

1. はじめに

福岡県糸島市西部に位置する加布里湾は、生産性の高い干潟を有し、クルマエビや小エビ類、二枚貝、カキの養殖などが盛んに行われている海域である。しかしながら、近年水産業者から漁獲量の低下が指摘されており、水産資源量の減少要因の特定が求められている。漁獲量の減少は、環境の変化、気候変動など複数の要因が絡み合っている可能性がある。特に、加布里湾のような浅海域では、環境変動が水産資源に与える影響が大きく詳細な調査が必要である。そこで本研究では、水産資源量の低下要因の特定に向けた加布里湾内の水環境の経年変化について多変量解析に基づく考察を行った。すなわち、加布里湾に蓄積された水質データを用いた主成分分析により、湾内の水環境変化と漁獲量の変化の関係性について考察した。

2. 水質データ

浅海定線調査とは、浅海域における水質や海況の変動を継続的に把握するための調査であり、漁場環境のモニタリングや水産資源の管理に役立てることを目的としている。加布里湾においても浅海定線調査が毎月実施されており、図1に示す地点 Stn.1 において調査が行われている。

本研究では、Stn.1 の表層・底層における水温 (WT)、塩分 (Sal)、化学的酸素要求量 (COD)、溶存酸素 (DO)、アンモニア態窒素 (NH₄-N)、硝酸態窒素 (NO₃-N)、亜硝酸態窒素 (NO₂-N)、リン酸態リン (PO₄-P)、クロロフィル a (Chl.a) の水質 9 項目について 2010 年 4 月から 2023 年 12 月までの月毎のデータを入手した。



図1 加布里湾および浅海域定線調査地点 Stn.1

3. 主成分分析 (PCA)

主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) は、多変量データの次元削減手法の一つでありデータの分散を最大化する方向を見つけることで、データの構造を簡潔に表現することを目的とする。本研究では、加布里湾内にある浅海定線調査の調査地点 Stn.1 の表層・底層において 2010 年 4 月から 2023 年 12 月までに調査された月毎の 9 つの水質データについて主成分分析を行った。すなわち、主成分分析により加布里湾内の水質データから加布里湾の環境変化の重要な因子を見つけ出すことを目指した。

4. 結果と考察

表 1 および表 2 に主成分分析により得られた各主成分の固有値、固有ベクトル、寄与率、累積寄与率

表 1 表層の水質 9 項目に対する主成分分析結果

主成分	1	2	3	4	
固有値	2.51	2.23	1.43	0.96	
固有ベクトル	WT	0.412	0.066	-0.572	-0.047
	Sal	-0.433	-0.362	-0.023	0.132
	DO	0.124	0.046	0.774	-0.172
	COD	0.523	0.205	0.152	-0.120
	NH ₄ -N	-0.192	0.383	-0.198	-0.639
	NO ₂ -N	-0.267	0.403	-0.042	0.266
	NO ₃ -N	-0.256	0.529	0.076	-0.173
	PO ₄ -P	-0.189	0.409	0.004	0.503
	Chl.a	0.381	0.254	0.056	0.419
寄与率 (%)	27.94	24.74	15.83	10.63	
累積寄与率 (%)	27.94	52.67	68.51	79.14	

表 2 底層の水質 9 項目に対する主成分分析結果

主成分	1	2	3	4	
固有値	2.74	2.42	1.11	0.86	
固有ベクトル	WT	0.322	0.467	-0.288	0.055
	Sal	-0.343	-0.358	-0.020	0.096
	DO	-0.385	-0.360	0.197	0.189
	COD	0.036	0.303	0.396	0.773
	NH ₄ -N	0.326	-0.270	-0.212	0.494
	NO ₂ -N	0.455	-0.210	0.156	-0.216
	NO ₃ -N	0.308	-0.465	0.202	0.032
	PO ₄ -P	0.464	-0.241	0.053	0.013
	Chl.a	0.076	0.206	0.780	-0.250
寄与率 (%)	30.43	26.89	12.34	9.53	
累積寄与率 (%)	30.43	57.32	69.66	79.19	

