



Title	環境問題の課題解決に向けたシステム分析法の確立
Author(s)	胡, 毓瑜
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2025, 51, p. 75-89
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/100818">https://doi.org/10.18910/100818</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 環境問題の課題解決に向けたシステム分析法の確立

胡 毓瑜

## 目 次

1. はじめに
2. システム分析法創立の契機
3. システム分析法とシステム論の関係
4. システム分析法の具体内容
5. システム分析法の適用性



## 環境問題の課題解決に向けたシステム分析法の確立

胡 毓瑜

### 1. はじめに

現在の環境問題は主に単純な対象ではなく、システムのような複雑な存在であることを提示したい。環境問題に対して、各分野の研究者が独自の専門から深く探求して現象・原理を解明しているが、問題解決という側面から考えると、現実の問題は特定の専門分野からは限定的であるので、各分野の融合・協力が重要と考えられる。つまり環境問題と関連する要素が多種類・多次元という特徴があり、環境問題に対処するためには、単一な基準・対策には限界があり、当事者の主体性、システムの特徴及び問題解決の効果と効率などいくつかの要因を包括的に考慮すべきである。これは筆者らが「オンサイト測定による PM2.5 の削減」、「海洋資源・生態の保護と修復」、「バイオガス総合利用システムの構築」などいくつかの課題を研究してから得た知見である。ここで、環境問題のような複雑な課題を分析・解決のために、「システム分析法」という方法を提起してみた。本論文はその方法の紹介である。

本研究における「システム分析法」は、課題解決型の研究において、問題解決のためにどのように分析すべきかを、その実践から抽出した分析手法である。筆者は、環境問題はそれぞれ異なるにもかかわらず、解決策を模索する際に、方法や研究過程に一定の類似性が存在することに気づいた。これが「システム分析法」が抽出される前提条件である。また、この方法を「システム分析法」と呼ぶのは、システム論の分析手法と類似点を持つためであり、システムの理念に基づいた具体的な実践の一形態と言える。しかし、同時にシステム論の一般的な分析手法とは異なる点も存在する。そのため、本論文ではまずシステム分析法創立の契機を説明し、次にシステム論の一般的な方法との異同について述べる。その上で、本手法の具体的な分析プロセスを明確にし、最後にこの方法の適用性や他の複雑な問題への応用の可能性について議論する。

### 2. システム分析法創立の契機

環境問題に関する研究を行う際、必ずしもその目的を直接的な問題解決に限定する必要はない。実際、環境問題を研究する多くの研究者は、特定の現象や相互関係に注目し、

それらをより深く、正確に探求することに重きを置いている。これは、研究者が他の環境問題に関わる主体と比べて、優れた専門的知見と方法論を持っている点であり、研究の大きな強みでもある。加えて、研究者はたとえ問題解決を目的とした研究を行ったとしても、問題そのものを直接解決するのではなく、解決策の提案を行うに留まる。実際に環境問題に対処し、解決を図るのは、政府や環境 NPO、そして市民といった主体である。しかし、依然として多くの環境問題が未解決のまま残されている現状は、研究者に対して問題解決を主眼に置いた総合的な研究を行う余地を与えていると言える。その理由について、研究者は他の主体と比較して中立的な立場にあることが多く、問題をより客観的に捉えることができる。これは、他の主体が問題に関連するシステムの一部であり、無意識のうちにその立場から影響を受ける可能性があるのに対し、研究者はそうしたバイアスから比較的自由であるためである。また、現代の環境問題は極めて複雑化しており、単純な解決策では対処できない場合が多い。このような背景において、研究者の果たす役割はますます重要になっている。これが、近年特に強調されている産学連携や官学連携の必要性の理由である。複雑な問題に対処するためには、異なる立場や専門知識を持つ主体が協力することが不可欠であり、研究者はその協力の中心に位置すべき存在である。したがって、研究者が環境問題に取り組む際、必ずしも問題解決を唯一の目的とする必要はないものの、問題解決を中心に据えて行われる研究は社会にとって大きな意義を持つと考えている。

