

三宅島火山灰がフクトコブシの行動と生残に及ぼす 影響の飼育実験による評価

青野英明*・丹羽健太郎*・堀井豊充*・黒木洋明*

Effects of volcanic ashes of Miyake Island on the behaviour and survival of the small abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, under culture conditions

Hideaki AONO*, Kentaro NIWA*, Toyomitsu HORII*, and Hiroaki KUROGI*

Abstract Due to the eruptions of Mt. Oyama in Miyake Island from July 2000, accumulation of enormous amount of volcanic ashes was observed on the sea bottom around the island. Since it was not understood clearly how marine benthic animals behave against suspended ashes and how accumulated ashes affect the animals, we examined the effects of volcanic ashes on the small abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, under short term culture conditions. When 150-250 g/L of ashes were added to beakers containing abalones, most of the animals immediately began to crawl upward. Some of them detached from the beaker wall and dropped onto the accumulated ashes (about 14 to 22 mm thick), and more than one-third of animals died within 48 hours. Anatomical and microscopic observations of the dead abalones showed that the mantle cavity and the gaps between gill lamellae were filled with ash particles. These results indicate that the abalone avoids suspended ashes, and accumulation of which is lethal to the animals.

Key words: abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, volcanic ashes, Miyake Island

2000年6月に気象庁から「三宅島雄山に関する緊急火山情報」が発表され、翌7月に雄山からの火山灰の噴出が始まった。その後、火山灰の噴出と噴火が断続的に発生し、9月には全島民が避難する事態に至った。伊豆諸島では1900年以後の100年間に主な噴火は16回起こっており、海中噴火や海中への溶岩流入、火山灰等の堆積によって魚類の死亡浮上やトコブシ、アワビなどの死亡が起きている**。東京都水産試験場では2000年の三宅島雄山噴火直後から陸上、海岸、海中の調査を行い、潜水調査において火山灰や土砂の堆積状況、藻類や貝類の被害状況を調査しており、トコブシ

生息量の減少や海底に散在するトコブシ等の死殻を報告している(東京都水産試験場, 2002; 2003)。しかし、噴火直後は降灰や泥流の影響で水中視界が非常に悪く(東京都水産試験場, 2002)、火山灰に対する生物の反応や生残の確認は困難である。本研究では、降灰直後の海中における火山灰のけん濁や堆積が水産資源に及ぼす影響を推測するため、三宅島火山灰がフクトコブシの生残等に及ぼす影響を飼育条件下で調べた。

なお、本研究は三宅島噴火に関する緊急調査の一環として実施したものである。

2006年3月31日 受理 (Received on March, 31, 2006)

* 中央水産研究所横須賀庁舎 〒238-0316 神奈川県横須賀市長井6-31-1 (National Research Institute of Fisheries Science, Nagai 6-31-1, Yokosuka, Kanagawa 238-0316, Japan)

** 米山純夫, 2002: 伊豆諸島における噴火災害と漁業, 三宅島漁業復興シンポジウム講演要旨集, pp. 7-8.

試料と方法

火山灰

火山灰は2000年に三宅島で採取されたものを用いた。夾雑物を取り除くため、1 mm のふるいを通した後に使用した。火山灰粒子の粒度分布を知るため、砂ろ過海水（以下、ろ過海水）にけん濁した火山灰のプレパラートを作製して顕微鏡撮影し、その画像を用いて各粒子の長径を計測しその粒子の粒径とした。また、三宅島噴火直後の調査では海底における火山灰の堆積が場所により5~10cmに達したと報告されているが（東京都水産試験場，2001），本研究ではフクトコブシが影響を受け始める堆積量を予備実験から推測し、実験に用いる火山灰量を後述のように100g/L~250g/Lとした。

フクトコブシ

実験材料として、東京都栽培漁業センターにおいて生産されたフクトコブシ (*Haliotis diversicolor diversicolor*) 稚貝を用いた。実験に用いた稚貝の平均殻長と標準偏差は 19.9 ± 2.8 mmであった。実験に用いるまで、ろ過海水流水中で、週3回塩蔵ワカメを飽食量給餌して飼育した。

火山灰の混合がフクトコブシに及ぼす影響

火山灰が水質に及ぼす影響を調べるため、火山灰50gをろ過海水500mLに混合後の海水のpH、濁度 (nephelometric turbidity units, NTU)、溶存酸素 (mg/L)、塩分 (%) の経時的変化をマルチ水質モニタリングシステム U-21 (HORIBA) を用いて測定した。

