

## II. 分担研究報告

食品の一日最大摂取量データを用いた動物用医薬品等の  
短期摂取量推計の精緻化

研究分担者 中村公亮

食品の一日最大摂取量データを用いた動物用医薬品等の短期摂取量推計の精緻化

研究分担者 中村公亮 国立医薬品食品衛生研究所 食品部第五室長

研究要旨

毎日の食事から残留農薬、動物用医薬品、飼料添加物（以下、農薬等と略す。）などの化学物質をどれだけ摂取するかを精緻に把握することは、食の安全を確保する上で重要である。本分担研究では、国際機関及び諸外国における動物用医薬品等の短期暴露推計に関わる手法及び評価実績に関する最新情報を収集し、国際整合性、時代に即した急性参照用量（Acute Reference Dose; ARfD）の算出方法等を検討することを目的とした。令和 3 年度は、海外機関における短期暴露評価情報の収集及び解析、畜産物の種カテゴリー分類案を作成した。令和 4 年度は、水産物の種カテゴリー分類案の作成、ならびに、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）が提唱した動物用医薬品等の短期暴露量の推計モデル（Global Estimate of Acute Dietary Exposure [GEADE]）に必要な畜水産物の一日消費量 97.5 パーセントイルの情報を取り纏め、推計される動物用医薬品等の短期暴露量への影響を解析した。令和 5 年度は、全国食事調査に基づいた食品の消費量データ、加工食品を原材料に分解する逆算係数（Reverse-yield factor; RF）、ならびに加工過程での残留物濃度変化を表す加工係数（Processing factor; PF）を組み合わせて、加工食品を含む食品全体からの残留農薬等の経口暴露量を推計するツールを開発し、厚生労働省が公開している食品中の残留農薬等調査結果より報告された「養殖大西洋サケ」の動物用医薬品の残留濃度データをもとに短期暴露量を推計した。ARfD に対する推計量の割合は 1 割未満であり、サケに検出された動物用医薬品の短期暴露量による健康リスクは許容範囲内であることが示唆された。

研究協力者：

廣野育生（東京海洋大学）  
千葉慎司（国立医薬品食品衛生研究所）  
木内隆（国立医薬品食品衛生研究所）

## A. 研究目的

食品中の残留農薬、飼料添加物、および動物用医薬品（以下「残留農薬等」と略す。）は、科学的根拠と国際整合を踏まえたリスク分析が行われ、規制されている。日常の食事から摂取される残留農薬等の量を精緻に推計し、リスク分析に活用することは、健康を護るため、安全な食品を確保する上で、重要である。食事の習慣等は時代とともに変化するため、国内の実態に合わせて最新の情報や手法を取り入れ、残留農薬等の経口暴露量を推計する必要がある。

近年、国連の食糧農業機関 (FAO) /世界保健機関 (WHO) 合同食品添加物専門家会議 (JECFA) では、Global Estimate of Acute Dietary Exposure (GEADE) モデルに基づいた、動物用医薬品の短期暴露量の推計が行われている。食品中の動物用医薬品の国際規格基準を設定する際には、その推計値が参照されている。分担者は、国内外の食品の消費量の実態と、加工食品の原材料比率を示す逆算係数 (Reverse-yield factor; RF) に関する情報を活用し、加工における残留農薬等の増減率を示す加工係数 (Processing factor; PF) を組み入れた、経口暴露量の推計ツールを開発した。そこで本研究では、開発したツールを活用し、全国食事調査データから算出された「養殖大西洋サケ」の消費者の 97.5 パーセンタイルと、サケ目魚類から検出され報告された動物用医薬品の濃度から、推計される短期暴露量の影響について考察することを目的とした。

## B. 研究方法

### 1. データ解析の環境設定

データ解析には、Ubuntu OS 上に Web アプリケーション式 R 言語向け統合開発環境「RStudio Server (Version 1.3.1093)」を構築した PC を用いた。解析プログラムには、R (Version 4.1.2)、データフレーム整形パッケージ「tidyr\_1.3.0」、データフレーム集計・解析パッケージ「dplyr\_1.0.2」、並列ループ処理パッケージ「foreach\_1.5.2」、文字列操作パッケージ「stringr\_1.4.0」、可視化パッケージ「ggplot2\_2.3.3.2」、日付・時刻処理パッケージ「lubridate\_1.9.2」、開発向けパッケージ群「devtools\_2.4.5」を用いた。ベイズモデリングには、Stan を用いた。Stan 向け R 言語パッケージには、Stan インターフェースパッケージ「rstan\_2.21.3」、ベイズモデル可視化パッケージ「bayesplot\_1.10.0」、ならびに、ベイズモデル検証パッケージ「loo\_2.6.0」を用いた。

### 2. 食品の消費量データの解析

解析には、H17~19 年度厚労省委託事業 摂取量調査と日本食品標準成分表 (八訂) の情報を供した。食品の消費量データは、日本食品標準成分表の食品番号ごとに食品の種類や調理・加工方法に分けて集計を行い、その集計結果を元に、年齢区分ごとの 1 人 1 日あたりの平均消費量の割合を解析した。食品番号ごとの調査対象者数、1 人 1 日あたり平均摂取量平均値、標準偏差、パーセンタイル等の統計量を算出し、ヒストグラムおよび確率密度曲線を作成することで可視化した。

## 2. 1. データ解析結果の可視化

データ取得および前処理によって抽出したCSV形式のデータファイルは、「readr」パッケージから read\_csv 関数を用いて読み込んだ後、「base」パッケージの subset 関数によって必要項目を選択した。「dplyr」パッケージから group\_by 関数を使用して、摂取量調査対象者の属性をグループ化し、「dplyr」パッケージの summarise 関数によって調査対象者の属性の集計を行った。「dplyr」パッケージの mutate 関数および「dplyr」パッケージの case\_when 関数を使用して、年齢区分項目を追加し、年齢区分ごとの1人1日あたりの平均消費量の割合を算出した。食品番号ごとの消費量は、「dplyr」パッケージの summarise 関数を用いて算出した。「dplyr」パッケージの summarise 関数と「dplyr」パッケージの filter 関数を組み合わせて年齢項目から条件による抽出を行い、2~9歳と10歳以上の調査対象者に分けて、食品番号ごとの消費量を集計した。以上の解析の流れは、「base」パッケージの function 関数によって関数化することで、食品分類と調査対象者の属性ごとの解析結果を一括処理して算出した。日本食品標準成分表(八訂)の食品分類ごとのヒストグラムの作成には、「ggplot2」パッケージから geom\_histogram 関数を用いた。日本食品標準成分表の食品分類ごとの確率密度曲線は、「ggplot2」パッケージから geom\_density 関数を用いて作成した。

## 2. 2. 加工食品の原材料的食品への分解

RF 値には、既報の RF データベース<sup>1,2)</sup>を用いた。加工食品の消費量デ

ータは、消費量に RF 値を掛け合わせ、原材料的食品の消費量に換算した。複数の加工プロセスを経た加工食品については、各加工プロセスにおける RF 値を掛け合わせて算出した。

## 2. 3. 魚類分類

日本食品標準成分表に記載された魚類は、「広島大学 デジタル自然史博物館 魚類図鑑/分類」、「市場魚介類図鑑 ぼうずコンニャク」、「魚の一覧-Wikipedia」を参照し、魚目と想定する魚種の「魚類分類一覧」を作成した。食品番号、食品名、魚種の情報を取り纏め、「食品成分表魚種リスト」を作成した。「食品成分表魚種リスト」に「魚類分類一覧」をマッチングさせ、魚類は魚目別に分類した。

## 2. 4. ベイズ推測

各食品番号に基づく消費量データは、JECFA 採用の食品分類に対応したかたちで割り振った食品分類から、「dplyr」パッケージの filter 関数を使用してフィルタリングし、食品分類ごとに集計した。集計の結果は、「ggplot2」パッケージの geom\_bar 関数を使用して比較グラフを作成した。一連の計算の流れは、「base」パッケージの function 関数によって関数化することで、食品分類と摂取者の属性ごとの解析結果を一括処理した。食品の消費量データから JECFA 採用の食品分類のうち、「食品分類 R (家禽類の筋肉)」と「食品分類 S (家禽類の脂肪・皮)」については、「2~9才」「10才以上」の世代ごとに「平均値」「中央値」「最大値」「最小値」「97.5パーセンタイル」「99パーセンタイル」の各代表値のベイズ推測を行った。「ウナギ目」「サケ目」「スズキ目」「そ

の他の魚目」の4種別については、「1~6才」「7~64才」「65才以上」「14~50才女性」の世代ごとに「平均値」「中央値」「最大値」「最小値」「97.5パーセンタイル」「99パーセンタイル」の各代表値のベイズ推測を行った。同様にJECFAのデータに合わせた「10才以上」「2~9才」の世代ごとにベイズ推測を行った。ベイズ推測は、消費量データの実測値を元に事前に仮定した確率分布を用いて、Markov Chain Monte Carlo method (MCMC法)により生成したシミュレーションモデルから行った。MCMC法は、確率統計的プログラミング言語「Stan」およびR言語向けStanインターフェースパッケージ「RStan」を使用して実装した。Stanプログラムは、入力値に確率分布を掛け合わせたモデルの定義に加えて予測値の計算式を組み込み、モデリングの結果からRStanパッケージのextract関数によって各代表値の事後予測値を抽出した。消費量データは、最小値が0であるため、0以上無限遠点まで正の連続値を入力値および出力値として対数化や除算が発生しない確率分布を想定した。また、特定の世代における特定の食品の調査対象者の人数が極少数の場合にも計算可能な確率モデルを事前分布として指数分布、ガンベル分布、ガンマ分布の3種類を検証した。

指数分布は、平均生起回数 $\beta$ のパラメータを使用して $Exponential(y|\beta) = \beta e^{-\beta y}$  ( $0 \leq y < \infty$ )の計算式で表される連続型確率分布である。ガンベル分布は、位置パラメータ $\mu$ と尺度パラメータ $\beta$ を使用して $Gumbel(y|\mu, \beta) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{y-\mu}{\beta}} e^{-e^{-\frac{y-\mu}{\beta}}}$  ( $-\infty < y < \infty$ )の計算式で表される連続型確率分布である。ガ

