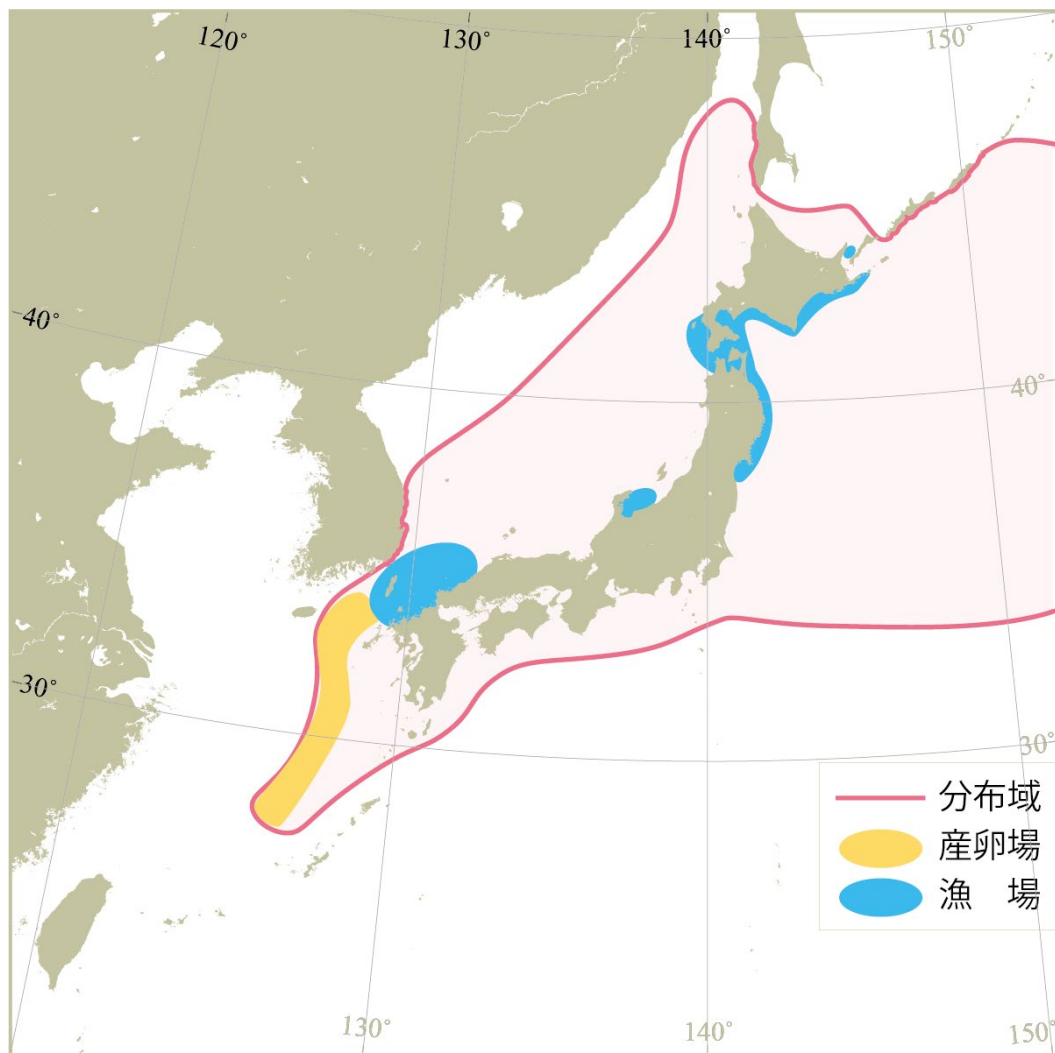




# スルメイカ 冬季発生系群

# 分布と生物学的特性



## 生物学的特性

- 寿命：約1年
- 成熟開始年齢：雄は約6～7ヶ月、雌は7～8ヶ月以降
- 産卵期・産卵場：12～翌年3月、東シナ海
- 食性：沿岸では小型魚類、沖合では甲殻類
- 捕食者：大型魚類、海産哺乳類

# 本文

## C1-2(5)

### コメント

スルメイカの資源量が海洋環境の変化によって変動すること、将来的には再生産曲線に平均水温やPDOなどの値を説明変数として組み入れてみてはどうか。

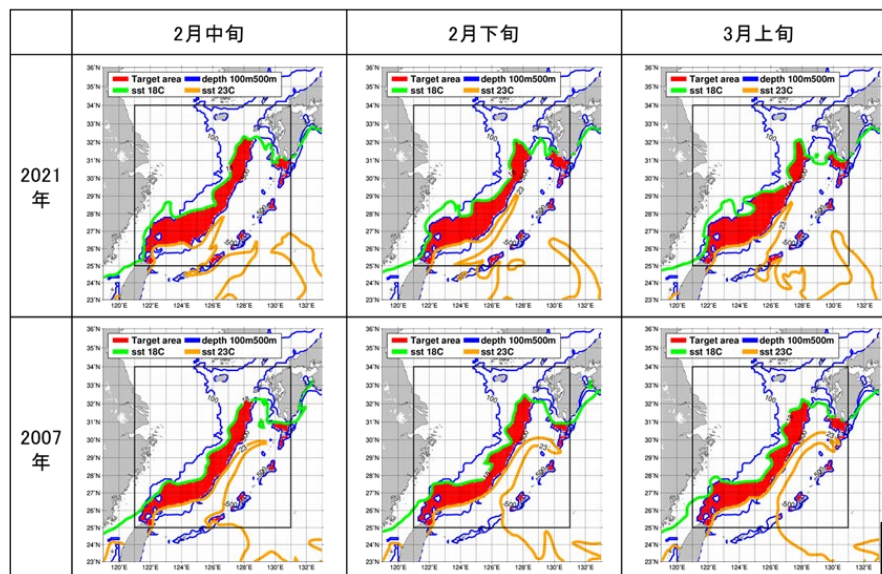
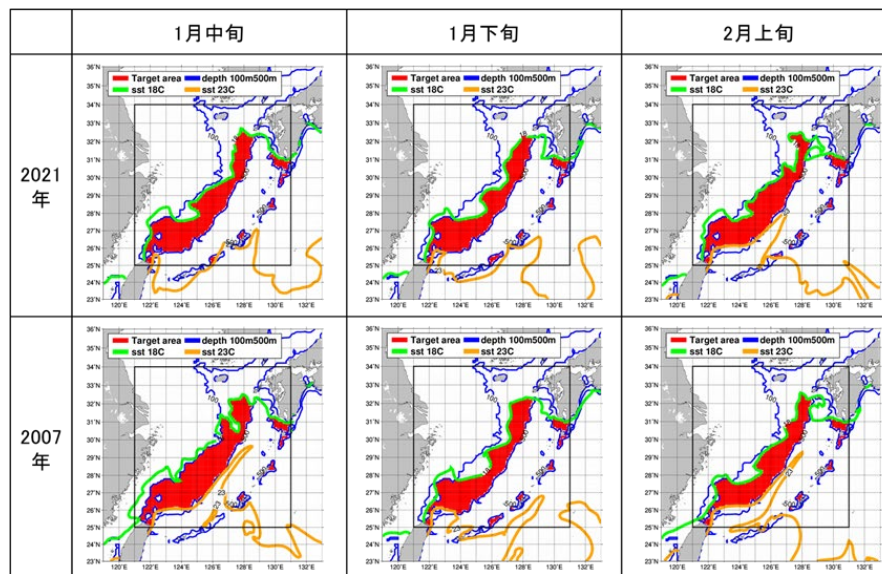
### 回答

- 他魚種も含めた資源評価全体のルールの対応次第ではあるが、今後の検討項目として挙げられます。
- 現状では、産卵場における水温環境が資源の大きな変動の主要因の一つであることは分かっているが、再生産関係の年変動に対しては明瞭な関係が見い出せていない。

# C1-2(5) つづき

## 2021年と2007年の再生産可能域の比較

- 水深100~500m
- 水温18~23℃



## Q1-4(1)

## 質問

月別Mを0.1と仮定した根拠は何か？ 感度解析（ $M = 0.3/0.9$ ）の理由は何か？

## 2. Biological information

## Reviewers' question

Question

What is the evidence to support the assumption that  $M = 1.2$  /yr?

Response

- M values based on Tanaka (1960) and Paury (1980) were calculated as 0.21 /mn and 0.26 /mn, respectively.
- Z value estimated with daily decrease rate of survey CPUE in the Sea of Japan was 0.174 per month, smaller than the empirical estimates.
  - Details on estimation of Z will be explained in the presentation on autumn-spawning stock
- As a result, 0.1 /mn of M was employed.
  - Spawning immediately prior to end of life
  - Highly exploited species

## M for other squids

- 3.12 /yr for Argentine shortfin squid based on Paury (1980).

