

Saito H, Shioji R, Hurukawa Y, Nagai K, Arikawa T. Cadmium-induced proximal tubular dysfunction in a cadmium-polluted area. *Contrib Nephrol* 1977;6:1-12.

齋藤寛, 塩路隆治, 古川洋太郎, 有川卓, 齋藤喬雄, 永井謙一, 道又勇一, 佐々木康彦, 古山隆, 吉永馨. カドミウム環境汚染にもとづく慢性カドミウム中毒の研究 秋田県小坂町細越地域住民に多発したカドミウムによる腎障害 (多発性近位尿細管機能異常症) について. *日本内科学会雑誌* 1975;64:1371-1383.

漁業従事者における海産物摂取による砒素曝露の実態調査

秋田大学大学院医学系研究科医学専攻環境保健学講座
堀口兵剛

1. 研究の背景・目的

カドミウム (Cd) は広く一般環境中に分布している重金属のひとつであり、食品摂取や喫煙等によりヒトの体内に取り込まれ、腎臓や肝臓に蓄積する。Cd を比較的多く含む食品として、穀類、野菜類、海産物 (魚介類の内臓や海藻類)、等が挙げられるが、日本人の場合は主食である米が最も重要であり、日本人の Cd の 1 日摂取量の約 40% が由来である (2007 年の国立医薬品食品衛生研究所によるトータルダイエットスタディによる)。Cd の生物学的半減期は 10-30 年と非常に長いため、日常的に摂取された Cd は腎臓に次第に蓄積し、その量が閾値を超えると腎臓の多発性近位尿細管障害を引き起こす (カドミウム腎症)。その状態が長期に継続すると低リン血症などによる骨代謝異常も惹起され、最終的には骨軟化症を発症する (イタイイタイ病) (青島, 2012; Horiguchi et al., 2010; Nordberg et al., 2007)。従って、特に米中 Cd 濃度については国内・国際基準値が設けられている (0.4 µg/g) (堀口, 2012)。

生体は Cd に曝露されるとメタロチオネイン (metallothionein; MT) という蛋白質を産生する。MT とは分子量約 6,500 という低分子量の蛋白質であるが、61 個のアミノ酸のうちシステインが 1/3 の 20 個を占めるため、金属との結合能が高い (Kagi, 1991)。MT は Cd、亜鉛、水銀、銅などの金属によって産生が誘導され、同時にそれらの金属と結合することによりその毒性軽減や体内における運搬などの役割を演じていると考えられている。特にヒトが Cd を経口摂取した場合、消化管から吸収された Cd はまず血漿中のアルブミンと結合して肝臓に運ばれ、そこで MT が産生される。肝臓中の MT と結合した Cd は血液を介して腎臓の糸球体から濾過された後に尿細管から再吸収され、腎臓中に蓄積する (Nordberg, et al., 2007)。従って、尿中の MT 濃度を測定することは、Cd 曝露レベルのひとつの指標ともなり、また Cd の体内動態や毒性発現機構などを考察するためにも大変有用である。

砒素も環境中に広く存在している金属類であり、種々の食品中に検出されるが、その化学形態 (無機態、有機態) により食品中への分布や人体への健康影響が大きく異なる (表 1)。無機砒素の毒性は非常に強く、特に亜砒酸 (三酸化二砒素) (3 価) と砒酸 (5 価) などは皮膚障害作用や発癌性 (膀胱癌、肺癌、皮膚癌、等) などの強い毒性を持つ (Fowler et al., 2007)。特に米中総砒素のうち 80% 前後を無機砒素が占めるため (Meharg et al., 2009; Sun et al., 2009)、日本人の米からの総砒素摂取量は全体の数% と少ないものの、無機砒素の摂取源としては非常に大きい。一方、有機砒素の毒性はかなり低く、特に魚介類に多く含まれるアルセノベタイン、海藻類に多く含まれるアルセノシュガーなどはほとんど無毒と言われている。但し、ひじきだけが毒性の高い無機砒素を高度に含有し、その摂取による健康影響に対する危惧が提示されている (Nakamura et al., 2008)。

表 1. 砒素の種々の化学形態と毒性、食品中分布

砒素の化学形態	毒性、食品中分布など
1. 無機砒素 亜砒酸（三酸化二砒素） 砒酸	最も毒性が強い、米に多く含まれる 比較的毒性が強い、ひじきに多く含まれる
2. 有機砒素（代表例） アルセノベタイン アルセノシュガー モノメチルアルシン酸 ジメチルアルシン酸 トリメチルアルシンオキサイド アルセノコリン	魚介類に多く含まれる 海藻類に多く含まれる

ところで、日本の国内には過去の鉱山活動などにより土壌中 Cd 濃度の高い地域が各地に存在する (Horiguchi et al., 2004; Horiguchi et al., 2005)。その中でも、秋田県は農用地土壌汚染防止法により Cd に係る農用地土壌汚染対策地域に指定された地域の面積・件数がともに全国一であり、Cd 濃度の高い自家産米を摂取している農家の健康影響が危惧される (Horiguchi et al., 2013)。そこで、自治医科大学と秋田大学は、秋田県内でも特に鉱山の影響を強く受けていると考えられる農村地域で米作を営み、自家産米を摂取している農家を対象に、平成 21 年から 23 年にかけて「カドミウムの健康診断」を行った。その結果、やはりこのような地域の農家は過去に受けた Cd 経口曝露により高度の Cd 体内蓄積があり、その中でも特に高齢者において腎尿細管機能への影響が現れていることが判明した (平成 23 年度厚生労働科学研究費補助金報告書)。

しかし、上記のような農村地域では、近年米中 Cd 濃度を低減するための湛水管理 (8 月の出穂前後 3 週間、田に水をはる) が実施されている (農林水産省、2011)。実際に、平成 13-14 年には基準値を超える Cd 濃度の米が 8.5% の割合で生産されていたものが、湛水管理が実施されるようになった平成 22-23 年にはそのような米はまったく見られなくなった (平成 23 年度厚生労働科学研究費補助金報告書)。一方、湛水管理を行うことにより米中砒素濃度は逆に高くなる可能性が指摘されている (川崎他, 2012)。砒素は Cd の腎尿細管機能障害を増強するという報告も実験研究と疫学研究の両方においてされているため (Liu et al., 2000; Nordberg et al., 2005)、湛水管理によって米中の無機砒素濃度が高くなり、それによって農家への健康影響が発生することが懸念される。

