

ウトナイ湖における準三次元土砂輸送・堆積モデル

株式会社ドーコン 正会員 工修 ○ 長谷川 寛也
株式会社ドーコン 正会員 工博 長谷川 裕史
株式会社ドーコン 正会員 竹村 健

1. はじめに

ウトナイ湖を含む湿原地域は、図-1 に示す北海道苫小牧市東部に位置し、ラムサール条約に登録(1991年)された自然保護区域である。しかしながら、近年美々川やウトナイ湖周辺では、住宅地、農地開発、新空港建設およびゴルフ場に代表されるリゾート開発など土地利用の高度化により、栄養塩の流入による富栄養化や微細土砂の流入による湖床の堆積・陸地化が進行し、現在は環境悪化と生態系への影響が懸念されている。

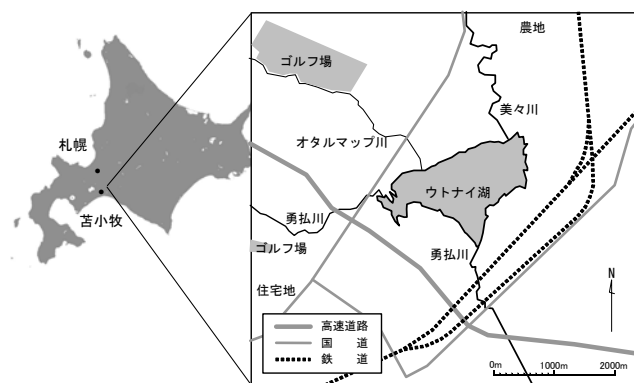


図-1 ウトナイ湖の位置

本研究は、ウトナイ湖における環境保全対策の客観的評価法の確立を目的に、長谷川ら¹⁾による地下水流動を組み込んだ平面流解析モデルおよび竹村ら²⁾による水質拡散モデルをベースとし、新たに鉛直流解析モデルにより流況特性を把握した上で、土砂動態メカニズムを解明するための実用的な数値解析モデルを構築したものである。

2. 解析モデルの全容

本研究で対象とするウトナイ湖は釧路湿原やサロベツ湿原と同様に湖自体が湿原の一部であり、湖内の流れが周辺地下水の流れや湖上の風の影響を強く受ける浅水湖である。このような水深が浅い湖を対象とした既存の湖流解析は、風や流入河川に関する条件のみを扱った解析が主であり、湖沼を取り囲む湿原域の地下水の影響までは考慮されていなかった。また、深水湖を対象とした一般的な三次元湖流解析モデルは、水深

を層に分割したレイヤーモデルであり、上下層の温度差により形成される鉛直循環流は、浅水湖であるウトナイ湖においては微小となりうる点、また計算実施において時々刻々と変化する土砂堆積に伴い、三次元計算メッシュ構造の更新に対応すべき実用的なアルゴリズムの構築が必要である点などが課題であった。

本論文では、既開発の平面流解析モデル¹⁾・²⁾に加えて、鉛直二次元流況解析モデルの相関式から得られた鉛直流況を表現する準三次元モデルに土砂堆積モデルを組み合わせることにより、上記課題の解決を目的とした実用的な準三次元土砂輸送・堆積モデルを構築した。本手法は、五つのモデルを用いた複合モデルによる解析であり、各モデル群の相関関係を図-2 に示す。

