

SDによる長期総合計画策定支援システム

——兵庫ダイナミック・モデル——

松崎 功保・宮崎 秀紀

1. 兵庫県新総合計画における課題と計画策定支援システムへの期待——参加と合意と連帯による県政

兵庫県は、昭和50年3月18日、総合計画「21世紀への生活文化社会計画」⁴⁾を正式に決定、21世紀を展望した新しい県政に一步を踏み出した。この日、兵庫県総合計画審議会*から答申された総合計画を即時に採用したもので、「参加と合意と連帯による県政」という副題がつけられている¹⁾。

新計画への期待——計画の背景

兵庫県はそれまでに第1次と第2次県勢振興計画を策定した。第2次の計画は、昭和45～55年を目標年次としたものであったが、環境汚染、自然破壊の深刻化、生活基盤整備の立ち遅れ、経済環境の激変など、社会経済情勢が大きく変わったため計画の見直しが必要となった。

〔計画が成り立つまでのプロセス〕

そこに至るまでの経過は、①昭和47年2月の定例県会で、県勢振興計画の改訂が必要である旨知事が表明、②47年度に県本庁各部局の課長クラスをメンバーとする新総合計画専門研究会が発足、延べ20回にわたって検討会議を行ない、計画の見直しと新政策の方向を検討、③48年2月の定例県会で「改創の理念に従い、新しい福祉、生活、文化県の実現をめざす画期的な計画」として地域社

会自らの総意にもとづいて新計画を策定する旨知事が表明する、というプロセスを追っている。

〔新しい方法論の必要性〕

ついで、新計画の策定に必要な調査と新手法にもとづく計画策定支援システムの開発が行なわれた。1つは新社会指標体系調査(47,8年度)による生活基盤整備の目標水準の検討³⁾、もう1つは“兵庫ダイナミック・モデル”の開発と、それによる将来社会の分析検討である。

これらにもとづいて新しい計画策定のたたき台となる総合計画検討用資料が作成された。資料は、①基本構想検討用資料(48年10月作成)、②基本計画検討用資料(49年3月～9月作成)、③地域計画検討用資料(48年9月～49年11月)の3部からなり、新計画もこの方式を踏襲している。このように県内部での準備をととのえるとともに、学識経験者、一般県民が参加した計画審議をすすめていった。

〔総合計画審議会と県民シンポジウム〕

まず、48年10月13日、総合計画審議会は知事の諮問を受けて計画案の作成にとりかかった。審議会は、第1小委員会と第2小委員会にわけられ、答申に至るまでに総会5回を含め、計36回の委員会が開かれた。

一方、県民参加による計画策定の趣旨から、48年10月より50年2月までの間に、地域住民シンポジウムや市町との意見交換会が県下各地で52回(参加人員約11,000人)開かれ、述べられた意見

* 兵庫県総合計画審議会：会長 米花稔神戸大学教授、学識経験者、地域住民代表、など78名で構成、昭和48年10月13日に発足。

は、A～Dの4つのランクにわけ計画のなかに生かす努力が払われた。A：ほぼ全面的に採用できるもの、B：できるかぎり趣旨を生かすもの、C：技術的に問題があるため県当局に適切な措置を指示するもの、D：答申そのものにはより込めないが計画推進にあたって要望などの形で取り扱うものである。

〔新総合計画の策定〕

これらのプロセスを踏んで、50年2月に素案が作成され、ついで3月にこれをもとにして総合計画案が決定された。

総合計画は24万字に余る大部のもので、第1編「基本構想」、第2編「基本計画」、第3編「地域計画」の3編より成り、目標年次は昭和50年～60年の11年計画となっているが基本構想については、21世紀を見通す長期展望に立っている点が特徴としてあげられよう。

