

福岡湾ワカメ養殖における 漁場及びワカメ葉体内の窒素，リンの動向

中本 崇・後川 龍男
(研究部)

近年の福岡湾におけるワカメ養殖生産量は、漁期後期の急激な末枯れや斑点性先腐れ症により、不安定な状況になっており、その要因として漁場のリン不足が示唆されている。そのような中、養殖現場では生産量を維持するため、ワカメ種苗を島原種から山口種や弘種に変えるなどの対応を行っている。そこでワカメ漁場の窒素，リン濃度の推移と各ワカメ種苗の葉体内の窒素，リン含有量についての関連性を検討した。その結果、ワカメ葉体内の窒素含有量は、漁場の窒素濃度の増減に関わらず、概ね安定して推移したため、漁場の窒素濃度はワカメの必要量に対して十分量と推察された。一方、ワカメ葉体内のリン含有量は、漁場のリン濃度の増減と同様の推移を示したため、漁場のリン濃度はワカメの必要量に対して十分でない可能性が示唆された。また、山口種は島原種より葉体内のリン含有量が多い傾向がみられた。このため、漁場のリン濃度が減少した場合、葉体内のリン含有量が少ない島原種の方が生長の量が小さくなり、山口種よりも生産量が減少しやすい可能性があるかと推察された。

キーワード：ワカメ養殖，リン，窒素

筑前海におけるワカメ養殖は、漁閑期である冬場の重要な漁業のひとつである。特に福岡湾の湾口部に位置する志賀島地先及び弘地先は古くからのワカメ生産地であり、塩蔵ワカメに加工され、それぞれ「金印ワカメ」及び「弘ワカメ」として産地ブランドを確立している。近年、福岡湾奥部に位置する箱崎地先においてもワカメ養殖が営まれるようになった(図1)。

しかし、近年の福岡湾における養殖ワカメ生産量は、漁期後期の急激な末枯れ¹⁾や斑点性先腐れ症により不安定な状況になっており(図2)、その要因として漁場のリン不足が示唆されている。^{2,3)}そのような中、養殖現場では生産量を維持するため、種苗を変える等の対応を行っている。従来から使用している島原種は生長が早いものの、漁期後期に漁場のリン濃度が低下した場合、末枯れや斑点性先腐れ症により生産量が減少する。一方、山口種や地元の弘種は、島原種と比較すると生長は遅いが、漁期後期に漁場のリン濃度が低下した場合でも末枯れや斑点性先腐れ症の被害が小さく生産量を維持することができる。そのため、志賀島漁場では島原種から山口種に、弘漁場でも島原種から弘種に養殖種苗を変更している。後川⁴⁾は、室内試験により、リン濃度がワカメ幼体の生長に及ぼす影響を調べた結果、飼育水のリン濃度が $0.05\mu\text{M}$ 以下でワカメ幼体の生長に悪影響を与え、



図1 ワカメ養殖漁場位置図

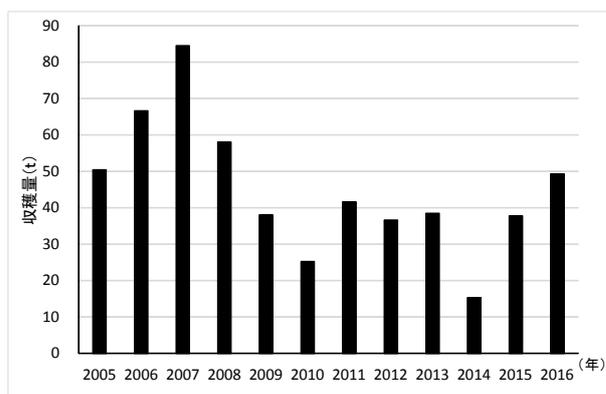


図2 福岡湾における養殖ワカメ生産量の推移

リン濃度が低い試験区ほど穴あき症状がみられ、かつ進行が早かったことを報告している。そのため、漁場のリン濃度が低い状態で継続して葉体内のリン貯留が枯渇してしまえば、生理活性の低下を招き、常在菌による斑点性先腐れ症が発症すると推測している。

