

閉鎖性水域における係留/設置型海洋観測の一例

石井 大輔

九州大学応用力学研究所 技術室

1. はじめに

時間的にも空間的にも変化する海の流れを知りたい場合、海潮調査を行なうことは最も基本的な作業の一つである。その流体運動の表現（記述）方法には、オイラー（Eulerian）とラグランジュ（Lagrangian）の二種類があり、それぞれの流動特性を把握するためには、その観測目的に応じた海洋測器を用いて測流する必要がある。前者の流れ（オイラー流速）は、ある定点に測器を固定・係留して観測されるものであり、代表的な測器として、プロペラ式流速計（アンデラー流速計）や電磁流速計、超音波式流速計（ADCP：Acoustic Doppler Current Profiler）、海洋レーダー（HF・DBF など）などが挙げられる。一方、流体粒子（例えば、水粒子とともに移動する浮遊生物など）の挙動を把握するために行なわれるラグランジュ的流速観測では、一般に、漂流ブイ（フロート）と呼ばれる浮標を追跡することによって、後者の流れ（ラグランジュ流速）を把握する。本稿は、前者（オイラー）の話題に対応する。

ここで、「沿岸域」の一般的な定義について簡単に触れておく。沿岸域とは、事典では「海岸線を挟む沿岸陸域および沿岸海域を一体的に捉えた沿岸陸海域」として概念的に定義されている（小島, 2004）。このように、具体的な海域の範囲が設定されているわけではなく、時と場合によって様々にされ得る。例えば、海岸から X km までの範囲や排他的経済水域（200 海里=200×1.852 km, EEZ ; Exclusive Economic Zone）といった空間スケールに多大な差異がみられる場合においても、両者をそれぞれ共通の「沿岸域」と呼ぶことがあるのがその典型である。また、題目にもある「閉鎖性」とは、海洋分野では地理的要因により水の流出入の機会が乏しいことを意味することから、一般に「閉鎖性沿岸域」とは、外海との海水交換が活発でなく自然による自浄作用が緩慢なため、人間による自然破壊や改変が決定的かつ深刻な水環境破壊につながりやすい内湾や内海のことを指す。近年、この閉鎖性沿岸域は人間活動による水質汚濁負荷の過剰流入による影響で、水質や底質が劣悪な環境に瀕している。例えば、赤潮や貧酸素水塊・底棲生物の死滅等といった水質/底質機能障害が頻発するなど、人為的な富栄養化と水環境破壊を引き起こしており、今や国内外を問わず各地で社会問題化している。

近年「エコ」という言葉を聞かない日はない程、エコ活動の推進に伴う地球温暖化や付随する人為的環境被害の抑制に関する報道が多々なされている。この地球温暖化とは「地球環境問題」であり、全世界的に共通した認識や諸活動で対応・解決するべき、マクロで時間スケールの比較的長い問題である一方、地元周辺海域での赤潮や貧酸素水塊の発生、それに伴う漁業被害・海洋生態系の攪乱などは「地域環境問題」と呼ばれ、近々に解決しなければならないミクロで身近な問題として大別されている。筆者は後者の課題に取り組むべく、所属機関に程近い九州北部・洞海湾および福岡湾（通称：博多湾）における深刻な水質環境汚濁の実態把握と環境修復にかかる方策を提起し解決の一端を担いたいと考えている。

2. 北九州市・洞海湾における係留観測の一例

九州北部に位置する洞海湾と博多湾は、福岡県・北九州市と福岡市の政令指定都市に隣接し、数十年前から富栄養化した半閉鎖的内湾である。両湾は、位置条件や富栄養化・貧酸素水塊等の水質環境問題は共通である一方、地理的形状（湾幅や水深）・利用形態・水質汚濁の歴史等は顕著な差異が認められる。そのため、

両湾が擁する水質環境問題や海域特性を比較し把握することは、自身の海域改善に繋がるのはもとより、全国の閉鎖的内湾で抱える同様の環境問題に対して有意な情報となり得る可能性を秘めている。このようなことから、両湾における研究は様々行なわれている（例えば、柳ら, 2001；山田, 2007；柳・石井, 2008；柳・石井, 2009 など）。

