

11.3 積雪寒冷沿岸域の水産生物の生息環境保全に関する研究

研究予算：運営費交付金(一般勘定)

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水産土木チーム

研究担当者：山本潤、岡元節雄、佐藤仁、河合浩、須藤賢哉、
大橋正臣

【要旨】

北海道沿岸域の良好な自然環境の保全・再生が推進されており、陸域と一体となった沿岸域の環境保全が求められている。特に、栄養塩が豊富な河口付近では、北海道を代表する水産有用種である二枚貝類の成育が良い反面、出水後の浮泥の堆積等により大量斃死といった深刻な問題が生じることがある。本研究では、陸域からの浮泥や栄養塩の流出が沿岸域の水産生物の生息環境に与える影響に関する調査を実施し、水産生物の生育環境を考慮した陸域や河川流域、沿岸域の適正管理に資するものである。平成 23 年度には、夏季の出水が周辺海域の水産生物の生息環境に及ぼす影響について評価した。平成 24 年度には、融雪季の出水が周辺海域の基礎生産構造に及ぼす影響について評価した。

キーワード：融雪出水、基礎生産、夏季出水、河口、栄養塩、生態系モデル、漁場環境

1. はじめに

河川流域末端に位置する沿岸域では、一般的に陸域からの豊富な栄養塩と開放性ゆへの好気的な環境により豊かで健全な漁場が形成されている。河川水の流入は栄養塩の供給により水産生物の成育に有利な反面、台風等による出水時には大量の土砂を含む濁質が周辺海域に流れ込んで水域環境を悪化させ、魚貝類の大量斃死を招く場合がある。

本研究は、陸水の影響を強く受けている開放性砂浜域の代表として鵲川沿岸をモデル地区として例に挙げ、河川等の他チームと連携して陸域からの浮泥や栄養塩の流出が沿岸域の水産生物の生息環境に与える影響の把握を試みるものである。当海域は、北海道を代表する二枚貝の好漁場であるが、平成 13 年 9 月の台風 15 号に伴う鵲川・沙流川の出水により、漁業被害を受けた事例がある。毎年の台風時期における河川の出水に際しても、周辺海域に少なからず影響を及ぼしているものと考えられる。

平成 23 年度は、台風 12 号に伴う河川出水後に水質・生物量等の現地観測を実施し、平水時の観測結果との比較から、陸水が周辺海域の水産生物の生息環境に及ぼす影響について把握した。平成 24 年度には融雪出水を対象に同様の観測を実施し、周辺海域に及ぼす影響について考察を行った。

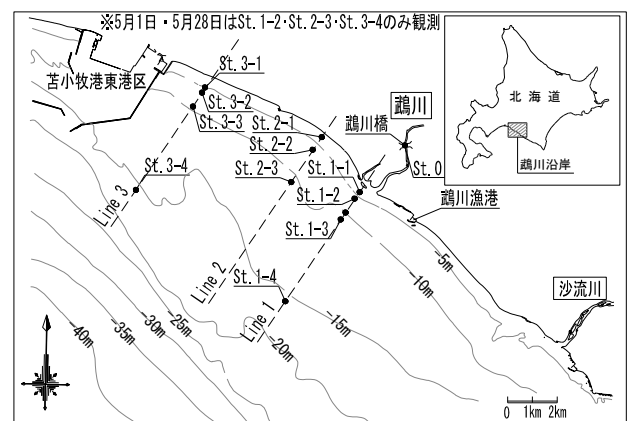


図-1 観測位置

表-1 現地観測内容

調査項目	方法	観測内容
波浪・流況観測	ADCP および波高計を設置	夏季出水:8/5～9/15 融雪出水:5/8～6/5
水質	CTD 垂下	水温、塩分、クロロフィル a (chl-a)
	採水、1 測点当たり 2～4 層	SS、TN、TP、NH ₄ -N、NO ₃ -N、PO ₄ -P、SiO ₂ -Si、T-Fe、chl-a
底質	採泥	粒度
植物プランクトン	採水※水質と同層	種毎の細胞数
メガロベントス(夏季のみ)	幅 50cm の桁網を 30m 曳網	ウバガイ

