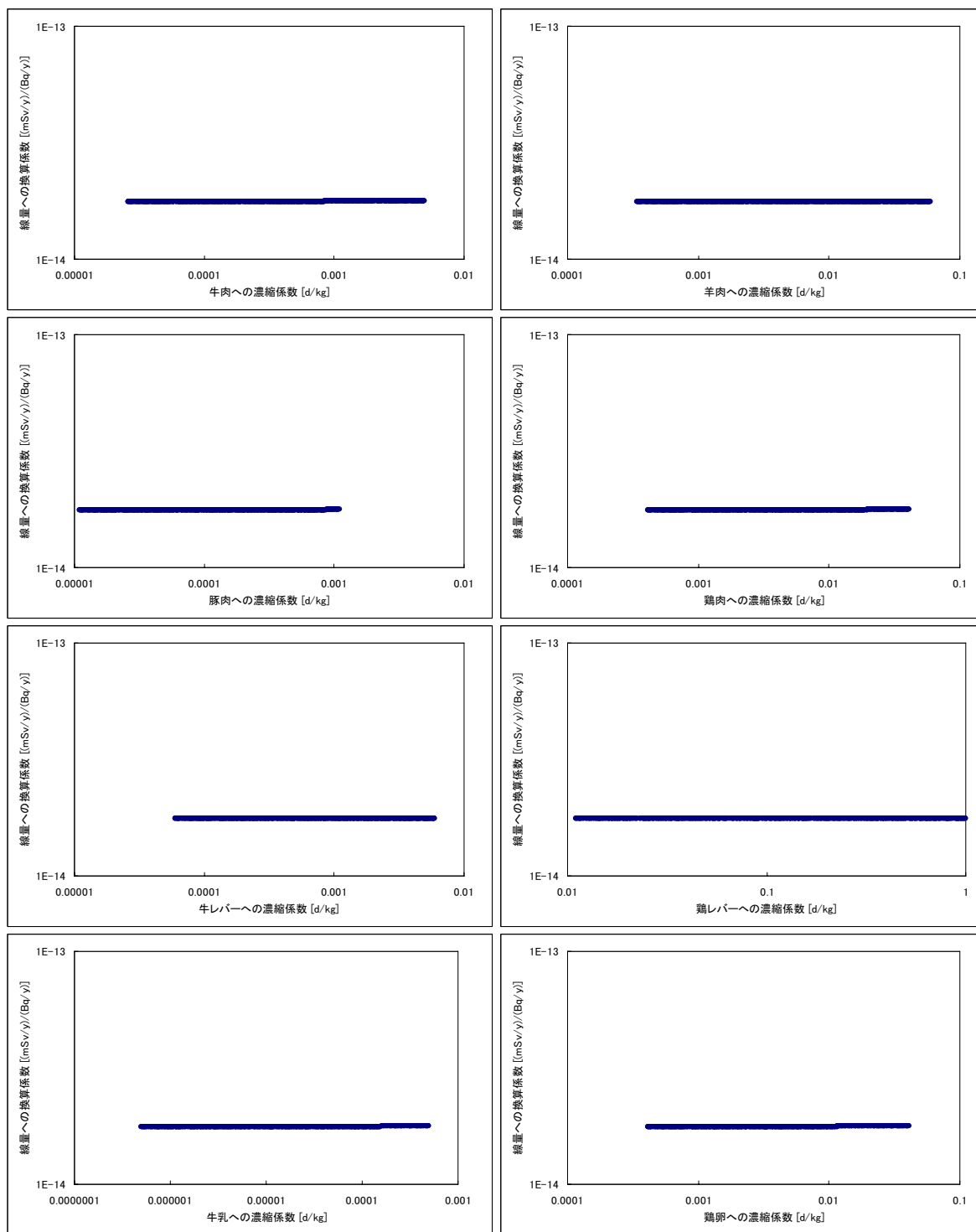
(d) Cs-135

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



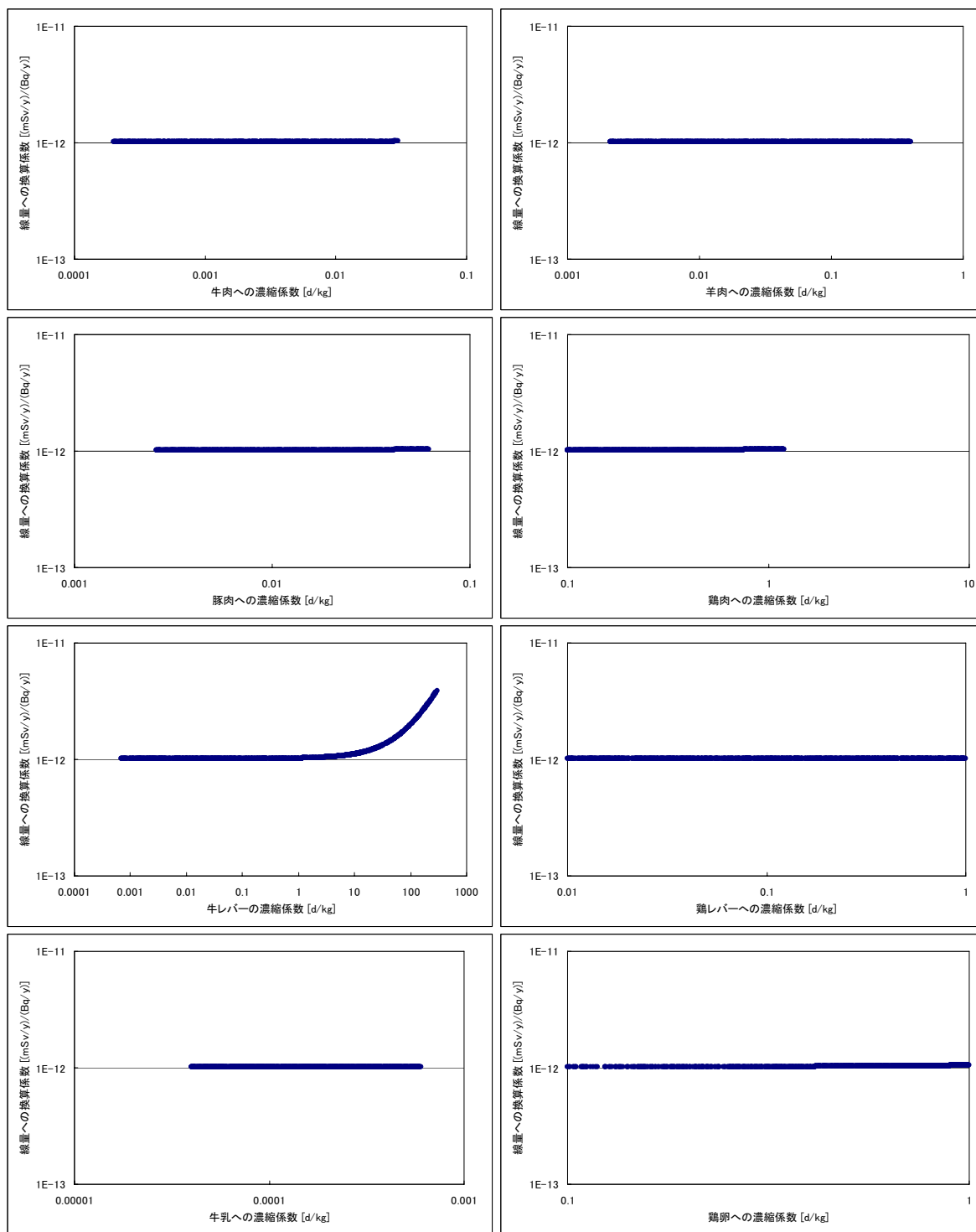
