

河川感潮域における青潮および悪臭発生原因調査（第4報）

山守英朋，岡村祐里子，森 健次，中島寛則，平生進吾，熊崎文菜*

Research on Generation Mechanism of Green Tide and Odor in Tidal Area (4)

Hidetomo Yamamori, Yuriko Okamura, Kenji Mori,
Hironori Nakashima, Shingo Hirao, Ayana Kumazaki*

2018年度に行った山崎川水質調査結果をとりまとめた。2017年度の調査で，山崎橋，青峰橋での水質悪化原因は，マウンドの存在により水の入替わりが悪くなっているためと結論づけた。一方で，マウンド下流の忠治橋において底層水の水質は通年で悪化していることから，その下流側の影響も考えられた。そのため，2018年度は豊生橋を調査地点に加え，下流側からの影響を考察した。

3地点の夏季～冬季におけるORPや溶存酸素の水質季節変動において，豊生橋と忠治橋や山崎橋とでは明らかに異なっており，むしろ2016年度に行った東築地橋の季節変動に類似していた。したがって，豊生橋では名古屋港の水質変動の影響が大きく，その上流部とは異なっていることが分かった。また，忠治橋の水質変動結果では，特に上げ潮時に悪化していることから，忠治橋と豊生橋間にその上流部の水質悪化の要因が存在していることが明らかとなった。

はじめに

2017年度の調査で，JR橋梁付近にあるマウンドが上流部の底層水の入替わりを阻害し，夏季～秋季にかけて貧酸素水塊が形成され水質悪化の一因となっていることが分かった¹⁾。

一方で，マウンド下流の調査地点である忠治橋（3K200）においても，青峰橋（4K200），山崎橋（4K800）と同様な水質変動となり，3地点とも同時期に水質悪化・改善の水質変動が認められた。そのため忠治橋下流にも水質悪化の原因が存在すると考えられた。

2018年度調査では，忠治橋下流部の水質悪化への影響を明らかにするため，豊生橋（2K800）を新たに加え調査を実施した。

調査概要

1. 調査日および調査場所

既報¹⁾により，秋季の気温の低下とともに水質が改善していくこと，中潮や小潮時には水の動きが小さく，大潮では水の動きが大きく，貧酸素水塊が解消される可能性があったことから，調査の時期としては秋季の調査頻度を多くし，かつ，大潮直前の中潮で調査を実施することとした。

調査は2018年6月26日，10月5日，10月19日，11月19日，2019年1月17日に行った。

調査地点は，豊生橋，忠治橋，山崎橋において，多項目水質計および採水による水質調査と大気調査，呼続橋，名鉄名古屋本線直下落差工（以下，落差工）での大気調査を実施した。

表1に調査4日前～調査日の名古屋地方気象台における日降水量を示す²⁾。

図1には，各調査日の名古屋港における潮位を示す³⁾。なお，調査実施時刻は実線とした。

表1 調査日付近の日降水量

調査日	日降水量(mm)				
	当日	前日	前々日	3日前	4日前
6月26日	0.0	—	0.5	25	—
10月5日	0.0	0.5	—	—	0.5
10月19日	0.0	0.0	0.0	—	1.5
11月19日	0.0	0.0	—	—	—
1月17日	0.0	0.0	0.5	—	—

*「—」は降雨現象がなかったことを表す

*「0.0」は降雨現象自体はあったが，降雨量は0.5mm未満を表す

*名古屋市緑政土木局 河川計画課

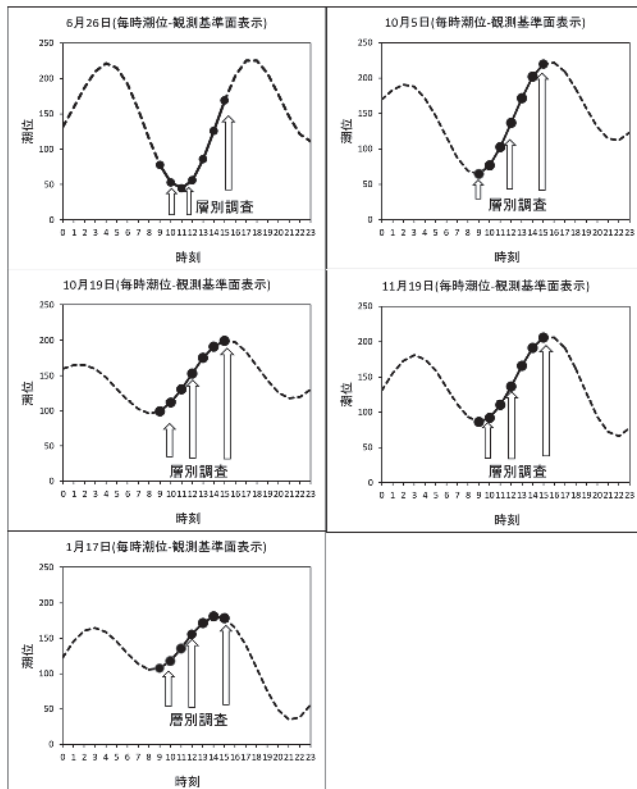


図1 各測定日の名古屋港の潮位変動

2. 調査項目

1) 多項目水質計

既報⁴⁾に従い、多項目水質計を用いて、各地点の層別および経時の水質調査を実施した。なお、図1における矢印は、それぞれの調査日における層別水質調査を実施した時刻を表している。

2) 水中の各態硫黄分析

既報⁴⁾に従い、毎正時に、ハイロート採水器を用いて、表層水および河床-1 mの水（底層水）を採水し、粒子状硫黄、硫化物イオン、硫酸イオンを測定した。

3) 現場大気中の硫化水素ガス分析

既報⁴⁾に従い、現場大気中の硫化水素ガスを測定した。

調査結果

1. 各地点の層別調査結果

図2～図7に項目毎の層別調査結果を示す。なお、図中で灰色の網掛けグラフは、X軸のスケールが他のグラフと異なっていることを表している。

水温に関しては、既報⁴⁾でも言及している通り、全地点とも、6月では表層が高く底層が低いのに対し、10月以降では表層が低く底層が高くなっていった。また、全体的には11月以降低下していた。このことから、10

月頃から、気温低下とともに表層付近から徐々に下層にかけて水温が低下していたことが分かる。

塩分も、既報⁴⁾で言及している通り、全ての地点および測定時期で、表層で低く底層で高い値となっていた。潮位との関係では、山崎橋では、満潮時に塩分が急激に高くなるが、忠治橋、豊生橋では、1.5mより深いところでは、潮位による大きな変動は認められなかった。山崎川での、東京湾平均海面（T.P.）に対する朔望平均干潮位は-1.37 mであり、これら2地点において、潮位変動により塩分の変動が認められないのは、この深さまでは、海水が常時遡上しているためと思われる。

ORPは、山崎橋では潮位変動の影響が大きく、6月および10月5日は還元的となり、10月19日に一旦は酸化的となったが、11月には再び還元的となり、1月では酸化的となった。一方、忠治橋、豊生橋の2地点では、6月に還元的となり始め、10月5日に還元状態となり、豊生橋では、10月19日以降、速やかに酸化的となったのに対し、忠治橋では、回復は遅く、徐々に酸化方向へ変化はしているものの、酸化的となったのは1月となった。山崎橋の10月19日では、季節変動より潮位変動の影響が大きかったと考えると、山崎橋、忠治橋では、ともに1月でようやく酸化的となったと考えられる。また、豊生橋では、10月5日にORPが低下し還元的となっているが、10月19日以降酸化的となっており、山崎橋、忠治橋と比較して還元的な状態が短期間であり、既報⁵⁾での東築地橋のORP結果と類似している。そのため、豊生橋では、名古屋港の水質変動が影響していると思われる。

溶存酸素は、ORPと相関関係が認められ、ORPが酸化的であれば溶存酸素は存在しているが、還元的となっていると、ほぼ0 mg/Lで貧酸素状態となっていた。

濁度については、山崎橋の秋季では、夏季、冬季に比べ大きな値となった。また、忠治橋、豊生橋では、朔望平均干潮位より深い水深では、浅い部分の濁度より小さかった。

2. 底層水の経時調査結果

底層に多項目水質計を固定し、底層水質の経時的な変動を測定した。図8～図13に結果を示す。なお、図中で灰色の網掛けグラフは、Y軸のスケールが他のグラフと異なっていることを表している。

