

Chapter 12

Community Effects of Fishing

漁業における群集効果

はじめに

- ✓ これまでの章で扱いきれていない議論のうち“種間相互作用”について取り上げる。
- ✓ 「ある種の死亡率が多種の生存率や捕食圧率に与える影響」という個別の議論だけではなく、漁業を通じた様々な変化が生態系全体(群集全体)に与える影響を扱いたい。また、それらの漁業へのフィードバックを見据えた議論をしたい。
- ✓ こうした議論の必要性は、間接効果の複雑性（直接効果の積み重ねだけでは理解できないこと）からもわかる。

はじめに

✓ 漁業が与える生態系全体への影響について、本章では

- ・ 栄養連鎖からみる群集効果
- ・ 飼料魚と商業魚からみる群集効果
- ・ **MSY**コンセプトを群集で考える

について扱う。

12.1 栄養連鎖

- ✓ 生態系の構成要素が影響を受けると、その影響はその構成要素だけではなく、生態系全体に波及していく。
- ✓ 影響は主に捕食者と被食者の相互作用を介して伝播。
Ex. 捕食者が取り除かれると、被食者が捕食から解放され、被食者の個体数が増加し、被食者の被食者への捕食圧力が高くなるなど
- ✓ このような栄養連鎖は、ある栄養段階の個体の豊富さの変化が他の栄養段階に間接的に影響を及ぼすと言える。
- ✓ 前章では、大型魚の豊富さが獲物への捕食圧の増大につながった例が挙げられている。

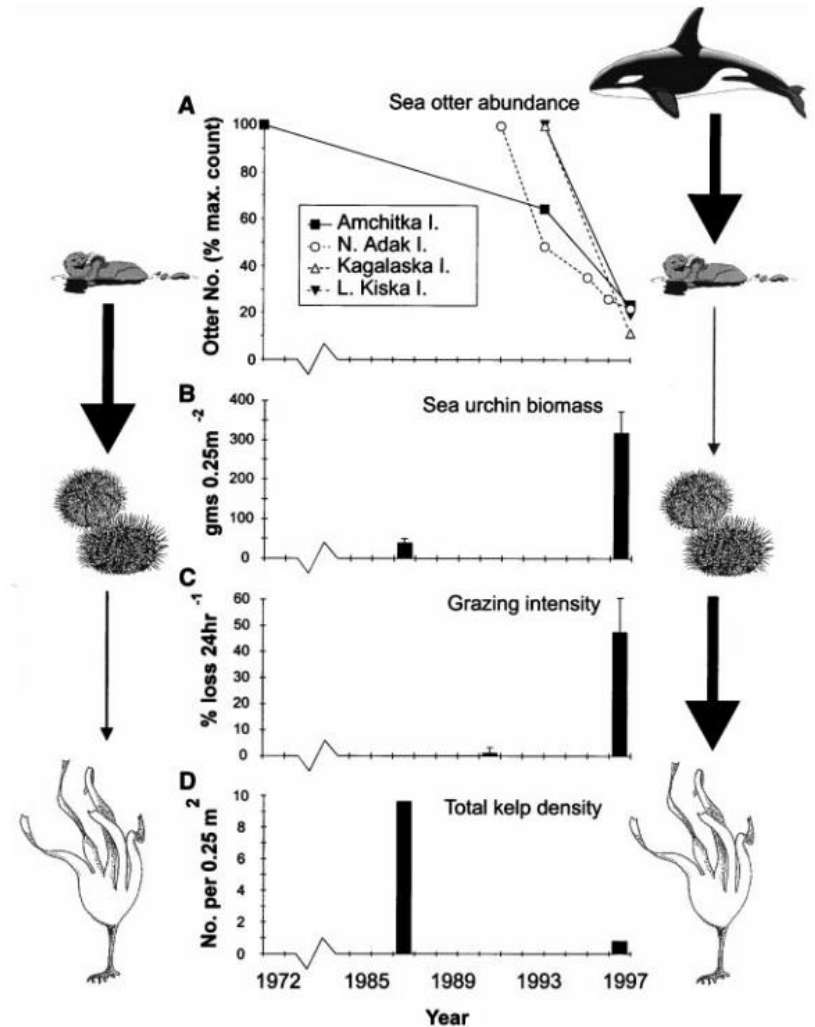
12.1 栄養連鎖

- ✓ 栄養連鎖の典型的な事例①
：アリューシャン列島における
ラッコによるウニの捕食。



12.1 栄養連鎖

- ✓ 栄養連鎖の典型的な事例①
：アリューシャン列島における
ラッコによるウニの捕食。
- ✓ この事例では、4つにまたがる
栄養段階で、高次捕食者の動態が
一次生産者にまで強い影響を
与えていることが示されている。



