

加入量あたり産卵資源量解析による 紀伊半島南西海域のイサキ資源管理

小川満也・小久保友義

和歌山県農林水産総合技術センター 水産試験場

Fisheries Management by Spawning per Recruit Analysis for Threeline Grunt
Parapristipoma trilineatum Thunberg in the Southwest Water of the Kii Peninsula

Mituya Ogawa, Tomoyosi Kokubo

Fisheries Experimental Station
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

緒 言

イサキ *Parapristipoma trilineatum* Thunberg は、太平洋沿岸では千葉県から鹿児島県、対馬暖流域では新潟県から鹿児島県に分布する（木村，1987）。本県では全域に分布し、毎年、全国で10位以内に入る漁獲量で、年間2~5億円の水揚げがあり、なかでも紀伊半島南西海域で多く漁獲され、一本釣漁業にとって重要な魚種である（小川・小久保 2005）。

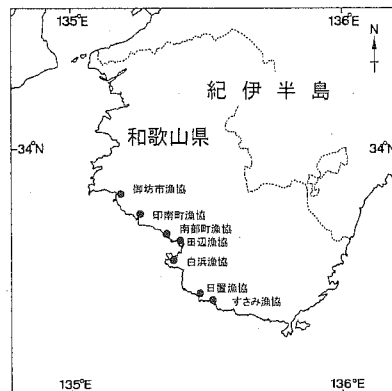
近年、本県では漁業者間で漁獲物の小型化などが指摘されており、その資源は憂慮すべき状態にあると考えられる。資源管理型推進事業により1998年度からイサキの漁獲実態や生態を調査し、2004年度まで漁獲尾数、資源特性値およびチューニングVPAで求めた資源量と漁獲係数から加入量あたり産卵資源量（Spawning biomass Per Recruitment, 以後SPRと表現）解析を行っている（和歌山県 1999~2005）。また、渡辺ら（2000）は紀伊半島南西海域と対岸の徳島県牟岐大島周辺のイサキについて、SPR解析を行い、資源管理について報告している。

本報ではこれまでの紀伊半島南西海域におけるイサキの資源量およびSPR解析について、渡辺ら（2000）の結果との比較を含め、とりまとめた。

材料および方法

漁獲量と体長組成

イサキの漁獲量は、和歌山県農林水産統計年報と漁業協同組合資料により県計と漁獲量の多い御坊市・印南町・南部町・田辺・白浜・日置・すさみ漁業協同組合（以後御坊市~すさみ漁協と称す、第1図）について取りまとめた。また、田辺漁業協同組合を主に、南部町・印南町・白浜町・日置・すさみ漁業協同組合に水揚げされたイサキの体長（以後体長



第1図 イサキの水揚げが多い紀伊半島南西部の漁業協同組合

は尾叉長をさす)を測定した。1998～2005年度に測定した310,836尾を小久保・小川(2002)が耳石の年齢査定から作成したAGE-LENGTH KEYを用いて、各年齢に振り分けた。年齢別漁獲尾数は、御坊市～すさみ漁協で産卵群が多く漁獲され始める4月を基準とし、1年の漁獲量の集計を4月から翌年の3月までとした。

