

## 能取湖のアサリと底質土の重金属含量

境 博成・大谷 俊二  
東京農業大学生物産業学部食品科学科

### Heavy metal content of short-neck clam, *Ruditape philippinarum* and inhabiting mud in Lake Notoro

Hiroshige SAKAI and Shunji OOTANI

Department of Food Science and Technology, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture,  
Abashiri 099-2422, Japan

#### Summary

Heavy metal content of the short-neck clams in Lake Notoro located in the eastern coast of Hokkaido was analyzed together with those contents of inhabiting mud. The levels were 0.22-0.81mg Mn, 0.30-0.56mg Co, 0.33-0.58mg Ni, 0.17-0.28mg Cu, 1.31-2.03mg Zn, 0.09-0.13mg Cd and 0.22-0.52mg per 100g of the fresh edible parts of the clam. As for the inhabiting muds, the levels were 0.61-2.44mg Cr, 3.82-23.05mg Mn, 0.44-0.87mg Co, 0.58-0.91mg Ni, 0.19-0.50mg Cu, 1.81-4.43mg Zn, 0.12-0.24mg Cd and 0.15-1.23mg As. No significant correlations were observed in heavy metal contents between the edible parts and the inhabiting muds. The change of the content level of the edible part was not observed with the growth of the clam.

**Key words:** Lake Notoro, short-neck clam, *Ruditapes philippinarum*, inhabiting mud, heavy metal content

#### はじめに

能取湖はオホーツク海沿岸に位置する湖で、この沿岸ではサロマ湖に次ぐ広さを有している。この湖での主要漁業はホタテの養殖とその稚貝の生産であるが湖の周囲湖岸 32km はアサリが生息する砂泥土であり、能取湖はアサリの遊漁採取地としても知られている。

北海道におけるアサリの漁業採取地は釧路・根室地方の太平洋沿岸地域に限定されている<sup>1)</sup>。しかし 1997 年、能取湖にアサリ漁業権が設定され漁業組合によって資源の保護と増殖が図られるとともに、アサリは能取湖における漁業の一品目として広く消費者に供給される準備が備えられつつある。能取湖における漁獲量は年間数10トンと推定され、能取湖がオホーツク海沿岸部で最大のアサリ採取地となる可能性は高い。

そこで食品衛生的な見地から、能取湖のアサリとその生息底質土の重金属含量レベルを一年間にわたって調査することにした。

#### 実験方法

##### 1. 試料

能取湖のアサリ漁区全域にわたってアサリおよびその生息底質土採取地点 A-E を設定し、湖水結氷のため採取が不可能な冬期を除いて 1996 年 5 月から 1997 年 5 月までそれぞれの地点で 5 回にわたり分析試料を採取した。採取したアサリは個体の大きさがほぼ同程度のものを選別し、研究室にて湖水で一夜放置したのちそれぞれの個体について殻長、殻幅および殻厚を計測し、開殻して全体と可食部の重量を測定した。ついで可食部を集めて細切し、混合して均一化したのち、その一部を重金属の測定に用いた。

アサリの採取と同時に底質土を採取し、風乾して水分を除き 2mm のふるいを通して得た砂土を底質土の分析試料とした。

##### 2. 重金属分析溶液の調製

細切混合したアサリ可食部 10g を硝酸、硫酸および過塩素酸を用いて湿式灰化し<sup>2)</sup>、0.5M 塩酸を用いて 10ml に定容し

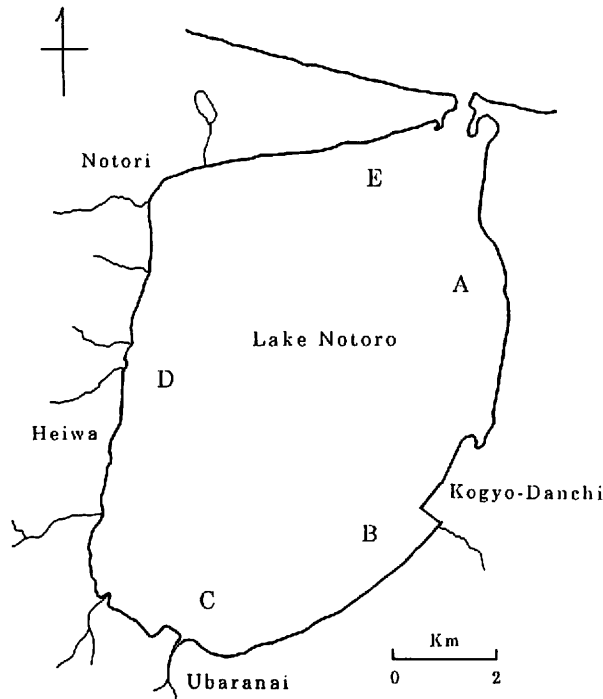


Fig. 1 Sampling points of the clam and the nud in Lake Notoro.