洞海湾では 2003 年 7 月中旬から約 3 週間、博多湾では 2009 年 6 月中旬から約 3 ヶ月間、主目的は異なるものの係留/設置式海洋観測を実施する機会を得た。洞海湾 (Fig.1) では、アンデラー流速計 (Fig.2a) を海面下 0.5・1・2m 層に係留し、ムラサキガイを使った海域環境修復筏 (Fig.2b) 周辺の流動場を連続観測した。観測された諸特性の詳細は、石井 (2003, 2004) を参照されたいが、半月後に回収した海面下 2m 層の流速計は、フジツボ等の付着物で全面覆われていた (Fig.3)。24 時間絶えず攻撃してくる生物活動の恐ろしさを目の当たりにした。事実、各層における測流結果を Fig.4 に示すが、2m 層に係留した羽付きプロペラ式流速計 (Fig.2a 左) は 12 日目から計測不良 (ゼロ) となっている。これは、流速を計測するプロペラ部とその周辺に生物が付着し感知しなくなったことが原因と推測される (Fig.3)。

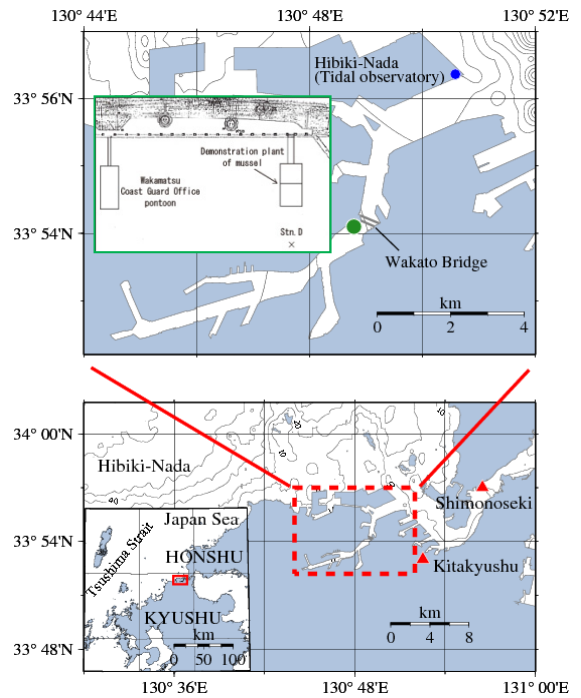


Fig. 1 洞海湾 (福岡県北九州市) における係留観測地点 (●)