ンマ分布は、形状パラメータ $\alpha$ と尺度パラメータ $\beta$ を使用して $Gamma(y|\alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} y^{\alpha-1} e^{-\beta y}$  ( $0 \leq x < \infty$ )の計算式で表される連続型確率分布である。StanによるMCMCモデリングは、「Stan Functions Reference Version 2.32」を参考に、チェーン数16、イテレーション回数4000、ウォームアップ期間を2000、間引き数2、乱数シード1にそれぞれ設定して実行した。構築したモデルは、rstanパッケージのtraceplot関数によるトレースプロットと、bayesplotパッケージのrhat関数によって得られた各種パラメータのrhat値が1.1未満に収まっていることから、各モデルが収束したことを確認した。bayesplotパッケージのppc\_dens\_overlay関数によって得られたモデルの確率密度曲線から事後分布の確認を行った。

## 2. 5. ベイズモデルの評価

MCMCによって得られた各ベイズモデルは、looパッケージからWidely Applicable Information Criterion (WAIC)関数を使用して算出されたWAICを基に、評価した。食事調査によって得られた消費量データの97.5パーセンタイル実測値を横軸、ベイズ推測から得られた97.5パーセンタイル推測値を縦軸にした散布図を作成し、推測のずれを確認した。食事調査の消費量データのサンプルサイズを横軸、食事調査によって得られた消費量データの97.5パーセンタイル実測値と、ベイズ推測から得られた97.5パーセンタイル推測値の比率を縦軸にした散布図を作成し、サンプルサイズと推測精度の関係を確認した。

## 2. 6. 短期暴露量の算出

短期暴露量の推計には、GEADE の考え方に基づいて、方程式(式1)を用いた。動物用医薬品の検出濃度(CP)には、より安全側で推計することとし、厚労省が公表している動物用医薬品の検出データの中から報告のあった最高値を用いた。推計された短期暴露量は、FAO/WHO から報告された急性参照用量(ARfD)と比較して考察した。

短期暴露量 (mg/kg b.w./day) =

$$CP_{95/95UTL} \times 0.001 \times \max_{Foods} \left\{ PF_{\square} \times \prod_{nth \text{ breakdown}} RF_{nth \text{ breakdown}}^{Food} \times (FC \div BW)^{Food}_{97.5\%tile} \right\}$$

... 式1. GEADE モデルに基づいた短期暴露量の推計

CP, 休薬期間中の残留試験結果の残留濃度 95 パーセンタイルに対する片側 95%信頼区間の上限値 (95/95 UTL)

但し、本研究では、CP には、検出された動物用医薬品の最高濃度を用いた。

PF, 加工食品における調理・加工時の動物用医薬品の濃度変化率

但し、本研究では、変化なし[=1]と仮定した。

RF, 加工食品から原材料的食品に換算する逆算係数

FC, 一日一人当たりの食品の消費量 (g/day/person, 120 人以上からの消費量 97.5 パーセンタイルを推奨)

BW, 食事調査対象者の体重 (kg)

## C. 研究結果

### 97.5 パーセンタイルの推測

食事調査の中で得られたデータの少ない食品の消費量分布については、H17~H19 年度厚労省委託事業 摂取量調査からデータの多い食品(「食品分類 R (家禽類の筋肉)」)を参考にベイズ推測を行った。7~64 歳の 10,352 人から報告された鶏肉のデータを用いて、ガンマ分布、ガンベル分布、指数分布を事前分布として MCMC を用い、ベイズ推測し、「97.5 パーセンタイル」を求めた。MCMC モデリング (chain=4, iter=1000 又 chain=16, iter=4000) の結果、実データから求めた 97.5 パーセンタイル (182 g/day) と最も近い値は、ガンマ分布を当てはめたものから推測した値 (181 g/day) であった(図 1)。FAO/WHO は、97.5 パーセンタイルは食品を消費した記録のある者の人数 120 人以上の記録から算出することを推奨している<sup>3)</sup>。食事調査の中で得られた魚類に関するデータについては、120 人以下からの消費記録が多い。そこで、上述したガンマ分布を事前分布とした MCMC モデリングを用いて、魚類に関するデータから各々の統計値をベイズ推測した。

先ず、食事調査の対象となっている魚類を「ウナギ目」「サケ目」「スズキ目」「その他の魚目」の 4 種別の目別の魚類に分類した(表 1)。表 1 は、計 305 種類を「サケ目」、「ウナギ目」、「スズキ目」、「その他の魚類」に分類した食品番号の一覧を示す。「スズキ目」は計 141 種類 (全体の 46.2%)、「その他の魚類」は計 113 種類 (全体の 37.0%)、「サケ目」は計 43 種類 (全体の 14.1%)、「ウナギ目」は計 7 種類 (全体の 2.3%) に分類された。

最も消費量の多いものは、「スズキ目」に属する「まるあじ」を焼いた「まるあじ・焼き」（食品番号 10394）で、一人 1 回あたりの消費量は 200 g であった。最も消費量の少ない食品は、「その他の魚類」に属する「とびうお焼き干し」（食品番号 10422）で、一人 1 回あたりの消費量は 0.7 g であった。

次に、「1～6 才」「7～64 才」「65 才以上」「14～50 才女性」の年齢区分ごとに MCMC モデリングを行い、97.5 パーセンタイルをベイズ推測した（以下、推測値と略す。）、食事調査で報告されたデータより求められた 97.5 パーセンタイル（以下、実測値と略す。）と比較した。その結果、「ガンマ分布」と仮定した場合、推測値は、年齢区分に関係なく、最も実測値に近い値が推測された（図 2）。また、調査データ数が多いほど、推測値は実測値に近くなる傾向が示唆された（図 3）。実測値を縦軸に、推測値を横軸に作成した散布図から、両値を比較した結果、サンプルサイズが大きいほど両値の差が縮小した。サンプルサイズを横軸に、実測値と推測値の比を縦軸に作成した散布図を作成した結果、サンプルサイズが 200 程度を超えると両値の比が 1 に収束する傾向にあることが示唆された（図 4）。年齢区分別の食品の消費量データは、表 2 に取り纏めた。ガンマ分布を事前分布として、MCMC モデリング(chain=16, iter=4,000)で 97.5 パーセンタイルを推測した。その結果、2～9 歳でウナギ目（実測値 140.3 g/day、推測値 129.0 g/day）、サケ目（実測値 171.5 g/day、推測値 168.2 g/day）、スズキ目（実測値 115.1 g/day、推測値 118.3 g/day）、その他の魚類（実測

値 105.6 g/day、推測値 100.8 g/day）、10 歳以上でウナギ目（実測値 226.0 g/day、推測値 208.4 g/day）、サケ目（実測値 289.7 g/day、推測値 263.6 g/day）、スズキ目（実測値 208.6 g/day、推測値 200.7 g/day）、その他の魚類（実測値 204.4 g/day、推測値 199.7 g/day）であった。実測値と推測値の比は、0.97～1.10 であった。

#### 逆算係数 RF データベースの構築

全国食事調査で得られた食品の消費量データを元に、全ての食品からの経口暴露を想定し推計するためには、食品中の残留農薬等検査で検査対象となっている生鮮食品以外に、加工食品からの影響も考慮する必要がある。加工食品については、調理加工前の代表的な原材料食品の種類と量を推計するため、RF を設定する必要がある。本研究では、日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）の栄養成分値ならびに原材料に関する情報を用いて算出された既報の RF<sup>1,2)</sup>を用いた。魚を原材料に加工される、例えば、だて巻き、魚肉ハム、黒はんぺん、魚肉ソーセージ、さつま揚げ、焼き竹輪等の加工食品については、可能な限り、原料となる魚を特定し、全国食事調査の調査対象となっている食品全体からの魚の消費量を推計した（図 5）。

#### 動物用医薬品の短期暴露量と推計値の考察

食品消費量データ、RF、残留農薬等の増減率を示す加工係数 PF の情報を活用し、厚生労働省が公表した、サケ目魚類から検出された動物用医薬品の短期暴露量の推計を試みた。短期暴露量の推計には、GEADE の考

え方に基づいて、方程式(式1)を組み入れて Microsoft Excel のマクロを活用して開発した自動計算ツールを用いた(図 6,7)。先ず、全国食事調査データから、養殖大西洋サケ(皮つき生[食品番号 10144]、皮なし生[食品番号 10438])とその加工食品(水煮[食品番号 10433,10439]、蒸し[食品番号 10434,10440]、電子レンジ調理[食品番号 10435,10441]、焼き[食品番号 10145,10442]、ソテー[食品番号 10436,10443]、天ぷら[食品番号 10437,10444])にそれぞれ振られた食品番号(表 3)をもとに、全国食事調査データから該当する食品の消費量データを集計した。加工食品については、表 4 に示した RF を用いて、原材料となると推測される一次生鮮食品の皮なし生[食品番号 10438]の養殖大西洋サケに換算して集計した。短期間(通常 24 時間)に経口摂取しても、FAO/WHO が公表した健康への悪影響が生じないと推定される体重 1 kg あたりの一日消費量と定義される急性参照用量(Acute Reference Dose; ARfD)と比較するための短期暴露量を推計した。本研究では、動物用医薬品の検出濃度として、より安全側で短期暴露量を推計するため、2017~2018 年度の動物用医薬品等のモニタリングから、厚労省が報告した 4 種類の品目(エマメクチン安息香酸塩、オキシテトラサイクリン、スルファモノメトキシシ、ヒドロコルチゾン)の検出濃度情報(図 8)のうち、最高濃度を用いた。

図 9 は、年齢区分別の短期暴露量の推計結果を示す。推計された暴露量と ARfD との比(対 ARfD 比)を算出したところ、輸入品で検出された殺菌剤オキシテトラサイクリンに