を示す。これらの結果から、表層・底層それぞれの各主成分の解釈を考察する。どちらも第3主成分までが固有値1を超えたため、第3主成分まで考察した。その結果として表層・底層の各主成分得点は次のように説明されることが示された。

- 表層の第1主成分得点 (PCS 1) : 植物プランクトンによる光合成の活性化指標
- 表層の第2主成分得点 (PCS 2) : 栄養塩濃度の指標
- 表層の第3主成分得点 (PCS 3) : 溶存酸素 (DO) の指標
- 底層の第1主成分得点 (PCS 1) : 地下水による栄養塩の流入負荷の指標
- 底層の第2主成分得点 (PCS 2) : 生物生産力の指標
- 底層の第3主成分得点 (PCS 3) : 冬季の植物プランクトンによる増殖の指標

これらの結果について、水産資源との関係性を考察するために、福岡県が発行している農林水産白書から、筑前海区の漁業生産データを収集した。図2には、筑前海区の漁業生産のうち漁船漁業と養殖業の生産量の経年変化と表層・底層のPCS 1~3の年平均値の経年変化をまとめた。まず、筑前海区の漁船漁業の生産量は、2015年に最大値19891tを記録した後減少傾向を示し、2022年には12587tと最小値を記録している。養殖業の生産量は2016年に最大値1185tを示し、その後減少し2021年には728tとなった。これを年平均のPCSと比較すると、養殖業のピークと表層のPCS2のピークが2016年で一致し、このピークを境とした増加・減少という全体的な変動傾向も類似していることがわかる。表層のPCS2は栄養