そこで、カドミウムの健康診断では、同時に米中総砒素濃度及び農家の尿中総砒素濃度も測定した。その結果、米中の総砒素濃度はこれまでに報告されている日本の一般的な地域における米の砒素濃度の平均値 0.1 ppm~0.25 ppm (Uneyama et al., 2007) とほぼ同等のレベルであり (N=370、幾何平均値 0.084 ppm、0.04 ppm~0.25 ppm)、また尿中砒素濃度も過去に報告されている日本人の平均値 149 µg/g cr. (Yamauchi et al., 2004) と比較してほぼ同じレベルであった (男性: N=336、幾何平均値 140.2 µg/g cr; 女性: N=417、幾何平均値 143.4 µg/g cr) (平成 23 年度厚生労働科学研究費補助金報告書)。従って、この地域では湛水管理によって米中砒素濃度が過剰に上昇し、農家が過剰の砒素曝露を受ける心配はほとんどないものと推測された。しかしながら、

この地域における湛水管理前の米中砒素濃度・農家の尿中砒素濃度や、他の湛水管理を行っている農村地域、湛水管理を行っていない農村地域、あるいは明らかに過剰の砒素曝露を受けている集団の調査結果などの情報がなく、それらとの比較ができないために、農家における湛水管理による米からの砒素曝露レベルの上昇の可能性については、いまだ確定的なことは言う事はできない。

そこで、平成 24 年度には、上記の比較のうちのひとつとして、過剰の砒素曝露を受けていることが予想される同じ秋田県内の男鹿半島の漁村地域における漁業従事者とその家族を対象に、砒素曝露とその健康影響などについての調査を行った。秋田県には漁港が多く、県民の魚介類消費も日本一多い（図 1）。その中でも、特に男鹿半島は三方を日本海に囲まれるという独特の地形のため、多種多様な魚が漁獲されており、また採取される海藻類の種類・量もともに多い。従って、男鹿半島の漁業従事者は魚介類・海藻類の摂取量が平均的な日本人よりも多く、高度の有機砒素曝露を受けている可能性が高い。

また、第 72 回 JECFA（2010 年）の Summary report によると、「大量の魚食による高度の有機砒素摂取のヒトへの悪影響については報告がない。海産物中に自然に存在する有機砒素への曝露のヒトの健康影響について検討するための更なる調査が必要である（第 33 回 JECFA より）」との報告もされている。日本人は他の国々と比較しても最も魚介類を多食する民族であり（図 2）、さらに秋田県民は国内でも最も魚介類の摂取量が多いことから考えて、秋田県男鹿半島の漁業従事者とその家族における砒素曝露とその健康影響についての調査結果は、国際機関における砒素のリスク評価に対して重要な貢献をするものと期待される。

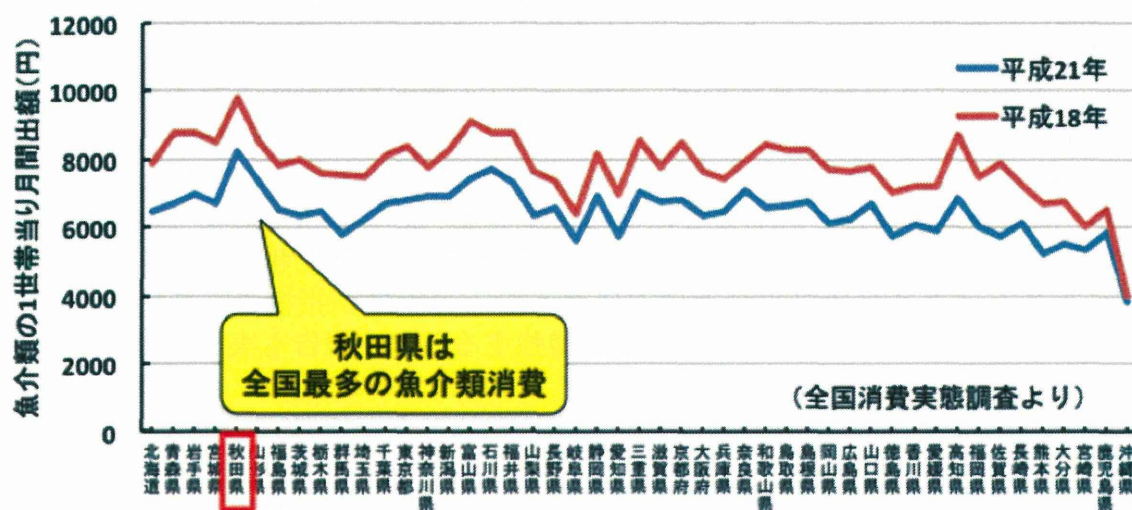
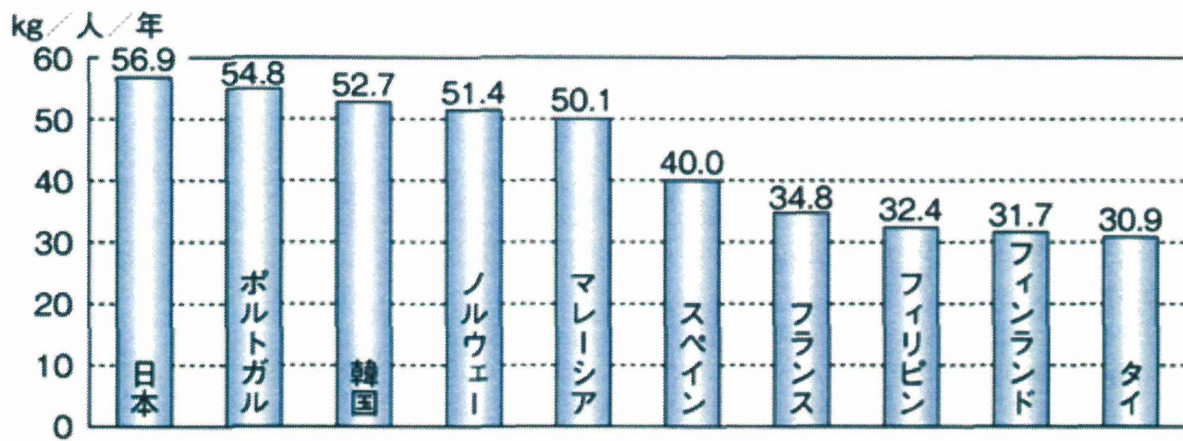


図 1. 都道府県別の 2 人以上世帯における魚介類の消費支出



資料：FAO「Food balance sheets」（日本以外の国）、農林水産省「食料需給表」に基づき水産庁で作成

図2. 1人当り食用魚介類供給量上位10か国（人口100万人以上の国）（2007年）
（平成22年水産白書より）

2. 研究方法

1) 対象地域及び対象者

秋田県漁業協同組合北浦総括支所からの情報に基づき、男鹿市の中でも最も漁業従事者の住民に占める割合の多い、男鹿半島の先端部に位置する二つの集落を選択した。そして、40歳以上の漁業従事者及びその家族の男女を対象とし、漁業協同組合や集落の代表者の御協力により、説明会やチラシなどで健康診断の受診への勧誘を行った。