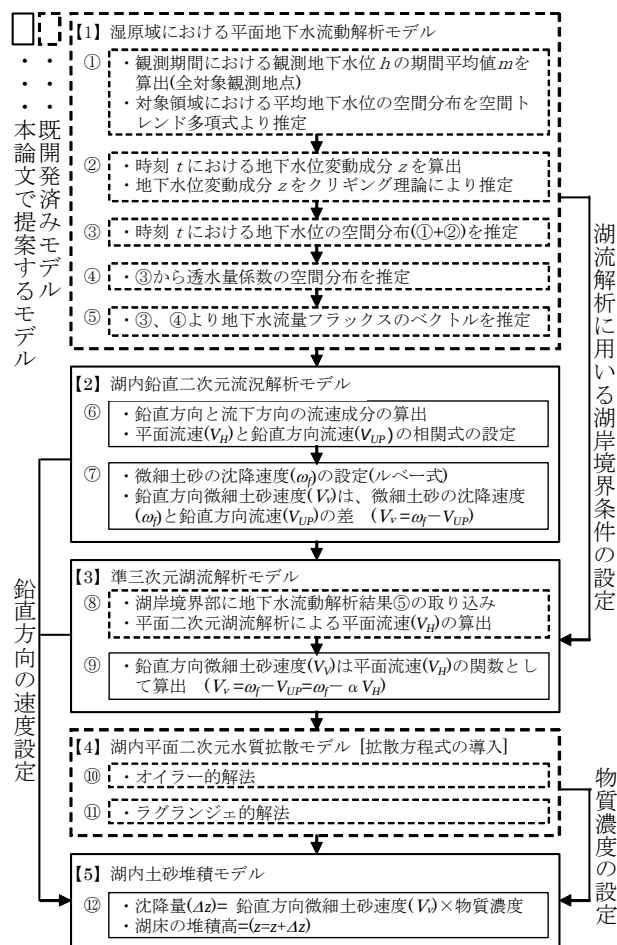


図-2 解析モデル群の相関関係

キーワード ウトナイ湖、浅水湖、鉛直二次元流況解析モデル、準三次元湖流解析モデル、土砂輸送・堆積モデル
連絡先 〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央1条5丁目 (株) ドーコン 河川部 TEL 011-801-1587

3. ウトナイ湖における鉛直循環流の分析

ウトナイ湖内の鉛直方向の流速成分を明らかにするため、本解析では、森北ら³⁾の貯水池内の解析で実績のある鉛直二次元流況解析モデルを導入した。解析条件を表-1に、解析領域を図-3に示す。

本結果から全メッシュの鉛直方向および水平方向流速成分を抽出し、相互の関係性について分析した。

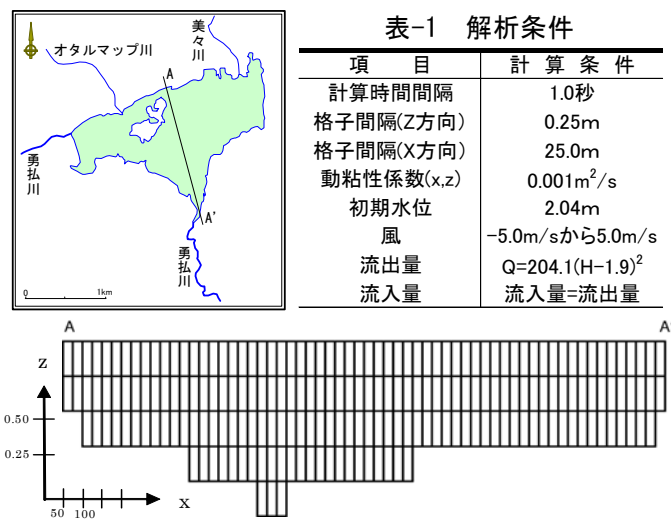


図-3 解析領域

表-1 解析条件	
項目	計算条件
計算時間間隔	1.0秒
格子間隔(Z方向)	0.25m
格子間隔(X方向)	25.0m
動粘性係数(ν)	0.001m ² /s
初期水位	2.04m
風	-5.0m/sから5.0m/s
流出量	Q=204.1(H-1.9) ²
流入量	流入量=流出量

