資料－5

網走湖高精度３次元モデル（Fantom）による解析について

令和4年8月

高精度３次元モデル（Fantom）の概要

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

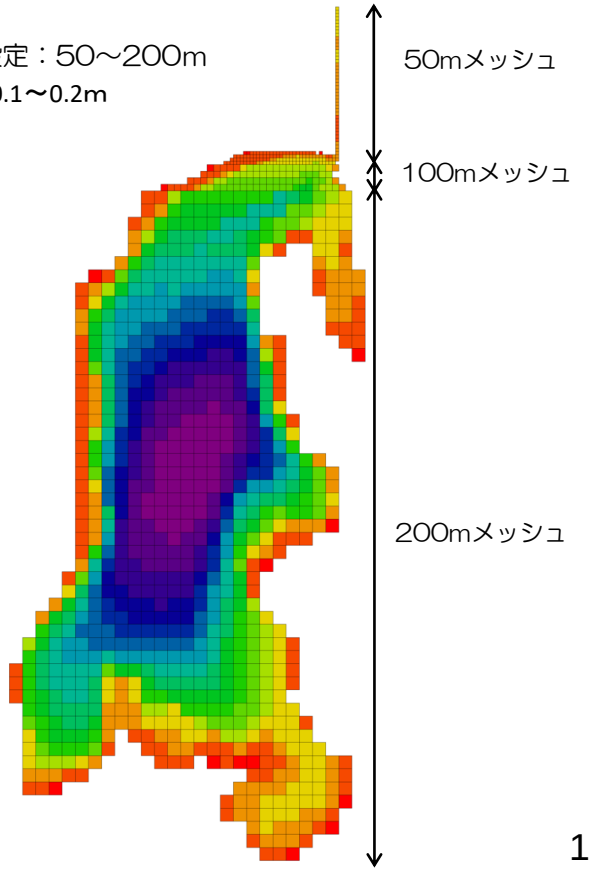
【Fantomの導入】
- 「第1回　網走湖汽水環境保全方策検討委員会」（R2.12）において、解析に際して高精度３次元モデルの導入が提案され、同意された。
- 高精度３次元モデルとしては、網走湖に適用実績のあるFantomを導入した。
- Fantomは、都立大学の新谷准教授と神戸大学中山教授によって共同開発された環境流体解析モデル。移流項の計算には３次精度をもつUltimate-Quickest法を使用。

■Fantom概要

- 座標系
  水平：デカルト座標
  鉛直：レベル座標
- 差分スキーム
  離散化　：コロケート格子有限体積法
  時間進行：Adams-Bashforth法
  移流項　：ULTIMATE-QUICKEST法（3次精度）
- 乱流モデル
  水平：選択可能
  鉛直：GLSモデル
- その他
  静水圧近似（非静水圧モデルあり）、コリオリカ考慮
  LMR（局所高解像度化）、Wet-Dry

