

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24年 5月 31日現在

機関番号：34404

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21710050

研究課題名（和文） 持続可能な発展のためのレジリアンスの管理と評価

研究課題名（英文） Evaluation and Control of Resilience for Sustainable Development

研究代表者

渡邊 正英（WATANABE MASAHIDE）

大阪経済大学・経済学部・准教授

研究者番号：50434783

研究成果の概要（和文）：

本研究は、生態系のレジリアンスを評価および管理するための枠組みを構築することを目的とする。自然生態系やレジリアンスのメカニズムは解明されていない部分が多く、人為的に何らかの作用を与えた場合の影響は不確実である。そこで、自然生態系の状態に関する確率分布が不確実である曖昧な状況において、自然生態系の機能を評価するモデルを構築した。また、曖昧性下において、情報が明らかになっていない現時点において自然資源の開発を行うべきか保全すべきかを判断する条件を導出した。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to develop a framework to evaluate and control resilience of ecosystem. A mechanism of ecosystem and resilience has not been completely known. Therefore, when people affect ecosystem, the effects are uncertainty. This study develops an evaluation model to value the ecosystem under ambiguity. In addition, this study derives some conditions to judge whether natural resource should be currently developed under uncertainty about the state in future.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：環境影響評価・環境政策

科研費の分科・細目：環境影響評価・環境政策

キーワード：レジリアンス、持続可能性、不確実性、曖昧性、環境評価、自然資源管理

1. 研究開始当初の背景

1987年のブルントラント委員会報告書『われらの共有の未来』によって持続可能な発展という言葉は一躍脚光を浴び、今では環境政策の中心的目標となっている。この持続可能な発展を考える上で欠かすことのできない

概念として、生態系のレジリアンスに注目が集まりつつある。レジリアンスは生態系の復元力とも呼ばれ、外的攪乱が加わったとしても、生態系の機能をそのまま維持することができるような攪乱に対する許容力を意味する。ただしこの復元力にも限界があり、外的

攪乱がある臨界値を超えるほど大きな場合には生態系の機能が急変してしまう。このような変化をレジームシフトと呼ぶ。レジームシフト現象は、浅い湖での富栄養化、サンゴ礁の破壊、砂漠化、農地の塩害化、魚資源の激減など様々な生態系において観察されている。レジームシフトによる生態系の変化は不可逆的であったり、たとえ可逆であったとしても再生するためには莫大な労力や時間が必要となる。そのためレジームシフトを起さないことが持続可能な発展のために重要となる。ただし一般に外的攪乱は自然現象であるため人為的に制御することは難しい。その一方で、生態系の許容力であるレジリアンスの強度は、例えば周辺の土地利用や人為活動による栄養塩類の流入など、比較的制御可能な要因に依存するため、外的攪乱よりも制御しやすい。そのため、外的攪乱ではなくそれを吸収するレジリアンスを適切に評価し、管理することこそが持続可能な発展を達成させるために重要であると指摘されている。

2. 研究の目的

上記の認識から、環境経済学の分野では持続可能な発展論の文脈で、レジリアンスを評価し、適切に管理するための枠組みを構築しようとする試みが始められつつある。しかしながら、経済学的にレジリアンスを扱う研究は途についたばかりであり、レジリアンスを評価し、適切に管理するための理論的枠組みは未だ確立されてはいない。そこで本研究は、レジリアンスを評価するための枠組みを構築すること、およびレジリアンスを適切に管理のための理論的枠組みを構築することを目的とする。レジリアンスに関わる生態系のメカニズムは非常に複雑であり、現在の科学のもとでは完全に理解されてはいない。そのため、レジリアンスの管理には必然的に不確実性が伴う。そこで、本研究では、生態系メカニズムの不確実性という点に注目し、不確実な状況下において、レジリアンスを評価および管理する枠組みを構築することを主目的とする。

3. 研究の方法

本研究の課題は大きく2つある。(1) 生態系のレジリアンスを評価する枠組みを構築すること、(2) レジリアンスを適切に管理するための理論的枠組みを構築すること、である。先行研究と同様に、本研究でもレジリアンスを社会厚生構成要素である自然資本の一つとしてとらえる。そうすることで、持続可能な発展論におけるレジリアンスの評価および管理を、レジリアンスの特徴を持った自然資本の評価・管理という文脈でとらえ、これまでの持続可能な発展論における自然資本の評価・管理論を基礎理論として用い

ることができる。

持続可能な発展指標として、社会厚生の変化率と同値となるGI(genuine investment)が用いられることが多い。GIは資本のシャドープライス、つまり資本の価値と資本の変化であらわされる。したがって、持続可能性を評価するためには、資本のシャドープライスを計測する必要がある。本研究では自然資本の一つであるレジリアンスのシャドープライスに注目する。