13

- Mの感度解析は、 $M=0.6$ の±50%で設定。

# Q2-4(4)

## 質問

- SPRの計算に於けるF値は、すべて近年3年間の平均を用いているのか？
- 直近1年間 (e.g. %F2021)ならば2020年のF値 etc. では不都合が起こるのか？

## 回答

- 2021年（評価当年）のF値のみ近年3年間の平均値を使用（基本的には毎年直近3年の平均値を使用）。
- 過去に一度だけ直近1年間のF値で仮定したことがあるが、その時は直近までの漁況や海洋環境から予測される今後の漁況を考えた場合に前年と似通っており、その2～3年前とは明らかに異なっていたため、直近1年間の平均値の使用を取りやめ  
→ 結果的に妥当な判断であったと言える

# 本文

## C2-4(5)

### コメント

再生産関係はBHのみならず、Rickerやホッケースティック、直線式などを最尤法で比較すべきではないか。また、昨年度ホッケやスケトウダラなど別の資源評価に対してコメントしたが、最小絶対値法という表現は誤解を招くので訂正すべき。

### 回答

- スケトウダラの時と同様の回答になりますが、今後、他魚種・系群横断的に対応を検討して参ります。
- 再生産関係の推定において、ご指摘の通り、例えば最小二乗法の場合はAIC等の情報量基準で使用される尤度関数の数式の一部が残差平方和になります。これに対数残差に正規分布を仮定して得られた標準偏差を踏まえて対数尤度が算出されます。最小絶対値法の場合は、正規分布の代わりにラプラス分布を用います。これは機構のWebページで公開している「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来シミュレーションに関する技術ノート」の2ページに記載してあります。ご指摘の通り、第三者による検算を容易にするには、最大対数尤度および未知パラメータ数について示した表を資料に記載すべきと考えますので、今後、他魚種・系群横断的に対応を検討して参ります。

## Q3-4 (6)

質問

MSY=149000t, SBmsy=234000t, Fmsy=0.39 はどのようにして推定したのか？

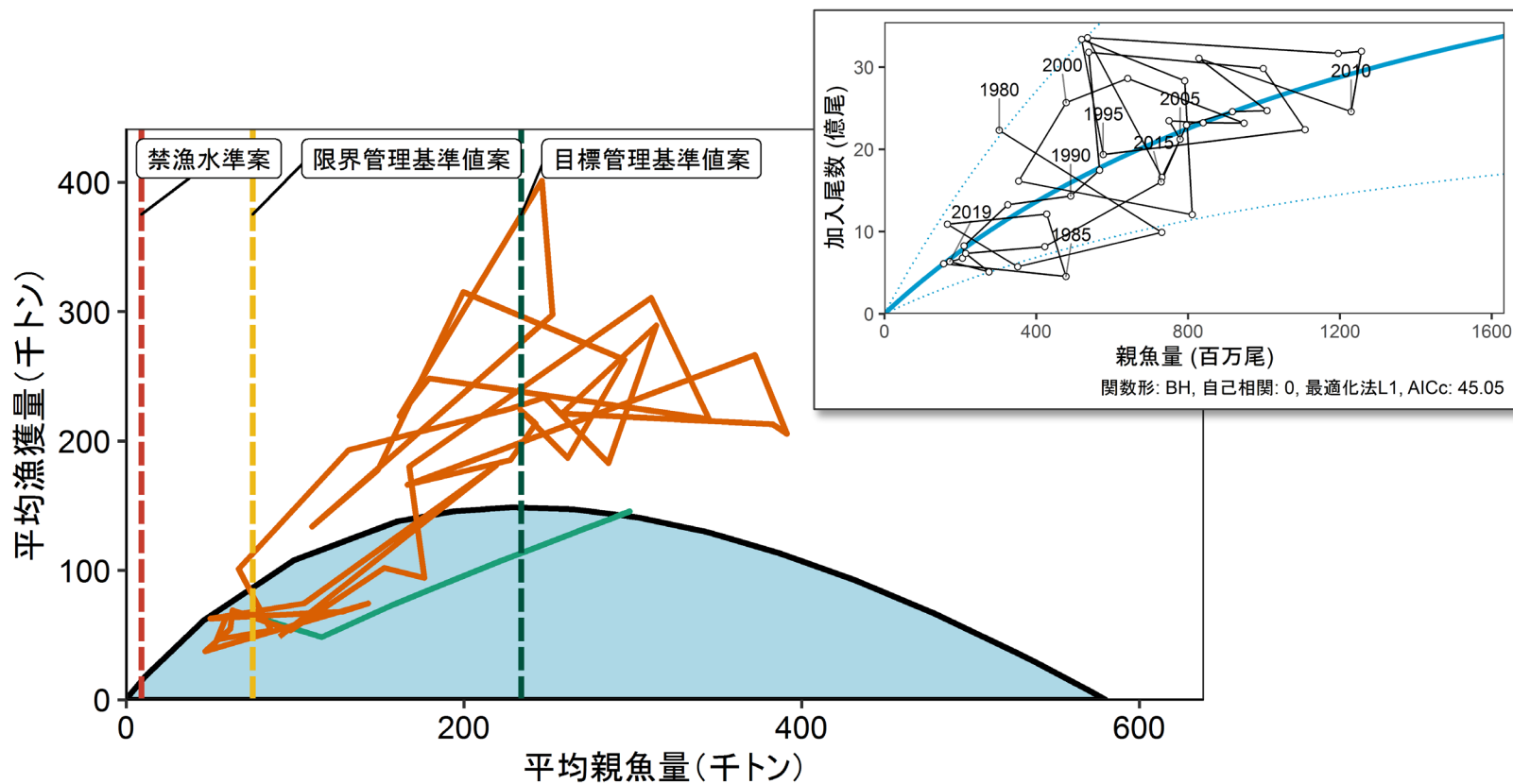
回答

- まず、2019年度の資源評価結果を使用して再生産関係を決定しました。この際、候補とした再生産関係はホッケー・スティック型、ベバートン・ホルト型、リッカー型であり、AICcが最小のベバートン・ホルト型を採用しました（自己相関は無し）。
- 管理基準値は、推定された再生産関係パラメータと確率的な加入変動（再生産関係推定時の対数残差の標準偏差）のもとで、漁獲係数を一定にした場合の確率的な平衡状態（時系列的に平均値が一定）となるときの漁獲量や資源量、親魚量の平均値などを使って推定しました。
- 漁獲係数を様々に変化させてシミュレーションし、平衡状態における漁獲量が最大となる時の値がMSY、その時の親魚量がSbmsy、その時の漁獲係数がFmsyとして決定されました。

# 本文 Q3-4 (6)

## 質問

MSY=149000t, SBmsy=234000t, Fmsy=0.39 はどのようにして推定したのか？



# 補足資料2

## C3-3(1)

### コメント

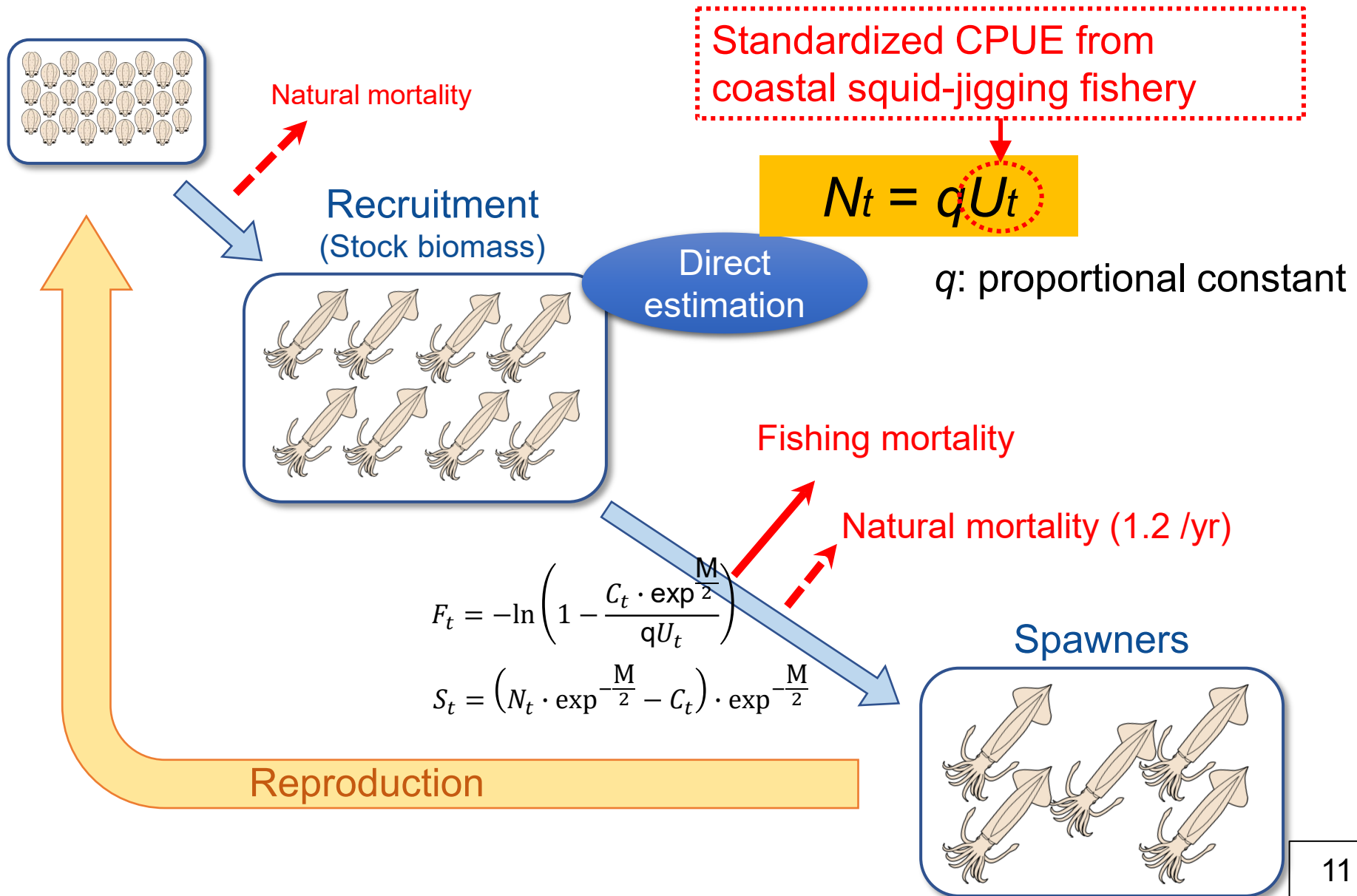
過去の漁獲率 $E$ の範囲0.2~0.4, 平均値0.3からcatchabilityの $q$ を算出させたところ、これはあまりに乱暴である。標準化CPUEと対応するモデルからのCPUEのフィッティング（チューニング）における非線形数値的最適化の際に $q$ も同時推定するのが良いと考えられるため、検討されたい（試してみたい）。