一方で、筆者は長年にわたり環境問題に関連する研究に従事し、常に問題解決に焦点を当てて研究を進めてきた。人々が問題解決を試みる際、ゼロから問題を分析することは稀であり、通常は既存の経験や他者の手法、過去の事例を参考にする。つまり、既存の解決策をうまく利用できれば、効率を大幅に向上させることができる。しかし、環境問題の解決に向けた研究では、同様の試みがしばしば期待通りの結果をもたらさないことが多い。その理由の一つは、環境問題の多様性にある。この多様性は、環境変化だけでなく、人間の行動にも現れている。異なる行動が似たような環境変化を引き起こすこともあれば、同様の行動が異なる環境変化をもたらすこともあり、既存の解決策をそのまま適用することが困難な場合が多い。さらに、環境変化の詳細を把握し、問題発生の直接的な原因を特定したとしても、それだけでは明確な対策を講じることで問題を解決するのは難しい。実際には、一つの対策が実施されることで、問題が解決しないばかりか、新たな問題を引き起こす可能性すらある（胡・三好 2022）。これは、環境問題に関連する要因が非常に複雑である。人間の活動は環境破壊を目的として行われるものではなく、環境問題が発生し、それが長期にわたって解決されない理由には、さまざまな要因が絡み合っている。その中には、環境問題の解決と比肩する重要な要因も存在する。例えば、生計や公平性に関わる問題は、環境保護と同様に重要視されることがあるため、問題解決に向けた対策が複雑化する要因となっている。

ここで、筆者の研究課題を例に挙げて説明したい。例えば、海洋漁業資源の減少に対

する対策として、多くの学者は輸出管理制度の導入、特に ITQ（個別漁獲割当）制度<sup>1)</sup>の導入が効果的であると主張している。この制度は、多くの国で実践され、その有効性が証明されており、所有権の調整を通じて「コモンズの悲劇」<sup>2)</sup>を防ぐ有力な手段とされている。しかし、筆者が調査した地域の実情は、このような制度の導入が困難であることを示している。その理由は、まず、この地域では漁業が既に魚種やシーズンを問わず行われており、年間の総漁獲量を算出することが不可能であることだ。さらに、輸出管理を行うための市場条件も整っていない。そして、最も重要な点は、この地域の海洋漁業資源の減少が、いわゆる「コモンズの悲劇」とは異なる背景、すなわち集団漁業の時代に発生したことである。実際、政府もこの状況を考慮し、ITQ のような「漁獲枠制度」を導入しない選択をしている。政府が導入した制度は、より実情に即したものであり、例えば近海での漁業を禁止するというものである。しかし、この制度もまた、理想的な結果を生んでいない。特に、高齢の漁師たちは、体力や健康の問題で遠洋での漁業ができず、近海での漁に頼らざるを得ない状況にある。彼らは年金やその他の収入源を持たず、漁業が唯一の生計手段となっているため、厳格な取り締まりは彼らの生活を脅かすことになる。一方で、取り締まりを緩めれば、制度の権威が損なわれ、漁業資源管理が機能しなくなる可能性がある。このように、漁業資源の管理は、現実的な制約の中で非常に難しいジレンマに直面している（胡・三好 2016）。次に、大規模養豚場における廃棄物処理について考察する。当下の対策として、養豚場には廃棄物処理のためにバイオガスプラントの建設が求められている。このシステムは、廃棄物から生成された液体肥料や堆肥を有機肥料として農地に還元し、さらにバイオガスをクリーンエネルギーとして利用できるため、一石三鳥の効果があるとされている。特に、バイオガスプラントの建設と使用はかつて大いに推奨され、中国の農民にとっても馴染みのある手法である。しかし、現実の状況は異なっている。現在の大規模養豚場は、従来の家庭ベースの養豚とは異なる専門的な施設であり、そこで生じる廃棄物を処理するための農地が不足しているため、液体肥料や堆肥を有効に利用することができない。これにより、養豚場は別途、浄化施設を導入して処理を行わざるを得ず、さらに発生するバイオガスも多くの場合、使用せずそのまま排出されてしまう。この結果、養豚場の運営コストが増大し、資源の浪費が生じるだけでなく、新たな環境問題を引き起こしている<sup>3)</sup>（胡・三好 2022：胡ら 2021）。また、筆者が関与した他の課題、例えば PM2.5 や水環境に関する研究においても、同様の現象が確認されている（胡 2021：許ら 2021：Xu et al. 2019：黄ら 2021）。先行研究や政策実施の結果を分析すると、一部の国レベルの環境政策、例えば「エコ移住政策」などにおいても、類似した問題が生じることがある（彭 2021）。そして筆者は、このような問題が発生するのは、ある意味では必然であることを論証している（胡・三好 2022）。

