

# アワビの循環式陸上養殖における飼育水の色度低減に関する検討

鈴木 達也                      大島 義徳                      北村 潤一

(ビジネスイノベーション推進室)

井上 昌士                      金井 貴弘

(ビジネスイノベーション推進室)

## Study on Reduction of Chromaticity of Rearing Water in Circulating Land Aquaculture of Abalone

Tatsuya Suzuki    Yoshinori Oshima    Junichi Kitamura

Masashi Inoue    Takahiro Kanai

### Abstract

The Obayashi Corporation is working on the practical application of abalone land-based aquaculture; however, the labor cost of management is a drawback. Coloring of breeding water from residual food and feces makes the abalone less appetizing and hinders its growth. Previously, an electrolytic system was used to reduce chromaticity; however, because maintenance of the system is labor-intensive, we considered ozone treatment, which is easy to manage. It was found that an ozone concentration of 1 mg/L or less was sufficient to reduce chromaticity without adversely affecting abalone and water-treated microorganisms. Furthermore, combining ozone and microbial treatments in land-based aquaculture may be safer in reducing coloration. In future studies, the feasibility of the practical application of the ozone treatment technology is considered by conducting demonstration tests.

### 概 要

大林組はアワビ陸上養殖の実用化に取り組んでいるが、飼育設備の管理運用にかかる労力やコストが課題となっている。残餌やフンから生じる色度が濃くなるとアワビの餌食いが悪くなってしまい、良好な成長の妨げになってしまう。従来は色度の低減に電解装置を用いていたが、メンテナンスに非常に労力がかかるため、管理が簡便なオゾン処理の導入を検討した。オゾン処理の導入にあたり、飼育水の色度を低減でき、アワビや水処理に活用している微生物に悪影響を与えないオゾン濃度として、1 mg/L以下に管理すれば良いことを明らかにした。さらに陸上養殖において、オゾン処理と微生物処理を組み合わせることで、より安全に色度低減ができる可能性が示された。今後は実証試験での検討を重ね、オゾン処理技術の実用化に向けて取り組む。

### 1. はじめに

全国的な藻場の衰退とともに、藻場を餌場とするアワビの資源量が大幅に減少している。日本のアワビの漁獲量は、1987年に4,189トンであったが、2021年には707トンにまで減少しており、実際の生物資源量はさらに減少率が大きいとの予測もある<sup>1)2)</sup>。アワビは地域文化と結びついており、その資源維持への期待は大きい。

大林組では循環式陸上養殖（以下、循環式）により、環境負荷が少なく安定したアワビ生産技術の実用化に取り組んでいる<sup>3)</sup>。循環式では、微生物の力で水槽の飼育水に含まれる有機物や窒素化合物などを分解除去することで、清浄な水質を保つことができる。大林組はこれに加え、アワビの育成に適切な温度管理や水槽の衛生管理手法を確立したことで、殻長が3~4cmのアワビの稚貝を、約1年で平均7cm程度、最大では8.5cmに成長させられることを確認した。

飼育の条件検討などを経て、良好に安定したアワビの

飼育が可能になっているが、維持管理の省力化などによるコストダウンが重要課題となっており、特に飼育水中の色度を管理する装置のメンテナンス労力が大きい。色度は、飼育水の着色の程度を表す指標であり、残餌やフンなどの汚れから生じるフミン酸などの難分解性有機物の蓄積により上昇する。アワビは清浄な水を好むことが知られており、色度が上昇すると摂餌率が低下するため、安定飼育には飼育水の色度を低減する必要がある。

従来は電解装置と微生物処理の組合せで色度を低減していたが、電極板の間にカルシウムなどの塩類が析出し、目詰まりしてしまう。Photo 1はアワビ飼育実証装置で1カ月運用した電解装置の電極板で、析出した塩類により目詰まりを起こしている様子を示している。これを取り除くには危険な酸性薬剤による定期的なメンテナンス作業が必要となり、労力の負担が大きい。そこで、管理が簡便なオゾン処理の導入を検討した。本報告では、アワビや水処理に悪影響を与えないオゾン濃度や、実証規模での飼育水の色度低減効果について報告する。

