

カタクチイワシ資源の評価・管理の問題点

カタクチイワシ資源の特徴

カタクチイワシは、環境変動により資源量が大きく変動することが知られており、寿命が約 3 年と短いため自然死亡係数は大きい。資源の高水準期は 1、0 歳魚、低水準期は 0 歳魚が尾数ベースで漁獲の主体を占め、シラスも重要な漁獲対象となっている。また、多くの魚食性魚類の餌料としても重要である。太平洋系群では、九州から北海道に至る太平洋の沿岸から沖合東経 170 度付近までの黒潮域、黒潮続流域、黒潮親潮移行域、親潮域に広く分布するのに対して、漁場はシラスを含む船びき網や定置網では内湾や浅海域に限られ、まき網でも距岸 30 マイル以内の狭い海域に限られる（図 1）。シラスは食用としての利用価値が高いが、未成魚・成魚は食用としての利用が限られ、主に餌料として利用される。そのため、未成魚・成魚は、資源水準の低い時代でも魚群の滞留時間が長い内湾（伊勢・三河湾や瀬戸内海）や魚群の通り道が狭い海域（房総沖や対馬海峡）では漁獲対象となるが、大・中まき網が操業する開放的な海域ではサバ類やマイワシより価格が低いため漁獲対象とはならない。このようなカタクチイワシの資源や利用の特徴を考慮すると、資源の評価や管理の問題点は下記のとおり整理される。

資源の評価・予測における問題点

1. VPA 解析

(1) 自然死亡係数 M の変動

資源評価の基となる VPA 解析では、自然死亡係数 M を一定と仮定して漁獲係数 F や資源量 B を計算するため、 M が大きく変動すると F や B の推定誤差は大きくなる。寿命の長い種では M が安定しているが、カタクチイワシは寿命が短いため、 M は大きく安定しているとは考えにくい。カタクチイワシはサバ類に捕食され（中東ほか、2010）、サバ類の資源がカタクチイワシの自然死亡係数の変動を通して資源の変動に大きく影響することが明らかにされている（田中、印刷中）。

自然死亡係数 M が大きく変動する場合、 M を一定と仮定した VPA 解析では、 M の変動が漁獲係数 F や漁獲割合 E に現れ、 F や E の変動は変動要因との間に関係がみられると考えられる。VPA 解析によるカタクチイワシの E とマサバの資源量との関係を調べたところ、翌年のマサバ資源量が大きいと E も大きい傾向がみられた（図 2）。この関係を数理モデルで表してマサバによるカタクチイワシの捕食量を推定し、マサバの捕食を考慮した VPA 解析により漁獲割合 E と資源量 B を推定した。

資源評価（2020）によると、過去 5 年（2015～2019 年）平均の漁獲量は 5.5 万トン、資源量は 14.3 万トン、漁獲割合は 0.38 と大きく、漁獲圧が近年の資源減少の原因とみなされている。分布域が広いのに対して漁場が狭い海域に限られることから、資源の約 4 割が漁獲されているとは考えにくい。

一方、マサバの捕食を考慮した VPA 解析において、マサバの捕食を除いた自然死

亡係数 M を資源評価で用いられている値 ($M_0=M_1=1.0$, $M_2=1.6$, $M_3=1.9$) として計算すると、推定値の過去 5 年平均は捕食量が 22.3 万トン、資源量が 59.4 万トン、漁獲割合が 0.09 であった（与えた M は要検討）。後者の推定によるマサバによる捕食量は漁獲量の約 4 倍と大きく、前者の推定に比べて資源量は約 4 倍、漁獲割合は約 1/4 であり、マサバの捕食を考慮しない VPA 解析は、資源量を大きく過小評価し、その結果、漁獲割合も大きく過大評価している可能性がある。また、資源量は 2010 年代に急激に減少しているが、漁獲割合の増加は小さく、マサバによる捕食割合（捕食量/資源量）が大きく増加している。資源量の減少の原因は漁獲圧の増加ではなく、マサバ捕食圧の増加によるものと考えられる（図 3 a, b）。

2021 年 5 月に渥美外海沖合で採集されたマサバの胃から体重の 1~5% のカタクチイワシがみられた。近年の資源量が約 500 万トンのマサバが 1 日体重の 1% のカタクチイワシを食べると、1 日で 5 万トン、10 日で 50 万トン、100 日で 500 万トン食べる計算になる。養殖では年間に体重の 11.5~15.1 倍の餌料を必要とするので、500 万トンのマサバでは単純に 5,800~7,600 万トンの餌料を必要とする。カタクチイワシが年間数 100 万トン食べられてもおかしくない。資源評価における資源量推定値（14.3 万トン）は明らかに過小であり、漁獲割合が過大評価される原因になっている。

なお、マサバの捕食圧に関する解析の結果は、2021 年 9 月 6 日に開催された資源評価会議に資料を提出し、概要を報告した。

(2) ターミナル F の設定

VPA 解析では、最高齢の漁獲係数 F_n （ターミナル F）をそれより 1 歳若い年齢の漁獲係数 F_{n-1} に等しいと仮定することが多い。この仮定は寿命の長い種では資源量の推定で問題にならないが、カタクチイワシのように寿命の短い種では大きな誤差を生む可能性がある。

1~3 歳の成魚を漁獲対象とする北部まき網のカタクチイワシに対する努力量は、マサバやマイワシの増加に伴い 2000 年代中頃から減少し、2012 年以降では 0~40 網の極めて低い水準に低下している。一方、VPA 解析による 1~3 歳の漁獲係数は 2010 年代に大きくなっており、努力量の減少と矛盾する（図 4 a）。

カタクチイワシは寿命が 3 歳であることから、3 歳の産卵後には死亡し、3 歳時の生存期間は 2 歳時より短く、3 歳の漁獲係数 F_3 は 2 歳の漁獲係数 F_2 より小さいと考えられる。VPA 解析では、 $F_3=F_2$ と仮定するため F_3 は過大であり、その結果、 F_3 と 3 歳の漁獲量から推定される 3 歳の資源量は過小評価され、 F_2 および F_3 は過大評価されることになる。近年の北部まき網努力量の減少により F_3 は低下しているはずで、VPA 解析による漁獲係数が北部まき網努力量の減少に反して 2010 年代に大きくなるのは $F_3=F_2$ とする仮定に起因し、VPA 解析では F_3 を適切に設定する必要があると考えられる。

F_3 の設定方法については検討を進めており、 F_3 に北部まき網の CPUE を基に値を設定することで、推定された F_2 が努力量の変動に対応したもっともらしい変動をすることが確認できた（図 4 b）。 F_3 の設定方法は資源量の推定にも影響し、資源量は先

のマサバの捕食を考慮した VPA 解析による推定値より大きい可能性があるので(図 3 の捕食量の推定値が捕食の実態に比べ少ない)、今後さらに検討していく必要がある。

2. 再生産関係の選定

再生産関係は MSY を与える漁獲係数 F_{MSY} や親魚量 S_{MSY} の算定および加入量 R の予測に影響する。そして、再生産関係に内在する密度効果は資源の安定性にかかわる。理論上、再生産成功率 RPS が親魚量 S の減少関数なら密度依存的な自己調節機構により、一般的には一定の条件下で資源は安定すると考えられる。Ricker 型、B.H.型、H-S 型（ホッケースティック型）の再生産関係では、 S の小さいところでは RPS が一定となるため、資源は枯渇する危険性がある。