そこで、本研究では、漁場のリン濃度の推移とワカメ種苗別の葉体内の窒素及びリン含有量の推移を調査したので報告する。

方 法

1. ワカメ漁場の栄養塩調査

ワカメの養殖期間中（2015年11月～2016年3月）に、図1に示す福岡湾の養殖場2カ所（志賀島、箱崎漁場）において、ほぼ1週間に1回の間隔で表層水を採水し、BL-TECH社製オートアナライザーにより窒素、リン濃度を測定し、両漁場のそれぞれの推移を調べた。

2. 種苗及び漁場別のワカメ生長の比較

志賀島漁場において産地の異なる3種類の種糸（山口種、島原種、弘種）を用いて養殖試験を行った。各種苗は、種糸を幹繩に巻き付けに漁場へ展開した。2015年12月21日から2016年2月18日の間に計4回、生長の良好なワカメを採取し、全長を測定するとともに、同一漁場での各種苗の生長を比較した。なお、弘種については、初回調査（12月12日）時点でワカメの葉体が確認出来なかったため、試験不能と判断し、以降、山口種と島原種の2種のみ追跡を行った。また、箱崎漁場の養殖ワカメ（島原種：11月13日養殖開始）も同様に測定を行い、異なる漁場での島原種の生長を比較した。

3. ワカメ葉体内の窒素及びリン含有量

供試したワカメは、2. 種苗及び漁場別のワカメ生長の比較で測定したものと及び2016年3月1日に採取したものである。採取したワカメは、葉体先端部から20cm程度を切り取ったものを「先」、葉体の根元から20cm程度を切り取ったもの「元」とし、部位別に分けた。なお、12月21日のワカメは、葉体が小さく「先」と「元」に分けることが出来なかったため、測定から除外した。窒素及びリン含有量の測定は、各々のサンプル3～5個体を合わせ、80℃で24時間以上乾燥させたものを乳鉢で粉末化した上で行った。なお、測定は分析業者に委託した。各サンプルの窒素及びリン含有量の推移を調べると共にN/P比についても比較した。

また、漁場のリン濃度が減少した漁期末期（3月1日）

については、志賀島漁場の島原種及び山口種のメカブが形成されていない未成熟な葉体も同様にサンプルを採集し、窒素及びリン濃度を測定した上でメカブが形成されている成熟した葉体と比較した。

結 果

1. ワカメ漁場の栄養塩調査

志賀島及び箱崎漁場における窒素濃度の推移を図3に示した。窒素濃度は、志賀島漁場では6.7～30.5 μ Mの範囲で推移した。調査期間中で最も高かったのは2月3日、最も低かったのは2月17日であった。箱崎漁場では11.2～40.1 μ Mの範囲で推移した。期間中で最も高かったのは1月27日、最も低かったのは3月9日であった。いずれの漁場もほぼ同様の傾向で増減を繰り返したが、総じて箱崎漁場の方が高く、志賀島漁場の方が高かったのは12月2日、12月22日、1月6日、2月24日の4回のみであった。

志賀島及び箱崎漁場におけるリン濃度の推移を図4に示した。リン濃度は、志賀島漁場では0.00～0.86 μ Mの範囲で推移した。調査期間中で最も高かったのは12月9日、最も低かったのは11月11日であった。箱崎漁場では0.01～0.96 μ Mの範囲で推移した。期間中で

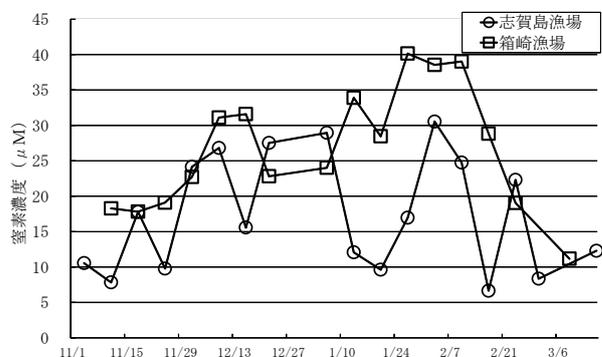


図3 ワカメ漁場における窒素濃度の推移

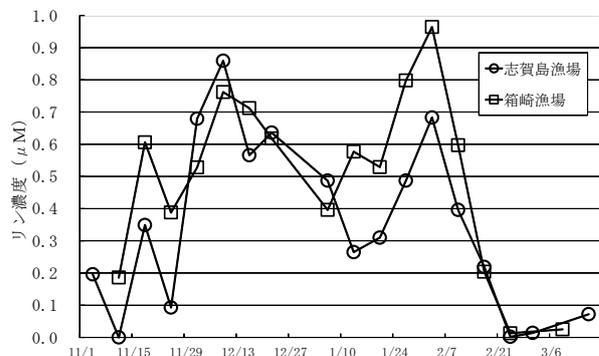


図4 ワカメ漁場におけるリン濃度の推移

最も高かったのは2月3日、最も低かったのは2月24日であった。いずれの漁場もほぼ同様の傾向で増減を繰り返したが、総じて箱崎漁場の方が高く、志賀島漁場の方が高かったのは12月2日、12月9日、12月22日、1月6日、2月17日の5回のみであった。

