

茨城県で麻痺性貝毒により毒化した二枚貝の毒性

村上りつ子, 山本 和則, 野口 玉雄

Toxicity of the bivalves toxified with paralytic shellfish poison (PSP) in Ibaraki, Japan

Ritsuko MURAKAMI, Kazunori YAMAMOTO*¹, and Tamao NOGUCHI

Three species of bivalves (mussel *Mytilus edulis*, hard clam *Meretrix lamarckii*, surf clam *Pseudocardium sachalinensis*) collected in Ibaraki Prefecture, Japan, have been investigated on the toxicity of paralytic shellfish poison (PSP) from 1990 to 1996. PSP highly exceeding the Japanese regulatory limit (4MU/g edible part) was detected in mussel in April, 1991 and 1993. In 1994, 1995 and 1996 PSP over the criterion was detected not only in mussel but also in hard clam or in surf clam, successively. Toxicity of each bivalve appeared through late in March to early in April, showed the highest score in April and disappeared middle in May in common with each year. The velocity of rise and fall of toxicity, however, was different dependent on the species of bivalves.

Anatomical parts of toxified hard clam and surf clam were also examined on the toxicity. Digestive glands showed the highest score in all the cases, and the other parts also showed lower toxicity except for hard clam.

最近、有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium spp.* などによって生産される麻痺性貝毒 (PSP) による二枚貝の毒化は、広範囲にわたって発生しており、しかも、一旦毒化した地域では、毒化が継続している。PSP には多くのサキシトキシン同族体の存在が知られ、そのうち高毒性成分はフグ毒に匹敵する強力な神経毒であることから、PSP による貝類の毒化は、食品衛生上の重大な問題である。

しかしながら、貝の毒化やその減毒機構はまだ十分には解明されておらず、このような貝毒による深刻な食中毒を未然に防ぐためには、各地域における定期的な毒性のモニタリング調査が必須である。

茨城県は、太平洋に面して南北180kmにわたる海岸線を有しており (Fig. 1)、チョウセンハマグリはハマグリ類生産高の半分以上を占めて全国1位、ウバガイ (ホッキガイ) は同じく5位の重要な水産資源である¹⁾。そのため、このような貝類の PSP による毒化は、関係者に多大な影響を与え、また、消費者へ食品衛生上の危害を及ぼす恐れがある。

そこで、本研究ではこれらの二枚貝の PSP の消長に関する知見を得るため、毒化の指標となるムラサキイガイとともにチョウセンハマグリおよびウバガイの麻痺性貝毒の毒力を検討した。同時に、PSP は多くの二枚貝では中腸腺に蓄積されるが、貝の種類や毒化時期により、他の部位にも蓄積されることがあるので、部位別の毒力についても検討した。

実験材料および方法

供試二枚貝 ムラサキイガイ *Mytilus edulis* は茨城県鹿嶋の海岸で、チョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii* は、同じく沖合の水深5~6m位のところで、ウバガイ *Pseudocardium sachalinensis* は、茨城県久慈浜の水深10m付近でそれぞれ採取されたものを試料として用いた。

また、1996年に採取されたチョウセンハマグリとウバガイの一部の試料は、各地点で同時に採取されたものも、比較試料として用いた。

麻痺性貝毒試験 各試料の毒力は、中腸腺と可食部全体について、厚生省環境衛生局乳肉衛生課長通知「貝毒の検査法等について」²⁾に従って試験溶液を調製し、マウスアッセイ法によって測定した (Fig. 2)。すなわち、ddY 系雄マウス (体重19~21g) を用い、試験溶液を腹腔内投与し、得られた致死時間より、毒力を決定した。また、毒化したチョウセンハマグリおよびウバガイの各2検体についても、同様に組織部位別の毒力を調べた。さらに、毒化チョウセンハマグリ1試料については、抽出時の pH を2~4の範囲に変えて毒力の差異を調べた。

