

S-3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案  
手法の確立に関する総合研究プロジェクト

5. 技術革新と需要変化を見据えた交通部門のCO<sub>2</sub>削減中長期戦略に関する研究  
(2) バックキャスティングによる長期削減シナリオの策定に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

社会環境システム研究領域 交通・都市環境研究室	松橋啓介
循環型社会・廃棄物研究センター	森口祐一
名古屋大学大学院環境学研究科	加藤博和

<研究協力者> 独立行政法人産業技術総合研究所

ライフサイクルアセスメント研究センター	工藤祐揮
名古屋大学大学院環境学研究科	山根顕・中條将史・郷智哉 森本貴志・森田紘圭

[要旨] 本研究では、2050年に向けたCO<sub>2</sub>削減目標をまず与え、その達成に必要なシナリオを描くバックキャスティング手法を適用して、技術革新と需要変化の組み合わせによる交通部門CO<sub>2</sub>削減シナリオを策定することを目的とする。具体的には、シナリオ策定手法に関する検討を行い、一方では、都市・地域の特性を考慮してケーススタディを通じた検討を踏まえ、各地域類型別の取り組みによる削減効果を全国へ外挿推計する枠組みを構築し、成果を総合して2050年の脱温暖化シナリオを策定する。

本年度は、2050年に大幅削減を行うビジョンを発表・改訂するとともに、具体的な政策の方向性を検討・整理し、税制優遇や早期の土地利用ビジョン提示が重要となることを指摘した。また、サブテーマ1で開発した対策の時間遅れを考慮できる削減効果評価モデルをサブテーマ2の地域類型別の検討に用いることができるように拡張し、地域類型別要因別の施策の組合せによる削減可能量をパラメータとして入力し、2050年の目標達成にいたるパスの一例を示した。その結果、2050年までに一定率の削減を年々続けるとした場合に2020年時点で1990年比約14%減を通過するパスとなることを明らかにした。

一方、基幹となる公共交通機関について、需要量あるいはDID人口密度に応じて輸送機関のシステム全体での輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量がどのように変化するか分析し、LRTの適用範囲が広いことを確認した。これを踏まえて、具体的な市区町村を対象に、その地域特性や施策実施の効果と実施可能性を考慮して交通施策パッケージの提案を行った。さらに、地方都市を対象に、都市構造やライフスタイルの変革を促す施策が含まれたCO<sub>2</sub>削減目標設定型戦略工程表（ロードマップ）を導出した。

[キーワード] 脱温暖化、技術革新、交通需要、バックキャスティング、自治体交通政策

## 1. はじめに

脱温暖化社会の実現に向けて、交通分野においても中長期的政策オプションの検討を行うことが要請されている。我が国の運輸部門でのCO<sub>2</sub>排出量は全体の約2割を占め、1990年比で約2割の増加となっており、その削減方策実施は急務である。そのために、近年の地方圏におけるモータリゼーションと極度の自動車依存型社会の進展が温室効果ガス排出量増加の大きな要因となっている状況を分析し、大幅削減を可能とする対応策を詳細に検討する必要がある。

現在、燃費改善やハイブリッド自動車投入等の取り組みにより、自動車単体のCO<sub>2</sub>排出量は従来の自動車に比べて低減されている。しかし、その削減効果は、乗用車の保有台数や走行台キロの伸びあるいは大型化によって相殺されている。今後も、技術施策はCO<sub>2</sub>削減に一定の効果を有するものの、それだけで全面解決は困難であり、交通需要に変化を促す交通施策が必要不可欠であると考えられる。交通施策の検討にあたっては、交通活動が地域特性に大きく依存することを考慮することが重要である。すなわち、2050年に向けて大幅な削減を行なうためには、その間に起こる技術革新を見据えた上で、各地域の特性を考慮した適材適所の交通施策を立案・実施することが重要である。また、交通需要を変更していくためには、都市構造やライフスタイル、産業構造の変更など、時間がかかるため、長期の施策を今から検討する必要がある。

## 2. 研究目的

本課題S-3-5では、2020年まで、2050年までの2つのタイムスパンについて、交通部門からのCO<sub>2</sub>排出量の大幅削減のための中長期戦略を策定することを目的とする。図-1に示すとおり、2020年についての検討では、主に技術的な対策を対象として、対策の投入時期と効果の発現時期とのタイムラグを考慮した対策効果評価手法を構築する。一方、2050年についての検討では、不確実性の高い予測を行うのではなく、削減目標をまず与え、その達成に必要な技術革新と交通行動変化のシナリオを描くバックキャスト手法を適用して、目指すべき長期的な将来像とそこへの

