

メチル水銀曝露リスクの包括的評価手法の開発

○主任研究者 松田裕之（横浜国立大学・総合学術高等研究院・特任教員）
分担研究者 中井里史（横浜国立大学・理工学部・教授）

研究要旨

「包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化」については、実際に裁判で水俣病の認否が分かれた判決例における有症リスク判定に資するように、1959 年、1960 年、1973 年、1980 年の八代海の魚類の水銀含有濃度調査と当時の漁業実態を用いた HACCP 的評価手法による有症リスクの多寡を重回帰モデルを用いて予測した。判決の原告の多くは 1959 年から 60 年代にかけてメチル水銀に汚染された魚を喫食したとされているが、有症リスクは漁家と非漁家などで異なった。また、八代海における漁業の状況について、本研究課題で新たに整理できた資料を『図説 水俣病研究 第 2 巻』という形で公表する。その成果が本報告の HACCP 的評価手法に反映されている。

「統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価」については、熊本県が保管している昭和 46~48 年に実施された水俣湾周辺地区健康調査データ（第一次～第三次検診データ）を用いて、水俣病が疑われる人（水俣病の疑い）を予測する方法を開発することを目的とした。令和 4 年度は、約 1.2 万件の第一次健康診断調査データについて、データチェックも含めた予備的解析を試みた。令和 5 年度は、第一次検診から第三次検診までのデータをマージし、水俣病の疑いを予測するモデルの予備的検討に取り組んだ。比較的よい精度をもって、各種自覚症状から水俣病の疑いを予測することができた。令和 6 年度は、第一次検診と第二次検診結果を独立変数として用いて、第三次検診データから得られる水俣病の疑いを予測するモデル作成に取り組んだ。しかし、解析に用いている第二次検診データには十分な情報が含まれていないことがわかり、方向転換を余儀なくされ、一次検診データを用いて、水俣病疑いの分類基準作成のための検討を行った。

キーワード HACCP 的評価、有症リスク、水俣湾周辺地区健康調査、

研究協力者名及び所属施設名

上野真也（熊本大学・名誉教授）
平田郁夫（元熊本県水産研究センター・技師）
二塚 信（熊本大学・名誉教授）
山中 進（熊本大学・名誉教授）

I 研究目的

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

社会科学や疫学、水産学、環境リスク学等の多角的なアプローチにより、水俣病係争地域の昭和 30～40 年代の暮らしと食生活と健康の関係を分析し、人々の属性別地域別のメチル水銀曝露状況の違いについて HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Point）的手法によるリスク評価手法を開発する。特に周辺地域の有症リスクについて、限られた情報をもとに偽陽性と偽陰性を評価する方法を開発した。

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

熊本県が保管している水俣湾周辺地区健康調査に記載された情報等に基づき、統計モデルを用いて水俣病に関係する症状を予測する方法を開発するとともに、別途検討する HACCP 的モデルをも活用し、より包括的なリスク評価手法を開発・発展させることを目的とした。

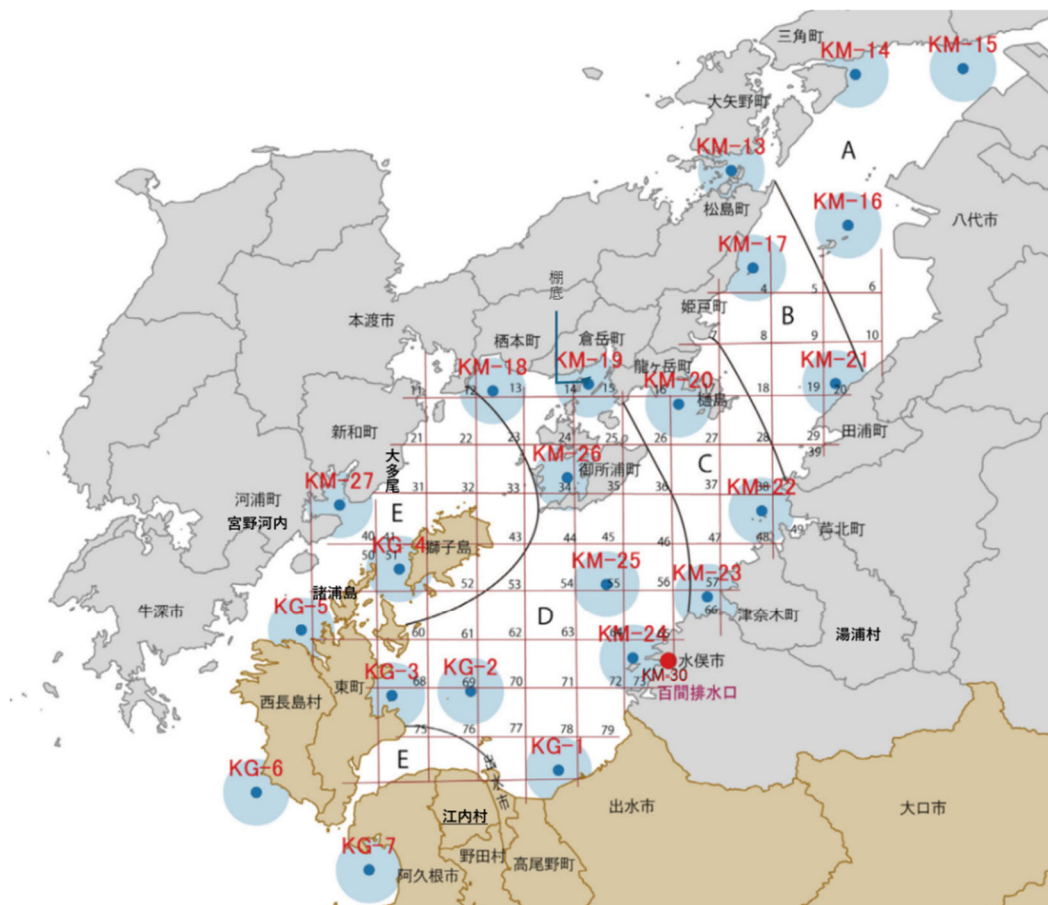


図 1 八代海的主要な漁場番号の位置（市町村境は 1959 年当時。上野ら編 2025 図 5-5-2 を一部加筆）。

Ⅱ 材料と方法

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

上野ら編 (2022) にて収集した漁協ごとの主たる懸念魚種に関する集約的なデータ（以下、

「水銀濃度データベース」から、主要魚種の水銀含有量とその分散、被験者の体重等の属性、摂食量、摂食期間から、WHO（1990）の体内蓄積量と有症率の関係式を用いて、異常知覚、運動失調、構音障害、難聴、致死の有症リスクを計算する簡易手法を検討した。

血中メチル水銀濃度 z と有症リスク P の関係は、式(1)のような折れ線モデルで表される。

$$P(z, b, z_0, a) = \text{Min}[1, \text{Max}\left[b, a\left(\log\frac{z}{z_0}\right) + b\right]] \quad (1)$$

ここで a, b, z_0 は症状により異なるパラメータであり、 b はメチル水銀以外の要因による有症リスク、 z_0 はメチル水銀による追加のリスクが発生する最小濃度である(Matsuda and Ueno 2021, WHO 1990)。

よって、有症リスク G は以下のように表される。

$$G(\mu, \sigma_1, rf, t, z, b, z_0, a) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\frac{(h-\mu)^2}{2\sigma_1^2}}}{\sqrt{2\pi\sigma_1^2}} P\left(\frac{10p}{qw}[rfh(1 - e^{-qt}) + i], b, z_0, a\right) dh \quad (2)$$

1959 年、1960 年、1973 年、1980 年の標本調査による魚の水銀濃度のデータから、各漁場の各魚種の魚のメチル水銀濃度の対数値の平均 μ と標準偏差 σ_h とデータ数 n が求められる。

用いた「水銀濃度データベース」には、118 種 2706 標本のデータがある。このうち 1959 年、1960 年、1973 年、1980 年がそれぞれ 58, 218, 1241, 1160 標本である。なお、標本数が検体数と一致せず、複数の検体をまとめて 1 つの濃度を測ったものがある。ここでは 1 標本の複数の検体の水銀濃度を等しいと仮定した。また、多くの検体を 10 標本に分けて濃度測定している例があり、それら 10 標本の濃度にはほとんどばらつきはないが、実際の検体ごとの濃度のばらつきはこれより大きい可能性がある。

表 1 主な市町村（1959 年当時）と、その地域で消費される魚介類の主な漁場の関係。漁場番号の位置は図 1 の通り。

市町村名	主漁場	副漁場		市町村名	主漁場	副漁場
田浦	KM-21	KM-25		牛深	KG-6	
芦北	KM-22	KM-25		新和町	KM-27	
津奈木	KM-23	KM-25		宮野河内	KM-27	KM-25
水俣	KM-24			大多尾	KM-27	KM-18
出水	KG-1			栖本	KM-18	KM-27
阿久根	KG-7			楠浦町	KM-18	
長島町	KG-6			宮田	KM-18	KM-25
東町	KG-3			棚底	KM-19	KM-20
獅子島	KG-4			樋島	KM-20	KM-25