2) 健康診断の実施

漁業協同組合からの情報によると、当該漁村地域では年間を通して魚介類・海藻類の摂取量が多い傾向にあるが、特に6月から7月の頃は海藻類の採取量が多くなるため、その時期には漁業従事者とその家族の海産物の摂取量も比較的多くなるであろう、とのことであった。従って、健康診断の実施日として平成24年6月30日～7月2日、及び7月7日～8日の計5日間を設定し、その午前中に各集落の公民館などで健康診断を実施した。健康診断の事前あるいは当日に受診希望者からインフォームド・コンセントを得た。受診希望者には後述する質問票を渡し、健康診断当日までに可能な範囲内で記入してくるよう依頼した。また、1世帯毎にプラスチックの小瓶を渡し、いつも食べている米を約30mg入れて健康診断当日に持ってきてくれるよう依頼した。

健康診断では身長・体重・握力測定、採血・採尿、骨密度の測定、質問票の記入内容の確認と回収を行った。握力は、握力計によって非利き手で3回測定し、そのうち最も高い値を最終的な測定結果とした。

健康診断終了後は、受診結果を受診者全員に個人結果報告書として発送した。

3) 血液・尿検査

採血は血算用(EDTA-K添加)、金属測定用(ヘパリンNa添加)、血清分離用の3種類の真空採血管によって行い、合計で約16mlの末梢血を採取した。血清は遠心分離により得た。尿は通常のハルンカップによって受診者に自己採取してもらい、エームス尿検査紙ヘマコンビスティックスSG-L(シーメンスヘルスケア・ダイアグノスティックス(株)、東京)やデジタル尿比重屈折計UG-D(ATAGO、東京)などを用いて比重、pH、糖、蛋白等を測定した後に硝酸添加(金属測定用)、炭酸ナトリウム添加(β_2 -ミクログロブリン(β 2MG)測定用)、無添加の3種類に分けて保存した。これらのサンプルは、一般的な検査のための分を後述する検査会社にそのまま当日中に渡し、それ以外は健康診断会場で速やかにドライアイスとともに冷凍保存し、その後は測定までに -80°C で保存した。

腎尿細管機能障害の指標として尿中 α_1 -ミクログロブリン(α 1MG)、 β 2MGの測定をラテックス凝集比濁法によって行った。また、尿中物質の濃度は同時に測定したクレアチニン濃度(酵素法)によって補正した。その他にも、貧血、肝機能、血中脂質、糖尿病、腎機能、等の一般的な検査も行った。これらの血液・尿の生化学的検査は三菱化学メディエンス株式会社(東京)に依頼した。

4) 金属濃度測定

Cd曝露の指標として全血中・尿中Cd濃度の測定を、砒素曝露の指標として尿中

総砒素濃度の測定を行った。普遍的な環境汚染重金属である鉛についても同時にその血中濃度を測定した。また、米のCd濃度、総砒素濃度の測定も行った。測定は誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP/MS) Agilent 7500ce (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) を用いて行った。尿中Cd濃度については、サンプル中に共存するモリブデンの干渉を避けるために水素ガス導入条件下での測定結果を用いた。これらの金属濃度測定はすべていであ株式会社・環境創造研究所 (静岡県焼津市) に依頼した。

5) 尿中MTの測定

尿中のMT濃度の測定は、「Metallothionein ELISA キット」(株式会社フロンティア研究所、北海道石狩市) を用いて行った。

6) 尿中8-hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG) の測定

尿中8-OHdGの測定は、「高感度8-OHdG Check ELISA」(日研ザイル株式会社・日本老化制御研究所、静岡県袋井市) を用いて行った。

7) 骨密度の測定

骨密度の測定は、非利き腕の前腕部において、DEXA法によって行った (DTX-200, Osteometer MediTech, Inc., Hawthorne, CA, USA)。

8) 質問票

居住歴、米摂取歴、病歴、等は「生活習慣等についての質問票」を用いて保健師や保健学の専門家が受診者との直接面談により聴取した。また、食習慣についてはbrief-type diet history questionnaire (BDHQ) (Kobayashi S, et al., 2011) を用いて、同様に栄養士や栄養学の専門家が受診者との直接面談により聴取した。さらに、海産物からの砒素の経口曝露の程度を検討するために、「食生活についての追加の質問票」により海産物の摂取量の聴取も行った (参考資料)。

9) 倫理審査委員会の承認

当該研究は、秋田大学大学院医学系研究科・医学部倫理委員会から承認を得て行われた (受付番号: 761; 課題名: 自家産米摂取によってカドミウムの経口曝露を受けた農家の集団における疫学研究; 研究責任者: 堀口兵剛)。

参考資料

食習慣についての追加の質問票

記入日：平成 24年 月 日

ID _____ 氏名： _____

問1. あなたは最近1週間にどんな海産魚をどれだけ食べましたか。頻度は以下の a から e の中からひとつを選んで記入してください（以下、同じ）。

- | | |
|-----------|-----------|
| a. 毎日2回以上 | d. 週2～3回 |
| b. 毎日1回 | e. 週1回 |
| c. 週4～6回 | f. 食べなかった |

食べた海産魚の主な種類	頻度	1回に食べた量（数）
例；鯛	c	25cmの塩焼き1匹

問2. あなたは最近1週間にどんなえび、かにをどれだけ食べましたか。

食べたえび等の主な種類	頻度	1回に食べた量（数）
例；クルマエビ	d	3匹

問3. あなたは最近1週間にどんないか、たこ、なまこ、ほやをどれだけ食べましたか。

食べたいか等の主な種類	頻度	1回に食べた量(数)
例; スルメイカ	d	1匹

問4. あなたは最近1週間にどんな貝をどれだけ食べましたか。

食べた貝の主な種類	頻度	1回に食べた量(数)
例; サザエ	d	3匹

問5. あなたは最近1週間にどんな海藻類(特にひじき)をどれだけ食べましたか。

食べた海藻類の主な種類	頻度	1回に食べた量(数)
例; ワカメ	a	水に戻して大さじ2杯分
ヒジキ		

問6. あなたは最近1週間にどんな川魚をどれだけ食べましたか。

食べた川魚の主な種類	頻度	1回に食べた量(数)
例;アユ	e	20cmのもの2匹

3. 結果と考察

1) 健康診断の受診者

(1) 性・年齢構成

受診者数は合計で 129 名であった（男性 53 名、女性 76 名）。また、受診者の平均年齢は、男性で 71.9 歳（54 歳～93 歳）、女性で 67.4 歳（44 歳～84 歳）であった。

