

地球環境インパクトと周辺アメニティを考慮した道路構造代替案の評価手法に関する研究

Evaluation Method for Alternative Road Structure Types considering Global Environmental Impacts and Space Amenity

林 良嗣*, 京谷孝史**, 加藤博和*, 中島義人*

Yoshitsugu HAYASHI*, Takashi KYOYA**, Hirokazu KATO*, and Yoshito NAKAJIMA*

ABSTRACT; The construction and improvement of roads result in benefits and some side effects on the environment as well. Example of such effects are noise, air pollution, Green House Effect and so on. Among them, Green House Effect is considered to be the most serious one. The aim of this research is to estimate and compare the influence of the type of road structure, for example, bridge style and open-section tunnels, on the global environment (CO_2), local environment (noise, NO_2) and space value (land value).

KEYWORDS; road structure, environmental impacts, life cycle analysis, hedonic approach

1 研究の目的

道路の整備は、交通混雑を緩和し移動時間を短縮するだけでなく、都市構造の変化、地域経済の活性化などの様々な波及効果を生み出す。その一方で、周辺環境や広域的な環境を悪化させるという側面をあわせもつ。

交通インフラの評価に関する既往の研究では、整備による効果を把握することに重点が置かれてきた。また、ここ十数年で周辺環境への影響の評価に関する研究も進み、一部の自治体では大規模な開発に対して、環境アセスメントを義務づける条例が施行されるようになった。しかし

最近では、地球環境問題の顕在化やアメニティ意識の高まりにより、従来の環境影響評価手法にこれらの観点も加えた新たな手法の開発が必要となってきた。

そこで本研究では、周辺環境への影響だけでなく、地球環境インパクト、周辺アメニティへの影響にまで評価の範囲を拡げ、さらに、道路のライフサイクルを考慮に入れた道路構造代替案（掘削／高架）の評価を行う。

2 評価の視点

(1) 地球環境インパクトと周辺アメニティ の定量的評価

図2.1に示すように、道路整備は、大気汚染、騒音、振動などの沿道環境を悪化させるだけでなく、景観、日照、コミュニティなどの周辺アメニティにも影響を及ぼす。また、排気ガスは都市全体の大気汚染濃度を高め、さらには酸性雨、地球温暖化などの地球規模の環境に影響を及ぼす。一方、建設資材の製造・輸送に伴い、地域的に離れたところでも環境負荷が発生している。

このため、本研究では、インフラの環境影響としては従来研究されてきたいわゆる沿道環境汚染だけでなく、周辺アメニティや地球環境まで枠を拡げて評価を行う。

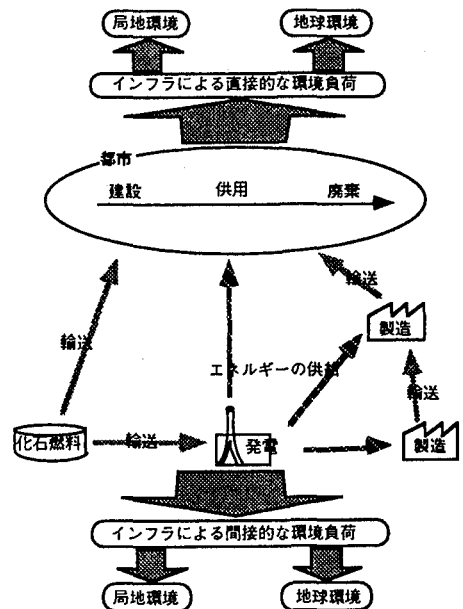


図2.1 インフラから発生する環境負荷

* 名古屋大学工学部地圏環境工学専攻 Department of Geotechnical and Environmental Engineering, Nagoya University

