

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750120

研究課題名(和文)生態系と経済システムの非線型ダイナミクスを捉えた政策モデリング手法の確立と適用

研究課題名(英文)The development of policy modeling method capturing the nonlinear dynamics of ecosystem and economic system

研究代表者

上原 拓郎 (UEHARA, TAKURO)

立命館大学・政策科学部・准教授

研究者番号：60384757

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：生態系と経済システムが相互に依存する生態経済システムが生み出す複雑性を捉えるため、産業連関表とシステムダイナミクスを同期させた新たなモデリング手法の開発を目的とした。モデリング手法の開発とその有効性を確認するために、ヒラメが生息するフランスセーヌ河口域とその流域経済からなる生態経済システムを事例とした。モデルを用いて生息域の回復をする場合としない場合を比較した。回復策を実施した場合、しない場合と比較して、生息域が回復し、ヒラメのストックと漁獲量が増加する一方で、回復策に係る費用負担が主な原因となって地域GDPは低下したため、両者のトレードオフを考慮する必要があることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a new modeling method by synchronizing system dynamics with input-output table to capture the complexity of an ecological economic system in which ecosystem and economic system interact each other. To develop and test the technique, the Seine estuary in France where sole fish can be caught was selected as the study site. The comparison of cases with and without estuary restoration was conducted. With restoration, while the result indicates increases in the nursery area, fish stock, and fish catch, it also indicates decreases in the regional GDP because of the cost for the restoration. The finding supports the importance of the consideration of the trade-offs.

研究分野：生態経済学

キーワード：生態経済モデル システムダイナミクス 産業連関表

1. 研究開始当初の背景

(1) 生態系の重要性に対する認識の高まりと学際・問題志向型研究の増加

生態系の人類にとっての重要性はプラトンより以前から指摘されていたものの(Mooney and Ehrlich, 1997)、これまでは、新古典派経済学をベースとした資源経済学のような一つのディシプリンに依拠したアプローチが中心であり、その取り組みは、取り扱う問題対象、取り組む研究者の数、および実際問題への適用可能性の点から限定的であった。しかしながら、近年、学際・問題志向型の生態系に対する関心は高まりをみせており、国際学会(例えば International Society for Ecological Economics, Ecosystem Services Partnership)の発足や、国際連合が主導し、1300人以上の研究者が参加し、人間活動の生態系への影響を評価した Millennium Ecosystem Assessment(2005)の発表や、2008年から進められている、欧州の政府・研究機関を中心とした The Economics of Ecosystems and Biodiversityなどが行われている。

(2) 生態系と経済システムを一つのシステムとして理解する必要性

主流派経済学である新古典派経済学をベースとした資源経済学では、魚などの自然資源のストックと成長率の関係が所与という条件のもとで、限界分析を適用して効率性あるいは持続可能性の観点から最適な搾取量を決定するという方法が主流である(Tietenberg and Lewis, 2012)。この考え方は、実際の生態系管理においても広く普及している(Folke et al., 2002)。

しかしながら、生態系管理の事例研究が蓄積されるなかで、次第にこうした最適資源管理手法に根本的な問題が指摘されるようになってきた。例えばC.Folkeが指摘するように、この手法には二つの根本的な問題点、つまり1)人間の介入に対する生態系の反応は線型、予測可能、かつ操作可能であるという仮定、そして2)生態系と人間のシステムを独立に取り扱うことができるという仮定にもとづいているという問題がある(Folke et al., 2002)。

したがって、生態系管理問題を扱うには、生態系と経済システムを独立したシステムとして扱うのではなく、ダイナミックで複雑に相互作用しあう一つのシステム、生態経済システムとして取り扱うことが求められているのである。一つのシステムとして扱うことの重要性は、数多くの事例研究(Walker and Walter, 2006)および理論研究(Lade et al., 2013)から指摘されており、著者が行った理論研究においても、生態系を経済システムと独立なシステムとして捉えた場合と、生態経済システムとして捉えた場合では異なる閾値が存在し、生態経済システム特有の閾値こそが資源管理において重要であること

を明らかにしている(Uehara, 2013)。つまり、生態系と経済システムの複雑なダイナミクスの理解に基づかない政策決定はしばしば思いもよらない結果、特にかえって状況を悪化させる結果となるのである(Costanza et al., 1997)。

(3) 生態経済モデル開発の必要性

生態系、経済システムを一つのシステムとして捉える認識の高まりにより、これまでは、主に事例の積み重ねがなされてきた(例えば書籍(Berkes and Folke, 1998, Walker and Walter, 2006)、学会誌(Ecology and Society, Ecological Economics, Ecosystem Services)、データベース(Resilience Alliance))。