受診者の性別年齢構成は以下の表 2 のとおりである。すなわち、60 歳以上の比較的高齢の受診者が多かった。

表 2. 健康診断受診者の性・年齢構成

	受診者数		平均年齢 ± 標準偏差	
	男性	女性	男性	女性
40 歳代	-	2	-	-
50 歳代	3	17	-	54.5 ± 2.9
60 歳代	21	22	64.2 ± 3.3	64.9 ± 2.8
70 歳代	14	26	74.1 ± 2.8	74.9 ± 2.8
80 歳代	15	9	83.9 ± 3.5	81.4 ± 1.2
全年齢	53	76	71.9 ± 9.6	67.4 ± 10.1
最小値～最大値			54～93	44～84

(2) 居住歴

受診者の生後から現在までの居住歴を質問票により確認し、同集落での居住年数、同集落以外の男鹿市内での居住年数、それ以外の地域での居住年数を集計した（表 3）。

居住年数の平均値で見ると、受診者は同集落には男性では約 60 年間、女性では約 50 年間居住しており、男鹿市内においても男女ともに約 60 年間居住している、という結果であった。すなわち、受診者のほとんどが同地域に定住している住民であると考えられた。

表 3. 健康診断受診者の居住歴

	同集落居住年数	男鹿市内居住年数	他地域居住年数
男性 (N=53)			
平均±標準偏差	59.8 ± 17.2	1.3 ± 5.0	10.6 ± 13.1
中央値	63.8	0	5
最小値～最大値	18～93	0～30	0～45
女性 (N=76)			
平均±標準偏差	51.0 ± 14.8	9.2 ± 11.2	6.8 ± 9
中央値	50	0	2.5
最小値～最大値	25～84	0～38	0～28

(3) 職業

受診者の職業歴を質問票で確認し、特に男性（53名）の漁業と農業への現在と過去の就業について集計した（図3、4）。漁業従事者はほとんどが男性を占め、女性受診者のほとんどがその家族であることに基づき、職業については男性受診者のみの結果を示す。

現在の職業については、男性受診者の58.5%（31名）が漁業従事者であった。しかし、「無職」（10名、18.9%）のほとんどが引退している高齢者であり、過去に漁業従事の経験があったことから、実際の漁業従事者のいる世帯は80%近くを占めるものと推測される。実際に、漁業に従事した経験のある男性受診者の割合は81.1%（43名）であった。従って、受診者の多くは海産物を摂取する機会が多い漁業従事世帯であると考えられる。また、漁業経験のない受診者も長期にわたる地元居住者であるため、地元産の海産物を摂取する機会も比較的多いであろうと推測できる。

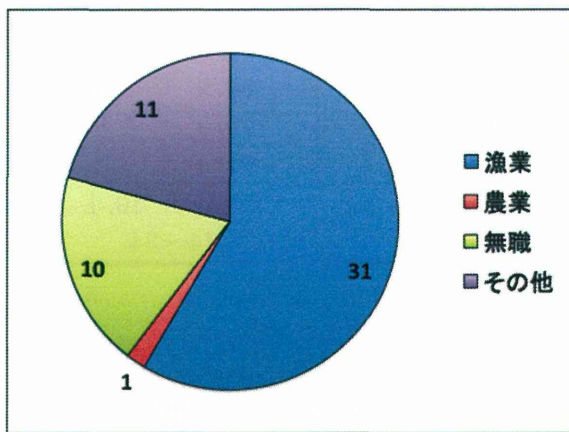


図3. 男性受診者の現在の職業

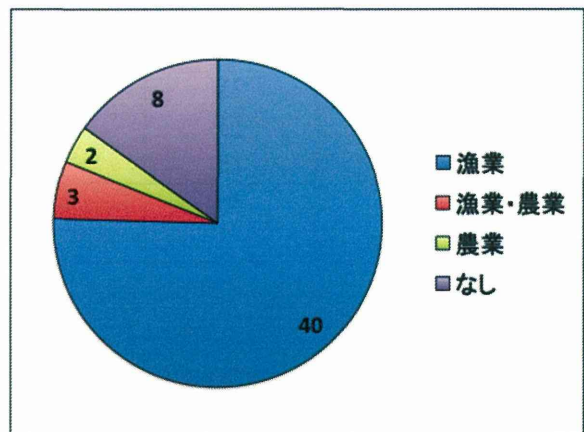


図4. 男性受診者における漁業と農業の経験

(4) 喫煙率

受診者の喫煙習慣及び受動喫煙の有無を質問票で確認し、性別で集計した（表4、5）。男性の喫煙率は17.0%であり、今日の日本人男性の70歳以上の喫煙率16.6%（厚生労働省国民健康・栄養調査結果）とほぼ一致していた。しかし、過去の喫煙歴のある受診者は52.8%と比較的高めであった。そして、喫煙者及び喫煙歴のある人のブリンクマン指数の平均は非常に高い値を示した。また、男性の非喫煙者は30.2%であったが、受動喫煙を受けていた受診者は20%以上を占めていた。

一方、女性の喫煙率は3.0%と低く、やはり今日の日本人女性の70歳以上の喫煙率3.9%（厚生労働省国民健康・栄養調査結果）に近かった。また、女性の非喫煙率は92.1%と非常に高かったが、受動喫煙を受けていた受診者は50%近くを占めていた。

※ブリンクマン指数：1日当たりの平均喫煙量（本数）×喫煙年数

表 4. 男性受診者における喫煙率

	N (%)	ブリンクマン指数 (平均±標準偏差)
非喫煙	16 (30.2)	
受動喫煙なし	4 (7.5)	
現在受動喫煙あり	1 (1.9)	
過去受動喫煙あり	11 (20.8)	
現在喫煙中	9 (17.0)	891.6±317.7、範囲：615～1640
過去に喫煙歴あり	28 (52.8)	683.2±512.9、範囲：3～1680
計	53 (100.0)	

表 5. 女性受診者における喫煙率

	N (%)	ブリンクマン指数
非喫煙	70 (92.1)	
受動喫煙なし	8 (36.8)	
現在受動喫煙あり	11 (14.5)	
過去受動喫煙あり	31 (40.8)	
現在喫煙中	3 (3.9)	範囲：60～520
過去に喫煙歴あり	3 (3.9)	範囲：50～280
計	76 (100.0)	

(5) 飲酒率

受診者の飲酒習慣及びアルコール摂取量を BDHQ の結果から集計した(表 6、7)。男性受診者の飲酒率は 60.4%、女性受診者のそれは 21.1%であった。男性の飲酒者におけるアルコール摂取量の中央値は 23.0 g/日と厚生労働省の「健康日本 21」による適正飲酒量 20 g/日を超えており、大量飲酒者(60 g/日以上)も含まれていた。

表 6. 受診者における飲酒率

	男性		女性	
	N	%	N	%
非飲酒者	21	39.6	60	78.9
飲酒者	32	60.4	16	21.1
計	53	100.0	76	100.0

表 7. 飲酒者におけるアルコール摂取量 (g/日)