当系群の資源評価（2019）による再生産成功率 RPS と親魚量 S の関係に、Ricker 型、B.H.型、Shepherd 型の再生産関係式とべき関数を当てはめたところ、負の傾きを持つべき関数が最も当てはまりがよく（AIC が最小）、 S の小さいところで RPS が一定となる傾向は見られなかった（図 5、水産海洋研究シンポジウム報告（2019）を改変）。

資源評価（2020）では B.H.型の再生産関係式を採用しているが、B.H.型が適切であるかは問題がある。再生産関係式は F_{MSY} や S_{MSY} の算定および R 等の予測に大きな誤差を生じる可能性があるので、再検討を要する。そもそも、「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」で、再生産関係式が Ricker 型、B.H.型、H-S 型の 3 つの式にほぼ限定されていることにも問題がある。これまでの研究機関会議等で要望してきたとおり、より適切な関係式を選択できるよう他の関数も選択肢に含めるべきである。

3. 環境変動の影響

環境変動は、マサバの捕食のような自然死亡係数への影響、漁場への魚群の来遊率や分布集中度を通じた漁獲係数への影響、加入量を大きく左右する再生産成功率への影響が考えられる。先の当系群の再生産成功率 RPS と親魚量 S の関係にべき関数を当てはめた結果では、回帰式の決定係数は 0.407 であり、 RPS の回帰式に対するばらつきが大きく、環境変動が再生産成功率 RPS に与える影響は大きいと考えられる。影響する環境要因が特定できなければ加入量 R を精度よく予測することはできない。また、 RPS の回帰推定値からの残差と環境要因の関係が明らかにならなければ、選定した再生産関係式が妥当かわからない。 RPS に影響する環境要因は特定されていない現状では、厳密な資源の評価や精度の高い予測をすることは難しい。

4. カタクチイワシ資源の現状と特徴

カタクチイワシシラスの漁獲量は長期的に安定しており、0 歳魚の漁獲量も伊勢・三河湾を漁場とする愛知、三重や瀬戸内海水道部に漁場のある愛媛、大分などを中心に比較的安定している。一方、やや沖合で操業する大中まき網の漁獲対象である 1～3 歳の漁獲量（北海道から千葉で水揚げ）は 2010 年頃から大きく減少している（図 6, 7）。

シラスの漁場への来遊率が大きく変動しなければ、シラス漁獲量はシラス期の資源量を反映し、シラス漁獲量を産卵量で割った値はシラス期での再生産成功率 RPS_{Shiras} とみなすことができる。シラスの漁獲量は産卵量によらず安定している（図 8 a）。 RPS_{Shiras} と産卵量との間には強い密度依存的な関係がみられ、産卵量が 1 桁減少すると RPS_{Shiras} は 1 桁増加する（図 8 b）。この強い密度依存的な関係は成魚による共食いが相当みられること（近藤, 1971）によるかもしれない。産卵量の少ないところで RPS_{Shiras} が一定になる傾向はまったく見られず、データの範囲では資源が枯渇する心配はない（資源水準は枯渇を心配するほど低くはない）と考えられる。

伊勢・三河湾や瀬戸内海はサバ類の漁獲量が少なく、1 歳以上のサバ類はほとんど来遊しない。カタクチイワシ 0 歳魚の漁獲が多い海域は、サバ類の来遊量が少ない内湾域かそれに隣接する海域であり、サバ類の捕食を免れている。一方、近年沖合にはマサバが大量に分布し、カタクチイワシのシラスや未成魚を大量に捕食するため、冬になって春の産卵のために回帰してくる成魚が少ないと考えられる（図 9）。

カタクチイワシには強い密度効果が存在し、親魚量が少なくてもシラス期には安定した加入がある。0 歳の加入が少ないのはマサバの捕食によるもので、カタクチイワシ資源はマサバ資源とバランスしているとみられる。

沿岸の船びき網や定置網の努力量は増加していない。また、近年、大中まき網もカタクチイワシに対する努力量も大きく減少しており、カタクチイワシ資源全体の漁獲圧が高まっているとは考えられない。2010 年頃からのカタクチイワシ資源の減少は、漁獲圧の増加によるものではなく、漁獲圧を抑えても資源回復は期待できない。逆に、カタクチイワシ資源は 1980 年代のようにマサバ資源が減少すればすみやかに回復すると考えられる。

資源の管理における問題点

1. カタクチイワシにおける資源の管理

マサバの捕食圧を考慮した VPA 解析の結果からは、漁獲圧は過剰ではなく、近年の資源の減少はマサバの捕食圧によると考えられるが、ここでは管理が必要として管理の問題点を考えていく。

カタクチイワシのように寿命の短い種は自然死亡係数が大きいので、乱獲になりやすく、漁獲開始年齢の若い方に MSY のあることが理論的に示されている（田中, 1985）。厳密な検討を要するが、寿命が 3 歳なのでシラスや 0 歳を主体として漁獲している漁業の実態が不適切とは考えにくい。

管理の方法としては、漁期・漁場制限や休漁等のインプットコントロールと TAC のような漁獲量制限によるアウトプットコントロールがあるが、後者の制限では漁獲の主体である 0 歳魚の加入量を精度よく予測する必要がある。しかし、再生産成功率に大きく影響する環境要因は特定されていない。また、再生産関係自体が必ずしも明らかではない。そのため、加入量の推定値は誤差が大きく、その予測値に基づいた数量で制限するのは無理がある。たとえ再生産成功率に影響する環境要因が特定できたとしても、1 年前に TAC を決めるためには 1 年後の環境要因を予測しなければならず、

予測はきわめて難しい。0 歳魚を主な対象とする資源では、数量制限によるアウトプットコントロールは適さず、インプットコントロールが妥当と考えられる。

2. 伊勢・三河湾における来遊資源の管理

(1) 漁業者の取組み

系群全体では、資源に対する漁獲圧は小さいと考えられるが、伊勢・三河湾や瀬戸内海などの浅い内湾域へ来遊する資源は、漁場での滞留時間長く、来遊資源に対する相対的な漁獲圧は大きくなるので、適切な漁獲により漁獲量を増大できる可能性がある。

体長 12cm 以上 2～3 歳の成魚大型群は春先に渥美外海には来遊するが、伊勢・三河湾にはほとんど来遊しない。体長 12cm 未満 1 歳の成魚小型群は 5 月頃から一部が伊勢・三河湾にも来遊し、6～8 月に湾内で盛んに産卵し、発生したシラスは夏以降しらす船びき網で漁獲される。また、春に渥美外海沿岸へ来遊したシラスは、一部が湾内にも来遊し、成長して未成魚としてぱっち網で漁獲される。春に湾内へ来遊した成魚やシラスおよび未成魚を保護することは、加入乱獲と成長乱獲を防止することでシラスを対象とするしらす船びき網と未成魚を対象とするぱっち網の双方で資源管理の効果が期待できる（図 10）。