以上の諸課題から明らかなように、環境問題の解決を目的として研究を進める場合、既存の解決策をそのまま適用することは困難であり、問題ごとに具体的な状況を把握し



た上で、個別に分析を行う必要がある。また、単一の要因を変更するだけでは問題の根本的な解決には至らず、複数の要因の関連性とそれらの相互作用を考慮することが不可欠である。これらの要因を包括的に分析し、関連する作用を重視することによって、現実的かつ実行可能な解決策が導き出されるのである。このように、さまざまな要因とその間の関係性を考慮することは、環境問題に関連する諸要素を一つの「システム」として捉えることと同義である。したがって、筆者は環境問題の解決に向けた分析手法を「システム分析法」として提唱する。

### 3. システム分析法とシステム論の関係

本研究における「システム分析法」とは、研究対象をシステムとして捉え、システムの特徴や要素間の相互作用を分析し、その変化パターンやプロセスを探求しながら問題解決策を模索する手法である。「システム」とは、互いに作用し合う要素によって構成される一つのまとまりや仕組み全体を指すものであり、これは一般システム理論において定義されている（ベタ朗菲 1987）。一般システム理論は、1945 年にルートヴィヒ・フォン・ベルタランフィが提唱したものであり、システム論の起源とされる。その後、システム理論は生物学、気象学、情報科学、社会学、組織論、心理学など多くの分野で急速に発展を遂げ、顕著な進展が見られた。しかし、各分野におけるシステム理論の発展は、概念的には共通性を持つものの、現象的には異なる特徴を示しており、統一された研究方法は形成されていない。その一因として、研究対象となるシステムの要素が異なることが挙げられる。異なる要素に対する観察や調査の手法が異なるため、それに基づく情報の表現方法も異なってくる。例えば、生物学的システムなどの自然科学の要素は、変数という形式で表現されることが多いが、社会科学の要素は通常、文書などで記述される。また、システム自体にも差異が存在する。例えば、カオスシステムは初期値に対して敏感な反応を示すが、生物学的システム（有機体）は結果の一貫性を示す傾向がある。さらに、各分野の研究対象が複雑であっても、通常、それぞれの要素は同じ次元に属している場合が多い。しかし、異なる次元の要素を同時に分析するための具体的な手法は十分に整備されていないのが現状である。環境問題に関しては、自然環境の要素と人間の活動が密接に関連している。また、現代における複雑な環境問題は、人間の行動やその主体の認知、態度、感情、さらには経済的条件などの要因と結びついているだけでなく、技術の進展や政策、法規制といった社会的要因とも深く関係している。加えて、多くの場合、すでに何らかの対策が講じられているため、その対策が実施された後に新たに生じる要因やシステム全体の変化も考慮する必要がある。したがって、環境問題を解決するためには、自然的要素、社会的要素、人間的要素を組み合わせた総合的な分析が求められると言える。このような観点から見ると、従来のシステム分析手法は、環境問題に関連する複雑なシステムには十分に適用されない場合が多い。

ここで、システム科学における最も一般的な分析方法の一つである「連立微分方程式法」について考察してみる。この方法の基本的な流れは、データを収集し、図式モデルを構築し、その後、連立微分方程式モデルを構築してシステムの変化をシミュレーションするというものである。この方法において最も重要な部分は、正確な連立微分方程式モデルを構築する点にある。たとえば、システム内に複数の要素が存在する場合、それぞれの要素間の関係を以下のような連立微分方程式を構築する必要がある（ベタ朗非 1987）。

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dQ_1}{dt} = f_1 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ \frac{dQ_2}{dt} = f_2 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ \frac{dQ_{n-1}}{dt} = f_{n-1} (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ \frac{dQ_n}{dt} = f_n (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \end{array} \right. \quad (1)$$

