

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
の効果の分析

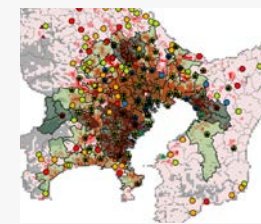
都県スケールに集約
された対策効果

都県スケールの
対策効果の共有

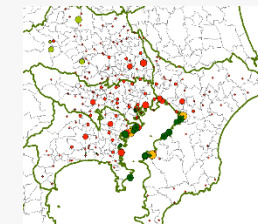
環境技術評価モデル
～低炭素社会を実現する対策を分析～

街区／地域スケール対策の効果の提示

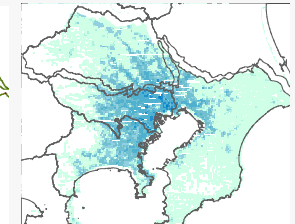
圏域の特性を活かす地域の環境創造の方針と技術・施策
の評価



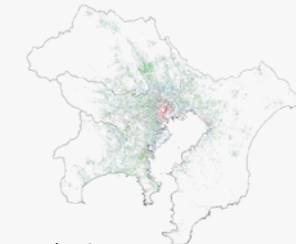
焼却場効率化効果



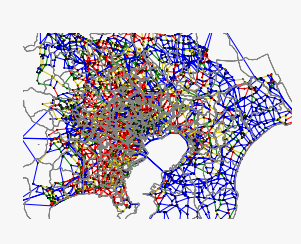
未利用エネ活用効果



ヒートアイランド緩和効果



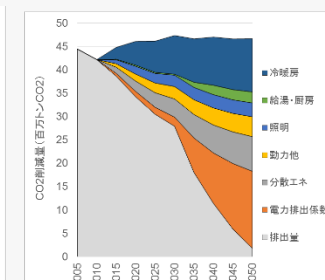
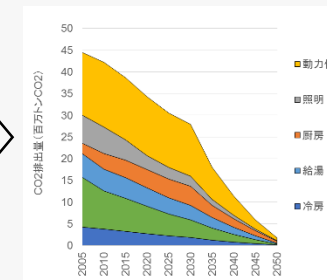
都市コンパクト化



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～

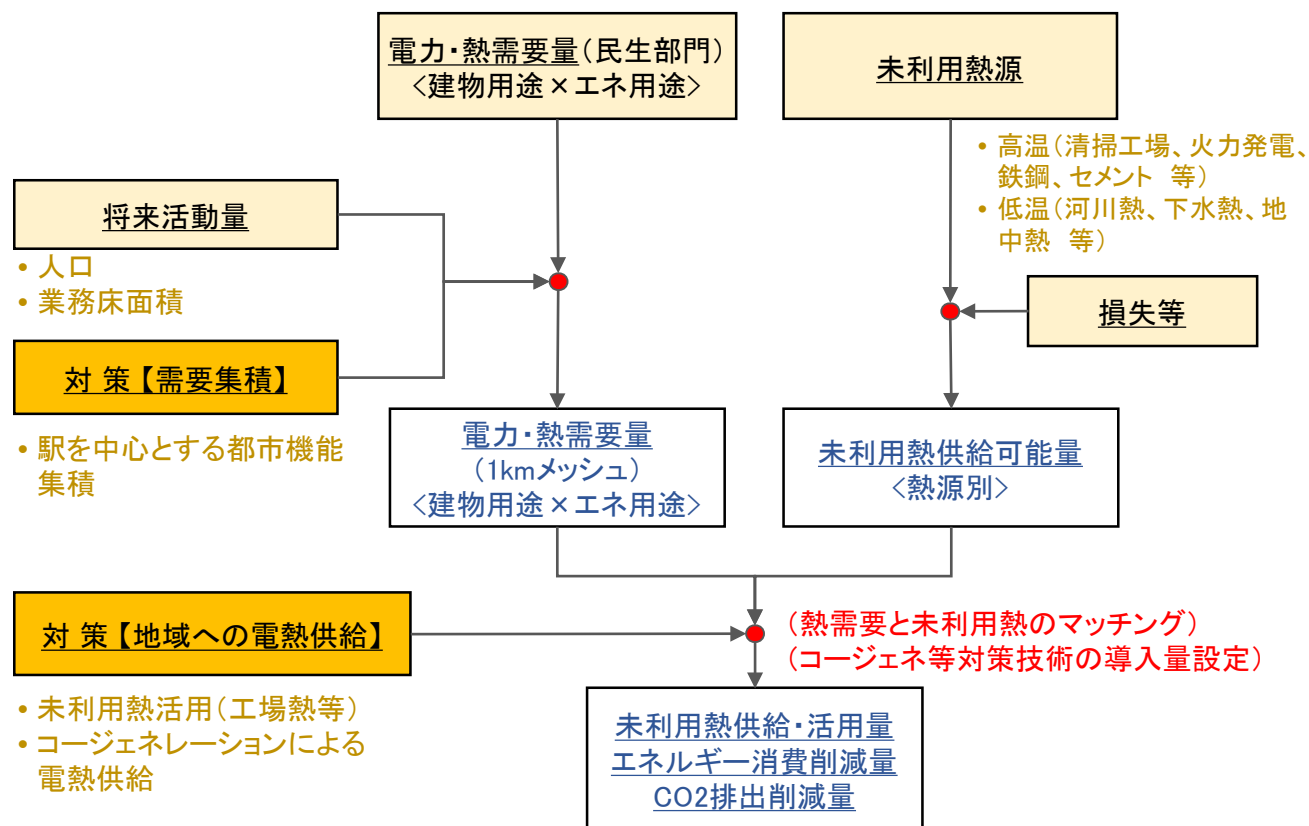
(モデルの概要)

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。

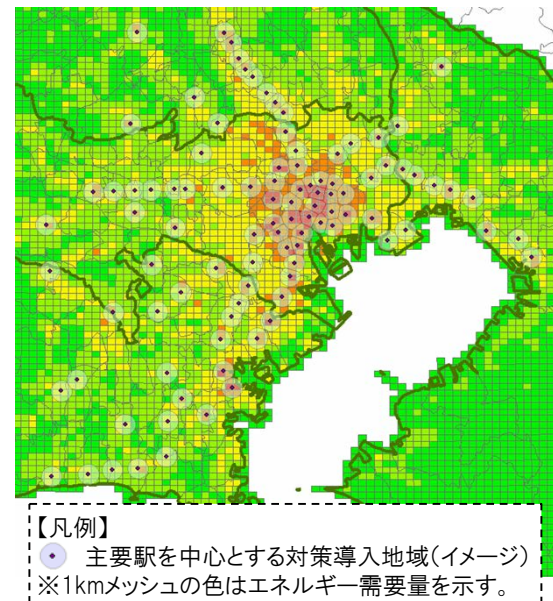
1. 地域エネルギー・低炭素街区モデルの算定フロー



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

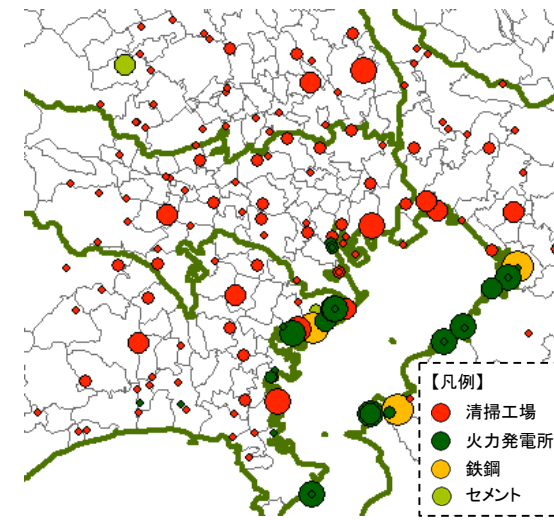
エネルギー需要の密度が高い主要駅周辺に対策を導入することによる省エネ・低炭素効果の総量を推計する。