12.1 栄養連鎖

✓ 栄養連鎖の典型的な事例②
：大西洋北西部における魚類群集

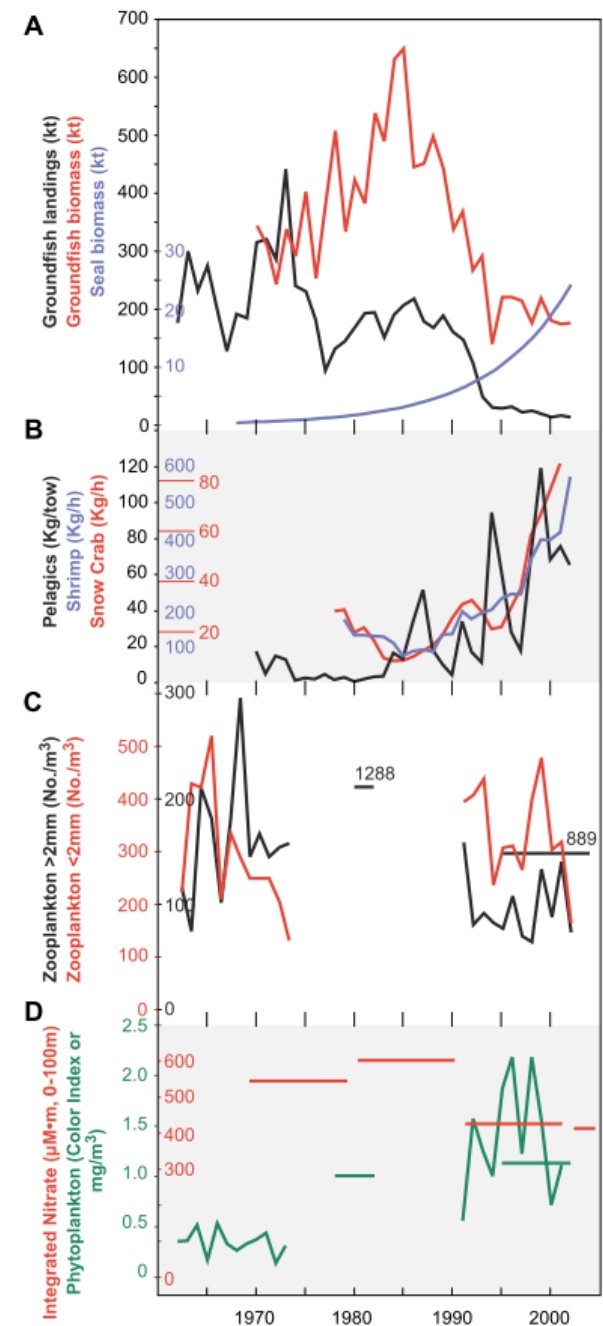
✓ 底魚類(大型タラ類)減少

↓
餌資源への捕食圧減少

↓
動物プランクトン減少

↓
植物プランクトン増加

✓ 栄養連鎖によって、魚類群集の
一部分（例えば、大型魚）への影響が
生態系全体に影響を及ぼす



Ken Frank et al. (2005)

