

ナノバブルを活用した貧酸素及び底質の改善効果 検証業務

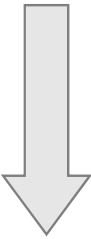
目次

1. 検討の背景と目的
2. ナノバブルとは
3. ナノバブル発生装置の設置位置
4. ナノバブル発生装置の能力及び配置
5. ナノバブル発生装置の稼働及び試験工程
6. 設置位置における底層溶存酸素量と流向・流速
7. 検証結果
8. 総合評価
9. 課題

1. 検討の背景と目的

○背景

- 平成28年3月「水質汚濁に係る環境基準」に底層溶存酸素量追加(環境庁告示) 注) 環境基準では、底層は湖底(海底)から1m以内としている。
- 平成30年度に諏訪湖における底層溶存酸素量の水域類型指定を検討するために必要な情報収集を実施



類型指定の検討にあたり、
沖合における改善手法も見据える必要がある。

○目的

- 改善手法のひとつとして、ナノバブル発生装置の活用による貧酸素及び底質の改善効果等を検証

2. ナノバブルとは（1）

- ナノバブル（超微細気泡）とは、おおよそ**50 μm 以下の小さな気泡**と考えられている。
- 検証で用いたナノバブルの上昇速度を算出した結果、0.12cm/hであり、**ほとんど浮上しない**と考えられる。

$$U = \frac{R^2 \rho g}{3\mu}$$

U : 気泡の上昇速度 (m/s)

R : 球の半径 (ナノバブル平均粒径: 84.7nm (後述))

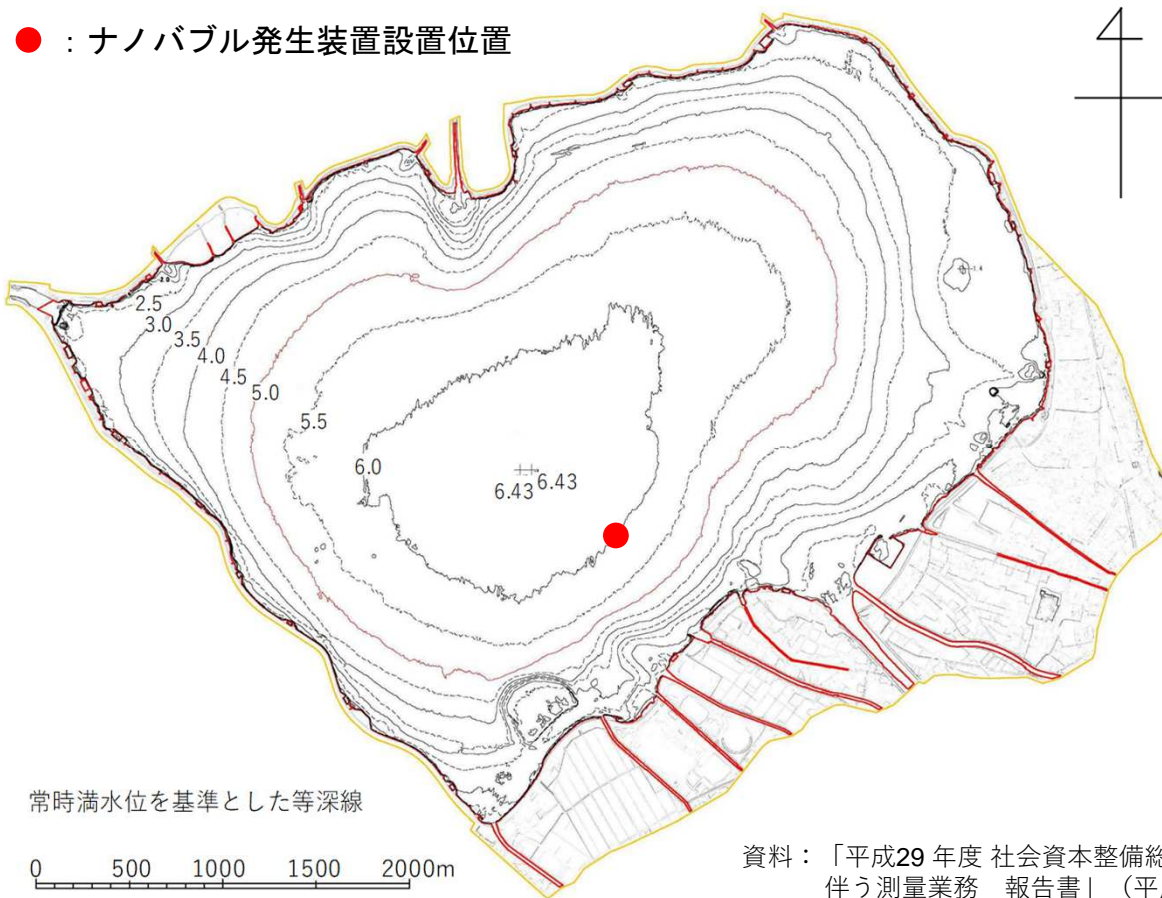
ρ : 水の密度 (998.22 kg/m³)