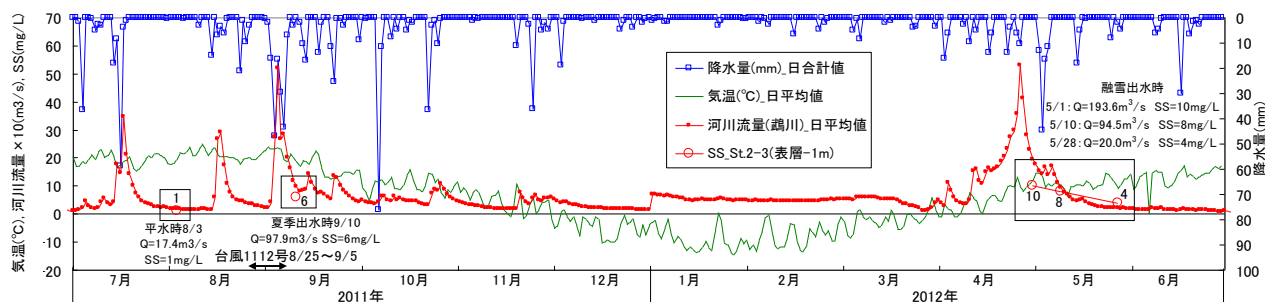


図-2 降水量、気温、河川流量、SS の時系列

2. 現地観測方法

現地観測は台風・低気圧の降雨により河川流量が増える9月の夏季出水時および陸域の積雪が溶けて河川流量が増える融雪出水時にデータ収集することを主眼に行った。

観測は平水時として平成23年8月、夏季出水時は同年9月、融雪出水時は平成24年5月1日、10日、28日の3回の時期に図-1に示す各測点において、表-1に示す波浪・流況、水質、底質、植物プランクトン、メガロベントス（平水時・夏季出水時のみ）等の観測を実施した。ただし、融雪出水時の5月1日、28日はSt.1-2・St.2-3・St.3-4のみの観測である。メガロベントスには、当地域の主要な二枚貝の代表種であるウバガイ（ホッキ貝）が含まれ、これを評価の対象とした。なお、測点の設定では、出水時の濁水が西寄りに拡散しやすいことと、ウバガイの生息水深（約15mまで）を考慮した。

3. 観測結果と考察

3.1 河川からの濁質の挙動

図-2は平成23年7月1日から平成24年6月30日までの降水量・日平均気温（アメダス鶴川）・日平均河川流量Q（鶴川橋）・浮遊物質SS（St.2-3の表層（水深1m））の時系列変化を示している。

台風11、12号による鶴川の夏季出水時は9月2日頃から流量が増加し、9月4日に最大流量 $642\text{m}^3/\text{s}$ （時間平均値）を記録した。融雪出水時は日平均気温が 0°C を超える4月1日頃から出水が始まり、4月27日に最大流量 $613\text{m}^3/\text{s}$ （時間平均値）を記録した。平水時・夏季出水時・融雪出水時ともに、流量Qの増加に伴いSSが増加し、正の相関がある。

図-3には夏季出水時の平成23年9月14日および融雪出水時の平成24年4月25日に撮影された鶴川と沙流川の出水後の濁質の流出状況を示す。鶴川か



(1) 夏季出水時(平成23年9月14日撮影)



(2) 融雪出水時(平成24年4月25日撮影)

図-3 鶴川(写真手前)と沙流川(写真奥)の濁質の流出状況

らの濁質は沿岸流の影響で西方向（写真下方向）に偏向して広がっている。両者とも濁りが数kmに渡り広がっていることが判る。

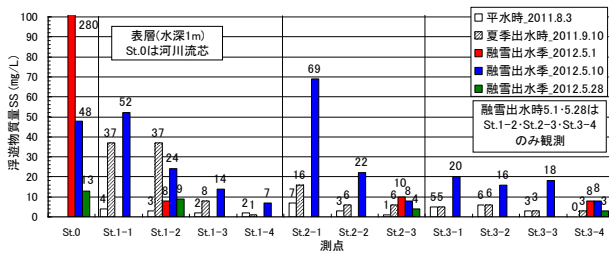


図-4 測点毎のSS濃度

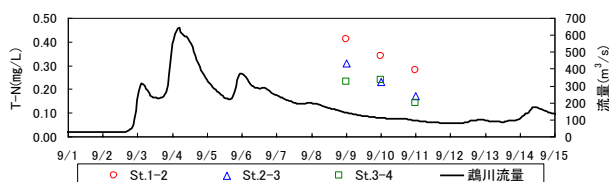
図-4には表層（水深1m）における測点毎の浮遊物質（SS）濃度を、平水時・夏季出水時・融雪出水時について示す。夏季出水時・融雪出水時には河口に近いほどSS濃度が高い。河口から離れた測点ではSS濃度が小さく、平水時との差異が小さいことがわかる。つまり、濁水の影響は河口からの距離に依存することがわかる¹⁾。