火山灰の混合がフクトコブシに及ぼす影響を調べるため、1 L ビーカーにろ過海水を800mL 入れ、10 個体の稚貝をビーカー内側面のビーカー目盛400mL の位置に付着させた。投入する火山灰が100, 150, 200, 250g/L になるように実験区を4区設定した。火山灰を入れない区を設け対照区とした。火山灰を投入し攪拌した後、ビーカーを流海水中に置いて水温変化を防ぎ、エアストーンで弱く通気した。ビーカー水面には発泡スチロール製の蓋を浮かべ、実験個体が水上に移動するのを防いだ。火山灰投入直後のフクトコブシの行動を観察するとともに、24時間後と48時間後に各区の全個体の状態を調べた。ビーカー内側面に付着している個体及び、底面に脱落した個体のうちピンセットによる触角、上足、腹足への刺激に反応して動きが見られ、かつ人為的にビーカー内側面に付着させることのできた個体を生残個体として計数した。24時間後の生残個体については、同ビーカーでさらに

24時間飼育した。刺激に対して反応がなく再付着不可能なものは死亡個体として計数した。24時間後の死亡個体及び48時間後の全個体を Davidson 液 (Bell and Lightner, 1988) で固定後、殻を外して軟体部を観察するとともに、組織切片を作製して火山灰の影響を調べた。定法により組織をパラフィンに包埋後、5~10 μ m 厚の切片とし、ヘマトキシリン・エオシン染色を施して顕微鏡観察した。1回の実験は各1区とし、実験を3回繰り返して行った。各区間の24時間後及び48時間後の平均生残個体数を算出し、Stat View (SAS Institute Inc.) を用いて分散分析を行い処理区間の有意差検定は Games-Howell で行った。

結 果

火山灰の性状と粒度分布

火山灰は黒色のパウダー状で、顕微鏡観察では無色または茶褐色でガラス状の粒子や、比較的大型で黒色の粒子が認められた (Fig. 1)。任意に選んで撮影した3つの視野 (1 視野 1399μ m \times 1044μ m) 中の火山灰粒子径を計測し、その粒度分布を Fig. 2 に示した。計測した火山灰の全粒子数は6567で、粒径は 0.4μ m から 250.9μ m の範囲にあった。平均粒径は 15.4μ m で、粒径 14.0μ m 未満の粒子が全体の55%を占めていた。

火山灰の混合がフクトコブシに及ぼす影響

海水のpHは初め 8.10 ± 0.02 (平均値 \pm 標準偏差, $n=4$) であり、灰の混合により1時間後には 6.90 ± 0.05 に低下したが、時間の経過にしたがい徐々に元の値に近づいた。火山灰投入直後の濁度は非常に高く水中が見えない状態であったが (1時間後のNTU 55.6 ± 11.6)、灰の沈澱に伴って徐々に濁度の値は低下し、24時間後にはほぼ透明な状態にまで回復した (NTU 7.3 ± 1.9)。溶存酸素及び塩分については、大きな値の変化はみられなかった。

フクトコブシを付着させたビーカーに火山灰を投入すると、その直後からビーカー上方へ素早く移動を始める個体が多く観察された。移動途中でビーカー内側面から剥離して底面に落下した個体は、堆積した火山灰中で盛んに動き回り、それらのうちビーカー壁にたどり着いた個体は再び上方への移動を開始したが、その他の個体ではまもなく活動が停止した。また、内側面に付着している個体では、盛んに粘液を分泌して火山灰をくろめ取っているのが観察された。24時間後及び48時間後の各区の平均生残個体数を Table 1 に示した。24時間後の観察では、火山灰100g/L 区では死亡したのは3回の実験中1個体のみであったが、150,