g : 重力加速度 (9.8 m/s²)

μ : 空気の粘性係数 (1.8×10^{-5} Pa·s)

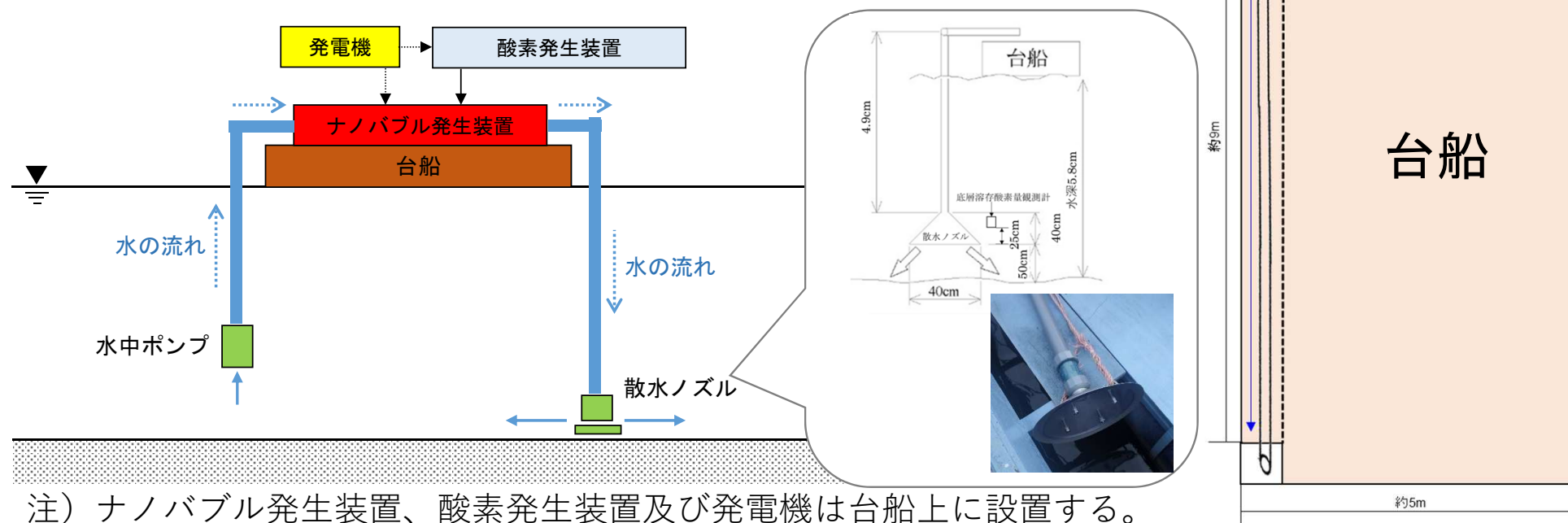
資料: 柳瀬眞一郎, 松浦宏治, マイクロバブル研究の進展, ながれ34(2015), 355-362

3. ナノバブル発生装置の設置位置



4. ナノバブル発生装置の能力及び配置

- 酸素発生装置からの酸素供給量：最大 8L/min (0.2MPa)
- 酸素濃度：80～90%
- 散水ノズルからの酸素供給量：6.4L/min以上程度 (計算上)



