

ノリ養殖を取り巻く環境の変化について

1. 播磨灘	1
1.1 ノリ養殖を取り巻く環境の変化	1
(1) ノリの生産状況の変化	1
(2) 水環境の変化	2
(3) 大型の珪藻類について	5
(4) 降水量との対応	9
1.2 まとめ	10
2. 備讃瀬戸	11
2.1 ノリ養殖を取り巻く環境の変化	11
(1) ノリの生産状況の変化	11
(2) 水環境の変化	12
(3) 大型の珪藻類について	15
(4) 降水量との対応	17
2.2 まとめ	19

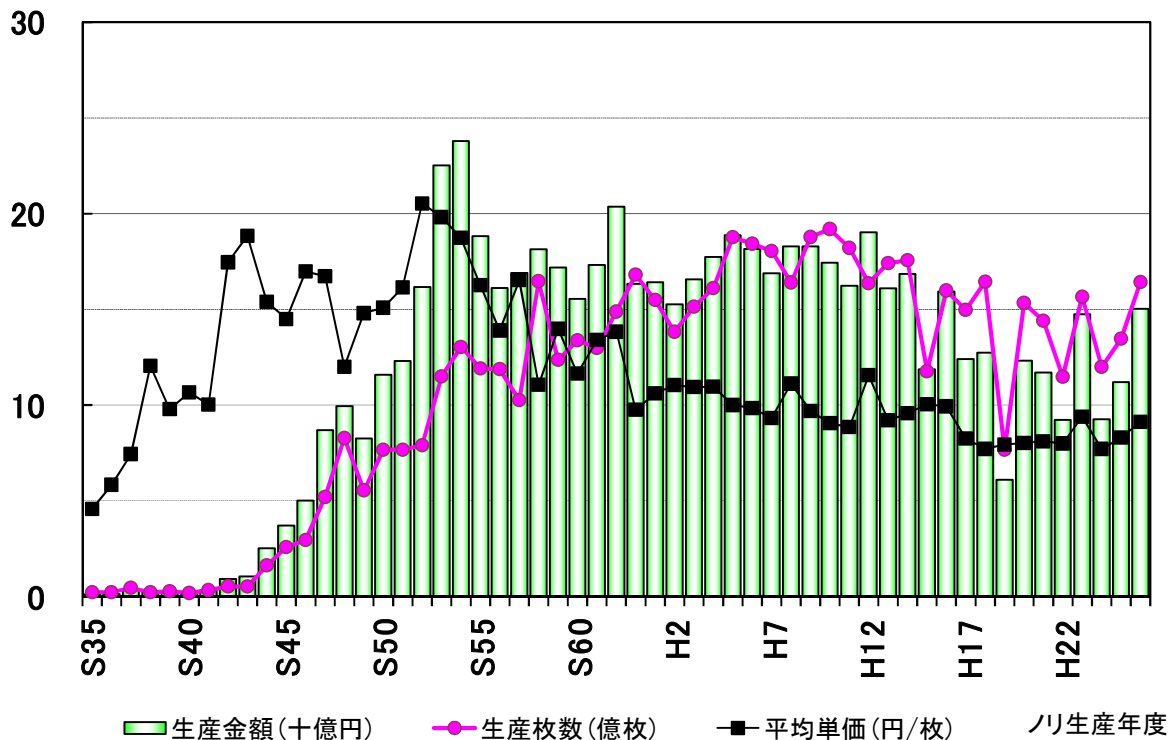
1. 播磨灘

播磨灘においては、ノリ養殖を取り巻く環境の変化を把握する上で重要な、冬季の栄養塩類濃度や植物プランクトン等に着目し、既存文献や広域総合データ及び浅海定線データ等について整理を行った。また、夏季の赤潮発生に関わる水環境の変化を把握するため、夏季についても同様にデータの整理を行った。

1.1 ノリ養殖を取り巻く環境の変化

(1) ノリの生産状況の変化

兵庫県におけるノリの生産状況を図 1-1 に示す。兵庫県の養殖ノリの生産枚数は、平成 5 年度頃まで増加し、平成 10 年度頃から減少傾向にある。近年では、平成 23 年度及び平成 26 年度に増加がみられた。



出典) 兵庫県漁連資料

図 1-1 兵庫県におけるノリ養殖生産動向

(2) 水環境の変化

ノリ養殖を取り巻く環境の変化を把握する上で重要な、冬季の栄養塩類濃度等の水環境に関するデータを整理した。

播磨灘における冬季の DIN、クロロフィルa(植物プランクトンの量を推定するデータとなる)、水温及び赤潮発生件数の推移を図 1-3 に示す。また、広域総合データによる冬季の DIN/T-N (T-N に占める DIN の割合)の推移を図 1-4 に、浅海定線データによる 1～2 月の月毎の DIN 及び水温の推移を図 1-5、図 1-6 に示す。

なお、広域総合水質調査及び浅海定線調査(兵庫県・岡山県・徳島県・香川県)の調査位置は図 1-2 に示すとおりである。

- ・ 広域総合データによる冬季の DIN は、昭和 58,59 年度頃から上昇した後に平成 9～14 年度頃にかけて低下している。
- ・ 浅海定線データによる冬季の DIN は、昭和 48～58 年度頃にかけて低下し、平成 3 年度頃まで上昇した後に平成 14 年度頃にかけて低下し、それ以降は概ね横ばいに推移している。
- ・ 冬季のクロロフィル a は、昭和 57 年度頃から低下した後、昭和 62 年度頃から上昇している。
- ・ 冬季の水温は、広域総合データ及び浅海定線データともに昭和 60 年度頃から上昇しており、近年の水温は昭和 60 年度頃と比べて1～1.5℃程度高い。
- ・ 赤潮は、平成 13 年度以降、冬季に毎年発生している。