## 2. 提案するオゾン処理の方法

### 2.1 オゾン処理における課題

オゾン処理は、代表的な植物由来の難分解性の色度成分であるフミン酸の処理に微生物処理と組み合わせる例<sup>4)</sup>や下水汚泥由来の難分解性有機物を活性汚泥法との組合せで除去効率を上げる例<sup>5)</sup>などが報告されているが、陸上養殖で生物処理と組合せて利用された報告例はほとんどない。また、オゾンやオゾン処理により生じる遊離塩素などの酸化物質は多くの生物にとって有害であるため、水処理を担う有用微生物やアワビに悪影響を与えない処理条件を明確にする必要があった。



Photo 1 電解装置における塩類の析出  
Precipitation of Salts in Electrolysers

### 2.2 提案するオゾン処理方法

Fig. 1に大林組の循環式設備の概要図を示す。上図は実際の飼育で運用している設備であり、循環する飼育水を物理ろ過および生物ろ過で処理することで、水質を維持管理している。また、色度の低減には電解装置を使用しており、前述した定期的なメンテナンスが必要となる。

下図は上図の電解装置をオゾン処理に替えた場合を示している。オゾン処理には反応時間が必要なため、フィルタを通した飼育水の一部をオゾン処理槽に貯留して、オゾンを曝気攪拌することで色度を低減させる。また、フィルタから生物ろ過槽への分岐水流は常に循環している。オゾン処理槽の後段には活性炭槽を設置しており、オゾンや遊離塩素などの残留有害物を除去する。

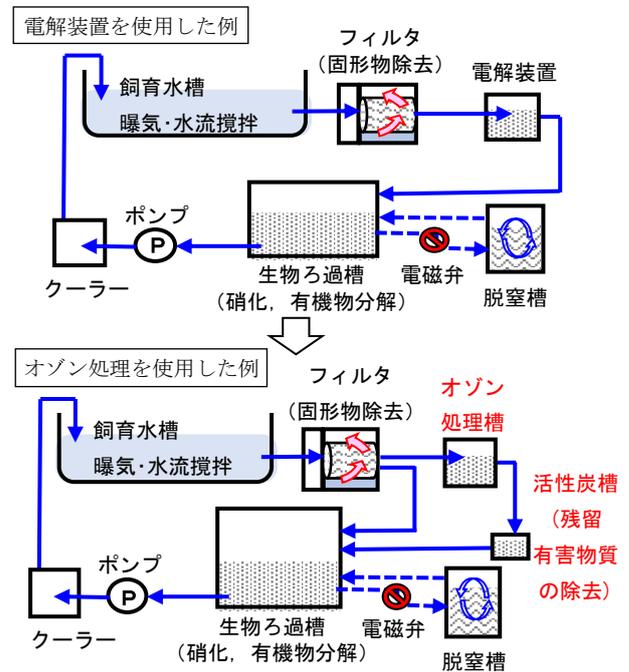


Fig. 1 アワビ循環式陸上養殖施設の概要  
Overview of Abalone Circulation Type  
Land Aquaculture Facility

## 3. 室内試験

### 3.1 目的

色度が5以上になると摂餌率の低下がみられることから、アワビ飼育水の色度管理値を5未満と定めている。しかしながら、経験的に良好な成長には色度は低い方が望ましく、色度を2.0以下まで低減できるオゾン濃度を検証するため、はじめにバッチ反応試験を実施した。

上記のオゾン濃度条件をもとに、オゾン処理の生体への影響を調べるため、室内飼育しているアワビにオゾン水を定期的に接触させ、継続的に飼育観察することでその影響を調べた。さらに、飼育水のアンモニア(以下、NH<sub>3</sub>)を硝化処理している微生物への影響を調べるため、硝化細菌を馴養した担体にオゾン処理水を接触させ、硝化能力への影響を調べた。また、オゾン曝気後に生じた遊離塩素を微生物担体に接触させたときの遊離塩素を減少させる効果を調べ、オゾン処理と微生物処理の組み合わせの有効性を検証した。

