

韓国竜院湾における水環境特性の把握

広島大学 学生会員 ○星尾日明
 韓国釜慶大学 李寅鉄

広島大学 正会員 金キョンヘ
 広島大学 正会員 駒井克昭
 広島大学 正会員 日比野忠史

1. はじめに

沿岸域においては活発な経済、産業活動が行われており、しばしば環境の破壊や汚染が問題となってきた。そのような中で、開発下での沿岸環境保全の重要性が高まりつつあり、沿岸域での流れ場の調査や環境保全、修復に関する技術が近年急速に発達してきている。韓国釜山西部に位置する竜院湾では、図-1に示すように、現在釜山新港が建設中である。1995年から行われている釜山新港の建設により大規模な埋め立てが行われており、地形の変動や湾口閉塞による水質・底質、流れ場などの水環境の悪化が懸念されている。

今後、有効な環境施策、ミティゲーション方法を

提案するためには、この現状を把握し、問題点を整理することが必要である。そのため本研究では現地調査結果及び数値シミュレーションを用いて、当湾における水環境特性を把握することを目的とする。

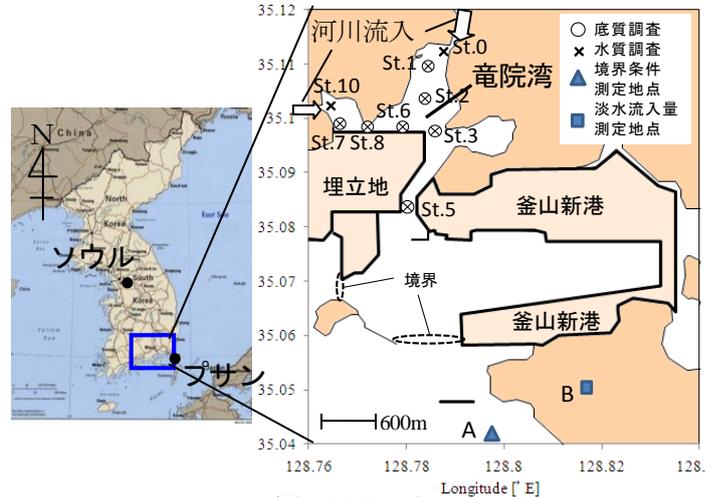


図-1 調査地点

2. 研究方法

2.1 現地調査

湾内の水質・底質特性を明らかとするため、3回の現地調査（2009年8月19日（大潮）、8月27日（小潮）、11月1日（大潮））を湾内の10か所（図-1）で行った。水質の測定は一潮汐間、多項目水質計（YSI ナノテック、556MPS）及びクロロテック（ALEC社 AAQ1183）を利用して水質（水温、塩分、DO等）鉛直プロファイルを測定した。底質調査はEKMAN採泥機で、採取した底泥の含水比、IL、C/N比、75 μ m以下の細粒分含有率の分析を行った。

2.2 数値計算

湾内の流れ場を把握するため3次元数値解析モデル（ELCOM, Hodges et al. 2000）¹⁾を用いて数値解析を行った。計算は調査海域のみでなく、釜山新港を含む東西約6700m、南北約6200mの領域を対象とした（図-1）。計算条件を表-1に示す。流動解析により求めた底層流速のうち、底泥採取日を含む15日間(8/14~8/28), (10/25~11/8)において各地点における底層最大流速を求め、底質性状の調査結果との関係を考察した。

表-1 計算条件

計算結果	2009/1/1~2009/11/31
タイムステップ	1分
グリッド幅	$\Delta x = \Delta y = 50\text{m}$, Δz は鉛直的に変化し13層
境界水位	図-1 A点で観測されている時間潮位
境界水温・塩分	図-1 A点で観測されている季節ごとの年4回の観測値をサイン関数として補間した10日ごとの値
気象条件	韓国気象庁により観測された、1日ごとの釜山の気温、湿度、気圧、日射、降水量
淡水流入量	図-1 B点で測定されている流量を流域面積比に応じて比例配分