シラス期での再生産成功率に相当する伊勢湾の卵採集数に対する愛知の 7～12 月カタクチシラス漁獲量の比と卵採集数との関係には強い密度依存的な関係がみられ（図 11 a）、シラス漁獲量は卵採集数が 2,000 個以上では比較的安定している。その一方で、卵採集数が 2,000 個未満では卵採集数が少ないほど漁獲量も少ない傾向があることから（図 11 b）、湾内への成魚の来遊量が少ない場合には、成魚を保護することでシラス漁獲量を増大できると考えられる。

イカナゴが減少して禁漁となった 2016 年以降、愛知・三重の船びき網漁業者は、春に伊勢・三河湾で禁漁区（伊勢湾南部と三河湾全域）を設定する取組みを強化している。2016～2018 年では禁漁区の設定は 5 月中・下旬ないし 6 月上旬までであったが、2019 年はしらす船びき網が 5 月下旬、ぱっち網が 6 月中旬まで、2020～2021 年は両船びき網とも 6 月下旬まで実施した。その他、来遊資源の量にあわせて操業時間の短縮や一斉休漁を行っている。

漁業者の取組みが強化された 2019 年以降、湾内の産卵水準は高く、2019 年と 2020 年共にシラスの漁獲量も 6.5 千トン前後の高い水準にある（表 1-4）。この取組みにより、カタクチイワシに加えマイワシでも漁獲物の体長が大きくなり、ぱっち網の漁獲と価格の安定に寄与している。2017 年の 6 月は 10cm 以上の成魚 6～7cm の小型の未成魚が漁獲されているが、取組みが強化された 2020 年では成魚や小型の未成魚は 4～6 月に漁獲されていない（表 5,6）。また、漁期を遅らせることで漁獲圧は低下し、8 月中旬頃から湾外へ逸散する捕り残し資源の量も増加していると考えられる。

(2) 数量管理の問題点

伊勢・三河湾ではインプットコントロールにより漁獲圧を制限し、来遊した資源の

増大を図る効果的な資源管理を行っている。漁獲量を制限するアウトプットコントロールは、先取り競争を促進して漁獲圧を高めるだけでなく、漁業者の資源を増大させる取組みを妨げる誤った制限といわざるを得ない。このような取組みが行われている漁業に数量管理を適用すべきではない。

資源の評価・管理の問題点のまとめ

資源の評価については、現行の VPA 解析では、自然死亡係数 M の変動やターミナル F の設定に問題があるため、資源量は過小評価され、漁獲圧は過大評価されている可能性が高い。また、再生産関係式の選定にも問題があり、再生産成功率に与える環境の影響も明らかになっていない。現状では、 MSY を与える漁獲係数 F_{MSY} や親魚量 S_{MSY} の算定および加入量 R の予測を始め、目標管理基準等の各種基準値の設定は不可能と判断される。

資源評価を中心となつて行う水産資源研究所や JV 機関である各県水産試験場は、適切な資源評価のため鋭意努力しているが、海の中に棲む生物の資源を適切に評価・予測することはきわめて難しい。現行の資源評価・予測は重大な誤差を含むと考えられ、漁獲圧が過剰ではない可能性がある以上、現行の資源評価・予測に基づく漁獲規制は、過大で不必要な漁獲制限を漁業者に課す危険性が高く、実施するべきではない。

資源の管理については、数量管理はカタクチイワシのような寿命が短く 0 歳魚を主な漁獲対象とする資源では、加入量の予測が難しいため適さない。また、現場で行われているインプットコントロール管理の効果を損なう恐れがあることから、数量管理ではなく、インプットコントロールにより漁獲圧を調整する管理が適切といえる。

