

E-0806 低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究

(1) 地球温暖化対策ロードマップの作成

名古屋大学

大学院環境学研究科 社会環境学専攻

竹内恒夫

杉山範子（平成20年度）

松野正太郎（平成21～22年度）

戸上昭司（平成22年度）

大学院環境学研究科 都市環境学専攻

清水裕之・村山顕人・大西暁生

大学院工学研究科

電子情報システム専攻

加藤丈佳

平成20～22年度 累計予算額 56,808千円（うち、平成22年度予算額 19,806千円）

予算額は、間接経費を含む

〔要旨〕本研究は、①今後の低炭素技術の進歩と普及の見通しを検討し、低炭素型都市づくりに向けた技術の役割を評価すること、②CO₂排出削減だけでなく災害対策などの適応策の観点も含め、都市における効果的な水循環システム、緑地配置について評価すること、を目的としている。

①では、a)地域レベルでみたエネルギー利用効率を極大化する技術システムや地域システム、b)地域に賦存する再生可能エネルギーや未利用エネルギーの利用により、CO₂排出削減を極大化する技術システム、c)電気製品、自動車、建物などの単体のエネルギー効率等を極大化する技術、を提案し、これらの効果的な組み合わせにより、名古屋都市圏（愛知県・岐阜県・三重県をいう。以下同じ。）の中長期的な低炭素化に向けたロードマップを作成する。21年度は、20年度に作成した2050年にCO₂排出量90年比マイナス75%を達成する「名古屋マイナス75ロードマップ」の作成方法を用い、名古屋都市圏における「2050年マイナス80%ロードマップ試案」を作成した。このため、名古屋都市圏におけるエネルギー需給データベースを作成し、太陽光発電、廃棄物系バイオマスの都市ガス利用、熱併給発電・地域熱供給システム等の各種のCO₂削減策の導入可能性を把握・算出し、これらをコスト最小化等の観点から時間軸で組み合わせ、ロードマップ試案を作成した。22年度は、21年度に作成したロードマップ試案について、デルファイ法により各分野の専門家に対してアンケート調査を実施し、CO₂削減策の現実的な導入可能量を導出した。

②では、将来の土地利用変化が洪水時の河川流出量にどの程度影響を及ぼすか等に係る評価を実施し、都市の動的物質・エネルギー代謝のあり方を研究するサブテーマ2に対し、適応策の観点から土地利用の役割を検討していく。ここでは、効果的な水循環システム構築に資する都市ー農村間の空間デザインを構築するだけでなく、よりミクロな視点から、街区レベルの緑地配置効果についても評価する。これにより、低炭素型田園都市づくりを目指す。

〔キーワード〕低炭素技術、ロードマップ、専門家パネル会議、低炭素型田園都市、太陽光発電

1. はじめに

国・国際レベルでの定量的な削減シナリオ分析では、都市/地域ごとのエネルギー需給構造・CO₂排出構造に関係なく、エネルギー価格・炭素価格の上昇に伴う「単体」のエネルギー利用機器・生産設備の高効率/低炭素なものへの転換可能性や「単体」のエネルギー供給技術の導入可能量等を算定し、政府等の経済成長率見通し等をベースにしたBAU(Business as Usual)の量から、それらを差し引く方法によって、将来の排出量を算定する。そこで、CCHP(Combined Cool, Heat and Power)等の「地域」としてのエネルギー利用効率を高める「技術システム」、地域の廃棄物系バイオマスからのメタンを都市ガスとして利用する等の「技術システム」、人口減少に対応した都市機能の集約化等といった「地域システム」の有効性を検証し、これらを適用するためには、具体的な地域を対象とする削減シナリオ分析が必要である。その際、都市における諸活動には、その後背地の存在が不可欠であり、都市と後背地を一体として捉える必要があるとともに、こうした技術システムや地域システムの適用は、電気事業等の広域的な事業と密接にかかわるものが多く、市町村・都府県の区域を超えたサブナショナルな地域を対象にする必要がある。また、これまで国・自治体等によって設定・策定されてきた削減目標、計画等は、つねに10年程度の短期のものであったので、「単体」の対策が中心になり、長期間を要する「技術システム」や「地域システム」は適用されてこなかった。こうした技術システム等を適用するためには、長期的なロードマップを策定し、その中で、すぐ実施できる措置、中期・長期の時間を要する措置を組み合わせしていく必要がある。

さらに、サブナショナルな地域を対象とした場合、都市－農村間の空間デザインの重要性が増す。このため、上記の「地域システム」の有効性を検証する際、水・緑の空間配置のあり方について考慮することを忘れてはならない。低炭素型都市づくりにおいて、水は直接的に二酸化炭素(CO₂)排出削減に寄与するものではない。しかし、蒸発散の促進によるヒートアイランドの緩和、水利用の抑制によるエネルギーの節約など、効果的な活用により、低炭素型都市の実現に寄与する部分が大である。またよりよい都市の水循環システムは気候変動への適応策としても重要である。

2. 研究目的

本サブテーマは、既に「高炭素型」で形成された都市が、中長期的（2050年頃まで）に、後背地もあわせて「低炭素型」へと転換されるとともに、その転換方法が内外の既存の都市、または、都市化が急速に進展する地域に移転されることをアウトカムとする。

本サブテーマでは、名古屋都市圏を対象にして、低炭素型都市の実現に必要な技術システム/地域システム、単体の技術等を評価・抽出する。また、地域のエネルギー需給構造/CO₂排出構造、未利用エネルギー・再生可能エネルギー等の地域資源の賦存状況等を分析する。次に、技術システム等を空間的・時間的に組み合わせることにより、名古屋都市圏からの2050年のCO₂排出量を1990年比マイナス80%にする技術的・経済的・制度的に整合性のあるロードマップを作成する。さらに、そのロードマップの関係事業者・行政機関等の間の合意形成のあり方を提示する。

また、再生可能エネルギーの活用等に係る水・緑の適度な利用と、これらの効果的な配置、保全による気候変動への適応を両立させる低炭素型田園都市の実現を目指すため、対象流域及び都市内における望ましい水循環システム、緑地配置等について評価する。

3. 研究方法

(1) 低炭素型都市実現のための技術システムの適用可能性とその評価

1) 名古屋都市圏におけるCO₂排出量削減ロードマップの作成

①名古屋市を対象としたCO₂削減ロードマップの作成

平成20年度は、名古屋市を対象とし、2050年にCO₂排出量90年比-75%を達成する「名古屋マイナス75ロードマップ試案」をボトムアップ方式で作成した。このために、a)地域レベルでみたエネルギー利用効率を極大化する技術システムや地域システム、b)地域に賦存する再生可能エネルギーや未利用エネルギーを化石燃料に替えて利用することにより、CO₂排出削減を極大化する技術システム、c)電気製品、自動車、建物などの単体のエネルギー効率等を極大化する技術を検討し、具体的な技術システムの導入可能性を検証した。また、政策及び技術の専門家から構成される専門家パネル会議を開催し、上記試案等の目標や導入策の実現可能性について検証した。

具体的には、個別の対策効果の評価項目として、主に以下の諸技術の導入による効果と可能性について個別に検討した。

- ・既存下水道管等への熱導管敷設の可能性を含めたCCHPの大幅拡充
- ・廃棄物系バイオマスからのメタンの都市ガス利用等によるCO₂削減
- ・廃プラスチック(以下、廃プラ)の石炭代替燃料化とCO₂削減

さらに、削減効果の定量的な評価に必要なデータベースの構築のために、WEBアンケート調査を通じた名古屋都市圏における家庭用エネルギー利用機器別エネルギー使用量推計等を行い、名古屋都市圏の「エネルギー・地域資源バランス表」(以下、「名古屋都市圏エネルギー需給構造データベース」という。)を作成した。現状では、経済産業省資源エネルギー庁が作成している都道府県別エネルギー消費統計が存在するが、これはエネルギー最終消費(貨物輸送を除く。)だけについて、全国のエネルギーバランス表から世帯数等によって案分して都道府県に割り振っているものである。また、各県・市においても、同様の方法によって、主にエネルギー最終消費量を推定するにとどまっている。本サブテーマでは、CO₂排出構造を把握するとともに、燃料転換・排熱利用・地域資源利用等の方策を立案するため、エネルギー使用実態に即したエネルギーバランス表及び再生可能エネルギー・発電所排熱・廃プラ等の地域資源の賦存量を合わせたデータベースを作成した。

②名古屋都市圏におけるCO₂排出量削減ロードマップの作成

平成21年度は、平成20年度に作成した「名古屋マイナス75ロードマップ試案」の作成方法を用い、分析の対象を名古屋都市圏に拡大し、CO₂排出量2050年80%削減(1990年比)のロードマップ案を作成した。この前提として、2050年の域内人口が現在から約25%減少すると予測されていることを踏まえ、BAU(新たな取組みがない場合)のCO₂排出量は、2050年には1990年比11.4%減少(1990年以降8.6%のCO₂が増加し、そこから20%減少と仮定)するとし、2050年までの系統電力事業者の原子力発電及び水力発電の発電電力量は現状維持と仮定した。ロードマップ案の作成に際し、名古屋都市圏エネルギー需給構造データベースを低炭素都市づくりの観点から十分吟味し効果的なCO₂削減策を抽出した。CO₂削減策としては、現在全国的に進められている電気製品・自動車などの高効率製品化、太陽光発電等の大幅導入に加えて、地域資源の最大限のエネルギー利活用を想定した。具体的には、a)住宅の低炭素リフォーム(省エネ・節水型住宅設備、太陽熱温水器、断熱構造化等)、b)廃棄物系バイオマス(生ごみ・紙ごみ、下水道・浄化槽汚泥、畜産ふん尿)からの

メタンの都市ガス利用等、c)木質系バイオマス（林地残材、剪定枝等）の暖房利用、d)廃プラスチックの固形燃料化による石炭代替、e)都市ガスによる熱併給発電・地域熱供給、f)自動車利用が大きい都市部における公共交通の端末交通として共有自転車（コミュニティサイクル）の活用、g)系統電力発電に関して大型石炭火力発電から都市部における都市ガスによる熱併給発電への転換による系統電力原単位改善、を指す。以下は主要なCO₂削減策の削減可能量の算出方法である。

- ・廃棄物系バイオマスからのメタンの都市ガス利用等

名古屋都市圏における廃棄物系バイオマス（一般廃棄物である生ごみ・紙ごみ等、産業廃棄物である下水道汚泥・浄化槽汚泥・畜産ふん尿）由来のメタンの賦存量を全市町村のデータを収集・分析して明らかにし、バイオマスメタンの都市ガス利用のほか、工業団地での燃料代替としての利用についても削減可能量を算出した。

- ・廃プラの固形燃料利用による石炭代替

廃棄物系バイオマスからのバイオガスを都市ガス等として利用することに伴い、生ごみ・紙ごみを焼却する必要がなくなる。そのため、現状では生ごみの助燃のために焼却されている容器包装材料以外の廃プラを燃やす必要もなくなる。したがって、これらの廃プラを石炭よりCO₂排出原単位の小さい廃棄物固形燃料（RPF）化し、工場等における石炭の代替として利用することにより、CO₂排出量が削減される。そこで名古屋都市圏から発生する廃プラ量について、一般廃棄物由来のものと産業廃棄物由来のものとに細分化して賦存量を把握するとともに、廃プラをRPF化した場合のCO₂削減可能量を算出した。