資源特性値

SPR資源解析に用いた成長式、体長と体重の関係、最大年齢、自然死亡係数、完全加入年齢、産卵月などの資源特性値は、小久保・小川(2002)を使用した(第1表)。

第1表 SPRによる資源解析に用いた資源特性値

成長式 ^{*1}	成長式は、雌雄差がほとんどないので雌雄を含めた。 ♀+♂ : $FL_t = 44.6 (1 - \exp^{-0.126(t+3.178)})$
尾叉長と体重との関係 ^{*1}	♀+♂ : $BW = 1.51 \times 10^{-5} \times FL^{3.001036}$
最大年齢 ^{*1}	7歳 : 事業で確認された最大年齢
自然死亡 ^{*1}	0.25 : 本事業で採取したサンプルにも推定で8歳前後の個体があると思われ、漁業が行われていなければ、さらに高齢まで生き残る個体も多くなると考えられ、10歳前後の個体もまれに存在すると考えられるため、10歳と仮定して、田中(1960)の方法(2.5/寿命年齢)より推定した。
完全加入年齢 ^{*1}	2歳
産卵月 ^{*1}	5月
漁期中央月 ^{*1}	7月
年間漁獲量	1998年度 : 257ト、1999年度 : 227ト、2000年度 : 259ト、2001年度 : 278ト (御坊市～すさみ漁協 ^{*2}) 2002年度 : 197ト、2003年度 : 165ト、2004年度 : 160ト、2005年度 : 250ト

*1: 和歌山県(2001)による。

*2: 御坊市、印南町、南部町、田辺、白浜、日置およびすさみ漁協

年齢別の資源尾数と漁獲係数

1998年度から2005年度までの年齢別漁獲尾数が得られていることから、チューニングVPA (Virtual Population Analysis) により各年の年齢別資源尾数と年齢別漁獲係数を求めた。チューニングには、余田(1993)の ad hocチューニングを応用した方法を用いた。

加入量あたり産卵資源量解析

生涯産卵数に基づく加入量あたり産卵親魚量 (SPR) は、次式によった。

$$SPR = \sum_{t=tr}^{t_{max}} fr_t \cdot N_t \cdot W_t / R$$

$$N_t = R \exp \left\{ - \sum_{i=tr}^{t-1} F_i - M (t - t_r) \right\}$$

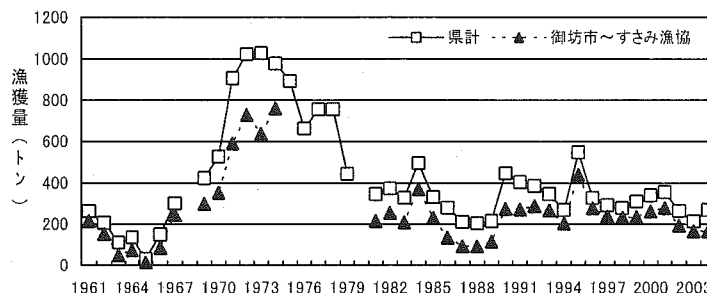
ただし、R: 加入時の個体数 (N_r)、 N_t : t歳魚の個体数、 fr_t : t歳魚の成熟雌の割合、 W_t : t歳魚の体重、 t_r : 加入年齢、 t_{max} : 最高年齢、 F_i : i歳の漁獲係数、M: 自然死亡係数である。

また、現在のSPRと漁獲がない場合のSPRの比を百分率で表したものが%SPRである。%SPRは、漁獲が資源の産卵能力をどの程度減少させているかを示す指標となっており、値が小さいほど漁獲が次世代の加入を損なっていることを表すため、加入乱獲を防ぐための資源管理の指標として用いられている。

結 果

イサキの漁獲量

本県および御坊市～すさみ漁協の漁獲量の経年変動を第2図に示す。県の変動をみると、約1,000トンを水揚げした1970年代が多く、1981年以降では、前年より急激に増えた1984年と1995年を除くと200～450トンと低位、横ばいで推移している。一方、紀伊半島南西海域にある御坊市～すさみ漁協の漁獲量は、全体の44～85%（平均68%）と多くを占め、県全体と変動が類似している。



第2図 和歌山県および御坊市～すさみ漁協*におけるイサキ漁獲量の経年変化
*：御坊市、印南町、南部町、田辺、白浜、日置およびすさみ漁協

年齢別漁獲尾数

1998～2005年度の年齢別測定尾数を第2表、この表を基に御坊市～すさみ漁協の漁獲量から推定した年齢別漁獲尾数を第3表に示す。年度別の総漁獲尾数は94～166万尾で、2000年度の166万尾をピークに、2004年度の94万尾まで年々減少したが、2005年度には一転して142万尾に急増した。この海域での漁獲は、1998～2004年度まで一本釣漁業が全体の93～98%と殆どこの漁業による。しかし、2005年度は一本釣漁業が52%、その他の漁業が41%で、この年度の増加は、その他の漁業による一時的なものである。