主な漁場と、主な市町村（1959 年当時）と、その地域で消費される魚介類の主な漁場の関係をそれぞれ図 1 と表 1 に示す。

1959 年（喜多村ら 1960）、1960 年（西海区水研 1964）、1973 年（水産庁研究開発部 1974）、1980 年（日本エヌ・ユー・エス 1982）の調査により、それぞれの年の各漁場及び各魚種の魚体の総水銀濃度が調査されている。しかし、すべての漁場で全魚種のデータが揃っているわけではない。特に 1959 年と 1960 年の調査は極めて先駆的で貴重なデータであるが、図 1 に示す漁場のうち 13 漁場でしか採取されていない。ここでは以下の方法で欠測した漁場及び魚種について補完する回帰モデルを考える。

年 t 、漁場 g 、魚種 f における魚体の水銀濃度を $z_{t,g,f}$ とする。これが以下のような回帰式で表されるとする。

$$\log z_{t,g,f} = I + Y_t + F_f + G_g + z_{t,g,f} \quad (3)$$

ここで I , Y_t , F_f , G_g , $z_{t,g,f}$ はそれぞれ定数項（切片）、年ごとの濃度の高さ、魚種ごとの濃度の高さ、漁場ごとの濃度の高さ、および $z_{t,g,f}$ の誤差項を表す。

最小二乗法により $S = \sum (z_{t,g,f} - \zeta_{t,g,f})^2$ を最小にする重回帰モデルを求める。ここでは $\sum Y_t = 0$, $\sum F_f = 0$, $\sum G_g = 0$ となるよう標準化して切片 I を定めた。また、1973 年と 1980 年については、各年の水銀濃度を

$$\log z_{t,g,f} = I_t + F_{t,f} + G_{t,g} + z_{t,g,f} \quad (4)$$

としたときの最小二乗法による年ごとの重回帰モデルも求めた。ここでも同様に $\sum_f F_{t,f} = 0$, $\sum_g G_{t,g} = 0$ となるよう標準化して切片 I_t を定めた。なお、1959 年と 1960 年については標本数が少ないため、式(2)の代わりに 2 年分のデータを合わせて式 (1) を用いて回帰モデルを作成した。

2024 年 3 月 22 日の熊本地方裁判所における判決（いわゆる「ノーモア・ミナマタ 2 次訴訟」熊本地裁判決、以下「判決」）では、原告 144 名のうち、25 名について水俣病と「認定」された。ただし、除斥期間である 20 年が過ぎているとして、原告全員の請求が棄却された。棄却されたとはいえ、裁判官はある一定の基準に基づいて、約 17%の原告を水俣病と認定している。判決文では、個々の原告に対してメチル水銀の曝露状況、症状における水俣病に由来するとみられる障害の有無、それらを繋ぐ因果関係の有無を分析し、結論として認定の可否を述べている。メチル水銀の曝露状況については、個々の原告の出生年、曝露した可能性のある期間、主たる居住地、魚介類の入手経路と摂食量などを根拠に、「水俣病を発症し得る程度の」メチル水銀を「ばく露した可能性」が「高い」、「相当程度ある／ある」、「高いとはいえない」、「ないとは言えない」、「あるとはいえない／低い」などの記述がみられる。

本章では、判決にある原告 144 名のうち認定者 25 名を含む 142 名分について、重回帰モ

デルによる曝露量推定を用いて、判決文の中の曝露の可能性の判断を吟味した。ただし、主たる住所、それに対応する漁場を 2 つまで選び、主たる魚種が明記されている場合はその魚種かそれに近い魚種を指定し、それ以外は「魚種全般」として、式 1 または 2 で $F=0$ とみなして魚の水銀濃度を推定した。

総水銀摂取量を以下のように評価した。長期曝露の経験があっても、およそ 1 年で体内濃度はほぼ飽和する。 $x(t)=p(fhr+i)[1-e^{-qt}]/q+x_0 e^{-qt}$ とすると、 $q=0.01$ （生物学的半減期が 70 日）とすれば、9 か月後には e^{-270t} より 93%、1 年後には e^{-365t} より 97%が排出される (Matsuda and Ueno 2021)。ここで p, f, h, r はそれぞれ総水銀の体内摂取率 (95%)、摂食した魚の水銀濃度、魚の摂食頻度 (ほぼ毎日なら $h=1$ 、週 2 回なら $2/7$)、魚を含む 1 日当たりの水産物摂食量である。たとえば年間 3 か月 ($\tau=1/4$) のみ 1 日 hg の魚介類を摂食することと、通年 1 日 $h/4 g$ の摂食による体内蓄積量はほぼ同等である。2 日に一度 $2h$ 食べる場合も、毎日 hr 食べる場合とほぼ同様である。血中濃度は体重 1 kgあたりの摂取量に依存するが、以下では体重 55 kgの場合の摂食量 h で考え、他の体重 w kg の人はそれに比例した $hw/55$ kg を摂食するとみなす。

摂食量の定量的情報が不明なことが多いが、1 日当たり摂食量 (g/日) は不知火海のうち芦北郡の漁家 4 世帯調査の世帯主が 316-459、主婦が 91-333、長男が 69-251 とある (二塚ら 1977 の表 3、上野ら編 2021 の表 5.1.1)。主婦の体重を 45 kgとみなして 55kg の人に換算すると長男とほぼ同様で、漁家の世帯主および家族の摂食量とその標準偏差 (SD) をそれぞれ $h=390\pm70$ および $h=205\pm115$ とみなす。行商人、農家などはそれよりかなり摂食頻度が低い傾向にある (上野ら編 2021 の図 4.2.2 および表 4.1.1 から表 4.1.4)。行商人から購入した山間部の住民は行商人より低い傾向にあるだろう。ここでは体重 55kg の内陸部平地農家、都市部常勤労働者の摂食量とその SD をそれぞれ $h=110\pm54$ と $h=95\pm85$ とする (上野ら編 2021 の図 4.2.2)。また 1960 年代頃の国民栄養調査にみる熊本県の漁村の魚介類摂食量では、漁村ごとの魚介類摂食量が葦北郡田浦の 63 (1956 年) から天草大矢野の 107 (1967 年)、水俣の 116 (1968 年) と記されている (上野ら編 2021 の図 4.2.1)。この調査は漁家も非漁家も含んでいるが、上記内陸部平地農家と大差ないことから、同じ値 $h=110\pm54$ を用いた。ただし、必要に応じ、摂食量 h を個々の事例で値を変えて評価する。上記統計にあるように非漁家では $h=110\pm5$ 程度と仮定する。

摂食した主な魚種についても詳細不明のことが多いが、主な魚種はタチウオが多い漁家、イカが多い漁家、ボラが多い漁家がある (二塚ら 1977 の表 4)。これら 3 種の F 値はそれぞれ 0.32、-2.18、-0.84 であり、全魚種平均よりタチウオが高く、イカとボラが低い。一般に上位捕食者以外の浮魚は低く、底魚及び上位捕食者は高い傾向にある。自家消費の場合、魚価の低い魚種を利用する傾向が考えられることから、一般には漁獲統計より汚染度の低い魚種に偏る傾向があるかもしれない。時には死にかけた魚を食べたという証言もあるが、魚自身が水銀汚染で死にかけるとするのは食品安全基準を桁違いに超えた高濃度の場合であり、死にかけた原因が水銀とは限らない。主要漁獲物には水銀濃度データベースで集約した

以外の魚種もあるが、2005 年前後に行われた厚生労働省の全国魚介類の水銀濃度調査から、濃度の多寡を類推することができる（厚生労働省 2005）。たとえばキビナゴは比較的低濃度の魚種である。

また、主たる曝露源の漁業の操業期間が 3 か月の場合には実際の摂食量の 1/4 を通年曝露と同等とした。ただし、個別の事情がある場合は値を変えて検討する。

本研究では、1960 年頃から 1980 年頃までの曝露状況に応じた有症リスク評価の考え方を述べる。ただし、判決文本文からは個々の事情が十分に読み取れない場合も多々ある。たとえば、摂食量は過去の研究（二塚ら 1977, 上野ら編 2021）から上記のように仮定したが、それより多い場合も、少ない場合もあるだろう。

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

熊本県が紙媒体で所有している熊本大学医学部有明海・八代海沿岸地域および水俣湾周辺地区健康調査解析班（代表：徳臣晴比古）が昭和 46 年に実施した水俣湾周辺地区住民健康調査データを電子化したものを、環境省に資料申出の後、許可を得て使用した。本調査は水俣病が工場排水により汚染された魚介類を摂取することによって起った有機水銀中毒であるとの結論が発表され、水俣病発症が一応終息したかに見えていたが、症状を有しながら未だ発見されていない水俣病患者が少なくないことが指摘されていたことから実施されたものである（熊本大学医学部, 1977）。