(e) Np-237

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



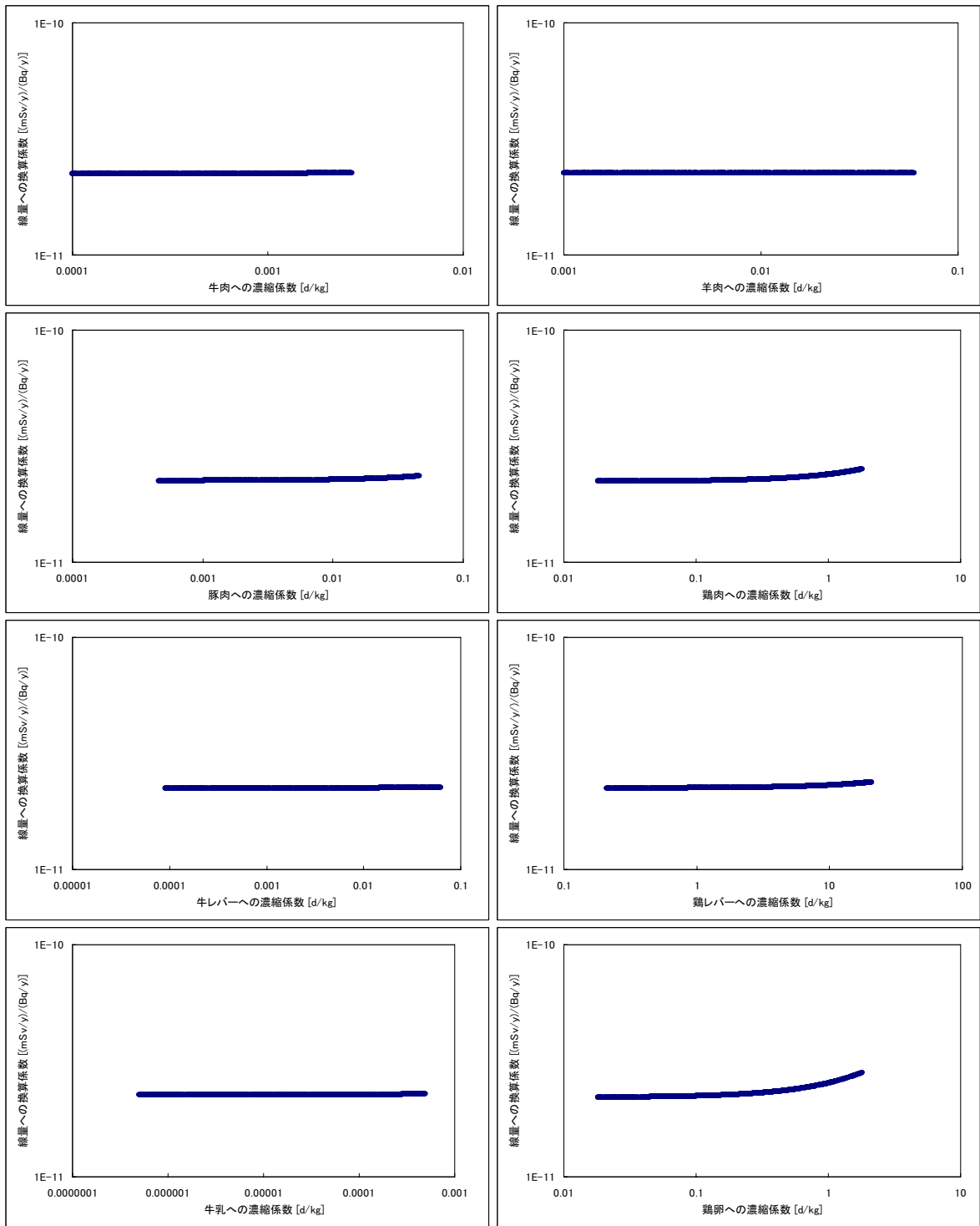
(f) Pa-233

