

東京都市圏における環境対策の モデル分析の方針と期待される成果 [概要]

2015年10月29日

東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会

※2015年9月17日公表「東京都市圏における環境対策のモデル分析の方針と期待される成果」の内容に基づき、その後の議論の進展を踏まえて作成

東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会

「持続可能な東京都市圏づくりに関する懇談会」
学識経験者・民間事業者

提案



分析



東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会

環境省

委員（五十音順）

足永 靖信 国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 室長
佐土原 聡 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授
谷川 寛樹 名古屋大学大学院 環境学研究科 教授
谷口 守 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授
藤田 壮 国立環境研究所 社会環境システム研究センター センター長
増井 利彦 国立環境研究所 統合評価モデリング研究室 室長

オブザーバー

文部科学省／国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）／気象庁
埼玉県／千葉県／東京都／神奈川県

モデル分析チーム

国立研究開発法人国立環境研究所／国立大学法人名古屋大学／(株)エックス都市研究所
(株)価値総合研究所／(株)ハオ技術コンサルタント事務所／(株)三菱総合研究所／みずほ情報総研(株)

検討の背景と趣旨

持続可能な社会へ 大きな目標

日本国の地球温暖化対策目標

(温室効果ガス排出量)

2020年度 -3.8% (2005年度比)

2030年度 -26.0% (2013年度比)
(2005年度比 -25.4%)

2050年度 -80%



個別の技術の導入・インフラの更新
＋
社会の仕組み
価値観・ライフスタイル

東京都市圏の 重要性

2020年東京大会

- ・ 老朽化した施設の改修
- ・ 多数の再開発
- ・ インフラの更新・改変

温室効果ガス排出量
日本全体の2割



日本全体の低炭素社会づくりに
大きな影響

調査・研究の課題

個別分野での進展

- ・ エネルギー
- ・ 資源循環
- ・ 物質ストック
- ・ 土地利用・交通
- ・ ヒートアイランド 等



課題

- ・ 分野間の総合的な効果
- ・ 空間・時間スケールの統合

本検討会

- ・ 既存の複数モデルを連携
- ・ 東京湾臨海部緑地対策の分析とも連携



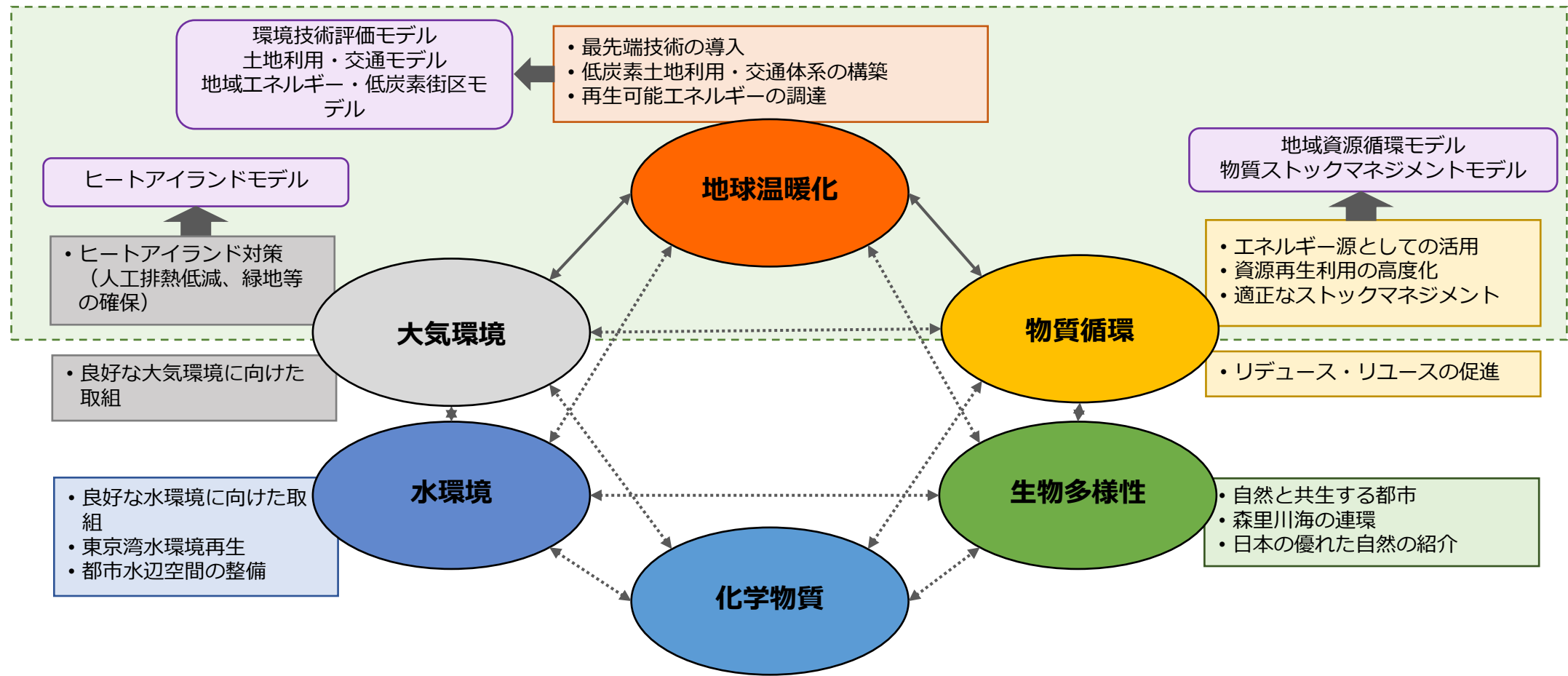
- ・ 分野をまたぐ対策の相互効果を分析
- ・ 対策のポテンシャル・効果を分かりやすく提示

環境省が官民研究機関等と埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県と気象庁の協力を得て、2020・30・50年の環境対策の効果を評価

わかりやすい形で行政機関や関係事業者、国民に提示することによって、取組を更に加速

「東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会」で対象とする範囲

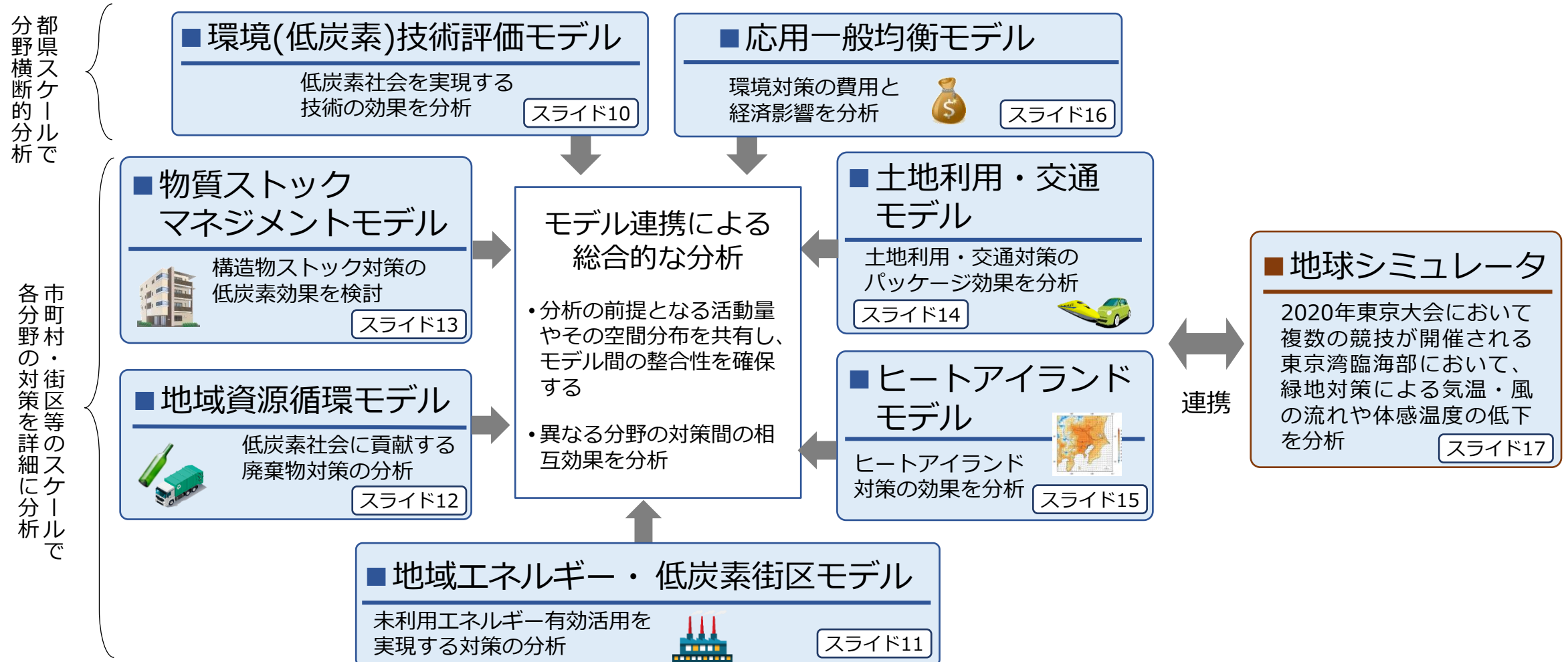
第4次環境基本計画に示された6つの重点政策分野のうち、地球温暖化を中心に据え、地球温暖化との関連性が強い物質循環、大気環境（ヒートアイランドに係るもの）を加えた3つの分野を対象とする。