図 2 水俣湾周辺地区住民健康調査対象地区

(<https://www.freemap.jp/itemDownload/kumamoto/kumamoto/3.png> より作成)

対象地域は、水俣湾周辺海域の魚介類を多量に摂取したと思われる地域（以下「水俣地区」という）6 市町（水俣市、田浦町、芦北町、津奈木町、龍ヶ岳町、御所浦町、名称は当時）と、対照地区として水俣地区と無関係の魚介類を多食していると考えられる天草郡苓北町（以下「苓北地区」という）で、それぞれ住民 54,566 名と 1,040 名を対象として調査が行われた（図 2）。

調査は、第一次検診から第三次検診からなり、第一次検診ではアンケート方式により別途定めた基準に合致する症状を訴えた人を抽出し第二次検診対象者とし、第二次検診では予め神経専門医により指導訓練された地元開業医によって他覚的な神経徴候の発見がなされ、この他覚的所見に基づき第三次検診の対象者が選ばれた。そして、第三次検診は熊本大学医学部第一内科、眼科、耳鼻咽喉科および熊本大学体質医学研究所小児体質部門の専門医があたり水俣病患者相当であるかどうかを判断し、水俣病患者認定申請が推奨された。調査の概要を表 2 に示す。

表 2 水俣湾周辺地区住民健康調査概要

水俣地区第一次検診（アンケート調査）

対象者	水俣湾周辺海域の魚介類を多量に摂取したと思われる地域 6 市町の住民ならびにその家族 54,566 名 対照地区として水俣地区と無関係の魚介類を多食していると考えられる苓北町の漁業世帯 271 世帯の住民 1,040 名
調査方法	駐在事務所長および地区区長を通じたアンケート調査 漁業世帯については県の保健士による聞き取り調査
検診期間	昭和 46 年 10 月 4 日～12 月 20 日

第二次検診

調査方法	地元開業医による問診・診察、病名を決定
検診期間	昭和 47 年 2 月 7 日～5 月 12 日

第三次検診

調査方法	専門医（内科あるいは小児科）による神経内科的検診、必要に応じて他科検診 水俣病相当かどうか判断し、認定申請を推奨
検診期間	昭和 47 年 6 月 24 日～昭和 49 年 9 月 30 日

しかし、この調査データは、調査票も含めて全員分のデータが残っているわけではなく、かつ電子データでも残っていない。水俣湾周辺地区住民健康調査の対象者数および残存状況の概要は表 3 の通りである。そのため、令和 4 年度は、第一次検診の打ち出しデータを新たに入力し解析可能なデータ化、クリーンアップを試みるとともに、入力データと調査報

告書で示された結果と比較し、本研究で使用するデータの特徴を調べた。

表 3 水俣湾周辺地区住民健康調査の対象者数および残存状況

	対象者数 (a)	受診者数 (b)	受診率 (b/a)	調査票現 存数(c)※	現存率 (c/b)	現存資料の内容
一次検診	55,606	52,387	94.2%	12,000	22.9%	- 二次検診対象者の一次検診データをパンチしたデータ - その他のデータ無し
二次検診	12,001	5,613	46.7%	5,597	99.7%	二次検診受診者の二次検診結果(病名コードのみ)をパンチしたデータ
三次検診	1,629	1,258	77.2%	1,075	85.4%	三次検診受診者の調査票原票

※入力ミスや重複データ等を確認した後の確定数

令和 5 年度は、質問票として残っている第二次検診および第三次検診データを入力し、入力ミスやデータの重複確認などのデータクリーニングを行いつつ、第一次検診から第一次検診までのマージを試みた。前述の表 3 は、データクリーニングした後の情報を示したものとなっている。

その後、マージしたデータを用いて、水俣病認定申請推奨者（以下、水俣病の疑い、と称する）を予測するための予備的解析を行った。予備的解析の目的は、最終的な解析に用いるための変数の検討と、どの程度の予測が見込まれるかの検討を行うことである。予備調査では、症状に関する一次データ（いいえ、軽い、ひどい）を、（いいえ、はい）に二値化し、最小 AIC（赤池情報量規準）を用いて適切なモデルを選択することとし、Stepwise 法によるロジスティック回帰分析を用いて、ROC 曲線（受信者動作特性曲線）を作成するとともに、最適な感度、特異度を算出した。最適な感度（Sensitivity, Se）、特異度（Specificity, Sp）は、「感度 + (1 - 特異度)」が最大となる場合の値とした。

令和 6 年度は、第一次検診データに加えて、第二次検診データも利用することで、予測の精度を上げるとともに、どの市町に住んでいる人や、どのような症状の組み合わせを持つ人が、水俣病の疑いとして認められるのかを調べることにした。

（倫理面への配慮）

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化
該当しない

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

本研究の実施にあたっては、横浜国立大学人を対象とする生命科学・医学系研究倫理専門委員会の承認を得た（人医-2022-09）

Ⅲ 研究結果

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

初年度には、八代海沿岸の漁協別メチル水銀有症リスクを HACCP 的手法を用いて、体重、食べた魚の魚種と漁場、摂食量、食べ続けた期間等による被験者等のリスク評価法の開発を進めた。八代海及び周辺地域における漁業の状況、小売・行商を含む魚介類の流通状況、地域別の魚介類の摂食頻度や摂食量に関して、地域ごとおよび被験者の属性に基づく有症リスクを精度高く評価するための俯瞰的な知見の整理に取り組んだ。また、八代海における漁業の状況について、文献情報と既往知見から海区ごとの主要魚種について検討を加えた。

種や採取海域により濃度に違いはあるものの、全体の濃度分布は対数正規分布に近かった（図 3）。1973 年の総検体数 1241 の総水銀濃度の中央値と平均と SD、対数濃度の平均と SD はそれぞれ 0.06, 0.110, 0.123, -2.75（幾何平均は 0.063）、1.10 であった。1980 年の総検体数 969 のそれらは順に 0.08, 0.098, 0.093, -2.585（幾何平均は 0.075）、0.887 であった。すなわち、調査標本全体としては 1980 年のほうが中央値及び平均値が高かった。

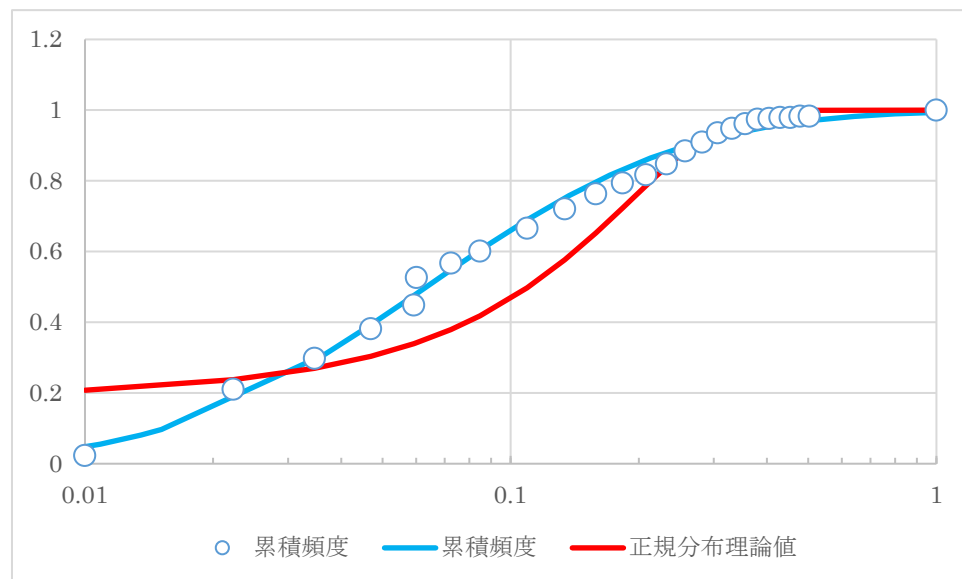


図 3. 1973 年の標本による総水銀濃度の累積頻度分布。正規分布より対数正規分布に近い。

このデータベースを用いて、被験者が主に食べていた海域及び魚種を絞り込み、居住地別に漁家と非漁家の代表的な摂食量と魚種を選び、血中水銀濃度を推定した。また、被験者の居住地、摂食量、主要な魚種等を与え、それらをもとに被験者ごとの血中水銀濃度を推定し

た。たとえば、芦北町漁業協同組合が漁獲した水産種のうち、主に食べた魚種はエビ類とタチウオと考えられる。漁業の種類、漁場、漁期、対象魚種、漁獲量、販路などとともに、懸念される魚種のメチル水銀濃度の標本数、中央値、最大最小値等が集約されている（図 4）。同時に、典型的な被験者の性別摂食量、摂食魚種、摂食期間などの情報も集約されている。