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



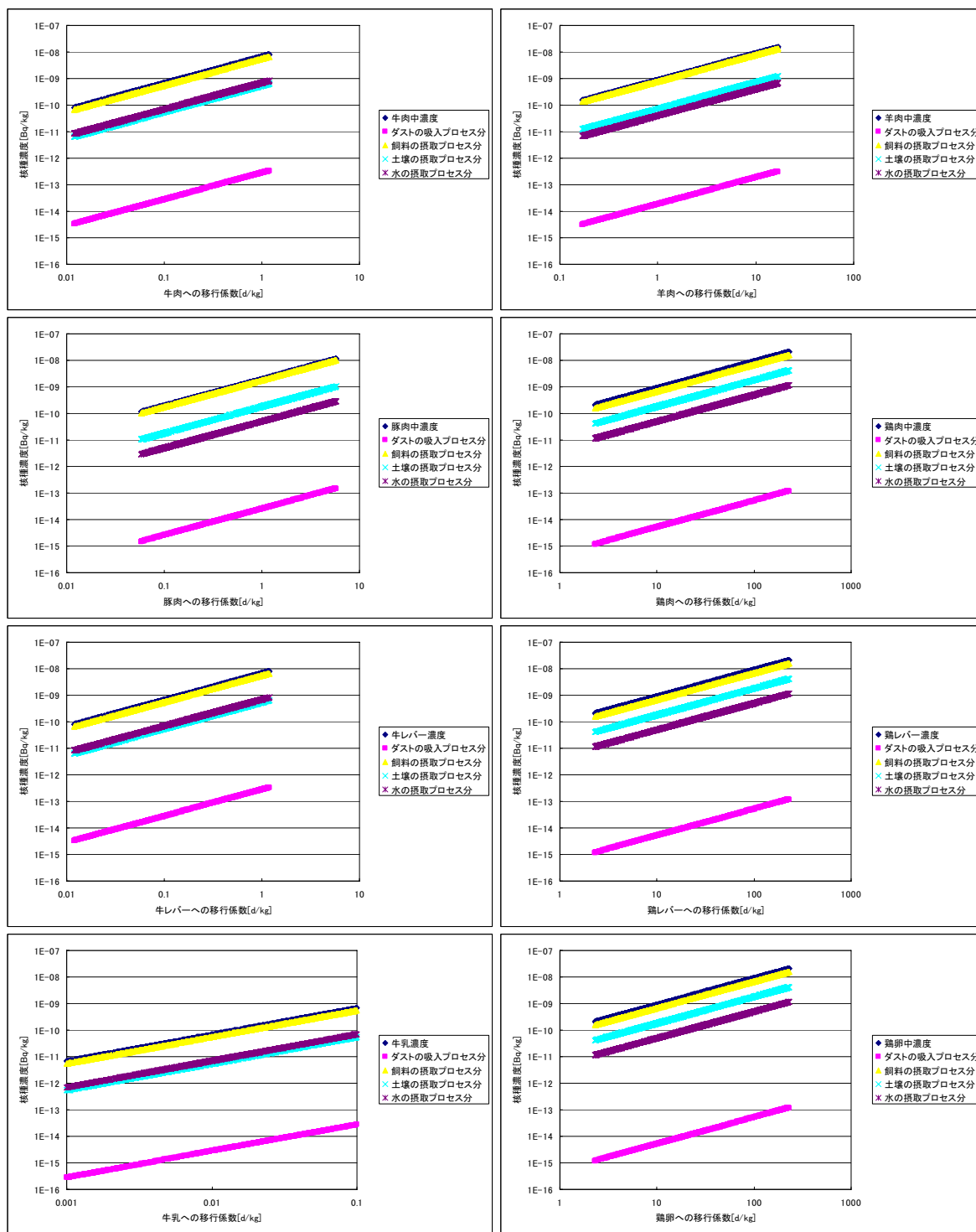
(g) U-233

付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



