

◆ 道路環境特集 ◆

工事中の環境影響評価手法

朝倉義博* 村松敏光** 持丸修一*** 新田恭士****

1. まえがき

閣議決定に基づく現行のアセスメントに代わり、平成9年6月の環境影響評価法が施行される平成11年6月から工事の騒音・振動・大気質(標準項目として粉じん等、標準外項目として二酸化窒素(以下、NO₂という)、浮遊粒子状物質(以下、SPMという))の環境アセスメントが新たに実施される。

工事に関する環境アセスメントは、従来一部の事業で実施されていたが、標準的な調査・予測・評価手法が無いため、必ずしも十分とは言えないものもあった。このため、今回新たに環境アセスメントを実施するための手法を定めた「環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等に関する省令」(平成10年6月公布)に対応する手法を地方建設局および公団等で調査されたデータを基に調査研究した。

本報告は、標準的な調査・予測・評価手法等の技術的事項をマニュアルとして整理作成する上で課題となった工事の騒音、振動、粉じん等、NO₂、SPMの定量的な予測・評価を行うための予測式と評価基準等の基本事項について道路事業を例として紹介するものである。

2. 工事における環境影響評価

工事による環境影響に対して騒音規制法・振動規制法がある。これによれば、工事が一過性である、建設工事の場所等に代替性がない、工事の行為自体が地域住民の利益に密接に結びつく等の理由から生活環境に及ぼす影響の観点で整理されている。今回の工事の環境アセスメントにおいても、これらの点を踏まえ、工事の環境影響が一過性であることを念頭に置き、騒音、振動、大気質が生活環境へ及ぼす影響について予測・評価することとした。

3. 環境アセスメントの流れ

工事の環境アセスメントの流れを図-1に示す。

環境アセスメントは、工事計画の概要等を表す事業特性と気象等の地域の条件を表す地域特性を調査・整理することから始まる。この整理結果から環境要素(騒音等)と影響要因(建設機械の稼働、資材及び機械の運搬に用いる車両(以下、工事用車両という)の運行)の組合せからなる環境影響評価項目を選定し、次に選定された各項目ごとに調査・予測・評価の手法の選定、調査・予測の実施、環境保全措置の検討、評価の実施を行う。評価で好ましい予測結果が得られない場合には、環境保全措置の検討を行い、再び予測・評価を繰り返すことにより環境影響を低減する。このため、環境影響を定量的に把握する必要があり、定量的な予測手法と評価基準を提案した。

4. アセスメントにおける工事計画

工事における環境影響の予測を行うには、騒音・振動・大気汚染の発生源とその規模、位置の特定が必要となる。しかし、アセスメント実施段階では地質データ等が不十分で、詳細な工事計画は策定できない。そこで、実効ある予測に必要な工種などの設定を可能にするため、図-2に示す構造区分と概ねの位置、延長及び工事施工ヤード、工事用道路等の設置が想定される位置を設定することとした。ここで、構造区分とは道路の本線工事を工事の基本単位である土工、トンネル、橋梁・高

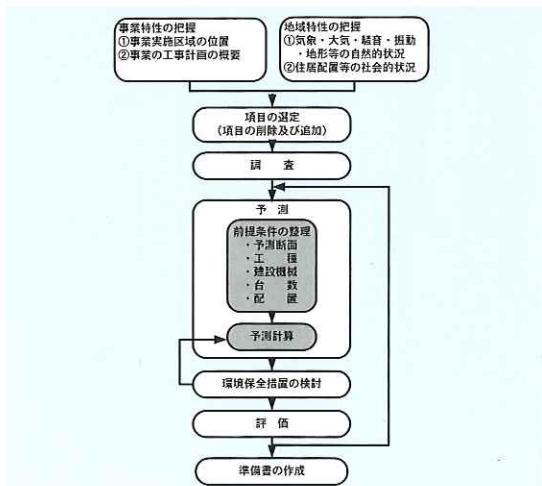


図-1 工事の環境アセスメントの流れ

架に分けて設定するものである。

5. 予測手法

5.1 予測の前提条件の設定

前述の構造区分から予測を行うため、以下のような前提条件を設定する。

① 予測断面の設定

計画路線上で工事を行うことから、計画路線上に沿って工事内容が同じであれば周辺の環境影響は同じと考えられる。このため、各構造区分ごとに代表となる予測断面を設定し、敷地の境界線上で予測を行う。なお、予測断面は、建設機械の稼働が想定される位置、住居等の保全対象の位置、工事内容等を考慮して設定し、断面には施工に必要な建設機械が移動する道路の横断方向の範囲(工事計画幅)、及び予測地点となる敷地の境界線を示す。構造区分の土工における予測断面の設定例を図-3に示す。

