

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

東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会
(環境省委託先検討会)

1. 検討の背景と趣旨

(持続可能な社会の構築に向けて)

現代社会は、自然環境の復元能力を超えた社会経済活動により、公害、気候変動、自然破壊等、様々な問題を引き起こしてきた。この解決のためには、個別の技術の導入やインフラを更新して改善を促すといったアプローチに加えて、社会の仕組みや新たな価値観・ライフスタイルを生み出すことによって、持続可能な社会を構築していくことが必要である。

その中で、例えば気候変動問題に対して、地球温暖化の影響を許容できる範囲内に留めるため、日本の温室効果ガス排出量を 2020 年には 2005 年度比で 3.8%まで削減させるとともに、2050 年の温室効果ガス排出量を 80%削減することを目標としている。世界全体でも、本年の G 7 サミットでは新たな 2050 年目標（世界全体で 2010 年比 40～70%削減の幅の上方）が合意された。また、2030 年の温室効果ガス排出量についても、日本の削減ポテンシャルを踏まえた国際的にも遜色のない野心的な目標（2030 年度に 2013 年度比 26.0%減（2005 年度比 25.4%減））を盛り込んだ約束草案が取りまとめられ、本年 7 月に国連気候変動枠組条約事務局に提出された。こうした目標を着実に達成していくためには、個別対策に加えて、思い切った取組や、社会システムの変革が不可欠である。特に、東京都市圏（東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県）における温室効果ガス排出量は、日本全体の 2 割を占めており、この地域における取組の方向性が日本全体の低炭素社会づくりに与える影響は大きい。

(2020 年に向けた東京都市圏における取組)

東京都市圏においては、東京都を中心に 2020 年にオリンピック・パラリンピック競技大会（以下「2020 年東京大会」という。）が開催されるとともに、それにあわせて老朽化した施設の改修等も含む多数の再開発が計画されており、一定規模のインフラの更新・改変等が生じることが見込まれる。

このように、2020 年東京大会を一つの契機として東京都市圏が更なる転換の機会を迎えている中で、持続可能な社会の実現に向けて、既に各界各層において様々な議論・取組が進んでいるものの、その早期実現のためには、こうした取組を更に加速させる必要がある。環境省では昨年 8 月に、東京都市圏における持続可能な社会の構築に向けた

取組を促すため、「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」を取りまとめた。その中で定性的に提示した様々な課題について、環境面からの評価・検討を行い、更なる対応策の検討を今後行っていくとしている。

（持続可能な社会の実現に向けた調査・研究）

持続可能な社会の実現に向けた調査・研究では、地域エネルギー、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の個別分野において、様々な取組が進展している。しかし、個別分野での対策の検討に加えて、分野をまたぐ対策の相互効果にも着目し、時間スケールとして短期から中長期まで、空間スケールとして街区から都市圏までの幅広いスケールを対象とした定量的なデータに基づく客観的な議論は端緒についたばかりであり、こうした議論を先導する意義は大きい。

例えば、分野をまたぐ対策の相互効果の例として都市のコンパクト化が挙げられる。都市のコンパクト化による住居や施設の計画的な立地は、交通の低炭素化と未利用エネルギーの利用を促進する可能性をもっている。また、都市圏におけるヒートアイランド現象に対しては緑化などの対策が実施されているが、省エネに資する温暖化対策も大気への熱排出の削減を通じてヒートアイランド現象を緩和するため、特に夏季を対象に温暖化対策とヒートアイランド問題を同時に分析する意義は大きい。このような分野をまたぐ対策の相互効果を扱うには、複数の分野を共通の土台（データや解析基盤の共通化）で分析する必要がある、それによって将来の環境負荷削減を総合的に検討することが可能になる。

（本検討における取組－複数のモデル間連携等を通じた分析の実施－）

このような背景の下、「東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会」においては、複数のモデル間の連携等を通じて、東京都市圏において存在する対策のポテンシャルや対策が講じられた場合の効果について一定の前提条件の下で定量的、かつ、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、取組を更に加速化させることを目指す。

具体的には、本検討では、環境省が官民の研究機関等や、本検討会のオブザーバーである埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県の関係部局や気象庁の協力を得て、東京都市圏を対象として既存の複数モデルを連携させ、2050年以降も視野に入れながら、温暖化対策の節目の年である2020年、2030年、2050年における環境対策の効果について経済への影響も含めて分析するとともに、文部科学省及び国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の協力の下、東京湾臨海部において、緑地の有無による気温や風の流れ方等の分析を行うものである。

なお、ポテンシャルや効果の提示に当たっては、短期的（2020 年）、中期的（2030 年）、長期的（2050 年）な姿、及び分析に当たっての考え方や手法についても併せて提示することとし、環境分野における政策立案者や研究者等による今後の政策の立案及び研究の推進等に加え、各界各層による更なる取組の加速に資するようにする。

本報告では、現時点における、モデル分析の方針や期待される成果の基本的な方向性を記すが、今後の本検討会における議論や、別に設けられることとしている「持続可能な東京都市圏づくりに関する懇談会」（仮称）の意見等も踏まえて、その内容の更なる具体化、適正化等を図っていくものである。

2. モデル分析の概要

2.1. 東京都市圏における環境対策のモデル分析

(1) 分析の対象

「1. 検討の背景と趣旨」を踏まえ、本検討では、2020 年、2030 年、2050 年の東京都市圏における環境対策のポテンシャルや一定の前提条件の下に対策が講じられた場合の効果を、経済への影響も含めつつ、既存の複数のモデル間の連携を通じて、定量的に分析する。

分析の対象とする環境分野については、第4次環境基本計画（2012 年閣議決定）において、持続可能な社会の構築に向けて当面優先的に取り組むべき緊急性及び重要性の高い重点分野（事象横断的な重点分野を除く。）として、「地球温暖化」、「物質循環」、「大気環境」、「水環境」、「生物多様性」、「化学物質」を設定しているが、本検討では、このうちの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に限る。）を加えた3つの分野を対象とする。

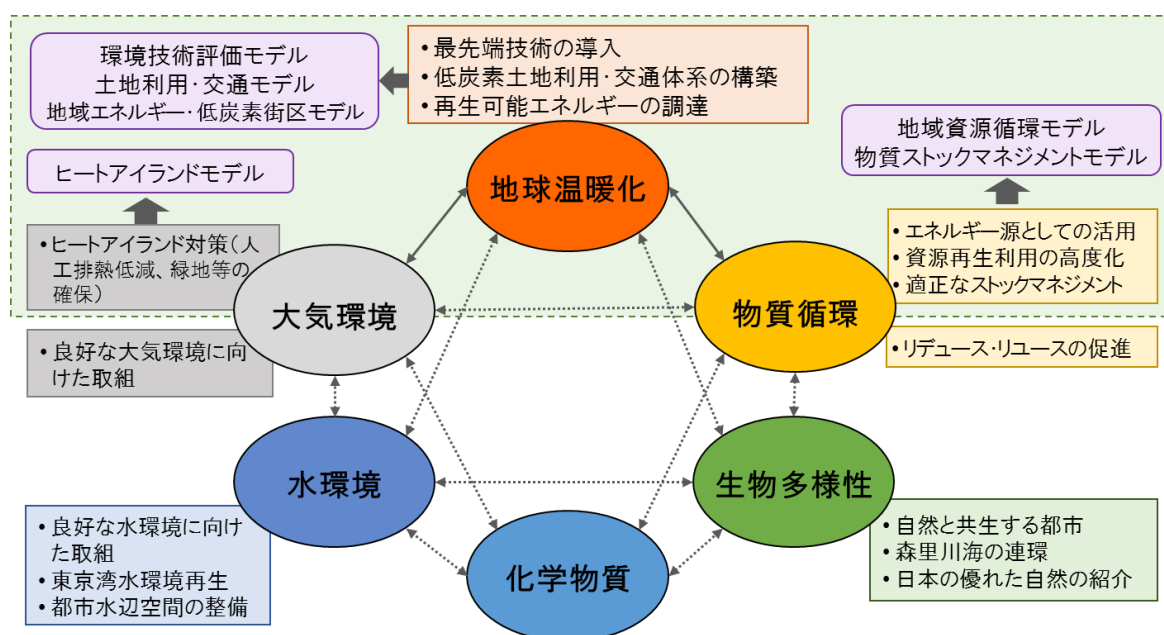


図1.「東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会」で対象とする範囲

- (注1) 「様々な環境問題の分野」は第4次環境基本計画の重点政策分野のうち、事象横断的な重点分野以外のものを記述。
- (注2) 分野ごとの対策例は、主に「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」環境省（2014）の中の対策を参考にして上記分類ごとに整理したもの。

(2) 分析に用いるモデル

本検討では、表1に記す以下の6つのモデルを用いる（各モデルの詳細については参考資料1に記載する。）。

このうち、「環境技術評価モデル」以外の5つのモデルは、分析可能な分野・対策メニューが限定されるものの、対象地域を市区町村単位や街区単位などに細分化して扱うことが可能なモデルである。他方、「環境技術評価モデル」は都県単位のモデルであり、空間的な分解能は粗いが、複数の温暖化対策を包括的に取り扱うことが可能なモデルである。

表1. 本検討に関わるモデル

分析の最小単位	モデル名	モデルの概要	主たる対象分野
市区町村・街区スケール	地域エネルギー・低炭素街区モデル	エネルギー融通も含めた地域におけるエネルギー対策の面的導入による効果を分析	地球温暖化
	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	物質循環
	物質ストックマネジメントモデル	構造物ストック対策による低炭素効果の検討	物質循環
	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	地球温暖化
	ヒートアイランドモデル	ヒートアイランド対策の効果を分析	大気環境
都県スケール	環境技術評価モデル	低炭素社会を実現する対策を分析	地球温暖化

(3) 分析の進め方と前提

(分析の基本的な進め方)

分析を進めるにあたっては、分析の前提（活動量や空間分布）を各モデル間で共有するとともに、モデルの出力を互いに活用することで、分野間の相互効果を考慮した分析を行う。また、各モデルの出力を「環境技術評価モデル」に集約し、総合的な効果分析を実施する。

(前提① 活動量の共有)

東京都市圏全体の将来の活動量の設定について、2030 年は、主に日本の約束草案（平成 27 年 7 月 17 日地球温暖化対策本部決定）を踏まえ設定し、2020 年は、実績値と 2030 年想定値からの補間により設定し、2050 年は、中央環境審議会地球環境部会 2013 年以降の対策・施策に関する検討小委員会技術WG、及び同小委員会マクロフレームWGの議論を踏まえ設定する。これによる東京都市圏全体の将来の活動量の詳細については参考資料 2 に記載する。

(前提② 空間分布の共有)

東京都市圏における空間分布については、一定の前提の下、地域エネルギー・低炭素街区モデル、土地利用・交通モデル、物質ストックマネジメントモデルの情報による推計値を用いて、環境対策のケースについての将来空間分布を設定する。

(4) 環境対策に関わるケース設定

本検討において分析する環境対策¹の詳細については参考資料 3 に記載するが、これらは「日本の約束草案」（地球温暖化対策推進本部決定、2015）、「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」（環境省、2014）、関係行政機関の計画などを下を選定したものである。

対策の導入水準については、以下の 3 つのケースを設定し、それぞれについて、将来の環境負荷並びに対策の効果及び経済への影響を推計する。

固定ケースは、対策ケースの効果量を把握するために設定するケースで、対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想定したケースである。固定ケースにおける空間分布は、現在の状況や既に関係行政機関等により策

¹ 本検討では、エネルギー効率の高い機器（高効率家電、次世代自動車、高性能ボイラなど）の導入のような空間分布の状況にはあまり依存しない対策（以下「単体対策」）に加え、空間分布を変化させることで環境負荷を低減させる対策（以下「空間分布変化を介する対策」）に注目した。具体的には、細分化した空間スケールにおいて環境負荷の低減に配慮した活動量の集積を設定し、コンパクト化した都市の姿を空間分布として表すことを通じて、空間分布の変化による対策効果を分析する。

定されている様々な計画を踏まえて設定・推計される。

対策ケースは、対策や施策の導入水準の強度に応じて、 α と β の2つのケースを設定する。対策ケース α は、既に国全体や関係行政機関等により策定されている様々な計画を踏まえて一定の強度の対策を織り込んだケースである。対策ケース β は、持続可能な社会の実現に向け、関係行政機関等により想定されているものに限定せず、様々なアイデアを取り込み、より踏み込んだ対策や施策を想定したケースである。なお、対策ケースの空間分布は、空間分布変化を介する対策等の実施に伴い、固定ケースに対して変化させる。

表2. 環境対策に関わるケースとその概要

ケース	概 要
固定ケース	・ 対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想定したケース。
対策ケース α	・ 既に国全体や関係行政機関等により策定されている様々な計画を踏まえ、一定の強度の対策や施策を想定したケース。
対策ケース β	・ 持続可能な社会の実現に向け、関係行政機関等により想定されているものに限定せず、様々なアイデアを取り込み、より踏み込んだ対策や施策を想定したケース。

(5) モデル間の連携

将来の活動量及び空間分布については全てのモデルが共有する。また、環境対策を織り込むことによって、活動量及び空間分布に変化が生じる場合、モデルの出力を他モデルと共有することで、全体として整合性のとれた分析を実施する。

空間分布やそれぞれのモデル出力の共有の流れの例を図2に示す。空間分布については分析の前提となるものをモデル間で共有するとともに、地域エネルギー・低炭素街区モデル、土地利用・交通モデル、物質ストックマネジメントモデルなどが提示する環境対策を織り込んだ人や施設の空間分布についてもモデル間で共有し、分析結果の整合性を確保する。また、地域資源循環モデルの出力が地域エネルギー・低炭素街区モデルに、土地利用・交通モデルの出力がヒートアイランドモデルに提供されるように、あるモデルの出力を他のモデルで利用することで対策間の相互効果の分析を可能にする。さらに、モデルの結果は「環境技術評価モデル」に集約され、総合的な効果分析も可能にする。

