

経済社会要因による技術開発評価

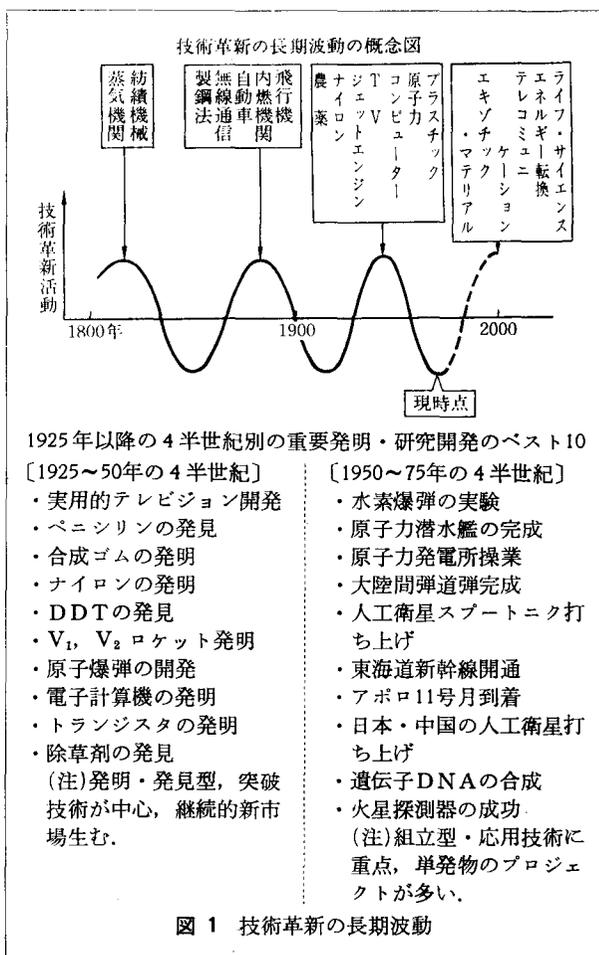
村越稔弘

1. 技術開発の変化

技術開発は大きく分けて、ニーズ指向とシーズ指向に分類される。ニーズ指向とは社会からの要請がひきがねとなって技術開発が開始されるものであり、シーズ指向とは社会の要請とは関係なく純粋な技術的進歩から技術が開発されるものである。前者の代表例は軍事技術、アポロ計画等であり、後者の代表例としては自動車、飛行機の発明等があげられよう。

このような二分法を用いると現代の技術開発はニーズ指向であることが一般に指摘されている。図1は過去および今後予測される技術革新を年代順に並べたものである。これからわかるように現在は革新的技術の誕生はなく技術開発においては停滞期である。1950年以降の技術は技術革新というよりは技術改善とよばれるもので、従来の技術の組合せ、応用により社会のニーズを満たす型のものであり、典型的なニーズ指向の技術開発と言える。

悲観的な見方をすれば、技術開発がニーズ指向となり、革新技術が生まれぬ理由は技術開発が大型化し、たとえばアポロ計画、また最近の原子力開発のように巨大な組織下で巨額の資金を必要とするようになったためであり、単純な波動



を超えた傾向であるとも言える。

いずれにせよ、現在の技術開発はニーズ指向であることに変わりはない。このような傾向は技術予測においても当然影響があり、技術予測の方法も従来のシーズ指向の技術を対象としていたものとは異なった方法が要求される。そこでの予測の

鍵は社会のニーズである。

技術と社会との関連という点、歴史における技術の役割に代表され、またテクノロジー・アセスメントに見られるように技術から社会への一方向的な影響であったが、現代では、社会が技術に与えるインパクトのほうが重要になりつつある。今後の技術開発の予測には、社会から技術へのインパクト、またその技術から社会へのインパクトというように社会と技術の間の相互作用を基本とすることが必要となる。

このような観点から日本の技術開発の予測を行なったプロジェクトについて、以下簡単に紹介を試みる。なお、技術開発の対象は技術と社会との関連を主題とするため、社会的影響の大きな技術に限定しており、いわゆるビッグ・プロジェクトが対象である。

2. 分析手法

J. プラットは未来を3つの段階に区分している。第1は慣性的時期(2~10年)、第2は選択と制御の時期(10~20年)、第3は不確定な未来であるとし、各段階における予測手法についてつぎのような要請の違いを分析している。

第1の時期においては社会科学は自然科学と同様に決定論的であり、社会の因果関係が理解されている範囲で外挿による予測が可能である。予測は物理学における場合と同じく確率的なものとなり、予測された未来が実現される確率によって評価される。

しかし第2の時期においては予測の性格はまったく異なり、予測主体と予測対象との相互作用は強化され予測は選択を伴う戦略に変わる。言い換えれば予測は確率的なものから未来創造的なものになる。

さらに第3の時期は一般的な目標だけが選択可能であり、その道筋を明らかにすることは困難である。目標の選択もヒューリスティックスや既存の価値や道徳によらざるを得ない。

また、技術予測の特殊性から考えると、技術予測を困難としている要因にはつぎのようなものが考えられる。

- (1) 長期予測
- (2) 構造変化の可能性
- (3) 不確定性が大きい
- (4) 客観的定量化が困難

技術開発は実用化の段階までを含めると非常に長期の歳月を要する。現在行なわれつつあるエネルギー技術開発の例を見ても、重質油利用技術でも10年程度、高速増殖炉で20年、核融合に至っては2050年頃と予測されている。したがって技術開発のニーズの予測においても長期を対象とせざるを得ない。

構造変化の可能性は長期予測と関連して発生するものである。長期予測となることにより当然それを取巻く経済・社会構造は変化していることが予想され、現在の分析枠組には適合しないことが考えられる。

さらに対象となる技術は開発途上にあり未知の側面を多く抱えているため、不確定性が大きくなる。実用化した場合の経済・社会への影響はもちろん、実用化の可否も不確定であることが多く、主観的な推測に頼らざるを得ない。

これに関連して、短期の経済予測に見られるような客観的定量化は困難であり、分析者の主観が大きなウェイトを占めざるを得ない。したがって、技術予測の手法もコンピュータ中心の客観的手法よりは、人間の主観を論理的にチェックすることに主眼が置かれたものとなる。

このような技術予測の特殊性から予測は未来創造的予測とならざるを得ない。「未来創造的」と言われるだけの柔軟性を持ち、しかも体系的、論理的な性格をもたせるため、分析手法には、シナリオ・ライティング法を基盤とし、DEMATEL法、クロス・インパクト法などで体系的論理的な一貫性をもたせるという方法を採用した。この三者はつぎのような形で関係づけられる。

シナリオ・ライティング法ではつぎの2つのステップが必要となる。

第1ステップ：所与の時点における社会の構造の記述とその時点における内部結合の検証

第2ステップ：トレンドの自然な条件のもとでの構造の発展過程と政策決定による自発的行動の影響がある場合の構造の発展過程とを明らかにすること。

第1ステップにおいて、明確な因果関係をもたない社会構造をあるレベルのコンセンサスで集約することは容易ではない。システム・ダイナミクス・モデルは社会構造を論理的な一貫性をもち記述したものと言えるが、その多くは分析者の主観的反映であり、十分なコンセンサスが得られているとは言えない。そこで、構造分析の方法として採用したものが DEMATEL 法である。

