

閉鎖性水域における漁場環境改善を目的とした 耕耘実験

— 宍道湖のシジミ漁場を事例に —

EXPERIMENTAL STUDY FOR IMPROVING THE ENVIRONMENT OF FISHING
GROUND BY TILLING IN ENCLOSED WATER — AN EXAMPLE IN THE
FISHING GROUND OF THE FRESHWATER CLAM IN LAKE SHINJI —

瀬戸口喜祥¹・吉村直孝²・五島幸太郎²・中西敬¹・川島隆寿³

Yoshinaga SETOGUCHI, Naotaka YOSHIMURA, Koutarou GOTOU, Takashi NAKANISHI and
Takatoshi KAWASHIMA

¹正会員 博 (工) 総合科学株式会社 海域環境部 (〒540-0024 大阪市中央区南新町一丁目4-8)

²水産修 総合科学株式会社 海域環境部 (〒540-0024 大阪市中央区南新町一丁目4-8)

³島根県農林水産部水産課 (〒690-8501 島根県松江市殿町1番地)

The purpose of this research is verifying whether it being possible to improve the environment of the fishing ground in enclosed water by tilling. This experiment was conducted in the fishing ground of the freshwater clam in Lake Shinji. The tilling machine used for this experiment moves with the pressure of air. In order to verify this experiment effect, the tilling area and the non-tilling area were set up. The contents of investigation are water quality, a sediment, and benthos. Investigation was conducted once before the tilling experiment and carried out twice after the tilling experiment. The following thing was checked as a result of comparing a tilling area with a non-tilling area about the contents of investigation. (1)The sediment of the bottom of a lake in a tilling area came to be soft during a fixed period.(2)The sediment of the bottom of a lake in a tilling area would be in the oxidation state during a fixed period.(3)It was suggested that growth of the freshwater clam in a tilling area is promoted. The above thing showed that the environment of the sediment of a fishery had the effect of a certain amount of improvement by tilling.

Key Words : *Tilling, Improvement of environment of the fishing ground, Enclosed water,
The freshwater clam*

1. はじめに

近年、環境への関心が年々強まる中で、閉鎖性海域における水質及び底質環境の改善が全国で試みられている。漁業者の間では底質環境の改善に耕耘が有効であるといわれており、その効果を評価するために耕耘実験が行われているが、実用には多くの課題が残されている¹⁾。

日本を代表する汽水湖である宍道湖はヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) の漁場として有名であり、ヤマトシジミは宍道湖の総漁獲量の90%以上を占める重要な漁業対象種であるが、近年漁獲量が減少傾向にあり、資源回復が重要な課題となっている。

本研究では、このような背景を踏まえ、宍道湖北岸の

有機物の堆積によりシジミ漁場としての機能低下しつつある場所において (図-1)、空圧式耕耘機を用いて湖底耕耘を行い、その効果を検証し、宍道湖におけるシジミ漁場再生へ向けての基礎資料を得ることを目的とした。



図-1 調査場所²⁾

2. 実験概要

(1) 実験場所

図-2に示す宍道湖北岸の場所（水深3.0～3.5m）で50m×50mの実験区（湖底耕耘を実施する区画）と対照区（湖底耕耘を実施しない区画）を各1区設定して実施した。

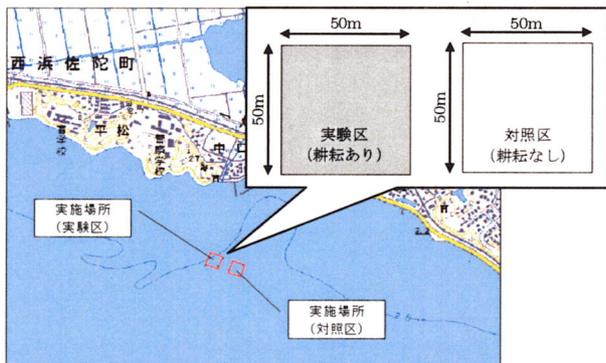


図-2 実験区・対照区

(2) 実験内容及び方法

a) 事前調査

湖底耕耘前の湖底の現状を把握するために、実験区、対照区において水質、底質及び底生生物に関する調査を行った。調査項目を表-1に示した。

水質調査に使用した観測機器は、水温及び塩分測定にSTD（アレック電子（株）製）、溶存酸素（以後、DOと記述する）の測定はDOメーター（QUANTA：HYDROLAB社製）である。測定水深は、水温及び塩分は0.5m毎、DOは1m毎に底上0.5mまでとした。

