

霞ヶ浦北浦におけるトロール漁業の解禁前調査に基づく ワカサギ漁模様予測

荒山 和則

Forecasting catch per unit effort and catch volumes of Pond smelt based on the pre-season trawl survey in Lakes Kasumigaura and Kitaura, Ibaraki Prefecture

Kazunori ARAYAMA

Key Words : *Hypomesus nipponensis*, trawl, stock management, Lakes Kasumigaura and Kitaura

はじめに

霞ヶ浦北浦の代表的な漁業に、ワカサギを対象としたわかさぎ・しらうお曳き網漁業（通称トロール漁）がある。ワカサギは“茨城県の淡水のさかな”に制定されたように（茨城県，1996），霞ヶ浦や北浦のシンボリック的存在である。しかし，両湖のワカサギ漁獲量は，霞ヶ浦では1984年の1,290トン，北浦では1980年の353トンを記録した以降漸減し，1998年から2006年にかけての霞ヶ浦では19~91トン，1999年から2004年にかけての北浦では32~54トンにまで減少した（漁業養殖業生産統計年報）。ただし，直近の霞ヶ浦では，2008年に147トン，2009年には，統計値は未発表であるものの過去20年来の大漁と言われるまでに漁獲され，資源回復への期待が高まっている。

霞ヶ浦北浦のワカサギに関しては，資源状況の評価や資源の変動要因の解明などを目指した研究が数多く行われてきた（加瀬林・中野，1961；津田ら，1967；鈴木，1981；佐々木，1981；小沼，1985；中村，1992；根本，1993，1994，1995；久保田，2002；熊丸，2003；富永，2004）。このうち熊丸（2003）は，近年の資源変動の主要因が産卵親魚数とふ化仔魚が摂餌するワムシなど小型動物プランクトンの多寡にあると指摘し，漁業者らが2006年（平成18年）に策定した「霞ヶ浦北浦海区ワカサギ資源回復計画」の基本的な考え方に位置づけられている（茨城県，2006）。この資源回復計画で行われる漁業者の主な取り組みは，親魚確保を目的とした漁獲努力量のコントロール措置を協議のうえ実施することである。

漁獲努力量を制限するという行為は，資源の保全を図りつつ漁業を営んでいくという体制を整えることともいえる。しかし，霞ヶ浦と北浦では，魚価の低迷や販売量の減

少などが問題と言われて久しい（茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所，2009）。このような状態のままでは，資源回復計画をはじめとする様々な取り組みによって資源が回復し，さらに回復した水準で資源が毎年維持されるようになったとしても，漁獲量の増加によって漁業収入が単純に増加するとは限らない。

魚価の低迷や販売量の減少は，消費者の家計状況の悪化や水産物の流通取引の変化など，社会経済的な背景が関わっていると分析されている（水産庁，2009）。そのようななか，伊勢湾のイカナゴ漁業などでは，魚価が高まる時期や需要の多い時期に販売することや，新商品の開発，新規需要の開拓などを通じて収益を高める努力が払われ，成果が得られている（船越，1998）。このような成果を得るには，需要に合わせた販売戦略や漁業生産を計画しなければならないが，そのためには対象となる魚種の資源水準の予測が必要と思われる。そして，その予測精度は高ければ高いほど漁業生産への貢献度は大きいと期待される。

霞ヶ浦北浦のトロール漁は2010年現在，7月21日に解禁し，12月10日まで行われる。茨城県内水面水産試験場では，その年のワカサギ漁模様を漁業関係者に伝える目的で1980年からトロール漁の解禁直前にあたる6月末から7月上旬の間に漁期前調査を実施してきている（茨城県内水面水産試験場，2008）。漁期前調査におけるワカサギ採集体数とその年の年間漁獲量は，根本（1994，1995）によると，かなりの相関をもつとされている。しかし，漁模様予測には長年のデータの蓄積が不可欠であるため，本調査に基づく予測手法の開発に主眼をおいた報告はこれまで行われてこなかった。また，調査を始めた1980年から現在までの霞ヶ浦北浦を振り返ると，魚類の生息環境に限らず，漁業経営，例えば各月の操業内容も変化しており（工

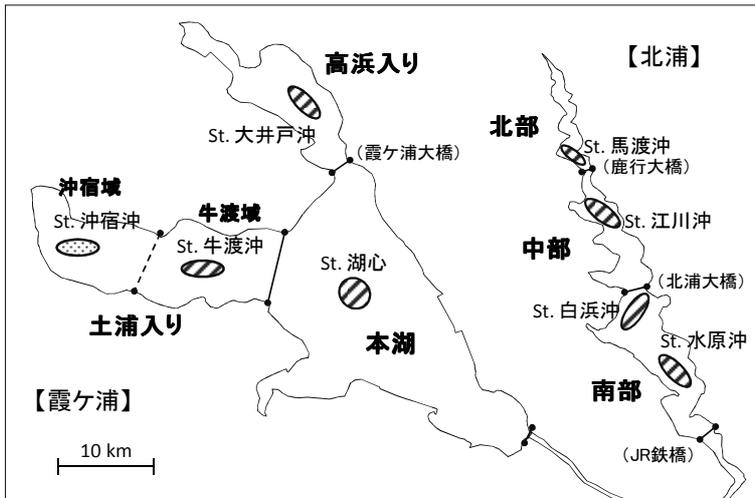


図1. 霞ヶ浦と北浦でのワカサギ漁期前調査における曳網場所と資源水準値推定に関する水域区分を示す地図. 網掛部は曳網場所を, 点描部は操業日誌から抽出した解禁日の漁場を示し, 線は水域の区分線を示す.

