

中海湖心部における湖底の水中映像 (その 5) : 冬季から春季の季節変化時における湖底の動態

野村律夫¹・瀬戸浩二²・高田裕行²

Pictures of bottom surface in the central part of Lake Nakaumi (part 5): dynamics of bottom water in the time of seasonal change from winter to spring

Ritsuo Nomura¹, Koji Seto², Hiroyuki Takata²

Abstract: A characteristic change of bottom sediment and benthic organisms occurs in early spring, when the thermal structure of lake water changes from warm bottom to cold one and from cold surface to warm one (so-called spring turnover). Oxygen contents much decrease in the bottom water from this time on and winter-thriving cionids disappear in this season. We succeeded to take a picture of these changes in every two hours during April 5 to May 2, 2007. The followings are our major results:

(1) Unclear water, consisting of suspended fine-grained particles, is normal in Lake Nakaumi, but it became more unclear when plankton productivity (as chlorophyll production) has much increased. Our pictures showed that the suspended particles were not only produced by the winnowing of bottom sediments, but also transported from other places. Clear bottom water was developed while the water level is high in Sakai-minato, Sea of Japan coast, which suggests the upward inflow of marine bottom water. Clear bottom water was not formed while the water level in Lake Nakaumi is higher in comparison with that of Sakai-minato.

(2) We confirmed again the bottom turbulence occurred over the wind speed of 10 m/s, when winter-thriving organisms, as cionids, become weak in activity, and then easily blew away with less than this wind speed. The bottom surface has much changed to a desolate surface with a new grown bacterial mat.

Key words: spring turnover, unclear water, bottom turbulence, water dynamics

はじめに

筆者らは、これまで中海の湖底に長期連続観察が可能な水中カメラを設置し、風速の変化や生物が湖底の底質に及ぼす影響について観察してきた(野村ほか, 2007; 野村・瀬戸, 2008a, b; 野村, 2008a, b). 連続的に記録された湖底の様子は、風の影響によっ

て短期的に不安定な環境が形成され、湖底堆積物の攪乱が起こっていることを示している。とくに以前から指摘されていた風速の大小(Kondo et al., 1990; 橋谷ほか, 1992; 奥田, 1997; Goto et al., 2007)は、中海のような閉鎖性の海跡湖にとって水質に及ぼす影響が大きいことが検証された。また生態系にも影響を及ぼすことも指摘した(野村・瀬戸, 2004)。風

¹ 島根大学教育学部・汽水域研究センター Faculty of Education/ Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Matsue, 690-8504.

² 島根大学汽水域研究センター Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University. Matsue, 690-8504.

は汽水域に形成される極めて安定した塩分躍層を短期的に変動させ、より深い水域へ酸素を供給する手段ともなっている。このような風による湖底への影響は、風速の大きさによる違いとともに季節的な違いも確認される。同じ風速でも、湖底にヒドロ虫やホヤ類が密集する冬季には、バクテリアマットによる被覆がないため湖底泥の巻き上げが起りやすい環境が形成される(野村・瀬戸, 2008a)。しかし、冬季の季節風や移動性低気圧にともなった風の風速は極めて変化が激しいため、湖底泥の巻き上げについて確かな結論を導くことはかなり難しい。また風の継続時間も湖水の水質を変化させる重要な要因となっている。このように、水中ビデオカメラで連続観測することによって多様な湖底の様子を示すことができるようになった(野村, 2008b)。

本論文は、現在までに得られている膨大な映像記録のなかより春季の湖底の変化にみられる意義について言及する。中海では、春季に水温の転換(塩分躍層より上部の上層水が躍層より下部の下層水より水温が低い状態から高い状態への移行: 春季循環期(spring turnover period; spring overturning period))がみ

られ、1年の内で最も変化に富んでいる。また、プランクトンの大増殖と晩秋から冬季にかけて湖底で成長したヒドロ虫の群れやユウレイボヤの死滅がこの時期一斉にみられる。極めて短期間の変化でもあるため、この時期に湖底の様子が急変する。さらに水中ビデオカメラによる観察で明らかとなった、かなり頻繁に発生する“濁り”についても言及する。突然に発生する視界のない湖底、反対に鮮明な湖底の形成など、その形成要因については全く検証されていなかった。本論文は、このような湖底の状況を水質データと比較することによって明らかにする。

研究方法

本研究で使用している長期設置型水中カメラは、水中カメラの窓面に酸化チタンの薄膜を焼成させたもので、光触媒作用の酸化分解力と親水性が発現し、結果として生物忌避機能や自浄作用を伴っている(野村ほか, 2007; 野村, 2008b)。

水中ビデオカメラの現地での設置と記録方法についてはすでに報告している(野村ほか, 2007)。水中

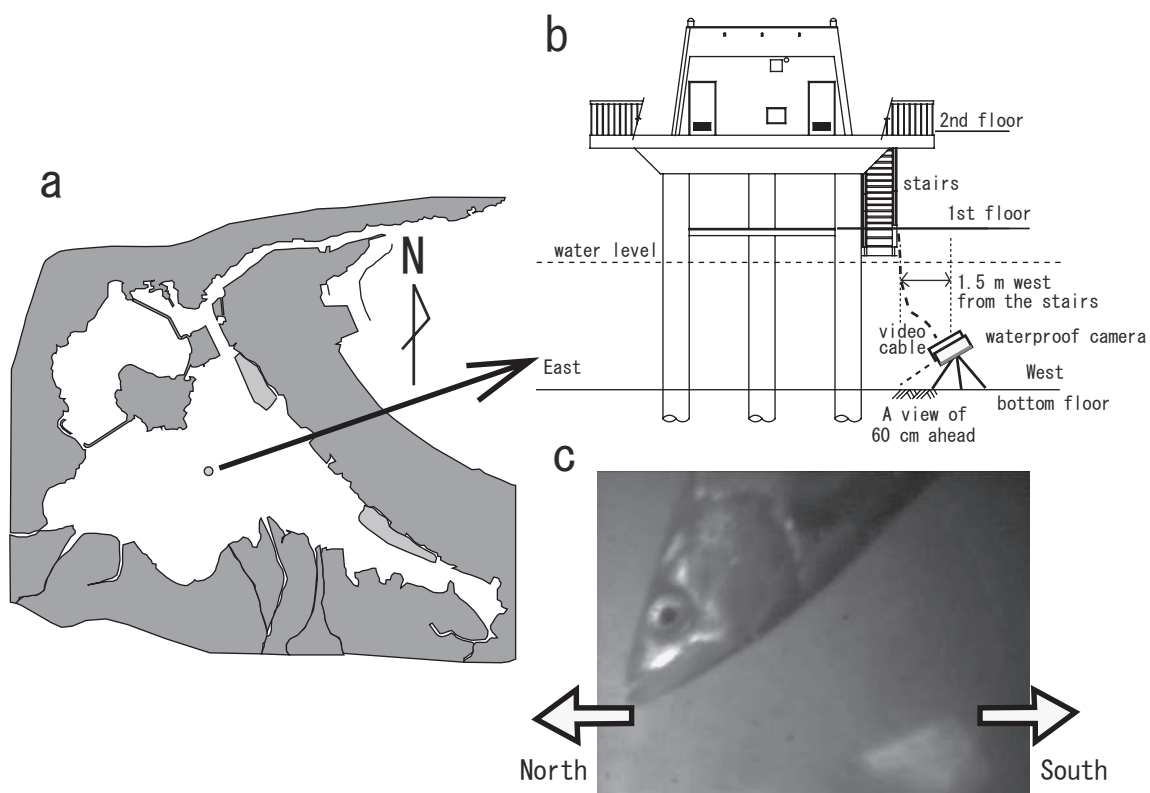


図 1. 水中カメラの設置位置と水質映像。 a: 観測所の場所 b: 水中カメラの設置位置 c: 水質映像の方向。湖心観測所のイメージ図は出雲河川事務所による。

Fig 1. Position of waterproof camera and the observatory in Lake Nakaumi. a: location of observatory. b: position of camera. c: snapshot view. Image of the observatory from Izumo River Office.

の映像記録は5分間を1コマとして、2時間間隔で実施した。カメラの窓面の高さは、湖底から約40 cmである。1日当たり、12コマ計1時間の記録となっている。本論で記録したこれらの映像（2007年4月5日～5月2日）は、現地に設置したDVDレコーダに保存したもので、約1ヶ月後に回収し、再生と観察を行った。

記録した時間帯は、〈1〉0:00～0:05、〈2〉2:00～2:05、〈3〉4:00～4:05、〈4〉6:00～6:05、〈5〉8:00～8:05、〈6〉10:00～10:05、〈7〉12:00～12:05、〈8〉14:00～14:05、〈9〉16:00～16:05、〈10〉18:00～18:05、〈11〉20:00～20:05、〈12〉22:00～22:05である。

カメラの設置場所と観察方向はこれまでの報告と一致している（図1）。とくに、今回の報告では底質の変化状況を明確にするために、カメラの視野内に縦9 cm横5 cmの生物忌避作用のある白色ペンキを塗布したステンレス板を湖底面に置いた。この白色板の見え方の程度によって5段階評価を行い、各映像（スナップショット）の括弧内に評価値を示した。また、下記の評価値に示す括弧内の記述は、濁りの状態を説明した野村・瀬戸（2008a）の記述に相当している。

- 評価値 1：白色板が判別できない（著しく強い濁り～強い濁り）。
- 2：白色板がかすかに見える（強から中程度の濁り）。
- 3：白色板の輪郭が明瞭でない（中程度の濁り）。
- 4：湖底の様子が把握できるが鮮明さに欠ける（弱い濁り）。
- 5：湖底の様子が把握でき鮮明である（濁りのない状態）。