融雪出水時のSt.0(河川内、鵜川橋)は5月1日のSS濃度が280mg/Lと高く、また、図-2の流量Qの減少傾向に伴ってSS濃度が減少している。一方、St.1-2のSSは5月1日～28日までの流量Qの減少傾向と異なり5月10日のSSが大きい。これは海域に流入された濁水は波浪や流況の影響を受けるため、拡散の状況が異なっていると考えられる。

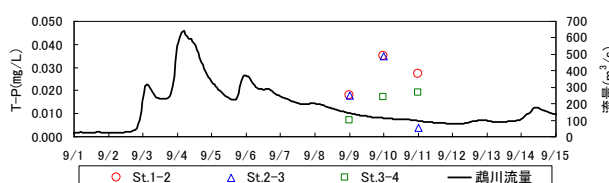
3.2 河川出水が栄養塩と基礎生産に及ぼす影響

図-5は夏季出水時における鵜川の流量と全窒素・全リン（水深1m）の時系列変化を示す。

全窒素（T-N）に着目すれば、全窒素は流量の減少とともに減少していることから、全窒素は河川か



(1) 全窒素



(2) 全リン

図-5 河川流量と全窒素・全リンの変化(夏季出水時)

ら供給されていることがわかる。この傾向は河口から離れたSt.3-4（水深15m）でも同様であり、河川出水がウバガイの生息域（概ね水深15m以浅）のほぼ全域に影響を与えていることが判る（図-5(1)）。

一方、全リン（T-P）は、夏季出水時における流量の変化傾向は一致せず、河川から供給の割合が小さいと考えられる（図-5(2)）。

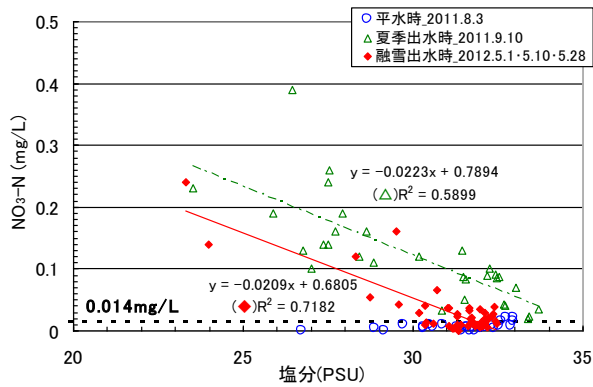
次に出水による海域の栄養塩の変化について示す。図-6は、出水の影響の指標として横軸に塩分とし、縦軸に栄養塩（硝酸態窒素・リン酸態リン・ケイ酸態ケイ素）とし、観測されたすべて（平水時・夏季出水時・融雪出水時）のデータを示したものである。ここで一般に植物プランクトンの増殖に必要なとされる閾値（硝酸塩濃度：0.014mg/L、リン酸塩濃度：0.003mg/L、ケイ酸塩濃度：0.056mg/L²⁾³⁾、として破線で示している。

硝酸態窒素（図-6(1)）の特徴としては、平水時には閾値を下回っているデータが多く、閾値を上回ったのは塩分濃度が高い箇所であった。一方、夏季出水時・融雪出水時は硝酸態窒素の濃度が高く、塩分が低いほど濃度が高い傾向にある。これは河川により栄養塩が供給されているためと考えられる。夏季出水時と融雪出水時の違いは、夏季出水時には硝酸態窒素の枯渇（閾値を下回る）は見られなかったのに対し、融雪出水時の塩分の高い箇所において枯渇が見られた。

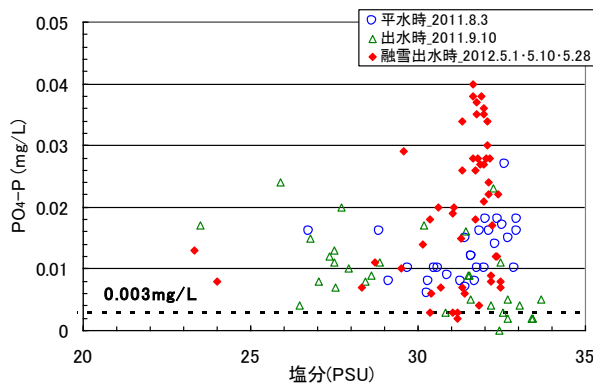
図-6(2)のリン酸態リンについては、平水時・夏季出水時・融雪出水時も塩分との相関が無く、濃度のバラツキが大きい。図-5(2)と同様に海域由来のリン酸態リンが多く、河川からの影響が相対的に少なくなっていると考えられる。

図-6(3)のケイ酸態ケイ素では、硝酸態窒素と同様に平水時より夏季出水時・融雪出水時の濃度が高く、塩分が低いほど濃度が高い傾向にある。平水時についても塩分との相関があることから、河川からの供給が海域に顕著に表れていることを示している。また、平水時・夏季出水時はケイ酸態ケイ素の枯渇は見られないが、融雪出水時には塩分の高い沖側の一部で閾値を下回っており枯渇が見られた。

