

## マコンブ葉体中のヒ素の部位別および季節的変動

|       |   |
|-------|---|
| 誌名    | 北海道大學水産學部研究彙報 = Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University |
| ISSN  | 00183458  |
| 著者    | 北爪, 博彦<br>福永, 健治<br>高間, 浩蔵  |
| 巻/号   | 39巻2号   |
| 掲載ページ | p. 160-166  |
| 発行年月  | 1988年5月   |

## マコンブ葉体中のヒ素の部位別および季節的変動

北爪 博彦\*・福永 健治\*・高間 浩蔵\*

### Seasonal Changes of Arsenic Distribution of Kombu, *Laminaria japonica*

Hirohiko KITAZUME\*, Kenji FUKUNAGA\*  
and Kozo TAKAMA\*

#### Abstract

The arsenic content of the blades of forced kombu (*Laminaria japonica*), which were collected monthly at the seashore of Ishizaki, Hakodate from March to July, 1987, was assessed. After dehydration to nearly 10-15% of their normal moisture content, the blades were divided into 10 parts and their arsenic content was measured with an atomic absorption spectrophotometer. The arsenic content at the base part, corresponding to the blade meristem, was higher than that of the apex part. The trends of the arsenic distributions were almost invariable regardless of the harvest time. Arsenic content varied with the seasons, and was highest in June. The degree seasonal change in arsenic content was proportional to increase in the blade length. These results suggest that the amount of arsenic in kombu has some relation to its growth.

#### 結 言

陸上生物にはヒ素は ppb のレベルで存在するが、それに対して水産物には通常 ppm という非常に高いレベルで存在する。また、一般に水産物の中では動物よりも植物の方がヒ素含量が高いことが知られている<sup>1-5)</sup>。このように高濃度にヒ素が含まれる水産物を日常摂取している日本人にとって、ヒ素中毒の危険性が懸念されるが、これまでに水産物によるヒ素中毒の報告は皆無である。このことは、魚貝類に含まれているヒ素化合物が亜ヒ酸と比べると、はるかに毒性の低い形で存在していることを示唆している。

現在までもコンブのヒ素含量に関する報告はあるが<sup>6-8)</sup>、その葉体部位間における詳細なヒ素含量にまで言及した報告は少ない。したがって、前報<sup>9)</sup>では細分化した天然マコンブ葉体各部位ごとのヒ素含量を測定した。その結果、葉体の根元部では先端部の 1/2 もしくはそれ以下のヒ素含量であること、また、葉体の根元付近では周縁部は中心部に比べてヒ素含量が高く、逆に中央部より上方では、中心部の方が周縁部よりもヒ素含量が高い傾向にあることを報告した。

本報告では促成養殖マコンブの部位別および季節的ヒ素含量の変動を明らかにすることにより、マコンブ葉体のヒ素含量と成長との関係解明ならびに食材としてのコンブ利用に際して資し得る知見を得ようとした。

---

\* 北海道大学水産学部食品化学第二講座  
(Laboratory of Food Hygiene, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

### 実験試料

北海道函館市石崎町において、昭和61年11月に沖出しされた促成養殖マコンブ (*Laminaria japonica*) を、ほぼ1か月ごとに(昭和62年3月31日、5月1日、5月29日、7月1日、7月25日)、海水中より直接採取したものをそれぞれ3月試料、4月試料、5月試料、6月試料、および7月試料とした。それら藻体の水分量が10-15%程度になるまで自然乾燥させ、実験試料とした。ただし、試料採取場所によるヒ素含量の変動をさけるため、同一場所の同一のロープより採取した。また、天候によって海水中および藻体のヒ素含量に変動の恐れがあるので、試料採取日は当日とその前日が晴れ、または快晴の日であることを条件とした。

### 実験方法

試料マコンブ葉体は図1に示すように、1から10の部分に分割した。ただし、6,7,8の部位がマコンブ葉体のほぼ中央になるようにした。各部位をセラミック鋏で切りとり、それぞれを約3mm四方に細切し、良く混ぜて試料とした。細切試料の約1gを秤取し、湿式分解後、フレイムレス原子吸光光度計(日立180-30型)を用い、総ヒ素量の定量を行った。