** 東北大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Tohoku University

(2) ライフサイクルを通じて発生する環境負荷の評価

道路インフラは非常に長い期間にわたって存在するので、その評価の時間的スケールとしては存在期間全体を考慮する必要がある。インフラ整備代替案の経済的評価手法として一般的に用いられる費用便益分析でも、この視点で考慮されている。環境インパクト評価手法のうちでこれに対応するものが「ライフサイクル・アナリシス」である。ライフサイクル・アナリシスにより、道路インフラが建設・供用・廃棄というライフサイクルの中で発生させる環境負荷を定量化できる。さらに、工程ごと、材料ごとの環境負荷を明確にすることで、環境負荷を考慮した設計・施工法を可能にする。

道路インフラのライフサイクルを通じてのCO₂の発生原因を図2.2に示す。

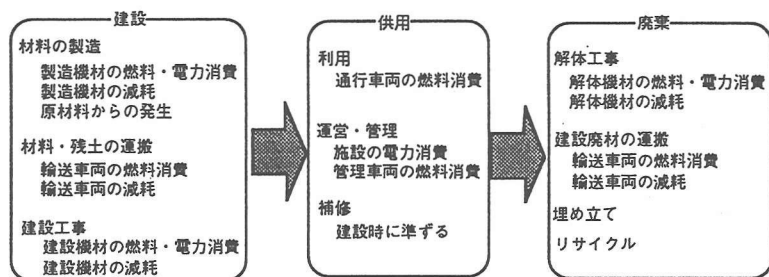


図2.2 ライフサイクルを通じてのCO₂発生

3 環境インパクトと周辺アメニティを考慮した道路構造の評価手法

本研究では、沿道環境に加え、地球環境や周辺アメニティまで範囲を拡大し、高架／掘割の各道路構造についての、ライフサイクルを通して起こる環境影響の違いを明らかにする。

同一機能の掘割構造と高架構造の区間を持つ、名古屋環状2号線をケーススタディとして、道路構造代替案の評価を行う。標準断面図を図3.1に示す。

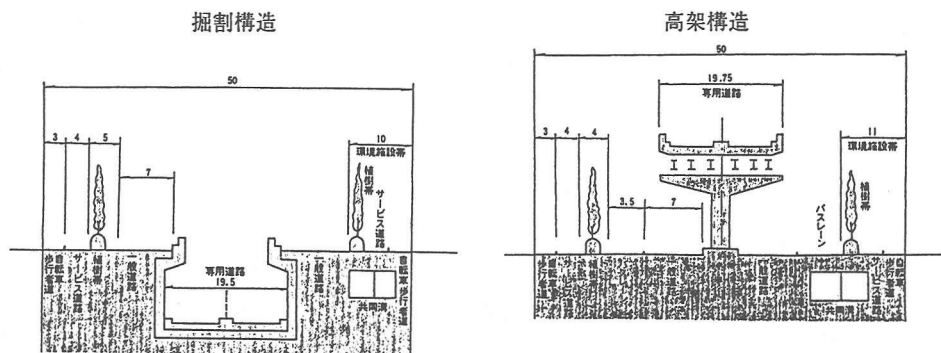


図3.1 標準断面図

以下に、道路構造を評価する際、ライフサイクルごとに何を評価すべきかを示す。

(1) 建設時

周辺環境への影響としては、建設時の騒音や振動、ほこり等が考えられるが、一般的に被害を被る期間が短いこと、被害者と加害者が明白であることから評価は行わない。CO₂発生量に関しては道路構造により資材やエネルギーの投入量が大きく異なるため評価を行う。4.1節の(1)では、詳細な施工データの存在する名阪国道をケーススタディとして、材料の製造に伴い発生するCO₂と工事に伴い発生するCO₂の比率を推計する。さらに4.1節の(2)において、名古屋環状2号線をケーススタディとして道路構造によるCO₂発生量の比較を行う。

(2) 供用時

交通容量、設定速度、車線幅といった道路としての機能が決定している場合には、交通量は等しく、エネルギー消費やCO₂発生量の総量に差はないので、構造によるCO₂発生量の比較はできない。しかし、道路利用に伴うCO₂発