	男性飲酒者	女性飲酒者
N	32	16
中央値	23.0	1.3
25-75 パーセンタイル	14.4 - 50.1	0.7 - 12.2
最小値～最大値	0.6～101.2	0.2～50.1

2) 摂取米の由来及び米中 Cd 濃度と砒素濃度

(1) 摂取米の由来

受診者がこれまで摂取してきた米の由来を質問票で確認し、集計した(図5)。

その結果、受診者の多くが男鹿産の米あるいは秋田県産の米を摂取してきたものと考えられた。秋田県産米の中には、土壤中 Cd 濃度の高い地域由来のものは無かった。

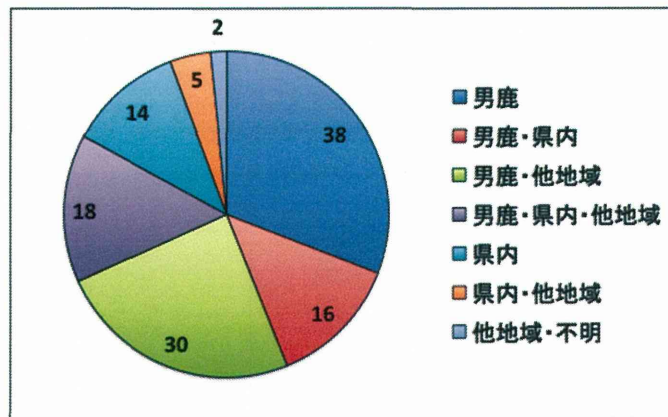


図5. 受診者の摂取してきた米の由来 (N=129)

(2) 摂取米中の Cd 濃度

受診者が現在摂取している米を世帯毎に回収し、米中 Cd 濃度を測定した(N=96)。また、平成18年に秋田県内の Cd 土壌汚染のない農村地域で健康診断を行った際の結果と比較した(図6)。

Cd 濃度の基準値(0.4ppm)を超える米はまったく見られず、また幾何平均値と Cd 濃度の分布はともに平成18年の農村地域とほとんど同じであった。従って、同地域の受診者は米から過剰の Cd 曝露を受けることはないと考えられた。

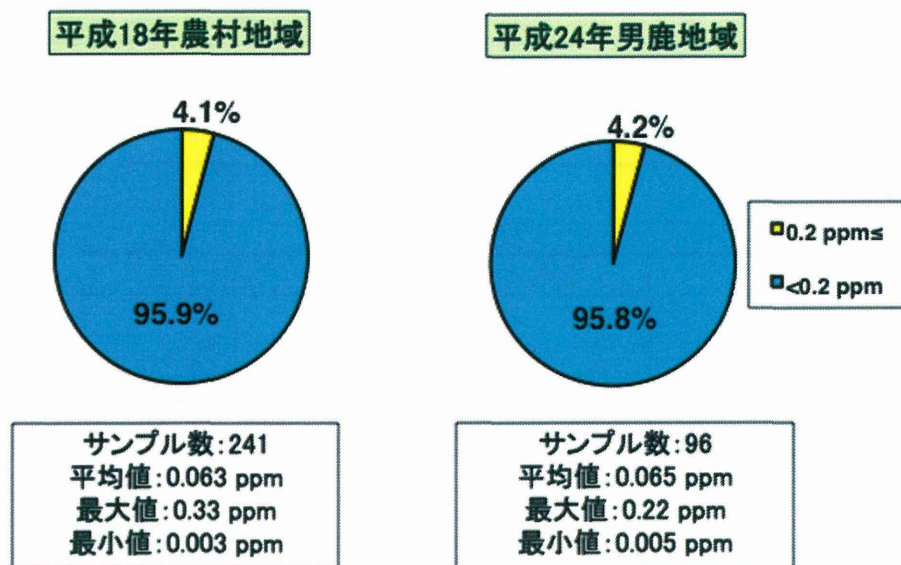


図6. 米中 Cd 濃度の分布

(3) 摂取米中の総砒素濃度

同様に受診者の摂取している米の総砒素濃度を測定し、上記の平成18年度農村地域での米中砒素濃度のデータがないため、少々無理があるが平成22年と23年に秋田県内の土壌Cd濃度の比較的高い農村地域（湛水管理を実施）で健康診断を行った際の結果と比較した（表8）。

当該漁村地域の米中砒素濃度は農村地域のそれより若干高く、しかも有意の差を認めた。しかし、過去に報告されている日本の一般的な地域における米の総砒素濃度の平均値0.1 ppm～0.25 ppm (Uneyama, et. al., 2007) や平成15年に農林水産省から発表された米中総砒素濃度の平均値0.16 ppm (N = 199、最高値0.33 ppm、最低値0.04 ppm) と比較しても決して高い値ではないと言える。従って、同地域の受診者は米から過剰の砒素曝露を受けることはないと考えられた。

表8. 米中総砒素濃度 (ppm)

	平成22-23年農村地域	平成24年漁村地域
サンプル数	370	96
幾何平均値	0.084	0.103*
最大値	0.25	0.22
最小値	0.04	0.05

* p<0.01 (student' s t test)

3) 海産物摂取量

(1) 質問票による海産物摂取頻度の把握

受診者の海産物の摂取量の程度を把握するために、上記の「食生活についての追加の質問票」により、「海産魚」、「海藻類」、「ひじき」、「貝類」、「軟体類」、「甲殻類」、「川魚」に分けてそれぞれの最近1週間の摂取頻度を男女別に集計した（図7～図16）。

海産魚の摂取頻度は、「毎日」が男性で49.1%。女性で36.8%、「週4回以上」では男性で79.2%、女性で73.7%であった。対照群がないために厳密なこととは言えないが、受診者における海産魚の摂取量はかなり高いものと考えられた。

海藻類（ひじき以外）の摂取頻度は「毎日」が男性で17.0%。女性で23.7%、「週4回以上」では男性で30.2%、女性で34.2%であり、受診者における海藻類の摂取量は決して低いものではないと考えられた。ただし、ひじきの摂取頻度は非常に低く、当該地域ではひじきからの無機砒素摂取は低いものと推測された。

