

研究報告編

報 文

長崎県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分濃度の特徴について (2017～2018年)

前田卓磨、土肥正敬¹、田中雄規¹

1 現所属:長崎県県北保健所

長崎県では2017～2018年まで佐世保地域(大塔局・吉井局)において、微小粒子状物質(以下「PM_{2.5}」という)の成分測定を実施した。これら2地点は近傍に位置しているが、濃度差が比較的大きく地域特有の発生源の影響が推察されたことから、成分分析の結果を用いてPositive matrix factorization(以下「PMF解析」という)を用いた発生源寄与率の推定を行った。この結果、春季の越境由来の汚染物質の影響は両地点で同等であり、大塔局では秋季の自動車排ガスやバイオマス燃焼及び冬季の硝酸系二次生成の因子による影響をうけて、濃度が上昇していることが示唆された。一方で地点間の濃度差は年々減少し、地域発生源による影響が減少していることが推察された。

キーワード: PM_{2.5}成分分析、地域発生源、PMF解析

はじめに

PM_{2.5}は粒径が2.5 μm より小さく、器官や肺胞に到達することで人体へ悪影響を及ぼすことが知られており、欧米での疫学調査では呼吸器疾患や循環器疾患とPM_{2.5}濃度の間に有意な相関が認められている。日本でも健康リスクの観点から2009年に環境基準が制定された¹⁾²⁾ことで、全国的にPM_{2.5}質量濃度の常時監視局の設置が進められている。本県では2012年度から整備され、2014年度からは18地点の一般環境大気測定局(以下「一般局」という)と1地点の自動車排出ガス測定局(以下「自排局」という)で観測されている。

また、2011年度に策定された成分分析ガイドラインに則り、各自治体において、成分分析を実施する体制が整備され、2016年度時点でほぼ全ての都道府県で実施されている。本県においてもこれまでの調査研究で、五島・諫早・大村で成分分析を実施し、主に春季の高濃度日においては越境由来の硫酸二次生成物質による影響を強く受けていることを明らかにした。一方で、国内発生源の影響については未解明の部分が多く、本県では通年における採取試料の成分濃度の知見がなかった。また、佐世保地域(大塔局・吉井局)や島原半島地域(島原局

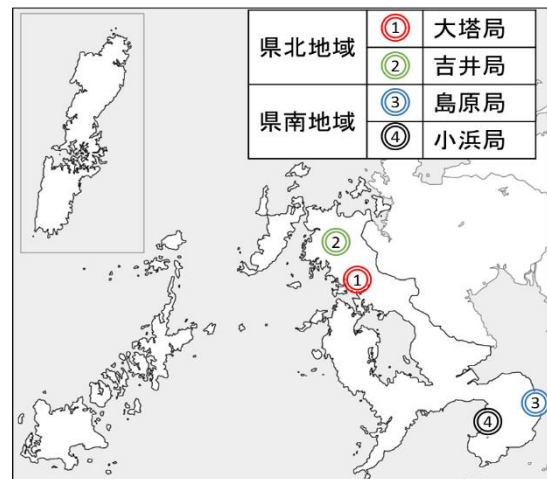


図1 試料採取地点(すべて一般局)

・小浜局)においてPM_{2.5}質量濃度が高濃度の地点と低濃度の地点が近在していることがわかり、これらの地域の国内発生源の影響の解明を目的として、2017年から通年のPM_{2.5}成分分析を実施している。本稿では、サンプリングが終了した佐世保地域の成分分析と発生源推定の結果を報告する。

調査地点及び方法

1 調査地点

調査地点を図1に示す。大塔局は南西約60mに針尾バイパス、北西約130mに西九州自動車道等の幹線道路があり、日中での交通量が多く、自排局の福石とは距離5kmと近い位置にある。一方、吉井局は標高75mに位置し、周辺に幹線道路又は工場等の固定発生源がない。両地点は距離約16km離れており、烏帽子岳（568m）等の山々に隔てられている。

2 調査期間及び捕集方法

表1に採取期間と高濃度日、及び大塔局と吉井局のPM_{2.5}質量濃度差について表1に示す。採取は2017年秋季から2018年夏季まで約1年間行った。捕集時間は午後0時を開始時刻とし、24時間周期で行った。採取日数は2地点の合計で390日間、大塔局が210日間、吉井局が180日間であった。

捕集装置はFRM2025又はFRM2025iの4台を1地点に2台併用し、流速16.7 L/min で積算流量24 m³の大気試料をフィルタに採取した。用いたフィルタはΦ47 mmの石英繊維フィルタ及びPTFEフィルタで、石英繊維フィルタを炭素成分とイオン成分、PTFEフィルタを無機成分にそれぞれ成分分析に供した。

表1 調査日数及び局舎間の濃度差

年 月	採取日数		濃度差Δ(μg/m ³) 日数	
	大塔局	吉井局	Δ>5	Δ>10
2017	10	15		
	11	17	7	1
	12	24	1	
2018	1	18	2	1
	2	23(1)	2	
	3	18(3)	5*	
	4	21(1)		
	5	3		
	6	30	1	
	7	1		
	8	16		
	9	24	22	
小計	210(5)	180(4)	18	2
	合計	390(9)	※3月の5日間の内 4日間は吉井が高い ()は高濃度日数	

3 成分分析

成分分析に使用した測定機器及び測定項目を表2に示す。成分分析は、原則、環境省の「微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン」³⁾に準拠した。質量濃度は調査地点に隣接する自動測定機 (大塔局：東亜DKK製のFPM-377、吉井局：紀本電子工業製PM-712) の日平均値 (μg/m³) を参照した。また、

有機酸成分は地点間の濃度差が比較的大きい期間のみ測定した。

表2 測定機器及び成分測定項目

成分項目	測定機器
炭素成分	炭素分析装置 (熱分離・光学補正式) Sunset Laboratories製
無機成分	ICP-MS Agilent製7700x
イオン成分	イオンクロマトグラフ DIONEX製ICS1600
有機酸成分	GC-MS 島津製作所製5050A
成分項目	
炭素成分 2項目	有機性炭素 (OC) 無機状炭素 (EC)
無機成分 23項目	Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Cd, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Pb
イオン成分 9成分	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , しゅう酸
有機酸成分 3成分*	レボグルコサン、コハク酸、 ピノン酸

※地点間の濃度差が高い日のみ測定

4 発生源解析

米国環境保護庁のホームページで公開されているソフトウェア EPA PMF5.0 を用いて PMF解析⁴⁾による発生源寄与率の推定を試みた。データの選定についてはマスクロージャーモデル⁵⁾とイオンバランス等で確認し、通常の濃度範囲から逸脱した試料を一部除外したが、比較的濃度が高い試料は統計的な妥当性が保たれる場合は濃度範囲を逸脱している場合でも解析対象とした。選定した結果、解析対象を合計329個とした。本報告では、イ

表3 PMF解析における条件

重み付け	イオン成分	無機成分	炭素成分
Strong	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺	V, Mn, Fe, Cu, As, Se, Cd, Pb	有機性炭素(OC) 元素状炭素(EC)
Weak 不確かさ3倍	PM _{2.5} Cl ⁻ , K ⁺ , Ca ²⁺	Al, Ti, Ni, Zn, Sb	
Bad 解析から除外	しゅう酸	Cr, Co, Rb, Mo, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W,	
Factor	7		
Uncertainty	15%		
Base runs	100		
Bootstrap	100		
Boot Factor	99-100		

オン成分と無機成分で重複する成分はイオン成分を解析の対象とした。各条件について表3に示す。また、成分濃度が検出下限値未満の割合が50%を超える成分は解析から除外し、30%を超える成分は重み付けをweakとした。なお、PMF解析結果について以下の内容を確認し、妥当性が高い最終解を選択した。

- ・各発生源の因子を説明できるか
- ・Q値とQ_{theory}値が近似しているか (2倍以下)
- ・PM_{2.5}構成成分の実測値と推定値の相関係数
- ・Bootstrap結果のIQR値及びmapping値

結果及び考察

1 PM_{2.5}質量濃度の経年変化等について

2014年度以降の大塔局と吉井局におけるPM_{2.5}質量濃度経年変化と試料採取期間を図2に示す。既報⁶⁷⁾のとおり長崎県の環境基準達成率は年々上昇傾向にあり、大塔局では2016年度まで環境基準非達成であったが、2017年度以降は達成されている。一方、吉井局では2014年度の観測開始以降、達成されている。両地点は類似した傾向で変動しており、相関係数は0.80と強い相関がみられた。概ね冬季から春季にかけて濃度が上昇し、35 µg/m³を超過した高濃度日が見られており、長崎県の特徴である偏西風に伴う大陸からの越境汚染の影響を受けていると考えられる。2017年末頃までは地点間の濃度差が明瞭であり通年で大

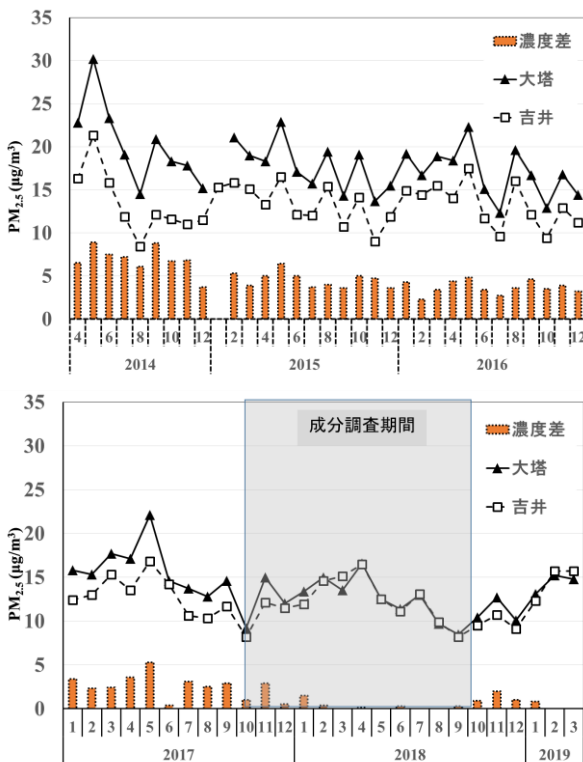


図2 大塔局と吉井局のPM_{2.5}月平均値の推移 (網掛け部分は成分調査実施期間)

塔局の濃度が高い傾向があったが、2018年以降はほぼ見られなくなっている。また、表1に成分調査実施期間において、地点間の濃度差が比較的大きかった日数を示しており、秋季及び冬季に大塔局が比較的高い日があった。

2 PM_{2.5}成分濃度

2017年秋から2018年冬の各季節における大塔局と吉井局のPM_{2.5}成分濃度を図3に示す。各季節ともSO₄²⁻の割合が最も高く、特に春季と冬季が高かった。SO₄²⁻は微小粒子状では主に(NH₄)₂SO₄として存在し、大気中のSO₂が酸化されてできるH₂SO₄が、NH₃と反応して生成される。このため、SO₂の排出量が比較的多い大陸由来の影響を受けていることが示唆される。NO₃⁻は特に冬季に高くなっており、夏季にはほぼ見られなかった。主にNH₄NO₃として存在し、揮発性が高い特性があるため、気温が高い夏季はガス化しやすく、冬季には粒子化しやすいことで濃度が高くなる傾向があると考えられる。また、大塔局が比較的高くなっており、周辺の発生源による地域的な汚染の影響が示唆された。NH₄⁺については、先述のとおりSO₄²⁻、NO₃⁻とのカウンターイオンとして存在することから、これらのイオン濃度と相関がみられ、(SO₄²⁻+NO₃⁻)/NH₄⁺等量濃度比は大塔局が1.02、吉井局が0.99であり、これらの塩を多く含んでいたことが示唆された。OCは年間を通して高く、揮発性有機化合物等の影響を受けて濃度が上昇していると考えられる。ECはNO₃⁻と同様に大塔局が比較的高く、地域的な汚染の影響をうけていることが示唆された。

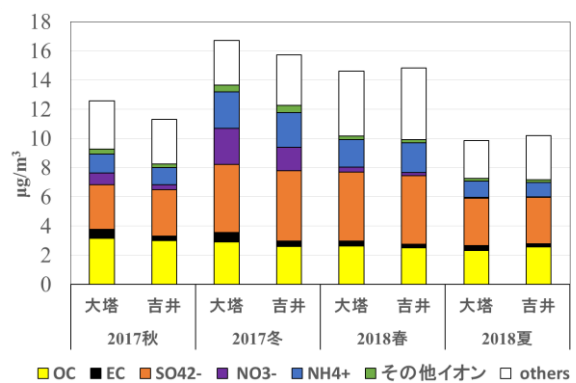


図3 各季節のPM_{2.5}成分濃度

3 発生源種類の推定

(1) 発生源種類とその指標成分

得られたPM_{2.5}成分濃度データに対し、PMF解析を用いて、発生源種類の推定を行った。この結果、7種類の発生源が推定された。各発生源の指標成分を表4及び図4に示す。なお、指標成分に対する各発生源

の割り当ては文献⁸⁻¹³⁾ や成分測定マニュアルで確認したが、全く同じ指標成分の組み合わせでない場合、解析者による恣意的な解釈も含まれている。

(a) 工業系

Mn, Feが高く、Ti等の複数の無機成分が含まれていたため、工業系由来としたが、特定の事業所を示すものではない。工業因子は周囲の環境により指標となる成分が大きく異なるとされ、地域の工業施設の種類と関連付けて解釈されている。

(b) 道路交通・バイオマス燃焼

OC, ECが高く、自動車排ガスの影響がみられたことや、ブレーキパッド由来とされるCu, Sbの寄与が比較的多いことから道路交通由来とした。また、Kが比較的多いことから、バイオマス燃焼の寄与も表す因子と解釈したが、道路交通との分離はできなかった。

