

等量線図による種苗放流が資源に与える影響評価と 表計算ソフトを用いた計算方法

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2024-08-06
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 亘, 真吾
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010531

This work is licensed under a Creative Commons
Attribution 4.0 International License.



原著論文

等量線図による種苗放流が資源に与える 影響評価と表計算ソフトを用いた計算方法

亘 真吾*

Impact Assessment of Fish Stock Enhancement on Fisheries Resources Using Isopleth Diagram and Introduction of a Computational Procedure Using Spreadsheet

Shingo WATARI

Impact assessment of fish stock enhancement on fisheries resources was conducted for fish enhancement stocks for which estimation of stock status by cohort analysis is available. An isopleth diagram was used to aid visual understanding. It shows the variation in biomass or catch across wide ranges of release number and fishing mortality coefficient. The computational procedure using spreadsheet software was explained to aid the understanding of inexperienced researchers of fish stock assessment. In addition, analysis of the sensitivity of the parameters was performed, and key points to be noted in interpretation of the analytical results were discussed.

2013 年 4 月 24 日受付, 2013 年 10 月 29 日受理

我が国において種苗放流は 1960 年代から始まり、1970 年代以降、急速に拡大し、その放流効果や天然資源に与える影響など、様々な解析が行われてきた¹⁾。近年では、ヒラメやサワラ、トラフグなど複数の栽培対象種の魚種系群について、我が国周辺水域資源評価等推進委託事業のもとで資源評価が実施されている²⁾。天然資源のみで構成されている魚種の資源管理においては、漁獲係数の増減が管理方策となるが、栽培対象種では漁獲係数に加え、放流尾数の増減も管理方策となる。同事業のなかでは、複数の栽培対象種の魚種系群について、漁獲と種苗放流が資源に与える影響を視覚的に示す材料として、漁獲係数と放流尾数を同時に変化させた時の将来の期待資源量、期待漁獲量の等量線図が報告書に掲載されている²⁾。この等量線図は、漁獲係数と放流尾数の範囲の中から、同等の効果が得られる両者の組み合わせが示され、かつ視覚的に理解できるものである。しかし、

これらの報告書では、計算結果についての十分な検討やパラメータの感度解析も行われていない。また、表計算ソフトを用いた、資源解析方法に関する簡便なマニュアルも少なく、解析を初めて試みる研究者には困難を伴うこともある。本報告では、コホート解析により、年別年齢別資源尾数および年齢別漁獲係数などが推定可能な栽培対象種について、等量線図を用い漁獲係数および放流尾数を変化させたとき、将来の資源動向に与える影響の評価方法をまとめた。解析結果の判断において留意すべき点を考察するとともに、表計算ソフトを用いた計算手順についても紹介した。

材料と方法

本報告では 2011 年に実施したヒラメ瀬戸内海系群の資源評価結果を使用した²⁾。2010 年までの情報でコホ

* 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

〒739-0452 広島県廿日市市丸石 2-17-5

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, FRA, 2-17-5 Maruishi, Hatsukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan
swatari@affrc.go.jp.

ート解析を行い、2011 年を将来予測を開始する年とし、2012 年から放流尾数と漁獲係数を変化させ、我が国周辺水域の漁業資源調査の管理シナリオの評価で一般的に使用されている 5 年後となる 2016 年の資源量と漁獲量を予測し、等量線図を作成する例を紹介した。

コホート解析による資源量推定結果のうち、最近年の年齢別資源尾数、年齢別漁獲係数を用い、POPE の近似式に基づき、将来の資源量および漁獲量の計算を行った^{3,4)}。年齢構成を考慮した資源の将来予測には、加入尾数の推定が必要で、栽培対象種では、天然資源の再生産に由来する加入尾数と、種苗放流により添加する加入尾数の合計より求まる。種苗放流により添加する加入尾数は、添加効率と呼ばれる放流尾数と種苗放流時点から漁獲加入時点までの生残率で決まる。添加効率は、自然死亡係数が加入以降の生残過程に関するパラメータであるのに対し、加入以前の生残過程に関するパラメータである。

