水産研究・教育機構 機関リポジトリ
FRA Japan Fisheries Research and Education Agency Institutional Repository

放流海域に回帰したサワラ人工1歳魚の性比と成熟状況

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-04-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山崎, 英樹, 藤本, 宏 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014573

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

Saibai Giken, 34(1), 7-12, 2006
栽培技研，34(1), 7-12, 2006

放流海域に回帰したサワラ人工1歳魚の性比と成熟状況

山崎英樹*1・藤本　宏*2

Sex Ratio and the Maturation Status of 1 year old Hatchery-reared Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius* which recurred in a stocking area

Hideki YAMAZAKI and Hiroshi FUJIMOTO

In order to evaluate the breeding activity of the Spanish mackerel after stocking, we investigated sex ratio and the maturation status of 1 year-old hatchery-reared Spanish mackerel which recurred in a stocking area at Harima Nada. As a result of investigation for two years in 2003 and 2004, it was revealed that the gonadal sex ratio of hatchery-reared fish was 1:1, similar to their wild counterparts. In addition, the gonad weight ratio showed similarity between wild fish and hatchery-reared ones, and more than half of the fish had already matured in both years. Therefore, it was concluded that hatchery-reared Spanish mackerel which were stocked in the eastern part of the Seto Inland sea grow and mature at a rate similar to that of wild fish, and that some individuals already contribute to reproduction at the age of 1 year.

2006年7月20日受理

瀬戸内海東部海域では1998年からサワラ人工種苗の放流が播磨灘・備讃瀬戸海域を中心に行われている。放流後の調査は主に当歳魚を対象として瀬戸内海東部海域において行われ，放流後の人工種苗の移動回遊[1]，成長[2]や放流サイズ別の添加効果*3などが明らかになった。その中で，人工種苗が放流の翌年に産卵海域である播磨灘・備讃瀬戸海域に回帰していることが明らかとなり[1]，2003年からは1歳魚の調査にも取り組み始めた。その結果，資源状態によっては1歳魚の水揚げの30%以上を放流魚で占めていることが明らかとなり*4，放流による直接効果[3]が証明されてきている。

一方，篠原[4]は5月の瀬戸内海東部海域における雌のサワラは2歳でほぼ100%成熟し，1歳でも32.5%が成熟していると報告している。また，竹森・山田[5]は瀬戸内海におけるサワラは資源量の減少に伴い成長が早まり，近年の1歳魚の尾叉長モードは1988年頃の2歳魚の尾叉長モードと一致することなどから1歳魚雌が産卵に参加可能と判断される割合が増加していると報告している。このようなことから，サワラの放流効果調査については，放流による直接効果のほかに，今後，放流種苗の成熟状況を把握し再生産効果[3]についても検討することが重要と思われる。本報告では，2003年および2004年に行ったサワラ放流効果調査の中で，播磨灘海域で水揚げされたサワラ天然魚および人工種苗1歳魚の性比と成熟状況について若干の知見を得たので報告する。

材料と方法

水揚げと調査対象　材料は，播磨灘海域の岡山県日生町漁業協同組合（以下，漁協）および兵庫県五色町漁協（図1）に水揚げされたサワラ1歳魚を用いた。瀬戸内海東部海域の各漁協では春期のサワラ1歳魚はサゴシという銘柄で取り扱われ2歳魚以上のサワラとは別銘柄で扱われている。このため，漁協に委託して両漁協に水揚げされたサゴシ銘柄の個体をサワラの水揚げおよび産卵の最盛期の5月を中心にランダム採取した。両漁協では，サワラ漁が解禁となる4月20日から漁獲がほとんどなくなる6月30日までの間に2003年は3,261尾のサ

*1 独立行政法人水産総合研究センター　屋島栽培漁業センター　〒761-0111　香川県高松市屋島東町234
(Yashima Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 234 Yashimahigashi, Takamatsu, Kagawa, 761-0111 Japan)
*2 独立行政法人水産総合研究センター　小浜栽培漁業センター　〒917-0117　福井県小浜市泊26号

