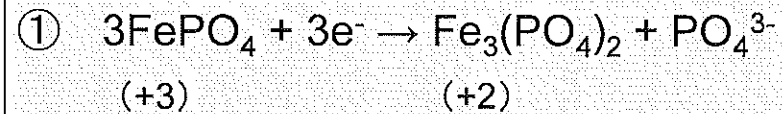
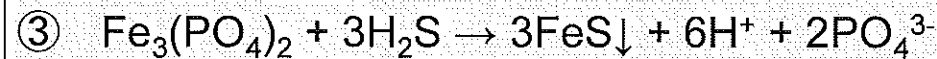


PO₄³⁻ が水中に放出されるメカニズム



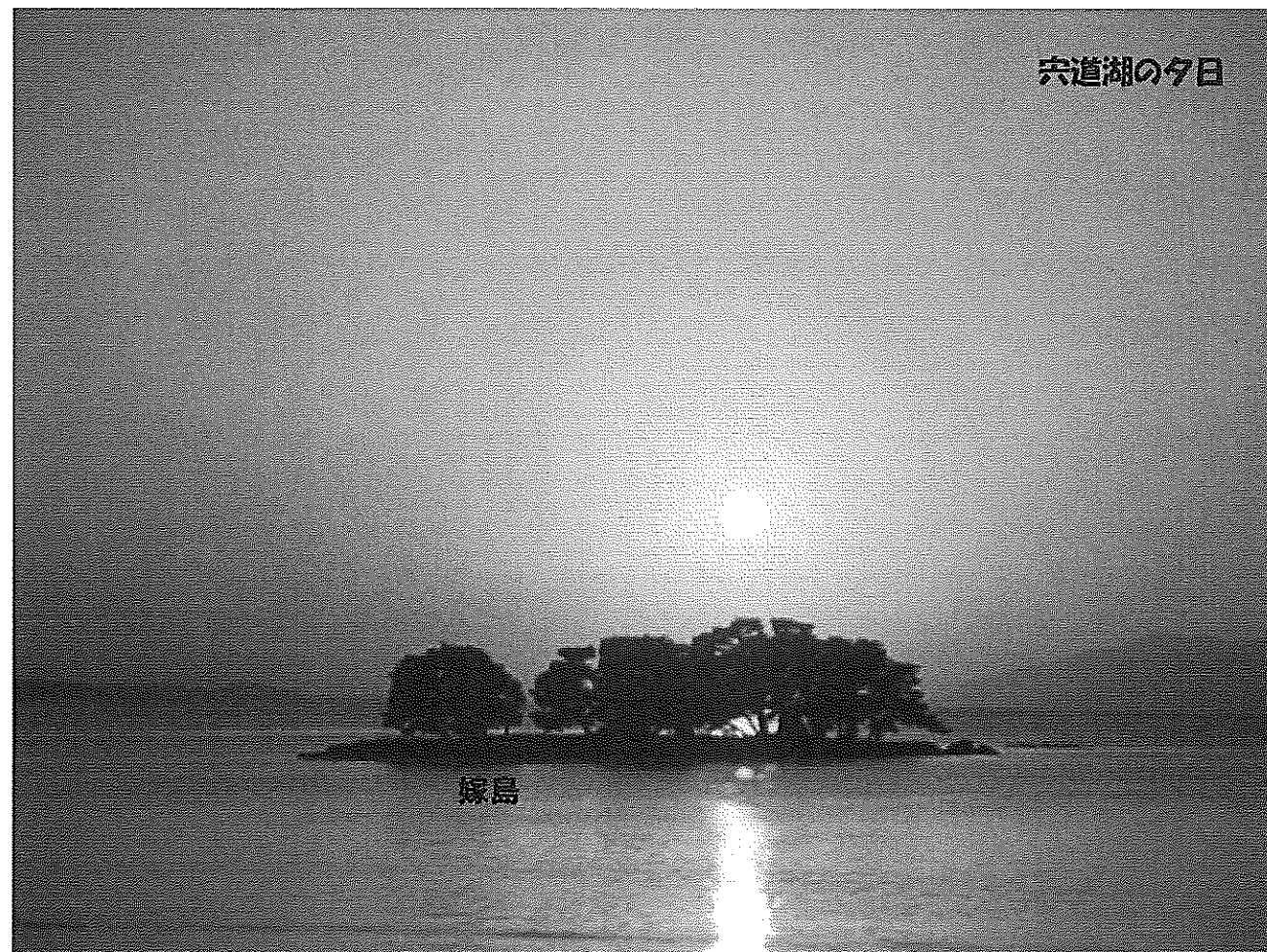
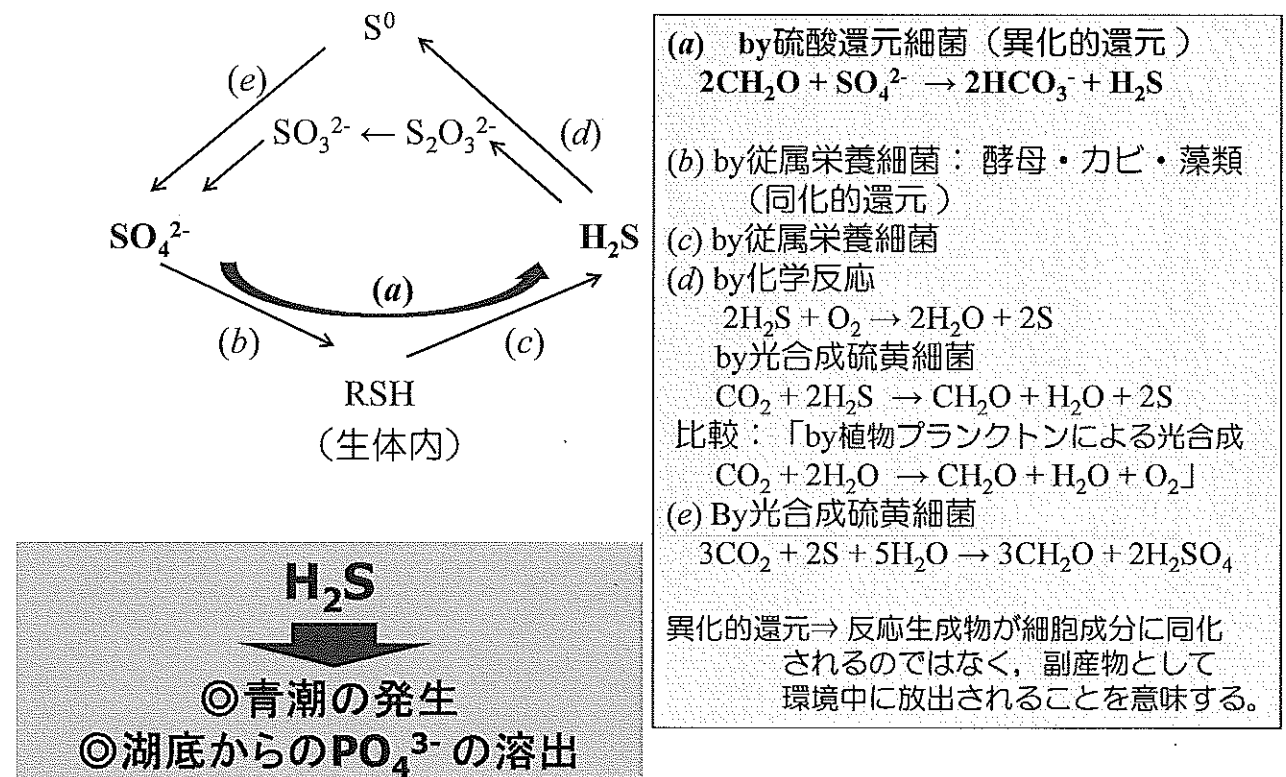
☆ 汽水湖では, Fe(III)の還元でH₂Sが関与
 ($2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{S}^0$)



☆ この反応によるPO₄³⁻の遊離が汽水湖の特性であり, 汽水湖のPO₄³⁻濃度が淡水湖に比べ, 相対的に高い理由である。
 (PO₄³⁻濃度: 汽水湖 > 淡水湖)

☆ 硫酸還元細菌によるSO₄²⁻からH₂Sの生成と密接に関係

(3) 硫黄 (S) の循環プロセス



取り組み事例の紹介

1. 貧酸素化 (穴道湖)