（注）分野毎の対策例は環境省が平成26年8月に取りまとめた「2020年オリンピック・パラリンピック東京大会を契機とした環境配慮の推進について」の中から、上記分野毎に東京都市圏における取組として記述したものの中から記述

東京都市圏環境対策分析 モデルの全体像

- 環境対策技術・施策による総合的な効果とその経済影響を分析するため、各分野のモデルを連携し、①将来の活動量(人口・経済成長率・就業者数等)やその空間分布を共有しモデル間の整合性を確保するとともに、②あるモデルの出力を他のモデルで利用することで対策・施策間の相互効果を分析する。
- 海洋研究開発機構(JAMSTEC)の地球シミュレータを用いた東京湾臨海部の緑地対策による効果の分析とも連携する。



東京都市圏環境対策分析におけるケース設定について

東京都市圏環境対策分析において、対策技術や施策の導入水準の強度に応じて、現状を固定する「固定ケース」、現行の計画に基づいた環境対策技術・施策を導入する「対策ケースα」、さらに踏み込んだ対策・施策を想定する「対策ケースβ」の3つのケースで分析を実施する。

ケース	考え方	主な関連目標・計画等
固定ケース	東京都市圏において、対策技術・施策の導入状況やエネルギー効率が現状に固定されたまま将来にわたり推移するとともに、既存の整備計画に基づき交通インフラ整備が行われることを想定する	・ 既存の道路・鉄道等の整備計画
対策ケースα	東京都市圏に関わる様々な既存計画を基本とし、それらに盛り込まれた環境対策技術・施策の実施を想定する	・ 日本の約束草案、地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ、都県温暖化対策計画等 ・ 廃棄物処理施設整備計画、ごみ処理広域化計画等 ・ 首都圏基本計画、業務核都市基本構想、都県都市開発マスタープラン、民間開発計画等
対策ケースβ	東京都市圏に関わる様々な既存計画に加えて、幅広い分野での対策技術や施策も取り込み、より踏み込んだ対策や施策の実施を想定する	例えば土地利用においては首都圏基本計画、都県都市開発マスタープラン及び民間開発計画を基本に、一定の拠点地区への集約を複数ケース（β1、β2、…）で想定する。

東京都市圏環境対策分析における対策ケース毎に導入を想定する環境対策技術・施策検討案※ 1/2

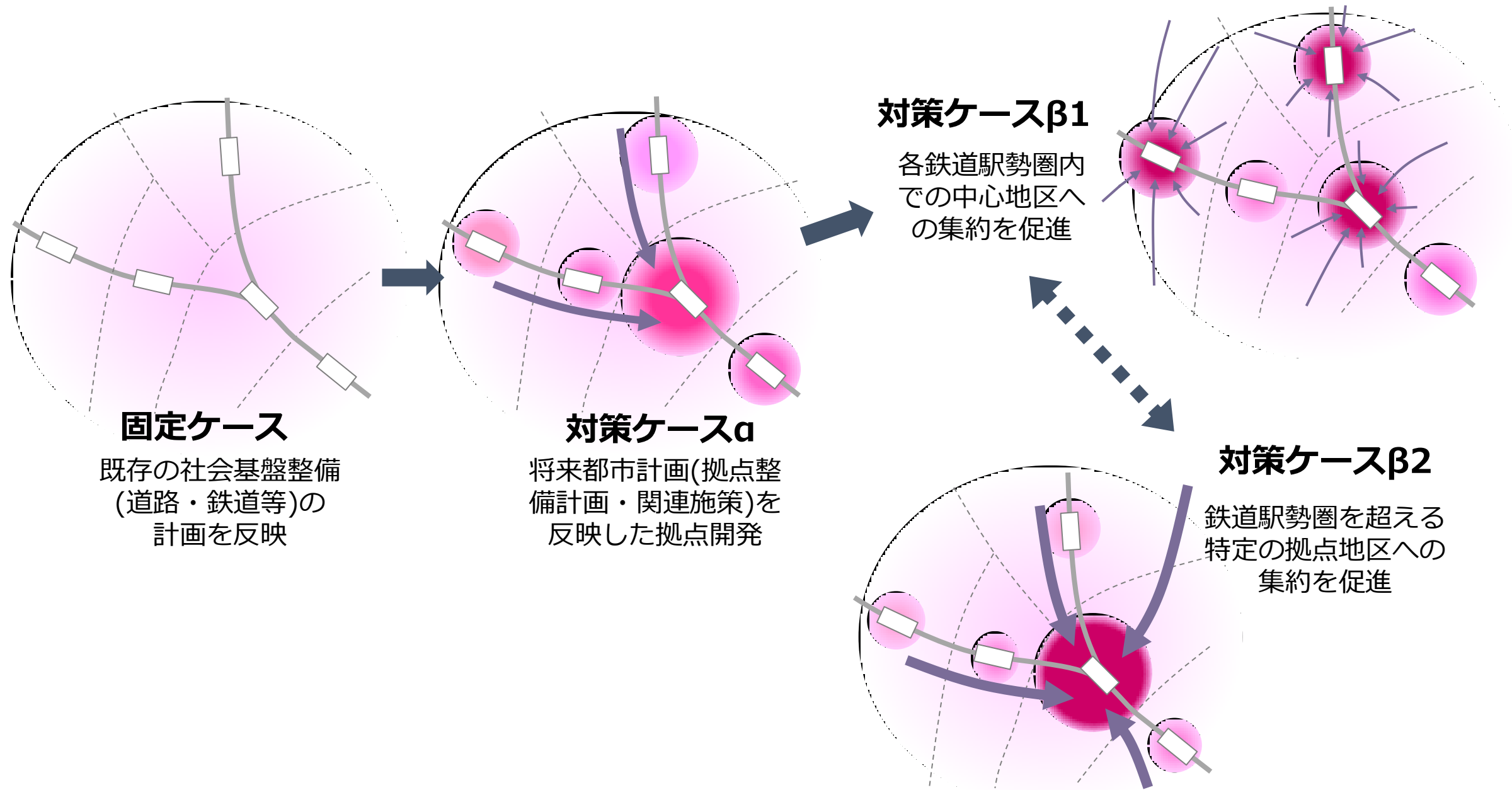
東京都市圏環境対策分析における対策技術・施策		対策技術・施策の実施強度	
		対策ケースα	対策ケースβ
地球温暖化			
家庭・業務	高断熱建築物	家庭：6%(現状)→70%(2050年) 業務：22%(現状)→70%(2050年)	計画的更新(コンパクト街区)で普及促進
	高効率機器の普及	高効率照明：9%(現状)→100%(2050年) その他：機器により設定	αと同じ
	HEMS/BEMS	HEMS：0.2%(現状)→100%(2050年) BEMS：6%(現状)→100%(2050年)	計画的更新(コンパクト街区)でBEMS普及促進
	国民運動の推進	クールビズ・ウォームビズの推進、照明の間引き、照度抑制/家電・機器の使用量・使用時間の削減等	クールビズ・ウォームビズの推進、照明の間引き、照度抑制/家電・機器の使用量・使用時間の削減等
製造業	素材生産業の省エネルギー型設備・プロセス導入等	2050年に100%	αと同じ
	業種横断省エネ技術	高性能ボイラの導入	αと同じ
	資源循環利用	製造業の循環資源活用を促進	製造業の循環資源活用を促進
運輸	自動車技術対策	次世代自動車等の普及促進	次世代自動車等の普及促進
	そのほか交通対策	公共交通機関の利用促進等 エコドライブ・カーシェアリングの推進	コンパクト街区での公共交通分担率向上 エコドライブ・カーシェアリングの一層の推進
エネ転換	再生可能エネルギー発電（太陽光発電、風力発電）	最大限の導入	コンパクト化によって生まれる郊外空地のメガソーラー発電拠点としての活用等
	系統電力	低炭素化（再エネ等）の推進	αと同じ
	ごみ焼却拠点の集約化に伴う廃棄物発電の高効率化	施設更新時に高効率化(炉の規模により設定)	熱電併給による熱供給効果 生ごみ分別によるメタン発酵（熱電併給） バイオマス発電

