

平成 27 年度
富山湾リモートセンシング
調査事業報告書

平成 28 年 3 月

公益財団法人環日本海環境協力センター

目次

1. はじめに.....	1
1-1 背景と目的.....	1
1-2 藻場とは.....	1
1-3 富山県沿岸におけるこれまでの藻場分布調査.....	2
1-4 衛星リモートセンシングによる藻場マッピング.....	3
1-5 富山県沿岸における NPEC による調査.....	4
2. 水中ビデオカメラによる海底調査.....	5
2-1 目的.....	5
2-2 方法.....	5
2-2-1 水中ビデオカメラによる観察方法.....	5
2-2-2 氷見市地先における調査区域.....	6
2-3 結果.....	8
2-3-1 繁茂状況のランク付け.....	8
2-3-2 春季調査 (6 月).....	8
2-3-3 秋季調査 (11 月).....	9
3. 衛星画像を用いた藻場分布解析.....	66
3-1 目的.....	66
3-2 方法.....	66
3-2-1 画像の選定.....	66
3-2-2 解析方法.....	67
3-2-3 放射輝度値への変換.....	67
3-2-4 大気補正.....	68
3-2-5 赤・緑・青波長の画像とその合成.....	68
3-2-6 マスクの作成.....	70
3-2-7 サブエリア区分.....	71
3-2-8 水柱放射量補正.....	72
3-2-9 シートルースデータ (Sea truth data) の取得.....	74
3-2-10 関心領域の作成.....	75
3-2-11 底質の分類.....	76
3-2-12 最尤法による底質の分類および微小領域 (ノイズ) の除去.....	76
3-2-13 藻場面積の算出.....	77
3-2-14 分類結果の精度検証.....	77
3-3 結果.....	77
3-3-1 大気補正済み 4 バンド画像による解析.....	77
3-3-2 BRI による水柱補正画像の解析.....	81

3-4 考察.....	85
4. 富山湾の海藻・海草に関する文献.....	87
4-1 論文－藻場－	87
4-2 論文－海藻培養－	88
4-3 報告書	88
4-4 本.....	89
4-5 本報告書内で参考にした文献.....	90
5. 普及啓発冊子	92

1. はじめに

1-1 背景と目的

藻場は、沿岸における水質環境を保全する上で重要な働きを果たしているとともに、魚介類の生息場や産卵場となって生物多様性を支えている貴重な場所であるが（新井，2002；水産庁，http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/moba/moba_genjou/）、その消失や衰退が全国各地から報告されている。富山県沿岸にも豊かな藻場の存在が知られているが、いくつかの場所では、全国と同様にその衰退が報告されている（Fujita et al., 2006；富山水試，2007）。今後、豊かな海づくりに向けた市民参加の活動などにより、その保全を図っていくためには、その役割や重要性について一般の方々に理解を深めてもらうとともに、藻場の分布域やその変化を適切に把握することが大切である。

公益財団法人環日本海環境協力センター（以下、NPEC）では、平成 24～26 年度の 3 カ年にわたり、富山湾の代表的な藻場において、人工衛星画像解析による分布域推定を行うとともに、海藻の繁茂状況や底生生物の生息状況を現場での潜水調査などにより把握し、藻場の重要性を明らかにした。さらには、豊かな沿岸域創造検討会を開催して、有識者から調査・解析の手法や富山湾における藻場の分布状況について、指導・助言を得ながら本調査事業を推進してきた。3 カ年の最終年度である平成 26 年度には、得られた調査結果について総括を行うとともに、藻場の機能や重要性、富山湾の藻場の状況や県内で実施されている藻場の保全活動など、検討会で議論された内容についてとりまとめを行った。

平成 27 年度には、このとりまとめ結果をもとに、一般の人々に藻場の重要性を理解してもらうための小冊子を作成するとともに、過去 3 カ年では解析できなかった砂泥域に繁茂するアマモ類（海草）の分布域を明らかにするために、現場での水中カメラによる観測調査を実施するとともに、人工衛星画像を用いた画像解析を実施する。

1-2 藻場とは

日本の浅海域の主に潮下帯では、陸上の森林や草原と同じように大型の海藻や海草が群生して広がる植物群落があり、これらを「藻場」と呼んでいる（小松ほか，2009）。海藻は海に生育する大型の藻類で、紅藻、褐藻、緑藻の 3 グループあり、主に岩礁・転石域に分布する。海草は陸上で進化した種子植物のうち海に生活の場を戻した植物群で、主に砂泥域に分布する。藻場は、優占する海藻により、コンブ場、アラメ場、カジメ場、ガラモ場（ホンダワラ類の藻場）、テングサ場、アマモ場と呼ぶ（藤田，2010）。



ガラモ場



アマモ場

1-3 富山県沿岸におけるこれまでの藻場分布調査

これまで富山県沿岸において実施された広域にわたる藻場分布調査には、表 1-1 に挙げたものがある。これらの知見から、富山県沿岸の藻場面積は、937 ha（1978 年）→781 ha（1993 年）→1101 ha（2001 年）→1067.8 ha（2012 年）と推移しており（図 1-1）、富山湾の藻場面積はやや増加傾向にあるようにみえる。しかし、調査方法が聞き取り、潜水目視および航空機観測などと異なっており、調査手法の発展によって把握される藻場の範囲が広がり、藻場面積が多くなった可能性があることを考慮しなければならない。

表 1-1 富山湾における藻場分布調査

環境省	富山県（1978）第 2 回自然環境保全基礎調査 干潟・藻場・サンゴ礁分布調査報告書 環境省委託
	環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター（1994）第 4 回自然環境保全基礎調査
	環境庁自然保護局（1998）第 5 回自然環境保全基礎調査
富山県水産研究所	富山県水産試験場（2002）平成 13 年度富山湾漁場環境総合調査
	富山県水産試験場（2007）平成 18 年度富山湾漁場環境総合調査
	富山県水産研究所（2013）平成 23 年度富山湾漁場環境総合調査
その他	海と渚環境美化推進機構（2003）平成 14 年度藻場・干潟環境保全調査報告書
NPEC	（公財）環日本海環境協力センター（2013, 2014, 2015）平成 24 年度・平成 25 年度・平成 26 年度富山湾リモートセンシング調査事業報告書

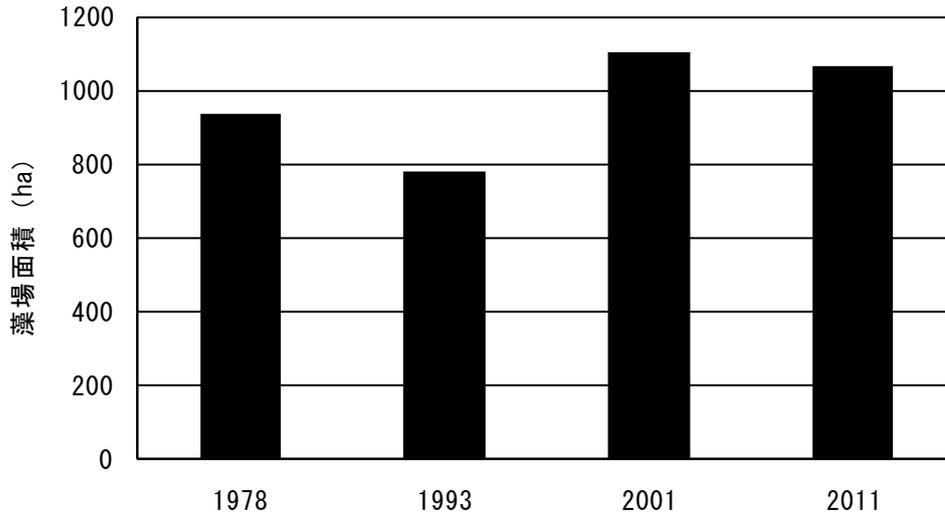


図 1-1 富山県沿岸における藻場面積の推移

(富山県, 1978 ; 環境庁, 1994, 1998; 富山県水産試験場, 2002; 富山県水産研究所, 2013)

1-4 衛星リモートセンシングによる藻場マッピング

藻場保全を推進して行くためには、その分布域の変化を継続的にモニタリングする必要がある。藻場の分布域を把握するためには、船上からの目視観察や潜水調査等の直接的な方法をはじめ様々な手法が存在するが、いずれも長所と短所が存在する。人工衛星リモートセンシングによる藻場マッピングは、海表面から射出する光のスペクトル情報を分類し、間接的に藻場分布を知る手段として知られており、空間的に広範囲のデータ取得が可能であることや、既に取得された画像データ（アーカイブデータ）の利用が可能であること、さらには画像に水柱補正を実施することにより、深い水深帯における藻場分布をより正確に推定できるといった優れた特徴がある。図 1-2 に、藻場解析に関する衛星の概念図を示す。

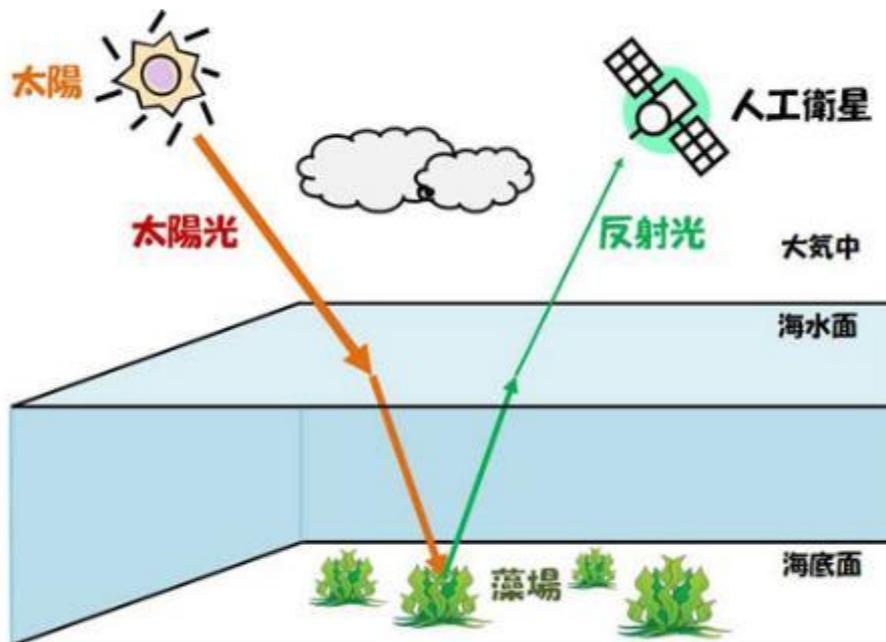


図 1-2 衛星による藻場分布概念図

1-5 富山県沿岸における NPEC による調査

平成 24 年度から平成 26 年度に実施した調査により、下記のとおりの結果が得られた。

- ・富山県西部に位置する氷見市周辺の人工衛星画像（2010 年 2 月 22 日撮影）の解析により、ガラモ場およびその他藻場の面積が 189ha と推定された。射水市から富山市の画像（2010 年 2 月 22 日撮影）の解析により、県中央部の砂浜域に設置された離岸堤や浅堤に付随する藻場を明らかとし、入善町から朝日町の人工衛星画像（2009 年 11 月 7 日撮影）からは、県東部を代表する岩礁性藻場の分布域を推定した。
- ・氷見市、魚津市、入善町ならびに朝日町地先の藻場において潜水調査を秋季に実施し、富山湾の代表的な藻場に繁茂する海藻や、藻場に生息する生物の種類や分布量を明らかにした。湿重量で比較すると、氷見市ではホンダワラ類（褐藻類）が大部分を占め、魚津市では紅藻類であるマクサが最も多く、入善町ではホンダワラ類やツルアラメ（褐藻類）、朝日町地先ではホンダワラ類が優占した。魚津、入善町、朝日町地先では、オオヘビガイなどの軟体動物が湿重量でもっとも多かった。個体数では、入善町地先では重量と同様に軟体動物が最も多かったが、魚津市地先では軟体動物と環形動物が、朝日町地先では節足動物が最も多かった。

2. 水中ビデオカメラによる海底調査

2-1 目的

人工衛星画像解析において最尤法による画像分類を実施するためには、解析対象とする区域内で、予め海底の状況が藻場であるのか砂泥であるのかといった底質データを把握し、分類教師データとして使用する必要があることに加え、分類がどれだけ正しく実行されたか精度検証を行うためにも、これらの現場底質データが必要である。そこで、広範囲にわたる現場底質データを効率的に取得するために、垂下式の水中ビデオカメラによる調査を実施した。

2-2 方法

2-2-1 水中ビデオカメラによる観察方法

船上から水中ビデオカメラを垂下することにより、海底の状況を観察した。一般に藻場は水深20m以浅に主に形成されることから、調査地点は水深約20m以浅の範囲に限定し、画像解析を実施する区域のほぼ全域を含むように調査地点を配置した。

水中ビデオカメラ（みるぞう Pro（有）ファーストシーン社製）（写真 2-1）を船上から海底までケーブルを繰り出して垂下し、横向きに据え付けられた4つのカメラ（各90度ごとに4方向）と下向きの1つのカメラにより撮影される海底付近の映像を、1地点あたり1～数分間程度船上モニターで観察するとともに録画した。カメラのケーブルと一体となったロープに1m刻みで水深の目安となる目印を取り付け、調査地点における水深を把握するとともに、水深データロガー（JFEアドバンテック社製 DEFI-D5HG）をビデオカメラの直上に取り付け、観察水深の記録を行った。調査地点の位置（緯度経度）は、携帯型のGPSデータロガー（Wireless GPS Logger M-241 Holux 社製）により記録した。

録画された映像を後日モニターに再生して、海底の状態（海藻・海草が繁茂していない場合は底質を、海藻・海草が繁茂している場合にはその種類もしくは分類群）を判断した。海草（アマモ類）が確認できた場合には、次の二通りの方法により各調査定点における繁茂状況をランク付けした。第一の方法は、横向きの4つのカメラの映像において、①いずれか1つのカメラでアマモ類が時折確認できる（ほとんどなし）、②いずれか1つのカメラでアマモ類が常時確認できる（少ない）、③4つのカメラでアマモ類が常時確認できる（多い）、④4つのカメラで密度の高いアマモ類が常時確認できる（密）、⑤4つのカメラで密度の極めて高いアマモ類が常時確認できる（濃密）、の5段階に区分した。第二の方法は、海底の数十センチ上から下向きに撮影したカメラの映像を用い、画面に占めるアマモ類の被度が、①1つの調査地点内で数本のアマモ類の株が見られる程度（ほとんどなし）、②25%未満（点生）、③25～49%（疎生）、④50～74%（密生）、⑤75%以上（濃生）の5段階に区分した。

11月4日に氷見漁港内にて、水中ビデオカメラの視程がどの程度かを調べた。直径1.7cmの塩化ビニールパイプ（長さ48cm、色はグレーで、視認性を高めるために白色と赤色のビニールテープを巻き付けたもの。以下、塩ビパイプ）を岸壁から垂下し、水中ビデオカメラのモニター画面に映る映像を見て、塩ビパイプを確認できる最も遠い距離を調べた。視程を調査した場所が漁港の最奥部であったことから、透明度は非常に低く、水中ビデオカメラで塩ビパイプを確認できた距離は最大で150cmであった。

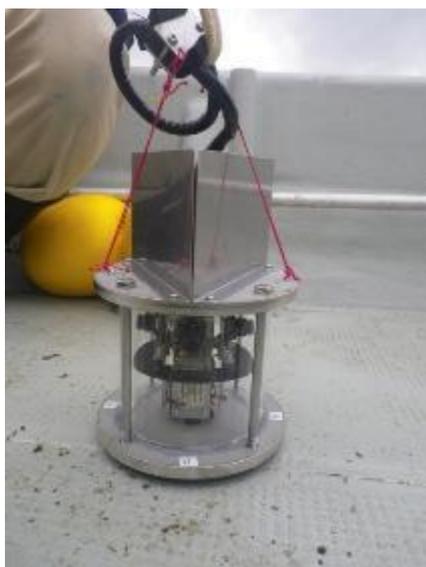


写真 2-1 垂下式水中ビデオカメラ（みるぞう Pro）

2-2-2 氷見市地先における調査区域

氷見市地先の人工衛星画像（2014年11月22日撮影 図3-3）の区域に合わせて、氷見市地先の海底観察調査を、平成27年6月19日と6月22日（春季調査）ならびに平成27年11月2日と4日（秋季調査）に実施した。なお調査では、かめや釣具店の水谷実路氏、ならびに氷見漁業協同組合の協力を得た。

調査区域は、これまでに得られている氷見市沿岸の水深約20m以浅におけるアマモの分布情報（藤田，2001；富山水試，2007；浦邊・松村，2007；富山水研，2013）を基に、4つに分けて設定した。北側から、①石川県との県境に近い「仏島」から「姿」（虻が島北側）までの海域、②「小境」の人工海水浴場付近から小杉（藪田（泊）漁港）にかけての海域、③「阿尾」から氷見漁港にかけての海域、④氷見漁港から南側の「島尾」にかけての海域に設定した。各調査区域の地図に緯度経度6秒毎のグリッドラインを引き、それらの交点を調査点の目安として、アマモの分布範囲が把握できるように調査定点の配置を現場で決定した（春季調査：図2-1、秋季調査：図2-2）。なお、春季調査と秋季調査の定点の番号はそれぞれ個別に付与したものであり、同じ定点番号でも同一地点とはなっていない。



図 2-1 氷見市地先における水中ビデオカメラによる底質調査地点（6月）

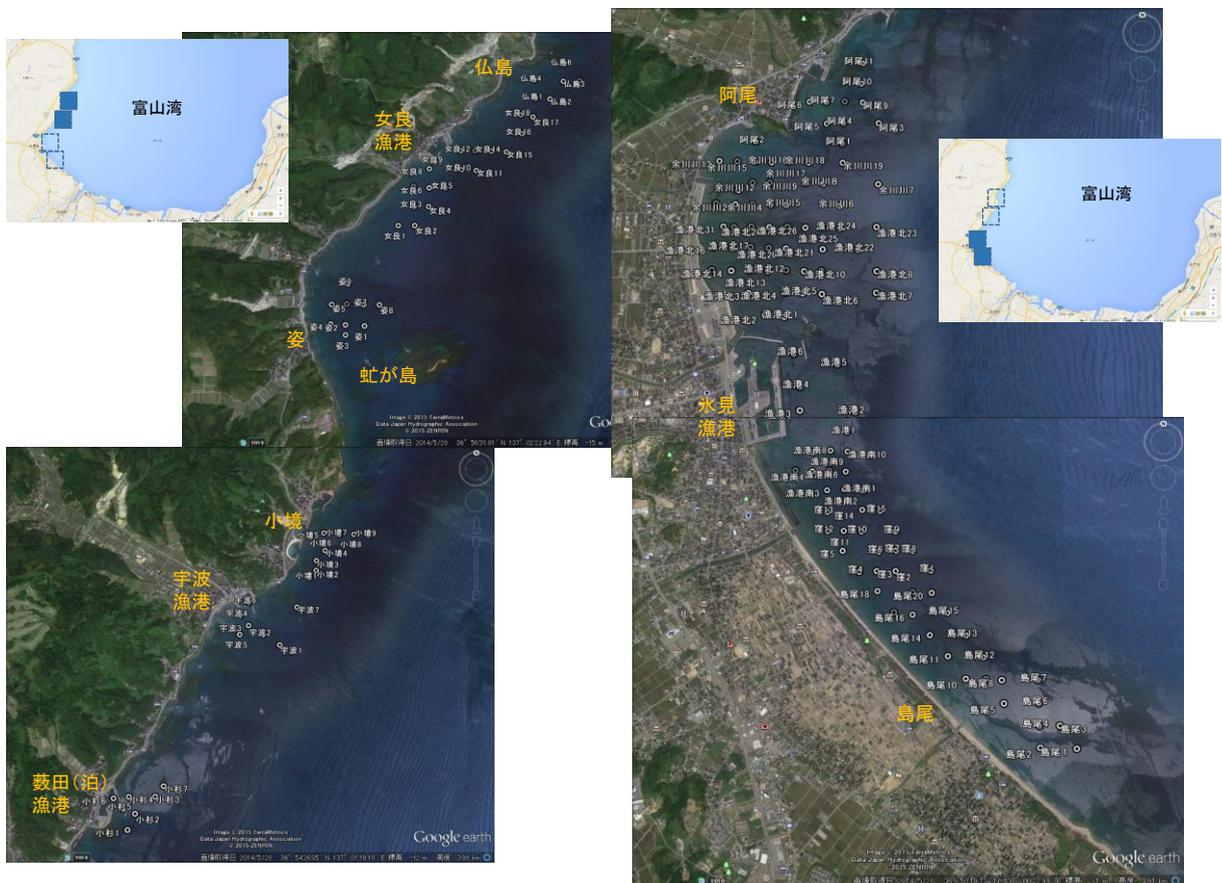


図 2-2 氷見市地先における水中ビデオカメラによる底質調査地点（11月）

2-3 結果

2-3-1 繁茂状況のランク付け

本調査ではアマモ類の繁茂状況のランク付けを2通りの方法で行った。そのうち、横向きの方の4つのカメラの映像を基にして行った方法では、4つのカメラでアマモ類が常時確認できた場合を「多い」と定義したが、「多い」とされた場所でも、下向きの映像から判断された被度が「疎生(25~49%)」や「点生(25%未満)」と認められた調査点もあり、アマモ類の現存量は決して多くないと判断された。これは、特にアマモ類の衰退期である秋季(11月)の調査で多くみられ、アマモ類が枯れて茎や葉の丈が短くなり、密度が少なくなったために生じたと考えられる。アマモ類の分布データを人工衛星リモートセンシングの解析に利用する上で、上空(上側)から見たアマモ類の繁茂状況が重要となることから、繁茂状況を表す指標としては被度を用いる方がより適切であると判断し、以下にアマモ類の被度について結果を述べる。

2-3-2 春季調査(6月)

氷見市地先に設定した4つの区域において、アマモ場が確認された(表2-1~2-2)。

① 仏島~姿：女良漁港から仏島にかけて広くアマモ場が存在したが、密度の大きい場所は少なかった(図2-3)。仏島(仏島1:写真2-2-1)および女良漁港前(女良5,7:写真2-2-2)の定点では被度が大きかったが、それ以外はアマモ類の被度の小さい定点が多かったことから、全体的には密度の低いアマモ場が広がっていると判断される。ただし、この区域では、水深11~14mの深い場所に高密度のアマモ類(例えば、仏島1や女良7)が確認されたことが特徴的であった。女良21~23(水深10~14m)(写真2-2-4)の定点では底質が岩礁や石であり、ホンダワラ類の繁茂が確認できた。姿においては、水深約8mの一部の定点(姿3:写真2-2-5)において被度の大きいアマモ類が見られたがその範囲は小さく(図2-3)、虻が島に近い姿8,9,10の定点(写真2-2-5および2-2-6)ではアマモ類は確認されず、フクロノリやホンダワラ類の繁茂が見られた。

② 小境~小杉(藪田(泊)漁港)：大境漁港内ではアマモ類が濃密に繁茂していた(図2-5 写真2-2-6)。小境の人工海水浴場の沖に位置する水深約7mの定点(小境2,6:写真2-2-7)においても、被度の大きいアマモ場が確認され、その沖側(水深10~13mの小境3,4,7:写真2-2-7)にも被度の小さいアマモ場が比較的広範囲に広がっていた(図2-5)。また、宇波漁港沖の水深約8~12mの定点(宇波2,3:写真2-2-8)や、藪田(泊)漁港沖の水深約6~9mの定点(小杉1,2,4:写真2-2-8)などの比較的深い場所においても、被度の大きいアマモ場が形成されていた。

③ 阿尾~氷見漁港：阿尾から氷見漁港にかけては、水深約7mを中心として水深4~10mの範囲に、ほぼ切れ目なく密度の高いアマモ場が広く形成されていた(図2-7、写真2-2-9~2-2-16)。その一方、水深約2~3mの岸沿いの浅い場所では、アマモ類はほとんど確認できなかった(例えば、余川川1,14:写真2-2-12~2-2-13)。また、水深11m以深の場所においてもアマモは類少なく、13m以深では確認できなかった(例えば、余川川7,8:写真2-2-12)。

④ 氷見漁港~島尾：氷見漁港の東側の水深4~9m(漁港前1~4:写真2-2-16)では、アマモ類は確認されなかった(図2-7および2-9)。氷見漁港の南側から仏生寺川の河口沖周辺では、水深7m前後を中心に水深6~11mの範囲(漁港南側1,6,9,12,14 窪2,4:写真2-2-17~2-2-19、図2-9)に、密度の高いアマモ場が帯状に形成されていた。これより浅い水深4~5mの場所(漁港南側2,7,8,11、窪1,5,6,9,10:写真2-2-17~2-2-20)では、アマモ類は疎生から点生の低い被度で分

布するか、分布しない定点が認められた。水深 12～13m の深い場所（漁港南側 3, 10、窪 3：写真 2-2-17～2-2-19）においても、アマモ類は疎生から点生の低い被度で分布するか、分布しない定点が認められた。さらに深い水深 15m の場所（漁港南側 4, 5：写真 2-2-17）では、アマモ類はほとんど認められなかった。窪からさらに南東方向の島尾にかけては、水深 9m 前後の定点（窪 11、島尾 2：写真 2-2-20）でアマモ類の被度が大きく（図 2-9）、さらに南東側の水深 8～10m の定点（島尾 4, 5, 10：写真 2-2-21）では被度が小さいものの、帯状にアマモ場が形成されていることが確認できた。一方、水深 3～5m の浅い場所（島尾 1, 6, 7：写真 2-2-20～2-2-21）や水深 11m 以深の場所（島尾 3, 9：写真 2-2-21）では、アマモ類は見られなかった。

2-3-3 秋季調査（11月）

11月に実施された調査においても、氷見市地先に設定した4つの区域において、アマモ場が確認された（表 2-3～2-4）。

① 仏島～姿：仏島周辺ではほとんどアマモ場は確認できなかった（図 2-4、写真 2-3-1）。また、女良漁港から北東側に離れた女良 15～18 の定点（写真 2-3-2）でも、アマモ類はほとんど見られなかったが、女良漁港周辺のいくつかの定点では被度の大きいアマモ場が形成されていた（女良 6, 12, 13：写真 2-3-2～2-3-3）。女良漁港から南西側に離れた水深 10m 前後の定点（女良 1, 2, 3, 4：写真 2-3-3～2-3-4）では、アマモ類の被度は小さかった（図 2-4）。姿では、水深 7m 前後において被度の大きいアマモ場（姿 2, 6：写真 2-3-4～2-3-5）が確認されたが、規模の小さなものであった（図 2-4）。底質が石の場所（姿 8, 9：写真 2-3-4）では、ホンダワラ類の繁茂が確認された。

② 小境～小杉（藪田（泊）漁港）：小境の人工海水浴場の沖の水深 8～9m の場所には、海岸線と平行にアマモ場が確認された（図 2-6）。ただし、被度の大きい（密度の大きい）アマモ場は一部の定点（小境 3, 7：写真 2-3-6）に限られ、全体的にはアマモ類の密度はそれほど高いものではなかった。宇波漁港周辺では、比較的浅い水深にアマモ類が見られた（図 2-6）。宇波漁港内（水深 2m）（宇波 6：写真 2-3-7）や漁港の沖水深 5m（宇波 5：写真 2-3-7）で被度の大きいアマモ類の群落が見られた。水深 9m よりも深い定点（宇波 1, 2：写真 2-3-7）では、アマモ場は認められなかった。小杉（藪田（泊）漁港）周辺では、漁港内や一文字防波堤の内側の浅い場所（水深約 2m）（小杉 5, 6：写真 2-3-8）においてアマモ類が確認されたが、底質が岩盤や石の場所（小杉 1, 7：写真 2-3-8）でホンダワラ類が繁茂していた以外は、アマモ類はほとんど認められず、きれいな砂地が広がっていた。

③ 阿尾～氷見漁港：阿尾周辺の水深 2～11m（阿尾 1～10）においては、アマモはほとんど見られなかった（図 2-8、写真 2-3-9～2-3-10）。余川川の河口沖から氷見漁港の北側においては、岸に比較的近い水深約 3～5m の地点（余川川 2, 10, 11 漁港北 17, 18, 30：写真 2-3-11～2-3-14）で被度の大きいアマモ場が確認された（図 2-8）。それよりも浅い水深 1～2m の水深帯（例えば、漁港北 15, 16：写真 2-3-14～2-3-15）や、それよりも深い水深 5m 以深の場所（図 2-8）では、アマモは確認されないか、あってもごく僅かであった（写真 2-3-10～2-3-16）。

④ 氷見漁港～島尾：氷見漁港東側の水深 5～11m の砂泥底の場所（漁港 1～6：写真 2-3-16～2-3-17）においても、アマモは皆無であった（図 2-8、2-10）。氷見漁港南側から窪周辺（仏生寺川河口沖）の、水深 5～6m 付近の水深帯（漁港南 4, 7, 8、窪 3, 10, 11：写真 2-3-17～2-3-20）では被度の高いアマモ場が見られ、その周辺の水深 7～10m の場所（漁港南 2, 9、窪 2, 6, 7, 14：写真 2-3-

17～2-3-20)でも被度が点生から疎生と小さかったものの、アマモ場が確認された(図2-10)。一方で、水深3～4mの浅い場所ではほとんどの調査点(窪4, 12, 13, 漁港南5:写真2-3-18～2-3-20)でアマモ類はないかほとんどなく、また10～14mの深い水深帯(漁港南1, 10, 窪1, 8, 9, 15:写真2-3-17～2-3-20)でも、アマモ類はほとんど認められなかった(図2-10)。島尾周辺では、水深8mの1つの定点(島尾8:写真2-3-22)で被度の大きいアマモ場が認められ、それ以外には水深7～10mの一部の定点(島尾4, 9, 12, 20:写真2-3-20～2-3-22)において、点生から疎生の(被度の小さい)アマモ場が認められたが、その区域は小さかった(図2-10)。一方、水深4～6mの浅い場所(島尾2, 5, 10, 11, 14, 16, 17, 18:写真2-3-21～2-3-23)や、水深10m以深の場所(島尾3, 6, 7, 13, 15:写真2-3-21～2-3-22)では、アマモ類はないか、ほとんど確認されなかった。

2-4 考察

2-4-1 春季および秋季調査によるアマモ場の季節変化

氷見市地先に設定した4つの区域いずれにおいても、6月(春季調査)ならびに11月(秋季調査)ともに、アマモ場が確認できた。ただし、繁茂の状況は季節により異なった。

最も北の①仏島～姿においては、女良漁港周辺の南側から東側の水深8m前後の場所では、6月と11月の調査で被度の大きいアマモ場が確認され、季節的に安定して存在した(図2-3および図2-4)。その一方、6月には女良漁港から仏島周辺と、女良漁港の南西側の水深8～14mの場所で、被度は小さいもののアマモ場が確認されたが、11月の調査ではこれらの場所でアマモ類はほとんど確認されなかった。姿周辺では6月および11月のいずれにおいても、同様の場所(水深7～8m)で被度の大きいアマモ場が確認された。このように、最も北の①仏島～姿では、繁茂期である6月にはアマモ類が水深10mを超える深い水深帯にも繁茂する特徴が確認されるとともに、面積が小さいながらも、被度の大きいアマモ場が季節的に安定して存在した。

②小境～小杉(藪田(泊)漁港)では、小境の人工海水浴場の沖、水深7～9mの場所に、6月と11月の調査で被度の大きいアマモ場が確認され、この場所では季節的に安定した群落が形成されていることが分かった。一方、6月の調査では宇波漁港の沖の水深8～12mと、藪田(泊)漁港の水深6～9mの比較的深い場所で、被度の大きいアマモ場が確認されたが、11月の調査ではそのような水深帯ではアマモはほとんど確認できず、深い水深帯のアマモ場は消失したことが明らかとなった。一方、11月の調査では、宇波漁港と藪田(泊)漁港周辺の水深2～5m場所で被度の大きいアマモ場が確認されたが、その区域はごく限られたものと判断される。6月の調査では水深5m以浅の場所をほとんど調査していないことから、アマモ類が繁茂する水深帯が変化したかは不明であるが、11月に観察されたアマモの丈はほとんどの場所で短かった(写真2-3-7および写真2-3-8)ことも考慮すると、少なくとも、沖側に広がっていた深い水深帯のアマモ場は季節的に消失した可能性が高い。

③阿尾～氷見漁港のうち氷見漁港より北側では、6月の調査では水深3～11mの定点で広範囲にアマモ類が確認され、特に水深7mを中心として水深4～10mの範囲で被度の大きいアマモ場が存在した(図2-7)。これに対し、11月には水深3～5mの定点で「密生」あるいは「濃生」といった被度の大きなアマモ場が確認されたが、水深5m以深の広い範囲にわたりアマモ類はほとんど確認されなかった(図2-8)。一方、氷見漁港の東側(水深5～11m)では、いずれの定点でも6月および11月ともアマモ類は確認されなかった(図2-7, 図2-8, 図2-9および図2-10)。このように、

氷見漁港から阿尾の城ヶ崎にかけての区域では、6月に密度の高いアマモ場が水深10m付近まで大きく広がっていたが、11月には5m以深で繁茂が確認されなくなり、アマモ場が季節的に減少したものと推測される。

④氷見漁港～島尾では、6月の調査では氷見漁港南側から窪、さらには島尾にかけての水深7～9m前後の水深帯において、被度の大きいアマモ場が帯状に存在したが、南東に行くにしたがってその密度は小さくなった。11月の調査では、氷見漁港南側から窪にかけての仏生寺川河口沖を中心とした水深5～6mの場所で、被度の大きいアマモ場が認められたものの、6月に水深7～11m付近に形成された密度の高いアマモ場は、11月の調査では被度の小さい（疎生から点生）アマモ場となるか、アマモ類はほとんど見られなかった。南東端の島尾では6月ならびに11月の調査で、水深3～5m付近の浅い場所ではアマモ類はほとんど観察されず、水深8～9mの比較的深い定点で被度の大きいアマモ場が見られたのに加え、水深10m付近まで被度の小さいアマモ場が確認された。島尾では、全体としてアマモ類の分布密度は低い場所であったが、季節的な変化は小さかった。以上のように、氷見漁港南側から仏生寺川河口沖の窪周辺では、6月の繁茂期に深い水深帯（水深10m前後）に形成された密度の高いアマモ場が消失して、11月には水深5～6mの浅い区域に限定された。一方、6月の調査でもアマモ類の被度の小さい調査点の多かった島尾では、アマモ類の分布域の変化は小さかった。

2-4-2 過去の知見との比較

氷見市沿岸にはアマモ場が形成されることが、これまでに報告されている。藤田（2001）は、航空機からの空中写真と現場での潜水調査により、氷見市から高岡市にかけての沿岸域における藻場の種類や深度別の状況について報告している。これらの調査時期の詳細は示されていないが、主に1990年代に実施されたものと判断される。富山県水産試験場（2002）および富山県水産研究所（2013）では、それぞれ2001～2002年と2011～2012年に実施された航空機からの空中写真撮影と潜水調査結果から、藻場の分布域が推定され、氷見市沿岸のアマモ場のマッピングがなされた。また、富山県水産試験場（2007）では、2006～2007年に富山県沿岸6地点の藻場において、水深別の現存量を四季にわたり調査し、アマモ場については中波（女良地区）における結果が報告されている。

①仏島～姿

藤田（2001）によると、最北端の女良から虻が島にかけての地区では、仏島周辺の岩礁地帯の沖側（水深9mより沖）の砂泥域で、水深17m付近までアマモ場が広がること、中波から姿の沿岸には広いアマモ場が存在し、水深17mの深い水深帯にまでスゲアマモが分布するが、水深15m以深では群落が疎生になること、さらには虻が島と岸側の岩礁地帯の間の砂地にスゲアマモが疎生すると報告している。富山県水産試験場（2002）および富山県水産研究所（2013）でも、仏島から虻が島近くの姿にかけての水深10～15m前後にアマモ場が連続的に分布すると推定されている。一方、本調査では一般にアマモの繁茂期である6月に調査を行い、仏島や女良漁港周辺で水深11～14mの深い場所で密度の高いアマモ場が確認されており、藤田（2001）と一致する結果が得られた。しかしながら、6月と11月に行った調査では、この区域のアマモ場の密度は低い場所が多く、密度の高いアマモ場はパッチ状に点在し（図2-3および2-4）、アマモ場が連続的に広がっているとは判断されず、一致しない点も見られた。今後もこの区域のアマモ場の分布域につい

て、季節変動を踏まえた上で、経年的な変化を把握して行く必要がある。

中波における水深別のアマモ現存量の季節変化（富山水試 2006）は、スゲアマモが主に生育する水深 9m 以深でその変動が大きく、春（5月）から夏（8月）に値が大きく、秋（11月）から冬（3月）に小さくなることが示された。本調査では同一の場所での調査は実施していないが、女良漁港の南西側の水深 8～14m の場所で、6月には被度は小さいもののアマモ場が確認されたが、11月の調査ではこれらの場所でアマモはほとんど確認されず、秋季に深い場所でのアマモ類の衰退が生じていることが示唆された。

②小境～小杉（藪田（泊）漁港）

藤田（2001）によると、小境から宇波の区域の沖合においてアマモ場の存在が報告されている。富山県水産試験場（2002）では小境の沖にかなり広い水深帯（水深 5～15m）のアマモ場が存在すると推定されているが、本調査では小境の人工海水浴場の沖合水深 7～9m の場所に季節的に安定したアマモ場が確認されたものの、その範囲は小さいと推測された。したがって、富山県水産研究所（2013）に示されたように、比較的狭い水深帯にアマモ場が形成されるのではないかと考えられる。

宇波漁港周辺では、6月の本調査で漁港沖合の水深 8～12m に被度の大きいアマモ場が確認されたが、11月の調査では 5m より深い場所のアマモが季節的に消失していた。藤田（2001）によると宇波周辺のアマモ場は水深 12m 付近で消失するとされており、今回の調査結果と一致した。一方、富山県水産研究所（2013）では宇波漁港沖合にアマモ場は認められておらず、調査時期（2011年 11月か 2012年 6月のいずれか）が明示されていないため不明であるが、アマモが季節的に衰退していた場面を捉えていた可能性が考えられる。

藤田（2001）によると、宇波から藪田（泊）漁港にかけての岩礁域域では、テングサ場やガラモ場などの藻場が形成されるものの、沖合の砂泥域ではアマモは少なく、藪田（泊）漁港周辺に若干アマモ場が見られる。富山県水産試験場（2002）ならびに富山県水産研究所（2013）においても、アマモ場は岩礁性藻場に挟まれた漁港沖の区域に分布が限られていた。6月に行われた本調査でも、藪田（泊）漁港の沖水深 6～9m で被度の大きいアマモ場が確認され、同様の結果が得られた一方、11月の調査では水深 5m よりも深い区域ではほとんどアマモ場は認められなかった。この場所についても、季節的なアマモ場の衰退があるのかもしれない。

③阿尾～氷見漁港

藤田（2001）によると、阿尾周辺では岩礁地帯の沖側の砂泥域にアマモが散見され、余川川の河口沖から氷見漁港の北側にかけて広大なアマモ群落が確認され、余川川河口沖では水深 3～12m にアマモの分布が見られ、特に水深 4～10m で濃密な草原となっていることが報告されている。富山県水産試験場（2002）ならびに富山県水産研究所（2013）においても、城ヶ崎周辺から余川川の河口沖を経て氷見漁港北側にかけてアマモ場の分布が示されている。ただし、富山県水産試験場（2002）では、アマモ場の分布域が水深 3～10m の範囲であるのに対し、富山県水産研究所（2013）では水深 5～20m の深い水深帯が分布域として示されている。本調査では、6月に水深 3～11m でアマモが確認され、特に水深 4～10m の広い範囲で被度の大きな（濃密な）アマモ場が見られた。この結果は、藤田（2001）の記述とも合致し、富山県水産試験場（2002）の分布域とも近い結果である（ただし、富山県水産試験場（2002）では氷見漁港に近い区域にはアマモ場が示されていないが、本調査結果では、氷見漁港に隣接した場所でもアマモ類が観察された）。いずれに

しても、この区域にはかなり大規模なアマモ類の群落が存在するものと考えられる。一方、11月には5m以深の区域ではほとんどアマモ類が認められなかったことから、この区域のアマモ場は季節的に消長していると推測される。