### 回答

- スルメイカの資源計算は、独特な手法です。
- 次のスライドで計算方法を説明します。

### 3. Estimation of abundance

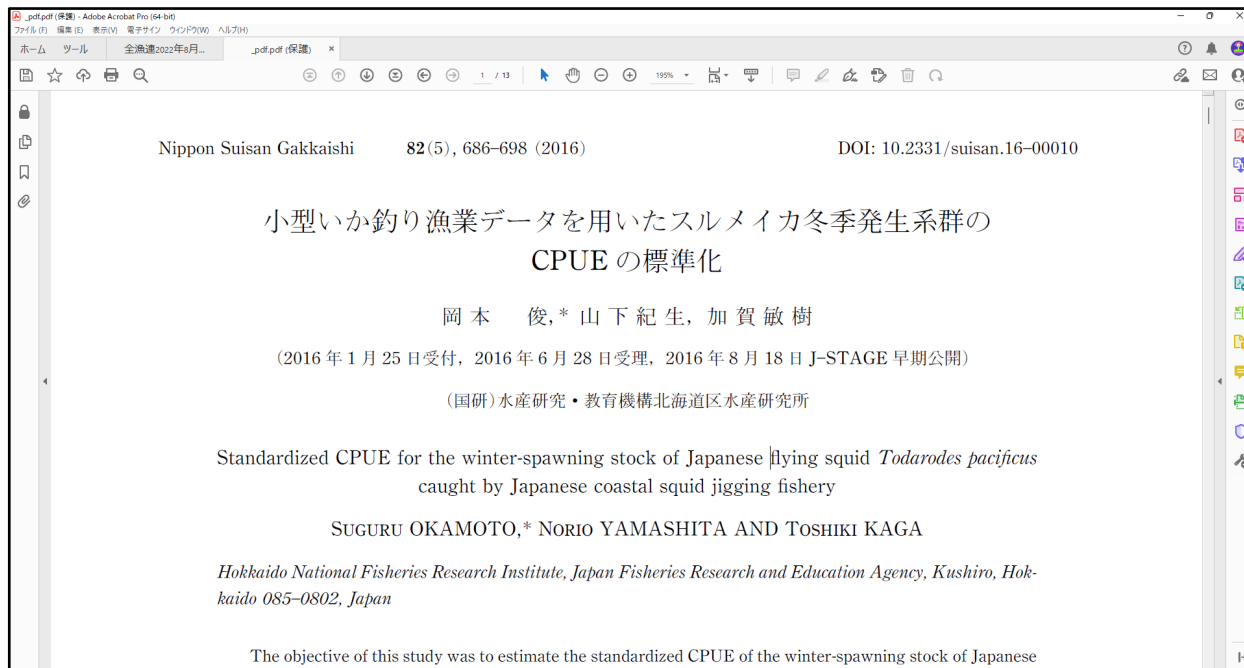
# How important is recruitment abundance index?



### 3. Estimation of abundance

# Recruitment abundance index

- Okamoto-san published a paper on standardized CPUE from coastal squid-jigging fishery
- Time series of the CPUE are used to estimate recruitment

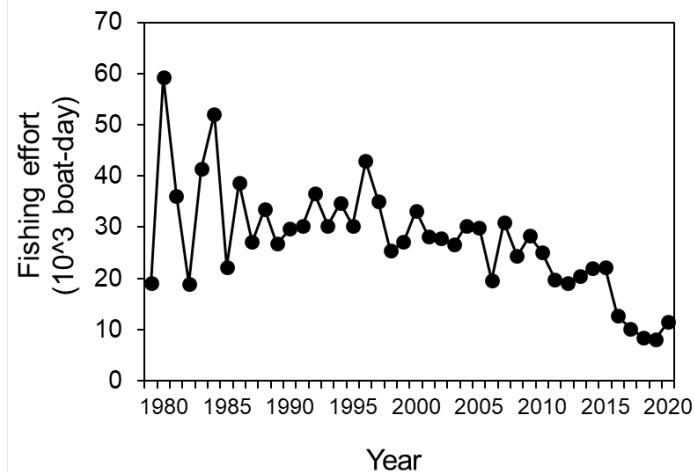
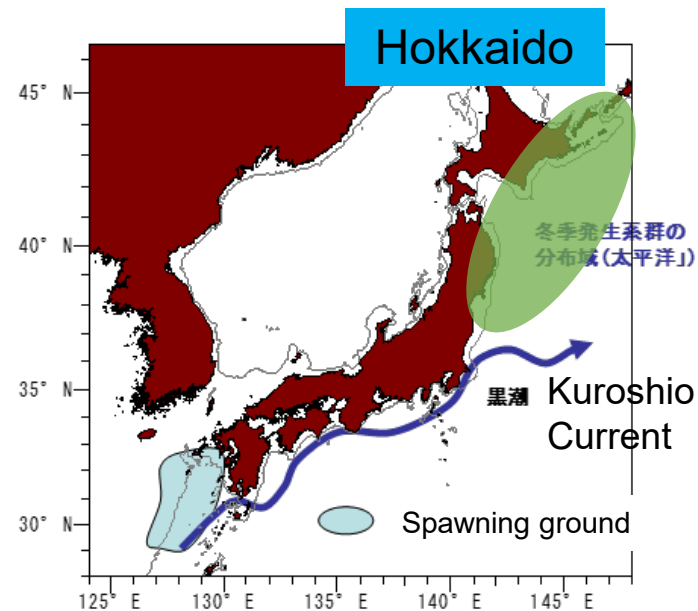


## 3. Estimation of abundance

## Coastal squid-jigging fishery

- Fishing ground  
Coastal waters off the northeastern part of Japan on the Pacific side
- Fishing season  
July to December
- Vessel size  
19 GRT and smaller
- Fishing effort  
10 to 20 thousand boat-day per year in last five years

Coastal squid-jigging fishery is major fleet for fishing of WS.



### 3. Estimation of abundance

# Materials and methods in Okamoto et al (2016)

- Sales slip data collected from 17 ports of 7 regions
  - Monthly catch and number of boats with landing
  - 1979 to 2013
    - Terminal year is updated annually
  - July to December
  - 17 ports were integrated into 7 regions, which was used as a variable of port
- Statistical model: GLMM
$$\log(CPUE + \delta)$$
$$= \textit{Intercept} + \textit{Year} + \textit{Month} + \textit{Port} + \textit{Year} * \textit{Month} + \textit{Year} * \textit{Port} + \textit{Month} * \textit{Port}$$
  - $\delta$  is constant.
  - All explanatory variables were categorical ones.
  - Interactions with *Port* worked as mixed effect.
- AIC and BIC were used to select model.

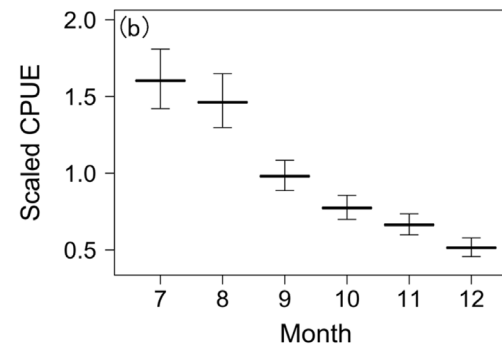
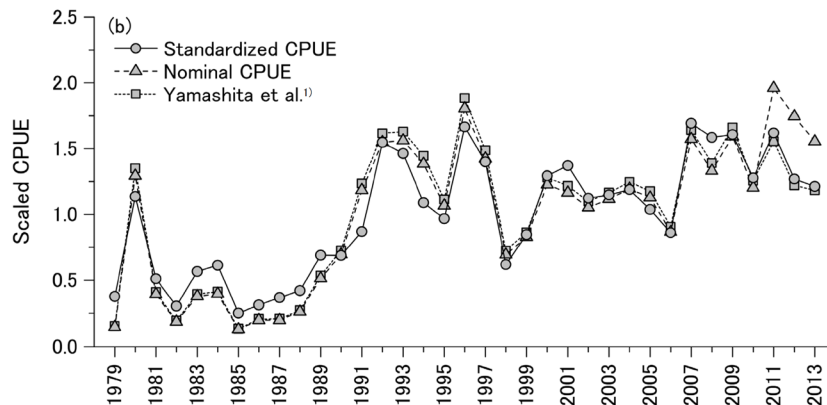
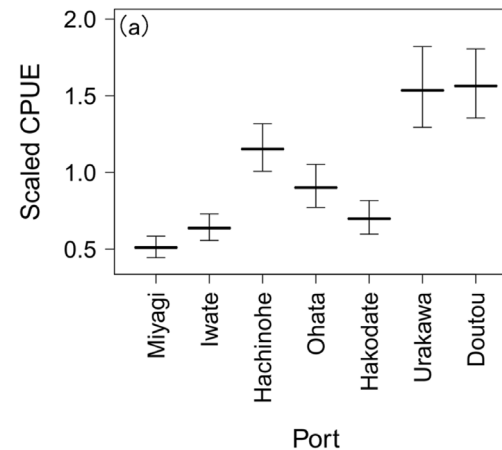
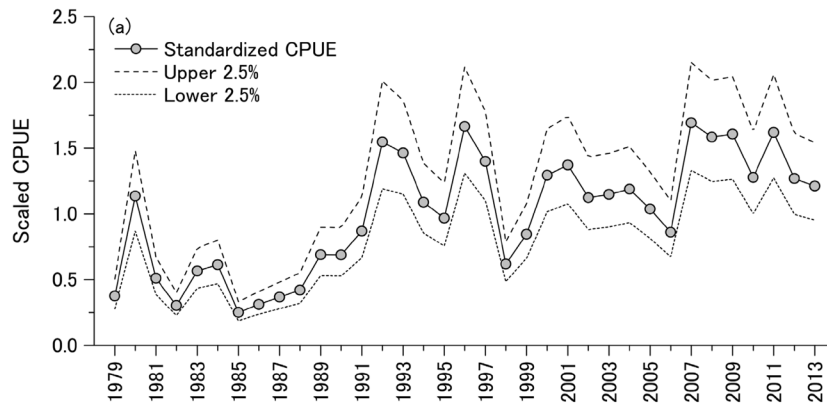
### 3. Estimation of abundance

# Standardized CPUE from Okamoto et al (2016)

## Selected variables

- AIC: All variables
- BIC: Variables without Year\*Month

## Standardized CPUE from the AIC-selected model



### 3. Estimation of abundance

## Proportional constant $q$

- Each recruitment index value was scaled up with the proportional constant  $q$ .

$$N_t = qU_t$$

- This constant  $q$ 
  - is critical to determine annual recruitment.
  - has been traditionally used in the stock assessment of WS.