2. 新しいアプローチによる計画策定支援システムへの期待

〔従来の方法論〕

都道府県の総合計画の策定に際して、計画与件のマクロな予測を計量経済モデルによって行なう例が多い。兵庫県においても昭和40年頃から兵庫県経済の構造分析や計画与件の予測のため、計量経済モデルを作成している。第2次県勢振興計画の策定に際しては、経済企画庁経済研究所の作成した「全国地域計量モデル」をもとに、人口、財貨等の地域間交流を内生化したモデルを作成し、人口、産業別就業人口、産業別生産所得、民間住宅投資、財政収入、工業生産額、個人消費支出などの予測を行なっている⁵⁾⁶⁾。

〔システム・ダイナミックス概念の採用〕

しかしながら今日の地域問題は、環境、交通、土地、食糧、水需給、住宅など複雑多岐にわたっており、単に経済システムのみに着目して地域を把握するだけでは到底これに対処することはできない。自然環境などを含めたトータルなシステムにもとづいてアプローチすることを迫っているし

超長期の展望のもとに解決策を検討すべきだという要請がきわめて強かった。この間の構造変化を考慮に入れることは不可欠である。

すなわち、総合計画のなかで政策課題を識別するためのシステム・モデルの表現方法としては、経済変量に加うるに、自然、社会その他地域問題を構成するあらゆる要素を包括的に取り扱う方法であること、さらには、非線形を含むシステム要素間の関係の表現およびそのダイナミックな変動を描写しうる方法であることが必要であった。

〔兵庫県の“成長の限界”に関する警告〕

環境、資源などの制約のもとらす事態、つまり「兵庫県の成長の限界」を明らかにするために、新しい総合計画の検討にあたって、システム・ダイナミックス手法を方法論として正式に採用することに決定した。昭和48年4月のことである。現代の地域社会の直面している姿をいわば未来という鏡に映して、より客観的に対応策をたてようとする試みがはじまった。その結果は、ローマ・クラブの提言以上に深刻な未来社会の姿を示すことになり、1960年代の高度成長を踏襲した場合の危機的状況についての警告を発することになるのである。

3. 大規模で複雑なシステムモデルへのチャレンジ——地域社会の問題複合体への構造的、階層的アプローチ

計画策定の準備的作業とともに開発チームは計画策定支援システムのモデル開発を次のような手順で実行した(表1参照)。

問題の提起と定義——シナリオ法：総合計画策定上の問題点の整理をシナリオ・ライティングによって実施し関係諸機関・県内の諸部門開発担当者間の問題意識を明確にする。同時にモデル開発の目的に関してコンセンサスを得る。(昭和48年5月～6月)

大規模で複雑なシステム・モデルの分割：変数の分離とクラスタリング問題を記述する各要因の

相互的な連関をブレン・ストーミングなどを通じて検討し強い相互作用のあるものをグループ化する。問題領域として4つのセクターすなわち人口、環境汚染、産業、資源の各セクターに分割できた(昭和48年7～8月)。ただし、後に総合計画審議会からの要請によりエネルギー・セクターを追加することになる(昭和49年1～3月)。

発見的方法によるシステム・ストラクチャーの識別：モデルを記述するための基本的なシステム変数を設定し、各セクターごとに基本的なシステム変数を他の変数で説明する構造をダイアグラムとして表現する。このとき、技術革新などの影響または主要な政策変数などを織りこむための正・負のフィードバック・ループを考える。

データの利用可能性：モデルの構造を識別すると同時にデータを入手することの可能性を十分に検討し基本的なデータについては収集を開始する。

仮定の設定と検討：モデル作成上の諸仮定、たとえば医学の進歩と死亡率との関係などについて検討し現在の知識レベルで“reasonable”な設定を行なう。同時に代替的な設定条件を幅広く考慮する。

プログラム・コーディング：各セクター相互間の情報のやりとりを検討し、プログラム上の変数命名ルールを設定し、変数名を決める。各セクターごとあるいは各サブモデルごとに、初期的条件あるいは変数に付随するパラメータなどの数値をテーブルで与えてプログラムをつくる。なおコーディングは問題向き言語 (Problem Oriented Language) である連続系のモデリング・プログラム (CSMP—Continuous System Modeling Program) を使用することに最終的に決定した。諸機能が完備していることが主たる理由である。

