

3 水環境への影響

気候変動による水環境への影響として、降水量の変化や海域・河川・湖沼・地下水の水温の変化に伴って、河川流量の変化、蒸発量の増大、降雪量の減少、水質の変化等が生じ、水供給や生態系にも影響が及ぶと考えられている¹⁾。

また、海水温の上昇について、IPCC第4次評価報告書では、世界平均海洋温度は少なくとも水深3,000 mまでは上昇しているとしており、気象庁の気候変動監視レポート2010でも、世界全体の年平均海面水温平年差（1971～2000年の平均値からの差）は、長期的には100年あたり0.51℃（統計期間：1891～2010年）の割合で上昇していることが報告されている。

本報告書では、当センターが実施している海域、湖沼、河川の水質調査等で得られた水温、水質のデータや福井県水産試験場が調査している海域の水温データを解析し、本県における水環境への影響をとりまとめた。

3.1 水温の変化

(1) 海域

① 日本海海域における水温変化

気象庁の海洋の健康診断表(2010)²⁾によると、日本海における2010年度までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率は、図3.1.1、表3.1.1に示すように、日本海北東部では統計的に有意な長期変化傾向は見られていないが、日本海中部では約1.7℃/100年となっている。

また、福井県沖が含まれる日本海南部の上昇率は約1.3℃/100年であり、この上昇率は、世界全体で平均した海面水温の上昇率0.51℃/100年のおよそ2.5倍となっている。

なお、日本海南部の平均海面水温（年平均）の平年差の推移は図3.1.2に示すとおりである。

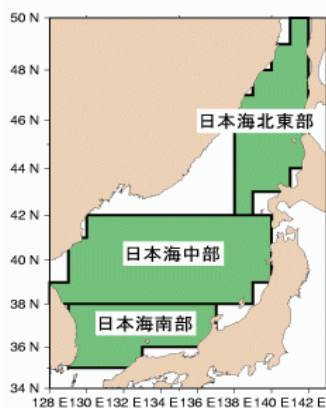


図 3.1.1 日本海の海域区分

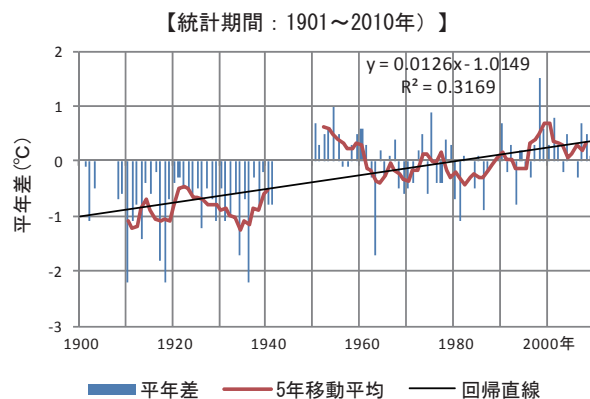


図 3.1.2 日本海南部の平均海面水温の平年差の推移

表 3.1.1 平均海面水温の上昇率

海域名	上昇率(℃/100年)
日本海北東部	*
日本海中部	1.74±0.37
日本海南部	1.26±0.37

*は、統計的に有意な長期傾向なし
±を付記した数字は、95%の信頼限界

② 福井県海域における水温変化

公共用水域常時監視として年6回（4、6、8、10、12、2月）測定を行っている玉川川地先、海中公園（1988～2004年）および県水産試験場が毎日測定（陸上からの水際表層採水）している神子地先（1979～2008年）における海水温の経年変化について解析した。

なお、各測定地点の位置は図3.1.3に示すとおりである。



図 3.1.3 海水温の測定地点

玉川川地先と海中公園における1988～2004年（17年間）の海水温の経年変化を図3.1.4に示す。また、神子地先における1979～2008年（30年間）の海水温の経年変化および神子地先に最も近いアメダス美浜の気温（年平均）の経年変化を図3.1.5に示す。

