

## へい死大型クラゲが底質に及ぼす短期的影響の実験的検討

鈴木 矩晃<sup>\*1</sup>・武山 奈々<sup>\*1</sup>・熊野 芳明<sup>\*1</sup>

Studies on the Short-term Effects on the Bottom Sediment by Dead Huge

Nomura's Jellyfish *Nemopilema nomurai*

Noriaki SUZUKI<sup>\*1</sup>, Nana TAKEYAMA<sup>\*1</sup> and Yoshiaki KUMANO<sup>\*1</sup>

キーワード：大型クラゲ，エチゼンクラゲ，底質分析，仙台湾

近年，日本周辺海域で一般には大型クラゲと呼ばれるエチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* (以下，大型クラゲ) の大量出現が頻発し問題になっている。2000年以降では，2002，03，05，06，07年に大量出現があったとされている<sup>1)</sup>。2009年には日本海側から太平洋側沿岸にかけて大量出現しており，宮城県沿岸にも多数来遊し水産業に様々な被害をもたらした。

大型クラゲは中国の長江河口域～黄海沿岸で発生すると推定されており，東シナ海を通過して日本海を北上し，一部は津軽暖流に乗り東北地方の太平洋沿岸を南下すると考えられている。2009年は紀伊半島沿岸にまで南下したとの報告があり，その影響は全国的に大きな問題となった。宮城県では9月15日に石巻市金華山及び女川町江島の定置網から初報告があり，その後仙台湾で操業する小型底びき網や刺網，気仙沼市本吉町の大型定置網からも継続的に入網が報告された。最盛期とみられる11月下旬には，気仙沼市本吉町の大型定置網に約5千個体入網した報告があり，漁具被害や操業の停止，作業効率の大きな低下を招いた。このほかにも，銚子沖における大型クラゲの重さが原因の漁船転覆事故や，刺胞毒による人体被害及び漁獲物の商品価値低下などの報告が全国各地から寄せられた。

大型クラゲは2005年に国の有害生物に認定され，全国

的に様々な研究が実施されてきた。例えば，大型クラゲによる漁具被害を軽減するための漁具開発や，洋上での大型クラゲ駆除技術の開発，大型クラゲの分解試験，大型クラゲ有効利用技術の開発などである。しかし，へい死して海底に沈降・堆積した大型クラゲの底質に対する影響についての報告事例は見当たらない。近年仙台湾では底質の悪化が原因と推測される夏季の底層水の貧酸素化現象が頻発している。水深100m以浅の仙台湾においては各種漁船漁業や養殖業が盛んであり，自然死亡や漁業作業中の切断破片，海上投棄された大型クラゲなどが沈降・堆積した場合の底質に及ぼす影響が懸念されている。そこで本研究では，海底に堆積した大型クラゲが底質に及ぼす影響について実験的に検討し，知見が得られたので報告する。

### 材料と方法

実験に用いた大型クラゲは，第十六大師丸（静岡県所属，300t）が宮城県と福島県の県境付近の水深約200m海域でマサバ，スルメイカの旋網操業中に入網し，2009年12月2日に石巻魚市場に水揚げされたエチゼンクラゲである。また，供試泥は2009年11月19日に仙台湾の北緯38度11.051分，東経141度11.012分地点（水深約35m）で宮

<sup>\*1</sup>水産技術総合センター環境資源部

城県水産技術総合センター調査船「拓洋丸」にてスミスマッキンタイヤ型採泥器を使用して採取した。

採取した供試泥は5mm目合いのふるいを通しながらろ過海水を用いて洗浄し、プラスチック製コンテナ（長さ41cm×幅31cm×深さ16cm）3ヶにそれぞれ約15cmの深さに敷き詰めた。それらを宮城県水産技術総合センターの屋外水槽（長さ2.0m×幅1.0m×深さ0.5m）内に、コンテナが水没する水位で流水下に置き5日間安定させた。

実験期間は12月2日から12月18日までの17日間とした。まず、大型クラゲの傘を大きめ（3,536g）に切断し、コンテナの供試泥表面を覆うように静置し、これを試験区1とした。次いで、試験区1と同程度の大きさ（3,458g）のブロックを14片に切断分割した後、表面を供試泥で塗した上で底質上に静置し試験区2とした。これは、海底に沈降したクラゲが曳網等がかき回されて、細断され海底土にまみれた状況を想定したものである。さらに、無処理の対照区を設けた。試験区は試験区同士の影響及び試験区の対照区に対する影響を排除するために、対照区を上流に、二つの試験区を下流に並列して配置した（図1）。また、試験区1では供試クラゲの上下流両端に重しを乗せ、試験区2ではクラゲ断片の全数を覆うように枠付き網を被せ、それぞれ浮上防止を図った。実験水槽にはろ過海水を流し、排水口の位置調整により水深を33cmに設定した。流量は毎時約205Lで、これは1日8.2回転の換水率に相当した。実験期間中の水温を、週休日を除く毎日午前10時に実験水槽表層で棒状水銀温度計を用いて測定した。