12.1 栄養連鎖

- ✓ 栄養連鎖が群集のサイズ組成に与える例①
：北海での魚類群集
- ✓ 大型種が減って、小型種が増えるという現象が認められる。

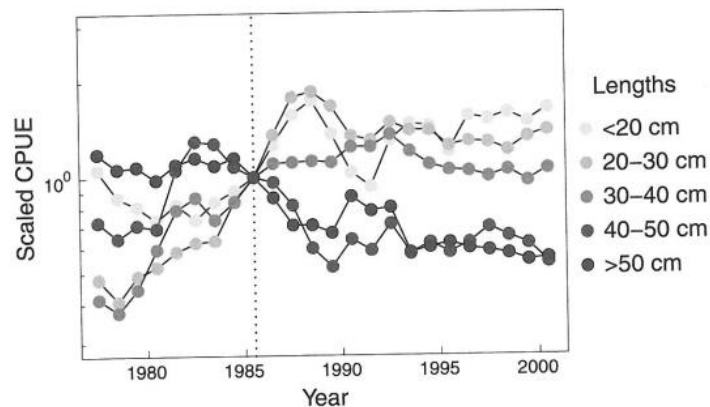
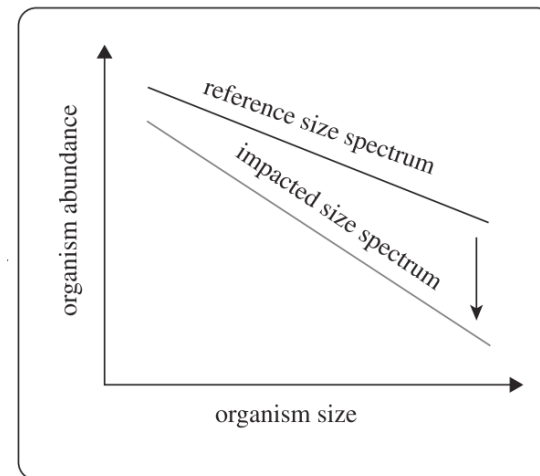


FIGURE 12.1. Catch-per-unit-effort (CPUE) from international bottom trawl survey in the North Sea organized according to length groups. All data-points are normalized with the value in 1985. Data from Daan et al. (2005).



Petchey and Belgrano (2010)

- ✓ こうしたsize-spectrum指数やlarge fish indicatorを用いる問題点は、小型種の増加につながる栄養連鎖と単なる大型種の減少にとどまる栄養連鎖とを区別できない点にある。

12.1 栄養連鎖

✓ 栄養連鎖が群集のサイズ組成に与える例②

- ・ 大きな個体が漁獲されることで、小さな魚が増える。
- ・ 漁獲されているにも関わらず、漁獲なしの場合よりアバンダンスが増えている(★)のは、1kg以下の種が成長し、結果的に穴埋めされたと考えられる。
- ・ アバンダンスがある程度増えると、餌の奪い合いになり、成長率は下がる。そのため、そのサイズではアバンダンスが頭打ちになりやすい。ただし栄養連鎖の影響を打ち消すほどではない。

