

# 土砂に埋没したイソシジミの生息に関する基礎研究

## Study on Living of Mahogany Clams under the Deposited Sand

中下 慎也<sup>1</sup>・駒井 克昭<sup>2</sup>・日比野 忠史<sup>3</sup>・池原 貴一<sup>4</sup>

Shinya NAKASHITA, Katsuaki KOMAI, Tadashi HIBINO and Kiichi IKEHARA

The mechanism of how mahogany clams could live at the depth of over 50 cm in tidal flat was examined by field and laboratory experiments. The mahogany clams bred in the different depth of tidal flat (10 to 50cm). And the migration of mahogany clams in the tidal flat was investigated. It was understood that mahogany clams could live two months without feeding and breathing through the tidal flat surface. Moreover, survival rate of mahogany clam bred near the lowest groundwater level was higher than that near the tidal flat surface (0 to 10cm).

### 1. はじめに

太田川は広島デルタの扇頂（河口から約10km上流）で放水路と市内派川（天満川、本川、元安川、京橋川、猿猴川の総称）に分派している。太田川放水路に形成されている河川干潟は1969年の構築から数十年を経て、現在では自然干潟としての機能を十分に有しており、海域から汽水域に生息する底生生物が多く生息している。安定した環境下にある干潟が洪水を受けた場合、干潟が受ける物理的な環境影響は尽大であると推測される。太田川では1980年代からピーク流量が1000m<sup>3</sup>/sを超える洪水を25回以上経験している。2005年には既往最大の洪水（ピーク流量約7000m<sup>3</sup>/s）によって膨大な土砂の供給と3日程度継続する河川水の淡水化が生じた。また、2004年には既往最大の高潮（広島湾での偏差2.8m）を受けており、土砂の流下や波浪によって生じた浸食や堆積による地形変動は干潟環境を大きく変化させたはずである。しかし、既往最大であった上記の自然擾乱に対して底生生物は必ずしも壊滅的なダメージを受けていないことがわかっている（保光，2005；日比野ら，2006b）。

一方で、人工干潟の生態系は自然干潟の生態系よりも不安定であり（花輪ら，2002），さらに5～10年に一度程度は必ず受ける洪水や高潮のような大きな自然擾乱から生態系を守る技術は開発されていない。自然干潟と同等な干潟を創造するためには、生物の擾乱に対する耐性についても理解することが必要である。本研究では、太田川放水路中流域の砂干潟に優占して生息するイソシジミを対象として、土砂堆積下においてもイソシジミが地盤内で生息可能であるメカニズムを明らかにした。土砂

堆積や河川水の淡水化等の擾乱を受ける干潟地盤内での有用二枚貝の生息を促進させる自然干潟と同等な干潟の造成技術を開発することが本研究の目的である。

### 2. 洪水による干潟の環境変化

#### (1) 干潟への土砂の堆積

太田川放水路では2004年8～9月には20～30cm（ピーク流量約2700m<sup>3</sup>/s）、2005年9月には50cm以上（ピーク流量約7000m<sup>3</sup>/s）の土砂が干潟に堆積し、干潟地盤高が大きく変化した。出水前後では、干潟に沈降・堆積する有機物を捕捉するために干潟の低水路干潟上に設置したセジメントトラップに土砂が堆積していた。図-1には既往最大の2005年9月洪水によって生じた太田川での沈降土砂量が示されている。図中の太線はセジメントトラップ容器の深さを表わしている。図-1の結果およびセジメントトラップ周辺の土砂堆積の目視観察により、放水路・天満川ともセジメントトラップに捕捉された土砂量と同程度の土砂堆積が起こっていることが確認された。放水路中流域（己斐）の低水路干潟上に設置したセジメントトラップには60cm以上の土砂が捕捉され、干潟には50 cm以上の土砂が堆積していた。高水敷上のタイドプールへの土砂の輸送量も大きく、石積護岸周辺には約40cmの土砂の堆積があった。放水路における土砂の輸送は、出水後の土砂の堆積状態から、干潟地盤の浸食が起きて土砂の堆積位置が変化するのではなく、上流から運ばれた土砂が新しく干潟に堆積していると推測できる。

#### (2) 洪水（土砂堆積）と生物量の変動

2005年9月の土砂堆積によって見かけ上生物に壊滅的な被害が生じたように見えたが、短期的な擾乱に対して生物の生息力は弱くなく、洪水による生物量の変化は局地的な減少に限定されていた。干潟地形が発達する高水敷には塩生植物が繁茂しており、洪水後もこれらの植物の減少は限定的であり、繁茂域への土砂の堆積は少ない。