生態系の機能を経済学的に評価する際には非市場評価法を用いることが一般的である。そのため、(1)へのアプローチとして、レジリアンスの特徴を考慮して従来の非市場評価法を拡張することを目指した。現代の科学のもとでは、生態系やそのレジリアンスのメカニズムにはいまだ解明されていない部分が多い。そのため生態系に何らかの人為的作用を与えた場合のレジリアンスへの影響は不確実である。そのため、不確実な状況下において自然生態系の機能を評価する枠組みを構築することが必要となる。特に、与える影響を確率的にもとらえられない曖昧なリスク下における評価枠組みの構築を試みた。具体的には、近年発展著しい曖昧性下における意思決定理論を援用した環境評価モデルの構築を試みた。また、評価のための統計モデルについても改良も行った。これまでの評価モデルは確率分布の仮定に強く依存するパラメトリックモデルが用いられてきたが、本研究では確率分布の仮定に依存しないノンパラメトリックな評価モデルの構築を試みた。同時に、環境評価モデルは広く使われることを考慮し、統計的に望ましい性質を持ちつつもできる限り頑健で簡便なモデルの構築を目指した。

(2)の課題については、(1)と同様に不確実な状況下において、多くの自然資本は一度破壊されたら不可逆あるいは復元に対して膨大なコストがかかるという現実的な状況を想定し、かつ、将来入ると予想される生態系に関する情報との関連において、現在においてどのように自然資源開発に対する意思決定を行うべきかについて理論的考察をおこった。将来入ると予測される情報を考慮することは、持続可能な発展の文脈で重要となる予防原則の概念と関連する。予防原則には様々な定義がなされているが、深刻で不可逆的な被害が及ぼされる可能性があるとき、科学的に不確実であることを環境劣化を防ぐ費用効率的な対策を遅らせる理由としてはならない、という定義が一般的である。現在は不確実であるが、将来生態系メカニズムに関するより精緻な情報が入るとしても、現在保全すべきという条件が明らかになれば、それは予防原則を適用するための条件となるからである。なお、本研究では、この不可

逆性の経済学的意味を明確にし、自然資源管理の場で実践的に用いることができるような評価基準を構築することを試みた。さらには、将来の状況が一つの確率分布としてとらえられない曖昧なリスク下において、不可逆的な自然開発に関する現在の意思決定を、将来入る情報との関連のなかで理論に考察した。

4. 研究成果

評価に関する成果：

(1) 生態系のメカニズムについては未だ解明されていない部分が多く、人為的に何らかの作用を及ぼした時に生態系に与える影響は確実に予想できない。その確率分布さえも一つに定められないことが一般的である。状態に関する情報が十分ではないために状態の確率分布がわからない状況は曖昧性と呼ばれる。生態系のレジリエンスに影響を与える行動をとった場合の影響の確率分布も曖昧である。そのため生態系に影響を与える活動を評価する際には、このような曖昧性下における評価が必要となる。そこで曖昧性下の意思決定理論の一つである複数確率モデルを基礎理論とした環境評価モデルを構築した。この評価モデルでは、確率分布が一つに定まらず複数の確率分布をもつ曖昧性下において、生態系にある大きな変化が起こる確率が変化することによる厚生変化の貨幣測度を得ることが可能となる。また、曖昧性とリスクの程度の変化したときの価値も計測可能なかたちで導出した。具体的には、曖昧性下におけるオプションプライスを定量可能なように導出し、曖昧性の大きさとリスクの程度の変化がそのオプションプラスへ与える影響を定式化した。また、曖昧性に対する態度も推定可能な点がこのモデルの特徴である。実証データを用いてこのモデルのパフォーマンスの検証も行った。この成果は査読付国際雑誌へ投稿し改定中である。

(2) 非市場評価法には顕示選好法と表明選好法がある。自然生態系の機能の多くを評価するためにはデータの制約から、表明選好法が主要な評価法となる。表明選好法では離散選択型のデータを扱うことが一般的である。そこで、離散選択データから自然生態系の変化に起因する厚生変化を貨幣評価する枠組みにおいて、従来方法よりも頑健かつ簡便で、統計的に望ましい性質を持つ推定法を構築した。表明選好法では、支払意志額 (WTP) の生存関数をパラメトリックに推定し、その生存関数を WTP のサポートの範囲で積分して平均 WTP を求める方法が一般的である。このパラメトリックモデルは WTP の確率分布に一定の仮定において、その仮定のもとで最尤法を利用して生存関数を推定するが、確率分布

