

Title	環境問題に対する知識の統合化とシミュレーション手法の研究
Author(s)	河野, 小夜子
Citation	
Issue Date	2000-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/620
Rights	
Description	Supervisor:中森 義輝, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

**環境問題に対する知識の統合化と
シミュレーション手法の研究**

指導教官 中森 義輝 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科 知識システム基礎学専攻

850025 河野 小夜子

審査委員： 中森 義輝 教授 （主査）
橋本 敬 助教授
吉田 武稔 助教授

2000 年 2 月

要 旨

現在まで、環境問題の研究においては分野ごとの断片的な研究が主流であり、複数の分野を包括して扱っているアプローチは少ない。また、各分野ごとにデータ・情報はたくさんあるが、それらが分野ごと、あるいは分野間にまたがる知識としてまとめられた形で提供されることは少ない。そこで、環境問題において必要なデータや情報を知識として統合化し、提供することが必要になる。

本研究では、環境問題の実態を総合的に把握し、改善策策定の支援を行なうための方法論と手法を開発することを目的としている。環境庁が提案している環境フレームワークモデルを用いて、研究対象である石川県の環境問題とそれらを取り巻く社会状況を分析し、環境問題における知識の統合化について考察し、これを行なうためのシステムの提案と動作の準備を行なう。

本研究によって、石川県における環境問題、とりわけ廃棄物問題と経済と政策の関係を統合的に把握できるものと考えている。現在まで石川県を扱った環境問題の研究の数は少ないので、その点で意義があると考ええる。また、環境知識マネジメントシステムについて考察することで、環境問題と知識創造を関連づけて研究を遂行できる準備が整ったと言える。

Until now, the environmental problems studies have been divided into small fields, and only a few works have done to cover plural fields. There are sufficient data and information in each field, but they haven't been put together in each field or in many fields and provided to us as knowledge very well. Therefore, it is necessary to integrate data and information as knowledge which are essential to understand environmental problems.

The purpose of this study is to grasp comprehensively the present conditions of environmental problems and to develop a methodology and methods to help decision making of improvements. This paper analyzes the present conditions of environmental problems and social situations in Ishikawa Prefecture, suggests and prepares a system to integrate knowledge on environmental problems by making a model which is proposed by the Environmental Agency of Japan.

This study helps us to understand the environmental problems in Ishikawa Prefecture, especially, the relations between the wastes problems and regional economy and policies. This study is one of the few investigations that treat the environmental problems in Ishikawa Prefecture. Moreover, the consideration of environmental management offers a useful guide for the future studies on the creation of our environment using explicit as well as tacit knowledge.

目次

1 はじめに	1
1.1 研究の背景	1
1.1.1 環境問題	1
1.1.2 知識科学	2
1.2 研究の目的	2
1.3 研究の内容、方法	3
1.3.1 環境問題におけるモデルベースアプローチ	3
1.3.2 研究の手順	4
1.4 本論文の章構成	4
2 石川県における環境問題	6
2.1 石川県の特徴	6
2.1.1 自然	6
2.1.2 社会	6
2.2 石川県の主な環境問題	7
2.2.1 いしかわビッグ10	7
2.2.2 ビッグ10以外の環境問題	9
2.3 石川県の環境問題への対策	9
2.3.1 行政	9
2.3.2 企業・事業所	11
2.4 石川県の環境問題の先行研究	12
2.5 現状を分析して	12
3 モデル構築	14
3.1 環境フレームワークモデル	14
3.2 モデルの概要	14

3.3	使用するデータ	16
4	パラメータ同定	18
4.1	方法	18
4.2	現状分析	19
4.2.1	基本生産プロセス	19
4.2.2	生産要素プロセス	20
4.2.3	廃棄物プロセス	21
4.3	短期予測	22
4.3.1	入力値	22
4.3.2	基本生産プロセス	23
4.3.3	生産要素プロセス	23
4.3.4	廃棄物プロセス	23
4.3.5	短期予測結果の分析	24
5	環境対策プロセスの考察	40
5.1	廃棄物と政策	41
5.1.1	廃棄物	41
5.1.2	経済	44
5.1.3	対策	45
5.2	廃棄物と経済と対策の関係から言えること	46
5.2.1	政策の影響	46
5.2.2	企業の重要性	47
5.3	廃棄物減少の要因	48
5.3.1	1970 年代	48
5.3.2	1990 年代	49
5.4	有効な政策	50
6	環境知識マネジメント	55
6.1	知識とは	55
6.1.1	データ・情報・知識	55
6.1.2	知識創造プロセス理論	56
6.2	環境問題における知識創造	57
6.2.1	知識の統合化	57
6.2.2	知識創造プロセスの考察	58

6.3	環境知識マネジメントシステム	59
6.3.1	システムの概要	59
6.3.2	知識をデータとするために	61
6.4	エージェント・シミュレーション	62
6.4.1	エージェント・シミュレーションの概要	62
6.4.2	I-system におけるエージェント・シミュレーション	63
7	おわりに	65
7.1	まとめ	65
7.2	今後の課題	66
	謝辞	67
	参考文献	68

目 次

1.1	環境問題における知識創造モデル図	3
2.1	環境保全施策事業予算大分類	10
2.2	環境保全施策事業予算小分類	11
3.1	環境フレームワークモデル	15
4.1	県内人口と県内総生産額	26
4.2	第一次産業生産額	27
4.3	第二次産業生産額	28
4.4	第三次産業生産額	29
4.5	労働人口	30
4.6	資本ストック	31
4.7	土地面積	32
4.8	エネルギー消費	33
4.9	気体廃棄物発生量	34
4.10	産業廃棄物発生量	38
4.11	一般廃棄物排出量データ比較	38
4.12	一般廃棄物排出量（修正値）	39
4.13	一般廃棄物排出量（生活系）	39
5.1	産業廃棄物排出量推測値比較	40
5.2	モデルのパラメータの動き	41
5.3	一般廃棄物総排出量比較	42
5.4	一人一日当たり一般廃棄物排出量比較	42
5.5	産業廃棄物リサイクル率	43
5.6	一般廃棄物リサイクル率	43
5.7	ゴミ処理事業経費	44

5.8	1 トン当たりゴミ処理事業経費	45
5.9	県内総生産額百万円当たりの廃棄物発生・排出量	46
6.1	I-system 全体図	59
6.2	I-system モデル動作イメージ	60
6.3	I-system イメージ図	64

表 目 次

4.1	産業廃棄物発生量	35
4.2	一般廃棄物排出量（基データ、生活系）	36
4.3	一般廃棄物排出量（修正値）	37
5.1	企業向けの主な経済的支援制度	47
5.2	1970 年代の主な政策（全国）	52
5.3	1970 年代の主な政策（石川県）	52
5.4	1990 年代の主な政策（全国）	53
5.5	1990 年代の主な政策（石川県）	54

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景

1.1.1 環境問題

1980 年代、地球規模での環境の悪化がクローズアップされた。今日、私たちはこれらの問題を環境問題と呼ぶ。オゾン層破壊、酸性雨問題、地球温暖化、熱帯雨林減少、砂漠化、有害廃棄物の越境移動、生物種減少、海洋汚染、発展途上国の公害の 9 つが特に重大な地球環境問題 (世界的な環境問題) と定義されている [1]。

古来から人間の産業活動の裏には公害が付き物であり、特に産業革命以降各国で問題とされてきた。日本では、明治時代の足尾銅山鉍毒事件、戦後の 4 大公害が代表的な公害問題である。これら公害は各国内の問題であり、被害者加害者のはっきりした、いわばわかりやすい問題であったと言っている。

しかし、環境問題は公害とは性質が異なっている。公害は問題を起こしている国の中で加害者と被害者が存在するのに対して、環境問題は誰もが加害者でもあり被害者でもある。また、ある国が他国の環境問題の被害を受けることもある。環境問題は複数存在し相互作用を及ぼしあい、しかも国をまたがって問題が起きている。そのため、個々の問題を解決しただけ、個々の国の問題を解決しただけで全ての問題を解決できない。

このように、環境問題とは一国だけの力では解決できない、地球規模での問題である。そしてそれは、経済、政策、自然をサブシステムとして成り立つ社会システムの上に存在する、世界規模の問題である。

社会システムは、人間が主体となって営まれるものである。社会システムの中で、とりわけ政策や経済を実施するに当たっては、人間の意思決定法が重要である。さらに掘り下げて考えると、社会システムを動かしている人間にとって最も影響を与えているものは、人間の価値観である。価値観は人間一人一人によって違うものだが、大きく捉えると民族、あるいは居住地域によって違

うものであると見なすことができる。また、それは現在生きている人間だけによって産み出されるものではなく、数世代前、数十世代前からの歴史の積み重ねであり、文化の積み重ねである。

社会システムの仕組みを知るだけでは、それらについて表面的な情報を得たに過ぎない。本当に知ろうと思えば、人間の歴史や意思決定プロセスにまで興味を広げなければ、知識として深いものが得られない。

環境問題自体が複雑な性質を持っているのに加えて、観察者であり当事者である人間が加わって構成されている問題である。そのため、環境問題は客観的な観察が難しい、大規模複雑で奥深い問題である。

1.1.2 知識科学

環境問題と知識科学の関わりを簡単に考察する。

まず、人間にとって知識とは、その人の情報のストックであると考ええる。経験や他人から得た情報を自分の中で解釈し、判断や意思決定に使えるようにしたもののがストック＝知識である。

知識を科学する知識科学という研究分野は現在明確に存在せず、これから作り上げていく分野、方法論であると言える。一つの問題をあらゆる視点から捕らえ、それぞれの視点からの解決策を考案し、それを結集して最終的な解決策を図り、それを新たな知識として体系づける学問である、と考える。

前節で述べた通り、環境問題は大変複雑でかつ大規模な問題である。一つの分野だけの知識、一人だけの知識を以て解決できない。現在私たちが環境問題について持っているあらゆる知識を結集し、環境問題に関係する要素を全て考慮に入れた、総合的なアプローチによる解決策が練られなければならない。

環境問題の現状分析と解決策の考案、将来予測などは世界中で行われている。しかし、分野ごとに断片的に研究されているのが実情である。環境問題を総合的に扱っているモデルの数はまだ少ない。

知識科学を上述のように定義するならば、環境問題は知識科学を用いる研究対象の一つとして取り上げるに値し、それによって問題の解決を図ることができると思う。

1.2 研究の目的

断片的な研究が主である環境問題について、石川県を研究対象として総合的に実態を把握し改善策策定の支援を行なうための方法論と手法を開発することを研究の大きな目的とする。これを達成するために、システム論のアプローチによるトップダウン的な環境情報の統合化と、複雑系のアプローチによるボトムアップ的なシミュレーションを相互補完的に利用することを考えている。

本研究ではこのうち、システム論的アプローチを用いた分析を行なう。すなわち、石川県にど

のような環境問題があり特に問題視されていることは何であるのか、環境問題と生産、政策の間にはどのような関係があるのかを整理し、県内の環境問題における知識の統合化を進めるために必要なシステムについて検討する。

1.3 研究の内容、方法

1.3.1 環境問題におけるモデルベースアプローチ

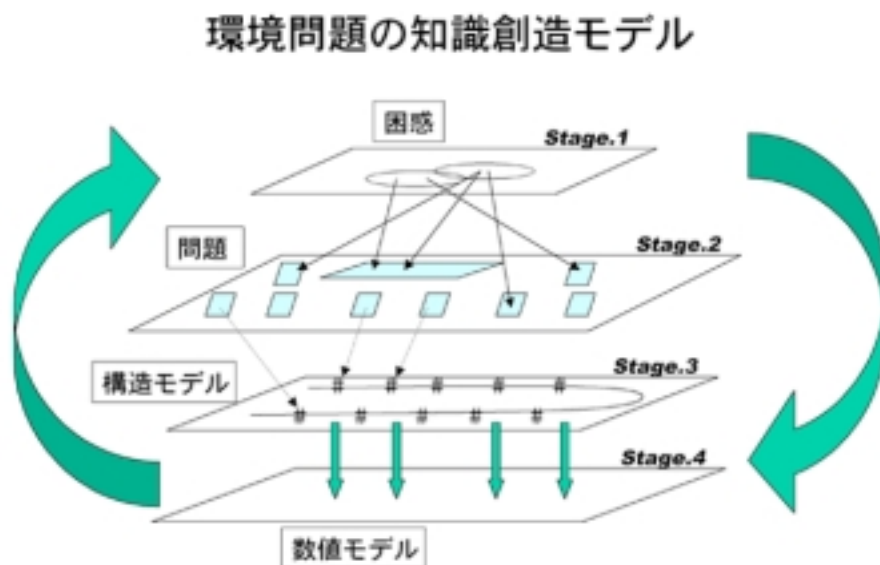


図 1.1: 環境問題における知識創造モデル図

図 1.1では

Stage1. 多数の問題群が混在している状態を示す。問題群とは、問題点を（言語で）形式的に表現することができない問題予備軍のことである。

Stage2. 問題群を整理して問題として抽出する。これらは何を解決するべきであるかがわかっている、形式的に表現できるものである。

Stage3. Stage2. で抽出した問題を構造モデル (Structural Model) に当てはめて動かす段階。ここで使うモデルは、複数の問題間の関係を捉えるモデルである。

Stage4. 問題を数式モデル (Numerical Model) に当てはめて解く段階。ここで使うモデルは、各問題の解を得るための具体的な数式等のモデルである。

を表している。

これが研究全体とすると、本研究では3 までを行なうことになる。4 について考察し問題を解く作業が、次で述べる研究の手順の7 以降に当たり、本研究に引き続き行なうべき研究内容である。

本研究では、3 の構造モデルに環境フレームワークモデル [2] を使う（図 3.1）。環境フレームワークモデルは、環境問題と人間活動を8つのプロセスに分けて捉えている統合モデルである。このモデルによって石川県の環境問題とそれに伴う人間活動との関係について分析を行なう。

1.3.2 研究の手順

1. データや文献から、石川県の環境問題及び社会システムの構成要素である経済、政策等の現状把握と問題分析を行なう。
2. 上の作業と同時に、環境フレームワークモデルを石川県に当てはまるように構築する。
3. 環境フレームワークモデルの廃棄物プロセスまでにデータを当てはめ、データを当てはめた期間についてパラメータを同定する。
4. パラメータ同定式から計算した予測値と実測値を比較し、分析する。
5. 対策プロセス（テキストデータ、知識データ）を、廃棄物プロセスから得た結果（数値データ）と比較して分析する。
6. 結果をまとめ、エージェント・シミュレーションについて設計を行なう。
7. （エージェント・シミュレーションを行い、結果をモデルに返す。）
8. （環境問題における知識創造プロセスについて検討を行なう。）

1.4 本論文の章構成

本論文は、本章を含む7つの章で構成されている。

1. はじめに
2. 石川県における環境問題
3. モデル構築
4. パラメータ同定
5. 対策プロセスの考察

6. 環境知識マネジメント

7. 今後の課題

2章では、今回研究対象にした石川県の環境問題について、現状とこれまでの取り組み、今後の課題を述べる。

3章では、本研究のベースとなった環境フレームワークモデルと、本研究で用いるモデルを説明する。

4章では、3章で構築したモデルに数値データを当てはめてパラメータを同定し、現状分析を行なう。

5章では、対策プロセスにテキストデータ、人の知識をデータとして当てはめて、それまでのプロセスとの関係を検討する。

6章では、環境問題における知識の統合化を行なうための環境知識マネジメントシステムを提唱する。

7章では、本論文のまとめと今後の課題について述べる。

第 2 章

石川県における環境問題

本章では、石川県の環境問題の現状とその対策についてまとめている。本章で特に参考文献の記載がない文章は、全て石川県環境基本計画 [3] を参考文献としている。

2.1 石川県の特徴

2.1.1 自然

石川県は、日本列島の東西の中心より北に位置し、面積約 4200km² の南北に長い地形である。気候は日本海側気候で、海に囲まれている上に年間の降水量が 2700mm と全国で二番目に多く、水資源には事欠かない。

県の面積のうち 6 割以上が林野であり、このうち 7 割以上が山地である。植物や動物の種類が豊富で、希少な動植物の種類数も多い。自然の豊かな県である。しかし、近年森林は減少傾向にあり、保全のための対策考案や土地利用を計画的に行なう必要がある。

2.1.2 社会

県の人口は 2010 年頃まで増加が見込まれている [4]。生産については、第一次産業は減少し、第二次産業及び第三次産業は増加を続けている。しかし、第二次産業の成長は近年伸び悩んでおり、第三次産業の生産が総生産に占める割合はこれからさらに高くなると考えられている。1996 年の生産額はおよそ、第一次産業：第二次産業：第三次産業 = 1：2：5 である。

生産活動の増大に伴って、電力やガスの消費量等のエネルギー消費量は増加している。県内のエネルギー需給を計算したデータは存在しないものの、エネルギー消費量の増加から石油等の天然資源消費量も年々増加していることが推測できる。

2.2 石川県の主な環境問題

2.2.1 いしかわビッグ 10

石川県環境基本計画 [3] では、石川県で重視している環境問題の現状を基に環境保全施策の体系を打ち出しており、この中で当面重点をおくべき 10 の問題を「いしかわビッグ 10」としている。「ビッグ 10」に挙げられた問題の現状と対策は以下の通りである。

1. 湖沼等閉鎖性水域の水質浄化

県内の水域の水質は、8 割の測定地点で国の環境基準を満たしている。しかし、都市部の一部の河川及び海域と 3 つの湖沼（柴山潟、木場潟、河北潟）では基準を満たしておらず、閉鎖性流域の汚染が問題となっている。

排水による汚染の防止、下水道の早急な整備が求められている。

2. 地下水の質及び量の保全と活用

石川県では地下水への依存度が高い。生活用水は全国が 23% に対して石川県が 36%、工業用水は全国が 34% に対して石川県が 67% と、地下水への依存度が他都道府県に比べて高いことがわかる（1992 年）。

一方で、過剰汲み上げによる地盤沈下、水位変化による水位等高線の変形、汚染が一部の地域で見られるため、地下水利用の合理化や実態把握が課題となっている。

3. リサイクル型社会の構築

公開されている県のデータ [5] では、一般廃棄物の排出量を県民一人一日当たりで比較すると（図 5.4）、全国平均より若干多い。総排出量データは、1991 年度をピークに減少の傾向が続いている（図 4.11）。ところが、このデータに関しては 1993 年まで統計方法に一部誤りがあり、実際の総排出量は少なくなることがわかっている（3.3 節）。

産業廃棄物発生量は 5 年毎に統計が取られているため、年毎の詳細は明らかではない（後でパラメータを同定する際は、データが無い年を補間している）。統計データを見ると、1988 年度までは発生量の増加が続き、それ以降に減少していることがわかる。

リサイクル率は全国平均値と比べて、一般廃棄物では低く産業廃棄物では少し高い（図 5.5, 5.6）。一般廃棄物のリサイクル率は $\frac{\text{資源化された量}}{\text{排出量}}$ で計算されるので、実際は上述のように排出量が少ないため、リサイクル率は高くなる。

産業廃棄物・一般廃棄物共に、発生・排出量は近年減少の傾向である。しかし、最終処分場の残余容量も年々減少しており、しかも新しい処分場の建設は難しい社会状況となっている。県は、県内の企業・事業所や県民が廃棄物の発生・排出量及び処分量を減らせる政策を進める必要がある。リサイクルについては、リサイクルを行なうことによって逆にエネルギー消費が増加したりコスト高によってリサイクル製品が売れないという問題点もある。廃棄物

の回収とリサイクルの段階まで含めてライフサイクルアセスメント¹を行なって、リサイクルが有効であると判断できれば積極的に行なうべきである。

4. すぐれた自然の積極的な保護

森林や自然景観、野生生物の生息地や希少な生物種の保護を目指す（自然環境保全地域の面積等の場所や植生構成比などのデータをこの項目の指標とする）。

5. 多様な自然環境の保全

森林・水辺環境の保全、野生鳥獣の保護管理などを行なう。生物自身だけでなく、生物が生きる環境全体の保全を考える（ここでは、4 で使った場所・植物のデータに加えて、淡水魚の分布など動物に関するデータも指標とする）。