水中カメラの設置場所では国土交通省によって1時間ごとの水質測定が深度別（上層水：深度2.0 m；中層水：深度3.5 m；下層水：深度5.5 m；底層水：湖底上0.5 m）に行われており、水中映像を解釈するうえで重要な情報となっている。本研究でも、水質データは国土交通省から1時間ごとの測定値の提供を受け、映像と比較することができた。

水の動きについては、湖底面でのユウレイボヤの動きに応じて区分した野村・瀬戸（2008a）にしたがって、4段階（強い流れ；揺れ動きのある流れ；弱い流れ；流れのない状態）で表現した。

観 察 結 果

1. 設置期間中の気象・水位・水質

以下に示す気象・水質記録は、国土交通省の湖心観測所で1時間ごとに得られたデータをもとに撮影時に合わせて2時間ごとに分析した。

【風速】

期間中の風速と風向を図2に示す。期間中は概ね軽風から和風状態であったが、風向は一定していなかった。継続して平均3.5 m/sの風速が4月5日から13日まで約8日間と4月17日から20日までの4日間あった。10 m/sの風が吹いた時間帯は限られており、最大で14.7 m/s（西～西南西方向より）が4月28日2時ごろに発生し、そのほか4月13日22時ごろに南西方向から12 m/sを越す風が吹いた。4月13日（南西方向）と16日（北北東～北東方向）の風は、10 m/sの風速が数時間継続（2時間～4時間）していた。そのほか、西～西南西方向からの風が4月25日（6時間）、4月28日（5時間）そして4月29日（5時間）に、南～西南西方向からの風が5月1日（2時間が2回）にそれぞれにあった。

【水位】

境港の水位は、この期間中平均して約0.16 m

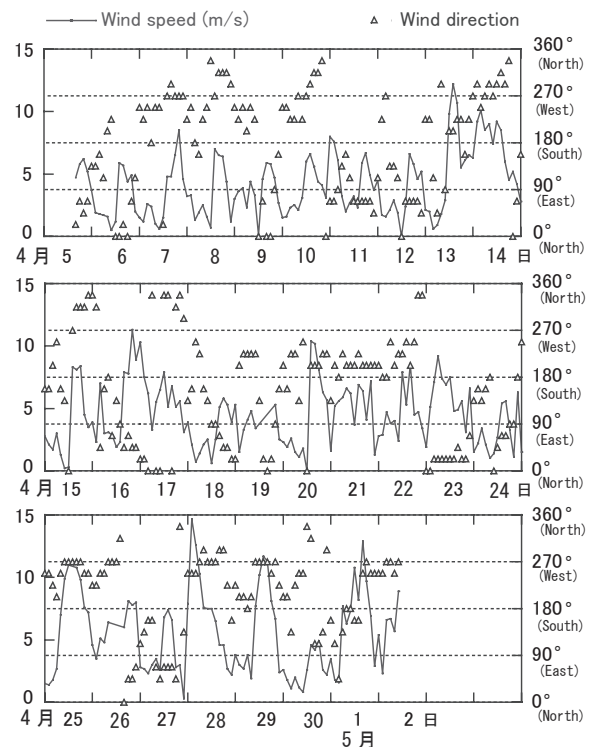


図 2. 風速と風向の変化。測定資料は出雲河川事務所による。

Fig 2. Changes of wind speed (m/s) and wind direction. Data from Izumo River Office.

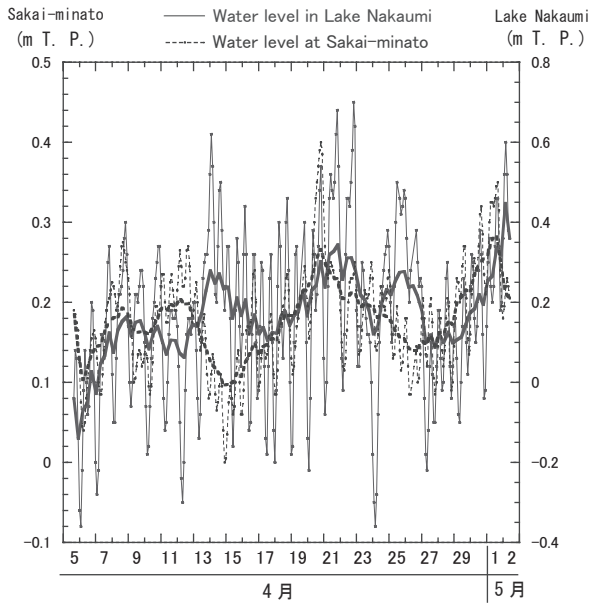


図 3. 中海湖心と境港の水位の変化. 分布の平滑化は Stineman 関数を利用. 中海と境港の水位資料はそれぞれ出雲河川事務所と気象庁 (境潮位観測所) による.

Fig 3. Changes of water levels in Lake Nakaumi and Sakai-minato. Smoothed curve is applied a Stineman Function of geometric fitting. Data of water level are from Izumo River Office and the Meteorological Agency of Japan, respectively.

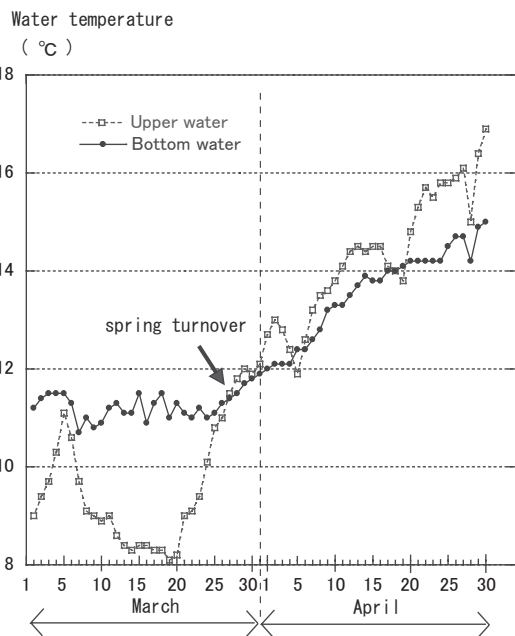


図 4. 底層水と上層水の水温の転換 (春季循環: spring turnover) とその時期 (矢印). 測定資料は出雲河川事務所による.

Fig 4. Changes of water temperature in the upper and bottom waters. Arrow indicating a spring turnover. Data from Izumo River Office.

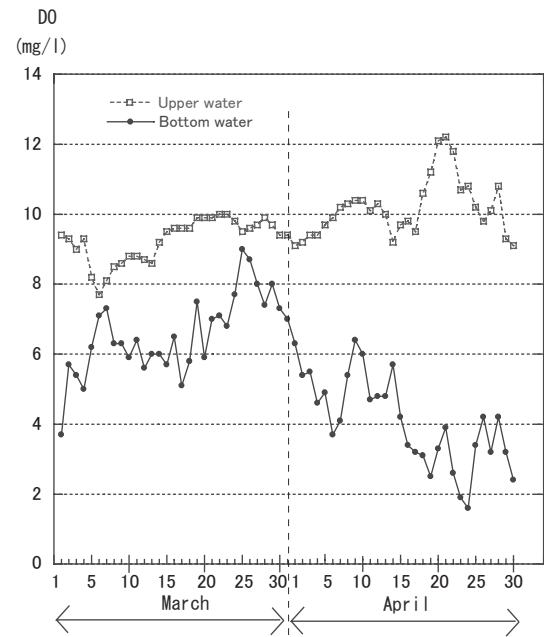


図 5. 3月と4月における溶存酸素濃度の変化. 底層水の溶存酸素濃度は4月以降に低下した. 測定資料は出雲河川事務所による.

Fig 5. Changes of dissolved oxygen content (DO) in the upper and bottom water in March and April. DO of the bottom water decreased in April. Data from Izumo River Office.

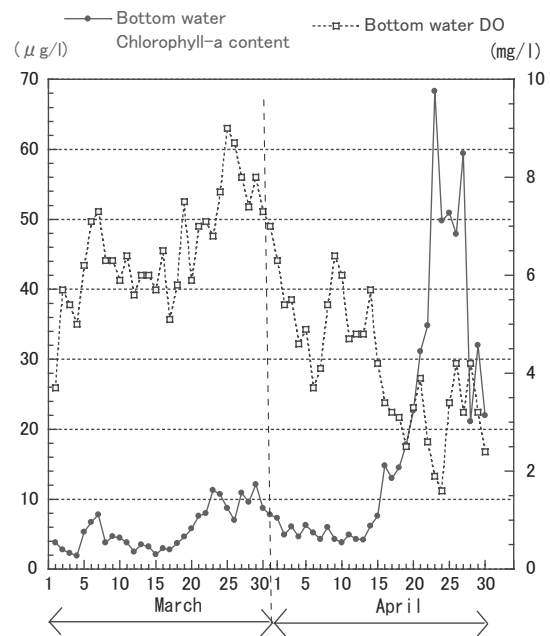


図 6. 3月と4月におけるクロロフィル a 濃度と溶存酸素濃度の変化. 4月中下旬に底層水中にクロロフィル a 濃度が上昇した. 測定資料は出雲河川事務所による.

Fig 6. Changes of chlorophyll-a content and DO in the bottom water in March and April. Chlorophyll-a in the bottom water increased in middle to late April. Data from Izumo River Office.