生量の推計は、建設に伴うものと利用に伴うもののいずれに対してより留意すべきかを知る上で極めて有用であるため、4.1節の(3)において推計を行う。

また、管理運営に伴う地球環境への影響に関しては、掘割構造では昼間の照明が必要でないこと、換気扇の必要がないことから、高架構造との差はほとんどないと考えられるため、構造による比較は行わない。道路利用に伴うCO₂発生量の推計と同様に、管理運営に伴うCO₂発生量と建設に伴うCO₂発生量を比較すべきであるが、データの入手が困難なため推計は行わない。

道路周辺アメニティの比較を行うために、4.2節において、大阪市内の阪神高速道路をケーススタディとして、ヘドニック・アプローチを用いて総合的な周辺アメニティの評価を行う。

さらに、4.3節では、名古屋環状2号線をケーススタディとして沿道におけるNO₂濃度および騒音レベルの予測を行うことにより、周辺環境への影響を比較する。

(3) 廃棄

自動車専用道路が廃棄された事例のデータがなく、構造による物理的耐用年数の差異が明らかにされていないため、本研究では評価は行わない。

以上のことから、建設時に発生するCO₂の総量と、供用時の周辺空間での土地資産価値、NO₂濃度および騒音レベルについて比較評価を行う。

4 道路構造の比較分析

4.1 CO₂発生量の評価

(1) 道路建設に伴うCO₂排出量の推計

CO₂発生量は、建設資材の使用量、建設機械の燃料消費量・電力消費量にCO₂排出原単位^{1) 2)}（製品が完成するまでに発生するCO₂を産業連関分析により推計したもの；表4.1）を乗ずることにより推計を行うため、詳細なデータが必要となる。そこで比較的詳細なデータが存在する事例として名阪国道の前期工事³⁾についてCO₂発生量を推計する。

名阪国道は中京と阪神の両都市圏を結ぶ準高速道路的な機能を持った一般国道として昭和38年4月に着工し、40年12月に供用が開始された。今回の調査対象とする亀山～上野間前期工事の42kmは上下各1車線で、道路構造は盛土または切土であり、橋梁総延長が2.1km、トンネル総延長が1.6kmである。図4.1に推計結果を示す。

名阪国道の工事に伴うCO₂発生量は、材料の製造によるCO₂発生量が85%と大部分を占める。コンクリートはセメントの製造時に大量のCO₂が発生するため、総量に占める割合が非常に大きくなっている。このことから、道路整備によるCO₂発生量の評価に際して、材料の製造時のCO₂発生量を推計することが極めて重要であると言える。

(2) 道路構造によるCO₂発生量の比較

名古屋環状2号線の掘割区間および高架区間について、データの存在するコンクリート、鉄鋼（鉄筋を含む）の製造過程で発生する道路建設延長1km当たりのCO₂発生量を比較した。

名古屋環状2号線は名古屋都市圏の主要幹線道路の1つであり、道路構成は、一般道路部（一般国道302号線）と自動車専用道路部（東名阪自動車道）よりなる。

本研究で対象としたのは、平成5年11月に供用が開始

表 4.1 CO₂排出原単位

発生源	CO ₂ 排出原単位	単位
コンクリート	230.10	kg/m ³
鉄鋼	1286.40	kg/t
砂利・採石	6.40	kg/t
碎石	7.82	kg/t
揮発油	2.424	kg/l
軽油	2.713	kg/l
電力(1970年)	0.6391	kg/kWh

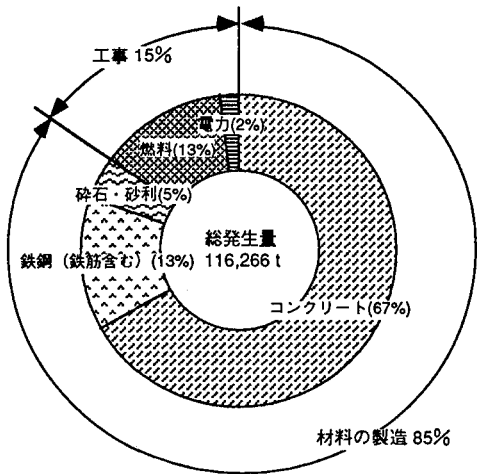


図 4.1 名阪国道建設に伴うCO₂発生量

された東名阪自動車道名古屋I.C.～勝川（東）I.C.のうち、掘割構造の区間である上社I.C.～庄内川橋の5.8kmと、高架構造の区間である庄内川橋～勝川（東）I.C.の2.9kmの区間である。