(c) 海塩

Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻が高いため、海塩由来とした。Cl⁻/Na⁺は0.14で、海中中の組成比1.17より低くなった。原因のひとつとしてクロリンロス (NaCl + HNO₃ → NaNO₃ + HCl↓)¹⁵⁾ の影響などが考えられる。

(d) 硝酸系二次生成

NO₃⁻が高いため硝酸系二次生成由来とした。また、Clも比較的高いため、半揮発性の塩化アンモニウムの負荷もみられた。また、既報⁹⁾において長崎県全域でPM_{2.5}とNO_x (ガス状物質) の相関が高くなかったことや、後述する季節毎の寄与割合で、冬季に高い傾向があったことから、二次生成とした。

(e) 石油燃焼系

V, Niが高いため石油燃焼由来とした。石油や重油中に多く含まれるため、船舶や発電所等における燃焼の影響が考えられる。また、Seが比較的高いため、石炭燃焼の負荷が混合していると考えられるが本解析では分離できなかった。

(g) 硫酸系二次生成

SO₄²⁻, NH₄⁺が高いため硫酸系二次生成由来とした。本解析ではSO₄²⁻, NH₄⁺の当量比は0.91であり、硫酸アンモニウム塩(NH₄)₂SO₄が主体的に存在していると考えられる。主に広域汚染の指標として解釈される。

(h) 土壌系

Al, Ti, Feが高いため土壌由来とした。土壌粒子は風等による巻き上げで発生する他、九州地方では春季の黄砂の影響を受けて寄与が大きくなることが知られている。

(2) 発生源寄与

(a) 地点別の発生源寄与割合

両調査地点における発生源寄与の割合について、全調査期間と季節別の解析結果をそれぞれ図5に示す。グラフ中のothersは自動測定機のPM_{2.5}質量濃度観測値から因子寄与濃度の合計値を差し引いた値で、未測定成分由来と考えられる。

調査期間中のPM_{2.5}質量濃度は大塔局と吉井局で同レベルであった (13.7, 13.3 μg/m³)。発生源寄与割合は、両地点において、全調査期間で硫酸系二次生成の寄与が最も大きかった (30%, 39%)。次いで、大塔局は道路交通・バイオマス燃焼が18%, 硝酸系二次生成が14%, 石油燃焼が7%の順で寄与が大きかった。吉井は石油燃焼が10%, 道路交通・バイオマス燃焼と硝酸系二次生成が8%の順で寄与が大きかった。地点間で比較すると、大塔局は吉井局に比べて道路交通・バイオマス燃焼と硝酸系二次生成の寄与率が高く、吉井局は石油燃焼が大塔局に比べて寄与率が高かった。その他の因子で、工業系、海塩、土壌の寄与率は両地点で同レベルであり、寄与率が低かった。

表4 PMF解析により推定された発生源

発生源	指標成分
1 工業系	Ti, Mn, Fe
2 道路交通・バイオマス燃焼	K ⁺ , Cu, Zn, OC, EC
3 海塩	Cl ⁻ , Na ⁺ , Mg ²⁺
4 硝酸系二次生成	NO ₃ ⁻
5 石油燃焼	V, Ni
6 硫酸系二次生成	SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , OC
7 土壌系	Al, Ti, Fe

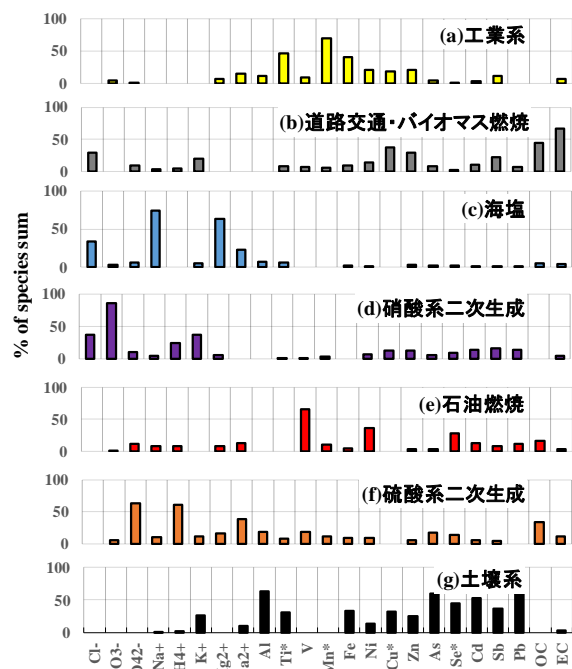


図4 発生源のプロファイル(% of species sum)

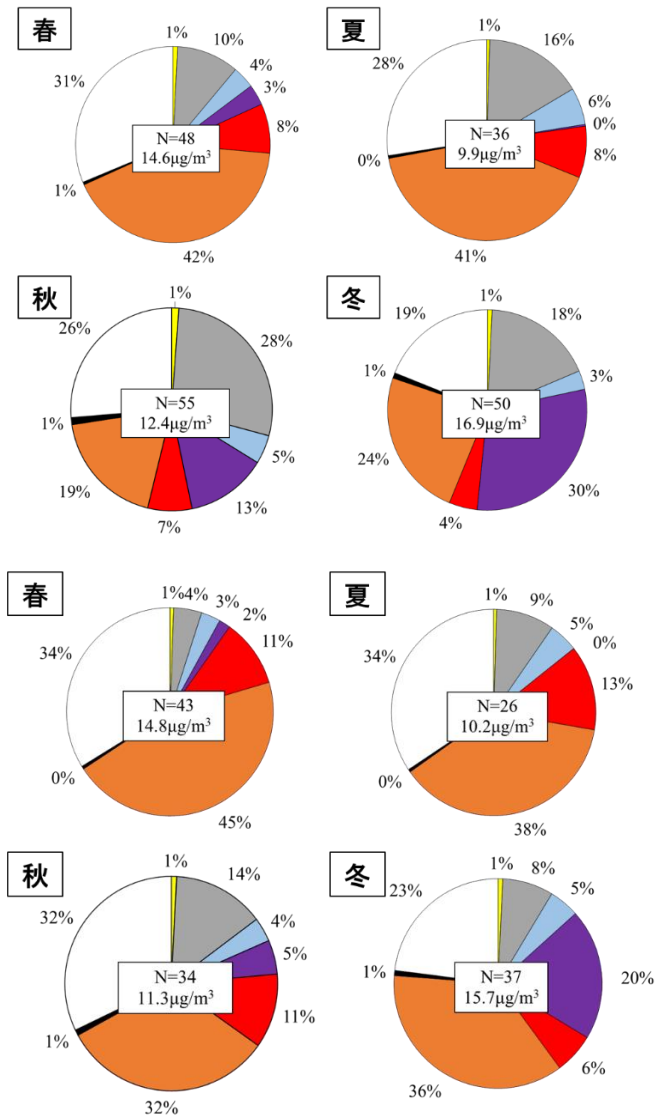
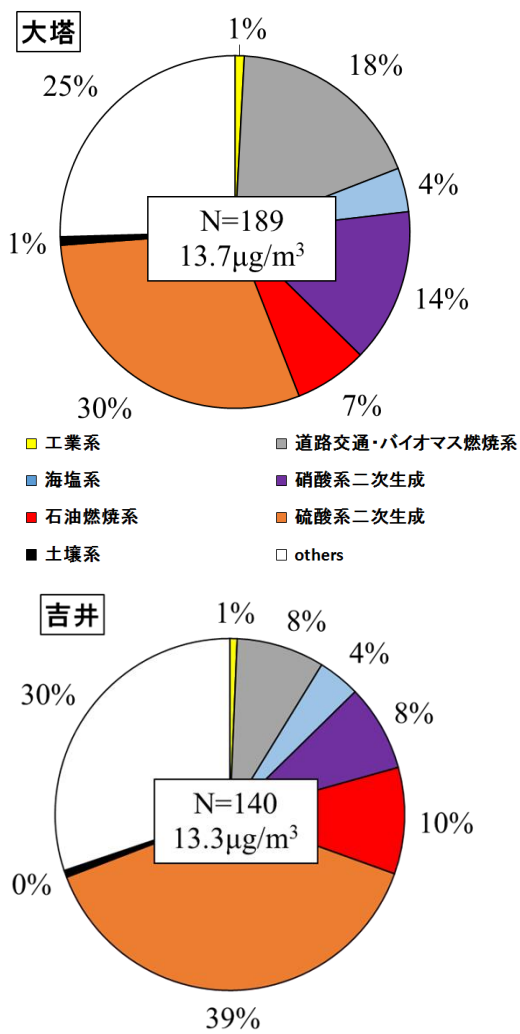


図5 調査地点における発生源寄与割合 (左：全調査期間、右：季節別)

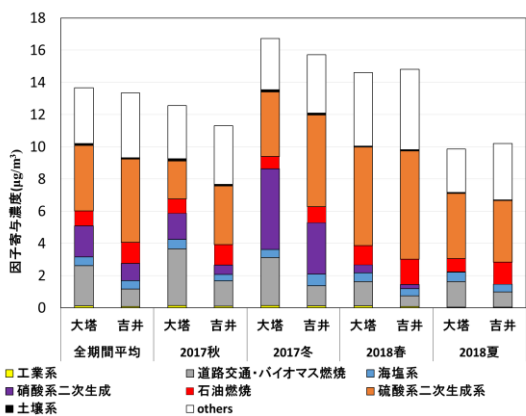


図6 因子寄与濃度の全期間平均及び季節別

図6に地点別の因子寄与濃度の全期間平均と季節別平均を示す。大塔局で因子寄与率が高かった道路交通・バイオマス燃焼の因子寄与濃度は秋季で最大を示す傾向がみられ、夏季、秋季、冬季で高

く、全期間平均値は吉井局の2.3倍であった。また、硝酸系二次生成は両地点で冬季に最大を示す傾向が見られ、秋季、冬季で高く、全期間平均値は吉井局の1.8倍であった。既報⁶⁾¹⁴⁾の五島局と諫早局の観測結果やNOxとPM_{2.5}の相関解析結果から、これらの傾向は周辺環境（道路交通や産業活動等）に由来する一次排出源や二次生成の前駆物質であるNOxの排出源の影響¹⁵⁾を反映した結果と考えられた。

吉井局で寄与が大きかった石油燃焼の因子寄与濃度は春季に最大を示す傾向がみられ、全期間平均値は大塔局の1.4倍であった。

(b) 地点間の濃度差について

地点間において、10 μg/m³以上の濃度差がみられた期間における因子寄与濃度の推移を図7に示す。

2017年秋季の事例では、11/5から大塔局の濃度が上昇しているが、吉井局では大きな変動がなく、地点

間の濃度差が増大した。因子寄与濃度は、11/6から硫酸系二次生成の増加が両地点でみられており、越境汚染の影響が考えられた。一方で、大塔局では道路交通・バイオマス燃焼の影響が増大しているため、地域由来の発生源の影響が複合して質量濃度が上昇し、濃度差が生じたと考えられる。図8にこの期間における有機酸濃度の推移を示す。レボグルコサンは植物を構成するセルロースを熱分解することによって生成されるため、バイオマス燃焼による寄与を評価するための指標物質として用いられている¹⁶⁾¹⁷⁾。また、PM_{2.5}質量濃度と類似の時間変化をみるとみられ¹⁸⁾、11/4～11/7の大塔局で濃度推移とピークが概ね一致しており、

この期間におけるバイオマス燃焼の影響が示唆された。特に11/6～11/8にかけては弱風で接地逆転層を形成し、大気が安定していたため、排出された汚染物質が滞留したことで、濃度上昇が起こったと考えられる。

2018年冬季の事例では道路交通・バイオマス燃焼と硝酸系二次生成によって濃度差が大きくなっていった。硝酸塩は国外・国内いずれからも影響を受けるが、これらの期間では、弱風であることや夜間の湿度が高い特徴があり、地域由来の硝酸塩が生成され滞留しやすかったことで濃度が上昇したと考えられる。

まとめ

本稿は、長崎県におけるPM_{2.5}の地域発生源の影響を把握するために実施している経常研究(H29～R1)の経過報告である。本研究では、県内における近傍した2地点(大塔局・吉井局)での通年比較により、地域由来のPM_{2.5}発生源による種類と寄与を推定した。この結果、発生源は7種類と推定され、両地点で最も大きな寄与は硫酸系二次生成であった。季節別では大塔局で秋季に道路交通・バイオマス燃焼が最も高く、冬季で硝酸系二次生成が最も高かった。地点間の濃度差は秋季及び冬季に大きくなる傾向があり、秋季ではPMF解析と有機酸分析の結果から道路交通・バイオマス燃焼の影響が大きく、冬季では硝酸系二次生成の影響が大きいことが示唆された。両地点の越境汚染の影響は同様であり、濃度差が生じる条件の一つとして秋季及び冬季において弱風や接地逆転層等の大気が安定する気象条件の中で、地域発生源による影響が大きい場合と考えられた。また、地点間の濃度差は経年的に減少傾向にあり、これらの因子による影響が減少していることが示唆された。