■モデル構築

水平格子設定：50～200m
鉛直層厚：0.1～0.2m
dt=10sec

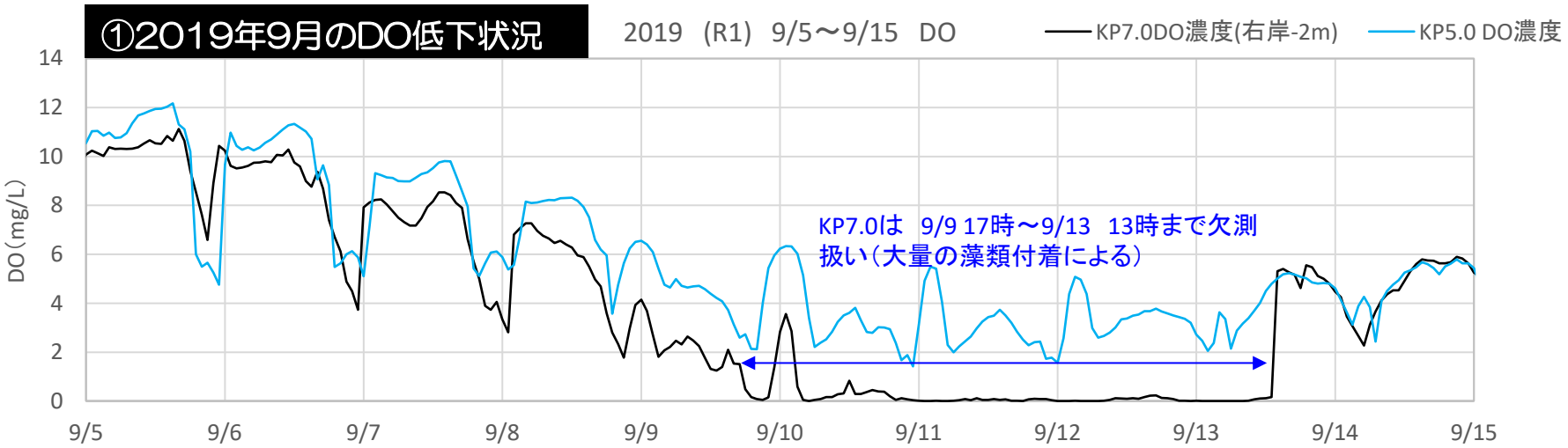


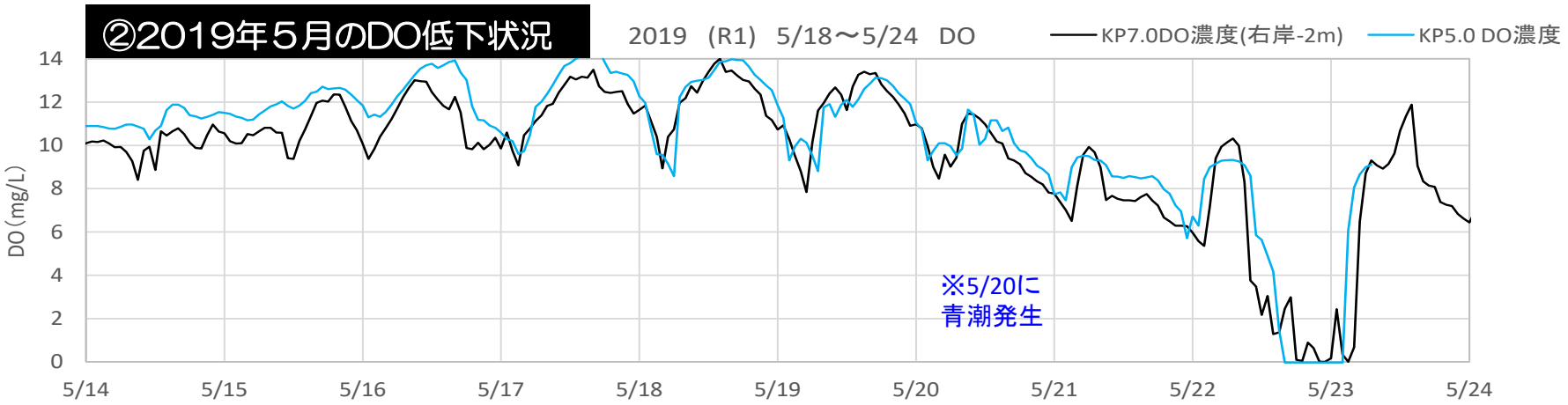
解析の目的

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【網走川下流でのDO低下現象のメカニズム解明】

- 2019年に網走川下流で観測された以下のDO低下現象の発生要因を、高精度３次元モデルを用いて検討した。
  ①2019年9月　（無風高温時）
  ②2019年5月　（青潮発生2日後）





DO低下現象のメカニズム仮説とモデル化

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【網走川下流でのDO低下現象のメカニズム仮説】

- 2019年9月のDO低下現象のメカニズムについては、学識者より仮説が提示されている。
  - ①高温かつ静穏な日が続く。
  - ②表層水温の高い状態が２～３日維持される。
  - ③鉛直混合が抑制され、酸素が淡水層の下側へ輸送されなくなる。
  - ④高濃度の植物プランクトンが存在する。透明度が低く、光が水中へ届かない。
  - ⑤高濃度の植物プランクトンが酸素を急激に消費する。
  - ⑥酸素濃度の低下した水が流下する。
- DO計算については、学識者による「2019年9月のDO低下メカニズム仮説」を考慮できるDO計算モデルをFantomに追加構築した。