おける 7.3%(1~6 歳の年齢区分の場合)が最高値であった。国産品の場合、対 ARfD 比の最高値は、エマメクチン安息香酸塩の 0.9%(同じく、1~6 歳の年齢区分の場合)であった。

#### D. 考察

FAO/WHO は、食品消費量 97.5 パーセントイルは、食事記録のある者の人数 120 人以上から算出することを推奨している<sup>3)</sup>。本研究で用いた食事調査データについては、特に魚類の多くは 120 人以下からの食事記録に留まっている。そこで、本研究では、食事記録数が比較的多い鶏肉の消費量の確立分布を参考に、魚類の消費量をベイズ推測した。国内外の食品の消費量の実態と、加工食品の原材料比率を示す逆算係数(Reverse-yield factor; RF)に関する情報を活用し、加工における残留農薬等の増減率を示す加工係数(Processing factor; PF)を組み入れた、経口暴露量の推計ツールを開発し、全国食事調査データから算出された「養殖大西洋サケ」の消費者の 97.5 パーセントイルと、サケ目魚類から検出され報告された動物用医薬品の濃度から、同モデルを用いて推計される短期暴露量について考察した。

鶏肉の消費量の確立分布を「ガンマ分布」と仮定したベイズ推測は、本研究で試行した他の分布(ガンベル分布、指数分布)よりも、食事記録から求められた実測値に、より近い推測値が得られた。ベイズモデルの当てはまりのよさは、Widely Applicable Information Criterion (WAIC) を算出して確認した。WAIC は一般にサンプルサイズに比例して WAIC



の計算値も大きくなり、WAIC の計算値が小さいほど相対的に予測分布の当てはまりがよい。「指数分布」は、他の確率分布と比較して WAIC の計算値が大きく、実測データに対して推測値が大きくずれていた。「ガンベル分布」は、他の確率分布と比較して WAIC の計算値は小さいが、確率変数  $Y$  が ( $-\infty < y < \infty$ ) の範囲であるため、確率密度曲線ならびに推測値は負の範囲まで分布した。一方で、「ガンマ分布」は、他の確率分布と比較して WAIC の計算値は小さく、実測値に近い推測値を得られることがわかった。

MCMC 法は、収束するまで十分なイテレーション数を必要とする。一般に Stan による MCMC 法では、定常分布への収束判定の指標の一つとして Rhat 値を用いることができる。今回得られたモデルでは、どのパラメータも Rhat 値が 1.1 未満であり、Rhat 値の計算値からは収束したことの目安を得ることができた。しかしながら、少ないサンプル数のモデルでは、推測値は大きくばらついた。イテレーション数によるモデルの検証のために、イテレーション数を 1000 に設定した場合の WAIC と、イテレーション数を 4000 に設定した場合の WAIC との比を算出し、サンプルサイズとの関係を検証した。その結果、各モデルともサンプルサイズが 10 付近までは WAIC の比がばらつき、安定せず、オーバーフィッティングが生じた可能性から、適切なイテレーション数を特定するに至らなかった (データ示さず)。サンプルサイズが 50 以上では WAIC の比が安定していたことから、サンプルサイズが 50 以上の場合のイテレーション数

4000 は、十分な回数であると考えられた。

本研究結果から、ウナギ目、サケ目、スズキ目、その他の魚類の 4 種類の全国食事調査データの消費量集計結果から求められた 97.5 パーセンタイル (実測値) と、「ガンマ分布」を事前分布とした場合のベイズ推測値 (推測値) の比は、0.97~1.10 であった (表 2)。食品調査報告数は、年齢区分に関わらず、「スズキ目」が最も多く、次いで、「その他の魚類」、「サケ目」、「ウナギ目」の順であった。報告数の最も多い、10 歳以上のスズキ目は 26664 報告あり、実データとベイズ推測値の比率は 1.04 であった。報告数の最も少ない、2~9 歳以上のウナギ目は 66 報告で報告数はその半分の 120 人以下であったが、実データとベイズ推測値の比率は 1.09 であったことから、このような報告数の少ないデータにおいて、ガンマ分布にあてはめ、統計的な推測は可能ではないかと考えられた。図 4 に示すように、食品消費量 97.5 パーセンタイルのベイズ推測には、実測値と推測値とのばらつきの関係性から十分なサンプル数が必要といえる。当然ながら、食事記録数が大きいほど、ベイズ推測から求められた 97.5 パーセンタイルは、実データより求めた 97.5 パーセンタイルに近くなる。但し、ガンマ分布が水産物の消費量に適しているかは不明であり、さらなる調査は必要である。食事からの食品消費量 97.5 パーセンタイルの算出には、特に 120 人以下からの少ないデータについては、様々な因子が絡み合った非常に複雑な確率分布モデルが必要になる可能性も否定できない。機械学習等の複合的なモデルを

取り入れて、さらに検討する余地が残されている。

食品からの短期暴露量の推計には、ある一日に当該食品を摂取した記録のある者における消費量データの分布から統計的に頑健であるとされる食品消費量の 97.5 パーセンタイルが用いられる<sup>4)</sup>。繰り返しとなるが、FAO/WHO は、97.5 パーセンタイルは摂取の記録のある者の人数 120 人以上の記録から算出することを推奨している<sup>3)</sup>。しかしながら、本研究で用いた食事調査データの中には、特に一部の食品の種類においては、120 人以上の消費量データが不足しているケースが散見された。そのため、本研究で開発したツールでは、120 人以上からの消費量データのある食品のみを選択し、一日最高推定経口暴露量として推計するプログラムを組んだ。ただし、短期暴露量の評価においては、食事調査のさらなる精密化も重要な要素である。食事習慣は時代とともに変化しているため、国内の食品摂取の実態に合わせて最新の情報を取り入れて推計する必要がある。より多くの食品の消費量に関する情報を収集し、推計することが求められる。

残留農薬等の経口暴露量は、生鮮食品のみではなく、加工を経て生産・流通される加工食品からを含めて、推計することが求められる。全国食事調査データには、日本食品標準成分表の食品番号を対象に調査されたものが含まれており、その食品番号の中には、果物から絞り出されるジュース、乾燥させたドライフルーツ、塩漬けされた漬物などの簡単な加工食品から、複数の原材料から複雑な調理・加工法によって作られるよう

な加工食品が含まれる。一方で、食品中の残留農薬等検査については、主に調理加工前の生鮮作物に対して行われている。全国食事調査で得られた食品の消費量データを元に、残留農薬等の経口暴露量の評価を行うためには、加工食品を、調理加工前の代表的な原材料に分解するための RF を設定する必要がある。本研究では、栄養成分値や調理・加工方法に基づいて算出される RF を用いたが、RF は固定されるものではない。加工食品の原材料となる食品は、日本食品標準成分表に掲載されている食品を参照することになるが、加工食品に用いられる作物と栄養成分値が異なる品種である可能性は排除できない。栄養成分値をもとに算出された RF は、異なる品種で変わってくる可能性があるからである。また、日本食品標準成分表に原材料配合比が掲載されていない食品については、加工により栄養成分値が変化しないと考えられる栄養成分を用いて RF が設定されているが、用いられた栄養成分については、さらなる検討が必要になる。RF を設定できなかった加工食品は、原材料作物に合算されないため、特に消費量の高い加工食品からの残留農薬等の経口暴露量の過小評価につながる可能性が懸念される。日本食品標準成分表に原材料が記載されていない食品、原材料の食品数が多すぎる食品、加工工程が複雑な食品については RF を設定することができていない。どのように RF を決定するのか、時代背景に合わせて、どのようにアップデートさせていくかは、今後の課題として残されている<sup>1)</sup>。本研究で用いた全国食事調査データは、文部科学省が公表している日本

食品標準成分表の食品番号を対象に調査されたものである。食品番号が付与されている加工食品については、同成分表の中に記載されている栄養成分値を参照し、RF を用いて原材料作物までを分解して食品の消費量を推計した。しかし、RF の設定に必要な情報は十分ではなく、従って、加工食品によっては原材料作物までの分解が不十分な場合もある。RF を設定できない加工食品は、食品の消費量に合算されず、特に消費量の多い加工食品からの残留農薬等の経口暴露量は過小評価される可能性に留意する必要がある。

加工食品中の残留農薬等の量は、調理・加工工程において減少または濃縮される場合があることが報告されている<sup>5,6)</sup>。生鮮食品で検出された残留農薬等が、調理・加工された後の加工食品に、どの程度残留するかを把握することは、残留農薬等の暴露量を精確に推計する上で重要である。PF は、加工食品と残留農薬等の組み合わせによって異なる値であり、作物残留試験、加工試験、分析などの複雑な試験によって求められる。従って、残留農薬等の物理化学的性質、調理・加工方法、分析方法などによっては、算出される PF の値にはブレが生じることがある。特に、複雑な調理・加工を経た加工食品の PF を精確に求めることは難しい。残留農薬等の経口暴露量をより安全側で評価するためには、PF 値 1（調理・加工の過程で残留農薬等の量が変化しない）または PF 値 1 以上（調理・加工の過程で残留農薬等が濃縮される）を使用して経口暴露量を過大に推計する必要がある。本研究では、PF 値 1 を用いて推計を試みたが、PF の高い残

留農薬等が濃縮される加工食品からの暴露量の推計には、特に消費量の多い場合には、過小に推計される可能性がある。今後は、このような加工食品については、実験的に PF を求めるなど、総合的に考慮して判断する必要がある。

全国食事調査データから、養殖の大西洋サケを原材料にしたすべての食品の体重 1 kg あたりの一日暴露量 (mg/kg b.w./day) の 97.5 パーセントイルを年齢区分別に算出し、短期暴露を推計した。その推計値と ARfD に対する割合を算出したところ、全年齢区分の中で幼小児 1～6 歳で輸入サケに検出された殺菌剤オキシテトラサイクリンの 7.3% で最も高い割合であった。流通している食品については、当該動物用医薬品の検出率は低いこと、実際に食べる部位への残留量はさらに低いこと、加工による分解等も想定される。以上の結果は、養殖の大西洋サケからの動物用医薬品の経口暴露量は十分に低く、健康に及ぼすレベルにないことが示唆された。