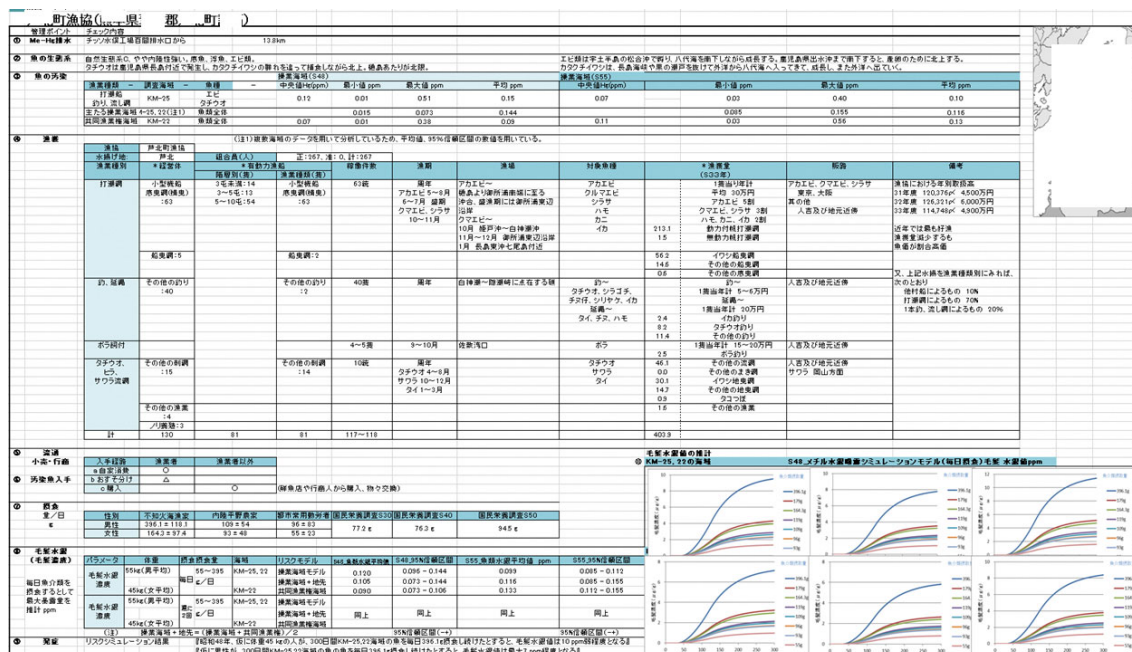


図 4 HACCP 的手法によるデータ収集の例 (A 町漁協) (上野ら編 2025)

2年目は、八代海沿岸の漁協別メチル水銀有症リスクを、1973年と1980年の水銀濃度データベースの熊本県、鹿児島県の魚介類標本個体の総水銀量のデータに基づき、被験者等の居住地、体重、食べた魚の魚種と漁場、摂食量、食べ続けた期間等による被験者等のリスク評価法の開発を進めた。八代海及び周辺地域における漁業の状況、小売・行商を含む魚介類の流通状況、地域別の魚介類の摂食頻度や摂食量に関して、地域ごとおよび被験者の属性に基づく有症リスクを精度高く評価するための俯瞰的な知見を整理し、標準的なリスク計算とともに、被験者固有の摂食量、摂食した魚種等の情報を勘案して、再計算するツールを作成した。さらに、八代海における漁業の状況について、文献情報と既往知見から海区ごとの主要魚種について検討を加えた。1960年頃と1973年頃の曝露状況に基づく有症リスク評価及びマグロ類喫食者のそれを得たが、これらを改良したものを最終年度の結果に示す。

最終年度は、実際の判決に即した事例に対応するため、水銀濃度データベースに 1959 年と 1960 年の総水銀量のデータを加えたうえで重回帰モデルを新たに作成し、上記の HACCP 的手法による有症リスク評価モデルを改良した。結果は以下のとおりである。

式 (1) および (2) における最小二乗法による重回帰モデルの係数を図 5 および図 6 に示した。これらの係数値の標準誤差 (SE) および P 値および各年の標本となった魚種を電

子補遺 (https://ecorisk.web.fc2.com/2024/Minamata_vol2_5-1_Appendix.html 付表-1 から付表-4) に記す。

表 4 重回帰モデル式 (1) の最小二乗法による最適解の切片 I および年別係数 Y_t の推定値、SE、 t 値、 P 値および標準的な水銀濃度(ppm)として $\exp(I+Y_t)$ を示す。

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	$\exp(I+Y_t)$
I	0.850	0.261	3.257	0.001	2.341
Y_{1960}	-2.240	0.134	-16.773	5.41×10^{-60}	0.249
Y_{1973}	-3.087	0.126	-24.540	1.24×10^{-119}	0.107
Y_{1980}	-2.853	0.126	-22.639	1.32×10^{-103}	0.135

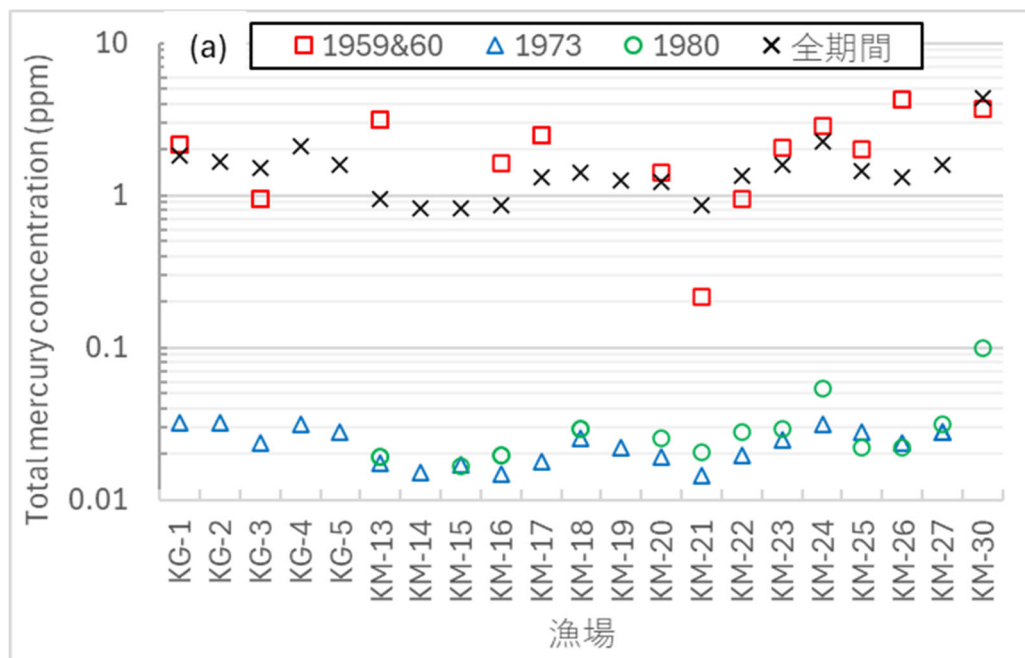


図 5 重回帰モデル式 (1)、(2) の最小二乗法による最適解の漁場別係数 G_g (全期間) および $G_{t,g}$ (□△○印)。

年の効果 Y_t の値を表 4 に示す。その際、1960、1973、1980 年の $\exp(I+Y_t)$ の値はそれぞれ 0.526、0.023、0.028ppm であった。すなわち、1960 年の平均的な魚のメチル水銀濃度は 1973 年の約 23 倍 (95%CI は 18-30 倍) と推定された。1960 年から 1973 年までの濃度の低減率は年あたり $21.5\%(=1-e^{-0.242})$ である。上野ら編 (2021) の図 5.2.3 によれば、水俣湾の魚介類の総水銀値は 1960 年から 1970 年にかけてほぼ 30 分の 1 に下がり、その後は 1974 年の仕切り網設置を経て 0.4 ppm 前後で安定しているから (上野ら編 2021 の図 5.2.3)、年低減率は 22%程度と見積もられる。

1959 年については欠損値が多いが、魚種別の水銀濃度は 1973 年と 1980 年度でほぼ同様

の傾向を示し、1959 年の値を含めた全期間を通じた回帰モデル（実線）とほぼ同様で、全体を並行移動しているように見える。けれども、たとえばイシモチの 1959 年の濃度は 5 倍以上高い。全体として、カタクチイワシなどの青魚および栄養段階の低い魚介類は低濃度であり、イシモチなどの栄養段階の高い魚種は高濃度である。