(T.P.)であったが、大きく見て比較的高い期間が4月7～13日、4月19日～22日、4月29日～5月2日の3回、逆に低下した期間が4月14日～18日と4月25日～28日の2回みられた(図3)。中海の水位は期間中大きく変動しているが、期間中は平均して約0.2 m(T.P.)であり、4月13日までは0.2 m以下で変動した。その後、4月14日、22日、25日を中心として水位が0.3～0.4 mまで上昇した(図3)。中海におけるこの期間の平均した変動パターンは、必ずしも境港のそれとは一致していないことが確認され、中海には潮汐作用とは別の変動周期がおこっていたものと考えられる。

【水温】

底層水と上層水の水温の逆転現象(春季循環:spring turnover)が3月27日に起こった。この時の水温は11.5℃であった。その後、短期間の冬型の水温分布が4月5日に約12℃、4月19日に約13.8℃でみられた。4月以降は、両者の温度較差は拡大していった(図4)。

【溶存酸素濃度】

底層水の溶存酸素濃度の変化は、4月上旬の高い濃度(平均して6 mg/l)から段階的に低下し、4月24日に最も低下した(約2 mg/l)。4月中旬(17日ごろ)からの低下は、この時期の特徴を表しており、後述する底層水中のクロロフィル a 濃度と密接に関連している。強い風の影響による湖水の攪拌は、短期的には躍層より深い下層水中への溶存酸素の供給の重要な手段となっていることが多い。しかし、今回のように長期的に見た場合、明らかに風の攪拌作用によって補給するよりも大きい酸素の消費が4月中下旬に起こっていたことになる(図5)。とくに、溶存酸素濃度が低下した4月下旬以降には、底層水中のクロロフィル a 濃度が高くなっていった(図6)。後述するように、水中映像によっても生物集塊(biological aggregates)の沈降が極めて多くなっていたことが確認されている。

【底層水のクロロフィル a 濃度】

中海の底層水中のクロロフィル a 濃度は、4月23日から28日にかけて50 μg/lを越す濃度であったが、それ以前は低く特徴的な変化は確認されなかった(図6)。この高い濃度の時期は底層水中の溶存酸素量の低下した時期と重なっていた。

【底層水の濁度】

底層水の濁度は時間ごとの変化が激しかった(図7)。強い風の発生に応じて直接的に形成される高い濁度の水とは別に、今回のように長期的にみると、

風の影響を反映していない高い濁度の発生がこの期間でも確認された。4月下旬のクロロフィル a 濃度の高い時期には濁度も高くなる傾向が見られたが、その他の時期でも濁度が高いときがあった。

2. 水中映像の様子

図版1は2007年4月5日14時00分から5月2日10時05分までの映像のスナップショットを時系列に配置したものである。この間の湖底は極めて興味のある変化を示している。冬季に湖底を被覆する状態で生存していたユウレイボヤの群れが活力を失い、湖底から消失していった。ユウレイボヤの活力の低下と同調するように湖底にバクテリアマットが形成されていった。この時期、水中の濁りが著しく、また数 cm 台の生物集塊が頻繁に形成されているなどの特徴がある。以下に、湖底の状態を簡単に記述する。

図版1に記録されているスナップショットの合計324シーンのうち鮮明な映像(評価5)であったのは21シーンで、全体の6.5%であった。反対に著しく強い濁りから中程度の濁り(評価1および2)であったのは176シーンで全体の54.3%であった。期間中かなりの間、湖底の様子が不明な状態が続いたことになる。評価5が得られたシーンは、多くの場合評価3および4が出現している間に現れることが多く、周期的に出現する傾向であった。このようなシーンとして、4月7日12時、14時、4月9日10時、4月10日6時、12時、4月12日18時、20時、4月18日12時～20時、4月19日14時、18時、4月20日12～14時、4月24日18時、4月27日18時、5月1日12時などがあげられる。

水の動きと映像の評価とは明瞭な関係がある場合とない場合があり、複雑である。評価5の映像の場合、流れのない状態であることが多いが、評価4の場合は水の揺れ動きのある流れのなかでもおこっている。反対に、流れのない状態は評価1の場合でも観察されることが多く、流れの強弱によって濁りが発生していることではないことが確認された。しかし、風速14.7 m/s(4月28日2時)であったときの湖底は、堆積物の巻き上げをともない評価2となり、その後評価1がしばらく継続していた。風の影響が湖底での濁りの発生原因となっていると考えられる。同様に風によると思われる濁りの発生が、4月13日から14日に見られた。

図版1にみられるユウレイボヤ群集は、前年の12月上旬に観察場所の湖底に見られるようになり、冬

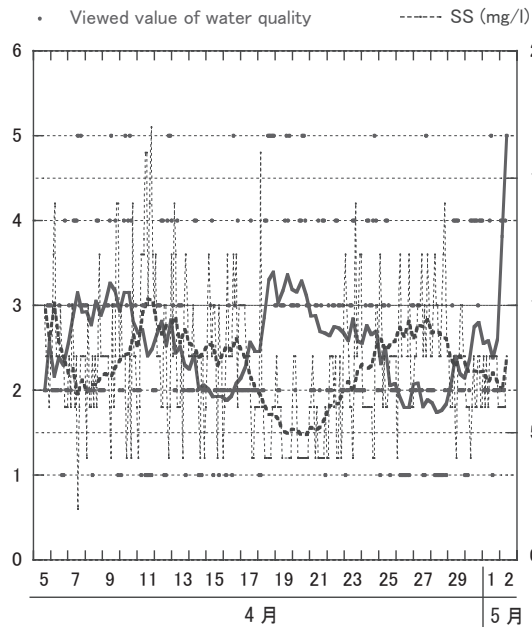


図7. 水質映像の評価値と底層水の濁度との関係. 分布の平滑化は Stineman 関数を利用. 濁度は出雲河川事務所による.

Fig 7. Relationship between the suspended solid (ss) of bottom water and the viewed value of water quality. Smoothed curve is applied a Stineman function of geometric fitting. Data from Izumo River Office.

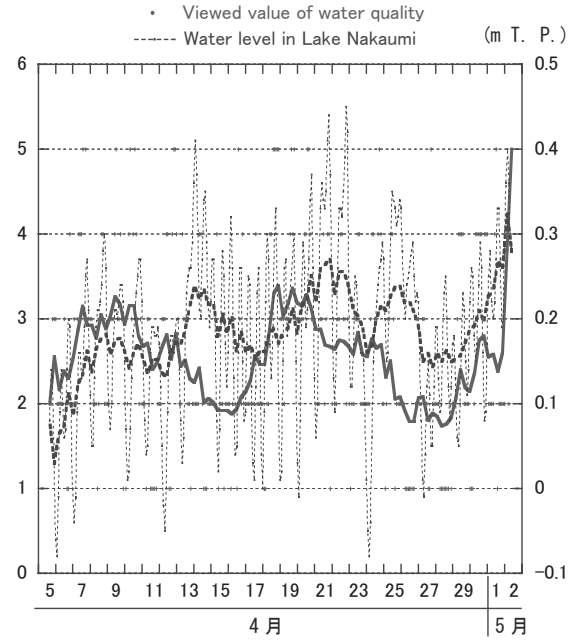


図9. 水質映像の評価値と中海における水位変化との関係. 分布の平滑化は Stineman 関数を利用. 水位データは出雲河川事務所による.

Fig 9. Relationship between the water level in Lake Nakaumi and the viewed value of water quality. Smoothed curve is applied a Stineman function of geometric fitting. Data from Izumo River Office.

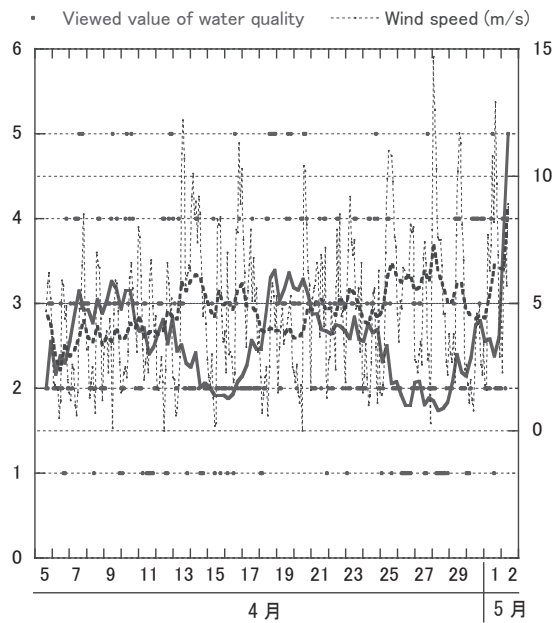


図8. 水質映像の評価値と風速との関係. 分布の平滑化は Stineman 関数を利用. 風速は出雲河川事務所による.

Fig 8. Relationship between the wind speed and the viewed value of water quality. Smoothed curve is applied a Stineman function of geometric fitting. Data from Izumo River Office.

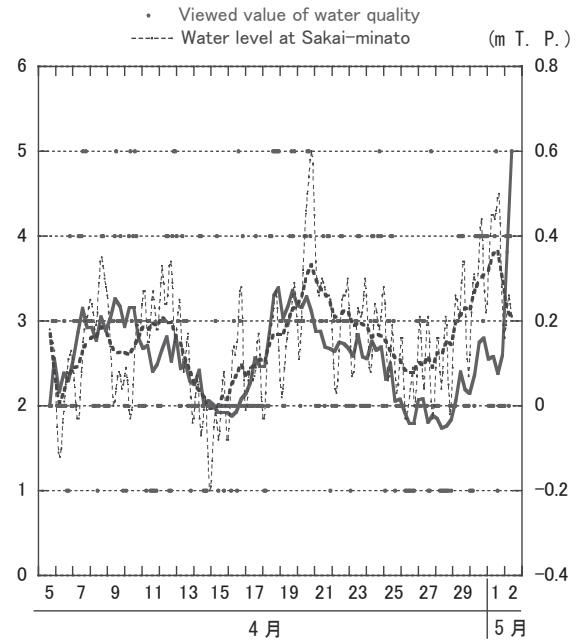


図10. 水質映像の評価値と境潮位観測所における水位変化との関係. 分布の平滑化は Stineman 関数を利用. 潮位データは気象庁による.