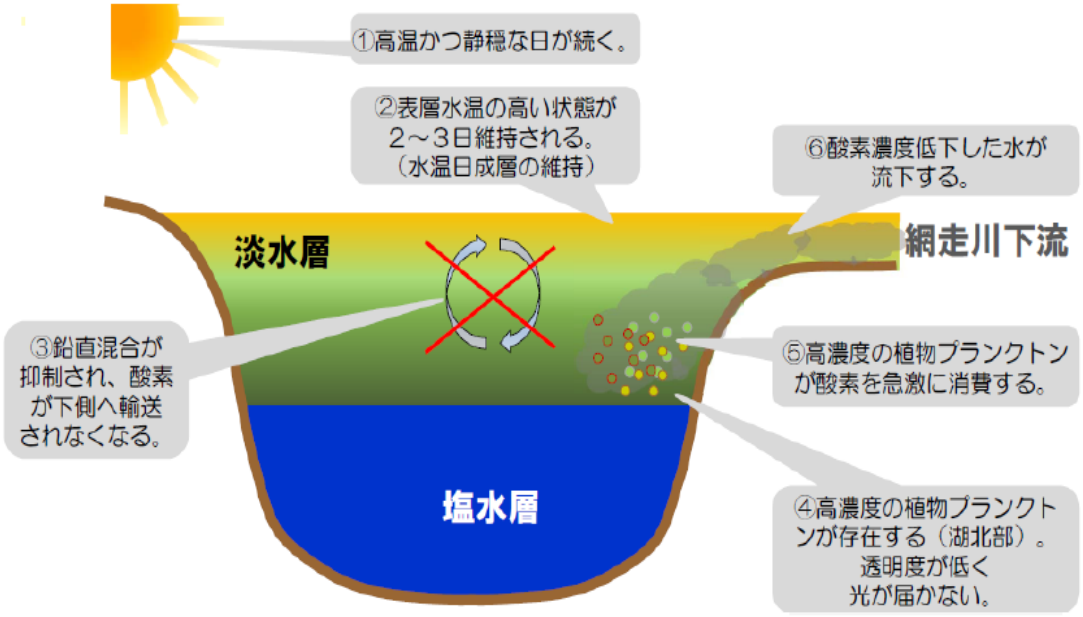


図　2019年9月DO低下のメカニズム（仮説）のイメージ

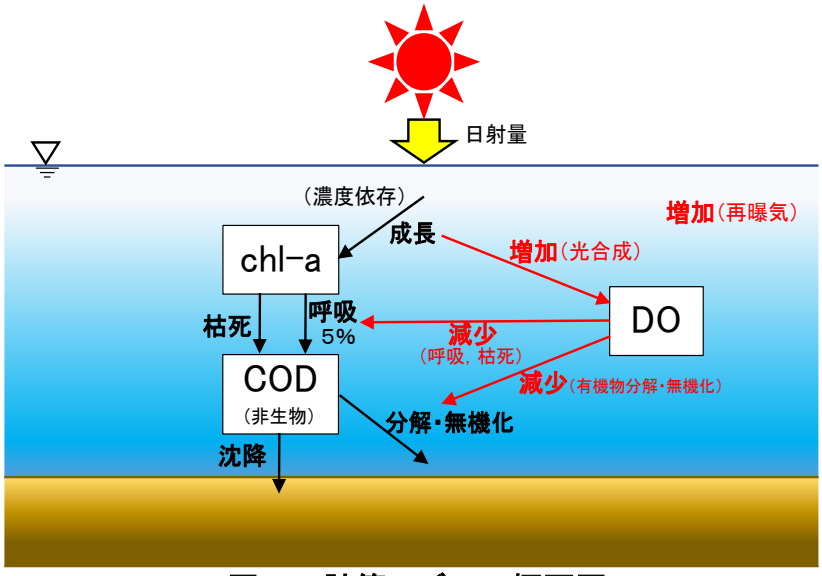


図　DO計算モデルの概要図

計算条件概要

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【高精度３次元モデルでのDO計算の計算条件概要】
- 水平方向の格子設定は、湖口付近50m～湖全体200mとした。
- 鉛直方向には、層厚0.1m（T.P.-9m以浅）、0.2m（T.P.-9m以深）とした。
- 風速、風向は現地観測データを使用した。