2. 種苗及び漁場別のワカメ成長の比較

種苗別及び漁場別のワカメ生長の推移を図5に示した。志賀島漁場において、山口種及び島原種は順調に生長した。2月18日で山口種及び島原種の全長はそれぞれ134及び178cmとなり、島原種の方が大きく生長した。

箱崎漁場においても島原種は順調に生長し、2月18日で全長177cmとなった。島原種は1月上旬から2月上旬にかけて志賀島漁場より箱崎漁場の方が早く大きく生長したが、2月18日時点では同程度となった。

3. ワカメ葉体内の窒素及びリン含有量

ワカメ葉体内の窒素含有量の推移を図6に示した。葉体内の窒素含有量は、いずれの種苗も「先」よりも「元」の方が多かった。「先」の窒素含有量は、志賀島漁場の山口、島原種及び箱崎漁場の島原種でそれぞれ37～52, 38～49及び45～48mg/gで推移した。「元」の窒素含有量は、志賀島漁場の山口、島原種及び箱崎漁場の島原種でそれぞれ51～58, 52～57, 55～57mg/gで推移した。窒素含有量は、漸減傾向を示したが、種苗別や漁場別による顕著な差はみられなかった。

ワカメ葉体内のリン含有量の推移を図7に示した。葉体内のリン含有量も窒素含有量と同様に「先」よりも総じて「元」の方が多い傾向にあった。

「先」のリン含有量は志賀島漁場の山口、島原種及び箱崎漁場の島原種はそれぞれ2.2～7.3, 2.0～5.7及び4.1～6.2mg/gで推移した。「元」のリン含有量は志賀島漁場の山口、島原種及び箱崎漁場の島原種はそれぞれ

3.0～9.9, 3.2～8.5, 5.3～9.4mg/gで推移した。リン含有量は、すべてのサンプルで1月28日に最も多くなり、その後減少した。リン含有量は、種苗別にみると島原種より山口種の方が多い傾向にあったが、漁期末期(3月1日)では、「先」も「元」も同程度に減少した。漁場別でみると志賀島漁場よりも箱崎漁場の方が多い傾向であった。

葉体内のN/P比の推移を図8に示した。「先」のN/P比は、志賀島漁場の山口、島原種及び箱崎漁場の島原種はそれぞれ6.4～16.8, 8.0～19.0及び7.2～11.7で