3. 湾内の水質・底質特性

図-2 (a), (c) には St.7, St.3 における上げ潮時の塩分及び DO の鉛直プロファイルが, (b), (d) には St.1-St.5 断面における上げ潮時の塩分及び DO の断面分布が示されている. 図-3 には下げ潮時の同様の図が示されている. St.1~St.3 では密度成層が確認されなかった. その一方で, 竜院湾で最も海水交換が悪いと予想される湾西部海域 (St.7 周辺) においては, 表層塩分が他地点より 2PSU 程度低いこと, 塩分による成層が形成されていることから, 低い海水交換率により, 流入した河川水が表層に滞留していることが考えられる.

DO は表層で高く, 塩分と反対の傾向が見られることから (図-2 (c), 図-3 (c)), 河川水からの供給が多いことが考えられる. 観測中, 表層で赤潮が観測された湾西部海域の底層では DO の値が 2mg/l 程度の貧酸素状態であった. 以上の結果から, 湾西部では海水交換が悪く, 成層が形成されることで水質の悪化, 特に底層の貧酸素水塊の発生を生じていると考えられる. 以上の結果から, 河川が湾内の水環境に大きく影響を与えていることが予想される.

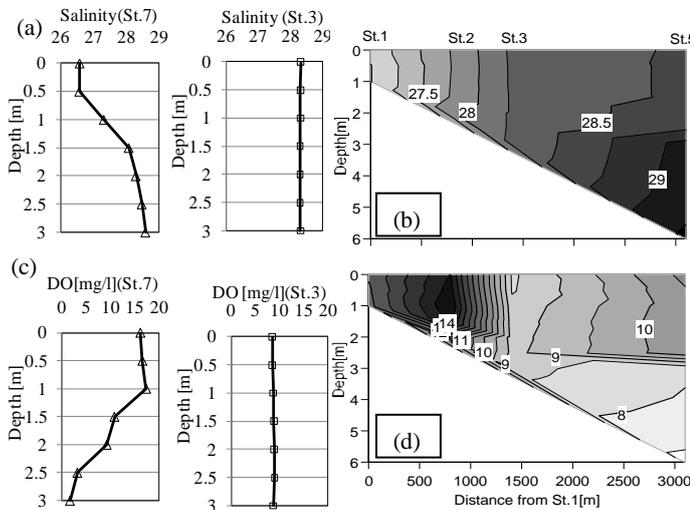


図-2 上げ潮時 塩分・DO 分布

(a)塩分(St.7-St.3 断面) (b)塩分(St.1-St.5 断面)

(c)DO(mg/l)(St.7-St.3 断面) (d) DO(mg/l)(St.1-St.5 断面)

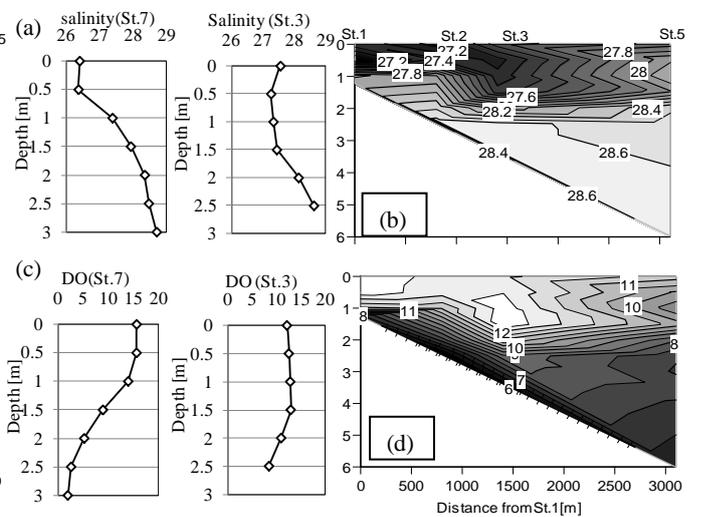


図-3 下げ潮時 塩分・DO 分布

(a)塩分(St.7-St.3 断面) (b)塩分(St.1-St.5 断面)