#### Question

The critical assumptions for the abundance estimates are that  $N_t = qU_t$  and  $q$  is fixed at 18.32. It seems like the average exploitation rate was assumed to be 0.3 and thus a  $q$  of 18.32 was assumed. I am not sure this makes sense to me. Please explain the assumptions made and where they come from.

### 3. Estimation of abundance

# How to calculate $q$

## Assumption

▣ Mean exploitation rate (1979-2001) = 0.3

## Rationale

- The exploitation rates of AS were estimated to be ranged between 0.2 to 0.4 (JSNFR I 1997; 1998)
- Kidokoro et al (2006) estimated this rate to be approx. 0.3 for 1979-2001.
- The exploitation rates for WS were estimated to be at the same level (0.3) for 1979-2001 (Mori 2006).

## Calculation

- $Nt = qUt$
- Mean  $Ct / Nt$  for 1979-2001 is 0.3.
- $q$  was calculated with  $(C / U) / 0.3$ 
  - $C / U$  corresponds to a mean value for 1979-2001
  - $U$  is standardized CPUE

▣  $q = 18.32$

# C3-3(1) 再び

## コメント

過去の漁獲率 $E$ の範囲 $0.2 \sim 0.4$ , 平均値 $0.3$ からcatchabilityの $q$ を算出さしたとあるが、これはあまりに乱暴である。標準化CPUEと対応するモデルからのCPUEのフィッティング（チューニング）における非線形数値的最適化の際に $q$ も同時推定するのが良いと考えられるため、検討されたい（試してみてください）。

## 回答

- 将来的にスルメイカの資源評価方法を刷新します。
- 観測されたCPUEに対してフィットするような手法ではありません。

### コメント

上記 C 3 とも関連するが、標準化CPUEと対応するモデルからのCPUE のフィッティングに関する非線形数値的最適化の式が記載されていないため、追記すべき。

### 回答

- 観測されたCPUEに対してフィットするような手法ではありません。

# Q4-3(1)

### 質問

上記C4とも関連するが、N資源尾数ではなくCPUEでフィッティングをしたという理解でよろしいか？その場合、モデルからのCPUEを漁獲率 $E_t$ の関数、つまり漁獲係数 $F_t$ の関数と表し、毎年の $F_t$ (40個のパラメータを独立)に推定したのか？

### 回答

- 観測されたCPUEに対してフィットするような手法ではありません。

# 補足資料2

## 01-3(2)

### その他

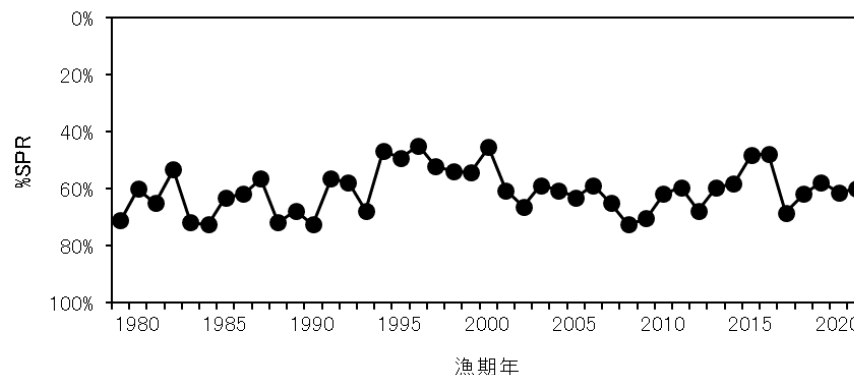
推定資源重量から親魚資源重量をどのように算出したのかが良く分からない。一例だが、寿命が1年で、誕生から7ヶ月までを親魚でない、8ヶ月から12ヶ月までを親魚などと定義し、月単位で計算したのか？しかし、全体を通して月単位の計算を行っているとは考えにくい側面もあり、Mもそうだが12ヶ月の平均値を使用しているようにも感じられた。もしそうであれば資源重量の\*\*%を親魚重量としているのか？

### 回答

- 生後7ヶ月で加入
- 死亡するまでの残り半年の間にFとMで減耗
- 残り半年を生存した個体が再生産 = SSB

$$F_t = -\ln\left(1 - \frac{C_t \cdot \exp\frac{M}{2}}{qU_t}\right) \quad N_t = qU_t$$

$$S_t = \left(N_t \cdot \exp\frac{M}{2} - C_t\right) \cdot \exp\frac{M}{2}$$



# Q2-式(2)

## 質問

Popeの近似式を用いているが、年の中間でのパルス漁業と考えて差し支えないか？漁獲時期の偏りがある場合はPopeの近似式に代えて漁獲方程式を使用すべき。

## 回答

- 計算上、半年の中間（加入後3カ月）でパルスの漁獲を仮定しています。

## 03-式(4)

### その他

- なぜこのような回帰分析（補間？）をするのか、理由がよく分からない。
- 例えば 2021 年10月中旬に資源評価の作業を実施する場合、2021年の7～12月のCPUEデータは得られていない。しかし、資源評価で 2021年の資源量も推定する必要があるのか？すなわち2020年までにして、2021年を予測期間としては不十分なのか？
- 次に、7月12月までのCPUEと7月～直近10月中旬までのCPUEは、値が毎年かなり異なっているのか？その場合、年による変動が大きければ補間は無意味である。
- 最後に確認のための質問だが、式(4)によるCPUEの補間回帰分析は資源評価を実施する直近年のみ行っているのか？それとも計算期間の全ての年で行っているのか？
- いずれにしても、この方法には疑問を感じており、会合当日に説明をお願いしたい。

### 回答

- スルメイカが単年性（齢構成無し）であることに起因します。
- 可能な限り最新の資源量を把握して、翌年のABCを算定します。
- 資源評価を実施する年の前年までとした場合、2年分の予測に基づくことになり、予測の信頼性が担保できません。

# 補足資料2

## Q5-3

### 質問

AICcはSugiura 1978によるcAICすなわちAICの有限修正と考えてよいか？また、交差検証法（Leave one out法）はJackknife法と全く同じと考えてよいか？

Sugiura, N (1978). Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections, *Communications in Statistics Theory and Methods*, 7 (1), p. 13-26.

### 回答

- ご指摘のとおりです。

### その他

これらの調査結果は、資源量推定に直接（資源量指数としてチューニングに）利用していないという理解で正しいか？もしチューニングに組み込んでいる場合は、小型イカ釣り漁船における7~12月（7~10 月中旬？）のCPUEとの重み付けが問題となる。

### 回答

- その理解で正しいです。
- 2020年度までは補足資料4-2の調査結果を評価当年の資源量指標値の予測に直接的に利用していたが、予測モデル（回帰モデル）の修正と改良に伴い、説明変数から除外した。現在は、10月中下旬までの小型イカ釣りの標準化CPUEのみから資源量指標値（12月までの小型イカ釣りの標準化CPUE）を予測するモデルを使用している。