た溶液を重金属の分析に供した。低質土については20gをアサリ可食部の方法に準じて操作を行い、0.5M塩酸で40mlに定容して分析溶液とした。

### 3. 重金属の定量

調製した重金属分析溶液、あるいはこの溶液をDDTC-MIBK抽出<sup>3)</sup>により10倍に濃縮した溶液についてCr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, CdおよびPbを原子吸光法により定量した。装置は日立180-50原子吸光光度計を用いた。Hgは還元気化原子吸光法により同じ装置で分析した。Asの定量は測定溶液5mlを用い、ジエチルジチオカルバミン酸銀法<sup>4)</sup>に準じて510nmの吸光度を測定し、検量線を用いて定量した。

## 実験結果および考察

### 1. アサリ可食部の重金属含量

能取湖にA-Eのアサリ採取地点を設定し(Fig.1), 1年間に渡って5月, 7月, 9月および翌年の5月にそれぞれの地点で38-53個体のアサリを採取した。分析に供したアサリ殻長の地点別平均値は長径3.5-4.6cm, 短径2.5-3.1cmの範囲にあり, 標準偏差はそれぞれ $\pm 0.1 - \pm 0.3$  および $\pm 0.1 - \pm 0.3$ であった。また殻厚は1.6-2.1cmの範囲で標準偏差は $\pm 0.1 - \pm 0.2$ であった。一方, 貝重の個体あたりの地点別平均値は7.8-12.9g, 可食部は1.6-3.8gの範囲にあり, それぞれの標準偏差は $\pm 0.8 - \pm 1.8$  および $\pm 0.2 - \pm 0.6$ であった。

可食部の重金属含量はTable 1に示した。分析対象とした10種の重金属のなかで比較的含量が多いのは亜鉛で, 可食部湿体100gあたりの年間を通しての含量は1.31-2.03mgの範囲にあった。マンガン, コバルトおよびニッケルの含量はそれぞれ0.22-0.81mg, 0.30-0.56mg および0.33-0.58mgで, ヒ素は0.22-0.52mg, 銅は0.17-0.28mg, カドミウムは0.09-0.13mgであった。また鉛は0.05mg, 水銀とクロムは0.01mg以下の値であった。

北海道産のアサリの重金属含量に関して, 山本ら<sup>5)</sup>は釧路・根室沿岸の試料と思われるアサリについて可食部湿体100gあたり亜鉛含量は1.34-1.42mg, マンガンは0.06-0.13mg, ヒ素は0.30-0.46mg, 銅は0.14-0.15mg, カドミウムは0.02mg, 鉛と水銀は0.01mg以下と報告している。山本らの報告とTable 1の結果を比較すると亜鉛とヒ素の含量レベルはほぼ同一で, マンガン, 銅およびカドミウム含量は能取湖の試料がやや高いレベルであった。しかし食品衛生的には何ら問題となる数値ではなく, Table 1の結果はオホーツク沿岸地域のアサリ重金属含量のバックグラウンド値として利用できるものと考えられる。

熊谷ら<sup>6, 7)</sup>は採取年の異なる瀬戸内海のアサリについて重金属含量を報告した。それらの報告によると可食部湿体100gあたりの平均値はマンガン0.22 および0.81mg, クロム0.01 および0.06mg, コバルト0.02 および0.11mg, ニッケル0.04 および0.18mg, 銅0.13 および0.64mg, 亜鉛1.42 および6.4mg, カドミウム0.01 および0.07mg, ヒ素0.37 および1.3mg, 鉛0.07 および0.35mg, 水銀0.002 および0.01mgとなっており, 能取湖のアサリはコバルトおよびニッケルで含量レベルがやや高いものの, 他の元素では同程度であることが判明した。一方, 堀井ら<sup>8)</sup>は東京湾のアサリについて平均値でコバルト0.01mg, 銅0.11mg, 亜鉛2.3mg, カドミウム0.004mg, ヒ素0.15mg, 鉛および水銀0.01mgと報告しており, これらの値と比較すると能取湖のアサリではコバルトおよびカドミウムで高い含量が測定された。しかし能取湖のアサリに含まれる程度のカドミウム含量は乾燥キクナ, ホーレンソウ<sup>9)</sup>, 貝類<sup>5, 10)</sup>, コンブ, ワカメ, ヒジキなどの海藻類<sup>11)</sup>で測定されており, 日常の摂取量を考慮すれば特に問題となる量ではないと考えられる。

