

北海道オホーツク海域に生息する魚介類における重金属蓄積量の検証

下井 岳*・藤田悠記*・亀山祐一*・鈴木淳志**・橋詰良一*・伊藤雅夫*

(平成 19 年 3 月 2 日受付/平成 19 年 9 月 4 日受理)

要約: 北海道のオホーツク海域に生息する魚介類における重金属の蓄積量について、重金属の主たる蓄積臓器である肝臓と可食部について分析を行い、オホーツク海における魚介類の重金属汚染状況を検証した。調査の対象は、オホーツク海域で採取した魚類を中心とした魚介類で、ヒ素 (As)、カドミウム (Cd)、スズ (Sn)、水銀 (Hg) および鉛 (Pb) について高周波発光分析法によって分析を行った。分析の結果、シロサケにおける鉛を除くすべての元素で可食部より肝臓に多く蓄積されていた。可食部においては、水銀における暫定的規制値 0.4 ppm を超えたものは無く、他の元素においてもこれまでの海洋生物の報告と同等もしくは低い値を示した。また、肝臓における蓄積量もこれまでの報告に比べて明らかに低い値を示し、重金属による汚染は見られなかった。しかし、調査対象魚種のうち、比較的食物連鎖の上位であるギスカジカでは他の魚種よりも全般的に高い蓄積が認められ、オホーツク海域においても生物濃縮の進行が示唆された。これらの結果から、オホーツク海域の魚介類の重金属が人体へ与える影響は極めて低いことが示された。

キーワード: 重金属蓄積量, オホーツク海域, 魚介類, 肝臓, 可食部

1. はじめに

我々、ヒトをはじめとする生物の体内には多くの金属が含まれている。その機能は大きく 2 つに分けることができ、一方はケイ素 (Si)、鉄 (Fe)、銅 (Cu) などの必須金属であり、一般的に体内濃度は環境中濃度にあまり左右されず、吸収や排泄の自己調節によりほぼ一定に保たれている。他方は、カドミウム (Cd)、水銀 (Hg)、鉛 (Pb) などの有害重金属であり、体内濃度は生体の機能などとは無関係に生息する土地や捕食する生物などに左右される。この有害重金属は、摂取することにより体内で蓄積され、限界量を超えると中毒を引き起こすことが知られている¹⁾。

元来、重金属は土壌および海をはじめとする河川や湖の水中に一定の濃度を保ち存在している。しかし、人為的な汚染が進行すると、特に閉鎖的な地域、海域においては、短期間で生態系に直接的影響が起こる²⁾。我が国においても、有機水銀中毒による水俣病、カドミウム中毒によるイタイイタイ病および慢性砒素中毒症が金属汚染による公害病として認知されている。

公害病の発生以降、実験動物を用いた重金属毒性に関する様々な研究がなされるようになり、多岐にわたって重金属による生体影響が明らかにされてきた¹⁾。また、近年、ダイオキシンやポリ塩化ビフェニール (PCB)、ジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDT) に代表される有機塩素化合物や重金属化合物などが環境ホルモンとして、きわめて微

量で初期発生に与える影響³⁾をはじめとした生殖障害を引き起こし、次世代に影響を残すことが懸念されている。

これらの物質は、難分解性で蓄積性が高く、微量であっても慢性毒性をもたらすことが憂慮されており、癌や先天異常、生殖障害、腎臓障害、骨障害などの多くの疾患との関連性について現在も研究や調査が進行中である⁴⁾。

重金属は、環境中の汚染濃度が低い値であったとしても、食物連鎖を経て生物学的濃縮によって、上位の生物に高濃縮されることが認められており、汚染が認められていない海域に生息しているアザラシなどの海獣類から高濃度に検出されたという報告がある⁵⁾。そのため、汚染が進んでいない地域や海域においても食物連鎖により、その頂点に立つヒトへの影響が懸念される。特に我が国では、魚介類を摂取する機会が多くあり、水銀の年間摂取量の実に 88% を魚介類から摂取しているとの報告がある⁶⁾。このことから、汚染物質の蓄積量を調査、分析することは食の安全を確保する上でも、自然環境の現状を知る上でも重要である。

