

河川砂防技術研究開発【成果概要】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)	所属	役職
	高見 徹 (たかみ とおる)	西日本工業大学	教授
②研究テーマ	名称	大野川下流域の赤潮発生予測・制御に関する技術開発	
③研究経費 (単位: 万円) ※端数切り捨て。	令和2年度	令和3年度	合計
	30万円	0万円	30万円
④研究者氏名 (研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)			
氏名	所属機関・役職 (※令和3年3月31日現在)		
廣田 雅春	岡山理科大学総合情報学部情報科学科・准教授		
⑤技術研究開発の目的・目標 (様式河提地-2、河提地-3に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)			
<p>(技術研究開発の目的)</p> <p>九州北東ブロックを代表する一級水系である大野川は、かつては水質現況においても上位にランクされたが、近年、下流地点(鶴崎橋、3k/000)においてBOD等の水質が悪化し、環境基準値を超過することがある。また、同時期より、河口部から9km付近にわたって赤潮が度々発生している。赤潮の発生のように、滞留水域での内部生産の増加はBODの上昇を引き起こすことから、赤潮の発生が環境基準超過を引き起こしていると考えられる。したがって、河川管理上、環境基準を超過しないための赤潮を制御(抑制)する技術の開発が求められている。</p> <p>しかし、同地点において、内部生産を増加させるような水温や栄養塩濃度の顕著な上昇は定期観測データからは認められない。ただし、一方で、河床低下が進行していることが確認されている。河床の低下は、流下水や遡上塩水の滞留時間を増加させ、藻類が赤潮状態に至るまで増殖・集積する可能性がある。</p> <p>そこで、本研究では、鶴崎橋における環境基準(BOD)の超過は赤潮発生が原因であり、河床低下(全水深増加)が赤潮発生を増長していると仮定し、河床低下対策(河道安定化)を行うことで、赤潮発生を抑制し、環境基準を満足させるという課題解決の方法を想定し、これらについて、定期観測データを使用した統計解析によって明らかにすることを目的とした。</p> <p>(技術研究開発の目標)</p> <p>本研究における具体的な目標は次の①～③のとおりである。</p> <p>① 鶴崎橋におけるBODと赤潮発生(Chl. a濃度)との関係を明らかにする。</p> <p>② 河床低下(全水深増加)がChl. a濃度に及ぼす影響を明らかにする。</p> <p>③ 河床低下対策(全水深減少)によるChl. a濃度低減効果を検証する。</p> <p>なお、③については新規技術提案として、機械学習による赤潮発生予測モデルにしたがって検討することとした。</p>			

⑥研究成果

(具体的にかつ明確に記入下さい。4ページ程度。)

本研究で得られた結果は、次の①～③のとおりである。

- ① 国土交通省および気象庁による定期観測データを用いた解析を行った結果、鶴崎橋（3k/000）において、BOD と Chl. a 濃度との間に統計学的に有意な相関が認められ、BOD が Chl. a 濃度で説明できることが明らかになった。

本研究では、はじめに、国土交通省九州地方整備局大分河川国道事務所の大分川・大野川管内図の水位・水質観測所の配置図をもとに、赤潮の発生する河川区間とその上下流を含む4つの観測所（白滝橋 14k/820、大津留 9k/040、鶴崎橋 3k/000、家島 0k/400）を選定し、1968～2019年7月までの水位・水質観測データを入手したが、目的変数となる Chl. a 濃度のデータがないものが多かったため、鶴崎橋の水位・水質観測データ（11の水質項目）のみを用いて同地点における統計解析を行った。また、大分地方気象台から水位・水質観測データの観測日と同日の大分観測所気象データ（6の気象項目）を入手し、統計解析に用いた。統計解析は、線形単回帰分析（図1）と重回帰分析を行った。