### 3.2 オゾンによる飼育水の色度処理条件の検討

3.2.1 試験方法 アワビの陸上養殖実証の水槽から採取した飼育水を対象にオゾン処理を行い、色度低減に必要なオゾン濃度を検証した。本試験では、残餌やフン

Table 1 反応試験に用いた飼育水と排水の性状  
Properties of Breeding Water and Wastewater  
used for Reaction Tests

測定項目	単位	飼育水	排水	測定法
pH		8.3	7.8	JIS K 0102 12.1
全有機炭素(TOC)	mg/L	4.7	69	JIS K 0102 22.2
浮遊物質(SS)	mg/L	8.5	100	S46環告第59号
COD・Mn	mg/L	3	82	JIS K 0102 17
可溶化リン	mg/L	6.6	4.7	JIS K 0102 46.1
濁度	mg/L	3.2	320	厚労省告示第261号
色度		1未満	110	厚労省告示第261号

などのフィルタろ過の逆洗で生じた排水を飼育水に少量添加して色度を調整した。試験に用いた飼育水と排水の性状をTable 1に示す。なお、色度は1.5, 2.5, 3.5, 4.0および5.5になるように調整し、これらを初期色度とした。

反応試験は、100 mLビーカーに色度調整したアワビ飼育水と攪拌子を入れ、オゾン曝気した30‰人工海水を添加し、混合直後および5分後に色度を測定した。オゾン曝気水は、オゾン発生装置(ワコーシステムコントロール, KR-15AP-3)を用いて作製し、5°Cで保管したものを使用した。なお、オゾン濃度は4-アミノアンチピリン比色法(共立理化学, WAK-O3)で計量し、処理過程で生じる酸化物質はジエチル-p-フェニレンジアミン法に準じた試薬(共立理化学研究所, WAK-CIO-DP)で遊離塩素として比色検量した。また、色度の測定管理には、デジタル濁色度計(共立理化学研究所DTC-4DG)を用いた。当該装置では、水質管理のための測定<sup>9)</sup>に準じ、フミン酸などが呈する淡黄色から黄褐色を対象とした390 nm波長の吸光度を測定し塩化白金酸コバルト標準液と比較換算している。

**3.2.2 試験結果と考察** 飼育水をオゾン曝気水に5分間反応させた後の色度をFig. 2に示す。グラフ上の初期オゾン濃度0 mg/L軸上のプロットは、反応前の初期色度値を示している。反応初期のオゾン濃度と5分後の色度において、おおそ初期オゾン濃度が高いほど5分後の色度が低い傾向が見られた。また、すべての場合で5分後の色度は初期色度を下回っており、オゾン濃度に比例して低減効果が確認できた。

実際の循環式で運用する際は、飼育水が循環して繰り返し処理される中で、前述の室内試験より長い反応時間を確保することが可能であるため、色度を管理基準値未満に低減する効果は十分に期待できると考えられる。

一方で、オゾンやその反応によって生じる遊離塩素などの酸化物質は、低濃度範囲で運用したい。今回の試験から、1 mg/L以下のオゾン濃度であっても色度の低減が確認できた。さらに0.5~1 mg/Lのオゾン濃度で低減効果が促進されたことから、アワビの陸上養殖においては、0.5~1 mg/Lの低濃度でのオゾン処理が有効と考える。