1 学生会員 修(工) 広島大学 工学研究科 JSPS特別研究員DC  
2 正会員 博(工) 広島大学 工学研究院 助教  
3 正会員 博(工) 広島大学 工学研究院 准教授  
4 正会員 修(工) 国土交通省港湾局

カニ類はこれらの植物周辺では変わらず生息していた。カニ類の減少は土砂の堆積した低水路に近い高水敷上で見られたが、土砂が数10cm堆積してもカニ穴が崩壊するわけではなく、土砂の堆積から数週間後の調査でカニ類の生息が確認できた。また、この洪水により旧太田川では生後2～3年のヤマトシジミが大量に流下しているが、洪水後3ヶ月経過した12月時点ではヤマトシジミは平年並みの生息量を確認している。ただし、土砂の堆積した場での生物量の低下は顕著であり、新しい土砂の堆積は底生生物にとって好ましい状態ではない。しかし、生物の生息域の全域に土砂の堆積があるわけではなく、土砂の堆積後も底生生物の生息が確認されており、土砂堆積は生物の壊滅的な要因とはなっていない。

図-2には50cm以上の土砂堆積があった己斐の低水路干潟において土砂堆積後6ヶ月経過した3月に干潟地盤内(1m×1m×1mを掘削)で確認されたイソシジミの殻長毎の個体数が示されている。イソシジミは地下水面付近(潮下帯)の地盤下50～80cmの深さに高密度に生息していた。細粒分含有量によって異なるが、イソシジミの成長速度が1～2mm/月程度であること(伊藤ら, 2001)を考えれば、確認されたイソシジミは洪水以前から地盤内に生息していたものであることがわかる。一般的にイソシジミは殻長10mm以下の稚貝では、地盤表層から深さ5cm以内(貝の前縁部の位置)に生息するが、成長に伴いより深い層で生活するようになり、殻長25mm以上の個体では深さ15cmまで潜って生活することが報告されている(伊藤ら, 2001)。イソシジミは水管を水中に出して摂餌することから地盤内の深い場で生息できないことが予想されるが、地盤下80cm以深でもイソシジミが長期に生息できていたことはイソシジミの生態に関する新しい知見である。

### 3. 地盤内でのイソシジミの生態に関する実験

土壌堆積下における干潟地盤内でのイソシジミの生存機構について現地実験と室内実験から検討した。

#### (1) イソシジミの現地生息実験

##### a) 実験方法

現地生息実験では己斐の低水路干潟にてイソシジミの鉛直方向の動きを制限し、地盤内での生息可能な条件を検討した。具体的には、現地地盤内に50cm×50cm×深さ80cmの飼育槽(側面を1mmメッシュの網で被覆)を設置し、殻長20～30mmのイソシジミを投入して飼育槽の中でのイソシジミの生態行動を確認した。同時に実験終了後の埋没状態でのイソシジミの生息量と地下水位、底質性状を比較することによって、イソシジミの生息を制限する底質、水環境について検討した。

現地の低水路干潟は干潮時の地盤内地下水位は河川水

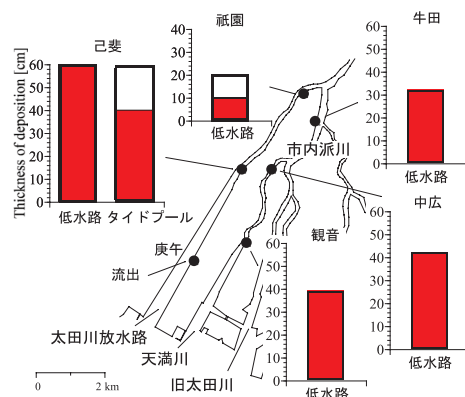


図-1 洪水(ピーク流量約7000m<sup>3</sup>/s)に伴う太田川での沈降土砂量(●は観測地点, □は容器の深さ)

