

宍道湖におけるコノシロの大量死発生に関する予測モデルの構築

松江工業高等専門学校 正会員 浅田純作 松江工業高等専門学校 正会員 宇野和男
 松江工業高等専門学校 正会員 上田 務 松江高専専攻科 学生員 ○ 坂田達彦

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、コノシロの大量死予測モデルの構築を試みる。

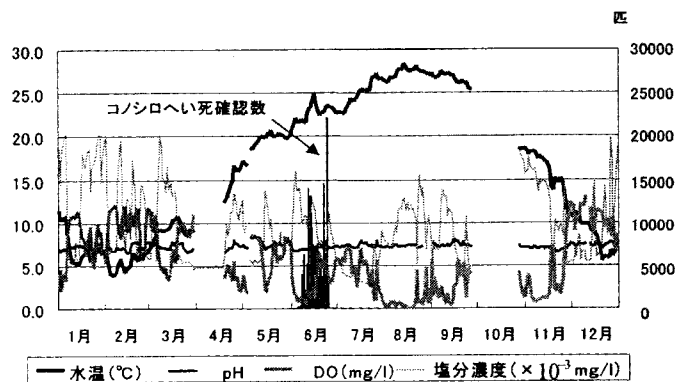


図-1 1999年コノシロのへい死確認数と水質推移（底層）

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と水環境の変化の例として、図-1に1999年の日別コノシロへい死確認数¹⁾と、宍道湖湖心底層域の水環境の変化¹⁾を示す。コノシロへい死確認数において、1999年と同様な傾向で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、宍道湖湖心底層域の水環境の変化を見ると、図-1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い難く、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くならば、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-2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水質状態がコノシロのへい死が確認されていない時期

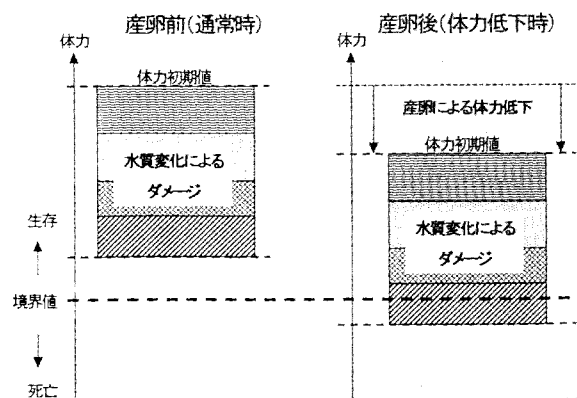


図-2 コノシロへい死の境界値モデルの概念図

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、死に至るということが説明される。

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Ⅱ類によって構築する(図-3参照)。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おり、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-2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」であった場合があり、そのことは要因によって二説に大別されると推察できる。

一つは、この場合のコノシロが体力低下のない状態、すなわち産卵前の状態であったことが考えられる。その場合、図-2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、本研究ではその最小値を体力初期値とする。そこで本研究では、この場合において、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。

もう一つは、予測モデルにおいて「死亡」と判別され、へい死が発生しているにもかかわらず、へい死が確認されず、後日遅れて確認されたため、予測が外れていたことが考えられる。そこで、予測が外れた日を、へい死確認日を基準として表-2に示すと、1日前、2日前の日数が多く、3日前以前は日数が少ないことが読み取れる。したがって、この仮定のもとでは、1日前、2日前において、へい死は発生しているものの確認するには至らず、後日になって確認されたということが推察される。

1) 国土交通省出雲河川事務所 水質保全課より提供

説明変数	カテゴリ	度数	スコア	-2.3	2.3	レンジ	相関係数(順位)
表層	水温	10.0以下 10.1～18.0 18.1～26.0 26.1以上	397 373 514 333	0.58311 0.81393 -0.64309 -0.39021		1.257	0.054 (9)
	pH	7.0以下 7.1～7.5 7.6～8.0 8.1以上	67 343 611 596	0.37838 0.17425 -0.08269 -0.05805		0.461	0.075 (7)
	DO	6.0以下 6.1～8.0 8.1～10.0 10.1以上	114 436 439 628	0.64894 -0.06158 -0.17826 -0.04957		0.827	0.109 (3)
	塩分濃度	3000以下 3001～4500 4501～6000 6001以上	467 692 295 163	0.50636 -0.08156 0.43765 -1.89652		2.403	0.322 (1)
中層	水温	10.0以下 10.1～18.0 18.1～26.0 26.1以上	398 372 518 329	-0.44079 -0.51202 0.66677 0.06235		1.179	0.047 (10)
	pH	7.0以下 7.1～7.5 7.6～8.0 8.1以上	91 399 634 493	0.31970 -0.04193 0.03528 -0.07045		0.390	0.055 (11)
	DO	6.0以下 6.1～8.0 8.1～10.0 10.1以上	156 475 382 604	-0.47314 -0.28279 0.21375 0.20941		0.687	0.105 (4)
	塩分濃度	3000以下 3001～4500 4501～6000 6001以上	447 697 304 169	-0.10114 0.16986 -0.10131 -0.65517		0.825	0.114 (2)
底層	水温	10.0以下 10.1～18.0 18.1～26.0 26.1以上	367 401 540 309	-0.03267 -0.05569 -0.25130 0.55023		0.802	0.089 (5)
	pH	7.0以下 7.1～7.5 7.6～8.0 8.1以上	504 728 282 103	-0.16895 0.05323 0.10223 0.17056		0.340	0.073 (8)
	DO	6.0以下 6.1～8.0 8.1～10.0 10.1以上	897 280 197 243	-0.03619 0.21181 0.17462 -0.20339		0.415	0.083 (6)
	塩分濃度	3000以下 3001～4500 4501～6000 6001以上	219 308 199 891	-0.00181 0.03110 0.08265 -0.02876		0.111	0.025 (12)

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 死んでいる	1519 98	0.14591 -2.26168	74.390	0.330

(図では5段階の深さの内3段階のみ表示)

図-3 数量化理論Ⅱ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	

表-2 へい死確認が遅れ、予測が外れた日

	10日前	7日前	5日前	4日前	3日前	2日前	1日前	1日後	2日後	3日後
1996年	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
1997年	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0
1998年	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1999年	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2000年	0	1	1	0	0	1	4	0	0	0
2001年	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
合計	2	1	1	0	1	3	8	0	1	0