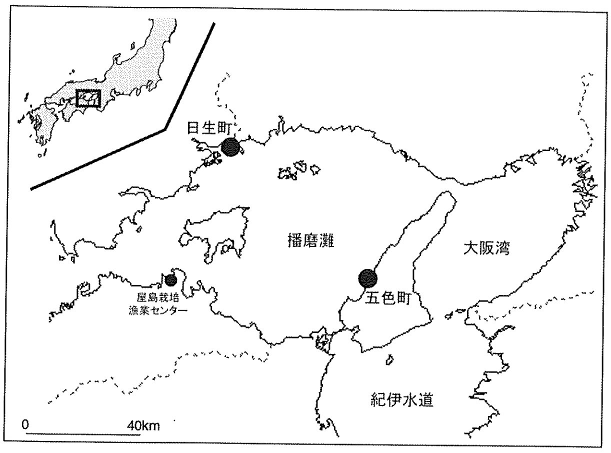

図 1. 播磨灘におけるサワラ 1 歳魚の調査地点

ゴシ銘柄のサワラの水揚げがあり，同様に 2004 年は 2,174 尾の水揚げがあった。調査に用いたサワラは，2003 年 5 月 5 日～ 6 月 5 日に水揚げされた 608 尾（調査率 18.6%），また，2004 年 4 月 22 日～ 6 月 11 日に水揚げされた 388 尾（同 17.8%）であった。なお，両漁協に水揚げされたサワラはすべてサワラ流し刺網で漁獲されたものであった。

測定と標識の確認　材料は冷凍状態で各漁協に保管後，屋島栽培漁業センターに持ち帰り，解凍後，全長 (TL)，尾叉長 (FL)，体重 (BW)，また，解剖して生殖腺を取り出し生殖腺重量 (GW) を測定するとともに生殖腺を肉眼で観察して外観が乳白色の個体を雄，発達した血管系があり卵巣卵が確認できる個体を雌とした。魚体測定後に，耳石（扁平石）を取り出し，耳石に付着した肉細片を取り除いて 50%グリセリン溶液中に一時保管し，後日，耳石の輪紋による年齢の確認を行うとともに蛍光顕微鏡を用いて標識の有無を確認した。なお，サワラの誕生月は 5 ～ 6 月であるので，本調査では輪紋が未だ形成されていないものに輪紋数 1 を加えて年齢とした。また，瀬戸内海東部海域には 2002 年に全長 40 ～ 152 mm の人工種苗 132,000 尾，2003 年は全長 36 ～ 102 mm の人工種苗 171,000 尾が放流されており，その全数に ALC（アリザリンコンプレクソン）耳石標識が施してあることから，耳石調査時に ALC の発色が確認できなかった個体を天然魚に，発色が確認できたものを放流魚として区別した。

性比と成熟状況の比較　2 カ年ともサワラ流し網漁業が解禁となる 4 月 20 日から水揚げされたサワラ 1 歳魚を天然魚と放流魚に区別し，雌雄それぞれの尾数を旬別に合計して天然魚と放流魚間の性比を比較した。また，両年の性比の変化と水温の関係を把握するため，香川県水産試験場のホームページ上で公開されている屋島湾における水温観測地点（表層水温）の水温を旬別に平均して表した。

成熟状況は，式 1 より現在成熟度の表し方として最もよく用いられている生殖腺熟度指数 (GSI) を求めて，放流魚と天然魚について，雌雄別に比較した。また，篠原[4]に準じて式 2 より，成熟度指数 (GI) を求めてこの指数が 4 以上の雌は成熟過程に入った個体として，放流魚と天然魚間の雌個体の成熟状況を比較した。

$$GSI = GW / BW * 100 \quad (式 1)$$

$$GI = GW / FL^3 * 10^7 \quad (式 2)$$

統計処理　調査したサワラ 1 歳魚の平均尾叉長と平均体重ならびに GSI の平均値の差の検定には，Student's t 検定，雌雄の性比が 1：1 であるかの検定には二項検定，天然魚と放流魚の旬別の性比の比較には Fisher の直接確率検定，成熟過程に入ったとみられる GI が 4 以上の雌個体の出現率の差の検定には x^2 検定をそれぞれ危険率 5 %で行った。