④氷見漁港～島尾

藤田(2001)によると、氷見漁港より南側の砂泥域ではアマモ場が続き、仏生寺川河口から濃密な群落となり、水深6～7m付近が最も濃密で、島尾沖では水深10m付近まで疎らに繁茂している。富山県水産試験場(2002)によると、この区域のアマモ場は水深3～9mの等深線に沿って高岡市の雨晴海岸松太枝浜付近まで連続的に分布すると推測されている。富山県水産研究所(2013)によると、漁港南側の仏生寺川河口付近では水深5～10m付近にアマモ場が存在するが、さらに南側の島尾海岸から雨晴海岸松太枝にかけて断続的に分布し、徐々に分布水深(水深10～15m)が深くなると推測されている。6月に行われた本調査結果では、氷見漁港南側から島尾にかけての水深6～11mの範囲で密度の高いアマモ場が形成されており、最も南東側の島尾では一部で水深9m前後に密度の高いアマモ場が確認された。分布水深に若干の違いはあるものの、アマモ類が帯状に分布する点については、これまでと同じ結果が得られた。一方、11月の調査では、仏生寺川河口沖では水深7m以深の深い水深帯のアマモ場は密度が大きく低下するか消失しており、氷見漁港北側のアマモ場と同様に、深い水深帯のアマモ場が減少していた。



図 2-3 2015 年 6 月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（仏島～姿）

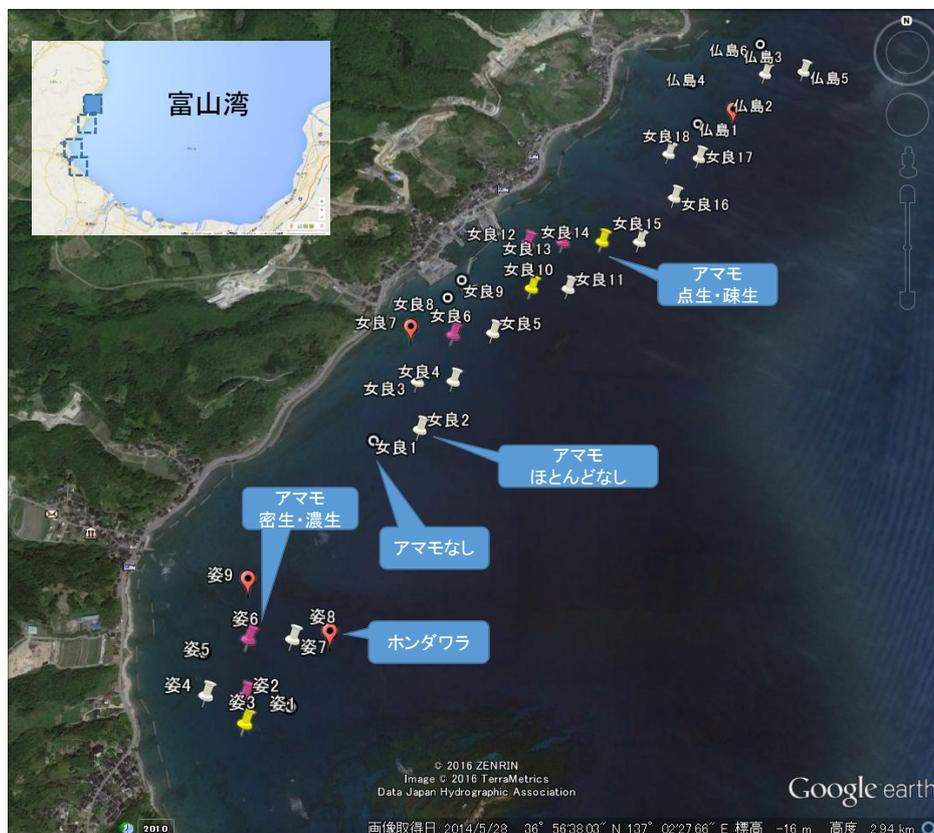


図 2-4 2015 年 11 月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（仏島～姿）



図 2-5 2015年6月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（小境～小杉）



図 2-6 2015年11月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（小境～小杉）



図 2-7 2015 年 6 月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（阿尾～氷見漁港）



図 2-8 2015 年 11 月の氷見市地先におけるアマモの繁茂状況（阿尾～氷見漁港）



図 2-9 2015 年 6 月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（氷見漁港～島尾）

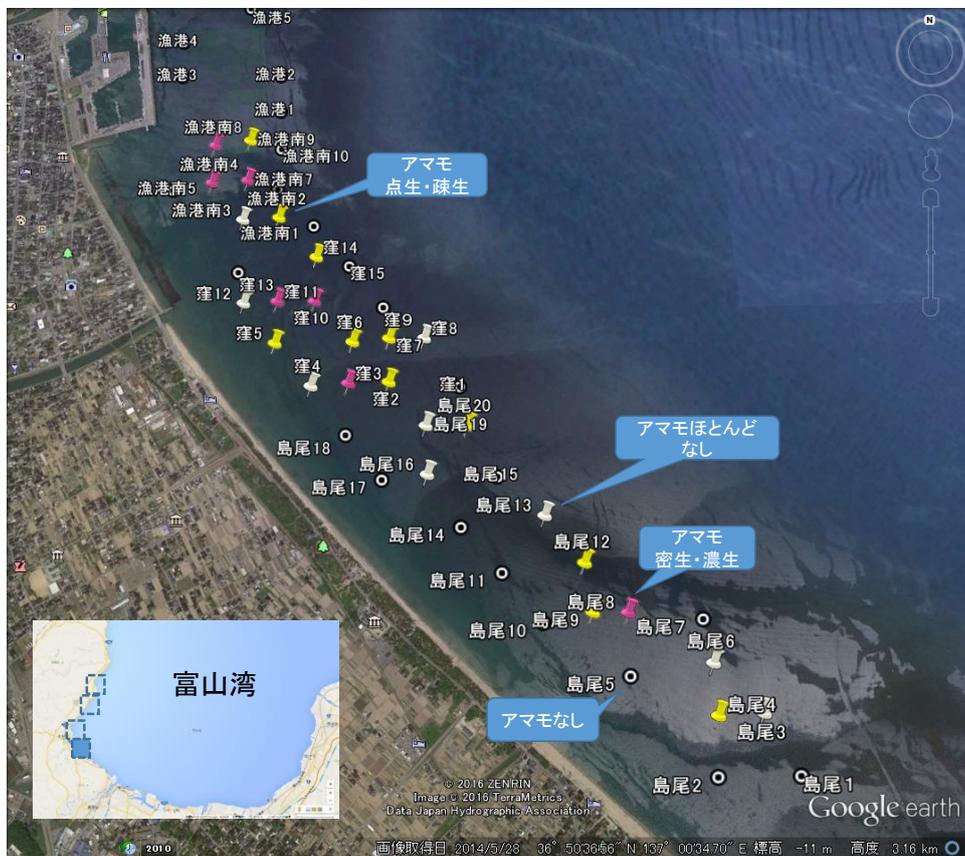


図 2-10 2015 年 11 月の氷見市地先におけるアマモ類の被度（氷見漁港～島尾）

表 2-1 氷見市地先の水中ビデオカメラ調査定点の位置、底質、海藻の繁茂状況

(2015年6月19日)

時	分秒	地点名	緯度(度分秒)	経度(度分秒)	水深(m)	底質	海藻(アマモ類)	被度	備考
9時	0215	仏島1	36° 57'32.55"N	137° 32'29.62"E	14.23	砂	密	密～濃生	大規模、一面
	0455	仏島2	36° 57'31.41"N	137° 33'19.2"E	18.66	砂泥	なし	なし	ウミヒルモ
	1000	仏島3	36° 57'23.84"N	137° 32'37.4"E	17.15	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	1410	仏島4	36° 57'23.61"N	137° 3'18.08"E	12.13	砂泥	少ない(パッチ状、あるいは点々)	点生	
	1930	仏島5	36° 57'23.76"N	137° 3'11.93"E	8.52	砂泥	なし	なし	
	2440	仏島6	36° 57'18.53"N	137° 3'5.50"E	8.46	砂泥	多い、丈短い	疎生(点生～密生)	
	2805	仏島7	36° 57'18.05"N	137° 3'12.26"E	13.03	砂泥	少ない、丈短い	点生	ホンダワラ
	3110	仏島8	36° 57'18.13"N	137° 3'18.69"E	19.86	泥砂	なし	なし	
	3850	女良1	36° 57'11.47"N	137° 2'59.63"E	10.2	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	ワイヤー、アバ
	4210	女良2	36° 57'12.02"N	137° 3'5.72"E	14.09	砂泥	多い、丈短い	点生～疎生	
	4650	女良3	36° 57'6.18"N	137° 3'0.50"E	17.77	泥砂	ほとんどなし、丈短い	ほとんどなし	
	5330	女良4	36° 56'59.81"N	137° 2'47.76"E	13.43	砂泥	少ない、丈短い	点生	
	5810	女良5	36° 57'0.78"N	137° 2'41.39"E	7.84	砂泥	多い、丈長い	密生(濃生～点生)	シオミドロ
10時	0320	女良6	36° 56'54.63"N	137° 2'29.74"E	6.53	砂泥	なし	なし	シオミドロ、ミズクラゲ多数
	0655	女良7	36° 56'53.66"N	137° 2'35.62"E	11.23	砂泥	多い、丈短い	密生(疎生～密生)	シオミドロ、ホンダワラ
	1105	女良8	36° 56'54.32"N	137° 2'41.72"E	17.1	泥砂	なし	なし	
	1625	女良9	36° 56'54.07"N	137° 2'43.86"E	19.26	泥砂	なし	なし	
	2355	女良10	36° 56'42.08"N	137° 2'35.35"E	19.77	泥砂	なし	なし	
	2720	女良11	36° 56'42.34"N	137° 2'29.74"E	15.41	泥砂	なし	なし	
	3050	女良12	36° 56'42.23"N	137° 2'23.97"E	11.79	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	濁りあり
	3350	女良13	36° 56'41.96"N	137° 2'17.77"E	8.34	砂泥	少ない	疎生(点生～疎生)	シオミドロ
	3820	女良14	36° 56'41.78"N	137° 2'12.27"E	6.03	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	ツルモ、ホンダワラ
	4350	女良15	36° 56'36.07"N	137° 2'17.93"E	11.24	砂泥	少ない(パッチ状)	点生	濁りあり
	4750	女良16	36° 56'35.97"N	137° 2'11.95"E	8.61	泥砂	ほとんどなし	ほとんどなし	ホンダワラのパッチ点在
	5340	女良17	36° 56'30.04"N	137° 2'6.01"E	8.29	石	なし	なし	ホンダワラ濃密、引っ掛かり
	5830	女良18	36° 56'27.77"N	137° 2'18.43"E	13.05	泥砂	なし	なし	
11時	0355	女良19	36° 56'30.59"N	137° 2'23.76"E	15.21	泥砂	なし	なし	ウミヒルモ
	1020	女良20	36° 56'24.56"N	137° 2'11.67"E	11.5	泥砂	なし	なし	ホンダワラのパッチ点在
	1510	女良21	36° 56'18.39"N	137° 2'6.07"E	10.11	岩礁	なし	なし	ホンダワラ濃密
	1900	女良22	36° 56'19.06"N	137° 2'11.51"E	12.1	砂泥	なし	なし	所々ホンダワラ
	2235	女良23	36° 56'19.06"N	137° 2'11.51"E	13.62	石～砂泥	なし	なし	ホンダワラ多い、スズメダイ
	2820	姿1	36° 56'11.75"N	137° 2'6.18"E	10.45	石砂	なし	なし	ホンダワラ多い
	3145	姿2	36° 56'11.97"N	137° 2'0.24"E	9.33	砂泥	少ない(パッチ状)	点生	
	3510	姿3	36° 56'11.76"N	137° 1'53.98"E	7.62	砂泥	密	濃生	
	3835	姿4	36° 56'12.27"N	137° 1'47.39"E	4.85	砂泥	少し	疎生(点生～疎生)	生えている所と生えていない所
	4220	姿5	36° 56'6.00"N	137° 1'48.16"E	4.99	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	4510	姿6	36° 56'5.99"N	137° 1'53.82"E	7.5	砂泥	多い、丈短い	点生～疎生	
	4740	姿7	36° 56'5.94"N	137° 2'0.24"E	9.02	砂泥	なし	なし	濁りあり
	5030	姿8	36° 56'5.99"N	137° 2'5.96"E	10.12	砂	なし	なし	濁りあり
	5405	姿9	36° 56'0.25"N	137° 2'0.19"E	8.59	砂泥	なし	なし	ツルモ、フクロノリ、ホンダワラ
	5825	姿10	36° 55'54.33"N	137° 2'0.08"E	7.76	砂泥	なし	なし	フクロノリ、ホンダワラ、ツルモ、キウセン
12時	5640	大境	36° 55'15.90"N	137° 1'47.17"E	1.53	砂	濃密	濃生	
13時	0110	小境1	36° 55'6.83"N	137° 1'46.07"E	5.65	石砂	なし	なし	ホンダワラ濃密
	0350	小境2	36° 55'3.63"N	137° 1'49.09"E	7.43	砂	密	密生(疎生～密生)	シオミドロ
	0625	小境3	36° 55'2.99"N	137° 1'53.54"E	10.04	砂	少ない(パッチ存在)	疎生(点生～疎生)	濁りひどい、ウミヒルモ
	0845	小境4	36° 55'2.85"N	137° 1'57.28"E	13.41	砂	多い	疎生(疎生～密生)	濁りひどい
	1110	小境5	36° 55'2.75"N	137° 1'59.53"E	16.51	砂泥	なし	なし	ミズクラゲ死がいがい?
	1640	小境6	36° 54'57.18"N	137° 1'43.16"E	6.67	砂	濃密	密生～濃生	
	1840	小境7	36° 54'56.26"N	137° 1'47.06"E	10.24	砂	多い	点生～疎生	
	2150	小境8	36° 54'50.72"N	137° 1'42.83"E	9.27	砂	多い	点生～疎生	濁りあり
	2530	小境9	36° 54'46.53"N	137° 1'37.78"E	7.9	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	ホンダワラ多い
	3101	宇波1	36° 54'35.92"N	137° 1'18.77"E	4.62	砂	多い(所々)	点生～疎生	シオミドロ、濁りあり
	3323	宇波2	36° 54'33.42"N	137° 1'23.22"E	7.92	砂	多い	密生	シオミドロひどい
	3548	宇波3	36° 54'31.63"N	137° 1'28.22"E	11.7	砂	濃密、枯れかけ	密生	濁りひどい
	3844	宇波4	36° 54'30.01"N	137° 1'32.67"E	16.64	砂	なし	なし	所々海藻
	4918	小杉1	36° 53'46.27"N	137° 0'40.98"E	6.04	砂	濃密	密生(疎生～濃生)	
	5134	小杉2	36° 53'45.97"N	137° 0'45.04"E	8.98	砂	濃密	密生～濃生	シオミドロ
	5349	小杉3	36° 53'45.92"N	137° 0'52.40"E	10.58	砂	なし	なし	不明海藻(葉が網目状)多い、ツルモ
	5820	小杉4	36° 53'41.37"N	137° 0'39.83"E	7.54	砂	濃密	濃生	シオミドロ多い
14時	0718	阿尾1	36° 52'57.78"N	136° 59'54.67"E	5.32	砂泥	なし	なし	視界非常に悪い
	1218	阿尾2	36° 52'53.88"N	136° 59'41.82"E	2.62	砂泥	ほとんどなし(丈短い)	ほとんどなし	
	1448	阿尾3	36° 52'53.76"N	136° 59'47.86"E	4.1	砂泥	多い、枯れかけ	密生(疎生～密生)	
	1853	阿尾4	36° 52'53.79"N	136° 59'59.94"E	7.08	砂泥	濃密 枯れかけ	密生～濃生	濁り多い
	2323	阿尾5	36° 52'53.92"N	137° 0'12.36"E	10.33	砂泥	なし	なし	濁り多く海藻なし
	2718	阿尾6	36° 52'47.84"N	137° 0'5.82"E	10.58	砂泥	密、枯れかけ	密生～濃生	濁り非常に多い
	3223	阿尾7	36° 52'47.88"N	136° 59'53.96"E	7.34	砂泥	濃密、枯れかけ	濃生	濁りあり
	3748	阿尾8	36° 52'42.00"N	136° 59'48.08"E	6.52	砂泥	濃密、枯れかけ	密生～濃生	濁りあり
	4128	阿尾9	36° 52'42.00"N	137° 0'0.16"E	9.55	砂泥	なし	なし	
	4743	阿尾10	36° 52'35.99"N	137° 0'5.33"E	13.38	砂泥	なし	なし	濁り非常にひどい
	5154	阿尾11	36° 52'36.03"N	136° 59'53.74"E	9.51	砂泥	濃密、枯れかけ	密生～濃生	濁りあり
	5701	阿尾12	36° 52'36.30"N	136° 59'41.27"E	5.93	砂泥	濃密、枯れかけ	密生～濃生	
15時	0131	阿尾13	36° 52'35.86"N	136° 59'29.95"E	3.62	砂泥	(少ない～)ほとんどなし、丈短い	ほとんどなし	視界良好
	0601	阿尾14	36° 52'36.10"N	136° 59'17.92"E	2.23	砂(きれい)	ほとんどなし、丈短い	ほとんどなし	視界良好
	0831	阿尾15	36° 52'38.40"N	136° 59'22.26"E	2.49	砂(きれい)	少ない(濃淡あり)	疎生(点生～疎生)	
	1421	阿尾16	36° 52'29.64"N	136° 59'29.84"E	5.06	砂(きれい)	濃密、枯れかけ	濃生	濁りあり
	1801	阿尾17	36° 52'29.66"N	136° 59'42.37"E	7.92	砂(きれい)	濃密、枯れかけ	密生～濃生	濁りあり
	2146	阿尾18	36° 52'29.99"N	136° 59'54.12"E	10.92	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	濁り非常にひどい
	2546	阿尾19	36° 52'30.15"N	137° 0'0.06"E	12.37	泥砂	なし	なし	濁り非常にひどい

表 2-2 氷見市地先の水中ビデオカメラ調査定点の位置、底質、海藻の繁茂状況

(2015年6月22日)

時	分秒	地点名	緯度(度分秒)	経度(度分秒)	水深(m)	底質	海藻(アマモ)	被度	備考
8時	3742	余川川1	36° 52'24.00"N	136° 59'12.00"E	1.79	砂	なし	なし	
	4052	余川川2	36° 52'24.00"N	136° 59'18.00"E	3	砂	多い~密 パッチ状	密生(点生~濃生)	濁りあり
	4328	余川川3	36° 52'24.00"N	136° 59'24.00"E	4.57	砂	濃密 一面	濃生	
	4618	余川川4	36° 52'24.00"N	136° 59'30.00"E	5.95	砂	濃密 一面	濃生	
	4952	余川川5	36° 52'24.00"N	136° 59'42.00"E	8.9	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	濁りあり
	5450	余川川6	36° 52'24.00"N	136° 59'48.00"E	10.03	砂	少し	点生	濁りあり
	5858	余川川7	36° 52'24.00"N	137° 0'0.00"E	13.32	砂泥	なし	なし	濁りひどい
9時	0206	余川川8	36° 52'18.00"N	137° 0'0.00"E	13.55	砂泥	なし	なし	濁りひどい
	0506	余川川9	36° 52'18.00"N	136° 59'54.00"E	11.83	砂泥	なし	なし	濁りひどく何も見えない
	0754	余川川10	36° 52'18.00"N	136° 59'48.00"E	9.8	砂	濃密	密生~濃生	濁りひどい
	1130	余川川11	36° 52'18.00"N	136° 59'36.00"E	7.44	砂	濃密 広範囲	濃生	
	1514	余川川12	36° 52'18.00"N	136° 59'24.00"E	4.47	砂	多い~密	疎生(疎生~密生)	濁りあり
	1750	余川川13	36° 52'18.00"N	136° 59'18.00"E	3.31	砂	多い パッチ状	密生(疎生~濃生)	濁りあり
	2102	余川川14	36° 52'18.00"N	136° 59'12.00"E	1.77	砂	なし	なし	濁りあり
	2436	漁港北側1	36° 52'12.00"N	136° 59'12.00"E	1.64	砂	なし	なし	
	2708	漁港北側2	36° 52'12.00"N	136° 59'18.00"E	3.17	砂	少し パッチ状	点生~疎生	
	3010	漁港北側3	36° 52'12.00"N	136° 59'24.00"E	4.73	砂	濃密 一面	濃生	
	3334	漁港北側4	36° 52'12.00"N	136° 59'36.00"E	6.88	砂	濃密 一面	濃生	
	3720	漁港北側5	36° 52'12.00"N	136° 59'48.00"E	9.57	砂	濃密 一面	濃生	濁り少し
	4000	漁港北側6	36° 52'12.00"N	136° 59'54.00"E	11.18	砂	多い	疎生(疎生~密生)	濁りひどい
	4300	漁港北側7	36° 52'12.00"N	137° 0'0.00"E	12.63	砂	なし	なし	
	5138	漁港北側8	36° 52'6.00"N	137° 0'0.00"E	12.38	砂	少ない	点生~疎生	
	5536	漁港北側9	36° 52'6.00"N	136° 59'48.00"E	8.66	砂	濃密 一面	濃生	
	5918	漁港北側10	36° 52'6.00"N	136° 59'36.00"E	6.17	砂泥	濃密 一面	濃生	
10時	0244	漁港北側11	36° 52'6.00"N	136° 59'24.00"E	3.9	砂泥	濃密 一面	濃生	
	0624	漁港北側12	36° 52'6.00"N	136° 59'15.00"E	2.27	砂泥	なし	なし	
	0952	漁港北側13	36° 52'0.00"N	136° 59'24.00"E	3.37	砂泥	少ない パッチ状	点生~疎生	
	1338	漁港北側14	36° 51'59.94"N	136° 59'35.56"E	5.45	砂	濃密 一面	濃生	
	1723	漁港北側15	36° 51'59.86"N	136° 59'47.86"E	7.54	砂	濃密 一面	濃生	
	2148	漁港北側16	36° 52'0.25"N	137° 0'0.17"E	12.41	砂泥	少ない	点生~疎生	濁りあり
	2708	漁港北側17	36° 51'59.84"N	137° 0'12.52"E	17.03	砂泥	なし	なし	濁りひどい
	3558	漁港北側18	36° 51'54.02"N	136° 59'24.30"E	3.1	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	濁りひどい
	3913	漁港北側19	36° 51'53.76"N	136° 59'29.95"E	4.08	砂泥	少ない	疎生	濁りひどい
	4213	漁港北側20	36° 51'53.79"N	136° 59'36.27"E	5.09	砂泥	密	密生~濃生	
	4423	漁港前1	36° 51'45.57"N	136° 59'38.41"E	3.81	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	5248	漁港前2	36° 51'36.08"N	136° 59'47.14"E	8.01	砂泥	なし	なし	海藻が何かが落ちている
	5620	漁港前3	36° 51'30.10"N	136° 59'47.86"E	7.41	砂泥	なし	なし	
	5958	漁港前4	36° 51'24.03"N	136° 59'54.01"E	8.62	砂泥	なし	なし	
11時	0330	漁港南側1	36° 51'18.11"N	136° 59'54.40"E	7.91	砂泥	密 一面	密生~濃生	
	0746	漁港南側2	36° 51'17.53"N	136° 59'42.59"E	4.24	砂	なし	なし	
	1422	漁港南側3	36° 51'18.07"N	137° 0'5.77"E	12.46	砂	多い	疎生(疎生~密生)	濁りあり
	1948	漁港南側4	36° 51'17.38"N	137° 0'11.48"E	15.76	泥砂	なし	なし	
	2218	漁港南側5	36° 51'12.16"N	137° 0'12.58"E	14.47	泥砂	ほとんどなし(1本)	ほとんどなし	限界
	2638	漁港南側6	36° 51'12.14"N	137° 0'0.33"E	9.04	砂泥	密 一面	密生	
	3048	漁港南側7	36° 51'12.27"N	136° 59'47.86"E	5.2	砂泥	少ない	点生	
	3452	漁港南側8	36° 51'6.05"N	136° 59'48.69"E	4.81	砂泥	少ない パッチ状	点生~疎生	
	3838	漁港南側9	36° 51'6.45"N	137° 0'0.11"E	7.89	砂泥	多い~密 一面	密生(疎生~密生)	
	4342	漁港南側10	36° 51'6.36"N	137° 0'11.65"E	12.93	砂泥	ほとんどなし(2本)	ほとんどなし	ウミヒルモ
	5032	漁港南側11	36° 51'0.05"N	136° 59'54.23"E	4.54	砂泥	少ない	点生	
	5438	漁港南側12	36° 51'0.05"N	136° 59'59.51"E	5.97	砂泥	多い~密	密生(疎生~濃生)	
	5824	漁港南側13	36° 51'0.01"N	137° 0'6.10"E	8.54	砂泥	多い	疎生	
12時	0136	漁港南側14	36° 51'0.28"N	137° 0'12.19"E	11.03	砂泥	密	密生	
	0644	漁港南側15	36° 50'59.75"N	137° 0'18.62"E	14.74	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
13時	1024	窪1	36° 50'53.82"N	136° 59'54.01"E	3.67	砂泥	多い	疎生(疎生~密生)	濁りひどい
	1528	窪2	36° 50'54.25"N	137° 0'5.82"E	6.62	砂泥	濃密 一面	濃生	
	2003	窪3	36° 50'54.61"N	137° 0'18.29"E	12.66	砂泥	少ない	点生	
	2558	窪4	36° 50'47.77"N	137° 0'18.62"E	9.06	砂泥	濃密 一面	密生~濃生	
	3103	窪5	36° 50'41.96"N	137° 0'11.65"E	5.3	砂泥	少ない	点生~疎生	
	3428	窪6	36° 50'36.44"N	137° 0'12.25"E	4.02	砂泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	3958	窪7	36° 50'35.99"N	137° 0'23.73"E	7.59	砂泥	少ない パッチ状	点生~疎生	
	4548	窪8	36° 50'30.27"N	137° 0'35.65"E	9.51	砂泥	ほとんどなし 限界	ほとんどなし	
	5003	窪9	36° 50'23.86"N	137° 0'29.99"E	5.15	砂泥	多い パッチ状	疎生(点生~密生)	
	5458	窪10	36° 50'18.40"N	137° 0'35.54"E	5.23	砂泥	なし	なし	
14時	0108	窪11	36° 50'18.04"N	137° 0'48.18"E	9.07	砂泥	多い	密生(疎生~密生)	
	0516	島尾1	36° 50'12.03"N	137° 0'42.08"E	4.87	砂泥	なし	なし	
	1058	島尾2	36° 50'12.57"N	137° 0'54.22"E	9.15	砂泥	多い	密生(疎生~密生)	
	1602	島尾3	36° 50'12.26"N	137° 1'5.81"E	15.38	砂泥	なし	なし	
	2042	島尾4	36° 50'6.00"N	137° 1'5.86"E	10.35	砂泥	少ない	点生	
	2412	島尾5	36° 50'0.74"N	137° 1'5.97"E	8.07	砂泥	多い、パッチ状	疎生(点生~密生)	
	2718	島尾6	36° 49'54.02"N	137° 1'6.03"E	5.33	砂泥	なし	なし	
	3018	島尾7	36° 49'53.99"N	137° 0'59.49"E	3.55	砂泥	なし	なし	
	3516	島尾8	36° 49'54.09"N	137° 1'17.40"E	9.25	砂泥	なし	なし	
	4112	島尾9	36° 49'54.15"N	137° 1'23.88"E	11.35	砂泥	なし	なし	
	4840	島尾10	36° 50'0.37"N	137° 1'19.17"E	10.01	砂泥	少し	点生	

表 2-3 氷見市地先の水中ビデオカメラ調査定点の位置、底質、海藻の繁茂状況

(2015年11月2日)

時	分秒	地点名	緯度(度分秒)	経度(度分秒)	水深(m)	底質	アマモ繁茂状況	被度	備考
8時	3858	島尾1	36° 49'54.23"N	137° 1'17.73"E	9.36	砂	なし	なし	
	4223	島尾2	36° 49'54.39"N	137° 1'5.92"E	5.86	砂	なし	なし	
	4613	島尾3	36° 50'0.12"N	137° 1'12.56"E	10.02	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	4933	島尾4	36° 50'0.01"N	137° 1'5.97"E	7.7	砂	少し	点生-疎生	帯状に枯葉溜まる
	5408	島尾5	36° 50'5.82"N	137° 0'54.49"E	6.45	砂	なし	なし	
	5728	島尾6	36° 50'5.93"N	137° 1'5.97"E	10.95	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
9時	0058	島尾7	36° 50'12.12"N	137° 1'5.92"E	15.47	砂	なし	なし	
	0508	島尾8	36° 50'12.03"N	137° 0'54.00"E	8.36	砂	密	密生(密生-疎生)	
	0858	島尾9	36° 50'12.23"N	137° 0'48.72"E	6.88	砂	少し	点生(一部で疎生)	
	1208	島尾10	36° 50'12.29"N	137° 0'42.08"E	5.02	砂	なし	なし	
	1623	島尾11	36° 50'18.36"N	137° 0'36.20"E	5.25	砂	なし	なし	
	1948	島尾12	36° 50'18.15"N	137° 0'47.96"E	9.26	砂	多い	疎生	
	2358	島尾13	36° 50'24.10"N	137° 0'42.30"E	10.03	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	ウミヒルモ
	2808	島尾14	36° 50'24.10"N	137° 0'30.16"E	5.44	砂	なし	なし	
	3343	島尾15	36° 50'30.33"N	137° 0'36.04"E	10.31	砂	なし	なし	
	3753	島尾16	36° 50'29.74"N	137° 0'24.33"E	5.46	砂	ほとんどなし	ほとんどなし(一部にバッチあり)	濁り
	4228	島尾17	36° 50'30.37"N	137° 0'18.02"E	4.08	砂	なし	なし	
	4543	島尾18	36° 50'36.32"N	137° 0'12.30"E	4.13	砂	なし	なし	
	4913	島尾19	36° 50'36.10"N	137° 0'24.22"E	7.46	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	濁り
	5243	島尾20	36° 50'35.93"N	137° 0'30.76"E	10.68	砂	多い、丈短い	点生	ウミヒルモ
	5653	窪1	36° 50'42.35"N	137° 0'30.49"E	13.68	砂	なし	なし	
10時	0023	窪2	36° 50'42.09"N	137° 0'18.40"E	7.61	砂	少し	疎生~点生	
	0353	窪3	36° 50'42.05"N	137° 0'11.92"E	5.22	砂	密	密生	
	0718	窪4	36° 50'41.84"N	137° 0'5.93"E	3.98	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	1143	窪5	36° 50'47.88"N	136° 59'59.94"E	3.96	砂	少し	点生-疎生	濁り
	1638	窪6	36° 50'47.74"N	137° 0'12.52"E	7.28	砂	あり~多い	点生-疎生	帯状に枯葉多い
	1948	窪7	36° 50'48.09"N	137° 0'18.46"E	10.06	砂	多い	疎生	
	2328	窪8	36° 50'47.99"N	137° 0'24.17"E	13.08	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2758	窪9	36° 50'53.70"N	137° 0'18.24"E	12.28	砂	なし	なし	
	3143	窪10	36° 50'53.64"N	137° 0'6.21"E	6.51	砂	密	密生-濃生	
	3458	窪11	36° 50'53.77"N	137° 0'0.11"E	5.01	砂	多い、丈短い	密生(疎生-密生)	
	3818	窪12	36° 50'53.65"N	136° 59'54.56"E	3.77	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	4223	窪13	36° 50'59.36"N	136° 59'54.12"E	4.53	砂	なし	なし	
	4618	窪14	36° 51'0.08"N	137° 0'6.37"E	8.45	砂	多い、丈短い	点生	
	4938	窪15	36° 50'59.82"N	137° 0'12.58"E	10.98	砂	なし	なし	
	5503	漁港南1	36° 51'5.95"N	137° 0'6.48"E	10	砂	なし	なし	
	5818	漁港南2	36° 51'6.15"N	136° 59'59.89"E	7.73	砂	多い、丈短い	点生-疎生	
11時	0133	漁港南3	36° 51'5.97"N	136° 59'53.79"E	5.9	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	0533	漁港南4	36° 51'11.75"N	136° 59'48.19"E	5.27	砂	多い(バッチ状)	密生(疎生-密生)	濁り
	0908	漁港南5	36° 51'12.00"N	136° 59'42.26"E	4.1	砂	なし	なし	
	1403	漁港南6	36° 51'11.75"N	137° 0'0.16"E	8.89	砂	なし	なし	
	1728	漁港南7	36° 51'11.97"N	136° 59'54.29"E	6.81	砂	密	密生	
	2203	漁港南8	36° 51'17.64"N	136° 59'48.41"E	5.88	砂	密-少ない	最初は密生	
	2533	漁港南9	36° 51'18.29"N	136° 59'54.45"E	8.11	砂	少し	点生	
	2938	漁港南10	36° 51'18.05"N	137° 0'0.55"E	10.07	砂	なし	なし	
	3258	漁港1	36° 51'24.12"N	137° 0'0.22"E	11.01	砂	なし	なし	
	3608	漁港2	36° 51'30.00"N	137° 0'0.00"E	11.46	砂	なし	なし	
	4058	漁港3	36° 51'30.34"N	136° 59'42.48"E	6.02	砂	なし	なし	
	4348	漁港4	36° 51'36.15"N	136° 59'42.26"E	6.3	砂	なし	なし	濁り
	4808	漁港5	36° 51'41.80"N	136° 59'54.07"E	10.8	砂	なし	なし	
	2123	漁港6	36° 51'44.42"N	136° 59'39.90"E	5.02	砂・泥	なし	なし	濁り
12時	4337	漁港北1	36° 51'53.87"N	136° 59'36.32"E	5.02	砂	なし	なし	
	4652	漁港北2	36° 51'54.25"N	136° 59'29.95"E	4.03	砂	なし	なし	
	5017	漁港北3	36° 51'59.99"N	136° 59'24.07"E	3.39	砂	なし	なし	
	5412	漁港北4	36° 52'0.23"N	136° 59'36.32"E	5.43	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	5702	漁港北5	36° 52'0.05"N	136° 59'42.04"E	6.42	砂	なし	なし	
	5947	漁港北6	36° 51'59.88"N	136° 59'48.30"E	7.72	砂	なし	なし	
13時	0557	漁港北7	36° 52'0.35"N	137° 0'6.15"E	13.03	砂・泥	なし	なし	
	0852	漁港北8	36° 52'6.08"N	137° 0'6.21"E	14.09	砂	なし	なし	
	1317	漁港北9	36° 52'6.02"N	136° 59'47.92"E	8.91	砂	なし	なし	
	1627	漁港北10	36° 52'5.90"N	136° 59'42.20"E	7.75	砂	なし	なし	
	1932	漁港北11	36° 52'6.19"N	136° 59'36.27"E	6.32	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2227	漁港北12	36° 52'5.89"N	136° 59'30.23"E	5.04	砂	なし	なし	
	2527	漁港北13	36° 52'5.94"N	136° 59'24.02"E	3.82	砂	少し	点生	濁り
	2812	漁港北14	36° 52'5.90"N	136° 59'18.09"E	2.66	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	3137	漁港北15	36° 52'6.04"N	136° 59'11.66"E	1.55	砂	なし	なし	
	3442	漁港北16	36° 52'12.20"N	136° 59'11.72"E	1.61	砂	なし	なし	濁り
	3727	漁港北17	36° 52'12.00"N	136° 59'17.98"E	2.87	砂	多い(バッチ状)	密生(濃生-疎生)	濁り
	4032	漁港北18	36° 52'12.31"N	136° 59'24.02"E	4.6	砂	密	密生-濃生	濁り
	4302	漁港北19	36° 52'12.13"N	136° 59'30.12"E	5.92	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	濁り
	4657	漁港北20	36° 52'12.02"N	136° 59'35.89"E	6.95	砂	なし	なし	濁り
	5032	漁港北21	36° 52'11.87"N	136° 59'48.13"E	9.69	砂	なし	なし	濁り
	5457	漁港北22	36° 52'11.82"N	136° 59'59.94"E	13.02	砂・泥	なし	なし	
	5942	漁港北23	36° 52'18.09"N	137° 0'5.99"E	15.01	砂	なし	なし	
14時	0427	漁港北24	36° 52'17.68"N	136° 59'53.79"E	11.68	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	0752	漁港北25	36° 52'18.01"N	136° 59'47.64"E	9.89	砂	なし	なし	濁り
	1312	漁港北26	36° 52'17.75"N	136° 59'42.09"E	8.73	砂	なし	なし	濁り
	1717	漁港北27	36° 52'17.94"N	136° 59'36.05"E	7.68	砂	なし	なし	濁り
	2042	漁港北28	36° 52'17.79"N	136° 59'29.95"E	6.22	砂	なし	なし	濁り
	2412	漁港北29	36° 52'17.96"N	136° 59'23.91"E	4.76	砂	多い(バッチ状)	疎生-点生	濁り
	2732	漁港北30	36° 52'17.71"N	136° 59'18.09"E	3.09	砂	密	濃生	濁り
	3102	漁港北31	36° 52'17.89"N	136° 59'14.52"E	2.28	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	濁り

表 2-4 氷見市地先の水中ビデオカメラ調査定点の位置、底質、海藻の繁茂状況

(2015年11月4日)