a 歳 ($a=1, \dots, A$) y 年 ($y=1, \dots, Y$) の資源尾数 $N_{a,y}$ の推定方法を以下に記した。0 歳 y 年の加入尾数 $N_{0,y}$ のうち、天然資源の再生産に由来する加入尾数は、 a 歳の資源尾数 $N_{a,y}$ 、成熟率 S_a 、体重 W_a より求まる親魚量と、再生産成功率 RPS (加入量を親魚量で除した値) の積から推定した。ヒラメ瀬戸内海系群の例では、再生産成功率の経年変化を考慮し、直近 5 年の平均値を使用した²⁾。また、種苗放流に由来する加入尾数は、 y 年の放流尾数 H_y と添加効率 T の積より求めた。 $N_{0,y}$ は両者の和として、以下の式で求めた。

$$N_{0,y} = \sum_{a=1}^A N_{a,y} S_a W_a \times RPS + H_y \times T \quad (1)$$

再生産成功率と添加効率は、年により変動すると考えられるが、この予測では一定と仮定した。1 ~ $A-1$ 歳 y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ は、前年に同じ年級群となる $a-1$ 歳 $y-1$ 年の資源尾数 $N_{a-1,y-1}$ 、漁獲尾数 $C_{a-1,y-1}$ 、自然死亡係数 M_{a-1} を用い、以下の式で推定した。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}) - C_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}/2) \quad (a=1, \dots, A-1) \quad (2)$$

コホート解析における最高年齢 A 歳は、プラスグループ (コホート解析において、ある年齢以上をまとめた年齢群) とした。 $N_{A,y}$ は以下の式で推定した。

$$N_{A,y} = N_{A-1,y-1} \exp(-M_{A-1}) - C_{A-1,y-1} \exp(-M_{A-1}/2) + N_{A,y-1} \exp(-M_A) - C_{A,y-1} \exp(-M_A/2) \quad (3)$$

また、漁獲尾数 $C_{a,y}$ は以下の式で推定した。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-M_a/2) \quad (4)$$

2012 年以降の年齢別漁獲係数 $F_{a,y}$ は、選択率が 1.0 となる漁獲係数 F_y に、将来予測を開始する年 (2011 年) の最大となる年齢の漁獲係数に対する a 歳の漁獲係数の割合 α_a を乗じて求めた。ヒラメ瀬戸内海系群の例では、将来予測を開始する 2011 年の漁獲係数が、解析を実施

した時点では漁期の途中で、得られていないため、2010 年の漁獲係数と等しいと仮定した。

$$F_{a,y} = \alpha_a F_y \quad (5)$$

なお、加入年齢を 1 歳と設定する場合 (1) 式と (2) 式は、それぞれ

$$N_{1,y} = \sum_{a=1}^A N_{a,y-1} S_a W_a \times RPS + H_{y-1} \times T \quad (6)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}) - C_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}/2) \quad (a=2, \dots, A-1) \quad (7)$$

となる。

5 年後の $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$ に W_a を乗じ、全年齢を合計した資源量、漁獲量を求め、漁獲係数と放流尾数の変化に対応した等量線図を作図した。以上の解析について、Microsoft®Excel® を使用し、計算と作図する方法を Appendix に記載した。また、再生産成功率および、添加効率の推定誤差が解析結果に及ぼす影響を評価するため、本稿では 0.5 ~ 1.5 倍のケースについて、それぞれ変化させ将来予測を行った。

結 果

漁獲係数と放流尾数を変化させた時の、2016 年の期待漁獲量と期待資源量の等量線図を図 1 に示す。横軸は漁獲係数で漁獲圧の大きさを、縦軸は放流尾数で種苗放流量を示す。また、図中の黒丸は 2010 年の漁獲係数と放流尾数の水準を示す。例えば、5 年後の資源量が 2,000 トンとなるのは、放流尾数が 0 尾のとき漁獲係数は 0.5 であるが、放流尾数が 600 万尾のとき 0.75 となる。同じ資源水準でも、漁獲係数と放流尾数の双方の組み合わせは何通りも存在することを示しており、ヒラメ瀬戸内海系群では、種苗放流と漁獲圧いずれもが将来の資源水準に影響を与えている。