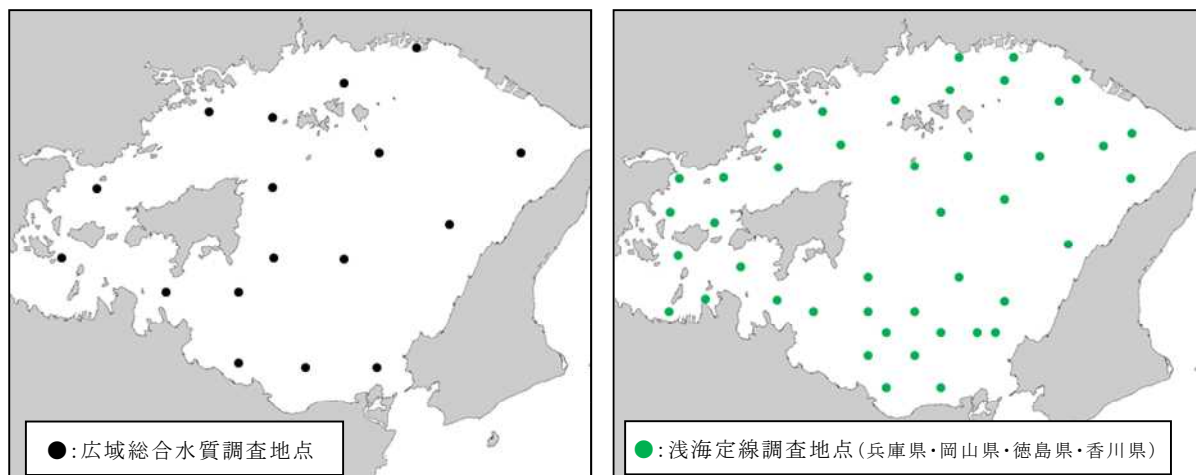
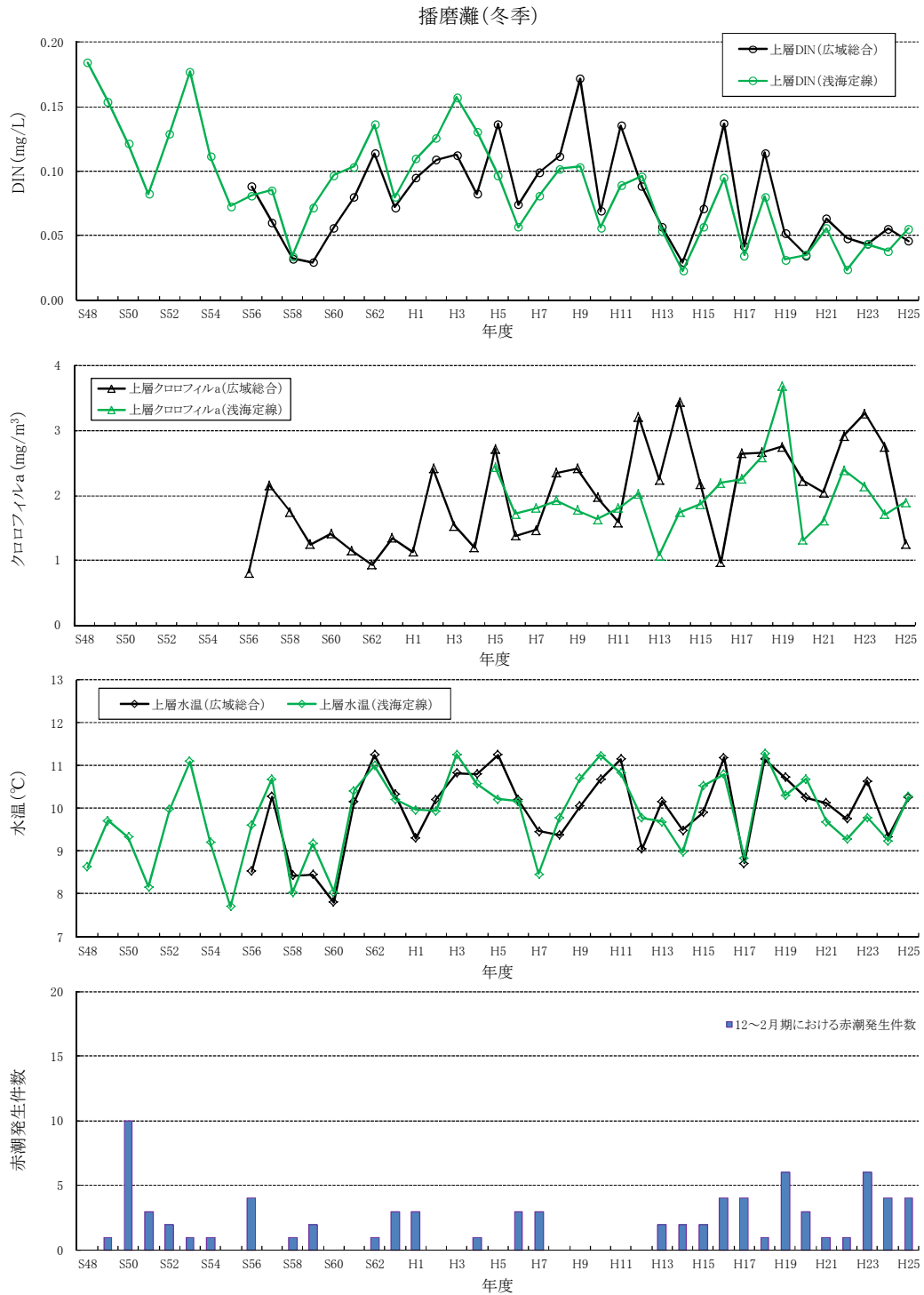


図 1-2 調査地点(左:広域総合水質調査、右:浅海定線調査)

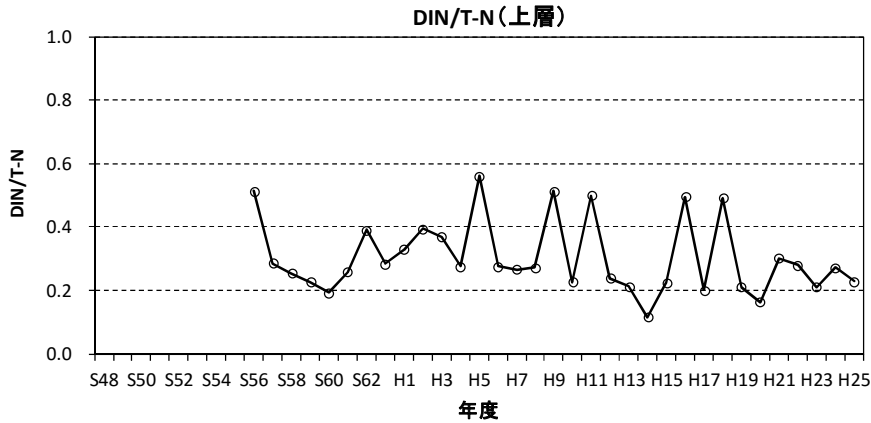


注) 浅海定線調査結果は1,2月の観測値、広域総合水質調査結果は冬季1回/年(1月)の調査結果である。赤潮発生件数については、当該年度の12月から2月までの観測値である。
 注) 赤潮発生件数については、赤潮の発生が複数月にまたがるものは、各々当該月に1件として計上している。

出典) 水質：広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(兵庫県・岡山県・徳島県・香川県)より作成(ただし、クロロフィルaは岡山県データ及び香川県データのみ)

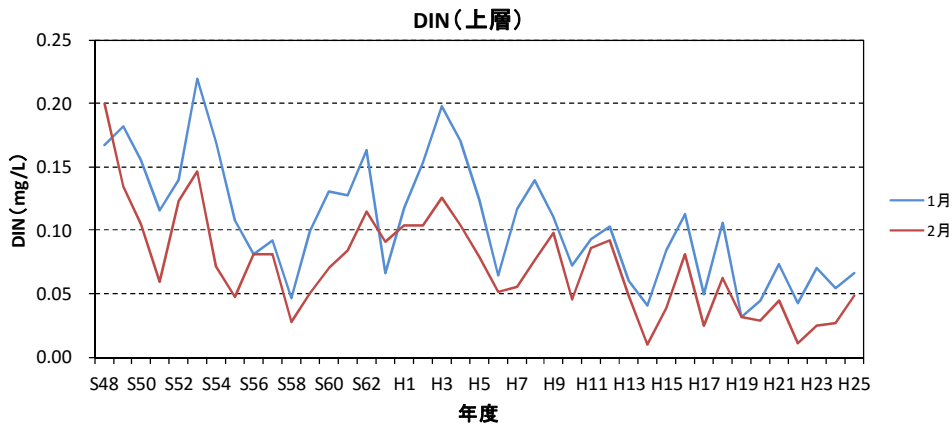
出典) 赤潮発生件数：「瀬戸内海の赤潮」(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)より作成

図 1-3 播磨灘における冬季の DIN、クロロフィルa、水温(いずれも上層値)及び赤潮発生件数の推移



出典)「広域総合水質調査結果」(環境省)より作成

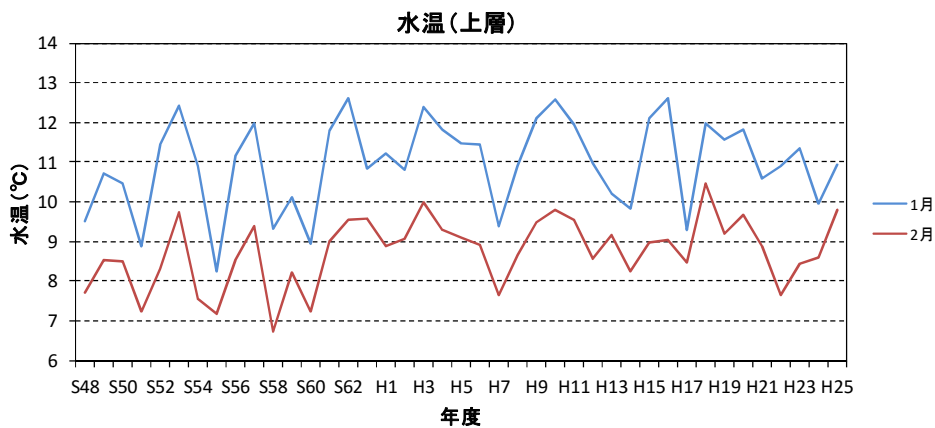
図 1-4 播磨灘における冬季の DIN/T-N(上層)の推移



注)岡山県データ、徳島県データ及び昭和 58 年度までの香川県データは 2 月のみ。徳島県データは平成 4 年度以降。

出典)「浅海定線調査結果」(兵庫県・岡山県・徳島県・香川県)より作成

図 1-5 播磨灘における 1~2 月の上層 DIN の推移



出典)「浅海定線調査結果」(兵庫県・岡山県・徳島県・香川県)より作成

図 1-6 播磨灘における 1~2 月の上層水温の推移

(3) 大型の珪藻類について

ノリの色落ち現象は、ノリの生長に必要な栄養塩類が不足することによって発生する。瀬戸内海では、近年、栄養塩類の消費量の多い大型の珪藻類(*Eucampia zodiacus* 等)が冬季に大量発生することにより栄養塩類の減少が起こっているとの指摘がある。