水温の季節変動は、全地点とも、10月19日以降低下していた。ただし、最も水温が高くなったのは、山崎橋が6月であるのに対し、忠治橋、豊生橋では10月であった。これは、山崎橋の水深が浅いのに対し、忠

治橋、豊生橋では比較的深いため、底層の水温への気温の影響が山崎橋では迅速に起こるためと考えられた。また、山崎橋は潮位変動の影響が観察されるのに対し、忠治橋、豊生橋では影響は認められなかった。

塩分においても、水温同様、山崎橋では潮位変動の影響から、潮が満ちてくる時間帯から塩分が上昇するのにに対し、忠治橋、豊生橋では、6月の干潮時間帯を除き日間変動はなかった。

ORP は、山崎橋では塩分濃度と関係があり、潮位変動により塩分濃度が増加すると、ORP は低下して還元的となっていた。ただし、1月のデータは、既に水質が改善されているためか、塩分濃度が増加しても ORP は酸化的のままであった。また、忠治橋、豊生橋では、塩分濃度との関係は認められなかった。

季節変動では、山崎橋、忠治橋では、11月まで ORP が還元的で1月に酸化的となっているのに対し、豊生橋では、10月5日のみ還元的となり他は全て酸化的であった。

溶存酸素に関しては、ORP との相関関係が認められ、層別調査結果と同様に、ORP が酸化的であれば溶存酸素が存在しているが、還元的となっているとほぼ 0 mg/L で貧酸素状態となっていた。

1月の測定結果では、全ての地点で溶存酸素が存在しているが、ORP と同様な傾向で、忠治橋の溶存酸素が他の地点より低い値であった。

濁度は、山崎橋では1月を除き日間変動が認められたが、他の地点では、スパイクピークは認められるものの、通年低値で安定していた。

3. 各態硫黄の測定結果

図 14 に底層水中の硫化物イオンの経時変化および表層水中の粒子状硫黄および硫酸の経時変化を示す。なお、図中で Y 軸スケールの灰色網掛けは、Y 軸スケールのうちの1つが他のグラフと異なっていることを表している。

底層水中の硫化物イオンは、経時測定 of ORP が還元的状態となっていた地点や時期において検出されていた。しかし、ORP 値の変化と硫化物イオンの濃度との間に何らかの関係は認められなかった。

表層水中の粒子状硫黄は、ORP、硫化物イオン、濁度と明確な関係は分からなかった。以前からの課題で、粒子状硫黄が存在すれば、水質の濁度は上がると考えられるが、両者間に関係が認められていない。このことについて原因を考察すると、表層水中の粒子状硫黄を測定していることに原因があるのかもしれない。すなわち、図 15 の硫黄の電位-pH 図⁹⁾によれば、粒子状

硫黄として存在するのは、図中の灰色の網掛け部分のみとなっているため、実際の環境中では、中性付近のやや還元的となっている ORP 領域で生成していることが考えられ、必ずしも河川の表層の酸化的な ORP 環境で生成存在しているわけではないと考えられ、地点ごと、測定時間ごと、測定季節ごとで生成水深は異なっている可能性が考えられる。粒子状硫黄の採水深度については、今後の課題としたい。

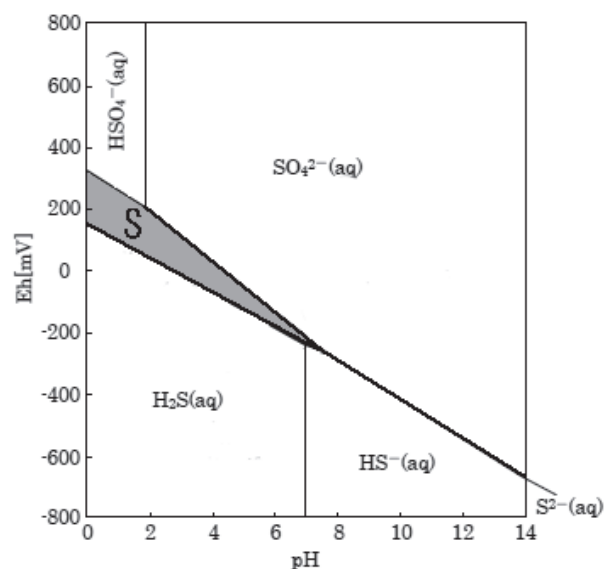


図 15 硫黄の電位-pH 図

4. 現場大気中の硫化水素測定結果

現場大気中の硫化水素ガス調査では、10月19日および1月調査を除き検出された。

最大値は、6月の落差工であり 0.061 ppmv であった。この地点および山崎橋、呼続橋では、10月5日の調査でも検出された。

昨年度の調査結果も考え合わせると、調査地点の上流部（落差工～呼続橋）付近、夏季～秋季にて検出されることが多いようである。なお、これら地点の採気は、干潮から上げ潮の潮汐であった。

表 1 現場大気中の硫化水素測定結果

地点	6月26日	10月5日	10月19日	11月19日	1月17日
落差工	0.061	0.0024	<0.0005	<0.0005	<0.0005
山崎橋	0.050	0.0014	<0.0005	0.044	<0.0005
呼続橋	0.015	0.0024	<0.0005	<0.0005	<0.0005
青峰橋	0.0022	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
忠治橋	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

(ppmv)

まとめ

2017年度までの調査において、マウンドの存在により、その上流の底層では流速が非常に小さくなってお

り、大潮以外ではほぼ停滞しているため、その上流部に高塩濃度の貧酸素水塊が形成されやすいことが分かった。あわせて、通年の水質調査結果から、季節変動では、3 地点ともほぼ同時期に貧酸素となり、同時期に解消していることから、忠治橋より下流部にも貧酸素の要因が存在することも示唆された。したがって、2018 年度では、更に下流にある豊生橋を測定地点に加え調査を実施した。

3 地点の夏季、秋季、冬季の層別調査の ORP および溶存酸素測定結果、底層水中の硫化物イオン測定結果から水質の季節変動を考えると、山崎橋と忠治橋は、夏季、秋季とも水質は悪化し、冬季において改善されているのに対し、豊生橋では、秋季の 10 月 5 日のみ水質は悪化しているが他は改善されている。したがって、豊生橋での水質悪化の要因は、既報⁵⁾の東築地橋の結果でも認められたように、10 月初旬の名古屋港の水質悪化が影響していると考えられる。また、逆に、上流部からの影響は少ないと考えられる。一方で、忠治橋においては、冬季を除いて水質が悪化しており、その影響はその上流部の山崎橋、既報⁵⁾の青峰橋でも同様であること、また層別調査で特に上げ潮時に水質が悪化していることから、忠治橋と豊生橋の間に水質悪化要因が存在していると考えられる。

以上より、山崎川の中流～下流部で認められる悪臭や青潮の原因となる水質の悪化要因として、名古屋港の海水が遡上する範囲において、秋季に起こる成層の解消を伴う水の循環、豊生橋と忠治橋間の底質環境、河床のマウンド（3K500 付近）による水の入替わりの阻害などが影響していると考えられる。

これら要因が絡み合って、特に、山崎橋～青峰橋で通年の青潮現象につながっていると考えられる。

また、川面からの硫化水素の測定結果は、不検出が多く明確な結論に至っていないものの、検出されたのは落差工～青峰橋の間であることや、調査日毎の最大値は落差工であること、夏季～秋季で検出されることが多いことが分かっている。

悪臭に関しては、その供給源が河川水中の硫化物イオンであるため、山崎川中流部の高塩分濃度の貧酸素水塊の影響であることは明らかである。

その前提で、更に、落差工にて検出事例が多いことから、上流から流れてくる淡水の pH の影響や、落差工を下る際の攪拌効果、水深が浅く底層水が表層に表れやすい等の因子が考えられるが、今後のデータの蓄積により明らかとなってくことを期待したい。

文 献

- 1) 山守英朋，岡村祐里子，森 健次，中島寛則，平生進吾，加藤顕成，熊崎文菜：河川感潮域における青潮および悪臭発生原因調査（第 3 報），名古屋市環境科学調査センター年報，9，印刷中
- 2) 気象庁：過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 気象庁：潮汐観測資料検索
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/genbo/index.php>
- 4) 山守英朋，岡村祐里子，中島寛則，平生進吾，鷺崎巳和，熊崎文菜：河川感潮域における青潮および悪臭発生原因調査，名古屋市環境科学調査センター年報，8，17-22（2019）
- 5) 山守英朋，岡村祐里子，中島寛則，平生進吾，鷺崎巳和，熊崎文菜：河川感潮域における青潮および悪臭発生原因調査（第 2 報），名古屋市環境科学調査センター年報，8，23-40（2019）
- 6) 三浦 心，堀田哲夫，根岸 均，鶴田泰士：都市河川汽水域における青潮の発生機構に関する調査と解析，水工学論文集，53，1453-1458（2009）