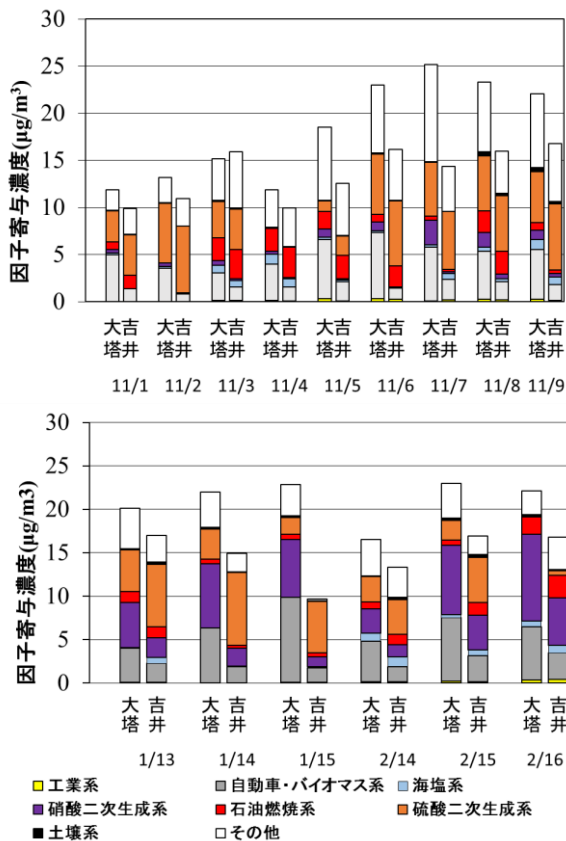


図7 地点間で大きな濃度差がみられた期間の因子寄与濃度の推移
(上:2017年秋季の事例 下:2018年冬季の事例)

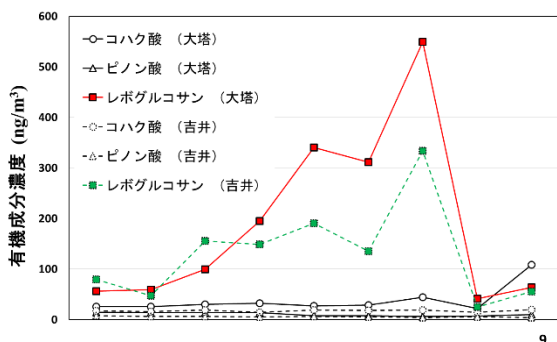


図8 2017年11月事例の有機酸濃度推移

参考文献・脚注

- 1) 環境省水・大気環境局:微小粒子状物質に係る環境基準の設定について(2009).
- 2) 環境省:微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について、環告33(2009).
- 3) 環境省HP:微小粒子状物質の成分分析ガイドライン, https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf (2019.7.11アクセス)
- 4) United States Environmental Protection Agency: Positive Matrix Factorization Model for environmental data analyses, <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses> (2019.7.11 アクセス)
- 5) 環境省:大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})測定方法暫定マニュアル(2007).

- 6) 土肥正敬:長崎県の微小粒子状物質(PM_{2.5})環境基準達成状況等について(2014~2016年度), *長崎県環境保健研究センター所報*, **62**, 26-31(2016)
- 7) 前田卓磨:長崎県における微小粒子状物質(PM_{2.5})濃度の特徴(2017年度), *長崎県環境保健研究センター所報*, **63**, 33-38(2017)
- 8) 豊永悟史他:Positive Matrix Factorizationモデルを用いたPM_{2.5}の発生源解析—文献調査による解析手法と東アジア地域の現状の整理—, *大気環境学会誌*, **54**(4), 139-160 (2019)
- 9) 東京都微粒子状物質検討会:レセプターワーキング報告書 (2011), http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air_pollution/torikumi/pm2_5/pm25-report2011.files/9_Receptor_working_report.pdf (2019.7.24アクセス)
- 10) 中坪良平他:兵庫県姫路市における大気中粒子状物質及びガス状物質の並行測定(2)—PM_{2.5}の発生源解析—, *兵庫県環境研究センター紀要*, **3**, 21-25 (2012)
- 11) 豊永悟史他:レセプターモデルを用いた熊本県におけるPM_{2.5}発生源寄与の推定—離島との比較による越境/地域汚染の影響の解析—, *大気環境学会誌*, **52**(5), 150-165 (2017)
- 12) 高岡大他:PMF法による福井県内のPM_{2.5}発生源寄与解析, *福井県衛生環境研究センター年報*, **14**, 55-60 (2015)
- 13) 山村由貴:福岡県における微小粒子状物質(PM_{2.5})濃度の実態把握, *福岡県保健環境研究所年報*, **43**, 93-98 (2016)
- 14) 土肥正敬:長崎県における粒子状物質の成分特徴について(2014~2016年度), *長崎県環境保健研究センター所報*, **63**, 25-32(2017)
- 15) 長谷川就一:2011年11月に関東で観測されたPM_{2.5}高濃度の解析, *大気環境学会誌*, **49**(6), 242-251(2014)
- 16) Simoneit, B. R. T., Schauer, J. J., Nolte, C. G., Oros, D.R., Elias, V. O., Fraser, M. P., Rogge, W. F., Cass, G. R.:Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles, *Atmos. Environ.*, **33**, 173-182(1999).
- 17) 萩野浩之他:さいたま市における初冬季の微小粒子中のレボグルコサンと炭素成分, *エアロゾル研究*, **21**, 38-44(2006)
- 18) 池森文数:PM_{2.5}高濃度イベント時のエアロゾル粒子中有機トレーサー成分—β線自動測定機のテープロ紙を用いた高時間分解能解析—, *大気環境学会誌*, **52**(4), 118-128(2017)

Characteristics of PM_{2.5} components in Nagasaki prefecture (2017-2018)

Takuma MAEDA, Masataka DOI, Yuki TANAKA

We collected PM_{2.5} samples in the Sasebo City (Daito and Yoshi) Nagasaki prefecture from 2017 to 2018 and analyzed their chemical constituents. We carried out the positive matrix factorization (PMF) analysis of the sources. We deduced that local source contribute concentration difference in these close site. As a result of PMF analysis, contribution of spring trans-boundary pollution in two site was almost equivalently and it was presumed that autumn “Vehicle and Biomass Burn” and winter “Secondary Nitrate” factor increased at Daito. But the local source contribution was decrease with year by year.

Key words : PM_{2.5} component analysis, local source, positive matrix factorization analysis

諫早湾干拓調整池に流入する半造川の水質調査結果

浦 伸孝、桑岡 莉帆、前田 祐加、植野 康成

国営諫早湾干拓事業によって造成された調整池では、県の第 2 期諫早湾干拓調整池水辺環境の保全と創造のための行動計画に基づき、各種の施策が実施されているが、現在まで環境基準が達成されていない。そこで、諫早湾干拓調整池に流入する河川の中でも、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）及び全リン（T-P）濃度が高い傾向にある本明川の支流である半造川に着目し、流域の巡回と水質調査を通じて、負荷が高まる要因を推定し、この地域で取り組むべき対策について考察した。調査の結果、負荷源としては流域の水田、事業場及び生活排水等の影響が示唆されたため、有効と思われる対策について提案する。今後は、半造川以外の調整池流入河川についても、負荷濃度が高く流量が多い主要な河川について同様の調査を行い、各河川に応じた負荷削減対策を検討していくことが重要と考えられる。

キーワード: 諫早湾干拓、調整池、環境基準、水質調査、負荷源

はじめに

2008 年に完了した国営諫早湾干拓事業によって造成された調整池の水質については、諫早湾干拓事業計画に係る環境影響評価において水質保全目標値が設定され、2009 年 1 月 16 日（長崎県告示第 47 号）には、その利水目的を踏まえて、生活環境の保全に関する環境基準として湖沼 B 類型、湖沼 V 類型に指定されている。国、県、市などの関係機関は、2008 年度以降「第 2 期諫早湾干拓調整池水辺環境の保全と創造のための行動計画」に基づき、連携して水質保全対策に取り組んできたが、現在も水質保全目標値及び環境基準を達成していない。特に、T-P については、水質保全目標値（環境基準値）の 2 倍を上回るレベルで推移している¹⁾。

調整池へは、周辺地域から河川が流入しており、国営諫早湾干拓事業の事業主体である九州農政局がまとめた流域ごとの負荷量によれば、本明川からの負荷量が最も高い状況にある。本調査は、2018 年度に長崎県が九州農政局の委託事業を受けて実施したもので、調整池に流入する河川の中でも、COD、T-N、T-P の負荷濃度が相対的に高い本明川の支流である半造川を対象に、水質調査及び流域の巡回により、当該流域において負荷の高まる要因を推定し、取り組むべき対策について考察した。

事業内容

1 重点監視対象河川の選定

調整池に流入する河川の中でも、COD、T-N、T-P の負荷濃度が相対的に高い本明川の支流である半造川を、重点監視対象河川として選定した。

2 半造川水質調査

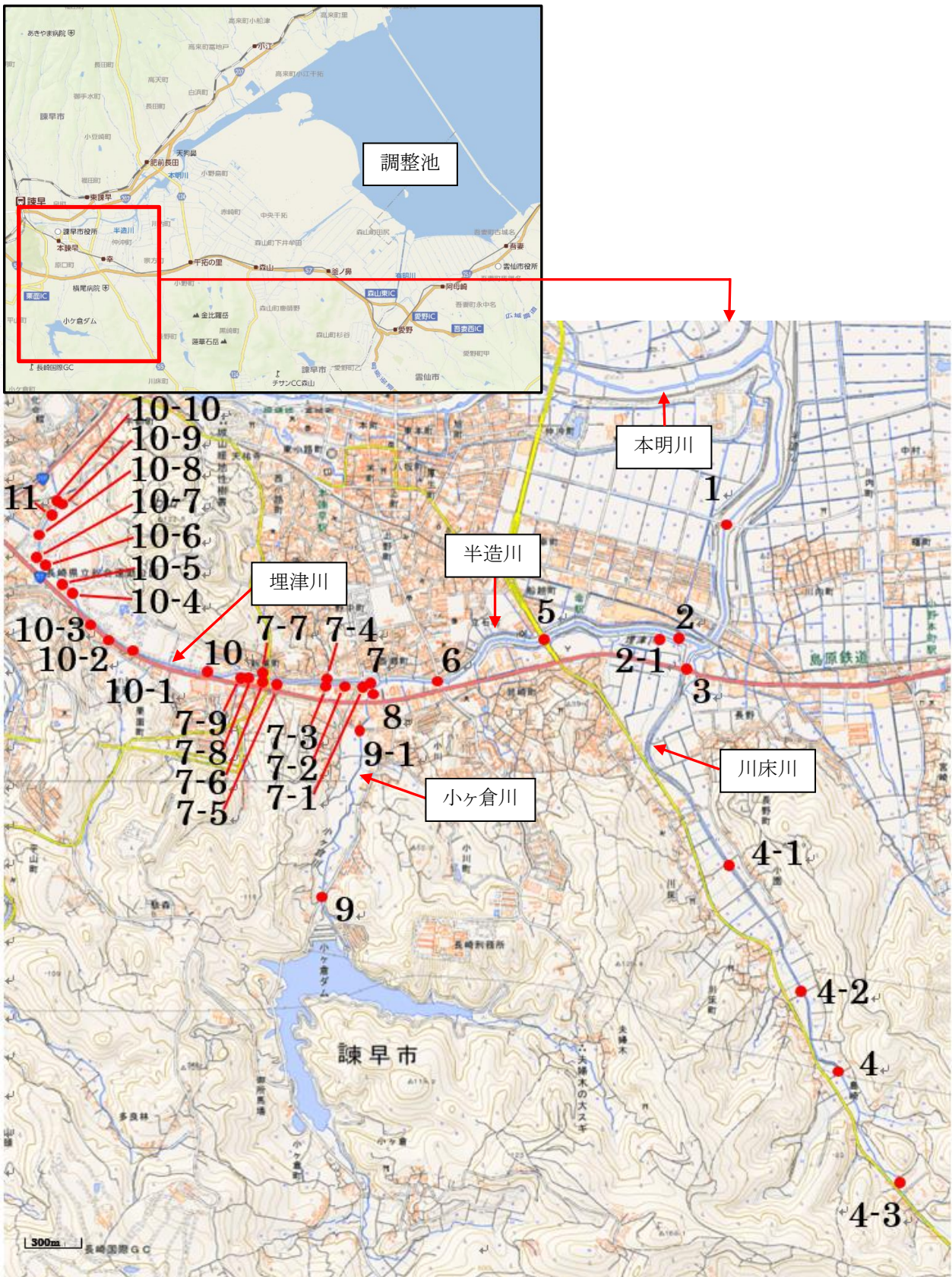
(1) 河川概況及び調査地点

半造川は 1 級河川本明川水系に属し、延長は約 4.9 km、流域面積は約 5.7 km² である。諫早市新道町を上流端とし、下流端である諫早市仲沖町及び川内町で本明川に合流する。半造川には三つの支流があり、上流側から埋津川、小ヶ倉川、川床川となっている。小ヶ倉川や川床川流域では主に水稻耕作が行われているが、埋津川流域や半造川流域では住宅や各種事業場が多く見られる。

本調査では、まず、流域からの負荷源を推定するために、半造川流域全体の現地確認及び周辺状況調査を目的とした巡回監視を実施し、この巡回監視の結果に基づき水質調査地点を決定していった。水質調査を実施した地点を図 1 及び表 1 に示す。

(2) 調査実施日

流域の水田で代かきを実施していた時期や、降雨時（後）といった河川への負荷流出が予想される時及び平常時に調査を実施した。実際に調査を実施した日付を図 2 に示す。また、河川の水質調査であるため、日降水量も重要な情報となるので併せて記載した。なお、日降水量は気象官署「諫早」²⁾のデータを使用している。



* 河川調査地点番号(地点 1~11): 半造川の下流側から番号を付けた調査地点
 詳細調査地点番号(枝番号が付いた地点): 川床川流域(地点 2-1、地点 4-1~4-3)、半造川上流域(地点 7-1
 ~7-9)、小ヶ倉川流域(地点 9-1)、埋津川流域(地点 10-1~10-10)
 地点 10 より上流が埋津川、下流が半造川となる。