この基本モデルに基づき、次に各係数を正確に推定または計算し、要素ごとの初期値を正確に取得することが求められる。これにより、ある要素が変化した際に他の要素の変化を計算し、システム全体の変化を予測することが可能となる。この方法を環境問題の解決に応用する際、その基本的な枠組みや思考の方向性は大いに参考になる。しかし、同時に重要な点として、この方法の最も核心的な部分である「正確な連立微分方程式モデルの構築」は、実際にはほとんど実現不可能であることが多い。多くの場合、数理モデルを構築すること自体が困難であり、さらにいくつかの要素は数値化すら難しい。たとえば、主体の感受性や態度といった要素は定量化が極めて難しい要素の一例である。さらに、筆者が取り組んだ課題の実例を挙げると、養殖場における廃棄物処理の問題に関して、政府はまず養殖場の移転や集中管理を要求し、その後、バイオガス池の設置を求めた。このような政策の変遷を、どのように数理モデルで再現できるのだろうか。また、仮に無理やり数理モデルを構築したとしても、そのモデルの信頼性や必要性に関しては、多くの疑問が残るだろう。

このような現実を踏まえると、従来の数理モデルに依存した手法だけでは、複雑な環境問題に対応しきれないことは明白である。そのため、新たな「システム分析法」を提唱する必要があると考える。

#### 4. システム分析法の具体内容

システム分析法の具体的なプロセスは、以下のような一連のステップに基づいて行わ



れる。

#### ①対象問題および関連要素の調査

システム分析法の最初のステップは、問題の全体像を把握するための包括的な調査である。この段階では、先行研究を精査し、現地調査や観察を通じて環境問題の現状を確認する。また、政策、技術、経済的要因についての文献調査を行い、アンケート調査や聞き取り、参与観察などを用いて、関係主体の認識、能力、活動などを把握する。この過程で特に重要なのは、一方的な情報に依存せず、多角的な視点からデータを収集することである。システム分析法では、資料収集の手法に拘束されることはなく、複数の方法を組み合わせることが推奨される。これにより、問題を多層的かつ立体的に理解することが可能となる。また、現場で得られる一次資料の重要性は極めて高い。特に、関係主体の認識や活動についての情報は、その主体が自己認識している内容に加えて、他の主体に対する認識や態度、そしてシステム全体に対する理解も含まれるべきである。調査は一度で完了するものではなく、後続の分析段階で不足している情報が判明した場合、再調査が必要となることもある。これにより、システム全体を正確に把握し、適切な対策を講じるための基礎資料を確保する。

#### ②システムのモデル（図式）の構築

調査資料に基づいて、次の段階はシステム全体のモデルを構築することである。このモデル構築は、システム内の要素間の関係を視覚的に整理し、システムの複雑な構造を理解するための重要なプロセスである。特に、システムの境界を正確に把握することが求められ、この作業には慎重な検討が必要である。システムモデルは大きく2つの図式に分類される。第一に、構造関係モデルである。これは、主要な要素間の相互関係を示すモデルであり、通常は各主体や自然環境要素、政策、インフラといった社会的要素を含む。例えば、海洋環境問題における漁業資源の減少に関するモデルでは、漁業活動、政策、自然環境などの要素が明示的に関係付けられる。図1は筆者が漁業資源に関する研究を行った際に構築した関係図であり、参考として示すことができる。ここで筆者は自分なりの習慣を持っている。例えば、楕円は主体を表し、四角は客体を示し、枠のないものは活動パターンを意味する。また、矢印は促進効果を示し、壁付矢印は阻害を表す。また、必要に応じてサブモデルを作成し、より細かい関係をさらに説明することも可能である。

第二に、主体性モデルがある。これは、各主体がシステムに対してどのような認識や態度を持っているか、またそれに基づいてどのような活動を行っているかを示すモデルである。特に、PM2.5問題のように関係主体が多岐にわたり、関与者の境界が不明確な環境問題においては、主体性モデルが重要な役割を果たすことになる。このモデルは、時には表形式で整理することも効果的である。