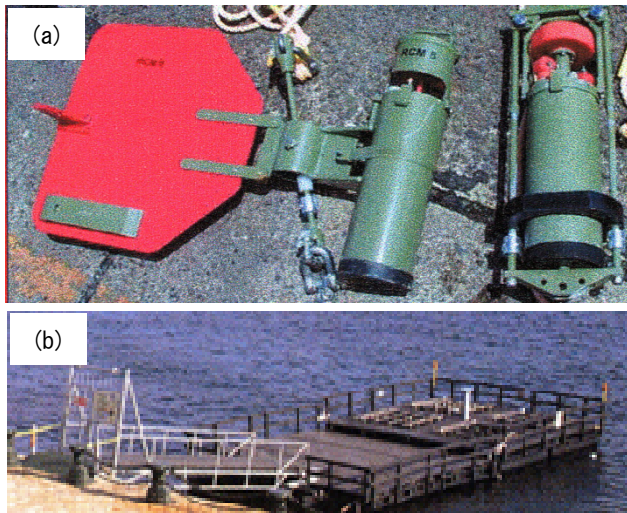


Fig. 2 洞海湾で係留した流速計 (a) と海域環境修復筏 (b) の外観



Fig. 3 係留開始から半月後の流速計

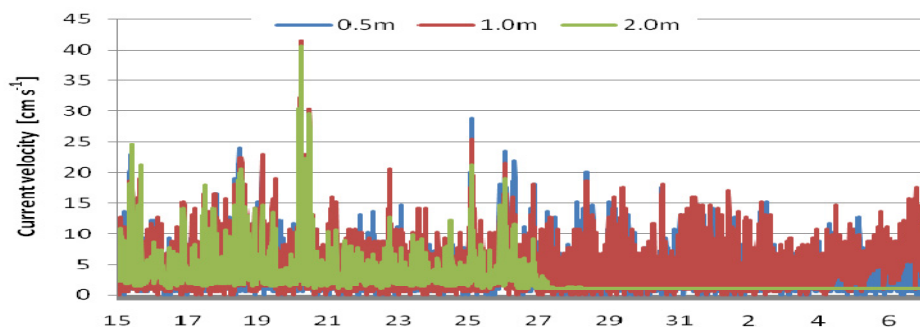


Fig. 4 約 3 週間にわたって連続計測した各層における流速の時系列

3. 福岡市・博多湾における係留観測の一例

2003年に国指定鳥獣保護区に指定された和白干潟とその前面海域を擁する九州北部海域・福岡湾（通称：博多湾）、特にその湾奥部では、1994年から開始された人工島（アイランドシティ）建設が進行し、その完成も間近い。また、人工島南東に位置する御島海域では1997年度から覆砂・作濤を行なうシーブルー事業が実施された。さらに、福岡市の逼迫した水事情に対応するため、2005年に淡水化センターが建設され、玄界灘から取水された塩分約2倍の濃縮海水は和白水処理センターの放流水と混合・希釈され、人工島の北西部に放流されている。このような人為的な変化が加えられている博多湾奥部において、1993年から水処理センター（下水処理場）放流水中のリン削減が試みられた結果、海水中のリン濃度が著しく低下し、2001年度からは環境基準をクリアするまで水質は浄化・改善されている。しかし、博多湾奥部では依然として赤潮や貧酸素水塊が発生し、これらが博多湾奥部や和白干潟のマクロベントスの生存に悪影響を与えていることが既往研究においても指摘されている。

現在まで水質・底質に対する環境修復施策が思うように効果が現れず進展しないのは、現地観測の頻度が年に数回もしくは月に1回程度と圧倒的に少ないことから、我々が水質/底質や海洋生物における物理・化学・生物過程の時間変動を正確に把握できていないことにある（柳・石井, 2009）。例えば、閉鎖性沿岸域における赤潮や貧酸素水塊の発生・維持・消滅過程の時間スケールは数日から数週間程度が殆どであり、博多湾においてもその例外ではない。ならば、究明するために毎時/毎日観測を実施・継続できるかという点、費用や人員確保、海象/気象条件の制限により、現実的にはほぼ不可能である。

そこで、博多湾奥部の環境修復ならびに施策に資することを最終目的に掲げ、その一端として、同海域における詳細な現地調査を継続的に実施し、赤潮発生や底棲生物の死滅を招き海底環境を悪化させる貧酸素水塊の変動特性ならびに物理化学生物過程との関連性を明確にするために、同湾奥部の Sta.K (Fig.5) に風向風速計を装備した檣上係留架台を敷設し、海底直上 0.5m 層に Fig.6 (a) に示す溶存酸素計・水温塩分計・電磁流速計・chl.a濁度計・光量子計、表層 0.5m 層に電磁流速計を係留し連続観測した。Fig.6 (b)・(c) は、同図 (a) を係留して6日後（6月下旬）に引き上げた際の写真であるが、測器およびその周辺にはイカの卵やフジツボ等の生物群が過密に付着している様子が窺える。当初、わずか数日の間にこれ程の生物付着があるとは予想せず、沿岸域での係留観測の難しさを如実に物語る結果であった。途中からは正常なデータが取得できていない可能性が危惧される。夏場においては海水温が上昇し、栄養塩（窒素やリン等）も河川等を通じて多量に供給されることから、なお一層の生物活動の活発化が懸念される。よって、1週間ごとに実施した定点調査時における係留測器の保守作業が不可欠なことはもとより、都合が許す限り、3・4日に一度清掃作業を実施することで、質の良い連続した海洋データを取得し続け、種々の水質環境問題解決の一助にした。なお、Fig.7は定点調査における物理・化学・生物要素を水平/鉛直的に計測/解析した結果の一例である。