年齢別にみると、1歳魚から漁獲されているが、本格的に漁獲されるのは2歳魚からである。1～3歳魚は、全漁獲尾数の94～98%で、漁獲の殆どを占めている。また、年齢組成を年度別にみた場合、1歳魚の標準偏差（7.1%）は、2歳魚（4.0%）や3歳魚（3.2%）に比べ大きいことから、1歳魚の漁獲量は年度によって変動していることが窺える。

第2表 イサキの年齢別測定尾数

年齢	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度
1歳	17,520	21,505	20,114	8,603	8,476	9,124	10,541	11,019
2歳	27,382	22,121	17,054	12,557	16,988	14,654	14,314	14,769
3歳	11,050	7,774	4,456	3,845	6,073	6,137	6,063	5,850
4歳	1,594	1,143	540	504	935	964	866	880
5歳	824	561	295	292	604	627	448	435
6歳	113	81	48	47	96	122	64	53
7歳以上	114	108	46	50	105	116	115	59
合計	58,597	53,293	42,553	25,897	33,277	31,743	32,410	33,066

*：測定は田辺漁協、南部町漁協、印南町漁協、白浜漁協および日置漁協

第3表 イサキの年齢別漁獲尾数

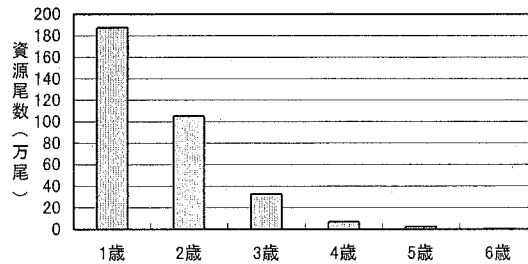
年齢	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	平均
1歳	403,071	525,108	785,855	544,146	269,744	282,386	291,441	499,720	450,184
2歳	667,147	554,640	660,613	768,610	559,960	442,294	411,501	594,502	582,408
3歳	288,138	205,980	175,317	250,196	190,180	186,506	186,548	259,969	217,854
4歳	44,027	31,984	22,564	31,281	29,016	30,509	27,613	40,853	32,231
5歳	23,263	16,613	12,171	16,837	18,578	20,925	14,887	19,551	17,853
6歳以上	6,214	5,671	3,725	5,751	6,413	7,868	6,640	5,002	5,910
合計	1,431,861	1,339,995	1,660,245	1,616,820	1,073,890	970,489	938,629	1,419,597	1,306,441

*：御坊市、印南町、南部町、田辺、白浜、日置およびすさみ漁協の合計

*：単位は尾

チューニングVPAによる資源尾数と漁獲係数

1998～2005年度の8年間について、チューニングVPAにより各年の年齢別の資源尾数と漁獲係数を求めた(第4表)。資源尾数は、2000年度が400万尾で最も多く、2003年度が283万尾で最も少ない(平均335万尾)。年齢(1998～2005年度の平均値)別では、1歳魚が187万、2歳魚が105万尾、3歳魚が33万尾、4歳魚が7万尾、5歳魚が2万尾で、4、5歳魚では1歳魚の資源量に比べ指数的に減少している(第3図)。また、1998～2005年度までの漁獲係数は、1999年度が1.20で最も高く、2000、2004年度が0.95と最も低い(平均1.10)。



第3図 チューニングVPAで求めた紀伊半島南海域におけるイサキの年齢別資源量(1998～2005年度の平均値)