底質調査の試料の採取は各区画の中央1点においてエクマンバージ型採泥器（採泥面積：0.02m²）を用いて行った。酸化還元電位は現地で機器測定、化学的酸素要求量（以後、CODと記述する）等の5項目は室内分析である。貫入抵抗（湖底の土壌の硬さ）の測定には山中式土壌硬度計（藤原製作所製）を用い、潜水土が各区画10回測定し、その平均値を用いた。湖底の堆積状況についての性状観察は柱状採泥器（φ30mm）を用いて、潜水土が各区画中央で採取し、船上で酸化層と還元層の厚さを観察した。

底生生物の試料の採取は各区画の中央1点においてエクマンバージ型採泥器（採泥面積：0.02m²）を用いて3回採泥を行い、1mm目のフルイにより生物を分離し、種類別の個体数及び湿重量について室内分析を行った。

表-1 調査項目

区分	項目	調査方法
水質	透明度	透明度板
	水温、塩分、DO	機器観測
底質	COD、全窒素、全リン、硫化物、強熱減量	採泥・分析
	酸化還元電位、貫入抵抗	機器測定
	性状観察	柱状採泥
底生生物	種類別の個体数及び湿重量	採泥・分析

b) 耕耘実験

湖底耕耘に使用した機器はキューヤマ製の海底耕耘作業機（サブマリントラクター 小型船用プロトタイプ：写真-1）である。耕耘概要を図-3に示した。

耕耘実験区の風上側区域外より作業母船を船尾アンカーによる投錨進入させ、実験区中央に停船し、実験区風下辺より平行に縫行しながら、耕耘幅2m、耕耘深度を約20cmで全25条、実験区全域を満遍なく耕耘を行うこととした。耕耘回数は1回とした。耕耘直前及び直後に事前調査と同じ調査を実施した。