② 工種の設定

道路工事の積算体系によれば、各構造区分の工事は表-1に示すような工種の組合せで行われる。よって、構造区分ごとに施工条件、工事の流れ等の工事内容と住居等の保全対象等の地域特性を考慮し、工事に用いられる工種を設定する。

③ 建設機械の設定

一般に建設作業は、複数の建設機械の稼働により

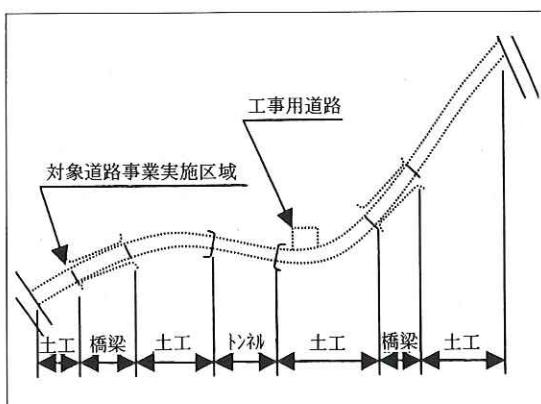


図-2 事業実施区域の構造区分例

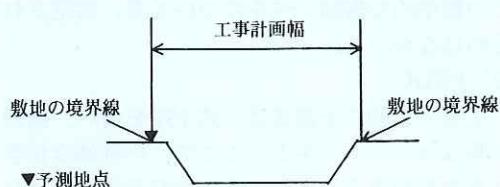


図-3 土工の予測断面の設定例

表-1 構造区分ごとの工種の想定例

構造区分	土工	橋梁・高架	トンネル
工種	道路土工	橋台・橋脚工	掘削支保覆工
	地盤改良工	橋梁架設工	舗装工
	法面工	舗装工	
	擁壁・カルバート工	構造物撤去工	
	舗装工		
	構造物撤去工		

行われる。このため、工事の環境影響の予測は、前述の設定した工種ごとに各環境要素の影響を考慮し、予測対象となるユニットおよびその数を設定する。

④ 建設機械の配置の設定

上記で設定されたユニットについて移動する施工範囲と位置を決めることがある。この際、各環境要素ごとに評価時間と評価指標が異なることから、これを考慮して設定する必要がある。

5.2 騒音の予測

(1) 従来の予測式の課題

工事の騒音は、発生の形態や時間的変動特性が作業により大きく異なり、特に発生源については複雑なメカニズムを有している。このため、従来の工事騒音の予測式は、騒音規制法の評価指標である時間率騒音レベル { 騒音レベルの変動特性に応じ、騒音レベルの最大値の平均値 (L_{Amax}) もしくは騒音レベルの最大値の 90 パーセントレンジの上端値 (L_{Amax5})、騒音レベルの 90 パーセントレンジの上端値 (L_{A5}) とされている } の計算に式(1)を用いていた¹⁾。

$$L(r) = L_w - 20 \log r - 8 \quad (1)$$

ここで、

$L(r)$: 音源からの距離 r における騒音レベル (dB)

r : 音源から受音点までの距離 (m)

L_w : 騒音のパワーレベル (dB)

しかし、式(1)の騒音のパワーレベルは本来のエネルギー値ではないため、複数の建設機械の作業騒音を理論的に合成するには騒音の周波数特性ごとのレベル分布を明らかにする必要があり、合成計算は物理的に説明できないものが用いられる場合もあった。また建設作業ごとの騒音パワーレベルについても、事例が紹介された文献があるのみであった。

(2) 予測式

工事騒音の予測式は、複数の騒音を合成することが可能な(2)~(4)式を提案する。この式は、

複数の騒音の合成が可能な物理的な指標である等価騒音レベル L_{Aeq} を基本予測量として求め、次に予測地点の等価騒音レベル L_{Aeq} に対し、騒音の変動特性から求められる時間率騒音レベル $L_{A5}(L_{Amax5}, L_{Amax})$ (動特性 FAST) と等価騒音レベルとの差である変換値 ΔL を加算することにより、騒音規制法の評価指標である騒音レベルに変換できる。