筆者は二つのモデルを構築し、環境問題の解決において、環境、社会、主体のいずれも無視できないことを示している。一部の研究者は、特定の要因を決定的な要素として

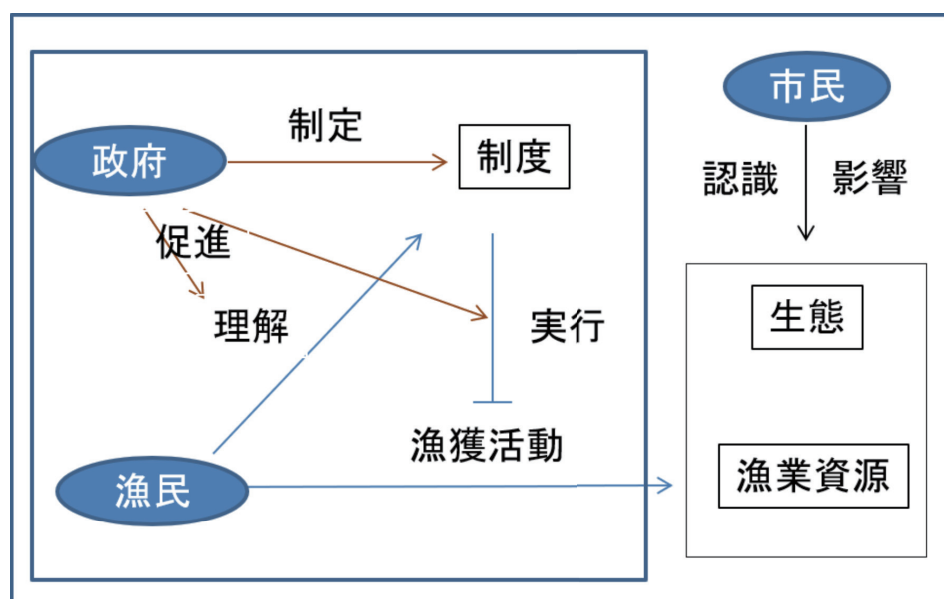


図1 漁業資源の減少に関するモデル

強調する傾向があり、たとえば、中国のPM2.5問題は本質的に政治問題であり、政治制度を変えることが根本的な解決策だと主張する者もいる。また、前述のITQ制度の導入が漁業資源の減少を解決する唯一の手段だとする意見もある。しかし、これらの主張は単に研究者自身の政治的立場を反映しているか、自身の研究分野の重要性を過度に強調しているに過ぎず、環境問題の解決には寄与しない。

さらに、これら二つのモデルを統合し、それぞれの相互作用を整理することで、各要素の状態をより正確に把握し、問題の根本的な原因を探求するとともに、条件が変化した際の予測を行うことが可能になる。これは、ある意味で数理モデルに類似した予測機能を実現する手法とも言える。二つのモデルを統合する鍵は、人間の活動にある。事実、人間の活動は構造関係モデルにも主体性モデルにも登場しており、この活動が両者を繋ぐ重要な役割を果たしている。

### ③ システムの状態・特徴および要素間の関係性の考察

調査資料に基づくモデルの構築は、データや情報の直接的な視覚化にとどまらず、研究者が持つ知識や経験を活用した深い議論や分析が不可欠となる。システムや各主体の状態を適切に評価するためには、既存のデータだけでは不十分な場合があるが、再調査が必須であるとは限らない。むしろ、重要なのは、既に得られた情報と知識を活用し、問題の構造や原因を深く理解することにある。システムが多くの複雑な要素から構成され、各要素が相互に影響し合う状況においては、単なる表層的なデータ収集よりも、要素間の関係性や主体の認知の深層を探ることが重要である。例えば、システムがどのように機能しているのか、主体がどのように行動し、その行動が他の要素にどのような影

響を与えているのかを理解するためには、データの統合的な解釈が必要となる。

具体例として、養豚場における廃棄物処理の問題が挙げられる。この場合、バイオガスの総合処理システムが不完全であることが判明している。たとえば、バイオガスの利用設備、特に発電装置が不足している点が挙げられる。しかし、大型養殖場の運営者や労働者の生活様式が変化し、もはやバイオガスを調理や入浴に使う必要がなくなっている現状もある。一方で、発電設備を導入するには高額な費用がかかり、多くの養豚場ではそのコストを負担することが難しい。このように、技術的な不足だけでなく、主体のニーズや認識の変化が問題解決の妨げとなっていることが示唆される。また、別の事例として、漁業に関する誤解の問題がある。地元の漁民が外部の漁民に漁業権を売却し、自分たちの操業を禁止していると地元政府を非難するケースが見られる。この誤解の背景には、漁業管理が漁法に基づいて行われているという事実がある。地元の漁民の漁法は規制されているが、外部の漁民が使用する漁法は異なっており、規制の対象にはならなかった。この結果、外部の漁民が漁業を続けることができ、地元漁民の間で不満や誤解が生じた。実際には、問題は単純な権利の売却ではなく、異なる漁法に対する規制の不均衡にある。