(島根県 受託研究: 2012~2015)

(国交省出雲河川事務所 受託研究: 2016~2018)

キーワード: 貧酸素化, 硫化水素, 青潮, ヤマトシジミの硫化水素耐性

2. 中海浚渫地の水質・底質改善

(科研費 基盤研究A: 2007~2009)

キーワード: 硫化水素・メタンの発生抑制,
 栄養塩 (窒素・リン) 濃度の低減

3. アナモックス反応による窒素浄化 (中海)

(科研費 挑戦的萌芽研究: 2016~2017)

キーワード: 新-窒素循環プロセス, 海水の流入による溶存酸素の供給

事例1. 宍道湖の貧酸素化

- (1) 2012年の青潮発生（宍道湖）について
- (2) ヤマトシジミの硫化水素耐性
- (3) 宍道湖の貧酸素化プロセス

受託研究（島根県）（2012～2013）； 研究代表者：清家 泰
 受託研究（島根県）（2014～2015）； 研究代表者：管原庄吾
 受託研究（国交省）（2016～2018）； 研究代表者：清家 泰

研究成果 ⇒

・管原庄吾・坂本達也・鮎川和泰・木元克則・千賀有希子・奥村稔・清家泰（2010）：砂泥堆積物中溶存硫化物の簡便な現場抽出/吸光光度定量及びその有明海北東部堆積物への適用，*分析化学*，59，1155-1161.
 ・管原庄吾・神谷宏・山室真澄・鈴木舞・勢村均・千賀有希子・江川美千子・清家泰（2016）：ガラスシリンジを用いたヤマトシジミの硫化水素耐性試験，*水産増殖*，64（2）：205-208.
 ・管原庄吾・鈴木舞・山室真澄・勢村均・神谷宏・千賀有希子・野田賢剛・江川美千子・清家泰（2017）：ヤマトシジミの殻長別硫化水素耐性，*水産増殖*，65：83-87.
 ・Sgahara S., M. Suzuki, H. Kamiya, M. Yamamuro, H. Semura, Y. Senga, M. Egawa, and Y. Seike (2016): Colorimetric determination of sulfide in microsamples, *Analytical Sciences*, 32: 1129-1131.

淡水域と汽水・海水域の違い ～硫酸還元⇒硫化水素の生成～

硫酸イオン(SO_4^{2-}) 海水由来（塩分35‰の海水中に約900 mgS/L）

硫酸還元細菌

絶対嫌気性細菌

⇒嫌気的環境でしか活性を持ってない

硫化水素が検出される⇒還元的環境
 硫化水素濃度⇒悪化の程度を知る

環境悪化の指標

硫化水素(H_2S)

26

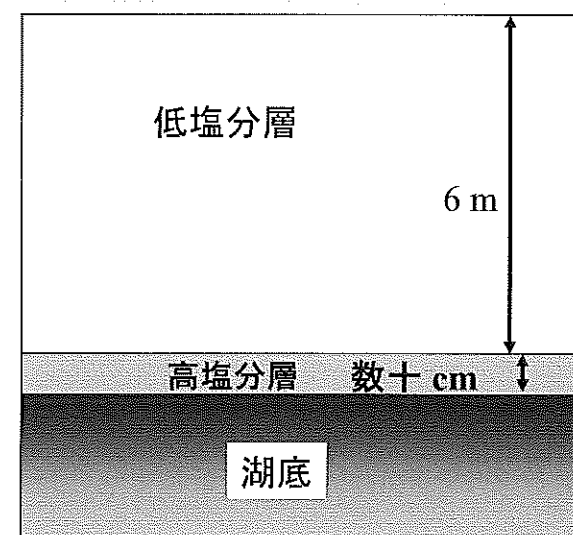
(1) 2012年の青潮発生（宍道湖）について

底成層（2012年が悪化した要因解明のカギ）

宍道湖特有の現象

宍道湖では、湖底に高塩水が流入し、湖底付近に底成層を形成する。

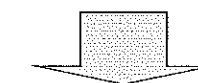
底成層⇒密度や物質分布の大きな鉛直勾配が湖底近傍にのみ偏在するような成層構造をいう。