6. 環境情報のネットワーク化及び情報の公開

国立環境研究所では EIC ネット²を稼働している。石川県でも、ネットワークを利用した環境情報提供システム³や環境情報管理の拠点となる環境総合センターを整備し、情報公開を進めている最中である。

7. 環境教育及び環境学習の推進

環境関連施設での環境学習機能を充実させたり、野外活動プログラム、環境教育手法を開発する。

8. 自然とのふれあいの増進

県内の自然公園を整備するなど、県民が自然に触れあえる時間・場所をより多く提供する。

7、8 共に人間の心・意識に直接訴え掛けるものであり、互いに密接なかかわり合いがある。10 の自主的取組の促進に繋がることが期待される。

9. 多様なエネルギー対策と環境国際協力の推進

太陽光や風力など、化石燃料を使わないエネルギーの開発を目指す。

県内の降水の pH は全国各地のデータと同程度かやや低い値を示している。これは、近年工業化が進んでいるアジア大陸からの影響もあるためと考えられる。そこで県では、中国等東アジアから研修生を受け入れる等して、国際協力が必要な問題の対策を取っている。

10. 自主的取組の推進

環境問題を解決するためには、法や規制によるトップダウンのアプローチだけでなく、事業者や住民が自主的に問題に取り組む、すなわちボトムアップのアプローチが欠かせない。

¹Life Cycle Assessment: 製品を作るための原材料調達→生産→流通→消費→廃棄→再利用までの各段階における環境負荷を総合的に判断する評価方法

²<http://www.eic.or.jp/>

³<http://www.pref.ishikawa.jp/kankyo/joho/index.htm>

これを推進するために、県は地球温暖化防止地域推進行動計画 [6] を策定したり、環境保全活動あるいは企業における環境保全対策技術の開発と実用化に対して支援を行なう。

2.2.2 ビッグ 10 以外の環境問題

上記で挙がっていない問題に、大気汚染、化学物質、土壌汚染、騒音・悪臭の各問題がある。このうち、大気汚染と化学物質について簡単に述べる。

大気汚染は、光化学オキシダント以外は環境基準を達成している。しかし、市街地では自動車から排出される二酸化窒素濃度が環境基準の上限に達しようとしている。そのため、総合的な交通公害対策が求められている。

化学物質については、環境ホルモン等様々な物質が問題を起こしており、大気・土壌・水質とあらゆる面に影響が広がっている。石川県内では深刻な汚染や汚染の被害は無いが、今後も実態を把握し、規制等による汚染防止策を継続させる必要がある。

なお、1999 年に PRTR 制度⁴が公布され、2002 年度から実施される。この制度の導入によって、企業・事業者が排出する汚染物質削減への取組を促進することが期待されている。

2.3 石川県の環境問題への対策

政策・対策の大筋の流れを紹介する。過去に取られた政策及びその内容は、5.1.3 節で記載する(表 5.2～5.5)。

2.3.1 行政

(1) 対策

1960 年代、白山国定公園が国立公園に指定されたのを契機に、県は景観地保護事業を始めた。また、1960 年から 1970 年にかけて、日本の各地で問題となっていた公害が石川県でも表面化した。そこで、県は公害防止の対策として、全国的な法・規制が整備された後に条例の施行、公害対策部署設置、各種環境基準の設定を行った。

1980 年代から現在にかけては、県内の公害問題に加えて、地球環境問題も視野に入れて対策が取られ始め、公害問題と地球環境問題を合わせて環境問題として捉えられている。1995 年に施行された石川県環境基本条例、1997 年に策定された石川県環境計画のどちらにも、地球環境問題を含む様々な環境問題への対策が盛り込まれている。また、環境問題の広がりによって、「公害」対策部署・条例は「環境」対策部署・条例へと名称を変更している。

⁴事業者が向上や事業所から排出された化学物質や廃棄物の量を行政に報告し、行政はそれを公開する制度

2.2の10で触れたように、これまでは法や規制で基準を決め、守れなければ罰則を与えるというトップダウンのアプローチが主であった。しかし近年は、企業が自主的に環境対策に取り組むボトムアップのアプローチを促進する政策・対策が増えている。例えば、ISO14000 シリーズや環境報告書、環境会計等がある。ISO14000 シリーズは、国際的に定められた環境管理・監査システムの規格である。環境報告書は、企業が活動に伴って発生させる環境に対する影響やその影響を削減するために行なった取り組みを公表するものである。環境会計は、環境関連支出を企業の事業報告書に加えて公開するものである。これらはいずれも国や地方自治体から取得・公表するように義務づけたものではない。これらを活用するかどうかは企業次第であり、うまく活用すれば環境対策が進む上に、環境に積極的に取り組んでいる企業という社会の評価が得られて企業のイメージ向上→売り上げの伸びが期待できる（以上〔1〕）。

近年、県では社会全体で環境保全を考える、すなわち環境保全型社会システムを構築することを目指している。これは本研究の目的にも合致する事項である。

市町村レベルでは、ゴミ減量化・資源化施策を取る市町村数がここ数年で増加した。これらの施策には、ボランティア団体の資源ゴミ回収奨励金交付、不要品交換情報制度、生ゴミコンポスト容器購入助成がある。

(2) 予算

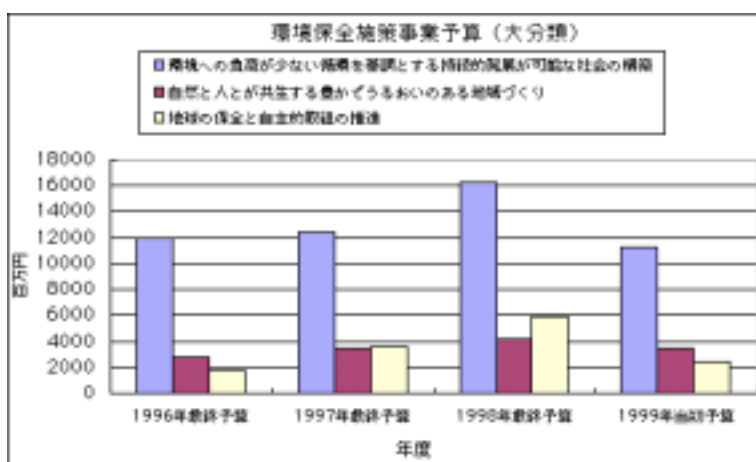


図 2.1: 環境保全施策事業予算大分類

1996 年度以降の石川県環境白書には、県予算の中で何らかの形で環境保全に関連する予算がまとめられている [8]。特に環境関連以外の部署の予算は、その全額が環境保全に使われるとは限らないが、県の環境対策の指標の一つになると考えるのでここで取り扱う。

環境保全施策は、石川県環境基本計画の中で大きく三つに分けられている。その項目別グラフ

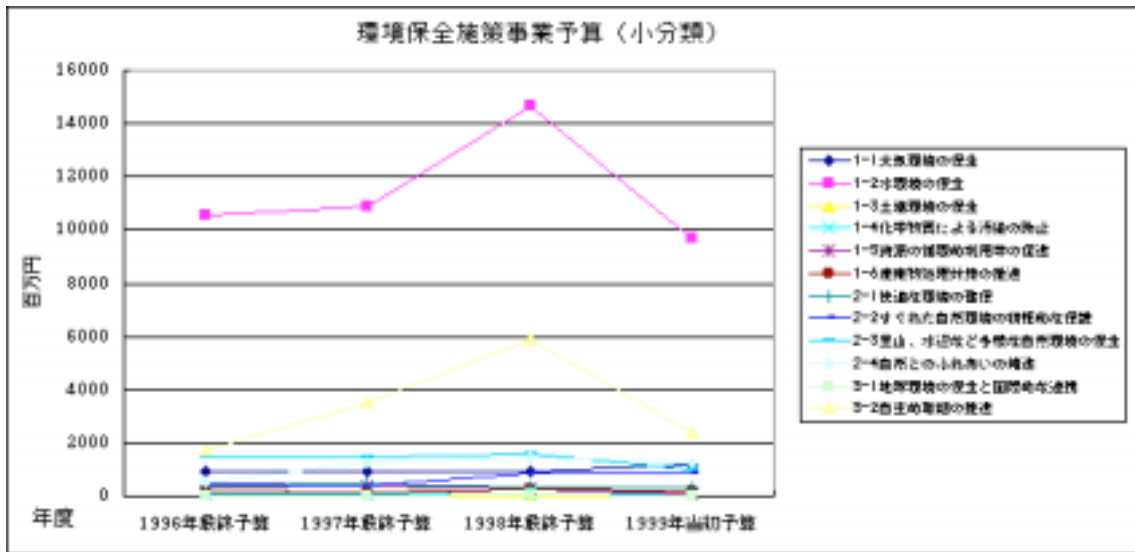


図 2.2: 環境保全施策事業予算小分類

が図 2.1 で、それぞれの施策の細かい項目別にグラフにしたものが図 2.2 である。

環境保全予算は、金額自体も県予算全体の中に占める割合も年々増加している。また、1999 年度は予算編成方針の中で環境問題を重視していることを示唆していることと併せて、予算の面では県が環境問題に対して積極的に取り組もうとしている姿勢がうかがえる。

2.3.2 企業・事業所

環境問題対策において、企業・事業所（以下「企業」と略す）の果たす役割は大きい（これについては、5.2.2 で検証している）。企業が環境問題対策を行なうためには、企業だけの努力では限界がある。法・規制、世論の高まり、行政・民間団体の援助、そして消費者の努力が欠かせない。

企業においては、原料調達から製品が売られた後に廃棄されるまでの過程で、廃棄物や化学汚染物質の排出を減少させることが重要な環境対策である。特に近年はリサイクルに対する意識が高まったことで、詰め替え製品や軽量化あるいは材質を変えることで廃棄物になる量が減る製品、電力消費の少ない製品や二酸化炭素、有害物質の排出量が減る製品など、環境効率の良い商品が多数作られている。但し、製品そのものの環境効率が良くなっても、製品の普及度が高くなれば廃棄物発生源を増やす結果になってしまう。あるいは、環境効率がいいからと言ってまだ使える古い製品を新しい環境効率のいい製品に買い換えては、余計に廃棄物を増やす結果にもなりかねない。

県では企業向けの対策として、ハンドブック [9] 作成、各種補助金・融資、省エネルギーや ISO14000 取得のためのコンサルタントを行なっている（表 5.1, 5.5）。また、1998 年には石川県リサイクル

製品認定制度を設け、県内企業における再生資源を利用した製品開発を促進している。

県内の企業が自主的に環境マネジメントシステムを構築して環境問題に取り組んでいる例は、ISO14000 取得企業・事業所数を指標として判断するとまだ少ない。県内の ISO14000 取得企業・事業所数は、1999 年 11 月現在で全国で 33 番目の 24 であり [10]、1000 件当たり事業所数では 35 番目の取得数 [11] である。

石川県においては、エコビジネスや環境マネジメントシステム構築が今後どれだけ普及するかが企業の環境対策の鍵を握っており、その過程と結果に注目したい。

2.4 石川県の環境問題の先行研究

石川県の環境問題を総合的に扱った先行研究は見当たらない。全国の環境問題を研究した中で石川県のデータも取り上げられている研究はあっても、石川県を単独で論文にした研究は数が少ない。最近出されたものに、二酸化炭素排出量を扱った論文 [12] がある。石川県の環境問題が取り上げられることが少ない原因として、まだ環境問題がそれほど深刻ではないと考えられているからではないかと推測している。

県は 1971 年より毎年石川県環境白書（当初は石川県公害白書）[5] を、1998 年に石川県地球温暖化防止地域推進行動計画技術報告書 [13] を発行している。また、大気や水質等に関して測定を行なった結果（数値データ）は、毎年報告書にまとめられている。

各種データは統計が取られていて報告書に記載されているのだが、それらを統合して環境問題について述べている文献は、上述の報告書以外見当たらない。

石川県の環境問題の先行研究が少ないという点で、本研究で石川県の環境問題を経済や政策を絡めて分析することは（これが成功すれば）意義深いものだと考えている。

2.5 現状を分析して

県の環境問題担当者をはじめとする環境問題の専門家にも、石川県の環境問題は深刻な状況ではないという意識があるようだ（聞き取り調査等の結果から）。しかし、被害が深刻ではないと安心している場合ではなく、まだ汚染が少ないからこそ、早い段階で防止策を考案し、汚染を深刻化させないことが必要である。

県では様々な環境問題対策に力を入れているが、とりわけ水質汚染対策と廃棄物問題、循環型社会システムの構築に力を入れている。

ただ、廃棄物問題は重要な問題であると共に、最も難しい問題である。企業が製品を生産する上で工夫するだけでなく、住民が再生製品を積極的に購入したり、ゴミの分別回収に積極的に協力するなど、企業と消費者双方が問題に取り組まなくては事態を改善できない問題だからである。

2.3.1、2.3.2で述べたように、企業だけでなく住民に対しても、「知識の統合化」の結果として環境問題に自主的に取り組むような政策が必要である。また、その対策が効果をあげるためには、住民の環境問題への関心を高めること＝意識変容が必要である。なお、住民の意識変容の方法については、本研究では触れない。

石川県に環境情報提供システムはあるが、提供された数値データを見ているだけでは全体を把握しにくい。人が知識として環境問題を理解する際には、体験が伴えば問題をより身近に感じられる。しかし、全員が環境問題について何らかの体験をするのは難しい。いかにして、一見自分とは近いと思えない環境問題に興味を持ってもらうかが環境問題の課題の一つであり、興味を持たせるために環境問題の情報をどういう形で提供するのも課題の一つである。前者は上述した意識変容の問題に繋がり、後者は6章で考察している知識の統合化に繋がる。

第 3 章

モデル構築

3.1 環境フレームワークモデル

地球環境問題対策のモデルは、既に幾つか発表されている。本研究では、それらの中の「環境政策分析支援のためのフレームワークモデル」[2]（図 3.1）を基本とし、これを石川県に当てはまるようにモデル構築を行なう。

環境フレームワークモデルは、複雑で大規模な環境問題と人間活動をマクロな視点で捉えている統合モデルである。しかし、数値データが存在しないプロセス内でパラメータ同定を行なうことができない。また、環境フレームワークモデルは過去のデータと現在の知見に基づいているため、現状分析と短期予測が主な用途であり、長期予測は難しい。

以上で挙げた点は、今後行なうことを予定しているエージェント・シミュレーションで補うものとしたい。本研究においては、石川県における環境問題とそれを取り巻く要因の現状を、既存のデータをモデルに当てはめることで把握し、問題点を指摘することを目指す。

3.2 モデルの概要

モデルは以下の 8 ステップからなる。

1. 基本生産プロセス

人口と県内総生産から生産活動（第一次産業、第二次産業、第三次産業）に必要な額を計算する。

2. 生産要素プロセス

上で得た生産額と生産に必要な要素との関係を決める。本研究では要素を労働力、資本、土地、エネルギーとしている。

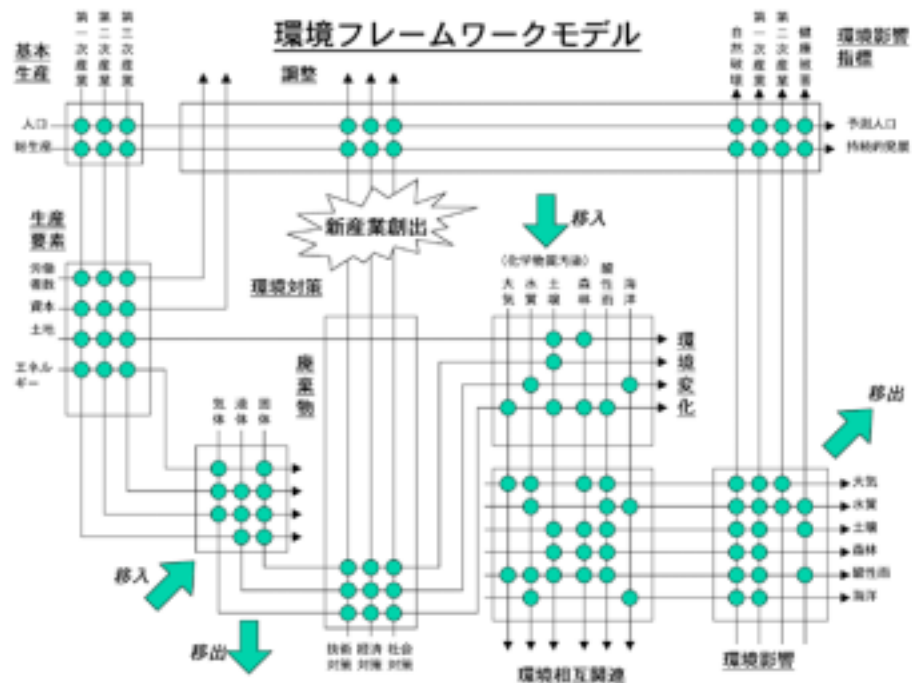


図 3.1: 環境フレームワークモデル

3. 廃棄物プロセス

生産活動を行なうことによって、どのくらいの廃棄物が生成されるかを計算する。本研究では固体廃棄物として産業廃棄物を、気体廃棄物として二酸化炭素排出量をそれぞれ使う。

4. 環境対策プロセス

廃棄物とその量を減らすために取られる環境政策との関係を示す。環境対策には、環境保全施策事業等への予算のような数値データの他に、法令や規制など数値では出てこないテキストデータ、専門家の知識データを指標として用いる。

5. 環境変化プロセス

資源の使用、廃棄物の排出によって環境がどう変化するかを示す。以下の三つのプロセスで環境問題とは石川県で重視されている問題であり、大気汚染・水質汚染・土壌汚染・森林減少・酸性雨・海洋汚染の七つを要素としている。

6. 環境問題間プロセス

複数ある環境問題間がどのような相互関連があるのかを示す。

7. 環境影響プロセス

環境変化が人間と生産活動にどのような影響を与えるかを示す。

8. 調整プロセス

環境変化によって人間が活動をどのように調整するかを示す。

本研究では4の環境対策プロセスまでを考察している。

3.3 使用するデータ

本研究では、数値データがある廃棄物プロセスまでのプロセス内の要素にデータを入れて、4.1で述べる方法でパラメータを同定する。環境対策プロセスについては適切な数値データが無かったため、政策等のテキストデータを使い、廃棄物プロセスとの関係について考察を行なう(5章)。

本研究で使用するデータは、人口[14]、県内総生産[14][15]、第一～三次産業生産額[14][15]、労働力[14]、資本[14][16]、土地面積[17][18]、エネルギー[14]、気体廃棄物[13]、産業廃棄物(固体廃棄物)[5][19]、一般廃棄物[5][20]である。一般廃棄物については廃棄物プロセスを細かく分析するために参考値として用いている。

このうち、労働力は産業就労人口、資本は民間資本ストック、エネルギーは第一～三次産業における都市ガス消費量及び電力消費量をMcalに換算して加えたもの、気体廃棄物は第一～三次産業における二酸化炭素排出量の合計を推計した値、産業廃棄物は産業廃棄物発生量をデータとする。

一般廃棄物は2.2の3で触れたように、公開されている排出量データに1993年まで不備があるため、これを修正した推計値を扱う。一般廃棄物排出量は計画収集量、直接搬入量、自家処理量の合計で、このうち計画収集量+自家処理量を家庭からの廃棄物(生活系廃棄物)、直接搬入が事業所からの廃棄物(事業系廃棄物)と分類する。直接搬入量に一部の市で産業廃棄物を交えて計測してしまったために、排出量が実際より多くなっている。なお、計画収集量と自家処理量に関してはデータに問題はないので、この二つをデータとした計算も参考のために行なう。

気体廃棄物及び産業廃棄物は1970年～1996年のデータを、一般廃棄物は1977年～1996年のデータを、それ以外の項目は1955年～1996年のデータを使用する。毎年データを取っていない労働力及び産業廃棄物についてはデータの補間を行なって推計値とする。資本については、石川県独自で計算をしておらず、電力中央研究所経済社会研究所¹が推計値を計算しているのでそれを利用し、その値が無い年のデータは全国の資本ストック、国内総生産、石川県内総生産を利用して推計する。気体廃棄物は、1990年度及び1995年度の排出量計算を参考にして各産業毎に簡単に推計し、これを合計して該当データとする。

