

**香川県海域における2000年度以降の
沖合とノリ漁場周辺における栄養塩濃度の比較**

宮川昌志・藤原宗弘・赤井紀子

Research on the nutrient concentrations in offshore area and laver culture farm
in Kagawa prefecture from the fiscal year 2000

Masashi MIYAGAWA, Munehiro FUJIWARA and Noriko AKAI

香川県海域における2000年度以降の 沖合とノリ漁場周辺における栄養塩濃度の比較

宮川昌志・藤原宗弘・赤井紀子

Research on the nutrient concentrations in offshore area and laver culture farm
in Kagawa prefecture from the fiscal year 2000

Masashi MIYAGAWA, Munehiro FUJIWARA and Noriko AKAI

According to the wide area research on the nutrient concentrations in Kagawa sea area, it was considered that consumption of nutrient by laver in the laver culture farm would affect the decrease of nutrient concentrations in the sea area. Therefore we investigated the difference of dissolved inorganic nitrogen concentrations between offshore and the laver culture farm area in Kagawa sea area from the fiscal year 2000 to 2009. Consequently, it was confirmed that the dissolved inorganic nitrogen concentrations in the laver culture farm was lower than the level of offshore for many times. The difference was compared to the standard deviation in the sea area average and it was lower than the minus figure of the standard deviation for 21 times in recent 10 years and the frequency in Harima sea was almost 3 times larger than in Bisan strait.

キーワード：ノリ，漁場，laver，栄養塩，水平分布

2009年ノリ養殖漁期後半に、香川県海域におけるノリ養殖漁場における溶存態無機窒素（以下「DIN」とする）濃度が沖合（ノリ養殖漁場外）よりも顕著に減少した。このことから、ノリ養殖漁場内のノリ葉体が栄養塩を消費し、栄養塩の増減と水平分布に影響を与えている可能性が考えられた。そこで、同様の現象が、過去に発生しているかどうか、2000年度以降の浅海定線調査とノリ養殖漁場調査での沖合とノリ養殖漁場におけるDIN濃度の差を比較して検証した。

材料および方法

香川水試が毎月初旬に実施している浅海定線調査（測定項目の一つとして、沖合の定点での溶存態の栄養塩濃度を測定）と香川県漁業協同組合連合会と香川水試が共同で実施しているノリ養殖漁場調査（県内のノリ養殖漁場における溶存態の栄養塩濃度をノリ漁期中の10月から翌年3月の間、週1回程度の頻度で測定）で測定した2000年度以降のDINの値を用いた¹⁻²⁾。

Fig.1に香川県におけるノリ養殖漁業の漁業権位置、浅海定線調査定点位置、2000年度のノリ養殖漁場調査

の定点位置を示す。ノリ養殖漁場調査の定点は、年度毎に若干異なることがあるが、解析上は、年度に関係なく海域を一括して取り扱った。定点によっては、浅海定線調査とノリ養殖漁場調査のものが近接している場合があるが、本研究では、播磨灘と備讃瀬戸の2海域毎のそれぞれの調査での平均値で、沖合とノリ養殖漁場のDIN濃度を比較した。燧灘ではノリ養殖漁場調査が行われていないので、本研究では取り扱わないこととした。

まず、浅海定線調査（沖合のデータ）とノリ養殖漁場調査（ノリ養殖漁場内のデータ）におけるDIN濃度の海域毎の平均値の経時変化をFig.2からFig.11に示した。また、調査月日が近い（約1週間以内）沖合とノリ養殖漁場内において、海域毎のDIN濃度の平均値の差（ノリ養殖漁場の平均値-沖合の平均値）をTable 1に示す。さらに、海域毎の10年分のデータの標準偏差以上のマイナスの差があった時期を抽出した（Table 1）。

