

# 栃木県内の公共用水域水質測定結果の長期変動解析（湖沼編）

水環境部

菊池 隆寛<sup>1</sup> 人見 敬一 小林 奈央 千野根 純子 福田 悦子  
 （<sup>1</sup> 現環境森林部資源循環推進課）

## 1 はじめに

国では、気候変動が公共用水域の水質等に与える影響を把握すること等を目的とした、「気候変動による水質等影響解明調査」（以下、「国解析調査」という。）を実施し、結果を平成25（2013）年3月に公表した<sup>1)</sup>。その結果では、水温変化に地域性がみられ、関東地域で夏季・冬季ともに水温上昇が確認された。また、湖沼については、国では令和3（2021）年3月に手引き<sup>2)</sup>を作成した。いずれにおいても、本県の状況の詳細は不明のままである。

そのため、令和2（2020）年度に県内河川について、国解析調査に基づき、水質測定結果をデータベースとして整理し、水温及びその他の水質等について関係を解析し、その結果を報告した<sup>3)</sup>。今回、県内湖沼について、同様に水質測定結果をデータベースとして整理した。さらに、中禅寺湖及び湯ノ湖について、深度別の水質に関する長期変動解析を進めたので、報告する。

## 2 調査内容及び方法等

### 2.1 使用データ

栃木県では、公共用水域の水質常時監視<sup>4)</sup>を行っており、定期的に採水、測定を実施している。今回の解析では、その中の7湖沼（川俣ダム貯水池、五十里湖、川治ダム貯水池、塩原ダム貯水池、中禅寺湖、湯ノ湖、深山ダム貯水池）の16地点（湯ノ湖及び中禅寺湖以外の5湖沼は各1地点、中禅寺湖はSt.6等4地点、湯ノ湖はSt.5等7地点）について、水温等のデータを使用した。また、年間を通じて毎月1回採水していた湖沼は3湖沼（川俣ダム貯水池、五十里湖及び川治ダム貯水池）であり、4～11月の毎月1回採水していた湖沼は2湖沼（中禅寺湖及び湯ノ湖）、3ヶ月に1回採水していた湖沼は2湖沼（塩原ダム貯水池及び深山ダム貯水池）であった。同一地点で複数の深度で測定している地点（中禅寺湖及び湯ノ湖）については、深度毎とした。なお、解析範囲は、昭和55（1980）年～令和元（2019）年の40年間とした。

### 2.2 解析方法

今回の解析では、県内湖沼における水質測定結果について、以下の方法で調査した。

- (1) 水温変化の解析方法のフローを図1に示す。まず、県内湖沼の水温について、年平均値、6～8月の夏季平均値、12～2月の冬季平均値を算出し、その経年変化から、水温の上昇又は低下の確認を行った。次に、1980年代と2010年代の各平均値について、Mann-WhitneyのU検定を行い、さらに、10年毎の平均値について、1980年代、1990年代、2000年代、2010年代の順に変化しているかどうかを解析することにより、水温変化の有意性の有無を確認した。
- (2) 各深度別のデータのある中禅寺湖及び湯ノ湖については、溶存酸素量(DO)、水素イオン濃度(pH)及び化学的酸素要求量(COD)に関し、水温と同様に前述の(1)の手順で、水質変化の有意性の有無を確認し、長期水質変化を解析した。

## 3 結果と考察

### 3.1 水温

水温で有意な変化が認められた地点を図2に示す。有意な水温上昇が認められる地点は、年平均水温で2湖沼、3地点で、夏季平均水温で4湖沼、8地点で、冬季平均水温で0地点であった。また、有意な水温低下が認められる地点は、年平均水温、夏季平均水温、冬季平均水温すべて0地点であった。

このうち、湯ノ湖及び中禅寺湖では、年平均水温及び夏季平均水温において、有意な水温上昇が認められた地点があった。また、両湖とも湖心では複数深度で調査を実施していた。これらのことから、以下、湯ノ湖及び中禅寺湖を対象に、長期水質変化について解析を行った。

### 3.2 中禅寺湖における長期水質変化

中禅寺湖（St.6）の水温以外の水質で有意な変化が認められた深度及び項目は、年平均値では、深度50mのpHが上昇しており、深度5mのCODが低下していた。夏季平均値では、深度10mのDOが上昇していた。