そこで本研究では、これまで報告がないオホーツク海に生息する魚介類における重金属の蓄積量について、重金属の主たる蓄積臓器である肝臓と可食部について分析を行い、これまでの報告と比較検討した。

2. 材料および方法

(1) 供試材料

調査の対象は、2005 年 6 月から同年 10 月までの期間に

* 東京農業大学生物産業学部生物生産学科

** 東京農業大学生物産業学部アクアバイオ学科

Table 1 Weight and length of each fish species used for this study

Sample	Weight(g)	Length(mm)
<i>Platichthys stellatus</i>	90.06±11.02	190.66±9.99
<i>Osmerus mordax dentex</i>	101.43±19.65	214.84±13.50
<i>Oncorhynchus keta</i>	3.01±0.40 ¹⁾	61.30±5.74 ²⁾
<i>Sebastes schlegeli</i>	98.34±60.11	150.59±30.95
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	47.92±12.03	120.58±11.08
<i>Sebastes tazanowskill</i>	156.52±31.11	169.80±11.93
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	534.92±167.82	410.00±42.43
<i>Hexagrammos octogrammos</i>	175.17±35.17	223.61±26.52
<i>Todarodes porphyreus</i>	292.82±25.25	504.83±27.65

1)kg, 2)cm

オホーツク海域で採取した魚類, カワガレイ (*Platichthys stellatus*), キュウリウオ (*Osmerus mordax dentex*), シロザケ (*Oncorhynchus keta*), クロソイ (*Sebastes schlegeli*), ギスカジカ (*Myoxocephalus stelleri*), エゾメバル (*Sebastes tazanowskill*), アメマス (*Salvelinus leucomaenis*), スジアイナメ (*Hexagrammos octogrammos*), スルメイカ (*Todarodes porphyreus*) の以上9種, 各15個体とした (Table 1)。

また, 分析対象とした重金属は, ヒ素 (As), カドミウム (Cd), スズ (Sn), 水銀 (Hg) および鉛 (Pb) の5元素とした。

(2) 分析方法

各サンプルより肝臓および可食部をそれぞれ1g (湿重量) を灰化用試験管に採取した。採取した試料に灰化溶液 (過塩素酸:硝酸=4:1) を5ml ずつ加え1晩常温にて放置した後, ドライサーモユニットバス (DTU-2C, タイテック株式会社) を用いて最終加熱温度が180°C になるまで徐々に熱を加え, 有機物を完全に分解する湿式灰化を施した。湿式灰化後, 0.2ppm のベリリウムを含む0.05規定塩酸溶液を用い, 5倍に希釈調整した。その後, 高周波プラズマ発光分析装置 (ICPS-8000E, 島津製作所) により, ベリリウム (Be) を内部標準元素とする検量線を用い, 定量分析を行った⁷⁾。

分析結果は, 平均値±標準偏差によって示した。また, 検出下限値以下であった場合は, nd (nondetectable) と表記した。

3. 結果および考察

分析対象魚介類9種, 各15個体の肝臓および可食部の分析結果を Table 2, Table 3 に示した。

(1) ヒ素

肝臓におけるヒ素は, いずれの魚種においても個体差が大きく, 偏差値は高い値を示しているが, キュウリウオ

(*Osmerus mordax dentex*), シロザケ (*Oncorhynchus keta*), カワガレイ (*Platichthys stellatus*) で他の魚種と比べ高い値を示し, 平均値はそれぞれ2.900ppm, 2.640ppm, 2.539ppm であった。反対に, クロソイ (*Sebastes schlegeli*) では他の魚種に比べ非常に低値を示し, その平均値は0.095ppm であった。その他の魚種では, 平均0.597~1.822ppm の範囲であった。一方, 可食部では肝臓と同様にキュウリウオ (*Osmerus mordax dentex*), シロザケ (*Oncorhynchus keta*) で平均値1.037ppm, 1.136ppm と比較的高い値を示したが, 他の魚種も平均0.034~1.016ppm の範囲であり, 大きな差は認められなかった。ヒ素は, 自然界において海水に存在することが示されているとともに^{8,9)}, 肝臓に比べ可食部における蓄積量は約4分の1であることが報告されている¹⁰⁾。しかし, 本分析結果においては, 肝臓, 可食部のいずれにおいてもこれまでの報告より低い値であったが, 特に肝臓に於ける値が低かった事により, 可食部の濃度は肝臓の約3分の1程度であった。以上のことから, オホーツク海においてヒ素汚染の影響が少ないことが推察された。