(h) Th-229

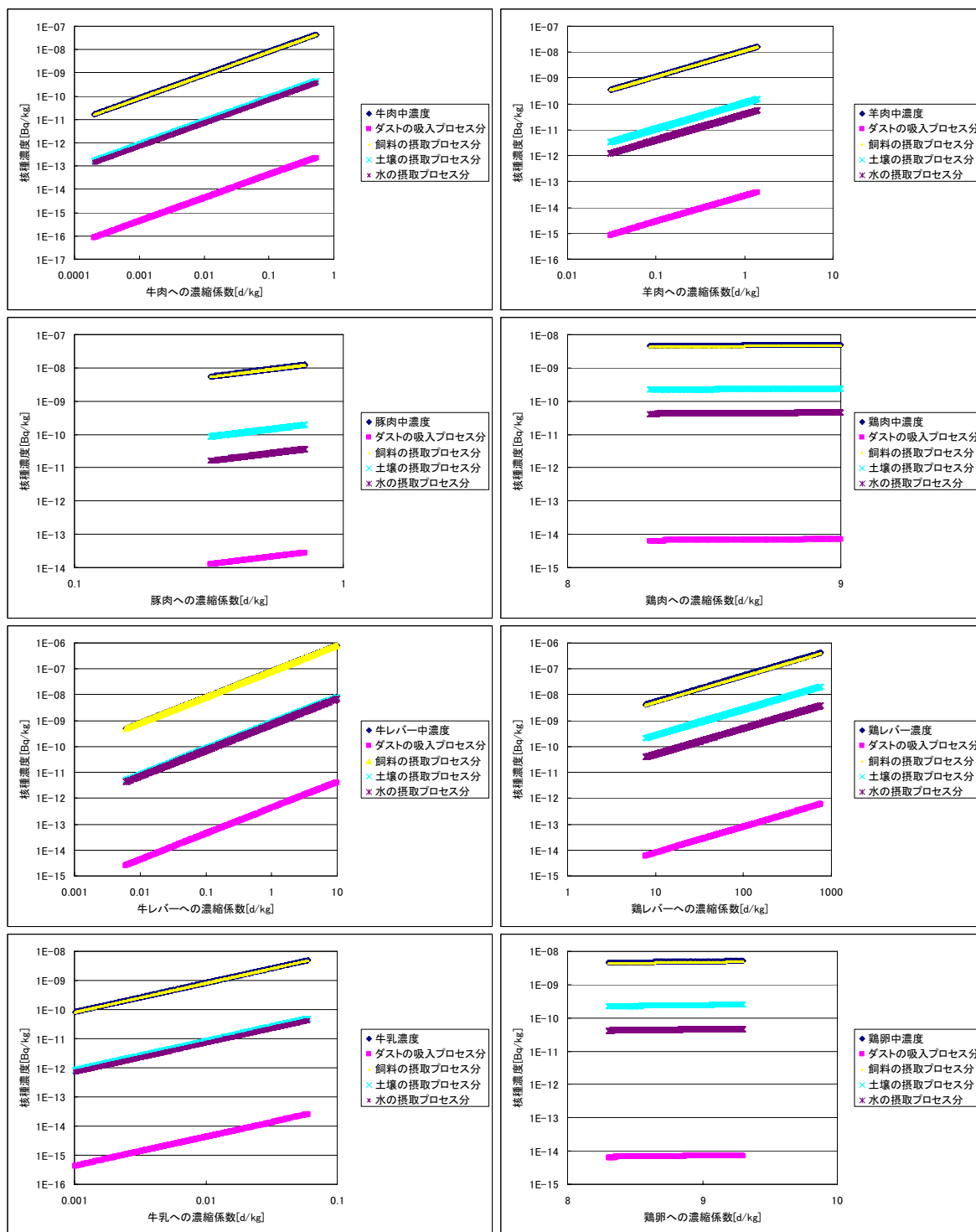
付録図 D.3-6 畜産物への濃縮係数を単独で変動させた場合の農作業従事者グループの線量への換算係数の変動