表 1-1 に、瀬戸内海における赤潮によるノリの色落ち被害の発生状況について、当該赤潮発生時の構成プランクトン種とあわせて整理した。同表からは、平成 13 年度以降、*Eucampia zodiacus* を主構成種とする赤潮及びそれに伴うノリの色落ち被害が多く発生していることがわかる。

表 1-1 赤潮によるノリの色落ち被害の発生状況(瀬戸内海)

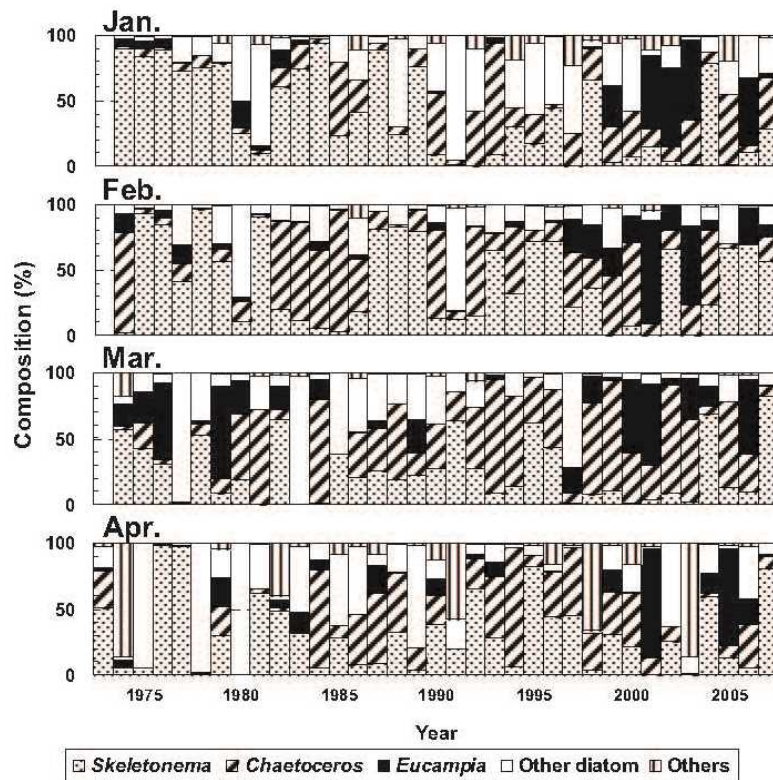
発生年	発生県	発生海域	被害内容 *注	被害金額 (千円)*注	赤潮構成プランクトン
S60	山口県	周防灘(小野田市高泊～山陽町埴生地先)	ノリの色落ち	40,000	<i>Gymnodinium nelsoni</i>
H9	徳島県	紀伊水道(徳島空港沖～那賀川町沖)	ノリ、ワカメの色落ち	不明	<i>Rhizosolenia</i> sp.
H13	兵庫県	播磨灘(北部沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H14	兵庫県	播磨灘(北部沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H15	兵庫県	播磨灘(北部沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H16	兵庫県	大阪湾、播磨灘(大阪湾北西部、播磨灘北部及び淡路島沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Coscinodiscus wailesii</i> <i>Eucampia zodiacus</i>
H17	兵庫県	大阪湾、播磨灘(大阪湾北西部、播磨灘北部及び淡路島沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H18	兵庫県	播磨灘(北部)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
	香川県	播磨灘、備讃瀬戸、燧灘海域	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H19	兵庫県	大阪湾、播磨灘(大阪湾北西部及び播磨灘北部)	ノリの色落ち	不明	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros</i> spp. <i>Thalassiosira</i> spp. <i>Coscinodiscus wailesii</i> <i>Eucampia zodiacus</i>
	兵庫県	播磨灘(北部～中央部)	ノリの色落ち	不明	<i>Thalassiosira diporocyclus</i>
H20	兵庫県	播磨灘(北部～中央部)	ノリの色落ち	不明	<i>Thalassiosira diporocyclus</i>
	兵庫県	播磨灘(北部)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i> <i>Guinardia flaccida</i> <i>Rhizosolenia</i> spp.
	兵庫県	播磨灘(北部沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H21	兵庫県	播磨灘(播磨灘北部沿岸)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H24	香川県	備讃瀬戸(東部)、播磨灘	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
	香川県	備讃瀬戸(中部)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
	兵庫県	播磨灘(北部海域、淡路島西岸海域)	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
H25	兵庫県	播磨灘	ノリの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>
	徳島県	紀伊水道(鳴門市市浦町～阿南市中林町)	ノリ、ワカメの色落ち	不明	<i>Eucampia zodiacus</i>

出典：昭和53年度～平成25年度「瀬戸内海の赤潮」(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)

