

# 博多湾栄養塩変動現況調査

内田 秀和・瀧口 克己・松井 繁明・恵崎 撰・秋本 恒基・江崎 恭志・瀧上 哲

近年の冬期を中心とした貧栄養化等の現状を把握するとともに、ワカメ、ノリ養殖への影響を明らかにするため、博多湾において水質及び底質調査を行った。

## 方 法

### 1. 水質調査

#### (1) 養殖場定期調査

博多湾内のノリ・ワカメ養殖場における栄養塩の変動を養殖期間を通じて明らかにするため、平成 19 年度の養殖期間（平成 19 年 10 月～20 年 3 月）に、図 1 に示す湾中央のノリ養殖場 2 カ所（室見、小戸）と湾口のワカメ養殖場 2 カ所（志賀島（内海）、弘）で、ほぼ 1 週間に 1 回の間隔で水深 1～2 m の養殖水深で採水し、ブランルーベ社製オートアナライザーにより無機態の窒素（NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N）、無機態のリン（PO<sub>4</sub>-P）を測定した。

#### (2) 水質連続調査

博多湾の栄養塩の動態と潮汐流等との関係を明らかにするため、図 1 の養殖場 4 ヶ所で夏期の 7 月と養殖期間の 10 月、12 月、2 月の大潮の各 1 日に、午前 6 時から夕方 6 時まで 1 時間おきの 12 時間連続した水質調査を行った。調査機器はアレック社製クロロテックを用い、水深 0 m、2 m、5 m、B m（底層＝海底から 50～100 cm 上層）の水温、塩分、クロロフィル、濁度、溶存酸素量（DO）を測定した。同時に 5 m を除く各層で採水を行い、養殖場定期調査と同様にオートアナライザーにより無機態の窒素、リンを分析した。併せて、調査日の 12 時または 13 時に植物プランクトン優占種の個体数を計数した。

### 2. 流況調査

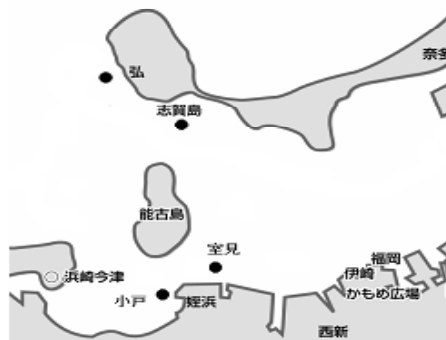
アレック社製電磁流速計を水質連続調査に同時と同じ地点の 2 m 層に設置して 12～78 時間の連続観測を行い、栄養塩濃度変動への潮汐流の影響を検討した。

### 3. 底質調査

博多湾内 12 点で 7 月 24 日、9 月 20 日、2 月 26 日の 3 回、スミスマッキンタイア式採泥器を用いて採泥を行

った。併せて底層の DO（溶存酸素濃度）をクロロテックで測定した（図 1）。

（水質調査 4 点）



（底質調査 12 点）

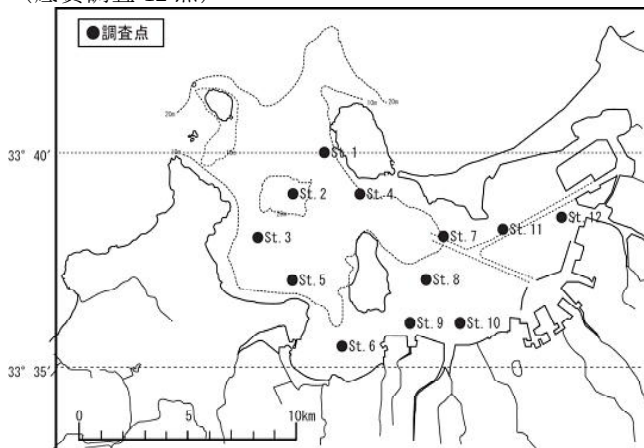


図1 調査場所

## 結 果

### 1. ノリ養殖場定期調査

室見と小戸の無機態窒素（DIN）と無機態のリン（PO<sub>4</sub>-P）の推移を図 2 に示す。無機態窒素は小戸で 1～120  $\mu$  mol/l、室見では 1～55  $\mu$  mol/l の範囲で推移し、小戸は室見よりも常に高く、また変動幅も大きかった。両地点ともに 10 月以降上昇し 11 月上旬に一旦減少したが 12 月以降には小戸は 40  $\mu$  mol/l 以上、室見は 20  $\mu$  mol/l 以上の高水準を維持した。博多湾におけるノリの無機態窒素の必要量を本県有明海や他県での例<sup>1)</sup>等を

参考にして経験的に  $7 \mu \text{ mol/l}$  程度としているが、この基準値をおおむね超えていた。

無機態のリンは 10～11 月に大きく変動し、検出限界値  $0.02 \mu \text{ mol/l}$  以下になってリンがほとんどない状況にもなったが、12 月上旬以降は降雨の効果もあって増加し、同じく経験的な必要量の目安  $0.4 \mu \text{ mol/l}$  を上回った。しかし、2 月末からは減少し、検出限界値以下になった。小戸ではリンが  $0 \sim 1.1 \mu \text{ mol/l}$  で窒素と同様に室見（ $0 \sim 0.5 \mu \text{ mol/l}$ ）より高く、また変動も大きかった。栄養塩濃度が室見よりも小戸で高くなった一因は、下水処理場からの放流水の影響が室見よりも小戸で強く表層～2 m 層水に表れており、栄養塩濃度が高くなったためと考えられる。

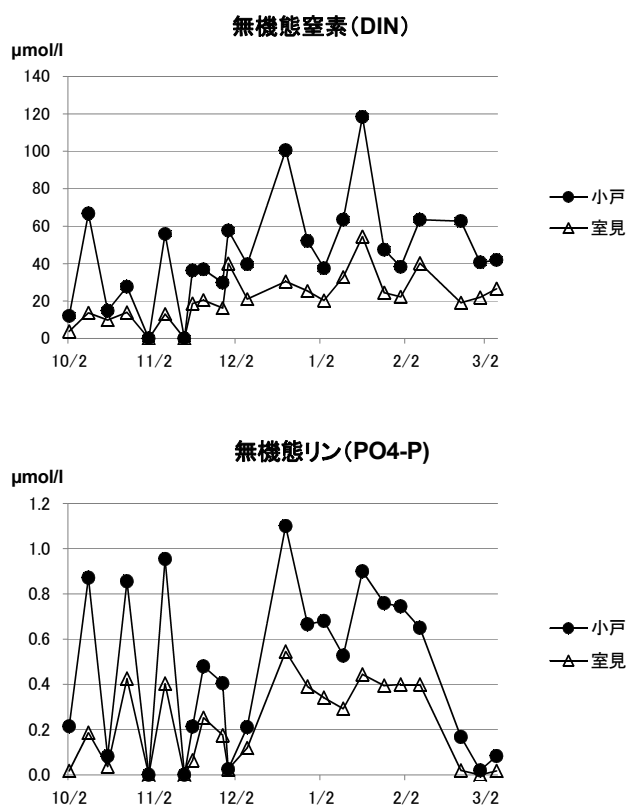


図2 ノリ養殖場の栄養塩の推移

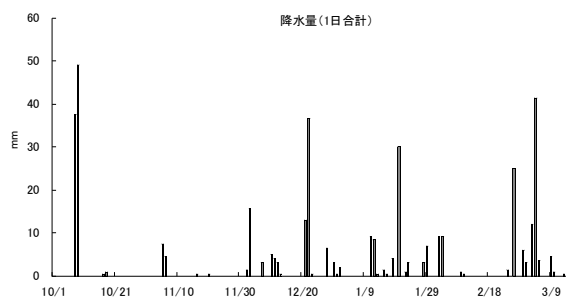


図3 降水量(福岡)

無機態リンの減少は図3に示すように 10、11 月と 2 月に降水量が少なかったことが影響しているが、2 月末から 3 月の降雨の後でもリンの上昇は小さかった。

## 2. ワカメ養殖場定期調査

志賀島の内海側と弘における無機態窒素と無機態のリンの推移を図4に示す。無機態窒素は志賀島で  $1 \sim 30 \mu \text{ mol/l}$ 、弘では急激に増加した 3 月上旬のデータを除くと  $3 \sim 15 \mu \text{ mol/l}$  の範囲で変動した。志賀島は弘よりも常に高く、ともに 11 月以降上昇し 11 月下旬に一旦減少したが 12 月下旬に最高値に達し、2 月に減少した。この推移は湾全体の変動傾向とほぼ一致している。弘の値だけが 3 月上旬に急上昇した理由は不明である。他県の例 2)等を参考にしてワカメの経験的な無機態窒素必要量を  $2 \mu \text{ mol/l}$  程度としているが、この基準値をおおむね超えていた。

無機態のリンも同様の推移を示し、一時 11 月下旬に減少したものの、12 月下旬に最高値に達し、その後減少した。この推移も湾全体の変動傾向と一致している。リンは志賀島が弘よりもやや高めで推移したが、窒素ほどの差はなく、 $0 \sim 0.5 \mu \text{ mol/l}$  の範囲で推移した。10～11 月及び 2 月下旬には特にリンが減少して必要濃度の  $0.2 \mu \text{ mol/l}$  を下回り、さらに志賀島では分析機器の検出限界値 ( $0.02 \mu \text{ mol/l}$ ) 以下となり、リンがほとんどない状態であった。

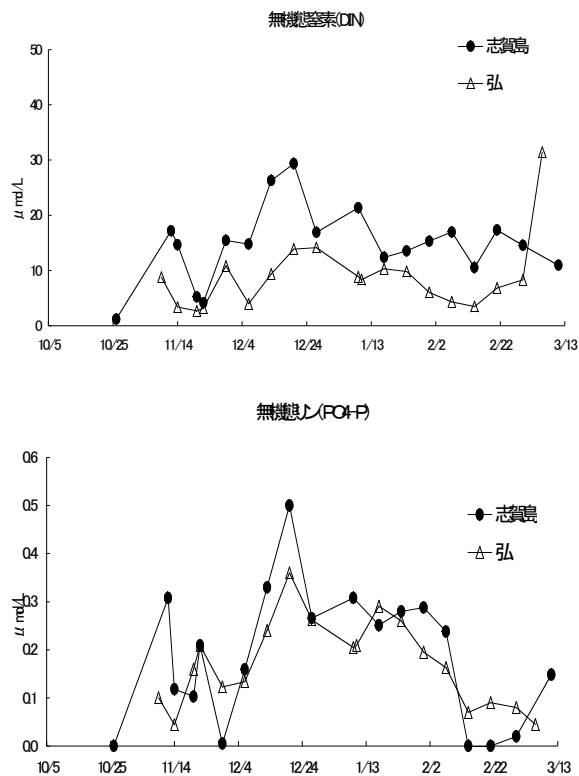


図4 ワカメ養殖場の栄養塩の推移

### 3. 第1回水質連続調査（平成19年7月30、31日）

#### (1) ノリ養殖場（室見，小戸）（図5，6）

平成19年7月30日の調査によると，室見，小戸ともに無機態窒素では表層＝底層＞2m層の順で低くなった。なお，調査を行った7月30日の満潮時間は9:34で潮位221cmであった。表層は無機態窒素が午前中に17  $\mu\text{mol/l}$  を越えて高くなった。それ以外の時間は3  $\mu\text{mol/l}$  以下となり，2m層とほぼ同じ程度であった。底層では午後に上昇し，7  $\mu\text{mol/l}$  を越えた。2m層は他の2層と比べると濃度が低く変動も小さかった。無機態窒素のうちアンモニア態の窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）が半分以上，高い場合は9割を占めるため，硝酸態窒素が大部分を占める河川水よりも，下水場処理水の流入割合が高いことが明らかとなった。

無機態リンの濃度は室見，小戸ともに底層＞表層＞2m層の順であった。表層では小戸で8時に，室見で13時に0.16  $\mu\text{mol/l}$  を越えたがそれ以外の時間は小戸で0.01  $\mu\text{mol/l}$  以下，室見で0.08  $\mu\text{mol/l}$  以下に下がり，それぞれの2m層と同程度で非常に低かった。2m層は他層と比べ低かったが，特に小戸ではオートアナライザーの検出限界値（0.02  $\mu\text{mol/l}$ ）以下となっており，ほとんど無リン状態であった。底層では室見，小戸ともに0.1～1.0  $\mu\text{mol/l}$  と3層の中で最も高かったが，このことは窒素も底層で高かったことと併せて，夏期の低酸素化に伴う底泥からの溶出によると思われる（石丸ら2006<sup>3)</sup>）。

水温は，室見，小戸ともに表層，2m層で27～29℃，5m層，底（B）層では24～26℃で推移し，3～4mに水温躍層が形成されていた。塩分は室見，小戸ともに5m層，底（B）層では33.0～33.5psuだったが，表層，2m層は室見川の影響を受ける室見で31.0～32.0psuで，小戸の31.5～33.0psuに対しやや低かった。小戸では13時以降に表層に高温，低塩分の海水が流入し，一方，2m層は低温，高塩分の海水に置き換わった。クロロフィルは午後にやや増加した。濁度は表層と2m層で1～4ppmで，5m（底）層（0.5～3ppm）よりも高かった。溶存酸素は表層，2m層では5mg/l，130%以上で過飽和状態であったが，小型珪藻ニッチア属の発生（室見，小戸ともに16千cell/ml）が原因と考えられた。5m層，底（B）層では5mg/l，100%以下であった。

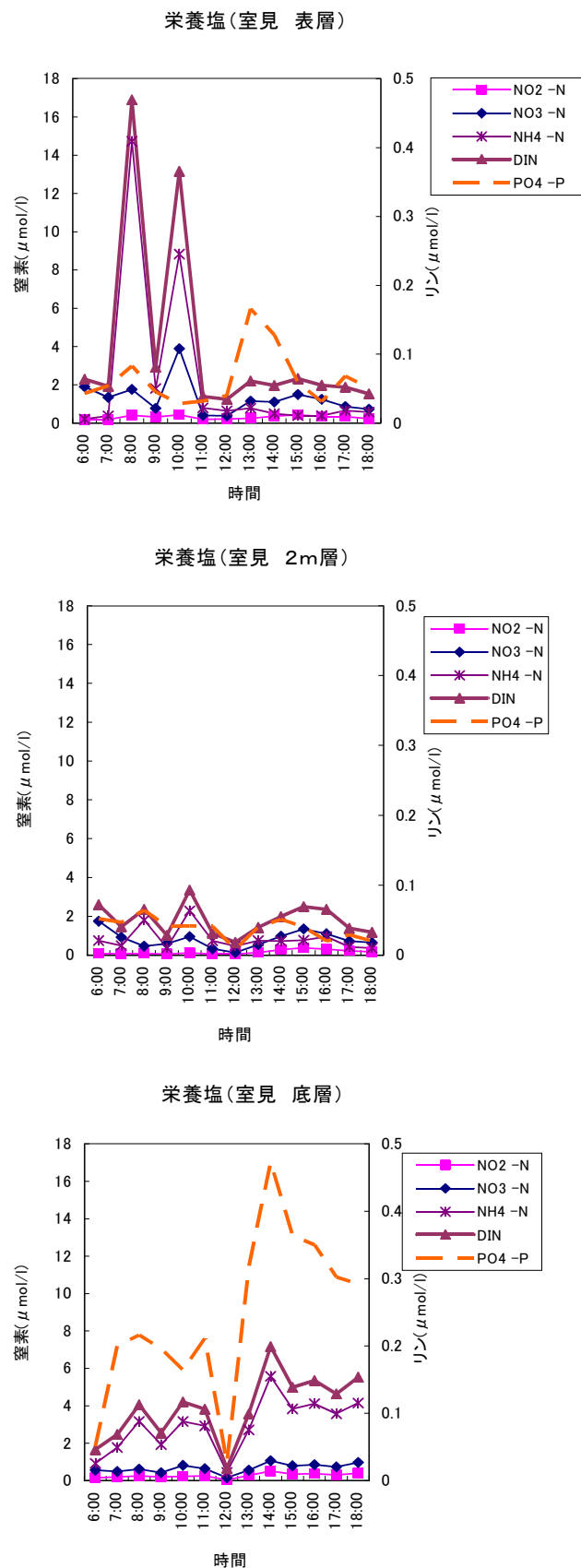
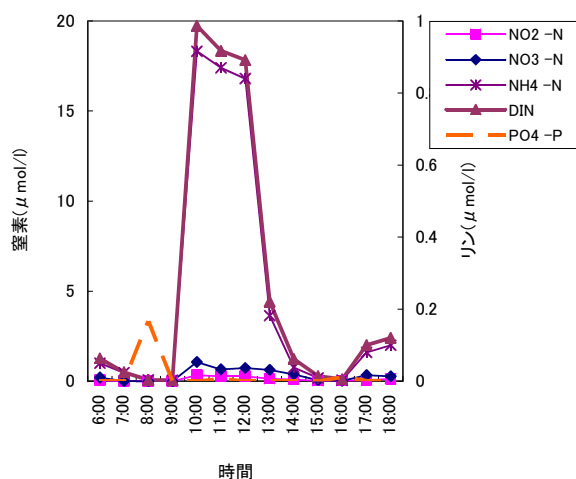
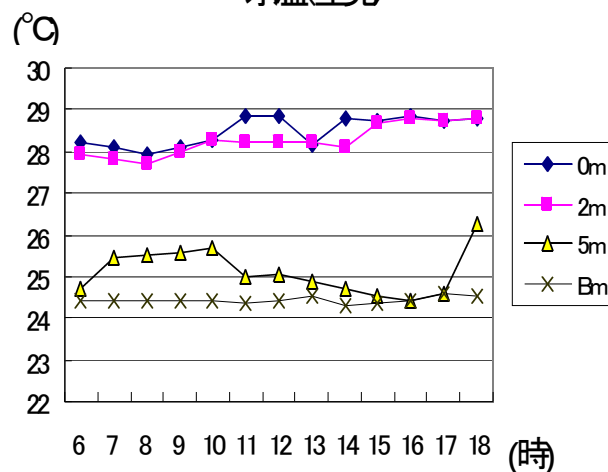


図5-1 第1回水質連続調査 栄養塩の推移（平成19年7月30日）

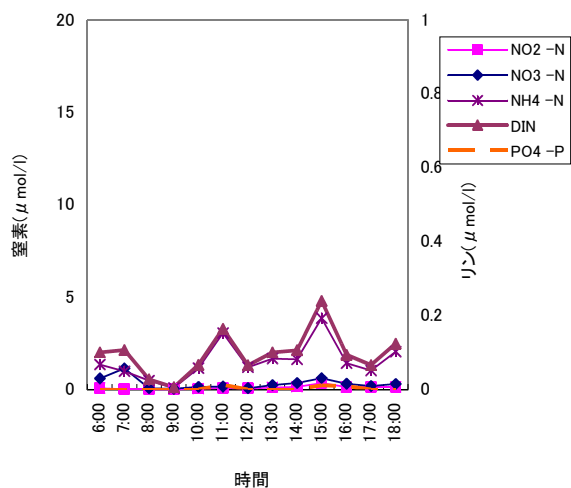
栄養塩(小戸 表層)



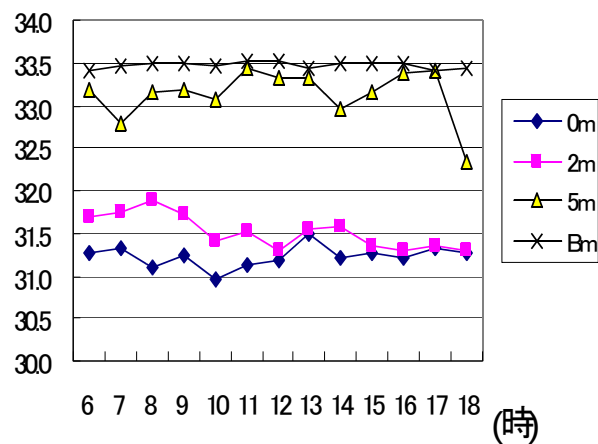
水温(室見)



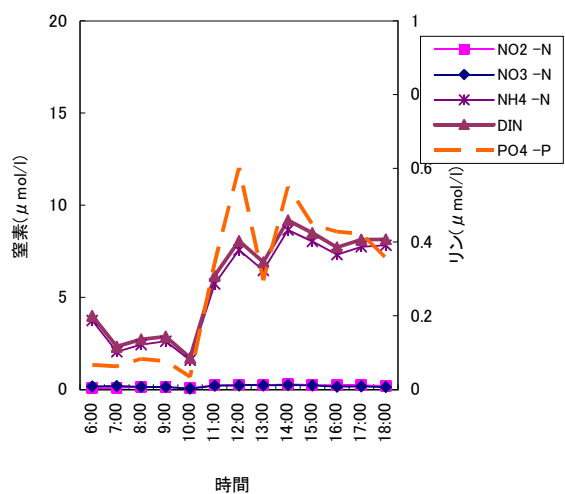
栄養塩(小戸 2m層)



塩分(室見)



栄養塩(小戸 底層)



カロリ(室見)

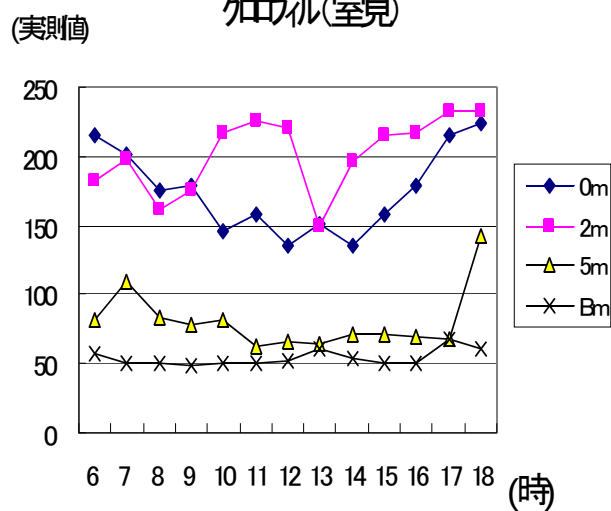


図5-2 第1回水質連続調査 栄養塩の推移(平成19年7月30日)

図6-1 第1回水質連続調査 水質の推移(平成19年7月30日)



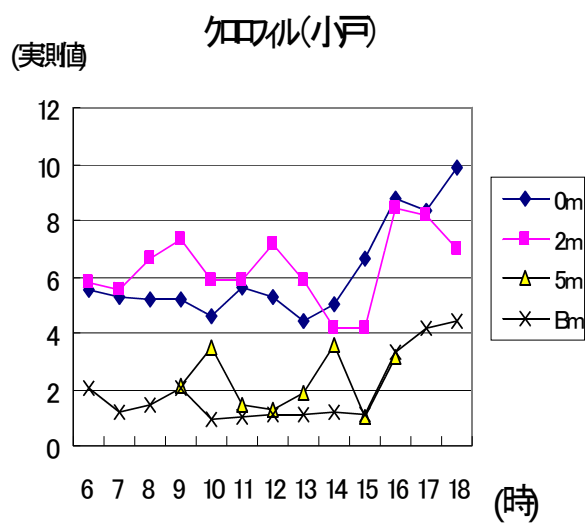
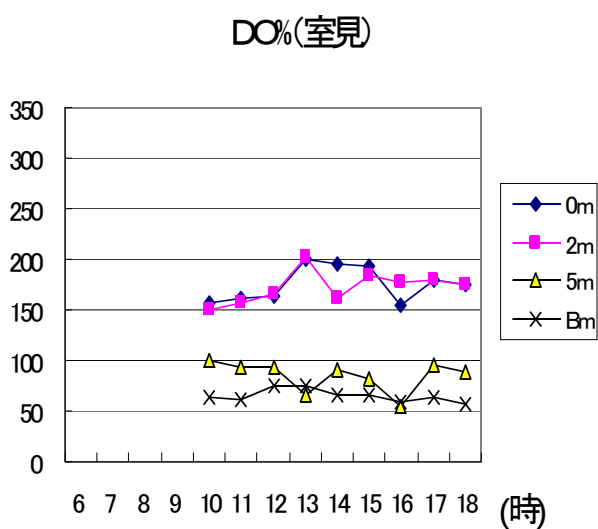
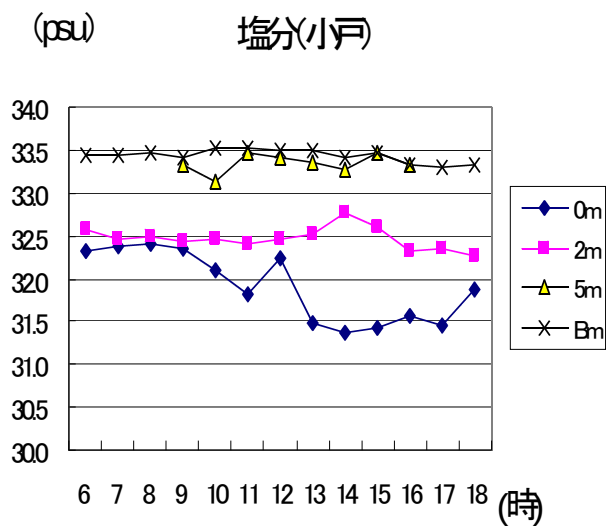
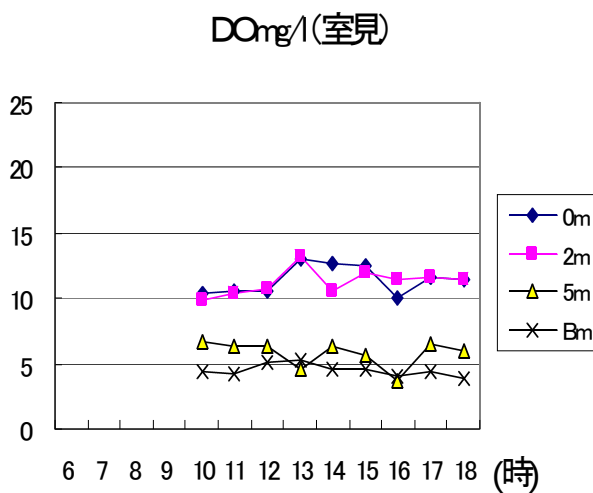
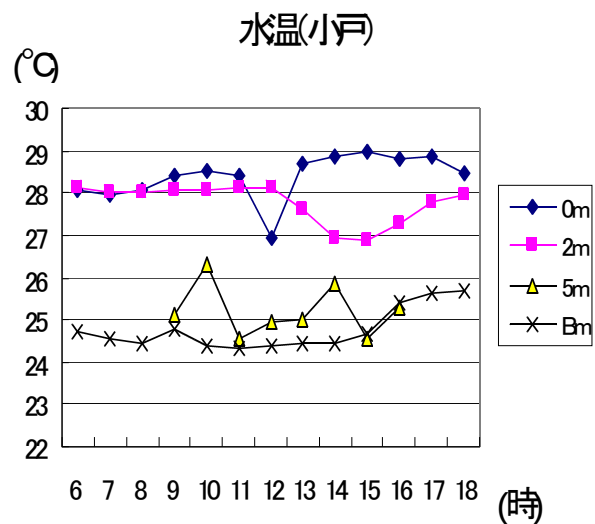
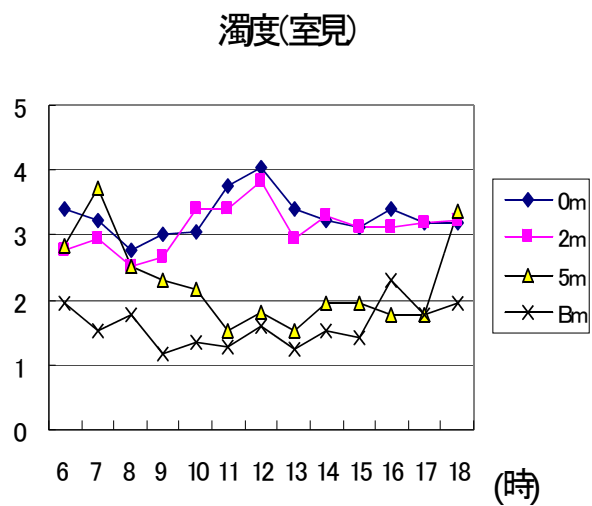


図 6 - 2 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 30 日)

図 6 - 3 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 30 日)

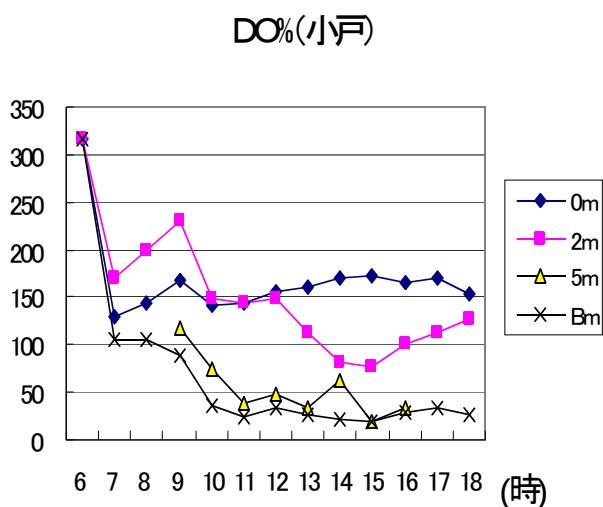
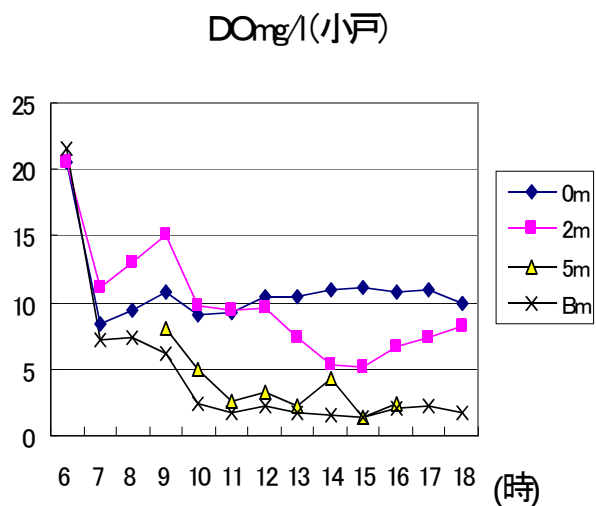
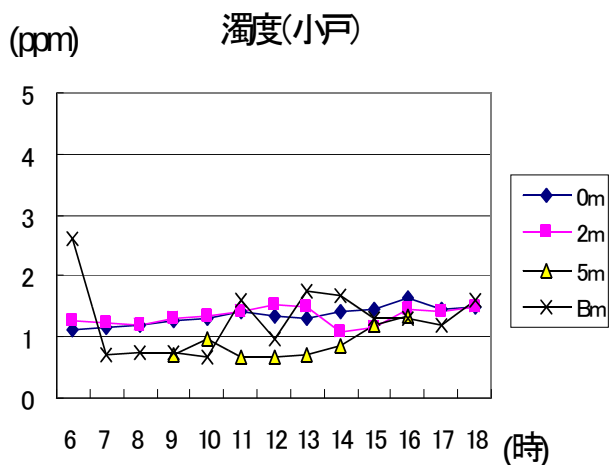