結　　果

サワラ 1 歳魚の水揚げ状況　図 2 に 2003 年および 2004 年の 4 月 20 日～ 6 月 30 日までに日生町漁協および五色町漁協に水揚げされたサゴシ銘柄の日別水揚げ尾数の推

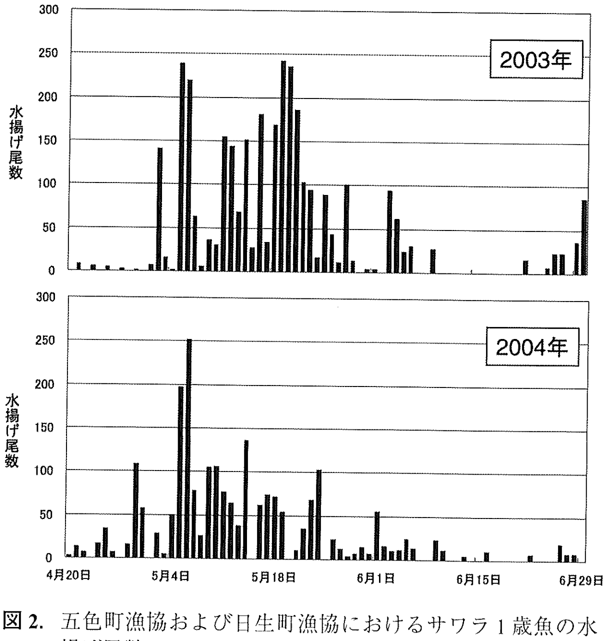

図 2. 五色町漁協および日生町漁協におけるサワラ 1 歳魚の水揚げ尾数
＊水揚げ尾数は，2 漁協の尾数を合計した値
＊サワラ流し網漁業は，4 月 20 日より解禁

---

*3　小畑泰弘・岩本明雄・竹森弘征・山崎英樹・奥村重信・藤本　宏・山本義久・北田修一 (2007) 漁獲加入までの生残から評価したサワラ人工種苗の有効放流サイズ．日水誌．印刷中

*4　山崎英樹・竹森弘征・岩本明雄・奥村重信・藤本　宏・山本義久・小畑泰弘・草加耕司・北田修一 (2007) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの種苗放流効果．日水誌．印刷中

表 1. サワラ 1 歳魚の調査尾数と大きさ

調査年	雌雄	標識の有無	尾数調査	尾叉長 (mm)	体重 (g)	
2003 年	♂	なし（天然魚）	335	536 ± 40	1,335 ± 281	*
		あり（放流魚）	33	542 ± 37	1,496 ± 250	
	♀	なし（天然魚）	221	550 ± 32	1,481 ± 284	
		あり（放流魚）	19	554 ± 25	1,586 ± 188	
2004 年	♂	なし（天然魚）	115	567 ± 25	1,468 ± 172	
		あり（放流魚）	98	557 ± 19	1,442 ± 118	
	♀	なし（天然魚）	100	574 ± 21	1,594 ± 166	*
		あり（放流魚）	75	573 ± 19	1,714 ± 146	

平均値 ± 標準偏差（Student's t 検定，*：P ＜ 0.05）

移を示した。水揚げ尾数はいずれの年も 5 月が中心であり，6 月になると減少した。また，4 月中の水揚げは，2003 年には 20 尾のみであったが，2004 年には 201 尾となり 2003 年と 2004 年の間に 10 倍の差があった。2003 年および 2004 年に調査した 608 尾および 388 尾のサワラの耳石を調査した結果，すべてのサンプルは輪紋の形成過程であったことから 1 歳魚と判断した。また，2003 年に調査した個体のうち 52 尾の耳石に ALC 標識が確認できた。同様に 2004 年には 173 尾の個体が放流魚であることが確認できた。