*注：内容については、判明したことを記載している。

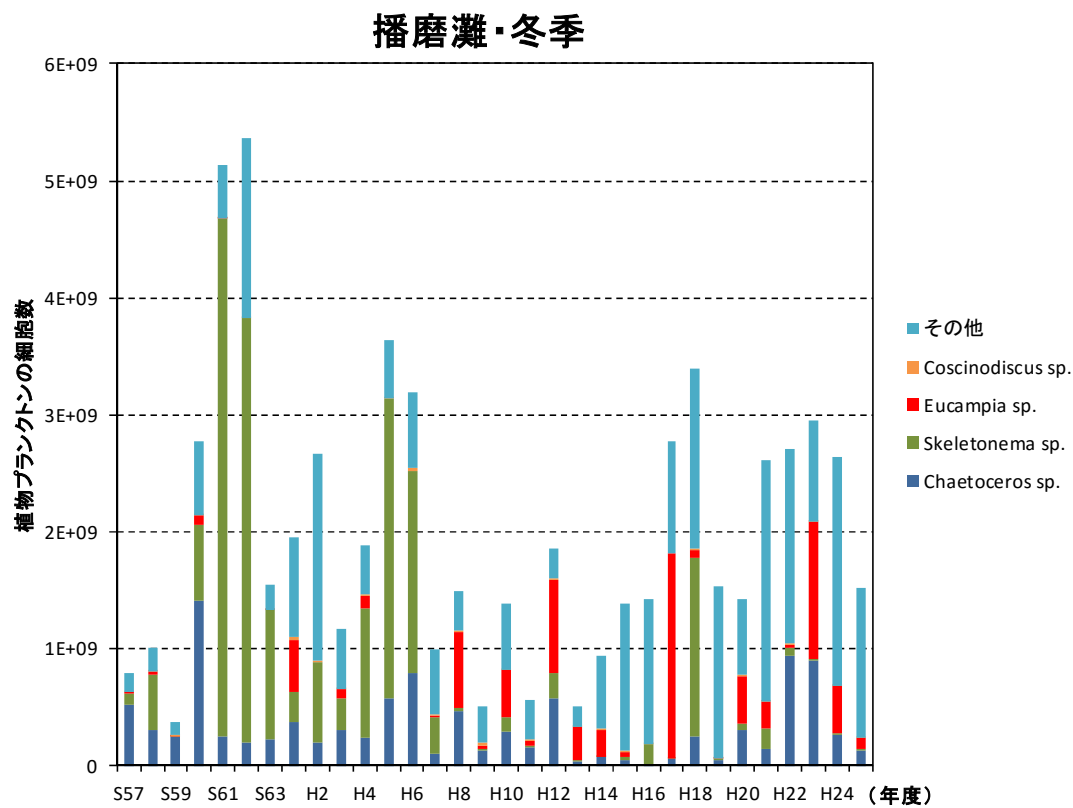
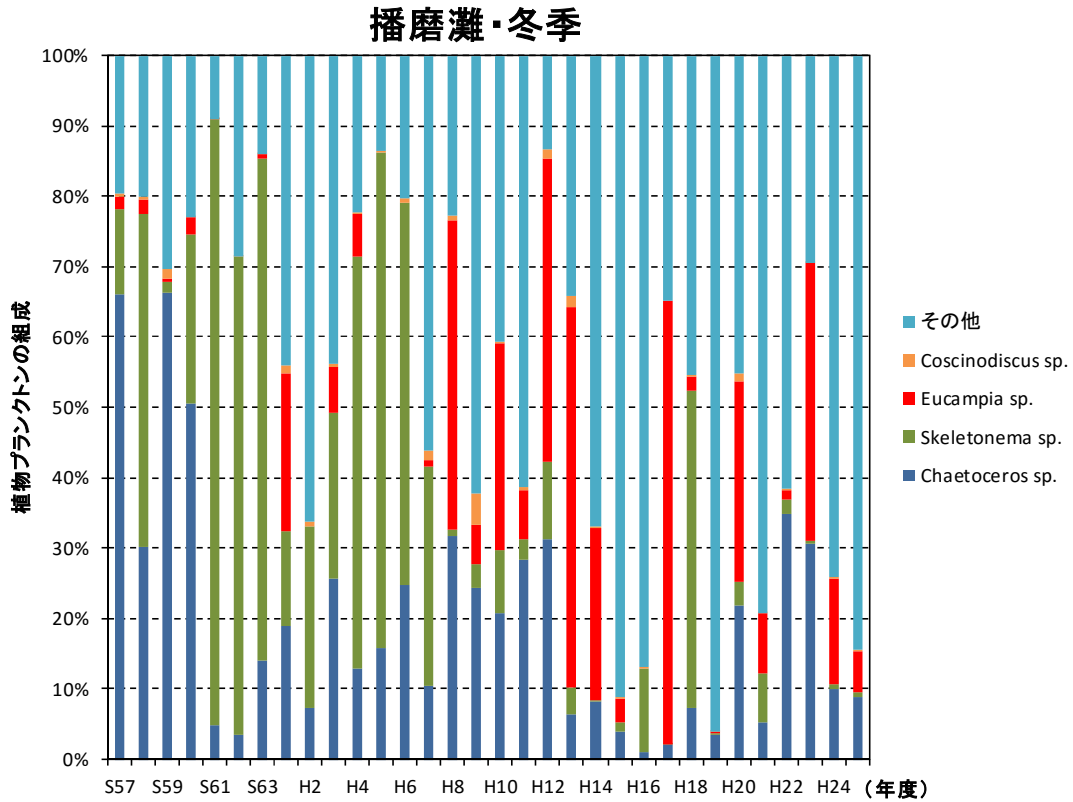
図 1-7 には、播磨灘上層における1～4月の月別植物プランクトン組成についての長期変動を示した。各月のいずれも、植物プランクトンの主な構成種は珪藻であるが、近年は *Eucampia* の割合が増加する傾向がみられる。

広域総合水質調査による植物プランクトン調査結果では、平成 8 年度頃から *Eucampia* の割合が増加する傾向がみられる(図 1-8)。



出典) 西川哲也(2011): 養殖ノリ色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* の大量発生機構に関する生理生態学的研究. 兵庫県農林水産技術総合センター研究報告.

図 1-7 播磨灘上層における1～4月の月別植物プランクトン組成の長期変動



出典) 広域総合水質調査結果(環境省)より作成

図 1-8 播磨灘上層における冬季の植物プランクトン組成及び細胞数の推移

Eucampia zodiacus 等の大型の珪藻類については、現在までの研究報告¹において、以下のような指摘がなされている。

- 播磨灘では、*Eucampia zodiacus* 等の大型の珪藻類が大量発生の可能な時期は鉛直混合期(概ね10~4月)に限定される。
- この時期はノリ養殖漁期(11~4月)と重なるため、大型の珪藻類は養殖ノリと栄養塩を巡って競合することとなり、これら珪藻の大量発生は結果的に養殖ノリに色落ち被害を及ぼすことになる。
- 播磨灘では近年水温が上昇傾向にあり、低水温期における水温の上昇は、*Eucampia* の増殖にとって極めて有利な環境変動であると考えられる。
- *Eucampia* は海域の栄養塩が枯渇するまで増殖することが可能であり、栄養塩レベルが低下傾向にある海域では、他種との栄養塩を巡る競合に有利となる可能性がある。

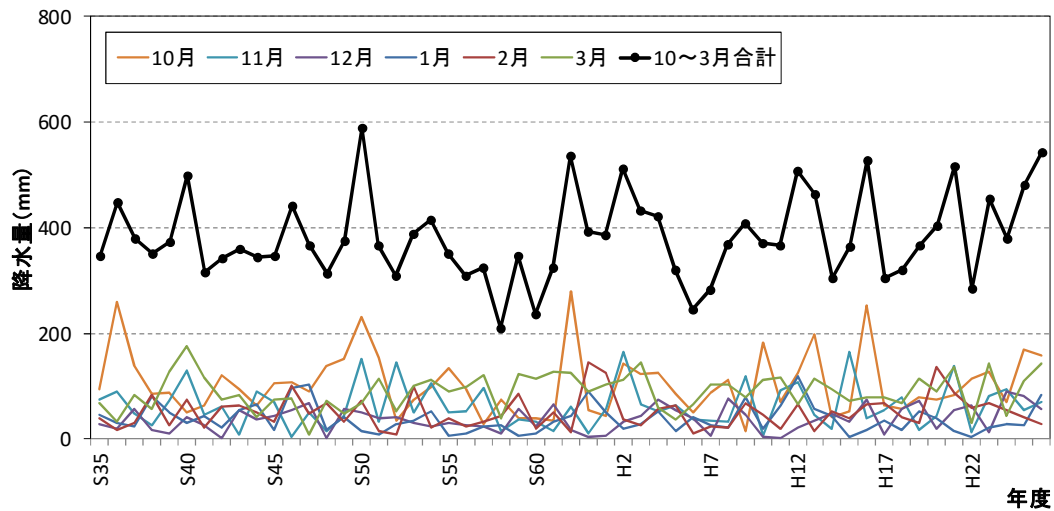
¹ 西川哲也(2011):養殖ノリ色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* の大量発生機構に関する生理生態学的研究. 兵庫県農林水産技術総合センター研究報告.

