

2 実施内容

2.1 業務の基本方針

業務の基本方針を図 2.1に示す。本業務では、諏訪湖貧酸素水塊モデルを構築し、2017 年、2018 年に測定された連続測定結果や全域測定（21 地点観測）結果を中心に複数年にわたる諏訪湖の貧酸素水塊の発生と挙動について再現し、その結果を諏訪湖の貧酸素水塊の発生及び拡大に関する要因の抽出に活用する。

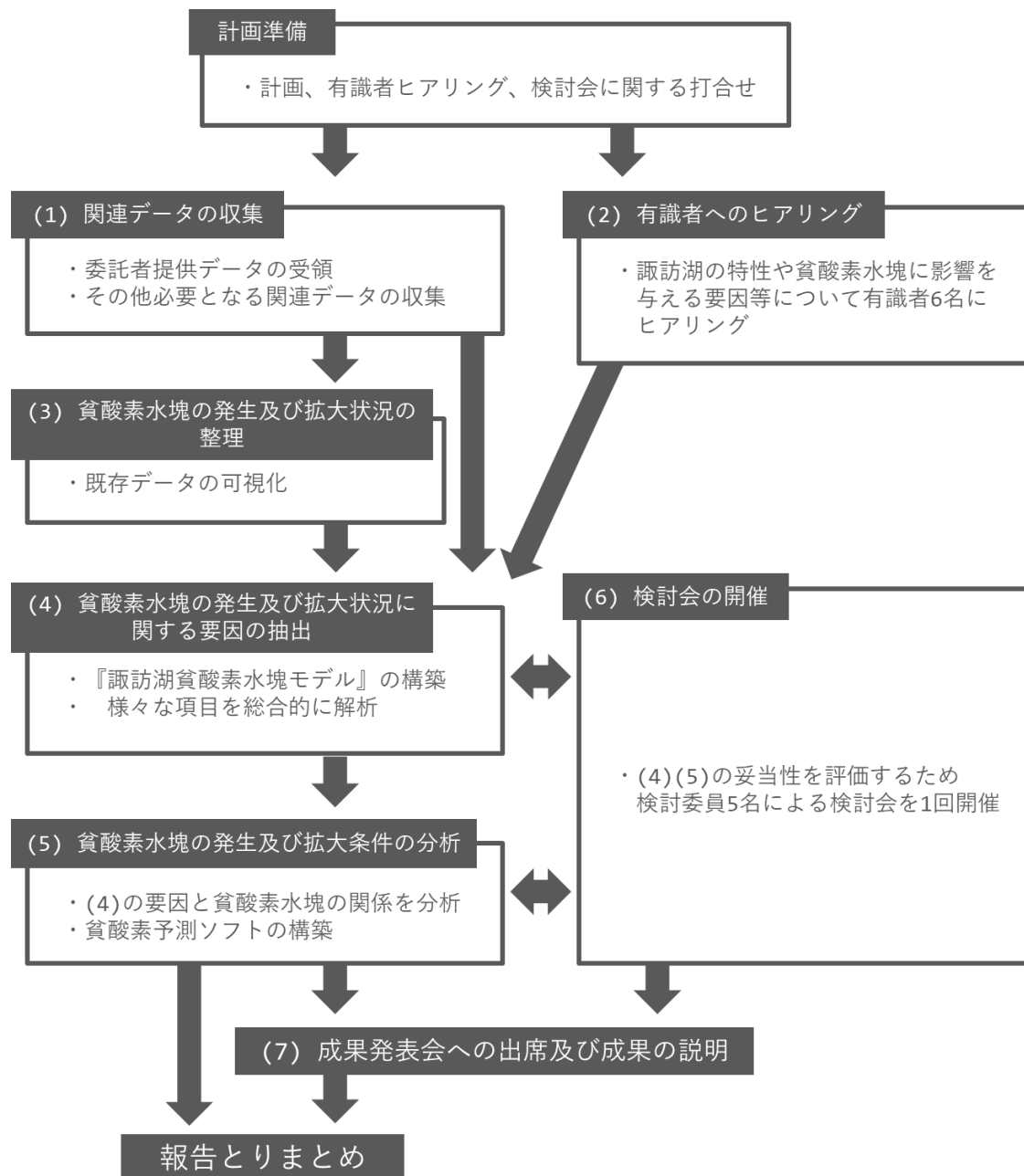


図 2.1 業務の基本方針

2.2 関連データの収集

諏訪湖における貧酸素水塊の発生及び拡大条件を明らかにするために必要なデータについては、大きく以下の三つに分けて収集・整理した。

- ・ 湖内の貧酸素の状況を示すデータ（状態指標）
- ・ 貧酸素水塊の発生及び拡大に寄与していると考えられるデータ（制御指標）
- ・ 諏訪湖貧酸素水塊モデルを構築するために必要なデータ

2017年、2018年に長野県が測定した各種データ（図 2.2）には、上記の三つのデータがそれぞれ含まれているため、委託者より提供を受けた。

これ以外のデータとしては、以下のデータを収集・整理した。

- ・ 信州大学の保有する測定データ（湖心における連続測定データ、定点測定データ、文献等）
- ・ 下水道放流量・放流水質データ
- ・ 釜口水門管理日報（釜口水門からの流出量算定）
- ・ 気象データ（アメダスデータ（諏訪、松本）、気象台データ（長野））
- ・ 2016年以前の湖内水質データ（公共用水域水質調査結果）
- ・ ヒシ分布状況調査結果等測定結果（公表情報）

これらのデータの測定期間等について参考資料にとりまとめた。

県が平成 29 年度及び平成 30 年度に測定した諏訪湖に関するデータ一覧

- 1 水質等
 - (1) 水質常時監視結果
 - (2) 溶存酸素量等連続測定結果
 - (3) 溶存酸素量等全域測定結果
- 2 プラクトン調査
 - (1) 動物プラクトン調査結果
 - (2) 植物プラクトン調査結果
- 3 ヒシ刈り場所のモニタリング【平成 30 年度のみ】
 - (1) 水質調査結果
- 4 ヒシ種子除去場所のモニタリング【平成 29 年度のみ】
 - (1) 埋土ヒシ種子量調査
 - (2) 溶存酸素量等連続測定結果
 - (3) 底生生物定性調査
 - (4) 水生植物調査
- 5 覆砂場所のモニタリング
 - (1) 水質調査結果
 - (2) 底質調査結果
 - (3) 生簀シジミ調査
 - (4) 淡水シジミ調査
 - (5) 底生生物定性調査
- 6 動植物に関する調査
 - (1) 水生植物分布調査（ヒシ等の繁茂状況を含む）
 - (2) 衛星画像データによる湖畔植生の把握結果【平成 30 年度のみ】
 - (3) ワカサギ資源量調査
- 7 流入河川に関する調査
 - (1) 水質常時監視結果 ※1（1）を含む
 - (2) 流入河川水量調査結果【平成 30 年度のみ】
 - (3) 宮川に係る流域汚濁負荷実態調査結果
- 8 流出河川（天竜川）に関する調査
 - (1) 水質常時監視結果 ※1（1）を含む
- 9 その他
 - (1) 諏訪湖の湖底調査結果【平成 30 年度のみ】

図 2.2 県が測定したデータ一覧

2.3 有識者へのヒアリング

諏訪湖の特性や貧酸素水塊に影響を与える要因等について事前に意見を聞くために、県関係機関の職員並びに諏訪湖の水環境又は湖沼の貧酸素水塊の動態等に詳しい有識者等として委託者が指定した者にヒアリングを各1回程度行った。

ヒアリングを行った有識者およびヒアリング結果は表 2.1および図 2.3に示すとおりである。

表 2.1 ヒアリングを行った有識者

氏名	所属等	所在地	ヒアリング目的
沖野 外輝夫	諏訪湖創生ビジョン推進会議 会員	長野県諏訪市	諏訪湖の環境全般について
本間 健	長野県環境保全研究所 水・土壌環境部 部長	長野県長野市	諏訪湖の環境全般について
豊田 政史	信州大学工学部水環境・土木工学科 准教授	長野県長野市	諏訪湖を対象とした要因解析について
武居 薫	諏訪湖漁業協同組合 組合員	長野県諏訪市	諏訪湖の変化や貧酸素の発生・拡大要因について
長濱 祐美	茨城県霞ヶ浦環境科学センター 技師（任期付研究員）	茨城県土浦市	湖沼を対象とした予測手法について
傳田 正利	国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター 水災害研究グループ 主任研究員	茨城県つくば市	条件分析の科学的な妥当性について

日時 : 2019年9月06日 13:00~14:30

場所 : 信州大学諏訪臨湖実験所会議室

参加者 : (信州大) 沖野名誉教授

(いであ) 畑、小山

内容 : 業務計画書の内容を説明し、以下の内容について質疑応答した。

検討会について

- 検討会では、AIの解析結果に対して専門家が居ないので善し悪しの判断ができない。ディスカッション形式にした方が良いのではないか。
- 優秀な速記者に全て記録してもらって、出現単語の整理をして、みんな何を求めているかを整理する等。単語で記録してもらえようような優秀な速記者。
- 自由討論にしても良いかと、委員長としては考えている。
- あるテーマに対して、自由討論してもらおう。
- 予測ができたとして何に使えるか、何を期待するから、どういう予測をしてほしいか。
- 建設的な検討会にしたい。いであからも県の方からも立場を離れて、皆から意見をもらえるような検討会にしたい。
- 報告内容は、できるだけ単純明快に。ディスカッションメイン。細かい説明は、事前に説明
- 水産(魚)に詳しい人を入れた方が良いのではないか。保全研究所の北野さんが良いかもしれない。

モデル・アウトプット・成果について

- セイシュ、風で湖面が動く様子を流動モデルで表現した方が良い。
- ヒシには水中葉が四方八方へ伸びている。葉を含めて茎が太いと考えの方が良い。溶けるのか流速が阻害されているのか、はっきりとはわからない。
- 霞ヶ浦や宍道湖とは違う結果が出てくると思う。
- 気象予報があるので、水象予報の基礎データとして、これらの結果を使用する。この手法を他の湖沼へも適用する。
- 底層DOを直接追跡する前に、水温の変化を追跡したほうが結果を出せるのではないか。
- 県は何を期待しているのか。何を作って欲しいのか。
- 傳田先生に足りないデータ等聞いてみればよいかも。傳田先生は現在、川の生産モデルを研究している。

ワカサギについて

- ワカサギの減少要因は貧酸素だが、高水温も関係あるのではないだろうか。ワカサギは低水温域の魚。
- 上層は高温、底層(貧酸素域)は低温に挟まれている状態。
- 28℃とかだと、ワカサギに対しては高い。
→底層DOだけでなく、水温の分布図も作成
- ワカサギの生育条件はどうなっているのだろうか。最適水温等。ユスリカをどれだけ食べているか。要論文チェック
- ユスリカ幼虫は蛹になって浮上する際にはワカサギのエサとなるが、底層に居る時はコイ、フナに食べられている。
- プランクトンも変化している。水質が改善してワムシ類が減っている→ワムシ類を餌としているミジンコ類も減る。発生時期も変化する。
- Pの負荷量、濃度と漁獲量はパラレルに減っている。
- 諏訪湖内はまだ富栄養。

図 2.3(1) ヒアリング結果

- 漁獲量は、ブラックバス・ブルーギルなどの肉食魚を換算しないと、昔と同じようには使えない。例えばブラックバスが1kg居たら、ワカサギ10kgに相当する等。
- さらに漁獲努力が昔と変わっているので、昔の漁獲量と同列には使えない。
- コイは獲っても売れないから、獲らない等。
- 諏訪湖内では、1980年頃までは漁獲量と資源量はパラだった。今は違う。
- ここ3~5年分のブラックバス・ブルーギルの除去量が漁協から出ていたが、全部とは限らない。
- 諏訪湖では、外来魚ということで、除去の対象。
- 除去量は、漁業組合の統計の中に入っているかもしれない。

対策としての水位変動について

- 管理規定（759m±0.5m）によって、水位変動は難しい。
- 水位を減らすのは簡単かもしれないが、増やすのは難しい。

貧酸素について

- 貧酸素は、湖としては夏場に起こる現象。
- 底質の有機物含有量は一年分が沈降しているものが影響している。
- 県の検討会資料で公開されているかもしれない→底泥の酸素吸収量について。工法検討委員会の資料（諏訪建設事務所）
- 底泥の酸素消費は約0.6~1.0mg/m²/日。
- 底質の有機物含量は秋に増え春に減る（季節変化する）。宮原先生がデータを持っている。

諏訪湖について

- 生態系がどう変わっているか。大雑把に言うと、単純化している。ちょっとの影響で、生態系全体への波及効果が大きい。
- 単純化、生態系の真ん中が単純化している。植物~動物プランクトン。理由は水質等に一番影響を受けやすいからではないだろうか。ワムシ類、ミジンコ、甲殻類は植物食もあれば動物食もある。ここが単純から複雑化すれば、元に戻るのではないだろうか。
- アオコが最盛期の頃、春先に水が入ると同時に汚水が入り、バクテリアが増えエサも増える。ワカサギの成長と餌の関係が良く同調していた。
- 雪解け水の影響、昔と変わっていることはないと思う。雪の量は変わっている。
- 何でも複雑なものを単純化するのは簡単、逆が難しい。
- 底泥に関して、環境省から浚渫の効果を評価するよう求められた。結論は±0。3年で元に戻る。10年かけて全域を浚渫する間に、元に戻る場所が出てきてしまう。
- 生産量を下げると良い。既に下がっている。
- 有機物を分解するベントスは、ユスリカの幼虫。
- ヒシからクロモに変わっても、クロモはオールに引っかかって困る。
- 栄養分が変化しない限り、ヒシ・クロモの発生量は変わらないはず。
- 諏訪湖の環境は観光客によって変わる。諏訪湖に対して地元の住民が何を求めるか、観光客が何を求めるか。
- 地下水の流入と矢板の関係を調査するのであれば、流入地下水が多かった豊田地区で調査する方が良かったのではないか。

以上

図 2.3(2) ヒアリング結果

日時 : 2019年8月28日 13:00~15:00

場所 : 長野県環境保全研究所 水・土壌環境部

参加者 : (保全研) 本間部長、小澤研究員、宮澤研究員
(いであ) 畑、工藤

内容 : 業務計画書の内容を説明し、以下の内容について質疑応答した。

- ・今年、初夏～夏の懸濁物（植物プランクトン）が例年に比べて少ない。特に、上諏訪のほうで透明度がかなり高い。また、貧酸素水塊のボリュームが小さいようである。
 - 例年と比べて今年の春～夏の気象場が少し違うのかもしれない。植物プランクトンが少なく、貧酸素の程度も軽いということなので、平年に比べて降雨が多く、日照時間が少ないなどの相違があるかもしれない。
 - 霞ヶ浦の場合、透明度が良くなった翌年にアオコ（ミクロキスティス）が大発生ということがあった。透明度が上がったのはゾウミジンコなどの動物プランクトンが大増殖し、植物プランクトンを食べつくしたためと言われている。諏訪湖と霞ヶ浦では水質が違うので、同じことが諏訪湖で起きるとは限らないが、念のため留意しておいてください。
- ・諏訪湖のデータとしては、水試報告のほか、松本保健福祉事務所検査課も取りまとめているので、収集してはいかがか。松本保健福祉事務所検査課は水質連続観測や透明度、植プラ等の分析を行っており、諏訪湖創生ビジョンの会議で資料を整理していたように思う。
 - 松本保健福祉事務所検査課は想定していなかったもので、確認してみたい。
- ・最近では、クロモの分布が大きく変わってきた。基本的にはヒシを刈り取った後の場所に繁茂するようである。
- ・そのほか、近年ではユスリカが減ったり、メガネサナエが復活しつつあるなど、諏訪湖の自然環境が変化しつつある状況にあると思われる。

以上

図 2.3(3) ヒアリング結果

日時 : 2019年8月28日 10:00~11:30

場所 : 信州大学工学部

参加者 : (信州大) 豊田准教授
(長野県) 中島係長
(いであ) 畑、工藤

内容 : 業務計画書の内容を説明し、以下の内容について質疑応答した。

- ・流動モデルはどのようなモデルか？
→ いわゆる静水圧・レベルモデルである。
- ・鉛直混合はどのように取り扱っているか？
→ 乱流モデルが実装されている。本モデルの場合、Mellor and Yamada のレベル2.5 乱流モデルを使用している。
- ・熱収支はどのようにしているか？
→ なるべく直近の気象観測データを用いる。気温、湿度、風向風速は諏訪のデータがあるが、全天日射量は松本、雲量は長野のデータになる。
→ 毎時の熱収支については、諏訪湖直近の気象データではないため問題があるが、1週間~月単位の、少し長いスパンの平均的な熱収支として考えれば問題ないと考えている。本モデルは、以前環境省の業務等で諏訪湖を対象に構築したモデルをベースとしており、その時も水温の再現性を検証し、良好な再現性があった。
- ・湖上風としては、諏訪地点と湖心では違うし、実際に観測を行うと湖上風の分布が見られ、それが水平方向の循環流を生じるなど湖流に影響を与えている。ただ、諏訪湖周辺で風向風速を長期間連続的に計測しているのは諏訪地点くらいであるので、シミュレーションに湖上風分布を反映させることは難しい。
- ・AIについて、「次元圧縮」とは？
→ 簡単に言えば主成分分析とクラスター解析を組み合わせたようなものであるが、計算方法は線形ではなく非線形である。
- ・信州大で観測したデータについては、提供は可能である。ただ、現在そのデータを使って論文を作成しているため、データの公開はしないいただきたい。
→ 承知いたしました。モデルの構築時に、参考として使うようにいたします。

以上

図 2.3(4) ヒアリング結果

日時 : 2019年9月6日 9:40~11:30

場所 : 諏訪湖漁協

参加者 : (諏訪湖漁協) 武居組合長

(いであ) 畑、小山

内容 : 以下の内容について質疑応答した。

諏訪湖の変化について

- ・ 昔のすすみず¹、昭和40年代~50年代、表層にアオコがでて底層の生産力が落ちる。底層の貧酸素が風で解消する。目立ったのは表層のアオコであって、底層の魚が死ぬことはなかった。網いけすの魚が死んだ。エビが岸に上がってきて、取りやすかった。殺すまではいっていなかった。
- ・ 今の貧酸素に気づいたのは、2006年の「資料」。今までのすすみずとは違っていた。
- ・ 1994年頃、風が吹いても消えない、下の水が重い、貧酸素が発生。水深4mまででていた。
- ・ 昭和40~50年代は2~3日間、風が吹けば解消していた。動いた先にだけ影響。
- ・ 最近は大規模になっている。
- ・ 昭和40~50年代と比べて、平成5年頃からプランクトンの出現状況が変わった。
- ・ プランクトンの種類(藍藻の種類) ミクロキスティスが表面に浮くことが多い。他種は、水と一緒に動いているため、表面を覆うことは少ない。
- ・ アオコが減って下の方まで光が届くようになり、底層で珪藻や緑藻が出るようになる。特に珪藻は重くて沈む、枯死・腐敗。すすみずのときはなかった。循環期には珪藻も出ていた。
- ・ プランクトンの変化があったのは、矢板・湧水が減少したのが影響。魚探で見えていた。
- ・ 底層の水が動かなくなっている。
- ・ 下水処理場ができてから、川の水量が減っている。諏訪湖は放流水の影響が高い。川の水量が減っていて、逆流している。上流まで水温が高くなっている。
- ・ 下水処理水由来の原生動物の比率が上がっている。
- ・ 滞留時間は、昔に比べて長くなっている。河川改修で川幅が広がり流速が低下、川から押し出す流れが弱くなっているため。
- ・ 川の流量が明らかになっていない。調査するとは言っているがデータとしてでてこない。
- ・ 宮川流域では、昔から井戸水にNPが多いことが知られている。特にPが多い。原村から来ている。井戸水を上げると、アオコ・緑藻がでる。最近はNの方が多いかもしれない。
- ・ 以前は、雨が降るとアオコが増えると言われていた。最近は違う。Pが入り込んでいないためだと考えられる。
- ・ 藍藻の発生ピークは、平成6,7年頃から8月から9月へずれてきている。
- ・ 漁獲量が減ってきているのは、昔は貝(シジミ、ドブ貝)が多かったからかもしれない。
- ・ 昭和40年代ワカサギ400トン→今10数トン。
- ・ ワカサギ、鳥による食害で漁獲量が落ち込んでいた。ワカサギは卵を放流すれば1年で戻る。
- ・ ワカサギは普段、中層に居るため、生息場所の環境に影響しにくい。コイ・フナは環境に影響する。
- ・ 大漁斃死の時には、コイ・フナがたくさん死んだ。産卵場所・生息場所がなくなってしまった。植物にも影響していたはず。
- ・ 平成頭~5,6年、エビモが今のヒシが居る場所全てを占めていた。それ以前はクロモなどが生えていた。

図 2.3(5) ヒアリング結果

¹ * 「すすみず現象」とは、水草やプランクトンが枯死し、堆積した底泥が波により舞い上げられ、水中の酸素を消費し、低酸素塊が生じる現象で、魚類等に被害を与えること。(長野県HPの資料より)

- ・ 昔、湖岸帯には、何かしら沈水植物が生えていた。今は浮葉植物。
- ・ クロモやヤナギモはシードバンクとしてまだ残っている。
- ・ 川からヒシの種が下りてくる。
- ・ 昔は湖底を引っ掻く漁業（押し網等）があった。
- ・ ワカサギ用の釣りで使用する鉛の重り・針が問題になっていた。これを回収するために、釣り船業者が湖底を引っ掻き回していた。
- ・ 今は漁業も釣り船業者も、何もしていない。平成5, 6年には漁業では回収をやめていた。平成10年には誰もしていなかった。
- ・ 平成5, 6年頃は矢板ができて数十年後、湧水が減少したと思われる。
- ・ エビモが平成5, 6年頃に縮小していった。ヒシはまだ入り込んでいなかった。
- ・ 平成15年頃からヒシが入り始めた。
- ・ ワカサギは魚探でも、貧酸素を避けて貧酸素の上に居る様子が見られた。筋になって見える。孵化して浮いてきたユスリカを食べる。
- ・ 夏にアオコ大量発生で餌のミジンコが減る。減ると、ワカサギはベントス（ユスリカ）を食べる。
- ・ オオユスリカが減っているが、魚も減っている。
- ・ 春・夏はワムシやミジンコ、秋はユスリカを食べる。
- ・ ミジンコが出てくれば、ワカサギが秋になって食べられる大きさまで育つ。
- ・ 諏訪湖では貧栄養という意識はない。
- ・ 水草や小動物も餌にしているため、ミジンコが少ないときは近くでワカサギが獲れた。
- ・ ワムシが出る期間が長くなった。
- ・ エビモの減少とユスリカの減少の時期がだいたい同じ。東大の山室先生が指摘しているようにネオニコチノイドが関係しているかもしれない。
- ・ エビモにはエビ・ハゼが住んでいるため、刈ることはない。
- ・ 平成元年までスジエビ（エビモ関係あり）だったが、以降は手長エビ（エビモ関係なし）

貧酸素について

- ・ 貧酸素の発生時期が早くなってきている。5月くらいから発生している。
- ・ 温暖化で、表面が温かくなっている（32, 33℃）。底層でも高温がでてきている（26~28℃）。
- ・ ゲリラ的に雨が降ると解消、シトシト降ると解消しない。
- ・ 押し出すだけの川の水が入ってこない。
- ・ ワカサギが死んだ理由は、ペリディニウムだと思う。過去に相模湖で事例があった。相模湖でもいろんな魚種が死んでいる。
- ・ 中層にいるワカサギが貧酸素から逃げきれないのが腑に落ちない。
- ・ 貧酸素は、昔のように風だけでは解消しない。水の密度が高い。
- ・ 河川改修で流量配分・流れの向きも変わっている。
- ・ 上川、真っすぐ流れていたのが、西の方へ傾いている。このため、東の水が動かなくなっている。
- ・ 過去の計算条件では、河川流入量が過大である。
- ・ 水試の事業報告の中に月1回観測の湖心のデータがある（今でも測っている、「資料」）。
- ・ 湖心のDOが年々、低酸素になっていて、期間も長くなっている「資料」。
- ・ 水温も表層と底層との温度の差が大きくなっている「資料」。

貧酸素の対策について

- ・ 機械的に水を動かす方法として、ジェットストリームを提案したが、お金がかかるため不採用。
- ・ 水温成層は物理的に壊すしかない。

図 2.3(6) ヒアリング結果

- ・ 曝気、ナノバブルでは広がる範囲が狭い（数メートル）。
- ・ ナノバブルは、電気代（維持経費）の方が高い。
- ・ 下の水を動かす必要があるのではないか。釜口水門から出せないか。
- ・ 水位を下げることは構造的に可能だが、実施したことはない。
- ・ 水位を下げると、川からの流れが変わるはず。
- ・ 県ができるが実施していない。
- ・ 9月からワカサギの投網がある。遊覧船もあるため、水位変動は難しいかもしれない。
- ・ 利益が出ないと、大規模な耕うん等はできない。

貝、ヤマトシジミについて

- ・ 貝への影響を考えるのはまだ早い。貝は底質等を改善した最後に考えるべき。
- ・ 天竜川の山の方、元々居たのはマシジミ（外来種と区別がつかない）。
- ・ 昔は河口の近くで貝を取っていた。または湧水がでていたところ。

鳥の食害

- ・ カワウ、カワアイサが、ワカサギだけでなく他の魚も食べ始めて魚が居なくなった。
- ・ カワウは天竜川で餌を食いつくして、諏訪湖へ来た。
- ・ コイ、フナ、ニゴイを食いつくした。一日 500g くらい食べる。
- ・ カワウはワカサギも食べている。
- ・ カワウは外来種（ブラックバス）を食べてくれる。が、ブラックバスの稚魚を食べていたコイ・フナが減った。ブルーギルが最近増えてきている。

漁業について

- ・ 漁獲主要種はワカサギ、コイ、フナ、ウナギ、エビ（テナガ）
- ・ 広く獲っているのはワカサギ、エビ
- ・ 組合員は約 620 人、年々減少している、今年には 600 切るのではないか。
- ・ 兼業のみで専業はいない。
- ・ コイ・フナは夏と冬に獲っている。
- ・ ワカサギは今は禁漁。
- ・ エビは 6 月のみ解禁。
- ・ ウナギは、天然ものは獲りにくくなっている。
- ・ 諏訪湖産のウナギを倍の値段にしても売れた。1 人前 4000 円。
- ・ ワカサギは短時間で量が獲れる。1 k g 獲れる
- ・ 遊漁は、釣り業者の 3 分の 1、ワカサギ漁は多くて 20 人。
- ・ 釣り船 5, 6 件中、半分が漁協。残りは観光。
- ・ 漁獲物、遊漁の釣り券、卵、収入は 3 分の 1 ずつ。