予想していた以上に必要なデータを集めることは難しかった。データそのものが存在しない項目があることと、各データを集計・保管している担当部署がそれぞれ違っていることが原因である。

前者については、全国規模では統計を取られているのに都道府県レベルでは取られていないデータが幾つかある。エネルギー、資源関係の都道府県レベルでの推計データは皆無に等しく、都道

¹<http://criepi.denken.or.jp/CRIEPI/serc/socio.htm>

府県毎に過去から現在までのエネルギー需給の計算を行なうことが必要であるとする。

後者については、研究のテーマの一つである環境知識マネジメントの考察の一貫として、行政を含めた組織におけるデータや情報の管理・統合のあり方についても今後検討したい。

第 4 章

パラメータ同定

4.1 方法

環境フレームワークモデルの各プロセスにおいて、「項目 C が z_1 倍になると項目 D は w_1 倍になる」と考える。コブ・ダグラス型関数を利用して式を立てる。

$$y = Ax_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n} \quad (4.1)$$

ここで、 y は出力、 $x_1, x_2, \dots, x_n$ はそれに対応する入力群、 $A, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ はパラメータとする。
この式の各変数について対数を取り、それらを新たに X, Y とする。すなわち、

$$\log y = \log A + \alpha_1 \log x_1 + \alpha_2 \log x_2 + \dots + \alpha_n \log x_n \quad (4.2)$$

$$Y = A + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n \quad (4.3)$$

$$= X \begin{pmatrix} A \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_n \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

X, Y もベクトル表示すると下の式になる。

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_n \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

この式に前章で示した各データを当てはめると、例えば第一次産業生産を求める式は以下のよ

うになる。他も同様に式を立てれば良いので、ここでは記述を省略する。

$$\begin{pmatrix} \log \text{第一次産業生産}_1 \\ \dots \\ \log \text{第一次産業生産}_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \log \text{人口}_{11} & \log \text{県内総生産}_{12} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \log \text{人口}_{m1} & \log \text{県内総生産}_{m2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} \quad (4.6)$$

パラメータを求めるために左辺と右辺に観測値を代入する。観測値とは3.3で述べた統計から得た実測値及び推計値のことである。

$$\begin{pmatrix} A \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_n \end{pmatrix} = (\vec{X}^t \vec{X})^{-1} \vec{X}^t \vec{Y} \quad (4.7)$$

$$(4.8)$$

この式を解いてパラメータ、基本生産プロセス、生産要素プロセス、廃棄物プロセスにおける関係式をそれぞれ求める。

4.2 現状分析

以下の節で本文中に出てくる図とは、本章末に示している各プロセスの観測値と計算した再現値、予測値の表及びグラフである。

4.1の方法で各式のパラメータを同定し、右辺に観測値と求めたパラメータを代入して左辺の値を求めるとき、求まった左辺の値を再現値とする。再現値を計算することによって、観測値をどれだけ再現できるかどうかを観察し、パラメータ同定式の検討を行なう。

後にも述べる通り、予測値は再現値を求める際と同様の式を用いる。右辺に再現値と最初に求めたパラメータを代入して計算したときの左辺の値で、与えた条件における短期予測値になる。

計算の初期値として代入した人口と県内総生産を図4.1で示す。45年前から1996年まで、どちらも増加を続けている。

4.2.1 基本生産プロセス

図は図4.2から図4.4である。

$$\text{第一次産業生産} = 1.219 * 10^{-26} * \text{人口}^{4.733} * \text{県内総生産}^{0.3707} \quad (1955 \sim 77 \text{ 年}) \quad (4.9)$$

$$\text{第一次産業生産} = 1.851 * 10^7 * \text{人口}^{-4.126 * 10^{-2}} * \text{県内総生産}^{-0.3244} \quad (1978 \sim 96 \text{ 年}) \quad (4.10)$$

$$\text{第二次産業生産} = 2.05 * 10^{17} * \text{人口}^{-3.155} * \text{県内総生産}^{1.206} \quad (4.11)$$

$$\text{第三次産業生産} = 1.598 * 10^{-5} * \text{人口}^{0.7476} * \text{県内総生産}^{1.014} \quad (4.12)$$

$$(4.13)$$

第一次産業生産は1970年代をピークに減ってきているものの、第二次・第三次産業生産の増加が続いていることが全体の増加に寄与している。計算によると、第三次産業生産のみが時代が進むと増加し、第一次・第二次産業生産は人口が増加すれば生産額が減少する。

第二次、第三次産業生産は観測値と再現値に大きな差はない。第三次産業生産は人口と県内総生産両方が増加すると増加し、第二次産業生産は人口が減少し県内総生産が増加すると増加するという結果が出ている。

第一次産業生産は、期間を分けずに計算を行なうと生産が上昇し続けるという結果が出るので、より現実の再現性を持たせるために、1977年までとそれ以降で期間を分けて計算を行なっている。1977年までは人口、県内総生産のどちらも増加すれば第一次産業生産も増加していたが、1978年以降はどちらとも増加しても生産が減るという結果であり、これはほぼ観測値を再現できている。1977年までは人口が生産にかなり影響を及ぼしているが、それ以降は人口の影響は小さくなっている。第一次産業生産は天候等の外部要因が生産額に影響し、年によって変動が大きくなる。

このプロセスでは、人口一人当たり県内総生産を初期値としても計算を行なっている（グラフは示していない）。当然、結果は県内総生産を初期値として行なったものと同じ傾向を示すグラフとなる。

$$\begin{aligned} \text{第一次産業生産} &= 2.212 * 10^{-27} * \text{人口}^{5.104} * \\ &\quad \text{人口一人当たり県内総生産}^{0.3707} \quad (1955 \sim 77 \text{ 年}) \end{aligned} \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} \text{第一次産業生産} &= 2.802 * 10^{14} * \text{人口}^{-1.778} * \\ &\quad \text{人口一人当たり県内総生産}^{0.5485} \quad (1978 \sim 96 \text{ 年}) \end{aligned} \quad (4.15)$$

$$\begin{aligned} \text{第二次産業生産} &= 7.963 * 10^{14} * \text{人口}^{-1.949} * \\ &\quad \text{人口一人当たり県内総生産}^{1.206} \end{aligned} \quad (4.16)$$

$$\begin{aligned} \text{第三次産業生産} &= 1.494 * 10^{-7} * \text{人口}^{1.762} * \\ &\quad \text{人口一人当たり県内総生産}^{1.015} \end{aligned} \quad (4.17)$$

4.2.2 生産要素プロセス

図は図 4.5から図 4.8である。

$$\begin{aligned} \text{労働人口} &= 4.193 * 10^5 * \text{第一次産業生産}^{-9.286 * 10^{-2}} \\ &\quad * \text{第二次産業生産}^{4.381 * 10^{-2}} * \text{第三次産業生産}^{5.420 * 10^{-2}} \end{aligned} \quad (4.18)$$

$$\begin{aligned} \text{資本ストック} &= 1.318 * 10^2 * \text{第一次産業生産}^{-7.932 * 10^{-2}} \\ &\quad * \text{第二次産業生産}^{-2.332 * 10^{-2}} * \text{第三次産業生産}^{0.8097} \end{aligned} \quad (4.19)$$

$$\begin{aligned} \text{土地面積} = & 7.299 * 10^4 * \text{第一次産業生産}^{-4.873*10^{-2}} \\ & * \text{第二次産業生産}^{4.409*10^{-2}} * \text{第三次産業生産}^{4.361*10^{-2}} \end{aligned} \quad (4.20)$$

$$\begin{aligned} \text{エネルギー} = & 1.894 * 10^6 * \text{第一次産業生産}^{-3.889*10^{-2}} \\ & * \text{第二次産業生産}^{0.7033} * \text{第三次産業生産}^{-9.623*10^{-2}} \end{aligned} \quad (4.21)$$

生産要素プロセスでは、労働人口、資本ストック、エネルギーは第一次～三次産業生産額を入力として分析すると伸び続けており、それぞれ観測値と再現値に大きな差はない。図は示していないが、産業別の労働人口と資本ストックは各産業生産額とほぼ同じ傾向が見られ、第一次産業は増加の後減少、第二次及び第三次産業では増加している。エネルギーについては全ての産業において消費量が増え続けている。

労働人口は第二次・三次産業生産が増加すると増加する。資本ストックは第三次産業、エネルギーは第二次産業生産の影響を受けて増加する。土地面積は第二次・第三次産業の両方の生産を受けて増加する。

4.2.3 廃棄物プロセス

図は図 4.9から図 4.12である。

$$\begin{aligned} \text{気体廃棄物排出量} = & 3.180 * 10 * \text{労働人口}^{-2.732} * \text{資本ストック}^{0.850} \\ & * \text{土地面積}^{1.273} * \text{エネルギー}^{0.841} \end{aligned} \quad (4.22)$$

$$\begin{aligned} \text{産業廃棄物発生量} = & 5.330 * 10^{-14} * \text{労働人口}^{-3.536} * \text{資本ストック}^{0.1879} \\ & * \text{土地面積}^{8.395} * \text{エネルギー}^{-0.4567} \quad (1970 \sim 90 \text{ 年}) \end{aligned} \quad (4.23)$$

$$\begin{aligned} \text{産業廃棄物発生量} = & 1.730 * 10^{-14} * \text{労働人口}^{1.546} * \text{資本ストック}^{0.1098} \\ & * \text{土地面積}^{1.491} * \text{エネルギー}^{-9.786*10^{-2}} \quad (1991 \sim 96 \text{ 年}) \end{aligned} \quad (4.24)$$

$$\begin{aligned} \text{一般廃棄物排出量（修正）} = & 5.715 * 10^{-68} * \text{労働人口}^{1.236*10} * \text{資本ストック}^{-1.610} \\ & * \text{土地面積}^{3.174} * \text{エネルギー}^{-0.4056} \quad (1977 \sim 90 \text{ 年}) \end{aligned} \quad (4.25)$$

$$\begin{aligned} \text{一般廃棄物排出量（修正）} = & 1.986 * 10^{35} * \text{労働人口}^{-0.7846} * \text{資本ストック}^{-0.9259} \\ & * \text{土地面積}^{-4.493} * \text{エネルギー}^{0.4626} \quad (1991 \sim 96 \text{ 年}) \end{aligned} \quad (4.26)$$

$$\begin{aligned} \text{一般廃棄物排出量（生活系）} = & 2.609 * 10^{-37} * \text{労働人口}^{3.750} * \text{資本ストック}^{-0.7909} \\ & * \text{土地面積}^{4.818} * \text{エネルギー}^{-9.360*10^{-2}} \end{aligned} \quad (4.27)$$

廃棄物プロセスでも観測値と再現値に大きな差は出ない。産業廃棄物、一般廃棄物（修正）は、データを 2 分割してパラメータを同定するとより観測値を再現することができるので、それを再現値 2 としてグラフで示す。

気体廃棄物は 3.3 で述べた通り 2 年分しか推計値がない。そのため、石川県 [13] の計算方法に従って、第一次産業は農業用トラクターと漁船のトン数、第二次産業と第三次産業は総生産額から推計した値を観測値として使用する。実際の排出量と観測値にずれがある可能性は否定できないが、おおよその傾向は掴んでいると考える。総排出量はエネルギー同様に年々排出量が増加していると考えられ、予測値 1 もそれを再現している。

産業廃棄物は 1988 年から 1994 年の間に大きく減少している。この間はデータが無いので、いつから減少しているのか正確なところはわからない。1990 年代の減少が大きいので、減少の始まる年でデータを分割してパラメータを同定した方がより観測値を再現することができる。この再現値をグラフでは 2 と示している。

一般廃棄物は 3.3 で述べた通り、排出量を修正した推測値と生活系廃棄物のみの二種類のデータで計算を行なう。1993 年までの排出量には、産業廃棄物（合わせ産廃）が混ざっている。1994 年の排出量から 1993 年までの排出量の差と 1994 年の排出量の比率は 1 : 4 であるので、1993 年までの排出量の $\frac{1}{3}$ を修正排出量としてデータとする。厳密には 1993 年までの合わせ産廃の一般廃棄物排出量に対する割合は年毎に異なる。しかし県の担当者に訪ねたところ、合わせ産廃の比率に大きな変動はなく、県が修正を行なうとすればやはり比率で計算するだろうとの回答だったので、ここでも比率を使って修正値を計算を行なっている。

一般廃棄物を分析すると、生活系は 1977 年から 1990 年代前半までは増加を続け、近年は若干減少している。修正排出量もほぼ同様の傾向を示す。再現値では近年の減少が予測できていない。修正排出量は産業廃棄物同様、データ期間を分割して計算した値を 2 として示す。

気体廃棄物と一般廃棄物（生活系）は、労働人口と土地面積からの影響が他のパラメータに比べて大きいことは共通している。気体廃棄物は、労働人口が減少し土地面積が増加すれば排出量が増加する。一般廃棄物（生活系）は、労働人口、土地面積ともに増加すれば排出量も増加する。

産業廃棄物はデータを分割して同定した式を分析すると、1990 年までは労働人口と土地面積の影響が少し大きく、1991 年以降は労働人口が他のパラメータよりかなり大きな影響を及ぼす。1990 年までは労働人口が減少し土地面積が増加すると発生量が増加する。1991 年以降は労働人口、土地面積がともに減少し、資本ストックが増加すると発生量が増加する。

一般廃棄物（修正）もデータを分割した式を見ると、1977 年から 1990 年までは労働人口が他のパラメータに比べて大きな影響を与えている。1991 年以降は土地面積の影響が大きくなる。

4.3 短期予測

4.3.1 入力値

前節では、再現値を計算の際に観測値をデータとしている。本節では、パラメータ同定式は再現値の計算式を、データは再現値をそれぞれ用いて、1970 年から 2010 年の値を計算する。この

計算結果を予測値とし、1996 年までは予測値と観測値、再現値との差を、1997 年以降は代入した条件でどのような短期予測結果が出るかを見る。

まず、初期値である人口と県内総生産は、1996 年までは観測値を使う。1997 年以降は条件を決める。以下の計算では、人口は対前年度増加率 2%として推計する。2%は 1990 年から 1996 年までの対前年度増加率を平均した値である。この方法で計算すると、2010 年の人口は石川県の予測 [4] より 3 万人ほど少ない。県内総生産は、1997 年から 2000 年までは対前年度減少率を 1.1%とし、2001 年度からは同増加率を 2%として推計する。1.1%は 1997 年の石川県県内総生産の対前年度減少率である。この状況が 2000 年まで続き、2001 年からは景気が上向きとなって成長率が大きくなると仮定している（図 4.1）。

4.3.2 基本生産プロセス

図は 4.2.1 同様、図 4.2 から図 4.4 である。

基本生産プロセスの各項目は人口と県内総生産がパラメータであるので、1996 年までは再現値と予測値は同じ値になる。

図の表では予測値、グラフでは 1996 年までは再現値、1997 年以降は予測値と表示している。1997 年以降の予測値は、第二次、第三次産業は県内総生産とほぼ同じ動きであり、第一次産業生産は、横ばいの後緩やかな減少を示している。

第一次産業生産については 4.2.1 でも述べた通り気象の影響を受けるので、小さな増減を再現値が予測できていなくても式に誤りはないと考える。将来は緩やかな減少をたどる結果が出る。近年の石川県の状況を考えればありうるシナリオであると考ええる。

4.3.3 生産要素プロセス

図は 4.2.2 同様、図 4.5 から図 4.8 である。

このプロセス以降はデータに前のプロセスの再現値を使うので、計算結果で再現値と予測値が一致しない。

このプロセス内では、各項目とも観測値、再現値、予測値に大きな差は見られない。エネルギーに関しては、1990 年代の再現値は観測値より低い値を出力している。1997 年以降の予測値は、労働人口、土地面積は微増、資本ストック、エネルギーは県内総生産に近い動きを示す。この予測結果については、妥当なものとする。各要素の値を大きく動かす要因が、現時点では基本生産プロセスの要素以外考えられにくいからである。

4.3.4 廃棄物プロセス

図は 4.2.3 同様、図 4.9 から 4.12 である。

4.2.3で述べたように、産業廃棄物は期間を区切って計算しており、この式による予測値を予測値2と表す。1997年以降の予測値2の計算式は、期間を分割して出した二つの式のうち後者、すなわち廃棄物が減少している期間の式を使う。

気体廃棄物は観測値、再現値、予測値に大きな差は見られず、1997年以降の予測値の動きは、前のプロセスと同じく県内総生産に近い動きを示す。予測結果では、2000年以降気体廃棄物の排出量は増加する。しかし実際は、初期値が同じ条件だとすると排出量は少なくなると考える。これは、今後、二酸化炭素排出基準が厳しくなることが予想できるからである。一般廃棄物（生活系）についても全く同じことが言える。

産業廃棄物は、予測値では廃棄物が増加し続けることを示しているが、予測値2では減少の後若干増加し再び減少する。

一般廃棄物（修正）では、予測値は廃棄物排出量が1970年から2010年まで一定となり、予測値2では産業廃棄物同様、1997年以降若干増加の後減少する結果となる。

4.3.5 短期予測結果の分析

前節で述べた通り、(1) 経済成長が続く、(2) 現在同様に廃棄物を減少させる方向に社会が進む、という条件を入力すると、産業廃棄物、一般廃棄物（修正）の予測値2-2は減少を示す。条件は将来ありうるものを入力しているのも、この予測結果についてもありうるものであると考える。但し、(2)は予測値1を求めた式のことを指しているのであるが、これらは生産が増えても廃棄物が減少するというモデルのため、生産が減少すれば廃棄物が増加するという出力になってしまっている。ところが、実際には(2)が強く影響し、廃棄物は減少し続けると予想している。

廃棄物発生・排出量を左右する要因は生産（経済）だけではない。政策、自然環境、廃棄物以外の環境問題が廃棄物に影響を及ぼしている。(2)で減少させる方向とは、政策が取られることを主に考えている。

廃棄物に影響を与えると考えられる要素を全てモデルに当てはめて計算できれば、より正確に発生量・排出量の分析を行なえる。ここまでは基本生産→生産要素→廃棄物、とモデルの左から順にデータを当てはめて分析を行なっている。モデルはさらに廃棄物→対策の順に続くのだが、特に廃棄物に関しては、後に位置するプロセスからのフィードバックを他プロセス以上に考慮する必要がある。

ところで、政策や環境問題ではその要素に対する数値データが存在するとは限らない。テキストデータのみ、あるいはデータそのものが存在しないこともある。このような場合、データとして他の要素を、モデルを動かすために他の手法を考える必要がある。

本章の結果をふまえて、次の5章では廃棄物に影響を最も大きく与える要素であると考えられる政策と、廃棄物との関係を考察する。政策の分析に使える数値データは石川県ではわずかであったため、テキストデータと県の担当者に聞き取りをした結果をデータとして用いて分析を行ない、廃

棄物プロセスと環境対策プロセスとの関係を分析する。6 章では、データとして用いる必要があると考える人の知識について、どのように利用するかを検証する。7 章では、モデルを動かす手法として考えているエージェント・シミュレーションについて述べる。

県内人口(人)と県内総生産額(百万円)					
年度	人口	県内総生産額	年度	人口	県内総生産額
1955年	966187	88360	1983年	1138844	2490931
1956年	968531	94177	1984年	1143722	2635864
1957年	971390	101938	1985年	1152325	2782261
1958年	972808	115744	1986年	1155470	2876911
1959年	974420	135164	1987年	1157474	3127977
1960年	973418	155690	1988年	1159972	3380473
1961年	976048	173365	1989年	1160897	3618815
1962年	975911	201500	1990年	1164628	3908878
1963年	978059	231188	1991年	1166455	4131478
1964年	982278	269063	1992年	1168925	4137332
1965年	980499	289109	1993年	1170912	4262978
1966年	980230	336242	1994年	1173301	4289850
1967年	982420	401653	1995年	1180068	4433918
1968年	983589	478201	1996年	1182523	4597662
1969年	985147	563149	1997年	1183239	4547088
1970年	1002420	655858	1998年	1183500	4497070
1971年	1011571	735012	1999年	1183881	4447602
1972年	1021994	866694	2000年	1186248.8	4398678
1973年	1035425	1107489	2001年	1188621.3	4486652
1974年	1049243	1289506	2002年	1190998.5	4576385
1975年	1069872	1383764	2003年	1193380.5	4667913
1976年	1081602	1540660	2004年	1195767.3	4761271
1977年	1091519	1725996	2005年	1198158.8	4856496
1978年	1100512	1892657	2006年	1200555.1	4953626
1979年	1109510	2051103	2007年	1202956.2	5052699
1980年	1119304	2190447	2008年	1205362.1	5153753
1981年	1125799	2327105	2009年	1207772.9	5256828
1982年	1132621	2398741	2010年	1210188.4	5361964