図 1 水質調査地点

表 1 調査地点一覧

地点番号	地点名(施設名)	所 在
1	新半造橋	諫早市幸町、川内町
2	半造川下流右岸	諫早市鷺崎町
3	川床橋	諫早市鷺崎町、長野町
4	川床川上流	諫早市川床町、長野町
5	嘉一橋	諫早市鷺崎町、船越町
6	埋津橋	諫早市西郷町、小川町
7	亀山橋下流	諫早市西郷町、小川町
8	小ヶ倉川下流	諫早市小川町
9	大淵橋	諫早市小川町
10	南上山橋	諫早市宇都町、新道町
11	競馬場橋	諫早市宇都町
2-1	鷺崎第三樋管上流	諫早市鷺崎町
4-1	川床川詳細 1	諫早市川床町、長野町
4-2	川床川詳細 2	諫早市川床町、長野町
4-3	川床川詳細 3	諫早市川床町、長野町
7-1	地点 7 上流詳細 1(第 11 号樋門)	諫早市小川町
7-2	地点 7 上流詳細 2(第 12 号樋門)	諫早市小川町
7-3	地点 7 上流詳細 3(第 13 号樋門)	諫早市小川町
7-4	地点 7 上流詳細 4(第 4 号樋門)	諫早市新道町、西郷町
7-5	地点 7 上流詳細 5(第 14 号樋門)	諫早市新道町、小川町
7-6	地点 7 上流詳細 6(栗面橋脇水路)	諫早市新道町
7-7	地点 7 上流詳細 7(第 8 号樋門)	諫早市新道町
7-8	地点 7 上流詳細 8(第 15 号樋門)	諫早市新道町
7-9	地点 7 上流詳細 9(第 16 号樋門)	諫早市新道町
9-1	小ヶ倉川詳細 1(八三郎橋)	諫早市小川町
10-1	埋津川詳細 1(貴船橋)	諫早市宇都町
10-2	埋津川詳細 2(体育橋)	諫早市宇都町
10-3	埋津川詳細 3(花園橋)	諫早市宇都町
10-4	埋津川詳細 4(駐車二号橋)	諫早市宇都町
10-5	埋津川詳細 5(駐車一号橋)	諫早市宇都町
10-6	埋津川詳細 6(中央橋南側)	諫早市宇都町
10-7	埋津川詳細 7(緑橋)	諫早市宇都町
10-8	埋津川詳細 8(上山橋)	諫早市宇都町
10-9	埋津川詳細 9(乱橋脇水路)	諫早市宇都町
10-10	埋津川詳細 10(乱橋)	諫早市宇都町

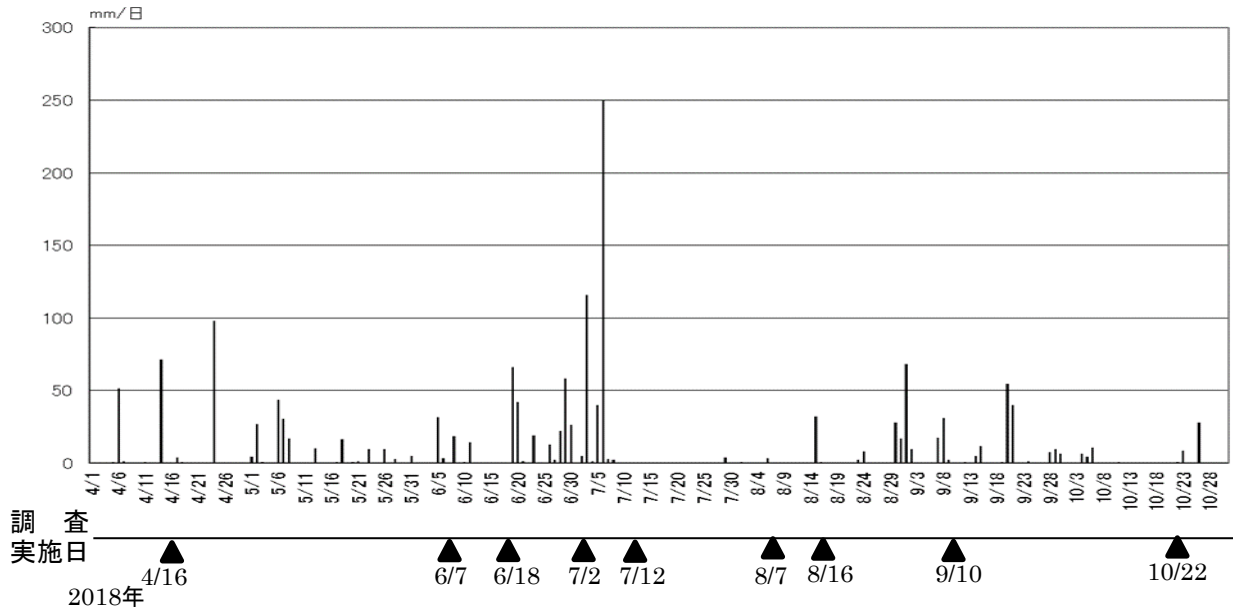


図2 調査実施日及び日降水量

(3) 水質調査項目

水質調査で測定した項目を以下に記載する。なお、調査項目の分析については、公定法により実施した。

水温、pH、透視度、浮遊物質（SS）、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、硝酸性窒素（NO₃-N）、亜硝酸性窒素（NO₂-N）、アンモニア性窒素（NH₄-N）、全リン（T-P）、リン酸態リン（PO₄-P）、塩化物イオン（Cl⁻）、クロロフィル a（Chl.a）

結果及び考察

1 負荷源推定

(1) 川床川流域

① 下流域西側水田

川床川流域の水稲耕作地域の内、川床川下流域西側の水田(図3)の排水は地点2-1に導水され、鷲崎第三樋管を経由して半造川に流入する。当該地域では6月18日前後に代かきが行われていたが、図4の水田のように用水路の壁が低いため、降雨時などに、容易に水田内の泥や水が流出する構造となっている場所があった。また、一部の水田では、図5のように、止水を行わずに一連の作業を行っているため、水田内の泥や水が水路に流出していた。これらの流出水は地点2-1へ導水され、樋管を経由して半造川へ流入しているが、6月18日には図6のように合流箇所でも明らかな茶濁水の流入が認められた。

この影響で、地点1においても、通常より河川が茶色に濁っている事が確認された。

地点2-1では、代かき時期である6月18日にCOD:25 mg/L、T-N:4.2 mg/L、T-P:1.9 mg/L、SS:680 mg/Lと非常に高濃度となった。これは、代かき時に水田内の泥や水が流出していることが、大きな



※数字は調査地点番号

図3 川床川の下流域西側水田(緑色の部分)



図4 用水路の壁が低い水田



図5 代かき時に止水がされていない水田



図6 地点2-1からの流出水と半造川の合流地点

②その他の水田

川床川流域の水稲耕作地域の内、①で記載した下流域西側水田以外の水田からの流出水は、近接する川床川へ流入し、最終的に半造川へ合流する。川床川の中流域から上流域では、6月7日前後に、代かきが行われていた。この影響で川床川では、最上流に近い地点4-3付近を除き、全域において図7のように河川水が茶色に濁った状態だった。

水質調査の結果、COD、T-N、T-P、SSは表2のようになった。代かき時期である6月7日における最上流地点(地点4-3)と、中流及び下流地点(地点3、4、4-1、4-2)の水質を比較すると、COD、T-P、

SSにおいて濃度が大きく上昇しており、水田からの泥や水の流入影響があったと考えられる。しかし各項目とも、代かきの影響が小さくなる7月になると、濃度が低下している。また、6月以外の川床川は、半造川本流の地点2と比べると水質が良いため、本流の負荷を希釈していると考えられる。



図7 代かき時期の川床川の状況(地点4-1)

(2) 小ヶ倉川流域

小ヶ倉川では、下流域を飲食店や各種販売店などの事業場が占めているが、半造川との合流地点から約300 m上流に架かる八三郎橋以南から、小ヶ倉ダム下流にある大淵橋以北までの川沿いに水稲耕作が営まれている。6月中旬～下旬にかけて小ヶ倉川流域では代かきが行われていた。6月18日には、上流の地点9では濁りが無かったが、下流である地点8では河川水が茶色に濁っており(図8)、代かきの影響と考えられた。

水質調査の結果、COD、T-N、T-P、SSは表3のようになった。上流である地点9の結果を、下流である地点8及び地点9-1と比較すると、COD、T-P、SSで濃度上昇が見られ、周囲から負荷流入があつていると思われる。しかし、6月18日の採水時に小ヶ倉川流域では、既に代かきが終わっていたため、その影響は小さくなつていたと考えられる。

表2 川床川流域の代かき時期(6月7日)及び代かき後(7月12日)の水質状況 (単位: mg/L)

調査項目	COD		T-N		T-P		SS	
	6月7日	7月12日	6月7日	7月12日	6月7日	7月12日	6月7日	7月12日
地点1	5.4	4.4	1.6	1.1	0.38	0.19	14	6
地点2		5.0		1.3		0.13		11
地点3	4.9	3.0	2.4	0.81	0.30	0.080	31	10
地点4	5.5	2.1	1.2	0.63	0.22	0.036	37	4
地点4-1	5.0	1.8	1.6	1.4	0.29	0.036	56	12
地点4-2	6.0	2.2	1.3	0.57	0.30	0.031	100	4
地点4-3	0.9	2.6	1.4	0.57	0.044	0.051	1	4



図8 代かき時期の小ヶ倉川の状況(地点8)

(3) 半造川上流域及び埋津川流域

今回の水質調査結果から負荷源を推定するためには、河川のどの区間で調査項目の濃度上昇が起きているかを把握する必要がある。そこで、各調査地点間の濃度変化を項目別に整理したところ、平均値で濃度上昇が最も大きかったのは、CODが地点10から地点7間で1.5 mg/L、T-Nが地点11から地点10間で2.1 mg/L、T-Pが地点11から地点10間で0.14 mg/L、SSが地点5から地点2間で14 mg/Lとなった。地点5から地点2間については、「(1)①下流域西側

水田」の中で既に考察を実施しているので、以下では、地点10から地点7間及び地点11から地点10間について実施した調査について記載する。

①半造川上流域(地点10から地点7間の流入)

地点10から地点7間の負荷源推定のために、半造川へ流入している水路及び水路の樋門地点(地点7の枝番号地点)で8月7日に水質調査を実施したところ、表4の結果になった。

各項目とも、地点ごとの水質にかなりの差が見られたが、特に地点7-3(図9)は、COD、T-N(NH₄-N)、T-P、SSで非常に高濃度となり、2番目に濃度が高い地点との差が大きかった。COD、T-N、T-P、SSの各項目で2番目に高い濃度であった地点はそれぞれ、地点7-8、地点7-7、地点7-1、地点7-5と異なっており、また各地点における調査項目の濃度バランスも様々で、例えば地点7-7ではCODが7.3 mg/Lと下から3番目の低さだった一方で、T-Nは6.2 mg/Lと上から2番目に高い濃度になっている。これらのことから、地点10から地点7における負荷源は、流域に存在する多様な事業場からの排水や生活排水が複合されたものと推察される。

表3 小ヶ倉川流域の代かき時期(6月18日)及び代かき後(7月12日)の水質状況 (単位: mg/L)

調査項目	COD		T-N		T-P		SS	
	6月18日	7月12日	6月18日	7月12日	6月18日	7月12日	6月18日	7月12日
地点5	6.2	3.8	1.4	1.3	0.28	0.10	15	6
地点7	5.9	4.3	1.9	1.8	0.30	0.11	5	4
地点8	4.1	3.5	1.0	0.93	0.12	0.077	11	10
地点9	3.6	3.8	1.0	1.0	0.078	0.092	5	8
地点9-1	3.9	4.4	1.0	0.90	0.097	0.096	11	31

表4 半造川上流域の水質調査結果(8月7日実施) (単位: mg/L)

調査項目	COD	T-N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	T-P	SS
地点7	8.7	3.1	1.6	0.15	0.51	0.46	22
地点10	6.9	4.7	3.0	0.26	0.77	0.41	4
地点7-1	10	4.9	2.6	0.22	0.91	1.6	3
地点7-2	5.0	2.3	1.9	<0.02	0.01	0.15	2
地点7-3	49	19	<0.02	0.02	11	3.3	58
地点7-4	8.7	2.2	1.5	0.16	0.10	0.26	1
地点7-5	9.1	2.3	0.90	0.13	0.49	0.13	13
地点7-6	4.0	1.7	1.3	<0.02	0.13	0.062	4
地点7-7	7.3	6.2	5.0	0.28	0.09	0.87	10
地点7-8	13	3.7	1.1	0.08	1.7	0.88	8
地点7-9	12	5.5	1.2	0.17	2.9	0.61	5



図9 地点7-3(第13号樋門)

②埋津川流域(地点10上流域からの流入)

埋津川流域の負荷源推定のために、川に架かる橋の下に調査地点(地点10の枝番号地点)を設置(ただし、地点10-9は河川への流入水路の流入口に設置)し、9月10日に水質調査を実施したところ、表5の結果になった。表5の結果から、T-N及びT-P濃度が高かった地点10-6(図10)については、追跡調査を10月22日に実施し、結果は表6のようになった。表6の10月22日における地点10-6と上流の地点11の水質を比較すると、大きな差は確認されず、9月10日の水質状況が継続していないことが確認された。ただし、10月22日の地点10では、COD、T-N、T-Pにおいて高濃度となっており、地点10-6より下流で流入した

