



Title	噴火湾ホタテ漁場におけるProtogonyaulax sp. 発生原因に対する一考察
Author(s)	高木, 光造; TAKAGI, Mitsuzo; 鎌田, 英嗣 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 31(2), 215-221
Issue Date	1980-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23719
Type	departmental bulletin paper
File Information	31(2)_P215-221.pdf



噴火湾ホタテ漁場における *Protogonyaulax* sp. 発生原因に対する一考察*

高木 光造**・鎌田 英嗣**・田崎 篤**

A Consideration on the Occurrence of *Protogonyaulax* sp.
at the Scallop Ground in Funka Bay

Mitsuzo TAKAGI**, Hidetsugu KAMADA**, and Atsushi TAZAKI**

Abstract

In order to ascertain the relation between the abnormal occurrence of *Protogonyaulax* sp. and the bottom mud sampled from the culture ground of *Patinopecten yessoensis*, model cultures were carried out. The results obtained are summarized as follows.

1) For the reproduction of *Protogonyaulax* sp., vitamin and metallic salts are indispensable, though their effect is not remarkable.

2) Nitrogen and phosphorus are absolutely indispensable for the reproduction of this organism.

3) Its reproduction is markedly accelerated when cultured with medium which is nitrogen free plus the extract of bottom mud sampled from the scallop ground.

4) Likewise, its reproduction is greatly accelerated when cultured with medium which is phosphorus free plus extract of the same bottom mud mentioned above.

5) When cultured with inorganicized extract of bottom mud by the action of the bacteria, its reproduction is definitely accelerated.

Finally the present authors have come to the conclusion that nitrogen and phosphorus, necessary for the reproduction of *Protogonyaulax* sp., may be partly supplied from the eutrophicated bottom mud existing at the culture ground of the scallop.

噴火湾養殖ホタテ漁業は1977年の大量へい死に引き続いて、1978年には *Protogonyaulax* sp. の異常発生によるホタテガイの毒化現象が起こり、かなり長期間にわたって続いたので大打撃を被る結果となった。このようにして、ホタテガイの毒化現象は1978年に表面化した、その兆しは既に前年からあったといわれている¹⁻³⁾。この問題が起きるにおよんで、道はホタテ対策専門家会議を組織し、噴火湾における養殖ホタテ漁業の全面的な見直しを計るとともに、当面必要とされる対策をいろいろと協議した。その中に1978年の *Protogonyaulax* sp. の異常発生に対する原因研究が含まれていたが、専門家の間では同湾海水の年間における栄養塩類の収支⁴⁾ および海況の特異性⁵⁾ から結論を導くことを控えた。とくに、養殖ホタテ漁場との関連性の有無についての指摘もあったが、*Protogonyaulax* sp. の異常発生が海況の特異性によるのか、あるいは養殖ホタテ漁場と何らかの関係をもつのかにつ

* 本研究は昭和54年10月日本水産学会秋季大会(函館)において講演発表した。

** 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)

いてはきわめて難しい問題であるので、もう少しデータの集積を待って解析しようとする慎重な配慮がうかがえたわけである。その根拠は有毒プランクトンによる貝の毒化現象は生育環境の富栄養化とは関係なく発生してきた世界的事実のあることや、琵琶湖などの閉鎖系水面において、赤潮の発生と窒素 N, リン P の間に観察されるような明確な因果関係がないことなどによっている。また、ホタテガイを毒化する *Protogonyaulax* sp. の発生量にしても、いわゆる赤潮と呼ばれる程の細胞数ではなく、数千細胞/l 程度の密度をもつ優占種として、水深 20~25 m の中層に層状に分布しており⁶⁾、最大密度は 4×10^4 細胞/l を超えないし、水温躍層と密接な関係がある⁷⁾ ところから、むしろ養殖ホタテ漁場とは関係がないとする見方もあってかなり強力に支持されている。

しかし、著者らは過密養殖によるホタテガイのへい死貝や排泄物によって富栄養化されたホタテ漁場の汚泥が *Protogonyaulax* sp. の異常発生に何らかの影響を与えたのではなからうかとの観点の下に *Protogonyaulax* sp. のモデル培養実験を行い、二、三の知見を得たので、表題の下にその結果をここに報告する。