- ・CCHPの大幅拡充

都市ガスを利用して発電を行うとともに発電により生じた排熱を地域に供給するCCHPによって、給湯や暖房に用いられていた灯油・都市ガスが不要になるとともに、エネルギー利用の効率化が進み、CO₂が大幅に削減される方策として有効である。また、都市ガスを発電の材料とすることにより、石炭火力発電所における発電量が少なくなるため、発電におけるCO₂排出原単位が改善される。ここでは、熱需要の大きい地域における都市ガスによる熱併給発電・地域熱供給の可能量を推定した。なお、廃プラは上記の石炭代替燃料化させることとし、また、生ごみなどは上記のメタンとしてエネルギー利用することとしたので、廃棄物焼却場における焼却がほとんどなくなり、したがって、焼却工場からの排熱もないという前提とした。

③名古屋都市圏CO₂削減ロードマップに対する合意形成：デルファイ法によるCO₂削減策導入量予測

平成22年度は、21年度に作成した「名古屋都市圏CO₂削減ロードマップ案」で示した各種CO₂削減策に対して、2050年までの導入量や削減効果量として適切な予測値を入力することで、現実的なロードマップ案を作成した。各種CO₂削減策の2050年までの予測は、国レベルにおいても無い。そこで、各分野の専門家（大学・研究機関、企業、行政など）に、予測と課題・対策案に関する見解を出してもらい、それらの収斂を図ることで、適切な値を導出した。

見解の収斂の方法としては、デルファイ法を用いた。デルファイ法とは、第1回目のアンケート調査を実施、取りまとめを行った後、その集計結果を回答者にフィードバックした上で、第2回目と同様の設問を再アンケートし、再考を促すものである。アンケート調査票は全92問からなる。域内総生産、産業構造、電力消費量等BAU予測に関するもの、グリーン家電・省エネOA機器・低燃費車・電気自動車・太陽光発電の普及等全国レベルの削減策、コンパクトシティ化によ

る自動車利用量・CCHPの導入・木質系バイオマスの利活用・廃プラの石炭代替利用・共有自転車システムの普及・低炭素リフォームの普及・廃棄物系バイオマスのメタン化による都市ガス代替利用・都市域緑化等地域に根差した削減策について、それぞれの将来予測および各削減策が進展する上での課題と対応策について質問した。

2) 低炭素型都市における太陽光発電等の最適導入

低炭素社会実現のため、2030年までに累積導入目標53GWの太陽光発電システム(PVS)の導入が期待されている。一方で、PVSの大量・集中導入は、既存の電力系統における電圧制御や周波数制御に対して様々な影響を及ぼすことが懸念されている。PVSの電力系統への影響緩和のためには、昼間電力需要の小さい住宅地域に商業施設等を配置し、PVS出力に時間的・空間的に対応した電力需要を創出することが有効と考えられる。そこで、まず、都市計画の観点からPVS大量導入の可能性および最適導入形態を提案する。ここでは、a)地域メッシュ統計に基づくPVS賦存量分布の算定、b)建物影の影響を考慮した街区におけるPVS群の発電特性の評価、をそれぞれ実施した。次に、2050年の名古屋市における都市空間構造(住宅の集約度合い)に関する想定に基づき、分散型エネルギー機器として太陽光発電(以下、PV)や燃料電池(以下、FC)に着目し、これらの大量導入による民生部門でのエネルギー消費量等の削減可能性を評価するとともに、電力系統への影響を考慮したDES(Dynamic Energy Saver)の導入促進方策の提案を試みた。また、将来的な中高層集合住宅の増加によるPV設置環境の変化(建物影の影響増加)がPVの導入可能性に与える影響を評価した。最後に、名古屋市域の3地域を対象としたケーススタディとして太陽光発電の導入による実質的な省エネ・CO₂排出削減効果を評価した。

(2) 低炭素型田園都市づくり

低炭素型田園都市を想定するうえで、都市における水循環の適正化と自然的土地利用が重要となってくる。まず、水循環の適正化において、都市では水を遠方のダムから導水する一方、都市内の降雨は災害回避のため、速やかに廃棄してしまう矛盾がある。今後、都市の降雨の有効利用や地下浸透や蒸発散の促進による都市の水循環の健全化が重要であり、それが達成された場合、水に関わる都市の省エネルギー化が実現する。低炭素型田園都市づくりのための各種施策効果の評価手法を確立すべく、将来の土地利用変化による河川流出量の抑制効果、グリーンインフラストラクチュア概念を用いた浸透性街路空間デザインの導入効果、についてそれぞれ評価した。

また、都市における自然的土地利用の導入は、浸透性街路空間による降雨の有効利用や地下浸透の促進、さらに緑の蒸発散増大による熱環境の緩和効果が期待でき、水や緑に関わる都市の省エネルギーに寄与するとともに、低炭素型田園都市の実現につながる。低炭素型田園都市づくりのための各種施策効果の評価手法を確立すべく、平成20年度は土地利用変化による河川流出量の抑制効果、グリーンインフラストラクチュア概念を用いた浸透性街路空間デザインの導入効果の検討を行った。具体的には、先述の検討に加え、都市公園緑地のクールアイランド効果、空地や駐車場の緑化による熱環境緩和効果などをそれぞれ評価した。

最後に、ケーススタディとして、名古屋市の本山地区における内水氾濫を対象とした集水域マップの作成手法の提案と、その地域の治水対策の効果分析を行った。集水域マップの作成には汎用性の高いArcGIS(ESRI社の地理情報システム(GIS)ソフトウェア)の水文解析ツールを使用した。作成段階において標高データを用いて設定条件を設けるとともに、過去の氾濫区域との比較を行

うことで、詳細な集水域マップの作成を行った。

4. 結果・考察

(1) 低炭素型都市実現のための技術システムの適用可能性とその評価

1) 名古屋都市圏におけるCO₂排出量削減ロードマップの作成

①名古屋市を対象としたCO₂削減ロードマップの作成

名古屋市を対象にした「2050年マイナス75%ロードマップ」については、まず、名古屋市におけるエネルギー・CO₂排出量データを分析した。その上で13種類の技術システム等によるCO₂削減可能量を算出し、これらを技術的・経済的観点から時間軸で整理し、2020年までに適用するもの、2020年以降に適用するものごとにボトムアップ方式で積み上げ、2020年1990年比マイナス15%削減、2050年マイナス75%のロードマップ試案を作成した（図1-1）。このロードマップ試案から、次の事項が明らかになった。

a) 既に取り組みを開始している市民等による電気製品・自動車のトップランナー製品への買換えについては、継続して確実に推進することにより、2020年に1990年比で約15%の削減、2050年に同じく約20%削減の効果を見込むことができる。

b) 2030年頃からの郊外の石炭火力発電所（碧南）の施設更新時期に合わせて名古屋市内約20か所に天然ガスのCCHPを順次整備することによって、2050年に合計30%（発電の燃料転換で20.2%、CCHPで9.8%）の削減となる。

c) 2020年代には太陽光発電の発電コストが火力発電並みになることを踏まえ、住宅・ビル用、電気自動車充電用あわせて、2050年には285万kWの太陽光発電を市内で行うことにより、8.8%の削減となる。

これらが、名古屋市においては、削減効果の大きな政策・措置である。この名古屋マイナス75%のロードマップ試案は、名古屋市、中部電力、東邦ガスの幹部らに提案するとともに、空気調和衛生学会中部支部、技術士会中部支部などの講演会等でも提案した。また、本研究で設置した「専門家パネル」において説明し、意見を求めた。これらの場においては、次のようなコメントがあった。買換え促進については、闇雲に買換えを促進するのではなく、買換えに当たっては、使用段階でのCO₂だけでなく、製品のライフサイクル段階でのCO₂排出を考慮する必要がある、製品ごとに最も適切な買替え時期を明らかにしておく必要があるのではないか。火力発電の燃料の石炭から天然ガスへの全面的な転換に際しては、国としてのエネルギーセキュリティ（資源エネルギー庁・電気事業連合会は、電源構成は、石炭：天然ガス：原子力＝1：1：1がベストとしている。）を考慮する必要があるのではないか。また、全部の電源を天

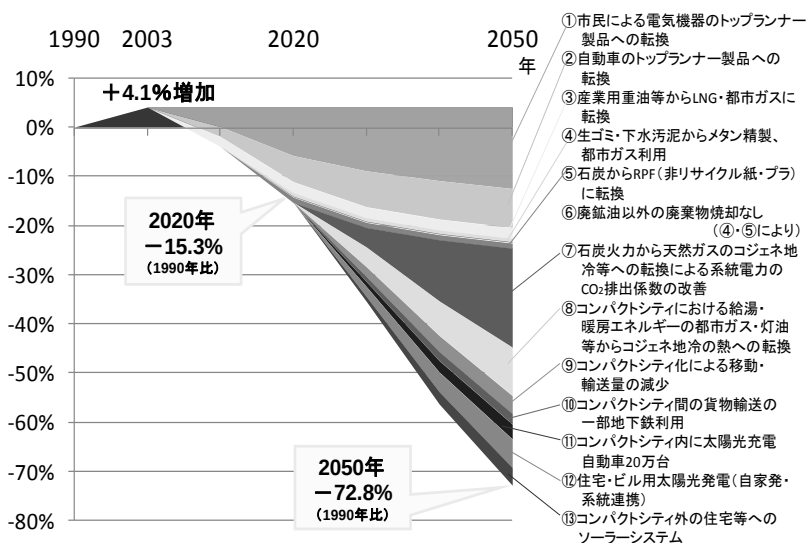


図 1-1 名古屋 2050 年マイナス 75%ロードマップ

然ガスにするのと、半分を石炭、半分を原子力にするのとは、CO₂排出量としては同じである。CCHPは、特に、夏の熱需要が小さい名古屋などの地域には適さないのではないかと等々であった。

②「名古屋都市圏エネルギー需給構造データベース」の作成

表1-1の名古屋都市圏エネルギー需給構造データベースを作成した。ここには、市場で取引される各種の化石燃料・電力・熱等の需給量の他、エネルギー利用が可能な廃棄物系バイオマス等の地域資源の賦存量、発電所排熱・廃棄物焼却場排熱の量等が収集・整理されている。本データベースにより、名古屋都市圏における効果的なCO₂削減策が抽出可能となる。また、このデータベースは、名古屋都市圏におけるCO₂削減策の導入量ごとの削減量の算出に当たっての基礎となる。したがって、このようなデータベースは、地域におけるCO₂削減の長期的なロードマップを作成するためには不可欠である。なお、本データベースの構造と主な特徴は、以下の通りである。

- ・地域に根差した本格的なCO₂削減方策を立案する際に不可欠な地域資源の賦存量等を含み、政策のターゲットが明確になる構造としたこと。
- ・転換部門に「熱供給発電」や「廃棄物発電」等の項目を設けるとともに、全国のエネルギーバランス表では転換損失されている発電排熱を地域資源として位置付ける等、政策志向型の構造としたこと。
- ・最終需要量について、独自のアンケート調査により、民生部門の民生家庭におけるエネルギー種別ごとの実態に即した消費量を把握したこと。