海水温の長期変動傾向（以下、「トレンド成分」という）について、その有意性をMann-Kendall検定*により検証した。

その結果、玉川川地先と海中公園では海水温の上昇傾向は見られなかったが、神子地先の30年間の海水温データでは、有意水準5%で上昇傾向が認められ、その上昇率は30年間で約1.3℃であった。

*Mann-Kendall検定：時系列の変動傾向が上昇傾向、あるいは下降傾向にあるかを解析する手法³⁾

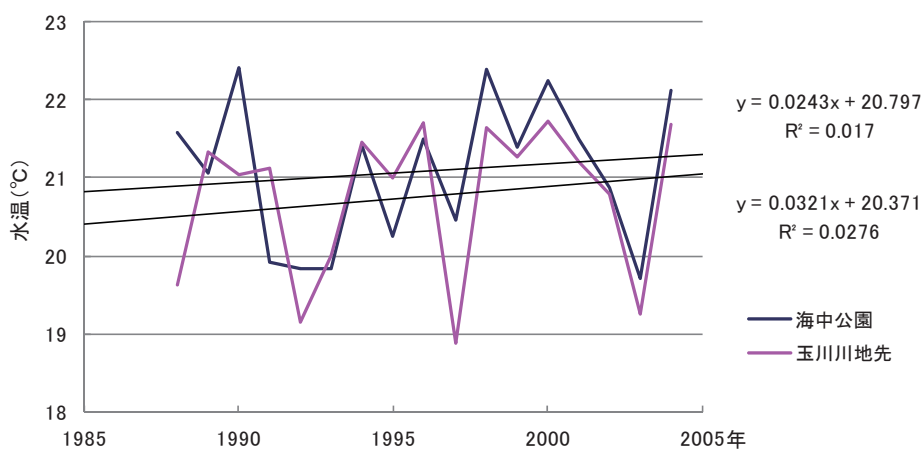


図 3.1.4 玉川川地先と海中公園における海水温の経年変化

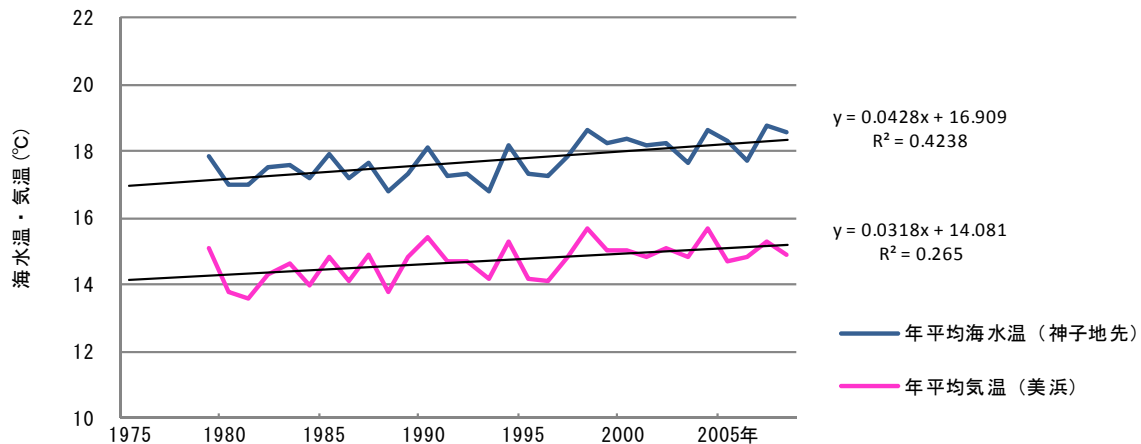


図 3.1.5 神子地先海水温および気温（美浜）の経年変化

図 3.1.5 から、アメダス美浜の年平均気温は、神子地先の海水温とよく似た変動・上昇を示しており、その上昇率は 30 年間で 1.0°C であった。

神子地先の海水温とその近傍にあるアメダス美浜の気温のトレンド成分について、相関性の有無を検証するため、月平均値の 12 か月移動平均を用いてケンドール順位相関係数*を求めた。