報告に先だち *Protogonyaulax* sp. の分与と培養法について種々御協力いただいた栽培漁業総合センターの西浜雄二博士に厚くお礼申し上げる。

実験方法

プランクトンの培養 *Protogonyaulax* sp. の培養は培養器に 1 l 平底フラスコを、培地に BWS-4 を用い、12°C で 18 日間行った。BWS-4 の培地組成を表 1 に示した。この間、白色蛍光ランプを用い、照度は約 3,000 lux、照明は 16-8 時間明暗とした。かかる培養条件の下で、1) BWS-4 培地、2) ビタミン欠乏培地、3) 微量金属欠乏培地、4) N, P 欠乏培地、5) N 欠乏培地、6) P 欠乏培地、7) N 欠乏培地+汚泥エキス、8) P 欠乏培地+汚泥エキス、9) N 欠乏培地+無機化汚泥エキス、10) P 欠乏培地+無機化汚泥エキスの 10 種類の培地で培養し、各培地での *Protogonyaulax* sp. の生長係数を求め比較した。

Table 1. Composition of the BWS-4 medium used for the culture of *Protogonyaulax* sp.

	Amount/liter
Sea water	900 ml
KH ₂ PO ₄	10 mg
NaNO ₃	50 mg
Vitamin mixture*	1 ml
P ₂ metals**	2 ml
Tris	1 g
pH	8.0

* One ml of vitamin mixture contains 0.05 µg of B₁₂, 200 µg of thiamin, and 0.5 µg of biotin.

** Two ml of P₂ metals contain 2 µg of Na₂ EDTA, 20 µg as Fe, 400 µg as B, 80 µg as Mn, 10 µg as Zn, and 2 µg as Co.

汚泥の採取、糞の採取、汚泥エキスの調製法ならびに無機化汚泥エキスの調製法 ホタテ漁場の汚泥の採取は森沖 1 km、水深約 40 m の地点で採泥管 (corring tube) で行った。また糞はホタテ成貝 20 枚を水槽で養い、貝の下に受け皿をおき集めた。

汚泥エキスの調製法は生の汚泥 100 g を 500 ml の共栓三角フラスコに秤量し、蒸留水 200 ml を加え、沸騰湯浴中で 30 分間加熱した後冷却、ろ過し、等量の海水を加えて希釈し、その中 50 ml を培地に添加した。無機化汚泥エキスの調製法は同じく生の汚泥 100 g を 500 ml の共栓三角フラスコ

に秤量し、蒸留水 200 ml を加え、37°C で 5 日間放置して無機化させた後、全く同様の操作をし、エキスを調製して培地に添加した。

P, N の測定法 P の測定は Hansen & Robinson 法により、N の測定は micro Kjeldahl 法によった。

結果および考察

各種培地での生長係数の比較 1) の培地の *Protogonyaulax* sp. の生長係数 1.70 と 2)~10) 各培地の生長係数を比較した。まず、2), 3), 4) の各培地の *Protogonyaulax* sp. の生長係数を求めるための細胞数の増殖曲線を図 1 に示した。

図 1 から 2), 3), 4) 各培地の *Protogonyaulax* sp. の生長係数はそれぞれ 1.54, 1.41 および 0.74 となり、*Protogonyaulax* sp. の増殖にビタミンや微量元素は必要であるが、それらを欠いてもそれ程大きな影響を受けないことがわかる。それに引き替え N, P 欠乏培地では *Protogonyaulax* sp. の増殖がきわめて阻害された。

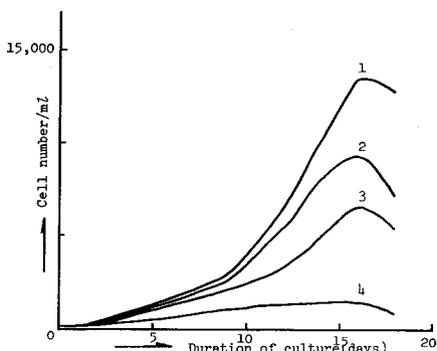


Fig. 1. Relation between the growth curve of *Protogonyaulax* sp. and the lack of important nutritive substances in the model culture.
1) BWS-4 medium, 2) Vitamin-free medium, 3) Metal-free medium, 4) Nitrogen- and phosphorus-free medium.