結 果

ムラサキイガイの毒力 1990年から1996年までのムラサキイガイの毒性値を Table 1 に示した。

1991年には、4月17日に採取したものは、中腸腺299.2MU/

*¹ 茨城県衛生研究所 〒310 水戸市笠原町993-2

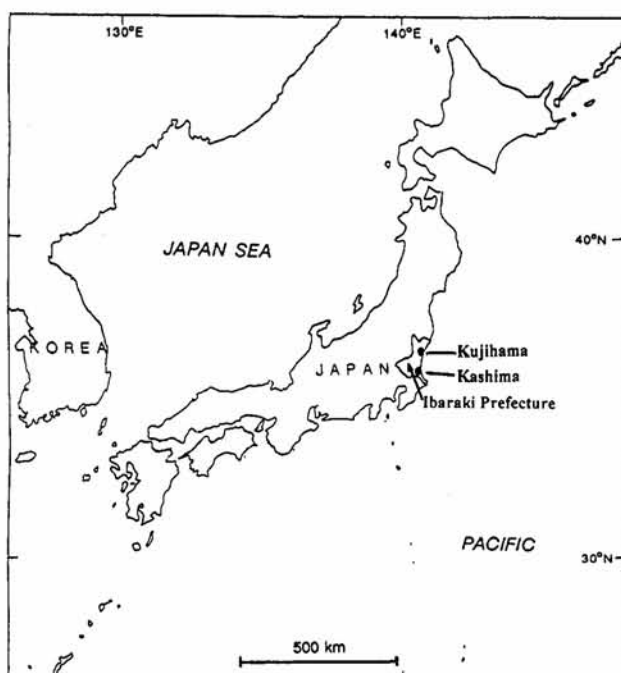


Fig. 1 Sampling sites for bivalves in Ibaraki Prefecture, Japan.

g, 可食部で244.6MU/gの高毒性を示した。さらに, 1年において1993年にも同貝は再び毒化し, その毒力は, 3月29日採取のものでは, 中腸腺166.9MU/g, 可食部58.4MU/gを示し, 4月12日採取のものは, それぞれ, 231.7MU/g, 54.4MU/gであった。その後, 1994, 1995, 1996年と連続して毎年毒化がみられた。各々の年の最高毒性値は以下のものであった。すなわち, 1994年では, 3月28日採取のものは, 中腸腺48.3

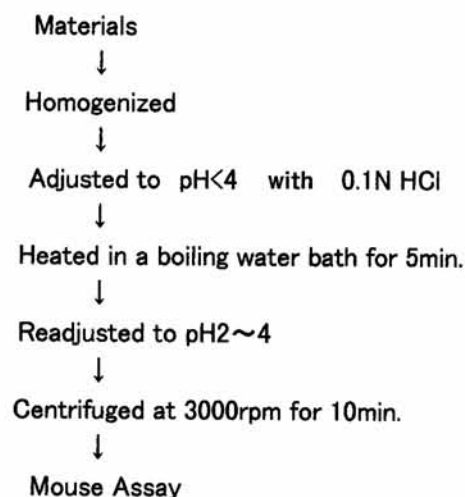


Fig. 2 Procedure for assay on toxicity of bivalves.

MU/g, 可食部13.0MU/g, 4月26日採取のものではそれぞれ, 50.9MU/g, 8.3MU/gであり, 1995年では, 4月17日採取のものが, それぞれ29.2MU/g, 5.4MU/gを示し, 1996年では, 3月22日採取のものが, それぞれ151.4MU/g, 67.4MU/gを示した。

チョウセンハマグリの毒力 1990年から1996年までのチョウセンハマグリ

の毒性値を Table 2 に示した。1993年には, 中腸腺で36.5MU/gと警戒を要する毒力を示したが, 可食部全体では2.1MU/gで, 規制値以下であった。しかし, 続く1994, 1995年には, 連続して毒化し, 1994年では, 4月18日採取のものは, 中腸腺59.7MU/g, 可食部5.4MU/g, 1995年では, それぞれ107.3MU/g, 5.8MU/gの毒力