藤・水口, 1997; 工藤, 2003; 富永, 2006), 高い精度での漁模様予測には様々な要因の影響を評価することも必要と思われる。

本報告ではそのような要因の影響を組み込んだ予測手法の開発を進める前提として, 漁期前調査からワカサギ漁の漁模様予測がどの程度可能であるのか, ワカサギの資源水準値を算出したうえで, 1日1隻当たりの漁獲量(以下CPUE)や年間漁獲量との関係を解析した。

方 法

漁期前調査

調査は, 毎年6月末から7月上旬の間に霞ヶ浦と北浦でそれぞれ1回ずつ, 漁業者に曳網を依頼して行った。霞ヶ浦の調査地点は, 土浦入りの牛渡沖と, 湖心, および高浜入りの大井戸沖の3か所であった(図1)。牛渡沖と大井戸沖の水深は約4.5 m, 湖心は約6 mであった。一方, 北浦の調査地点は水原沖, 白浜沖, 江川沖, 馬渡沖の4か所で, 水深は各々約4.5 m, 6.5 m, 6.5 m, 4.5 mであった。

漁具には開口板で網口を開く方式のワカサギ用トロール網(袖網長: 約15 m, 網丈約2 m, 目合: 1.5~5 cm; 袋網長: 約10 m, 目合: 2.7 mm前後)を用いた。開口板による網口の開口幅は約5 mであった(根本, 1994)。ただし, 年によって操業者が異なることから若干の違いはあったと思われる。

トロール網は毎秒約0.9~1.0 m(約1.7~2.0ノット)の速さで, 1回につき20分間曳網したが, 北浦の馬渡沖では漁場面積の狭さを考慮して10分間とした。曳網層は, 霞ヶ浦の湖心と北浦の水原沖では上層と下層とし, その他の調査点は下層を原則とした。ただし雨天や曇天時にはワカサギが上層でよく獲れるという漁業者の経験則を踏まえ上層を曳網した。採捕された魚類は氷蔵して試験場に持ち帰り, 種の選別後に計量と計数を行った。上層と下層を曳網した湖心と水原沖のデータには, ワカサギがより多く入

網した層のデータを採用した。

資源水準値の算出

ワカサギの資源水準は, 湖を後述のとおり区分した各水域におけるワカサギ密度を面積密度法で算出し(服部ほか, 2006; 志村ほか, 2009), その合計値を資源水準値(Population Level Index, PLI)として定義した。PLIの算出の際に水域を区分したのは, 漁場が特定水域に偏って形成される傾向にあるほか, 魚体の大きさなどから判断して地先群的な区分ができるのではないかという示唆(久保, 1946; 松原, 1946; 加瀬林・中野, 1961; 荒山, 未発表)がなされていることによる。以下, PLIの算出方法を述べるが, 結果も含め, 解析内容が煩雑でない北浦を述べた後に霞ヶ浦について述べる。また, 本解析におけるPLIは, 漁具の漁獲効率が不明であるためワカサギ生息数の絶対値を表すものではなく, 指標値である。算出法の背景では, 漁具の漁獲効率を一定と考えているが, 実際の解析のパラメータには含めていない。さらにワカサギの鉛直的な密度の違いは, ワカサギの鉛直分布は天候によって変化し, よく漁獲される層も変化することから考慮しなかった。

北浦のPLIは, 水域を3つに区分して算出した(図1)。北から順に, 巴川河口から鹿行大橋までの“北部”, 鹿行大橋から北浦大橋までの“中部”, 北浦大橋からJR鹿島線の鉄橋までの“南部”である。このような水域区分は, 根本(1994)も行っており, 地形的特徴から3水域(麻生町天掛と大野村武井を結ぶ線(ライン1)以北水域, 麻生町宇崎と大野村居合を結ぶ線(ライン2)から神宮橋までの水域, ライン1と2で挟まれた水域)に区分し漁期加入尾数を推定している。しかし本解析では, 近年の漁模様が馬渡沖と江川沖および白浜沖から水原沖で異なる傾向にあることや, 馬渡沖とそれ以南の漁場とでワカサギの体サイズが異なる傾向にあること(荒山, 未発表)を重視して新たな区分を設定した。各水域の面積は地図ソフト(Map Source, ver. 6.4, Garmin Ltd.)で求めた(表1)。各水域

表1. 霞ヶ浦と北浦で区分した各水域の面積

水域名		面積 (km ²)
霞ヶ浦	本湖	96.0
	土浦入り	46.6
	沖宿域	21.4
	牛渡域	25.2
	高浜入り	22.6
計		165.2
北浦	北部	4.5
	中部	10.1
	南部	18.1
	計	32.7

のワカサギ密度 (D_i) は、南部では水原沖と白浜沖で、中部では江川沖で、北部では馬渡沖で行った漁期前調査で採集されたワカサギの個体数 (n_i) を曳網面積 (a_i) で除した値 (d_i) に水域面積 (A_i ; 表1) を乗じて求めた。曳網面積は曳網ごとの網口幅を測定していないので幅5 mで一定とし、曳網距離を乗じて求めた。20分での曳網面積は0.006 km²であった。PLIは、各水域のワカサギ密度の合計値を10,000で除すことで便宜的に値を小さくして算出した。

$$d_i = n_i / a_i$$

$$D_i = d_i \cdot A_i$$

$$PLI = \sum D_i / 10000$$

霞ヶ浦のPLIは、土浦入りの中、すなわち土浦入りの奥とそれ以外の水域において、漁獲量が異なる傾向にあることや、ワカサギの大きさが違うとされていること(加瀬林・中野, 1961)などを考慮し、水域の区分方法による解析結果の違いを検討するため2通りで算出した。一つ目は、“土浦入り”と“本湖”および“高浜入り”の3水域区分で、二つ目は“土浦入り - 沖宿域 (以下、沖宿域)”と“土浦入り - 牛渡域 (牛渡域)”, “本湖”, “高浜入り”の4水域区分である(図1)。3水域区分では、土浦入りと本湖をかすみがうら市志戸崎地先 (36° 03.676 N, 140° 21.856 E)と美浦村馬掛地先 (36° 01.692 N, 140° 21.196 E)を結んだ線で区分し、高浜入りと本湖を霞ヶ浦大橋で区分した。4水域区分では、土浦入り内の区分線をかすみがうら市崎浜地先 (36° 03.625 N, 140° 17.584 E)と清明川河口 (36° 02.073 N, 140° 16.613 E)を結んだ線に設定し、それ以外の区分線は3水域区分のときと同様とした。地図ソフトで算出した水域面積は表1のとおりである。霞ヶ浦の各水域におけるワカサギ密度は、3水域区分では土浦入りは木原沖の、本湖は湖心の、高浜入りは大井戸沖における漁期前調査時の採集個体数から求めた。4水域区分では、本湖と高浜入りのそれは3水域区分と同様に求めたが、土浦入りの牛渡域は漁期前調査時の牛渡沖における