これにより、従来であれば分析対象以外の領域を所与として設定・分析されていたものが、モデル間で互いに共有されることで、より実態に即した分析が可能となる。

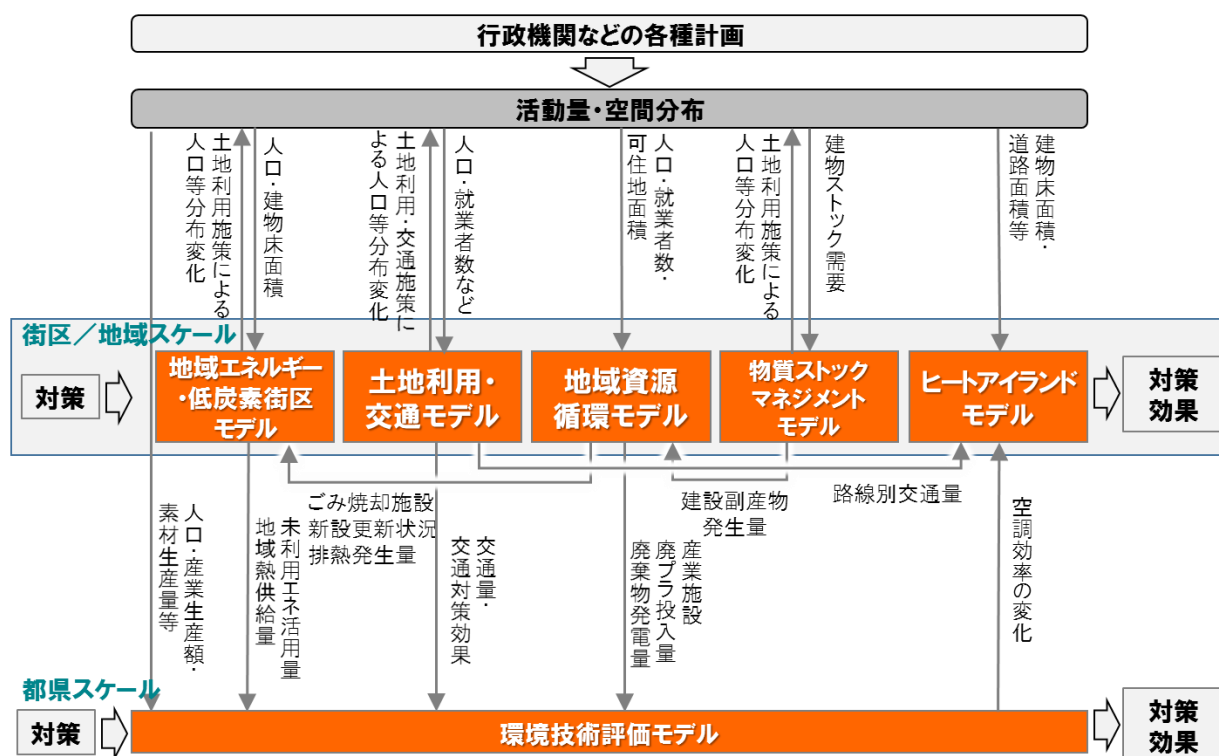


図2. 空間分布及びモデル出力の共有の流れ(例)

2.2. 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

(1) 概要

2020 年東京大会を契機とした効果的な環境対策の在り方の検討の参考とさせるため、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。

(2) シミュレーション内容

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。

3. 期待される成果

「2. モデル分析の概要」による分析により、以下のような成果が期待される。

- 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のような異なる環境問題について、ある対策が別の環境問題に与える影響や、個別の対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在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。

また、「1. 検討の背景と趣旨」で述べたとおり、政策的側面で大きな意義をもつ東京都市圏を対象として、環境対策に関する客観的、定量的、多面的な情報提供がなされることで、各界各層による更なる取組が促進される効果も期待される。

東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会

委員

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 社会環境システム研究センター 統合評価モデリング研究室 室長

(◎座長、五十音順)

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
株式会社エックス都市研究所
株式会社価値総合研究所
株式会社ハオ技術コンサルタント事務所
株式会社三菱総合研究所
みずほ情報総研株式会社

参考資料１：東京都市圏における環境対策のモデル分析において活用するモデルの詳細

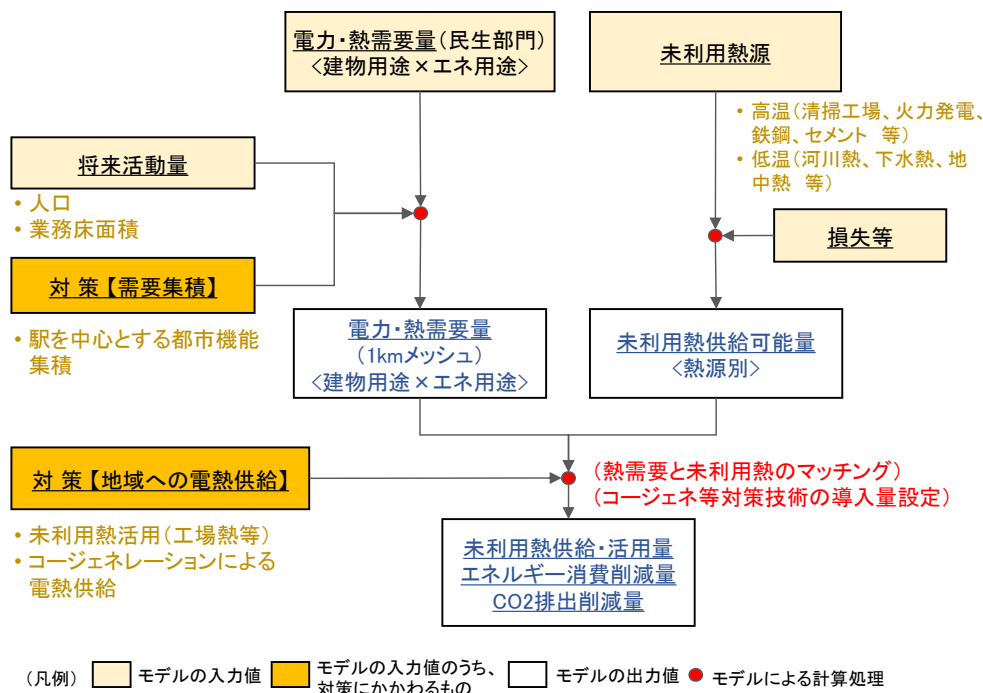
① 地域エネルギー・低炭素街区モデル

（モデルの概要）

地域エネルギー・低炭素街区モデルは、民生部門（家庭・業務）のエネルギー需要を対象として、未利用エネルギーの活用やコージェネレーションによる高効率な熱電併給といったエネルギー対策を面的に導入することによる省エネ効果・CO2 排出量削減効果を推計するモデルである。エネルギー需要量の推計においては、土地利用誘導による都市のコンパクト化を想定して現在及び将来のエネルギー需要分布を設定することができる。対策効果の推計においては、エネルギーの用途構成や時間変動、需要地と熱源との位置関係に依存する損失等を考慮し、未利用エネルギーの活用と熱電併給等を組み合わせた地域のエネルギー供給の構成を分析する。

（分析の内容）

本検討では、東京都市圏の主要駅周辺に面的なエネルギー対策を実施することによる省エネ効果・CO2 排出量削減効果を推計する。エネルギー需要の推計は 1km メッシュ単位で建物用途別・エネルギー用途別に行い、これを主要駅を中心とする地域を単位として集計し、コンパクト化の効果を推計する。効果推計の対象とする対策は高温未利用熱（清掃工場、発電所、工場排熱）の活用、低温未利用熱（河川、下水、地中熱等）の活用、コージェネレーションによる高効率な熱電併給であり、加えて街区更新に伴う設備更新等の面的なエネルギー対策の導入による省エネ効果・CO2 排出量削減効果も推計する。効果推計には地理情報システム（GIS）を活用し、エネルギー需要の空間分布とその集積効果、未利用熱源の配置等に関する分析を行う。



図①：地域エネルギー・低炭素街区モデルの算定フロー

② 地域資源循環モデル

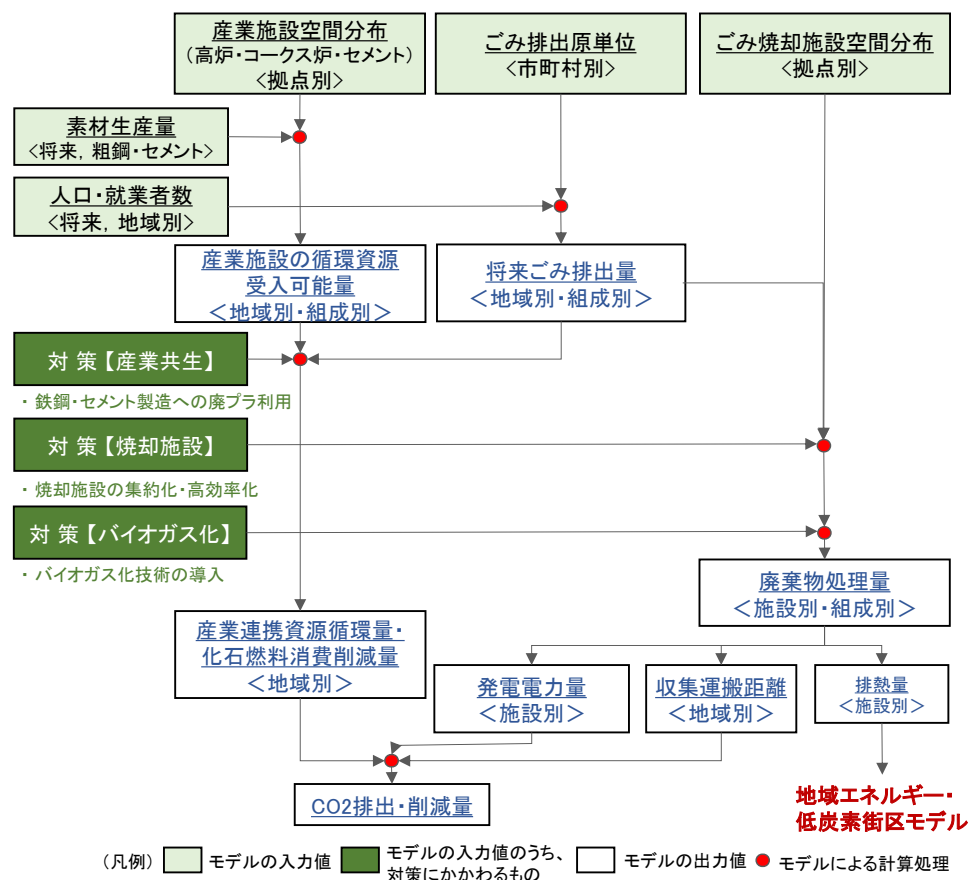
(モデルの概要)

地域資源循環モデルは、東京都市圏における廃棄物の発生量・利用可能量及び廃棄物受入施設の空間分布データベースを下に、地域ごとの特性を考慮した上で、廃棄物の発生、分別、回収、処理、有効利用等といった資源循環分野における低炭素技術・施策を組み合わせた様々な対策を実施した場合の効果を推計するモデルである。

(分析の内容)

廃棄物の発生量・利用可能量については 1km メッシュごとに、廃棄物受入施設（ごみ焼却施設、産業施設）については施設ごとにプロットすることで、空間分布データベースを構築し、人口変動、就業者数変動、産業動向による影響を考慮しつつ、その将来推計を行う。

低炭素技術・施策としては、廃棄物中に含まれるプラスチック類・紙類等を分別・選別し産業施設において燃料・還元剤等の代替として利用する産業共生資源環境技術、一定範囲内で同時期に更新を迎えたごみ焼却施設を統合し高効率な廃棄物発電を実施するごみ焼却施設の集約・高効率化、廃棄物中の有機性成分の処理により発生するバイオガスの有効利用（バイオガス化技術）を想定し、これらの導入に伴う CO2 排出削減量を分析する。加えて、これらの対策実施による行政コストの削減効果、その他の定性的な効果等のマルチベネフィットについても整理を行う。



図②：地域資源循環モデルの算定フロー

③ 物質ストックマネジメントモデル

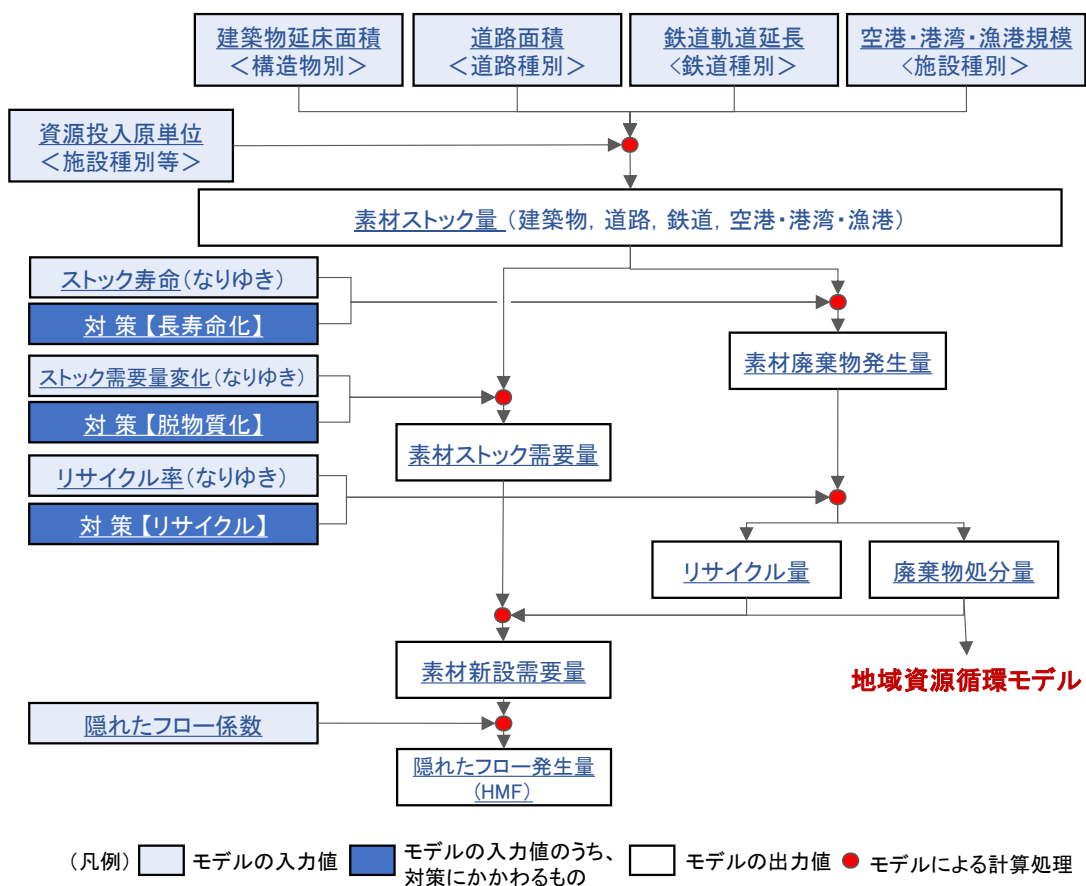
(モデルの概要)

東京都市圏内の全ての構造物を対象として、個別の構造物ごとのストック量（延床面積、道路延長など）、完成時点からの経過年数、利用資源量等のデータベースを用い、データを 1km のメッシュデータに加工して、構造物の種類ごとに寿命関数、将来ストック量などを想定して以下を推計する。