（青潮が発生した2019年5月は強風が吹いているが、2019年9月は顕著な強風は記録されていない。）
- 初期条件やその他の境界条件は、現地観測を基に設定した。

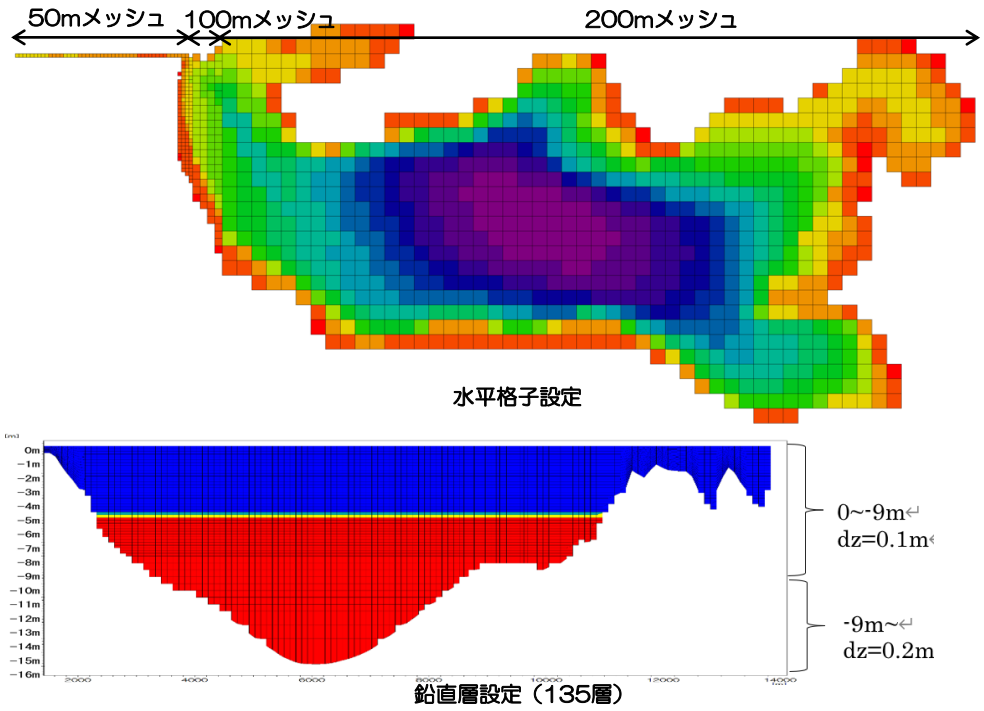


図　空間分解能の設定

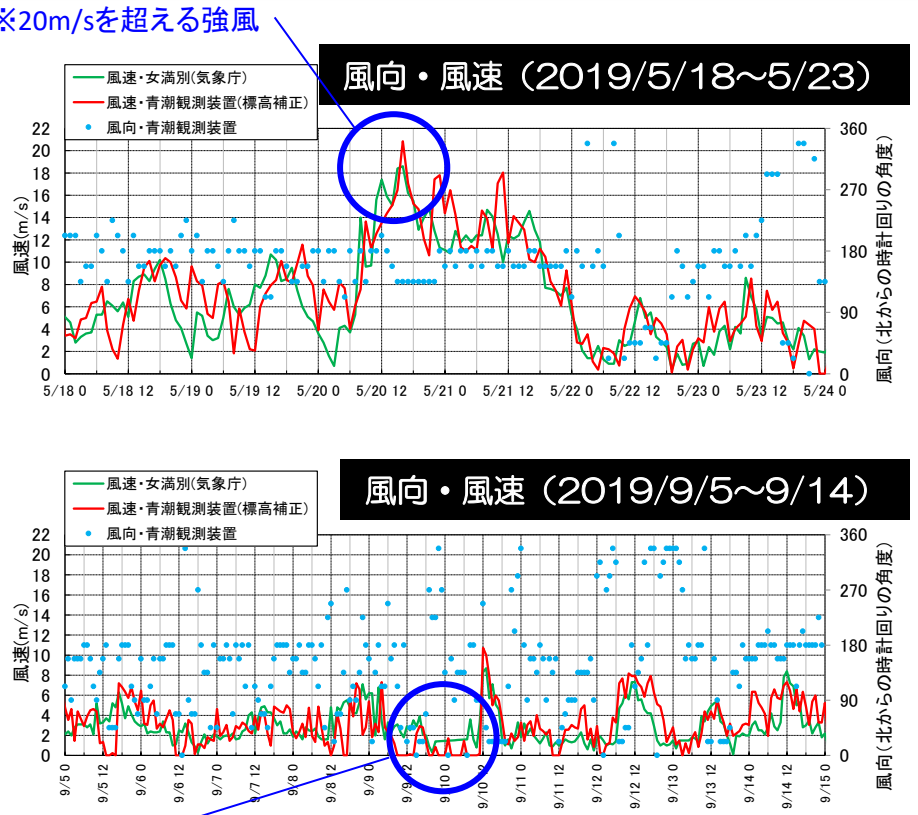


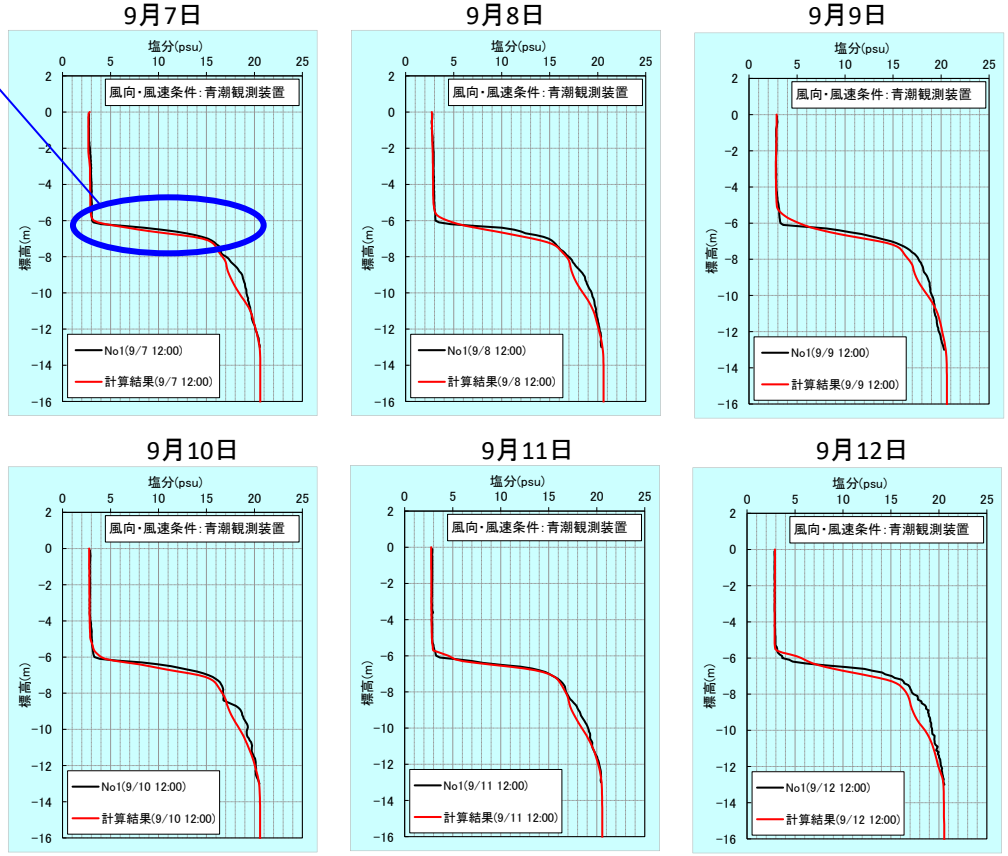
図　風向・風速（上：5月、下：9月）

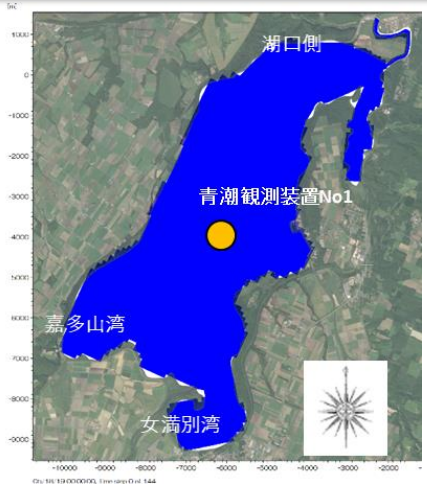
計算結果①（塩分鉛直分布：9月）

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【塩分鉛直分布の計算結果例】
- 塩分鉛直分布（湖心）の再現性は良好である。
- 塩淡境界での急な濃度勾配は、数値計算上、再現するのが非常に困難であるが、高精度３次元モデルでは良好に再現できている。

※0.5m程度の深さで10PSU以上の塩分変化を有する急な濃度勾配





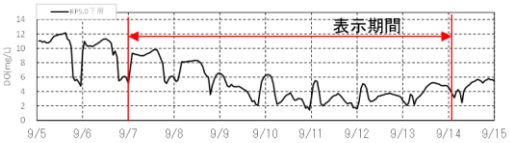


図　検証計算結果（塩分鉛直分布、計算条件：青潮観測装置風況、湖心）
※黒線：観測結果、赤線：計算結果、いずれも当該日12時時点）

計算結果②（水温鉛直分布：9月）

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【水温鉛直分布の計算結果例】
- 水面から１～２m程度の水温の再現性にはやや課題はあるものの、水温鉛直分布（湖心）の再現性は概ね良好である。