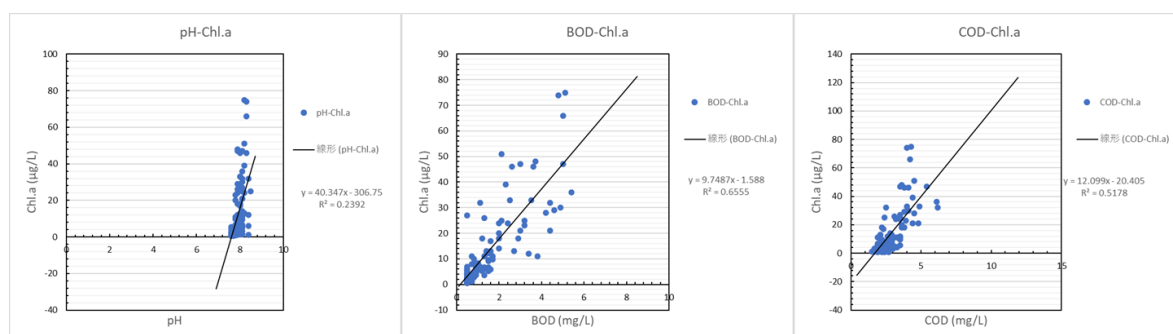


図1 単回帰分析の例

- ② 上記①と同様に、全水深と Chl. a 濃度との関係を求めたが、両者に統計学的に有意な相関は認められなかった。

鶴崎橋においては、全水深の経年的な増加は1972年の観測より顕著に観測されているが、同地点の Chl. a 濃度データは2009年以降しか存在せず、同期間の全水深の変化は僅かであるため、上述の結果になった（図2）。Chl. a 濃度の観測データが今後蓄積されれば、異なる解析結果を得る可能性がある。

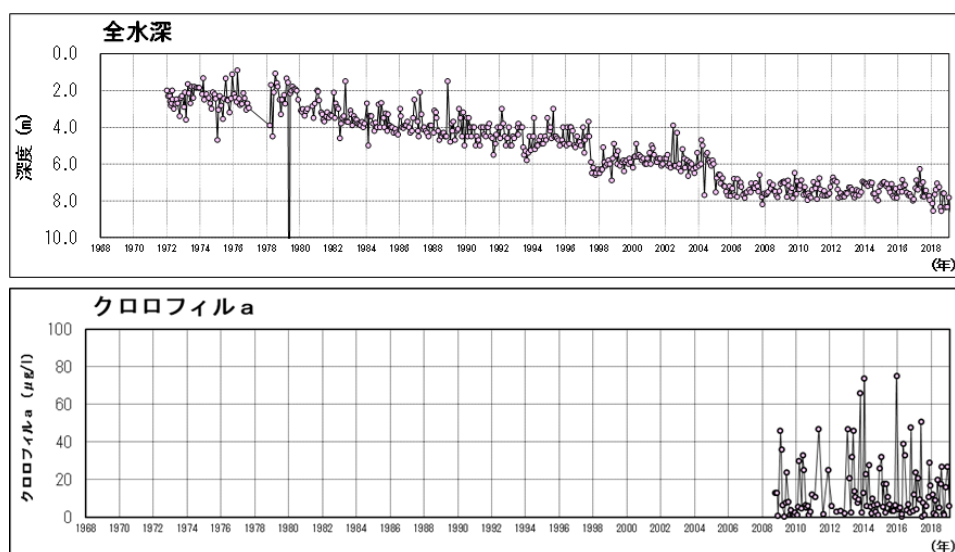


図2 鶴崎橋における全水深と Chl. a の経年変化

③ 機械学習による赤潮発生予測モデルを提案し、定期観測データを用いて鶴崎橋における Chl. a 濃度の予測を繰り返し試みたが、本研究の条件では Chl. a 濃度を高い精度で予測することができず、河床低下対策による赤潮抑制の効果について検証することができなかった。

予測手法として、線形回帰、Lasso 回帰、SVR を用いて予測値と実測値を比較した。第 1 次検討では、鶴崎橋における 2009 年 1 月～2018 年 12 月の定期観測データ（欠損を除いた 103 日間、17 項目；103 行 17 列）のうち、2009 年 1 月～2017 年 12 月（91 行 17 列）を学習データとし、2018 年 1 月～2018 年 12 月（12 行 17 列）を予測データとして、目的変数である Chl. a 濃度を求め、予測値の精度（実測値との差異）を二乗平均平方根誤差（RMSE）、決定係数（ R^2 ）、可視化によって評価した。その結果、SVR が最良の手法であると判断した（表 1、図 3）。

