

気仙沼湾における連続観測システムの活用法

○澁谷和明*・日下啓作**

*宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場地域水産研究部 **宮城県農林水産部水産業基盤整備課資源環境班

キーワード：多項目水質計，硝酸塩センサー，遠隔観測，気仙沼

1. 目的

2011年の震災によって気仙沼湾内の養殖施設は大きな被害を受けたが、ワカメやコンブ等、藻類養殖生産が再開され、着実な復旧が進んでいる。当試験場では震災後の再開率が高いワカメ、コンブ等藻類養殖生産の効率化を図るために、養殖現場に隣接した試験筏に遠隔観測システムを備えた多項目水質計及び硝酸塩センサーを設置した。多項目水質計は水温・塩分・クロロフィル a 濃度・溶存酸素濃度・濁度，硝酸塩センサーは硝酸塩濃度を自動で連続観測できる。自動連続観測は調査地点へ行く必要がなく、非常に利便性の高い方法であるが、観測機器は常に浮遊物、付着生物等の影響を受ける環境にあることから、通常観測値と自動観測値を比較してその精度を検証した。

当試験場では連続観測器から得られた観測値をリアルタイムに養殖現場へ情報提供するためにインターネット上で公開してきた。本発表ではこれまでの課題及び問題点を考察し、今後必要な対策について提案した。

2. 方法

気仙沼市波路上地先の気仙沼湾において、通称二ツ根（図1）に設置した試験筏（12 m×6 m）に、2012年3月に多項目水質計（HYDROLAB, DS5x）を、2013年3月に硝酸塩センサー（Satlantic社製, ISUS V3）を垂下した。多項目水質計は水深3 mの水温、塩分、溶存酸素濃度、クロロフィル a 濃度を30分間隔で、硝酸塩センサーは、硝酸塩濃度を2時間間隔で自動観測した。観測値は、携帯電話回線を介して民間会社の運用するサーバーに取り込まれ、ホームページで公開した。

自動観測値の精度を検証するために、連続観測機

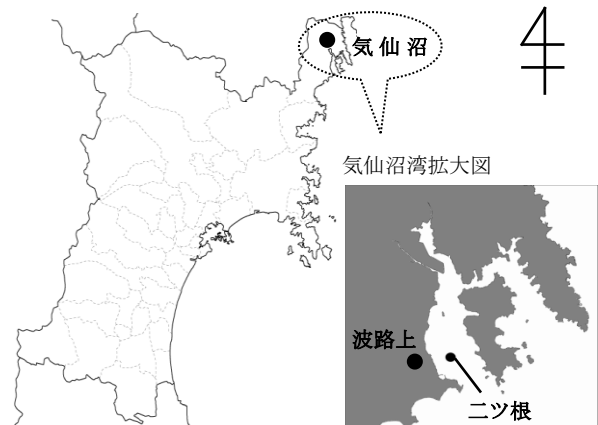


図1. 気仙沼湾通称二ツ根の位置図及び試験筏の写真

器の設置場所で当試験場が通常行っている方法により海洋観測を行い、温度・塩分・溶存酸素濃度・クロロフィル a 濃度・硝酸塩濃度の値を比較した。通常観測の方法として水温・塩分は直読式水温塩分深度計（JFEアドバンテック社製, ACTD-DF）を使用し、溶存酸素濃度はウインクラーク法、クロロフィル a 濃度は DMF 抽出蛍光光度法、硝酸塩濃度はオートアナライザー（BL-Tech社製, QuAAtro 2-HR）による分析を行った。通常観測値と自動観測値におけ

る観測時刻の誤差については、線形補間法によって通常観測時刻における自動観測値を求めることで補正した。

観測値の精度についてはピアソンの積率相関係数による相関分析によって評価した。多項目水質計及び硝酸塩センサーの点検・故障期間や、通常観測値の欠損期間を除く2012年4月から2015年8月までのデータを用いた。