また熊谷ら<sup>9)</sup>はアサリの重金属含量について季節的な変動を調査し, 銅, 亜鉛, およびヒ素は年間を通じて一定の含量レベルを示すが, マンガン, コバルト, ニッケル, カドミウム, クロム, 鉛および水銀の含量は12月~1月期に増加することを報告した。その原因として冬期の代謝作用の低下による重金属蓄積と体重減少による相対的な含量増加を上げている。

能取湖のアサリではどの元素についても顕著な季節変動は認められなかった。その理由として冬期の試料が湖水結氷により人手でできず, 分析の対象が5月~11月期に限定されたことも考えられる。

Table 1 Heavy metal contents in the edible part of the clam in Lake Notoro.

Sampling Month	Point	Content(mg/100g fresh matter)						As
		Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	
'96 May	A	0.22	0.54	0.52	0.28	1.47	0.13	0.36
	B	0.25	0.49	0.49	0.18	1.42	0.11	0.28
	C	0.31	0.46	0.56	0.17	1.31	0.13	0.24
	D	0.43	0.51	0.52	0.23	1.48	0.13	0.39
	E	0.37	0.56	0.52	0.20	1.53	0.13	0.25
		(0.32)	(0.51)	(0.52)	(0.21)	(1.44)	(0.13)	(0.30)
'96 July	A	0.30	0.30	0.45	0.28	1.80	0.11	0.50
	B	0.62	0.31	0.42	0.23	1.75	0.10	0.52
	C	0.59	0.31	0.49	0.20	1.56	0.10	0.23
	D	0.45	0.45	0.58	0.27	1.74	0.12	0.30
	E	0.55	0.49	0.49	0.25	1.88	0.11	0.33
		(0.50)	(0.37)	(0.49)	(0.25)	(1.75)	(0.11)	(0.38)
'96 Sept.	A	0.37	0.38	0.38	0.29	1.65	0.09	0.50
	B	0.40	0.36	0.36	0.27	1.61	0.09	0.45
	C	0.81	0.41	0.41	0.23	1.52	0.10	0.40
	D	0.72	0.42	0.42	0.22	2.03	0.09	0.43
	E	0.58	0.34	0.34	0.22	1.48	0.09	0.40
		(0.58)	(0.38)	(0.38)	(0.25)	(1.66)	(0.09)	(0.44)
'96 Nov.	A	0.46	0.35	0.35	0.23	1.75	0.10	0.45
	B	0.43	0.35	0.35	0.24	1.63	0.09	0.32
	C	0.79	0.42	0.42	0.21	1.54	0.09	0.30
	D	0.34	0.40	0.40	0.23	1.60	0.09	0.22
	E	0.30	0.33	0.33	0.26	1.65	0.08	0.37
		(0.46)	(0.37)	(0.37)	(0.23)	(1.63)	(0.09)	(0.33)
'97 May	A	0.30	0.42	0.47	0.23	1.50	0.11	0.32
	B	0.35	0.46	0.46	0.21	1.62	0.12	0.41
	C	0.65	0.48	0.48	0.27	1.51	0.09	0.37
	D	0.42	0.50	0.51	0.22	1.40	0.11	0.39
	E	0.41	0.51	0.49	0.20	1.51	0.10	0.31
		(0.43)	(0.47)	(0.48)	(0.23)	(1.51)	(0.11)	(0.36)

Pb&lt;0.05mg/100g Cr,Hg&lt;0.01mg/100g ( ):mean

## 2. 底質土の重金属含量

アサリ採取地点の底質土の重金属含量については Table 2 に示した。一年を通してのそれぞれの元素含量は底質土乾物 100g あたりクロム 0.61-2.44mg, マンガン 3.82-23.05mg, コバルト 0.44-0.87mg, ニッケル 0.58-0.91mg, 銅 0.19-0.50mg, 亜鉛 1.81-4.43mg, カドミウム 0.12-0.24mg, ヒ素 0.15-1.23mg であり, Pb は 0.1mg 以下で水銀は 0.01mg 以下であった。能取湖全体としてはマンガンとヒ素を除き一年を通して大きな変動はみられなかった。マンガンは 5 月期の, そしてヒ素は 7 月と 9 月の試料に比較的高い数値が認められたがこの原因については不明である。