※各年における対策実施強度は検討中

東京都市圏環境対策分析における対策技術・施策		対策技術・施策の実施強度	
		対策ケースα	対策ケースβ
地球温暖化			
都市・土地利用	都市のコンパクト化によるエネルギー効率の改善	2050年に集約拠点572地区、首都圏整備計画971地区、鉄道整備計画沿線215地区へ施設立地による低炭素効果（交通と地域エネルギー等） 2050年に民間大規模開発の建物新規供給(住宅床600ha、業務床1800ha等)	拠点地区へ立地誘導の促進、各駅勢圏内での駅近傍への住宅、都市機能の集約、圏域での集約拠点のエネルギー需要シェア集中誘導
	都市のコンパクト化による交通流対策の効果改善		
	都市のコンパクト化による交通需要削減		
物質循環・ストックマネジメント			
	建築物の長寿命化	αでは想定しない	社会的寿命を超えて機能寿命まで建物利用の延長
	廃棄物回収の分別率・再利用率の増加	現行の計画に従った分別率を想定	建設廃木材のエネルギー利用、分別高度化で廃プラ利用増、廃紙分別RPF化エネルギー利用、厨芥集約でメタン発酵
大気環境（ヒートアイランド）			
	緑化(街路樹、公園、民有地樹木、芝生化)	上記土地利用集約の下で計画・事業の進捗や規制・指針等に基づく緑地整備、舗装改善、建物緑化等を想定	集約化による緑地増加、屋上緑化、壁面緑化
	舗装（透水性・保水性舗装、遮熱性舗装）		地表湿潤化（打ち水等）
	建物（屋上高反射性塗料、屋上緑化、壁面緑化、開口部の緑のカーテン）		更新建物での遮熱化の街区冷却効果

※各年における対策実施強度は検討中

将来の対策ケースによる土地利用施策の考え方



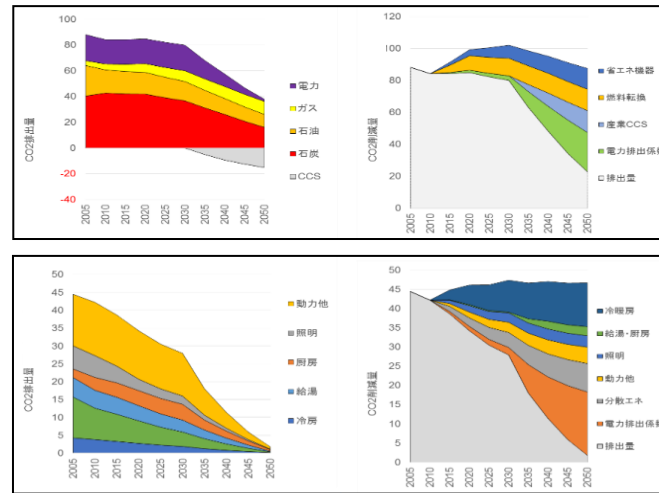
期待される成果

○モデル間の連携により、地球温暖化とヒートアイランド現象などのような異なるスケールの環境問題について、対策が別の環境問題に与える影響を明らかにすることで、個別の対策技術・施策の積上げによる効果のみならず分野間の相互効果も含めて、多面的な分析が可能となる。

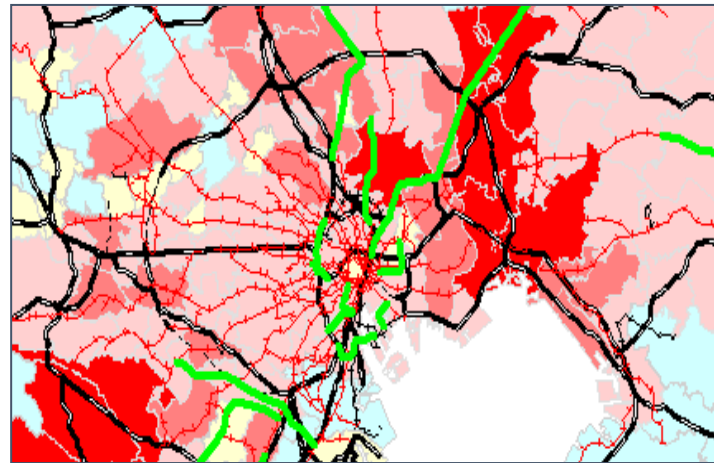
○都市のコンパクト化等によるエネルギー需給特性や交通量の変化と、その変化を通じた環境への影響の分析が可能となる。併せて、地域熱供給施設及び循環資源活用施設等の都市圏スケールの整備について、環境の観点からの望ましいあり方の提示が可能となる。

○空間的な広がり大きい東京都市圏での様々な環境対策技術・施策を対象として、既存のモデルを連携させた統合的な分析の基礎を構築し、将来の個々の分野での分析・評価・検証での活用にもつながる。