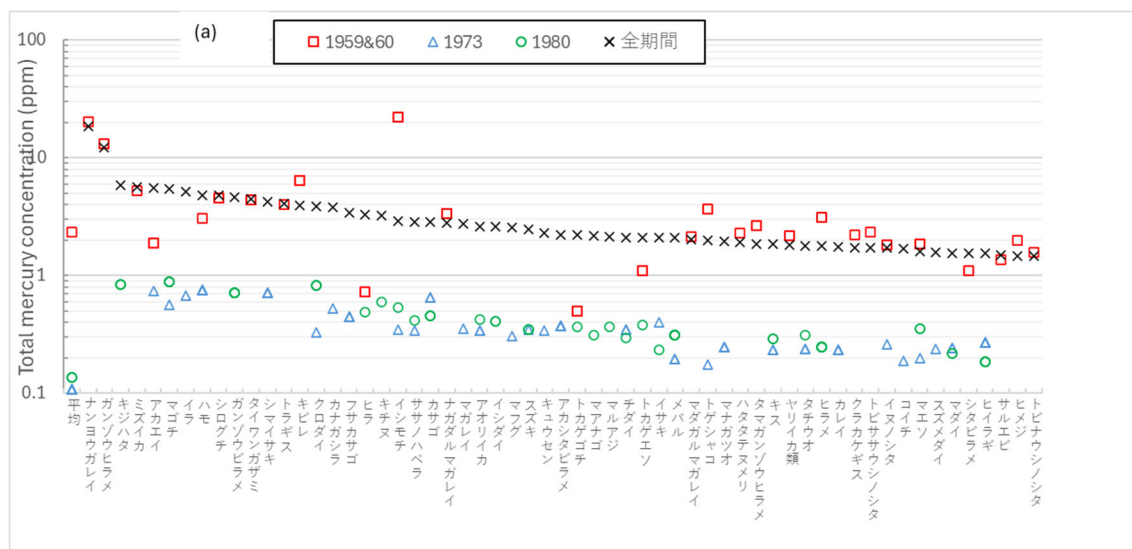


図 6a 重回帰モデル式(1)の最適解の魚種別係数 F_f (×印) および F_{tf} (□△○印)。

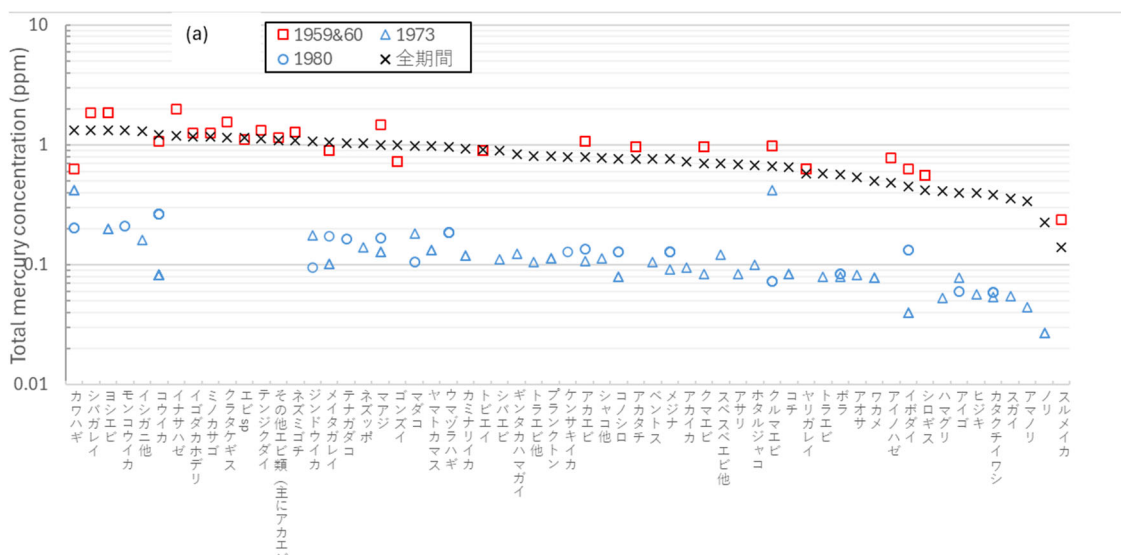


図 6b 重回帰モデル式(2)の最適解の魚種別係数 F_f (×印) および F_{tf} (□△○印)。

全期間を通じた係数 F の値から、水俣湾内 K-30 はその近傍 KM-24 に比べて約 2.5 倍 (95% CI は 1.8–3.5 倍)、最低の KM-14 に比べて 6.6 倍 (4.7–9.2 倍) 濃度が高い (図 5)。ただし、新和町や宮野河内当たりの漁場 (KM-27) が水俣付近 (KM-25) より高い汚染度と推定されているなど、実態とあわないと思われる部分がある。

全期間を通じた係数 G の値から、水俣湾内 K-30 はその近傍 KM-24 に比べて約 2.5 倍 (95%CI は 1.8–3.5 倍)、最低の KM-14 に比べて 6.6 倍 (4.7–9.2 倍) 濃度が高い (図 5)。

漁場別の水銀濃度は 1973 年と 1980 年でほぼ同様の傾向を示し、全期間を通じた回帰モデルとほぼ同様の増減傾向を示すが、KM-21 は 1960 年の濃度が低く 1960 年の係数が全期間共通の実線の 1/3 程度であり、KM-25 の 1960 年は逆に 3 倍程度高い傾向が示唆される。

魚種別の水銀濃度は、1973 年と 1980 年度でほぼ同様の傾向を示し、1960 年の値を含めた全期間を通じた回帰モデル (図 6 の×印) とほぼ同様で、漁場別の場合と同様に、全体を並行移動しているように見える。けれども、たとえばイシモチの 1960 年の濃度は 5 倍以上高い。全体として、カタクチイワシなどの青魚および栄養段階の低い魚介類は低濃度であり、イシモチなどの栄養段階の高い魚種は高濃度である。

式 2 の誤差項を除いた理論値 $\hat{z}_{t,g,f} = \exp[I + Y_t + F_{t,f} + G_{t,g}]$ 、さらに $F_{t,f}$ または $G_{t,g}$ も欠測している場合には式 1 の誤差項を除いた理論値 $\hat{z}'_{t,g,f} = \exp[I + Y_t + F_f + G_g]$ をその魚種の濃度とし、式 1 および式 2 における実測値 $\log z_{t,g,f}$ と理論値 $\hat{z}_{t,g,f}$ と $\hat{z}'_{t,g,f}$ の比較を図 7 に示す。主要魚種が特定できない場合は $F_{t,f}$ または F_t を 0 とし、漁場の理論値を用いた。 $\sum_f F_{t,f} = 0$, $\sum_f F_f = 0$ となるよう標準化しているため、これが平均的な濃度となる。年と漁場と魚種が同一でも複数の実測データがある場合がある。また、いくつか実測値と理論値が乖離した例がある。図 7a の実測値が 0.005 と 59.2 の点は、それぞれ 1960 年 KM-21 のスルメイカと 1960 年 KG-3 のイシモチである。図 7b の実測値が 6.68 と 29.3 の点は、それぞれ 1960 年 KM-24 と KM-23 のいずれも 1960 年のイシモチである。図 7a と b のそれぞれの決定係数は 0.631 と 0.655 であった。

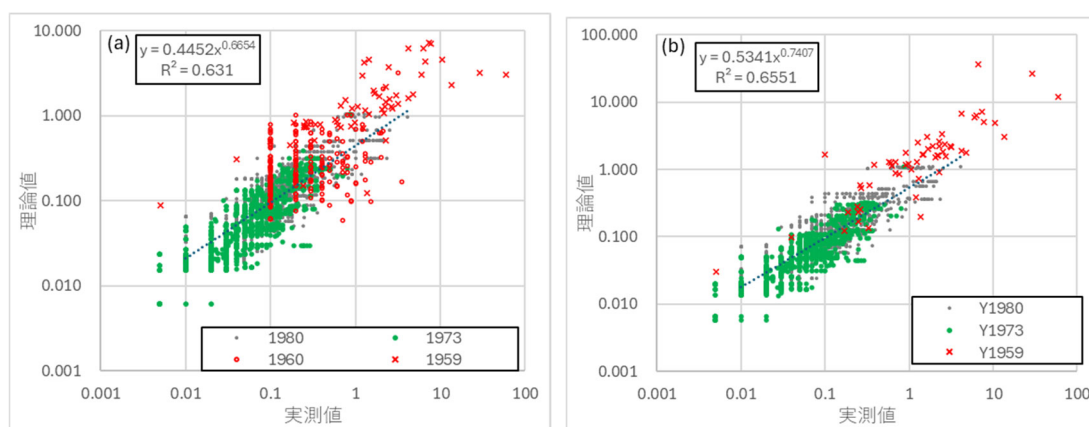


図 7 魚体別水銀値濃度の実測値と理論値の比較。(a)は式 1、(b)は式 2 による理論値。

表 5 は架空の例についての結果である (原告とは対応しない)。曝露量推定では、多くの場合、各人が実際に摂食した魚種が不詳のため、主たる漁場 f における水銀濃度を回帰モデル (2) または (1) に従うとし、魚種を特定しない平均値を用いた。ただし、主として青魚を食べている場合、巾着網による漁獲物を食べている場合は、主たる魚種をカタクチイワシ