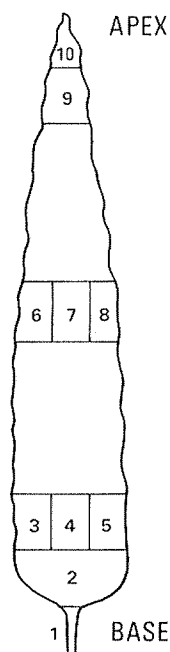


Fig. 1. Scheme showing sampled parts (No. 1-10) of Kombu frond

### 結果および考察

まず、3月、4月、5月、6月、および7月試料のそれぞれについて3個体ずつマコンブ葉体を選び、それぞれ1個体について4回ずつヒ素含量の測定を行い、平均値と標準偏差を算出した。結果はそれぞれ表1、表2、表3、表4、および表5として示し、それぞれの表より各部位3個体の平均値を求めて図2に示してある。ただし、1の部位は、試料の絶対量が足りず、ヒ素含量の測定は行わなかった。

これらの結果から明らかなように、3月試料から7月試料のいずれについても、ヒ素含量は根元付近に多く、先端に行くに従って少なくなる傾向が認められた。

また、同様にして各部位3個体の平均値を求めて月別にヒ素含量を検討すると、図3に示したように、3月から6月にかけて、とくに2,3,4,5の茎葉移行部にあたる部分では、ヒ素含量が増加する傾向にあり、6月試料は平均で161.90 ppmで、3月試料の約1.5倍になっている。また、7月試料は6月よりも20%程度少ないヒ素含量が認められた。一方、茎葉移行部以外の部分では、顕著なヒ素含量の変動がないことが、図4より明らかである。

同じ褐藻類であるヒジキおよびウミトラノオについて、10月から翌年7月までほぼ半月ごとに総ヒ素量を測定した田川と小島<sup>10)</sup>によれば、ヒジキでは10月から翌年5月にかけてヒ素含量に大きな変動がなく、 $60 \pm 11$  ppmであった。しかし成熟期である6月から急激に増大し、成育末期である7月には140 ppmに達した。一方、ウミトラノオでは10月にはヒジキと同水準のヒ素含量が観察されたが11月から増加の傾向を示し、1月から7月まで高水準のヒ素含量が見られたとし

Table 1. Arsenic concentration of three samples, Kombu (*Laminaria japonica*), harvested in March

| Position Number* | Arsenic concentration (ppm on dry basis) |                     |                     |                       |
|------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Sample A (310 cm**)                      | Sample B (300 cm**) | Sample C (400 cm**) | Mean value (337 cm**) |
| 1                | —  | —                   | —                   | —                     |
| 2                | 107.26 ± 27.85                           | 95.74 ± 25.29       | 97.28 ± 60.03       | 100.09 ± 6.25         |
| 3                | 114.65 ± 14.10                           | 89.25 ± 22.15       | 26.15 ± 47.11       | 76.68 ± 45.57         |
| 4                | 86.61 ± 16.39                            | 109.03 ± 38.69      | 77.95 ± 61.57       | 91.20 ± 16.04         |
| 5                | 92.82 ± 24.32                            | 96.05 ± 13.12       | 62.83 ± 65.03       | 83.90 ± 18.32         |
| 6                | 124.72 ± 22.51                           | 133.82 ± 26.66      | 74.84 ± 35.33       | 111.13 ± 31.75        |
| 7                | 96.88 ± 19.90                            | 121.04 ± 15.72      | 100.01 ± 76.33      | 105.98 ± 13.14        |
| 8                | 109.63 ± 26.29                           | 88.09 ± 35.22       | 69.74 ± 42.64       | 89.15 ± 19.97         |
| 9                | 81.94 ± 29.43                            | 92.59 ± 20.54       | 48.39 ± 44.83       | 74.31 ± 23.07         |
| 10               | 104.28 ± 27.87                           | 108.56 ± 41.75      | 100.78 ± 18.61      | 104.54 ± 3.90         |

The values were expressed as mean ± S.D. from four times determination on each sample.

