

# ダム湖の三次元モデル共同開発 研究報告



ダム湖の三次元モデル共同開発グループ

# 1. 研究概要

## 研究内容

モデル開発

## モデル内容

ダム湖、貯水池の三次元流動を実務レベルで使用可能な低計算負荷で高精度に解析するためのシミュレーションモデル

## 研究体制

東京工業大学石川研究室及び建設コンサルタント10社の参画により研究会を実施し、産学協同で開発を行った。

## 2. 研究目的

研究対象地：釜房ダム（宮城県）

### 釜房ダムの概要

- ・貯水池を水源とする水道に異臭味発生（昭和46年、平成8年）
- ・第5次湖沼水質保全計画策定（平成19年～平成23年）
- ・11基の曝気装置を有する

### 現状問題

- ① **現状水質の評価と水質保全対策の再評価**
- ② 河川管理者としての今後の取り組み方向性

数値的に明確な評価資料が必要であり、**流動**、水質、生態系の全体把握が求められている。

ダム湖において流動を把握し有効かつ能動的な管理の実現

**貯水池全体の流動を把握できるモデル開発**

# 3. 過年度業務

## ダム湖を対象とした既存業務(シミュレーション含む)

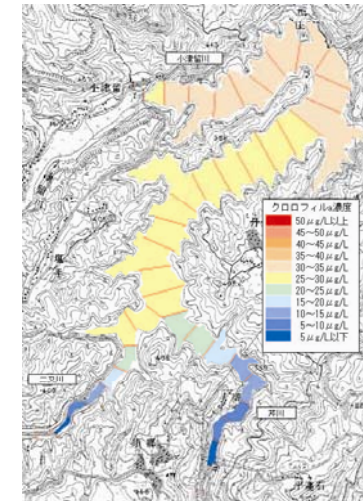
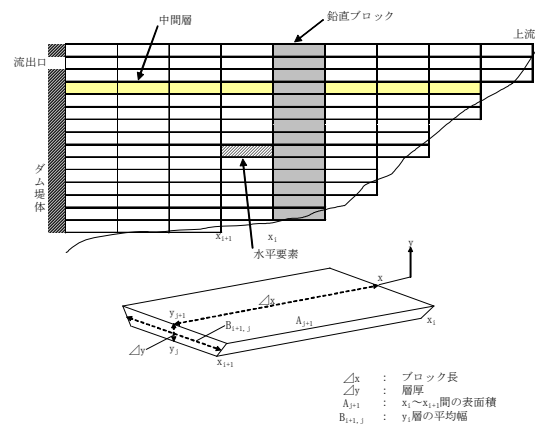
業務対象地: Sダム

業務内容: ①流域の地域住民を取り込んだ水質改善対策案を検討

②流入河川・湖内対策の案を検討し、数値シミュレーションによる効果

検証や対策費用を考慮した芹川ダムにおける最適水質改善案を検討

使用モデル: 鉛直二次元モデル(一方向多層流モデル)

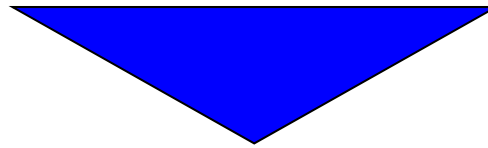


概ね再現性が得られた予測計算ができているものの

詳細な地形(3次元)×、複雑な密度流及び吹送流の考慮×、  
ミクロ的な解析×、曝気による対策検討×

## 4. 今回研究モデル概要

釜房ダムのような水域の検討には急峻な密度躍層なども高精度に解法しうるモデルが必要となる。また、水温成層の消長の起因となる気象条件、曝気装置による流動変化を考慮する必要がある。



