

宍道湖の水環境とコノシロの大量死に関する要因分析

松江工業高等専門学校土木工学科 正員 浅田純作
 松江工業高等専門学校土木工学科 正員 宇野和男
 松江工業高等専門学校土木工学科 正員 上田 務

1. はじめに

今日、我々を取り巻く環境は悪化の一途をたどっており、無視することの出来ない状況になりつつある。汽水湖として名高い宍道湖においても他の水域と同様に、人間活動や周辺都市化の影響から、その水環境は改善されていない。そのような状況下、1996年より突発的にコノシロの死骸が大量に初夏の宍道湖湖面上で発見された。以降、宍道湖でのコノシロ大量死は毎年発生しており大きな問題となっている。

そこで本研究では、この問題の原因を解明することを目的に、毎年のコノシロのへい死確認数と水環境との関連性について分析し、大量死予測モデルの構築を試みる。

2. 宍道湖の水環境変化とコノシロのへい死状況

コノシロのへい死状況の例として、図-1に1999年の日別コノシロへい死確認数¹⁾を示す。同様な傾向で1996年以後毎年おびただしい数のコノシロの死骸が確認、回収されている。

コノシロは、宍道湖に生息する他の魚類に比べ水中の酸素不足に弱いと言われている。そこで、へい死状況と同様に1999年を例として宍道湖湖心低層部の水環境の変化¹⁾をみると、図-2に示すようになる。図よりコノシロのへい死が確認されている6~7月に底層域での溶存酸素濃度(DO)が低く塩分濃度が高い状態になっているのがわかる。したがってコノシロのへい死にそれらが少なからず影響していると考えられる。しかし、同様の水環境の傾向が8~9月のコノシロのへい死が確認されていない時期に存在しているというのも事実である。したがって、単に溶存酸素濃度の低下や塩分濃度の増加のみが要因でコノシロがへい死するとは言えず、他の要因の存在が考えられる。

コノシロのへい死が確認される時期は毎年6~7月と限定されており、この時期はコノシロの産卵時期に相当する。産卵後はコノシロの体力が大きく低下すると言われており、このことがへい死の主な原因の一つに考えられている。このことから本研究では、コノシロの体力が産卵により低下している状態の中、湖底の溶存酸素をはじめとする水環境に変化が起これ、コノシロが死亡したと仮定する。

3. コノシロのへい死決定モデルの概念

以上の様な考え方に基づけば、コノシロには水環境の変化による生死の分岐点となる境界値の存在を仮定することができる。図-3はその概念図であり、縦軸にコノシロの体力とその境界値を示している。水質の変化がコノシロのへい死に少なからず影響していると想定できるが、コノシロのへい死時期と同じような

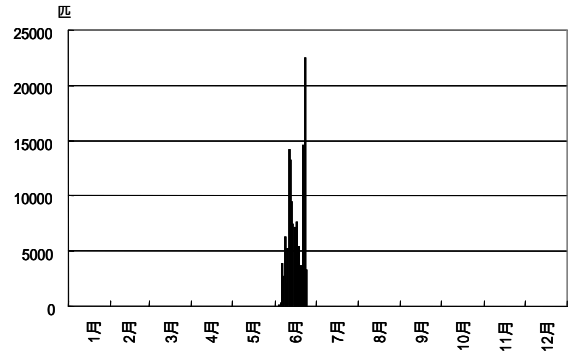


図-1 コノシロのへい死確認数 宍道湖(1999)

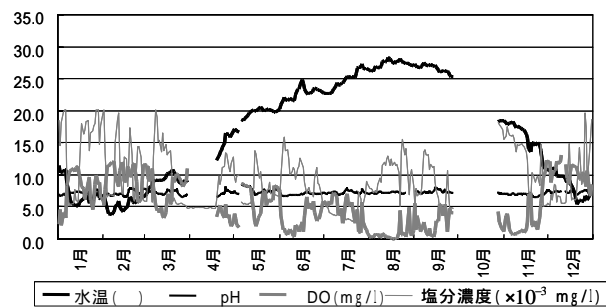


図-2 1999年水質推移(底層)

水質状態がコノシロのへい死が確認されていない時期にも多々存在しているという事実は、図中の左図によって説明される。すなわち、水質の変化によるダメージはあるものの、コノシロの体力は生死を分ける境界値以上であることから、死なずに生き続けるといった状況になる。しかし、産卵による体力低下を考慮すると、図中の右図のようにコノシロの体力は大幅に削られ、これに水質の変化によるダメージが加わることで境界値を下回り、死に至るといことが説明される。