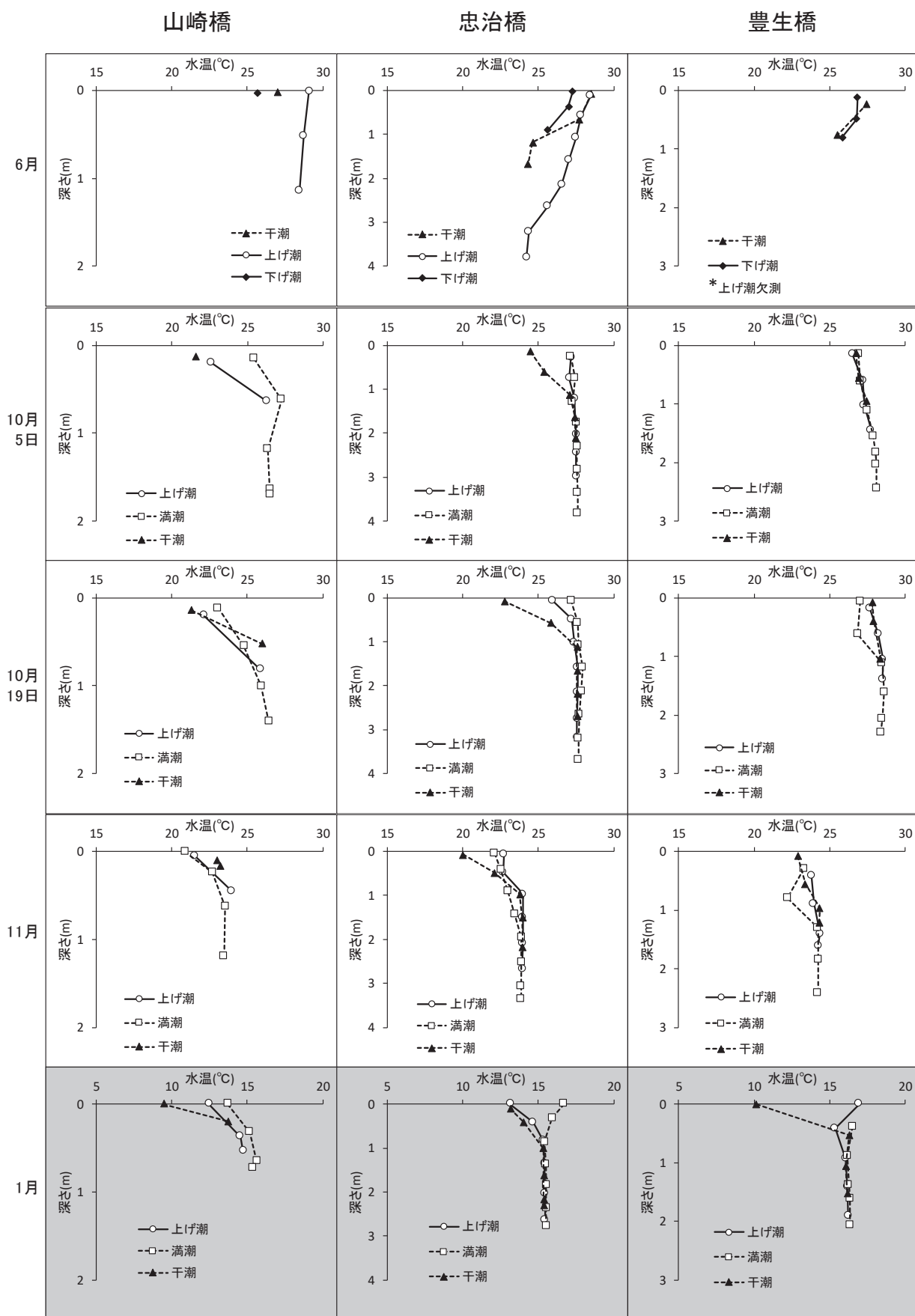


図 2 層別水温測定結果

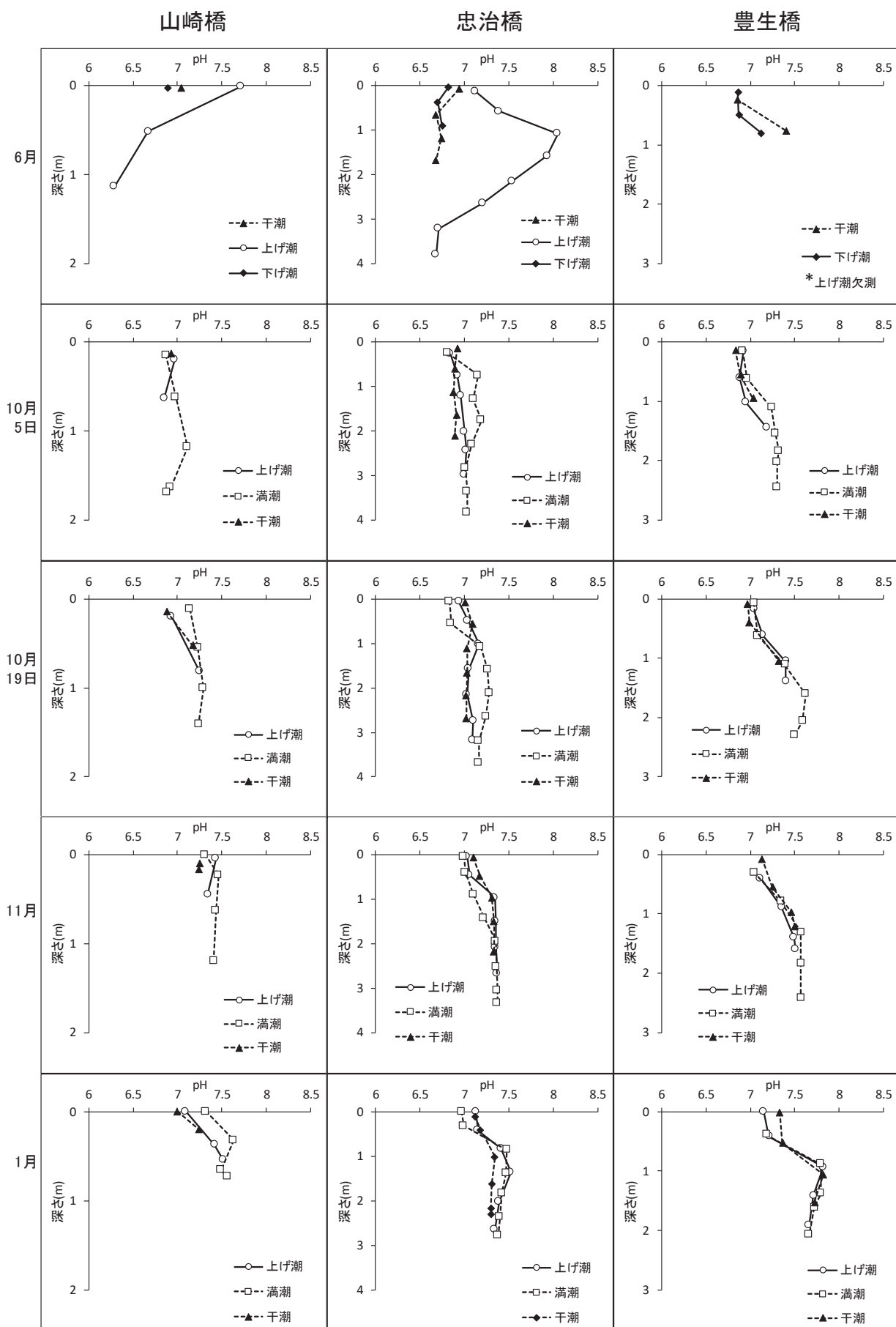


図3 層別 pH 測定結果

