

マダコのアワビ殻穿孔*

小 島 博**

Hole-drilling predation by *Octopus vulgaris* on abalone*

Hiroshi KOJIMA**

Abstract: An *Octopus vulgaris* of 296 g in wet weight preyed upon 36 abalones of 26-98 mm in shell diameter during June 23 to July 31 in a laboratory tank of 412 liters. Five abalone shells were drilled by the octopus among those killed by the octopus. Four boreholes among five were characteristically oval in shape and very tiny in size ranging from 2.2 to 2.4 mm×1.0 to 2.0 mm at the top and from 0.3 to 0.7 mm×0.15 to 0.5 mm at the bottom. A single borehole located at the position of a hole created by *Cliona* sp. was measured 5.6×4.2 mm at the top and 3.1×2.4 mm at the bottom. Many narrow vertical grooves created by octopus were recognized on the wall observed by SEM. The injection of the excretion from the posterior salivary gland of the octopus into abalone foot caused a constriction of epipodia and tentacles. Hole-boring will be conducted for injecting of the paralyzing venom into the victim to weaken when the octopus fails to detach a prey by force with arms.

1. 緒 言

タコ類は行動、食性、生活場所の異なる多様な貝類を主として捕食する (WODINSKY, 1969; 浜田, 1974; NIXON, 1979a)。アワビ類はタコの被食者となるが、その被害は小さいと考えられている (COX, 1962; SHEPHERD, 1973) もの、マダコの大発生年にアワビ類の漁獲量が激減した記録もある (徳島県水試, 1940)。

タコ類は摂餌の際に様式化された一連の行動をとるが、貝殻穿孔はその一連の行動の一段階であり、省かれることもある (WODINSKY, 1969)。穿孔の認められた被食者としてアワビ類 (PILSON and TAYLOR, 1961)、タカノハソデガイ *Strombus raninus* (ARNOLD and ARNOLD, 1969)、ツロツブリ *Murex trunculus* (NIXON, 1979a)、ムラサキガイ *Mytilus edulis* (NIXON, 1979a)、アコヤガイ *Pinctada fucata martensii* (藤田, 1915) などが報告されている。しかし、日本産マダコのアワビ類捕食については、無穿孔の捕食観察例 (浜田, 1974) のみが報告されている。

著者は、マダコとアワビ類を同一水槽に収容したとこ

ろ、被食者の貝殻に捕食者によるとみられる数例の穿孔を認めた。両者の関係を明らかにするために、それらの穿孔の性状を詳しく観察し、併せてマダコの後唾腺分泌液の麻痺性効果を調べたので、その結果を報告する。

本論に入るに先だち、本稿につき懇篤なご校閲ならびに有益なご助言を戴いた東京水産大学奥谷喬司教授および、アワビ殻のエックス線結晶解析およびその硬度決定の労をとって戴いた京都大学玉田攻助教授に深謝の意を表する。

2. 材料および方法

捕食実験には、1977年6月21日に徳島県海部郡由岐町阿部地先で採集した体重(湿重量)296gのマダコ *Octopus vulgaris* 1個体を供した。このマダコを412lのコンクリート製水槽に収容し、2日後からアワビ類を適宜与えて、7月31日まで観察した。実験に試供したアワビ類はトコブシ *Haliotis diversicolor aquatilis*、クロアワビ *H. discus discus*、マダカアワビ *H. gigantea*、メガイアワビ *H. sieboldii* の4種で、殻長は26~98mm、総数36個体であった。また、水槽内に被食者および捕食者の隠れ場所として40×20×15cmの孔2つをもつ建築用ブロック2個を置いた。

マダコに捕食されたアワビ類の貝殻を翌朝回収し、実体顕微鏡で穿孔の有無を調べた。さらに、穿孔を実体顕

* 1988年6月15日受理 Received June 15, 1988

** 徳島県水産試験場, 〒779-23 徳島県海部郡日和佐町 Tokushima Prefectural Fisheries Experimental Station, Hiwasa, Kaifu-gun, Tokushima, 779-23 Japan

Table 1. Number of abalones (*Haliotis*) killed by a 296 g octopus by size class in a laboratory tank. Numbers in parentheses represent the emptied shells drilled by octopus.

