

南部タイ・ソングラー湖内養殖漁場の水質変動機構に関する研究

Relationship between Lake Hydrodynamics and Water Quality in Songkhla Aquaculture Farm, Thailand

田中 仁¹・Nguyen Trung Viet²・山路弘人³・高崎みつる⁴
Somboon Pornpinatepong⁵・Kunlayanee Pornpinatepong⁶

Hitoshi TANAKA, Trung Viet NGUYEN, Hiroto YAMAJI, Mitsuru TAKASAKI,
Somboon PORNPINATEPONG and Kunlayanee PORNPINATEPONG

Songkhla Lake is located in the Southern part of Thailand, connected with the Gulf of Thailand through a narrow channel. In the southernmost lake, Thale Sap Songkhla, aquaculture of sea bass plays an important role in the area's economy. In recent years, however, there have frequently been sudden deaths of fishes which may be due to the significant change in water quality in this lake. In-situ investigation has been carried to thoroughly clarify the mechanism of the changes of water quality parameters in Songkhla Lake. In this field investigation, automated water quality measuring instruments are installed in an aquaculture area to obtain time variation of current, dissolved oxygen (DO), salinity and temperature. In addition to investigate the water quality changes in the lake, an artificial neural network (ANN) model is applied to evaluate the mechanism of DO concentration in the Songkhla Lake.

1. はじめに

国の内外を問わず、閉鎖性水域における水質の悪化が問題となる事例が多く見られ、これまで多くの調査・研究がなされている。本研究の対象であるタイ南部に位置するソングラー湖も例外ではない。同湖では養殖規模に関する規制も行われていない。このため、近年、過密養殖が原因と考えられる養殖魚の斃死が頻発している。そこで、同水域における水理・水質変動機構を明らかにすることを目的として現地調査、数値シミュレーションを実施した。

2. 研究対象の概要と調査内容

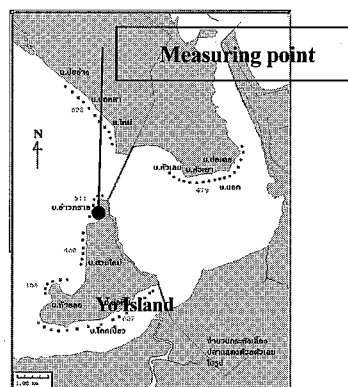
ソングラー湖はタイ南部に位置する海跡湖であり、図-1(a)に示すように長さ 3 km ほどの水路によりタイ湾につながる汽水湖である。その面積は 1,082 km²で琵琶湖の 1.6 倍ほどであるが、水深は平均で 1.5 ~ 2.0 m ときわめて浅い。平井 (2001) はこの湖の周辺地域を対象に海面上昇の影響評価を行っている。

この水域の養殖対象魚種はスズキ(sea-bass)である。養殖は主に図-1(b)に示すヨー島の周辺で行われており、図中の水辺周辺の点は密な養殖が行われている箇所を示している。図-1(b)には調査を行った箇所も示した。写真-1 は調査を行った養殖いけすである。その大きさは 5 m × 5 m,

高さは約 2 m である。この中で 20 cm ほどの稚魚の段階から養殖を行い、2 年半ほどで体長約 60 cm, 体重約 3 kg の成魚となる。餌はミンチした魚肉や小魚を与えている。



(a)



(b)

図-1 ソングラー湖の概要

1 フェロー	工博	東北大学教授 工学研究科土木工学専攻
2	Ph.D.	ハノイ水資源大学講師 土木工学科
3 正会員		東北大学助手 工学研究科土木工学専攻
4 正会員	工博	石巻専修大学教授 理工学部生物生産学科
5	Ph.D.	ソングラー大学助教授 工学部
6		ソングラー大学講師 経営学部

調査は2005年10月および2006年10月に実施された。調査を実施した箇所の概要を図-2に示す。◎の箇所にはメモリー内蔵型の塩分計(アレック電子, Compact CT)およびDO計(アレック電子, Compact DOW)を設置し, 10分間隔でデータを取得した。なお, センサーは水表面からほぼ50 cmの箇所に固定した。また, ○の箇所には電磁流速計(アレック電子, Compact EM)を設置し, やはり10分間隔で計測を行った。いけすの網には生物幕が付着し, これによりいけす内の水が滞留し, 水質が悪化しやすいものと推測された。このため, 図-2に示すようにいけすの内外で計測を行った。また, 現地において1時間毎に多項目水質計(アレック電子, AAQ1183)により, 各種水質項目の鉛直分布を測定した。観測を行った栈橋沿いの水深はほぼ1 m ~ 2 mである。さらに, 30分毎の水位変動を目視により計測した。