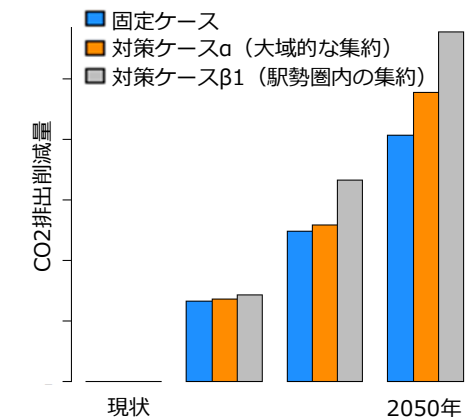
マクロな将来シナリオ



土地利用・空間の将来シナリオ

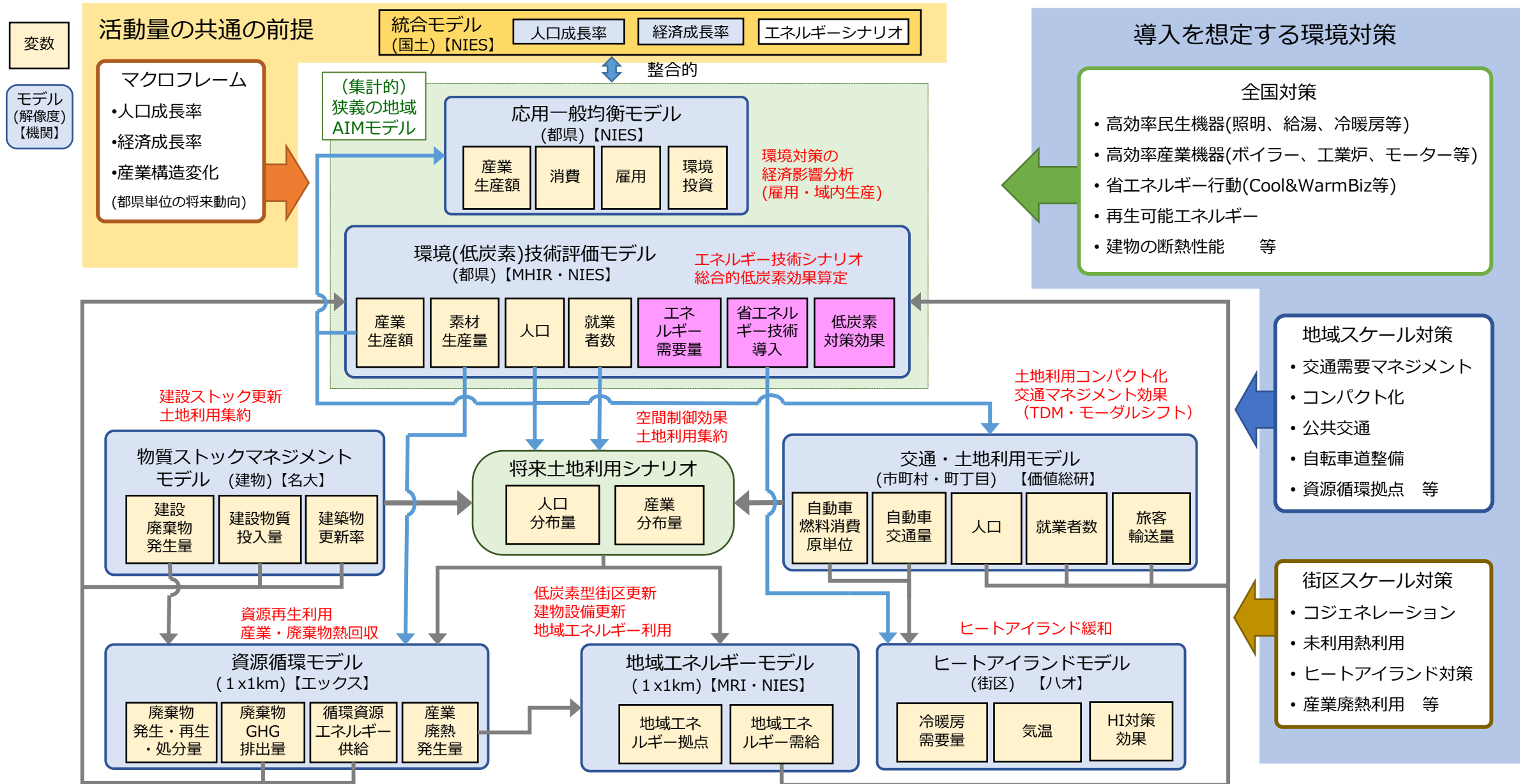


複合的な環境技術・施策の効果の定量化



複合的な環境技術・施策の長期シナリオへのフィードバック

【参考】東京都市圏環境対策分析におけるモデル連携の詳細



【モデル①】 環境(低炭素)技術評価モデル

～低炭素社会を実現する技術の効果を分析～

- ・ 比較的簡易な構造で様々な低炭素対策・技術の効果を瞬時に算定する
- ・ 都県のスケールで全部門のエネルギー需要・供給を推計する包括的なモデル
- ・ 国・地域の温暖化対策計画・目標や各種の技術開発を反映

モデルの構造

エネルギー消費量を3つの要素に分解した上で、個別対策の効果を各要素の変化量として設定し、対策導入後のエネルギー消費量を推計

対 策 【活動量変化】

- ・ 冷暖房需要低減
- ・ 照度調整 など

対 策 【エネ構成変化】

- ・ ヒートポンプ<空調・給湯>
- ・ 電気自動車 など

対 策 【エネ効率変化】

- ・ 高効率家電・照明
- ・ ハイブリッド自動車 など

対 策 【排出係数変化】

- ・ 再エネ発電
- ・ 再エネによる水素製造 など

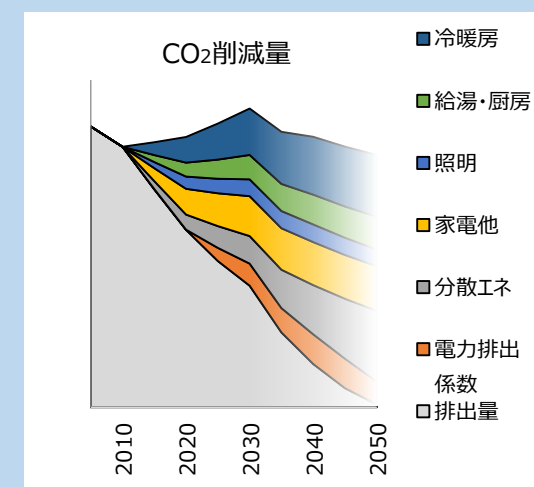
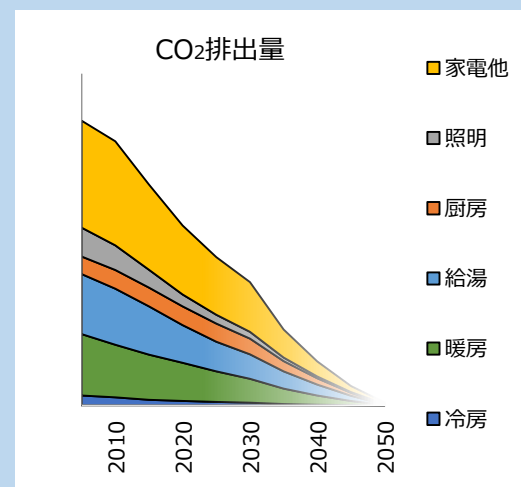
エネルギー消費量

CO2排出量

分析結果の例

対策を導入した場合のエネルギー消費量・排出量や、それらの削減量を部門ごとに推計し、対策の効果分析を実施

民生部門の例



モデル間の連携

各モデルの推計する各部門の詳細な対策効果を都市圏全体の排出量推計に反映し統合的な分析を行う

省エネルギー技術の普及による省エネ効果をヒートアイランドモデルや地域エネルギー・低炭素街区モデルへ提供する

【モデル②】 地域エネルギー・低炭素街区モデル

～地域の取組で効率的なエネルギー利用を実現する対策を分析～

- ・ 効率的なエネルギー需給を地域単位で計画・実現することによる省エネルギー・低炭素化の効果を分析
- ・ 1km四方解像度の民生部門エネルギー消費推計に基づき地域の熱源を活用したエネルギー供給構成を設定
- ・ 鉄道駅周辺への集住と機能集約による追加的な省エネルギー・低炭素化効果を分析

モデルの構造

- ・ 鉄道駅周辺に設定する拠点でエネルギー需要を集計し、その需要量、時間変動特性に応じて高効率・低炭素なエネルギー供給を行う効果を推計
- ・ 駅勢圏内の住宅・業務床面積を駅近傍の中心地区に集約させたケース（対策ケースβ1）を設定し、エネルギー需要分布を設定