再生産成功率と添加効率を、それぞれ 0.5 ~ 1.5 倍に変化させたときの資源量と漁獲量の感度解析の結果を図 2、3、表 1 に示す。感度解析の結果、添加効率が大きく、または、再生産成功率が小さくなると等量線の傾きが小さくなり、放流群が資源に与える影響を大きく推定する傾向を示している。現状の漁獲係数と放流尾数を 5 年間継続した場合、再生産成功率が 1.25 倍の場合、漁獲量、資源量ともに 1.17 倍、1.17 倍に、また、添加効率が 1.25 倍の場合、それぞれ 1.15 倍、1.15 倍に増加した。

考 察

今回示した資源計算では、天然群と放流群の繁殖力が異ならないと仮定している。このため将来資源の予測においては、放流群も天然群と同様に成熟し再生産に加わ

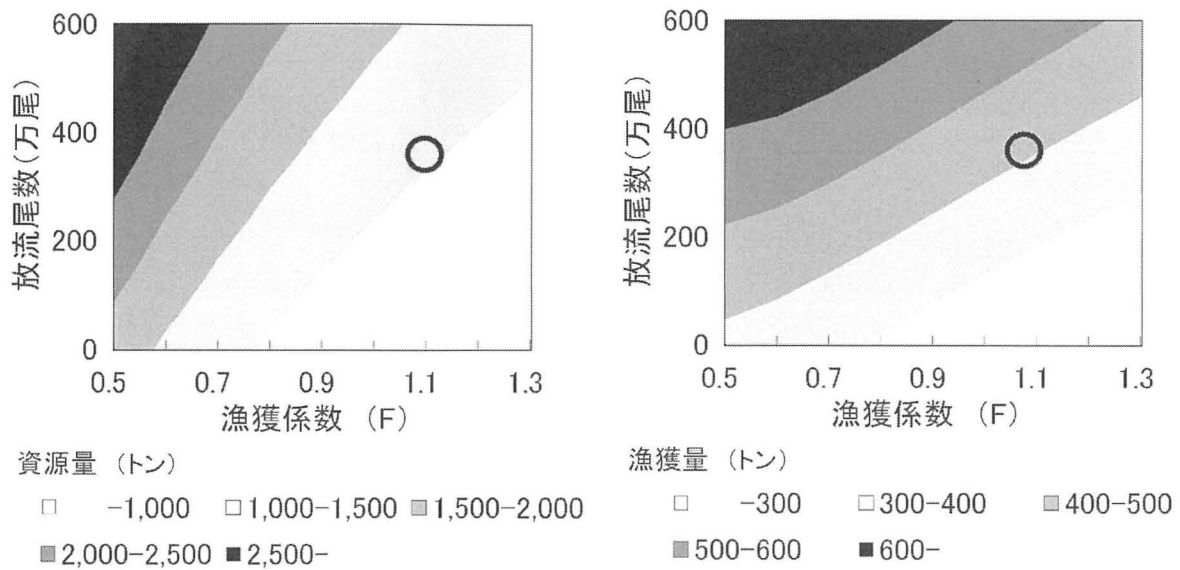