### 3.3 オゾン処理の微生物処理性能への影響評価

**3.3.1 試験方法** 水処理に用いる微生物へのオゾンの影響を調べた。本試験の反応条件をTable 2に示す。初期NH<sub>3</sub>濃度は5 mg/Lおよび10 mg/L、担体量は3g, 9g, 33gとし、担体量による影響差を検証した。Fig. 3のように、300 mLビーカーに攪拌子、微生物担体およびオゾン濃度3 mg/Lに調製した30‰人工海水200 mLを入れ、スターラーで攪拌し、担体をオゾン曝気水と3分間反応させた。その後、担体を残置して人工海水を入れ替えた後、塩化アンモニウム(以下、NH<sub>4</sub>Cl)を所定のNH<sub>3</sub>濃度になるように加えて、19時間攪拌し、硝化反応によるNH<sub>3</sub>濃度の減少を確認した。さらに、同じ微生物担体に対し再びオゾン曝気水の1時間処理と、それに続くNH<sub>4</sub>Cl溶液の19時間

処理を繰り返し、オゾン処理の繰り返しによる影響を調べた。

なお、オゾン無処理の微生物担体についても、同様のNH<sub>3</sub>の減少試験を実施して比較した。

**3.3.2 試験結果と考察** 微生物による硝化反応の試験結果をTable 3に示す。初期NH<sub>3</sub>濃度が10 mg/Lのケースにおいて、オゾン処理をしない無処理の場合では、200 mLの溶液に入れる担体量を増やすほどNH<sub>3</sub>を減少させた。担体量が少ないケースの結果(Table 3の網掛け部)において、オゾン処理を繰り返しても残留NH<sub>3</sub>濃度にほとんど差がなく、90%以上が硝化された。担体を増やしたケースにおいては、オゾン処理を行うと残留NH<sub>3</sub>が増える傾向が見られたものの、2回目に1時間処理した場合でも90%以上が分解し、大きな硝化活性の低下はなかった。

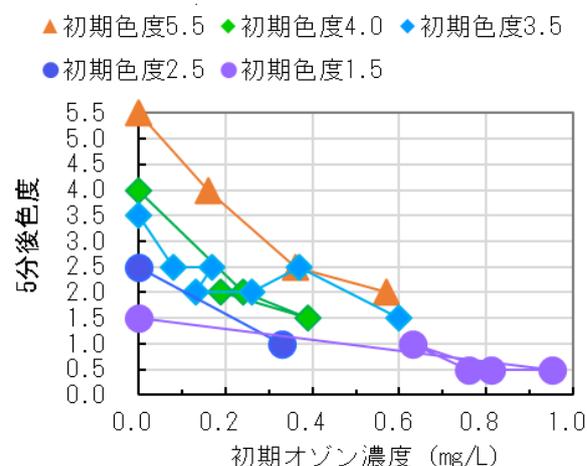


Fig. 2 オゾンの色度低減効果  
Ozone Chromaticity Reduction Effect

Table 2 硝化検証の試験条件

Test Conditions for Nitrification Verification		
初期NH <sub>3</sub>	担体量	共通条件
5 mg/L	3 g	人工海水 200 mL, スターラー攪拌 25°C, Over Night
	9 g	
	33 g	
10 mg/L	3 g	
	9 g	
	33 g	

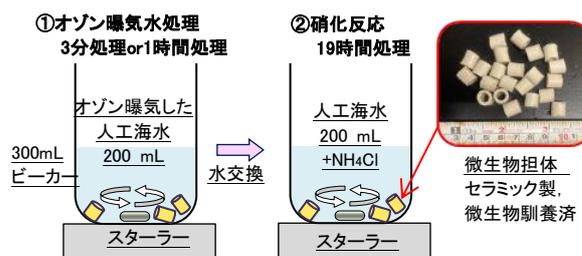


Fig. 3 微生物処理への影響評価試験  
Impact Assessment Test on Microbial Treatment

た。微生物担体量によらず硝化効率に大きな差が見られなかった理由として、NH<sub>3</sub>濃度が担体最小量3 gでも十分に分解できる負荷であったことが考えられる。

前述の色度低減試験から、処理時のオゾン濃度は0.5～1 mg/Lを想定するため、本試験での3 mg/L は実際に微生物担体が暴露される濃度より高い。また、実際の養殖施設に実装する微生物ろ過槽では、今回試験に比べて飼育水に対する担体量が多い。したがって、今回の試験では、実際の処理時よりも相対的に微生物担体が受けるオゾンの影響が大きく、より厳しい条件での検証ができたと考えられる。以上より、本試験で水処理の代表的な微生物である硝化菌の活性が保持されたことで、オゾン処理と微生物処理が両立可能であることが示された。