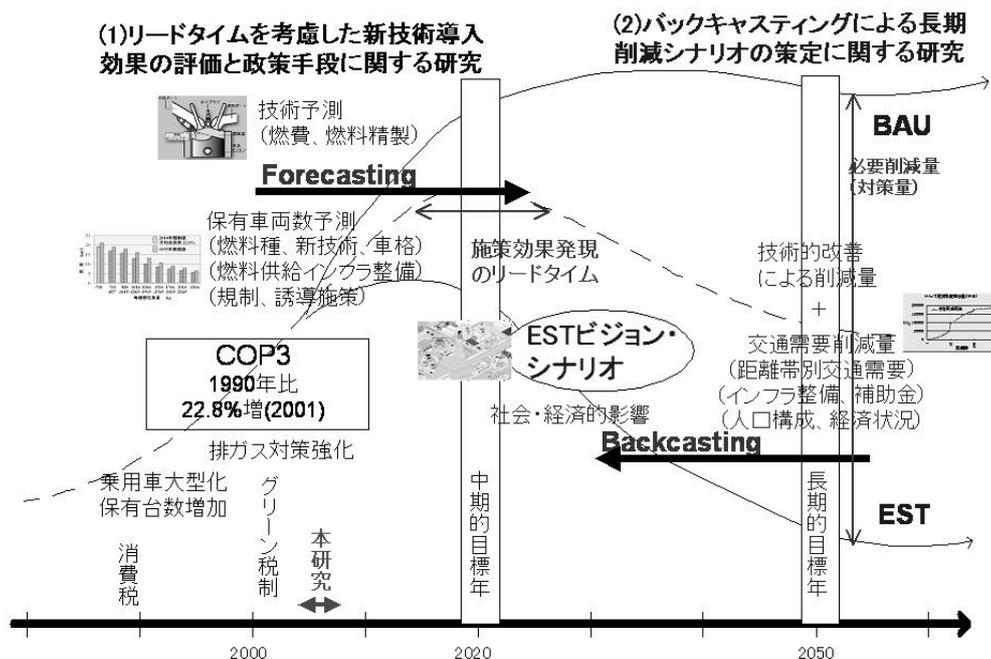


図-1 時間軸から見た本課題の枠組み

道筋を提示する。

本サブテーマ2では、2050年頃を目標年次として、バックキャスティング手法を用いて、現在のトレンドのまま推移した場合（BAU: Business as Usual）をベースに、交通部門からのCO<sub>2</sub>削減の数値目標に到達するために必要な削減量を地域別に求め、地域特性に応じた技術革新/交通行動変化の両面の組み合わせによって目標を達成する数種類のシナリオを提示することを目的とする。また、そのために短期のうちに着手すべき政策の方向性について検討を行い、長期的な政策実施までのロードマップを提示するとともに、その社会、経済への影響を把握する。

### 3. 研究方法

長期的な削減シナリオを策定するにあたっては、その策定方法の妥当性が問題になると考えた。昨年度までに、交通の将来ビジョンを策定した報告書や計画を収集・レビューし、シナリオに影響が大きくかつ不確実性が高い社会的要因を明らかにするために続いて有識者ヒアリングを行い、収集した知見を整理し、石油価格や交通ニーズの動向が方向性を左右することを指摘した。一方、交通需要面の対策を具体的に検討するため、地域類型別に施策群を整理する枠組みを構築し、2050年の脱温暖化ビジョンを示した。同時に、ケーススタディ地域で施策導入時期の検討を行った。

本年度は、トップダウン型の整理として、ビジョンに示した地域別要因別の施策を実現するための対策の方向性について検討・提案するとともに、サブテーマ1で開発した削減効果評価モデルを2050年の地域類型別検討に用いることができるように拡張したものをを用いて、目標達成にいたるパスの一例を示す。

一方、積み上げ型のアプローチとして、市区町村類型別にその地域特性や施策実施効果・実施可能性を考慮した交通施策パッケージの提案を行う。さらに、地方都市を対象に、都市構造やライフスタイルの変革を促す施策が含まれたCO<sub>2</sub>削減目標設定型戦略工程表（ロードマップ）を導出する。