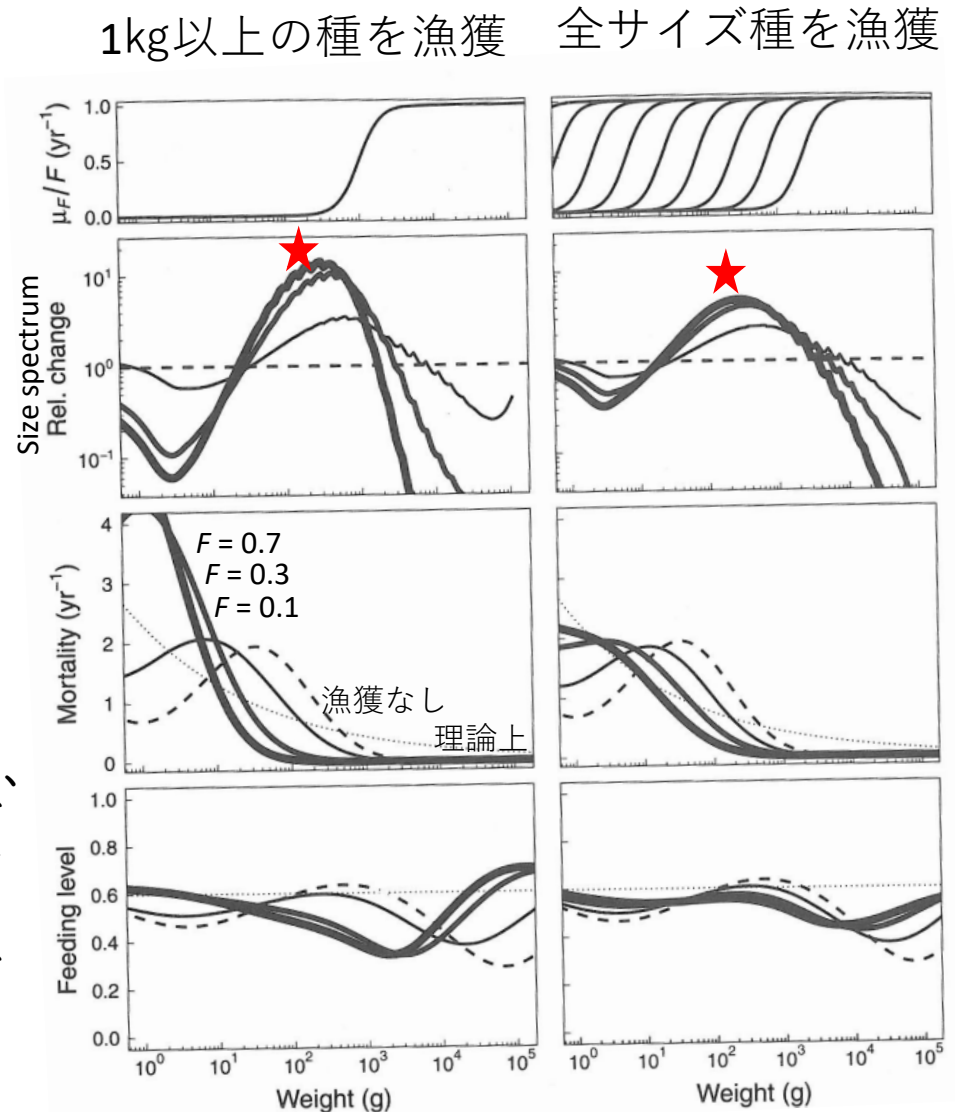


Fig. 12.2

12.2 飼料魚漁業の影響

✓ 大型種を漁獲することで増えた小型種は、そうした小型種を対象とする漁業（飼料魚漁業）を促進させる。飼料魚漁業を進めていくと、大型種の生産性を一層抑制させることになってしまうのだろうか？

- ・ 飼料魚種漁獲：consumer fisheryへの漁獲圧が高いと生産高も高まる。
- ・ 大型種漁獲：飼料魚種への漁獲とはほぼ関係なく生産高が得られる。

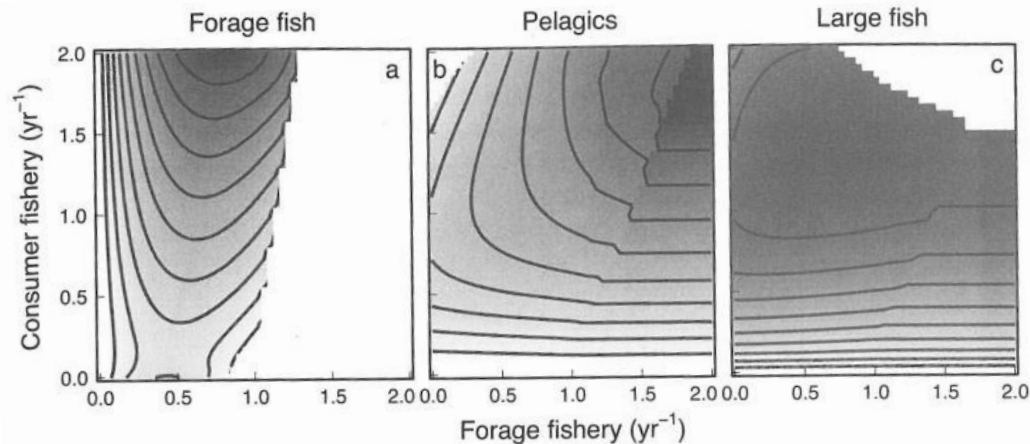


FIGURE 12.3. Yield from fishing as a function of the forage fishery ($5 \text{ g} \leq W_{\infty} < 150 \text{ g}$) and the consumer fishery ($W_{\infty} \geq 150 \text{ g}$). Yield is from (a) the forage fishery; (b) small pelagic fish ($150 \text{ g} \leq W_{\infty} < 5 \text{ kg}$); and (c) from large demersal fish ($W_{\infty} \geq 5 \text{ kg}$). The white area is where one asymptotic size group has been fished to extinction.

12.2 飼料魚漁業の影響

✓ 実際にはもっと複雑？

- ・ 小型種(飼糧魚)が減少すると、大型種の幼魚の競争が低下し、成長率が高まる。それによって、中型種が増え、結果的に大型種は餌資源を補填することができる。
- ・ 大型種の幼魚が飼糧魚の成魚の餌となる可能性もある。

✓ モデルの限界はあるものの、栄養連鎖の影響には方向性が認められる

- ・ 高次栄養段階の種に対する摂動は、減衰しながら栄養段階の下にカスケードしていく。
- ・ 下位種への摂動による上位種への影響は限定的である。

12.3 群集におけるMSYを考える

✓ ある種への漁獲が他種に与える影響を踏まえたMSYを考える。

12.3 群集におけるMSYを考える

- すべての種で漁獲係数が同じ場合の生産量
 - ：単一種の場合と同じような挙動。
 - ：単一種の場合より漁獲係数が高い理由は、群集内での捕食死亡率の再配分による。漁獲係数が低い大型種が乱獲されると、中型種のバイオマスは増加し、小型種は減少する。
 - ：多様性は低下しても、生産性は維持される。