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{L_{Aeqi}/10} \quad (2)$$

$$L_{Aeqi} = L_{wi} - 8 - 20 \log_{10} r_i + \Delta L_{gi} + \Delta L_{di} \quad (3)$$

$$L_{A5}(L_{Amax5}, L_{Amax}) = L_{Aeq} + \Delta L \quad (4)$$

ここで、

L_{Aeq} : 予測地点における等価騒音レベル (dB)

L_{wi} : 音源 i のパワーレベル (dB)

L_{Aeqi} : 音源 i の予測地点における等価騒音レベル (dB)

r_i : 音源 i と予測地点の距離 (m)

ΔL_{gi} : 地表面効果による補正量 (dB)

ΔL_{di} : 回折効果による補正量 (dB)

L_{A5} : 予測地点における騒音レベルの 90 パーセントレンジの上端値 (dB)

L_{Amax} : 予測地点における騒音レベルの最大値の平均値 (dB)

L_{Amax5} : 予測地点における騒音レベルの最大値の 90 パーセントレンジの上端値 (dB)

ΔL : 等価騒音レベルと $L_{A5}, L_{Amax}, L_{Amax5}$ との差 (dB)

(3) 建設機械の配置方法

工事騒音の施工範囲と建設機械の配置方法は、図-4 に示す 2 つの方法が考えられる。

① 施工位置が特定される場合

予測の対象とするユニットが定置作業でかつ施工範囲が特定される場合は、ユニットの作業が想定される位置に点音源として設定する(図-4(a))。

② 施工範囲が限定される場合

予測の対象とするユニットが移動型で位置の特定が困難な場合は、一定施工範囲内を一様に動くものとして、当該ユニットが有する騒音パワーと等しいパワーの面音源が施工範囲に一様に分布していると想定した面音源とみなす。この面音源における騒音伝搬の計算は、面音源を細分割し、分割された小領域にその面積に応じたパワーの点音源を設定し、予測地点における各点音源からの騒音について伝搬計算を行い、合成する。

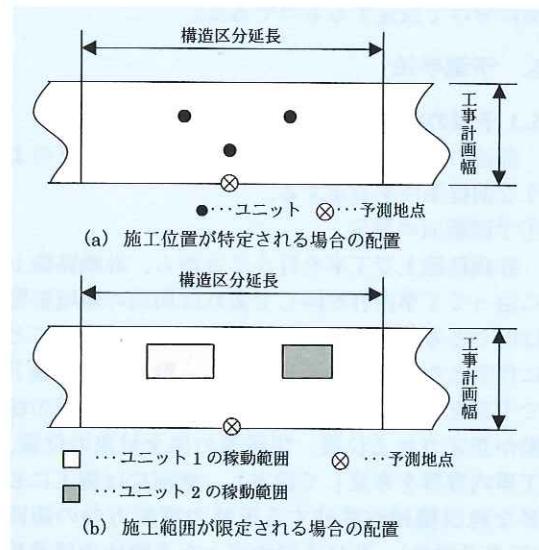


図-4 建設機械の配置方法

5.3 振動の予測

(1) 従来の予測式の課題

工事の振動は、騒音と同様に発生の形態や時間的変動特性が作業により大きく異なり、特に発生源と伝搬特性については複雑なメカニズムを有している。このため、従来の工事振動の予測式は、振動規制法の評価指標である振動レベル(振動レベルの変動特性に応じ、平均値、最大値の平均値、80 パーセントレンジ上端値 (L_{10}) 等とされている)について式(5)を用いて計算を行っていた²⁾。

$$L(r) = L(r_0) - 15 \log_{10}(r/r_0) - 8.68\alpha(r-r_0) \quad (5)$$

ここで、

$L(r)$: 予測地点における振動レベル (dB)

$L(r_0)$: 基準点における振動レベル (dB)

r : 振動発生源の稼動位置から予測点までの距離 (m)

r_0 : 振動発生源の稼動位置から基準点までの距離 (m)

α : 内部減衰係数

しかし、振動発生源の稼動位置から基準点までの距離 r_0 について標準的な値がなく建設作業ごとの標準的な振動レベルについても、設定されたものはなかった。

(2) 予測式

工事の振動の予測式は、式(5)を用い、振動発生源はユニットとする。ここで、内部減衰係数 α は複数の現場データから減衰の有意的な差が見られる固結地盤と未固結地盤に分けて設定した。ま

