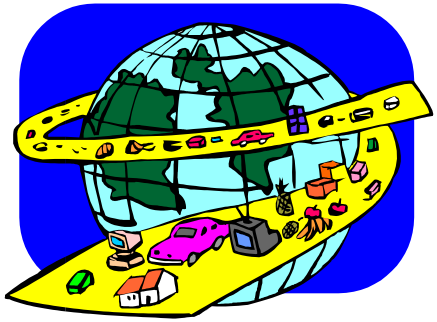


環境研究総合推進費（1-1601）

循環型社会政策の効果評価と導入支援のための資源利用・廃棄物処理モデルの構築

国立環境研究所
みずほ情報総研
東京大学

総予算額　71,862千円（平成28～30年度）

研究代表者：国立環境研究所
資源循環・廃棄物研究センター長　大迫政浩

実施体制

サブ1：資源・2R・地域循環に係る政策立案のためのモデル開発

国立環境研究所

大迫政浩、田崎智宏、寺園淳、南齋規介、中島謙一、　　*は転出者
稲葉陸太、河井紘輔、小口正弘、西嶋大輔、森岡涼子*

・全体統括　・資源モデル　・2Rモデル　・地域循環モデル

サブ2：既存政策の分析とモデル分析に基づく政策パッケージの提示

みずほ情報総研

高木重定、小林元、不破敦、中西翔太郎　（循環基本計画担当部署）

・一般廃棄物モデル　・耐久財モデル
・既存施策の整理と政策ロジックモデルによる政策パッケージの提案

サブ3：横断型プラスチック・リサイクルの政策評価モデルの開発

東京大学

森口祐一、中谷隼

・セクター/製品横断型のプラスチック・リサイクルモデル

本研究の背景

国際：

・持続可能な開発目標（SDG12「持続可能な生産と消費」）、

・循環経済アプローチの国際的賛同、ISO規格化

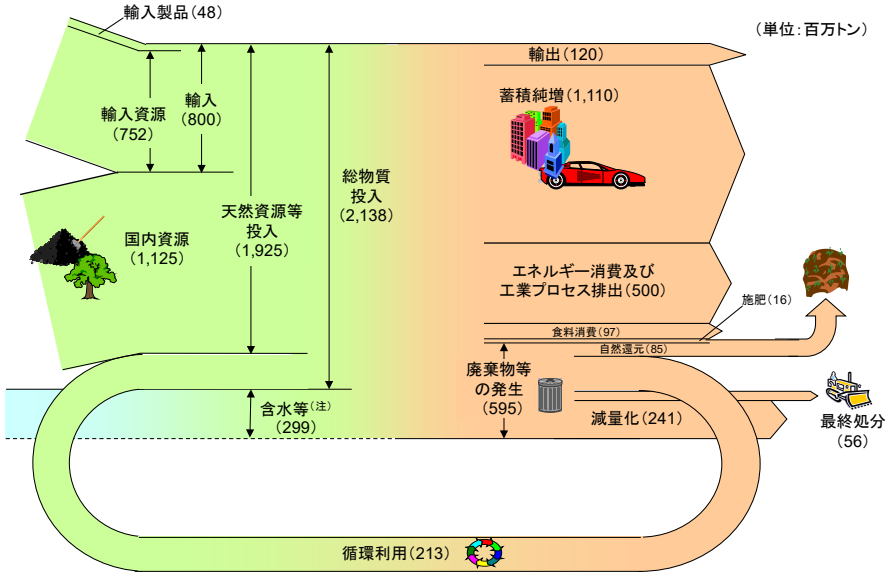
→世界に先駆けた資源利用と廃棄物管理ビジョンを提示・発信

国内：3R政策取組進展→資源生産性、最終処分量が横ばい傾向

取組の進展が漸近していく段階であり、よりきめ細かい目標設定とフォローアップによる政策のさらなる効果発現が求められる。

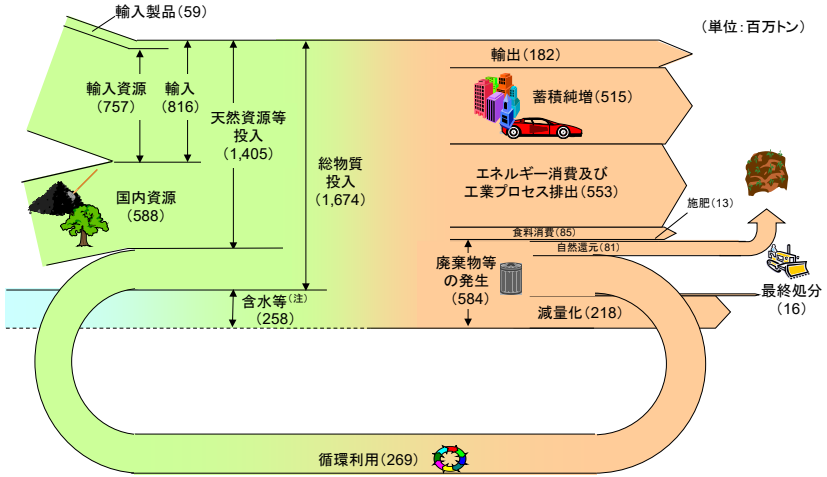
＜3つの指標のトレンド＞

	長期的な傾向	短期的な傾向
資源生産性	↗	→
循環利用率	↗	↗
最終処分量	↘	→



平成12年度

＜日本の物質フローの変化＞



平成25年度

行政ニーズ：循環型社会形成推進政策評価モデルの構築

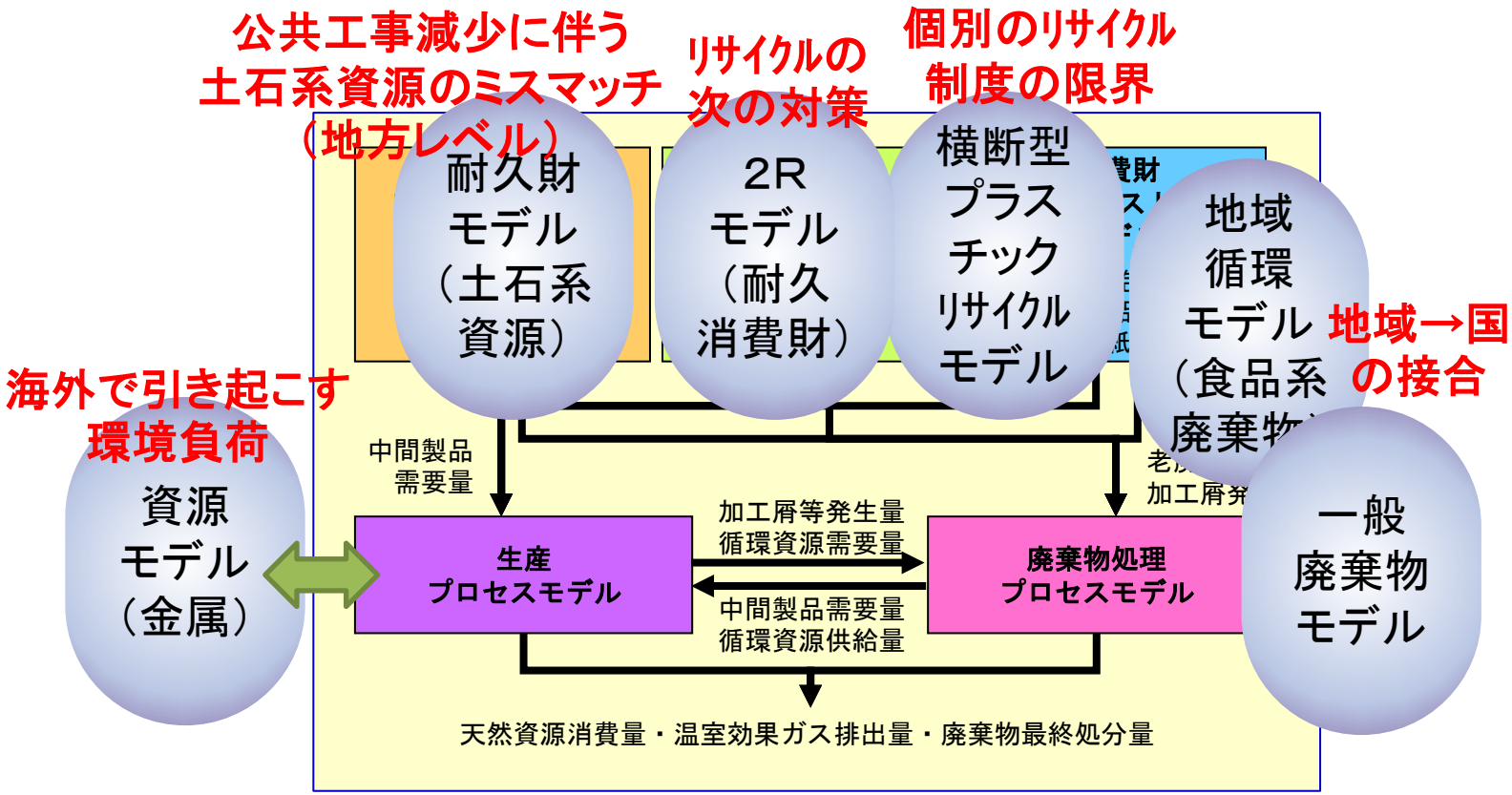
・循環型社会形成推進基本計画（以下、「循環計画」）の物質フロー指標の目標値に係る知見ならびに今後の循環型社会形成の政策に係る知見を提供するもの。

・循環計画のフォローアップにおいて、各種データから分析が行われてきたが、個々の物質フローの変化と施策との関係が示されないという課題があった。

研究の目的

3R政策や今後の社会変化が我が国の資源利用や廃棄物管理に与える影響を①定量的に算出できる物質フローモデルを構築した上で、将来ビジョンとその達成に向けた②複数の政策・取組パッケージをシナリオとして設定し、それぞれの政策の導入量もしくは効果を定量的に示すことを目的とする。