対策導入地域の設定

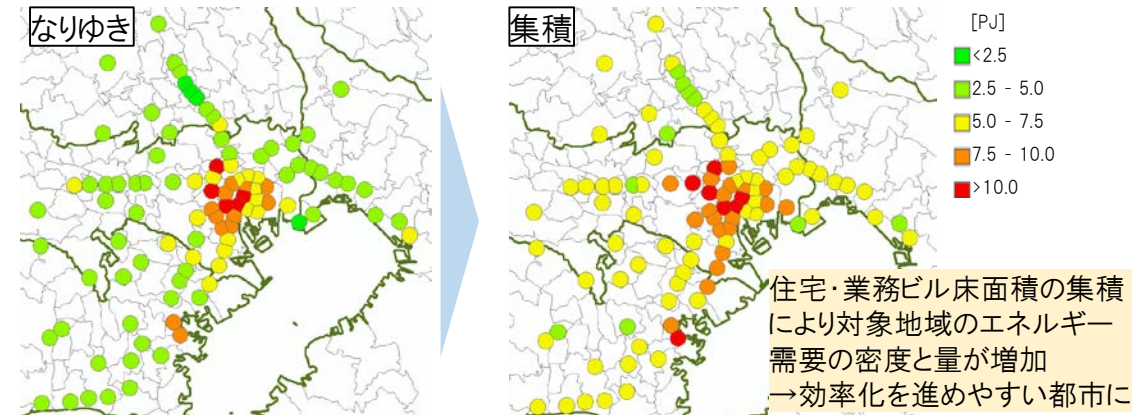
○ 対策例 工場等排熱活用

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。



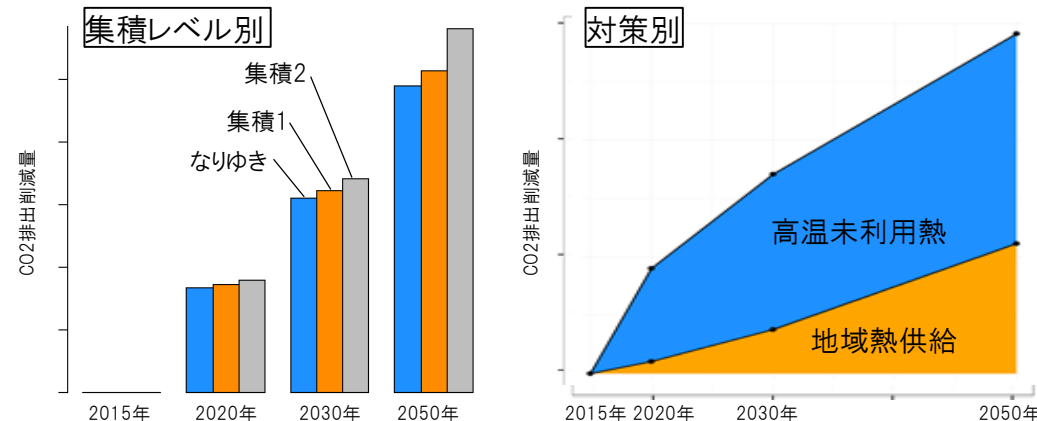
高温未利用熱の活用可能量

○ 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)

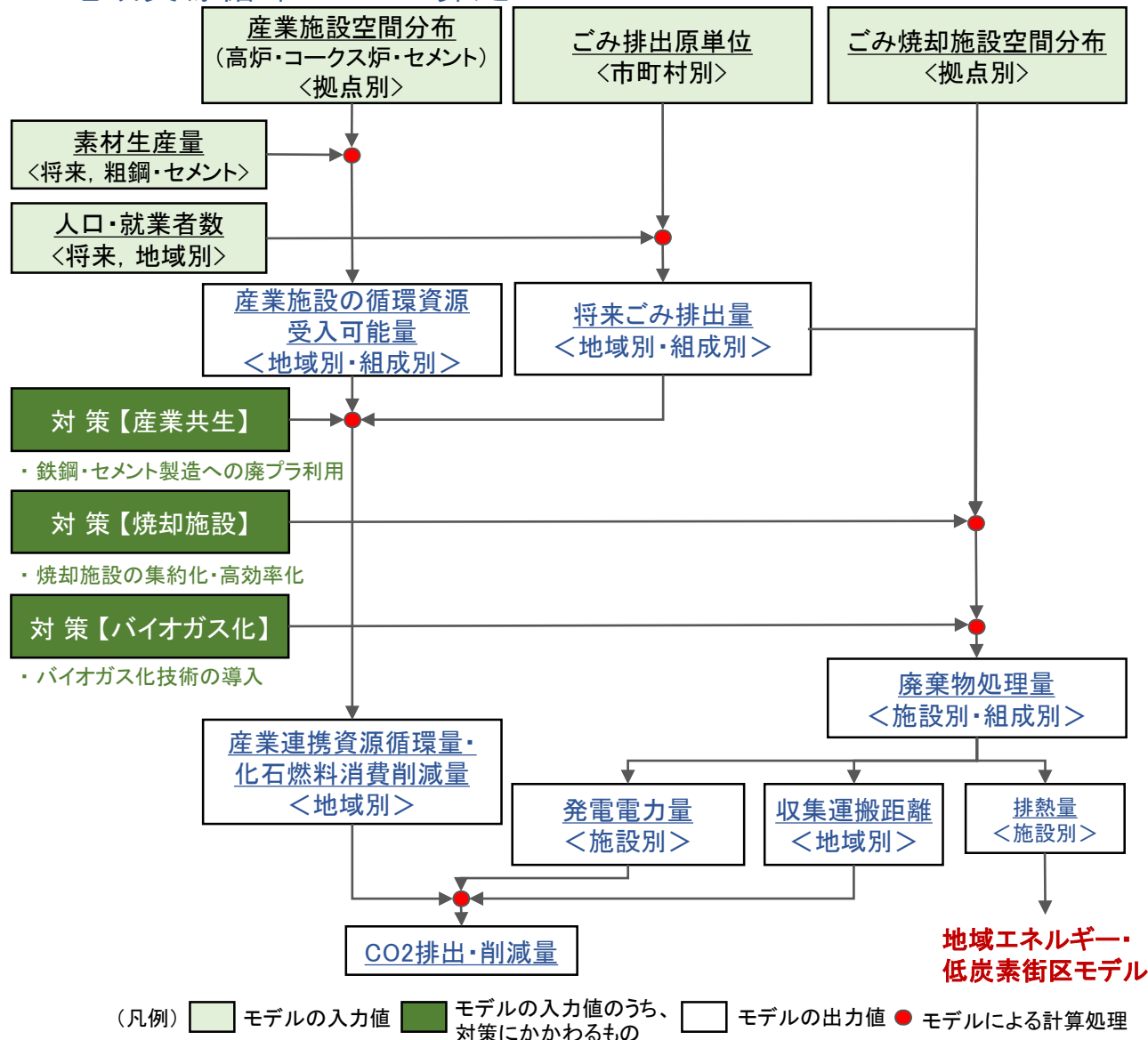
地域資源循環モデルは、東京都市圏における廃棄物の発生量・利用可能量及び廃棄物受入施設の空間分布データベースを下に、地域ごとの特性を考慮した上で、廃棄物の発生、分別、回収、処理、有効利用等といった資源循環分野における低炭素技術・施策を組み合わせた様々な対策を実施した場合の効果を推計するモデルである。