Table 1. Toxicity value in digestive gland of mussel collected in Ibaraki, Japan

| Date of collection (Year/Month/Day) | Toxicity value MU/g | Date of collection (Year/Month/Day) | Toxicity value MU/g |
|--|------------------------|--|------------------------|
| 1990/4/10 | 2.9(ND) | 1993/2/23 | ND(ND) |
| 4/24 | 12.9(3.2) | 3/29 | 166.9(58.4) |
| 5/24 | 12.5(2.4) | 4/12 | 231.7(54.4) |
| | | 5/10 | 19.6(2.0) |
| | | 5/25 | 5.8(ND) |
| 1991/3/5 | ND(ND) | | |
| 4/17 | 299.2(244.6) | 1994/2/28 | ND(ND) |
| 5/14 | 54.4(8.8) | 3/28 | 48.3(13.0) |
| 6/12 | 2.5(ND) | 4/26 | 50.9(8.3) |
| | | 5/11 | 3.2(ND) |
| 1992/3/19 | ND(ND) | | |
| 4/20 | 2.5(ND) | 1995/3/16 | 2.0(ND) |
| 5/18 | ND(ND) | 4/17 | 29.2(5.4) |
| | | 5/15 | 4.5(ND) |
| | | 1996/3/22 | 151.4(67.4) |
| | | 5/17 | 20.7(3.3) |
| | | 6/ 3 | 7.9(ND) |

() : Toxicity value of edible part; MU/g.
ND : not detected; less than 2.0 MU/g.

Table 2. Toxicity value in digestive gland of hard clam collected in Ibaraki, Japan

| Date of collection (Year/Month/Day) | Toxicity value MU/g | Date of collection (Year/Month/Day) | Toxicity value MU/g |
|--|------------------------|--|------------------------|
| 1990/4/26 | 5.4(ND) | 1993/4/ 3 | 10.3(2.2) |
| 5/23 | 7.5(ND) | 4/ 8 | 36.5(2.1) |
| 6/21 | ND(ND) | 4/14 | 16.4(2.2) |
| | | 4/22 | 13.9(ND) |
| | | 5/13 | 2.9(ND) |
| 1991/4/23 | 3.2(ND) | 1994/3/31 | ND(ND) |
| 5/10 | 5.5(ND) | 4/12 | 39.5(2.6) |
| 6/14 | ND(ND) | 4/18 | 59.7(5.4) |
| | | 5/11 | 2.4(ND) |
| 1992/5/ 6 | ND(ND) | 1995/3/22 | 2.4(ND) |
| 6/ 3 | ND(ND) | 4/21 | 15.3(2.9) |
| | | 4/25 | 107.3(5.8) |
| | | 5/ 9 | 10.5(ND) |
| | | 1996/3/22 | 2.7(ND) |
| | | 3/29 | 46.5(2.8) |
| | | 4/ 4 | 23.7(ND) |
| | | 4/ 9 | 34.8(ND) |
| | | 4/10 | 36.0(3.0) |
| | | 4/15 | 52.2(2.5) |
| | | 4/23 | 34.3(2.2) |
| | | 5/ 1 | 46.1(3.0) |
| | | 5/13 | 12.8(ND) |

() : Toxicity value of edible part; MU/g.,
ND : not detected; less than 2.0 MU/g.,

毒力は23.7~52.2MU/gを示して警戒を要する毒力が続いたが、可食部の毒力は3MU/g以下であり、規制値を超えることはなかった。

一方、1995年に毒化したチョウセンハマグリについて、加熱抽出液のpHをそれぞれ2~4の範囲に調整し、毒力を比較した結果、pH3の毒力を1とすると、pH2では1.23倍、pH4では0.77倍になった (Table 3)。