アサリが生息する底質土の重金属含量については, 堀井ら<sup>9)</sup>が東京湾の採取地区の底質土について調査しており, 乾物 100g あたりコバルト 0.48mg, 銅 0.47mg, 亜鉛 5.6mg, カドミウム 0.005mg, ヒ素 0.3mg および鉛 0.43mg と報告している。また熊谷ら<sup>7)</sup>が分析した瀬戸内海沿岸のアサリ採取地区底質土ではクロム 0.73mg, マンガン 12.4mg, コバルト 0.23mg, ニッケル 0.68mg, 銅 0.59mg, 亜鉛 3.6mg, カドミウム 0.02mg, ヒ素 0.42mg および鉛 0.97mg であった。

能取湖のアサリ採取地点底質土の重金属含量は, 平均値でコバルトとカドミウムが東京湾および瀬戸内海沿岸の報告よりも高い数値であったが他の元素は同程度あるいは低い数値であった。カドミウムは能取湖に隣接する網走湖でも堀井らや熊谷らの報告よりやや高い, 0.03-0.05mg/100g 乾量の値が分析されているが<sup>12)</sup>, これはオホーツク沿岸を形成する土壤に関連する値であると考えられる。Table 2 の結果は能取湖底質土の重金属含量レベルのバックグラウンド値として利用できるものと思われる。

## 3. アサリ可食部と底質土の重金属含量の相関

能取湖と東京湾のアサリの重金属含量を比較すると, コバルトおよびカドミウムの平均含量が能取湖で高く, また底質土の両元素平均値も能取湖で高いことはすでに述べた。アサリの重金属含量は食餌を含んだ生息環境に影響されると考えられる。そこで 5 月期と 9 月期に採取した試料について, それぞれの地点のアサリ可食部 (Table 1) と底質土 (Table 2) の重金属含量の相関をそれぞれの元素について検討した。5 月期の試料について求められた相関係数は  $r = -0.1366$  (Zn) から  $r$

Table 2 Heavy metal contents in the inhabiting mud of the clam in Lake Notoro

Sampling Month	Point	Content(mg/100g dry matter)							
		Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	As
'96 May	A	2.44	17.62	0.81	0.82	0.42	2.63	0.20	0.35
	B	1.21	8.69	0.61	0.59	0.23	2.25	0.20	0.38
	C	0.61	23.05	0.64	0.64	0.25	3.84	0.20	0.18
	D	1.23	15.62	0.82	0.82	0.50	4.27	0.23	0.55
	E	1.23	12.63	0.67	0.67	0.42	3.21	0.16	0.53
		(1.34)	(15.52)	(0.71)	(0.71)	(0.36)	(3.24)	(0.20)	(0.40)
'96 July	A	1.83	6.07	0.83	0.79	0.21	2.07	0.18	0.90
	B	1.00	4.82	0.85	0.85	0.19	2.22	0.22	1.00
	C	0.67	15.64	0.77	0.87	0.29	2.67	0.20	0.72
	D	1.07	9.63	0.87	0.87	0.45	3.41	0.24	0.72
	E	0.81	9.47	0.71	0.81	0.46	3.03	0.16	0.72
		(1.08)	(9.13)	(0.81)	(0.84)	(0.32)	(2.68)	(0.20)	(0.81)
'96 Sept.	A	1.25	6.41	0.79	0.87	0.33	1.81	0.20	0.82
	B	0.80	4.60	0.83	0.84	0.22	2.27	0.20	1.15
	C	1.03	12.27	0.81	0.90	0.45	3.47	0.20	1.23
	D	0.68	7.23	0.44	0.58	0.19	2.23	0.12	1.05
	E	0.89	4.09	0.77	0.63	0.20	2.02	0.18	0.15
		(0.93)	(6.92)	(0.73)	(0.76)	(0.28)	(2.36)	(0.18)	(0.88)
'96 Nov.	A	1.07	3.82	0.62	0.81	0.21	2.06	0.18	0.28
	B	1.63	5.26	0.87	0.83	0.22	2.03	0.18	0.15
	C	0.84	11.29	0.83	0.79	0.43	3.05	0.22	0.20
	D	0.63	7.44	0.52	0.63	0.21	2.23	0.16	0.35
	E	0.61	8.03	0.63	0.67	0.24	2.67	0.18	0.15
		(0.95)	(7.17)	(0.69)	(0.75)	(0.26)	(2.41)	(0.18)	(0.23)
'97 May	A	1.89	10.12	0.79	0.79	0.31	2.51	0.21	0.65
	B	1.51	7.27	0.81	0.91	0.26	2.70	0.22	0.92
	C	1.20	19.03	0.78	0.88	0.39	4.43	0.18	0.72
	D	1.02	10.68	0.78	0.75	0.43	3.87	0.20	7.70
	E	1.11	9.47	0.75	0.69	0.42	3.15	0.18	0.31
		(1.35)	(11.31)	(0.77)	(0.80)	(0.36)	(3.33)	(0.20)	(0.66)