時	分秒	地点名	緯度(度分秒)	経度(度分秒)	水深(m)	底質	アマモ繁茂状況	被度	備考
8時	3624	余川川1	36° 52'24.27"N	136° 59'11.50"E	1.66	砂	なし	なし	水きれい
	4024	余川川2	36° 52'24.07"N	136° 59'18.09"E	3.24	砂	多い(パッチ状)	一部で密生	
	4254	余川川3	36° 52'24.14"N	136° 59'23.85"E	4.71	砂	多い	点生	
	4534	余川川4	36° 52'24.11"N	136° 59'30.12"E	6.33	砂・泥	なし	なし	
	4819	余川川5	36° 52'24.03"N	136° 59'35.39"E	7.58	砂・泥	なし	なし	
	5324	余川川6	36° 52'23.85"N	136° 59'53.52"E	11.72	砂・泥	なし	なし	
	5714	余川川7	36° 52'30.10"N	137° 0'6.37"E	15.02	砂・泥	なし	なし	
	0104	余川川8	36° 52'30.14"N	136° 59'47.64"E	9.24	砂・泥	なし	なし	
	0334	余川川9	36° 52'30.22"N	136° 59'41.49"E	7.8	砂・泥	なし	なし	
	0724	余川川10	36° 52'30.22"N	136° 59'29.35"E	5.02	砂	密	密生(密生-疎生)	濁り
9時	1004	余川川11	36° 52'30.25"N	136° 59'23.53"E	3.85	砂	濃密	濃生	
	1244	余川川12	36° 52'28.13"N	136° 59'18.80"E	3.59	岩(藻礁)	なし	なし	ホンダワラ濃密
	1814	余川川13	36° 52'36.36"N	136° 59'11.66"E	1.5	砂	ほとんどなし(一部で密度は高いが、全体的にはほとんどない)	ほとんどなし	
	2104	余川川14	36° 52'36.33"N	136° 59'17.87"E	2.34	砂	多い(パッチ状)	点生-疎生	
	2349	余川川15	36° 52'36.25"N	136° 59'23.91"E	3.11	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2639	余川川16	36° 52'36.11"N	136° 59'29.62"E	4	砂	なし	なし	
	2924	余川川17	36° 52'36.33"N	136° 59'35.72"E	5.28	砂	少し	点生	
	3204	余川川18	36° 52'36.13"N	136° 59'42.31"E	6.68	砂・泥	なし	なし	
	3514	余川川19	36° 52'36.15"N	136° 59'54.07"E	9.52	砂・泥	なし	なし	
	3844	阿尾1	36° 52'41.77"N	136° 59'53.79"E	8.48	砂・泥	なし	なし	
10時	4454	阿尾2	36° 52'42.04"N	136° 59'23.80"E	1.95	砂	少し(苗のようなアマモ)	点生	繁茂すると多いかもしれない
	5504	阿尾3	36° 52'47.81"N	137° 0'6.26"E	10.72	砂・泥	なし	なし	ホンダワラ
	5824	阿尾4	36° 52'47.73"N	136° 59'54.07"E	7.26	砂・泥	なし	なし	
	0204	阿尾5	36° 52'47.58"N	136° 59'48.24"E	5.57	砂・泥	ほとんどなし(苗のようなアマモ)	ほとんどなし	ウミヒルモ
	0654	阿尾6	36° 52'54.05"N	136° 59'41.98"E	2.86	砂	なし	なし	
	0954	阿尾7	36° 52'53.91"N	136° 59'47.86"E	4.1	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	1234	阿尾8	36° 52'54.24"N	136° 59'54.29"E	5.43	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	ウミヒルモ密度高い
	1549	阿尾9	36° 52'53.95"N	137° 0'0.66"E	7.29	砂・泥	なし	なし	ウミヒルモ密度高い
	1914	阿尾10	36° 52'59.66"N	136° 59'59.89"E	5.72	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2219	阿尾11	36° 53'5.95"N	137° 0'0.33"E	3.47	岩	なし	なし	ホンダワラ
11時	3259	小杉1	36° 53'35.79"N	137° 0'36.15"E	7.73	砂・岩	なし	なし	ホンダワラ
	3504	小杉2	36° 53'40.23"N	137° 0'38.51"E	6.86	砂	なし	なし	ウミヒルモ多い
	3829	小杉3	36° 53'44.98"N	137° 0'45.43"E	8.94	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	ウミヒルモ多い
	4119	小杉4	36° 53'44.87"N	137° 0'35.98"E	3.64	砂	なし	なし	
	4324	小杉5	36° 53'41.56"N	137° 0'34.17"E	2.13	砂	多い	一部で密生	船よから目視 一文字内側
	4559	小杉6	36° 53'44.43"N	137° 0'30.54"E	2.48	砂・泥	多い	疎生(疎生-密生)	濁り多い、浜内
	5054	小杉7	36° 53'47.93"N	137° 0'48.28"E	7.73	石	なし	なし	ホンダワラ
	0104	宇波1	36° 54'29.75"N	137° 1'30.20"E	14.35	砂・泥	なし	なし	
	0449	宇波2	36° 54'32.91"N	137° 1'23.94"E	8.95	砂	なし	なし	アマモのような葉が横たわる?
	0834	宇波3	36° 54'35.75"N	137° 1'18.28"E	4.44	砂	多い(パッチ状)	点生程度	
12時	1144	宇波4	36° 54'38.91"N	137° 1'15.04"E	2.96	砂	なし	なし	不明(緑藻?が生えている)
	1554	宇波5	36° 54'32.92"N	137° 1'14.93"E	5.28	砂	濃密(あたり一面群落)	濃生-密生	
	1829	宇波6	36° 54'43.21"N	137° 1'18.22"E	2.03	砂・泥	濃密	濃生	堆積物多い
	2439	宇波7	36° 54'41.71"N	137° 1'36.84"E	8.75	砂	なし	なし	ホンダワラ
	3154	小境1	36° 54'51.31"N	137° 1'41.84"E	8.73	砂	多い(丈短い)	点生	
	3524	小境2	36° 54'53.67"N	137° 1'44.48"E	9.73	砂・岩・石	少し~多い	点生-疎生	アマモの枯葉溜まる、ホンダワラ
	3754	小境3	36° 54'56.96"N	137° 1'44.64"E	8.19	砂	濃密(丈短い)	密生-濃生	
	4044	小境4	36° 55'0.33"N	137° 1'48.11"E	8.81	砂	多い(パッチ状スゲアマモ?丈短い)	疎生(点生-密生)	
	4324	小境5	36° 55'4.78"N	137° 1'42.61"E	4.45	砂	なし	なし	
	4704	小境6	36° 55'6.21"N	137° 1'47.78"E	6.12	岩	なし	なし	ホンダワラ
13時	5034	小境7	36° 55'5.77"N	137° 1'53.93"E	8.74	砂	多い(丈短い)	密生(点生-密生)	
	5344	小境8	36° 55'5.87"N	137° 1'59.70"E	11.63	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	5654	小境9	36° 55'5.64"N	137° 2'5.52"E	22.79	砂・泥	なし	なし	
	4344	姿1	36° 56'5.69"N	137° 2'0.57"E	9.48	砂	なし	なし	
	4624	姿2	36° 56'5.95"N	137° 1'53.60"E	7.48	砂	多い(丈短い)	密生(点生-密生)	ウミヒルモ
	4924	姿3	36° 56'3.04"N	137° 1'53.76"E	6.98	砂・泥	多い~少し(パッチ状、丈短い)	疎生-点生	
	5214	姿4	36° 56'6.13"N	137° 1'48.22"E	5.05	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	5504	姿5	36° 56'11.86"N	137° 1'48.22"E	4.83	砂	なし	なし	
	5734	姿6	36° 56'12.05"N	137° 1'53.82"E	7.43	砂	濃密(丈短い)	密生	
	0109	姿7	36° 56'11.91"N	137° 2'0.08"E	9.49	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	アマモとウミヒルモの枯葉多い、スゲアマモの株がある?
14時	0434	姿8	36° 56'11.87"N	137° 2'5.85"E	10.33	砂・石	なし	なし	ホンダワラ
	0754	姿9	36° 56'18.02"N	137° 1'54.04"E	7.54	砂・石	なし	なし	ホンダワラ
	1419	女良1	36° 56'35.86"N	137° 2'12.22"E	8.22	砂・泥	なし	なし	遠くにスゲアマモのパッチ??
	1709	女良2	36° 56'35.93"N	137° 2'18.48"E	11.78	砂・泥	ほとんどなし(株)	ほとんどなし	
	2029	女良3	36° 56'41.96"N	137° 2'18.26"E	9.16	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2314	女良4	36° 56'41.88"N	137° 2'23.70"E	12.15	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	ホンダワラ点在
	2659	女良5	36° 56'47.99"N	137° 2'30.02"E	12.2	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2929	女良6	36° 56'47.90"N	137° 2'23.87"E	8.61	砂	多い	密生(疎生-密生)	
	3154	女良7	36° 56'48.30"N	137° 2'17.82"E	4.4	砂・岩・石	なし	なし	ホンダワラ密
	3524	女良8	36° 56'54.06"N	137° 2'23.87"E	4.01	砂	なし	なし	
15時	3809	女良9	36° 56'56.40"N	137° 2'26.17"E	2.42	砂	なし	なし	
	4149	女良10	36° 56'53.82"N	137° 2'36.34"E	12	砂	多い(株になって生えている、葉は幅広)	疎生(点生-密生)	
	4424	女良11	36° 56'53.80"N	137° 2'42.10"E	18.06	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	枯葉多い
	4914	女良12	36° 56'59.99"N	137° 2'36.06"E	5.28	砂	濃密	濃生	透明度高い
	5144	女良13	36° 57'0.03"N	137° 2'41.72"E	8.69	砂	濃密	密生	
	5424	女良14	36° 56'59.95"N	137° 2'47.98"E	14.33	砂・泥	多い(丈短い)	点生~疎生	
	5714	女良15	36° 56'59.74"N	137° 2'53.91"E	20.62	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	枯葉多い
	0154	女良16	36° 57'5.85"N	137° 3'0.18"E	18.69	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	0549	女良17	36° 57'11.50"N	137° 3'4.84"E	13.75	砂・泥	ほとんどなし	ほとんどなし	
	0824	女良18	36° 57'12.24"N	137° 2'59.96"E	9.77	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	ウミヒルモ
16時	1249	仏島1	36° 57'17.88"N	137° 3'6.11"E	9.46	砂	なし	なし	ウミヒルモ
	1609	仏島2	36° 57'17.73"N	137° 3'11.82"E	12.43	砂・石	なし	なし	ホンダワラ
	1914	仏島3	36° 57'23.93"N	137° 3'17.53"E	11.69	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	2254	仏島4	36° 57'24.20"N	137° 3'5.89"E	5.4	砂	なし	なし	きれいな砂地
	2802	仏島5	36° 57'24.15"N	137° 3'24.07"E	16.86	砂	ほとんどなし	ほとんどなし	
	3139	仏島6	36° 57'29.95"N	137° 3'18.25"E	8.83	砂	なし	なし	ホンダワラ点在

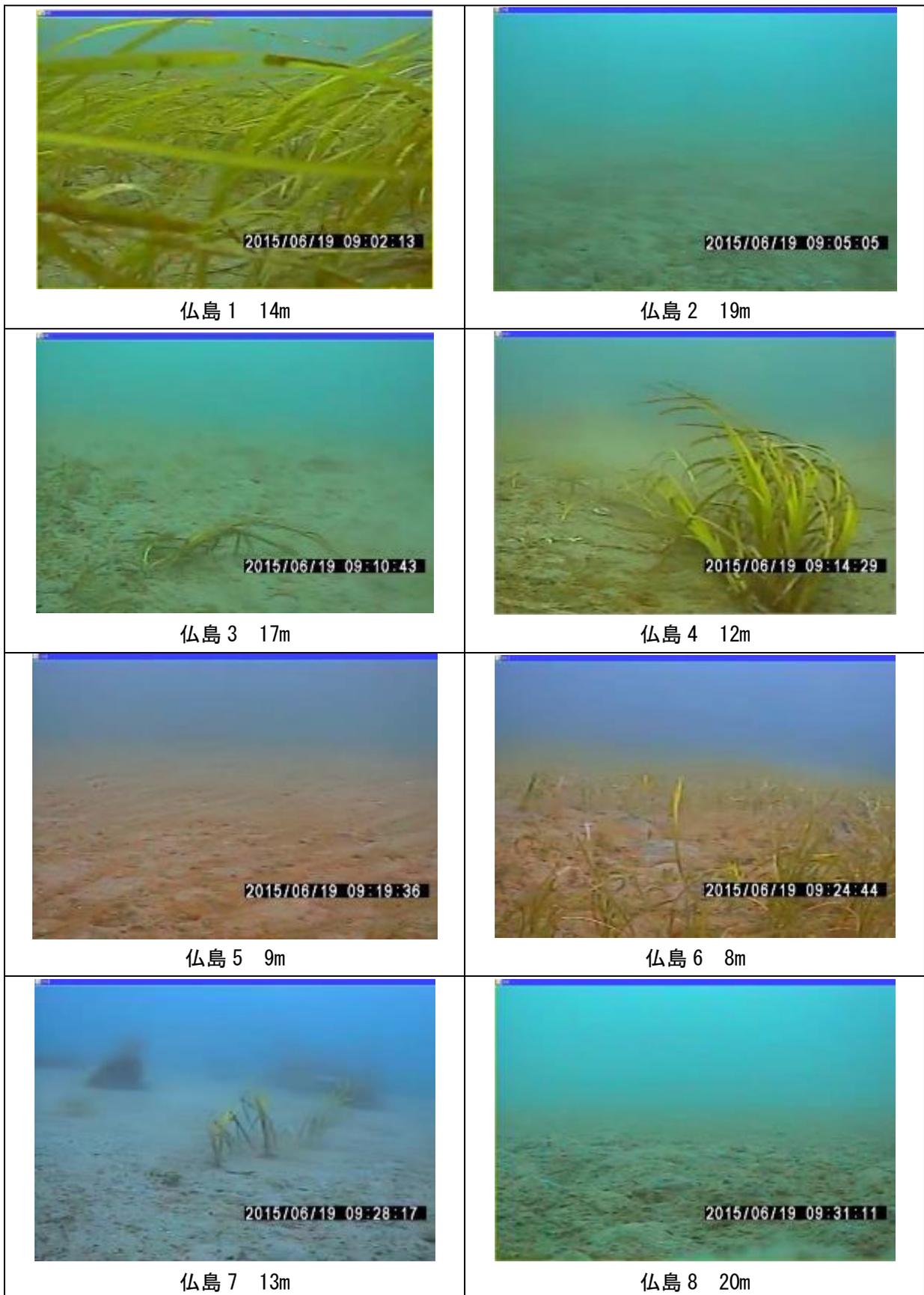


写真 2-2-1 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

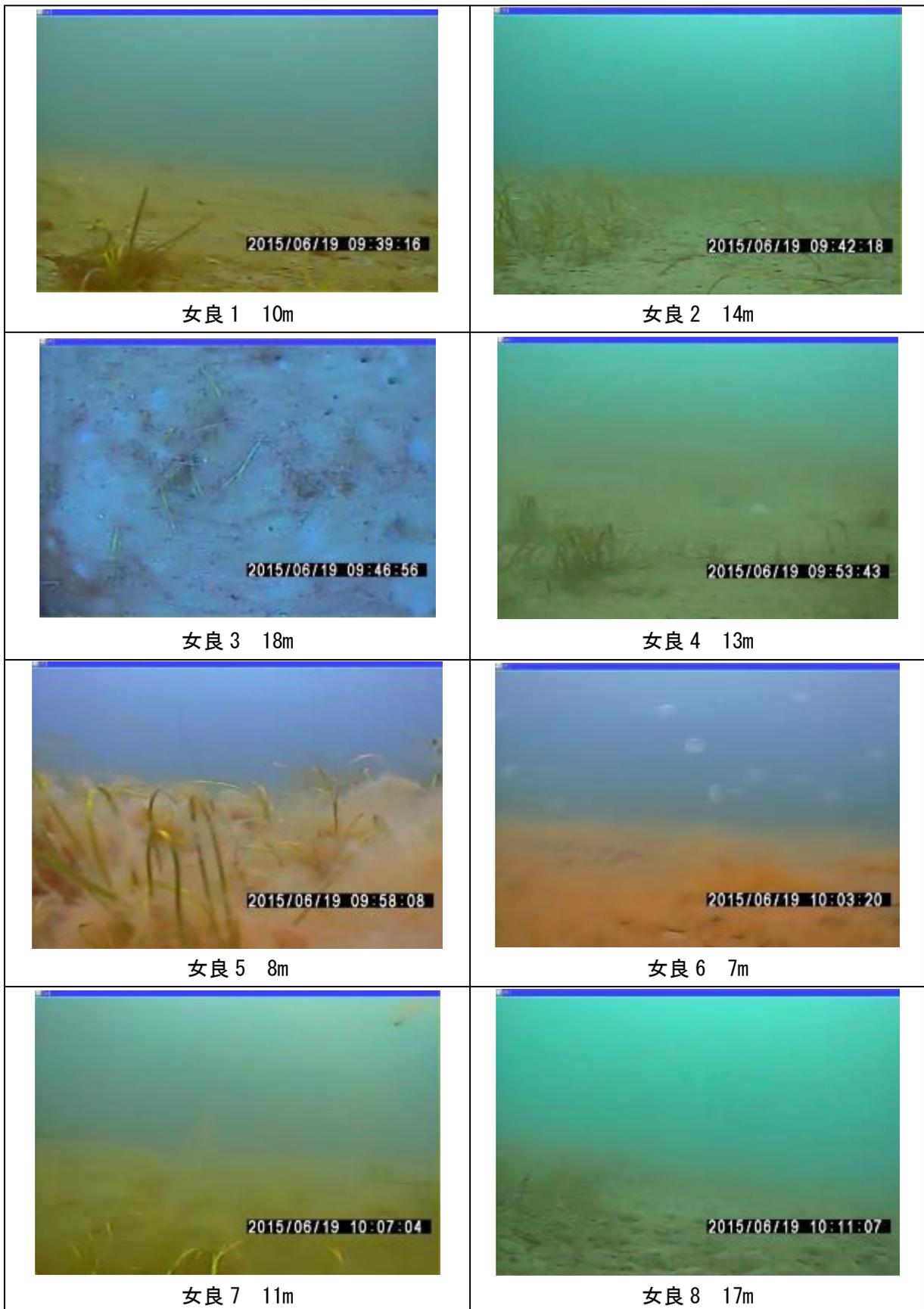


写真 2-2-2 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

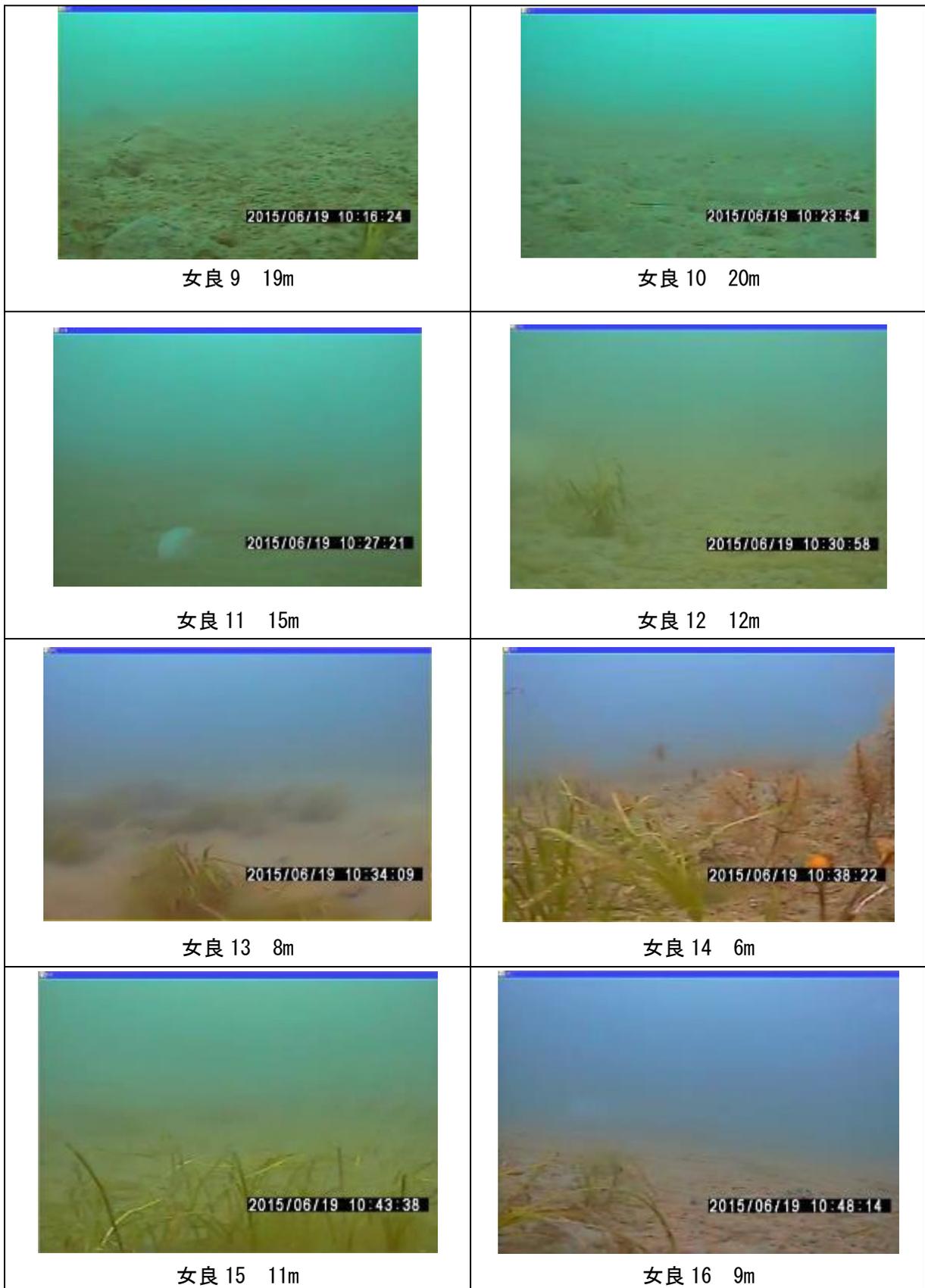


写真 2-2-3 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

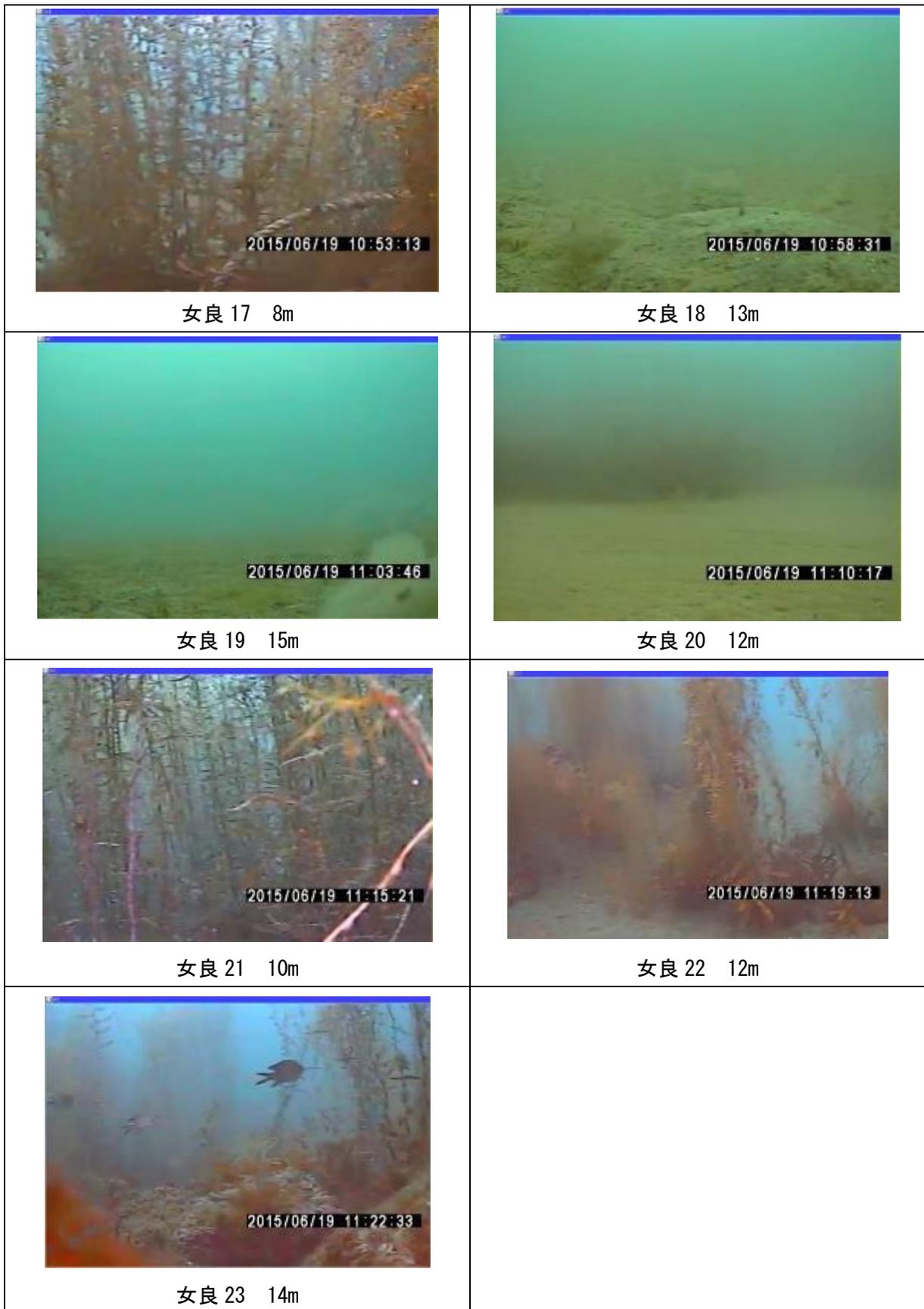


写真 2-2-4 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

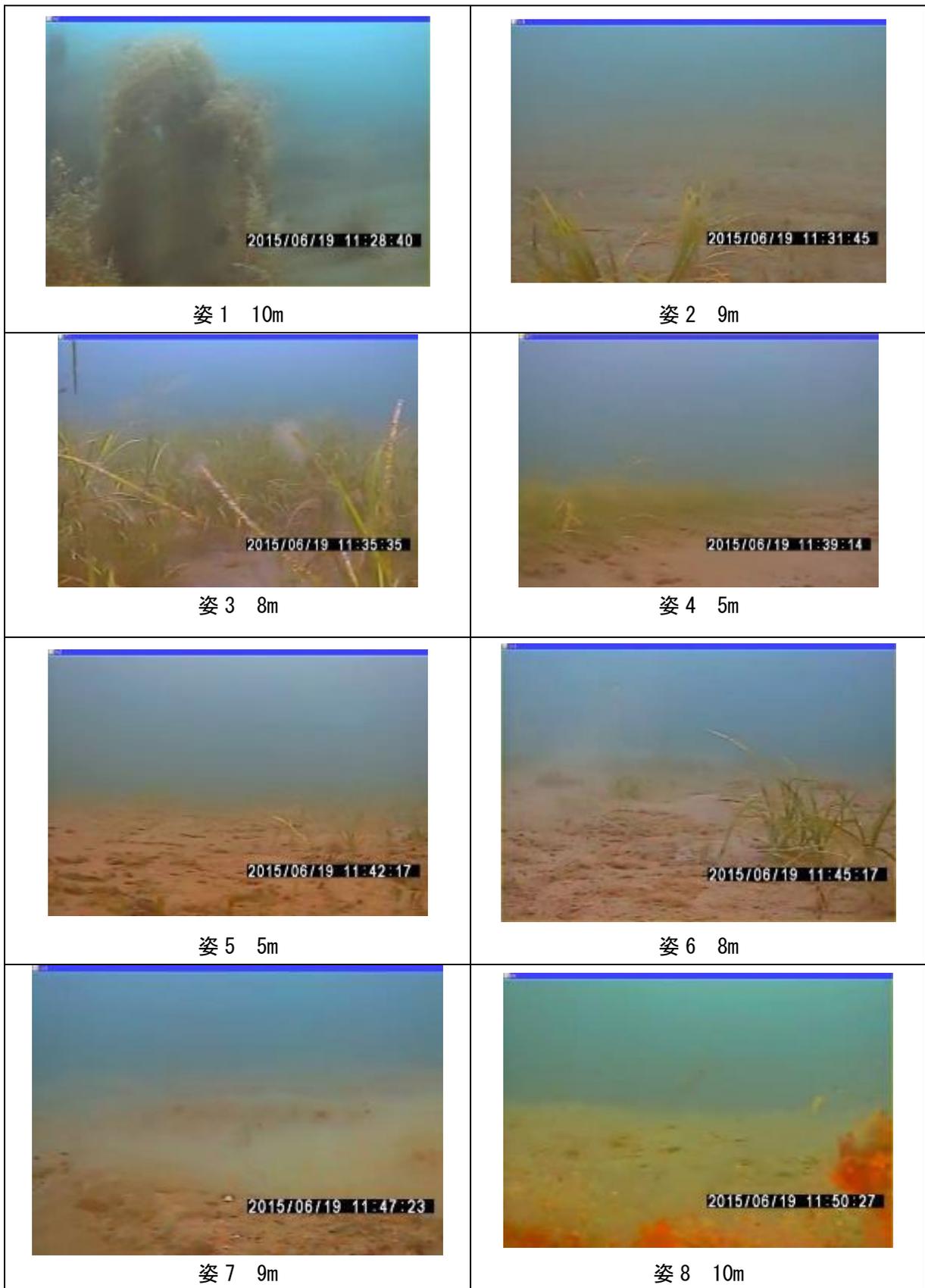


写真 2-2-5 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

 <p>2015/06/19 11:54:03</p> <p>姿 9 9m</p>	 <p>2015/06/19 11:58:34</p> <p>姿 10 8m</p>
 <p>2015/06/19 12:56:28</p> <p>大境（漁港内） 2m</p>	
 <p>2015/06/19 13:00:57</p> <p>小境 1 6m</p>	

写真 2-2-6 氷見市地先の各定点における底質（2015年6月19日）

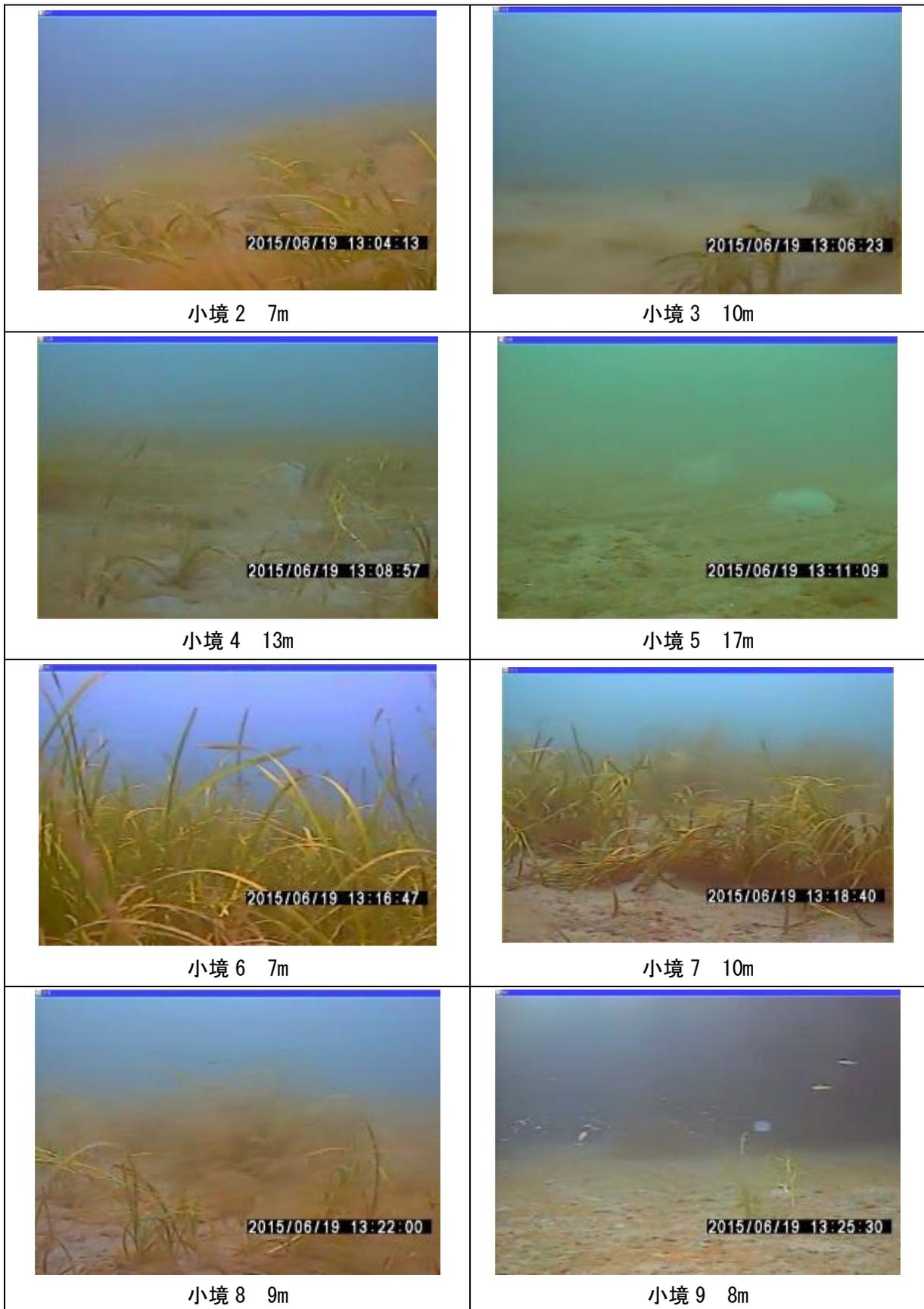


写真 2-2-7 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

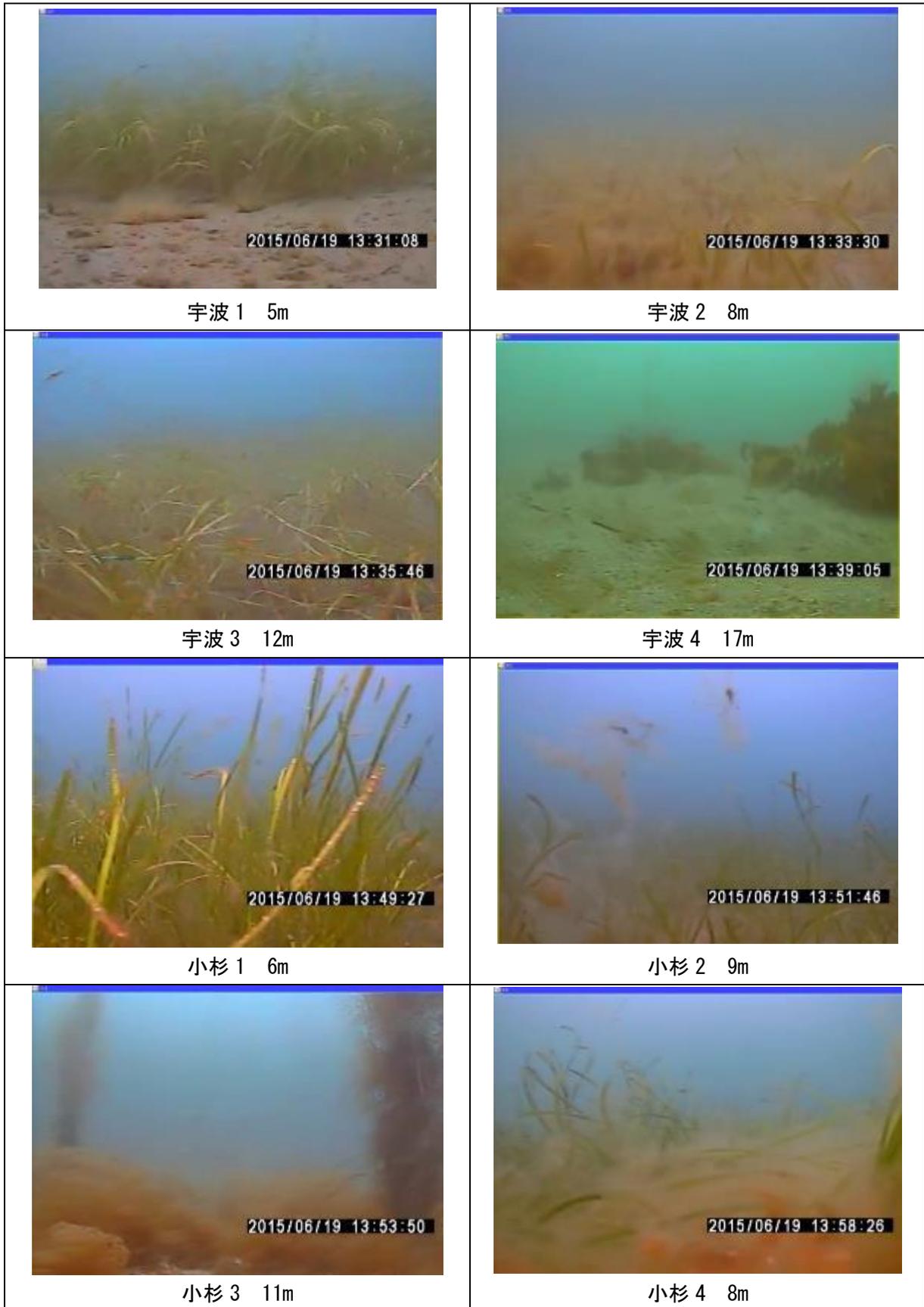


写真 2-2-8 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

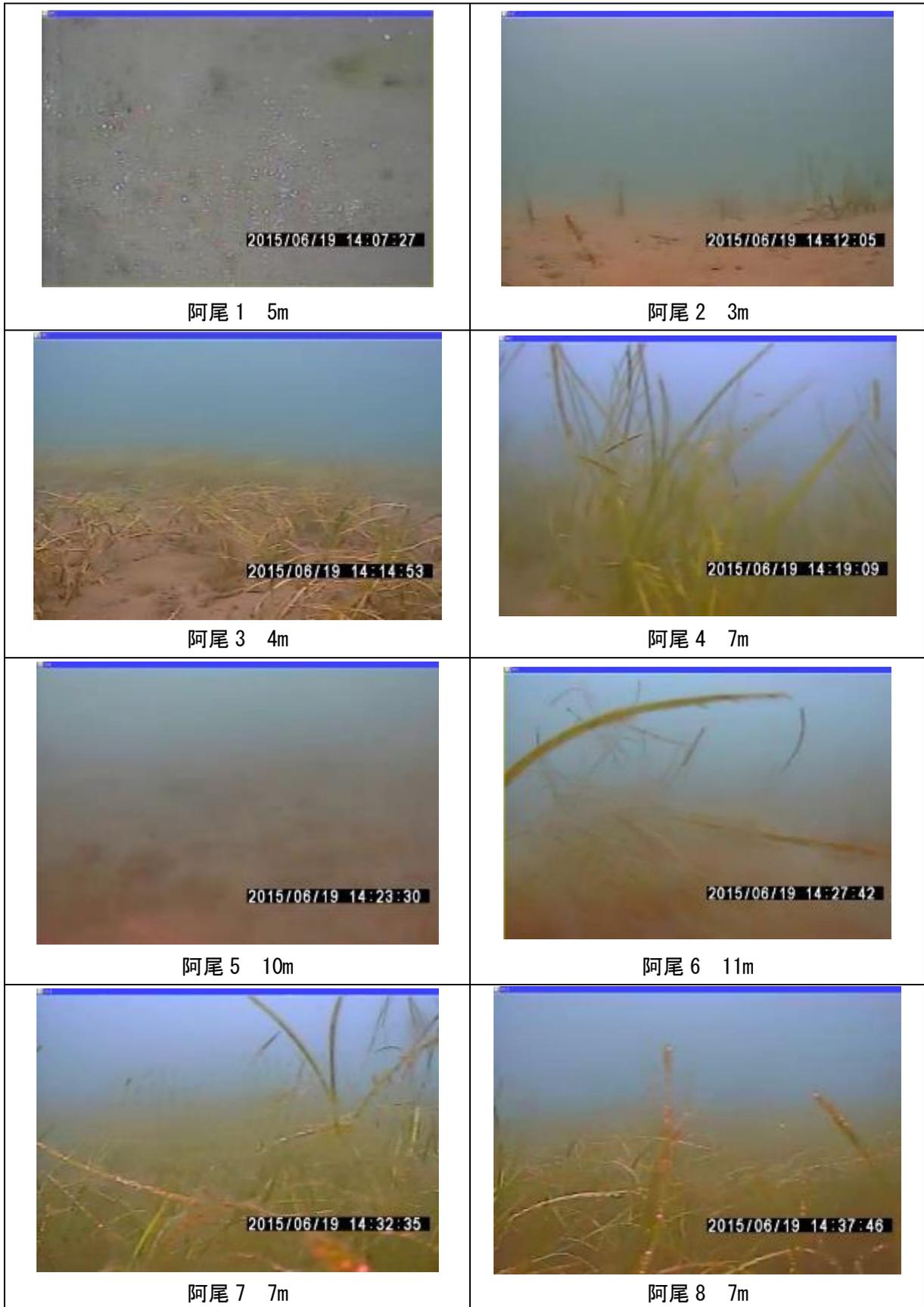


写真 2-2-9 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)

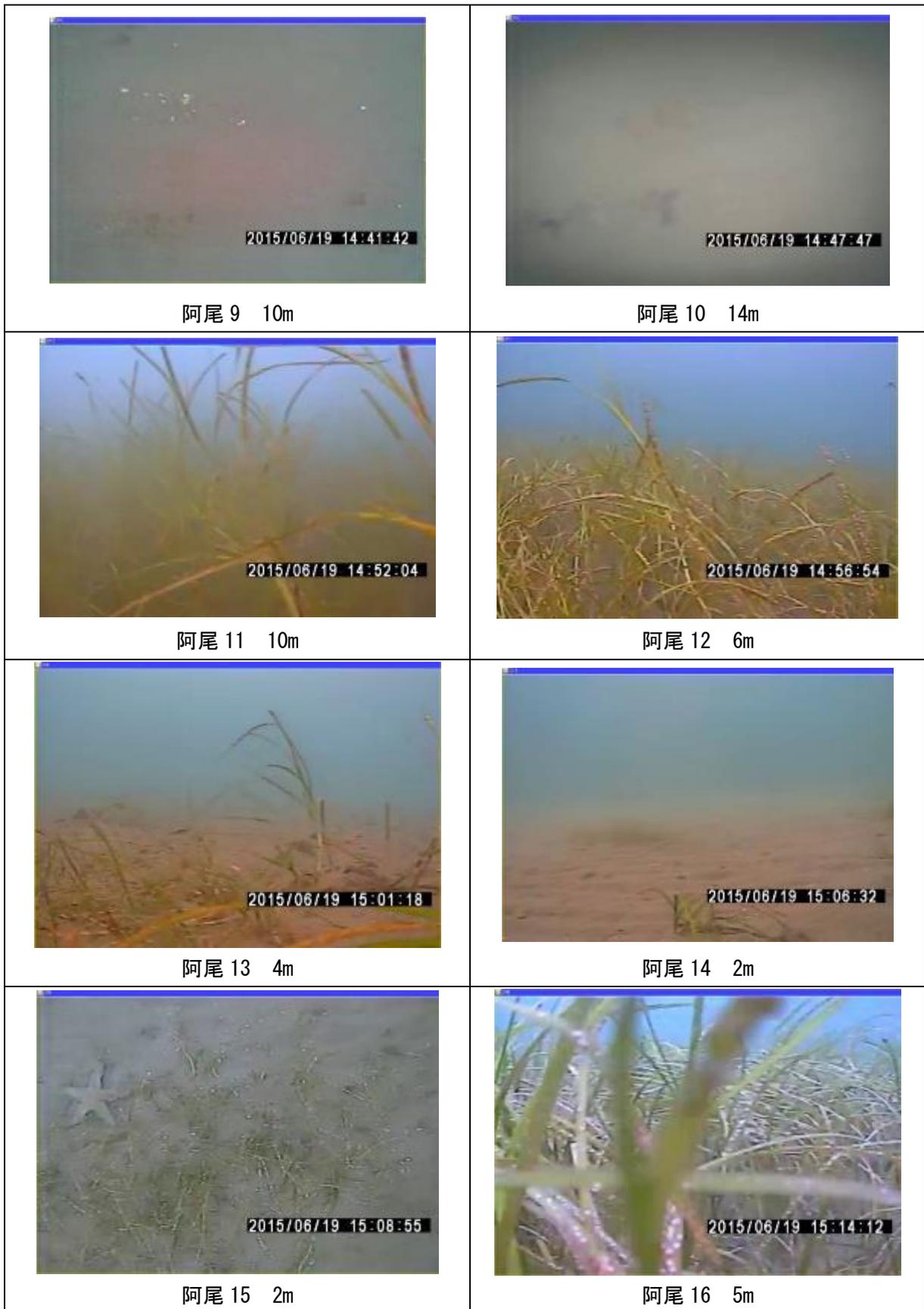


写真 2-2-10 氷見市地先の各定点における底質（2015年6月19日）

 <p>阿尾 17 8m</p>	 <p>阿尾 18 11m</p>
 <p>阿尾 19 12m</p>	

写真 2-2-11 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 19 日)



