

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号： 34315  
研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）  
研究期間： 2016～2019  
課題番号： 15KK0104  
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  
（国際共同研究強化）  
研究課題名（英文）Development and Application of Policy Modeling Method Capturing Non-linear  
Dynamics Embedded in Ecological and Economic Systems(Fostering Joint  
International Research)  
研究代表者  
上原 拓郎（UEHARA, TAKURO）  
立命館大学・政策科学部・教授  
研究者番号：60384757  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,600,000円  
渡航期間： 12ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究では生態系と経済システムを一つのシステム、生態経済システムとして捉えたモデルを構築した。一つのシステムとして捉えることで、生態系と経済システムの相互依存関係をとらえることができる。モデルを構築するため、システムダイナミクスと産業連関表を同期させた新しいモデリング手法を開発した。前者では生態系の非線型ダイナミクスを、後者では生態系の回復策が及ぼす影響、そして費用負担を産業分類別に捉えている。モデルの構築には、ヒラメが生息するセーヌ河口域とその周辺の地域経済を事例とした。モデルシミュレーションにより、費用負担の影響が産業別に異なることを明らかにした。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

生態系と経済はお互いに影響しあっており、経済への影響を考慮しない生態系への対策、生態系への影響を考慮しない経済政策、ともに誰も望まない結果に陥る可能性がある。このため、生態系と経済システムを一つのシステムとして捉えるアプローチが必要である。本研究で開発した生態経済モデルは、セーヌ河口域とその地域経済に適用したものであるが、他の事例にも広く活用できるものである。特に、産業連関表は全都道府県、また一部の自治体で整備されており、適用しやすい手法であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research developed a model that considers ecological and economic systems to be a unified system. A unified ecological economic system captures the inter-dependencies embedded in the system. This research developed a modeling method that synchronizes system dynamics with input-output table to capture the inter-dependencies. While the former can capture the non-linear dynamics of ecological systems, the latter can capture the impact of restoration measures and cost allocation principles on the regional economy by industry. The model was developed through its application to the Seine estuary and its surrounding local economy in which Soles are primary commercial fish. The model simulation revealed that the impact of cost allocation varies across the industries.

研究分野：生態経済学

キーワード：システムダイナミクス 生態経済システム 産業連関表

### 1. 研究開始当初の背景

- (1) 本研究は生態系と経済システムを両者が相互依存しあう一つの生態経済システムとして考え、その複雑なダイナミクスを捉えるための新たな生態経済モデリング手法を開発し、フランス・セーヌ河口域の生態系とそれをとりまく経済システムを事例とし、最適な生態系の維持・回復策の検討を行うことを目的としている。具体的には、生態系の非線型ダイナミクスをコンピュータ・シミュレーション手法の一つであるシステム・ダイナミクス(SD)を用いて、また経済システムの複雑性を産業連関表(I-O)を用いて捉え、両者を同期させた新たな生態経済モデリング手法の開発を研究の中核としている。
- (2) 本研究助成を受けるまでの研究成果としては、研究の主目的である新たな生態経済モデルを、SDのソフトウェア(Powersim)と表計算ソフト(Microsoft Excel)を用いて成功させ、フランス・セーヌ河口域のヒラメ(Soleus soleus)が生息する生態系とそれを取り巻く経済圏を一つのシステムとした生態経済システムに適用した。
- (3) いっばう、更に発展させるための研究課題も明らかとなっており、1)技術的・理論的な課題、そして2)社会実装を視野に入れた政策志向モデルへの高度化に取り組む必要性が明らかとなっていた。

### 2. 研究の目的

- (1) 本研究は申請者によるこれまでの研究を通して明らかとなった二つの課題を解決し、技術的・理論的、そして政策適用可能性の観点から完成度の高い成果を出す方向で展開させることを目的としていた。これによって、本研究は、第一に、生態経済システムの不確実性・複雑性を捉え、政策的含意を導出することができるモデリング手法を確立し、第二に、事例地区であるセーヌ河口域の生態系回復策(回復に係る費用の最適な産業間配分の方法等)について、政策立案に有用な提言を行うことを目的としている。