DEMATEL 法はモデル化の予備的分析の手法として開発されたもので対象の構造が不明確または分析者により捉え方が異なる場合の構造分析手法である。DEMATEL 法では構造があいまいな対象の分析ができ、見方の異なるものの相違点の分析ができることから定量的モデル化の困難な対象、遠未来等の不確定性の大きな対象、立場により意見の異なる対象等の分析に有効であり、対象の構造を明確にする機能をもつ。また要素間の関連度の定量的分析を行なうため、構造間の差異も定量的表現が可能である。

第2ステップにおける政策決定は遠い未来に設定されたゴールの実現のために行なわれる。このゴールは選択可能な未来に特有のものである。ゴールと現状とトレンドの間に現実的な道が存在するかどうかを検証しなければならない。図3はこれを論理的に示したものである。

構造を記述する経済社会的指標等のパラメータは異なったスピードで進化し、構造の内部結合を壊したり、外部環境との関係を壊したりするような内部緊張が現われる。これらの内部緊張は構造の発展過程を修正する行動のトリガーとなるもの

であるから、分析の焦点となる。時間 t における構造 $S(t)$ の分析により構造パラメータの値を評価すると同時に“不満足境界”を設定する。これが価値システムを形成する。パラメータの値が不満足境界を超えると自然調節により安定状態へもどる。このパラメータの発展する方向を調べることにより予測可能となる。

また、不満足境界とクロスする点がかかなり先のことであれば政策的調節をとるかどうかが決定できる。または指標の発展を調べることによって構造の調節ではなくて発展を狙った別の施策をとることも決定できる。

このようにシナリオ・ライティング法は一般のコンピュータ・シミュレーションと同様の論理を用いており、たとえばシステム・ダイナミクスと同じものとなる。両者の違いは、シナリオ・ライティング法が人間の論理能力を手段とするため、分析者の要求に応じて分析の密度を制御可能なのに対し、システム・ダイナミクスはコンピュータの論理に依拠するため、要求密度の最高レベルに合わせた同密度の分析が必要となる。これは、システム・ダイナミクスの側から見るときわめて客観性は高いが非常に非効率的であるといえる。シナリオ・ライティング法のみによる予測では、分析者の論理をチェックする機構が弱いため、分析者の論理的飛躍に近い卓越した洞察力は活かすことができるが、客観性において劣るところがある。

したがって、社会と技術のダイナミックな関係の分析はシナリオ・ライティング法を基本とするが、その論理のチェックのためシステム・ダイナミクスを簡略化した決定論的クロス・インパクト法を用いた。クロス・インパクト法は、生起事象の発生確率間関係を扱う確率論的なアプローチが一般的であるが、形式論的に整理するとシステム・ダイナミクスをも含む得る広汎な方法であり、しかも決定論的クロス・インパクト法は柔軟性があるため、シナリオと結合させやすいという

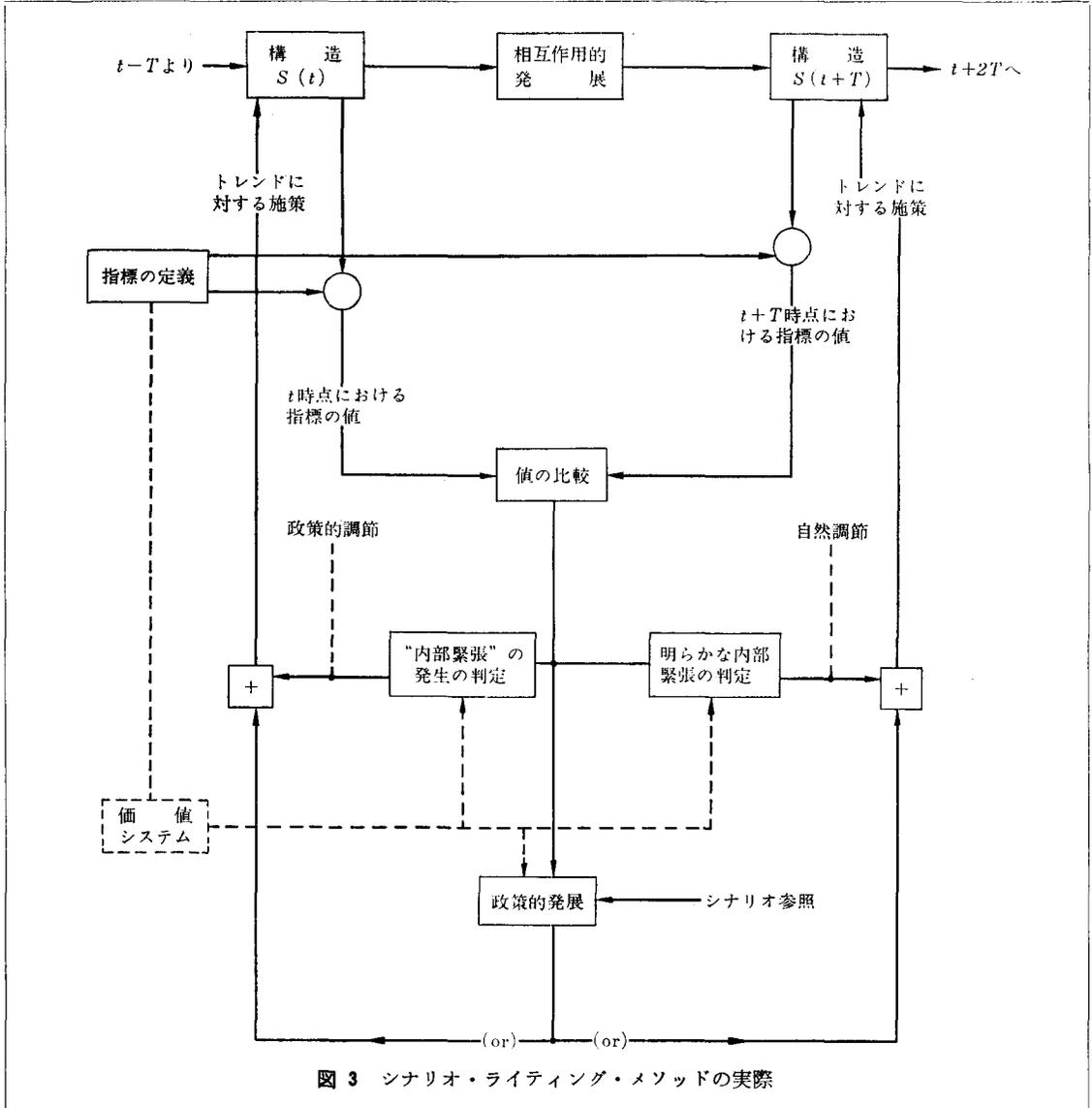


図3 シナリオ・ライティング・メソッドの実際

ト・モデルへフィードバックしその効果の評価するという構造をもっている(図4)。

シナリオにもとづき明らかにされた経済社会の成長とその維持のためには、その発展の制約要因を考慮しなければならない。シナリオで採り上げた制約要因はつぎの通りである。

- i) エネルギー(1次・2次)
- ii) 立地(工場立地, 輸送道路)
- iii) 環境(排気・排水, 固型廃棄物)
- iv) 資源(鉱物, 用水)

v) 人口(労働力, 食糧)