CO₂発生量の推計結果を図4.2に示す。主要材料の製造時に限ると、掘割構造では高架構造の1.8倍のCO₂が発生している。更に工事によるCO₂発生を考えた場合、掘割構造では掘削土が大量に出ることや、工期が長いことにより、この差はさらに開くものと考えられる。

(3) 道路を利用する車両によるCO₂発生量の比較

道路を利用する車両の燃料消費に伴うCO₂発生量を試算し、建設材料の製造に伴うCO₂発生量が、それと比較してどの程度の大きさであるかを明らかにする。

日交通量に関しては参考文献4)の2000年における予測値（専用道路60,100台、一般道路35,300台）を、時間交通量率および車種混入率は、県道名古屋長久手線の昭和55年8月6日～7日の交通量調査（建設省観測）の結果を、走行速度は、専用道路は規制速度に基づいて60km/hに設定し、一般道路は都市部を走行する車両の一般的な平均速度である20km/hに設定した場合、年間に1kmの区間において発生するCO₂の量は10,751tとなる。

このことから建設材料の製造に伴うCO₂発生量は、掘割構造では道路利用によるCO₂発生量の4.9年分、高架構造では2.7年分に相当し、その差は2.2年分となる。工事現場からのCO₂発生量を含めれば、約3年分のCO₂発生量の差と推定される。推計結果から、建設に伴うCO₂発生量は、長期間の供用を考慮すれば、道路利用に伴い発生するCO₂と比較してそれほど大きくないことが分かる。

4.2 周辺アメニティの評価

(1) 評価手法 — ヘドニック・アプローチ —

道路の高架構造と地下／掘割構造との違いによる周辺地域への影響には大気汚染・騒音といった周辺環境に関するものの他に、景観や地域分断といったものがある。そこでこれらの総合的な周辺アメニティを、ヘドニック・アプローチを用いた土地資産価値の推定により定量的に明らかにする。ヘドニック・アプローチとは、インフラ整備による便益のうち環境質の向上などの市場が存在しない便益を総合的に評価する手法であり、地価関数を用いて便益を貨幣タームで表すことができる。

ここでは、地価関数の説明変数として、「高架ダミー」（その土地が高架道路の近傍にある場合は1、そうでない場合は0）を導入することにより、道路構造の違いによる周辺アメニティへの影響を評価する。

(2) 地価関数の推定

分析の対象として、都市高速道路網が充実しており、建設から時間が十分経過しているためその影響が地価に反映されている大阪市を選定した。

被説明変数として平成6年の住宅地の公示地価P（千円）を用いる^{5) 6)}。データ総数は228地点で、このうち阪神高速道路（高架部分）から200m以内の地点は23地点である。

