

## 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・都市科学・教授）
- 分担研究者 中井里史（横浜国立大学・理工学部・教授）
- 研究協力者 上野眞也（熊本大学・名誉教授）
- 研究協力者 平田郁夫（元熊本県水産研究センター・技師）
- 研究協力者 二塚 信（熊本大学・名誉教授）
- 研究協力者 山中 進（熊本大学・名誉教授）

### 研究要旨

八代海沿岸の漁協別メチル水銀有症リスクを HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Point）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、熊本県が保管している水俣湾周辺地区住民健康調査データを用いて、水俣病に係る症状を予測する方法を開発する。今年度は、約 1.2 万件の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。

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。

### 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する。

#### 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住民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係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 的モデルに組み込み、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する。

#### 3. 八代海における漁業の状況について

水俣病は汚染された魚介類を大量に摂取したことでメチル水銀に曝露したことによって起きた事件である。HACCP分析では、汚染魚を捕獲する可能性を検討するために、漁業の操業に関する詳細な時間・空間ごとのデータを明らかにする。これまでも資料を探索し、分析に使えるように整備を進めてきたが、今年度新たに整理できた資料を公表する。

## 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

昨年度までの研究成果（上野眞也代表）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(1991)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する。

たとえば、A町漁業協同組合が漁獲した水産種のうち、メチル水銀濃度が高いと懸念される種はエビ類とタチウオである。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1）。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。

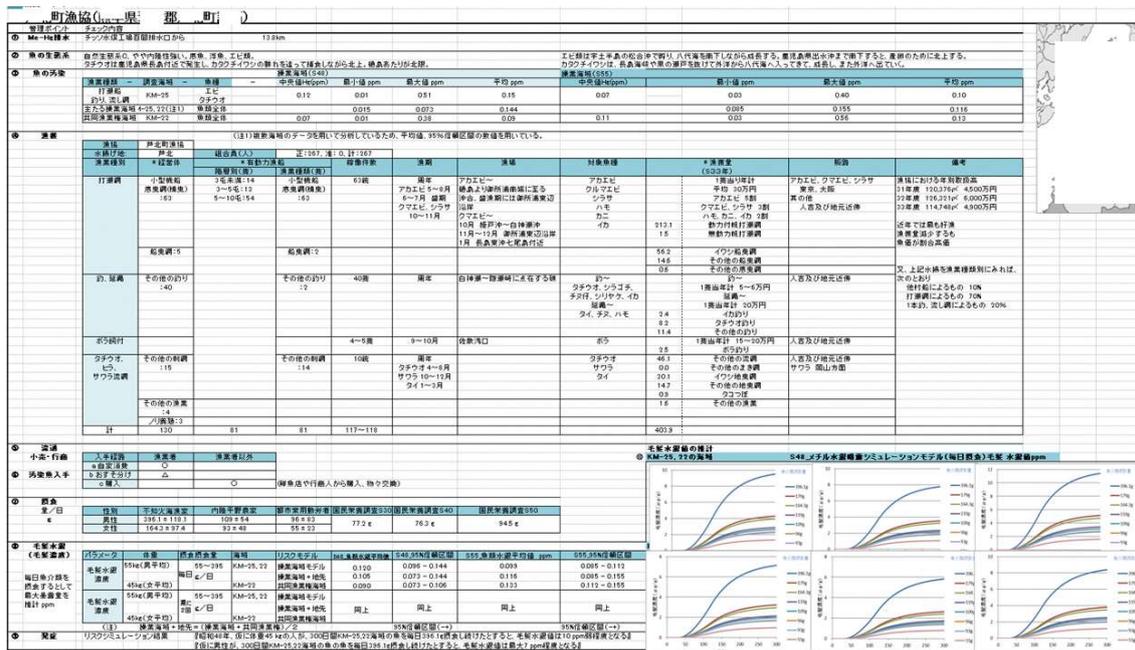


図1 HACCP的手法によるデータ収集の例（A町漁協）（上野ら2022）

これらを用いて、有症リスクを評価する。上記の主に食べた魚種の魚体中のメチル水銀濃度、摂食量、摂食頻度、食べた期間から、曝露濃度、血中濃度などを試算する（Matsuda and Ueno 2021, 松田ほか 未発表）。