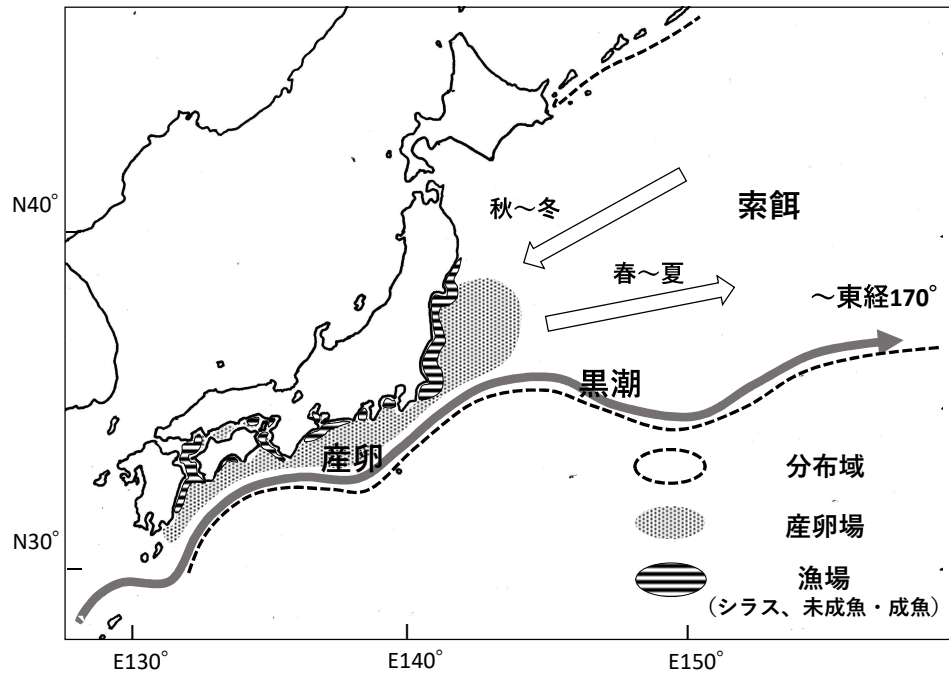


図1 カタクチイワシ太平洋系群の分布

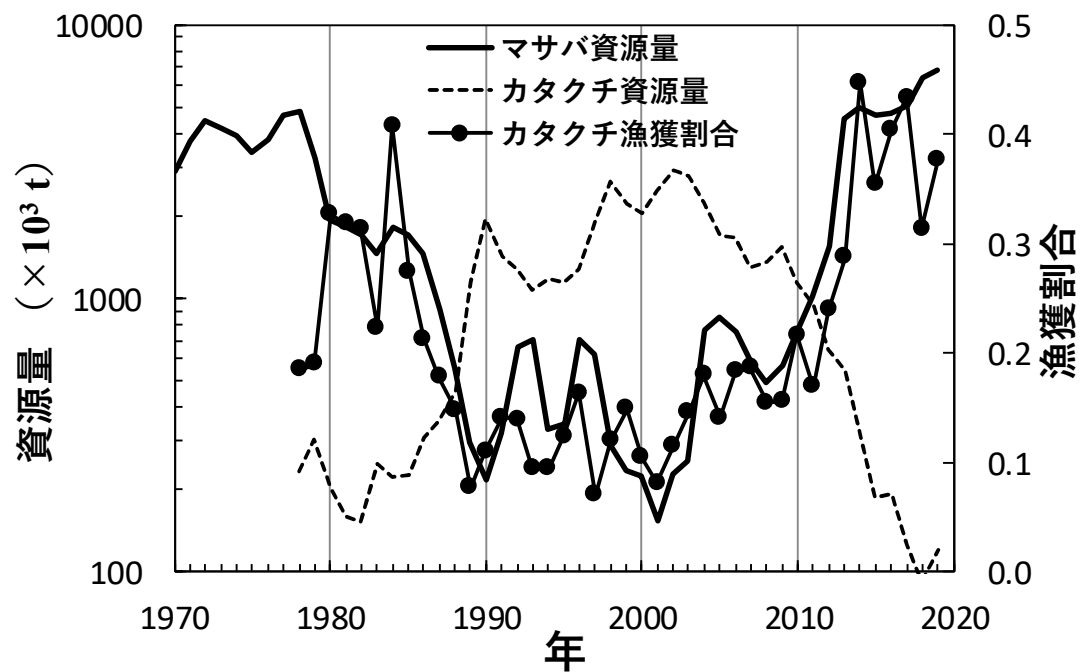


図2 カタクチイワシの資源量と漁獲割合(現行のMで計算)およびマサバの資源量の変動

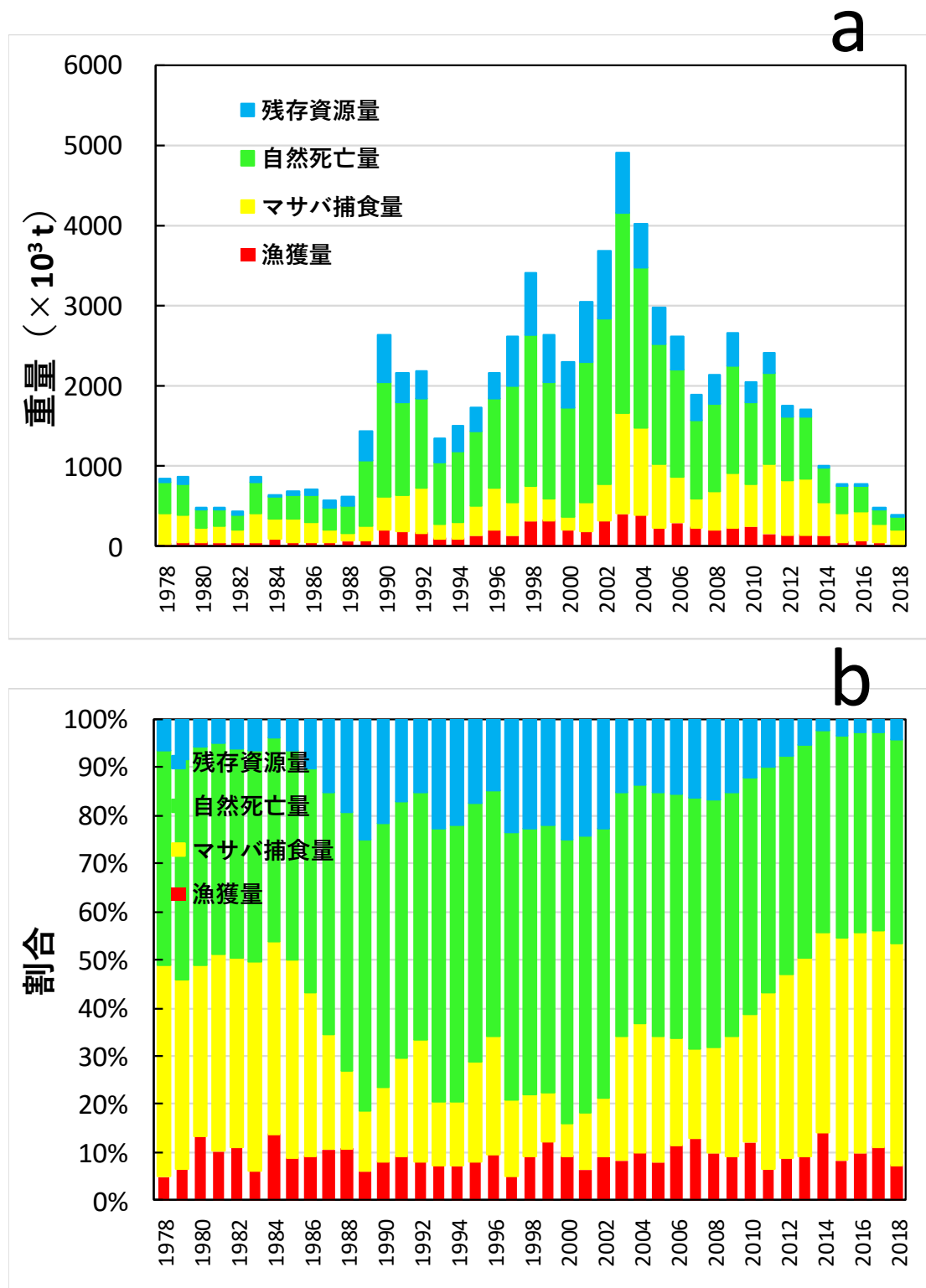


図3 マサバによる捕食を考慮した VPA 解析によるカタクチイワシの捕食量, 自然死亡量, 残存資源量と漁獲量の変動(a)およびそれらの資源量に対する割合の変動(b)