中禅寺湖（St.6）の深度別水質の長期変化を図3に示す。中禅寺湖については、水質は4～11月間のみ測定してい

る。まず、水温については、国解析調査<sup>1)</sup>では、冬季にかけて表層（水深0.5m）と下層（表層より深い層）の水温差が無くなり、その差が約0.5℃以下となったとき水温躍層が消失し、全循環が生じたとみなされている。4月の水温は、表層と表層より水深の深い下層との間でほぼ同じであった。その後、表層と下層の水温差が大きくなり、水温躍層が形成されている。更に季節が進み、表面冷却により表層水温が低下し、徐々に躍層が崩壊し、11月に解消する傾向がみられる。冬季には、全循環が起こっていると推測する。

DOは、夏季では、水深150mでも低下していなかった。夏季は水温躍層が形成されており、水深が深い層への酸素の供給がなくなっているが、水深が深い層では、そもそも酸素の消費が少ないためと考える。

pHは、水深が浅い層では夏季に高い傾向にあり、水深が深い層では季節変動が少なかった。また、CODは、水深が浅い層では春季(4月及び5月)に低く夏季から秋季(9～11月)に高くなる季節変動がみられ、水深が深い層では季節変動が少なかった。

### 3.3 湯ノ湖における長期水質変化

湯ノ湖 (St. 5) の水温以外の水質で有意な変化が認められた深度及び項目は、年平均値では、深度3m及び6mのpHが上昇していた。夏季平均値では、深度6mのCODが上昇していた。

湯ノ湖 (St. 5) における深度別水質の長期変化を図4に示す。湯ノ湖においても中禅寺湖と同様に、水質は4～11月間のみ測定している。4月及び11月の水温は、表層と下層との間でほぼ同じになっており、10月から11月にかけて全循環が起こっていると推測する。

DOは、夏季において、水深が深くなると低下がみられ、水温躍層の形成と共に、水深が深い層への酸素の供給がなくなったと考える。全循環となった11月以降、水深が深い層のDOは、表層と同程度まで改善していた。

pHは、夏季において高くなる傾向にある。CODは、水深によらず、同一年月では同じような値であり、類似した変動を示した。

## 4 まとめ

県内湖沼の水質測定結果の長期変動解析を行ったところ、有意な水温上昇が認められる地点があった。

また、年平均水温及び夏季平均水温で、有意な上昇が認められる中禅寺湖 (St. 6) 及び湯ノ湖 (St. 5) の深度別水質の長期変化は、その水深により傾向が異なっていた。

今回作成したデータベースに常時監視水質測定結果を蓄積していくことにより、更なる長期変動を解析していきたい。

## 5 参考文献等

- 1) 気候変動による水質等への影響解明調査（環境省 平成25（2013）年3月）
- 2) 気候変動による湖沼の水環境への影響評価・適応策検討に関する手引き（環境省 令和3（2021）年3月）
- 3) 菊池隆寛他、栃木県内の公共用水域水質測定結果の長期変動解析（河川編）、栃木県保健環境センター年報第26号（2021）、68-72、2021
- 4) 栃木県水質年表（栃木県環境保全課）、（1980～2019）