他の手法で資源量を計算したケースの紹介

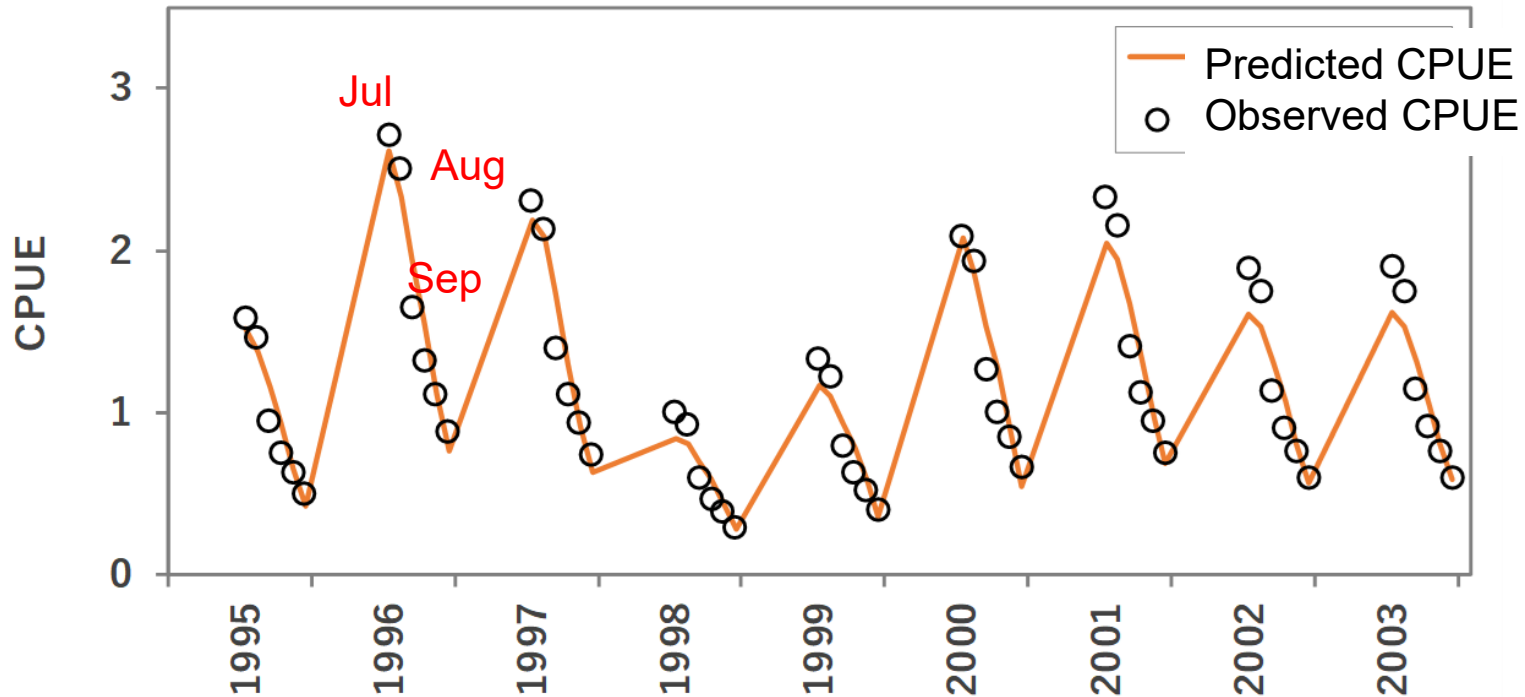
- SS3
- Depletion model
- SAM

## Trial of application of SS3

- Okamoto-san and Fukuda-san tried to apply SS3 to JFS WS data.
- Purpose of the application
  - To validate average exploitation rate of 30% for 1979-2001
    - An assumption to calculate  $q$
  - To consider uncertainty
- Duration of data: 1995 to 2016
- CPUE: coastal squid-jigging CPUE
- Constant  $q$  was assumed.
- Down-weight treatment to size data

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

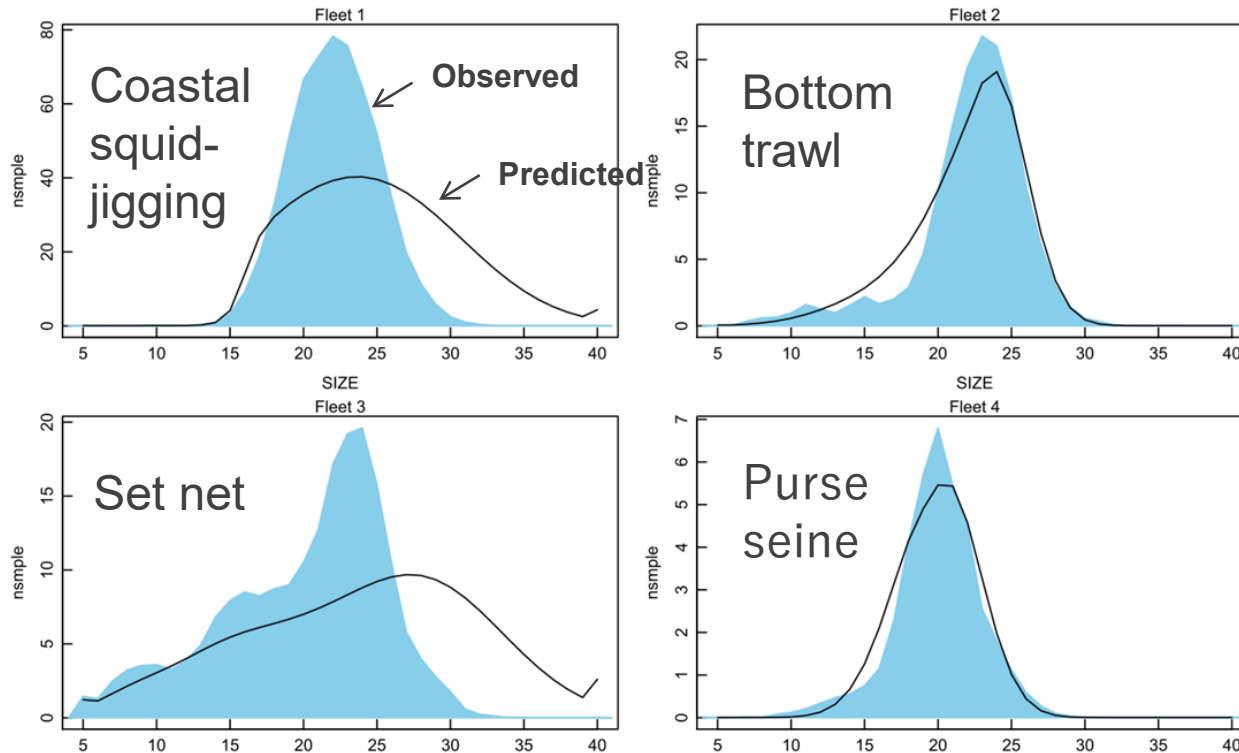
# Results of SS3 – Fitting to CPUE



- Generally, good fit.
- Underprediction for Jul-Aug CPUE.

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

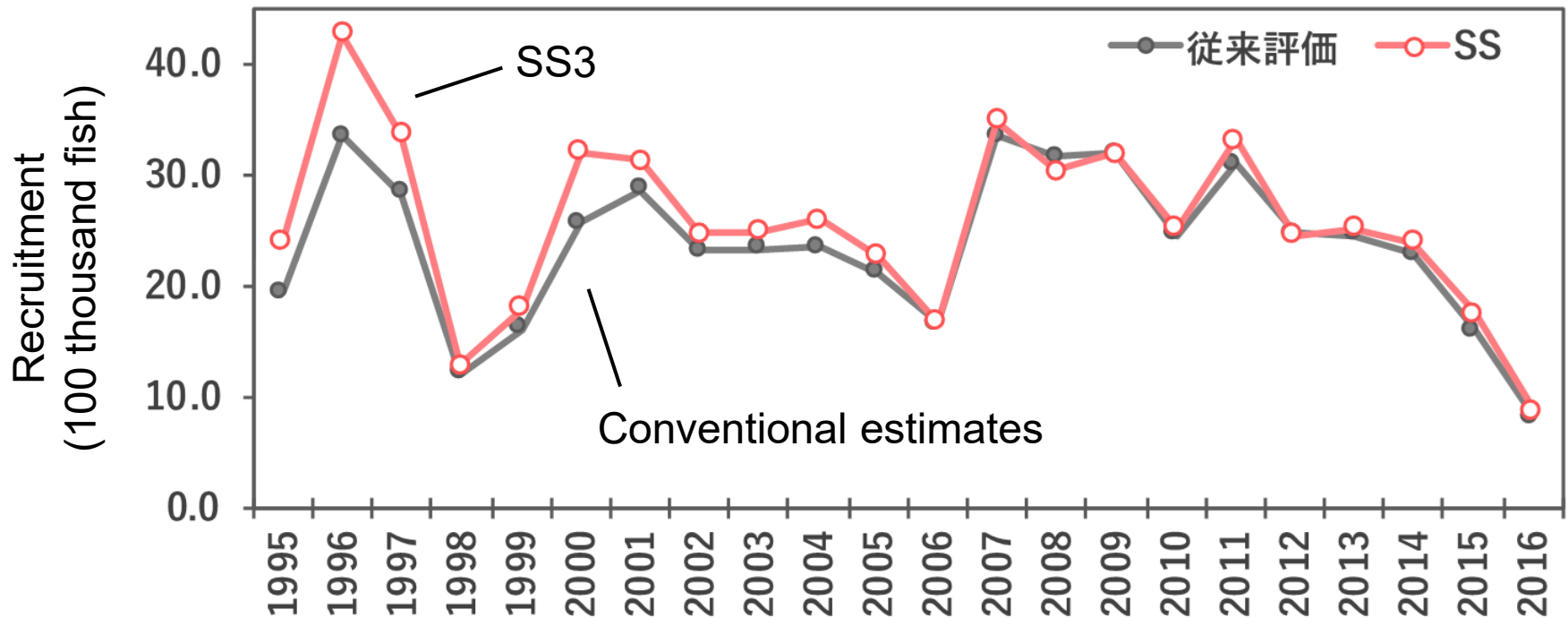
# Results of SS3 – Fitting to size data



- Good fit to bottom trawl and purse seine.
- Poor fit to coastal squid-jigging and set net.