### 4. 結果・考察

#### (1) 脱温暖化2050ビジョンに到達するシナリオと具体的対策の提案

昨年度までに、都市圏や都市規模の地域類型別に一人当たり自動車CO<sub>2</sub>排出量を求め、交通に起因するCO<sub>2</sub>排出の構造を示す要因分解式を提示し、地域類型別、要因別の削減可能量とその施策例を行列の形で整理し、2050年に大幅削減を行うビジョンを施策の組み合わせの形で示した。

本年度は、サブテーマ1で低燃費車両の普及状況を再現するために作成した削減効果評価モデルを拡張した。まず、2050年までの予測を可能とし、航空・船舶・鉄道に関する簡易推計をモデルに組み込んだ。さらに、地域類型別にトリップ数等のパラメータを操作可能とした。この結果、2020年用に作成したフォアキャスト型の当モデルを用いて、2050年の削減目標を達成する施策の組合せを検討することが可能となった。技術中心の施策群、交通需要変化中心の施策群、双方の組合せの3パターンで推計を行った。また、昨年度作成したビジョンを改定し、1990年比で70%削減可能なビジョンとした。これに到達するために、一定率の削減を年々続けると仮定した場合、図-1に示す通り、2020年時点で1990年比14%減を通過する削減パスとなることが分かった。

また、各々の削減施策を誘導するための政策の例を図-2の通り検討した。土地利用の高密度化を行う施策としては、再開発事業や土地利用規制とともに、税制による誘導が有効と考えられる。

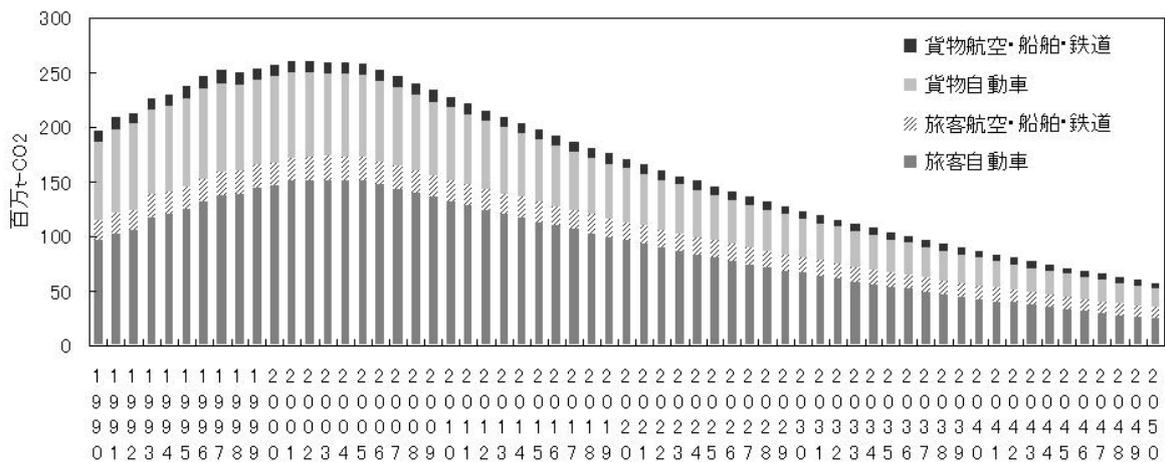


図-1 2050年に脱温暖化社会に到達するための排出削減パスの例

	大都市圏 都市部	大都市圏 郊外	地方都市	地方郊外・ 郡部	全国
徒歩圏の高密度化	△導入済み	○駅前開発	再開発事業	○駅前開発	217→63(t)
都市の高密度化	△再開発事業	×	△駅前開発	×	90年比 71%減
公共交通システム活用	×駅前 △駅前	△駅前開発 インフラ整備、補助金	乗合タクシー等 許認可		凡例: ◎3割減 ○2割減 △1割減 ×削減不可
積載率改善	△通車環境の 活用	△通車環境の 活用	燃費規制	×	※貨物輸送、 都市間輸送の 捉え方など、 今後改善すべ き課題がある
燃費改善	◎低燃費車、 低燃費車	◎低燃費車、 低燃費車	◎優遇税制	○比較的 改善が良	
低炭素燃料	△自動車 率が低い	○技術開発目標設定、 インフラ整備			
人口(百万人)	46→45	15→10	26→25	30→15	124→95
t-CO <sub>2</sub> /人	1.27→0.56	1.72→0.62	2.04→0.68	2.20→1.01	1.76→0.67