本研究のフォーカス



①国立環境研究所で開発してきた国レベルの物質フローモデルをベースに、施策導入をきめ細かく表現できるモデルへの改良・拡張を行う。

②政策パッケージを設定し、開発したモデルを用いた分析により政策の導入量や効果の算出を行う。（さらに、環境省が循環計画で用いているモデルを利用）

物質フローモデルの開発・改良　*「焦点をあてたモデル開発」の着眼点・ねらい*

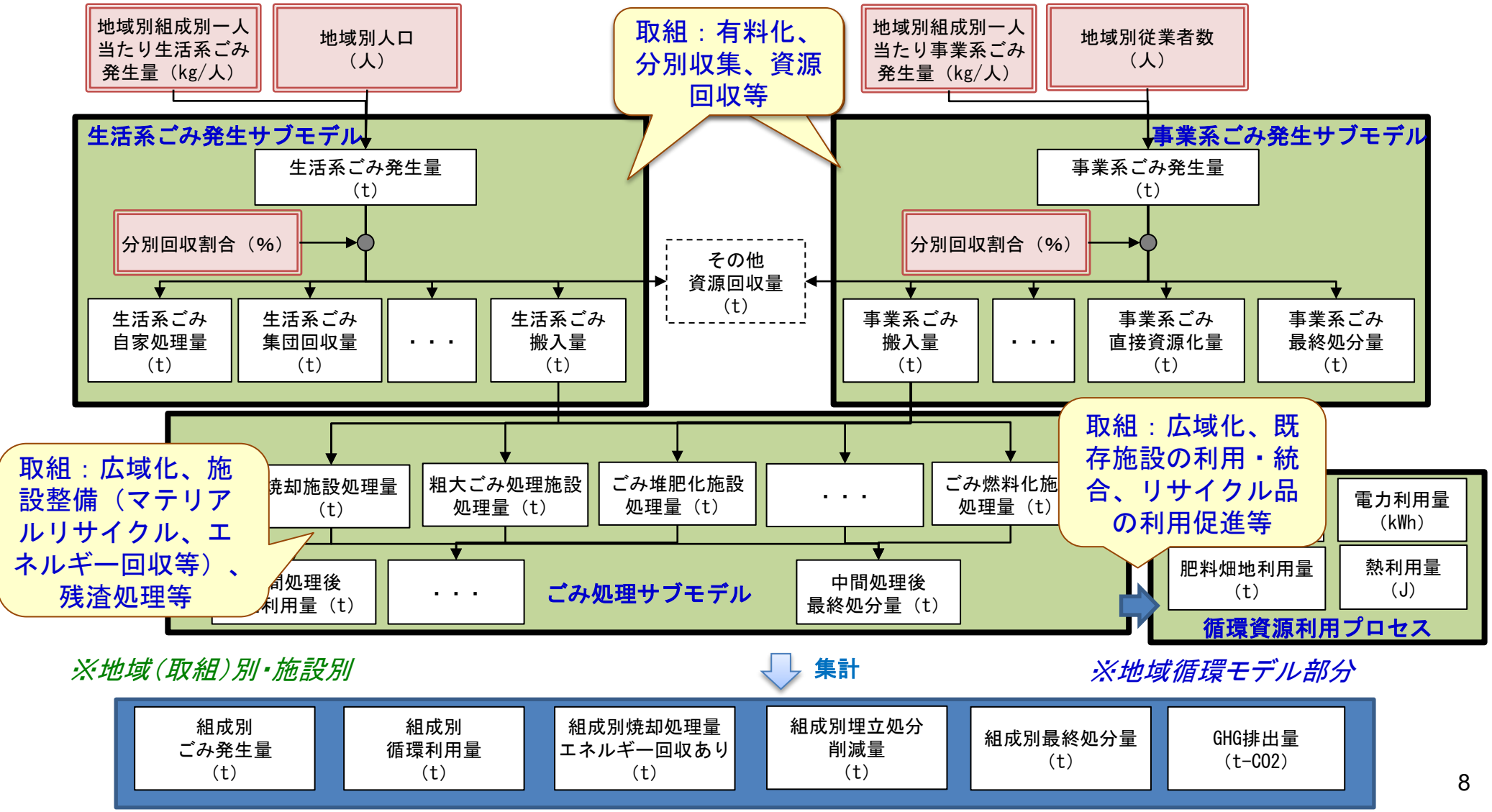
一般廃棄物モデル	・自治体レベルの廃棄物政策に着目 ・分別収集数、ソーティングセンターの設置、廃棄物発電やメタン発酵の組み合わせなど、様々な地域施策をふまえつつ一般廃棄物に係る全国レベルの目標と各自治体レベルの施策導入量を提示
地域循環モデル	・需給バランス等の地域的差異を考慮した地域循環政策の方向性を提示 ・地域循環政策による効果を国レベルで算出
横断型プラスチック・リサイクル・モデル	・容器包装プラ、一廃中製品プラ、自動車・家電含有プラのセクターや製品種を超えた横断型リサイクル（現行法の枠組みを超えたリサイクル）に着目 ・プラスチック（素材）全体の需給関係を考慮したモデルを構築し、横断型リサイクルによる天然資源消費量の削減効果などを算出
2Rモデル（耐久消費財）	・第三次循環計画に明記されている2Rの進展に着目 ・長期使用ならびにリユースの進展による天然資源消費量の削減効果を算出。長期使用製品の割合やその使用年数などの政策変数を政策目標として提示可能
耐久財（土石系資源）モデル	・公共工事減少などにより土石系循環資源の需給アンバランス問題に着目 ・需給アンバランスの回避策やリサイクル品の行き場消失への対応策を検討
資源モデル	・国内の3R政策から国際的視点もふまえた資源利用政策への展開に着目 ・国内の資源利用が海外で引き起こす環境負荷量の推計やその国・地域を特定

物質フローモデルの構築と分析結果

一般廃棄物・地域循環モデル

・地域的差異を考慮しつつ政策効果を国レベルで算出できるようにする。

特徴
- 積み上げ（1年目　人口規模別→2,3年目　全市町村）による全国推計モデル［ボトムアップモデル］
- 一般廃棄物処理事業実態調査データを可能な限り活用して、政策フォローアップ性を向上
- ポリシーミックスを扱える包括性の高いモデル



一般廃棄物3R対策パッケージの設定

	対策パラメータ	対策シナリオ
家庭系ごみ発生	有料化の実施割合	現状でごみ有料化が未実施の自治体全てが今後有料化。
	収集頻度	現状で収集頻度が3回以上の地域における収集頻度を2回。 ただし、財政指数が1を上回っている自治体は3回以上のまま。
	生ごみ分別の実施割合	現状で生ごみ分別が未実施の自治体のうち、一定以上の耕地面積を有すれば生ごみ分別・堆肥化を新たに導入。
事業系ごみ発生	食品小売業と外食産業での発生抑制	各自治体の人口あたりの従業員数で全自治体を4つに区分し、従業員1人あたりごみ発生量が最大値をとる区分での発生抑制の取組が進展し、2番目に大きい区分の値まで削減されるとした。ただし、削減率が20%以上と非常に大きくなる場合には実行可能性を加味し、削減率はその半分。
ごみ収集	下水処理場への仕向け割合	今後の新築共同住宅の5割にディスポーザー導入。削減効果としては家庭から発生するごみのうち、生ごみ分（約37.6%：H27循環利用量実態調査）が下水処理場に向かうと想定。
	プラスチックの店頭回収量	全国の小売業の事業所で実施（約86万箇所）。環境省で実施している「BRING PLA-PLUSプロジェクト」の2017年度の実証結果より、1拠点あたり年間約9.2kgの回収量と想定。
	雑がみ回収の実施割合	人口が上位20%の自治体において新たに雑がみ回収を実施。削減効果は経済産業省（H28）「我が国の古紙リサイクルシステムの課題とその対応に関する調査報告書」をふまえ、一人あたり年間約1.0kg削減と想定。
ごみ処理	リサイクル施設への仕向け割合	生ごみの堆肥化が導入可能な自治体に関しては、生ごみの堆肥化が促進すると想定し、堆肥化への仕向け割合を増加（約2.1%）。
	焼却施設の統合	（延命化あり・なし×通常統合・超統合）の4ケースを想定。延命化なし：25～30年で更新、延命化あり：20～35年で更新。同一広域化ブロック内で更新時期が重なる施設を最長利用して一定確率で統合（今回は確率50%と設定）。ただし、施設容量が300トン/日以上（超統合の場合は600日/トン以上）の施設は統合せずに単独更新。今回は、最も統合が進む延命化あり・超統合ケースの結果を提示。

⇒各対策の効果を積上げで全国推計するモデルを開発できた。対策パッケージによる効果は、
ごみ発生量は-4.4%、循環利用率は+1.8%、最終処分量は-8.3%であった。