漁協としては、県が貧酸素予報を出すとしたら、何を知りたいか。

- ・ 予報がでたからどういう対策をするかを考えないといけない。
- ・ 対応策を考えないといけない。
- ・ いけすは現在 1 人のみ。
- ・ 予報がでてでも、何もできない。対応策が無い。

諏訪湖の今後あるべき姿

- ・ 湖の中に生き物が生きる環境がないため、生きる場づくりが必要。
- ・ 湖岸の整備計画、平成 7 年が最初。

図 2.3(7) ヒアリング結果

- ・ 計画の積み残しとして人工エゴ（水草帯の魚の住処）の造成。未だ動きが無い。県が動かない。
- ・ 矢板は杭や石積で抑えている。
- ・ 諏訪湖の中の水の動きが変わってきている。
- ・ 湖岸の形、今は崖のような形だが、これをなだらかにすることで、貧酸素のでき方がかわってくるのではないか。
- ・ 夏場に行き場がなくなってワカサギが川へ上った事例が過去、2、3度あった。
- ・ 人工エゴは県が動かなければ動かない。他は市や町が動けば作れる。
- ・ 貧酸素が解消されることは良いこと。
- ・ 貧酸素がなくなると、やる気がなくなって漁業者が減る。
- ・ ユスリカは夏眠中には貧酸素では死なない。
- ・ 若い漁業者が入ってこない。60 前半が若い人。
- ・ 漁業者が居なくなると、遊船のみになる。卵を取って売る業者が必要。
- ・ 昔は定年になってから漁業者になる人が多かったが、今は居ない。後継者がいない。
- ・ ワカサギは漁船の網で 500 kg～1 トン獲れる。
- ・ ワカサギは、釣りは産卵期を除いて年中解禁、投網は日時指定。

県に要望すること

- ・ 試験的にもできることから始めてほしい。
- ・ ナノバブルでは規模が小さすぎる。

定点調査

- ・ 漁協で週 2 回定点で DO・水温を観測している。定点：6~8 点。公開している。
- ・ 県からの依頼でデータはもらえる。県に依頼すればもらえる。

その他

- ・ ワカサギは全域で獲っているが、中でも南西部で良く獲っている。
- ・ 魚探から資源量を推定している。精度はかなり高い。昼間は夜の 3 分の 1 しか映らない。夜は固まって映っている。
- ・ 昔は 20 億粒くらい放流していた。今は 10~5 億、生産力としては 4 分の 1 くらいにいらっているかも。
- ・ 諏訪湖のワカサギのキャパシティ（許容量）が減ってきているのかもしれない。動物プランクトンが減ってきているから。
- ・ 生態系の中身は昔に比べて今の方が良い。キャパシティとしては昔に比べて小さい。
- ・ 天然ガスの温泉水等の養分も関係していたのかもしれない。
- ・ 昔は天然ガスを含んだ水を田んぼや畑に撒いたりしていた。
- ・ 獲る漁業者が減っていることで獲る量が減り、サイクルが回らなくなり、生産力が減っているのかもしれない。
- ・ 冬の氷で輪っかができているのは、メタン、温泉、湧水によるもの。昔はあちこちで輪っかができていた。河口でできていた。東京のテレビに取り上げられた。
- ・ 昔は夏に地下水が上がってきていなかったが、今は出てきている。（北西の方）

河川に関して

- ・ 川幅を広くすることで、川からの流速を減らしてしまっている（新川など）
- ・ 流量が同じでも、流速が減ると、泥が川へ貯まってしまう。

以上

図 2.3(8) ヒアリング結果

日時 : 2019年12月27日 13:00~15:00
場所 : 茨城県霞ヶ浦環境科学センター データ分析室2階
参加者 : (霞ヶ浦) 長濱研究員
(いであ) 畑、阿部

- ・ 風は累積時間まで考慮すると高次元である。このような情報と貧酸素水塊の関係を明らかにするには工夫が必要。
- ・ 状態空間モデルの要因分析の結果と AI モデルの要因分析の結果がよく整合しているかどうかについて明記すること。
- ・ 冒頭に機械学習などの解説を行うことは重要である。
- ・ 計算結果を学習させているが、観測結果をより重視するようなモデル構成に調整すべきであり、検討会で観測結果がどのように反映させられるかを明示する必要がある。
- ・ 予測プロセスと学習プロセスは異なるものであり、検討会資料に掲載されているのは予測プロセスのみである。学習プロセスについても参考資料などに掲載すべきである。
- ・ 資料 2.4 の結果は、資料 2.3 で得られた知見と整合している必要がある。資料の中ではその対応関係を明示すべき。
- ・ 予測モデルの特性の説明（得意なこと不得意なこと）が明示されるとよい。
- ・ 将来の気象を設定する必要があるが、行政利用としては、ランダムな気象条件を内部で生成するよりも、対外的に説明しやすい過去実績データを使うなどとしたほうがよいのでは？最終的には長野県の意見を反映すべきであるが、検討会資料ではどのような設定があり得るかを広く紹介して、検討会ではかるべき。

以上

図 2.3(9) ヒアリング結果

日時 : 2020年3月13日
場所 : リモート会議 (COVID-19 の影響のため)
参加者 : (土研) 傳田主任研究員
(いであ) 畑

- ・ データ同化、リアルタイムシミュレーションの両方に AI をかませることで、自律的に AI が学習していくことが可能かと思う。各データのプレイバックの学習・リアルタイムのデータ同化システムなど、かなり良い方向に行くと思うので今後検討してほしい。
- ・ 「シミュレーション」の内容を数式を使わず、概念的な方法で説明すると、より一般の方に理解してもらえらると思う。気温上昇→水温上昇→溶存酸素消費→貧酸素水塊の発生・拡大→風による移動・拡散メカニズムの伝達を行い、その後、流体力学を用いることでこのメカニズムを再現できる点を説明する必要があると思う。

以上

図 2.3(10) ヒアリング結果

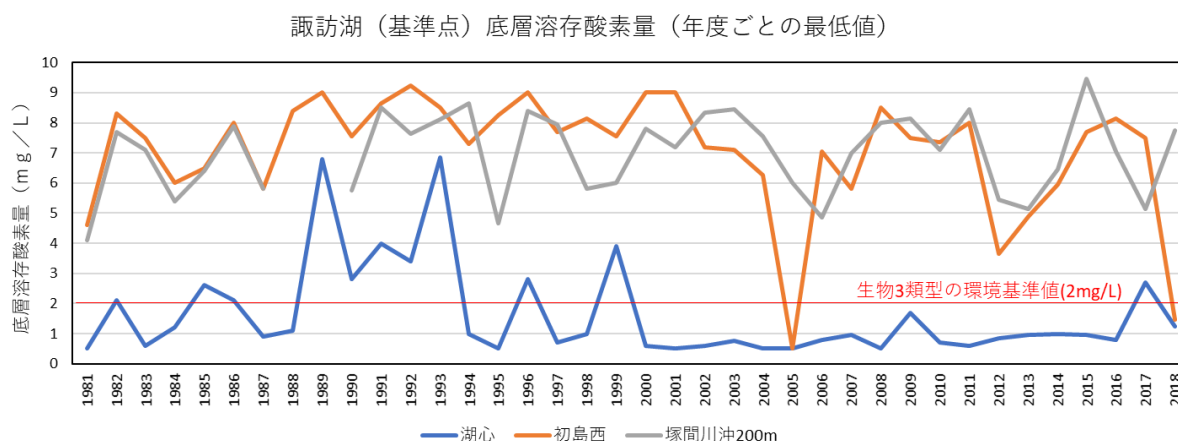
2.4 貧酸素水塊の発生及び拡大状況の整理

諏訪湖における貧酸素水塊の分布状況や特徴等を把握することを目的として観測データ及び既存の知見の整理を行った。

2.4.1 観測データ概要

諏訪湖の底層溶存酸素量は、図 2.4に示すように湖心では 1981 年度以降、年間最低値※が 2mg/L（2016 年 3 月に追加された環境基準で一番低い生物 3 類型基準値）を下回ることが非常に多い状況である。また、長野県ホームページ「諏訪湖の溶存酸素（DO）濃度等の調査について」によると、2017 年（平成 29 年）、2018 年（平成 30 年）の湖内 6 地点の連続測定データでは 7 月中旬～8 月中旬にかけて水深 4m 以深の層で 2mg/L 未満となる状況が断続的に発生しており、湖内 21 地点の全域測定結果においても溶存酸素濃度の低い面積が広範囲にわたっている状況がみられている。

※年間最低値：中央環境審議会水環境部会生活環境項目環境基準専門委員会（第 8 回：平成 28 年 9 月 9 日）において、日間平均値の年間最低値により評価することが適当とされているため、この考え方をういて整理した。



注：1. 底層の値は、湖底から原則 0.5m の地点における観測結果である。

2. 底層溶存酸素量が 0.5mg/L 未満は、0.5mg/L としている。

資料：「環境数値データベース」（国立環境研究所）

「水環境総合情報サイト」（環境省）

長野県貸与の公共用水域水質調査結果より作成

図 2.4 諏訪湖の底層溶存酸素量における年間最低値の経年変化

長野県ホームページ「諏訪湖の溶存酸素（DO）濃度等の調査について」では、2017年、2018年の湖内6地点の連続測定データを層別の時系列図として、湖内21地点の全域測定結果については空間補間した濃度分布図として公表している。

2016年以前の貧酸素水塊の分布状況や特徴については、図2.4に示したように観測点が3点であることや月1回の観測頻度であること等データが限られるため、経年変化としては湖心におけるDO濃度の評価（図2.4）を中心とし、過去の単発的な測定結果も収集して整理を行った。

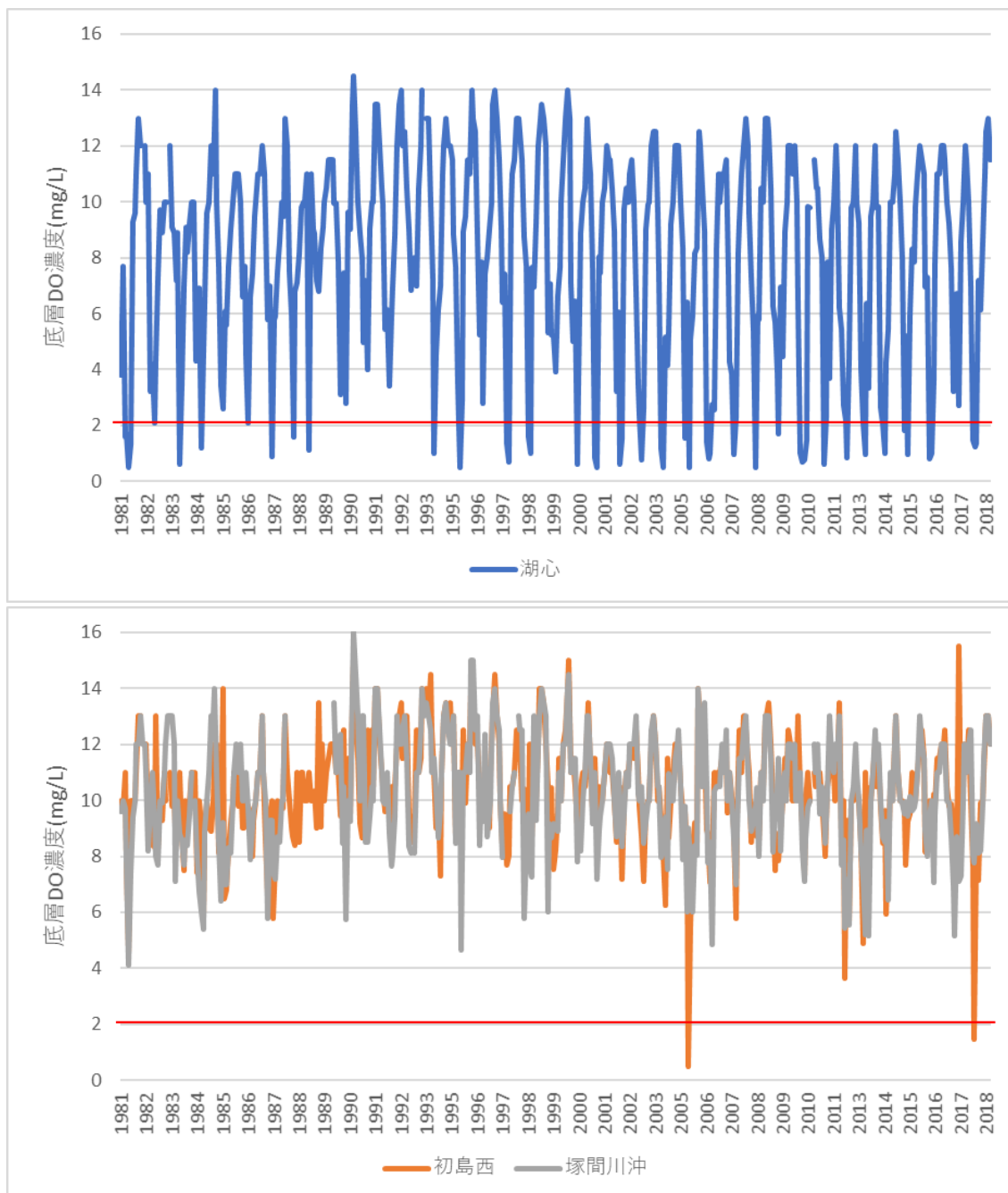


図 2.5 諏訪湖(基準点)の底層溶存酸素量の経年変化

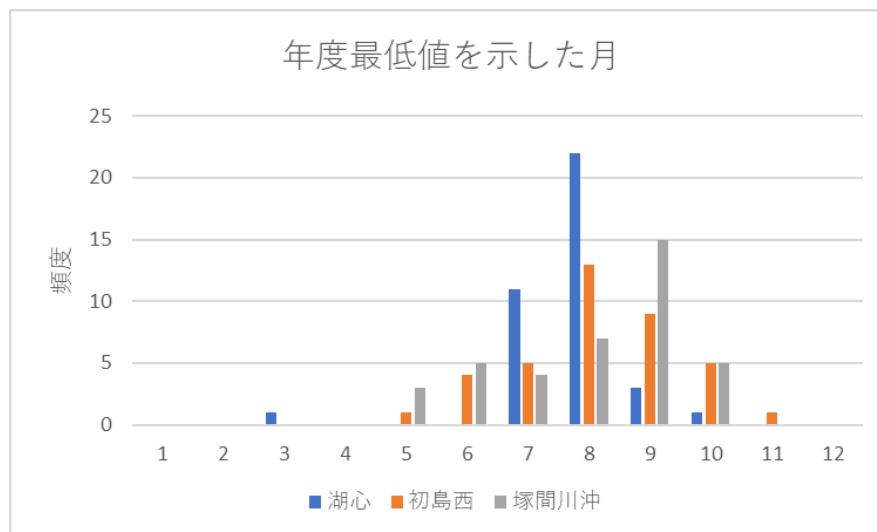
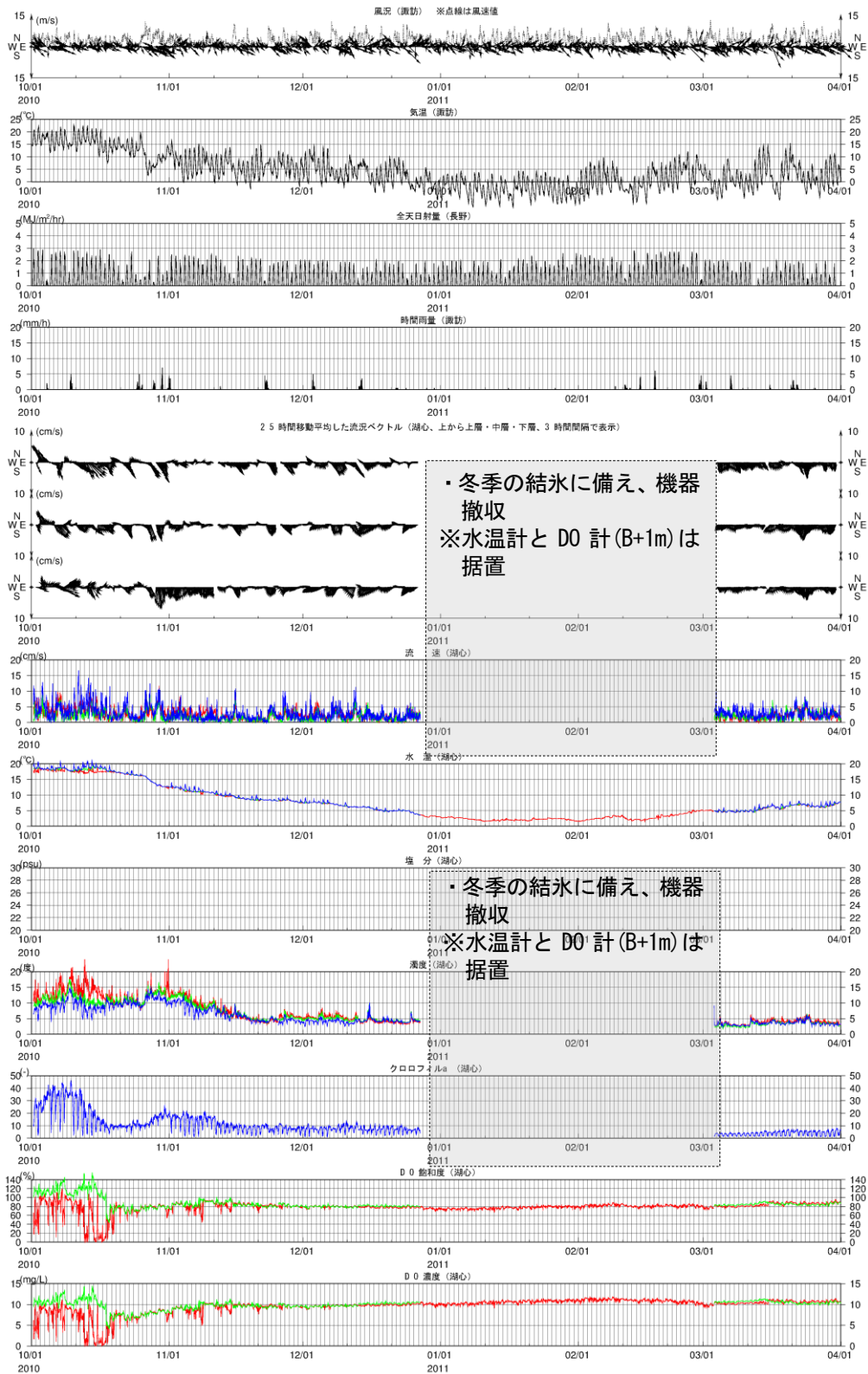


図 2.6 諏訪湖(基準点)の底層溶存酸素量における年度最低値を示した月

図 2.5に諏訪湖の環境基準点3地点の1981～2018年度の日間平均した底層溶存酸素量の経年変化を示す。これによると、諏訪湖の底層溶存酸素量は1989～1993年度に上昇傾向を示した後、緩やかに低下し2000年以降同様の状況を示している。これらの年代は、有識者ヒアリングにおいて得られた湖岸植生や植物プランクトンの変化と合致している。

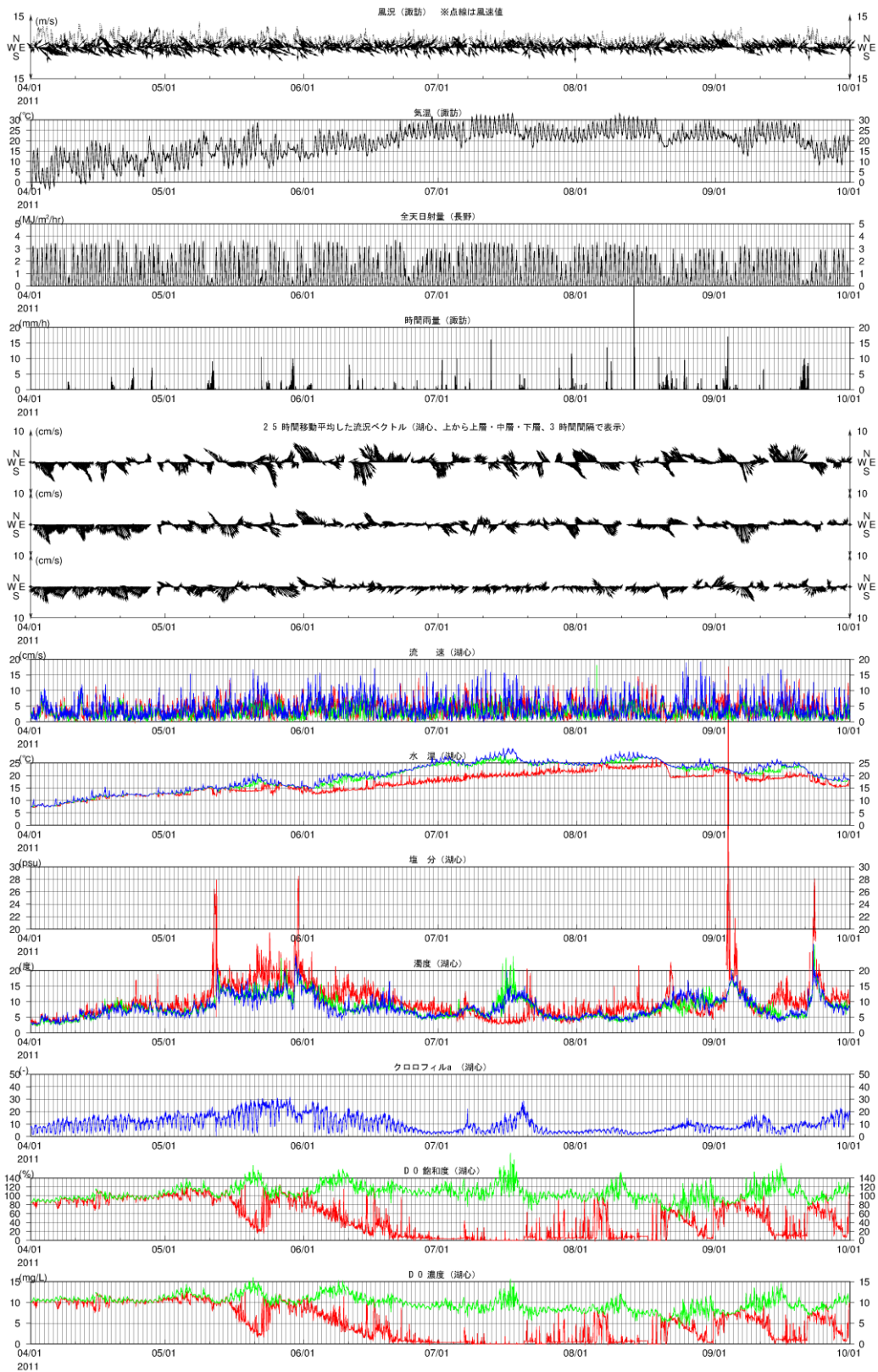
図 2.6に図 2.4の年間最低値を示した月の頻度を示す。これによると、湖心では8月に最低値を示す頻度が高く、次ぐ7月と9月で全体の約9割を占めているのに対し、初島西では8月を中心に5月から11月まで広く分布し、塚間川沖では9月に高い頻度が見られている。

図 2.7に環境省が測定した湖心の連続観測結果（出典：平成23年度 下層DO・透明度を用いた水質環境調査検討業務報告書）を示す。これによると、10月後半～3月は、下層DOの時間変動及び中・下層のDOの差はほとんど見られず、概ね10mg/Lで推移しており、5月中旬ごろから下層の貧酸素化(2mg/L)及び水温成層の発達が見られる。6月から7月にかけて貧酸素化が強くなり、7月の下層DOは貧酸素状況が継続している。また、6月や8月のDOの変動は激しく、短い期間でDO飽和度が0～100%、DO濃度が0～10mg/Lの範囲で変動している。



— : 湖面下 0.5m、— : 湖底上 3.0m、— : 湖底上 1.0m

図 2.7(1) DO連続観測結果: 諏訪湖 湖心(平成 22 年 10 月~平成 23 年 3 月)



— : 湖面下 0.5m、— : 湖底上 3.0m、— : 湖底上 1.0m

図 2.7(2) DO連続観測結果: 諏訪湖 湖心(平成 23 年 4 月~平成 23 年 9 月)

長野県諏訪建設事務所による諏訪湖における定期水質調査結果を図 2.9に示す。定期水質調査は図 2.8に示す4測線において、平成22年(2010年)7月19日、8月10日、9月10日、10月6日に行われている。図 2.9には、定期調査結果から平面分布を作成したものの中から、水深0m、5m、6mと貧酸素水域の平面分布図を示した。これによると、水深6mで見られる湖盆部では、7月に北側から低酸素化しはじめ、8月と9月は湖盆部全域が3mg/L未満となっており、10月には低酸素化が解消している。水深5m帯の結果では、7月は水深6m帯と同様に湖盆部北側の水域で3mg/L未満の水域が見られ、8月は湖盆部より広範囲に低酸素化している水域が見られており、8月の低酸素化は湖底から2m厚程度に及んでいる結果となっている。9月には低酸素水域は東西に分断しており、水深5m帯から低酸素化が解消している様子が見える。

