

参考資料 A : 検討の体制

平成 18 年 6 月に、総合環境政策局長の委嘱により、有識者により構成される超長期ビジョン検討会及び超長期ビジョン検討アドバイザー・グループを設置し、検討を行ってきた。

■ 超長期ビジョン検討会検討員

安井 至	国際連合大学副学長【座長】
西岡 秀三	国立環境研究所参与【主査】
明日香 壽川	東北大学東北アジア研究センター教授
太田 宏	早稲田大学国際教養学術院教授
沖 大幹	東京大学生産技術研究所教授
川島 博之	東京大学大学院農学生命科学研究科准教授
柴田 康行	国立環境研究所化学環境研究領域領域長
花木 啓祐	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授
原沢 英夫	国立環境研究所社会環境システム研究領域領域長
広井 良典	千葉大学法経学部教授
細田 衛士	慶応義塾大学経済学部教授
森口 祐一	国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター長
山本 博一	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
湯原 哲夫	東京大学サステナビリティ学連携研究機構特任研究員
湯本 貴和	人間文化研究機構総合地球環境学研究所研究部教授
若林 敬子	東京農工大学大学院農学府国際環境農学専攻教授

■ 超長期ビジョン検討アドバイザー・グループ構成員

浅野 直人	福岡大学法学部教授
天野 明弘	兵庫県立大学副学長
鈴木 基之	放送大学教授、国際連合大学特別学術顧問
武内 和彦	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
安井 至	国際連合大学副学長
山本 良一	東京大学生産技術研究所教授

■ 特別協力

松田 裕之	横浜国立大学環境情報研究院教授
-------	-----------------

■ 協力

(分析・検討協力)

岡川 梓 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 環境経済・政策研究室 JSPS フェロー
金森 有子 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 統合評価研究室 研究員
橋本 征二 国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 循環型社会システム研究室 主任研究員
肱岡 靖明 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 統合評価研究室 主任研究員
増井 利彦 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 統合評価研究室 室長

(検討協力)

久保田 泉 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 環境経済・政策研究室 研究員
花崎 直太 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 統合評価研究室 研究員
藤野 純一 国立環境研究所 地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室 主任研究員
松橋 啓介 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 交通・都市環境研究室 主任研究員

■ 事務局

環境省 総合環境政策局
みずほ情報総研(株) 環境・資源エネルギー部

■ 超長期ビジョン検討会及びアドバイザー・グループ会合 会合日程

超長期ビジョン検討会

第1回検討会 平成18年6月29日
第2回検討会 平成18年8月10日
第3回検討会 平成18年9月19日
第4回検討会 平成18年10月6日
第5回検討会 平成18年10月27日
第6回検討会 平成18年12月12日
合宿 平成19年1月19～20日
第7回検討会 平成19年3月6日
第8回検討会 平成19年4月17日
第9回検討会 平成19年5月18日
第10回検討会 平成19年6月28日
第11回検討会 平成19年8月17日
第12回検討会 平成19年10月25日

超長期ビジョン検討アドバイザー・グループ会合

第1回会合 平成18年10月17日
第2回会合 平成19年2月5日
第3回会合 平成19年6月8日

なお、超長期ビジョン検討会の配付資料及び議事録は以下のサイトで入手することが可能である。 http://www.env.go.jp/policy/info/ult_vision/

参考資料 B：検討の手順

(1) 社会経済の趨勢の整理と環境・資源上の持続可能性の危機が懸念される問題の検討

① 社会経済の趨勢・持続可能性の危機が懸念される問題の整理

検討員の知見、専門家インタビュー、統計データ、各種将来見通しなどを収集・整理し、社会経済及び環境・資源上の持続可能性の今後の趨勢について整理を行った。

② 社会経済と環境・資源上の持続可能性との関係の整理

社会経済と環境・資源上の持続可能性との関係性を把握するため、まず、超長期ビジョン検討会の検討員が各自専門とする分野を対象として社会経済の各要素が直接・間接的に環境に与える影響、環境間の相互作用、環境から社会経済へのフィードバックなどの関係について、フロー図を作成した。それをベースとして事務局が全体のフロー図を作成した。

(2) 目指すべき環境像の整理

検討会での意見や文献調査などをもとに、低炭素社会、循環型社会、自然共生社会、生活環境快適社会という4つの分野それぞれについて、目指すべき環境像の2050年時点での姿を設定した。

(3) 目指すべき環境像実現のための社会の姿とシナリオ、道筋の検討

① 社会像・環境像の検討

(2)を実現している社会の姿としては複数のものが考えられるが、それらのうち1つを取り上げ、定性的・定量的な描写を行った。

まず、超長期ビジョン検討会の検討員により2日間かけ集中的に討議を行い、2050年の社会において重要と思われる要素を抽出した。事務局はそれらに文献調査や専門家ヒアリングによって得られた知見を加え、分野ごとに整理した。

次に、(1)②で整理した、社会経済と環境・資源上の持続可能性との関係の整理を踏まえ、それらの要素を包含する整合の取れた社会像を定性的に記述した。

そして、国立環境研究所において環境モデルの構築及びシミュレーションを行い、超長期ビジョンの定量的分析を実施し、シナリオ全体の整合性の確認を行った。

② 不確実性を考慮した複数のシナリオの検討

将来の不確実性を鑑み、①で取り上げたシナリオ以外に、国際情勢が異なる2つの方向に向かった場合を想定し、複数のシナリオの考え方を整理した。

③ 道筋の検討

目指すべき環境像を実現するための道筋は無数に存在し得る。それらについて、対策費用や世代間、世代内、経済部門間の公平性を含む社会的受容性などの観点を考慮しながら、複数のケースについてシミュレーションを行い、検討を行った。

参考資料 C : バックキャスト

未来を描く手法として、「バックキャスト」と「フォアキャスト」がある。現状を出発点として、将来の目標に縛られることなく未来像を描く方法が、「フォアキャスト」である。一方、「バックキャスト」では、将来のビジョンをあらかじめ定義しておき、現在からその将来像に至る道筋(望ましくない将来像の場合にはそれを避ける道筋)を描く方法である。

環境のシナリオについて、「フォアキャスト」では、現状の社会構造やドライビングフォースを前提として、将来の環境目標は明示せず、環境対策についてもできるところから行うという立場をとる。現在の環境対策もフォアキャスト的な視点で提案されているものが見られるが、この手法では、将来の環境像はシナリオの帰結として描かれるのみであり、描かれた将来の環境像は持続可能性から見て望ましいものになるという保証は必ずしもない(そもそも「望ましい将来像」とは何かについても想定されていない)。

持続可能な社会を構築するためには、どのような社会にしたいのか、どのような環境の中で生活したいのかといった将来の社会及び環境についてのイメージを描き、それを国民あるいは世界全体で共有することが重要である。さらに、描かれた社会・環境像を実現させるために、どのような対策を導入する必要があるか—既存の環境政策で十分か、足りない場合はどのような追加的な取組が有効になるか、どのような施策を組み合わせることで効果が高まるかなど—を議論したり、さらにはより根本の社会・経済活動そのものをどのように変化させていく必要があるかを議論することが求められる。

以上のような視点から、本検討会では、持続可能性という視点をもとにした 2050 年の環境像(ビジョン)を描き、それを実現する社会像を含めた姿を描くことから始め、その実現に向かう道筋について検討するため二酸化炭素排出量の試算を元に検討を行った。