一般廃棄物・
地域循環モデル

施設統合シナリオのためのデータ整備と施設マッチング

＜データ整備＞

施設容量（施設別）
処理実績（施設別）
1992 - 2013：環境省

将来人口データ（市町村毎） 2015 - 2050（社人研、国環研）

ごみ発生量原単位（地域区分毎）
焼却処理割合（市町村毎）
2014：環境省

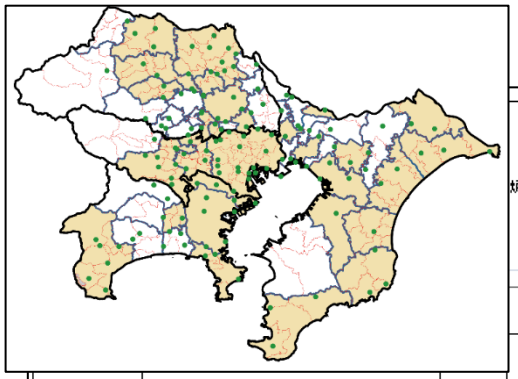
施設稼働率（施設毎、ブロック毎） 1992 - 2013

広域化ブロック情報（都道府県広域化計画）

焼却処理必要量（市町村毎、ブロック毎） 2015 - 2050（5年毎）

必要施設容量（施設毎、市町村毎、ブロック毎） 2015 - 2050（5年毎）

＜施設データを使ったマッチング＞



広域化ブロック別の施設再整備可能数
※2以上は施設統合、1は施設更新もしくは廃止を意味す

→年次

施設↓

［マッチング］

			炉数	使用開始年度	離島への該当	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
			1	1974		2	2	2		3			
			3	1984					3	3			
2205	清掃センター	100.5	2						3	3	1	1	1
2206	磐田市クリーンセンター（号炉）	224	2	2011									
2206	牧之原市御前崎市広域施設組合環境保全センター	141	2	1992		1	1	1	1	1	1	1	1

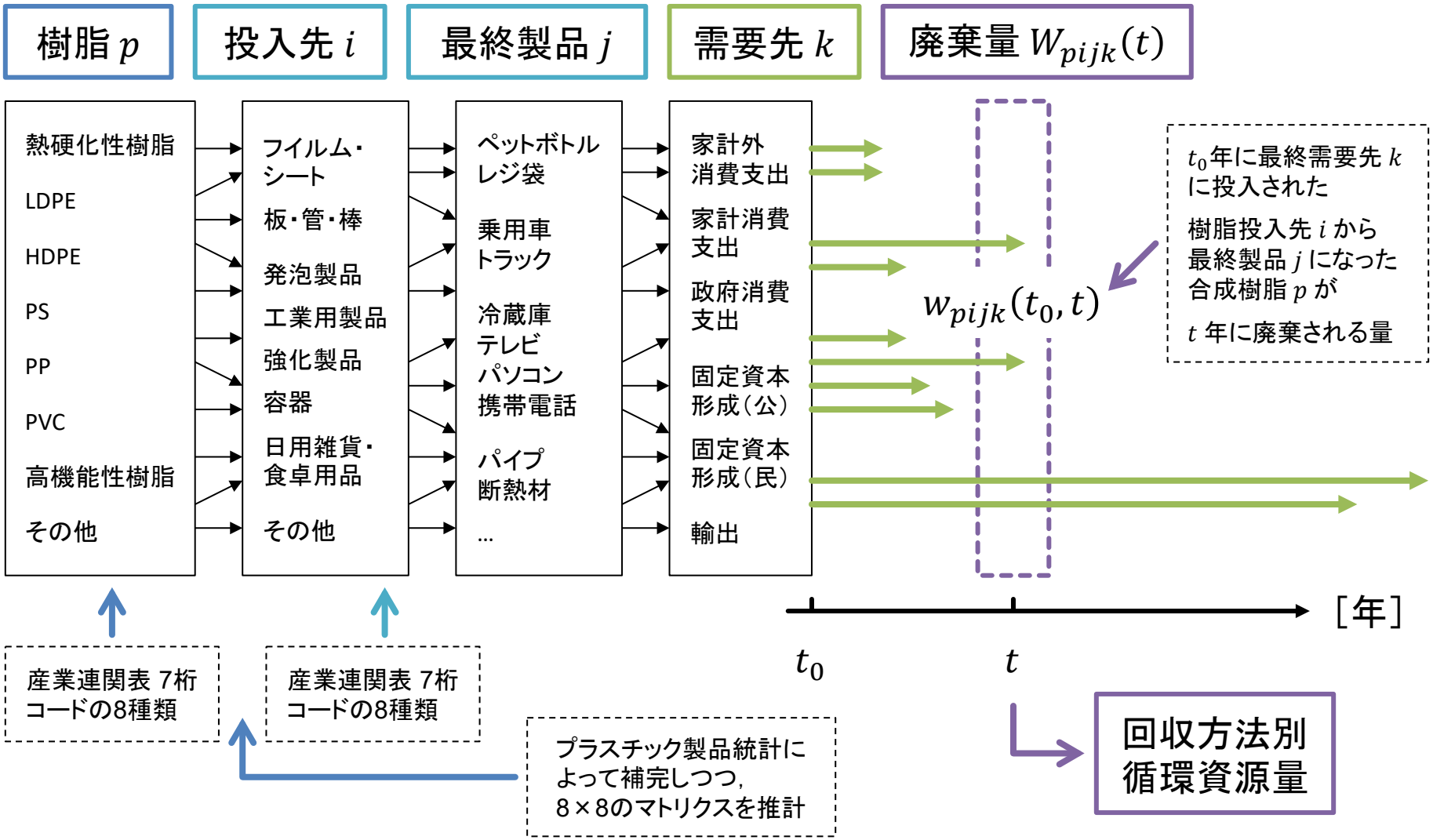
⇒人口減少による施設規模の低下（あるいは稼働率の低下）を回避するため、施設の統合化・延命化がもたらす状況を推計。