しかしながら、非線型フィードバック、不可逆性、ヒステリシス、多均衡性、不確実性等によって特徴づけられる生態経済システムの複雑なダイナミクスおよび政策のシステム・ダイナミクスに対する影響を理解するには、モデルを用いたシミュレーションが欠かせない(Sterman, 2000)。さらに、生態系への影響を無視した経済政策が生態系、経済システムの両方にとって望ましくない結果をもたらすことが現実に指摘されており(Levin et al, 2013)生態経済システムの理解を促進し、政策に役立つ、即効力のある生態経済モデルの開発が求められている。これまで、進化モデル、ネオ・オーストリア学派モデル、熱力学モデル、エージェント・ベース・モデル等、意欲的な生態経済モデルが提案されているものの(Proops and Safonov, 2004)、生態系と経済システム間の非線型フィードバックといった複雑性を的確に捉えた即効性のあるモデルの開発が十分であるとは言い難い(Levin et al., 2013)。

2. 研究の目的

上述の研究背景を踏まえ、本研究は、生態経済システムの複雑な非線型ダイナミクスを捉える新たな生態経済モデル・シミュレーション手法を、フランス・セーヌ河口域とその流域経済(図1)からなる生態経済システムを事例として確立することを主な目的とした。

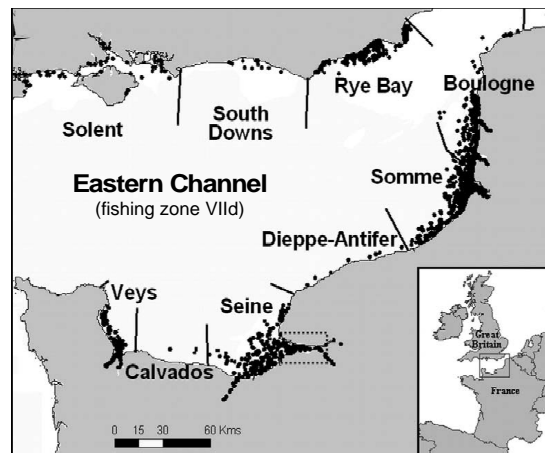


図1. フランス・セーヌ河口域

セーヌ河口域は干潟があり、ヒラメが生息しているが、港、橋、堤防の開発等により、生息域が減少しており、その回復が求められている。回復によって、ヒラメの水揚げが増えることが期待されるが、その一方で、回復には費用がかかるため、こうした地域経済への影響を考慮する必要がある。

3. 研究の方法

モデリングには、流域の経済システムについては産業間の複雑な関係を包括的に捉えることができる産業連関表を用い、生態系については生態系の非線型性を捉えることができるシステムダイナミクスを用いた。

当該地域の産業連関表は整備されていないため、フランスの国単位の産業連関表を基に、地域化の手法 (Jackson (1998)、Lahr (2001)、McDonald(2005)等) を用いて、地域産業連関表を独自に作成した。

生態系についてはシステムダイナミクスを用いて、生息域回復によるヒラメの生態と水揚げを中心としたモデルを作成し、生息域については底質の種類によって、ヒラメの生息条件が異なることから 21 地区に分割してその違いを反映させ、ヒラメについてはコホートモデルを用いた。なお、生態系モデルの作成にあたっては、当該地区の生態系に詳しい専門家への聞き取り調査を行い、生態学的知見を反映させた。

産業連関表とシステムダイナミクスの同期にあたっては、技術的には、システムダイナミクスモデルのモデリング・シミュレーションツールである Powersim をプラットフォームとして、Microsoft Excel で作成した産業連関表を Powersim に同期させて生態経済モデルを構築した。

4. 研究成果

(1) モデルの構造

生態経済モデルは、生態系、経済システム間のフィードバックでつながれている。例えば、ヒラメの水揚げの変化、地域経済への影響の変化、最終需要の変化、ヒラメの需要の変化、ヒラメの水揚げの変化、等の関係がある。

(2) モデルの特徴

モデルにはいくつかの特徴があり、複雑な生態経済システムを捉えるモデルとして、非線型性と不確実性の取り扱い方が重要である。

動学モデルにおける非線型性とはフローを規定する変化率が一定でないことを意味する (Blanchard et al., 2006; Sterman, 2000)。本モデルではこうした非線型性を捉えている。