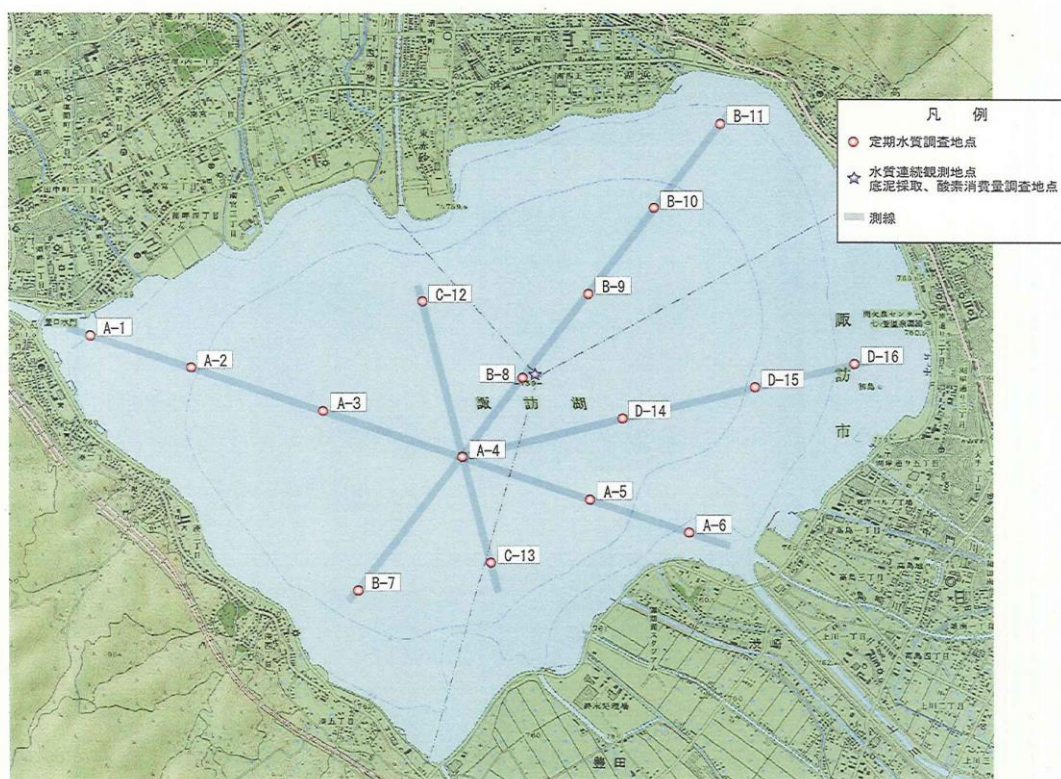


図 2.8 長野県諏訪建設事務所による定期水質調査地点位置図

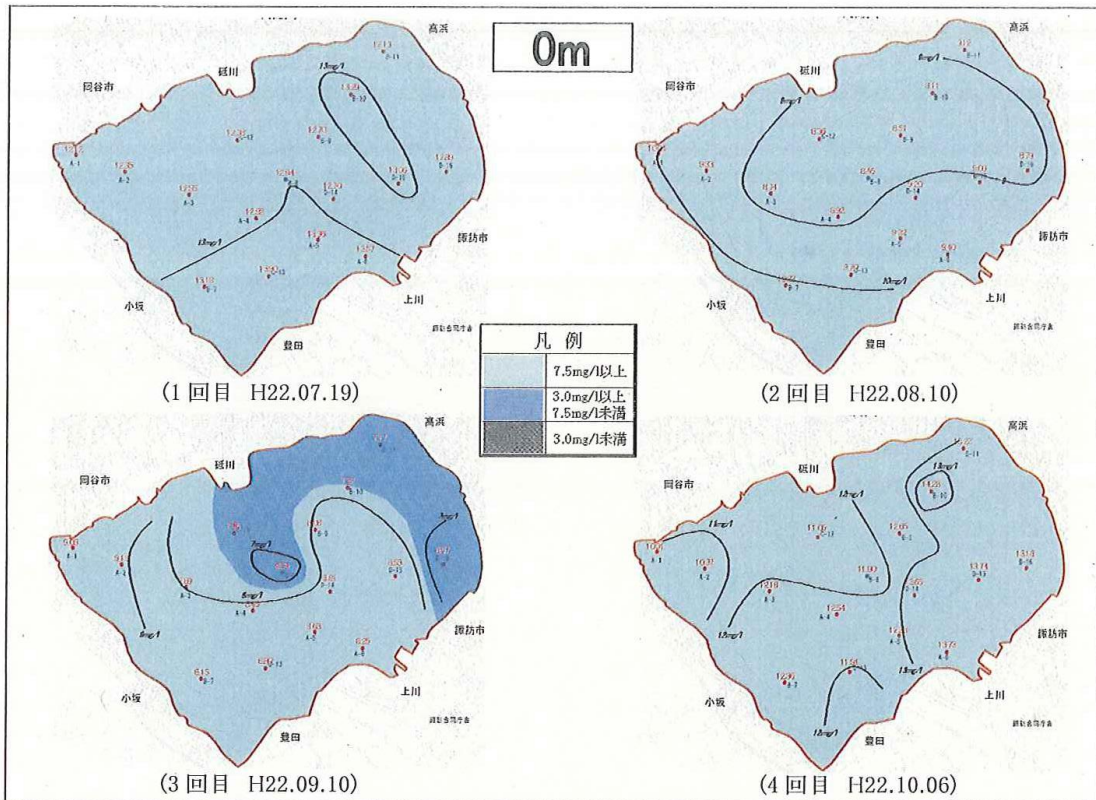


図 2.9(1) 定期水質調査時の DO 濃度平面分布 (水深 0m)

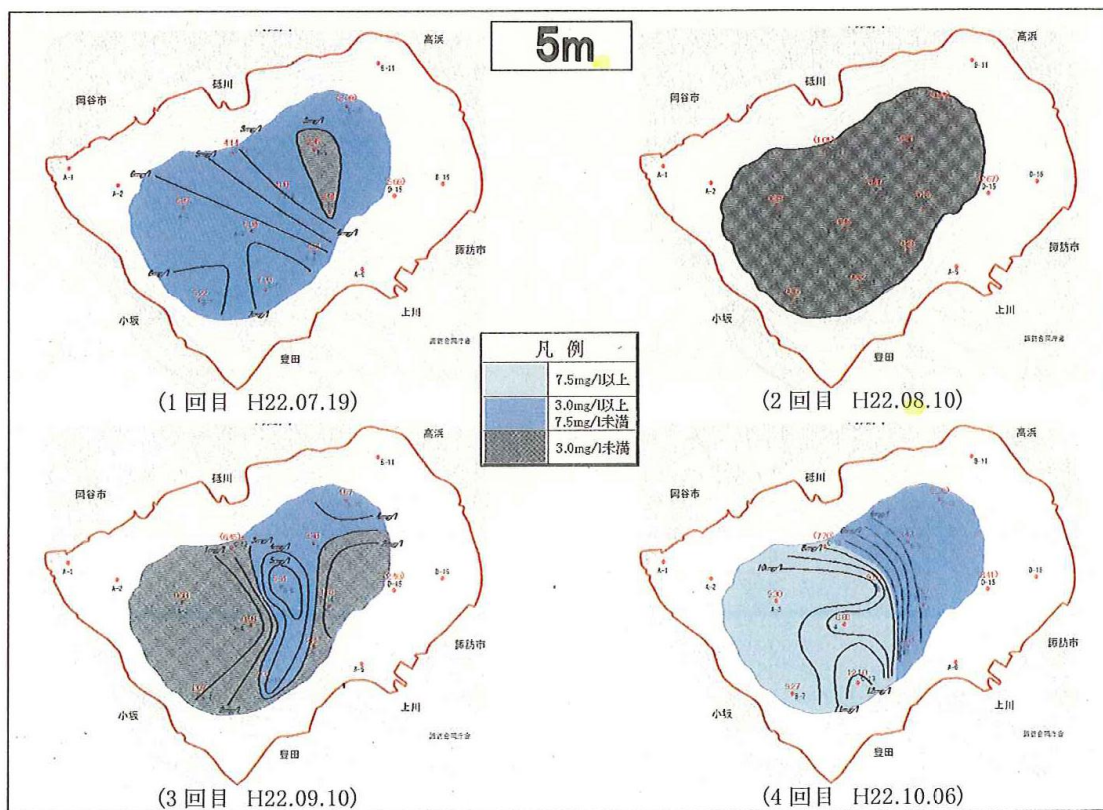


図 2.9(2) 定期水質調査時の DO 濃度平面分布 (水深 5m)

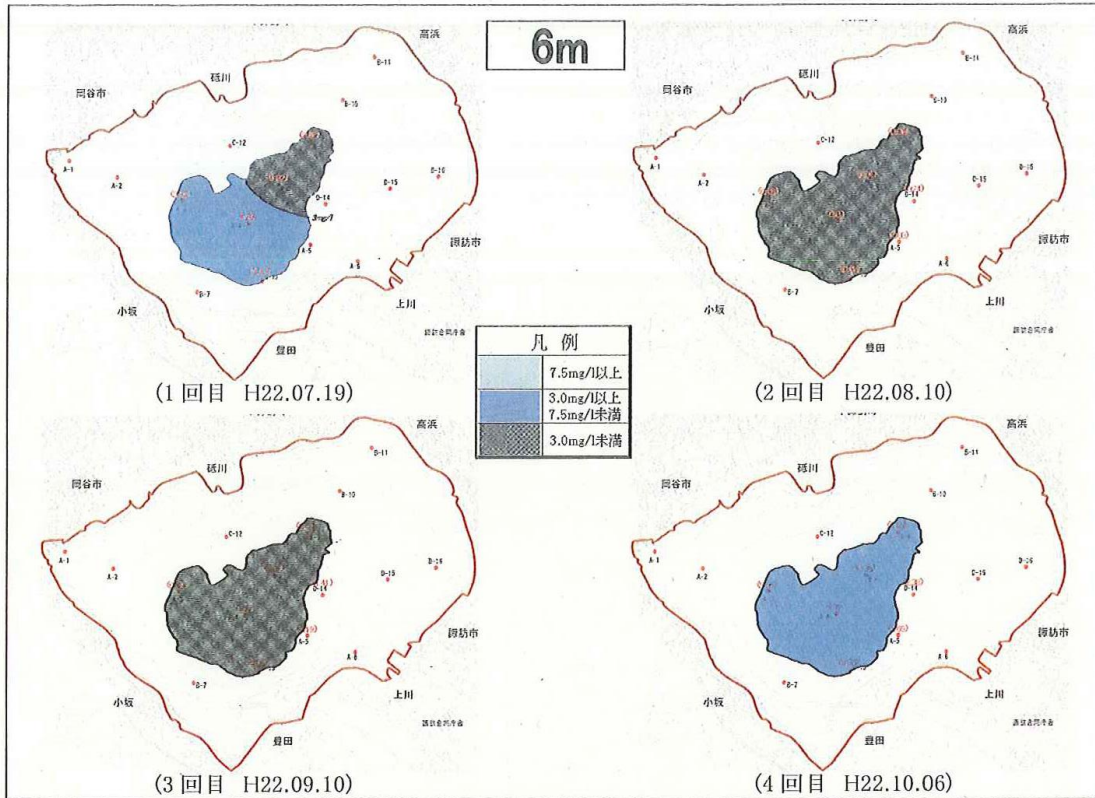


図 2.9(3) 定期水質調査時の DO 濃度平面分布 (水深 6m)

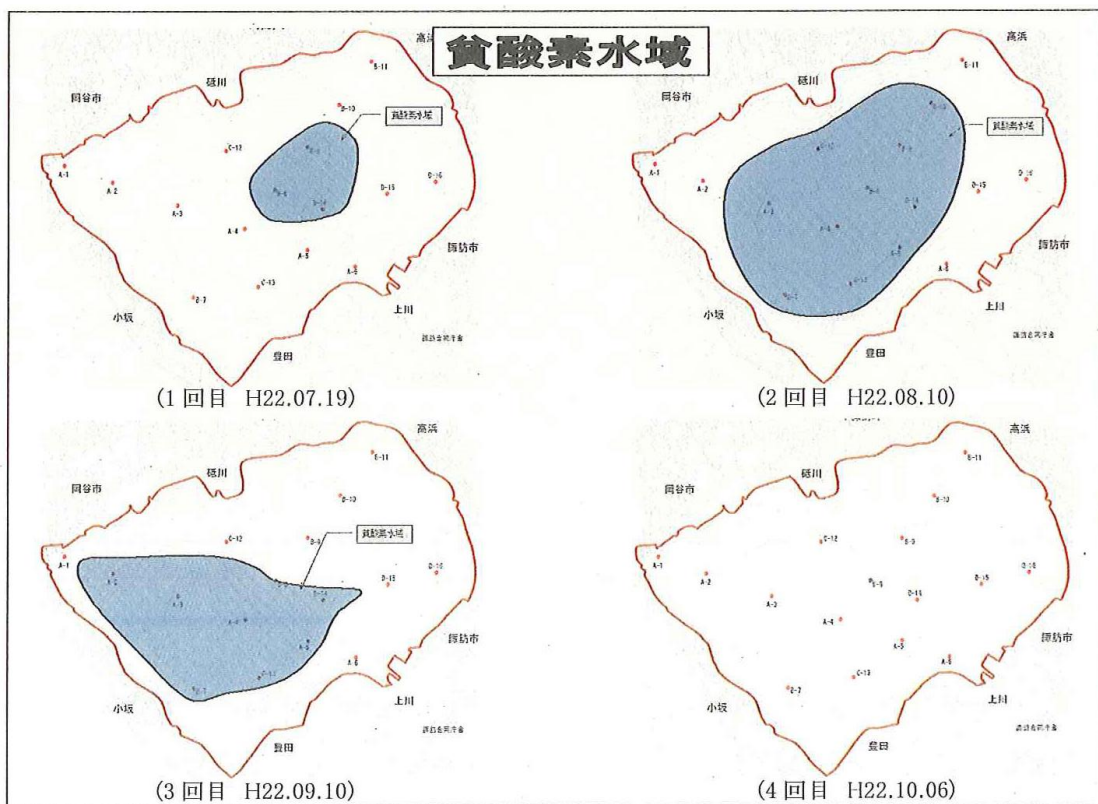


図 2.9(4) 定期水質調査時の貧酸素水域 (3mg/L 未満) の平面分布

2.4.2 連続観測データの整理

諏訪湖内における全域観測地点（21 地点）および連続観測地点（6 地点）の整理期間、調査地点の座標および位置を表 2.2、表 2.3および図 2.10に示す。連続観測データに関しては、全域観測と同じ観測日の毎正時のデータについて整理した。なお、各地点の観測時間の例および観測の軌跡を図 2.11に示す。2018 年 7 月 26 日および2018 年 8 月 22 日の観測時刻を見ると、観測時間帯はおおむね 8:40～14:00 であった。

表 2.2 データ整理期間

調査	地点	データ整理期間	
		2017 年	2018 年
全域観測	全 21 地点 (St.1～21)	・5 月 9 日 ・6 月 26 日 ・7 月 11 日 ・8 月 10 日 ・8 月 22 日 ・9 月 20 日 ・10 月 17 日	・5 月 29 日 ・6 月 26 日 ・7 月 26 日 ・8 月 22 日 ・10 月 2 日 ・10 月 25 日
連続観測	全 6 地点 (St.A～E、湖心)	全域観測と同じ観測日の毎正時	

表 2.3 観測地点の座標

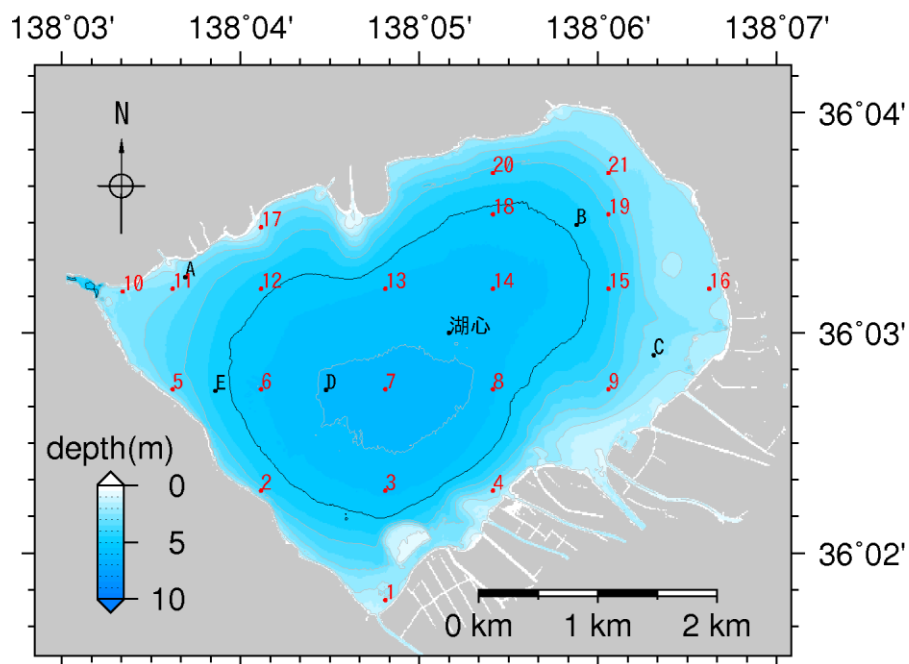
地点番号	北緯	東経
1	36° 01' 47.17"	138° 04' 48.65"
2	36° 02' 17.00"	138° 04' 06.93"
3	36° 02' 17.00"	138° 04' 48.65"
4	36° 02' 17.00"	138° 05' 24.78"
5	36° 02' 44.61"	138° 03' 37.22"
6	36° 02' 44.61"	138° 04' 06.93"
7	36° 02' 44.61"	138° 04' 48.65"
8	36° 02' 44.61"	138° 05' 24.78"
9	36° 02' 44.61"	138° 06' 03.54"
10	36° 03' 11.27"	138° 03' 20.44"

地点番号	北緯	東経
11	36° 03' 11.99"	138° 03' 37.22"
12	36° 03' 11.99"	138° 04' 06.93"
13	36° 03' 11.99"	138° 04' 48.65"
14	36° 03' 11.99"	138° 05' 24.78"
15	36° 03' 11.99"	138° 06' 03.54"
16	36° 03' 11.99"	138° 06' 37.32"
17	36° 03' 28.77"	138° 04' 06.93"
18	36° 03' 32.29"	138° 05' 24.78"
19	36° 03' 32.29"	138° 06' 03.54"
20	36° 03' 43.55"	138° 05' 24.78"
21	36° 03' 43.55"	138° 06' 03.54"

地点名	北緯	東経
A	36° 03' 15.14"	138° 03' 41.42"
B	36° 03' 29.43"	138° 05' 52.84"
C	36° 02' 53.92"	138° 06' 18.72"
D	36° 02' 44.39"	138° 04' 28.68"
E	36° 02' 44.17"	138° 03' 51.57"

地点名	北緯	東経
湖心	36° 03' 00.00"	138° 05' 10.00"

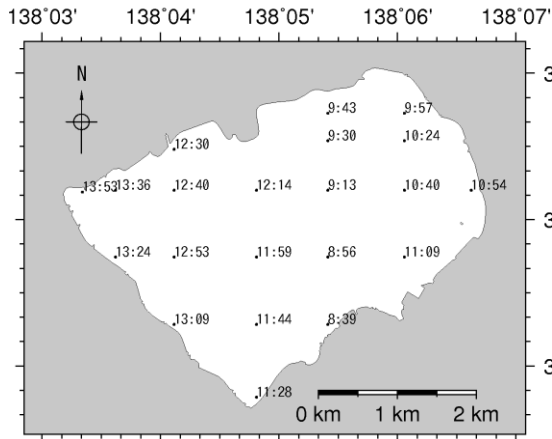
諏訪湖内の全観測地点



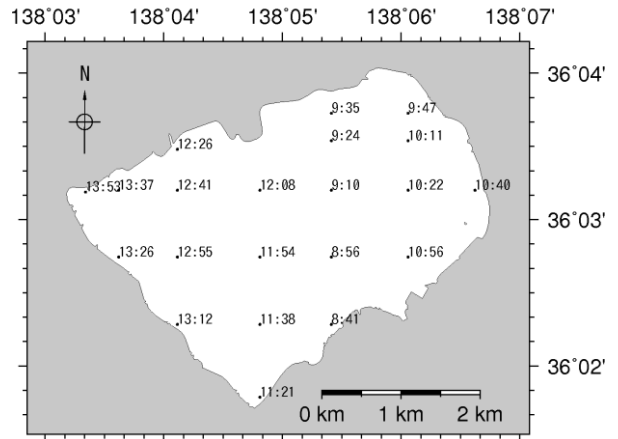
※赤：全域観測 21 地点、黒：連続観測 6 地点

図 2.10 諏訪湖内の全観測地点

2018年7月26日
諏訪湖 21地点観測 2018年7月26日



2018年8月22日
諏訪湖 21地点観測 2018年8月22日



諏訪湖 21地点観測 2018年7月26日

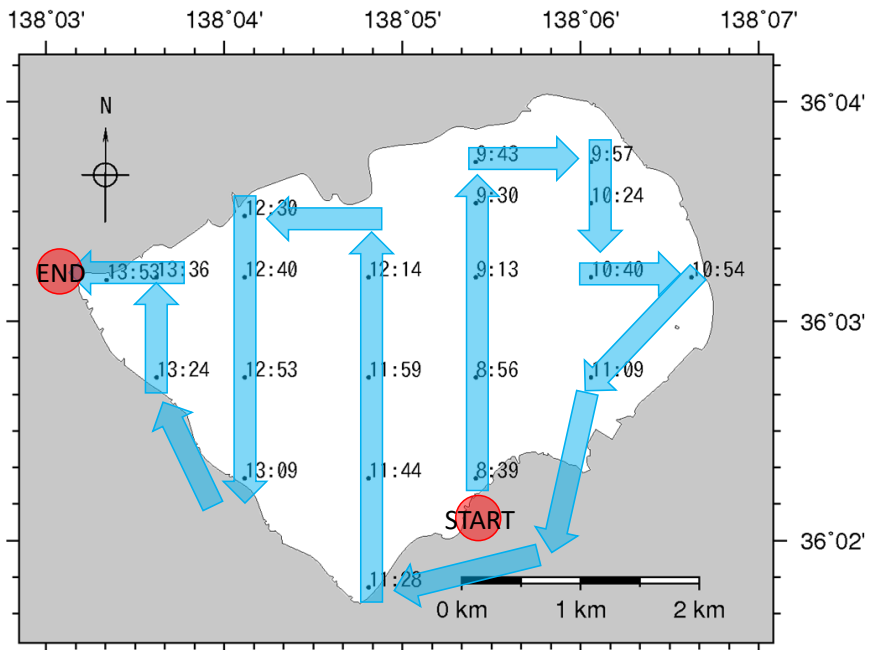


図 2.11 全域観測における各地点の観測時間の例および観測の軌跡

2.4.3 平面分布および鉛直分布

まずはじめに、全域観測 21 地点および連続観測 6 地点における、2017 年度および 2018 年度の観測結果を用いて、層毎（表層：水面下 0.5m 層、底層：各地点の最下層）に平面補間を行い DO（溶存酸素量）と水温の平面分布を作成した。連続観測 6 地点のデータに関しては、「2.4.2 連続観測データの整理」で示したように正時のデータを用いた。

次に、図 2.12 に示す鉛直断面で補間を行い、鉛直分布を作成した。

作成した平面分布と鉛直分布は観測日前後 2 日間の気象条件とともに図 2.14 に示す。

また、参考までに諏訪における過去 10 年間の気象条件（日平均気温および年合計降水量）を図 2.13 に示す。

2017 年の気象条件に関しては、過去 10 年間で比較すると、日平均気温が平年より低め、降水量が過去 10 年間で最少の年であった。一方で、2018 年は、日平均気温が過去 10 年間で最大、降水量が平年より高めの年であった。

気象条件の違いは、観測結果にも表れており、2017 年度と比べて 2018 年度の方が、表層水温が高い傾向が見られた。また、2017 年度は 7 月上旬から 8 月下旬まで水温躍層の形成および底層の貧酸素化が見られ、2018 年度は 6 月下旬から 7 月下旬まで水温躍層の形成および底層の貧酸素化が見られた。

鉛直断面位置 諏訪湖

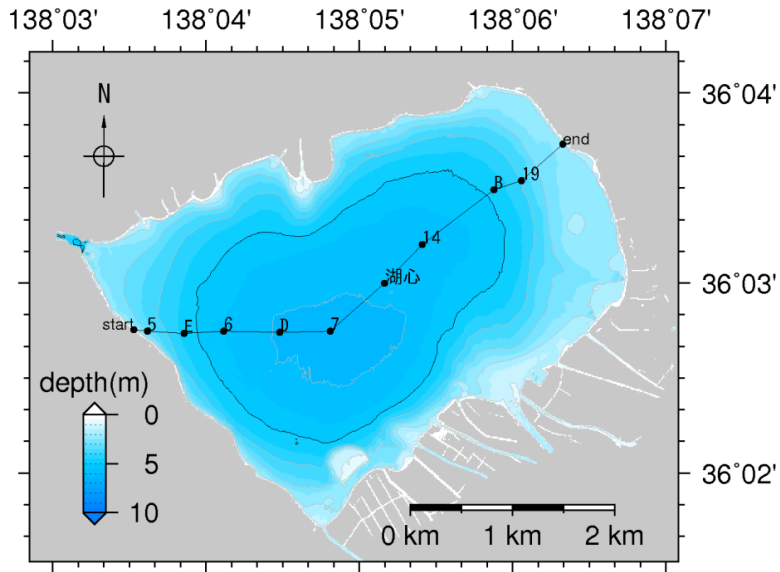


図 2.12 鉛直断面の位置

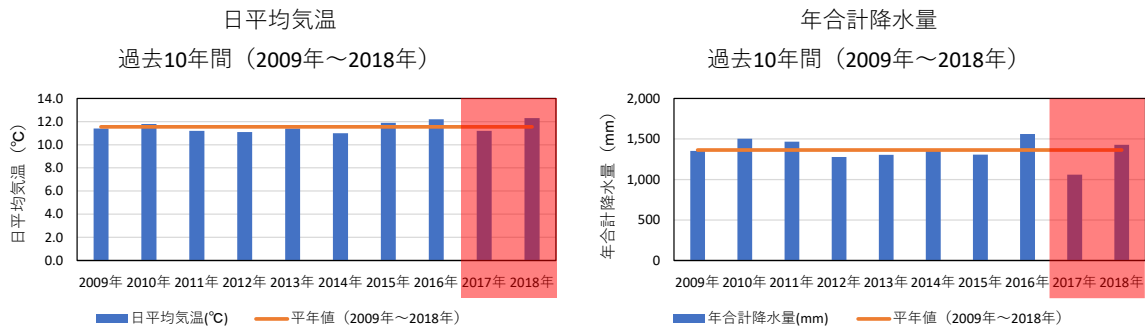


図 2.13 過去 10 年間の日平均気温および年合計降水量(諏訪、2009 年～2018 年)