分割的感度解析 (Structured Sensitivity Analysis)：各セクターごとに主要な変数およびパラメータに代替的な数値、数値テーブルを与えて最終結果に与える感度をチェックする。セクターご

表 1 兵庫ダイナミック・モデル開発と運用のプロセス

I システム・プランニング(47年度)	
・新総合計画専門研究会 ・新社会指標体系調査(委託) ・新手法の基礎的調査	
II システム・モデルの開発(48年度)	
・問題の提起と定義 ・大規模で複雑なシステム・ストラクチャーの識別 ◎全フロー・ダイアグラム作成 ◎モデルの分割(4セクター) ◎開発チームの役割割り分割と分担 ◎エネルギー・セクター追加 ・モデルの作成と検証(開発チーム) ◎対象地域の多重化(全県・臨海) ◎データ収集 ◎仮定の設定/パラメータ決定 ◎コーディング ◎分割的感度分析 ◎各セクターの統合化 ◎モデルの検証	
III 兵庫ダイナミック・モデルの運用(48～49年度)	
・総合計画審議会(計36回) - 総会(5回) - 第1小委員会(13回) - 第2小委員会(11回) - 起草委員会(7回) ・地域住民シンポジウム(52回)	
IV 新総合計画策定	
・総合計画検討用資料 ・総合計画答申案(総合計画審議会) ・総合計画決定 「21世紀への生活文化社会計画——参加と合意と連帯による県政」	
V 地域整備総合管理システム(50年度)	
VI テクノロジー・トランスファー(48～50年度)	
・学会発表 - 国内(3回) - 国際会議(4回) - 研究会・委員会(多数) ・他府県へのトランスファー(大阪府)	

とに担当責任者が決められた。

分割後の統合化：標準的な仮定を設定して、セクターを統合したモデルでトータル・モデルのシミュレーション・ランを行なう。これを標準ランの結果として諸仮定・諸パラメータの組合せによる多種多様な結果の参照用基準とする。

レポート・ジェネレーション：グラフ表現などによるアウトプット資料の編集を行なう。

政策シミュレーション：危機状態の発生について検討し、解決策を検討する。政策パラメータの変更やフィードバック・ループの修正・追加・削除を行なうことになる。

モデルの検証：将来のデータについては、本作業とは独立に行なわれた既存の計画データと比較検証し、また過去のデータとの適合度を調べた。また、諸仮定より発するパラメータについては、専門家の意見を充分にとり入れることに努めた。

4. モデルの構成——多重構造への分割とセクター化

〔システム境界の外部環境と内部相互依存性の記述〕

地域システムは、人口、産業設備、所得、環境汚染、資源供給、食糧、エネルギーなどの主要変数について、地域外部との関係を考慮しなければならない開放系である。しかし、地域外との交流関係についてはまず可動性の制約、つまり人口、資源、産業設備などの移動制約が相当存在していることに注意する必要がある。

また、人口の転出入にともなう環境魅力の比較の対象となる地域外部の相対的な魅力度の組み込みなど地域外との関係をいくつか代替的に仮定して処理することができる。さらに不十分なところはモデル外部で、つまり、シミュレーション結果を解釈する際に計画策定担当者を含めることによって完結した体系とする努力を行なった。

さて、地域システムの主要な要因の相互的な関係についてみれば、人口と産業、人口と食糧の関係にみられるように発散的な傾向を示すものもあるが、これらについても、環境汚染あるいは“密度”（人口密度、混雑度など）を経由するループを通じて収束的安定的傾向へ変換し、終局的に地域システムを安定させるフィードバック・ループもある（図1参照）。

〔全県システムと臨海システムへのレベル分割〕

全県を平均的にとらえて対象領域とする「全県モデル」と、工業化・都市化の進んだ瀬戸内海の臨海部*を平均的に取り扱う「臨海モデル」の2つのモデルが開発された。人口の70%以上、工業生産の90%以上は臨海部に集中しており、地域問題の多くはここにおいて最もはげしくあらわれている。