③名古屋都市圏におけるCO₂排出量削減ロードマップの作成

3. の研究方法に示したCO₂削減策について、2020年および2050年に導入するCO₂削減策、それぞれの対策によるCO₂削減量、およびそれぞれの削減策の90年の総排出量に占めるCO₂削減量の割合を示したものが表1-2である。また、それぞれの導入時期、削減効果が現れる時期等に応じてロードマップ化したものが図1-2である。これらの削減策は、全国レベルで講じられるもの、地域に根差したものに大別される。全国レベルの削減策は、単体の技術革新によるものやライフスタイルに応じて導入できるものが多い。一方、地域に根差した削減策は、木質系バイオマスの暖房利用や廃プラの石炭代替利用、廃棄物系バイオマスからのメタン回収とそのガス利用のような地域資源を利活用するもの、コンパクトシティ化とそこへのCCHP導入、共有自転車の導入、低炭素リフォーム、都市区域における森林増加等の都市計画・建築に関わるものが多くなっている(表1-3)。それぞれの削減策については、既に進められているもの、すぐに導入・着手できるものから実施することとし、その削減効果は、中長期的に拡大していく。例えば、全国レベルの削減策においては、グリーン家電への買換え、OA機器の更新、低燃費車への買換え、太陽光発電の拡充がこれに該当し、地域に根差した削減策においては、廃プラの石炭代替利用、共有自転車の導入、低炭素リフォーム、廃棄物系バイオマスからのメタン回収とそのガス利用等がこれに該当する。一方、コンパクトシティ化とそこへのCCHP導入については、既存の大型石炭発電所の更新期に合わせて順次整備してこととなるので、導入時期、削減効果が現れる時期は2020年以降になる。それぞれの対策の導入量の設定について、全国レベルの削減策については「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ(環境大臣試案)」に基づき、低燃費・電気自動車への買換えについては、新車販売台数に占めるそれらの割合を援用し、太陽光発電の拡充については、各年次における導入・普及割合を参考とし名古屋都市圏における導入量を算出した。グリーン家電・OA機器の買換えについては、現時点で使用されているものの更新、および2020年以降に購入されたものの更新の双方

表1-1 名古屋都市圏エネルギー需給構造データベース

単位: TJ	石炭	原油	石油				都市ガス	天然ガス	太陽光発電	太陽熱	風力発電	中水・小水力・水力発電	バイオマス				地域資源				廃プラ等				火力発電・排熱	水力	原子力	熱供給			合計
			軽油	ガソリン	灯油・重質油	LPG							紙・生ごみ	一般廃棄物	産業廃棄物		RPF	黒液	雪氷	電力	産業用蒸気	熱供給	地域熱供給								
															浄化槽汚泥	家庭用汚泥								(R産P産F産							

を加味し、買換え台数および割合を推定した。また、地域レベルの削減策については、木質バイオマスの暖房利用、廃プラの石炭代替利用、廃棄物系バイオマスのメタンガス回収とそのガス利用については、名古屋都市圏エネルギー需給構造データベースで明らかにされている賦存量の全量を利用するものとした他、コンパクトシティ化とそれへのCCHP導入等については、中長期的に導入可能であると考えられる数値を算定した。

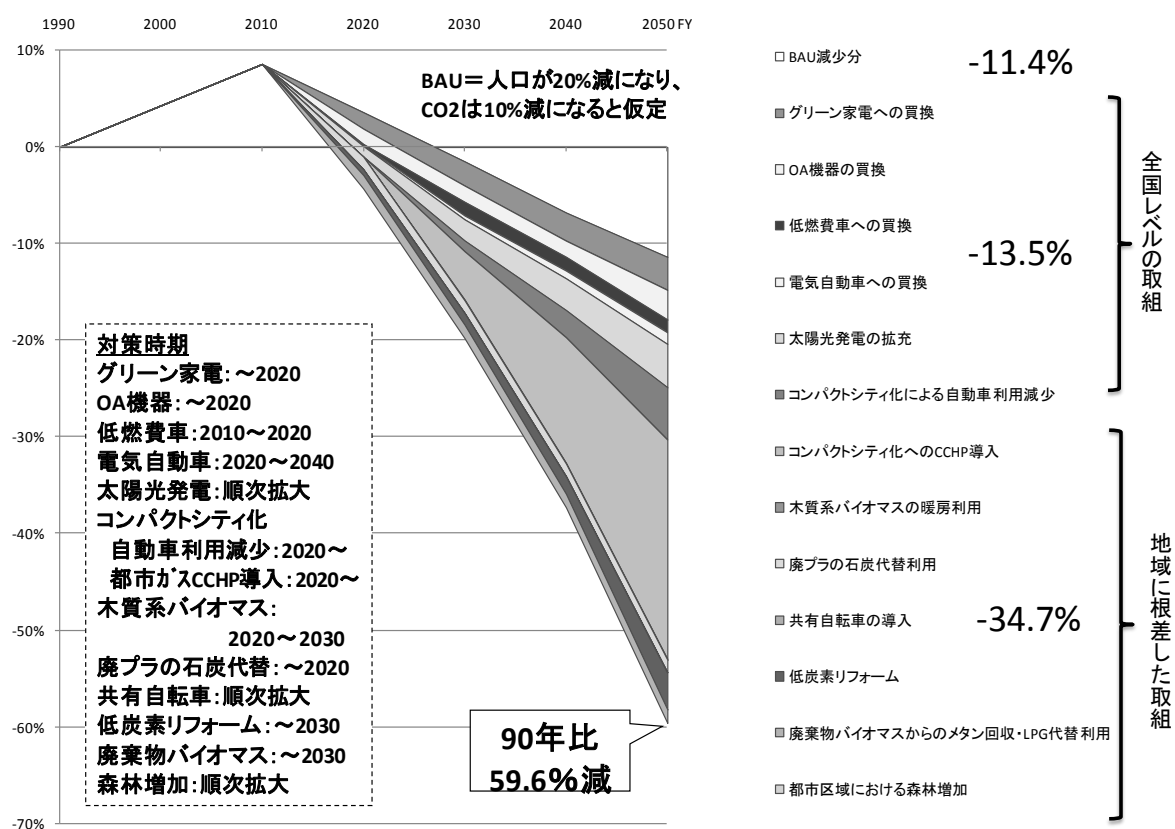
これらの削減策の導入により、CO₂排出量は、2020年には1990年比マイナス16.5%（全国レベルの対策によりマイナス6.5%、地域に根差した対策によりマイナス10.0%）となり、2050年には同マイナス59.6%（BAU減少分マイナス11.4%、全国レベルの削減策によりマイナス13.5%、地域に根差した対策によりマイナス34.7%）となる。

表1-2 名古屋都市圏におけるCO₂削減策ごとの導入量・CO₂削減量

カテゴリ	CO2削減策	単位	2020年			2050年		
			導入量	CO2削減量(t)	CO2削減割合(%)	導入量	CO2削減量(t)	CO2削減割合(%)
全国レベルのCO2削減策	グリーン家電への買い替え	世帯	4,000,000	-2,259,300	-1.70	8,000,000	-4,518,600	-3.41
	OA機器の買い替え	民生業務%	100	-2,074,482	-1.56	200	-4,148,964	-3.13
	低燃費車への買い替え(貨物)	台	100,000	-52,800	-0.04	500,000	-263,998	-0.20
	低燃費車への買い替え(乗用車)	台	160,000	-74,707	-0.06	3,000,000	-1,400,762	-1.06
	電気自動車への買い替え(乗用車)	台	70,000	-114,236	-0.09	1,000,000	-1,631,939	-1.23
	太陽光発電の導入(家庭用)	kw	3,000,000	-1,149,368	-0.87	8,100,000	-3,103,293	-2.34
	太陽光発電の導入(業務用)	kw	2,000,000	-766,245	-0.58	5,400,000	-2,068,862	-1.56
	太陽光発電の導入(事業用発電)	kw	100,000	-38,312	-0.03	2,000,000	-766,245	-0.58
地域に根ざしたCO2削減策	コンパクトシティ化による自転車利用の減少	箇所	200	-959,152	-0.72	1,500	-7,193,641	-5.42
	コンパクトシティでの都市ガスCCHPへの転換	システム	200	-4,011,436	-3.02	1,500	-30,085,773	-22.68
	木質系バイオマスの暖房利用	t	159,550	-167,556	-0.13	159,550	-167,556	-0.13
	廃プラの石炭代替利用(一般廃プラ)	t	70,259	-186,515	-0.14	70,259	-186,515	-0.14
	廃プラの石炭代替利用(産廃廃プラ)	t	492,552	-1,307,567	-0.99	492,552	-1,307,567	-0.99
	廃プラの石炭代替利用(RPF)	t	86,186	-228,796	-0.17	86,186	-228,796	-0.17
	共有自転車の導入	システム	50	-2,565	0.00	100	-5,130	0.00
	低炭素リフォーム	世帯	1,500,000	-1,257,032	-0.95	6,000,000	-5,028,126	-3.79
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(生ごみ)	t	1,572,335	-645,448	-0.49	1,572,335	-645,448	-0.49
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(紙ごみ等)	t	1,112,555	-456,707	-0.34	1,112,555	-456,707	-0.34
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(下水道汚泥)	t	695,942	-75,885	-0.06	695,942	-75,885	-0.06
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(浄化槽汚泥)	t	2,800,351	-305,350	-0.23	2,800,351	-305,350	-0.23
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(家畜ふん尿)	t	7,153,183	-321,169	-0.24	7,153,183	-321,169	-0.24
	都市区域における森林増加	愛知県				2.1倍	-150,000	0.00
		岐阜県				1.2倍		
		三重県				1.3倍		

表1-3 CO₂削減策ごとの対策の分野

カテゴリ	CO ₂ 削減策	対策の分野
全国レベルのCO ₂ 削減策	グリーン家電への買い替え	単体技術・ライフスタイル
	OA機器の買い替え	単体技術・ライフスタイル
	低燃費車への買い替え(貨物)	単体技術・ライフスタイル
	低燃費車への買い替え(乗用車)	単体技術・ライフスタイル
	電気自動車への買い替え(乗用車)	単体技術・ライフスタイル
	太陽光発電の導入(家庭用)	単体技術・ライフスタイル
	太陽光発電の導入(業務用)	単体技術・ライフスタイル
	太陽光発電の導入(事業用発電)	単体技術・ライフスタイル
地域に根ざしたCO ₂ 削減策	コンパクトシティ化による自動車利用の減少	都市計画・建築
	コンパクトシティでの都市ガスCCHPへの転換	都市計画・建築
	木質系バイオマスの暖房利用	地域資源利活用
	廃プラの石炭代替利用(一般廃プラ)	地域資源利活用
	廃プラの石炭代替利用(産廃廃プラ)	地域資源利活用
	廃プラの石炭代替利用(RPF)	地域資源利活用
	共有自転車の導入	都市計画・建築
	低炭素リフォーム	都市計画・建築
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(生ごみ)	地域資源利活用
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(紙ごみ等)	地域資源利活用
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(下水道汚泥)	地域資源利活用
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(浄化槽汚泥)	地域資源利活用
	廃棄物系バイオマスからのメタン回収・ガス利用(家畜ふん尿)	地域資源利活用
	都市区域における森林増加	都市計画・建築

図1-2 名古屋都市圏におけるCO₂削減ロードマップ案

④名古屋都市圏CO₂削減ロードマップに対する合意形成：デルファイ法によるCO₂削減策導入量予測

名古屋都市圏CO₂削減ロードマップ案の合意形成にあたって、各種CO₂削減策の導入量や削減効果量の2050年までの予測値が必要となる。そこで、各分野の専門家にデルファイ法によるアンケート調査を行った。

第1回目のアンケートは、各分野の専門家（大学・研究機関、企業、行政）382人に対して送付したところ、77人から回答を得た（回収率20.2%）。次に回答者77人に対し、集計結果をフィードバックした上で、同様のアンケートを再び行った（一部設問については、第1回目のアンケート結果を鑑み、選択肢を修正したり、記述式から選択式にしたりする修正を行ったものの、設問文自体は変更していない）ところ、64人から回答を得た（回答率83.1%）。

BAUとして、域内総生産の将来予測を訊ねた結果を図1-3に示す。2020年では「現在（実際には2008年データ）より0%以上5%未満の増加」という回答が多く、2030年では「0%以上5%未満の減少」、2050年では「5%以上10%未満の減少」という回答を多く得た。これらは中央値とも一致するため、これらの値を、BAUのCO₂減少率として設定した。