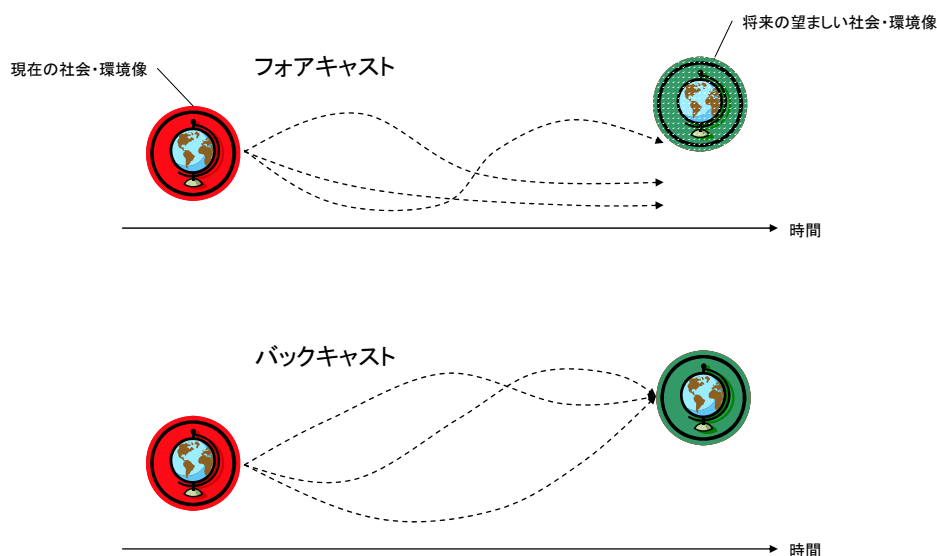


図 C-1 未来を描くシナリオ作成の 2 つの方法

参考資料 D：目指すべき環境像を実現するための社会の要素

検討会及び合宿における検討員の議論から、目指すべき環境像を実現している社会の要素に関するものを抽出し（事務局の追加分も一部含む）、グルーピングしたものを以下に示す。「5. 目指すべき社会像」の作成に資する。

(1) 地球共生マインドに基づく持続可能なライフスタイル

① エコロジカル・ライフスタイルの定着

- ・国民のすべてに地球共生マインド（生物多様性、予防原則、再生可能エネルギー、地域環境、資源循環などを重視する価値観）が共有されている。
- ・省エネ生活は"Cool"で、いいものを長く使うことは"Smart"かつ経済的との考え方が定着している。
- ・自然とのふれあいは人間性を豊かにし、ストレス解消に役立つとの意識が広まっている。
- ・豊かさが、経済成長や GDP だけでなくより広い視点から捉えられている。
- ・コミュニティ活動や環境ボランティアなど人と人とのつながりを通じ、環境保全・環境価値創出が行われている。
- ・商品を購入する際には、製品のライフサイクルでの環境負荷や、製造・販売企業の環境問題に対する取組などを考慮した選択が行われている。また、地産地消、旬産旬消が定着している。商品購入後も、製品使用に伴うエネルギー消費に配慮しながら、長期に渡り大切に使用する。

② ワークライフバランスの確立

- ・人々が望ましい形で「働く」ことができると同時に、賃金労働・生産労働のみに価値が置かれるのではなく、自由な時間や余暇を享受することが可能となっている。
- ・教育や効率的な資本整備によって高い労働生産性が達成されている。
- ・ライフステージに応じた多様な就労環境が整備されている。そのため、年齢や性別に関わらず自分の技能とライフステージに適した場所を選択し、積極的に社会参画している。
- ・高齢者が有する知識・経験がコミュニティ活動や環境ボランティアを通じて社会に継承されている。

(2) エコイノベーションによる環境と経済のシナジー効果の創出

① 持続可能な社会を支える企業市民

- ・従来の市場経済の分業を超えた主体として生産者と消費者が統合され、地域への貢献や新たな環境価値の創造への貢献を行っている。
- ・企業は製造段階、流通段階、使用段階、廃棄・リサイクル段階における環境負荷量を消費者に積極的に公開し、それが最も小さくなるように挑戦を続けている。
- ・グリーン購入や環境金融の定着により環境配慮を行わない企業は自然と淘汰され、持続可能な生産と消費の相互促進によって、循環型かつ環境負荷が低い代謝システムが作られている。

② ものづくりを通じた環境立国

- ・日本企業は製品の付加価値性ととも、低環境負荷企業としても国際的にトップランナーの地位を確保し、強力な国際競争力を有している。消費国で生産される製品についても多額のライセンス料を獲得し、日本経済に大きな貢献を果たしている。

③ 新環境サービス産業の創出

- ・モノから機能提供へのシフトにより、資源消費と環境負荷を低減しつつサービスレベルを向上させる新たな環境サービス業が創出されている。
- ・エコツーリズムなど固有の環境資本を活かした環境サービス業が発展し、エコシステムの保全と経済活動の両立に寄与している。また、我が国から世界への環境情報発信メディアとしても大きな役割を果たしている。
- ・金融産業は環境金融商品の開発により新たな市場を獲得するとともに、その流通を通じ企業や消費者の環境行動の支援に貢献している。

(3) 先端科学・技術による環境技術立国

① 省資源、省エネ、ゼロエミッション技術の開発・普及

- ・新エネ・省エネ技術など、自立型・低炭素型エネルギー供給システム構築に資する技術の開発・普及が促進されている。
- ・3R、インバースマニュファクチャリング、長寿命化など、再生資源の活用や廃棄物の適正処理に資する技術が開発され普及している。
- ・環境負荷除去技術や節水技術などが開発され普及している。
- ・温暖化影響予測技術、温暖化対策分析技術、気象予測技術が進展している。

② IT、ナノテク、バイオ技術の開発・普及

- ・環境負荷の見える化に資する情報通信技術が開発され大量に普及している。
- ・環境汚染物質管理・除去などに資するナノテクノロジーが開発され普及している。
- ・環境負荷が小さく効率的な食料生産に資するバイオ技術が開発され普及している。

(4) 安全・安心・持続可能な暮らしを支える国土・社会インフラ

① エコシステムサービスの持続的活用

- ・生物域の確保、外来種の侵入防止、乱獲の防止などにより種の絶滅が最低限に抑えられ、地域特有の生物相（植物、動物、微生物など）が適切に保全されている。
- ・エコシステムサービスが炭素固定、木材、エネルギー、食料、観光資源、遺伝子資源などのバランスがとれた状態で活用されている。
- ・森林の成長量と動植物の多様性を維持する森林管理システムが形成されている。
- ・森林資源の成長量と収穫量のバランスが保たれ、健全な森林土壌が維持されている。

② 地域活力の維持と環境保全の両立

- ・山林を維持するための里山とそのコミュニティが存在している。
- ・森林を適切に管理する山村社会を維持することのできる雇用と生活基盤がある。
- ・各地域において、地域風土に適合するよう歴史的に形成された文化が継承されている。

③ コンパクトシティを核とする都市の再構築

- ・非効率な郊外地域からの戦略的撤退を含んだ市街地の計画的再編などにより、高齢者の暮らしやすさと環境面での効率向上が両立している。
- ・居住地域、商業地域、工業地域が適正に配置され、職住が近接し、エネルギーや土地が効率的に利用される。
- ・美しい都市景観、ヒートアイランドの抑制、廃墟建物が根絶されている。

④ 環境変化・災害に強い国土の形成

- ・浸水頻度に応じた土地利用のゾーニングにより、洪水被害と治水コストが最小限に抑えられている。
- ・余剰・老朽インフラの発生防止・適正管理が進んでいる。
- ・都市や河川施設設備や管理手法の発展、気候・気象予測の精度向上により、温暖化影響にも余裕を持って対応することが可能となっている。

⑤ 安全・安心な食料の確保

- ・フードセキュリティの観点だけでなく、地域の雇用確保と生物多様性保全という観点か

らもカロリーベースの食料自給率が堅調に増加している。いずれも農林水産技術の進展により、持続可能な方法で生産が行われている。

- ・国内品、輸入品共に、生産地・生産者・生産方法に関するトレーサビリティが向上し、消費者の食料に対する安心感が高まっている。

⑥ 十分な水量・水質・水環境の確保

- ・分散型節水システムが普及している。
- ・雨水や地下水といった身近な水の恵みが最大限に有効活用されている。
- ・水遊びができるような春の小川が都会の至る所に流れている。