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

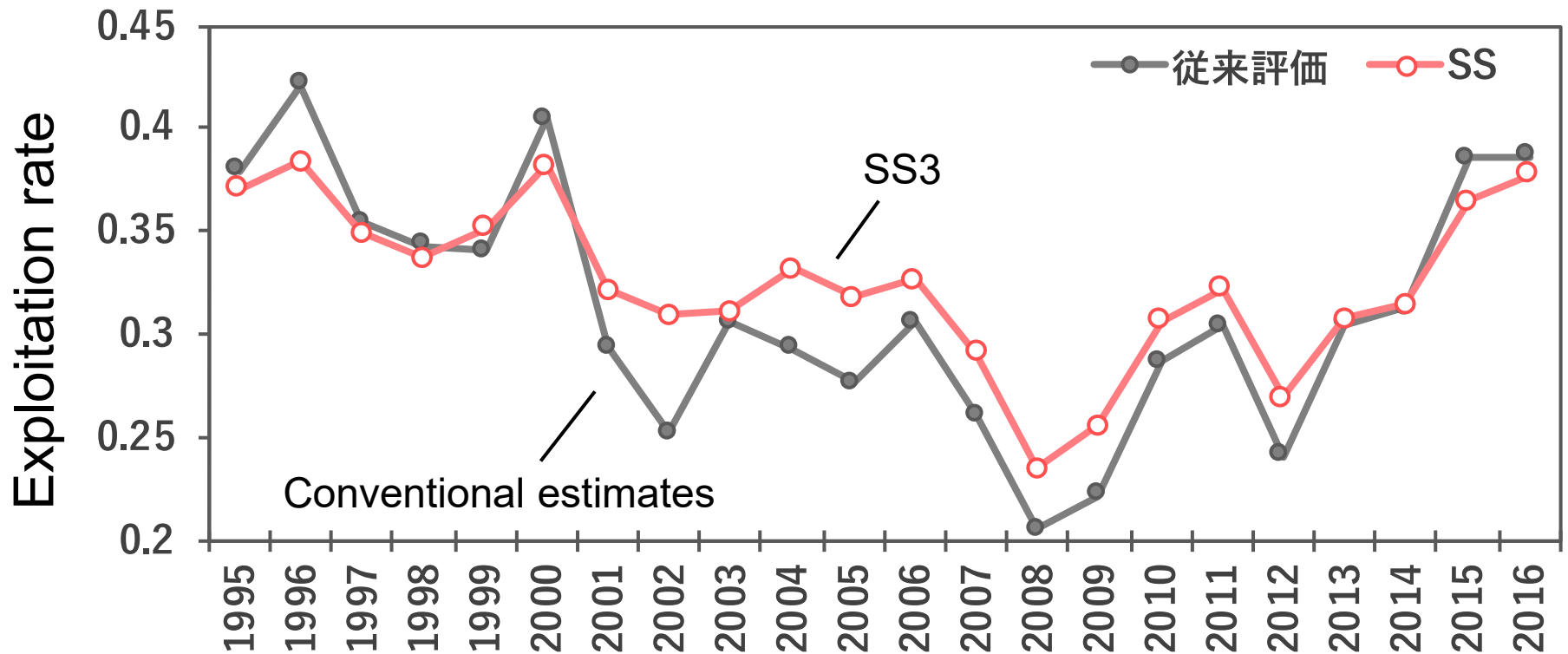
# Results of SS3 – Recruitment



- Mean recruitment over the year from SS3 was 9% larger than that of conventional estimate.

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

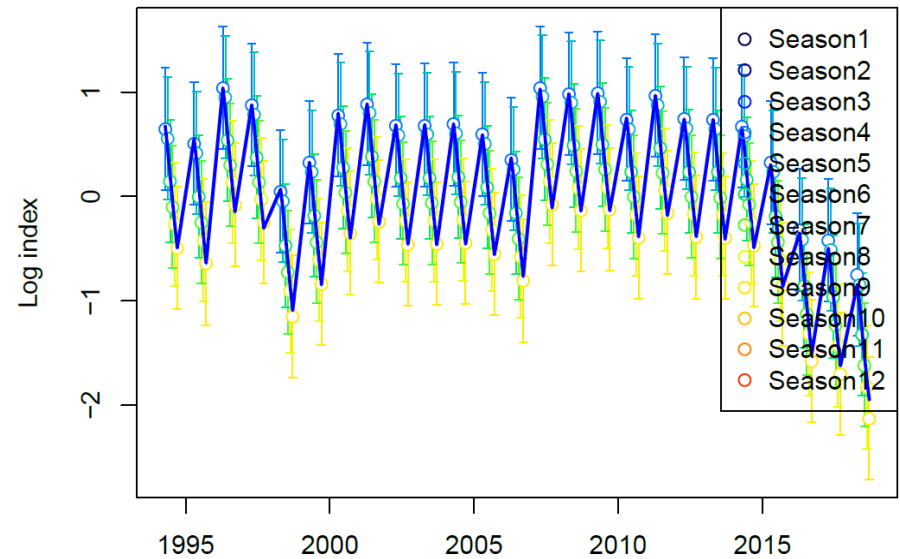
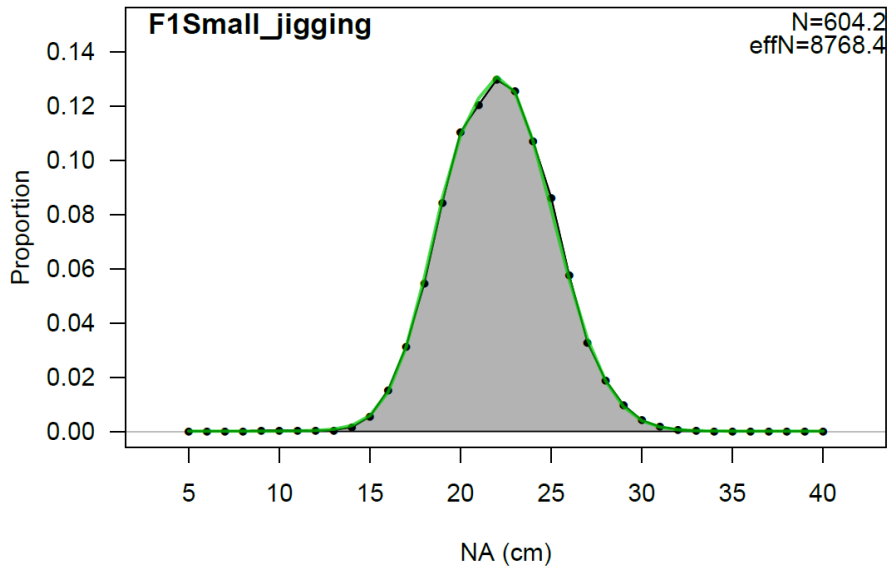
# Results of SS3 – Exploitation rate



- Mean exploitation rate over the year from SS3 was 4% larger than that of conventional estimate.

# 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

## SS3 – Improvement of fit



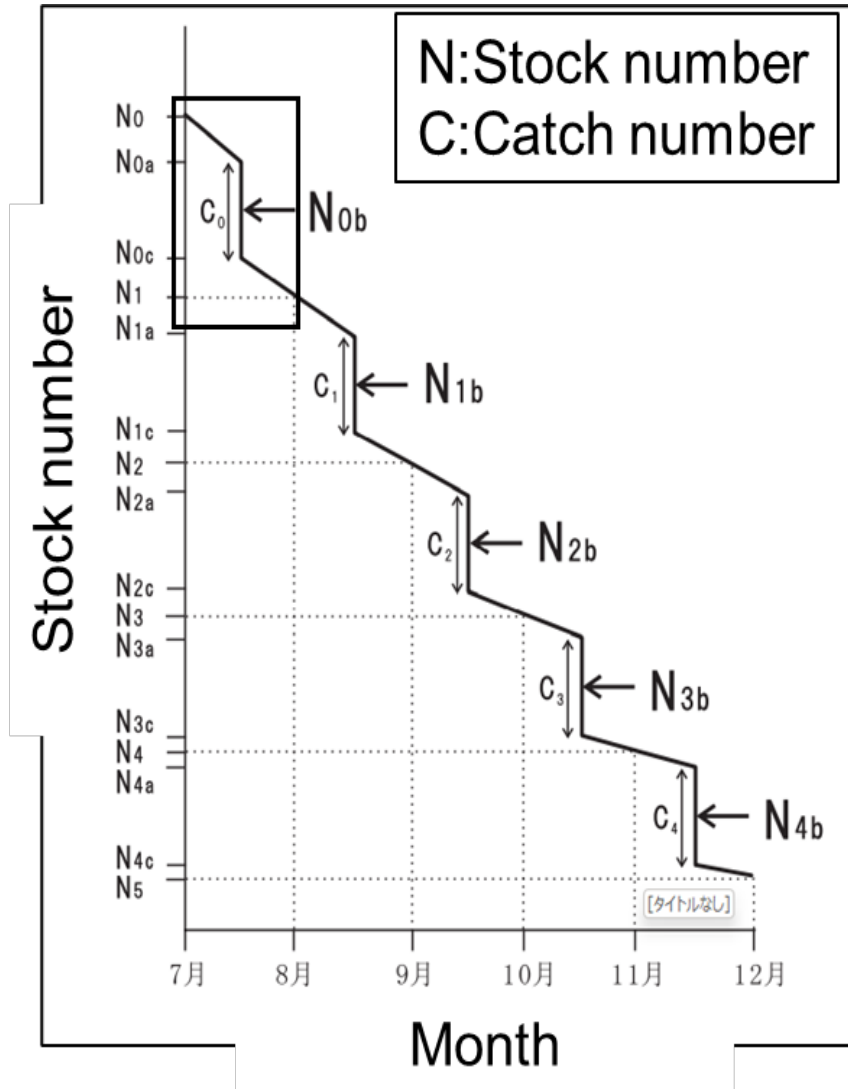
## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

# Application of depletion model

- Moriyama-san tried to apply depletion model to JFS WS data in 2022.
- Purpose of the application
  - To validate average exploitation rate of 30% for 1979-2001
    - An assumption to calculate  $q$
- **Modified DeLury method** proposed by Mori (2006)
  - Inclusion of  $M$  in depletion process
- Duration of data: 1979 to 2021
- CPUE: coastal squid-jigging CPUE

# 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

## Depletion model: Method



(Mori, 2006)

### Modeling

Depletion process in month  $i$

- Phase 1 (natural mortality)

$$N_{ia} = N_i e^{-M/2}$$

( $M = 0.1$  per month)