写真 2-2-12 氷見市地先の各定点における底質（2015年6月22日）



写真 2-2-13 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 22 日)

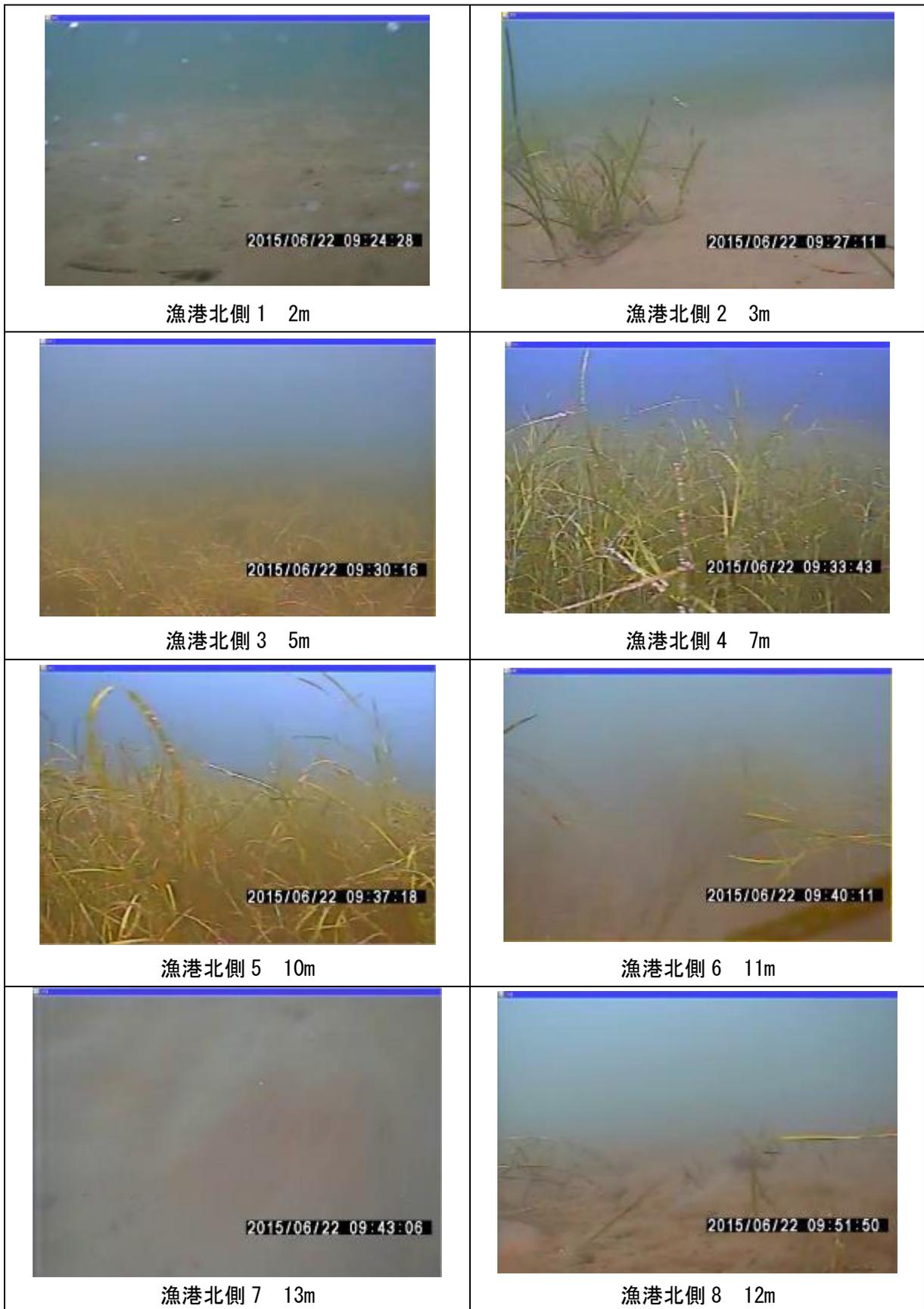


写真 2-2-14 水見市地先の各定点における底質（2015年6月22日）

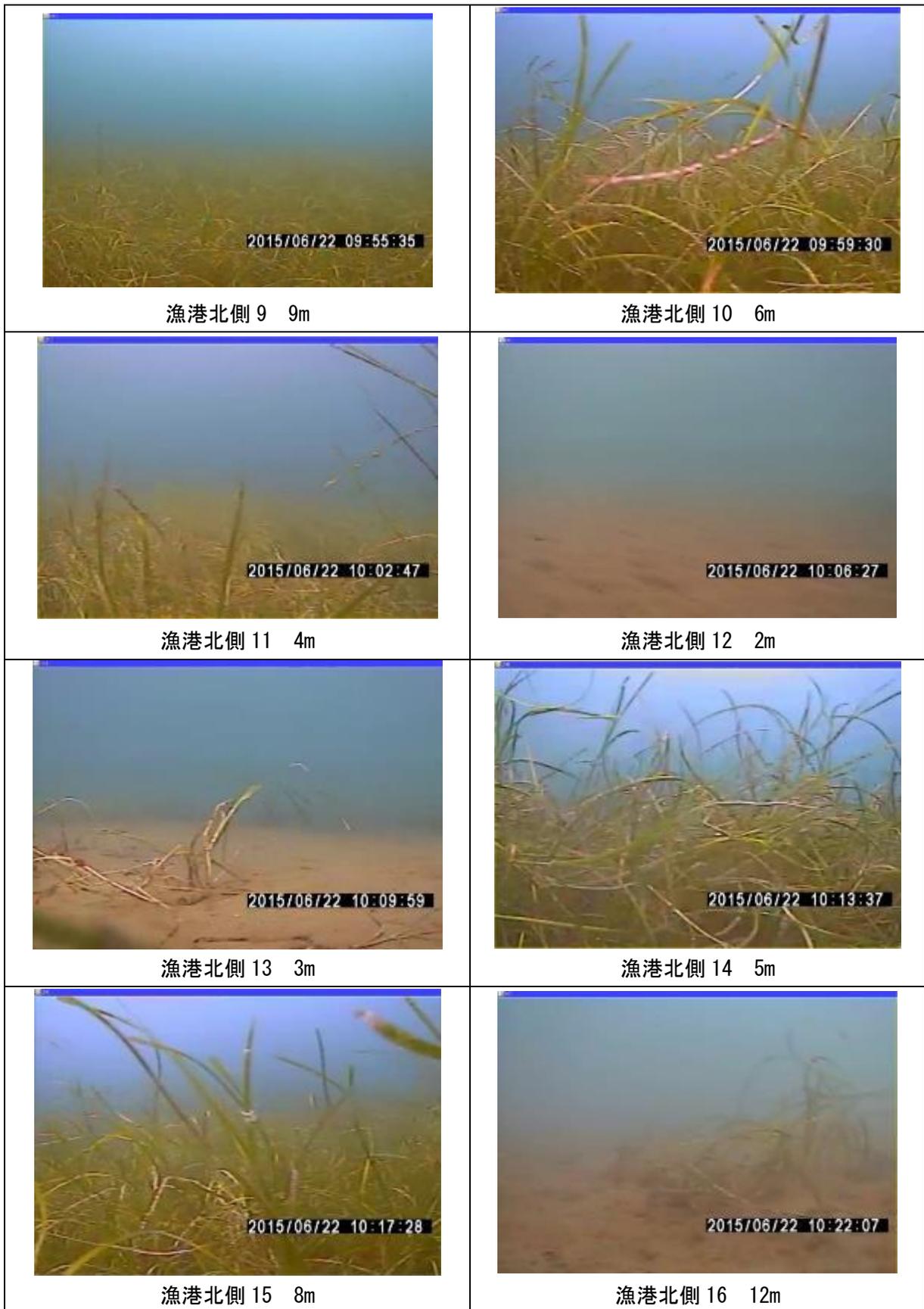


写真 2-2-15 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 22 日)

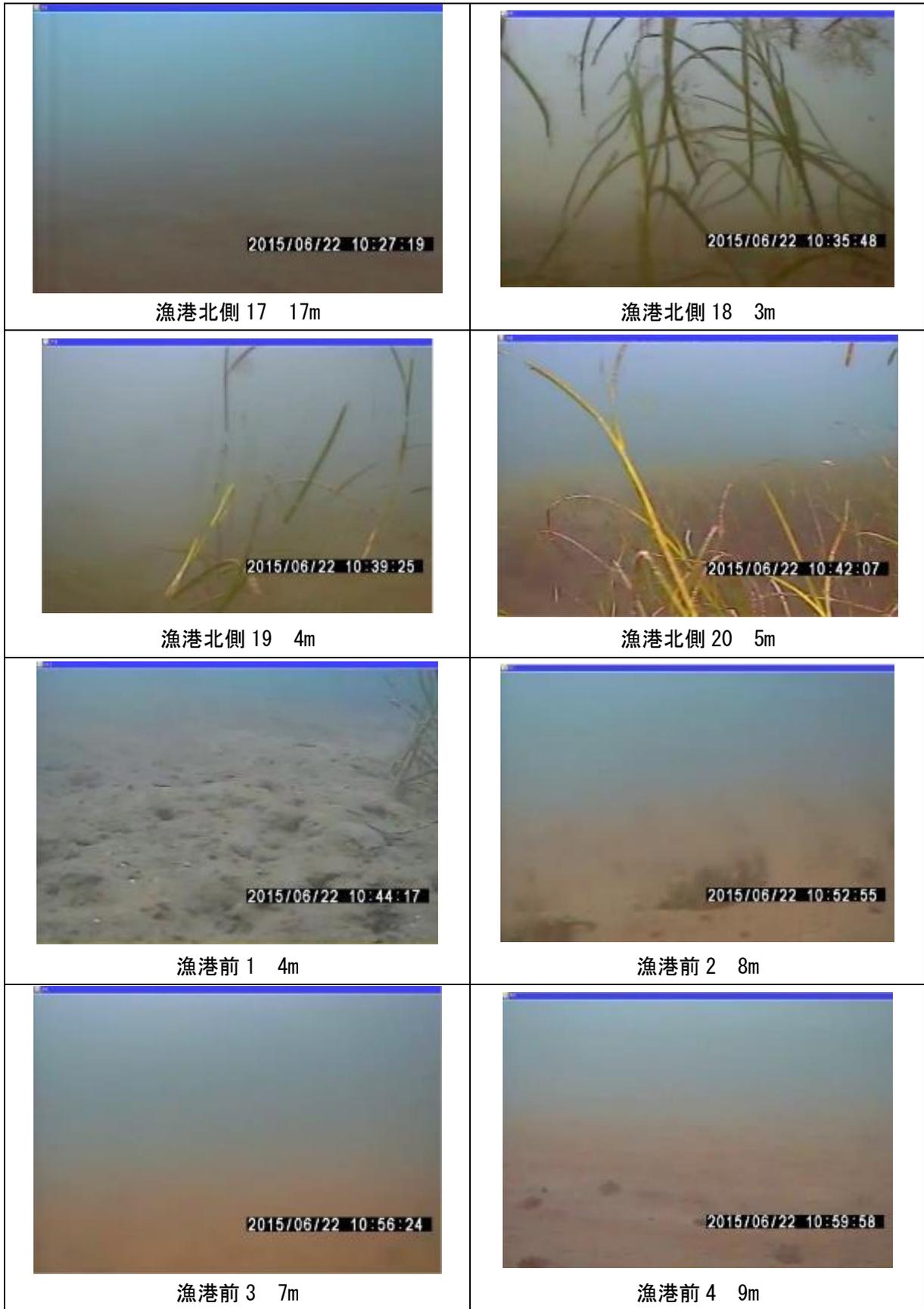


写真 2-2-16 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 22 日)

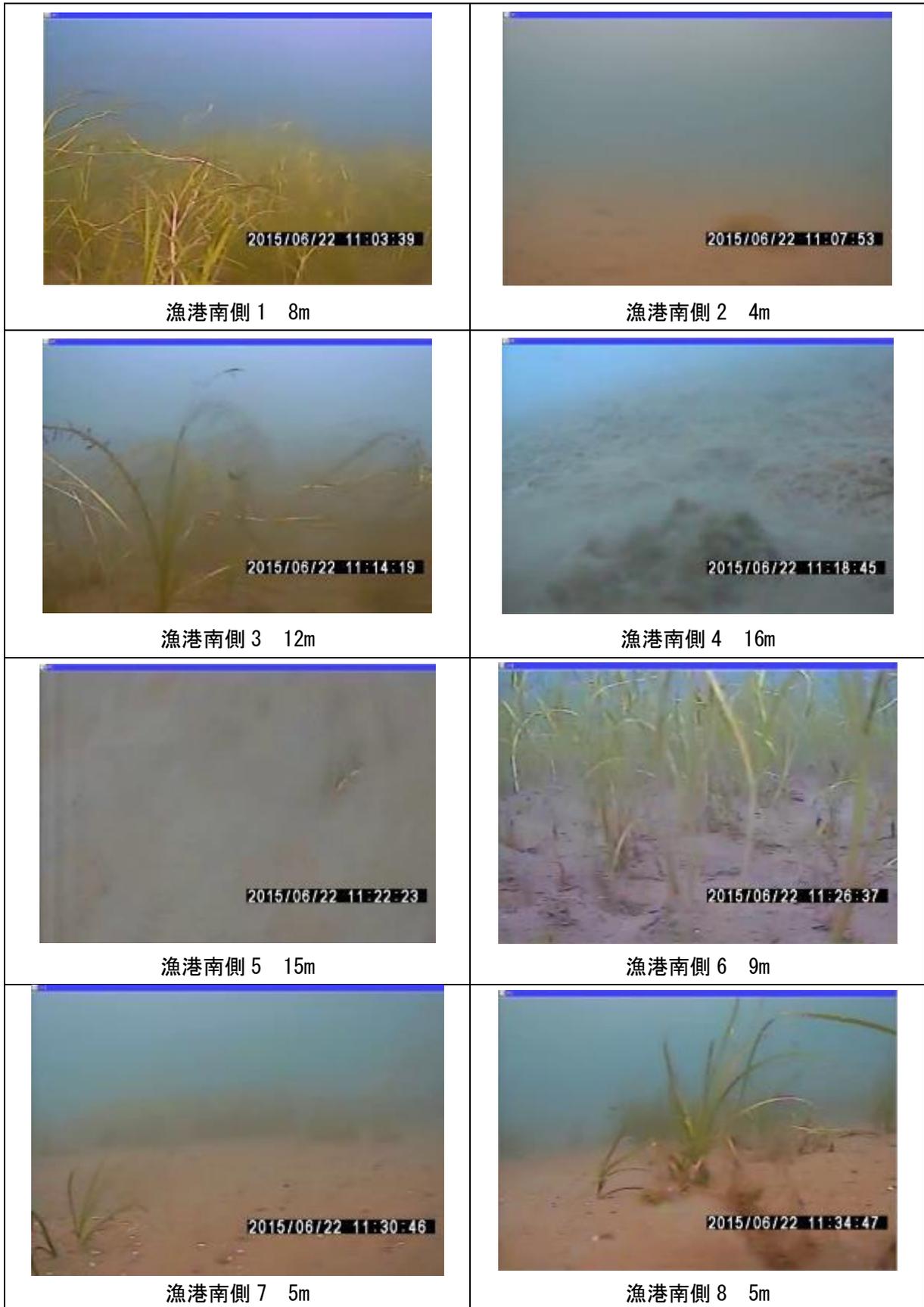


写真 2-2-17 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 22 日)

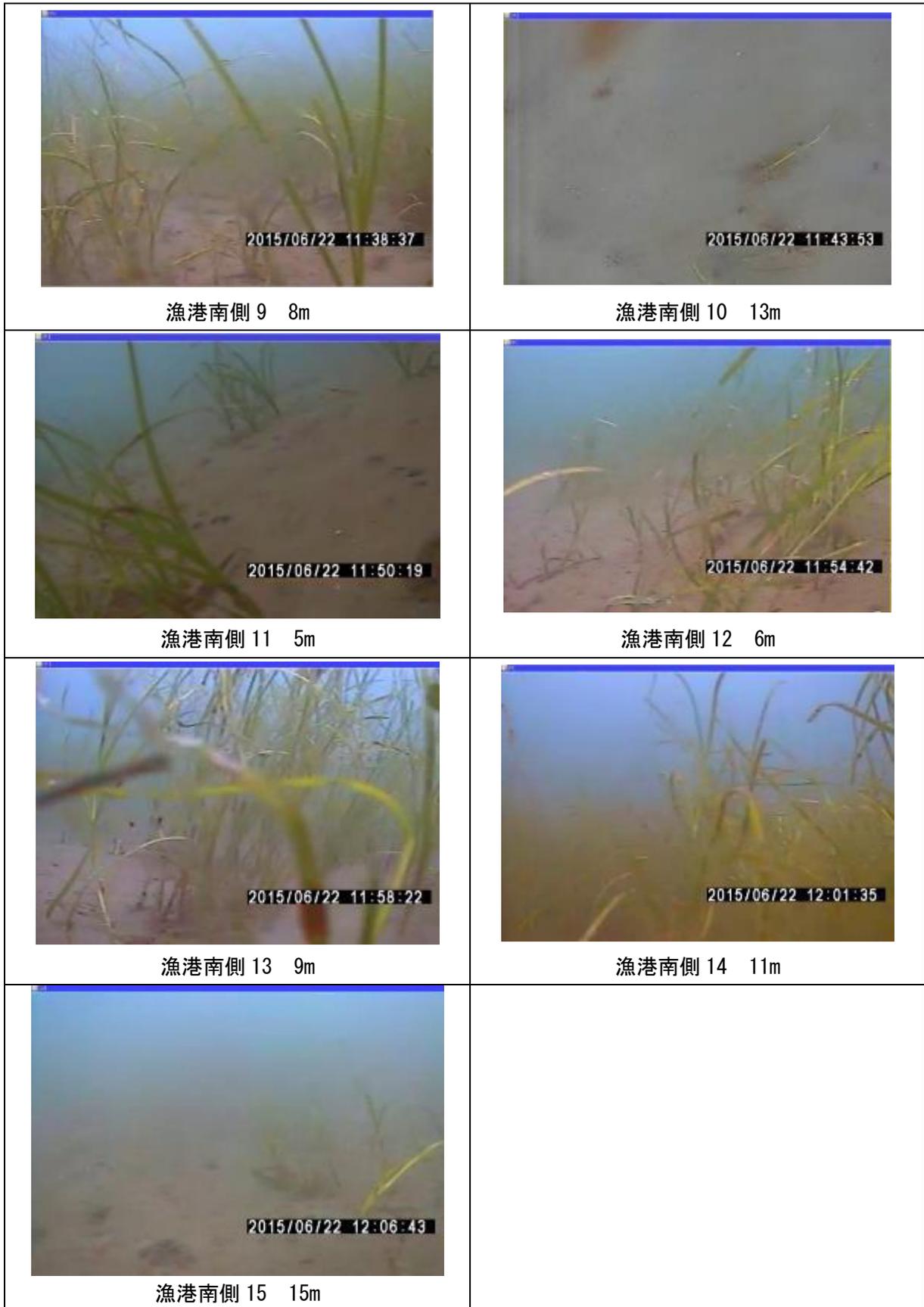


写真 2-2-18 水見市地先の各定点における底質（2015年6月22日）

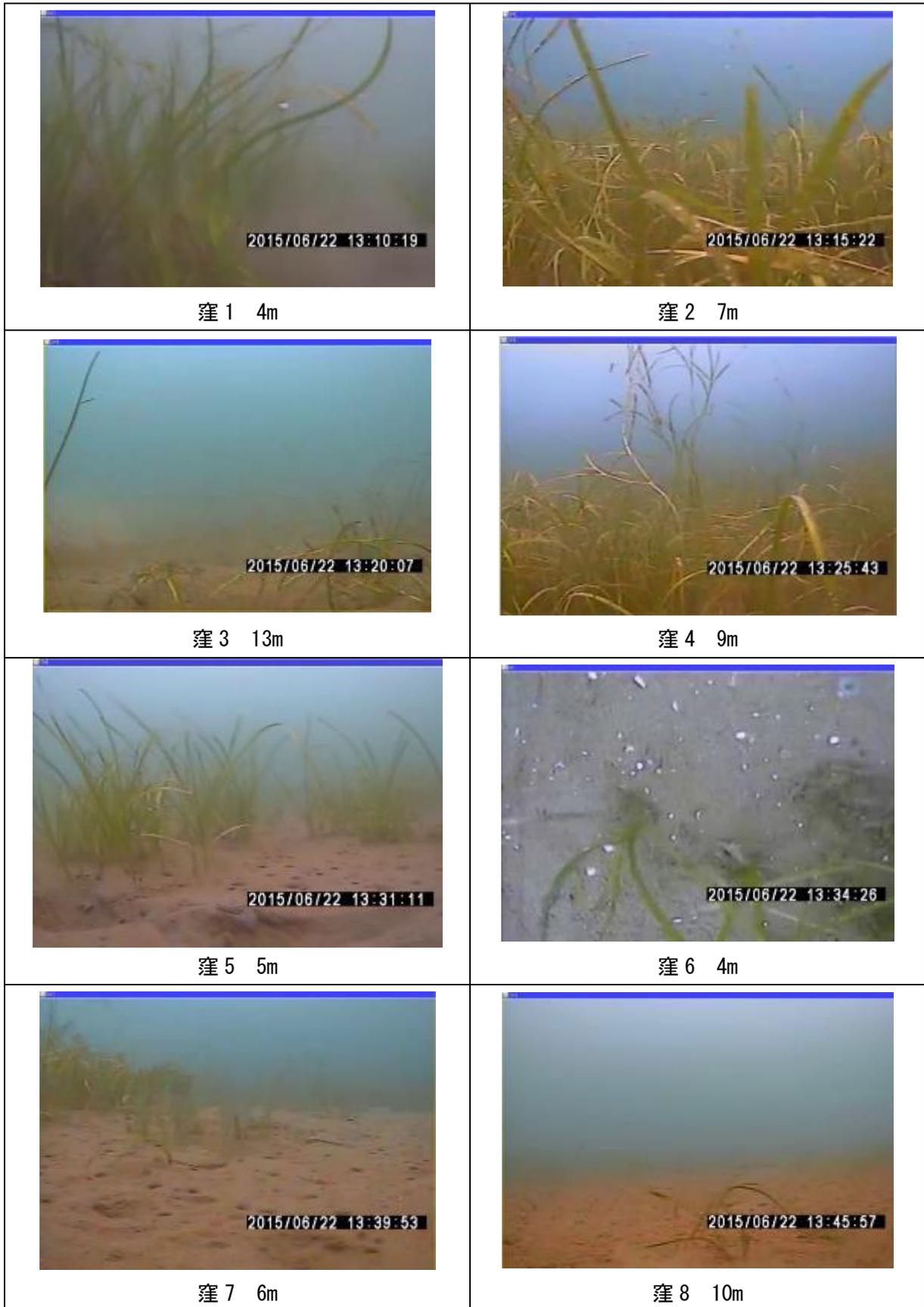


写真 2-2-19 水見市地先の各定点における底質（2015年6月22日）

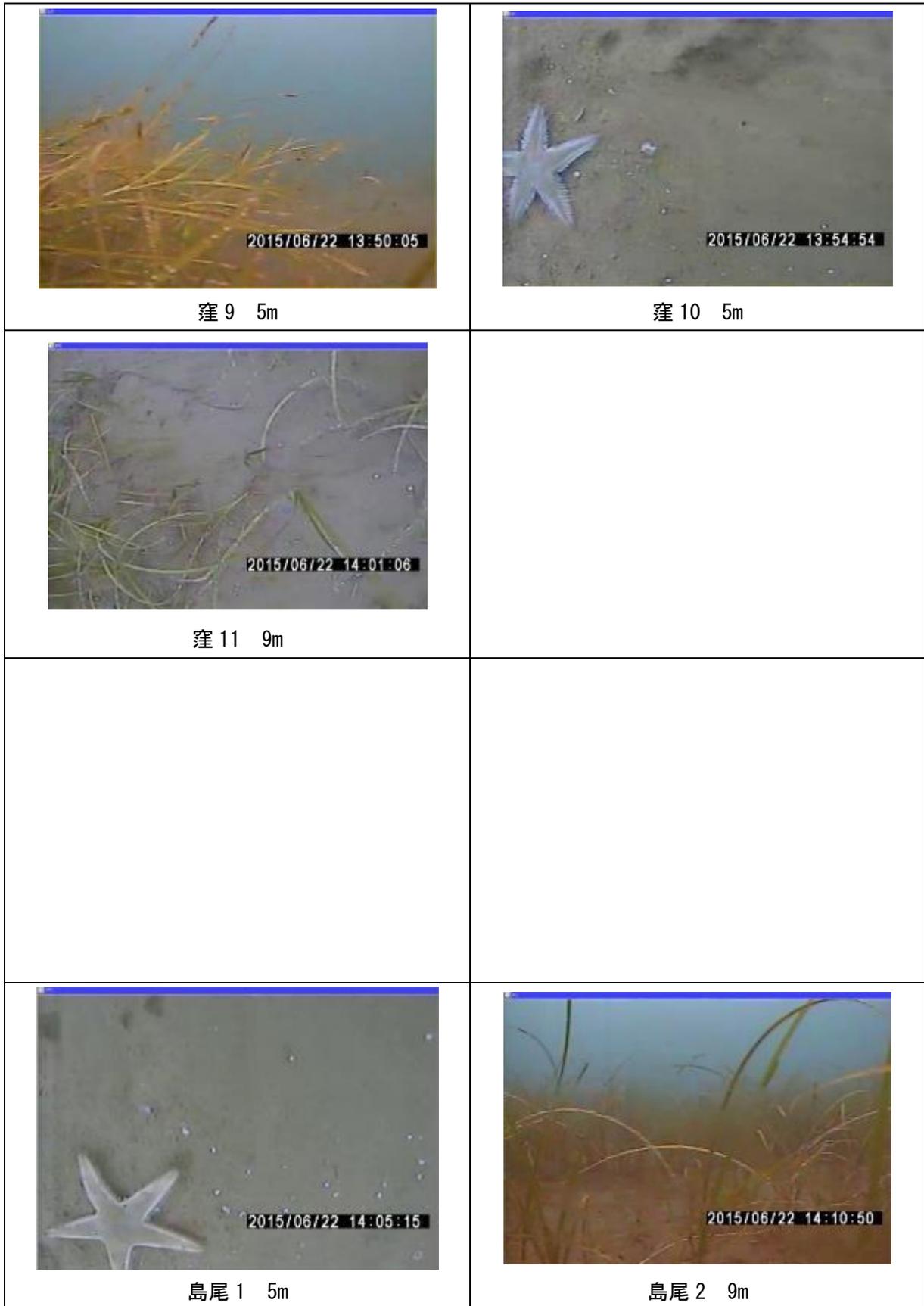


写真 2-2-20 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 6 月 22 日)

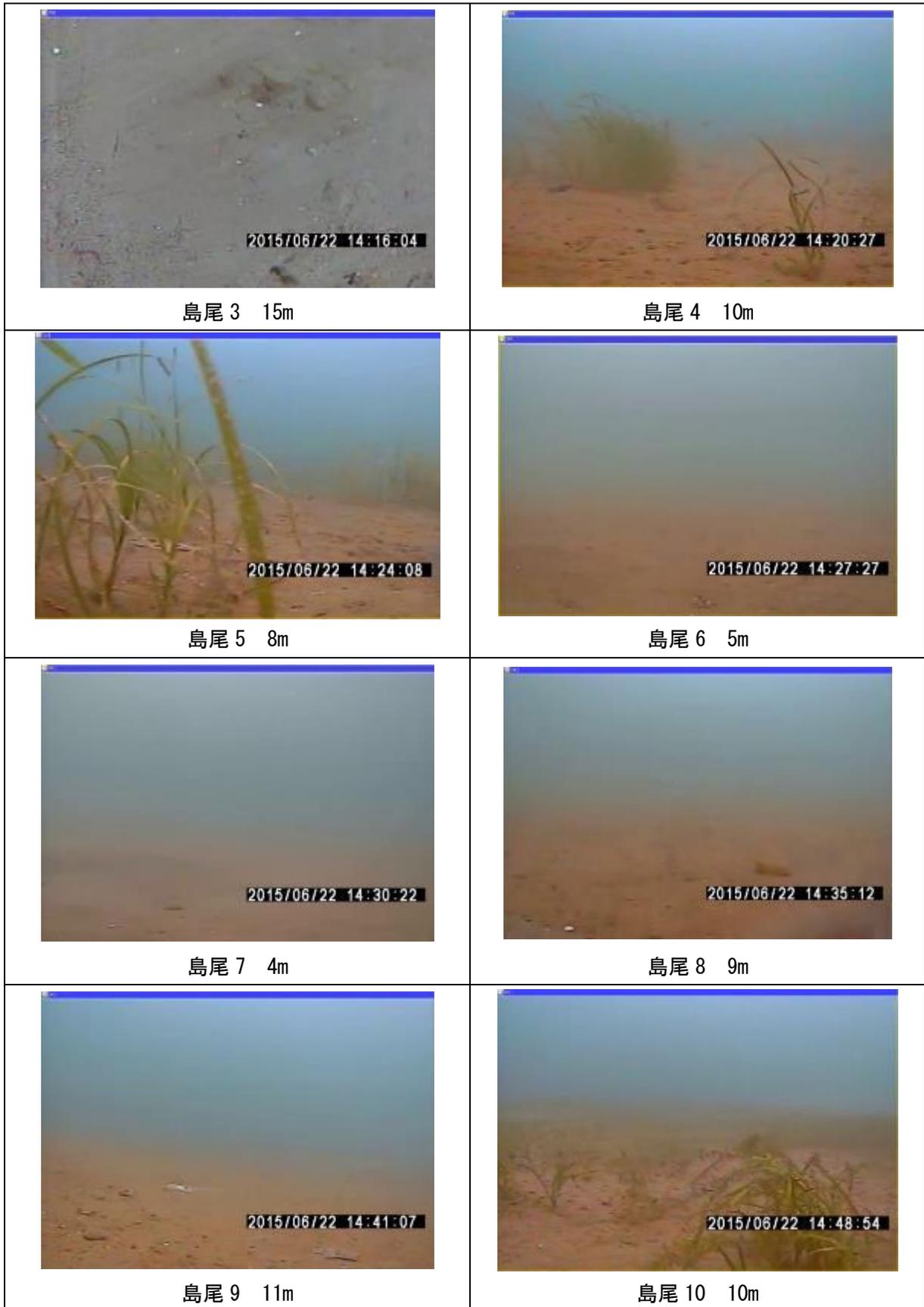


写真 2-2-21 氷見市地先の各定点における底質（2015年6月22日）

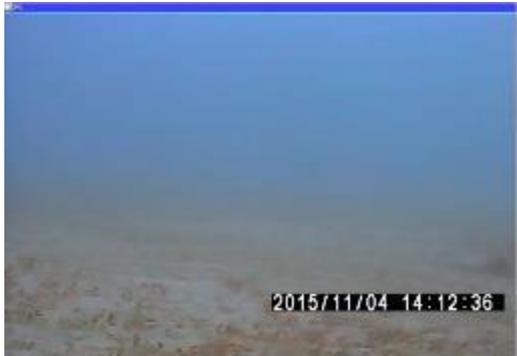
 <p>2015/11/04 14:31:32</p> <p>仏島 6 8.8m</p>	 <p>2015/11/04 14:28:16</p> <p>仏島 5 16.9m</p>
 <p>2015/11/04 14:22:42</p> <p>仏島 4 5.4m</p>	 <p>2015/11/04 14:19:05</p> <p>仏島 3 11.7m</p>
 <p>2015/11/04 14:16:01</p> <p>仏島 2 12.4m</p>	 <p>2015/11/04 14:12:36</p> <p>仏島 1 9.5m</p>

写真 2-3-1 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

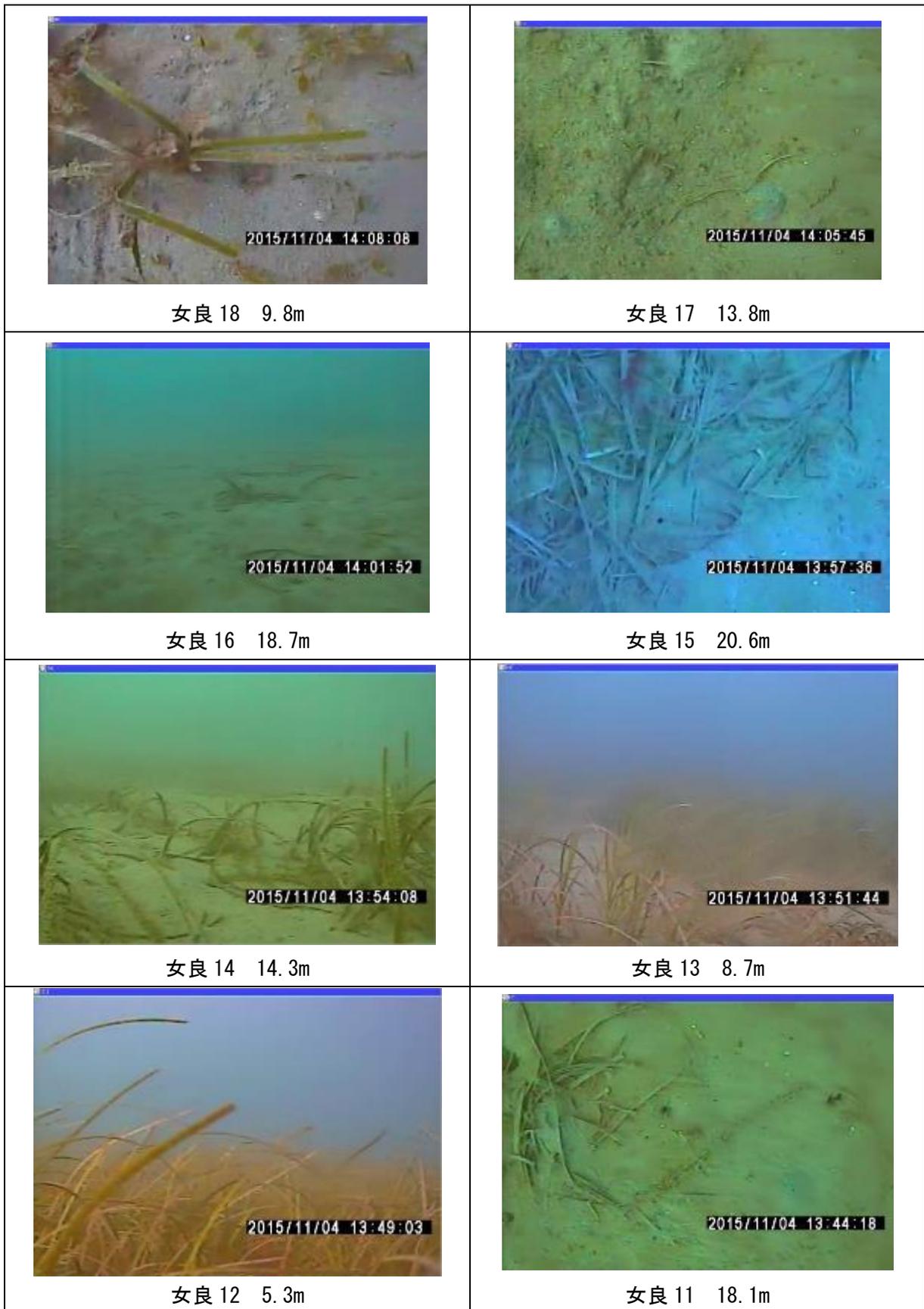


写真 2-3-2 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

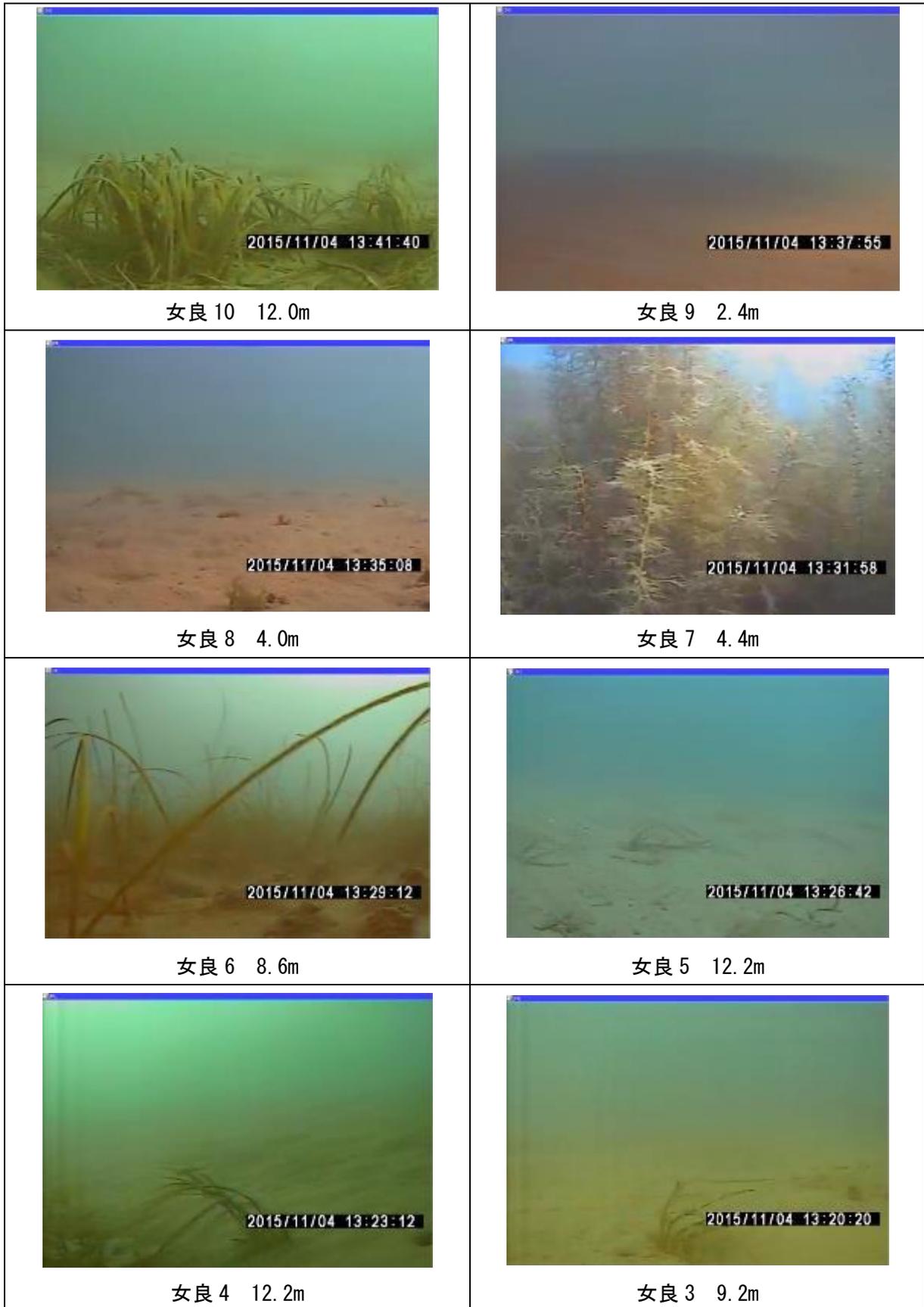


写真 2-3-3 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

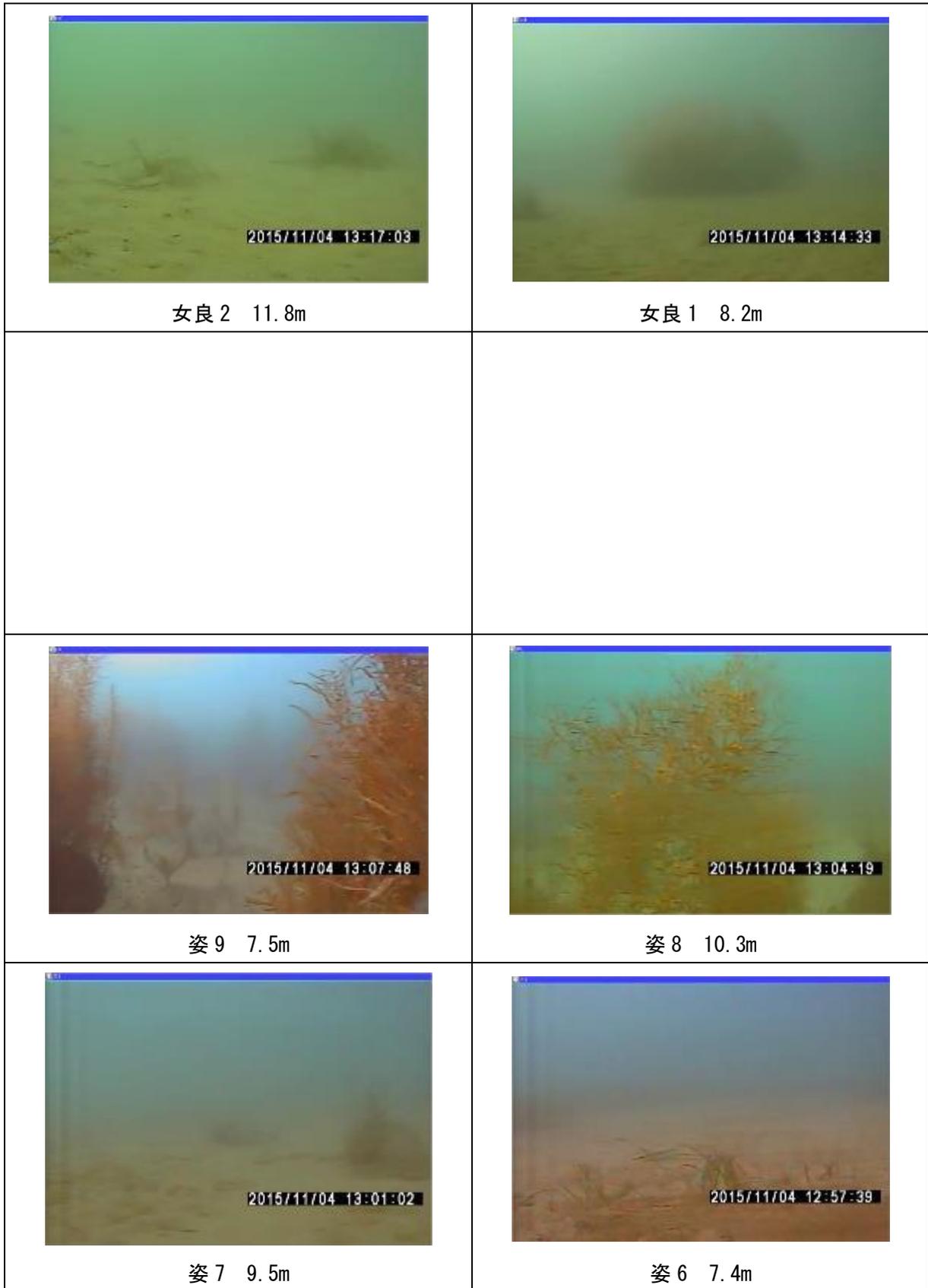


写真 2-3-4 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

 <p>2015/11/04 12:54:58</p> <p>姿5 4.8m</p>	 <p>2015/11/04 12:52:17</p> <p>姿4 5.1m</p>
 <p>2015/11/04 12:49:07</p> <p>姿3 7.0m</p>	 <p>2015/11/04 12:46:24</p> <p>姿2 7.5m</p>
 <p>2015/11/04 12:43:34</p> <p>姿1 9.5m</p>	