事業場排水や生活排水の影響が強かったと推察される。表5及び表6の調査結果から、埋津川流域における負荷源としては、生活排水や様々な事業場排水が要因と考えられ、降雨の状況や時間帯、季節などにより負荷濃度が変化していると推察される。



図10 地点10-6(中央橋南側)

(4) 事業場

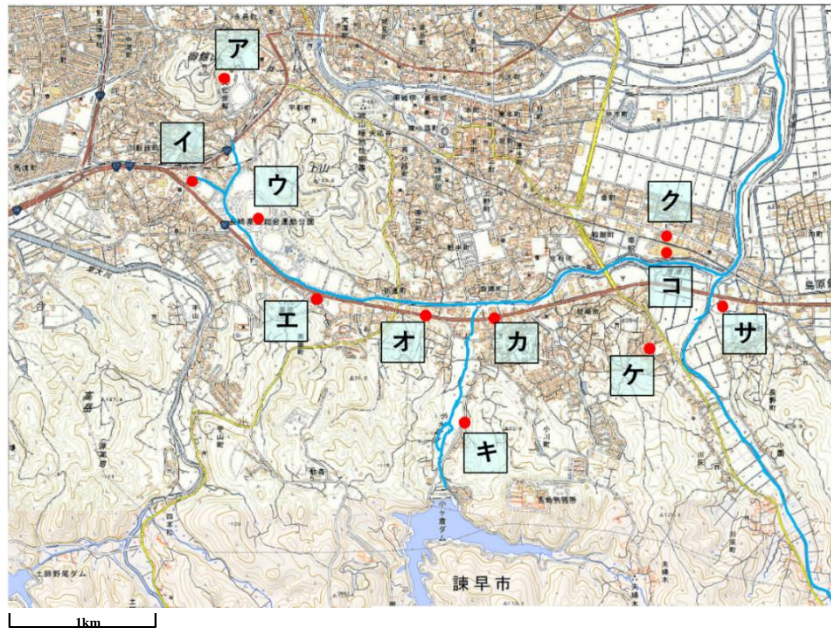
半造川は諫早市の中心部を東西に横断するように流れているため、流域には半造川へ排水を排出している各種製造業や飲食店などの事業場が多数存在している。この内、1日の平均排水量が20 m³(20 m³/日)以上の水質汚濁防止法(以下、「水濁法」と略す。)に基づく特定事業場は図11のように11事業場ある。半造川流域の水濁法に基づく特定施設にお

表5 埋津川流域の水質調査結果(9月10日実施)

調査項目	(単位: mg/L)						
	COD	T-N	NO3-N	NO2-N	NH4-N	T-P	SS
地点10	4.0	1.8	1.7	0.04	0.02	0.19	<1
地点11	3.0	1.5	1.3	<0.02	0.03	0.086	8
地点10-1	3.5	1.4	1.3	0.03	0.02	0.16	<1
地点10-2	3.6	1.7	1.4	0.04	0.02	0.15	2
地点10-3	3.7	1.5	1.2	0.03	0.01	0.13	2
地点10-4	4.2	1.7	1.3	0.05	0.01	0.18	3
地点10-5	3.7	1.8	1.5	0.04	0.05	0.16	1
地点10-6	3.9	3.5	2.1	0.06	0.78	0.31	3
地点10-7	3.5	1.2	1.0	<0.02	0.01	0.081	2
地点10-8	3.4	1.7	1.4	<0.02	0.01	0.12	4
地点10-9	5.8	0.55	0.31	<0.02	0.05	0.13	17
地点10-10	2.5	1.5	1.2	<0.02	0.03	0.075	3

表6 埋津川流域の水質追跡調査結果

調査項目	(単位: mg/L)											
	COD			T-N			T-P			SS		
	調査日	4月16日	9月10日	10月22日	4月16日	9月10日	10月22日	4月16日	9月10日	10月22日	4月16日	9月10日
地点10	3.1	4.0	6.5	2.2	1.8	7.1	0.13	0.19	0.67	2	<1	3
地点11	2.5	3.0	3.5	1.0	1.5	1.3	0.057	0.086	0.19	3	8	24
地点10-6		3.9	3.3		3.5	1.3		0.31	0.20		3	2
地点10-10	2.0	2.5		1.2	1.5		0.041	0.075		3	3	



(特定施設の種類)

ア:し尿処理施設 イ:し尿処理施設 ウ:し尿処理施設 エ:飲食店 オ:飲食店、畜産食料品製造業
 カ:飲食店 キ:生コンクリート製造業 ク:と畜業又は死亡獣畜取扱業 ケ:し尿処理施設
 コ:畜産食料品製造業、味噌・醤油製造業、冷凍調理食品製造業 サ:印刷業

図11 半造川流域の特定事業場(20m³/日以上)

いては、県が実施している立入検査の結果、突発的な排水処理施設の故障等を除けば、各事業場とも法に規定された排水基準を満たす排水を排出していることが確認されている。

半造川(本明川水系)における水濁法の一律排水基準はT-N:120 mg/L(日間平均60 mg/L)、T-P:16 mg/L(日間平均8 mg/L)であり、50 m³/日以上の特特定業場のみ適用される。また、有機汚濁の指標である生物化学的酸素要求量(BOD(半造川に排水を放流する場合BOD規制となる))及びCOD、SSについては、県独自に水濁法より厳しい排水基準を設けている。排水基準以下であれば法的には問題ないが、実施している事業内容が異なるため、事業場ごとの排水の水質にはどうしても差がある。例えば先に述べた11事業場の内の数事業場で、県が平成29年度に排水調査を実施した結果では、測定項目の濃度の幅はBOD:<0.5~3.9 mg/L、T-N:0.42~49 mg/L、T-P:0.04~11 mg/Lとなっており、事業場間で大きな差があることが確認されている。そのため、排水中のBODやT-N、T-Pの濃度が高い、または排水量が多い事業場は、半造川に対する一定の負荷

源となっていると考えられる。

(5) 生活排水

諫早市ではこれまで、市で作成した計画に沿って下水道事業を推進してきたが、平成28年度、新たに下水道経営戦略プラン(平成29年度~平成38年度)を策定し、諫早市総合計画に定める「快適なまちづくり」の施策の一つとして、生活排水対策に取り組んでいる。下水道経営戦略プランによると、平成27年度末における下水道整備率^{※1}は、半造川流域が含まれる諫早湾処理区で53.6%、水洗化率は75.0%^{※2}となっている(※1:整備率=整備面積/全体計画面積×100、※2:水洗化率=水洗化人口^{※3}/処理可能人口^{※4}、※3:水洗化人口とは、処理可能人口のうち水洗化している人口 ※4:処理可能人口とは、水洗化が可能な(下水道が供用されている)区域内の人口)。

また、半造川流域における下水道供用区域は、図12のようになっており、半造川本流の地点10から地点7の区間、地点5~地点2の区間、埋津川、小ヶ倉川及び川床川流域で未供用区域を示す白色の部分が多いことが分かる。下水道への接続を行ってい

ない家庭からの排水は、一軒ごとの負荷は小さいが、対象となる軒数が多いため総量として一定の負荷源となっていると推察される。

下水道経営戦略プランによれば、今後も平成42年度まで諫早湾処理区の管渠整備事業は継続され、最終的には計画区域となっている半造川流域も下水道供用区域になると思われる。なお、下水道接続による負荷削減効果は事業場に関しても同様のことが言えるため、下水道の普及は半造川の環境保全対策として非常に有効な手法である。

2 対策のまとめ

推定した半造川流域の負荷源に有効と思われる対策について、負荷源ごとに以下に記載する。

(1) 面源(水田)

- ・営農者へ啓発を行い、水田における浅水代かきを普及させるとともに、代かき時の止水の徹底を呼び掛ける。

(2) 事業場排水

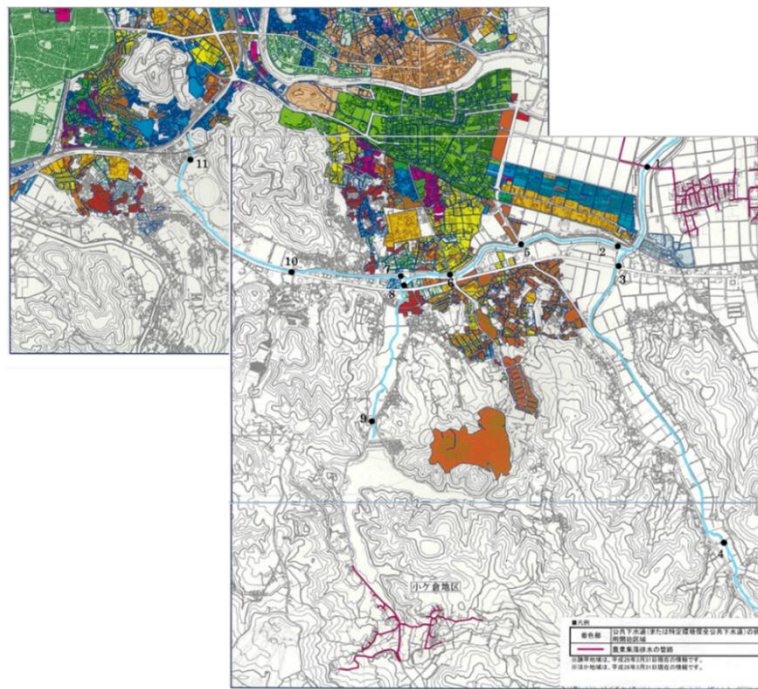
- ・事業者へ、排水処理施設の維持管理徹底に関する啓発を行うとともに、水濁法に基づく立入検査を県立保健所などの関係機関が実施する。
- ・下水道での処理可能事業場を増加させるために、諫早市が事業計画に沿って下水道未整備地区を解消していく。

(3) 生活排水

- ・地域住民への啓発により、下水道への接続や、浄化槽の設置等による河川環境保全への雰囲気醸成する。
- ・浄化槽の設置者へ、浄化槽の保守点検、清掃、検査の適正な実施に係る啓発を行い、検査結果等に基づき県立保健所などの関係機関が指導や助言を実施する。
- ・下水道での処理可能人口を増加させるために、諫早市が事業計画に沿って下水道未整備地区を解消していく。

参考文献

- 1) 九州農政局:諫早湾干拓調整池水質検討委員会資料(2018)
- 2) 気象庁:気象庁ホームページ 過去の気象データ検索,
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 諫早市:諫早市ホームページ 下水道供用開始区域図及び農業集落排水管路図
<https://www.city.isahaya.nagasaki.jp/post46/49025.html>



※着色部が公共下水道(特定環境保全公共下水道を含む)の供用区域
青線は半造川、黒数字は本調査の地点番号を示す。

図12 諫早市下水道供用区域図³⁾

Water Quality of Hanzou River Basin of the Regulating Reservoir originated from Isahaya Bay Land Reclamation

Nobutaka URA, Riho KUWAOKA, Yuka MAEDA, Yasunari UENO

Environmental standards haven't been achieved until now at the regulating reservoir originated from state-operated business of Isahaya Bay land reclamation though various measures have been performed based on the 2nd period action plan for preservation and creation the water-front environment of regulating reservoir originated from Isahaya Bay land reclamation. Therefore, we aimed at Hanzou river which is a tributary of the Honmyou river has a high concentration of the chemical oxygen demand (COD), total nitrogen (T-N) and total phosphorus (T-P) among the rivers poured into the regulating reservoir and conducted water quality survey and a patrol investigation and inferred the factor by which a load increases to consider necessary measures for this area. On investigation, because it was suggested that the load sources are paddy fields, workplaces, domestic wastewater, and so on, we proposed measures that are considered effective. It is thought that it is important to conduct similar investigations into main river, with much flow quantity and high load concentration, except for Hanzou river and consider the load reduction measures that suitable each river in future.