### 流動モデル（CIP-Sorobanモデル）

組込

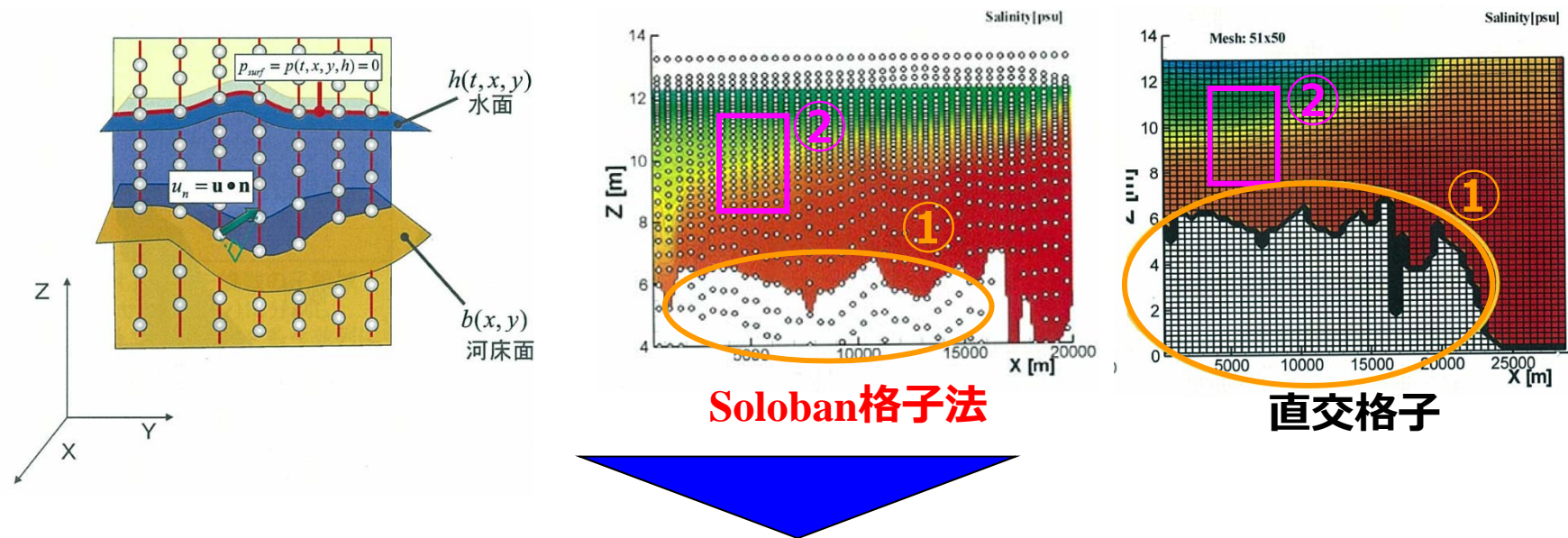
日射、気温、風の気象条件のモデル化・・・熱収支計算等  
曝気プルームモデル・・・ダブルプルームモデル



# 5. 流動モデル（CIP-soroban法）

## Soroban格子法

水面等の境界面に計算格子点を常に配置させることが可能であり，境界条件を容易に導入することが可能。物理量の空間変動が急峻であり高い空間解像度が必要な領域に格子点を集中させることが可能。