た、ユニットの稼動位置から基準点までの距離 r_0 は振動の発生源となる建設機械の機体の大きさおよび作業スペースを考慮した作業半径から 5m を標準として設定した。

(3) 建設機械の配置方法

工事の振動においても施工範囲と建設機械の配置は、評価指標（振動レベル L_{10} 等）を考慮し、騒音と同様の 2 つの配置方法で行う。ここで、施工範囲が限定される場合の建設機械の配置については、建設機械の作業半径および有効的な稼働スペースを考慮した最短距離を考慮し、予測地点から 5m 離れた位置に設定する（図-5）。

5.4 粉じん等の予測

(1) 従来の予測の課題

工事に係る粉じん等には、粉じん、ばいじん、および自動車及び建設機械から発生する粒子状物質がある。現在、工事の粉じん等の定量的な予測式はない。また、発生・拡散に及ぼす予測式に必要なパラメータは報告がなく、建設機械の種類及び稼働状況、粉じん等の性状（粒径分布）、気象、地形の状況等が複雑に影響すると考えられる。また、粉じん等は、発生サイド（ばいじん、粉じん）と環境サイド（浮遊粉じん、降下ばいじん）では評価対象が異なり、かつ工事の環境影響を評価する基準値も見当たらなかった。

(2) 予測式

粉じん等の環境影響は、家屋や衣類等に付着することにより不衛生な印象を与えること、粒径が大きく目でとらえることができること等の生活環境への影響を考慮し、原則として降下ばいじんを対象とする。また、予測は実効性を考慮し、季節別降下ばいじん量 ($t/km^2/月$) を予測する。

降下ばいじんの予測式は、ガス状物質の有風時の標準的な大気拡散予測式であるブルーム式を基本に、拡散減衰の実測データに基づき、降下ばいじんの降下量が風下距離のべき乗に比例する式(6)を提案した。ここで、予測のパラメータは、

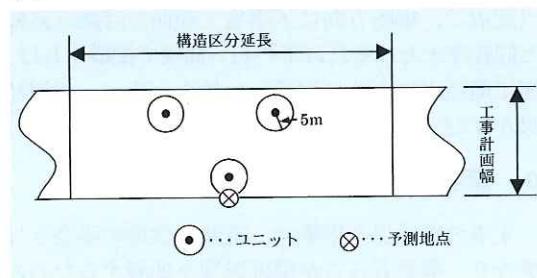


図-5 施工範囲が限定される場合の配置

前述の予測式に必要な複数のパラメータを含有した降下ばいじんの発生、距離減衰および風向・風速とした。

$$C_d(x) = a \cdot u^{-b} \cdot x^{-c} \quad (6)$$

ここで、

$C_d(x)$: (x) 地点の地上 1.5m における 1 ユニットの 1 日当たりの降下ばいじん量 ($t/km^2/日$)

a : 1 ユニットの 1 日当たりの降下ばいじんの量を表す係数

u : 平均風速 (m/s)

b : 風速の影響を表す係数 ($b = 1$)

c : 降下ばいじんの距離減衰を表す係数

x : 風向に沿った風下距離 (m)

(3) 建設機械の配置方法

粉じん等の予測は、季節別に行うため、予測の対象とするユニットが季節別の施工範囲内を一様に動くものとする。

拡散計算は、ユニットから発生する粉じん等が施工範囲内で一様に発生していると想定した面発生源とみなす。この面発生源における拡散計算は、施工範囲を風向ごとに細分割し、分割された小領域に面積に応じた発生量を当てはめ風向の出現割合を乗じ、距離減衰を加味して予測地点の濃度を算出し、合成する。発生量は、建設機械の稼働台数に降下ばいじんの量を表す係数および平均月間工事日数を乗じることにより設定する。

5.5 NO_x, SPM の予測

(1) 従来の予測式の課題

工事の NO_x, SPM は、建設機械の稼働および工事用車両の運行に伴う排出ガスを発生源とする。ガス状物質の大気拡散予測式は、一般にブルーム・パフ式が用いられている^{3),4)}。この予測式に必要なパラメータのうち、建設機械の稼働に伴い排出される NO_x, SPM の単位稼働時間当たりの量（以下「NO_x, SPM 排出係数」という）、有風時のガス拡散に関するパラメータである拡散係数、および排出源高さの設定方法はなかった。