図 6-4 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 30 日)

## (2) ワカメ養殖場 (志賀島, 弘) (図 7, 8)

平成 19 年 7 月 31 日の調査によると、無機態窒素は志賀島で底層 > 表層 > 2 m 層の順となり、弘では底層 > 2 m 層 > 表層の順で低かった。また、弘の濃度が志賀島を各層で上回っていた。経時的な変動の傾向は志賀島の 2 m 層で午前から午後にかけて減少したこと以外には、特に認められなかった。また、志賀島では底層で無機態窒素が  $2.2 \sim 3.3 \mu\text{mol/l}$  の値となり、表層や 2 m 層の値の 2 倍以上高かったが、弘では表層、2 m 層、底層で差は小さく、各層で大きく変動していた。無機態窒素のうちアンモニア態の窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) が志賀島の底層で半分以上を占めたが、弘も含めてそれ以外の各層では大部分が硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) であった。このことから、湾口のワカメ養殖場には湾内の下水処理場水からの処理水が室見や小戸ほどには多くはないが、志賀島付近までは流入していると思われる。

無機態リンは志賀島では底層 > 表層  $\approx$  2 m 層、弘で底層 > 2 m 層 > 表層となり、おおむね底層で高かった。また、窒素と反対に、志賀島の濃度が弘を各層で上回っていた。経時的な変動の傾向は両養殖場の各層で特に認められなかった。また、底層ではリンが  $0.25 \sim 0.35 \mu\text{mol/l}$  に対して表層、2 m 層は  $0.0 \sim 0.1 \mu\text{mol/l}$  で低かった。福岡湾の定期調査によると、夏期には湾内全域で底層の栄養塩濃度が高く、表層に近くなると濃度が低くなっており、しかも湾奥の海域ほど表底層の濃度差が大きくなっている。今回底層水中の濃度が高いことはノリ、ワカメ漁場ともに、成層化と海底からの栄養塩溶出が原因と考えられる。なお、調査を行った 7 月 31 日の満潮時間は 10:14、潮位は 227cm、干潮時間は 16:50、潮位は 26cm であったが、栄養塩の経時変化と潮汐との関係ははっきりしなかった。

水温は志賀島、弘とともに表層  $26.5 \sim 28.5^\circ\text{C}$ 、底層は  $24 \sim 25^\circ\text{C}$  の範囲にあったが、2 m 層、5 m 層は外海に面した弘の方が  $1 \sim 2^\circ\text{C}$  低かった。両養殖場ともに表層水温は午後増加しており、日照による影響と考えられる。しかし、2 m 層については志賀島では表層と同様に昇温しているが、弘では水温が下がっていた。潮汐流による海水交換の可能性もある。

塩分は底層 > 5 m > 2 m 層 > 表層の順で小さくなり、温度と逆の順番になっているが、外海に面した弘の方が底層を除いて 0.5psu 程度高かった。塩分も水温と同様に底層 (Bm) で比較的安定していたが、表層から 5 m 層は大きく変動していた。特に弘では午後に塩分が表層で減少し、2 m 層で増加していた。この変化は温度の変化

と逆になっていた。潮汐流により高温、低塩分の湾中央（湾奥）水の流入が寄与していると考えられた。クロロフィルは午前中は減少し、午後は増加していた。濁度は志賀島の方が約2倍以上高く、弘よりも粒度が小さな底質との関係がうかがわれた。溶存酸素濃度（DO）は志賀島が5～10mg/ml、80～140%に対し、弘は6～8mg/l、100～140%となり、表層2m層に限れば志賀島の方が弘に比べて高かった。これは当日発生していた珪藻（ニッチア属）を中心とした植物プランクトンが志賀島で多かった（2,600cells/ml）ことが原因と考えられる。弘ではその半分程度の細胞数であった。

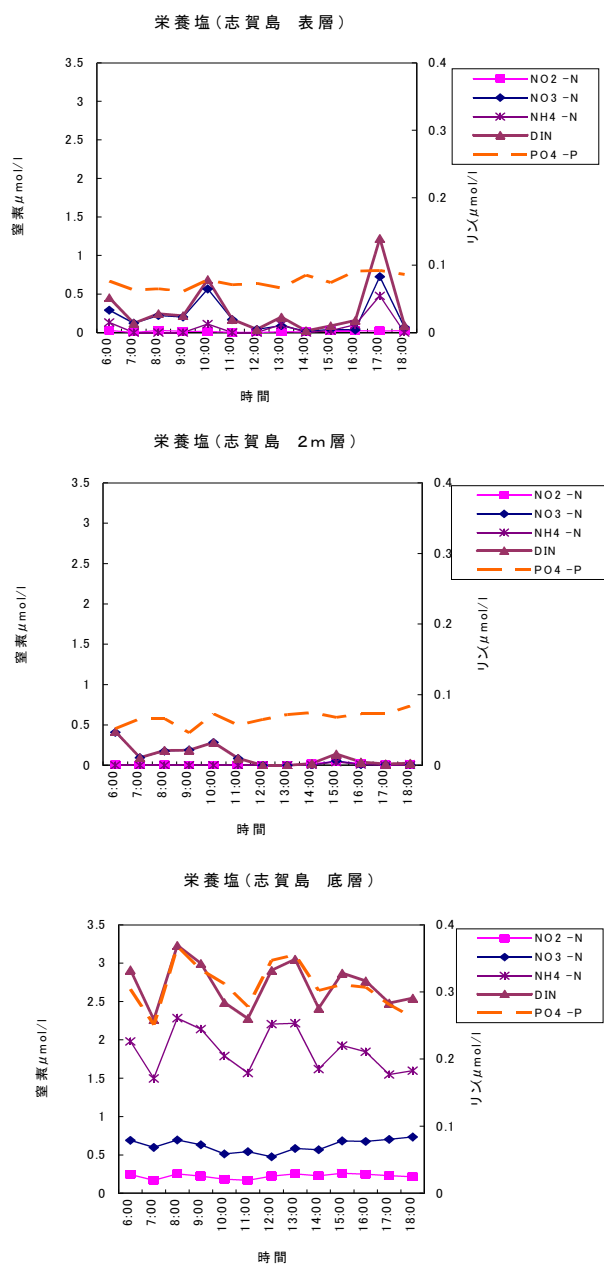


図7-1 第1回水質連続調査 栄養塩の推移（平成19年7月31日）

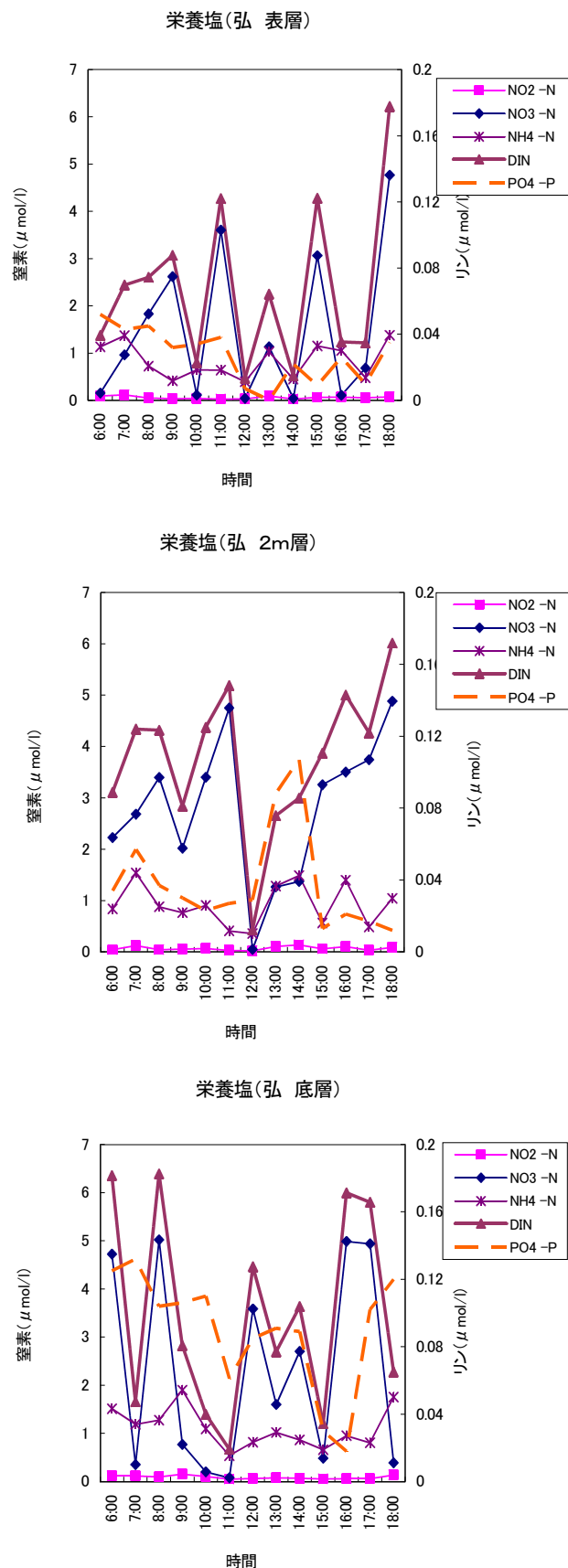
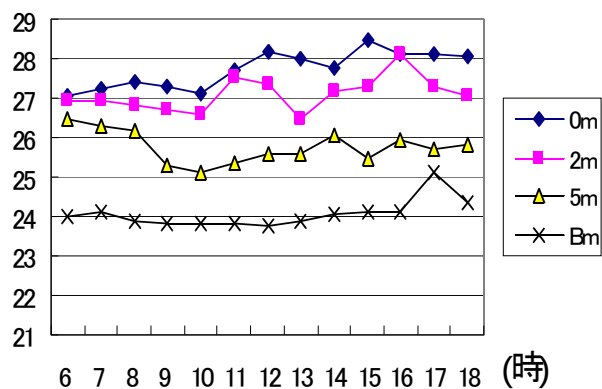
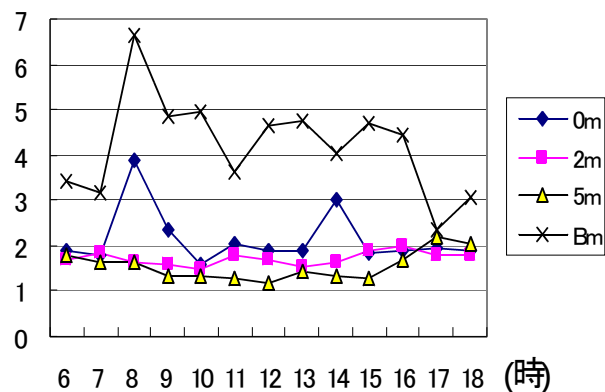


図7-2 第1回水質連続調査 栄養塩の推移（平成19年7月31日）

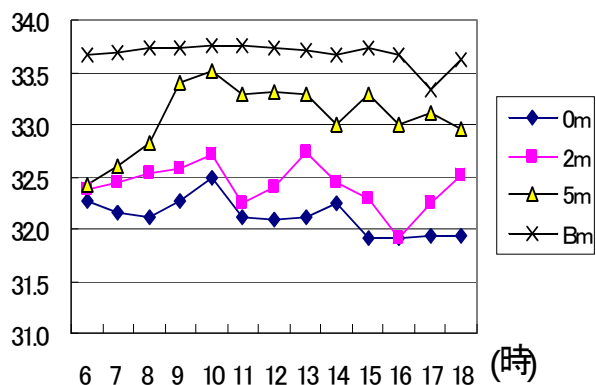
水温(志賀島)



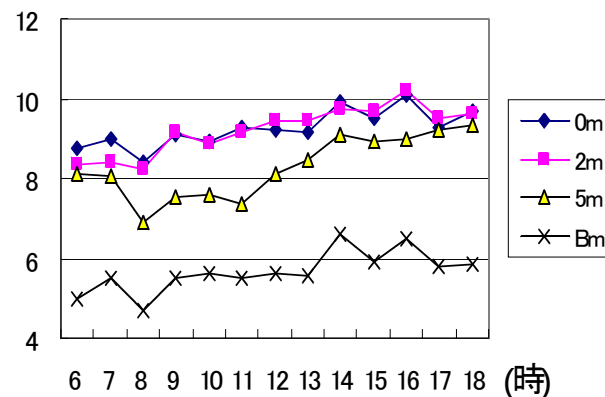
(ppm) 濁度(志賀島)



(psu) 塩分(志賀島)

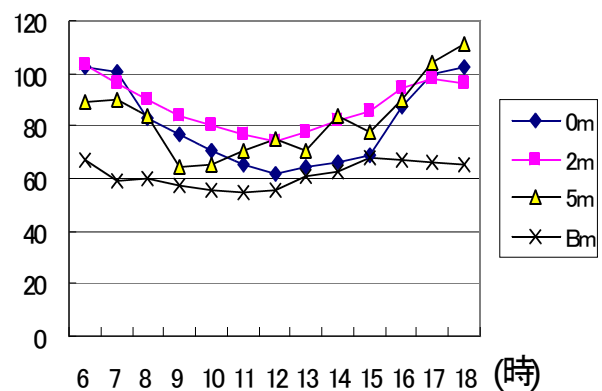


DO mg/l(志賀島)



加圧力(志賀島)

(実測値)



DO%(志賀島)

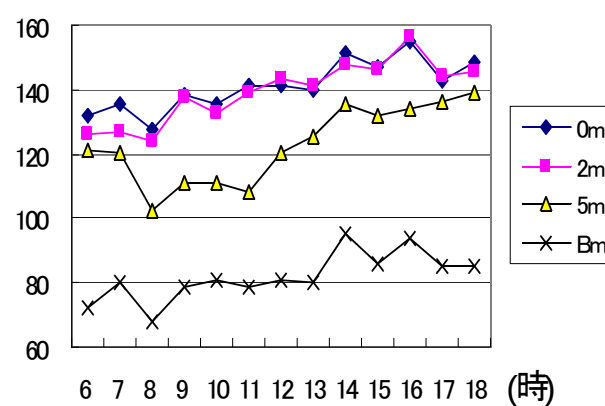


図 8 - 1 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 31 日)

図 8 - 2 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 31 日)

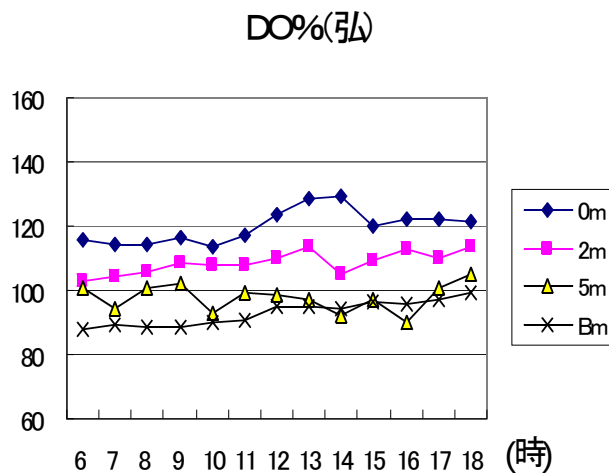
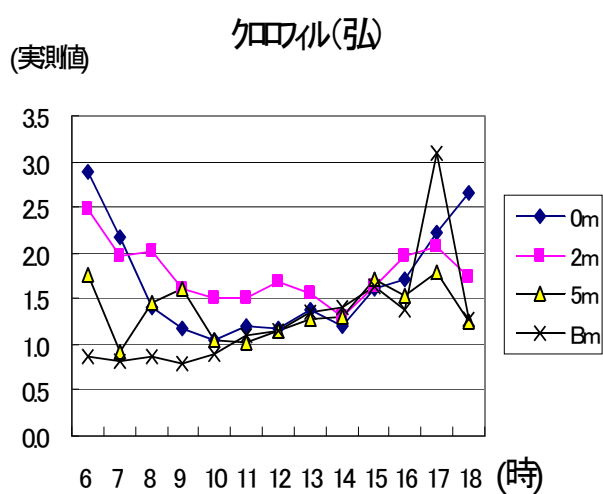
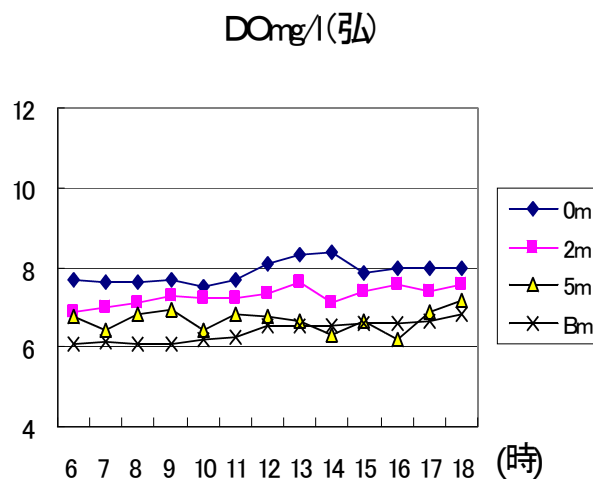
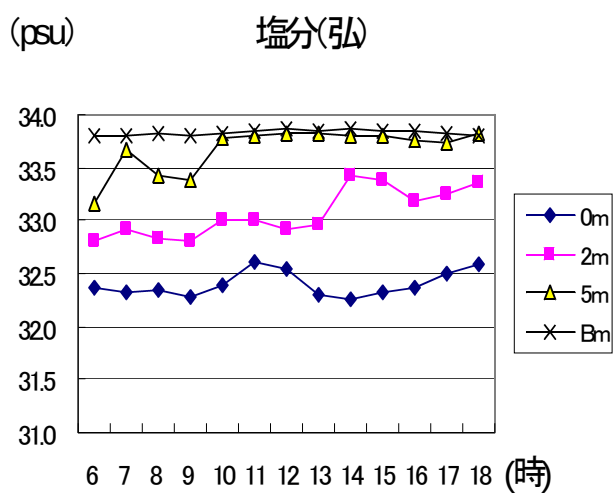
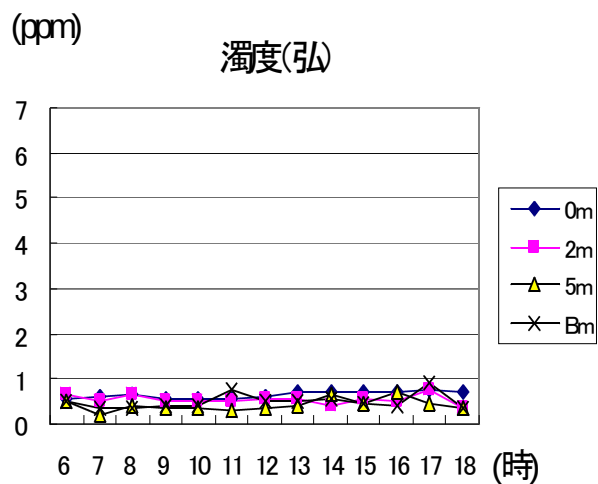
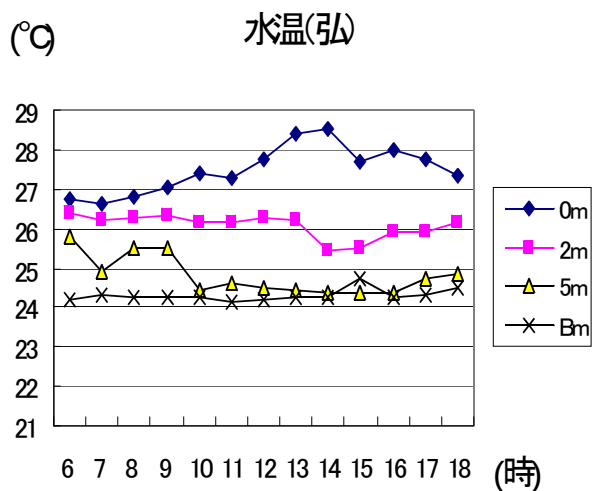


図 8 - 3 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 31 日)

図 8 - 4 第 1 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 7 月 31 日)

#### 4. 第2回水質連続調査（平成19年10月25、26日）

##### （1）ノリ養殖場（室見，小戸）（図9，10）

平成19年10月25日の調査によると，ノリ養殖場における栄養塩の無機態窒素濃度は小戸では表層＞底層＝2m層，室見では底層＝表層＞2m層の順で低くなった。表層では無機態窒素のうちアンモニア態の窒素（NH<sub>4</sub>-N）が圧倒的に多かったが，他の層では硝酸態とアンモニア態の窒素がほぼ同じ程度占め，夏期と同様に表層に下水処理場の放流水が流入していた。特に小戸では無機態窒素の値が夏期の20  $\mu\text{mol/l}$  よりもかなり高く10月25日の11時に80  $\mu\text{mol/l}$ ，16時には最高の120  $\mu\text{mol/l}$  に達し，大部分がアンモニア態であった。小戸の表層以外の各層ではおおむね10  $\mu\text{mol/l}$  程度の値で推移していた。

無機態リンは底層＞2m層＝表層の順で低くなった。表，2m層では午前6～7時に各層で濃度が最大になった。リンの場合は表層での値が異常に高くなることはなかった。また，窒素とリンの経時的な変動傾向は室見では似ていたが，小戸では異なっていた。このことも小戸におけるアンモニア態窒素を主体とする処理場の排水が塩分を含まず軽いため，表層に分布していたためと考えられる。秋期には湾内全域で鉛直混合が起るため，表底層で栄養塩濃度差が小さくなる。リンについても濃度は全層の差が小さくなったものの，底層でやや高めであった。

水温は各層21～22.5℃にあり，5m層，底層は安定して変化は小さいが，表層，2m層は午前中は5m層，底層より低めであるが，日中は日照により上昇して5m層，底層と同程度か底層を上回った。

塩分は底層＞5（2m）m層＞表層の順で低くなった。小戸では表層塩分が11時と16時の2度にわたって大きく減少した。これは水温の上昇や表層栄養塩濃度の急激な上昇とも対応している。高温，低塩分の下水処理水の流入が原因と考えられる。クロロフィルは表層，2m層で午後に増加し，光合成による基礎生産が活発に行われていた。

濁度は底層でやや高めで午後に増加し，室見（1～4 ppm）より小戸（3～8 ppm）の方が高かったが，表層ではほぼ一定であった。溶存酸素濃度は5m層，底層が6 mg/l，80%で安定していたのに対し，表層，2m層は朝の6 mg/l，100%から午後には10mg/l，160%でまで上昇して過飽和状態となった。これは午後の表層，2m層でのクロロフィルの増加と対応しており，珪藻を主体とする植物プランクトンの光合成により酸素が発

生した影響と考えられる。当日正午頃には室見で1万 cells/ml，小戸では5千 cells/ml のスケルトネーマ属珪藻が発生していた。透明度は午前中に2.5～3 mあったが，午後にはクロロフィルの増加と対応して2 mに減少した。

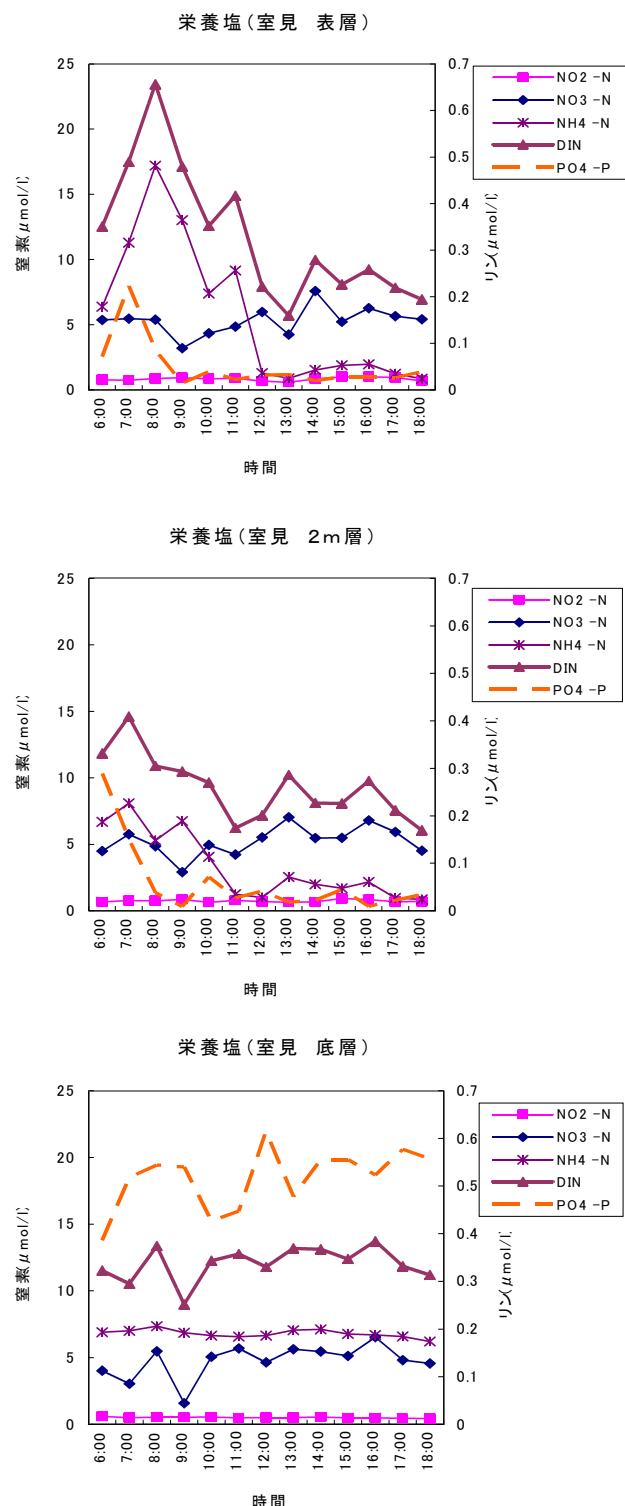


図9-1 第2回水質連続調査 栄養塩の推移（平成19年10月25日）

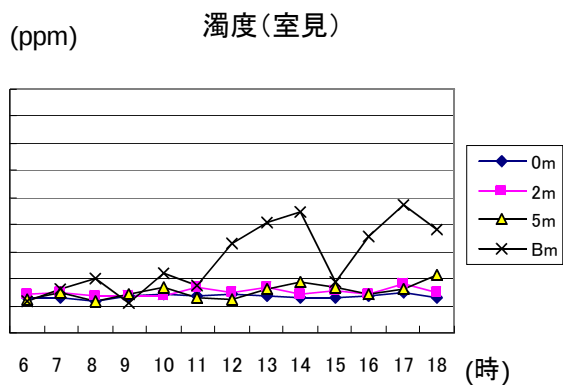
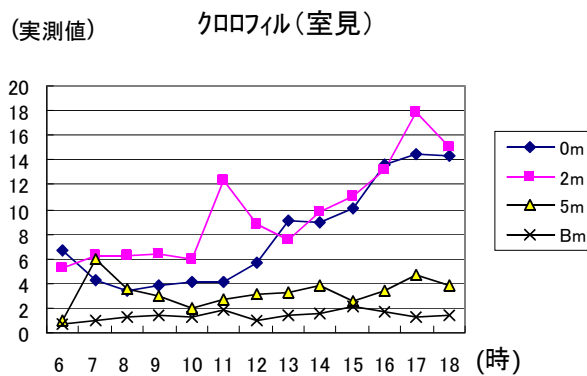
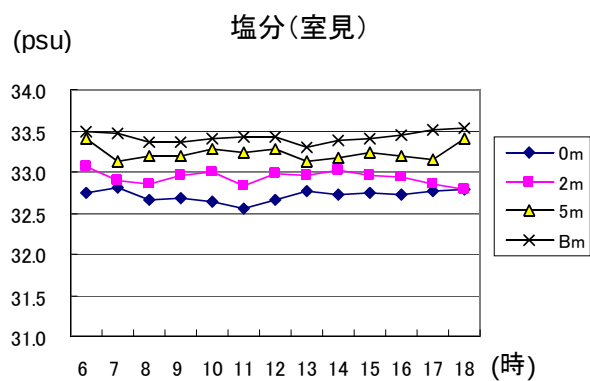
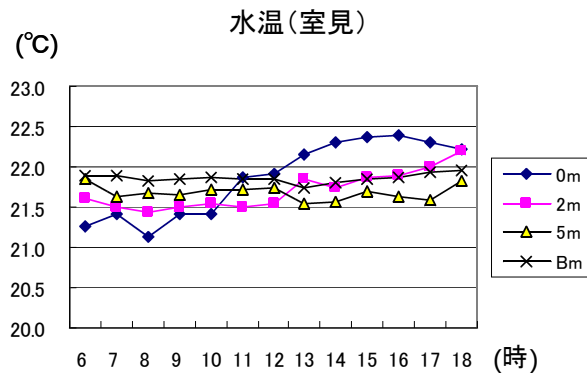
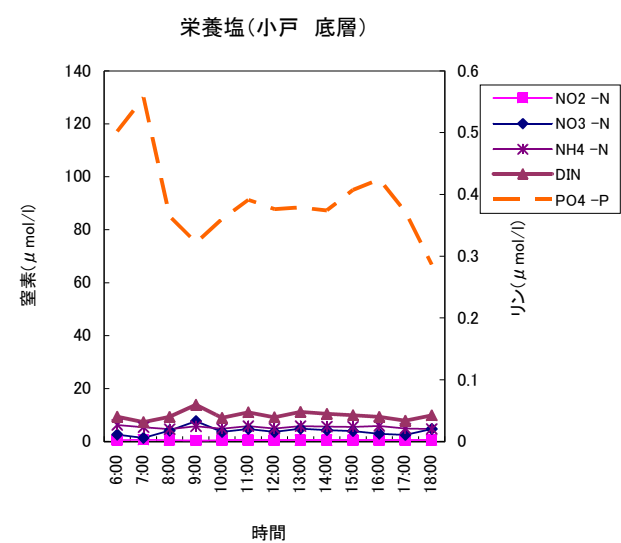
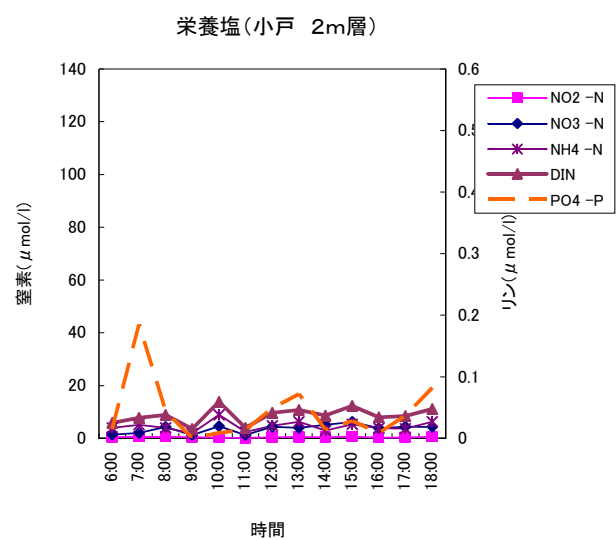
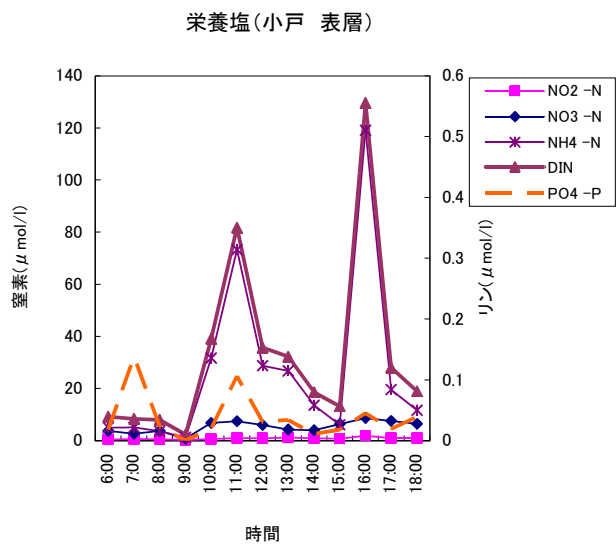