- ①格子が常に境界上にあり、さらに計算される格子が多くなるよう調整されるため再現性が得やすい
- ②躍層に計算格子を集中させられ、現象を再現しやすい

# 6. 熱収支モデル&ダブルプルームモデル

## 日射、気温のモデル (熱収支モデル)

水面上

長波有効放射 : Swinbankの経験式      潜熱・顕熱 : Rohwerの経験式      を用いて考慮

水面下

Lambert-Beer法則を用いて考慮

## 風による影響

kondoの式等を用いて風応力を考慮

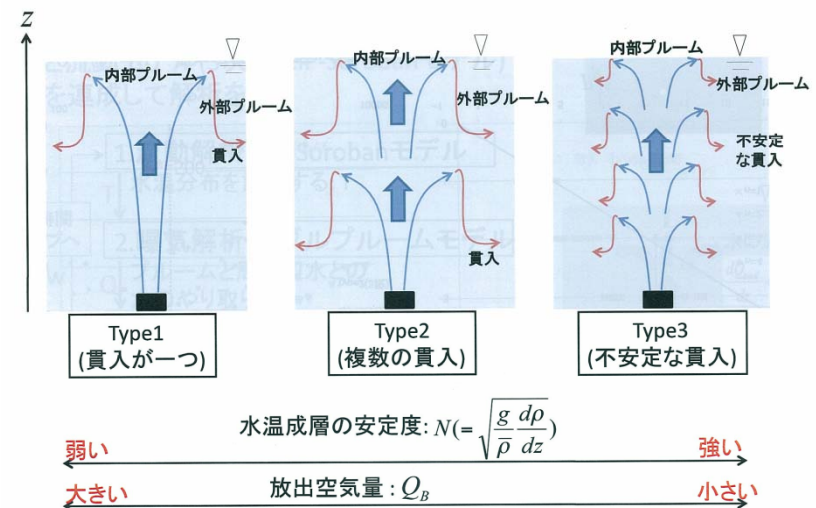
## ダブルプルームモデル

水温成層の安定度、放出空気量により

プルーム形体が変化することを考慮した

解法であり、流動モデルを連成して解析

を行うことが可能



# 7. 既存モデルとの対比

	本研究モデル	鉛直2次元モデル(MCC実績)
流動モデル	条件:3次元 計算負荷・・・ <b>大きい</b> (領域分割法により緩和)	条件:2次元 計算負荷・・・ <b>小さい</b>
	条件:CIP法 計算精度・・・ <b>良い</b>	条件:風上差分 計算精度・・・ <b>悪い</b>
	条件:Soroban格子法 密度勾配・・・ <b>再現可能</b> 地形条件・・・ <b>横断方向計算可能</b>	条件:直交格子 密度勾配・・・ <b>再現可能なものの精度が劣る</b> 地形条件・・・ <b>横断方向計算不可能</b>
気象条件	条件:気象条件考慮 日射量、気温、 <b>風</b> を考慮 (時系列の観測値対応)	条件:気象条件考慮 日射量、気温を考慮 (時系列の観測値対応)
曝気装置	条件:ダブルプルーム <b>曝気による流動促進の把握</b>	条件:- <b>曝気装置を考慮したシミュレーションを行った実績なし</b>