測定分析項目は、試験区別の泥温、酸化還元電位（以下、ORP）、含水率、強熱減量（以下、IL）、全硫化物（以下、T-S）、化学的酸素要求量（以下、COD）とし、実験開始時と終了時にそれぞれ測定分析した。泥温は棒状水銀温度計を用い、ORPは酸化還元電位計（東亜電波工業株式会社製 HM-14P）を用いて、それぞれ各試験区に1cm程度突き刺して測定した。含水率、IL、T-S及びCODは、各試験区の表層泥を約1cm厚で採取し分析に供した。含水率は110℃で一昼夜以上乾燥し恒量後に測定した。ILは含水率分析後の試料を550℃で6時間強熱により、T-Sは検知管法により、CODはアルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法によりそれぞれ求めた。また、供試泥の物理性状を把握するために、ふるいを用いて分別し粒度組成を分析し、さらに粒径加積曲線から中央粒径を求めた。

また、へい死後の大型クラゲの海水中における挙動を推測するために、傘部分を用いて密度を求めた。

さらに、汚濁負荷の参考とするために供試クラゲの一般成分を傘部分と触手部分それぞれで分析した。分析方法は以下のとおりである。

水分：常圧加熱乾燥法

粗タンパク質：ケルダール法

粗脂質：クロロフォルム・メタノール混液抽出法

灰分：直接灰化法

糖質：100%からの上記4成分の差し引き



図1 試験区の配置

## 結 果

### 1 大型クラゲの経過観察

試験区1は実験開始から日数の経過とともに徐々に供試クラゲの厚みが薄くなり、全体的に形状が縮小し体積が小さくなった。しかし開始から17日経過しても完全には消失せず小さな塊となって残存した。外観の色調は開始当初やや薄い赤みがあったが、日数が経過するにつれ徐々に退色し、終了時点ではほぼ透明となった。

試験区2は試験区1と同様に、徐々に供試クラゲの厚みが薄くなり体積は小さくなった。開始から17日経過した時点で14片中3片は完全に分解し消失した。残る11片は完全には分解せず底質に貼り付くように薄く残存した。外観の色調は日数の経過とともに白濁した。

なお実験期間中の水槽の表層水温は7.1～14.6℃の範囲にあり、概ね緩やかに低下する傾向にあった（図2）。12月7日に大きく低下したのは、1日8.2回転という換水率の

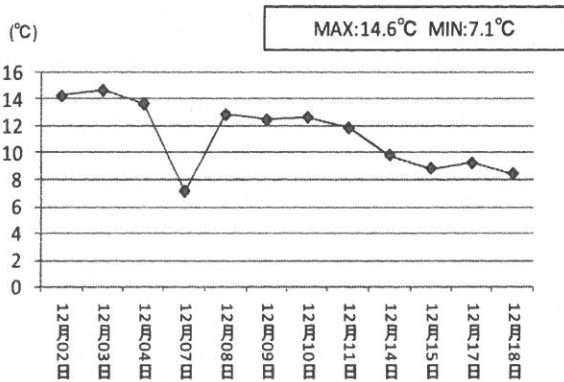


図2 実験水槽水温経過

低さと、注水口及び排水口をともに水面下に設定したことにより停滞した表層水が、気温の低下の影響を受けたためである。

実験開始時の泥温は全試験区で15.2°Cであった。実験終了時の泥温は対照区が7.6°C、試験区1が7.8°C、試験区2が8.0°Cであった。

2 底質への影響

実験に用いた海底土の粒度組成では、シルト含有率が76.5%と最も高く、中央粒径は0.031mmで、シルトに分類された(表1)。

含水率は、実験開始時と終了時の比較では、対照区で50.2%から45.9%へと大きく減少したが、試験区では変動が小さく試験区2ではむしろわずかに増加した(表2)。

表1 底質の粒度組成

粒径	0.500mm以上	0.250mm	0.125mm	0.063mm	0.063mm未満
名称	粗砂	中砂	細砂	微細砂	シルト
組成割合 (%)	0.6	0.7	1.5	20.7	76.5

