

琵琶湖における
漁獲高減少についての一考察
～ 琵琶湖固有種ニゴロブナ～

東京理科大学 東 翔平

はじめに

- 琵琶湖の固有種であるニゴロブナの漁獲量は年々減少しており、琵琶湖の漁業関係者にとって大きな問題になっている。
- 今年6月1日、「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」が施行。琵琶湖ではブラックバスに注目が集まる。
- 以前から農業、工業排水による水質汚濁も問題視されている。

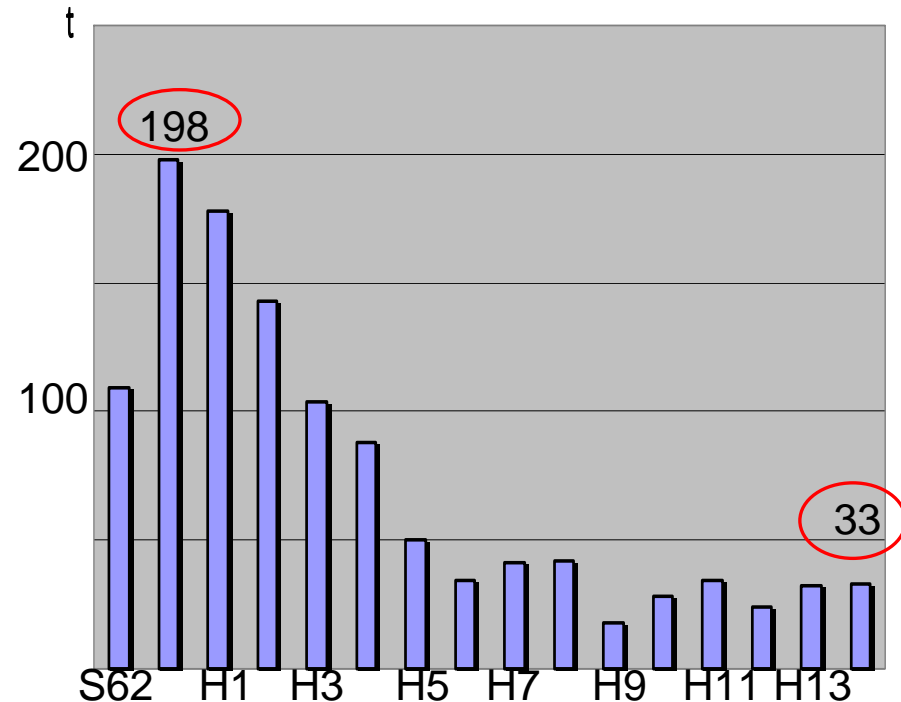


図1 ニゴロブナの漁獲量

ニゴロブナの漁獲量減少の原因についての考察を行う。



データの概要

- 用いるデータは琵琶湖の水質データ、ブラックバス及びニゴロブナの漁獲量、それぞれ1987年～2002年の16年分、水質データの項目は以下の通り、なお水質データは全て年間の平均値である。

• 水質データの項目

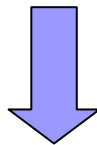
透明度：北湖，透明度：南湖，COD：北湖，COD：南湖，BOD：北湖，
BOD：南湖，全窒素：北湖，全窒素：南湖，全リン：北湖，全リン：南湖

COD，BOD，全窒素，全リンについてはAppendix参照

データの出展は参考文献[1]，[2]参照。

分析1 ~ 相関 ~

- 水質データ, ブラックバス漁獲量とニゴロブナ漁獲量の相関を調べる. 相関係数は右記の通り.
- ブラックバス漁獲量との相関は弱い正の相関.
- 負の相関を持つデータをニゴロブナ漁獲量に悪影響を及ぼす変数と考える.



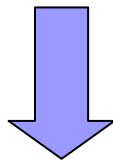
対散布図を作成.

表1 ニゴロブナ漁獲量との相関係数

透明度:北湖	-0.3403
透明度:南湖	-0.2036
COD:北湖	-0.8060
COD:南湖	-0.7007
BOD:北湖	0.7177
BOD:南湖	0.5483
全窒素:北湖	-0.3191
全窒素:南湖	0.0525
全リン:北湖	0.6977
全リン:南湖	0.7873
ブラックバス漁獲量	0.3520