Fig 10. Relationship between the water level at Sakai Tidal Observatory and the viewed value of water quality. Smoothed curve is applied a Stineman function of geometric fitting. Data of water level from the Meteorological Agency of Japan.

の間成長をとげ観察時には最大で約 6 cm の個体になっていた。半透明で先端の入水孔を頻繁に開閉させながら浮遊物を取り込んでいる光景が観察された。しかし、4 月下旬以降になると体の透明感がなくなっていく様子が観察された。また、揺れ動きのある流れに対して容易に湖底から離れる様子が見られた。風速 10 m/s に達しない風が吹いていた期間においても、湖底から離れたホヤの体が浮遊物として流れる場面が頻繁に観察された。4 月 27 日以降になるとユウレイボヤの個体数は僅かになり、5 月 1 日の評価 5 の映像では、小さな個体が湖底に倒れている状態であった。そして、活動の低下したユウレイボヤの間を埋めるように白いシート状の膜が広がった。その兆候は 4 月 24 日 18 時（評価 5）の映像で確認でき、後述する底層水の溶存酸素の低下と明瞭な関係がみられる。5 月以降に見られた湖底の様子は、夏季から秋季にかけて典型的にみられるバクテリアマット形成の最初の段階を示している。

その他に、小型生物（節足動物類）の群れがしばしば確認することができた（たとえば、4 月 13 日 2 時）。この小型生物の群れはこの季節ばかりでなく、冬季にも頻繁に観察される。評価 3 から 2 で、弱い～中程度の濁りが発生しているときに見かけることが多かった。この点については、後で考察を行う。

考 察

湖水の濁り

今回の水中映像をみると、中海湖心部の底層水は多くの期間に亘って濁っている状態で、鮮明な湖底を記録することが極めて少なかった。筆者らのこれまでの報告では、湖水の濁りの主要な原因は風によるものであることを報告してきた。しかし、強風によって湖底の攪拌を伴うような濁りは、風の影響が低下するとそれに応じて短期間に濁りの程度も低下することが分っている。したがって、極めて緩慢に出現し、しかも長時間継続するような濁りは強風でもたらされる濁りとは別であるといえる。野村ほか(2007)は、2006 年の 11 月の観察において、濁りが潮汐作用に伴った湖内の水位変化を反映したものでなく、しかも風向も反映していないことを述べている。このような 1 週間の記録では、どのような原因によるものか、その実体を明らかにすることは困難であったものと考えられる。今回の約 1ヶ月間の記録は、従来十分に検討ができなかった点について再考察する機会となった。

濁りの原因として、生物に関連したものかどうかを検討するために、水中映像の評価値と濁度の比較、水中映像の評価値とクロロフィル a 濃度の比較を行った。2 時間ごとの変動を直接比較することは全体の傾向を捉えるのに困難であったため、幾何学的平滑化 (Synergy Software, 2005) を行って検討を行った。その結果、評価値と濁度とは相反する変動を示し (図 7)、4 月下旬にのみ増加するクロロフィル a 濃度 (図 6) とは相関のない分布を示していることが明らかとなった。映像で確認される濁りは、濁度によって反映される有機質・無機質の混在したものであり、濁度が高いときは、映像評価値が低くなる傾向を示している。また、風速による影響について平滑化してみると、分布パターンが相反していることが明らかとなった (図 8)。これまでの観察で風速が 10 m/s に達し、しかも数時間継続すると湖底泥の攪乱が起これり、透明度が全くなくなることが明らかとなっている (野村ほか, 2007)。図 8 は、このような風による濁りの発生を示している。しかし、透明感のない濁り水 (評価値が 1 ないし 2) は、強風の継続時間にもよるが、長時間にわたって存在することはなく強風の停止とともに透明感を回復するのがこれまでの観察で得られている。したがって、4 月 14 日から 16 日また 4 月 25 日から 28 日にかけて、風速がこれらの期間大きく変動しているにもかかわらず数日間存在した濁りは、上述のこととは異なった現象のようにもみえる。この点については、カメラの設置場所の攪乱で発生した濁りを直接反映したものではなくて他の場所で形成された濁り水が浮遊しながら移動し、カメラの設置場所において濁りとしてとらえられたものと考えられる。野村ほか(2007)が指摘した湖底を攪拌する強風の停止と濁りの低下は、湖底の観察場所で短い間に起こった現象として捉えるべきもので、今回のように長時間に亘って存在する濁りの原因は、濁った水塊の拡散・移動の繰り返しの結果であることを指摘したい。

また、野村ほか(2007)が指摘した濁りの変動と水位との関係は、中海の水位変化を利用しただけでは議論できないことが今回の検討でも確認された。図 9 は、中海湖心での水位変化と映像の評価値を幾何学的に平滑したものであるが、明瞭な相関はみられない。しかし、境水道にある気象庁の水位観測所での変動と映像評価値を幾何学的に平滑して比較すると、濁りの変動と潮汐作用に伴って起こる逆流や順流が密接な関係にあることが示唆される (図 10)。すなわち、境水道の水位が高いときには中海の底層水

は濁りのない状態になり易いことを示している。これは境水道からの海水が中海の底層を逆流している状況になっているものとみられる。中海の水位と境水道の水位差をとって映像の評価値との関係を見ると、中海と境水道の水位差が大きいときには、強い濁りが発生している(図 11)。以上のことから、湖水の濁りについては、風によって巻上げられた浮遊物が時間をかけて移動と沈降を続けるなかで濁った状態が形成される過程と、強風による湖底の攪拌によって直接的に濁りが生じる過程のあることが考えられる。そのようななかで、境水道を通して流入する海水が底層水の濁りを低下させている過程があることが示唆される。

溶存酸素濃度の低下とユウレイボヤの消滅

今回記録されたユウレイボヤの消滅と溶存酸素濃度の低下には、中海湖底の貧酸素環境の発生と密接な関係があることが考えられる。溶存酸素濃度が高い冬季の湖底にはユウレイボヤやヒドロ虫が群集を形成していたが、3月下旬の上層と下層の水温の逆転がおり、両者の水温が上昇するに伴って、4月中旬以降の底層水の溶存酸素濃度が著しく減少して

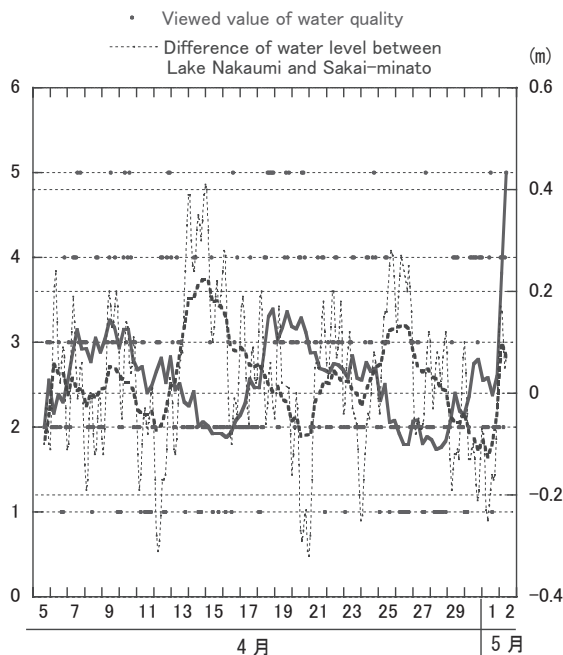


図 11. 水質映像の評価値と中海と境水道の水位差との関係。中海の水位資料は出雲河川事務所、境水道の水位資料は気象庁による。

Fig 11. Difference of water level between Lake Nakaumi and Sakai-minato, and its relation to the viewed value of water quality. Smoothed curve is applied a Stineman function of geometric fitting. Data of Nakaumi water level from Izumo River Office and data of Sakai water level from the Meteorological Agency of Japan.