次に、全国レベルのCO₂削減に関する取組について述べる。グリーン家電の買換え効果として、1世帯あたり「10%以上15%未満の削減効果」があり（図1-4）、買換えが完了する時期として「2016年以降2020年未満」という回答を得た。OA機器の省エネ機器買換え効果としては、1事業所あたり「5%以上10%未満の削減効果」があり、買換えが完了する時期として「2016年以降2020年未満」という回答を得た。低燃費車への買換え効果については、まず乗用車保有台数として1世帯あたり「1.19台以上1.26台未満（2050年）」になるとの予測が中央値であったものの、この分野の専門性が高い回答者のみ抽出すると「0.98台以上1.12台未満（2050年）」という回答を得た。世帯数の予測は2030年（1.8%減）までしかないと、2050年の予測として2.0%減と仮定した。貨物自動車の台数は域内総生産予測に従って増減するものとした。一方、燃費改善率、平均走行距離の回答から1台あたりの燃料消費量が分かることから、CO₂削減量の計算を行うことができる。また、乗用車のうち電気自動車（後述）以外の全ての乗用車と、全て貨物自動車が、2020年には低燃費車になると仮定している。電気自動車の普及については、「25%以上30%未満（2050年）」の回答を得た（図1-5）ものの、専門性の高い回答者のみの回答は「50%以上70%未満（2050年）」という回答を得た。太陽光発電の普及については、一次エネルギー需要に占める太陽光発電の割合として「5%以上10%未満（2050年）」という回答を得た。

次に、地域に根差した取組について述べる。コンパクトシティについて次のような回答を得た。コンパクトシティの面積は「2.0km²以上3.1km²未満」、人口密度は「7,500人/km²以上10,000人/km²未満」、実現数として「50箇所以上100箇所未満」という回答を得た。また、コンパクトシティ内の自動車利用率は「25%以上30%未満」になるとの回答を得た。コンパクトシティへのCCHPの導入可能性を尋ねたところ、「0%以上20%未満（2050年）」、専門家では「40%以上60%未満」という回答を得た（図1-6）。コンパクトシティでは自転車が活用されることが想定されるため、共有自転車システムについての可能性について聞いた。共有自転車システムの実現数として「100箇所以上150箇所（2050年）」という回答を得た。木質系バイオマスの熱利用については、利用可能量（賦存量から、現在エネルギー以外に利用されている分（肥料等）と、収集困難な林地残材を引いた量、すなわち、実際にエネルギーとして利用可能な量）のうち「10%以上20%未満（2050年）」が

実際に利用される、という回答を得た。低炭素リフォームの効果としては、冷暖房で「10%以上15%未満」、給湯で「10%以上15%未満」のCO₂削減効果があるとの回答を得た。

本ロードマップ案では、廃棄物系バイオマス（生ごみ、紙ごみ、下水道汚泥、浄化槽汚泥、家畜ふん尿）をメタン化し都市ガス代替として利用することを考えている。都市ガスとしてカーボンニュートラルな廃棄物系バイオマスを用いることによりCO₂が削減される。また、これにより、廃棄物の焼却に使用していた廃プラが不要となる。そこで、廃プラを、CO₂排出原単位の大きい石炭の代替として利用することで、さらなるCO₂削減が図られる。これらの実現可能性については、まず、廃棄物系バイオマス起源のメタンが都市ガスに代替される割合として「5%以上10%未満（2050年）」程度しか実現しない、という回答を得た（図1-7）。また、廃プラの石炭代替利用としては「10万以上15万t未満（2050年）」という回答を得た（図1-8）。これは現在の廃プラ排出量の18%から27%になる。

デルファイ法の結果から、表1-2で示した導入量を表1-4のように変更した。また、それぞれの導入時期、削減効果が現れる時期等に応じてロードマップ化したものが、図1-9である。BAUとして、域内生産量に関するデルファイ法の調査結果（2050年は現在より7.5%減少する）を用いて、CO₂削減割合を1990年比マイナス5.9%と仮定している。

デルファイ法による結果では、CO₂排出量は、2020年には1990年比マイナス4.6%（BAU減少分マイナス0.2%、全国レベルの対策によりマイナス3.3%、地域に根差した対策によりマイナス1.1%）となり、2050年には同マイナス20.8%（BAU減少分マイナス5.9%、全国レベルの対策によりマイナス10.8%、地域に根差した対策によりマイナス4.1%）となった。

図1-2で示したデルファイ調査前の試案と比較すると、各種CO₂削減策によるCO₂削減効果は約3分の1になっている。BAUによる削減量に関しては、域内総生産の予測を単純に適用したのみであり、より精査する必要がある。全国レベルの取り組み（グリーン家電・省エネOA機器・低燃費車・電気自動車・太陽光発電の普及）に関しては、個別削減策では多少の相違があるものの、デルファイ調査前の試案と2.7%の違いしかない。一方、地域に根差した取り組み（コンパクトシティ化による自動車利用量・CCHPの導入・共有自転車システムの普及・低炭素リフォームの普及・木質系バイオマスの利活用・廃棄物系バイオマスのメタン化による都市ガス代替利用・廃プラスチックの石炭代替利用など）に関しては、デルファイ調査前の試案が34.7%の削減割合であったものが、デルファイ調査後では4.1%と、大きく変化している。この最も大きな要因は、コンパクトシティの実現数およびコンパクトシティでのCCHPの導入数に関する項目である。試案では、コンパクトシティの実現数が2050年に1,500箇所、その全てにCCHPが導入されることを想定していたことから、CCHPのCO₂削減効果は全体の22.7%を占めていた。ところがデルファイ調査の結果では、コンパクトシティ実現数が「50箇所以上100箇所未満」と約20分の1になったのに加え、“実現した”コンパクトシティの中でCCHPが導入されるのが「40%以上60%未満（専門性の高い回答者の見解）」、つまりCCHPの導入箇所は試案の約40分の1になってしまった。

また、ロードマップ試案では、廃棄物系バイオマスの全量をメタン化・都市ガス代替に利用するプランを想定したものの、デルファイ調査で得られた廃棄物系バイオマスの活用量は全量の約36%に過ぎなかった。さらに廃プラスチックの全量利用を前提としたことで考案した廃プラスチックの石炭代替利用については、取り組み自体は約49%の賛同を得ているものの、デルファイ調査で得られた廃プラスチックの活用量は全量の約13%でしかなかった。

名古屋都市圏におけるCO₂削減を進展させるにあたって、地域に根ざした取り組みを充実させる必要がある。特に単体の技術・削減策だけで評価するだけでなく、廃棄物系バイオマス都市ガス代替利用と廃プラの石炭代替利用のような複合的な対策や、コンパクトシティによる自動車利用の減少とCCHPの導入、共有自転車システムの導入などの都市構造の転換といった、ダイナミックな対策について、より詳細に検討することが必要である。