Shell length (mm)	<i>H. diversicolor aquatilis</i>	<i>H. discus discus</i>	<i>H. sieboldii</i>	<i>H. gigantea</i>	Total
25-29	2				2
30-34	2				2
35-39	2				2
40-44	4				4
45-49	7(2)				7(2)
50-54	2				2
55-59	5				5
60-64	3	1			4
65-69	2(2)				2(2)
70-74	2				2
75-79		1			1
80-84					0
85-89					0
90-94			1	1	2
95-99		1(1)			1(1)
Total	31(4)	3(1)	1	1	36(5)

微鏡および走査型電子顕微鏡により観察した。

一方、マダコの後唾腺抽出液を体重 10~52 g のトコブシ (殻長 45~73 mm) に注入してその麻痺性効果を調べた。後唾腺は1977年7月14日に採集した体重 630 g のマダコから抽出されたもので、抽出液の製法は PILSON and TAYLOR (1961) に準じて次のとおりとした。すなわち、後唾腺 1.43 g に海水 13 ml を加え、冷やしながらホモジナイズした後、+2°C~-5°C で 7,000 r.p.m. の遠心分離上澄液を実験に供した。後唾腺抽出液を 0.01 ml/g ないし 0.025 ml/g をトコブシの頭部あるいは足部へ注入し、実験動物の反応を観察した。

マダコの貝殻穿孔方法を推察する目的で、鉄工用電動ドリルによるクロアワビ殻の穿孔表面を走査型電子顕微鏡で観察し、マダコの穿孔表面と比較した。人工穿孔表面は無処理のものおよび pH 5.4 の塩酸処理したものを観察に供した。また、エックス線結晶解析によって、歯舌およびクロアワビ貝殻の硬度決定を試みた。

3. 結 果

穿孔の形態と穿孔位置

捕食されたアワビ類 36 個体のうち 5 例に穿孔を認められた。穿孔された最小のものは殻長 47 mm のトコブシであったが、今回の実験では被食者の殻長と穿孔の間に明瞭な関係は認められなかった (Table 1)。

昼間、一定の隠れ場にいるマダコは、アワビと同様、夜間活発に行動する。マダコは腕の先端で移動する貝を

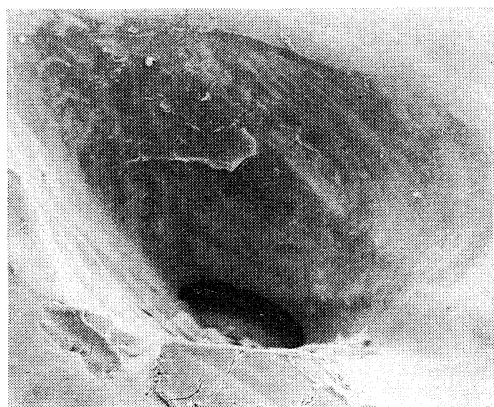


Fig. 1. Hole drilled by an octopus into an abalone shell. (Magnified×30)

確認する行動や、隠れ場から離れて貝を覆う行動を示した。吸盤でアワビを容易に剥離できれば、隠れ場近くに運び、摂食した。腕による物理的剥離が困難な場合、捕捉を中止するか穿孔後剥離するかいずれかの行動を示した。

穿孔の形態は、一般に楕円型すり鉢状である (Fig. 1)。穿孔の大きさは、No. 3 を除くと、外側は長径が 1.4~2.4 mm、短径が 1.0~2.0 mm、内側は長径が 0.3~0.7 mm、短径が 0.15~0.5 mm である (Table 2)。No. 3 の穿孔位置には穿孔性海綿 *Cliona* sp. が既に穿孔していたが、そのためマダコの穿孔径が大きくなったと推察される。

Table 2. Size of a hole drilled by octopus into an abalone shell.

Specimen No.	Species	Shell length (mm)	Top size	Bottom size
			Major diameter × minor diameter	Major diameter × minor diameter
3	<i>H. diversicolor aquatilis</i>	67.1	5.6 × 4.2 mm	3.1 × 2.4 mm
8	<i>H. diversicolor aquatilis</i>	67.8	2.4 × 2.0	0.7 × 0.5
9	<i>H. diversicolor aquatilis</i>	46.8	1.4 × 1.0	0.3 × 0.15
16	<i>H. diversicolor aquatilis</i>	49.2	1.5 × 1.2	0.3 × 0.22
20	<i>H. discus discus</i>	97.5	2.2 × 1.5	0.5 × 0.25

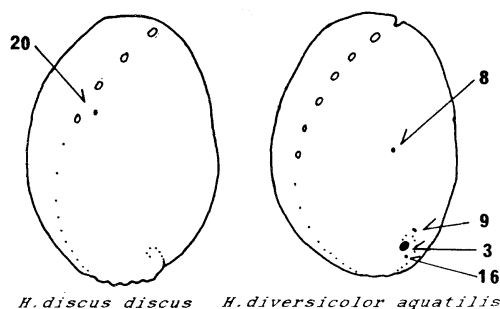


Fig. 2. Location of the hole drilled by an octopus on the shell of abalones. Numerals represent the specimen numbers of prey.