その結果、順位相関係数は 0.704 となり、両者間にはかなり強い正の相関が認められ、海水温と気温との間に強い関連があることが示唆された。

*ケンドール順位相関係数：2 つの変量間の相関の大きさの程度を測る尺度⁴⁾

	ケンドール順位相関係数
無 相 関	$\pm 0.0 \sim 0.2$
やや弱い相関	$\pm 0.2 \sim 0.4$
やや強い相関	$\pm 0.4 \sim 0.6$
かなり強い相関	$\pm 0.6 \sim 0.8$
非常に強い相関	$\pm 0.8 \sim 1.0$

(2) 閉鎖性水域

① ダム湖

公共用水域常時監視として国土交通省が 1977 年から年 6 回（4、6、8、10、12、2 月）測定している九頭竜ダムにおける水温の変化について解析した。九頭竜ダムの位置を図 3.1.6 に、九頭竜ダムの 1977～2010 年（34 年間）の水温の経年変化を図 3.1.7 に示す。

九頭竜ダム水温のトレンド成分の有意性について、海水温と同様に Mann-Kendall 検定を行った結果、有意水準 5% で水温の上昇、下降傾向は認められなかった。

なお、解析に用いた水温データは、同じ月であっても測定日時が異なることから、今回の経年変化には水温の月内変動や日内変動の影響も含まれていると考えられる。



図 3.1.6 九頭竜ダムの位置図

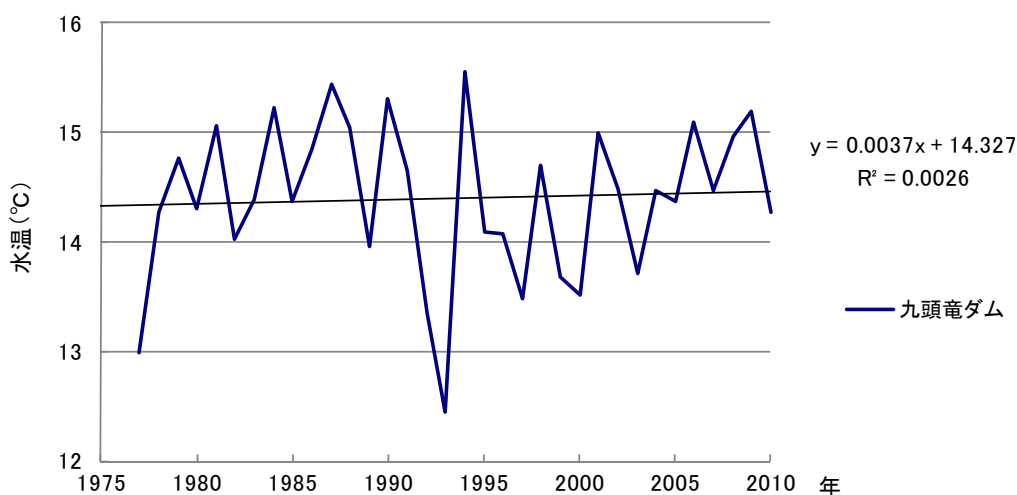


図 3.1.7 九頭竜ダムの水温の経年変化

② 湖沼

公共用水域常時監視として当センターが 1977 年から年 6 回（4、6、8、10、12、2 月）測定している北潟湖湖心、北潟湖南部、水月湖、三方湖における水温の経年変化について解析した。

なお、水月湖は水深 5m の水温、その他の 3 地点は水深 2m の水温である。また、各測定地点の位置は図 3.1.8 に示すとおりである。

北潟湖湖心、北潟湖南部の 1977～2010 年（34 年間）の水温の経年変化を図 3.1.9 に、また、水月湖、三方湖の 1977～2010 年（34 年間）の水温の経年変化を図 3.1.10 に示す。