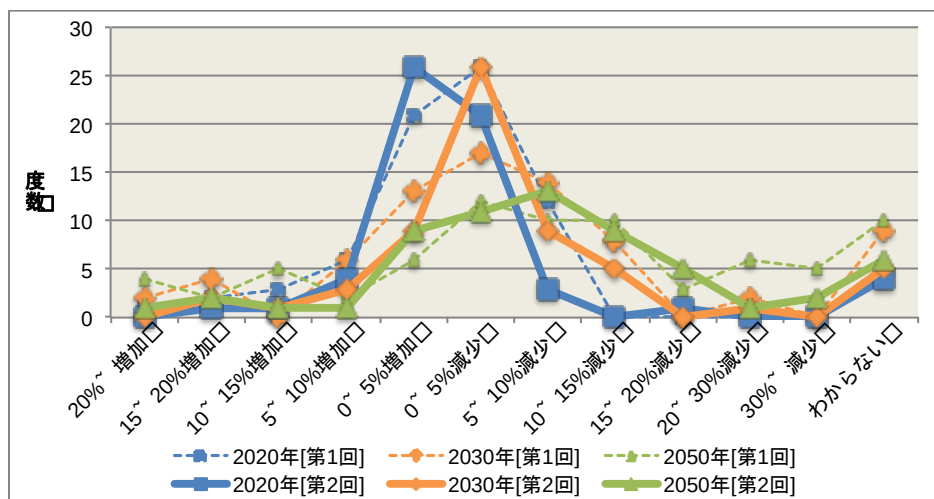


図1-3 デルファイ法による域内総生産の回答結果（第1回：N=75、第2回：N=61）

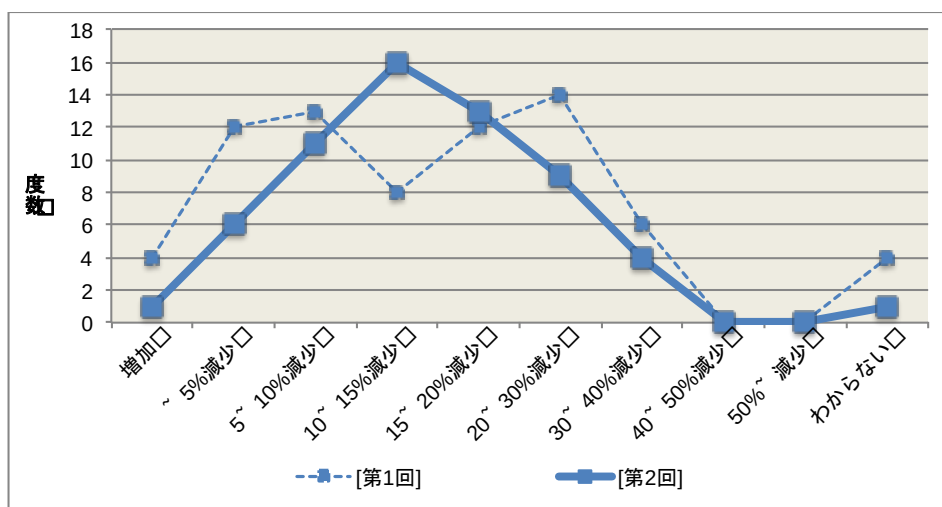


図1-4 デルファイ法によるグリーン家電買い換え効果の回答結果（第1回：N=73、第2回：N=61）

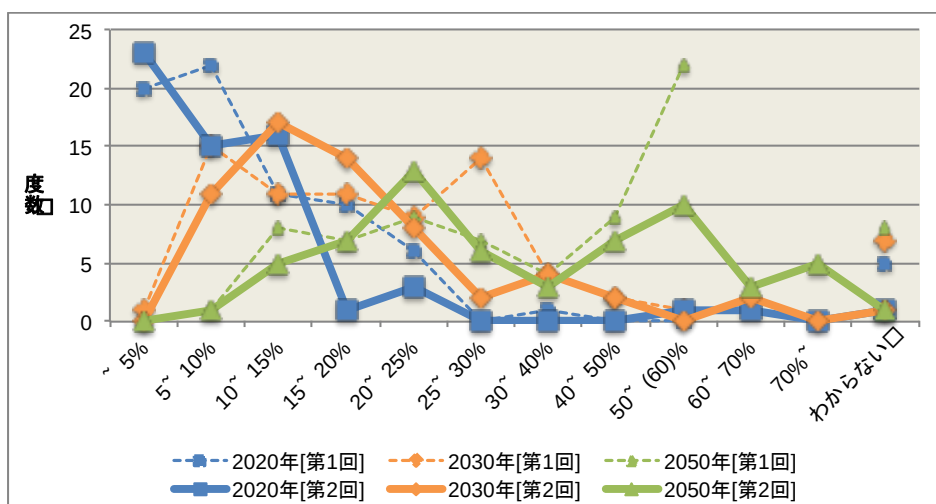


図1-5 デルファイ法による電気自動車普及率の回答結果（第1回：N=75、第2回：N=61）

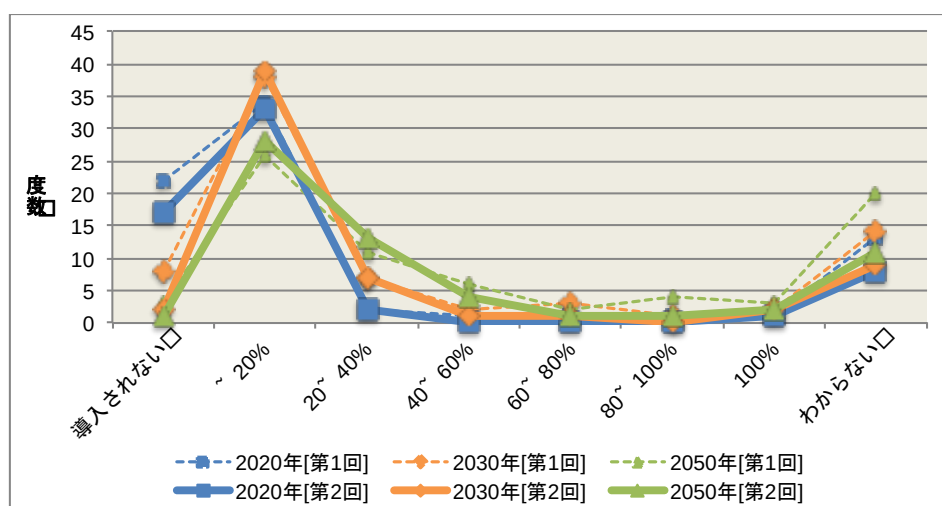


図1-6 デルファイ法によるコンパクトシティにおけるCCHP導入率の回答結果（第1回：N=75、第2回：N=61）

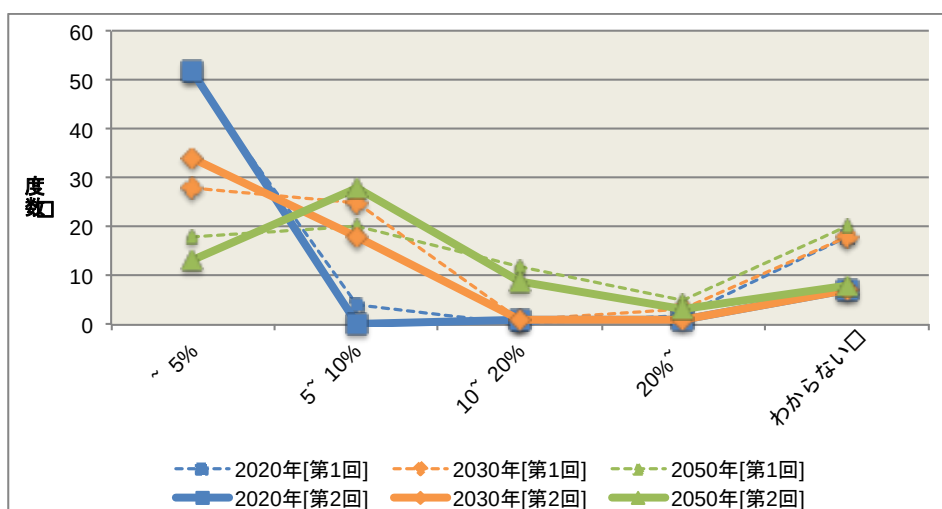


図1-7 デルファイ法による廃棄物系バイオマスのメタン化による都市ガス代替比率の回答結果

（第1回：N=75、第2回：N=61）

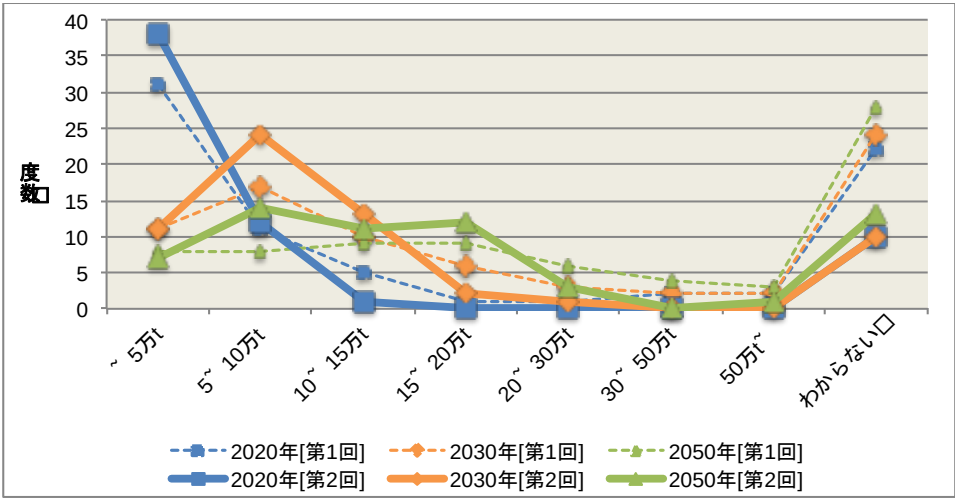
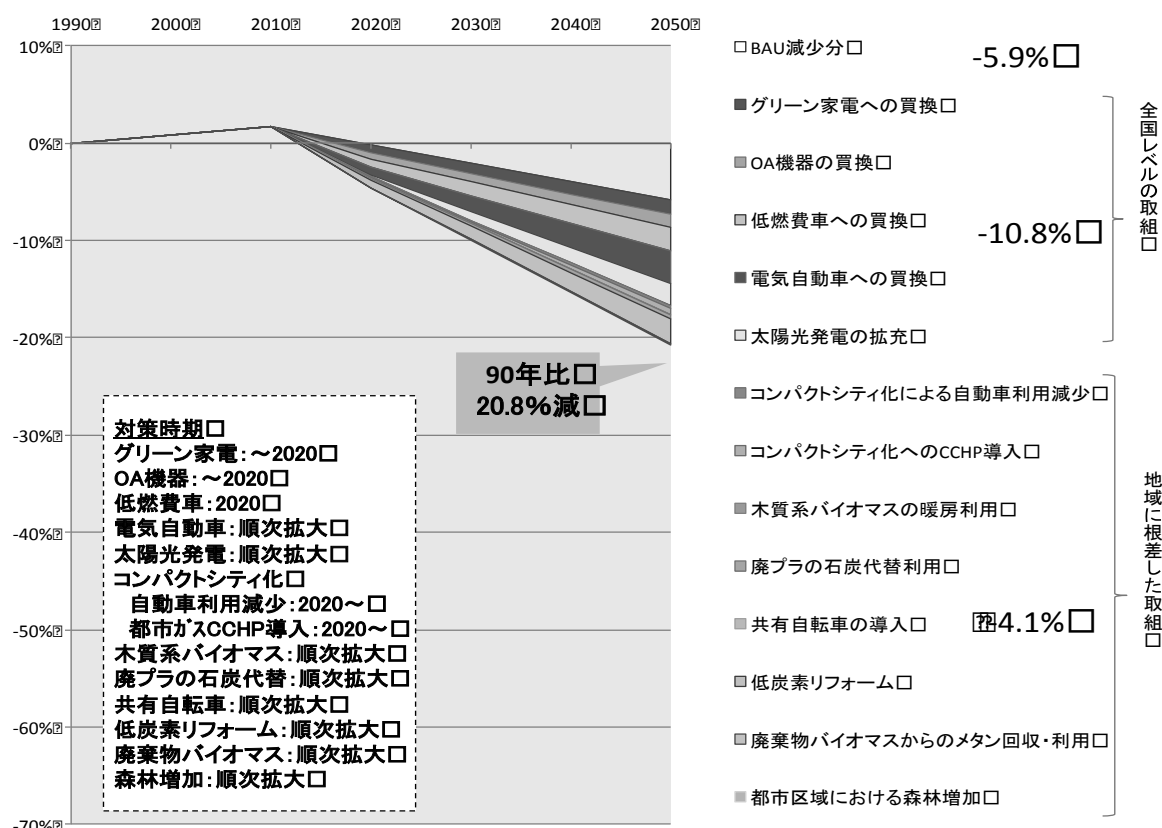


図1-8 デルファイ法による廃プラスチックの石炭代替利用量の回答結果（第1回：N=75、第2回：N=61）

表1-4 デルファイ法から算定した名古屋都市圏におけるCO₂削減策ごとの導入量・CO₂削減量

カテゴリ	CO2削減策	単位	2020年			2050年		
			導入量	CO2削減量	CO2削減割合	導入量	CO2削減量	CO2削減割合
全国レベルのCO2削減策	グリーン家電への買い替え	世帯	4,365,315	-1,027,350	-0.778	8,215,942	-1,933,571	-1.46
	OA機器の買い替え	民生業務%	100	-874,470	-0.66	200	-1,748,939	-1.32
	低燃費車への買い替え(貨物)	台	356,880	-578,927	-0.44	1,341,507	-2,176,178	-1.64
	低燃費車への買い替え(乗用車)	台	800,710	-466,326	-0.35	1,818,108	-1,058,848	-0.80
	電気自動車への買い替え(乗用車)	台	725,734	-1,184,354	-0.89	2,727,163	-4,450,564	-3.35
	太陽光発電の導入	kw	171,429	-218,928	-0.17	2,307,704	-2,947,112	-2.22
	コンパクトシティ化による自動車利用の減少	箇所	25	-162,153	-0.12	75	-486,459	-0.37
地域に根ざしたCO2削減策	コンパクトシティで都市ガスCHHPへの転換	システム	3	-60,172	-0.05	38	-762,173	-0.57
	木質系バイオマスの暖房利用	t	22,161	-23,273	-0.02	44,323	-46,547	-0.04
	廃プラの石炭代替利用(一廃・産廃)	t	25,000	-66,367	-0.05	125,000	-331,835	-0.25
	廃プラの石炭代替利用(RPF)	t	86,186	-228,796	-0.17	86,186	-228,796	-0.17
	共有自転車の導入	システム	30	-1,539	-0.00	175	-8,977	-0.01
	低炭素リフォーム	世帯	1,091,329	-914,557	-0.69	4,107,971	-3,442,566	-2.60
	メタン回収・ガス利用(生ごみ)	t	41,400	-13,099	-0.01	124,200	-39,296	-0.03
	メタン回収・ガス利用(紙ごみ等)	t	29,294	-9,269	-0.01	87,882	-27,806	-0.02
	メタン回収・ガス利用(下水道汚泥)	t	18,324	-1,540	-0.00	54,973	-4,620	-0.00
	メタン回収・ガス利用(浄化槽汚泥)	t	73,734	-6,197	-0.00	221,202	-18,590	-0.01
	メタン回収・ガス利用(家畜ふん尿)	t	188,346	-6,518	-0.00	565,037	-19,554	-0.01
都市区域における森林増加	愛知県					2.1倍		
	岐阜県					1.2倍	-150,000	-0.00
	三重県					1.3倍		