図-2 2050年脱温暖化ビジョンとそれを達成するための政策例

事業的手法には莫大な費用がかかるため、人口減少期に数多くの事業を行うことは困難であろう。規制的手法には反発が生じやすく、現状を保全する効果は得られやすいが、変化を誘導する効果は得られにくいという問題がある。適度な土地利用の集積により効率的な公共サービスが可能となる地区については固定資産税等の税率を抑える税制優遇等の経済的施策を行うことで、望ましい土地利用を誘導することが可能と考えられる。

公共交通システムの活用を行う施策としては、インフラ整備を公共が行い、運営を民間が行う上下分離方式を活用すること、また地域特性に応じて乗り合いタクシー等を認める規制緩和を行うことが有効と考えられる。インフラ整備については財源が問題とされるが、道路財源を交通財源としてとらえ直し、より幅広く公共交通整備に投資することは不可能ではない。たとえば、地方の人口30万人以上の都市部に関しては、地表面に軌道を持つLRTやBRTのインフラ整備を行い、バスやP&Rや乗り合いタクシー等の地区に適した公共交通手段と連携した都市交通システムへの再編成を行うことは中長期的には有効な投資となりうると考えられる。

積載率の改善、燃費改善には、燃費規制と優遇税制の組み合わせが有効と考えられる。積載率

改善のためには、乗り合いや積み合わせを進める一方で、適正な大きさの車両の利用も役に立つ。また、車両重量や排気量のクラス別を廃した燃費規制とすることで、適正な大きさの車両が有効利用されることにもなる。

CO<sub>2</sub>排出基準の設定は、技術開発の目標ともなり、燃費改善や低炭素燃料の活用を誘導する施策となる。また、低炭素燃料の活用には、エネルギー供給システム全体での技術開発が不可欠ではあるが、燃料供給のインフラ整備が普及の鍵ともなることから、現在のガソリンスタンドから代替燃料供給スタンドへとスムーズに移行できるように、低炭素燃料の主役が何になるのかを良く見極めることが重要である。

各々の施策には導入が容易ではないものが含まれている。しかし、短期的には導入困難でも長期的には導入可能な施策が多くある。そうした施策を検討の場に乗せることができることが、バックキャストिंगの特徴である。施策導入が困難な場合には、その障壁となるものを明確にし、それを突破する方法について多面的に検討することが、よりよい低炭素社会を実現するための重要な研究課題となると考えられる。

短中期的な対応への示唆を次の通りまとめた。土地利用規制や税制の変更にあたっては、土地の資産価値が低下する地区が生じることから、施策に反対する意見が強く出されることが予想される。したがって、前もって立地を変更できるように、準備期間を置くことが役に立つと考えられる。そのためには、低炭素社会において望ましい土地利用の方向性を踏まえて、地域の具体的な将来像について議論を始めることが重要であろう。低炭素社会の地域の将来像が明らかになることで、低炭素社会に備える必要があると考えた主体から先に自発的に立地や投資先を変更する効果も期待できる。公共交通システムのインフラ整備への投資についても、同様に、低炭素社会に向けた交通システムに関する議論を深めて、地域の具体的な将来像を早期に提示していくことが重要である。