が正しく特定化されなければ推定量の一致性は保証されない。本研究では、提示額分布をうまく設定することで、生存関数を推定するかわりに、直接平均 WTP を求める方法を考案した。一つの条件として提示額は WTP の確率分布のサポートを覆うように分布させることが必要となるが、提示額分布は調査者が自由に操作可能であるため、この提示額分布に関する条件は大きな制約とはならない。さらには、提示額分布を一様分布とすることで、平均 WTP は、「最大提示額」に「提示額に対して支払うと表明する割合」を乗じることによって、平均 WTP の不偏・一致推定量を得ることができる。この方法を用いれば、複雑な統計モデルを用いる必要もなく、モデル選択による推定のバイアスを回避することが可能である。この成果は American Journal of Agricultural Economics の Vol. 92 に掲載された。

(3) 自然資本の評価において、これまでも生態系リスクの変化を評価する研究が行われてきたが、そのなかで死亡リスクの変化を経済学的に評価する試みが近年さかんに行われている。多くの環境政策は生態系に影響を与え、それに伴い少なからず死亡リスクが変化することがある。そのため、自然資本の評価において死亡リスクを評価することが重要なテーマの一つとなる。本研究では選択実験法を用いて絶滅した肉食野生動物を再導入した場合の死亡リスクを実証的に評価した。この成果は Ecological Economics の Vol. 76 に掲載された。

管理に関する成果：

(1) 自然資源の管理において予防原則は重要な概念の一つである。予防原則の定義として一般的に用いられているものはリオ宣言によるものであり、深刻で不可逆的な被害が及ぼされる可能性があるとき、科学的に不確実であることを環境劣化を防ぐ費用効率的な対策を遅らせる理由としてはならない、というものである。この論文では、予防原則の文脈において不可逆性という概念を経済学的に明確に示すことを目的とした。シンプルな不確実性下の 2 期間モデルを用いて、将来見込まれる精緻な情報と現時点での自然資源開発との関係を考察した。結果として、開発の復元費用が、開発による被害のなかで想定される最大の被害額を上回る限り、現時点での開発を控えるべき、ということが示された。すなわち、開発の復元費用が開発による最大被害額を上回ることが、予防原則適用のための十分条件になる。これは最悪のシナリオを想定した費用便益基準であるので、実証可能な条件といえる。この論文は現在国際査読付雑誌へ投稿準備中である。

(2) 自然資源開発が不可逆的であり、将来自然資源に関する精緻な情報が入る状況において、現在開発を行うべきか否かという資源開発問題は、古くから経済学において取り扱われてきたテーマである。本研究では、将来の状態に関する確率分布が不確実、つまり曖昧性下において、将来入る情報と現在の自然資源開発に関する意思決定との関係を考察した。先行研究では将来の状態に関する確率分布がわかっている、つまりリスク下での分析であったが、本研究では曖昧性下での考察に拡張した。得られた結果は以下である。意思決定者が曖昧性回避的であり、かつ相対的リスク回避度が小さいときには、将来より精緻な情報が入る場合には現在の不可逆的な資源開発を控えるが、相対的リスク回避度が大きい場合には現在の資源開発を控えるべきか否かに関して決定的なことは言えないことが明らかになった。これは、暗黙裡に曖昧性中立的な選好を仮定していた先行研究の結果と異なるものである。先行研究では、将来より精緻な情報が入るときには、意思決定者のリスク回避度に関わらず、現在の資源開発を控えるべきであるという予防原則を支持する結果が得られているが、曖昧性を考慮した本研究では、この結果は意思決定者のリスクおよび曖昧性に対する態度に大きく依存することが示された。この論文は現在国際査読付雑誌へ投稿準備中である。

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2件)

[1] Yukichika Kawata and Masahide Watanabe. "Valuing the mortality risk of wildlife reintroduction: Heterogeneous risk preferences, *Ecological Economics*, 76, 79-86, 2012. (査読有)

[2] Masahide Watanabe. "Nonparametric Estimation of Mean Willingness to Pay from Discrete Response Valuation Data," *American Journal of Agricultural Economics*, 92, 1114-1135, 2010. (査読有)

[学会発表] (計2件)

[1] 野生動物の再導入による死亡リスクの経済評価, 環境経済・政策学会 2011年大会, 2011年9月23日, 長崎大学. (河田幸視(報告者)・渡邊正英)

[2] 予防原則における不可逆性—適用のための十分条件—, 2011年度日本農業経済学会

大会, 2011年3月28日, 早稲田大学. (渡邊正英)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 正英 (WATANABE MASAHIDE)
大阪経済大学・経済学部・准教授
研究者番号: 50434783

(2) 研究協力者

河田 幸視 (KAWATA YUKICHIKA)
帯広畜産大学・畜産衛生学研究部門・助教

藤見 俊夫 (FUJIMI TOSHIO)
熊本大学大学院・自然科学研究科・助教