表2 含水率, ORP 及び IL の変化

区分		含水率	ORP	IL
		%	mV	%
開始時	対照区	50.2	-197	6.0
	試験区1	49.0	-182	5.7
	試験区2	48.8	-150	5.5
終了時	対照区	45.9	-2	4.2
	試験区1	48.0	-404	4.2
	試験区2	51.1	-407	4.4

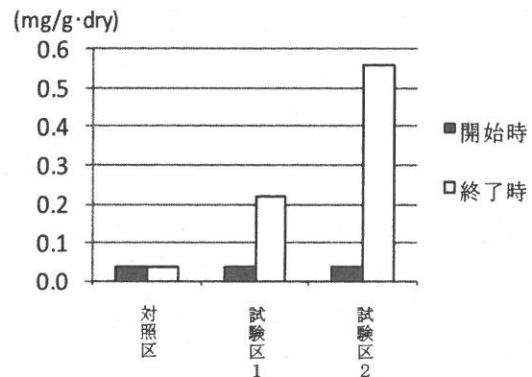


図3 T-S の変化

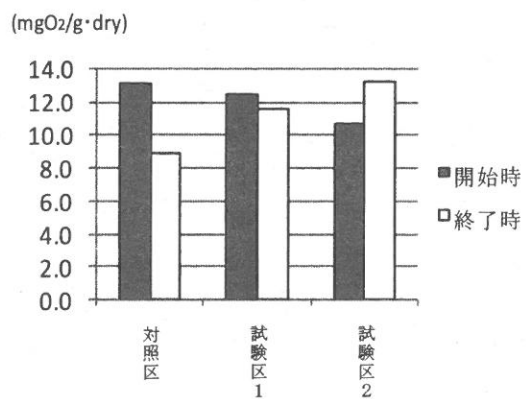


図4 COD の変化

ORPは開始時に-150mVから-197 mVの範囲にあったが、終了時には対照区で-2 mVと酸化が進行したのに対して、試験区では還元状態が促進し-400 mVを下回った。

ILは試験区、対照区ともに開始時より終了時に低い結果となった。

T-Sは、対照区では開始時と終了時に差がなかったが、試験区では終了時に高く、水産用水基準で定められた0.2mg/g·dryを超える値が検出された<sup>2)</sup>(図3)。特に、試験区2では大きく上昇し0.5 mg/g·dryを超えた。

CODは、対照区では13.1mgO<sub>2</sub>/g·dryから8.9 mgO<sub>2</sub>/g·dryへと大きく減少した(図4)。一方、試験区1ではやや減少したものの同レベルで推移し、試験区2では明らかに増加した。

次に、傘部分を適当に切り取った大型クラゲの比重は、4回の測定の平均値が1.025となった。これは測定当日の当センター地先の表層海水比重1.025と同じであった。



大型クラゲの一般成分は、傘、触手ともに水分が95%以上で構成され、粗タンパク質は0.2~0.3%であった(表3)。これは福井県の報告と差のない結果であった<sup>3)</sup>。

表3 一般成分分析結果 (%)

部位	水分	粗タンパク質	脂質	灰分	糖質
傘	96.0	0.2	0.0	2.7	1.1
触手	95.6	0.3	0.0	3.2	0.9

\*脂質は0.1未満

## 考 察

大型クラゲ(エチゼンクラゲ)が日本の沿岸に大量出現し各地に漁業被害をもたらした2005年度に、大型クラゲの分解試験が水産系試験研究機関で精力的に実施された<sup>4,5,6)</sup>。水槽実験は島根県水産試験場、福井県水産試験場、富山県水産試験場及び独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所・新潟県水産海洋研究所佐渡水産技術センターで行われ、様々な水温帯での分解・消失までの時間など多くの知見が収集された。実験のほとんどはクラゲを網袋やかごに入れて水中に垂下し、クラゲが分解・消失するまでを観察する方法がとられた。この方法によると、水温5℃以上なら24kgまでの傘部が11日以内に分解・消失するという。水槽底面に直置きした実験例は1例のみであったが、この場合は1kgの傘部が14日間経過しても消失しなかったと報告されている。今回の実験ではクラゲを海底土上に静置したが、17日間の実験期間内に消失することはなく、日本海区水産研究所などが実施したクラゲを水槽底面に置いた事例と類似した結果となった。ここではへい死したクラゲを捕食分解する生物や細菌などのスカベンジャーを考慮していないが、クラゲが海底に沈降中の分解速度と海底に着底してからの分解速度が異なることが示唆された。