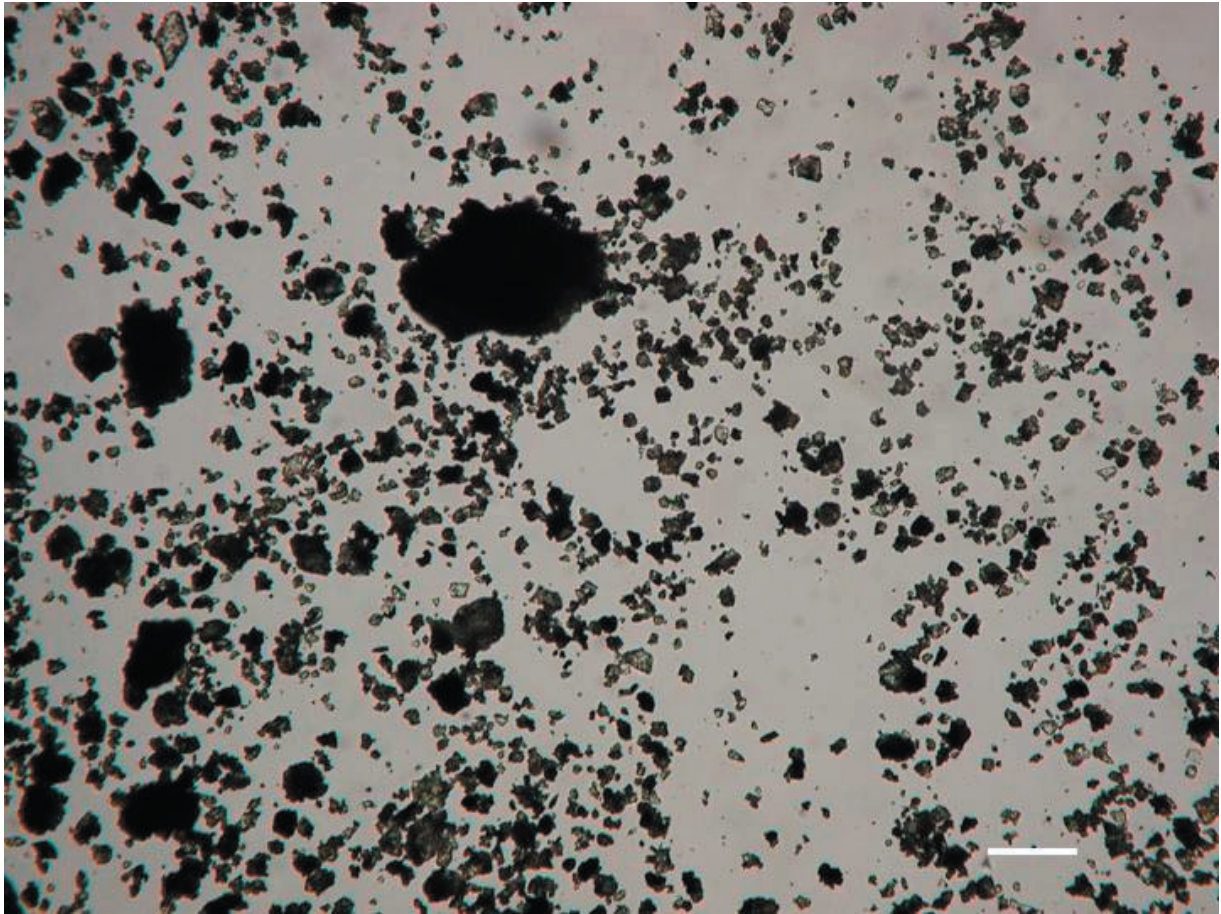


Fig.1. Micrograph of the volcanic ashes of Miyake Island. Bar, 100 μ m.