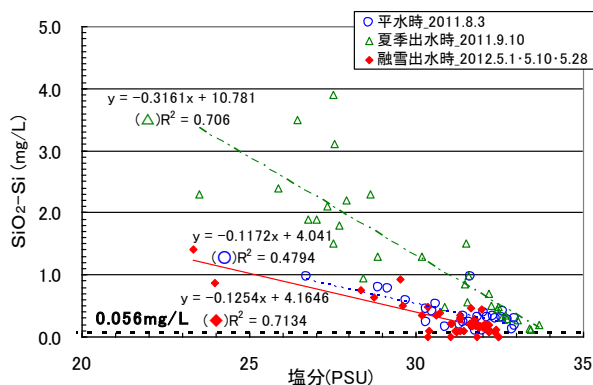
これらのように各栄養塩によって河川からの供給と海域への影響について異なっているが、総じて当海域は河川由来の栄養塩の影響が大きいと考えられる。



(1) 硝酸態窒素と塩分の関係



(2) リン酸態リンと塩分の関係



(3) ケイ酸態ケイ素と塩分の関係

図-6 栄養塩と塩分の関係

次に St.2-3 (水深 10m) において、各出水イベンにおける栄養塩や基礎生産の変化について鉛直分布を示し考察する。図-7 に St.2-3 の水温・塩分・クロロフィル a と各種栄養塩の鉛直分布 (平水時・夏季出水時・融雪出水時) を示す。

平水時(図-7(1))では水深 5m 付近に躍層がある。躍層より下層でクロロフィル a の濃度が高く、下層 (水深 8m) で栄養塩濃度が高い。これは躍層より下に栄養塩豊富な水塊が存在することを示唆してい

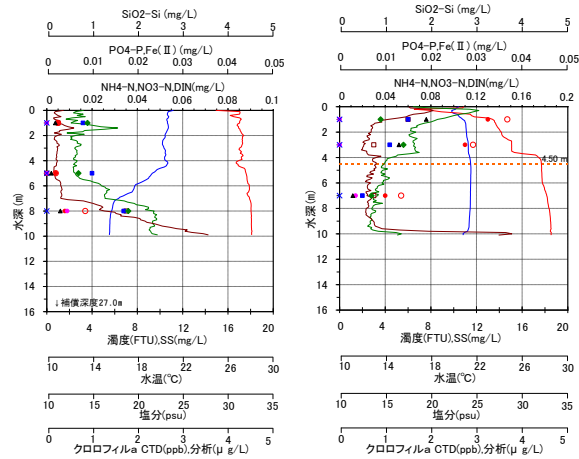
る。表層 (水深 1m) と中層 (水深 5m) では DIN (溶存態無機窒素) の濃度が閾値 0.014mg/L を下回っており、躍層より上の水塊で窒素不足となっている。これは河川流量が小さいと窒素の供給量が少ないためと思われる。光環境として補償深度は 27.0m であり、光量の不足は無い。これらのことより平水時は躍層の高さと窒素が基礎生産の制限要素となっていると考えられる。

図-7(2)の夏季出水時では、表層で河川水の影響により塩分の低い層が現れている。また、栄養塩濃度は河川からの供給により全体的に平水時より高い。しかし、濁水が表層にあるため、平水時より光環境を悪化させ補償深度が 4.5m となっている。このためクロロフィル a のピークは表層付近にあり、下層は光量の不足によりクロロフィル a が低くなっている。以上のことから、夏季出水時は河川からの濁水の供給とこの拡散によって生ずる光環境の悪化が基礎生産の制限要素になっていると考えられる。

次に融雪出水時 (図-7(3)(4)(5)) は、3 日間のうち 5 月 1 日と 5 月 10 日は表層付近で河川出水による塩分低下が生じているが、5 月 28 日では河川流量が小さく塩分の低下も見られない。栄養塩のうち溶存態無機窒素 DIN については、河川からの栄養塩供給により濃度が全観測日・全層で閾値を上回っており窒素枯渇は無い。光環境については、補償深度が 5 月 1 日で 3.75m、5 月 10 日で 4.05m となり夏季出水時と同程度であったが、5 月 28 日には上述したように河川流量が小さく SS も低下したため補償深度は 11.73m であり、水深(10m)以上となり光量不足は無かった。融雪出水時のクロロフィル a については、5 月 10 日に最大値の $5.6 \mu\text{g/L}$ であり、全体的な傾向としては、全層で高い値を示し、平水時・夏季出水時のような上下層の明確な傾向が現れていない。この原因としては、冬季に見られる表層冷却に伴う鉛直混合が、この時期まで継続しているためと考えられる。以上より、融雪出水時では河川出水による栄養塩と SS の供給については夏季出水時と類似傾向であるが、基礎生産については補償深度を境とした上下層での傾向が明確ではないものの全体的に基礎生産は高いことがわかった。