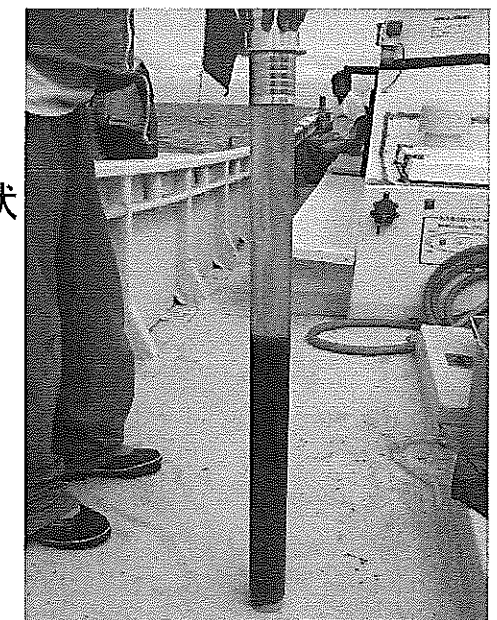
底成層に着目した観測

【採水方法】

- ☆ 潜水作業により、アクリルパイプ（長さ150 cm 直径7 cm）で底泥ごと湖水を柱状に採取
- ☆ 湖底を基準として5 cmずつ分取



溶存酸素，塩分（塩化物イオン濃度から換算）
 硫化水素，無機態の窒素・リンを定量

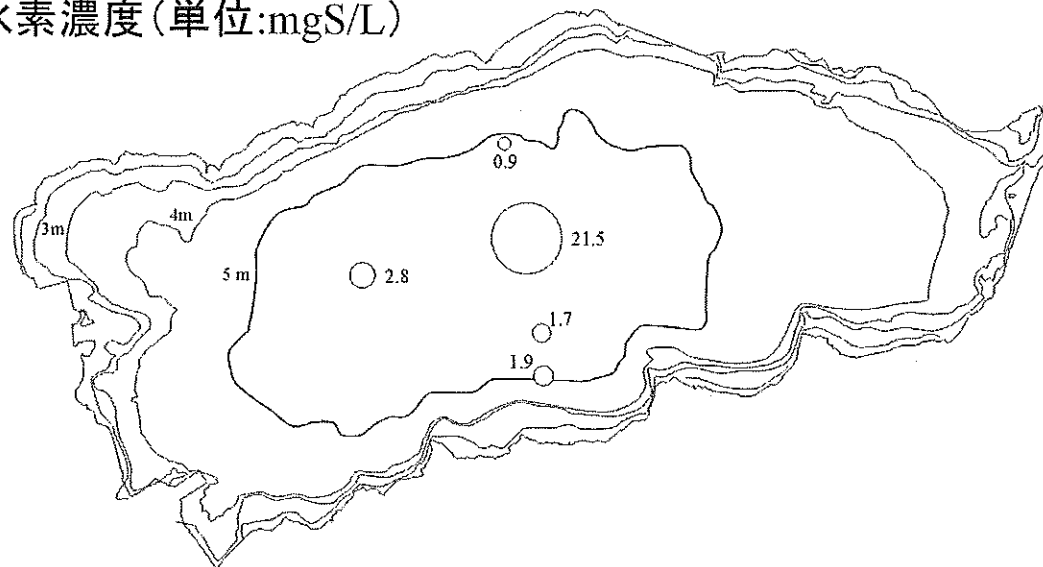


28

湖水中硫化水素の水平分布

湖底上0-5 cm層の
硫化水素濃度(単位:mgS/L)

2012年8月下旬
by 受託研究(島根県)