図1. 漁獲係数、放流尾数を変化させた時の5年後の資源量と漁獲量の等量線図
黒丸は現状の漁獲係数と放流尾数を示す

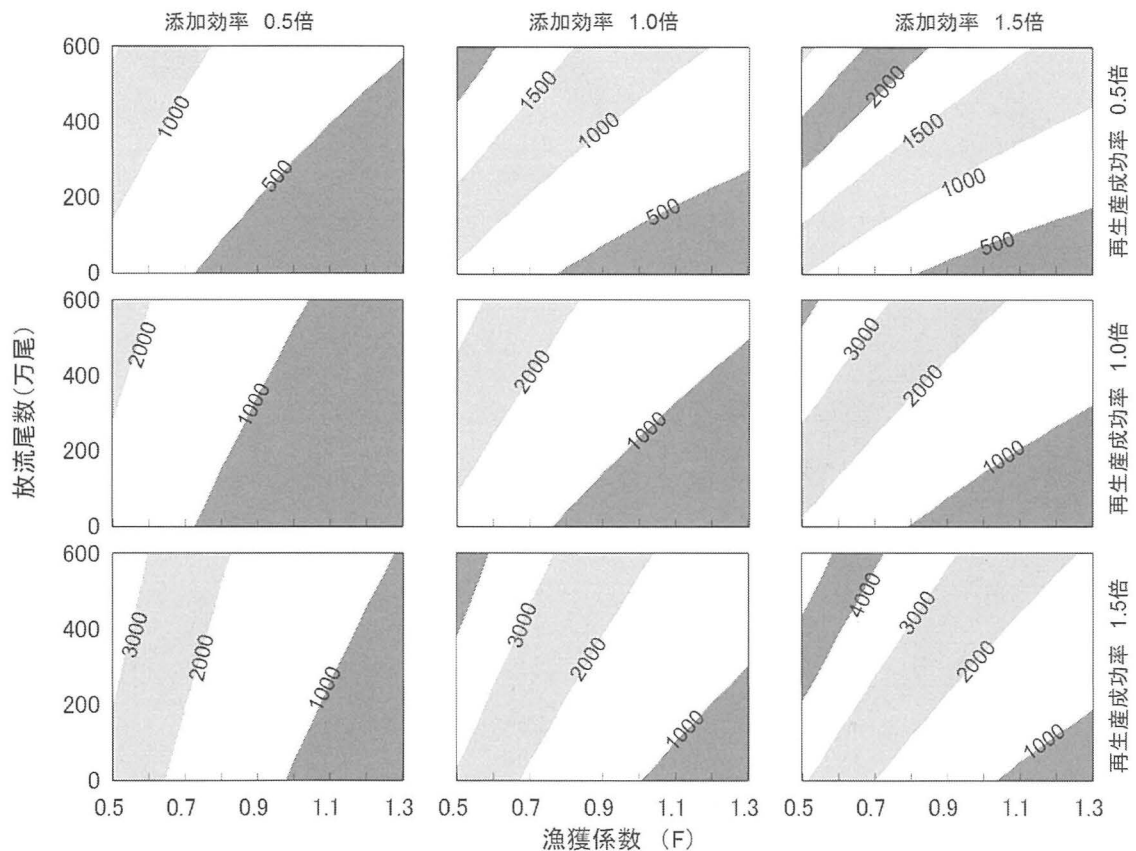


図2. 再生産成功率と添加効率を0.5倍、1.0倍、1.5倍にそれぞれ変化させたときの資源量の等量線図
図中の数値は資源量、単位はトン

り、両者の再生産に寄与する能力は異ならないとの仮定に基づいている。天然群と放流群で、成熟率や産卵量について異なる場合には、両群を分離して計算するなどの工夫が必要となる。

漁獲係数と放流尾数を変化させた等量線図では、両者

の範囲の中から、同等の効果が得られる漁獲係数と放流尾数の組み合わせが示され、かつ視覚的に理解できる。放流尾数の増減にかかる費用や漁獲係数の調整に必要な費用などを総合的に判断して、目標とする資源量や漁獲量の水準を達成できる組み合わせを決めることが可能と