4. 土砂輸送・堆積モデル

表-1条件の計算結果より、鉛直方向流速 V_{UP} と水平方向流速 V_H は、図-4の破線の相関式が示すとおり比較的良好な相関関係を得た。その相関式を(1)式に示す。

$$V_{UP} = 0.0038V_H \quad (1)$$

また、鉛直方向微細土砂速度 V_V は(2)式で定義する。

$$V_V = \omega_f - V_{UP} \quad (2)$$

ここで、 ω_f は土砂の沈降速度を示す。沈降速度 ω_f の設定は、経験則である(3)式のルベー式により算出する。底泥の粒径は、現地観測結果である $10\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m}=0.001\text{mm}$)を用いた。

$$\frac{\omega_f}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36\gamma^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36\gamma^2}{sgd^3}} \quad (3)$$

ここで、 s は砂礫の水中比重(1.65)、 γ は水の動粘性係数($0.01\text{cm}^2/\text{s}$)、 g は重力加速度、 d は砂礫の粒径(cm)を示す。その結果、湖内全域に関する沈降速度 $8.983 \times 10^{-5}\text{m/s}$ を得た。鉛直方向と水平方向の流速の関係を図-4の実線に示し、またその関係式を(4)式に示す。

$$V_V = \omega_f - V_{UP} = 8.983 \times 10^{-5} - 0.0038V_H \quad (4)$$

また、(4)式の V_H に、長谷川ら¹⁾による平面二次元湖流解析により算出した平面流速として(5)式を与える。

$$V_H = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (5)$$

u 、 v はそれぞれ平面 x 、 y 方向の流速成分である。

土砂堆積モデルについては、微細な土砂の動態を把握するため、浮遊砂の沈降を扱うモデルを採用する。湖床変動に関する土砂堆積量を表現する基礎式を(6)式に示す。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)}(-V_V C) = 0 \quad (6)$$

ここで、 λ は空隙率、 C は湖内の拡散物質濃度である。

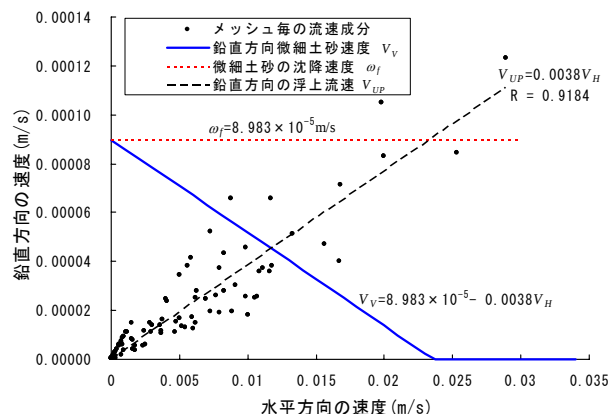


図-4 鉛直方向微細土砂速度 V_V と水平流速 V_H の関係

4. おわりに

本論文では、既開発モデルへ組み込んだ土砂輸送・堆積モデルの概要の論述までにとどめており、本モデルの再現検証計算や予測計算などについては、以下に示す項目について現在取り組んでいるところである。

- ① ウトナイ湖における土砂堆積再現計算の実施
 - ② ウトナイ湖における土砂堆積予測計算の実施
 - ③ 予測結果からの湖内環境分析・評価・対策立案
- 本モデルの将来的展望としては、モニタリングツールとしての活用や水質・土砂堆積改善対策の客観的評価手法の確立などが挙げられる。

謝辞：本研究を行うにあたり、ご指導および適切な助言を頂いた室蘭工業大学の藤間聡教授に対し、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 長谷川寛也，長谷川裕史，藤間聡：地下水流動解析を含むウトナイ湖水拡散モデルについて，水工学論文集，第47号，pp.1207-1212，2003。
- 2) 竹村健，長谷川寛也，長谷川裕史，藤間聡：地下水流動および海陸風を考慮したウトナイ湖の水質拡散特性について，水工学論文集，第48号(2)，pp.1417-1422，2004
- 3) 森北佳昭，畑孝治，三浦進：貯水池の冷濁水ならびに富栄養化現象の数値解析モデル（その2），土木研究所資料，第2443号，1987