⇒GHG排出量は、BAUだと増加してしまうが、3R対策パッケージ（施設統合を除く）により213万トン、さらに施設統合により209万トン削減できる。

横断型プラスチック・リサイクル・モデル

・容器包装プラ、一廃中製品プラ、自動車・家電含有プラのセクターや製品種を超えた横断型のリサイクル（現行法の枠組みを超えたリサイクル）に着目。
・プラスチック（素材）全体の需給関係を考慮したモデルを構築し、横断型リサイクルによる天然資源消費量の削減効果などを算出できるようにする。

プラスチック全体のフローを記述できるモデルが必要⇒投入と廃棄の構造をモデル化



横断型プラスチック・
リサイクル・モデル

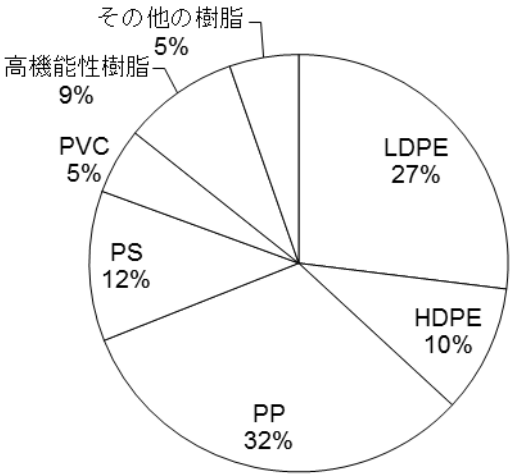
プラスチックの詳細なフロー構造の把握と横断型リサイクルによる効果推計

対策シナリオの設定

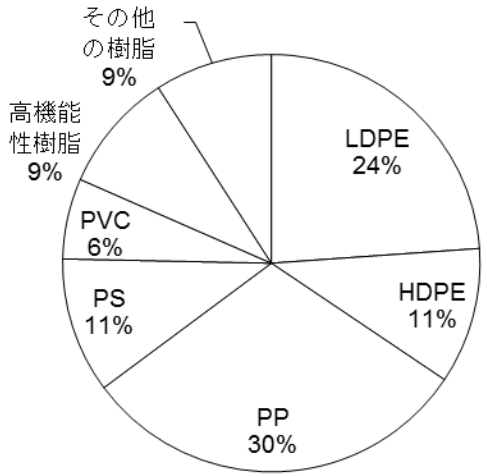
- 2011年度 プラスチック製容器包装 落札量
- プラスチック製容器包装（現行法）全量
- 容器包装・製品プラスチック（家庭系）
- 容器包装プラスチック（家庭系・事業系）