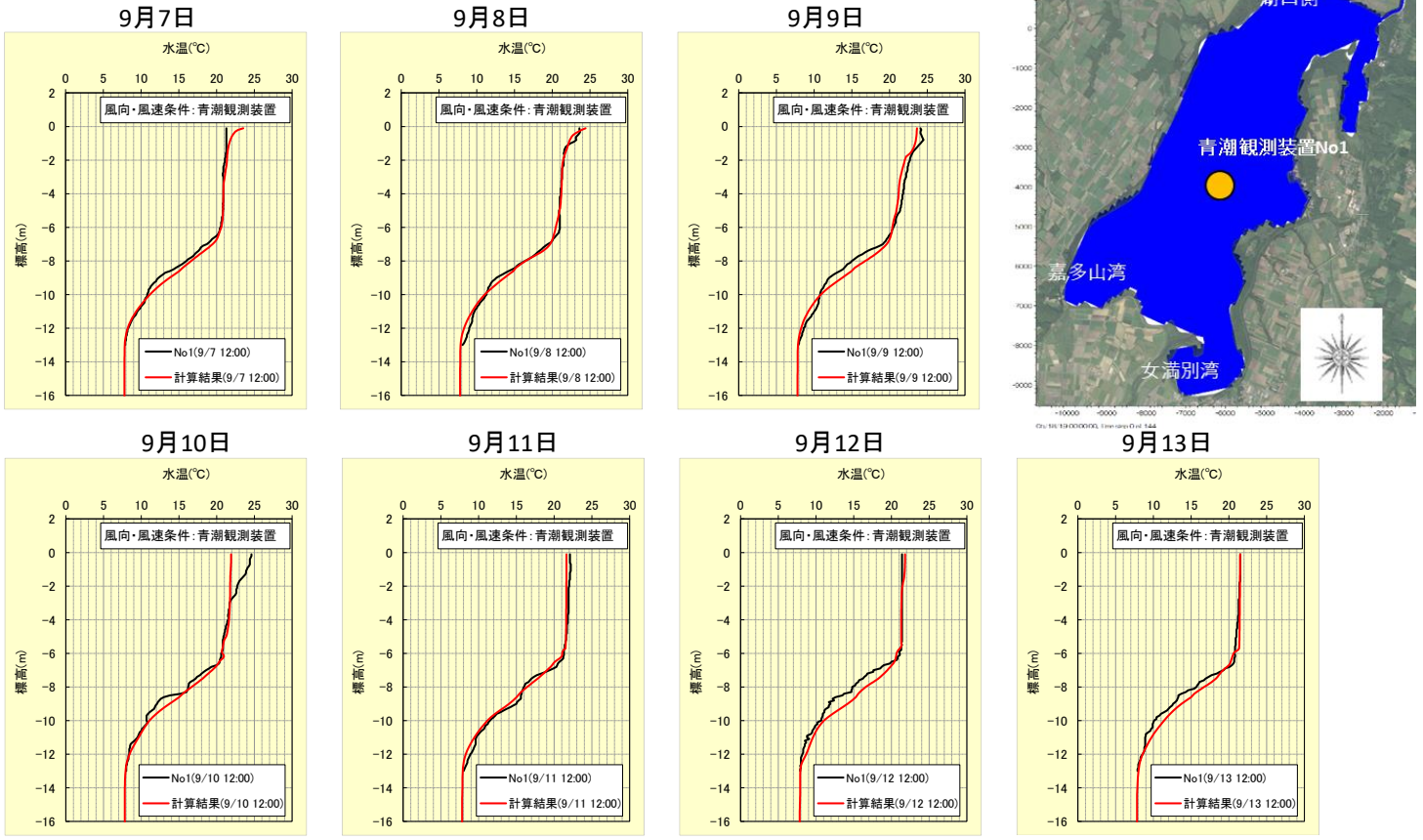
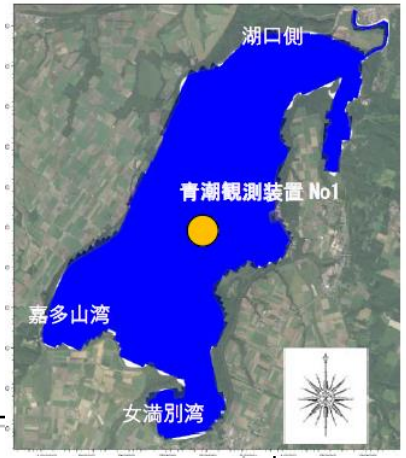