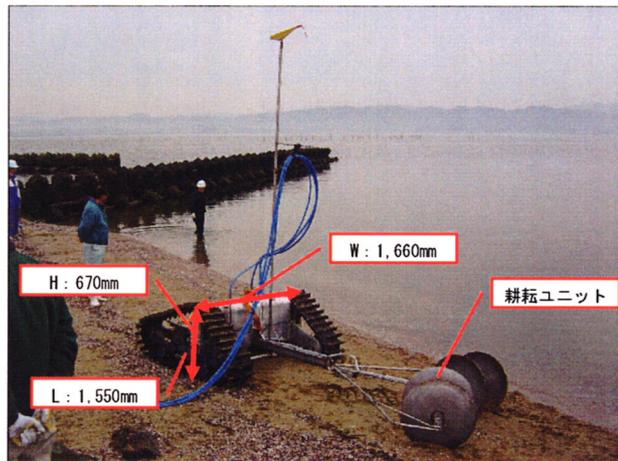


写真-1 空圧式耕耘機

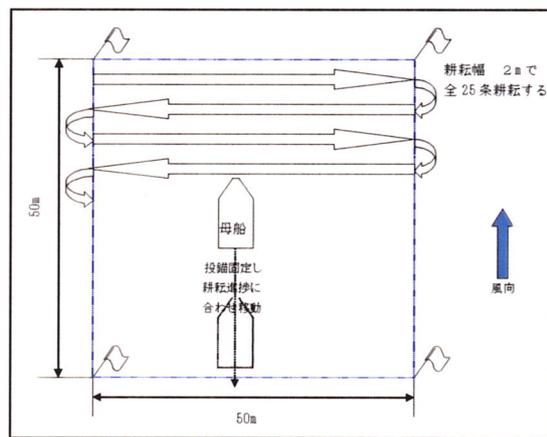


図-3 耕耘概要

c) 事後調査

耕耘実験実施後、約1ヶ月及び約4ヶ月経過した時点で湖底耕耘の効果の確認調査を実施した。調査内容及び方法は事前調査と同じとした。また、耕耘実験後8ヶ月後に簡易な底質調査（酸化還元電位、貫入抵抗、性状観察）とヤマトシジミの簡易分析を実施した。ヤマトシジミの簡易分析は、試料をこれまで行った底生生物の試料採取と同じ方法で採取し、試料を5mm目と1mm目のフルイで分離し、ヤマトシジミの計数のみを行った。

(3) 実験及び調査実施日

実験及び調査実施日を表-2に示す。

表-2 実験及び調査実施日

項目	実施日
事前調査	平成17年 6月 8日
耕耘実験	平成17年 6月12日
事後調査 (耕耘1ヶ月後)	平成17年 7月10日
事後調査 (耕耘4ヶ月後)	平成17年10月30日
事後調査 (耕耘8ヶ月後)	平成18年 2月25日

3. 結果と考察

(1) 耕耘能力

実験区内の耕耘は25往復する予定であったが、実際には28往復行った。50m×50m (2,500m²) の範囲を約90分で耕耘し、耕耘実験直後の潜水調査により深さ5~7cmの耕耘痕を確認した。

(2) 水質

透明度、水温、塩分、D0とも、耕耘実験時を除いて実験区と対照区で大きな差異はみられなかった。

耕耘実験直前及び直後に実施した各水質調査(水温、塩分、溶存酸素)の鉛直分布(調査区域毎の平均値)を図-4に示した。実験区における耕耘実験の直前及び直後の比較では、耕耘直後には表層から底層にかけて水質がほぼ一様となり、D0が増加する傾向がみられた。このことは耕耘が直接の原因ではなく、使用した海底耕耘作業機が耕耘中にエア(空気)を噴出しながら湖底を走行したため、曝気とともに水質の鉛直混合が行われたことが示唆された。

以上のことから、今回の耕耘方法ではエアレーションの効果もあることから、夏季の成層化によって生じる底層の貧酸素水塊の解消に一時的にも貢献できることが示唆された。

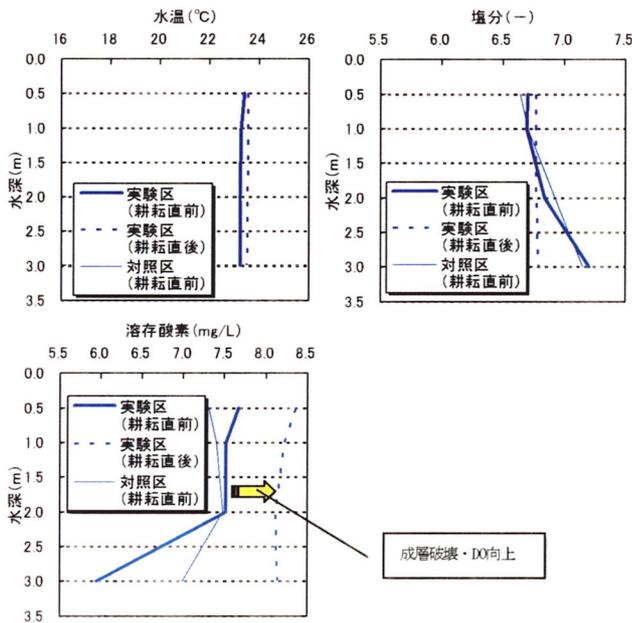


図-4 耕耘実験時の水質

(左上:水温, 右上:塩分, 左下:D0)

(3) 底質

柱状採泥結果を図-5, 貫入抵抗値を図-6, 底質調査結果(COD, 全窒素, 全リン, 強熱減量, 酸化還元電位)を図-7に示す。なお, 硫化物については, いずれも定量下限値(0.1mg/g)未満であった。