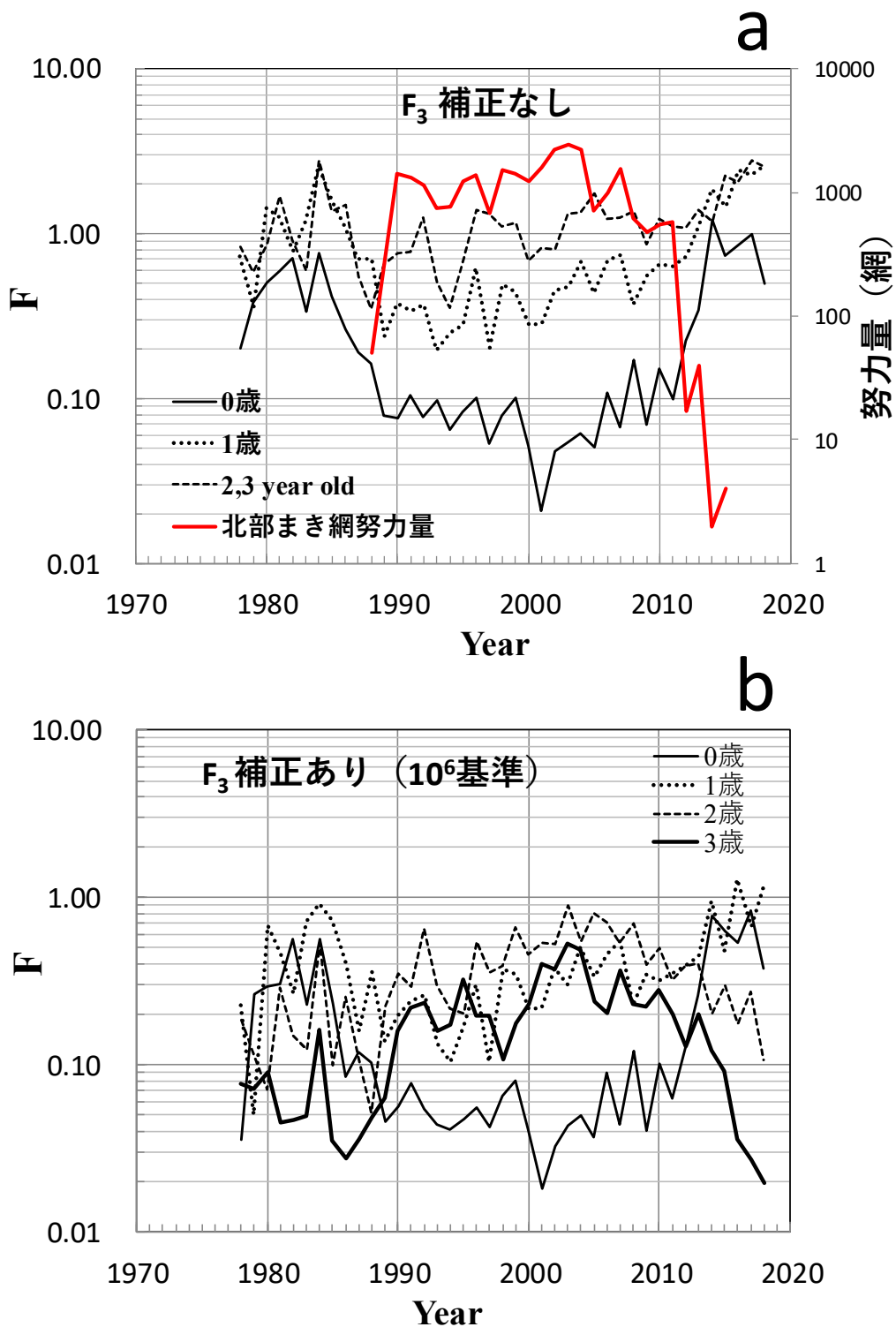


図4 $F_3=F_2$ と仮定したVPA解析による漁獲係数 F と北部まき網の努力量の変動(a)、および F_3 に北部まき網のCPUEを基に値を設定したVPA解析による漁獲係数 F の変動。VPA解析では、ともにマサバの捕食圧は考慮していない。bでは、2歳と3歳の漁獲係数が努力量のように近年低下している。

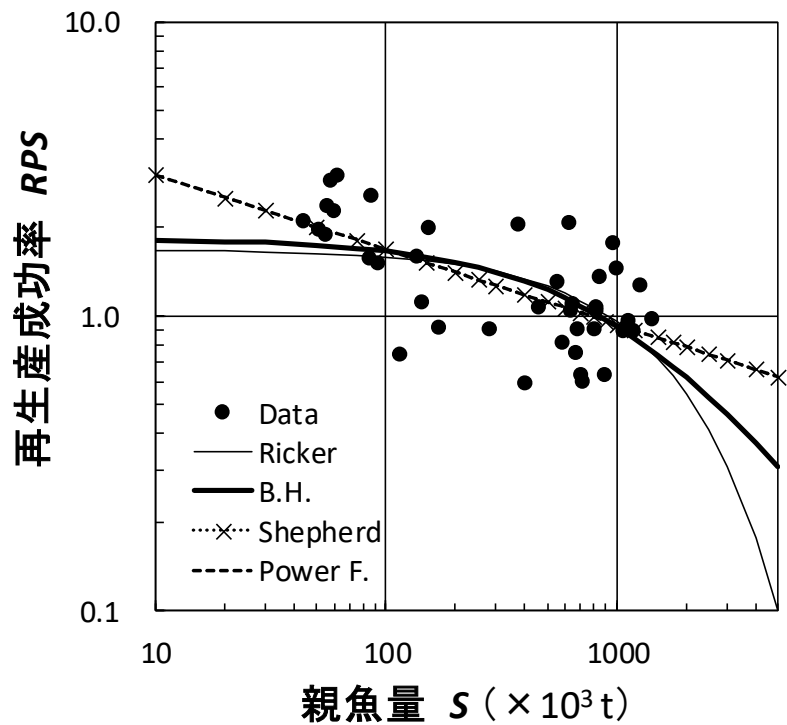


図 5 親魚量と再生産成功率の関係。決定係数は、Shepherd 型とべき関数が同等に大きい ($R^2=0.407$)、AIC はパラメータの 1 つ少ないべき関数の方が小さい。