貝類や甲殻類の摂取頻度は、海産魚や海藻類よりも低かった。また、川魚はほとんど摂食されていなかった（女性で1名のみ）。

以上の結果より、受診者の多くは漁業従事者とその家族であるため、地元産の海産魚や海藻類を日常的に高頻度に摂食していると考えられた。

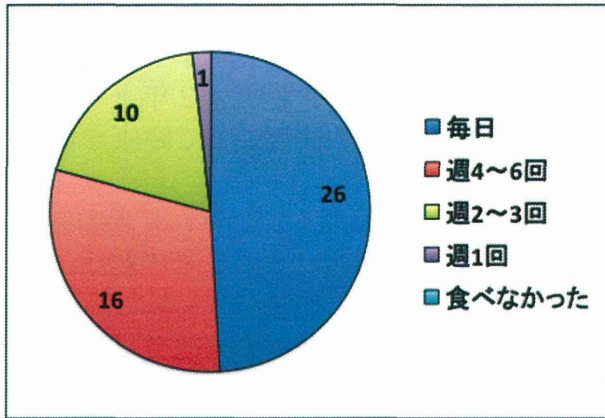


図 7. 男性受診者の海産魚摂食頻度

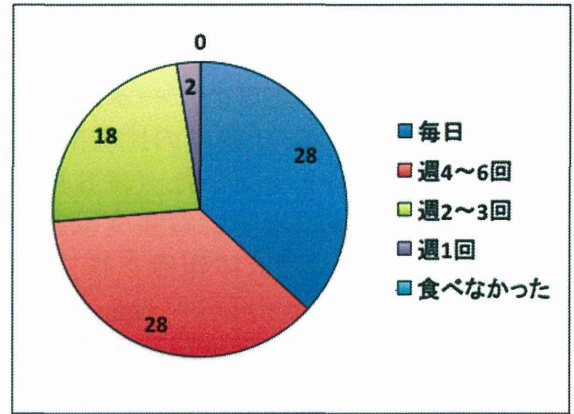


図 8. 女性受診者の海産魚摂食頻度

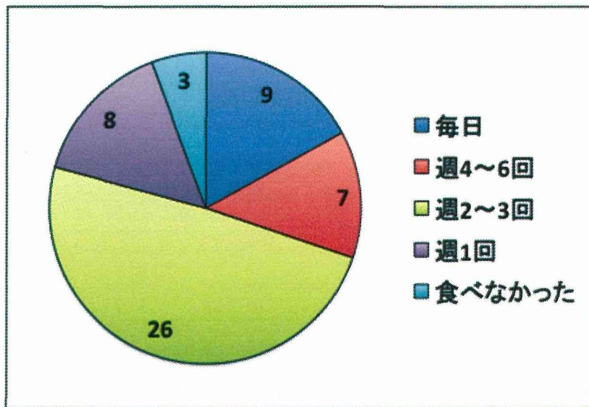


図 9. 男性受診者の海藻類摂食頻度

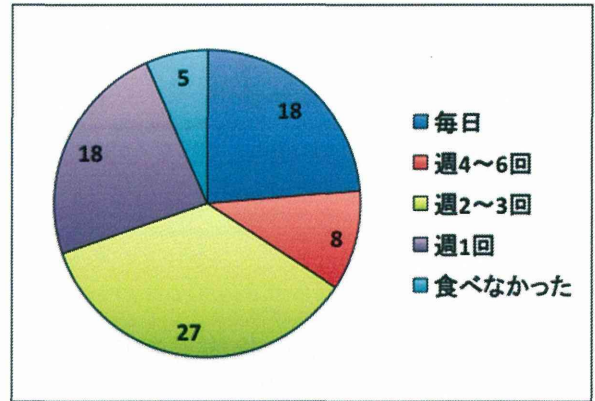


図 10. 女性受診者の海藻類摂食頻度

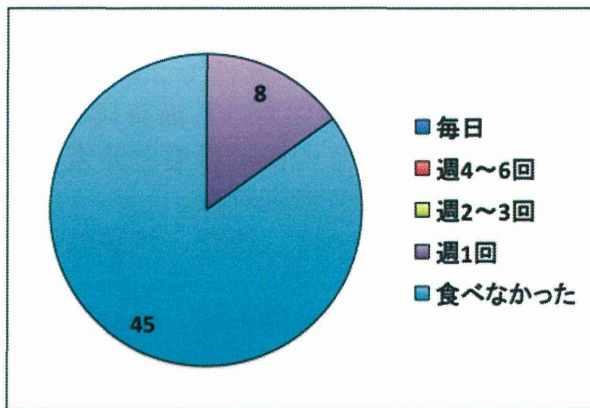


図 11. 男性受診者のひじき摂食頻度

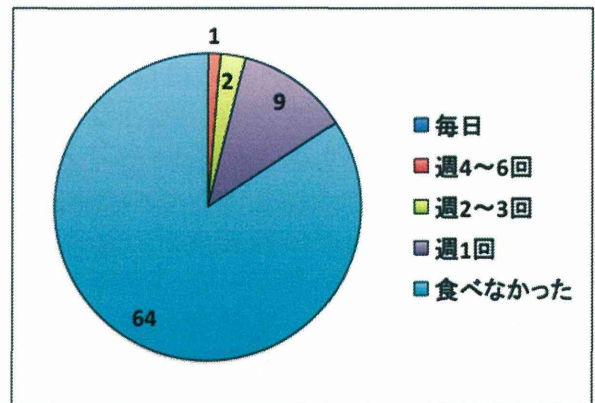


図 12. 女性受診者のひじき摂食頻度

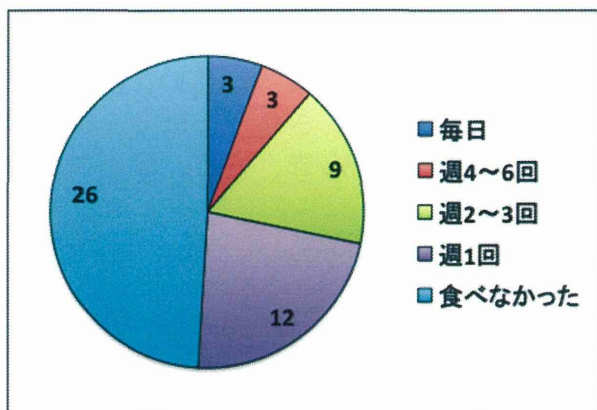


図 1 3. 男性受診者の貝類摂食頻度

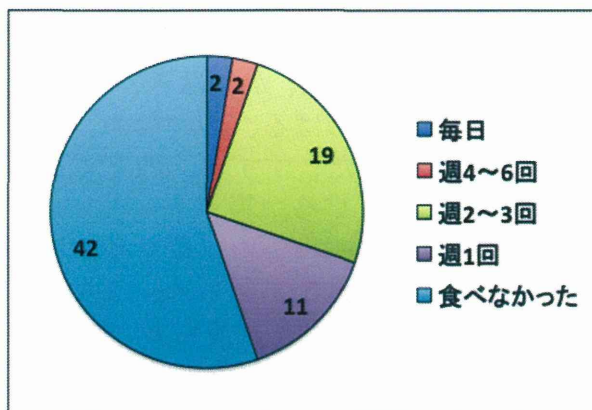


図 1 4. 女性受診者の貝類摂食頻度

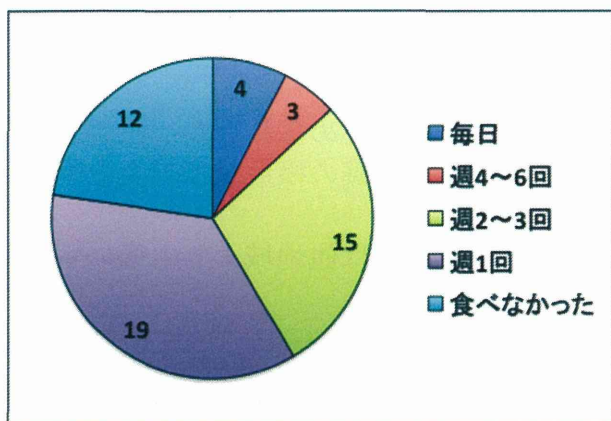


図 1 5. 男性受診者の軟体類摂食頻度

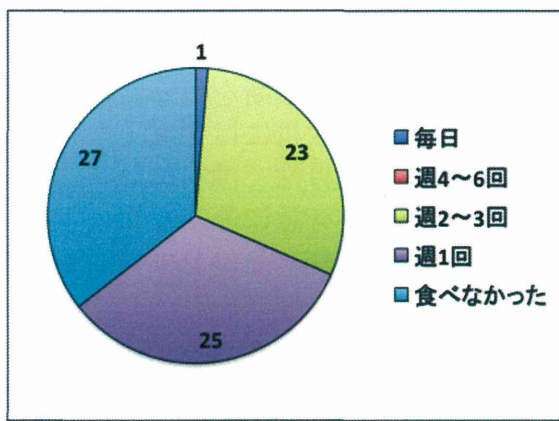


図 1 6. 女性受診者の軟体類摂食頻度

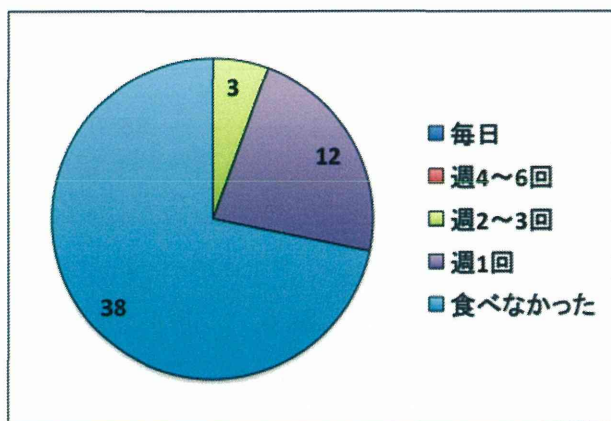


図 1 7. 男性受診者の甲殻類摂食頻度

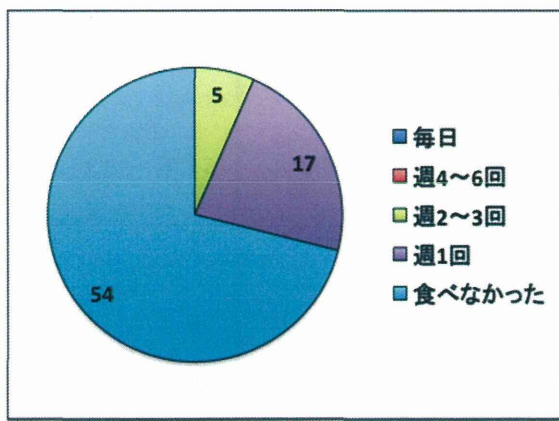


図 1 8. 女性受診者の甲殻類摂食頻度

※海産魚の例：鯛、かわはぎ、あじ、ひらめ、かれい、しんじょう、そい、いわし、めばる、あいなめ、とびうお、ふぐ、たなご、さわら、たら、はたはた、すずき、のどぐろ、こうなご、さば、さんま、さけ、ほっけ、まぐろ、等

※海藻類の例：わかめ（最も多い）、ふのり、めかぶ、あおさ、くろも、いげす、えご、あらめ、こんぶ、等

※貝類の例：さざえ（最も多い）、にしがい、つぶがい、ほたて、岩がき、しじみ、あさり、等