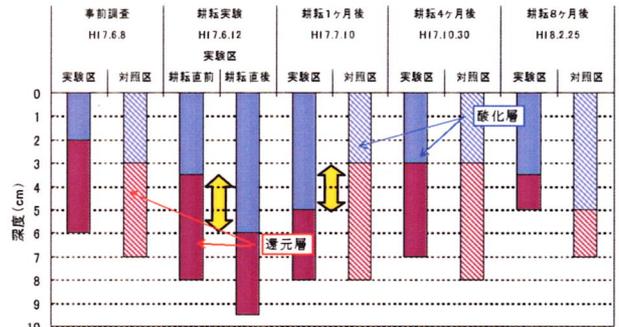


図-5 柱状採泥(酸化層と還元層の層厚)

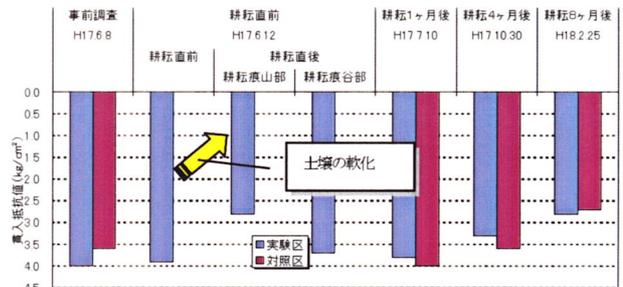


図-6 貫入抵抗値(湖底土壌の硬さ)

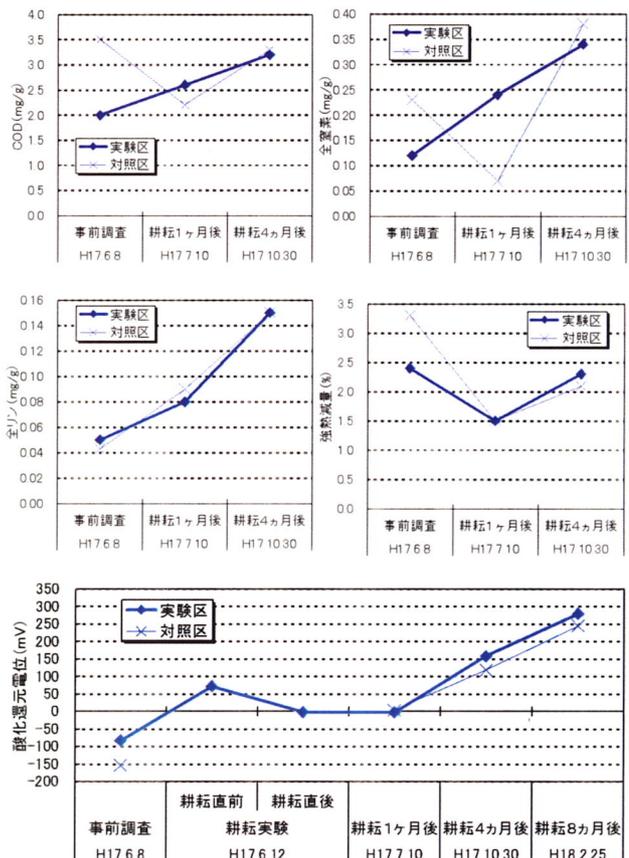


図-7 底質調査結果

図-5の柱状採泥結果の変化をみると、耕耘直後の実験区において酸化層が耕耘直前と比較して拡大した。これは、耕耘痕谷部の掘り起こされた酸化層が、耕耘痕山部に堆積したためと考えられる。また、事前調査では対照区の方が実験区と比較して酸化層が厚かったが、耕耘直後から耕耘1ヶ月後までは実験区の方が対照区と比較して酸化層が厚い結果となった。耕耘4ヶ月後になると、実験区と対照区の差異がみられなくなった。耕耘8ヶ月後は対照区が実験区より酸化層が厚くなり、耕耘の効果はほぼなくなったと考えられる。