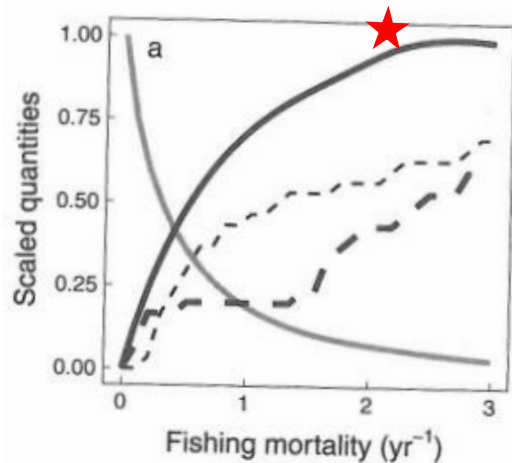


FIGURE 12.4. Yield and biomass of a community where all species are fished with the same fishing mortality. (a) Total yield (black line), total biomass (gray line), fraction of species collapsed ($F < F_{lim}$, see p. 91; thin dashed line), and fraction of species with $R_0 < 1$ (thick dashed line). (b) Spawning stock biomass as a function of asymptotic size relative to the biomass in the unfished situation. The thick contour line show where biomass is equal to unfished biomass; white/black contour lines show higher/lower biomasses by factors of 2 and 5.

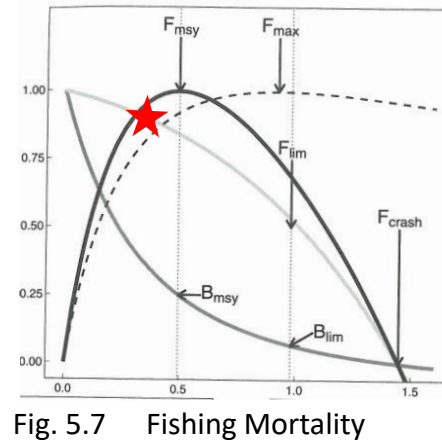


Fig. 5.7 Fishing Mortality

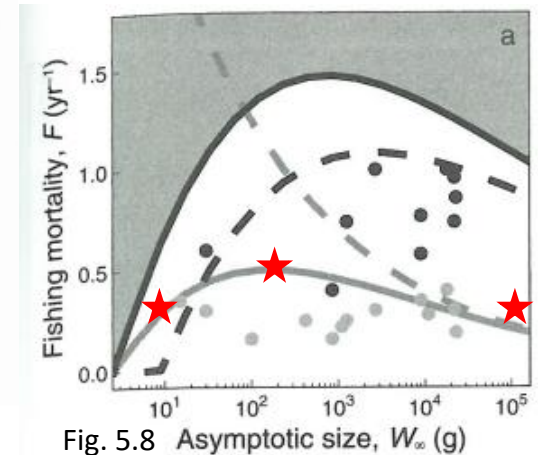


Fig. 5.8 Asymptotic size, W_{∞} (g)

Solid black line: F_{crash} ; dashed black lines: F_{lim} and B_{lim} ; solid gray lines: F_{msy} and B_{msy} ; dashed gray lines: F_{max} and B_{max} . Circles show F_{msy} and F_{lim} reference points for ICES stocks from

12.3 群集におけるMSYを考える

- どの魚をどれぐらいずつ獲れば、最大生産量になるのか？という問いは漁業者にとって命題。
 - ：同じずつどの種も漁獲する場合は、漁獲係数が大きいほど生産量は多くなる。
 - ：平均漁獲係数が大きい場合は、ターゲットサイズの異なる漁船間でも漁獲圧はかなり等しくなる。
 - ：平均漁獲係数が小さい場合は、大型種が獲られたのちに、栄養カスケードを通じて、飼糧魚漁業も優位になる。