地価関数は片対数型の線形関数を採用し、

$$\log_{10} P = \alpha_0 + \sum_{i=1}^7 \alpha_i x_i$$

とした。表4.2に重相関係数および各変数の偏回帰係数、t値を示す。

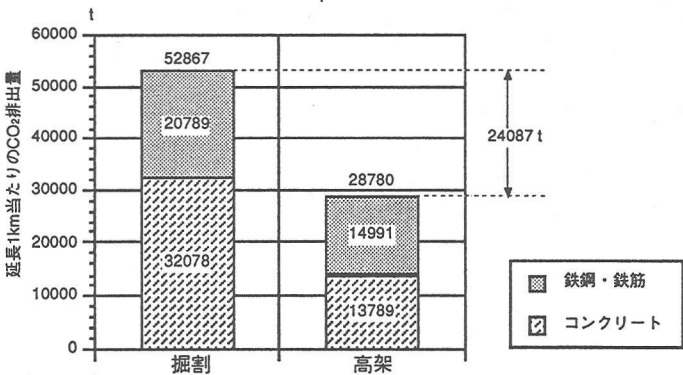


図4.2 建設材料製造に伴うCO₂発生量の道路構造による比較

表4.2 地価関数の推定結果

説明変数 (単位)	変数名	偏回帰係数	t 値
	定数項	2.782	105.345
x ₁ (km)	梅田までの距離	-0.01575	-7.272
x ₂ (km)	難波までの距離	-0.02155	-7.595
x ₃ (km)	最寄駅までの距離	-0.06669	-5.993
x ₄ (m ²)	地積	0.0003095	3.492
x ₅ (m)	接面道路幅員	0.01220	4.357
x ₆ (ダミー)	住居専用地域	0.05586	3.993
x ₇ (ダミー)	高架道路	-0.03714	-1.983

重相関係数：0.712

ここで、住居専用地域ダミー x_6 は第1種もしくは第2種住居専用地域に指定されている場合を1とし、指定されていない場合を0とする。また、高架道路ダミー x_7 は、高架道路から200m以内の地点を1、それ以外の地点を0とする。

パラメータ推定の結果、高架道路ダミーは有意となり、その値は負になった。したがって、高架道路の存在が周辺空間価値を低下させていることが示された。

(3) 道路構造による周辺土地資産価値の比較

推定された地価関数の高架道路ダミーを用いて、高速道路が高架構造である場合と地下／掘割構造である場合との、周辺地域の土地資産価値の比較を行うことが可能である。

そこで、以下の2つの場合について土地資産価値を比較する。

a) 地下／掘割構造により高速道路の影響が全く周辺に及ばないと仮定した場合

b) 高架構造により両側200m以内の区域に影響が及ぶと仮定した場合

大阪市の標準地228地点の平均地価が45.0万円/㎡であること、および名古屋市の住宅地率が27.5%であることを参考として、地下／掘割構造にした場合の住宅地の地価を45.0万円/㎡、仮想的に設定した区域の住宅地率を30%と仮定する。

地価関数の高架道路ダミーのパラメータ推定結果から、高架構造を採用した場合、地価は41.3万円/㎡となり、8.2%低下する。この値は、図4.3に示すように道路延長1km当たり44.3億円の低下に相当する。

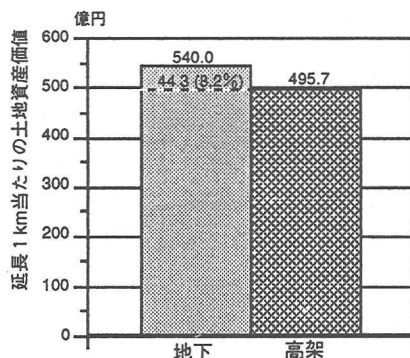


図4.3 道路構造による土地資産価値の比較
(道路から200m以内の区域)

4.3 周辺環境への影響評価

名古屋環状2号線をケーススタディとして、道路周辺空間でのNO₂濃度と騒音レベルを、掘割構造と高架構造について比較を行った。

(1) NO₂濃度の予測

環境影響評価において一般的に用いられているバフモデルを用い、道路敷の官民境界から水平方向に100m、鉛直方向に40mまでの範囲についてNO₂濃度を推定する。交通条件として4.1節(3)で設定した値を用いる。

バフモデルによって求められた予測点におけるNO_x濃度をNO₂濃度へ変換し、名古屋市の昭和63年度における一般環境大気測定局の年平均値0.025ppmをバックグラウンド濃度として日平均値と加え合わせ、経験式から日平均値の年間98%値(1年間に測定された日平均値を濃度の低い順に並べたときに98%(358番目)に相当する濃度)へ変換する。これはNO₂の環境基準が、日平均値の年間98%値で評価するように定められているのに合わせるためである。以上の手法は参考文献7)に準拠している。結果を図4.4に示す。