とみなした。貝類を喫食している場合は、主たる魚介類をスガイまたはアサリとみなし、両方を評価した。ただし、これらの種では 1960 年の実測値が得られていないこともあり、各種の水銀濃度は回帰式(1)で推定した値を用いた。その濃度は漁場により異なるが、たとえば KM-27 のカタクチイワシでは 0.34 ppm、KM-24 のスガイでは 0.51 ppm である。

表 5. 架空の例における HACCP 的評価による有症リスク(感覚障害と運動障害)の推定

ID	1	2	3	4①	4②	5①	5②	5③
主住所	姫戸	姫戸	姫戸	水俣	水俣	出水	出水	出水
漁場 1	KM-17	KM-17	KM-17	KM-24	KM-16	KG-1	KG-1	KG-1
主魚種 1	平均	平均	平均	スガイ	アサリ	平均	カタクチ	平均
漁場 2	KM-20	KM-20	KM-20				KG-1	
主魚種 2	平均	平均	平均				タチウオ	
主漁場割合	66%	66%	66%	100%	100%	100%	66%	100%
主曝露年	1959	1964	1959	1959	1959	1959	1962	1964
職業	漁家本人	漁家本人	非漁家	非漁家	非漁家	非漁家	漁家本人	漁家本人
摂食量	390	390	95	95	95	95	390	390
曝露期間	365	365	365	365	365	365	365	365
血中濃度	202	95	49	22	19	161	202	311
感覚障害	39%	13%	8%	2%	1.2%	33%	39%	54%
運動障害	20%	0%	3%	0%	0.2%	21%	20%	40%
体重	55	55	55	55	55	55	55	55

表 5 の例 1 と例 2 は姫戸に居住する漁家本人の場合であり、主たる曝露時期がそれぞれ 1959 年と 1964 年の場合である。特に運動障害の有症リスクが 1964 年ではかなり低くなることが示唆される。例 3 は同じ姫戸で非漁家の場合である。摂食量が少ないために有症リスクが低く予測される。例 4 は水俣で貝類を喫食した男性の例である。巻貝（スガイ）を喫食した場合（例 4①）よりアサリを喫食した場合（例 4②）のほうが低く予測されたが、後に述べるように、水俣で流通するアサリは八代市付近で漁獲されたものであり、リスクが低いと予測された。貝類の摂食量を 1 日 95g としたが、貝類の可食部は全重量の 1/4 程度であり、魚食と同様に仮定できるとは限らない点に留意すべきだろう。

例 5 は、①幼少期には非漁家として出水に住み、②1962 年以後はまき網漁業者本人としてカタクチイワシとタチウオを喫食、③1964 年以後は流し網漁で魚種全般を喫食したとみなした。どれを主要因とみるかによるが②と③で低減率を考慮すると、それぞれの血中濃度と有症リスクは①(65ppm, 12%)、②(76ppm, 6%)、③(112ppm, 19%)となる。最もリスクの高いシナリオ③が主要因である。

喫食の季節が限られている場合、曝露期間をたとえば 3 か月などと設定する。それを長年

続ける場合、メチル水銀の生物学的半減期は約 70 日であるから、体内濃度は 1 年経てば十分飽和状態に近づき、血中濃度の最大値に関して長期間曝露の累積効果は無視できる。すなわち、例 5 のように、時期を分けて多様な曝露要因があっても、それぞれの単独での血中濃度の最大値で評価される。

水銀濃度が得られている貝類には、いずれも 1973 年のアサリ、ハマグリ、スガイ、ギンタカハマガイがあったが、アサリは主に有明海（熊本市や荒尾・玉名地方）から水俣市に送られてきたとされ、不知火海で採れたものもあるがその漁獲量のほとんどは金剛村など八代市である（上野ら編 2025 の 2.5 節表 2.5.2 および表 5.3.1）。例 3 で水俣のスガイの代わりに八代のアサリとみなすと有症リスクは(45ppm, 7%)に減少する。このように、個別の曝露状況を実態に合わせて変えることが、HACCP 的な情報を集約した意図である。

以上、判決のうち、水俣病と認定された 25 件と、認定されなかった 117 件を例に検討した。それぞれの感覚障害の有症リスクの値と、判決における認定の諾否の間の点双列相関係数は 0.111 で、有症リスクが高い者が認定されやすいという有意な相関がなかった（片側検定の P 値＝9%）。判決は曝露機会の多寡だけでなく、障害の有無とその法的因果関係を吟味して判断されているから、曝露レベルが高い順に認定されるわけではない。他方、判決の曝露の可能性の高さと本研究の有症リスクのスピアマンの順位相関係数は 0.107 であり、これも有意な相関はなかった（片側検定の P 値＝10%）。すなわち、本研究で有症リスクが低いと判断された例でも曝露レベルが高いと判断された例が多々ある。

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

図 8 にマージしたデータの構造を示す。第一次検診データの 4.6%（546 人）が水俣病の疑いと判断された。第三次検診データが存在しても、第二次検診データ、あるいは第一次と第二次検診データの両方が存在しないケースもあった。

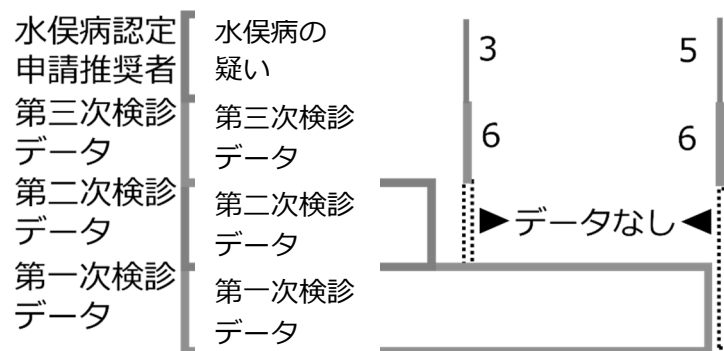


図 8 本研究で用いる第一次検診から第三次検診のデータ構造

令和 4 年度は、一次検診データについて、本研究で使用するデータ（以下、令和 4 年データ）と、昭和 52 年に作成された調査報告書（以下、報告書データ）を比較検討した。

市町村別の対象者の割合は、令和 4 年データ、報告書データとも、ほぼ同じであった（表 6）。

表 6 令和 4 年データと報告書データの市町村別対象者割合

令和 4 年データ

	人数	割合
水俣市	6108	51%
田浦町	982	8%
芦北町	1244	10%
津奈木町	1241	10%
龍ヶ岳町	1388	12%
御所浦町	820	7%
苓北町	217	2%
合計	12000	100%

報告書データ

	人数	割合
水俣市	28818	51%
田浦町	4510	8%
芦北町	5508	10%
津奈木町	4426	8%
龍ヶ岳町	6924	12%
御所浦町	4880	9%
苓北町	1040	2%
合計	56106	100%

質問項目に関しては、以下に「質問 17. 手がふるえる」と「質問 39. この 10~20 年間、魚貝類を食べた」について、比較した結果をそれぞれ表 7 と表 8 に示す。

表 7 令和 4 年データと報告書データの比較（質問 17. 手がふるえる）

令和 4 年データ

男			女		
度数 列%	水俣 地区	苓北 地区	度数 列%	水俣 地区	苓北 地区
い い え	4006 77.74	80 78.43	い い え	5302 86.88	107 93.86
軽	943 18.3	19 18.63	軽	653 10.7	7 6.14
ひ ど い	204 3.96	3 2.94	ひ ど い	148 2.43	0 0
合計	5153	102	合計	6103	114

報告書データ

男			女		
度数 列%	水俣 地区	苓北 地区	度数 列%	水俣 地区	苓北 地区
い い え			い い え		
軽	1082 84.07	22 88.00	軽	749 83.50	9 100.0
ひ ど い	205 15.93	3 12.00	ひ ど い	148 16.50	0 0.00
合計	1287	25	合計	897	9

報告書データでは、「いいえ」の回答が集計対象から外れている。欠損値も存在するため、本報告書では「いいえ」の回答人数を埋めることはしていない。そのため、両データでの割

合を直接比較することはできないが、令和 4 年データは、一次検診と二次検診の両方を受診している人が対象となっているため、症状を訴える人の割合は増えている傾向が認められる。この傾向は、他の症状についても同様であった。

生活習慣に関する質問「質問 39. この 10~20 年間、魚貝類を食べた」については、令和 4 年データの方が、毎日食べていたと回答している人が多く、食べないと答えた人が少ない傾向があった。

表 8 令和 4 年データと報告書データの比較 (質問 39. この 10~20 年間、魚貝類を食べた)
令和 4 年データ

男			女		
度数 列%	水 俣 地区	苓 北 地区	度数 列%	水 俣 地区	苓 北 地区
毎日	1787 35	43 42.16	毎日	1580 26.31	44 38.6
2 日 に 一 回位	2109 41.3	46 45.1	2 日 に 一 回位	2733 45.5	51 44.74
1 週 間 に 1 回 位	1053 20.62	12 11.76	1 週 間 に 1 回 位	1446 24.08	12 10.53
あ ま り 食 べ な か っ た	157 3.07	1 0.98	あ ま り 食 べ な か っ た	247 4.11	7 6.14
合計	5106	102	合計	6006	114