メチル水銀の1日当たり摂取量は、被験者の魚介類摂食量  $r$  (g/日) と食品中の魚介類の平均メチル水銀濃度  $h$  (ppm) の積  $rh$  である。被験者の体重を  $w$  (kg) とすると、メチル水銀蓄積量  $x$  ( $\mu\text{g}$ ) は、吸収率を  $p$ 、排出率を  $q$ 、魚介類以外の水銀摂取量を  $i$  ( $\mu\text{g}$ ) とすると、 $t$  日目の蓄積量  $x(t)$  は以下のように与えられる (Matsuda and Ueno 2021)。

$$x(t) = \frac{p}{q} [fh(1 - e^{-qt}) + i]$$

以下では  $p=95\%$  (WHO 1990: p50)、生物学的半減期が約 50 日弱に対応する  $q=1.4\%$  とする。蓄積量  $x(t)$  の人の血中メチル水銀濃度を  $z=10x \mu\text{g/litre}$  とみなす (内閣府食品安全委員会事務局 2005)。

血中メチル水銀濃度  $z$  と有症リスク  $P$  の関係は、感受性等のばらつきを考慮しない場合、図 2 のような折れ線モデルで表される。

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

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、 $z_0$  はメチル水銀によりリスクが発生する最小濃度である (Matsuda and Ueno 2021)。

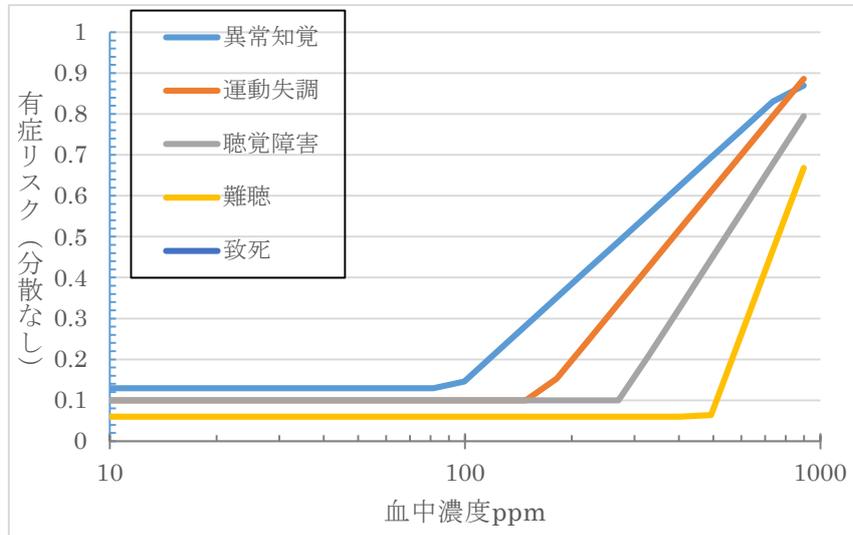


図 2 感受性等の分散を無視した場合の各種症状に対する有症リスクモデル (WHO1990, 松田ほか, 未発表)。水銀摂取以外の要因によるリスクも含まれている (水銀濃度 0 でもリスクがある) 点に注意 (図 3 も同様)。

