

7. 交通部門における持続型資源消費の分析

7-1 緒論

近年大量生産、大量消費、大量廃棄社会から持続社会への移行が求められている。持続社会は「持続可能な開発」という国連のブルントランド委員会（1986）で提案された概念に基づくものであり、環境と経済の両立を図り、人類が将来にわたって発展していくことを目的としたものである。持続可能性の概念の中でも資源消費は大きな課題である。我々が経済発展を実現するためには、資源消費が必ず伴う。しかしながら、「成長の限界」でローマクラブが指摘したように、資源の枯渇が経済発展の足かせになる可能性が高い。よって、資源をなるべく使わずにもしくは資源を循環利用し、経済を発展させることが必要であり、それが実現した社会を持続可能社会という。

持続可能社会において資源消費の持続性は最も重要な要素の一つである。資源消費の持続性を高めるためには、地球の再生能力の範囲内で資源を消費するように努めることである。真っ先に挙げられるのが化石資源の持続性である。化石資源は過去のバイオマス遺物であり、再生資源ではないことから使えば使うほど枯渇へ近づく。他の鉱物資源についても同様である。廃棄物からの資源のリサイクルは近年盛んにおこなわれているが、その量は全体の資源省に比べるとわずかである。

一方、経済の持続性も大事である。経済は基本的にヒト・モノ・カネ・情報の移動によって成り立つといえよう。現在のグローバリゼーションの時代において、これらの移動時間は極端に短くなり、世界各地の出来事が世界の経済に大きな影響を及ぼすこととなった。

なかでも、運輸部門は資源消費と経済活動の両面から欠かすことができない部門である。よって、本研究では運輸部門の持続性を資源消費の面から検討をする。

（1）背景—道路の重要性—

道路は、日常生活や経済活動に欠くことのできない社会資本であり、その機能は大別すると交通機能と、空間機能に大別される。

道路の交通機能には、自動車や歩行者などに通行サービスを提供する「トラフィック機能」、沿道の土地・建物・施設などへの出入りサービスを提供する「アクセス機能」、車の駐停車や歩行者の立ち話や休憩などのための「たまり機能」がある。これらの機能は、通勤・通学、買い物、余暇などの一般の生活から、運搬・配達、営業活動などの経済活動に至るまでの、あらゆる社会生活を支えている。

道路の空間機能には、都市の骨格や街区を形成する市街地形成機能。災害時の避難路や延焼防止のための防災空間機能、干渉空間、通風・採光の確保、人々が集い、憩う場所の形成、修景といった環境空間としての機能、公共空間施設や上下水道、電力などのライフラインの収容空間としての機能がある。これらは都市生活や産業活動を支える重要な機能であり、都市内道路の持つ空間機能の果たす役割は極めて大きい。駅前や中心市街地など都市の顔となるような地区では、

必要に応じてシンボル道路としての整備が行われている。

以上の道路の主な機能を表7-1-1にまとめる²⁾。

表7-1-1 道路の機能^{2) 6)}

道路機能			効果など
交通機能	トラフィック機能	自動車・自転車・歩行者などへの通行サービス	時間距離の短縮
			交通混雑の緩和
			輸送費用の低減
			道路交通の安全確保エネルギー消費量の節約
			環境問題の軽減
	アクセス機能	沿道の土地・建物・施設などへの出入りサービス	生活基盤の拡充
			土地利用の促進
			地域開発の基盤整備
空間機能		市街地形成	都市の骨格形成、街区形成
		防災空間	避難路、消火活動、延焼防止
		環境空間	緩衝空間、緑化、通風、採光などのアメニティ
		収容空間	ライフライン、駐車場、地下鉄などの収容

(2) 道路の分類—道路法による分類—

日本の道路は、道路法による分類では高速自動車国道と一般道路で構成される。さらに一般道路は、一般国道、都道府県道、市町村道に分類される。これら4種の道路は、道路法によってその認定要件が具体的に定められており、高速自動車国道については高速自動車国道法の適用を受けている。これ以外の、道路法によらない道路として、道路運送法による一般自動車道、港湾法による臨港道路、森林組合法による林道、自然公園法による公園道などの、限定されて利用者を想定して建設される道路がある。図7-1-1、表7-1-2に道路の分類と法令上の路線指定・認定要件を示す。

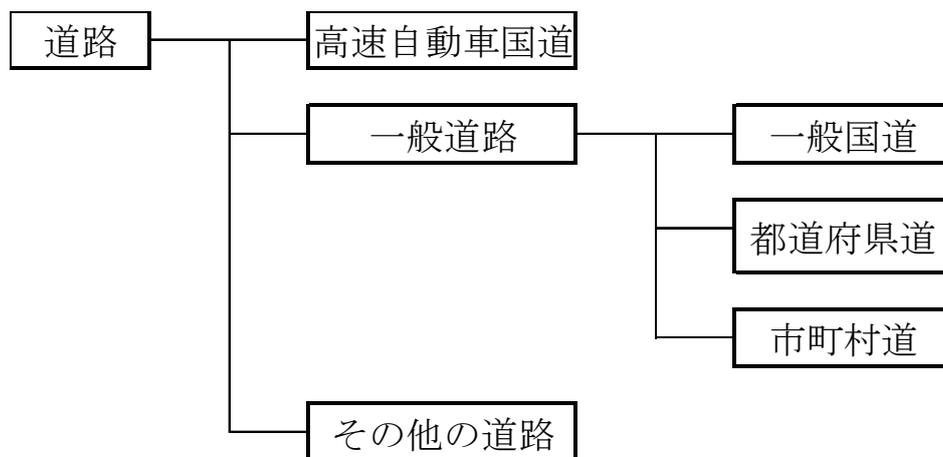


図7-1-1 道路分類^{2) 6)}

	<p>その路線を認定したもの</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 市または人口 5000 以上の町（以下これらを「主要地」という）とこれらと密接な関係にある主要地，港湾法第 2 条第 2 項に規定する重要港湾もしくは地方港湾，漁港法（昭和 25 年法律 137 号）第 6 条に規定する第 2 種漁港もしくは第 3 漁港もしくは飛行場（以下これらを主要停車場という）また主要な観光地と連絡する道路 2 主要港とこれ密接な関係にある主要な観光地とを連絡する道路 3 主要停車場とこれと密接な関係にある主要な観光地とを連絡する道路 4 2 以上の市町村を經由する幹線で，これらの市町村とその沿線地方に密接な関係がある主要地，主要港または主要停車場とを連絡する道路 5 主要地，主要港，主要停車場または主要な観光地とこれらと密な関係にある高速自動車国道，国道または前各号の一に規定する都道府県とを連絡する道路 6 前各号に掲げるものを除くほか，地方開発のため特に必要な道路 <p>[参考]都道府県道の管理はその路線の存する都道府県・政令市が行う。</p>	<p>第 7 条</p> <p>第 15 条</p> <p>第 17 条</p>
市町村道	<p>市町村の区域内に存する道路で，市町村長がその路線を認定したものをいう。</p> <p style="text-align: center;">〔 高速自動車国道，一般国道および都道府県道のような法令上の要件は特に必要とされていない 〕</p> <p>[参考]市町村道の管理は</p>	