今後の技術・産業的対応によって、これらの制約要因を解決するためには、このうち科学・技術や産業がつぎの要件を満足するものでなければならない。

- イ) 使命指向型の技術・産業分野
- ロ) 政策科学的展開可能性の大きな分野
- ハ) 現在の技術で実験・原型的シーズが存在していること
- ニ) 制約要因に対して量的かかわり合いの大き

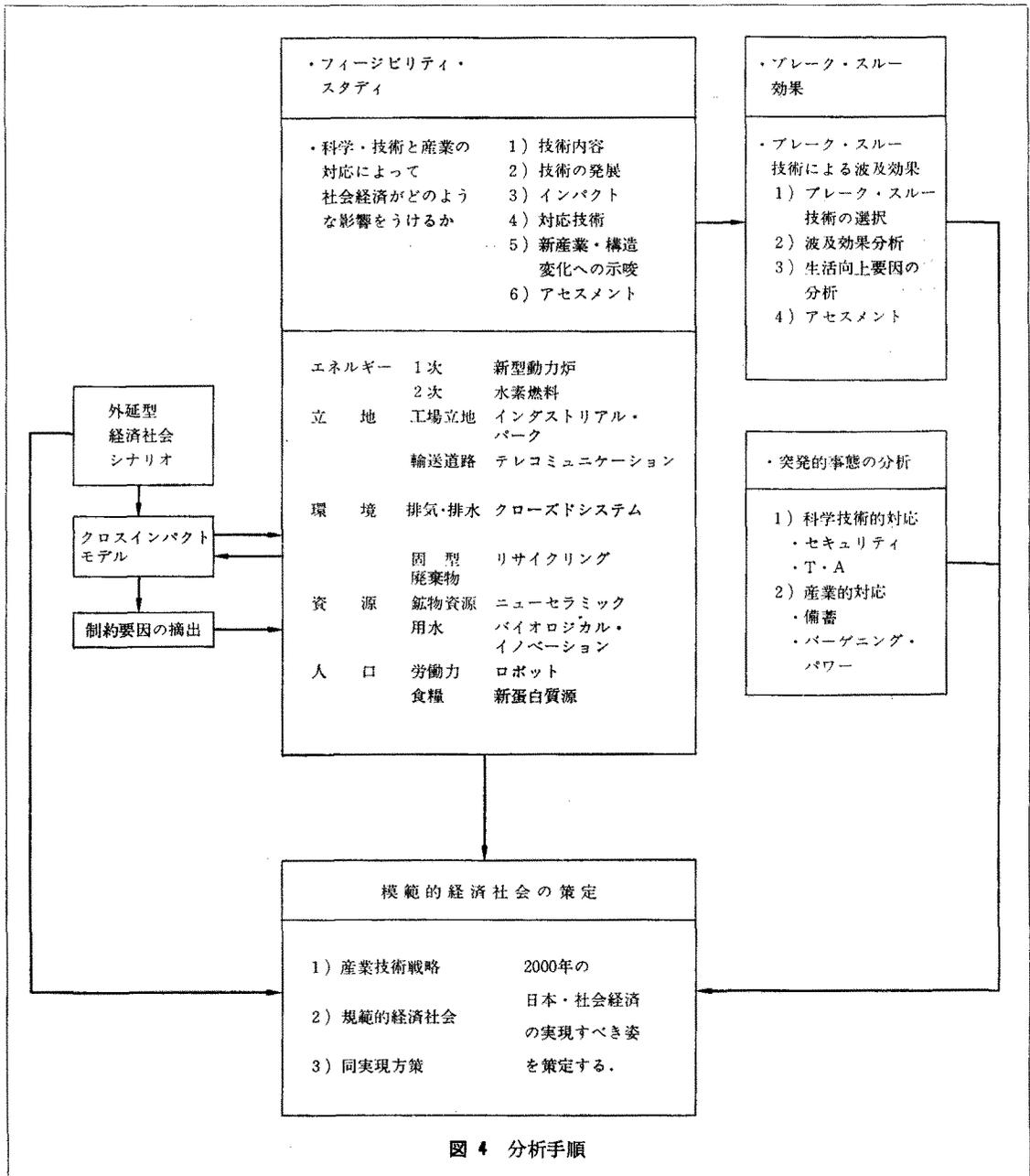


図 4 分析手順

な分野

- ホ) 新産業や新構造に帰納する分野
- ヘ) 制約要因に対して量的解決のつく分野
- ト) すでに市場化、企業化の緒につく分野を除く

以上の条件を満足する技術・産業分野を検討す

るとつぎの通りである。

- i) 1次エネルギー 新型動力炉
- 2次エネルギー 水素
- ii) 工場立地 インダストリアル・パーク
- 輸送道路 テレコミュニケーション
- iii) 排気・排水 クローズド・システム

| | |
|----------|---------------------|
| 固型廃棄物 | リサイクリング |
| iv) 鉱物資源 | ニューセラミック |
| 用 水 | バイオロジカル・イノ ベーション |
| v) 労働力 | ロボット |
| 食 糧 | 新蛋白資源 |

さらに、i)~t)の条件をグループによる得票方式で緊急性、重要度、優先度を判断し、個別の対応策のケース・スタディとしてi)~v)までつぎの5つを選定した。

- i) 新型動力炉
- ii) テレコミュニケーション
- iii) リサイクリング
- iv) ニューセラミック
- v) 新蛋白資源

これらの対応策により、個々の制約要因がどの程度質・量的に解決されるかを検討した結果、これをクロス・インパクト・モデルによって再チェックし、科学技術の実現が社会・経済の発展にどのような影響を与えるか適合案を作成した。

この際、対応策は、

- i) 技術の内容
- ii) 技術の発展
- iii) 技術の社会・経済的インパクト
- iv) 技術対応の量的効果
- v) 新産業・産業構造変化への示唆
- vi) アセスメント

を盛り込んだ。

4. 経済社会シナリオ

分析の基礎となった経済社会シナリオはつぎのものである。

まず、目標経済成長率は1975~85年6.25%、1985~2000年4%を標準ケースとして設定した。このように経済成長率を漸減させているため、GNP、および生産額の動きは直線的に上昇している。

1985年までは、最終需要の変化に伴い2次産業

の生産ウエイトが若干拡大しているが、1985年で60.7%で、産構審見通し(63.4%)を下回る。1次産業の生産ウエイトは、若干下回るが、1985年で4.3%で産構審見通し(2.4%)を上回ることになるが、食用農産物総合自給率を1970年水準に維持するシナリオと一致すると思われる。3次産業の生産ウエイトは、若干の増加があり、若干の減少ととなっている産構審見通しと異なっている。

就業人口は、3次産業の拡大と、2次産業の漸増を予想している。1次産業の減少傾向は鈍化するが、自給率維持のシナリオからすると、就業人口の水準は低すぎると思われる。全体の就業人口は、1985年以降労働人口供給制約ぎりぎりの水準で推移している。今後、労働人口の高令化が急速に進むため、労働生産性の上昇が、産構審で想定している水準を大きく上回ることはむづかしいと