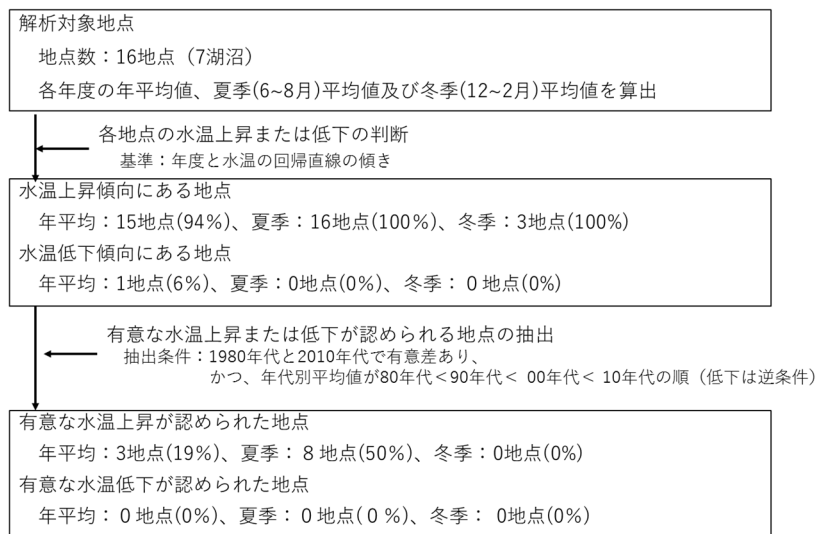


図1 県内湖沼の水温変化解析フロー

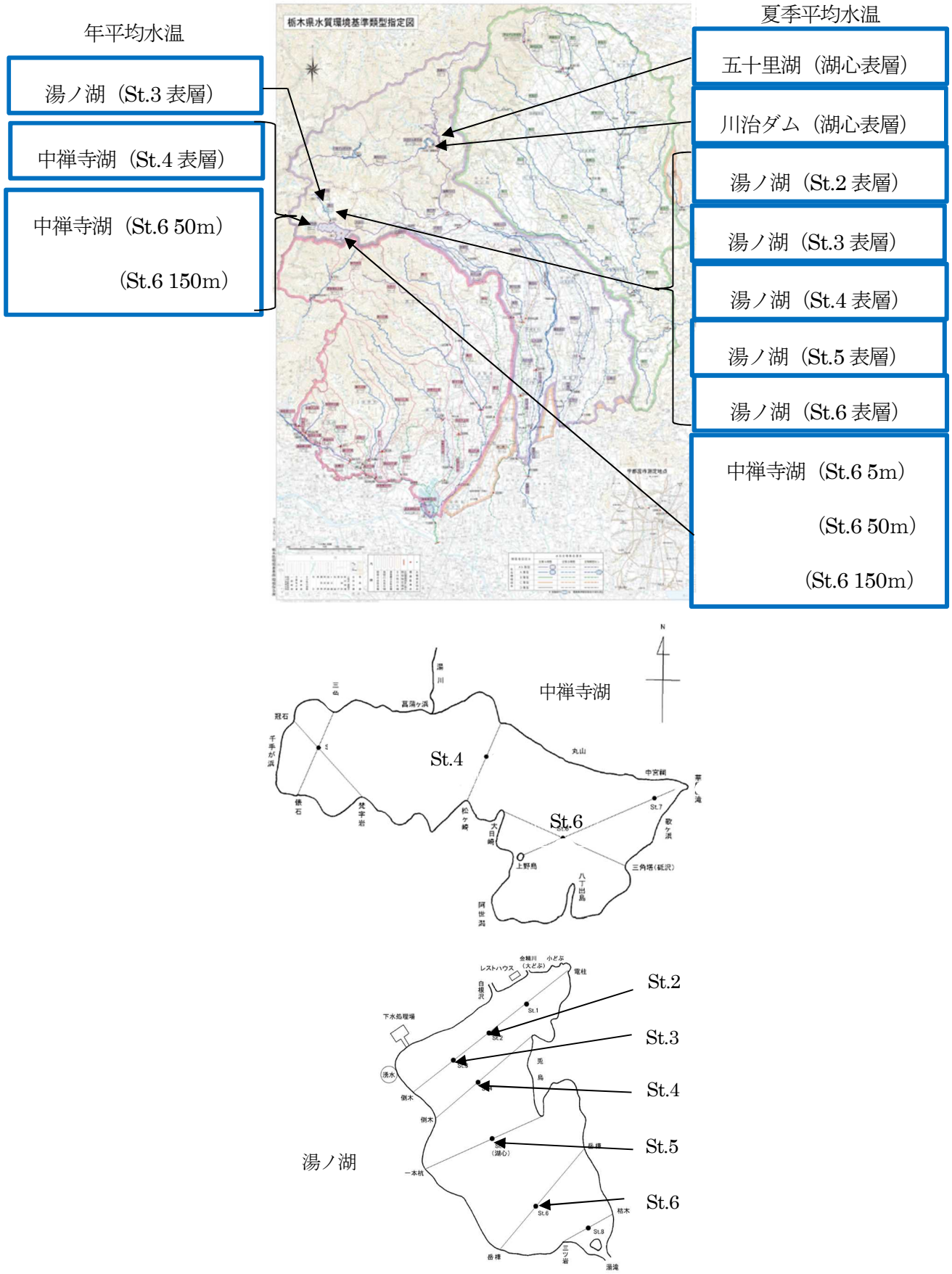