その時点におけるDIN濃度の水平分布を表すコンター図（等値線図、以下「水平分布図」という）を作成し、そのうち代表的な特徴を持つものをFig.12に示した。

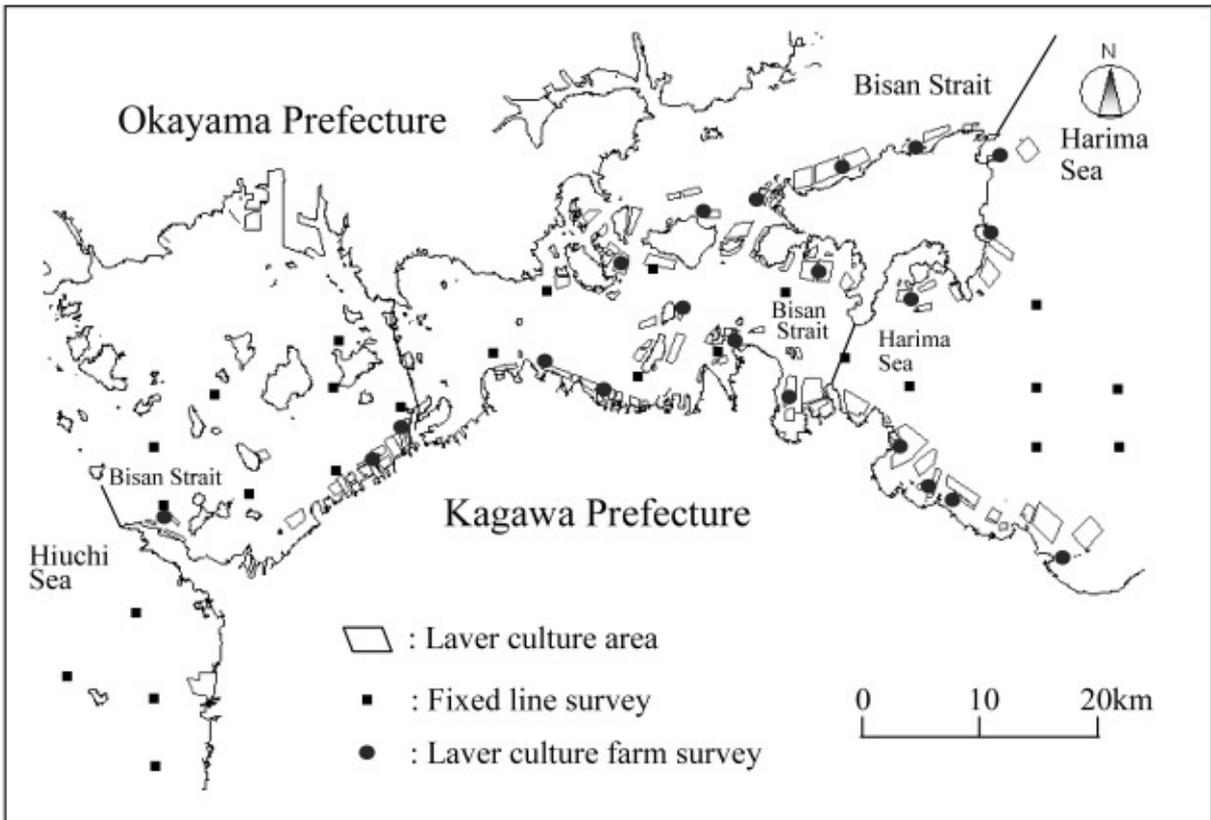


Fig. 1. Area of laver culture farm, location of sampling site of fixed line survey and laver culture farm survey.

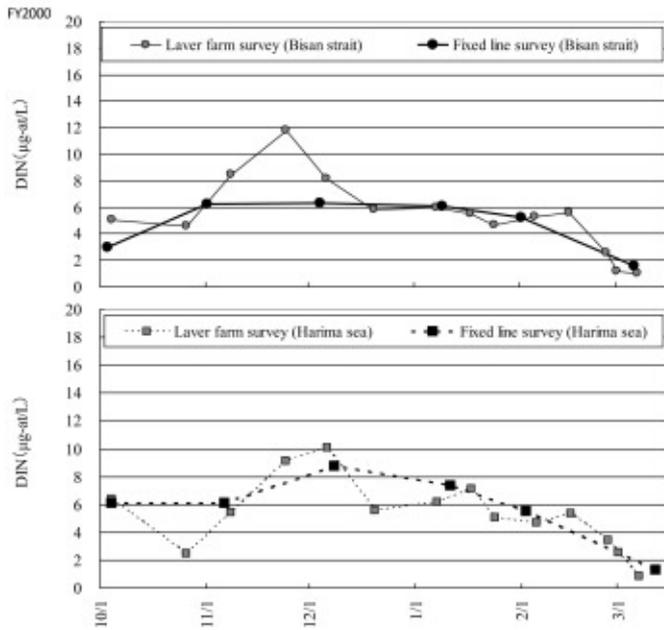


Fig. 2. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2000.

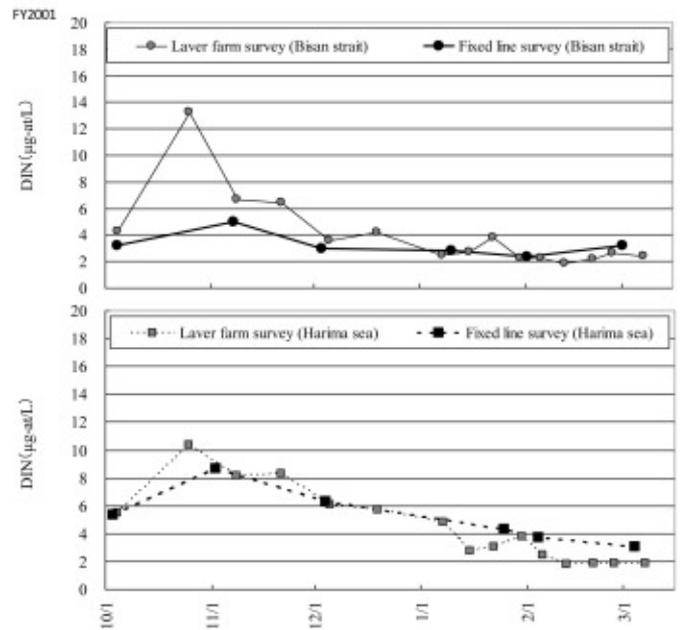


Fig. 3. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2001.