図1-9 デルファイ法から算定した名古屋都市圏におけるCO₂削減ロードマップ案

2) 低炭素型都市における太陽光発電の最適導入

① 地域メッシュ統計に基づくPVS賦存量分布

愛知県、岐阜県、三重県について、PVS賦存量密度を5 kWp/ha単位で集計し、賦存量密度に対する余剰電力の大きさの比率を算定した。結果を図1-10に示す。また、愛知県のうち、名古屋市のみを抽出して算定した結果を同図に◇印で示す。同図に示すように、愛知県の場合、どのようなPVS賦存量密度の区域においても、賦存量密度に対する余剰電力の割合は岐阜県および三重県と比較して小さい。この傾向は、名古屋市のみを抽出した結果において顕著である。このことは名古屋市のような大都市においては、住宅用PVSが導入される区域においても昼間電力需要が大きな業務需要家が存在し、PVSが集中導入されても、区域全体としての余剰電力は大きくならないことを表している。したがって、将来的にPVSを大量導入する際、都市計画の観点から昼間需要の大きな店舗等の業務需要家をPVS賦存量が大きな区域に適度に配置することも、昼間の大きな発電電力が既存の電力系統に与える影響を緩和する方策の一つと考えられる。

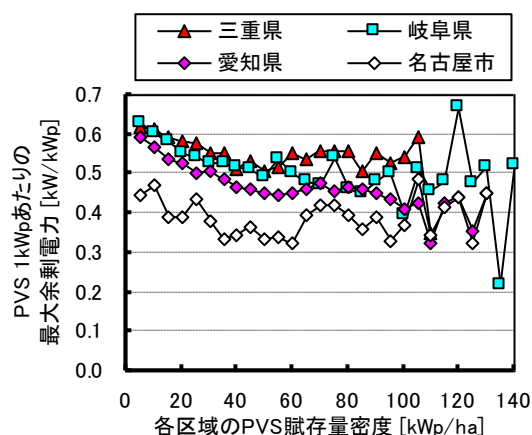


図1-10 区域におけるPVS賦存量密度と最大余剰電力との関係

②建物影の影響を考慮した街区におけるPVS群の発電特性の評価

戸建住宅とその他建物が混在する区域（混在区域）における戸建住宅屋根面の日射量を35区域について行い、区域内の全建物の総延床面積と戸建住宅屋根面の単位日射量との関係を図1-11に示すように算定した。図より、総延床面積が大きい区域では、単位日射量および総日射量はそれぞれ住宅区域に対して約21%および約74%低下するため、PVS導入には適していないと考えられる。

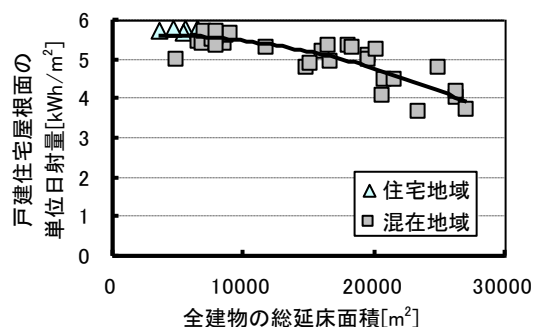


図 1-11 全建物の総延床面積と戸建住宅屋根面の単位日射量との関係

③都市形態の差異に基づくPVS導入によるCO₂削減効果の評価

2050年の名古屋市を対象とした駅そば集約型と非集約型（現状と同様の街区構成）の2通りの都市形態の想定に基づき、戸建住宅に太陽光発電（以下、PV）、集合住宅に燃料電池（以下、FC）が導入される場合（以下、対策ケース）と導入されない場合（以下、BAUケース）とを想定し、500m四方の街区単位で民生部門での一次エネルギー消費量（化石燃料消費量）を算定した。その結果、PVが大量導入される非集約型の方が、駅そば集約型よりも年間一次エネルギー消費量は9,040TJ少なくなった。したがって、駅そば集約型による交通エネルギー削減量が9,040TJ/年以下であれば、エネルギー消費の観点では、住宅を分散させPV導入ポテンシャルを増加させる方が有効と言える。

そこで、交通エネルギーを考慮した郊外住宅へのPV導入による実質的な一次エネルギー削減効果について、4人家族の世帯が名古屋都市圏の商業施設分布の異なる3地域（吹上・ほら貝・井ヶ谷町）に住む場合を対象としてケーススタディを行った。ほら貝と井ヶ谷町の戸建住宅のみPVおよびヒートポンプ給湯機（以下、HP）が導入される場合の結果を図1-12に示す。ほら貝や井ヶ谷町の戸建住宅にPV等を導入することで、都心部の吹上における集合住宅居住と比較して一次エネルギー消費量は10～20%減少した。このように、数10 kmの鉄道による通勤範囲を考えると、郊外に居住して太陽光発電システム（以下、PVS）とHPを導入する方が小さくできる場合がある。

ただし、PVが集中導入される戸建住宅中心の住宅街においては、PV逆潮流電力の影響が懸念される。そこで、名古屋市内を対象として、4月休日快晴日の11時の配電変電所からみた見かけの電力需要を算定した。その結果、図1-13に示すように約2割の変電所で上位系統への逆潮流電力が生じた。これらの地域では、街区を集約して混在地域を形成することで昼間需要を創出し、ある程度のPV導入ポテンシャルを維持しつつ、PV逆潮流電力の影響を緩和できると考えられる。

さらに、将来的な中高層集合住宅の増加によるPV設置環境の変化（建物影の影響増加）を考慮して都心部へのPV大量導入の可能性を評価するため、名古屋市全域の100m×100m単位の100区域を対象として、建物影の影響のために導入に適さないPV設備容量を算定した。その結果、現状の容積率の制限値内で将来的に中高層の集合住宅・業務ビルが増加する状況の場合、PVS導入可能量は日照条件を考慮しない場合の現状の1,190MWpに対して約21%小さくなった。

これらの結果から、将来都市におけるエネルギー消費削減の観点からは、全域を一律に駅そば集約型とするのではなく、各区域について需要家構成や都市全体からみた役割を考慮し、周辺の戸建住宅に設置されたPVへの影響に配慮した計画的な中高層住宅の建設など、各区域に適した住

宅・業務ビルの開発が必要と考えられる。

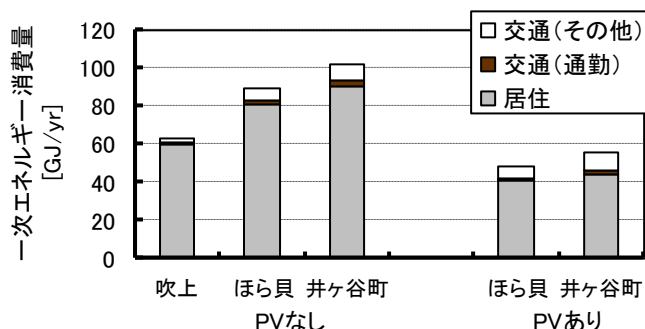


図1-12 各居住地域における一次エネルギー消費量

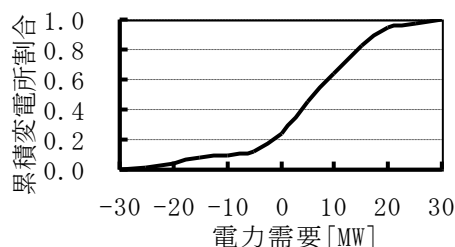


図1-13 配電変電所の電力需要
(4月休日快晴日11時)

(2) 低炭素型田園都市づくり

①土地利用変化による河川流出量抑制効果

1998年の東海豪雨にて最も被害の大きかった愛知県を対象に、将来の土地利用変化による河川流出量抑制の効果を評価した。この結果、将来、人口減少により発生する都市部の余剰面積を、都市のコンパクト化等により、すべて緑化した場合、現状の土地利用に比べ、洪水時の河川の最大流出量が抑制されることがわかった。同様に、従来の緑地計画に治水の視点も加えた米国メトロ地域のグリーンストリート（以下GS）計画の概念を用い、名古屋市の街区を対象にケーススタディを実施し、降雨時の表流量を抑制するのに適切なGSの配置

を推定した図1-14に名古屋市のGI計画が有効なGSの分布図を示す。

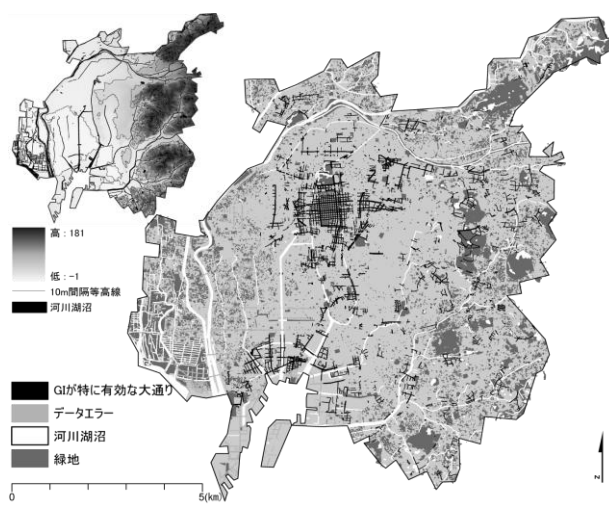


図1-14 名古屋市のGI計画が有効な道路の分布図と標高値（左上）との対応

②緑地の熱環境緩和効果名古屋市中心地を対象に、公園や街路、住宅の庭などに点在する微細な緑地を高分解能衛星画像（IKONOS）から抽出することによって、これら緑地の熱環境緩和効果を分析した。具体的には、都市公園のクールアイランド効果（PCI: park cool island）を評価するため、公園の様々な温度低減効果の特徴（公園の規模、公園内の土地利用・被覆、公園の形状など）と地表面温度との関係を明らかにした。また、人口減少により発生が予測される都市の空閑地や、近年増加が懸念される駐車場を緑化することによる温度低減効果をシミュレーションした。この結果、都市熱環境緩和における公園緑地の重要性和、低利用地を効率的に活用する方法を提案した。図1-15に、空閑地緑化による温度低減効果の温度分布の結果画像を示す。

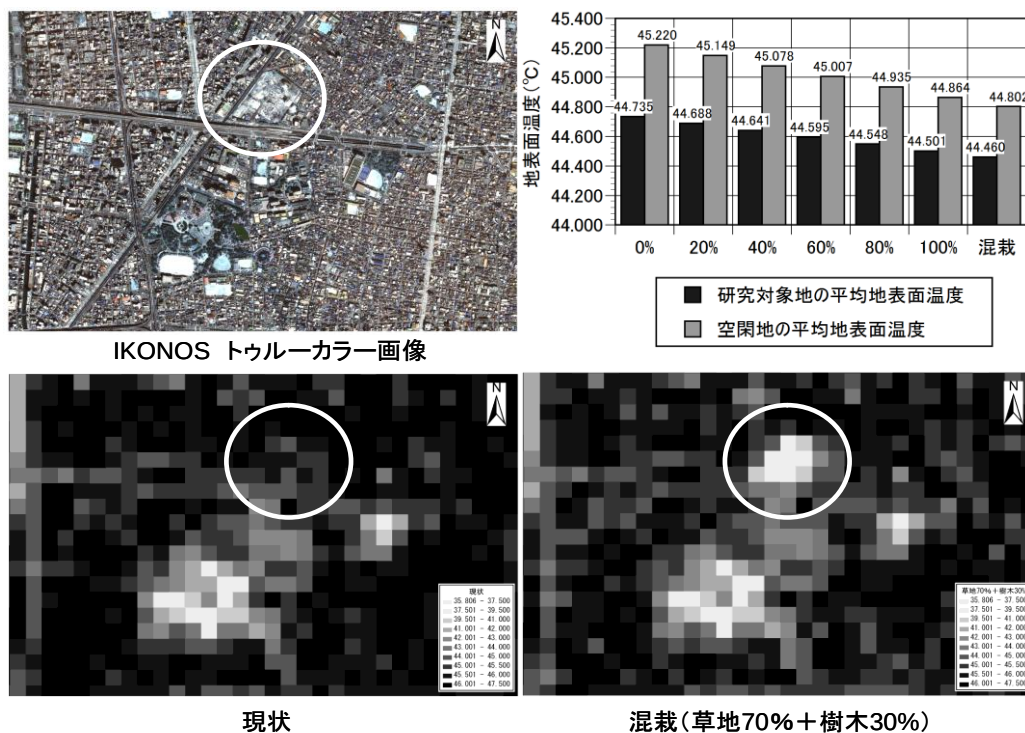


図1-15 緑化による熱環境緩和効果シミュレーション

注) 混栽とは、空閑地を草地70%と樹木30%で植栽したことを意味する。

③集水域マップの作成手法と治水対策の効果

名古屋市の本山区を対象とし、詳細な集水域マップの作成を行った結果、都市内部における内水氾濫に対し、どの地域から治水対策をしていくべきかをより明確に把握することができた。また、作成した集水域内において、土地利用の改変と雨水浸透施設の導入を計画し（道路、公共用地、宅地の3種類の土地利用に導入を計画）、都市の緑化や雨水浸透施設の設置による治水の効果を明らかにした。これより、公共空間のみならず、宅地などの個人所有の土地において治水対策の導入・強化により、豪雨による被害リスクを大幅に減らすことができることがわかった。平成22年度は、21年度までの緑地の熱環境緩和効果を含め、名古屋市の都市づくりにおいて重要な水害における効果も検討した。図1-16に作成した集水域マップを、図1-17に治水対策の効果を示す。