(2) カドミウム (Cd)

カドミウムでは, 肝臓においてスルメイカ (*Todarodes porphyreus*) で他の魚種の平均値0.072~0.541ppm の範囲よりも高い0.798ppm が検出された。これは, スルメイカが主にカドミウムを多く有している貝類および甲殻類を捕食していることから, 他の魚種よりも高い値を示したと推察された。さらにこの結果は, 頭足類が魚類よりも比較的高いカドミウムを有する^{11,12)} という, これまでの報告と一致し, 魚種の特徴を裏付けるものであった。一方, 可食部においては, すべての魚種の平均値は0.033~0.184ppm の範囲であり, 魚種による大きな違いは認められなかった。カドミウムは, 海および河川中において0.001~0.5ppm の量が検出されている¹³⁻¹⁵⁾。また, 可食部におけるカドミウム含有量は, これまでの報告から肝臓の約55分の1とされている¹⁰⁾。しかし, 本分析結果では肝臓においてもこれまでの報告よりも著しく低値を示しており, オホーツク海域に於けるカドミウム汚染は無いものと推察された。

(3) スズ (Sn)

スズの自然界における濃度は, 検出下限値以下から数ppm とばらつきが大きく, ヒトの臓器中濃度においても地域差が認められている¹⁾。本分析結果では, 肝臓においてギスカジカ (*Myoxocephalus stelleri*), スルメイカ (*Todarodes porphyreus*) の平均値は各々3.066ppm, 2.926ppm で他の魚種の平均値が0.968~1.353ppm の範囲であったのに比べて高い値であった。ギスカジカは, 雑食性であり比較的食物連鎖の上位に位置していることが主な要因と推察された。可食部では, スルメイカの平均値が2.014ppm で肝臓とほぼ同等の高い値が検出された。一方, 他の魚種では, 平均値が0.286~0.584ppm の範囲であり, 肝臓の約2分の1程度であった。スルメイカは, 肝臓・可食部ともに他の魚種と比べ高い値を示したことから, 食性や行動範

Table 2 Heavy metal contents in livers of each fish species

Sample	Heavy metal (ppm)				
	As	Cd	Sn	Hg	Pb
<i>Platichthys stellatus</i>	2.539 ± 1.254	0.541 ± 0.073	1.353 ± 0.270	0.295 ± 0.130	0.057 ± 0.030
<i>Osmerus mordax dentex</i>	2.900 ± 1.814	0.325 ± 0.023	0.968 ± 0.144	0.183 ± 0.133	0.077 ± 0.007
<i>Oncorhynchus keta</i>	2.640 ± 2.160	0.163 ± 0.089	1.032 ± 0.245	0.231 ± 0.150	0.063 ± 0.055
<i>Sebastes schlegeli</i>	0.095 ± 0.025	0.072 ± 0.027	1.107 ± 0.165	0.428 ± 0.116	0.053 ± 0.041
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	2.428 ± 2.567	0.362 ± 0.053	3.066 ± 2.904	0.480 ± 0.130	0.518 ± 0.207
<i>Sebastes tazanowskill</i>	0.995 ± 0.272	0.386 ± 0.054	1.025 ± 0.231	0.238 ± 0.129	0.003 ± 0.003
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	0.969 ± 0.062	0.353 ± 0.027	1.201 ± 0.003	0.205 ± 0.041	nd
<i>Hexagrammos octogrammos</i>	1.822 ± 1.785	0.374 ± 0.144	1.153 ± 0.153	0.280 ± 0.133	0.081 ± 0.016
<i>Todarodes porphyreus</i>	0.597 ± 0.512	0.798 ± 0.108	2.926 ± 0.455	0.367 ± 0.096	0.129 ± 0.047