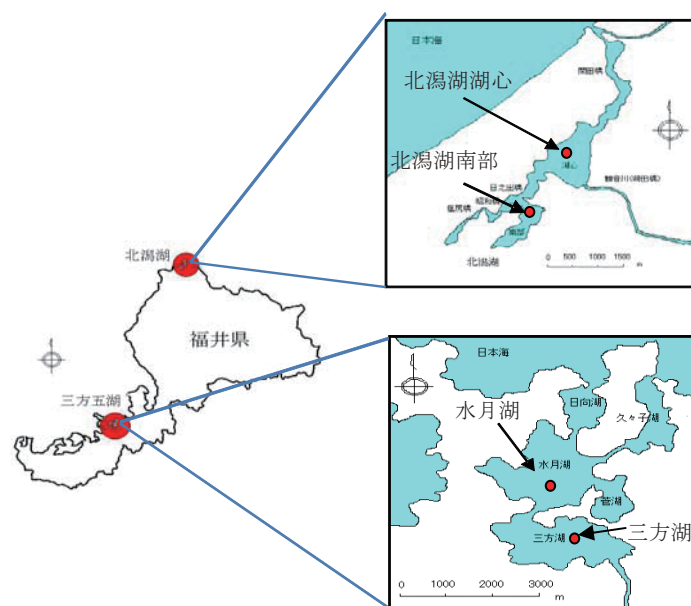


図 3.1.8 湖沼水温の測定地点

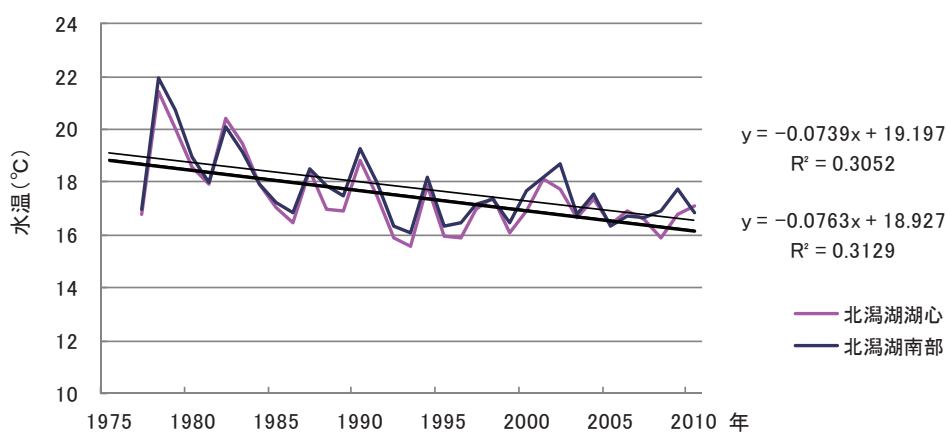


図 3.1.9 北潟湖湖心、北潟湖南部の水温の経年変化

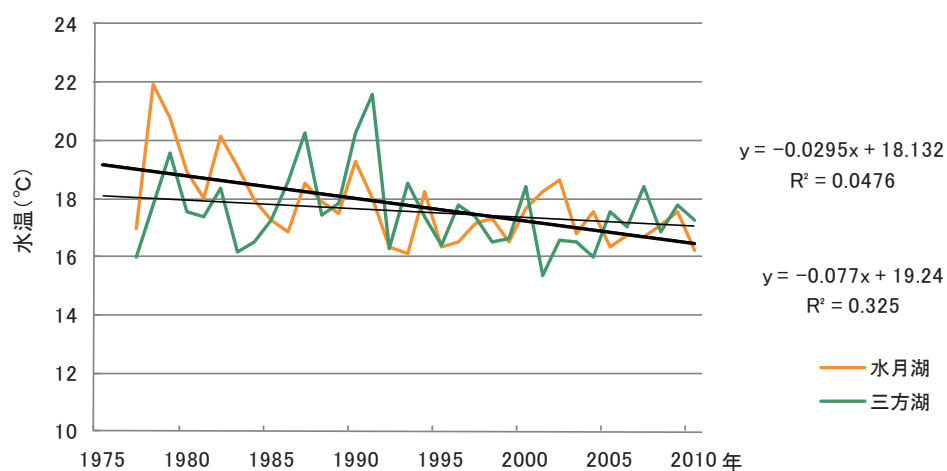


図 3.1.10 水月湖、三方湖の水温の経年変化

湖沼水温のトレンド成分の有意性について、海水温と同様に Mann-Kendall 検定を行った結果、4 地点とも有意水準 5% で海水温の上昇、下降傾向は認められなかった。

なお、解析に用いた水温データは、同じ月であっても測定日時が異なることから、今回の経年変化には水温の月内変動や日内変動による影響も含まれていると考えられる。

(3) 河川

当センターでは、県内 27 地点において河川水質の常時監視を実施している。本報告では、長年にわたって継続的な水温データの蓄積がある九頭竜川荒鹿橋(勝山市)および大納川末端(大野市)における 6 月および 12 月の水温の経年変化について解析した。

なお、各測定地点の位置は図 3.1.11 に示すとおりである。

九頭竜川荒鹿橋の 1975～2010 年(36 年間)の水温の経年変化を図 3.1.12 に、また、大納川末端の 1975～2010 年(36 年間)の水温の経年変化を図 3.1.13 に示す。