○水深5 m以深部において高濃度の硫化水素を検出
○水深4 m以浅部ではほとんど検出されず

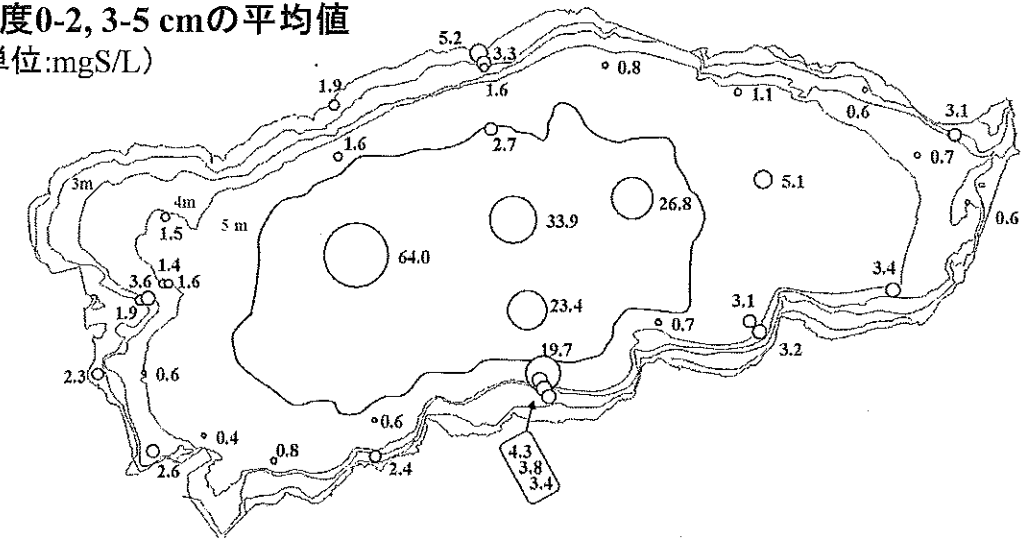
29

堆積物中硫化水素の水平分布

定量法⇒
管原ら(2010), 分析化学, 59:1155-1161.

2012年8月下旬
by 受託研究(島根県)

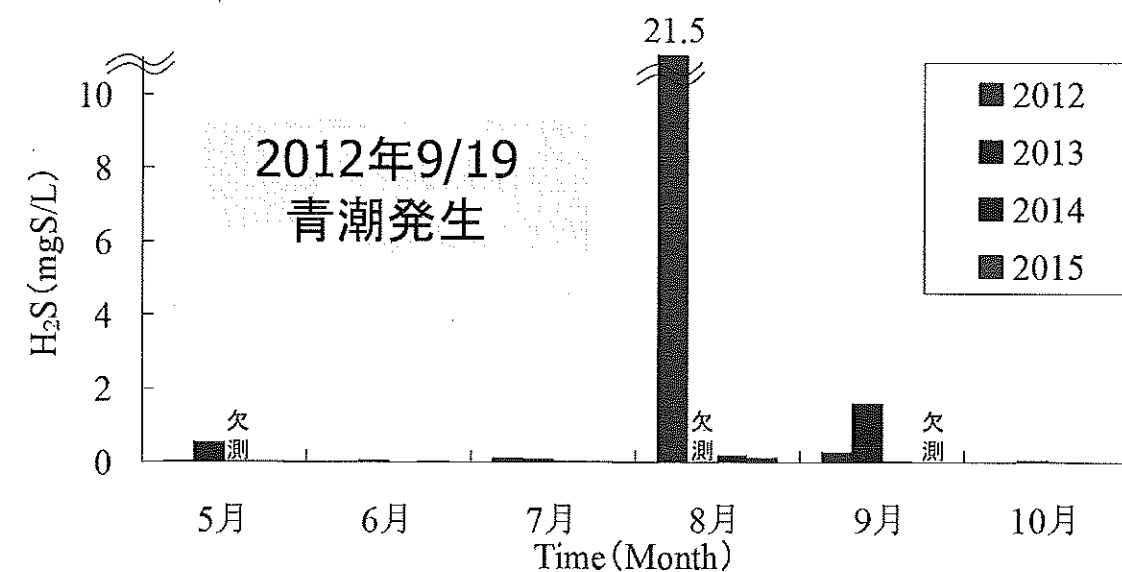
深度0-2, 3-5 cmの平均値
(単位:mgS/L)