報告書データ

男			女		
度数 列%	水 俣 地区	苓 北 地区	度数 列%	水 俣 地区	苓 北 地区
毎日	4680 25.79	145 33.72	毎日	4367 20.57	156 30.65
2 日 に 一 回位	7281 40.12	192 44.65	2 日 に 一 回位	8988 42.34	217 42.63
1 週 間 に 1 回 位	4376 24.11	63 14.65	1 週 間 に 1 回 位	5521 26.01	91 17.88
あ ま り 食 べ な か っ た	1811 9.98	30 6.98	あ ま り 食 べ な か っ た	2353 11.08	45 8.84
合計	18148	430	合計	21229	509

令和 5 年度は、予備的検討においては、第一次検診を受診した人のデータ (12,000 人) を用いて水俣病の疑いを予測した。なお本検討の際、水俣病の疑いと診断されなかった人 (12000 人－546 人) を、水俣病では無い人、として検討を進めたが、これらの人の中には、第二次検診や第三次検診の受診を勧められたにも係わらず、第二次検診や第三次検診を受診しなかった人も含まれているため、受診していた場合には水俣病の疑いと診断された人が含まれていた可能性はある。

図 9 に、得られた ROC 曲線を示した。最適な感度は 0.73、特異度は 0.73 であった。な

お、この際の AUC（曲線下面積）は 0.79 であった。感度、特異度ともに、比較的よい値を示しており、ある程度の予測が可能であることが示唆された。なお、別の方法でも予測を試みたが、おおむね同様の結果が得られた。

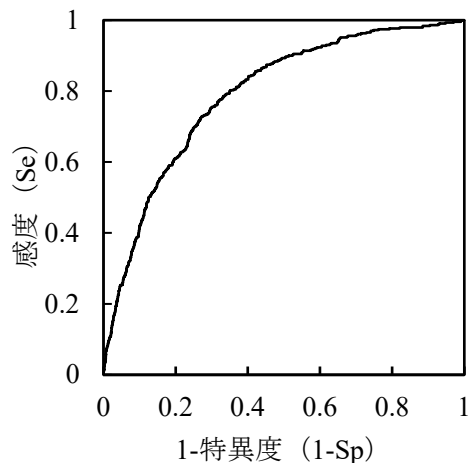


図 9 水俣病の疑い予測に関する ROC 曲線

第三次検診データは、水俣病疑いの有無のみを記録したデータであるため、令和 6 年度では令和 5 年度で用いた第一次検診データに第二次検診データを加えて、より精度よく水俣病の疑いを予測することを試みた。しかし、解析を行う段階になって第二次検診データには、解析を行うための診断データ（病名）に空白が多いことが判明し、第一次検診データに第二次検診データを加えての解析を行うことが不可能であると研究班として判断した。そのため視点を変えて、一次検診データを用いての水俣病疑いの分類基準作成が可能かどうかの検討を試行的に行うこととした。対象者の中で比較的水銀摂取量が多いだろうと考えられた、水俣市および津奈木町の 20 歳以上の漁業従事者 221 名を対象として作成を試みた。

図 10 に暫定的に作成した分類基準を示す。この分類基準に基づく感度は 1、特異度は 0.88 と、水俣病の疑いを比較的よく分類することができた。しかし、解析対象者を水俣市および津奈木町の 20 歳以上（6789 名）に広げた場合、感度は 0.44、特異度は 0.81 となり、適切に分類できたとはいえない結果となった。

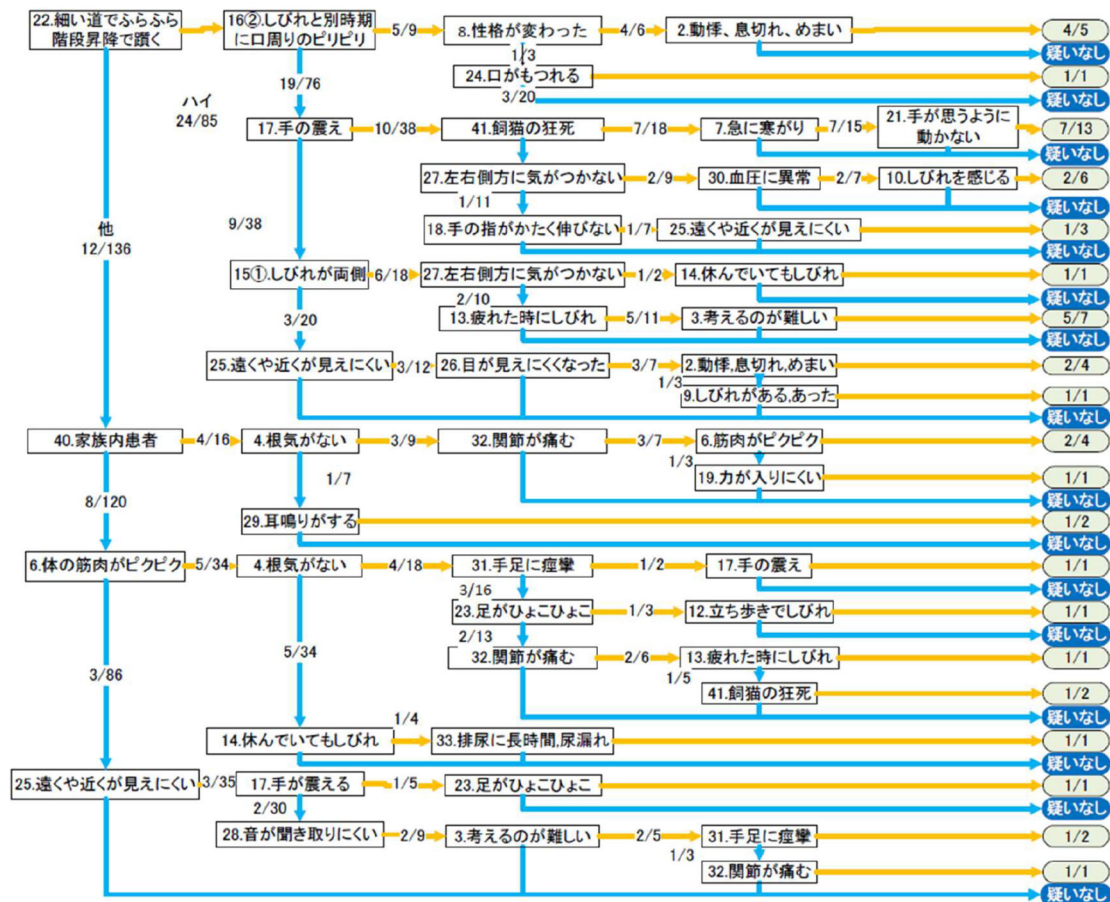


図 10 水俣病疑いに関して作成した分類基準（水俣市・津奈木町、20 歳以上漁業従事者）

IV 考察

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

判決の原告団に含まれる、1959 年頃にメチル水銀に汚染された魚介類を喫食した例では、特に漁業者本人について、相当程度の有症リスクが予測される曝露水準であった。142 名全員の感覚障害の有症リスクの総和は 15.0 人であった。今回の原告は当時の住民のうち、認定を受けていない住民という偏りがあり、本研究では症状との因果関係については検討していない。他方、症状との因果関係について、他の要因等の可能性が否定できない場合には予防的に認定した可能性がある。

結果で述べたとおり、本研究の有症リスク評価と判決の曝露可能性の高さとの相関は必ずしも高くない。いくつかの例においては、本研究で考慮した HACCP 的評価と食い違うことが明らかな判決理由も見られる。けれども、本研究で用いた重回帰モデルも、個々の漁場や魚種を十分に再現できていない部分があり、また調査漁獲で得た魚体標本に基づく「魚種全般」が、実際の漁獲量の多寡に基づく魚種組成を反映していないという限界がある。いず

れにしても、判決は実際の原告の置かれた状況を総合的に判断した結果であり、本研究は判決文本文の内容だけを読んで HACCP 的評価を適用して判断した結果に過ぎず、妥当性については個々に判断すべきだろう。

統計モデルは集団全体の説明力を一定程度高めるはずだが、個々の例については慎重な判断が求められる。すなわち、このようなリスク評価ツールは絶対的なものでなく、「あくまでも専門家の最終判断の際の参考資料」（松田 2008）と考えるべきである。一例として、2007 年に改定された環境省植物レッドリストでは、リスク評価モデルによる「数値実験で VU（引用者注、絶滅危惧 II 類）と判定した 531 種のうち、専門家が同意したのは 447 種で、25 種はよりリスクを高く修正し、59 種は低く修正した」という（前掲書）。つまり、植物レッドリスト判定においても、専門家がリスク評価の結果を鵜のみにしたわけではない点に注意すべきである。