## E. 結論

人が摂取する食品の種類や量は、消費者の好み、食習慣、さらには農畜産物の生産・製造方法、流通、品種改良などの変化により、時代とともに変化する。そのため、最新の食事調査等のデータを活用することは、経口暴露量の精密な推計において重要である。本研究では、最新の全国食事調査データを用いて、養殖の「大西洋サケ」を原材料にした食品からの残留農薬等の経口暴露量を推計する方法を用いて推計した結果、国内で流通

する養殖大西洋サケからの、2017 年から 2018 年に検出された残留農薬等の経口暴露量は、人への急性影響を考慮して設定された ARfD と比較して、健康に影響を及ぼすレベルにないことが示唆された。

## 参考文献

- 1) Koyama, T., Nakamura, K., Kiuchi, T., Chiba, S., Akiyama, H. and Yoshiike, N. Development of a reverse-yield factor database disaggregating Japanese composite foods into raw primary commodity ingredients based on the Standard Tables of Food Composition in Japan, *Foods*, 13, 988, 2024.
- 2) RFs for the composite foods in the STFCJ and a description of each equation for calculating the RF (<https://github.com/Reverseyieldfactor/Reverse-yield-factors>)  
(最終アクセス日 2024 年 4 月 11 日)
- 3) WHO, ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 240, 2020
- 4) Boobis, A., Cerniglia, C., Chicoine, A., Fattori, V., Lipp, M., Reuss, R., Verger, P. and Tritscher, A.. Characterizing chronic and acute health risks of residues of veterinary drugs in food: latest methodological developments by the joint FAO/WHO expert committee on food additives, *Critical Reviews in Toxicology*, 47, 889–903 (2017).
- 5) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. 2015.
- 6) Organization for Economic Co-operation and Development (OECD),

OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 5, Test No. 508: Magnitude of the Pesticide Residues in Processed Commodities (2008).

## F. 研究発表

### 論文等発表

1. Koyama, T., **Nakamura, K.**, Kiuchi, T., Chiba, S., Akiyama, H., Yoshiike, N. Development of a reverse-yield factor database disaggregating Japanese composite foods into raw primary commodity ingredients based on the Standard Tables of Food Composition in Japan, *Foods*, 13, 988, 2024
2. Yamasaki, Y., **Nakamura, K.**, Kashiwabara, N., Chiba, S., Akiyama, H., Tsutumi, T. Development of processing factor prediction model for pesticides in tomato processed foods using elastic net regularization, *Food Chemistry*, 447, 138943, 2024
3. **中村公亮**、欧州食品安全機関 EFSA における残留農薬等の食事性暴露量の推計精密化に向けた取り組み：加工食品中の残留農薬等の評価のための逆算係数 RF および加工係数 PF について、*食品衛生研究*, 74, 4, 7-13, 2024
4. **中村公亮**、吉池信男、穠山浩、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (JECFA) が提唱した残留動物用医薬品等の

Global Estimate of Acute Dietary Exposure (GEADE)について、*食品衛生研究*, 73, 2, 27-32, 2023

5. 中村公亮、食事の実態を反映させた残留農薬等の摂取量推計方法の開発、*FFI ジャーナル*, 228, 307-312, 2023

学会発表

中村公亮、千葉慎司、木内隆、吉池信男、小川久美子、堤智昭、穠山浩：我が国における養殖の大西洋サケを対象とした、JECFA の GEADE モデルの考え方に基づく動物用医薬品の短期暴露評価の検討、日本薬学会第 144 年会、2024 年 3 月 28 日（木）～31 日（日）、横浜

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

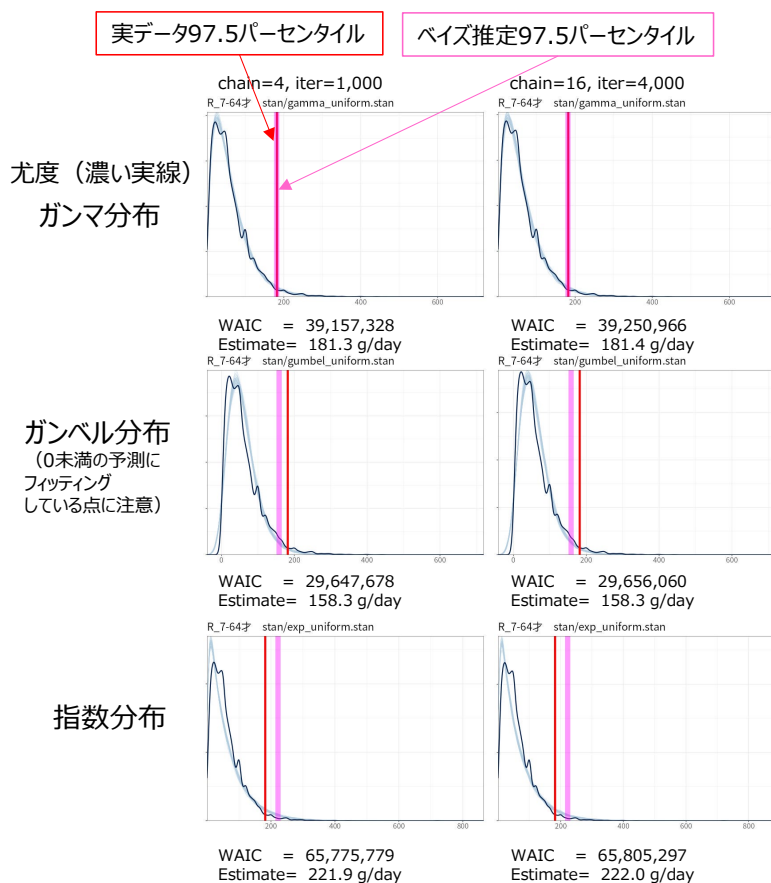


図1.ベイズ推定から求められる鶏肉の97.5パーセンタイルと全国食事調査の実データから求められた97.5パーセンタイルの比較

黒い曲線が消費量実データの確率密度曲線、淡い曲線がMCMCから求められた分布。旧食事調査データ（7～64才10,352人）から、鶏肉の消費量97.5パーセンタイルを算出（実データの97.5パーセンタイル=182 g/day）。その値と各事前分布に基づいた97.5パーセンタイルを比較した。ガンマ分布は、実データに近い結果が得られた。

左図：chain=4, iter=1,000

右図：chain=16, iter=4,000

表1. 食事調査データから消費量データのある魚類の「サケ目」・「ウナギ目」・「スズキ目」、「その他の魚類」に分類した食品番号一覧（摂取者の中で消費量（平均）の高い順に並べた表。）

	食品番号	食品名	水産用医薬品を観点とした魚類 (サケ目/ウナギ目/スズキ目/その他)
1	10394	まるあじ・焼き	スズキ目
2	10105	子持ちがれい・水煮	その他の魚類
3	10008	にしあじ・生	スズキ目
4	10230	はまふえふき・生	スズキ目
5	10104	子持ちがれい・生	その他の魚類
6	17023	煮干しだし	その他の魚類
7	10196	たかさご・生	スズキ目
8	10067	うなぎ・養殖・生	ウナギ目
9	10077	おこぜ・生	スズキ目
10	10266	まながつお・生	スズキ目
11	10395	まいわし・フライ	その他の魚類
12	10267	みなみだら・生	その他の魚類
13	10001	あいなめ・生	スズキ目
14	10037	いさき・生	スズキ目
15	10403	まさば・フライ	スズキ目
16	10248	ほっけ・開き干し・生	スズキ目
17	10119	こい・養殖・生	その他の魚類
18	10184	したびらめ・生	その他の魚類
19	10025	あゆ・養殖・生	サケ目
20	10412	ほっけ・開き干し・焼き	スズキ目
21	10031	あんこう・生	その他の魚類
22	10244	ほうぼう・生	スズキ目
23	10220	にしん・開き干し	その他の魚類
24	10185	しまあじ・養殖・生	スズキ目
25	17021	かつお・昆布だし	スズキ目
26	10117	ぐち・生	スズキ目
27	10194	たい・まだい・養殖・皮つき・水煮	スズキ目
28	10155	まさば・水煮	スズキ目
29	10107	かわはぎ・生	その他の魚類
30	10041	いぼだい・生	スズキ目
31	10087	かつお・秋獲り・生	スズキ目
32	10116	きんめだい・生	その他の魚類
33	17131	かつおだし 本枯れ節	スズキ目
34	10086	かつお・春獲り・生	スズキ目
35	10165	さば・缶詰・みそ煮	スズキ目
36	10401	ぎんだら・水煮	スズキ目
37	17019	かつおだし 荒節	スズキ目
38	10002	あこうだい・生	スズキ目
39	10030	アラスカめぬけ・生	スズキ目
40	10070	うなぎ・かば焼	ウナギ目
41	10162	さば・加工品・開き干し	スズキ目
42	10391	まあじ・小型・骨付き・生	スズキ目
43	10039	いとよりだい・生	スズキ目
44	10018	あまだい・生	スズキ目
45	10110	きちじ・生	スズキ目
46	10192	たい・まだい・天然・生	スズキ目
47	10173	さんま・皮つき・生	その他の魚類
48	10084	まかじき・生	スズキ目
49	10398	めかじき・焼き	スズキ目
50	10242	ぶり・成魚・焼き	スズキ目
51	10188	すずき・生	スズキ目
52	10115	ぎんだら・生	スズキ目
53	10079	かさご・生	スズキ目
54	10409	すけとうだら・フライ	その他の魚類
55	10241	ぶり・成魚・生	スズキ目
56	10211	ちか・生	サケ目
57	10377	昆布巻きかまぼこ	その他の魚類
58	10233	ひらまさ・生	スズキ目
59	10006	まあじ・開き干し・生	スズキ目
60	10103	まこがれい・生	その他の魚類
61	10399	まこがれい・焼き	その他の魚類
62	10216	なまず・生	その他の魚類
63	10164	さば・缶詰・水煮	スズキ目
64	10148	にじます・淡水養殖・皮つき・生	サケ目
65	10071	うまづらはぎ・生	その他の魚類
66	10088	そうだがつお・生	スズキ目
67	10193	たい・まだい・養殖・皮つき・生	スズキ目
68	10218	にしん・生	その他の魚類
69	10190	たい・くろだい・生	スズキ目
70	10390	まあじ・皮つき・フライ	スズキ目
71	10247	ほっけ・塩ほっけ	スズキ目
72	10393	まるあじ・生	スズキ目
73	10158	たいせいようさば・生	スズキ目
74	10231	はも・生	ウナギ目
75	10174	さんま・皮つき・焼き	その他の魚類
76	10080	かじか・生	スズキ目
77	10198	たちうお・生	スズキ目
78	10154	まさば・生	スズキ目
79	10406	ごまさば・焼き	スズキ目
80	10161	さば・加工品・塩さば	スズキ目
81	10229	はたはた・生干し	スズキ目
82	10085	めかじき・生	スズキ目
83	10246	ほっけ・生	スズキ目
84	10271	めばる・生	スズキ目
85	10003	まあじ・皮つき・生	スズキ目
86	10187	シルバー・生	スズキ目
87	10166	さば・缶詰・味付け	スズキ目
88	10168	さめ・よしきりさめ・生	その他の魚類
89	10106	干しかれい	その他の魚類
90	10175	さんま・開き干し	その他の魚類
91	10405	ごまさば・水煮	スズキ目
92	10167	さめ・あぶらつのさめ・生	その他の魚類
93	10404	ごまさば・生	スズキ目
94	10127	からふとます・焼き	サケ目
95	10255	まぐろ・びんなが・生	スズキ目
96	10130	ぎんざけ・養殖・生	サケ目
97	10101	まがれい・水煮	その他の魚類
98	10171	さわら・生	スズキ目
99	10215	とびうお・生	その他の魚類