調査した個体の雌雄別の平均尾叉長は，いずれの年も放流魚と天然魚間では差は認められなかった（表 1）。一方，平均体重は 2003 年の雄で天然魚 1,335 g と放流魚 1,496 g，また，2004 年の雌で天然魚 1,594 g と放流魚 1,714 g となり，この両区で放流魚と天然魚の間に有意な差がみられ，いずれも放流魚が天然魚を優った (P ＜ 0.05)。しかし，平均体重に統計的有意はあったものの，両漁協の魚市場内では，天然魚も放流魚も区別なく取り扱われていた。

性比　表 2，3 に 2003 年および 2004 年のサワラ 1 歳魚の雌雄別水揚げ尾数を天然魚と放流魚に分けて示した。2003 年には，4 月中の水揚げがほとんどなかったため，サンプルは採集できなかった。その後，水揚げが増加した 5 月上旬には 124 尾の個体の雌雄判別を行ったが，水揚げされた個体がほぼ雄であったため天然魚および放流魚とも性比に有意な偏りがあった (P ＜ 0.05)。しかし，5 月中旬以降は，雌の水揚げが増加し，天然魚，放流魚とも統計的に有意な性比の偏りは認められなくなった。一方，2004 年は解禁直後から水揚げがあったため，前年調査できなかった 4 月中にも放流魚と天然魚をあわせ

表 2. サワラ 1 歳魚の性比の変化（2003 年）

	放流魚					天然魚				
	雄	雌	雄/(雄＋雌)	二項検定		雄	雌	雄/(雄＋雌)	二項検定	
4 月下旬	0	0	—	—	—	0	0	—	—	—
5 月上旬	6	0	1.00	P ＜ 0.05	雄＞雌	109	9	0.92	P ＜ 0.01	雄＞雌
5 月中旬	24	16	0.60	P ＞ 0.05	雄＝雌	193	177	0.52	P ＞ 0.05	雄＝雌
5 月下旬	1	3	0.33	P ＞ 0.05	雄＝雌	18	10	0.64	P ＞ 0.05	雄＝雌
6 月上旬	2	0	1.00	P ＞ 0.05	雄＝雌	15	25	0.38	P ＞ 0.05	雄＝雌

表 3. サワラ 1 歳魚の性比の変化（2004 年）

	放流魚					天然魚				
	雄	雌	雄/(雄＋雌)	二項検定		雄	雌	雄/(雄＋雌)	二項検定	
4 月下旬	29	0	1.00	P ＜ 0.01	雄＞雌	41	1	0.98	P ＜ 0.01	雄＞雌
5 月上旬	32	15	0.68	P ＜ 0.05	雄＞雌	41	32	0.56	P ＞ 0.05	雄＝雌
5 月中旬	23	36	0.39	P ＞ 0.05	雄＝雌	21	41	0.34	P ＜ 0.05	雄＜雌
5 月下旬	12	16	0.43	P ＞ 0.05	雄＝雌	9	11	0.45	P ＞ 0.05	雄＝雌
6 月上旬	2	8	0.20	P ＞ 0.05	雄＝雌	3	15	0.17	P ＜ 0.01	雄＜雌