- ・ 構造物の滅失量、新規の建築・建設量（1km メッシュ値）
- ・ 資源別（鉄鋼、セメント、木材）の資源投入量 [トン/年]（対象地域合計）
- ・ 建設廃棄物（鉄スクラップ、コンクリート塊、建設発生木材等）の発生量 [トン/年]（1km メッシュ値）
- ・ 資源利用に伴う地表改変量 [m²/年]（対象地域合計）

(分析の内容)

建築物の長寿命化による建設廃棄物の発生量、資源需要量、資源利用に伴う地表改変量の変化を推計する。



図③：物質ストックマネジメントモデルの算定フロー

④ 土地利用・交通モデル

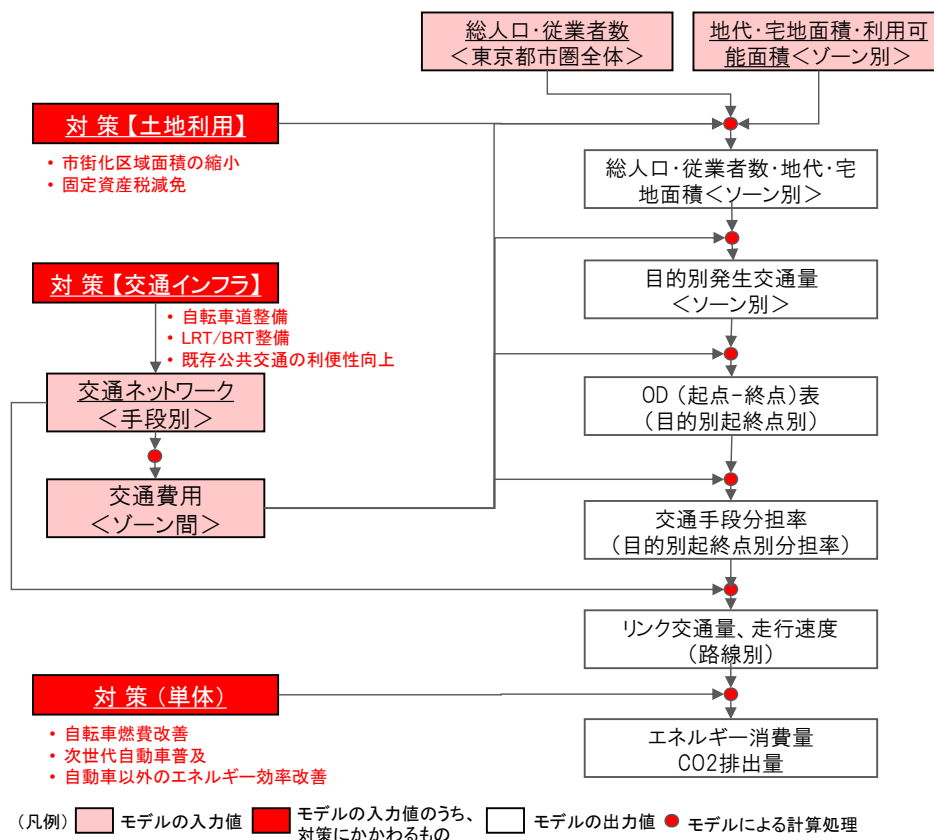
(モデルの概要)

土地利用・交通モデルは、対象地域を詳細な地域に分割して扱うモデルであり、道路や鉄道などの交通ネットワーク整備、拠点開発（ターミナル駅周辺等の交通結節点の再開発など）、土地利用施策等（市街化調整区域や鉄道駅から離れた郊外地域における立地規制、駅周辺部の固定資産税減免による立地誘導）をはじめとした様々な対策を実施した場合の各地域に居住する人口、各地域から発生する交通量、各地域から他地域へ移動する人数（目的別・手段別）・自動車の台数及び自動車の移動に伴うCO₂排出量などが分析可能なモデルである。本検討においては、対象地域を約2,800地域に分割したモデルを適用し、分析を実施する。

本モデルの大きな特徴は、居住地選択が、交通ネットワーク整備が行われた沿線地域における交通利便性増加（移動時間の短縮効果等）、地代上昇、及び地域固有の居住環境（交通利便性や地代以外のその地域固有の魅力度）を考慮したミクロ経済学的基礎に基づく合理的な行動メカニズムにより行われることである。

(分析の内容)

交通ネットワーク整備による都市構造の変化（人口分布の変化、人の流れ（交流）の変化）と土地利用・交通対策による運輸部門のCO₂削減効果を分析する。分析する対策・施策は、自動車単体の施策（燃費改善等）、交通体系に係る面的施策（自転車道整備、BRT、流入規制等）、土地利用体系に係る面的施策（拠点開発、立地規制等）などである。



図④：土地利用・交通モデルの算定フロー

⑤ ヒートアイランドモデル

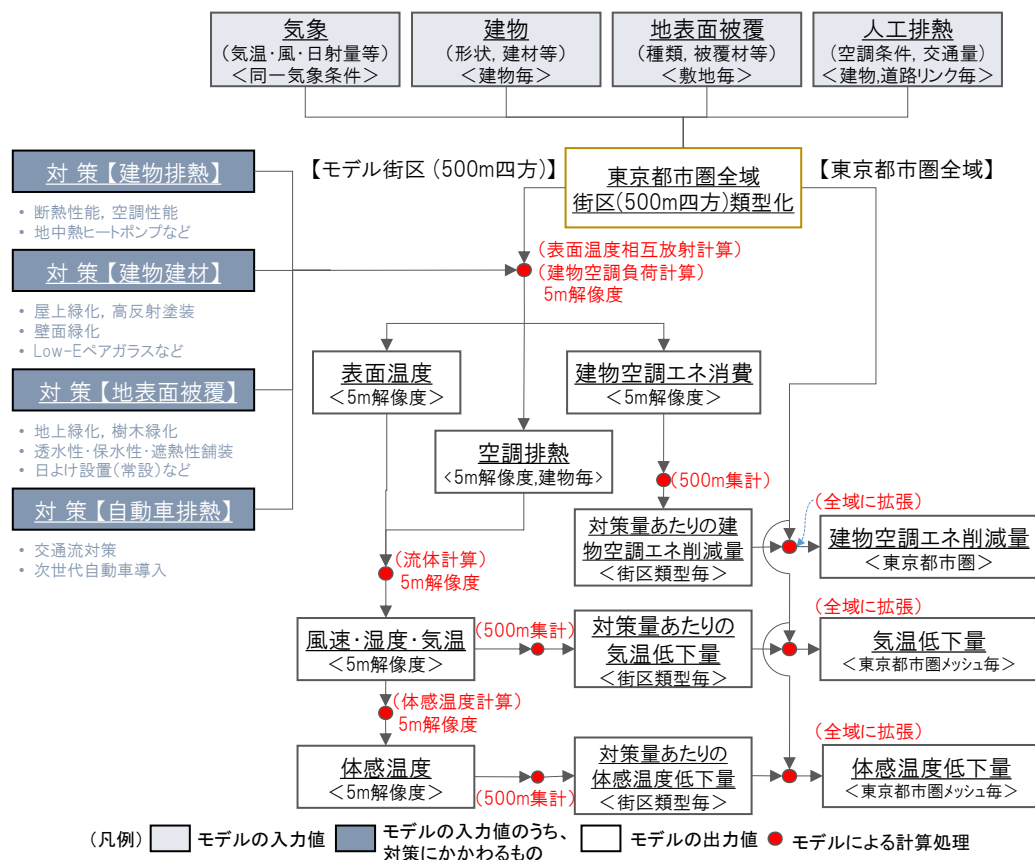
(モデルの概要)

都市内における建物形状や街路の配置等に応じて地表面や建物面等からの熱や風の流れ等を計算し、都市の熱環境を詳細に把握することが可能な国土交通省国土技術政策総合研究所が開発したモデルを用い、気象（気温、風、日射量等）、建物（形状、用途、建材等）、地表面被覆（種類、被覆材等）、人工排熱（建物空調条件、自動車交通量等）の条件、導入するヒートアイランド対策（緑化、環境対策舗装、排熱削減等）を設定し、表面温度や建物の空調排熱・空調消費エネルギー、気温や湿度、風速、体感温度等を解析・評価する。

(分析の内容)

省エネに資する温暖化対策による人工排熱の削減により夏季のヒートアイランド現象が緩和される。一方、緑化等のヒートアイランド対策によるヒートアイランド現象の緩和により、建物周辺の微気候の変化に伴う夏季の省エネによる温暖化対策への相乗効果があり、屋外歩行空間の微気候の変化に伴い夏季の温熱リスクも低減される。

こうした関係を有する温暖化対策とヒートアイランド対策について、将来における気象を考慮した街区スケール（500m 四方）の解析により中長期的な対策の導入効果の定量化を行い、東京都市圏における対策効果を推計するとともに、地区スケール（1km 四方）解析による「風の道」も含めたヒートアイランド対策の導入効果の面的な把握や、都市スケール（10km 四方）解析により広域の体感温度マップの作成を行う。



図⑤：ヒートアイランドモデルの算定フロー

⑥ 環境技術評価モデル

(モデルの概要)

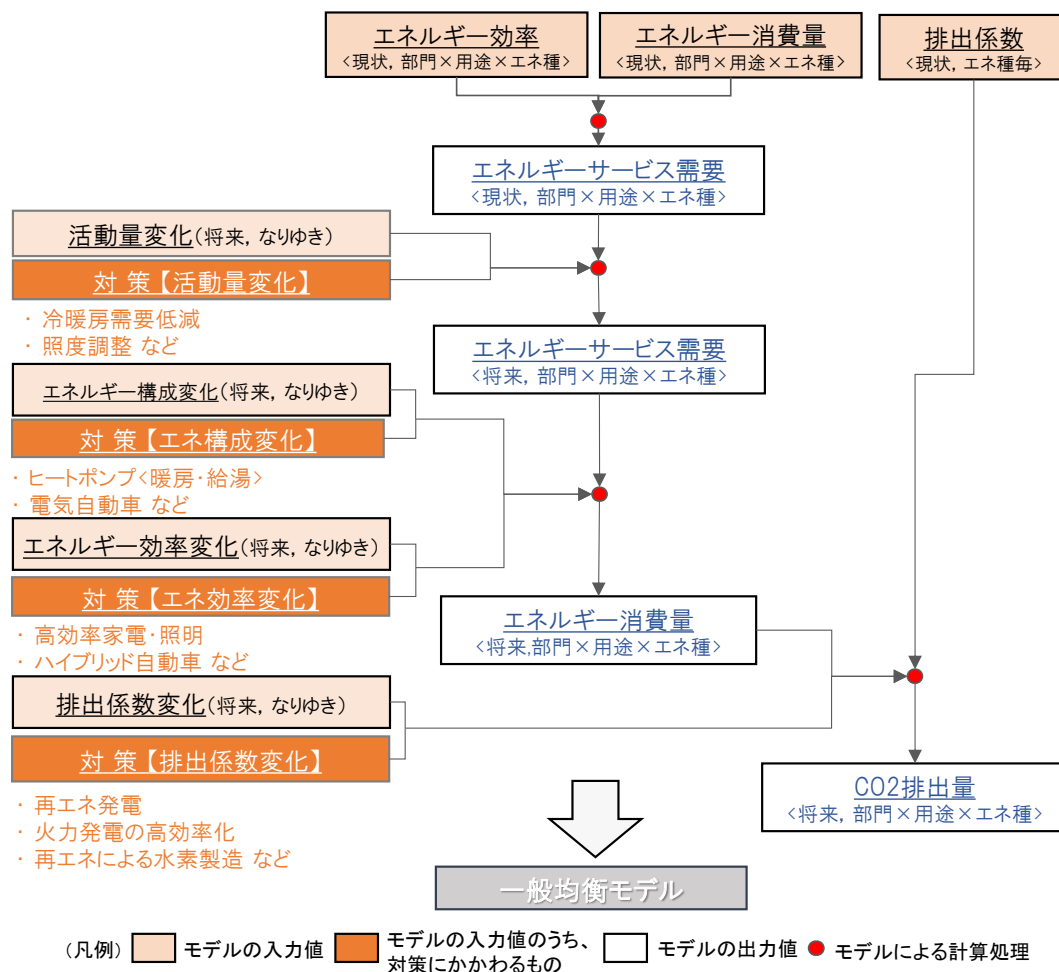
環境技術評価モデルは、エネルギー消費量をサービス需要（例えば冷房需要、輸送需要）、サービスの機器別分担率、機器別のエネルギー効率の3つの要素に分解した上で、個別対策の効果を各要素の変化量として設定し、各要素の変化後のエネルギー消費量を対策導入後のエネルギー消費量として推計するモデルである。

複数の対策について、整合的かつ包括的に定量評価でき、燃料転換・効率改善などによるパラメータ変化と推計結果とのつながりが「見える化」されており、各対策のCO2排出量削減効果分析が容易に実施できる点に特徴がある。

(分析の内容)

本検討では、サービス需要を削減する対策、低炭素なエネルギーを利用する対策、エネルギーを効率的に利用する対策について、個別対策ごとに都県レベルでの導入量を想定し、将来におけるエネルギー消費量やCO2排出量を推計する。

また、個別モデルによる算定結果についても整合性を確保した形式で取り込み、全体としての効果を集計する「プラットフォーム」としての役割を担う。



図⑥：環境技術評価モデルの算定フロー

参考資料２：東京都市圏の主な活動量（１都３県全体）

活動量項目	単位	2012 年		将来値		
		実績値	全国比	2020 年	2030 年	2050 年
人口	万人	3,491	27.4%	3,569	3,439	2,983
世帯数	万世帯	1,581	30.2%	1,646	1,627	1,435
粗鋼生産量	万トン	1,987	18.5%	2,142	2,253	横這～減少 を想定
セメント生産量	万トン	484	8.8%	487	458	
エチレン生産量	万トン	287	46.8%	290	260	
紙・板紙生産量	万トン	163	6.2%	169	169	
機械製造業生産指数	2012 年=100	100	20.5%※	134	166	増加を想定
業務床面積	2012 年=100	100	30.8%※	103	107	104
旅客輸送量	2012 年=100	100	19.2%※	交通モデル算定値		
貨物輸送量	2012 年=100	100	19.2%※	交通モデル算定値		