## 8. ケーススタディ-計算条件

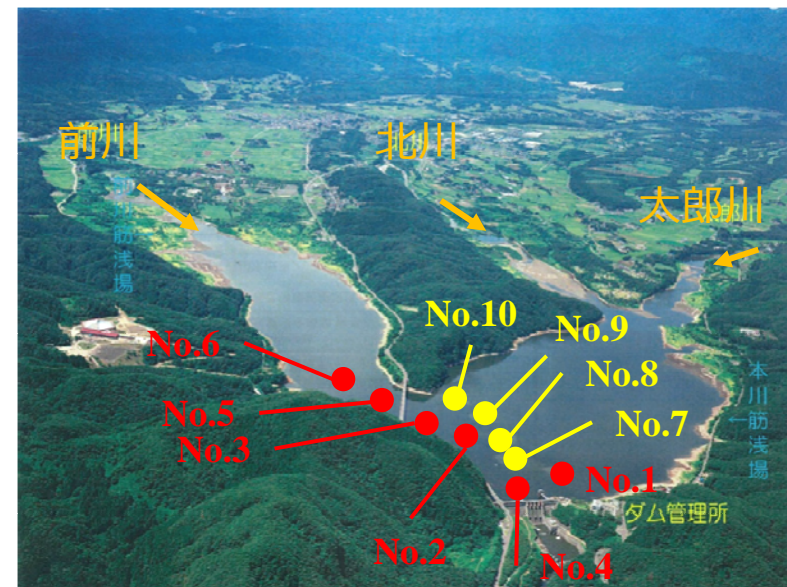
対象水域：釜房ダム

計算期間：2007年8月1日～9月1日

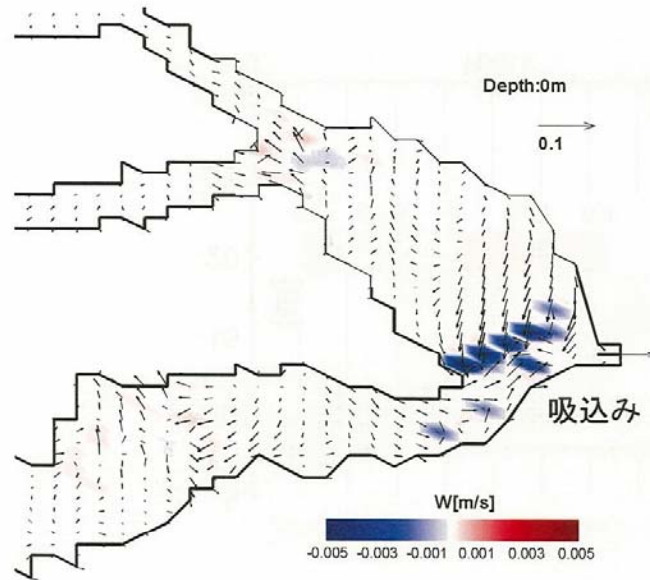
境界条件：前川、北川、太郎川からの流入量及び水温  
ダムからの放流量

気象条件：気温、湿度、日射量、風向、風速、雲量

	装置番号	吐出口標高	吐出量
夏季強曝気装置	No.1	125m	850 l/min
	No.2	125m	3700 l/min
	No.3	125m	850 l/min
	No.4	125m	850 l/min
	No.5	125m	850 l/min
	No.6	125m	850 l/min
常用曝気装置	No.7	143～135m	3700 l/min
	No.8	130m	3700 l/min
	No.9	125m	3700 l/min
	No.10	121m	3700 l/min

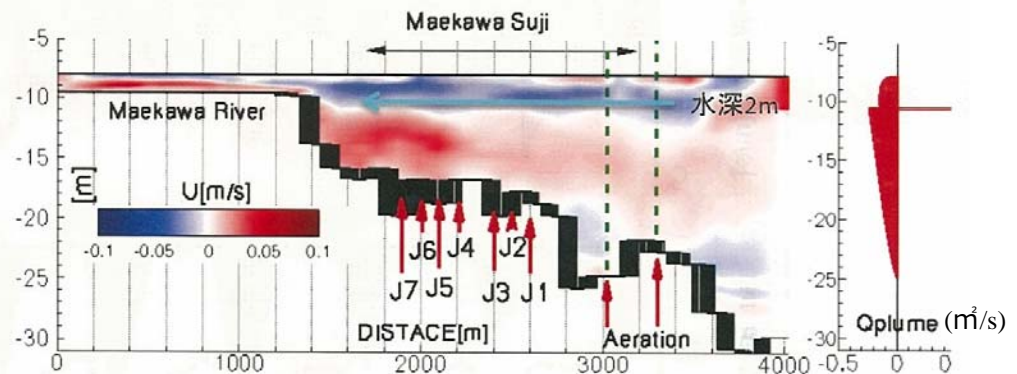
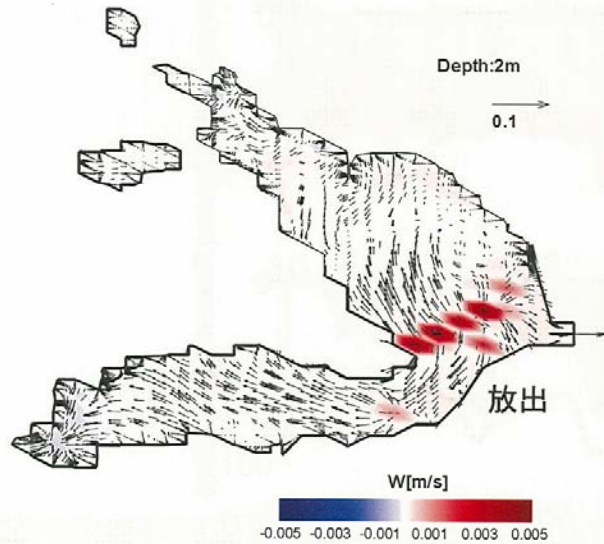
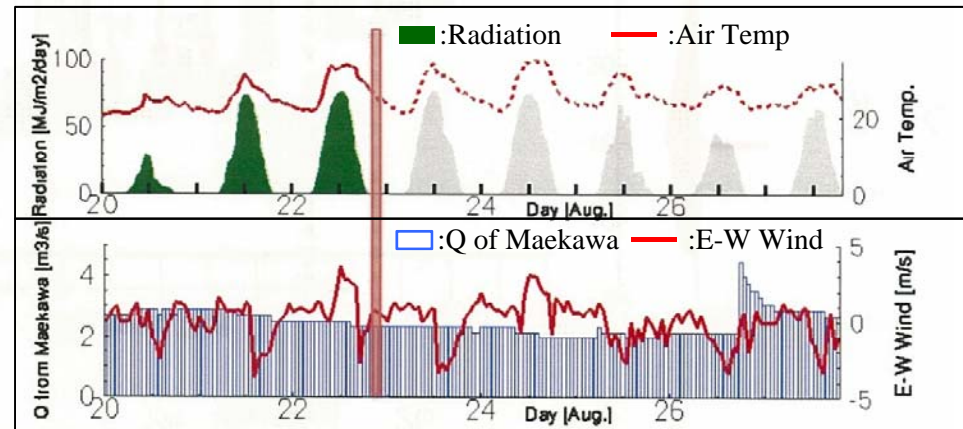