図-6の貫入抵抗値の変化をみると、耕耘直後の実験区において貫入抵抗値が耕耘直前と比較して減少しており、耕耘によって湖底の土壌が柔らかくなる傾向がみられた。また、実験区と対照区の比較から、その効果は耕耘4ヶ月後まで持続していることが示唆された。耕耘1ヶ月後と耕耘4ヶ月後の調査時に、地元漁業者が実際に使用する漁具によって実験区と対照区でシジミの採取実験を行った結果、実験区の方が対照区と比較して湖底の土壌が柔らかく、採取しやすいとのことであった。耕耘8ヶ月後は実験区及び対照区ともに差異はみられなくなり、耕耘の効果はほぼなくなったと考えられる。

宍道湖漁業協同組合へのヒアリングでは、冬季のシジミ漁場の湖底は非常に硬くなるとのことだった。冬季にあたる耕耘8ヶ月後調査の貫入抵抗値からそのような値は示されなかった。今回貫入抵抗を測定した土壌硬度計は土壌の表層を対象としていることから、今後は土壌硬度計より深い深度までを対象としたコーン貫入試験器等と組み合わせて検討する必要がある。

図-7の底質調査結果の変化をみると、事前調査結果では、COD、強熱減量、全窒素で差異がみられたが、事前調査時に両区の湖底には藻類がパッチ状に分布しており、その一部または枯死して有機物として堆積したものが試料に混入した影響でばらつきが生じたと考えられた。また、潜水目視観察による外観及び、柱状採泥、貫入抵抗等の結果がほぼ同等であったことから実験区と対照区の底質条件はほぼ同等と見なした。耕耘直後の酸化還元電位及び耕耘1ヶ月後の全窒素を除き、実験区と対照区で大きな差異はみられなかった。耕耘直後の酸化還元電位が耕耘直前と比較して低下したのは、耕耘によって底質表層の酸化層と下層の還元層が攪拌されたと考えられる。耕耘1ヶ月後の対照区的全窒素が実験区と比較して小さな値を示した原因は不明であるが、耕耘4ヶ月後に実験区と対照区の差異が見られなくなることから、耕耘によって還元層を攪拌することで表層は変化するが、一時的なものであった。

以上のことから、耕耘により湖底の土壌が柔らかくなるとともに、還元層まで耕耘して空気に触れさせることにより好気的な酸化層を一定期間（今回の実験では1～4ヶ月程度）形成できることが示唆された。

(4) 底生生物

5月下旬から8月上旬がヤマトシジミの産卵期で、耕

耘実験を実施した時期はヤマトシジミの一部が産卵を始めた時期であり、耕耘1ヶ月後の調査はヤマトシジミの産卵がピークを過ぎた時期に当たる。

底生生物の分析結果から、底生生物の個体数を図-8、底生生物の湿重量を図-9、ヤマトシジミの殻長組成を図-10に示した。ヤマトシジミの殻長組成はヤマトシジミ全個体数に対する各殻長（2mm毎）の個体数の割合である。

底生生物の個体数について、実験区と対照区を耕耘前後で比較すると、実験区は減少し、減少したのは軟体動物のカワグチツボ (*Iravadia elegantula*) で、ヤマトシジミに大きな変化はみられなかった。底生生物の湿重量について、実験区と対照区を耕耘前後で比較すると、実験区は減少し、対照区は増加した。