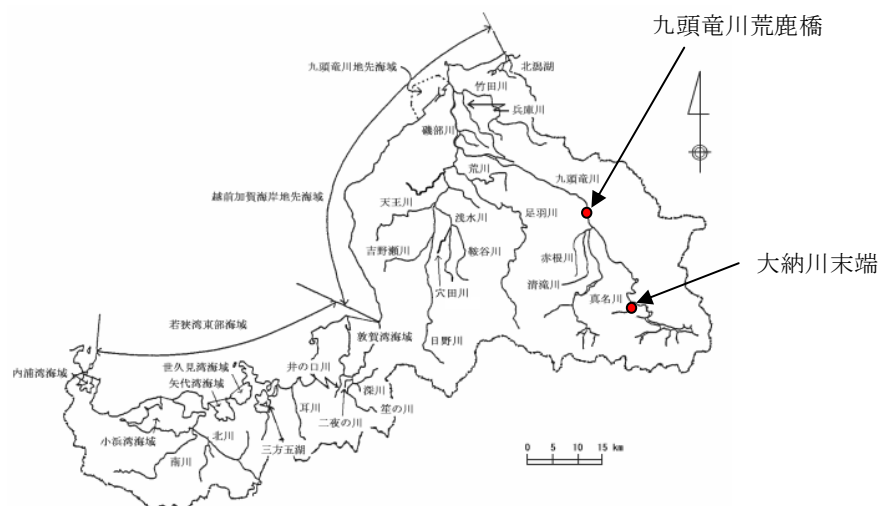


図 3.1.11 河川水温の測定地点

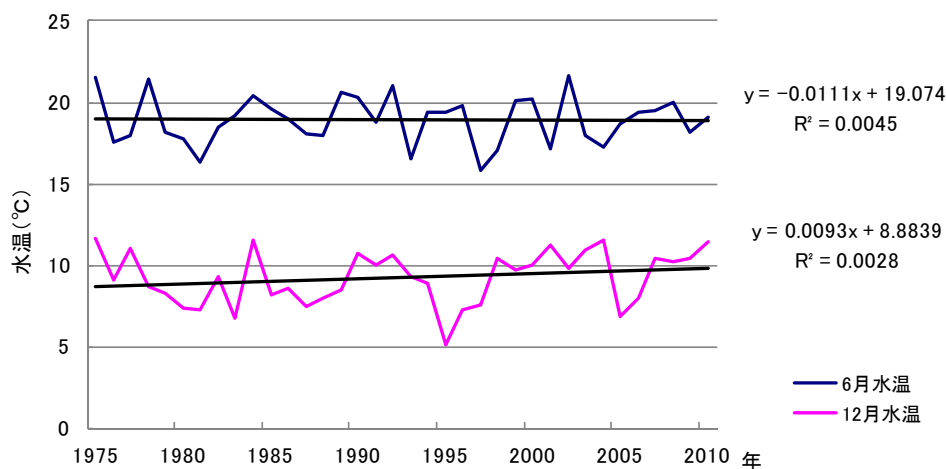


図 3.1.12 九頭竜川荒鹿橋の水温の経年変化

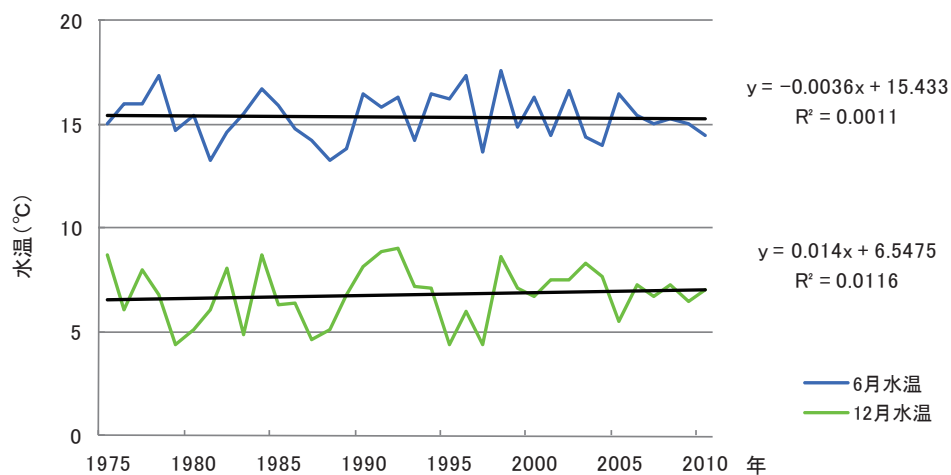


図 3.1.13 大納川末端の水温の経年変化

河川水温のトレンド成分の有意性について Mann-Kendall 検定を行った結果、九頭竜川荒鹿橋および大納川末端の 6 月、12 月とも、河川水温の上昇、下降傾向は認められなかった。

なお、解析に用いた水温データは、同じ 6 月、12 月であっても測定日時が異なることから、今回の経年変化には水温の月内変動や日内変動による影響も含まれていると考えられる。

3.2 水質の変化

水温の上昇によって湖沼等の水質悪化が指摘されており、他県の解析結果によると、海域や湾内において水温上昇とともに COD（化学的酸素要求量）が上昇している事例が報告されている^{5), 6)}。ただし、COD の変化は、下水道整備等による流入負荷量の変化など他の要因による影響も大きいと考えられるため、一概に水質の変化が地球温暖化の影響とは断定できないが、本報告では、考察の一助とするため、当センターが 1977 年から年 6 回（4、6、8、10、12、2 月）測定している北潟湖湖心、北潟湖南部、水月湖、三方湖における COD の経年変化について解析した。

北潟湖湖心、北潟湖南部の 1977～2010 年（34 年間）の COD の経年変化を図 3.2.1 に、また、水月湖、三方湖の 1977～2010 年（34 年間）の COD の経年変化を図 3.2.2 に示す。

湖沼の COD のトレンド成分の有意性について、Mann-Kendall 検定を行った結果、同地点の水温と同様に、4 地点とも有意水準 5%で COD の上昇、下降傾向は認められなかった。