# 9. 計算結果① (水平断面方向-無風時)



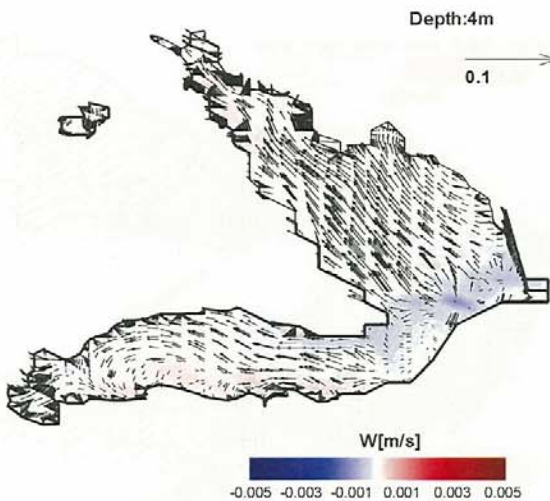
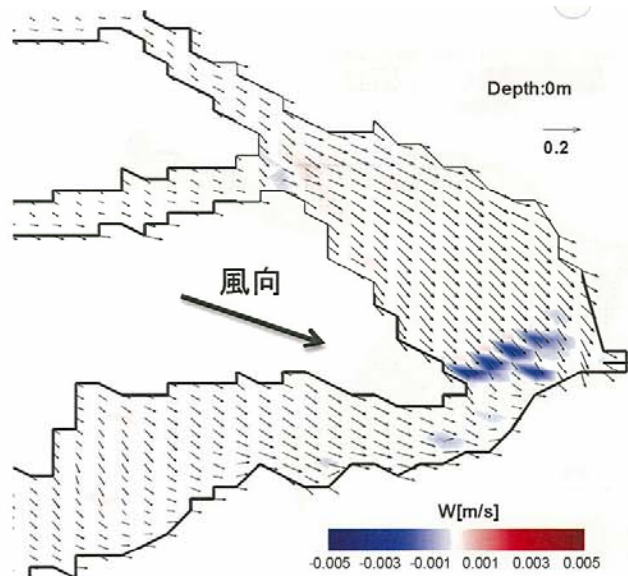
## 水平流速分布変化