一方、全県的には問題解決のための受け皿としての容量は残存すると見られ、それゆえに、全県モデルと臨海モデルによる将来像を比較検討することにより、汚染・過密・過疎のような密度に関する概念を含む問題への解決策を模索することができる。すなわち、二重のモデルによって情報提供の量は（全県モデルよりの情報）+（臨海モデルよりの情報）+（両者の差の情報）となり、1つのシステム・モデルの場合と比べ飛躍的に情報量は増加した。

〔産業セクター〕

環境汚染、水需要・県民所得との関連で重要な第2次産業を産業モデルとしてくみ込んでいる。

そのほかの産業部門すなわち第1次産業については食糧および森林資源として、また第3次産業については人口1人あたり所得を代理変数として扱っている。このモデルでの中心的な問題意識から当面第2次産業を取り上げることで充分であると判断したのが主な理由である。また、第2次産業の内部の業種区分についても行なわなかった。

モデルは、第2次産業生産額を設備資本と就業人口を説明変数として計算するコブ・ダグラス型生産関数を中心とし、設備資本を求める部分と就業人口を求める部分をこれに組み合わせている。

このうち、コブ・ダグラス型生産関数の部分は、昭和30年から45年のデータをもとにパラメー

* 臨海部：13市（尾崎、伊丹、宝塚、川西、芦屋、神戸、明石、加古川、高砂、姫路、相生、赤穂、竜野） 6町（播磨、稲美、御津、太子、揖保川、上郡）

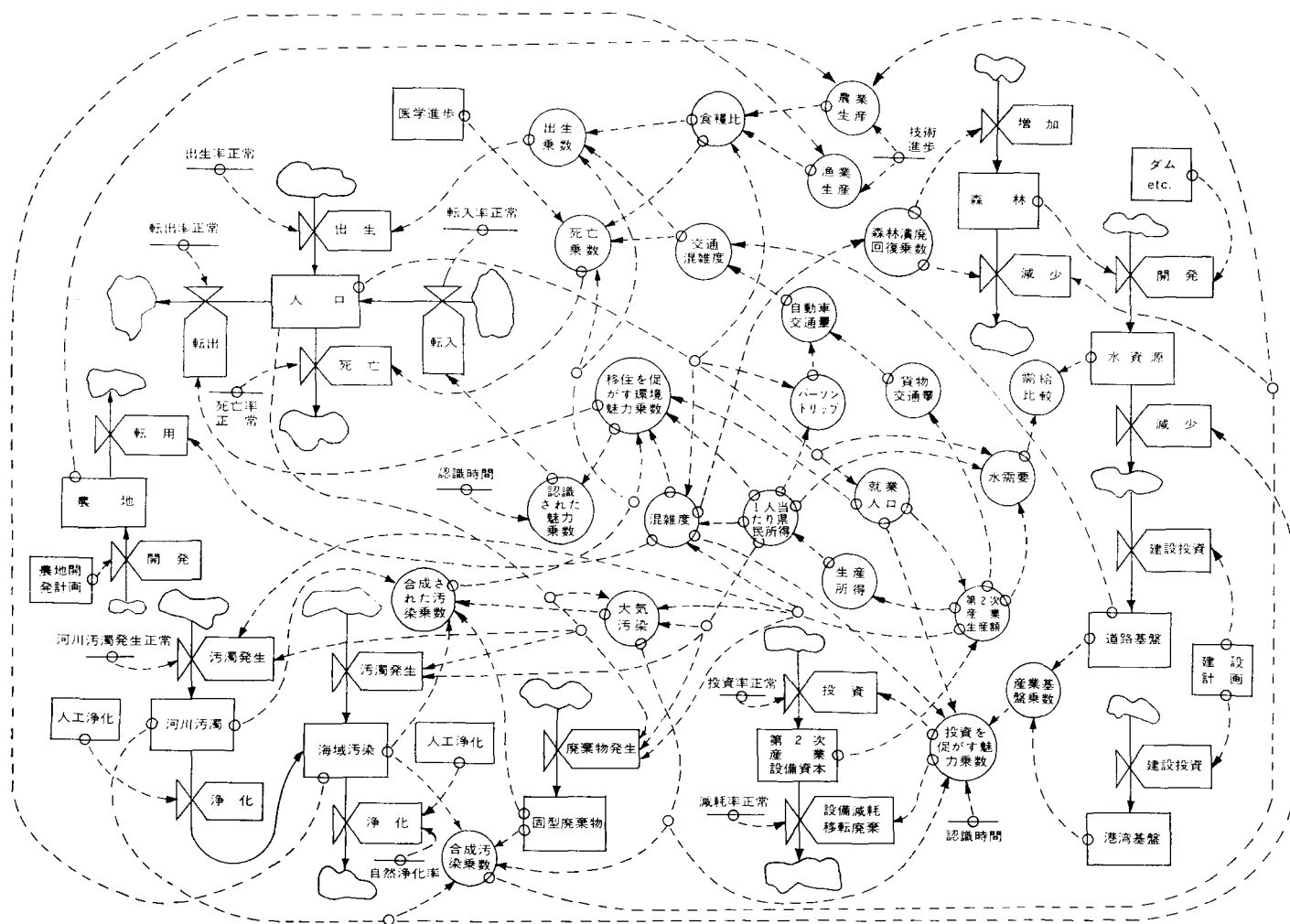


図 1 トータル・システム・ダイナミック・モデルの概略ダイアグラム

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会。無断複写・複製・転載を禁ず。

タを推定した。

設備の投資と棄却、地域外への移転をコントロールする「設備投資を促す環境魅力乗数」を組み込んでいる。この魅力乗数は、混雑度、産業基盤および就業人口などの4つの要因から導かれ合成される。この魅力乗数が投資率に関しては認識時間5年の遅れをともなって掛けられ、棄却、移転については即時に影響することを仮定している。