第4表 チューニングVPAによる紀伊半島南海域におけるイサキの漁獲尾数、資源尾数および漁獲係数

	年齢	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度
漁獲尾数	1	403,071	525,108	785,855	544,146	269,744	282,386	291,441	499,720
	2	667,147	554,640	660,613	768,610	559,960	442,294	411,501	594,502
	3	288,138	205,980	175,317	250,196	190,180	186,506	186,548	259,969
	4	44,027	31,984	22,564	31,281	29,016	30,509	27,613	40,853
	5	23,263	16,613	12,171	16,837	18,578	20,925	14,887	19,551
	6以上	3,040	2,552	1,910	2,795	3,177	4,024	1,957	2,466
	合計	1,428,687	1,336,876	1,658,429	1,613,864	1,070,655	966,645	933,947	1,417,062
資源尾数	1	1,707,485	2,122,512	2,441,867	1,883,078	1,455,312	1,549,803	1,709,650	2,123,922
	2	1,121,562	977,265	1,193,920	1,216,381	991,451	897,118	959,611	1,076,082
	3	391,539	298,889	282,645	359,509	286,905	289,028	315,657	389,959
	4	76,854	59,375	56,526	69,371	66,020	60,387	64,989	85,131
	5	29,644	21,886	18,608	24,402	26,885	26,228	20,624	26,628
	6以上	3,874	3,362	2,920	4,050	4,598	5,044	2,712	3,359
	合計	3,330,957	3,483,289	3,996,485	3,556,791	2,831,170	2,827,607	3,073,243	3,705,081
漁獲係数	1	0.308	0.325	0.447	0.391	0.234	0.229	0.213	0.307
	2	1.072	0.991	0.950	1.194	0.983	0.795	0.650	0.948
	3	1.636	1.415	1.155	1.445	1.308	1.242	1.060	1.323
	4	1.006	0.910	0.590	0.698	0.673	0.824	0.642	0.763
	5	1.927	1.764	1.275	1.419	1.423	2.019	1.565	1.627
	6以上	1.927	1.764	1.275	1.419	1.423	2.019	1.565	1.627
	平均	1.313	1.195	0.949	1.094	1.007	1.188	0.949	1.099

*チューニングVPA: コホート解析において、年齢別漁獲尾数以外に資源量指数や漁獲努力量などの情報が得られている場合に、これらを利用して最近年の漁獲係数 P_t を仮定することにより、資源尾数や漁獲計数を推定する方法

加入量あたり産卵資源量解析

紀伊半島南海域における2005年度の加入量あたり産卵資源量(SPR)は0.0671、漁獲がない(処女資源)場合のSPRは0.3140であることから2005年の%SPRは、 $0.0671 / 0.314 = 21.4\%$ になる(第5表)。

同様に1998年度から2005年度までの%SPRを第4図に示した。%SPRは1998年度から20%前後で推移していたが、2001年度が17.9%に下がり、2002年度から高くなり2004年度には27.9%、2005年度は再び下がって21.4%となった。松宮(1996)によると、推薦する%SPRの範囲は