海底に堆積したクラゲの分解が底質をどのようにに変化させるか実験前後の底質を比較したところ、大型クラゲの分解が影響したと考えられる分析項目は、ORPとT-Sであった。ORPは底質の還元状態が進行したことを、T-Sは底質中の硫化物が増加したことをそれぞれ示している。底質の還元状態の促進は、一般的には底質上に沈降した有機性沈降物を分解する過程において酸素を消費するこ

とにより引き起こされる<sup>7)</sup>。今回の実験で用いた大型クラゲは水分が95%以上で構成されており、有機物はごく少量であることから、分解過程において底質の還元状態が大きく進行するほどの酸素消費があったか疑問である。むしろ試験区に大型クラゲを静置し底質を覆ったことで、酸素(海水中の溶存酸素)が遮断され還元状態が進行したことが想定される<sup>8)</sup>。還元状態が進行した底質中では、硫酸塩還元細菌の増殖に伴い、硫酸イオンから生成された硫化水素が周囲の金属などと結合して硫化物が増加し、底質の悪化により、底生生物の生息にも影響を与え、さらに条件によっては海底の直上水から酸素を奪い、底層水の貧酸素化現象のような二次的影響が起こる場合もある<sup>9)</sup>。近年仙台湾の一部海域の底層では夏季に底質汚濁が主因と推測される貧酸素化現象が頻発しており、来遊した大型クラゲがこのような海域に大量に堆積すれば、底質に及ぼす短期的影響は小さくない。ただ、今回供試した大型クラゲの密度は1.025で、測定当日の当センター地先表層海水比重と同程度であった。したがって、へい死した大型クラゲが相当長期にわたって浮遊漂流することが容易に推測できるが、このことによって沈降・堆積場所が広範囲になるのか集積するのかは不明である。しかし、今回海底に沈下したクラゲの底質に及ぼす短期的な影響が実験的に明らかになったことから、大量来遊の翌年には夏季中心の調査により、長期的な底質への影響についても把握する必要がある。

## 要 約

寿命や各種漁業の操業などによりへい死し、海底に沈降・堆積した大型クラゲが底質にどのような影響を及ぼすのか実験的に検討するために、水温8.2~14.6℃、日換水率8.2回転の流量で17日間の水槽実験を実施した。

1) 大型クラゲの分解を観察したところ、一塊で海底土上に静置した供試クラゲは日数の経過に伴い体積が縮小し、色調も透明になった。しかしながら終了時(17日目)でも完全に分解されることはなく、小さな塊となって残存した。また予め14片に切断分割し、海底土を塗した試験区についても、11片は完全には分解・消失することはなかった。

2) ORPは-182mV及び-150mVから-400mV以下へと還元状

態が促進された。T-Sは大幅に増加した。

3) 海底に沈降した大型クラゲが、底質に及ぼす短期的な影響が実験的に明らかになったことから、底質環境の変化について継続的にモニタリングすることが望まれる。

## 謝 辞

大型クラゲの一般成分分析にあたり、宮城県水産技術総合センター水産加工開発部薮太郎副主任研究員をはじめ関係職員の皆様に多大な御協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 水産庁増殖推進部漁場資源課・独立行政法人水産総合研究センター (2009) 報道機関対象の勉強会「大型クラゲについて」, 22pp.
- 2) 社団法人日本水産資源保護協会 (2000) 水産用水基準, 96pp.
- 3) 独立行政法人水産総合研究センター (2007) 大型クラゲ加工マニュアル, 第3部関連資料, エチゼンクラゲの一般成分, 49.
- 4) 独立行政法人水産総合研究センター (2006) 漁具改良マニュアル-大型クラゲ対策のために-, 第3版, 27-48.
- 5) 島根県水産試験場 (2006) トビウオ通信号外, とびつくす, No.7, 3.
- 6) 井口直樹 (2009) 佐渡島における大型クラゲ分解速度の測定, 日本海リサーチ&トピックス, 5, 15-17.
- 7) 日本水産資源保護協会 (1980) 新編水質汚濁調査指針, 254-261, 東京, 恒星社厚生閣.
- 8) 渡辺裕・寺沢四郎 (1977) 生態学研究法講座29, 環境測定法Ⅲ, 132-141, 東京, 共立出版株式会社.
- 9) 日本水産資源保護協会 (1980) 新編水質汚濁調査指針, 254-261, 東京, 恒星社厚生閣.