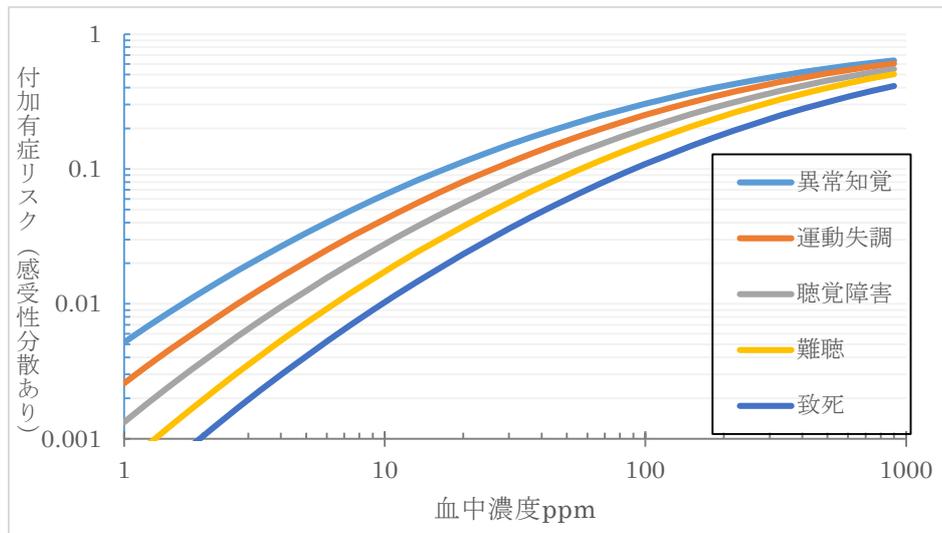


図 3 感受性等の分散を考慮した各種症状に対する有症リスクモデルの模式図。リスク関数は WHO (1990) による(松田ほか、未発表)。

これに、魚体中の水銀濃度または曝露量、人の感受性のばらつきを考慮すると、有症リスクは曝露量に対して折れ線ではなく、単調増加曲線が得られる (図 3)。ただし、ばらつきの大きさは今後検討する。

## 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住民健康調査解析班 (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)。

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ヶ市町 (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 4)。



図 4 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)

表 1 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茶臼山町の漁業世帯 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

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 1 に示す。

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。データを確認できたのは、一次検診受診者でかつ二次検診を受診した 12,001 人分の打ち出しデータのみである。そのため、本年度は、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た。その上で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ることにした。

なお、三次検診調査については、診断名および調査結果が記録された資料を電子化する作業を次年度に行うこととし、本研究の目的である水俣病に関する症状を用いた予測方法の検討は次年度に行うこととした。

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 2 の通りである。

表 2 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	94.21%	12,001	22.91%	<ul style="list-style-type: none"> <li>二次検診対象者の一次検診データをパンチしたデータ</li> <li>その他のデータ無し</li> </ul>
二次検診	12,001	5,613	46.7%	5,611	99.96%	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
三次検診	1,629	1,258	77.23%	約 720	57.23%	<ul style="list-style-type: none"> <li>三次検診受診者の調査票原票(未入力)</li> </ul>

### 3. 八代海における漁業の状況について

熊本県農林水産統計年報にある漁業地域別・魚種別漁獲量の昭和 41～42 年度(表 3)と、昭和 47～48 年度のデータ(表 4)から、汚染魚を主に食べた地域を検討する。

表 3 漁業地区別・魚種別漁獲量（昭和 42 - 43 年）（続く）

魚種	漁業地区	牛深久玉	宮野河内	宮地中田	大多尾	栖本	宮田	棚底	嵐口
総数	(1)	24,394	821	199	466	167	869	198	2,235
魚類総数	(2)	21,171	756	124	383	163	861	192	2,227
まいわし	(3)	216							62
うるめいわし	(4)	302							7
かたくちいわし	(5)	1,453	622	80	318	111		97	273
まあじ	(7)	5,964	6	10	2	1	1	1	1,159
むろあじ類	(8)	1,827							102
さば類	(9)	6,181		2	1				111
はも	(34)	0				1	83	19	1
たちうお	(35)	273			3	2	0		350
まだい	(39)	248	25	3	5	6	155	9	2
ちだい	(40)	68			6	5	25	5	4
きだい	(41)	22	1				10		
くろだい	(42)	27	8	1	1				
いら類	(44)	861							13
ぼら類	(46)	16	4	1	1				
すずき	((47)	8		1					5
その他の魚類	(49)	1,878	81	26	43	36	549	59	116
いか	(58)+(59) +(60)	616	8	9	22	1	7	6	1
たご類	(61)	98	7	17	19	1	1	1	1
その他のえび類	(64)					3			2
藻類総数	(71)	913	49	42	18				