(3) 道路の構造

道路の基本的な構造は，路床，路盤，表層，基層からなる。

a) 表層

道路の表面（最上層）のことで，一層が 5cm 程度のアスファルト混合物の層である。その層の役割は交通荷重を分散して下層に伝達するとともに，交通荷重による流動，摩耗，ひびわれに抵抗し，平坦ですべりにくく，快適な走行が可能な路面を確保する。雨水が下部に浸透するのを防ぐ。

b) 基層

表層の一つ下層に敷設される 5cm 程度のアスファルト混合物の層。表層に加わる交通荷重を路盤に均一に伝達する。重車両の交通量に応じて省略される。

c) 路盤

路盤は、上層から伝達された交通荷重をさらに分散させ路床に伝達する。

d) 路床

舗装の直下にあたる約 1m の部分。路床は舗装と一体になって交通荷重を支持し、路床の下部にある路体に対して交通荷重をほぼ一定に分散させる。盛土区間では良質土により十分に締め固められた層が構築され、切土区間の多くでは現地盤がそのまま用いられる。軟弱地盤では、一定の厚さの地盤を良質土で置き換えたり、セメントや石灰等による安定処理工法が施される。

e) 路体

盛土をして道路を築造するとき、舗装に働く荷重を直接支持する部分である路床以下の盛土部

図7-1-2に道路の基本的な構成を示す。

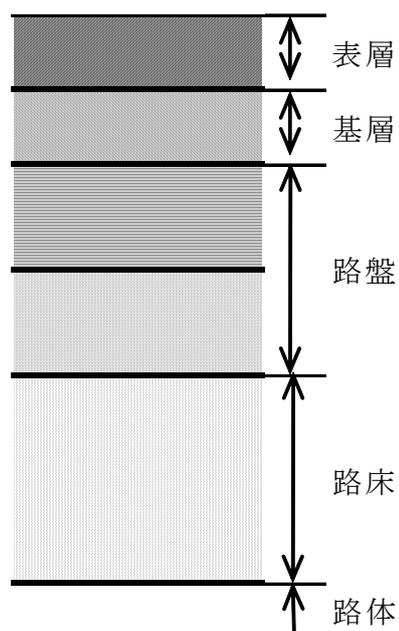


図 7 - 1 - 2 道路の基本的な構成^{2) 6)}

1) 路建設に用いられる資源

道路建設に用いられる主な資源は骨材（砂，石）と舗装材料（アスファルト，セメント，骨材）である。

2) 舗装の種類

舗装には、大別してコンクリート舗装とアスファルト舗装がある。それぞれの舗装の特徴、構

成を以下に示す。

a) コンクリート舗装

コンクリート舗装は、コンクリート版を表層とする舗装をいい、一般には単にコンクリート舗装と称される。コンクリート舗装の特徴を表7-1-3に、舗装の構成を図7-1-3に示す。

表7-1-3 コンクリート舗装の特徴

長所	<ul style="list-style-type: none">・ 荷重による変形が少なく，耐久性に優れる。・ 長寿命（一般的な設計寿命：20年⇔アスファルト舗装の一般的な設計寿命10年）・ 長期的コストに優れる。
短所	<ul style="list-style-type: none">・ 初期コストが割高・ 一般的な普通ポルトランドセメントだと施工後の養生期間が約2週間と長い（早強ポルトランドセメントなら約1週間）・ 温度による伸縮を避けるための目地による走行性の悪さ，騒音・ 破損時の修復が手間

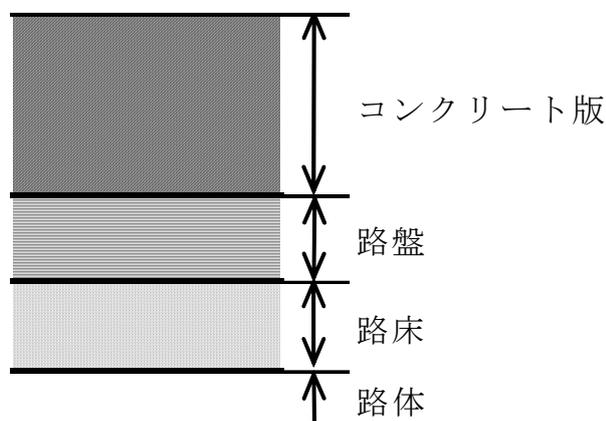


図7-1-3 コンクリート舗装構成^{2) 6)}

b) アスファルト舗装

アスファルト舗装は、一般に表層，基層に加熱アスファルト混合部を用いた舗装をいう。アスファルト舗装の特徴を表7-1-4に、舗装の舗装構成を図7-1-4に示す。

表 7-1-4 アスファルト舗装の特徴

長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行時の騒音性が低い ・ 施工後から短時間で交通可能 ・ 修繕が比較的容易 ・ 初期コストが低め
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・ アスファルトの熱可塑性によりわだち割れが発生する ・ コンクリート舗装に比べ、強度が低いため長期的コストが高め。

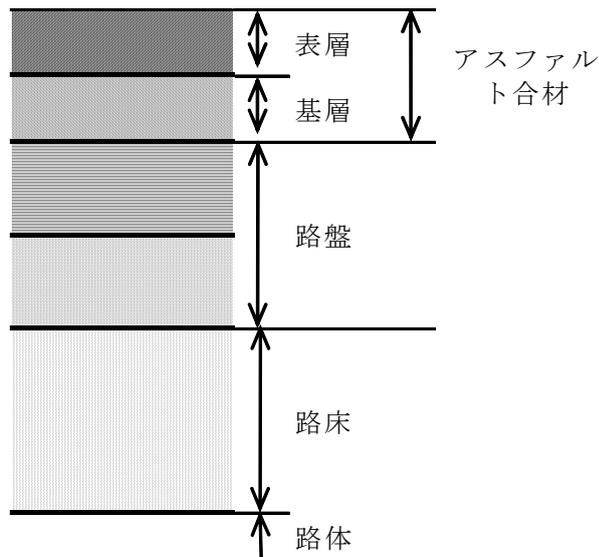


図 7-1-4 アスファルト舗装構成^{2) 6)}

c) 簡易舗装

軽交通路に適用される簡易なアスファルト舗装であり、自動車交通が少なく、かつ従者量が少ない、面が両側の最高水位より 30cm 高く、排水条件が良好であるなどの設計上の条件を満たすことが必要とされる。舗装構成は、表層と路盤から構成され、在来砂利層は一般に下層路盤に含まれる。表層は厚さ 3~4 [cm] となっている。簡易舗装に対して一般的なコンクリート舗装とアスファルト舗装を高級アスファルト舗装はとも呼ばれる。簡易舗装の構成を図 7-1-5 に示す。

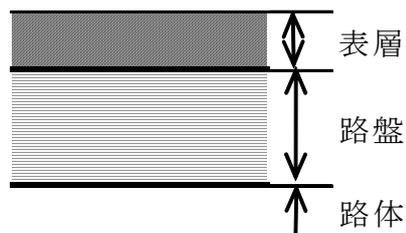


図 7-1-5 簡易舗装^{2) 6)}

(4) 既往研究

物質フロー解析に関する研究は世界各地で盛んに実施されているが、代表的なものがWeisら(2005)による研究⁷⁾である。彼女らはEU各国の資源消費を比較している。北欧の国々の建設資材の消費が多いとの結果を得ており、その理由として国土が広いため社会基盤の整備に資源が消費されているとしている。また、イギリスは建設資材の消費が少ないが、これは社会が成熟しているので、社会基盤の整備にそれほど資源を消費しないとしている。このように物質フロー解析において道路関連の建設資材は大変重要であるといえる。また、Kapurらによって⁸⁾、アメリカの20世紀の間に利用された道路建設材料であるセメントのストックとフローに関する研究は実施されている。セメントのストックとフローの年代在庫を推定する目的は、アメリカの社会基盤における現代のセメント資源消費と将来廃棄の正確な推定を、関連する利害関係者に提供するためである。このような情報は、将来の社会基盤システムのより良い管理に役立つ。セメント社会基盤の推定から、セメントがどの程度まで二酸化炭素吸収源としての機能を果たせるか明らかになる。セメントの最終用途の3つの統計寿命分布(ワイブル、ガンマ、対数正規)を用いて、動的なストック・フローモデルを開発した。導出されたアメリカにおける“消費”セメントストックの推定モデルは、42億~44億トンの範囲となる。これは、前世紀に利用されたセメントの82%~87%が、まだ使用されていることを示している。均等割では、一人当たりの消費セメント資源は、14.3~15.0トンに相当する。一人当たりの使用中セメントストックは、過去50年で2倍となったが、成長率は減速してきている。