ウバガイの毒力 1993年から1996年までのウバガイの毒性値を Table 4 に示した。

ウバガイは、1994年に突然毒化し、4月26日採取のものは中腸腺143.7MU/g、可食部25.8MU/gを示し、同日採取のムラサキガイ (中腸腺50.9MU/g、可食部8.3MU/g) よりも高い毒力を示した。その後、1年おいて、再び毒化し、1996年4月16日採取のものは、それぞれ212.1MU/g、7.9MU/gを示した。

部位別毒力 毒化したチョウセンハマグリ2検体 (1994年4月18日採取、1995年4月25日採取) およびウバガイ2検体 (1994年4月26日採取、1996年4月16日採取) について、組織

別に毒力を調べた結果を Table 5 に示した。

供試したすべての検体では、中腸腺が最も高い毒力を示した。次いで、1994年4月18日採取チョウセンハマグリ、1994

Table 4. Toxicity value in digestive gland of surf clam collected in Ibaraki, Japan

| Date of collection (Year/Month/Day) | Toxicity value MU/g |
|--|------------------------|
| 1993/4/13 | 5.8(ND) |
| 4/19 | 3.0(ND) |
| 1994/4/26 | 143.7(25.8) |
| 5/19 | 7.7(2.2) |
| 5/26 | 2.1(ND) |
| 1995/4/13 | 2.8(ND) |
| 4/20 | 8.4(ND) |
| 4/25 | 9.6(ND) |
| 4/28 | 6.2(ND) |
| 5/ 8 | 2.2(ND) |
| 1996/3/28 | 5.9(2.1) |
| 4/ 4 | 21.4(3.2) |
| 4/ 9 | 21.9(2.8) |
| 4/10 | 32.1(3.9) |
| 4/16 | 212.1(7.9) |
| 4/23 | 19.2(ND) |
| 4/30 | 14.0(2.7) |
| 5/ 1 | 5.6(ND) |
| 5/13 | 6.7(ND) |

() : Toxicity value of edible part; MU/g.,
ND: not detected; less than 2.0 MU/g

Table 3. Toxicity value at the different pH for PSP extraction from the digestive gland of hard clam

| pH | MU/g |
|----|-------------|
| 2 | 80.0 (1.23) |
| 3 | 61.5 (1.00) |
| 4 | 50.6 (0.77) |

Table 5. Anatomical distribution of PSP in bivalves collected in Ibaraki, Japan

| Material (Date of collection) | Hard Clam (⁹⁴ /4/18) (⁹⁵ /4/25) | | Surf Clam (⁹⁴ /4/26) (⁹⁶ /4/16) | |
|----------------------------------|--|---------|--|-------|
| Anatomical part | Toxicity value(MU/g) | | | |
| Digestive gland | 59.7 | 107.3 | 143.7 | 212.1 |
| Crystalline style | | | | 85.3 |
| Intestine | 9.5 | ND(2.7) | 64.1 | 14.6 |
| Gonad | | | | 7.3 |
| Gill | 3.6 | ND | 9.2 | 4.1 |
| Mantle | 2.0 | ND | 8.9 | 3.6 |
| Siphon | 2.0 | ND | 3.1 | 3.0 |
| Foot | 2.0 | ND | 3.1 | 2.5 |
| Adductor muscle | 2.0 | ND | 2.1 | 2.3 |
| The other muscle | 2.8 | ND | 4.1 | 3.4 |

ND: not detected; less than ed; less than 2.0 MU/g.

(): toxicity value after freezing and thawing

年4月26日採取ウバガイの2検体では、腸管、えらの順であった。このウバガイの毒力は、貝柱や斧足を除いた他の筋肉部位でも規制値をわずかに上回る4.1MU/gを示した。1996年4月16日採取のウバガイでは、さらに晶体と生殖腺の毒力も検討したところ、晶体は中腸腺に次いで高い値を示し、腸管>生殖腺>えらの順であった。

1995年4月25日採取のチョウセンハマグリでは、中腸腺以外の部位は毒性を示さなかった。また、この検体を一旦-20℃で凍結保存後、室温で解凍して同様に毒力を調べたところ、中腸腺以外では腸管が2.7MU/gとわずかに毒性を示した (Table 5)。