nd: nondetectable

Table 3 Heavy metal contents in edible parts of each fish species

Sample	Heavy metal (ppm)				
	As	Cd	Sn	Hg	Pb
<i>Platichthys stellatus</i>	0.649 ± 0.216	0.137 ± 0.022	0.549 ± 0.245	0.083 ± 0.032	0.053 ± 0.031
<i>Osmerus mordax dentex</i>	1.037 ± 0.139	0.064 ± 0.005	0.286 ± 0.064	0.018 ± 0.010	0.023 ± 0.008
<i>Oncorhynchus keta</i>	1.136 ± 0.296	0.083 ± 0.010	0.330 ± 0.064	0.025 ± 0.015	0.104 ± 0.031
<i>Sebastes schlegeli</i>	0.034 ± 0.014	0.033 ± 0.009	0.438 ± 0.194	0.101 ± 0.020	0.031 ± 0.048
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	0.035 ± 0.019	0.071 ± 0.051	0.484 ± 0.194	0.106 ± 0.026	0.046 ± 0.022
<i>Sebastes tazanowskill</i>	0.032 ± 0.020	0.042 ± 0.009	0.545 ± 0.074	0.101 ± 0.028	nd
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	0.548 ± 0.235	0.174 ± 0.001	0.301 ± 0.196	0.003 ± 0.003	nd
<i>Hexagrammos octogrammos</i>	1.016 ± 0.816	0.168 ± 0.016	0.584 ± 0.221	0.025 ± 0.013	0.002 ± 0.000
<i>Todarodes porphyreus</i>	0.392 ± 0.088	0.184 ± 0.135	2.014 ± 0.161	0.092 ± 0.043	0.015 ± 0.001

nd: nondetectable

困の違いなどの種特異的な要因があると推察され、今後より詳細な分析が必要であると思われた。スズは、大部分が食物、水と共に経口的に摂取され、その90%以上は腸管から吸収されないまま排出されるとされているが、微量であっても徐々に蓄積される傾向にあることが示唆された。

(4) 水銀 (Hg)

水銀は、食品中でも魚介類、特にマグロ類に多く含まれており、その含有量は約0.30~1.36 ppmとされている^{16,17)}。また、水銀蓄積量は基本的に水中の水銀濃度および加齢により支配されていると考えられている⁴⁾。本分析結果では、肝臓において、ギスカジカ (*Myoxocephalus stelleri*)、ク

ロソイ (*Sebastes schlegeli*) の平均値が0.480, 0.428 ppmで、他の魚種における平均値が0.183~0.367 ppmの範囲であったのに比べて高い値を示した。また、可食部においては、肝臓と同様にギスカジカ、クロソイ、およびエゾメバル (*Sebastes tazanowskill*) の平均値が各々0.106, 0.101, 0.101 ppmで他の魚種における平均値0.003~0.092 ppmの範囲よりも比較的高値を示しているが、全体の平均としては0.1 ppm未満であった。本分析結果における可食部の値は、肝臓の約2分の1から最大でアメマスの約70分の1で、可食部における水銀含有量は肝臓の約8分の1であるというこれまでの報告⁸⁾とは異なるものであった。これは、本分析に用いた魚種の肝臓に含まれる水銀含有量がこれま