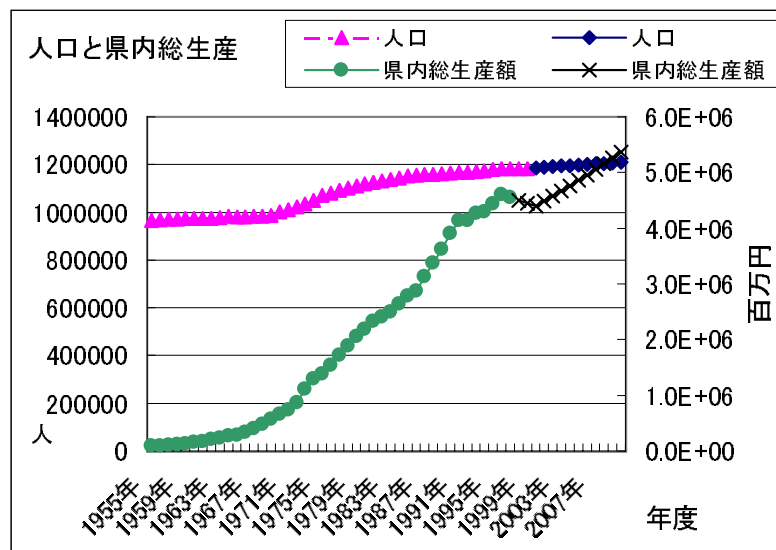


図 4.1: 県内人口と県内総生産額

第一次産業生産額(県内総生産/百万円)					
年度	観測値	予測値	年度	観測値	予測値
1955年	19746	17655	1983年	88608	87607
1956年	17296	18286	1984年	90537	85999
1957年	20604	19095	1985年	86938	84478
1958年	20007	20155	1986年	84470	83557
1959年	20339	21515	1987年	79985	81313
1960年	21072	22563	1988年	78922	79284
1961年	22134	23782	1989年	83066	77549
1962年	24387	25129	1990年	82415	75623
1963年	26094	26719	1991年	76261	74272
1964年	29008	28847	1992年	78868	74231
1965年	29219	29372	1993年	72478	73509
1966年	33776	31023	1994年	79270	73353
1967年	40766	33488	1995年	61490	72554
1968年	45081	35927	1996年	63857	71699
1969年	42040	38459	1997年		71955
1970年	39929	44184	1998年		72213
1971年	40280	48116	1999年		72472
1972年	43133	53690	2000年		72726
1973年	53943	62546	2001年		72255
1974年	75236	70460	2002年		71786
1975年	88546	79309	2003年		71321
1976年	89893	86902	2004年		70858
1977年	102495	94640	2005年		70399
1978年	93254	95907	2006年		69942
1979年	95034	93406	2007年		69488
1980年	82048	91402	2008年		69038
1981年	89288	89604	2009年		68590
1982年	89237	88705	2010年		68145

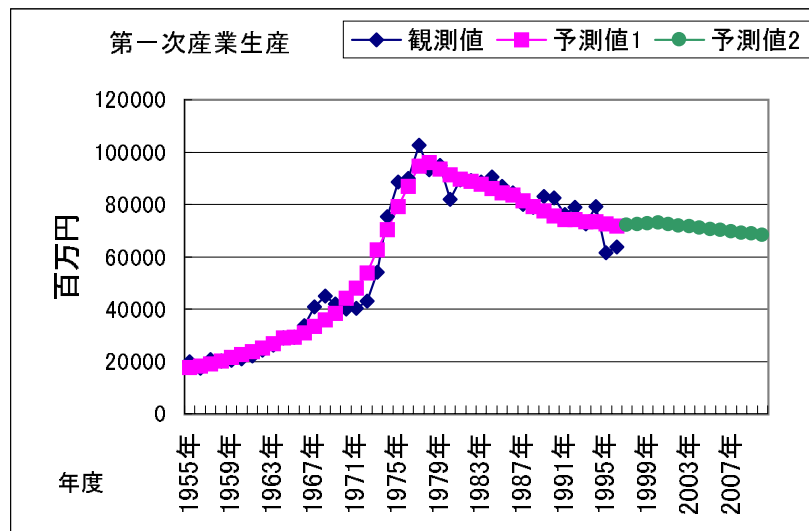


図 4.2: 第一次産業生産額

第二次産業生産額(県内総生産/百万円)					
年度	観測値	予測値	年度	観測値	予測値
1955年	22896	24778	1983年	824865	827221
1956年	26309	26555	1984年	866609	873747
1957年	28409	28945	1985年	902248	910812
1958年	29019	33582	1986年	908098	940190
1959年	40453	40279	1987年	1054030	1034341
1960年	48709	47922	1988年	1175221	1128155
1961年	59047	54095	1989年	1293021	1221689
1962年	70370	64881	1990年	1426525	1327236
1963年	85717	76049	1991年	1486077	1411915
1964年	102254	90086	1992年	1419640	1404921
1965年	102145	98805	1993年	1420245	1448751
1966年	118233	118647	1994年	1381996	1450415
1967年	140667	145982	1995年	1480226	1482221
1968年	175568	179489	1996年	1530540	1538365
1969年	219811	217525	1997年		1515084
1970年	248928	247465	1998年		1493967
1971年	269690	275893	1999年		1472675
1972年	321304	325845	2000年		1444029
1973年	408743	420269	2001年		1469637
1974年	443674	484240	2002年		1495699
1975年	469492	495830	2003年		1522223
1976年	522349	545312	2004年		1549218
1977年	585292	607624	2005年		1576691
1978年	641340	661715	2006年		1604652
1979年	706950	710594	2007年		1633108
1980年	741769	748179	2008年		1662069
1981年	793111	790269	2009年		1691544
1982年	797829	804224	2010年		1721541

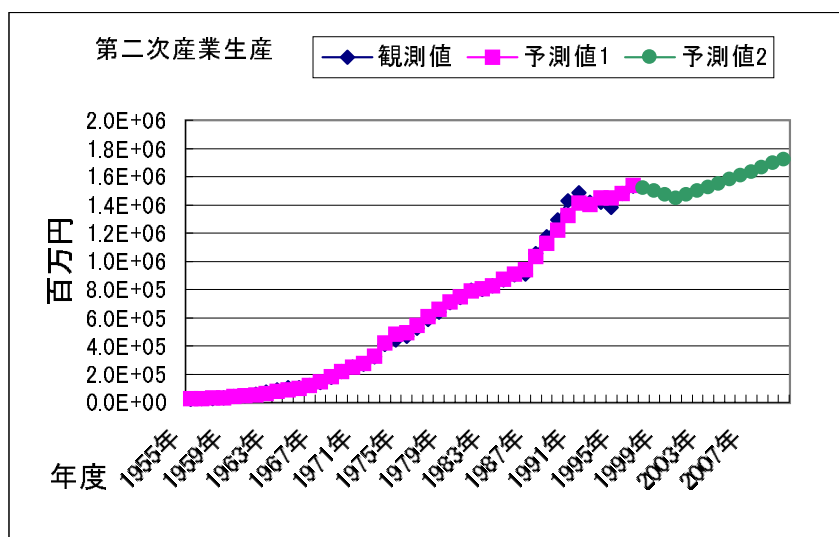


図 4.3: 第二次産業生産額

第三次産業生産額(県内総生産)					
年度	観測値	予測値	年度	観測値	予測値
1955年	48462	49376	1983年	1692919	1649302
1956年	53553	52769	1984年	1797997	1752238
1957年	56032	57307	1985年	1915223	1861357
1958年	70474	65255	1986年	2008574	1929508
1959年	78455	76464	1987年	2118363	2103076
1960年	90776	88182	1988年	2258962	2278982
1961年	98050	98540	1989年	2394031	2443447
1962年	114158	114761	1990年	2582672	2648495
1963年	128257	132140	1991年	2766575	2804776
1964年	148461	154612	1992年	2834934	2813251
1965年	169284	166073	1993年	2932625	2903585
1966年	198665	193517	1994年	3009526	2926601
1967年	235013	232126	1995年	3070256	3039325
1968年	275795	277287	1996年	3192167	3158070
1969年	323072	327680	1997年		3124261
1970年	392075	387442	1998年		3089925
1971年	453550	437859	1999年		3056198
1972年	535320	521478	2000年		3026630
1973年	687682	675211	2001年		3092634
1974年	824048	795707	2002年		3160078
1975年	880617	867246	2003年		3228993
1976年	987436	974945	2004年		3299411
1977年	1101011	1101456	2005年		3371365
1978年	1227454	1216813	2006年		3444887
1979年	1327940	1328227	2007年		3520013
1980年	1455230	1429126	2008年		3596777
1981年	1531056	1526161	2009年		3675216
1982年	1619094	1580933	2010年		3755365

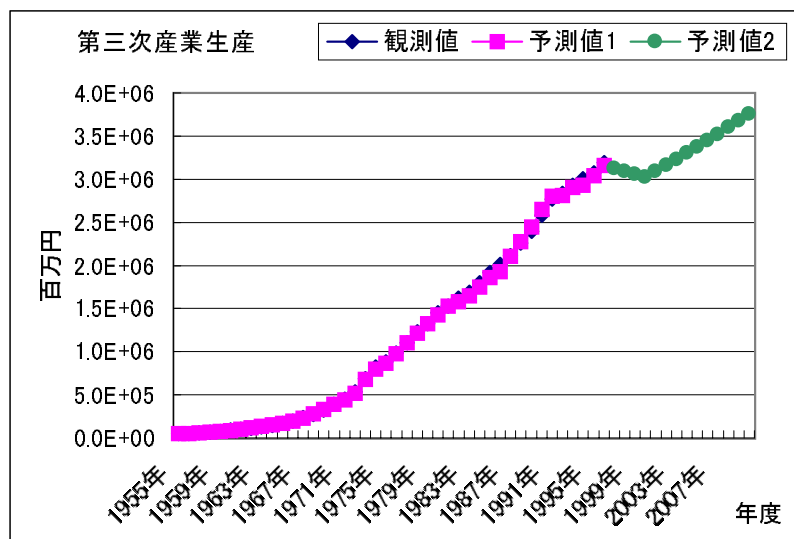


図 4.4: 第三次産業生産額

労働人口(人)							
年度	観測値	予測値1	予測値2	年度	観測値	予測値1	予測値2
1955年	462817	466226	473209	1983年	576535	575296	575161
1956年	469497	477457	474809	1984年	579568	577271	579432
1957年	476177	472501	476820	1985年	582600	582464	583358
1958年	482856	480165	480907	1986年	587333	585698	585905
1959年	489536	489297	485979	1987年	592066	594240	592609
1960年	496216	495578	491318	1988年	596799	599908	598867
1961年	499651	499580	494492	1989年	601532	601458	604475
1962年	503086	503054	500016	1990年	606265	606985	610754
1963年	506521	507435	504488	1991年	611276	614759	615346
1964年	509956	510400	508957	1992年	616288	612426	615344
1965年	513391	513674	512146	1993年	621299	618396	617790
1966年	519738	514509	517929	1994年	626311	613400	618207
1967年	526085	514124	524099	1995年	631322	630614	620695
1968年	532433	518793	530511	1996年	632635	630656	623685
1969年	538780	531876	536458	1997年			622699
1970年	545127	543015	537448	1998年			621737
1971年	543499	548797	539320	1999年			620771
1972年	541871	554479	542883	2000年			619708
1973年	540242	556341	548874	2001年			621286
1974年	538614	546692	551097	2002年			622869
1975年	536986	541767	548193	2003年			624455
1976年	543076	546925	549303	2004年			626045
1977年	549167	546216	551191	2005年			627640
1978年	555257	556512	555563	2006年			629238
1979年	561348	560295	561328	2007年			630841
1980年	567438	572021	565972	2008年			632447
1981年	570470	570782	570406	2009年			634058
1982年	573503	572694	572472	2010年			635673

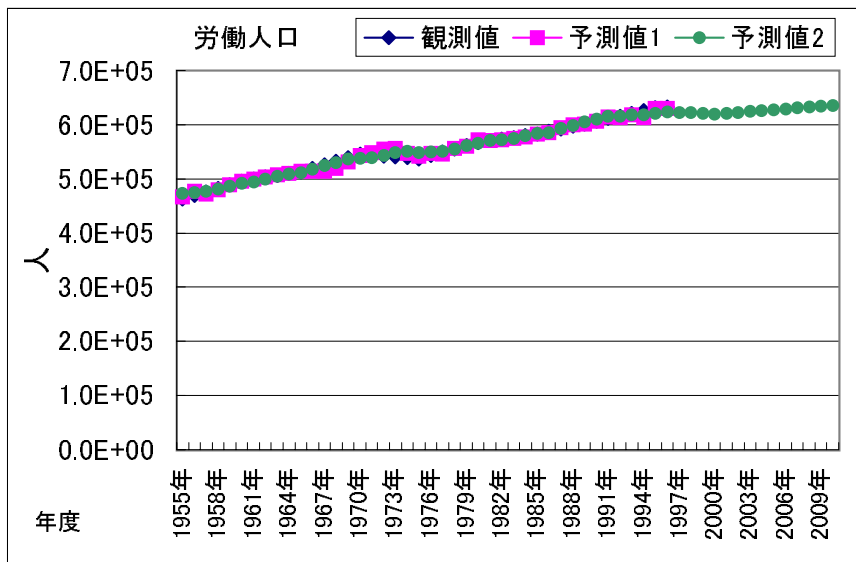


図 4.5: 労働人口

資本ストック							
年度	観測値	予測値1	予測値2	年度	観測値	予測値1	予測値2
1955年	328054	296004	302636	1983年	4456106	4293767	4207483
1956年	331280	323282	317966	1984年	4666820	4495444	4419729
1957年	339753	330131	338086	1985年	4848283	4742115	4643371
1958年	387652	398222	372680	1986年	5028506	4938943	4781174
1959年	428207	430446	419745	1987年	5226586	5160816	5126194
1960年	450329	480965	467444	1988年	5430236	5428434	5470581
1961年	465478	507664	507857	1989年	5620414	5654126	5787518
1962年	538603	567476	569627	1990年	5793186	6002228	6178114
1963年	602559	617404	633074	1991年	5972530	6379108	6471596
1964年	677364	686400	711751	1992年	6202293	6496037	6488458
1965年	715091	762947	751478	1993年	6483715	6721533	6657038
1966年	793756	855655	843255	1994年	6744231	6819639	6700682
1967年	913758	961931	966485	1995年	7040024	7060584	6911411
1968年	1035376	1080695	1104575	1996年	7352327	7259284	7129770
1969年	1342359	1228767	1252052	1997年			7068420
1970年	1649343	1438983	1413993	1998年			7005759
1971年	1829771	1614958	1546774	1999年			6944133
1972年	2037245	1829445	1759638	2000年			6890923
1973年	2240235	2189032	2130285	2001年			7013097
1974年	2407765	2463625	2402374	2002年			7137436
1975年	2570319	2562936	2550349	2003年			7263980
1976年	2749375	2801541	2777477	2004年			7392768
1977年	2976984	3020022	3037523	2005年			7523839
1978年	3238701	3315642	3282638	2006年			7657234
1979年	3496296	3520464	3525485	2007年			7792994
1980年	3729590	3831445	3742752	2008年			7931160
1981年	3971246	3959436	3948406	2009年			8071777
1982年	4216563	4142411	4064350	2010年			8214886

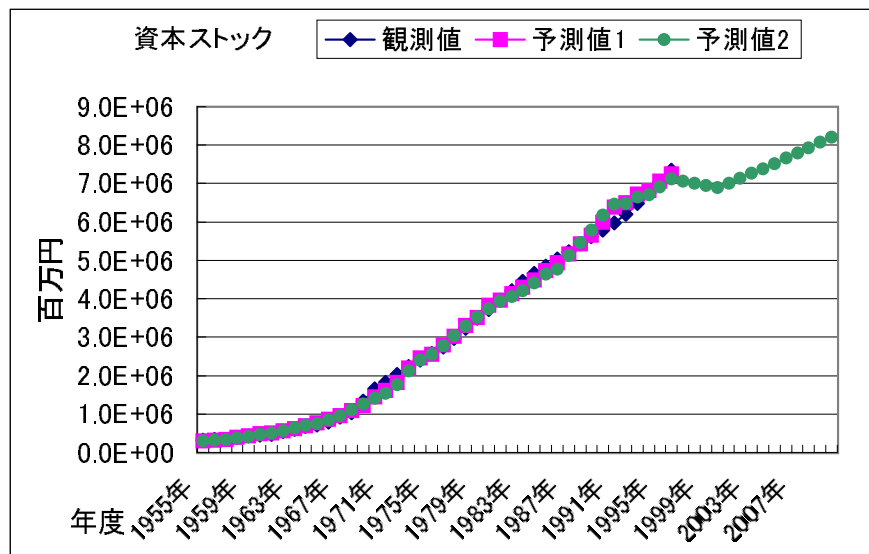


図 4.6: 資本ストック

土地面積(耕地面積+森林面積+製造業敷地面積+商業売り場面積/ha)							
年度	観測値	予測値1	予測値2	年度	観測値	予測値1	予測値2
1955年	105083	112330	113431	1983年	144415	142777	142711
1956年	114415	114249	113913	1984年	145970	143314	143564
1957年	115181	113888	114517	1985年	146354	144249	144332
1958年	115666	115305	115620	1986年	145532	144793	144838
1959年	119984	117461	116986	1987年	147883	146475	146190
1960年	120664	118977	118346	1988年	148971	147689	147447
1961年	121067	120107	119252	1989年	149663	148318	148576
1962年	122509	121271	120689	1990年	149656	149513	149828
1963年	124627	122548	121921	1991年	149584	150802	150746
1964年	125253	123656	123219	1992年	151655	150412	150737
1965年	125775	124316	123999	1993年	151060	151259	151221
1966年	126469	125110	125505	1994年	150798	150589	151297
1967年	127609	125841	127192	1995年	150503	153060	151772
1968年	126776	127340	128912	1996年	150430	153263	152364
1969年	122385	129940	130526	1997年			152163
1970年	132607	132094	131341	1998年			151969
1971年	132222	133349	132128	1999年			151774
1972年	134149	134907	133405	2000年			151553
1973年	135349	136349	135428	2001年			151861
1974年	135524	135709	136461	2002年			152170
1975年	135250	135364	136329	2003年			152480
1976年	134597	136582	136991	2004年			152790
1977年	136860	137043	137807	2005年			153101
1978年	138889	138889	138838	2006年			153412
1979年	140273	139837	139988	2007年			153725
1980年	140556	141705	140904	2008年			154038
1981年	140348	141854	141787	2009年			154351
1982年	142580	142241	142185	2010年			154665