表 3 漁業地区別・魚種別漁獲量（昭和 42 - 43 年）（続き）

魚種	漁業地区	御所浦	大道	高戸	樋島	姫戸	田浦	芦北	湯浦	津奈木	水俣市
総数	(1)	1790	698	249	1099	208	853	392	241	798	555
魚類総数	(2)	1742	690	245	981	181	734	247	213	767	488
まいわし	(3)		25								
うるめいわし	(4)										
かたくちいわし	(5)	1445	227	197	113	54	352	152	107	378	341
まあじ	(7)	3								3	6
むろあじ類	(8)							1	1		
さば類	(9)		158								
はも	(34)				2		3	4		2	
たちうお	(35)	73	22	2		3	223	23	24	137	60
まだい	(39)	6	3	2	34			1	4	15	
ちだい	(40)	31	7		7						
きだい	(41)				2						
くろだい	(42)				1	14	24	1	2	1	6
いら類	(44)										
ぼら類	(46)			12	1	13	36	2	10	1	16
すずき	((47)				1	8	2	1	1	1	2
その他の魚類	(49)	178	65	33	816	87	63	24	43	129	52
いか	(58)+ (59)+ (60)		3				19	22	4	10	10
たご類	(61)	27	1		7	2	24	2	11	2	21
その他のえび類	(64)	18	3	4	76	13	51	101	2	15	5
藻類総数	(71)							1	5		26

単位：トン

出典：「熊本県農林水産統計年報昭和 41～42 年（水産篇）」農林省熊本統計調査事務所。

作成：上記統計表から上野眞也作成。

注：小海区は、農林水産省が統計のために区分した海域。

表 4 漁業地区別・魚種別漁獲量（昭和 47-48 年）（続く）

魚種	漁業地区	牛深久玉	宮野河内	新和町*	栖本	倉岳町*	嵐口	御所浦
総数	(1)	10,591	871	749	277	758	592	2,904
魚類総数	(2)	9,514	800	682	272	729	585	2,702
まいわし	(15)	10	1					
うるめいわし	(16)	412						
かたくちいわし	(47)	320	462	484	228	134	81	2,193
まあじ	(19)	1,302	54	6		2	3	47
むろあじ類	(20)	1,344						
さば類	(21)	3,562						
はも	(28)		2			56		2
たちうお	(29)	34		51	1	14	326	164
まだい	(32)	145	26	14	5	126	1	12
ちだい	(33)	10		7	4	23	3	42
くろだい	(35)	18	4	2	1	1		
いら類	(37)	594						
ぼら類	(39)	2	12	4		1		
すずき	(40)	3		2	1		3	
ふぐ	(42)	111	9	27		24		4
このしろ	(43)			3	1			
その他の魚類	(47)	895	222	61	28	301	120	211
その他えび類	(51)		1		3		1	31
いか	(54)+(55)+(56)	331	12	8	1	29	1	34
たこ類	(57)	101	12	22				96
海藻類	(69)	131	29					33

表 4 漁業地区別・魚種別漁獲量（昭和 47-48 年）（続き）

魚種	漁業地区	大道	龍ヶ岳町*	姫戸	田浦	芦北	湯浦	津奈木	水俣市
総数	(1)	743	1,814	422	1,039	802	203	1,642	544
魚類総数	(2)	472	1,374	375	793	538	165	1,586	529
まいわし	(15)								
うるめいわし	(16)								
かたくちいわし	(47)	404	1,003	156	292	427	29	1,086	318
まあじ	(19)	1	2		21	3	7	5	16
むろあじ類	(20)								
さば類	(21)								
はも	(28)				3	4	1	9	
たちうお	(29)				244	19	20	214	49
まだい	(32)	7	11		6	2		1	
ちだい	(33)	7	6		1			2	
くろだい	(35)	1	19	31	42	3	3	1	5
いら類	(37)								
ぼら類	(39)	2	3	109	21	4	2	4	93
すずき	(40)	1	5	9	9	3		3	1
ふぐ	(42)				3				
このしろ	(43)			1	6	1	1		
その他の魚類	(47)	47	310	51	90	44	57	103	40
その他えび類	(51)		77	16	119	175	5	33	4
いか	(54)+(55)+(56)	262	315	3	25	23	9	8	5
たこ類	(57)	2	22		47	48	4	5	7
海藻類	(69)								

単位：トン

注 1：\*は合併した新漁協名。

注 2：魚種は重要な魚種のみ抜粋しているため本表を集計しても総数とは異なっている。

作成：統計表からデータを抽出し上野眞也作成。

出典：「第 20 次熊本県農林水産統計年報」、九州農政局統計情報部。

(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）

3. 八代海における漁業の状況について

該当しない

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

被験者の曝露量と図 3 の有症リスクモデルから、架空の被験者の有症リスクが試算できる（表 5）。この架空の例の場合、最大値では感覚症状が出る場合があるが、中央値ではほとんどない。なお、この結果はあくまで思考実験であり、結果の解釈の留意点については考察で論じる。