⑦ 自立型・低炭素型エネルギー供給システムの構築

- ・化石燃料などの輸入依存度が大幅に低下し、国産のエネルギーとして太陽光・風力・バイオマスといったエネルギー源のシェアが増加する。また、バイオマスなど国内供給で不足する場合においても多様なエネルギー輸入先を確保するなどによってエネルギーセキュリティが向上している。
- ・未利用地を利用した大規模ウインドファーム、太陽光発電所の設置、石炭や天然ガスを利用した発電技術の高度化、火力発電所と CCS（炭素隔離貯留技術）の組み合わせなどにより自立型・低炭素型エネルギー供給システムが構築されている。
- ・安心・安全な原子力発電技術の実現により、原子力発電所の設備利用率が大幅に向上している。
- ・次世代パワーエレクトロニクスやマイクログリッド、エネルギー貯蔵技術、ICT を駆使した高度な電力品質管理によって、太陽光・風力などの間欠性電源が多く導入されても安定した高品質の電力供給が可能なシステムが構築されている。

⑧ 資源利用・循環システムの構築

- ・化石燃料や鉱物資源などのように自然界で再生不可能な資源の使用量が最小化されている。
- ・再生資源や再生可能な生物由来の有機性資源であるバイオマスが有効に利用されている。
- ・「もったいない」の考え方に即した行動が人々の間に定着している。
- ・ものづくりの各段階において 3R の考え方が内部化し、定着している。
- ・廃棄物などの適正な循環的利用と処分のための高度なシステムが構築されている。
- ・適量生産・適量消費・最小廃棄型の社会が構築されている。
- ・3R、インバースマニュファクチャリング、長寿命化など、再生資源の活用や廃棄物の適正処理に資する技術が開発され普及している。

⑨ 交通システムの利便性・安全性の向上

- ・都市構造に即した合理的な公共交通システムが作られ、自動車よりも利便性・経済性に優れた交通手段として公共交通システムへの利用転換が進展している。
- ・自動車の交通量が少なく、景観にも配慮した街づくりが進むとともに、歩行者や自転車利用者が移動しやすい交通システムが実現するため、自動車から徒歩・二輪へのシフトが進んでいる。
- ・セキュリティが十分に担保された高度な ICT 技術の普及により通勤交通需要が大幅に低減している。さらに、高度な ICT を利用した交通渋滞緩和策やロードプライシングなどが積極的に導入されるため、旅客交通量が減少し、渋滞も大幅に解消している。
- ・貨物交通に関しても高度な ICT 技術を駆使した SCM を導入することによってシームレスな貨物輸送を実現し、異なる交通機関間の連携を強めることによって効率のいい物流システムが構築されている。

⑩ 住宅・建築物の快適性と環境性能の両立

- ・すべての住宅・建築物が次世代基準相当の断熱基準を満たしており、また、屋上緑化、自然光の利用など自然と共生した住宅・建築物設計が主流となっている。
- ・住宅・建築物の機能性や耐久性が増し、欧米並みの長寿命になっている。また、消費者の環境意識の高まりやライフステージに応じたフレキシブルな住宅選択の一般化により、良質な中古住宅が数多く流通している。スクラップビルド方式から、快適性と省エネルギー性能を兼ね備えた高機能住宅・建築物の長期使用への転換に成功している。

(5) 持続可能な社会を支えるルールの整備

① 重層的なガバナンスの機能

- ・ローカル（地域）レベルを基礎としつつ、ナショナル＝リージョナル＝グローバルという各レベルでのガバナンスが望ましい形で機能している。
- ・地環地管：地域価値・地域管理 vs 中央化収奪型グローバリゼーションの調整メカニズムが適切に機能している。

② ルール形成における予防原則の徹底と次世代の意見の反映

- ・不確実性と世代間公平性を考慮し、予防原則の徹底と次世代の意見の反映が政策決定の基本方針として認識されている。

③ 市場のグリーン化

- ・現在から将来にわたる環境保全コストが税や排出取引などの手段を通じ市場に内部化され、持続可能な生産・消費サイクルを支えている。

- ・生物資源を保全し、生物多様性維持に配慮した一次産品が市場で適切に評価され、持続可能な農水産業が営まれている。

(6) 持続可能な社会のための国際協力

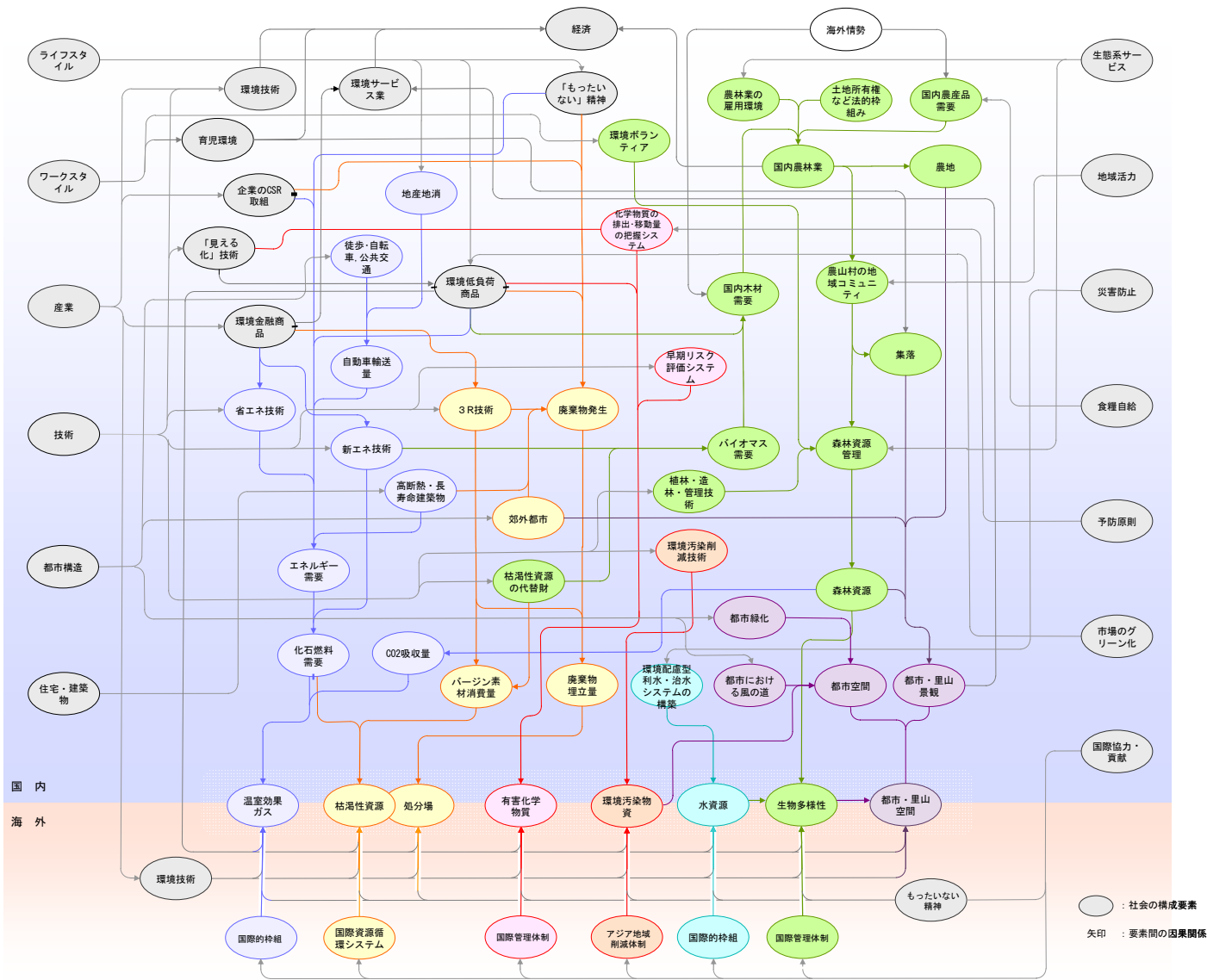
- ・日本が開発した先端高度技術供与・情報発信により国際貢献を行っている。
- ・新国際機関によって金属資源の管理が行われている。
- ・バイオテクノロジーによる食料増産技術、太陽エネルギー利用技術、水供給技術など生活基盤の強化を支援する技術の供与によって地域的危機の改善に貢献している。
- ・各地域の価値観や伝承の中にある持続可能性の向上に結びつく知恵が活用されている。
- ・人的支援貢献による人道的支援が促進されている。