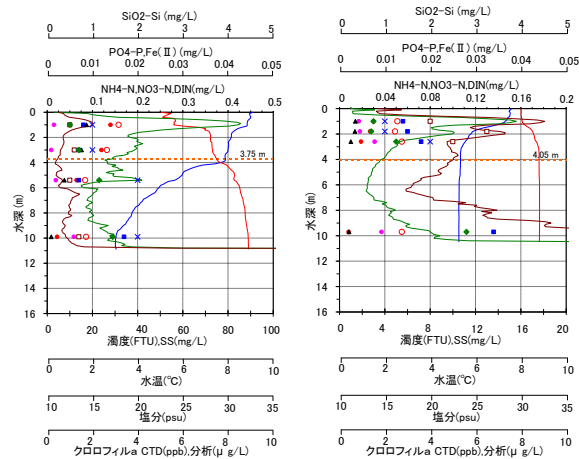
3.3 河川出水が生物に及ぼす影響

図-8 には測点毎の植物プランクトン細胞数（鉛直方向平均値）を、平水時・出水時・融雪出水時について示している。平水時に対して夏季出水時は全測点平均の細胞数が約 1/7 に減少している。一方、融雪出水時（5 月 10 日）では、図-4 で示すとおり夏季出水時と同等以上の SS であるが細胞数の減少は見られずに平水時より多い。河口から離れるほど細胞数が減少する傾向は平水時と同じである。また、河口からの距離が大きい測点ほど、観測時期によるプランクトン細胞数の差が小さい。これは SS の分



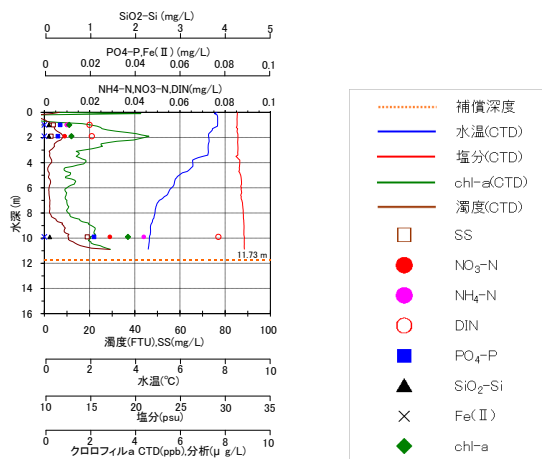
(1) 平水時 2011. 8. 3

(2) 夏季出水時 2011. 9. 10



(3) 融雪出水時 2012. 5. 1

(4) 融雪出水時 2012. 5. 10



(5) 融雪出水時 2012. 5. 28

凡例

図-7 水温・塩分・chl-a・栄養塩の鉛直分布 (St. 2-3)

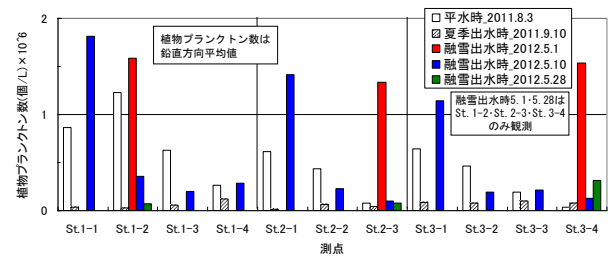


図-8 測点毎の植物プランクトン細胞数

表-2 植物プランクトンの出現種

綱	種 名	細胞数/L	占有率
平水時 2011.8.3			
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	233,653	47.6%
珪藻	<i>Chaetoceros salsugineum</i>	128,530	26.2%
珪藻	<i>Cerataulina pelagica</i>	53,707	11.0%
夏季出水時 2011.9.10			
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	9,706	14.4%
ブレンノ藻	<i>Prasinophyceae</i>	8,155	12.1%
クロコ藻	<i>Cryptophyceae</i>	6,361	9.4%
融雪出水時 2012.5.1 ※St.1-2・St.2-3・St.3-4 の平均値			
珪藻	<i>Chaetoceros radicans</i>	1,307,633	88.3%
珪藻	<i>Chaetoceros compressum</i>	119,363	8.1%
珪藻	<i>Chaetoceros affine</i>	10,208	0.7%
融雪出水時 2012.5.10			
珪藻	<i>Thalassiosira pacifica</i>	387,267	75.9%
珪藻	<i>Chaetoceros radicans</i>	25,712	5.0%
珪藻	<i>Chaetoceros compressum</i>	18,836	3.7%
融雪出水時 2012.5.28 ※St.1-2・St.2-3・St.3-4 の平均値			
珪藻	<i>Chaetoceros compressum</i>	79,428	50.9%
珪藻	<i>Chaetoceros radicans</i>	36,661	23.5%
渦鞭毛藻	<i>Heterocapsa rotundata</i>	7,667	4.9%