個体数データを用い、沖宿域は解禁日における沖宿沖の漁獲データを、漁業者に依頼した操業日誌から抽出して平均個体数データを算出し解析に供した。ただし、沖宿域のワカサギ密度データのうち1998年から2001年にかけては解禁日の漁獲データがなかったため、2002年から2009年までの3水域区分と4水域区分それぞれのPLIの関係 (4水域区分のPLI = 1.138 × 3水域区分のPLI + 137.06, $R^2 = 0.989$, $n = 8$) から密度を推定した。漁期前調査から解禁日までの減耗は、トロール漁以外の漁業種類での混獲や自然死亡が考えられるが、今回は考慮しなかった。

解析データと解析方法

解析データには、前述のとおり算出したPLIと、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所が収集した水産加工業者10業者の集荷日誌データ、そして漁業養殖業生産統計年報で公表されている漁獲量データを用いた。集荷日誌は約60業者のうちの、霞ヶ浦では7業者から、北浦では3業者から収集された。集荷日誌からはトロール漁の漁期である、解禁日と7月下旬から12月上旬にかけての毎月あるいは各月各旬の1日1隻あたりの漁獲量 (CPUE, kg) を算出した。

解析では、PLIとCPUEあるいは年間漁獲量との関係についてスピアマンの順位相関係数 (r_s) を用いて相関関係を確認し、回帰分析の意味があると判断できた場合は最小二乗法による単回帰分析を行った。決定係数は自由度調整済決定係数 (R^2) で表した。解析に供したデータ期間は、集荷日誌の整備が進んだ1998年から2009年にかけてとしたが、年間漁獲量は確定した統計値の公表に合わせて2007年までを対象にした。

結果

漁期前調査の採集個体数と PLI

北浦での漁期前調査におけるワカサギの採集個体数は、北部では0~47,664個体、中部では374~10,039個体、南部では1,903~18,914個体であった(表2)。PLIは350~5,497で変動した。PLIが最も高かったのは2005年で、逆に最も低かったのは2008年であった。

霞ヶ浦でのワカサギの採集個体数は、本湖では268~3,731個体、高浜入りでは60~2,532個体、土浦入り(牛渡沖)では70~4,969個体であった(表2)。PLIは、3水域区分では506~8,936で、4水域区分では829~10,571で変動した。両水域区分ともにPLIが最も高かったのは2009年で、逆に最も低かったのは2004年であった。また、PLIの経年変化は水域区分の違いによらず同様であった(表2)。

なお、採集されたワカサギの毎年の平均体重は、霞ヶ浦で1.5~2.4g、北浦で1.2~2.7gであった。解析対象年全てにおける平均体重は、霞ヶ浦で1.9g、北浦で2.0gであった。

表2. 霞ヶ浦北浦における漁期前調査と解禁日に採集されたワカサギの個体数と算出された資源水準値

	霞ヶ浦				資源水準値		北浦			資源水準値
	個体数 ¹⁾				(3水域区分)	(4水域区分)	個体数 ¹⁾			
	本湖 ²⁾ (湖心)	高浜入り (大井戸)	土浦入り (牛渡域)	土浦入り (沖宿域)			北部 (馬渡)	中部 (江川)	南部 (白浜、水原)	
1998	693	446	647	ND	1,779	2,162 ³⁾	6,188	10,039	14,030	4,270
1999	882	546	82	ND	1,681	2,050 ³⁾	2,734	842	8,373	1,610
2000	740	988	541	ND	1,976	2,386 ³⁾	794	2,829	4,460	1,208
2001	2,246	2,443	986	ND	5,280	6,145 ³⁾	2,316	8,445	6,844	2,628
2002	656	684	748	1,408	1,888	2,124	5,254	2,238	8,282	2,020
2003	951	958	1,076	2,188	2,718	3,115	7,085	2,174	5,609	1,743
2004	268	60	70	977	506	829	5,398	1,123	7,449	1,717
2005	823	1,384	1,696	2,726	3,155	3,523	47,664	7,891	3,936	5,497
2006	1,038	296	177	566	1,910	2,048	22,354	9,074	4,148	3,830
2007	1,270	2,532	71	3,655	3,041	4,319	14,010	1,081	18,914	4,086
2008	3,731	1,494	1,834	4,288	7,957	8,832	0	374	1,903	350
2009	3,075	415	4,969	9,556	8,936	10,571	12,304	6,638	3,771	2,609

1) 曳網時間20分あたりの採集個体数, ND: データなし。 2) 括弧内は当該水域における調査点名を示す。

3) 2002~2009年における3水域区分と4水域区分の資源水準値の関係(4水域区分の資源水準値 = 1.138 × 3水域区分の資源水準値 + 137.06, $R^2 = 0.989$)から算出した推定値。

PLI と解禁日の CPUE の関係

北浦における PLI と解禁日の CPUE の間には、正の相関関係が認められた(図2, $rs = 0.545$)。単回帰分析の結果、両者の関係は式(1)で表され、決定係数は0.389と低かったが、統計的には有意と評価された($F(1, 10) = 8.01, p = 0.018$)。

霞ヶ浦における両者の関係は、北浦同様に正の相関が認められ、3水域区分における相関係数は0.692、4水域区分では0.734であった(図2)。単回帰分析の結果、両者の関係はそれぞれ式(2)と(3)で表され、いずれも統計的に有意と評価された(3水域区分: $F(1, 10) = 11.1, p = 0.008$; 4水域区分: $F(1, 10) = 13.85, p = 0.004$)。決定係数はそれぞれ0.479, 0.539であった。

$$\text{北浦の解禁日の CPUE} = 0.009 \times \text{PLI} + 11.098 \quad \dots (1)$$

$$\begin{aligned} \text{霞ヶ浦 (3水域区分) の解禁日の CPUE} \\ = 0.009 \times \text{PLI} - 3.885 \quad \dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{霞ヶ浦 (4水域区分) の解禁日の CPUE} \\ = 0.008 \times \text{PLI} - 6.476 \quad \dots (3) \end{aligned}$$