\* Position number (See Fig. 1)

\*\* Blade length

Table 2. Arsenic concentration of three samples, Kombu (*Laminaria japonica*), harvested in April

| Position Number* | Arsenic concentration (ppm on dry basis) |                     |                     |                       |
|------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Sample A (400 cm**)                      | Sample B (630 cm**) | Sample C (570 cm**) | Mean value (533 cm**) |
| 1                | —  | —                   | —                   | —                     |
| 2                | 114.05 ± 9.18                            | 173.66 ± 19.66      | 172.61 ± 23.40      | 153.44 ± 34.12        |
| 3                | 89.02 ± 15.12                            | 138.06 ± 23.28      | 133.16 ± 10.72      | 120.08 ± 27.01        |
| 4                | 101.20 ± 19.77                           | 155.58 ± 33.09      | 161.70 ± 9.95       | 139.49 ± 33.30        |
| 5                | 89.71 ± 11.02                            | 140.23 ± 37.98      | 148.77 ± 9.16       | 126.24 ± 31.92        |
| 6                | 79.62 ± 14.02                            | 93.31 ± 20.47       | 71.55 ± 4.09        | 81.49 ± 11.00         |
| 7                | 51.21 ± 13.18                            | 101.08 ± 7.06       | 52.08 ± 4.97        | 68.12 ± 28.54         |
| 8                | 47.47 ± 3.92                             | 100.03 ± 25.08      | 53.67 ± 1.45        | 67.06 ± 28.72         |
| 9                | 41.72 ± 12.83                            | 27.52 ± 10.35       | 32.11 ± 3.88        | 33.78 ± 7.25          |
| 10               | 25.71 ± 8.89                             | 14.00 ± 20.76       | 21.26 ± 5.58        | 20.32 ± 5.91          |

The values were expressed as mean ± S.D. from four times determination on each sample.

\* Position number (See Fig. 1)

\*\* Blade length

ている。これらの知見は、本実験におけるマコンブの場合と同様である。

図5に各月における3本のマコンブの全長の平均値と、茎葉移行部にあたる2, 3, 4, 5の各部位のヒ素含量平均値を算出して示してある。マコンブ全長平均値の季節的変動より、明らかに3月から6月までの期間は成長期にあたり、6月が成熟期になることを示している。また7月にはコンブの先端が枯れはじめ、全長が6月と比較して短くなっている。

Table 3. Arsenic concentration of three samples, Kombu (*Laminaria japonica*), harvested in May

| Position Number* | Arsenic concentration (ppm on dry basis) |                     |                     |                       |
|------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Sample A (810 cm**)                      | Sample B (660 cm**) | Sample C (660 cm**) | Mean value (710 cm**) |
| 1                | —  | —                   | —                   | —                     |
| 2                | 119.70 ± 8.28                            | 115.90 ± 8.16       | 143.37 ± 11.73      | 126.32 ± 14.88        |
| 3                | 144.50 ± 6.78                            | 112.69 ± 11.92      | 126.28 ± 11.82      | 127.82 ± 15.96        |
| 4                | 133.73 ± 20.40                           | 122.08 ± 8.05       | 111.52 ± 8.79       | 122.44 ± 11.11        |
| 5                | 157.46 ± 22.81                           | 122.35 ± 10.03      | 130.18 ± 6.12       | 136.66 ± 18.43        |
| 6                | 59.60 ± 8.06                             | 60.08 ± 13.31       | 78.17 ± 8.88        | 65.95 ± 10.59         |
| 7                | 82.34 ± 15.14                            | 108.79 ± 7.82       | 112.48 ± 6.75       | 101.20 ± 16.44        |
| 8                | 30.55 ± 15.27                            | 63.00 ± 21.74       | 67.73 ± 12.03       | 53.76 ± 20.24         |
| 9                | 50.34 ± 7.28                             | 111.14 ± 34.88      | 90.14 ± 14.15       | 83.87 ± 30.88         |
| 10               | 61.49 ± 10.43                            | 118.54 ± 13.61      | 103.57 ± 16.20      | 94.53 ± 29.58         |

The values were expressed as mean ± S.D. from four times determination on each sample.