(分析の内容)

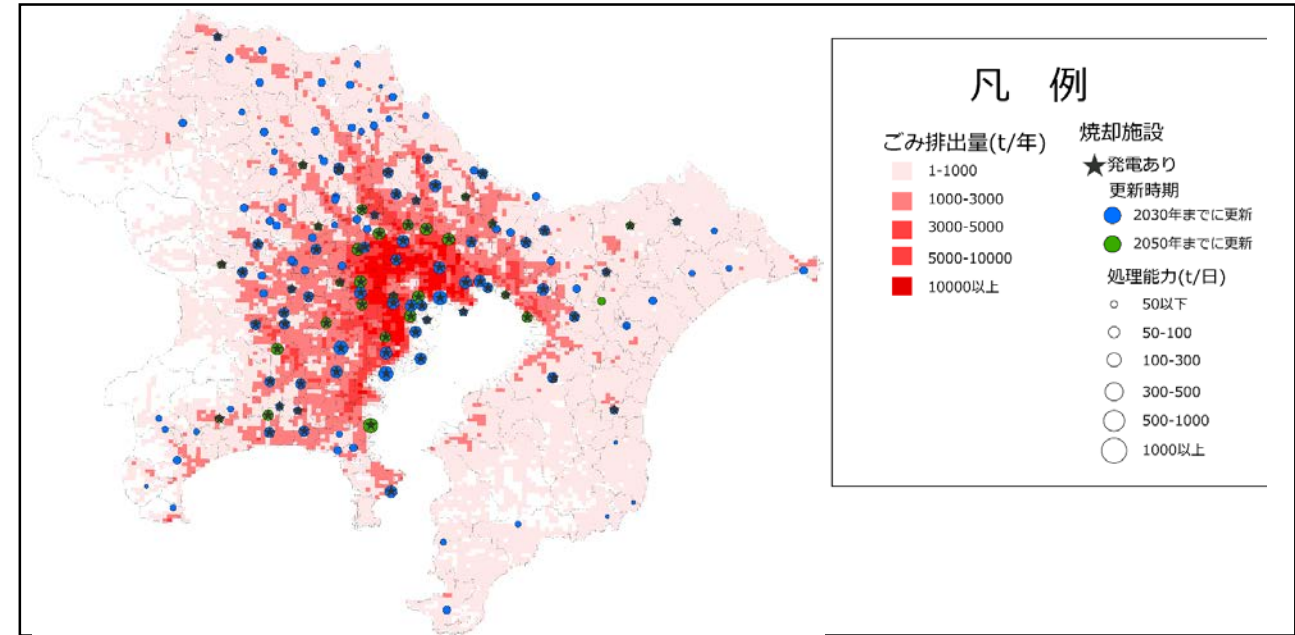
廃棄物の発生量・利用可能量については1kmメッシュごとに、廃棄物受入施設(ごみ焼却施設、産業施設)については施設ごとにプロットすることで、空間分布データベースを構築し、人口変動、就業者数変動、産業動向による影響を考慮しつつ、その将来推計を行う。

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)