〔資源セクター〕

食糧モデル：食糧の県内消費量と県内生産量のバランスを検討することを目的としてモデルを作った。

生産の推定は、農業と漁業とにわけ、農業は農地1ヘクタールあたりの食糧農産物生産量と農地面積から計算する。単位面積あたりの食糧農産物生産量は、技術進歩によって増加する傾向と、大気汚染などによる被害の両面から影響を受ける。農地面積は、市街地面積の拡大など都市活動の拡大の影響を受けて潰廃され減少するという関係を折り込んで計算している。

食糧生産はすべて熱量(カロリー)で計測しているが、食糧農産物のうち畜産物については、畜産物を生産するための飼料の生産消費に着目する場合と、畜産物の量そのものに着目する場合とがある。前者によるカロリー計算によるものを「オリジナル・カロリー」、後者によるものを「単純カロリー」と呼び、このシステムでは両方を計算している。

漁業生産については、初期時点の生産量が、海の汚染による抑制、技術進歩による水産資源の利用率の拡大、生産効率の増大の影響を受けて変化する形で推定した。

一方、食料消費需要については、国民1人あたりの食糧消費需要について国民1人あたりの食糧消費熱量をベースに、畜産物消費の拡大と全体の熱量の増大の将来変化を折り込んで1人あたりのオリジナル・カロリーと単純カロリーを求めている。総食糧需要量はこれらと県人口総数をかけ合

わせて求める。

水資源モデル：水資源の供給可能量と水需要量をそれぞれ独立に計算し、この2つの変数の値を比較することにより、水需給バランスを検討することを目的としている。水資源供給可能量は、年間総雨量を基礎として、森林の保水力の効果、ダム開発などの水資源施設による利用可能量の増大効果を折り込んで計算する形としている。

水需要については、工業用水と生活用水において計算している。工業用水については、工業生産過程における循環利用などによる節減、生活用水については、所得上昇にともなう1人あたりの水消費量の増加傾向を折り込んでいる。この両者を合計して水需要量を推計する。