(c)DO(mg/l)(St.7-St.3 断面) (d) DO(mg/l)(St.1-St.5 断面)

図-4 には採取した底泥の (a) 含水比, (b) IL, (c) C/N 比, (d) 細粒分含有率が示されている. 底泥含水比は 80%~160%である. 8月~11月にかけて含水比の多少の変動は見られるものの最大で 30%程度であり, 大きな季節変動特性は確認されなかった. IL は 2%~10%程度で場所によってその差が大きく, 河川流入地点で季節変動が大きい傾向が観られた. さらに細粒分含有率は St.1 と St.5 以外では 90%以上で, 河川が流入する St.1 では 80%程度である.

湾内の平面分布は, 湾北部河口域 (St.1) 及び湾中心部 (St.3) ~湾口 (St.5) において含水比, IL とともに低い値を示している. その一方で, 湾西部海域 (St.7 周辺) においては他地点よりも高含水比, 高 IL, 低 C/N 比であることから, 有機物含有量が多く分解の進んでいない有機泥が海底に堆積していることが確認された. St.1 においては, 含水比, IL の値が他地点と大きく異なり, 細粒分含有率も低いことから, 河川が流入した砂が海底に堆積することにより他地点と異なる底質性状となっていることが考えられる.

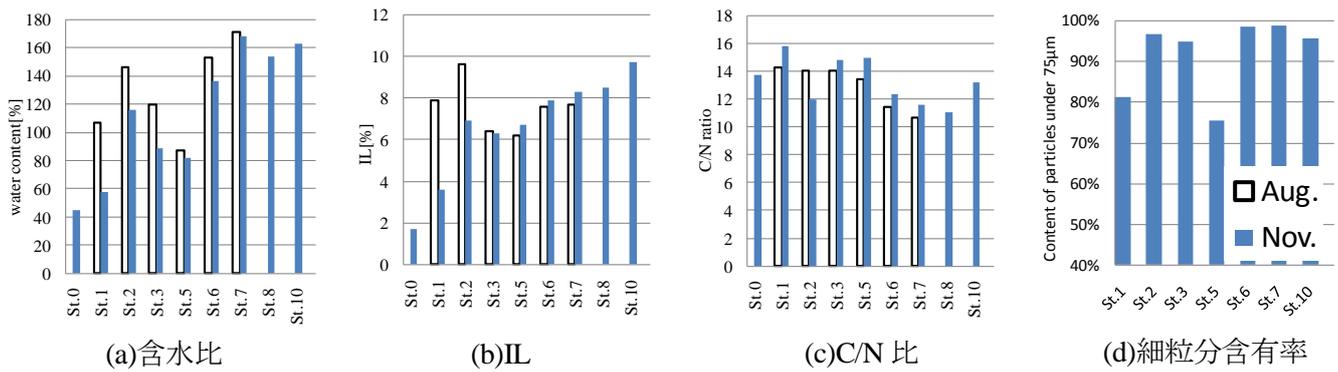


図-4 底質性状

4. 湾内流れ場の特性

図-6は、河川流入の状況を変えて (Case1: 河川流入あり (図-5), Case2: 河川流入なし) 計算した8月の一カ月間の表層と底層の残差流の分布である。河川流入の有無により湾内の流れ場に違いが生じていることから、湾内の流れ場に河川流入が影響を与えていることが分かる。