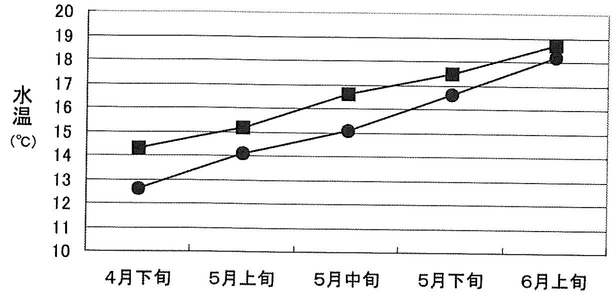

図 3. 屋島湾における表層水温の推移
●—●：2003 年　■—■：2004 年

て 71 尾の雌雄判別を行った。その結果，雄が 70 尾，雌が 1 尾であり，2003 年の 5 月上旬同様に，天然魚および放流魚とも統計的に有意な性比の偏りが認められた。(P ＜ 0.01)。しかし，5 月に入ると天然魚では雌の水揚げ増加とともに，性比は 5 月上旬には統計的に有意な性比の偏りは認められなくなった。また，放流魚も 5 月中旬には統計的に有意な性比の偏りは認められなくなった。このように，いずれの年も漁期の初期に雄が水揚げされ，その後，雌の水揚げが増える傾向を示した。しかし，5 月中総計の尾数では統計的に有意な性比の偏りは 2003 年天然魚以外では認められず (P ＞ 0.05)，水揚げの盛期では天然魚，放流魚とも性比は 1：1 を示した。また，同旬別の天然魚と放流魚の性比の割合の比較でも，放流魚のサンプル数の少なかった 2003 年の 5 月下旬，6 月上旬を除き，両者の間には有意な差は認められず表 2，3 に示すように放流魚は天然魚と同様な性比の変化を示した (P ＞ 0.05)。

水温　図 3 に 2003 年および 2004 年の屋島湾における表層水温の推移を示した。屋島湾における水温は，いずれの期間においても 2003 年が 2004 年より低く，調査期間を通じて両年の間で 0.5 ～ 1.7℃の差があった。

成熟状況　2003，2004 年の 2 ヵ年で雄 581 尾，雌 415 尾の成熟状況の調査を行った。雄については，調査した個体のほとんどの精巣が乳白色で全体に弾力圧があるがやや硬く成熟が始まっている状態であったと推察された。雌については，卵巣卵中に透明卵を有する個体もみられたが，卵巣が小さく未成熟な個体もみられた。図 4 に生殖腺熟度指数 (GSI) の旬別平均値を調査年別に求め経月変化を示した。両年とも調査期間中の雄の GSI の平均値は天然魚も放流魚も 6 ～ 9 の間でほぼ一定であった。一方，雌は 5 月中旬から下旬にピークがありこの時期がサワラ 1 歳魚雌の成熟の盛期であることが推察された。さらに表 4 には 5 月中旬から下旬の天然魚と放流魚の雌雄別 GSI の平均値を示したが，雌雄いずれも天然魚と放流魚との間の GSI の平均値の差に統計的な差はみられなかった (P ＞ 0.05)。また，この期間の GSI 値はいずれの年においても，雄に比べ雌の GSI の変動が大きい傾向があった。

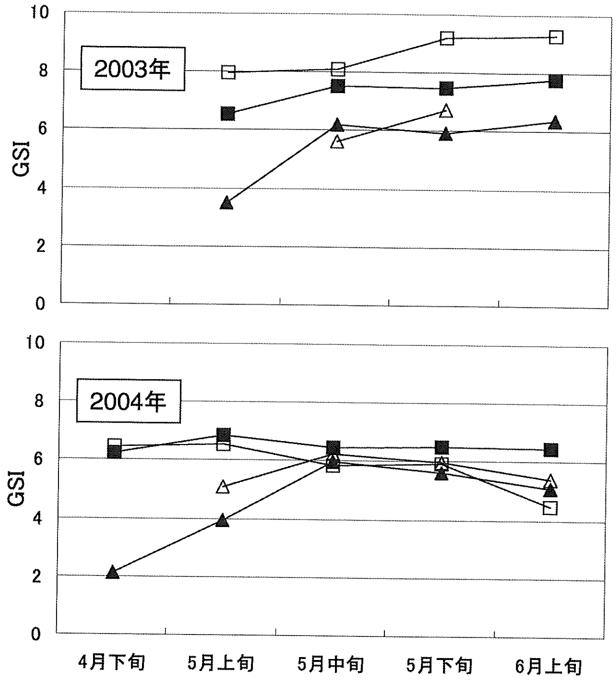

図 4. サワラ 1 歳魚の GSI 平均値の旬別変化
△—△：放流魚雌　□—□：放流魚雄
▲—▲：天然魚雌　■—■：天然魚雄
2004 年 4 月下旬の天然魚雌は 1 尾のみ
2004 年 6 月上旬の放流魚雄は 2 尾のみ

表 4. サワラ 1 歳魚の生殖腺熟度指数 (GSI) の比較

調査年	区分	♂	♀
2003 年	天然魚	7.5 ± 2.1	6.2 ± 3.2
	放流魚	8.1 ± 2.1	5.8 ± 3.5
2004 年	天然魚	6.5 ± 2.5	5.9 ± 2.8
	放流魚	5.7 ± 1.4	6.2 ± 2.7