写真 2-3-5 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

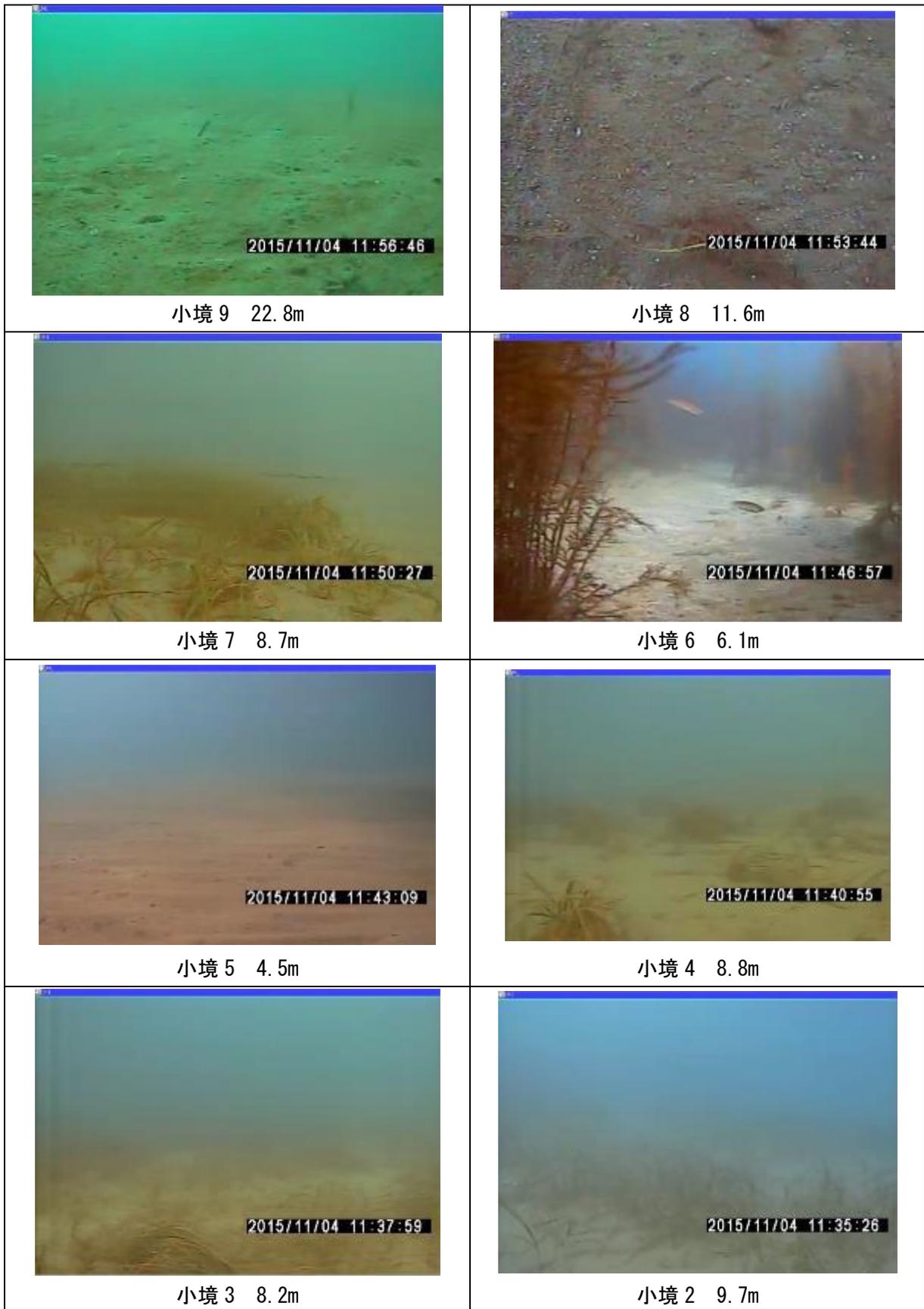


写真 2-3-6 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)



写真 2-3-7 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

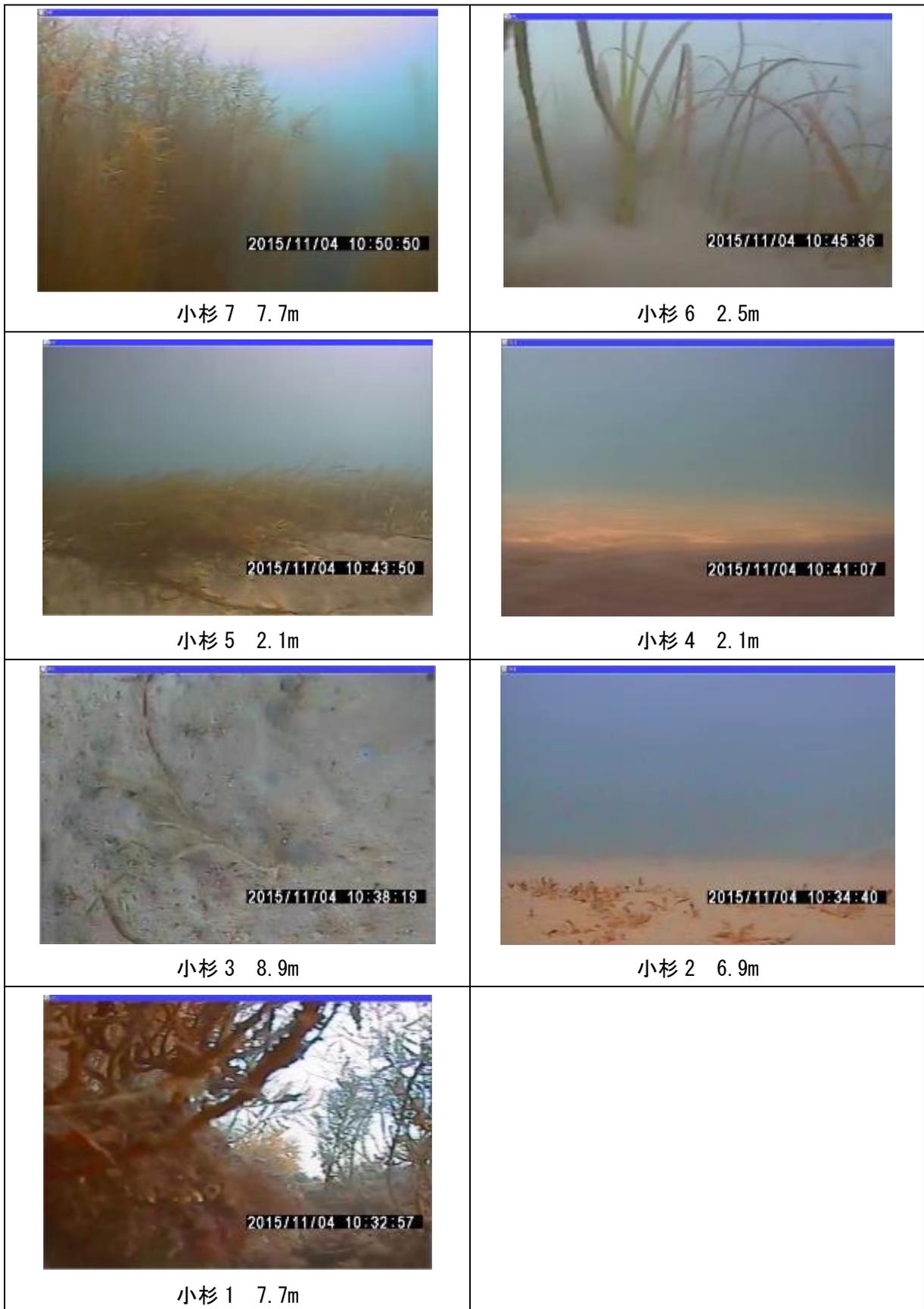


写真 2-3-8 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

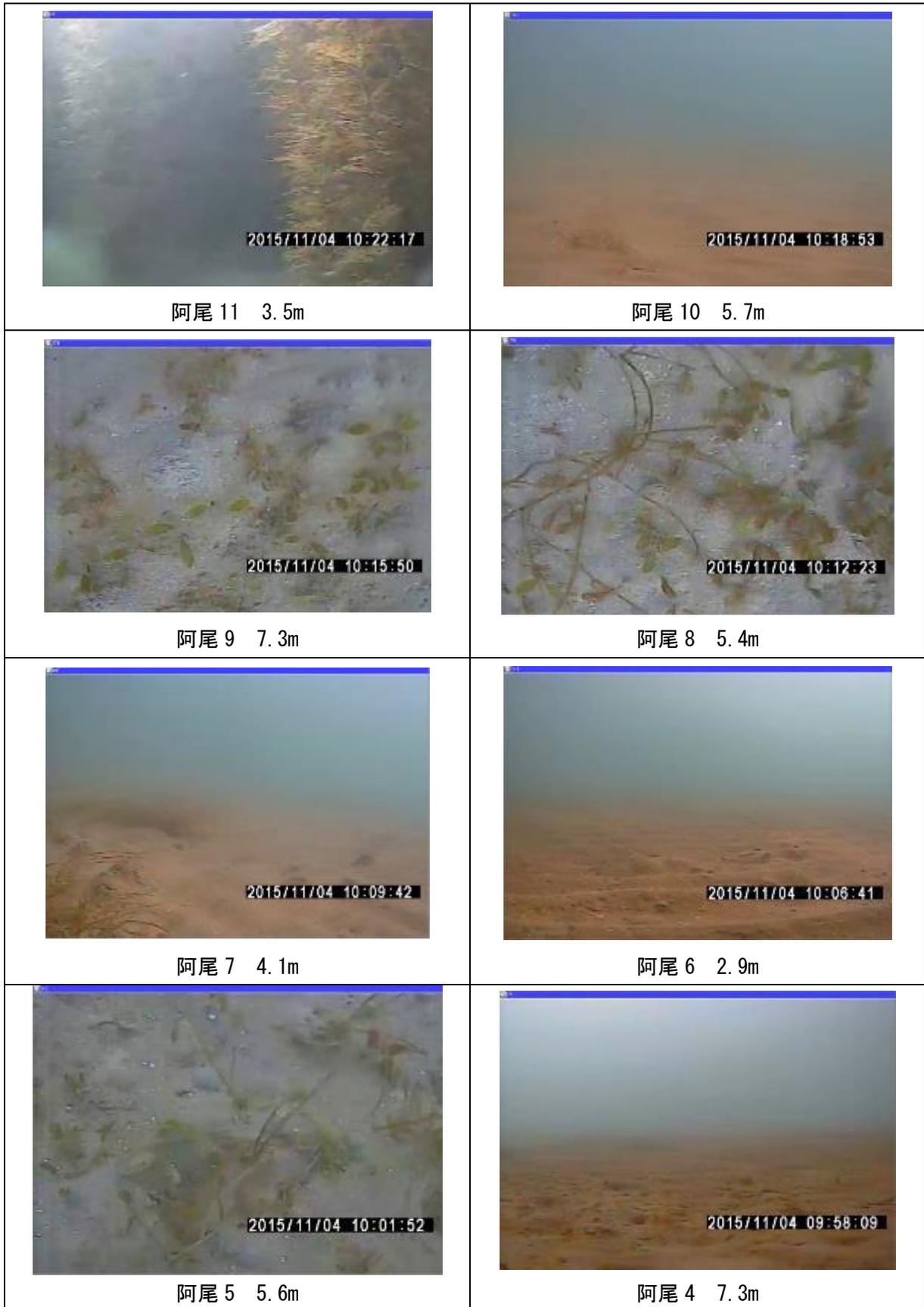


写真 2-3-9 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

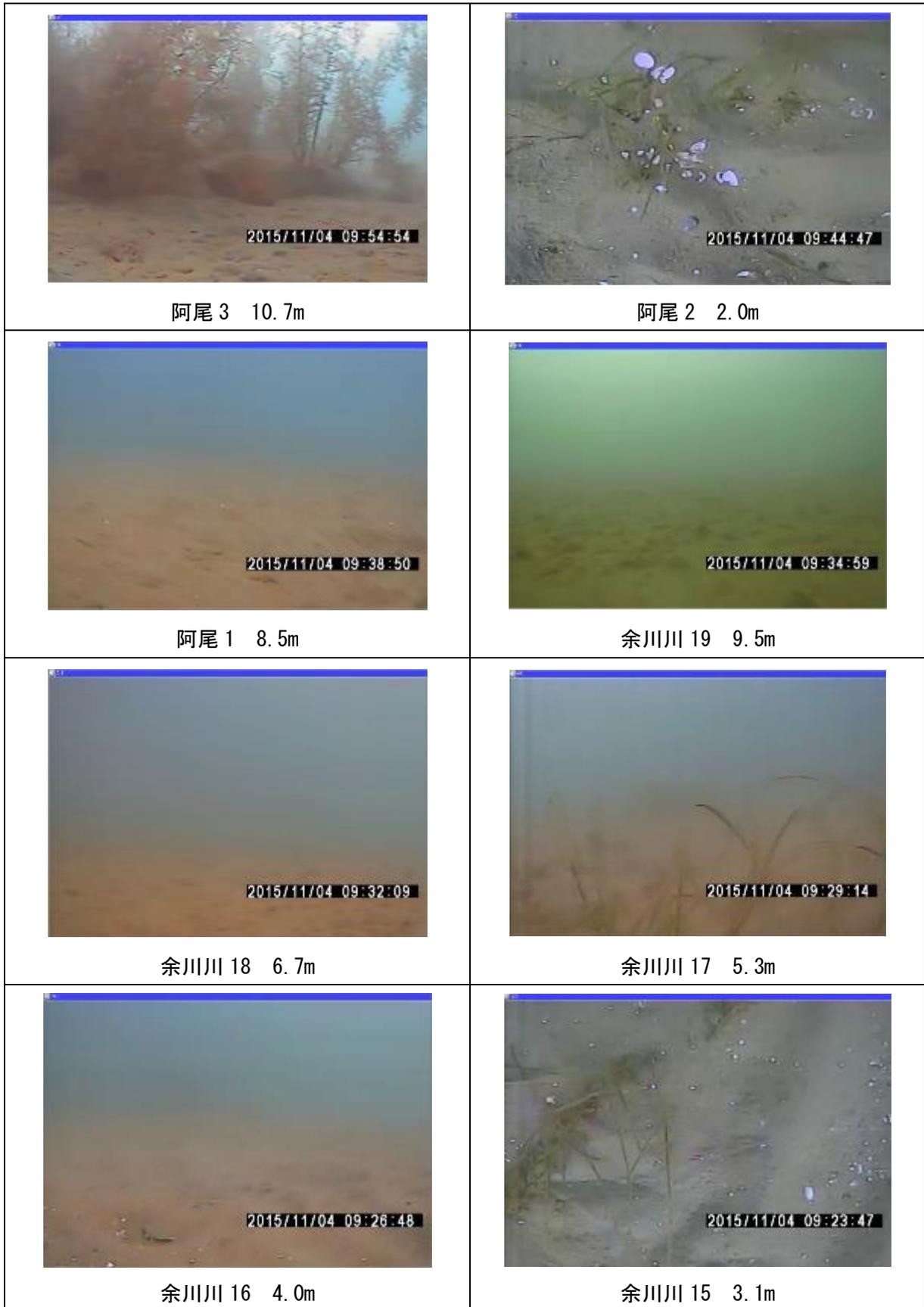


写真 2-3-10 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

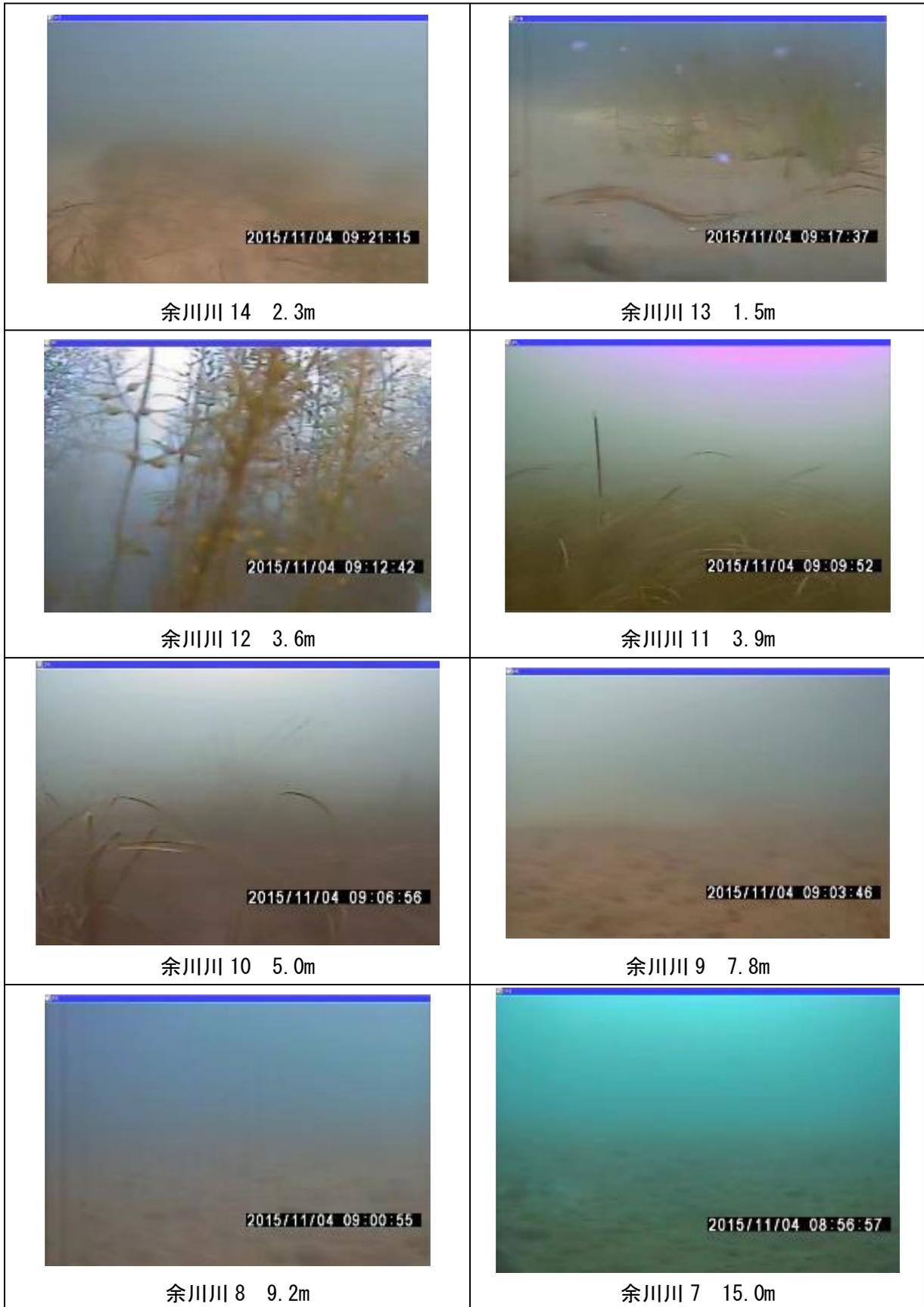


写真 2-3-11 氷見市地先の各定点における底質（2015 年 11 月 4 日）

 <p>余川川 6 11.7m</p>	 <p>余川川 5 7.6m</p>
 <p>余川川 4 6.3m</p>	 <p>余川川 3 4.7m</p>
 <p>余川川 2 3.2m</p>	 <p>余川川 1 1.7m</p>

写真 2-3-12 氷見市地先の各定点における底質（2015 年 11 月 4 日）

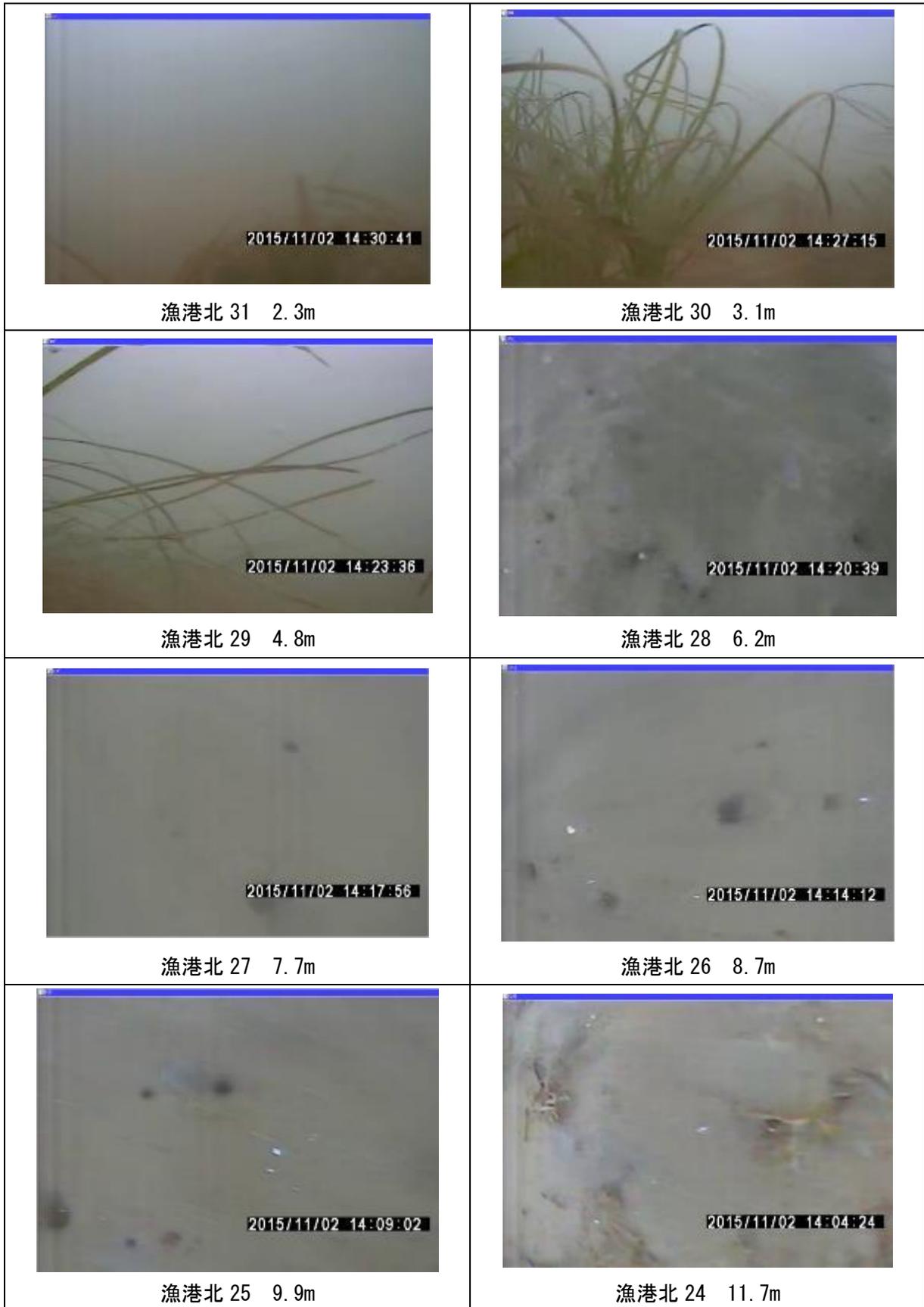


写真 2-3-13 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 2 日)

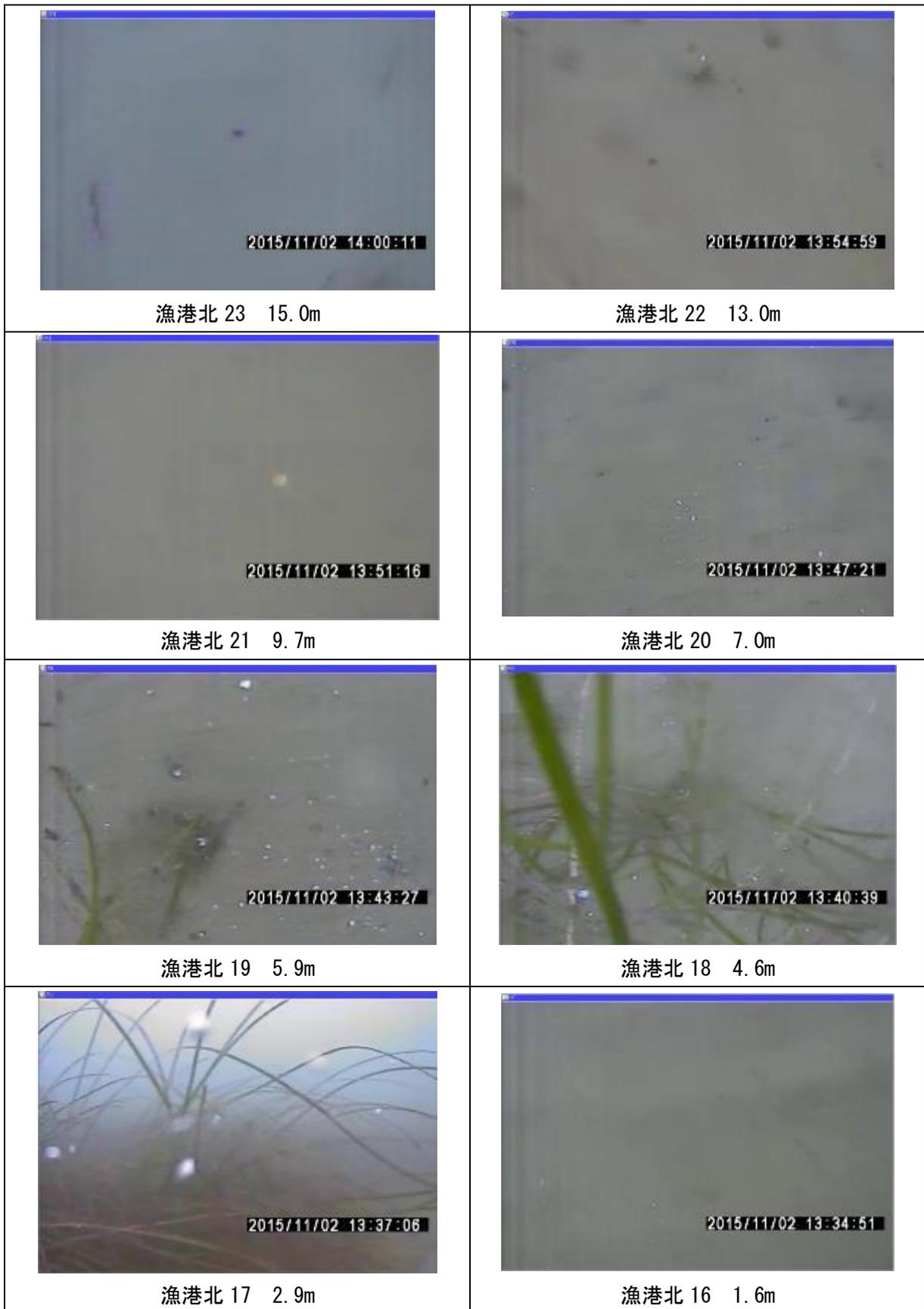


写真 2-3-14 水見市地先の各定点における底質（2015 年 11 月 2 日）

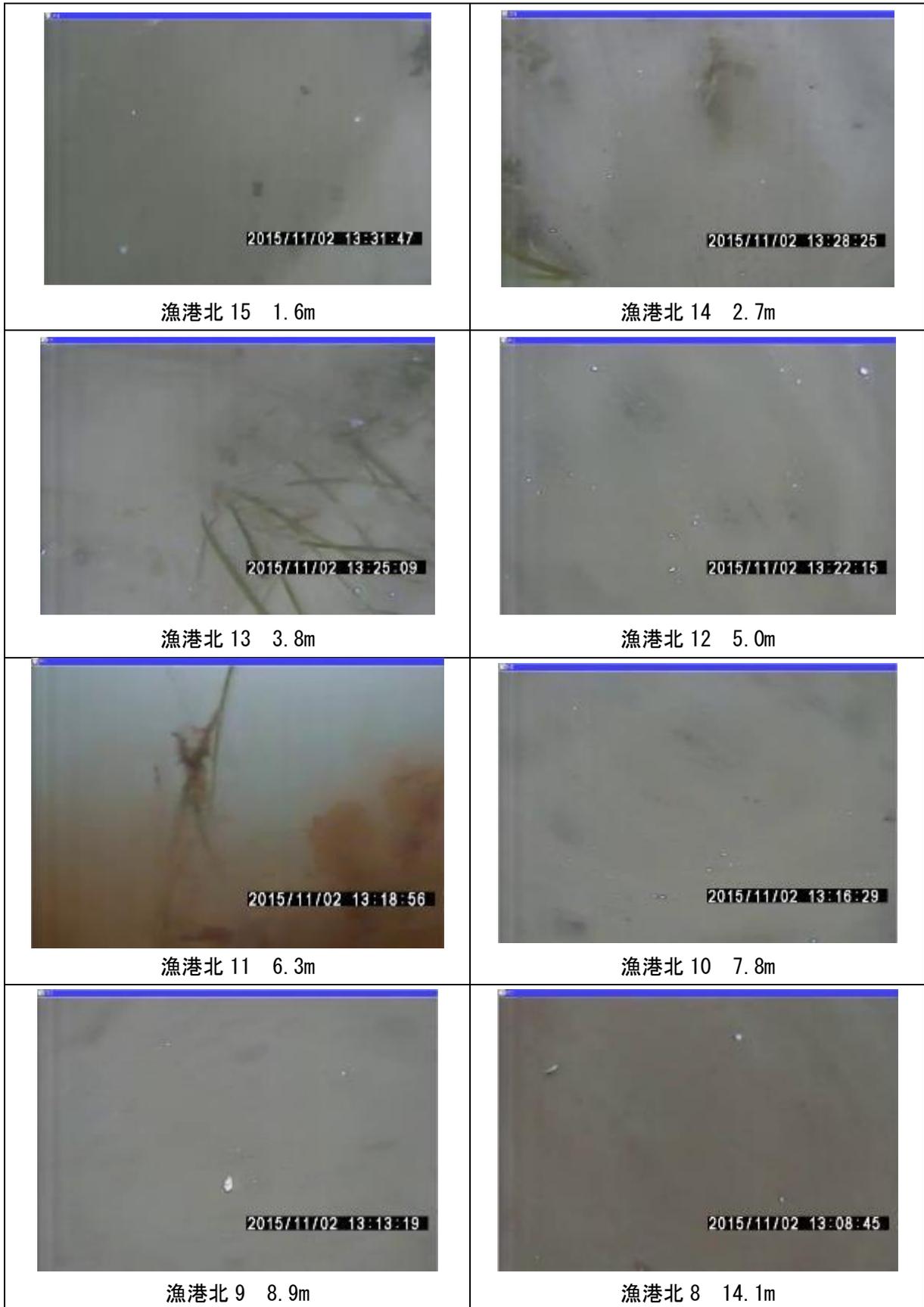


写真 2-3-15 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 2 日)

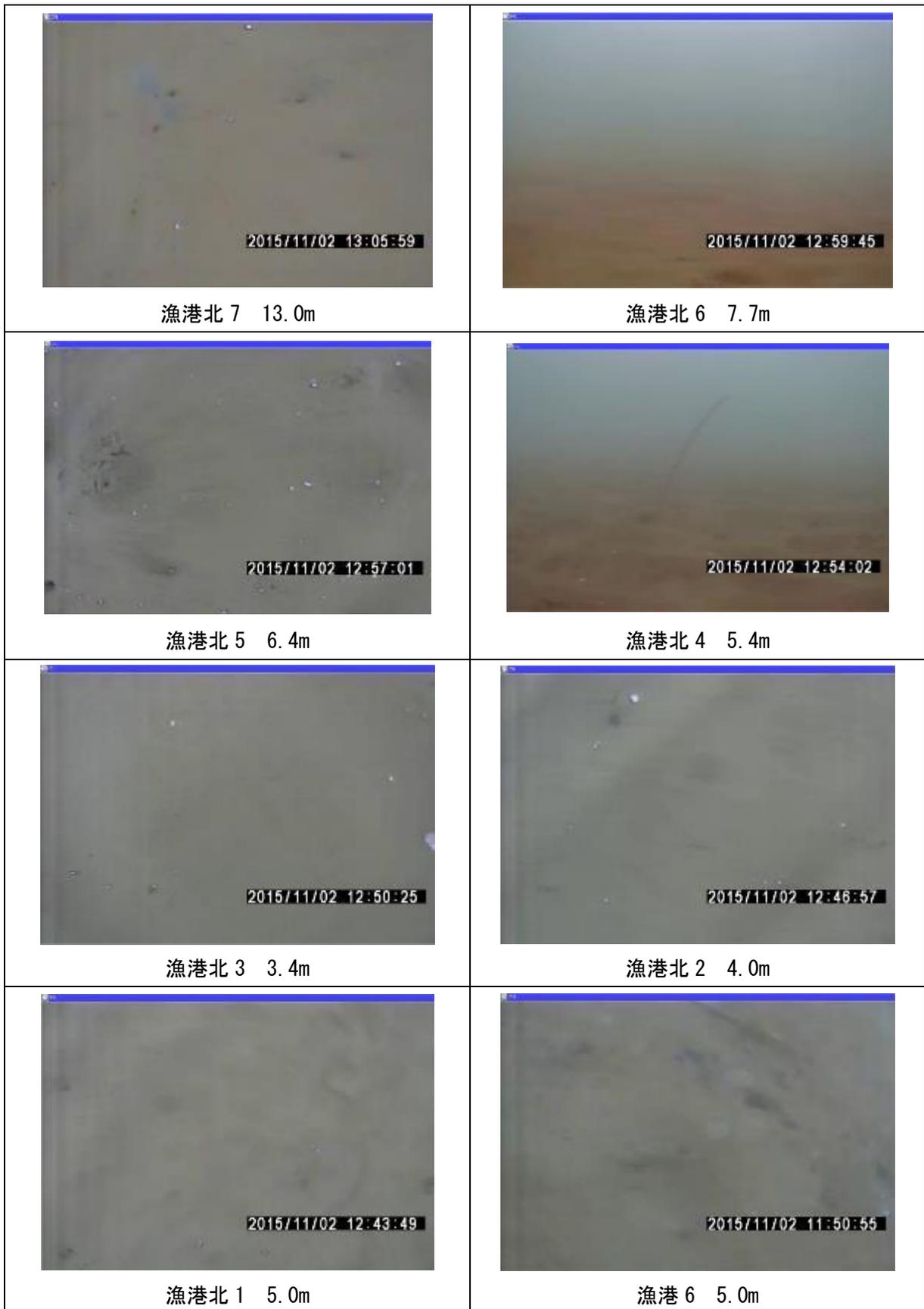


写真 2-3-16 水見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 2 日)