表 1 各手法における予測値と実測値に関する RMSE と R^2 の比較

	線形回帰	Lasso 回帰	SVR
RMSE	9.17	7.56	6.82
R^2	-0.01	0.30	0.43

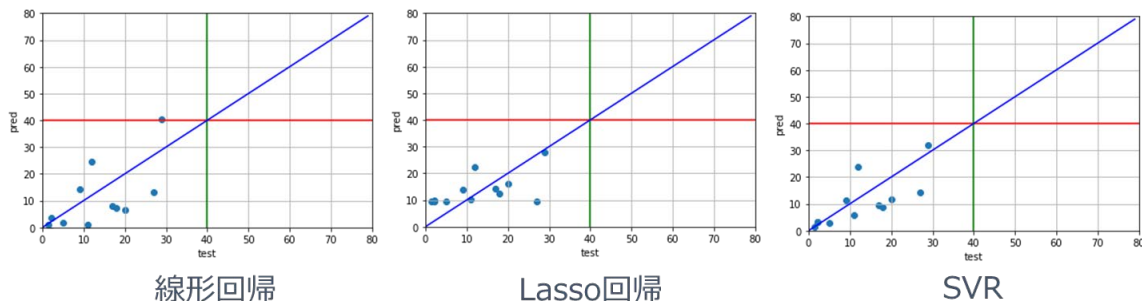


図 3 Chl. a 濃度に関する予測値と実測値の比較

また、第 2 次検討では、予測手法として SVR を用い、新たに 2019 年 1 月～2021 年 6 月の定期観測データを追加して（133 日間、水温・天文潮位を含む 19 項目；133 行 19 列）、繰り返し、Chl. a 濃度の予測値の精度を評価した。ここで、学習データを 2009 年 1 月～2020 年 12 月（127 行 19 列）、予測データを 2021 年 1 月～同年 6 月とした。その結果、学習データを追加しても第 1 次検討からの予測値の精度の向上は認められなかった（図 4、RMSE 6.94、 R^2 0.41）。これは、追加した水温および天文潮位のデータは、それぞれ気温および水位の値に反映されているためである。また、定期観測においては、2018 年以降、Chl. a 濃度が赤潮状態とみなす $40 \mu\text{g/L}$ 以上を観測しなかったことも要因の一つと考えられる。

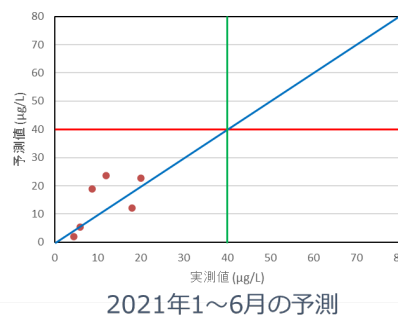


図 4 Chl. a 濃度に関する予測値と実測値の比較（2021 年 1 月～同年 6 月）

以上より、本研究では一部を除いて、当初目標を達成することができなかった。目標を達成するには、観測データの蓄積や、欠損データを補完するなどの課題があることがわかった。

⑦研究成果の発表状況・予定

(本技術研究開発の成果について、論文や学会への投稿等又はその予定があれば記入して下さい。)(以下記入例)

- ・ これまでに発表した代表的な論文
- ・ 著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)
- ・ 国際会議、学会等における発表状況
- ・ 主要雑誌・新聞等への研究成果発表
- ・ 学術誌へ投稿中の論文(掲載が決定しているものに限る)
- ・ 研究成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・ 企業とのタイアップ状況
- ・ 特許など、知的財産権の取得状況
- ・ 研究成果による受賞、表彰等

無し

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

無し

⑨表彰、受賞歴

(単なる研究成果発表は⑧⑨に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。)

無し

⑩技術研究開発の今後の課題・展望等

(研究目的の進捗状況・達成状況や得られた研究成果を踏まえ、技術研究開発の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、技術研究開発の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

河川・流域の環境管理を進めるには、月1回の定期観測ではデータ数が絶対的に不足しているが、現状の観測方法(現地で採水後、実験室等に持ち帰って数日間かけて分析結果を得る方法)では、これ以上観測頻度を上げることは難しい。これを改善するためには、現状の水位観測に加え、水温、pH、EC、濁度、DO、アンモニア態窒素、Chl.aなど、電極とロガーを用いることで無人で安価に連続的に観測することのできる機器を多地点に設置することが望ましい。これらの観測値を得ることができれば、各種の環境変動をリアルタイムに予測し、制御等の管理に資することができる可能性がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本技術研究開発で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

河川・流域の環境変動がWebサイトなどを通じてリアルタイムで公開し、市民が利用することが可能になれば、河川ライブカメラや水位情報と同様に、河川砂防行政への市民理解が進むと考えられる。