\* Position number (See Fig. 1)

\*\* Blade length

Table 4. Arsenic concentration of three samples, Kombu (*Laminaria japonica*), harvested in June

| Position Number* | Arsenic concentration (ppm on dry basis) |                     |                     |                       |
|------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Sample A (900 cm**)                      | Sample B (870 cm**) | Sample C (830 cm**) | Mean value (867 cm**) |
| 1                | —  | —                   | —                   | —                     |
| 2                | 138.30 ± 101.43                          | 229.75 ± 24.87      | 186.15 ± 13.24      | 184.73 ± 45.74        |
| 3                | 138.49 ± 99.26                           | 160.33 ± 34.57      | 129.57 ± 20.33      | 142.80 ± 15.83        |
| 4                | 120.93 ± 86.86                           | 201.34 ± 16.92      | 143.04 ± 8.51       | 155.10 ± 41.54        |
| 5                | 133.88 ± 99.79                           | 211.59 ± 7.82       | 149.27 ± 12.40      | 164.91 ± 41.15        |
| 6                | 57.34 ± 52.62                            | 65.06 ± 5.88        | 75.79 ± 13.97       | 66.06 ± 9.27          |
| 7                | 141.75 ± 24.16                           | 87.86 ± 65.99       | 101.48 ± 6.32       | 110.36 ± 28.02        |
| 8                | 84.67 ± 19.87                            | 76.06 ± 20.10       | 63.74 ± 11.99       | 74.82 ± 10.52         |
| 9                | 48.27 ± 34.97                            | 55.27 ± 24.05       | 42.91 ± 9.75        | 48.82 ± 6.20          |
| 10               | 72.10 ± 14.83                            | 49.09 ± 11.05       | 31.69 ± 2.48        | 50.96 ± 20.27         |

The values were expressed as mean ± S.D. from four times determination on each sample.

\* Position number (See Fig. 1)

\*\* Blade length

以上の結果から、マコンブ葉体中のヒ素は、昆布の成長に関する何らかの役割を果たしていると推察される。

最近、Shibataら<sup>11)</sup>は、マコンブ中のヒ素化合物の単離同定を行い、アルセノ糖であることを明らかにした。有機態ヒ素の毒性は、無機態ヒ素と比較して著しく低いことが知られており、コンブを常食してもヒ素中毒発生の危険性は極めて少ないと考えられる。

Table 5. Arsenic concentration of three samples, Kombu (*Laminaria japonica*), harvested in July

| Position Number* | Arsenic concentration (ppm on dry basis) |                     |                     |                       |
|------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Sample A (760 cm**)                      | Sample B (820 cm**) | Sample C (800 cm**) | Mean value (793 cm**) |
| 1                | —  | —                   | —                   | —                     |
| 2                | 108.44 ± 5.52                            | 87.96 ± 11.78       | 172.79 ± 31.72      | 123.06 ± 44.27        |
| 3                | 105.94 ± 5.66                            | 95.19 ± 18.18       | 157.15 ± 11.65      | 119.43 ± 33.11        |
| 4                | 127.15 ± 10.86                           | 72.28 ± 20.71       | 180.38 ± 19.03      | 126.60 ± 54.05        |
| 5                | 133.28 ± 27.52                           | 102.53 ± 16.84      | 155.25 ± 29.68      | 130.35 ± 26.48        |
| 6                | 61.10 ± 11.96                            | 34.80 ± 39.45       | 53.47 ± 18.74       | 49.79 ± 13.53         |
| 7                | 94.73 ± 8.13                             | 81.93 ± 15.20       | 105.86 ± 16.01      | 94.17 ± 11.97         |
| 8                | 74.92 ± 30.92                            | 69.84 ± 7.89        | 64.53 ± 40.32       | 69.76 ± 5.20          |
| 9                | 64.51 ± 21.98                            | 52.41 ± 23.37       | 44.66 ± 19.88       | 53.86 ± 10.00         |
| 10               | 41.89 ± 6.42                             | 61.89 ± 34.44       | 43.19 ± 18.90       | 48.98 ± 11.18         |

The values were expressed as mean ± S.D. from four times determination on each sample.

\* Position number (See Fig. 1)