例えば、調整済み漁獲率 (図 2) は、生態系と経済システムのフィードバックを有効にした場合としない場合で異なり、フィードバックを有効にした場合には、非線型性が現れている。

生態経済モデリングにおいて、不確実性は

不可避であることから、不確実性を踏まえたモデルの利用が求められる。

不確実性は感度分析などにより、そのシミュレーション結果への影響を検討することができるが、すべての組み合わせを検討することは不可能であることから (Sterman, 2000)、重要な変数について検討を行った。

図 3 はヒラメのストックのヒラメの死亡率に対する感度である。図にみられるように、死亡率によって、ストックが当初増加する、当初減少する、というように、死亡率によって、質的に大きな違いがあることから、本モデルを政策に用いるにあたっては、死亡率の検討が重要であることが明らかとなった。

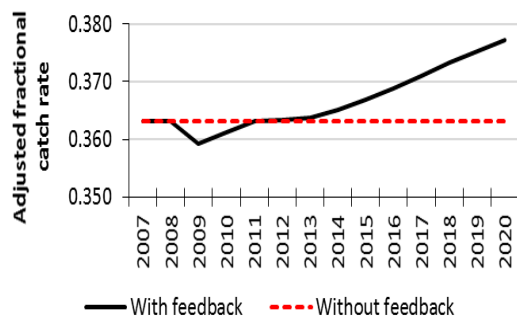


図 2 . 調整済み漁獲率の比較

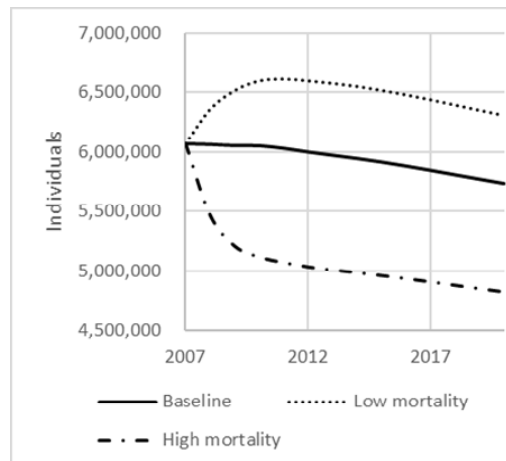


図 3 . ヒラメのストックのヒラメの死亡率に対する感度

(3) シミュレーション結果

生息域を回復させる政策の生態経済システムへの影響を検討するために、回復を実施するシナリオ (シナリオ 1) と回復を実施しないシナリオ (シナリオ 2) の二つのシナリオの結果を比較した。シナリオ 2 の回復策については、地元のステークホルダーの意見を反映させている。

図 4 の通り、シナリオ 2 では、回復策を実施することにより、ヒラメのストックが増加し、それにしたがって、漁獲量が増加すると考えられる。ただし、本研究の目的で示した通り、生態系やヒラメが望ましい方向に変化するだけではなく、こうした施策による、地

域経済への影響についても考慮する必要がある。

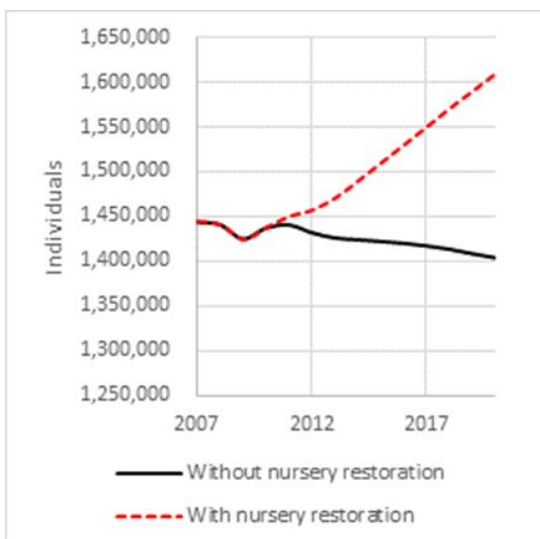


図4 . ヒラメの漁獲量の比較

図5に示す通り、回復策の実施によって、シナリオ2における地域GDPは回復策を実施しないシナリオ1よりも若干低下している。本生態経済モデルは産業連関表のほか、システムダイナミクスとの同期により、複雑な関係性を捉えているため、回復策の影響は多岐にわたる。しかしながら、主な理由として、回復策を実施することで、生態系、ヒラメのストックが回復し、漁獲量が増える、という生態系、経済システムにとって良い効果がある一方で、回復に係る費用負担により、最終的に家計所得が減少し、最終消費の減少をもたらしていると考えられる。