Pb&lt;0.1mg/100g Hg&lt;0.01mg/100g ( ):mean

=0.6996(Cu)の範囲にあり、5%水準での有意な相関関係ほどの元素についても認められなかった。9月期の試料についても $r=-0.5873$ (Co)から $r=0.7160$ (Mn)の範囲にあり、相関関係は認められなかった。

能取湖に生息するアサリは湖内すべて同一種であると考えられ、試料採取地点や季節ごとにその重金属代謝様式が極端に異なることはないと思われる。従って5月期と9月期の結

果より、アサリ可食部の重金属含量が底質土の含量に影響される可能性は少ないと考えられた。

熊谷ら<sup>2)</sup>は瀬戸内海のアサリと底質土について、それらの重金属含量には相関が認められず、底質の重金属含量はアサリの重金属含量に影響を与えないことを示唆している。能取湖のアサリと底質土の重金属含量においても熊谷らの報告を支持する結果がえられた。しかし東京湾のアサリの貝殻の重金

Table 3 Classes of the clam for heavy metal analysis

Class	Shell No.	Shell size(mm)*		Weight(g) of a shell*	
		length	thickness	whole	edible part
I (3.0 - 3.5mm)	60	3.3 ± 0.2 × 2.3 ± 0.1	1.6 ± 0.1	5.7 ± 0.8	1.3 ± 0.2
II (3.6 - 4.0mm)	40	3.8 ± 0.1 × 2.7 ± 0.1	1.8 ± 0.1	9.0 ± 0.7	2.1 ± 0.2
III (4.1 - 4.5mm)	40	4.2 ± 0.1 × 2.9 ± 0.1	1.9 ± 0.1	10.7 ± 1.1	2.5 ± 0.3
IV (4.6 - 5.0mm)	35	4.8 ± 0.2 × 3.1 ± 0.2	2.1 ± 0.2	13.1 ± 1.4	3.4 ± 0.7

\*Mean ± standard deviation

Table 4 Heavy metal contents in edible parts of each class of the clam in Lake

Class	Content(mg/100g fresh matter)						
	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	As
I	0.51	0.36	0.28	0.22	1.66	0.09	0.34
II	0.49	0.34	0.26	0.25	1.64	0.10	0.33
III	0.72	0.40	0.39	0.22	1.59	0.10	0.32
IV	0.65	0.42	0.34	0.25	1.76	0.09	0.45

Pb<0.05mg/100g Cr,Hg<0.01mg/100g

属含量については、安野ら<sup>13)</sup>はクロム、銅、亜鉛、カドミウムなどで底質土含量との相関を認めており、能取湖のアサリ貝殻についても今後検討されなければならない課題であると思われる。

#### 4. 殻長別アサリ可食部の重金属含量

アサリの成長にともなう重金属含量の変化を検討するため、1996年11月に地点Cで採取したアサリを殻長(長径)別にI~IVの区分に分別し、それぞれの区分のアサリ可食部について重金属含量を測定した。それぞれの区分の供試個数、殻長、重量などについてはTable 3に示した。

重金属分析結果はTable 4に示した。表に示すすべての元素は可食部が増大するに従って含量も増加し、可食部100gあたりの含量は殻長の大小に関わらずほぼ一定の値を維持した。従ってアサリの生長にともなう重金属元素の含量変化はないと考えられた。

熊谷ら<sup>14)</sup>は瀬戸内海のアサリについて重金属の種類により成長にともなう含量が増加するもの、減少するものおよび一定のレベルを維持するものの3つのパターンがあることを報告した。しかし同氏らが検討したアカニシの成長と重金属含量の変化については異なる傾向<sup>15)</sup>が認められ、水生動物の成長にともなう重金属含量の変化には一定のパターンはなく、動物の種類と重金属の種類によって大きく異なると推論した。