穿孔の位置は3個体 (No. 3, 9 および 16) が殻頂付近, 2個体 (No. 8 および 20) が殻軸筋部にあった (Fig. 2)。

クロアワビの貝殻は殻皮が殆ど残らず, エックス線結晶解析により外層 (殻質層) が方解石で硬度は 3, 内層 (真珠層) があられ石で硬度は 3.5~4 であった。マダコの歯舌についてもエックス線解析を試みたが, 非晶質のため硬度を決定できなかった。

マダコによる穿孔表面の走査型電子顕微鏡像には垂直方向に多数の丸みのある低い起伏が観察された (Fig. 3, A)。比較のため鉄工用ドリルによる人工的な穿孔を作ってみると, その表面には同心円状に多数の起伏が形成され, その拡大像には結晶の劈開が見られた。さらにこの人工的穿孔表面を pH 5.4 の塩酸に浸漬すると起伏は丸みを帯びた (Fig. 3, B)。

後唾腺抽出液の効果

後唾腺抽出液 0.025 ml/g を足に注射されたトコブシ 2 個体を逆位状態で水槽へ戻した。通常, 逆位となった貝は足をのばして, その後端を基質に附着させ, 短時間で起き上がるのであるが, 注射された 1 個体は足を交互左右に伸ばす動作を繰り返したが, 基質にまで達せず, やがて静止した。こうした動作は 3 時間以上続き, 上足は波打ち, 足の周囲は収縮したままであった。この貝を水

槽壁に附着させてみたが, 脱落してやがて死亡した。他の 1 個体は起き上がり, 水槽壁で静止したが, その上足は波形状のまま, 頭部触角および上足触角は収縮し, さらに上足触角の屈曲も観察された。7 時間後には水槽壁を移動したが, 上足触角の長さは不揃いで, その先端が曲がったままのものも見られた。

抽出液 0.01 ml/g を足へ注射した貝は, 数分後に起き上がり, 水槽壁へ移動した。この貝の上足は波形状で, 上足触角は収縮した。7 時間後の動作はほぼ正常に戻ったが, 一部の上足触角は収縮したままであった。同量の抽出液を頭部に注射した実験貝は起き上がるのにほぼ 1 時間を要した。2 時間後の動作はほぼ正常であったが, 上足は波形状であった。

足あるいは頭部に 0.025 ml/g の海水を注射した場合, 貝は 3 分以内に起き上がり, 動作は正常であった。また, 触角, 上足の変化は観察されなかった。

4. 考 察

タコ類の貝類摂餌行動は, 一般に, 被食者の知覚, 選択, 穿孔, 後唾腺分泌液の注入, 剝離, 摂取の過程に分けられる (WODINSKY, 1969)。しかし, 容易に剝離出来れば, 穿孔, 分泌の過程は省かれる (WODINSKY, 1969)。今回の実験結果は, マダコがアワビ類を摂餌する場合, 穿孔することもあればしないこともあることを示した。貝殻穿孔を否定した浜田 (1974) の実験結果は, 被食者が小さなため, 穿孔, 後唾腺分泌液の注入の過程を経ずに剝離, 摂取されたと推察される。

捕食を目的とするアキキガイ科の巻貝は比較的大きく穿孔するが (木下, 1931; 田中, 1949; CARRIKER and ZANDT, 1972; 阿部, 1980), これは貝が吻をその穴から挿入するためである (CARRIKER and ZANDT, 1972)。それに対してマダコの貝殻穿孔は, 後唾腺分泌液を注入して被食者を麻痺させ, 捕食を容易とすることを目的としているので極めて小さい。