民生部門エネルギー消費量

住宅・業務建築物延床面積、建物用途別・エネルギー用途別エネルギー消費原単位などより推計

対策【エネルギー供給変化】

- ・ 未利用熱の活用（清掃工場、工場、発電所）
- ・ エネルギーの面的利用
- ・ 高効率コージェネによる熱電併給

対策【エネルギー需要変化】

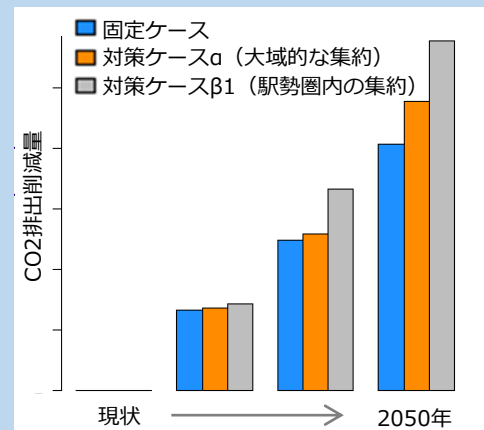
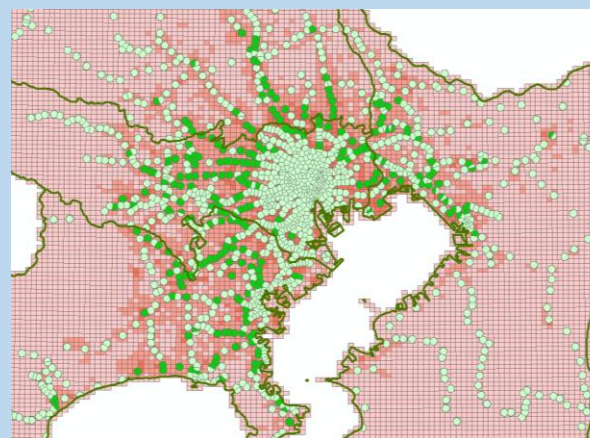
- ・ 鉄道駅周辺への集住・機能集約

エネルギー消費削減量

CO2排出削減量

分析結果の例

- ・ 効果推計の対象とする拠点を熱需要密度をもとに設定
- ・ 対策を導入した場合のエネルギー消費量およびCO2排出量の削減量を拠点毎に推計



建物の建て替え、集約の進展とともに対策効果が増加

モデル間の連携

エネルギー消費量の1kmメッシュ値を提供し、ヒートアイランドモデルではこれを排熱量推計に反映

【モデル③】 地域資源循環モデル

～低炭素社会の実現に貢献する廃棄物対策の分析～

- ・ 廃棄物の発生、分別、回収、処理、有効利用等における低炭素技術・施策導入に伴うGHG削減効果を算定
- ・ 1km四方毎に廃棄物発生を推計、処理施設毎に処理量・エネルギー外部供給可能量を推計
- ・ 国・地域の温暖化対策計画・目標やごみ処理広域化計画を反映

モデルの構造

低炭素技術・施策

一般廃棄物焼却施設の集約・高効率化

- ・ 一般廃棄物処理の広域化
- ・ 施設規模の拡大に伴う発電効率向上

廃棄物関連再生可能エネルギーの導入促進

- ・ 廃棄物発電／発生熱利用
- ・ バイオガス発電
- ・ 建設資材廃材からのバイオマス発電

分別促進に伴う再生利用（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル）の促進、そのうえで、再生利用できないものについては燃料利用等の熱回収を促進

- ・ 廃プラ類のマテリアルリサイクルの促進
- ・ 廃プラ類の高炉原料化（ケミカルリサイクル）
- ・ 廃プラ類のコークス炉原料化（ケミカルリサイクル）
- ・ 廃プラ類のセメント燃料利用（熱回収）
- ・ 廃プラ類／紙類の産業用ボイラ燃料利用（熱回収）

GHG
削減効果

分析結果の例

現状

2050年

ごみ排出量(t/年)

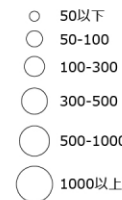


焼却施設

発電効率(%)

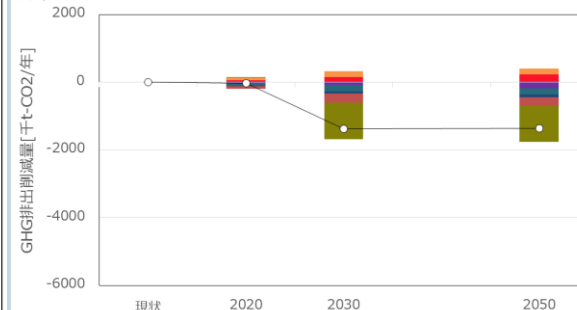


処理能力(t/日)

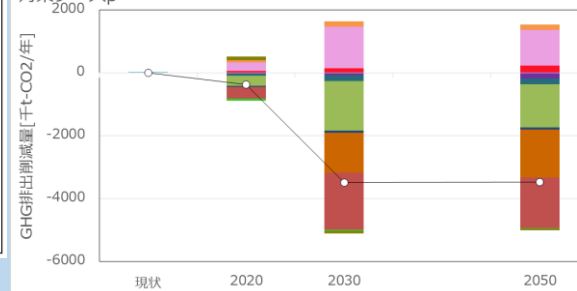


廃棄物発生量と一般廃棄物焼却施設の変化(例)

対策ケースα



対策ケースβ



GHG削減効果試算(例)

- 廃棄物発電 (電力供給)
- 廃棄物発電 (熱供給)
- 廃棄物発電 (廃棄物焼却)
- バイオガス発電 (一廃)
- 産業活用 (代替利用)
- 産業活用 (燃焼)
- RPF利用
- RPF燃焼
- バイオガス発電 (産廃)
- バイオマス発電 (建設廃材)
- 産業活用 (産廃) (代替利用)
- 産業活用 (産廃) (燃焼)

モデル間の連携

廃棄物発電に伴う外部供給可能電力量、産業施設における燃料等代替量、廃棄物の収集・運搬に伴う交通エネルギー需要を環境技術評価モデルへ提供

廃棄物の焼却処理に伴う外部供給可能熱量を地域エネルギー・低炭素街区モデルへ提供

- ・ 地理情報システム(GIS)を利用して構造物ごとの物質ストック量を算定する
- ・ 建築物・道路・鉄道などの社会基盤構造物の更新を様々なスケールで集計可能
- ・ 素材ストック量の定量化により建設に伴う環境負荷や廃棄物を循環利用する影響を評価する