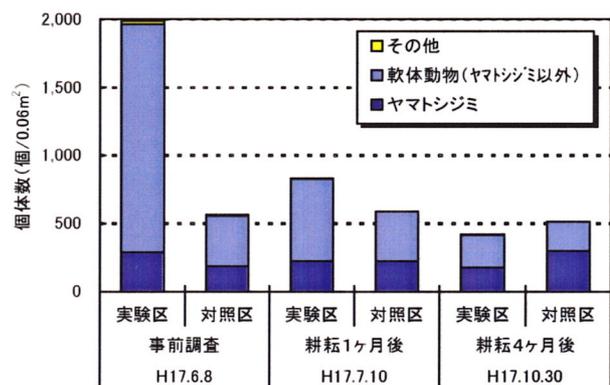


図-8 底生生物の個体数

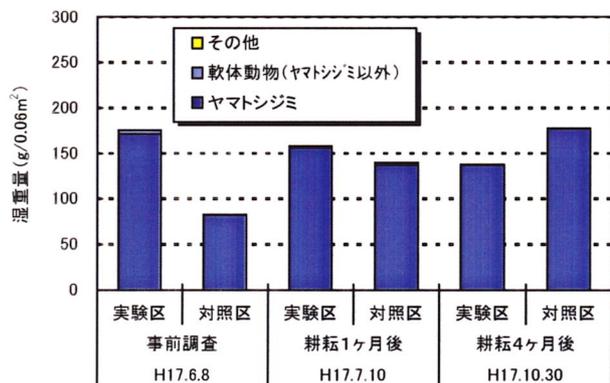


図-9 底生生物の湿重量

ヤマトシジミの平均殻長について、実験区と対照区で比較すると、事前調査から耕耘4ヶ月後の期間、実験区では9.7mmから11.2mmで約1.2倍、対照区では8.8mmから10.0mmで約1.1倍と実験区は大きく成長した。ヤマトシジミの殻長組成のピークをみると、事前調査で実験区及び対照区で組成比が高かった2～4mmの幼貝は、耕耘1ヶ月後まで実験区と対照区で成長の差異はみられないが、耕耘4ヶ月後になると幼貝（事前調査で2～4mmだった幼貝）は対照区で4～6mmに成長し、実験区で6～8mmに成長し、実験区での成長の良いたことが示された。また、14mm以上の成貝（宍道湖の漁獲サイズは17mm）で

は、対照区は事前調査で12~14mmにピークがあり、耕耘後の調査では顕著なピークはみられなかった。これに対して実験区は事前調査で14~16mmにピークがあり、耕耘1ヶ月後ではピークがみられなかったものの、耕耘4ヶ月後では16~18mmに顕著なピークがみられた。この結果から、14mm以上の成貝は対照区と比較して実験区の成長の良いことが確認された。

以上のことから、耕耘によってヤマトシジミの成長を促す効果の可能性が示された。

耕耘8ヶ月後に実施した簡易分析を反映させたヤマトシジミの個体数を図-11、ヤマトシジミの殻長組成（5mm未満と5mm以上の比率）を図-12に示した。

耕耘8ヶ月後に実験区及び対照区ともに個体数が激減した。知見によるとヤマトシジミは水温が低下する冬季は殻長の3倍程度の深さまで湖底の土壤中に鉛直移動し、

そこで低い代謝生活を維持しながら越冬する^{3,4)}ことと、本研究で使用したエクマンバージ型採泥器がヤマトシジミの生息深度より表層を採取することからこのような結果になったと考えられる。

これまでの調査で、耕耘によりヤマトシジミの成長を促す効果があると考察した。しかし、耕耘4ヶ月後の調査では、実験区のヤマトシジミの個体数が対照区のヤマトシジミの個体数と比較して少なく、また、耕耘1ヶ月後と耕耘4ヶ月後の調査でも、実験区の5mm未満のヤマトシジミの個体の比率が対照区の5mm未満のヤマトシジミの個体の比率と比較して低いことから、耕耘が着底したばかりの稚貝等に影響を及ぼしている可能性が考えられる。しかし、耕耘8ヶ月後調査では、実験区の個体数及び5mm未満のヤマトシジミの個体（平成17年度の産卵による個体）の比率が対照区より上回ったことから、耕