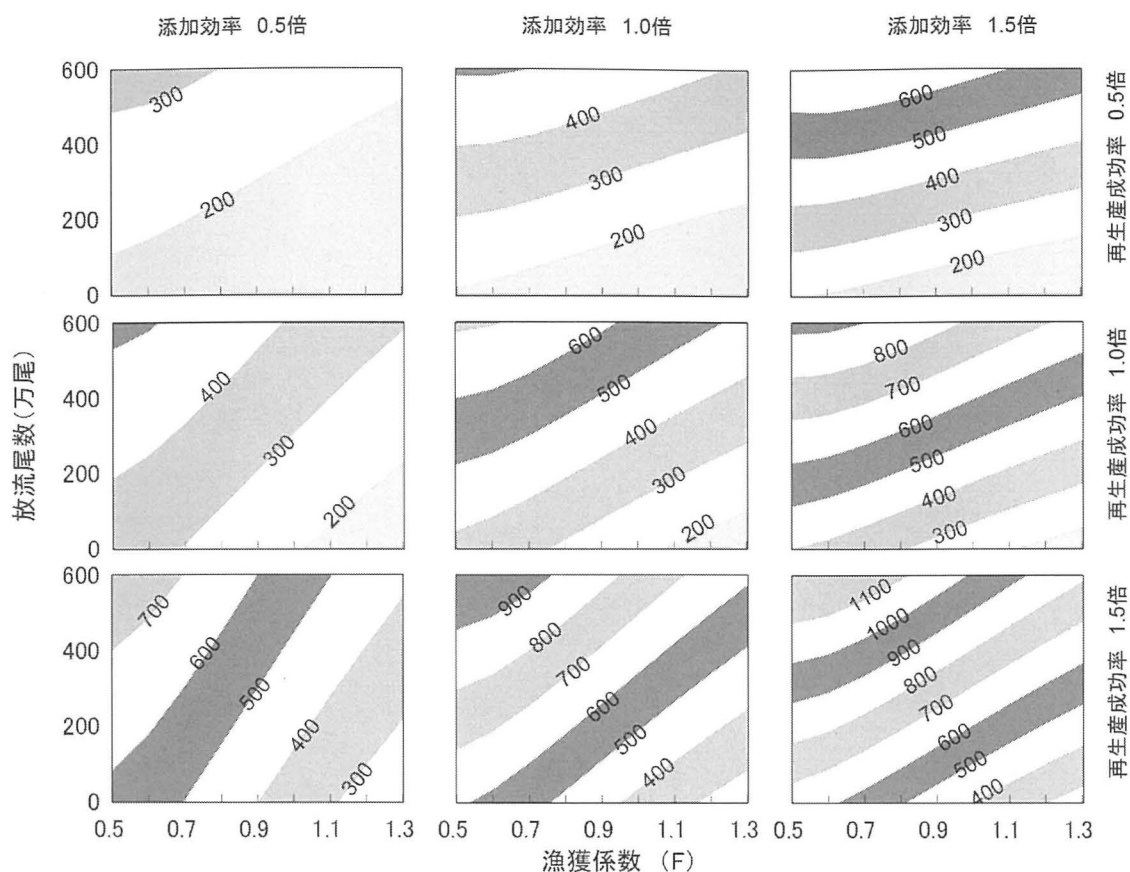


図3. 再生産成功率と添加効率を0.5倍、1.0倍、1.5倍にそれぞれ変化させたときの漁獲量の等量線図
図中の数値は漁獲量、単位はトン

表1. 資源解析で得られた再生産成功率（RPS）と添加効率を用いた将来予測に対する、
両推定値をそれぞれ0.5～1.5倍に変化させたときの将来予測での、5年後の資源
量と漁獲量の変化率

		添加効率の変化率				
	RPS の変化率	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
資源量	0.50	0.45	0.59	0.73	0.86	1.00
	0.75	0.56	0.71	0.85	1.00	1.14
	1.00	0.69	0.85	1.00	1.15	1.31
	1.25	0.84	1.01	1.17	1.33	1.50
	1.50	1.02	1.19	1.37	1.54	1.71
漁獲量	0.50	0.45	0.59	0.72	0.86	0.99
	0.75	0.56	0.71	0.85	0.99	1.14
	1.00	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30
	1.25	0.85	1.01	1.17	1.33	1.49
	1.50	1.02	1.19	1.36	1.53	1.70

なる。また、種苗放流の水準のみを引き下げた場合の影響を、視覚的に判断することも可能である。図1はヒラメ瀬戸内海系群が100万尾単位での放流尾数の減少によっても、将来の資源量、漁獲量に影響を及ぼす状況であることを示唆している。瀬戸内海での過去の放流尾数の推移では、1～2年で100万尾以上増減することが実際に起きており、資源管理において、漁獲と種苗放流双方の影響を同時に考慮する必要があると考えられる²⁾。

感度解析の結果は、再生産成功率と添加効率により解析結果が大きく異なることを示している。特に将来予測に必要な、前段階の資源量推定で、再生産成功率を低く、また、添加効率を高く推定した場合、放流による資源添加の効果を過大に見積もることが示唆された。このため、両パラメータの妥当性は、解析に先立ち十分に検討する必要がある。また、本報告では図1のように、縦軸の放流尾数は0～600万尾の範囲、漁獲係数は0.5～

1.3 の範囲で変化させた場合の期待資源量と漁獲量を示した。放流尾数、漁獲係数の範囲を変化させるだけでも等量線図の視覚的な印象は変化することから、判断の際には、表示する軸の範囲についても考慮する必要がある。

表計算ソフトでワークシートのみを用いた作成方法を提示した。等量線図の作成には複数の漁獲係数と放流尾数を、組み合わせ計算する必要がある。今回は、最小限の計算プロセスとして、1 度に 1 つの組み合わせの資源量と漁獲量を求める方法のみを紹介した。実際に等量線図を作成するには、数十回の繰り返しの作業が必要となる。このような連続した計算については、マクロの自動記録機能の使用や、VBA によるプログラム^{5,6)}を作成することがより効率的と考えられる。