表1 標準ケース(制約なし)需給想定

| | 1985年 | 2000年 | 備 考 |
|----------------------------|---------|---------|-----------------------|
| A 就 業 人 口 | 5,458.2 | 6,031.1 | 万人 |
| B 労 働 人 口 制 約 | 5,481.0 | 6,059.0 | " |
| B/A | 100.4 | 100.5 | % |
| C 工 業 用 地 需 要 | 2,241.1 | 3,114.8 | km ² |
| D 工 業 適 地 | 2,671.0 | 2,671.0 | " |
| C/D | 119.2 | 85.8 | % |
| E 貨 物 輸 送 需 要 | 89.4 | 198.4 | 百億トン |
| F 貨 物 輸 送 制 約 | 76.5 | 128.0 | キロ |
| F/E | 85.6 | 64.5 | % |
| G 1次エネルギー需要 | 692.4 | 1,169.0 | 10 ¹⁸ kcal |
| H " 供給制約 | 704.5 | 882.9 | " |
| H/G | 101.7 | 75.5 | % |
| I 産業廃棄物発生量 | 910.8 | 1,513.7 | 百万トン |
| J " 規 制 | 855.0 | 935.0 | " |
| J/I | 93.9 | 61.8 | % |
| K 穀 物 類 需 要 | 4,168.5 | 4,854.9 | 万トン |
| L 生 産 | 1,408.0 | 1,570.0 | " |
| L/K(自給率) | 33.8 | 32.3 | % |
| M 肉 類 需 要 | 2,158.4 | 3,588.6 | 万トン |
| N " 生 産 | 2,153.6 | 2,177.0 | " |
| N/M(自給率) | 78.0 | 60.7 | % |
| O 鉱 物 資 源 輸 入 | 3,555 | 9,533 | 兆円 |
| P " 輸 入 制 約 | 3,693 | 6,648 | " |
| P/O | 103.9 | 69.7 | % |
| R エネルギー、食糧、 鉱 物 資 源 輸 入 | 7,701 | 16,486 | 兆円 |
| S " 輸 入 制 約 | 9,163 | 16,494 | " |
| S/R | 118.9 | 100.0 | % |

考えれば、労働力需給の面からは、標準ケースの目標経済成長率の維持が精一杯ということになる。

工業用地は、地方分散が進んでも、1990年を越えた段階で、現在考えられる工場適地の水準を越える需要となり、全国的な用地不足の状況となる。

貨物輸送は、工業再配置に伴う需要増大が、現時点から供給制約条件を上回り、需給ギャップは拡大していく見通しになっている。この需給ギャップが縮小されなければ、工業の地方分散は進まず、立地制約から生産活動が低下することになる。

エネルギー需給は、1985年頃まではバランスをもって推移する見通しだったが、それ以降は需給ギャップが拡大し、2000年には24.5%の供給不足となっている。長期エネルギービジョン研究会の標準ケース23.6%の需給ギャップとはほぼ一致している。エネルギー輸入額は原子力、および国産エネルギーの供給増加を見込んでいるため、日本の輸入額に占めるシェアを一定（1970年のシェア17.7%）としたときの輸入額制約を上回ることはない。

食糧の需要は、1985年に、農政審とほぼ同じ水準まで上昇した後も、個人消費の増加に伴って上昇する見通しになっている。それに対し、食糧生産の増加には制約が設けられているため、食糧自給率は次第に低下することになる。とくに動物蛋白質の自給率低下はいちじるしく、現在の93%程度から、2000年には60%程度にまで下ることになる。食糧輸入は、国内生産の増加を見込んでいるため、日本の輸入額に占めるシェアを一定（1970年のシェア7.3%）とした輸入額制約の範囲にとどまっている。

鉱物資源輸入は、鉄鉱石、鉄鋼製品の輸入増加が見込まれている。とくに鉄鋼の海外立地の方向を反映して、鉄鋼製品すなわち粗鋼ベースの輸入の急増を見込んでいる。粗鋼換算（鉄鉱石1トン＝粗鋼0.9トン、鉄鋼製品1トン＝粗鋼1トン）で見ると、それでも、1975年の粗鋼130万トン／GNP1兆円から、2000年では粗鋼123万トン／

GNP1兆円へと下っている。しかし、鉱物資源の輸入金額は、1987年頃より、日本の輸入額に占めるシェアを一定（1970年のシェア18.5%）とした輸入額制約を上回ることになる。

鉱物資源、エネルギー、食糧の輸入合計で見ると、日本の輸入額に占めるシェアを一定（1970年のシェア43.5%）とした輸入額制約を下回っていたのが、鉱物資源の輸入増のため2000年には抵触することになり、生産活動の低下につながると思われる。

つぎに、制約条件（供給制約シナリオ）に抵触した場合は、設備投資の減少、または輸入増にフィード・バックするものとして、シミュレーションを行なってみることにする。

標準ケースの目標経済成長率を与えて、シミュレーションを行なった結果は表2の通りである。制約条件に触れ、設備投資の減少、または輸入増を招き、経済成長は1975～85年5.0%、1985～2000年1.1%に落ちこんでいる。

最初に供給制約となっているのは、貨物輸送であるが、1990年前後から、産業廃棄物の規制がより大きな制約となっている。経済成長率の低下のため、その他の条件は制約とならず、制約をはずした場合のシミュレーション結果と反対に、1985年以降は労働力需給の緩和が目だつようになる。2000年には400万人を越える失業が出ることになる。エネルギー需給も緩和しており、2000年のエネルギー需要は、1985年頃のエネルギー供給制約の水準でしかない。