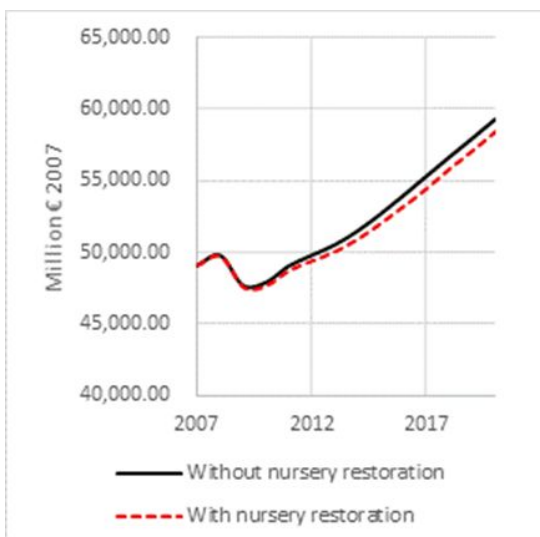


図5 . 地域GDPの比較

(4) 結論と考察

本研究は、生態系と経済システムの関わりの複雑性を捉える生態経済モデルを、産業連関表とシステムダイナミクスを同期させて開

発した。モデリング手法の開発とその有効性を確認するために、ヒラメが生息するフランスセーヌ河口域とその流域経済からなる生態経済システムを事例とした。

モデルを用いて生息域の回復をしない場合(シナリオ1)、する場合(シナリオ2)で結果を検討した。回復策は生態系を回復させ、ヒラメのストック、そして漁獲量を増加させる一方、地域GDPの低下を招いている。したがって、どのような回復策を実施するかは、ステークホルダーの判断に委ねられると考えられる。つまり、地域GDPの低下はそもそも受け入れられないものなのか、あるいは生態系が回復できるのであれば、地域GDPの低下はある程度受け入れられるのかの判断が求められる。

(5) 今後の課題

今後の課題として、産業連関表とシステムダイナミクスを用いた生態経済モデルでは十分に捉えることができなかった側面を捉えるモデルの開発が考えられる。

特に、本モデルは中期動学モデルであるが、産業連関表の技術係数等を一定としており、中期的な検討においては、必ずしも現実的ではないと考えられるため、例えば計量経済モデルを組み合わせるなどによって、より現実的なモデルとするための検討が考えられる。

更に、政策的含意の観点からは、生態系回復策に伴う費用負担の在り方が地域経済へ与える影響について、例えば所得別、産業別に明らかにすることが考えられる。近年、所得格差が課題となっており、経済全体への影響だけでなく、費用負担が所得格差にどのような影響を与えるか、検討できるようなモデルの構築が望まれる。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

Cordier, M., Uehara, T., Weih, J., & Hamaide, B. (2017). An Input-output Economic Model Integrated Within a System Dynamics Ecological Model: Feedback Loop Methodology Applied to Fish Nursery Restoration. *Ecological Economics*, 140, 46-57.

doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.005
査読「有」

〔学会発表〕(計 3件)

Cordier, M., Uehara, T., Weih, J., & Hamaide, B. (2016). An Input-Output Economic Model integrated within a System Dynamics Ecological Model: a methodology for feedback loop applied to fish nursery restoration. *The International Society*

for Ecological Economics 2016 Conference
06/29/2016. Washington DC., (USA).

Uehara, T., Cordier, M., Weih, J., & Hamaide, B. (2015). A dynamized Input-Output Economic Model integrated within a System Dynamics Ecological Model: applying feedback loop methodology to fish nursery restoration. The Joint Biennial Conference Canadian Society for Ecological Economics & United States Society for Ecological Economics. 10/03/2015. British Columbia, (Canada).

Cordier, M., Uehara, T., Hamaide, B., ^ Weih, J. (2014). An Input-Output/System Dynamics Approach to Regional Ecological-Economic Modeling: An Application to the Restoration of the Seine Estuary (France). The 13th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics. 14/08/2014. Reykjavik, (Iceland).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上原 拓郎 (UEHARA, Takuro)
立命館大学・政策科学部・准教授
研究者番号：60384757

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

コーディア マテオ (CORDIER, Mateo)
Research centre
Cultures-Environnements-Arctique-Représ
entations-Climat (CEARC), Université de
Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines
Associate Professor

ホメイデ ベルトランド (HOMAIDE,
Bertrand)
Centre de Recherche en Economie (CEREC),
Université Saint-Louis
Professor

ウェイ ジェフ (Weih, Jeff)