図 9 - 2 第 2 回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成 19 年 10 月 25 日)

図 10 - 1 第 2 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 25 日)



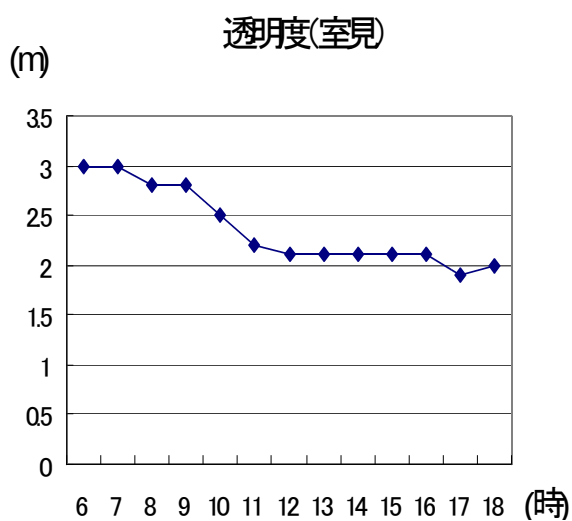
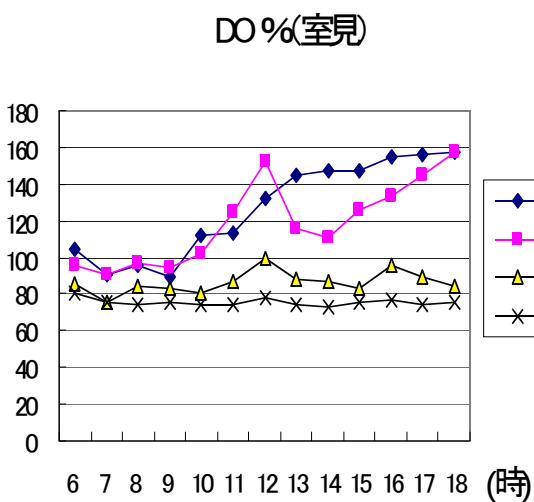
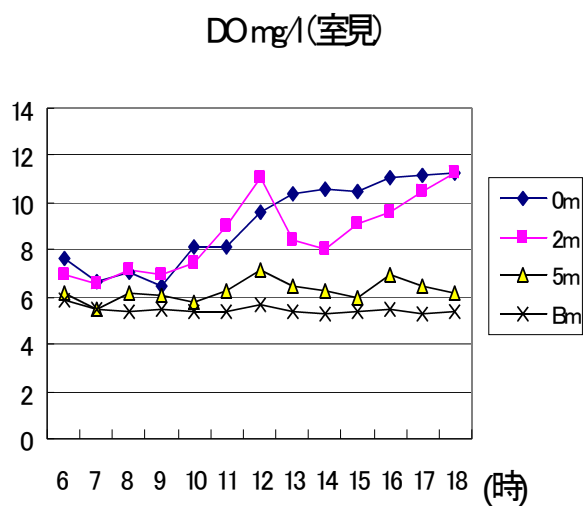


図 10 - 2 第 2 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 25 日)

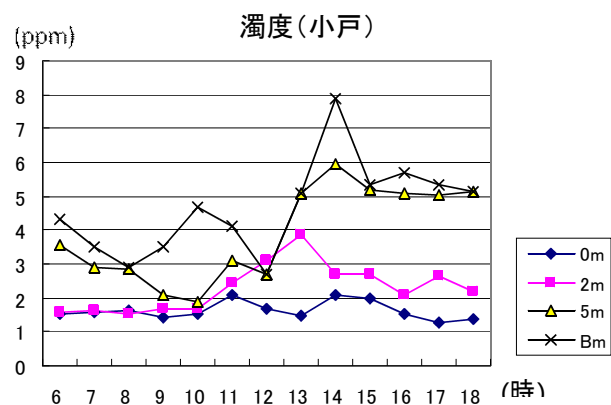
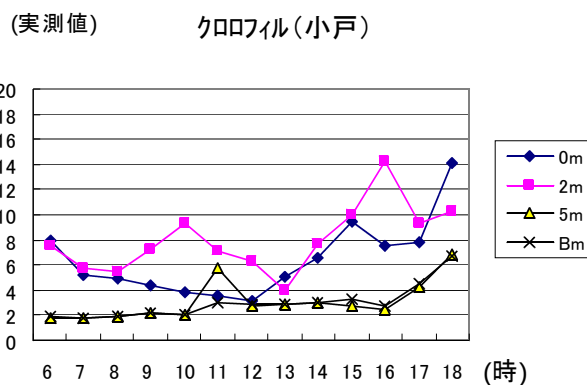
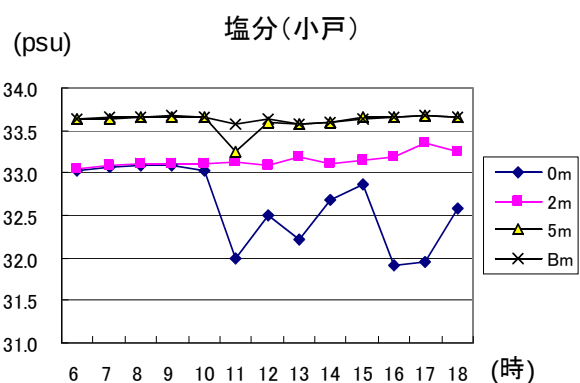
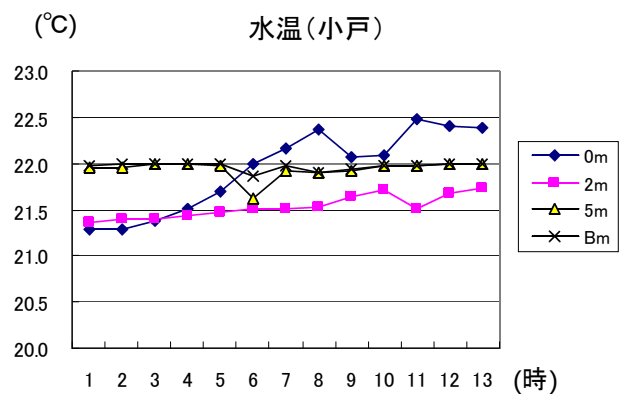


図 10 - 3 第 2 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 25 日)

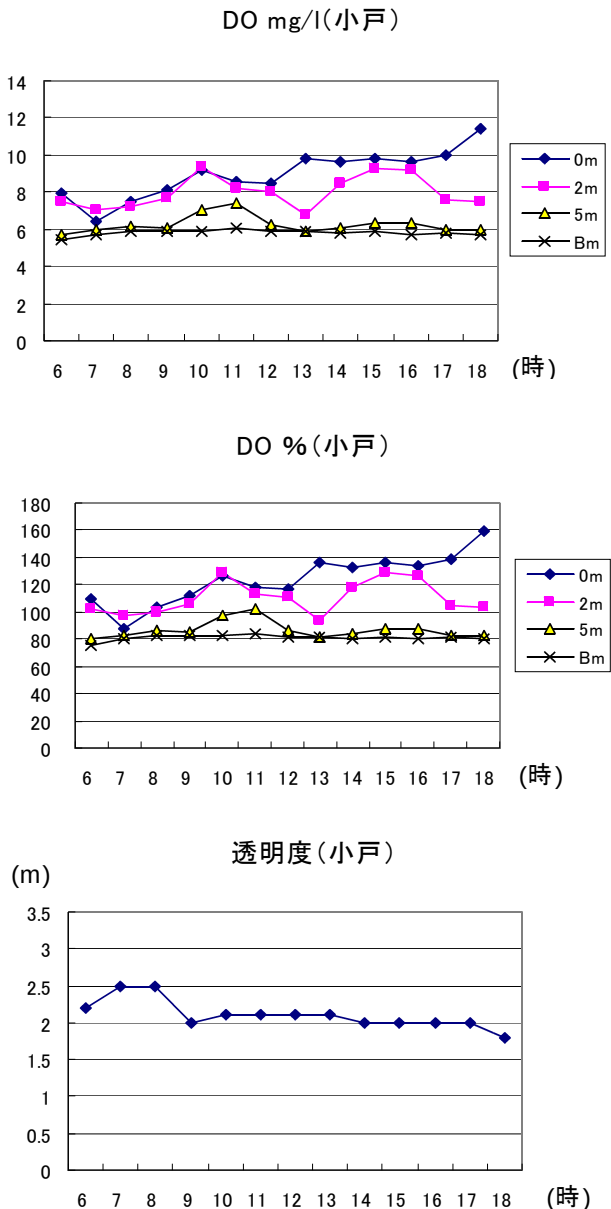


図 10 - 4 第 2 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 25 日)

## (2) ワカメ養殖場 (志賀島, 弘) (図11, 12)

平成 19 年 10 月 26 日に行った調査によると、栄養塩濃度は水温の低下に伴い鉛直混合が起こったため、各層での無機態窒素は  $2 \sim 15 \mu\text{mol/l}$  の範囲にあり、層間での差は小さかった。また、その経時的変化も志賀島と弘の各層ではほぼ同じ傾向を示し、午前から午後にかけて変動しながらも増加していた。このことは湾中央から比較的高い濃度の無機態地窒素、リンが潮汐流によって 9 時過ぎの満潮以降、湾口のワカメ漁場に輸送されたことが原因と考えられる。ただし、リンについては午後の濃度の上昇が小さいのは、湾中央と湾口のワカメ漁場でリン

の濃度差が小さい (2 倍程度) ため、無機態窒素の場合は数倍の差があったためと推測される。無機態窒素のうち硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) が大部分を占め、アンモニア態窒素は少なかった。

無機態のリンについては底層 > 表層 > 2 m 層の順で低かった。底層は夏期ほどではないものの、濃度がやや高かったが、表層、2 m 層では調査を行った 12 時間の一部、長い場合は半分の時間が、オートアナライザーの検出限界値 ( $0.02 \mu\text{mol/l}$ ) 以下の非常に低い値となっており、夏期よりもリンが低水準であった。

水温の低下に伴う鉛直混合が進み、水温の表底層の差が夏期の  $4^\circ\text{C}$  差から  $1^\circ\text{C}$  未満になっていた。弘では底層水温が、志賀島では表層水温が他層よりもやや高くなっていた。水温の経時的な変化は小さいが、志賀島では表底層、弘では表層、2 m 層、5 m 層で午後に  $0.5$  度程度の昇温しており、日中の日射の影響と考えられる。潮汐流による湾中央水のワカメ漁場への入り込みについては、両水域の水温差が小さいため、水温の変化からはわからなかった。

塩分についても  $32.8 \sim 33.8\text{psu}$  の範囲で推移し、鉛直混合により表底層の差が夏期と比べて縮まっていた。潮汐による湾中央水の流入はわずかであるが午後の塩分の低下 ( $0.2\text{psu}$ ) で確認できる。弘では 16 時以降塩分が  $0.5\text{psu}$  増加しているが、これは潮汐流の流向が逆転して外海水が流入したため、栄養塩の減少とも対応している。

クロロフィルは夏期のように午前から午後にかけて上昇する傾向は見られなかったが、午前中は 2 m 層が最も高く、午後に入れ替わって表層が最も高くなっていた。濁度は志賀島の底層を除けば  $1 \sim 2 \text{ppm}$  であった。志賀島の底層では  $5 \text{ppm}$  に達したが、夏期の調査でも  $7 \text{ppm}$  になることもあった。志賀島の底層は弘と比べて粒度が小さく、そのため底層水の濁度が上昇していると思われる。

溶存酸素濃度は底層は  $7 \sim 8 \text{mg/l}$ 、 $100\%$  で安定しているが、表層、2 m 層はこれよりやや高めであり、特に珪藻プランクトン (スケルトネーマ属) が  $9 \text{千 cells/ml}$  発生していた志賀島では日中に表層で  $12\text{mg/l}$ 、 $180\%$  に達し、光合成が盛んに行われて酸素が過飽和状態となっていた。弘では珪藻の密度が  $4 \text{千 cell/m}$  程度で志賀島よりも少なく、 $10 \text{mg/l}$ 、 $140\%$  で過飽和状態になっていた。透明度は午前中に最高の  $2.5 \sim 3 \text{m}$  だったが、珪藻の影響もあって午後には 2 m に減少し、5 時頃には再度やや増加した。

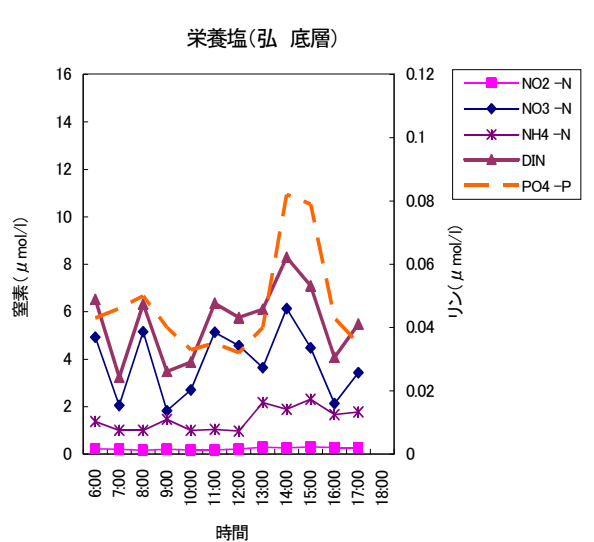
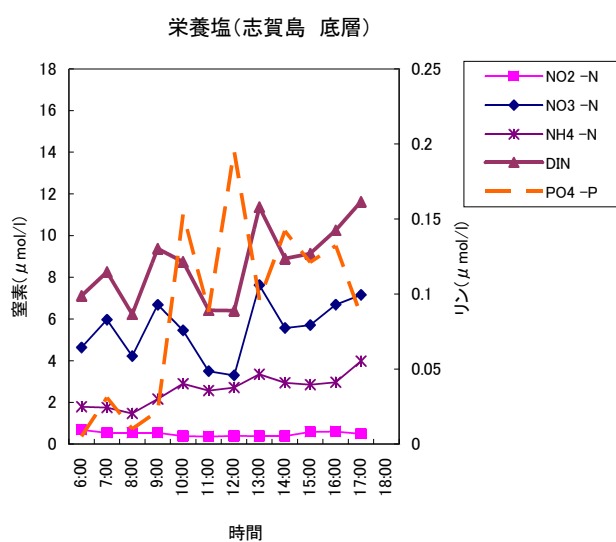
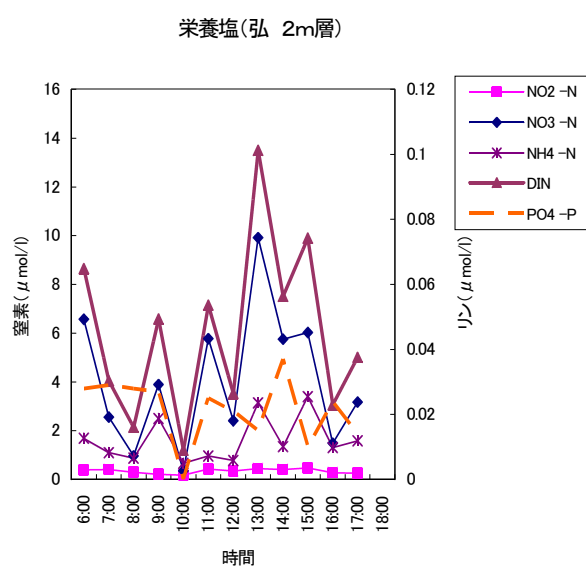
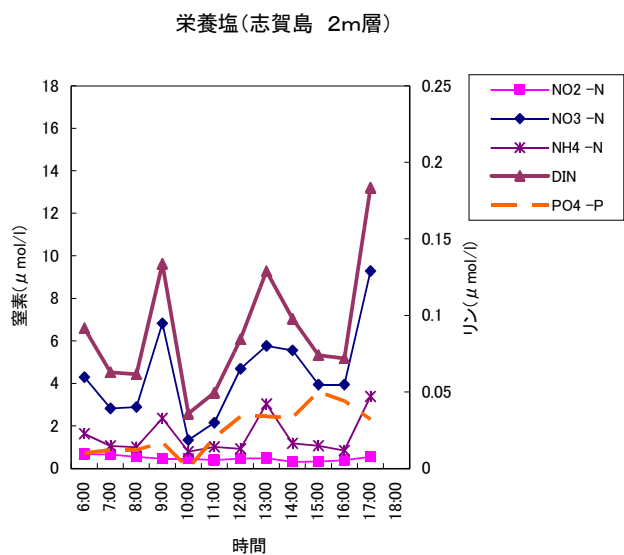
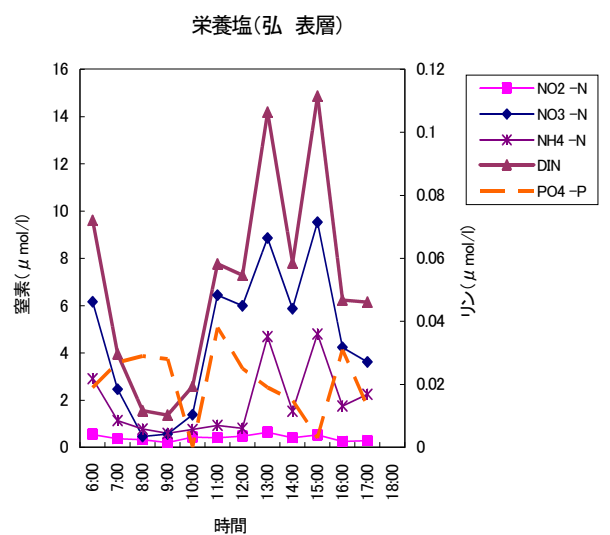
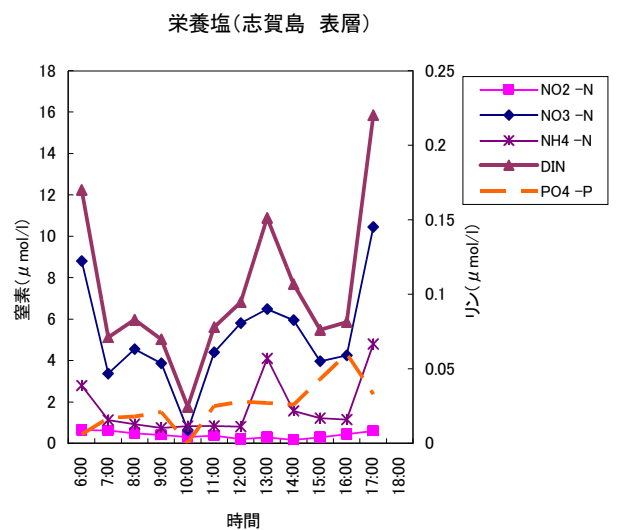


図 11 - 1 第2回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成19年10月26日)

図 11 - 2 第2回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成19年10月26日)

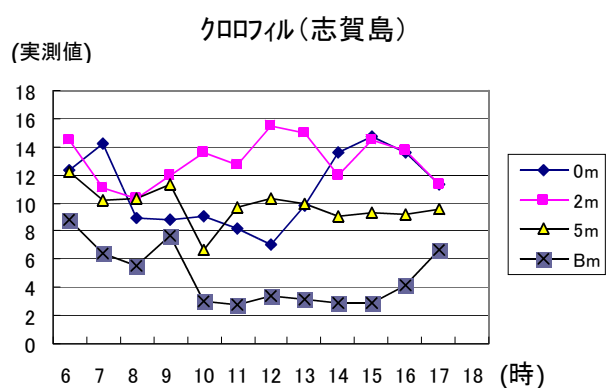
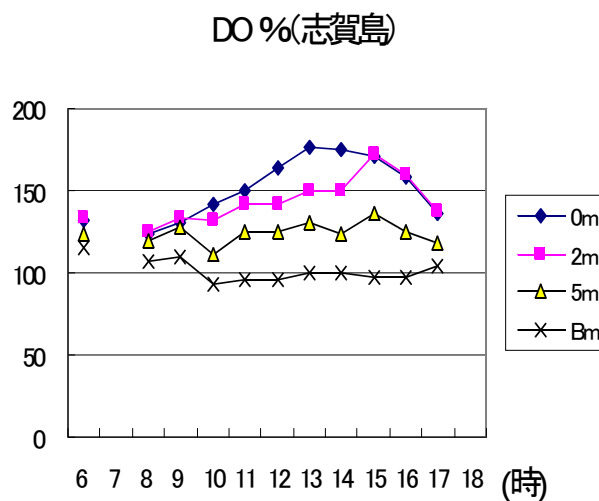
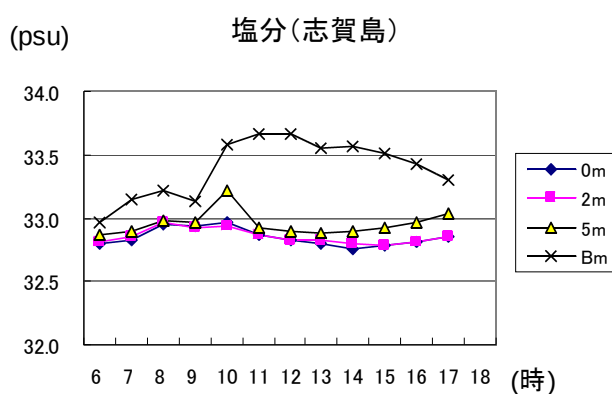
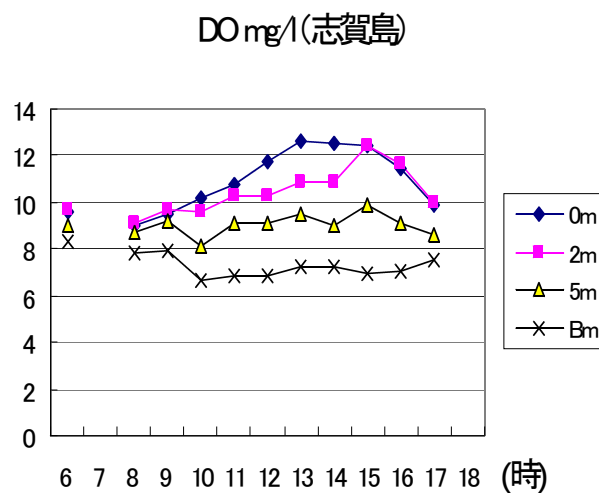
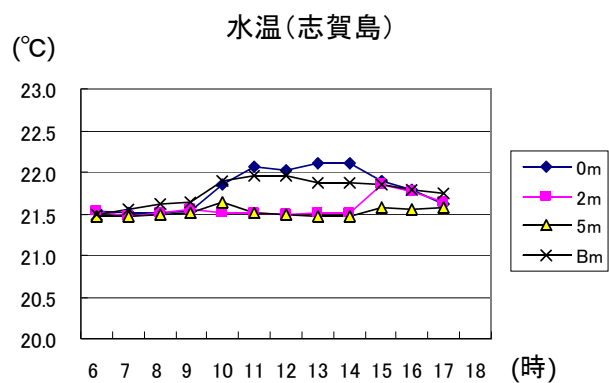


図 12 - 1 第2回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 26 日)

図 12 - 2 第2回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 26 日)

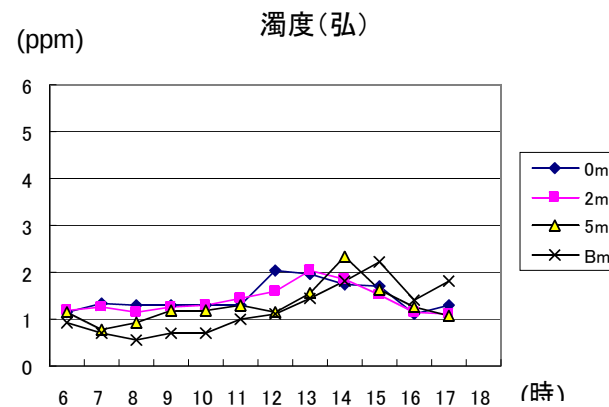
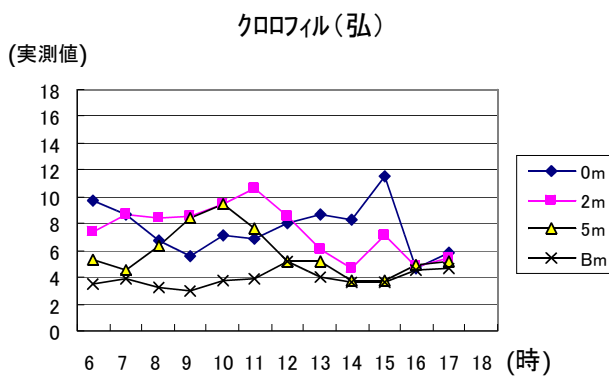
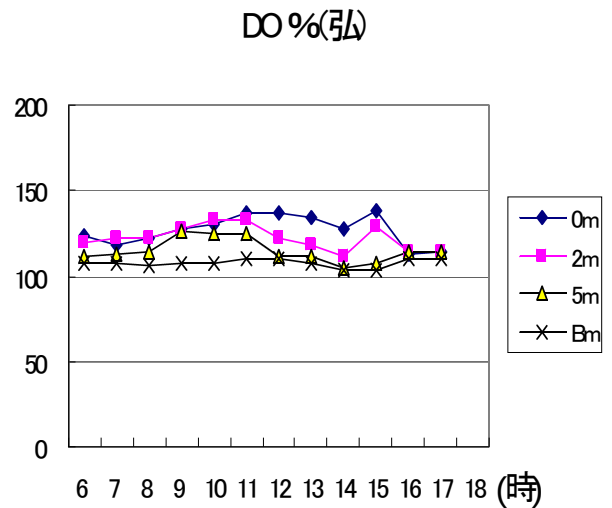
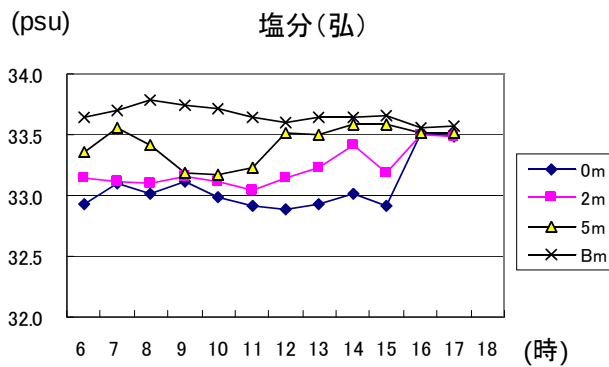
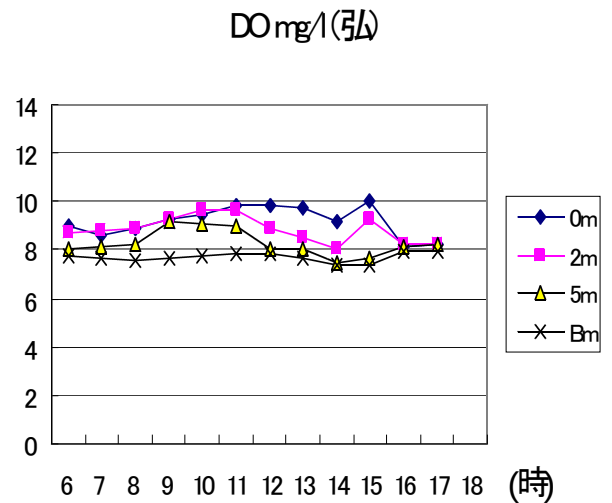
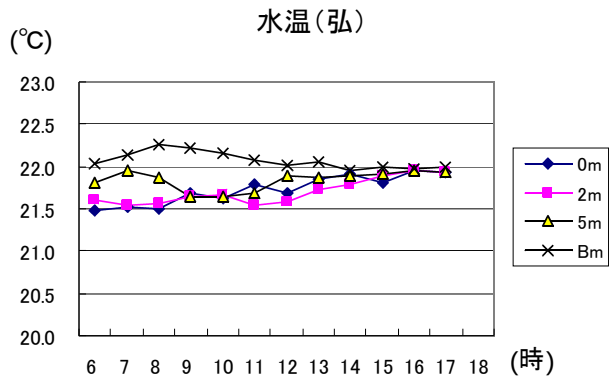