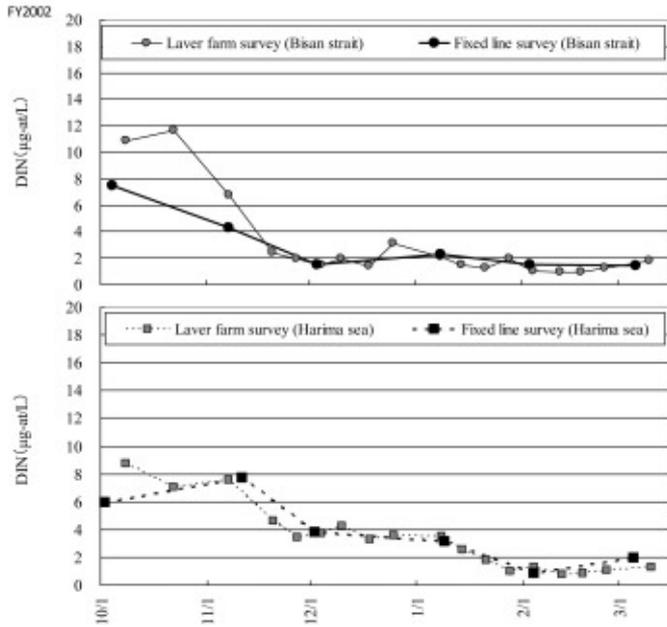


Fig. 4. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2002.

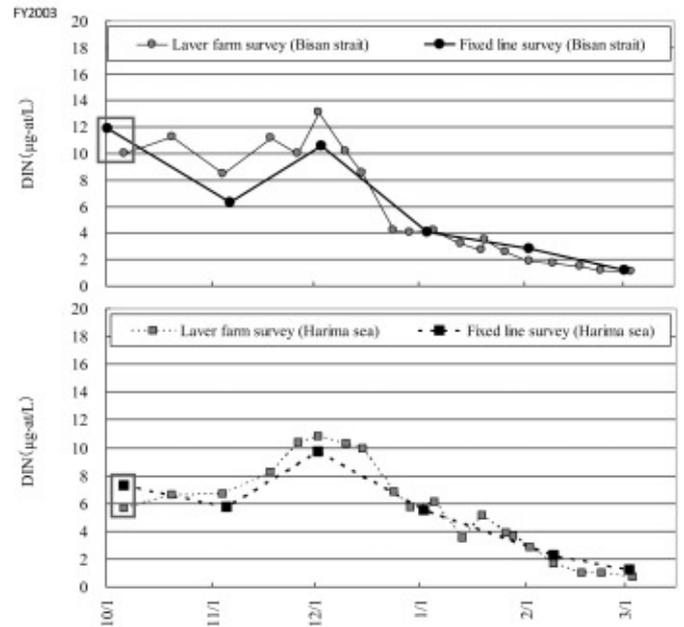


Fig. 5. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2003. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

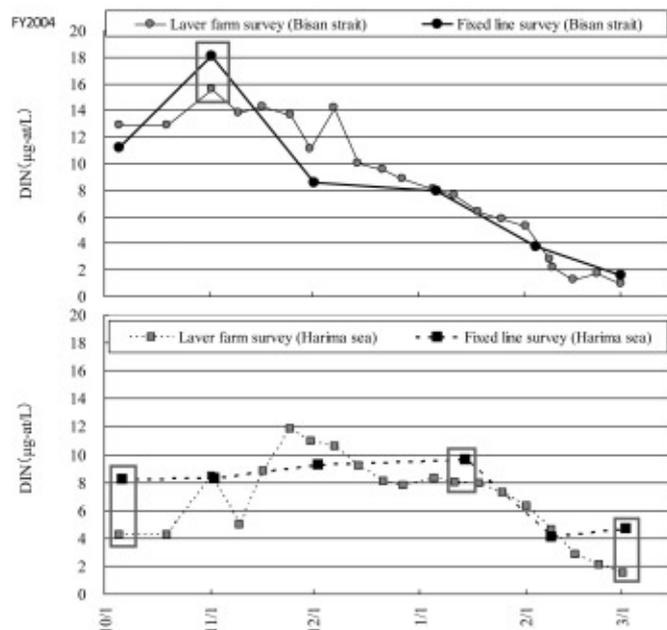


Fig. 6. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2004. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