(4) 降水量との対応

ノリの生産状況と降水量の対応を把握するため、姫路における10～3月の降水量の推移を整理し、兵庫県におけるノリ養殖の生産動向と対比した(図1-9)。

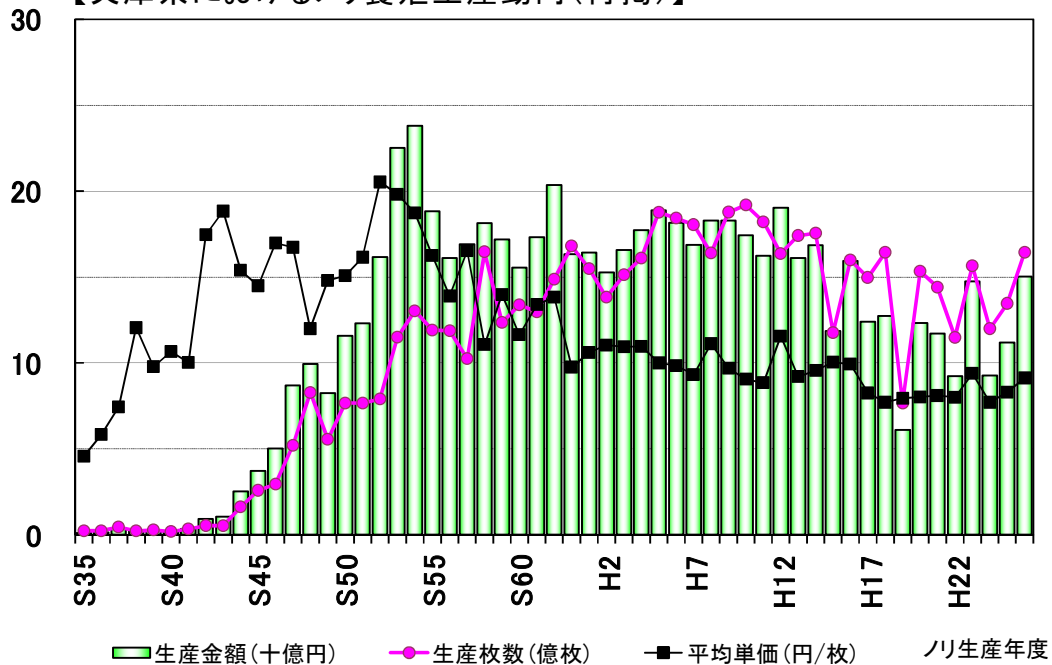
近年において、前年度からのノリ生産の増加がみられた平成23年度や平成26年度においては、10～3月における姫路の降水量も前年度から増加している。

【姫路降水量(10～3月の合計降水量)】



出典)「地域気象観測データ[姫路]」(気象庁)より作成

【兵庫県におけるノリ養殖生産動向(再掲)】



出典)兵庫県漁連資料

図1-9 姫路における10～3月の降水量及び兵庫県におけるノリ養殖生産動向

1.2 まとめ

<ノリ養殖を取り巻く環境の変化について>

- 冬季のDIN濃度は、昭和48～58年度頃にかけて低下し、昭和58～59年度頃から上昇した後に平成3～9年度頃から低下している。
- 冬季のクロロフィルa濃度は、昭和57年度頃から低下した後、昭和62年度頃から上昇している。
- 冬季の水温は昭和60年度頃から上昇しており、近年の水温は昭和60年度頃と比べて1～1.5℃程度高い。
- 平成13年度頃から、*Eucampia zodiacus*が大量発生するようになり、それに伴い、養殖ノリの深刻な色落ち被害が報告されるようになった。
- ノリ養殖を取り巻く水環境は変化しており、そのような環境の変化が、ノリの色落ち被害を引き起こす*Eucampia zodiacus*の増殖に有利に作用していると考えられる。
- 平成3～9年度頃からの栄養塩濃度の低下及び、水温の上昇等による植物プランクトンの種の遷移により、大型珪藻の大量発生が生じることで、栄養塩類を巡る競合が起こり、ノリの色落ちが発生するようになっている。
- このような近年の水環境の状況下において、ノリの漁期である冬季における、下水処理場における季節別運転管理、海底耕耘等の栄養塩類供給に係る順応的な取組は色落ち対策として期待される。

2. 備讃瀬戸

備讃瀬戸においては、ノリ養殖を取り巻く環境の変化を把握する上で重要な、冬季の栄養塩類濃度や植物プランクトン等に着目し、広域総合データ及び浅海定線データ等について整理を行った。

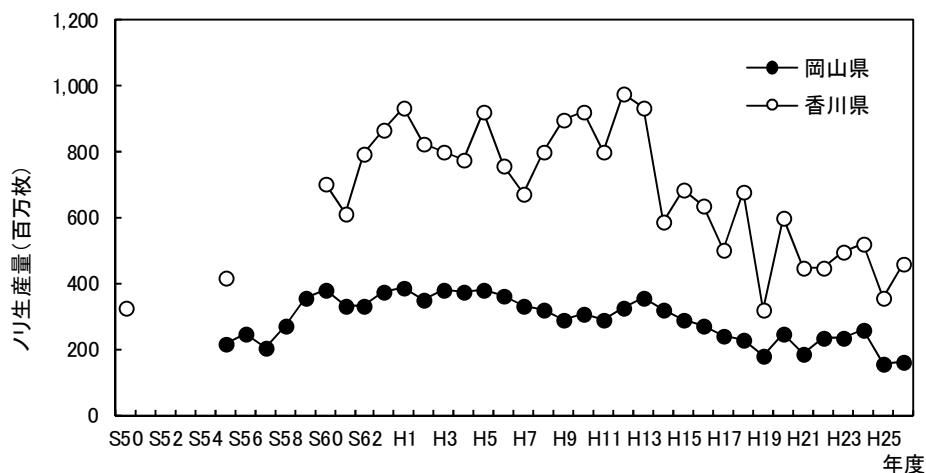
2.1 ノリ養殖を取り巻く環境の変化

(1) ノリの生産状況の変化

岡山県及び香川県におけるノリの生産量の推移を図 2-1 に示す。

岡山県におけるノリ生産量は、昭和 60 年度頃まで増加し、平成 13 年頃から減少している。

香川県におけるノリの生産量は、平成元年度頃まで増加し、平成 12 年度頃から減少している。



出典) 岡山県資料及び香川県資料より作成

図 2-1 岡山県及び香川県におけるノリ生産量の推移

(2) 水環境の変化

ノリ養殖を取り巻く環境の変化を把握する上で重要な、冬季の栄養塩類濃度等の水環境に関するデータを整理した。

備讃瀬戸における冬季の DIN、クロロフィルa(植物プランクトンの量を推定するデータとなる)、水温及び赤潮発生件数の推移を図 2-3 に示す。また、広域総合データによる冬季の DIN/T-N(T-N に占める DIN の割合)の推移を図 2-4 に、浅海定線データによる 1~2 月の月毎の DIN 及び水温の推移を図 2-5、図 2-6 に示す。

なお、広域総合水質調査及び浅海定線調査(岡山県・広島県・香川県)の調査位置は図 2-2 に示すとおりである。

- ・ 広域総合データによる DIN は昭和 58 年度頃から上昇と低下を繰り返している。
- ・ 浅海定線データによる DIN は、昭和 49~54 年度頃にかけて低下し、平成元年度頃まで上昇した後に平成 6 年度頃にかけて低下している。
- ・ クロロフィル a は、広域総合データでは平成 5 年度頃から上昇しており、浅海定線データでは昭和 52~57 年度頃にかけて低下した後に平成 13 年度頃から上昇している。
- ・ 水温は、広域総合データ及び浅海定線データともに昭和 60 年度頃から上昇しており、近年の水温は昭和 60 年度頃と比べて 1~1.5℃程度高い。
- ・ 赤潮は、近年 1~3 件程度の発生がみられる。