### 3.4 微生物による遊離塩素の無害化の確認

**3.4.1 試験方法** 多くの微生物は、カタラーゼなどの分解酵素により遊離塩素などの酸化物質を無害化できる。このことから、陸上養殖の水処理に用いる微生物でも、オゾン処理によって生じた遊離塩素などの酸化物質を無害化できるかを検証した。

本試験は、Fig. 3と同様の器具を使用して実施し、初期の遊離塩素濃度が3 mg/Lになるようにオゾン曝気水の添加量を調整した。微生物担体の添加量を50 gとし、3分ごとに42分まで採水して遊離塩素濃度を測定した。なお、微生物担体で継続的に遊離塩素の除去が可能かを検証するために、同じ条件で繰り返し3回試行した。

また、微生物や担体への吸着か、微生物の無害化作用によるものかを区別するために、滅菌した微生物担体を用いて同様の反応試験を行った。さらに、滅菌後の菌体由来の有機物への吸着による遊離塩素の減少を検証するため、滅菌方法は次亜塩素酸処理と高温高圧滅菌処理を比較した。担体の前処理条件をTable 4に示す。

**3.3.2 試験結果と考察** 3 mg/Lの遊離塩素を微生物担体に接触させて、繰り返しその変化を調べた結果をFig. 4に示す。滅菌処理をしていない担体では、42分で0.1 mg/L未満まで遊離塩素が減少し、3回繰り返しても同様に減少した。今回の試験で調製した遊離塩素濃度は3 mg/Lであり、実際の養殖施設で想定する1 mg/Lの3倍濃い濃度であった。このように、想定以上に濃い濃度の遊離塩素に繰り返し曝露しても、微生物による遊離塩素の無害化効果が維持されたことから、オゾン処理により生じた遊離塩素は微生物担体で繰り返し無害化が可能ながことが示唆された。

高温滅菌処理した担体では、初回は30分で1 mg/L程度まで減少したものの、2回目は僅かな減少にとどまり、3回目はほとんど減少しなかった。1回目は、残留した微生物の死菌体への吸着あるいは、微生物死菌体が被酸化物となり遊離塩素を消費したことなどで遊離塩素が減少したと考えられるものの、2回目以降は破過したもしくは、微生物遺体由来の易分解性有機物が消費されて減少したと考えられる。一方で、微生物の生菌がいる通常の担体

では、抗酸化酵素などの機能によって繰り返し遊離塩素の処理が行えたと推定される。

次亜塩素酸処理した担体は、初回も遊離塩素を全く減少させなかったため、2回目以降は打ち切った。次亜塩素酸により死菌体が除去されたため、吸着除去する余力がなかったものと推定される。

### 3.4 オゾンのアワビへの影響確認試験

**3.4.1 試験方法** 50L比較飼育試験装置 (Photo 2) において、飼育水中のオゾン濃度が1 mg/Lとなるようにオゾン水を2回/日の頻度で添加し、アワビへの影響を調べた。殻長が2.8～4.3 cmで平均3.5 cmのアワビ稚貝を用い、各試験区には70匹ずつを入れ、37日間飼育した。試験ケースをTable 5に示す。オゾン添加区は、オゾン曝気して冷蔵保管した人工海水のオゾン濃度を計測し、飼育水全体で1 mg/Lになる量を換算して添加した。平日のみ2回/日の頻度で添加して、アワビのエサ食いや水面上昇するなどの異常行動の有無、へい死率を計測した。

50L飼育装置は、ピペット洗浄器に微生物を馴養したセラミック担体を充填して乾湿を繰り返す硝化装置とフンや残餌を除去するための泡沫分離装置、曝気装置を付けた。30%の人工海水で水温は16℃に調整し、硝酸などの蓄積を防ぐため全量の水交換を週に1回行った。