(5) 研究目的

持続可能社会を形成するために社会の資源消費量を可視化する「物質フロー解析」研究が実施されている。しかしながら、これまでの研究は資源の供給に関する研究が多く、資源を使って実現される社会の機能(衣食住、移動する、通信するなどの生活の基盤)に関する視点がなかった。持続社会においては限られた資源を有効に利用し、社会全体の効用(機能の集まり)を最大化することが求められる。そのために、人間生活に必要な機能とそれを実現するために必要な資源の関係を、機能別に明らかにする必要がある。そうすれば、社会生活を営む上での最低限の機能と、それを実現するための最小の資源消費量を明らかにすることができる。

本研究ではその第一歩として、移動するという機能に焦点を当て、道路の形成と資源消費の関係を明らかにすることを目的とした。

2-2 手法

道路建設における資源消費を研究するにあたり、本研究では道路舗装の資源消費を対象として、道路舗装に使われる主な資源であるアスファルト、セメント、骨材のストック量を推計した。

(1) 用いた統計資料

本研究では道路建設資源の消費量を推計するために以下の統計資料を用いた。

- ・ 道路統計年報（2007～2009）¹⁾
- ・ 高速道路便覧（1992）
- ・ 平成17年度道路交通センサス調査結果

1) 道路統計年報

道路統計調査とは、国土交通省によって行われる日本で唯一の道路（道路法第3条に定める、高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市長村道）に関する調査である。この調査は社会状況に対応した道路整備計画等の立案、策定及び道路施設の管理等、今後の道路行政に資するための基礎資料を得ることを目的として実施されている。同調査は、「道路施設現況調査」と「道路事業費等調査」の2つから構成されている。道路施設現況調査は、全国における道路の現況を明らかにし、道路整備計画の立案、策定及び道路施設の管理に関する基礎資料を得ることを目的として市町村単位を対象に行われている。調査対象とする道路は、道路法第3条に定める道路である高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市長村道であり、毎年4月1日時点の、道路管理者が調査を行っている。調査管理者とは都道府県や政令指定都市、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、日本道路公団等である。

道路事業費等調査は、各年度における道路投資等を体系的にとりまとめることにより道路に関する唯一の統計資料として作成し、かつ、今後の道路整備計画の立案、策定等の基礎資料に資することを目的としている。道路事業費（一般道路事業、都市計画街路事業、有料道路事業、道路災害復旧事業、失業対策事業、その他事業Ⅰ・Ⅱ）、道路（街路）に関する収入及び車税、歳出総額等、道路事業量（一般道路事業）、道路事業量（都市計画街路事業）、雪寒地域道路事業費、交通安全施設等整備事業費、道路事業費（沿道整備資金貸付金、道路開発資金貸付金、街路事業資金収益回収特別貸付金）について調査しており、各年度において対象事業を実施した道路管理者（都道府県、政令指定市、北海道開発局、沖縄総合事務局、各地方整備局、日本道路公団など）が調査を行う。

2) 高速道路便覧

高速道路便覧は、整備の推移、高速道路の仕組みや、利用実態、採算関係、料金関係、予算と財源、防災・震災対策、環境対策など高速道路行政についてまとめられた資料である。監修、建設省道路局。

3) 平成17年度道路交通センサスについて

国土交通省は道路交通センサスにおいて、全国の道路と道路利用の実態を捉えて将来の道路整備の方向を明らかにすることを目的とし、全国の道路状況、交通量、旅行速度、自動車運行の出発地・目的地、運行目的等の調査を行っている。

道路の計画立案のためには、道路及び道路利用の現況調査をはじめとし、各種の調査を実施する必要がある。このため、道路交通センサスでは（全国道路・街路交通情勢調査）などの各種項目を5年毎に調査している。

調査内容は、交通量・旅行速度などの実測を行う「一般交通量調査」、アンケート調査等により地域間の自動車の動きを把握する「自動車起終点調査」の2つから構成されている。

一般交通量調査は、高速道路、一般国道、都道府県道、一部の指定市の一般市道を対象としており、道路の幅員やその幅員構成、交差点、バス停、歩道の設置状況、整備状況を調査する「道路状況調査」と、平日及び休日における自動車（4車種）、二輪車、歩行者の交通量を1時間毎に計測する「交通量調査」、朝または夕方のピーク時における実走行により区間の旅行速度を自動車を実走して計測する「旅行速度調査」の3つの調査を行っている。また、このうち「交通量調査」と「旅行速度調査」については、平日は全箇所を対象に1日ずつ調査を行うが、休日は全箇所を対象とせず、休日交通量が卓越した区間を道路管理者が選定し、調査を行う。

自動車起終点調査は、一部の県境等を横切る道路で自動車を道路脇に停車してもらい、聞き取り方式により出発地・目的地等の運行状況を把握する「路上路側OD調査」、フェリー乗船時に聞き取り方式により出発地・目的地等の運行状況を把握する「フェリーOD調査」、自動車の使用者、所有者の中から無作為に選定された人を対象とし、アンケート方式で車の1日の動きを調査して、自家用乗用車の世帯単位での保有状況・利用状況、貨物車の荷物の積載状況（品目、重量）について把握する「オーナーインタビューOD調査」の3つの調査を行っている。

（2）道路建設資源消費量の推計手法

本研究では、道路の形成と資源消費の関係を明らかにすることを目的とした。解析に用いた道路の設計、ストック量、消費量の推計方法を示す。

1) 道路の設計

道路舗装の体積を推計するために、道路の実延長、平均幅員、舗装厚を道路種別（高速道路、一般国道、都道府県道、市町村道）、舗装種別（コンクリート系、アスファルト系）に設定を行った。

① 路延長

道路延長は、道路統計年報¹⁾に記載されている実延長を用いた。実延長とは、総延長（道路法に基づき指定又は認定された路線の全延長）から重用延長（重複している区間）、未供用延長（供用開始の告示がなされていない区間）及び渡船延長（海上、河川、湖沼部分で渡船施設がある区間）を除いたものである。道路統計年報(2008)から表2-2-1に示すデ

ータを取得した。

表 7-2-1 道路統計から取得した項目

項目	対象	項目対象合計
道路種別	全道路, 高速道路, 一般国道, 都道府県道, 市町村道	4
舗装種別	総実延長, 舗装済延長(簡易舗装含む), 舗装済延長(簡易舗装除く), 未舗装延長	4

簡易舗装の実延長は、式(1)によって算出した。

各道路種の簡易舗装延長[km]

=各道路種の舗装済延長(簡易舗装含む)[km]

-各道路種の舗装済延長(簡易舗装除く)[km] … 式(1)

道路実延長の推移を図 7-2-1 に、舗装済道(簡易舗装除く)実延長の推移を図 7-2-2 に、式(1)から算出した簡易舗装道実延長の推移を図 7-2-3 に示す。