（注）※はエネルギー消費量ベースの全国比。

参考資料３：東京都市圏における環境対策のモデル分析において分析の対象とする対策

環境分野		対策
地球温暖化	家庭部門	・ 高断熱住宅(新築・既築改修) ・ 高効率空調 ・ 高効率給湯(CO2 冷媒 HP 給湯器、潜熱回収型給湯器、燃料電池、太陽熱温水器) ・ 高効率照明 ・ 高効率家電 ・ HEMS ・ 国民運動の推進◎ ・ 都市コンパクト化(集住)に伴う未利用エネルギーの有効活用※◎ ・ 都市コンパクト化(集住)に伴うコージェネレーションによる高効率な熱電併給※◎
	業務部門	・ 高断熱建築物(新築・既築改修) ・ 高効率空調 ・ 高効率給湯(CO2 冷媒 HP 給湯器、潜熱回収型給湯器、高効率ボイラ) ・ 高効率照明 ・ 高効率電力機器 ・ BEMS ・ 国民運動の推進◎ ・ 都市コンパクト化に伴う未利用エネルギーの有効活用※ ・ 都市コンパクト化に伴うコージェネレーションによる高効率な熱電併給※
	産業部門	・ 省エネ設備増強・次世代コークス導入等(鉄鋼) ・ 革新的セメント製造プロセス導入等(セメント) ・ 石油化学省エネプロセス技術の導入等(化学) ・ 高効率古紙パルプ製造技術等(紙パ) ・ 業種横断省エネ技術(高効率空調、産業 HP、産業用照明、低炭素工業炉、産業用モータ、高性能ボイラ) ・ 廃プラ利用対策 ・ ハイブリッド建機 ・ 省エネ農機
	運輸部門	・ 燃費改善 ・ 次世代自動車(電気自動車、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル自動車) ・ エコドライブ◎ ・ カーシェアリング◎ ・ 鉄道のエネルギー効率改善 ・ 都市コンパクト化(集住)による交通需要削減※◎ ・ 鉄道・バスの利便性増強※ ・ 物流対策(モーダルシフト、共同配送、トラック車両の大型化促進、自家用から営業用への転換)※
	エネ転換部門	・ 再生可能エネルギー発電(太陽光発電、風力発電) ・ 系統電力の低炭素化(再エネ、原子力、CCS 火力など) ・ ごみ焼却拠点の集約化に伴う廃棄物発電の高効率化※

環境分野	対策
物質循環	・ 建築物の長寿命化 ・ 製鉄・化学・製紙産業における地域再生資源利用 ・ 廃棄物回収の分別率・再利用率の増加◎
大気環境(ヒートアイランド)	・ 樹木緑化(街路樹、公園、民有地) ・ 風の道(幹線道路、大規模緑地)※ ・ 地上緑化(芝生化) ・ 透水性・保水性舗装 ・ 遮熱性(高反射性)舗装 ・ 屋上緑化、壁面緑化、開口部の緑のカーテン ・ 屋上高反射性塗料 ・ 建物排熱削減 ・ 自動車排熱削減※

(注) ※を付した技術は、空間分布変化を介するもの。また、◎を付した技術は、対策の推進のため、ライフスタイル変化を伴うもの。その他は、技術単体対策を表している。

東京都市圏における環境対策モデル分析 ～本検討におけるモデル分析フレームについて～

- 2020年オリンピック・パラリンピック競技大会の開催も契機として、東京都市圏が変容しようとしているところであるが、持続可能な社会の構築に向けては、民間事業者や関係地方公共団体、国民各階層による更なる取組を引き起こすことが重要。
- 他方で、持続可能な社会の実現に向けた調査・研究では、地域エネルギー、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の個別分野において、様々な取組が進展しているものの、個別分野での対策の検討に加えて、分野をまたぐ対策の相互効果にも着目し、時間スケールとして短期から中長期まで、空間スケールとして街区から都市圏までの幅広いスケールを対象とした定量的なデータに基づく客観的な議論は端緒についたばかりである。
- そこで、本検討では、複数の環境対策分析モデルの連携等を通じて、東京都市圏において存在する対策のポテンシャルや対策が講じられた場合の効果について一定の前提条件の下で定量的、かつ、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、取組を更に加速化させることを目指す。

東京都市圏 環境対策分析モデル群

複数モデルからなる技術・施策評価モデルを開発し連携させ、整合性を確保したシナリオのもと、様々な空間フォーカスによる対策分析を可能にする。

行政機関などの各種計画

活動量・空間分布

活動量・空間分布
の共有

対策による活動量・
空間分布の変化

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

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

地域エネルギー・
低炭素街区モデル
未利用エネルギー
の有効活用を実現
する対策の分析

建設ストック
マネジメントモデル
建築・建設ストック
対策による低炭素
効果の検討

ヒートアイランド
モデル
ヒートアイランド対策
の効果を分析

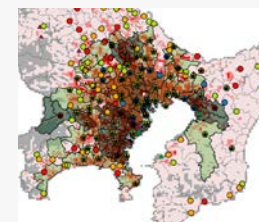
都県スケールに集約
された対策効果

都県スケールの
対策効果の共有

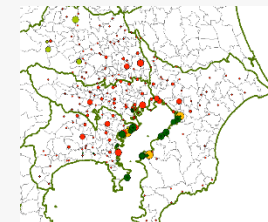
環境技術評価モデル
～低炭素社会を実現する対策を分析～

街区／地域スケール対策の効果の提示

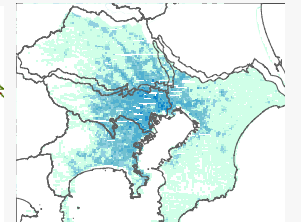
圏域の特性を活かす地域の環境創造の方針と技術・施策
の評価



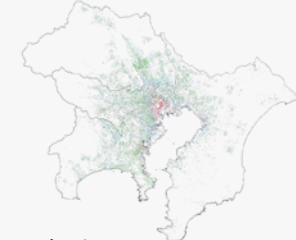
焼却場効率化効果



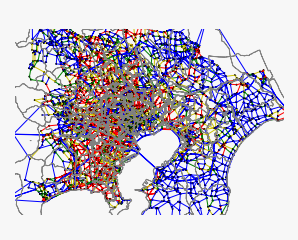
未利用エネ活用効果



ヒートアイランド緩和効果



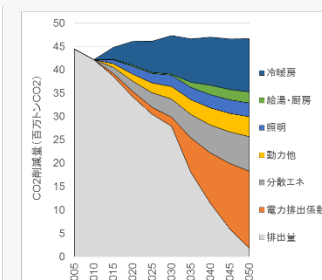
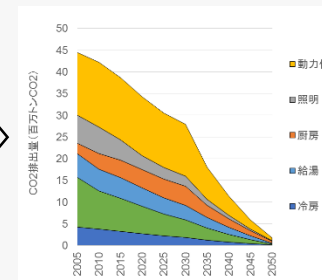
都市コンパクト化



交通の低炭素化効果

都県／全国スケール対策の効果の提示

東京圏域の低炭素の環境シナリオと技術・施策選定を提言



低炭素対策の
総合効果

地域エネルギー・低炭素街区モデル

～地域における効率的なエネルギー利用を実現する対策を分析～

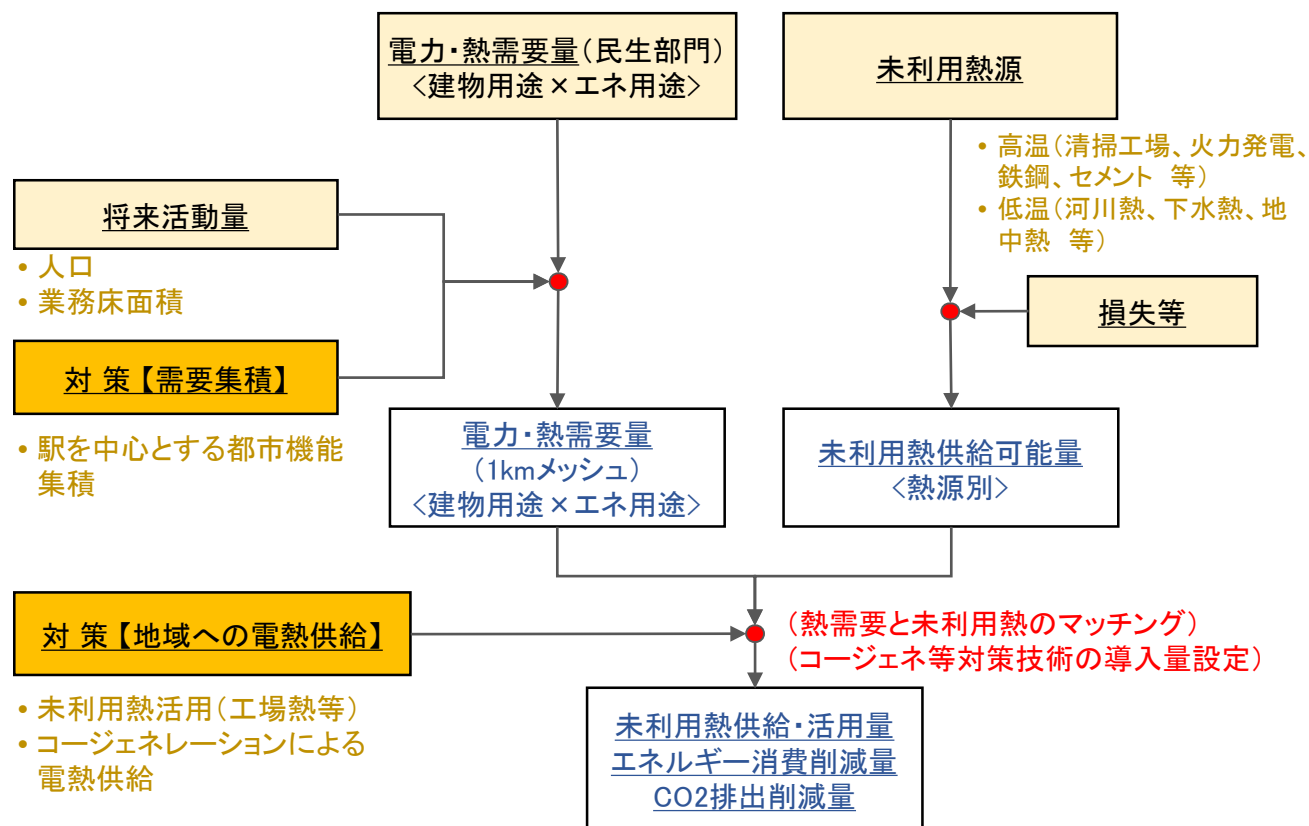
(モデルの概要)

地域エネルギー・低炭素街区モデルは、民生部門(家庭・業務)のエネルギー需要を対象として、未利用エネルギーの活用やコージェネレーションによる高効率な熱電併給といったエネルギー対策を面的に導入することによる省エネ効果・CO2排出量削減効果を推計するモデルである。エネルギー需要量の推計においては、土地利用誘導による都市のコンパクト化を想定して現在及び将来のエネルギー需要分布を設定することができる。対策効果の推計においては、エネルギーの用途構成や時間変動、需要地と熱源との位置関係に依存する損失等を考慮し、未利用エネルギーの活用と熱電併給等を組み合わせた地域のエネルギー供給の構成を分析する。

(分析の内容)

本検討では、東京都市圏の主要駅周辺に面的なエネルギー対策を実施することによる省エネ効果・CO2排出量削減効果を推計する。エネルギー需要の推計は1kmメッシュ単位で建物用途別・エネルギー用途別に行い、これを主要駅を中心とする地域を単位として集計し、コンパクト化の効果を推計する。効果推計の対象とする対策は高温未利用熱(清掃工場、発電所、工場排熱)の活用、低温未利用熱(河川、下水、地中熱等)の活用、コージェネレーションによる高効率な熱電併給であり、加えて街区更新に伴う設備更新等の面的なエネルギー対策の導入による省エネ効果・CO2排出量削減効果も推計する。効果推計には地理情報システム(GIS)を活用し、エネルギー需要の空間分布とその集積効果、未利用熱源の配置等に関する分析を行う。

1. 地域エネルギー・低炭素街区モデルの算定フロー

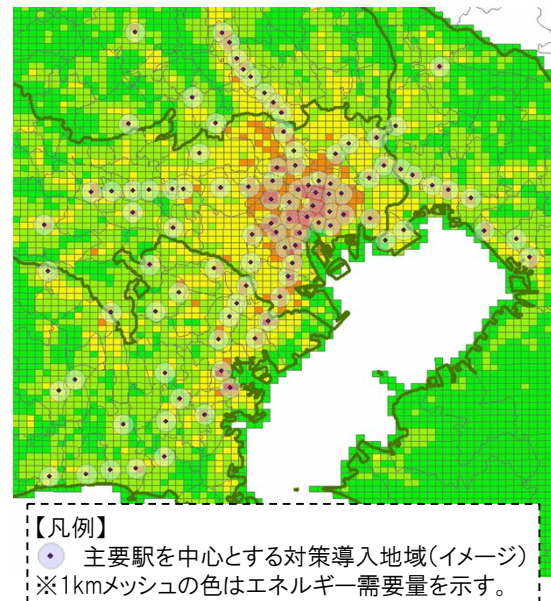


(凡例) モデルの入力値 モデルの入力値のうち、対策にかかわるもの モデルの出力値 ● モデルによる計算処理

2. 地域エネルギー・低炭素街区モデルによる分析(イメージ)

○ 東京圏の複数地域への対策導入効果

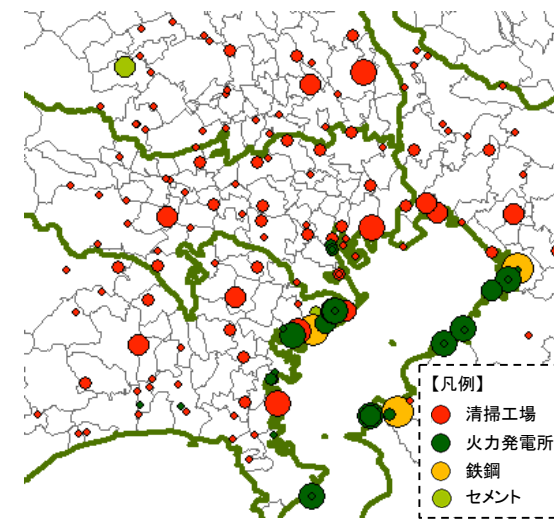
エネルギー需要の密度が高い主要駅周辺に対策を導入することによる省エネ・低炭素効果の総量を推計する。