\*\* Blade length

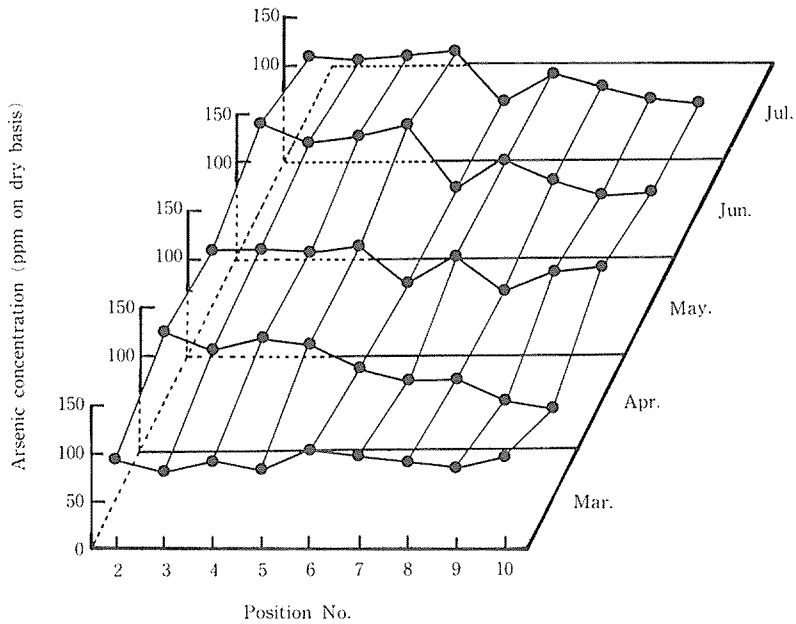


Fig. 2. Positional and seasonal arsenic distribution of Kombu, (*Laminaria japonica*)

北爪ら：マコンブ葉体中のヒ素の部位別および季節的変動

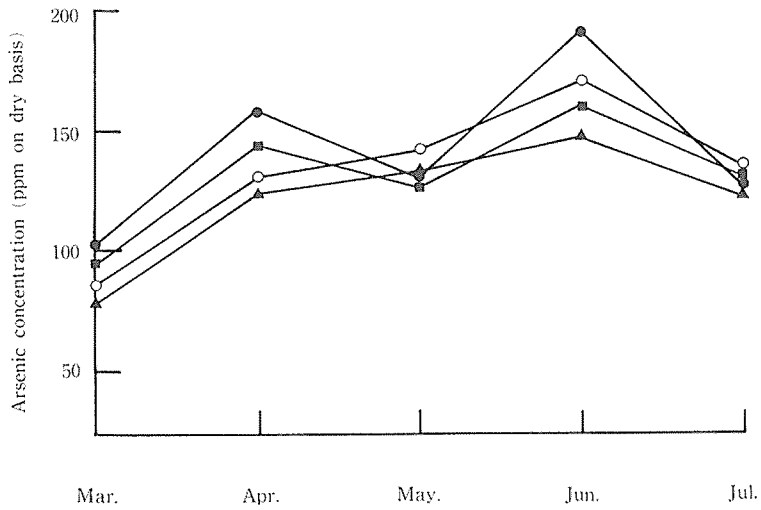


Fig. 3. Seasonal variations of arsenic concentration of Kombu, (*Laminaria japonica*)  
 ●, Position No. 2; ▲, Position No. 3; ■, Position No. 4; ○, Position No. 5

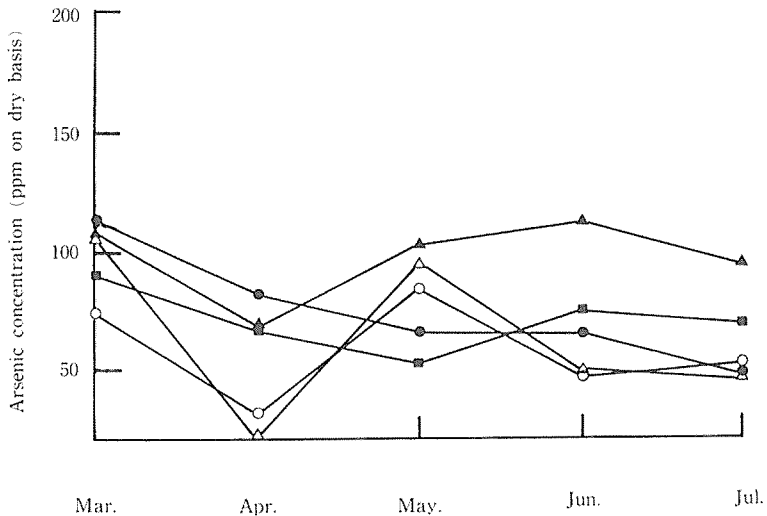


Fig. 4. Seasonal variations of arsenic concentration of Kombu, (*Laminaria japonica*)  
 ●, Position No. 6; ▲, Position No. 7; ■, Position No. 8; ○, Position No. 9; △, Position No. 10