・水深5 m以深部において高濃度の硫化水素を検出
・青潮の基となった硫化水素は、央道湖内で生成されたもの

30

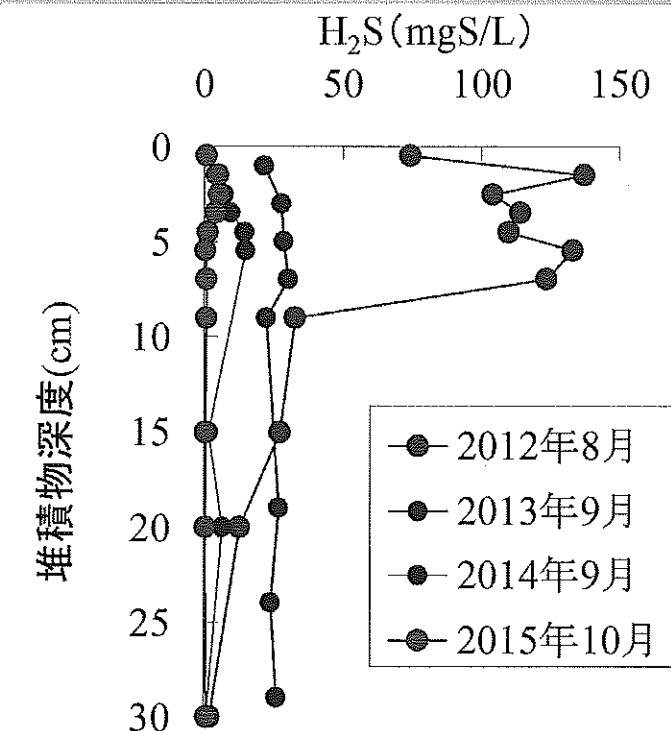
央道湖湖心湖底直上水中硫化水素の経月変化 (2012年～2015年の5月～10月)



2012年8月の硫化水素濃度が極めて高い

31

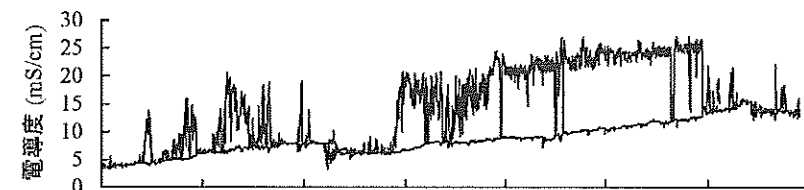
夏季の堆積物中溶存硫化物濃度の比較 (2012年～2015年の年間最大値)



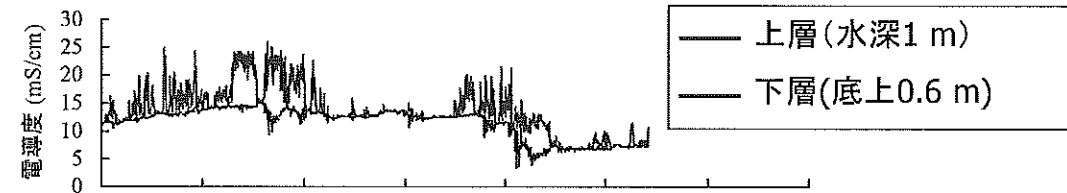
底成層が発達すると、堆積物中溶存硫化物濃度も上昇

宍道湖湖心における上層と下層の電導度の時系列変化

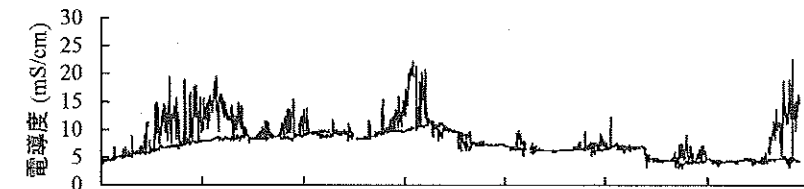
2012年
青潮発生



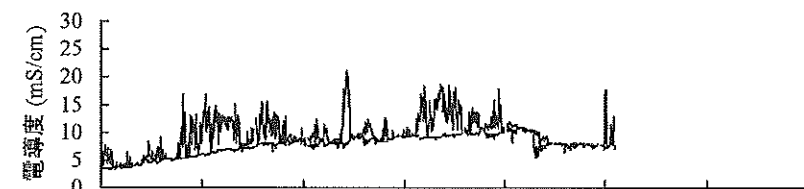
2013年



2014年



2015年



5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月
Time (Month)