このような例からも明らかなように、問題解決の過程では、再調査の可能性を含みつつ、既存の資料と知識を十分に活用し、システム全体を包括的に捉えることが、より深い分析と有効な解決策の導出につながる。

#### ④問題発生の原因説明

システム分析法の重要なステップの一つは、問題発生の原因を深く解明することである。ここでの「原因」とは、単なる表面的な直接的原因にとどまらず、その背後に潜む深層的な要因も含まれる。多くの場合、構造関係モデルを用いて直接的な原因は特定できるが、その原因に基づいて実施した対策が必ずしも効果を上げないことがある。

そのため、主体性モデルを併用して、関係主体の認識や行動の変化を追跡し、根本的な原因を究明する必要がある。例えば、筆者の課題において、漁業資源の減少は単に漁業活動の過剰によるものではなく、漁獲技術の発展や制度的変化に伴う影響も大きい。集団漁業時代<sup>4)</sup>には、若い労働力が自然に漁民となり、集団経済が終わった後には地元の漁民が急増した。彼らは漁業に特化し、漁船を購入することになったため、捕獲強度が増加した。また、集団漁業時代の強力な漁獲で近海の経済魚種は大幅に減少し、漁民はより遠くの海域で漁獲を行う必要があり、そのために大型の漁船を購入することになった。このような状況では、増加したコストを回収するために捕獲強度をさらに高めざるを得ず、結果として悪循環に陥ってしまった。

集団漁業時代には、「コモنزの悲劇」を引き起こす要因である自由参入や不明確な所有権が存在せず、むしろ新たな漁獲技術の導入が資源の減少を加速させていた。したがって、表面的な過剰漁獲にのみ焦点を当てた対策は不十分である。このように、システム全体の動態を理解することが、持続可能な問題解決のための鍵となる。根本的な原



因を特定し、関係主体の行動を考慮することで、より効果的で実践的な解決策を導き出すことが可能になる。

#### ⑤解決策の提案と実行可能性の検討

システム分析法における最終段階は、調査や分析の結果に基づき実行可能な解決策を提案することである。ここで重要なのは、単に環境問題の解決を図るだけでなく、システム全体の運用を維持し、関係主体の主体性が反映されるよう、全体的な再均衡を達成することである。この再均衡とは、システム全体の動的な調和を図りながら、問題を解決するためのバランスを指す。単にシステムの一部を修正するだけでは十分ではなく、システムの持つ複雑な相互作用や連鎖的な変化を全体として考慮しなければならない。たとえば、ある要素を変更した場合、その変化が他の要素にどう影響を与えるかを事前に予測し、その結果に基づいて対策を講じることで、問題解決の実効性を高めることができる。ここで強調すべきは、システムを単純化し、特定の要素にのみ焦点を当てるアプローチが、多くの場合に望ましい結果をもたらさないという点である。システムは相互に依存した複雑な構造を持つため、全体の調和を乱すと、意図しない問題が生じる可能性が高い。したがって、システムの相互作用を維持しつつ問題を解決し、関係主体の認識や態度が適切に反映された解決策が必要となる。

また、先行研究で提示された解決策が現状に適用できない場合もあるが、システムや関係主体が一定の変化を遂げた後、条件が整えばその成功事例を適用できる可能性があることも考慮すべきである。たとえば、他地域で実施された政策や技術が、現段階では社会的・経済的な理由で適用できない場合でも、将来的にその条件が整えば、これらの対策を推進する余地が残されている。このような未来の展望を持つことにより、持続可能な解決策の可能性が広がる。そのため、解決策を検討する際には、現時点での最適解を提示するだけでなく、将来的に条件が整った際に推進可能な長期的な解決策も視野に入れて検討する必要がある。システム停止や極端な簡略化を避け、複雑なシステムの持続的な運用を確保しながら、関係主体の納得を得て問題解決を図ることが求められる。