いった。また、溶存酸素濃度の低下とクロロフィル a 濃度が高くなる時期には、浮遊する集塊物が非常に多くなったことが観察された。これらの集塊物の沈降とその化学的分解は、水温の上昇と併せて水中の溶存酸素濃度の低下に関係している。底層水のこのような変化は、結果として冬季に成長したユウレイボヤの活動を低下させる原因となっていると考えられる。底層水の貧酸素状態の形成は、生物集塊のような湖水中で生産されたプランクトンの遺骸が湖底へ沈降・堆積していくなかで溶存酸素濃度が低下することと関連して、ユウレイボヤが消滅する時期にはじまっている。

移動性低気圧(春の嵐)と湖底の底生生物

4月下旬になると底層水の溶存酸素濃度が低下し、水温も上昇していった。ほぼ同じ時期にユウレイボヤの群れは活動を弱めたが、どのような風速によって誘発される底層水の動きがユウレイボヤの群れを消失させたのか、今回の観察で明らかにすることができた。4月25日10時ごろには10 m/sの風が吹き、湖底のユウレイボヤが不規則に攪乱されている様子がみられた。その後、10 m/sを超す風が継続するが、この時の湖底は、激しく攪乱され、やがて非常に強い濁りのために視界がなくなってしまう(4月25日16時~4月26日18時)。視界が回復した4月27日8時には風速が5 m/s未達の軽風~軟風状態であってもユウレイボヤが湖底から水中へ離れる様子が観察された。このような時期のユウレイボヤは、10 m/sに満たない風速の条件でも湖底から離れる状況にある。結果として、ユウレイボヤのなくなった湖底は、荒涼とした光景を呈するようになる。このようにみると、春季循環期以降の新たな湖底の環境の形成は、4月下旬の水温の上昇、溶存酸素濃度の低下、そして風の3つの作用が重要な要因であるといえる。

ま と め

冬季から春季にかけて湖底の環境には特徴的な変化が認められた。塩分躍層を境して下位の水と上位の水の水温の変化(春季循環; spring turnover)が起こり、底層水の溶存酸素濃度も急激に低下していく。冬型の生態系の消失する時期にもなり、この時の風は湖底を一掃する役割を演じる。このような時期の湖底の様子を約1ヶ月間(4月5日から5月2日まで)に亘って2時間ごとに記録することができた。以下の点は、今回の記録から明らかになった。

(1) 底層水に発生する水中映像の濁りは、測定された濁度と関連しており、強風によって引き起こされた浮遊物が移動・沈降していく過程のものであると考えられる。底層水中のクロロフィル a 濃度が増加したときにも濁りが発生する。濁りのない状態は、境水道の水位が高くなった時とほぼ一致し、このときは中海へ海水の流入が起きていると考えられる。中海の水位が高いときには、底層水は濁っていることが多い

(2) 風が湖底の底質や生物群集へ及ぼす影響を確認することができた。湖底の攪乱による巻上げはおよそ風速 10 m/s で起きている。冬季に成長してきたユウレイボヤは、春季には活動が低下し、軟風状態の水の動きによっても湖底から離脱しやすい。したがって、強風が発生すると、一層強く湖底から引き離されるため、湖底の様子は2日ほどで変化する。冬季に出現していた湖底の多様な生物群は消失し、バクテリアマットが頻繁に出現する夏型の湖底の状態へと変化していく。

謝 辞

水中カメラの設置にあたり国土交通省出雲河川事務所には施設面でご協力をいただいた。また、査読者には有益なコメントをいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

引 用 文 献

Godo, T., Kato, K., Kamiya, H. and Ishitobi, Y. (2001) Observation of wind-induced two-layer dynamics in Lake Nakaumi, a coastal lagoon in Japan. *Limnology*, 2: 137-143.

橋谷博・奥村稔・藤永薫・近藤邦男・清家泰・山田佳裕 (1992) 宍道湖・中海の水質変動に与える気象・海象の影響—(その2) 1982~1991年の水質変動と気象5因子。山陰地域研究(自然環境), 8: 69-86.

Kondo, K., Seike, Y. and Date, Y. (1990) Red tides in the brackish lake Nakaumi (II), Relationships between the occurrence of *Prorocentrum minimum* red tide and environmental conditions. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 37: 19-34.

野村律夫 (2008a) 中海湖心部における湖底の水中映像(その4)：2004年と2006年の比較。鳥根大学教育学部紀要(自然科学), 42: 81-85.

野村律夫 (2008b) 水中ビジュアルモニタリングによる技術による汽水域の環境解析。環境技術, 11: 6-11.

野村律夫・瀬戸浩二 (2008a) 中海湖心部における湖底の水中映像(その2)：冬季の季節風に対する底層水の動態。Laguna(汽水域研究), 15: 57-67.

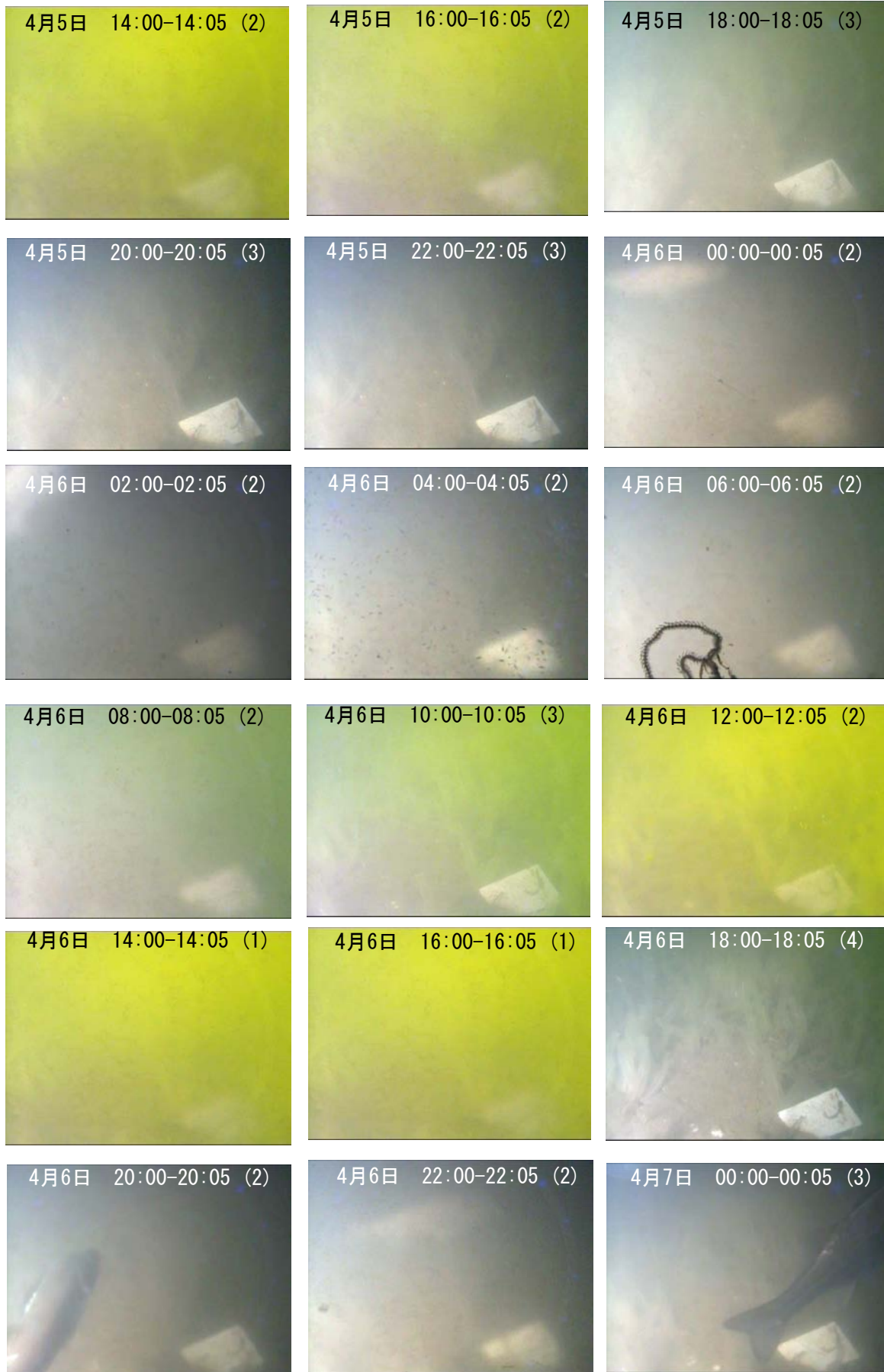
野村律夫・瀬戸浩二 (2008b) 中海湖心部における湖底の水中映像(その3)：無酸素環境におけるバクテリアマットの回復状況。Laguna(汽水域研究), 15: 91-94.

野村律夫・瀬戸浩二 (2004) 有孔虫の産状からみた2003年春季の赤潮発生期の中海の海況。Laguna(汽水域研究), 11: 125-130.

野村律夫・瀬戸浩二・堀江 譲・高田裕行 (2007) 中海湖心部における湖底の水中映像(その1)：風速変化に対する底層水の動態。Laguna(汽水域研究), 14: 17-24.

奥田節夫 (1997) 汽水湖における水塊の移動と混合過程。沿岸海洋研究, 35(1): 5-13.