参考資料 E：目指すべき環境像を実現している社会における構成要素

2050 年における目指すべき環境像を実現している社会を検討するにあたり、社会を構成する要素と環境がどのような関係になっているかを整理した。

図 B-1 には、将来の社会を構成する要素、特に環境に対して直接的ないし間接的に大きな影響を及ぼす要素を示した。さらに、要素とそれが影響を及ぼす他の要素との間を矢印で結び、最終的に環境に対して各要素がどのように影響を及ぼしているかを示している。この要素関係図は、超長期ビジョン検討員によって行われた課題の抽出作業及び因果関係整理作業をベースとしており、有識者ヒアリング、他主体による長期ビジョンやシナリオ検討のレビューなどを参考にしつつ、補充や統合を行い、作成したものである。

図 B-2 では、目指すべき環境像を実現している社会を実現する方向に各要素が向かった場合の要素関係図を示している。「5. 目指すべき社会像」で示した社会像は各要素がこのような方向に向かった場合における社会の姿を描いたものである。



図E-1 将来における社会や環境に影響を及ぼす要素及びそれらの関係

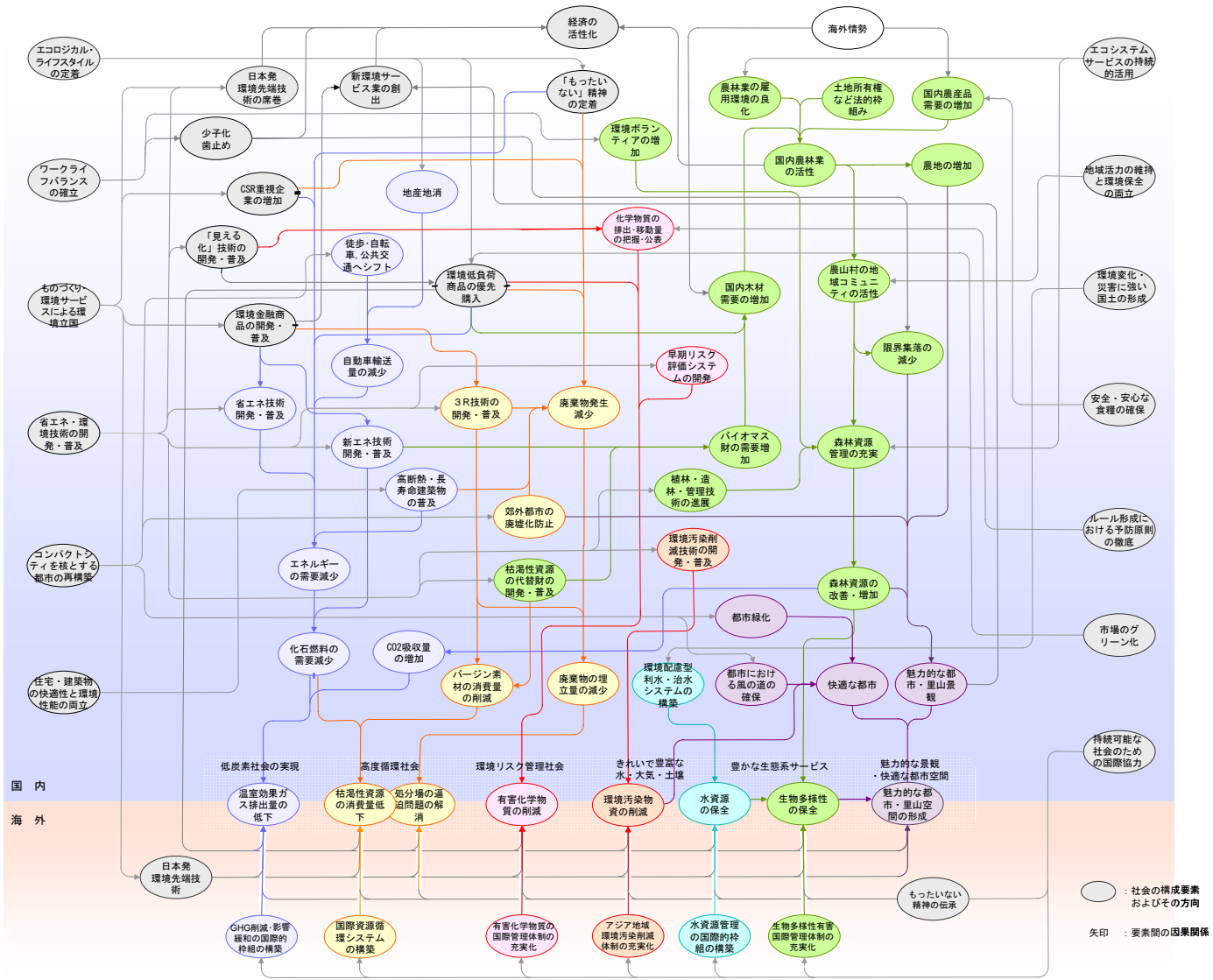


図 E-2 持続可能な社会を実現している場合の各要素の関係

参考資料 F：定量化のためのモデルの概要

1. 定量化の意義

本検討ではバックキャストのアプローチに基づいて、2050年を対象に望ましい環境像とそれを実現する社会像について議論し、将来像を描くにあたっては、定性的なストーリーと定量的なモデル分析の2つの方法を併用している。定性的なストーリーは、描かれた将来像を読者（国民）に対して容易にイメージしてもらうことを目的としている。しかしながら、ストーリーは定性的であるが故に、その内容が読み手によって異なった解釈をされたり、内容について整合性がとれていない可能性があるなどの問題がある。そこで、モデルをもとにした定量的なシナリオについてもあわせて検討を行った。こうした方法は、「Story and Simulation¹」と呼ばれ、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の SRES（排出シナリオに関する特別報告書）や UNEP（国連環境計画）の GEO（世界の環境見通し）、MA（ミレニアム生態系評価）のシナリオなど、多くの分析に用いられている。なお、定性的なストーリーと定量的な分析の役割は、あくまで補完的なものであり、これら2つが一体となって1つのシナリオを構成している点に留意する必要がある。

モデルを用いてビジョンの定量化を行う意義は、以下の通りである。

- ① 定性的に描かれている社会像が、整合性を確保しているかを確認する。
- ② ビジョン達成のために、どのような対策をどの程度導入すればよいかを数値として提示する。

このため、本モデルによる解析では、ビジョンを達成するような環境像については、あらかじめ議論されたものを前提としている。また、環境問題によっては、温暖化問題のように国内で完結するものではなく、地球全体で議論すべき問題もあるが、ここでは、国際的な枠組みについて何らかの前提をおいて国内の問題として再構成し、再構成された環境像が達成可能かどうかについて議論することとする。

また、今回の超長期ビジョンでは、様々な環境問題の持続可能性を議論するとともに社会・経済との関係についての記述が重視される。そこで、超長期ビジョン研究の定量化において使用するモデルは、ある特定の年次を対象に、個々の活動に配慮しつつもマクロ的に整合性のある環境・社会像を描くことに焦点を当てることとした。つまり、モデルの基本構造は、ある特定の年次のみを対象とした静的なモデルである。このため、バックキャストで検討すべき現在から将来に至る道筋については、資本の蓄積など正確にとらえられないところがあることから、モデルを用いた分析については行っていない。

以上のことを踏まえ、本検討では対象年である2050年における持続可能性を達成する環境像と社会・経済活動を描くことを定量化の目標とした。これにより、2050年の持続可能な環境・社会・経済像の整合性をチェックするとともに、そうした社会を達成するための2000年からの経路を「バックキャスト」で検討するための材料を提供するものである。2050年までの道筋の考察、検討については、定性的な記述にとどめている。

¹ Alcamo, J. (2001) Scenarios as tools for international environmental assessments, European Environment Agency, Environmental issue report, No.24.