対策導入地域の設定

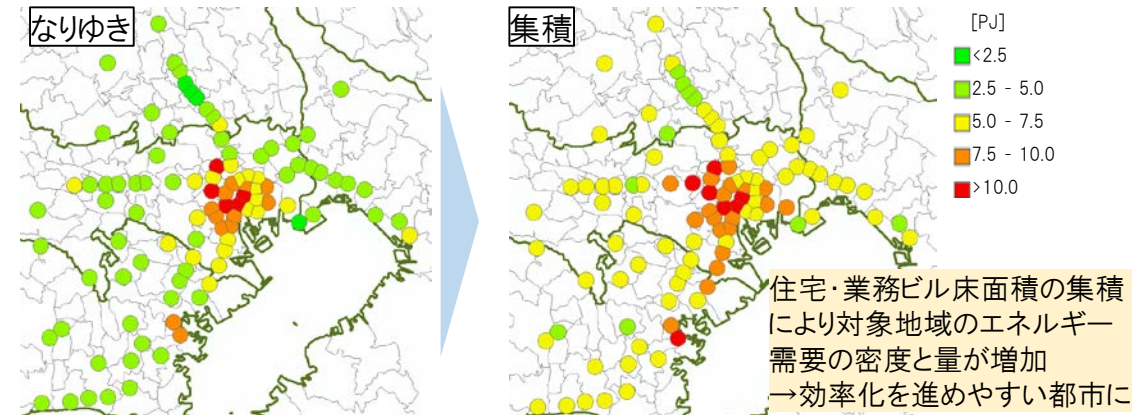
○ 対策例 工場等排熱活用

工場等(清掃工場、火力発電所、鉄鋼、セメント)で発生する未利用の排熱(高温未利用熱)を周辺地域で活用することによるCO2排出量の削減効果を推計する。



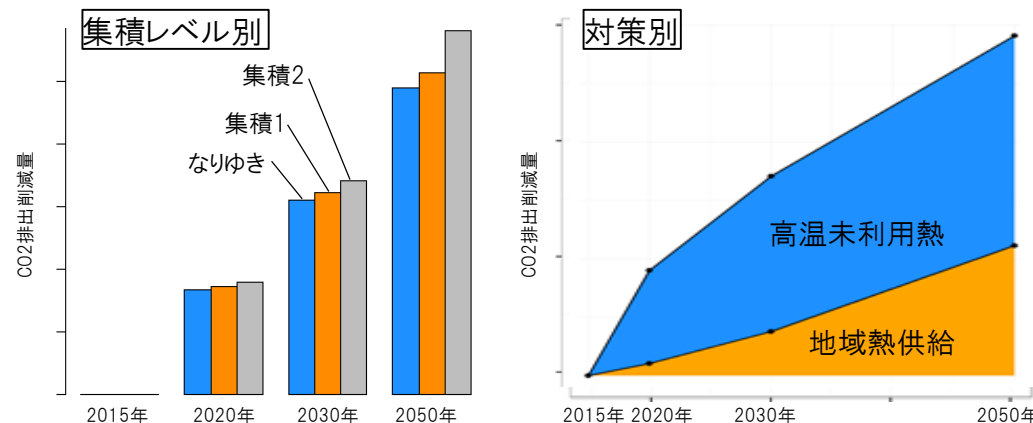
高温未利用熱の活用可能量

○ 対策の分析例(1) エネルギー需要の集積(なりゆき、集積)



対象地域のエネルギー需要量と需要集積(コンパクト化)

○ 対策の分析例(2) 未利用熱活用と地域熱供給による効果の推計



対策導入によるCO2排出量の削減効果

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～

(モデルの概要)

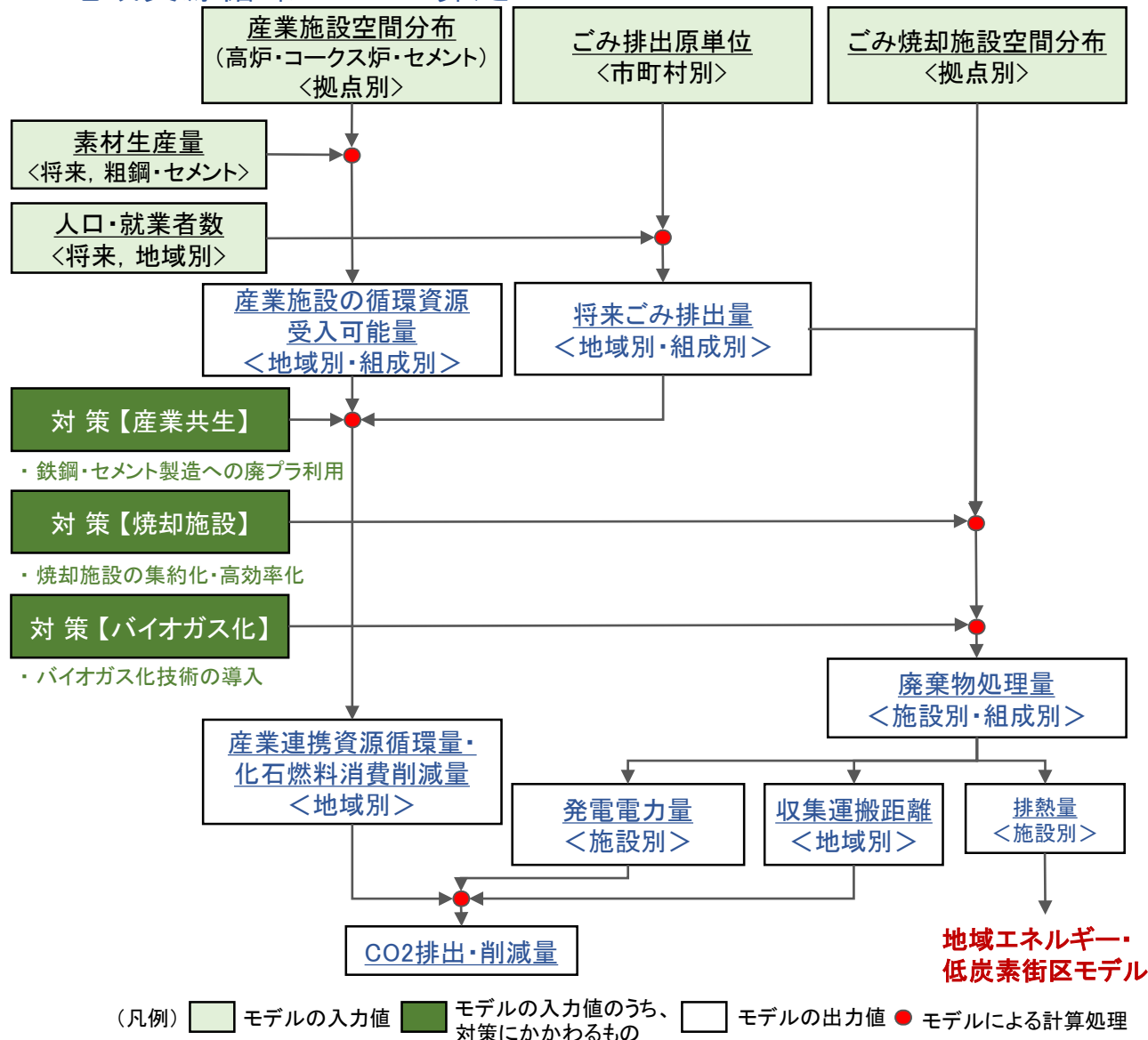
地域資源循環モデルは、東京都市圏における廃棄物の発生量・利用可能量及び廃棄物受入施設の空間分布データベースを下に、地域ごとの特性を考慮した上で、廃棄物の発生、分別、回収、処理、有効利用等といった資源循環分野における低炭素技術・施策を組み合わせた様々な対策を実施した場合の効果を推計するモデルである。

(分析の内容)

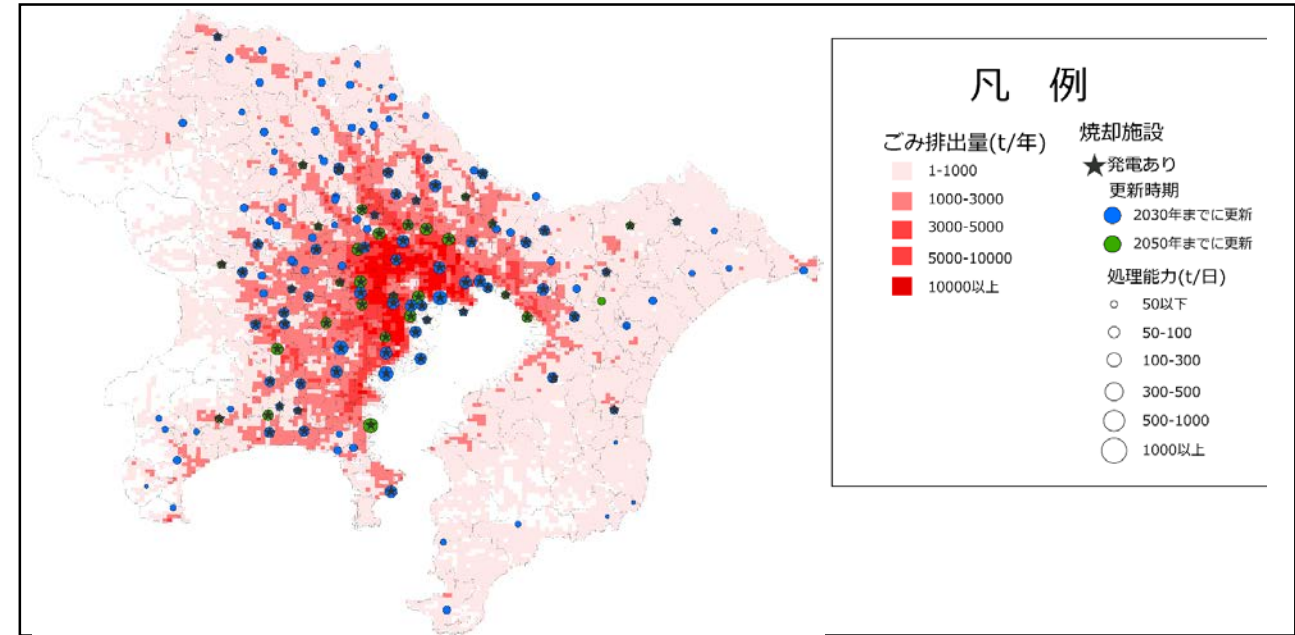
廃棄物の発生量・利用可能量については1kmメッシュごとに、廃棄物受入施設(ごみ焼却施設、産業施設)については施設ごとにプロットすることで、空間分布データベースを構築し、人口変動、就業者数変動、産業動向による影響を考慮しつつ、その将来推計を行う。

低炭素技術・施策としては、廃棄物中に含まれるプラスチック類・紙類等を分別・選別し産業施設において燃料・還元剤等の代替として利用する産業共生資源環境技術、一定範囲内で同時期に更新を迎えたごみ焼却施設を統合し高効率な廃棄物発電を実施するごみ焼却施設の集約・高効率化、廃棄物中の有機性成分の処理により発生するバイオガスの有効利用(バイオガス化技術)を想定し、これらの導入に伴うCO2排出削減量を分析する。加えて、これらの対策実施による行政コストの削減効果、その他の定性的な効果等のマルチベネフィットについても整理を行う。

1. 地域資源循環モデルの算定フロー



○ 空間分布データベース構築(ごみ焼却施設)