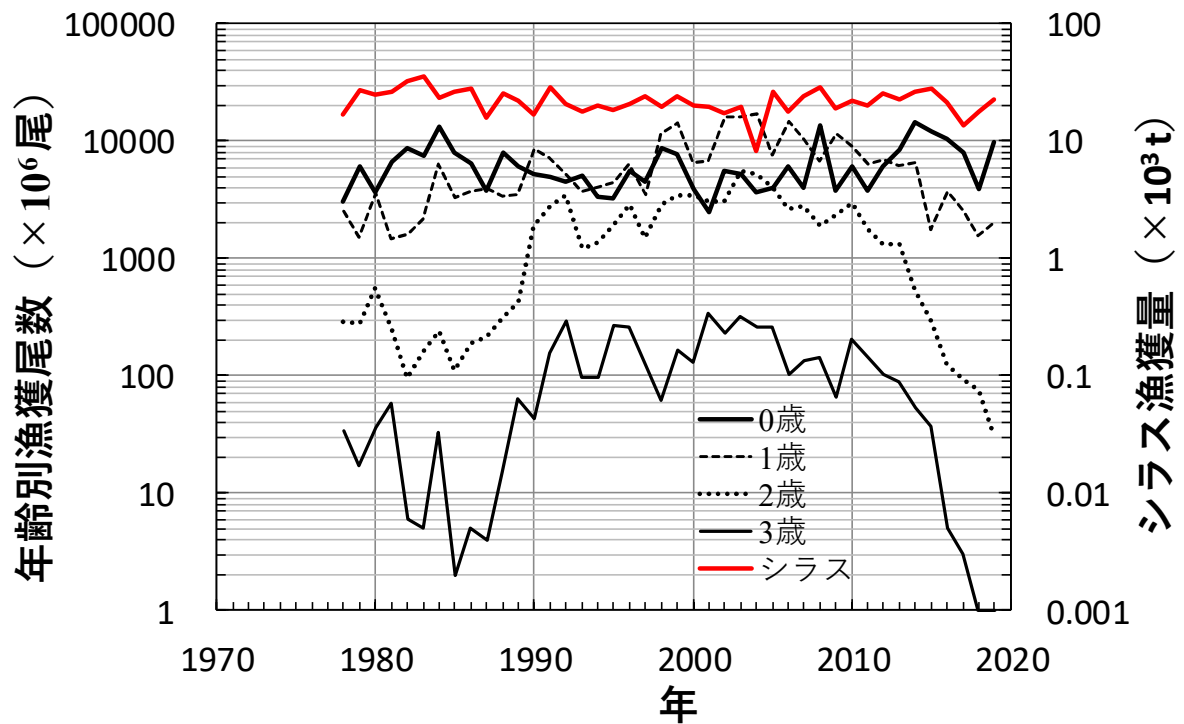


図 6 カタクチイワシ太平洋系群のシラス漁獲量と年齢別漁獲尾数の変動。0 歳魚の漁獲尾数はシラスを含まない。

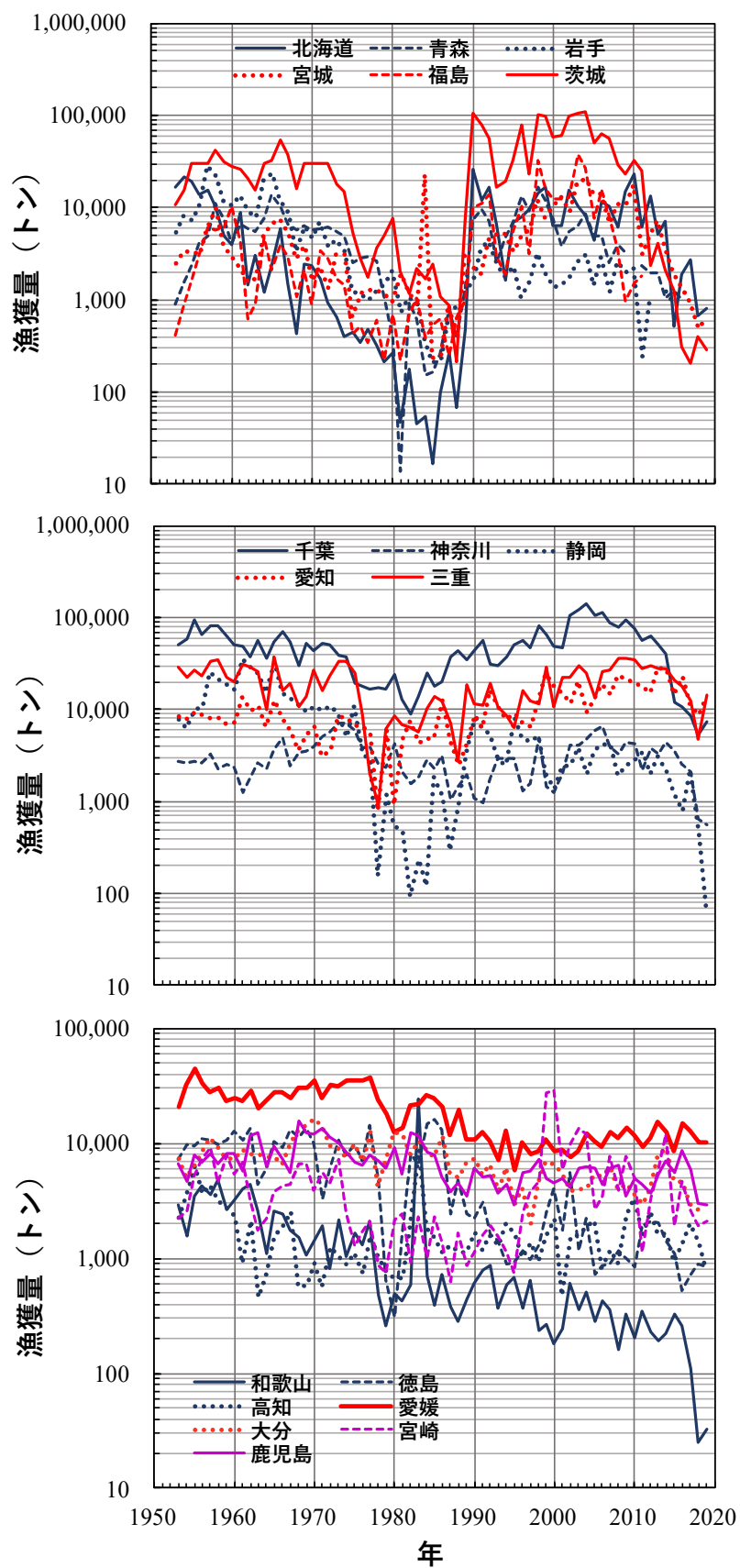


図7 太平洋岸のカタクチイワシ漁獲量の変動

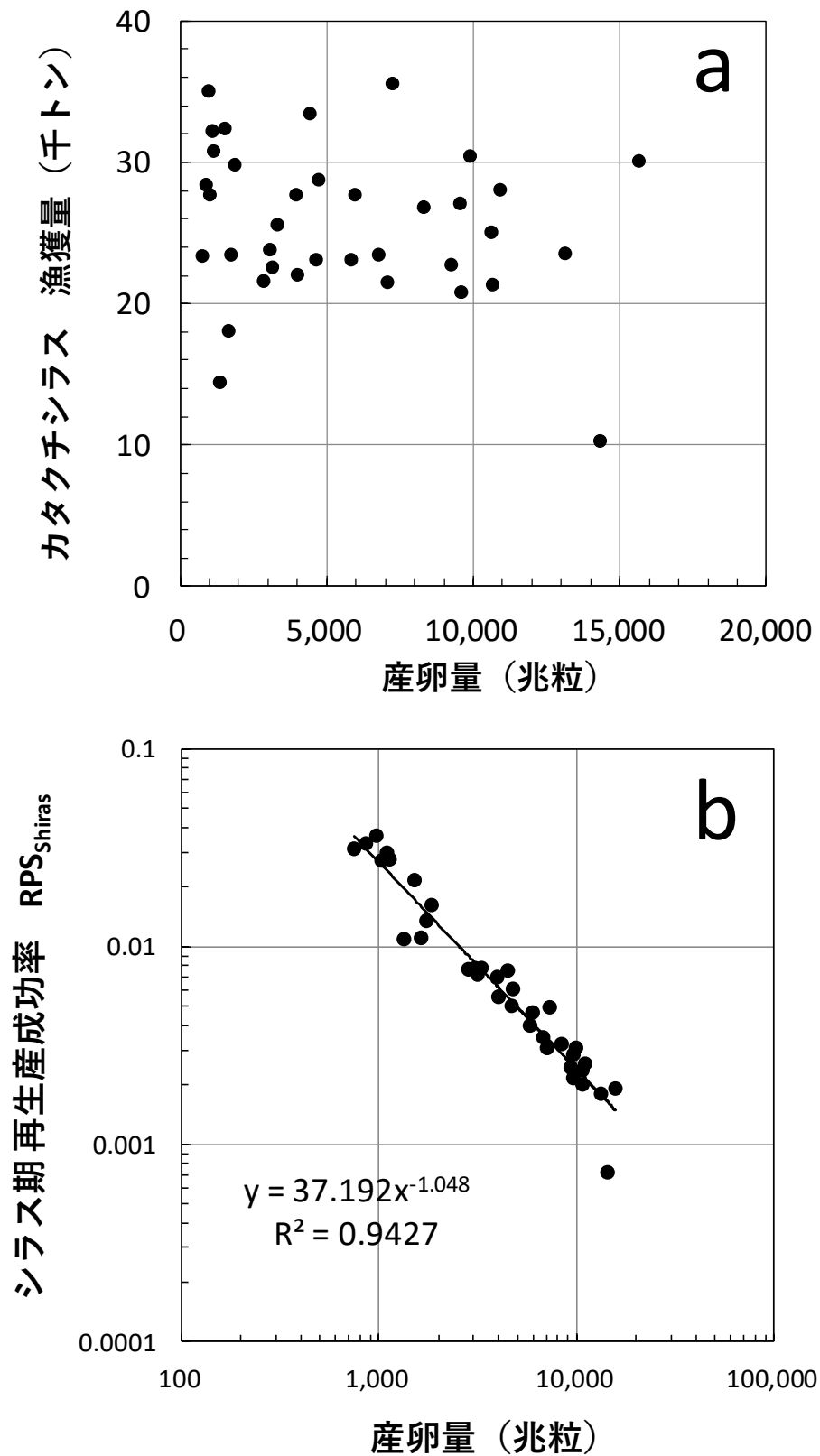


図 8 産卵量とシラス漁獲量の関係(a)および産卵量とシラス期での再生産成功率の関係(b)