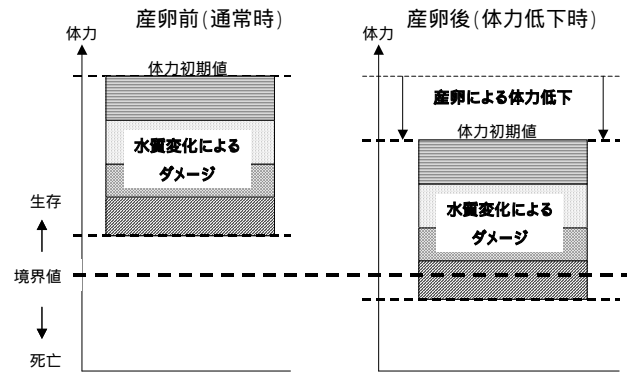


図-3 コノシロへい死の境界値モデルの概念図

4. 水質がコノシロのへい死に与える影響と大量死予測モデルの構築

ここでは、前節で述べたコノシロの大量死予測モデルを1996年～2001年の宍道湖湖心自動観測所の水質データ¹⁾に基づいて、数量化理論類によって構築する(図-4参照)。説明変数としては、水温、pH、溶存酸素濃度(DO)、塩分濃度など湖心の水質データを表層から底層までの深さによって5段階に分け、設定している。モデルのパラメータ構成によると、表層・中層域での塩分濃度、溶存酸素濃度、底層域での水温がコノシロのへい死に大きく影響しているのがわかる。一方、表層・中層域での水温、全域でのpHはあまり影響していない。

以上の分析による判別境界値が図-3の概念図における境界値に、判別関数による合成変量が体力に相当し、合成変量が境界値を下回れば「死亡」、越えていれば「生存」と判別されることになる。しかし、中には合成変量が境界値を下回り「死亡」と判別されたにもかかわらず、実際は「生存」であった場合がある。その場合のコノシロは体力低下のない状態、すなわち産卵前の状態のコノシロと考えられる。図-3の左図(産卵前)における体力は少なくとも、予測モデルにおいて「死亡」と判別されたが、実際は「生存」であった場合の合成変量以上に位置すると考えられることから、本研究ではその場合の最小値を体力初期値とする。

そこで本研究では、判別関数に6,7月とそれ以外の月のダミー変数を導入し、6,7月は産卵後の体力初期値を、それ以外の月では産卵前の体力初期値をそれぞれ設定した。そして、その判別関数を用い1996年から2001年までの水質データについて年別に大量死の発生予測を行った。表-1は、予測結果による判別率を示したものである。これによると、判別率は当初の74%から平均90%と向上し、月による変数の導入によりモデルの精度が向上したことがわかる。

1) 国土交通省出雲工事事務所 水環境課より提供

説明変数	カテゴリ	度数	スコア	2,3	2,3	レンジ	偏相関係数(順位)
表層	水温	10.0以下	397	0.5831107	[線グラフ]	1.257	0.054 (9)
		10.1～18.0	373	0.6139275			
		18.1～26.0	514	-0.643093			
		26.1以上	333	-0.39021			
		7.0以下	67	0.3783812			
pH	7.1～7.5	343	0.1742498	0.461	0.075 (7)		
	7.6～8.0	611	-0.08269				
	8.1以上	596	-0.058046				
DO	6.0以下	114	0.6489446	[線グラフ]	0.827	0.109 (3)	
	6.1～8.0	436	-0.061585				
	8.1～10.0	439	-0.178261				
	10.1以上	628	0.049567				
	3000以下	467	0.5063568				
塩分濃度	3001～4500	692	-0.081562	2.403	0.322 (1)		
	4501～6000	295	0.4376462				
	6001以上	163	-1.896523				
中層	水温	10.0以下	398	-0.440785	[線グラフ]	1.179	0.047 (10)
		10.1～18.0	372	-0.512015			
		18.1～26.0	518	0.666774			
		26.1以上	329	0.623504			
		7.0以下	91	0.319703			
pH	7.1～7.5	399	-0.041932	0.390	0.055 (11)		
	7.6～8.0	634	0.0352828				
	8.1以上	493	-0.070449				
DO	6.0以下	156	-0.473137	[線グラフ]	0.687	0.105 (4)	
	6.1～8.0	475	-0.282787				
	8.1～10.0	382	0.2137502				
	10.1以上	604	0.2094051				
	3000以下	447	-0.010144				
塩分濃度	3001～4500	697	0.169861	0.825	0.114 (2)		
	4501～6000	304	-0.010311				
	6001以上	169	-0.655172				
底層	水温	10.0以下	367	-0.032688	[線グラフ]	0.802	0.089 (5)
		10.1～18.0	401	-0.055688			
		18.1～26.0	540	-0.251298			
		26.1以上	309	0.5502295			
		7.0以下	504	-0.168949			
pH	7.1～7.5	728	0.0532325	0.340	0.073 (8)		
	7.6～8.0	282	0.1022334				
	8.1以上	103	0.1705551				
DO	6.0以下	897	-0.036189	[線グラフ]	0.415	0.083 (6)	
	6.1～8.0	280	0.211809				
	8.1～10.0	197	0.1146166				
	10.1以上	243	-0.203394				
	3000以下	219	-0.001813				
塩分濃度	3001～4500	308	0.0310953	0.111	0.025 (12)		
	4501～6000	199	0.0826531				
	6001以上	891	-0.028763				
被説明変数	カテゴリ	度数	スコア			判別率	相関比
へい死数	死んでいない	1519	0.14591	[線グラフ]	74.390	0.330	
	死んでいる	98	-2.26168				

(図では5段階の深さの内3段階のみ表示)

図-4 数量化理論類による分析結果(1996～2001)

表-1 コノシロの大量死予測モデルによる判別結果

年	判別率	年	判別率
1996	88.5	1999	92.4
1997	91.9	2000	90.8
1998	90.2	2001	90.0
平均		90.6	