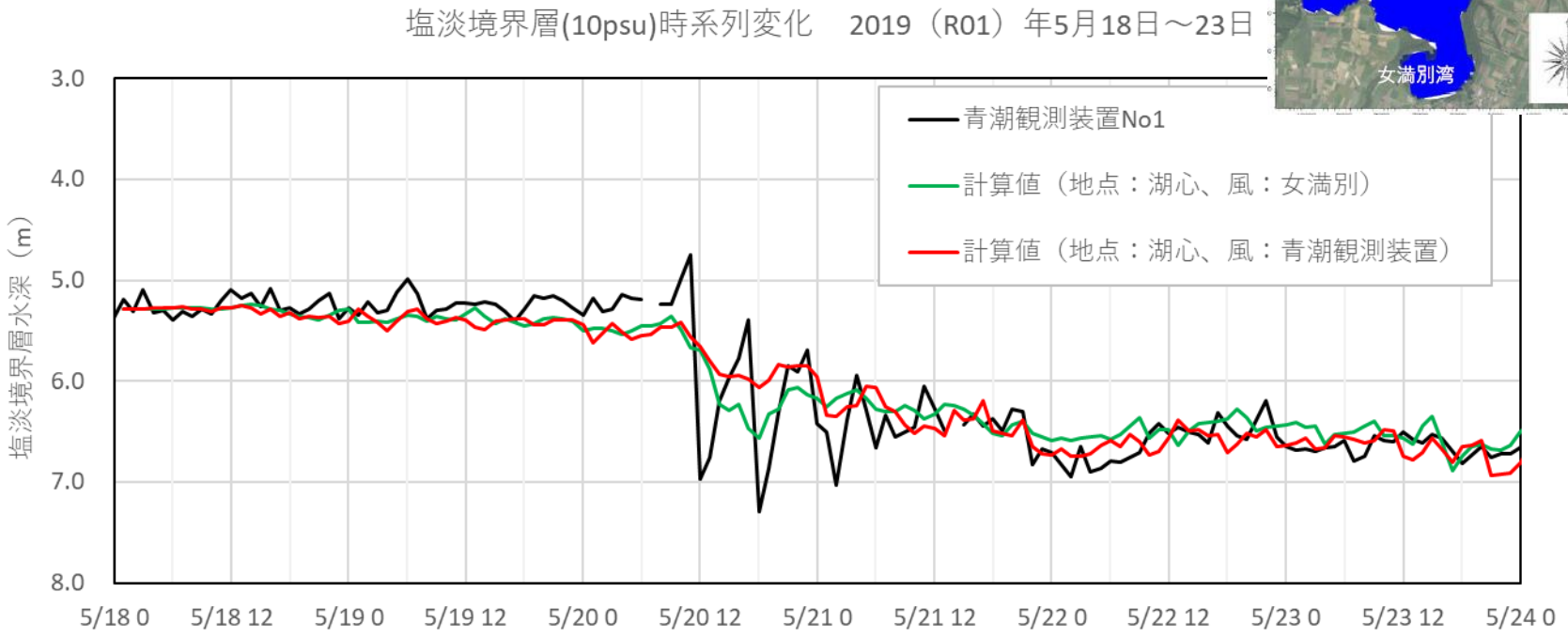
図　検証計算結果（水温鉛直分布、計算条件：青潮観測装置風況、湖心）

計算結果③（塩淡境界層水深：5月）

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【塩淡境界層水深の計算結果例】
- 塩淡境界層水深（湖心）については、5月の青潮発生に伴う低下傾向を概ね再現できている。
- 観測値にみられる短期的な振動の再現は困難である。





計算結果④（網走川下流DO：9月）

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【網走川下流のDO計算結果（9月）】
- 9/10～9/12にかけて極小値をもつ特徴的なDOの観測結果を再現できた。
- これより、DO低下の主な原因は、下層の貧酸素水塊の湧昇（青潮）ではなく、上層中の有機物の分解・無機化に伴う酸素消費であると考えられる。
- ただし、観測されたDO低下の再現には、9/8頃からの急激な植物プランクトン(Chl-a)の枯死、そしてその後の9/10頃からの植物プランクトンの急増が必要であった。
- 以上より、当該時期に植物プランクトン種の急激な遷移があったと推察される。
- 発生当時の状況として「湖の色が緑色から急激に茶色に変色した」という情報が得られている。