両年とも，5 月 11 日～ 5 月 31 日までの平均値 ± 標準偏差

表 5. サワラ 1 歳雌の成熟度指数 (GI) 4 以上の出現率（%）

	天然魚	放流魚
2003 年	65.3	63.2
2004 年	53.6	74.6 **

x^2 検定　＊＊：天然魚に対して有意差あり (P ＜ 0.01)

表 5 には 5 月中にサンプルした個体のうち成熟過程に入ったと考えられる成熟度指数 (GI) 4 以上の雌個体の割合を示した。GI が 4 以上の出現率は，すべての区で 50 %以上を示し，この中には卵巣卵が吸水して透明卵となり，最終成熟過程に移行したと思われる個体もあった。天然魚と放流魚の雌の成熟個体の出現率は，2003 年には両群で差は認められなかったが，2004 年に天然魚 53.6%，放流魚で 74.6%と有意な差が認められた (P ＜ 0.05)。

考　　察

性比　一般に資源管理を実施するにあたり，対象とする魚類の天然および放流種苗の性比を把握することは資源添加を行う上で大切である[6]。瀬戸内海東部海域の天然サワラの性比については，ほぼ1：1[7]であることや2歳魚以上では年齢が増すごとに雌の割合が増加する傾向がある[8]ことが報告されている。また，近年の事例では，竹森・山田[5]の2000，2001年の調査でも3歳および4歳魚ではほとんどの個体が雌であったと報告されている。加齢とともに性比に変化が起こる現象は，サバ科魚類ではキハダ[9]やメバチ[10]などで知られているが，これらはサワラと反対に雄の割合が増加し，その原因として雌の再生産の負担が影響していると考えられている。一方，カツオ[11]ではその性比は一生変化しないといわれているが，サワラ科のヨコシマサワラ[12]では全年齢での性比は漁獲場所や漁法によって差がある場合や差がない場合があり，サバ科の魚類の中でも魚種によってまた同一魚種の中でも齢や漁獲場所によって性比に違いがあると推察される。

今回の調査では，水揚げ盛期の5月総計の性比は2003年の天然魚以外は過去に行われた調査同様に1：1であった。2003年の天然魚の5月総計の性比が1：1を示さなかった理由については，2003年は水温の上昇が2004年に比べ遅く，雌の調査海域への移動が5月中旬頃と遅かったことが影響したものと思われた。しかし，2003年の天然魚についても，調査海域への雌の移動が完了したと思われる5月中旬以降の総計の性比は1：1を示したことから，瀬戸内海東部海域におけるサワラ天然1歳魚の性比は1：1であると思われた。また，今回の調査でサワラ放流1歳魚での性比が始めて明らかとなり，その性比は天然魚同様に1：1であった。サワラ放流時の性比については未調査であるが，放流直後から1歳魚までの間の雌雄の死亡率に差がないとすれば今回の調査から1歳魚までの性比は1：1であると推察される。