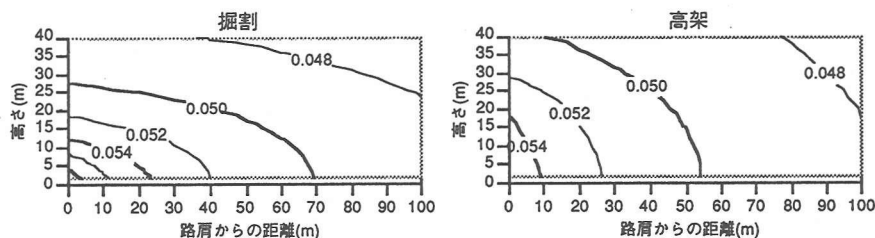


図4.4 NO₂濃度(ppm)の日平均値の年間98%値の比較

掘割構造の場合、専用道路の排ガスは一般道路とほぼ同じ高さにある開口部から外部へ排出され、一般道路からの排出と加算されるため、路肩付近のNO₂濃度は高架より高くなる。これに対し高架構造の場合は排出源が高い位置にあるため、上空での濃度が高くなる傾向がある。掘割構造では環境基準である0.06ppmにかなり近い値となっている。

(2) 騒音レベルの予測

騒音レベルの推定手法には環境影響評価において一般的に用いられている日本音響学会式⁷⁾を用いる。日交通量および車種混入率は、NO₂濃度の評価と同じ値を用い、走行速度は、専用道路・一般道路それぞれの規制速度である60km/hに設定した。時間交通量から、最も環境基準の達成が難しい時間を、朝、昼間、夕、夜間の4時間帯から選び比較した。予測結果を図4.5に示す(図中の太線は環境基準)。沿道的环境基準は表4.3に示す。

予測結果から、掘割構造の方が2～3dB(A)程度騒音レベルが低いことがわかる。3dB(A)の差は、走行速度一定のままで交通量が2倍になったときの騒音レベルの差に相当する。また、音の伝わり方は、掘割の方が上空を大きく迂回している。

以上のことから騒音に関しては掘割構造の方がかなり優れた構造であることがわかる。

表4.3 沿道における騒音に関わる環境基準

時間帯	時間	環境基準(dB(A))
昼間	8:00～19:00	60
朝・夕	6:00～8:00, 19:00～22:00	55
夜間	22:00～6:00	50

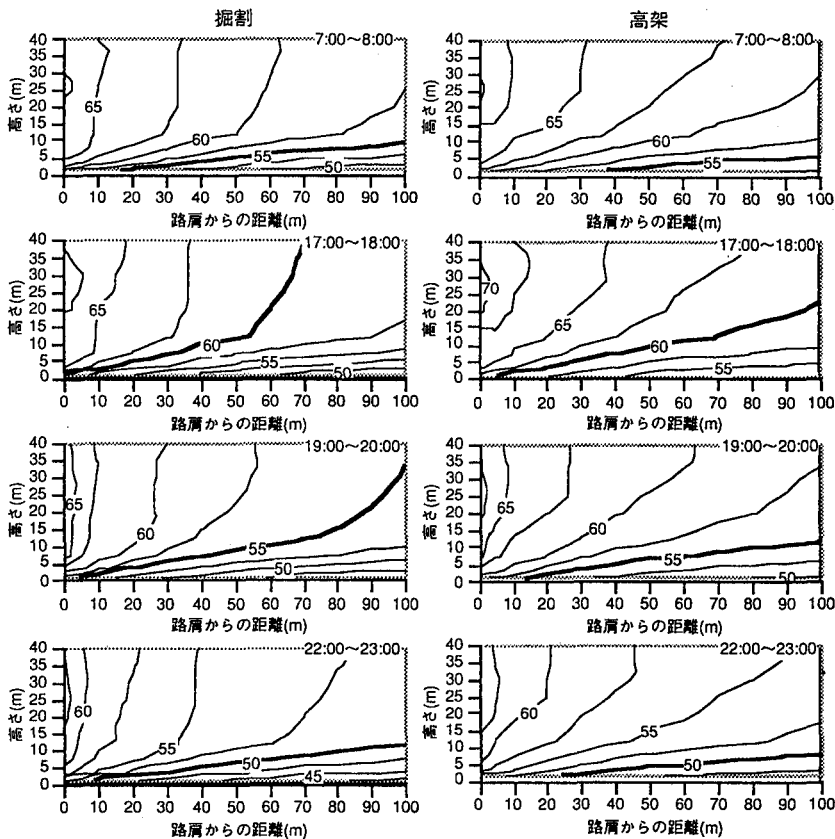


図4.5 騒音レベルの比較(単位: dB(A))