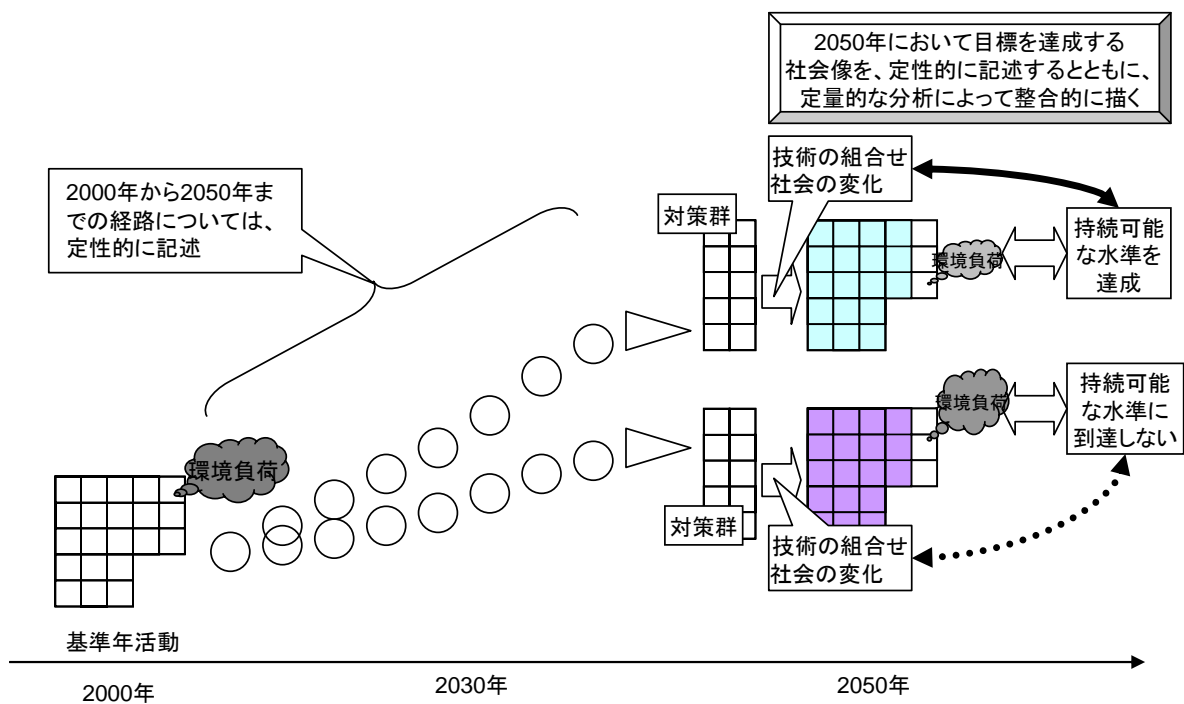


図 F-1 定量化の目標

2. モデルの概要²

(1) 対象地域

分析に使用するモデルは、環境と経済を幅広く扱うモデルであり、1国（超長期ビジョン研究では日本）を対象としたモデルである。将来的には、国をいくつかの地域に分割することも検討しているが、現時点では国全体を1つの対象地域としている。

(2) 対象期間

モデル内の時間は1年を単位としており、2000年を基準としている。資本や労働、技術水準などを前提に、将来の特定の年次における活動を再現する。目標年である2050年のほか、2030年を中間年としてとらえ、経路について検討を行う。

(3) 対象とする環境問題

基本的には、検討会で取り上げられる環境問題を何らかの形でとりあげ、これを経済活動と関連づけるように定量化する。試算において取り上げる課題は以下の通りである。

- ① 地球温暖化問題 : 二酸化炭素排出量・化石燃料需要量
- ② 資源・循環問題 : 廃棄物（一般廃棄物・産業廃棄物）
水需要量・取水量
- ③ 生態系サービス : 土地利用（自然地面積・農地面積・工業用地など）
- ④ 快適な生活環境 : 大気汚染物質（窒素酸化物・硫黄酸化物）
水質汚濁（COD・窒素・リン）

二酸化炭素排出量と大気汚染物質については、化石燃料消費に対する原単位に基づいて計算する。その他の環境負荷（廃棄物、水需要、取水量、農地面積、工業用地、水質汚濁物質）については、生産量

² 本検討において用いられたモデルの開発及びそのモデルによるシミュレーション作業は国立環境研究所が担当した。

あたりの原単位に基づいて計算する。なお、自然地面積は、国土面積から経済活動に必要な土地面積を差し引いた面積と林業に必要な面積の合計と定義している。

3. 中心となる経済モデル

今回の試算で使用するモデルが満たすべき要件は、以下の通りである。

- 様々な経済活動がある程度分離して表現できる(詳細に分離する必要はないが、環境と経済の統合関係を明示できる程度に分離された活動を明示する必要がある)。
- 前提条件が透明であり、操作性が高い。
- 物量を明示できる。
- 経済活動の様々な整合性(経済収支や財・生産要素の需給バランスなど)を満たす。

以上のような要件を満たすモデルとして、応用一般均衡モデルを採用する。

応用一般均衡モデルとは、世の中のすべての財、生産要素を取り扱い(→「一般」)、それらの需要と供給が一致するように(→「均衡」)、価格メカニズムを通じて各部門の活動が定量的に計算される(→「応用」)モデルである。今回の定量化では、このモデルに、環境負荷の発生や対策を明示的に組み込み、経済活動と環境負荷の関係、目標とする環境の水準を達成するためにはどのような対策が必要になるかを明示することを最終目的とする。