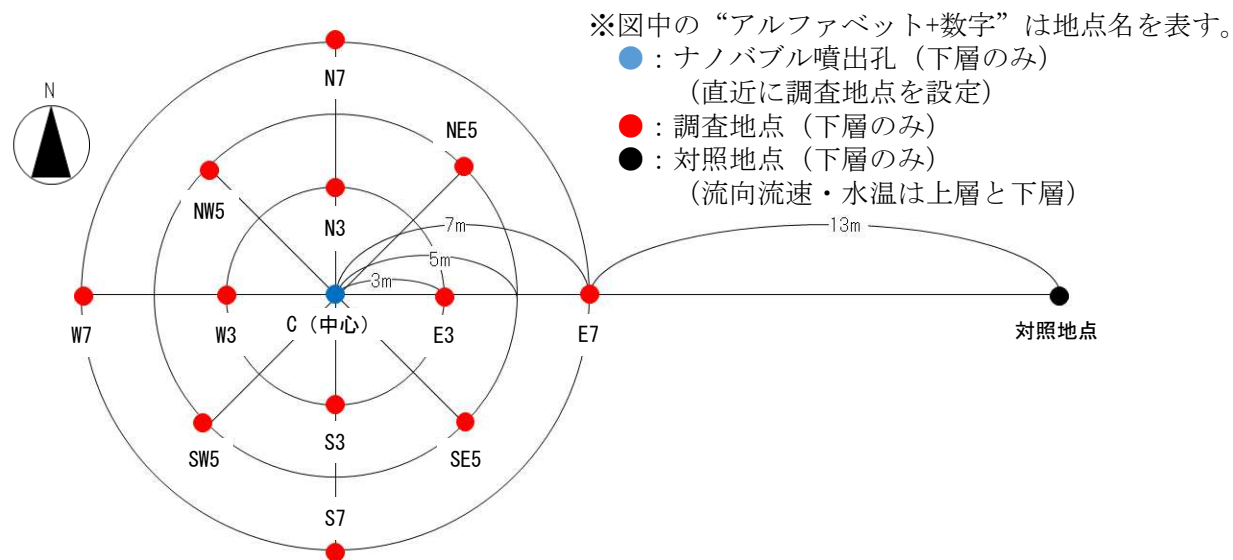
注) ナノバブル発生装置、酸素発生装置及び発電機は台船上に設置する。

5. ナノバブル発生装置の稼働及び試験工程

○稼働時期

2019年 8月21日 (水)

2019年 9月 6日 (金)
(湖底に約16日間連続酸素供給)



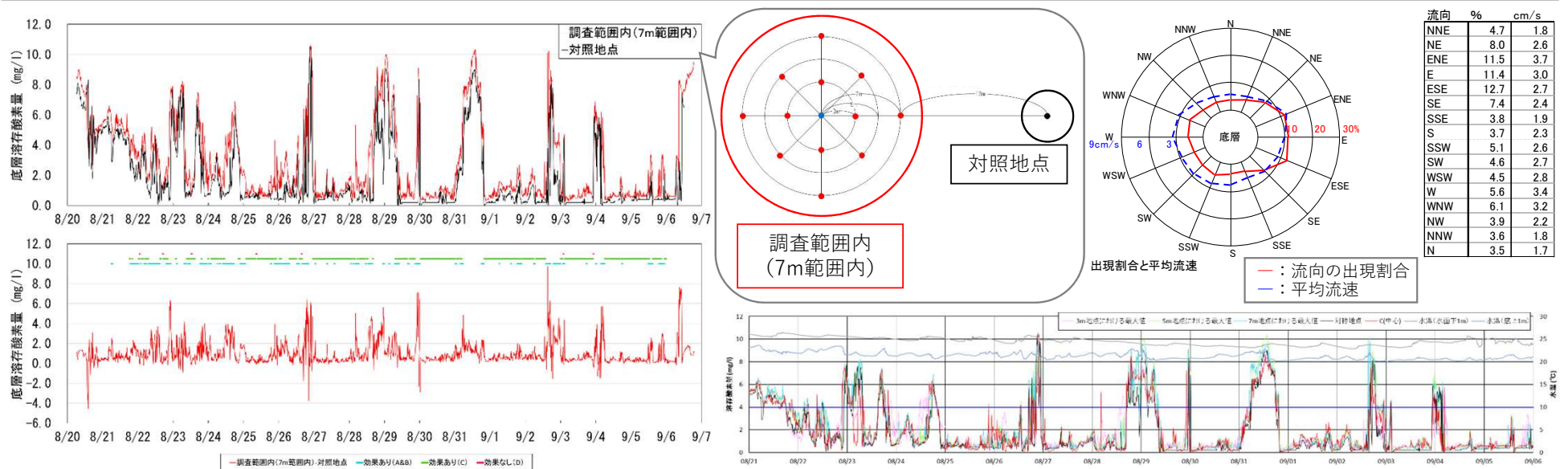
項目	流速	流向	水温	底層溶存酸素量	pH	酸化還元電位	COD	底質 (SOD)
地点	1地点: 対照地点		14地点: 全地点		13地点: 調査範囲内 (7m範囲内)			
位置	上層・下層			下層				底質
頻度	連続観測				稼働前及び稼働中			稼働前後