シナリオごとの樹脂割合の推計結果

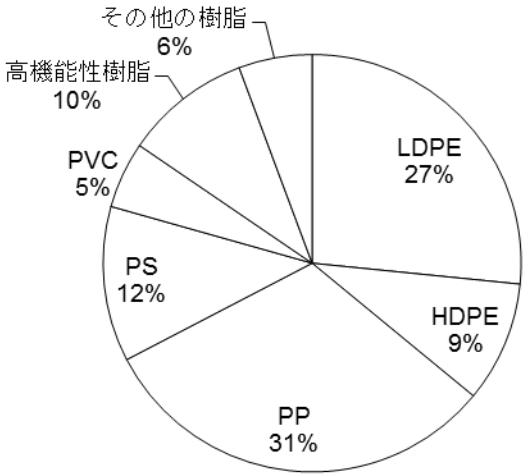
プラスチック製容器包装（現行法）全量回収



容器包装・製品プラスチック横断型（家庭系）



家庭系・事業系 横断型（容器包装プラスチック）



加えて、開発したモデルにより、横断型リサイクルによるCO2排出削減量を推計できた。

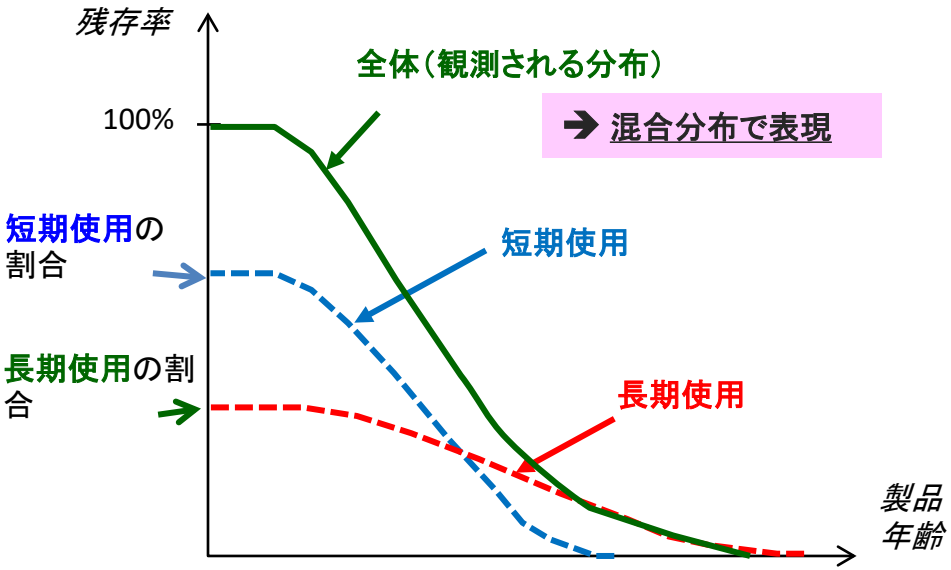
2Rモデル（耐久消費財）

・第三次循環計画では、「2Rの進展」（リデュース・リユース）が記載

※消費財の2Rは既開発のモデルで計算可→耐久消費財に着目

二峰性分布を考慮した製品ストックモデルへの拡張

短期使用／長期使用を分離した製品寿命モデル