※細胞数・占有率は全層の平均値

布（図-4）と同様に、河口から離れるほど出水の影響が小さくなるためと思われる。一方、融雪出水時（5月1日）では河口から離れた St.2-3 や St.3-4 で細胞数が多い。これは植物プランクトンの増殖（春季ブルーム）が発生し、この影響により沖合においても細胞数が増加した可能性がある。

表-2には各観測期の植物プランクトンの優先種を示す。平水時は珪藻の占有率が高いが、夏季出水時はプラシノ藻とクリプト藻の占有率が増えている。特に平水時と夏季出水時には *Skeletonema costatum* が優先し、夏季出水前後で細胞数が 1/24 に減少している。この原因は濁質や河川水による移流・希釈、あるいは塩分の低下による死滅が考えられる。一方、融雪出水時の優先種は、5月1日は *Chaetoceros radicans*、5月10日は *Thalassiosira pacifica*、5月28日は *Chaetoceros compressum* であり 3 回の調査で種構成が変化している。ただし、出水が珪藻の占有率と種構成に与える影響については不明である。

図-9には測点毎のクロロフィル a 濃度（鉛直方向平均値）を示している。河口からの距離が大きい測点ほど各観測期のクロロフィル a の差が小さい傾向にあるのは植物プランクトンの傾向と同様である。夏季出水時には植物プランクトンと同様に平水時に比べてクロロフィル a が全測点平均で 1/2 に減少している。一方、融雪出水時（5月10日）ではクロロフィル a の減少は見られず平水時より多い。特に St.1-1 や St.2-1 では、 $22.6 \mu\text{g/L}$ 、 $15.5 \mu\text{g/L}$ であり、他の測点と比較して 2 倍以上高くなっている。この原因としては、増殖した植物プランクトンが吹き寄せなどの物理的な要因で、沿岸付近に集積したものと考えられる。クロロフィル a と植物プランクトン細胞数の分布傾向が違ふのは、植物プランクトンの構成種の変化や含有するクロロフィル a の量の違いのためと考えられる。

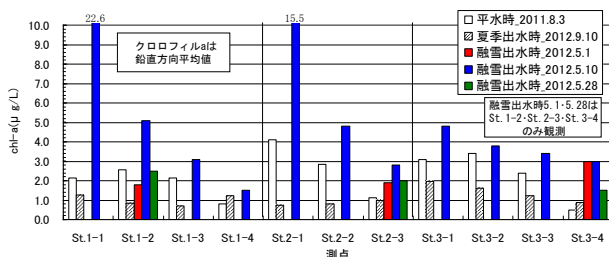


図-9 測点毎のクロロフィル a 濃度

図-10 は、測点毎のウバガイ成貝の個体密度を、平水時と夏季出水時について示している。成貝の殻長は北海道におけるウバガイの資源管理上の漁獲可能な殻長である 75mm 以上⁴⁾を計数した。測点によりバラツキが大きく、平水時と出水時との違いは明確ではない。また、河口からの距離と個体密度の関係については傾向が明確ではない。これらのことより濁質による個体数への有意な影響は認められず、河川出水がウバガイ成貝に及ぼす影響は現時点では不明である。

図-11にはウバガイ成貝の個体密度と底質の 50% 粒径の関係を示している。50%粒径が 0.1~0.2mm の粒径の範囲で個体密度が大きい。粒径 0.1~0.2mm は粒度試験の分類では細砂に相当する。谷野ら⁵⁾によれば、北海道胆振海岸において、底質の 50% 粒径が 0.2mm で二枚貝（ウバガイ等）の個体数が最大となることを指摘しており、今回の結果は粒径 0.1~0.2mm の細砂がウバガイ成貝の生息に好適な条件であることを示唆している⁶⁾。