表 5 架空の被験者の有症リスクの比較。メチル水銀による付加的リスクのみを示す。考察で述べたように、ここで用いたシナリオには非現実的な部分が多々あることに留意。

漁協	A町漁協									
	エビ・タチウオ									
年	S48					S55				
職業	漁家				農家		漁家		農家	
性別	男		女		男	女	男	女	男	女
魚介類水銀濃度	中央値	最大値	中央値	最大値	中央値	中央値	中央値	中央値	中央値	中央値
血中濃度(μg/L)	32.4	137.7	16.4	69.8	8.9	9.3	18.9	9.6	5.2	4.4
感覚障害	0.60%	25.71%	9.01E-06	3.40%	1.17E-12	6.32E-12	0.42%	1.16E-05	3.00E-12	9.71E-16
運動障害	1.61E-04	4.51%	2.99E-09	7.64E-08	0	0	3.46E-04	4.99E-08	0	0
聴覚障害	2.28E-06	2.36E-05	4.73E-13	0	0	0	2.44E-05	1.85E-10	0	0
難聴	2.98E-09	1.51E-15	0	0	0	0	5.54E-07	6.16E-14	4.44E-16	4.44E-16
致死	4.61E-10	0	1.11E-16	0	2.22E-16	2.22E-16	1.42E-07	8.17E-15	2.22E-16	0
胎児性障害			7.48%	28.13%		1.35%		2.87%		2.26E-04

2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

2022年に再入力したデータ（以下、2022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、2022年データ、報告書データとも、ほぼ同じであった（表6）。

表6 2022年データと報告書データの市町村別対象者割合

2022年データ			報告書データ		
	人数	割合		人数	割合
水俣市	6108	51%	水俣市	28818	51%
田浦町	982	8%	田浦町	4510	8%
芦北町	1244	10%	芦北町	5508	10%
津奈木町	1241	10%	津奈木町	4426	8%
龍ヶ岳町	1388	12%	龍ヶ岳町	6924	12%
御所浦町	820	7%	御所浦町	4880	9%
苓北町	217	2%	苓北町	1040	2%
合計	12000	100%	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 2022年データと報告書データの比較（質問17. 手がふるえる）

2022年データ						報告書データ					
男			女			男			女		
度数	水俣地区	苓北地区	度数	水俣地区	苓北地区	度数	水俣地区	苓北地区	度数	水俣地区	苓北地区
いい	4006	80	いい	5302	107	いい			いい		
え	77.74	78.43	え	86.88	93.86	え			え		
軽	943	19	軽	653	7	軽	1082	22	軽	749	9
	18.3	18.63		10.7	6.14		84.07	88.00		83.50	100.0
ひど	204	3	ひど	148	0	ひど	205	3	ひど	148	
い	3.96	2.94	い	2.43	0	い	15.93	12.00	い	16.50	0.00
合計	5153	102	合計	6103	114	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、2022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、2022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 2022 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）

2022 年データ						報告書データ					
男			女			男			女		
度数 列%	水俣 地区	苓北 地区	度数 列%	水俣 地区	苓北 地区	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	毎日	4680 25.79	145 33.72	毎日	4367 20.57	156 30.65
2 日 に一 回位	2109 41.3	46 45.1	2 日 に一 回位	2733 45.5	51 44.74	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	1053 20.62	12 11.76	1 週 間に 1 回 位	1446 24.08	12 10.53	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 かつ た	157 3.07	1 0.98	あま り食 べな かつ た	247 4.11	7 6.14	あま り食 べな かつ た	1811 9.98	30 6.98	あま り食 べな かつ た	2353 11.08	45 8.84
合計	5106	102	合計	6006	114	合計	18148	430	合計	21229	509

### 3. 八代海における漁業の状況について

熊本県の海区ごとの主要魚種は表 9 のようになっている。水俣病の影響が疑われている不知火海区、天草東海区では、カタクチイワシ漁がおおきな漁業であり、2 番目は「その他の魚種」と分類される雑多な魚種となっている。