図 12 - 3 第2回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 26 日)

図 12 - 4 第2回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 10 月 26 日)

## 5. 第3回水質連続調査（平成19年12月10, 11日）

### （1）ノリ養殖場（室見，小戸）（図13, 14）

平成19年12月11日に行った調査では，ノリ養殖場における栄養塩濃度は室見，小戸ともに無機態窒素では表層＞2m層＞底層の順で小さかった。夏期，秋期ともに底層が高い場合が多かったが，冬期になると鉛直混合が進み層間の差はほとんどなくなった。また，無機態窒素のうち硝酸態窒素とアンモニア態窒素がほぼ同程度かやや硝酸態窒素が多かった。しかし，小戸の表層だけはこれらの結果と異なり，12時には秋期（10月）と同程度で他層の6倍の  $130 \mu\text{mol/l}$  に達した。また，無機態窒素のうちアンモニア態が大部分を占めており，下水処理水の流入が推測された。なお，小戸の表層では12時以前の午前中には他層と変わらない  $20 \mu\text{mol/l}$  程度であったため，流入は急激なものだったと思われる。また，経時的な変化については，小戸では処理水の流入が表層にあったこと以外は潮汐流も小さいため特になかったが，室見では満潮の11時頃を境に減少から増加に転じており，海水流入先が北から南に変わったことに対応していたものと考えられる。なお，12月11日の満潮時間は11:04，干潮は16:19だった。

無機態リンでは各層で  $0.15 \sim 0.6 \mu\text{mol/l}$  の範囲にあり，鉛直混合のため差は小さかった。ただし，無機態窒素と同様に小戸の表層では12時に最大  $0.6 \mu\text{mol/l}$  に達し，下水処理水の影響がうかがわれた。また，無機態窒素と同じように室見では潮汐流の変化に伴って11時頃の満潮を境に減少から増加に転じていた。

水温は  $12.3 \sim 13.6^\circ\text{C}$  で各層の差は小さかった。夏期，秋期は水深帯別には表層や2m層が高かったが，冬期の今回は午前中には5m層や底層が高く，午後には日射による昇温で表層あるいは2m層が高くなった。

塩分はおおむね  $33 \sim 34\text{psu}$  であり，各層の差はほとんどなく，表層と底層の一部の時間を除けば安定していた。室見では高温，高塩分で栄養に乏しい海水が午前中流入し，午後には高温で栄養塩の多い海水が流入したと考えられる。

クロロフィルは表層よりも2m層で高く，午後にかけて増加していた。濁度は  $0.5 \sim 4 \text{ppm}$  の範囲にあり表層や2m層の一時的な上昇を除くと安定していた。この海域では粒度組成が細かい底質となっており，底層水の濁度が他の層と比べて大きくなっていた。

溶存酸素濃度は  $7.4 \sim 8.3\text{mg/l}$ ， $86 \sim 98\%$  で推移し，表層に近い水深で高く，底層では低かった。また，表層，2m層では午後にやや増加した。植物プランクトンの発

生もなく，酸素の過飽和状態にもならなかった。透明度は4～5mで推移しほぼ一定であったが，秋期10月の2～3mよりも大きかった。

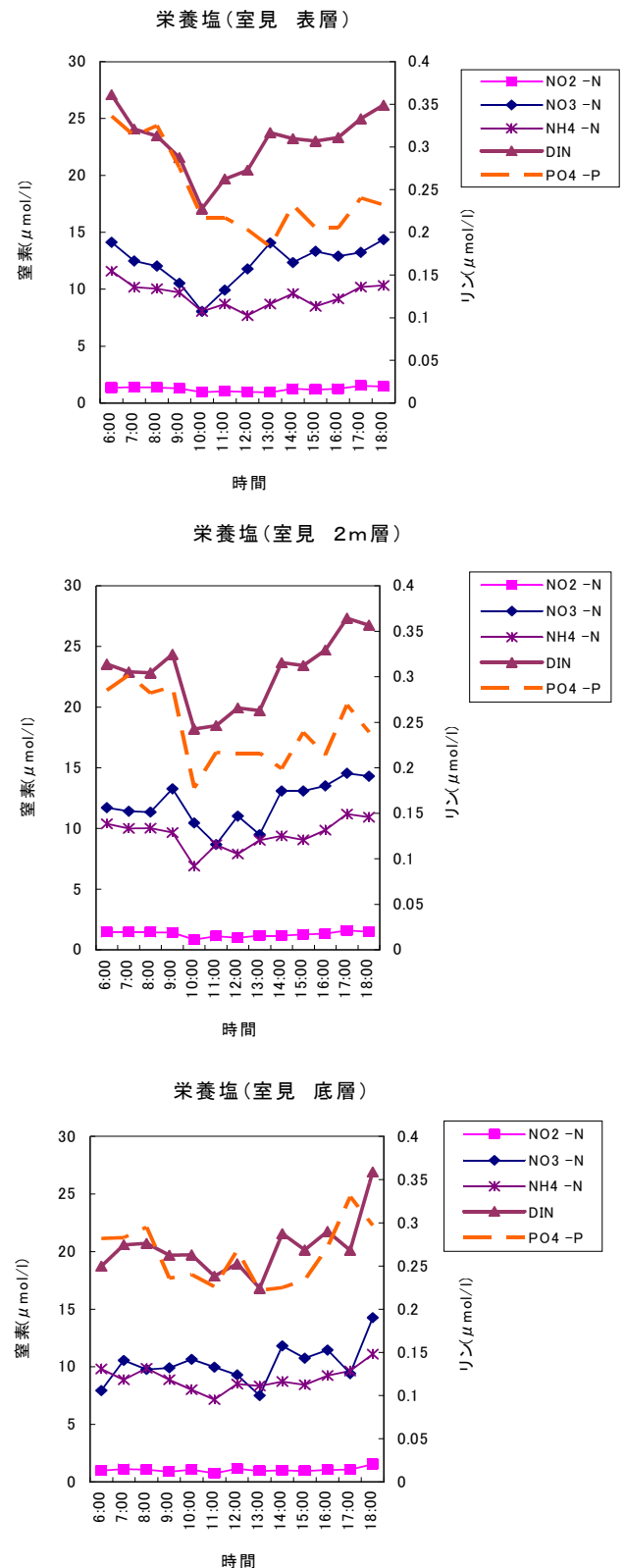


図13-1 第3回水質連続調査 栄養塩の推移（平成19年12月11日）

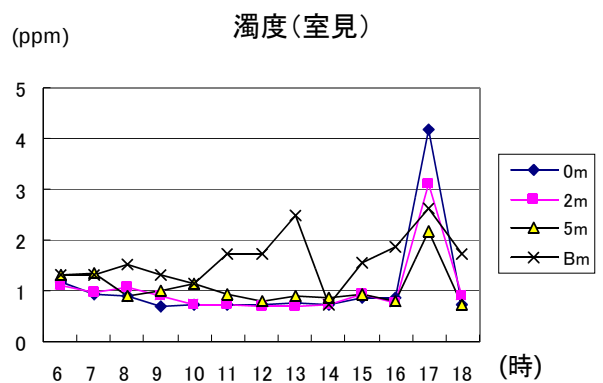
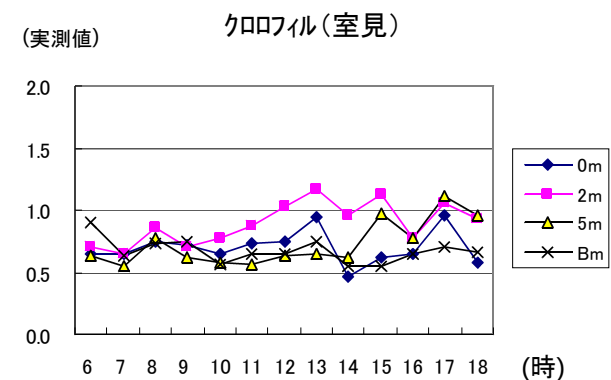
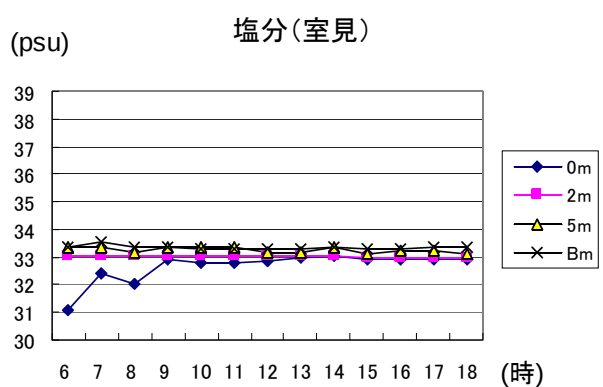
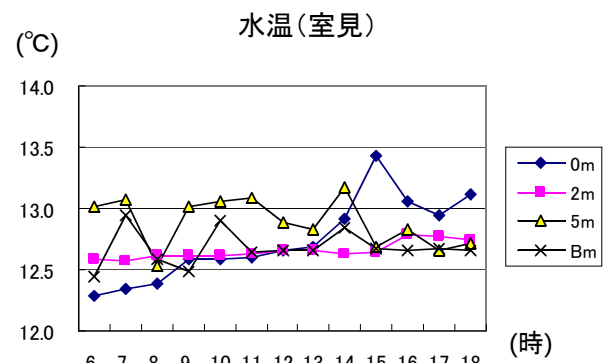
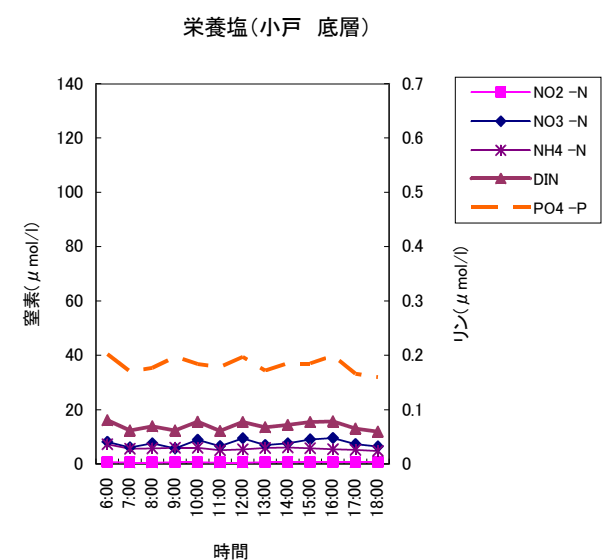
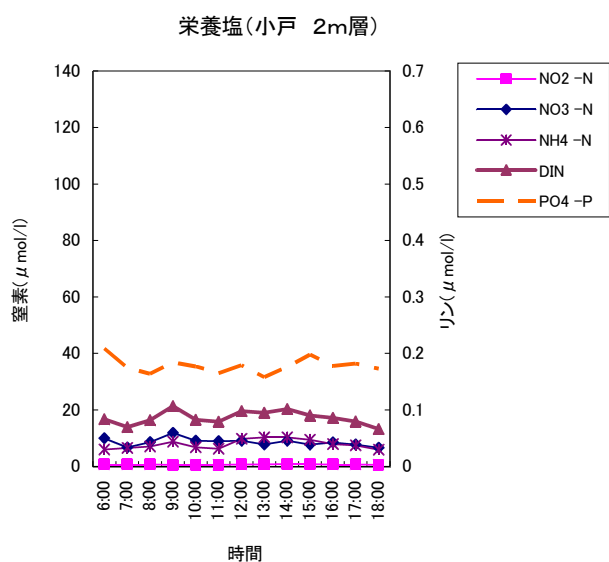
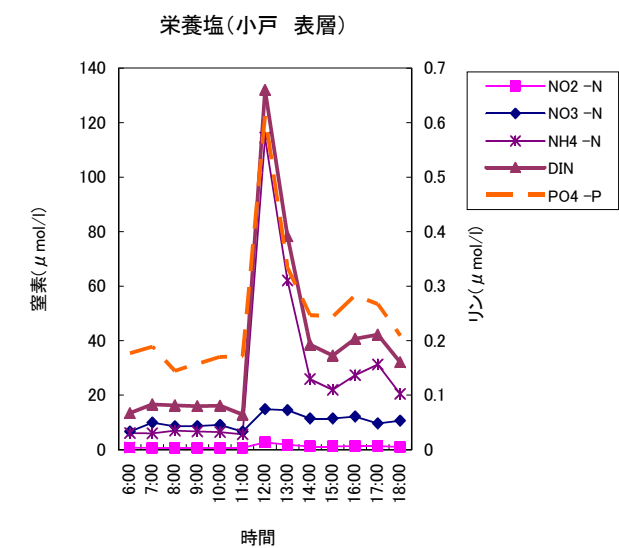


図 13 - 2 第3回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成 19 年 12 月 11 日)

図 14 - 1 第3回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 11 日)



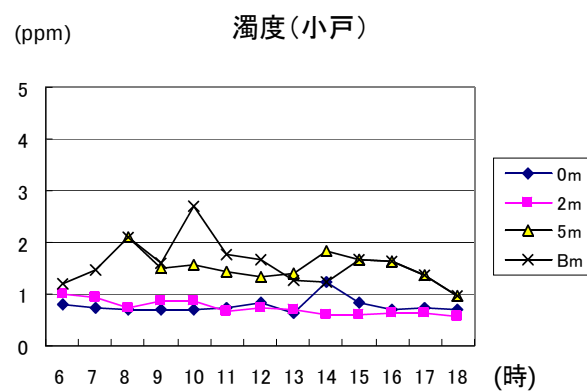
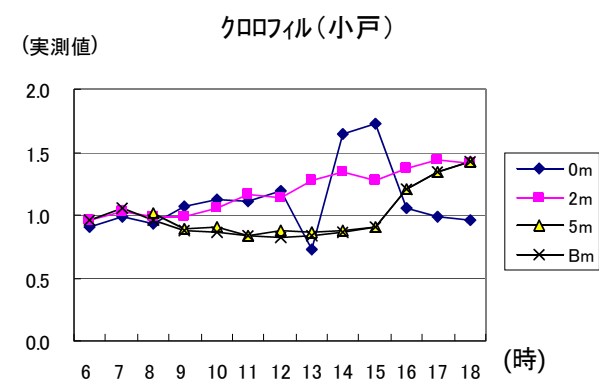
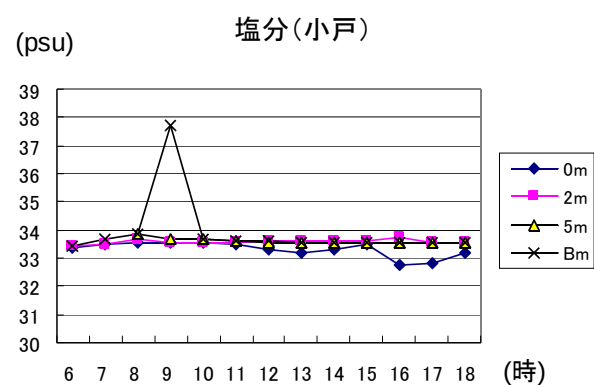
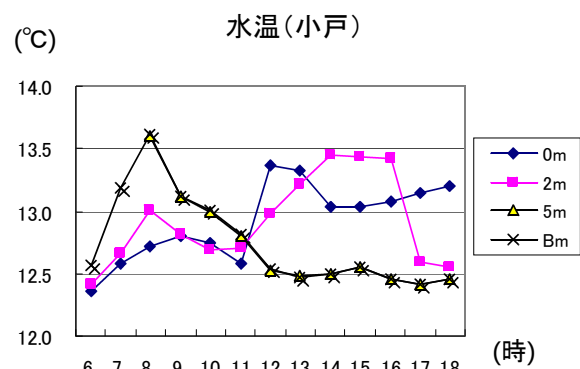
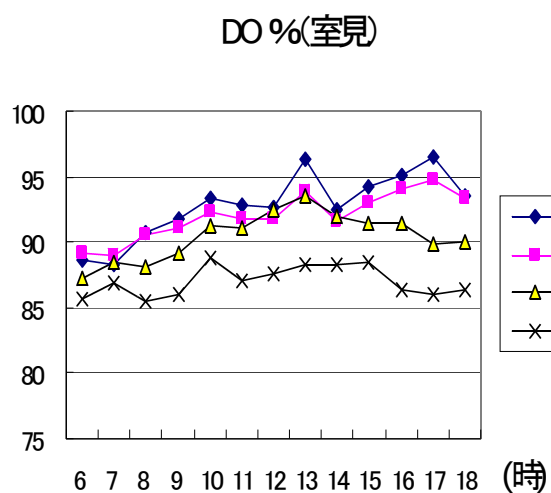
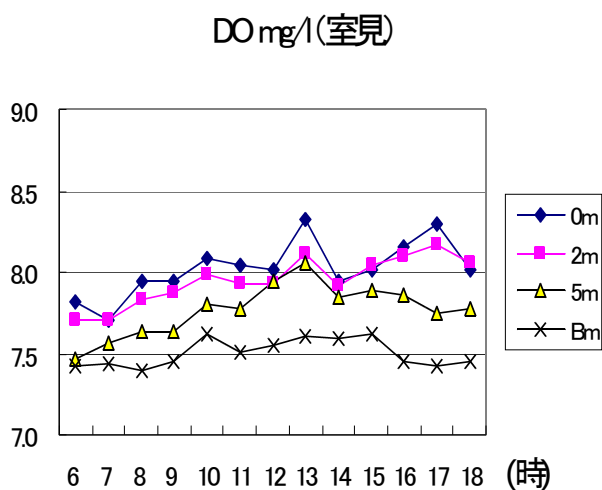


図 14 - 2 第3回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 11 日)

図 14 - 3 第3回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 11 日)

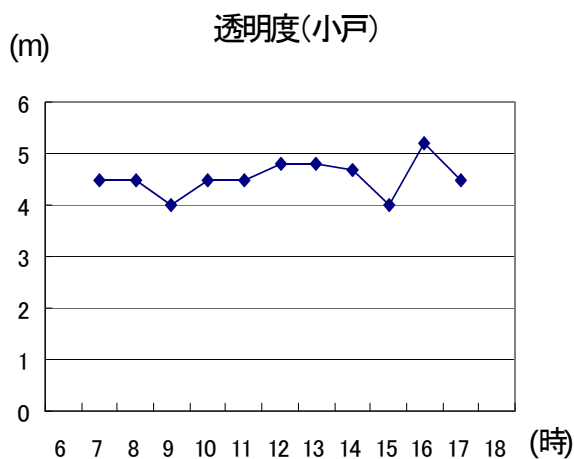
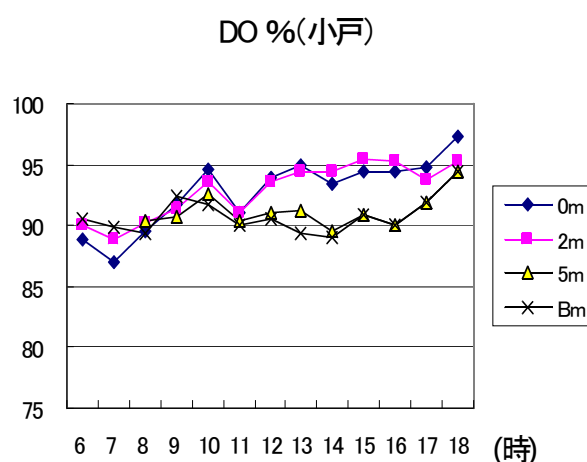
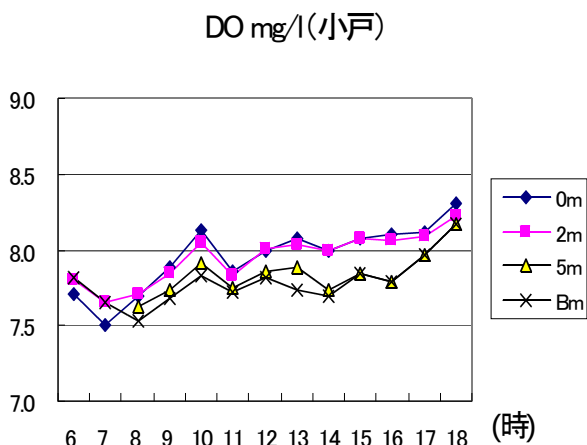


図 14 - 4 第 3 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 11 日)

## (2) ワカメ養殖場 (志賀島, 弘) (図15, 16)

平成 19 年 12 月 10 日に行った調査では、ワカメ養殖場の栄養塩濃度は志賀島, 弘ともに無機態窒素が表層>

2 m 層>底層の順で小さかったが、鉛直混合により各層の差は小さかった。濃度は  $3 \sim 45 \mu\text{mol/l}$  の範囲にあって、夏期, 秋期よりも高い値であり、ワカメの成長に必要な  $2 \mu\text{mol/l}$  を十分満たしていた。無機態窒素のうち硝酸態窒素がアンモニア態窒素をやや上回っていた。満潮時間 10 時半を過ぎて湾中央からの高濃度の無機態窒素を含む海水が流入し、志賀島, 弘でその濃度が上昇したが、16 時ころの干潮を過ぎて 17 時以降は外海水の流入で濃度が減少した。

無機態リンでも窒素と同様に表層>2 m 層>底層の順で小さくなり、鉛直混合のため各層の差は小さかった。濃度は  $0.15 \sim 0.5 \mu\text{mol/l}$  の範囲にあり、一年間を通して最も高く、分析機械の測定限界値 ( $0.02 \mu\text{mol/l}$ ) を大幅に超えていた。このため、11 月に始まったワカメ養殖では成長に必要な  $0.2 \mu\text{mol/l}$  がほぼ満たされており、実際に順調に成長していた。リンの経時的変化は窒素とほぼ同じで、12 時ころから午後にかけて増加し、17 時ころ減少した。窒素と同様に、潮流流による海水の流入変化が濃度を变化させた要因と考えられた。

水温は  $12 \sim 16^\circ\text{C}$  の範囲で推移し、表層などは大気により冷却されて低くなるため、志賀島では底層で高く、弘では底層または 5 m 層で高かった。また、弘では 10 時半の満潮以後に表層水温が  $4^\circ\text{C}$ 、その他の層でも  $2^\circ\text{C}$  程度下がった。これは潮汐による湾中央水の流入のためと考えられる。志賀島では顕著な変化は見られなかった。

塩分は  $32.5 \sim 34.5\text{psu}$  の範囲にあり、志賀島では午後やや表底層で低下したが、弘では 12 時以降顕著に減少した。弘では午後全層で塩分が減少し、栄養塩の急激な上昇となったが、潮流計が南からの流れを示したように湾中央域の海水の流入によると思われる。

クロロフィルは午後にやや増加し、濁度は  $0.2 \sim 3 \text{ppm}$  の範囲にあり、弘では午後に上昇したが、湾中央の濁った海水流入が原因と考えられた。溶存酸素濃度はほぼ  $8 \text{mg/l}$ ,  $100\%$ 、全層で差はなく安定しており、植物プランクトンも発生していないため、過飽和状態にもなっていないかった。透明度は 4 m から 11 m の範囲であり、変動が大きかったものの、秋期の  $2 \sim 3 \text{m}$  に比べ大きくなった。これは植物プランクトン発生がないことや時化の影響による底泥の巻き上がりがなかったことが大きく寄与していたと考えられる。弘で午前中に最大 11 m だったが、湾中央の濁った海水の流入により午後には 6 m に減少したと思われる。志賀島でも流速計の結果から弘と同様に湾中央水の流入はあったが、濁度の上昇以外で水温や塩分、透明度の変化からは確認できなかった。

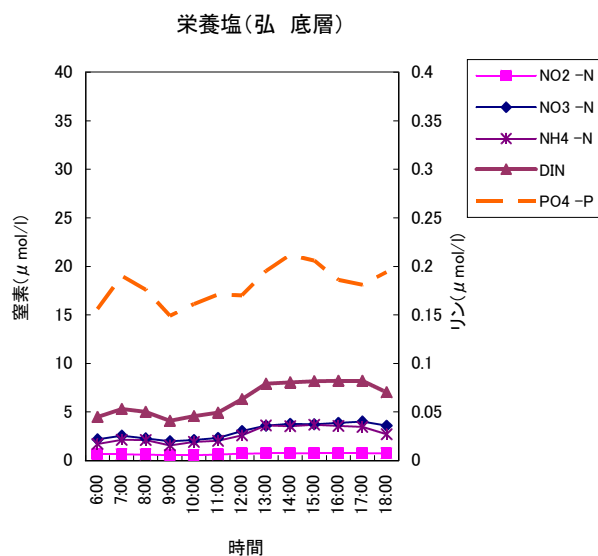
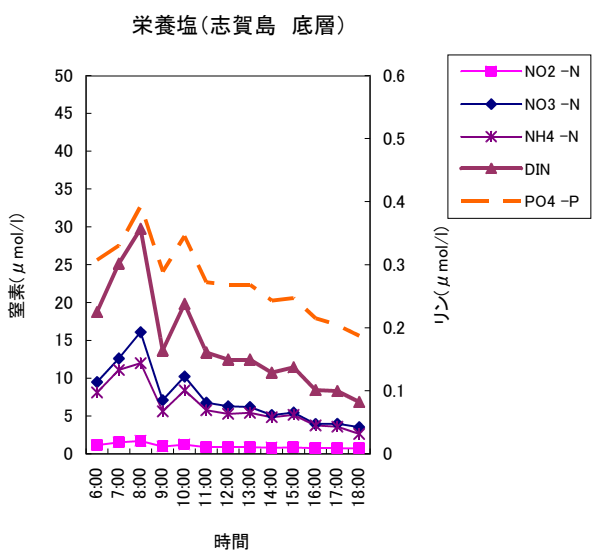
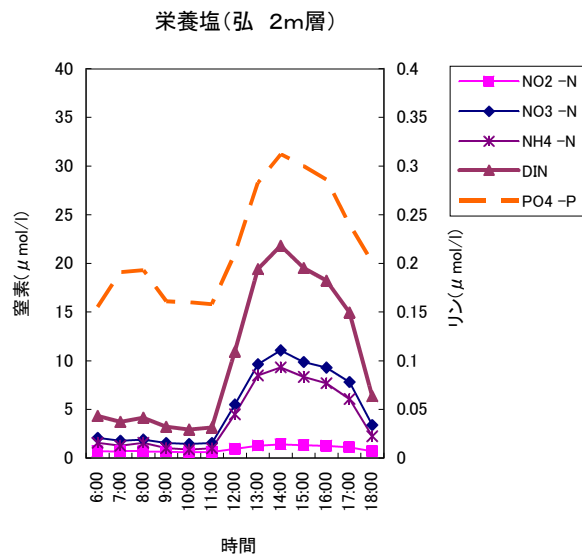
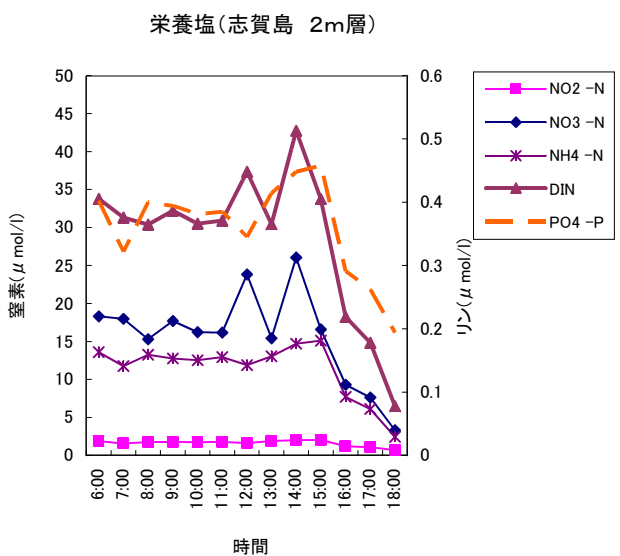
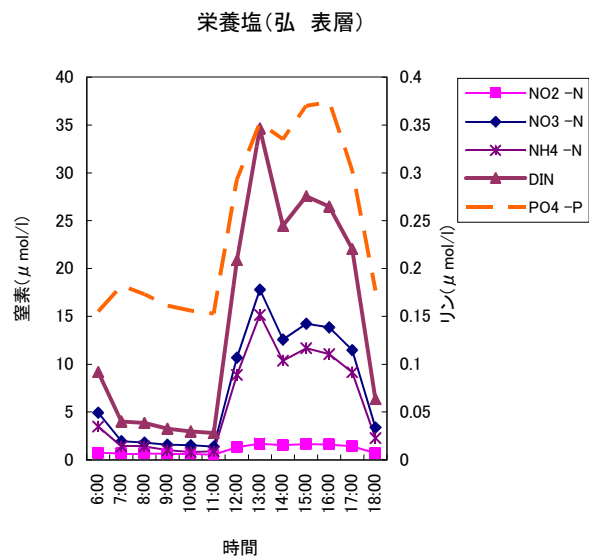
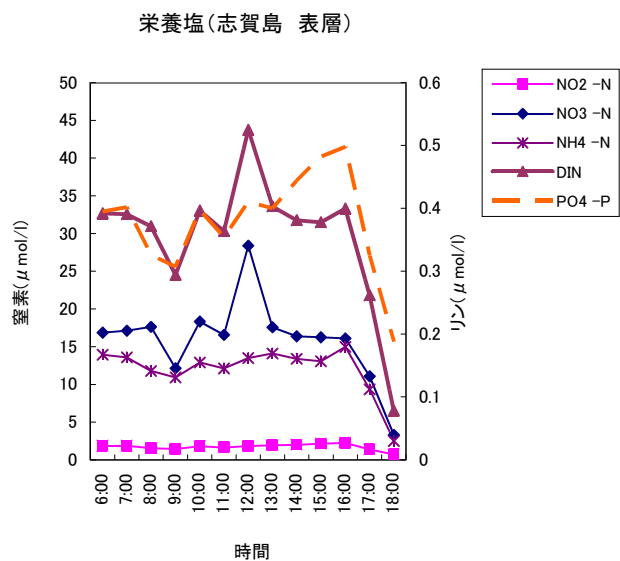