PLI と各月の CPUE の関係

北浦における PLI と各月の CPUE との間には、いずれの時期も正の相関関係が認められた(図3, $rs = 0.301 \sim 0.783$)。相関係数が0.6以上と高かったのは、7月下旬($rs = 0.783$)と8月上旬($rs = 0.650$)、8月中旬($rs = 0.622$)、8月下旬($rs = 0.601$)の4期であった。単回帰分析で最も決定係数が高かったのは7月下旬($R^2 = 0.828$)で、8月全旬($R^2 = 0.616$)と8月上旬($R^2 = 0.607$)が続いた(表3)。決定係数は経月で低下する傾向を示した。求めた回帰式のうち10月から12月にかけての式は統計的

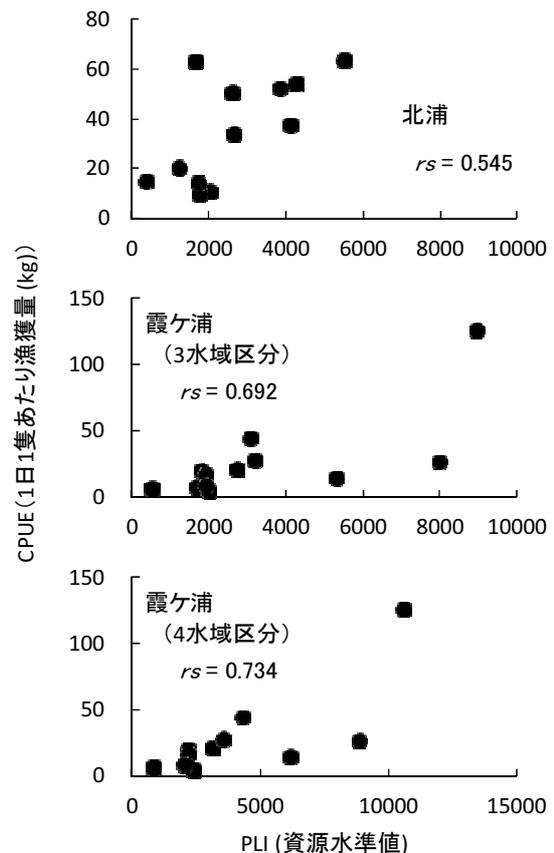


図2. 1998年から2009年の霞ヶ浦北浦における資源水準値とトロール漁解禁日のCPUEの関係。

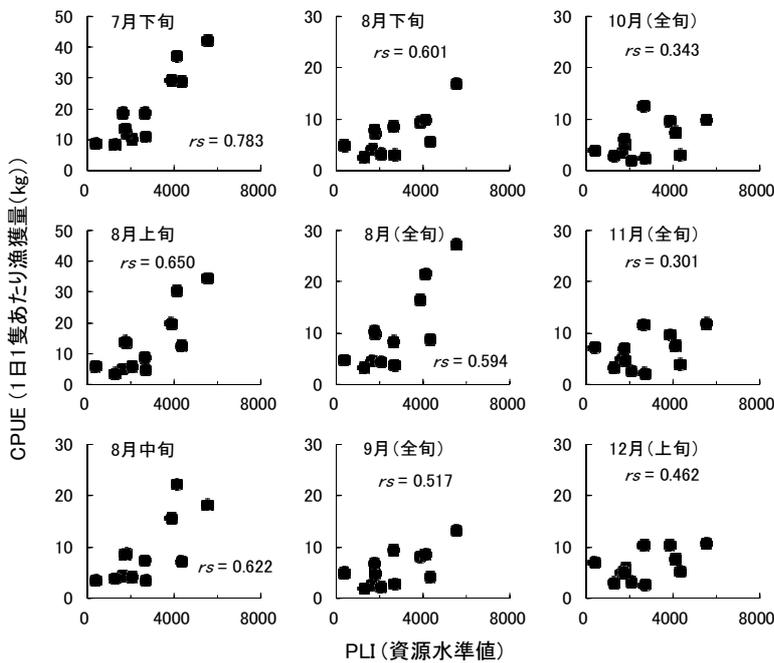


図 3. 1998 年から 2009 年の北浦における資源水準値と各月各旬の CPUE との関係 (3 水域区分).

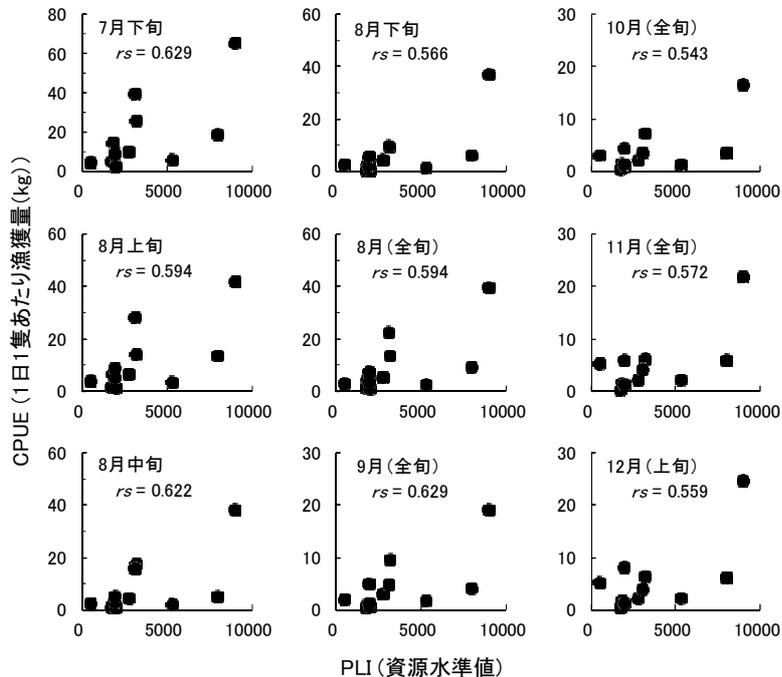


図 4. 1998 年から 2009 年の霞ヶ浦における資源水準値と各月各旬の CPUE との関係 (3 水域区分).

に有意ではないと評価されたが ($p > 0.05$), 9 月までは有意と評価された ($p < 0.05$).