項目	8/20	8/21	8/22	～	9/05	9/06
ナノバブル発生装置		●	→	→	→	●
底層溶存酸素量・流速	●	→	→	→	→	●
水質		●			●	
底質		●				●

●：設置・調査
 →：稼働

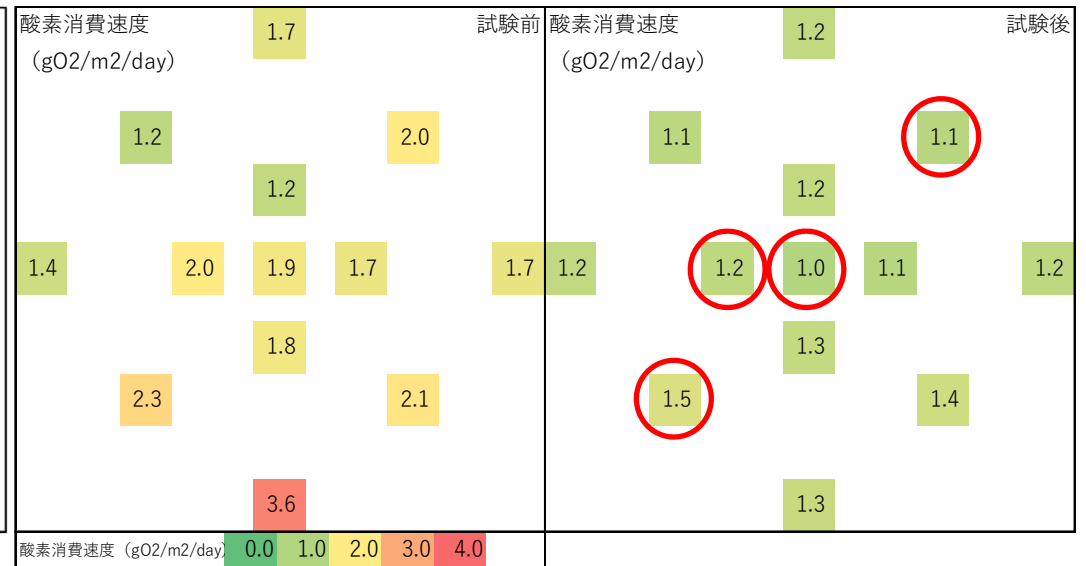
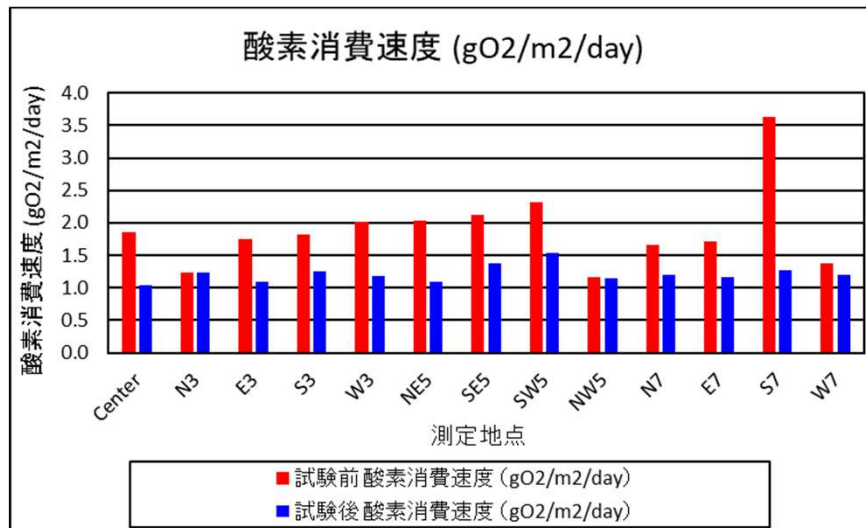
6. 設置位置における底層溶存酸素量と流向・流速