表 9 小海区別魚種別漁獲量（昭和 41 - 42 年）

(1) 魚類：52,238 t

小海区名 漁獲量	熊本有明 678	天草有明 1,764	天草西 34,665	天草東 10,046	不知火 5,085
第 1 位	その他の魚種 395	その他の魚種 799	さば類 10,481	かたくちいわし 5,285	かたくちいわし 1,479
第 2 位	すずき 99	まだい 238	かたくちいわし 8,163	その他の魚種 2,433	その他の魚種 1,354
第 3 位	かれい類 80	びんなが 138	まあじ 5,366	まだい 558	ぼら類 634
第 4 位	ぼら類 37	きわだ 97	むろあじ類 3,078	まあじ 472	たちうお 467
第 5 位	しろぐち 36	たちうお 84	その他の魚種 2,284	さば類 440	すずき 322

(2) 水産動物

くるまえび、その他のえび 143	たこ類、するめいか、こういか類 533	うに類、いか類、たこ類 3,139	たこ類、えび類、いか類 726	えび類、がざみ類、たこ、いか 1,020
---------------------	------------------------	----------------------	--------------------	-------------------------

(3) 海藻（わかめ、てんぐさ、ふのり、その他）

-	346	2,622	93	1,151
---	-----	-------	----	-------

単位：トン

海区と旧市町村名の関係は以下の通り。熊本有明（熊本市、荒尾市、玉名市、宇土市、長洲町）、天草有明（\*上天草市、\*天草市）、天草西（牛深市、天草町、苓北町）、天草東（河浦町、新和町、本渡市の一部、栖本町、倉岳町、龍ヶ岳町、姫戸町、松島町、大矢野町、不知火（八代市、水俣市、宇城市、氷川町、芦北町、津奈木町）

出典：「熊本県農林水産統計年報昭和 41～42 年（水産篇）」農林省熊本統計調査事務所。

作成：上記統計表から上野眞也作成。

注：小海区は、農林水産省が統計のために区分した海域。

熊本県における昭和 41～42 年の漁業種別・魚種別漁獲量は表 10 のとおりである。マイワシやサバ類は東シナ海であぐり網（1 そうまき）で主に獲られており、天草東や不知火

海区でのカタクチイワシ漁はあぐり網（2 そうまき）で行われている。漁獲量の多いタイやタチウオは、釣りや船引き網、刺し網、延縄などの漁業種類で獲られている。表 11 は昭和 41～42 年の巾着網（まき網）の漁船の操業数、漁船の排水量、網の種類を整理したものである。主に不知火海内で操業する天草東海区の漁協所属の巾着網は、3～20 トンの小型の漁船が多く、東シナ海に出漁する天草西海区（牛深）の巾着船は 10～100 トンクラスと大型である。天草東海区のなかにも御所浦、龍ヶ岳の高戸、樋島、大矢野、倉岳の宮田には規模は大きくないが東シナ海に操業に出る漁船もいた。

表 10 漁業種別魚種別漁獲量（昭和 41 - 42）

魚種	漁獲量	漁業種類
まいわし	413	あぐり網（1 そうまき）
うるめいわし	971	あぐり網（1 そうまき）
かたくちいわし	14,944	あぐり網（1 そうまき）,あぐり網（2 そうまき）
まあじ	5,877	あぐり網（2 そうまき）
むろあじ類	3,108	あぐり網（1 そうまき）
さば類	10,921	あぐり網（1 そうまき）,さばつり
さんま	206	さんま棒受網
ぶり類	867	つり,刺網
かつお	217	つり
はも	89	延縄,以西機船底引き網
たちうお	1,055	つり,船びき網,刺網,延縄
まだい	1,085	つり,延縄,刺網
いか	1,737	つり,刺網
その他のえび類	617	小型機船底引き網（打瀬）,その他の刺網

注 1：「いか」の漁獲量はいか類の集計値。

注 2：あぐり網（1 そうまき）は、天草西海域の東シナ海などで 10 トンから 100 トン級の漁船により行われていた漁法であり、あぐり網（2 そうまき）は不知火海の「かたくちいわし漁」で用いられた漁業種類。

出典：「熊本県農林水産統計年報 昭和 41 - 42 年（水産篇）」農林省熊本統計調査事務所。

作成：上記統計表から上野真也作成。

表 11 巾着網（まき網）漁船の状況（昭和 41～42 年）

1 天草東海区

		単位	総数	無動力	動力船（排水量）					
					~3T (6-9 人)	~3T (10-29 人)	5~10T	10~20T	30~50T	50~100T
あぐり 巾着網	1 そうまき	隻 トン	3 (2,208)	-	-	-	1 (53)	-	-	2 (2,155)
	2 そうまき	隻 トン	22 (948)	-	3 (60)	8 (250)	8 (603)	3 (36)	-	-
その他のまき網		隻 トン	1 (2)	1 (2)	-	-	-	-	-	-