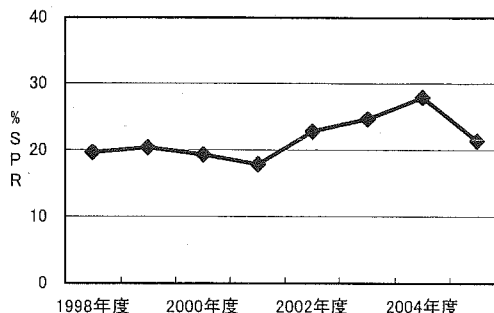
第5表 2005年度の紀伊半島南海域におけるイサキの%SPR

年齢	F ¹	M ¹	S ¹	N ¹	成熟率(%)	体重 ¹ (g)	雌親魚量(kg)
2005年度							
1	0.307	0.25	0.573	1,000	5	92.3	2.31
2	0.948	0.25	0.302	573	91	148.3	38.67
3	1.323	0.25	0.207	173	99	213.2	18.25
4	0.763	0.25	0.363	36	100	284.1	5.09
5	1.627	0.25	0.153	13	100	358.5	2.33
6	1.627	0.25		2	100	433.9	0.43
生涯産卵数に基づく加入量あたり産卵資源量(SPR)							0.0671
処女資源(漁獲がない場合)							
1	0.000	0.25	0.779	1,000	5	92.3	2.31
2	0.000	0.25	0.779	779	91	148.3	52.55
3	0.000	0.25	0.779	607	99	213.2	64.01
4	0.000	0.25	0.779	472	100	284.1	67.10
5	0.000	0.25	0.779	368	100	358.5	65.94
6	0.000	0.25		287	100	433.9	62.16
生涯産卵数に基づく加入量あたり産卵資源量(SPR)							0.3141
%SPR ² 2005年度のSPR/処女資源SPR×100							21.36

*1: F漁獲係数, M自然死亡係数, S生残率, N資源尾数, 産卵月の体重

*2: %SPRは漁獲年度のSPRと漁獲がない場合のSPRの比を百分率で表したものである。

20～60%であり、特に推挙できる基準は30～40%SPRであり、%SPRの下限(閾値)が20%程度に保てれば、再生産関係の知見が不十分でも合理的な現実的管理基準が設定できるとしている。20%SPR以下は、1998年度の19.6%、2000年度の19.3%、2001年度の17.9%の3回である。



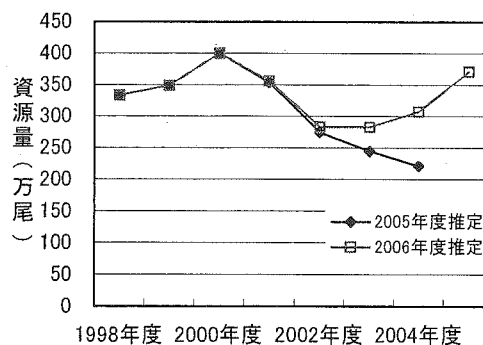
第4図 チューニングVPAで求めた%SPRの経年変化
(資源診断では%SPR=20%が資源維持の下限値)

考 察

紀伊半島南西海域における加入量あたり産卵資源量による資源管理基準の設定は、再生産関係の知見が十分でないため、20%SPR以上にすることが必要だが、%SPRは17.9～27.9%であった。一方、渡辺ら(2000)が徳島県牟岐大島周辺で求めた1998年の%SPRは18.6%で下限以下であった。ここでは1995～1998年の1歳魚の漁獲係数は0.05～0.09で、ほぼ保護されているのに対し、紀伊半島南西海域の場合、1998～2005年度の1歳魚の漁獲係数は0.21～0.45である。紀伊半島南西海域においても、徳島県牟岐大島と同様に1歳魚を完全に保護した場合、2001年度の%SPRは17.9%から26.1%になり適正な基準近くまで向上することが判った。

この海域におけるイサキ資源管理の取り組みをみると、田辺漁協では、2000年7月27日から一本釣漁業を対象に「全長18cm以下の小型魚の再放流」という自主的な管理を行っている。さらに、2003年4月1日から紀伊半島南西海域の一本釣漁業を対象に周年全長18cm以下のイサキは再放流し、小型の「あがり魚」は販売しないとしたイサキの資源管理計画(和歌山県広域回遊資源管理計画第3期)を実施している。しかし、今回の調査では、%SPRが3ヵ年(1998, 2000, 2001年度)下限以下であったこと、2004年度までの資源解析結果から将来予測をした結果、体長23cm以下の小型魚の再放流で資源量が増加することが示唆された(和歌山県 2005)ことから、一本釣漁業者らがイサキ資源の回復または安定に向け、さらに一歩進めた取り組みが必要である。