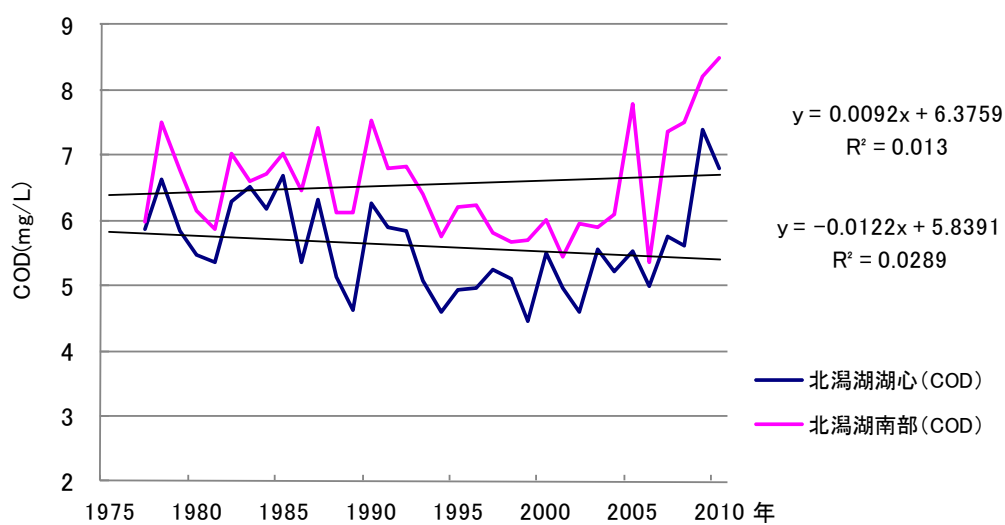


図 3.2.1 北潟湖湖心、北潟湖南部の COD の経年変化

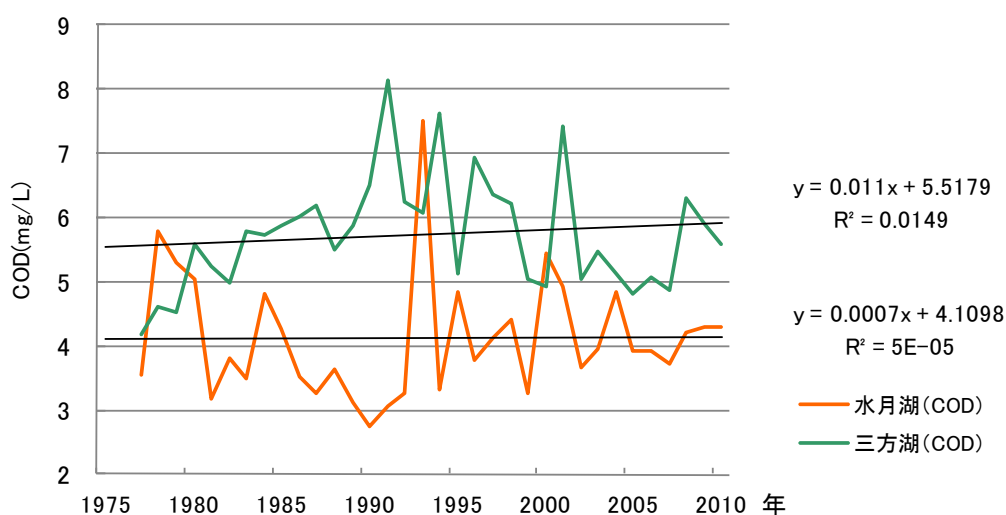


図 3.2.2 水月湖、三方湖の COD の経年変化

《参考文献》

- 1) 文部科学省 気象庁 環境省：温暖化の観測・予測及び影響評価総合レポート「日本の気候変動とその影響」（2009年10月）
- 2) 気象庁＞気象統計情報＞海洋の健康診断表＞日本海＞海面水温の長期変化傾向（日本海）
- 3) 西岡昌秋, 寶 馨：Mann-Kendall 検定による水文時系列の傾向変動, 京都大学防災研究所年報 46B, 181～192 (2003)
- 4) <http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/testdocs/tomocom/>（医薬学データ用統計解析プログラム）
- 5) 徳島県保健環境センター年報, 27, 39-43 (2008)
- 6) 福岡市保健研究センター年報, 34, 2009