熊谷ら<sup>14)</sup>の報告ではアサリの成長にともなう重金属含量に顕著な差がでるのは殻長4cm以上の大型の個体についてであり、中型や小型の個体については大きな差はみられない。能取湖のアサリの可食部は瀬戸内海産と比較して重量が少なく、殻長4cm以上の個体について比較すると瀬戸内海産の約60%程度の重量である。これは能取湖の寒冷な環境条件によるものと考えられるが、能取湖の大型アサリの可食部は瀬戸内海の中型あるいは小型アサリの可食部に相当する。能取湖のアサリの成長にともなう可食部の重金属含量に顕著な変化が認められなかった原因として可食部重量の少ない試料を分析対象としたことも考えられ、更に可食部重量の大きな個体について検討する必要があると思われる。

## 要 約

北海道オホーツク沿岸の能取湖にいくつかの採取地点を設定し、アサリとその生息底質土について重金属含量を調べた。アサリ可食部湿体100gあたりの含量は一年を通じてMn 0.22-0.81mg, Co 0.30-0.56mg, Ni 0.33-0.58mg, Cu 0.17-0.28mg, Zn 1.31-2.03mg, Cd 0.09-0.13mg, As 0.22-0.52mgでありPbは0.05mg以下でHgとCrは0.01mg以下のレベルであった。一方、底質土乾物100gあたりの含量はCr 0.61-2.44mg, Mn 3.82-23.05mg, Co 0.44-0.87mg, Ni 0.58-0.91mg, Cu 0.19-0.50mg, Zn 1.81-4.43mg, Cd 0.12-0.24mg, As 0.15-1.23mgでありPbは0.1mg以下でHgは0.01mg以下のレベルであった。アサリ可食部と底質土の重金属含量の間には相関関係が認められず、またアサリの生長にともなう重金属元素の含量変動も認められなかった。

## 謝 辞

本研究に供試した分析試料は西網走漁業協同組合川尻敏文氏の好意により入手し、分析の一部は本学を卒業した北村文明氏の協力により行った。報文の執筆にあたり両氏に深く感謝する。

## 引用文献

- 1) 北海道水産林務部, 1998. 平成8年北海道水産現勢, 11-15, 北海道水産林務部(札幌).
- 2) 日本食品科学工学会, 新・食品分析法編集委員会編, 1996. 新食品分析法, 130-132, 光琳(東京).
- 3) 日本薬学会編, 1990. 衛生試験法・注解, 977-1988, 金原出版(東京).
- 4) 森五郎編, 1986. 日本工業規格工場排水試験方法, 201-203, 日本規格協会(東京).
- 5) 山本勇夫・松田和子・佐藤千鶴子, 1992. 北海道沿岸魚介類中の重金属について, 日栄食誌, 45, 186-197.
- 6) 熊谷 洋・佐伯清子, 1980. アサリにおける重金属含量の

- 季節的変動, 日水誌, **46**, 851-854.
- 7) 熊谷 洋・佐伯清子, 1982. 底質とアサリの重金属含量について, 日水誌, **48**, 837-841.
- 8) 堀井昭三・山岸達典・宮崎泰之・金子誠二・村上一, 1980. 東京湾のアサリと底質中の重金属分布, 東京衛研年報, **31**, 156-160.
- 9) 田中之雄・池辺克彦・田中涼一・国田信治, 1973. 食品中の重金属の含有量について(第 1 報), 食衛誌, **14**, 196-201.
- 10) 池辺克彦・田中之雄・田中涼一・国田信治, 1977. 同一(第 4 報), 食衛誌, **18**, 62-74.
- 11) 田中之雄・池辺克彦・田中涼一・国田信治, 1977. 同一(第 5 報), 食衛誌, **18**, 75-85.
- 12) 織田 環, 1997. 網走湖のシジミとその生育環境における重金属含量, 東京農業大学卒業論文, 23-27.
- 13) 安野哲子・荻野周三・小野綾子・大島敏子・遠藤英美, 1980. 東京湾産アサリ貝殻中の微量元素について(第 2 報), 東京衛研年報, **31**, 185-189.
- 14) 熊谷 洋・佐伯清子, 1981. アサリの成長にともなう重金属含量の変化について, 日水誌, **47**, 1511-1513.
- 15) 熊谷 洋・佐伯清子, 1983. アカニシの成長にともなう重金属含量の変化について, 日水誌, **49**, 1917-1920.