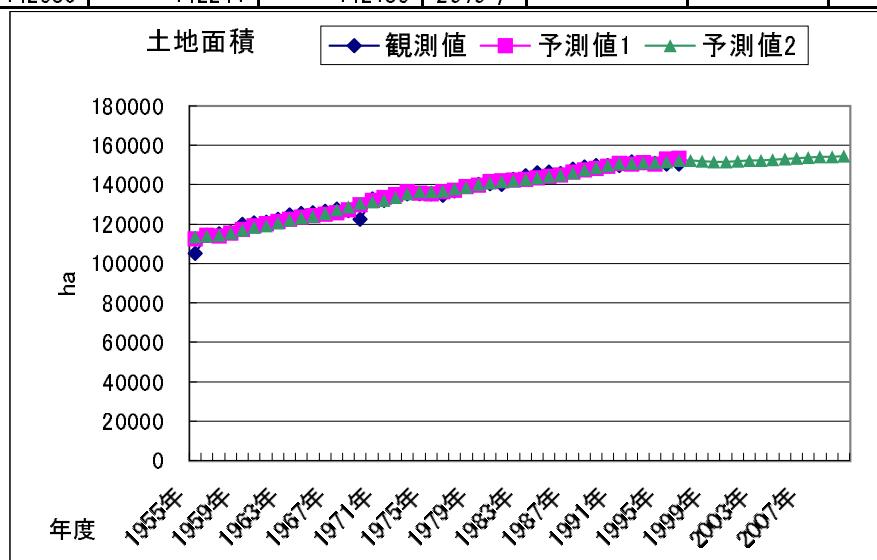


図 4.7: 土地面積

エネルギー消費量(Mcal)							
年度	観測値	予測値1	予測値2	年度	観測値	予測値1	予測値2
1955年	484004575	510795475	563523352	1983年	4433100726	4258225350	4453864930
1956年	561437313	560705749	587072629	1984年	4570982095	4380589938	4605038802
1957年	634771048	584523974	617791667	1985年	4740695773	4489607927	4717363785
1958年	643372179	583753695	675902333	1986年	4639044222	4499071637	4809257963
1959年	717851559	726221393	754563354	1987年	4906914312	4973473832	5106089441
1960年	842826167	814368850	839466046	1988年	5073156220	5335059199	5391084882
1961年	984378172	921611176	902575259	1989年	5354039028	5657998866	5668478126
1962年	998657102	1023044976	1008596098	1990年	5742998151	6019002804	5968060969
1963年	1132931595	1157258149	1109934244	1991年	5961634402	6178550594	6203442535
1964年	1304599894	1285549168	1227939764	1992年	6153940402	5968843889	6180150501
1965年	1367462905	1271700695	1300469277	1993年	6118750785	5977175352	6298349595
1966年	1480772805	1380127488	1454392817	1994年	6589284504	5832849212	6299168009
1967年	1648492758	1522460885	1648602234	1995年	6747876058	6171051203	6375501768
1968年	1832394766	1742944666	1869006144	1996年	6990691940	6285161804	6523315759
1969年	2124264506	2014576453	2099849599	1997年			6459521170
1970年	2440197905	2166733199	2250253190	1998年			6401986701
1971年	2615375626	2263117133	2392729650	1999年			6343493193
1972年	2871909087	2512169910	2633693232	2000年			6261462284
1973年	3106363099	2878867251	3054330673	2001年			6327805897
1974年	3072072364	2961407811	3306107329	2002年			6394852458
1975年	3287477304	3041583262	3318527533	2003年			6462609414
1976年	3548631212	3241769622	3495942528	2004年			6531084291
1977年	3714007431	3456089326	3715971753	2005年			6600284698
1978年	3963704017	3664175454	3906004616	2006年			6670218320
1979年	4072886203	3890370506	4076478565	2007年			6740892927
1980年	4026188389	4018290103	4200817022	2008年			6812316371
1981年	4168275719	4175291794	4341513766	2009年			6884496585
1982年	4190443280	4174911012	4382120861	2010年			6957441587

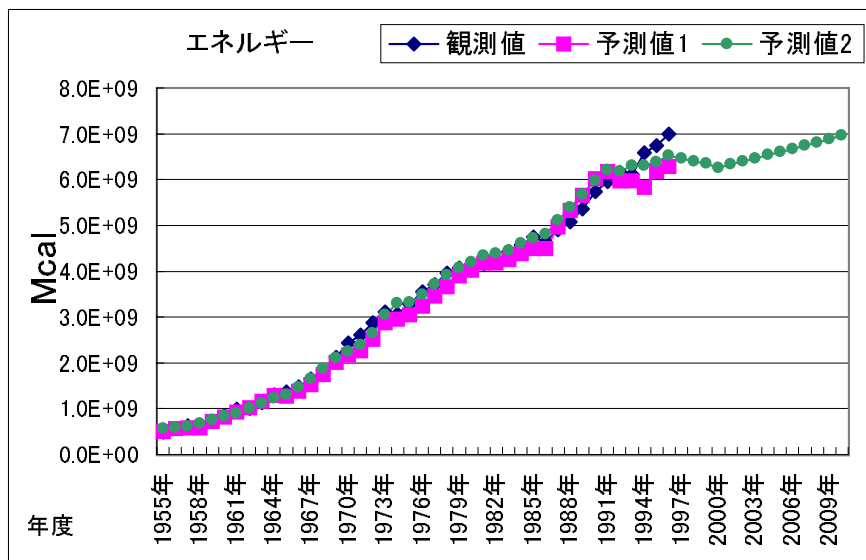


図 4.8: エネルギー消費

気体廃棄物排出量							
年度	観測値	予測値1	予測値2	年度	観測値	予測値1	予測値2
1970年	335642	341740	285746	1991年	1887384	1844186	2011055
1971年	371639	397460	324125	1992年	1870302	1946501	2009004
1972年	435030	483824	389816	1993年	1932123	1957741	2072224
1973年	539710	571371	513853	1994年	2020306	2103175	2081473
1974年	612498	607831	607503	1995年	2105649	2172067	2143735
1975年	650892	684121	649706	1996年	2050625	2357281	2225726
1976年	723513	744500	730317	1997年			2197061
1977年	804042	820079	828043	1998年			2169786
1978年	879293	919988	911309	1999年			2142584
1979年	954388	987418	986113	2000年			2111394
1980年	1018937	1005642	1049074	2001年			2152843
1981年	1077481	1074358	1113728	2002年			2195106
1982年	1110149	1141953	1143203	2003年			2238198
1983年	1155211	1257260	1183897	2004年			2282137
1984年	1216389	1340812	1253680	2005年			2326938
1985年	1281541	1412639	1318712	2006年			2372618
1986年	1317510	1389538	1363823	2007年			2419195
1987年	1438793	1503076	1492767	2008年			2466687
1988年	1558165	1577142	1622194	2009年			2515111
1989年	1676821	1672846	1747336	2010年			2564486
1990年	1791602	1782094	1895292				

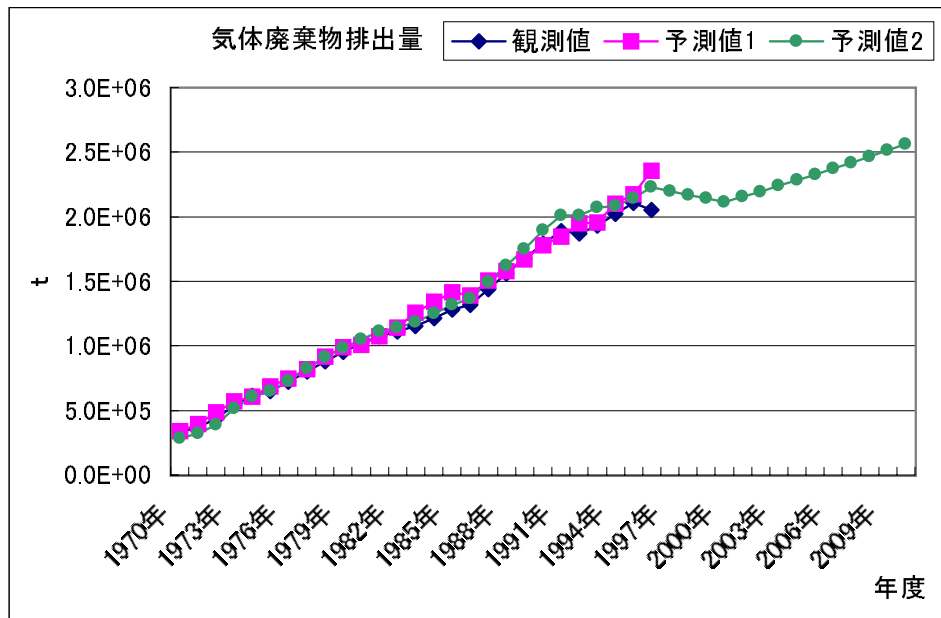


図 4.9: 気体廃棄物発生量

年度	観測値	予測値 1	予測値 2	予測値 1-2	予測値 2-2	年度	予測値 2	予測値 2-2
1977 年	2595962	2476509	2612562	2613032	2682274	1997 年	3550762	3532199
1978 年	2656692	2652649	2682616	2759689	2782646	1998 年	3540747	3605556
1979 年	2717422	2781257	2755085	2880113	2897032	1999 年	3530984	3681733
1980 年	2826885	2776011	2819558	2954952	2991162	2000 年	3524959	3781474
1981 年	2936348	2672891	2876084	3003574	3083734	2001 年	3548162	3675266
1982 年	3045810	3043726	2910570	3122482	3126757	2002 年	3571517	3572041
1983 年	3155273	3272721	2950267	3245992	3184025	2003 年	3595026	3471715
1984 年	3269220	3499700	3003364	3352037	3277689	2004 年	3618690	3374206
1985 年	3383167	3467495	3061556	3418873	3364617	2005 年	3642510	3279437
1986 年	3497114	3266828	3094413	3439436	3422513	2006 年	3666486	3187329
1987 年	3611061	3557291	3168008	3601488	3579896	2007 年	3690621	3097808
1988 年	3725008	3638571	3238970	3713760	3731463	2008 年	3714914	3010801
1989 年	3828825	3588265	3300286	3819877	3871671	2009 年	3739367	2926239
1990 年	3932642	3361233	3375968	3905752	4032521	2010 年	3763981	2844051
1991 年	4036459	3192761	3429811	4052761	3989961			
1992 年	3596711	3454486	3435676	3548168	4009220			
1993 年	3156962	3279495	3467022	3212254	3822757			
1994 年	2717214	3025068	3477315	2878245	3806880			
1995 年	2688809	2872148	3520925	2600388	3660831			
1996 年	2660405	3340789	3559946	2755701	3455711			

表 4.1: 産業廃棄物発生量

年度	基データ	観測値（生活系）	予測値 1	予測値 2	年度	予測値 2
1977 年	661380	303023	290121	299290	1997 年	411617
1978 年	634808	301673	305512	301948	1998 年	409262
1979 年	649554	317404	315036	309906	1999 年	406855
1980 年	641524	302987	314410	315483	2000 年	403372
1981 年	664957	318390	304036	321900	2001 年	405970
1982 年	625720	304775	319305	323524	2002 年	408585
1983 年	645868	303315	333317	326622	2003 年	411216
1984 年	658716	335800	346086	333433	2004 年	413865
1985 年	639451	335435	347986	338216	2005 年	416530
1986 年	708020	361715	338481	342262	2006 年	419213
1987 年	769791	385075	367410	355490	2007 年	421913
1988 年	789838	397850	381666	367896	2008 年	424630
1989 年	787710	406975	393196	379808	2009 年	427365
1990 年	782890	407742	397854	392297	2010 年	430118
1991 年	705421	437299	401028	401997		
1992 年	652995	423316	430101	400907		
1993 年	618680	403459	419807	405675		
1994 年	482394	395008	418777	405585		
1995 年	498669	410698	414088	408360		
1996 年	474006	406831	440865	414241		

表 4.2: 一般廃棄物排出量（基データ、生活系）

年度	観測値	予測値 1	予測値 1-2	予測値 2	予測値 2-2	年度	予測値 2	予測値 2-2
1977 年	529104	494102	498883	512601	516505	1997 年	525123	461403
1978 年	507846	507080	509453	507256	504328	1998 年	525045	466529
1979 年	519643	517821	526055	509063	515315	1999 年	524980	471657
1980 年	513219	517301	547775	510821	522621	2000 年	525139	475925
1981 年	531966	490527	518996	512145	531473	2001 年	525598	465325
1982 年	500576	527546	527873	513219	533172	2002 年	526058	454960
1983 年	516694	542059	524700	514292	537107	2003 年	526518	444826
1984 年	526972	560187	531045	515390	546631	2004 年	526978	434918
1985 年	511561	550605	529264	516888	552752	2005 年	527438	425231
1986 年	566416	532990	546560	517566	558346	2006 年	527899	415759
1987 年	615833	564559	583324	518595	577444	2007 年	528361	406498
1988 年	631870	573842	611167	519624	595205	2008 年	528823	397444
1989 年	630168	567806	632977	520385	612355	2009 年	529285	388591
1990 年	626312	541609	645458	521552	629941	2010 年	529747	379936
1991 年	564337	525065	569345	522294	517289			
1992 年	522396	556272	521145	522588	515289			
1993 年	494944	537359	504526	523103	498803			
1994 年	482394	504020	504169	523435	494453			
1995 年	498669	485000	491128	524520	474899			
1996 年	474006	524588	447569	525149	456535			

表 4.3: 一般廃棄物排出量（修正値）

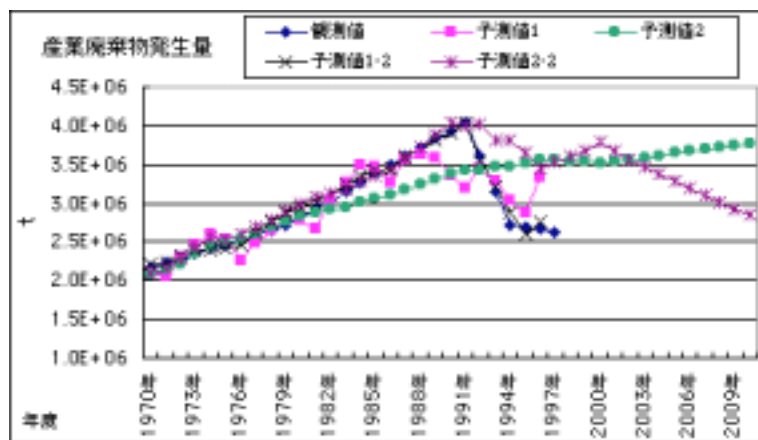


図 4.10: 産業廃棄物発生量

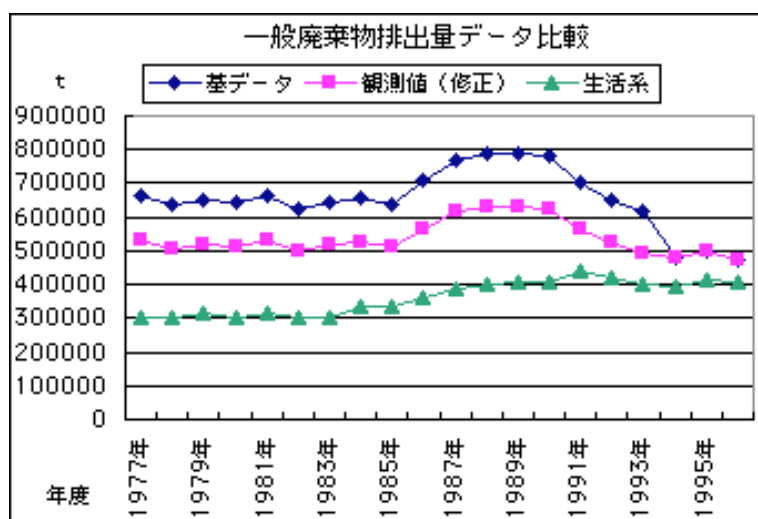


図 4.11: 一般廃棄物排出量データ比較

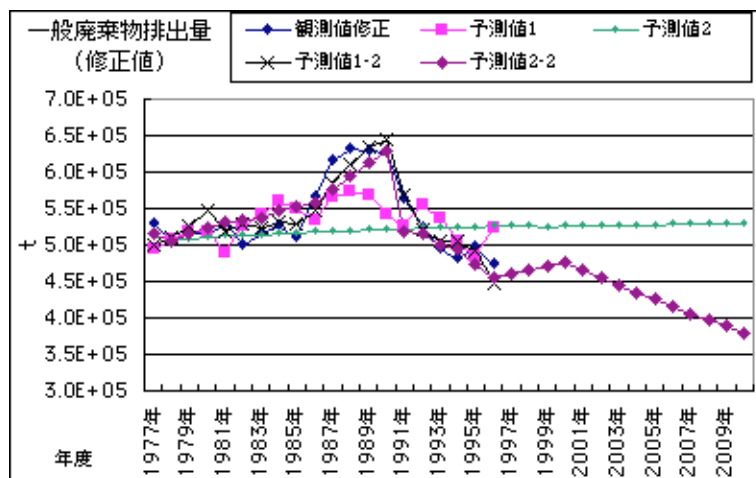


図 4.12: 一般廃棄物排出量 (修正値)

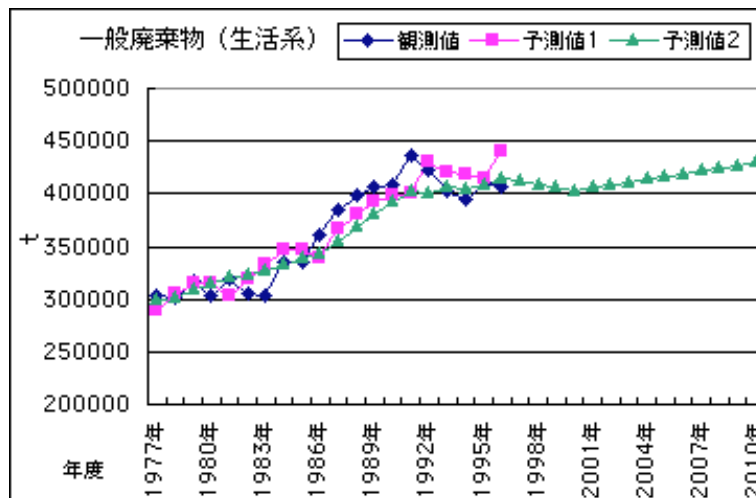


図 4.13: 一般廃棄物排出量 (生活系)

第 5 章

環境対策プロセスの考察

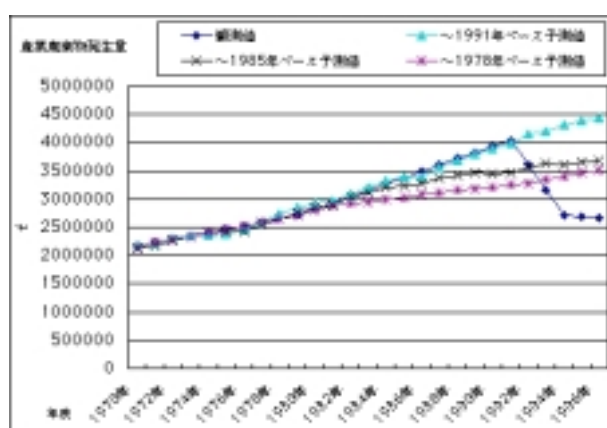


図 5.1: 産業廃棄物排出量推測値比較

産業廃棄物発生量が、対前年比増加率が高かった 1980 年代後半、1990 年代後半の増加率で推移すると仮定する場合の予測値を 4.1 の方法を用いて計算し、図 5.1 でグラフに示す。同様のグラフは気体廃棄物、一般廃棄物（修正）でも描くことができる。予測値と観測値には、1996 年時点でかなりの差が見られる。その差は生産の各パラメータの他に廃棄物の減少を生じさせるパラメータ、例えば政策（対策）が原因で生じると考えている。

そこで本章では、環境フレームワークモデルの廃棄物プロセスと環境対策プロセスの関係について、廃棄物発生・排出量と政策に加えて基本生産プロセスの県内総生産額をパラメータとして用いることで、モデルにおけるフィードバック（図 5.2）を含めて考察する。

