

## ◆ 環境影響評価特集 ◆

## 建設工事に伴う粉じん等の予測・評価手法について

朝倉義博\* 村松敏光\*\*

## 1. まえがき

工事に係る粉じん等の環境アセスメントが平成11年6月から新たに実施され、これに伴い新たに環境影響を評価する手法が必要となった。筆者らは、工事環境に関する騒音規制法・振動規制法等の法令を踏まえ、工事の環境影響が一過性であることを念頭に置き、住居等への環境影響について予測・評価する手法を調査研究し、技術的事項として整理した<sup>1)</sup>。

この整理にあたり大気質の粉じん等で課題となったのは、建設工事における定量的な予測式、および生活へ直接及ぼす影響を避けるための評価基準が見あたらぬことであった。このため、全国の地方建設局および公団等の建設工事現場において種別ごとに行った粉じん等の調査結果を基に予測式を提案した。また、評価指標として降下ばいじん量を用い、工事の寄与が無視できるレベルを評価基準の参考値とし、粉じん等による環境影響をその値以下に抑えることとした。本報告は、これら予測式と評価手法の研究成果について紹介するものである。

## 2. 工事における粉じん等の環境影響の観点

粉じん等は、発生源から見た場合、発生形態より、岩石等の破碎等による飛散する粉じん、燃料等の燃焼によりエンジン等から排出されるばいじん及びその他の建設機械の稼働および工事用車両の運行に伴い排出飛散する粒子状物質などの呼称で分類される。しかし、住居などの保全対象からみた場合は大きく空気中に浮遊した浮遊粉じんと地表面に降下し堆積した降下ばいじんに分類される(図-1)。

工事の実施により発生する粉じん等の環境影響は、生活へ直接及ぼす影響を避けるための、保全対象からの観点で把握する。

## 3. 粉じん等の評価

## (1) 評価指標と評価基準の設定

粉じん等の生活へ直接及ぼす影響に関する住民の意識としては、建設機械の稼働に伴い発生す

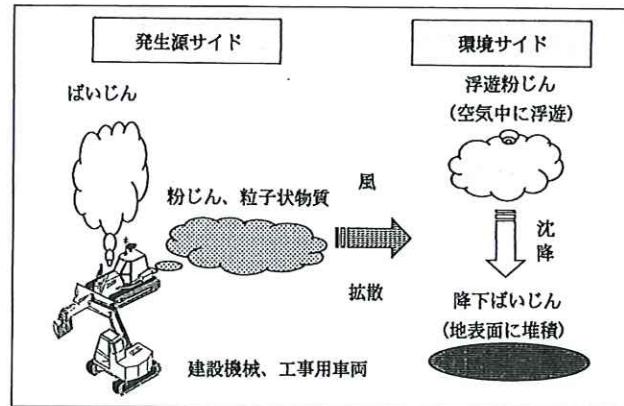


図-1 建設工事における粉じん等の発生  
る粉じん等が家屋や衣類、洗濯物等に付着することによる衛生面での問題や、視認できることなどに伴う不快感等がある。したがって降下ばいじんは、上述の衛生面の問題点の評価を行う指標として適している。また、浮遊粉じんについては、直接的に視認できることによる不快感がある。これらについて、工事中の環境影響の評価が可能な基準を既存資料について調査したところ、法令等については基準値は見あたらず、工事以外の粉じん等の評価基準として表-1に示す生活環境の評価の参考値がみられた。このため、工事についてはこれら参考値を目安として、環境影響を評価することとした。

この評価の参考値を踏まえて、平成10年度に実工事で測定された浮遊粉じん濃度の1時間値の結果を図-2に示す。また、同地点で測定された浮遊粉じん濃度と降下ばいじんの関係を図-3に示す。これより、一般工事の実施による浮遊粉じん寄与濃度は、評価の参考値( $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ )を大きく下回ることが確認された。また、降下ばいじん量と浮遊粉じん濃度の関係については、ある程度の相関が確認されたが、高い相関とはいえないものであった。しかし、一定の相関がみられる作業(硬岩掘削)もあり、その場合には降下ばいじん量が

表-1 粉じん等の評価の参考値

項目	浮遊粉じん	降下ばいじん
環境影響の評価の参考値	$0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 未満	$20\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$ 以下
	地域住民の中に不快、不健康感を訴えるものが増加する値 <sup>2)</sup>	住民の生活環境を保全することが特に必要な地域の指標 <sup>3)</sup>