図 15 - 1 第3回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成19年12月10日)

図 15 - 2 第3回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成19年12月10日)

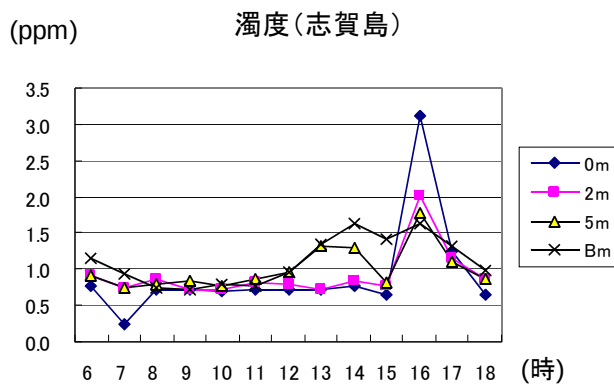
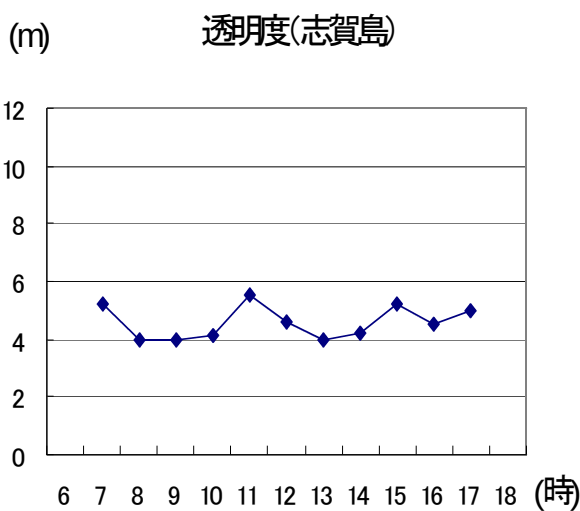
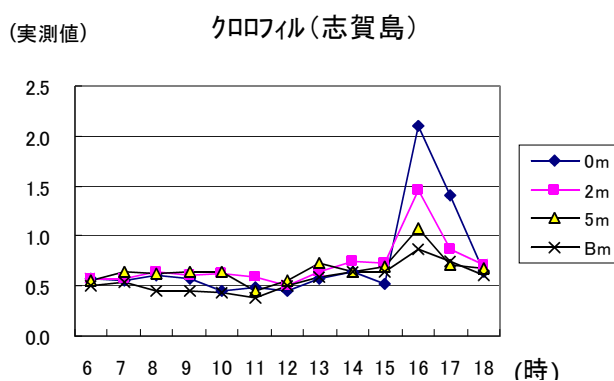
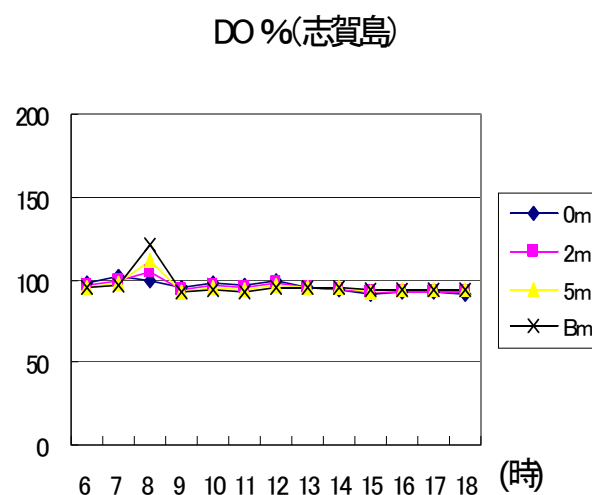
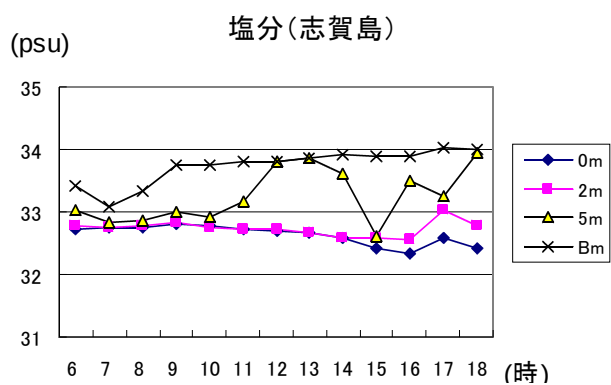
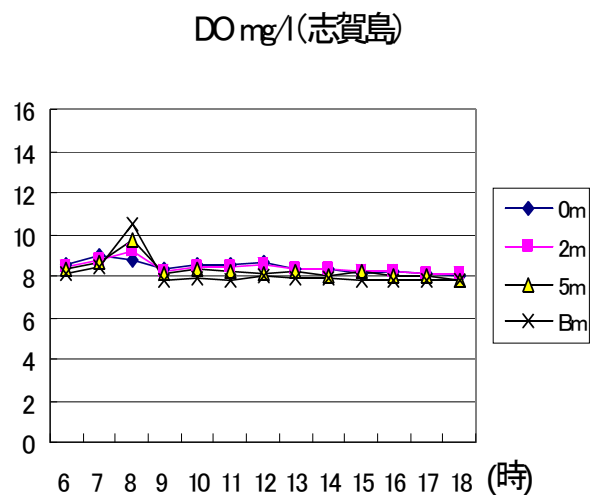
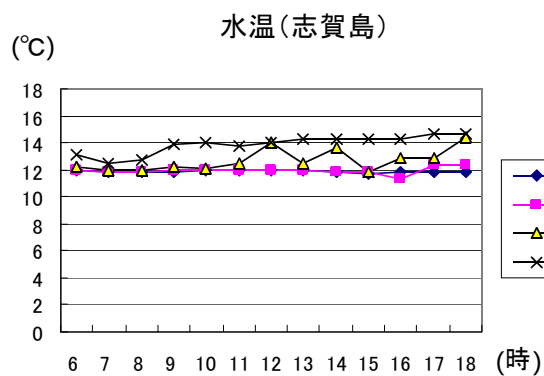


図 16 - 1 第 3 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 10 日)

図 16 - 2 第 3 回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 10 日)

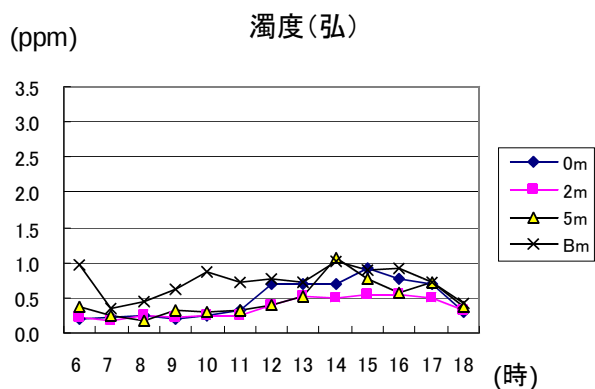
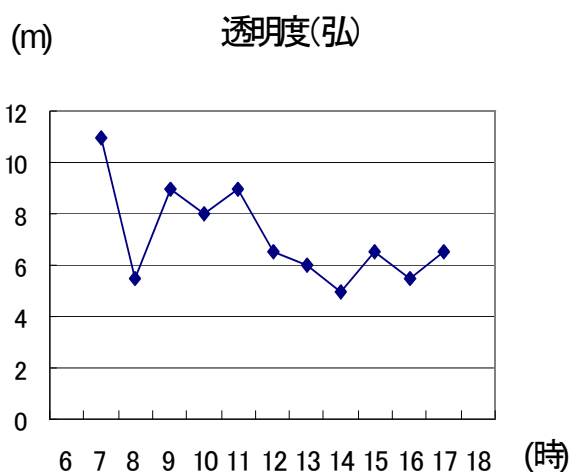
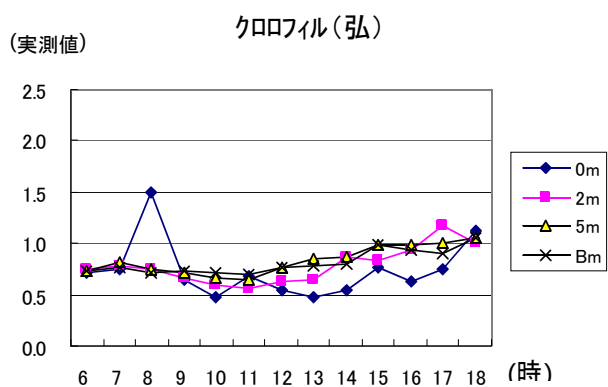
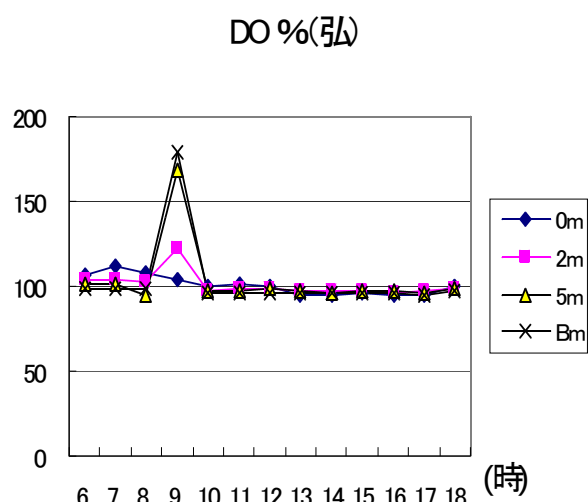
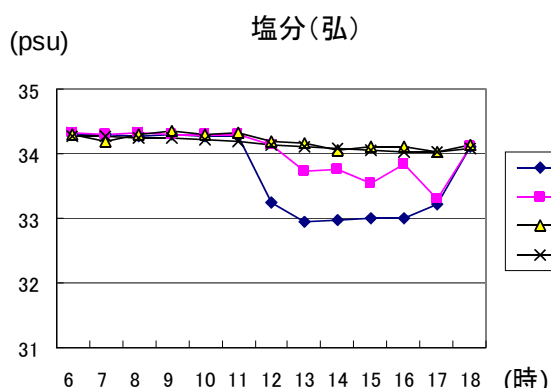
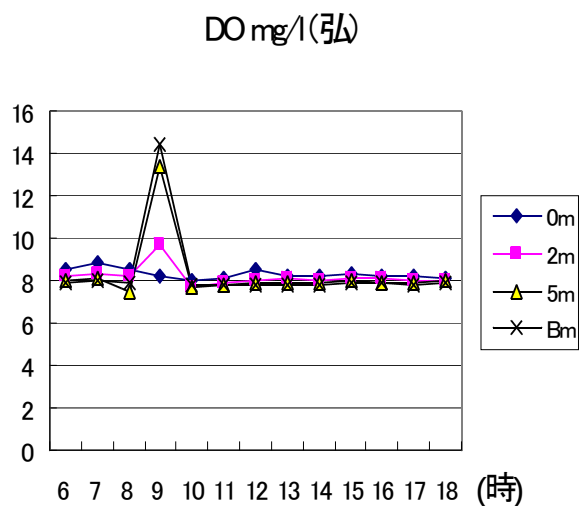
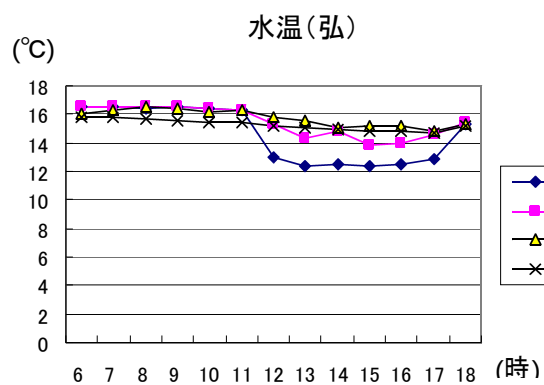


図 16 - 3 第3回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 10 日)

図 16 - 4 第3回水質連続調査 水質の推移 (平成 19 年 12 月 10 日)

## 6. 第4回水質連続調査（平成20年2月21, 22日）

### （1）ノリ養殖場（室見、小戸、処理場）（図17, 18）

平成20年2月22日に行った調査では、栄養塩濃度は室見、小戸ともに無機態窒素が表層＞2m層＞底層の順で低く、小戸の表層を除くと5～25  $\mu\text{mol/l}$  で推移し鉛直混合が進んで各層の差が小さかった。しかし、小戸の表層では例外的に無機態窒素が12時に140  $\mu\text{mol/l}$  に達して午後にも20  $\mu\text{mol/l}$  以上の高い値を推移しており、極端に高い値となっていた。また、無機態窒素のうちアンモニア態窒素の割合が圧倒的に多かったため、下水処理水の流入があったと思われる。表層を除く2m層、底層では硝酸態窒素がアンモニア態窒素よりもやや多い程度であったが、表層と同様に午後は無機態窒素のうちのアンモニア態窒素が上昇しており、これは鉛直混合により表層のアンモニア態窒素が下降したためと思われる。一方、室見では硝酸態窒素がアンモニア態窒素を大きく上回っていた。しかし、12時にはアンモニア態窒素が表層、2m層で上昇し、無機態窒素が25  $\mu\text{mol/l}$  に増加したことから、室見でも小戸ほどの規模ではないが処理水の流入があったと推測される。無機態窒素についてはノリの育成に必要なと思われる7  $\mu\text{mol/l}$  を各層で超えていた。

無機態リンは各層で表層＞2m層＞底層の順で小さくなったが、小戸の表層を除けばオートアナライザーの検出限界値（0.02  $\mu\text{mol/l}$ ）以下に下がる時間帯が大部分を占め、リンがほとんどなくなった状態であった。育成の必要と思われる0.4  $\mu\text{mol/l}$  を上回ったのは小戸の表層のうちの処理水が流入した12時（最高値0.45  $\mu\text{mol/l}$ ）を挟む3時間のみであり、それ以外の小戸、室見の各層では大幅に下回っていた。また、夏、秋期の濃度と比較すると減少が大きかった。

小戸の調査点に近い西部下水処理場の放流口（表層）付近で採水したところ、無機態窒素・リンともに調査開始後減少して13時に最低値（DIN 390  $\mu\text{mol/l}$ , PO4-P 1.2  $\mu\text{mol/l}$ ）となった。その後増加して17時に最高値（DIN 806  $\mu\text{mol/l}$ , PO4-P 2.7  $\mu\text{mol/l}$ ）に達し、調査時間中に高い濃度の栄養塩が放出されていることがわかった。無機態窒素のほとんどすべてがアンモニア態窒素であり、亜硝酸態や硝酸態窒素がほとんど見られず、アンモニア態窒素の酸化が進んでいなかった。

水温は8.5～10.5℃で推移し、鉛直混合のため各層での差が小さくなっており、小戸で1.5℃、室見で0.6℃の範囲におさまっていた。その中で表層の温度変化がやや大きく、午前から午後かけて昇温していた。特に小戸

では13時に最高値に達していた。

塩分は33～34psuの範囲で推移したが、小戸の表層で午後（13～16時）に一時的な低下がみられた。弘における12時の無機態窒素の急激な増加と13時における昇温と塩分低下は、アンモニア態窒素を多く含む高温、低塩分の下水処理水が小戸のノリ養殖場に流入したためと推測された。ノリ養殖場は潮流流が弱い場所であり、さらにノリ網の張り込みもあって10 cm/s 未満であった。クロロフィルは午前中に減少し、午後は増加していた。表層や2m層で高かった夏期、秋期と異なり、冬期の2月には底層で高くなっていた。

濁度は0.5～3.5ppmであったが、底層はこれまでと同様に他の層よりも大きい値を示した。溶存酸素濃度は10～12mg/l, 90～130%で安定していた。透明度は2.5～4.5mで12月よりもかなり小さくなっていた。また、日中やや大きくなる傾向があるとともに、小戸のほうが室見よりも1m程度大きかった。

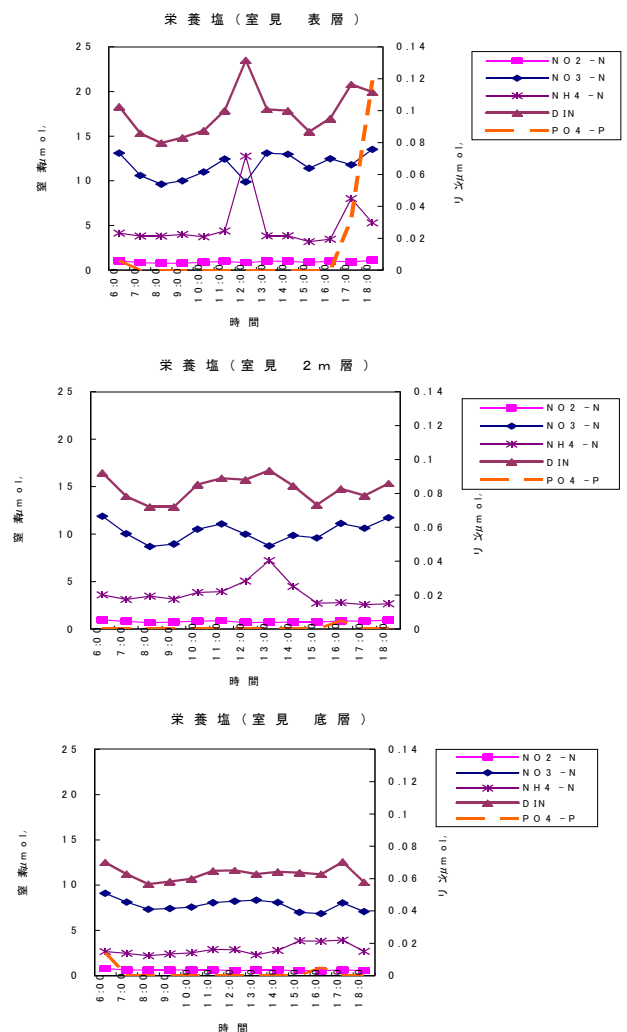


図 17 - 1 第4回水質連続調査 栄養塩の推移（平成20年2月22日）

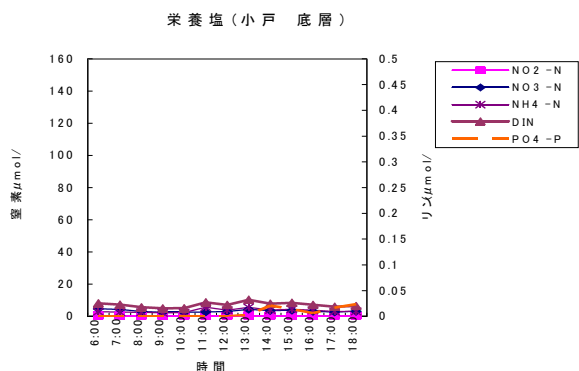
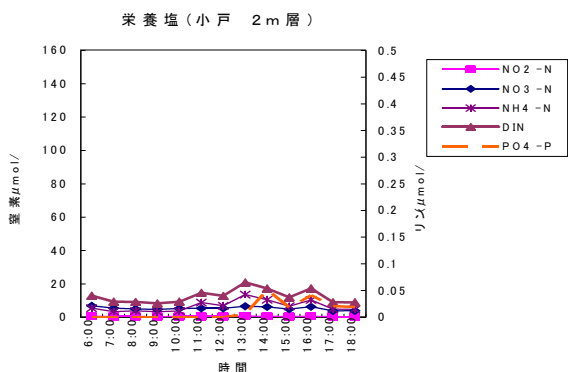
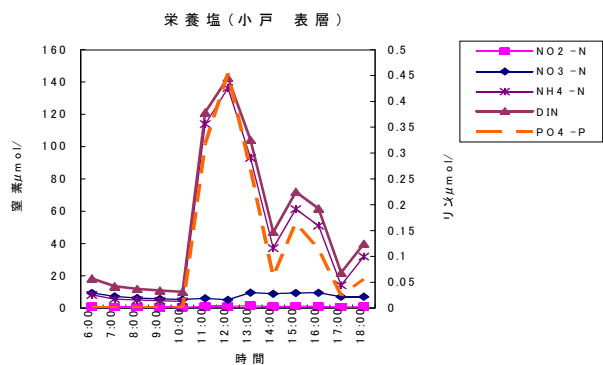


図 17 - 2 第4回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成 20 年 2 月 22 日)

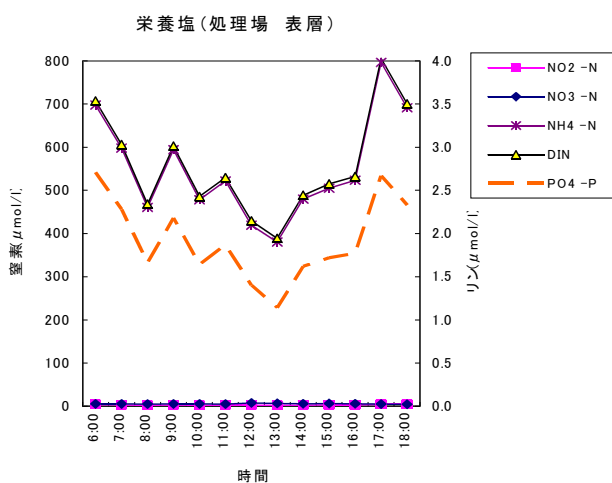


図 17 - 3 第4回水質調査結果 栄養塩の推移 (平成 20 年 2 月 22 日)

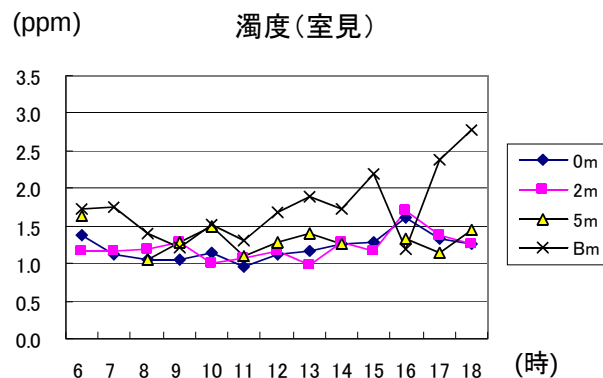
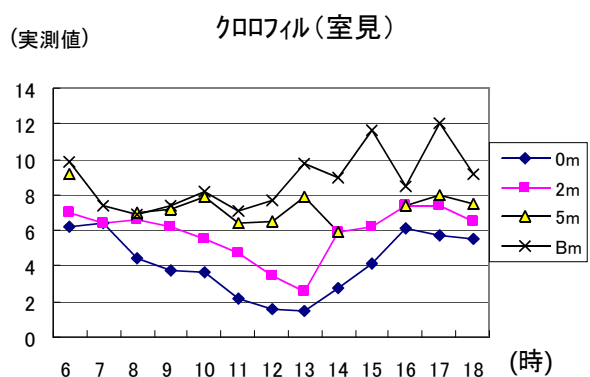
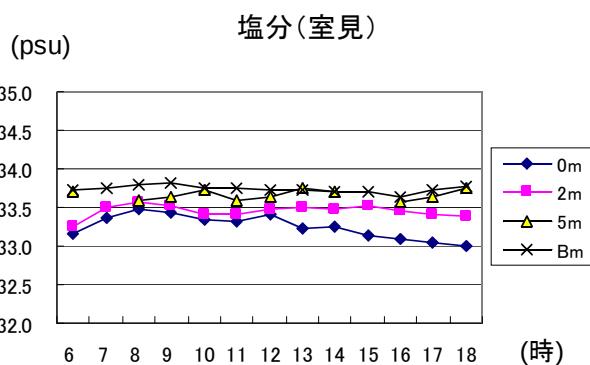
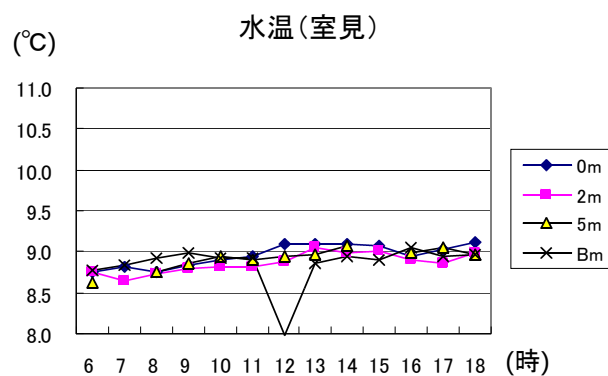


図 18 - 1 第4回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 22 日)



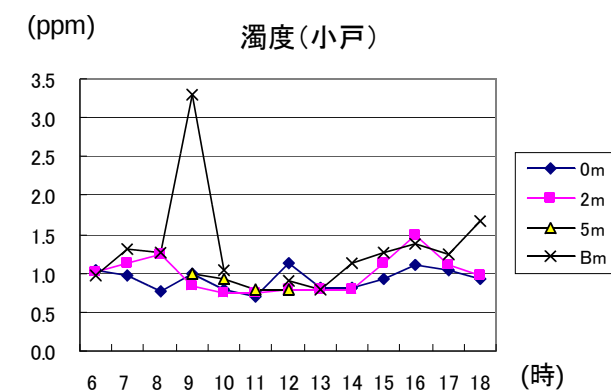
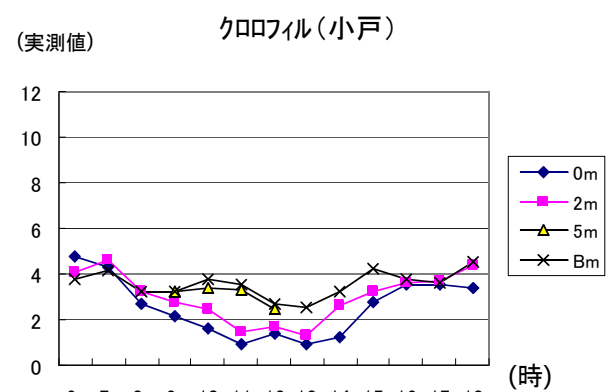
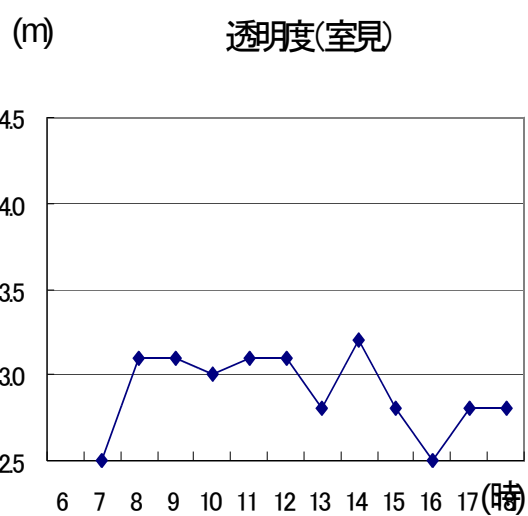
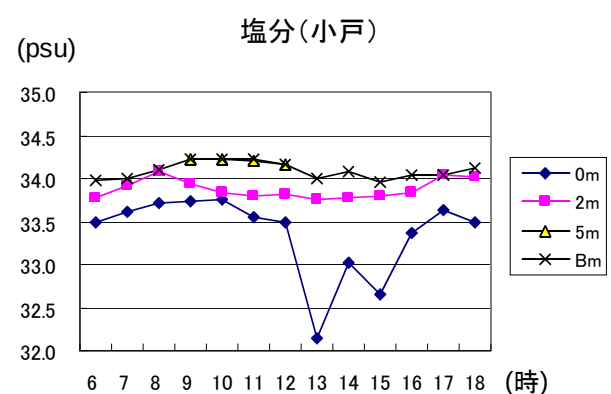
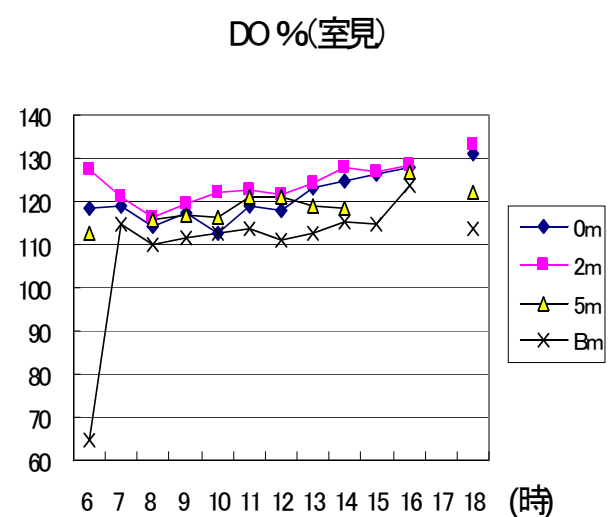
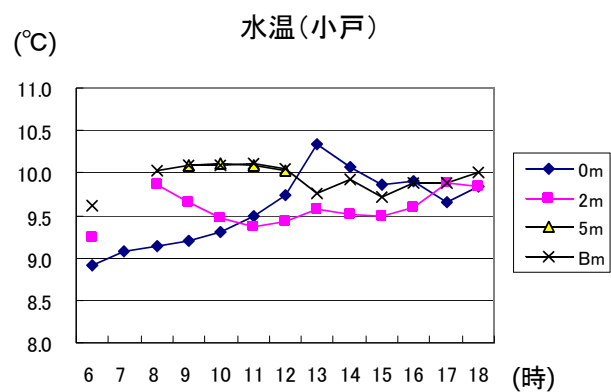
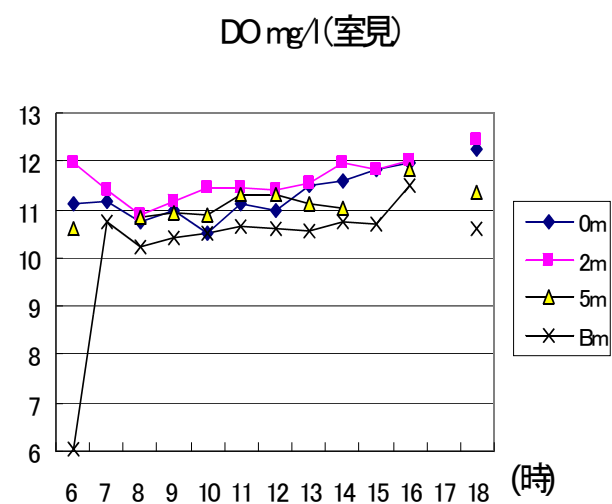