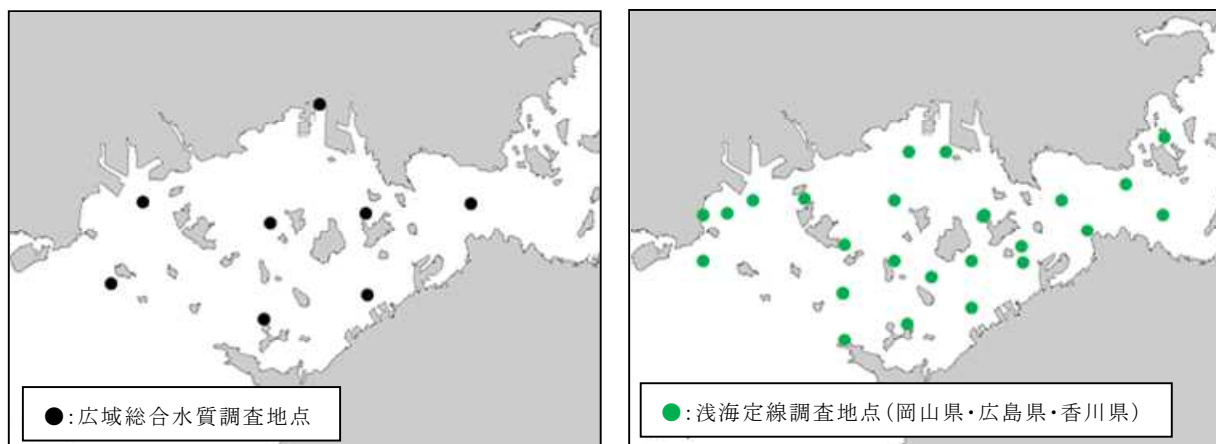
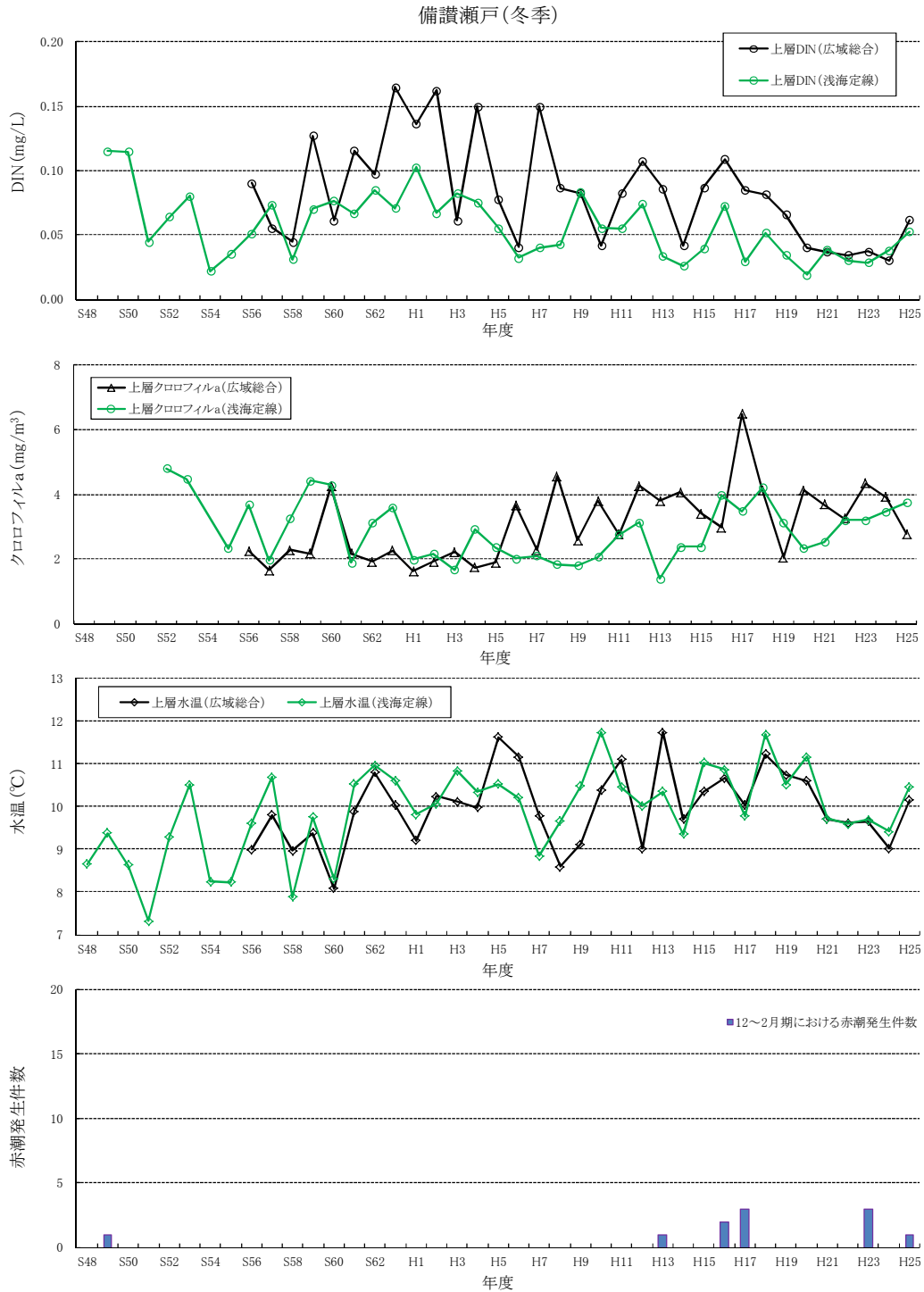


図 2-2 調査地点(左:広域総合水質調査、右:浅海定線調査)

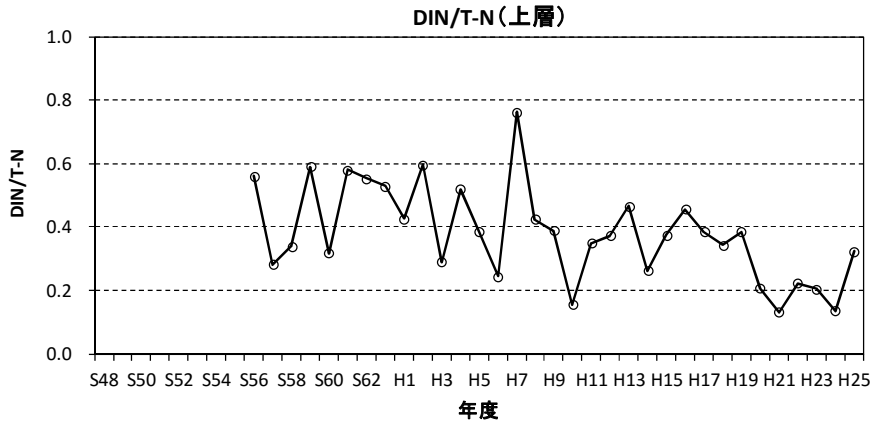


注) 浅海定線調査結果は1,2月の観測値、広域総合水質調査結果は冬季1回/年(1月)の調査結果である。赤潮発生件数については、当該年度の12月から2月までの観測値である。
 注) 赤潮発生件数については、赤潮の発生が複数月にまたがるものは、各々当該月に1件として計上している。

出典) 水質：広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(岡山県・広島県・香川県)より作成

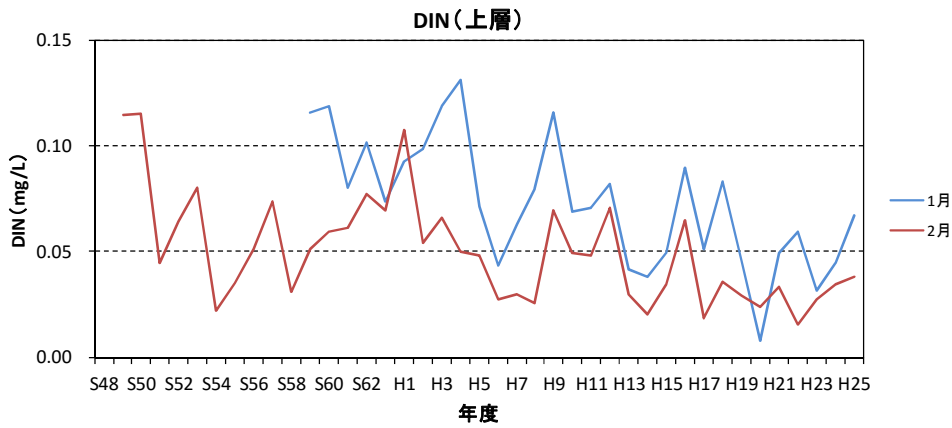
出典) 赤潮発生件数：「瀬戸内海の赤潮」(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)より作成