モデルの構造

GIS上で各年代の各構造物の残存量を推計し、集約化に伴うストック需要量の変化やリサイクル率の改善により、地域ごとの物質消費量を定量化

GIS構造物データ【残存量】

- ・ 構造別建築物延床面積
- ・ 道路延長・鉄道延長 など

対策【脱物質化】

- ・ ストック需要量変化
- ・ 集約化による分布変化 など

対策【長寿命化】

- ・ 建物更新の地域差
- ・ 構造物別の耐用年変化 など

対策【リサイクル】

- ・ 建設副産物の有効利用
- ・ 循環利用率の改善
- ・ 素材新規需要量と隠れたフローの低減 など

素材ストック量

建設資材投入量

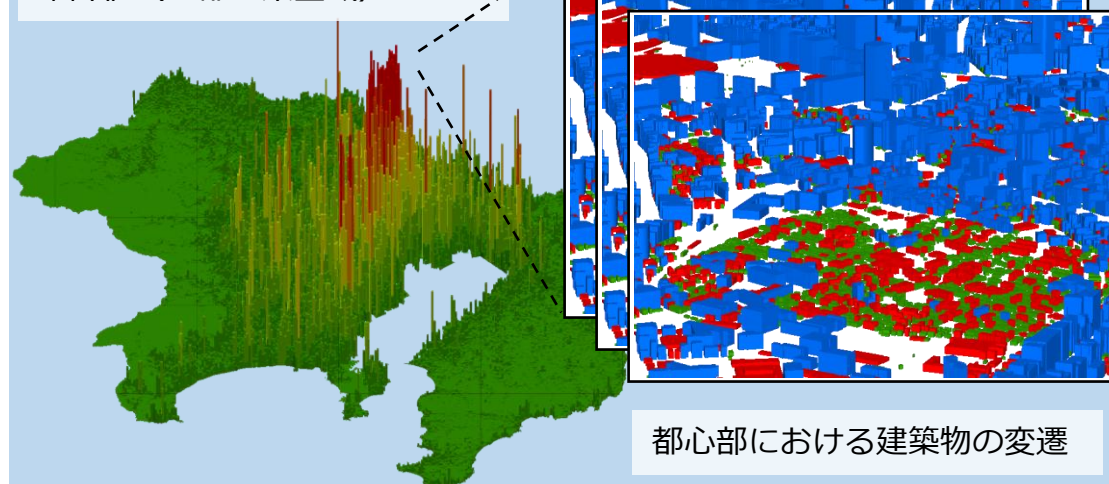
CO2排出量

建設廃棄物量

分析結果の例

個々の構造物の分布・動態を表記することで地域の移り変わりを可視化し、様々なスケールで評価する

500mメッシュでのストック量
集計値（一都三県全域）



モデル間の連携

土地利用・交通モデルと地域エネルギー・低炭素街区モデルによる
集約化シナリオに対応した構造物の更新計画

地域資源循環モデルへの建設副産物量インプットより建設部
門で循環利用不可な素材の熱利用を検討

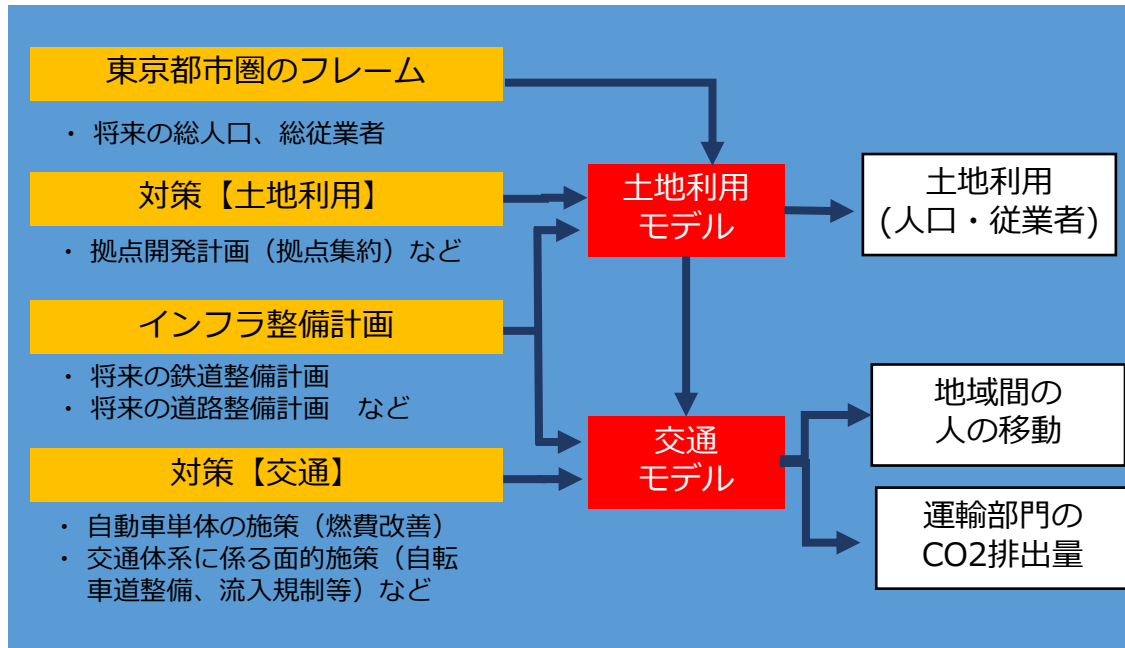
【モデル⑤】土地利用・交通モデル

～土地利用対策・交通対策のパッケージ効果を分析～

- ・ 価格メカニズムを考慮した行動論に基づき土地利用や、人の移動（どこから、どこへ、どの程度）を予測する
- ・ 詳細なゾーン単位の土地利用（人口や従業者の分布）や、各路線における自動車からのCO2排出量などが分析可能
- ・ インフラ整備計画（道路、鉄道、航空）、拠点開発計画（都市マスなどの行政計画、民間開発計画）を反映