図 18 - 2 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 22 日)

図 18 - 3 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 22 日)

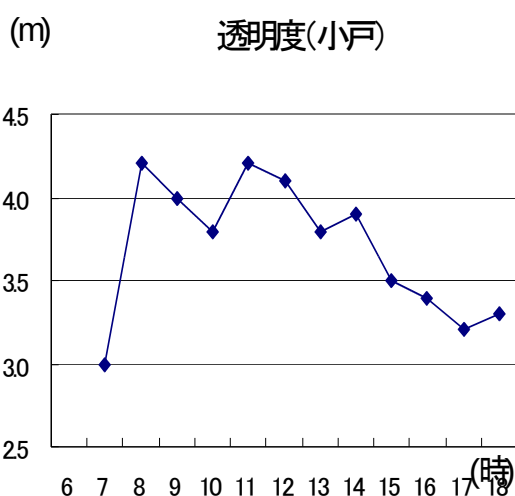
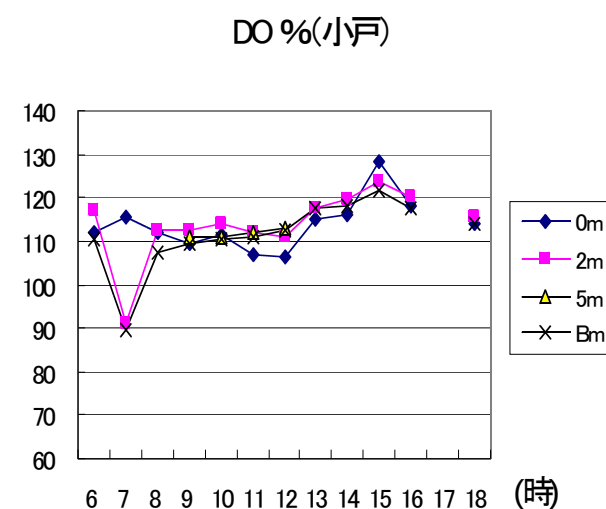
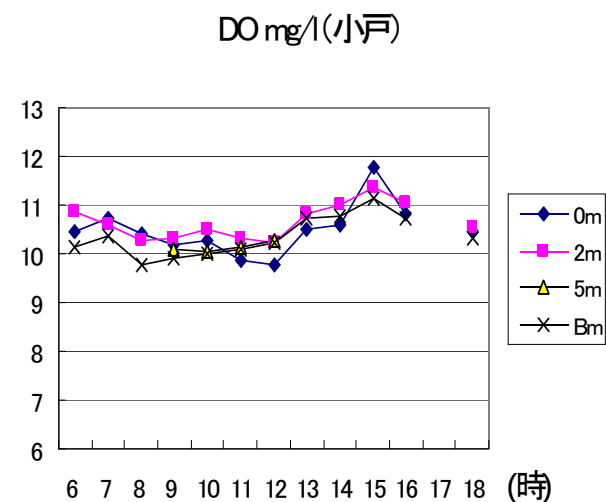


図 18 - 4 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 22 日)

## (2) ワカメ養殖場 (志賀島, 弘) (図19, 20)

平成 20 年 2 月 21 日に行った調査では、無機態窒素は志賀島、弘ともに表層 = 2 m 層 > 底層の順で低かった。鉛直混合が進み、無機態窒素は  $6 \sim 25 \mu \text{mol/l}$  の範囲にあり、各層間の差は小さかった。また、その経時変化も志賀島と弘ではほぼ同じ傾向を示し、午前から午後にかけて増加した。これは満潮の 10 時過ぎから潮流が北向きになり、この時期の高濃度の無機態窒素、低濃度の無機態リンを含む湾中央からの海水がワカメ養殖場に流入したためで、無機態窒素は上昇し、無機態リンは減少した。その結果、無機態窒素は 10 時過ぎから増加し、干潮の 16 時頃からは減少に転じた。無機態窒素のうち硝酸態窒素が大部分を占めており、下水処理場の放流水の影響は認められなかった。志賀島、弘の養殖場では無機態窒素がワカメの生育に必要な  $2 \mu \text{mol/l}$  を十分超えていた。

無機態リンは志賀島では調査した 2 月 21 日の 6 時から 18 時まででは、底層の 15 時を除けばオートアナライザーの検出限界値 ( $0.02 \mu \text{mol/l}$ ) 以下の値となり、全層でリンがほとんどなくなった状態であった。湾外からのリンの流入が十分行われていないためと思われる。弘では表層 > 2 m 層 > 底層の順で低くなっており、鉛直混合のため差は小さかった。午前中は外海水の北からの流入により無機態リンが最高  $0.07 \mu \text{mol/l}$  程度存在したが、午後は検出限界値に満たず、無機態リンがほとんどない状況であった。ワカメ養殖場では育成に必要とされる  $0.2 \mu \text{mol/l}$  を大きく下回っていた。

水温は  $8 \sim 12^\circ \text{C}$  で推移し、底層で高かった。弘では日中表層、2 m 層、5 m 層で水温が  $2 \sim 3^\circ \text{C}$ 、塩分が  $0.5 \sim 1 \text{ psu}$  低下し、潮汐流による湾中央水の流入が認められた。志賀島でも午後に表層、2 m 層、5 m 層の塩分がやや上昇したが、水温の低下はみられなかった。

クロロフィルは 5 m 層 > 底層 > 2 m 層 > 表層の順で小さかったが、全層で午後に増加した。湾中央海域から植物プランクトンが流入した結果、クロロフィルの値が増加した可能性が高い。濁度は志賀島で底質の粒度組成が細かいため、底層で最も高かった。弘では午後に濁度が高い湾中央域から海水が流入したため、濁度が上昇した。酸素濃度は  $9 \sim 12 \text{ mg/l}$ 、 $100 \sim 135 \%$  であった。いずれも午後に植物プランクトンの光合成により濃度が上昇し過飽和状態になった。透明度は  $2.5 \sim 10 \text{ m}$  であった。午後に湾中央域からの濁度の高い海水の流入で  $2.5 \sim 4 \text{ m}$  に減少した。

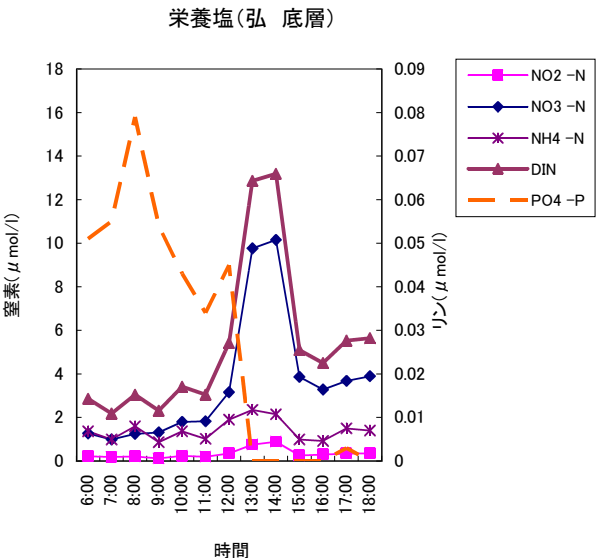
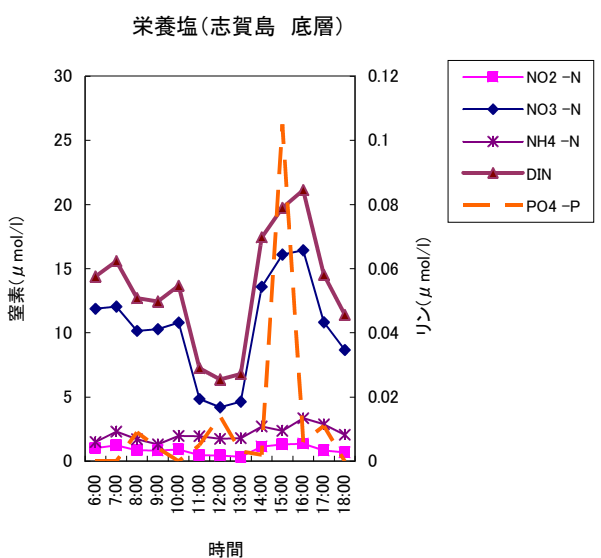
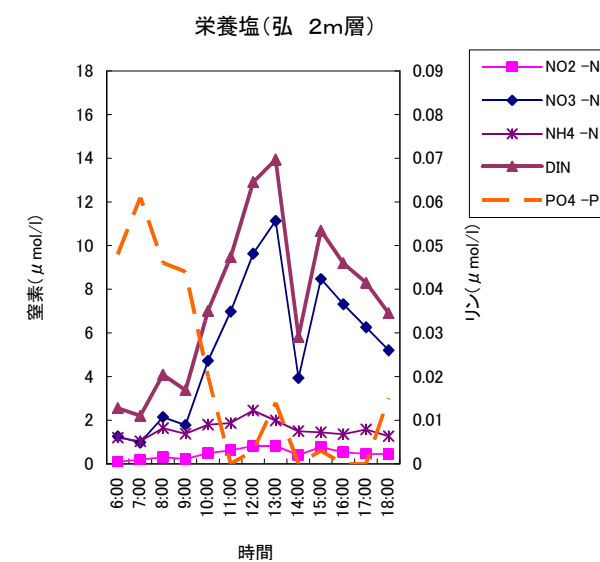
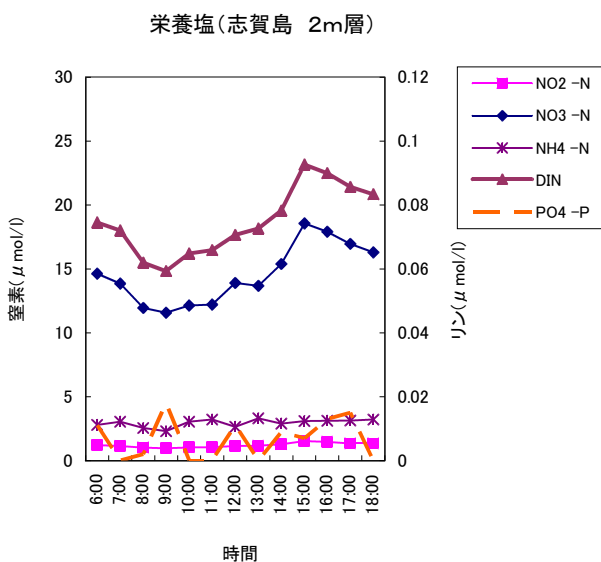
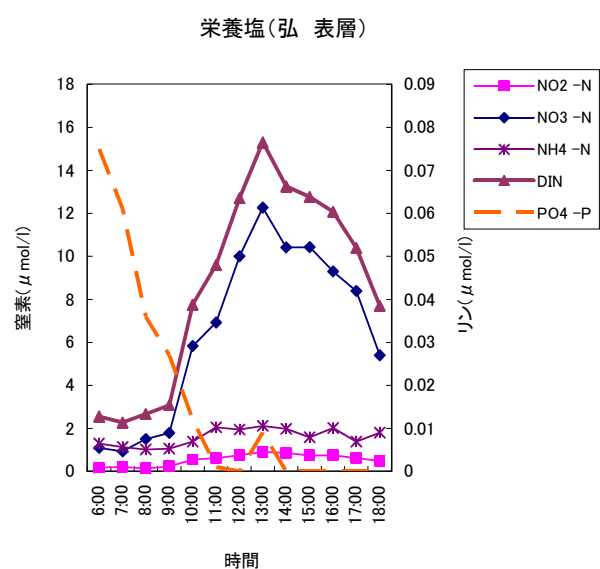
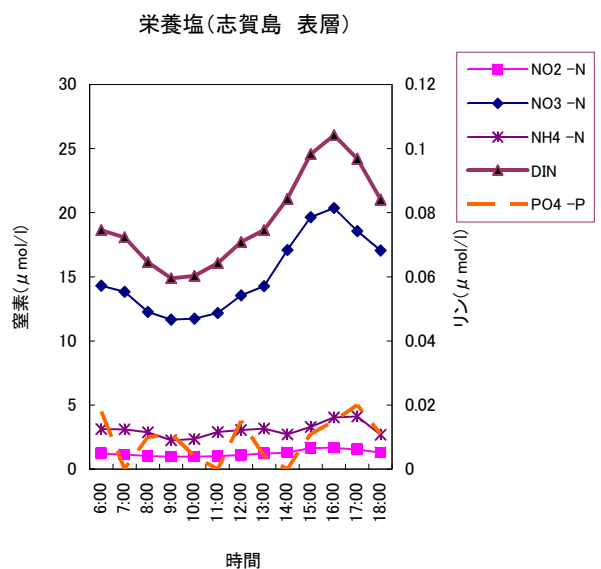


図 19 - 1 第 4 回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成 20 年 2 月 21 日)

図 19 - 2 第 4 回水質連続調査 栄養塩の推移 (平成 20 年 2 月 21 日)

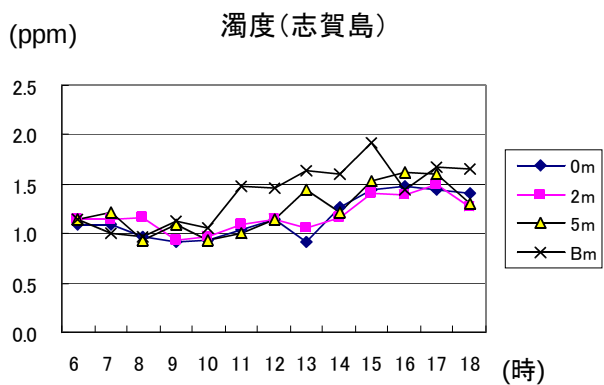
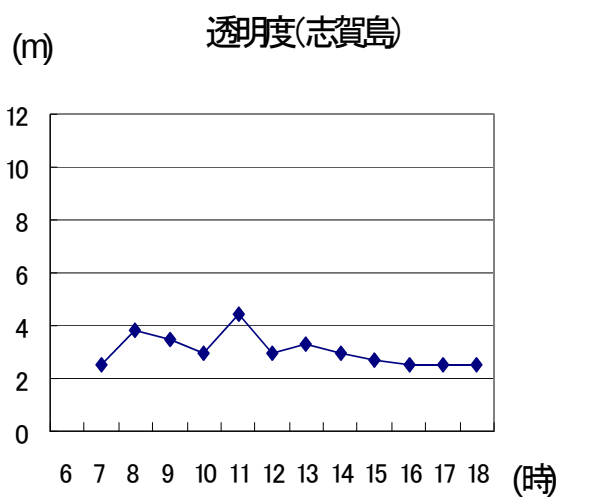
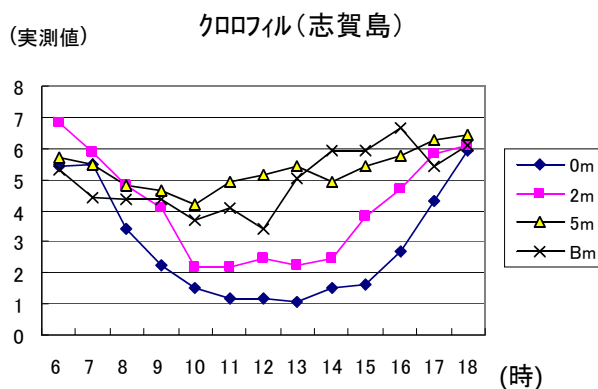
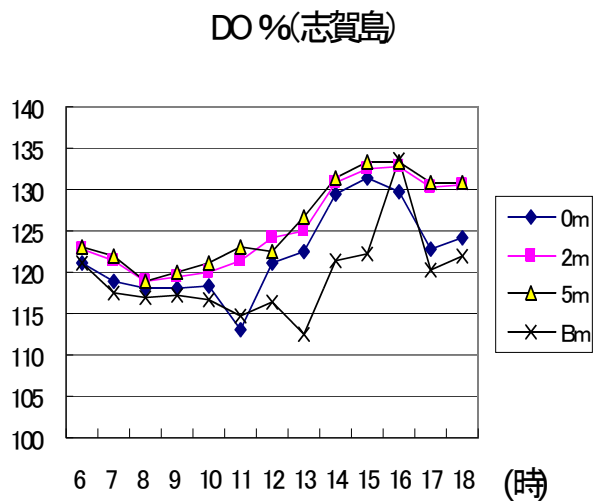
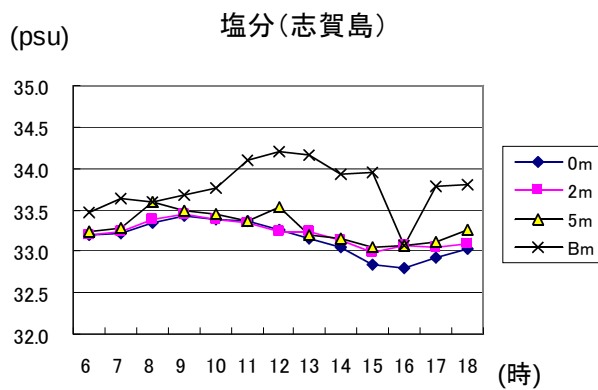
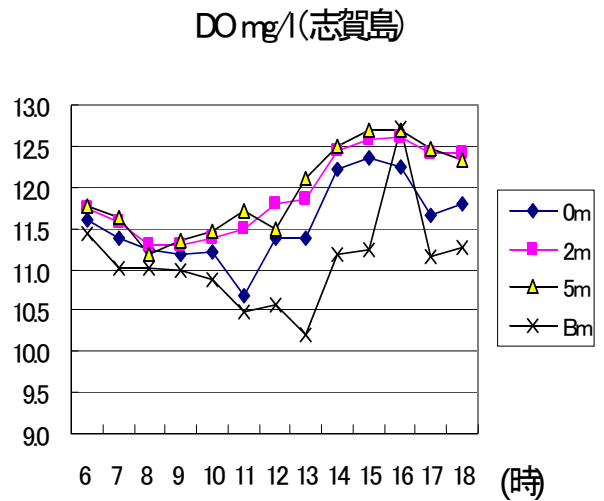
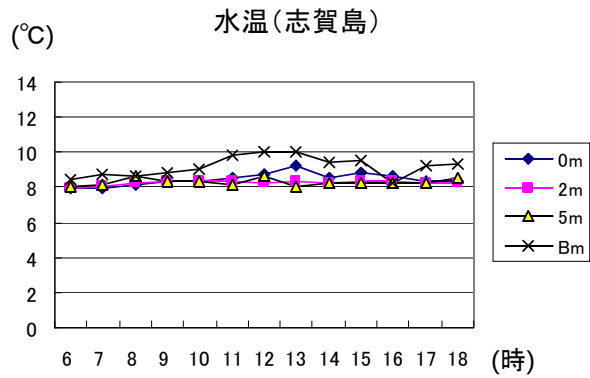


図 20 - 1 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 21 日)

図 20 - 2 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 21 日)

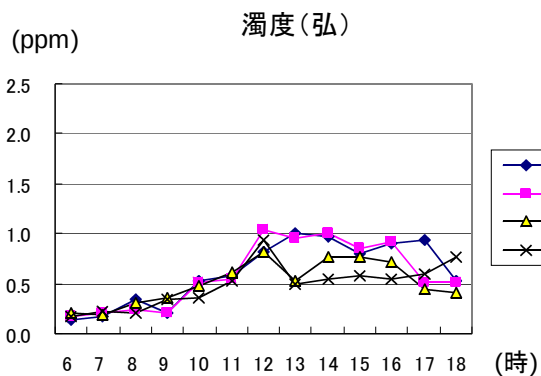
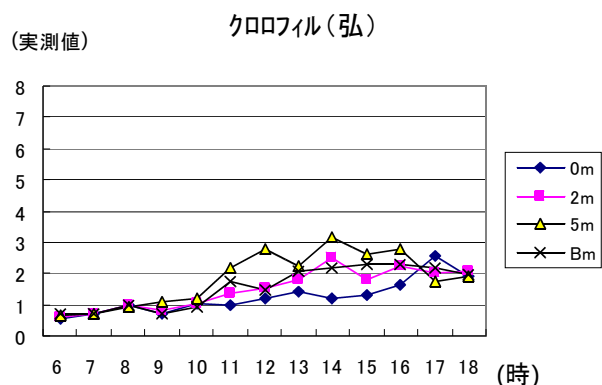
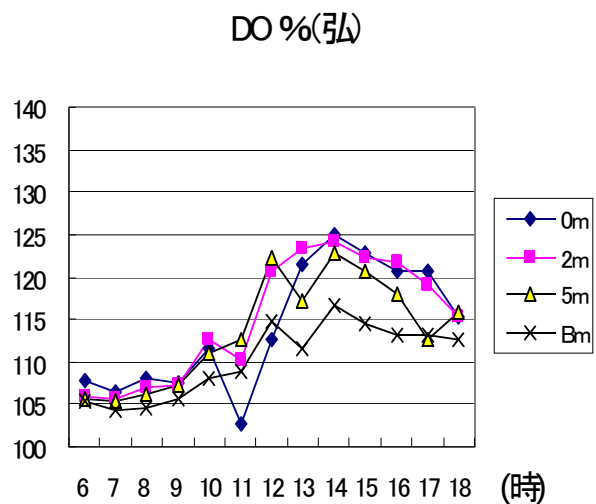
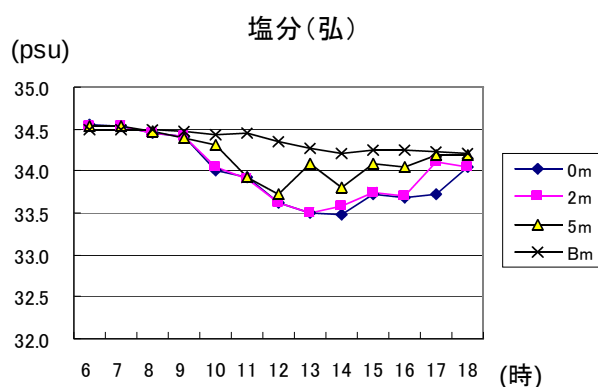
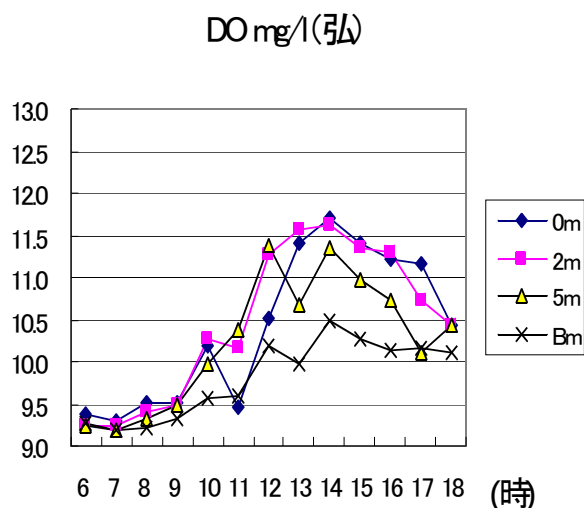
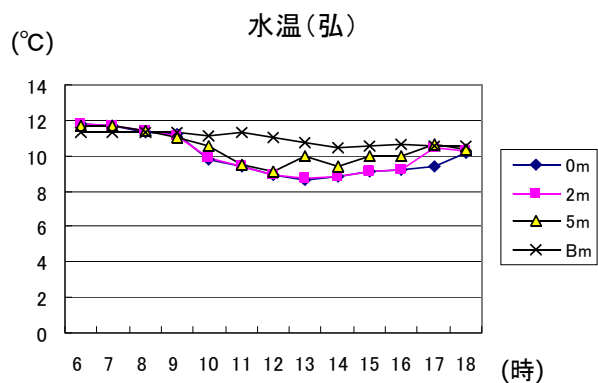


図 20 - 3 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 21 日)

図 20 - 4 第 4 回水質連続調査 水質の推移 (平成 20 年 2 月 21 日)

## 7. 流況調査

### (1) ノリ養殖場 (図21～24)

室見では平均流速 7 月 :  $7.1 \pm 4.2\text{cm/s}$ , 10 月 :  $6.1 \pm 2.8\text{cm/s}$ , 12 月 :  $10.3 \pm 3.9\text{cm/s}$ , 2 月 :  $7.7 \pm 3.4 \text{ cm/s}$  で最高流速は 12 月 :  $21.2\text{cm/s}$  で SSE (121.3) 方向であった。7 月は下げ潮時に比較的是っきりした NW 方向の流れ, 上げ潮時には東西方向に弱い流れがみられたが, 明確な流向の傾向はみられなかった。10 月は 7 月と同様の流向の傾向がみられたが, さらに流速も小さく流向も明確でなかった。12 月は下げ潮時は流向がより NWW に変化し, 上げ潮時には SE, SW の流向が見られた。2 月は上げ潮下げ潮時ともに N ~ NE に弱い流向がみられたが明確な流れの傾向が見られなかった。これはノリ養殖場の形成が影響を与えていると考えられる。

小戸では平均流速 7 月 :  $11.0 \pm 5.7\text{cm/s}$ , 10 月 :  $9.4 \pm 2.7\text{cm/s}$ , 12 月 :  $6.6 \pm 4.5\text{cm/s}$ , 2 月 :  $10.3 \pm 5.3\text{cm/s}$  で最高流速は 7 月 :  $22.5\text{cm/s}$  で NNE (42) 方向であった。7 月は上げ潮時に N から NE の流向がみられ下げ潮時に SW の流向で, 干潮の少し前から N ~ NE の流向に変化した。10 月は上げ潮時, 下げ潮路ともに NE から NW の弱い流れが続き潮汐による流向の明確な変化は見られなかった。12 月は上げ潮時には E 方向, 下げ潮時には, 最初は W 方向, しばらくすると干潮時に向けて E 方向に弱い流れが見られた。2 月も同様に流向が変化し, 上げ潮にむけて E 方向, 下げ潮時には最初 W 方向, 干潮にむけて弱い E 方向の流れがみられた。

### (2) ワカメ養殖場 (図 25 ~ 28)

弘では平均流速 7 月 :  $15.7 \pm 9.7\text{cm/s}$ , 10 月 :  $24.0 \pm 11.7\text{cm/s}$ , 12 月 :  $14.1 \pm 8.4\text{cm/s}$ , 2 月 :  $12.9 \pm 6.4\text{cm/s}$  で最高流速は 10 月に  $52.3\text{cm/s}$  で NNW (347.4) であった。漁場では, 下げ潮時に NNW, 上げ潮時に SSE の流れが卓越しており調査期間を通じて潮汐流を主とした南北方向の流れがみられた。

志賀島では平均流速 7 月 :  $11.8 \pm 6.2 \text{ cm/s}$ , 10 月 :  $14.2 \pm 9.5\text{cm/s}$ , 12 月 :  $14.0 \pm 7.4 \text{ cm/s}$ , 2 月 :  $10.7 \pm 6.6 \text{ cm/s}$  で, 最高流速は 10 月に  $33.9\text{cm/s}$  で NW (318.4) であった。7 月, 10 月は下げ潮時に NW の流れが卓越しており弘漁場とほぼ同時に同じ傾向の流れがみられた。上げ潮時には SE の比較的弱い流れがみられ, 弘が明確な S 向きの流れを示すのに対して流向は明確でなく流速も遅かった。12 月は下げ潮時に NW 方向の流れがみられたが, 2 月は流向が安定せず N から E の流向が混じって見られた。上げ潮時に 12 月は弱い SE 方向の流れがみられたが, 2 月は, 明確な流れの変化が見られず S から E 方向

に弱い流れが見られた。弘に比較して下げ潮時には北流が W 方向にずれる傾向があり, また上げ潮時の南流が E 方向にずれ, 流速も弱く, 流れの傾向も明確に見られなかった。2 月の流向が明確にならなかったのは, ワカメの漁期に入り漁場に成長したワカメが張られているため, 影響を受けたことも一因と考えられる。

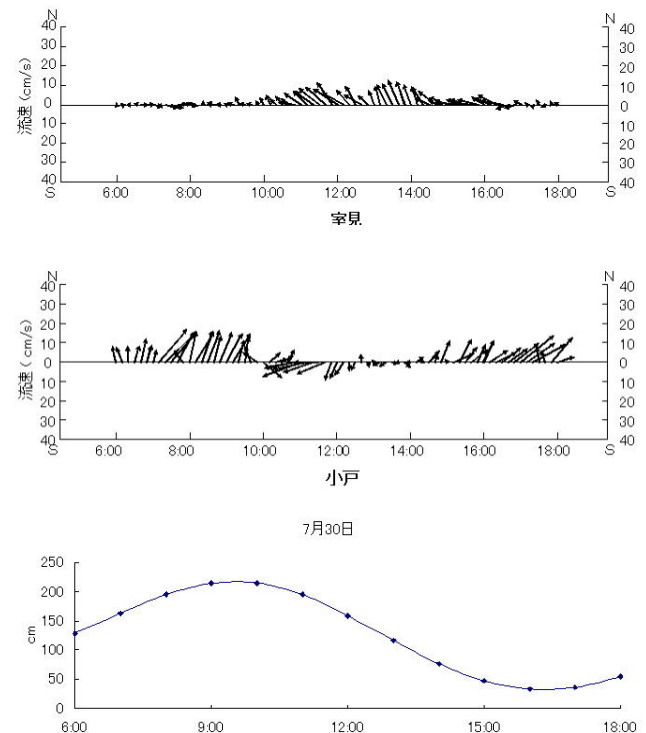


図 21 ノリ養殖場の流況 (7 月)