2 天草西海区

		他に	総数	無動力	動力船（排水量）					
					~3T (6-9 人)	~3T (10-29 人)	5~10T	10~20T	30~50T	50~100T
あぐり 巾着網	1 そうまき	隻 トン	20 (20,257)	-	-	-	-	9 (4,928)	-	11 (20,129)
	2 そうまき	隻 トン	3 (2,147)	-	-	-	-	3 (2,147)	-	-

3 不知火海区

該当なし										
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

出典：「熊本県農林水産統計年報 昭和 41 - 42 年（水産篇）」農林省熊本統計調査事務所。

作成：上記統計表から上野眞也作成。

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

表 5 の例では摂食した魚種としてエビ・タチウオの汚染濃度を用いたが、図 1 にある通りエビ類の販路は東京大阪であり、地元の人が日常的に食べたとは考えにくい。

タチウオはその他の流網等で 4～8 月に漁獲し、S33 年に 46.1 トンが漁獲され、人吉に出荷されるとともに地元近傍で消費されたとされる。地元漁民は主に自家消費とおすそ分けで魚を得ていたと考えられ、漁業者以外は購入が主たるものとされる。したがって、タチウオを 1 年間自家消費していたとは考えられない。また、漁業者以外の場合は表 5 とは異なり地元のエビ・タチウオでなく、別の入手先の魚の汚染度を考慮すべきである。漁民とその家族においては、タチウオを主食とする場合もあり得るが、たとえば汚染濃度の最

大値を用いることは、毎日の魚が最大値で汚染されていることを意味し、実際には現実的ではない。1年間の曝露量（メチル水銀摂取量）は、特に高濃度汚染魚だけを食べる傾向がないとすれば、平均値と摂取量の積になる。ただし、測定した標本数に限りがあるため、平均値自体の不確実性は標準誤差で表される。しばしば、標本の標本数と最大値、中央値、最小値のみが記されている場合も多い（近年の福島第一原発事故後の放射線セシウム濃度は各標本の測定値が公開されているが、水俣病の時代にはしばしば集約された統計値のみが記載されている）。

つまり、被験者の居住地と食べる魚の漁獲場所が同じ場合のみ、図1のような1枚の集計表からリスク評価が可能であり、外部から食材を入手する場合には、より総合的な情報を用いる必要がある。たとえば1年間または半年間、主たる食材の入手先が特定できるならば、入手先の漁協データを用いた評価が可能である。不特定の場所から入手した場合には、平均的な汚染濃度を用いるのが現実に近いだろう。いずれにしても、様々な想定でのリスクが試算できる。

以上、食べる魚の種類、漁場、摂取量、食べた期間の長さなどを変えた場合に、有症リスクの大きさがどう変わるかを簡便に再計算できる。また、図1の情報とセットで示すことにより、有症リスク計算に必要な情報以外の情報を参照でき、被験者および利用者の理解を深めることができると期待される。

## 2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

2022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2022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。

## 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

表5は架空の被験者による試算例である。通常の水魚中の汚染濃度および摂取量ではメチル水銀以外の有症リスクに比べ顕著にリスクが高まるとは言えない。ただし、胎児性障害の有症リスクについては今後検討する。

### 2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

熊本県が紙媒体として保管している水俣病に関する約1.2万件の健康診断調査データについて、電子化の後データチェックも含めた予備的解析を試み、次年度に実施する。

### 3. 八代海における漁業の状況について

沿岸部・内陸部を問わずよく食べたと語られているマイワシやサバなどが殆ど東シナ海を漁場とする天草西海区の漁船で獲られてきたこと、天草東海区や不知火海区ではカタクチワシやタチウオ、タイ、エビなどが多く獲られていたことが分かる。訴訟においては、マイワシが不知火海区で獲られ、それを食していたという主張が根強くなされているが、この統計データからはそのような主張が根拠のないものであることが明らかになった。