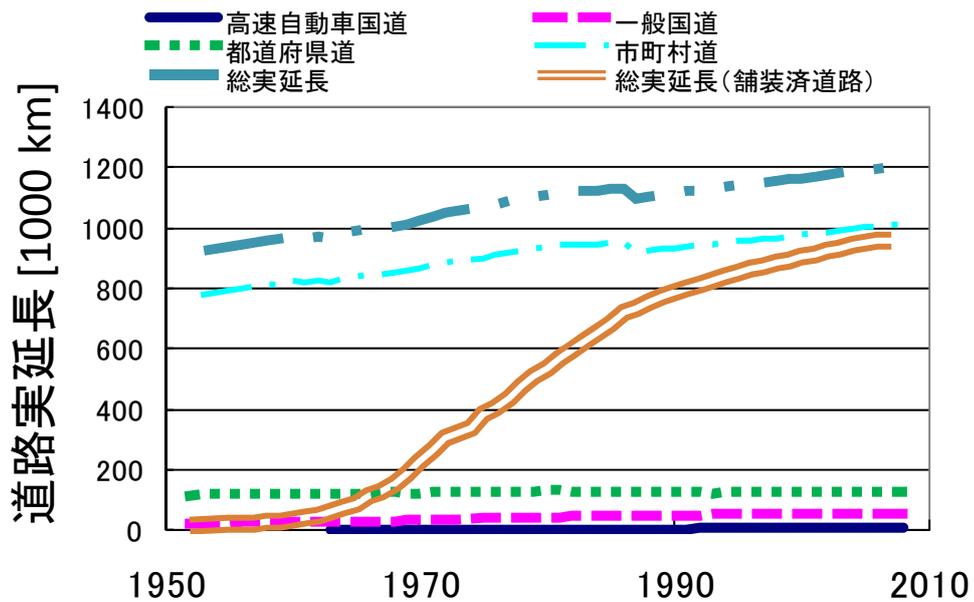


図 7-2-1 道路実延長の推移¹⁾

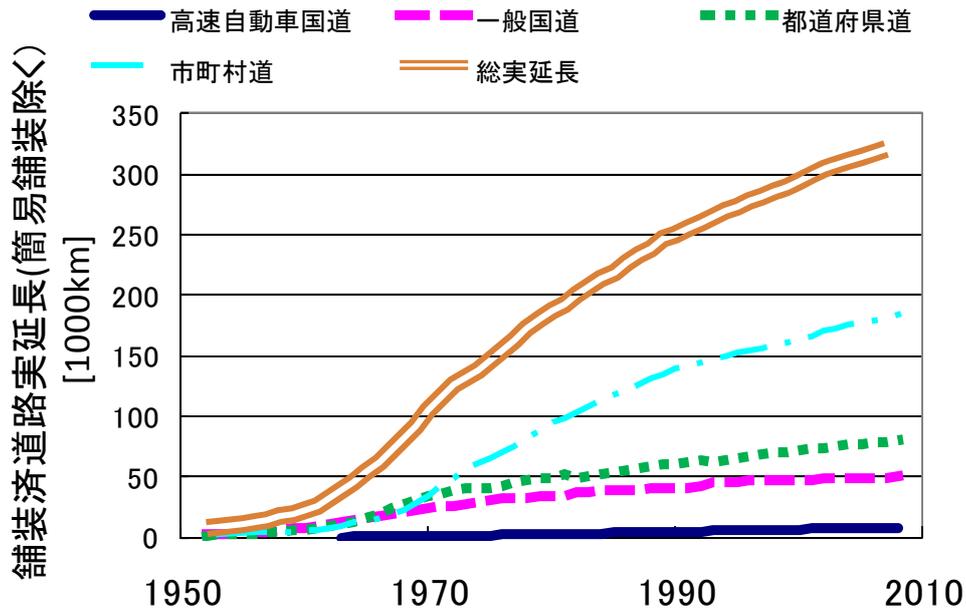


図 7-2-2 舗装済道（簡易舗装除く）実延長の推移¹⁾.

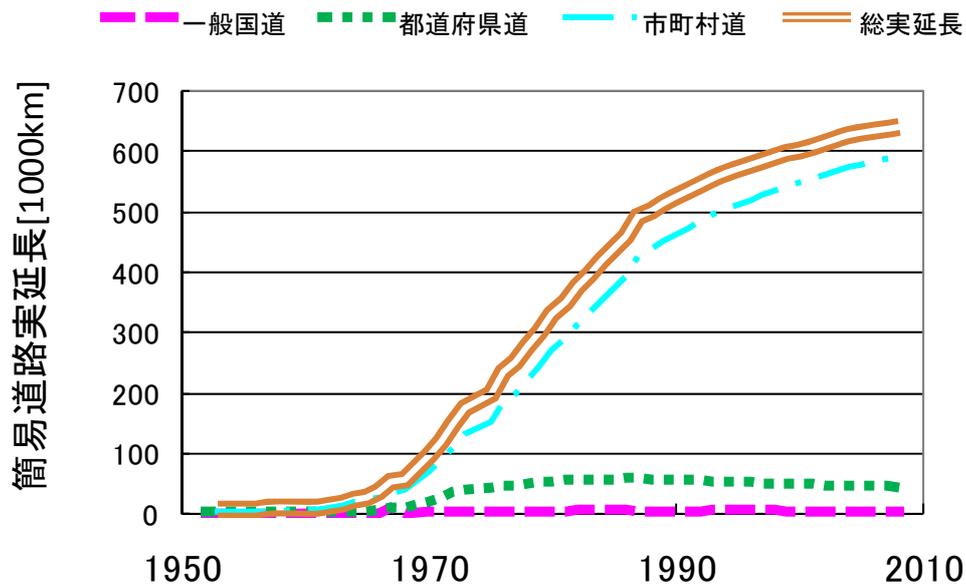


図 7-2-3 簡易舗装道実延長の推移

道路交通センサスを行った平成 17 年度(2005)における道路種ごとのコンクリート舗装道路，アスファルト舗装道路，簡易舗装道路，未舗装道路の実延長を道路統計年報(2008)から取得した。各道路種ごとの路面別の実延長を表 7-2-2，図 7-2-4 に示す。

表 7-2-2 道路種別路面別の実延長

[単位：km]

道路種別	実延長					
		舗装道			簡易舗装	未舗装道
			コンクリート系	アスファルト系		
高速自動車国道	7383	7383	451	6932	0	0
一般国道	54265	48900	2086	46814	4979	386
都道府県道	129139	77216	1739	75477	46874	5049
市町村道	1002185	177513	50848	126665	579542	245130

道路種別実延長（2008年度）[1000 km]

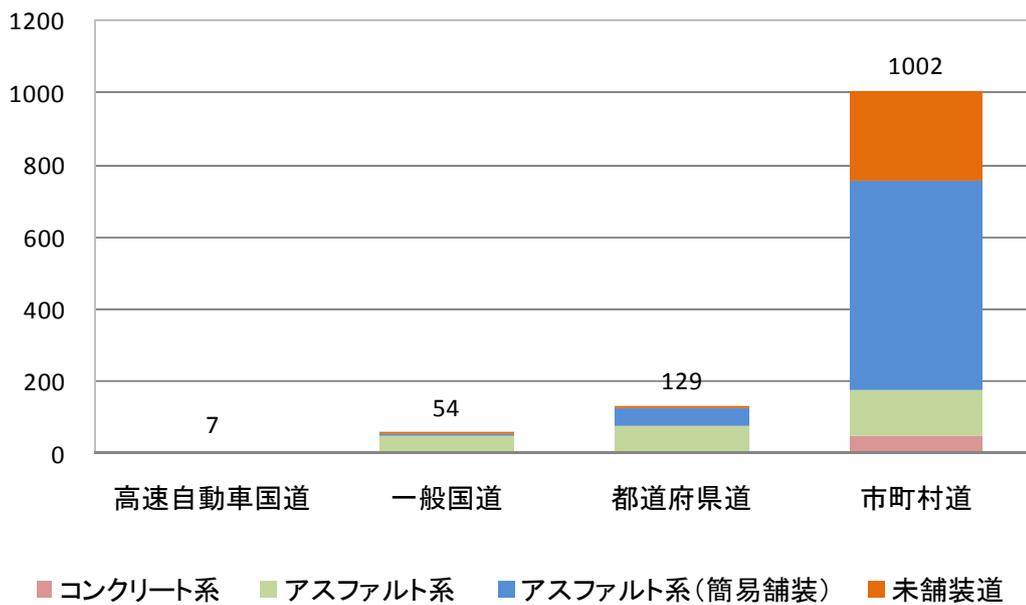


図 7-2-4 道路種別実延長 (2005)¹⁾

表 7-2-2 を基に、道路種別の簡易舗装を除く舗装済道路延長にコンクリート系舗装とアスファルト系舗装の実延長と割合を算出し、表 7-2-3 に示した。

表 7-2-3 道路種別，簡易舗装を除く舗装済道路における
コンクリート系舗装とアスファルト系舗装の実延長と割合

[単位：km]