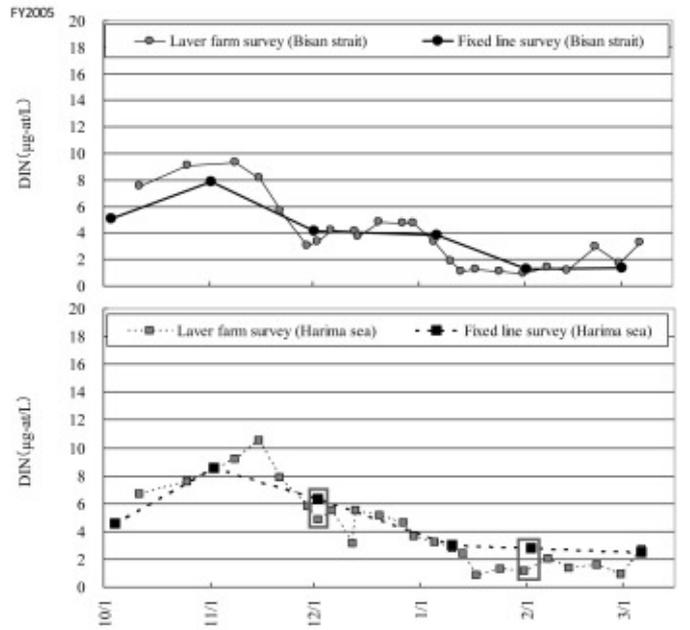


Fig. 7. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2005. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

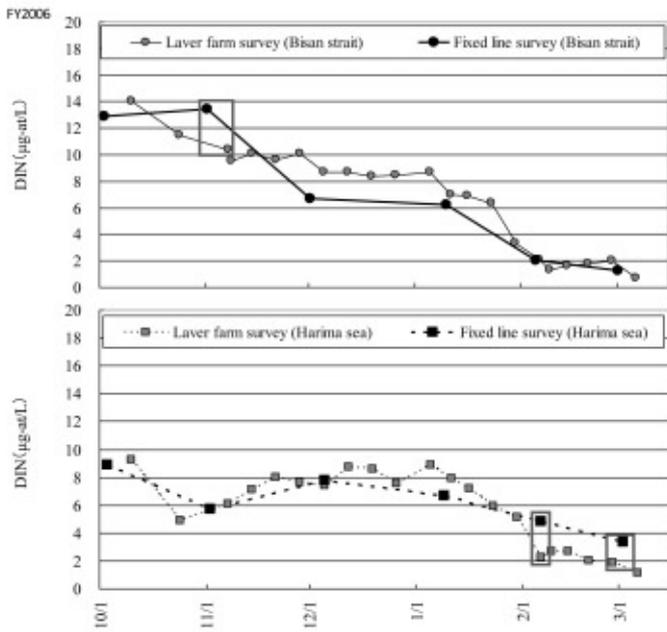


Fig. 8. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2006. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

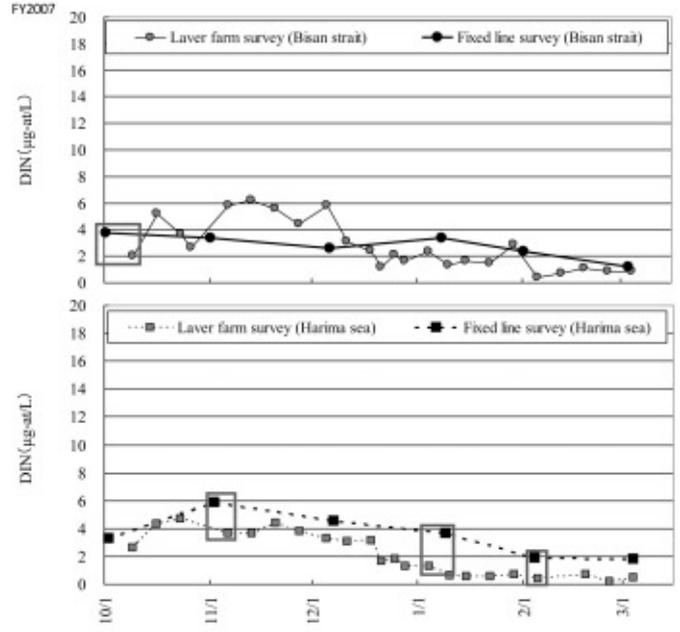


Fig. 9. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2007. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

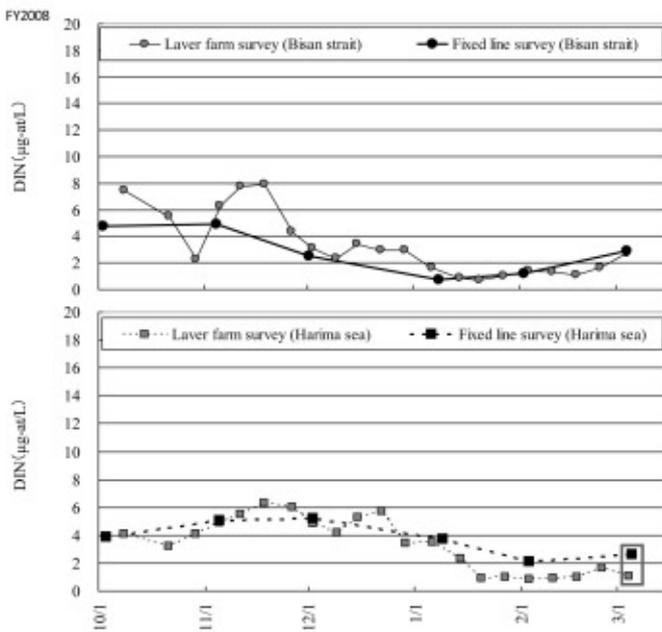


Fig. 10. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2008. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