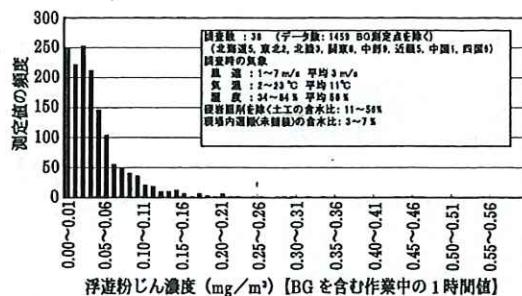


図-2 実測調査における工事中の浮遊粉じん濃度の出現頻度

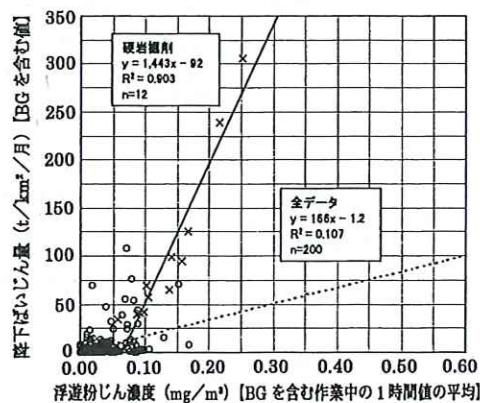


図-3 実測調査における工事中の浮遊粉じん濃度（作業時間の平均値）と降下ばいじん量の関係

20t/km<sup>2</sup>/月で浮遊粉じん濃度は 0.08mg/m<sup>3</sup> であり降下ばいじん量が評価の参考値を下回れば、浮遊粉じんも評価の参考値を下回るものであった。

したがって、前述の事例結果より一般に工事の実施により浮遊粉じんが不快、不健康感といった観点から問題になることは少ないと考え、粉じん等の評価は「降下ばいじん」を対象に行うものとした。

### (2) 工事寄与分の降下ばいじんの評価の参考値

前述に設定した降下ばいじんの評価における参考値 (20t/km<sup>2</sup>/月) は、工事以外の要因から堆積する降下ばいじん量も含まれている。このため、工事寄与分のみの降下ばいじんの評価に関する参考値を設定することとした。

全国のダストジャーによる降下ばいじんの測定を行っている一般環境大気測定局を対象に月別の降下ばいじん量の累積度数を整理した結果を図-4 に示す。これより、降下ばいじん量の比較的高い地域の値 (全データの 2% 除外値) は、10t/km<sup>2</sup>/月であった。予測及び評価においては、工事による寄与を対象とするところから、先の評価の参考値 20t/km<sup>2</sup>/月との差をとて 10t/km<sup>2</sup>/月を工事の寄与の参考値として設定した。

### (3) 環境影響を評価する時間の長さ

生活へ直接及ぼす影響に関する住民の意識からすると、評価の時間は短い方が望ましいが、環境ア

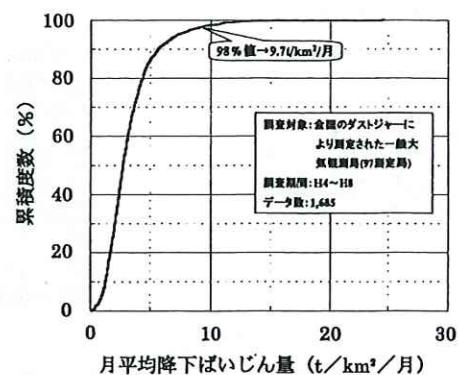


図-4 全国の降下ばいじん量の度数分布

セメント段階の工事計画の熟度および気象条件の設定を考慮し、四季別平均値で行うこととした。

## 4. 降下ばいじんの予測式

### (1) 従来の課題

大気質の予測式には、大気拡散式、統計的方法、模型実験、野外実験等がある。しかし、これら多くはガス状物質又は浮遊粒子状物質を対象にした予測式であり、工事の降下ばいじんの定量的な予測式は、炭じんの飛散に関する予測事例等<sup>4)</sup>があるのみで、未だ確立された方法がない。工事の降下ばいじんの発生・拡散に関しては、土質の性状、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、地形の状況など、その要因は多岐にわたる。このため、事例を収集し、その事例を解析することによって上記の要因を含む経験式を求めた。

### (2) 予測式

降下ばいじんの予測式は、現状の大気質の拡散に関する知見が得られている式(1)に示すガス状物質の有風時の標準的大気拡散予測式であるブルーム式<sup>4)</sup>を基本とした。ここで、Z 座標は地上 1.5m に固定し、拡散パラメータのうち有効排出源高さおよび鉛直方向の拡散幅は、事例解析により浮遊粉じんの降下量(降下ばいじん量)が風下距離のべき乗に比例する特性(図-5 参照)を反映した降下ばいじんの拡散を表す係数 C として、解析結果に基づき式(2)を提案した。ここで、各係数は事例を建設工事の機械の組合せ作業(以下、「ユニット」という)ごとに分類し解析することで設定した。

### ○ブルーム式

$$C(r, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{1/2} \cdot \pi/8 \cdot r \cdot \sigma_z \cdot u} \cdot \left[ \exp\left(-\frac{(z + He)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z - He)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (1)$$

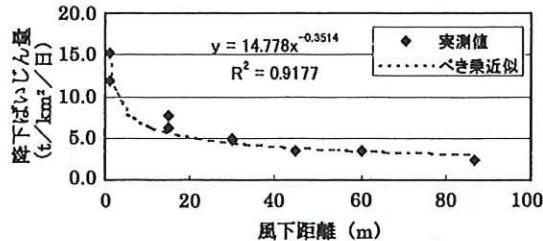


図-5 降下ばいじんの拡散の事例(硬岩掘削)