100	10011	むろあじ・生	スズキ目
101	10123	めごち・生	スズキ目
102	10149	べにざけ・生	サケ目
103	10098	かます・生	スズキ目
104	10237	まふぐ・生	その他の魚類
105	10195	たい・まだい・養殖・皮つき・焼き	スズキ目
106	10132	さくらます・生	サケ目
107	10199	すけとうだら・生	その他の魚類
108	10156	まさば・焼き	スズキ目
109	10208	まだら・塩だら	その他の魚類
110	10146	にじます・海面養殖・皮つき・生	サケ目
111	10134	しろさけ・生	サケ目
112	10047	まいわし・生	その他の魚類
113	10051	まいわし・生干し	その他の魚類
114	10253	まぐろ・くろまぐろ・赤身・生	スズキ目
115	10191	たい・ちだい・生	スズキ目
116	10099	かます・焼き	スズキ目
117	10228	はたはた・生	スズキ目
118	10100	まがれい・生	その他の魚類
119	17130	あごだし	その他の魚類
120	10234	ひらめ・天然・生	その他の魚類
121	10177	さんま・缶詰・味付け	その他の魚類
122	10048	まいわし・水煮	その他の魚類
123	10128	からふとます・塩ます	サケ目
124	10245	ホキ・生	その他の魚類
125	10005	まあじ・皮つき・焼き	スズキ目
126	10243	ぶり・はまち・養殖・皮つき・生	スズキ目
127	10159	たいせいようさば・水煮	スズキ目
128	10013	むろあじ・開き干し	スズキ目
129	10026	あゆ・養殖・焼き	サケ目
130	10176	さんま・みりん干し	その他の魚類
131	10392	まあじ・小型・骨付き・から揚げ	スズキ目
132	10007	まあじ・開き干し・焼き	スズキ目
133	10179	しいら・生	スズキ目
134	10201	すけとうだら・すきみだら	その他の魚類
135	10259	まぐろ・めばち・生	スズキ目
136	10178	さんま・缶詰・かば焼	その他の魚類
137	10268	むつ・生	スズキ目
138	10252	まぐろ・きはだ・生	スズキ目
139	10205	まだら・生	その他の魚類
140	10172	さわら・焼き	スズキ目
141	10108	かんばち・生	スズキ目
142	10425	まぐろ・めばち・赤身・生	スズキ目
143	10258	まぐろ・めじまぐろ・生	スズキ目
144	10022	あゆ・天然・焼き	サケ目
145	10137	しろさけ・新巻き・生	サケ目
146	10256	まぐろ・みなみまぐろ・赤身・生	スズキ目
147	10021	あゆ・天然・生	サケ目
148	10004	まあじ・皮つき・水煮	スズキ目
149	10236	とらふぐ・養殖・生	その他の魚類

150	10389	まあじ・皮なし・刺身	スズキ目
151	10042	うるめいわし・生	その他の魚類
152	10160	たいせいようさば・焼き	スズキ目
153	10126	からふとます・生	サケ目
154	10411	ぶり・はまち・養殖・皮なし・刺身	スズキ目
155	10073	えい・生	その他の魚類
156	10189	たい・きだい・生	スズキ目
157	10109	きす・生	スズキ目
158	10139	しろさけ・塩ざけ	サケ目
159	10049	まいわし・焼き	その他の魚類
160	10069	うなぎ・白焼き	ウナギ目
161	4044	豆腐竹輪・蒸し	その他の魚類
162	10111	きびなご・生	その他の魚類
163	10254	まぐろ・くろまぐろ・脂身・生	スズキ目
164	10382	だて巻	スズキ目
165	10138	しろさけ・新巻き・焼き	サケ目
166	10407	さんま・皮なし・刺身	その他の魚類
167	10217	にぎす・生	スズキ目
168	10114	キングクリップ・生	その他の魚類
169	10182	からふとししゃも・生干し・生	サケ目
170	10061	いわし・缶詰・味付け	その他の魚類
171	10387	魚肉ハム	その他の魚類
172	10145	たいせいようさけ・養殖・焼き	サケ目
173	10118	ぐち・焼き	スズキ目
174	10129	からふとます・水煮缶詰	サケ目
175	10270	めじな・生	スズキ目
176	10078	おひょう・生	その他の魚類
177	10180	ししゃも・生干し・生	サケ目
178	10090	かつお・加工品・なまり節	スズキ目
179	10074	えそ・生	その他の魚類
180	10235	ひらめ・養殖・皮つき・生	その他の魚類
181	10052	まいわし・丸干し	その他の魚類
182	10378	ず巻きかまぼこ	その他の魚類
183	10153	ますのすけ・焼き	サケ目
184	10053	いわし・めざし・生	その他の魚類
185	10426	まぐろ・めばち・脂身・生	スズキ目
186	10144	たいせいようさけ・養殖・生	サケ目
187	10147	にじます・海面養殖・皮つき・焼き	サケ目
188	10136	しろさけ・焼き	サケ目
189	10207	まだら・しらこ・生	その他の魚類
190	10143	しろさけ・水煮缶詰	サケ目
191	10152	ますのすけ・生	サケ目
192	10424	かんばち・背側・生	スズキ目
193	10183	からふとししゃも・生干し・焼き	サケ目
194	10181	ししゃも・生干し・焼き	サケ目
195	10050	まいわし・塩いわし	その他の魚類
196	10072	うまづらはぎ・味付け開き干し	その他の魚類
197	10019	あまだい・水煮	スズキ目
198	10065	いわな・養殖・生	サケ目
199	10150	べにざけ・焼き	サケ目



200	10163	さば・加工品・しめさば	スズキ目
201	10209	まだら・干しだら	その他の魚類
202	10125	このしろ・甘酢漬	その他の魚類
203	10015	あなご・生	ウナギ目
204	10133	さくらます・焼き	サケ目
205	10278	わかさぎ・あめ煮	その他の魚類
206	10038	いしだい・生	スズキ目
207	10044	かたくちいわし・生	その他の魚類
208	10257	まぐろ・みなみまぐろ・脂身・生	スズキ目
209	10383	つみれ	その他の魚類
210	10423	黒はんぺん	スズキ目
211	10120	こい・養殖・水煮	その他の魚類
212	10402	にじます・海面養殖・皮なし・刺身	サケ目
213	10059	みりん干し・まいわし	その他の魚類
214	10408	たい・まだい・養殖・皮なし・刺身	スズキ目
215	10122	まごち・生	スズキ目
216	10380	焼き抜きかまぼこ	スズキ目
217	10400	きす・天ぷら	スズキ目
218	10151	べにさけ・くん製	サケ目
219	10063	いわし・缶詰・油漬	その他の魚類
220	10385	はんぺん	その他の魚類
221	10388	魚肉ソーセージ	その他の魚類
222	10083	くろかじき・生	スズキ目
223	10438	たいせいようさけ・養殖・皮なし・生	サケ目
224	10135	しろさけ・水煮	サケ目
225	10386	さつま揚げ	その他の魚類
226	11193	豚・混合ソーセージ	その他の魚類
227	10094	かつお・加工品・角煮	スズキ目
228	10040	いとよりだい・すり身	スズキ目
229	10054	いわし・めざし・焼き	その他の魚類
230	10410	ひらめ・養殖・皮なし・刺身	その他の魚類
231	10186	しらうお・生	サケ目
232	10064	いわし・缶詰・かば焼	その他の魚類
233	10124	このしろ・生	その他の魚類
234	10060	いわし・缶詰・水煮	その他の魚類
235	10276	わかさぎ・生	その他の魚類
236	10043	うるめいわし・丸干し	その他の魚類
237	10221	にしん・くん製	その他の魚類
238	10016	あなご・蒸し	ウナギ目
239	10262	まぐろ・缶詰・味付け・フレーク	スズキ目
240	10277	わかさぎ・つくだ煮	その他の魚類
241	10219	にしん・身欠きにしん	その他の魚類
242	10442	たいせいようさけ・養殖・皮なし・焼き	サケ目
243	10170	さより・生	その他の魚類
244	4045	豆腐竹輪・焼き	その他の魚類
245	10225	はぜ・生	スズキ目
246	10222	にしん・かずのこ・生	その他の魚類
247	10096	かつお・缶詰・味付け・フレーク	スズキ目
248	10381	焼き竹輪	スズキ目
249	10058	みりん干し・かたくちいわし	その他の魚類