5. クロス・インパクト・モデル

クロス・インパクト・モデルは2000年までの日本経済の外的制約の把握と解決策の検討を定量的に行なうために開発されたものである。モデルの目的はつぎの2項目とした。

- ①日本経済の制約条件の発見と技術開発へのニーズの算出
- ②技術開発の経済社会へのインパクト分析

表 2 需給ギャップ予測のシミュレーション結果

| 項 目 | 単 位 | 実績値 | | 推 定 値 | | | | | | | | | |
|------------|-----------------------|--------|--------|----------|-------|----------|--------|---------|----------|-------|----------|--------|---------|
| | | 1970 | 1975 | 1985 (A) | 85/75 | 1985 (B) | A-B | A/B (%) | 2000 (A) | 00/85 | 2000 (B) | A-B | A/B (%) |
| 国民総生産 | 兆円 | 72.1 | 93.1 | 151.1 | 5.0 | 170.6 | -19.6 | -11.5 | 177.9 | 1.1 | 307.1 | -129.2 | -42.1 |
| 租資本ストック | 兆 | 90.0 | 129.2 | 242.3 | 6.5 | 276.6 | -33.8 | -12.2 | 288.6 | 1.2 | 520.5 | -231.9 | -44.6 |
| 1次産業生産額 | 兆 | 7.1 | 3.9 | 14.5 | 5.0 | 16.3 | -1.9 | -11.5 | 17.0 | 1.1 | 29.4 | -12.4 | -42.1 |
| 2次産業生産額 | 兆 | 98.5 | 123.3 | 203.8 | 5.2 | 230.2 | -26.4 | -11.5 | 240.1 | 1.1 | 414.4 | -174.3 | -42.1 |
| 3次産業生産額 | 兆 | 55.5 | 73.7 | 117.7 | 4.8 | 133.0 | -15.2 | -11.5 | 138.7 | 1.1 | 239.3 | -100.7 | -42.1 |
| 生産額計 | 兆 | 161.1 | 205.8 | 336.0 | 5.0 | 379.5 | -43.5 | -11.5 | 395.7 | 1.1 | 683.1 | -237.4 | -42.1 |
| 1次産業就業者 | 万人 | 886.0 | 564.0 | 452.5 | -2.2 | 440.3 | 12.2 | 2.8 | 444.7 | -0.1 | 401.6 | 43.1 | 10.7 |
| 2次産業就業者 | 兆 | 1791.0 | 1921.2 | 2043.1 | 0.6 | 2032.9 | 10.2 | 0.5 | 2088.3 | 0.1 | 2207.8 | -119.5 | -5.4 |
| 3次産業就業者 | 兆 | 2409.0 | 2644.4 | 2957.3 | 1.1 | 2985.0 | -27.7 | -0.9 | 3116.9 | 0.4 | 3421.7 | -304.8 | -8.8 |
| 就業者計 | 兆 | 5086.0 | 5129.5 | 5453.0 | 0.6 | 5458.2 | -5.2 | -0.1 | 5649.9 | 0.2 | 6031.1 | -381.2 | -6.3 |
| 工業用地需要 | km ² | 1305.5 | 1586.4 | 2093.0 | 2.8 | 2241.1 | -148.1 | -6.6 | 2290.4 | 0.6 | 3114.3 | -824.5 | -26.5 |
| 貨物輸送需要 | 百億トン | 33.8 | 38.7 | 76.3 | 7.1 | 89.4 | -12.5 | -14.0 | 94.9 | 1.4 | 198.4 | -103.5 | -52.2 |
| 産業用エネルギー需要 | 10 ¹³ kcal | 193.1 | 240.6 | 352.4 | 3.9 | 398.3 | -35.9 | -9.3 | 402.1 | 0.9 | 633.2 | -236.1 | -37.0 |
| 民生用エネルギー需要 | 兆 | 48.5 | 71.1 | 117.4 | 5.1 | 133.9 | -16.5 | -12.3 | 140.8 | 1.2 | 263.3 | -122.6 | -46.5 |
| 輸送用エネルギー需要 | 兆 | 41.3 | 46.9 | 80.3 | 5.6 | 90.6 | -9.8 | -10.8 | 93.0 | 0.9 | 133.0 | -40.0 | -30.1 |
| 1次エネルギー需要 | 兆 | 319.7 | 405.2 | 622.1 | 4.4 | 692.4 | -70.3 | -10.2 | 718.5 | 1.0 | 1169.0 | -450.5 | -38.5 |
| 産業廃棄物発生量 | 百万トン | 416.5 | 534.8 | 818.4 | 4.3 | 910.8 | -92.3 | -10.1 | 945.2 | 1.0 | 1513.7 | -568.4 | -37.6 |
| 穀物類需要 | 百万トン | 3202.0 | 3521.0 | 3993.8 | 1.3 | 4168.5 | -174.7 | -4.2 | 4207.7 | 0.3 | 4854.9 | -647.2 | -13.3 |
| 肉類需要 | 兆 | 1722.0 | 2051.2 | 2573.0 | 2.3 | 2758.5 | -185.5 | -6.7 | 2805.2 | 0.6 | 3588.6 | -783.4 | -21.8 |
| 非鉄金属輸入 | 百万トン | 15.9 | 20.5 | 29.0 | 3.5 | 31.9 | -2.9 | -9.1 | 33.0 | 0.9 | 49.4 | -16.4 | -33.2 |
| 非鉄製品輸入 | 兆 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 6.7 | 2.2 | -0.4 | -16.3 | 2.3 | 1.6 | 5.3 | -2.9 | -55.8 |
| 鉄鉱石輸入 | 兆 | 102.1 | 130.8 | 191.6 | 3.9 | 202.1 | -10.5 | -5.2 | 205.8 | 0.5 | 263.3 | -57.5 | -21.8 |
| 鉄鋼製品輸入 | 兆 | 3.2 | 3.3 | 17.5 | 18.3 | 24.1 | -6.6 | -27.4 | 26.6 | 2.9 | 141.0 | -114.4 | -81.1 |

A: 制約ある場合 B: 制約をはずした場合

このような目的から、将来の社会構造、国際関係等にもとづいて設定した2000年までの望ましい日本経済情勢をシナリオから外生的に入力し、この状態が現在想定されている各種の供給制約下で達成可能か否かを検討する。

モデルの概略構造は図5に示す通りである。モデルの主要な外生変数は、日本経済シナリオからの目標経済成長率、最終需要パターン、各制約条件のシナリオから、制約条件および技術開発による効果、その時期である。

モデルでは、与えられた目標経済成長率、最終需要パターンから求めた産業別国内生産額にもとづいて、制約として採り上げた資源の需要を算出する。この需要量とシナリオで与えた供給量を比

較し、要因が経済成長制約として顕在化する時期と、それ以降の需給ギャップ（供給不足量）の大きさを求める。また、供給制約を絶対的なものと考え、供給制約内で日本経済を成長させた場合の成長径路をあわせて算出している。

シミュレーションは、表3に示すように各要因についてトレンド型供給シナリオによる供給量を用いた場合、技術開発前提の供給シナリオによる

表 3 シミュレーションのケース

| シナリオ | シミュレーションの結果 | |
|----------------|-------------|--------------|
| | 需給ギャップ算出 | 制約下の経済成長径路算出 |
| トレンド型 (技術開発なし) | ケース 1 | ケース 2 |
| 技術開発型 (技術開発あり) | ケース 3 | ケース 4 |