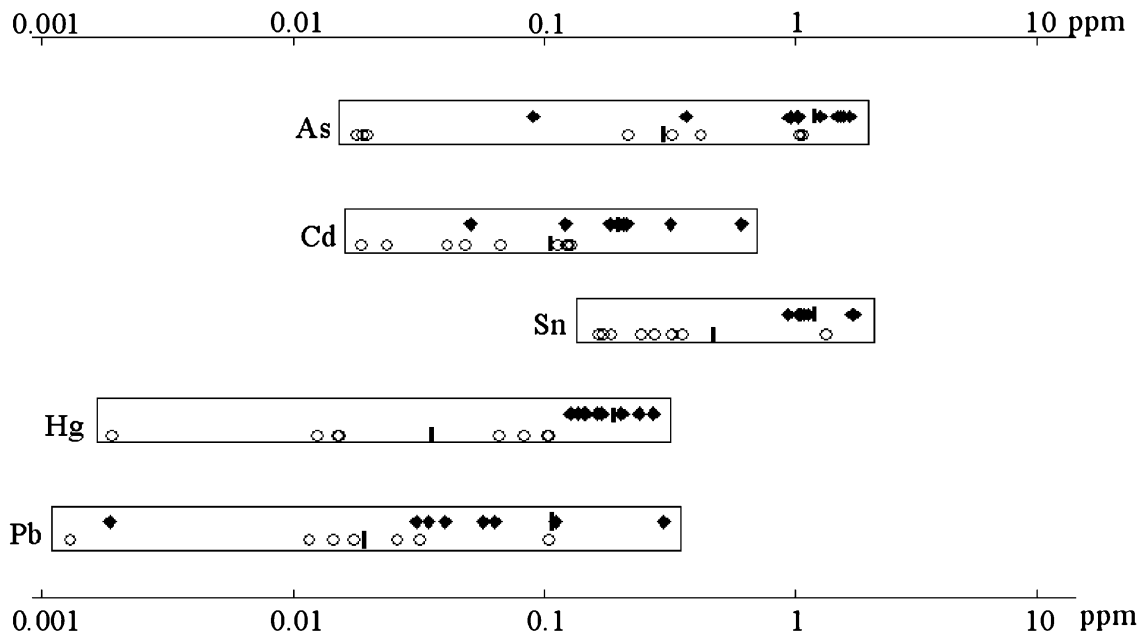


Fig. 1 Heavy metal content in fishery products inhabiting Okhotsk sea area
◆ : liver, ○ : edible part, | : middle value

で報告された値よりも低値を示したことによるもので、オホーツク海における水銀による海洋汚染の影響が少ないことが示された。

(5) 鉛 (Pb)

鉛は、ギスカジカ (*Myoxocephalus stelleri*) の肝臓で平均値 0.518 ppm と他の魚種の平均値が nd (検出下限値以下)~0.129 ppm の範囲であったのに比べて非常に高い値を示した。一方、可食部ではシロザケ (*Oncorhynchus keta*) の平均値が 0.104 ppm で他の魚種の平均値 nd (検出下限値以下)~0.053 ppm よりも高い値を示し、この値は肝臓の値を上回るものであったが、その要因については不明である。鉛はカドミウムと同様に体内への取り込みは消化器系を経由するものが主とされている。そのため、ギスカジカの肝臓で高い値を示した要因として、海底の泥や土から鉛が検出されていることから、捕食する際に海底の泥や土と一緒に摂取するという食性にあることが推察された。魚介類における鉛含有量は、これまでの報告から甲殻類、頭足類、魚類、貝類の順に多く含まれているとされている¹⁸⁾。しかし、本分析においては、頭足類であるスルメイカを上回った魚類は、肝臓においてギスカジカが、また可食部においても魚類 8 種のうち 5 種が挙げられ、これまでの報告とは異なるものであった。今後、さらに魚種を増やし、検証する必要があると考えられる。

4. 総括

北海道のオホーツク海域で捕獲した 9 魚種合計 135 個体について有害重金属とされる 5 元素 (As, Cd, Sn, Hg, Pb) の分析調査を行った。分析結果より、シロザケにおける鉛を除くすべての元素で可食部より肝臓により多くの蓄

積が認められたが、いずれにおいても重金属の蓄積量はこれまでの報告に比べて同等かあるいは低い値であり、得に肝臓における蓄積量はほとんどの魚種で明らかに低い値であり、北海道オホーツク海域における魚介類の重金属汚染は認められなかった。また、調査対象魚種のうち、食物連鎖が比較的上位であるギスカジカに他の魚種よりも全般的に高い蓄積が認められ、オホーツク海域においても重金属の生物濃縮が進行していることが示唆された。

可食部 (筋肉) の水銀においては、有害重金属として規制値が設定してある総水銀における暫定的規制値 0.4 ppm¹⁹⁾ を超えたものは無く全ての個体で 0.1 ppm 以下の値であり、他の元素においてもこれまでの海洋生物の報告と同等もしくは低い値を示した。このことからこれら海域の魚種の人体への影響は極めて低いことが示された。