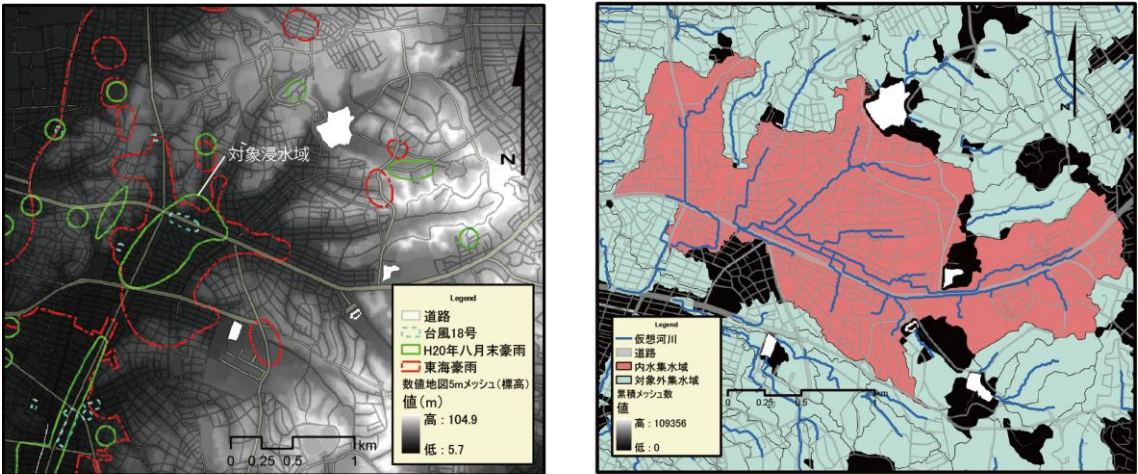


図1-16 内水氾濫の要因となる集水域

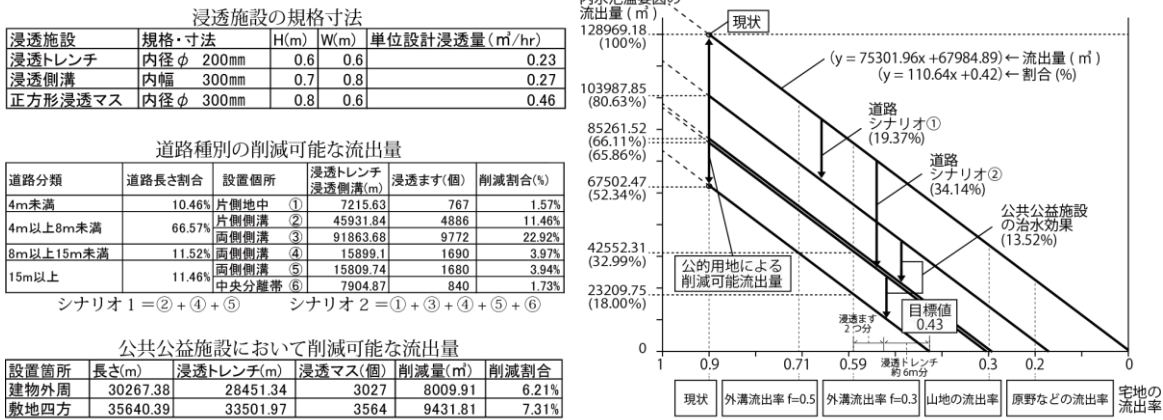


図1-17 土地利用の改変と雨水浸透施設の導入による治水効果

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 地域資源の賦存量やエネルギー需給構造を考慮したうえで、低炭素化のための技術システムを抽出し、技術的・経済的な評価を行い、名古屋都市圏に適用する場合のCO₂削減量を定量的に明らかにできた。すなわち、名古屋都市圏エネルギー需給構造データベースを作成したことにより、市場で取引される各種の化石燃料・電力・熱等の需給量のほか、エネルギー利用が可能な廃棄物系バイオマス等の地域資源の賦存量、発電所排熱・廃棄物焼却場排熱の量等が収集・整理され、これにより、CO₂削減策の立案、削減量の算定、長期のロードマップ作成などが可能になった。
- ・ 各種CO₂削減策の具体的な中長期将来予測について専門家の見解を収斂させ、また、各削減策の推進に当たっての課題を明確にする方法として、デルファイ法が有効な手段となり得ることが確認された。今回実施したデルファイ法の結果によれば、地域に根ざした取り組みについてそれほど進展しないという専門家の見解が示される結果となった。また、それぞれの削減策がCO₂削減に向けて大きなポテンシャルを有しているものの、それらが有機的・連携的に実施されなければ削減効果が小さくなることが示唆された。具体的には、コンパクトシティ化などの都市構造の転換を図るといったような地域レベルでの対策に取り組まなければ、CO₂は十分に削減されないことが示された。
- ・ 太陽光発電の導入では、余剰電力の発生抑制に資する都市計画手法が検討された。また、総延床面積と戸建住宅屋根面の単位日射量との関係から、既存の土地利用形態において、太陽光発電の導入に適さない地域の抽出が可能となった。将来的に駅そば集約型の街区構成とするよりも、戸建住宅へのPV大量導入による一次エネルギー消費（化石燃料消費）の削減効果は大きいことが示された。ただし、約2割の変電所供給エリアではPVからの逆潮流電力の影響が生じる可能性があることから、各区域について需要家構成や都市全体からみた役割を考慮し、各区域に適した住宅・業務ビルの開発のあり方を検討する必要があることが示された。
- ・ 低炭素型田園都市づくりの検討において、都市公園緑地のクールアイランド効果、空地及び駐車場の緑化による熱環境緩和の効果をシミュレーションした結果、都市内の緑化を効率良く進めていくことによって、従来の建築物の屋上・壁面緑化に加え、さらに温度の低減効果が得られることがわかった。こうした都市のクールアイランド化は、エネルギー消費の削減にもつながり、低炭素型田園都市づくりにおいても有効であることを示唆した。また、都市内部の集水域の把握と、土地利用の改変・雨水浸透施設の設置による治水対策のあり方を分析した結果、都市内部において内水氾濫が起きている地域を特定し、自然的な土地利用を優先的に導入すべき場所を示すことができた。また、土地利用別の治水対策の効果を明らかにすることで、道路や公共用地のみならず、宅地といった私有地を対象とした治水対策（土地被覆の改変や、浸透マスの設置）の必要性を示唆することができた。

(2) 地球環境政策への貢献

- ・ 平成20年度に作成した「名古屋におけるCO₂排出2050年マイナス75%ロードマップ」の提案をも踏まえ、名古屋市は、21年11月に「低炭素都市2050なごや戦略 ～低炭素で快適な都

市なごやへの挑戦～」を策定した。この戦略には、「駅そば生活圏」、「風水緑陰」等ロードマップに盛り込んだ方策の多くが反映されている。また、名古屋市はこの戦略を具体的に実施するための「低炭素都市なごや戦略実行計画」の策定を21-22年度にかけて進めてきている。

- ・ 20 年度に作成した「名古屋における CO₂ 排出 2050 年マイナス 75%ロードマップ」、21 年度の「名古屋都市圏における CO₂ 排出量 80%削減（90 年比）のロードマップ試案」の作成作業を踏まえ、愛知県は、21 年 11 月に長期目標/長期戦略の検討委員会を設置（委員には、本研究の参画研究者である竹内が就任）し、「あいち地球温暖化防止戦略 2020」の策定を進め、パブリックコメントを実施しているところである。
- ・ COP14（20 年 12 月、ポーランド・ポズナニ）における ICLEI-Local Governments for Sustainability-、C40 Cities等主催のサイドイベント（” Local Government Climate Roadmap”）において、この名古屋のマイナス75%のロードマップの概要を発表した。このように、本研究は、名古屋のロードマップ試案作成の段階から政策の進展に寄与している。
- ・ COP15（21 年 12 月、デンマーク・コペンハーゲン）における Climate Alliance 主催のサイドイベント「Solutions for Change: (How) local authorities are contributing to meet international climate targets」において、主に本研究で作成した「名古屋都市圏の 2050 年マイナス 80 ロードマップ」が基となり策定された「低炭素都市 2050 なごや戦略」、名古屋市を対象とした都市シミュレータの開発に係る研究成果を発表し、世界各国の政策担当者らと意見交換を行った。
- ・ 名古屋市の街区レベルにおける水・緑の導入による将来の田園都市づくりのあり方について、名古屋市及び民間の都市計画事業者等を交え議論してきた。これより、産学官の連携強化による地域環境政策への貢献がみられた。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない

7. 国際共同研究等の状況

日独米の自治体がお互いの気候政策の政策・措置をベンチマーキングなどの手法を使って比較・分析できるようにするとともにすぐれた政策手法を共有することにより、それぞれの地域気候政策の確立を図ることを目的とし、平成19年から、ドイツ連邦環境庁（UBA）・気候同盟（Climate Alliance）との連携により、「日独米自治体気候政策パートナーシップ」を進めてきている。この一環として、COP15（デンマーク・コペンハーゲン）におけるClimate Alliance主催のサイドイベント「Solutions for Change: (How) local authorities are contributing to meet international climate targets」において、本研究の成果を発表した。このように、継続的に国際共同研究を進めてきており、国際会議のサイドイベント等において積極的に成果発表を行ってきた。

8. 研究成果の発表状況

（１）誌上発表

＜論文（査読あり）＞

1) 大西暁生, 森杉雅史, 村松由博, 井村秀文, 林良嗣: 愛知県豊田市における詳細土地被覆情報の取得と熱環境解析への適用に関する研究, 地球環境研究論文集, pp. 181-190, 2008.

2) 杉本南, 大西暁生, 清水裕之, 村山顕人, 大月淳: 愛知県内三流域における土地利用変化による河川流出量の抑制効果の考察, 日本建築学会技術報告集, 33, pp. 689. 2010.

3) Xin Cao, Akio Onishi, Jin Chen, Hidefumi Imura: Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data, Landscape and urban planning, 96(4), pp. 224-231, 2010.

4) 竹内恒夫: 広域的地域における長期的 CO₂削減ロードマップの試み, 環境科学会誌, 23(4), pp. 307-313. 2010.

5) 山内悠生, 杉本南, 大西暁生, 清水裕之, 村山顕人: 境川流域における土地利用変化と河川流出量変化に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, No45-3, pp. 655-660, 2010.