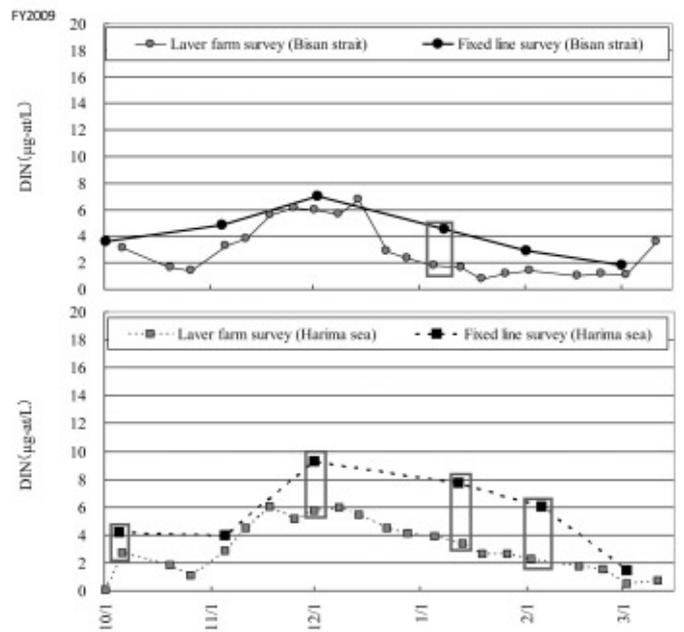


Fig. 11. Change in dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore in fiscal year 2009. Open square shows the difference of DIN between offshore and coastal area is larger than the standard deviation in research period, Oct. 2000 to Mar. 2010.

Table 1 Difference of dissolved inorganic nitrogen between coastal area and offshore

Period of survey			Average in Bisan strait.	Average in Harima sea.	Classification of difference in Bisan strait.*	Classification of difference in Harima sea.*
Year	Month	Day				
2000	Oct.	3-4 **	2.11	0.28	+	+
2000	Nov.	1-8 **	2.18	-0.69	+	±
2000	Dec.	4-8	1.80	1.34	+	+
2001	Jan.	7-11	-0.06	-1.20	±	±
2001	Feb.	1-5	0.03	-0.80	+	±
2001	Mar.	6-12	-0.51	-0.46	±	±
2001	Oct.	3-4 **	1.05	0.12	+	+
2001	Nov.	2-8	1.73	-0.46	+	±
2001	Dec.	3-5	0.64	-0.22	+	±
2002	Jan.	10-15,22-25	-0.08	-1.26	±	±
2002	Feb.	1-5 **	-0.02	-1.32	±	±
2002	Mar.	1-7	-0.77	-1.19	±	±
2002	Oct.	2-8	3.37	2.80	+	+
2002	Nov.	7-11	2.48	-0.15	+	±
2002	Dec.	2-4	-0.01	-0.09	±	±
2003	Jan.	8-9	-0.15	0.33	±	+
2003	Feb.	3-4	-0.48	0.39	±	+
2003	Mar.	5-10 **	0.36	-0.61	+	±
2003	Oct.	1-6	-1.83	-1.65	-	-
2003	Nov.	4-6	2.16	0.91	+	+
2003	Dec.	2-3 **	2.57	1.15	+	+
2004	Jan.	2-5	0.16	0.63	+	+
2004	Feb.	2-9	-1.08	-0.61	±	±
2004	Mar.	1-3	-0.08	-0.57	±	±
2004	Oct.	5-6 **	1.68	-3.99	+	-
2004	Nov.	1-2 **	-2.44	0.17	-	+
2004	Dec.	1-7	5.68	1.32	+	+
2005	Jan.	6-11,11-14	-0.28	-1.58	±	-
2005	Feb.	4-8	-0.89	0.50	±	+
2005	Mar.	1-2	-0.62	-3.16	±	-
2005	Oct.	3-11	2.53	2.18	+	+
2005	Nov.	1-8	1.41	0.70	+	+
2005	Dec.	1-2	-0.79	-1.51	±	-
2006	Jan.	5-6,10 **	-0.51	-0.27	±	±
2006	Feb.	Jan.31-Feb.7 **	0.09	-1.59	+	-
2006	Mar.	1-6 **	1.89	0.23	+	+
2006	Oct.	2-10 **	1.20	0.36	+	+
2006	Nov.	1-7 **	-3.03	0.34	-	+
2006	Dec.	1-5	2.05	-0.36	+	±
2007	Jan.	5-10	2.49	2.21	+	+
2007	Feb.	5-6 **	0.05	-2.54	+	-
2007	Mar.	1-6	-0.50	-2.24	±	-
2007	Oct.	1-9 **	-1.69	-0.67	-	±
2007	Nov.	1-6 **	2.46	-2.17	+	-
2007	Dec.	5-7 **	3.24	-1.21	+	±
2008	Jan.	4-9 **	-1.03	-2.34	±	-
2008	Feb.	Jan.29-Feb.5 **	0.57	-1.51	+	-
2008	Mar.	3-4	-0.30	-1.30	±	±
2008	Oct.	2-8 **	2.72	0.23	+	+
2008	Nov.	4-5	1.42	-0.18	+	±
2008	Dec.	1-2	0.62	-0.32	+	±
2009	Jan.	6-9	0.91	-0.19	+	±
2009	Feb.	2-3	0.24	-1.22	+	±
2009	Mar.	4-5 **	-0.11	-1.53	±	-
2009	Oct.	1-6 **	-0.43	-1.46	±	-
2009	Nov.	4-5 **	-1.59	-1.08	±	±
2009	Dec.	1-2	-1.00	-3.55	±	-
2010	Jan.	5-12	-2.77	-3.85	-	-
2010	Feb.	1-5	-1.44	-3.80	±	-
2010	Mar.	1-2 **	-0.69	-0.93	±	±
Standard deviation			1.65	1.43		
Frequency of -					5	16