また、2005年度は、御坊市～すさみ漁協のイサキ漁獲量が250ト、前年度より90ト増加したが、これは、その他の漁業による一時的な増加である。この漁獲量がチューニングVPAによる資源解析ではどうなるかを検討した。1998～2004年度までのデータで推定した結果(和歌山県, 2005)と1998～2005年度までのデータで推定した今回の結果を比較した(第5図)。1998～2002年度までの資源量は、2005年度推定と今回とではほぼ等しいことが判った。しかしながら2003年度と2004年度は異なる結果であった。これは最近年の漁獲係数 F_t (ターミナル F)を仮定するチューニングVPAは、近年の値ほどターミナル F の値に依存して変化するということを実証することになった。2004年度の資源量は、和歌山県(2005)では減少傾向で、%SPRは下限値の20.1%となった。一方、今回の解析では回復傾向で、%SPRは推挙できる値に近い27.9%と相反す



第5図 チューニングVPAで求めたイサキ資源量の比較*
* : 2005年度推定(1998～2004年度データ)と2006年度推定(1998～2005年度データ)の比較

る結果となった。チューニングVPAでは、近年の結果ほど不確実性が高いと言われているので、今後、2005年度にその他の漁業が漁獲した影響をみるには、今回の解析結果だけで判断するには充分でなく、継続した調査結果が必要である。しかし、今回と和歌山県（2005）の比較で、1998年度から2001年度までの%SPRの誤差は0.1%と過去に遡るほど誤差が小さくなることが判った。

摘 要

紀伊半島南西海域におけるイサキの資源量解析を行い、1998年度から2005年度までの資源量および加入量あたり産卵資源解析についてとりまとめた。

1. 総漁獲尾数は、94～166万尾、1～3歳魚は、全漁獲尾数の94～98%を占める。
2. チューニングVPAにより資源尾数は283～400万尾、漁獲係数（各年齢平均）は0.95～1.20であった。
3. %SPRは17.9%から27.9%で変動し、平均21.7%であった。
4. 1歳魚を保護した場合、%SPRは17.9%から26.1%まで向上する。
5. チューニングVPAでは、近年の結果ほど不確実性が高く、2004年度および2005年度の資源量および%SPRは、今後の調査継続でより信頼性が高くなることが判った。

謝 辞

資源尾数の推定および資源評価をとりまとめるにあたり、データ処理および貴重な助言を賜った日本エヌ・ユー・エス株式会社保正竜哉氏に御礼申し上げる。

引用文献

- 小久保友義・小川満也. 2002. 複合的資源管理型漁業促進対策事業（イサキ）. 平成12年度和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場事業報告, 173-186.
- 木村清志. 1987. イサキの生物資源学的研究. 三重大学水産学部研究報告, 第14号, 1-235.
- 松宮義晴. 1996. 水産資源管理概論. 水産研究叢書, 46, 日本水産資源保護協会, 1-77.
- 小川満也・小久保友義. 2005. 紀伊水道外域におけるイサキの漁獲動向について. 平成15年度和歌山県水産試験場事業報告, 171-180.
- 田中昌一. 1960. 水産資源のPopulation Dynamic と漁業管理. 東海区水産研究所研究報告, 28, 162-168.
- 和歌山県. 1999. イサキ. 平成10年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 44-51.
- 和歌山県. 2000. イサキ. 平成11年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 50-61.
- 和歌山県. 2001. イサキ. 平成12年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 64-89.
- 和歌山県. 2002. イサキ. 平成13年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 52-61.
- 和歌山県. 2003. イサキ. 平成14年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 48-62.
- 和歌山県. 2004. イサキ. 平成15年度多元的な資源管理型漁業の推進事業報告書, 13-33.
- 和歌山県. 2005. イサキ. 平成16年度多元的な資源管理型漁業の推進事業報告書, 13-38.
- 渡辺健一・保正竜哉・斎浦耕二・岡崎孝博・松宮義晴. 2000. 加入量あたり産卵資源量解析による徳島県牟岐大島周辺のイサキ資源管理. 日水誌, 66 (4), 690-696.
- 余田浩太郎. 1993. コホート解析におけるいくつかのチューニング方法について. 漁業資源研究会議西日本底魚部会報, 21, 63-82.