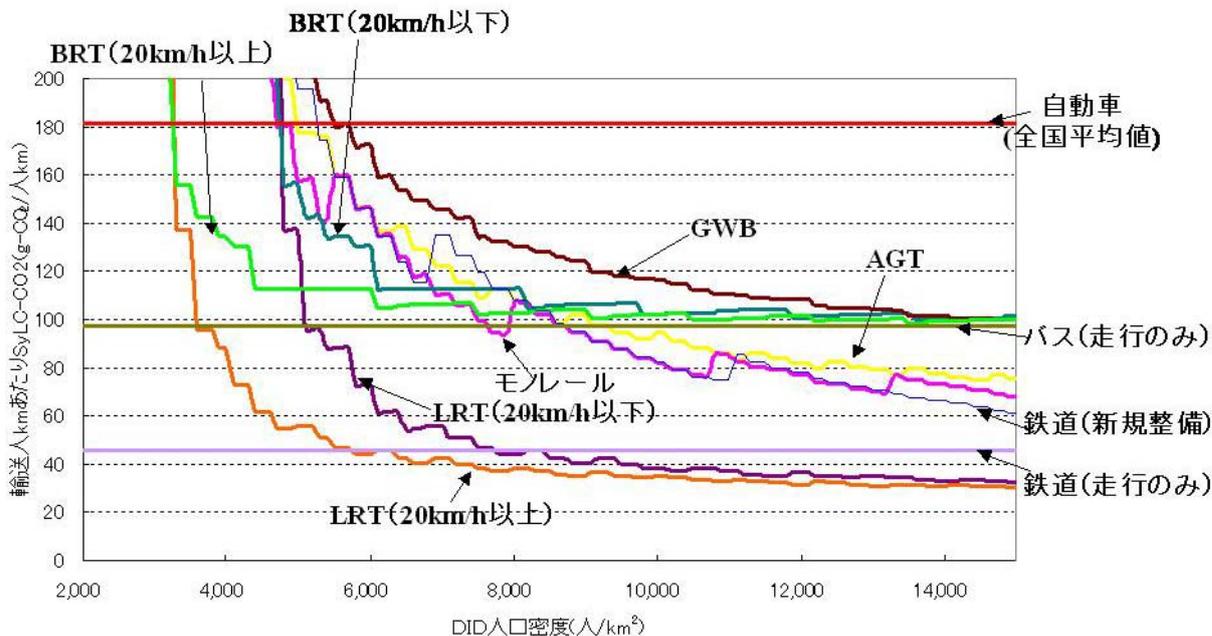
積載率改善、燃費改善のためには、用途に応じた適切な大きさの車両を用いることが有効であり、車両重量クラス別の燃費によるグリーン税制を、車両重量クラスによらない燃費による税制に単純化することが重要と考えられる。

低炭素燃料としては、バイオ燃料の導入が始まりつつある。一方で、電気や水素を介した多様な自然エネルギーの活用についても同時並行的に技術開発を行う余地があると考えられる。

## (2) 全国市区町村別乗用車CO<sub>2</sub>排出量削減目標達成シナリオの作成

昨年度までに、将来の乗用車CO<sub>2</sub>排出量を推計するモデルを構築し、乗用車保有率と走行台数が伸びCO<sub>2</sub>排出量が増加することを指摘した。また、ケーススタディ都市についてあるいは地域特性別に削減施策と削減余地を提示し、東京・京阪神大都市圏の周辺都市とその他大都市圏の中心部において削減余地が大きいことを指摘した。さらに、ロードマップの案を示した。

本年度は、各市区町村の地域特性に応じて適切な施策パッケージを提案し、必要な施策実施量を判断した。具体的には、都市軸となる基幹公共交通システムの選定手法を考案し、各交通システムの必要需要量と輸送力、インフラ整備を含むSyLC-CO<sub>2</sub>（輸送機関のシステム全体でのライフサイクルCO<sub>2</sub>）排出量を算定した。高架構造を有するモノレールや新交通システムはCO<sub>2</sub>排出量が多いのに対して、需要量約1,500人/日以下ではBRTが、約1,500人/日以上ではLRTが最もCO<sub>2</sub>排出量が小さい交通手段となることが分かった。さらに、輸送密度とDID人口密度の関係を踏まえて、図-3



LRT (Light Rail Transit) ・ BRT (Bus Rapid Transit) ・  
AGT (新交通システム: Automated Guideway Transit) ・GWB (GuideWay Bus)

図-3 DID人口密度の変化に伴う輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量変化

にDID人口密度と各種の輸送機関の輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量の関係を示した。ほとんどのDID人口密度の値に対して、LRTがCO<sub>2</sub>最小の輸送機関となる。なお、LRT導入可能なDID人口密度の範囲は、採算性の面で3,600人/km<sup>2</sup>以上、輸送力限界の面で10,400人/km<sup>2</sup>以下と考えられる。

次に、都市雇用圏<sup>1)</sup>に基づく都市圏を設定し、市区町村の類型化を行った。人口の集中度合いと、公共交通の指向性から4つに分類した。ただし、双方には高い相関があることに留意する必要がある。これらを総合して、8つの地域分類と表-1に一部を示す6つの施策パッケージを提案した。施策パッケージは、都市高速鉄道（地下鉄・AGT・モノレール含む）活用、既存路線活用+LRT・BRT整備、新規LRT・BRT整備、既存路線活用、既存路線活用+LRT・BRT整備、既存路線活用+自動車共存である。さらに、長野県飯田市を例に、具体的なロードマップの作成を行った。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 1) 採算性、輸送力、ライフサイクルCO<sub>2</sub>の観点から、地域