一方，水揚げ時期による性比の違いをみると，いずれの年においても天然魚，放流魚とも漁期初めに水揚げされたほとんどの個体が雄であり，その後，雌が増加する傾向を示した。瀬戸内海を産卵場として外海から産卵回帰する魚類のうち産卵期に性比が偏るものにトラフグ[6]が知られている。トラフグの場合，産卵場水域で産卵行動中の魚群を漁獲すると雌の出現率は0.6～10%内外であり，その性比が産卵期間中を通して雄側に大きく偏っている。藤田[13]はその理由として，産卵が1産卵期1回限りであるトラフグ雌は産卵後逃散するのに対し，雄は長く止まるため，産卵群に雄が多くなるという。しかし，今回の調査結果から，産卵期のサワラ1歳魚では，性比の偏りが起きるのは漁期の初めだけであり，水揚げ盛期である5月には1：1を示していた。また，今回雄に性比が大きく偏ったのは2003年が5月上旬，2004年は4月下旬と年により違いがあった。このような年によって違いが起こった原因として，2004年に比較して2003年の水温の上昇が10日前後遅れていたことが影響したものと推察され，サワラ1歳魚の産卵海域への移動回遊が，2歳魚[14]以上の個体同様に水温による影響を受けることが明らかになった。また，サワラ1歳魚の産卵海域への移動時期に雌雄でずれがあり，雄が先に産卵海域である播磨灘に移動するが，多回産卵する本種の場合は，雌が産卵海域に移動後も産卵期中は他海域に移動しないことから産卵期全体を通じた性比の偏りはないことが示唆された。このように春期のサワラの性比は水揚げ時期によって違いがあることから，今後サワラの性比調査を行うにあたっては調査時期に注意する必要がある。また，今回の調査では検討しなかったがサワラの性比は漁獲方法や場所，調査年数などによって変わる可能性もあるのでこれらの項目についても十分注意する必要がある。いずれにしても，天然魚と放流魚の性比を比較した結果，漁獲時期毎の両者の性比には違いがなく（表2，3），放流魚は天然魚同様に水温変化の影響を受けながら雌雄とも移動回遊していることが明らかになった。また，その性比については，1歳魚までは天然魚と同じ1：1であることから，サワラについては原田・金岩[15]の指摘するような種苗生産による人工飼育下の性比に対する影響は無いものと思われた。

なお，今回の調査では，2歳魚以上の性比については，未調査であるが，岡崎・渡辺[8]は瀬戸内海東部系群のサワラ2～4歳魚の性比が偏る原因に雌雄の寿命の違いを指摘している。現在，瀬戸内海におけるサワラ流し網漁は資源回復計画によって網目規制等漁獲の制限が行われている[16]が，漁獲の対象は資源の多かった時期の3～4歳から，現在は魚体の大型化に伴い1～2歳魚を中心に低年齢化[17]している。今回の調査から，産卵海域におけるサワラ流し刺し網の漁獲物は，漁期の最初は雄の比率が高く，漁期を通しての1歳魚のサンプルに占める雄の比率が高かった。このように雄は雌に比べ長い間産卵海域に滞留し漁獲対象となっており，春漁では雄が雌より漁獲圧を長い間受けていると推察される。サワラの寿命は6～8歳[18]といわれており，仮に2～4歳魚の間に雄がほとんど獲れなくなるような性比の変化が起こっているならば，春期の雌雄の行動特性の違いによる雄の間引きも性比の偏りをもたらす要因の一つと思われるが，このことを検証する資料はいまのところない。今後も放流魚を含めたサワラの産卵生態あるいは行動特性等について検討する必要がある。

成熟度　今回，天然魚と放流魚との成熟度を，一般的に用いられている生殖腺熟度指数(GSI)を用いて比較した。その結果，雌雄いずれについても両者のGSIの平均値には統計的な差は認められなかったことから，天然魚も放流魚も同じ程度成熟していたものと思われた。今

回の調査では雄については，詳しく成熟状況について検討を行わなかったが，雄の成熟最小個体は，尾叉長 45 cm[19)]，47 cm[20)] あるは約 50 cm[8)] といわれている。今回2ヵ年で調査した雄581尾のうち，尾叉長 47 cm 未満の個体は5尾，同 50 cm 未満の個体は52尾のみであった。また，調査した個体のほとんどの精巣は乳白色で全体に弾力があるがやや硬く成熟が始まっていたと思われたこと，GSI 値のバラツキも少なく調査期間で一定であったことなどから，現在の瀬戸内海東部海域におけるサワラ1歳魚の雄は100％に近い個体が成熟状態に近く，再生産に関与できるものと思われる。