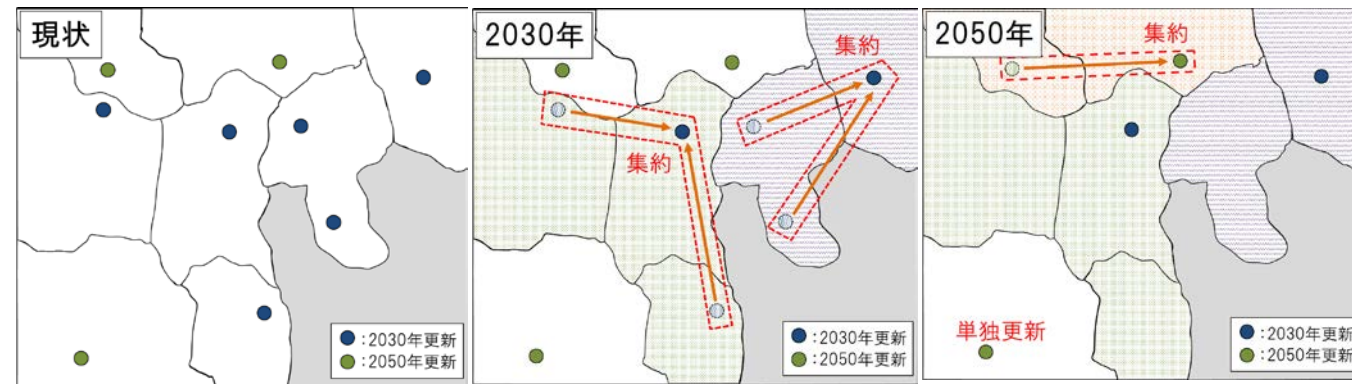
○ 対策の分析例(1) 産業共生資源環境技術

廃棄物中に含まれるプラスチック類・紙類等を分別・選別し、産業施設において燃料・還元剤等の代替として有効利用

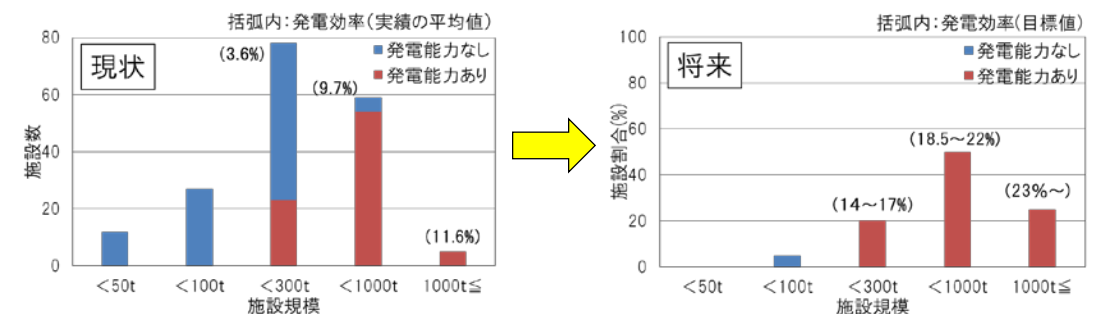
○ 対策の分析例(2) ごみ焼却施設の集約・高効率化

将来において一定の範囲内で複数のごみ焼却施設が更新を迎えた場合(耐用年数約30年と仮定)、それらの施設を集約化(市区町村を超えての集約化も検討)。

【ごみ焼却施設の集約化(イメージ)】



※集約後の施設規模は集約対象となる施設の規模の合計



大規模・高効率な廃棄物発電を実施

物質ストックマネジメントモデル ～構造物ストック対策による低炭素効果の検討～

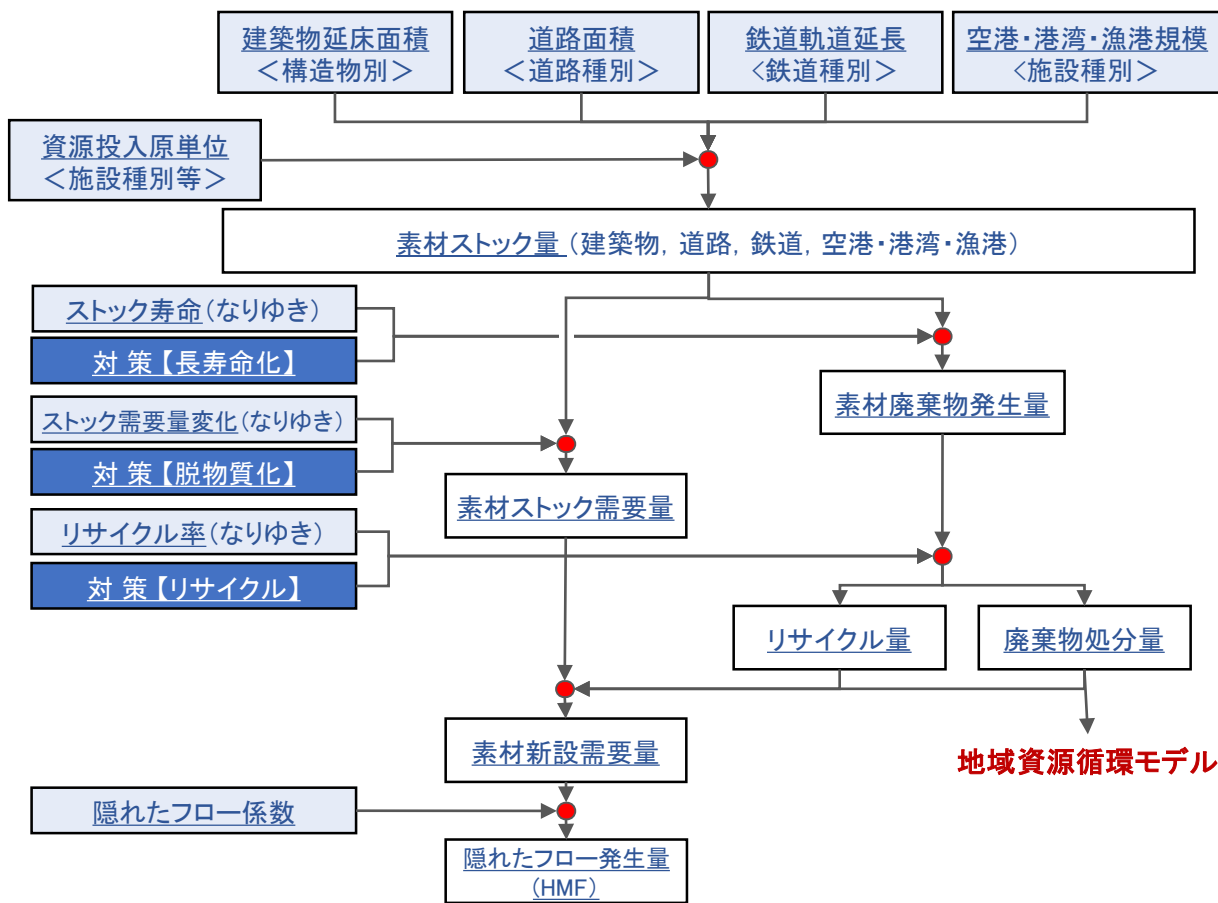
(モデルの概要)

東京都市圏内に蓄積されている構造物を対象として、個別の構造物毎の延床面積、道路延長などに基づく物質ストック量、完成時点からの経過年数等がデータベース化されている。このデータを1kmのメッシュデータに加工した上で、構造物種類別の寿命関数、将来ストック量などを想定して、資材別(鉄鋼、セメント、木材)の物質投入量[トン/年](合算値)、建設副産物発生量[トン/年](1kmメッシュ値)、資材利用に伴う地表改変量[m²/年](合算値)などを推計する。

(分析の内容)

基盤となる地理情報データを時系列で整備し、構造物の更新・廃棄に関する物質フローを推計し、物質ストックのマネジメントモデルを構築する。構造物の平均耐用年数を整理し、長寿命化による構造物解体量及び建設副産物発生量を推計する。構造物解体量と社会動態により構造物着工量を推計し、脱物質化による資材需要量とその生産に伴うCO₂発生量を評価する。将来の循環利用の枠組みによりリサイクル量と廃棄物処分量を推計し、資源循環と連携すると共に、素材の新設需要量より天然資材利用に伴い掘削される地表改変量の変化を推計して、開発に伴う人為的撈拌量を空間的に評価する。

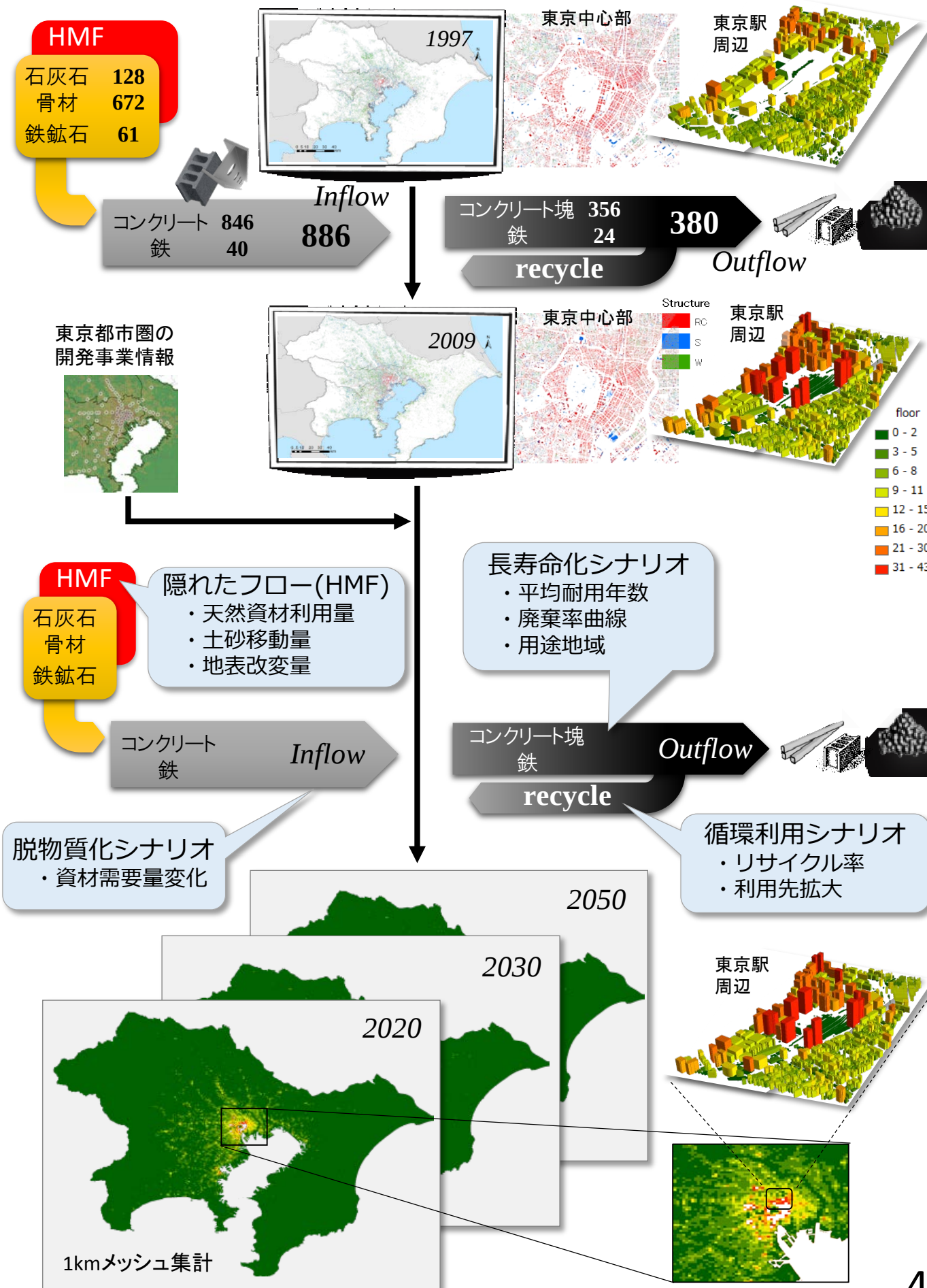
1. 物質ストックマネジメントモデルの算定フロー



(凡例) □ モデルの入力値 □ モデルの入力値のうち、対策にかかわるもの □ モデルの出力値 ● モデルによる計算処理

2. 物質ストックマネジメントモデルによる分析(イメージ)

(単位: 百万トン)



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～

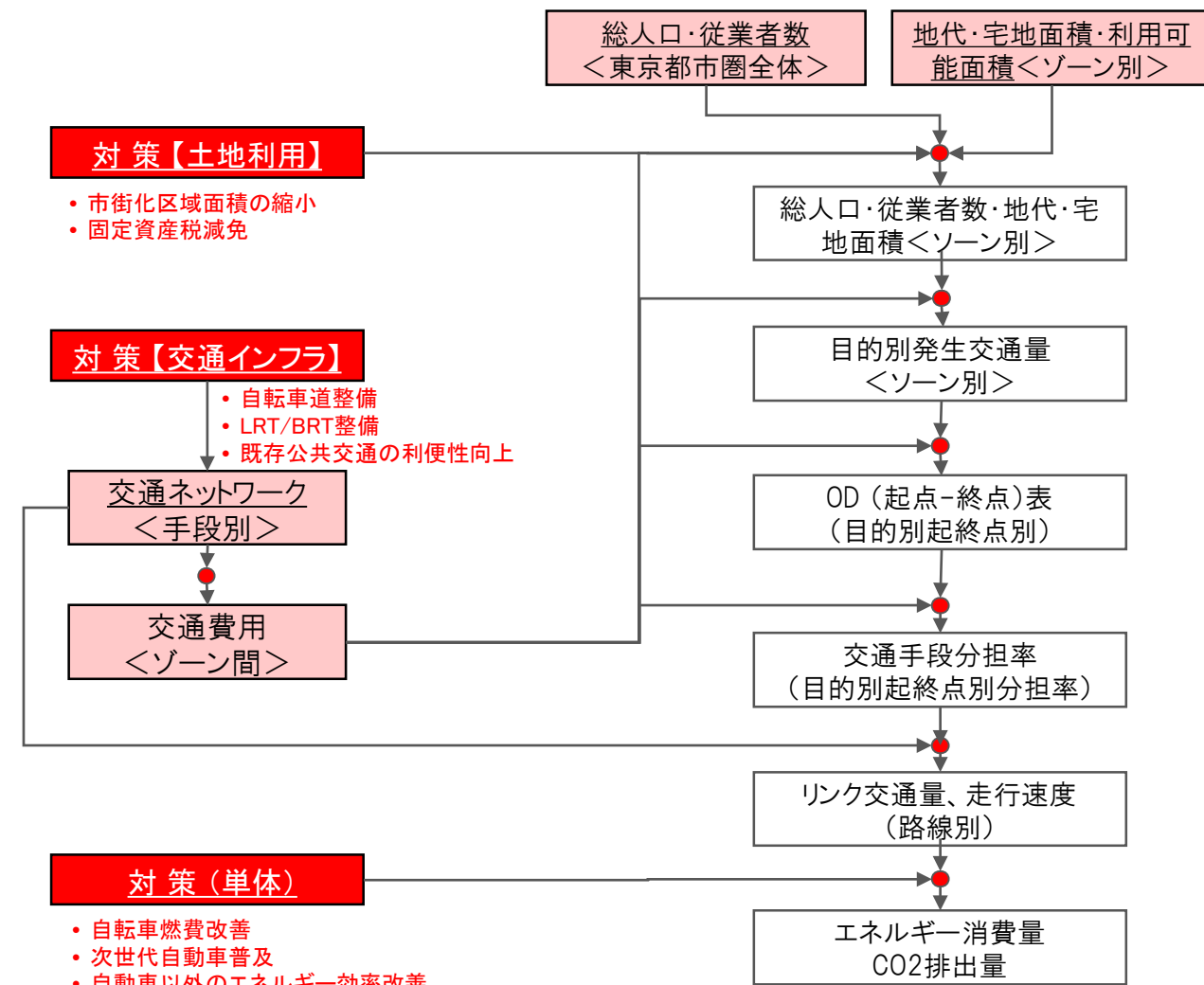
(モデルの概要)

土地利用・交通モデルは、対象地域を詳細な地域に分割して扱うモデルであり、道路や鉄道などの交通ネットワーク整備、拠点開発(ターミナル駅周辺等の交通結節点の再開発など)、土地利用施策等(市街化調整区域や鉄道駅から離れた郊外地域における立地規制、駅周辺部の固定資産税減免による立地誘導)をはじめとした様々な対策シナリオにおける各地域に居住する人口、各地域から発生する交通量、各地域から他地域へ移動する人数(目的別・手段別)・自動車の台数及び自動車の移動に伴うCO2排出量などが分析可能なモデルである。本検討においては、対象地域を約2,800地域に分割したモデルを適用し、分析を実施する。

(分析の内容)

交通ネットワーク整備による都市構造の変化(人口分布の変化、人の流れ(交流)の変化)と土地利用・交通対策による運輸部門のCO2削減効果を分析する。分析する対策・施策は、自動車単体の施策(燃費改善等)、交通体系に係る面的施策(自転車道整備、BRT、流入規制等)、土地利用体系に係る面的施策(拠点開発、立地規制等)などである。

1. 土地利用・交通モデルの算定フロー



(凡例) モデルの入力値 モデルの入力値のうち、対策にかかわるもの モデルの出力値 ● モデルによる計算処理

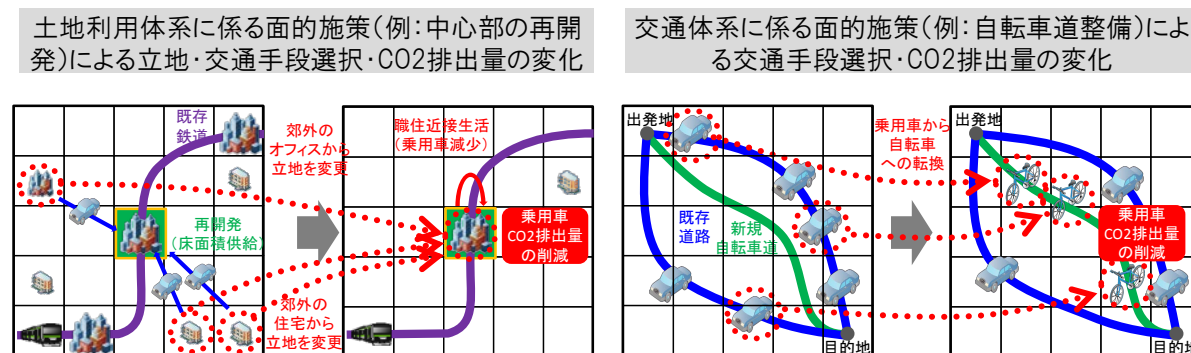
2. 土地利用・交通モデルによる分析(イメージ)