### 3. 研究の方法

- (1) I-Oの動学化とSDを用いた望ましい生態系回復策を導出するための最適化手法の開発を中心に行う。I-Oの動学化は、主に粗付加価値のうちの賃金と営業利益、そして投入係数について行う。賃金と営業利益については、過去のデータを用いた計量経済モデルを構築する。投入係数については、Duchin, and Lange (1995)が提唱した手法に基づいて行う。特に、産業の将来展望に詳しい専門家の意見をデルファイ法(Linstone and Turoff, 1975))により集約し、投入係数が将来変化するように新たなI-Oを構築する。
- (2) これまでの開発してきた基礎モデルを発展させ、政策的含意を導出するためには、各専門家の意見を踏まえてモデルの構造やパラメータの見直しや充実が必要である。具体的にはまず、Moxnes(2005)が提唱している政策感度分析を用いて、最適な政策選択に大きな影響を与えるモデル構造やパラメータを特定したうえで、専門家の意見を基に洗練、充実させる。

### 4. 研究成果

- (1) 本研究の成果は学会発表の他、Ecological Economics 誌(Cordier et al., 2017)及びSustainability 誌(Uehara et al., 2018)で発表した。Uehara et al. (2018)はCordier et al. (2017)で取り組み切れなかった課題に取り組んだ論文である。それぞれの論文で一つの生態経済モデル、計2つのモデルを構築した。後者ではI-Oの動学化を行い、今後の産業の技術水準の変化を取り入れている。
- (2) いずれの生態経済モデルも図1のように、生態系と経済システムの因果関係をとらえたモデルであり、フィードバックを含んでいる。技術的には生態系を中心にしたシステムをシステムダイナミクスのソフトウェアである Powersim でとらえ(図2)、経済下部システムをMicrosoft Excel でとらえている(図3)。両者は図1の黒塗りの矢印で接続されている。接続は Powersim が Microsoft Excel をデータベースとして使う機能を活用して行っている。
- (3) 本モデルは、生態系と経済システム間の複雑な相互依存関係をとらえること、また経済システムにI-Oを取り入れているため、生態系の回復策にかかるコストが地域経済に与える影響を産業分類別に明らかにすることが可能である。また、回復策にかかるコストを産業別に傾斜負担をさせることも可能であり、本研究では、いくつかの費用負担原則を考案し、それぞれのシナリオにおける生態系、そして経済に与える影響に関するシミュレーションを行った。産業別の影響に関しては、例えば、建設業にはプラスの影響があり、輸送業にはマイナスの影響があることが明らかにされた。
- (4) 本研究では、今後の研究の方向性を検討するための追加的なシミュレーションも実施した。今回の研究ではセーヌ河口域とその周辺の生態経済システムをシステム境界としたモデルを構築し、生態系の回復策を検討した。しかし、本モデルを使い、水質の変化が与える影響を検討したところ、水質の変化による影響が回復策の効果よりも大きいことが明らかとなった(図4)。水質は今回のモデルのシステム境界の外、特にセーヌ川上流のパリや川周辺の農業の影響を大きく受けている。このため、今後は水質も含めたようなより広いシステム境界を設定したモデルを構築することで、よりよい回復策の検討ができると考えられる。