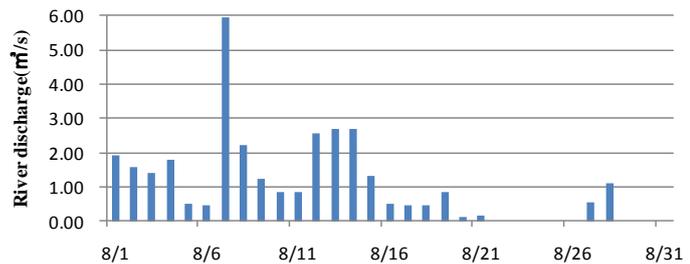
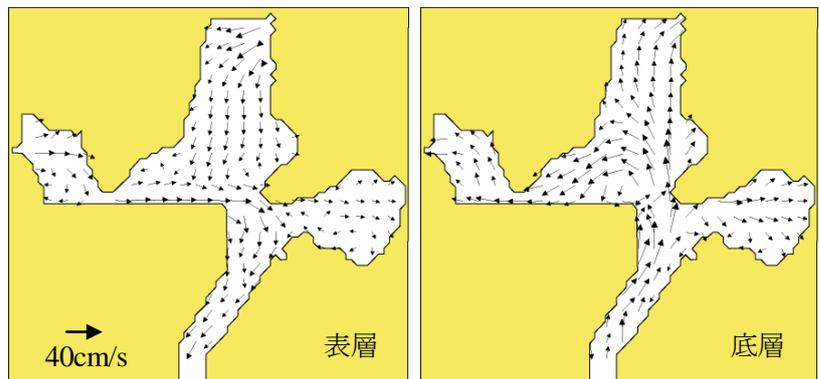


図-5 湾北部河川 河川流量

(湾西部河川 河川流量は湾北部河川 河川流量の約 1/3)

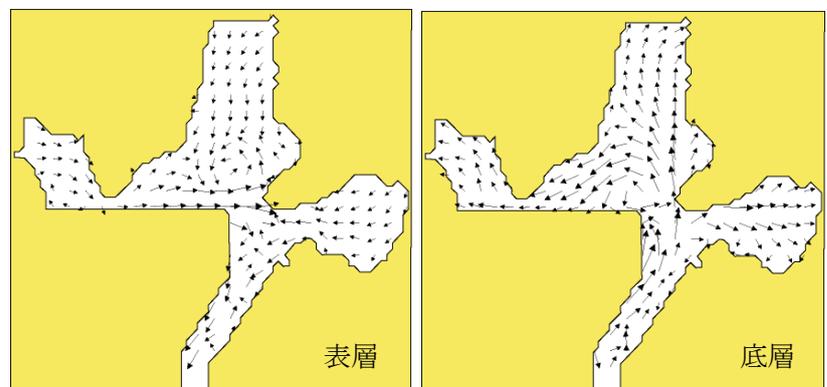
Case1 の表層において湾中心部で南方向に流出の流れが生じているのに対して、Case2 の表層では湾中心部において環流が生じている。このことから河川流量がある場合は湾中心部において湾内の水の流出は生じやすく、逆に河川流量がない場合は環流が生じ水の流出が起こりにくく、湾内に滞留する傾向にあると考えられる。



Case1: 河川流入がある場合の残差流の分布

さらに湾西部においては河川流入の有無によらず環流が形成されている。このことから湾西部海域は滞留傾向にあり、海水交換が悪いと考えられる。

湾内の水質・底質状態及び流れ場の状態より、湾西部海域においては海水交換が悪いことにより河川及び湾中心部からの流入負荷の蓄積が生じ、湾西部の水質及び底質性状に影響を及ぼしていると考えられる。



Case2: 河川流入がない場合の残差流の分布

図-6 残差流分布

5. 湾内の流速分布と底質の関係

今後、竜院湾での水環境の変動を把握するためには、湾全体の底質性状を調査し続ける必要がある。しかし、広範囲の観測は、現地状況、コスト、労力などの面から困難である。よって流動計算の結果と観測結果を結びつけることにより、湾内の底質性状を予測することが可能であれば、効率的に調査を進めていくことができる。そのため、本研究では湾内の流速分布と底質性状の比較を行った。