○ 対策の分析例(1)土地利用体系に係る面的施策(拠点開発、立地規制等)

土地利用体系に係る面的施策による予測・分析を行う。例えば、交通結節点における駅前再開発を行った場合の、郊外から都市整備地域への人口や従業者立地の変化、目的別・手段別・路線別の交通量の変化を予測し、乗用車のCO2排出削減量の分析を行う。

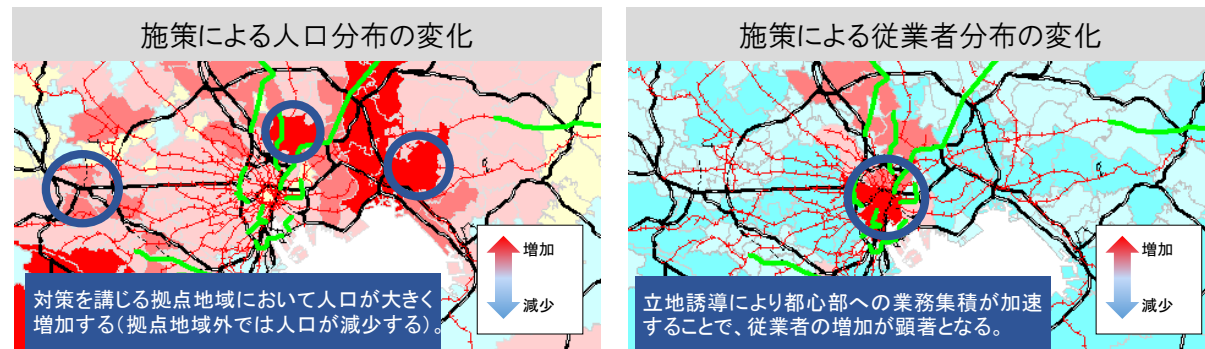
○ 対策の分析例(2) 交通体系に係る面的施策(自転車道整備、BRT、流入規制等)

交通体系に係る面的施策による予測・分析を行う。例えば、自転車道の新規整備を行った場合のOD間(出発地-目的地間)の手段転換、乗用車の走行台キロの予測を行い、乗用車のCO2排出削減量の分析を行う。

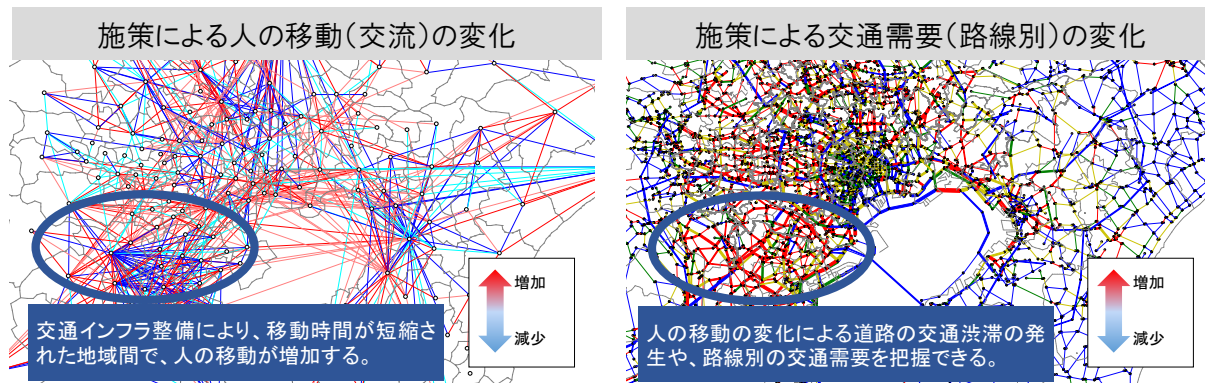


3. 土地利用・交通モデルによる分析のアウトプット(イメージ)

都心部や拠点地域への立地の誘導の促進などの施策を講じた場合、人口や従業者がどの地域でどの程度変化するかなど、詳細な地域単位で把握することができる。



交通インフラ整備などの施策を講じた場合、どの地域間でどの程度人の移動が変化するか、どの路線でどの程度の交通需要が変化するかなど把握することができる。



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～

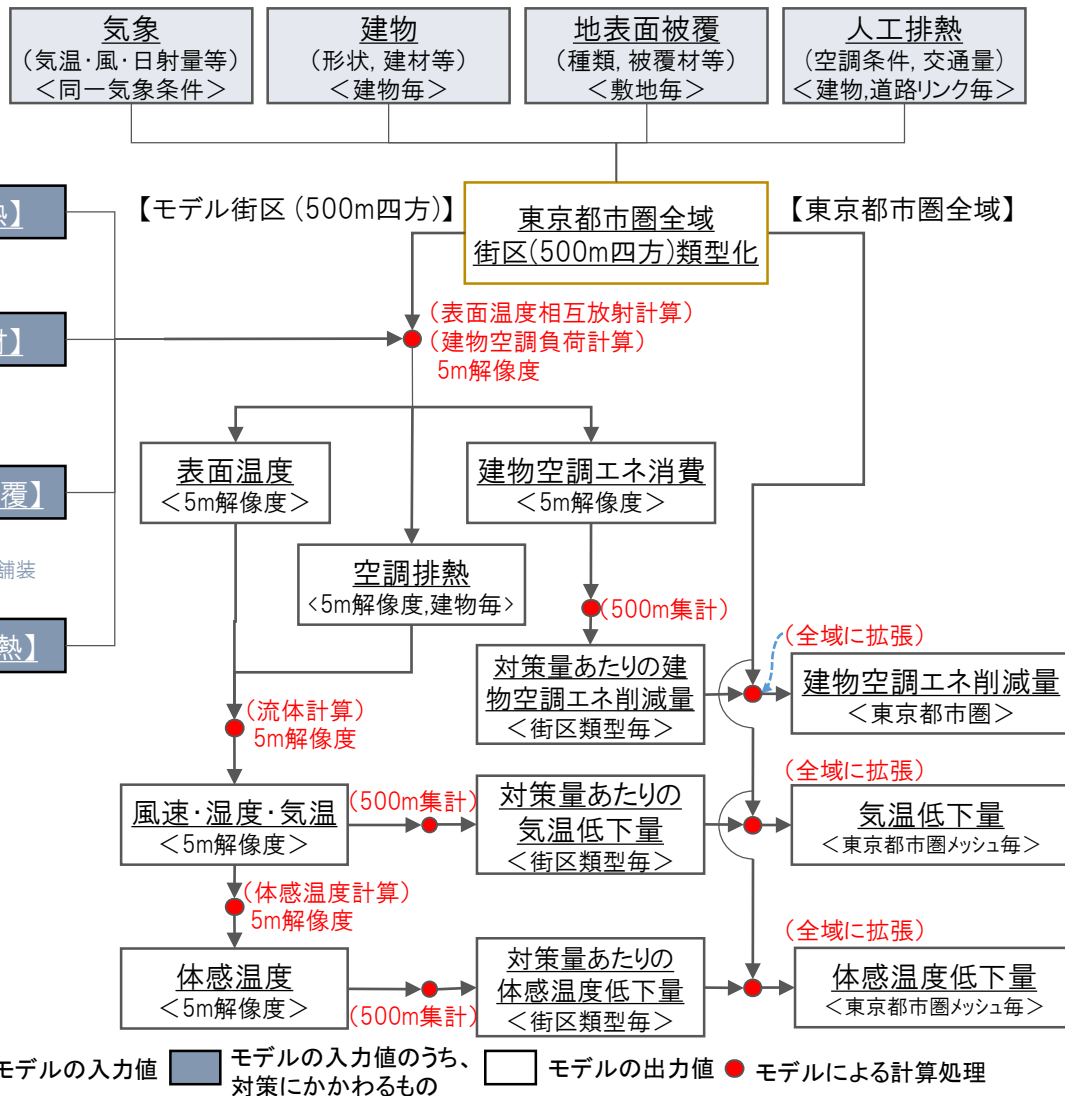
(モデルの概要)

都市内における建物形状や街路の配置等に応じて地表面や建物面等からの熱や風の流れ等を計算し、都市の熱環境を詳細に把握することが可能な国土交通省国土技術政策総合研究所が開発したモデルを用い、気象、建物、地表面被覆、人工排熱の条件、導入するヒートアイランド対策(緑化、環境対策舗装、排熱削減等)を設定し、表面温度や建物の空調排熱・空調消費エネルギー、気温や湿度、風速、体感温度等を解析・評価する。

(分析の内容)

省エネに資する温暖化対策によって、人工排熱が削減されることで夏期のヒートアイランド現象が緩和される。一方、緑化等のヒートアイランド対策によって、建物周辺の微気候が改善されることで夏期の省エネに伴う温暖化対策への効果が期待できるとともに、屋外歩行空間の微気候が改善されることで夏期の温熱リスクも低減される。このような関係にある温暖化対策とヒートアイランド対策について、将来における気象を考慮した街区(500m四方)スケール解析による対策効果の定量化に基づく東京都市圏での対策効果の推計、地区(1km四方)スケール解析による対策効果の面的な把握、都市(10km四方)スケール解析による広域の高解像度体感温度マップの作成、等の分析を行う。

1. ヒートアイランドモデルによる算定フロー

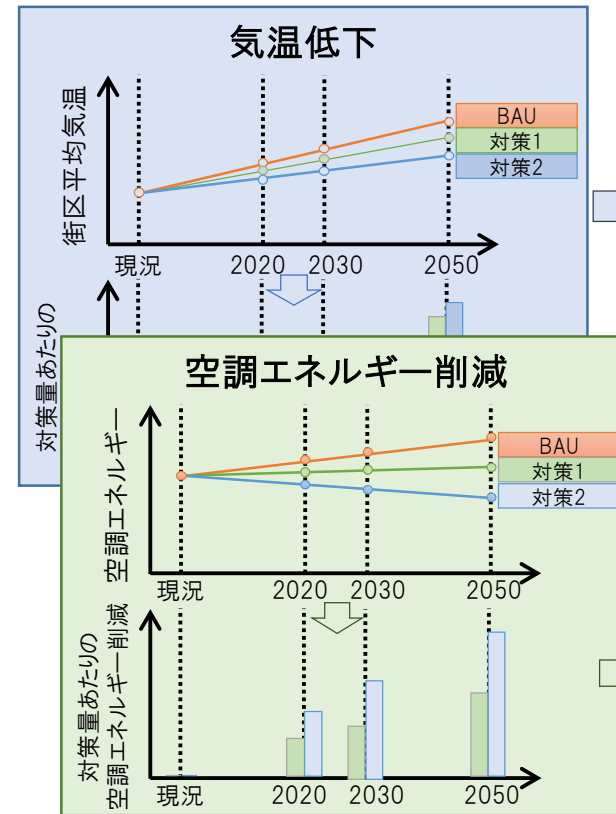


2. ヒートアイランドモデルによる分析(イメージ)

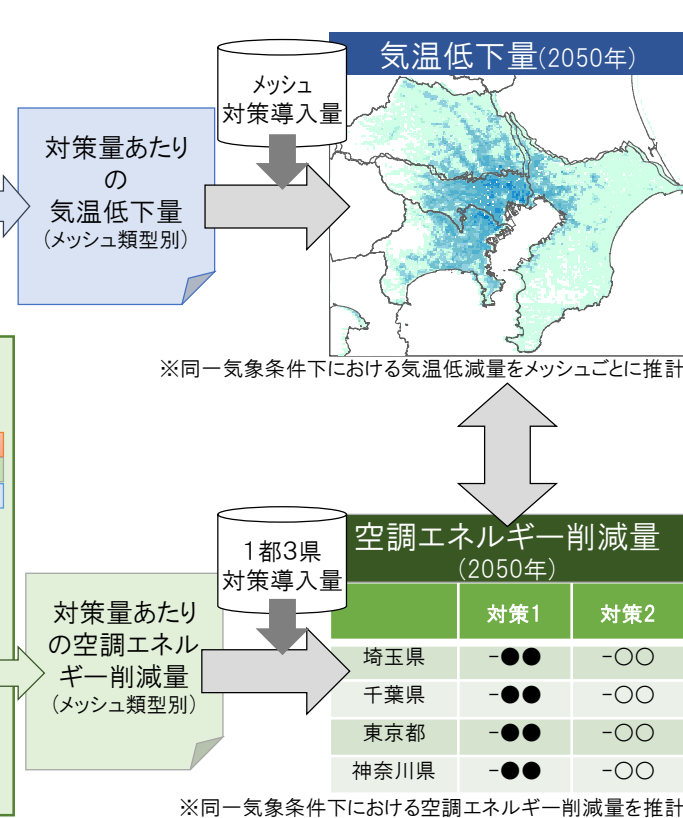
○ 対策導入効果の定量化と東京都市圏における効果の把握(例)

街区スケール解析を実施して中長期的な対策量当りの夏期の気温低下量等を算出し、メッシュごとの対策導入量に乗じて、東京都市圏における対策効果を推計する。

【街区スケール(500m四方)】



【東京都市圏における効果の把握】



○ 夏期の暑熱環境分布による対策効果の面的な把握

地区スケール(1km四方)解析による「風の道」も含めたヒートアイランド対策による気温低下効果の面的な把握や、都市スケール(10km四方)解析により広域の体感温度マップを作成する。

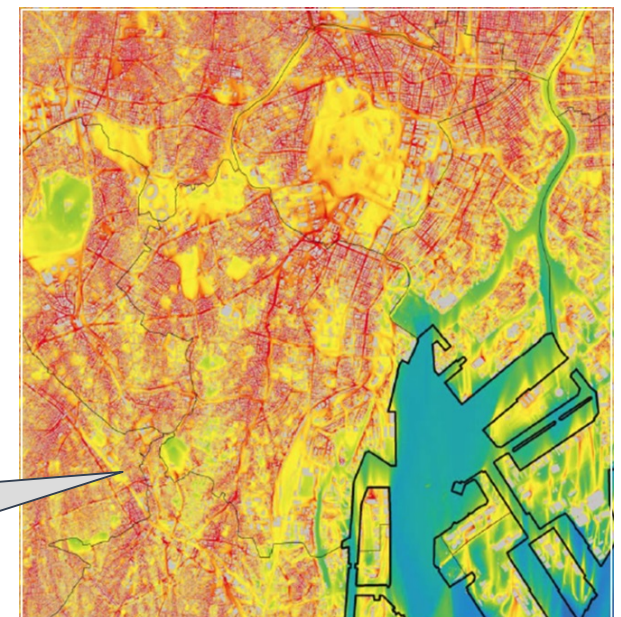
地区スケール(1km四方) 対策効果分布



対策導入前後の暑熱環境分布により、対策効果を面的に把握

都市内における暑熱環境リスクの啓発とヒートアイランド対策の必要な場所を把握するため、広域の体感温度をマップ化

都市スケール(10km四方) 高解像度体感温度分布(イメージ)