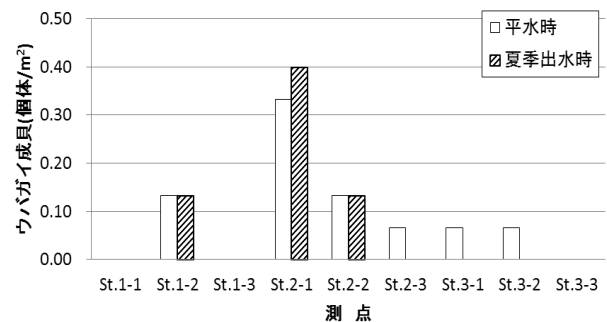


図-10 測点毎のウバガイ成貝の個体密度

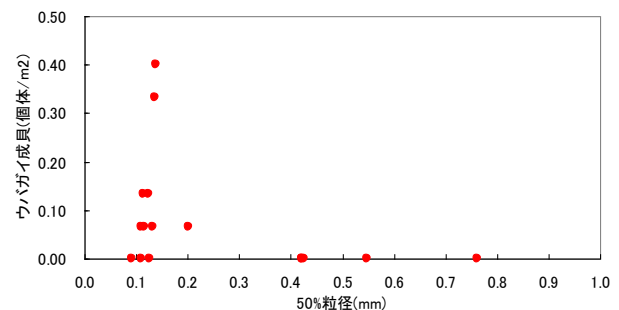


図-11 ウバガイ成貝の個体密度と底質50%粒径の関係

3.4 河川出水前後の基礎生産の算出

沿岸域における水産生物の生息環境に大きな影響を与える基礎生産について、平水時と夏季出水時を対象に、表-3の計算条件において低次生態系モデルを応用して基礎生産量を算出した。現況の再現はSt.2-3における平水時から夏季出水時へ変化した平成23年9月1日から10日までとした(図-2)。ここで初期値として平水時の平成23年8月3日の観測結果を用い、計算条件として夏季出水時の9月10日に観測した栄養塩および消散係数を用いた。この再現結果を図-12に示す。躍層のある5~7m付近を境に、平水時に上層で窒素制限の影響を受けていたクロロ

表-3 基礎生産の計算条件

Case名	chl-aの初期値	栄養塩	濁水対策の有無	消散係数 ^{※1} ks	計算時間 ^{※2}
A1(現況再現)	平水時(8/3)	出水時(9/10)の栄養塩を供給	無し	1.133	9日(9/1~9/10)
A2	平水時(8/3)		有り	0.189	9日(9/1~9/10)
B1	出水時(9/10)		無し	1.133	9日
B2	出水時(9/10)		有り	0.189	9日

※1: 消散係数は透明度(Ds)を用いて算出した。ks=1.7/Ds

※2: 9日間の計算を行い初期値からの1日あたりの変化量を基礎生産量として表示

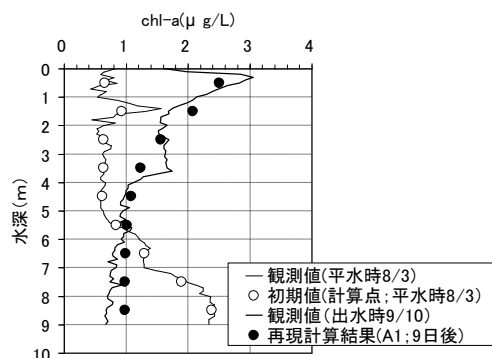


図-12 現況再現計算結果 St.2-3

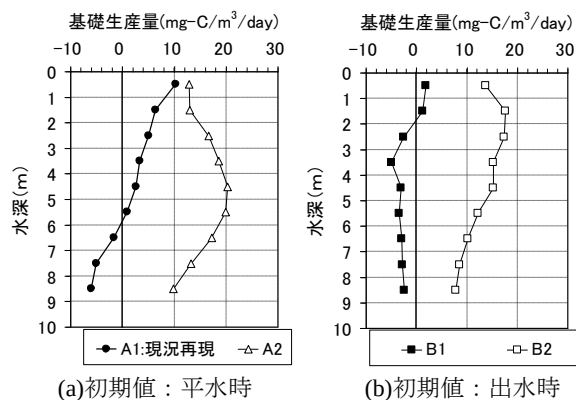


図-13 基礎生産量の予測(St.2-3)

フィルaが、夏季出水時に下層で光制限を受けた状態へと変化する過程を再現しており妥当な再現計算であると考えらる。

次に、以下のシナリオで算定した基礎生産量を比較する。(A1)現況、(A2)濁水を発生させずに栄養塩のみが出水時と同じ濃度となったと仮定した場合、(B1)現況のまま出水時の状態がさらに継続した場合、(B2)出水時の状態から消散係数のみを平水時と同等として光制限を改善した場合である。図-13(a)より、現況(A1)では水深6m以深で基礎生産が負になっているが、対策を講じた場合(A2)はすべての層で正となり、最大で約20mg-C/m³/dayとなっている。また、図-13(b)において現況が継続すれば(B1)、水深2m以深から基礎生産が負となっているのに対し、対策時(B2)は全層において大幅に改善している。