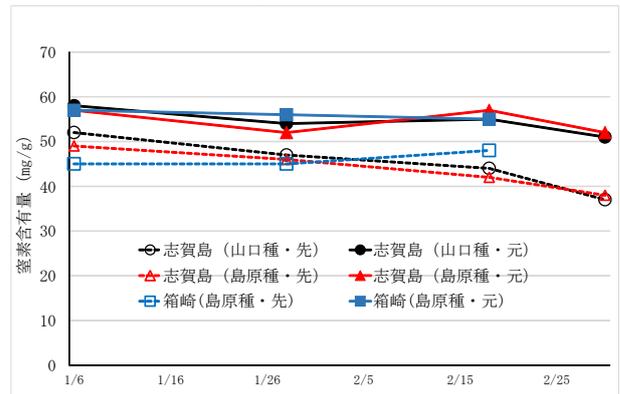


図6 ワカメ葉体内の窒素含有量の推移

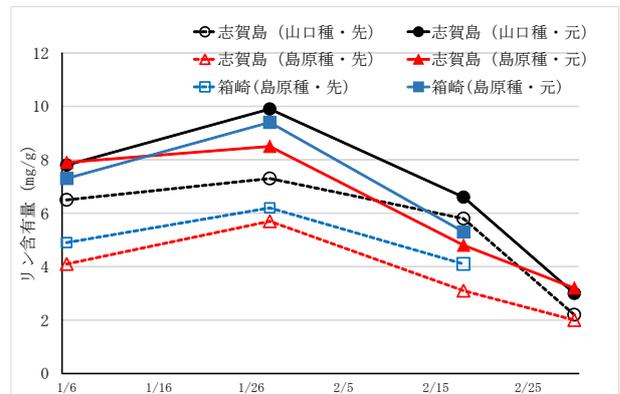


図7 ワカメ葉体内のリン含有量の推移

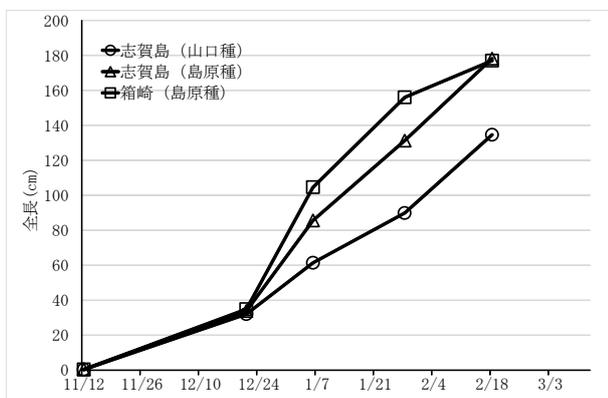


図5 種苗及び漁場別のワカメ生長の推移

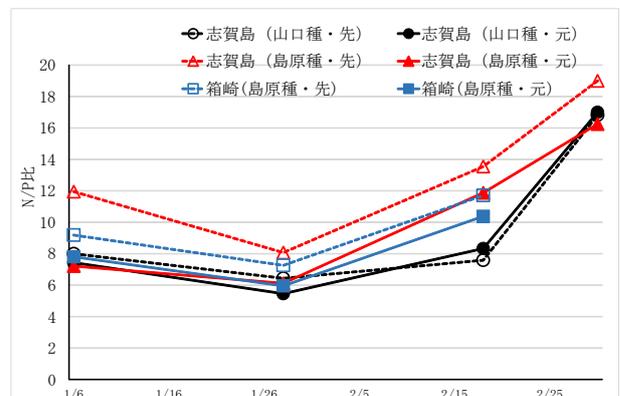


図8 ワカメ葉体内のN/P比の推移

推移した。「元」の N/P 比は、志賀島漁場の山口、島原種及び箱崎漁場の島原種はそれぞれ 5.5 ～ 17.0, 6.1 ～ 16.3 及び、6.0 ～ 10.4 での間で推移した。すべてのサンプルで 1 月 28 日に最も低くなり、その後増加した。

漁場のリン濃度が減少した漁期末期（3 月 1 日）の成熟度別の葉体内の窒素含有量を図 9 に示した。葉体内の窒素含有量は、山口種及び島原種ともに、「先」は成熟した葉体よりも未熟な葉体で若干高く、「元」は成熟した葉体と未熟な葉体で同程度であった。窒素含有量は、種苗による大きな差はみられなかった。

漁場のリン濃度が減少した漁期末期（3 月 1 日）の成熟度別の葉体内のリン含有量を図 10 に示した。葉体内のリン含有量は、山口種の「先」、「元」及び島原種の「先」、「元」で未熟な葉体は成熟した葉体のそれぞれ 2.5, 1.6 及び 1.4, 0.9 倍の含有量となった。山口種の未熟な葉体は成熟した葉体と比べ、リン含有量が多かった。島原種の未熟な葉体と成熟した葉体の差は山口種より小さかった。また、葉体内の N/P 比は山口種の未熟な葉体の「先」及び「元」がそれぞれ 7.9 及び 10.4 と低く、その他は 16.3 ～ 19.0 と高い値となった（図 11）。

考 察

佐藤ら²⁾は、福岡湾におけるワカメ養殖の不作要因の 1 つとして、冬季における漁場のリン不足を指摘している。そのような中、福岡県水産海洋技術センターでは、2007 年以降、ワカメ養殖漁期中に栄養塩のモニタリング調査を行い、養殖業者に情報を提供している。それによると漁場における近年のリン濃度は、11 月から増加し、12 月にピークを迎えるが、1 月以降減少し、その後低位で推移していた。一方、2015 年度のリン濃度は、12 月 9 日にピークがあり、1 月中旬まで減少したが、その後再度増加し、2 月 3 日にピークが出現する 2 峰型となった。ワカメ養殖に必要とされるリン濃度は $0.1\mu\text{M}$ ⁶⁾ といわれているが、2015 年度にそれを下回ったのは 2 月 24 日以降であり、近年では低下の時期が遅い特異な年となった。