33

2012年9月19日 宍道湖西岸で青潮発生



松江分自然環境倶楽部HPから引用

青潮は硫化水素を含む水塊が浅場に湧昇する現象で、水面が青白色あるいは乳白色を呈すことから“青”潮と称される。

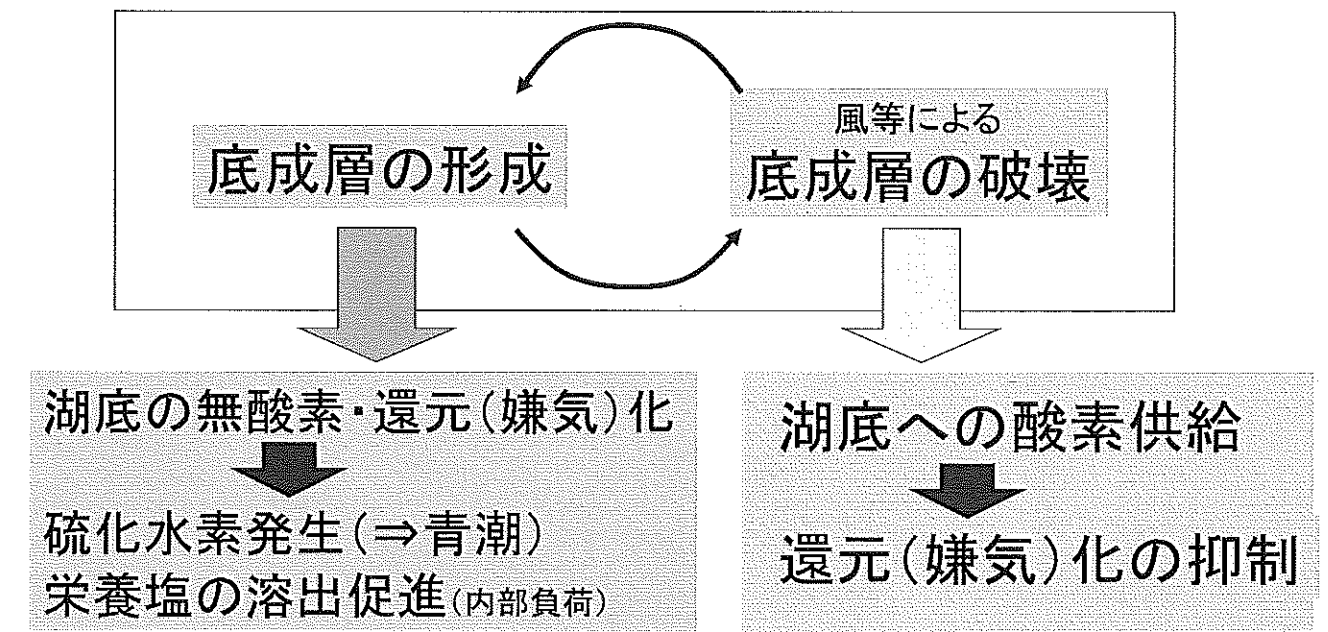
宍道湖で(恐らく)初めて

コイ、フナ、スズキ(セイゴ)、サッパ、ウグイ、ハゼ等2100 kg回収

国土交通省出雲河川事務所 記者発表資料 平成24年9月26日より

宍道湖の生態系に大きな影響を及ぼした³⁵

底成層の形成と破壊



34

ヤマトシジミは大丈夫だったのか??