また, 潮汐変動に伴う湖内の流動をより詳細に把握するために, 数値計算を実施した。計算においては曲線座標系を使用し, これを差分法により解いた。計算の詳細に関しては既発表論文 (Pornpinatepong, 2005 ; Pornpinatepong et al., 2006) に示されている。



(a)



(b)

写真-1 調査箇所の養殖いけす

3. 結 果

(1) 2005年10月の調査結果

a) 各種水質項目の鉛直分布特性

図-2に示したNo.1 いけすでの多項目水質計による観測結果を図-3, 図-4に示す。これら二つのいずれにおいても, いけすの内外で水質項目はほぼ同じ値を示していることが分かる。当初, 養殖魚による酸素消費によるいけす内でのDO低下を予想したが, そのような現象は見られない。また, 図-3, 図-4を比べると, 後者で溶存酸素の上昇が見られるが, 変化後においても溶存酸素は鉛直方向にほぼ一様な分布をしており, 一様な水質特性を有する水塊が移流されて来ることを示唆している。

b) 各種水質項目の時間変動特性

得られたデータを図-5に示す。最上段の水位には目視により得られた水位と推算潮位を示している。汽水湖内の位相の遅れ, 水位変動の低減が明らかである。

水温は日周変動があるものの, その変動幅は2℃度ほどであり, 高い水温を維持した状態でのわずかな変動であることが分かる。このような水温変動は我が国の閉鎖性水域とは大きく異なるものであり, この地域特有の水温構造とこれに伴う水質変動機構を有していることが予想される。

水位の変動に応じて, 計測場所での流向が転じる様子を見て取ることが出来る。流速値は最大で5 cm/sと微弱ではあるものの, 北流から南流に転じた時刻にDOの増加が見られ(図中の(A), (B), (C)), 流れは水質変動を支配する大きな要因となっている。また, DOの変動は日周変化を反映していると推測される変動パターンも見せている。ただし, 2005年の調査では日潮不等が卓越しているために, DOの変化が日射などの日周変化に支配されているのか, あるいは潮汐流動に支配されているのかが明らかではない。そこで, 2006年の調査ではこの点を勘案して調査日時を設定した。

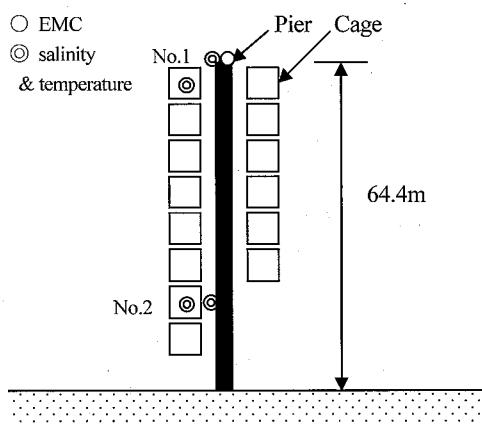


図-2 観測箇所と計器の設置位置

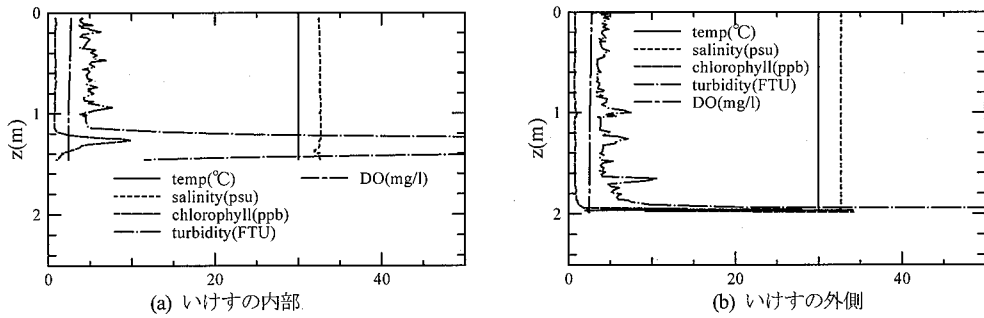


図-3 水質の鉛直分布 (No. 1 いけす, 2005 年 10 月 13 日 9:10)