流動解析により求めた底層流速のうち、底泥採取日を含む15日間(8/14~8/28)、(10/25~11/8)において各地点での底層最大流速を求め、底質性状(含水量/有機物量)と比較した(図-7)。湾北部河口付近(St.0, St.1)を除き底層最大流速と底質性状(含水量/有機物量)の間には有意な相関が見られる。この結果から保水能力の高い有機物を含む底泥、軽く沈降速度が遅いことから、底層最大流速の小さい領域に堆積していることがわかる。さらに湾内の底層最大流速分布(図-8)より、底層最大流速が小さい湾西部海域においては、保水能力の高い有機物を含む底泥が多く堆積していることが予想される。

これらの結果から、今後、数値シミュレーション結果を現地調査と共に活用していくことにより含水比及びIL等の底質性状や底質の分布特性、堆積履歴を把握することが可能であると考えられる。

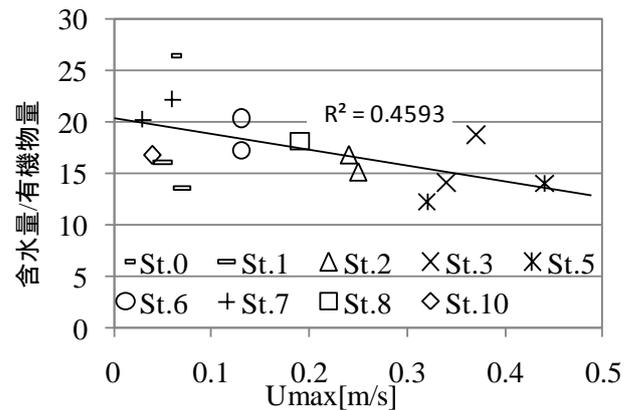


図-7 含水量/有機物量と底層最大流速の関係

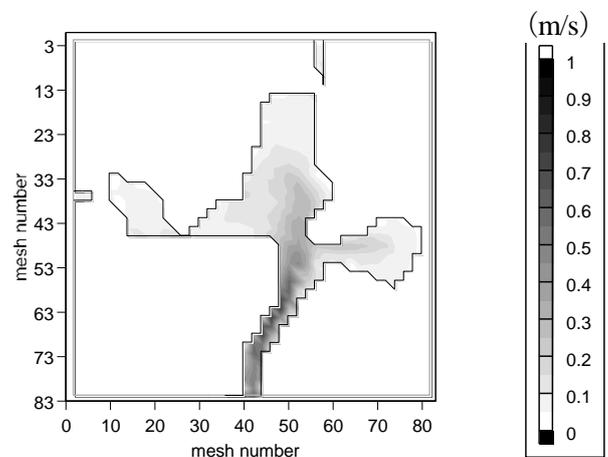


図-8 底層最大流速分布

4. 結論

本研究では韓国の釜山新港建設地周辺に位置する竜院湾において、埋め立てによる水環境変動を把握するため、水質、底質の現地調査及び数値実験による流れ場の再現を行った。以下に得られた結論をまとめる

- (1) 湾西部海域においては成層が強く、底層では貧酸素水塊が発生しており、比較的分解の進んでいない有機物を多く含む有機泥が堆積している。
- (2) 湾内流れ場は、潮汐以外に河川流量からも影響を受けるものの、湾西部海域においては海水交換率が小さいことから河川、海域(東部)からの流入負荷の蓄積があると予想される。
- (3) 底泥の含水比は底層流速に依存する。
- (4) 湾西部を除く海域においては海水交換が活発なため汚濁の進行は生じていない。その一方で湾西部においては、海水交換が弱いこと、河川水が滞留しやすいことなどから、湾全体の中でも静穏で閉鎖性の強い海域であり、湾内他地点と比べ汚濁が進行している。また今後の釜山新港での産業活動を考慮すると、更なる汚濁の進行が予想され、湾西部で底質浄化事業を行うことが必要である。

5. 参考文献

- 1) DALLMORE, C.j., HODES, B.R. & IMEBERGER, J 2003. Coupling an underflow model to a 3D hydrodynamic model. J. Hydraul. Eng. 129(10), pp. 748-757