霞ヶ浦における PLI と各月の CPUE との間には、北浦同様、いずれの時期も正の相関関係が認められた (図 4, 5)。図からは、PLI が 5,000 を超えた 3 年のうち 2 年 (2001 年と 2008 年, 表 1) は CPUE がとくに低いことが読み取れた。相関係数は 3 水域区分では 0.559~0.629, 4 水域区分では 0.371~0.664 の範囲にあった。単回帰分析の結果, 決定係数は 3 水域区分, 4 水域区分の全てで約 0.35~0.45 であり (表 3), 統計的に有意と評価された ($p < 0.05$)。最も決定係数が高かったのは、両水域区分ともに 8 月下旬であった。また、北浦でみられた経月で決定係数が低下する傾向は認められなかった。水域区分の違いによる決定係数の違いは大きくなかった。

資源水準値と年間漁獲量の関係

北浦における PLI と年間漁獲量の間では、相関係数 0.759 で正の相関関係が認められた (図 6)。単回帰分析の結果, 両者の関係は式 (4) で表され ($F(1, 8) = 43.72, p = 0.0002$), その決定係数は 0.826 と高かった。

北浦の年間漁獲量 (トン)

$$= 0.016 \times \text{PLI} + 10.235 \quad \dots (4)$$

霞ヶ浦における両者の関係は、3 水域区分では相関係数は 0.322 であったが (図 6), その回帰式は統計的に有意ではなかった ($F(1, 8) = 0.282, p = 0.607$)。4 水域区分の場合も相関係数は 3 水域区分よりも高い 0.401 であったが (図 6), その回帰式は統計的に有意ではなかった ($F(1, 8) = 0.804, p = 0.396$)。

表3. 1998年から2009年の霞ヶ浦と北浦における資源水準値 (PLI) と CPUE の関係

		回帰式	R^2	d. f.	F	p
霞ヶ浦 (3水域区分)	7月下旬	CPUE = 0.0046 PLI + 2.0039	0.381	(1, 10)	7.781	0.019
	8月上旬	CPUE = 0.0031 PLI + 0.9405	0.387	(1, 10)	7.932	0.018
	8月中旬	CPUE = 0.0027 PLI - 0.5982	0.348	(1, 10)	6.858	0.026
	8月下旬	CPUE = 0.0027 PLI - 2.1932	0.438	(1, 10)	9.573	0.011
	8月(全旬)	CPUE = 0.0028 PLI + 0.0922	0.371	(1, 10)	7.500	0.021
	9月(全旬)	CPUE = 0.0014 PLI - 0.0896	0.395	(1, 10)	8.167	0.017
	10月(全旬)	CPUE = 0.0011 PLI + 0.1849	0.364	(1, 10)	7.295	0.022
	11月(全旬)	CPUE = 0.0015 PLI - 0.2275	0.432	(1, 10)	9.358	0.012
	12月(上旬)	CPUE = 0.0017 PLI - 0.3211	0.409	(1, 10)	8.612	0.015
霞ヶ浦 (4水域区分)	7月下旬	CPUE = 0.0043 PLI + 0.3973	0.450	(1, 10)	9.994	0.010
	8月上旬	CPUE = 0.0029 PLI - 0.1572	0.458	(1, 10)	10.310	0.009
	8月中旬	CPUE = 0.0025 PLI - 1.3968	0.399	(1, 10)	8.292	0.016
	8月下旬	CPUE = 0.0024 PLI - 2.8628	0.483	(1, 10)	11.290	0.007
	8月(全旬)	CPUE = 0.0026 PLI - 0.8819	0.439	(1, 10)	9.590	0.011
	9月(全旬)	CPUE = 0.0012 PLI - 0.3484	0.419	(1, 10)	8.932	0.014
	10月(全旬)	CPUE = 0.0010 PLI - 0.0301	0.389	(1, 10)	7.997	0.018
	11月(全旬)	CPUE = 0.0014 PLI - 0.5231	0.459	(1, 10)	10.340	0.009
	12月(上旬)	CPUE = 0.0015 PLI - 0.6304	0.432	(1, 10)	9.363	0.012
北浦	7月下旬	CPUE = 0.0072 PLI + 1.2973	0.828	(1, 10)	53.950	0.000
	8月上旬	CPUE = 0.0055 PLI - 0.9881	0.607	(1, 10)	17.970	0.002
	8月中旬	CPUE = 0.0032 PLI + 0.6851	0.535	(1, 10)	13.630	0.004
	8月下旬	CPUE = 0.0020 PLI + 1.8483	0.488	(1, 10)	11.480	0.007
	8月(全旬)	CPUE = 0.0041 PLI - 0.3988	0.616	(1, 10)	18.610	0.002
	9月(全旬)	CPUE = 0.0015 PLI + 1.8754	0.381	(1, 10)	7.767	0.019
	10月(全旬)	CPUE = 0.0011 PLI + 2.9074	0.152	(1, 10)	2.977	0.115
	11月(全旬)	CPUE = 0.0010 PLI + 3.9136	0.113	(1, 10)	2.397	0.153
	12月(上旬)	CPUE = 0.0011 PLI + 3.6896	0.225	(1, 10)	4.186	0.068

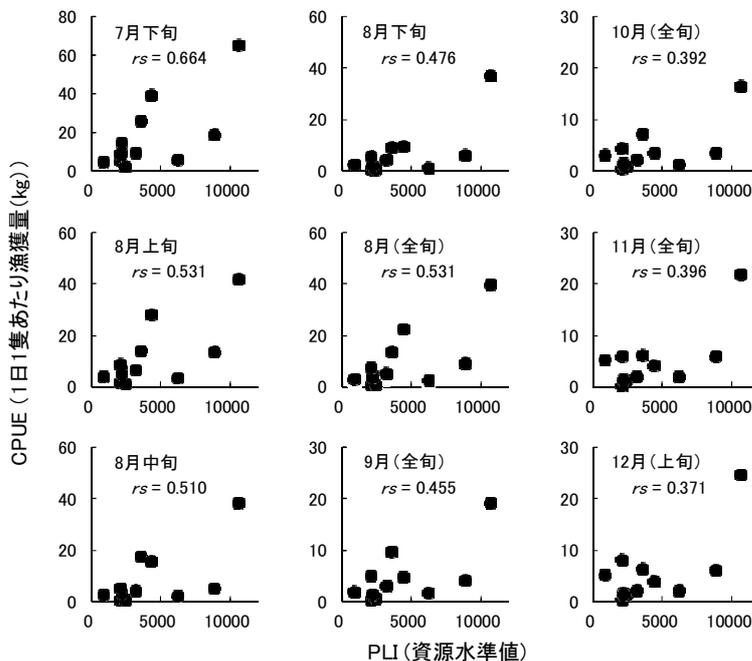


図5. 1998年から2009年の霞ヶ浦における資源水準値と各月各旬のCPUEとの関係(4水域区分).

