

# オゾンナノバブル水によるシラウオの脱臭試験

静 一徳・雫石 志ノ舞・眞家 永光<sup>1</sup>

## 目 的

小川原湖における水産物の墨汁臭（2-メチルイソボルネオール、以後 2-MIB）軽減のために、生きた状態で水揚げされるヤマトシジミでは表面洗浄や砂出し、短期蓄養等による脱臭が行われているが、死んだ状態で水揚げされるワカサギやシラウオでは有効な脱臭方法が未だ無い。

オゾンの持つ強力な酸化力と分解性の高さは高品質で安全な生鮮食品を供給する上で大きな利点があり、オゾン水は生鮮野菜や魚介類の洗浄消毒などに広く使われている<sup>1-4)</sup>。そこで本研究では、水揚げ後の墨汁臭が着臭したシラウオについて、オゾン水に浸漬することにより脱臭が可能か検討した。

## 材料と方法

### (1) 試料

2022年9月に水揚げされた後、漁業協同組合による通常の出荷作業として、ゴミや異物を取り除くため氷水で2回洗浄されたシラウオを、各試験区につき370g~380g使用した。この時期のシラウオからは摂食時に墨汁臭が確認されていた。

オゾン水として、(株)安齋管鉄社製オゾンナノバブル発生装置(AZ-FB-03W-5mg/10L-02A)によって製造したオゾンナノバブル水を使用した。深さ20cmほどのコンテナに、装置設定でオゾン濃度3.96mg/Lのオゾンナノバブル水を連続注水しながら、コンテナのオゾンナノバブル水へシラウオをザルに入れて浸漬した。コンテナへの注水量は計測しなかったが、常にかんりの量の水がコンテナから溢れるように注水した。シラウオは浸漬中に適宜攪拌した。サンプリングは浸漬前(0分)、浸漬3分後、5分後、10分後に行った(4試験区)。

### (2) 官能試験

20代~50代の男性10名、女性3名により生食時の墨汁臭の強さについて官能評価を行った。評価者は評価用紙(付図1)に従い、各試験区のシラウオの墨汁臭の強さを6段階(1~6)で評価した(採点法)。評価者に対しては食味する試料の違いについての情報を提供せずブラインドテストとした。

オゾンナノバブル水への浸漬時間がシラウオの墨汁臭の強さに及ぼす効果についてマルチレベル順序ロジットモデルにより評価した。墨汁臭の強さを応答変数(順序尺度)、オゾンナノバブル水への浸漬時間を説明変数、評価者についてはランダム効果とした。統計解析には統計ソフトR(ver. 4.3.1)を使用した。

### (3) 処理による品質の変化

各試験区で処理後のシラウオの外観を目視観察と実体顕微鏡にて観察した。また保管中のドリップの量と色を観察した。

## 結果と考察

### 1. 官能評価

評価者によって墨汁臭の感じ方には大きな個人差があったものの、全体としてはオゾンナノバブル水への浸漬時間が長くなるほど墨汁臭の強さを弱く感じる傾向にあった(表1)。

マルチレベル順序ロジットモデルによる解析の結果、シラウオの墨汁臭の強さはオゾンナノバブル水へ

---

<sup>1</sup> 北里大学獣医学部

の浸漬時間に対して有意な負の関係を示した ( $p < 0.01$ 、表 2)。オゾンナノバブル水への浸漬時間と墨汁臭の強さを各点と答える割合の関係（限界効果、図 1）について、1、2 と答える確率はオゾンナノバブル水への浸漬時間が長くなるほど増加し、3 と答える確率はオゾンナノバブル水への浸漬時間と明確な関係を示さなかったが、4、5、6 と答える確率はオゾンナノバブル水への浸漬時間が長くなるほど減少する傾向にあった。これらの結果からシラウオの墨汁臭はオゾンナノバブル水への浸漬時間の経過に伴い低減したと考えられる。

表 1. 官能試験結果  
値は墨汁臭の強さ (1~6)

評価者 ID	オゾンナノバブル水浸漬時間			
	0分	3分	5分	10分
A	2	4	1	1
B	5	2	2	4
C	4	4	2	1
D	5	5	3	2
E	5	5	1	1
F	6	5	3	4
G	5	2	2	3
H	6	3	4	5
I	3	1	5	3
J	5	4	5	4
K	2	1	5	1
L	1	2	1	1
M	5	5	5	5

表 2. マルチレベル順序ロジットモデルによる解析結果

予測子	$\beta$	SE	p値	オッズ比	95%信頼区間 (オッズ比)
オゾン浸漬時間	-0.224	0.0789	0.0046	0.799	0.685-0.933
1 2	-2.77	0.703	<0.001	0.0625	0.0158-0.248
2 3	-1.60	0.613	0.0090	0.202	0.0607-0.670
3 4	-0.975	0.592	0.099	0.377	0.118-1.20
4 5	-0.128	0.580	0.83	0.880	0.283-2.74
5 6	3.08	0.887	<0.001	21.8	3.83-124