図2 年平均水温及び夏季平均水温に有意な変化が認められた地点

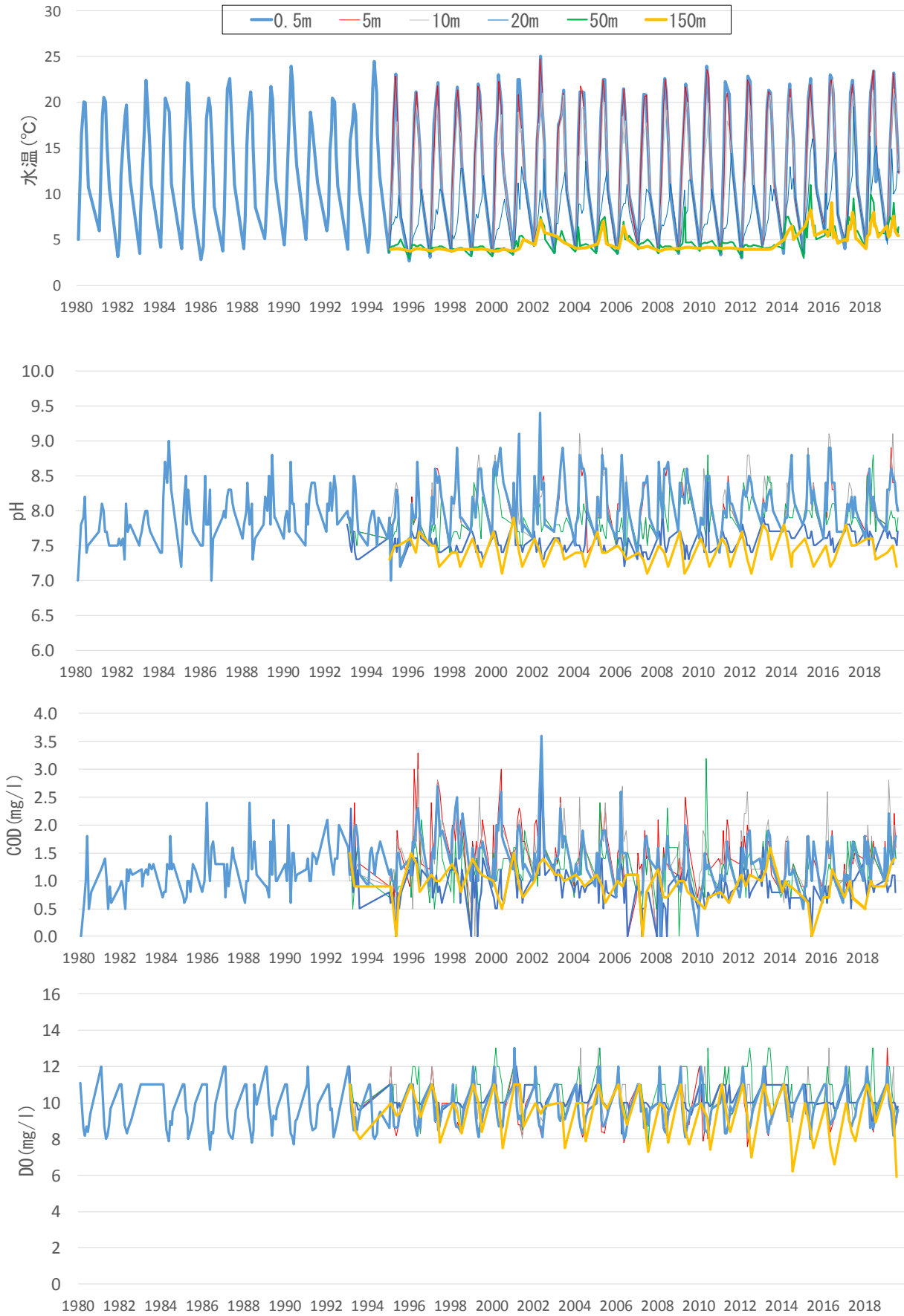