Key words: Isahaya Bay land reclamation, regulating reservoir, environmental standard, load source

再生砂による浅場づくり実証試験事業 平成 30 年度事後調査結果 - ガラスの砂浜(大村湾)におけるアサリ生息密度の変遷 -

粕谷智之

長崎県環境部は大村湾に浅場を造成する事業に取り組んでおり、平成 28 年 6 月に大村市森園地先に、また、平成 30 年 5 月には時津町崎野地先に、それぞれ廃ガラス砂を覆砂して浅場を造成した。県環境保健研究センターでは造成場周辺で平成 26 年度から浅場造成事業に係る事前・事後調査を行っている。調査結果から、アサリ生息場の造成手法として、廃ガラスによる覆砂は有効であり、平成 31 年 1 月時点で覆砂効果は持続していることが明らかとなった。また、大村湾におけるアサリ生息密度の変動は、アカエイなどによる食害や、夏期に襲来する台風の波浪などによる底質攪乱が大きく関わっていることが明らかとなった。森園で平成 31 年度から実施する食害対策としての覆網は、着底稚貝の逸散を防止する波浪軽減効果もあると考えられる。航走波による底質攪乱が日常的に起きている崎野では、潮干狩りなどを安全に行える水深 0.7 m 以浅の場所でもアサリが成育できるように、より効果的な波浪軽減対策を講じる必要がある。

キーワード: 干潟、底生生物、二枚貝、被捕食、アカエイ

はじめに

長崎県の本土中央に位置する大村湾では海への栄養蓄積進行にともなう水環境の悪化が問題となっている。長崎県環境保健研究センターでは、平成 19 年度より、アサリなどの二枚貝を増やして漁獲することによって海から栄養物質を取り上げる環境改善手法を研究してきた^{1,2)}。得られた成果を基にして、県環境部では平成 26 年度から「再生砂による浅場づくり実証試験事業」を開始した。この事業は、アサ

リの幼生が集まりやすいと予想される大村湾内の数カ所の海域に、廃ガラスなどを砕いた再生砂を覆砂して二枚貝の生息場とするものであり、1カ所目として平成 28 年 6 月に大村市森園地先(以降、森園)に 1 ha 規模の浅場を造成した(図 1a)。さらに、平成 30 年度には、時津町崎野自然公園地先(以降、崎野)に、森園と同様に廃ガラスの再生砂を覆砂して、広さ、0.1 ha の浅場を造成した(図 1b) 本事業では、県環境保健研究センターは覆砂効

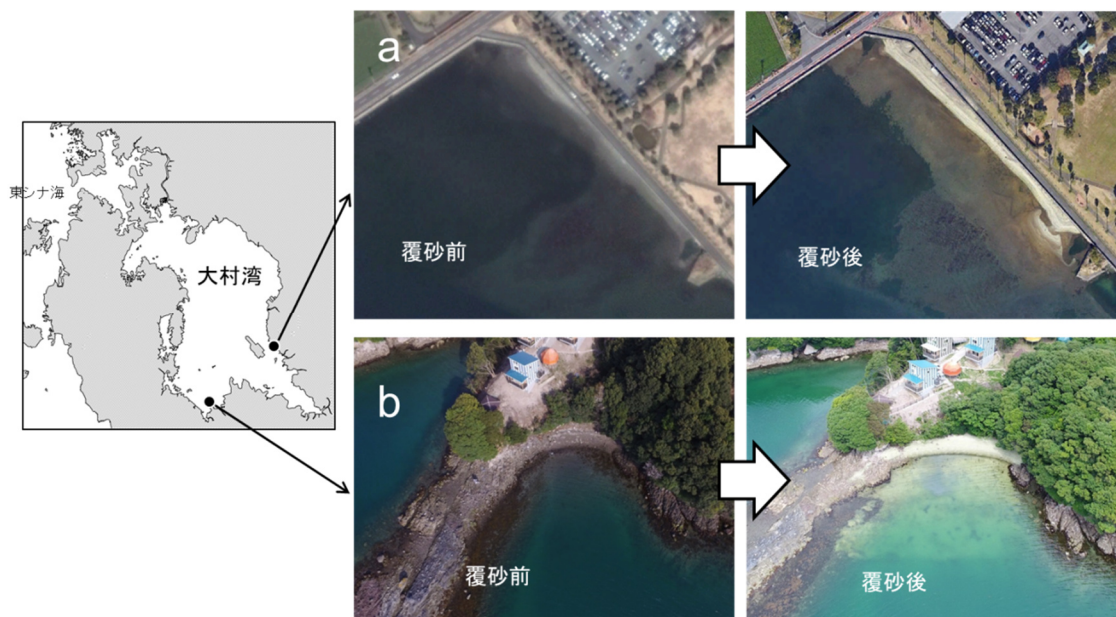


図 1 「再生砂による浅場づくり実証試験事業」実施場所の覆砂前後の状況比較。大村市森園(a)時津町崎野自然公園(b)。

表 1 森園および崎野における調査日程

		底生生物(アサリ密度および殻長)				底質(中央粒径、強熱減量など)			
		覆砂区		対照区		覆砂区		対照区	
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.1	St.2	St.3	St.4
事前調査	H26.10.24	○	○	○	○	○	○	○	○
	H27.1.26	○	○	○	○	-	-	-	-
	H27.8.13	○	○	○	○	○	○	○	○
事後調査	H28.9.26	○	○	○	○	○	○	○	○
	H29.1.17	○	○	○	○	○	○	○	○
	H29.8.18	○	○	○	○	○	○	○	○
	H30.1.10	○	○	○	○	-	-	-	-
	H30.8.21	○	○	○	○	○	○	○	○
	H31.1.9	○	○	○	○	○	○	○	○

		底生生物(アサリ密度および殻長)		底質(中央粒径、強熱減量など)	
		覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
		St.1	St.2	St.1	St.2
事前調査	H29.6.6	○	○	○	○
	H29.8.21	○	○	○	○
事後調査	H30.8.22	○	○	○	○
	H31.1.11	○	○	○	○

果の検証を担当しており、覆砂した区画(覆砂区)と覆砂しなかった区画(対照区)における、覆砂前(事前調査)と覆砂後(事後調査)のアサリの生息密度などをモニタリングしている。本研究では、平成30年度事後調査結果を基に、造成した浅場におけるアサリ増殖に対する課題などについて検討した。

材料と方法

調査日程を表1に、調査測点を図2a、2bに示す。各測点には干潮時に陸上より徒歩で赴いた。

アサリの採集は枠取りで行った。30×30 cm枠内の海底の土砂を深さ10 cm程度まで採取した後、目合1 mmの篩にかけ、残ったものの中から目視でアサリを取り出した。枠取りは1測点当たり3回行い、合わせて1サンプルとした。得られたアサリは個体数を計数するとともに、最大30個体または100個体までを無作為に選んで殻長を計測した。

底質は口径35 mm、長さ50 cmのアクリルパイプを用いて採取した。パイプを海底に深さ10 cm程度まで差し込み、金属製のヘラを使ってパイプ下部を塞いだ後、パイプ内部の底質が落ちないようにゆっくりと引き抜いた。パイプ内の海水を静かに排水した後、底質をサンプルピンに移した。採取は1測点当たり3回行い、合わせて1サンプルとした。アサリの生息密度に関わる項目として、中央粒径、強熱減量、泥分率を、それぞれJISA1204(ふるい分析)、底質調査方法(平24)II 4.2、および4.3に従い分析した。

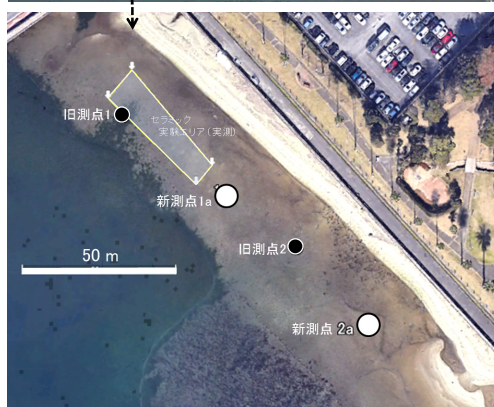
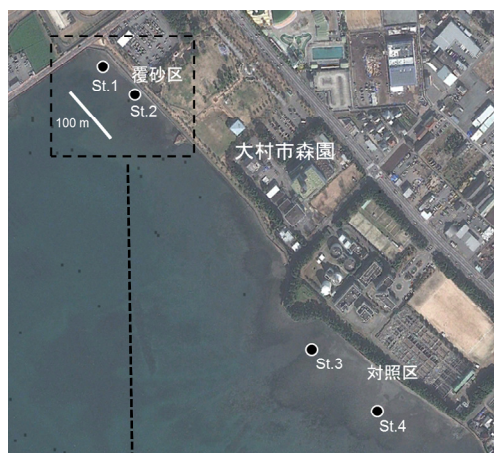


図2a 森園の調査地点位置図。平成30年度の覆砂区における調査は測点1aと2aで行った。

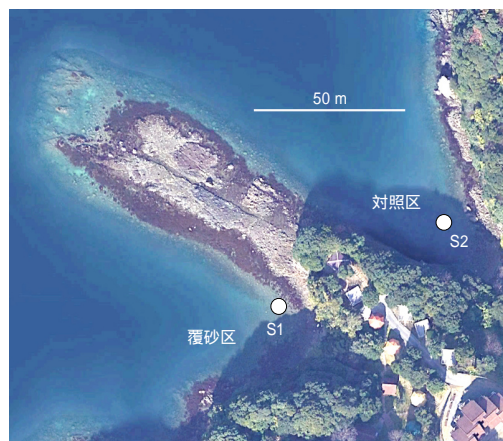


図2b 崎野における調査測点位置図

崎野の覆砂区と対照区それぞれにおいては、海底直上10 cmの位置にJFEアドバンテック社製のワイパー式メモリー水温塩分計(INFINITY-CTW)およびワイパー式メモリーDO計(RINKO W)を設置して、水温と塩分、そして溶存酸素量を連続観測した。

結果

アサリ生息密度と殻長組成

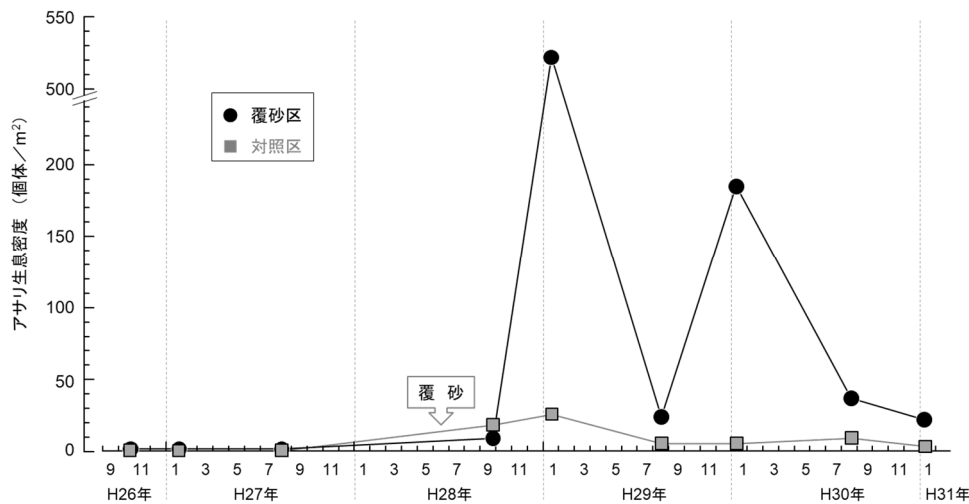


図3 森園におけるアサリ生息密度の推移

(森園)

森園におけるアサリ生息密度の推移を図3に示す。覆砂区のアサリ生息密度は、覆砂工事が完了した平成28年6月以降、大幅に増加し、平成29年1月には522個体/m²に達した。同年8月には24個体/m²まで減少したものの、平成30年1月には185個体/m²まで回復し、対照区と比較して高水準を維持した。平成30年度調査では、前年度と同様に8月に37個体/m²まで減少した。平成31年1月にはさらに22個体/m²に低下し、前年度とは異なり生息密度の回復は見られなかった。一方、対照区の生息密度は事前・事後調査期間を通じて大きな変化は見られず、平成30年度調査では1~7個体/m²の範囲であった。

森園の覆砂区におけるアサリの殻長組成の推移を図4に示す。平成30年8月のアサリ個体群は、殻長5~25mmまでの階級の個体が出現し、同年1月に出現した殻長5mm未満の個体の成長が確認された。平成31年1月には殻長30mm以上の個体を確認された一方で、新規加入群である殻長5mm前後の個体が、平成29年および平成30年の1月と比較して極めて少ない結果となった。新規加入群の欠如は対照区でも同様であった。

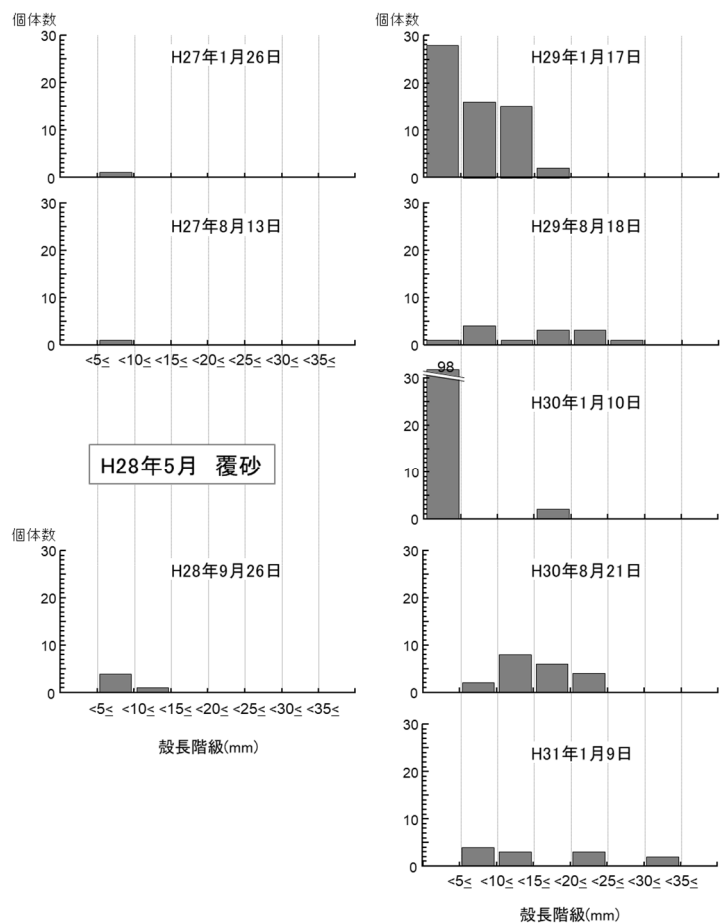


図4 森園の覆砂区におけるアサリの殻長組成図

(崎野)

崎野におけるアサリ生息密度の推移を図5に示す。覆砂する以前の平成29年6月および8月の調査では、アサリ生息密度は覆砂区では0および18個体/m²、対照区では0および7個体/m²であった。覆砂工事が完了して以降の平成30年8月および平成31年1月の調査では、覆砂区におけるアサリ生息密度は0および7個体/m²、対照区におけるアサリ生息密度は3および0個体/m²であった。森園と異なり、崎野では覆砂後のアサリ生息密度の大幅な増加は見られなかった。

崎野の覆砂区におけるアサリの殻長組成の推移を図6に示す。覆砂以前の平成29年8月調査では、殻長10mm未満の個体が採集されたのみであったが、覆砂以降の平成30年8月および平成31年1月調査においても同様で、殻長15mm以上のアサリは採集されなかった。また、森園で見られたような殻長5mm未満のアサリの個体数の1月のピークは、崎野では見られなかった。対照区の殻長組成についても同様であった。