指標	値
ICC	0.320
Marginal R <sup>2</sup>	0.123
Conditional R <sup>2</sup>	0.401

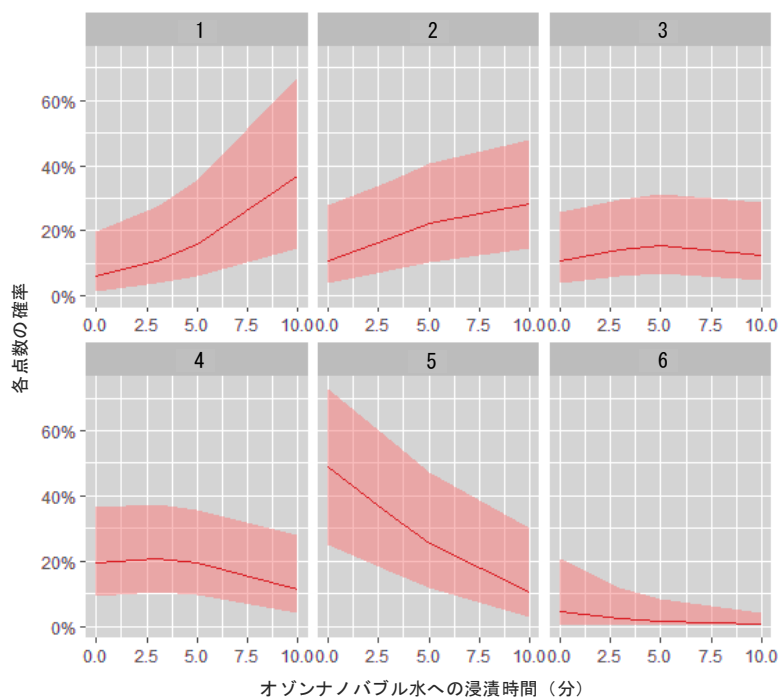


図 1. オゾンナノバブル水への浸漬時間と各点数になる確率の関係（限界効果）。網掛け部分は 95%信頼区間

## 2. オゾンナノバブル水によるシラウオの品質への影響

シラウオの食物である甲殻類の影響か、オゾンナノバブル水へ浸漬前のシラウオは薄い橙色を帯びていたが、浸漬後のシラウオは薄い橙色がやや薄まる傾向があった。この現象についてはオゾンの脱色作用が関係している可能性がある。冷蔵保管中のドリップ量は浸漬時間が長い試験区ほど多くなる傾向があった。またドリップの色は浸漬時間が長い試験区ほど黒色を呈する傾向にあった。これらの品質の変化は浸漬 5 分までは緩やかであったが、浸漬 10 分では顕著であった。処理から 7 時間後の顕微鏡観察では、オゾンナノバブル水への浸漬時間が長い試験区ほどシラウオの眼球の崩壊が進んでおり、ドリップが黒色になる要因と考えられた。浸漬時間の経過に伴うドリップ量の増加や眼球崩壊の機序としては、オゾンによるシラウオの細胞膜の破壊が推察される。