道路種別	舗装済道路	舗装系	
		コンクリート系	アスファルト系
高速自動車国道	7383	451	6932
(舗装道における割合[%])	100	6.1	93.9
一般国道	48900	2086	46814
	100	4.3	95.7
都道府県道	77216	1739	75477
	100	2.3	97.7
市町村道	177513	50848	126665
	100	28.6	71.4

表 7-2-3 を基に，各道路種ごとの舗装済道路実延長から，それぞれのコンクリート系舗装道路とアスファルト系舗装道路の実延長を算出し，図 7-2-5，図 7-2-6 に示した。

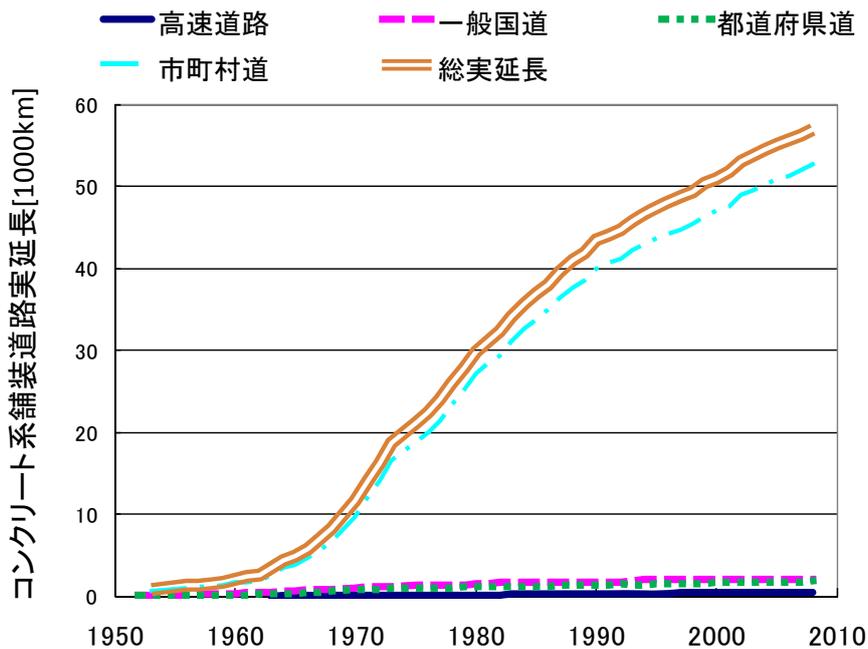


図 7-2-5 道路種別コンクリート系舗装道実延長の推移

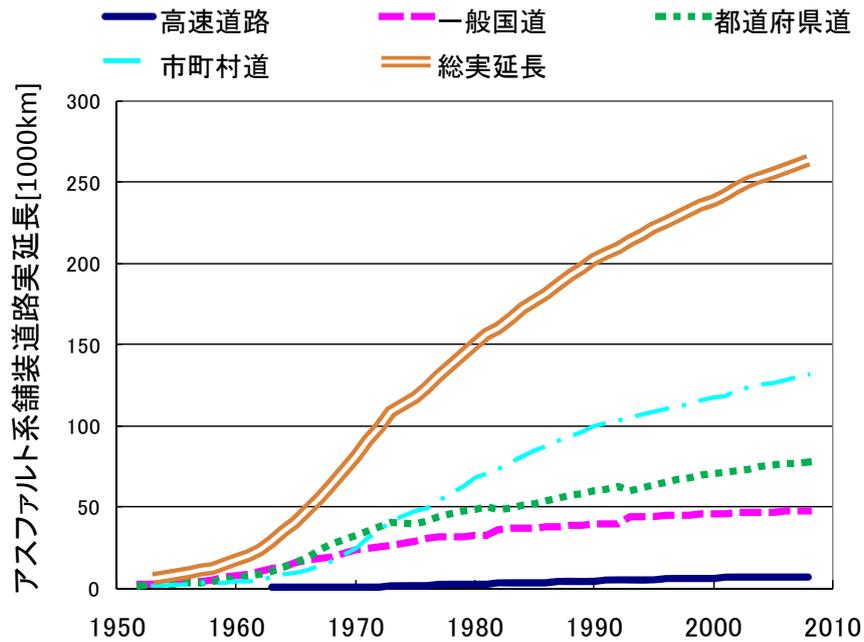


図 7-2-6 道路種別系アスファルト舗装道実延長の推移

②道路幅員

道路種ごとに道路幅員を設定した。高速道路は、高速道路便覧に記載された 1991 年の高速道路 23 路線 130 区間から平均幅員を算出した。一般国道、都道府県道、市町村道は、道路統計年報 2009 年から 2008 年の道路部平均幅員を使用した。道路種ごとの平均幅員を表 7-2-4 に示す。

表 7-2-4 道路平均幅員

道路種	高速道路	一般国道	都道府県道	市町村道
平均幅員 [m]	24.0	13.0	10.5	5.2

③道路舗装厚

コンクリート舗装におけるコンクリート版の厚さと、アスファルト舗装におけるアスファルト混合物の表層と基層を加えた厚さは、一般には設計交通量の区分によって決められる²⁾。

交通量とは、道路のある地点を、単位時間あたりに通過する自動車・自転車・歩行者などの数のことである。平成 17 年度道路交通センサスの道路交通の現況(平成 17 年度)⁴⁾から取得した平均交通量を表 7-2-5 に示す。

表 7-2-5 道路交通の現況（平成 17 年度）

	道 路 内 訳			
	合 計	高速道路計	一般国道計	地方道計
調 査 延 長 (km)	190,608 (100.0)	8,054 (4.2)	54,236 (28.5)	128,318 (67.3)
平 均 交 通 量 台/12h	6,088	19,935	9,049	3,919
昼 夜 率	1.35	1.45	1.35	1.32
大 型 車 混 入 率 (%)	16.3	26.8	17.0	12.2

昼夜率とは、12時間交通量に対する24時間交通量の割合であり、式(2)のようになる。

$$\begin{aligned} & \{ \text{昼夜率 (7:00~翌朝7:00)} \} \\ & = \{ \text{12時間交通量 (7:00~19:00)} \} \div \{ \text{24時間交通量 (7:00~翌7:00)} \} \\ & \dots \text{式(2)} \end{aligned}$$

コンクリート舗装におけるコンクリート版の厚さと、アスファルト舗装におけるアスファルト混合物の表層と基層を加えた厚さは、一般には大型車の交通量区分によって決められる²⁾。1日の一方向当たりの大型車の交通量によって区分され、表7-2-6に示すようにL~Dに区分される。

表 7-2-6 設計交通量区分^{2) 6)}

区分	大型車交通量[台/日・方向]の範囲
L交通	100未満
A交通	100以上 250未満
B交通	250以上 1000未満
C交通	1000以上 3000未満
D交通	3000以上

表7-2-6、式(2)を基に、道路種ごとに大型車平均交通量の推計を行った。算出式を式(3)に示す。

$$\begin{aligned} & \text{大型車平均交通量[台/日・方向]} \\ & = \text{平均交通量[台/12時間]} \times \text{昼夜率} \times \text{大型車混入率[\%]} \div 100 \\ & \dots \text{式(3)} \end{aligned}$$

式(3)、表7-2-6を基に算出した道路種ごとの一日当たりの大型車交通量を表7-2-7に示す。

表 7-2-7 道路種ごとの大型車交通量、設計交通量区分

	道 路 内 訳		
	高速道路計	一般国道計	地方道計
大 型 車 交 通 量 [台/24h]	7735	2080	633
設 計 交 通 量 区 分	D交通	C交通	B交通

算出した道路種ごとの設計交通量区分を基に、各舗装の厚さの推計を行った。設計交通区分ごとに決められるコンクリート舗装におけるコンクリート版の厚さと、アスファルト舗装における