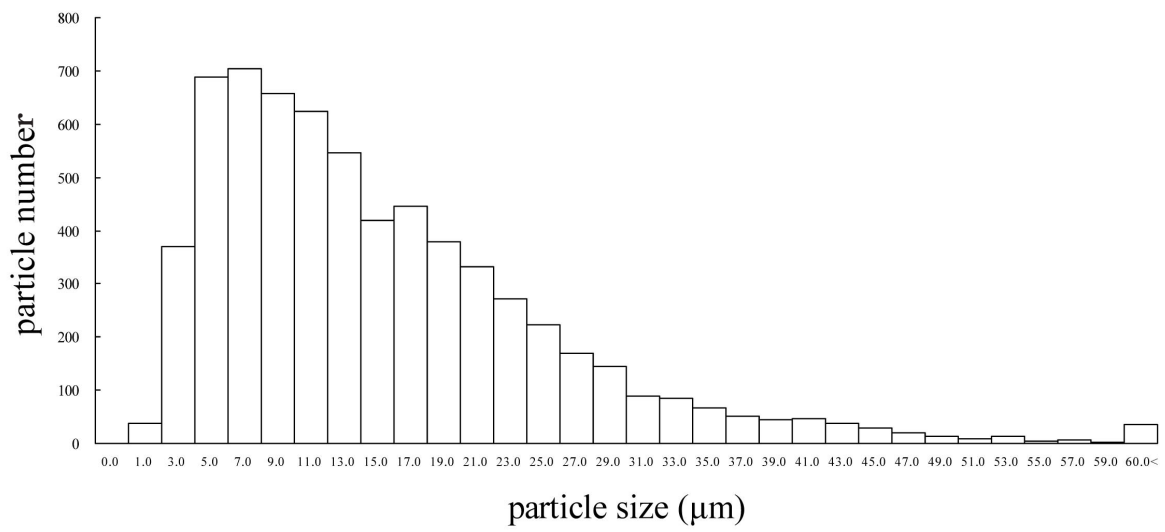


Fig. 2. Particle size distribution of the volcanic ashes of Miyake Island.

200, 250g/L区ではそれぞれ9, 12, 12個体であった。48時間後には150, 250g/L区において、さらにそれぞれ2個体が死亡した。対照区においてはピーカー内側面からの脱落個体や死亡個体は観察されなかった。24時間後の100g/L区と250g/L区の平均生残個体数間に有意差が認められた。150g/L区24時間後の死亡個体及び対照区48時間後の生個体を固定した試料につい

て、貝殻筋側から撮影した軟体部の写真をFig. 3に示した。実験区個体には腹足への火山灰の付着がみられ、頭部から外套腔にかけて火山灰が密に詰まっていた。その他の部位には火山灰の著しい付着は観察されなかった。これらの個体の鰓の組織切片を作製して観察したところ、火山灰と考えられる微粒子が鰓の間隙に観察された (Fig. 4)。

Table 1. The average numbers of alive abalones 24 and 48 hours after addition of volcanic ashes of different concentrations to rearing sea water

	0 (control)	100 g/L	150 g/L	200 g/L	250 g/L
24 hr	10.0 ± 0.0	9.7 ± 0.6 ^a	7.0 ± 1.7	6.0 ± 4.4	6.0 ± 1.0 ^b
48 hr	10.0 ± 0.0	9.7 ± 0.6	6.3 ± 1.2	6.0 ± 4.4	5.3 ± 2.1

Values with different superscript letters in the same line are significantly different (P<0.05). Values are means ± SD (n=3).

Table 2. The average numbers of alive abalones 24 and 48 hours after addition of volcanic ashes of different concentrations to rearing sea water

	0 (control)	100 g/L	150 g/L	200 g/L	250 g/L
24 hr	10.0 ± 0.0 ^{ab}	9.7 ± 0.6	7.0 ± 1.7	6.0 ± 4.4 ^a	6.0 ± 1.0 ^b
48 hr	10.0 ± 0.0 ^{ab}	9.7 ± 0.6 ^b	6.3 ± 1.2	6.0 ± 4.4	5.3 ± 2.1 ^{ab}

Values with same superscript letters in the same line are significantly different (P<0.05). Values are means ± SD (n=3).