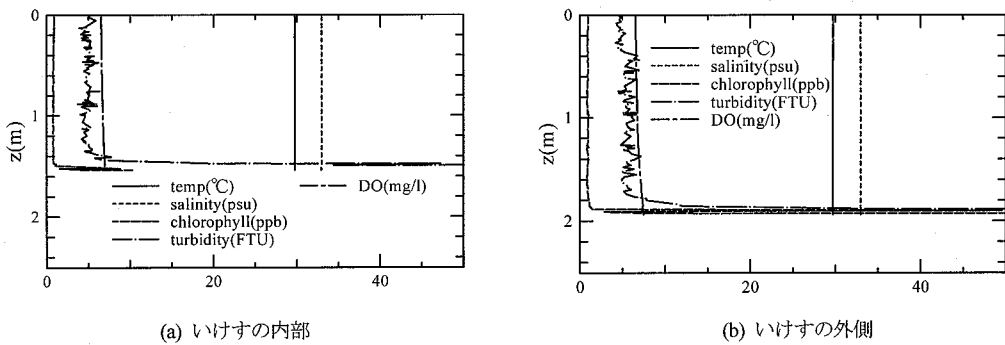


図-4 水質の鉛直分布 (No. 1 いけす, 2005 年 10 月 14 日 8:50)

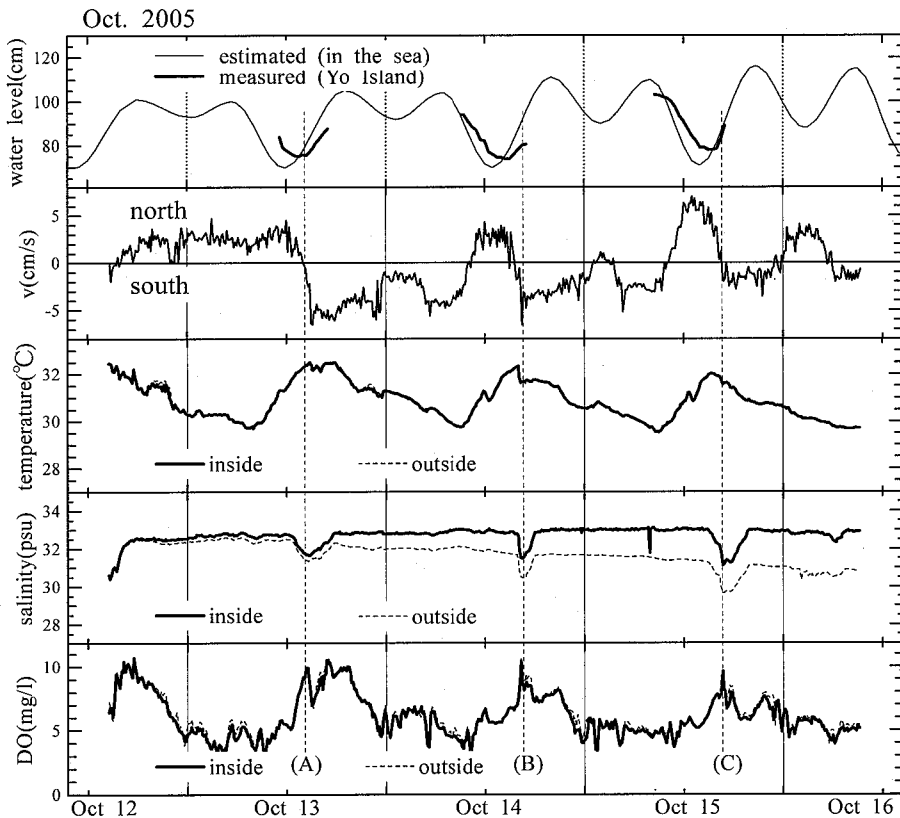


図-5 水位・流速・水温・塩分・DOの連続計測結果 (2005 年 10 月)