要 約

マコンブのヒ素含量は部位別には、3月から7月までの収穫期を通して、成長点である根元付近に多く先端部に少ない傾向を示した。また、季節別には、3月から6月までのコンブの成熟期間では増加する傾向にあるが、7月には逆に減少した。したがって、これらの傾向は、ヒ素がコンブの成長に何らかの関係を持つことを示唆している。

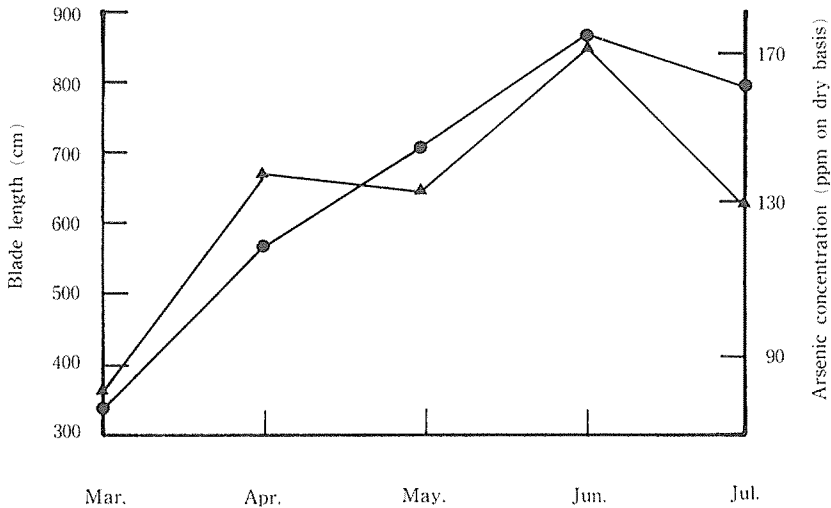


Fig. 5. Seasonal variations of blade length and arsenic concentration  
 The arsenic concentrations were mean values of three samples, position Nos. 2, 3, 4 and 5.  
 The blade length was mean value of three samples  
 ●, Blade length ; ▲, Arsenic concentration

### 謝 辞

本実験の遂行にあたり御指導下さいました、函館短期大学食品化学研究所長大石圭一教授に深く感謝致します。

また、昆布試料の供与に御協力頂きました石崎漁業協同組合の方々に深く感謝致します。

### 文 献

- 1) Lunde, Gulbrand. (1977). Occurrence and Transformation of Arsenic in the Marine Environment. *Environ. Health Perspect.*, **19**, 47-52.
- 2) 前田 滋 (1983). 生物体内の微量元素化学種とその変換, 化学の領域, **37**(8), 54-58.
- 3) 前田 滋・竹下寿雄 (1982). 自然環境におけるヒ素化合物と生物によるヒ素の代謝, 化学の領域, **36**(10), 40-46.
- 4) 塚田正道・山本大二郎 (1977). 海藻中のヒ素含量, 明治大学農学部報, **40**(1), 1-6.
- 5) 大石圭一・原田武夫 (1983). ヒジキの中にヒ素がある—海産物含有ヒ素化合物について—, *New Food Industry*, **25**(11), 17-24.
- 6) 下川洪平・堀部信好・寺町雅子・森 仁 (1971). 市販海藻製品中のヒ素含量について, 食衛誌, **12**(4), 330-332.
- 7) 安井明美・小泉英夫・堤 忠一 (1980). 食用藻類の無機元素組成, 食総研報, **37**, 163-173.
- 8) 安達修一・松江睦子・川井英雄・細貝祐太郎・二宮隆博・岡田太郎 (1978). 海藻中のヒ素, セレン, フッ素およびヨウ素含量について, 食衛誌, **19**(5), 491-495.
- 9) 北爪博彦・大石圭一 (1987). 昆布葉体中のヒ素の分布, 北大水産彙報, **38**(2), 156-164.
- 10) 田川昭治・小島良夫 (1981). 海藻のヒ素含量とその季節的変動, 水大校研報, **25**(1), 67-74.
- 11) Shibata, Y., Morita, M. and Edmonds, J.S. (1987). Purification and Identification of Arsenic-containing Ribofuranosides from the Edible Brown Seaweed, *Laminaria japonica* (MAKONBU). *Agric. Biol. Chem.*, **51**(2), 391-398.