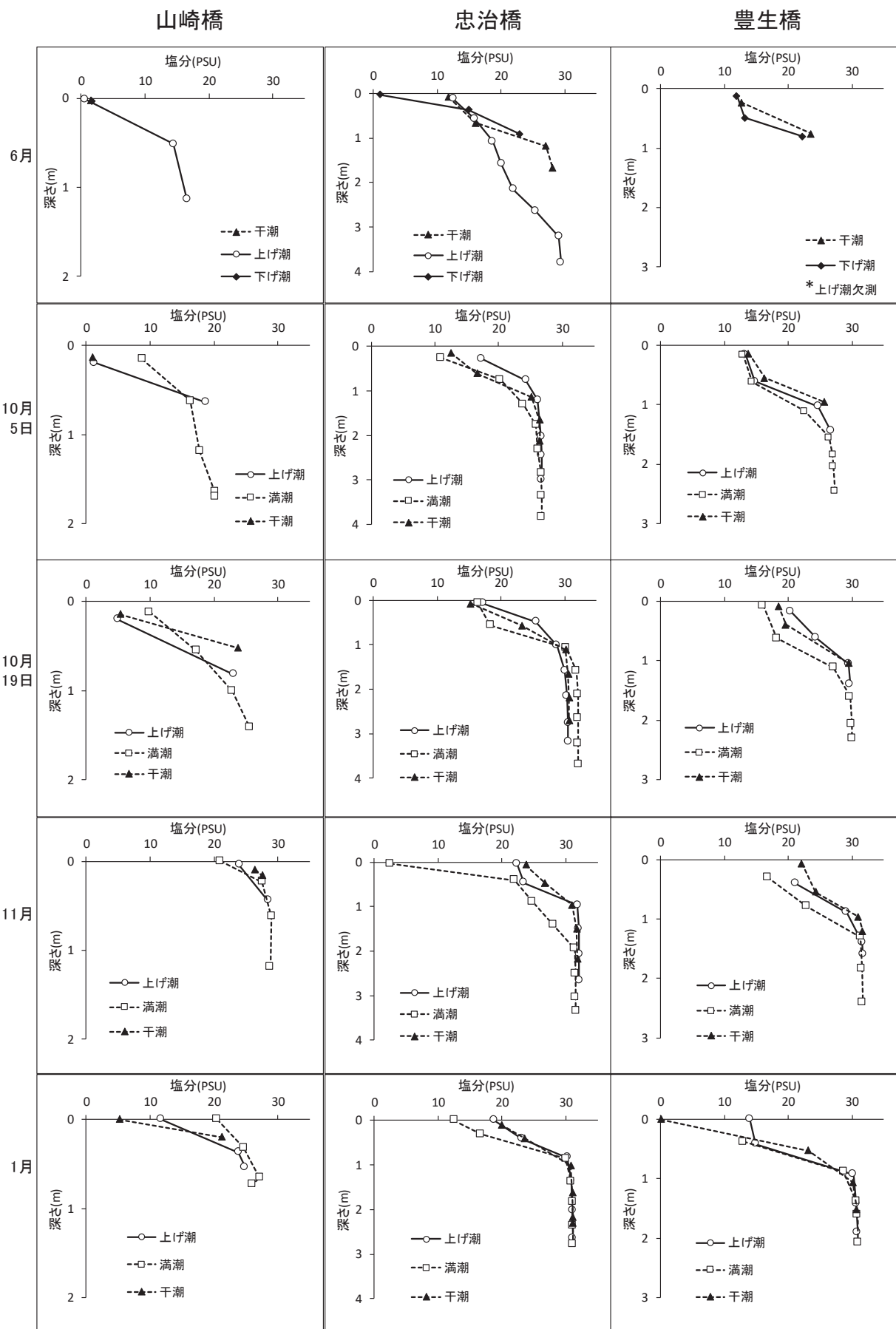


図 4 層別塩分測定結果

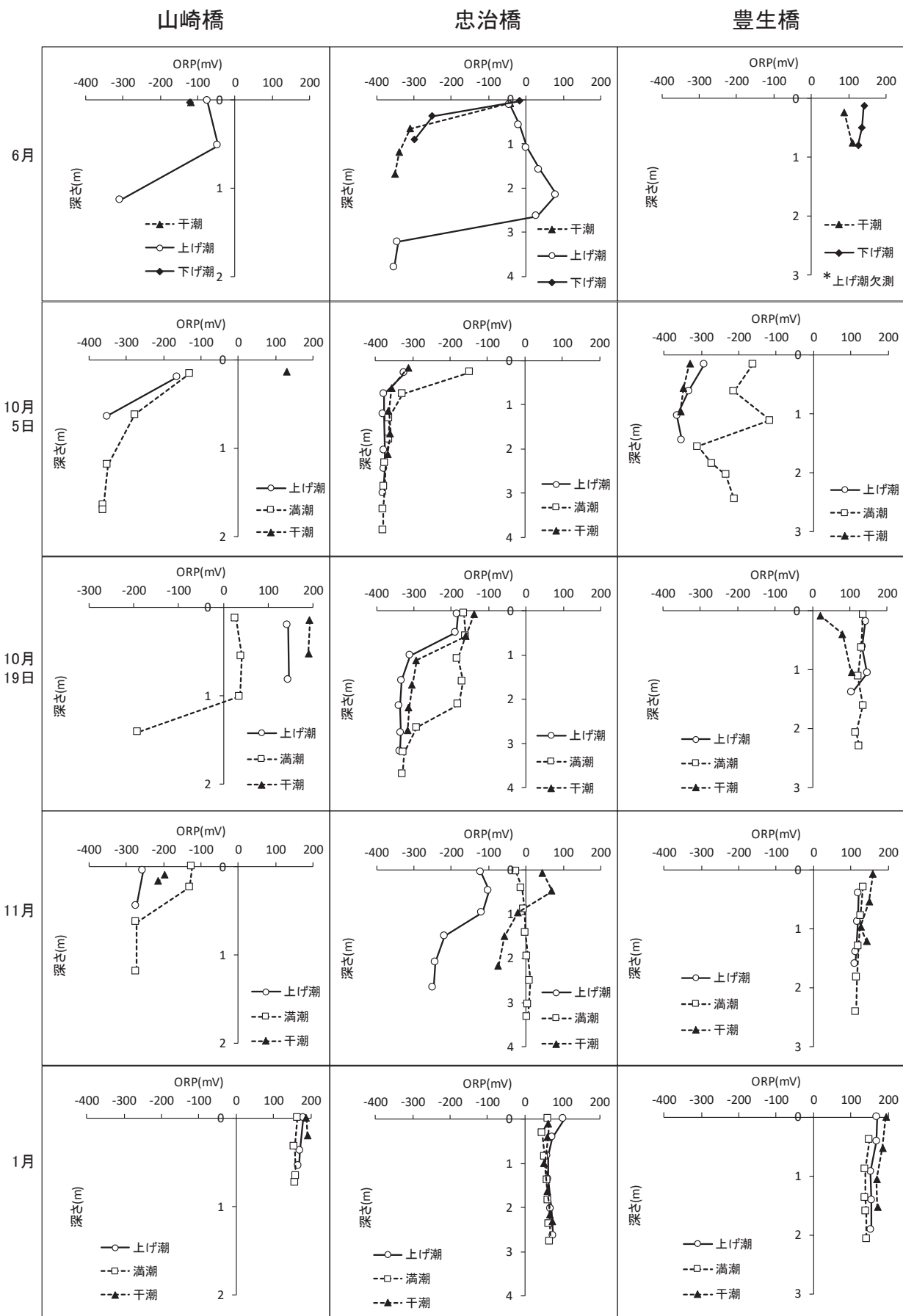


図5 層別 ORP 測定結果

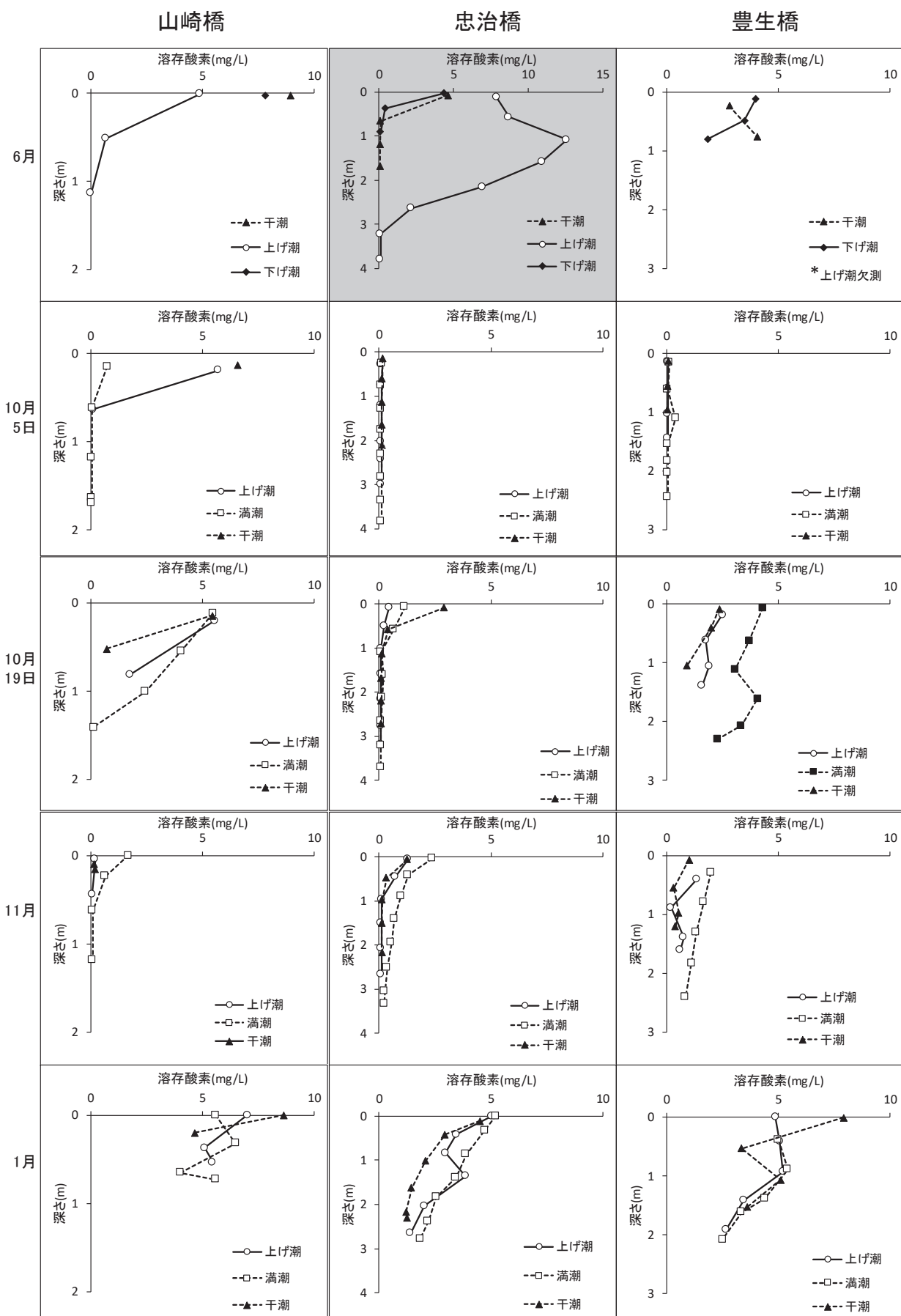