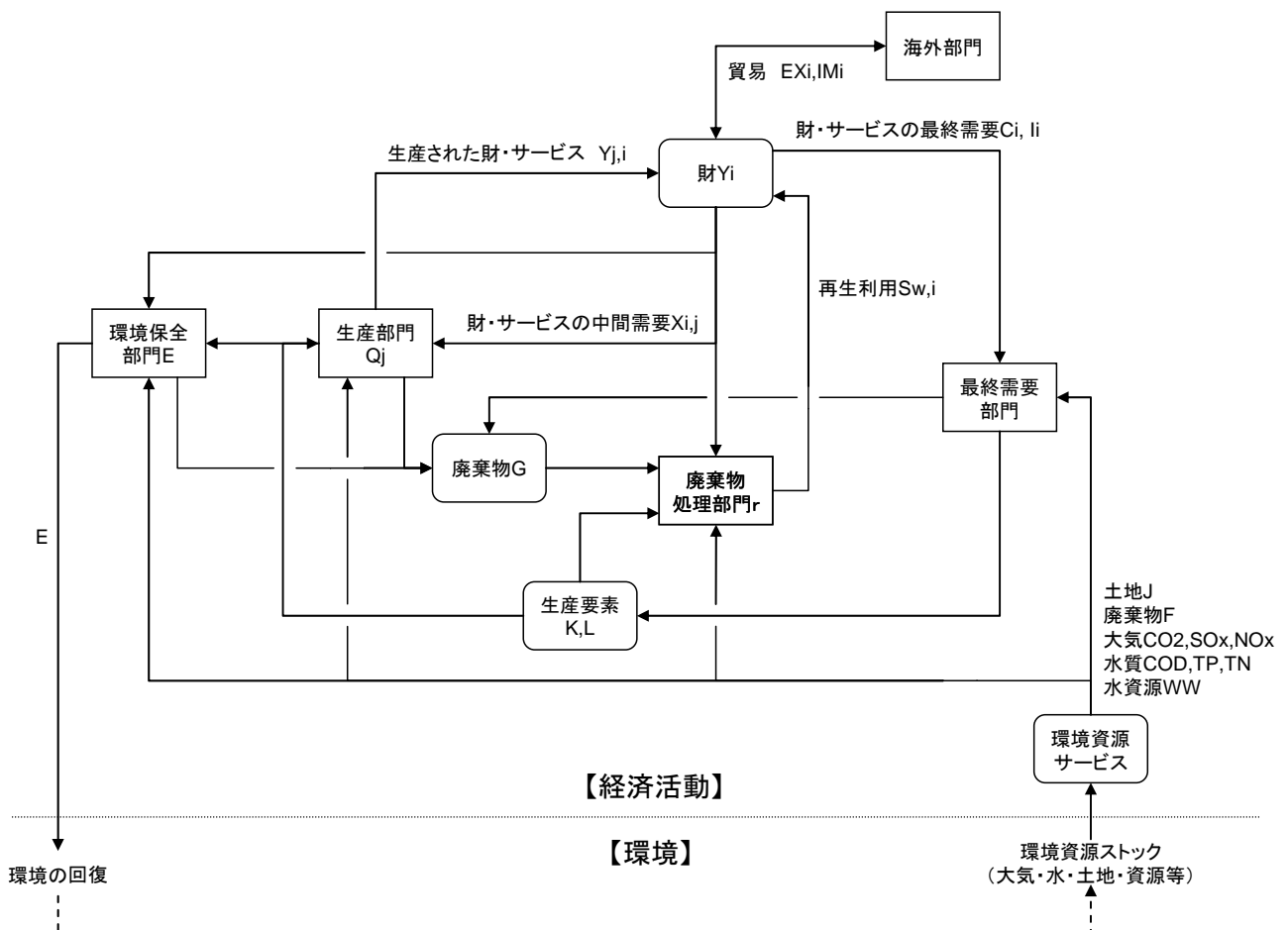


図 F-2 モデルの概要

(1) モデルの前提

① 生産部門

産業連関表を下表に示すような部門に統合し、データを整備する。

表 F-1 産業部門の定義

A01	農業	A13	パルプ・紙・出版・印刷	A23	卸売・小売業
A02	畜産	A14	化学・プラスチック	A24	金融・保険・不動産
A03	林業	A15	窯業・土石製品	A25	運輸
A04	水産業	A16	金属	A26	通信
A05	金属鉱物	A17	金属製品・機械	A27	公務
A06	非金属鉱物	A18	その他製造業	A28	教育・研究
A07	石炭	A19	建設業	A29	医療・保健・社会保障・介護
A08	石油	A20a	原子力発電	A30	対事業所サービス
A09	ガス	A20b	火力発電	A31	対個人サービス
A10	食料品	A20c	水力発電	A32	事務用品・分類不明
A11	繊維	A21	水道業		
A12	木製品	A22	廃棄物処理業		

また、2050年の計算においては、バイオマスをエネルギーに転換する部門を新たに想定し、バイオマスエネルギーの供給が可能となるように設定した。

② 入力条件

本モデルでは、技術係数(生産を行うために原材料や生産要素をどれだけ使用するかといった投入・産出関係や、家計がどういった財をどれだけ消費するかという需要関係、活動一単位あたりの環境負荷量など)をあらかじめ準備しておく。技術係数の想定方法については、後述する。

また、各年に使用することができる労働力や設備の容量についてもあらかじめ設定する。労働力は、就業者数から設定を行う。設備容量については、過去における設備投資により定められる。

本モデルは1国モデルであり、輸出、輸入は重要な境界条件である。国際価格はあらかじめ前提として定めておき、国内生産に対する輸出品の比率、国内需要に占める輸入品の比率も財ごとに設定する。

		中間需要				最終消費	固定資本形成					輸出	輸入	総供給
		財1	財2	...	財j		財1	財2	...	財j	公共			
投入	財	財1												
		財2												
		:												
		財i												
	生産要素	資本												
		労働												
	再生品受入	財1												
		:												
		財i												
	環境負荷	廃棄物w	発生											
			減量											
			再利用											
			排出											
			最終処分											
		土地												
		CO2	石油起源											
			石炭起源											
			ガス起源											
			活動起源											
		SOx												
		NOx												
		BOD												
		COD												
		TP												
		TN												
	水需要量													
	取水量													
産出	財	財1												
		財2												
		:												
		財i												
	環境サービス													
廃棄物受入														

なお、今回の試算では、特にどういった対策をとることで持続可能な社会が実現できるかを明らかにすることが求められている。このため、技術係数については、個別の技術を対象とした効率改善の他に、都市構造の変化により省エネがどの程度進展しているかといったことも考慮に入れる。

一方で、いくつかの環境負荷に対して制約を与え、その制約条件下で解を求める方法もあるが、この場合には、想定された技術係数の組合せがどのようなものであったとしても、制約条件を達成するように活動が調整される。

③ 技術係数の想定

a. 生産部門

既存の技術も含め、将来利用可能な技術について投入産出係数を準備しておき、各年においてどのような技術のシェアで生産を行うかを設定する。例えば、鉄鋼で高炉と電気炉の比率を 1:3 にする、自動車輸送で普通自動車と電気自動車の比率を 1:5 にするなどである。

新技術の導入には追加費用が発生するが、これは固定資本の変化で表現する。また、技術のシェアは、過去のストックによる制約を受けるが、2050 年の計算にあたっては、すべての技術が置き換え可能であるとする。

			財1				2000年	2050年					
			既存	新規1	...	新規j	財1 既存	年平均	既存	新規1	...	新規j	
投入	財	財1											
		財2											
		:											
		財i											
	生産要素	資本											
		労働											
	再生品受入	財1											
		:											
		財i											
	環境負荷	廃棄物	発生										
			減量										
			再利用										
			排出										
			最終処分										
		土地											
		CO2	石油起源										
			石炭起源										
			ガス起源										
			活動起源										
		SOx											
	NOx												
	BOD												
	COD												
	TP												
	TN												
	水需要量												
	取水量												
			将来技術としてデータを準備										
産出	財	財1											
		財2											
		:											
		財i											
	環境サービス												
	廃棄物受入												
技術シェア							1	合計1となるように技術シェアを入力					
固定資本形成	次期におけるシェア						1	合計1となるように技術シェアを入力					
	財	財1											
		財2											
		財i											

b. 家計部門

家計における活動(生活の場面)を下表のように定義し、それぞれの活動を行うために必要な耐久財、非耐久財、エネルギーサービスの各需要を、様々な種類の家計を対象に想定する。将来の家計における財の選好は、家計の種類別のシェアに応じて決定される。

生活の場面	モデルとの対応関係
衣	人口の変化や後述の美意識の変化により、[繊維]の需要が変化する。
食	内食・中食・外食の割合が変化する。また、内食の変化＝炊事の変化と捉え、[農業][畜産][水産業][食料品]の需要や炊事に伴う光熱費が変化する。
住宅	世帯構成の変化や住宅面積・機能の変化に伴い、住宅[金融・保健・不動産]が変化する。
紙使用量	パソコンの普及により、新聞や書籍などを紙媒体以外で楽しむことにより、紙の使用量[パルプ・紙・印刷]が変化する。
医療	高齢化に伴い、診療費などの増加[医療・保険・社会保障・介護]が変化する。あわせて医薬品の需要量[化学・プラスチック]が変化する。
美意識	化粧品や装飾品への支出[化学・プラスチック][その他製造業]が変化する。
移動	街の形態により移動量及び移動手段が変化し、[運輸サービス]や輸送機器[金属製品・機械]の需要量が増加する。
通信	通信機器の発達・新しい通信手段に伴い、[通信]が変化する。
娯楽	音響・テレビなどの耐久財の構成、娯楽サービス[対個人サービス]の需要が変化する。
教育・研究	生涯教育、少子化に伴う教育サービスの变化は、[教育・研究]の需要を変化させる。
サービス	各種サービス業の変化により、[対個人サービス]の需要が変化する。
家事	家事の減少、代替サービスの普及により関連する消費が変化する。
卸売・小売	新たな販売システムが整い、マージンが変化する。
環境意識	グリーン購入、製品の長期利用、エコファンドの購入など、環境保全に資する行動への価値付けが変化する。