250	10097	かつお・缶詰・油漬・フレーク	スズキ目
251	10131	ぎんざけ・養殖・焼き	サケ目
252	10263	まぐろ・缶詰・油漬・フレーク・ライト	スズキ目
253	10264	まぐろ・缶詰・油漬・フレーク・ホワイト	スズキ目
254	10141	しろさけ・すじこ	サケ目
255	10032	あんこう・きも・生	その他の魚類
256	10089	かつお・加工品・なまり	スズキ目
257	10140	しろさけ・イクラ	サケ目
258	10396	しらす・生	その他の魚類
259	10227	はぜ・甘露煮	スズキ目
260	10202	すけとうだら・たらこ・生	その他の魚類
261	10033	いかなご・生	スズキ目
262	10260	まぐろ・缶詰・水煮・フレーク・ライト	スズキ目
263	10272	メルルーサ・生	その他の魚類
264	10376	かに風味かまぼこ	その他の魚類
265	10261	まぐろ・缶詰・水煮・フレーク・ホワイト	スズキ目
266	10142	しろさけ・めふん	サケ目
267	10249	ぼら・生	その他の魚類
268	10204	すけとうだら・からしめんたいこ	その他の魚類
269	10035	いかなご・つくだ煮	スズキ目
270	10068	うなぎ・きも・生	ウナギ目
271	10379	蒸しかまぼこ	スズキ目
272	10203	すけとうだら・たらこ・焼き	その他の魚類
273	10112	きびなご・調味干し	その他の魚類
274	10224	にしん・かずのこ・塩蔵・水戻し	その他の魚類
275	10200	すけとうだら・すり身	その他の魚類
276	10055	しらす干し・微乾燥品	その他の魚類
277	11179	羊・混合プレスハム	その他の魚類
278	10095	かつお・加工品・塩辛	スズキ目
279	10036	いかなご・あめ煮	スズキ目
280	10384	なると	その他の魚類
281	10206	まだら・焼き	その他の魚類
282	10250	ぼら・からすみ	その他の魚類
283	10046	かたくちいわし・田作り	その他の魚類
284	17145	米みそ・だし入りみそ・減塩	スズキ目
285	10102	まがれい・焼き	その他の魚類
286	17135	魚醤油 しよつる	スズキ目
287	10056	しらす干し・半乾燥品	その他の魚類
288	10093	かつお・加工品・削り節・つくだ煮	スズキ目
290	10057	たたみいわし	その他の魚類
291	10034	いかなご・煮干し	スズキ目
292	17125	お茶漬の素・さけ	サケ目
293	10421	とびうお 煮干し	その他の魚類
294	10169	さめ・ふかひれ	その他の魚類
295	10045	かたくちいわし・煮干し	その他の魚類
296	17133	魚醤油 いかなごしょうゆ	スズキ目
297	17107	ナンブラー	その他の魚類
298	10210	まだら・でんぶ	その他の魚類
299	10397	缶詰・アンチョビ	その他の魚類

300	17126	即席すまし汁	スズキ目
301	10157	まさば・さば節	スズキ目
302	17127	ふりかけ・たまご	スズキ目
303	10091	かつお・加工品・かつお節	スズキ目
304	10092	かつお・加工品・削り節	スズキ目
305	10422	とびうお 焼き干し	その他の魚類

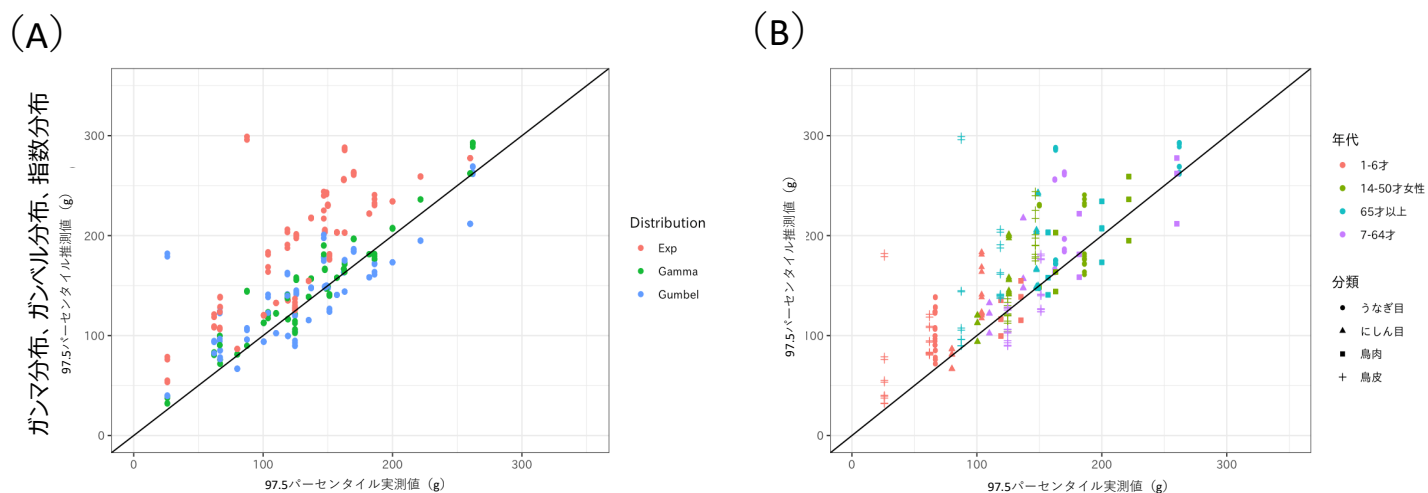


図2.全国食事調査の実データから計算した97.5パーセンタイル実測値とベイズ推測から求められた97.5パーセンタイル推測値の比較

(A) 推測値 vs 実測値、(B) 解析データの内訳（全ての記録情報の分布図）

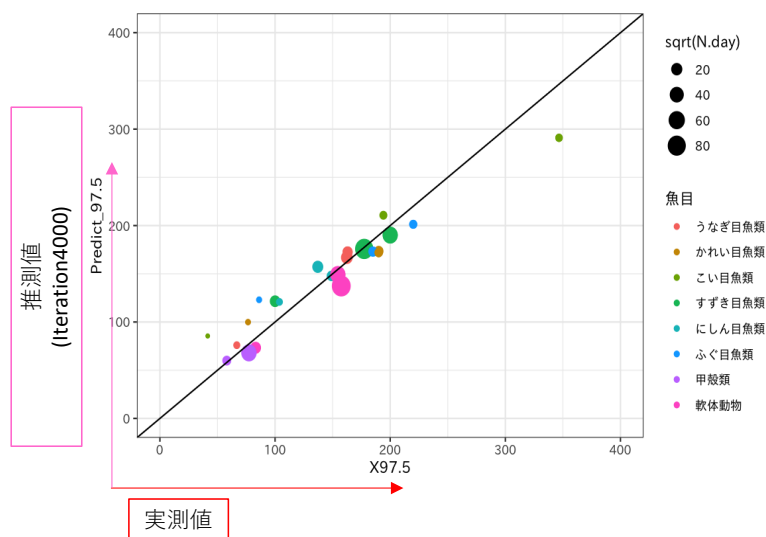
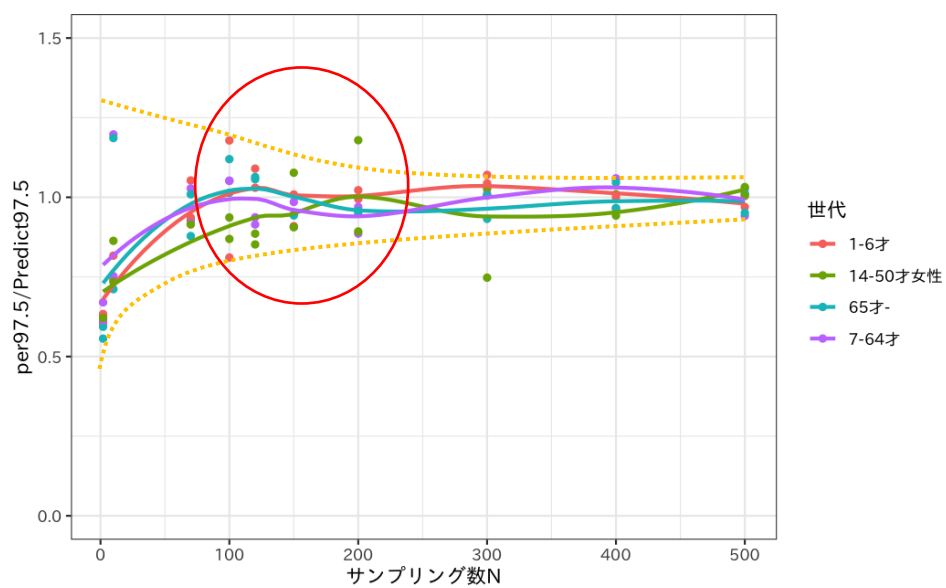


図3.食事記録数とベイズ推測から求めた魚類の消費量97.5パーセンタイルの関係性



**図4.食事記録数と推測値の関係性**

食事記録数に応じた、実測値と推測値の比の変化

**表2.**一般（10歳以上）、小児（2～9歳）のウナギ目、サケ目、スズキ目、その他の魚類の4種類の全国食事調査データの消費量集計結果

魚目名	データ数 /day	平均	標準偏 差	中央値	最高値	97.5パー センタイ ル実測値	97.5パーセ ンタイル推 測値	実測値 /推測 値
	person/d ay	g/day	g/day	g/day	g/day	g/day	g/day	
<b>2～9歳</b>								
ウナギ目	66	39.2	40.1	23.0	199.0	140.3	129.0	1.09
サケ目	477	42.4	46.2	27.1	300.0	171.5	168.2	1.02
スズキ目	1,664	27.3	34.9	13.3	284.0	115.1	118.3	0.97
その他の魚類	1,243	24.2	30.5	12.5	286.4	105.6	100.8	1.05
<b>10歳以上</b>								
ウナギ目	1,321	65.1	61.4	42.0	485.7	226.0	208.4	1.08
サケ目	6,712	73.5	78.7	55.0	995.1	289.7	263.6	1.10
スズキ目	26,664	50.4	60.8	29.8	1,220.7	208.6	200.7	1.04
その他の魚類	16,650	50.5	60.2	30.3	1,141.0	204.4	199.7	1.02