図6 層別溶存酸素測定結果

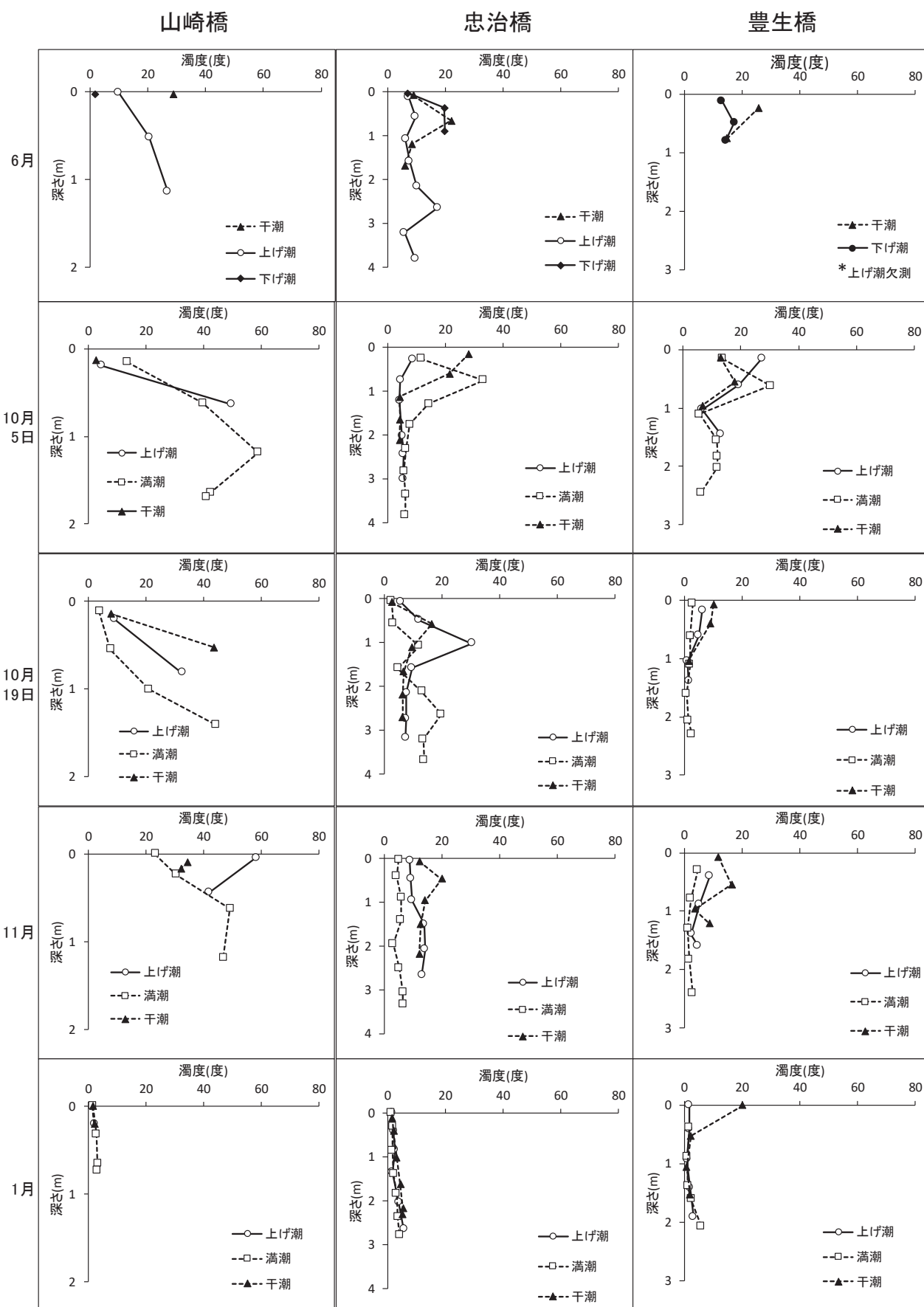


図7 層別濁度測定結果

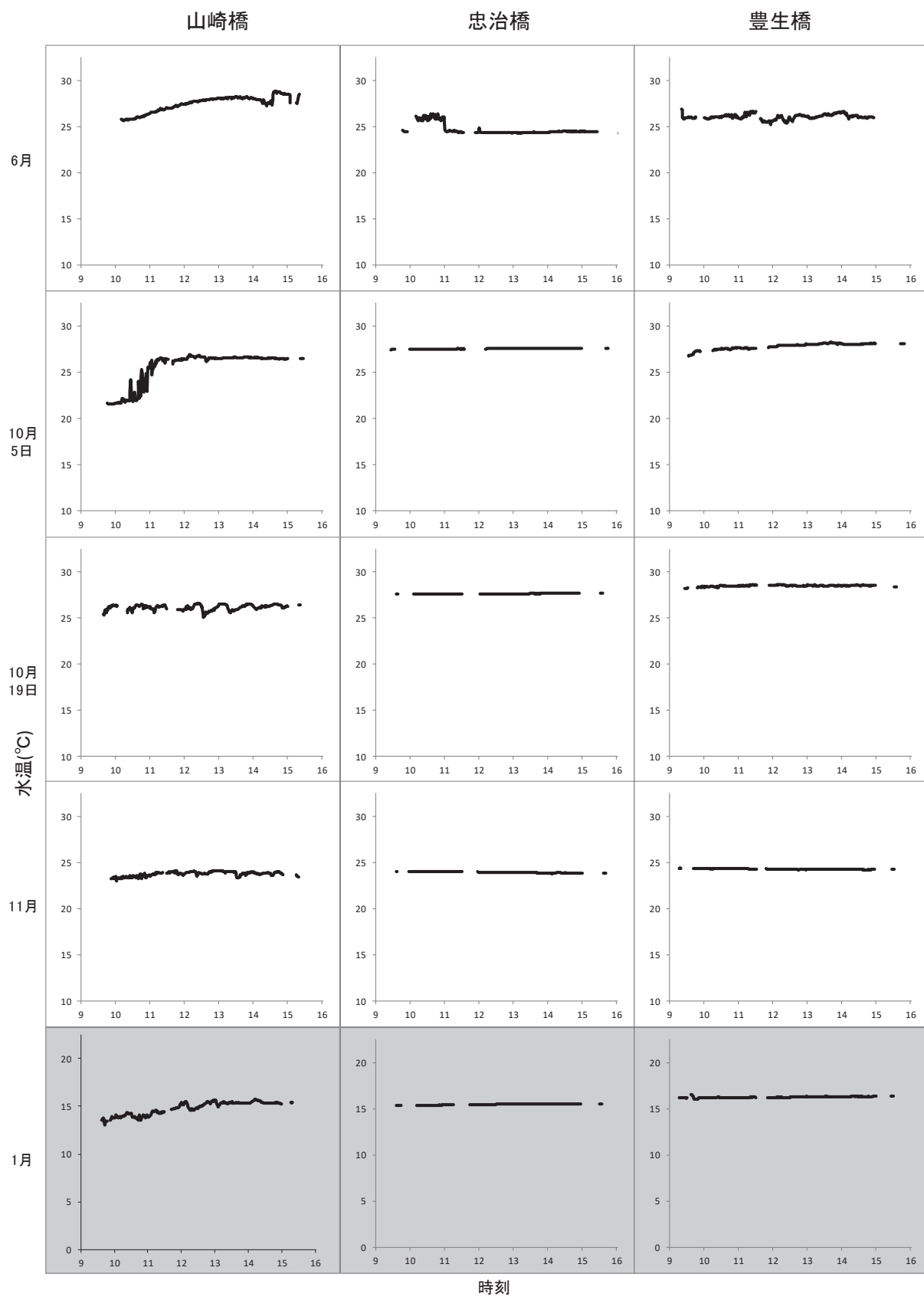