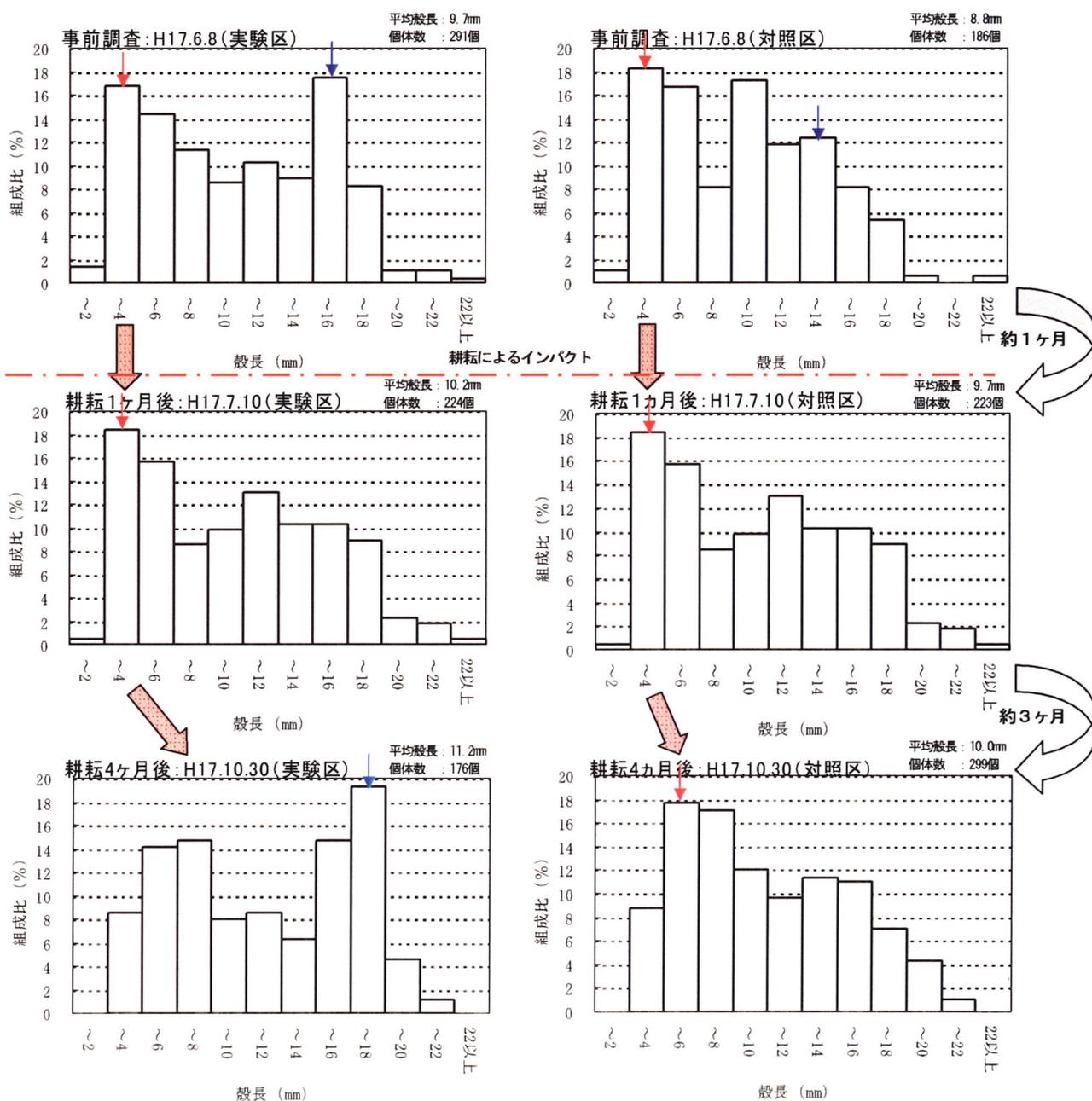


図-10 ヤマトシジミの殻長組成

耘後一定期間を経て安定すると、稚貝等への影響は小さいと考えられる。

4. おわりに

これまでの考察の結果、耕耘によって以下のような効果が期待できることが示唆され、ヤマトシジミ漁場環境改善手法として、耕耘の有効性を示した。

- ・ 今回の耕耘方法ではエアレーションの効果もあることから、夏季の成層化によって生じる底層の貧酸素水塊の一時的な解消に貢献できる。
- ・ 耕耘により湖底の土壌を柔らかくするとともに、還元層まで耕耘して空気に触れさせることにより好氣的な酸化層を一定期間形成することができる。
- ・ 耕耘によってヤマトシジミの成長を促す効果を示した。