〔エネルギー需要セクター〕

昭和49年3月に、総合計画審議会の要請に応じて付加統合した部分である。エネルギーの供給条件は石油事情、新しいエネルギーの供給システムの技術進歩などの不確定な条件が多く供給側からアプローチすることは困難であるので、工業、運輸、民生その他の部門にわけて、エネルギーだけに限って需要を予測している。ここでは石油化学などの非エネルギー需要は除いている。

工業部門のエネルギー需要原単位変化に関しては昭和36年以後の変化傾向の延長をベースに年率2%~3%の減少を仮定する形で3つのケースについて計算しその影響を考慮するというアプローチにした。

民生その他部門については、現在の諸外国の国民1人あたりの所得と同じく、国民1人あたりの民生その他部門のエネルギー消費量の関係から、所得増大とエネルギー消費量の関係を仮定した欧米型のエネルギー需要原単位変化の仮定と気候、生活様式の差異を加味した日本型の仮定の2つを比較した。

運輸部門については工業部門の仮定にリンクさせており、これは工業部門の省エネルギー化が産業の省資源化を意味し、単位あたり物的流通のエ

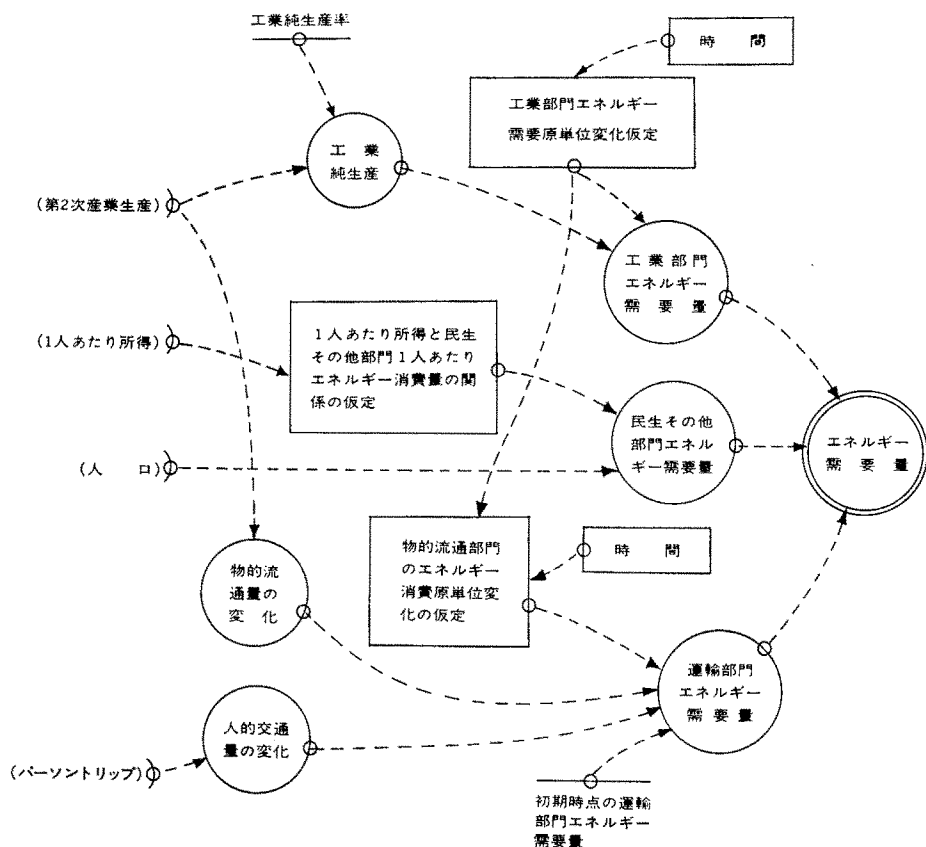


図 2 エネルギー需要の予測モデルの構成要素——工業部門・民生部門・運輸部門

エネルギーの節約効果と連結していると考えられるからである。

5. 標準的ケースにおけるシミュレーション・システムからの出力結果とその解釈

人口——高齢化社会の到来

標準ランによる計算では、兵庫県の人口総数は今後もふえ続け40年後の2010年には630万人に達し、その後は減少に転ずる。65歳以上の高齢人口比は1995年に20%に達し、その後も増大する。出生と死亡のバランスについては、現在、出生（9万人）が死亡（3万人）を大きく上まわっているが、2010年頃を境に逆転する。域外との転出入バランスは、2000年を境に流出超過となる。