図 8 底層水温経時測定結果

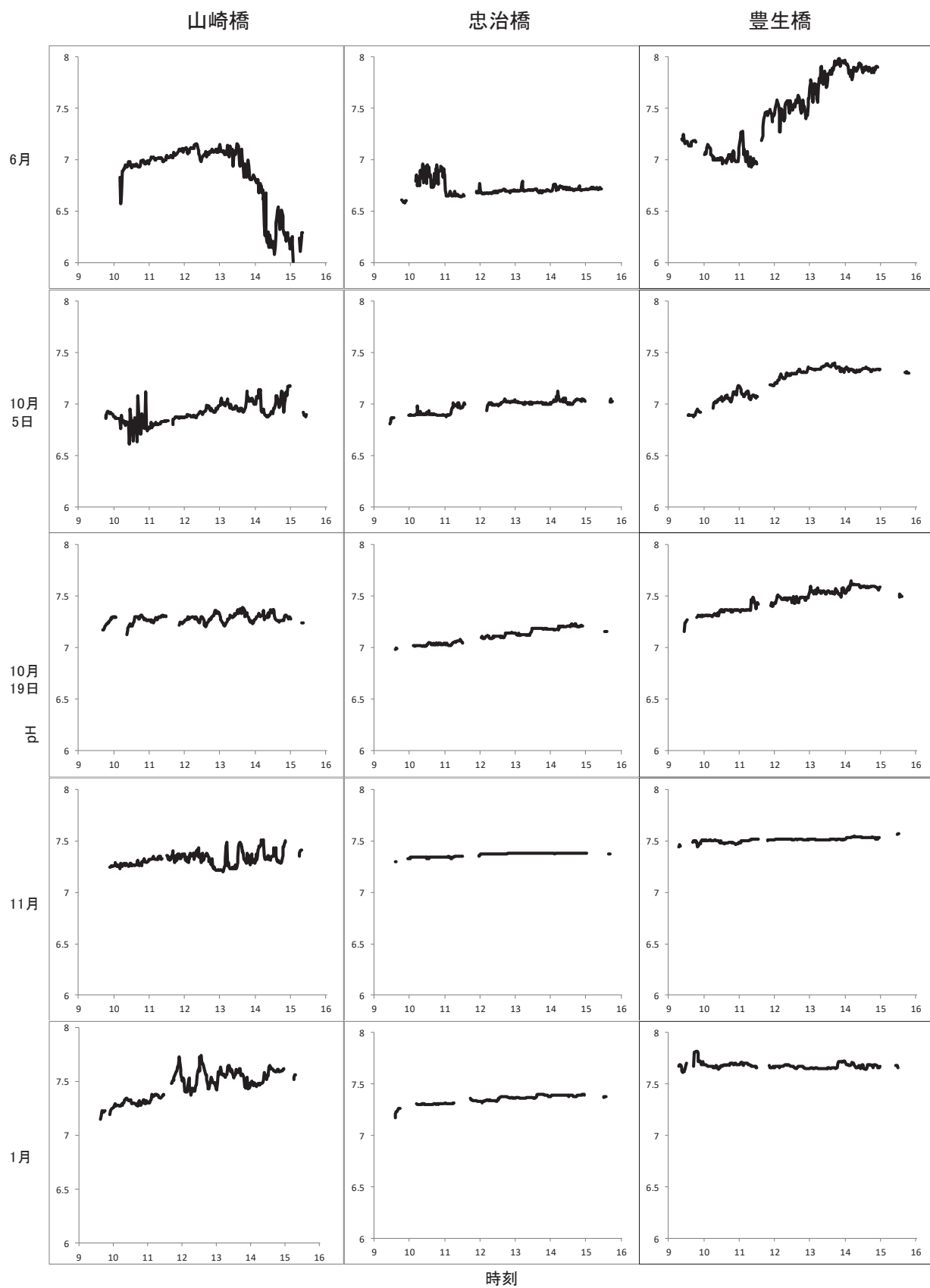


図9 底層 pH 経時測定結果

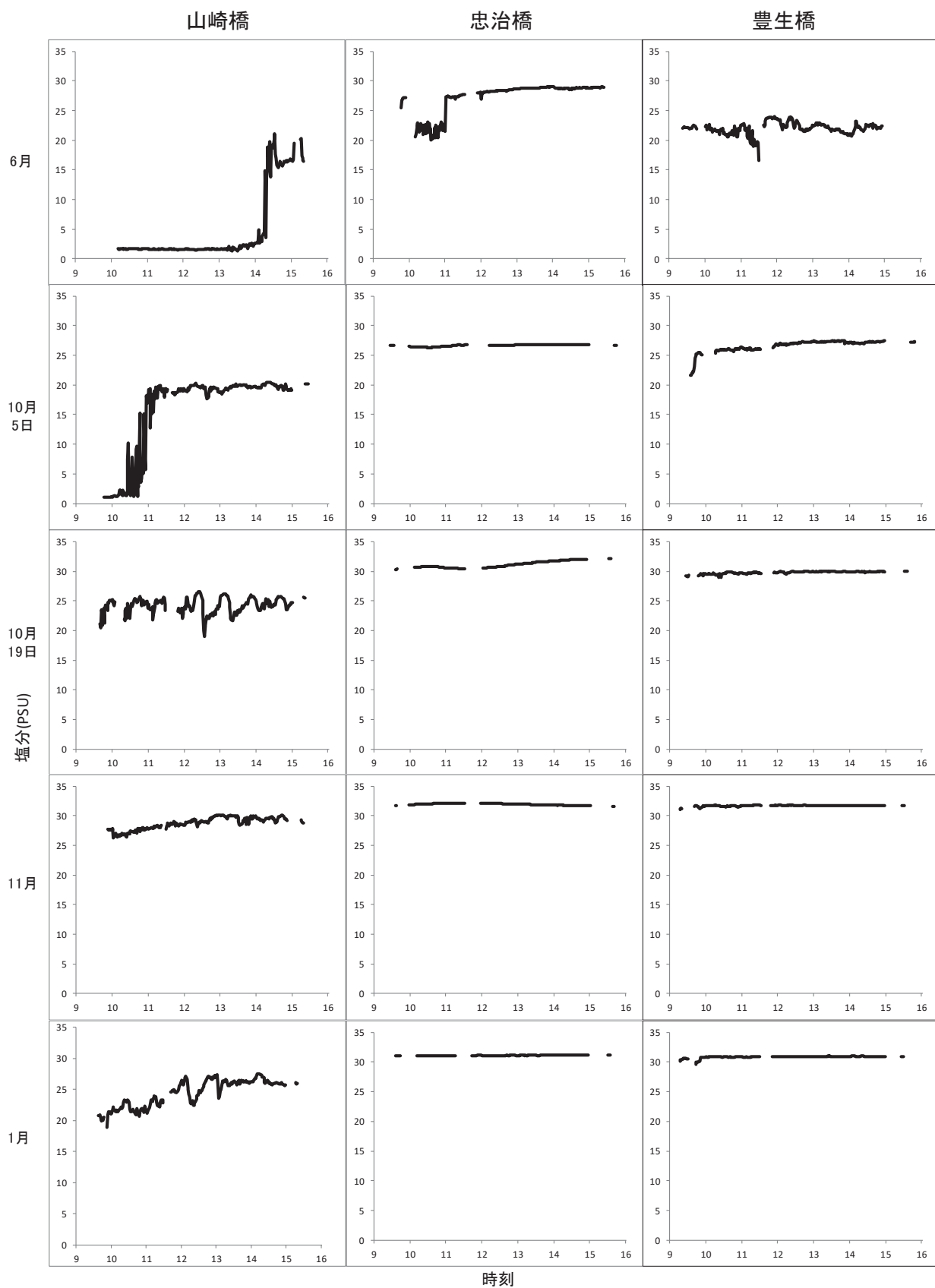


図 10 底層塩分経時測定結果