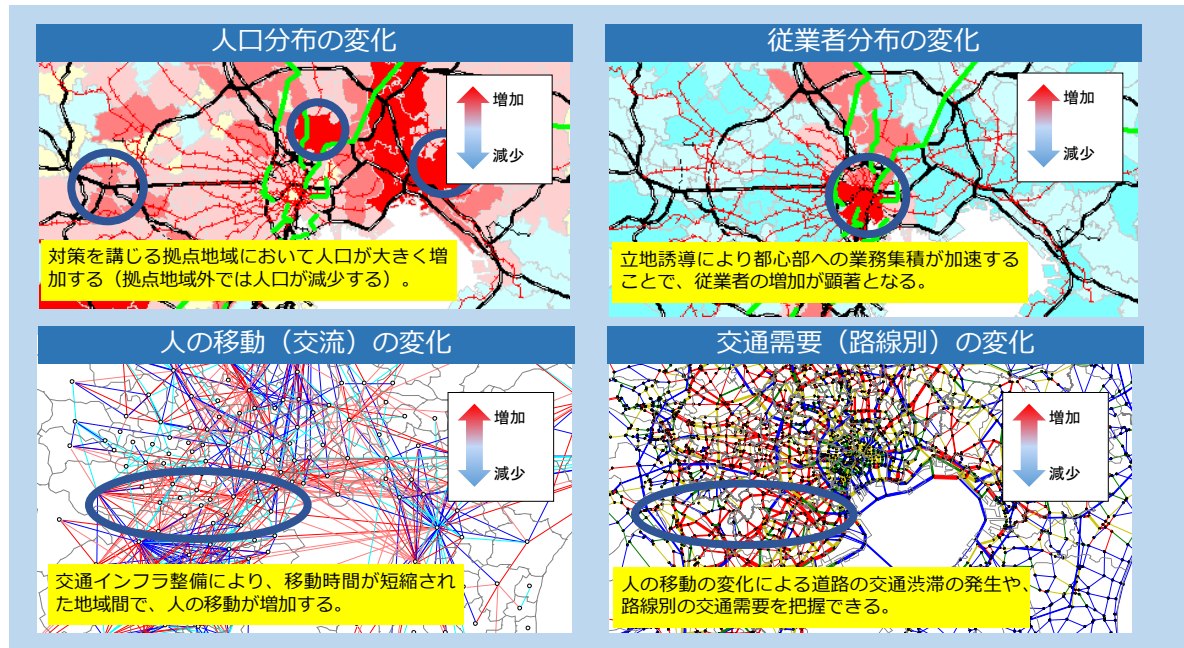
モデルの構造

人口・従業者の分布を予測する土地利用モデル、各ゾーンから発生する交通量、各地域から他地域へ移動する人数を予測する交通モデルからなる



分析結果の例

インフラ整備や土地利用対策による人口・従業者分布の変化、地域間での人の移動の変化、交通需要の変化などを詳細な地域単位および路線別で把握する



モデル間の連携

インフラ整備の影響や土地利用対策の影響に基づく、詳細なゾーン単位の人口・従業者数を他の各モデルに提供する

道路の路線別の交通量などをヒートアイランドモデルに提供する（自動車からの排熱の推計に利用）

都市圏全体の総交通量を環境技術評価モデルに提供する

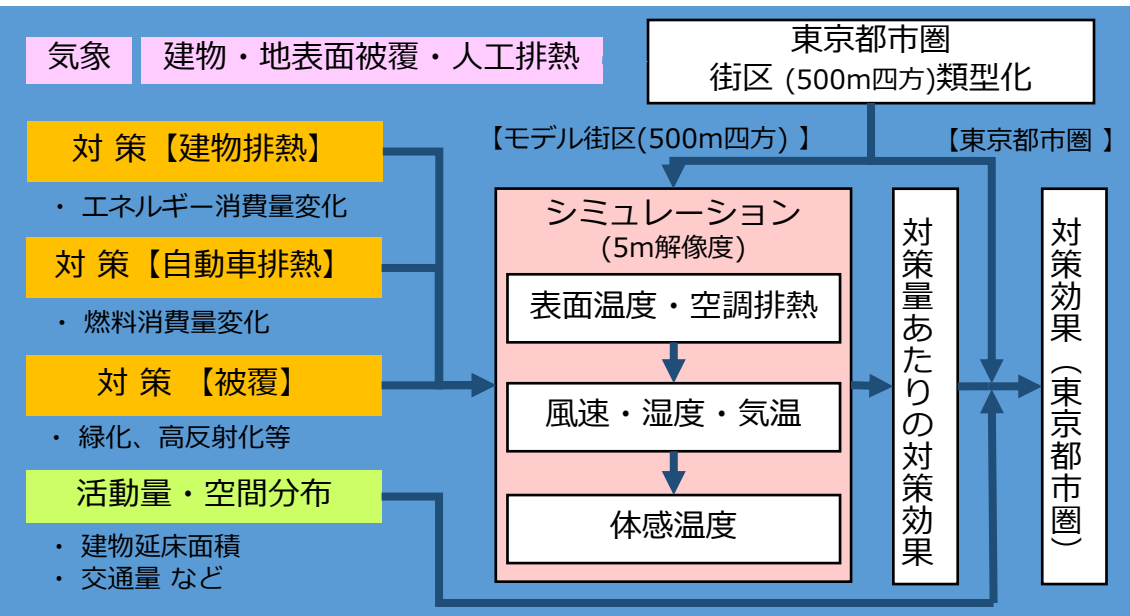
【モデル⑥】 ヒートアイランドモデル

～ヒートアイランド対策の効果进行分析～

- ・ 地表面や建物からの熱や風の流れ等を詳細に解析し、気温や体感温度等を予測する数値モデル
- ・ 対策量あたりの対策効果(街区スケール)、対策効果分布(地区スケール)、広域体感温度分布(都市スケール)を把握
- ・ 将来の気象、低炭素対策による排熱減、緑化等のヒートアイランド対策を反映

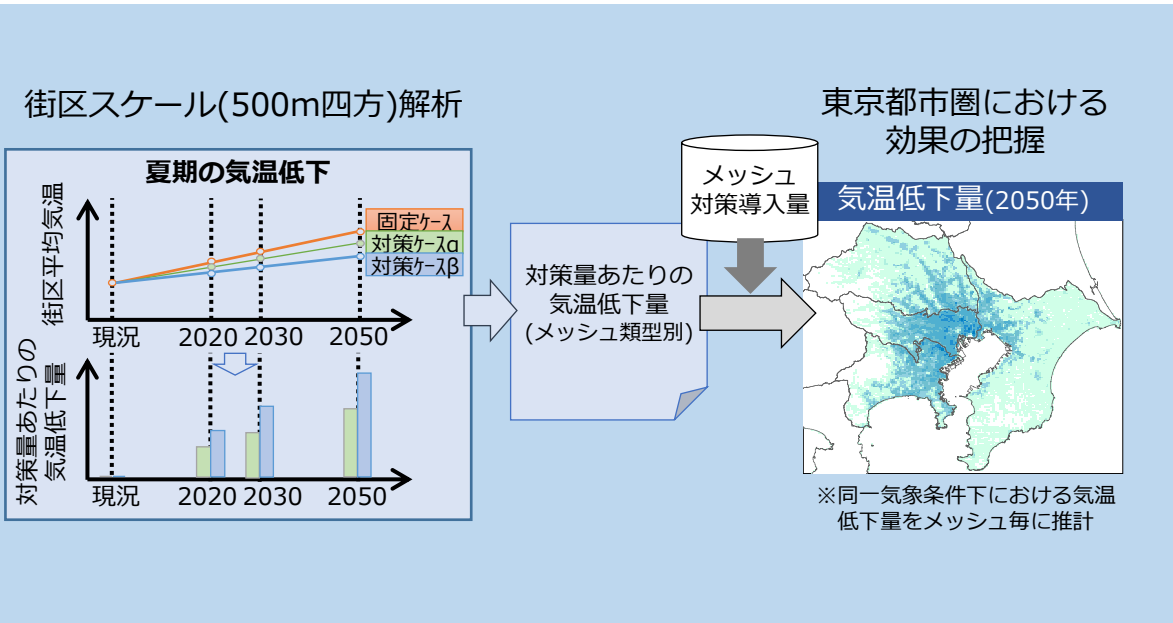
モデルの構造

気象、建物・地表面被覆・人工排熱や導入対策を設定し、5m解像度で気温や体感温度等を計算し、対策量あたりの対策効果を推計



分析結果の例

街区スケール解析により推計した対策量あたりの気温低下量等をメッシュ毎の対策導入量に乗じて東京都市圏の対策効果を推計



モデル間の連携

地域エネルギー・低炭素街区モデル等による対策(エネルギー消費量変化)、活動量・空間分布(建物延床面積等)を反映

土地利用・交通モデルによる対策(燃料消費量変化)、活動量・空間分布(交通量等)を反映

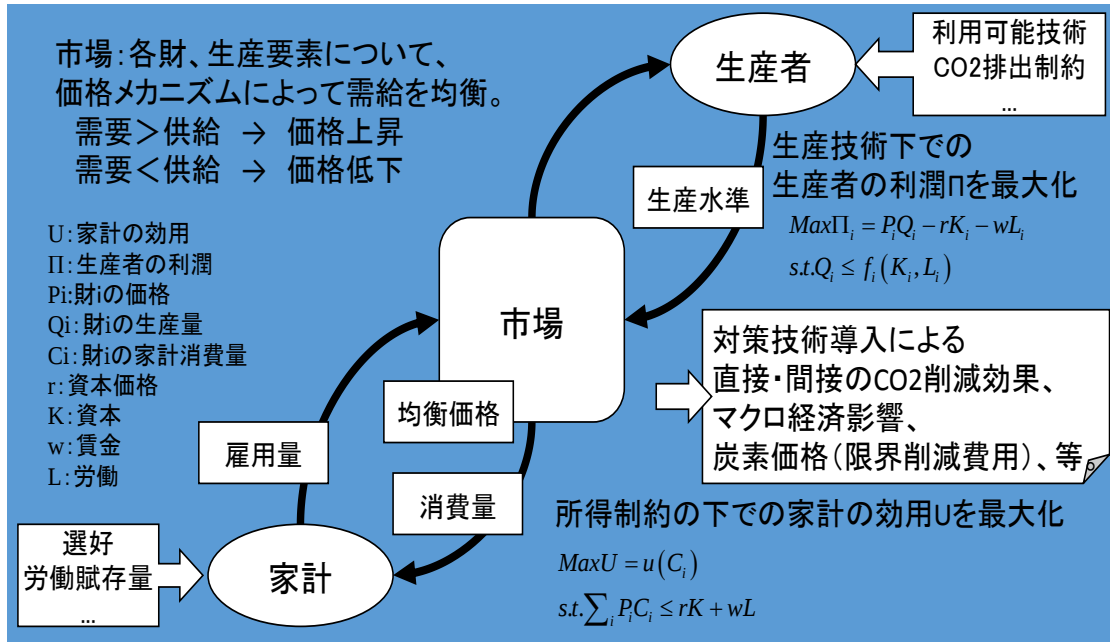
【モデル⑦】 応用一般均衡モデル

～環境対策の費用と経済影響を分析～

- 様々な対策の導入に必要な費用やエネルギー消費量の変化から、温暖化対策によるマクロなCO2削減効果と経済活動への影響を分析する。
- 直接的な効果のみならず、産業連関を通じた間接的な効果についても推計。