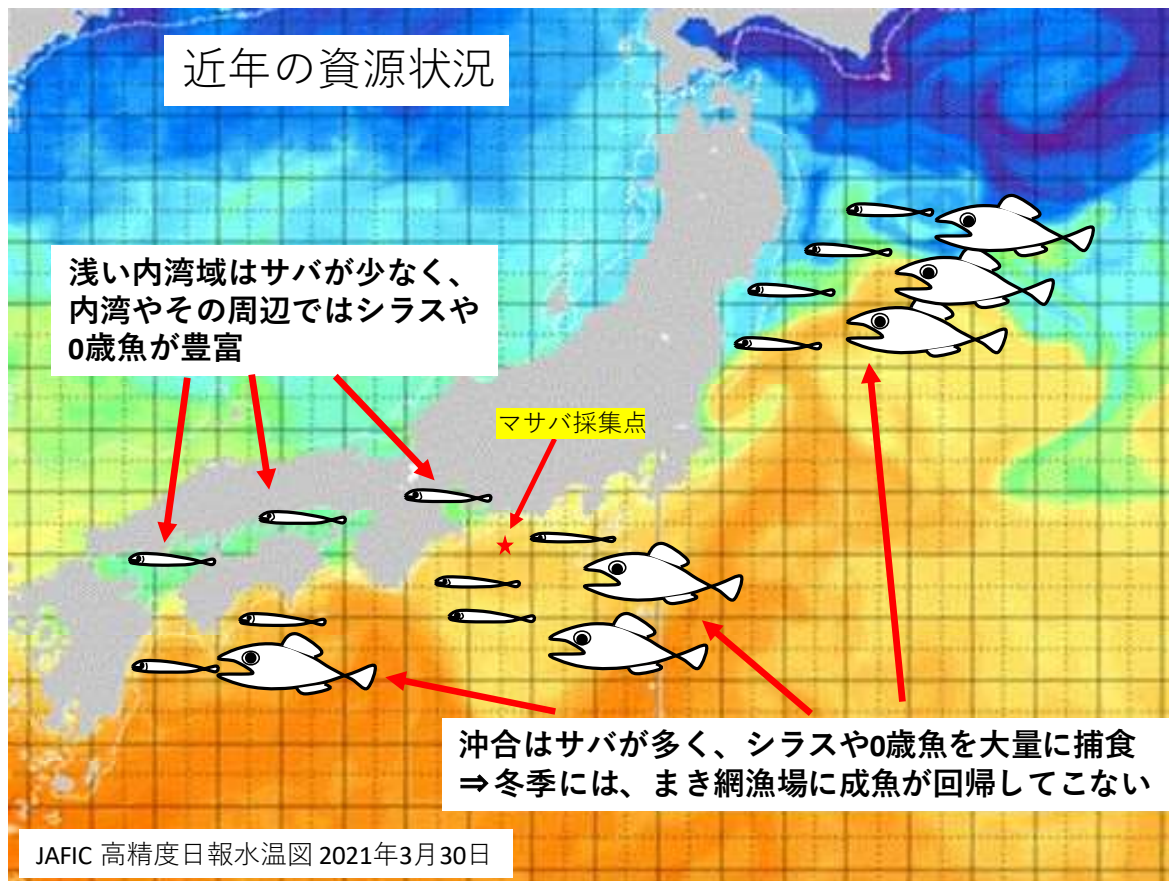


図 9 近年の太平洋岸のカタクチイワシ資源状況のイメージ

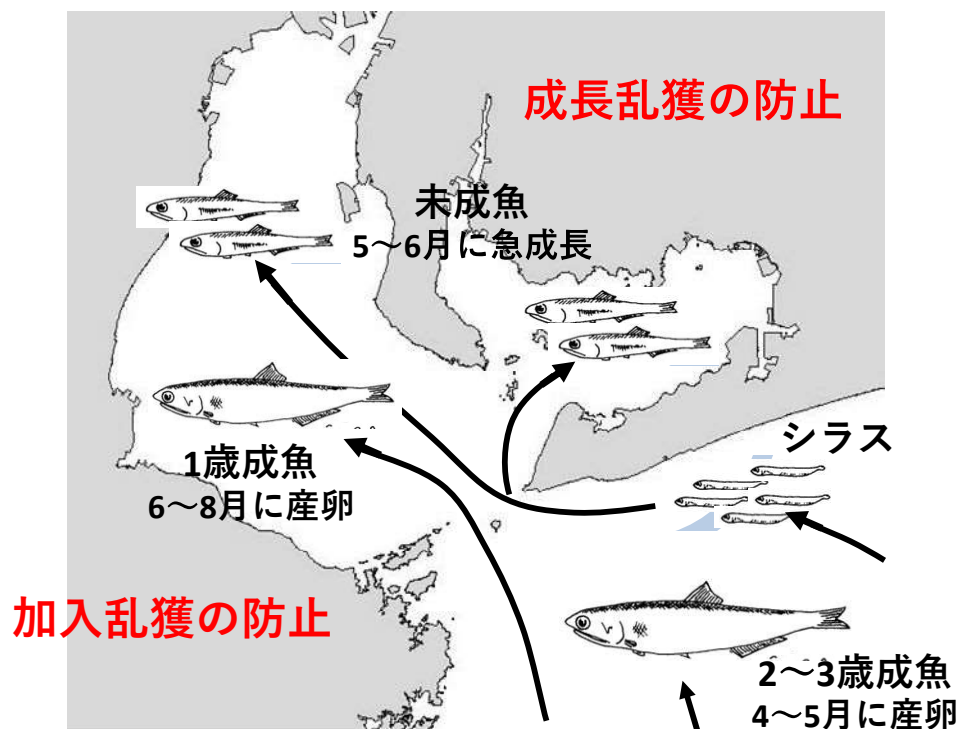


図 10 春の伊勢・三河湾におけるカタクチイワシの来遊と漁業者の取組み

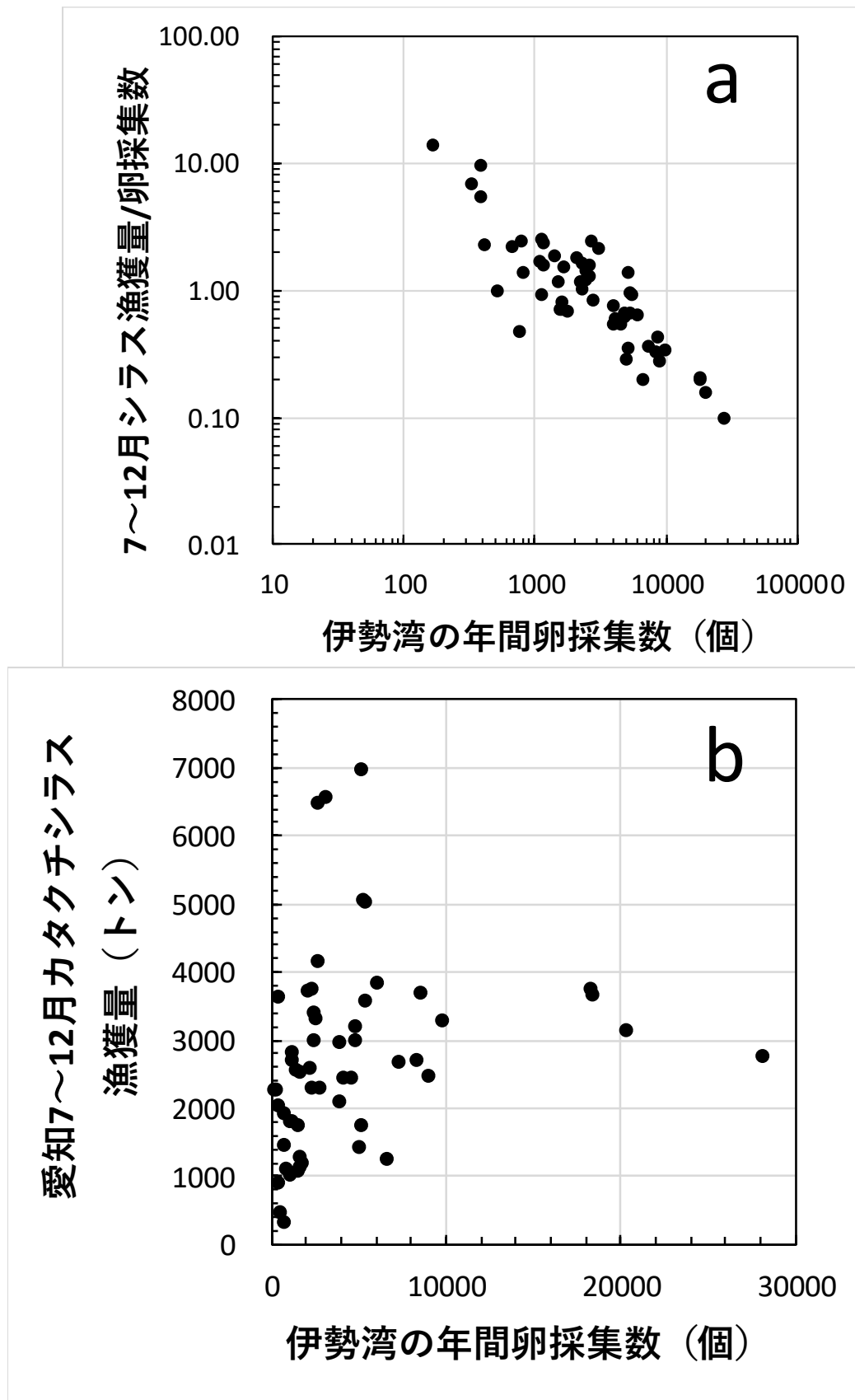


図 11 伊勢湾の年間卵採集数と卵採集数に対する愛知 7～12 月シラス漁獲量の比の関係(a) および伊勢湾の年間卵採集数と愛知 7～12 月シラス漁獲量の関係(b)

表 1 伊勢湾のカタクチイワシ卵採集数（15点合計）

（単位：個）

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
2016	－	－	－	0	1,329	1,236	748	1,508	132	248	108	－	5,309
2017	－	－	－	0	17	29	215	494	2	1	1	－	759
2018	－	－	－	0	438	65	360	70	欠測	41	117	－	1,091
2019	－	－	－	0	70	2,518	2,593	627	52	37	118	－	6,015
2020	－	－	－	506	6,126	4,561	1,442	4,698	735	211	6	－	18,285
2021	－	－	－	2,985	1,227	2,258	1,765	2,607	746			－	11,588
10年平均	－	－	－	53	1,081	1,389	1,640	1,184	310	101	145	－	5,903

表 2 愛知県カタクチイワシシラス漁獲量

※2021年10月は10月20日まで（単位：トン）

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
2016	11	0	72	688	345	33	628	136	134	1,683	1,871	636	6,237
2017	5	0	0	180	1,675	0	11	38	31	172	85	21	2,218
2018	0	0	0	268	1,405	9	66	379	553	797	295	627	4,399
2019	0	7	3	395	1,215	1,349	884	1,119	1,514	45	9	292	6,832
2020	0	10	141	186	653	1,625	590	1,933	131	493	148	492	6,402
2021	0	2	80	628	608	674	392	48	1,098	927			4,457
10年平均	3	2	22	377	1,316	726	509	664	580	760	620	392	5,972

表 3 愛知県カタクチイワシ漁獲量

※2021年10月は10月14日まで（単位：トン）

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
2016	85	0	14	0	851	5,944	6,352	1,705	2,481	351	504	1,146	19,433
2017	15	21	62	23	194	3,039	2,659	1,725	1,038	340	583	346	10,045