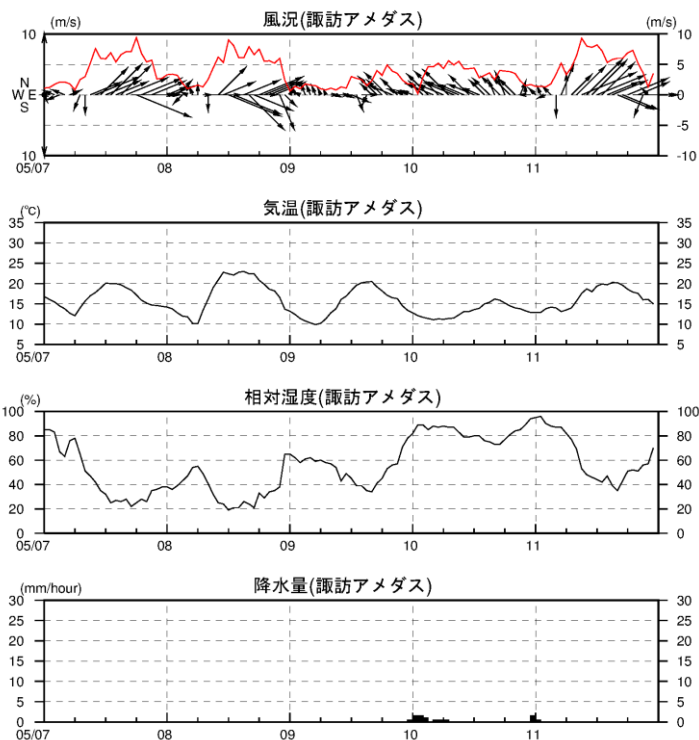
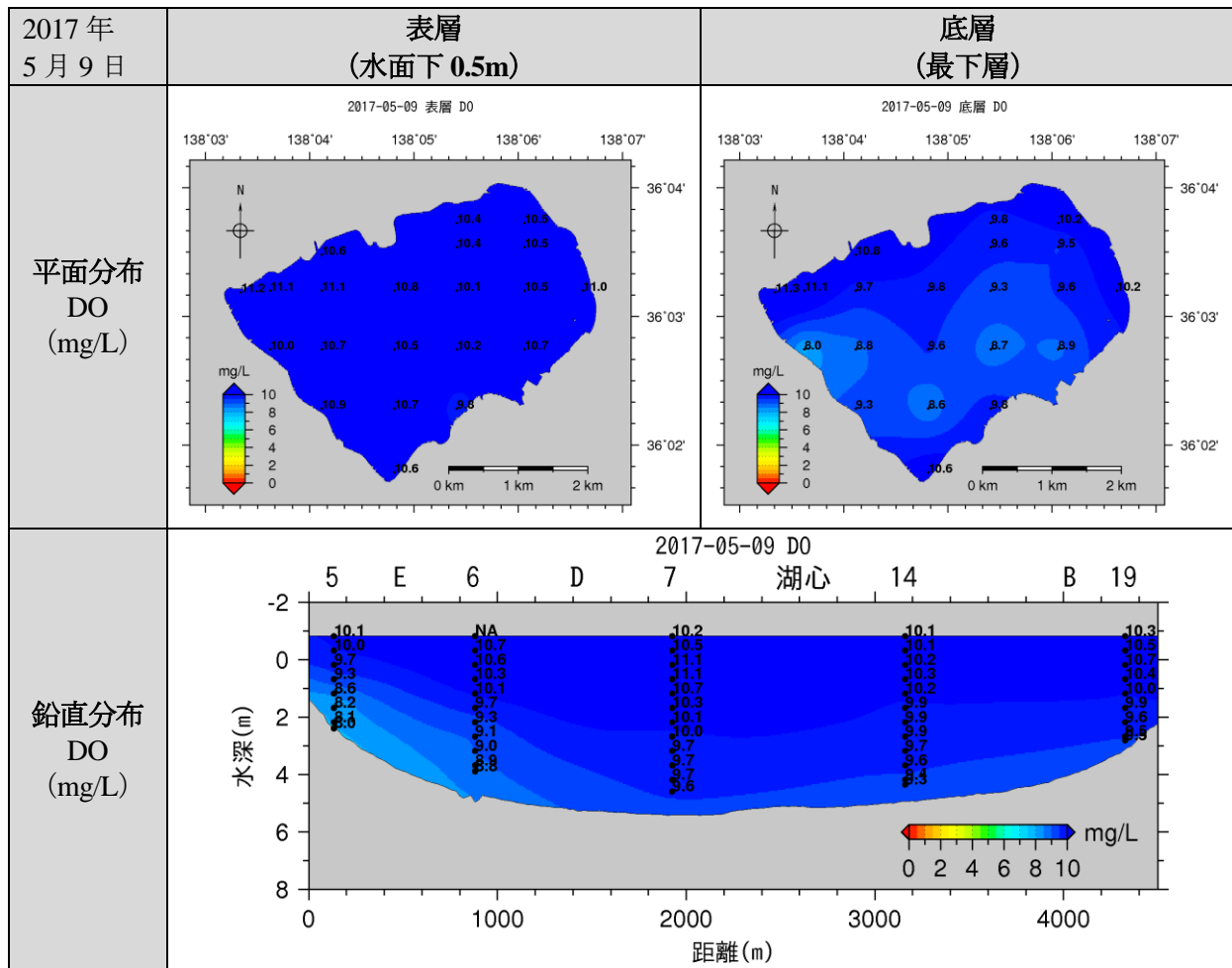
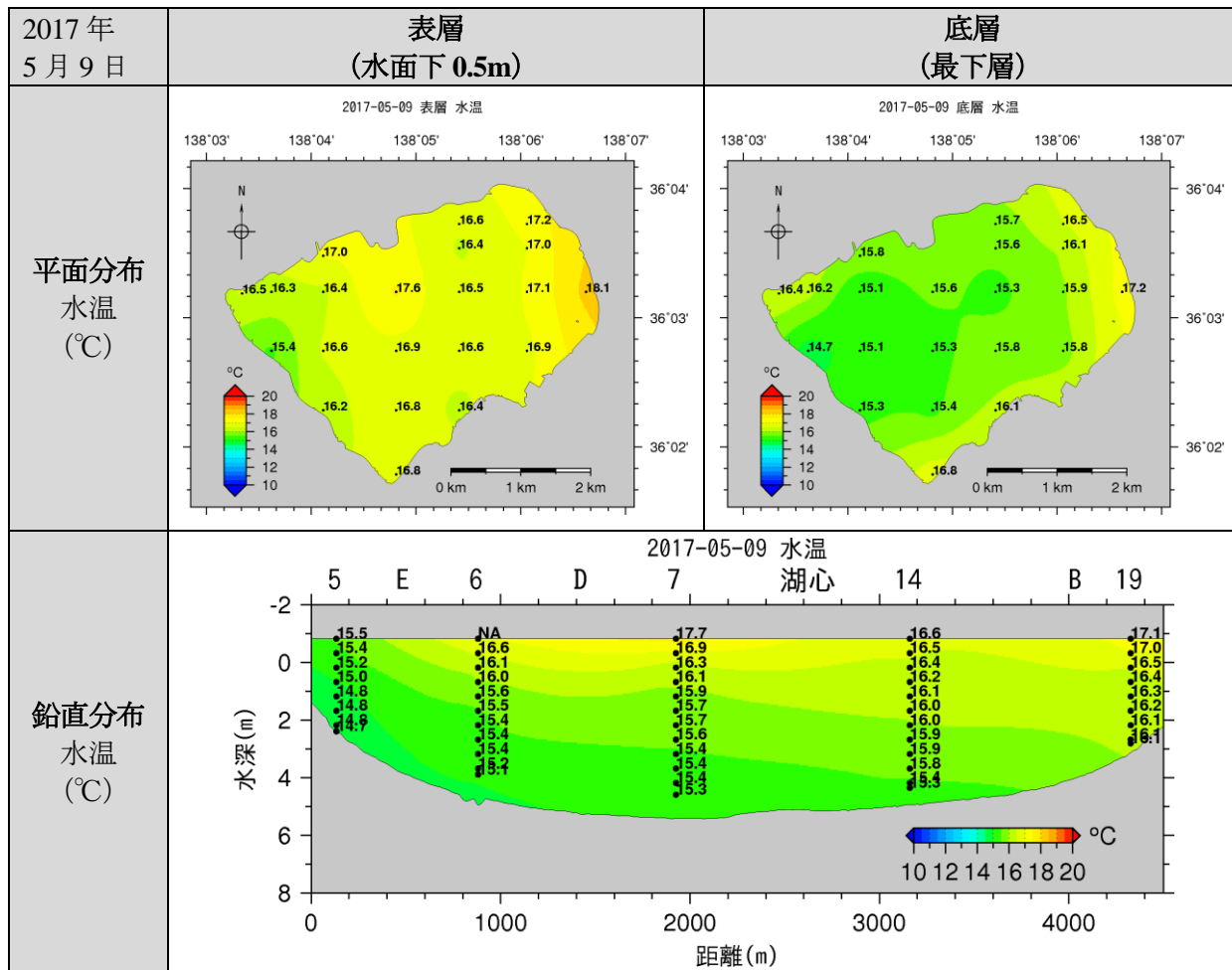


図 2.14(1) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年5月9日、DO)



※カラスケールに注意

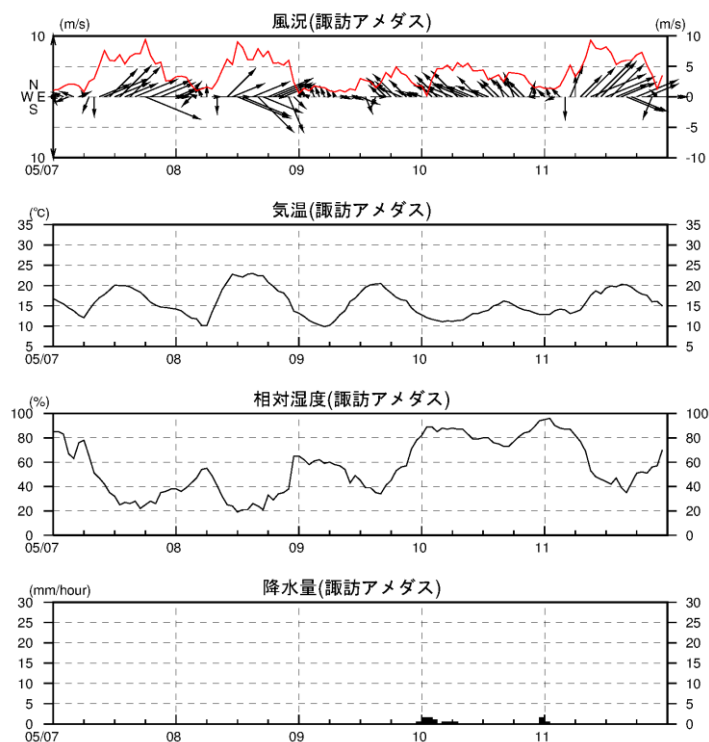


図 2.14(2) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年5月9日、水温)

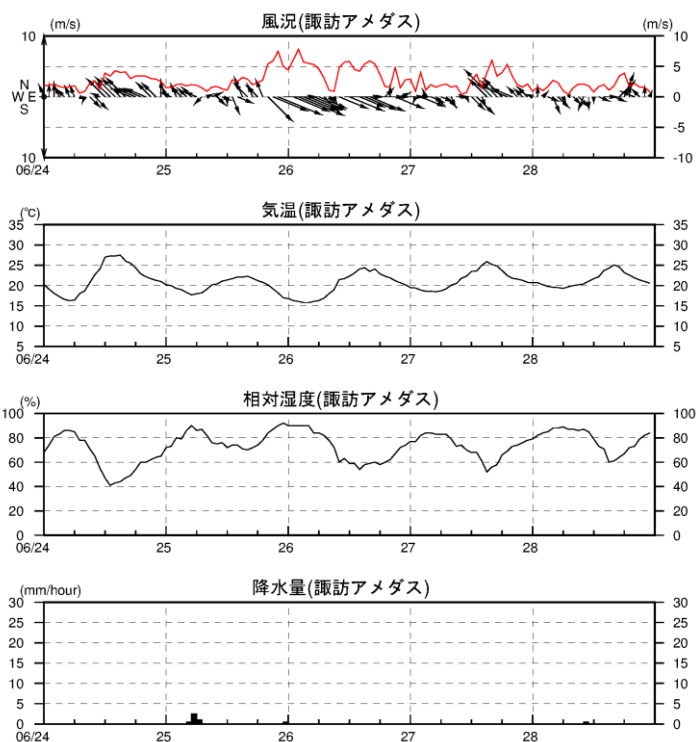
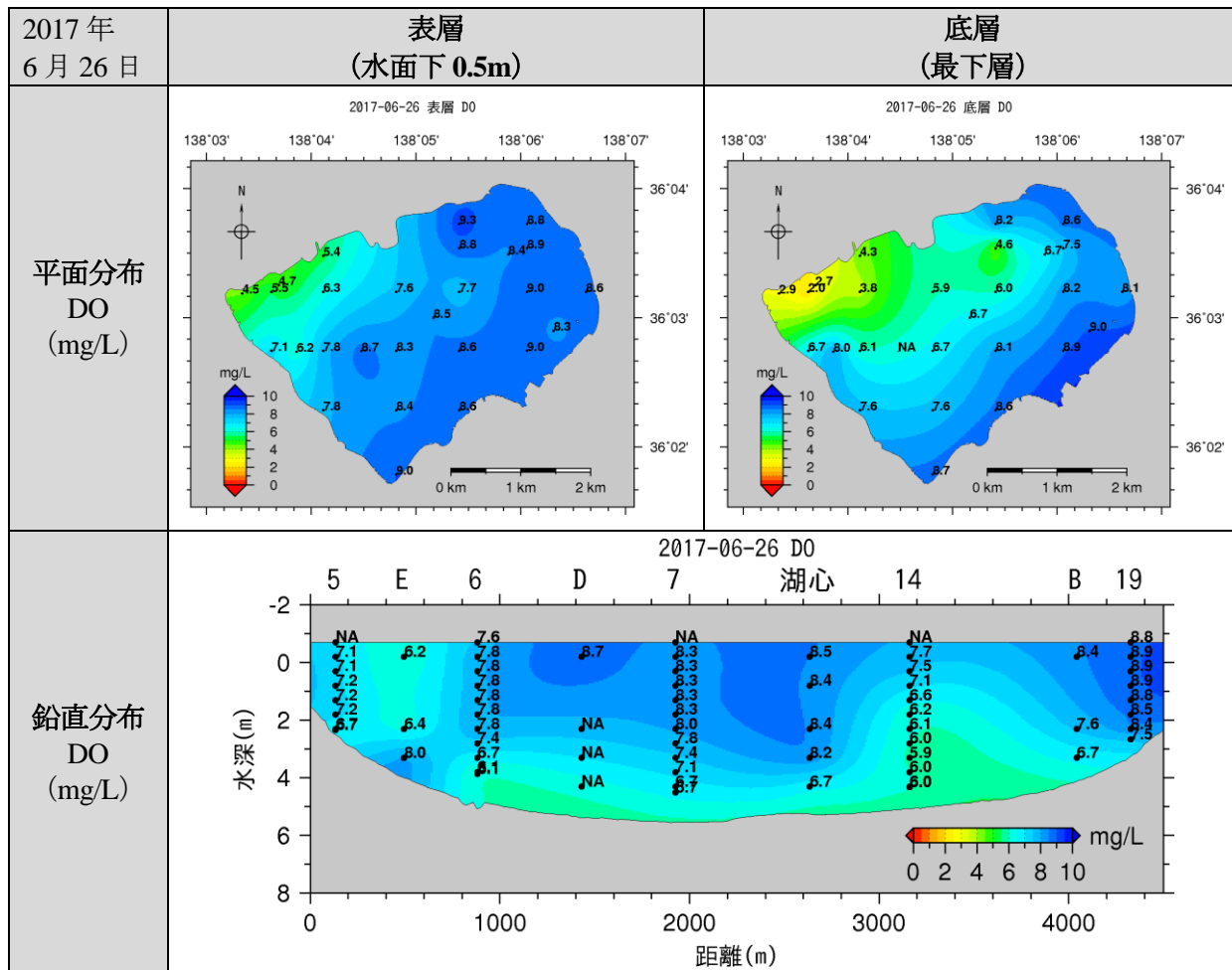


図 2.14(3) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年6月26日、DO)

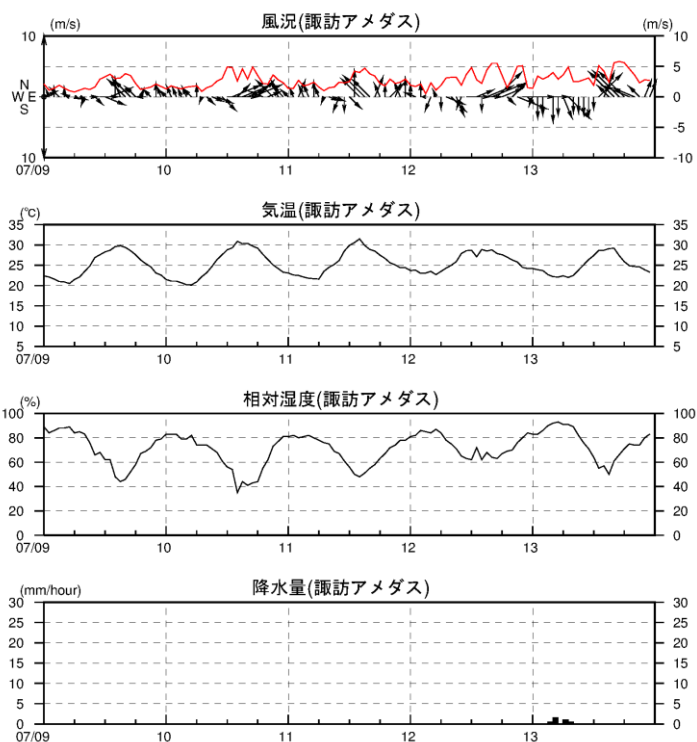
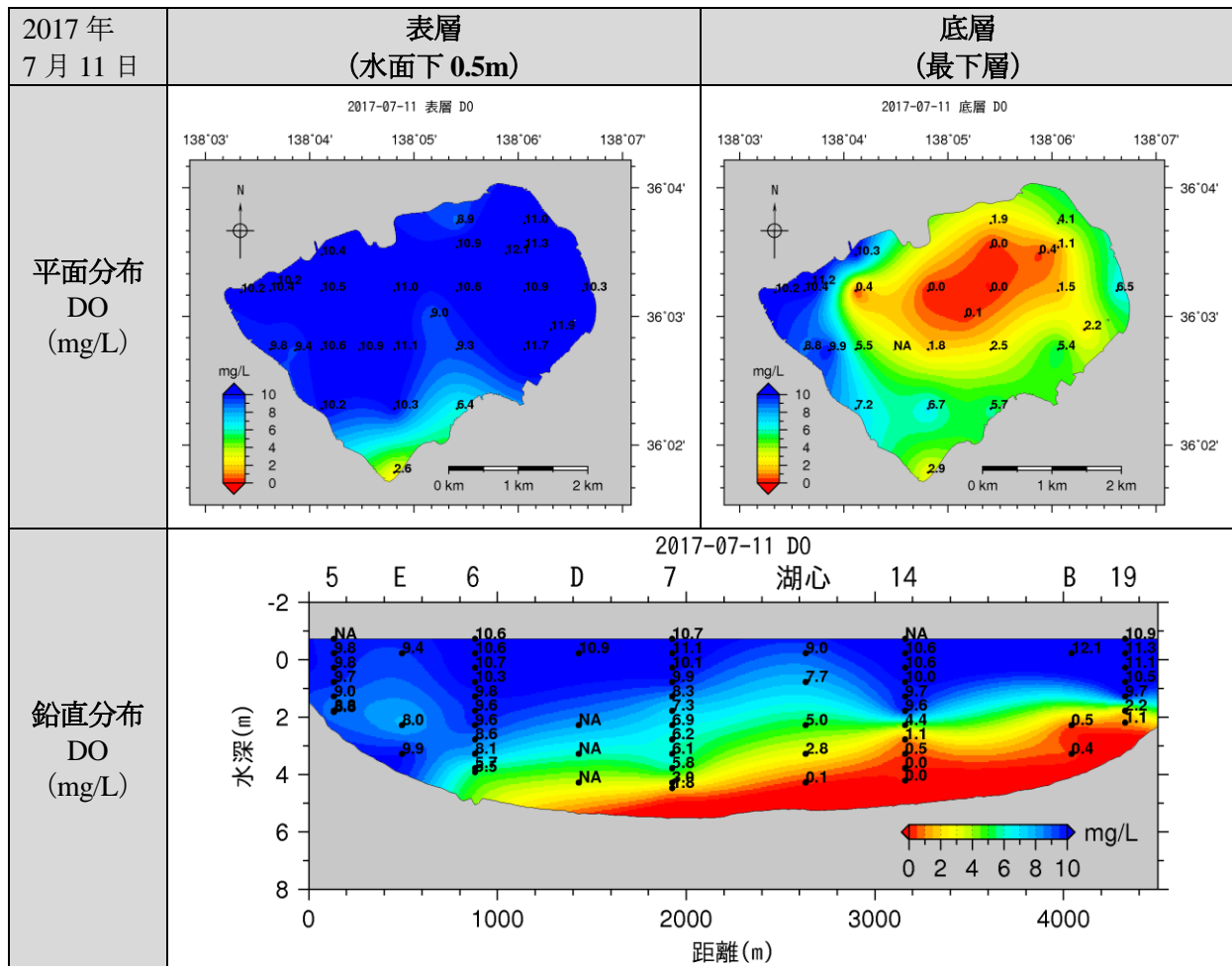


図 2.14(5) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年7月11日、DO)

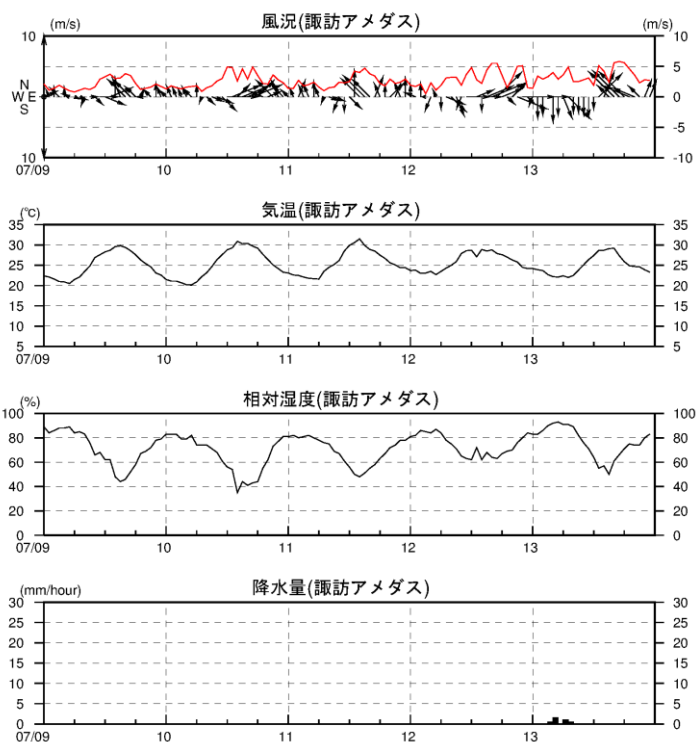
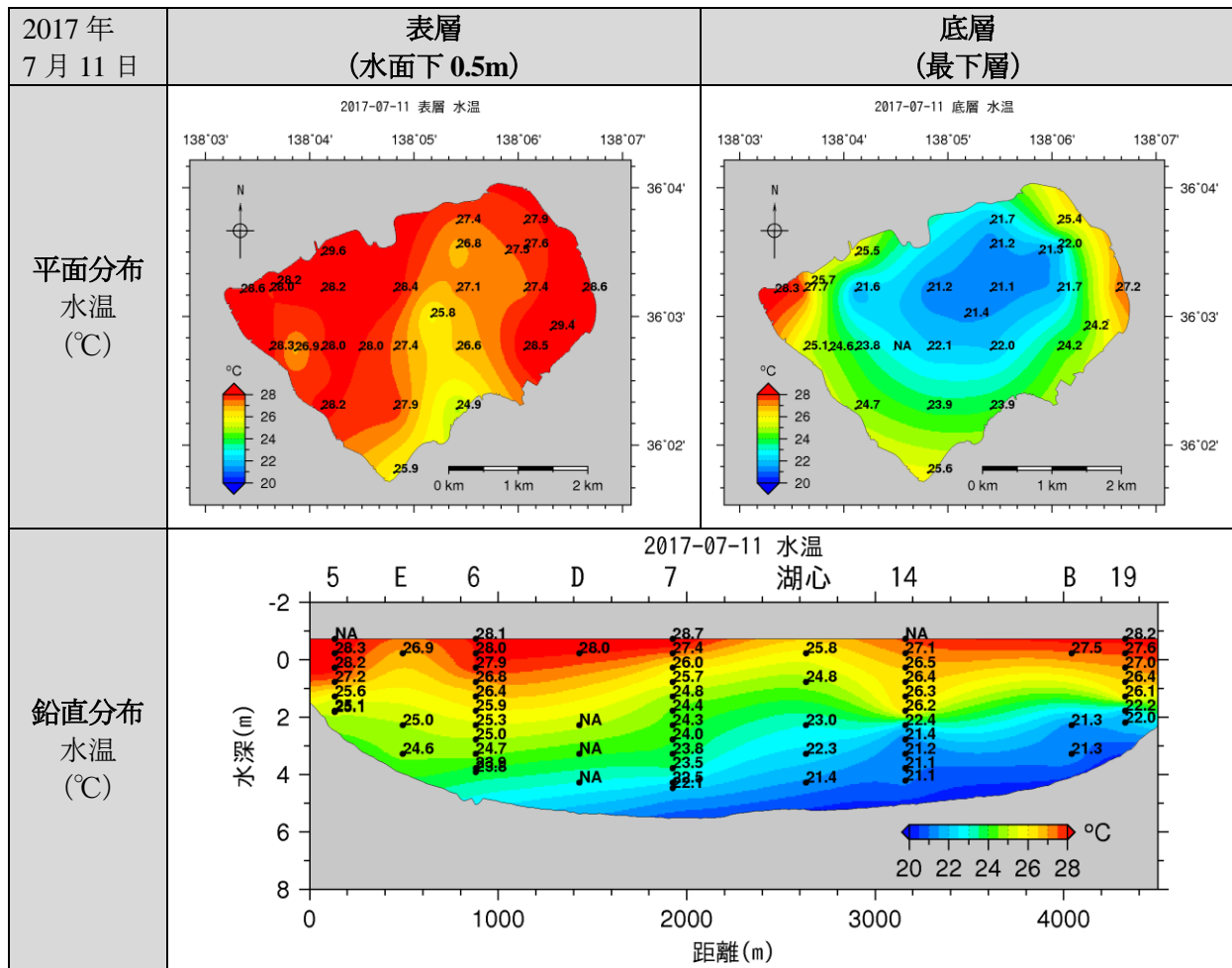


図 2.14(6) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年7月11日、水温)