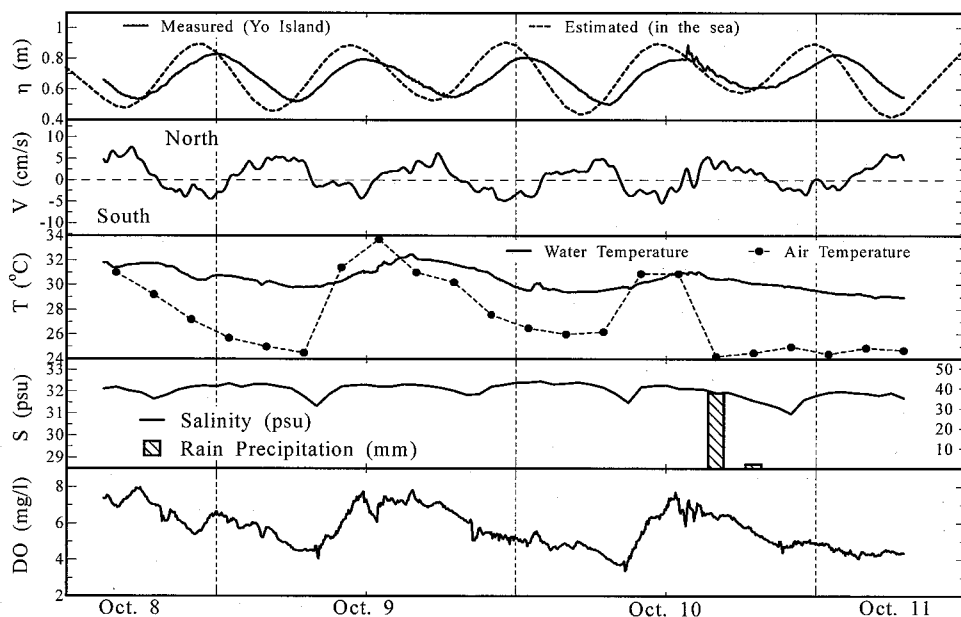


図-6 水位・流速・水温・塩分・DOの連続計測結果(2006年10月)

(2) 2006年10月の調査結果

図-6は2006年の観測結果であり、前年と異なり、半日周潮の潮汐が卓越している。流れと水位変動の対応は基本的に図-5のそれと一致している。最下段のDOの変動を見ると、全体的な変動は24時間の周期で変動し、植物プランクトンによる光合成がDO変動に大きく寄与しているものと考えられる。ただし、図-5と同様に、流れが南流に変化したときのDOの増加が見られる。

(3) 数値計算結果

図-5において、測定された水質項目は湖内の流動と密接に関連していることが明らかになった。ただし、電磁流速計による計測は一点のみで、流れの全体像を理解することは出来ない。そこで、ソクラー湖内におけるより広域的な流動特性を理解するために行った数値実験の結果を示し、上記の水質変動との関連を検討する。

図-7にはヨー島付近の等深浅図を示す。島の北側の水路は南側に比べて水路幅が広く、また、水深も深い。このような島南北の水路の相違を反映して、図-8に見られるように両水路部での流速の大きさに相違が見られる。数値計算によれば上げ最強時に調査地点では南流する流れが見られ、逆に下げ最強時には北流に転じている。このような流向に関しては、図-5第二段に示した観測結果と良い一致を示している。ただし、流速値そのものについては計算メッシュが粗いことから、定量的な比較は困難である。

ここで、図-1右図に示した養殖いけす密集域との対応を考えると、図-5に示したDOの変動を説明することが出来る。すなわち、北流時には観測地点の上流側に

多数存在するいけす内で酸素が消費された水塊が流下すると考えられる。一方、南流時には海域から流入した水塊が観測地点に到達するため、DOの上昇が期待される。特に、日潮不等が顕著な2005年10月12日午後から13日午前にかけては北流が長く継続し、DOの低下を促進しているようである。また、植物プランクトンによる光合成が行われない夜間が長く継続する北流が生じるとき、酸素の低下がより著しいものと推測される。