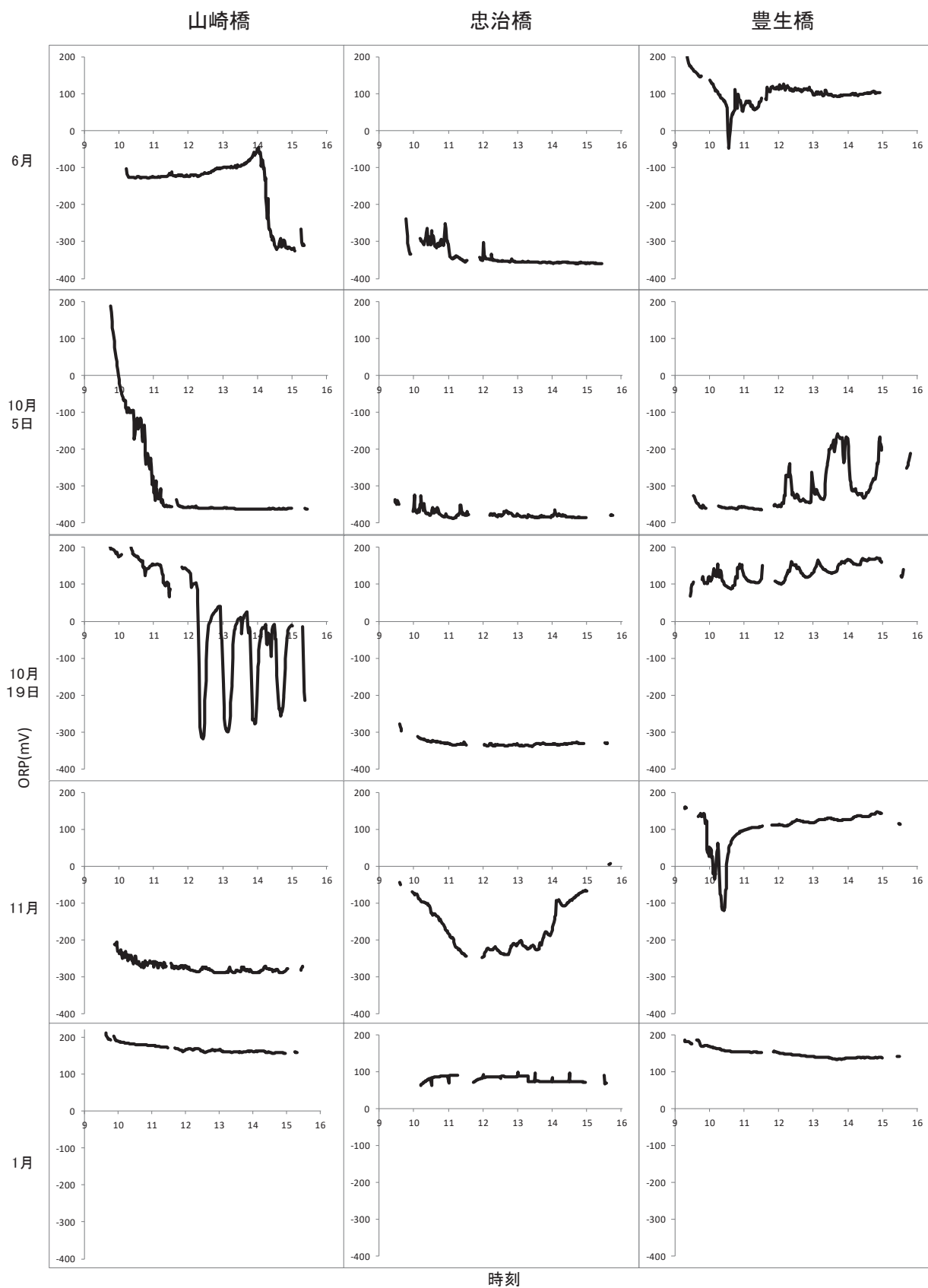


図 11 底層 ORP 経時測定結果

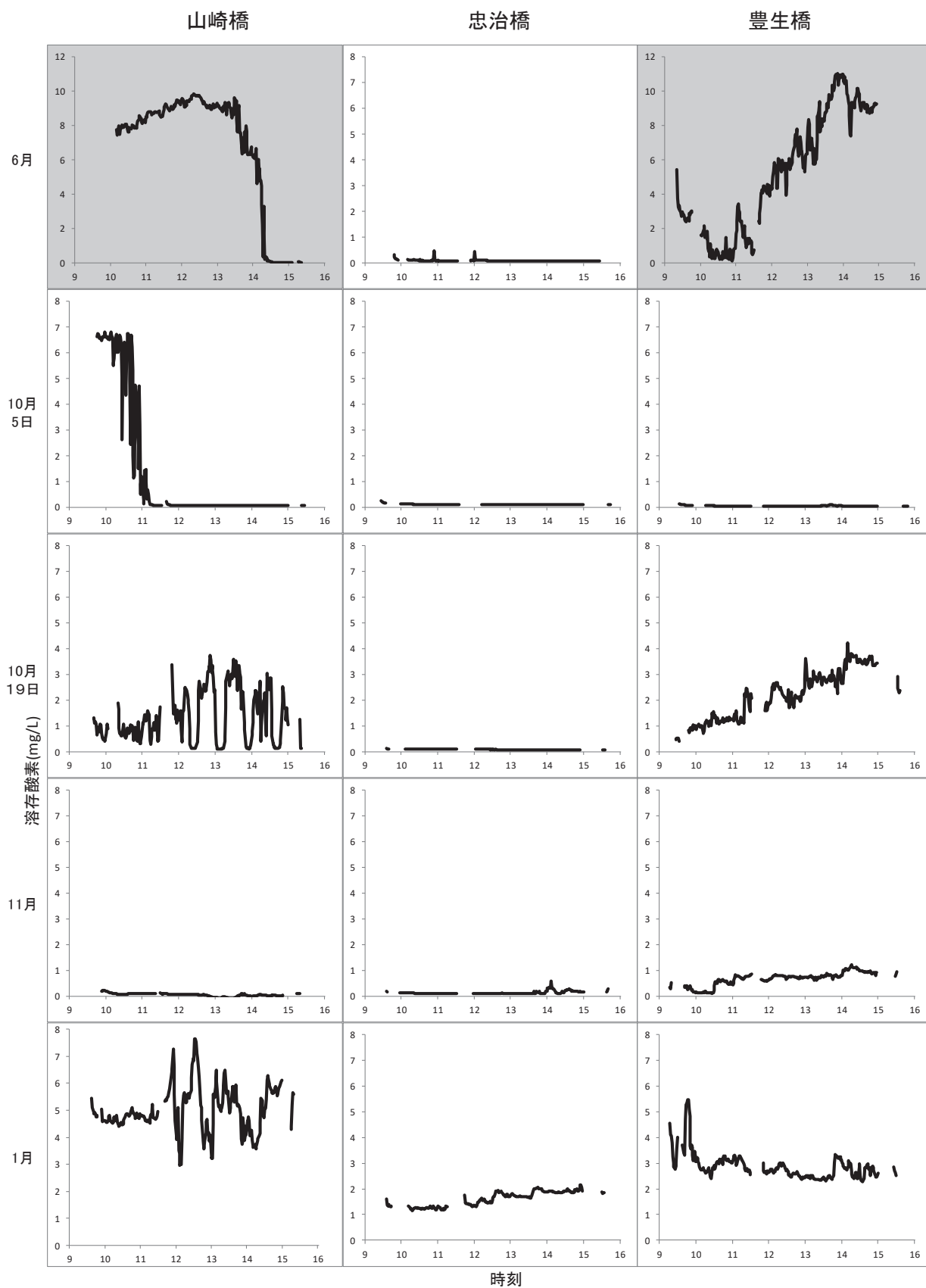


図 12 底層溶存酸素経時測定結果