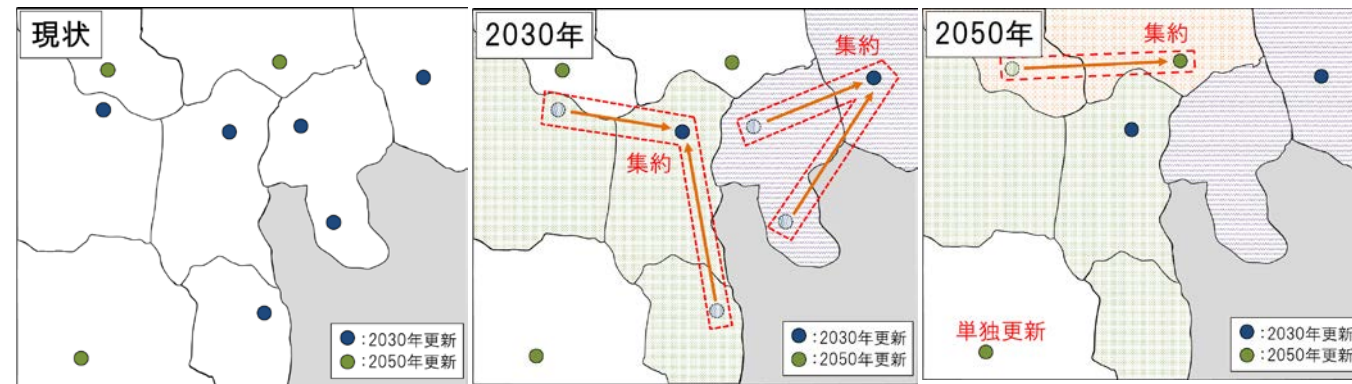
○ 対策の分析例(1) 産業共生資源環境技術

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

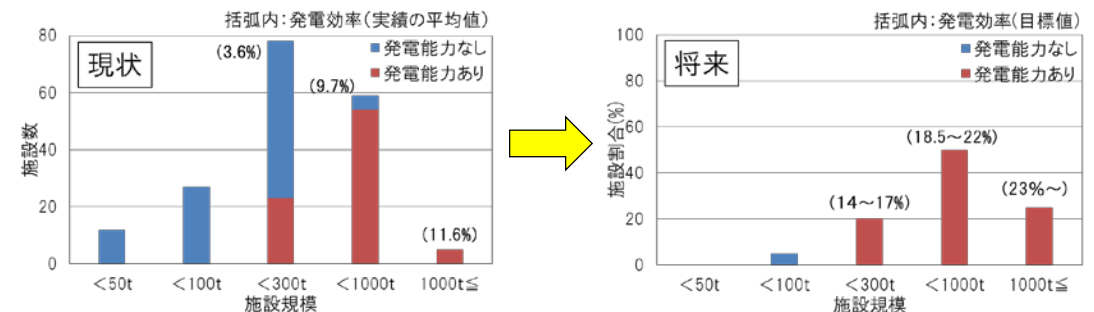
○ 対策の分析例(2) ごみ焼却施設の集約・高効率化

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～

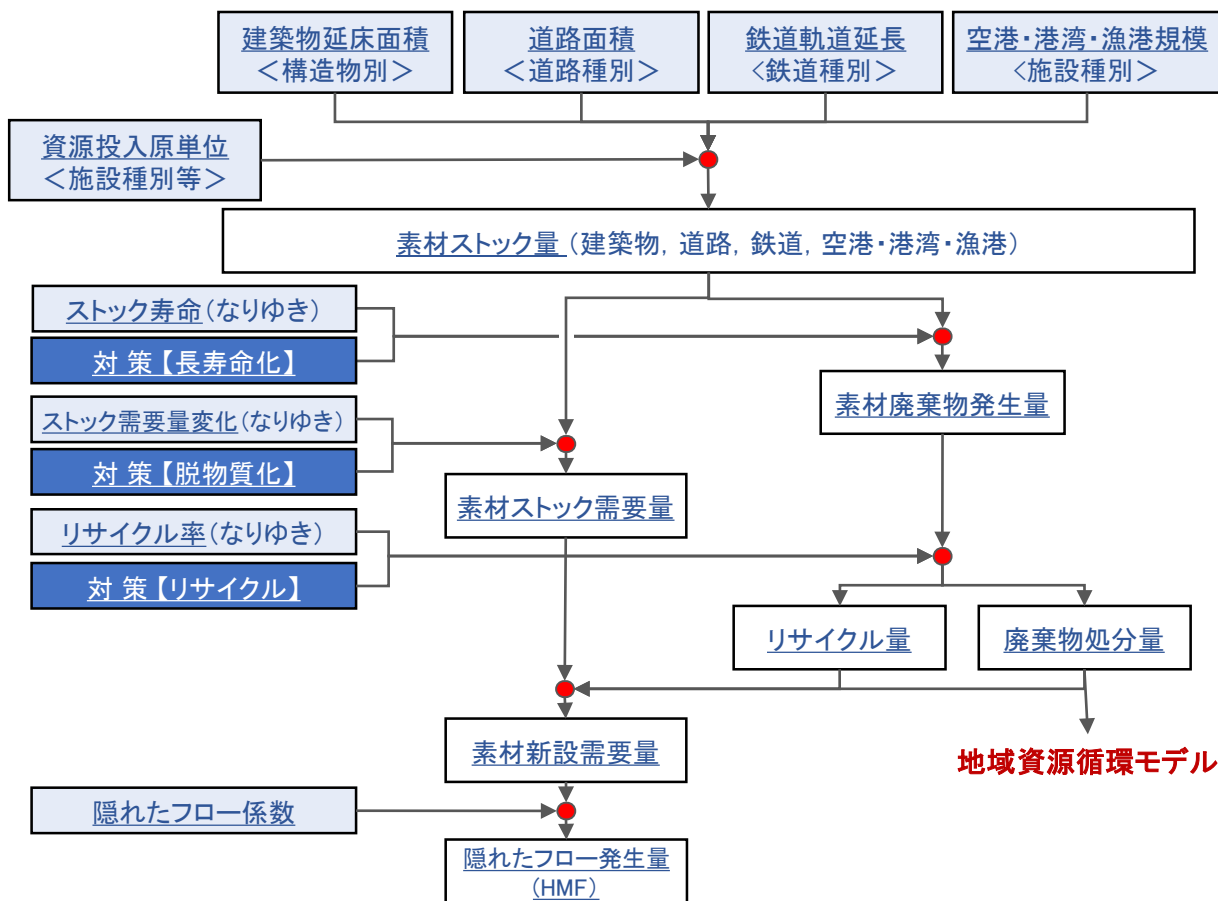
(モデルの概要)