### 5. システム分析法の適用性

システム分析法の具体的な内容から見ると、この手法は単なる具体的な方法ではなく、具体的な方法と方法論の中間に位置するものといえる。システム分析法は、筆者が環境問題の解決を目的として創出した総合的な分析手法であり、特に環境問題の解決に適している手法である。筆者の研究課題は主に中国における事例を基にしているが、この方法は特定の国家や地域に限定されるものではない。むしろ、システム分析法は地域や国境を越え、あらゆる場所の環境問題に適用可能であり、さらには国際的な、いわゆる「越境的」な環境問題にも応用できる柔軟性を備えている。また、システム分析法の有効性は、環境問題に限定されるものではない。環境問題が持つ複雑な要素間の相互作用を捉

えるための手法として発展させたこのアプローチは、人的活動や社会的課題を含む、他のさまざまな分野においても有用である可能性が高い。たとえば、心理的な問題に対する研究でも、システム分析法のアプローチを応用することができる。人間の心理や行動は、多くの場合、環境的要因や社会的要因と複雑に結びついており、個別の要素だけを分析するのでは十分な解決策を見出すことは難しい。このような状況では、システム全体のダイナミクスを理解し、各要素がどのように作用し合っているのかを明らかにするシステム分析法が有効であると考えられる。さらに、システム分析法は、システムの創成や評価を目的とした研究にも適用可能である。たとえば、農村開発や持続可能な発展の計画策定において、自然環境、経済、社会構造など、多岐にわたる要素が相互に影響し合う中で、最適な発展モデルを設計するためには、システム全体を俯瞰的に捉える必要がある。このような場面でも、システム分析法は有効なツールとなる。しかし、この場合は問題解決が直接の目的ではないため、システム分析法をそのまま適用するのではなく、具体的な目標に応じて手法を柔軟に調整する必要があるだろう。

一方で、経済的な問題に対してもシステム分析法は適用可能だが、注意が必要である。経済学には、すでに確立されたさまざまな分析手法が存在しており、これらの手法はしばしば問題の性質に応じて最も効果的である場合が多い。したがって、経済問題においては、システム分析法を用いるべきか、あるいは既存の経済学的手法を用いるべきかを慎重に判断する必要がある。システム分析法は、経済問題の複雑性に対応できる一方で、既存の手法と比較して必要以上に複雑になる可能性もあるため、適切な手法の選択が重要となる。

また、システム分析法そのものも、まだ発展の余地があることを認識しておく必要がある。筆者自身が多くの実践研究を通じて、この手法を適用し、改善を加えてきたが、システム分析法は依然としてさらなる検証と改良が必要な段階にある。この手法は、複雑な問題に対して柔軟に対応できる特性を持つが、その効果を最大化するためには、各分野の具体的な特性に応じた適用方法の工夫が必要となるだろう。

結論として、システム分析法は、複雑な環境問題や社会問題に対して有効な手法であり、その応用範囲は広範囲に及ぶ。しかし、その適用には柔軟な調整が必要であり、研究対象や目的に応じた工夫が不可欠である。また、システム分析法自体もさらなる発展と改良が必要であり、今後の研究を通じて、より効果的な分析手法として進化させることが求められる。

## 注

- 1) ITQ（個別漁獲割当, Individual Transferable Quotas）制度は、各漁業者に対して漁獲できる魚の量を個別に割り当て、その割当量を他の漁業者と取引できる仕組みを持つ漁業管理制度である。



- 2) 「コモンズの悲劇」(The Tragedy of the Commons) とは、共有資源が過剰に利用され、結果としてその資源が枯渇してしまうという社会的な問題を指す。この概念は、1968 年に生態学者ガレット・ハーディン (Garrett Hardin) が提唱した。
- 3) バイオガスはエネルギーとして利用された場合、このバイオガスが、主要成分のメタンの燃焼の生成物は  $H_2O$  と  $CO_2$  であり、またこの  $CO_2$  は固体炭素から生成したものではないので、環境に優しいエネルギーであると考えられる。しかしバイオガスが燃焼されずそのまま排出される場合、メタンの温暖化係数が 25 であり、2017 年には、大気中のメタン濃度は産業革命前 (1750 年頃) より 150% 以上も高くなり、全ての温室効果ガスが地球温暖化に与える影響の 23% 分を担っており、またメタンの総放出量のうち人為起源の割合は約 60% を占めていると報告されている (Saunio et al. 2020)。(地球温暖化係数 (GWP: Global Warming Potential) とは、二酸化炭素を基準にして、ほかの温室効果ガスが二酸化炭素の何倍の温室効果があるのかを表す係数である。)
- 4) 集団漁業時代とは、特定の地域において漁業が集団で行われていた時代を指す。この時代では、漁民たちが協力し合い、共同で漁業を行っていたため、個々の漁民が漁獲した魚は集団全体、あるいは国のものとして扱われ、個人の所有権は存在しなかったり、限定的であったりした。