一方，雌については成熟過程に入ったと仮定できる成熟度指数 (GI) 4 以上の個体の出現状況について過去の知見と比較するため5月中に水揚げされた天然魚と放流魚で比較を行った。その結果，2003年は差が見られなかったが，2004年は，放流魚の方が有意に高く，いずれも50％以上を示し，篠原[4)]や竹森・山田[5)]が行った事例よりも高い値を示した。現在，サワラ資源状態は1998年を底としてやや上向き状況[21)]となってきているが，今回の結果から，2000年頃よりもさらにサワラの早熟化が進んでいるものと推察された。また，サワラ1歳魚の成熟状況を比較した場合，天然魚と放流魚との間にはほとんど差がないことから，放流魚は少なくとも1歳魚までは，天然魚と変わりなく成長，成熟し，一部の個体は再生産に貢献しているものと思われる。今後，再生産に完全加入する2歳魚以上の天然魚と放流魚の比較を行うとともに，放流魚の成熟・産卵様式を把握するため，卵径組成や卵巣の組織学的検討を行い，引き続き放流魚の成熟状況をモニタリングする必要がある。

謝　　辞

本稿を御校閲頂くとともに有益なご助言を頂いた独立行政法人水産総合研究センター屋島栽培漁業センター岩本明雄場長に深謝する。また，サワラの入手にご協力いただいた，兵庫県五色町漁業協同組合の菱池正樹氏および岡山県日生町漁業協同組合の天倉辰已氏をはじめとする関係各位にお礼申し上げる。

文　　献

1) 竹森弘征・坂本　久・植田　豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流効果—Ⅰ. 移動回遊について. 栽培技研, **32 (1)**, 25-34.

2) 竹森弘征・坂本　久・植田　豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ0歳魚の成長. 栽培技研, **32 (1)**, 35-41.

3) 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.

4) 篠原基之 (1993) 瀬戸内海東部海域における回遊性魚類の資源生態調査—サワラの資源生態調査—. 6熟度指数の季節変化と年変化, 成熟率及びよう卵数. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **61**, 124-141.

5) 竹森弘征・山田達夫 (2003) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの資源水準と成長の関係. 香水試研報, **4**, 1-9.

6) 鈴木信洋・岡田一宏・神谷直明 (1996) トラフグ生殖腺の性分化過程と性比. 南西水研報, **29**, 39-48.

7) 上田幸男・長江修身 (1990) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの資源生態調査. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **55**, 109-142.

8) 岡崎孝博・渡辺健一 (1996) 瀬戸内海東部域におけるサワラの成熟および産卵. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **67**. 206-221.

9) SCHAEFER, K.M. (1998) Rcheproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) in the eastern pacific ocean. *Bull. IATTC*. **21 (5)**, 205-272.

10) MIYABE, N. (2003) Recent sex ratio of the bigeye tuna caught by the Japanese longline fishery in the Atlantic. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, **55 (2)**, 2028-2039.

11) SCHAEFER, K.M. (2001) Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. *Fish.Bull.* **99**, 343-350.

12) CLAEREBOUDT, M.R., MCLLWAIN, J.L., AL-OUFI, A.A., AMBU-ALI (2005) Patterns of reproduction and spawning of the kingfish (*Scomberomorus commerson*) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. *Fish. Res.* **73**, 273-282.

13) 藤田矢朗 (1996) トラフグの生物学. さいばい, **79**, 15-18.

14) 岸田　達 (1989) 漁場の移動からみた瀬戸内海中西部域におけるサワラの分布と回遊. 南西水研報, **22**, 13-27.

15) 原田泰志・金岩　稔 (2003) 放流と漁獲. 「水産動物の性と行動生態」(中園明信編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.125-137.

16) 小林一彦 (2003) サワラ瀬戸内海系群資源回復について, 日水誌, **69 (1)**, 109-114.

17) 河野悌昌・花村幸生・西山雄峰・福田雅明 (1997) 瀬戸内海西部におけるサワラ資源の年齢組成の変化, 南西水研報, **30**, 1-8.

18) 岸田　達・上田和夫・高尾亀次 (1985) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの年令と成長. 日水誌, **51 (4)**, 529-537.

19) 濱崎清一 (1993) 東シナ海・黄海に分布するサワラの年齢と成長. 西水研研報, **71**, 101-110.

20) 上田幸男・渡辺健一 (1992) 瀬戸内海東部海域における回遊性魚類の資源生態調査. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **59**, 116-138.

21) 永井達樹 (2003) サワラの資源状況と資源回復計画. 日水誌, **69 (1)**, 99-103.