図 2. シラウオ外観（左からオゾンナノバブル水浸漬 0 分區、3 分區、5 分區、10 分區）

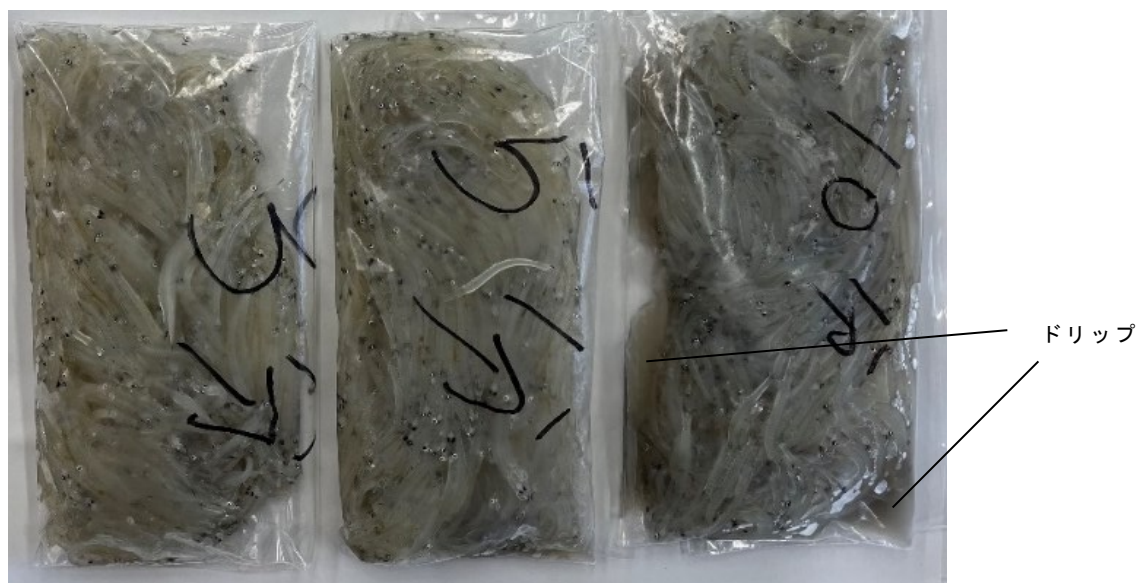


図 3. シラウオからのドリップ状況（オゾンナノバブル水浸漬から約 7 時間後、左からオゾンナノバブル水浸漬 3 分區、5 分區、10 分區）

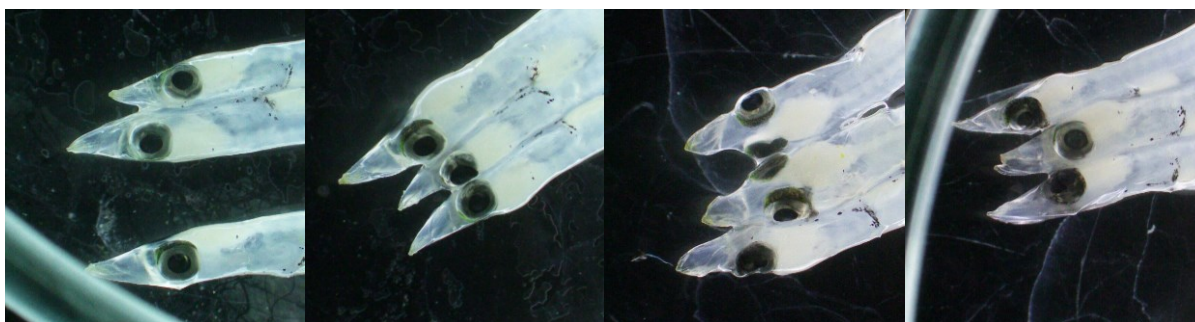


図 4. シラウオの眼球の状況（オゾンナノバブル水浸漬から約 7 時間後、左からオゾンナノバブル水浸漬 0 分區、3 分區、5 分區、10 分區）

### 3. まとめと今後の課題

本試験の結果から、水揚げされ死んだ状態のシラウオでもオゾンナノバブル水に浸漬することで墨汁臭を低減させることが可能と推察される。オゾンナノバブル水による墨汁臭低減の機序について、シラウオの体表面または体内の異臭物質（2-MIB）がオゾンにより酸化分解されることが考えられる。しかしながら本研究では2-MIB濃度分析は行っていないため、今後分析して実証する必要がある。

オゾンナノバブル水への浸漬時間は長いほど墨汁臭が低減すると考えられたが、同時にシラウオの品質劣化も進むことが確認された。特に浸漬10分ではドリップ量が多く、外観観察でも眼球の崩壊など顕著な影響が認められた。今回の実験で設定したオゾン濃度3.96 mg/Lの条件下では浸漬時間を5分までとすることで品質劣化を低く抑えつつ墨汁臭の低減が可能と推察される。今後はオゾン濃度や浸漬時間の条件の組み合わせ等を検討することで、品質劣化を抑えながら脱臭効果を最大化する条件の最適化を図ることができると考えられる。

### 謝 辞

試料提供、試験に際しては小川原湖漁業協同組合に協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 内藤博敬（2018）野菜の保存技術研究～オゾンを利用した野菜の保存条件検討～．野菜情報，174，36-42.
- 2) López Hernández K, Pardío Sedas V, Rodríguez Dehaibes S, Suárez Valencia V, Rivas Mozo I, Martínez Herrera D, Flores Primo A, Uscanga Serrano R. (2018) Improved microbial safety of direct ozone-depurated shellstock Eastern oysters (*Crassostrea virginica*) by superchilled storage. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2802.
- 3) 日本医療・環境オゾン学会（2017）環境分野におけるオゾン水の利用指針「基礎編」（第2版）
- 4) 角田出，高瀬清美（2022）オゾンファインバブル処理によるマガキの生理活性および品質の向上．石巻専修大学研究紀要= *Bulletin of Ishinomaki Senshu University*, (33), 11-16.

付図 1. シラウオ官能試験用紙

年齢： \_\_\_\_\_ 性別： \_\_\_\_\_

区ごとに検食した感想を以下に○して下さい。

○シラウオから墨汁臭（カビ臭）を

A 区

1. 感じない
2. かすかに感じる
3. 多少感じるが気にならない
4. 感じる
5. はっきりとを感じる
6. 強烈に感じる

B 区

1. 感じない
2. かすかに感じる
3. 多少感じるが気にならない
4. 感じる
5. はっきりとを感じる
6. 強烈に感じる

C 区

1. 感じない
2. かすかに感じる
3. 多少感じるが気にならない
4. 感じる
5. はっきりとを感じる
6. 強烈に感じる

D 区

1. 感じない
2. かすかに感じる
3. 多少感じるが気にならない
4. 感じる
5. はっきりとを感じる
6. 強烈に感じる