(a) C-14

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

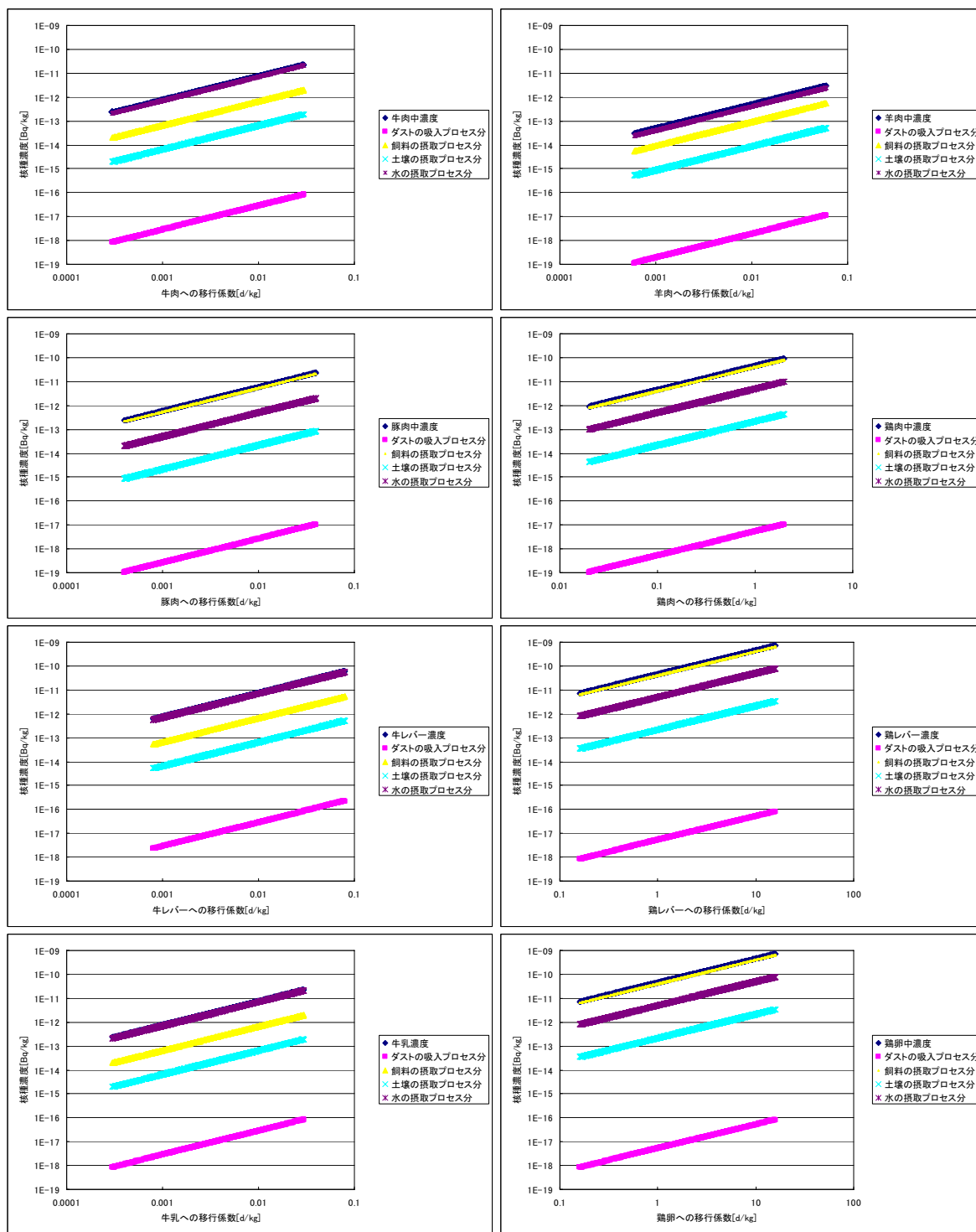
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bqy⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(b) Se-79

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

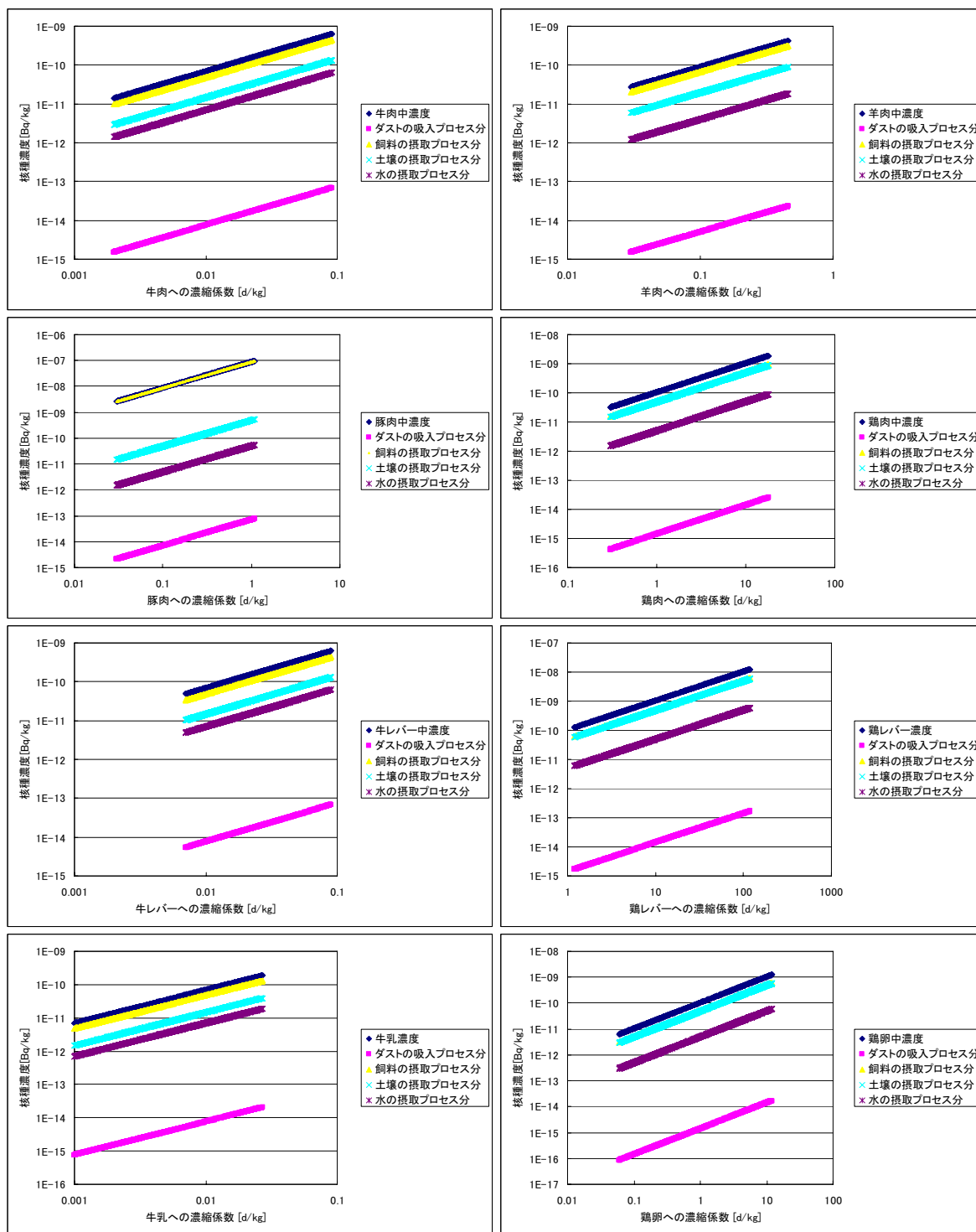
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(c) I-129