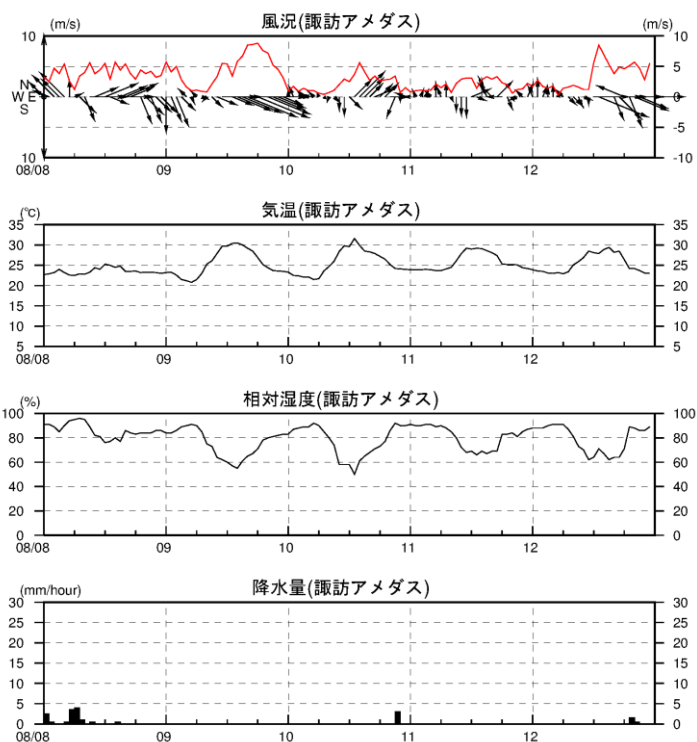
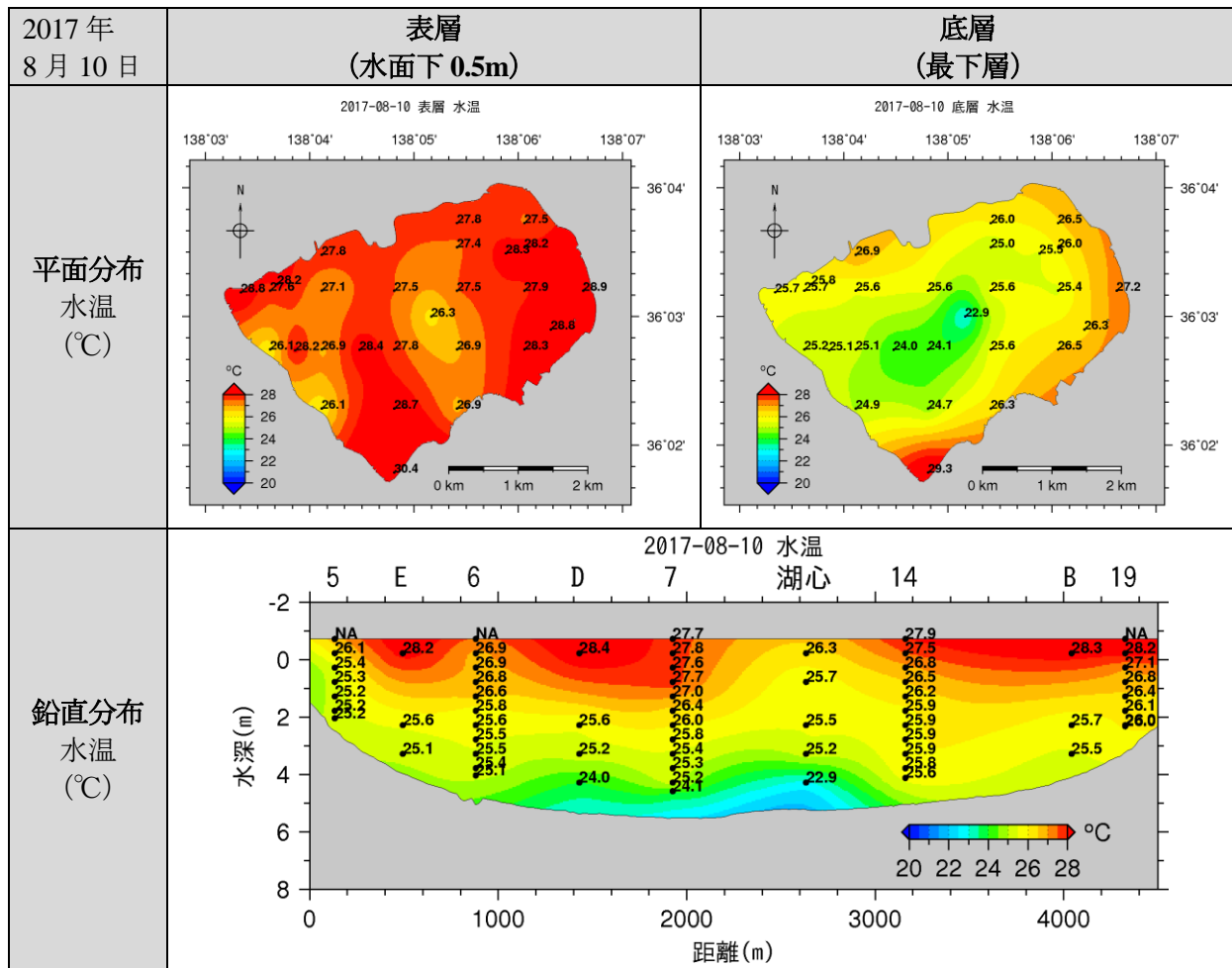


図 2.14(8) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年8月10日、水温)

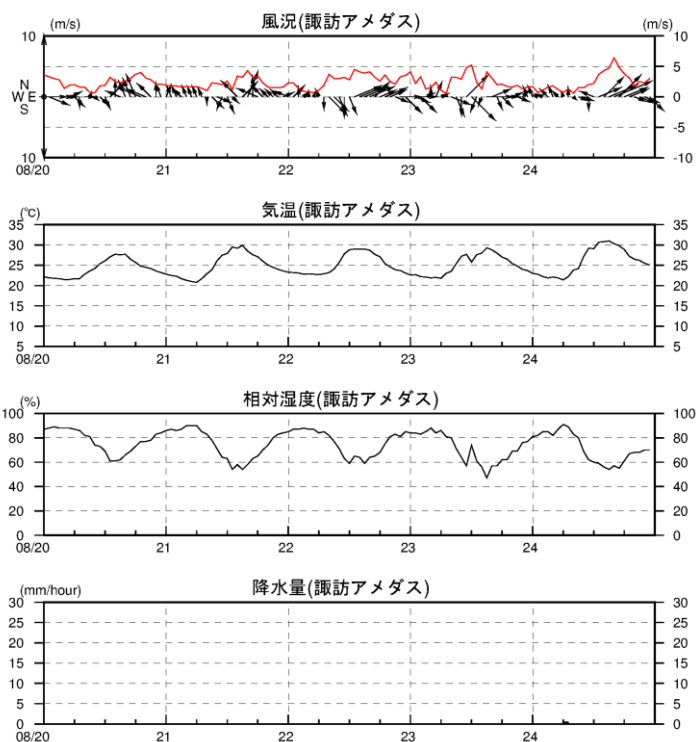
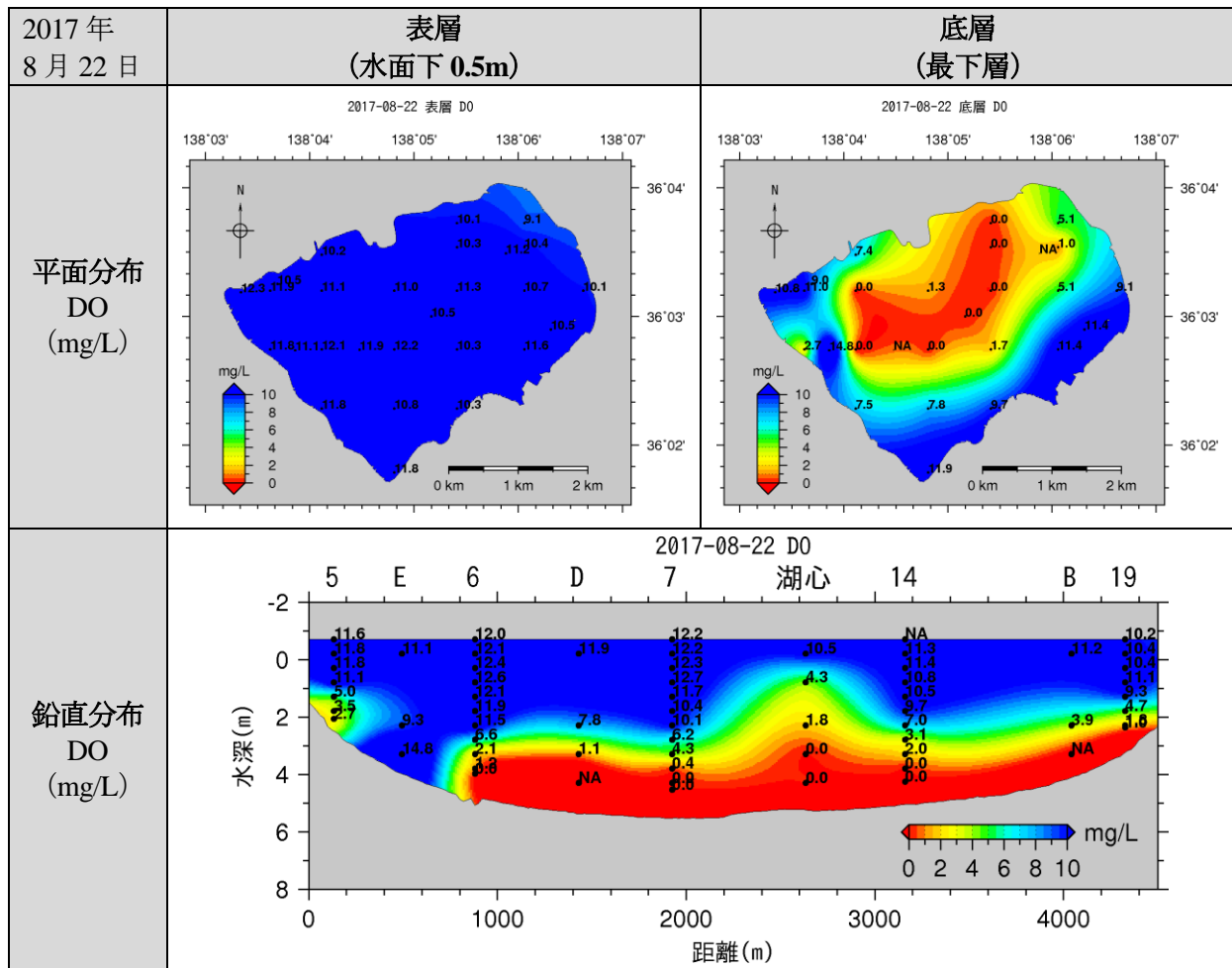


図 2.14(9) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年8月22日、DO)

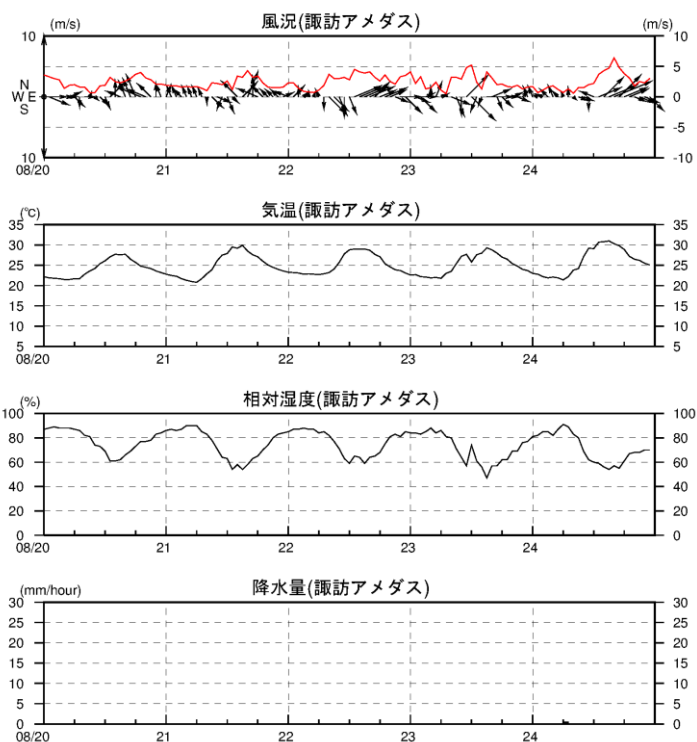
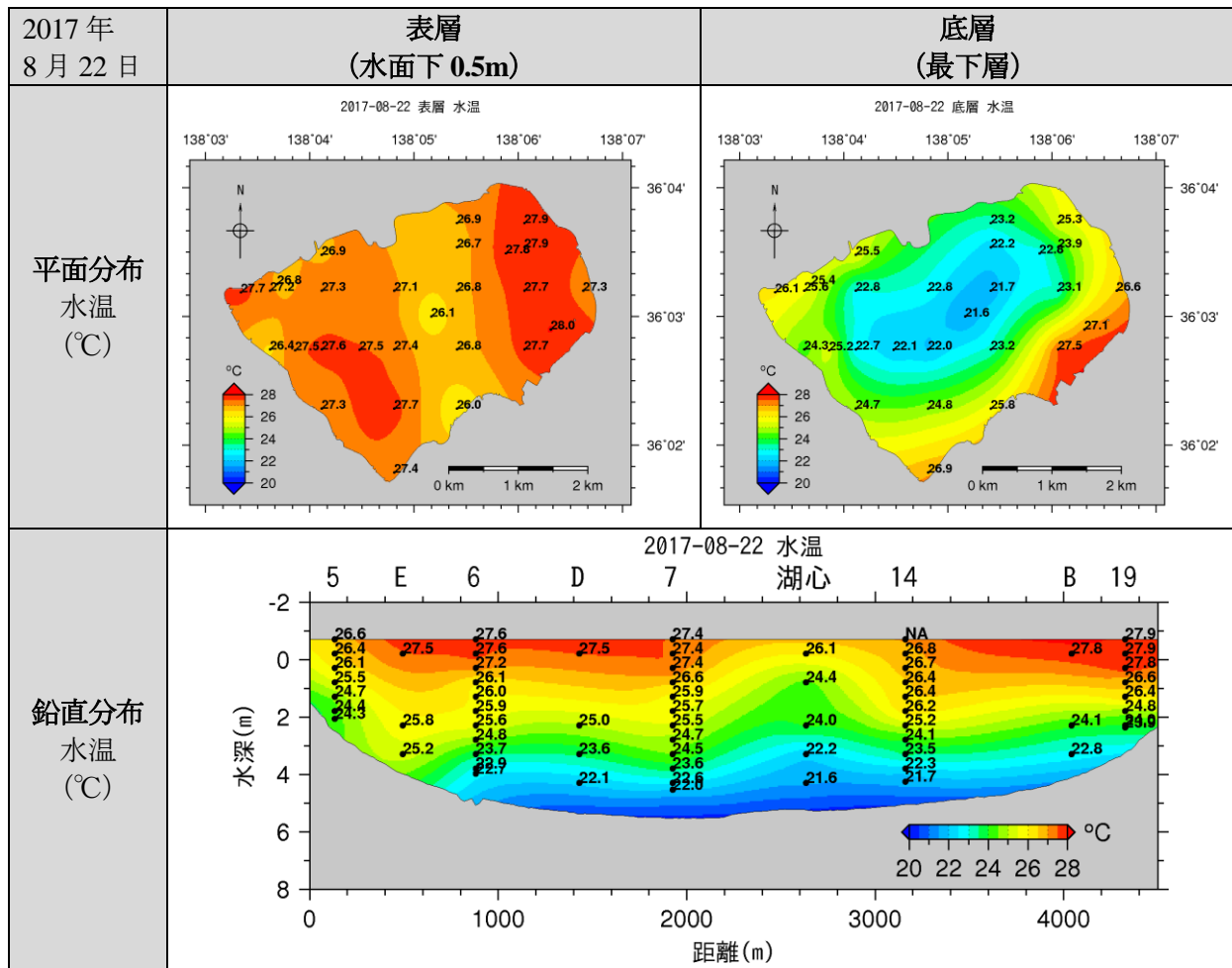


図 2.14(10) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年8月22日、水温)

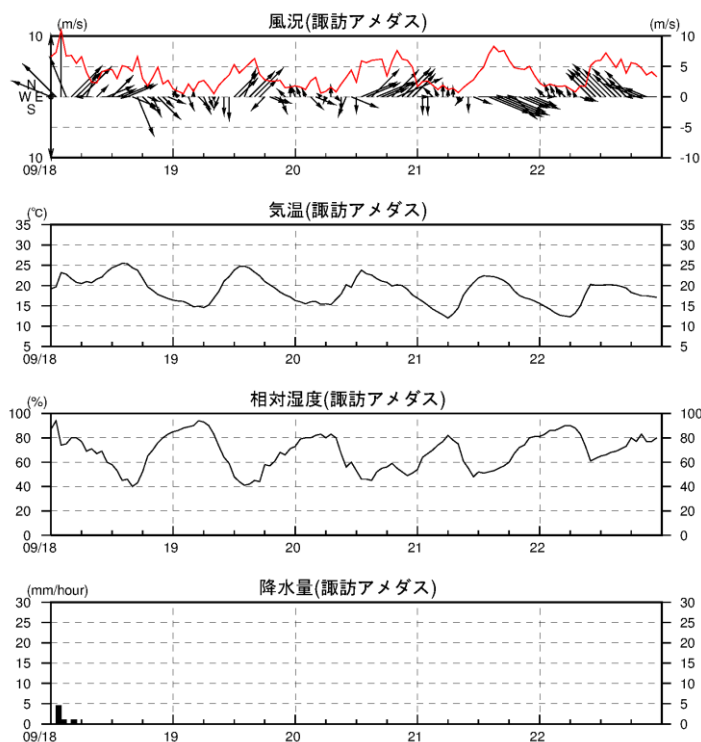
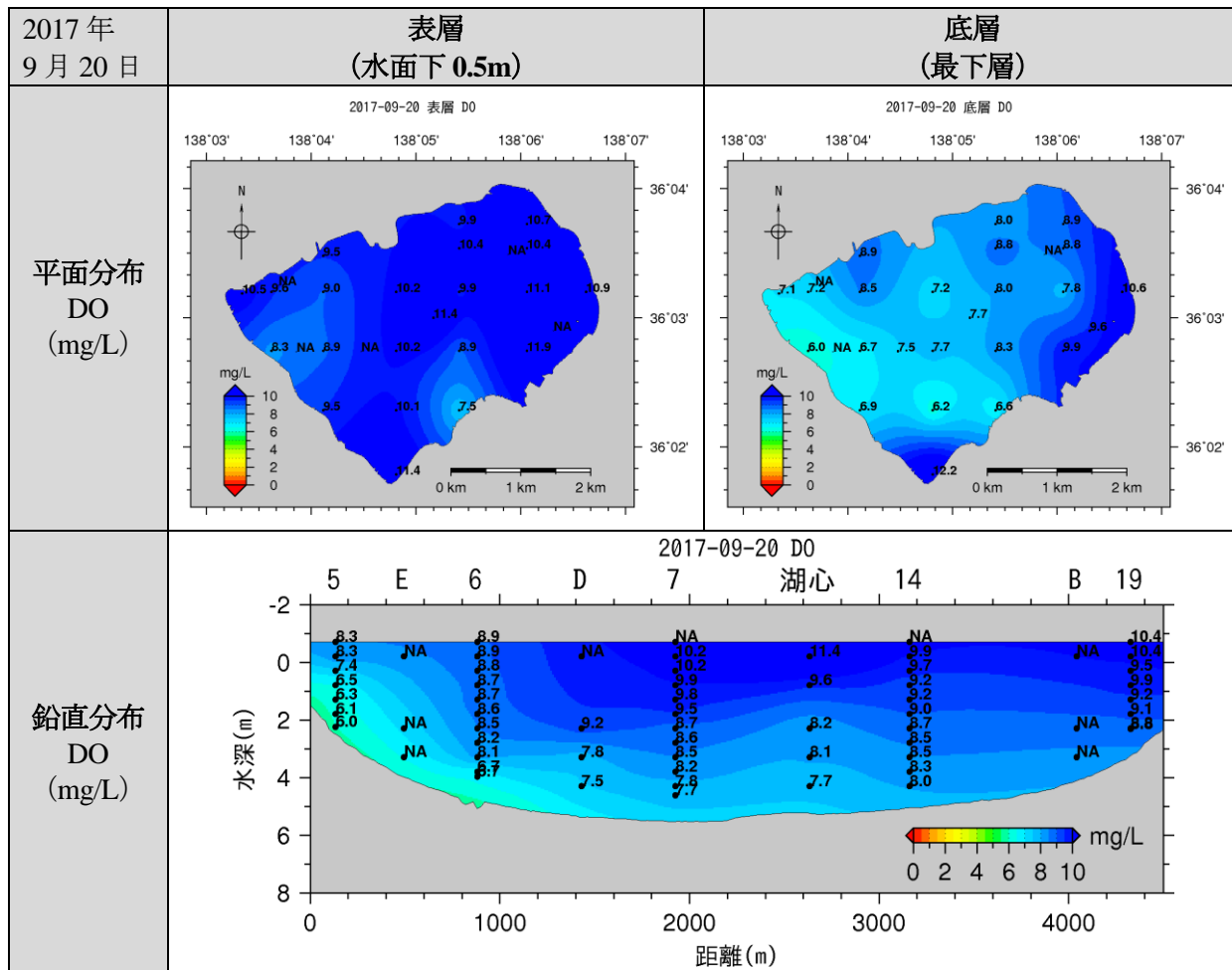


図 2.14(11) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年9月20日、DO)

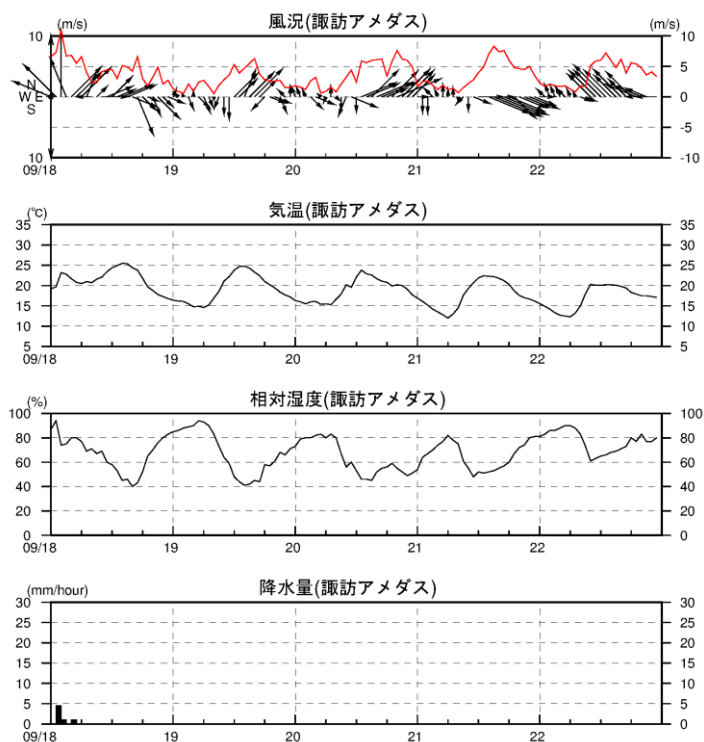
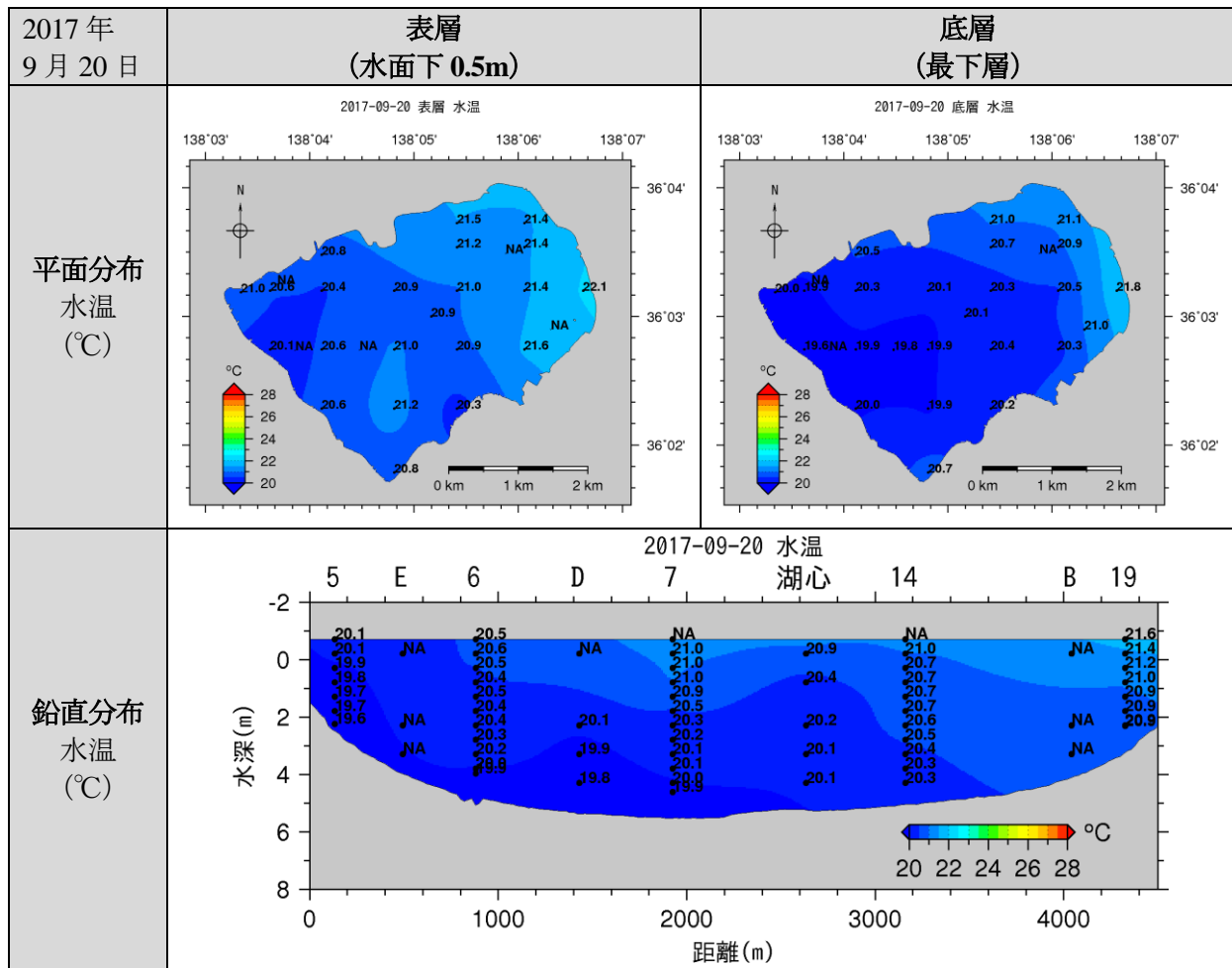


図 2.14(12) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年9月20日、水温)