* : Classification of difference compared to standard deviation.

(- < -1 σ , -1 σ <= ± < 0, 0 < +)

** : Influence of river discharge.

結果および考察

まず、近年の香川県海域を全体として捉えた場合、DIN濃度の年度毎の水平分布の経時変化は、おおまかに次の3つのパターンに分けられた。ノリ漁期当初に高めで、その後徐々に減少していくパターンA、漁期当初はやや低めでその後増加するが、再び減少するパターンB、ノリ漁期当初から低く、その後さらに減少するパターンCである (Fig.13)。パターンAには2002, 2003, 2004, 2006, 2009年度, パターンBには2000, 2001, 2005年度, パターンCには2007, 2008年度が当てはまると考えられた。

次に、2009年度についてより詳しくみると、Fig.11に示したとおり、ノリ養殖漁場では、備讃瀬戸と播磨灘の両海域で漁期当初からDIN濃度のレベルが低かったが11月上旬から増加して12月上旬にピークを迎え、備讃瀬戸では12月下旬に急激に低下し、以降 $3\mu\text{g-at/L}$ を下回る低レベルのまま推移、播磨灘では12月上旬以降徐々に低下し、1月中旬以降、 $3\mu\text{g-at/L}$ を下回る低レベルで推移した。一方、沖合では、備讃瀬戸では緩やかに増加して緩やかに低下し、播磨灘では、12月に急激に増加し、2月まで高いレベルで推移し、3月に急激に低下した。このとき播磨灘では、12月以降、沖合とノリ養殖漁場のDIN濃度の平均値の差が $3\mu\text{g-at/L}$ を超え、それが2月まで継続した。一方、Fig.12に示す水平分布図においても12月以降、播磨灘沖合で高濃度、ノリ漁場の存在する沿岸部で低濃度となるなど、DIN

濃度の水平分布は、Fig.11と同様の傾向を示しており、ノリ養殖漁場におけるDIN濃度は、12月以降活発に成長するノリによって吸収されるために周辺よりも低下し、それが継続したのではないかと考えられた。香川県におけるノリ養殖の生産は11月中下旬から開始され、12月以降本格化するため、11月初旬以前におけるDIN濃度の低下は、養殖ノリ以外の要因 (例えば、植物プランクトンの増殖など) に起因すると考えられた。

また、ノリ養殖漁場と沖合とのDIN濃度差 (ノリ養殖漁場-沖合) については、Table 1に示すとおりであり、10年間の標準偏差以上のマイナスの差が発生した回数は備讃瀬戸で5回、播磨灘で16回であったことが明らかとなった。このことは、潮の流れが緩やかな播磨灘の方が、このような現象が起こりやすいことを示していると考えられる。一方、Table 1に**印で示した事例では、DIN濃度の高い部分がパッチ状に発生していた (Fig.14)。これは、発生した位置から河川水の流入負荷が原因と考えられ、備讃瀬戸でのみ確認された。このことから、備讃瀬戸ではノリ養殖漁場のある沿岸部では、流入河川によってDIN濃度が高くなることもあり、そのためノリ養殖漁場と沖合とのマイナスの濃度差が発生しにくいのではないかと考えられた。

以上の結果から、ノリ養殖漁場では沖合に比べ、さらにDIN濃度の低下が起こることが確認された。その原因が、養殖されたノリ葉体による栄養塩の吸収であるとすれば、ノリ養殖漁場のDIN濃度を評価する際には、沖合のDIN濃度を含めて検討することが必要と考