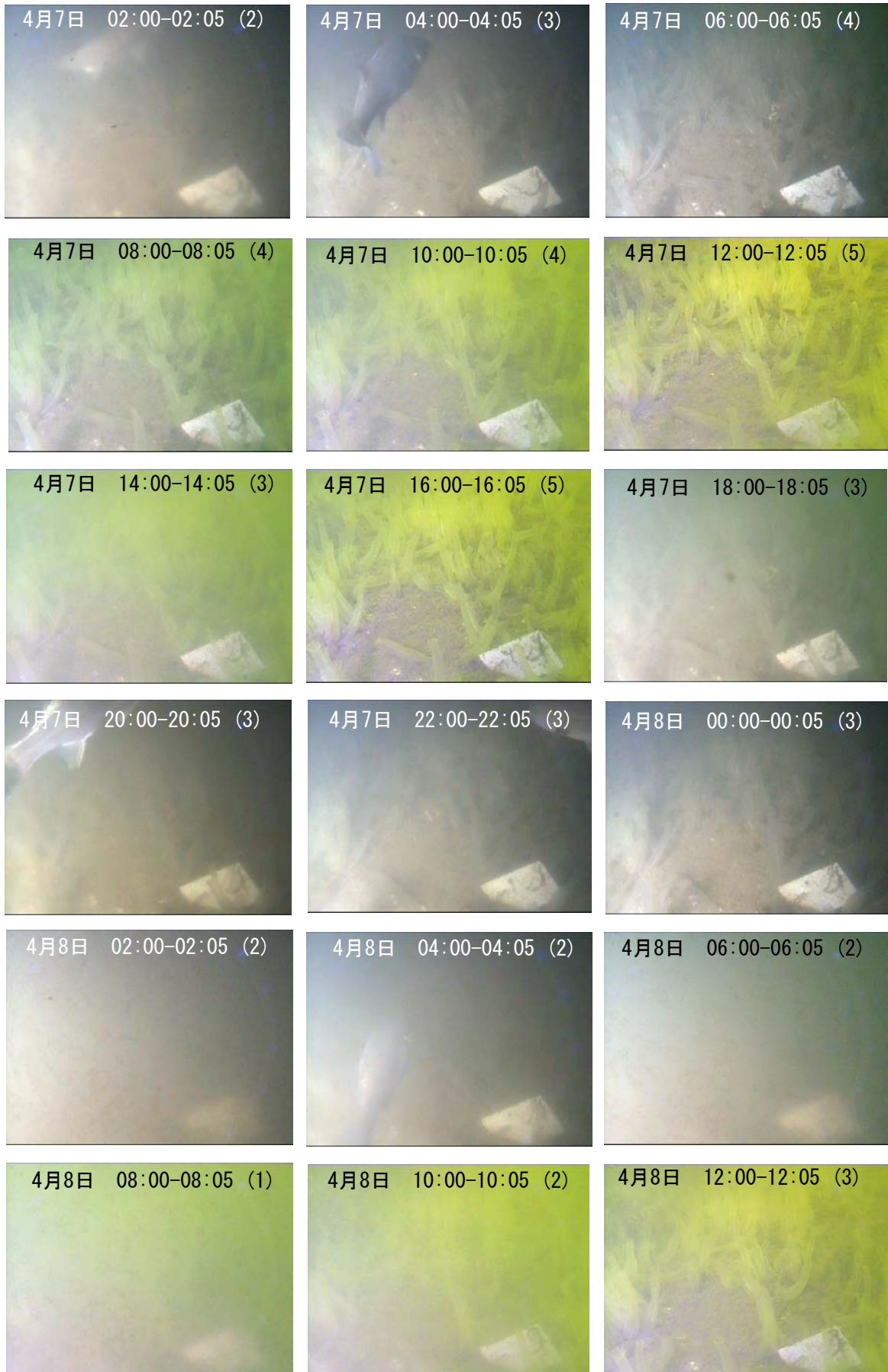
Synergy Software, 2005, KaleidaGraph, ver. 4.0.

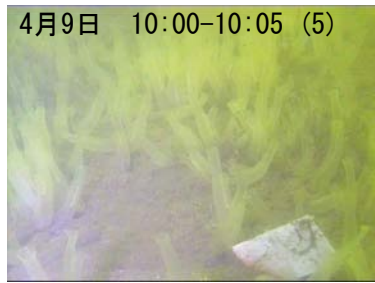
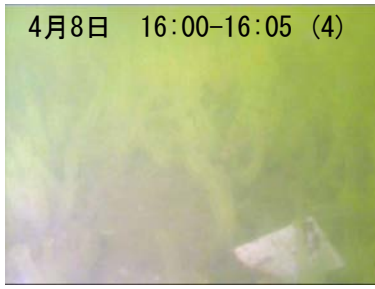
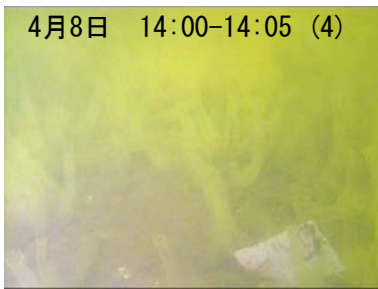


図版 1. 2007年4月5日から5月2日までの2時間ごとのスナップショット。半透明のチューブ状の生物はユウレイボウヤ。ステンレス板の横方向の長さは5cm。括弧内の数値は水質映像の評価。

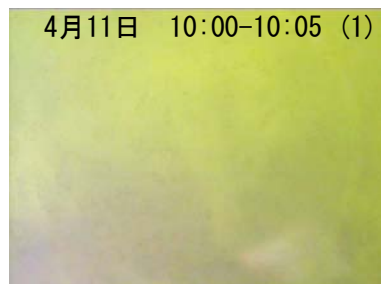
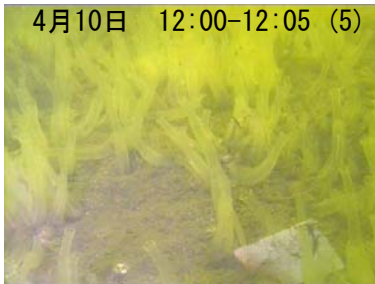
Plate 1. Snapshots of the bottom floor in every two hours from April 5 to May 2, 2007. Number in parentheses indicating the viewed value of water quality. Tube-shaped organism is cionid. White plate is 5cm in width.

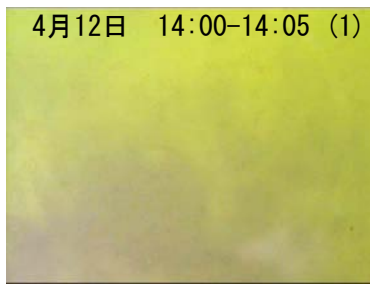
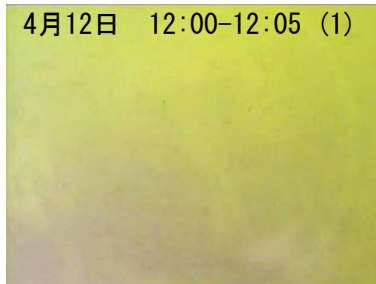
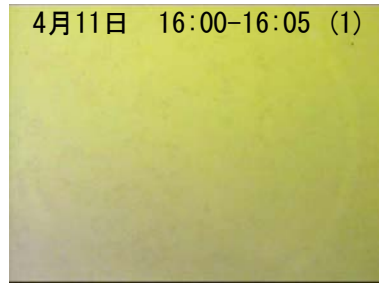
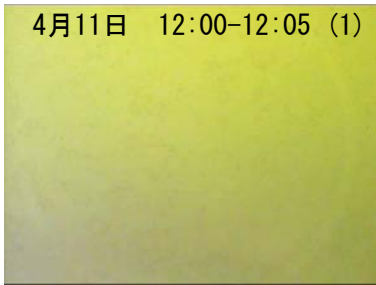
No.2