**3.4.2 試験結果と考察** オゾン添加区の摂餌量は無

Table 3 オゾン処理の硝化菌への影響試験

Effect of Ozone Treatment on Nitrifying Bacteria

担体量	添加 NH <sub>4</sub>	無処理	O <sub>3</sub> 暴露1回 3mg/L,3min	O <sub>3</sub> 暴露2回 3mg/L,1 hr.
3g	5	0.22(96%)	0.23(95%)	0.37(93%)
9g		<0.2(>96%)	0.34(93%)	0.27(95%)
33g		<0.2(>96%)	0.30(94%)	0.39(92%)
3g	10	0.66(93%)	0.62(94%)	0.72(93%)
9g		0.42(96%)	0.72(93%)	0.63(94%)
33g		<0.2(>98%)	0.71(93%)	0.78(92%)

表中の数値は19時間後のNH<sub>4</sub>濃度：mg/L

(表中括弧書きは減少割合)

Table 4 用いる担体の前処理条件

Pretreatment Method of Microbial Carrier

試験区名	概要
処理なし (菌あり)	飼育水処理で馴養した微生物担体をそのまま使用
次亜塩素酸 処理	2,400mg/L次亜塩素酸(ウイルス消毒基準の2倍の濃さ)に1時間浸漬後流水洗浄
高温高圧 滅菌処理	121℃, 15分処理後 流水洗浄

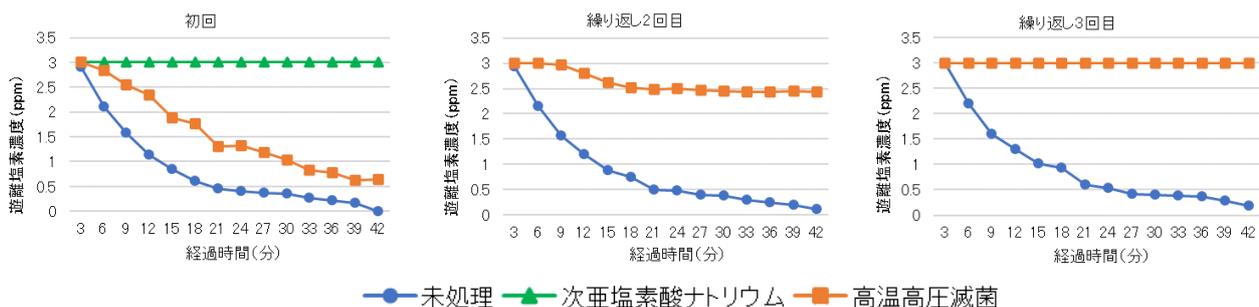


Fig. 4 生物担体による遊離塩素無害化試験

Ozone Aeration Water Detoxification Test using Biological Carrier

処理区と全く同様でエサ残しはなく、水面付近に上昇するなどの異常行動も見られなかった。また、70個ずつ飼育したアワビが37日の全期間を通じて、へい死は水流用ポンプに巻き込まれる事故が原因の1匹のみであった。実際の養殖での運用濃度として想定される最大1 mg/Lのオゾンでは、仮にそのまま飼育水槽に流れ込んだ場合、少なくとも1カ月はアワビに悪影響を与えないことが確認された。

4. 実証施設での試験

アワビ陸上飼育の実証装置にオゾン処理を導入し、オゾン処理による色度の低減効果、必要な反応時間およびオゾン処理槽容量を実証規模で検証した。

4.1 養殖実証施設での性能試験

4.1.1 試験方法 実際の養殖施設規模でのオゾン処理を検証するため、大林組で試験を実施しているアワビ陸上養殖実証施設にオゾン処理設備を導入して検証した。本施設は飼育水量が約20 m<sup>3</sup>で最大2万個のアワビを中間養殖している。1日で飼育水全量の処理を目標とするため、オゾン処理槽は1 m<sup>3</sup>容量とした。装置の断面図と運転状況を撮影した写真をそれぞれFig. 5とPhoto 3に示す。オゾン発生器 (VIGO MEDICAL社, FGA5000) を水中ポンプとナノバブル発生ノズルを組合せたナノバブル発生器 (VIGO MEDICAL, MF3-1-L) につないで攪拌水流を起こしつつ、オゾン溶解させた。運転時には1 m<sup>3</sup>のオゾン処理槽の下流に200 L容量の活性炭槽を設け、処理後飼育水を生物ろ過槽へ流入させることとした。