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。

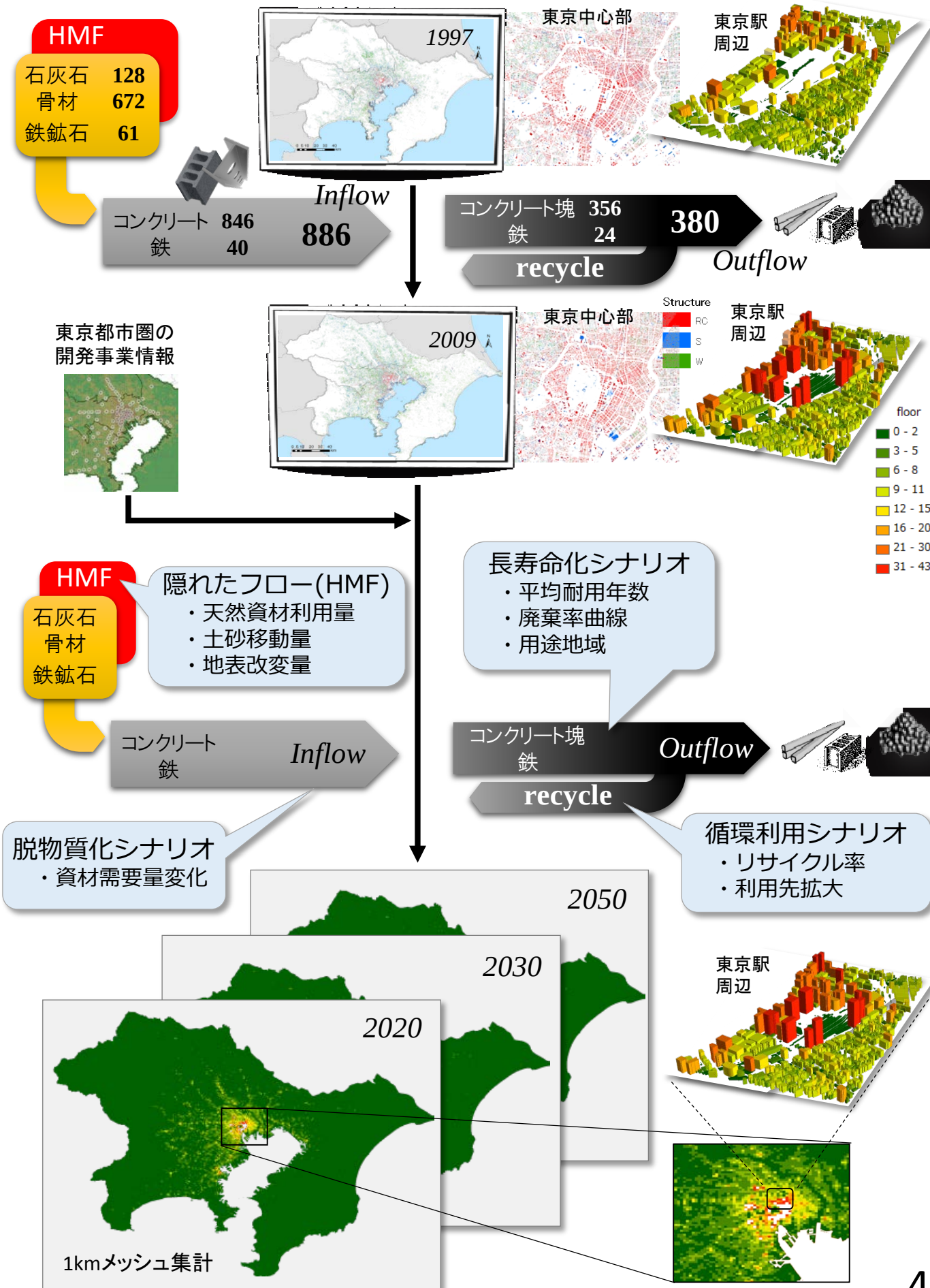
1. 物質ストックマネジメントモデルの算定フロー



(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～

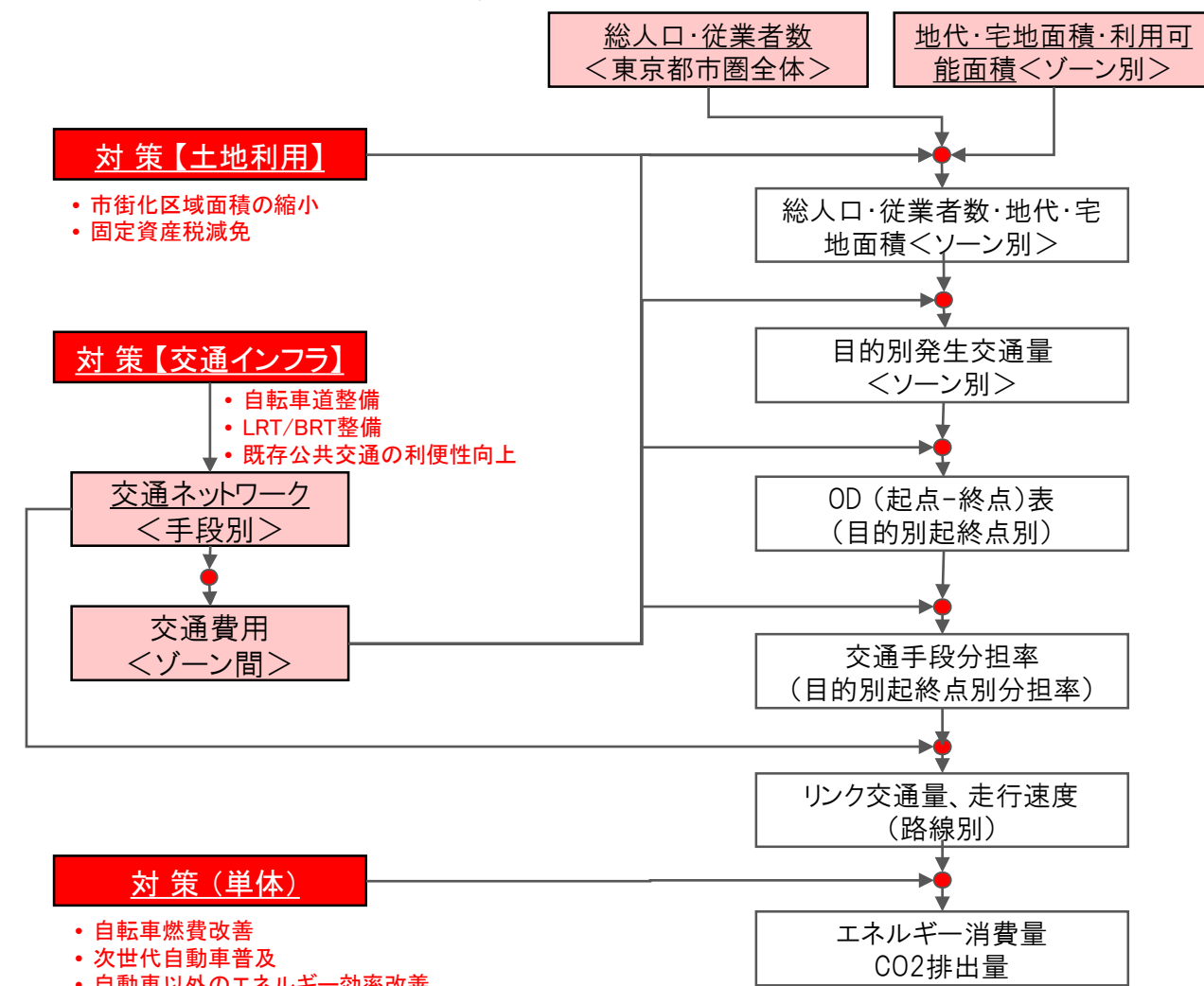
(モデルの概要)

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

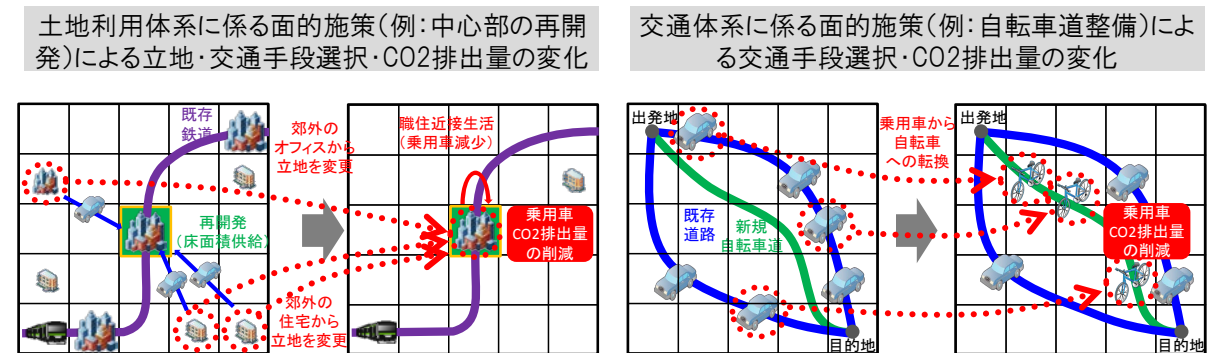
2. 土地利用・交通モデルによる分析(イメージ)

○ 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。

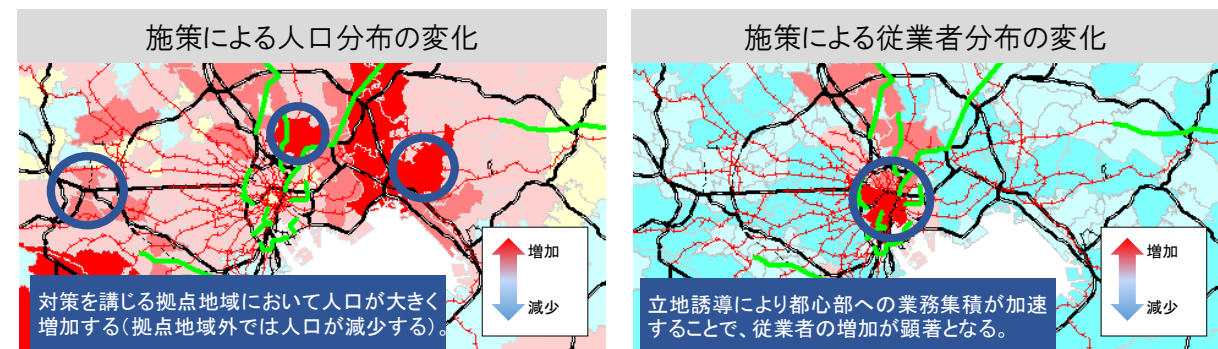
○ 対策の分析例(2) 交通体系に係る面的施策(自転車道整備、BRT、流入規制等)