NIXON (1979a, b, 1980), NIXON *et al.* (1980) は

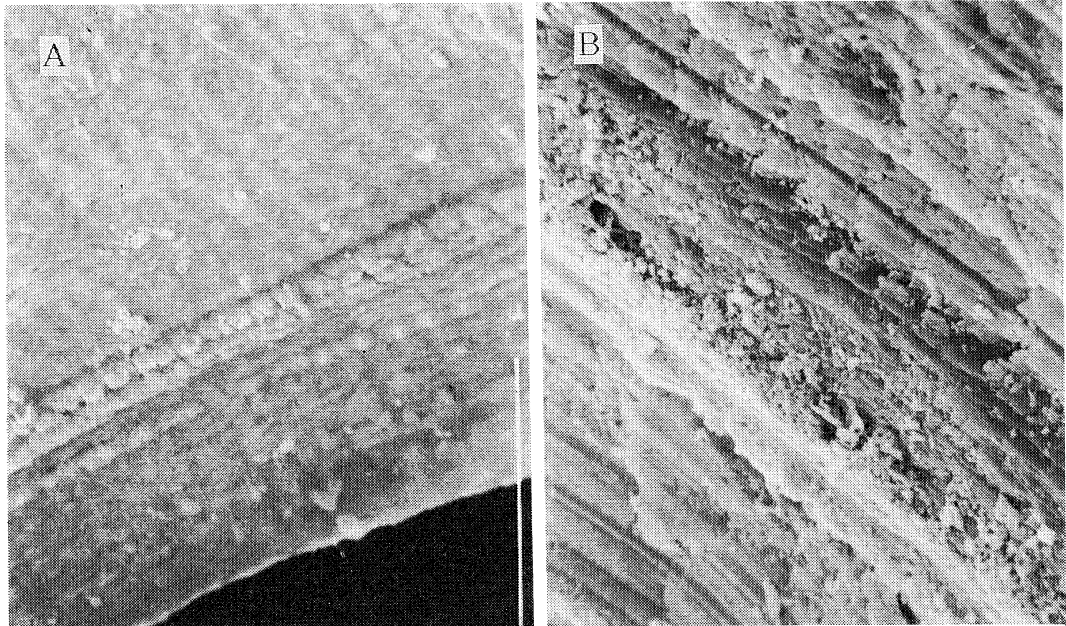


Fig. 3. The inner wall of the octopus borehole (A) and the inner wall of a hole drilled with an electric drill (B), which was dissolved by hydrochloric acid of pH 5.4. (Magnified $\times 700$)

一連の実験、形態観察によって唾腺導管の開口部の周囲を覆う高さ $15 \mu\text{m}$ の微細な歯が貝殻穿孔に直接関与していることをつきとめたが、本報告においては前述のようにマダコの歯は非晶質のため硬さを決定出来なかった。NIXON *et al.* (1980) はマダコの歯がモースの硬さ 2.5~6.0 の範囲にあると推定している。アワビ殻の真珠層の硬さが 3.5~4 であるので、物理的作用で十分穿孔できるかどうか、まだ明らかでない。日本産アワビ類の穿孔表面にはタカノハソデガイ *Strombus ranius* (ARNOLD and ARNOLD, 1969) やツロツブリ *Murex trunculus* (NIXON *et al.*, 1980) の殻上に残された溝ほど明瞭ではないが、垂直方向に丸みのある多数の起伏が認められた。しかし、ムラサキイガイ *Mytilus edulis* の場合には溝が認められないことが知られている (NIXON *et al.*, 1980)。それはムラサキイガイの貝殻の中間層(殻質層)が方解石稜柱の正常に並んだ層で、内層(真珠層)があられ石の微小板 (tablets) の重なった構造であるのに対し、ツロツブリの貝殻は多数のあられ石の薄板 (lamels) を一枚ずつラス様薄板 (lath) が包み、かつ隣あったラス様薄板 (lath) が包み、かつ隣あつたラス様薄板が逆方向に並ぶ構造をしている (NIXON *et al.*, 1980) という相違による。すなわち、ツロツブリに見られる溝は、歯舌による “rasp marks” (ARNOLD and ARNOLD,

1969; WODINSKY, 1969) ではなく、貝殻の構造によることが確められている (NIXON *et al.*, 1980)。マダコの体内で最強の酸は pH 5.4~5.6 である (森下他, 1979)。無処理の人工的穿孔面と塩酸で処理した人工的穿孔面を比べると後者のほうがいっそうマダコによる穿孔面に類似した。このことは、マダコが物理的方法のみならず化学的方法も併用して貝殻に穿孔することを示唆するものと判断される。マダコの貝殻穿孔速度は、ソデガイ類 *Strombus* の殻では 1.25 mm/時間 (ARNOLD and ARNOLD, 1969)、またアワビ類の穿孔から剥離まで 3 時間を要した観察例 (PILSON and TAYLOR, 1961) が報告されている。マダコのアワビ殻穿孔の形態や大きさは、イガイ類 *Mytilus* への穿孔 (NIXON *et al.*, 1980) とは異なるが、*Strombus* (ARNOLD and ARNOLD, 1969)、*Murex* (NIXON, 1979a)、アコヤガイ (藤田, 1915) における穿孔、また、*Octopus bimaculatus* によるクジャクアワビ *Haliotis flugens* 殻への穿孔 (PILSON and TAYLOR, 1961) に類似している。