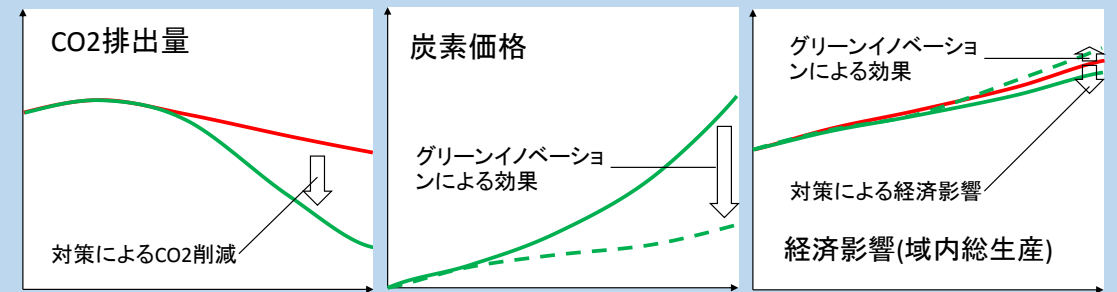
モデルの構造

経済活動をエネルギー財も含めて30部門程度に分割し、財及び生産要素の各市場において、価格メカニズムを通じて需要と供給が均衡するように計算。



分析結果の例

対策導入によるCO2削減効果と都県のマクロ経済への影響を定量化する。個別環境対策の費用だけではなく経済全体への影響を分析することが出来る。



CO2排出量制約等が与えられた際に、技術による環境対策効果と、対策のコストによるマクロ経済(域内総生産等)への影響、さらに政策やイノベーションによる経済影響の緩和を分析する。

モデル間の連携

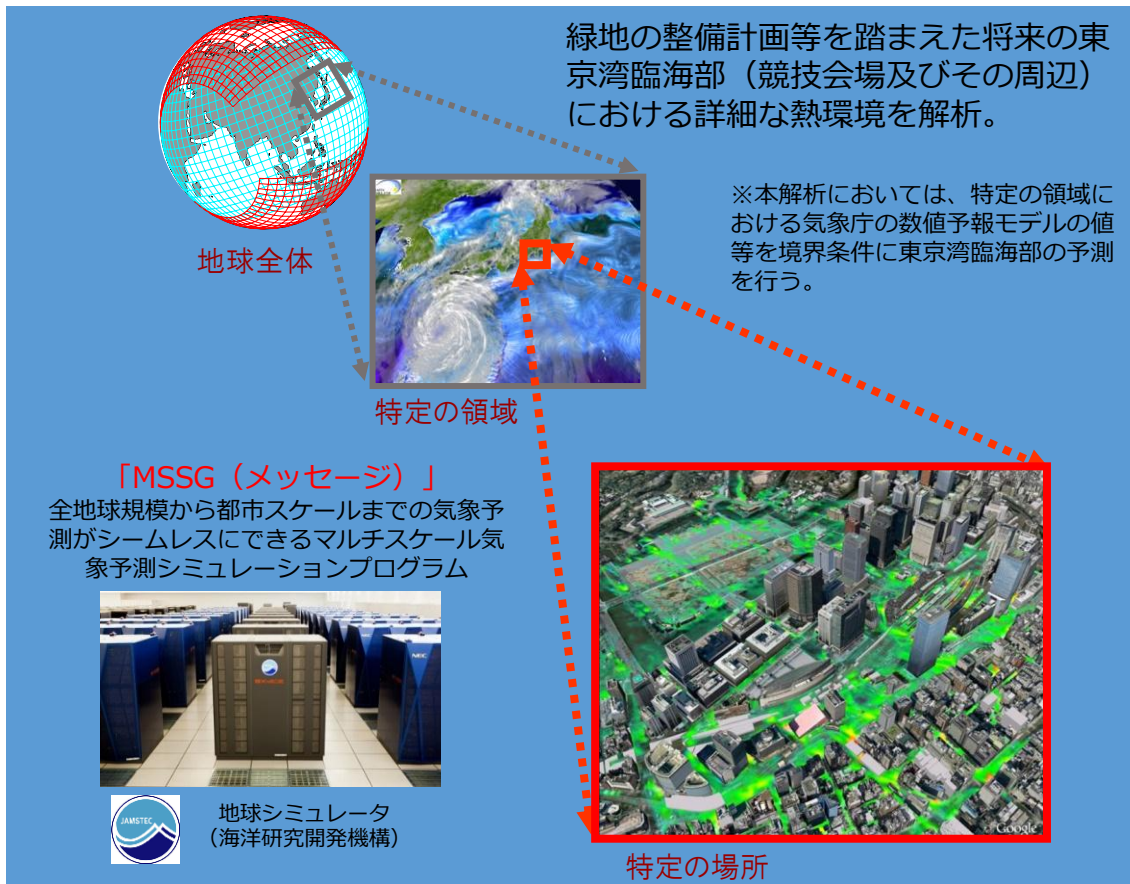
対策は、環境(低炭素)技術評価モデルなど、他のモデルの成果で導入が有効とみなされる技術を組み入れる

他のモデルに対して域内総生産や産業構造変化、炭素価格などの結果を提供する

2020年東京大会を契機とした東京湾臨海部における緑地対策に資する熱環境解析 ～緑地の有無による気温や風の流れ方等を分析～

国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）が所有する「地球シミュレータ」を活用し、2020年東京大会において複数の競技が開催される予定の東京湾臨海部等を対象に、熱環境解析を用いて緑地の有無による気温や風の流れ方等を定量的に分析し、住民や観客等の体感温度の違いや、緑地対策の効果等について評価・検証する。東京湾臨海部の緑地による夏季の熱環境緩和効果等を把握するため、数値シミュレーションにより「臨海部の既存緑地がない場合」等の都市の熱環境を詳細に解析し、緑地の有無による気温や風の流れ方等の変化を予測する。

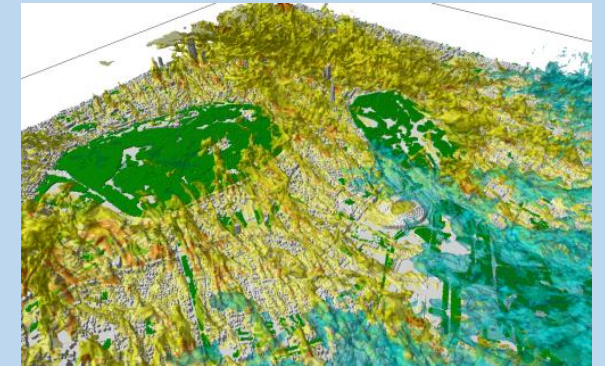
数値シミュレーションの実施



解析結果の可視化と効果の検証

解析結果の可視化

気温の3次元可視化例
⇒解析結果を視覚的にも分かりやすく示す。



緑地の効果等を検証

熱環境解析の結果に基づき、緑地や街路樹が都市の熱環境に与える効果等を検証。