判決の中には、曝露リスクが高いとしたものの、判決自身で水俣病と認定していない場合がいくつかある。判決はあくまで曝露の可能性と障害の程度を勘案し、その法的因果関係を吟味して判定している。したがって、障害の程度との因果関係が認められなかった場合には認定されない。特に、「公的検診録が存在しないため、所見の変動の有無等を確認することができ」ないとして認定されない場合があった。本研究では曝露レベルと症状の因果関係を吟味していないために、本研究で示す有症リスクは判決の認否とは相関が低い。

この判決では発症時期が主たる曝露時期より 10 年以上経過したとみられるものは因果関係を認めていない。そのため、ここでは発症時期が遅い場合については、「主たる曝露時期」も発症時期から 10 年以内とみなした。そして、その時期に漁業をしていたかどうかにより職業を類別した。なお、発症時期は主として自己申告に基づいている。逆に、他要因による障害の可能性を、自覚症状の時期と整合しないとして退けている例が多数あった。

感覚障害と運動障害の閾値はそれぞれ血中濃度 67ppm と 133ppm である（WHO 1990）。聴覚障害は閾値（血中濃度 234ppm）以上では無視できないはずだが、今回の判決の共通診断書で構音障害が指摘されている例が 2 割ほどあるものの、判決では聴覚関係の障害はすべて認められていない。

また、1959 年頃に曝露した人と、1973 年頃に曝露した人では曝露水準に大きな差がある。仮に、全員について 1973 年の水銀濃度に置き換えると、有症リスクの総和は 0.03 人に減る。すなわち、1973 年以後の曝露による水俣病発症のリスクは、1959 年に比べて 2 桁低いことが示唆される。判決では、水俣市を生活拠点とする人については、1968 年以後の曝露の可能性を否定していないが、それ以外についてはほとんど 1968 年までを曝露期間とみなしている。これも、水銀濃度の低下、水俣病が広く知られて水俣沖での操業が減ったこと、および水俣湾の封鎖措置を考慮しての判断と思われる。

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

令和 4 年度は、第一次検診データおよび第二次検診データの欠損値や入力値を整理し、両

データセットをマージして解析用データセットを作成し、解析対象とする令和 4 年度データの基礎的検討を行った。今回使用する第一検診データは、第二次検診受診者に関するデータとなるため、データの取り扱いや解釈に関しては注意が必要であるが、報告書データと比較して症状を訴える人が多い傾向が認められたと考える。

令和 5 年度は、第一次検診データ～第三次検診データをマージして、第一次検診データから水俣病の疑い者を予測した。比較的よい精度をもって、水俣病の疑いを予測できたが、水俣病では無い人が対象者の 95%を占めていることから、擬陽性者が 2622 人となった。無視できない人数であるとも考えられるため、予測という観点からするとさらなる精度向上も必要である。

令和 6 年度は、予測精度向上等を目指して、第一次検診データと第二次検診データを用いて、水俣病の疑い者を予測することを試みようとしたが、病名が不明となっているデータが多いことから第二次検診データの使用が難しく、研究方針の変更を検討し、分類基準作成を試みた。しかし、対象者全体に対する適切な分類基準を作成することはできなかった。現時点では本分類手法やツールに関する検討がまだ十分ではなく、どの程度の精度がある分類基準を作成することが可能かの検討が、今後あらためて必要となってくる。

個々人の詳細な魚食データは検診データには含まれていないため、推定水銀曝露量をどのように検診データとリンクさせるかの検討も考慮に入れて、職業や年齢等、ある程度の枠を決めた中でのシミュレーションを用いた検討など、方法論も含めた検討を改めて行う必要があると考えている。

V 結論

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

HACCP 的評価手法により、個々人の曝露状況の実態に合わせて曝露年、漁場、魚種を変えて有症リスクを予測することができる。その結果、画一的な予測に比べて、個人の特殊事情を考慮した有症リスクが予測できる。1959 年または 60 年代前半に不知火海南部の漁場で漁獲された水産物を喫食すれば、無視できない有症リスクがあることが示唆された。それに対して、1970 年代以後の曝露については、有症リスクが桁違いに低くなることが示された。

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

熊本県が所有している水俣湾周辺地区住民健康調査の第一次検診データから第三次検診データを、欠損値や入力値を整理しマージした。すべてのデータが残っているわけではないため、データの代表性に関しては課題があるが、種々の自覚症状の有無から水俣病の疑いに至るまでの情報を備えたデータセットを作成することができた。さらに、検討に用いた変数に関する考察が足りないものの、比較的よい精度をもって各種自覚症状から水俣病の疑いを予測することができた。

今回取り扱ったデータには曝露情報は含まれていない。また曝露情報に HACCP モデルを活用するまでには至らなかった。曝露に関する情報を何らかの形で得る、あるいは推定することができれば、曝露レベルをも考慮にいれての水俣病の疑いとの関係をより明確にできる可能性はあると考えている。

本研究に関する現在までの研究状況、業績

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化
なし

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

1) 栗原大和, 松田裕之, 中井里史. 八代海沿岸地域の水俣病発症リスク評価に資する住民健康調査データの予備的解析. 環境科学会 2023 年会, P-07, 2023/9/7-8 (神戸大) .

引用文献

1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

WHO (1990) International Program on Chemical Safety Environmental Health Criteria 101, Methylmercury. Geneva, 1990

喜田村正次. 上田京二, 新納実子, 氏岡威令, 三隅彦二, 柿田俊之(1960). 水俣病に関する化学毒物検索成績-5. 熊本医学会雑誌, 34(補 3) : 593-601

水産庁研究開発部 (1974) 有明・八代海総合調査魚介類等分析結果資料集 (昭和48 年度) 日本エヌ・ユー・エス (1982) 昭和 55年全国総点検調査 (水銀等) 報告書。

二塚信, 上田厚, 上田忠子, 平野多嘉子, 安武律, 野村茂(1977)不知火海沿岸漁業の食生活構造からみたメチル水銀摂取量の変遷に関する検討」日本公共衛生誌24(16):667-679

上野眞也他 (編) (2021) 「図説水俣病研究」第 4 章魚食の習慣。熊本大学・熊本創生推進機構, 2021。 PP87-9

厚生労働省 (2005) 厚生労働省 魚介類に含まれる水銀の調査結果 (まとめ)
<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/suigin/dl/050812-1-05.pdf>

上野眞也他 (編) (2025) 『図説水俣病研究 第 2 巻』

松田裕之(2008)生態リスク学入門。共立出版

Matsuda H, Ueno S (2021) How to Determine the Relief Target for Minamata Disease. In “Matsuda H (ed) “Ecological Risk Management. For Conservation Biology and Ecotoxicology” , Springer pp. 13-29.

西海区水産研究所(1964)「水俣病に関する水産の調査研究」

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

熊本大学医学部有明海・八代海沿岸地域および水俣湾周辺地区健康調査解析班（代表：徳臣晴比古）（1977）.有明海・八代海沿岸地域および水俣湾周辺地区健康調査解析報告書, 熊本大学（昭和 52 年 3 月）, pp1--189.

英文要約 (Abstract)

Development of a Comprehensive Assessment Method for Methylmercury Exposure Risk

Hiroyuki Matsuda (Professor, Yokohama National University), Theme 1,

Satoshi Nakai (Professor, Yokohama National University), Theme 2.

Regarding Theme 1, "Comprehensive Visualization of Risk Assessment of Methylmercury Exposure," to contribute to risk assessment in actual court cases in which Minamata disease was admitted or denied, a multiple regression model was used to predict the degree of risk of developing symptoms based on HACCP-based assessment methods using surveys of mercury concentrations in fish in the Yatsushiro Sea in 1959, 1960, 1973, and 1980. Many of the plaintiffs in the lawsuits allegedly ate fish contaminated with methylmercury in the 1959-1960s, but the risk of developing symptoms differed between fishers and non-fishers. In addition, the newly collected data on fishing conditions in the Yatsushiro Sea will be published in the form of "Illustrated Minamata Disease Research, Volume 2". The results are reflected in the HACCP-based assessment methods in this report.

Regarding Theme 2, "Exploring Symptoms and Personal Factors Characteristic of Certified Patients," we will develop a method to predict symptoms related to Minamata disease using health examination survey data for people suspected of having Minamata disease, which are kept by Kumamoto Prefecture. In this fiscal year, preliminary analysis of about 12,000 cases of health checkup survey data was conducted after data checking. Using data from the Minamata Bay Area Health Survey conducted from 1971 to 1973, we are developing a method to predict suspected Minamata disease patients. In FY2023, we integrated the health survey data from the first to the third surveys that remain in Kumamoto Prefecture and undertook a preliminary study of a model for predicting suspected Minamata disease. We were able to predict suspected Minamata disease from various symptoms with relatively good accuracy. In FY2024, we worked on creating a model to predict suspicion of Minamata disease using the results of primary and secondary health checkups. However, it was found that the secondary health checkup data used in the analysis did not contain sufficient information. Therefore, we attempted to develop a classification criterion of the suspicion of Minamata disease using the primary health checkup data.