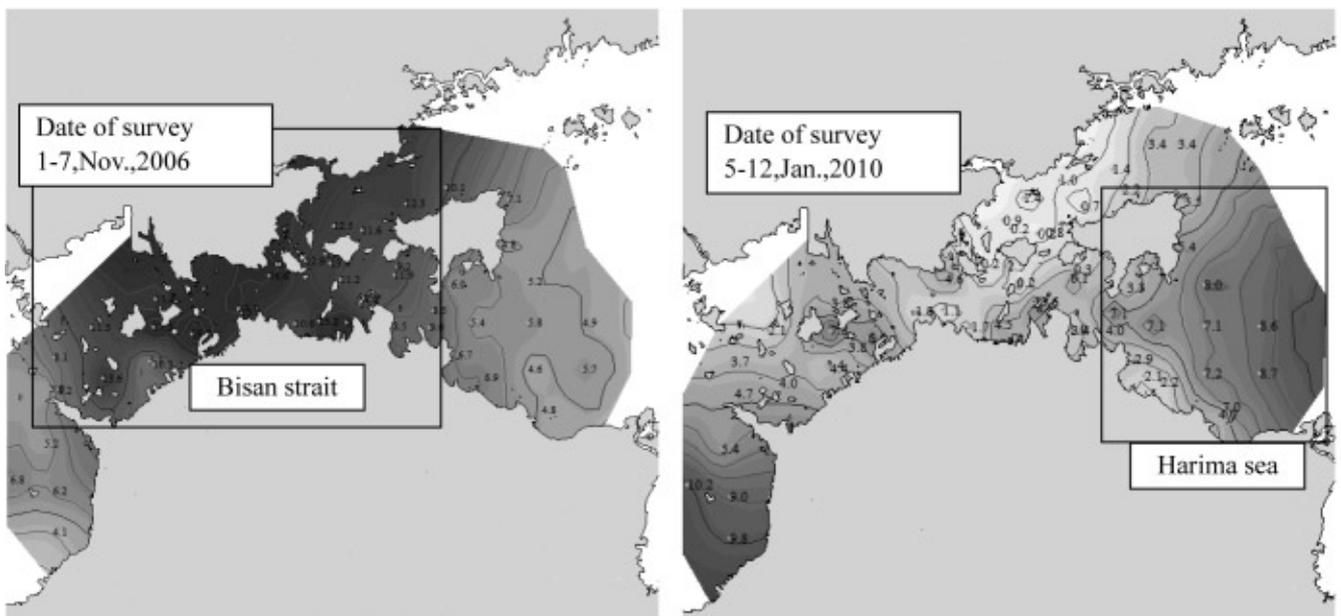


Fig. 12. Examples of horizontal distribution of nutrient; DIN concentration. Open squares in these figures demonstrate the horizontal distribution pattern of negative difference in DIN concentration between laver farm area and offshore. Left figure shows the typical pattern in Bisan strait. Right figure is the typical one in Harima sea.

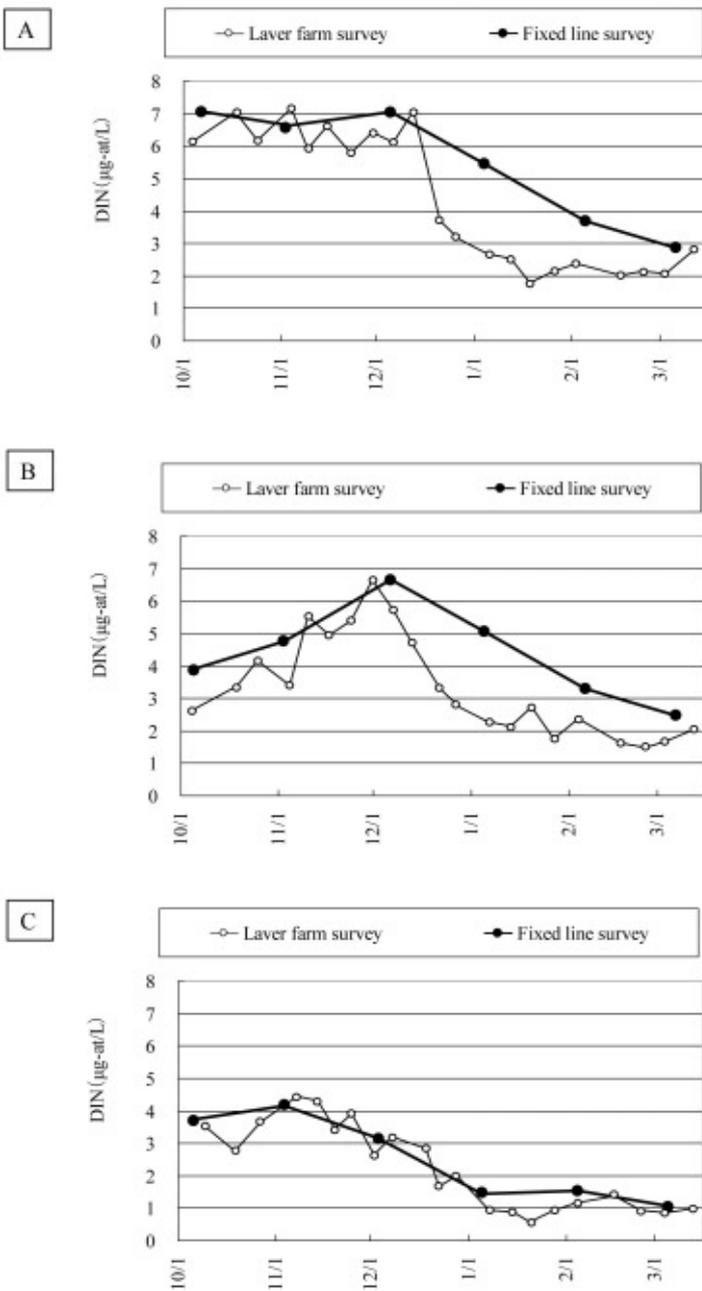


Fig. 13. Examples of patterns of temporal change in DIN concentration distribution.