- Phase 2 (natural and fishing mortalities)

$$N_{ib} = N_{ia} - C_i/2$$

- Phase 3 (natural and fishing mortalities)

$$N_{ic} = N_{ib} - C_i/2$$

- Phase 4 (natural mortality)

$$N_{i+1} = N_{ic} - C_i/2$$

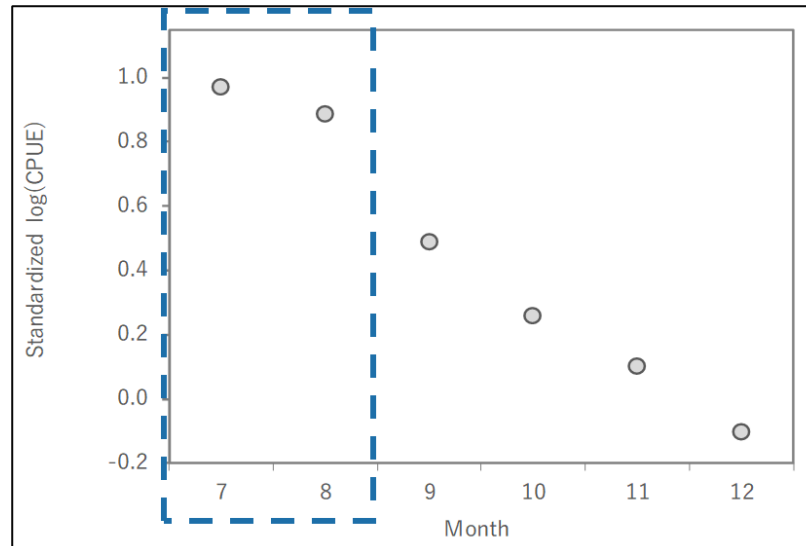
## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

# Depletion model – Parameter estimation

- To estimate parameters, stock number at phase 2 in each month was used to fit to observed monthly CPUE

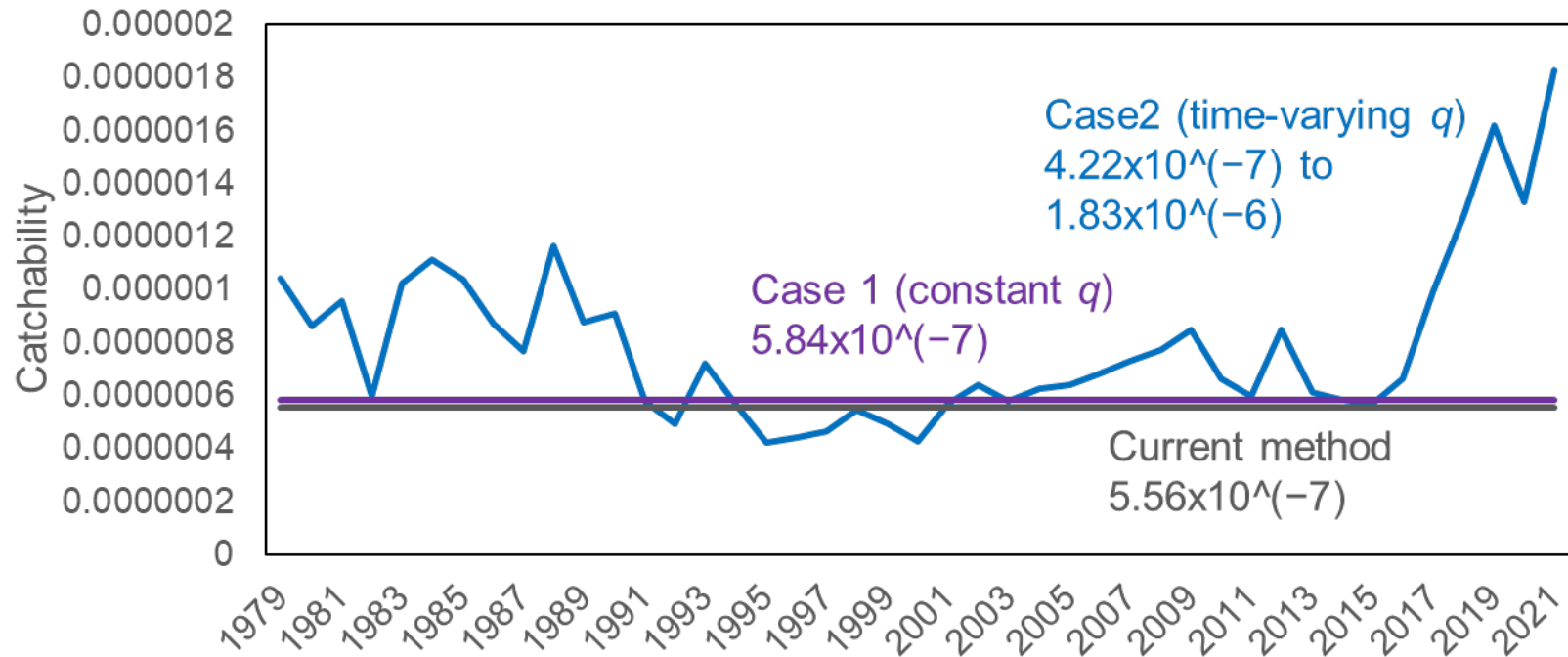
$$\text{Predicted CPUE} = qN_{ib} \quad (q: \text{catchability})$$

- In Moriyama-san's study, two cases regarding assumption of  $q$  were established.
  - Constant  $q$  as case 1
  - Time-varying  $q$  as case 2
- During July and August, squids continuously enter fishing ground.  
-> Monthly CPUE for those two months were excluded in fitting.



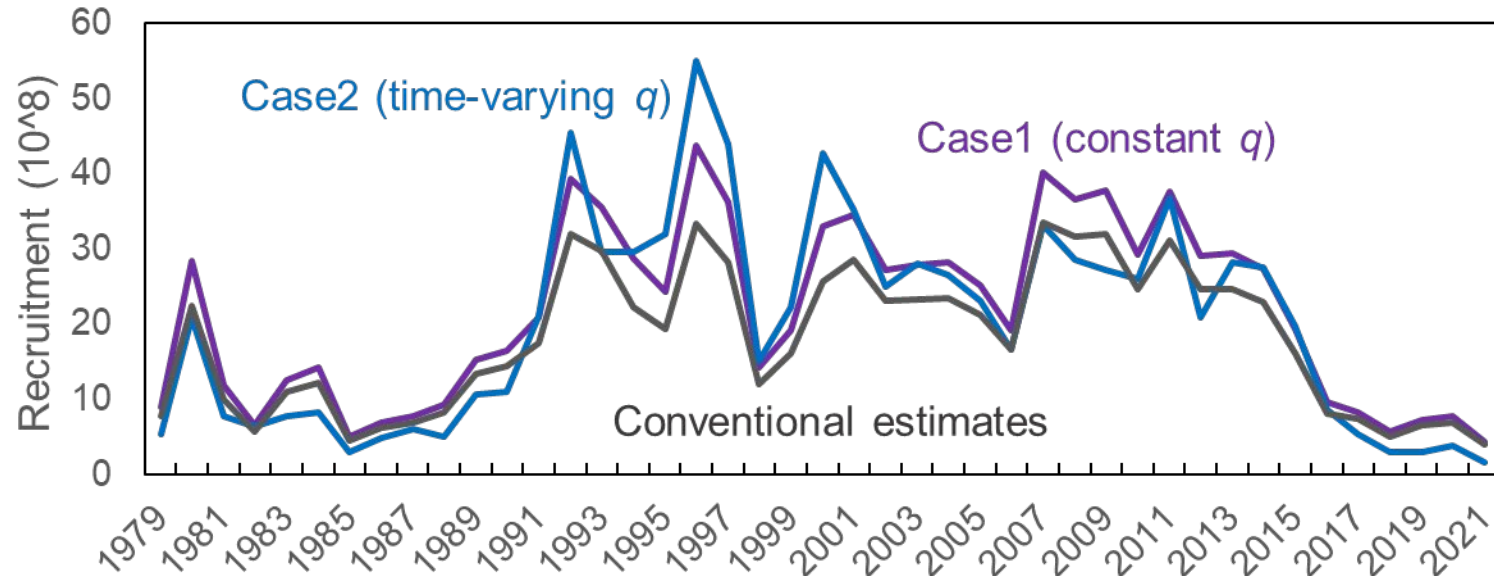
## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

# Results of depletion model – Estimated $q$



## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

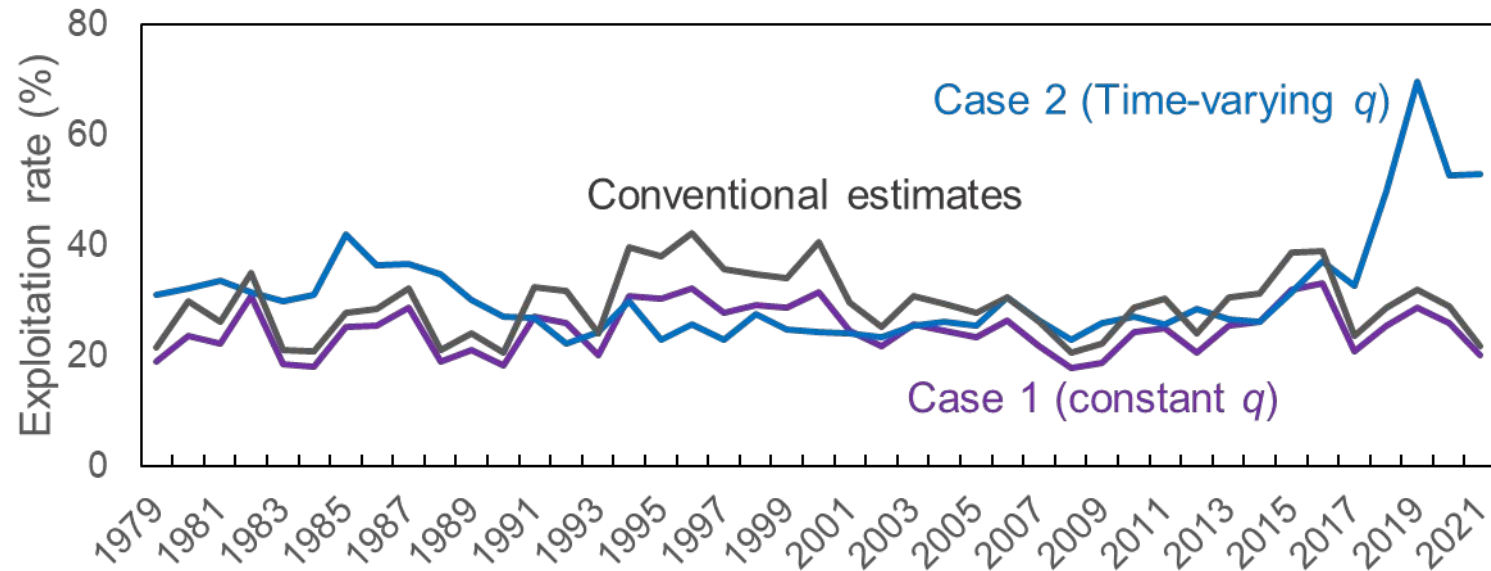
# Results of depletion model – Recruitment



- Mean recruitment over the year from case 1 was 20% larger than that of conventional estimate.
- Mean recruitment over the year from case 2 was 11% larger than that of conventional estimate.