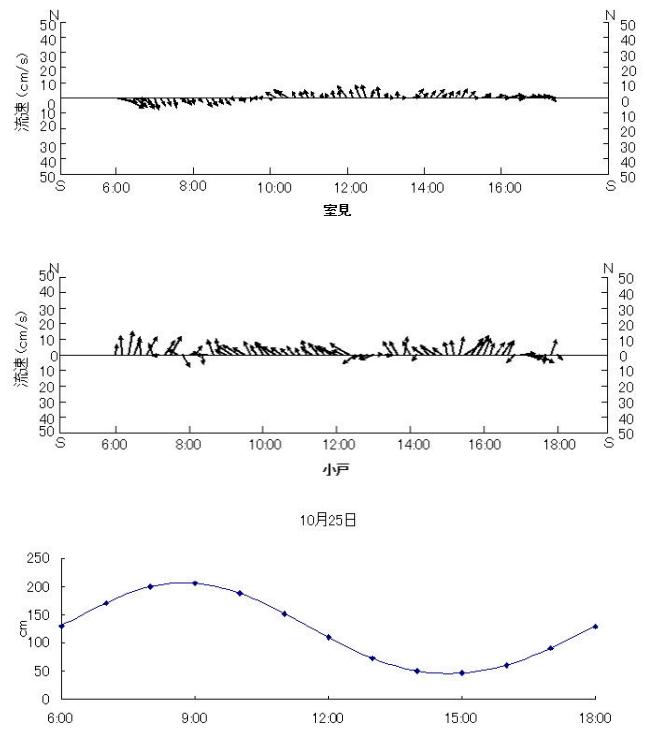


図 22 ノリ養殖場の流況 (10 月)

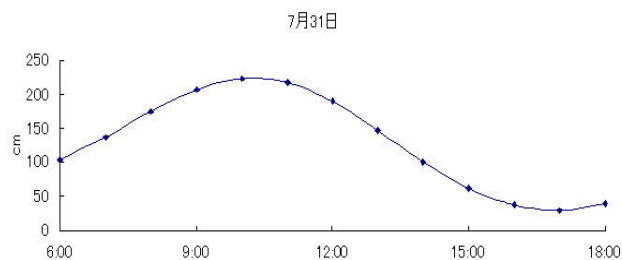
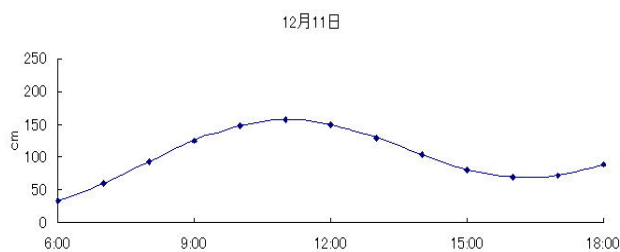
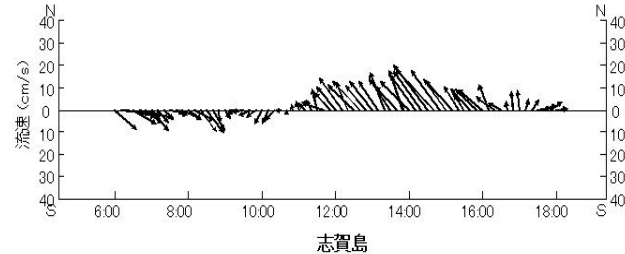
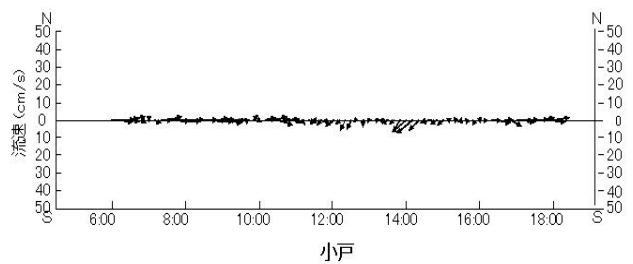
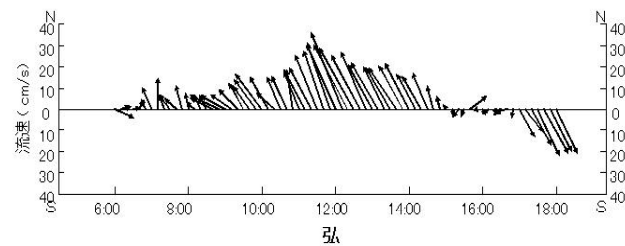
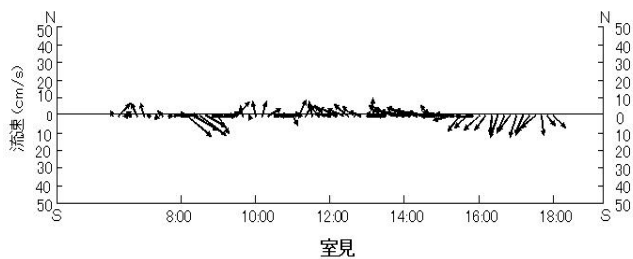


図 23 ノリ養殖場の流況 (12 月)

図 25 ワカメ養殖場の流況 (7 月)

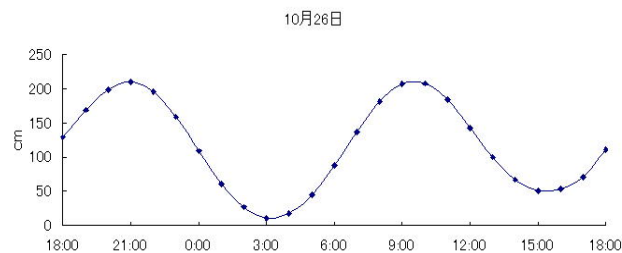
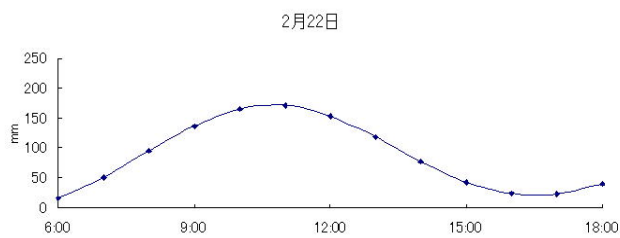
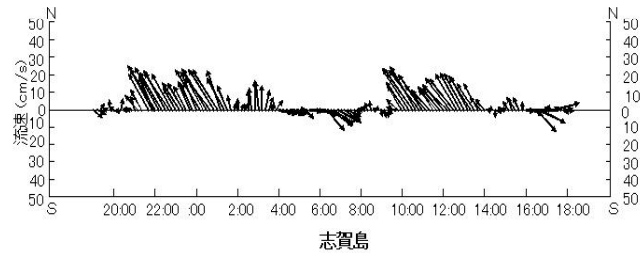
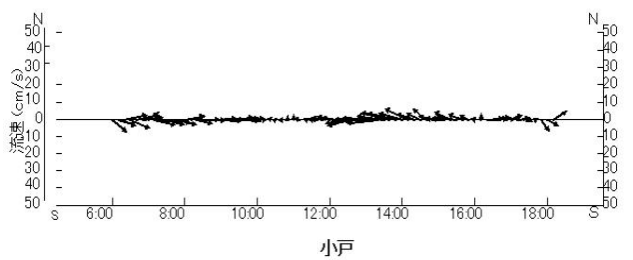
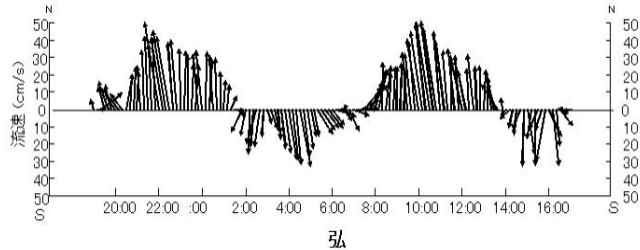
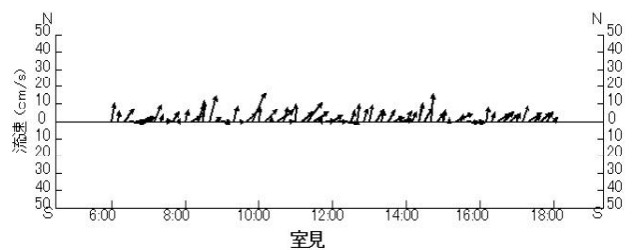


図 24 ノリ養殖場の流況 (2 月)

図 26 カメ養殖場の流況 (10 月)



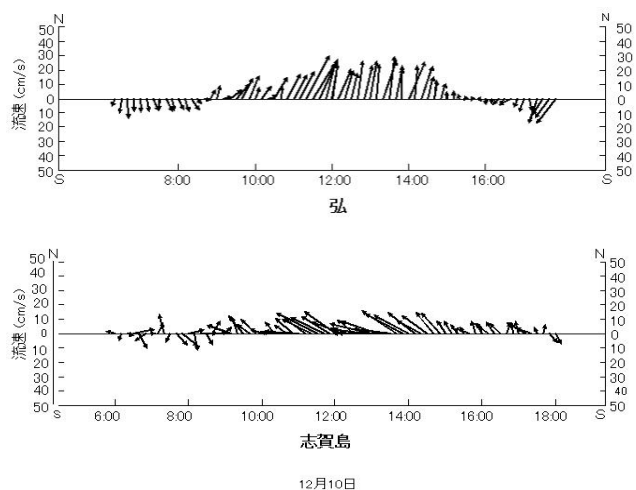


図 27 ワカメ養殖場の流況（12月）

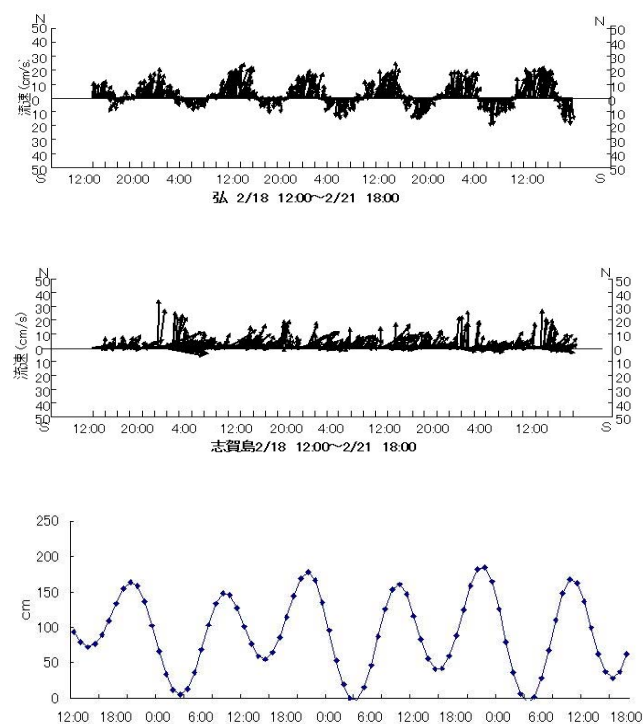


図 28 ワカメ養殖場の流況（2月）

## 8. 底質調査

底層のDO（溶存酸素濃度）は7，9月については湾口＞湾中央＞湾奥の順で湾口で高かったが，2月には表層水の冷却による垂直混合や時化により3海域で差はなかった（図 29）。COD（化学的酸素要求量）は7月には湾奥＞湾中央＞湾口の順で湾奥で高かったが，9，2月には湾奥＝湾中央＞湾口となり，湾奥と湾中央で差が小さくなった。泥分率は湾中央＞湾奥＞湾口の順となり

湾中央で高かった。強熱減量は7月は湾中央＞湾奥＞湾口，9，2月は湾口＞湾中央＞湾奥の順であり，7月は湾中央で高かったが，9，2月は湾口で高く汚染が進んでいることがわかった。中央粒径値（MD φ）は湾中央＞湾奥＞湾口の順で湾中央で高く，底質の粒度が小さくなっていた。全硫化物量は湾奥＞湾中央での順（湾口は検出限界値以下）で，7月には湾奥で生物の生存限界の目安である0.2mg/gdry（水産用水基準）を超えていた。底層の酸素濃度は湾口で高く，泥分率，中央粒径値は湾中央で高く，またCOD，全硫化物量は湾奥で高かった。強熱減量は7月は湾中央，9，2月は湾口で高かった。この結果から，湾奥で最も有機汚染が進んでおり，湾中央は湾奥ほど汚染されていないが，粒子の細かい浮泥が他水域よりも広く堆積していると思われる。また，湾口では強熱減量が高く，他海域ほどではないが有機汚染が進んでいることがわかった。夏期は海底での底酸素化が進み，その結果底質中の有機物が細菌によって分解されるため海底から栄養塩の溶出が起こる<sup>3)</sup>。今回の年4回の養殖漁場における水質調査時には特に夏期に志賀島など湾中央の底層で栄養塩濃度が高かったが，これは底質からの栄養塩の溶出が一因と考えられた。

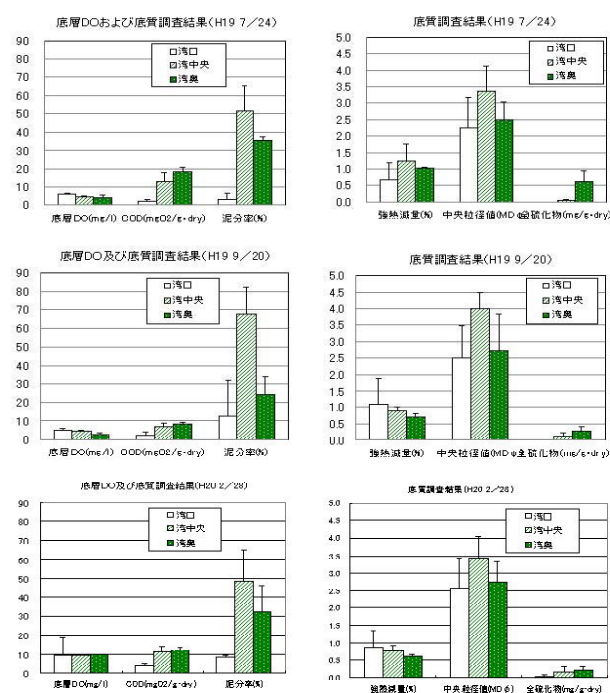


図 29 博多湾の底質調査結果（平均値及び誤差範囲）

## 考 察

博多湾内の養殖場における栄養塩濃度は，基本的には季節変動がある中で，下水処理場からの放流水や潮汐流



の影響を受ける。これまでの実施してきた湾内の定期調査によると、無機態窒素、リンは7月には植物プランクトンの増殖で利用されてともに低水準であり、10月から12月までは上昇して高くなる。しかし、1月以降減少して特に無機態のリンは湾中央部では検出限界値(0.02  $\mu$  mol/l)以下となってほとんどない状態となる<sup>4)</sup>。このことは、今回実施したノリ、ワカメ養殖定期調査の結果とも一致している。

室見、小戸の養殖場は近くに下水処理場があり、そこからの放流水の影響を強く受ける。小戸では特に表層で無機態窒素の数値が高く、10月、12月、2月には120～140  $\mu$  mol/lに達することがあったが、ほぼすべてがアンモニア態窒素であった。また、室見、小戸では弘、志賀島に比べ潮汐流が弱いため、その影響は小さかった。リンについても潮汐流とは別に濃度が急激に増減することがあり、潮汐流よりも下水処理水の影響が大きいと思われた。ノリの生育に必要なノリ養殖場の無機態窒素、無機態リンの濃度の目安をそれぞれ7、0.4  $\mu$  mol/l程度としている。窒素については7月にはこの基準を満たさず10月以降で目安の値を上回ったが、リンについては7月以降では12～1月にこの値前後に増加したが、十分な濃度に達していなかった。また、2月になると減少してしまい、上回ることはなかった。

弘、志賀島のワカメ養殖場では7～12月については潮汐流により、低温、高塩分、低栄養塩の湾外水と高温、低塩分、高栄養塩の湾中央水とが潮汐流によって交互に流入していた。そのため、湾外水が流入する上げ潮時に低栄養になり、10時頃の満潮を境に湾中央水が流入する下げ潮時には高栄養になる。更に干潮の16時頃には再び上げ潮になってほぼ6時間おきに変化する。なお、7月については湾口と湾中央で栄養塩が減少し差が小さくなるために潮汐流の流入による一定の傾向が見えにくくなっていた。そうした潮汐による栄養塩の大きな変動がある中で、ワカメの生育に必要なワカメ養殖場の無機態窒素、無機態リン濃度の目安をそれぞれ2、0.2  $\mu$  mol/lとしている。志賀島の表層、2m層で7月にはこの値を満たしておらず、養殖が始まる10月末になって窒素はこの値を超えたがリンは目安の値以下であった。弘についても7月から窒素は目安の値を超えたが、10月になってもリンは超えることはなく、12月になって両養殖場でほぼこの目安の値を満たすようになった。しかし、2月末には湾中央域で無機態リンがほとんどなくなるために、湾中央の海水が流入する下げ潮時にワカメ養殖場が低リンあるいは無リン状態になった。

栄養塩濃度は基本的には季節的に大きく変動するが、潮汐流や下水処理水の放流などによる経時的な変動も大きく、モニタリングにより養殖場の平均的な栄養塩濃度を把握することは非常に難しい。こうした中で、本センターの有明海研究所が有明海で行うノリ養殖のための無機態窒素のモニタリングでは、満潮時に外海水の流入により最低水準に下がった値を測定し、養殖指導に活用している。博多湾内でも、窒素はほぼ十分にあるため不足がちな無機態リンを中心にしてモニタリングを行うとすれば、湾口の弘、志賀島のワカメ養殖場では10～12月には満潮時刻前の上げ潮時に、流入する低栄養の外海の海水を対象とし、1～2月の養殖最盛期には満潮時刻以降の下げ潮時に湾中央からの流入する低リンの海水を対象として、表層より低濃度になりやすいワカメの養殖水深1～2m層で採水し測定すれば、無機態リンの濃度がその時期の現状の最低レベルの濃度であることから、その数値を養殖指導に活用できると考えられる。また、湾中央の室見、小戸でも表層に濃いアンモニア態窒素や無機態リンが放流されるため、採水を表層を避けてノリの生育水深1～2m層で行えば、その影響を受けずにモニタリングを行うことができる。併せて、下水処理水が放流されると2m層まで栄養塩濃度が上昇することもあるので、影響のない午前中早い時間帯の採水が望ましい。いずれにしても養殖水深の1～2m層で採水すること、ワカメ養殖場については、10～12月は午前10時頃の満潮前の上げ潮時に採水し、1～3月は満潮以降の下げ潮時に採水することで、栄養塩の最低レベルをモニタリングすることができ、その結果を養殖管理に活用することができる。モニタリングについては、調査点数や回数を増やすだけでなく、こうした栄養塩の変動要因を明らかにして、効率の良い手法を検討する必要がある。併せて、養殖指導上重要な値である博多湾での養殖ワカメ、ノリの栄養塩の最低必要濃度について、現在の値が適当かどうかを水槽実験や野外での測定を実施しながら検討していく必要がある。

#### 参考文献

- 1)藻類養殖情報 大阪府環境農林水産総合研究所 水産技術センター 平成19年12月
- 2)海域藻類養殖漁場環境調査 徳島県水産試験場 平成8年度水産試験場事業報告
- 3)石丸隆・松村剛 東京湾に存在する太平洋起源のリン・窒素 沿岸海洋研究 第43巻第2号 2005.10
- 4)内田秀和・江崎恭志 赤潮調査 平成19年度福岡県水産海洋技術センター事業報告書

# アカモクの利用技術開発

片山 幸恵・篠原 直哉・秋本 恒基

これまで福岡県産アカモクについては加工に適した時期の特定や原藻の成長及び成熟度から再生産も視野にいれた摘採方法の検討を行ってきた。しかし、成熟時期が限られており、短期間に加工を終了させねばならないという問題や、時化が長く続くと人手はあるものの加工原料が手に入らず加工数量が伸びないという問題もあった。今回、加工原料の確保という観点から短期及び長期の保存方法について検討したので報告する。

## 方 法

### 1. 短期保存試験

供試サンプルは平成 20 年 1 月 25 日の糸島郡二丈町福吉地先で採取したものを用いた。試験区は①水道水で水洗い後で 5℃冷蔵区②そのまま 5℃冷蔵区③海水流水区の 3 区を設定した。流水区についてはアカモクは浮く性質があるため、かごに入れ完全に水中に沈ませた。保存期間は 4 日間とし、1 日毎にアカモクを約 30 秒間 80℃の 1/3 希釈海水で湯通しを行った後、ミートチョッパーで裁断して加工品とした。なお、結果の判定は表 1 の試験項目により行った。色はミノルタ社製の色彩色差計 (CM-508d) を用いて L\*a\*b\*表色系により判定した。

### 2. 長期保存試験

供試サンプルは平成 20 年 1 月 25 日の糸島郡志摩町野北地先で採取したものを用いた。サンプルはすべて採取後に水道水で水洗いを行いエビ、ゴミ等の異物を除いた。試験区は①ビニール袋に入れ 5℃冷蔵区②ビニール袋に入れ -30℃冷凍区③真空包装後 -30℃冷凍区④冷風乾燥 (15℃, 1 時間) 後ビニール袋に入れ -30℃で冷凍区の 4 区を設定した。また、対照区として採取日に加工・製品にしたサンプルを -30℃で冷凍保存し、1 ヶ月後に併せて測定した。加工方法は短期保存試験と同じ方法で行った。

## 結果及び考察

### 1. 短期保存試験

結果を表 1、図 1 及び 2 に示す。2 日目まではどの区においても加工品の製造は可能であると考えられるが、3 日目以降については①区において原藻時から海藻の腐敗臭が発生し、加工後も腐敗臭が残ってしまった。a\*値でみるとこの区のみ 3 日目以降赤色が強くなり、L\*値も増すことから暗褐色方向に色が変わることが確認された。事前に水洗いをするると劣化が早く 2 日以内に加工する必要があることがわかった。

②区では 4 日目までには原藻時には海藻臭がでてきたが、製品にしても不快な海藻臭ではなかったため十分製品として製造可能であると考えられる。a\*値, L\*値か

表 1 短期保存試験保存期間別結果

|     |        | 1 日目          |                |            | 2 日目          |                |            | 3 日目          |                |            | 4 日目          |                |            |
|-----|--------|---------------|----------------|------------|---------------|----------------|------------|---------------|----------------|------------|---------------|----------------|------------|
| 試験区 |        | 水洗+冷蔵<br>(①区) | そのまま冷蔵<br>(②区) | 流水<br>(③区) | 水洗+冷蔵<br>(①区) | そのまま冷蔵<br>(②区) | 流水<br>(③区) | 水洗+冷蔵<br>(①区) | そのまま冷蔵<br>(②区) | 流水<br>(③区) | 水洗+冷蔵<br>(①区) | そのまま冷蔵<br>(②区) | 流水<br>(③区) |
| 原藻時 | 色      | 青みがかった緑       | 明るい茶           | 明るい茶       | 青みがかった緑       | 明るい茶           | 明るい茶       | 青みがかった緑       | 明るい茶           | 明るい茶       | 青みがかった緑       | 明るい茶           | 明るい茶       |
|     | におい    | ほとんどなし        |                |            | 海藻臭あり         | やや海藻臭あり        | ほとんどなし     | 生臭さあり         | 海藻臭あり          | ほとんどなし     | 強い生臭さ         | 海藻臭あり          | ほとんどなし     |
|     | 粘り     | 多い            | なし             | なし         | 多い            | 少しあり           | 少しあり       | 多い            | 少しあり           | 少しあり       | 多い            | 少しあり           | 少しあり       |
|     | 葉の溶け具合 | なし            |                |            | なし            |                |            | 生殖器床が膨張       | なし             | なし         | 生殖器床が膨張       | なし             | なし         |
| 製品時 | 製品のにおい | なし            |                |            | 海藻臭あり         | やや海藻臭あり        | ほとんどなし     | 強い海藻臭あり       | やや海藻臭あり        | ほとんどなし     | 強い海藻臭あり       | やや海藻臭あり        | ほとんどなし     |

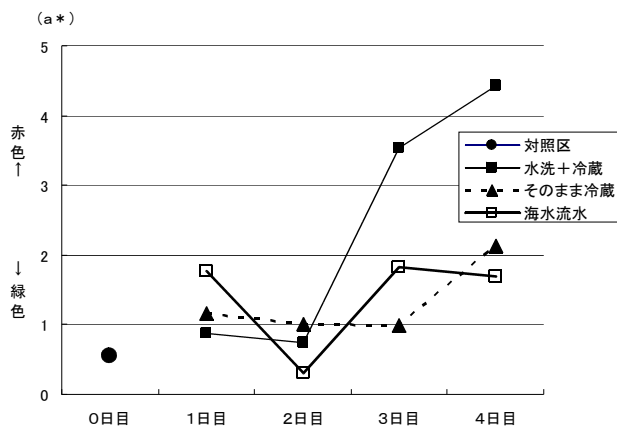


図1 短期保存試験保存期間別加工品 a\*値色調変化

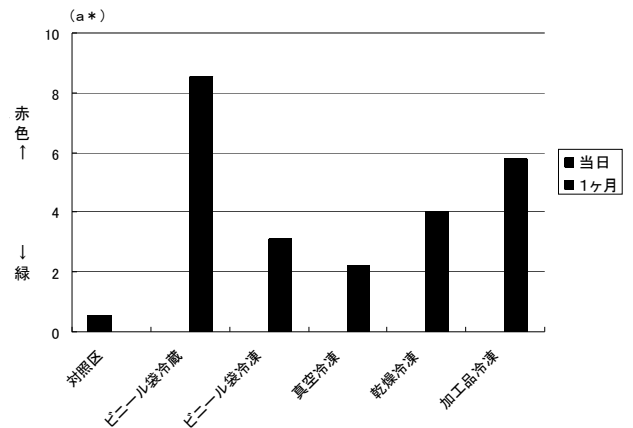


図3 長期保存試験保存期間別加工品 a\*値色調変化

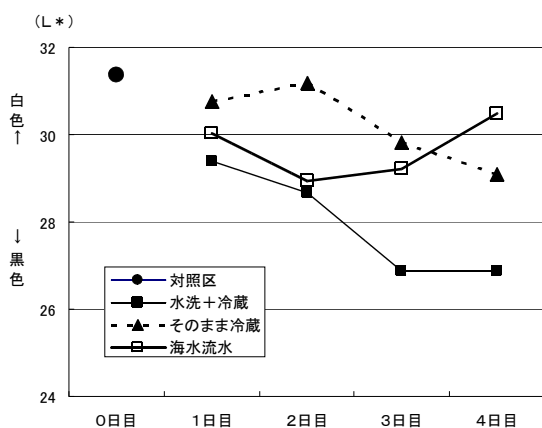


図2 短期保存試験保存期間別加工品 L\*値色調変化

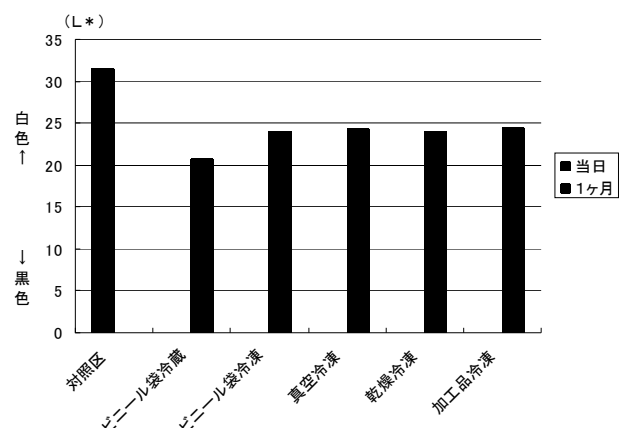


図4 長期保存試験保存期間別加工品 L\*値色調変化

表2 長期保存試験保存方法別結果

| 試験区 |        | ビニール冷蔵 (①区)  | ビニール冷凍 (②区) | 真空冷蔵 (③区) | 乾燥冷蔵 (④区) |
|-----|--------|--------------|-------------|-----------|-----------|
| 原藻時 | 色      | 黒            | 暗い黄緑        | 暗い黄緑      | 暗い黄緑      |
|     | におい    | どぶくさい        | 海藻臭         | 海藻臭       | ひじき様の海藻臭  |
|     | 粘り     | あり           | なし          | なし        | なし        |
|     | 葉の溶け具合 | 溶けて茎のみ       | やわらかくなっている  | しっかりしている  | 縮れている     |
| 製品時 | 色      | 黒い           | 緑           | 鮮やかな緑     | 緑         |
|     | におい    | 海藻臭          | 海藻臭         | 海藻臭       | ひじき様の海藻臭  |
|     | 粘り     | 多い           | 少ない         | 少ない       | 多い        |
|     | 食感     | どろっとして歯ごたえなし | 歯ごたえあり      | 歯ごたえあり    | 歯ごたえあり    |

らみても流水区とほとんど差がみられなかった。

③区では原藻時の臭いもほとんどなく、製品にしても採取日当日に加工したものと差がみられなかった。

### 3. 長期保存試験

結果を表2、図3及び4に示す。①区の冷蔵区については原藻の主な可食部はほとんど溶けてしまい、茎のみ

という状態であった。また色については黒色で採取時の茶褐色は全くなく、臭いについても腐敗臭が発生していた。短期保存結果からも冷蔵区については3日間以上保存した場合には色、臭いともに異変があり、製造に向かないという結果もあり、長期間保存したことにより劣化と分解が進んだ状態であった。

①区以外の冷凍を行った区についてはどの区においても製品として利用可能であった。その中でも③区については真空包装により、酸素の量を低く抑えたため、 $a^*$ 値でみると色の変化が少なく冷凍区の中でも一番良好な結果が得られた。しかし、②区の $a^*$ 値でみると③区に次いで良好な結果であり、漁業者が長期に保存する際にも簡単に利用可能な手法であると思われる。粘りの面でみると④区の一時乾燥させた区が一番粘りが保持されていた。