図 2-3 備讃瀬戸における冬季の DIN、クロロフィルa、水温(いずれも上層値) 及び赤潮発生件数の推移



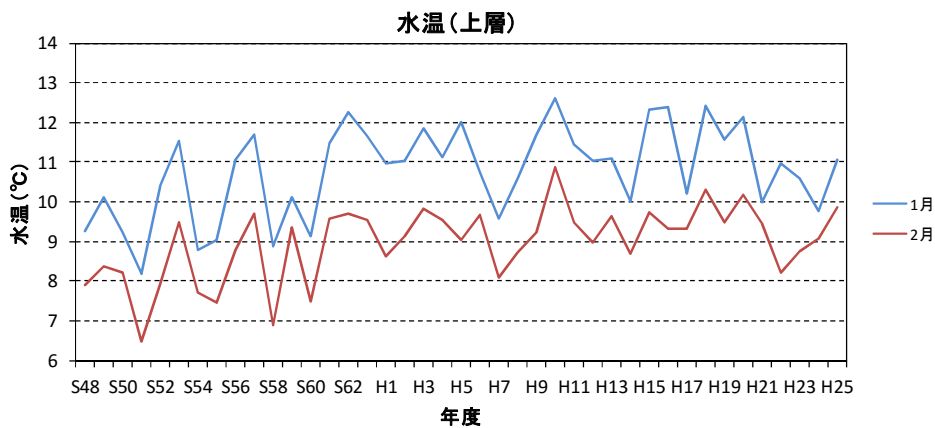
出典)「広域総合水質調査結果」(環境省)より作成

図 2-4 備讃瀬戸における冬季の DIN/T-N(上層)の推移



注)岡山県データ及び昭和 59 年までの香川県データは 2 月のみ。
出典)「浅海定線調査結果」(岡山県・広島県・香川県)より作成

図 2-5 備讃瀬戸における 1~2 月の上層 DIN の推移



出典)「浅海定線調査結果」(岡山県・広島県・香川県)より作成

図 2-6 備讃瀬戸における 1~2 月の上層水温の推移

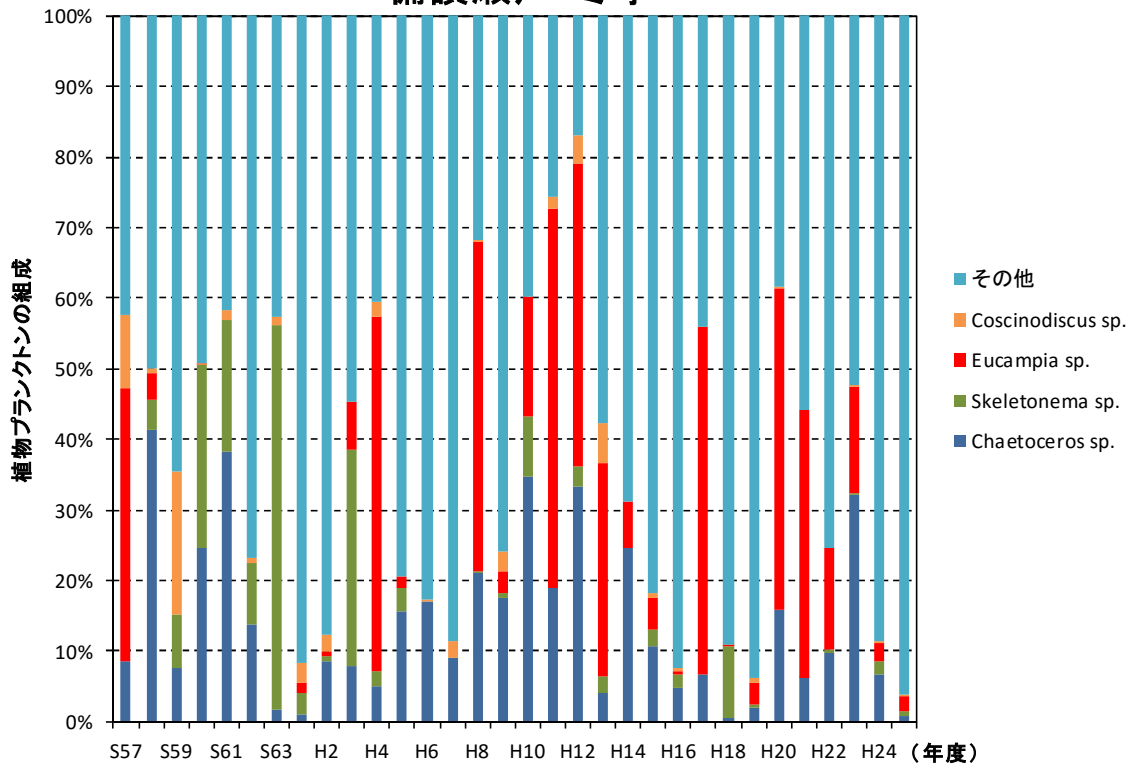
(3) 大型の珪藻類について

前述のとおり、瀬戸内海では、近年、栄養塩類の消費量の多い大型の珪藻類(*Eucampia zodiacus* 等)が冬季に大量発生することにより栄養塩類の減少が起こっているとの指摘がある。

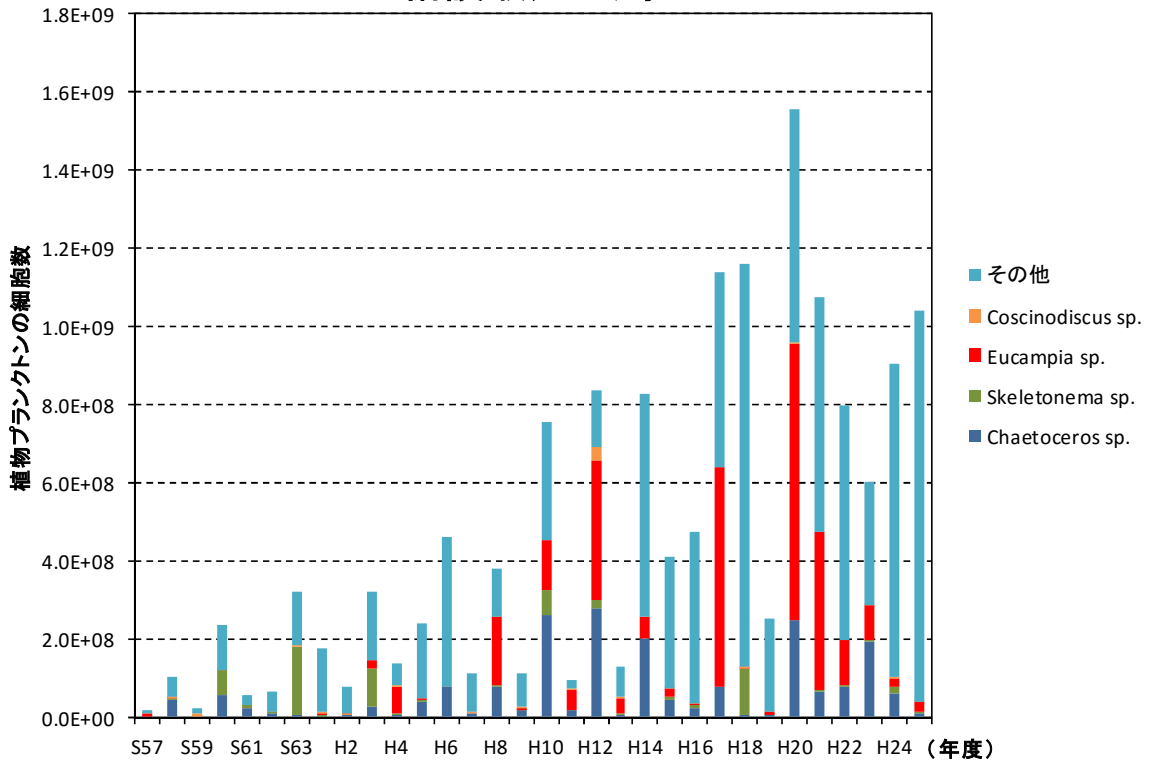
図2-7には、広域総合データによる備讃瀬戸の冬季(1月)の植物プランクトン組成及び細胞の推移を示した。