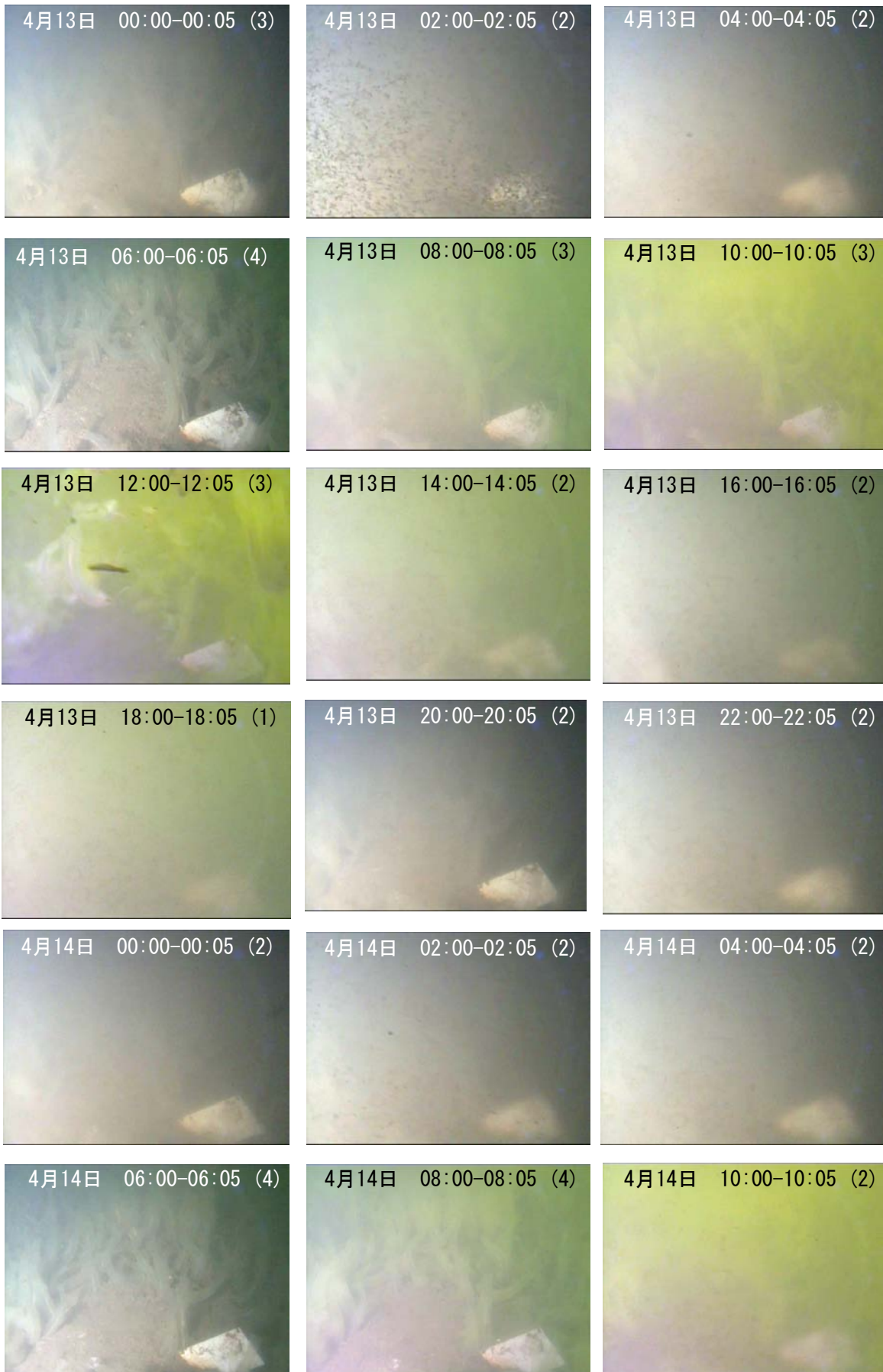


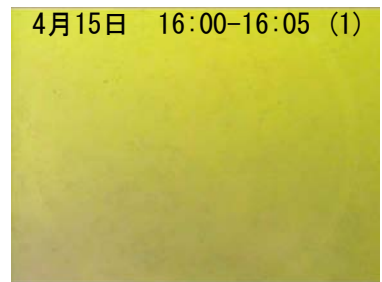
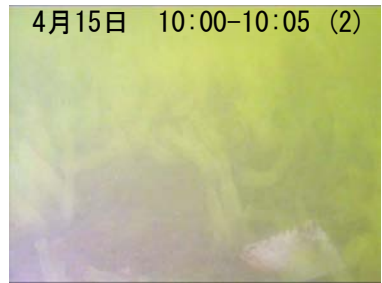
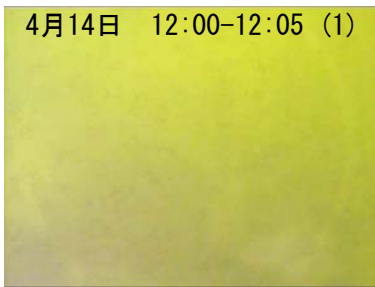
No.4





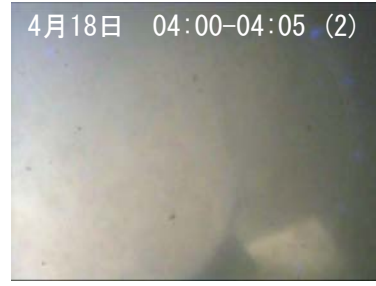
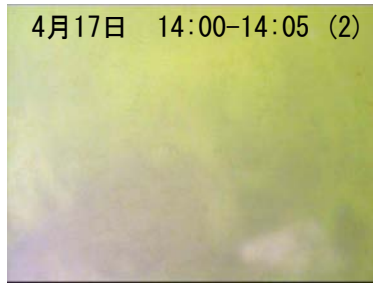
No.6



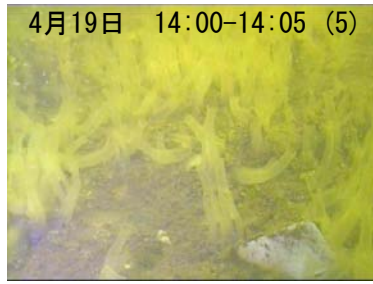


No.8

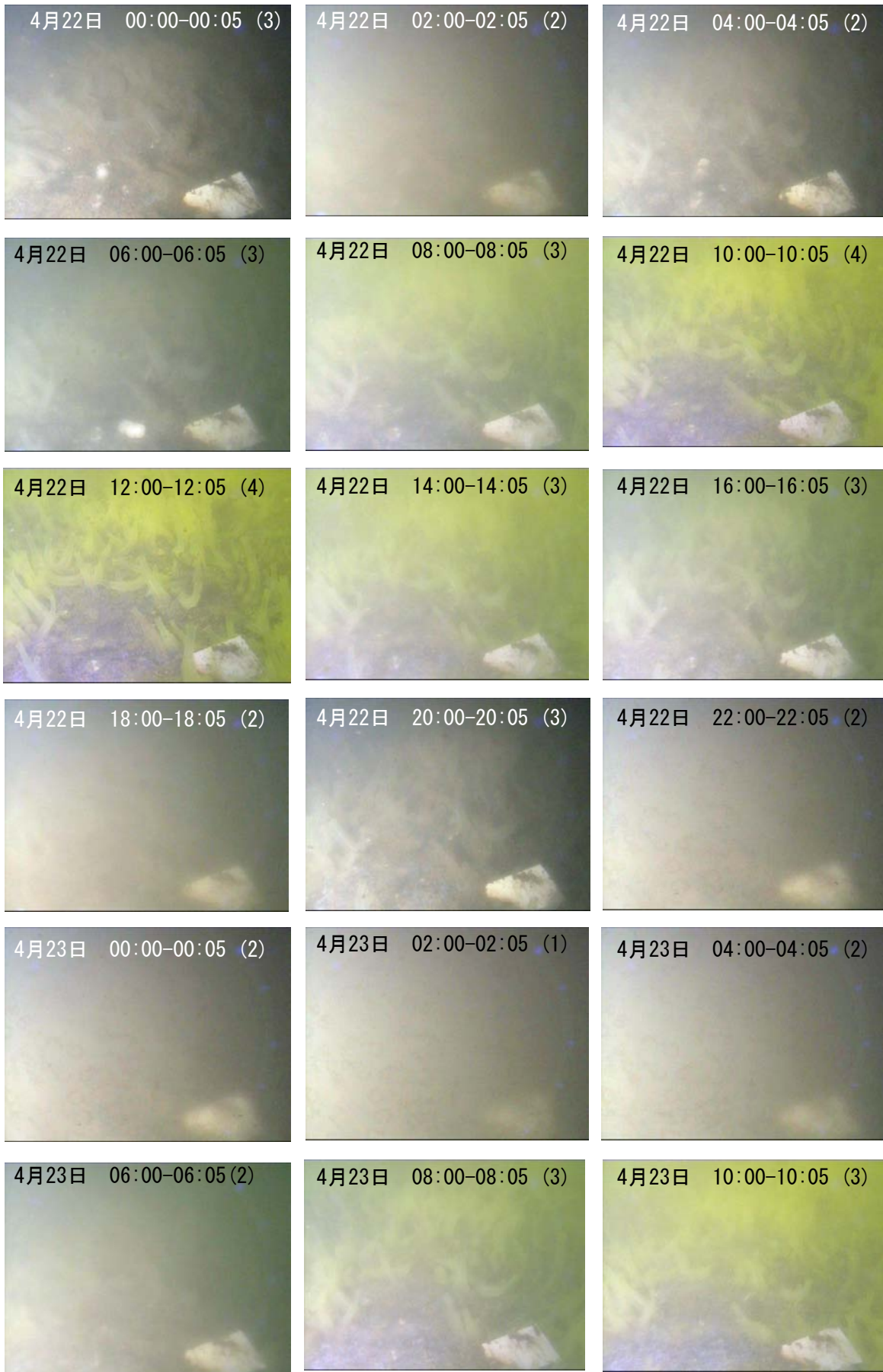


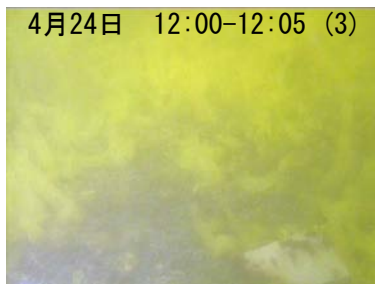
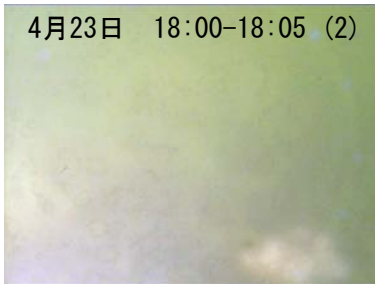
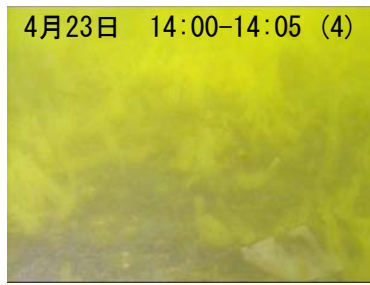
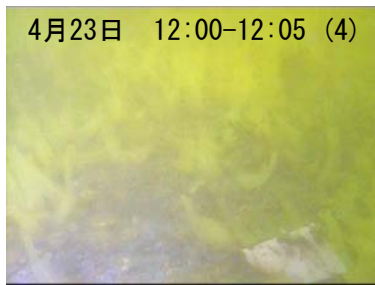