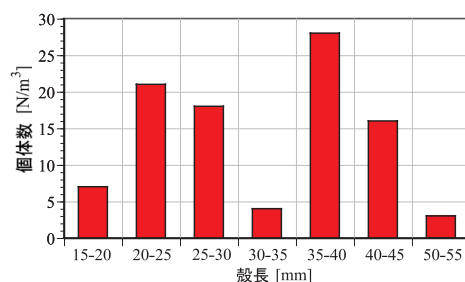


図-2 土砂堆積後6ヶ月経過した3月に己斐の低水路干潟(1m×1m×1m)において確認されたイソシジミの殻長毎の個体数

位よりも常に高い状態にあり(日比野ら, 2008), 実験区域は期望最低地下水位(L.G.W.L.)が地盤下30cm程度にある干潟地盤とした。なお、現地地盤内ではL.G.W.L.以下の50cm深で約1μg/lのChl-aが含まれており、地盤の湿潤密度は1.35(表層)～2.15(80cm深)g/cm<sup>3</sup>であった。

実験では、イソシジミの一般的な生息深さである地盤下15cmよりも深い位置(地盤下20cm～40cm)にイソシジミを投入し、20cmを超える土砂堆積を想定したCASE 1, 表層を通じての摂餌、呼吸を阻害するためにイソシジミの地盤内での移動を制限したCASE 2の生息実験が行われた。地盤内でのイソシジミの移動制限は、飼育槽内に移動制限網(1.5cm格子の金属網)を入れることで行われた。実験条件は表-1に示されている。実験後、干潟表層から鉛直方向5cm毎に、生存率(生存数/投入数×100)、強熱減量(IL)、および単位乾燥重量の堆積泥に含まれるクロロフィル-a含有量(Chl-a)が計測された。Chl-aは室内実験にて、乾燥重量100gになるように含水比から求められた試料(堆積泥)を湿潤状態のまま蒸留水10Lに混合し、一定速度(50rpm)で30分間攪拌させ、多項目水質計(AAQ-1183, JFEアドバンテック社製)で測定することで算出され、単位はμg/gである。

表-1 現地実験における実験条件

| 実験CASE                  | CASE 1-1  | CASE 1-2                                      | CASE 2-1                                                 | CASE 2-2                   | CASE 2-3                                |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| 実験期間 (2006年)            | 5/14~5/27 | 5/28~8/8                                      | 8/8~9/8                                                  | 10/7~10/21                 | 10/7~10/21                              |
| 移動制限                    | なし        | なし                                            | 0-10cm<br>20-40cm<br>40cm-                               | 0-10cm<br>10cm-            | 0-5cm<br>5-25cm<br>25cm-                |
| イソシジミ投入深さ<br>(イソシジミ投入数) | 40cm (27) | 20cm (5)<br>30cm (10)<br>35cm (5)<br>40cm (5) | 0-10cm (10)<br>10-20cm (0)<br>20-40cm (10)<br>40cm- (10) | 0-10cm (10)<br>10-20cm (0) | 0-5cm (10)<br>5-25cm (10)<br>25cm- (10) |
| 期望最低地下水位                | 25cm      | 35cm                                          | 25cm                                                     | 20cm                       | 25cm                                    |

(距離は地盤面からの深さを表している)

## b) 事前調査

現地実験の事前調査として現地地盤内へのIL, Chl-aの輸送実験を行った。この結果、細粒分(シルト・粘土)を除いた現地砂(IL=0.2%, Chl-a=0 $\mu$ g/g)を生息実験に用いた飼育槽に入れた場合においても約4週間で干潟地盤内のILとChl-aは0.6%, 3 $\mu$ g/g(それぞれ現地干潟と同程度)まで回復しており、現地の干潟環境にはイソシジミの餌料となる付着藻類等の有機物を地中に輸送する能力が十分にあることが確認された。干潟地盤内におけるDOの供給は主に干出によって生じている。ただし、L.G.W.L.以深では、DO濃度が0.5mg/l程度の貧酸素状態にあり、イソシジミの連続的な生息は不可能である。これらのことから、実験干潟地盤内のL.G.W.L.付近での摂餌、DO環境はイソシジミの生息を制限するものではないことがわかった。

## c) 実験期間中の地盤内環境

図-3にはイソシジミの生息実験を行った期間のうち、2006年6月10日~25日に測定された(a)河川水位と出水量、(b)低水路干潟地下水(G.L.-0.5m, T.P.-1.0m)のChl-aと濁度、(c)低水路干潟地下水と河川水(T.P.-1.0m)の水温変動が示されている。(b)、(c)に示す低水路干潟の地下水質は、干潟地盤下50cmに約30cm四方の空隙を作り、その中に直接濁度計(JFEアドバンテック社製)を設置することによって連続測定された。