本実験においては、未処理の飼育水流入による色度値の変化を防ぐため、飼育水を1 m<sup>3</sup>処理槽に満たし、パッチ反応試験を行った。ナノバブル発生装置でオゾンを導入させ、経時的に色度を計測した。色度計測に合わせて、オゾン濃度と遊離塩素濃度を測定した。

4.1.2 試験結果と考察 オゾン曝気中の色度と遊離塩素濃度の経時変化をFig. 6に示す。色度は測定器で5回繰り返し測定した平均を示し、標準偏差を図の誤差範囲として示した。色度は2.3であったものが15分で1まで低下し、1時間で定量限界 (0.5 度) 未満となった。遊離塩素は、30分まで定量限界 (0.1 mg/L) 未満であったが60

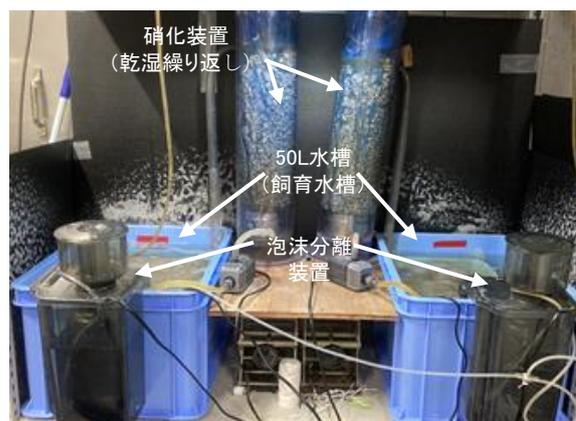


Photo 2 50L容量アワビ飼育水槽  
50L Capacity Abalone Breeding Tank

Table 5 オゾンのアワビへの影響試験条件

The Conditions for Ozone Impact Test on Abalone	
試験区名	飼育水
無処理区	オゾン処理なし 16°C, 1回/日給餌, 1回/週水交換
オゾン添加区	オゾン1 mg/Lとなるよう2回/日添加 その他は無処理区と同じ

分で0.08 mg/Lが計測された。オゾンはいずれも定量限界 (0.2 mg/L) 未満であった。なお、同様の運転条件で人工海水のみを対象にオゾンを導入させた際には、30秒後に1 mg/L, 30分後には2 mg/Lまでオゾン濃度が上昇することを確認している。この違いは、飼育水中では様々な不純物に反応して分解もしくは遊離塩素などに変化しているためと考えられる。

遊離塩素の発生も色度が定量限界まで低下するまで上昇しないことから、この装置を用いて30分から1時間の滞留時間であれば下流側に過度な酸化物質としての負荷をかけることなく、色度を半減させることができる。また、オゾン処理槽容量も妥当だったことが検証できた。

Table 6 にオゾン処理前後の水質分析の結果を示す。色度は定量限界未満まで低下したものの、TOCとCODは処理前と処理後で変化がなかった。色度の元となる有機物が部分的に酸化して無色になるものの、それを二酸化炭素にまでオゾン処理だけで完全分解することは困難と

考えられる。

ただし、前述の通り、微生物処理と組み合わせることで色度の原因物質の除去率が向上されることから、オゾン処理での有機物の変質が、生物ろ過槽の微生物による有機物の吸着および分解効率を高めている可能性がある。今後は、生物処理との繰り返し除去の可能性や作用の仕方を詳細に検討していくことがこの方法の安定した性能の維持には有効と考える。