参考文献

- 1) 和田 攻, 1985. 金属とヒト-エコトキシコロジーと臨床一. 朝倉書店, 東京.
- 2) 山本勇夫, 1989. みんなの衛研. 北海道立衛生研究所広報誌, 北海道.
- 3) 橋詰良一, 1989. マウス卵子の初期発生過程におけるカドミウムの生殖毒性に関する研究. 日大医学雑誌, 6 : 519-531.
- 4) 松井三郎・田辺信介・森 千里・井口泰泉・吉原新一・有蘭幸司・森澤真輔, 2002. 環境ホルモンの最前線. 有斐閣, 東京.
- 5) 和田一雄・伊藤徹魯・新妻昭夫・羽山伸一・鈴木正嗣, 1986. ゼニガタアザランの生態と保護. 東海大学出版会, 東京. 126-139.
- 6) 米谷民雄, 2005. 食品安全確保のための理化学的な規格基準設定と摂取量調査. 国立医薬品食品衛生研究所報告, 123 : 1-11.
- 7) 原口 紘, 1998. ICP 発光分析の基礎と応用. 講談社, 東京.

- 109-157.
- 8) BREWER, G.P., 1975. Minor elements in seawater. Academic Press, 415-496.
 - 9) 北野 康, 1984. 地球環境の科学. 裳華房, 東京.
 - 10) 木村修一・左右田健次, 1987. 微量元素と生体. 秀潤社, 東京.
 - 11) 山本義和・尾崎久雄, 1979. 水生生物と重金属〔1〕銅. サイエнтиスト社, 東京.
 - 12) 板沢靖男・小山次朗・尾崎久雄, 1982. 水生生物と重金属〔2〕カドミウム. サイエнтиスト社, 東京.
 - 13) 大竹千代子・半谷高久, 1978. 日本環境図譜. 共立出版, 東京.
 - 14) 柴原真理子・山崎理恵子・西田和夫・鈴木潤三・鈴木静夫・西田英郎・多田 史, 1975. 河川底質土の重金属分布 (第3報). 衛生化学, **21**: 173-182.
 - 15) 多田 史・小田仁美・立川春樹・鈴木静夫, 1978. 全国主要河川の上流部の底質土の重金属分布. 衛生化学, **24**: 65-70.
 - 16) 近藤雅臣, 1974. 動植物性食品中の水銀含有量. 衛生化学, **20**: 47-66.
 - 17) 山本勇夫・長永 弘・佐藤芳枝・佐藤千鶴子, 1980. 北海道産食品の重金属含有量について (第4報) —魚介類中の重金属含有量—. 道衛研所報, **30**: 31-37.
 - 18) 熊谷 洋・佐伯清子, 1982. 底質とアサリの重金属含有量について. 日本水産学会誌, **48**: 387-841.
 - 19) 厚生省環境衛生局長通達, 1973. 魚介類の水銀の暫定規定値について. 環乳, 第99号.

Heavy Metal Contents in Fishery Products Inhabiting Hokkaido Okhotsk Sea Area

By

Gaku SHIMOI*, Yuki FUJITA*, Yuichi KAMEYAMA*, Atsushi SUZUKI**,
Ryoichi HASHIZUME* and Masao ITO*

(Received March 2, 2007/Accepted September 4, 2007)

Summary : The heavy metal contents of fish liver which is accumulation organ and muscle which is the edible part of the fishery products from the Okhotsk sea area of Hokkaido were analyzed for the elements, arsenic (As), cadmium (Cd), tin (Sn), mercury (Hg) and lead (Pb) by ICP method to evaluate heavy metal contamination of the fishery products in this area. Comparatively high contents of all elements were found in the livers compared with those of the edible parts except for lead of *Oncorhynchus keta*. The mercury contents of the edible parts of all species were found to be lower than the temporary regulation value (0.4 ppm), and those of all other elements were also found to be similar or lower than the values reported for the fishery products in other sea area, although slightly high contents were detected in *Myoxocephalus stelleri* being at the high position of ecological chain. All of these findings suggested that heavy metal pollution is not progressing in the fishery products in the Okhotsk sea area.

Key words : heavy metal content, Okhotsk sea area, fishery product, liver, edible part

* Department of Bioproduction, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture

** Department of Aqua Bioscience and Industry, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture