

水産学シリーズ

153

日本水産学会監修

**貝毒研究の最先端**  
—現状と展望

今井一郎・福代康夫・広石伸互 編

2007・4

恒星社厚生閣

## 10. *Dinophysis* 属は下痢性貝毒の原因生物か？

西谷 豪\*<sup>1</sup>・三津谷 正\*<sup>2</sup>・今井一郎\*<sup>3</sup>

下痢性貝毒の研究分野では、未だ多くの謎が残されている。主な原因生物としては、渦鞭毛藻の *Dinophysis* 属に属する *D. fortii*, *D. acuminata*, *D. caudata* など11種が知られているが<sup>1-3)</sup>、西日本沿岸域では、原因種とされる *D. fortii* が高密度で発生していても貝毒が検出されることはまずない。*Dinophysis* 属は日本沿岸域に広く生息しているにも関わらず、なぜ主に北日本のみで下痢性貝毒が検出されるのかは非常に興味深い現象である。また、現場から大量に採取した *D. acuminata* 細胞から下痢性貝毒成分が全く検出されなかった事例も報告されており<sup>4)</sup>、このように *Dinophysis* 属の発生量と貝の毒化の対応関係は極めて不明瞭であり、真の原因生物が他に存在する可能性も疑われている。

*Dinophysis* 属に関してはいずれの種も培養に成功していないため、生活史・増殖生理・毒生産能といった基礎的な事項が未だ未解明のままである。これまでの幾つかの知見を整理すると、*Dinophysis* 属の多くの種が混合栄養性（光合成と餌料摂取の両方が可能な性質）であることが知られているが<sup>5-7)</sup>、その餌料生物は未だに特定されていない。また、天然海水中における *Dinophysis* 属は、同じ種であっても時期や海域によって細胞内毒含有量が大きく変動する<sup>8)</sup>。さらに、*Dinophysis* 属を含まない天然海水中の微細粒子画分 (0.45~5  $\mu\text{m}$ ) から下痢性貝毒成分が検出されている<sup>9)</sup>。

これらの事例に基づき、筆者らは以下の仮説を提唱するに至った。「*Dinophysis* 属の細胞自体は元来無毒であり、有毒な微小プランクトンを摂食することにより毒化しているのではないか」という考えを念頭に置き、*Dinophysis* 属の生理生態に関する研究をスタートさせた。本稿では筆者らがこれまで行ってきた *Dinophysis* 属の現場調査と培養実験に関する研究を紹介し、また *Dinoph-*

\*<sup>1</sup> (独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

\*<sup>2</sup> 青森県水産総合研究センター増養殖研究所

\*<sup>3</sup> 京都大学大学院農学研究科

*ysis* 属以外の生物が下痢性貝毒の原因生物となっている可能性について検討する。

### § 1. 青森県陸奥湾における *Dinophysis* 属と下痢性貝毒の検出状況

青森県陸奥湾はホタテガイの養殖が盛んな内湾であり、生産量は年間約8万t（全国では約50万t）にもおよび、日本一の生産量を誇っている。しかしながら、この陸奥湾では *Dinophysis* 属の発生に伴い下痢性貝毒によるホタテガイの毒化が多発し、毎年のように出荷の自主規制が行われてきた。陸奥湾で発生する *Dinophysis* 属の種としては *D. fortii* と *D. acuminata* が殆どであり、1980年から両種の発生量とホタテガイの毒量値との対応関係が調査されている。

図10・1に1980年から2006年までの陸奥湾野辺地定点における *Dinophysis* 属の年間最大細胞密度（cells / ml）と、マウス毒性試験により測定したホタテガイ中腸線の年間最大毒量値（MU / g）を示した。両者の変動は概ね一致しており、また長期的には両者ともに減少傾向にある。近年、陸奥湾においてなぜ *Dinophysis* 属（特に *D. fortii*）の発生量が減少傾向にあるのかは不明である。*D. fortii* が主に発生する底層（33 m）での水温・塩分について、年間

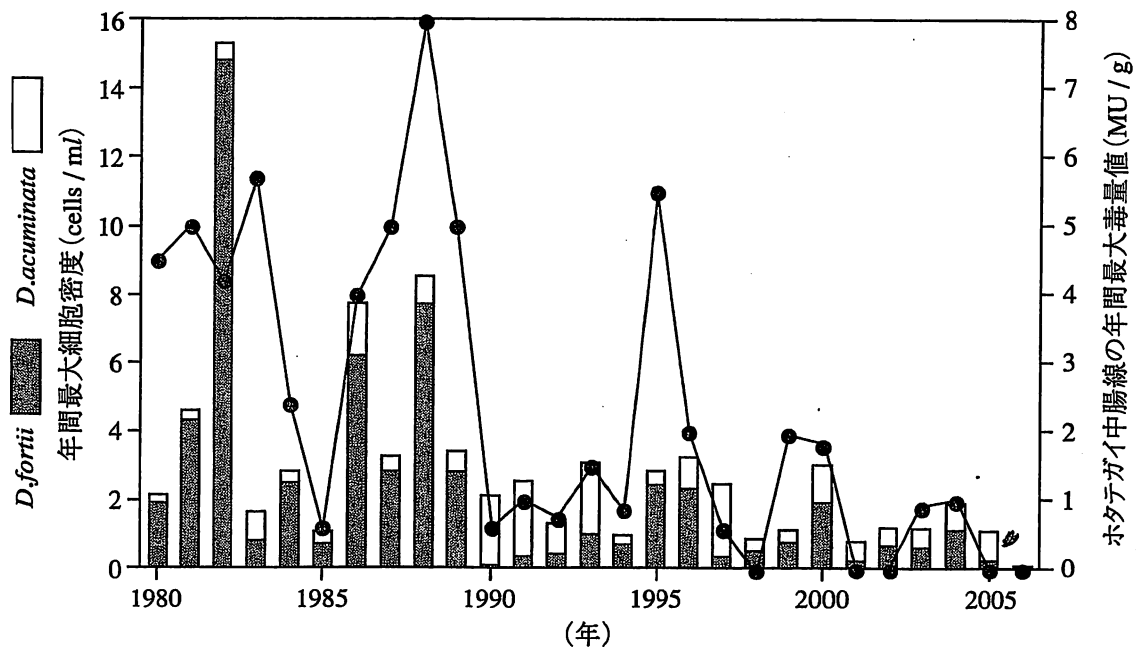


図10・1 1980～2006年の青森県陸奥湾野辺地定点における *Dinophysis* 属の年間最大細胞密度とホタテガイ中腸線の年間最大毒量値の推移。 *Dinophysis* 属の細胞密度は表層から底層までの発生量を総計した。

の最低値と最高値の変動を調べてみたが、計測開始当時の1980年から2006年に至るまでほぼ横ばいであった。その他の理由としては、栄養塩の変化、餌料生物の減少、捕食者や外敵の増加などが考えられる。

1年を通して、*Dinophysis* 属の発生量とホタテガイの毒量値が具体的にどのように変化するか、1986年を例として図10・2に示した。1986年の陸奥湾野辺地定点では、3～5月にかけては*D. acuminata*が、その後の6～8月にかけては*D. fortii*が主に出現していた。ホタテガイの毒量値は春先から初夏の間は*Dinophysis* 属の発生量と概ね一致していたが、*D. fortii*の発生量が最盛期を迎えた7月14日ではホタテガイの毒量値は逆に減少した。その後、*Dinophysis* 属の発生量が大きく減少した8月25日には、ホタテガイの毒量値が大きく増加した。このように*Dinophysis* 属の発生量と貝の毒量値が対応しない現象は日本各地でしばしば見られる。*D. fortii*では、細胞内に含まれる毒量が時期によって大きく変動することが知られており<sup>8)</sup>、このことが貝毒発生の予測を困難にしている大きな要因である。また陸奥湾での調査期間中、*Dinophysis* 属が全く検出されないにも関わらず、ホタテガイが毒化する事例が幾つかあり、*Dinophysis* 属以外にも原因生物が存在する可能性が示唆された。

実際の現場における具体的な対処法としては、ホタテガイの垂下養殖を上層で行うことが最も有効な手段であろう。*D. fortii*は中層から底層にかけて局在

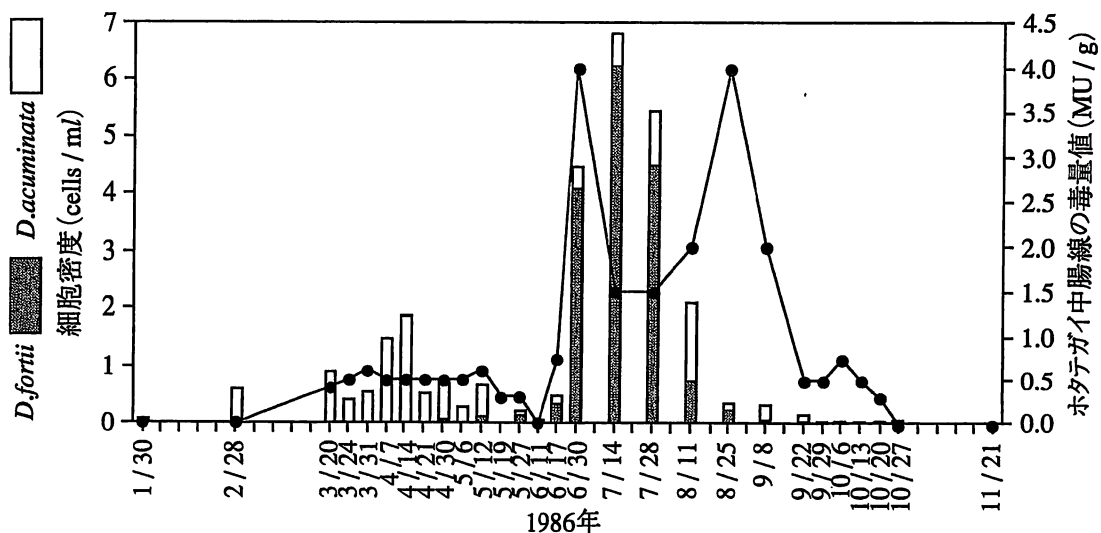


図10・2 1986年の青森県陸奥湾野辺地定点における*Dinophysis* 属の細胞密度とホタテガイ中腸線の毒量値の推移。*Dinophysis* 属の細胞密度は表層から底層までの発生量を総計した。

する傾向があり、上層で養殖したホタテガイのほうが低毒であることが知られている<sup>10)</sup>。今後、毒化の被害を完全に防ぐためには、*Dinophysis* 属の生理生態を明らかにし、合わせて他の原因生物の探索を行うことによって、下痢性貝毒発生メカニズムを解明することが必要であろう。

## § 2. *Dinophysis* 属の生態と餌料生物との関係

*Dinophysis* 属が餌料を摂食しているのであれば、現場における両者の出現動態には何らかの関連性が見られるはずである。*Dinophysis* 属の餌料生物を特定するために、筆者らは日本沿岸各地（京都府舞鶴湾，青森県陸奥湾，三重県伊勢湾，広島県広島湾，大分県小蒲江湾）から海水試料を定期的に入手し、*Dinophysis* 属および餌料となり得る他の小型プランクトン（藍藻，クリプト藻，ナノ・ピコプランクトン）の出現動態を詳細に調査した<sup>11)</sup>。その結果，葉緑体の長径が $5\ \mu\text{m}$ 以下のクリプト藻の出現量と*Dinophysis* 属の出現量との間に高い相関があることを明らかにした。

2003年に行った三重県伊勢湾で行った上記の調査結果を図10・3に示した。伊勢湾の調査定点では*D. acuminata*と*D. caudata*が*Dinophysis* 属の主要種

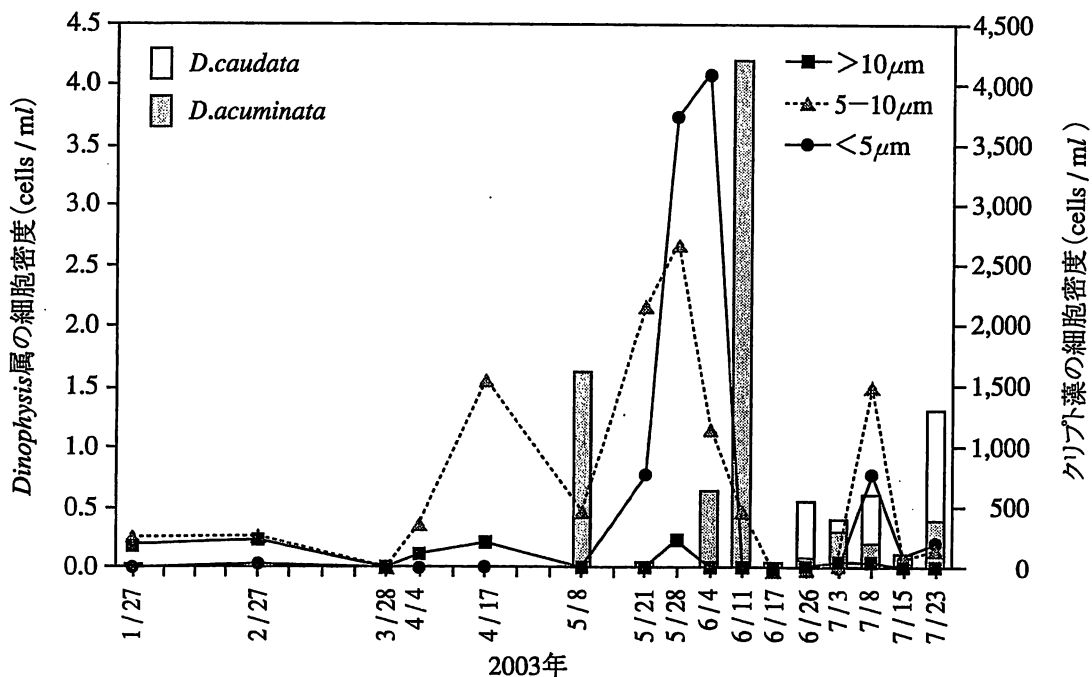


図10・3 2003年の三重県伊勢湾における*Dinophysis* 属とクリプト藻の細胞密度の推移。各細胞密度は表層のみ。クリプト藻は葉緑体の長径によって3グループに分けて計数した。

であった（一般に北日本では *D. fortii* と *D. acuminata* が、西日本では *D. acuminata* と *D. caudata* が多く出現する）。*Dinophysis* 属の発生量は、クリプト藻以外のナノプランクトン、真核性ピコプランクトン、藍藻の発生量とは関連性が見出せなかった。しかしながら、*Dinophysis* 属の発生前には小型（ $< 5 \mu\text{m}$ ）のクリプト藻（伊勢湾では中型サイズも含む）の発生が見られ、*Dinophysis* 属の増殖に伴い小型クリプト藻の発生量は大きく減少した。この結果から、*Dinophysis* 属が小型サイズのクリプト藻を摂食している可能性が示唆されたため、筆者らは実際に現場から  $5 \mu\text{m}$  以下のクリプト藻の単離を何度か試みた。しかしながら、単離されるクリプト藻はいずれも  $10 \mu\text{m}$  前後の種ばかりであった。今後は両者の関係をさらに明確にするためにも、小型クリプト藻の種の特特定と現場からの分離培養が必要であろう。

現場から採取した *Dinophysis* 属細胞について、幾つかの興味深い現象を観察した。*Dinophysis* 属の細胞内色素体について、年間を通して蛍光顕微鏡（Blue 励起光）により観察した結果、色素体の蛍光特性（色合い）が時期により大きく変化していることが判明した<sup>12)</sup>。*Dinophysis* 属の色素体が餌料生物由来であるとする、*Dinophysis* 属が周囲の状況によって摂食栄養への依存性を変化させている結果であると考えられる。さらに興味深い現象として、*Dinophysis* 属数種の細胞表面に多数の真核性ピコプランクトンの付着が認められた（図10・4）<sup>13)</sup>。この真核性ピコプランクトンの種は不明であるが、直径

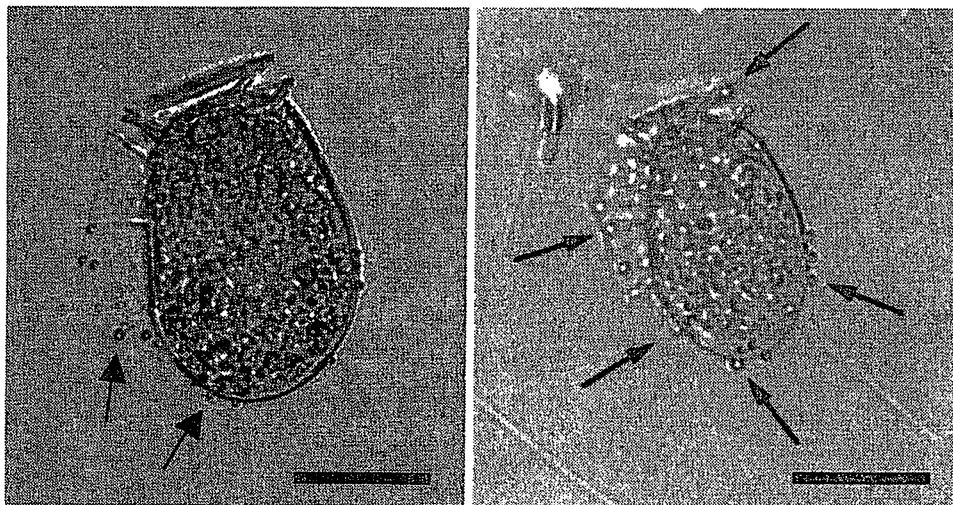


図10・4 真核性ピコプランクトン（矢印）を細胞表面に付着させた *D. fortii* (左) と *D. acuminata* (右)。Scale bar =  $20 \mu\text{m}$ .

は1~2  $\mu\text{m}$  程度であり、Blue 励起光下において赤色蛍光を示した。*Dinophysis* 属の近縁種には、藍藻を共生体として細胞に付着させている種が知られており<sup>14, 15)</sup>、筆者らが観察した付着現象が共生なのか、あるいは*Dinophysis* 属による摂食過程の一部なのかを今後確認する必要がある。いずれにせよ、クリプト藻以外にも真核性のピコプランクトンが*Dinophysis* 属の培養に必要である可能性が示唆された。

### § 3. *Dinophysis* 属の培養の試み

*Dinophysis* 属の培養を成功させることは非常に大きな意味をもつ。培養が可能になれば本種の生理生態のみならず、毒生産能が明らかになる。つまり、*Dinophysis* 属が真の原因生物であるか否かが判明する。*Dinophysis* 属の培養実験はこれまで世界各国の研究者により試みられてきたが、いかなる培養条件下においても成功に至っていない<sup>16-18)</sup>。

筆者らはこれまで行ってきた現場調査の結果を踏まえ、特に小型サイズの餌料生物を*Dinophysis* 属に添加する培養実験を試みてきた。その結果、*D. acuminata* を1細胞から57細胞にまで増殖させることに成功し（培養維持期間は62日）、この時添加した餌料は意外にも小型珪藻 *Thalassiosira* sp.（殻径5  $\mu\text{m}$  程度）であった（図10・5）。本命であると思われたクリプト藻の添加による*D. acuminata* の増殖は、せいぜい1細胞から10細胞程度であった。しかしながら、*D. fortii* の培養実験で最もよい結果を得たのは、クリプト藻の *Chroomonas* sp. を添加した場合であり、1細胞から12細胞に増殖した。また、*D. caudata* の培養実験では非常に興味深い現象が観察された。最もよい結果を得たのは真核性ピコプランクトンを添加した場合であり、*D. caudata* は1細胞から28細胞に増殖した。この*D. caudata* の培養実験中に、これまで別種として記載されていた*D. diegensis* 様の小型細胞が出現することを確認した（図10・6）<sup>19)</sup>。このことは*D. diegensis* 様細胞の出現が*D. caudata* の生活史における1つのステージであることを示す。また、*D. caudata* を48 ウェルマイクロプレート（培養液1 ml）で培養している際には*D. diegensis* 様の細胞は全く出現しなかったのだが、50 ml の三角フラスコ（培養液25 ml）に*D. caudata* を移し変えた直後に*D. diegensis* 様の細胞が多数出現した。こういった要因が

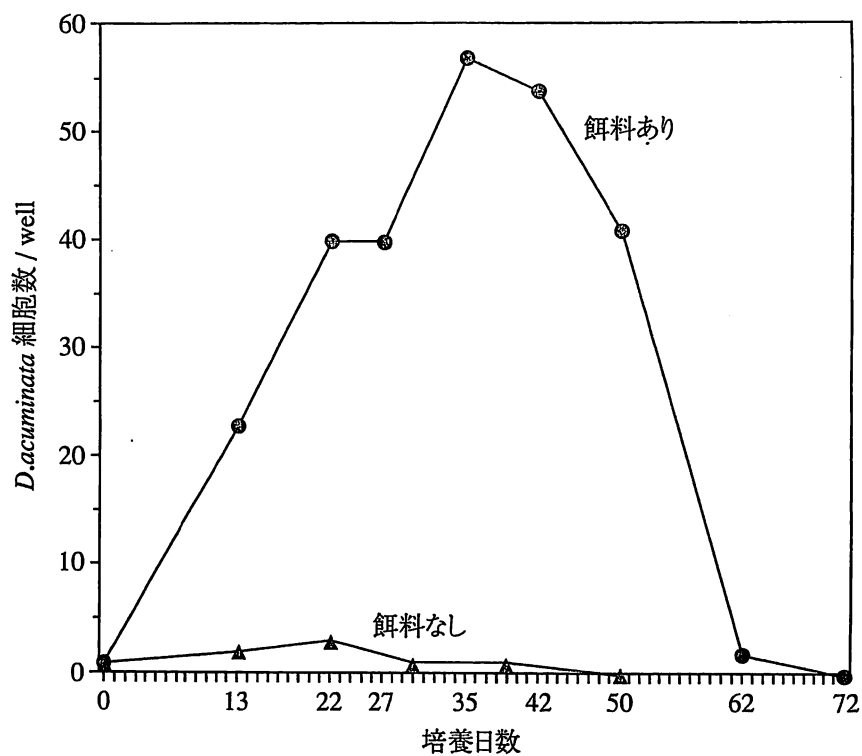


図10・5 *D. acuminata* の培養実験. 培養液は1/50に希釈したSWM-3, 餌料生物は小型珪藻を用いた. 餌料生物には超音波破碎と冷凍処理を施している. *D. acuminata* の培養は1細胞から開始し, 餌料生物は9, 24, 50日目に添加した. 餌料なしの実験区では培養液のみ.

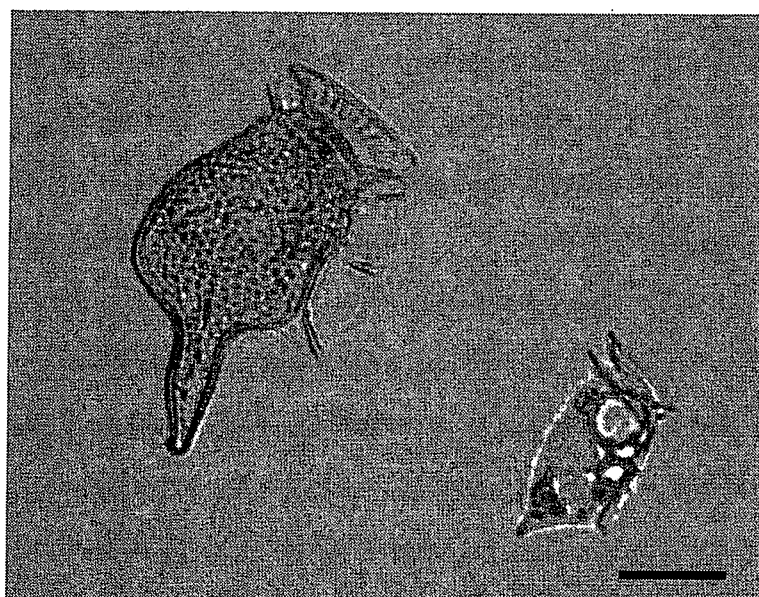


図10・6 *D. caudata* (左) の培養中に出現した *D. diegensis* 様の小型細胞 (右). Scale bar = 20  $\mu\text{m}$ . *D. caudata* の培養は1細胞から開始し, 同培養液中に小型細胞が多数出現した.



異型細胞出現の引き金になっているかの検討は今後の課題である。

*Dinophysis* 属の培養には引き続き多くの問題点が残されている。餌料生物のさらなる探索や添加方法、あるいは *Dinophysis* 属の培養液や植え継ぎ方法なども検討しなければならず、今後の新たな展開が期待される。

#### § 4. *Dinophysis* 属以外の下痢性貝毒原因生物の可能性

ここで、*Dinophysis* 属以外の下痢性貝毒原因生物（あるいは物質）の存在についての検討を行う。現在、下痢性貝毒の検査を行う際には、まず二枚貝から毒成分を抽出し、成熟マウス腹腔内へ投与する致死活性測定法が公定法として厚生省により定められている。しかしながら、この方法では構造と作用の異なる複数の毒成分を識別できない問題点がある。さらに、夾雑する遊離脂肪酸も下痢性貝毒成分と同様にマウスに対し陽性を示してしまう。下痢性貝毒成分には大きく分けて、オカダ酸 (OA) とその類縁体であるディノフィシストキシン群 (DTX)、ペクテノトキシン群 (PTX)、イエツトキシン群 (YTX) が存在する。OA は黒磯海綿の一種 (*Halichondria okadai* および *H. melanodocia*) から発見され<sup>20)</sup>、*Dinophysis* 属や底生性渦鞭毛藻の *Prorocentrum lima* から検出されている<sup>21, 22)</sup>。DTX や PTX は、*D. fortii* や *D. acuminata* から検出され<sup>23, 24)</sup>、また最近では、底生性渦鞭毛藻の *Coolia monotis* から OA, DTX が検出されている<sup>25)</sup>。*P. lima* や *C. monotis* は海藻や底泥などの表面に付着して生息する。比較的高水温を好むこの両種は北日本では発生量が非常に少なく、下痢性貝毒に関与している可能性は低いと考えられるが、西日本海域において極稀に検出される下痢性貝毒には、こういった底生性渦鞭毛藻が関与している可能性がある。YTX は渦鞭毛藻の *Protoceratium reticulatum* から検出されている<sup>26)</sup>。最近の研究により、青森県陸奥湾において *P. reticulatum* が春先に多量に存在し、YTX の検出量との間に高い相関があることが示された<sup>27)</sup>。以上述べたように、従来のマウス毒性試験では毒成分の識別ができない欠点があったが、最近では各毒成分を識別して検出できる液体クロマトグラフィー／質量分析法 (LC-MS) の有効性が実証され<sup>28)</sup>、各試験場への導入が始まっている。

さらに天然海水中に存在する小型粒子画分 (0.45～5 μm) から下痢性貝毒成分 (OA, DTX-1, DTX-3) を検出した報告がある<sup>9)</sup>。筆者らの研究におい

ても、2000年の青森県陸奥湾野辺地定点における小型粒子画分 ( $0.7\sim 5\mu\text{m}$ ) の毒量値をELISA法(酵素免疫測定法)により測定した結果、同様の毒成分が含まれていたことを確認した(図10・7)<sup>29)</sup>。これらの結果は、「*Dinophysis* 属の細胞自体は元来無毒であり、有毒な微小プランクトンを摂食することにより毒化しているのではないか」という上述した仮説を支持するものと思われる。この仮説に拠るならば、*Dinophysis* 属の発生量と毒化の時空間的バラツキも合理的に説明が可能となる。今後は小型粒子画分に含まれる有毒微細粒子(微生物)の同定とそのモニタリングも必要であろう。

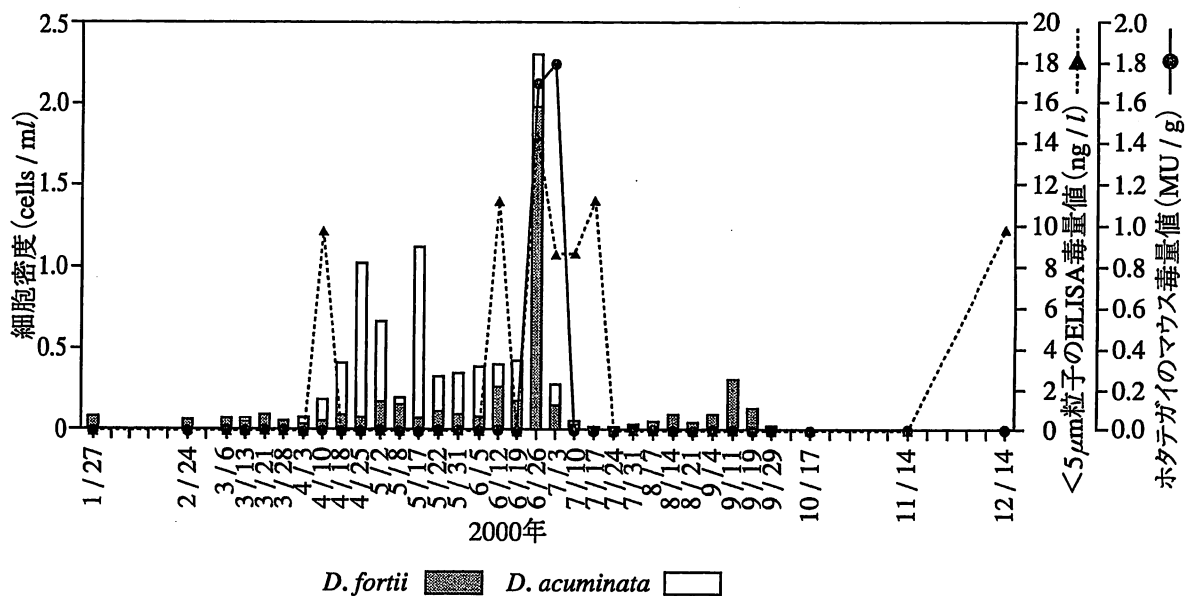


図10・7 2000年の青森県陸奥湾における*Dinophysis*属の細胞密度、ホタテガイ中腸線の毒量値(マウス毒性試験)、 $5\mu\text{m}$ 以下粒子の毒量値(ELISA法)の推移。*Dinophysis*属の細胞密度は表層から底層までの発生量を総計した。

以上述べたように、下痢性貝毒成分を保有する生物は*Dinophysis*属以外にも多数存在する。また、遊離脂肪酸等による誤認の可能性もある。*Dinophysis*属が下痢性貝毒の主要な原因生物であることは確かであるが、時期や海域によっては他の原因生物や遊離脂肪酸が主要因となっているケースも十分考えられる。よって、まずは現場と時期に合わせた原因生物と毒成分の特定を行い、それを考慮したモニタリング体制を確立することが重要であろう。

## 文 献

- 1) J.-S. Lee, T. Igarashi, S. Fraga, E. Dahl, P. Hovgaard, and T. Yasumoto: Determination of diarrhetic toxins in various dinoflagellate species, *J. Appl. Phycol.*, 1, 147-152 (1989).
- 2) S. Y. Maestrini: Bloom dynamics and ecophysiology of *Dinophysis* spp., In : "Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms" (ed. by D. M. Anderson, A. D. Cembella, and G. M. Hallegraeff), NATO ASI Series, Vol. G 41, Springer-Verlag, Berlin, 1998, pp.243-265.
- 3) A. N. Marasigan, S. Sato, Y. Fukuyo, and M. Kodama: Accumulation of a high level of diarrhetic shellfish toxins in the green mussel *Perna viridis* during a bloom of *Dinophysis caudata* and *Dinophysis miles* in Sapijan Bay, Panay Island, the Philippines, *Fish. Sci.*, 67, 994-996 (2001).
- 4) G. Hoshiai, T. Suzuki, T. Onodera, M. Yamasaki, and S. Taguchi: A case of non-toxic mussels under the presence of high concentrations of toxic dinoflagellate *Dinophysis acuminata* that occurred in Kesenuma Bay, northern Japan, *ibid*, 63, 317-318 (1997).
- 5) B.R. Berland, S.Y. Maestrini, C. Bechemin, and C. Legrand: Photosynthetic capacity of the toxic dinoflagellates *Dinophysis* cf. *acuminata* and *Dinophysis acuta*, *La mer*, 32, 107-117 (1994).
- 6) D. M. Jacobson, and R. A. Andersen: The discovery of mixotrophy in photosynthetic species of *Dinophysis* (Dinophyceae) : light and electron microscopical observations of food vacuoles in *Dinophysis acuminata*, *D. norvegica* and two heterotrophic dinophysoid dinoflagellates, *Phycologia*, 33, 97-110 (1994).
- 7) K. Koike, K. Koike, M. Takagi, M. Takagi, T. Ogata, and T. Ishimaru: Evidence of phagotrophy in *Dinophysis fortii* (Dinophysiales, Dinophyceae), a dinoflagellate that causes diarrhetic shellfish poisoning (DSP), *Phycol. Res.*, 48, 121-124 (2000).
- 8) T. Suzuki, T. Mitsuya, M. Imai, and M. Yamasaki: DSP toxin contents in *Dinophysis fortii* and scallops collected at Mutsu Bay, Japan, *J. Appl. Phycol.*, 8, 509-515 (1997).
- 9) 佐藤 繁・坂本節子・緒方武比古・植田至範・児玉正昭: 貝類毒化モニタリングの現状と問題点, 沿岸海洋研究ノート, 32, 69-79 (1994).
- 10) 田中俊輔・青山禎夫・今井美代子・尾坂康・高林信雄: ホタテガイの垂下水深および活力が下痢性貝毒の毒量変化に及ぼす影響, 青水増事業報告, 14, 259-268 (1985).
- 11) G. Nishitani, M. Yamaguchi, A. Ishikawa, S. Yanagiya, T. Mitsuya, and I. Imai: Relationships between occurrences of toxic *Dinophysis* species (Dinophyceae) and small phytoplanktons in Japanese coastal waters, *Harmful Algae*, 4, 755-762 (2005).
- 12) G. Nishitani, H. Sugioka, and I. Imai: Seasonal distribution of species of the toxic dinoflagellate genus *Dinophysis* in Maizuru Bay (Japan) with comments on their autofluorescence and attachment of picophytoplankton, *ibid*, 1, 253-264 (2002).
- 13) I. Imai, and G. Nishitani: Attachment of picophytoplankton to the cell surface of the toxic dinoflagellates *Dinophysis acuminata* and *D. fortii*, *Phycologia*, 39, 456-459 (2000).
- 14) G. M. Hallegraeff, and S. W. Jeffrey: Tropical phytoplankton species and