8/22 21:00 無風時

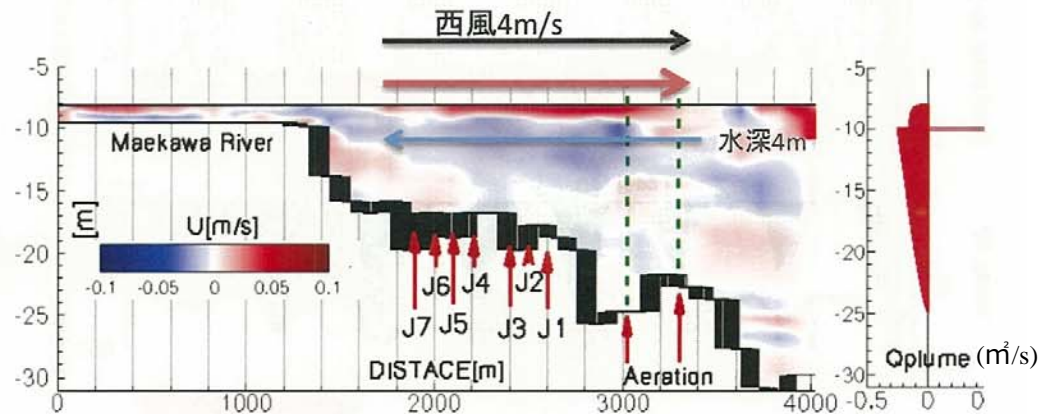
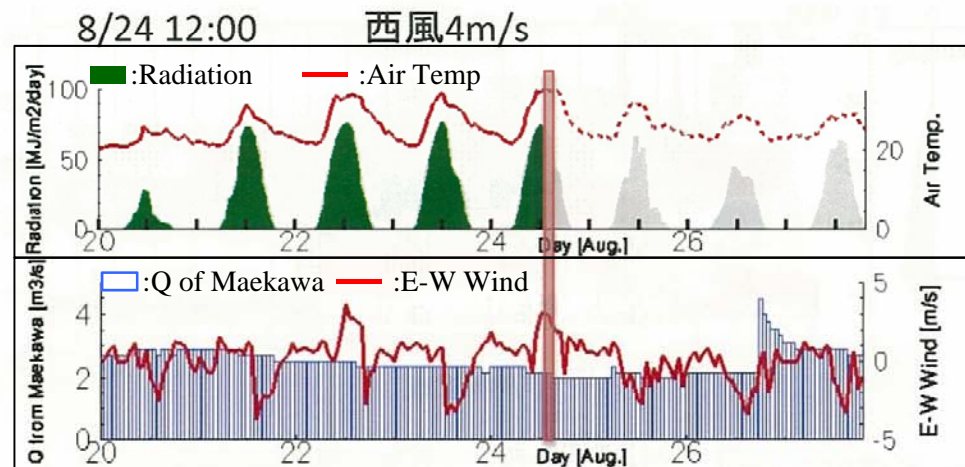