※軟体類の例：いか、たこ、なまこ、うに

※甲殻類の例：えび、かに

(2) BDHQ による海産物摂取量の把握

さらに、受診者の海産物の摂取量を定量的に確認するために、BDHQ で得られた魚介類及び海藻の摂取量を男女別に集計した。また、対照群がないために少々無理があるが平成22年と23年に秋田県内の土壌 Cd 濃度の比較的高い農村地域（湛水管理を実施）で健康診断を行った際の結果と比較した（表9）。

エネルギー摂取量には男女ともに両地域間に有意の差は認められなかったが、魚介類の摂取量は男性で漁村地域の方が有意に高く、また海藻の摂取量は男女ともに漁村地域の方が有意に高かった。

以上の結果より、やはり受診者の魚介類や海藻の摂取量は他地域よりも多いものと考えられた。

表9. エネルギー、魚介類、海藻の摂取量

	男性		女性	
	農村地域	漁村地域	農村地域	漁村地域
N	336	52※	417	76
エネルギー (kcal/日)				
中央値	2108	2308	1604	1660
25-75 パーセンタイル	1710 - 2552	1793 - 2736	1331 - 1933	1391 - 2046
最小値～最大値	888～4265	1352～4325	636～3097	936～3329
魚介類 (g/日)				
中央値	89.2	115.7*	79.1	86.0
25-75 パーセンタイル	54.6 - 130.1	65.8 - 186.1	46.9 - 115.2	47.7 - 151.7
最小値～最大値	7.8～672.8	16.8～514.9	6.7～474.7	10.7～504.6
海藻 (g/日)				
中央値	11.4	15.7*	11.1	13.6*
25-75 パーセンタイル	4.7 - 15.7	11.7 - 31.3	4.4 - 13.6	5.4 - 27.1
最小値～最大値	0～87.7	2.9～79.7	0～82.8	2.1～69.0

※摂取量の過大申告と考えられる受診者1名を除外（5,000 kcal/日以上）

* p<0.01（ウィルコクソンの順位和検定）

4) 受診者における砒素、Cd、鉛曝露レベル

当該漁村地域の受診者における砒素、Cd、鉛曝露レベルを検討するために、それぞれ尿中砒素濃度、血中・尿中Cd濃度、血中鉛濃度を測定した。対照地域でのデータがないために、少々無理があるが、平成21年度～23年度の秋田県内の土壌Cd濃度の比較的高い農村地域（湛水管理を実施）で健康診断を行った際の結果と比較した。