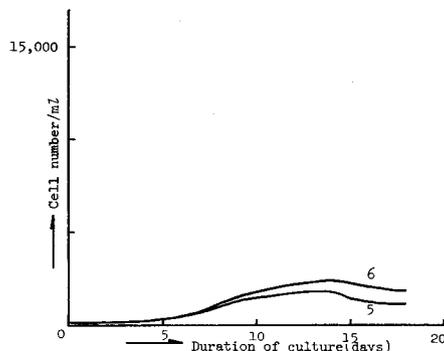


Fig. 2. Influence of nitrogen and phosphorus upon the growth of *Protogonyaulax* sp.
5) Nitrogen-free medium, 6) Phosphorus-free medium.

したがって、N, P いずれが増殖の制限因子となったかを確かめるために 5) N 欠乏培地、6) P 欠乏培地の *Protogonyaulax* sp. の増殖曲線を求めた。その結果を図 2 に示した。

図 2 から 5), 6) 各培地の *Protogonyaulax* sp. の生長係数はそれぞれ 0.82 および 0.95 となり、その増殖は N, P の両方を欠いたときよりいくぶん回復したが、N, P のいずれを欠いても *Protogonyaulax* sp. の増殖は極端に抑えられ、*Protogonyaulax* は栄養要求の低いプランクトンであるにもかかわらず、その増殖には N, P を必須とすることがわかる。

そこで 5), 6) 各培地に N, P を補給する目的で、汚泥エキスを添加した培地、すなわ、7) N 欠乏培地+汚泥エキス、8) P 欠乏培地+汚泥エキスの各培地で *Protogonyaulax* sp. の増殖曲線を求めた。その結果を図 3 に示した。

図 3 から 7), 8) 各培地の *Protogonyaulax* sp. の生長係数はそれぞれ 1.49 および 1.35 となり、その増殖はかなり回復することが認められた。

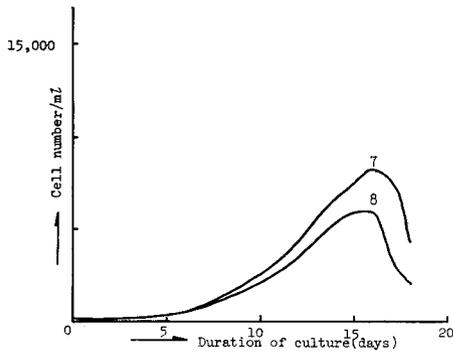


Fig. 3. Influence of the extract of bottom mud upon the growth of *Protogonyaulax* sp.
7) Nitrogen-free medium plus extract from the bottom mud.
8) Phosphorus-free medium plus extract from the bottom mud.

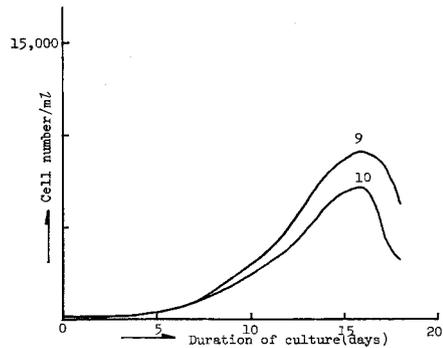


Fig. 4. Influence of the inorganic extract of bottom mud upon the growth of *Protogonyaulax* sp.
9) Nitrogen-free medium plus inorganic extract from the bottom mud.
10) Phosphorus-free medium plus inorganic extract from the bottom mud.

次に, *Protogonyaulax* sp. の増殖に必要な N, P は無機態のものと思われるので, 汚泥エキスを細菌の作用により無機化して N, P を増加した培地, すなわち 9) N欠乏培地+無機化汚泥エキス, 10) P欠乏培地+無機化汚泥エキスの各培地で, *Protogonyaulax* sp. の増殖曲線を求めた。その結果を図4に示した。

図4から 9), 10) 各培地の *Protogonyaulax* sp. の生長係数はそれぞれ 1.53 および 1.42 となり, その増殖はさらによくなった。

次に, ホタテの糞, ホタテ漁場の汚泥およびホタテ漁場に流入する河川水中の N と P の測定結果を表2に示した。

Table 2. Total nitrogen and total phosphorus in the faeces of scallop, bottom mud from the scallop ground, and in the water flowing to the ground