(2) 予測式

工事の NO_x, SPM の予測は、式(7)、式(8)の大気拡散式を用いて年平均値を予測する。ここで、算出される NO_x 濃度から NO₂ 濃度を算出するには、道路の供用で用いる統計的方法 (NO_x 変換式) を用いる。

- ① [有風時 (風速 1m/s を超える場合 ; 正規型ブルーム式)]

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (7)$$

ここで、

$C(x, y, z)$: (x,y,z) 地点における NO_x, SPM 濃度 (ppm, mg/m³)

Q : NO_x, SPM 排出係数 (ml/s 又は mg/s)

u : 平均風速 (m/s)

H : 排出源高さ (m)

σ_y, σ_z : 水平 (y)、鉛直 (z) 方向の拡散幅 (m)

x : 風向に沿った風下距離 (m)

y : x 軸に直角な水平距離 (m)

z : x 軸に直角な鉛直距離 (m)

② [弱風時 (風速 1m/s 以下の場合; 簡易パフ式)]

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \cdot \alpha^2 \cdot \gamma} \left[\frac{1 - \exp(-l/t_0^2)}{2l} + \frac{1 - \exp(-m/t_0^2)}{2m} \right] \quad (8)$$

ここで、

$$l = \frac{1}{2} \left[\frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(z-H)^2}{\gamma^2} \right]$$

$$m = \frac{1}{2} \left[\frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(z+H)^2}{\gamma^2} \right]$$

t_0 : 初期拡散幅に相当する時間 (s)

α, γ : 拡散幅に関する係数

① NO_x, SPM 排出係数 (Q)

建設機械の稼動に伴い排出される NO_x, SPM 排出係数は、自動車用以外のエンジン排出ガス測定方法である ISO 8178 が定められており、モードとして建設機械の稼働を模擬した重負荷エンジン用の C1 モードがある。よって、建設機械の排出係数はこのモードで行われたシャーシダイナモ試験結果より設定した。また、ユニットごとの排出係数は、ユニットを構成する建設機械の排出係数の和とした。

② 排出源高さ (H)

排出源高さ H は、建設機械からの排出ガスの拡散中心の高さで、建設機械の排気管高さ H_0 と排出ガスの排出速度および熱量による浮力効果を含んだ排気上昇高さ ΔH の和になる^{3), 4)}。

また、工事は通常複数の建設機械で作業を行うため、建設機械ごとに排気管の高さは異なる。このため、排出源高さについては使用する建設機械の排気管マフラー位置を NO_x, SPM の排出係数で重み付けを行って算出するものとした。また、排

気上昇高さ ΔH を得るため、建設機械 (32t 排出ガス対策型ブルドーザ) を用いたトレーサガスによる拡散実験を行った結果、風速 6m/s で排気上昇高さ $\Delta H=3\text{m}$ 以上であった。

③ 水平 (y)、鉛直 (z) 方向の拡散幅 (σ_y, σ_z)

有風時のガス状物質の拡散幅は、発生源から風下に 100m 以上の十分離れた地点では距離に応じて鉛直方向と水平方向の拡散幅を Pasquill-Gifford 図を用いて設定することができる^{3), 4)}。しかし、100m 未満においては建設機械の機体、排出ガスの排出速度、走行等の拡散に及ぼす影響要因が加わるため、そのまま用いることはできない。このため、Pasquill-Gifford 図から得られた拡散幅 σ_{zp}, σ_{yp} に前述の影響要因を含んだ初期拡散幅 σ_{z0}, σ_{y0} 及び平均化時間のべき指数 r のパラメータを用いて補正を行う必要がある。他の要因からの影響のない平地における建設機械 (32t 排出ガス対策型ブルドーザ) を用いたトレーサガス (SF6) 拡散実験結果により、鉛直初期拡散幅は $\sigma_{z0}=2.9\text{m}$ (標準偏差 0.42m)、平均化時間のべき指数 $r=1/5$ が得られている。

(3) 建設機械の配置方法

NO_2, SPM の予測は、年平均値で行うため、予測の対象とするユニットは年度別の施工範囲内を一様に動くものとする。

拡散計算は、施工範囲内のユニットから発生する NO_2, SPM が施工範囲で一様に発生していると想定した面発生源とみなす。この面煙源における拡散計算は、施工範囲を風向ごとに細分割し、分割された小領域に面積に応じた発生量を当てはめ風向の出現割合を乗じ、距離減衰を加味して予測地点の濃度を算出し、合成する。点源の排出強度は、建設機械の稼働台数に排出係数及び稼働時間を乗じて算出した排出ガス量を点源の数で割ることにより設定する。