臨海部については、1970年現在の370万人が

1990～95年には420万人に達し、その後減少をはじめ。現在6%の老齢人口比は2010年には20%となり、人口の転出入は現在ほぼ同数の19万人であるが、今後次第に流出超過の傾向を強め、2020年の流出超過数は24,000人となる。

以上の人口セクターの計算結果は、高齢化社会の社会システムについての根本的検討と、それを前提とした老人福祉への徹底した取り組みの必要性や、臨海部の環境悪化による人口の域外流出、すなわち内陸部での急増の防止などの必要性などの点について、どう措置するかなどの点の検討を迫っている。

産業——知識集約型産業構造への転換への要請

第2次産業の生産額は1985年で1970年の2.6倍、2020年には13倍に達する。臨海部での第2次産業

生産の伸びは、全県の場合よりもテンポはやや鈍いという結果となっている。

産業は、環境汚染の原因の過半を占め、水需要の大きな部分を占めている。産業は、所得の源泉であり、生活に必要な物質を供給する。その安定した成長を確保する必要があるが、そのためには、成長、汚染・過密の増大、成長停滞というループを改善する必要がある。

この意味から、公害防除投資の増加と知識集約型産業構造への転換をすすめ、均衡ある産業成長を実現する必要がある。

拡大成長する環境汚染

大気汚染：臨海部で6倍になり2020年以後は増加傾向は鈍くなる。

大気汚染に関して技術進歩の寄与を実験的に求め、5年目標で25%を減少させるという目標が実現できたと仮定すると2020年においても現在の2倍程度になるとされ、技術革新の効果がきわめて大きいことを示唆している。

水質汚濁：河川汚染は臨海部で9倍、海の汚染は5倍程度となる。

ここでの進んだ技術の導入による効果の程度を調べた。産業処理の自己処理を5年目標で90%、家庭排水の自己処理を10年目標で50%高めた場合は現状を改善でき2020年においてもそれを維持することが可能である。

固型廃棄物：年間排出量で10倍、蓄積量で171倍に達する。

このことは排出規制の強化・汚染防止施設の拡充だけでなく産業構造の転換を迫っていることを示している。

都市集中：都市の過密については、混雑度では2020年には4倍に達し、都市再開発と人口・産業の増加の規制と質的水準の高い新都市の建設を迫っている。

枯渇する資源

水資源——産業構造の転換と循環利用への要請：臨海部での水不足量は、1981年～4年を除いて危

機的狀態となりしかもますます不足の割合はいちじるしいものとなる。下水処理水の再生利用を行なってもなお水不足量は3分の1に減少するにすぎない。水節約型の産業構造への転換と工業用水の循環利用、家庭用水の節約などへの要請を読みとることができる。

食糧——自給率の低下：標準ランについては、オリジナル・カロリーによる自給率でみると、現在27%のものが、2020年には5.5%に低下する。

単純カロリーによる自給率は現在の80%が2020年には33%に低下する。このことは特に農地保全と生産性向上の必要を訴えている。

マヒする都市交通——自動車への依存の再検討：自動車交通の混雑度は、1985年で2.3倍、2020年には8倍となり、自動車保有台数も2020年には全県で約390万台、臨海部で約200万台に達すると計算される。1,000人あたりの保有台数の飽和水準である400台に達するのは2000年頃で、そのとき必要な駐車場面積は7,000ヘクタールになると計算される。また大気汚染への影響も1985年には現在の1.5～2倍に、2020年には4～5倍に達すると計算された。

こうした計算結果は、自動車交通への依存を根本的に再検討する必要性を示している。

エネルギー——長期的見通しの必要性

県内のエネルギーの総需要量は30兆キロ・カロリーで、所得水準の上昇による民生部門の需要の増大、工業生産と輸送費の増大につれて、このままでは、2020年には約6倍に達すると計算される。