	Moisture (%)	Total N μg atom/100 g or l	Total P μg atom/100 g or l
Faeces	78.67	15050.0	44.52
Bottom mud	64.36	2528.6	7.43
River—Oshironai	—	20.0	0.18
—Naka	—	25.0	0.12
—Torisaki	—	85.0	0.13

表2から N, P の補給源としての各河川水の影響は少ないことがわかる。これに反し, 糞と汚泥中の N と P 含量がきわめて高く, N, P の補給源としての意義は大きいと考えられる。

次に, モデル培養実験に用いた汚泥エキスならびに無機化汚泥エキス中の全 N, 無機態 N, 全 P および無機態 P の測定結果を海水中の含量と対比して表3に示した。

表3からこのモデル実験において, 汚泥からエキス中に溶出された全 N および P はそれぞれ 1/25 ~ 1/20 および 1/16 ~ 1/11 であった。また, 汚泥からエキス中に溶出された無機態 N および P はそれぞれ 1/63 ~ 1/46 および 1/124 ~ 1/19 であった。

Table 3. Constituent of nitrogen and phosphorus in the extract of bottom mud

	Total N μg atom/100 g or l	Inorganic N μg atom/100 g	Total P μg atom/100 g or l	Inorganic P μg atom/100 g
Sea water	25.0	—	0.12	—
Bottom mud extract	102.0	40.0	0.46	0.06
Inorganic bottom mud extract	126.0	55.0	0.66	0.39

自然条件では、汚泥からこのようにN、無機態N、Pおよび無機態Pが海水中に溶出するとは限らないが、富栄養化された汚泥が存在するからには、還元状態で栄養塩類が溶出することは否定できないので、*Protogonyaulax* sp. の増殖に必要なNとPの一部が汚泥から補給されることは十分推察される。

Protogonyaulax sp. の増殖には主に無機態のNおよびPが利用されると思われるが、この10種類のモデル培養実験において培地中に含まれたNおよびPと生長係数との関係をまとめて表4に示した。

Table 4. Relation between the growth coefficient of *Protogonyaulax* sp. and total nitrogen and total phosphorus in the respective model media

No.	Variety of media	Total N μg atom/l	Total P μg atom/l	Growth coefficient
1	BWS-4 medium	613.2	73.60	1.70
2	Vitamin free medium	613.2	73.60	1.54
3	Metal free medium	613.2	73.60	1.41
4	N,P free medium	25.0	0.12	0.74
5	N free medium	25.0	73.60	0.82
6	P free medium	613.2	0.12	0.95
7	N free medium+bottom mud extract	37.8	73.66	1.49
8	P free medium+bottom mud extract	626.0	0.18	1.35
9	N free medium+inorganicized bottom mud extract	40.8	73.68	1.53
10	P free medium+inorganicized bottom mud extract	629.0	0.20	1.42

表4からNおよびPが *Protogonyaulax* sp. の増殖に必須であり、そのいずれを欠いても増殖は著しく抑制されるが、NやPの微量の添加によってその増殖が著しく促進されることも事実である。

考 察

噴火湾の自然環境における *Protogonyaulax* sp. の増殖は、最大密度で 4×10^4 細胞/l を超えないし⁶⁾、ホタテガイを毒化するにはその1/10程度の細胞数で十分である。

今仮に、*Protogonyaulax* sp. の細胞数が増殖期に更に減少して数十細胞/l になし得るとすれば、たとえ存在していたとしてもむき身の規制値が4MUを上回ることはないであろう。われわれはそこに目標をおくべきである。しかし、残念ながら現在の自然環境では数千細胞/l の増殖を許容する条件をみたしている。その条件を解析することは難しいが、少なくともNが25 μg atom/l、Pが0.12 μg atom/l の海水だけではビタミンや微量全属を補給しなければ、*Protogonyaulax* sp. は全く増殖できないことは確実であり、自然環境においてはビタミンや微量金属の補給もモデル実験に加えた量には及ばないから、自然環境におけるNおよびPをそれぞれ25 μg atom/l および0.12 μg atom/l を超えないように極力すべきである。この濃度はN 0.35 ppm、P 0.0037 ppm に相当し、岩崎⁷⁾が赤潮の