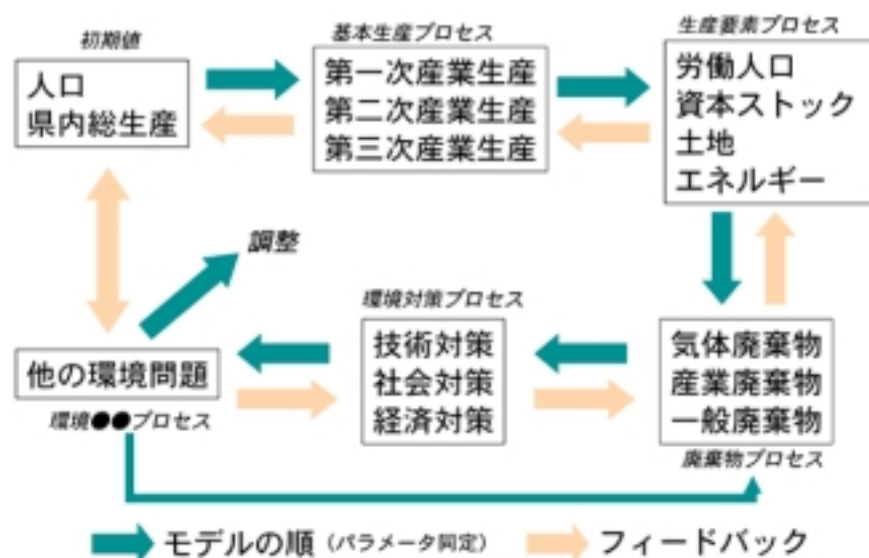


図 5.2: モデルのパラメータの動き

5.1 廃棄物と政策

5.1.1 廃棄物

(1) 発生量・排出量

石川県の気体廃棄物、産業廃棄物及び一般廃棄物発生・排出量は図 4.9から図 4.11で示している。本研究で産業廃棄物は発生量、一般廃棄物は排出量を扱うのは統計データの都合である。

産業廃棄物発生量は 1992 年まで増加を続け、その後減少している。1981 年に増加率がそれまでより大きくなっている。

一般廃棄物排出量（修正）は 1985 年まで横ばいを続け、1986 年から 1990 年まで増加、その後減少に転じている。3.3で述べたように、一般廃棄物は生活系廃棄物と事業系廃棄物に分けられる。全排出量が減少傾向で生活系廃棄物は増加を続けていることから、産業廃棄物同様に事業系廃棄物は減少していることがわかる。

なお、リサイクルされる廃棄物は、一般廃棄物の中で資源ゴミとして分類されるものと一般廃棄物とは別に集団回収されるものがあり、後者は一般廃棄物排出量は含まれていない。近年集団回収量は増加しているが、集団回収量の増加以上に一般廃棄物排出量が減少しているため、一般廃棄物総排出量を一般廃棄物排出量＋集団回収量と定義すると、一般廃棄物総排出量も減少を続

けていると言える。

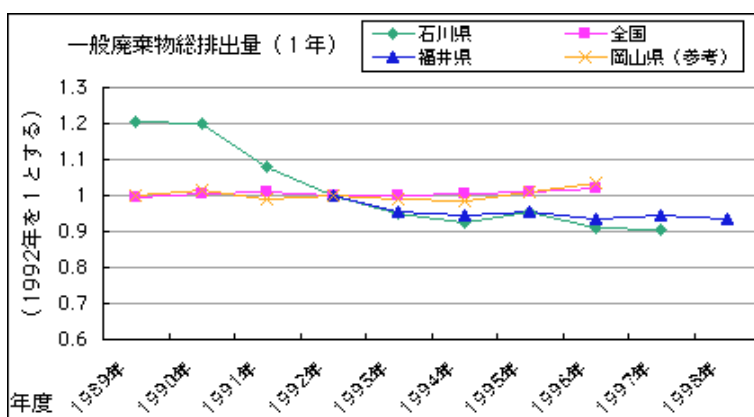


図 5.3: 一般廃棄物総排出量比較

全国及び他都道府県との一般廃棄物排出量の比較データを載せる。石川県の排出量データは修正データを用いるため、他と比較しても問題はない。図 5.3は、一年間の総排出量を比較している。1992 年を 1 として排出量の変化を調べると、石川県と福井県で排出量の減少が進んでいるのが目立つ。図 5.4は一人一日当たりの排出量を 1992 年を 1 として比較しており、ここでも 1990 年代前半の石川県の減少幅の大きさが目を引く。

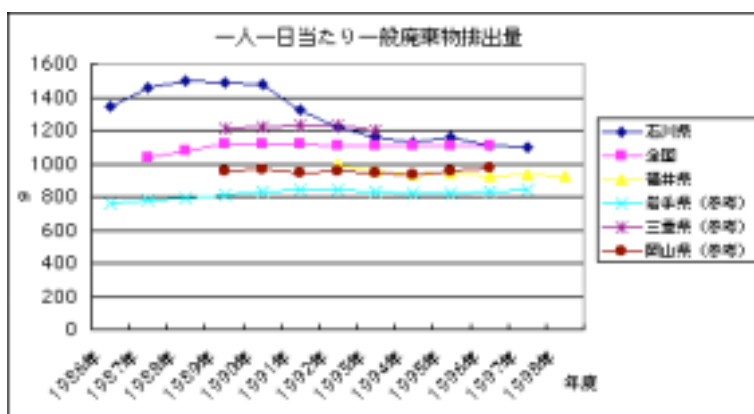


図 5.4: 一人一日当たり一般廃棄物排出量比較

(2) リサイクル率 (再生率)

産業廃棄物のリサイクル率は全体で 55.6%（1994 年度）である。図 5.5 で全国、福井県と種類

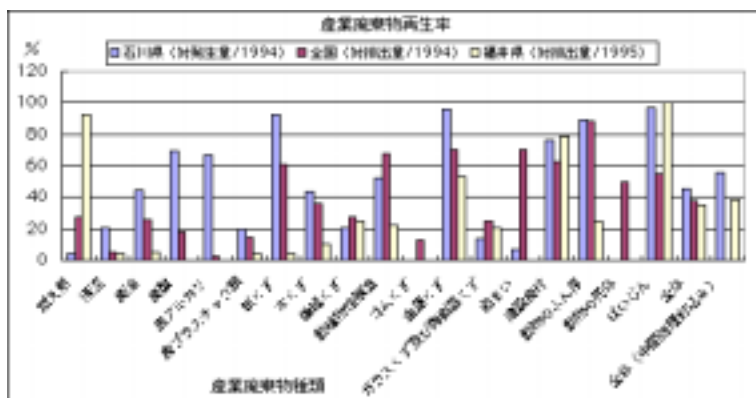


図 5.5: 産業廃棄物リサイクル率

別の比較を示す。石川県は全体として産業廃棄物のリサイクル率が高いと言える。但し、数値が大きく違う廃棄物もあり、調査地域の産業特性の違いが現れている。

一般廃棄物のリサイクル率は9.3%（1996年度）である。全国、福井県、富山県との比較グラフは図5.6である。リサイクル率は $\frac{\text{資源化量}}{\text{一般廃棄物発生量}}$ で計算を行なう。石川県のリサイクル率の計算に当たっては修正無し的一般廃棄物排出量データを使用しており、1993年までの実際のリサイクル率はもう少し高くなることが考えられる。それでも、1994年以降の値を他県と比べると、産業廃棄物のそれとは異なり石川県の一般廃棄物のリサイクル率は他県に比べて少ない。

石川県を石川中央、南加賀、能登中部、能登北部の四つの地区に分けてリサイクル率を比較すると、他地区は約 10%であるのに対して能登北部は 4%強でかなり小さい [20]。このため、県全体のリサイクル率が小さくなっている。この理由は 5.2.1 節で触れるように、各地域別の取り組みの差であるとされている。

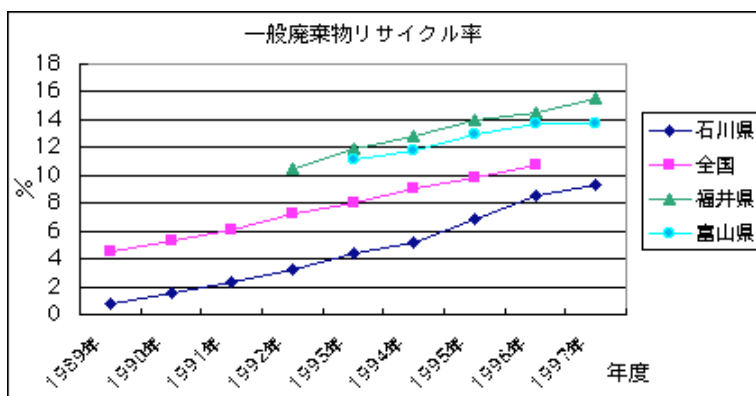


図 5.6: 一般廃棄物リサイクル率

以上をふまえて、県では一般廃棄物のリサイクルをより強く推進している。その一環として、県内の全市町村でゴミの分別回収を行なっている。一般廃棄物排出量の $\frac{2}{3}$ は生活系廃棄物であり、その主な排出者である各家庭からの廃棄物減少・リサイクル推進を目指した対策である。

(3) 経費

石川県が一般廃棄物の処理に要する経費を次に示す。図 5.7では、一般廃棄物処理の事業経費の

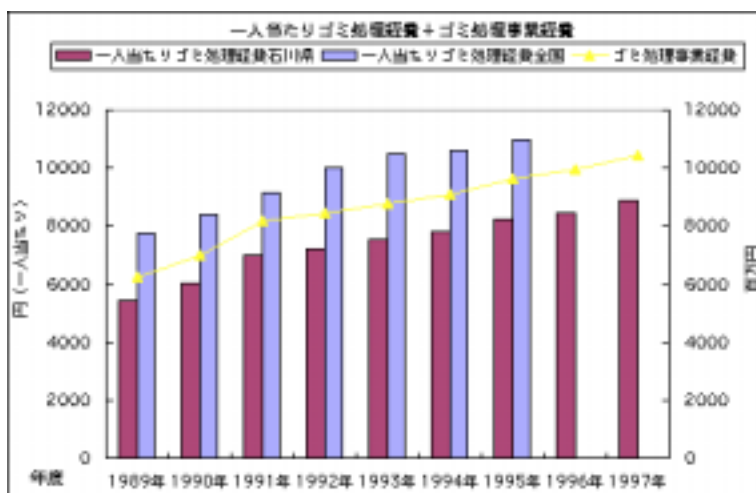


図 5.7: ゴミ処理事業経費

総額と一人当たりの処理事業経費をまとめてグラフにしている。処理経費の総額は毎年増え続けているが、一般廃棄物の排出量が減り始めた 1992 年からの増加率は過去数年に比べて減っており、排出量の減少と経費増加率の減少に関係があることが推測できる。一人当たりの処理経費も毎年増え続けているが、全国平均と比べると 2000 円ほど安い。処理経費の増加の原因としては、分別収集が進むに従って処理に手間が掛かるためだと考える。図 5.8で示す 1 トン当たりゴミ処理事業経費は毎年およそ 1000 円ずつ高くなっていたが、1994 年は前年に比べて 4000 円高くなっている。原因として、リサイクル推進に伴う廃棄物の種類別処理が進んで費用が掛るようになったこと、1994 年 3 月に埋立て容量が石川県で最大の処分施設が金沢市に竣工されたことによる費用が掛ったからであると推測している。

5.1.2 経済

石川県の県内総生産額、産業別生産額は既に図 4.1から図 4.4で示している。資本ストックも県内総生産額とほとんど同じ増加・減少の動きをしているので、今回は経済のパラメータを総生産額のみとした。県内総生産額百万円当たりの各廃棄物量を図 5.9に示す。1970 年代前半の産業廃

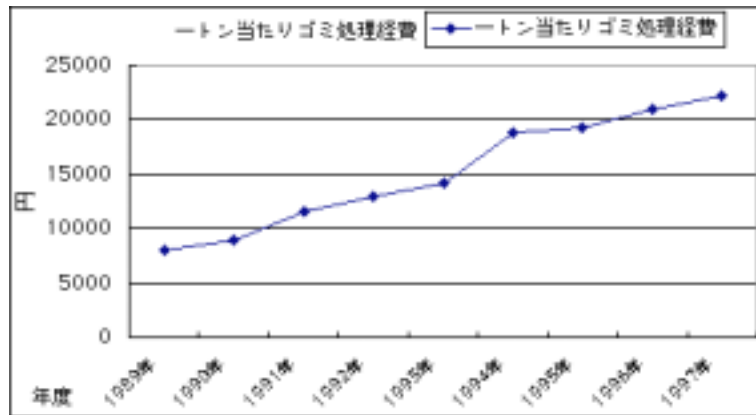


図 5.8: 1 トン当たりゴミ処理事業経費

棄物発生量の減少が目立つ。気体廃棄物排出量がほとんど変化していないのは、気体廃棄物排出量を推計する際に総生産額をベースにしているためであると考える。

各産業から発生・排出する廃棄物量
各産業の生産額 については、気体廃棄物排出量推計値が生産額を基に出されていること、各産業別排出量のデータが無いことから行なっていない。

5.1.3 対策

(1) 政策

これまで全国・石川県で環境問題に対して取られた政策（法・条例・基準等）が本章末の表 5.2 から表 5.5 である。これらの出典は [1][5][9] である。

廃棄物量が減少した、あるいは伸びが少なかった 1970 年代と 1990 年代に対策が多く取られている。これは、1970 年代に公害、1990 年代には地球環境問題がそれぞれ表面化し、対策を取る必要に迫られたからだと考えている。詳しくは 5.3 で考察を行なう。

(2) 企業向け経済的補助制度

現在、企業向けに取られている経済的補助制度を表 5.1 にまとめた ([9] より)。補助金制度、融資制度、税優遇措置がある。この中で石川県が行なっている制度は環境保全資金融資と経営革新等支援融資で、他の制度は国または金融機関が行なっている。

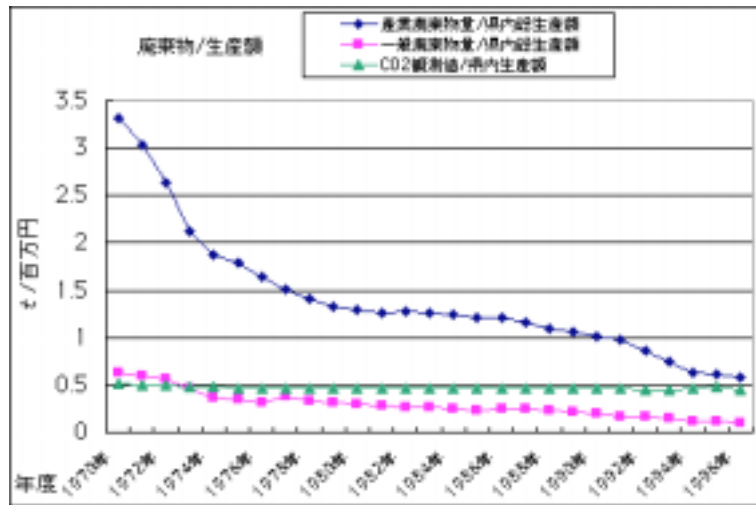


図 5.9: 県内総生産額百万円当たりの廃棄物発生・排出量

5.2 廃棄物と経済と対策の関係から言えること

前節でまとめた廃棄物と経済と対策の関係から、以下の二つが言えると考えたので、これについて検証を行なう。

1. 経済が成長すれば廃棄物発生・排出量は増えると予想できる。しかし、そのような状況でも、政策によって廃棄物発生量を減少させたり、再生利用を促進できる。
2. 廃棄物を減少させるためには、企業からの発生・排出量をいかに減らすかが重要である。

5.2.1 政策の影響

これは、環境情報を提示するだけでなく法や規制が導入されなければ、企業や住民が自主的に環境問題の対策を行なう可能性は低い、ということである。

全国的にはここ 10 年ほど廃棄物発生・排出量は変化していないのに対して、石川県では減少している（図 5.3）。廃棄物を増加させるパラメータとしてまず考えられるのが経済である。しかし、県では経済が成長していても廃棄物が減少しているので、経済以外に廃棄物を減少させるパラメータが存在することがわかる。廃棄物に関係のあるパラメータとして政策、他の環境問題が考えられるが、最も影響を及ぼすのは政策であると考え、以下で分析を行なう。他の環境問題と廃棄物の関係については、環境問題がたくさんあること、環境問題の現状が完全に把握できていないことから現時点では分析が難しいのが現状である。

5.1.1節で県内の地域によってリサイクル率が違うことに触れている。県担当者に聞き取りをし

創造技術研究開発費（環境技術枠）	補助金
エネルギー使用合理化新規産業創造技術開発費	補助金
新エネルギー事業者支援事業	補助金
廃棄物処理・再資源化実証プラント事業	補助金
地球環境保全関係産業技術開発促進事業	補助金
環境保全資金	融資
経営革新等支援融資	融資
公害防止施設他	融資
中小企業近代化促進、環境対策	融資
特定共同施設事業（共同公害防止等）	融資
公害防止用設備・リサイクル設備特別償却	国税優遇
公害防止設備、廃棄物再生処理用設備	固定資産税優遇
公害防止施設、廃棄物再生処理用設備	事業所税優遇

表 5.1: 企業向けの主な経済的支援制度

た際、地域によって分別収集の方法が違い、対策をしっかりと行なっている地域とそうでない地域で差が出ているのではないかと述べている。

企業がリサイクルをしやすい製品を作る、あるいは製品を積極的に回収してリサイクル製品にする等の環境問題や廃棄物に対する意識の向上、自主的取組を行うことは必要不可欠である。しかし、企業が自主的に取り組む例は少ないのが現状であり、法・規制あるいは社会情勢によって環境問題対策を迫られたことをきっかけにして対策を始める場合がほとんどである。

政策だけが違い他の要素は全て同じ、という二つの地点または年代を比べる必要があるが、そのような事例を見つけることは不可能に近い。そのため、証明を行なって決定的証拠は示せないものの棄却できる項目もなく、経済動向だけでは廃棄物減少の理由を説明できないことから、政策の重要性は大きいと結論づける。

5.2.2 企業の重要性

産業廃棄物発生量は一般廃棄物排出量の4～6倍の量（重量）であり、また一般廃棄物排出量のおよそ $\frac{1}{3}$ が事業系廃棄物である。なお、産業廃棄物の大部分は第二次産業から発生している。

企業が作った製品を購入するのは消費者である。消費者が持つのは「製品を買う」という選択肢であり、消費者が製品から排出される廃棄物を減らすために行なう努力には限度があり、企業の努力が最も必要である。また、リサイクルを行なうためには製品の回収を自治体任せにするの

ではなく、企業も積極的に回収を行なうべきで、家電リサイクル法や容器包装リサイクル法（表 5.4）では回収が企業に義務づけられている。さらに、回収後にリサイクル製品を製造し販売する段階にも、企業が責任を負っていくべきである。

政策の重要性と併せて考えると、「企業に対して有効な政策を政策策定者が打ち出すと、廃棄物発生量をより大きく減少させることができる」、と言える。

5.3 廃棄物減少の要因

以下、廃棄物の減少の要因を分析、推測する。石川県に関しては、1970 年代は各廃棄物の総発生量・排出量が減少してはいないものの、廃棄物の対前年比増加率が低いこと、一般廃棄物（生活系）の排出量が横ばいであることから分析を行なう。

1990 年代は産業・一般廃棄物の発生・排出量が減少しており、近年は気体廃棄物排出量も減少していることから分析のメインとする。

5.3.1 1970 年代

公害被害が深刻化したこと、石油ショックが公害・環境問題への関心の高まりや廃棄物減少の大きな原因であると考ええる。いずれも全国的な理由である。

前者の結果、法や規制が整備され、企業は対策を取らざるを得なくなった。この時期に定められた法・規制は基準や目標を定めたものであった。この時期に企業が公害防止投資を積極的行なった理由として、法規制の他に設備投資に補助が出るようになった、企業のマイナスイメージが付いてしまう等の理由があげられている [21]。企業が自主的ではなく、政策や社会状況という外部からの影響によって公害対策を行なったことがわかる。

後者の結果、石油の価格が高騰したことから、企業は製品における石油使用量を減らすことに取り組み、この時期に製品における環境効率が上がった [21]。また、住民レベルにおいても電気の使用や不用品購買が減少するなど、省エネ意識の浸透による個人の意識変容が起きた。

石川県における 1970 年代の公害の被害は深刻なものではなかったとは言え、全国的な法規制の整備及び県の条例等施行により、県内の企業も公害対策を行なった。図 5.9 に示すように、石川県内における生産額に対する産業廃棄物発生量がこの期間に急に小さくなったことについては、企業の対策の効果を評価するべきである。しかし、廃棄物の総量はこの時期には減少していないこと、全国の後を追いつけて県が条例等を整備していることから、県における公害対策は公害被害の深刻化していた地域ほど熱心には行なわれなかったと考える。