## VI 今後の課題

### 1. 包括的なメチル水銀による曝露リスク評価の可視化

提案した有症リスク評価モデルは未完成であり、また考察で述べたとおり、表 5 に示した主たる食材は必ずしも現実的とは言えない。実際に論文成果をまとめる際には別の想定になるだろうが、本研究の目的と手法と問題点を説明するために、本報告ではその思考実験を例示した。

手法についても、まだいくつか改良の余地がある。まず、パラメータの値、特に感受性等のばらつきが大きさが不明の場合、デフォルト値を与えているが、その妥当性は吟味が必要である。また、たとえば食べた魚の漁場が想定と異なる場合などについて、図 1 の情報を直ちに活用できない可能性がある。特に、入手先が異なる場合は、別の地域の情報を参照することになる。そのため、水産物についての情報シートと、被験者の属性の情報シートを分離するほうが可視化しやすいかもしれない。

また、胎児性障害（歩行開始の遅延など）については今後検討する。

今後は単なる有症リスクだけではなく、課題 2 の分析を踏まえ、症状と水俣病認定申請推奨者の関係を用いて、人々の食生活と水俣病認定申請推奨者の関係を包括的に考察することを試みる。

### 2. 統計的なメチル水銀曝露リスクの定量評価

次年度は、三次検診データの入力を行うことから始め、解析方法の検討とともに、一次検診データから認定申請推奨者を予測することを試みる。

さらに、解析結果を HACCP 的モデルへどのように組み込むことができるか、さらには組み込み方についての検討も、HACCP 的モデルの開発状況の情報共有や、必要なパラメータに関する議論を行いつつ、進めていく。

### 3. 八代海における漁業の状況について

引き続き、他の地域の漁獲量の実態を把握し、HACCP 的解析の参考とする。

本研究に関する現在までの研究状況、業績

1) なし

#### 引用文献

- 1) 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住民健康調査解析班  
(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住民健康調査解析報告書，熊本大学（昭和52年3月），pp1--189.
- 2) 九州農政局統計情報部（1974）「第20次熊本県農林水産統計年報」
- 3) WHO (1990) Environmental Health Criteria 101: Methylmercury. WHO Geneva.  
[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38082/9241571012\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38082/9241571012_eng.pdf)
- 4) 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.
- 5) 内閣府食品安全委員会(2005)魚介類等に含まれるメチル水銀に係る食品健康影響評価  
(案) [http://www.fsc.go.jp/koukan/risk170714/170714\\_siryoku2.pdf](http://www.fsc.go.jp/koukan/risk170714/170714_siryoku2.pdf)
- 6) 農林省熊本統計調査事務所（1968）「熊本県農林水産統計年報昭和41～42年（水産  
篇）」
- 7) 上野眞也・松田裕之（2022）水俣病発生地域等におけるメチル水銀曝露指標に関する  
研究. 環境省大臣官房環境保健部環境保健企画管理課特殊疾病対策室の委託業務「令  
和3 年度水俣病に関する総合的研究委託業務」. オーエムシー. pp.59-156

## 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,

Shinya Ueno (Emeritus Professor, Kumamoto University), Theme 3.

#### 1. Visualization of comprehensive methylmercury symptomatic risk assessment

Based on aggregate data on fish species of primary concern, we propose a simple method to calculate the symptomatic risk, such as sensory impairment, related to bioaccumulation and prevalence from the mercury content and variance of the fish species, subjects' weight and other attributes, food intake, and duration of feeding. The estimates for fictitious subjects show no significant increase in symptomatic risk compared to other prevalent risk factors, but prenatal exposure risk has not been considered. Furthermore, there is a need to improve the validity of the model for symptomatic risk.

#### 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.

#### 3. Status of Fishing Operations in the Yatsushiro Sea

Minamata disease is a case of exposure to methylmercury caused by ingesting large amounts of contaminated seafood. In order to determine the concentration of contamination in the seafood eaten, it is important to uncover detailed spatio-temporal data on the fishery. We have been searching for historical data for use in our analysis. As a result, we found that sardines and mackerel, which were commonly consumed both in coastal and inland areas, were mostly caught by vessels in the Amakusa West Sea area, whose fishing grounds are in the East China Sea, while anchovy, hairtail, sea bream, and shrimp were often caught in the Amakusa East Sea and Shiranui Sea areas. Although there is a strong claim that Japanese sardine is caught and consumed in the Shiranui Sea area, this statistical data did not support such a claim.