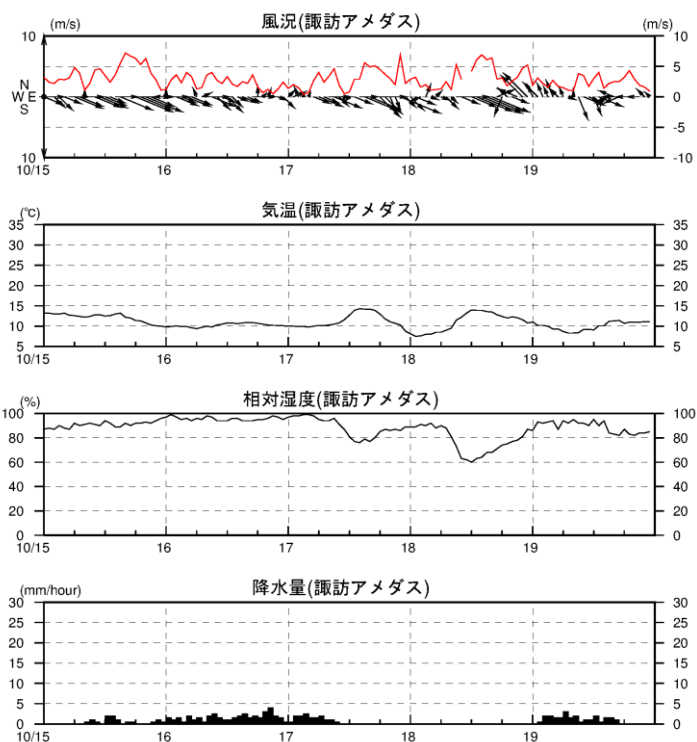
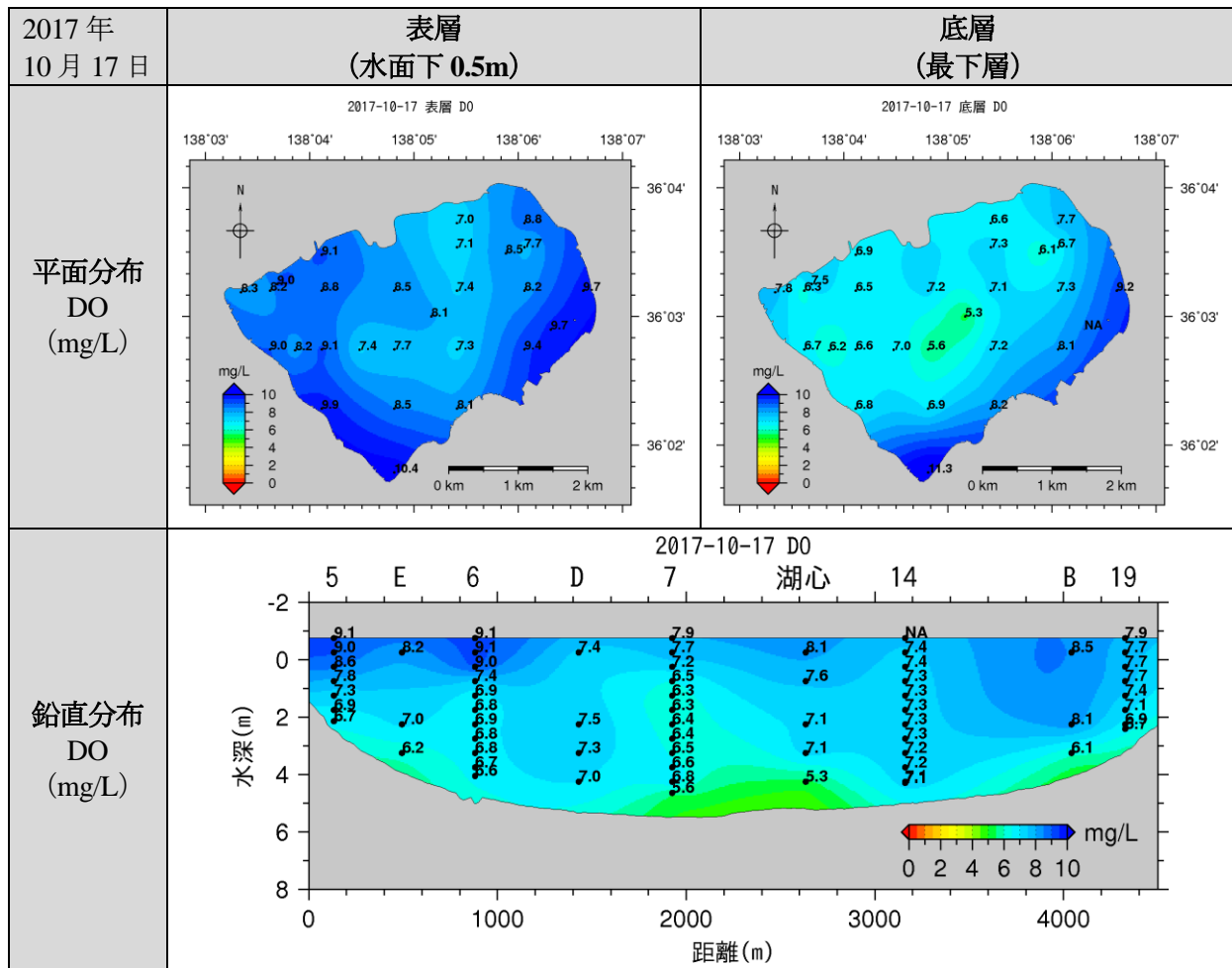
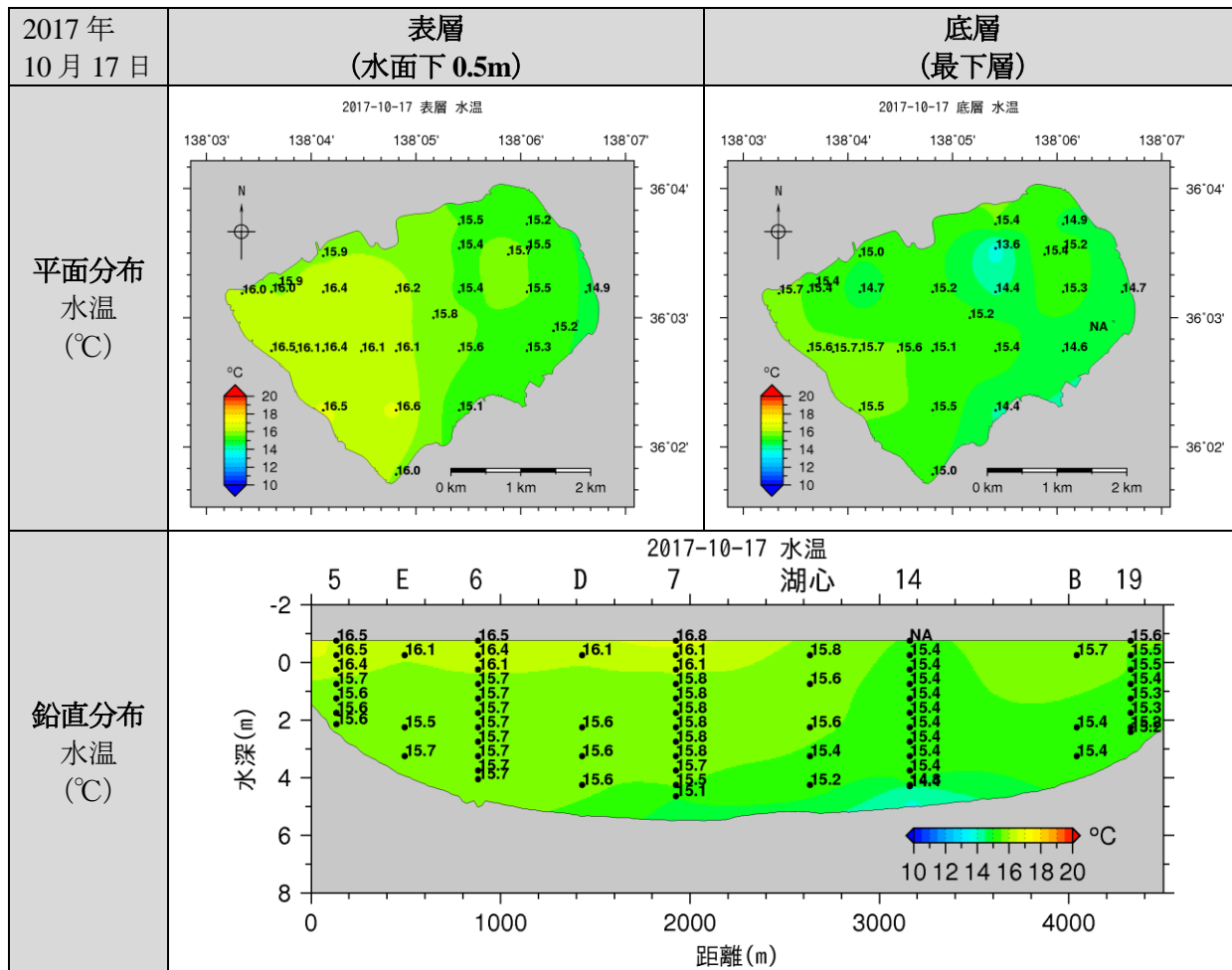


図 2.14(13) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年10月17日、DO)



※カラスケールに注意

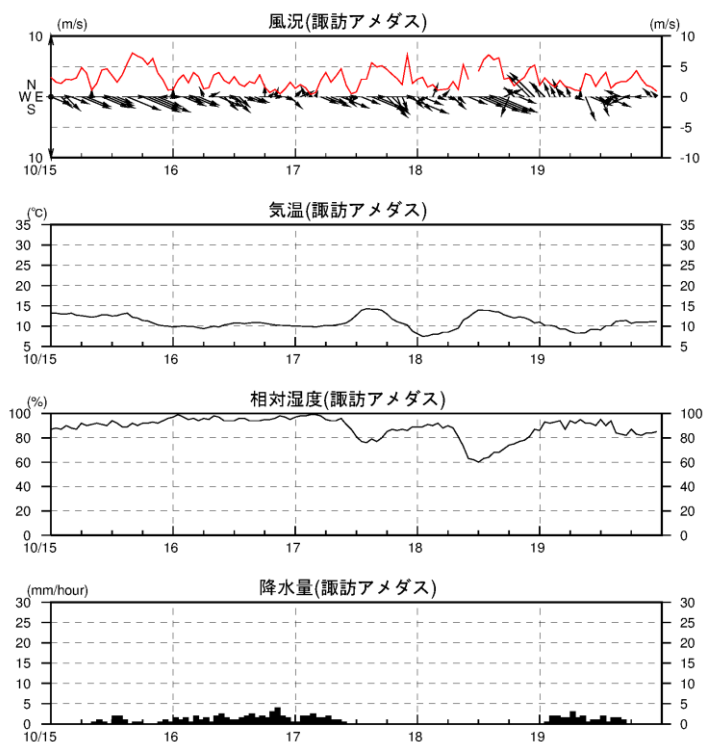


図 2.14(14) 平面・鉛直分布および気象条件(2017年10月17日、水温)

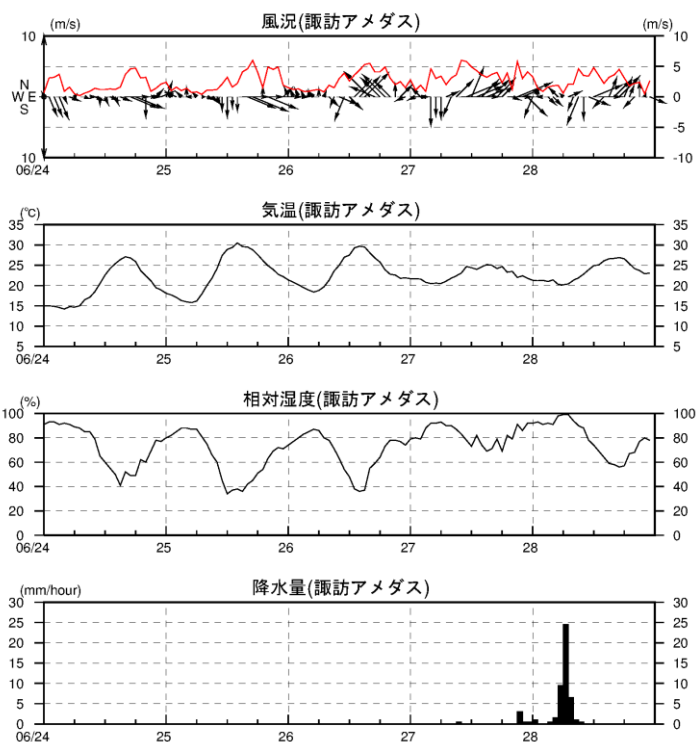
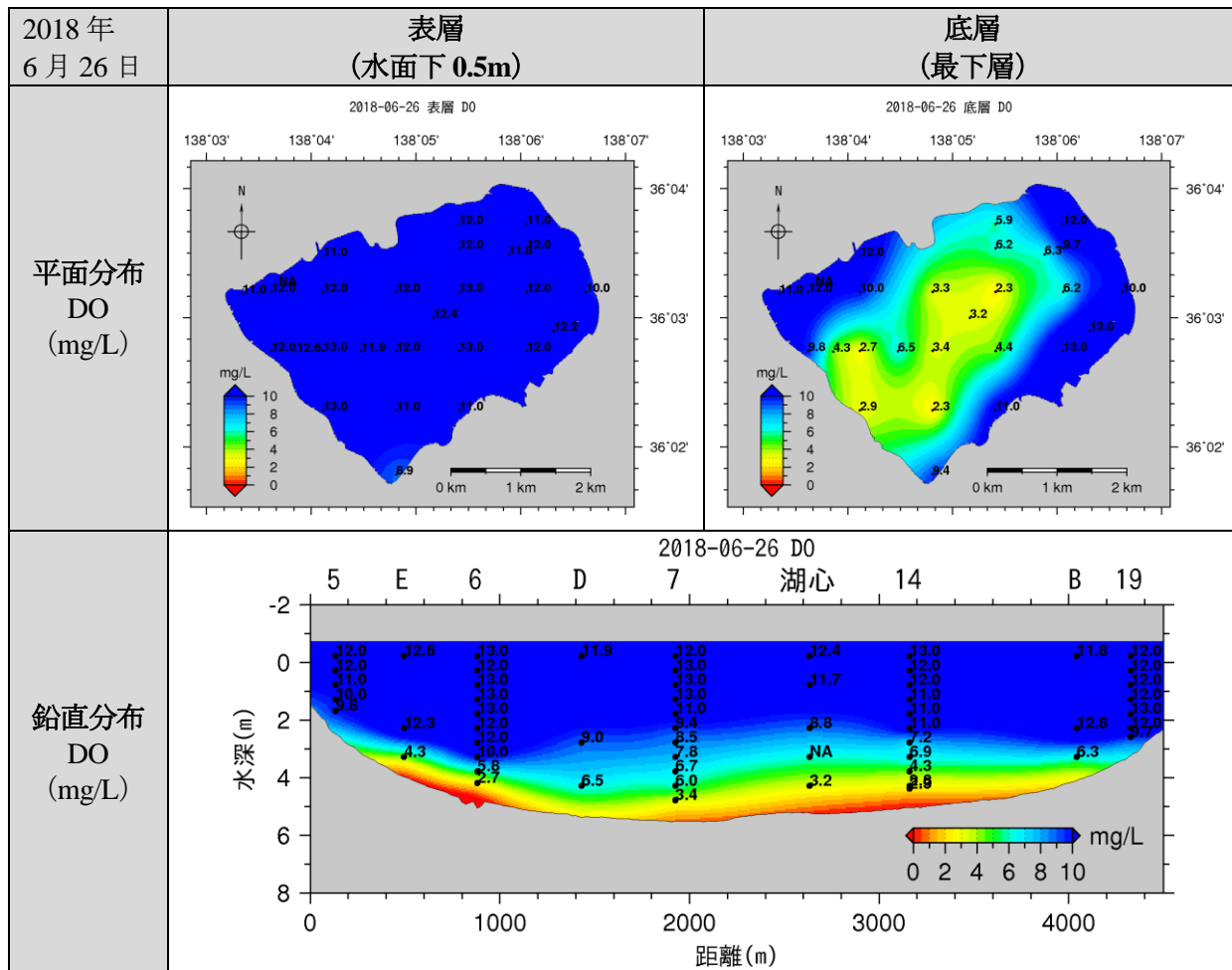


図 2.14(15) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年6月26日、DO)

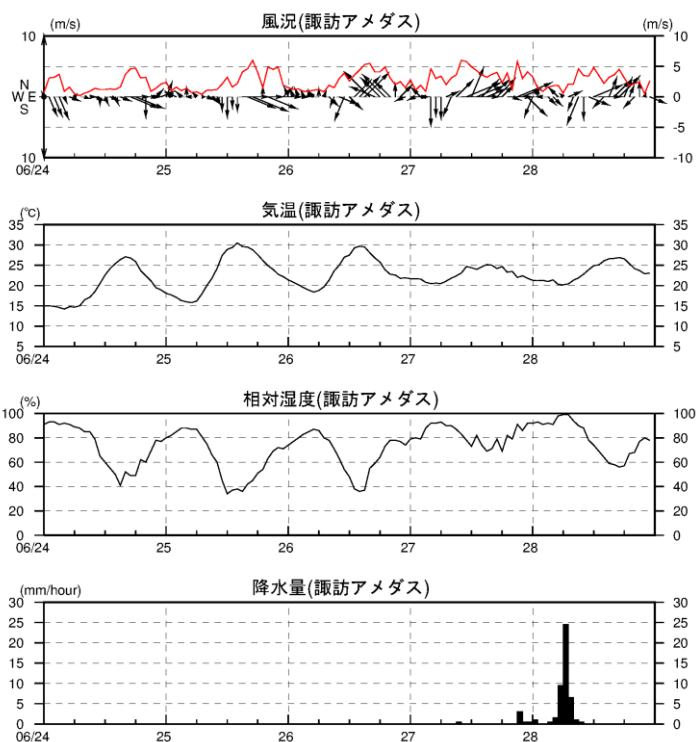
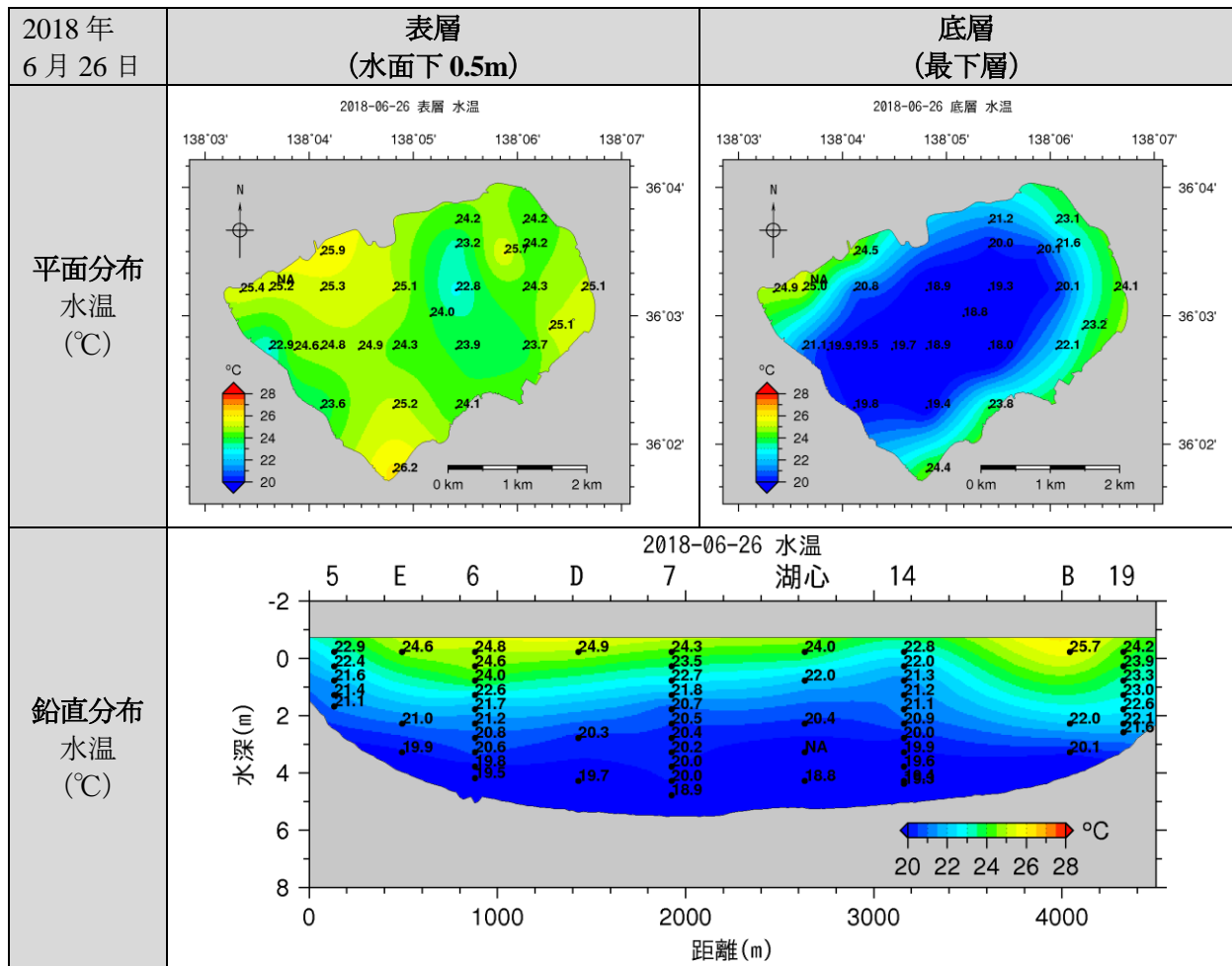


図 2.14(16) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年6月26日、水温)

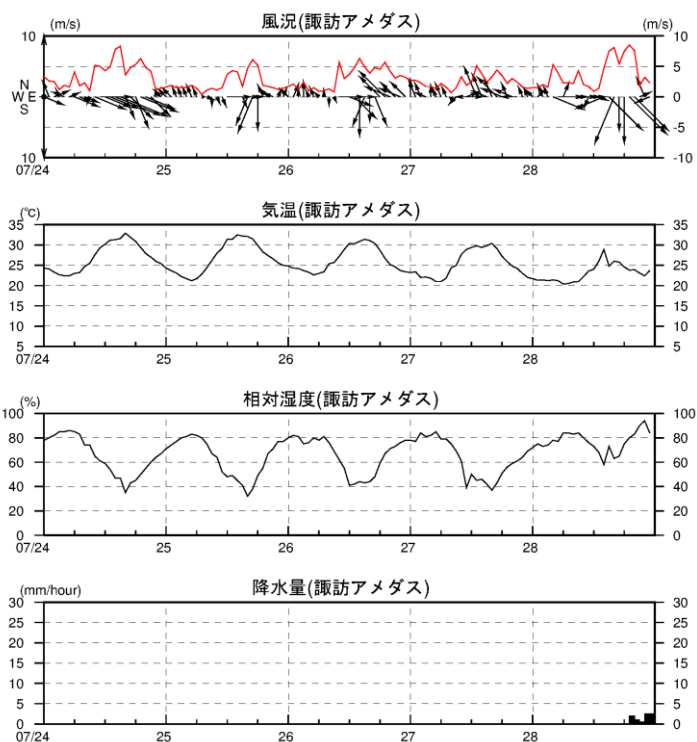
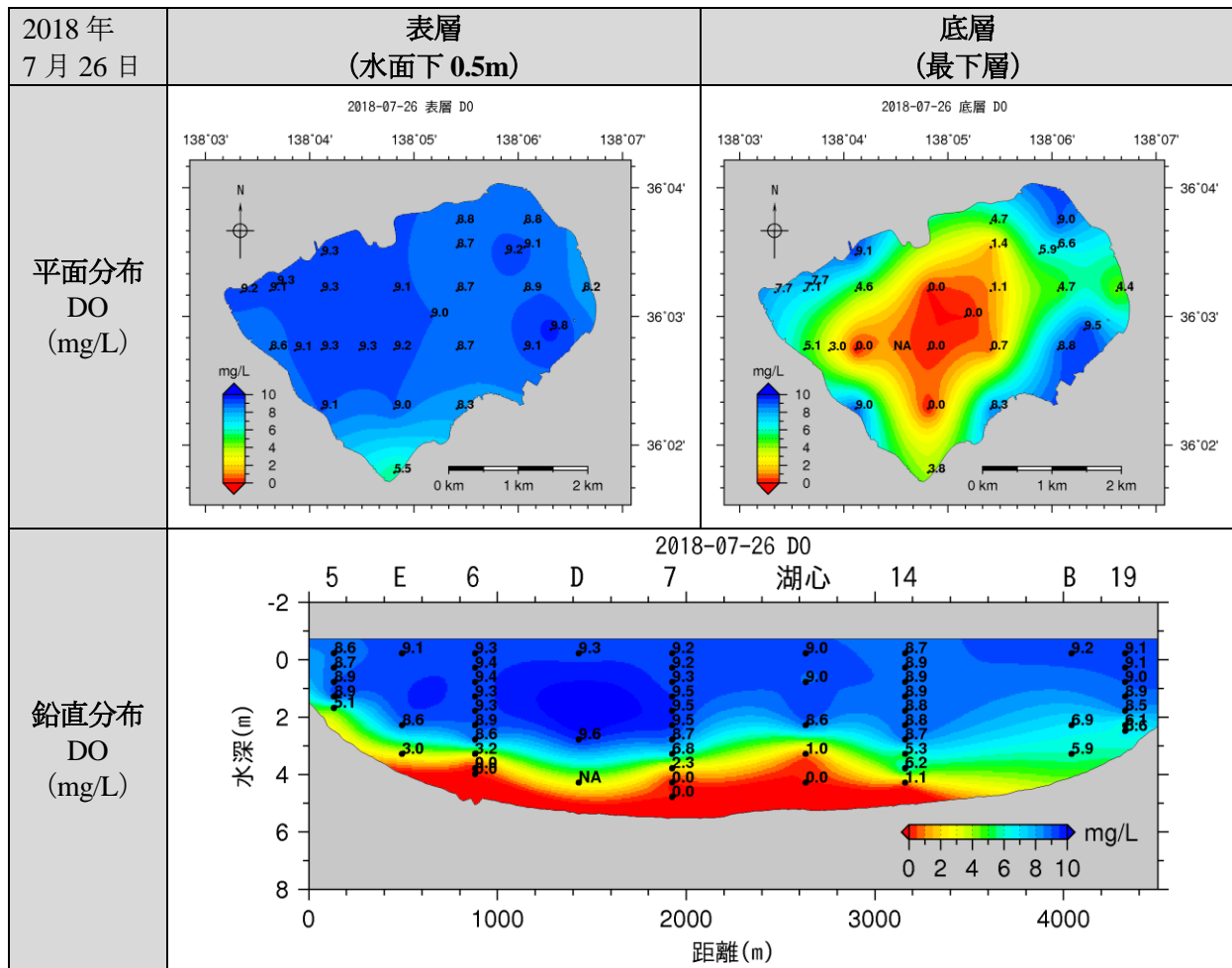