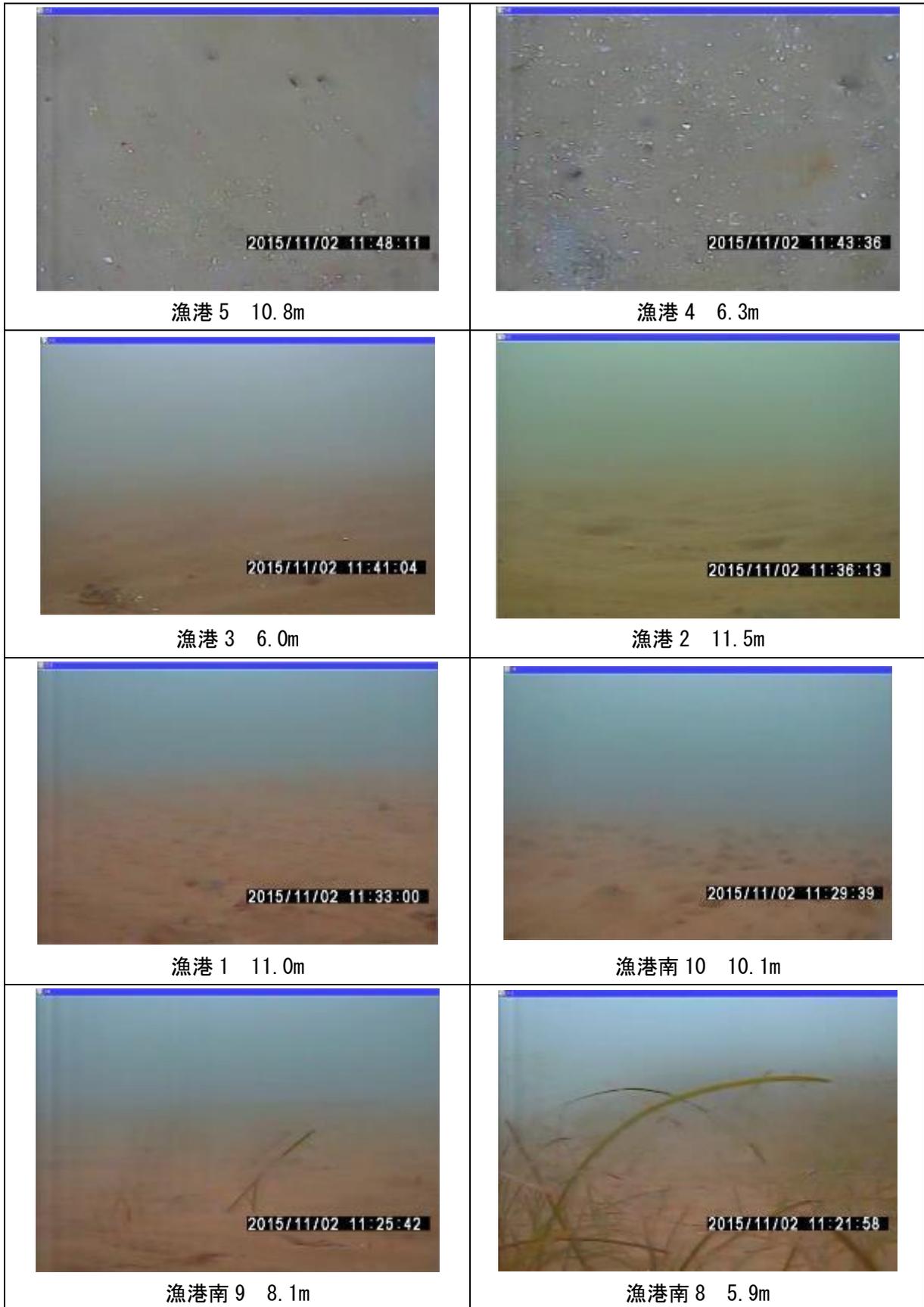


写真 2-3-17 水見市地先の各定点における底質（2015年11月2日）

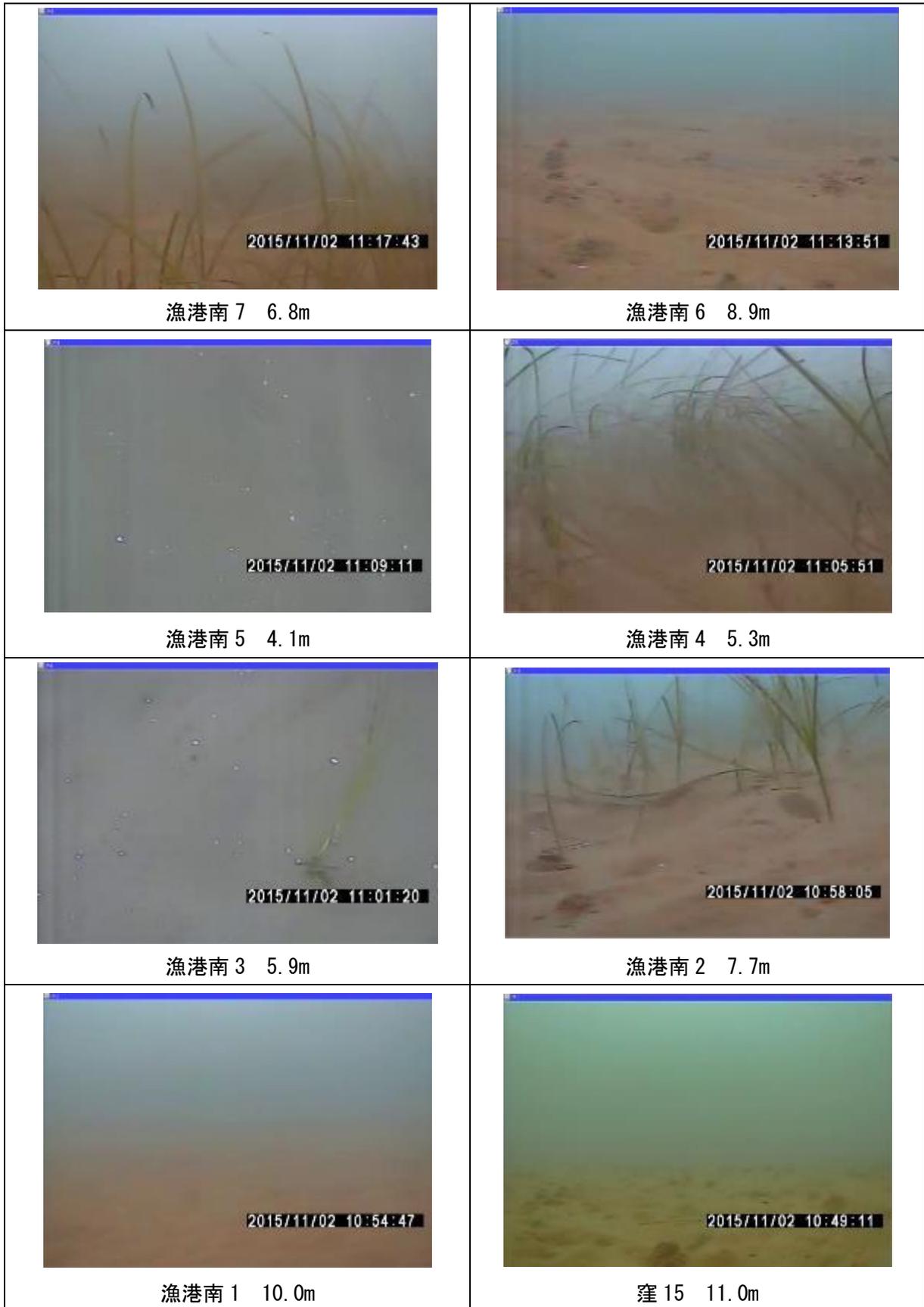


写真 2-3-18 水見市地先の各定点における底質（2015年11月2日）

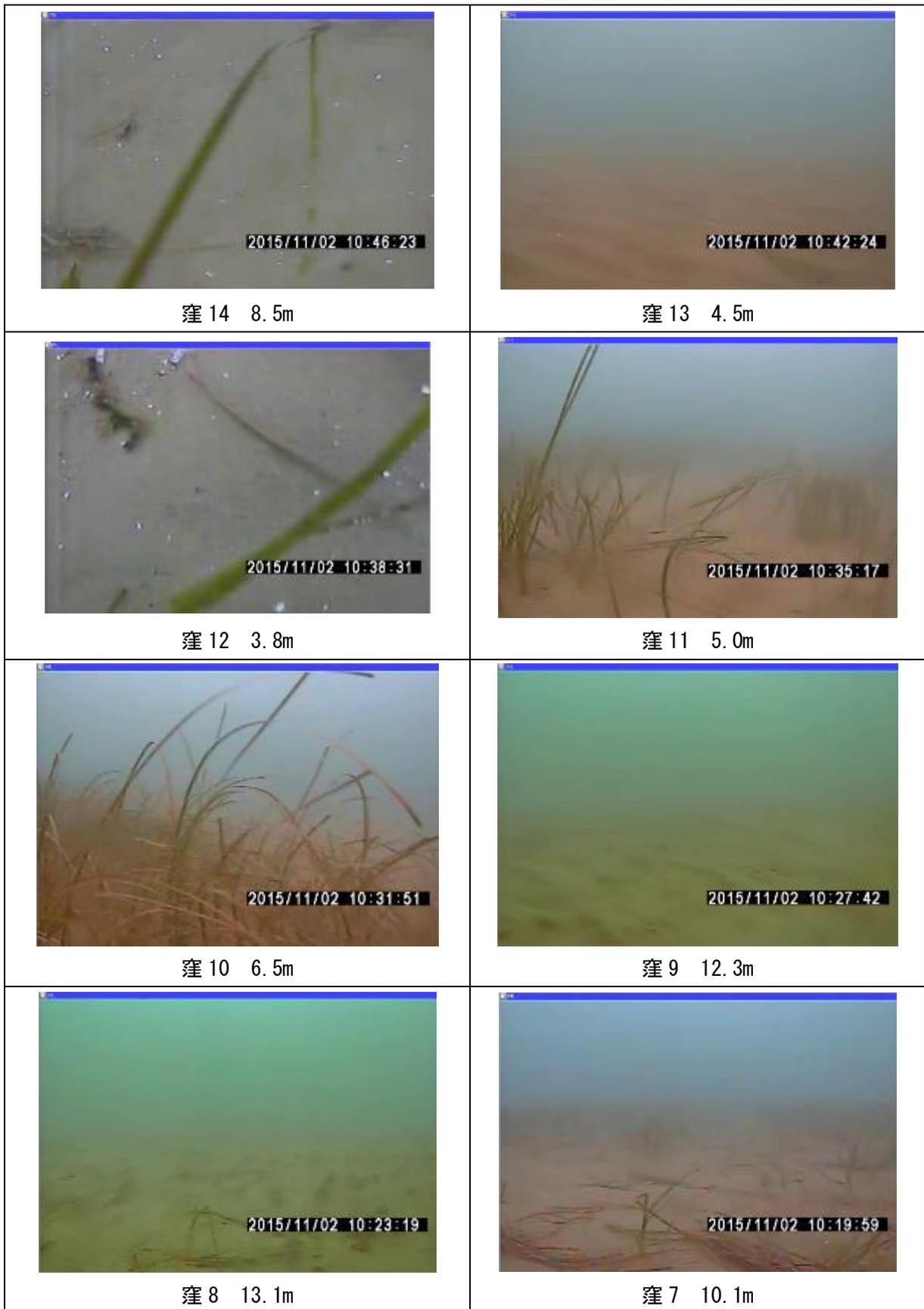


写真 2-3-19 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

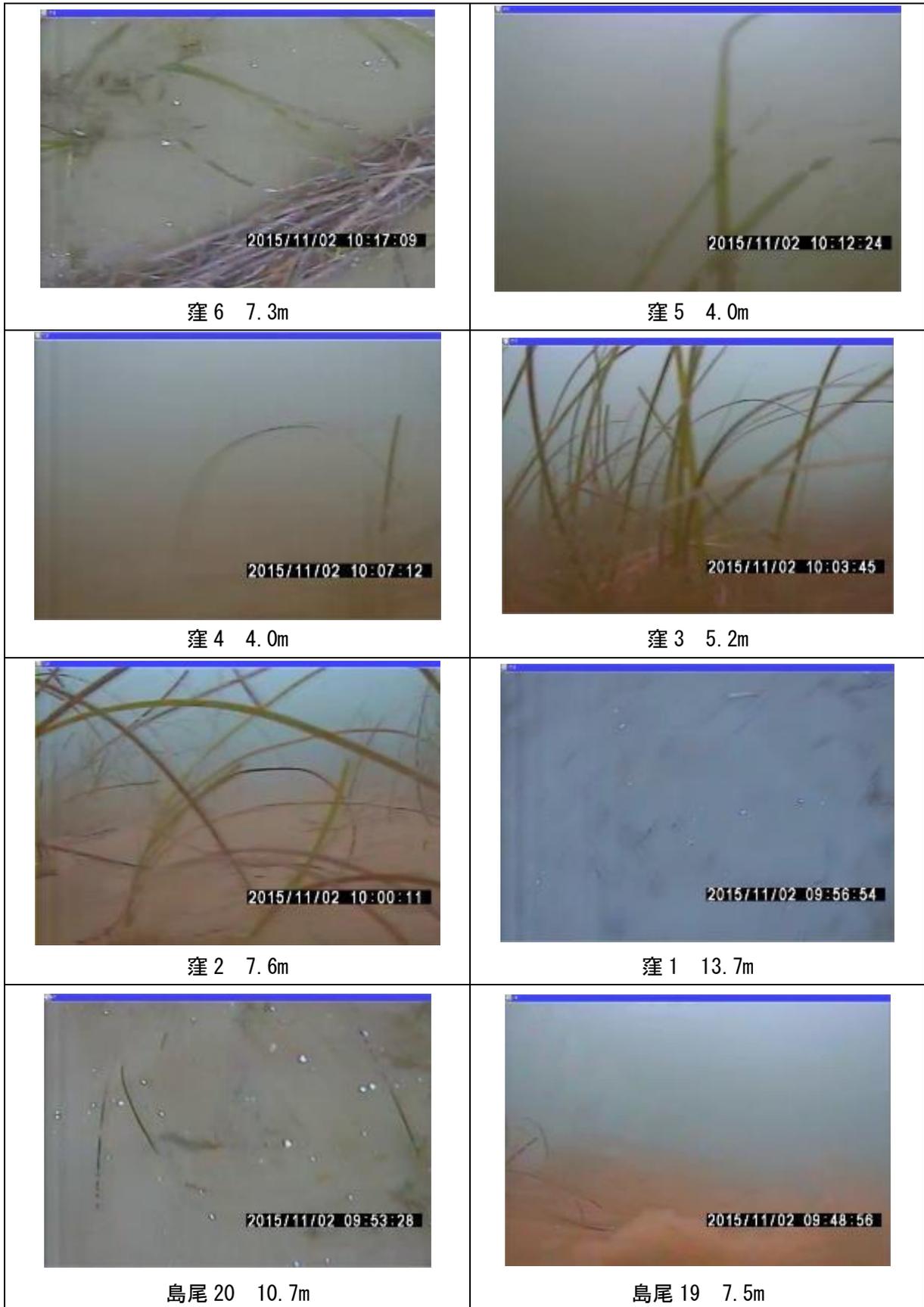


写真 2-3-20 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

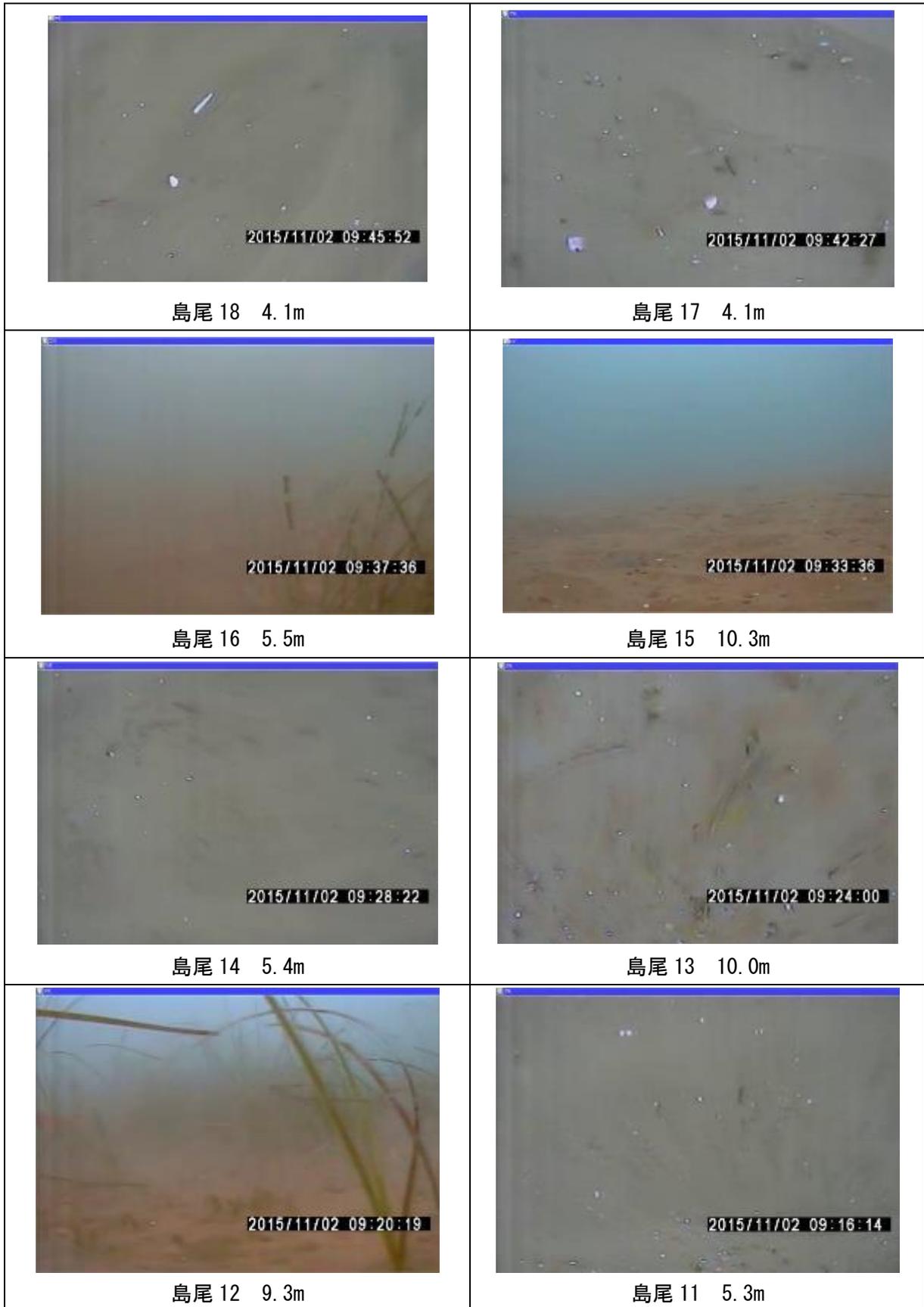


写真 2-3-21 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

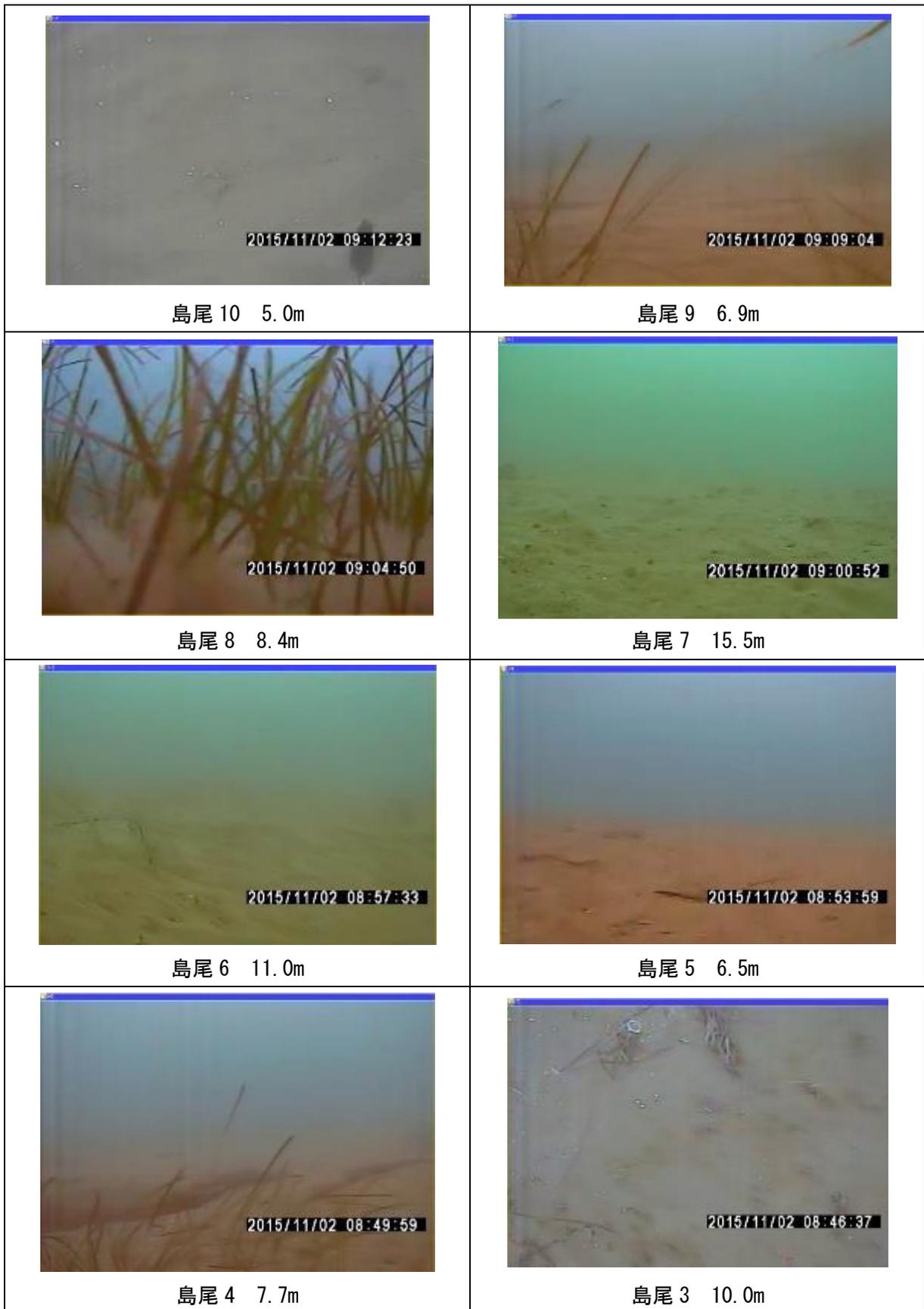


写真 2-3-22 氷見市地先の各定点における底質（2015年11月4日）

 <p data-bbox="427 577 598 616">島尾 2 5.9m</p>	 <p data-bbox="1034 577 1204 616">島尾 1 9.4m</p>

写真 2-3-23 氷見市地先の各定点における底質 (2015 年 11 月 4 日)

3. 衛星画像を用いた藻場分布解析

3-1 目的

富山県沿岸域における藻場分布域については、これまでに2001～2002年と2011～2012年に航空機から撮影された空中写真により、岩礁域に繁茂する海藻の藻場と砂泥域に繁茂するアマモ場を合わせて、およそ1,100haと見積もられている（富山水試 2002、富山水研 2013）。また、本事業により平成24～26年度に実施された人工衛星画像の解析により、富山県沿岸の主要な岩礁性藻場において、その分布域を深い水深帯まで詳細に把握した。砂泥域に形成されるアマモ場については、氷見市から高岡市の沿岸域に存在することが潜水調査結果から報告されおり（藤田 2001、富山県水産試験場 2002 および 2007）、分布水深については比較的詳細な記述があるものの、海岸線に沿った水平方向の分布の広がりについてはほとんど明らかとされていない。一方、富山県水産試験場（2002）および富山県水産研究所（2013）による航空機からの空中写真を用いた解析では、アマモ場の範囲が示されたが、水深10m以深において画像の判読に困難な場合があったことが指摘されており（富山県水産研究所 2013）、砂泥性のアマモ場の分布域、特に深い水深帯での分布域については再検討を要すると思われる。

そこで、本研究では人工衛星リモートセンシングを活用した藻場マッピングの手法を富山湾の砂泥性藻場（アマモ場）の解析に適用し、富山県沿岸におけるより詳細な分布域を推定することを目的とした。

3-2 方法

3-2-1 画像の選定

これまでにアマモ場の存在が確認されている富山県西部沿岸、特に氷見市沿岸における高解像度（2m）の人工衛星画像を、画像アーカイブが掲載されたウェブサイトから検索した。過去に取得していた画像も含め、以下の3つの画像を準備した。

表 3-1 人工衛星リモートセンシングによる藻場分布調査の候補画像

地先	衛星名	撮影日	データタイプ	マルチバンド 解像度	面積 (km ²)
射水～氷見市	GeoEye-1	2010年2月22日	4バンド マルチスペクトル	2 m	109
高岡～氷見市	WorldView-2	2013年3月4日	4バンド マルチスペクトル	2 m	63
射水～氷見市	GeoEye-1	2014年11月22日	4バンド マルチスペクトル	2 m	109

GeoEye-1 は、世界で初めての商用高解像度衛星である IKONOS の後継機で、分解能 41 cm（白黒）ならびに 165 cm（カラー）を誇る商用観測衛星である。Blue（450-510nm）、Green（510-580nm）、Red（655-690nm）および Near-InfraRed（780-920nm）の 4 バンドを有する。平成 20 年 9 月に打ち上げられ、平成 21 年 2 月から画像データを提供している。地上 681 km 上空を秒速 9.8 km で飛来し、回帰日数は 11 日、日本上空を 2～3 日に 1 回撮影することができる。幅 15 km、長さ数百 km

に及ぶ広範囲の撮影が可能である。WorldView-2 は、商用初の高分解能 8 バンドマルチスペクトル衛星で、波長帯は、Coastal (400-450nm)、Blue (450-510nm)、Green (510-580nm)、Yellow (585-625nm)、Red (630-690nm)、Red Edge (705-745nm)、Near-InfraRed1 (770-895nm)、Near-InfraRed2 (860-1040nm) である。1 日に 97.5 万 km² の領域の 50 cm 分解能パングロマティック画像、および 2.0 m 分解能 8 バンドマルチスペクトル画像を撮影する能力を有している。

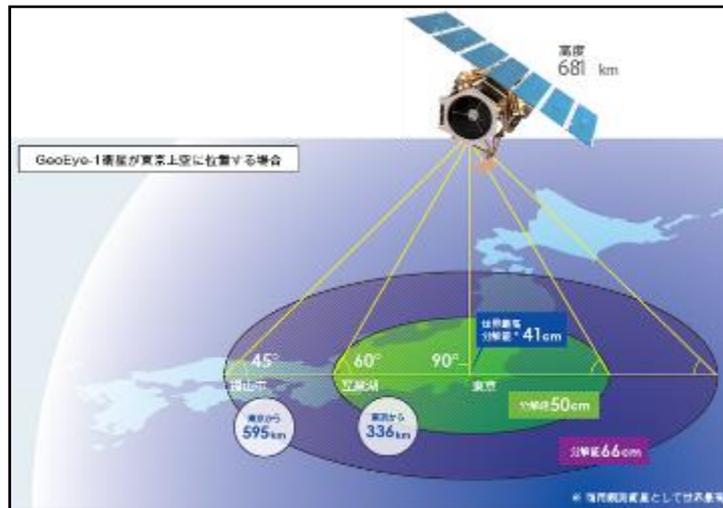


図 3-1 光学衛星 GeoEye-1 (<http://www.spaceimaging.co.jp/product-service/about-GeoEye-1/tabid/99/Default.aspx>)

表 3-1 に示した 3 つの画像のうち、2010 年 2 月 22 日に撮影された GeoEye-1 の画像は、岩礁域の海底や藻礁（海藻が繁茂）は確認できたが、砂泥域の海底の詳細な様子が確認できず、砂泥域に形成されるアマモ場を調査する画像としては適切でないと判断された。また、2013 年 3 月 4 日に撮影された WorldView-2 の画像は、砂泥域の海底だけでなく、岩礁域や人工藻礁の海底も一部しか確認できなかったことから、藻場分布推定のための画像として適切でないと判断された。一方、2014 年 11 月 22 日に撮影された GeoEye-1 の画像は、岩礁域や人工藻礁だけでなく砂泥域の海底が確認できたことから、この画像を用いて氷見市周辺の藻場分布域を推定した。

3-2-2 解析方法

衛星リモートセンシングによって得られた衛星画像の解析は、画像解析ソフト（ENVI 5.2）を用い、Mumby and Edwards (2000) ならびに澤山・小松 (2011) を参考に藻場分布を推定した。なお、BRI による画像の水柱補正の方法は、Sagawa et al. (2010) に従った。

3-2-3 放射輝度値への変換

GeoEye-1 の人工衛星画像では、赤 (655~690 nm)、緑 (510~580 nm)、青 (450~510 nm)、近赤外 (780~920 nm) の各波長でピクセルごとにデジタルナンバー (DN 値) が割り振られている。DN 値に各バンド固有に設定された係数 (ABSCALFACTOR および EFFECTIVEBANDWIDTH) を乗除することで放射輝度値 (L_i) に変換した。

$$L_i = \text{ABSCALFACTOR}_i \times \text{DN}_i / \text{EFFECTIVEBANDWIDTH}_i$$

今回使用した画像 (GeoEye-1 衛星画像 : 2014 年 11 月 22 日撮影) の係数は下記のとおりであった。

Band	ABSCALFACTOR	EFFECTIVEBANDWIDTH
Blue	8.919000000000000e-03	6.000000000000000e-02
Green	7.094500000000000e-03	7.000000000000001e-02
Red	5.667901000000000e-03	3.500000000000000e-02
Near infra Red	7.986999999999999e-03	1.400000000000000e-01

3-2-4 大気補正

底質の反射がみられないような水深の十分に大きな海域における各バンドの放射輝度値 (L_{si}) を求め、全てのピクセルの放射輝度値からその値をバンド毎に減算 ($L_i - L_{si}$) して大気補正を行った。今回使用した画像 (GeoEye-1 衛星画像: 2014 年 11 月 22 日撮影) では下記の値を使用した。

Band	Lsi
Blue	38.0
Green	22.6
Red	8.4
Near infra Red	3.4

3-2-5 赤・緑・青波長の画像とその合成

GeoEye-1 の人工衛星画像では、赤 (655~690 nm)、緑 (510~580 nm)、青 (450~510 nm) の画像がそれぞれグレースケールの画像で提供される (図 3-2)。これらの画像を RGB 合成することによってツルーカラー画像となる (図 3-3)。

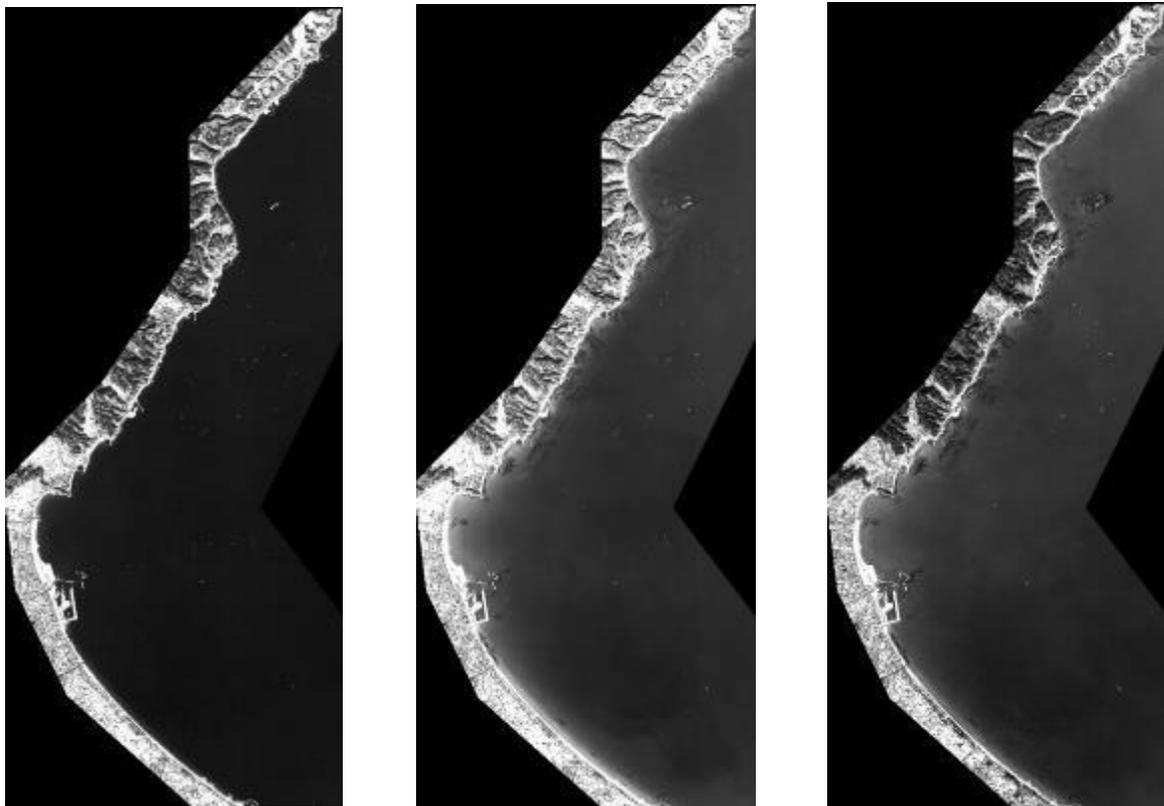


図 3-2 赤波長の画像 (左) 緑波長の画像 (中)、青波長の画像 (右)



図 3-3 RGB 合成したツルーカラー画像

3-2-6 マスクの作成

人工衛星画像の解析では、調査対象としない領域をマスク（覆い隠す）することにより、それ以降のデータ解析から除外する。本研究では、海藻や海草の藻場が形成されない陸域ならびに、藻場が形成されないか、あってもごく僅かしか形成されない水深の深い領域にマスクを施した。

陸域のマスクの作成では、人工衛星が受信する近赤外の波長が、陸域と海域で大きく値が異なる特性を利用した（図 3-4 左）。なお、画像のなかで陰になった部分は近赤外波長によってマスクができなかったため、一部は手動によってマスクを作成した。また、一部の漁港内や定置網も手動でマスクを施した。

富山湾ではごく一部の場所を除き水深 20m 以深では藻場が確認されないことや、水深の深い海域は光の反射が弱く、藻場の判別が困難ことから、水深 20m 以深の部分にマスクを施した。富山湾の海底地形図（2m グリッドの水深ラスタデータ：（株）環境シュミレーション研究所）（図 3-4 中）のデータを使用し、20m 以深の領域をマスクした（図 3-4 右）。

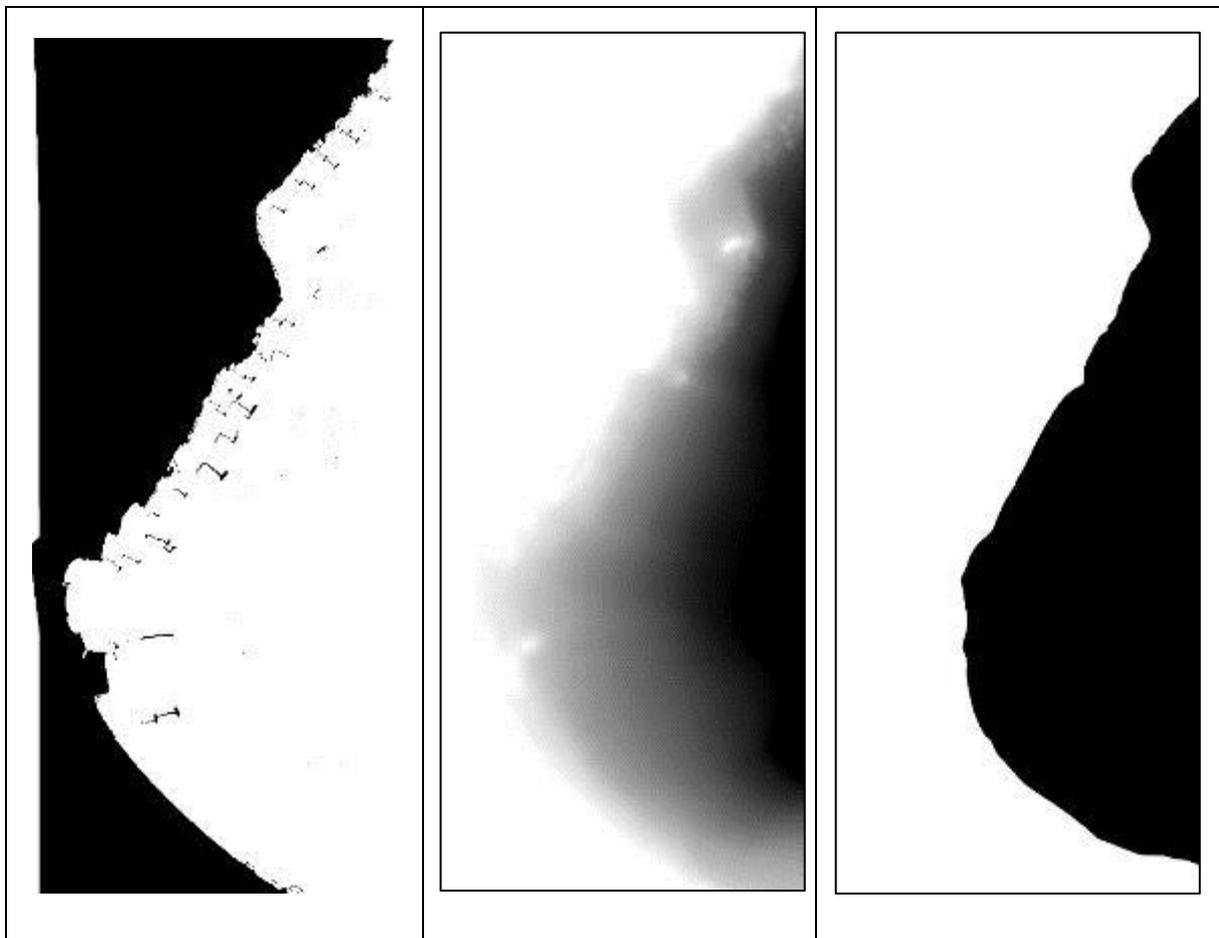


図 3-4 マスクおよび海底地形図（水深ラスタデータ）

左図の黒塗り部分は陸域を、右図の黒塗り部分は水深 20m 以深の区域を表している。中図は海底地形（水深）を表し、黒い所ほど水深が深い場所を示している。

3-2-7 サブエリア区分

衛星画像は、複数のサブエリアに切り分けて解析を行った。その際に、衛星画像のコントラストを調整するなどして、画像に存在する放射輝度値のギャップの位置を考慮して、境界を決定した。今回使用した画像では3つのサブエリアに切り分けて解析作業を実施した（図 3-5）。各サブエリアの北西端（左上）と南東端（右下）の緯度経度を表 3-2 に示した。

表 3-2 氷見市地先の各サブエリアの領域（緯度・経度）

サブエリア	A+B						C						D					
	Upper Left			Lower Right			Upper Left			Lower Right			Upper Left			Lower Right		
	度	分	秒	度	分	秒	度	分	秒	度	分	秒	度	分	秒	度	分	秒
緯度	36	55	0				36	57	15				36	57	36			
経度	136	59	0				137	1	19				137	2	34			
緯度				36	49	20				36	53	20				36	55	30
経度				137	1	6.5				137	2	27				137	3	30

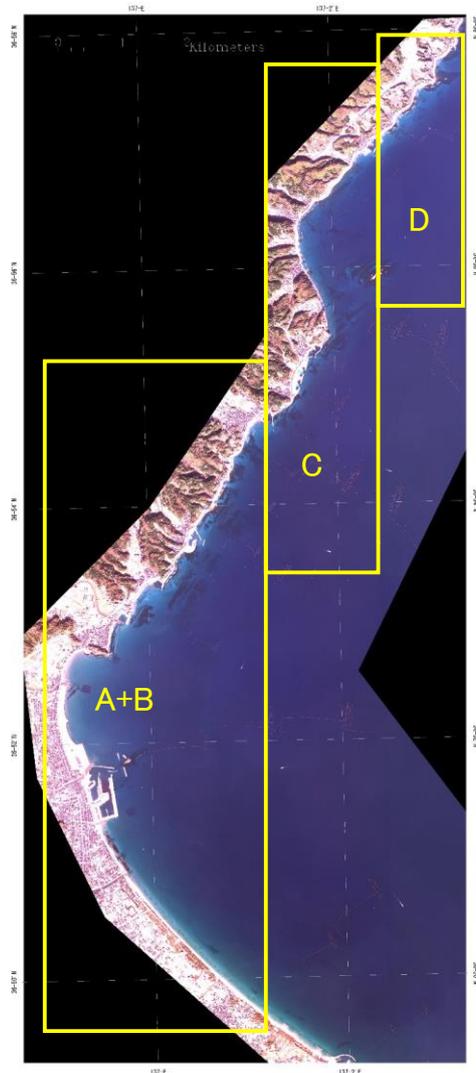


図 3-5 氷見市地先におけるサブエリア区分

3-2-8 水柱放射量補正

人工衛星画像の解析では、水深が深くなるほど水中における光の減衰が大きくなり、画像分類の結果に大きな影響を及ぼす（正確な底質分類が困難となる）ことが知られている。画像に水柱補正を施すことにより、この光の減衰の影響を取り除くことが可能であり、これまでに2種類の方法（Depth Invariant Index (Lyzenga 1978) 及び Bottom Reflectance Index (以下、BRI) (Sagawa et al. 2010) が開発されている。本研究ではこのうちの BRI による水柱補正を適用した。

Bottom Reflectance Index (BRI)