謝 辞

本論文の作成にあたり有益な助言を頂いた、水産総合研究センター石田行正博士、栗田豊博士、上原伸二博士に深謝いたします。また、2 名の査読者から非常に有意義なご助言を頂き深く感謝いたします。本研究の一部は水産庁の委託による「我が国周辺水域資源評価等推進委託事業」により実施しました。

文 献

- 1) 北田修一 (2001) 栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版, 東京, 335 pp.
- 2) 水産庁・水産総合研究センター (2012) 平成 23 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 1743 pp.
- 3) 平松一彦 (2001) 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－. 水産資源保護協会, 104-127.
- 4) POPE, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.*, 9, 65-74.
- 5) 小館由典・できるシリーズ編集部 (2011) できるExcel マクロ&VBA 編 2010/2007/2003/2002 対応. インプレスジャパン, 東京, 270 pp.
- 6) 谷尻かおり (2000) Excel/Office VBA を使ったはじめてのプログラミングレッスン 1. 技術評論社, 東京, 302 pp.

Appendix

加入年齢が 0 歳で 2012 年から 2016 年まで 5 年間、漁獲係数と放流尾数を変化させたときの 2016 年の資源量と漁獲量の計算方法を示す。図 4 は入力するシートの構成を示し、1～17 行目までの灰色で示すセルは、パラメータを入力し、太枠で囲んだ丸数字と両括弧の数字のセルには、計算式を入力する。図 5 はヒラメ瀬戸内海系群のデータを使用した数値例を示す。2012～2016 年までの漁獲係数と放流尾数を B1 と B2 にそれぞれ入力す

ると、その組み合わせでの、5 年後の資源量と漁獲量の推定結果が、E1, E2 にそれぞれ表示される。なお、将来予測を開始する 2011 年の漁獲係数と放流尾数は、計算時点では値が得られないことから、2010 年と同じ値と仮定している。

太枠で囲んだ計算式のリンクがある①～⑭、(1)～(12) のセルは、それぞれの左上の丸数字に計算式を入力し、そのセルをコピーし、両括弧で示す同じ番号にセルに貼り付ける。例えば①の場合は、計算式「=B\$B2」を D15 に入力し、D15 をコピーし、(1) で示す E15:H15 に貼り付ける。同様に②～⑭のセルに計算式を入力し、そのセルをコピーし、(2)～(12) の太枠内のセルにそれぞれ貼り付ける。図 4 の①～⑭に対応する計算式は、それぞれ以下の通りである。

- ① =B\$B2
- ② =E5
- ③ =SUM(C52:C57)*B\$B16*1000+C\$C15*B\$B17
- ④ =H21*B\$B5/1000000
- ⑤ =B21*EXP(-D\$D5)-B31*EXP(-D\$D5/2)
- ⑥ =B26*EXP(-D\$D10)-B36*EXP(-D\$D10/2)+B27*EXP(-D\$D11)-B37*EXP(-D\$D11/2)
- ⑦ =B21*(1-EXP(-B41))*EXP(-D\$D5/2)
- ⑧ =H31*B\$B5/1000000
- ⑨ =F5
- ⑩ =B41
- ⑪ =B\$B1*B\$B41/MAX(B\$B41:B\$B47)
- ⑫ =B22*B\$B6/1000000*C\$C6
- ⑬ =SUM(I21:I27)
- ⑭ =SUM(I31:I37)

この例では、2010 年までのデータで資源量推定を行い、2010 年の資源尾数や漁獲係数を用い、2012 年から管理を開始するケースを想定している。2010 年までのデータで資源量推定を行い、2011 年から管理を開始する場合は、⑩が⑪と同じ計算式で、「=B\$B1 *B\$B41/MAX(B\$B41:B\$B47)」となり、C15 が①と同じ計算式で、「=B\$B2」となる。