底質

(森園)

森園における底質の推移を図7に示す。覆砂する以前の中央粒径値は、平成26年10月および平成27年8月においては、覆砂区と対照区との間で大きな違いは無く、0.15~0.19mmの範囲であった。覆砂して以降、対照区の中央粒径値は0.15~0.23mmの範囲で、変化が見られなかったのに対して、覆砂区の中央粒径値は1mm前後に増加し、平成31年1月には1.36mmとなった。

泥分率は、覆砂以前は覆砂区で7.1%および7.8%であったのに対して、対照区では3.9%および5.8%であり、覆砂区で高い傾向が見られた。覆砂以降の平成28年9月から平成30年8月にかけて、覆砂区の泥分率は4.8~6.1%の範囲まで低下したものの、依然として対照区(3.5~4.6%)よりも高かったが、平成31年1月には2.7%まで急激に低下し、対照区の値(3.7%)以下となった。

強熱減量は、覆砂以前は覆砂区でいずれも2.2%であったのに対して、対照区ではいずれも1.7%であ

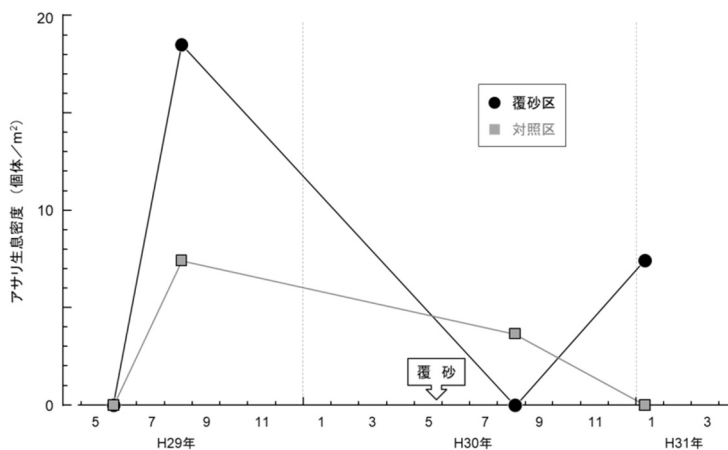


図5 崎野におけるアサリ生息密度の推移

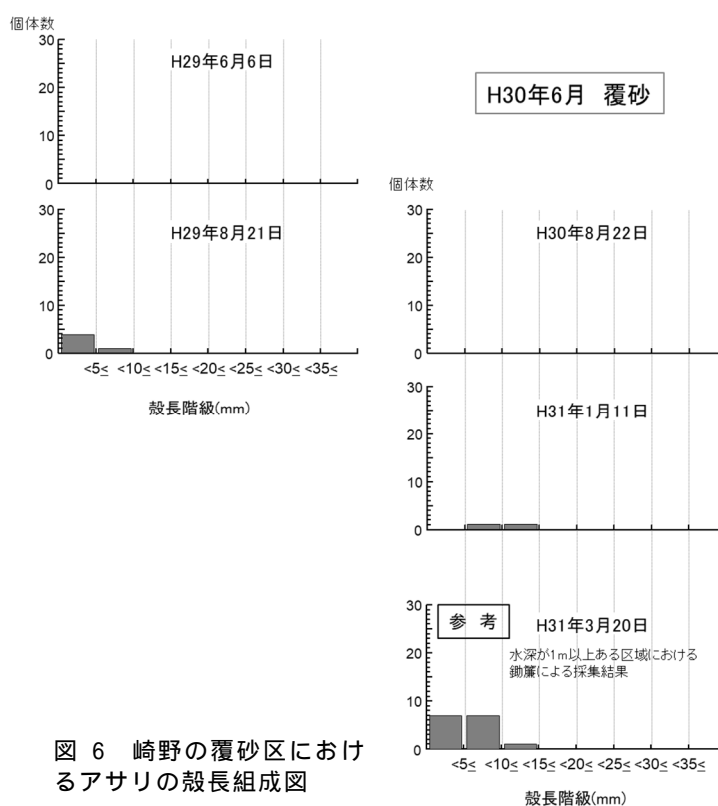


図6 崎野の覆砂区におけるアサリの殻長組成図

り、泥分率と同様に覆砂区で高い傾向が見られた。覆砂以降、強熱減量は覆砂区で大幅に減少し、対照区の1.7~2.0%に対して、およそ半分の0.5~1.1%の間で推移した。

アサリの成育に良いとされる底質環境は、中央粒径値で0.5~4mm、泥分率では2~30%、強熱減量で3.0%未満である(1, 2)。覆砂区の底質はいずれもこれらの範囲内にあり、平成31年1月時点で覆砂効果の持続が確認された。

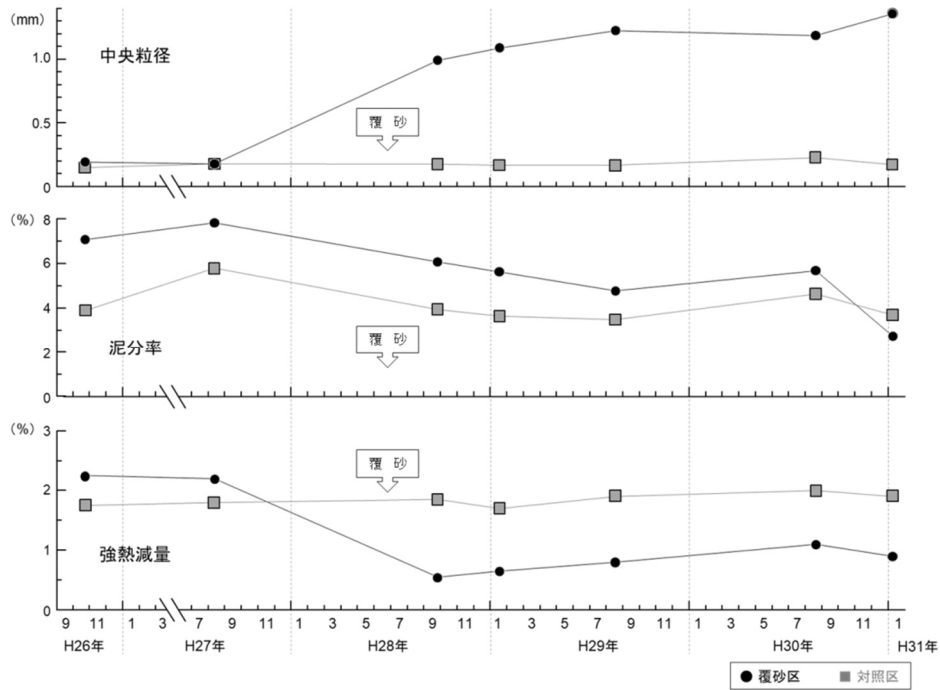


図7 森園における底質の推移

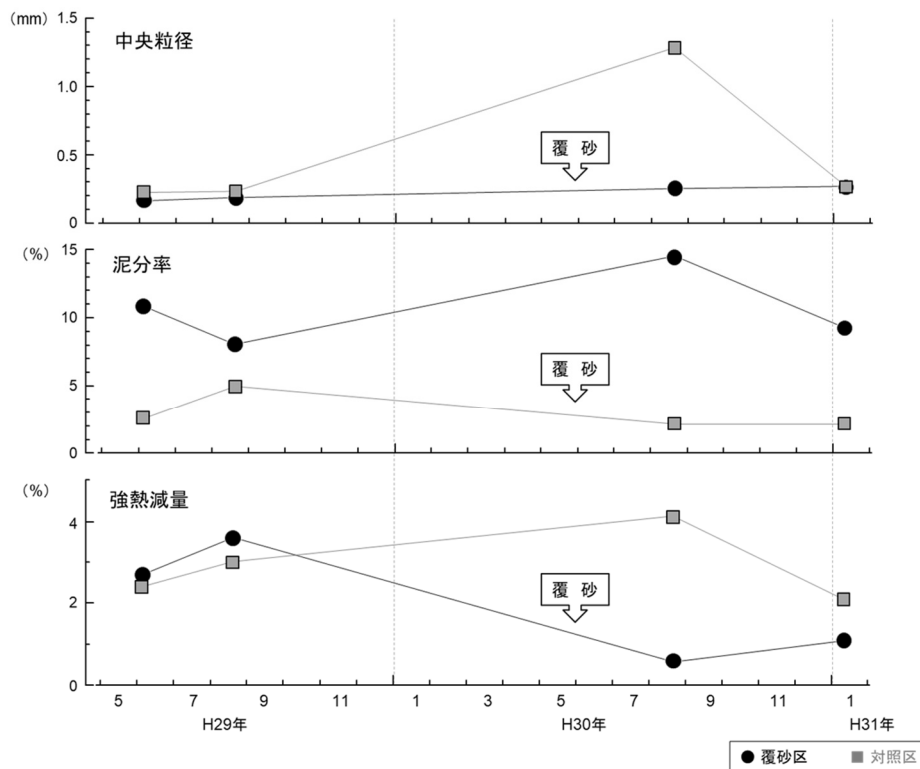


図8 崎野における底質の推移

(崎野)

崎野における底質の推移を図8に示す。中央粒径値は覆砂する以前の平成29年6月と8月においては、覆砂区で0.16 mmおよび0.19 mm、対照区ではいずれも0.22 mmであり、対照区で若干高かった。覆砂して以降の平成30年8月および平成31年1

月においては、中央粒径値は覆砂区でいずれも0.26 mmであったのに対して、対照区では1.27 mmおよび0.25 mmであり、崎野では森園の覆砂区で観測されたような、覆砂にともなう中央粒径値の大幅な上昇は見られなかった。

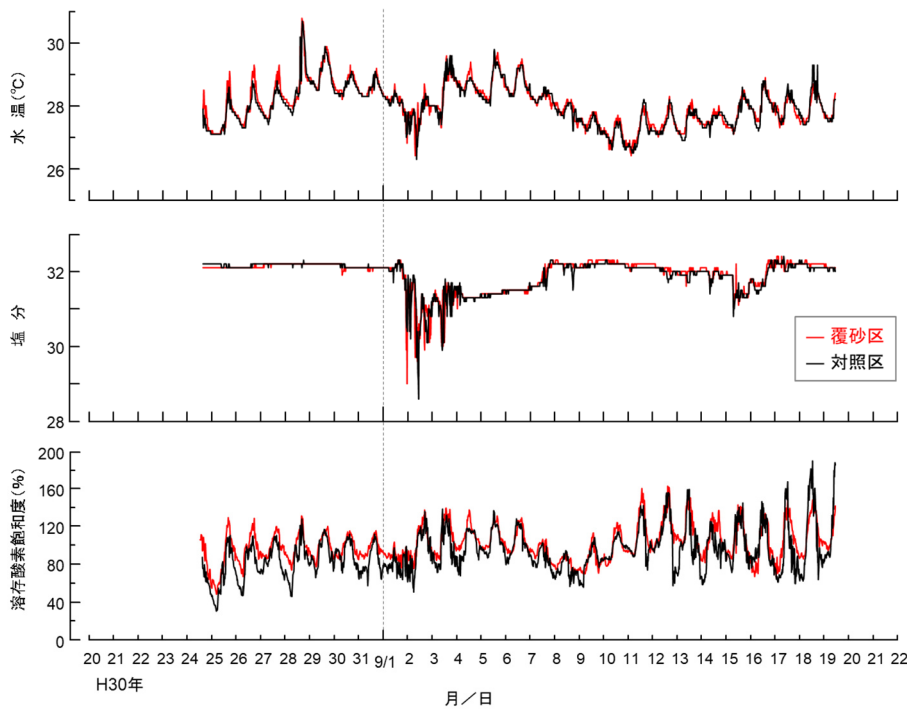


図 9a 崎野における夏期の水質変動

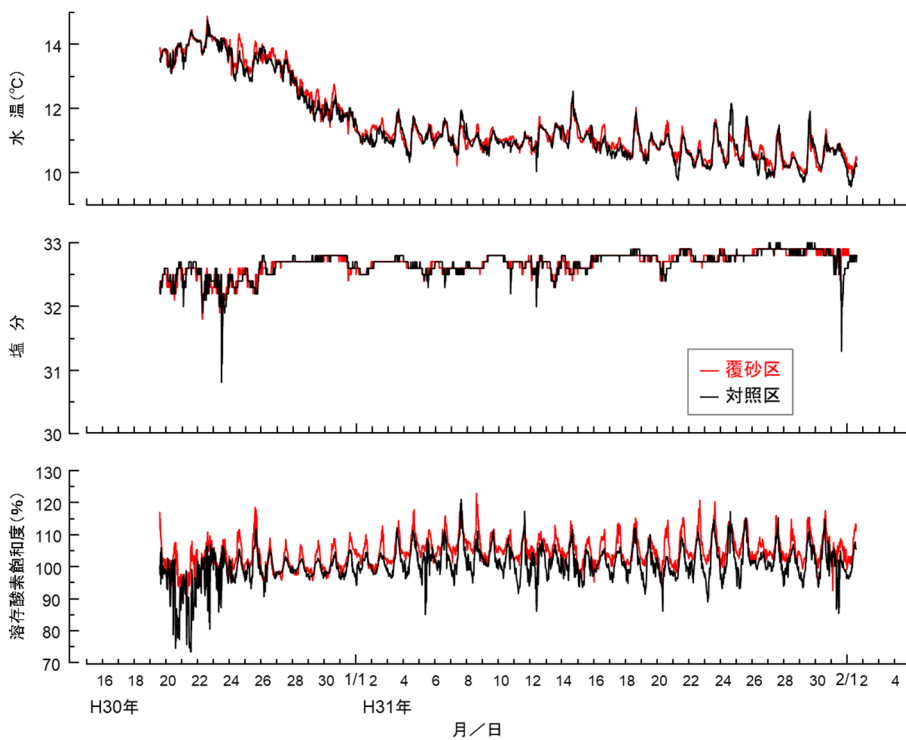


図 9b 崎野における冬期の水質変動

泥分率は覆砂以前は覆砂区で 10.8 % および 8.0 % であったのに対して、対照区では 2.6 % および 4.9 % であり、覆砂区で高かった。覆砂以降、覆砂区では 14.4 % および 9.2 %、対照区ではいずれも 2.2 % であり、依然として覆砂区で高い傾向がみられた。