アスファルト混合物の表層と基層を加えた厚さを、表7-2-8、表7-2-9に示す。

表7-2-8 コンクリート舗装：コンクリート版の厚さ^{2) 6)}

設計交通量区分	コンクリート版の厚さ [cm]
L交通	15
A交通	20
B交通	25
C交通	28
D交通	30

表7-2-9 アスファルト舗装：表層と基層の最小厚さ^{2) 6)}

設計交通量区分	表層と基層を加えた厚さ [cm]
L, A交通	5
B交通	10
C交通	15
D交通	20

簡易舗装の表層の厚さは、一律3[cm]とした。

表7-2-8、表7-2-9を基に道路種別・舗装種別の舗装厚の推計結果を表7-2-10に示す。

表7-2-10 道路種別・舗装種別の舗装厚

		高速道路	一般国道	地方道
アスファルト舗装 (表層+基層)の厚	[cm]	20	15	10
コンクリート舗装厚 コンクリート版の厚	[cm]	30	28	25
簡易舗装 表層の厚さ	[cm]	-	3	3

2) 舗装体積

推計した各道路種別・舗装種別道路の実延長、平均幅員、舗装厚を基に、各道路種別にコンクリート舗装体積、アスファルト舗装体積を推計した。算出式を式(4)に示す。

$$V = A \times W \times T \quad \dots \text{式(4)}$$

V：道路体積 [m³]

A：道路実延長[m]

W：道路平均幅員[m]

T：道路舗装厚[m]

以上の計算を基に、各道路種別にコンクリート舗装体積、アスファルト舗装体積を推計した。算出結果を図7-2-7、図7-2-8に示す。アスファルト舗装体積は、簡易舗装と高級アスファルト舗装の合計を全アスファルト舗装の体積とした。

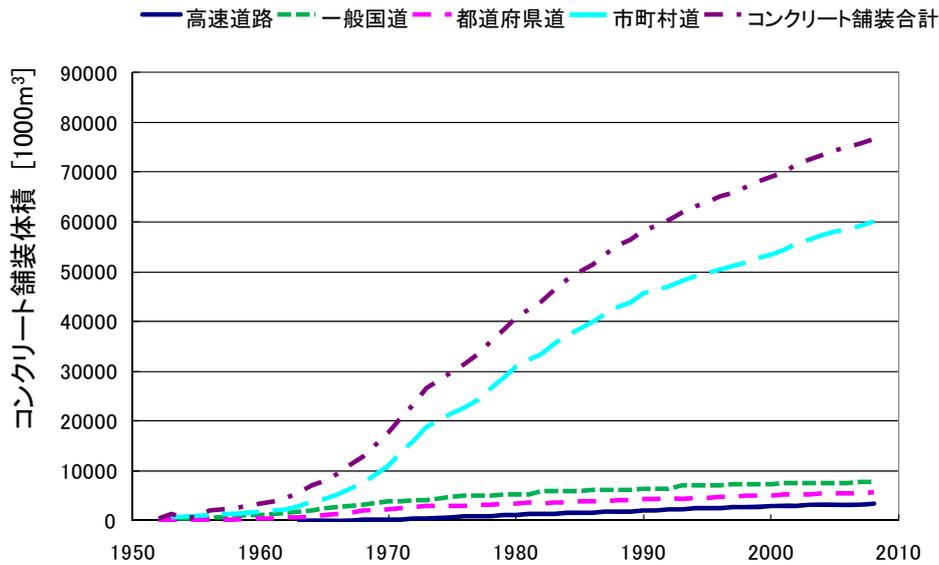


図7-2-7 コンクリート舗装体積

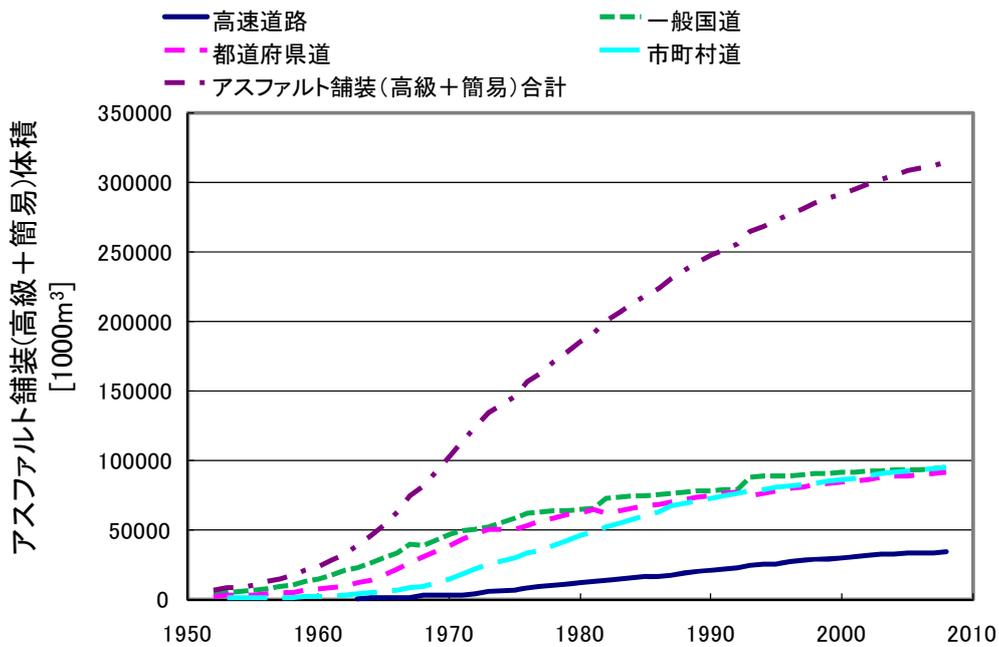


図7-2-8 アスファルト舗装（高級+簡易）体積

3) 舗装ストック量

推計した体積から、各舗装材料の配合を基に、舗装道路建設に使用されたセメント量、アスファルト量、骨材量を道路種別、舗装種別に推計した。コンクリート舗装1[m³]当たりのセメント量と骨材量を表7-2-11に²⁾、アスファルト舗装1[m³]当たりのアスファルト密度、アスファルト重量百分率、骨材密度、骨材重量百分率を表7-2-12に示した⁶⁾。

表 7-2-11 コンクリート舗装単位量^{2) 6)}

コンクリート舗装 1 [m ³]当たりのセメント量 [t/m ³]	0.315
細骨材量 [t/m ³]	0.703
粗骨材量 [t/m ³]	1.246

表 7-2-12 アスファルト舗装単位量^{2) 6)}

アスファルト舗装 1 [m ³]当たりのアスファルト重量百分率 [%]	5.34
アスファルト密度 [t/m ³]	2.35
骨材重量百分率 [%]	94.0
骨材密度 [t/m ³]	2.14

セメントストック量，アスファルトストック量，骨材ストック量の算出式を以下に示す。

$$C_e = V \times C \quad \dots \text{式(5)}$$

$$A_s = V \times \frac{P_{As}}{100} \times D_{As} \quad \dots \text{式(6)}$$

C_e : セメントストック量[t] C : 単位セメント量[t/m³] A_s : アスファルトストック量[t]

P_{As} : アスファルト重量百分率[%] D_{As} : アスファルト密度[t/m³]

$$A_{g_{Ce}} = V \times (S + G) \quad \dots \text{式(7)}$$

$$A_{g_{As}} = V \times \frac{P_{Ag}}{100} \times d_{ag} \quad \dots \text{式(8)}$$

$A_{g_{Ce}}$: コンクリート舗装中の骨材量[t] S : 単位細骨材量[t/m³]

G : 単位粗骨材量[t/m³]

$A_{g_{As}}$: アスファルト舗装中の骨材量[t]

P_{Ag} : 骨材重量百分率[%]

D_{Ag} : 骨材密度[t/m³]