(1) 尿中砒素濃度

当該漁村地域と平成22年と23年の農村地域における尿中総砒素濃度の幾何平均値、及びANCOVAによる年齢調整幾何平均値を比較したところ、男女ともに漁村地域の方が農村地域よりも2倍以上高い値であり（表10、図19）、また日本人の平均値149 $\mu\text{g/g cr.}$ (Yamauchi et al., 2004) よりも高かった。

従って、当該漁村地域では海産物を多く摂取することにより砒素の曝露レベルが他の地域よりも高いと考えられた。

表10. 尿中砒素濃度 ($\mu\text{g/g cr.}$) についての秋田県内の農村地域と漁村地域との比較

	男性		女性	
	農村地域	漁村地域	農村地域	漁村地域
人数	336	53	417	76
年齢 (平均±標準偏差)	63.9 ± 11.1	71.9 ± 9.6*	65.5 ± 12.0	67.4 ± 10.1
幾何平均値	140.2	333.9*	143.4	287.6*
25-75 パーセンタイル	96.3 - 212.1	182.4 - 552.8	86.9 - 231.5	174.1 - 539.0
最小値～最大値	20.4～1,264	52.8～4,439	15.4～1,517	31.8～2,158
年齢調整幾何平均値	141.2	319.7**	143.8	283.1**

*: $p < 0.05$ (student's t test)、 **: $p < 0.05$ (ANCOVA)

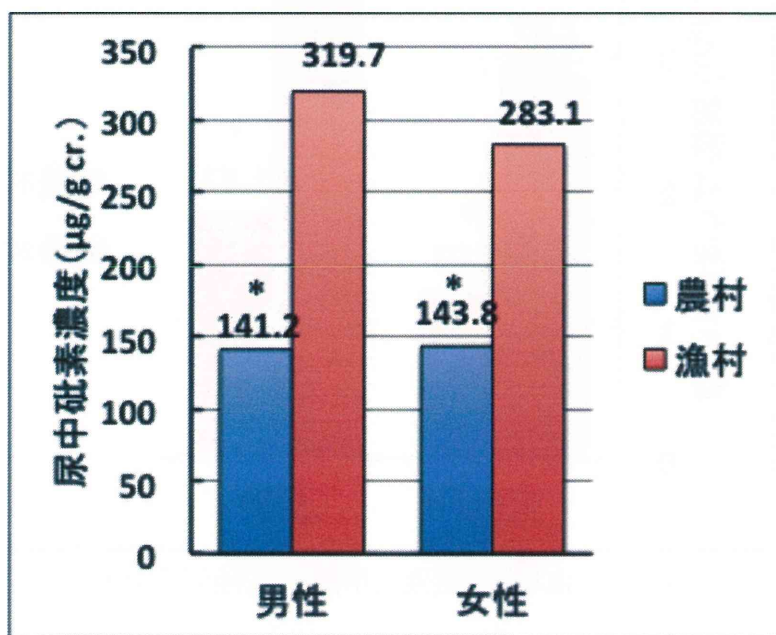


図19. 尿中総砒素濃度 (年齢調整幾何平均値)

(2) 血中・尿中 Cd 濃度

当該漁村地域と平成 21 年～23 年の農村地域における血中・尿中 Cd 濃度の幾何平均値、及び ANCOVA による年齢調整幾何平均値を比較したところ、農村地域では過去の Cd 濃度の高い自家産米の継続的な摂取を反映して男女ともに血中・尿中 Cd 濃度はかなり高い値であったが、漁村地域の血中・尿中 Cd 濃度はそのような高い値は示さなかった（表 11、12、図 20、21）。また、平成 18 年の秋田県内の非 Cd 汚染地を対象とした疫学研究結果では、222 名の農家女性（平均年齢 61.9 歳）における血中 Cd 濃度の中央値は 2.15 $\mu\text{g/L}$ 、尿中 Cd 濃度の幾何平均値は 3.03 $\mu\text{g/g cr.}$ であり（Horiguchi et al., 2013）、当該漁村地域の方が低い傾向にあった。

従って、当該漁村地域の Cd 曝露レベルは、海産物の多食にも拘らず、それほど高いものではないものと考えられた。

表 11. 血中 Cd 濃度 ($\mu\text{g/L}$) についての秋田県内の農村地域と漁村地域との比較

	男性		女性	
	農村地域	漁村地域	農村地域	漁村地域
人数	431	53	544	76
年齢 (平均 \pm 標準偏差)	63.6 \pm 11.1	71.9 \pm 9.6*	65.3 \pm 12.0	67.4 \pm 10.1
幾何平均値	2.91	1.37	3.73	1.87*
25-75 パーセンタイル	2.00 - 4.00	1.05 - 1.80	2.60 - 5.30	1.43 - 2.50
最小値～最大値	0.67～20.0	0.60～3.00	0.87～22.0	0.50～6.00
年齢調整幾何平均値	2.95	1.23**	3.74	1.82**

*: $p < 0.05$ (student's t test)、**: $p < 0.05$ (ANCOVA)

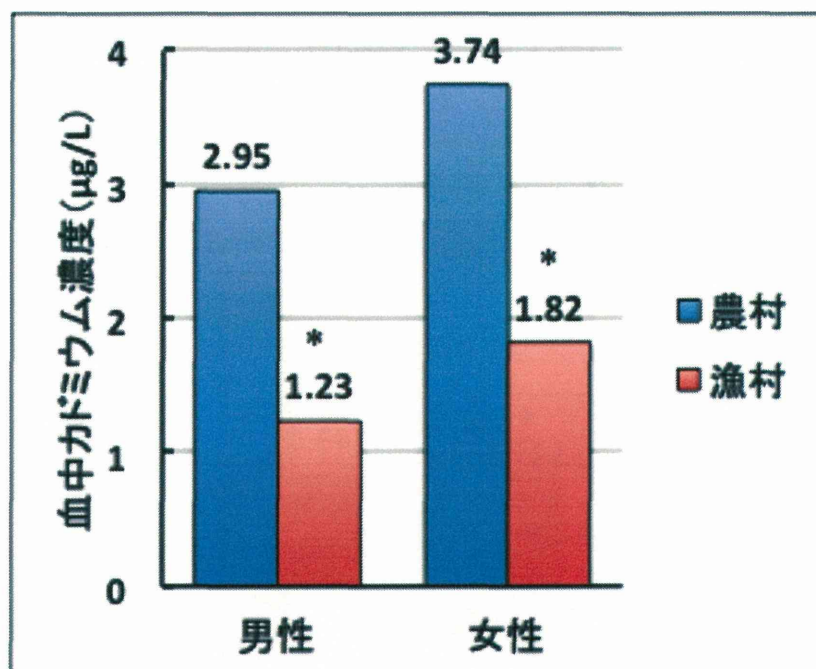


図 20. 血中 Cd 濃度 (年齢調整幾何平均値)