植物プランクトンの主な構成種は珪藻であるが、平成8年度頃から *Eucampia* の割合が増加する傾向がみられる。

備讃瀬戸・冬季



備讃瀬戸・冬季



出典) 広域総合水質調査結果(環境省)より作成

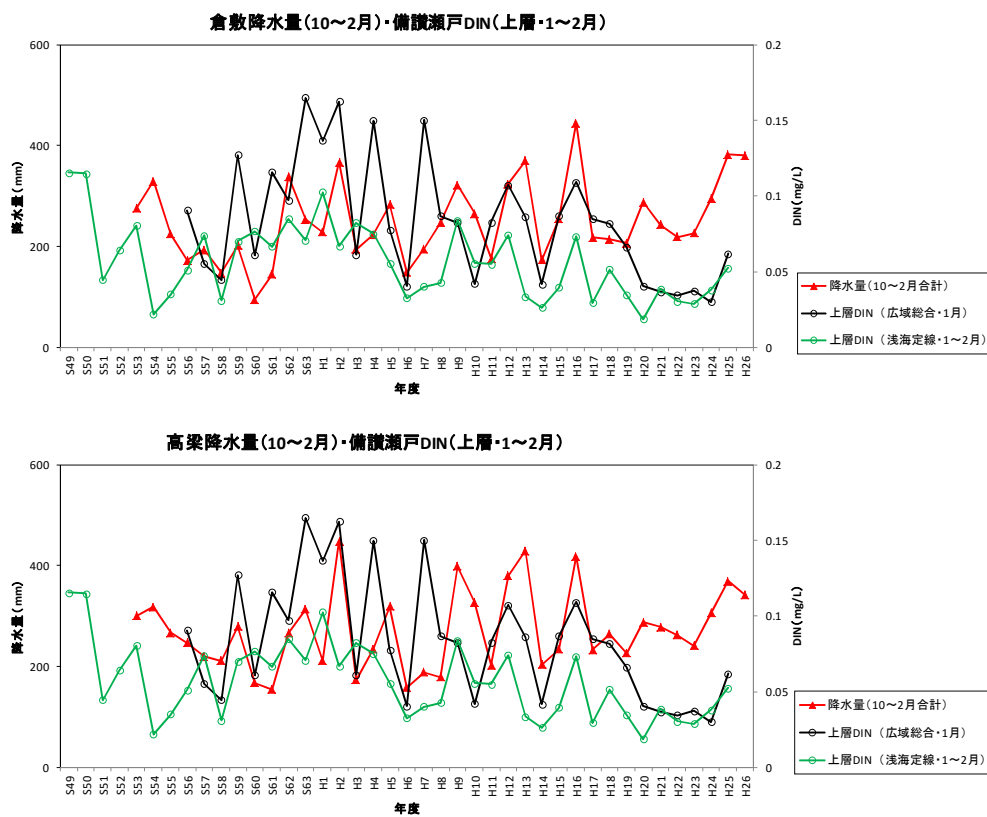
図 2-7 備讃瀬戸上層における冬季の植物プランクトン組成及び細胞数の推移

(4) 降水量との対応(河川水流入の影響)

備讃瀬戸に流入する高梁川や芦田川の河川水の影響を考えるため、河川流量と関連性が強い降水量と冬季の海域 DIN の変動を対比した。

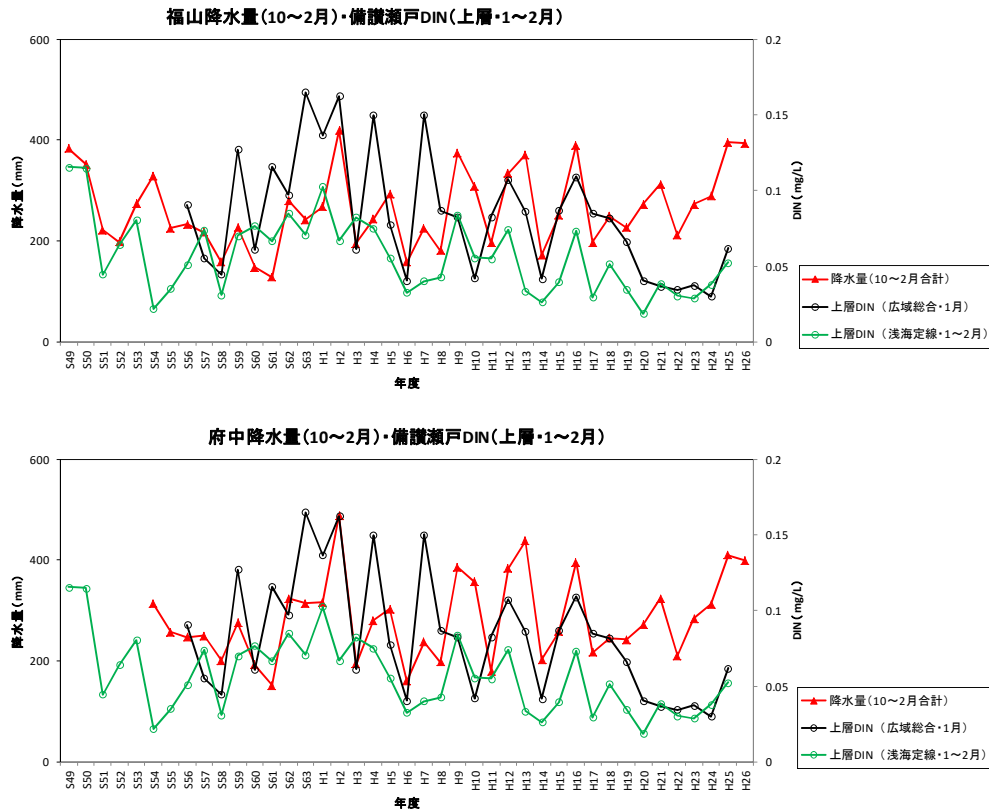
倉敷(高梁川下流付近)、高梁(高梁川上流付近)、福山(芦田川下流付近)及び府中(芦田川上流付近)における10～2月の合計降水量と、冬季における備讃瀬戸の上層DINの推移を図2-8～図2-9に示す。

- 各観測所における10～2月の合計降水量の変動は、備讃瀬戸の上層DINの短期的な変動と一部で対応がみられた。



出典)降水量:「地域気象観測データ[倉敷・高梁]」(気象庁)より作成。DIN:「広域総合水質調査結果」(環境省)及び「浅海定線調査結果」(岡山県・広島県・香川県)より作成。

図2-8 倉敷及び高梁の降水量(10～2月)と備讃瀬戸のDIN(1～2月)の推移



出典)降水量:「地域気象観測データ[福山・府中]」(気象庁)より作成。DIN:「広域総合水質調査結果」(環境省)及び「浅海定線調査結果」(岡山県・広島県・香川県)より作成。

図 2-9 福山及び府中の降水量(10~2月)と備讃瀬戸のDIN(1~2月)の推移

2.2 まとめ

<ノリ養殖を取り巻く環境の変化について>

- 冬季の DIN 濃度は、昭和 49～54 年度頃にかけて低下し、昭和 54～58 年度頃から上昇した後に平成元～6 年度頃にかけて低下している。
- 冬季のクロロフィル a 濃度は、平成 5～13 年度頃から上昇している。
- 冬季の水温は昭和 60 年度頃から上昇しており、近年の水温は昭和 60 年度頃と比べて 1～1.5℃程度高い。
- 冬季の植物プランクトンの構成種について、平成 8 年度頃から *Eucampia zodiacus* の割合が増加する傾向がみられる。
- 平成元～6 年度頃にかけての栄養塩濃度の低下及び、水温の上昇等による植物プランクトンの種の遷移により、大型珪藻の大量発生が生じることで、栄養塩類を巡る競合が起こり、ノリの色落ちが発生するようになっている。
- このような近年の水環境の状況下において、ノリの漁期である冬季における、下水処理場における季節別運転管理、海底耕耘等の栄養塩類供給に係る順応的な取組は色落ち対策として期待される。