だて巻き（スズキ目[ぐち 生]に分類→原材料中33.1%含有）

加工食品	原材料的食品		逆算係数
食品番号 食品名	食品番号	食品名	
10382 <水産練り製品>だて巻	10117	<魚類>ぐち 生	0.331
10382 <水産練り製品>だて巻	12014	鶏卵 卵白 生	0.702
10382 <水産練り製品>だて巻	3003	(砂糖類) 車糖 上白糖	0.175
10382 <水産練り製品>だて巻	17012	<調味料類>(食塩類)食塩	0.006

魚肉ハム（その他の魚類[すけとうだら 生]→原材料中0.7%含有）

10387 <水産練り製品>魚肉ハム	10199	<魚類>(たら類) すけとうだら 生	0.007
10387 <水産練り製品>魚肉ハム	11130	<畜肉類>ぶた [大型種肉] もも 脂身つき 生	0.847
10387 <水産練り製品>魚肉ハム	1131	とうもろこし 玄穀 黄色種	0.169
10387 <水産練り製品>魚肉ハム	17012	<調味料類>(食塩類)食塩	0.022

黒はんぺん（その他の魚類[まいわし 生]→原材料中25%含有、スズキ目[ごまさば 生]→原材料中25%含有）

10423 <水産練り製品>	黒はんぺん	10047	<魚類>(いわし類) まいわし 生	0.25
10423 <水産練り製品>	黒はんぺん	10404	<魚類>(さば類) ごまさば 生	0.25
10423 <水産練り製品>	黒はんぺん	17012	<調味料類>(食塩類)食塩	0.01
10423 <水産練り製品>	黒はんぺん	3003	(砂糖類) 車糖 上白糖	0.05
10423 <水産練り製品>	黒はんぺん	2063	<いも類> じゃがいも 塊茎 皮つき 生	0.44

魚肉ソーセージ（その他の魚類[すけとうだら 生]に分類→原材料中66%含有）

10388 <水産練り製品>魚肉ソーセージ	10199	<魚類>(たら類) すけとうだら 生	0.660
10388 <水産練り製品>魚肉ソーセージ	1131	とうもろこし 玄穀 黄色種	0.193
10388 <水産練り製品>魚肉ソーセージ	80042	なたね	0.172
10388 <水産練り製品>魚肉ソーセージ	17012	<調味料類>(食塩類)食塩	0.019

さつま揚げ（その他の魚類[すけとうだら 生]に分類→原材料中71.8%含有）

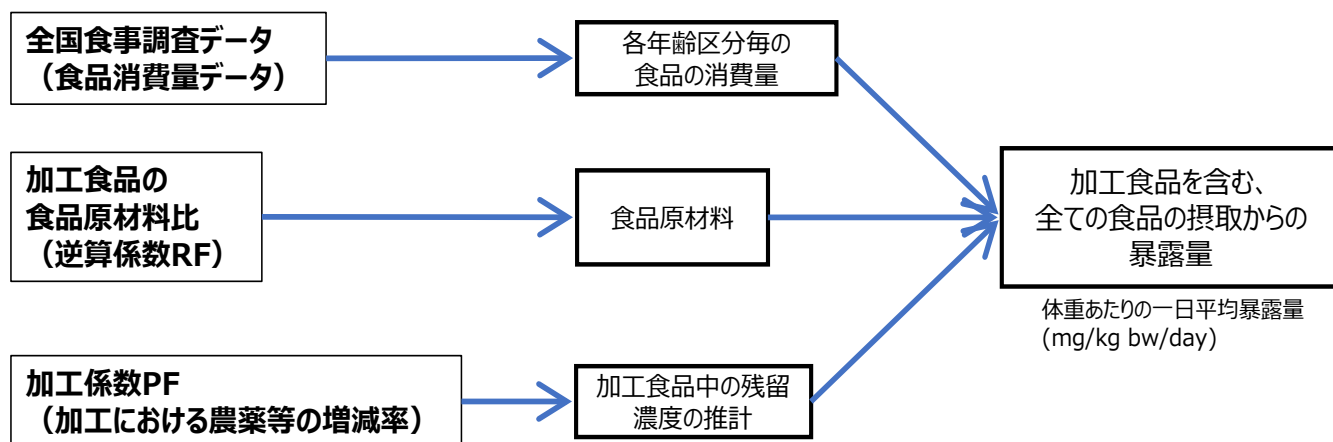
10386 <水産練り製品>さつま揚げ	10199	<魚類>(たら類) すけとうだら 生	0.718
10386 <水産練り製品>さつま揚げ	17012	<調味料類>(食塩類)食塩	0.017
10386 <水産練り製品>さつま揚げ	80042	なたね	0.081

焼き竹輪（スズキ目[ぐち 生]に分類→原材料中66.6%含有）

10381 <水産練り製品>焼き竹輪	10117	<魚類>ぐち 生	0.666
10381 <水産練り製品>焼き竹輪	2063	<いも類> じゃがいも 塊茎 皮つき 生	0.918
10381 <水産練り製品>焼き竹輪	12014	鶏卵 卵白 生	0.018
10381 <水産練り製品>焼き竹輪	17012	<調味料類>(食塩類)食塩	0.020

## 図5. RF値を用いた加工食品の原材料的食品への換算

加工食品を含めた全国食事調査データの消費量を、ウナギ目、サケ目、スズキ目、その他の魚類の4種類に分類して97.5パーセントイルを算出、暴露量推計に入力データとして用いた。



**図6. 食品の摂取による残留農薬等の暴露量推計法の精密化**

暴露量推計には、食品消費量データ、加工食品を原材料の食品に分解するRF、PFを用いて、短期暴露量推計を行う計算スキーム。

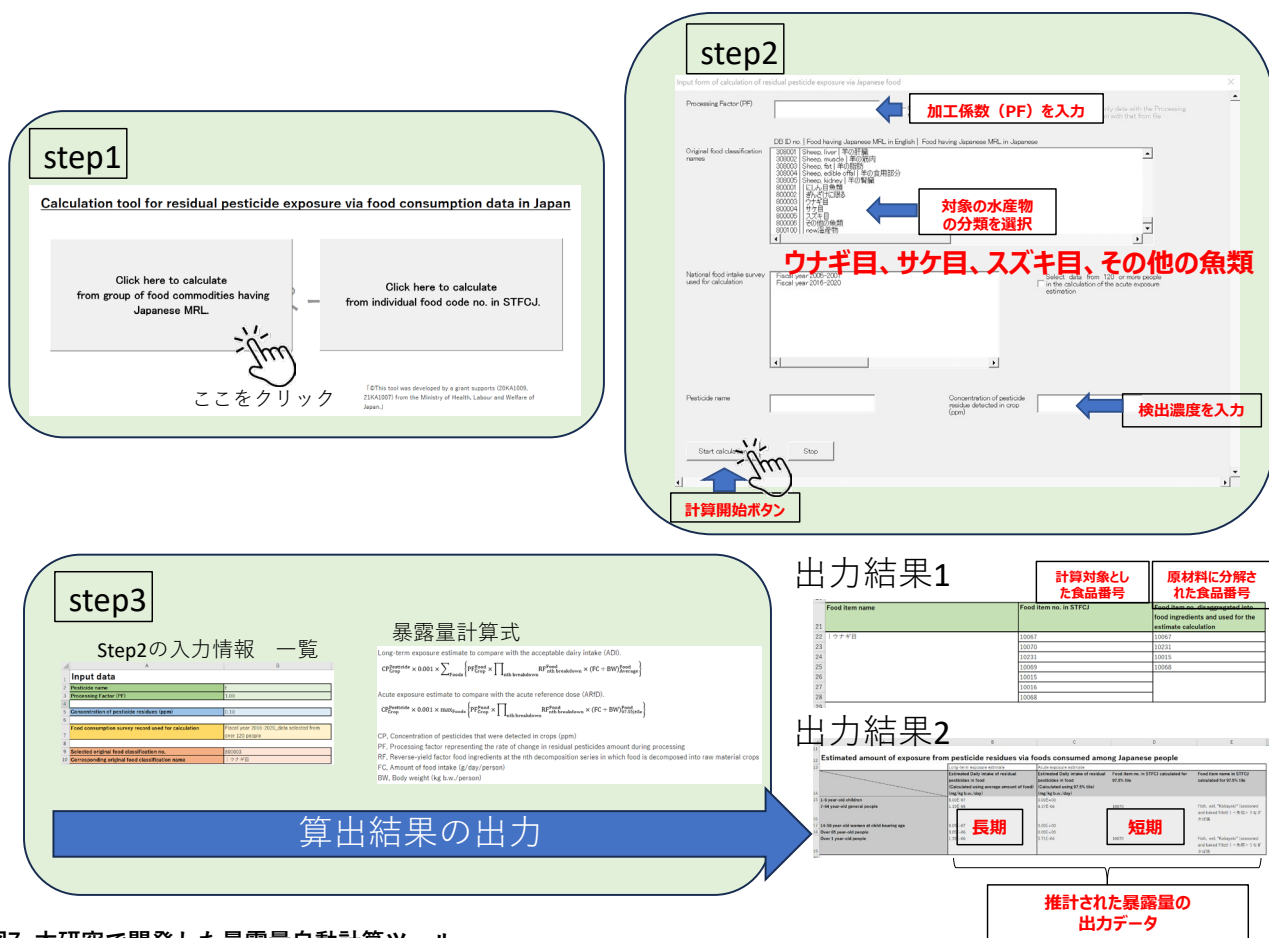


図7. 本研究で開発した暴露量自動計算ツール

全国食事調査により、日本人の年齢区分毎の食品の体重あたりの消費量の把握し、加工食品中に含有する原材料作物の平均的な含有率（逆算係数）、並びに、加工における残留農薬等の増減率（加工係数）を組合せ、加工食品を含む全ての食品を摂取する際の残留農薬等の短期暴露量の最高値を簡便に推計できるMicrosoft Excelのマクロを活用したツールを開発した。