本観測期間には、地下水の水温は河川水温よりも2 $^{\circ}$ C程度低い安定した水温環境が保たれている。地下水温が河川水温の変動より小さく、河川水の影響を直接受けていないのは、デルタ地下から季節的な水温変化が小さい地下水が河川干潟へ流出しているためである(日比野ら, 2006a)。

Chl-aの増加は地下水温の上昇時に起こっており、表層で生産されたChl-aが干潟地盤内に輸送されていることが推定される。伊藤ら(2005)は水温20 $^{\circ}$ Cで1g(殻長20mm)のイソシジミは1日に28 $\mu$ g-Chl-aを摂食したことを実験的に試算している。また、イソシジミは浮遊珪藻のみならず、堆積物中のデトリタスも餌料としているこ

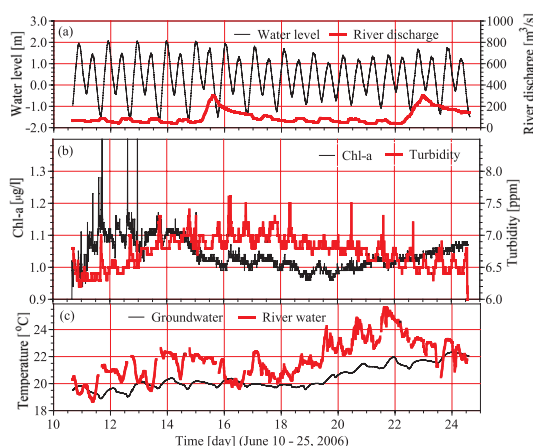


図-3 イソシジミの生息実験を行った期間(a)河川水位、河川流出量、(b)低水路干潟地下水(G.L.-0.5m, T.P.-1.0m)のChl-aと濁度、(c)低水路干潟地下水と河川水(T.P.-1.0m)の水温変動

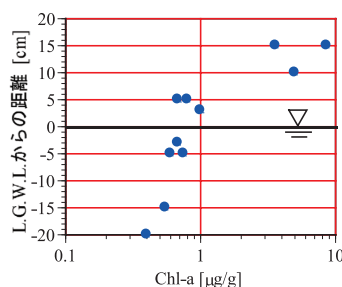


図-4 CASE 2の実験後のL.G.W.L.とChl-aの関係(水位はL.G.W.L.を示している)

とを示している。図-4にはCASE 2として行った3回の実験後のL.G.W.L.とChl-aの関係が示されている。L.G.W.L.以深では0.5~1 $\mu$ g/g、L.G.W.L.上10cmでは5 $\mu$ g/g以上のChl-aが存在している。図-3に示したようにL.G.W.L.以深の地下水においても1 $\mu$ g/l程度のChl-aがあり、実験飼育槽(砂層)内のL.G.W.L.付近には1 $\mu$ g/g程度のChl-aが含まれていることから、砂層内にはイソシジミが生息するために必要な餌料は十分に輸送されているといえる。

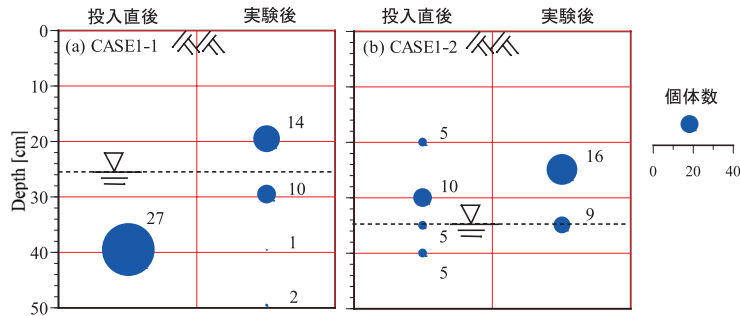


図-5 20cmを超える土砂堆積が生じた場合におけるイソシジミの投入深さと実験後の生息深さ（図中には点線でL.G.W.L., 数字で個体数が示されている）

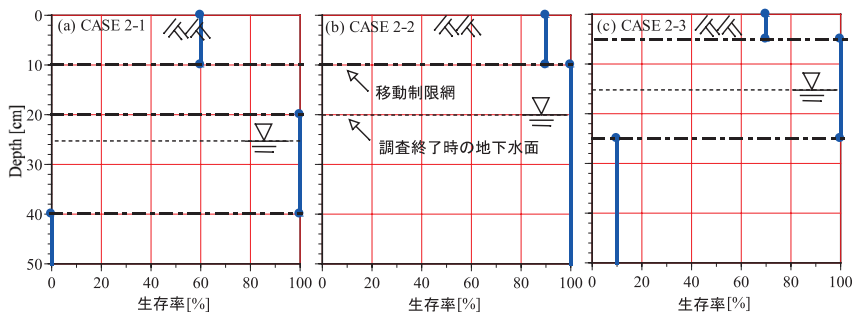


図-6 表層を通じた摂餌、呼吸を阻害した場合におけるイソシジミの生存率（図中には縦線で移動可能深さと生存率、点線で回収（大潮干潮）時の地下水位が示されている）

#### d) イソシジミの生息と移動形態

図-5には土砂が新しく堆積した地盤を想定した場合（CASE 1）のイソシジミの投入深さと個体数、実験後のイソシジミの生息深さと個体数が示されている。図中にはイソシジミの投入深さと個体数、および実験後の生息深さと個体数を●の位置と大きさで示している。図中には破線でL.G.W.L., 数字で個体数が示されている。図-6には表層を通じた摂餌、呼吸を阻害した場合（CASE 2）のイソシジミの生存率が示されている。縦線が移動可能深さと生存率、点線は回収（大潮干潮）時の地下水位を示している。

20cmを超える土砂堆積が生じた場合（CASE 1）においても、投入した全てのイソシジミは、2ヶ月以上生存可能であることが明らかとなった（図-5）。L.G.W.L.よりも深い地盤下40cmに投入したイソシジミはほぼL.G.W.L.を挟んで生息しており、干潟地盤内の移動が可能であっても表層付近に移動せずL.G.W.L.付近を好んで生息している。地盤下20～40cmに分けて投入した場合にもL.G.W.L.付近に全てのイソシジミが生息していた（図-5 (b)）。これらの結果からイソシジミは地盤内の深い場での生息が可能であれば、表層付近に生息しない（あるいは移動できない）こと、イソシジミの生息可能（良好）な環境がL.G.W.L.付近にあることが推定される。

イソシジミの干潟地盤内の移動を制限した場合

（CASE 2）には、L.G.W.L.を挟んで移動可能な状態での生存率はどの実験においても100%であり、L.G.W.L.以下への動きを制限した（表層から地盤下10cmまでに動きを制限した）場合の生存率60～90%と比較して極めて高い生存率であることが確認された（図-6）。この結果は表層を通じての摂餌が制限された場合においてもイソシジミの生息に影響が無いこと、生息環境が整えば表層よりも深い場に生息することを示しており、自然擾乱を受け難い地中において二枚貝の生息が可能であることが示された。

#### (2) イソシジミの室内生息実験

イソシジミの低塩分、貧酸素耐性を把握することを目的として室内生息実験を行った。

##### a) 実験方法

5つの水槽（12L）に己斐で採水した河川水と殻長30mm程度のイソシジミ4個体を入れ、表-2に示す条件で14日後のイソシジミの生存率を測定した。A～Dの水槽では曝気によりDOが約10mg/lで保たれており、Eの水槽では実験前に窒素ガスによる置換を行い、DOを低下させた。実験終了後のDOは約4mg/lであった。イソシジミの生息活性は、生存率に加え実験後に測定されたイソシジミが排泄した偽糞量（水槽内の全SS量）によって評価した。



表-2 室内実験の実験条件と生存率

| CASE | Salinity | DO [mg/l] | 生存率 [%] |
|------|----------|-----------|---------|
| A    | 15.8     | 10        | 100     |
| B    | 10.2     | 10        | 75      |
| C    | 5        | 10        | 100     |
| D    | 0.9      | 10        | 100     |
| E    | 15.6     | 4         | 100     |

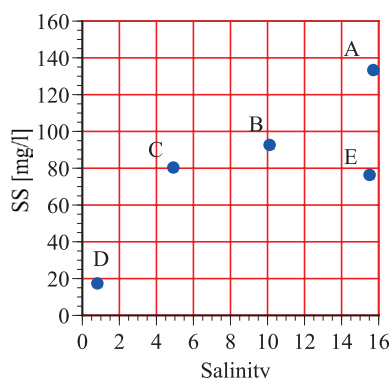


図-7 塩分とイソシジミの生息活性 (SS) の関係 (EはDO=4mg/lの結果である)

#### b) イソシジミの低塩分、貧酸素耐性

実験後のイソシジミの生存率は、Bで75% (3/4個体) であり、その他のケースでは生存率は100%であった。しかしながら、水槽内の偽糞量が各水槽で異なっており、実験条件によってイソシジミの活性は異なっていたと考えられる。

図-7には塩分、DOとイソシジミの生息活性 (SS) の関係が示されている。塩分の低下に伴いイソシジミの活性が低下していること、塩分が1以下であるDではイソシジミの活性が急激に低下していること、DOが4mg/lであったEではAと比較してSSが低下しているが、その値は5程度の塩分環境と同等であることがわかる。

本実験により、塩分は5以上、DOは4mg/l以上であればイソシジミは生息可能であることが示された。室内実験の結果より、イソシジミが優占する己斐の低水路干潟地盤内の塩分は洪水期には5程度まで低下しているが、洪水期間中もイソシジミは地盤内で生息可能であることが明らかとなった。

#### 4. おわりに

土砂堆積のある干潟における二枚貝の生存の可能性を明らかにするために、イソシジミを用いた現地実験、室内実験を行い、以下の結果を得た。

(1) イソシジミは一般に地盤下15cm程度に生息しているが、地盤下80cmでイソシジミが長期に生息できるというイソシジミの生態に関する新しい知見を得た。

(2) 現地実験対象とした干潟には、細粒分 (シルト・粘土) を除いた現地砂の有機物量とChl-a含有量が約4週間で現地干潟と同程度でまで回復する地下水流が存在すること、L.G.W.L. (望望最低地下水位) 下の地下水中においても1 $\mu$ g/l程度のChl-aの供給があり、砂層内にも1 $\mu$ g/g以上のChl-aが含まれていることから、イソシジミの餌料となる付着藻類等の有機物を地中に輸送する能力が十分にあることがわかった。

(3) 20cmを超える土砂堆積を想定した地盤内においても、投入した全てのイソシジミが2ヶ月以上L.G.W.L.付近で生存していたことを確認した。

(4) イソシジミの干潟地盤内の移動を制限した場合には、L.G.W.L.を挟んで移動可能な状態での生存率は100%であり、表層から10cmまでに動きを制限した場合の生存率60~90%と比較して極めて高い生存率であった。表層を通じての摂餌、呼吸が制限された場合においてもイソシジミの生息に影響が無いこと、生息環境が整えばイソシジミは表層よりもL.G.W.L.付近の深い場を好んで生息することがわかった。

(5) イソシジミは塩分が5程度、DOが4mg/lまで低下した場合においても2週間は生息可能であり、洪水や高潮による水質変化は短期的であることから、低塩分、貧酸素状態はイソシジミの生息に影響を及ぼさないことがわかった。

**謝辞:** 本研究の一部は科学研究費補助金 (特別研究員奨励費, 課題番号20・4714) の助成を受けて実施されている。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 伊藤絹子, 佐々木浩一, 大森迪夫, 大方明弘 (2001): 現地実験法により求めたイソシジミ *Nuttallia olivacea* の成長速度, 日本ベントス学会誌, 第56巻, pp. 9-17.
- 伊藤絹子, 加賀敏樹, 佐々木浩一, 大森迪夫 (2005): 干潟二枚貝の生産過程と餌料環境, 水産総合研究センター研究報告別冊3 pp. 1-16.
- 花輪伸一, 古南幸弘 (2002): 人工干潟の問題点と課題, 海洋開発論文集, 第18巻, pp. 43-48.
- 日比野忠史, 松本英雄, 水野雅光 (2006a): 太田川デルタ地下水の流動と海底濁度層の形成, 海岸工学論文集, 第53巻, pp. 1146-1150.
- 日比野忠史, 保光義文, 福岡捷二, 水野雅光 (2006b): 洪水に伴う河口干潟環境と生物生息の変化, 河川技術論文集, 第12巻, pp. 431-436.
- 日比野忠史, 駒井克昭, 福岡捷二, 水野雅光 (2008): 河口干潟地盤内水環境に及ぼす浸透河川水の影響, 水工学論文集, 第52巻, pp. 1309-1314.
- 保光義文 (2005): 1996年~2004年 広島市太田川放水路におけるベントスの動態と環境について, 広島市環境サポーターネットワーク 河川部会.