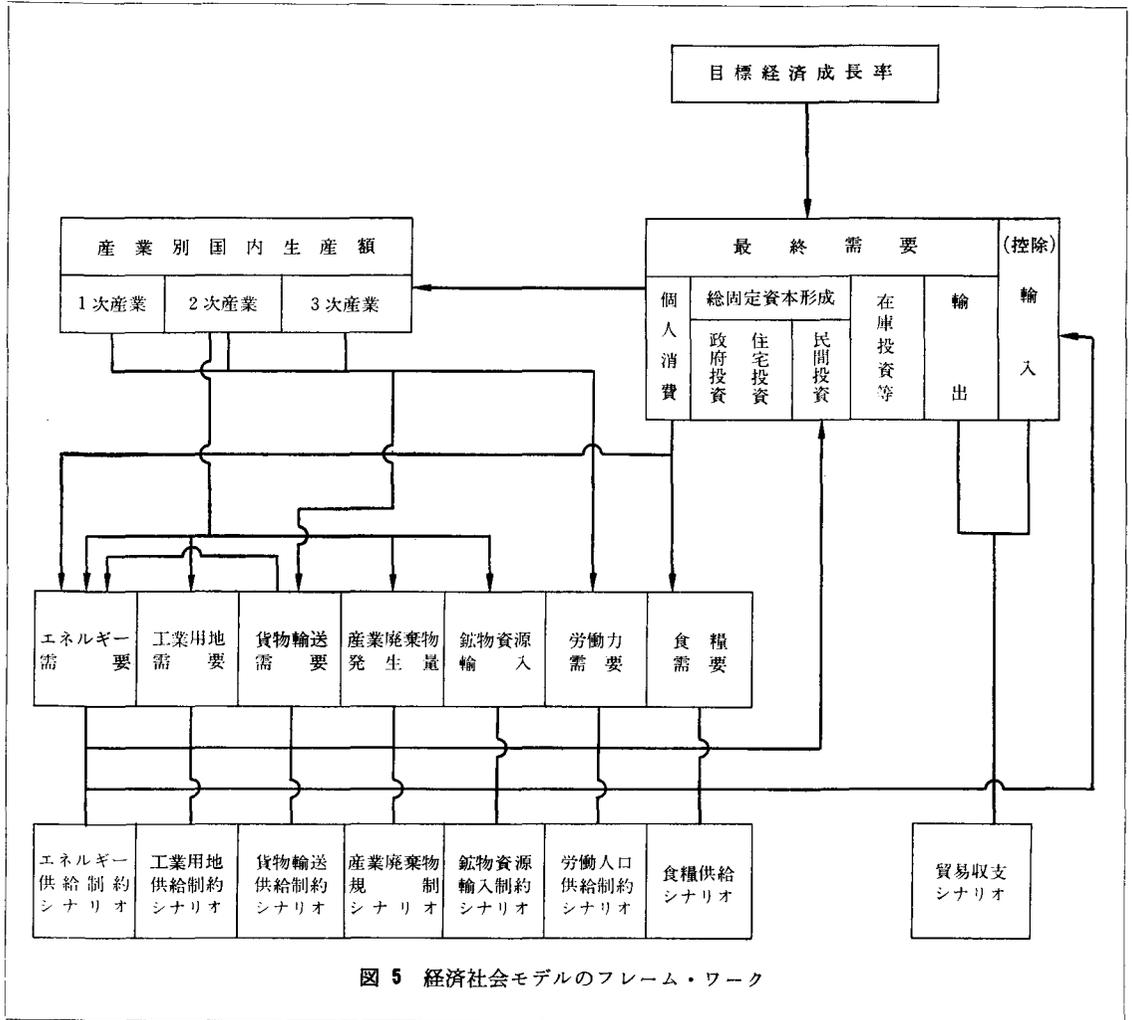


図5 経済社会モデルのフレーム・ワーク

供給量を用いた場合、シミュレーション結果の面から需給ギャップ算出、制約下の経済成長径路算出のケースの組合せとなり、各制約要因ごとに4回のシミュレーションを行なった。

6. 技術的・産業的対応のシミュレーション

技術開発テーマとして“テレコミュニケーション”を採り上げて分析結果を示す。

テレコミュニケーションのインパクト

日本の経済発展を検討する際の制約要因の1つに立地および輸送問題がある。日本のような高密度社会にあっては工業用地の確保は大きな問題である。同様に困難な問題として輸送ネットワーク

のための用地取得がある。これは前者が工業用地周辺の問題に限られるのに対し、後者は線的立地とも言うべき連続した帯状の用地が必要となり、影響も広範囲に及ぶという難しさがある。しかも、シミュレーション結果によれば輸送問題はきわめて緊急度の高い制約とされている。

そこで、輸送問題における技術的対応を中心に検討を進める。現在の輸送問題を分析するとつぎのような具体的問題がある。

- (1) 輸送手段のスケールメリットの限界
- (2) 労働力不足
- (3) 輸送空間取得困難
- (4) エネルギー価格上昇

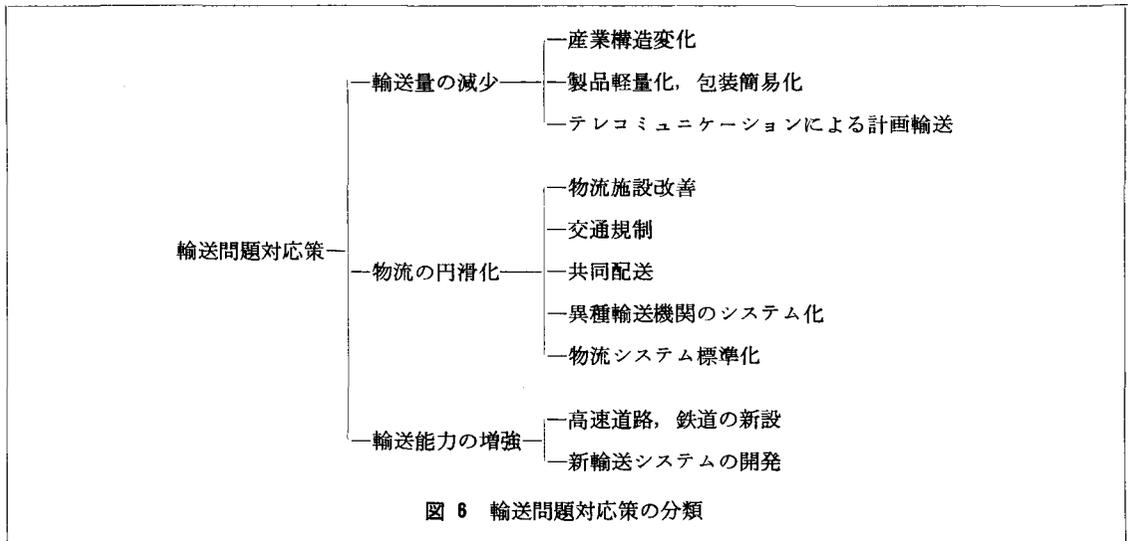


図 6 輸送問題対応策の分類

このような問題に対し、図6に示す対応策が考えられる。

この対応策の中から技術的対応，対応策の汎用性の基準により選択し，テレコミュニケーションによる計画輸送についてその効果および影響について検討する。

テレコミュニケーションによる計画輸送とは，全国各地のコンピュータを通信回線で結んだコンピュータ・ネットワークを形成し流通に関する情報を一括処理することにより輸送量を減少させるとともに流通効率を高めようとするものである。

その効果は最適輸送計画により交錯，重複，並行輸送などを廃止した場合と現状を比較することにより推定される。表4に示す結果は，運輸省の全国幹線貨物純流動調査に示された現状の物流について最適輸送を行なった場合の効果である。効果推定は流動量が多いもの，効果推定の妥当性の高いものについて行なっている。

これより輸送問題におけるテレコミュニケーションの効果は平均20%前後と結論できるが，この推定には工場から最終需要地への直流通経路の合理化は考えていないため，現実の効果はより大きなものとなる。

デルファイ法の結果により実現時期を設定し，

モデルによりテレコミュニケーションのインパクトのシミュレートをする。図8の結果が得られる。モデルによる予測は，テレコミュニケーションが導入される前は貨物輸送は制約条件にかかり経済成長のネックとなっているが，1990年の導入を機に貨物輸送需要が抑えられるため，貨物輸送は経済成長の障害とはなっていないことを示している。

この図から日本経済における“テレコミュニケーション”技術開発の重要性が評価できる。

同様に技術開発シナリオにもとづき，産業廃棄物，鉱石輸入の削減，エネルギー供給，食糧生産の増強のケースを検討している。これらの技術開発シナリオなしのケースと，技術開発シナリオ導入後との比較を行なうと1985年については，技術開発を行なうことによりGNPは2.3%改善されている。貨物輸送は5.2%の低下，輸送用エネルギーが4.3%低下するためエネルギー全体は1.1%上昇にとどまっている。産業廃棄物，鉄鉱石，非鉄金属鉱は，それぞれ7.8%，5.5%，6.7%の低下となっている。