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

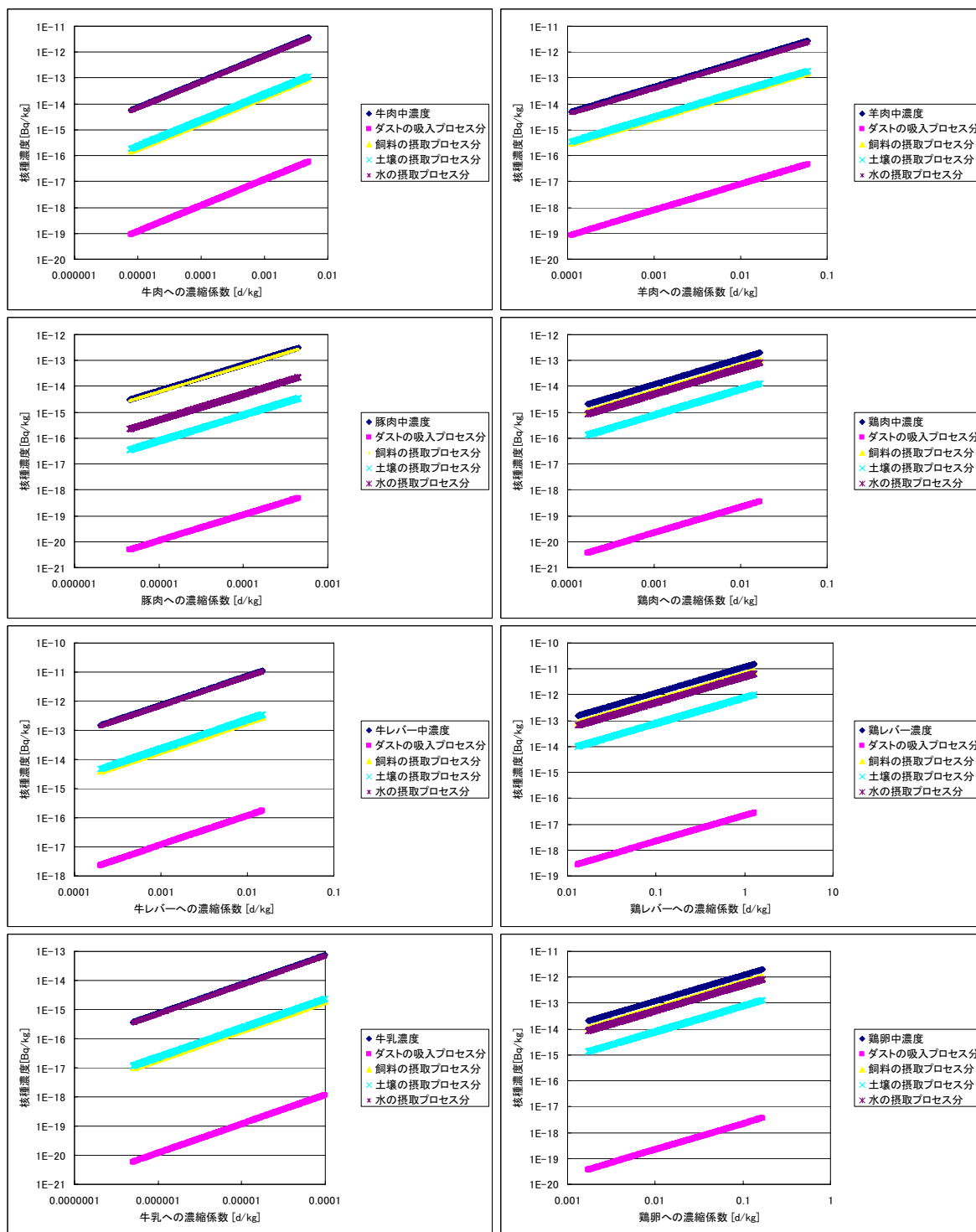
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(d) Cs-135