発生しない濃度として示している N 0.1 ppm, P 0.015 ppm 以下の値といくぶん違っているが、これは赤潮生物の種類によっても異なるであろう。

噴火湾ホタテ漁場における *Protogonyaulax* sp. の異常発生を海況だけで説明づけることは難しいであろう。確かに海況が密接な関係を有することは著者らの否定するところではない。いくつかの偶然的因子が重なって、*Protogonyaulax* sp. の異常発生が誘発されたと考えられるが、その因子の一つに汚泥の富栄養化があるのではないかと思うのである。岩崎⁶⁾は赤潮の発生には、多くの因子が複雑に関与しているので整理することは難しいが、以前の赤潮と近年問題とされるようになった赤潮の発生機構には明らかな違いがみられ、区別して考えなければならぬことを指摘している。すなわち、常識的な物理・化学的環境条件の最適な組み合わせだけで、プランクトンの異常増殖が起こるとすれば、過去においてもそのようなケースはしばしばあったはずで、近年にみられるような赤潮の多発については説明がつかない。最近における赤潮の頻繁な発生はプランクトンの生理的環境の変化、すなわち、海域の富栄養化によるものであって、その根源は海域の有機物汚染の進行にあるとしている。

遅まきながら、噴火湾におけるホタテ漁業の養殖許容量が限度 32,000~35,000 トンと試算され⁷⁾、現在はそれを守ってホタテ養殖が行われていることは喜ばしいが、稚貝から成貝へ育成する貝の管理を万全として、へい死貝をなくすることが、汚泥の富栄養化防止の上から必要なことである。

海の生態系のバランスは一度崩れたらその回復に年月を要しよう。したがって *Protogonyaulax* sp. の発生は直ちに消滅することなく、今後 3, 4 年間は海況の変化にともなって発生の時期や密度を異にしながら繰り返すに違いないが、少なくとも 5, 6 年後にはホタテガイの毒化現象が消滅することを期待する。

要 約

Protogonyaulax sp. の異常発生と養殖ホタテ漁場の底質との因果関係の有無をモデル培養実験によって確かめ、次の諸事実を明らかにした。

1. *Protogonyaulax* sp. の増殖にはビタミンや金属塩類は必要であるが、それらの影響は大きくない。
2. *Protogonyaulax* sp. の増殖には N と P を必要とする。
3. N 欠乏培地にホタテ漁場の汚泥エキスを添加すると *Protogonyaulax* sp. の増殖は著しく促進される。
4. P 欠乏培地にホタテ漁場の汚泥エキスを添加すると *Protogonyaulax* sp. の増殖には著しく促進される。
5. 汚泥中の N, P を細菌の作用により無機化すると、無機化エキスの添加により、*Protogonyaulax* sp. の増殖は一層促進される。
6. *Protogonyaulax* sp. の増殖に必要な N と P の一部は富栄養化した汚泥から補給される可能性は十分にある。

文 献

- 1) 佐藤七七朗・市原 侃・川瀬史郎・佐藤秀男・石下真通 (1977). 北海道における二枚貝の有毒化調査—I. 道衛研所報 27, 66-68.
- 2) 市原 侃・佐藤七七朗 (1977). 北海道におけるホタテ貝の毒成分とサキントキシンとの比較. 同誌 27, 95-96.
- 3) 佐藤七七朗・市原 侃・川瀬史郎・佐藤秀男・石下真通 (1978). 北海道における二枚貝の有毒化調査—II. 同誌 28, 54-56.
- 4) 米田義昭 (1979). 噴火湾の栄養塩類の季節変化と特徴. 噴火湾の貝毒発生に関する資料 13-19.

高木ら：噴火湾における *Protogonyaulax* sp. 発生原因

- 5) 大谷清隆 (1979). 噴火湾の海洋構造の特徴. 噴火湾の貝毒発生に関する資料 9-12.
- 6) 西浜雄二・内田卓志・佐藤七七朗 (1979). 1978年噴火湾産養殖ホタテガイ毒化の原因プランクトン (ゴニオラックス・カテネラ類似種) について. 北水試月報 36(5), 65-74.
- 7) 岩崎英雄 (1976). 赤潮—その発生に関する諸問題—, 37 p. 海洋出版株式会社, 東京.
- 8) 岩崎英雄 (1976). 同上, 118 p. 海洋出版株式会社, 東京.
- 9) 富士 昭他 (1978). 噴火湾におけるホタテガイ養殖許容量について, 1-18 p. 北海道水産資源技術開発協会.