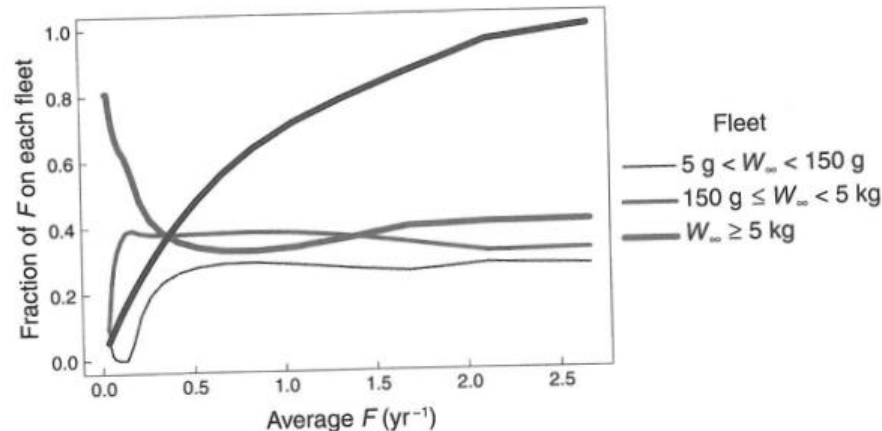


FIGURE 12.5. The maximum sustainable yield achieved from the community as a function of the average fishing mortality (black line). The distribution of effort between three fleets targeting small, medium, or large species are indicated with thin, medium, and thick gray lines.

12.3 群集におけるMSYを考える

- ・生態系に基づいた漁業管理は漁業生産量を最大化すること以外にも考慮すべきことがある。つまり、多様性の保全や高い経済効果の確保、社会全体での利益の公正な分配を確保することにも関係している。
- ・こうした考えは形質に基づいたモデルアプローチからも示唆される。
例えば、MSYで対象となる水産資源は、その他の未漁獲の群集に比べて少なくなる。
これは生態系に基づく管理の目的とは符合しない。
あるいは、収入は、一般的に小さいものよりも大きな魚の方が1kgあたりの価格が高いことを考慮しなければならない（クロマグロの1kgはスプラットの1kgよりもはるかに価値がある）。
- ・生態学的モデルは、それ自体では社会における資源の平等で公正な分配の問題に対処することはできないが、モデルは、社会経済的考察やモデルに必要な生態学的ベースラインを提供するために使用することができる。

12.3 群集におけるMSYを考える

- ・ 単一資源漁業の管理基準値が、漁業による群集の変化によってどのように影響を受けるかを探ることができる。
- Figure 5.9では生理的な死亡率を変えて検証(漁獲係数は単一種の場合とほぼ同じ)
- 一般的に、群集内の漁獲が増えるにつれて管理基準値は上がる
- F_{msy} はシステマティックな変化をするわけではない

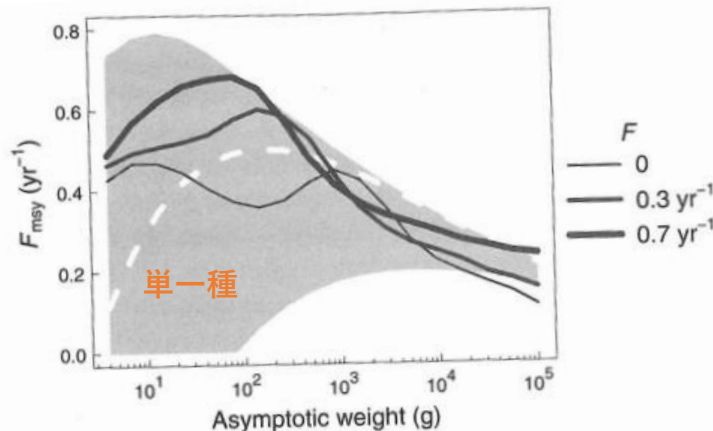


FIGURE 12.6. The fishing mortality leading to the maximum sustainable yield (F_{msy} ; see section 5.3), as a function of asymptotic size. The lines show three levels of fishing on the community: $F=0$, 0.5 , and 1.0 yr^{-1} , corresponding to the communities in fig. 12.4. The white dashed line shows the prediction from the single-species model from fig. 5.8, and the gray region is the range of F_{msy} if the physiological mortality constant is varied by ± 0.15 (see fig. 5.9).