えられた。

近年、本県ノリ養殖漁場では、海域における栄養塩濃度レベルの低下傾向により、ノリ養殖生産が大きな影響を受けている³⁾ところであるが、今後は、本研究で明らかとなった海域毎のノリ養殖漁場のDIN濃度の変動特性を踏まえて、生産方法を再検討することも可能ではないかと考えられた。例えば、播磨灘では、沖合のDIN濃度の変動状況に応じて生産枚数を調整したり、備讃瀬戸では、沖合のDIN濃度だけでなく、河川からのDINの流入負荷の状況も把握しながら生産調整

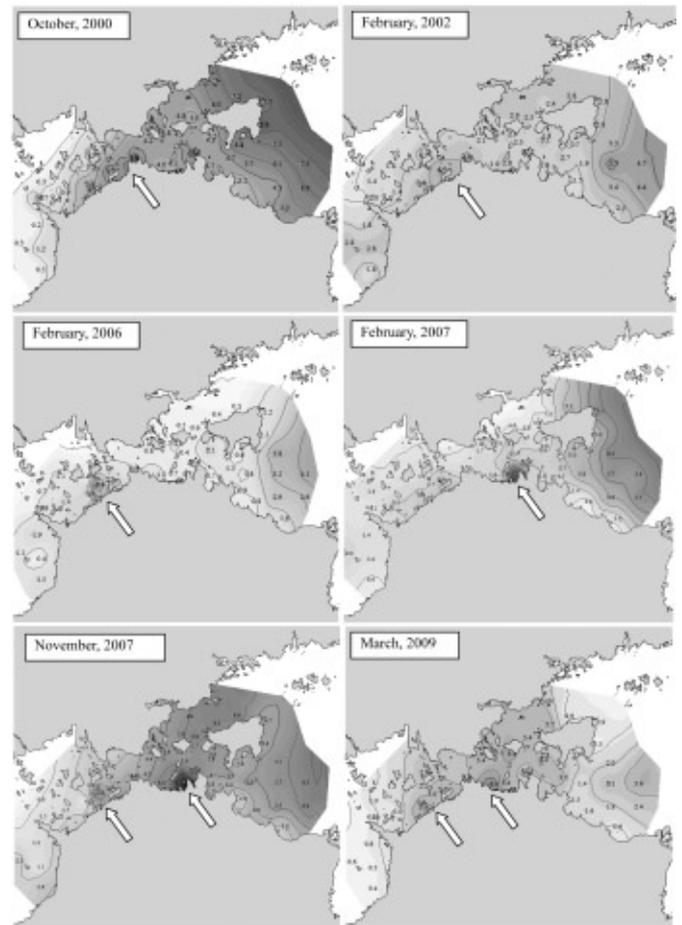


Fig. 14. Examples of river flow discharge. Arrow shows the area of river discharge.

を行うなど、本研究が新たな生産対策に向けた検討のきっかけになれば幸いである。その場合、養殖規模とノリ葉体の密度、潮流の流速などの条件もDIN濃度の変動要因となると考えられることから、それらについても、今後、検討していく必要がある。

なお、ノリ養殖漁場におけるDIN濃度の詳細な水平分布状況について、現地観測を志度湾で実施した⁴⁾ところ、ノリ養殖漁場内とその周辺でのDIN濃度に差が見られたことを付記する。

謝 辞

本研究で使用したデータの一部は、ノリ養殖漁場調査として、香川県漁業協同組合連合会およびノリ養殖関係漁業協同組合並びに当事者が協力して取得したものであり、関係者に対し謝意を表します。

文 献

- 1) 香川県水産試験場：2002-2010. 浅海定線調査. 香水試事報.
- 2) 香川県水産試験場：2002-2010. ノリ養殖漁場調査. 香水試事報.
- 3) 藤原宗弘・松岡聡・山賀賢一・吉松定昭：2009. 香川県におけるノリ養殖生産の現状と問題点. 香水試研報, 10, 17-24.
- 4) 宮川昌志・藤原宗弘：2011. 志度湾ノリ漁場周辺における栄養塩濃度調査. 香水試研報, 12, 9-12.

要 旨

2009年12月から、香川県海域における浅海定線調査・沖合調査（沖側）とノリ漁場調査（漁場側）とのDIN濃度差（ノリ養殖漁場の平均値-沖合の平均値）については、マイナスの差が大きくなる現象が認められた。過去10年間について検討した結果、同様の現象が備讃瀬戸で5回、播磨灘で16回発生していたことから、ノリ漁場内のノリ葉体が栄養塩を消費し、栄養塩の増減に影響を与えている可能性が示唆された。