Bottom Reflectance Index (BRI) は佐川ら (2009) および Sagawa et al. (2010) に従い、以下の通り求めた。バンド i から得られる BRI は以下の式により定義づけられる。

$$\text{Index}_i = (L_i - L_{si}) / \exp(-K_i g Z) \cdots (1) \text{式}$$

ここで、 L_i は衛星光学センサーで観測される i バンドの分光放射輝度値、 L_{si} は水深が十分に大きく海底からの反射の影響がないと考えられる海域で観測される i バンドの分光放射輝度値（水面からの反射光と大気中での散乱光）、 K_i は i バンドの水中の光の消散係数 (m^{-1})、 g は水中での光の通過距離を考慮する幾何的係数、 Z は水深 (m) である。 $L_i - L_{si}$ は大気補正済みの放射輝度値を表し、人工衛星画像データから入手できる。 Z (水深) は、2m グリッドの富山湾の海底地形図（ラスタデータ：(株) 環境シュミレーション研究所 作成) を入手し、人工衛星画像と同じ領域を切り出して使用した。 K_i および g は、底質が砂泥の地点における水深と大気補正済み放射輝度値の関係式（指数式）から近似的に求めた。なお、底質が砂泥である場所は、後述するシートルースデータの取得により、底質が砂泥もしくはアマモがほとんどない地点とした。 K_i と g の積を推定する方法を以下に述べる。Lyzenga (1978) により、衛星光学センサーで観測される i バンドの分光放射輝度値 (L_i) を表す光学モデルとして次の式が示されており、これは BRI を定義するものとなる式である。

$$L_i = L_{si} + a_i r_i * \exp(-K_i g Z)$$

ここで、 L_{si} 、 K_i 、 g 、 Z は先に示したとおりである。 a_i は太陽の分光放射照度で、大気中および水面での光の透過率さらに海面での光の屈折による減衰を含む係数、 r_i は光の海底面の反射率である（佐川ら 2009）。 L_{si} を左辺に移行し、左辺を大気補正済みの放射輝度値 ($L_i - L_{si}$) とすると、以下の式が得られる。

$$L_i - L_{si} = a_i r_i * \exp(-K_i g Z)$$

底質が砂泥の地点における水深 (Z) と大気補正済み放射輝度値 ($L_i - L_{si}$) を画像からバンドごとに読み取り、水深 (z) を X 軸に、大気補正済み放射輝度値 ($L_i - L_{si}$) を Y 軸とし、散布図にプロットした (図 3-6)。バンドごとに両者の関係を指数式 ($Y = \alpha * e^{\beta X}$) で回帰させ、得られた回帰式の係数 α から $a_i r_i$ を、 β から $-K_i g$ を近似的に求めた。なお、これらの係数を推定するための解析は各サブエリアごとに行った。また、赤バンドは水中での減衰が大きく水柱補正の効果が低いことから、緑バンドと青バンドについて BRI を算出した。サブエリア A+B における緑バンドと青バンドの Kg がそれぞれ 0.075 および 0.038 と推定され、同様にサブエリア C ではそれぞれ 0.069 ならびに 0.034、サブエリア D ではそれぞれ 0.036 および 0.026 と推定された。

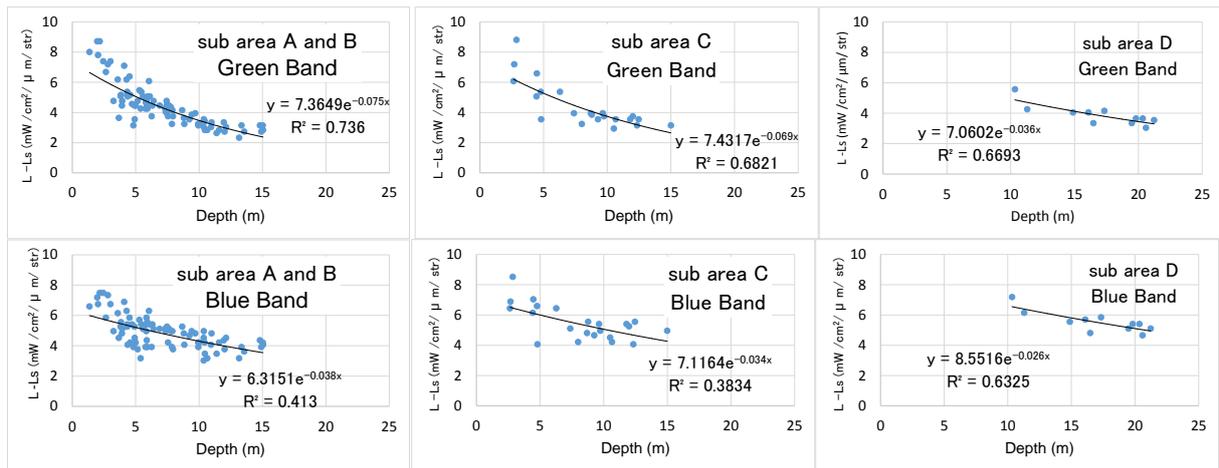


図 3-6 サブエリア A+B、C および D の各エリアの底質が砂泥底であった調査地点における水深と放射輝度値の関係（上段が緑バンド、下段が青バンド）

このようにして推定された各バンドの K_g の値を (1) 式に代入し、各サブエリアの水深ラスタデータ (Z) を用いて緑バンドと青バンドの BRI を算出した。BRI 画像に陸域と水深 20m 以深のマスク画像を適用し、解析用の BRI 画像を作成した(図 3-7)。

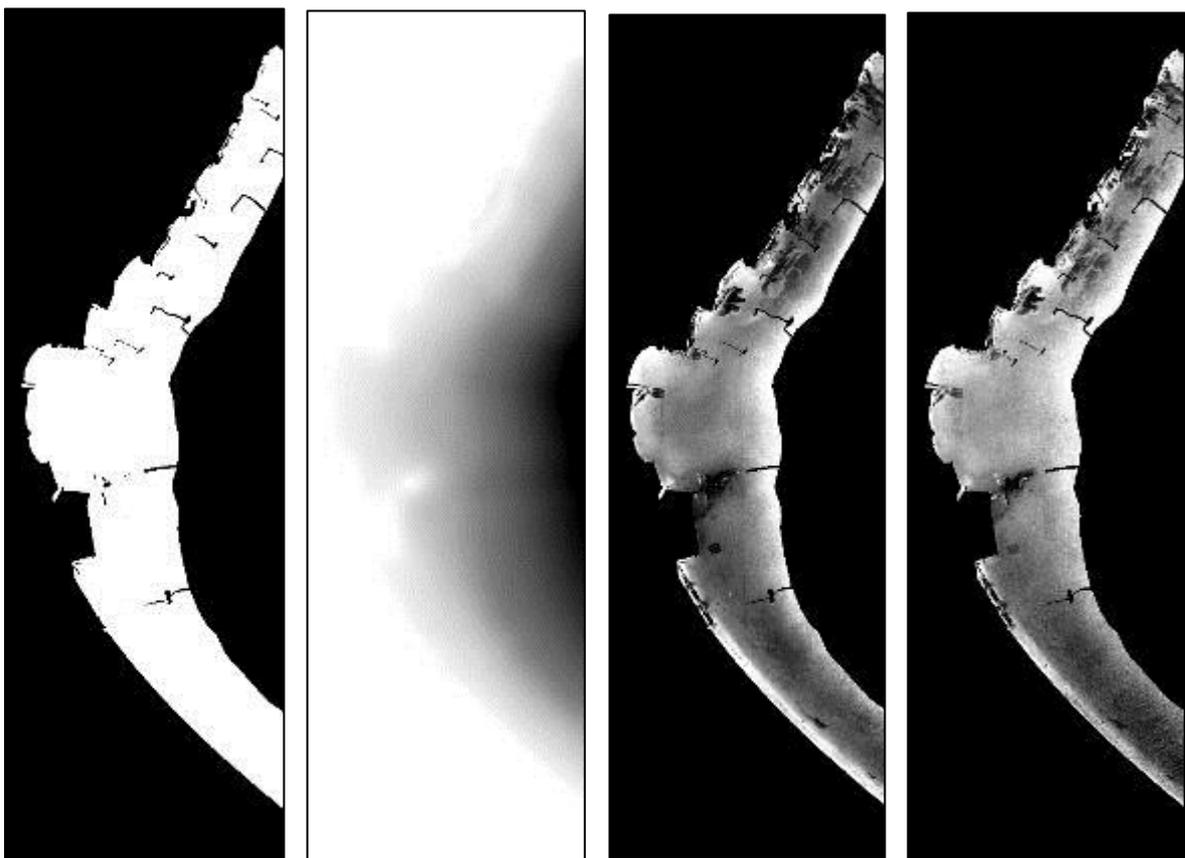


図 3-7 マスク画像（左）、水深ラスタデータ（左から2つ目）、緑バンドの BRI 画像（左から3つ目）、青バンドの BRI 画像（左から4つ目）

3-2-9 シートルースデータ (Sea truth data) の取得

本調査では、人工衛星画像の底質分類の手法として、最尤法による教師付き分類を採用した。この手法では画像上の一部の場所において、実際に現場の底質を確認し、その情報（底質の種類）を画像上のピクセルに関連付けた上で、画像分類する必要がある。この現場の底質データ（シートルースデータ）を収集する調査を、2章で述べた水中ビデオカメラによる海底基質調査により実施した。調査では底質を、①アマモ類（海草）、②海藻（ホンダワラ類などの岩礁に繁茂する海藻）、および③砂泥に区分した。底質データを取得した2回（2015年6月および11月）の調査うち、人工衛星画像の撮影日（2014年11月22日）に季節的に近かった2015年11月2、4日の底質データ（計161地点）を使用した。ただし、このとき実施した海底基質調査は、主にアマモ場が形成される砂泥域に調査定点を配置して実施されたことから、岩礁性藻場の底質データが少なかった。そこで、過去に氷見市地先で実施された岩礁性藻場の潜水調査結果のうち、位置情報が掲載されたもの（39地点）を活用した(表3-3)。

表3-3 底質データ（シートルースデータ）として利用した岩礁性藻場の過去の調査結果

No	地点名	調査日	緯度(度分秒)	経度(度分秒)	主な海藻種類	出典	ROI No.
1	阿尾	2006年10月31日	36° 53' 06.68"N	136° 59' 52.78"E	マクサ、ヨレモク、ホンダワラ、ヤツマタモク	富山県水産試験場(2007)	15-17
2	小境	2006年10月31日	36° 54' 51.07"N	137° 1' 28.2"E	ヤナギモク、ヨレモク、ヤツマタモク、ジョロモク、マメタワラ、ノコギリモク、クロメ	富山県水産試験場(2007)	10-14
3	唐島	2012年2月21日	36° 51' 52.08"N	136° 59' 46.92"E	ツルアラメ、ホンダワラ類	富山県水産研究所(2013)	18-21
4	阿尾	2012年2月16日	36° 52' 42.6"N	136° 59' 32.58"E	マクサ、ヨレモク、コアマモ	富山県水産研究所(2013)	22
5	藪田	2012年2月16日	36° 53' 22.08"N	137° 0' 15.18"E	ヤツマタモク、マメタワラほか	富山県水産研究所(2013)	23-26
6	小境	2012年1月13日	36° 54' 50.82"N	137° 1' 32.28"E	ヤツマタモク、アマモ	富山県水産研究所(2013)	27-30
7	大境	2012年1月13日	36° 55' 22.86"N	137° 1' 58.26"E	アカモク、フシスジモクなど	富山県水産研究所(2013)	31-33
8	虻が島	2014年7月9日	36° 55' 59.29"N	137° 2' 33.24"E	ホンダワラ類	(公財)環日本海環境協力センター(2015)	37
9	虻が島	2014年7月9日	36° 56' 0.26"N	137° 2' 36.15"E	ホンダワラ類	(公財)環日本海環境協力センター(2015)	36
10	虻が島	2014年7月9日	36° 55' 58.65"N	137° 2' 35.74"E	ホンダワラ類	(公財)環日本海環境協力センター(2015)	35
11	虻が島	2014年7月9日	36° 55' 56.64"N	137° 2' 35.74"E	ホンダワラ類	(公財)環日本海環境協力センター(2015)	34
12	小境	1993年6月4日	36° 54' 56.00"N	137° 1' 39.46"E	ホンダワラ類、クロメ	寺脇・新井(2006)	38
13	小境	1993年6月4日	36° 54' 56.65"N	137° 1' 40.04"E	ホンダワラ類、クロメ	寺脇・新井(2006)	39
14	小境	1993年6月4日	36° 54' 56.34"N	137° 1' 41.09"E	ホンダワラ類、クロメ	寺脇・新井(2006)	40
15	小境	1993年6月4日	36° 54' 54.79"N	137° 1' 39.92"E	ホンダワラ類、クロメ	寺脇・新井(2006)	41
16	虻が島	1993年6月5日	36° 55' 55.31"N	137° 2' 23.39"E	イソモク、ヤツマタモク、フシスジモク	寺脇・新井(2008)	42
17	虻が島	1993年6月5日	36° 55' 55.76"N	137° 2' 23.87"E	イソモク、ヤツマタモク、フシスジモク	寺脇・新井(2008)	43
18	虻が島	2001年6月6日	36° 55' 52.64"N	137° 2' 26.46"E	ヤツマタモク	藤田ら(2004)	44
19	虻が島	2001年6月6日	36° 55' 51.44"N	137° 2' 27.43"E	ノコギリモク	藤田ら(2004)	45
20	虻が島	2001年6月6日	36° 55' 50.53"N	137° 2' 28.12"E	ノコギリモク	藤田ら(2004)	46
21	虻が島	2001年6月6日	36° 55' 48.95"N	137° 2' 29.7"E	アキネトスボラ	藤田ら(2004)	49
22	虻が島	2001年6月6日	36° 55' 47.75"N	137° 2' 31.6"E	エンドウモク、ツルアラメ	藤田ら(2004)	47
23	虻が島	2001年6月6日	36° 55' 46.21"N	137° 2' 33.07"E	エンドウモク	藤田ら(2004)	48

海底調査で底質が①アマモ類と確認された場所は84地点あったが、アマモ類の繁茂状況や被度は様々であった。人工衛星画像の解析により藻場と識別されるためには、一定程度の以上の海草や海藻の密度が必要であることから、本調査では被度によるランク付けを行った。ある調査地点内で数本のアマモ類の株が見られる程度（ほとんどなし）の場合は、分光反射特性が砂泥の場所と等しいと判断して、本調査では底質の区分を③砂泥として扱った。また、アマモ類が水中ビデオカメラで常時観察された定点では、被度の高い（密生から濃生）と低い（点生から疎生）の2つの区分にとりまとめた。

密度： 低い		
被度	点生	疎生
密度： 高い		
被度	密生	濃生

図 3-9 アマモ類の被度による区分

3-2-10 関心領域の作成

人工衛星画像の最尤法による教師付き分類を行う際に、対象領域内で予め取得していた底質データ（シートルースデータ）を、教師データ（トレーニングデータ）として設定する必要がある。そこで、取得したシートルースデータを用いて関心領域（ROI）を設定した（図 3-10）。ここでは、①アマモ場、②ガラモ場およびその他の藻場、ならびに③砂泥の3つに底質を区分し、①アマモ場については被度の高い（密生・濃生）定点と低い（点生・疎生）に分けて関心領域を設定した。

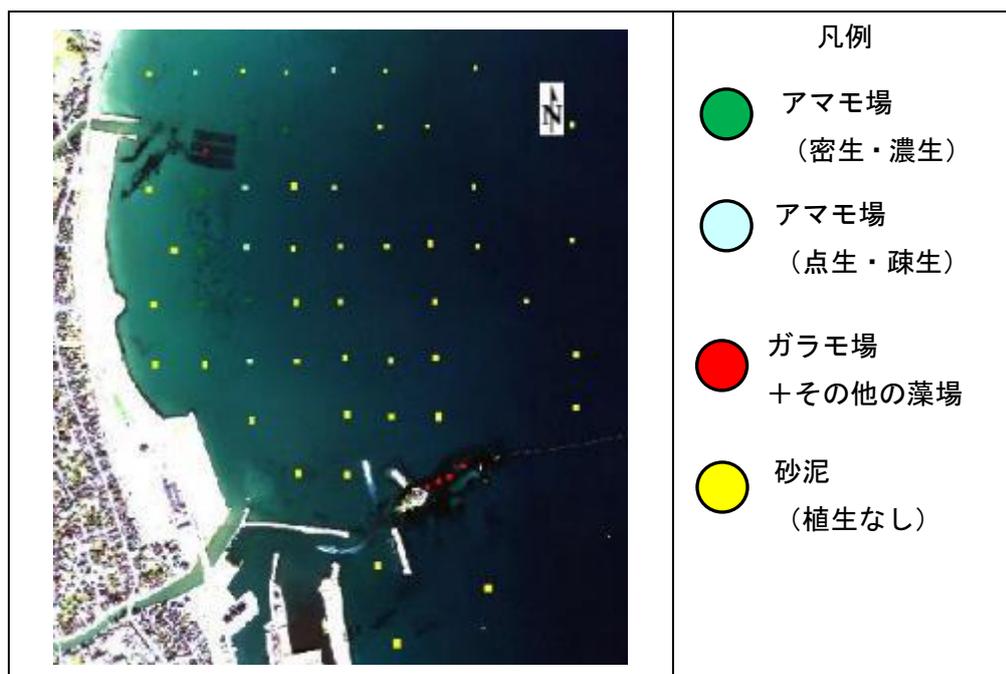


図 3-10 関心領域の作成

3-2-11 底質の分類

富山湾の藻場には、ガラモ場、テングサ場、アマモ場をはじめ、複数種の海藻で構成される藻場など、様々なタイプの藻場が存在するが、本調査で収集したシートルスデータは先にも述べたように①アマモ場、②ガラモ場などの岩礁性藻場、および③砂泥の3つに区分され、関心領域はアマモ場（密生・濃生）、アマモ場（点生・疎生）、ガラモ場およびその他藻場、ならびに砂泥の4つに分けて設定された。このうち、点生や疎生のアマモ場では被度が50%を下回っていることから、画像解析により、アマモ場に分類されるか、砂泥に分類されるか不明な点が多い。そこで、アマモ場の教師データは、アマモ場の被度が50%以上となる密生ならびに濃生のアマモ場のみとし、図3-11に示すように①アマモ場、②ガラモ場およびその他藻場（岩礁性藻場）、ならびに③砂泥の3つに分類し、分類結果をそれぞれ①緑、②赤、③黄色で示した。なお、底質データ（シートルスデータ）のうち、半数を分類のための教師データとして利用した。

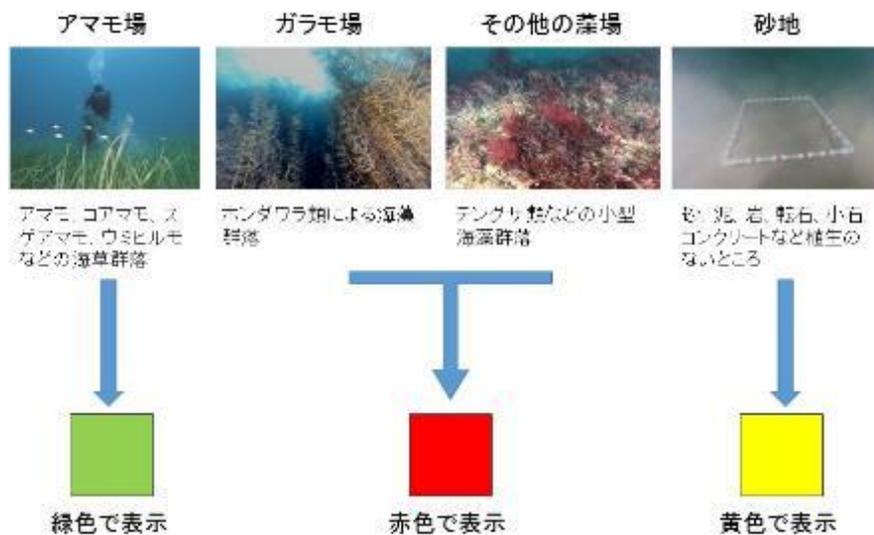


図 3-11 富山湾における藻場のタイプとそれらの凡例

3-2-12 最尤法による底質の分類および微小領域（ノイズ）の除去

画像解析は、画像解析ソフト ENVI5.2 の自動分類機能のうち、最尤法による教師付き分類により行った。解析は、大気補正済みの青、緑、赤、近赤外の4バンドの画像で行った場合と、水柱補正により青と緑の各バンドをBRIに変換した画像で行った場合の2パターンで実施した。得られた分類結果の画像には、微小領域（飛び離れ点のようにピクセル単位で存在する小さな領域で、画像上のノイズ（雑音）に相当するもの）が認められたことから、ENVI5.2のMajority analysisの機能を使用し、カーネルの範囲を3ピクセルとして、これらを除去した（ESRI ジャパン株式会社 2011）。

3-2-13 藻場面積の算出

微小領域が除去された分類画像を対象に、画像解析ソフト ENVI5.2 の分類統計機能を使用して、底質ごとのピクセル数を計数し、GeoEye-1 の画像解像度 ($2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$) を乗ずることによって面積を算出した。なお、藻場面積は最終的に ha (ヘクタール) で表記した (1 ha は $10,000 \text{ m}^2$ である)。

3-2-14 分類結果の精度検証

画像分類された結果の精度を検証するために、Ma and Redmond (1995)ならびに澤山・小松 (2011) に従い、分類精度の指数 (ユーザー精度、プロデューサー精度、全体の精度、タウ係数) を算出した。これらの値は 0~1 の範囲をとり、1 に近いほど精度が高いと判断できる。なお、底質データ (シートルースデータ) のうち、教師データとして利用しなかった、残りの半数を検証データとして利用した。

3-3 結果

3-3-1 大気補正済み 4 バンド画像による解析

大気補正済みの 4 バンドの画像を用いて行った底質分類の結果をサブエリアごとに示した。サブエリア A+B (図 3-12) では、島尾海岸から仏生寺川河口を挟んで氷見漁港にかけて、さらには氷見漁港から北側の余川川河口、阿尾にかけての水深 3~7m の場所に帯状のまとまったアマモ場が存在すると推定された。これに対し、ガラモ場およびその他藻場は、氷見漁港東側の唐島周辺、余川川河口域、阿尾城ヶ崎周辺、阿尾漁港東側、藪田漁港から宇波漁港にかけての海岸線に沿って、まとまって存在すると推定された。分類結果の全体精度は 0.78、タウ係数は 0.60 であった (表 3-4)。アマモ場の面積を算出したところ、およそ 207ha であった。また、シートルースデータとして取得した被度の低いアマモ場 (点生・疎生) (合計 675 ピクセル) がどのように分類されたか調べたところ、66%が砂泥、34%がアマモ場に分類された。

サブエリア C (図 3-13) では、海岸線に沿って水深 6~10m の場所にほぼ連続的にアマモ場が存在すると推定された。また、ガラモ場およびその他藻場が、水深およそ 9~10m 以深の広範囲に (マスクを施した水深 20m 付近まで) 存在すると推定された。分類結果の全体精度は 0.56、タウ係数は 0.42 といずれも低い値であった (表 3-5)。

サブエリア D (図 3-14) は、水深 20m 以深のマスクにより解析対象から除外される領域が広く、解析対象となったのは虻が島の東側と女良漁港から北東側に仏島にかけての区域であった。女良漁港沖合の水深 10m 付近から北東側の水深 20m にかけては、アマモ場と推定された場所が帯状に見られた。ガラモ場およびその他藻場と推定された場所は、虻が島周辺のみで、女良漁港から仏島に続く海岸線沿いでは、それらの藻場は認められなかった。分類結果の全体精度は 0.85、タウ係数は 0.72 と高い値であったが、アマモ場のユーザー精度、プロデューサー精度はいずれも 0 であった (表 3-6)。

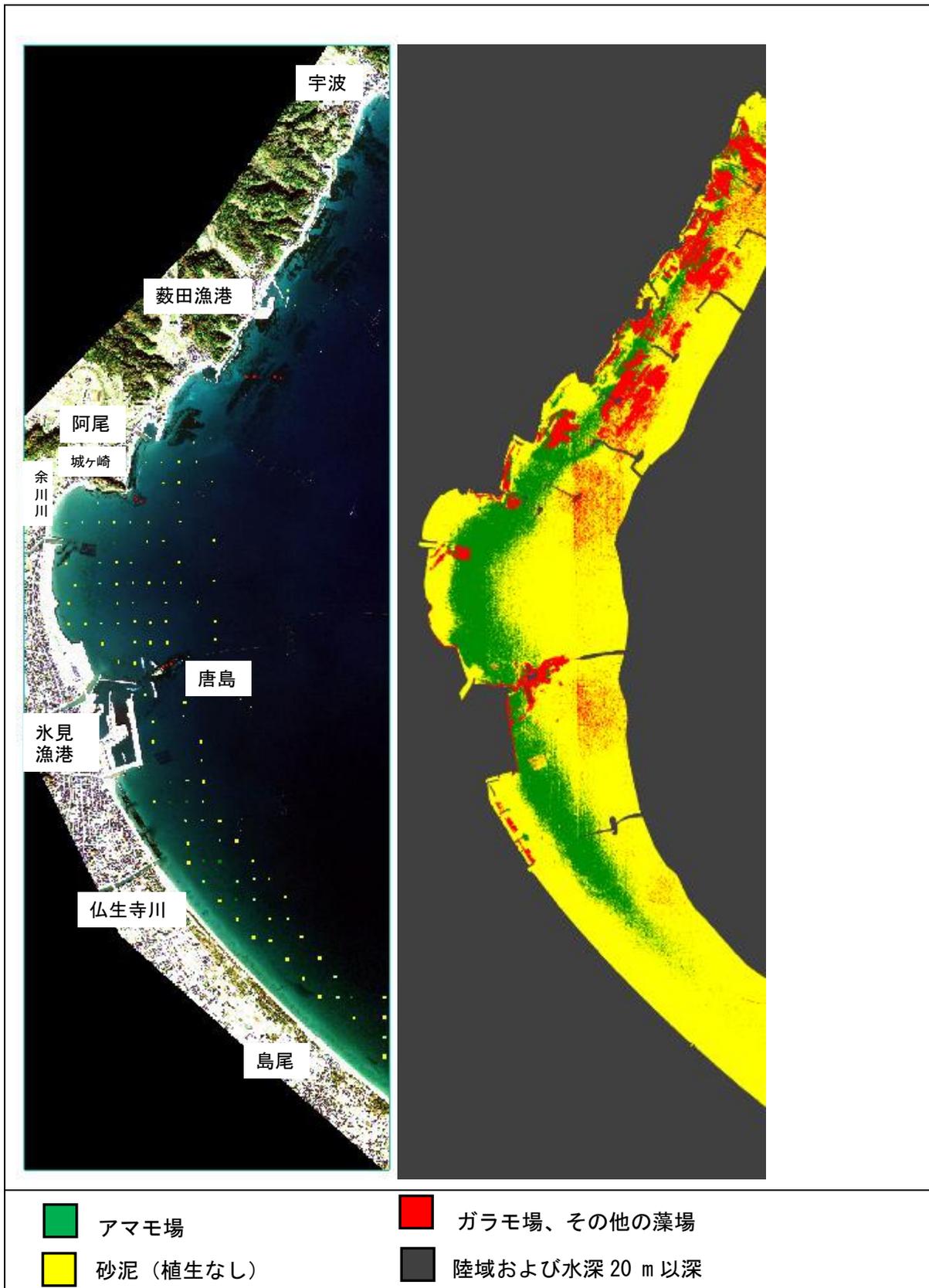


図 3-12 氷見市地先（サブエリア A+B）における藻場の分布の推定結果（4 バンド）

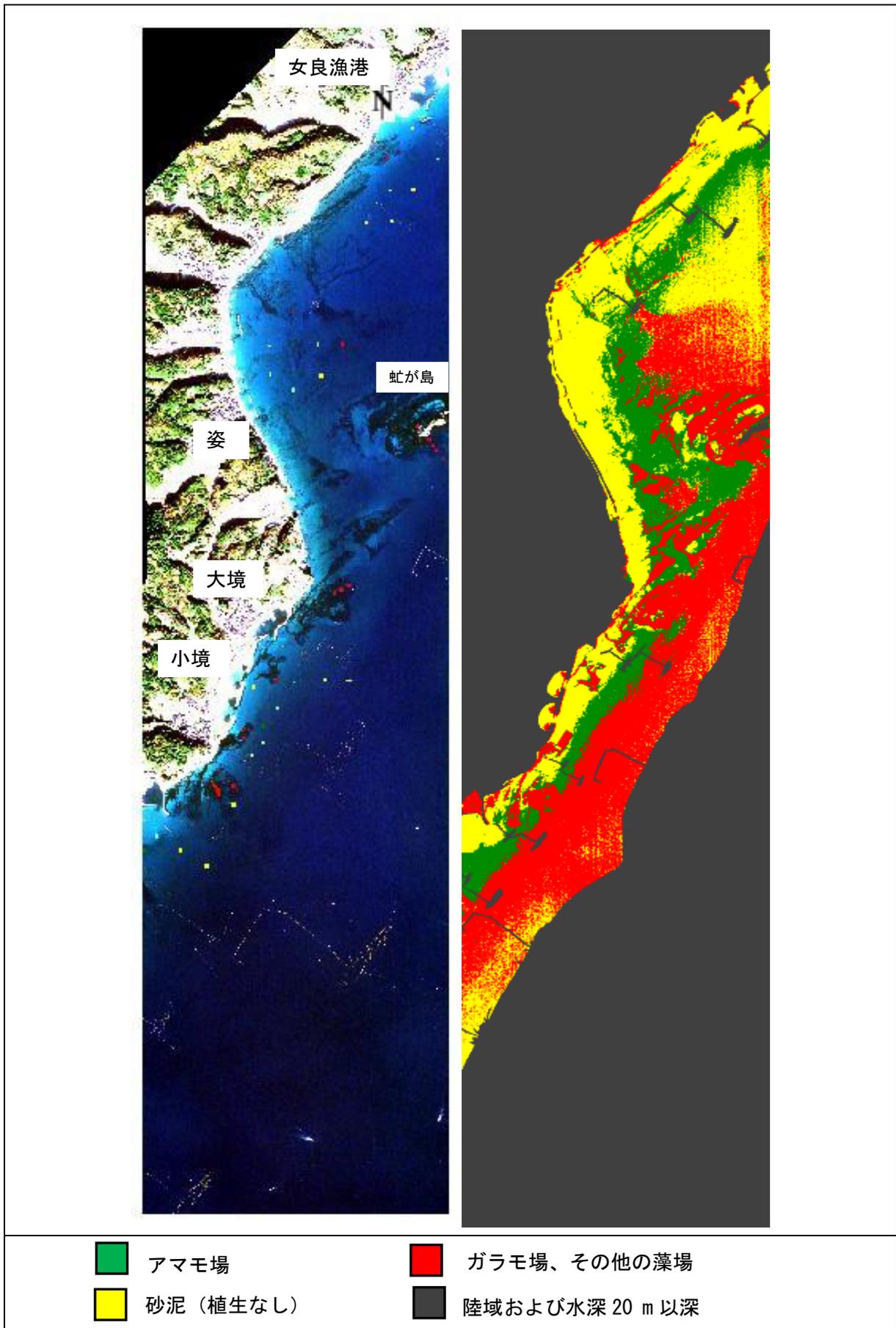


図 3-13 水見市地先 (サブエリア C) における藻場の分布の推定結果 (4 バンド)

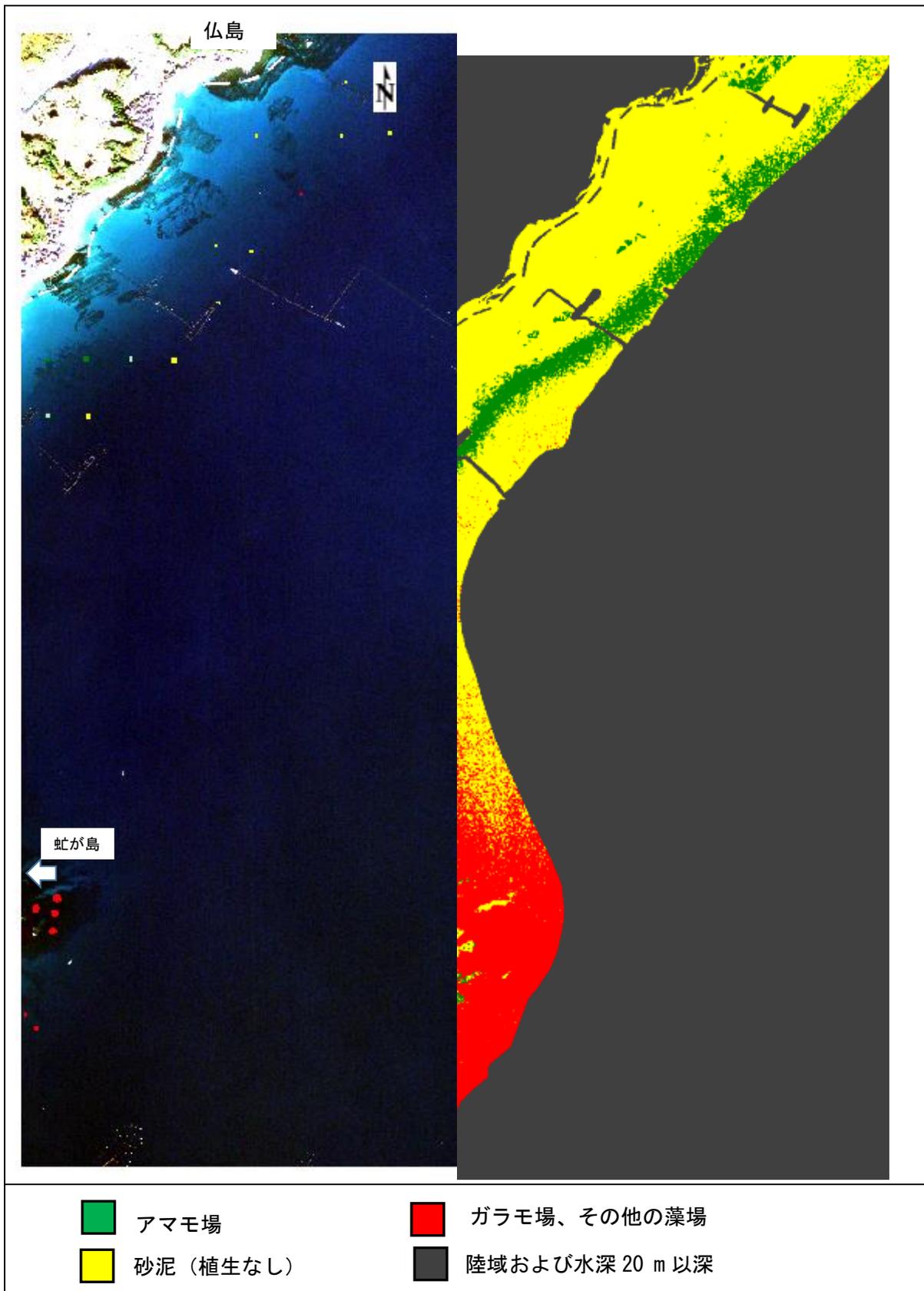


図 3-14 氷見市地先（サブエリア D）における藻場の分布の推定結果（4 バンド）

表 3-4 分類精度の検証 (サブエリア A+B)							表 3-5 分類精度の検証 (サブエリア C)						
4 バンド							4 バンド						
Area	A+B	reference data				User's	Area	C	reference data				User's
image	4 bands	seagrass	sand	seaweed	total	accuracy	image	4bands	seagrass	sand	seaweed	total	accuracy
mapping	seagrass	287	676	3	966	0.30	mapping	seagrass	87	175	4	266	0.33
result	sand	166	2,638	0	2,804	0.94	result	sand	0	172	27	199	0.86
	seaweed	3	52	299	354	0.84		seaweed	45	264	400	709	0.56
	total	456	3366	302	4,124			total	132	611	431	1,174	
Producer's accuracy		0.63	0.78	0.99			Producer's accuracy		0.66	0.28	0.93		
Overall accuracy						0.78	Overall accuracy						0.56
Tau - coefficient						0.60	Tau - coefficient						0.42

表 3-6 分類精度の検証 (サブエリア D)						
4 バンド						
Area	D	reference data				User's
image	4 bands	seagrass	sand	seaweed	total	accuracy
mapping	seagrass	0	7	0	7	0.00
result	sand	48	91	0	139	0.65
	seaweed	0	3	249	252	0.99
	total	48	101	249	398	
Producer's accuracy		0.00	0.90	1.00		
Overall accuracy						0.85
Tau - coefficient						0.72

3-3-2 BRI による水柱補正画像の解析

BRI により水柱補正された緑バンドと青バンドの画像を用いて行った底質分類の結果をサブエリアごとに示した。サブエリア A+B (図 3-15) では、アマモ場が島尾海岸から氷見漁港を挟んだ北側の阿尾にかけて、水深 3~11m の幅広い範囲に帯状にまとまって存在すると推定された。また、阿尾漁港から宇波漁港にかけても小さな領域のアマモ場の存在が推定された。一方、ガラモ場およびその他藻場は、氷見漁港の東側から唐島沖の広い範囲や、余川河口、阿尾漁港から宇波漁港の沖にまとまった藻場が存在すると推定された。分類結果の全体精度は 0.61、タウ係数は 0.47 であった (表 3-7)。

サブエリア C (図 3-16) では、アマモ場が宇波漁港の南側から虻が島周辺、さらには女良漁港の南西までの水深およそ 4~10m に分布すると推定された。また、ガラモ場およびその他藻場は宇波漁港から大境、虻が島にかけての水深およそ 7~8m 以浅の場所にまとまって分布すると推定された。分類結果の全体精度は 0.65、タウ係数は 0.55 であった (表 3-8)。

サブエリア D (図 3-17) では、アマモ場が虻が島周辺の水深およそ 12~17m の区域と、女良漁港東側の水深 8~17m の区域に分布すると推定された。一方、ガラモ場およびその他藻場は、虻が島東側の水深 11m 以浅の区域、ならびに仏島の沿岸域で推定された。分類結果の全体精度は 0.80、タウ係数は 0.65 であった (表 3-9)。