- pigments of continental shelf waters of north and north-west Australia, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 20, 59-74 (1984).
- 15) N.Gordon, D.L.Angel, A.Neori, N.Kress, and B. Kimor: Heterotrophic dinoflagellates with symbiotic cyanobacteria and nitrogen limitation in the Gulf of Aqaba, *ibid*, 107, 83-88 (1994).
  - 16) T. Ishimaru, H. Inoue, Y. Fukuyo, T. Ogata, and M. Kodama: Culture of *Dinophysis fortii* and *D. acuminata* with the cryptomonad, *Plagioselmis* sp., In: "Mycotoxins and Phycotoxins" (ed. by K. Aibara, S. Kumagai, K. Ohtsubo, and T. Yoshizawa), Jap. Ass. Mycotoxicol., Tokyo, 1988, pp.19-20.
  - 17) S. Y. Maestrini, B. R. Berland, D. Grzebyk, and A. M. Spanò: *Dinophysis* spp. cells concentrated from nature for experimental purposes, using size fractionation and reverse migration, *Aquat. Microb. Ecol.*, 9, 177-182 (1995).
  - 18) M. A. de M. Sampayo: Trying to cultivate *Dinophysis* spp., In: "Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea" (ed. by T.J. Smayda, and Y. Shimizu), Elsevier, Amsterdam, 1993, pp.807-810.
  - 19) G. Nishitani, K. Miyamura, and I. Imai: Trying to cultivation of *Dinophysis caudata* (Dinophyceae) and the appearance of small cells, *Plankton Biol. Ecol.*, 50, 31-36 (2003).
  - 20) K. Tachibana, P.J. Scheuer, Y. Tsukitani, H. Kikuchi, D. Vanengen, J. Clardy, Y. Gopichand, and F.J. Schmitz: Okadaic acid, a cyto-toxic polyether from 2 marine sponges of the genus *Halichondria*, *J. Amer. Chem. Soc.*, 103, 2469-2471 (1981).
  - 21) T. Yasumoto: Marine microorganisms toxins-an overview, In: "Toxic Marine Phytoplankton" (ed. by E. Granéli, B. Sundstrom, L. Edler, and D. M. Anderson), Elsevier, Amsterdam, 1990, pp.3-8.
  - 22) Y. Murakami, Y. Oshima, and T. Yasumoto: Identification of okadaic acid as a toxic component of a marine dinoflagellate *Prorocentrum lima*, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 48, 69-72 (1982).
  - 23) M. Murata, M. Shimatani, H. Sugitani, Y. Oshima, and T. Yasumoto: Isolation and structural elucidation of the causative toxin of the diarrhetic shellfish poisoning, *ibid*, 48, 549-552 (1982).
  - 24) L.Mackenzie, V.Beuzenberg, P.Holland, P. McNabb, T. Suzuki, and A. Selwood: Pectenotoxin and okadaic acid-based toxin profiles in *Dinophysis acuta* and *Dinophysis acuminata* from New Zealand, *Harmful Algae*, 4, 75-85 (2005).
  - 25) 松山洋平: 三重県沿岸域における下痢性貝毒の発生機構に関する研究, 京都大学大学院農学研究科修士論文, 22-23 (2005).
  - 26) M. Satake, T. Ichimura, K. Sekiguchi, S. Yoshimatsu, and Y. Oshima: Confirmation of yessotoxin and 45, 46, 47-trinoryessotoxin production by *Protoceratium reticulatum* collected in Japan, *Natural Toxins*, 7, 147-150 (1999).
  - 27) 高坂祐樹: 陸奥湾における下痢性貝毒の発生予測に向けて, 青森県水産総合研究センター増養殖研究所だより, 105, 4-5 (2005).
  - 28) T. Suzuki, T. Jin, Y. Shirota, T. Mitsuya, Y. Okumura, and T. Kamiyama: Quantification of lipophilic toxins associated with diarrhetic shellfish poisoning in Japanese bivalves by liquid chromatography-mass spectrometry and comparison with mouse bioassay, *Fish. Sci.*, 71, 1370-1378 (2005).
  - 29) I. Imai, H. Sugioka, G. Nishitani, T. Mitsuya, and Y. Hamano: Monitoring of

DSP toxins in small-sized plankton fraction of seawater collected in Mutsu Bay, Japan, by ELISA method: relation

with toxin contamination of scallop, *Mar. Poll. Bull.*, 47, 114-117 (2003).

出版委員

稲田博史 落合芳博 金庭正樹 木村郁夫  
櫻本和美 左子芳彦 佐野光彦 瀬川 進  
田川正朋 埜澤尚範 深見公雄

水産学シリーズ〔153〕

定価はカバーに表示

かいどくけんきゅう さいせんたん げんじょう てんぼう  
貝毒研究の最先端—現状と展望

Advanced researches on shellfish poisonings :  
Current status and overview

平成 19 年 3 月 20 日発行

編 者 いま いち ろう  
福 代 康 夫  
ひろ いし しん 互  
広 石 伸 互

監 修 社団法人 日本水産学会

〒 108-8477 東京都港区港南 4-5-7  
東京海洋大学内

発行所 〒 160-0008 東京都新宿区三栄町 8 株式会社 恒星社厚生閣  
Tel 03 (3359) 7371  
Fax 03 (3359) 7375

© 日本水産学会, 2007. 印刷・製本 シナノ