## 引用文献

貝塔朗菲 (1987), 《一般系統論基礎发展和应用》清华大学出版社

許俊卿・胡毓瑜・三好恵真子 (2022), 「中国における PM2.5 問題に対する情報収集行動とリスク認知に関する実証的研究—リスク認知の構造の内に見出された個人の主体性にまつわる検討—」『アジア太平洋論叢』第 24 巻, 61–79 頁

胡毓瑜 (2021), 「地下鉄における PM2.5 濃度に関する現地調査からの考察」『生産と技術』第 73 巻 3, 34–39 頁

胡毓瑜・三好恵真子 (2016), 「中国における漁業資源管理制度の限界と実行方式の再検討—浙江省舟山新区海域を事例として」『生活学論叢』第 29 巻, 31–45 頁

胡毓瑜・三好恵真子 (2022), 「中国における「ポスト環境問題」の出現とその特徴に関するシステム分析—現地調査を踏まえた養豚場バイオガス総合利用システムの事例を通じて—」『アジア太平洋論叢』第 24 巻, 81–96 頁

胡毓瑜・張曼青・三好恵真子 (2021), 「日本バイオガス综合利用系統的実証研究」『“現代中国與東亞新格局” 國際研討會 2021 年線上學術交流會論文集』, 339–348 頁

黄璇・胡毓瑜・三好恵真子 (2021), 「流域ガバナンスをめぐる「双河長制」に関する実践研究—貴州省貴陽市における事例からの考察—」『大阪大学大学院人間科学研究科紀要』第 47 巻, 43–73 頁

M. Saunio et al. (2020), The Global Methane Budget 2000–2017, *Earth System Science Data*

12, pp. 1561–1623.

彭毛夏措 (2021), 「中国における生態移民政策と貧困・環境保護対策との関連性」『日本福祉大学大学院福祉社会開発研究』第 16 卷, 33–42 頁。

Xu J., Hu Y. and Miyoshi E. (2019), A Reconsideration of Newspaper Reports Regarding PM2.5 Problems in China under the Perspective of Risk Communication: Based on the Content Analysis of the Reports of “People’s Daily” from Jan. 1, 2012 to Dec. 31, 2016, *International Joint Conference on Information, Media and Engineering (IJCIME2019)*, pp. 144–148.

## **Establishing the Systems Analysis Method for Solving Environmental Issues**

Yuyu HU

This paper proposes the “Systems Analysis Method” for analyzing and resolving complex issues such as environmental problems. The Systems Analysis Method is an analytical approach derived from practical research on specific issues aimed at providing scientific support for problem solving. This method aligns closely with systems theory, and can be regarded as a practical study based on systems thinking that integrates knowledge and methods from various fields. However, unlike conventional systems analysis methods, it does not emphasize the accuracy of models or their suitability for mathematical analysis; rather, it focuses on practicality and the interaction of factors across different dimensions. The method constructs two primary models: the Structural Relationship Model and the Subjectivity Model. Through on-site measurement and observation, the current state of environmental problems is identified; relevant policies, technologies, and economic factors are organized through data collection; and stakeholder awareness, capabilities, and activities are analyzed via surveys, interviews, and participatory observation. These steps lead to the construction of a system model (diagram) to analyze the system’s state, characteristics, and the relationships between its elements. Subsequently, by examining the interaction between the Structural Relationship Model and the Subjectivity Model, the root causes of the issue, including direct, historical, and deeper causes, are identified. Solutions are proposed using comparative analysis, taking into account feasibility and potential chain reactions. Finally, the paper discusses the applicability of the Systems Analysis Method and its potential use in other complex issues. This method is not only applicable to environmental studies but also offers an effective analytical framework and solutions for other multidimensional and complex problems.

Key words: systems analysis method; structural relationship model; subjectivity model; environmental problems