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

# Results of depletion model – Exploitation rate



- Mean exploitation rate over the year from case 1 was 16% larger than that of conventional estimate.
- Mean exploitation rate over the year from case 2 was 5% smaller than that of conventional estimate.

# Application of SAM


- Nishijima-sam published a paper of stock assessment of JFS with SAM.
  - SAMUIKA (State-space Assessment Model Used for IKA).
- SAM is a prime candidate of the future stock assessment models to apply to JFS.
- $q$  was estimated and worked as a constant catchability.

SPECIAL FEATURE (ORIGINAL ARTICLE)

Population Ecology WILEY

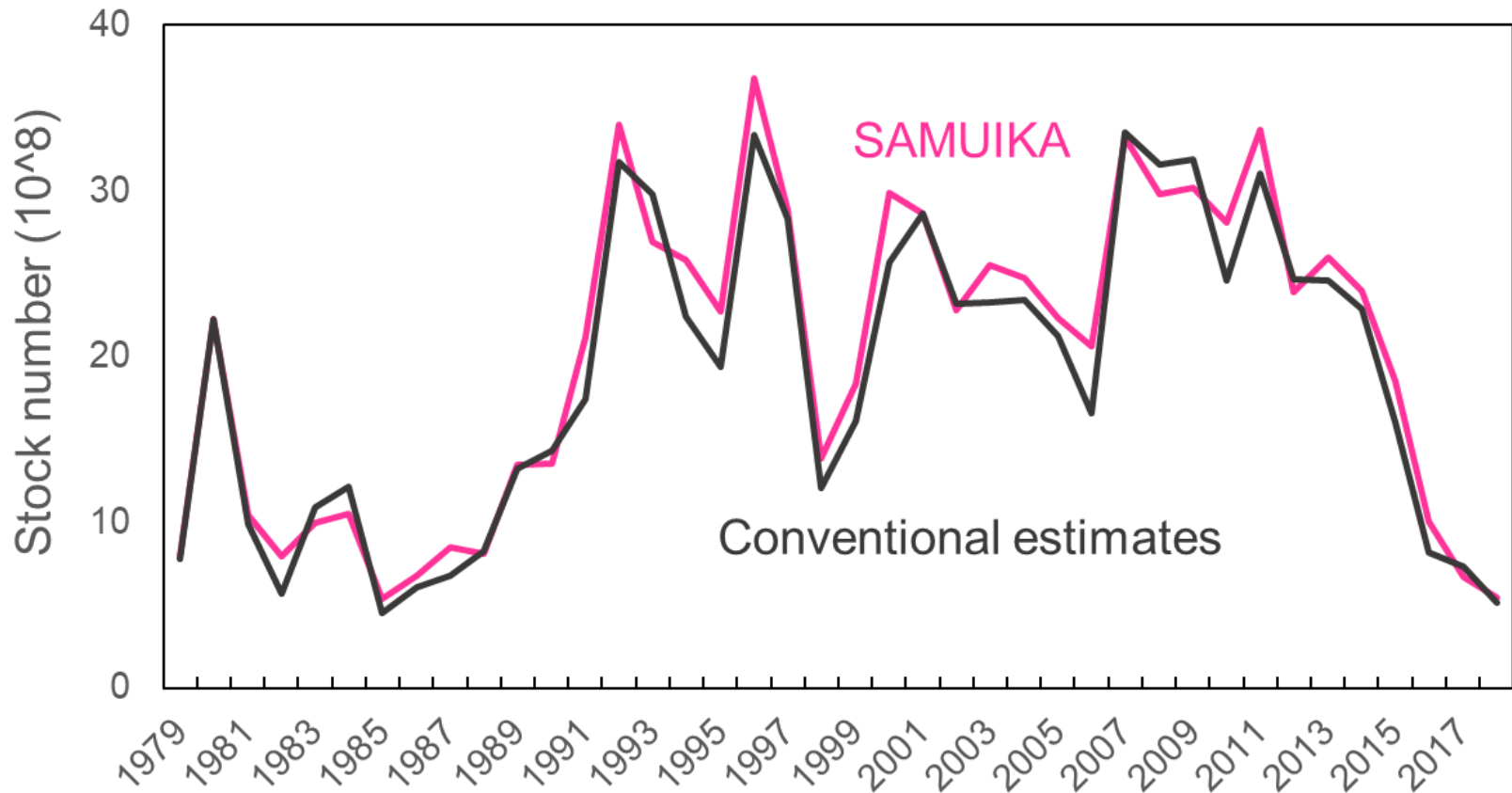
Marine ecosystem services: Ecological, socioeconomic and cultural sustainability

## State-space modeling clarifies productivity regime shifts of Japanese flying squid

Shota Nishijima<sup>1</sup>  | Hiroshi Kubota<sup>2</sup> | Toshiki Kaga<sup>1</sup> | Suguru Okamoto<sup>1</sup> |  
Hisae Miyahara<sup>2</sup> | Hiroshi Okamura<sup>1</sup>

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

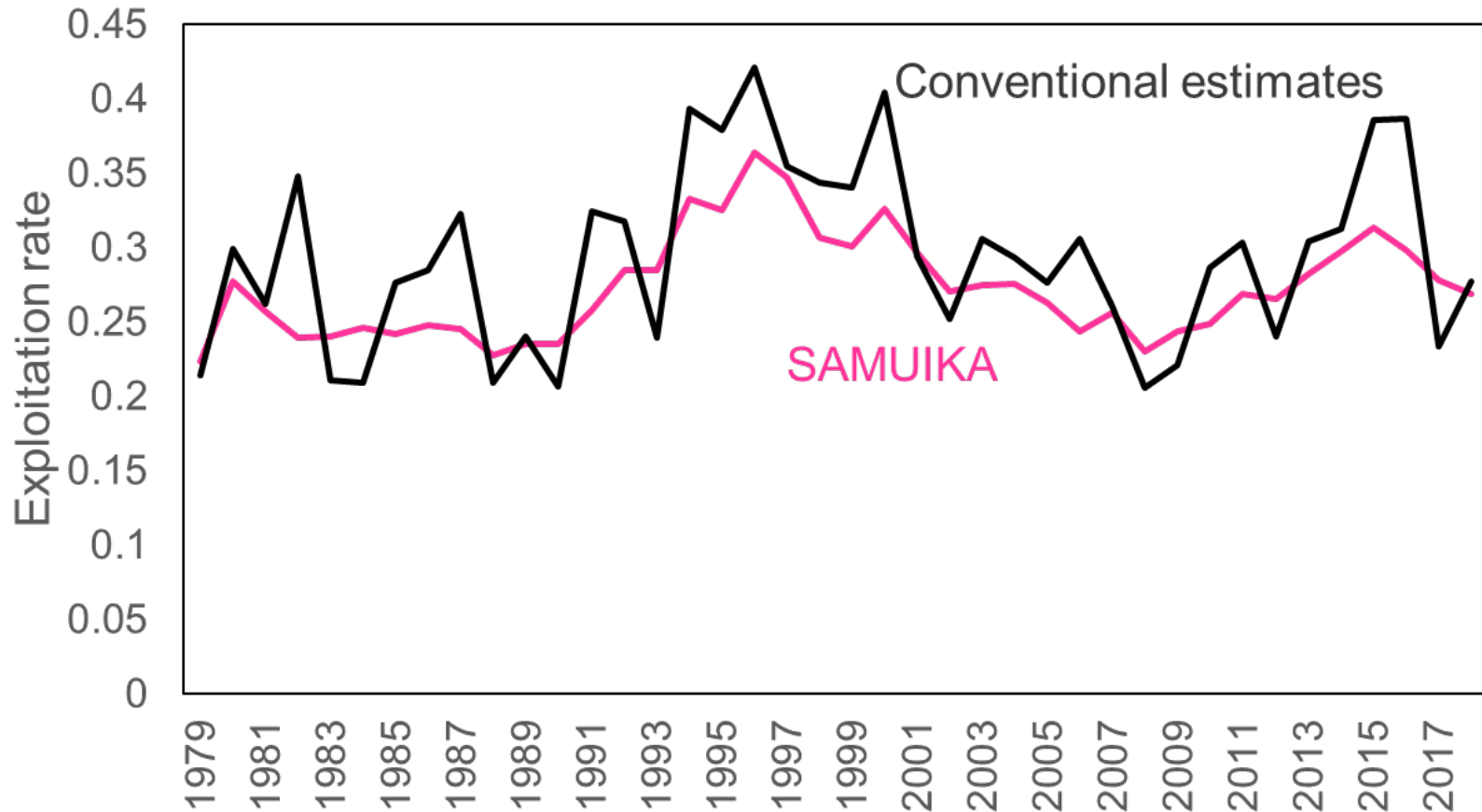
# SAM – Comparison of recruitments estimates



- Mean recruitment over the year from SAMUIKA was 5% larger than that of conventional estimate.

## 6. Revisit to discussion on estimation of recruitment

# Comparison of exploitation rate



- Mean exploitation rate over the year from SAMUIKA was 7% smaller than that of conventional estimate.