[参考文献]

- 1) 小島治幸(2004)：沿岸域, pp.219, 日本沿岸域学会編, 沿岸域環境事典. 共立出版.
- 2) 柳哲雄, 山田真知子, 中嶋雅孝(2001)：洞海湾と博多湾の富栄養化機構の比較. 海の研究, 10, 275-283.
- 3) 山田真知子(2007)：植物プランクトンからみた博多湾と洞海湾の比較内湾学. 九州大学応用力学研究所研究集会講演要旨集, 6-8.
- 4) 柳哲雄, 石井大輔(2008)：博多湾奥における水質の季節・経年変動. 海の研究, 17, 255-264.
- 5) 柳哲雄, 石井大輔(2009)：博多湾奥部における貧酸素水塊発生・消滅機構. 海の研究, 18, 169-176.
- 6) 石井大輔(2003)：北九州・洞海湾における流動観測について. 九大応力研技術職員技術レポート, 5, 6-11.
- 7) 石井大輔(2004)：北九州・洞海湾における流動の諸特性解析. 九大応力研技術職員技術レポート, 6, 87-93.

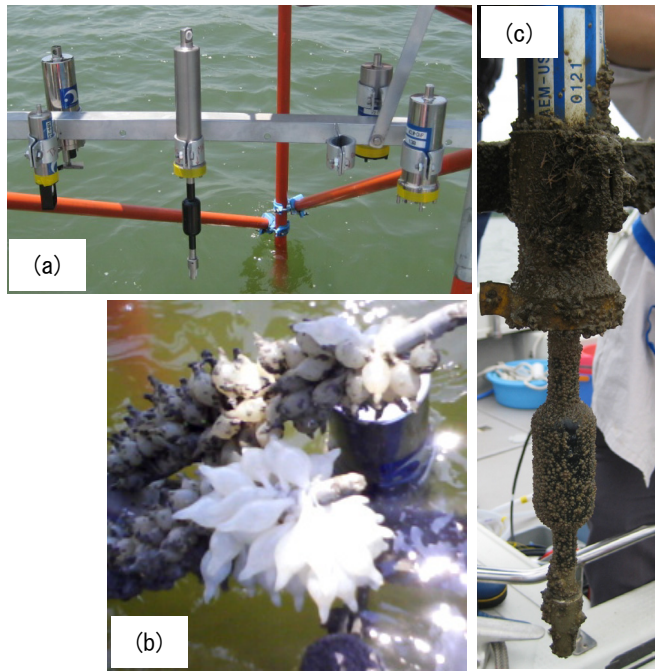
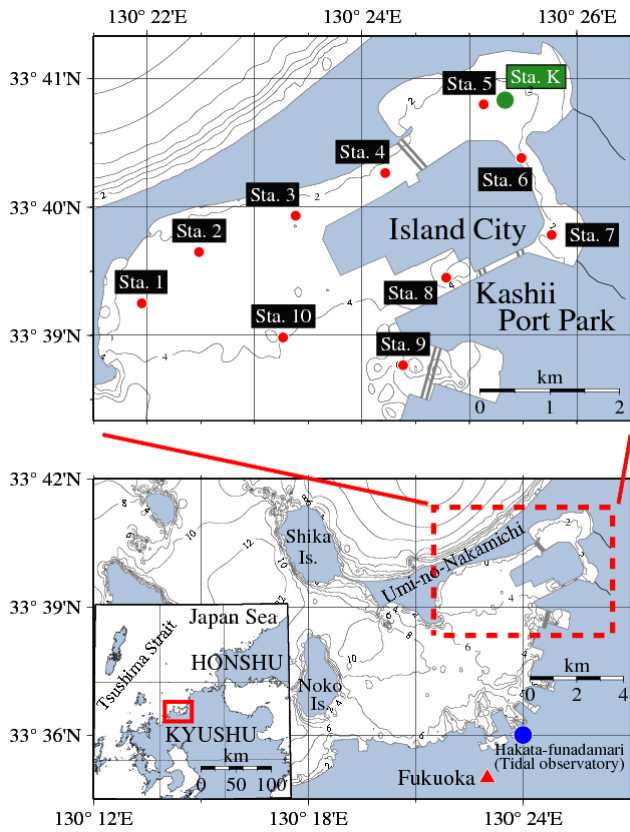