- 調査地点において、**貧酸素（2mg/L未満）を確認**。（他の調査（長野県実施）でも貧酸素を確認）
- 調査範囲内（7m範囲内）の大部分は**対照地点の底層溶存酸素量と同等か、それ以上の値**を示す。
- 底層の流向は**東から**がやや多い。



7. 検証結果（底質調査の結果）

- 底質に含まれる**有機物の減少**が示唆される。
（酸素消費速度は減少、強熱減量は1%前後ではあるが減少）
- 酸素消費量（ $0.8\text{gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ 以上の減少）：NE5・W3・Center・SW5



7. 検証結果（まとめ）（1）

底層溶存酸素量

調査範囲内（7m範囲内）の大部分は対照地点以上の底層溶存酸素量である。

- ・ 調査範囲内のいずれかの地点で対照地点より底層溶存酸素量が高いデータ群は全データ群の80.61%
- ・ このうち、調査範囲（7mの範囲内）と対照地点との差が1mg/L以上の地点がある割合は25%程度
- ・ 対称地点との差が2mg/L以上の地点がある割合は11%程度

底質

酸素消費速度と強熱減量の減少より、改善効果（有機物の減少）が示唆される。

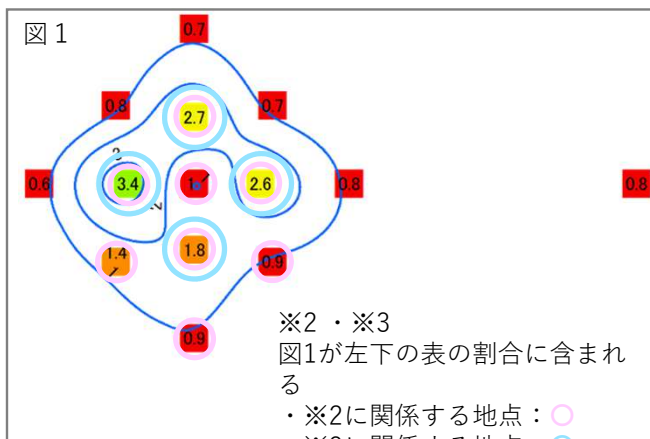
7. 検証結果（まとめ）（2）

酸素収支		
<p>酸素供給量を踏まえ収支を試算した結果、供給量に対して層厚1mの場合36%、層厚2mの場合61%が消費されたとみられる。 {消費量=(①+②+③)/④}</p>		
16日間における調査範囲内（7m範囲内）の		
有機物分解量	1m ² の平均あたり	69.7g
	153.86m ² あたり	10,731 g
有機物分解で消費された酸素量 ^①	153.86m ² あたり	28,616 g
水中における酸素消費量 ^②	層厚1mの場合 層厚2mの場合	2,462 g 4,924 g
底層溶存酸素量の増加分の酸素量 ^③	層厚1mの場合 層厚2mの場合	63,780 g 127,500 g
		ナノバブル発生装置の酸素供給量 ^④
		16日間
		263,314g
		酸素余剰量（供給量-消費量）
		層厚1mの場合 層厚2mの場合
		168,457g 102,215g
<p>※ 調査範囲内における面積：153.86m²</p> <p>●消費量は層厚、水中の酸素消費量は有機物量、生物量により左右されることがあるため、算出した余剰分がすべて調査範囲外に流出したかどうかは明確ではない。</p>		