産業構造の省エネルギー化により、工場などでたとえば、毎年工業生産単位あたりの消費を前年の3%ずつ節約したとしてもエネルギー総需要量は約4倍になりこれだけのエネルギーを供給するには大量の土地、水、資金、労力がかかりしかもエネルギーの消費密度も多大になる。これは、環境汚染の防止、安全性の確保のうえで大きな問題を投げかけている。

さらに、エネルギーの消費節約努力、クリーン・エネルギーの供給技術の開発などの課題を提示するとともに県内供給体制についての長期的見通しをもって問題に対処する必要性を示している。

6. 長期総合計画の実現に向かったシステムづくり——地域効果の計画とアセスメント

長期総合計画は、計画期間が11カ年の長期計画であるとともに、その性格上県政の基本方向や基本的施策の体系を示すことに目的があった。

この計画にもとづいて具体的な施策の展開をはかっていくために、兵庫県企画部では短期的、中期的な行政点検をすすめてつづあり、これには財政収入の見通し、各種施策・制度の見直し、県民参加の具体化策の検討を含むものである。これらの作業をふまえて、庁内部局間の調整、事業間の調整、市町との調整を行ないつつ各年度の行財政運営の適正化をはかっていくこととしている。

コンピュータ・システムによる計画の支援⁷⁾

計画策定の作業は、単に計画案を策定することにあるのではなく、その計画が実現されることを目的とするものである。そのためにはいくつかの段階で循環的検討を行なうフィードバック・ループが必要になってくる。

基本構想、基本計画、実施計画のそれぞれの段階で効果を多元的に予測し、計画の内容を評価・修正するという作業の繰り返しが必要である。このシステムは①基礎的管理、②効果予測、③調整という3つの部分より成っている。

基礎的管理システムは主として環境管理システムと土地利用管理システムの2つの部分より成っており、地域整備の基礎的条件に関する情報を提供する役割をもっている。効果予測システムは、地域整備プロジェクトが社会、自然、文化にどのような影響を及ぼすかを予測する。また、調整の場は、前記の各システムによって検討された情報をもちよって計画の改善を図るためのものである。

このシステムによって、これまで進められてきた各種地域整備事業を総合的な立場から管理誘導し、適切なる土地利用を進めてゆくことを目的としている。一定規模以上の事業が企画された場合このシステムは、基本的なフィルタリング・予測・評価・調整を支援する。

コンピュータ・システムは情報提供の支援を行なうものである。

参 考 文 献

- 1) 神戸新聞——県民のひろば、昭和50年3月29日号
- 2) 小笠原暁(兵庫ダイナミックス研究チーム)、環境制御チーム(日本アイ・ビー・エム・サイエンティフィック・センター)『地域問題へのシステム・アプローチ——兵庫ダイナミックスから地域整備総合管理システムへ』IBM Review No. 52, 1974
- 3) 兵庫県企画部「兵庫県新社会指標体系調査報告書」1974
- 4) 総合計画「21世紀への生活文化社会計画——参加と合意と連帯による県政」兵庫県、1975
- 5) 兵庫県企画部「兵庫県経済の計量経済学的分析と予測——マクロ・モデル」1972
- 6) 兵庫県企画部「兵庫県経済の計量経済学的分析と予測——ミクロ・エコノメトリック・モデル」1972
- 7) 兵庫県企画部、サイエンティフィック・センター環境制御チーム「地域整備総合管理システム——概念設計」日本アイ・ビー・エム(株)、サイエンティフィック・センター・レポート、N: GE 18-1825-0, 1975

執筆者紹介

まつざき・たかやす 日本IBM(株)サイエンティフィック・センター専任研究員 1940年生
専攻: 計画策定支援システム研究
略歴: 東京大学航空学科卒、工学博士、IBM入社
みやざき・ひでき 兵庫県企画部企画参事室主査 1941年生
専攻: 計画システム化の研究
略歴: 神戸大学農学部卒業後、兵庫県入庁