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。

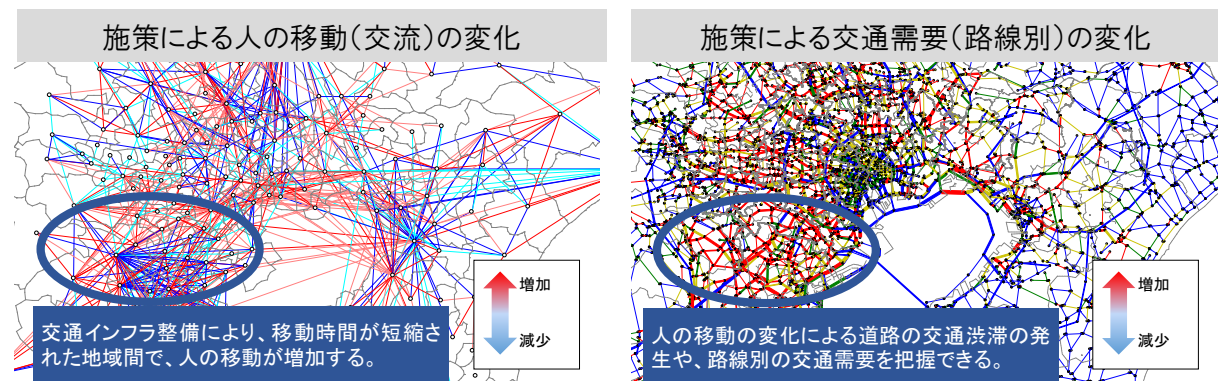


3. 土地利用・交通モデルによる分析のアウトプット(イメージ)

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ます。



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ます。



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～

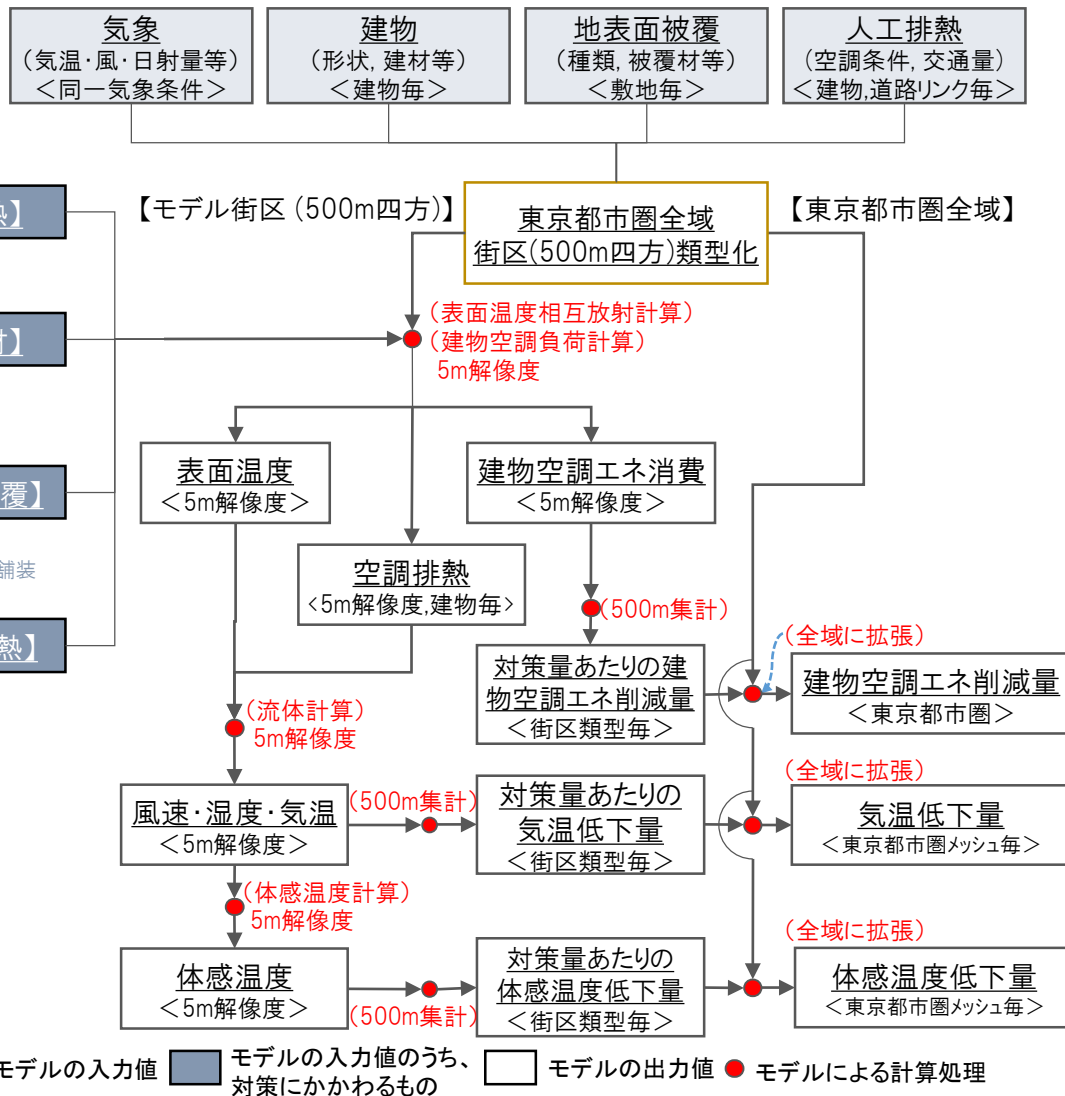
(モデルの概要)

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

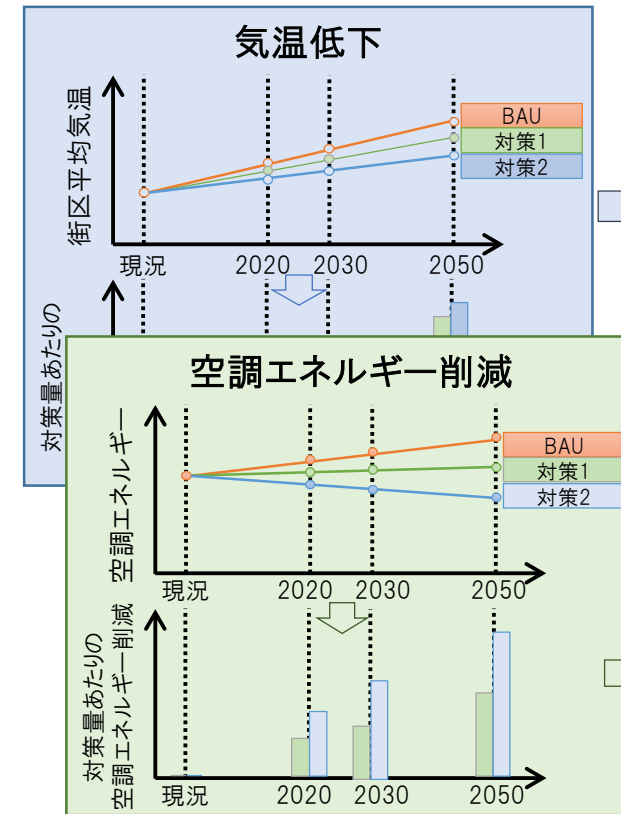


2. ヒートアイランドモデルによる分析(イメージ)