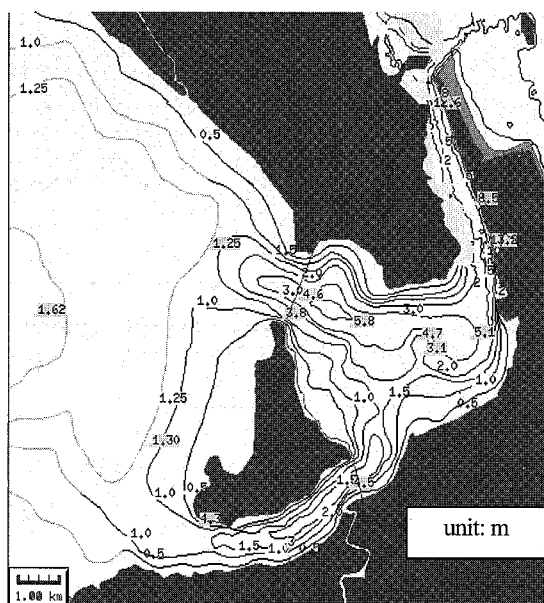


図-7 ヨー島付近の水深コンター

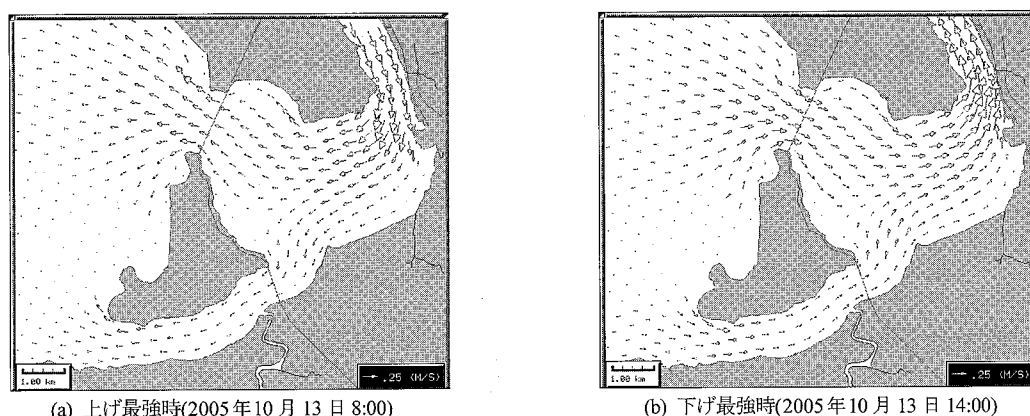


図-8 流れの数値計算結果

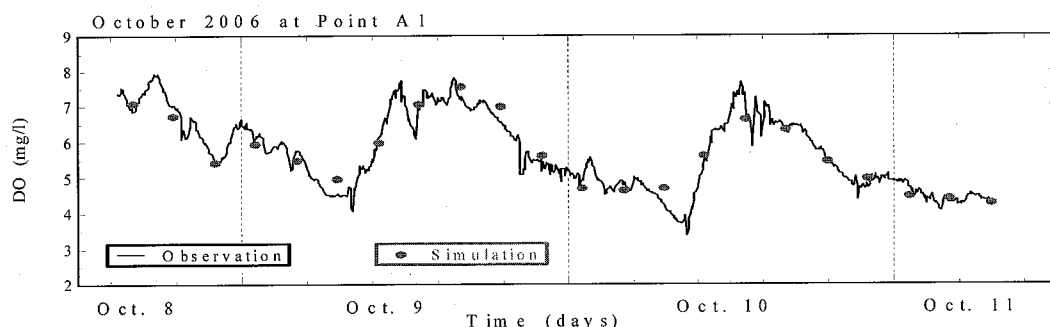


図-9 ニューラルネットワークによる DO の計算結果 (2006 年 10 月)

4. ニューラルネットワークによる計算

近年、様々な現象の予測にニューラルネットワーク (ANN) の応用が見られる。感潮域の塩分予測に対しても ANN を使用した事例が散見される (例えば, Huang・Foo, 2002; Nguyen et al., 2006)。そこで、上記の DO 変動機構を考慮し、水温、気温、および塩分を入力する ANN を構築した。結果を図-9 に示す。良好な結果が見られ、これらの要因により DO の変化が生じることを確認した。

5. おわりに

タイ南部ソクラー湖養殖漁場において流動・水質変動特性に関する現地調査を実施した。主要な結果を以下に示す。

- (1) ソクラー湖養殖漁場では移流の効果が卓越し、いけすの内外での水質に違いはない。
- (2) 一義的に DO を支配しているのは植物プランクトンの光合成である。また、観測点においては北流時に水質が悪化し、南流時に水質が回復する。数値シミュレーションの結果、水質変動と流れのパターンに強い関連が認められた。
- (3) ANN により良好な推定値を得た。これにより、上

記の要因が DO 変動を支配することを確認した。

謝辞：現地調査の実施に当たって、(株)アレック電子の助力を得た。本研究に対して日本学術振興会・科学研究費 (代表：田中 仁, No.17254002) の補助を受けている。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 平井幸弘 (2001)：海面上昇の影響予測評価と対応戦略・タイ国南部ソクラー湖における影響予測評価、海面上昇とアジアの海岸 (梅津正倫・平井幸弘編, 古今書院), pp. 157-177.
- Huang, W. and S. Foo (2002) :Neural network modelling of salinity variation in Apalachicola River, Water Research, Vol. 36, pp. 256-361.
- Nguyen, T.V., H. Tanaka, D. Nakayama and H. Yamaji (2006) :Effect of morphological changes and waves on salinity intrusion into the Nakakita River mouth. Annual Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 50, pp. 139-144.
- Pornpinatepong, S. (2005) :Salt transport in Songkhla Lake, Songklanakarin Journal of Science and Technology, Vol. 27, No. 4, pp. 889-900, 2005.
- Pornpinatepong, S., H. Tanaka and M. Takasaki (2006) :Application of 2-D vertically averaged boundary fitted coordinate model of tidal circulation in Thale Sap Songkhla, Thailand, Walailak Journal of Science and Technology, Vol. 3, No. 1, pp. 105-118.