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

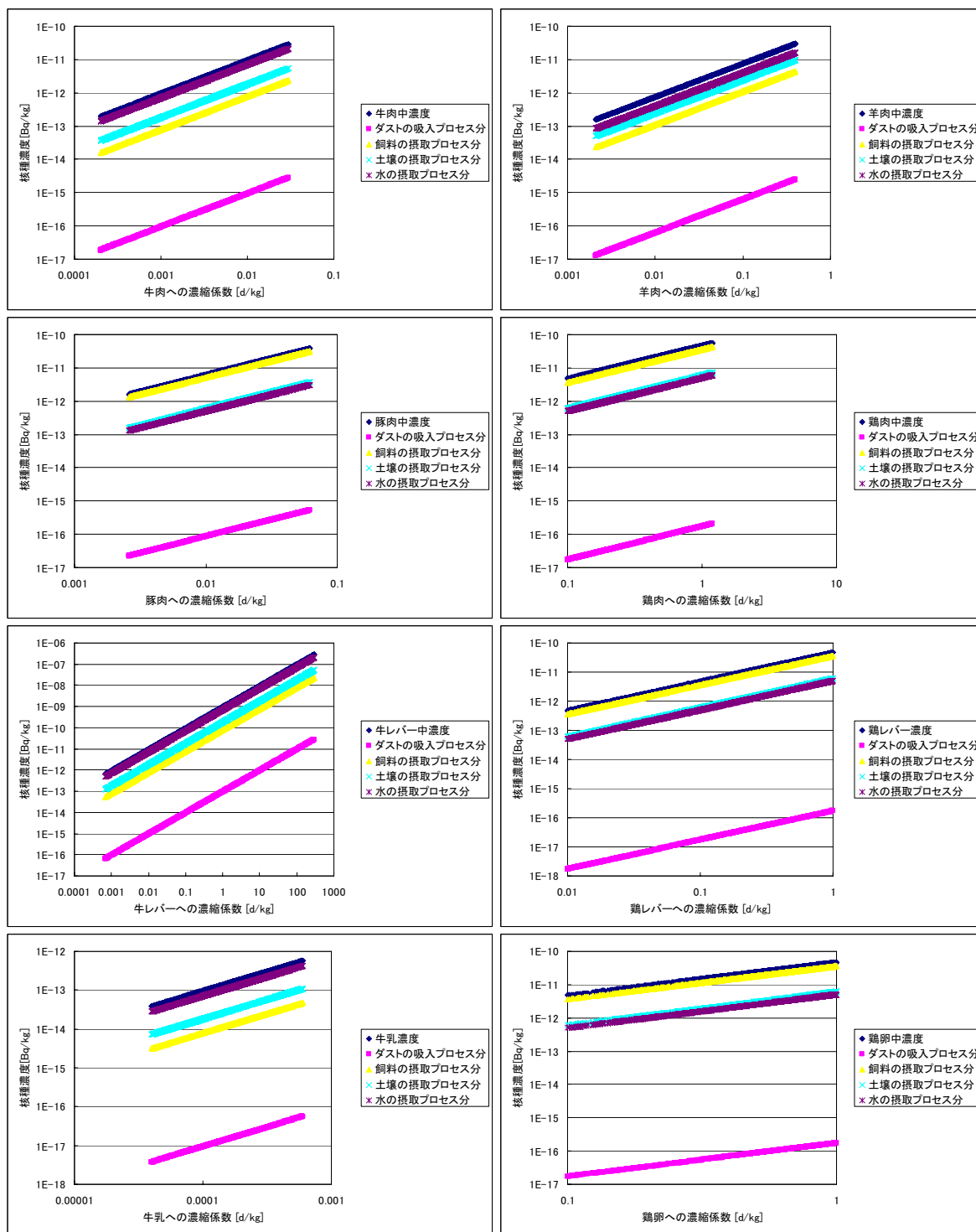
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(e) Np-237

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

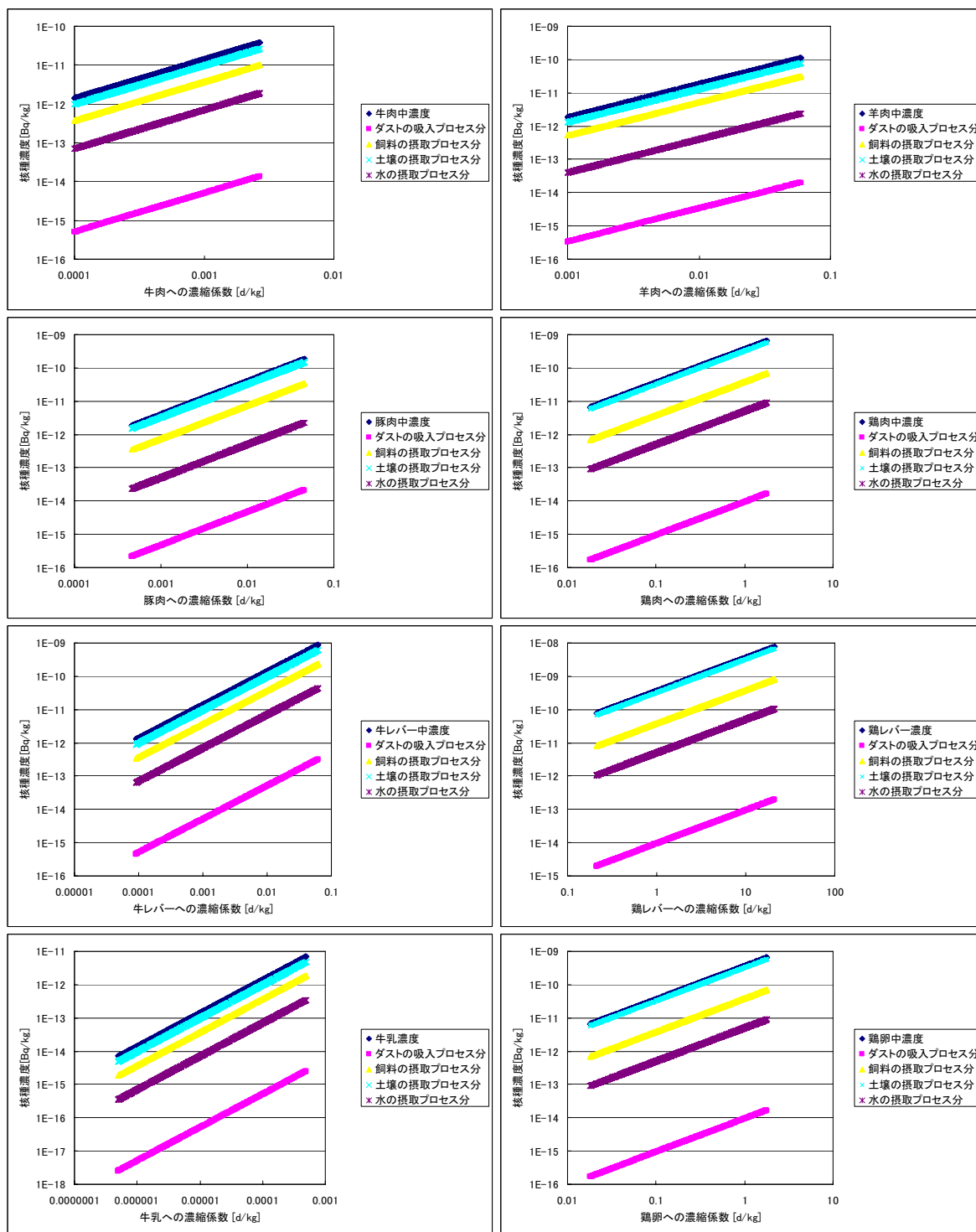
^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(g) U-233