- ・ 管理基準値は状況依存的なので、賢明な漁業管理は、基準点の計算を継続的に見直す必要がある。

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓ Trait-based size spectrum modelの有用性

・特定の種の動態を正確に推定することは難しいが、形質（今回はサイズ）といった情報に落とし込むことで、漁業が魚類群集(サイズ構造)に与える影響を推定できる。

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓ 生態系アプローチによる漁業管理の潮流

- ・ 単一種アプローチの限界(May et al. 1979)
- ・ 国際的な潮流(FAO 2003)：ヨーロッパではMarine Strategy Framework Directiveなど。アメリカ、オーストラリアなどでも取り組みがみられる。
- ・ 生態系アプローチの特色として、魚の動態だけに焦点を当てるのではなく、食糧生産、経済価値の創出、生態系機能・生息地・多様性の保全、消費者への平等な供給なども包含した戦略であることが挙げられる。
- ・ それゆえに、様々なステークホルダーの協働を要する。
- ・ また、資源管理による生態系レベルへのインパクトを適切に評価する手法が必要である。

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓ 単一種アプローチと生態系アプローチの融合

- 個々の種に特化した資源評価も大事。
- 生態系アプローチ、たとえば fisheries ecosystem plans (Essington et al. 2016) に統合していくことが必要。
- fisheries ecosystem plans は、特定の種の管理のあり方が、他種に許容できない程度の影響を与える場合には避けなければいけないとする管理戦略。
- 生態系アプローチは、個々の管理目標に生じるトレードオフを探索し、より現実的な生態系管理の方針を提案する。



**BUILDING EFFECTIVE FISHERY
ECOSYSTEM PLANS**
A REPORT FROM THE LENFEST FISHERY
ECOSYSTEM TASK FORCE

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓モデルにおける複雑さとシンプルさのバランス

- ・管理戦略に採用するモデルで、どの程度の複雑さを表現できる必要があるのかは難しい問いである。

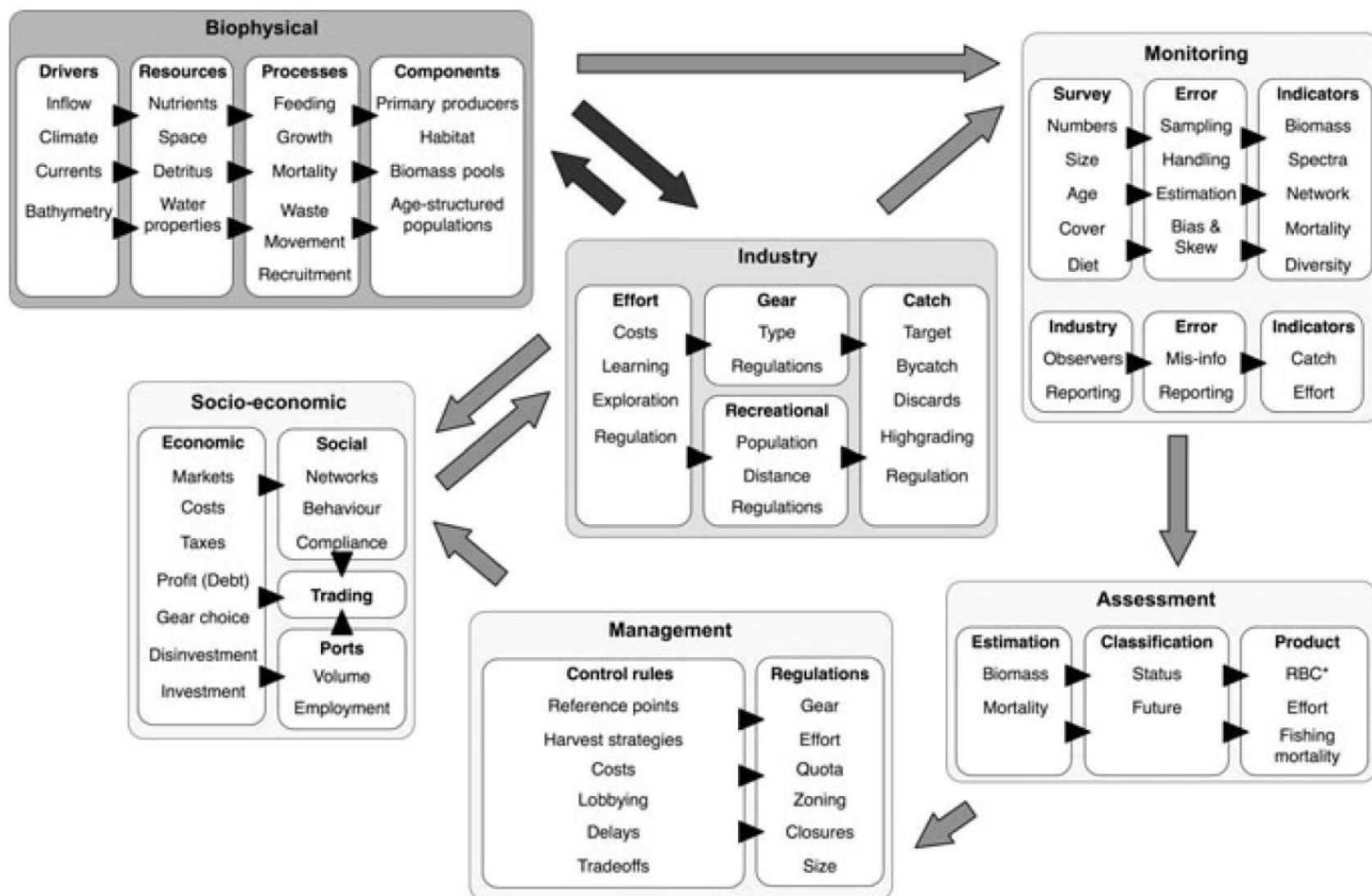
- ・複雑なモデルでは、ステークホルダーが必要とする情報を提供しうるし、トレードオフを探索するようなシナリオを提示できる。