No.10

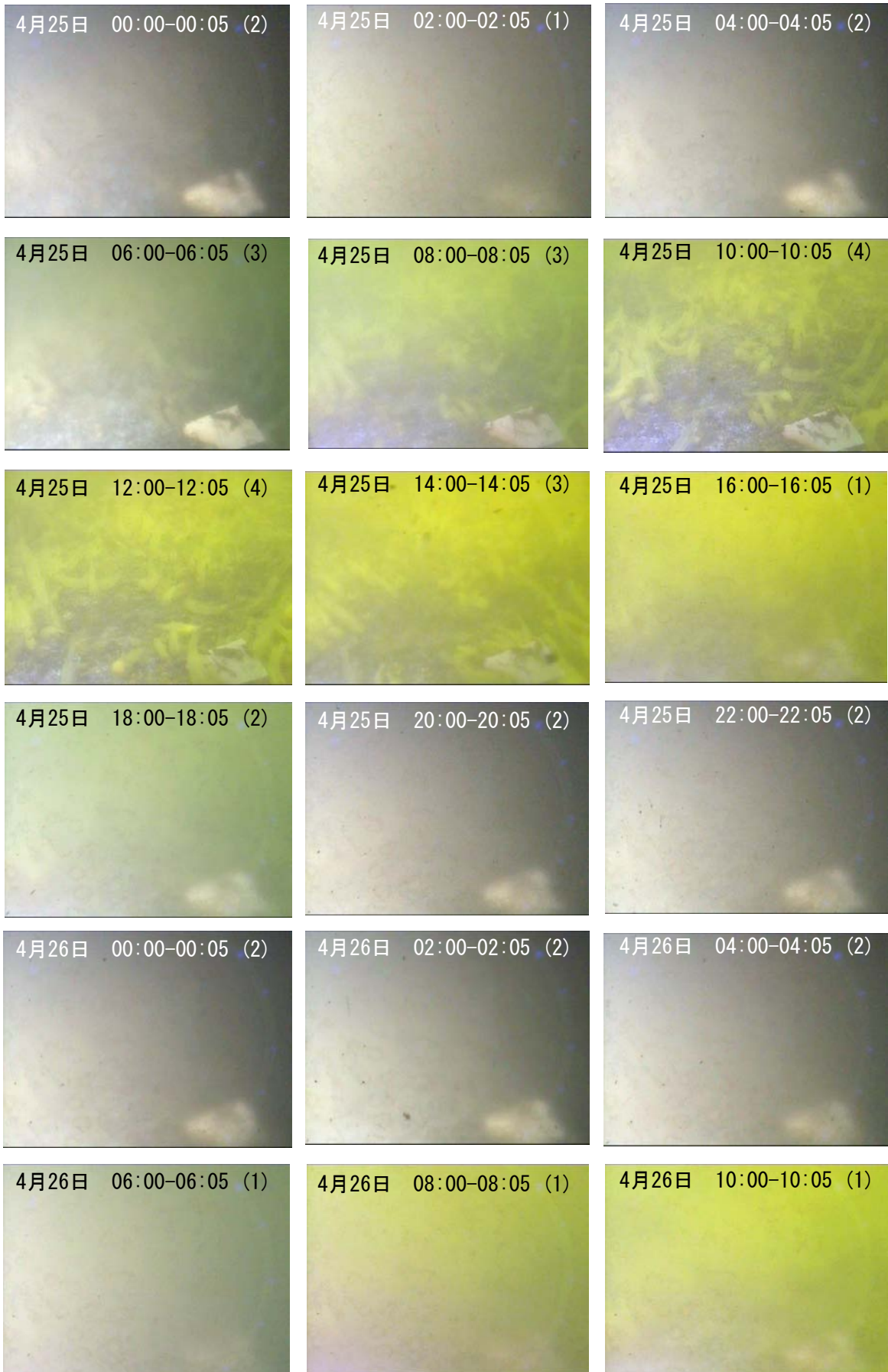


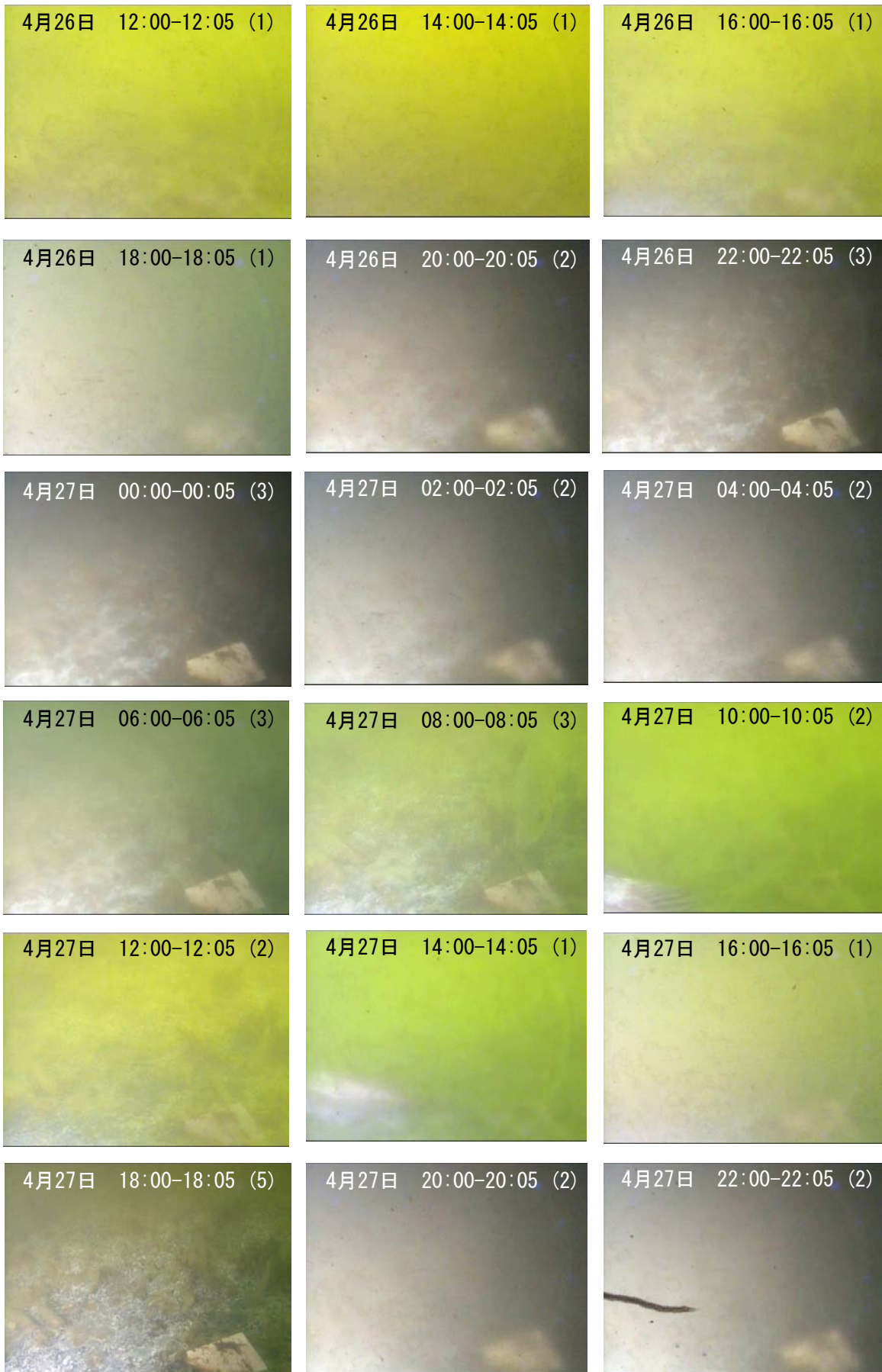
No.12



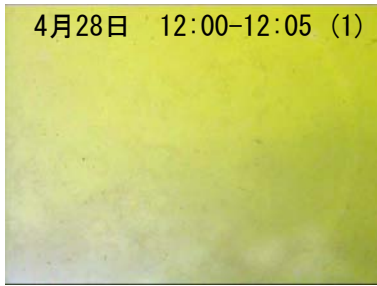
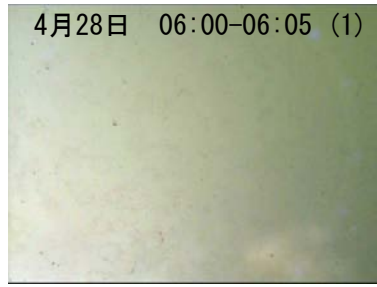


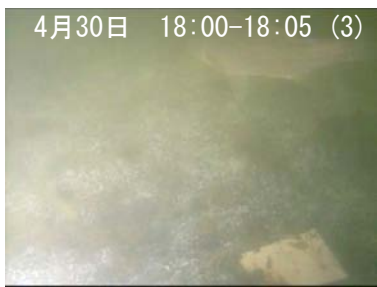
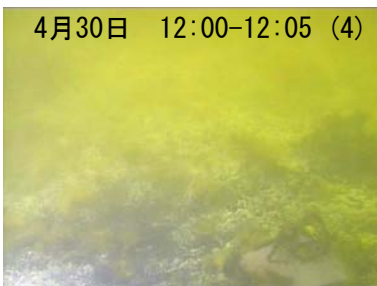
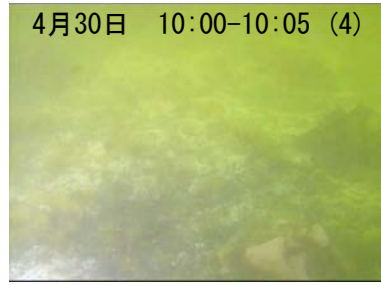
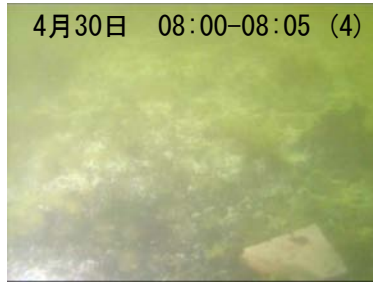
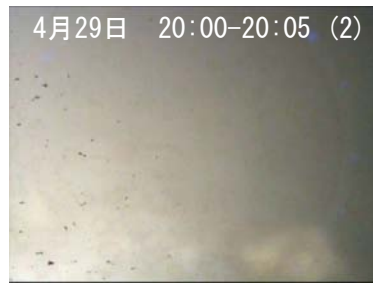
No.14





No.16





No.18