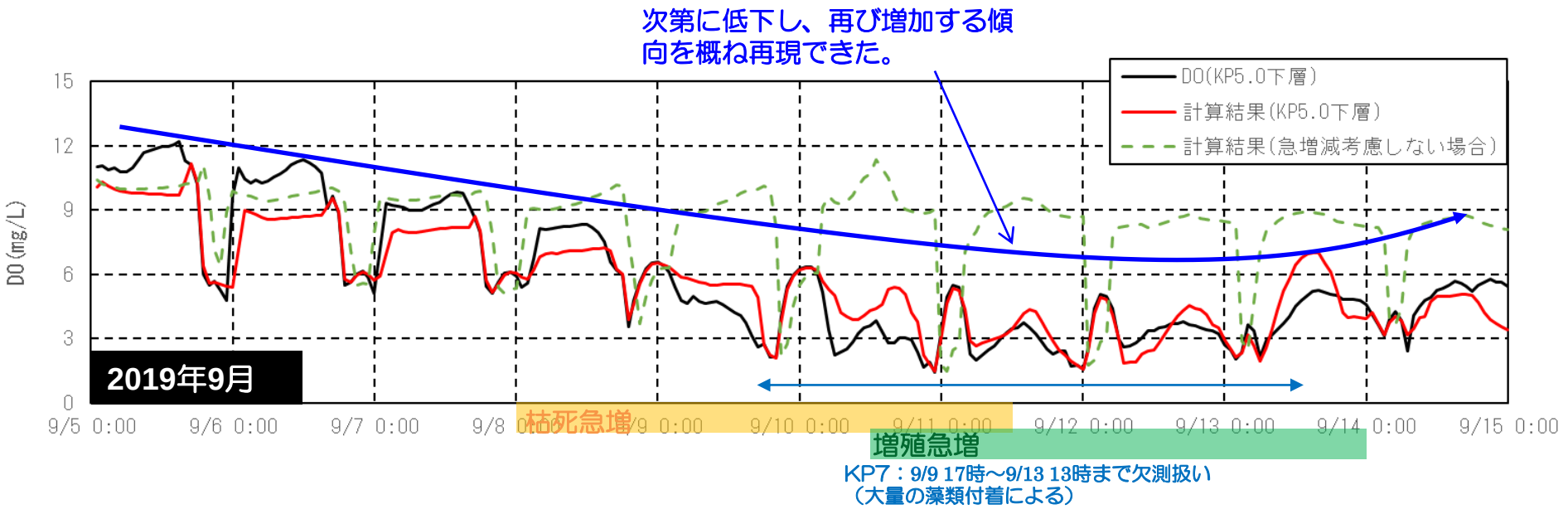


図　網走川下流DOの再現状況（黒線：観測値、赤線：計算値）

計算結果⑤（網走川下流DO：5月）

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部

【網走川下流のDO計算結果（５月）】

- 2019年5月のDO低下は再現できた。一方、その後の5/23のDO増加は再現できず。
- 今回の解析結果から、5/22の網走川下流のDO低下は、5/20に南側で発生した青潮の影響ではなく、水温成層により発達した上部低塩分層の下層において、有機物の分解・無機化により酸素消費が生じ，青潮発生後に与えられた10m/s弱の北風により湧昇が発生したことが主たる原因であると考えられる．さらに，湧昇の際の塩淡境界層（躍層）の水塊の連行も影響していたと推察される．
- なお、塩淡境界層以深の水塊は還元物質も含んでいるため、その影響があった可能性も考えられるが、今回の解析では考慮していない。
- 5/23のDO増加はDO濃度の空間分布の違いの影響が考えられるが、DO観測データは限られているため、DOの空間分布の再現検証は困難な状況である。今後のDOデータの蓄積が望まれる。

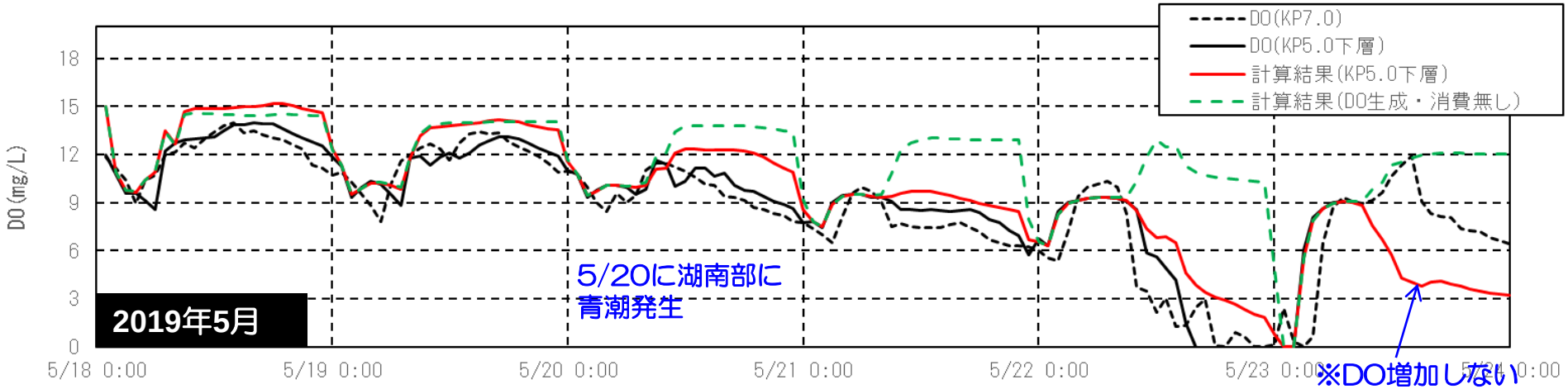


図　網走川下流DOの再現状況（黒実線：KP5観測値、黒破線：KP7観測値、赤線：計算値）