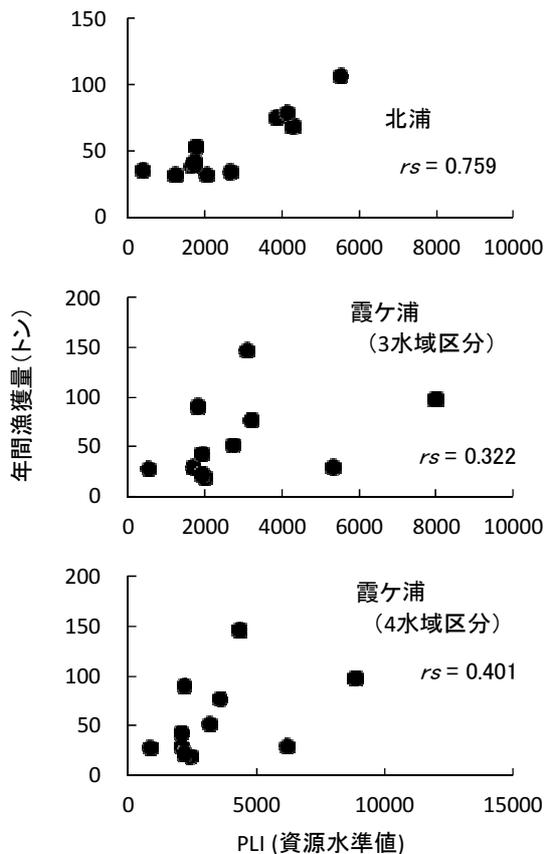


図6. 1998年から2009年の霞ヶ浦北浦における資源水準値と年間漁獲量の関係。

考 察

資源水準値 (PLI) の妥当性

一般的に魚類の生残率は、生活史のうちの仔魚期が最も低く、成長にともない高くなるとされている (Houde, 1987)。霞ヶ浦北浦のワカサギのように生残率が低い仔稚魚期を経過した個体が漁獲対象であって、かつ他所の水域との間で個体の移出入が起こらず、さらに漁期中の資源加入や自然減耗を無視できる場合、漁期中の最大の減耗要因は漁獲とみなされる (津田ら, 1967)。これらからは、トロール漁の解禁直前まで生残した個体はその年の漁獲を左右する初期資源にみなすことができ (根本, 1994)、漁期前調査で得られた情報は漁模様を予測する指標になりうると考えることができる。

本研究では、面積密度法を用いて PLI を算出したが、その数値は、北浦では、7月下旬の CPUE と、霞ヶ浦では解禁日の CPUE との相関が最も高く、かつ求めた回帰式における決定係数もそれぞれの湖の中では最も高いという結果が得られた。霞ヶ浦北浦におけるワカサギの主漁期は魚体サイズの小さい煮干し用ワカサギの需要が多い7月の漁解禁から8月中旬までであり (加瀬林・中野, 1961; 根本, 1993, 1994; 工藤, 2003)、漁業者によれば、この間

の生産調整はあまりないという。したがって、そのような解禁後間もない時期の CPUE と PLI が明瞭な正の相関関係にあるということは、PLI が資源量の真値を反映していることを強く示唆しており、指標値としての妥当性を認めることができる。

PLI の算出に関して霞ヶ浦では、3 水域区分と 4 水域区分の二通りの手法で値を求めたが、解禁日の CPUE との相関がより明瞭だったのは 4 水域区分の場合であった。久保 (1946) や松原 (1946)、加瀬林・中野 (1961) は、漁場によって魚体の大きさが異なることを認め、漁業者によれば、漁期中、とくに解禁直後は、ワカサギが高密度に分布する特定水域で操業する傾向にあるという。これらからは、水域によってワカサギの生息密度が大きく異なる年の存在を認めることができ、そのような密度の偏りを PLI に反映させるには水域区分を適切にとること、あるいは密度の異なる漁場を網羅的に調査することが肝要と考えられる。ただ、霞ヶ浦と北浦に最適な水域区分を決定することが課題であることは認めるが、現実的に実施可能な調査体制を考慮すれば、当面は本解析のように北浦は 3 水域区分で、霞ヶ浦は 4 水域区分で PLI を算出しておけばよいと思われる。なお、水域面積の代わりにトロール漁の操業区域のみとする漁場面積を用いて同様に解析すると、PLI と CPUE あるいは年間漁獲量との相関は本報告よりも不明瞭になる。よって、漁場面積による補正は PLI の算出には不適當と判断できることから行うべきではない。

漁期前調査に基づく漁模様予測

北浦において PLI との相関が高かったのは、7月下旬や8月上旬、中旬、下旬における CPUE、さらに年間漁獲量で、これらは各々、相関係数が 0.6 以上と高かった。このうち回帰式の決定係数も 0.6 以上と高かったのは7月下旬と8月上旬、年間漁獲量であった。これらから北浦では、7月下旬と8月上旬の CPUE および年間漁獲量を予測できる可能性は高いものの、それ以外の時期の予測は困難であると考えられた。

9月以降、PLI との相関が不明瞭になった理由には、相関が経月で不明瞭になる傾向にあったことから、本解析で総漁獲量や操業隻数の情報を用いていないためにワカサギ密度の推移を追跡できていないことやワカサギの成長を加味していないことなどが考えられる。さらに漁業の現場からは、他魚種の資源動向や漁業経営上の観点から、主たる漁獲対象種がワカサギからシラウオやテナガエビに変わるという操業内容の変化 (工藤, 2003; 富永, 2006) も理由にあげられる。また、解禁日より7月下旬の方が回帰式の決定係数が高かったことに対しては、7月下旬という一定期間で区分することで日々の漁獲状況の変動が平均化されることをあげれば説明がつく。近年の北浦における解禁日の漁場は馬渡沖や江川沖など、特定の狭い範囲に集中する傾向にある。解禁日には、漁場の混雑などで資源水準が反映されずに漁獲されている可能性は高い。