図3 中禅寺湖 (St.6) における深度別水質の長期変化

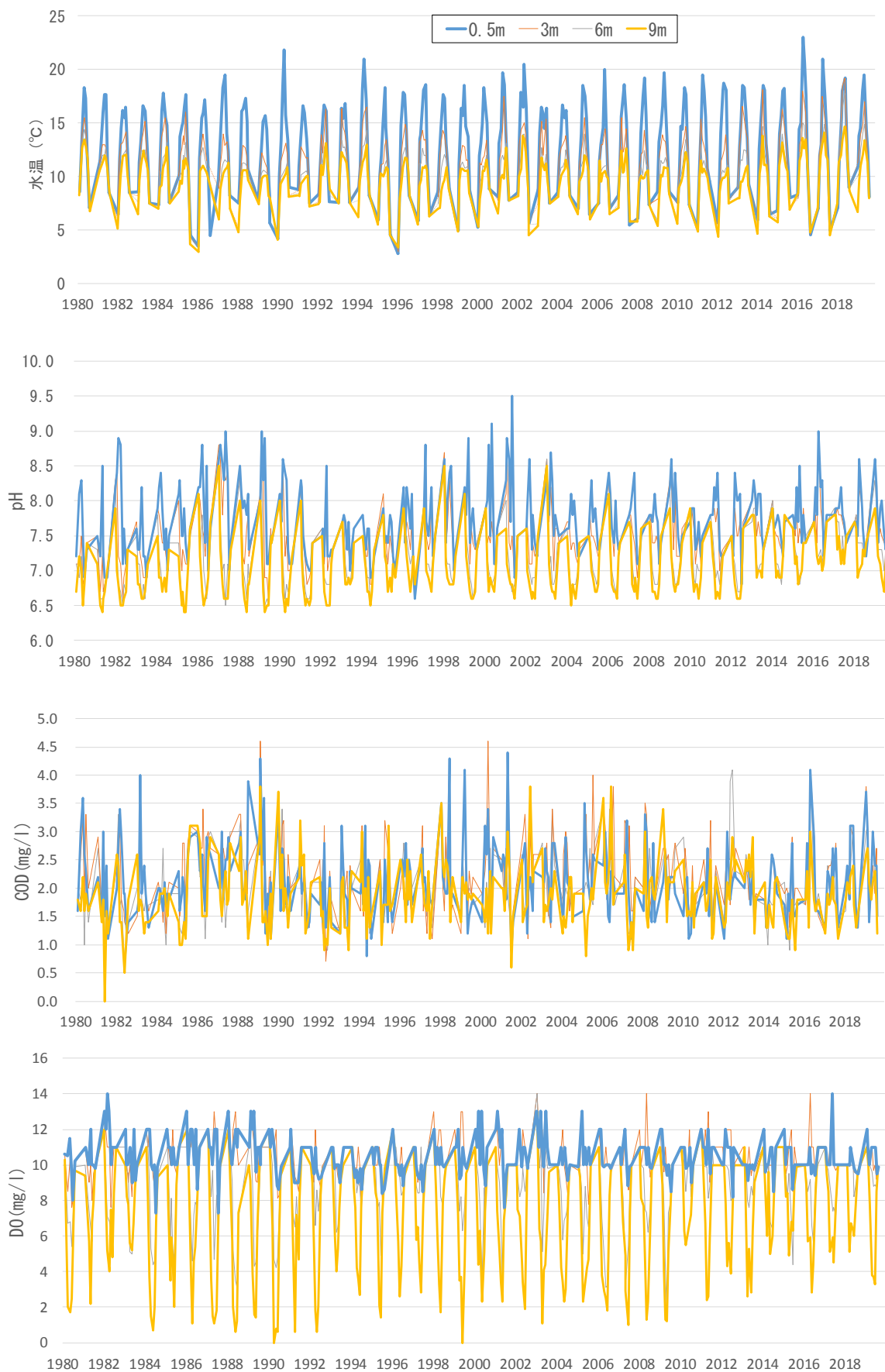


図4 湯ノ湖 (St.5) における深度別水質の長期変化