分析2 ～ 対散布図 ～

- ニゴロブナ漁獲量とはCODが北湖，南湖共に強い負の相関を持っている．
- 透明度も強くはないが，北湖，南湖とも負の相関．



- 相関からはブラックバスよりも水質，特にCOD，透明度がニゴロブナ漁獲量に影響を及ぼしていると考えられる．

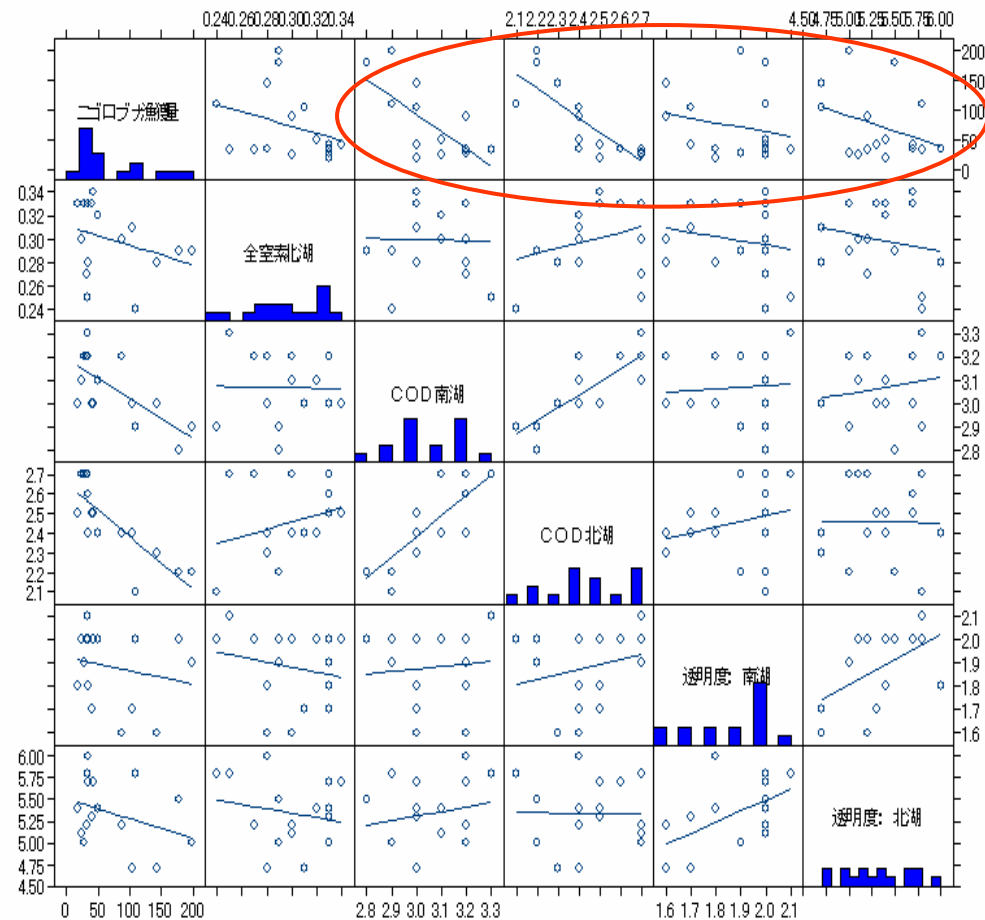


図2 対散布図

分析3 ~ 重回帰分析 ~

- ニゴロブナ漁獲量を目的変数として重回帰分析を行う。全変数を説明変数とすると、寄与率は0.948と非常に高いが、モデルが冗長であるため、AICを用いて変数選択を行う。作成したモデルは以下の通り。

$$\begin{aligned} \text{ニゴロブナ漁獲量} = & -335.1311 + 136.3269[\text{透明度:南湖}] - 119.7481 [\text{COD南湖}] \\ & + 219.2845 [\text{BOD北湖}] + 18433.3751[\text{全リン南湖}] \\ & \dots(1) \end{aligned}$$

- (1)式の寄与率は0.8951。4つの変数で高い寄与率を出すことが出来た。透明度:南湖, BOD北湖, 全リン南湖の係数が正, COD南湖が負の値になり, 特に全リン南湖の係数が圧倒的に大きい。相関係数から予想される結果とは異なる結果になった。

考察

■ 相関分析から

- ✓ ブラックバスの漁獲量と弱い正の相関が見られた。
- ✓ 汚染物質であるはずのBOD, 全リンと強い正の相関がある。
- ✓ いくつかの水質データとは負の相関が見られた。

■ 重回帰分析から

- ✓ 高い寄与率。
- ✓ 透明度:南湖, BOD北湖, 全リン南湖, COD南湖が重要で特に全リン南湖の影響が強い。
- ✓ ブラックバス漁獲高は選択されなかった。