以上の結果を基に道路種別，舗装種別にセメントストック量，アスファルトストック量，骨材ストック量を算出した。算出結果を図 7-2-9，図 7-2-10 に示した。

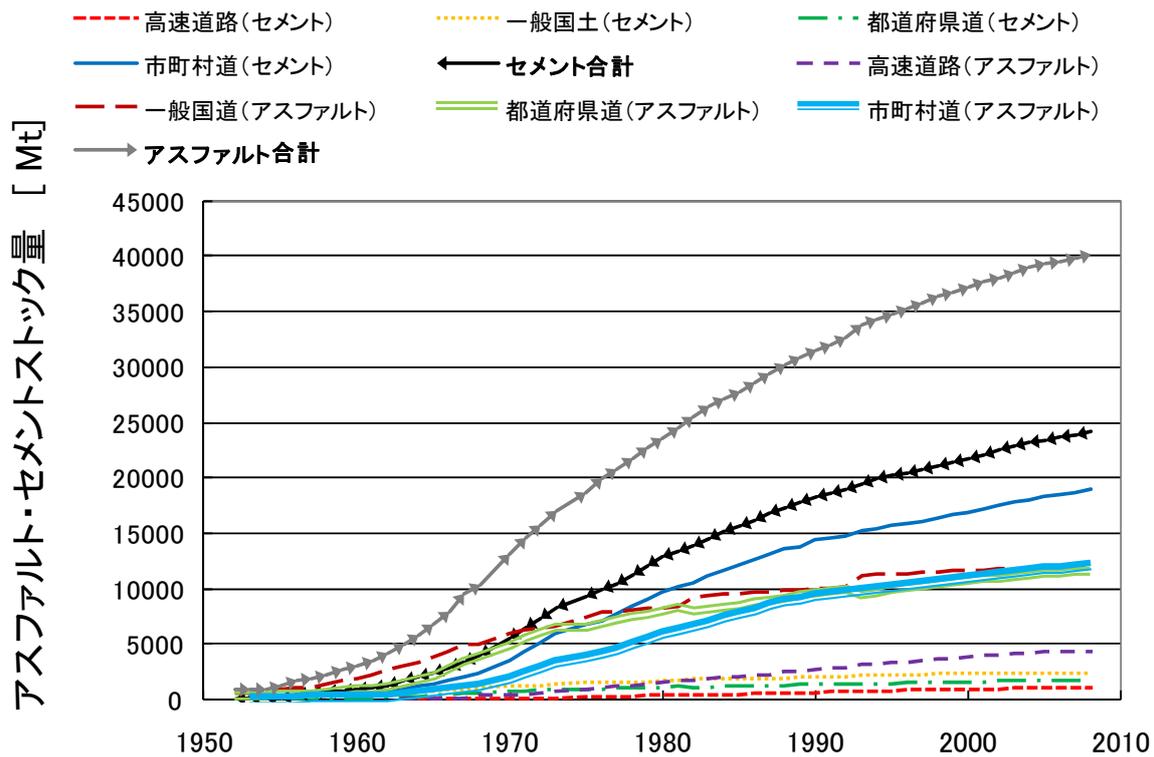


図 7-2-9 道路種別セメント・アスファルトストック量

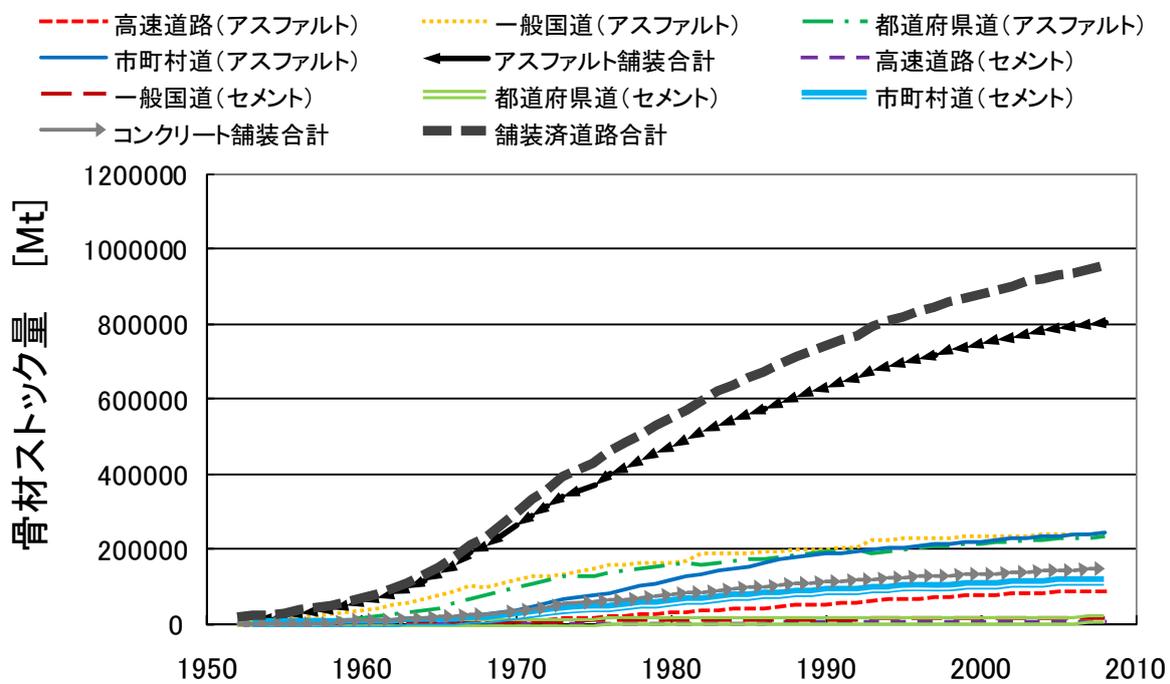


図 7-2-10 道路種別骨材ストック量

4) 年間資源消費量

年間の舗装道路の道路実延長増加量を基に年間資源消費量を推計した。算出式を式(9)に示す。

$$V_i = A \times W \times T \quad \dots \text{式(9)}$$

V_i : n 年度道路体積増加量 [m^3]

A_n : n 年度道路実延長 [m]

A_{n-1} : (n-1)年度道路実延長 [m]

W: 道路平均幅員[m]

T: 道路舗装厚[m]

式(9)から算出した1年間に増加した道路延長(前年度との道路延長差)を基に年間資源消費量を算出した。算出結果を図7-2-11に示す。

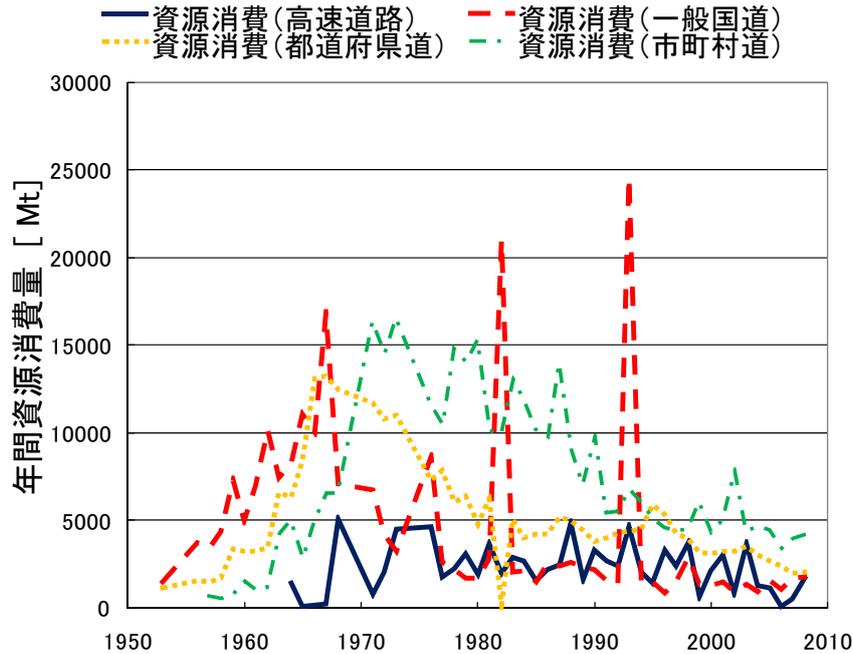


図7-2-11 年間資源消費量

7-3 結果・考察

図7-2-1によると1960年代から舗装済道路延長が伸び始めたことがわかる。これは、1964年の東京オリンピック開催を契機に、日本の交通網整備に多額の建設投資が行われたためである。その後の伸びは高度経済成長期(1955-1973)、安定成長期(1973-1991)による。