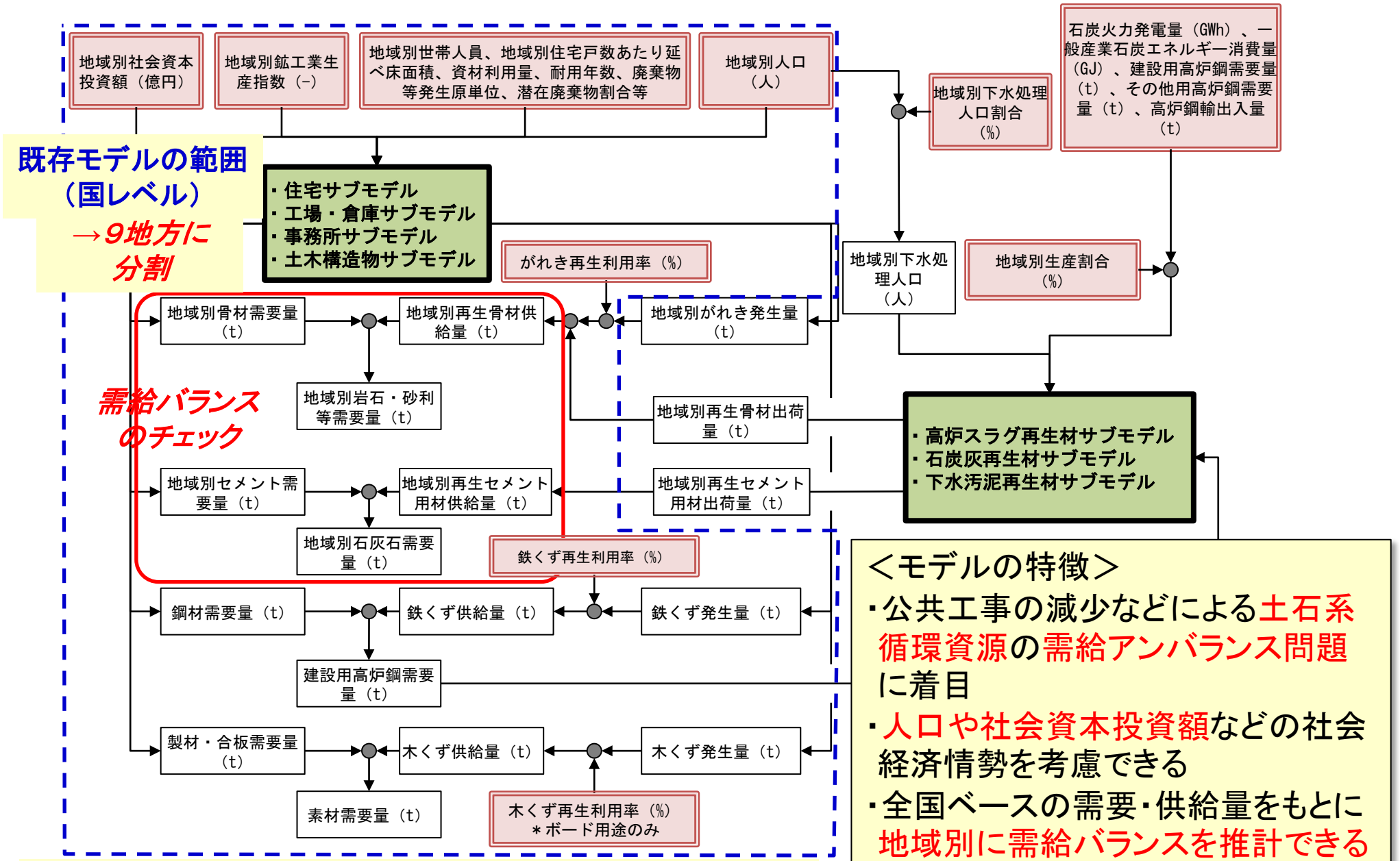
乗用車での実証分析（1998～2009年）

長期使用の割合	平均使用年数
平均5%	短：9.0～11.9 年 長：18.7 年

⇒長期使用群の占める割合は乗用車では平均で5%と小さいが、長期使用の年数は倍近くある。

耐久財（土石系資源）モデル

耐久財モデル（土石系資源）の構造



＜モデルの特徴＞

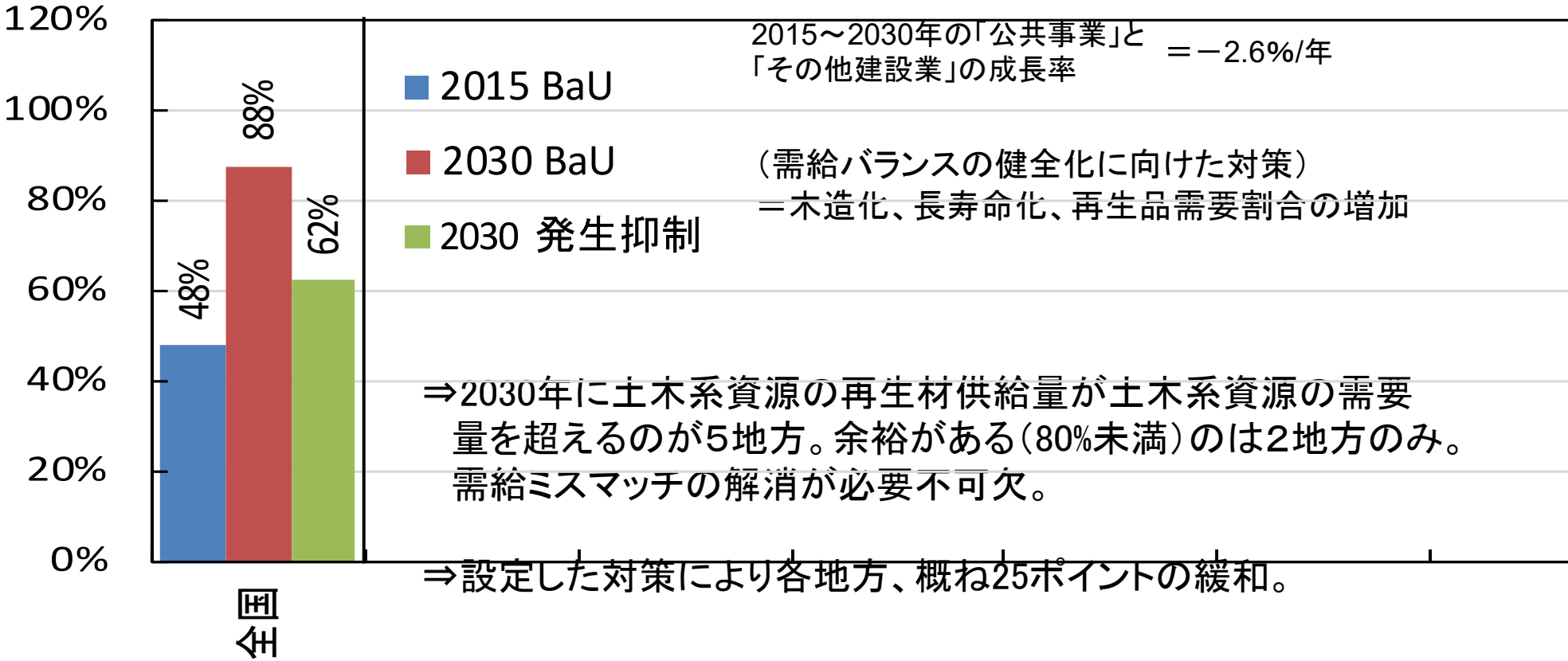
- 公共工事の減少などによる土石系循環資源の需給アンバランス問題に着目
- 人口や社会資本投資額などの社会経済情勢を考慮できる
- 全国ベースの需要・供給量をもとに地域別に需給バランスを推計できる