## 5. まとめ

アワビの循環式において、色度低減処理を電解装置からオゾン処理に替えることで、メンテナンスの省力化を実現した。また、飼育水の色度低減における、オゾン処理と生物処理の組み合わせ効果を室内試験と実証試験で確認した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 濃度0.5~1 mg/Lのオゾン処理がアワビ飼育水の色度低減に効果があることを確認した。
- 2) 3 mg/Lのオゾン濃度では1時間浸漬させても微生物担体の硝化能力は低下しないこと、オゾン処理によって生じる遊離塩素などの酸化物質を微生物担体で繰り返し除去できることが示された。
- 3) 色度低減に用いる濃度のオゾン水に曝露しても、アワビおよび水処理用の微生物へ悪影響を与えないことが示された。

今後、実証試験で継続して従来の生物処理にオゾン処理を組合せた装置の検証を継続し、オゾン処理の実適用を目指していきたい。

## 謝辞

ジャパンマリポニックス株式会社の内尾 義信氏と白石 哲朗氏には実証規模でのオゾン発生装置の選定をはじめとして有意義なご助言とご協力を賜りました。また、株式会社FRDジャパンの辻 洋一氏と小泉 嘉一氏には、アワビ飼育に関して多くのご助言を賜りました。ここに心からの謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 小島博他：アワビ類資源の回復をめざす取り組み、豊かな海、No.49, pp.68-74, 2019.
- 2) 農林水産省 海面漁業生産統計調査 漁業・養殖業生産統計 魚種別漁獲量 あわび類
- 3) 大島義徳他：アワビの閉鎖循環式陸上養殖の可能性、令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会要旨, VII-45, 2020.
- 4) 惣田訓他：微細気泡オゾン処理-生物処理によるフミン酸試薬の3次元励起-傾向スペクトルの変化、日本水処理学会誌, 第58巻第2号, pp.55-60, 2022.
- 5) 西村文武他：オゾン添加活性汚泥法による有機性微

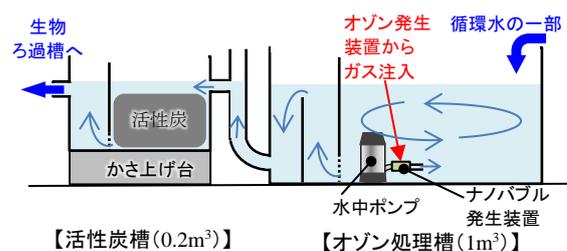


Fig. 5 オゾン処理槽の概要図  
Schematic Diagram of Ozone Treatment Tank



Photo 3 実証施設のオゾン処理槽  
Ozone Treatment Tank at the Demonstration Facility

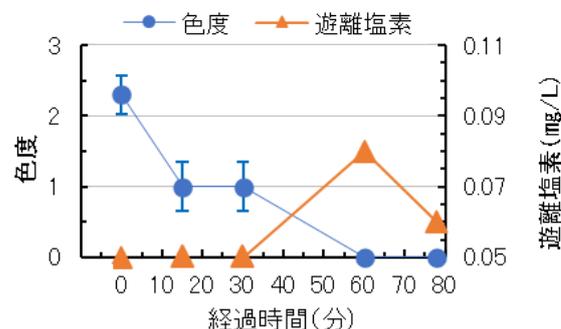


Fig. 6 色度の経時変化  
Chromaticity Change Over Time

Table 6 オゾン処理前後の水質

Water Quality before and after Ozone Treatment				
測定項目	単位	処理前	処理後	測定法
pH		7.7	7.7	JIS K 0102 12.1
TOC	mg/L	1.6	1.6	JIS K 0102 22.2
COD・Mn	mg/L	2.3	2.3	JIS K 0102. 17
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	0.2	<0.2	JIS K 0102 .42
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	0.03	<0.01	JIS K 0102 .43
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	1.7	1.7	JIS K 0102 .43

- 6) 厚生労働省 水質管理のための測定, 厚生労働省告示第261号別表36号平成15年