2000年については，GNPは，35.3%改善されている。貨物輸送は18.2%の上昇があり，輸送用エネルギー7.2%の上昇も含めてエネルギー需要

表 4 輸送最適化による費用削減率

昭和45年10月21日～23日 3日間

| 品目 | 流動量 (現状) | | 輸送費用 (現状) | | 削減可能費 (百万円) | 削減率 (%) |
|-----------|------------|---------|-----------|---------|-------------|---------|
| | (トン数) | 構成比 (%) | (百万円) | 構成比 (%) | | |
| 穀物 | 154,355 | 1.26 | 422 | | 127 | 30.1 |
| 野菜・果物 | 50,046 | 0.41 | | | | |
| 畜産品 | 51,973 | 0.42 | | | | |
| 水産品 | 121,202 | 0.99 | 271 | | 63 | 23.2 |
| その他の農産品 | 19,270 | 0.16 | | | | |
| 木材 | 410,113 | 3.34 | 584 | | 61 | 10.4 |
| 薪炭 | 13,852 | 0.11 | | | | |
| 石炭 | 430,321 | 3.51 | 554 | | 46 | 8.3 |
| 金属 | 271,662 | 2.21 | 372 | | 24 | 6.4 |
| 非金属鉱物(建) | 794,389 | 6.47 | 1,428 | | 528 | 37.0 |
| 非金属鉱物(工) | 875,033 | 7.13 | 1,714 | | 628 | 36.6 |
| 金属製品 | 1,529,165 | 12.46 | 2,361 | | 495 | 21.0 |
| 金属製機械 | 560,378 | 4.57 | 933 | | 211 | 22.6 |
| 機械 | 679,908 | 5.54 | | | | |
| 窯業製品 | 2,004,544 | 16.34 | 3,594 | | 589 | 16.4 |
| 石油製品 | 1,055,352 | 8.60 | 2,385 | | 618 | 25.9 |
| 石炭製品 | 81,561 | 0.66 | | | | |
| 化学製品 | 393,838 | 3.21 | 910 | | 270 | 29.7 |
| 化学肥料 | 144,855 | 1.18 | 316 | | 82 | 25.9 |
| その他の化学工業品 | 359,449 | 2.93 | | | | |
| 紙・パルプ | 346,255 | 2.82 | 1,075 | | 329 | 30.6 |
| 繊維工業品 | 351,855 | 2.87 | 900 | | 307 | 34.1 |
| 食料工業品 | 750,350 | 6.12 | 1,613 | | 541 | 33.5 |
| 日用品 | 187,206 | 1.53 | | | | |
| その他の製造工業品 | 217,111 | 1.77 | | | | |
| くずもの | 88,607 | 0.72 | | | | |
| 動植物性飼肥料 | 188,764 | 1.54 | | | | |
| 廃棄物 | 29,995 | 0.24 | | | | |
| 輸送用容器 | 64,421 | 0.53 | | | | |
| 取合せ品 | 898 | 0.01 | | | | |
| その他分類不能 | 43,803 | 0.36 | | | | |
| 合計 | 22,270,561 | 100.00 | | | | |

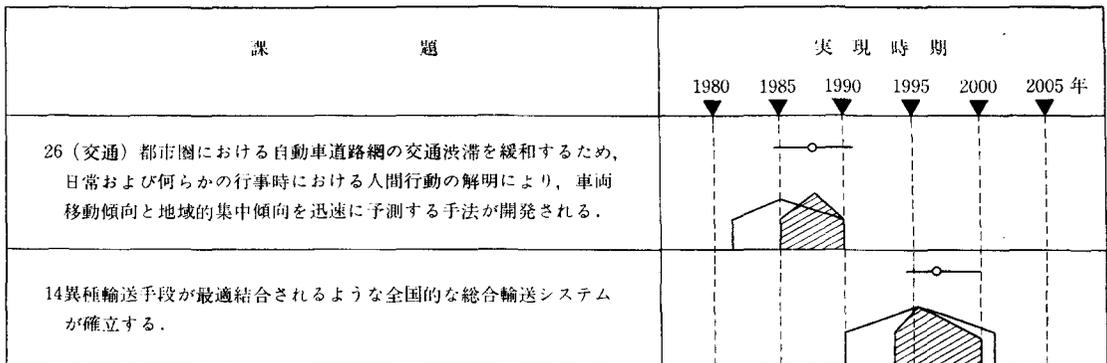
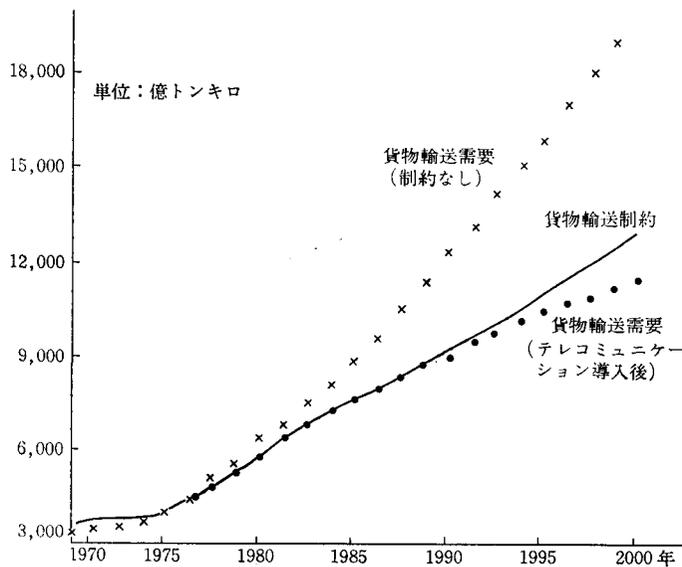


図 7 輸送分野の技術開発課題 (資料: 科技厅「技術予測報告書」1977年1月)



前提

- (1) 貨物輸送制約：1985年7,650億トンキロ，2000年12,800億トンキロ
GNP 想定1975～85年6.2%，1985～2000年3.9%
- (2) 貨物輸送需要：シミュレーション No.1 (標準ケース)
(制約なし) GNP 想定1975～85年6.25%，1985～2000年4%
- (3) 貨物輸送需要：シミュレーション No.5 (技術的対応後)
(テレコミュニケーション GNP水準 1975～85年5.2%，1985～2000年3%
ーション導入)

図8 テレコミュニケーション導入効果

は全体で25.0%上昇する。

産業廃棄物は0.3%の低下，鉄鉱石輸入は4.7%の低下となるが，鉄鋼製品輸入は151.2%の増加となっている。非鉄金属鉱輸入は3.0%の上昇に対し同製品輸入は56.9%の増加となる。

シミュレーション No.5におけるエネルギー弾性値は，1975～85で0.87，1985～2000年では0.8%となり，シミュレーション No.2のエネルギー弾性値，1975～85年0.88，1985～2000年0.87に対し若干低下することになる。

貨物輸送は，1990年頃まで制約条件と抵触しているが，テレコミュニケーションの導入で制約がはずれている。産業廃棄物は，再資源化と鉱石輸

入の削減によって減少させても，1995年頃から再び制約となっている。エネルギー需要は，供給を増強することによって増加しているが，産業廃棄物が制約となることによって横ばいとなっている。鉱石輸入削減，エネルギー供給，食糧生産増強によって下がっている。