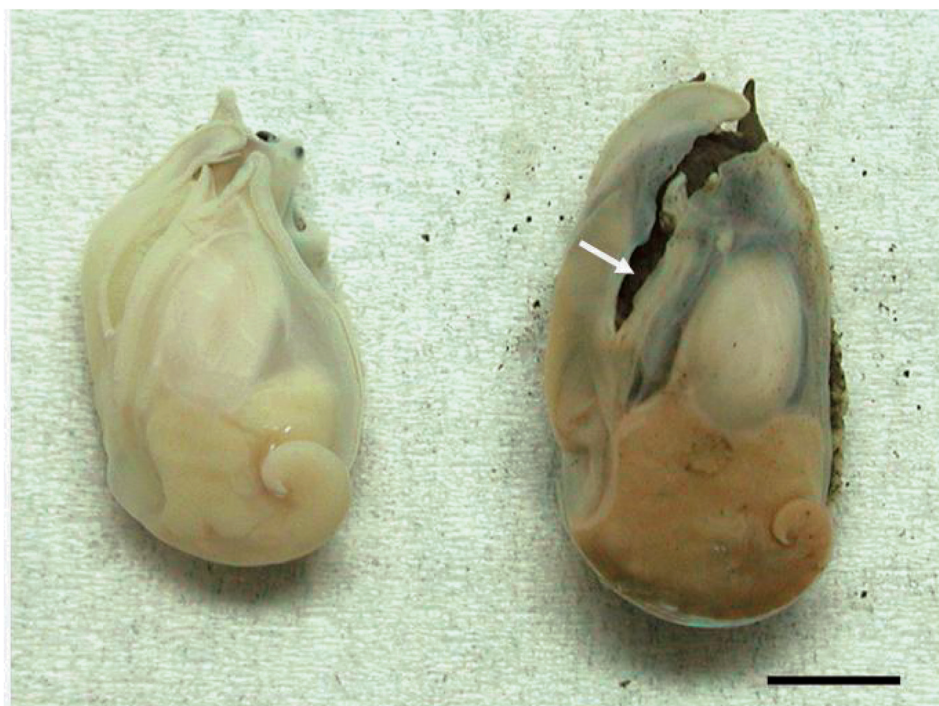


Fig. 3. Abalone which died after exposure to 150g/L of volcanic ashes in sea water for 24 hours (right) and the control which was fixed after 48 hours culture (left). An arrow indicates accumulated ashes in the mantle cavity. Bar, 5mm.

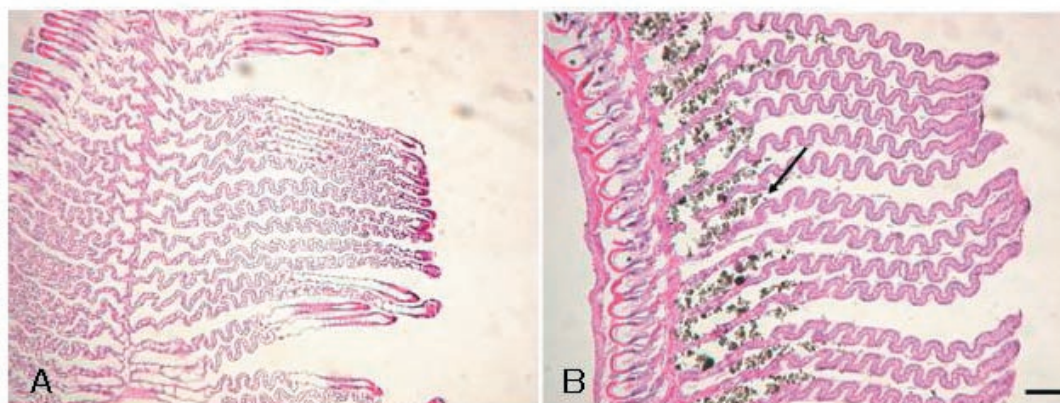


Fig. 4. Micrograph of histological section of gill of the control abalone (A) and the abalone exposed to 150g/L of ashes (B). Ashes are accumulated in the gaps between gill lamella (arrow in B). Bar, 100 μ m.

考 察

2000年に三宅島雄山の噴火直後に採取され本実験で用いられた火山灰は、全粒子の半数以上が粒径14.0 μ m未満と非常に細かな粒子であった。100g/Lの火山灰投入後の海水の水質は今回調べた項目では濁度以外大きな変化がなかった。火山灰が水質に及ぼす影響については、2000年3月に噴火した有珠山の火山灰を海水または水道水に1g/L投入してpH、濁度、塩分、DOを測定する実験が行われているが(水産庁北海道区水産研究所ら, 2000)、火山灰を海水に投入した場合はpH、塩分、DOにほとんど変化はみられていない。また、濁度は火山灰を入れた約1時間後まで急速に、その後はゆるやかに減少していくと報告されており、本報と同様の結果を示している。これらのことから、現場海域においては、火山灰が大量に海水中に入った場合は一時的にpHや濁度が変化する可能性はあるが、これらの項目については、長期にわたる水質の悪化が起こる可能性は低いと考えられる。

飼育水中に火山灰を直接投与した実験の結果から、フクトコブシは灰を察知して上方へと回避行動をとることがわかった。同様の回避行動は、カオリン微粒子とクロアワビ稚貝を用いた実験でも報告されている(坂本, 1978)。また、統計的有意差はほとんど認められなかったものの、平均生残個体数は投与する火山灰の増加とともに減る傾向がみられ(Table 1)、堆積した火山灰の上に落下した個体のうち、そこから脱出できなかった多くの個体は死亡することがわかった。アワビ類は頭部と貝殻の隙間から海水を取り込み呼吸水孔から排出する流れをつくり、外套腔内の鰓で呼吸