等量線図の作成には、縦軸に漁獲係数、横軸を放流尾数とした図 5 の 60～78 行目で示すような表が必要となる。ヒラメ瀬戸内海系群の例では、現状の漁獲係数が 1.10、放流尾数が 386 万尾であることから、漁獲係数の範囲を 0.5～1.3、放流尾数の範囲を 0～600 万尾とし、漁獲係数は 0.1 刻み、放流尾数は 100 万尾刻みとした。B1, B2 に入力した漁獲係数と放流尾数のときの E1, E2 に計算される資源量と漁獲量を C62:I70, C70:I78 の対応するセルに順次入力し、全てのセルに資源量と漁獲量を入力できたら、ツールバーから「グラフ挿入」の「等高線図」を選択することで、図 1 のような等量線図を作成することが出来る。なお年齢区分が 10 以上ある場合は資源尾数と漁獲尾数の行が重なってしまうので、適宜行を挿入する必要がある。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	漁獲係数(年 ⁻¹)	0.5	5年後資源量(トン)		⑬				
2	放流尾数(尾)	4000000	5年後漁獲量(トン)		⑭				
3									
4		平均体重(g)	成熟率	自然死亡 係数(年 ⁻¹)	資源尾数 (尾)	漁獲係数 (年 ⁻¹)			
5	0	年齢別平均体 重を入力	年齢別 成熟率 を入力	年齢別 自然死亡 係数を入力	年齢別 資源尾数 を入力	年齢別 漁獲係数 を入力			
6	1								
7	2								
8	3								
9	4								
10	5								
11	6								
12									
13									
14		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
15	放流尾数(尾)	放流尾数を入力		①	(1)	(1)	(1)	(1)	
16	再生産成功率 (尾/kg)	コホート解析結 果から推定した							
17	添加効率	値を入力							
18									
19									資源量(トン)
20	資源尾数(尾)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016
21	0	②	③	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	④
22	1	(2)	⑤	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(4)
23	2	(2)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(4)
24	3	(2)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(4)
25	4	(2)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(4)
26	5	(2)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(4)
27	6	(2)	⑥	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(4)
28									
29									漁獲量(トン)
30	漁獲尾数(尾)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016
31	0	⑦	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	⑧
32	1	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)
33	2	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)
34	3	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)
35	4	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)
36	5	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)
37	6	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)
38									
39									
40	漁獲係数(年 ⁻¹)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
41	0	⑨	⑩	⑪	(11)	(11)	(11)	(11)	
42	1	(9)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	
43	2	(9)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	
44	3	(9)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	
45	4	(9)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	
46	5	(9)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	
47	6	(9)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	
48									
49									

図4. 表計算ソフトによる計算方法

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
50	親魚量(トン)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
51	0									
52	1	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		
53	2	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		
54	3	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		
55	4	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		
56	5	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		
57	6	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		
58										
59										
60	資源量(トン)		放流尾数(万尾)							
61			0	100	200	300	400	500	600	
62	漁獲係数(年 ⁻¹)	0.5	B1に入力した漁獲係数と B2に入力した放流尾数と対応するセルに ⑬の値を入力する							
63		0.6								
64		0.7								
65		0.8								
66		0.9								
67		1.0								
68		1.1								
69		1.2								
70		1.3								
71										
72	漁獲量(トン)		放流尾数(万尾)							
73			0	100	200	300	400	500	600	
70	漁獲係数(年 ⁻¹)	0.5	B1に入力した漁獲係数と B2に入力した放流尾数と対応するセルに ⑭の値を入力する							
71		0.6								
72		0.7								
73		0.8								
74		0.9								
75		1.0								
76		1.1								
77		1.2								
78		1.3								
79										