考 察

茨城県産二枚貝の麻痺性貝毒による毒化時期には、採取された地点で *Alexandrium* spp. が出現しており^{*1,*2}、これが二枚貝の原因プランクトンと考えられる。このようなプランクトンはシストを作るため、一旦毒化した地点では、繰り返し毒化が起こる。今回の調査地点でも、ムラサキガイは、1991年に毒化して以来、翌1992年を除いて毎年毒化がみられ、続いてチョウセンハマグリおよびウバガイでも、毒化が起こった。また、貝の毒化は、各調査年に共通して、3月下旬から4月初旬に起こり、1996年のムラサキガイを除けば、4月に最高値を示し、5月中旬までには規制値を下回った。このように、毎年、同時期の毒化は、上述の *Alexandrium* spp. の出現によると思われた。しかし、貝の種類により、毒の消長速度に差異がみられた。ムラサキガイは、3種類の貝の中で、毒化の開始時期は最も早く、消失時期は最も遅かった。

このことは、毒化期間が最も長いことで、ムラサキガイが毒化の指標とされる妥当性が再確認された。また、1996年に同地点で毒化したチョウセンハマグリとウバガイを同時に同一の網でサンプリングを行い、それらの毒力の推移を比較

したところ (Fig. 3)、ウバガイの毒力の上昇はチョウセンハマグリに比べて急激で、しかも毒力の低下は速く、毒化していた期間は1~2週間以内であった。

貝の種類による毒力の消長速度の違いは、貝体内における毒の代謝の差を示唆している。Cembella ら³⁾によれば、PSP は貝に摂取された有毒プランクトン細胞が内臓で消化される際に放出されるので、有毒プランクトンに曝露された直後は中腸腺などの消化器官が最も高い毒性値を示すが、その後、その他の器官での減毒や毒の隠退については、貝の種特有のパターンに従うとしている。

毒化チョウセンハマグリとウバガイの部位別毒力は、両者とも、中腸腺が最も高かったが、チョウセンハマグリの1例を除いては他の部位でも毒力がみられた。しかし、中腸腺が高い毒性値を示したもののでも他の部位の毒力はそれに応じて高い値を示すということではなかった。特にウバガイでは、チョウセンハマグリに比べてPSPは中腸腺以外にも分散しやすいように思われた。また、PSPを蓄積する二枚貝は部位による毒性分布が著しく違っているとされている。⁴⁾⁵⁾⁶⁾多くの二枚貝では、PSPは中腸腺に蓄積される。PSPが中腸腺だけに局在すれば、可食部の毒力は、中腸腺と全体との重量比から推定される。この割合を調べたところ、貝の種類によって異なった (Table 6)。可食部全体に対する中腸腺割合はムラサキガイは3年間 (1994年~1996年) を通して、最も高く、8.8~21.9% (平均14.0%)、ウバガイでは3.8~6.6% (平均5.0%) であり、チョウセンハマグリでは2.8~4.2% (平均3.5%) であった。このことは中腸腺の毒力が同じであっても、可食部全体の毒力に差異が生じる。しかし、実際の可食部全体の毒力は、中腸腺重量割合からの推定値よりもそれ以上の値を示すことが多く、中腸腺以外の部位にもPSPが蓄積されるものと思われた。

一方、中腸腺に蓄積されたPSPは凍結、解凍などの操作の繰り返しにより、他の部位にも移行することが知られている。しかし、本実験結果に示されるように、中腸腺にPSPの局在がみられた、1995年のチョウセンハマグリ試料では他の部位へのPSPの移行は1度の解凍操作ではほとんどみられなかつ