養殖ワカメの姿は、水温、塩分、栄養塩濃度等の「環境的要素」、生産水深、養殖密度等の「生産技術的要素」及び北方系ワカメ、南方系ワカメ等種類による「遺伝的要素」により形作られるといわれている。⁷⁾ 養殖業者によると上、島原種の方が山口種よりも生長が早いといわれているが、今回の試験においても同じ漁場では島原種の方が山口種より生長が早かった。これらのことから、島原種と山口種の生長の差は遺伝的要素によるものと考

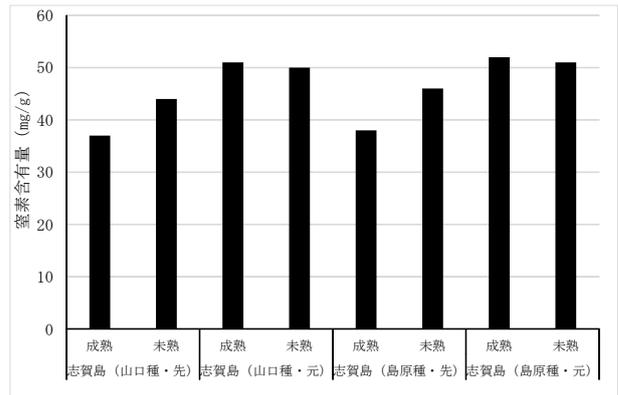


図 9 漁期末期（2016 年 3 月 1 日）における成熟度別の窒素含有量

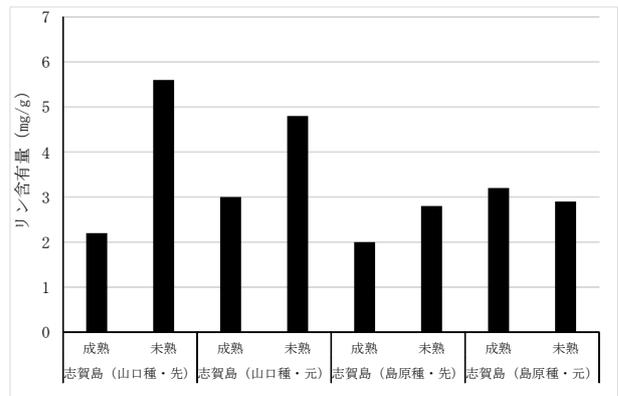


図 10 漁期末期（2016 年 3 月 1 日）における成熟度別のリン含有量

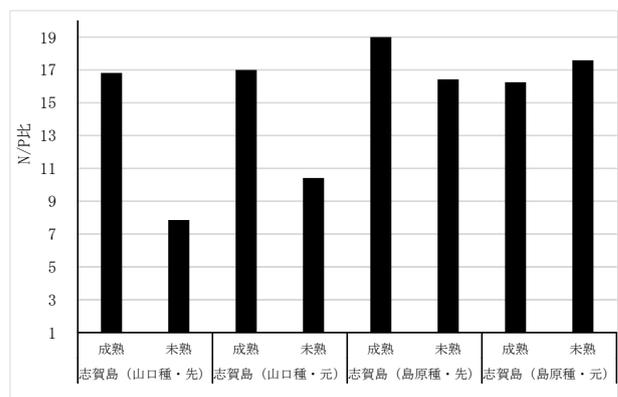


図 11 漁期末期（2016 年 3 月 1 日）における成熟度別の N/P 比

えられた。一方、漁場別の島原種の生長をみると志賀島漁場よりも箱崎漁場の方が良かった。これは、漁場の窒素及びリン濃度が箱崎漁場の方が高い傾向であったためと考えられ、環境的要素によるものと推察された。

ワカメ葉体内の窒素含有量は、漸減傾向を示したものの漁場の窒素濃度の増減に関わらず、概ね安定して推移

した。このことから漁場の窒素濃度は、ワカメの必要量に対して十分量であったと推察される。一方、ワカメ葉体内のリン含有量は、サンプルの分析を始めた1月6日以降の漁場リン濃度の増減と同様の推移を示した。このことから、漁場のリン濃度はワカメの必要量に対して十分でない可能性が示唆された。