			最終消費				2000年	2050年					
			既存	選好1	...	選好h	最終消費 既存	年平均	既存	選好1	...	選好h	
投入	財	財1											
		財2											
		:											
	生産要素	資本											
		労働											
	再生品受入	財1											
		:											
	環境負荷	廃棄物w	発生										
			減量										
			再利用										
			排出										
			最終処分										
		土地											
	CO2	石油起源											
		石炭起源											
		ガス起源											
		活動起源											
		SOx											
		NOx											
		BOD											
	COD												
	TP												
	TN												
	水需要量												
	取水量												
主体のシェア													
産出	財	財1											
		財2											
		:											
	環境サービス	財i											
		環境サービス											
	廃棄物受入												

家計の活動パターンとしてデータを準備

シェアに応じて消費シェアを計算。

合計1となるようにシェアを入

シェアに応じて屑の産出係数を記入

c. その他

生産部門や家計部門における技術係数は、あくまで個別の主体で取り組まれるものが中心である。都市構造の変化などによる輸送サービス(移動量)の変化は、前述の生産部門や家計部門における技術係数の想定には含まれない。こうした大規模なインフラ整備による構造変化は、別途想定し、すべての部門の活動に一律に影響するとみなす。

上記であらかじめ設定された係数をもとに、生産、消費活動を行う。当然、技術係数には環境負荷に関するものも含まれ、廃棄物をより多く再生する技術、汚染物質の発生を抑える技術なども想定している。

④ 環境と経済の関係

前項の技術係数の設定でも触れている通り、各部門から発生する環境負荷は、各部門の活動水準に比例して増大すると仮定している。二酸化炭素排出量や大気汚染物質の排出量については化石燃料燃焼量に比例するとして、その関係を組み入れる。その他の環境負荷については、各部門における生産量に比例して環境負荷が大きくなると仮定している。

なお、経済活動と環境負荷をつなぐ係数は、導入される技術が変化すると、それに応じて変化する。これは、前述の投入係数の変化と同様である。

⑤ 各年における計算のメカニズム

生産者は、各部門において想定された技術と、財や生産要素の価格をもとに、各部門の利潤が最大となるように生産活動を行う。一方、家計は所得制約の下、あらかじめ設定された選好や財の価格をもとに効用が最大となるように財を消費する。財や生産要素の需要と供給が均衡しない場合には、価格を改定して、再度、上述の計算が行われる。すべての財、生産要素を同時に均衡させるような価格、活動が得られるまで繰り返し計算が行われる。

4. モデルの定式化

簡略化のため、以下のような勘定表を考える。ここでは、生産活動 j として部門 a 、部門 b と廃棄物処理部門を、財 i として財 1 及び財 2、それぞれ財 i と代替が可能な再生品 i ($=1, 2$) に分割されているとする。生産要素は資本 K と労働 L である。環境負荷として、 z ($=w, x$) で示される廃棄物、土地 J 、大気汚染 AP 、水質汚濁 WP 、取水量 WW を対象とする。

		産業部門		廃棄物 処理	最終 消費	固定資 本形成	輸出	輸入	生産	賦存量	価格	式	
		部門 a	部門 b										
活動水準		Q_a	Q_b	Q_r	U								
投入	財 1	X_{1a}	X_{1b}	X_{1r}	C_1	I_1	EX_1	$-IM_1$	Y_1		P_1	③-1	
	財 2	X_{2a}	X_{2b}	X_{2r}	C_2	I_2	EX_2	$-IM_2$	Y_2		P_2		
	資本	K_a	K_b	K_r						K^*	P_K	④	
	労働	L_a	L_b	L_r						L^*	P_L		
	再生品 受入	1	R_{1a}	R_{1b}	R_{1r}	R_{1h}				S_1		P_{S1}	⑤-1
2	R_{2a}	R_{2b}	R_{2r}	R_{2h}				S_2		P_{S2}			
産出	財 1	Y_{a1}	Y_{b1}						Y_1		P_1	③-2	
	財 2	Y_{a2}	Y_{b2}						Y_2		P_2		
	廃棄物 受入	w			Z_w					Z_w		P_w	⑥-1
		x			Z_x					Z_x		P_x	
	廃棄物 再生	1			S_1					S_1		P_{S1}	⑤-2
2				S_2					S_2		P_{S2}		
環境 負荷	廃棄物 排出	w	G_{aw}	G_{bw}		G_{hw}				Z_w		P_w	⑥-2
		x	G_{ax}	G_{bx}		G_{hx}				Z_x		P_x	
	廃棄物 最終処分	w			F_w						F^*	P_F	⑦
		x			F_x								
	土地		J_a	J_b	J_r	J_h					J^*	P_J	
	大気汚染		AP_a	AP_b	AP_r	AP_h					AP^*	P_{AP}	
	水質汚濁		WP_a	WP_b	WP_r	WP_h					WP^*	P_{WP}	
取水量		WW_a	WW_b	WW_r	WW_h					WW^*	P_{WW}		
		②			①	⑫							
		⑨			⑧		⑩	⑪					

【上記の勘定表の記号について】

j : 部門 a、部門 b 及び廃棄物処理部門

i : 財 1、財 2

h : 最終消費部門

Q_j : 部門 j における活動水準。

X_{ij} : 部門 j における財 i の中間消費量。

C_i : 財 i の最終消費量。

EX_i : 財 i の輸出量。

Y_i : 財 i の生産量。

K_j : 部門 j に投入される資本。

U : 最終消費部門における効用水準。

I_i : 財 i の固定資本形成。

IM_i : 財 i の輸入量。

Y_{ji} : 部門 j で生産される財 i 。

L_j : 部門 j に投入される労働。

R_{ij} : 部門 j に投入される財 i と代替可能な再生品。

R_{ih} : 最終消費部門に投入される財 i と代替可能な再生品。

S_i : 財 i と代替可能な再生品の生産量。

Z_z : 廃棄物処理部門において産出される廃棄物種 z の処理サービス量。受け入れる廃棄物量に相当。

G_{jz} : 部門 j が廃棄物処理部門から購入する廃棄物種 z の処理サービス量。部門 j から排出される廃棄物量に相当。

G_{hz} : 最終消費部門が廃棄物処理部門から購入する廃棄物種 z の処理サービス量。最終消費部門から排出される廃棄物量に相当。

F_z : 最終処分される廃棄物種 z 。

J_j : 部門 j に投入される土地。

J_h : 最終消費部門に投入される土地。

AP_j : 部門 j から排出される大気汚染。

AP_h : 最終消費部門から排出される大気汚染。

WP_j : 部門 j から排出される水質汚濁。

WP_h : 最終消費部門から排出される水質汚濁。

WW_j : 部門 j の取水量。

WW_h : 最終消費部門の取水量。

K^* : 資本の賦存量。

L^* : 労働の賦存量。

F^* : 最終処分量の上限。

J^* : 土地の賦存量。

AP^* : 大気汚染物質の排出上限。

WP^* : 水質汚濁物質の排出上限。

WW^* : 水の賦存量。

P_i : 財 i の価格。

P_{Si} : 再生品 i の価格。

P_L : 労働の価格。

P_K : 資本の価格。

P_z : 廃棄物種 z の価格。

P_F : 最終処分地の価格。

P_j : 土地の価格。

P_{AP} : 大気汚染物質の価格。

P_{WP} : 水質汚濁物質の価格。

P_{WW} : 水の価格

「生産」: 国内での生産量の合計。

「賦存量」: 利用可能な資源の量。最終需要部門に賦存されていると想定する。環境に関しては、環境負荷量の上限に相当する。賦存量を上回る需要が潜在的に発生すると、正の価格が発生する。