図 2.14(17) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年7月26日、DO)

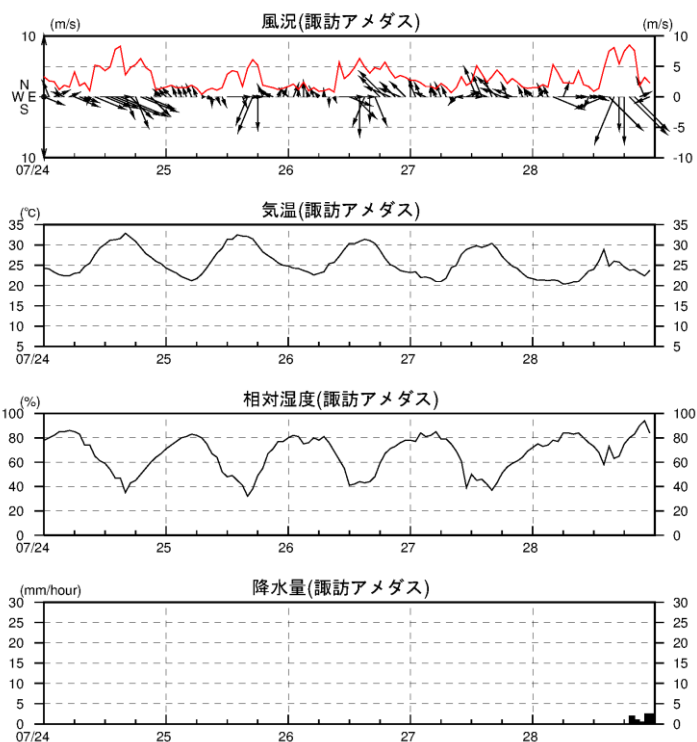
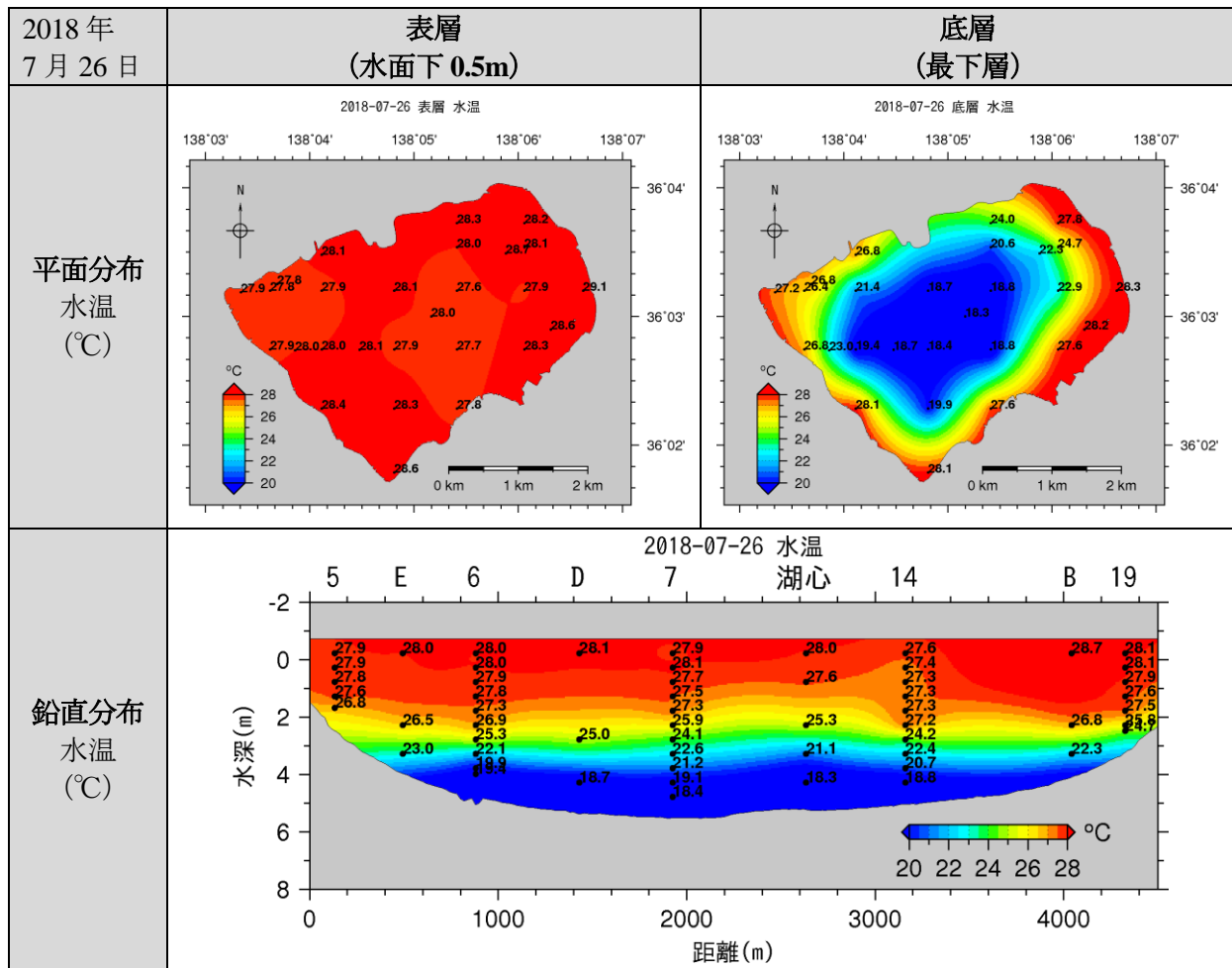


図 2.14(18) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年7月26日、水温)

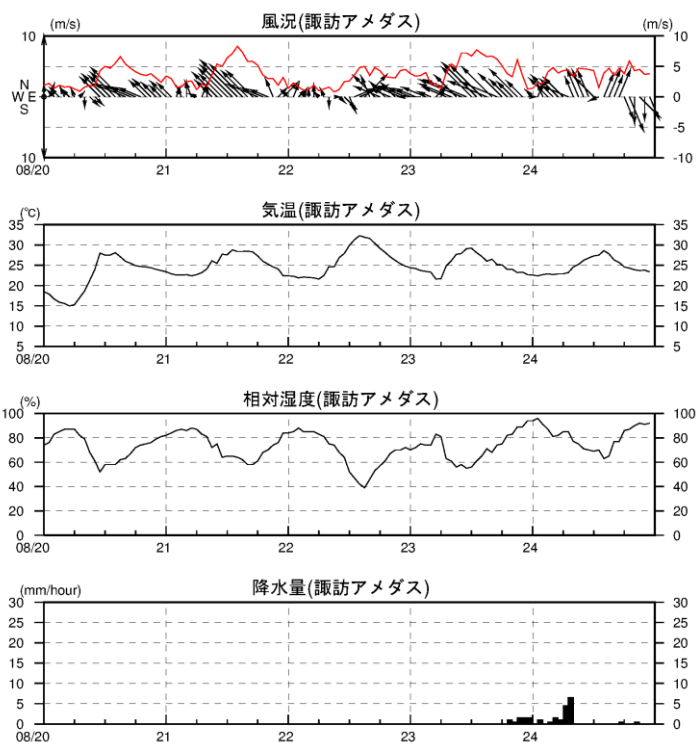
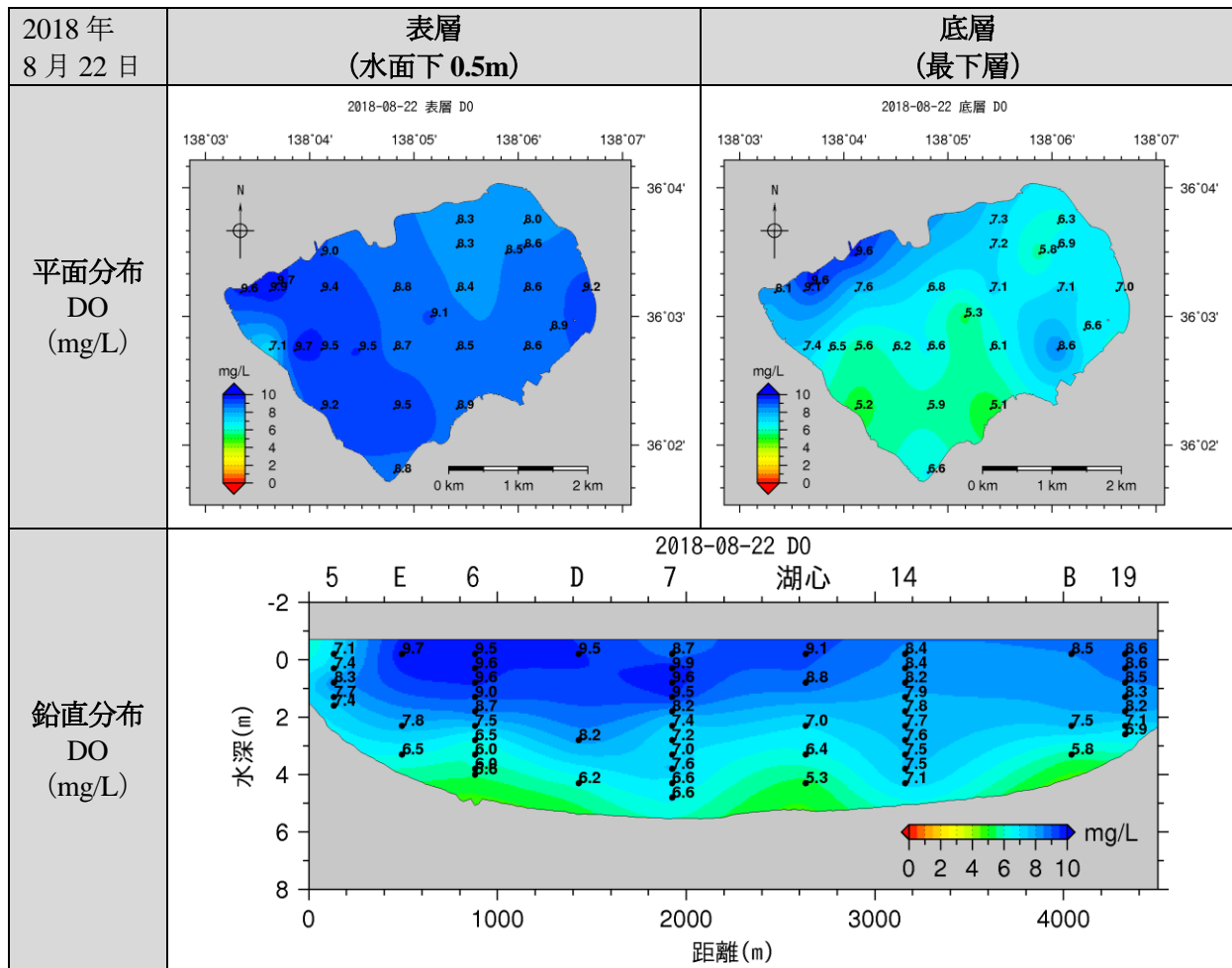


図 2.14(19) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年8月22日、DO)

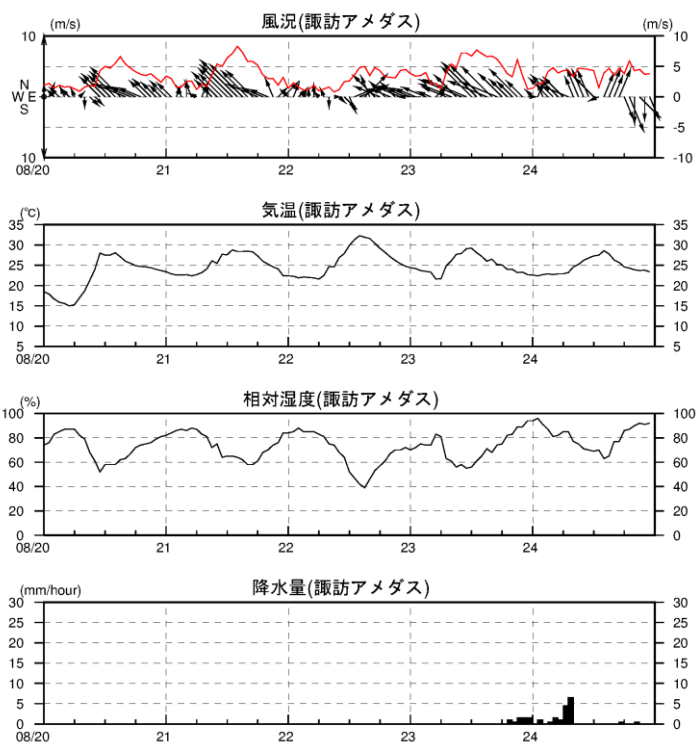
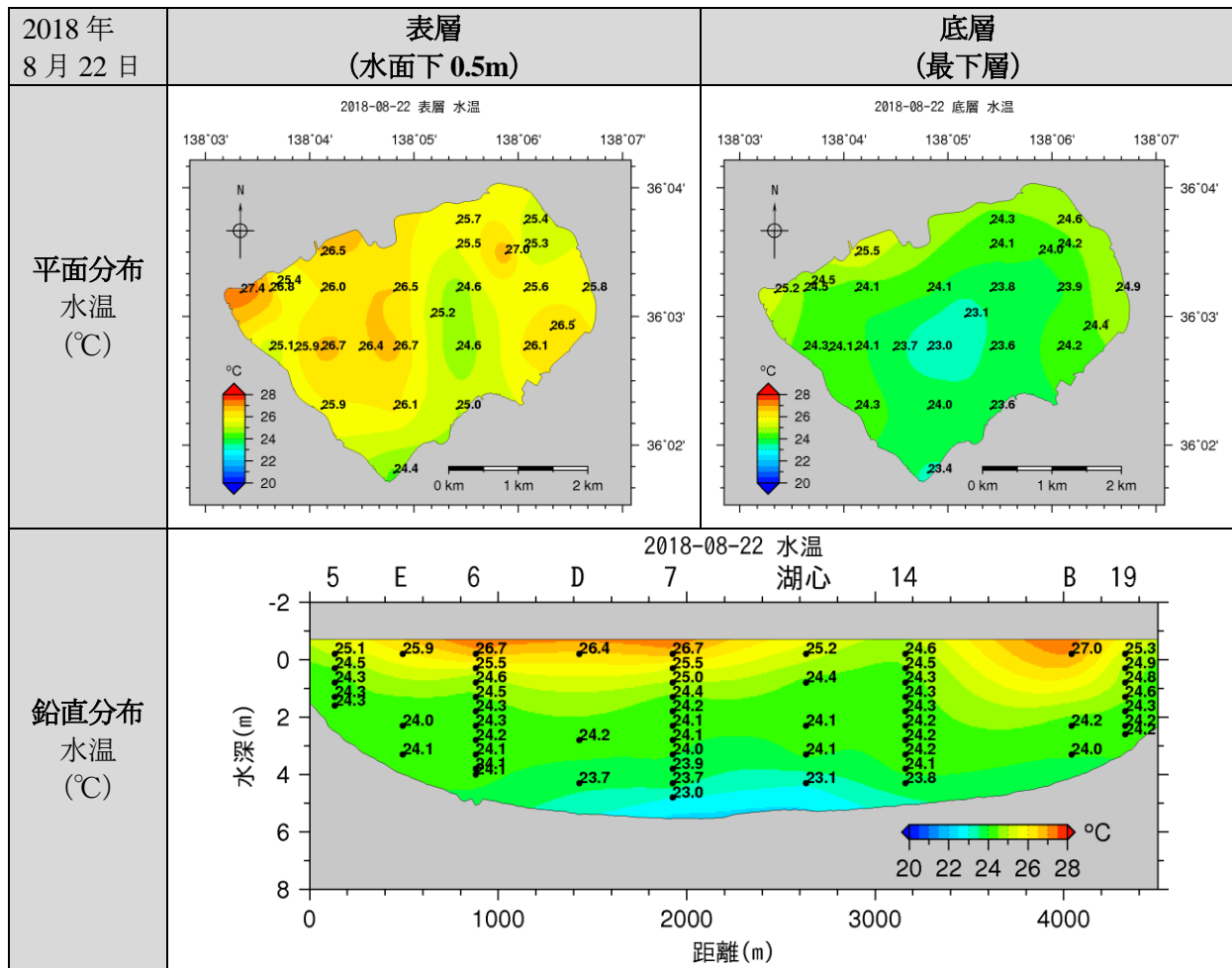


図 2.14(20) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年8月22日、水温)

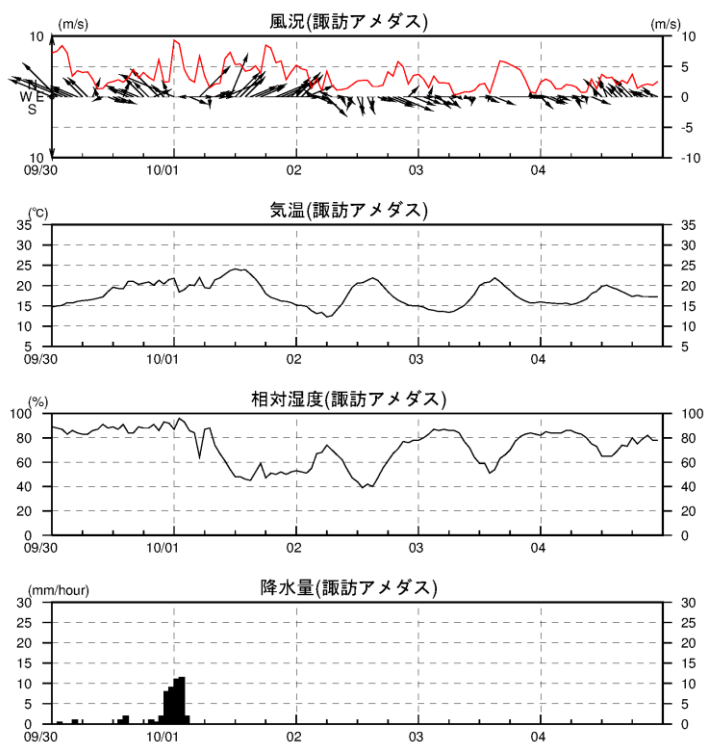
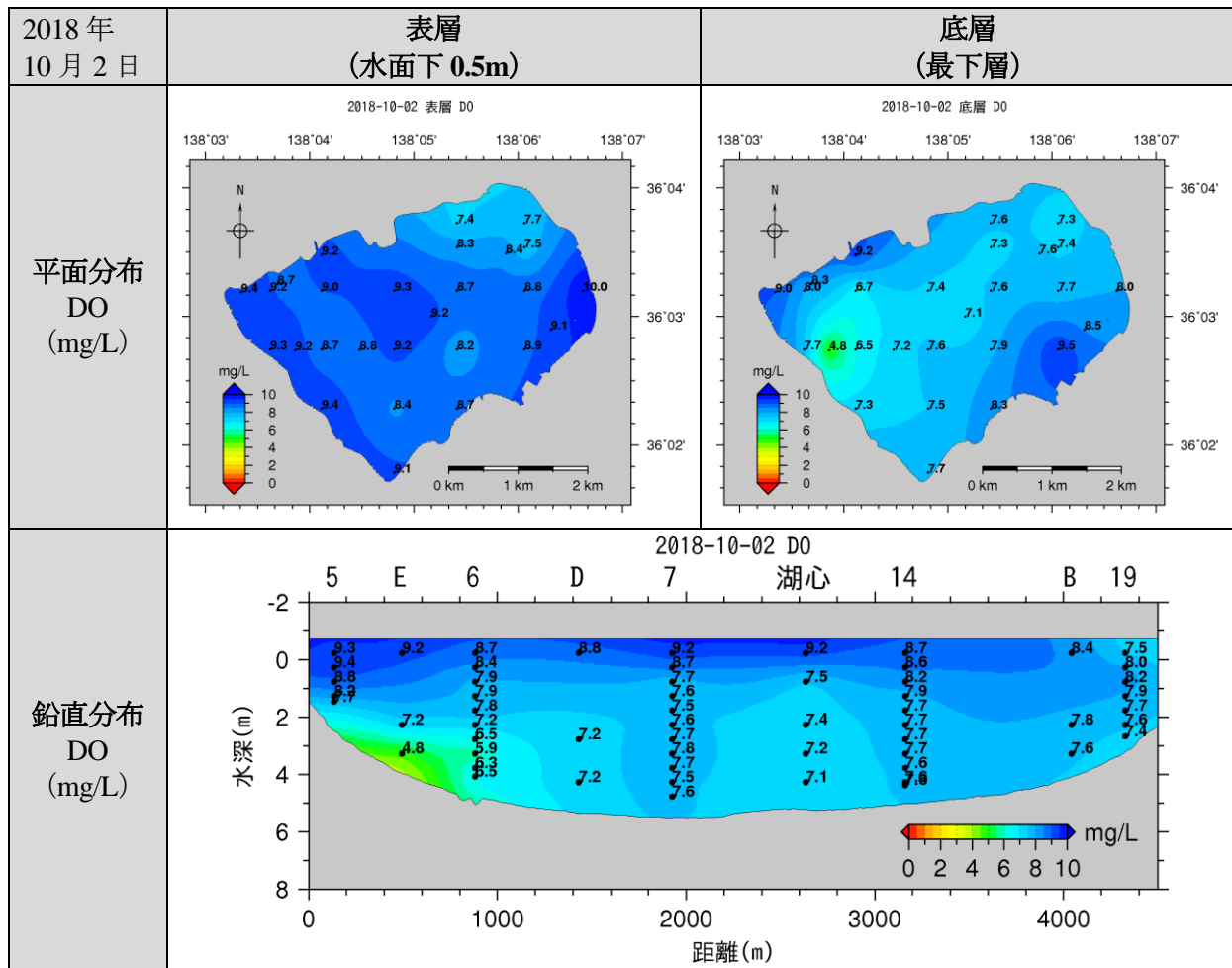


図 2.14(19) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年10月2日、DO)

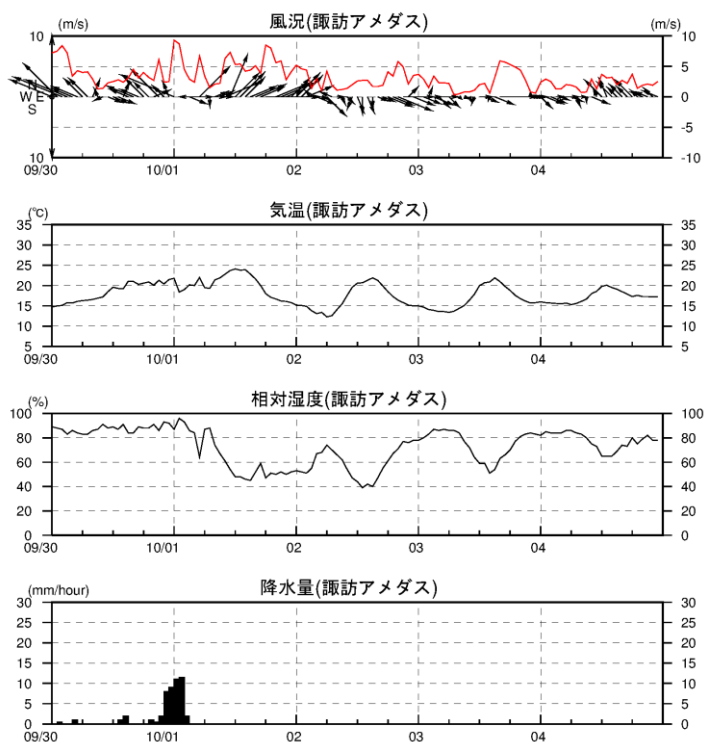
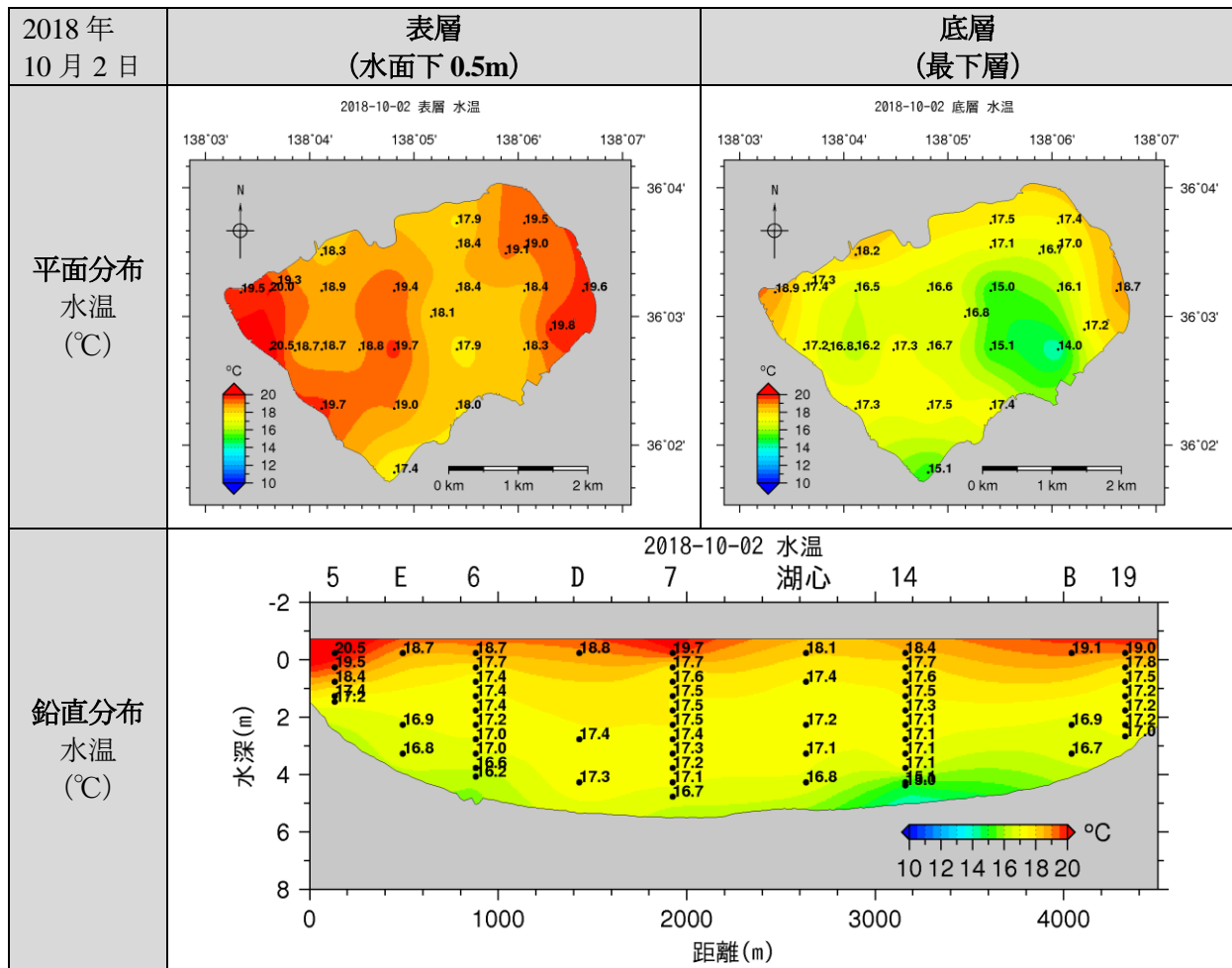