強熱減量については、覆砂以前は覆砂区で 2.7 % および 3.6 % であったのに対して、対照区では 2.4 % および 3.0 % であり、覆砂区でやや高い値を示した。

覆砂以降、強熱減量は覆砂区で大幅に減少し、対照区の 4.1 % および 2.1 % に対して、0.6 % および 1.1 % であった。

前述のアサリの成育に良いとされる底質環境 1, 2) と照らし合わせると、崎野における覆砂区の底質は、泥分率と強熱減量では範囲内にあるものの、中央粒径については覆砂以降も好ましくない状況であった。

水質

(崎野)

図 9a, b に崎野における水温、塩分、および溶存酸素飽和度の推移を示す。水温は夏期はおよそ 26 ~ 31、冬期は 9 ~ 15 の範囲であった。塩分は夏期はおよそ 28 ~ 32、冬期は 31 ~ 33 の範囲であった。溶存酸素飽和度は夏期は 30 ~ 200%、冬期は 75 ~ 120% の範囲であった。覆砂区と対照区の水質を比較すると、溶存酸素飽和度が覆砂区よりも対照区で低い傾向がみられたものの、他の 2 項目については大きな差は見られなかった。

アサリの生息に適した水質環境は、一般に水温 10 ~ 30、塩分 20 ~ 35 の範囲である 3)。また、溶存酸素飽和度が 10 % 以下 (水温 15) の環境下では 13 日程度で斃死が起こる 3)。崎野の水質は夏期および冬期ともに、ほぼ適正範囲内であった。

考察

アサリ生息密度の変動要因

(森園)

平成 28 年度から 29 年度の事後調査結果から、森園におけるアサリ生息密度は、アカエイなどの捕食によって夏期に大幅に減少するものの、夏期に生まれた個体群の新規加入によって、冬期には回復することが明らかとなった 4)。しかし、平成 30 年度調査では、アサリ生息密度は前年と同様に 8 月に大幅に減少したが、1 月の回復が見られなかった。図 4 に示した殻長組成図から明らかなように、平成 31 年 1 月の密度の低下は、新たに加入するはずであった殻長 5 mm 前後のアサリ稚貝が極めて少なかったことが原因である。

アサリ稚貝が少ない要因としては、幼生の来遊が少ない、あるいは着底やその後の稚貝の生残が悪い可能性が考えられる 5)。幼生の来遊については、周辺海域の幼生密度を測定していないことから不明である。大村湾ではアサリの産卵は主に夏期であるが 6)、幼生の発生量や生残に大きく影響すると考えられる夏期を中心とした青潮などの突発的な水質環境の悪化は、平成 30 年には起きていないことから、幼生の発生量や来遊には大きな問題はなかったと思われる。

幼生の着底に影響する要因として底質の悪化などが挙げられる。しかし、覆砂区の中央粒径値は覆砂以降、1 mm 前後で推移していることから、幼生の着

底基質として覆砂効果は依然として持続していると考えられる。また、殻長組成の変化から (図 4)、殻長が 5 mm 以上のアサリについては、平成 30 年 8 月から平成 31 年 1 月にかけて成長していることから、底質が悪化した可能性は低い。

一方で、平成 30 年度調査では、8 月から 1 月にかけて底質の中央粒径値が上昇するとともに、泥分率は顕著に低下した (図 7)。底質の変化は台風通過時の波浪による底質攪乱などによって生じ、諫早市小長井地先のアサリ漁場では、台風による波浪は稚貝の減耗要因となりえることが報告されている 7)。そこで、長崎空港で観測されている気象データを用いて、平成 28 年 ~ 30 年の 7 月 ~ 10 月までの各月の最大瞬間風速を比較すると、平成 28 年と平成 29 年の最大瞬間風速は、それぞれ 13.8 ~ 16.8 m/s および 13.4 ~ 16.2 m/s であったのに対して、平成 30 年は 15.0 ~ 23.4 m/s であった。また、九州地方に接近・上陸した台風数は、平成 28 年と平成 29 年はそれぞれ 11 個および 8 個であったのに対して、平成 30 年は 15 個に達したことから、森園では平成 30 年夏期に強い底質攪乱を受けたと考えられる。アサリは、着底後、殻長数 mm までの間は、海底のごく表面にあり、成長とともに砂中に深く潜るようになる 3)。大村湾では夏から秋にかけては、稚貝はまだ底質の表面にいると考えられることから、平成 30 年に発生した稚貝は台風による底質の攪乱によって逸散、あるいは斃死し、平成 31 年 1 月の新規加入群の欠如に繋がった可能性がある。

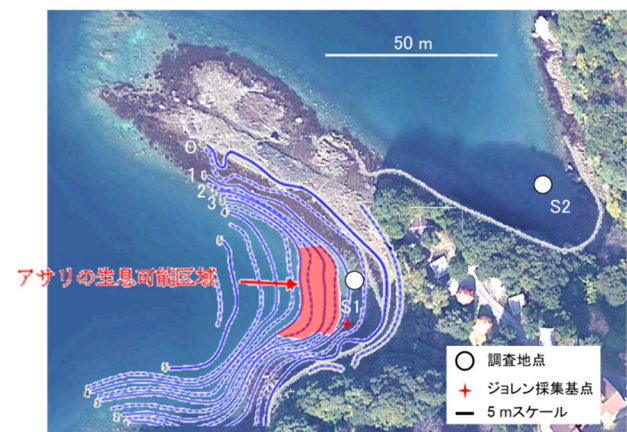


図 10 アセスメントによって推定されたアサリ生息可能区域と調査測点との位置関係図。等深線は東京湾平均海面値 (m) を表す (平均水面基準値では +0.5m)。

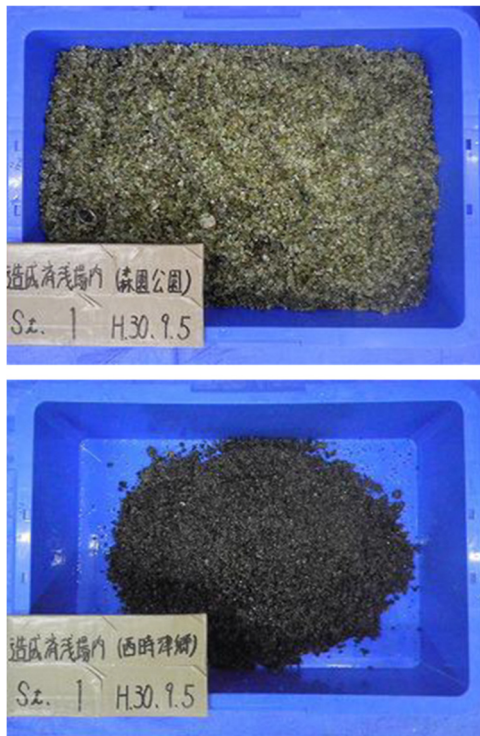


図 11 アサリ採集で得た底質の様子。上段は多くが廃ガラス砂からなる森園の試料、下段は廃ガラス砂が少なく、覆砂の下の底質を多く含んでいると思われる崎野の試料。

(崎野)

崎野では覆砂以降、覆砂区の中央粒径値に大幅な上昇は見られなかったものの、アサリ幼生が着底すると考えられる0.2 mm以上の中央粒径値となっていた。また、強熱減量は覆砂以降、覆砂区では減少しており、覆砂したことによって有機物の分解にともなう酸素消費量が減少し、溶存酸素飽和度が対照区よりも高くなったと考えられる。

覆砂によって底質環境は改善していると考えられるものの、崎野では森園と大きく異なり、覆砂以降、アサリ生息密度の増加は見られなかった。アサリの生息密度が増加しなかったのは、平成31年1月調査で、殻長5 mm前後の新規加入群が採集されなかったためである。水質に問題はなかったことから、森園のアサリ個体群と同様に、着底した稚貝が台風による底質攪乱で減耗した可能性がある。

崎野の沖合は時津港と長崎空港を結ぶ高速船の航路となっていることから、森園と異なり航走波が頻繁に打ち寄せる環境にある。波浪のアセスメントでは、水深0.7 m(東京湾平均海面0.5 m)以深では航走波の影響はなく、底質の安定性を加味して、水深1.7 m以深(東京港平均海面1.5 m)がアサリの生息

環境保健研究センター所報 64, (2018) 報文に適用していると推定された 8)。この生息適正区域と事前・事後調査における測点を重ね合わせてみると、覆砂区の測点は適正区域外にある(図 10)。また、覆砂厚は沖合で30 cmあるのに対して、測点周辺は20 cmと薄いことから、覆砂下の底質が露出しやすい状況にある。事実、事前・事後調査では、アサリや底質の試料は底面下10 cm程度まで掘り下げて採集していることから、採集した試料には廃ガラス砂以外のものが多く含まれていた(図 11)。測点周辺は波浪による底質攪乱が日常的に生じて、着底稚貝が生残しにくい状況である可能性がある。

そこで、アサリ生息適正区域に近い、水深1 m付近の底質を鋤簾を用いて採集したところ、殻長5 mm前後のアサリが複数個体確認された(図 6)。より深いアサリ生息適正区域内ではアサリの着底稚貝が生育している可能性があることから、今後、生息適正区域内での調査を行う必要がある。

今後の課題など

平成26年度から行ってきた事前・事後調査によって、アサリ生息場の造成手法として、廃ガラスによる覆砂は有効であることが明らかとなった。また、大村湾におけるアサリ生息密度の変動は、アカエイなどによる食害や、夏期に襲来する台風の波浪などによる底質攪乱など大きく関わっていることが明らかとなった。

エイ類による食害は有明海のアサリ漁場でも大きな問題となっており、覆網などの対策が講じられている。森園においては、環境教育の一環として、平成31年度から覆網による食害対策と効果検証が実施される予定である。覆網は波浪軽減対策として着底稚貝の逸散防止にもなると考えられることから、アサリ生息密度の増加が期待される。

崎野においては、水深0.7 m以浅は航走波などによって底質が日常的に攪乱され、アサリが生残しにくい環境にあることが明らかとなった。「再生砂による浅場づくり実証事業」では、二枚貝の生息数を増やすことのみならず、親水性の向上も視野に入れている。潮干狩りなどを安全に行えるのは、膝が浸かるくらいまでの深さ、すなわち水深0.5 m程度までと思われる。水深1 m以深ではアサリが採集されたことから、深い場所ではアサリの生息場として機能している可能性がある。より浅い場所でもアサリが成育できるように、波浪を軽減する対策を講じる必要がある。

参 考 文 献

- 1) 新保裕美 他(2000):アサリを対象とした生物生息地適性評価モデル. 海岸工学論文集 47, 1111-1115.
- 2) 清水康弘 他(2018):アサリ母貝場干潟造成効果評価事業 三重県水産研究所 平成 29 年度事業報告.
- 3) 水産庁増殖推進部(2013):二枚貝漁場環境改善技術導入のためのガイドライン 平成 25 年 3 月.
- 4) 粕谷智之:再生砂による浅場づくり実証試験事業 - アサリ生息状況に関する事前・事後調査結果 - .
- 5) 水産庁・水産総合研究センター(2008):干潟を守って二枚貝を増やそう. 水産庁漁港漁場整備部整備課.
- 6) 粕谷智之 他(2007):大村湾における底生水産生物浮遊幼生に関する研究. 長崎県環境保健研究センター所報 53, 53-61.
- 7) 水田浩二 他(2011):台風が諫早湾小長井町地先の造成アサリ漁場に及ぼした影響. 水産増殖 59, 75-88.
- 8) 長崎県環境部(2018):再生砂による浅場づくり実証事業に係る調査及び工事設計業務委託報告書.

Change of Population Density of a Clam *Ruditapes philippinarum* in the Shallow Place created using a Recycled Glass-Sand in Omura Bay, Nagasaki

Tomoyuki KASUYA

We had investigated abundance of a clam *Ruditapes philippinarum* at a tidal flat in adjacent waters of Morisono and Sakino in Omura Bay since 2014 fiscal year, before and after conducting sand capping with recycled glass-sand. After sand capping, the population density of *R. philippinarum* was increased and the improvement effect of bottom environment continued at the time of January 2019, indicating that a recycled glass-sand is available as the material of a creation of the clam habitat. Datum of frequencies of shell size and conditions of bottom sediment suggested that fluctuations of *R. philippinarum* abundance were related to the predation by fishes such as a stingray and the bottom disturbance by waves caused by a typhoon and a ship. In Morisono, a covering net on the bottom surface to prevent clams from a predation, planned in 2019 fiscal year,, seems to be available to not only prevention against predation but also to reduction of dissipation of clams from a bottom surface due to a wave action. In Sakino, because it is suspected that the bottom disturbance by ship generated waves more constantly occurs, to increase abundance of *R. philippinarum* in the shallow area above a depth of 0.7 m, more effective reduction measures of a bottom turbulence may needs.

Key words: Bivalves, Tidal flat, Benthos, Dasyatidae, Predatory impact