7. おわりに

本稿は総合研究開発機構の委託により三菱総合研究所が昭和51～52年に実施した「科学技術の進歩とその社会・経済との関連」研究プロジェクトのうち，予測に関する部分を要約したものである。総合研究開発機構およびプロジェクト総括責

表 5 技術開発のインパクト

| 項 目 | 単 位 | 推 定 値 | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------------------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|-------|------------|-------------|-------|-------------|-------|------------|
| | | 実績値 1970 | 1975 | 1985 (A) | 85/75 | 1985 (B) | A-B | A/B (%) | 2000 (A) | 00/85 | 2000 (B) | A-B | A/B (%) |
| 国民総生産 | 兆円 | 72.1 | 93.1 | 154.6 | 5.2 | 151.1 | 3.5 | 2.3 | 240.7 | 3.0 | 177.9 | 62.8 | 35.3 |
| 粗資本ストック | 〳 | 90.9 | 129.2 | 249.1 | 6.8 | 242.3 | 6.3 | 2.6 | 402.3 | 3.2 | 288.6 | 113.7 | 39.4 |
| 1次産業生産額 | 〳 | 7.1 | 8.9 | 14.8 | 5.3 | 14.5 | 0.3 | 2.3 | 23.0 | 3.0 | 17.0 | 6.0 | 35.3 |
| 2次産業生産額 | 〳 | 98.5 | 123.3 | 208.6 | 5.4 | 203.8 | 4.8 | 2.3 | 324.8 | 3.0 | 240.1 | 84.7 | 35.3 |
| 3次産業生産額 | 〳 | 55.5 | 73.7 | 120.5 | 5.0 | 117.7 | 2.8 | 2.3 | 187.6 | 3.0 | 138.7 | 48.9 | 35.3 |
| 生産額計 | 〳 | 161.1 | 205.8 | 343.9 | 5.3 | 336.0 | 7.9 | 2.3 | 535.4 | 3.0 | 395.7 | 139.6 | 35.3 |
| 1次産業就業者 | 万人 | 886.0 | 564.0 | 449.5 | -2.2 | 452.5 | -3.0 | -0.7 | 430.1 | -0.3 | 444.7 | -14.6 | -3.3 |
| 2次産業就業者 | 〳 | 1791.0 | 1921.2 | 2041.6 | 0.6 | 2043.1 | -1.5 | -0.1 | 2200.3 | 0.5 | 2088.3 | 112.0 | 5.4 |
| 3次産業就業者 | 〳 | 2409.0 | 2644.4 | 2965.2 | 1.2 | 2957.3 | 7.9 | 0.3 | 3352.4 | 0.8 | 3116.9 | 235.5 | 7.6 |
| 就業者計 | 〳 | 5086.0 | 5129.5 | 5456.3 | 0.6 | 5453.0 | 3.4 | 0.1 | 5982.8 | 0.6 | 5649.9 | 332.9 | 5.9 |
| 工業用地需要 | km ² | 1305.5 | 1586.4 | 2121.7 | 3.0 | 2093.0 | 28.7 | 1.4 | 2713.9 | 1.7 | 2290.4 | 423.5 | 18.5 |
| 貨物輸送需要 | 百億トン キロ | 33.9 | 38.8 | 72.8 | 6.5 | 76.3 | -4.0 | -5.2 | 112.2 | 2.9 | 94.9 | 17.3 | 18.2 |
| 産業用エネルギー需要 | 10 ¹⁰ kcal | 193.5 | 240.3 | 359.1 | 4.1 | 352.4 | 6.7 | 1.9 | 496.8 | 2.2 | 402.1 | 94.7 | 23.5 |
| 民生用エネルギー需要 | 〳 | 48.5 | 71.1 | 120.4 | 5.4 | 117.4 | 3.0 | 2.5 | 198.3 | 3.4 | 140.8 | 57.6 | 40.9 |
| 輸送用エネルギー需要 | 〳 | 41.5 | 46.9 | 77.3 | 5.1 | 80.8 | -3.5 | -4.3 | 99.6 | 1.7 | 93.0 | 6.7 | 7.2 |
| 1次エネルギー需要 | 〳 | 320.3 | 404.9 | 629.1 | 4.5 | 622.1 | 7.0 | 1.1 | 898.0 | 2.4 | 718.5 | 179.5 | 25.0 |
| 産業廃棄物発生量 | 百万トン | 417.3 | 536.2 | 754.8 | 3.5 | 818.4 | -63.6 | -7.8 | 942.6 | 1.5 | 945.2 | -2.6 | -0.3 |
| 穀物類需要 | 万トン | 3202.0 | 3521.0 | 4023.7 | 1.3 | 3993.8 | 29.9 | 0.7 | 4558.5 | 0.3 | 4207.7 | 350.8 | 8.3 |
| 肉類需要 | 〳 | 1722.0 | 2051.2 | 2606.7 | 2.4 | 2573.0 | 33.7 | 1.3 | 3208.5 | 1.4 | 2805.2 | 403.3 | 14.4 |
| 非鉄金属輸入 | 百万トン | 15.9 | 20.5 | 27.4 | 3.0 | 29.0 | -1.6 | -5.5 | 34.0 | 1.4 | 33.0 | 1.0 | 3.0 |
| 非鉄製品輸入 | 〳 | 0.7 | 1.0 | 1.9 | 7.1 | 1.8 | 0.1 | 3.6 | 3.7 | 4.4 | 2.3 | 1.3 | 56.9 |
| 鉄鉱石輸入 | 〳 | 102.1 | 130.8 | 178.7 | 3.2 | 191.6 | -12.9 | -6.7 | 196.2 | 0.6 | 205.8 | -9.6 | -4.7 |
| 鉄鋼製品輸入 | 〳 | 3.2 | 3.3 | 18.7 | 19.1 | 17.5 | 1.2 | 6.9 | 66.9 | 8.9 | 26.6 | 40.3 | 151.2 |

A: 技術開発を行なう場合 B: 技術開発を行なわない場合

任者牧野昇三菱総研副社長をはじめとする協同研究メンバーに感謝致します。

参 考 文 献

[1] Gerardin, L. "Study of Alternative Futures:

A Scenario Writing Method"

[2] Bloom, M. F. "Deterministic Trend Cross-Impact Forecasting"

ショート・ノート

忙しいときに少数のデータを取って母集団の平均と標準偏差を推定(点推定)したいときは以下のようにするとよい。

手順1 データをランダムに4つとる。たとえば、
0.326, 0.113, 0.263, 0.174

手順2 平均(またはメジアン)を出して母平均の推定値とする。

$$0.326 + 0.113 + 0.263 + 0.174 = 0.876$$

$$0.876 \div 4 = 0.219$$

この場合母平均の推定値は0.219である。またはメジアンの場合は(0.263+0.174)÷2=0.219である。

手順3 データの範囲(最大値から最小値を引く)を求め、それを2でわる。この場合、
(0.326-0.113)÷2=0.107

である。母集団の標準偏差の推定は0.107となる。

(注) 以上の計算は母集団が正規分布またはそれに近いときに使える。(K)