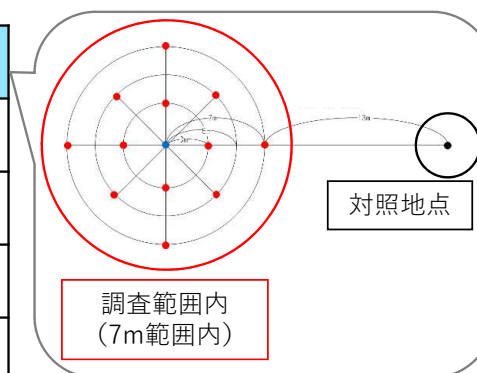
8. 総合評価（改善効果（範囲））

○水質

- ・局所的な改善が確認された。
（調査範囲内で約1/4の割合（25.21%）が対照地点より1 mg/L以上）
 - ・最も改善効果みられたのは、中心から3m地点である。
対照地点より1mg/L以上の値がみられたの割合※1について、中心から7m地点は中心から3m地点の1/2であった。
 - ・諏訪湖の40%程度の水域について、試算した結果、30,000台以上が必要（かなり高額となる。）。
- ※実証試験の費用：360.6万円、改善効果の範囲：半径7m（1台あたり）



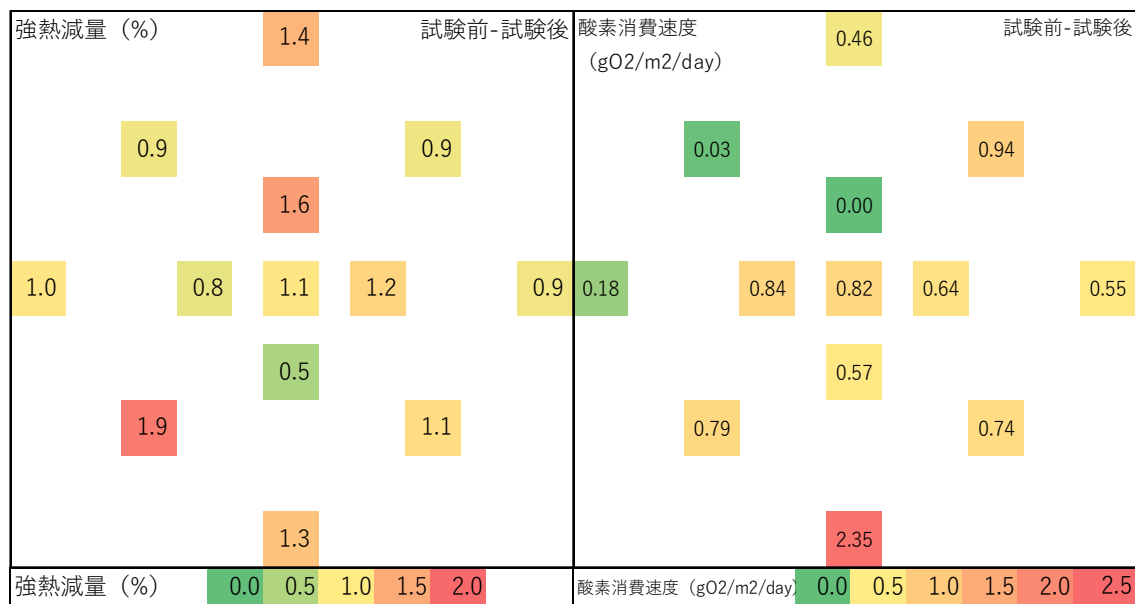
対象	> 対照地点	≧ 対照地点+1 ※1
調査範囲内のいずれかの地点	80.61%※2	25.21%※3
中心から3m地点の平均値	44.86%※2	5.86%※3
中心から5m地点の平均値	51.32%※2	3.73%
中心から7m地点の平均値	40.78%	2.82%



8. 総合評価（改善効果（範囲））（2）

○底質

複数の測定地点において酸素消費速度の減少等の改善効果が示唆された。
 酸素供給量の約36%が底質の有機物分解に寄与したとみられる（層厚1mの場合）。
 強熱減量：実証試験前後で1%程度の減少。
 酸素消費速度：N3及びNW5は実証試験前後で大きな変化はない。
 他の地点では0.18～2.35gO₂/m²/dayの減少。



9. 課題

●電源の確保

諏訪湖の湖心を中心とした沖合での底層溶存酸素量の改善を実施する場合（ナノバブルを含むすべての改善対策に対して）

●漁業への配慮

漁業者が利用する時期は、装置が漁獲等に支障を与える可能性があるため、設置することが困難

ご清聴ありがとうございました。