- 
- ブラックバスの影響よりもむしろ水質汚濁が深刻な問題であると考えられる。
 - しかしながら疑問は多々残る。

今後の課題

- 水質データの不足.
BOD, CODは水質を表す代表的な指標であるが, 水質を表すデータは他にもある. それらの必要性はないか.
- 年間の平均値を用いた.
今回用いた水質データは全て年間の平均値である. 月ごとの推移などを見る必要はないか.
- 北湖, 南湖の分類.
ニゴロブナ, ブラックバスの漁獲量は北湖, 南湖に分かれておらず, 全体の数値であった. これを分ける必要はないか.
- 特定外来生物であるブルーギルの影響が考慮されていない.
ブラックバスと同様に特定外来生物に指定されているブルーギルのデータを使っていない. ブルーギルはブラックバスよりも生態系への影響が大きいとされている魚なので重要であると思われる.

参考

- [1]滋賀県農政水産部水産課 (<http://www.pref.shiga.jp/g/suisan/>)
- [2]近畿農政局大津統計情報センター (<http://www.shiga.info.maff.go.jp/>)
- [3]滋賀県ホームページ (<http://www.pref.shiga.jp/>)
- [4]財団法人滋賀県下水道公社 (<http://www.shiganogesui.jp/top.html>)
- [5]財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構 (<http://www.byq.or.jp/>)
- [6]滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター(<http://www.lberi.jp/root/jp/bkjhindex.htm>)
- [7]農林水産省ホームページ (<http://www.maff.go.jp/index.html>)
- [8]環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp/>)
- [9]フリー百科事典 ウィキペディア (<http://ja.wikipedia.org/wiki/>)
- [10] 永田靖・棟近雅彦共著:「多変量解析入門」, 株式会社サイエンス社(2001)
- [11]水田正弘・山本義郎・南弘征・田澤司:「S-PLUSによるデータマイニング入門」
森北出版株式会社(2005)
- [12]W.N.ヴェナブルズ・B.D.リプリー, 伊藤幹夫・大津泰介・戸瀬信之・中東雅樹[訳]
「S-PLUSによる統計解析」シュプリンガー・フェアラク東京株式会社(2001)



Appendix

A. 水質データの項目

■ COD

Chemical Oxygen Demand(科学的酸素要求量)

水中の被酸化生成物を酸化するために要した酸素の量で示した水質の指標。単位はmg/l。水質が悪い(有機物が多い)ほどCODは高くなるが、還元性の無機物によってもCODは高くなるため注意が必要。

■ BOD

Biochemical Oxygen Demand(生物化学的酸素要求量)

水中の有機物が微生物の働きによって分解されるのに要した酸素の量で示した水質の指標。単位はmg/l。水質が悪い(有機物が多い)ほどBODは高くなるが、微生物の種類などによってBODは影響を受けるため注意が必要。摂氏20度、五日間で消費される酸素量を表したものである。

■ 全窒素

水中に含まれる窒素化合物の総量で窒素量をもって表す。本研究では年間平均値を用いた。

■ 全リン

水中に含まれる無機、有機のリン化合物の総量

B. S-PLUSコマンド

■ S-PLUSコマンド

- ✓ `cor(琵琶湖データ[,2:ncol(琵琶湖データ)])`
各列についての相関係数を計算
- ✓ `重回帰2 <- step(重回帰1, lower = 1)`
全変数を説明変数として取り込んだ重回帰1からAIC(Akaike's Information Criterion)を用いて変数を選択し, 新たなモデル, 重回帰2を作成する.

■ GUI操作

- ✓ Excelデータのインポート.
- ✓ 対散布図の作成.
- ✓ 重回帰分析(全変数を説明変数とした回帰式の作成).

C. S-PLUS出力

表2 相関係数行列1

	透明度北湖	透明度南湖	COD北湖	COD南湖	BOD北湖	BOD南湖
透明度北湖	1	0.5245	-0.0082	0.1845	-0.3465	0.1278
透明度南湖	0.5245	1	0.2520	0.0910	-0.2344	0.1413
COD北湖	-0.0082	0.2520	1	0.7593	-0.6128	-0.5972
COD南湖	0.1845	0.0910	0.7593	1	-0.4739	-0.2250
BOD北湖	-0.3465	-0.2344	-0.6128	-0.4739	1	0.3339
BOD南湖	0.1278	0.1413	-0.5972	-0.2250	0.3339	1
全窒素北湖	-0.1947	-0.1955	0.2920	-0.0206	-0.0286	-0.3546
全窒素南湖	-0.2529	-0.5192	-0.1033	-0.2934	0.0632	-0.1846
全リン北湖	-0.6228	-0.2411	-0.3754	-0.3158	0.7175	0.2430
全リン南湖	-0.4101	-0.6470	-0.7661	-0.4397	0.5792	0.4054
ブラックバス漁獲量	-0.3600	-0.1402	-0.0213	0.1984	0.3150	0.2217
ニゴロブナ漁獲量	-0.3403	-0.2036	-0.8060	-0.7007	0.7177	0.5483