5 まとめ

本研究では、道路インフラの1) 周辺環境(NO₂濃度、騒音)、2) 周辺アメニティ(土地資産価値)、3) 地球環境インパクト(CO₂発生量)、4) ライフサイクル、の4つの視点から道路構造代替案(高架、掘割/地下)の違いによる評価を行った。

本研究により得られた知見は以下のようにまとめられる。

1) 周辺環境(NO₂濃度、騒音)

供用時には、NO₂濃度は掘割の方が路肩における濃度が若干高くなるのに対し、騒音レベルは掘割の方が優れた

構造であることが示された。

2) 周辺アメニティ（土地資産価値）

ヘドニック・アプローチにより周辺空間の総合的なアメニティを土地資産価値で評価した。その結果、高架道路の存在によって土地資産価値が約8.2%減少することが示された。

3) 地球環境インパクト（CO₂発生量）

道路建設に伴うCO₂発生量は、材料の製造過程で発生するものが大半であることが示された。また、建設時のCO₂発生量は、掘削の方が約1.8倍大きいことが示された。

4) ライフサイクル（CO₂発生量）

建設時に伴うCO₂発生量を、道路利用に伴うCO₂発生量に換算すると掘削では4.9年分、高架では2.7年分となることが示された。

以上により、建設時には掘削の方が投入されるエネルギー・資材が多いため地球環境へのインパクトが大きくなる一方、供用時には掘削の方が大部分が地下に埋められているため、騒音・景観・日照など周辺空間のアメニティの面で有利であるという、環境面でのトレード・オフ関係が明らかにされた。

今後の課題としては、以下のことが挙げられる。

1) インパクトの列挙と定量化

本研究では、維持管理に伴う地球環境へのインパクトについてはデータ入手が困難なことから評価を行っていない。今後、道路整備に伴って時間的・空間的に発生する様々な環境影響を列挙し、定量化する必要がある。

2) 同一プロジェクトをケーススタディとした評価

本研究では、名古屋環状2号線をメインに道路構造の評価を行ったが、工事に伴うCO₂発生量の推計と、周辺アメニティの評価に関しては、データの制約から他の道路での評価を行った。今後は同一プロジェクトについて、その計画段階から適用できる評価手法の開発が望まれる。

3) 各種環境インパクトの総合化手法の開発

本研究では、周辺環境、周辺アメニティ、地球環境インパクトをそれぞれ個別に評価しているが、実際に道路構造代替案の選択を行うためには、これらの指標の総合化が必要である。例えば各種環境インパクトを金額換算し、社会的費用として評価することが考えられる。そのためには、各種環境インパクトによる影響の予測と、それに伴う被害額および対策費用を明らかにする必要がある。

謝辞

本研究は、文部省科学研究費重点領域研究「人間－地球系」（代表：安井至・東京大学教授）の研究補助金による成果の一部である。このことを付記し、謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 外岡豊：素材消費が誘発するCO₂排出とその対策
- 2) 石福昭、伊香賀俊治：ライフサイクルCO₂による建物の評価、建築設備士、1993.3、pp.14-23
- 3) 建設省中部地方建設局：名阪国道工事誌、1971
- 4) 建設省中部地方建設局：一般国道302号線（名古屋環状2号線、高速名古屋環状2号線）環境影響評価報告書、1981
- 5) 国土庁土地鑑定委員会：地価公示 平成6年、大蔵省印刷局、1994
- 6) 地価公示研究会：平成6年 地価公示要覧一近畿・中国・四国・九州一、住宅新報社、1994
- 7) 名古屋市公害対策局：自動車公害ハンドブック、1990