6) Akio Onishi, Xin Cao, Takanori Ito, Feng Shi, Hidefumi Imura: Evaluating the Potential for Urban Heat-island Mitigation by Greening Parking Lots, Urban forestry & Urban greening, Vol. 9 (4), pp. 323-332, 2010.

7) 井上薫, 杉本南, 清水裕之, 大西暁生, 村山顕人, 大月 淳: グリーンインフラストラクチャの概念を用いた浸透性街路空間デザインの導入効果, 日本建築学会計画系論文集, 660, pp. 335. 2011.

8) 大西暁生, 森杉雅史: 名古屋市中心部における空閑地緑化が都市熱環境緩和効果に与える影響, 社会技術研究論文集, Vol. 8, pp. 149-158, 2011.

〈査読付論文に準ずる成果発表〉 (社会科学系の課題のみ記載可)

なし

〈その他誌上発表 (査読なし)〉

1) 竹内恒夫, 杉山範子: これからの名古屋—名古屋におけるCO₂排出2050年マイナス75%のロードマップ, 空気調和・衛生工学会誌, Vol. 82, No. 9, pp. 85-90, 2008.

2) 竹内恒夫: 温室効果ガス削減の都市間の協力, 大西隆, 小林光編著, 低炭素都市: これからのまちづくり, pp. 131-151, 学芸出版社, 2010.

3) 大西暁生, 曹鑫, 森杉雅史, 奥岡桂次郎, 井村秀文: 名古屋市中心地における空閑地緑化による都市熱環境緩和効果, 都市計画報告集, No. 8-4, pp. 176-180, 2010.

(2) 口頭発表 (学会)

1) Takeyoshi Kato, Yasuo Suzuoki: "Geographical Distribution of Potential Capacity of Residential Photovoltaic Power Generation System - A Case Study for 5 Prefectures in Chubu Area in Japan -", Proc. of Renewable Energy 2008, CD-ROM, 0-PV-042, 2008.

2) 加藤丈佳, 岡野裕樹, 鈴置保雄: 地域メッシュ統計に基づく地区単位の太陽光発電システム群余剰電力の統計的評価, 平成20年度太陽/風力エネルギー講演論文集, No. 96, pp. 397-400, 2008.

3) 岡野裕樹, 大西暁生, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 太陽光発電システム群の地域的な賦存量分布の算定〜基礎データとしての地域メッシュ統計と建築データとの比較〜, 平成20年度太陽/風力エネルギー講演論文集, No. 97, pp. 401-404, 2008.

4) 大西暁生, 森杉雅史, 村松由博, 井村秀文, 平野勇二郎, 東修: 詳細土地被覆情報を用い

た水・緑の温度低減効果に関する研究，日本ヒートアイランド学会第3回全国大会公募研究発表，pp. 60-61，2008.

5) 大西暁生，森杉雅史，東修，谷川寛樹，井村秀文：建物特性の違いによる地表面温度への影響に関する研究，環境情報科学，Vol. 37-4，pp. 80-81，2008.

6) Tsuneo Takeuchi: Proposal of Nagoya Minus 75% Roadmap, ICLEI-Local Government for Sustainability, Local Climate Roadmap, Parallel Event of UNFCCC COP14, Poznan Poland, 9-11 December 2008.

7) 大西暁生，曹鑫，森杉雅史，村山顕人，清水裕之，井村秀文：名古屋市中心部における建物特性と地表面温度の関係，日本建築学会東海支部研究報告集第47号，pp. 617-620，2009.

8) 杉本南，大西暁生，村山顕人，清水裕之，大月淳：天白川流域における土地利用変化が河川流出量へ与える影響，日本建築学会東海支部研究報告集第47号，pp. 613-616，2009.

9) 伊藤雅人，村山顕人，清水裕之，大月淳，大西暁生：土地利用および市街地密度にみる名古屋市の駅そばの類型化に関する研究，日本建築学会東海支部研究報告集第47号，pp. 541-544，2009.

10) 井上薫，大西暁生，杉本南，村山顕人，清水裕之：グリーンインフラストラクチャの概念を用いた浸透性街路空間デザインの導入効果，平成20年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM，pp. 533-534，2009.

11) 杉本南，大西暁生，井上薫，村山顕人，清水裕之：天白川流域における短期流出モデルの構築，平成20年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM，pp. 521-522，2009.

12) 岡野裕樹，大西暁生，加藤丈佳，鈴置保雄：建物の影の影響を考慮した街区単位の日射量の算定～名古屋市におけるいくつかの街区を例として～，第25回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，No. 28-2，pp. 463-466，2009.

13) 岡野裕樹，大西暁生，加藤丈佳，鈴置保雄：様々な街区における建物構成と戸建住宅屋根面日射量との関係，平成21年電気学会全国大会講演論文集(第6分冊)，No. 6-078，p. 142，2009.

14) Tsuneo Takeuchi, Noriko Sugiyama: Assessing the Role of Technologies -Prospects of Development and Diffusion of Low-Carbon Technologies-, Proceedings of International Symposium "Realizing Low Carbon Cities: Bridging Science and Policy" and "International Workshop "Towards Low Carbon Cities: Understanding and Analyzing Urban Energy and Carbon", pp. 389-400, 2009.

15) Noriko Sugiyama, Tsuneo Takeuchi: Roadmap to 75% CO₂ Reduction in NAGOYA, Proceedings of International Symposium "Realizing Low Carbon Cities: Bridging Science and Policy" and "International Workshop "Towards Low Carbon Cities: Understanding and Analyzing Urban Energy and Carbon", p. 569, 2009.

16) Takumi Yamaguchi: The Inhibitory Effect of Biogas Collected from Waste on Green House Gas Emission, Proceedings of International Symposium "Realizing Low Carbon Cities: Bridging Science and Policy" and "International Workshop "Towards Low Carbon Cities: Understanding and Analyzing Urban Energy and Carbon", p. 570, 2009.

17) Minami Sugimoto, Hiroyuki Shimizu, Akito Murayama, Akio Onishi, Kaoru Inoue: Effect of Urban Landuse Operation on River Discharge, Proceedings of International Symposium

“Realizing Low Carbon Cities: Bridging Science and Policy” and “International Workshop “Towards Low Carbon Cities: Understanding and Analyzing Urban Energy and Carbon”, p.571, 2009.

18) Noriko Sugiyama, Tsuneo Takeuchi : Local Climate Policy - USA, Germany and Japan, R' 09 Twin World Congress Nagoya Venue, BOOK OF ABSTRACTS, pp. 58, 2009.

19) Tsuneo Takeuchi, Akio Onishi : Nagoya's Low-Carbon City Strategy, Solutions for Change: (How) local authorities are contributing to meet international climate targets, Climate Alliance, Side event of UNFCCC COP15, Copenhagen Denmark, 11 December 2009.

20) 森田圭, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 住宅用エネルギー供給を考慮した街区構成に関する一検討、第28回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, CD-ROM, No.20-2, 2009.

21) 森田圭, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 住宅用分散型電源が集中導入された住宅街区における戸建・集合住宅の構成比による街区電力需要の変化, 平成21年度電気学会電力エネルギー部門大会論文集, CD-ROM, No.P22, 2009.

22) 森田圭, 高平洋祐, 大西暁生, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 住宅用エネルギー機器が集中導入された街区における住宅構成の変化によるエネルギー需給への影響～2050年の名古屋市の想定街区を対象として～, 平成21年度太陽/風力エネルギー合同研究発表会講演論文集, CD-ROM, No.A1-3, 2009.

23) Kei Morita, Takeyoshi Kato, Yasuo Suzuoki: The Study on Possibility of PV Installation Considering Redevelopment of Cities, 19th Int. Photovoltaic Science and Engineering Conference and Exhibition (PVSEC-19), PIM4-0-4, 2009.

24) Takeyoshi Kato, Hiroki Okano, Akio Onishi, Yasuo Suzuoki: A Study on Difference in Regional Performance of Photovoltaic Power Generation Systems in Various Urban Districts of Different Land Use, 19th Int. Photovoltaic Science and Engineering Conference and Exhibition (PVSEC-19), TPV-P4-2, 2009.

25) Minami Sugimoto, Akio Onishi, Kaoru Inoue, Akito Murayama, Hiroyuki Shimizu: Influence of Land Use Change on River Discharge in River Basins of Nagoya City, Japan, 2009 ISIE Conference, pp.396, 2009.

26) 杉本南, 清水裕之, 大西暁生, 村山顕人, 大月淳: 将来の土地利用変化による河川流出量抑制の効果に関する研究- 愛知県内の三流域を対象として -, 2009年度日本建築学会大会学術講演会, pp.245-246, 2009.

27) 井上薫, 清水裕之, 村山顕人, 大西暁生: グリーンインフラストラクチュア概念を用いた浸透性街路空間デザインの導入効果, 2009年度日本建築学会大会(東北)学術講演会, pp.691-692, 2009.

28) 飯田純子, 板谷明美, 石川知明, 大西暁生, 村山顕人, 清水裕之: 緑地特性と地表面温度との関係-衛星画像を用いた解析-, 第58回日本森林学会中部支部大会研究発表講演要旨集, P25, 2009.

29) 森田圭, 高平洋祐, 大西暁生, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 将来都市における住宅の集約度合いの違いがエネルギー需給に与える影響の評価～2050年の名古屋市の想定街区を対象として～, 第26回エネルギー・経済・環境コンファレンス講演論文集, CD-ROM, No.4-2, 2010.

30) 岡野裕樹, 大西暁生, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 街区の建物構成を考慮した太陽光発電システム群の地域的な導入可能量の算定, 第26回エネルギー・経済・環境コンファレンス講演論文集, CD-ROM, No. 22-3, 2010.

31) 杉本南, 大西暁生, 清水裕之, 村山顕人, 大月淳: 河川流出量の違いにみる各小流域間の比較に関する研究〜伊勢湾流域圏内の3流域を対象として〜, 日本建築学会東海支部研究報告集第48号, pp. 493-496, 2010.

32) 山内悠生, 杉本南, 大西暁生, 清水裕之, 村山顕人, 大月淳: 境川流域における土地利用の変遷と河川流出量の関係, 日本建築学会東海支部研究報告集第48号, pp. 489-492, 2010.

33) 松野正太郎, 竹内恒夫, 杉山範子: 低炭素社会構築のための「地域資源」把握手法の開発, 環境経済・政策学会2010年大会

34) 今村俊文, 加藤丈佳, 鈴置保雄: 住宅規模および交通エネルギーを考慮した地域による住宅用太陽光発電システムの実質的省エネ効果の相違, 第27回エネルギー・経済・環境コンファレンス講演論文集, CD-ROM, No. 11-3, 2011.

35) 大西暁生, 森杉雅史, 奥岡桂次郎, 井村秀文: 空閑地の熱環境への影響とその緑化対策ー春と夏の昼間を対象としてー, 地球環境シンポジウム, pp. 155-160, Vol. 18, 2010.

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

1) 名古屋都市圏マイナス80専門家パネル（第1回）（2008年11月29日、名古屋都市センター、参加者30名）

2) 名古屋市の都市マスタープラン／土地利用計画に関する情報交換会（2008年12月12日、名古屋大学環境総合館、参加者30名）

3) 名古屋都市圏マイナス80専門家パネル（第2回）（2009年6月24日、名古屋都市センター、参加者22名）

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

1) 大西暁生, 森杉雅史, 東修, 谷川寛樹, 井村秀文: 建物特性の違いによる地表面温度への影響に関する研究, 環境情報科学, Vol. 37-4, pp. 80-81, 2008. (環境情報科学センター「ポスターセッション」一般の部、学術委員長賞受賞)