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)



(h) Th-229

付録図 D.3-7 畜産物中の核種濃度^{*}における畜産物への濃縮係数依存性

^{*}ここでは、生物圏への定常的な単位流入量 (1Bq y⁻¹) に対する核種ごとの濃度を算出 (娘核種の影響は考慮せず)

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度 (質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
質量体積 (比体積)	立法メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
(物質量の) 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率	(数の) 1	1

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(a)	rad		m ⁻¹ ・m ¹ =1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)		m ² ・m ⁻² =1 ^(b)
周波数	ヘルツ	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m ¹ ・kg ¹ ・s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ ・kg ¹ ・s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m	m ² ・kg ¹ ・s ⁻²
工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² ・kg ¹ ・s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s ¹ ・A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² ・kg ¹ ・s ⁻³ ・A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² ・kg ¹ ・s ⁻³ ・A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ³ ・A ²
磁束	ウェーバ	Wb	V・s	m ² ・kg ¹ ・s ⁻² ・A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg ¹ ・s ⁻² ・A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² ・kg ¹ ・s ⁻² ・A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C		K
光照射度	ルーメン	lm	cd・sr ^(c)	m ² ・m ⁻² ・cd=cd
放射能	ベクレル	Bq	lm/m ²	m ² ・m ⁻⁴ ・cd=m ⁻² ・cd
(放射性核種の) 放射能吸収線量, 質量エネルギー分与, カーマ線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量, 組織線量当量	グレイ	Gy	J/kg	m ² ・s ⁻²
	シーベルト	Sv	J/kg	m ² ・s ⁻²

- (a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときにいくつかの用例は表4に示されている。
 (b) 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“1”は明示されない。
 (c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
 (d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	m ² ・kg ¹ ・s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg ¹ ・s ⁻²
表角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m ¹ ・m ⁻¹ ・s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	m ¹ ・m ⁻¹ ・s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg ¹ ・s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² ・kg ¹ ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量熱容量 (比熱容量), 質量エントロピー	ジュール毎キログラム	J/(kg・K)	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量エネルギー (比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	m ¹ ・kg ¹ ・s ⁻³ ・K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ ・kg ¹ ・s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m ¹ ・kg ¹ ・s ⁻³ ・A ⁻¹
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ ・s ¹ ・A
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² ・s ¹ ・A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m ¹ ・kg ¹ ・s ⁻² ・A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² ・kg ¹ ・s ⁻² ・mol ⁻¹
モルエントロピー	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m ² ・kg ¹ ・s ⁻² ・K ⁻¹ ・mol ⁻¹
モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m ² ・kg ¹ ・s ⁻² ・K ⁻¹ ・mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ ・s ¹ ・A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² ・s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ ・m ⁻² ・kg ¹ ・s ⁻³ =m ² ・kg ¹ ・s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² ・sr)	m ² ・m ⁻² ・kg ¹ ・s ⁻³ =kg ¹ ・s ⁻³

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
リットル	l, L	1 l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg
ネーパ	Np	1 Np=1
ベル	B	1 B=(1/2) ln10 (Np)

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.60217733(49)×10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1 u=1.6605402(10)×10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1 ua=1.49597870691(30)×10 ¹¹ m

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	海里	1 海里=1852m
ノット	ノット	1 ノット=1 海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	1 a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
バール	b	1 b=100fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn・s/cm ² =0.1Pa・s
ストークス	St	1 St=1cm ² /s=10 ⁻⁴ m ² /s
ガウス	G	1 G ≅ 10 ⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe ≅ (1000/4π) A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx ≅ 10 ⁻⁸ Wb
スチルブ	sb	1 sb=1cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホト	ph	1 ph=10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X	1 X unit=1.002×10 ⁻⁴ nm
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W・m ⁻² ・Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 metric carat = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