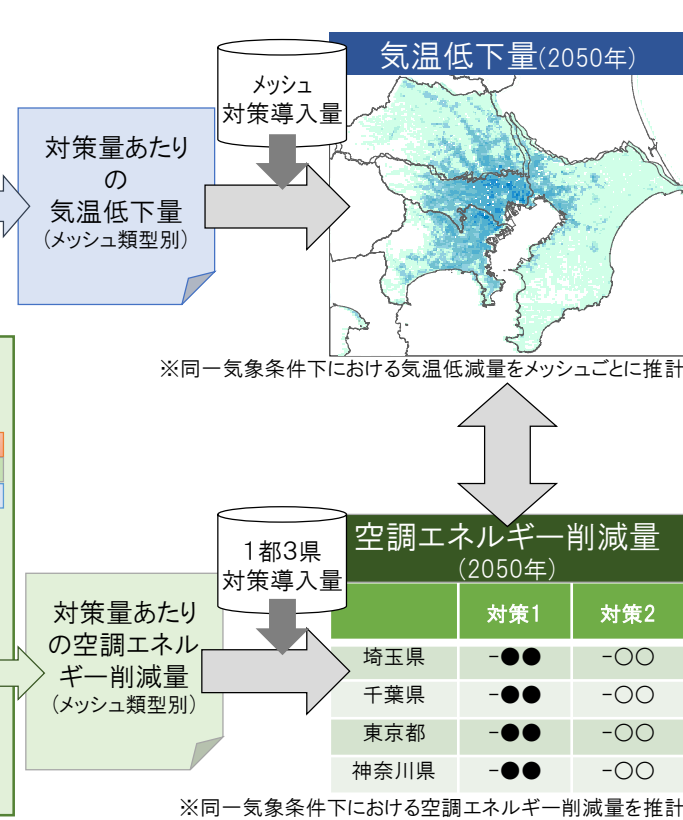
○ 対策導入効果の定量化と東京都市圏における効果の把握(例)

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。

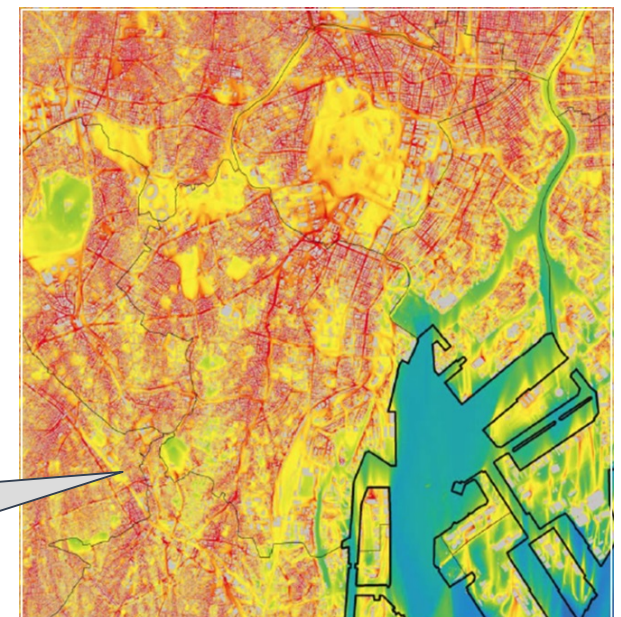
地区スケール(1km四方) 対策効果分布



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～

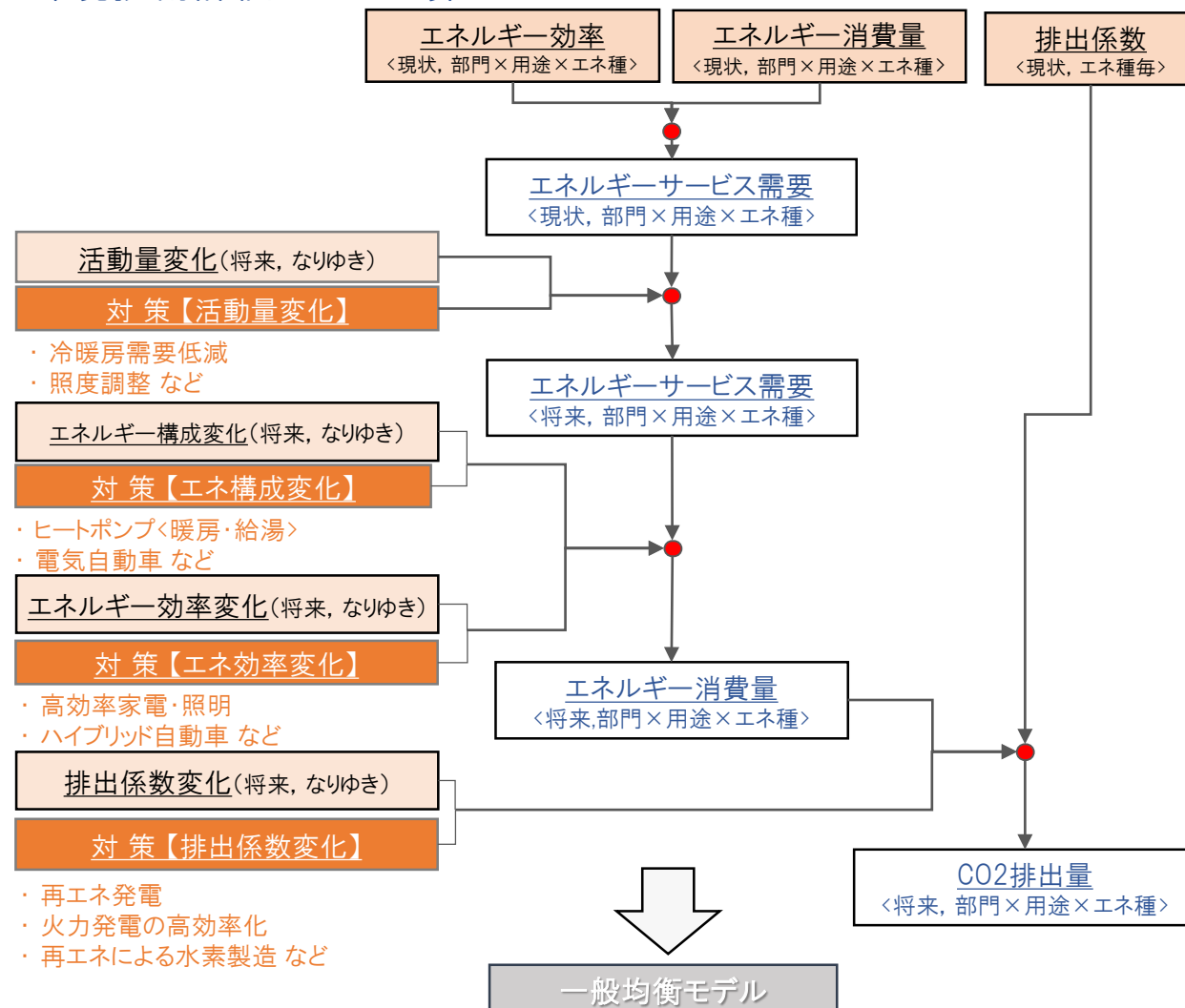
(モデルの概要)