図 4. 続き

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	漁獲係数(年 ⁻¹)	0.5	5年後資源量(トン)		2,821				
2	放流尾数(尾)	4000000	5年後漁獲量(トン)		606				
3									
4		平均体重 (g)	成熟率	自然死亡 係数(年 ⁻¹)	資源尾数	漁獲係数			
5	0	180	0.00	0.078	1,042,182	0.13			
6	1	367	0.04	0.313	1,030,429	0.52			
7	2	833	0.75	0.313	587,464	1.10			
8	3	1,728	0.82	0.313	210,548	0.85			
9	4	2,754	1.00	0.313	82,794	0.56			
10	5	3,816	1.00	0.313	37,873	0.47			
11	6	4,369	1.00	0.313	37,187	0.47			
12									
13									
14		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
15	放流尾数(尾)	3,860,000	3,860,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	
16	再生産成功率 (尾/kg)	0.77							
17	添加効率	0.13							
18									
19									
20	資源尾数	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	資源量2016
21	0	1,042,182	1,241,836	1,111,958	1,298,396	1,467,998	1,660,836	1,854,597	334
22	1	1,030,429	845,123	1,007,025	968,556	1,130,951	1,278,680	1,446,649	531
23	2	587,464	450,047	369,114	582,322	560,077	653,983	739,409	616
24	3	210,548	143,565	109,983	163,793	258,404	248,533	290,203	501
25	4	82,794	65,989	44,996	54,668	81,415	128,442	123,535	340
26	5	37,873	34,534	27,524	25,478	30,955	46,101	72,729	278
27	6	37,187	34,435.38	31,641	34,989	35,759	39,453	50,594	221
28									
29									
30	漁獲尾数	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	漁獲量2016
31	0	123468	147,121	62,220	72,653	82,143	92,933	103,775	19
32	1	355,214	291,335	180,551	173,654	202,770	229,256	259,372	95
33	2	334,640	256,363	124,226	195,982	188,495	220,099	248,850	207
34	3	102,942	70,192	30,160	44,916	70,861	68,154	79,581	138
35	4	30,444	24,265	8,699	10,569	15,741	24,833	23,884	66
36	5	12,081	11,016	4,513	4,177	5,075	7,559	11,925	46
37	6	11,862	10,984	5,188	5,737	5,863	6,469	8,295	36
38									
39									
40	漁獲係数	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
41	0	0.13	0.13	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
42	1	0.52	0.52	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	
43	2	1.10	1.10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
44	3	0.85	0.85	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	
45	4	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	
46	5	0.47	0.47	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
47	6	0.47	0.47	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
48									
49									

図 5. ヒラメ瀬戸内海系群のデータを使用した数値例

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
50	親魚量	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
51	0									
52	1	16	13	16	15	17	20	22		
53	2	367	281	231	364	350	409	462		
54	3	298	203	155	232	365	351	410		
55	4	228	182	124	151	224	354	340		
56	5	145	132	105	97	118	176	278		
57	6	162	150	138	153	156	172	221		
58										
59										
60	資源量(トン)	放流尾数(万尾)								
61			0	100	200	300	400	500	600	
62	漁獲係数(年 ⁻¹)	0.5	1,768	2,031	2,294	2,558	2,821	3,084	3,348	
63		0.6	1,416	1,654	1,891	2,129	2,366	2,604	2,842	
64		0.7	1,137	1,353	1,569	1,784	2,000	2,216	2,431	
65		0.8	915	1,112	1,309	1,506	1,703	1,900	2,097	
66		0.9	738	919	1,100	1,281	1,462	1,644	1,825	
67		1.0	596	764	931	1,099	1,266	1,434	1,601	
68		1.1	483	639	794	950	1,106	1,261	1,417	
69		1.2	392	538	683	828	974	1,119	1,265	
70		1.3	320	456	592	729	865	1,001	1,138	
71										
72	漁獲量(トン)	放流尾数(万尾)								
73			0	100	200	300	400	500	600	
70	漁獲係数(年 ⁻¹)	0.5	374	432	490	548	606	664	722	
71		0.6	350	411	471	532	593	653	714	
72		0.7	320	382	443	505	567	629	690	
73		0.8	287	349	411	473	535	597	659	
74		0.9	254	315	377	439	500	562	623	
75		1.0	222	283	344	405	465	526	587	
76		1.1	193	253	313	372	432	492	552	
77		1.2	167	225	284	342	401	459	518	
78		1.3	144	201	258	315	372	429	486	
79										

図 5. 続き

等量線図による種苗放流が資源に与える影響評価 と表計算ソフトを用いた計算方法

亘 真吾

コホート解析により資源評価が可能な栽培対象種について、種苗放流が資源に与える影響について検討した。視覚的な把握しやすさを考慮し、放流尾数と漁獲係数を広範に変化させたときの資源量、漁獲量を推定する等量線図を用いた。解析に不慣れな研究者の使用も想定し、表計算ソフトを用いた計算手順について紹介した。また、パラメータの感度解析を行い、解析結果の解釈において留意すべき点を考察した。

水産技術, 6 (2), 129-137, 2014