図 2.14(20) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年10月2日、水温)

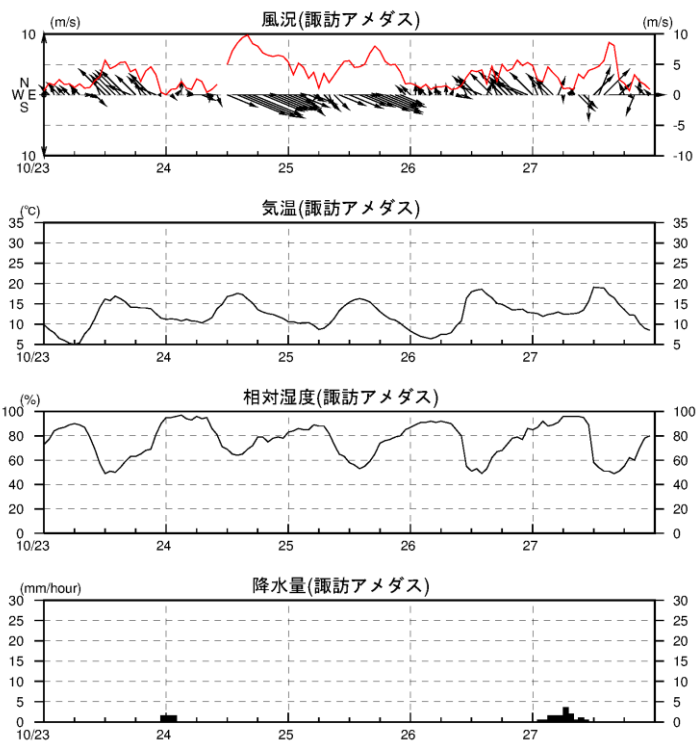
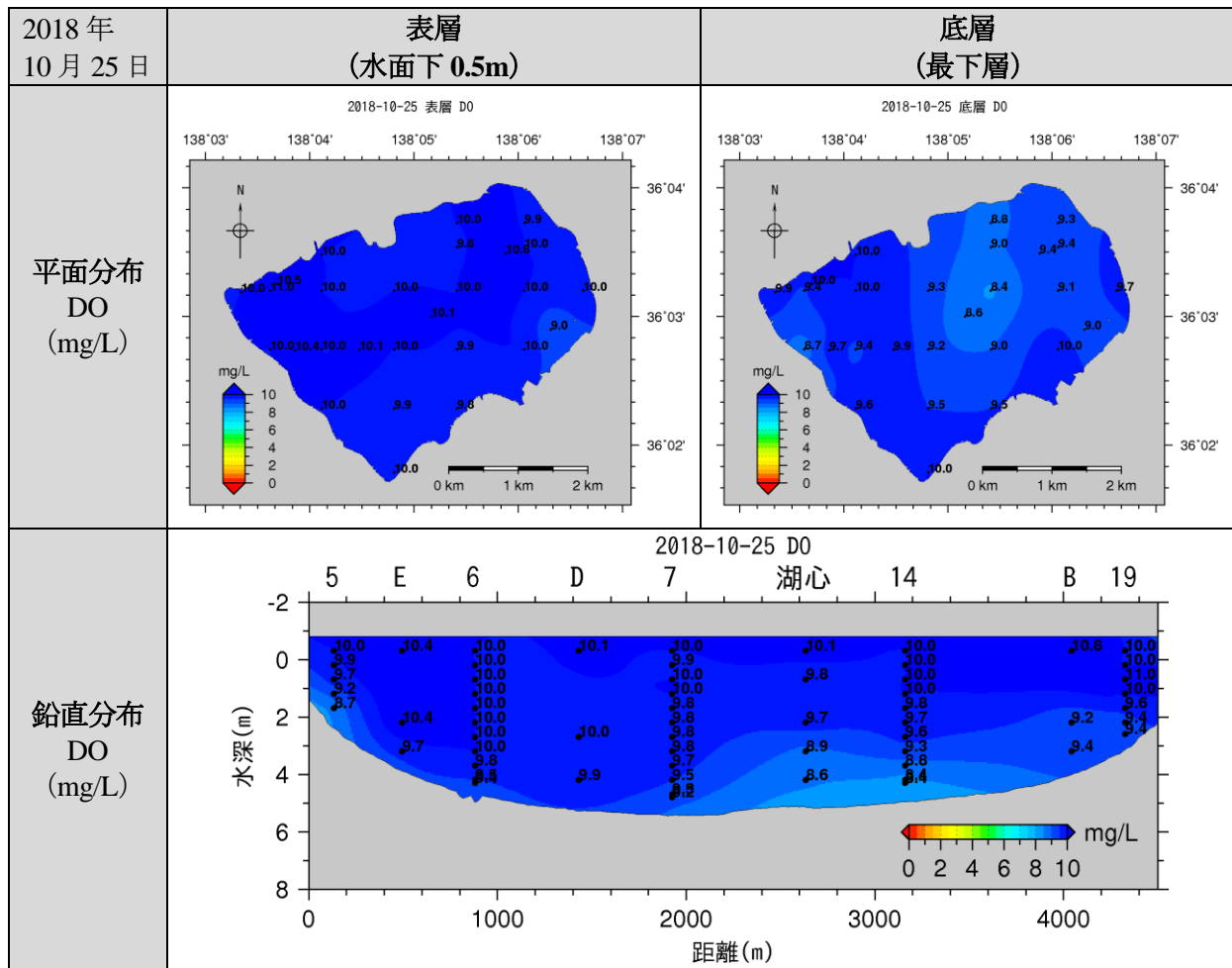


図 2.14(21) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年10月25日、DO)

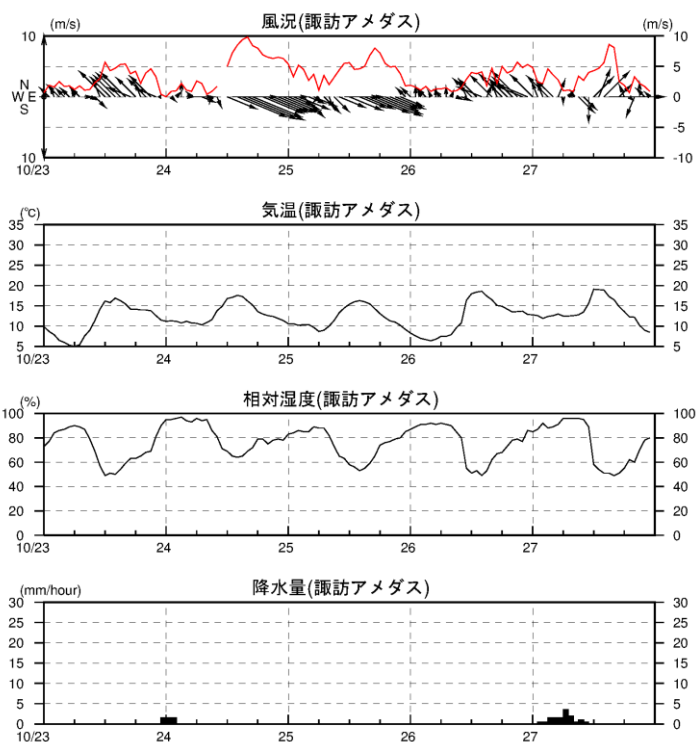
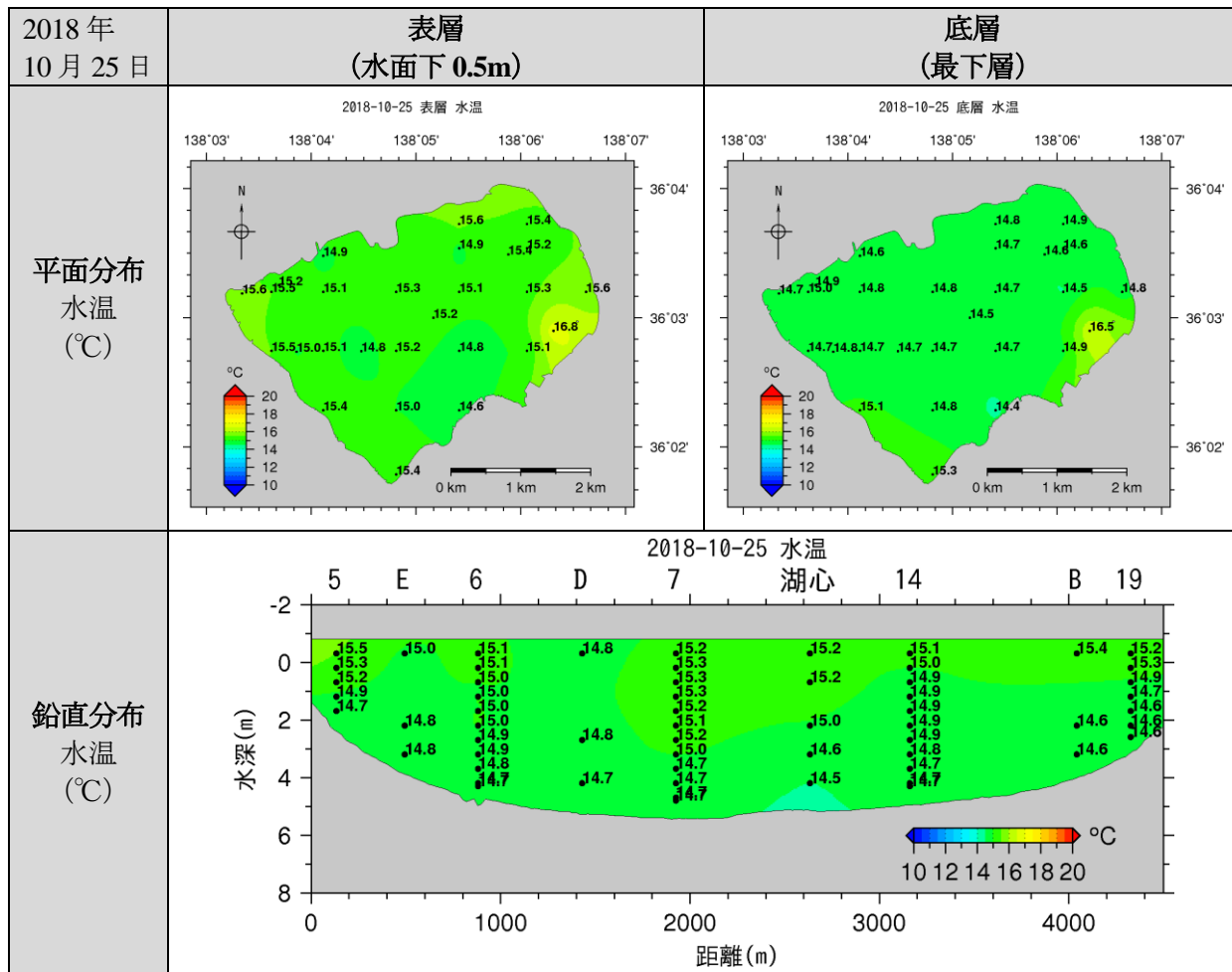


図 2.14(22) 平面・鉛直分布および気象条件(2018年10月25日、水温)

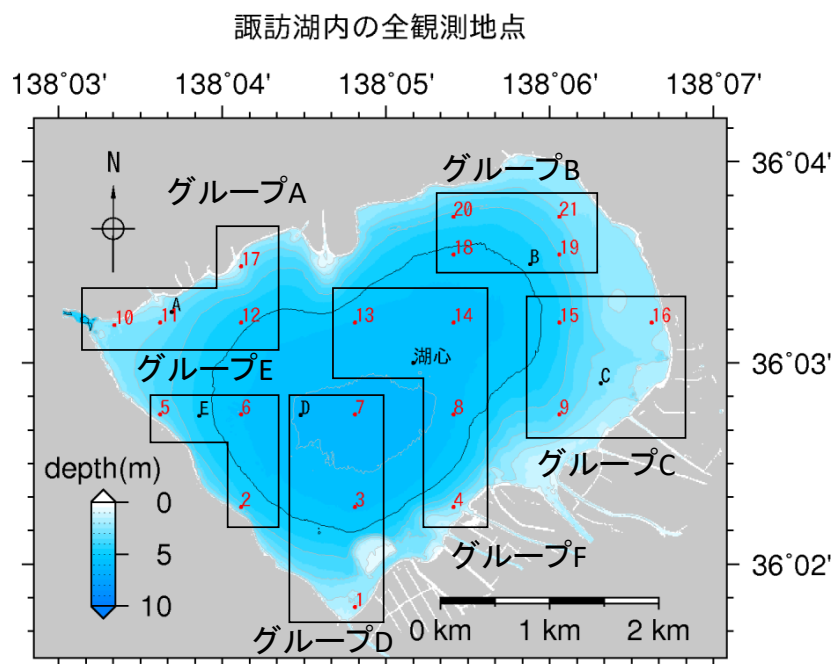
2.4.4 平面分布の水温補正

「2.4.3 平面分布および鉛直分布」で示した水温、特に表層水温の平面分布に関しては、「2.4.1 観測データ概要」の図 2.11でも示したように、観測点によっては観測時刻が約5時間の差があり、その間に、特に表層水温は変化しているために、地点毎にグラデーションが生じているものと考えられる。

そこで、2017年および2018年の6月～10月（欠測地点のある2017年9月20日を除く）の表層水温に関して、以下に示す手順で水温の補正を試みた結果を図 2.16に示す。

2018年6月26日、7月26日、8月22日においては、補正前後での分布の変化が顕著に見られたことから、気温の高い時期では水温の補正によって大きく変化する可能性が考えられる。

- ① 全域観測地点を図 2.15のようにA～Fの6つのグループに分ける。
 なお、A～Fのグループ分けに関しては、A～Eおよび湖心からそれぞれ概ね近い観測地点、かつ各グループに属する観測地点が3～4地点となるように選定した。
- ② グループ毎の表層水温を使って、同じ日時（10分単位）の代表する連続観測地点と属する全域観測地点との差を算定する。
- ③ 算定した差を、各グループの代表する連続観測地点の12時00分の水温に加算した値を、属する全域観測地点の12時00分の補正值とする。



グループ	代表する連続観測地点	属する全域観測地点
A	A	10, 11, 12, 17
B	B	18, 19, 20, 21
C	C	9, 15, 16
D	D	1, 3, 7
E	E	2, 5, 6
F	湖心	4, 8, 13, 14

図 2.15 全域観測地点のグループ分け

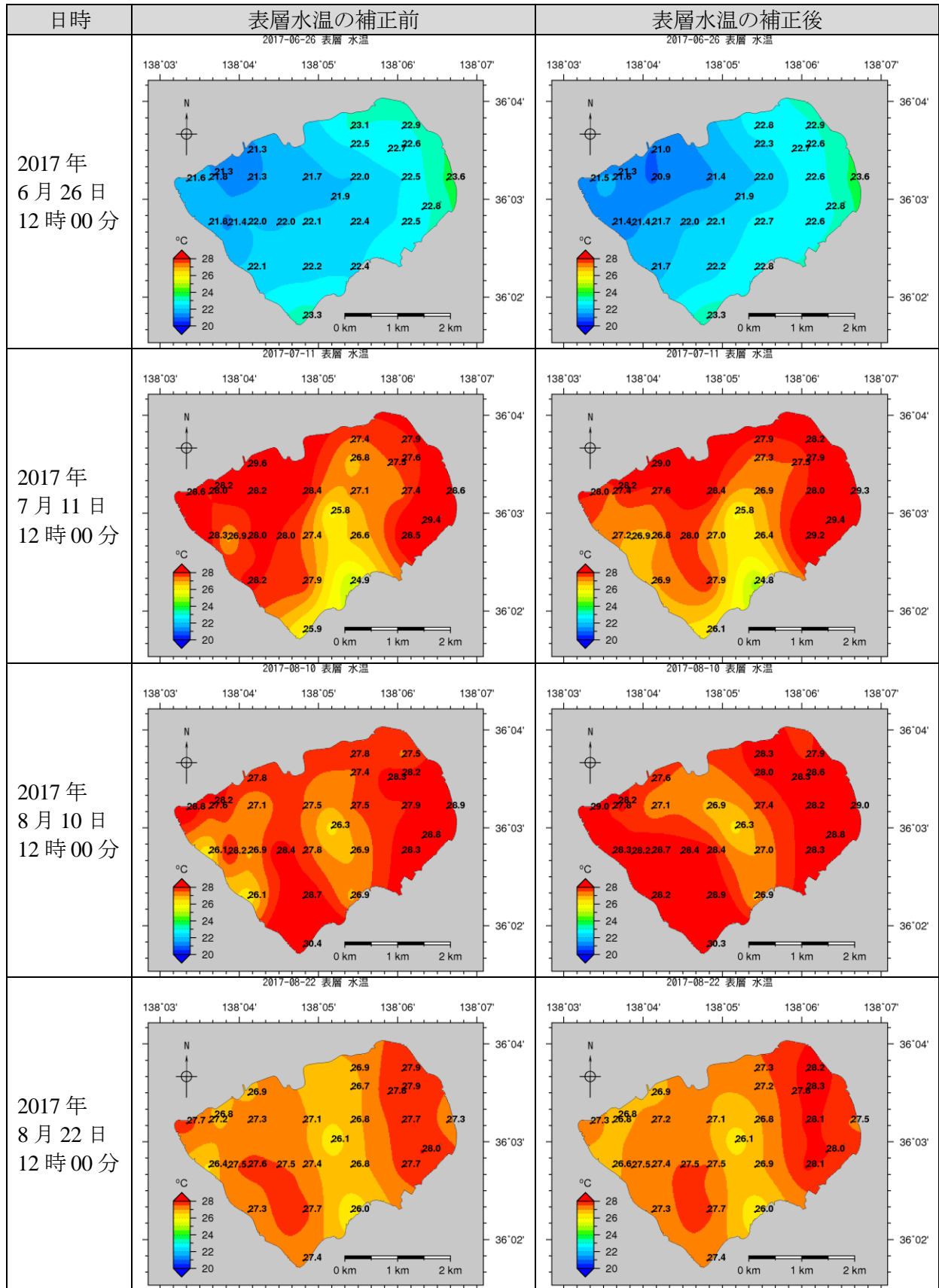


図 2.16(1) 水温補正前後での平面分布の比較

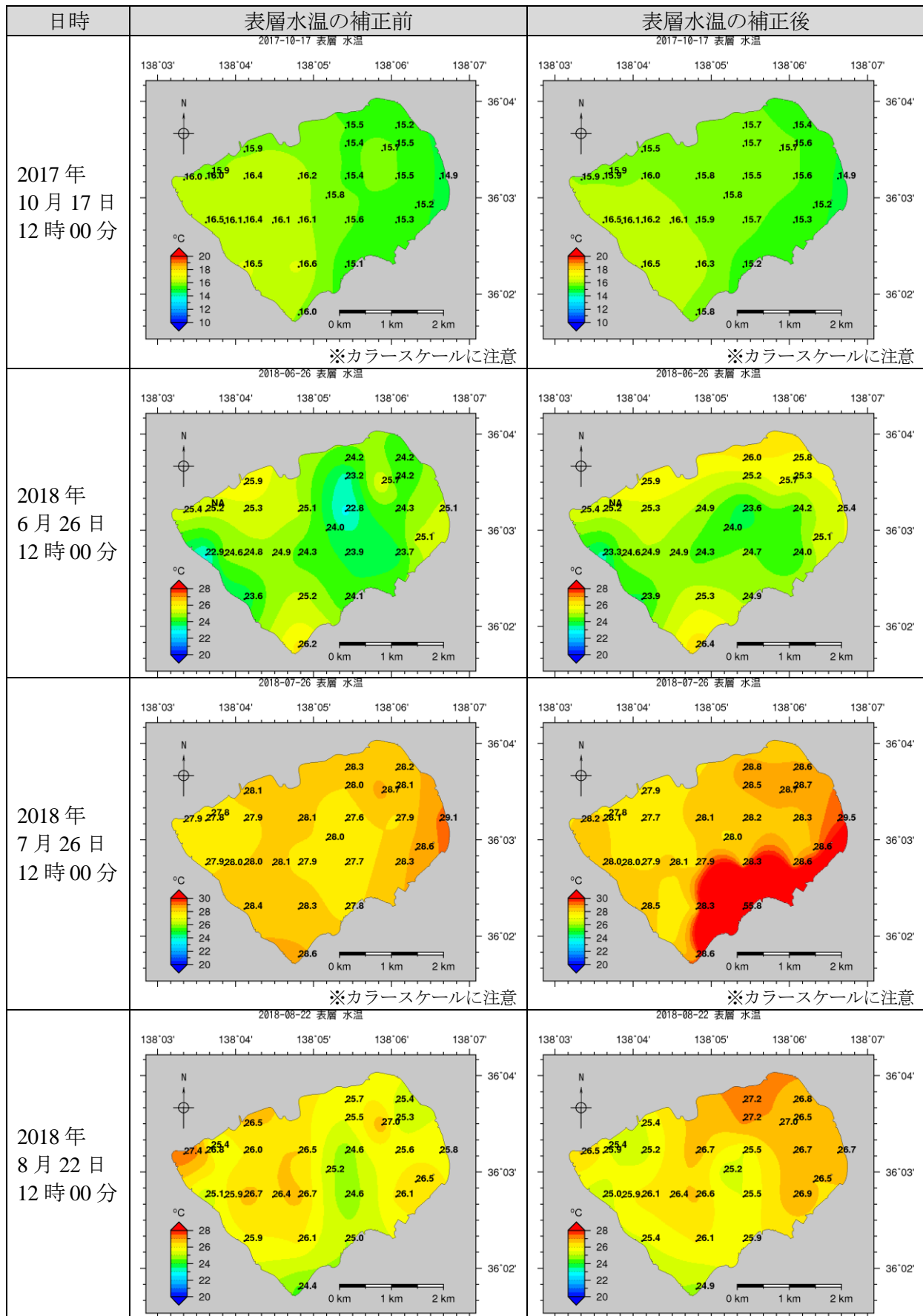


図 2.16(2) 水温補正前後での平面分布の比較

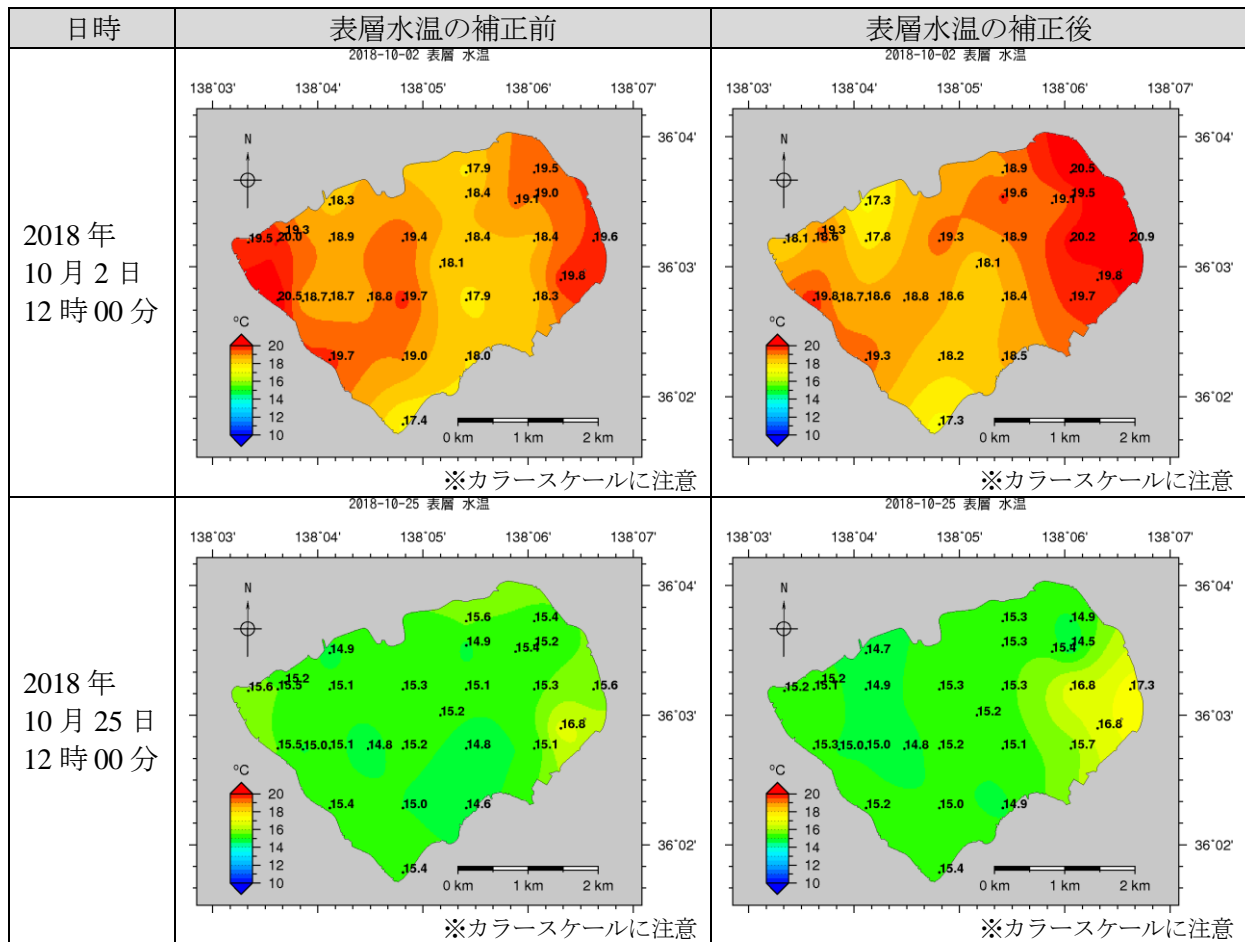


図 2.16(3) 水温補正前後での平面分布の比較