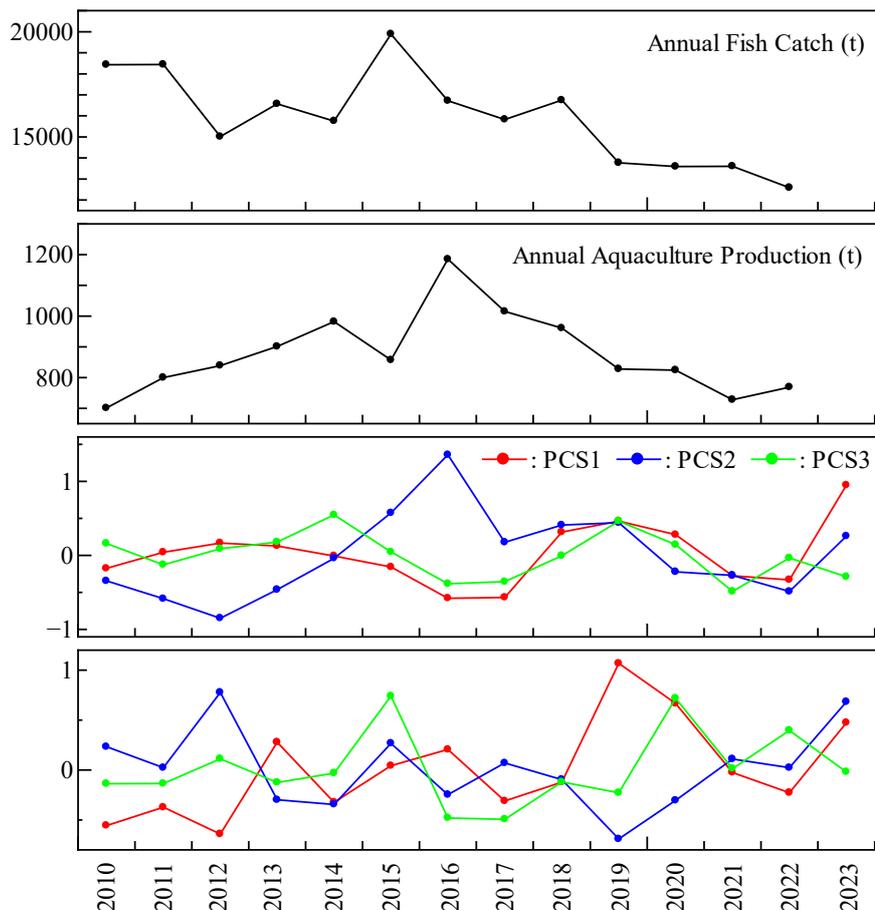


図2 筑前海区の漁業生産のうち (a) 漁船漁業と (b) 養殖業の生産量 (t) と (c) 表層および (d) 底層のPCS 1~3の年平均値の経年変化

塩濃度の指標であり、海域の栄養塩濃度が養殖業の生産量に大きく影響していることが示された。一方で漁船漁業のピークは2015年であり、表層のPCS2の変動とは若干の乖離がある。2015年にピークを示したのは底層のPCS3であり、これは底層における植物プランクトンの増殖の指標である。多くの魚介類にとって植物プランクトンは餌となるため、この増加が漁業生産の向上の一因となっていることが示されている。しかし、2020年の底層のPCS3のピーク時には漁船漁業の生産量は低く、これだけが漁業生産を決定する要因とはいえない。この年の底層のPCS2をみると低い値を示していることがわかる。底層PCS2は有機物量の指標であり生物生産力の指標である。すなわち、植物プランクトン量は多かったものの底層への有機物の供給は少なく海域の生物生産力が向上できなかったことがわかる。

こうした海域の水環境の変化の要因として、近年の気候変動に起因した降雨パターンの変化が影響していると考えられる。前原観測所における日降雨量、月降雨量の経時変化をみると2017年以降短時間に集中した降雨の発生頻度が増えており、2019年、2020年、2021年の月降水量の変化をみると降雨のある月とない月の降水量の変化が非常に大きいことがわかった。実際に図2をみると2019年から漁獲量がかなり減少している。近年増加している線状降水帯やゲリラ豪雨によって、降雨が局所的短時間に発生することで、陸域からの栄養塩の供給も不安定化してしまい、結果として海域の生物生産力が低下してしまっていることが示唆された。このように、近年の気候変動による降雨の降り方の変化が海域における漁業生産量に影響を与えていることが本研究では示された。

5. おわりに

本研究では、福岡県糸島市西部に位置する加布里湾を対象に、水質データを基に主成分分析により湾内の水環境変化と漁獲量の変化の関係性について考察した。水質データには、浅海定線調査 Stn.1において2010年4月から2023年12月までの表層・底層における水温(WT)、塩分(Sal)、化学的酸素要求量(COD)、溶存酸素(DO)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、リン酸態リン(PO₄-P)、クロロフィルa(Chl.a)の水質9項目を用いた。その結果、表層の第1主成分は植物プランクトンによる光合成の活性化を、第2主成分は栄養塩の量を、第3主成分は冬季のDOの高さをそれぞれ示すことが分かった。一方、底層の第1主成分は冬季の地下水起源の栄養塩の量を、第2主成分は有機物の量を、第3主成分は底層における植物プランクトンの増殖量をそれぞれ表す。それぞれの時系列変化を見ると、多くの主成分が降雨の影響を受けており、海域の水環境は陸域からの影響を大きく受けていることが示された。これらの年平均値と筑前海区の漁業生産量を比較したところ、生産量と主成分は密接に関わりがあり、漁業生産も陸域からの影響を大きく受けていることが示唆された。さらに、各主成分は近年の気候変動による降雨パターンの変化、特に線状降水帯やゲリラ豪雨といった影響を受けていることが判明した。

すなわち、降雨が極端に集中する時期には栄養塩が突発的に海域に流入し、降雨がない時期には流入負荷がないため、生物生産力が低下してしまうという状況が生じている。以上のように、加布里湾の水産資源は気候変動による降雨パターンの変化の影響を大きく受けていることがわかった。 今後は、降雨パターンの変化を考慮した海域における栄養塩の管理方策について検討する必要がある。