図7-2-3より道路距離は市町村道が圧倒的に長く、図7-2-4によると市町村道の多くはアスファルトによる簡易舗装の道路であることがわかる。しかしながら、図7-2-9より市町村道のストック量はそれほど多くないことがわかる。これは、道路延長の最も長い市町村道には簡易舗装が多いこと、幅員が短いためである。道路の実延長の長いことが、そのまま資源消費量の多いことにつながるわけではなく、舗装種・道路種ごとに幅員や、舗装厚が異なるため、道路実延長の増加量当たりの資源消費量は変化するためである。また、図7-2-10よりアスファルト、アスファルト舗装骨材のストックが多いことがわかる。これは、近年迅速な交通網整備を行うため、アスファルト舗装の割合が多くなっているからである。これに対して、1950年代後半までは、アスファルト舗装とコンクリート舗装の比がだいたい50:50~40:60であっ

た。アスファルト舗装は初期コストが比較的安く、施工後、すぐに通行することも可能であり、走行時の騒音が低い舗装である。それに対して、コンクリート舗装は施工後養生期間が約2週間であり、アスファルトに比べ初期コスト高めである⁵⁾。コンクリート舗装はトンネル内や交通量の多い交差点等の強度を要する場所に絞って用いられる。

国土面積に対する舗装道路の割合を国際比較する方法に、国土面積あたりの舗装道路延長や道路密度で比較する方法がある^{10) 11)}。算出式を式(10)に、各国の算出結果を表7-3-1に示す。

舗装道路延長 / 国土面積 [km/km²]

$$= (\text{全道路延長}[\text{km}] \times \text{舗装率}[\%] \div 100) \div \text{国土面積}[\text{km}^2]$$

$$= (\text{全道路延長}[\text{km}] \div \text{国土面積}[\text{km}^2]) \times \text{舗装率}[\%] \div 100$$

$$= \text{道路密度}[\text{km}/\text{km}^2] \times \text{舗装率}[\%] \div 100$$

…式(10)

表7-3-1から日本の道路網は他の国と比べると多いことがわかる⁶⁾。つまり、日本の道路網は飽和に近付いており、そのため、図7-2-1より資源の年間消費量も少なくなっている。各国が日本並みの道路網を整備をすれば、世界的に原油や骨材が不足することも考えられる。

表7-3-1 各国の道路密度と国土面積あたりの舗装道路延長^{10) 11)}

国名	全国道路延長	舗装道延長	舗装率 [%]	国土面積 [km ²]	道路密度 [km/km ²]	舗装道延長 / 国土面積 [km/km ²]
	合計 [km]	合計 [km]				
(ヨーロッパ)						
オーストリア	133,718	133,718	100.0	83,860	1.59	1.59
デンマーク	71,847	71,847	100.0	43,090	1.67	1.67
フランス	891,290	891,290	100.0	551,500	1.62	1.62
ドイツ	231,581	231,581	100.0	357,030	0.65	0.65
イギリス	619,398	619,398	100.0	242,910	2.55	2.55
イタリア	479,688	479,688	100.0	301,340	1.59	1.59
オランダ	116,500	104,850	90.0	41,530	2.81	2.52
スウェーデン	424,981	132,339	31.14	449,960	0.94	0.29
スイス	71,220			41,290	1.72	
(アフリカ)						
エジプト	64,000	49,984	78.1	1,001,500	0.06	0.05
エチオピア	33,856	4,367	12.9	1,104,300	0.03	0.00
ケニア	63,941.5	7,737	12.1	580,370	0.11	0.01
南アフリカ	362,099	73,506	20.3	1,219,100	0.30	0.06
(アメリカ)						
ボリビア	60,762.4	4,314	7.1	1,098,600	0.06	0.00
ブラジル	1,724,929	94,871	5.5	8,514,900	0.20	0.01
カナダ	1,408,900			9,970,600	0.14	
メキシコ	349,038	116,928	33.5	1,958,200	0.18	0.06
アメリカ合衆国	6,378,154	3,750,355	58.8	9,629,100	0.66	0.39
(アジア及び中近東)						
中国	1,809,829	1,438,633	79.49	9,598,100	0.19	0.15
インド	3,851,440	2,411,001	62.6	3,287,300	1.17	0.73
インドネシア	368,360	213,649	58.0	1,904,600	0.19	0.11
日本	1,187,638	933,483	78.6	377,880	3.14	2.47
韓国	97,252	74,641	76.75	99,260	0.98	0.75
サウジアラビア	152,044	45,461	29.9	2,149,700	0.07	0.02
タイ	57,403	56,542	98.5	513,120	0.11	0.11
オセアニア						
オーストラリア	811,601			7,741,200	0.10	
ニュージーランド	92,662.1	59,109	63.79	270,530	0.34	0.22

7-4 まとめ

本研究によって道路建設に係る資源消費量を明らかにすることができた。アスファルト舗装は石油精製過程で製造されるアスファルトを材料としており、アスファルトは道路以外の需要が少ないことから、石油資源の利用先としては大変有効である。今後はこれまでのような大規模な道路建設は少なくなり、道路網の維持が主流となり、道路建設に関しては以前ほどの資源消費は必要なくなるであろう。日本においては道路に関して持続可能な社会に近づいたといえるが、他国が今後道路整備をする過程において道路建設に係る資源消費は増加し続けるであろう。今後、我が国での石油精製から発生するアスファルトを消費するためにも道路整備が盛んな国との連携が必要となるであろう。

参考文献

- 1). 国土交通省道路局企画課:道路統計年報(2007-2009), 全国道路利用者会議 (2010)
- 2). 多田 宏行ら:道路工学, オーム社、(1998)
- 3). 全国高速自動車国道建設協議会:高速道路便覧, 全国高速自動車国道建設協議会、(1992)
- 4). 国土交通省交通局:道路交通の現況, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/data/104.xls> (2005)
- 5). 舗装技術専門委員会報告, 既存コンクリート舗装のライフサイクルコスト調査結果報告書 <http://www.jcassoc.or.jp/cement/ljpn/jk1.html> (2009)
- 6). 近藤 茂夫ら:道路建設講座 6 道路舗装の施工, (1971)
- 7). Helga Weis, Fridolin Krausmann, Christof Amann, Nina Eisenmenger, Karl-Heinz Erb, Klaus Hubacek, Marina Fischer-Kowalski: The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption, *Ecological Economics* 58 ,676– 698 (2006)
- 8). Amit Kapur, Gregory Keoleian, Alissa Kendall, and Stephen E. Kesler: Dynamic Modeling of In-Use Cement Stocks in the United States *Journal of Industrial Ecology*, 12(4), 539–556 (2008)
- 9). 牧田和也, 天野耕二, 宮崎元紀: セメント産業を中心とした舗装道路建設に伴うライフサイクルCO₂排出量評価, 平成9年度土木学会全国大会年次学術講演会 (1997)
- 10). 社団法人 日本道路協会: 世界の道路統計, http://www.road.or.jp/dl/pdf/stat_2004.pdf (2004)
- 11). 国土交通調査室: 路舗装率の国際比較等について, <http://www.murai.tv/nesage/7a.pdf> (2008)