無風時には数cm/s程度の暴気からの流れ

# 10. 計算結果② (水平断面方向-有風時)



## 水平流速分布変化—西風

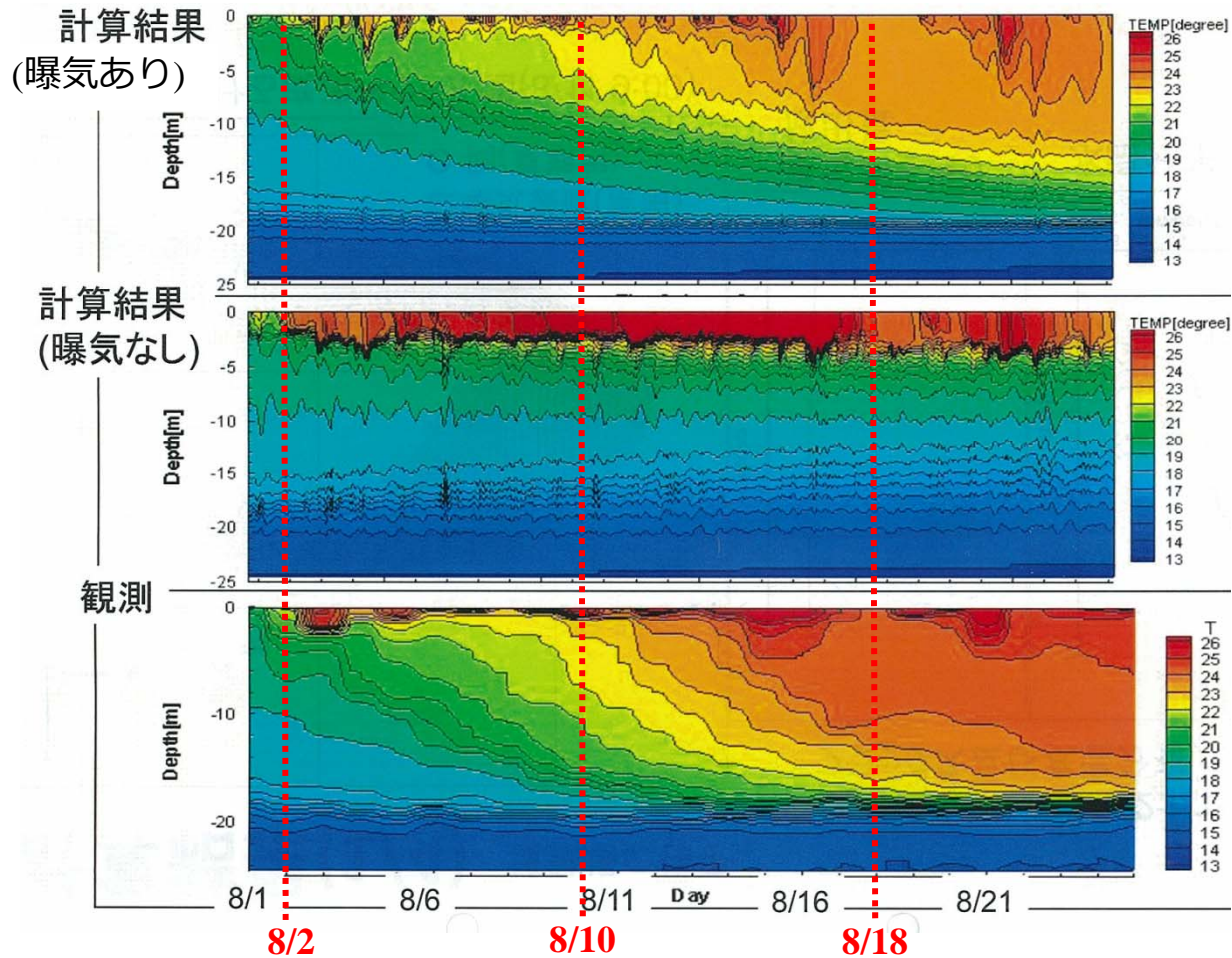


吹送流による鉛直循環流が卓越  
 上層:順流 中層:逆流



# 11. 計算結果④ (曝気効果)

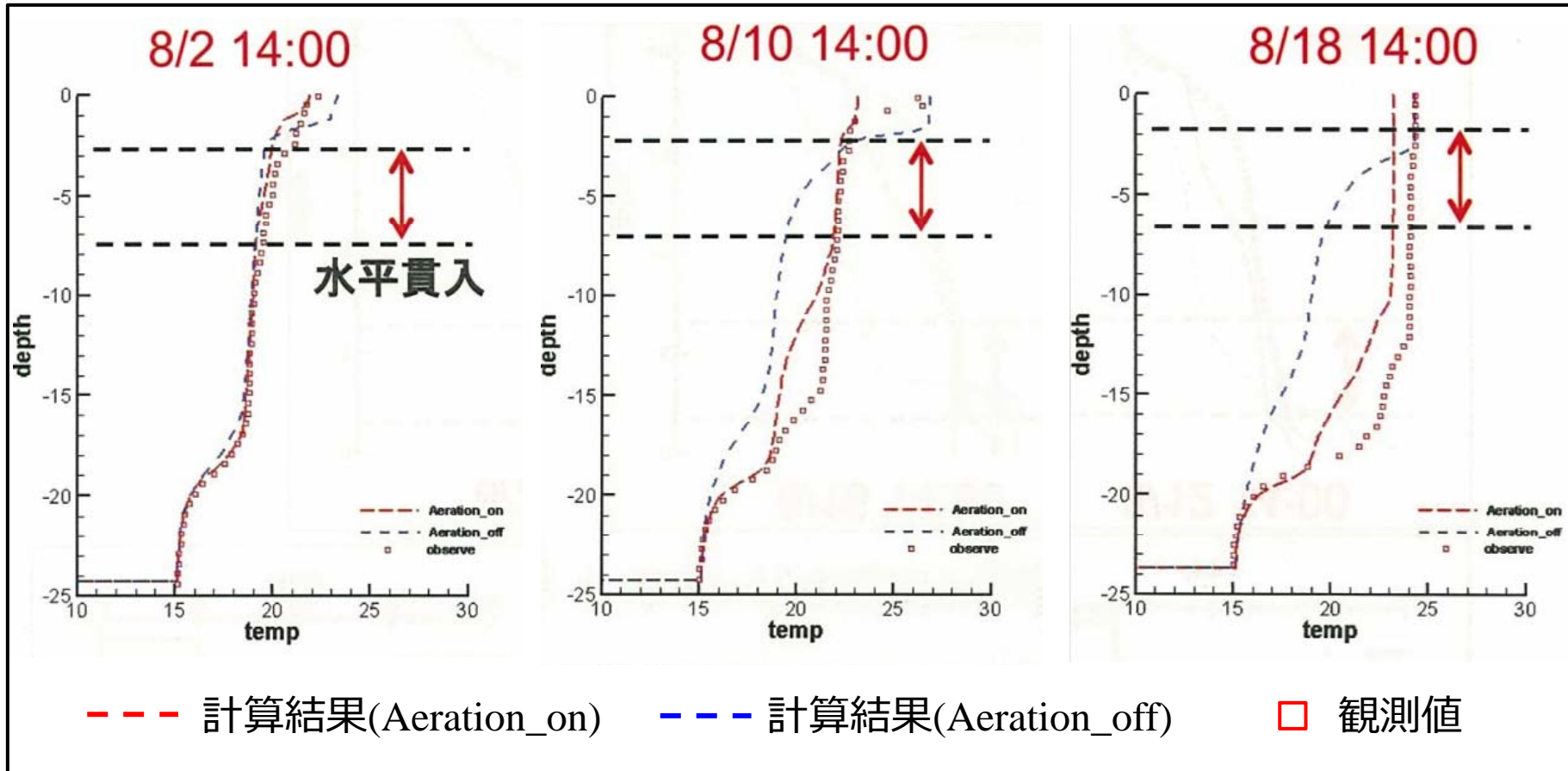
## ダムサイトでの水温鉛直経時変化



躍層の発生状況、躍層の傾向などの再現性が得られている

# 12. 計算結果⑤ (鉛直方向)

## ダムサイトでの水温鉛直分布



曝気効果による水温鉛直分布の再現性が得られている



# 13. まとめ

## 本研究により得られた結果

### ①ダム湖の3次元流動解析が可能

- ・送吹流考慮
- ・横断方向の解析

### ②河川（汽水域）にも適用可能

- ・塩水楔の挙動解析
- ・堰、出水ゲートなどから出水の影響解析

### ③エアレーション（曝気）による改善案の提案

計算可能な手法と対象フィールドの増加、新たな改善手法が可能

解析業務の受注、改善案の提案