2018	0	7	0	12	33	2,795	1,654	945	1,294	149	13	40	6,942
2019	172	38	32	2	0	1,339	4,128	1,692	1,432	2,564	803	515	12,717
2020	4	35	27	0	0	0	2,698	2,115	1,620	2,924	1,920	2,117	13,460
2021	302	48	0	0	0	0	691	1,062	719	425			3,247
10年平均	104	44	25	164	439	2,268	3,781	2,886	1,895	1,133	1,097	823	14,659

表 4 愛知県マイワシ漁獲量

※2021年10月は10月14日まで（単位：トン）

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
2016	74	78	0	0	0	4	1,010	2,100	2,408	2,684	1,413	574	10,345
2017	0	0	0	0	181	1,380	6,258	5,153	4,497	5,445	3,311	1,888	28,113
2018	61	0	0	0	0	2,605	5,555	4,999	4,701	2,944	1,103	2	21,970
2019	210	40	4	0	0	1,311	2,634	3,886	1,417	152	256	7	9,917
2020	0	0	0	0	0	0	3,502	1,995	2,351	174	15	5	8,042
2021	0	0	0	0	0	0	6,128	4,125	3,476	340			14,069
10年平均	42	12	1	0	23	607	1,779	2,589	2,162	1,640	797	333	9,985

表 5 2017年のカタクチイワシ体長組成

(単位：尾)

体長cm/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
～3												
4						1						
5						7			1		1	
6						114	61				6	
7						212	160	13	22	2	31	
8						9	121	22	305	74	129	
9						2	1	4	188	105	256	1
10						16			25	32	129	15
11						155			16	4	10	5
12						28			10	3		
13						1			1			

表 6 2020年のカタクチイワシ体長組成

(単位：尾)

体長cm/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
～3											1	
4											4	
5							12		8	4	21	3
6							11		52	85	103	7
7							26		13	204	92	21
8							74	9	50	204	46	50
9							226	111	79	59	15	16
10							184	181	296	36	18	3
11							17	99	111	8		
12												
13												