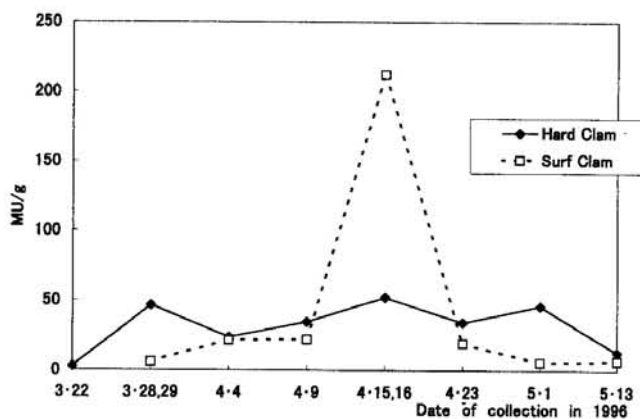
**Fig. 3** Transition of toxicity value in clams collected in Ibaraki, Japan.*¹ 平成5, 6, 7年度茨城県水産試験場報告*² 茨城県平成8年度赤潮貝毒監視事業報告書

Table 6. The weight rates of digestive glands to the whole edible parts of bivalves

| Mussel | | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|---------------------|
| Collection Month | 1994 | Year 1995 | 1996 | Mussel mean 14.0% |
| March | 21.9% (n1420) | 8.8% (n1620) | 14.7% (n257) | |
| April | 13.9 (n927) | 15.7 (n633) | | |
| May | 12.0 (n2720) | 14.2 (n1055) | 10.8 (n586) | |
| June | 13.5 (n1500) | 15.7 (n801) | 12.2 (n1020) | |
| Hard Clam | | | | |
| Collection Month | 1994 | Year 1995 | 1996 | Hard Clam mean 3.5% |
| March | 4.0% (n208) | 3.6% (n335) | 3.3% (n456) | |
| April | 4.2 (n682) | 4.1 (n1489) | 3.2 (n1373) | |
| May | 3.6 (n1165) | 4.0 (n662) | 3.7 (n774) | |
| June | 2.8 (n468) | 3.0 (n416) | 2.9 (n273) | |
| Surf Clam | | | | |
| Collection Month | 1994 | Year 1995 | 1996 | Surf Clam mean 5.0% |
| March | | 5.2% (n214) | 3.8% (n107) | |
| April | 6.6% (n67) | 5.6 (n286) | 5.4 (n689) | |
| May | 5.0 (n140) | 5.4 (n186) | 5.0 (n301) | |
| June | 4.6 (N155) | 4.0 (n155) | 4.1 (n456) | |

(n) : number of bivalves

た。

毒化チョウセンハマグリの中腸腺より PSP を抽出する際、毒力は抽出時の pH に依存し、pH が酸性域で低い時に毒力は高い値を示すことから、この条件下で低毒性成分から高毒性成分への変換が示唆された。しかし、現在の公定法では、このような低毒性成分を含む場合、正確な毒力を決定しにくく、この点将来的検討課題である。他方、これまで晶体の毒力の報告例はないことから本研究では、ウバガイで調べた。その結果、晶体の毒力は、中腸腺に次いで高く、腸をしのいだ。従って、今後、晶体の毒力についても検討する必要があると考える。

謝 辞

本研究を行うにあたり、試料採取の御協力ならびに御助言をいただきました茨城県水産試験場大川雅登氏、藤

富正毅氏に感謝します。

文 献

- 1) 農林水産省統計情報部「平成7年度漁業養殖業統計年報」, P90 (1996).
- 2) 厚生省環境衛生局乳肉衛生課長通知, 昭和55年7月1日環乳30号「貝毒の検査法等について」, (1980)
- 3) Cembella, A. D., Shumway, S. E., and Lewis, N. I.: *J. Shellfish Research*, **12**, 389-403 (1993).
- 4) Prakash, A., Medocof, J. C., and Tennant A. D.: *Fish. Res. Bd Can. Bull.* **171**, 87 (1971).
- 5) Blogoslawski, W. J., Stewart, M. E.: *Mar. Biol.*, **45**, 261-264 (1978).
- 6) Maruyama, J., Noguchi, T., Onoue, Y., Ueda, Y., and Hashimoto, K.: *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **49**, 233-235 (1983).