一般的に葉体内の窒素及びリン含有量は、栄養塩濃度の季節変化の影響の他に海藻類が生活史のどのステージにあるか、すなわち生長期や成熟期で異なるといわれている。⁸⁾ このため、漁場のリン濃度がワカメ養殖に必要と考えられる $0.1\mu\text{M}$ 以下になってから1週間後の3月1日にメカブが形成されていない未熟な葉体についても窒素及びリン含有量を計測した。葉体内の窒素含有量を成熟度別にみると、山口種、島原種とも未熟な葉体の「先」は成熟した葉体の「先」よりも含有量が多く、「元」は未熟な葉体と成熟した葉体で同程度の含有量であった。成熟した葉体の「先」で含有量が少なくなった原因としては、成熟した葉先は「末枯れ」が確認され、老化していたためと思われる。種苗別の窒素含有量をみると、山口種と島原種のそれぞれの部位及び成熟度で同程度であった。

葉体内のリン含有量については、山口種では、「先」、「元」とも成熟した葉体より未熟な葉体の方が多くなった。一方、島原種のリン含有量は、山口種と比べ成熟した葉体と未熟な葉体の差が小さかった。養殖期間中を通して葉体内のリン含有量は、島原種よりも山口種の方が多く、また、リンが減少した時の未熟な葉体も同様であったことから、種苗として山口種の方が島原種よりもリンの貯留能力に優れていると思われる。山口種の葉体内のリン含有量が多い原因として「吸収効率が優れている」ことや「消費量が少ない」ことが考えられるが、島原種に比べ山口種の方が生長が遅いことから後者によるものと思われる。

ワカメは末枯れと生長を同時に行い、末枯れの量よりも生長の量の方が大きいとみかけ上大きくなり、生産量も向上するが、逆になるとみかけ上小さくなり、生産量は減少するといわれている。¹⁾ リンは植物の3大栄養素であり、欠乏すると生長に支障を及ぼすことが知られている。このため、漁場のリン濃度が減少した場合、葉体内のリン含有量が少ない島原種の方が生長の量が小さくなり、山口種よりも生産量が減少しやすいのではないかと

と推察された。リンの欠乏は陸上植物においても問題となっており、稲においてはリン酸欠乏耐性の品種⁹⁾が確認されているが、ワカメについても同様なリン酸欠乏耐性の品種を探索することが重要と思われる。

また、今回の試験では、例年に比べ、漁場のリン濃度が比較的高い値で推移した結果、島原種においても良好な状態で推移し、顕著な斑点性先腐れ症はみられなかった。斑点性先腐れ症は、発症すると急激に進行し、生産量を大きく減少させるため、漁場のリン濃度、葉体内のリン含有量と疾病発症の関連を明らかにすることが重要であり、そのためには、これらのデータを継続して収集する必要がある。

文 献

- 1) 西川博. 生長と末枯れについて. 水産増殖 1967 ; 14(4) : 197-203.
- 2) 佐藤博之, 後川竜男. 福岡湾における養殖ワカメの収穫量と漁場環境. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2006 ; 16 : 31-34.
- 3) 江藤拓也, 片山幸恵, 江崎恭志. 2008年から2010年における福岡湾でのノリ, ワカメ養殖の不作の要因について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2012 ; 22 : 33-40.
- 5) 湯浅明彦, 酒井基介, 宮田 匠. 海域海藻類養殖漁場調査. 平成8年度徳島県水産試験場事業報告書 1998 ; 141-145.
- 6) 佐野雅基, 上之郷谷健治. 藻類養殖指導. 平成15年度大阪府立水産試験場事業報告 2005 ; 123-131.
- 7) 團昭紀, 大野正夫, 松岡正義. 徳島県のワカメとコンブ資源の開発研究の変遷(総説). 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課研究報告 2015 ; 10 : 25-48.
- 8) 吉田吾郎, 新村陽子, 檜谷賢治, 浜口昌巳. 海藻類の一次生産と栄養塩の関係に関する研究レビュー. 水産総合研究センター研究報告 2011 ; 34 : 1-31.
- 9) パリアスカ・田中・ファン, マテアス・ピスバ, 福田琢哉, 福田善通. イネにリン酸欠乏への耐性をもたらす遺伝子とその機能を世界で初めて解明. 生物と化学 2013 ; 51 : 733-737.