C. S-PLUS出力

表3 相関係数行列2

	全窒素北湖	全窒素南湖	全リン北湖	全リン南湖	ブラックバス漁獲量	ニゴロブナ漁獲量
透明度北湖	-0.1947	-0.2529	-0.6228	-0.4101	-0.3600	-0.3403
透明度南湖	-0.1955	-0.5192	-0.2411	-0.6470	-0.1402	-0.2036
COD北湖	0.2920	-0.1033	-0.3754	-0.7661	-0.0213	-0.8060
COD南湖	-0.0206	-0.2934	-0.3158	-0.4397	0.1984	-0.7007
BOD北湖	-0.0286	0.0632	0.7175	0.5792	0.3150	0.7177
BOD南湖	-0.3546	-0.1846	0.2430	0.4054	0.2217	0.5483
全窒素北湖	1	0.7674	-0.1339	-0.3461	-0.4628	-0.3191
全窒素南湖	0.7674	1	-0.0619	0.1309	-0.4286	0.0525
全リン北湖	-0.1339	-0.0619	1	0.5899	0.5685	0.6977
全リン南湖	-0.3461	0.1309	0.5899	1	0.4037	0.7873
ブラックバス漁獲量	-0.4628	-0.4286	0.5685	0.4037	1	0.3520
ニゴロブナ漁獲量	-0.3191	0.0525	0.6977	0.7873	0.3520	1

C. S-PLUS出力

✓ 重回帰1(全変数を説明変数として取り込んだ回帰式)

Call: lm(formula = ニゴロブナ漁獲量 ~ 透明度:北湖 + 透明度:南湖 + COD北湖 + COD南湖 + BOD北湖 + BOD南湖 + 全窒素北湖 + 全窒素南湖 + 全リン北湖 + 全リン南湖 + ブラックバス漁獲量, data = 琵琶湖データ, na.action = na.exclude)

Residuals:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
1.603 2.384 9.464 8.243 -4.565 5.457 -29.99 -4.25 -8.23 18.58 -15.47 23.11 8.467 -14.47 -2.803 2.472

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-812.1309	912.5446	-0.8900	0.4238
透明度:北湖	28.7787	55.5677	0.5179	0.6319
透明度:南湖	82.8162	118.7062	0.6977	0.5238
COD北湖	235.0746	297.5557	0.7900	0.4737
COD南湖	-284.1189	208.3910	-1.3634	0.2445
BOD北湖	259.9752	240.0079	1.0832	0.3397
BOD南湖	153.8477	140.4460	1.0954	0.3349
全窒素北湖	-376.7612	697.4390	-0.5402	0.6177
全窒素南湖	356.4054	651.8849	0.5467	0.6136
全リン北湖	11481.0060	16711.2581	0.6870	0.5298
全リン南湖	19911.2135	17352.8488	1.1474	0.3152
ブラックバス漁獲量	0.0170	0.2866	0.0594	0.9555

Residual standard error: 25.57 on 4 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.948

F-statistic: 6.631 on 11 and 4 degrees of freedom, the p-value is 0.04127

C. S-PLUS出力

✓ 重回帰2(AICを用いて変数選択した回帰式)

Call: lm(formula = ニゴロブナ漁獲量 ~ 透明度:南湖 + COD南湖 + BOD北湖 + 全リン南湖, data = 琵琶湖データ, na.action = na.exclude)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-38.47	-11.84	1.866	14.75	25.48

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-335.1311	255.9415	-1.3094	0.2171
透明度:南湖	136.3269	48.8947	2.7882	0.0176
COD南湖	-119.7481	48.4274	-2.4727	0.0310
BOD北湖	219.2845	127.4914	1.7200	0.1134
全リン南湖	18433.3751	3927.1294	4.6939	0.0007

Residual standard error: 21.91 on 11 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8951

F-statistic: 23.46 on 4 and 11 degrees of freedom, the p-value is 0.00002439