マダコの後唾腺抽出液の体内注入実験ではトコブシの足の筋収縮、上足の波形状変形を引き起こし、長時間にわたる上足触角の収縮や屈曲を伴った。こうした変化は海水を体内に注入しても、あるいはマダコの後唾腺抽出液をトコブシの呼水孔から外套腔内へ注いでも生じな

った。後唾腺は tyramine を主成分とする他に数種類の有毒アミン類を含んでいる (GHIRETTI, 1960; HARTMAN *et al.*, 1960)。アワビ類に対してこれらの毒は化学的刺戟として足に筋収縮を生じさせ(浜田, 1965), 剥離を容易とすることが本実験で明らかになった。

以上述べた様に, マダコはアワビ類を被食者として知覚すると, まず強力な腕の力で剥離を試みるが, 物理的剥離が困難であれば, 穿孔し, 後唾腺分泌液の体内注入によってアワビ類を麻痺させて剥離する。こうしたマダコのアワビ類に対する摂餌がアワビ資源に及ぼす影響を明らかにすることは今後の課題である。

文 献

- 阿部直哉 (1980): 肉食性腹足類数種の餌生物と食い方 (予報). ベントス研連誌, **19/20**, 39-47.
- ARNOLD, J.M. and K.O. ARNOLD (1969): Some aspects of hole-boring predation by *Octopus vulgaris*. *Am. Zool.*, **9**, 991-996.
- CARRIKER, M.R. and D.V. ZANDT (1972): Predatory behavior of a shell-boring muricid gastropods. p.157-244. *In*: H.E. WINN and B.L. OLLA (ed.), Behavior of Marine Animals. Current Perspectives in Research, Vol. 1. Plenum Press, New York.
- COX, K.W. (1962): California abalones, Family Haliotidae. Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull., **118**, 1-133.
- 藤田輔世 (1915): マダコの真珠介穿孔に就いて. 動雑, **28**, 250-257.
- GHIRETTI, F. (1960): Toxicity of octopus saliva against crustacea. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **90**, 726-741.
- 浜田サツ子 (1965): アワビの事故を防ごう. 養殖, **2** (5), 43-45.
- 浜田サツ子 (1974): マダコ *Octopus vulgaris* CUVIER の貝類捕食習性. *Venus*, **33**, 138-143.
- HARTMAN, W.J., W.G. CLARK, S.D. CYR, A.L. JORDAN and R.A. LEIBHOLD (1960): Pharmacologically active amines and biogenesis in the octopus. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **90**, 637-666.
- 木下虎一郎 (1931): 牡蠣の害敵としての骨貝類 (予報). *Venus*, **2**, 190-198.
- 森下達雄・上野隆二・高橋 喬 (1979): マダコ後唾腺蛋白分解酵素の消化への関与に関する研究—Ⅱ 後唾腺蛋白消化酵素と消化管内液汁蛋白消化酵素との同一性の検討. 日水誌, **45**, 181-186.
- NIXON, M. (1979a): Hole-boring in shells by *Octopus vulgaris* CUVIER in the Mediterranean. *Malacologia*, **18**, 431-443.
- NIXON, M. (1979b): Has *Octopus* a second radula?. *J. Zool., Lond.*, **187**, 291-296.
- NIXON, M. (1980): The salivary papilla of *Octopus* as an accessory radula for drilling shells. *J. Zool., Lond.*, **190**, 53-57.
- NIXON, M., E. MACONNACHIE and P.G.T. HOWELL (1980): The effects on shells drilling by *Octopus*. *J. Zool., Lond.*, **191**, 75-88.
- PILSON, M.E. and P.B. TAYLOR (1961): Hole drilling by octopus. *Science*, **134**, 1366-1368.
- SHEPHERD, S.A. (1973): Studies on Southern Australian abalone (Genus *Haliotis*) I. Ecology of five sympatric species. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, **24**, 217-257.
- 田中弥太郎 (1949): イボニシのマガキ稚貝に対する加害機構について. 日水誌, **15**, 447-457.
- 徳島県水試 (1940): 鮑増殖事業. 昭和13年度徳島県水試事報, 45-52.
- WODINSKY, J. (1969): Penetration of the shell and feeding on gastropods by *Octopus*. *Am. Zool.*, **9**, 997-1010.