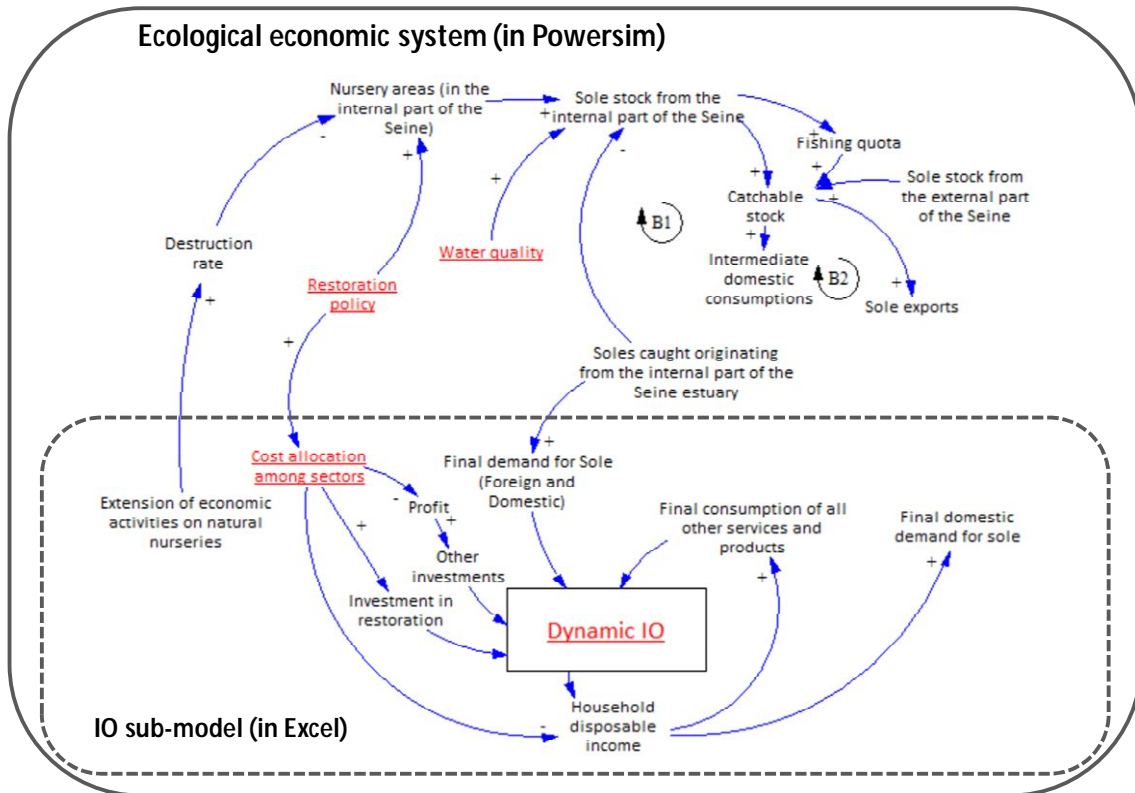


図1．経済下位システムと生態系の因果関係図．“+”は同方向への変化，“-”は反対方向への変化を現す．

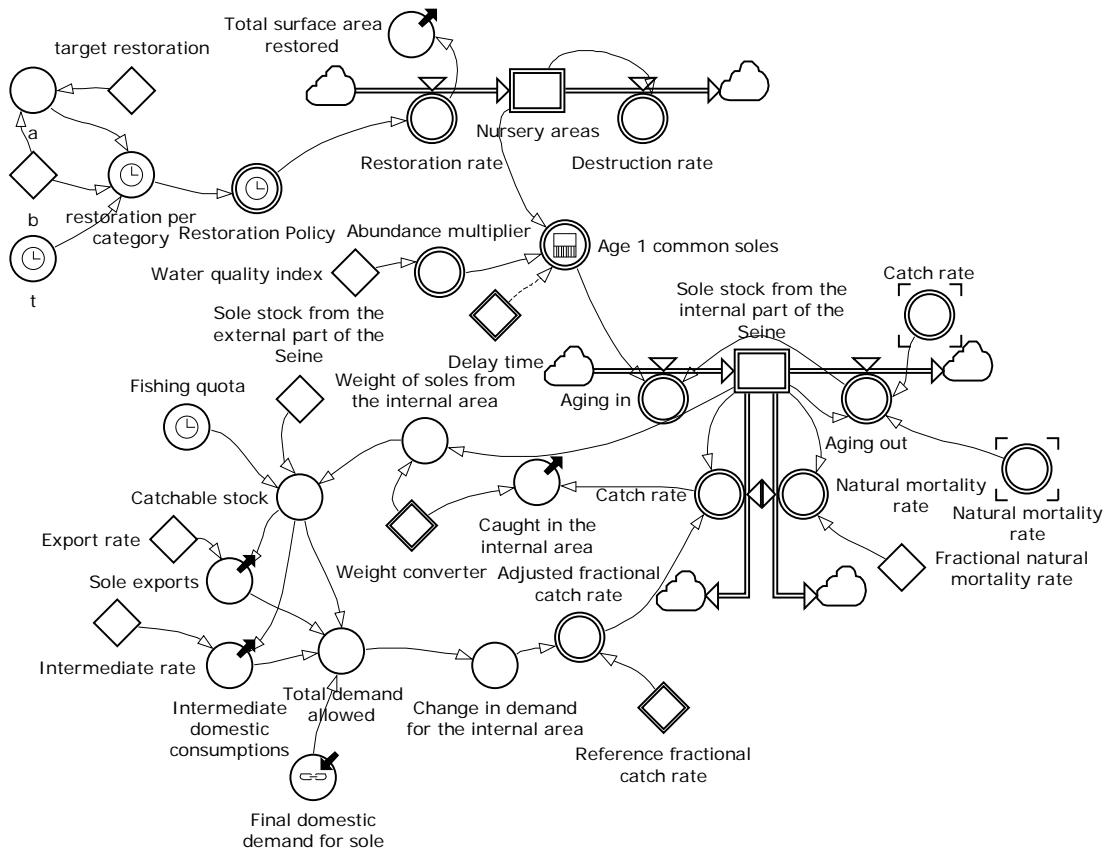


図2．システムダイナミクスモデル．黒塗りの矢印のうち，外に出る矢印は当該変数の数値をMicrosoft Excelへエクスポート，内側に入る矢印はMicrosoft Excelからの数値を取り込んでいることを現している．四角はストック，バルブのついた丸はフロー，丸は補助変数，ダイヤモンドは外生変数を現している．

	Buying Sector ( $j = 1, \dots, n; n = 37$ )	Final Demand ( $k = 1, \dots, f; f = 8$ )	Total Output
Selling Sector ( $i = 1, \dots, n; n = 37$ )	$X$ $x_{ij}$	$F$ $f_{ik}$	$x$ $x_i$
Imports	$mi'$ $mi_j$	$mf'$ $mf_k$	$m$
Value Added ( $l = 1, \dots, p; p = 3$ )	$V$ $v_{lj}$		$v$ $v_l$
Total Outlays	$x'$ $x_j$		

図3 . 産業連関表の基本構造

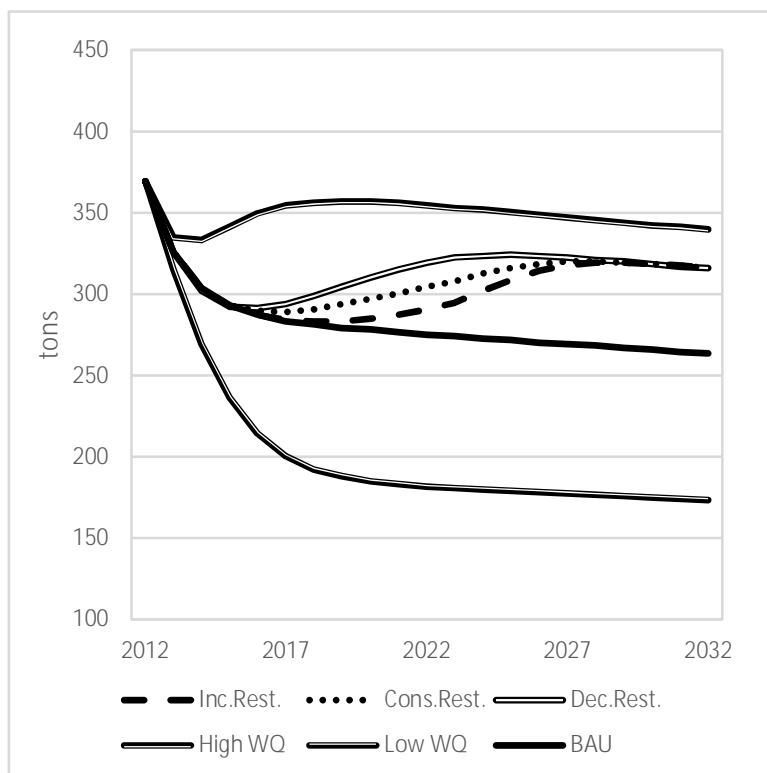


図4 . ヒラメの漁獲量に関する推計 . Inc.Rest. , Cons.Rest. , および Dec.Rest. は生態系の回復策を実施した場合の結果であり , High WQ と Low WQ は水質が最も改善した場合と悪化した場合の結果である .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Uehara, T., Cordier, M., & Hamaide, B.	4. 巻 10 (6)
2. 論文標題 Fully dynamic input-output/system dynamics modeling for ecological-economic system analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3390/su10061765">https://doi.org/10.3390/su10061765</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Cordier, M., Uehara, T., Weih, J., & Hamaide, B.	4. 巻 140
2. 論文標題 An Input-output Economic Model Integrated Within a System Dynamics Ecological Model: Feedback Loop Methodology Applied to Fish Nursery Restoration	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Economics	6. 最初と最後の頁 46-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.005">https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.005</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Cordier M.
2. 発表標題 Regional and sectoral impacts of cost allocation rules & impacts of ecological restoration schedule: input-output/system dynamics modeling
3. 学会等名 15th Congress of the International Society for Ecological Economics (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
その他の研究協力者	マテオ コーディエ (Mateo Cordier)		