3. 結果と考察

3.1 多項目水質計

図 2(a), (b)はそれぞれ水温及び溶存酸素の通常観

測値と自動観測値を比較した結果である。通常観測値を y , 自動観測値を x とすると水温は $y = 1.00x - 0.06$ (相関係数 $r = 1.00$, $p < 0.01$) で、溶存酸素は $y = 1.01x + 0.49$ ($r = 0.98$, $p < 0.01$) で回帰され、いずれも回帰式に良く一致した。水温については回帰式の傾きはほぼ 1 であり、切片も計測範囲においては 1 %未満であったことから、自動観測値は通常観測値と同等として扱うことができると考えられた。溶存酸素については、切片が計測範囲において 5 %を超えるため、回帰式を用いて補正することで通常観測値として同等と扱うことができると考えられた。

図 2(c)は塩分の通常観測値と自動観測値を比較し

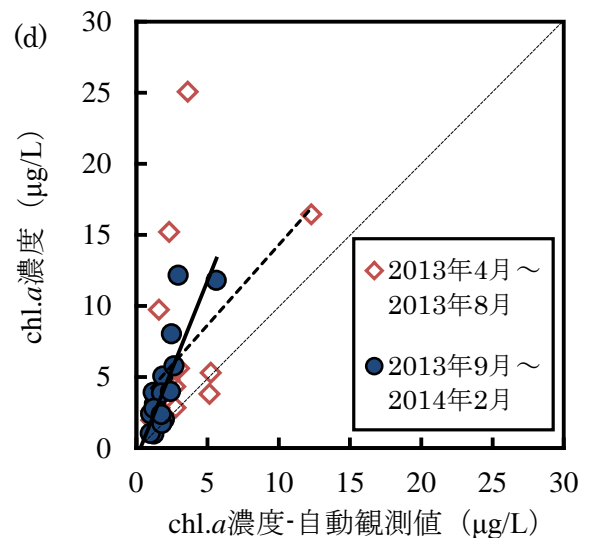
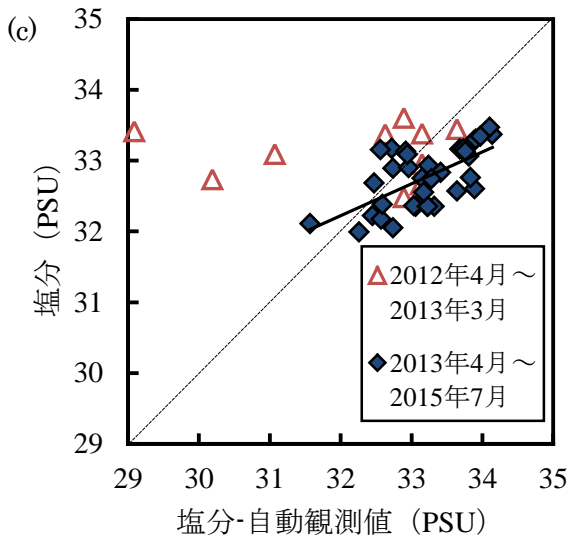
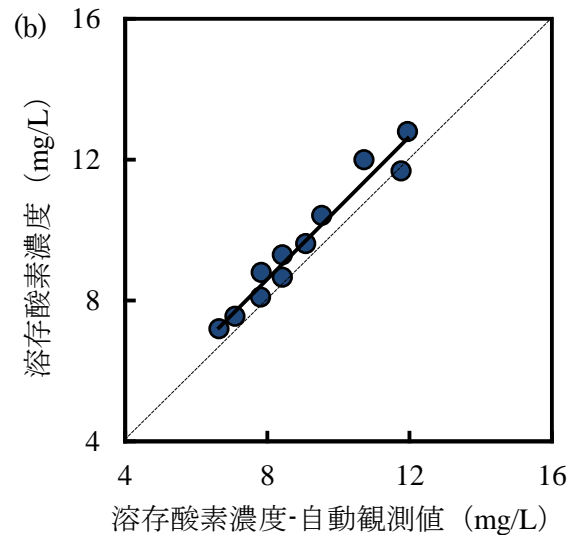
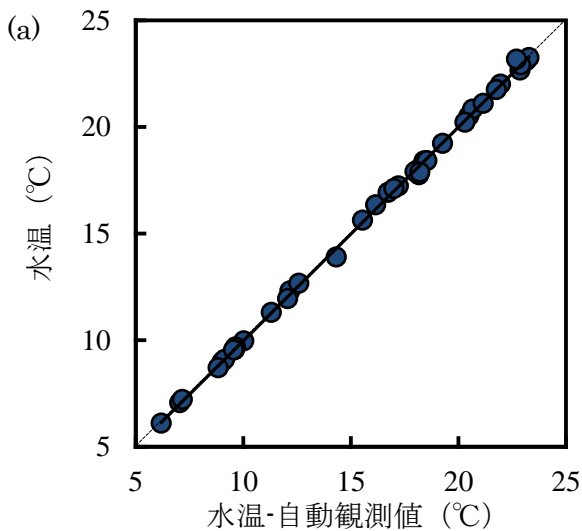