表 3. 養殖の大西洋サケを含む日本食品標準成分表の食品一覧

食品番号	食品名						食品形態
10144	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	生	生鮮
10433	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	水煮	加工食品
10434	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	蒸し	加工食品
10435	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	電子レンジ調理	加工食品
10145	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	焼き	加工食品
10436	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	ソテー	加工食品
10437	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮つき	天ぶら	加工食品
10438	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	生	生鮮
10439	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	水煮	加工食品
10440	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	蒸し	加工食品
10441	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	電子レンジ調理	加工食品
10442	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	焼き	加工食品
10443	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	ソテー	加工食品
10444	<魚類>	(さけ・ます類)	たいせいようさけ	養殖	皮なし	天ぶら	加工食品



**表4.大西洋サケを原材料に加工された加工食品一覧とそれらを原材料に分解する逆算係数**

食品番号	食品名	食品番号	食品名	逆算係数
10433	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 水煮	10144	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 生	1.163
10434	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 蒸し	10144	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 生	1.19
10435	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 電子レンジ調理	10144	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 生	1.099
10436	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき ソテー	10144	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 生	1.266
10437	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 天ぷら	10144	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 生	0.98
10437	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 天ぷら	1013	こむぎ [玄穀] 輸入 軟質	0.17114328
10437	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 天ぷら	1131	とうもろこし 玄穀 黄色種	0.07636356
10437	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮つき 天ぷら	80042	なたね	0.102144
10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1
10439	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 水煮	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1.299
10440	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 蒸し	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1.282
10441	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 電子レンジ調理	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1.205
10442	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 焼き	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1.333
10443	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし ソテー	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1.471
10444	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 天ぷら	10438	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 生	1.042
10444	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 天ぷら	1013	こむぎ [玄穀] 輸入 軟質	0.19559232
10444	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 天ぷら	1131	とうもろこし 玄穀 黄色種	0.08727264
10444	<魚類> (さけ・ます類) たいせいようさけ 養殖 皮なし 天ぷら	80042	なたね	0.18816

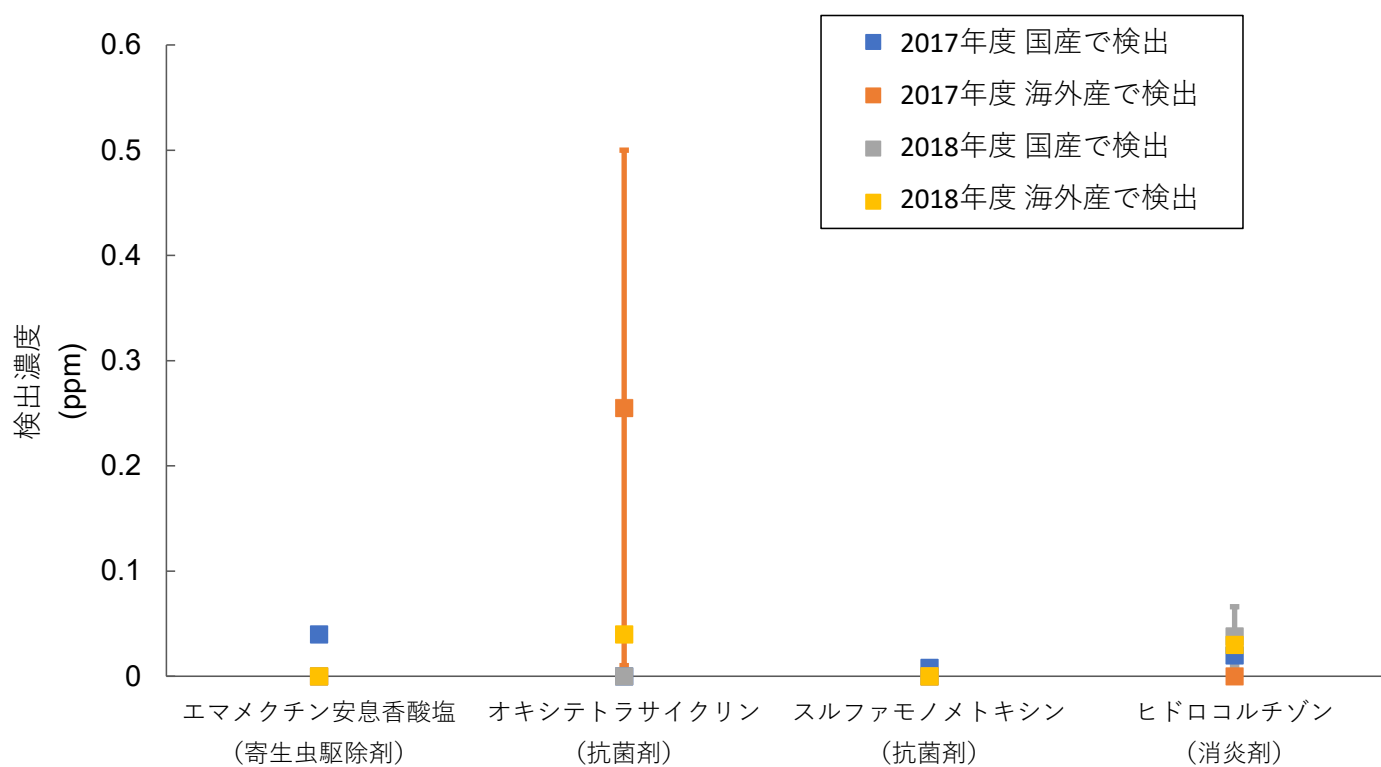
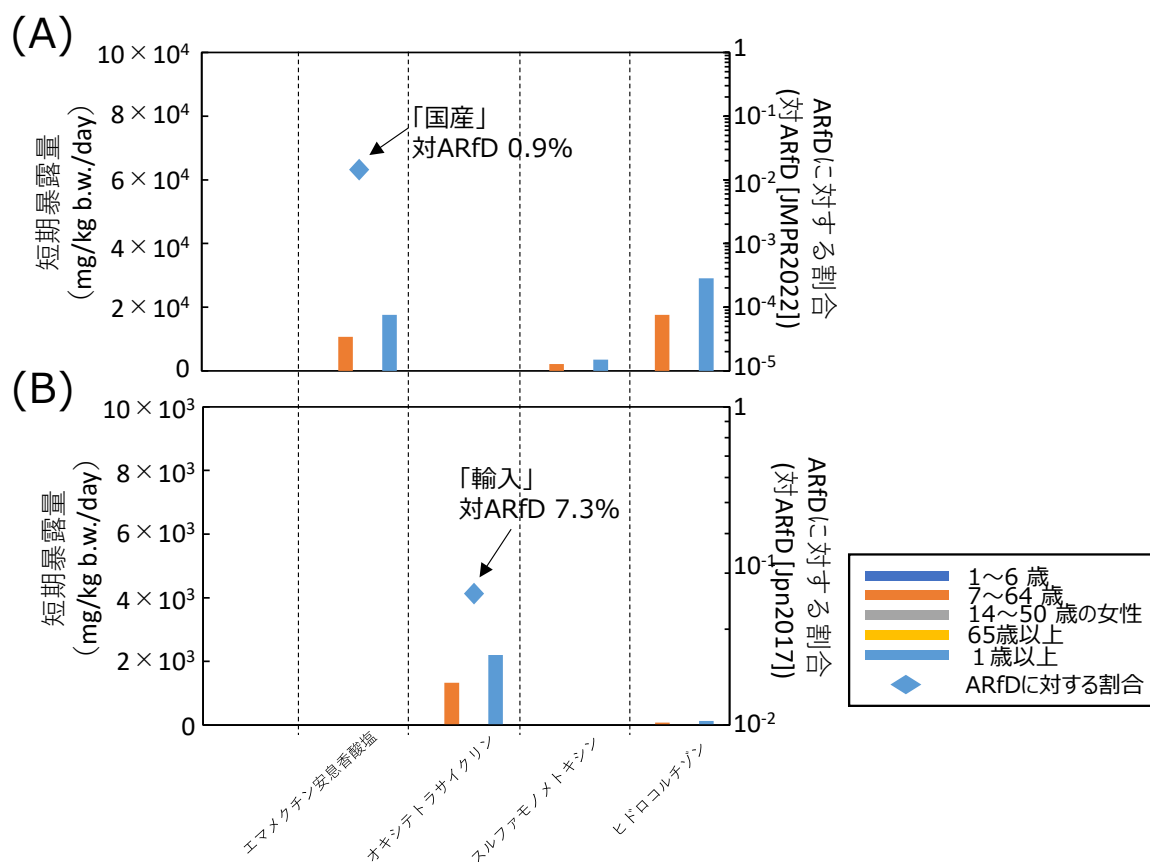


図8. 2017～2018年度、「魚介類（サケ目魚類に限る。）」において検出された動物用医薬品の報告された濃度値データは、厚労省ホームページ（食品中の残留農薬等検査結果、2023年12月閲覧）を参照した。



**図9. 残留農薬等の短期暴露量の推計と、推計値とARfDとの比較**

2017～2018年度に報告された、魚介類（国産[A]と輸入[B] サケ目魚類に限る）から検出された残留農薬等の最高濃度（厚生労働省 食品中の残留農薬等検査結果）と全国食事調査データ（大西洋サケを原材料に含むもの全て、食品番号10144、10145、10433、10434、10435、10436、10437、10438、10439、10440、10441、10442、10443、10444）をもとに、年齢区分毎に推計された短期暴露量とARfDに対する割合を示す。