なお、点煙源の配置は、シミュレーションを実施した結果から工事施工範囲の中心の横断方向に一点配置で、縦断方向に工事施工範囲の計画道路幅と同程度またはそれ以下の短い間隔で配置すれば、施工範囲内に面状に配置した場合と比べ、予測結果が 4% 以内の誤差に収まっている。

6. 環境保全措置

工事の環境保全措置は、道路の供用の場合とは異なり、事業者自らが環境影響を低減するための措置を講じることができる。このため、事業者は

表-2 環境保全措置の例

環境要素	環境保全措置の内容
騒音	低騒音型建設機械及び低騒音工法の採用、遮音壁の設置
振動	低振動型建設機械及び低振動工法の採用
粉じん等	散水
NO ₂ , SPM	排出ガス対策型建設機械の採用

住居の配置状況、地形の状況等の地域特性を考慮し、その地域に適した環境保全措置を講じる必要がある。各環境要素ごとの代表的な環境保全措置を表-2に示す。

7. 評価手法

騒音および振動の評価は、整合を図るべき基準として騒音規制法、振動規制法の規制基準を勘案し、これらの基準を遵守するとともに、事業者が実行可能な範囲内で環境影響が回避、低減されているかといった観点から評価を行うこととする。

粉じん等の評価は、降下ばいじんに関する基準等が制定されていないことから、工事寄与の予測結果を降下ばいじんに係る参考値 [10(t/km²/月)] と比較して行う。この参考値は、工事による寄与があっても生活環境を保全する上での目安 [20(t/km²/月)] を満足できるように、この目安の値と降下ばいじんバックグラウンド濃度が比較的高い地域の値 [10(t/km²/月)]との差である。なお、「降下ばいじんのバックグラウンド濃度が比較的高い地域の値」は、全国の一般局において、平成5年度から9年度に測定された降下ばいじんの高い方から2%を除外した最も大きい値とした。

NO₂, SPM の評価は、工事寄与の予測結果を NO₂, SPM に係る参考値 (NO₂ にあっては 0.004 ppm, SPM にあっては 0.009mg/m³) と比較して行うこととした。この参考値は、年平均値の変動が横ばいと見なせる範囲⁵⁾ の値で、工事の寄与がこれと同等の場合には、工事による影響が他の

変動要因と同等(影響が小さい)と考えて設定したものである。

8.まとめ

工事に関する騒音、振動、粉じん等、NO₂, SPM の予測・評価を行うには、予測の前提条件、予測式および評価指標が重要となる。今回は、工事の構造区分(土工、橋梁・高架、トンネル)から予測を行うための発生源とその位置(配置)、および予測地点等を想定する予測の前提条件の設定方法の提案、各環境要素ごとの定量的な予測式の提案、評価指標の提案を行った。

9.あとがき

工事に関する環境アセスメントは、平成11年6月から実際の事業で実施される。今回提案した手法は、いくつかの課題は残すものの実効が期待できると考えられる。今後も現場での実測を通じた知見を集め、予測式等にフィードバックしながら、地域特性に合った予測ができるよう予測精度の向上を図っていきたい。

また、本研究の実施に当たっては、全国の直轄および公団の現場での測定への多大な協力と資料の提供をいただいた。また、検討にあたって道路環境アセスメントマニュアル検討委員会の委員の先生方のご提案、ご指導をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (社)日本建設機械化協会:建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック改訂版,pp.36-38,1987.6
- (社)日本建設機械化協会:建設作業振動対策マニュアル,pp.106-109,1994.4
- 公害研究対策センター:窒素酸化物総量規制マニュアル(改訂版),pp.176-249,1993.8
- 浮遊粒子状物質対策検討会:浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル,pp.176-251,1997.12
- 環境庁大気保全局大気規制課:平成6年版 日本の大気汚染状況,pp.42,pp.77,1995.

朝倉義博*



建設省土木研究所
材料施工部機械研究室
主任研究員
Yoshihiro ASAOKURA

村松敏光**



同 機械研究室長
Toshimitsu MURAMATSU

持丸修一***



同 機械研究室
主任研究員
Shuichi MOCHIMARU

新田恭士****



同 機械研究室研究員
Yasushi NITTA