5.3.2 1990 年代

1980 年代には、環境のことはほとんど考えられずに経済活動が進められたため、廃棄物やエネルギー消費が大きく伸びた。石油ショックによる「省エネ意識」も忘れられてしまった。

1990 年代は 1970 年代と同様、環境問題に対する関心・意識の向上によって対策をせざるをえない社会情勢になったこと、さらに 1990 年代前半を境にバブル好景気時代から一転して現在まで続く不況に入ったこと及び産業構造の変化が複合して、廃棄物を減少させる要因になったと考える。

1970 年同様法・規制と言った政策の影響が大きい、その性質は変わっている。1970 年代は環境基準を定めたものが多かったのに対して、1990 年代には廃棄物、とりわけリサイクルに関する法・規制が目立つ。リサイクルは、使い終わった製品をすぐに廃棄物にしてしまうのではなく、再生可能な部分を取り出して加工して新製品に作り替えることによって、資源の使用量を減らすことを目的としている。リサイクルを行なうことで、資源の有効利用、廃棄物の減少、環境問題への企業と消費者の意識の向上といった効果が期待できる。

経済状況の変化については、全国的には廃棄物減少の要因と言えるのかもしれない。しかし、石川県に関しては 1990 年代に入っても生産額が伸び続けているにも関わらず廃棄物は減少しているので、これは要因としてあまり当てはまらないと考える。経済要因以上に対策、自主的取り組みが効果を表しているのではないかということは、既に 5.2.1 で述べた通りである。

この他、廃棄物、すなわち製品の材質が変わってきたことも廃棄物減少の要因になったと考える。これは、廃棄物の量が重量を計測することで決まることに注目している。例えば、以前は瓶や缶で売られていた製品が近年はペットボトルで売られている。容量の大きい製品ならばペットボトルにすることで重量がかなり小さくなる。このような製品の重量を軽くする要因となる材質（ペットボトル、プラスチック等）の普及の影響は、決して無視できないものであると推測する。

1970 年代には少なかった石川県独自の政策が、1990 年代はかなり増えている（表 5.3、表 5.5）。1990 年代に取られている政策は、全国同様リサイクル関係のものが多く、また、県の担当者も、県では 1990 年代に廃棄物を減らすためにかなり積極的に対策を講じたと述べている。公開されている修正なしの一般廃棄物排出量データでは一人一日当たりの一般廃棄物排出量が全国で最も多く、県では危機感があったためである。こうした危機感によって、政策が廃棄物減少に与えた影響がより大きくなったと考える。1990 年代の事例からは、石川県は対策を取れば効果が現れるのが早い県であると考えられる。

1990 年代には、全国的に企業の自主的取り組みが増えている。2.3.1 節で述べた ISO14000 シリーズや環境報告書等である。しかし、石川県においてこれらの環境マネジメントはまだ普及していない。首都圏から離れていること、県内には中小企業の数が多いこと、県内でまだ環境マネジメントの必要性が企業に浸透していないことが理由であると推測する。

一般廃棄物排出量の減少は事業系廃棄物排出量の減少によるものである。事業系廃棄物減少の理由は、上述した産業廃棄物減少の理由と同じであると考えられる。生活系廃棄物は微増を続けてい

るが、将来は減少することを予想している。住民が環境問題、廃棄物問題への関心や意識を今以上に持つこと、不必要な製品の購入を控えること、使えるものをすぐにゴミにせずに長く使うこと、企業がよりリサイクル製品（詰め替え用製品、包装をコンパクトにした製品）を多く作ることで住民も購入する量が増えることが廃棄物減少に結び付くと考えからである。

5.4 有効な政策

ここまでで述べた内容から廃棄物減少に有効な政策を検証することで、5章のまとめとする。

まず、大まかな目標を述べたものよりは、数値基準や罰則を設けた対策、規制に近い政策の方がより効果がある。この種の政策は主として企業向けが多く、企業が環境問題への対策を行なわざるをえない方向に持っていくことが重要で、そのためには決められたことを守らなければペナルティを与えることが必要である。但し、環境問題対策は、政策を策定してそれを実行させるだけでは効果がない。社会全体が持続的に環境問題に対して高い関心・意識を持たなければならない。

近年、企業においては環境問題対策が一種の流行のようにになっている側面がある。他の企業が対策を行なっているので、自社も対策を行なわなければ企業イメージが損なわれるという考えから来ていると考える。これをうまく利用すれば相乗効果が上がることが予想できる。現在石川県においては、まだ環境問題に積極的に取り組んでいる企業が少ないので効果はあまり期待できない。しかし、今後環境問題に取り組む企業を増やすことができれば、県内全体で企業の環境対策は加速されると考える。そのためにはまず、2.3.2で例を挙げた県が行なっている企業向けの対策を現在と同じ程度、あるいはそれ以上にアピールする必要がある。

住民に対しても企業同様具体的な基準や規定、ペナルティの与えられる政策を打ち出す必要があると考える。ゴミ回収の有料化、分別化はその例である。ただ、基準を設けても他に逃げ道がある場合には効果が上がるとは限らない。例えばある町でゴミ回収の有料化を行なっても隣町が無料のままであれば隣町にゴミを捨てにいたり、野山に不法投棄を行なう住民が出る可能性がある。できるだけ市町村毎に対策の差が少ないことが重要である。

また、企業同様、住民の環境意識や取り組みへの自主性も高めなければならない。例えば、環境問題に取り組まないことは恥ずかしいことである、とかまず身近なことからと言った意識を持たせることである。このような意識変容に対する有効な手段は無く、個人の良心に訴えるしかないのが現状であり、今後もこれが大きく変わることはないであろう。住民の中には、NPOやNGO¹と言った組織に参加して環境問題に積極的に取り組む者もいる。このように、環境問題に積極的な住民が一般の住民に影響を与える場・システムが現在石川県には欠落している。県が今後設立予定の県民エコステーションでこれを行なうことができれば、住民レベルでの環境問題対策がより

¹NPO=Non-Profit Organization（非営利組織）、NGO=Non-Governmental Organization（非政府組織）のこと。NPOは営利を目的とせず社会問題に取り組む、国内的な概念の組織。NGOは非政府かつ非営利の立場で社会問題の解決に取り組む、国際的な概念の組織。活動内容はどちらもほぼ同じで、出自が違う。

進むことが期待できる。

環境問題対策を積極的に行ないつつ経済も成長させる「持続可能な開発」が、今後ますます必要である。また、環境問題対策に投資することが工業生産を大きくするという試算もある [22]。環境対策を行なうことは企業にとって利益にならないという考え方が以前は一般的であったが、近年はその考え方が変わってきている。本章でも経済活動が活発になれば廃棄物が増加して対策が取られるという考えで論じてきたが、今後は経済が活発になれば廃棄物が減少するという社会に変わる可能性が大きい。シミュレーションで条件として政策と経済の関係を入力する際に、この点を考慮に入れて条件を設定する必要がある。

1967 年	公害対策基本法	事業者、国及び地方公共団体の公害の防止に関する責務と、公害の防止に関する施策の基本となる事項を定めている
1968 年	大気汚染防止法	事業活動に伴って発生する煤煙の排出等の規制や自動車排出ガスの許容限度を定めている
1968 年	騒音規制法	工場等での事業活動や建設工事に伴って発生する騒音の規制を行ない、自動車騒音の許容限度を定める
1970 年	廃棄物処理法	廃棄物の定義をし、処理における事業者の責務と廃棄物の処理について定めている
1970 年	水質汚濁防止法	工場等から排出される水の排出の基準と地下への浸透を規制し、施設の届け出や排水測定義務を課している
1970 年	公害紛争処理法	公害処理機構を定め、斡旋、調停などの処理制度を設け、それらについて申請方法などを定めている
1970 年	公害防止事業費事業者負担法	公害防止事業についてと、それに要する費用を負担させる事業者の範囲と額等について定義している
1970 年	化学物質の審査及び関する法律	化学物質の審査制度を設け、指定化学物質の製造等の規制に製造、使用等に届け出等の義務づけを定めている
1973 年	公害健康被害補償法	公害の被害者への補償等について定めている

表 5.2: 1970 年代の主な政策（全国）

1970 年	石川県公害防止条例	法律以外に県独自で大気汚染、騒音、水質汚染等についての規制を行なえる
1970 年	公害防止施設整備資金融資制度	中小企業者に対して、公害防止施設等の整備を行なう場合融資を行なう
1971 年	石川県公害白書発行	後に石川県環境白書に名称変更。石川県の環境問題について、毎年現状と対策等をまとめている
1974 年	石川県産業廃棄物処理計画	5 年毎に策定し、廃棄物の発生量等の努力目標値設定や事業者の役割を定める

表 5.3: 1970 年代の主な政策（石川県）

1991 年	リサイクル法	再生資源の利用促進についての基本方針と関係者の責務を定めている
1991 年	廃棄物処理法改正	廃棄物の減量化・再生の推進を明記、市町村に対する製造販売事業者等の協力、特別管理廃棄物の規制強化を定めている
1993 年	特定有害廃棄物 輸出入規制法	特定有害廃棄物等の輸出入、運搬、処分の規制を定めている
1994 年	環境基本法	1967 年の公害対策基本法に変わって施行された環境保全の関する基本理念、事業者、国及び地方公共団体、国民の責務、政策策定者の基本施策を定めている
1995 年	特別管理廃棄物 マニフェスト義務化	産業廃棄物の排出事業者が、マニフェスト（管理票）で廃棄物の処理経過を把握して責任を持つことを定める
1996 年	容器包装 リサイクル法	容器包装廃棄物について、消費者と自治体は分別排出・収集を行ない、事業者はそれらを再商品化するよう定める
1997 年	環境影響評価法	開発行為や事業の実施が環境に与える影響を、事業者が事前に調査、予測、評価を行なう環境影響評価（環境アセスメント）について、必要な手続き等を定めている
1998 年	家電リサイクル法	事業者指定した対象機器の回収及びリサイクル等を義務づけ、費用は消費者が負担すると定めている
2002 年	PRTR 法	事業者が対象有害化学物質毎に工場・事業所から環境中への排出量や廃棄物としての移動量を行政に報告、行政が公表する制度

表 5.4: 1990 年代の主な政策（全国）

1991 年	合併処理浄化槽設置 補助制度	し尿処理のための合併処理浄化槽の設置に対して 補助を行ない、整備を促進する
1992 年	リサイクルマークの店 登録制度	リサイクル・簡易化包装推進活動を行なう小売店 を対象にした登録制度で、店にステッカー表示をする
1993 年	産業廃棄物収集車両 ステッカー	産業廃棄物収集運搬許可車両に貼付するステッ カーを配布する
1994 年	石川県環境基本条例	環境基本法を受けて、環境保全についての基本 理念を定め、県、市町村、事業者、県民の責務と 県の基本施策を定めている
1996 年	市町村分別収集促進計画	県内全市町村でゴミの分別収集が始まる
1997 年	石川県環境基本計画	石川県環境基本条例に基づき、環境保全に関する 施策を推進するための基本計画を策定している
1998 年	石川県リサイクル 製品認定制度	石川県内で発生する再生資源を利用し、県内で製 造加工され、販売されているリサイクル製品を認 定することで、リサイクル産業の育成を狙う
1999 年	環境にやさしい企業活動 のためのハンドブック発行	企業が行った方がいい環境マネジメントシステム や環境法令について紹介している冊子
2001 年	県民エコステーション 設立（予定）	環境保全に取り組むNPOや事業所の連携強化、 情報交流等を行なえる場を設置する

表 5.5: 1990 年代の主な政策（石川県）

第 6 章

環境知識マネジメント

4、5 章では環境フレームワークモデルにデータを当てはめて現状分析を行なっている。しかし、データが無いプロセスや関係が複雑すぎてわからないプロセスには、人や組織や社会が持つ知識をモデルに取り入れて分析に用いる必要がある。

そこで本章では、環境問題に関するデータ・情報から知識を創造したり、得られた知識や既存の知識を統合化するシステム＝環境知識マネジメントシステムについて考察し、提唱する。

6.1 知識とは

本節では、環境問題に限らず一般的な意味での知識について定義し、既存の知識創造プロセス理論を紹介する。

6.1.1 データ・情報・知識

データ

観測・シミュレーション結果や経験・体験結果の事実や認識そのもの。測定結果そのままの数値データやテキストデータがこれに当たる。

情報

データを視覚化等によって客観的にわかりやすい形で表現したもの。データと情報は同じ場合もある。数値データをグラフや表にして広く提供したとすると、数値データは情報になったと言える。

知識

1.1.2節で既に定義している通り、データや情報が体系化され、根拠があって受け入れられるもの。データと情報、場合によっては既存の知識から無理なく推測または結論付けられる判断体系や方法論。

6.1.2 知識創造プロセス理論

上述のように、知識とはそれ自身が最初から存在しているのではなく、データや情報、既存の知識から産み出されるものである。これを行なうためには、知識を何から、どういう方法・過程で創造するのかを検討する必要がある。但し、知識の中には元になるデータや情報が存在しない場合もある。環境問題において、環境問題間の関係を考える場合がそうである。

ここでは、組織を対象とした知識創造プロセス理論を紹介する。これらの理論を参照に、環境問題における知識創造プロセスについて考察する。

知識創造スパイラル/SECI モデル

“The Knowledge Creating Company” [23] で提唱された知識創造モデルである。

知識とは正当化された信念である。暗黙知と形式知があり、暗黙知は経験的で言葉では表現できない信念や想い、形式知は客観的で理論的に言葉で表現できる概念や論理を指す。

知識創造とは個人の暗黙知を組織における形式知にすることで、共同化→表出化→連結化→内面化の4つのプロセス（知識創造スパイラル/SECI モデル）を経て行なわれる。個人の暗黙知を組織内において暗黙知から形式知にし、その形式知が再び個人の暗黙知となって次の知識創造の糧になる。知識創造が行なわれる空間を場と呼ぶ。これは物理的な空間や場所の他、その場の雰囲気も含んでいる。知識創造活動から産み出されるものを知識資産とする。

組織内における知識創造では、ミドルマネージャーがトップと第一線を巻き込むミドルアップダウンがトップダウン、ボトムアップのアプローチ以上に重要であるとしている。

複雑適応系リーダーシップ論

「複雑適応系リーダーシップ」 [24] で提唱された知識創造モデルである。

企業を複雑適応系であるとみなす。すなわち、組織の構成員間の相互作用のみで組織は自律的に秩序のある状態を示し（＝自己組織化）、全体としては要素レベルで還元できないグローバルな性質を持つ（＝創発）。組織は環境と相互作用の関係にあり、環境に適応すると共に環境を変えていく。

組織においてトップとミドルのリーダーシップが linkage することが重要で、共に組織の構成主体として自律的に行動し創発を起こす複雑適応系リーダーシップが求められる。

知識創造は、包括的プロセスと創発的プロセスが組み合わされてできるスパイラル・モデルによって行なわれる。前者はトップが基本戦略を形成しミドルが具体的戦略を形成・実行し、後者は下位組織から産み出された戦略をトップが組織全体として実行するというものである。

環境問題におけるミドルの役割

どちらの理論もミドルの重要性に触れているので、ここで環境問題におけるミドルの役割について述べる。

環境問題においてミドルとは自治体、企業、そして環境問題に取り組む NGO・NPO であると考えられる。企業と NGO・NPO の重要性はそれぞれ 5.2.2 節、5.4 節で既に述べている。自治体については、トップ（政府）とボトム（住民）を介するだけではなく、自治体からも積極的に独自の施策を考案し、それにトップを巻き込んでボトムに影響を与えるミドルアップダウンとともに、ボトムの意思を取り込んだ施策をトップに提唱するミドルボトムアップのアプローチも行なうことが欠かせない役割であると考えられる。

6.2 環境問題における知識創造

6.2.1 知識の統合化

本研究において、環境問題における知識の統合化には、以下の二つの意味を持たせている。これらは後で述べる知識創造の中で最も重要な作業である。

- (1) データ・情報など、数が多く整理されていないものをわかりやすい形にまとめて知識にする
- (2) 個人や組織の知識を、組織体や社会等の大きな集まりでの知識にする。あるいは、個々の分野の知識をまとめて他の複数の分野にまたがって言える知識とする

環境問題においてどのような知識が必要であるのかを、知識の統合化が求められる状況とともに考察する。

1. 一つの問題について知識を統合する

例えば、ある川が汚いことについて X 氏は「魚が捕れなくなったので川が汚くなった」、Y 氏は「水の濁りがひどくなったので川が汚くなった」、専門家は「水中の BOD 濃度が Z の値を示しているので川が汚くなった」と言ったとする。この時各個人はそれぞれ川についての知識を持っているが、主観的な異なる表現で述べているために、同じ意味のこと（川の汚れ具合）を言っているということが伝わりにくい。

BOD 濃度が Z の値であるということは魚の数は W、種類は A になり、水の濁りは Bm 先までしか見えない状態でこの時川は汚いと言える、という風に各自の知識を客観的な表現で統合化（共通化、統一）することが必要である。

2. 個々の環境問題の関係を知識として統合する

森林が X 本伐採されると地下水は Y だけ減少するなど、複数ある環境問題の各問題についての知識を統合する必要がある。この場合、各問題間で関係性があるかどうかははっきりしておらず、何となく関係がありそう、あるいは関係がなさそう、と言ったレベルしかわからない。

個々の問題についてのデータ・情報、それらから産み出された個々の問題についての知識はあるが、それらをどう扱えば複数の問題間で言える知識を産み出せるかが課題である。

3. 環境問題と経済・政策の関係を知識として統合する

経済状況が X において Y という政策を行なうと環境は Z に変化するなど、環境問題が社会システムを構成する他の要素（経済、政策、人間行動等）が持つ関係について知識を統合化する。これらの間に関係性があることはほぼはっきりしているのだが、具体的にどんな関係があるのかはわかっていない部分が多い。この分野の研究は、地球温暖化による二酸化炭素排出量の削減のための政策を策定するために少し進んでいるが、まだ研究に多くの余地がある。

2 の場合に同じく、各問題についてのデータ・情報・知識からどのようにして社会全体の方向を示す知識を導くかが課題である。

6.2.2 知識創造プロセスの考察

環境問題における知識創造は、以下のステップを経て行なわれると考える。

1. 獲得

新たな知識を創造するためのデータ・情報・既存の知識を集約する。ここで得たものが次に創造される知識にとってデータ・情報に当たる。

2. 処理

1 で獲得したデータ・情報を処理して知識にする、統合化の作業を行なう。統合化には 6.2.1 節で述べた二つの意味があると考ええる。

3. 提供

統合化によって産み出された知識が個人や組織に提供される。これらがその次の知識創造においてデータとなる。

前節で指摘したように、環境問題における知識創造の問題点は、多くの統計データが細かく分野別に取りられており、データを視覚化した情報もたくさんあるにも関わらず、個々の分野内における知識、あるいはそれらが他の分野の知識と組み合わせられて産み出される、分野を越えた知識が不足していることである。6.1.2 節の SECI モデルに当てはめて考えると、知識創造の中で連結

化と内面化、つまり形式知を他の形式知と結び付けて知識体系を作り出すことと、得た知識を個人に体得することが環境問題においてまだ不足しており、そのため環境問題において知識創造がうまく行なわれていないと考える。

環境問題においては、必ずしも関わる要素全てについて客観的・科学的性質を持ったデータ・情報が存在するとは限らない。また、環境問題に対して持っている価値基準は立場によって大きく違う。そのため5章で行なったように、主観的性質を持ったもの、人間や組織や社会が持つ知識をデータ・情報として利用することが、環境問題の知識創造には不可欠である。