採取日に加工した加工品のデータと試験区を比較すると冷凍を行うと $L^*$ 値に変化があり、冷凍により明度

が低下する傾向が伺えた。

これらの結果から、時化等に対応する短期保存方法として、原藻をそのまま冷蔵することで4日間、生け簀等の海水流水施設を持つ地域では生け簀に入れることで4日間の原藻保存が可能であり、年間加工に対応する長期保存方法として原藻を真空パック詰めで $-30^{\circ}\text{C}$ の凍結保存、真空機器がない場合においてはビニール袋にいれて $-30^{\circ}\text{C}$ で凍結保存することで原藻保存が可能である。今後、原藻の短期保存、長期保存を有効に行うことにより、漁期以外でも加工が可能となり、年間加工数量も増加することが期待される。

# 低未利用資源の有効利用法の開発

片山 幸恵・瀧口 克己

平成 19 年度の加工品開発は、茎ワカメの調味加工、テナガダコの乾燥品及び、ナルトビエイの燻製品の 3 課題について実施した。

## 方 法

### 1. 茎ワカメ

糸島地区の女性加工グループより茎ワカメの地元特産品としての加工品開発依頼があったため、加工方法の検討を行った。茎ワカメは湯通し塩蔵品を 1～2 時間水道水につけ塩抜きをしたものを加工原料とした。また、味付けについては地元の特産品となりうるよう地元農産物を利用した風味付けを考案した。また、試作品はパックした後にボイル殺菌を行った。

### 2. テナガダコ

テナガダコは漁獲で斃死した等で出荷できないものを利用した。内臓を取り除いた後、塩揉みしてぬめりをよく落として使用した。ボイル槽に水道水を 95℃に設定して 2 分間ボイルを行った。

### 3. ナルトビエイ

ナルトビエイは燻製（生調理、焼き調理）の試作を行った。エイについてはひれ部分を切り取り、加工時まで -30℃で冷凍保存しておいたものを利用した。また、エイは特有の臭みがあるため、臭みの低減と血抜きを行うため、一晩水道水につけた後加工した。加工工程は湯通しを行い皮を剥ぎ、適当な大きさに切り揃えた後、スパイスを利かせた調味液につけた。焼き調理ではこの後に一度グリルで焼きの工程を加え、その後生調理と併せて燻煙処理を行った。

## 結果及び考察

### 1. 茎ワカメ

地域の特性を活かすため地元の特産品であるシソや夏みかんを利用した試作品も含めて 7 種類を試作した。依頼のあったグループと試食を行ったところ、どれも好評であったが特にごまだれ味と明太子味がよい評価であった。試作品のレシピは当グループへ提供した。また、試作品は加工品をパックした後にボイル殺菌を行い、冷蔵保存でも日持ちがする製品となった。作業工程は簡易であるため加工施設が整っている地区であれば、初心者でも着手が可能であると思われる。

### 2. テナガダコ

テナガダコについては通常生干しが行われているが、今回はゆで干し品の試作を行った。ゆでる事により、コンパクトな製品となり、パッケージしやすくなった。また、加熱することなくそのまま食べられることで手軽さを消費者にアピールできる製品となった。今後要望のある地域へは技術移転を行いたい。

### 3. ナルトビエイ

生調理と焼き調理を比べると焼き工程を加えた製品の方が香ばしく臭いが低減されており、当センター職員で試食したところ焼き調理が好評であり珍味としての利用が十分可能であると考えられた。



図 1 ナルトビエイ燻製（焼き燻製）写真

# 加工実験施設（オープンラボ）の利用状況

片山 幸恵・瀧口 克己

漁業者，加工業者及び関係団体に対して加工品の試作試験を行うために加工実験施設の開放を実施した。

また，新規利用としてアオサ乾燥品，茎わかめ調味品，エイ調味干し等の製造やフトモズクの袋詰め作業が加わった。

## 方 法

利用者からの申請に対して施設利用を許可した。作業中は職員の立ち会いを原則とした。

## 結果及び考察

### 1. 利用者数および利用件数

表1に示すとおり年間508人（80件）の利用者があり，前年度より56人（17件）増加した。そのうち約8割が漁業者であり，加工業者の利用はなかった。

表1 利用者数および利用件数の推移

| 年度  | 漁業者 |    | 加工業者 |    | 一般、その他 |    | 合 計 |    |
|-----|-----|----|------|----|--------|----|-----|----|
|     | 人数  | 件数 | 人数   | 件数 | 人数     | 件数 | 人数  | 件数 |
| H15 | 135 | 20 | 12   | 7  | 96     | 6  | 243 | 33 |
| H16 | 281 | 34 | 9    | 4  | 63     | 5  | 353 | 43 |
| H17 | 265 | 30 | 7    | 3  | 82     | 3  | 354 | 36 |
| H18 | 373 | 56 | 4    | 4  | 75     | 3  | 452 | 63 |
| H19 | 392 | 62 | 0    | 0  | 116    | 18 | 508 | 80 |

表2 平成19年度水産加工実験棟月別利用者数

| 利用者  | 4月 | 5月  | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 合計  |
|------|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 漁業者  | 57 | 87  | 3  | 19 | 14 | 0  | 6   | 0   | 15  | 47 | 80 | 60 | 388 |
| 加工業者 | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   |
| その他  | 0  | 13  | 19 | 66 | 6  | 8  | 0   | 8   | 0   | 0  | 0  | 0  | 120 |
| 小計   | 57 | 100 | 22 | 85 | 20 | 8  | 6   | 8   | 15  | 47 | 80 | 60 | 508 |
| 件数   | 6  | 14  | 8  | 5  | 4  | 1  | 3   | 4   | 8   | 7  | 11 | 9  | 80  |

### 2. 月別利用者数

表2に示すとおり毎月利用者がみられ，最も利用者が多かったのは5月の100人であった。また，漁業者は冬期を中心として利用しており，夏期は小・中学生の職場体験が主な利用であった。

### 3. 利用目的

表3に示すとおり利用目的として多かったのは乾燥の46件であり加熱加工が17件，薫製の加工が12件であった。練製品は小・中学生を対象とした体験実習によるものであった。

表3 主な利用目的

| 年度  | (単位:件) |    |     |      |     | 合計 |
|-----|--------|----|-----|------|-----|----|
|     | くんせい   | 乾燥 | 練製品 | 加熱加工 | その他 |    |
| H15 | 13     | 6  | 6   | 8    |     | 33 |
| H16 | 17     | 8  | 7   | 11   |     | 43 |
| H17 | 6      | 3  | 5   | 22   |     | 36 |
| H18 | 12     | 31 | 2   | 18   |     | 63 |
| H19 | 12     | 46 | 1   | 17   | 4   | 80 |

## 平成19年度水産加工実験棟利用状況

| No  | 月 日   | 利 用 者       | 利用者数 | 利 用 目 的 |
|-----|-------|-------------|------|---------|
| 1   | 4/3   | 糸島漁協福吉支所    | 10   | カキ乾燥品   |
| 2   | 4/4   | 糸島漁協福吉支所    | 10   | カキ乾燥品   |
| 3   | 4/10  | 福岡市漁協西浦支所   | 10   | フトモズク加工 |
| 4   | 4/11  | 蓑島漁協        | 13   | カキ薫製品   |
| 5   | 4/12  | 蓑島漁協        | 13   | カキ薫製品   |
| 6   | 4/13  | 蓑島漁協        | 1    | カキ薫製品   |
| 7   | 5/2   | 糸島漁協芥屋支所    | 4    | フトモズク加工 |
| 8   | 5/7   | 糸島漁協芥屋支所    | 5    | フトモズク加工 |
| 9   | 5/9   | 宗像漁協地島支所    | 3    | めかぶ加工   |
| 10  | 5/15  | 蓑島漁協        | 10   | カキ薫製品   |
| 11  | 5/16  | 蓑島漁協        | 10   | カキ薫製品   |
| 12  | 5/17  | 蓑島漁協        | 10   | カキ薫製品   |
| 13  | 5/18  | 豊前海北部漁協恒見支所 | 9    | アカモク加工  |
| 14  | 5/22  | 蓑島漁協        | 10   | カキ薫製品   |
| 15  | 5/23  | 蓑島漁協        | 10   | カキ薫製品   |
| 16  | 5/24  | 福岡市港湾局      | 2    | アオサ加工   |
| 17  | 5/25  | 豊前海北部漁協恒見支所 | 9    | アカモク加工  |
| 18  | 5/26  | 豊築漁協宇島      | 7    | アカモク加工  |
| 19  | 5/30  | 福岡市港湾局      | 6    | アオサ加工   |
| 20  | 5/31  | 福岡市港湾局      | 5    | アオサ加工   |
| 21  | 6/1   | 福岡市港湾局      | 5    | アオサ加工   |
| 22  | 6/5   | 福岡市港湾局      | 3    | アオサ加工   |
| 23  | 6/6   | 福岡市港湾局      | 1    | アオサ加工   |
| 24  | 6/11  | 福岡市港湾局      | 4    | アオサ加工   |
| 25  | 6/13  | 福岡市港湾局      | 2    | アオサ加工   |
| 26  | 6/14  | 福岡市港湾局      | 1    | アオサ加工   |
| 27  | 6/15  | 福岡市港湾局      | 3    | アオサ加工   |
| 28  | 6/25  | 糸島漁協芥屋支所    | 3    | フトモズク加工 |
| 29  | 7/2   | 福岡市港湾局      | 3    | アオサ加工   |
| 30  | 7/3   | 福岡市港湾局      | 3    | アオサ加工   |
| 31  | 7/10  | 糸島漁協福吉支所    | 9    | 茎ワカメ加工  |
| 32  | 7/12  | 糸島漁協福吉支所    | 10   | 茎ワカメ加工  |
| 33  | 7/31  | 夏休み水産教室     | 60   | かまぼこ製造  |
| 34  | 8/6   | 糸島漁協福吉支所    | 5    | ワカメ加工   |
| 35  | 8/7   | 糸島漁協福吉支所    | 9    | ワカメ加工   |
| 36  | 8/24  | 福岡市港湾局      | 3    | アオサ加工   |
| 37  | 8/24  | インターンシップ    | 3    | キス乾製品加工 |
| 38  | 9/20  | 前原西中        | 8    | あじ、えそ干物 |
| 39  | 10/17 | 豊築漁協宇島      | 2    | エイ調味干し  |
| 40  | 10/18 | 豊築漁協宇島      | 2    | エイ調味干し  |
| 41  | 10/19 | 豊築漁協宇島      | 2    | エイ調味干し  |
| 42  | 11/5  | 福岡市港湾局      | 2    | アオサ加工   |
| 43  | 11/6  | 福岡市港湾局      | 2    | アオサ加工   |
| 小 計 |       |             | 302  |         |

| No  | 月 日   | 利 用 者       | 利用者数 | 利 用 目 的 |
|-----|-------|-------------|------|---------|
| 44  | 11/7  | 福岡市港湾局      | 2    | アオサ加工   |
| 45  | 11/8  | 福岡市港湾局      | 2    | アオサ加工   |
| 46  | 12/12 | 糸島漁協野北支所    | 1    | ヒジキ乾製品  |
| 47  | 12/13 | 糸島漁協野北支所    | 1    | ヒジキ乾製品  |
| 48  | 12/14 | 糸島漁協野北支所    | 1    | ヒジキ乾製品  |
| 49  | 12/14 | 糸島漁協野北支所    | 3    | イカ燻製品   |
| 50  | 12/17 | 糸島漁協野北支所    | 2    | ヒジキ乾製品  |
| 51  | 12/18 | 糸島漁協野北支所    | 2    | ヒジキ乾製品  |
| 52  | 12/19 | 糸島漁協野北支所    | 2    | ヒジキ乾製品  |
| 53  | 12/18 | 糸島漁協野北支所    | 3    | イカ燻製品   |
| 54  | 1/11  | 豊前小底協議会     | 15   | エイ調味加工  |
| 55  | 1/12  | 豊前小底協議会     | 15   | エイ調味加工  |
| 56  | 1/16  | 糸島漁協野北支所    | 1    | ヒジキ乾製品  |
| 57  | 1/17  | 糸島漁協野北支所    | 1    | ヒジキ乾製品  |
| 58  | 1/18  | 糸島漁協野北支所    | 1    | ヒジキ乾製品  |
| 59  | 1/29  | 糸島漁協福吉支所    | 10   | カキ乾製品   |
| 60  | 1/30  | 糸島漁協福吉支所    | 4    | カキ乾製品   |
| 61  | 2/1   | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 62  | 2/4   | 糸島漁協福吉支所    | 10   | カキむき身製品 |
| 63  | 2/6   | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 64  | 2/7   | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 65  | 2/12  | 糸島漁協福吉支所    | 10   | カキむき身製品 |
| 66  | 2/14  | 糸島漁協野北支所    | 6    | アカモク加工  |
| 67  | 2/19  | 糸島漁協野北支所    | 6    | アカモク加工  |
| 68  | 2/20  | 糸島漁協野北支所    | 6    | アカモク加工  |
| 69  | 2/25  | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 70  | 2/26  | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 71  | 2/27  | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 72  | 3/4   | 糸島漁協福吉支所    | 8    | カキむき身製品 |
| 73  | 3/6   | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 74  | 3/10  | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 75  | 3/11  | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 76  | 3/12  | 糸島漁協野北支所    | 7    | アカモク加工  |
| 77  | 3/18  | 糸島漁協福吉支所    | 8    | カキむき身製品 |
| 78  | 3/24  | 豊前海北部漁協恒見支所 | 4    | カキ燻製品   |
| 79  | 3/25  | 豊前海北部漁協恒見支所 | 4    | カキ燻製品   |
| 80  | 3/31  | 糸島漁協福吉支所    | 8    | カキむき身製品 |
|     |       |             |      |         |
|     |       |             |      |         |
|     |       |             |      |         |
|     |       |             |      |         |
|     |       |             |      |         |
|     |       |             |      |         |
| 小 計 |       |             | 206  |         |
| 合 計 |       |             | 508  |         |



# 有明海アサリ漁業適正化推進事業

## －加工品開発と県産アサリの特徴把握－

片山 幸恵・吉岡 武志・湊上 哲・渡邊 大輔・篠原 満寿美

福岡県有明海ではこれまで低迷していたアサリ資源が覆砂事業等により回復しつつある。しかし、アサリ漁業の特性として潮にあわせた大量漁獲、大量出荷があり、また個人出荷体制であるため販路が限られ価格が伸び悩んでいるのも現状である。そこで県と漁業者とが一体となった販売体制の構築を目指し平成 19 年度より本事業を開始した。その一環として、本報告では本県有明海産アサリの特徴把握と、出荷調整対策としてアサリ加工品の製造方法について検討したので報告する。

### 方 法

#### 1. 冷凍アサリ加工品の試作

供試アサリは平成 19 年 10 月 25 日に柳川市地先で採取したもので、流水水槽中で 24 時間砂抜きをしたものを用いた。供試アサリ各部位の平均値は殻長 34.5 mm、殻付重量 8.1 g、むき身重量 2.3 g、殻重量 4.5 g であった。なお、試験を始める前には水道水で水洗して汚れを取った。

試験区は、①パック詰め後に加熱する区と②加熱後にパック詰めを行う区を設定し、それぞれの区で加熱時間を 15、30、60 秒とする 6 区と対照区として設定した加熱なしのパック詰め区の合計 7 区を設定した。加熱方法は 90℃に設定したボイル槽に水道水を、終了後は速やかに流水水道水中で 10 秒冷却後した。また、各区ともにパック詰めは 95%真空引きを行った。

各試験区のアサリ加工品は－30℃で凍結保存し、48 日後に開殻率の測定、一般生菌数の計数及びドリップ量を測定した。開殻率は凍結させたままのアサリを袋から出し、沸騰水中に 3 分間浸漬させ殻が開いた個数を沸騰水中に投入した全数で割って開殻率を算出した。

一般生菌数は食品衛生検査指針にある 3M社のペトリフィルム T M 生菌数測定プレート（ACプレート）を使用した。凍結したままのアサリ貝肉を 2 g 切り取り、食品衛生検査指針にある培養方法用いて、35℃で 48 時間の培養を行った。また、ドリップ量は殻付き冷凍アサリ 200 g を 24 時間 5℃に設定した冷蔵庫内で解凍し、そのドリップ量を測定した。

#### 2. 他県産アサリとの比較

アサリは福岡県有明海産、同県能古産、熊本県産、三重県産、中国産を用いた。調査期間は平成 19 年 9 月から毎月とし、測定項目は殻長、殻高、殻幅、殻付重量、むき身重量、殻重量とした。測定結果より見入りの指標となる肥満度を算出した。肥満度は $\{\text{むき身重量 (g)} / (\text{殻長 (mm)} \times \text{殻高 (mm)} \times \text{殻幅 (mm)})\} \times 100,000$ の式により行った。また身入りがよくなるといわれる秋と春のサンプルとして平成 19 年 11 月と平成 20 年 3 月にアサリ軟体部の成分分析を行った。測定項目はカルシウム、鉄、カリウム、ビタミン B12、遊離アミノ酸組成とした。中国産アサリは平成 20 年 3 月に入手できなかったため、平成 20 年 2 月の試料を用いた。

### 結果及び考察

#### 1. 冷凍アサリ加工品の試作

試作した冷凍アサリは、開殻率では加熱なし区で 90%であったが、パック後加熱区は加熱時間の長さに対応せず 85.7%から 96.2%の範囲であった。また、加熱後パック詰め区では 15 秒加熱区で 93.8%であったが、30 秒及び 60 秒加熱区では 100%開殻した。このことから、パック後加熱区ではパックの真空度合いが貝の加熱具合に影響していることが推測され、一定の品質を保った製品を製造するためには袋の真空度合いを一定にする必要があることがわかった。簡単に一定の品質を保つ製品の製造には加熱後にパック詰めする手法が容易で、30 秒から 60 秒の加熱をすれば 100%の開殻率が得られるこ

表 1 試験区別開殻率

| 試験区     | 開殻数 (個) | 全数 (個) | 開殻率 (%) |
|---------|---------|--------|---------|
| 加熱なし    | 46      | 51     | 90.2    |
| パック後15秒 | 36      | 42     | 85.7    |
| パック後30秒 | 50      | 52     | 96.2    |
| パック後60秒 | 47      | 53     | 88.7    |
| 15秒後パック | 60      | 64     | 93.8    |
| 30秒後パック | 64      | 64     | 100.0   |
| 60秒後パック | 58      | 58     | 100.0   |

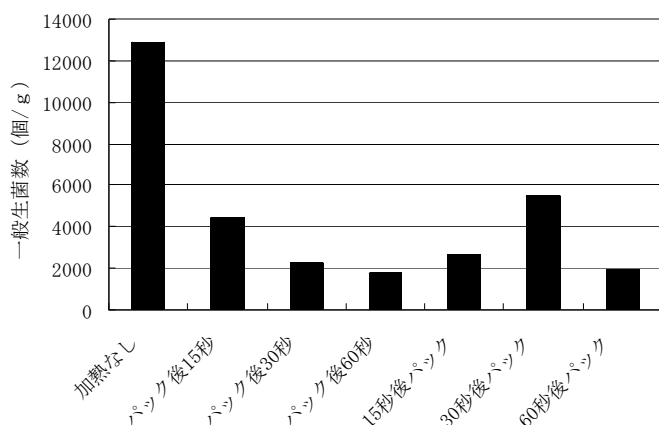


図1 試験区別一般生菌数

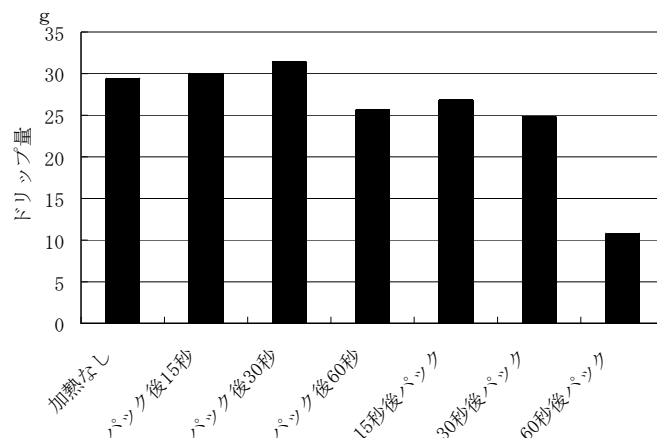


図2 試験区別ドリップ量

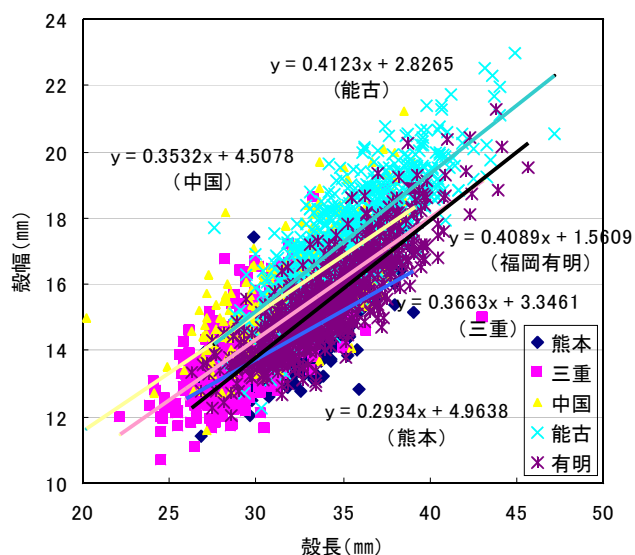


図3 産地別アサリ殻形態比較（殻長と殻幅の関係）

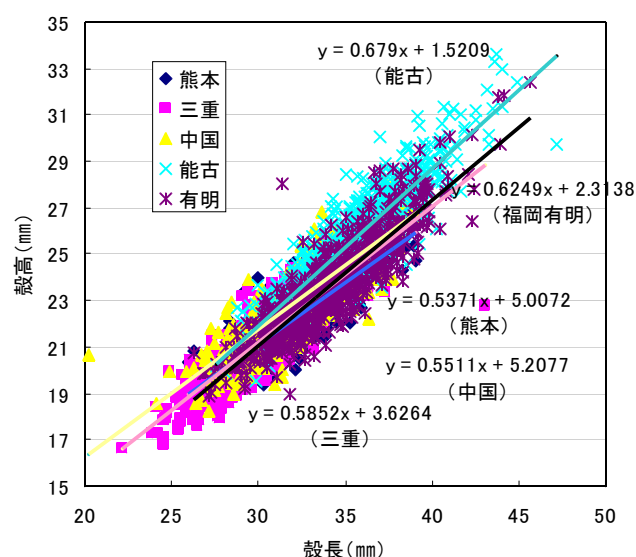


図4 産地別アサリ殻形態比較（殻長と殻高の関係）

とがわかった。

次に一般生菌数の測定を行ったところ、加熱なし区で生菌数が多く、 $1.2 \times 10^4$ であった。パック後加熱区では加熱時間の長さに比例して生菌数が少ない結果が得られたが、加熱後パック詰め区では加熱時間には比例しなかった。おそらく、加熱後の冷却やパック詰めまでの時間等の取り扱いによる違いであると推測された。また、「食品、添加物の規格基準」の冷凍食品の基準によると一般生菌数は検体1gにつき $1.0 \times 10^5$ 以下とあるため対照区である加熱なし区の生菌数からみると加熱処理は有効であることがわかった。

ドリップ量についてはパック後加熱区の方が加熱後パック詰め区より同じ加熱時間であっても多くなったが、

パック後加熱区の手法では貝殻中にある海水を全てドリップとして計量してしまう事が考えられるため、製造方法の比較は難しいと考えられた。しかし、どちらの製造方法でも60秒加熱すると、15秒、30秒加熱区に比べてドリップ量が低減された。

これらの結果から製造手法としては90℃の熱水中で30秒から60秒の加熱処理の後、十分冷却を行い速やかにパック詰めを行う事が望ましいと考えられる。

## 2. 他県産アサリとの比較

産地別のアサリの殻の形態について比較を行ったところ、殻長と殻幅の関係では、福岡県能古産と同県有明産が他3産地より殻幅が大きくなる傾向がみられ、他3産

地の殻長に対する殻幅の大きさは同等であった。同様の傾向が殻長と殻高の関係でもみられ、福岡県有明産及び能古産は今回比較した産地の中では殻長が大きいほど殻幅、殻高ともに大きく、見栄えのよい形態であることが

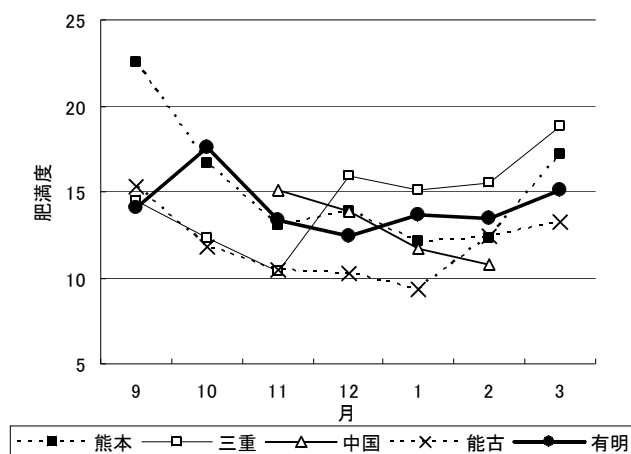


図5 産地別平均肥満度の推移

わかった。次に肥満度をみると、福岡県有明海産は 10 月に 17.6 まで上がったが、11 月～2 月の低水温期においては 13 前後で推移した。3 月はやや上昇に転じた。熊本県産は 9 月に 20 を超える肥満度であったが、10 月以降は徐々に下降し、3 月に上昇に転じた。能古産についても同様の傾向がみられたが、三重県産は 9 月から 11 月まで下降傾向にあったが、12 月に 15 以上まで変化せずに上昇し、2 月まで推移した。その後 3 月には他産地と同じく、大きく上昇した。中国産については調査期間が短いものの 11 月から 2 月まで下降傾向にあった。

成分についてはどの産地のアサリにおいても季節間の変動もあり、産地間における一定の傾向は見られなかった。その中でも福岡県有明産アサリでは秋、春との変化が少ない産地であった。

## 文 献

- 1) 滝口明秀：加熱前処理による凍結アサリの製造方法、千葉県水産試験場研究報告，第 1 号，85-88 (2002)

表2 産地別アサリ成分比較（カルシウム、鉄、カリウム、ビタミン B12）

| 産地<br>月           | 有明      |        | 能古      |        | 熊本      |        | 三重      |        | 中国      |        |
|-------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                   | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年2月 |
| カルシウム (mg/100g)   | 42      | 35     | 45      | 100    | 70      | 92     | 50      | 68     | 75      | 89     |
| 鉄 (mg/100g)       | 4.2     | 4.5    | 7.9     | 15.4   | 4.5     | 4.1    | 5.3     | 3.1    | 3.3     | 4.7    |
| カリウム (mg/100g)    | 260     | 270    | 190     | 260    | 220     | 310    | 200     | 330    | 240     | 250    |
| ビタミンB12 (μg/100g) | 63.4    | 78.4   | 74.8    | 82.2   | 61.9    | 61.2   | 65.8    | 50.8   | 51.8    | 70.6   |

表3 産地別アサリ成分比較（遊離アミノ酸組成）

| 産地<br>月          | 有明      |        | 能古      |        | 熊本      |        | 三重      |        | 中国      |        |
|------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                  | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年3月 | H19年11月 | H20年2月 |
| イソロイシン (mg/100g) | 13      | 16     | 9       | 22     | 14      | 19     | 13      | 18     | 15      | 15     |
| ロイシン ( )         | 19      | 22     | 15      | 32     | 21      | 26     | 19      | 24     | 20      | 22     |
| リジン ( )          | 88      | 50     | 26      | 44     | 59      | 46     | 42      | 37     | 26      | 30     |
| メチオニン ( )        | 15      | 15     | 11      | 20     | 16      | 20     | 12      | 18     | 16      | 17     |
| シスチン ( )         | 4       | 7      | 4       | 6      | 4       | 6      | 4       | 6      | 4       | 6      |
| フェニルアラニン ( )     | 13      | 15     | 10      | 23     | 14      | 18     | 12      | 18     | 14      | 16     |
| チロシン ( )         | 15      | 17     | 12      | 25     | 16      | 20     | 14      | 19     | 15      | 17     |
| スレオニン ( )        | 16      | 19     | 11      | 22     | 15      | 23     | 13      | 22     | 16      | 18     |
| トリプトファン ( )      | 3       | 3      | 2       | 5      | 3       | 4      | 3       | 4      | 3       | 4      |
| バリン ( )          | 18      | 22     | 13      | 29     | 18      | 26     | 16      | 24     | 19      | 22     |
| アルギニン ( )        | 110     | 95     | 56      | 94     | 86      | 110    | 82      | 120    | 88      | 95     |
| ヒスチジン ( )        | 9       | 11     | 5       | 11     | 10      | 13     | 7       | 12     | 9       | 8      |
| アラニン ( )         | 110     | 180    | 56      | 160    | 90      | 220    | 97      | 320    | 200     | 130    |
| アスパラギン酸 ( )      | 70      | 55     | 53      | 80     | 58      | 73     | 57      | 84     | 53      | 75     |
| グルタミン酸 ( )       | 78      | 100    | 63      | 110    | 74      | 150    | 78      | 170    | 110     | 99     |
| グリシン ( )         | 240     | 290    | 100     | 360    | 160     | 400    | 200     | 550    | 290     | 280    |
| プロリン ( )         | 20      | 23     | 13      | 22     | 17      | 23     | 18      | 26     | 13      | 16     |
| セリン ( )          | 40      | 24     | 13      | 14     | 21      | 21     | 16      | 21     | 12      | 13     |
| タウリン ( )         | 690     | 650    | 670     | 840    | 700     | 880    | 600     | 840    | 650     | 910    |