「価格」: それぞれの財に対する価格。需要 = 供給の時には価格は正の値、需要 < 供給の場合には価格は 0 となる。

【勘定表の各項目の関係について】

① 効用関数

$$U = u(C_1, C_2, R_{1h}, R_{2h}, G_{hw}, G_{hx}, J_h, AP_h, WP_h, WW_h) \rightarrow Max$$

u : 効用関数

② 生産活動(生産関数)

$$\text{部門}a: Q_a = f_a(X_{1a}, X_{2a}, K_a, L_a, R_{1a}, R_{2a}, G_{aw}, G_{ax}, J_a, AP_a, WP_a, WW_a) = g_a(Y_{a1}, Y_{a2})$$

$$\text{部門}b: Q_b = f_b(X_{1b}, X_{2b}, K_b, L_b, R_{1b}, R_{2b}, G_{bw}, G_{bx}, J_b, AP_b, WP_b, WW_b) = g_b(Y_{b1}, Y_{b2})$$

$$\text{廃棄物処理部門}: Q_r = f_r(X_{1r}, X_{2r}, K_r, L_r, R_{1r}, R_{2r}, F_w, F_x, J_r, AP_r, WP_r, WW_r) = g_r(Z_w, Z_x, S_1, S_2)$$

f_i :活動水準と投入量の関係, g_j :活動水準と産出量の関係

③ 財の需給均衡

$$\text{財1: } X_{1a} + X_{1b} + X_{1r} + C_1 + I_1 + EX_1 - IM_1 \leq Y_1 = Y_{a1} + Y_{b1}$$

$$\text{財2: } X_{2a} + X_{2b} + X_{2r} + C_2 + I_2 + EX_2 - IM_2 \leq Y_2 = Y_{a2} + Y_{b2}$$

④ 生産要素の均衡

$$\text{資本: } K_a + K_b + K_r \leq K^*$$

$$\text{労働: } L_a + L_b + L_r \leq L^*$$

⑤ 再生品の需給均衡

$$\text{財1の再生品: } R_{1a} + R_{1b} + R_{1r} + R_{1h} \leq S_1$$

$$\text{財2の再生品: } R_{2a} + R_{2b} + R_{2r} + R_{2h} \leq S_2$$

⑥ 処理される廃棄物のフロー

$$\text{廃棄物w: } G_{aw} + G_{bw} + G_{hw} \leq Z_w$$

$$\text{廃棄物x: } G_{ax} + G_{bx} + G_{hx} \leq Z_x$$

⑦ 環境負荷のフロー

$$\text{廃棄物最終処分: } F_w + F_x \leq F^*$$

$$\text{土地: } J_a + J_b + J_r + J_h \leq J^*$$

$$\text{大気汚染: } AP_a + AP_b + AP_r + AP_h \leq AP^*$$

$$\text{水質汚濁: } WP_a + WP_b + WP_r + WP_h \leq WP^*$$

$$\text{取水量: } WW_a + WW_b + WW_r + WW_h \leq WW^*$$

⑧ 家計の収支

$$\begin{aligned} & C_1 \cdot P_1 + C_2 \cdot P_2 + I_1 \cdot P_1 + I_2 \cdot P_2 + R_{1h} \cdot P_{S1} + R_{2h} \cdot P_{S2} \\ & + J_h \cdot P_J + G_{hw} \cdot P_w + G_{hx} \cdot P_x + AP_h \cdot P_{AP} + WP_h \cdot P_{WP} + WW_h \cdot P_{WW} \\ & = K^* \cdot P_K + L^* \cdot P_L + F^* \cdot P_F + J^* \cdot P_J + AP^* \cdot P_{AP} + WP^* \cdot P_{WP} + WW^* \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

⑨ 各部門の収支

$$\begin{aligned} \text{部門a: } & Y_{a1} \cdot P_1 + Y_{a2} \cdot P_2 \\ & = X_{1a} \cdot P_1 + X_{2a} \cdot P_2 + K_a \cdot P_k + L_a \cdot P_L + R_{1a} \cdot P_{S1} + R_{2a} \cdot P_{S2} + G_{aw} \cdot P_w + G_{ax} \cdot P_x + J_a \cdot P_J \\ & + AP_a \cdot P_{AP} + WP_a \cdot P_{WP} + WW_a \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{部門b: } & Y_{b1} \cdot P_1 + Y_{b2} \cdot P_2 \\ & = X_{1b} \cdot P_1 + X_{2b} \cdot P_2 + K_b \cdot P_k + L_b \cdot P_L + R_{1b} \cdot P_{S1} + R_{2b} \cdot P_{S2} + G_{bw} \cdot P_w + G_{bx} \cdot P_x + J_b \cdot P_J \\ & + AP_b \cdot P_{AP} + WP_b \cdot P_{WP} + WW_b \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{廃棄物処理部門: } & Z_w \cdot P_w + Z_x \cdot P_x + S_1 \cdot P_{S1} + S_2 \cdot P_{S2} \\ & = X_{1r} \cdot P_1 + X_{2r} \cdot P_2 + K_r \cdot P_k + L_r \cdot P_L + R_{1r} \cdot P_{S1} + R_{2r} \cdot P_{S2} + (F_w + F_x) \cdot P_F + J_r \cdot P_J \\ & + AP_r \cdot P_{AP} + WP_r \cdot P_{WP} + WW_r \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

⑩ 輸出

$$\text{財1: } EX_1 = ex_1 \cdot Y_1$$

$$\text{財2: } EX_2 = ex_2 \cdot Y_2$$

ex_i : 財 i の国内生産に占める輸出の比率

⑪ 輸入

$$\text{財1: } IM_1 = im_1 \cdot (X_{1a} + X_{1b} + X_{1r} + C_1 + I_1)$$

$$\text{財2: } IM_2 = im_2 \cdot (X_{2a} + X_{2b} + X_{2r} + C_2 + I_2)$$

im_i : 財 i の国内需要に対する輸入の比率

⑫ 固定資本形成

$$\text{財1: } I_1 = k_1 \cdot K^*$$

$$\text{財2: } I_2 = k_2 \cdot K^*$$

k_i : 資本を維持するために必要な固定資本形成

モデルのパラメータは、カリブレーション法により設定している。

生産関数は、基本的にはレオンチェフ関数(代替弾力性が 0)を採用しており、資本と労働の関係など一部については他の代替関係を定義している(資本と労働は代替弾力性が 1 のコブダグラス関数など)。家計の需要関数のうち、非エネルギー財の消費についてはコブダグラス関数を、エネルギー消費についてはレオンチェフ関数を想定している。エネルギー消費については、既に設置されている機器により、活動あたりのエネルギー消費量が決まっているとみなしている。

物質収支をとる必要がある部分の財の代替については、代替弾力性を 0 もしくは無限大と定めている。上記の例では、廃棄物のみ発生、除去、排出を明示しているが、他の汚染についても同様である。活動水準と環境負荷の発生、除去については、代替弾力性を 0 と定義している。つまり、活動水準が α 倍になると、環境負荷の発生も α 倍になる。ただし、想定されている技術によって、活動水準が α 倍になっても環境負荷の発生が β 倍となることもなるが、この定数 β は 2050 年に設置する技術の組み合わせによってあらかじめ設定されるものである。また、発生、除去の変化を考慮して排出係数を調整する。