環境技術評価モデル

～低炭素社会を実現する対策を分析～

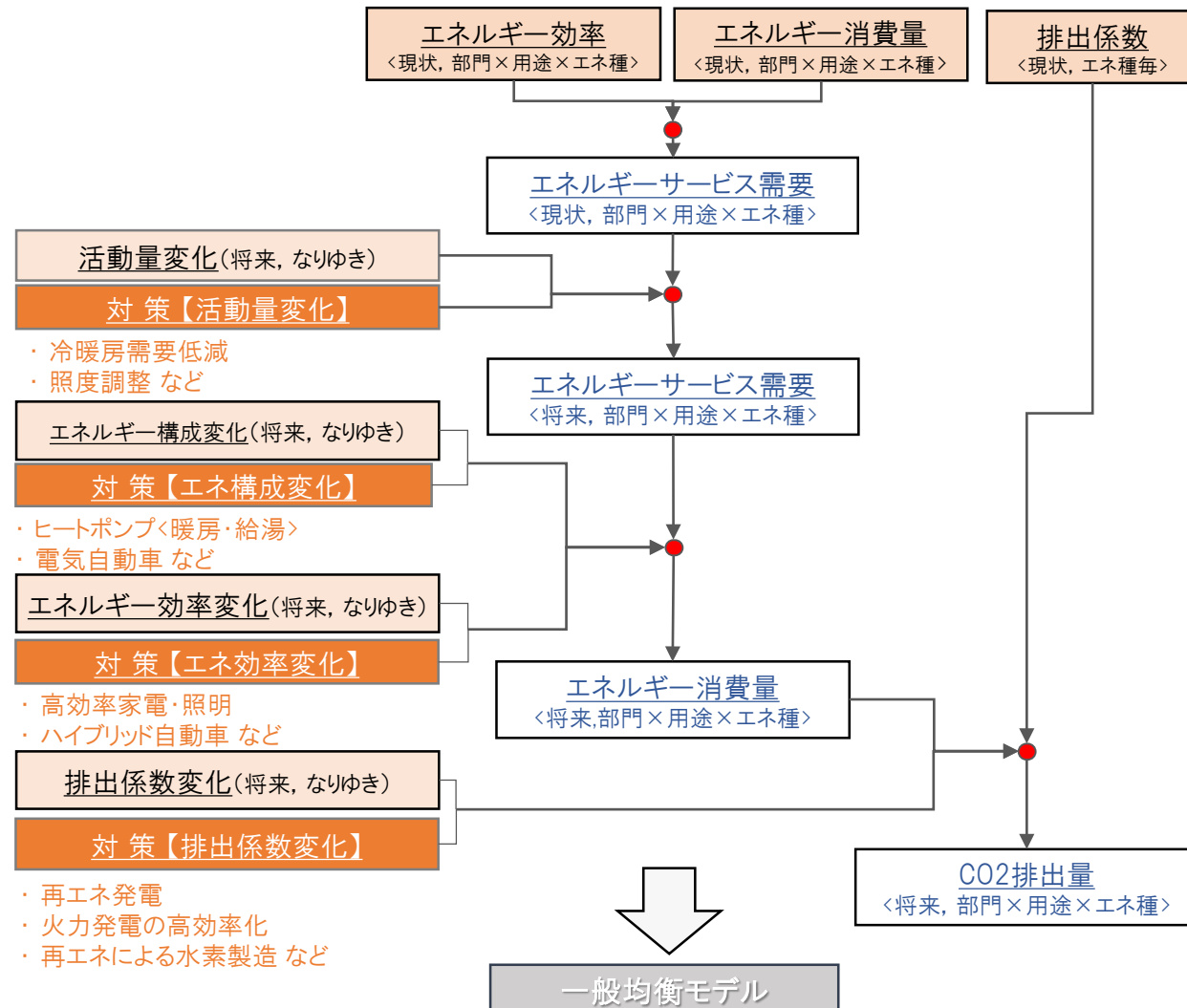
(モデルの概要)

環境技術評価モデルは、エネルギー消費量をサービス需要(例えば冷房需要、輸送需要)、サービスの機器別分担率、機器別のエネルギー効率の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、各要素の変化後のエネルギー消費量を対策導入後のエネルギー消費量として推計するモデルである。複数の対策について、整合的かつ包括的に定量評価でき、燃料転換・効率改善などによるパラメータ変化と推計結果とのつながりが「見える化」されており、各対策のCO2排出量削減効果分析が容易に実施できる点に特徴がある。

(分析の内容)

本検討では、サービス需要を削減する対策、低炭素なエネルギーを利用する対策、エネルギーを効率的に利用する対策について、個別対策ごとに都県レベルでの導入量を想定し、将来におけるエネルギー消費量やCO2排出量を推計する。また、個別モデルによる算定結果についても整合性を確保した形式で取り込み、全体としての効果を集計する「プラットフォーム」としての役割を担う。必要に応じて一般均衡モデルへのデータを引き渡し、対策の経済影響分析も可能にする。

1. 環境技術評価モデルの算定フロー



(凡例) モデルの入力値 モデルの入力値のうち、対策にかかわるもの モデルの出力値 ● モデルによる計算処理

2. 環境技術評価モデルによる分析（イメージ）

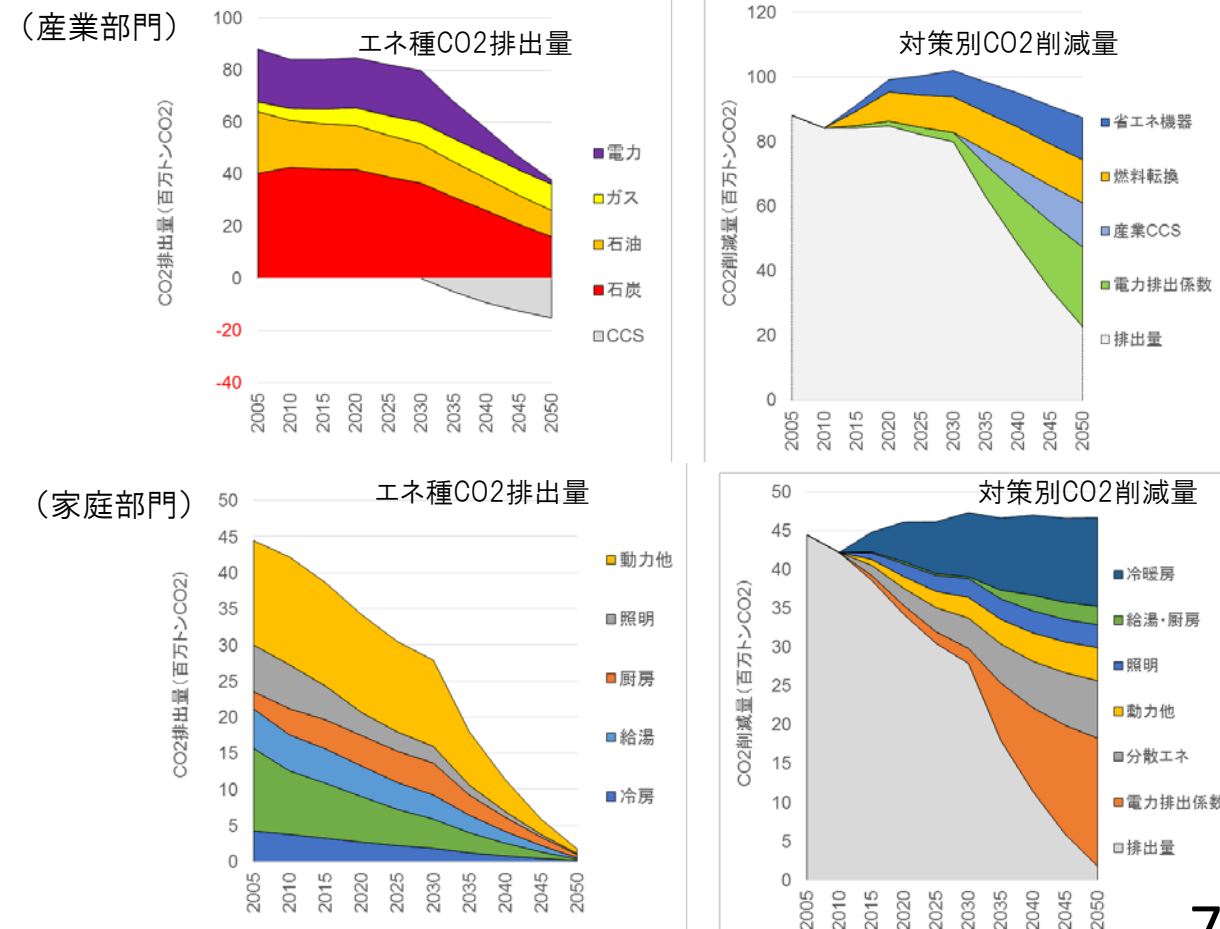
○ 分析対象の対策技術(案)

以下にあげるような省エネ技術や再エネ技術などの低炭素技術を導入した場合の効果について分析を行う。

部門	対象技術
産業部門	・エネルギー多消費産業:業種固有省エネ技術, 排熱利用技術, 革新的技術など ・その他製造業:高効率ボイラ, 高効率工業炉, 高効率照明, モータの高効率化など
家庭部門	・高断熱住宅, HEMS ・高効率冷暖房, 高効率給湯, 高効率照明, 高効率家電製品 など
業務部門	・高断熱建築物, BEMS ・高効率空調, 高効率給湯, 高効率照明, 高効率電気機器 など
運輸部門	・自動車の燃費改善, 次世代自動車 ・交通流・物流対策 など
エネルギー転換部門	・再生可能エネルギー発電 ・火力発電の高効率化・CCS設置 など

○ 環境技術評価モデルによる将来排出量・削減量の算定(イメージ)

対策を導入した場合のエネルギー消費量・排出量、対策ごとに削減貢献量などを部門ごとに推計し、対策の効果分析を実施する。



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

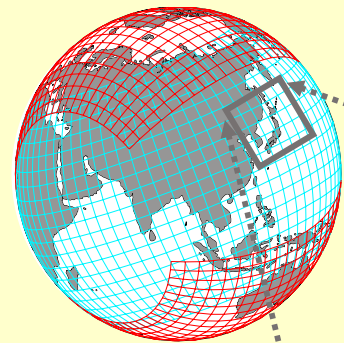
～緑地の有無による気温や風の流れ方等を分析～

(概要)

2020年オリンピック・パラリンピック競技大会(2020年東京大会)を契機とした効果的な環境対策の在り方検討の参考とさせるため、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。

(シミュレーション内容)

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。

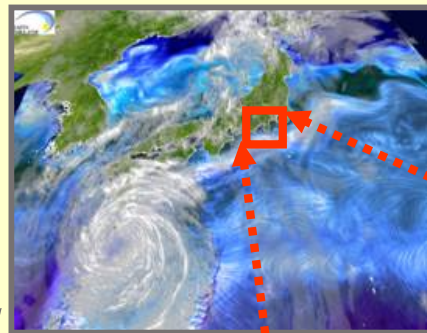


地球全体

① 数値シミュレーションの実施

⇒緑地の整備計画等を踏まえた将来の東京湾臨海部(競技会場及びその周辺)における詳細な熱環境を解析。

※本解析においては、特定の領域における気象庁の数値予報モデルの値等を境界条件に東京湾臨海部の予測を行う。



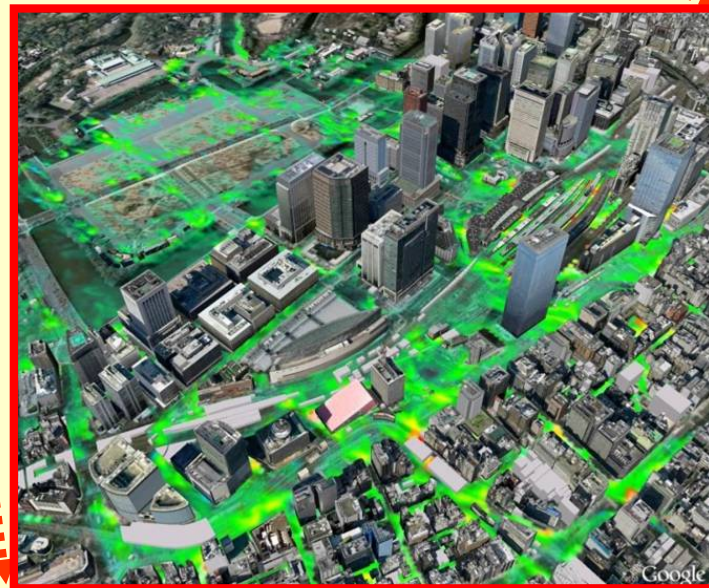
特定の領域

「MSSG(メッセージ)」

全地球規模から都市スケールまでの
気象予測がシームレスにできる
マルチスケール気象予測
シミュレーションプログラム



地球シミュレータ
(海洋研究開発機構)

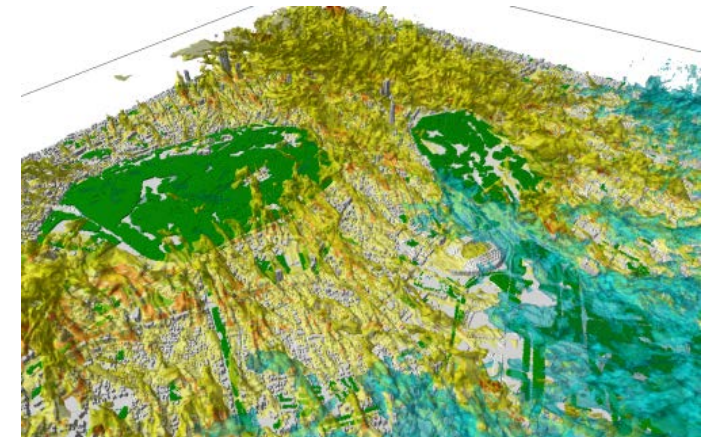


特定の場所

② 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。



③ 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。