Fig. 6 海底直上に係留する測器群 (a) と数日後過度に生物が付着した測器 (b) (c)

Fig. 5 博多湾（福岡県福岡市）における定点調査地点（●）と係留観測地点（●：Sta.K）

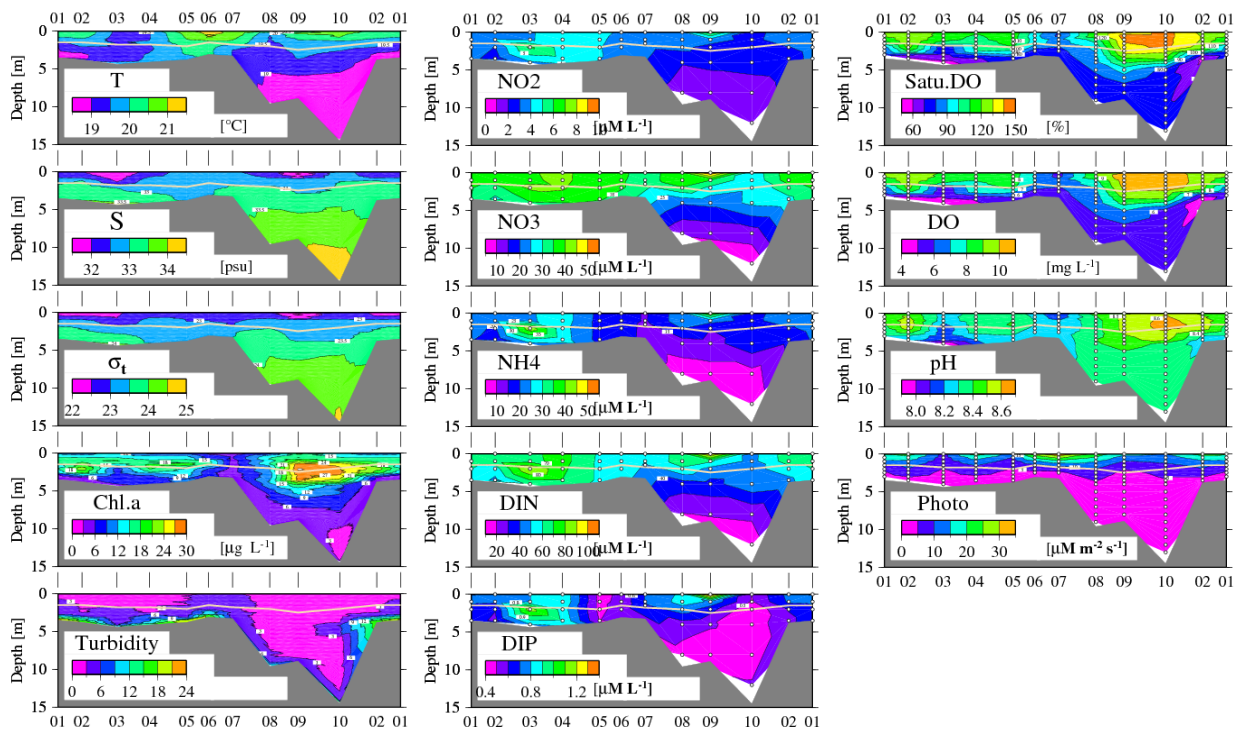


Fig. 7 博多湾の定点調査地点（Fig. 5, ●）における水平鉛直観測結果の一例