6.3 環境知識マネジメントシステム

6.3.1 システムの概要

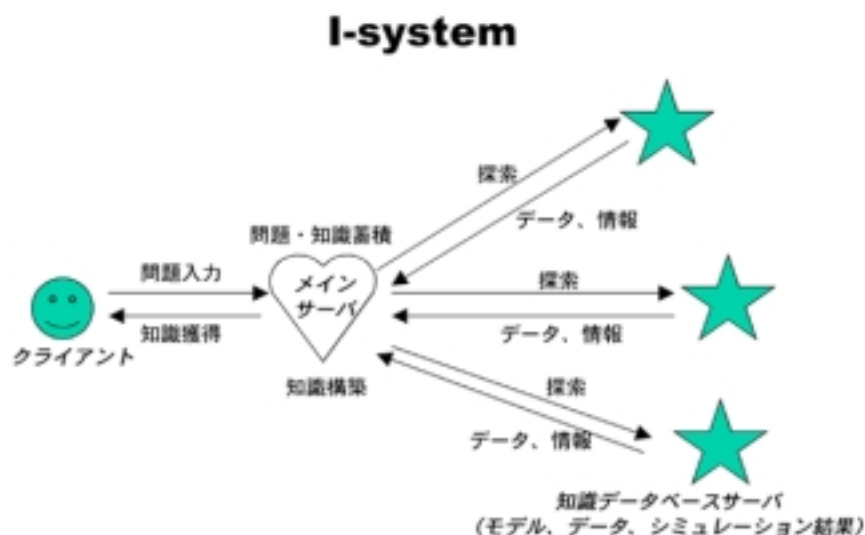


図 6.1: I-system 全体図

本節では、環境知識マネジメントシステム＝I-system を提唱する。これは計算機を利用して運用するシステムで、環境問題に関するデータ・情報から知識を創造したり、得られた知識や既存の知識を統合化する。このシステムによって、人や社会が持つ知識もデータとして取り入りこんで、知識創造を行なうことを目指す。全体的なイメージは図 6.1 である。

I-system は、環境問題に関する情報や人の交流を促進させる役割も持つ。但し、I-system 構築は共同プロジェクトであり、この部分の設計と構築はここでは取り扱わない。本研究においては、環境フレームワークモデルを軸とした知識の統合化を行なう作業の設計を行ない、今後はモデル

を動かすためのシステムを構築する。

I-system では、以下の順序で知識の統合化を含めた知識創造を行なう。

1. 獲得

環境問題に関する知識データベースサーバとメインサーバをつなぎ、データベースのデータベースを作成する。知識データベースサーバには、データ（数値、テキスト）、モデル、シミュレーション結果等が蓄積されている。

他のデータベースサーバと繋がっていない場合は、数値データやテキストデータ、モデル、シミュレーション結果をメインサーバが収集し、データとしてメインサーバ内のデータベースに取り込むものとする。

2. 処理

メインサーバにおいて 6.2.1 で述べた知識の統合化を行なう。環境フレームワークモデルを核にして、足りない部分は個別のモデルやエージェント・シミュレーションで補う。

3. 提供

処理された知識をメインサーバからクライアントに発信・提供する。

このシステムのメインである 2 の知識統合化では、モデルにデータを当てはめて動かし、得た結果を知識とする手法を用いる。I-system においては、3 章で示している環境フレームワークモデルをモデルとして使う。4、5 章で示したデータの回帰分析や各種のデータの比較分析は、モデルを動かすための一つの方法である。

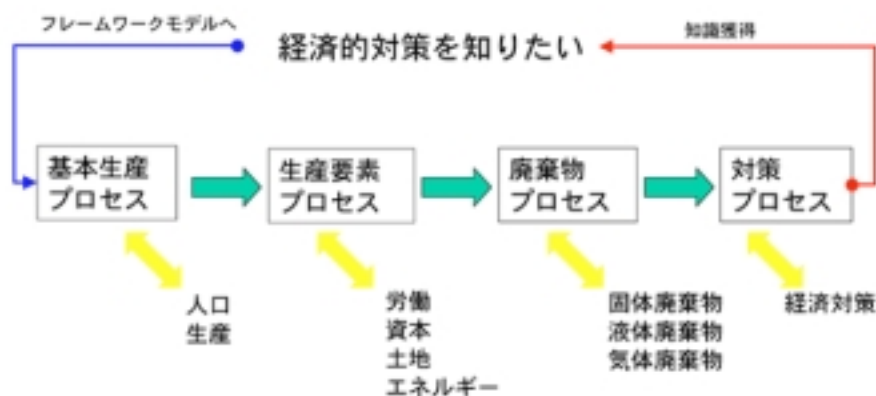


図 6.2: I-system モデル動作イメージ

図 6.2 で I-system による知識創造の具体例を示す。問題（初期値）を入力すると回答に当たる

出力（知識）が見つかるまで、環境フレームワークモデルのステップの順に必要なデータを獲得する。それぞれのプロセス内では、前のステップで得られたデータを 1.1 の数式モデル、すなわち具体的な解を得られるモデルによって解き、出力値を次のステップのデータとする。初期値に対する最終的な出力値（問題の回答）を得るプロセスは、キーワード等を比較して初期値と最も関連があるプロセスを検索する。

上で示した例では、各プロセスで数式モデルやそれを解くためのデータが存在しているが、プロセスにデータが存在しない場合も考えに入れなければならない。既存の知識創造プロセス論においては、知識創造において基になるデータや情報があることが前提となっている。全く何もないところから知識を産み出すことについては触れられていない。

求めているデータの基になるデータを順に積み上げて、エージェント・シミュレーションを利用してデータを作る方法を考える。関連する要素を積み上げてデータを求めるためにサブシステムを作り、どのような出力が現れるかを観察する。エージェント・シミュレーションについては 6.4 でも述べている。

6.3.2 知識をデータとするために

データとして使用するのは数値、テキストデータである。しかし、これらのデータが不足しているプロセスについてはモデルを動かさないことは既に述べているところで、本研究では分析を行っていない環境変化、環境相互関連、環境影響、調整の各プロセスである。これらのプロセスには、各要素について数値やテキストのデータがあっても、全体が複雑であるためにデータを単純に組み合わせただけでは分析できない。あるいはこうしたデータが存在しない。

そこで、5 章で行なったように人、組織、社会が持つ知識を用いる必要がある。知識は数値やテキストデータを補足したり、それら以上に複雑な内容を持っており、数値化またはテキスト化、すなわち形式化してモデルに取り込む。

個人から社会のどのレベルにおいても形式化されている知識、すなわち 6.1.2 でいう形式知は、数値・テキストデータにすぐに変換して使うことができる。しかし、形式知に対して存在する暗黙知、すなわち形式化されておらず言語での表現が難しい知識は、同じようにすぐにデータとして使えない。

暗黙知には、行動的なものと思考的なものがある。前者は物事を体験や経験することによって得られる身体的な知で、熟練の技工、技能などのスキルである。後者は想いや知覚など表には出ない主観的な知で、思いやイメージ、メンタル・モデルなどである。

これらの暗黙知を形式化する方法としては、観察及び体験、対話がある。行動的暗黙知は、その行動を観察、体験（模倣）することで得られる。思考的暗黙知は、対話や聞き取りを行なって複数の人と言葉を積み重ねていくことで引き出すことができる。対話や聞き取りを行なう場合は物理的な意味の場所とは限らない。本研究で触れていない I-system の機能に人や情報の交流がある。

その機能によって、思考的暗黙知を引き出すための場所をインターネット上に作ることができる。

しかし、暗黙知の全てを形式化することは不可能に近く、仮に 100%形式化ができたとしても、形式化された通りに行なった動作あるいは思い描いたイメージが元の暗黙知と全く同じであるとは限らない。

結局、暗黙知を完全に形式化することはどのような方法を使っても不可能に近い。暗黙知をできるだけ形式化し、それを解釈する際には新たな暗黙知として自分のものにすれば、元の暗黙知は知識創造においてデータ・情報としての役割を果たしたと考える。

6.4 エージェント・シミュレーション

本研究では、既存のトップダウン的なシステム論アプローチにより問題を捉え、知識の統合化の方法を提唱している。今後は知識を取り込んでモデルを動かすために、ボトムアップ的な複雑系解析論のアプローチによるエージェント・シミュレーションを用いることを考えている。二つのアプローチを利用することで、一つの手法による環境問題の研究で不足する点を補完することを目指す。

6.4.1 エージェント・シミュレーションの概要

複雑系

複雑系の分野は科学における新しい研究手法、物の見方とされている。要素還元論のように物事を単純に分割して見るのではなく、複雑なままに受け止めるという考え方である。

複雑系とは、その名の通り複雑なシステムのことである。対象は特定の種に限らず、社会、生物、人間などどんなものでも複雑系と呼べる。複雑とは要素一つ一つを積み上げた結果が全体を成しているのではない、非線形という意味で使われている。システムを構成している要素が他の要素と相互作用する結果、全体は個々の要素の振る舞いの総和以上の独自の振る舞いをするシステムである [25]。ここで出てきた総和以上の独自の振る舞いとは、6.1.2でも示した創発と呼ばれる現象である。

文献によって表現に差異はあるが、開放性、非線形性、自己組織性の三つが一般的に複雑系の性質とされている [26]。

開放性とは、システムが閉鎖系ではなく外部に影響されることで時間的な変化を行なうことを示す。非線形性とは上述したように、システムを構成する要素を全て足し合わせても全体にはならないことである。自己組織性とは、環境への適応を自律的に制御しながら組織化を行なうこと、時間的发展による進化を行なうことである。

エージェント・シミュレーション

複雑系の世界では、システムを構成する要素で自律的な動きをするものをエージェントと呼ぶ。人工生命の世界でそう呼ばれているところから来ている。例えば、企業をシステムとするならば人間がエージェントである。

エージェント・シミュレーションは、複雑な問題を抽象化してモデル化し、計算機上にモデルを作って動かす手法であり、この手法は構成論的手法とも呼ばれる。エージェント・シミュレーションによって人工の世界と現実世界とを対比し、客観的な視点で現象を観察する。

複雑系のアプローチでのシミュレーションの手順は、対象の観察→特徴の抽出→構成モデルの作成→シミュレーション→結果の評価→（必要があればモデルの作成から結果の評価までを繰り返す）→対象とモデルの評価・検討、が一般的である [27]。これは図 1.1 にほぼ対応している。

6.4.2 I-system におけるエージェント・シミュレーション

これまで、エージェント・シミュレーションは小規模な問題に対して使われる場合が多かった。本研究の今後の方向として、既存のデータで分析できなかった部分にエージェント・シミュレーションを用いて、大規模問題である環境問題への複雑系的なアプローチの有効性を検証したい。

エージェント・シミュレーションを含めて、環境フレームワークモデルを動かすための I-system のメイン部分が図 6.3 である。環境フレームワークモデルで足りない部分は、図の右側に描かれた個別の問題についてのモデルが補完する。これらは図 1.1 における数式モデルに当たるものである。

まず、環境フレームワークモデルを知識も含めたデータをモデルに当てはめて動かす、マクロ・シミュレーションを行なう。一通りモデルを動かすことで、モデルの信頼性を検証する。

次に、本研究で得たデータと上述のマクロ・シミュレーションの結果を基に、モデルに入力するパラメータの条件であるシナリオを作成する。例えば、2010 年までは人口が増加を続けるであるとか、経済成長が続くといった内容である。

エージェントは、一般住民エージェント、政策集団エージェント、企業組織エージェント等、立場毎にグループ化して設計する。それらは、環境フレームワークモデルのステップに従って行動する。与えた条件ではどのようなシミュレーション結果が出るかを観察し、必要があればモデルを直して再びシミュレーションを行なう。これを繰り返してモデルと結果を評価する。

なお、環境フレームワークモデルという構造モデルだけでなく、数式モデルにおいてもエージェント・シミュレーションを適用することを試みる。6.3.2 でも述べた通りで、現時点ではデータがない場合のデータや知識獲得において利用してみる価値のある手法であると考えている。

I-system メイン

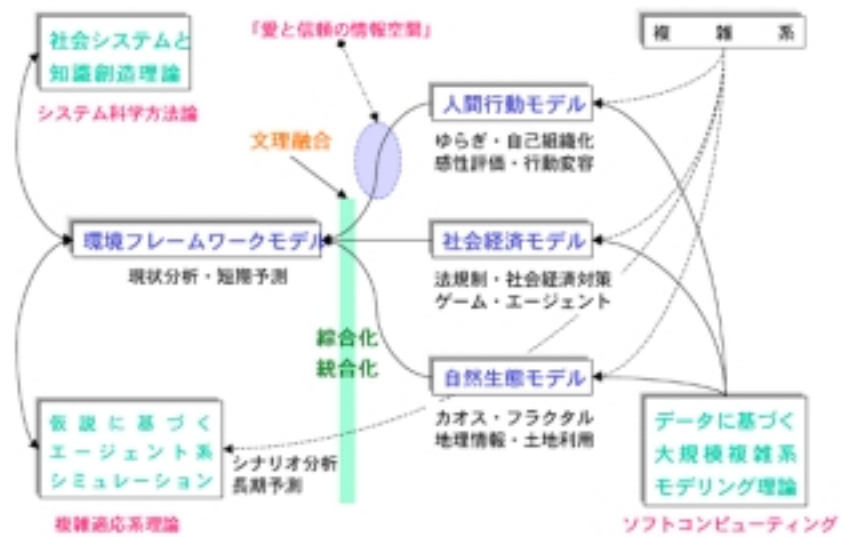


図 6.3: I-system イメージ図

第 7 章

おわりに

7.1 まとめ

本論文の前半では、石川県の環境問題をシステム論的に分析し、研究対象の問題点を抽出し、対策・廃棄物・生産の関係を分析できた。後半では環境知識マネジメントシステムについて考察した。これらの作業によって、今後のマクロ、エージェント・シミュレーションの準備を行なうことができた。

前半では、文献レビューにより石川県が現在どのような社会状況にあり、どんな環境問題がモデルにデータを当てはめ関係を求めた。数値データを当てはめられなかった環境対策と廃棄物、生産の関係を求めるに当たってはテキストデータの聞き取り調査の結果を用いて分析を行なった。この作業の中で、廃棄物の移出入、生産要素プロセスの要素として考えている天然資源、液体廃棄物をモデルに取り込んでパラメータ同定を行なうことが使用できなかった。

現状分析の結果をまとめると以下の通りである。

1. 石川県の環境問題はまだそれほど被害は深刻ではない。しかし、水質汚染は近年特に問題とされている。
2. 県が現在重要視している問題は廃棄物・リサイクル問題であり、この問題の解決のために早急に企業、住民ともに有効である政策を立てる必要がある。しかし、意識変容が必要な問題であるため、上から政策を与えるだけでなく、企業や住民が自らの意思で対策を行なえるシステムづくりがこれから肝心である。
3. 石川県では経済、生産のパラメータは右上がりに増加を続けてきた。固体廃棄物に関しては 1990 年代にピークを迎え、その後減少している。廃棄物の減少幅は他県と比較してかなり大きく、その原因として政策の影響がかなり強い。

4. 県内における環境問題の取り組みは、政策策定については近年進んでいるものの、企業における環境マネジメントシステムの普及はまだ発展途上である。

後半では、環境問題において知識とは何であるのか、知識はどのように創造されるのかについて述べ、石川県の現状分析結果から必要であると考えた環境知識マネジメントシステムについて考察し、システムの概要を説明した。

7.2 今後の課題

本研究でできなかったこととシミュレーションを行なうために解決すべき課題を以下に述べる。

まず、石川県におけるエネルギー需給モデルの作成である。本研究において計算した二酸化炭素排出量、エネルギー消費量をもう少し正確に推計し直し、過去から現在におけるエネルギー需給の変遷をつかむ必要がある。

次に、家庭あるいは個人をモデルに組み込むことを検討する必要がある。環境フレームワークモデルでは産業毎のパラメータ計算を行っており、家庭からのデータは取り込まれていない。石川県においては、1世帯当たりの乗用車数が1.41台で全国平均より多く、家庭用電気使用量も全国平均の約1.2倍で[28]、家庭がエネルギー消費に与える影響が大きい。これをモデルに反映させれば、より正確な実態把握とシミュレーションができると推測する。

エージェント・シミュレーションによって、まだ未知の部分が多い環境問題間の関係、及び環境問題と政策や生産の関係の分析と将来予測を行えば、県における環境問題、とりわけ県が重視している廃棄物問題を解決するために必要となる経済状況や政策を出力することが可能である。また、社会問題における知識創造システムについてより深く考察できれば、知識科学という学問の確立においても何らかの貢献が図れるであろう。

謝辞

本研究において、指導をいただいた中森義輝教授、ゼミで意見をいただいた橋本敬助教授と中森研究室のメンバー、副テーマを指導していただき環境関係の研究室特別ゼミに参加させていただいた永田晃也助教授、以上の皆様方に感謝致します。

本論文 4 章で得たデータは文献の他、石川県企画開発部統計課¹、同総務部地方課²、同環境安全部環境政策課³、同林業試験場⁴、電力中央研究所経済社会研究所⁵、北陸電力（株）石川支店⁶、同地域総合研究所⁷の各担当者の皆様方から貴重な資料を提供していただきました。皆様お忙しい中丁寧に対処していただいたことに感謝致し、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

¹<http://www.pref.ishikawa.jp/each/k-toukei/index.html>

²<http://www.pref.ishikawa.jp/each/k-tihou/index.html>

³<http://www.pref.ishikawa.jp/each/k-kan-seisaku/index.html>

⁴<http://www.pref.ishikawa.jp/ringyo/index.htm>

⁵<http://criepi.denken.or.jp/CRIEPI/serc/socio.htm>

⁶<http://www.rikuden.co.jp/>

⁷<http://www.rikuden.co.jp/common/links/kenkyu.htm>

参考文献

- [1] 環境庁編：環境白書．大蔵省印刷局，1998
- [2] 楠部孝誠・中森義輝・森田恒幸・西岡秀三・内藤正明：環境政策分析支援のためのフレームワークモデル．環境科学会誌．Vol.11, No.1, pp.17-29, 1998.
- [3] 石川県環境基本計画．石川県，1997
- [4] 石川県新長期構想．石川県，1999
- [5] 昭和 46 年度～平成 10 年度版 石川県公害/環境白書．石川県環境安全部，1973-1999
- [6] 石川県地球温暖化防止地域推進行動計画．石川県，1998
- [7] 日本総合研究所，井熊均：企業のための環境問題．東洋経済新報社，pp.147, 1999
- [8] 石川県：平成 10 年度版 石川県環境白書．石川県環境安全部，pp.147, 1999
- [9] 石川県：環境にやさしい企業活動のためのハンドブック．石川県環境安全部，1999
- [10] 環境管理規格審議委員会事務局：都道府県別 ISO14001 審査登録状況．日本規格協会，1999
<http://www.jsa.or.jp/>
- [11] 茅陽一：ISO14000 環境マネジメント便覧．日本規格協会，pp.268, 1999
- [12] 山原敏・横山暢：地域における部門別 CO₂ 排出量の特性．全国公害研会誌．Vol.24, No.2, pp.82-91, 1999.
- [13] 石川県地球温暖化防止地域推進行動計画技術報告書．石川県，1998
- [14] 石川県統計書（昭和 31 年～平成 9 年）．石川県，1956-1998
- [15] 石川県統計協会：石川県民経済計算 平成八年度．石川県企画開発部統計課企画解析係，1998
- [16] 経済企画庁編 平成 10 年度版：国民経済計算年報．大蔵省印刷局，1998

- [17] 石川県農林水産部（昭和 32～平成 9 年）：林業要覧．石川県農林水産部，1958-1998
- [18] 石川県企画開発部（平成 9 年）：工業統計．石川県統計協会，1999
- [19] （第一次～第五次）石川県産業廃棄物処理計画．石川県，1974-1998
- [20] 石川県の廃棄物処理（一般廃棄物）．石川県環境安全部環境整備課，1999
- [21] 三橋規宏：環境経済学入門．日経文庫，pp.58，1998
- [22] 三和総合研究所：手にとるように環境問題がわかる本．かんき出版，pp.21-26，1997
- [23] Ikujiro Nonaka , Hirotaka Takeuchi : The Knowledge-Creating Company. Oxford University Press, Inc. , 1995
- [24] 河合忠彦：複雑適応系リーダーシップ．有斐閣，1999.
- [25] 吉永良正：複雑系とは何か．講談社現代新書，pp.15，1996
- [26] 中村量空：複雑系の意匠．中公新書，pp.99，1998
- [27] 井庭崇・福原義久：複雑系入門．NTT 出版，pp.19-25，1998
- [28] 石川県：平成 11 年版 石川 100 の指標．石川県企画開発部統計課，1999