⇒全国9地方に分割した耐久財モデルを構築できた。

耐久財モデル

需給バランス分析と対策シナリオの計算結果

土木系資源の需要量に対する再生材供給量の比



2015～2030年の「公共事業」と「その他建設業」の成長率　＝－2.6%/年

（需給バランスの健全化に向けた対策）
＝木造化、長寿命化、再生品需要割合の増加

⇒2030年に土木系資源の再生材供給量が土木系資源の需要量を超えるのが5地方。余裕がある（80%未満）のは2地方のみ。需給ミスマッチの解消が必要不可欠。

⇒設定した対策により各地方、概ね25ポイントの緩和。

資源モデル

国際資源フローのシナリオ分析モデル

※金属系資源に着目

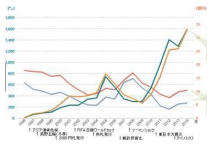
・国際的視点もふまえた資源利用政策への展開に着目
・日本の資源消費に伴ってサプライチェーンを通じて誘発される環境・社会的影響等を定量化するために、国際資源フローおよび世界各国の資源消費量を同定

モデルの概要

A. 流量
（国別輸入計, 国別輸出計, 商品別貿易総量）

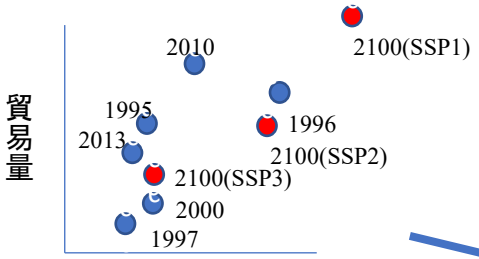
1995～2013年のデータを学習

Vectors:
貿易量推計:
リッジ回帰



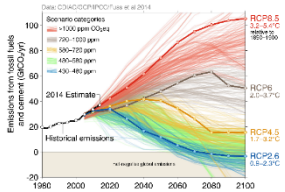
流量（輸出入量）（ベクトル）

温暖化シナリオごとに貿易量を推計

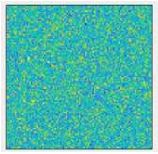


流量= f（GDP、人口、GHG）を推計

IIASA-SSP ver.1



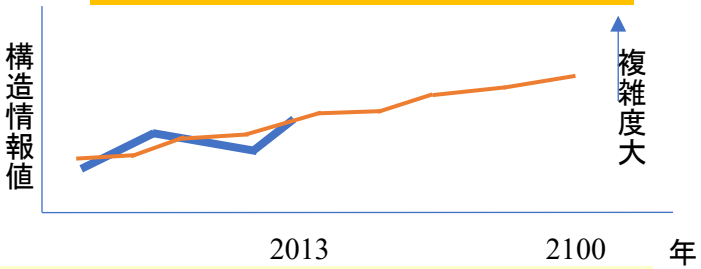
B. 骨格構造
（流量に依存しない商品別の国間の潜在的貿易構造）



骨格構造（行列）

Matrix:
構造推計:
正則化付自己回帰モデル

過去の構造系列を基に将来構造を推計



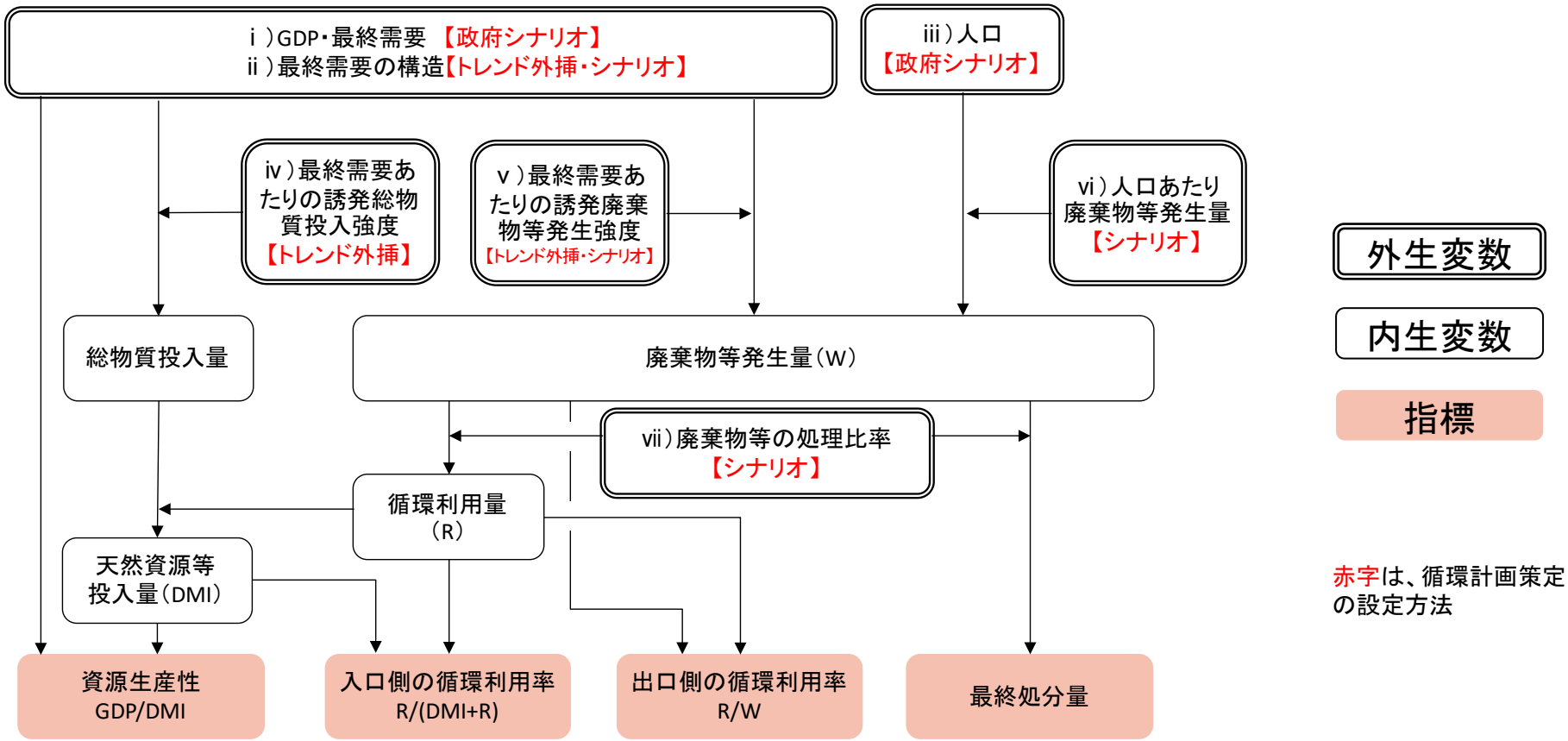
骨格構造= f（GDP、人口、GHG、年）を推計

温暖化シナリオ別の将来貿易構造

⇒過去の貿易量の再現ができるモデルを構築できた。また、温暖化シナリオに対応する国際資源フローとして銅のDMIを将来推計した。将来的な海外での資源需要の伸びを踏まえ、資源確保の難しさを勘案し、次期循環計画の目標等を設定することが望まれる。

全体　環境省循環計画モデルへの反映

＜モデル構造＞



赤字は、循環計画策定時の設定方法

＜開発したモデルからのパラメータ入力＞

モデル名	対象パラメータ	対象物
一般廃棄物・地域循環モデル（サブ1，2）	ⅵ）人口あたり廃棄物等発生量 ⅶ）廃棄物等の処理比率	一般廃棄物等
横断型ﾌﾟﾗｽﾁｯｸﾘｻｲｸﾙﾓﾃﾞﾙ（サブ3）	ⅴ）最終需要あたりの誘発廃棄物等発生強度 ⅵ）人口あたり廃棄物等発生量	化石系資源
2Rモデル（耐久消費財）（サブ1）	ⅳ）最終需要あたりの誘発総物質投入強度 ⅴ）最終需要あたりの誘発廃棄物等発生強度	金属系資源
耐久財モデル（サブ2）	ⅳ）最終需要あたりの誘発総物質投入強度 ⅴ）最終需要あたりの誘発廃棄物等発生強度	非金属系 鉱物資源
※　資源モデル（サブ1）	ⅰ）GDP・最終需要　（輸出入額） ⅱ）最終需要の構造	金属系資源