図 2. 多項目水質計の自動観測値と通常観測値における(a)水温, (b)溶存酸素, (c)塩分, (d)クロロフィル a 濃度の関係

た結果であり、塩分センサーの清掃が不定期であった2012年4月から2013年3月以前と、原則として清掃を週に一度行った2013年4月以降のデータを区分して示した。2012年4月から2013年3月では自動観測値と通常観測値には有意な相関は得られず、加えてその差は最大で4PUS程度と計測範囲内において10%を超えており、自動観測値は通常観測値を正確には反映できないと考えられた。一方、センサーの清掃を行った2013年4月以降では、有意な相関が確認された($y = 0.45x + 17.85, r = 0.63, p < 0.01$)。自動観測値と通常観測値の誤差は最大でも1.1PSUであり、計測範囲内において5%以内であることから、自動観測値をそのまま実測値として用いても運用に支障はないと考えられた。定期的な清掃を行うことで、安定した結果を得られるようになったことから、塩分センサー部への付着生物が観測値に影響を与えていると推察された。

図2(d)はクロロフィルa濃度の通常観測値と自動観測値の比較を示した結果である。通常観測を行った2013年4月から2014年2月までのデータを、春季から夏季(2013年4月～2013年8月)、秋季から冬季(2013年9月～2014年2月)に区分して示した。季節にかかわらず、クロロフィルa濃度の通常観測値は自動観測値に比べて高くなる傾向を示した。また、クロロフィル濃度が全体的に高い春季から夏季は自動観測値と通常観測値のばらつきが大きく、有意な相関は確認されなかった($r = 0.47, p > 0.01$)。しかし、クロロフィル濃度が全体的に低い秋期から冬期では、 $y = 2.50x - 0.73$ ($r = 0.82, p < 0.01$)に回帰され有意な相関が確認された。季節区分で数値がばらつく原因としては無機懸濁物質やデトリタス等による計測妨害などが推察されるが、ワカメ養殖漁期の秋季から冬季にかけては回帰式を用いて補正することで、通常観測値と同等として扱うことができると考えられた。