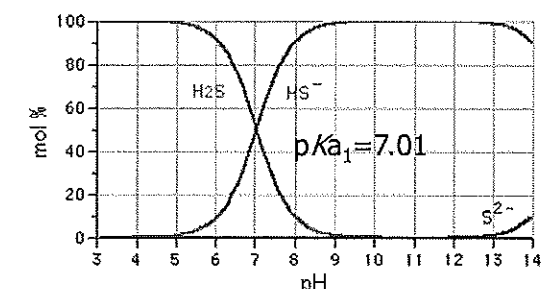
□ 幸い、宍道湖西部でヤマトシジミが斃死したという報告は無い

室内実験にてヤマトシジミの
硫化水素耐性試験を行い検証

※硫化水素耐性試験を行う際の注意点

○硫化水素の毒性は分子状の H_2S が最も高いため、飼育水のpHを現場のpHに近い値に調整しなければならない。

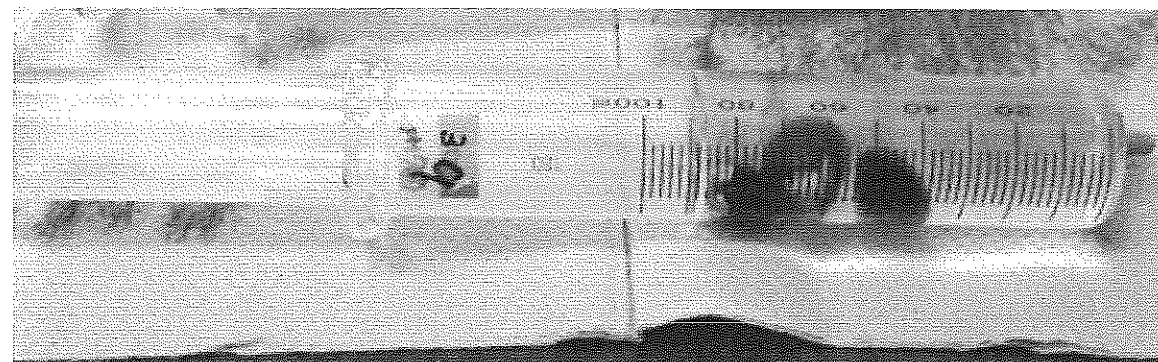
○気密性の容器を使うこと
→硫化水素の酸化・揮発を防止する。



36

(2) ヤマトシジミの硫化水素耐性

飼育水の調整方法及び 硫化水素耐性試験手法を新規に考案



管原ら(2016): 水産増殖, 64(2):205-208.

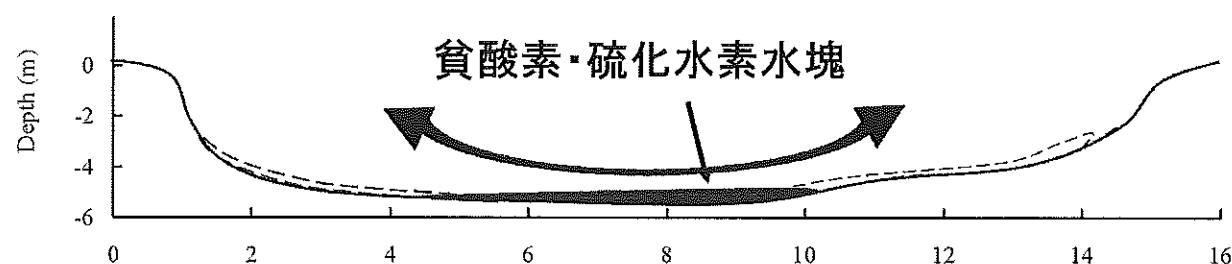
37

耐性試験の結果から

短期間の硫化水素曝露には耐久可能

現場のデータと一致

しかしながら



湖盆部の貧酸素・硫化水素水塊が4 m以浅部に移動

ヤマトシジミにダメージ⇒斃死の恐れ

39

結果

管原ら(2016): 水産増殖, 65:83-87.

実験区	死亡時間 (日)	殻長(mm)			
		1	6.5	10	20
100%	半数死亡	-	-	-	-
	全数死亡	-	-	-	-
貧酸素	半数死亡	-	-	-	9
	全数死亡	-	-	-	11
10 mgS/L	半数死亡	9	5	5	5
	全数死亡	12	8	8	6
30 mgS/L	半数死亡	5	4	4	4
	全数死亡	7	5	5	4

※飼育条件

海水を希釈し塩分を5psuに調整, 水温25℃, 初期pH7, 毎日水交換, 暗条件で飼育

貧酸素: 希釈海水に窒素ガスを通気し, DO 2 mg/L以下に調整

硫化水素10, 30 mgS/L: 窒素置換した希釈海水に硫化水素標準液を添加

38

今後の重要課題:

(3) 宍道湖の貧酸素化プロセスの解明

By 受託研究(国交省)
(2016~2018)実施中

底成層の形成

(湖底の無酸素化・還元化)

○栄養塩(N・P)の溶出(内部負荷)→アオコ

●硫化水素の溶出→青潮

●ヤマトシジミ等にも悪影響→漁獲量減

宍道湖の水質変動は底成層の形成・消滅がカギ

底成層の監視や塩水塊の流動予測等底成層対策が必要

40