

MEC モデルを用いた閉鎖性水域における水温変動の再現

東北大学大学院 学生会員 ○志田 孝之
東北大学大学院 正 会 員 風間 聡
東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹
東北大学大学院 正 会 員 山本 潤

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動の影響が危惧されており、様々な水域への影響が懸念されている。特に水面からの熱収支が支配的であり、地球温暖化の影響を受けやすいと考えられるダム貯水池などの閉鎖性水域は、水域内に形成される水温躍層の強化により水質の悪化が推測される。これにより、我々が利用する水資源も影響を受けるおそれがある。水温躍層の形成は閉鎖性水域内の上下の混合循環を阻害し、水域の低層の水質を悪化させる過程が知られている。本研究では、数値計算モデルを用いて水温躍層の形成過程の再現を行う。再現計算の結果より、閉鎖性水域における水質を定量化し将来予測を行うことを目的としている。本論では、閉鎖性の内湾における海水流動の再現計算に用いられる MEC (Marine Environmental Committee) モデルを御所湖に適用し、貯水池に対する MEC モデルの適用性を評価した。数値計算により御所湖における水温の季節変動を再現し、水温の実測値と比較することでこの MEC モデルの検証を行った。

2. 数値計算手法および対象領域

本研究で用いる MEC モデルは、三次元海水流動シミュレーションモデルに静水圧近似を適用したモデルである。水理流動の計算における基礎方程式は、静水圧近似を施し、鉛直方向のみの密度変化を考慮した Boussinesq 近似を適用し、コリオリ力を考慮した湖水の運動方程式と連続の式である。水温計算の支配方程式は Navier-Stokes 式である。水温計算の際、計算を簡略化するため移流項に関しては無視し、拡散項のみを解いている。MEC モデルを貯水池などの閉鎖性水域に適用するため、潮汐などの海域において生じる現象を除いた。また、長期間の計算を行うために、これまで時系列で与えていた気象条件を関数式によって与える改良を行った。ただし、計算の際に設定する、渦動粘性係数や渦動拡散係数といったパラメータについては、海域の計算において使用されていた値を用いている。

最大水深が数十m程度で、夏季に水温躍層が形成される湖沼を MEC モデルの検証に用いることから、解析対象を御所湖に選定した。御所湖は岩手県盛岡市に存在し、北上川水系雫石川に建設された御所ダムの貯水池である。御所湖の流域面積は 635 km^2 、ダム湖の総貯水容量は $65,000,000\text{ m}^3$ 、有効貯水容量は $45,000,000\text{ m}^3$ である。

3. 計算結果との比較

MEC モデルを御所湖に適用し、数値計算による水温変動の再現を行った。図 1 に、解析対象とした御所湖の衛星画像を示す。

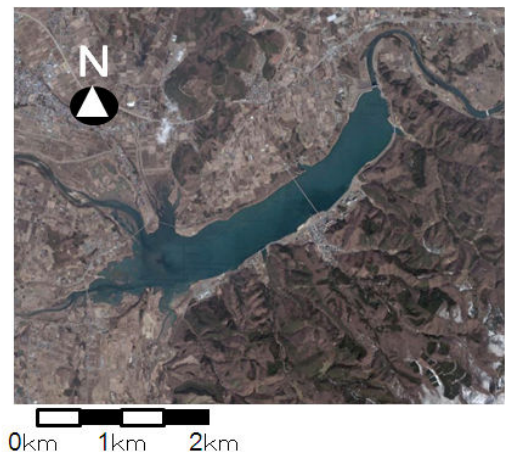


図 1 対象とした湖(御所湖)

本論では、2001 年の御所湖における 1 年間の水温変動について再現計算を行った。数値計算の結果との比較対象として、国土交通省水文水質データベースの実測値を用いた。再現計算の際、この実測値を初期水温に設定し、翌月の実測日までの再現計算を行った。計算期間はおおよそ 30 日である。再現計算を行う際の気象条件には、気象庁の気象統計情報より、2001 年の盛岡市の月平均気温とおおよその日変動を入力した。御所湖における水温の実測値と計算値を比較した結果を図 2 および図 3 に示す。図 2 は 5 月 24 日から 6 月 26 日までの数値計算の結果と実測値との比較であり、図 3 は 8 月 30 日から 9 月 19 日までの数値計算の結果と実測値との比較である。