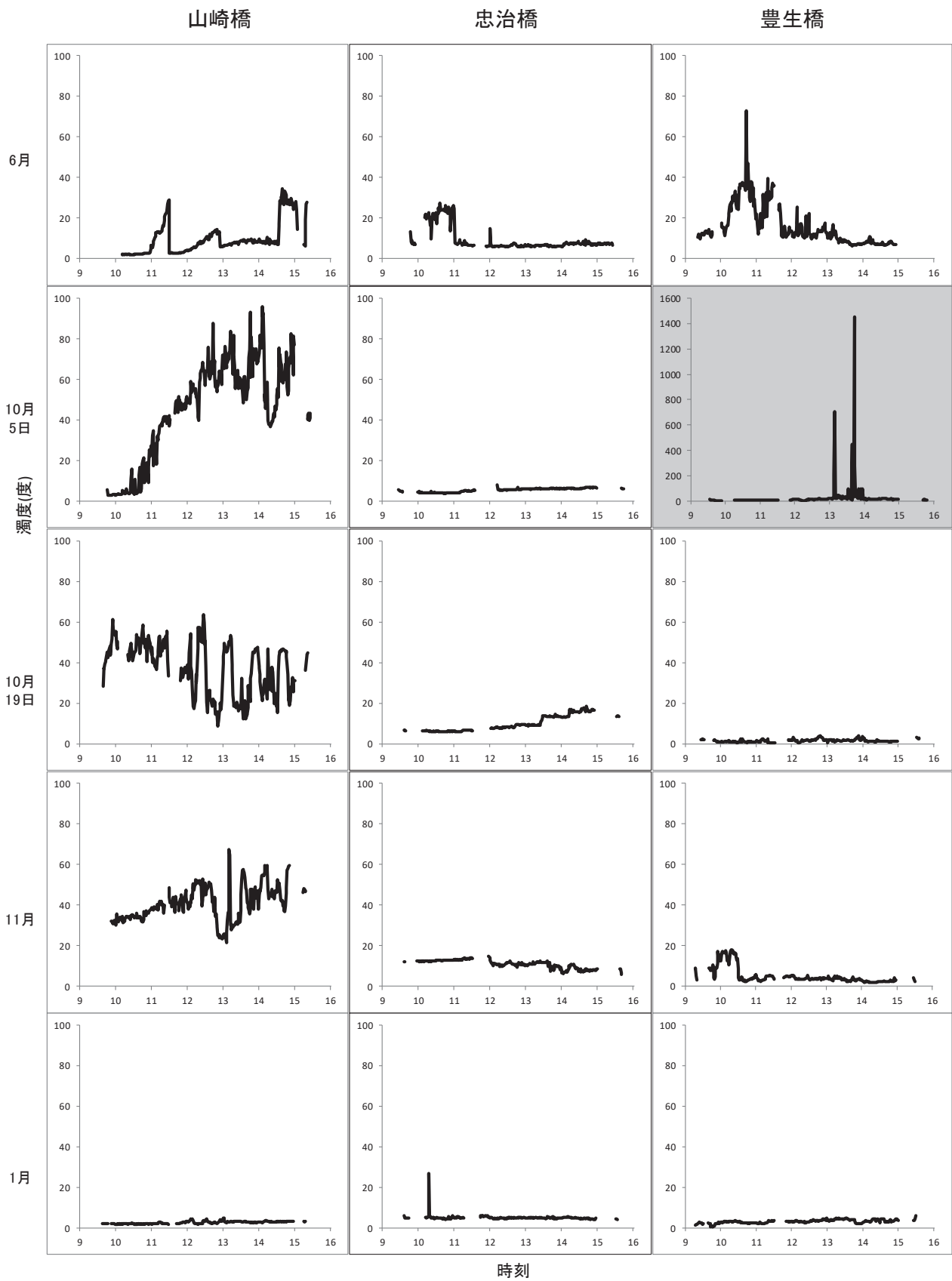


図 13 底層濁度経時測定結果

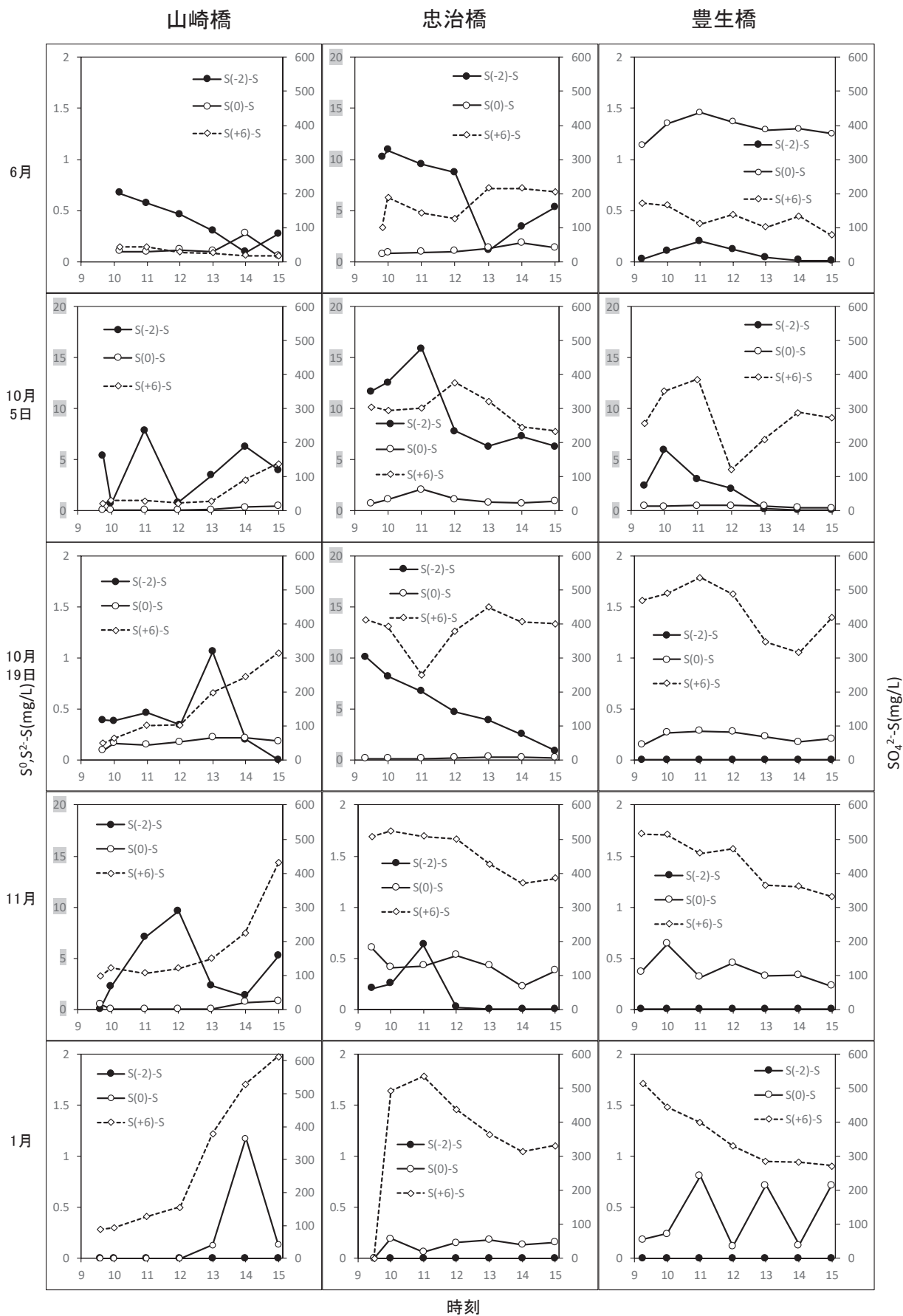


図 14 硫化物イオン・粒子状硫黄・硫酸態硫黄経時測定結果