- ・一方で、必要となるデータが膨大、パラメータの推定が困難、モデルの頑健性が測りづらいなどの問題が生じる。

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓モデルにおける複雑さとシンプルさのバランス

- **Atlantis model** (Fulton et al. 2004; 2011)
 - end to end モデル
 - 適応管理に資する要素が考慮される
 - ：生物物理システム、産業システム、管理意思決定システム等
 - モデルの複雑さの自由度は高い。



(Fulton et al. 2011)

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓モデルにおける複雑さとシンプルさのバランス

- Atlantis model (Fulton et al. 2004; 2011)
 - end to end モデル
 - 適応管理に資する要素が考慮される
 - ：生物物理システム、産業システム、管理意思決定システム等
 - モデルの複雑さの自由度は高い。
- simple food-web model
 - 捕食－被食関係や栄養連鎖を扱うモデル
 - 現実の生態系を体現しづらい、パラメータの不確実性
 - 実際の資源管理に不向き

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓ size-spectrum modelの有用性

- ・ end-to-endモデルとsimple food-web modelの中間。
- ・ 生態系の一側面（魚類群集）のみ扱うが、
形質のバリエーションをもとに多様性を扱うことができる。
- ・ ただし、個体ベースの影響（Chapter 2, 3）も留意が必要。
- ・ トレードオフについては以下を例に紹介した。
 - ・ 飼糧魚と商業魚の漁獲
 - ・ 漁業と栄養カスケードの関係
 - ：種の回復、パレート最適、balanced harvesting

Food for Thought

Size-based theory for fisheries advice

K. H. Andersen  *

- ・ 魚類に影響するプロセスの多くは「体サイズ」で決まる。
- ・ とくに、age-based modelに比べて、少ないパラメータで予測が可能であることと、生活史形質と直接的に結びつきやすいことが利点。
- ・ データプアな対象で威力を発揮する。

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓ balanced harvesting (Zhou et al. 2010)の考え方と課題

- ・ 漁業による影響を抑えながら、生産性を維持するというコンセプト
- ・ 選択的漁業への批判がもととなっている。

課題

- ・ 生産性を維持し、かつ保全するという2つの側面
- ・ “生産性”の定義の不透明さ
 - ： 個体群成長率や死亡率は状況依存的な指標
 - ： 面積当たりの生産性と時間当たりの生産性の違い
- ・ 生産性を求める際に、サイズクラスはどう扱うべきなのか不明瞭
- ・ balancedとは、生態系構造の維持を目的とするのか、生産性に比例した漁獲を実現することなのかという混乱を招いている。
- ・ 実地的な資源管理の運用に応用できる段階ではない。
- ・ 戦略的な資源管理コンセプトの足掛かりになったことは確かである。

12.4 生態系を考慮した漁業管理に サイズ・形質モデルを応用する

✓ size-spectrum modelの可能性

- ・ 生態系を考慮した漁業管理に必要なすべての情報を提供できるわけではない。
 - ・ シンプルなモデルでトレードオフを扱い、漁業管理に役立つ情報を示すことができるのが利点。
 - ・ 個別の種や生態系に焦点を当てて、より精緻なモデルに発展させることもできる。
 - ・ このモデルによって、群集のダイナミクスを描くことができる。
-
- ・ 課題としては、群集全体の挙動を踏まえた結果を個別の種の資源管理にどのように活かすかである。