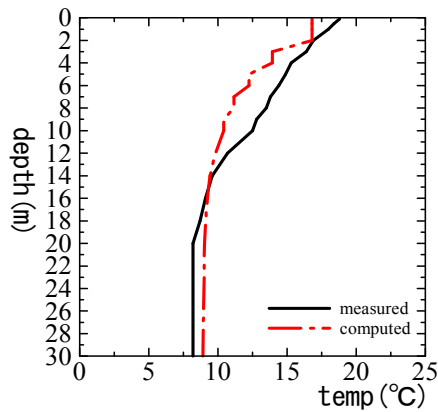


図2 計算結果と実測値の比較(5/24~6/26)

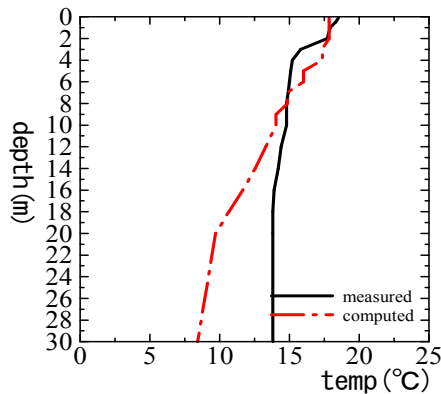


図3 計算結果と実測値の比較(8/30~9/19)

まず、図2の実測値を見ると、表層付近において水温躍層が形成されているのが分かる。次に、図2の計算結果を見ると、水温躍層の形成位置が少し浅いが、実測値と同様に表層付近において水温躍層が形成されている。また、低層における水温も概ね一致し、数値計算により実測値が再現できたと評価できる。一方、図3を見ると、実測値は表層付近に強い水温躍層が形成されているのに対し、数値計算の結果は、水温躍層の形成が再現されていないのが分かる。また、低層における水温も一致せず、再現性が良いとはいえない。以上のように、夏季の再現計算において、水温躍層の形成位置が一致せず、低層における水温の再現性が悪い結果が見られた。

4. 今後の展望

閉鎖性水域である御所湖に MEC モデルを適用し、およそ 30 日間の水域内の水温変動の再現計算を行った。夏季における水域内の水温躍層の形成過程が再現されていたが、低層の水温などが良く再現されていない結果が見られた。この原因として、ダム湖のような閉鎖性水域の水質を考える場合、湖沼へ流入する河川の水温の影響が推測される。特に、早春や晩秋といった季節は山間部の積雪の融解により温度の低い水が流

入するため、水温の変動に与える河川水の影響は大きいと考えられる。また、ダム湖では夏季などに水の放流が行われており、ダム湖の低層の水が放流される。この出水により、水域内の水温躍層の位置が移動し、水温変動に影響を与えることが推測される。今後、これらの問題を改善するため、表層における水温の初期条件を変えるなどの改良を行うことを考えている。また、本論では計算時に設定する渦動粘性係数などのパラメータとして、海域における計算の場合の値を用いて、概ね良好な計算結果を得た。これらを湖沼の場合の値に変えることでより良い計算結果が得られると考えられる。したがって、水温の変化とともに変えることのできるパラメータ設定方法を導入することを考えている。さらに、将来的には生態系モデルなどの、環境水質指標の計算を行うことのできる数値計算プログラムと連携させて、閉鎖性水域の水質の定量化を行う予定である。以上より、地球温暖化に伴う気候変動による閉鎖性水域への影響を定量的に評価するため、MEC モデルを改良して将来の水質の予測を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、「環境省の地球環境研究総合推進費（S-4）：温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合評価に関する研究」から援助を受けました。研究を進めるにあたり、北上川ダム統管理事務所より情報を提供していただきました。また、寒地土木研究所の山本潤氏に助言をいただきました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 丹羽薫，廣瀬昌由，宮井貴大，天野裕史：
地球温暖化が進行した場合に水資源に及ぼす影響の地域比較，ダム工学論文集，vol.3，No.1，1993。
- 2) 細田尚，細身知彦：
琵琶湖北湖の水質鉛直分布の季節変化に関する簡易モデルと温暖化の影響への適用，河川技術論文集，第8巻，2002。
- 3) 山本潤，時吉学，佐伯信哉，上野成三：
閉鎖性内湾における秋季の水止まり現象に関する現地観測，海岸工学論文集，第50巻，pp941-945，2003。
- 4) 荒井正：
地域分析のための熱・水収支水文学，古今出版，pp70-111，pp176-217,2004。