している(Crofts, 1929)。詳細な測定は行っていないが、1Lビーカーに100, 150, 200, 250g/Lの火山灰を投入したときの灰の堆積厚はそれぞれ9, 14, 18, 22mm程度になり、今回実験に用いた稚貝の殻高は5mm以下であった。観察では、灰投入直後よりも、ある程度時間が経過し灰の沈降が進んだ段階で脱落する個体が多く、灰の堆積作用によって稚貝が完全に埋没することは少なかったが、堆積した灰の上に落下した個体とその上を動き回ることによって灰の中への埋没を招いていた。そのため頭部が灰の中に埋没し、外套腔へ火山灰が入り込んで蓄積した(Fig. 3)と推測される。また、Fig. 4で見られる鰓の間隙の粒子は、形状と大きさから、火山灰粒子と考えられる。外套腔への灰の蓄積及び鰓への灰の侵入は、稚貝の呼吸効率を著しく低下させると推測される。したがって、本実験におけるフクトコブシの死亡は呼吸に困難をきたしたことが要因として推察される。また、より多量の灰の投与により、ビーカー内側面に付着した状態であっても、多くの灰を体内に取り込むことによって脱落し死亡した可能性も考えられる。さらに、体表からの多量の粘液の分泌が、ビーカーへの接着力を低下させて脱落に至った可能性もある。泥土を用いて行われた同様の実験においては、沈着した泥土に覆われたアワビは回避行動を示し、泥土量0.3~0.4%、堆積厚3~4cmで6時間以内に斃死する。また、その際は鰓部に泥土が密着していることが観察されている(五十嵐, 1944)。

今回の実験の観察では、投入した火山灰に対してフクトコブシは素早い回避行動をみせたことから、現場海域で沈降してきた灰に対しても同様な行動をとり、灰を回避したと推察される。ビーカー内側面への付着

を維持した個体はある程度生存可能であり、火山灰の沈降は予想以上に早かった。海域では波浪の作用を考慮する必要はあるものの、フクトコブシの生残に大きく影響するのはけん濁灰よりも堆積灰であると推察される。しかし、けん濁物が幼生の奇形出現率を増加させたり、稚貝の成長や成貝の生理に悪影響を及ぼすという報告がある（坂本ら，1980）。また、有害物質が火山灰から海水中に溶出する可能性も考えられる。三宅島磯根漁場ではテングサの増殖やフクトコブシの再生産が確認されてきているものの*，降灰が餌料藻類を枯らすなどの間接的な影響も考える必要があり、フクトコブシ資源の今後の動向は、沿岸生態系全体の変化・回復の中で考えていく必要がある。

謝 辞

火山灰とフクトコブシの提供及びそれらの輸送手配をしていただいた東京都水産試験場、東京都栽培漁業センターに厚くお礼申し上げます。本文を校閲していただいた東京都水産試験場（現東京都島しょ農林水産総合センター）の工藤真弘氏に深謝いたします。また、火山灰粒子の計測及び組織切片作製において実験補助をしていただいた野地美紀氏に感謝いたします。

文 献

- Bell, T. A. and Lightner, D. V., 1988: A Handbook of Normal Penaeid Shrimp Histology, Allen Press, Inc. Lawrence, Kansas, p. 2.
- Crofts, D. R., 1929: Haliotis, The University Press of Liverpool, pp. 43-49.
- 五十嵐彦仁, 1944: 泥土による鮑の被害に就て. 日本誌, 12(6), 202-203.
- 坂本博規, 1978: アワビに及ぼす濁りの影響試験 - I, 和水増試報, 10, 107-114.
- 坂本博規, 難波武雄, 小川 健, 1980: アワビに及ぼす濁りの影響試験 - II, 和水増試報, 11, 88-97.
- 水産庁北海道区水産研究所, 北海道立函館水産試験場, 北海道室蘭地区水産技術普及指導所, 2000: 有珠山噴火による海洋・生物への影響緊急調査報告書, pp. 30-48.
- 東京都水産試験場, 2001: 三宅島噴火, 神津島地震災害漁場調査, 平成12年事業成果速報, p.18.
- 東京都水産試験場, 2002: 三宅島噴火災害漁場調査, 平成12年度東京都水産試験場事業報告, pp. 48-49.
- 東京都水産試験場, 2003: 三宅島噴火災害漁場調査, 平成13年度東京都水産試験場事業報告, pp. 48-49.

*東京都水産試験場大島分場, 2003: 三宅島噴火災害影響調査・第15回