ヤマトシジミは冬季に湖底の土壌中に鉛直移動し、そこで越冬する。今回、耕耘によって土壌が柔らかくなり、その効果が一定期間持続することが確認されたことから、耕耘時期によっては越冬前後のヤマトシジミが鉛直移動しやすい環境を創り出す効果も考えられる。

今回、ヤマトシジミの着底期前に耕耘することにより、稚貝の着底率を上げようとしたが、その効果は確認できなかった。

この実験及び検討は、閉鎖性水域における漁場環境改善手法の一例を示すもので、今後は、耕耘による漁場環

境改善事業に向けたより詳細な検証（耕耘時期、耕耘頻度等）を行うことが必要である。また、底質改善効果があることから、他の閉鎖性水域においても耕耘によりヤマトシジミ以外の二枚貝の漁場環境改善効果に役立つと考えられる。

謝辞：本実験は島根県から委託を受けた「宍道湖湖底耕耘調査業務」の一環として行ったことを付記する。また、本実験を遂行するにあたっては（株）キューヤマの多大なご協力、更に、実験及び調査に際し宍道湖漁業協同組合の多大なご協力と有益な情報を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 沼野祐二, 中泉昌光, 瀬戸口喜祥, 吉村直孝: 泥質干潟における干潟走行機による耕耘(こううん)の栄養塩類溶出効果に関する実験的研究, 海洋開発論文集, 第20巻, pp. 383-388, 2004.
- 2) 中村幹雄: 日本のシジミ漁業 その現状と問題点, たたら書房, 266p, 2000.
- 3) 富士昭, 中尾繁, 五嶋聖治: 小川原湖の環境とヤマトシジミの生態, 平成3年度小川原湖漁業調査報告書(総合解析編), 東北地方建設局高瀬川総合開発工事事務所, pp. 153-387, 1992.
- 4) 中村幹雄・山本孝二・須藤正志・後藤悦朗・大島展志: 昭和58年度赤潮対策技術開発試験報告書, 島根県, pp. 1-87, 1983.

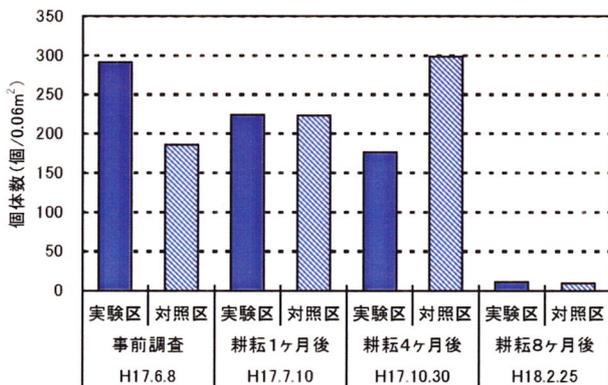


図-11 ヤマトシジミの個体数

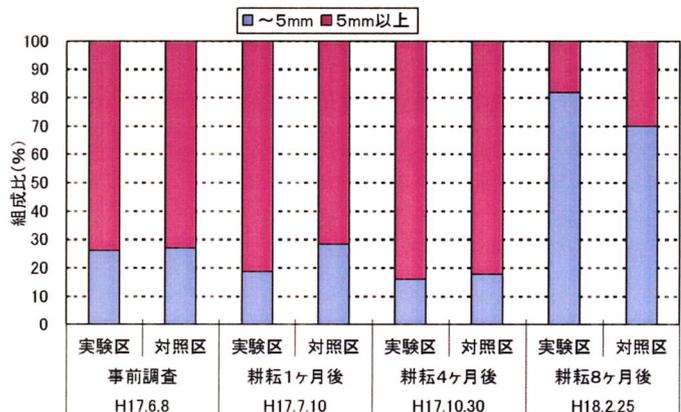


図-12 ヤマトシジミの殻長組成 (5mm未満と5mm以上の比率)