表-1 EST施策パッケージ案

EST	都市高速鉄道活用	
パッケージ		ロードプライシング
		駐車場政策
		AGT・モノレールの整備
EST	既存路線活用+LRT・BRT整備	
パッケージ	全体	LRT・BRT整備
		既存路線の活用
		運賃収受・料金体系の工夫 PTPS
	中心	トランジットモール
		ロードプライシング 駐車場政策
	郊外	パーク&ライド 郊外で専用軌道
EST	新規LRT・BRT整備	
パッケージ		幹線道路の見直し
		LRT・BRT整備
		料金体系・運賃収受の工夫 PTPS
		運行管理システム導入(BRT)
		パーク&ライド(LRT)
		郊外で専用軌道(LRT)

のDID人口密度に応じて適切な公共交通システムを評価する手法を構築した

- 2) 全国市区町村を人口集中度と公共交通利用度で分類し、目指すべき公共交通システムを提示した
- 3) 2050年に脱温暖化社会に到達するための地域類型別の施策の組合せと具体的な政策およびその短中期的な方向性を提案した

(2) 地球環境政策への貢献

- 1) 環境省「地球温暖化対策とまちづくりに関する検討会」における交通とまちづくりに関する検討において、本研究成果である2050年脱温暖化シナリオと関連データを提示し、報告作成に貢献した（報告書p. 5, 9, 11, 13, 27および資料編に図が引用されている）
- 2) 環境省「平成18年版 環境白書」における温暖化対策とまちづくりに関する記述において、本研究成果である市区町村別CO<sub>2</sub>排出量を提供し、報告作成に貢献した。

6. 引用文献

- 1) 金本良嗣, 徳岡一幸: 「日本の都市圏設定基準」, 応用地域学研究, 7, 1-15, 2002

7. 国際共同研究等の状況

- 1) Global Carbon Project (GCP) Urban and Regional Carbon Management (URCM)によるGCP URCM Seminar Series: Regional Approach to Climate Change Issues: Two Cases in Asia-Pacific, (December 26, 2006 in Tsukuba, Japan) において、Prof. Jacques-François Thisse, (Center for Operations Research and Econometrics, Université Catholique de Louvain, Belgium)らに本研究成果を紹介し、意見交換を行った。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

なし

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 松橋啓介: 「持続可能な交通とまちづくりの方向性」, 環境研究, 141, 22-28, 2006
- 2) 森口祐一, 松橋啓介: 「日本の自動車を取り巻く社会情勢の将来展望」, 自動車技術, 61, 31-36, 2007

<その他誌上発表>

- 1) 森田紘圭, 林良嗣, 加藤博和, 森本貴志「全国市区町村の持続可能性に関する経済・環境面からの評価」, 土木計画学研究・講演集, 33, CD-ROM, 2006
- 2) 中條将史, 森本貴志, 森田紘圭, 加藤博和「技術革新を考慮した地域特性別乗用車CO<sub>2</sub>中長期削減シナリオの検討」, 第14回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集, 83-90, 2006
- 3) 森田紘圭, 森本貴志, 加藤博和, 林良嗣「都市空間構造改変を考慮した運輸部門でのCO<sub>2</sub>削減シナリオに関する検討」, 土木計画学研究・講演集, 34, CD-ROM, 2006

(2) 口頭発表(学会)

- 1) H.Kato, N.Shibahara, and Y.Watanabe, "A Systematic Approach for Evaluating Public Transport

Systems through LCA", Proceedings of the 7th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, 333-336, 2006

- 2) H.Morita, H.Kato, and Y.Hayashi, "Population Decline and Financial Sustainability of Municipal Authorities in Japan", Proceedings of the International Symposium on Social Management Systems, CD-ROM, Yichang, 2007
- 3) 松橋啓介, 工藤祐揮, 森口祐一: 「地域別交通部門二酸化炭素排出量の推計と削減策」, 第22回全国環境研究所交流シンポジウム予稿集, つくば, 2, 2007

(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）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 日本経済新聞（2007年1月16日、首都圏経済・茨城、国環研公開日に行った未来の交通システムに関する来場者アンケートにおいてLRTが票を集めていたことの紹介）

(6) その他

なし