以上より、長期的な濁水による光環境の悪化の影響は中・底層で著しく、沿岸域の基礎生産量を低下させていることがわかる。

4. まとめ

平成23、24年度には、現地観測によって夏季出水と融雪出水に伴う水質・底質・生物環境の変化を観測し、沿岸域の水産生物の生息環境に及ぼす影響について評価することが出来た。

主な結果は以下の通りである。

- ①平水時には上層で窒素が枯渇することで基礎生産の制限要因となっている。夏季出水時には河川からの栄養塩の供給で窒素不足が解消される一方、濁質により底層で光量が不足することで基礎生産の制限要因となっている。
- ②夏季出水時には、平水時と比べて植物プランクトンの細胞数が減少した。これは出水時の濁質や河川水による移流・希釈、あるいは塩分の低下による死滅が原因として考えられる。一方で、ウバガイ成貝の分布特性に及ぼす河川出水の影響は現時点では明確ではなく、継続的な調査を要する。
- ③融雪出水時には、夏季出水時と同等以上のSSが海域に供給されるが、夏季出水時のような植物プランクトンの減少は見られず高い基礎生産を維持し一部で植物プランクトンの増殖(ブルーム)が認められる。また、硝酸態窒素とケイ酸態ケイ素の一部の測点で栄養塩枯渇があり、これはブルームによる消費が原因と考えられる。
- ④沿岸域における水産生物の生息環境に大きな影響を与える基礎生産について、平水時と夏季出水時

を対象に低次生態系モデルにより基礎生産量を算出した。これにより現況の基礎生産の再現が可能となった。また、試算として対策を講じて濁水の影響を緩和した場合について計算すると、基礎生産量が大幅に改善することがわかった。

今後は、春のブルームを対象に現地観測を実施するとともに、低次生態系モデルを利用して融雪出水時を対象に数値的な検討を実施する。また、ウバガイの個体群動態モデルの構築を目指し、将来的にはウバガイをはじめ二枚貝の資源管理手法の確立へ繋げたい考えである。また、鵄川海域と同様の問題を抱える他の現場への応用についても検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 須藤賢哉・大橋正臣・山本潤(2012): 鵄川の融雪出水に伴う沿岸域の水質動態, 第49回環境工学フォーラム講演集, pp.154-156
- 2) 高橋正征・古谷 研・石丸 隆 (1996): 生物海洋学 2「粒状物質の一次生成」、東海大学出版会、90p.
- 3) J. k. Egge, D. L. Aksnes: Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition, MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES, vol. 83, 1992.
- 4) 北海道総務部法制文書課(2012): 北海道庁ホームページ、北海道の条例・規則－北海道海面漁業調整規則第35条表
- 5) 谷野賢二・山本泰司・明田定満・綿貫 啓・長谷川厚・田中則男(1997): 高天端潜堤の建設と周辺の生物相の変化、海洋開発論文集、Vol.13、pp.13-18
- 6) 須藤賢哉・大橋正臣・山本潤(2012): 鵄川・沙流川の夏季出水が周辺海域及ぼす影響を把握する試み, 平成24年度日本水産工学会学術講演会、pp.221-224
- 7) 大橋正臣・山本潤・須藤賢哉・水垣滋・門谷茂・田中仁(2012): 鵄川沿岸の漁場環境に及ぼす河川出水の影響, 土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol.68, No.2、pp.1121-1125

RESEARCH ON MANAGEMENT TECHNOLOGIES TO MAINTAIN HABITAT ENVIRONMENTS FOR AQUATIC ORGANISMS IN SNOWY AND COLD COASTAL REGIONS

Budged : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Fisheries Engineering
Research Team

Author : YAMAMOTO Jun
OKAMOTO Setsuo
SATO Jin
KAWAI Hiroshi
SUDO Kenya
OHASHI Masami

Abstract : This research tries to develop best management techniques for habitat environments of aquatic organisms in snowy and cold coastal regions. Places near the mouth of a river are good fishing spots because of the abundance of nutrient salts, but, on the other hand, flooding from the river poses a big issue as massive numbers of useful marine species can perish. In this research, investigate the impact of outflow of floating mud and nutrient salts from the land on the habitat environment, and conduct research contributing to proper management methods in coastal areas. In 2012, field observations have executed before and behind the flood to elucidate the influence that river flood exerts on habitat environment in a coastal region.

Key words : river flood, primary productivity, estuary, nutrient salts, ecosystem model,
environment of fishery ground