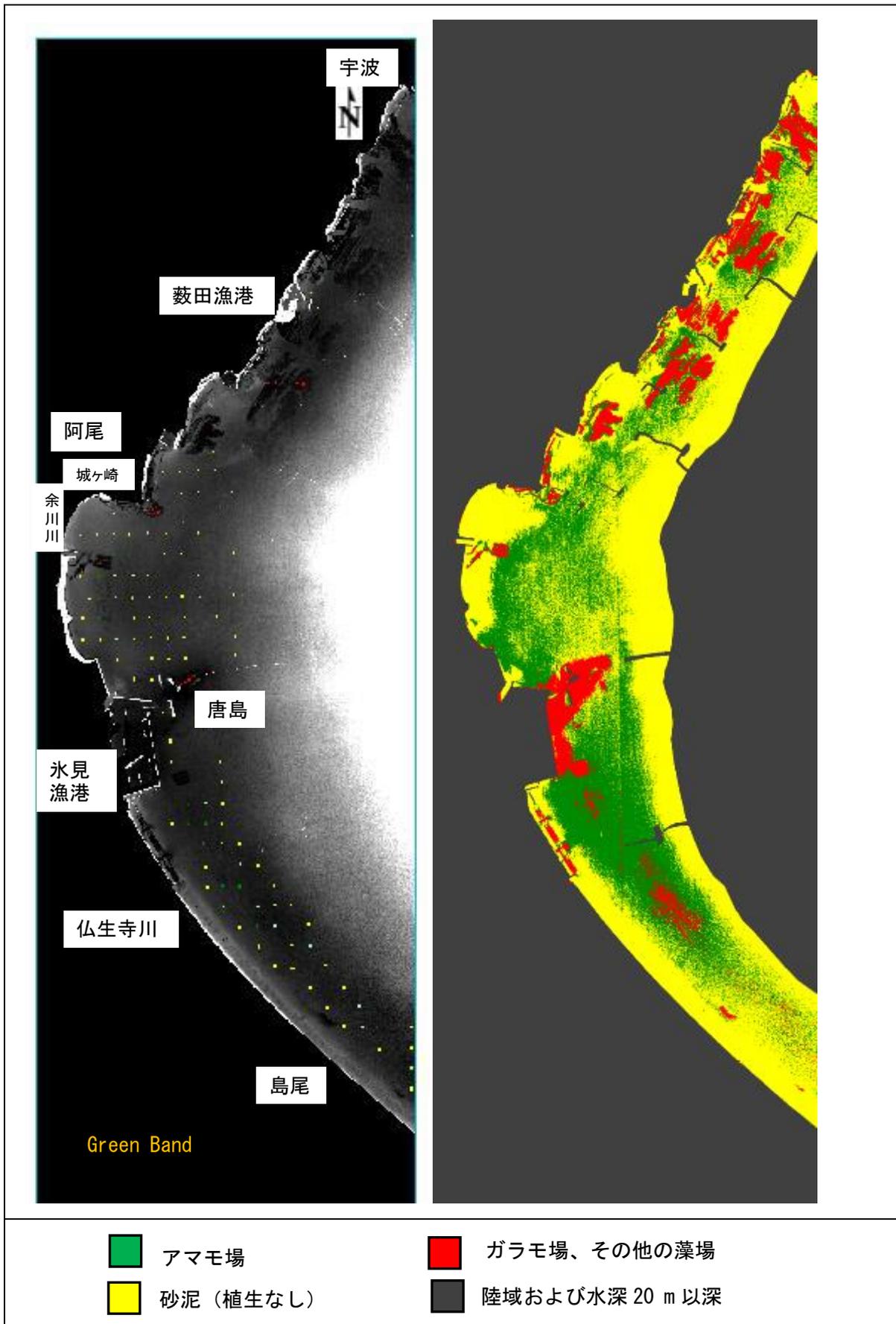


図 3-15 氷見市地先（サブエリア A+B）における藻場の分布の推定結果（BRI）

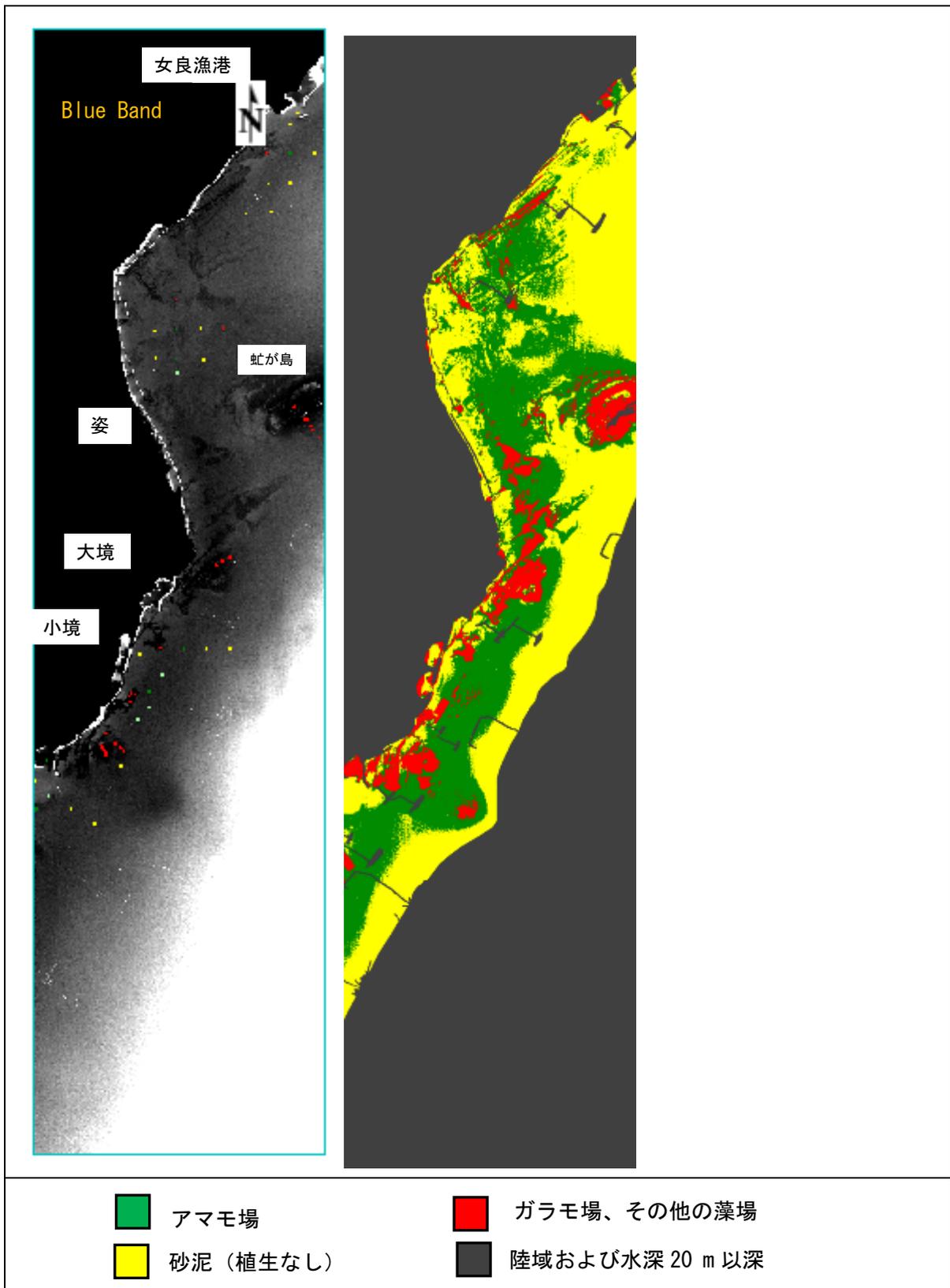


図 3-16 氷見市地先 (サブエリア C) における藻場の分布の推定結果 (BRI)

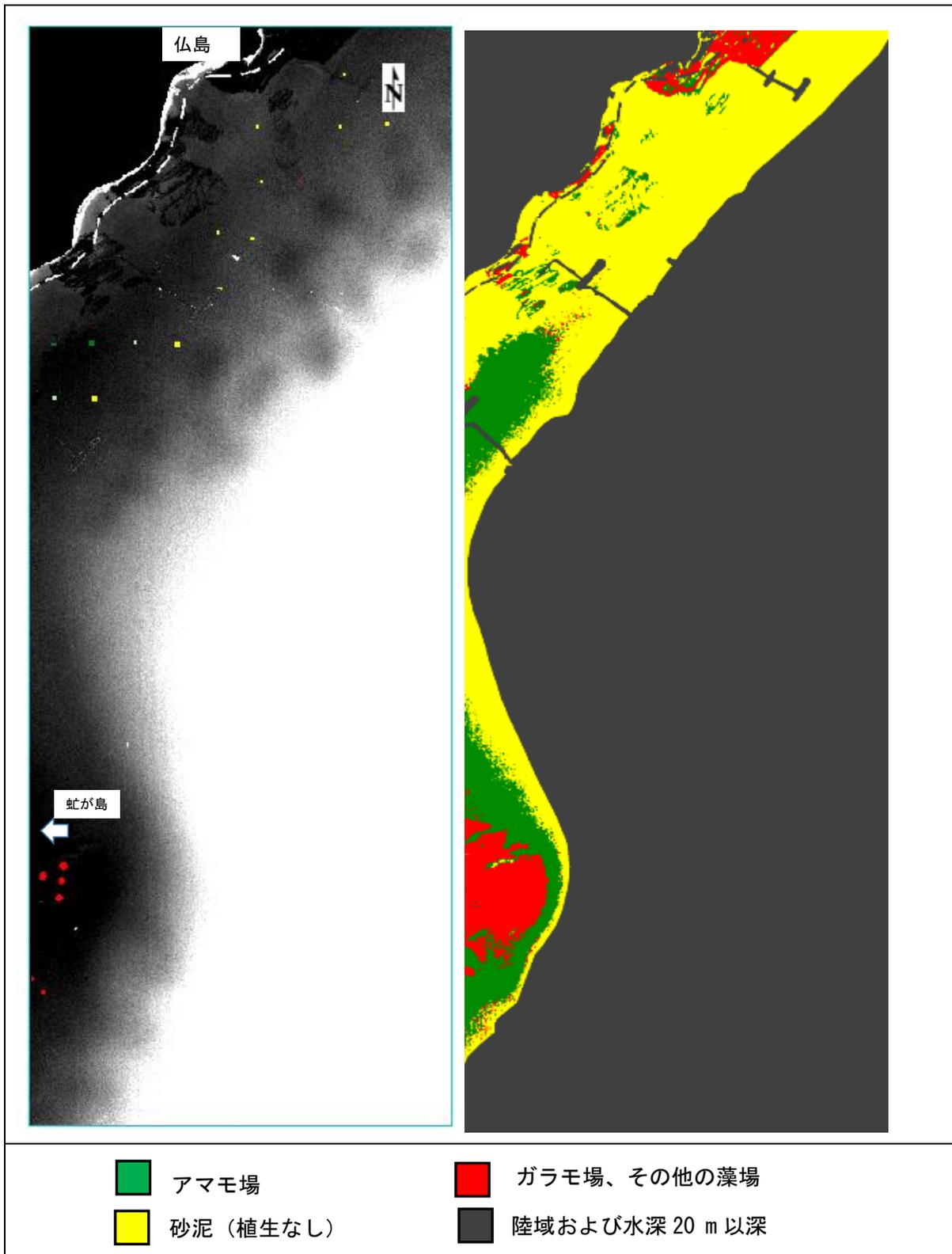


図 3-17 氷見市地先 (サブエリア D) における藻場の分布の推定結果 (BRI)

表 3-7 分類精度の検証 (サブエリア A+B)							表 3-8 分類精度の検証 (サブエリア C)						
BRI							BRI						
Area	A+B	reference data				User's	Area	C	reference data				User's
image	BRI BG	seagrass	sand	seaweed	total	accuracy	image	BRI BG	seagrass	sand	seaweed	total	accuracy
mapping	seagrass	329	1352	4	1,685	0.20	mapping	seagrass	84	213	84	381	0.22
result	sand	120	1,875	1	1,996	0.94	result	sand	0	349	21	370	0.94
	seaweed	7	139	297	443	0.67		seaweed	48	49	326	423	0.77
	total	456	3366	302	4,124			total	132	611	431	1,174	
	Producer's accuracy	0.72	0.56	0.98				Producer's accuracy	0.64	0.57	0.76		
	Overall accuracy				0.61			Overall accuracy				0.65	
	Tau - coefficient				0.47			Tau - coefficient				0.55	

表 3-9 分類精度の検証 (サブエリア D)						
BRI						
Area	D	reference data				User's
image	BRI BG	seagrass	sand	seaweed	total	accuracy
mapping	seagrass	38	51	19	108	0.35
result	sand	10	50	0	60	0.83
	seaweed	0	0	230	230	1.00
	total	48	101	249	398	
	Producer's accuracy	0.79	0.50	0.92		
	Overall accuracy				0.80	
	Tau - coefficient				0.68	

3-4 考察

4 バンドの画像を水柱補正せずに使用して分類を行ったところ、サブエリア A+B において、氷見漁港南側と北側の帯状のアマモ場を捉えることができたとともに、阿尾から北側の岸沿いにガラモ場の存在が示された (図 3-12)。この結果は、これまで報告されていた氷見市沿岸の藻場分布の状況 (藤田 2001、富山県水産試験場 2002、富山県水産研究所 2013) や 2015 年 11 月に実施した現場調査結果とおおむね一致した分布パターンであった。ただし、分類精度の指標である全体精度は 0.78、タウ係数は 0.60 とそれほど高い値ではなかった (表 3-4)。中でも、アマモ類のユーザー精度が 0.30 と、他の分類カテゴリー (砂底、岩礁性藻場) と比較して低く、これは、アマモ場と分類された場所のうち、30%だけが現場調査によりアマモ場と確認された場所であった (本当にアマモ場であった) ことを示している。アマモ場と分類された他の 70%近くは、本来はほとんどが砂底であり、アマモ場が過大に推定されていた。したがって、アマモ場の面積として推定された値 (207ha) についても、同様に過大であると判断される。サブエリア C の分類結果 (図 3-13) では、水深 10~20m 付近の水深帯がほぼすべて岩礁性藻場と分類されていたが、この付近では岸近くの岩礁上に藻場が形成される (藤田 2001) ことが報告されており、従来の知見とは一致しなかった。また、分類結果の全体精度は 0.56、タウ係数も 0.42 と非常に低い値 (表 3-5) であり、正しい分類結果は得られていないと判断される。サブエリア D では、虻が島の東側がすべて岩礁性藻場と推定されるとともに女良漁港の沖から北東方向にアマモ場が帯状に存在すると推定された (図 3-14)。全体精度は 0.85、タウ係数は 0.72 と比較的高い値 (表 3-6) であったことから、良好な結果のように見えるが、アマモ場のユーザー精度ならびにプロデューサー精度が 0 であり、アマモ場の分類結果に問題があることや、岸沿いの岩礁地帯がすべて砂泥に分類されていることから、適切な分類がなされていない可能性が高い。サブエリア D では底質調査を行った地点が少なかったことから、全体精度やタウ係数が高い値を示した可能性が考えられる。

BRIによる水柱補正を施した画像の分類結果では、サブエリア A+B において、島尾海岸から阿尾にかけての水深 3~11m の幅広い範囲にまとまった藻場が存在すると推定された (図 3-15)。2015 年 11 月に実施した現場調査 (2-3-3) によると、被度の高いアマモ場は、氷見漁港の北側では水深約 3~5m の範囲に限られること、氷見漁港の南側では水深 5~6m 付近に限られ、6 月の調査結果と比べると分布範囲はかなり縮小していた。また、このサブエリアにおけるアマモ場のユーザー精度は 0.20 と低かった (表 3-7) ことから、分類結果はアマモ場がかなり過大に推定されていると判断される。サブエリア C においては、岸沿いと虻が島周辺に岩礁性藻場が、またそれらを取り囲むようにアマモ場の分布範囲がかなり広範囲に推定された (図 3-16)。この分類においても、全体精度は 0.65、タウ係数は 0.55 と高い値は得られず、特にアマモ場のユーザー精度は 0.22 と低かった (表 3-8)。したがって、サブエリア C についても分類結果の精度、特にアマモ場については、高くないと考えられる。サブエリア D では、虻が島周辺と最北端の仏島周辺に岩礁性藻場が存在し、女良漁港東側の水深 8~17m の区域と、虻が島周辺にアマモ場が存在すると推定された。全体の精度は 0.80、タウ係数は 0.68 と比較的高い値であったが、虻が島周辺では現場調査の定点が少なく、今後アマモ場の存在について検証していく必要がある。

以上の解析では、サブエリア A+B については、BRIによる水柱補正された画像よりも、補正を施さない 4 バンドの画像を用いた方が、アマモ場の過大推定が少なく、実態に近い分類結果が得られた。通常、BRIによる水柱補正を施した画像を用いた方が、分類精度が高まる (佐川ら 2009) ことが知られている。高解像度の画像解析では教師データの位置情報に誤差が大きいと誤った分類結果が導き出されるおそれがあることから、画像の撮影日と現場データの取得日の違い (1 年間のズレ) が影響している可能性がある。一方、深い水深帯の砂泥域の放射輝度値が、水柱補正を施すことにより却って浅い水深帯のアマモ場の放射輝度値に近い値 (BRI 指数) となり、誤分類が拡大したのかもしれない。加えて、アマモ場と浅い水深帯の砂泥の放射輝度値の差が小さかった可能性もあり、今後詳細な検討が必要である。サブエリア C については、水柱補正を行わない 4 バンドの画像を用いた解析では、水深 10~20m 付近の水深帯がほぼすべて岩礁性藻場と分類された一方、BRIによる水柱補正画像を用いた解析でも、アマモ場の分布範囲がかなり広範囲に推定され、いずれも全体精度やタウ係数が小さかったことから判断して、今回の解析では精度の高い分類結果は得られなかったと判断される。サブエリア D については、水柱補正を行わない 4 バンドの画像を用いた解析により、アマモ場のユーザー精度やプロデューサー精度が 0 であり、実態を反映していたとは考えにくい。一方、BRIによる水柱補正を施した画像の解析では、虻が島の沖側 (東側) にアマモ場存在すると推定されたが、藤田 (2001) によると南東側の水深 15m 付近で砂地に移行することが報告されており、今後、現場調査定点を増やして、アマモ場が存在するか検証する必要がある。

4. 富山湾の海藻・海草に関する文献

4-1 論文—藻場—

- 菊池勘左衛門 (1934) 富山湾海藻目録. 富山教育, **255**, 1-24.
- 藤田大介・泉治夫 (1989) 富山県沿岸産海藻目録. 富山県水産試験場研究報告, **1**, 33-49.
- 藤田大介・岡田英男・坂田完三 (1990) サザエ稚貝の天然餌料としての漁港防波堤側面に生息する紅藻数種の重要性(英文). 富山県水産試験場研究報告, **2**, 41-51.
- 藤田大介・湯口能生夫 (1995) 富山県朝日町宮崎沿岸の海藻. 富山県水産試験場研究報告, **6**, 1-15.
- 藤田大介 (1996) 富山湾の無節サンゴモとその群落. 日本海ブロック試験研究集録, **33**, 63-70.
- 藤田大介 (1996) 黒部生地沿岸の海藻、サザエ及びキタムラサキウニ. 富山県水産試験場研究報告, **8**, 11-20.
- 藤田大介 (1996) エゾイシゴロモの培養藻体に生じた異常突起物(英文). 富山県水産試験場研究報告, **8**, 21-24.
- 藤田大介・岡本勇次・真山茂樹 (1996) 魚津市沿岸礫地帯の堆積砂で見つかった珪藻の1種(短報). 富山県水産試験場研究報告, **8**, 25-29.
- 新井章吾・藤田大介・寺脇利信 (1997) 富山県虻が島で見つかったヒジキの生育状況(短報). 富山県水産試験場研究報告, **9**, 49-52.
- 藤田大介 (1997) 富山湾東部沿岸域で認められている藻場の衰退現象. 藻類, **45**, 75.
- 藤田大介・高山茂樹 (1999) 富山県魚津市地先における海草ウミヒルモとコアマモの生育記録(短報). 富山県水産試験場研究報告, **11**, 67-70.
- 寺脇利信・新井章吾 (1999) 藻場の景観模式図 1. 富山県氷見市宇波地先. 藻類, **47**, 147-149.
- 藤田大介 (2001) 富山県沿岸産海藻目録(2001年改訂版). 富山県水産試験場研究報告, **13**, 1-18.
- 藤田大介 (2001) 海洋深層水をかけ流した磯焼け地帯転石の植生回復. 海洋深層水研究, **2**, 57-64.
- 池森貴彦・大慶則之・田島迪生 (2002) 能登半島東岸におけるホンダワラ類の現存量. 栽培技研, **29**, 101-106.
- 藤田大介・新井章吾・村瀬昇・田中次郎・渡辺孝夫・小善圭一・松村航・長谷川和清・千村貴子・佐々木美貴・松井香里 (2003) 氷見市虻が島周辺のガラモ場の垂直分布, 生産構造および葉上動物相. 富山県水産試験場研究報告, **14**, 43-60.
- 藤田大介・新井章吾・村瀬昇・長谷川和清・田中次郎 (2004) 富山湾西部虻が島のガラモ場における海藻の垂直分布と帯状構造. 藻類, **52**, 149-156.
- 藤田大介 (2004) 海底湧水によって維持される藻場. 月刊海洋, **36**, 810-815.
- Fujita, D., T. Ishikawa, S. Kodama, Y. Kato and M. Notoya (2006) Distribution and recent reduction of *Gelidium* beds in Toyama Bay, Japan. *Journal of Applied Phycology*, **18**, 591-598.
- 寺脇利信・新井章吾 (2006) 藻場の景観模式図 22. 富山県氷見市小境海岸施設の消波ブロック. 藻類, **54**, 173-175.
- 寺脇利信・新井章吾 (2008) 富山湾西部・虻が島地先. 藻類, **56**, 206-208.
- 砂澤洋平・鈴木秀和・能登谷正浩・藤田大介 (2009) 富山県氷見市沿岸のテングサ場における付着珪藻 *Arachnoidiscus ornatus* Ehrenb. の発生状況. *Diatom*, **25**, 79-85.
- Tsujimoto, R. (2011) Fisher activities to conserve the ecosystem of Toyama Bay. *Biological and cultural*

diversity in coastal communities, Exploring the potential of *Satoumi* for implementing the ecosystem approach in the Japanese Archipelago. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 61. 30-37.

池森貴彦・東出幸真・坂井恵一 (2012) 能登半島珠洲市沿岸におけるガラモ場とアマモ場の分布域の再検討. 能登海洋ふれあいセンター研究報告, 18, 1-6.

東出幸真・小木曾正造・池森貴彦 (2014) 能登半島七尾湾西湾におけるアマモ類の生育状況について. 能登海洋ふれあいセンター研究報告, 20, 17-23.

4-2 論文－海藻培養－

松村航・藤田大介 (2002) 海洋深層水培養コンブの介生生長に基づく自給型アワビ養殖の提案. 海洋深層水研究, 3, 53-63.

松村航・渡辺健・南條暢聡・浦邊清治・林正敏・池田知司・藤田大介 (2005) 海洋深層水を用いたマクサの培養と富山湾深層水放水域での成長予測. 海洋深層水研究, 6, 1-8.

松村航・藤田大介 (2007) 海洋深層水で培養したマコンブと付着珪藻を餌料として活用したエゾアワビ養殖に関する研究(短報). 富山県水産試験場研究報告, 18, 19-23.

4-3 報告書

富山県 (1978) 第2回自然環境保全基礎調査 干潟・藻場・サンゴ礁分布調査報告書. 環境省委託.

環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター (1994) 第4回自然環境保全基礎調査報告書.

環境庁自然保護局 (1998) 第5回自然環境保全基礎調査 海辺調査総合報告書.

環境省自然環境局 生物多様性センター (2008) 第7回自然環境保全基礎調査 浅海域生態系調査(藻場調査)報告書.

富山県水産試験場 (1999) 富山県東部(黒部市・入善町・朝日町)沿岸域の漁場環境 漁業振興特別対策事業報告書. pp. 94.

藤田大介 (2001) 氷見市・高岡市沿岸の海藻と藻場. 氷見漁業協同組合. pp.60.

新潟県水産海洋研究所・富山県水産試験場・福井県栽培漁業センター・神奈川県水産総合研究所・和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖研究所 (2001) 資源増大技術開発事業(浅海域グループ)報告書.

新潟県水産海洋研究所・富山県水産試験場・福井県栽培漁業センター・神奈川県水産総合研究所・和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖研究所 (2002) 資源増大技術開発事業(浅海域グループ)報告書.

富山県水産試験場 (2002) 富山湾の漁場環境(2001)－水質・底質・藻場－. 富山湾漁場環境総合調査報告書. pp.174.

富山県水産試験場 (2007) 富山湾の漁場環境(2006)－水質・底質・藻場・餌料環境－. 平成18年度富山湾漁場環境総合調査報告書. pp.204.

日本の里山・里海評価－北信越クラスター (2010) 里山・里海:日本の社会生態学的生産ランドスケープ－北信越の経験と教訓－, 国際連合大学, 東京. pp.109.

富山県水産研究所 (2013) 富山湾の漁場環境(2011)－水質・底質・藻場－. 平成23年度富山湾漁場環境総合調査報告書. pp.178.

4-4 本

大島勝太郎 (1950) 『富山湾海藻誌』. 東京.

富山県水産試験場 (1994) 『富山の藻類』. 藤田大介・濱田仁・渡辺信編.

富山県水産試験場 (2005) 「藻場」. p.108-115. 『富山湾を科学する』. 北日本新聞社. 富山.

矢野恒信 (2006) 「昆布に想う」. p.236-240. 『日本海学の新世紀 6. 海の力』 (蒲生俊敬・竹内章編). 角川学芸出版. 東京.

藤田大介 (2010) 「変わりゆく富山湾の藻場」. p. 142-147. 『藻場を見守り育てる知恵と技術』 (藤田大介・村瀬昇・桑原久実編). 成山堂書店. 東京.

4-5 本報告書内で参考にした文献

- ESRI ジャパン株式会社 (2011) 実線! ENVI 講座 ArcGIS ユーザのためのリモートセンシング画像処理入門. 142pp.
- 藤田大介 (2001) 氷見市・高岡市沿岸の海藻と藻場. 氷見漁業協同組合, 氷見市. pp.65
- 藤田大介 (2010) 藻場の種類. p. 1 磯焼け対策シリーズ 3 藻場を見守り育てる知恵と技術(藤田大介・村瀬昇・桑原久美編著) 成山堂書店, 東京.
- 藤田大介・新井章吾・村瀬昇・長谷川和清・田中次郎 (2004) 富山湾西部蛇が島のガラモ場における海藻の垂直分布と帯状構造. 藻類, **52**, 149-156.
- Fujita, D., T. Ishikawa, S. Kodama, Y. Kato, M. Notoya (2006) Distribution and recent reduction of *Gelidium* beds in Toyama Bay, Japan. *Journal of Applied Phycology*, **18**, 591-598.
- 環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター (1994) 第4回自然環境保全基礎調査報告書.
- 環境庁自然保護局 (1998) 第5回自然環境保全基礎調査 海辺調査総合報告書.
- 公益財団法人環日本海環境協力センター (2013) 平成24年度富山湾リモートセンシング調査事業報告書. pp. 112.
- 公益財団法人環日本海環境協力センター (2015) 平成26年度富山湾リモートセンシング調査事業報告書. pp. 116.
- 小松輝久・藤田大介・青木優和 (2009) 藻場研究の今一分布・生態から磯焼け対策・利用まで一. 月刊海洋, **41**, 593-597.
- Lyzenga, D. R. (1978) Passive remote-sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Applied Optics*, **17**, 379-383.
- Ma and Redmond (1995) Tau coefficient for accuracy assessment of classification of remote sensing data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **61**: 435-439.
- Mumby, P. and A. Edwards (2000) Water column correction techniques. In *Remote sensing handbook for tropical coastal management* (Ed. E. P. Green, P. J. Mumby, A. J. Edwards and C. D. Clark). Coastal management sourcebooks 3, UNESCO.
- Sagawa, T., E. Boisneier, T. Komatsu, K. B. Mustapha, A. Hattour, N. Kosaka and S. Miyazaki (2010) Using bottom surface reflectance to map coastal areas: a new application method for Lyzenga's model. *International Journal of Remote Sensing*, **31**, 3051-3064.
- 澤山周平・小松輝久 (2011) 衛星画像を用いた石西礁湖の底質環境マッピングからの生態情報の抽出. *La mer*, **49**, 17-29.
- 寺脇利信・新井章吾 (2006) 藻場の景観模式図 22. 富山県氷見市小境海岸施設の消波ブロック. 藻類, **54**, 173-175.
- 寺脇利信・新井章吾 (2008) 富山湾西部・蛇が島地先. 藻類, **56**, 206-208.
- 富山県 (1978) 第2回自然環境保全基礎調査 干潟・藻場・サンゴ礁分布調査報告書. 環境省委託. 富山県水産漁港課・北陸航測株式会社 (1994) 沿岸漁場総合整備開発基礎調査 富山海域漁業環境マップ.
- 富山県水産試験場 (1999) 富山県東部(黒部市・入善町・朝日町)沿岸域の漁場環境 漁業振興特別対策事業報告書. pp. 94.
- 富山県水産試験場 (2002) 富山湾の漁場環境(2001)―水質・底質・藻場―. 富山湾漁場環境総合調

査報告書. pp. 174.

富山県水産試験場 (2007) 富山湾の漁場環境(2006)－水質・底質・藻場・餌料環境－. 平成 18 年度
富山湾漁場環境総合調査報告書. pp. 204.

富山県水産研究所 (2013) 富山湾の漁場環境(2011)－水質・底質・藻場－. 平成 23 年度富山湾漁場
環境総合調査報告書. pp. 178.

海と渚環境美化推進機構 (2003) 平成 14 年度藻場・干潟環境保全調査報告書.

浦邊清治・松村 航 (2007) アマモ類の遺伝的多様性の解析調査 平成 18 年度報告書 (最終報告
書). 独立行政法人水産総合研究センター東北区水産研究所 (とりまとめ).

5. 普及啓発冊子

富山県沿岸において人工衛星リモートセンシングを活用した藻場分布域の推定を行うにあたり、有識者から指導・助言を得る目的で、平成 24 年度より 3 か年にわたり「豊かな沿岸域創造検討会」を設置した。検討会では、調査手法や結果について検討するとともに、富山湾の藻場の現状や保全活動の状況に関する知見を整理し、平成 26 年度にとりまとめを行った。この富山湾の藻場に関する「とりまとめ」の内容について、広く一般の方々に知っていただき、藻場に対する理解を深めてもらう目的で、本年度は一般向けの普及啓発冊子「豊かな海をつくるために-富山湾の大切な藻場-」を作成した。

豊かな海をつくるために
—富山湾の大切な藻場—



(公財) 環日本海環境協力センター (NPEC)

藻場とは？

藻場とは「海藻や海草がまとまって繁茂している場所」のことを意味します。

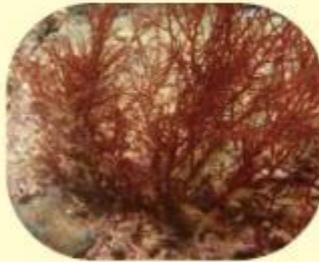
藻場は、通常、沿岸の水深20mよりも浅い海(浅海域)に形成され、海の健全な環境と豊かさを保つために重要な役割を果たしています。

主な藻場の種類



ガラモ場

ホンダワラ類により岩礁域に形成される



テングサ場

テングサ類により岩礁域に形成される



アマモ場

海草であるアマモ類により砂泥域に形成される

「海藻」と「海草」の違い

海藻：藻場を構成するのは岩場に繁茂する大型の藻類で、胞子によって繁殖します。主に褐藻類(ホンダワラ類、コンブ類など)、紅藻類(テングサ類など)、緑藻類に分けられます。

海草：陸上の高等植物と同様に根、茎、葉の区別があり、海中で花を咲かせて種子により繁殖します。主に砂泥域に繁茂するアマモ類のことを指します。海藻と区別するために、「うみくさ」と呼ぶ場合があります。

藻場の役割

藻場は海の環境を保護するうえで、とても大切な役割を担っています。

●二酸化炭素の吸収と酸素の供給

海藻や海草は海中で光合成を行っています。それにより二酸化炭素を吸収し、多くの生物に必要な酸素を海中で放出しています。海藻や海草は成長が速く、短い期間でたくさんの二酸化炭素を体内に取り込みます。

●水質浄化

窒素やリンなど(栄養塩)を吸収して、水質を良好に保ちます。栄養塩が増え過ぎると、植物プランクトンが増え過ぎて赤潮が発生するなど、富栄養化が進み、生物に悪い影響を与えます。

●生物の生息場所

藻場は「海のゆりかご」と呼ばれます。魚介類の産卵場や稚魚の成育場であり、様々な生物の^{すみか}の住み処となっています。流出した海藻は、「流れ藻」として新たな空間に生物の生息場所を提供してくれます。このように、藻場は生物多様性の維持に大きく貢献しています。

●海岸の保全

アマモは地下に茎と根を張るため、底泥が固定されて、海底が安定します。また波の衝撃も緩めるので、海岸の保全に役立っています。

●食物の供給

海藻は、サザエやアワビをはじめとした貝類や、アイゴなど魚類の餌になります。また、藻場にすむ小さな生物(甲殻類など)は、より大きな魚類などの餌となります。一方、一部の海藻は人間に漁獲され、水産資源として利用されています。

●環境学習の場

このように魚介類の産卵場や稚魚の成育の場、生物の生息の場となっている藻場を観察し、知ることによって、身近にある自然の大切さ(豊かさ)を体験し、その重要性について学ぶことができます。



ブルーカーボン

地球温暖化の原因となる温室効果ガスの一つに、二酸化炭素があります。海の生物(海藻、海草や植物プランクトンなど)の光合成により、海洋の生態系に取り込まれて、蓄積される炭素(二酸化炭素)のことを、ブルーカーボンといいます。

アマモ場には、アマモの枯葉や植物プランクトンの死がい、陸上から流されてきた植物の破片など様々な有機物が堆積しますが、これらに含まれる炭素が数千年のスケールでアマモ場の堆積物中に蓄積していることが分かってきました。地球温暖化防止の観点からも藻場は大変重要な場所といえます。

富山湾の藻場

富山湾には、豊かな藻場が存在しています。

富山県沿岸では、約300種の高藻が確認されています。2001年以降に航空写真を用いて実施された調査により、富山県沿岸の藻場面積はおよそ1,000～1,100ha(単純に計算すると、富山県の海岸線(147km)沿いに、約70mの幅で藻場が広がっているイメージ)と見積もられています。

県西部の氷見市と高岡市や、県東部の入善町と朝日町の沿岸では、ホンダワラ類で構成されるガラモ場を中心とした藻場が形成されています。滑川市や魚津市の沿岸では、紅藻類のテングサ類、緑藻類のアナオサや褐藻類のワカメなどで構成される藻場が確認されています。

一方、砂泥域に繁茂するアマモ類(海草)の分布は、氷見市から高岡市沿岸の水深5～15m付近にほぼ限られています。

富山県では、心太の原料として利用されるテングサ類が初夏に漁獲され、重要な漁獲物となっています。他には冬にアカモク、春にワカメ・クロモ、夏にイシモズクなどが利用されています。

氷見市の名物 **ながらも**

冬に氷見市沿岸で収穫されるアカモクは、地元ではながらもとよばれ、朝ご飯メニュー「海とろめし」として近年注目を浴びています。ねばねばとしたフコイダンの体に良い成分が含まれており、おいしいだけでなく健康にも役立つ海の恵みです。



写真提供: 氷見商工会議所



氷見市沿岸(ホンダワラ類)



魚津市沿岸(テングサ類)



朝日町沿岸(ノコギリモク)



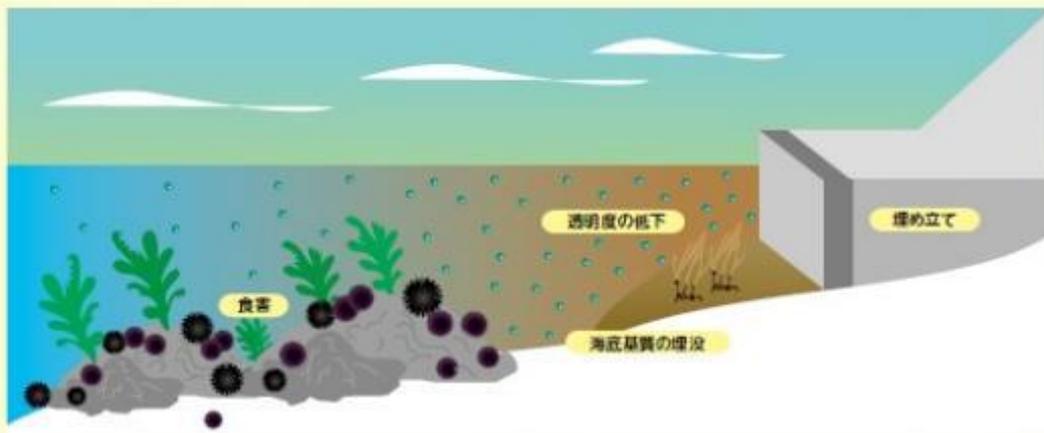
入善町沿岸(ツルアラメ)

失われていく藻場

環境を守るうえで大切な役割を持つ藻場は
全国各地で衰退・減少傾向にあります。

原因として以下のようなことが考えられています。

- 生息場所の喪失(埋め立てなどにより、藻場が形成される浅海域が失われる)
- 食害(ウニ、サザエなどの植食性動物のエサとして過剰に食べられる)
- 海流の変化(海流の強さが変化することにより、海水温が高くなるなどして海藻が育ちにくくなる)
- 栄養塩の欠乏(海藻の生育に必要な窒素・リンなどが不足する)
- 海底基質の埋没(漂砂や浮泥が堆積する)
- 透明度の低下(光合成が阻害される)



富山県沿岸のいくつかのテングサ場において、藻場の衰退が報告されています。今後も継続して、藻場の分布域やその経年変化を把握して行くことが重要です。

磯焼け

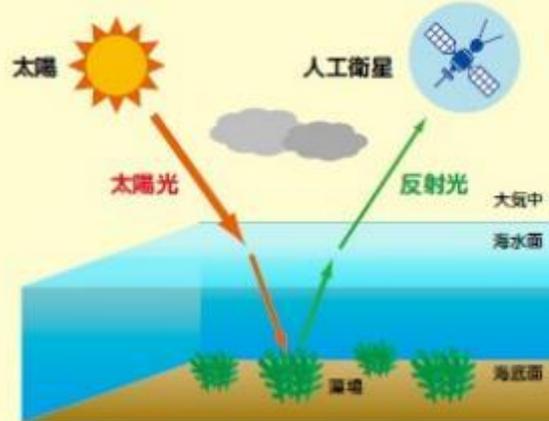
藻場が著しく衰退あるいは消失することを「磯焼け」といいます。海藻がなくなり、海が磯焼け状態になると、水質の浄化作用などの藻場の大切な機能が失われてしまいます。藻場をすみ処とする生物がいなくなり、生物の多様性が失われるとともに、アワビなどの漁業で重要な魚介類も減少してしまいます。



リモートセンシングによる藻場調査

環日本海環境協力センター(NPEC)では藻場の保全に役立てるため、人工衛星を活用したリモートセンシングにより、藻場の分布状況を継続的にモニタリングして行きます。

富山県沿岸域の藻場の分布域を正確に把握するため、人工衛星から撮影された画像を入手し、海底から反射してくる光の強さの違いを、波長帯(色:赤色・緑色・青色)ごとに調べ、海藻の生えている場所(藻場)と生えていない場所(主に砂地)に区別します。人工衛星の画像は、一度に広い範囲の藻場を調べることができたり、経時的に画像を調べることで藻場が増えているのか減っているのかを明らかにできるなどのメリットがあります。

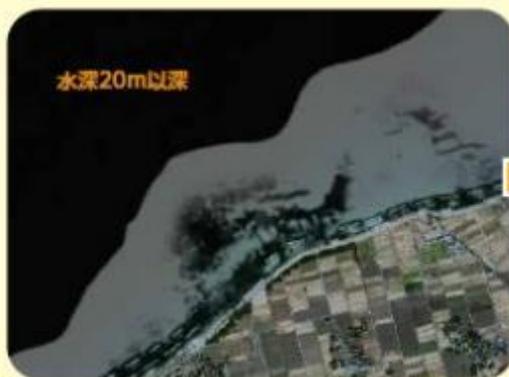


人工衛星リモートセンシングによる藻場分布域推定(概念図)

明らかになってきた富山湾の藻場

富山県東部の入善町沿岸における藻場の範囲を、人工衛星画像のデータを処理することにより推定しました(下図)。実際に藻場で潜水調査を行ったところ、水深7~8mではホンダワラ類が、水深13~14m付近ではコンブの仲間のツルアラメなどが確認されています。

今後NPECでは、分布の状況に不明な点が多い氷見市沖のアマモ場について、リモートセンシングを活用した分布調査を進めます。また、環日本海地域においても同様の調査手法を適用して、藻場の分布域の変化を明らかにし、沿岸域の環境保全に役立てて行きます。



入善町沿岸の人工衛星画像(水深20mよりも深い部分には、通常、藻場が形成されないため、解析の対象から除外)



データ処理により推定された入善町沿岸における藻場分布域

藻場を守る活動

富山県沿岸では、衰退した藻場の復元や
新たな藻場の造成のために様々な活動が行われています。

活動内容

- ・海藻の繁茂状況のモニタリング
- ・母藻の設置・種苗の移植
- ・食害生物の除去・防除
- ・海藻の付着基質の設置
- ・海底堆積物の除去
- ・アマモ苗の栽培・移植 など



ロープに取り付けた海藻種苗の生育



食害生物(ウニ)の除去



小学生が育てたアマモ種苗



アマモの種の植付け



海中でのアマモ種苗の植付け

活動団体

- 氷見市水産多面的機能発揮対策協議会
- 滑川高校海洋科海洋クラブ
- 豊かな海づくり黒部協議会
- 射水市豊かな海を愛する会
- 魚津市漁場環境保全会



Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center

公益財団法人 環日本海環境協力センター

〒930-0856 富山市牛島新町 5-5 TEL 076-445-1571

<http://www.npec.or.jp/>

本冊子は、「豊かな沿岸域創造検討会」(平成24～26年度)の成果をわかり易くまとめたものです。
詳しくは、当財団のホームページ(豊かな沿岸域創造検討会とりまとめ)をご覧ください。

平成 27 年度富山湾リモートセンシング調査事業報告書
2016 年 3 月 30 日発行

著者 前田 経雄
発行 公益財団法人環日本海環境協力センター
〒930-0856 富山県富山市牛島新町 5-5
Tel: 076-445-1571
Fax: 076-445-1581
印刷 とうざわ印刷工芸株式会社