一方、より適当な水域区分である4水域区分法で解析した霞ヶ浦では、PLIとCPUEの間に正の相関関係があることが図から読み取れた。しかし、北浦と同程度の相関、すなわち相関係数が0.6以上と高く、回帰式の決定係数も0.6以上という組み合わせは認められなかった。

霞ヶ浦では、PLIが5,000以上と高い年に予測値と実測値の差が大きかった(図2, 4, 5)。これに注目すると、霞ヶ浦で全体的に相関が低かった要因には、北浦で推測された漁獲に関する情報不足という要因だけでなく、生産調整のような社会経済的要因の存在が伺われる。例えば、PLIが高いにもかかわらずCPUEが低かった2001年と2008年には、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所の聞き取りによれば、解禁当初からシラウオを主目的とする操業が多くみられたという。解禁当初からワカサギを対象とした操業が行われず、解禁日のCPUEも低かった事実からは、漁期前調査で算出されたPLIが両年に関しては過大であった可能性もあるが、主たる漁獲対象種の変化でCPUEの低下がもたらされたとも考えられる。あるいは、霞ヶ浦や北浦で漁獲されたワカサギは主に湖周辺の水産加工業者に販売されるが、1980年代から低価格でかつ供給量が安定している輸入原料の活用が水産加工業者の間に広まったこともあって地元産ワカサギの加工原料に占める割合が低下し、2007年にはわずか約5%を占めるに過ぎなくなっている(茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所, 2009)。しかし、水産加工業者は、安定した生産のためには事前の原料の調達計画が必要であるため、急激に地元産ワカサギの漁獲量が増加しても加工業者の買い取り量が速やかに増加するとは限らず、むしろ一定以上を買い入れなかったとしても仕方ないといえるだろう。

このような霞ヶ浦の現状からは、PLIに対応してCPUEや漁獲量が伸びなかった2001年と2008年は特異年に捉えるべきかもしれない。実際、両年のデータを除外して単回帰分析を行うと、その決定係数は0.496~0.964まで高まり(付表)、当初の解析よりも個々のデータとの当てはまりが良くなるように見える。

漁模様を予測する実務において重要なことは、予測を当

てるだけでなく、予測がはずれた場合にその理由を説明できることだという(船越, 1998)。本解析に基づき予測を当てることを重視すれば、霞ヶ浦での漁模様予測では、特異年だったかもしれない2か年(2001年と2008年)を含めた場合と除いた場合の2通りで評価することも意義深いと考えられる。ただし、図2, 5, 6に示した個々のデータの配置を考慮して、漁予測を行うのは解禁日や7月下旬から8月上旬にかけてのCPUEに限るべきだろう。また、年間漁獲量への適用可否の判断は、さらにデータが蓄積される今後にゆだねる必要があるだろう。現時点において年間漁獲量を予測しうるのは、両湖ともにワカサギの漁獲が解禁から8月の間に集中する年であって、9月以降も漁獲が続く年は予測値と実測値の差が大きくなると思われる。

ところで、最近公表された農林水産統計の速報値では、2009年(平成21年)の茨城県におけるワカサギの漁獲量は458トンであった。この数値には涸沼や牛久沼などでの漁獲量も含まれているが、多くは霞ヶ浦と北浦における漁獲である。本解析で求めた回帰式で平成21年の年間漁獲量を推定すると、北浦は52.5トン、霞ヶ浦は305トン(特異年を除いて得た回帰式による推定)、合計約358トンとなり統計値とは100トンの差があった。平成21年の霞ヶ浦では、9月以降にもかなりの量が漁獲され続け、近年でも特異な漁獲状況にあった。推定値と実測値の差は、本解析で9月以降の漁模様を反映できないために生じた可能性が高い。

精度の高い漁模様予測手法の開発

本解析結果は、資源水準に応じて最大の収益をあげるにはどのように漁獲・販売すればよいのかといった生産調整や販売戦略の検討に貢献すると期待される。また、7月下旬や8月上旬のCPUEが予測できることは、霞ヶ浦北浦海区ワカサギ資源回復計画を実施するうえでも意義深いといえる。なぜなら、資源水準が低いと予測された年には、資源回復計画に基づく漁獲圧力の軽減策の検討など、漁業管理の実施に向けた事前準備を進めることができるから

付表. 2001年と2008年を除く1998年から2009年の霞ヶ浦におけるワカサギの資源水準値(PLI)とCPUEおよび年間漁獲量の関係

		回帰式	R^2	d. f.	F	p
霞ヶ浦	解禁日	CPUE = 0.0131 PLI - 14.954	0.964	(1, 8)	243.100	3E-07
(4水域区分)	7月下旬	CPUE = 0.0069 PLI - 3.9187	0.861	(1, 8)	56.610	0.000
	8月上旬	CPUE = 0.0045 PLI - 2.7615	0.824	(1, 8)	43.170	0.000
	8月中旬	CPUE = 0.0041 PLI - 4.3941	0.883	(1, 8)	69.040	0.000
	8月下旬	CPUE = 0.0039 PLI - 5.4662	0.940	(1, 8)	140.900	0.000
	8月(全旬)	CPUE = 0.0042 PLI - 3.6515	0.872	(1, 8)	62.470	0.000
	9月(全旬)	CPUE = 0.0020 PLI - 1.6407	0.816	(1, 8)	40.800	0.000
	10月(全旬)	CPUE = 0.0016 PLI - 1.1046	0.798	(1, 8)	36.650	0.000
	11月(全旬)	CPUE = 0.0021 PLI - 1.7193	0.775	(1, 8)	31.980	0.000
	12月(上旬)	CPUE = 0.0023 PLI - 2.0208	0.752	(1, 8)	28.330	0.001
	年間漁獲量	年間漁獲量 = 0.0308 PLI - 20.1974	0.492	(1, 7)	8.749	0.021