※資源モデルは結果の精査中のため、今回の試算では用いず

全体

環境省循環計画モデルへの反映（モデル計算）結果

⇒各モデルの計算結果を環境省循環計画モデルに投入し、3つの物質フロー指標を推計

資源生産性　　循環利用率　　最終処分量

⇒本研究グループが設定した政策パッケージにより、資源生産性は向上、最終処分量は同程度となったが、循環利用率が低下した。原因は耐久財モデルにおける発生抑制対策に伴う（循環利用されていた）土石系循環量の減少による。

⇒循環政策の取組効果が漸近する時代においては、複数の対策がトレードオフをもたらすことに注意が必要

まとめ・得られた主な成果

政策実施による効果を定量化する6つの物質フローモデルを開発し、それぞれで政策導入効果を推計できるようにするとともに、環境省循環計画モデルに接合させ、3つの物質フロー指標を算出した。主な成果（各スライドの結論の再掲等）は以下のとおり。

一般廃棄物モデル=地域循環モデル：対策毎に、異なる市町村で対策導入されるとして対策を設定でき、その効果を積上げで全国推計できるモデルを開発。ごみ発生抑制、リサイクルの進展などを対策を組み合わせた堅実な対策パッケージの効果はごみ発生量−4.4%、循環利用率+1.8%、最終処分量は−8.3%と推計。焼却施設の統合によりCO2は200万トン削減。人口減少下における焼却施設の統合効果等の推計も実施。

横断型プラスチックリサイクルモデル：日本のプラスチック全体の需給関係と構造を精緻に表現するモデルを構築。容器包装の家庭系と事業系の横断型リサイクルによるCO2排出量削減は700万トンと推計。

2Rモデル（耐久消費財）：二群に分けた製品フローモデルを構築し、耐久消費財の長期使用促進による新製品・廃製品の台数変化を算出。

耐久財モデル：全国9地方に分割したモデルを構築。2030年に土木系資源の再生材供給量が土木系資源の需要量を超過する地方が5つあり、循環資源の行き場に困る時代が到来すること、対策により概ね供給/需要比が25%緩和可能なことを把握。

資源モデル：温暖化シナリオのパラメータを用いて貿易量を推計するモデルを構築。過去の貿易量を再現することができた。RCPシナリオでの貿易量を将来予測。

全体とりまとめ：各モデルの結果を用いて日本全体の3つの物質フロー指標を推計。循環政策の取組効果が漸近する時代においては、複数の対策がトレードオフをもたらすことに注意がより必要であることを確認。

環境政策への貢献（成果の主な活用等）

・第4次循環計画の策定のために開催された環境省の検討ワーキンググループなどで、本研究の中間成果ならびにその成果にもとづく政策案を提示し、同計画策定の検討に貢献。
・耐久財モデルの地域別の土石系循環資源の需給バランスの結果は、環境省・国交省の担当者にタイムリーに情報をインプットでき、同計画で需給バランスが崩れる懸念が指摘されるに至った。
・モデル開発の大きな成果は、第4次循環計画のフォローアップや第5次計画策定に向けた検討内容を支援すること。施策と物質フローの変化との関係をより詳細に表現するモデルの活用により、エビデンスベースの政策目標の設定など、さらなる政策貢献を期待できる。

成果発表

論文発表　６件、口頭発表　２１件（2018年末時点）