3.2 硝酸塩センサー

図3は硝酸塩センサーから得られた硝酸塩濃度の自動観測値と通常観測値を比較した結果である。

2013年度の観測値を夏季から秋季(2013年6月から2013年10月)、冬季(2013年11月から2014年2月)、また、2014年度以降の観測値として、2014年11月から2015年4月までのデータを区分して示した。2013年の冬季は硝酸塩センサーの紫外線発光部及び受光部を保護するメッシュカバー(目合い100 μm)を取り外して観測を行った。また、2014年11月から2015年4月のデータについては原則としてカバーを週に1度清掃した。2013年の夏季から秋季は、自動観測値が通常観測値よりも大幅に高くなったが、カバーを外した冬季は $y = 1.00x + 0.04$ ($r = 0.98, p < 0.01$)に回帰され通常観測値とよく一致した。夏季から秋季にかけては、メッシュカバーが浮泥等で目詰まりを起こし、海水交換が低下したことで、センサーの受光部及び発光部が汚染されたため、硝酸塩濃度が高い値を示したと推察された。また、カバーを取り付けた状態で週に1度の清掃を行った自動観測値(2014年11月から2015年4月)と通常観測値は $y = 0.55x - 0.10$ ($r = 0.92, p < 0.01$)に回帰された。通常観測値が自動観測値の約半分の数値となった原因について検証が必要であるが、回帰式は良く一致しており、回帰式を用いて補正することで、通常観測値と同等として扱うことができると考えられた。

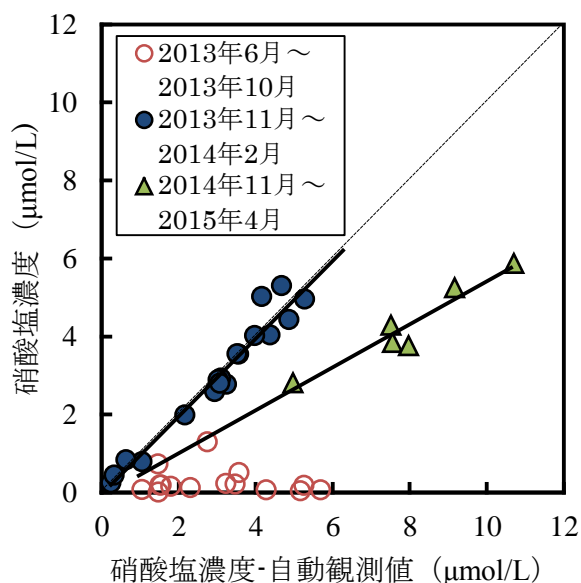


図3. 硝酸塩センサーの自動観測値と通常観測値の比較

これらの結果から、カバーを取り外すことにより、硝酸塩濃度がより正確に計測できることが示されたが、カバーの脱着は付着生物の影響が少ない冬季のみ可能である。冬季以外は週に1度の清掃においても、ザラボヤやフジツボ等の生物の付着が確認されたことや、硝酸塩センサーの保守点検や荒天時に起こりうる物理的衝撃の影響を軽減するためにも、カバーの脱着は現実的でないと考えられる。今後はセンサー部の海水交換が十分に行われるようにカバーの目合いを調整する等の対策を検討する必要がある。

3.3 情報提供の方法

リアルタイムの水質情報の提供により、これまで経験に頼ることが多かった、養殖現場での育苗管理などの作業を、客観的な情報に基づき判断することで、作業の効率化と生産の安定化を図ることができる。当試験場では、多項目水質計から得られた水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル a 濃度を 2012 年 2 月から、これに加えて硝酸塩センサーによる硝酸塩濃度を 2014 年 2 月からホームページ上で公開している (図 4)。ワカメの採苗や沖出し等の作業にこれらのデータを活用する漁業者が増加しつつあり、着実に利用の拡大が計られている。

しかし、これまで観測機器本体に大きなトラブルは生じていないものの、通信装置の故障によってデータの欠損期間が生じている。さらに、通信回線として携帯電話の回線を利用しており、通信方式の世代交代に伴う通信回線のサービス停止に対応する必要も生じている。

リアルタイムな水質情報の提供には安定的なシステムを構築することが必要不可欠であるが、システム構築や維持に係る費用の負担は大きな問題となっている。これらに加え、さらに一定期間の自動観測データをバックアップする装置を取り付ける等、予期せぬ通信障害に対応する方法についても検討が必要である。



図 4. 気仙沼水産試験場がホームページ (http://hydro.browse.jp/nitratemon/k8/kesennuma_index.html) 上に公開している水質情報