である。しかし、本解析に用いた CPUE には、湖全体における総操業隻数や総漁獲量、曳網時間の情報が加味されていないという欠点があり、漁業者数や操業形態、漁獲圧力の変化に対応しながら本手法を運用し続けることは困難である。農林水産統計の簡素化が進む昨今、詳細な情報に基づくデータを蓄積し、本解析で導いた漁模様の予測手法を漁獲圧や操業条件の変化に対応できる手法へ改良することが必要である。

しかしながら、手法の改良には時間を要する。現実的には、当面は漁獲圧力や操業条件が変化しないという前提で漁模様を予測することとし、将来に向けて操業隻数や総漁獲量、漁場といったデータの集約システムを構築するべきと思われる。そしてそのようなデータの蓄積と予測技術の精度向上には、生産者の主体的な関与がカギを握っているといっても過言ではない。その一方で内水面水産試験場は、漁業者が漁期の数か月前から生産計画を検討できるように、PLI をより早い時期に推定することが求められるだろう。

要 約

霞ヶ浦と北浦における漁期前調査によるワカサギ漁の漁模様予測の可能性を探るため、1998年～2009年に実施したワカサギ漁期前調査から算出した資源水準値 (PLI) とトロール漁の解禁日や7月下旬から12月上旬の各期における1日1隻当たりの漁獲量 (CPUE) および年間漁獲量との関係を解析した。PLI は漁期前調査で採集されたワカサギ個体数から面積密度法を用いて算出した。解析の結果、北浦では PLI と7月下旬から8月にかけての CPUE および年間漁獲量に高い正の相関が認められ、これらについては漁期前調査によって漁模様を予測できる可能性が認められた。霞ヶ浦では北浦ほど明瞭な相関は認められなかったものの、PLI が5,000以上であった3か年のうち CPUE が低かった2か年を特異年とみなして解析すれば、解禁日と7月下旬および8月上旬の CPUE を予測しうることが示唆された。しかし、本解析には、総操業隻数や詳細な操業時間、日々の総漁獲量、漁場、主に狙った魚種などといった情報が含まれていないという解決すべき課題がある。今後漁業の現場で予想される操業状況の変化や生産調整に対応し、変化を評価するためにも、上記課題を解消していくことが必要である。

謝 辞

漁期前調査のデータは、歴代の内水面水産試験場職員を始め、関係する漁業協同組合や漁業者の協力で蓄積された。集荷日誌データは、霞ヶ浦北浦水産事務所と水産加工業者の関係各位により蓄積された。データの蓄積に携わられた全ての関係者に敬意を表するとともに深く感謝する。

文 献

- 船越茂雄 (1998): 伊勢湾におけるイカナゴ漁業. 水産資源・漁業の管理技術, 北原 武編. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 61-69.
- 服部 努・成松庸二・伊藤正木・上田祐司・北川大二 (2006): 東北海域におけるキチジの資源量と再生産成功率の経年変化. 日本水産学会誌, 72, 374-381.
- Houde, E. D. (1987): Fish early life dynamics and recruitment variability. Am. Fish. Soc. Symp., 2, 17-29.
- 茨城県 (1996): 県のさかなの制定について. 茨城の水産. pp. 40-41.
- 茨城県 (2006): 霞ヶ浦北浦海区ワカサギ資源回復計画. 2009年8月7日アクセス, (<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/suisanji/gaiyou.files/keikaku.pdf>)
- 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (2009): 霞ヶ浦北浦の水産. 32 pp.
- 茨城県内水面水産試験場 (2008): ワカサギ保護水面調査. 茨城県内水面水産試験場事業報告, 2007年度, pp. 6-16.
- 加瀬林成夫・中野 勇 (1961): 霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究VI. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 6, 1-64.
- 久保伊津男 (1946): 北浦産公魚の魚群系統. 生物, 1(4), 227-229.
- 久保田次郎 (2002): 霞ヶ浦北浦におけるワカサギ・シラウオの資源変動について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 37, 1-28.
- 工藤貴史・水口憲哉 (1997): 霞ヶ浦田伏地区曳網漁家の漁法と漁獲物組成による類型化とその歴史の変遷に関する研究. 東京水産大学研究報告, 83, 53-64.
- 工藤貴史 (2003): 地域漁業の資源管理に及ぼす環境と市場の影響. 水産資源管理学, 北原 武編. 成山堂書店, 東京, pp. 148-170.
- 熊丸敦郎 (2003): 霞ヶ浦における近年のワカサギ資源変動要因について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 38, 1-18.
- 松原喜代松 (1946): 北浦産ワカサギの系統に関する研究. 資源科学研究所短報, 20, 1-8.
- 中村 誠 (1992): 霞ヶ浦におけるワカサギ資源に関する研究. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 28, 1-19.
- 根本 孝 (1993): 霞ヶ浦におけるワカサギ資源量の変動傾向と漁業管理方策. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 29, 1-12.
- 根本 孝 (1994): 北浦におけるワカサギ資源量の推定と漁期の変更による漁業管理. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 30, 1-23.
- 根本 孝 (1995): 1990年から1992年までの霞ヶ浦にお

- けるワカサギ資源量. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 31, 92-97.
- 小沼洋司 (1985): 霞ヶ浦・北浦の湖沖帯に現れる稚仔とその摂餌について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 22, 1-30.
- 佐々木道也 (1981): 霞ヶ浦の最近におけるワカサギ資源の動向について—II. 資源変動要因. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 18, 6-25.
- 志村 健・大下誠二・寺門弘悦・田 永軍 (2009): 日本海南西海域における中層トロールと面積密度法を用いたマアジ当歳魚の現存量推定手法の開発. 日本水産学会誌, 75, 1042-1050.
- 水産庁 (2009): 平成 20 年度水産白書.
- 鈴木健二 (1981): 霞ヶ浦の最近におけるワカサギ資源動向について—I. 資源解析. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 18, 1-5.
- 津田 勉・浜田篤信・加瀬林成夫 (1967): 霞ヶ浦のワカサギ資源について (概報). 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 9, 1-8.
- 富永 敦 (2004): 冬季の張網入網量データを用いたワカサギ漁獲量の予測. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 39, 59-66.
- 富永 敦 (2006): 霞ヶ浦におけるテナガエビ資源の減少と操業形態の変化. 茨城県内水面水産試験場研究報告, 40, 7-21.