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)

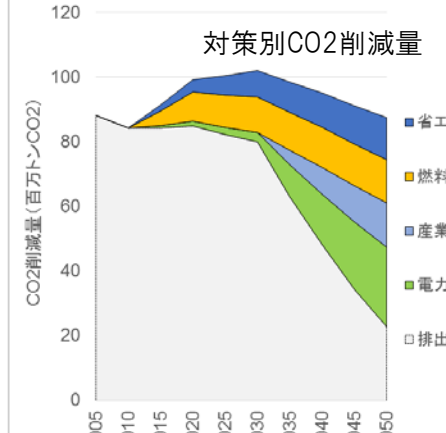
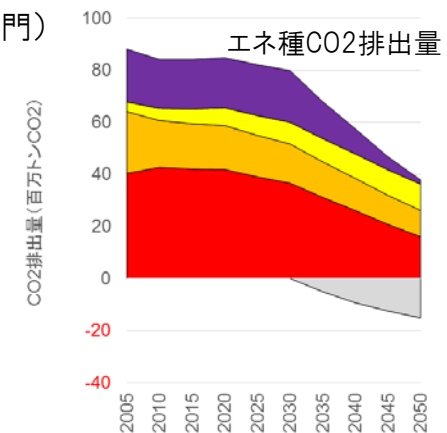
以下にあげるような省エネ技術や再エネ技術などの低炭素技術を導入した場合の効果について分析を行う。

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

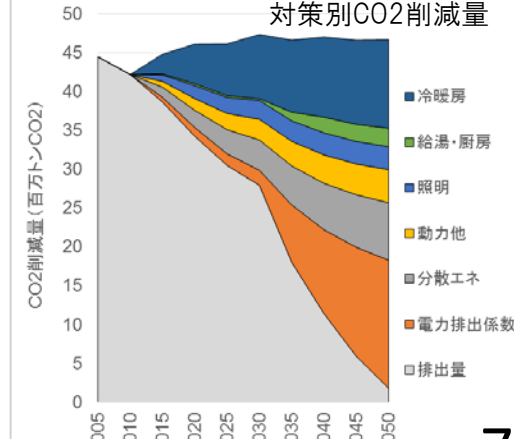
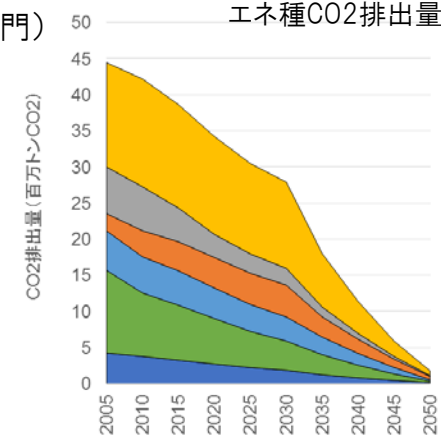
○ 環境技術評価モデルによる将来排出量・削減量の算定(イメージ)

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。

(産業部門)



(家庭部門)



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

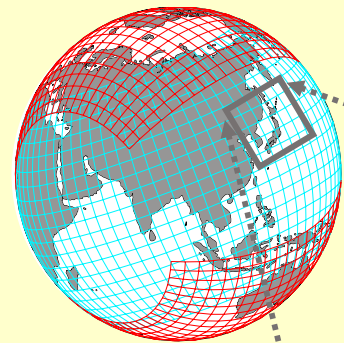
～緑地の有無による気温や風の流れ方等を分析～

(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。

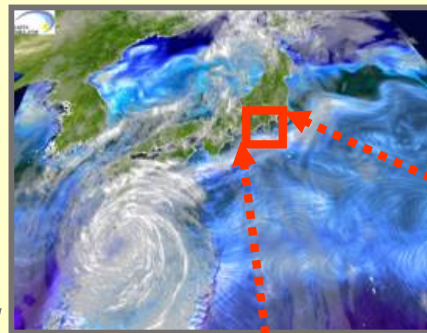


地球全体

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。



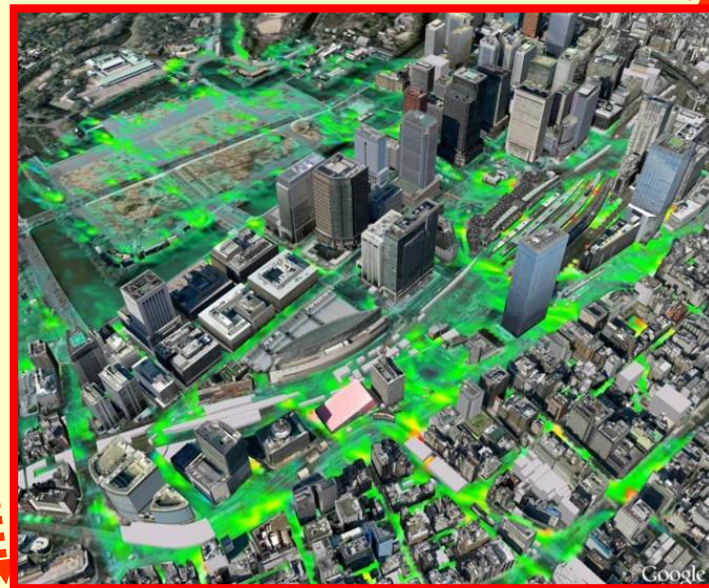
特定の領域

「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)

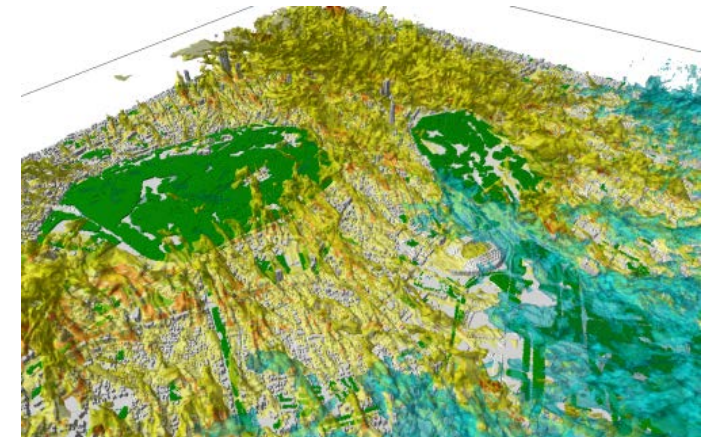


特定の場所

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。