ここで、

$$C(r, z) : (r, z) \text{ 地点における濃度 (ppm, mg/m³)}$$

$$Q : \text{点煙源強度 (cc/s 又は mg/s)}$$

$$u : \text{平均風速 (m/s)}$$

$$He : \text{有効排出源高さ (m)}$$

$$\sigma_z : \text{鉛直 (z) 方向の拡散幅 (m)}$$

$$r : \text{風向に沿った風下距離 (m)}$$

$$z : r \text{ 軸に直角な鉛直距離 (m)}$$

#### ○降下ばいじん量の予測式

$$C_d(x) = a \cdot u^{-b} \cdot (x/x_0)^{-c} \quad (2)$$

ここで、

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

$$a : 1 \text{ ユニット } 1 \text{ 日当たりの降下ばいじんの量を表す係数 (t·m/s/km}^2/\text{日/ユニット})$$

$$u : \text{平均風速 (m/s)}$$

$$b : \text{風速の影響を表す係数 (b = 1)}$$

$$c : \text{降下ばいじんの拡散を表す係数}$$

$$x : \text{風向に沿った風下距離 (m)}$$

$$x_0 : \text{基準距離 (m)} (x_0 = 1 \text{ m})$$

なお、今回の予測式は、ブルーム式の濃度と風速の関係を基に風速の逆数と正の相関があるものと仮定して設定したが、降下ばいじんと風速の関係についての知見がないことから、現場調査結果の主風向の風速と、後述の解析で計算する推定値から求めた推定誤差(実測値/推定値)の関係について整理した(図-6)。この結果、風速と推定誤差の関係は相関が小さく、風速の影響を表す係数  $b$  は 1 と設定して問題はないと考えられる。

#### (3) 気象を加味した予測手法

ユニットから発生する粉じん等は、発生源が施工範囲内を一様に移動するとすれば、施工範囲内に一様に発生している面発生源とみなせる。予測地点の風速を基準とする風向別降下ばいじん量の拡散計算は、施工範囲を風向ごとに細分割し、分割された小領域( $xd\theta dx$ )の面積に応じた発生量

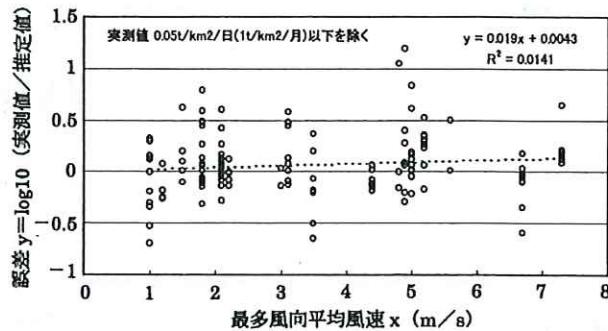


図-6 風速と推定誤差の関係

$(N_u N_d axd \theta dx / A)$  を当てはめ、風向ごとに距離拡散を加味し単位風速( $u=1$ )で算出した降下ばいじん量を計算する(図-7)。計算式を式(3)に示す。

季節別降下ばいじん量の計算は、季節ごとに先の風向別降下ばいじん量に風向別の風向出現割合及び平均風速の逆数を乗じ、全風向について足し合わせることにより計算する。計算式を式(4)に示す。

$$R_{ds} = N_u \cdot N_d \int_{x_1}^{x_1 + \Delta x_1} \int_0^{\pi/8} C_d(x) xd\theta dx / A \quad (3)$$

ここで、

$$R_{ds} : s \text{ 風向における基準降下ばいじん量 (t·m/s / km}^2/\text{月})$$

$$N_u : \text{ユニット数}$$

$$N_d : \text{季節別の平均月間工事日数 (日/月)}$$

$$x_1 : \text{予測地点から発生源の手前の施工範囲までの距離 (m)}$$

$$(x_1 < 1 \text{ の場合は } x_1 = 1 \text{ とする})$$

$$\Delta x_1 : \text{発生源の手前の施工範囲から奥行きの敷地境界までの距離 (m)}$$

$$A : \text{季節別の施工範囲の面積 (m}^2)$$

$$C_d = \sum_{s=1}^n R_{ds} \cdot f_{ws} \cdot u_s^{-b} \quad (4)$$

ここで、

$$C_d : \text{季節別降下ばいじん量 (t/km}^2/\text{月})$$

$$n : \text{方位 (=16 方位; 1 方位}=\pi/8)$$

$$f_{ws} : \text{季節別風向出現割合}$$

$$u_s : \text{季節別風向別平均風速 (m/s)}$$

$$(u_s < 1 \text{ の場合は } u_s = 1 \text{ とする。})$$

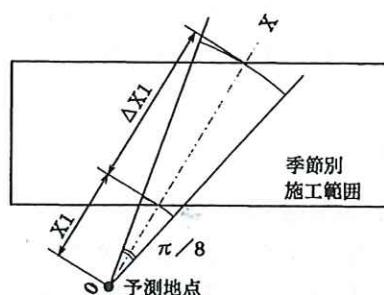


図-7 風向別発生源と風下距離の設定方法

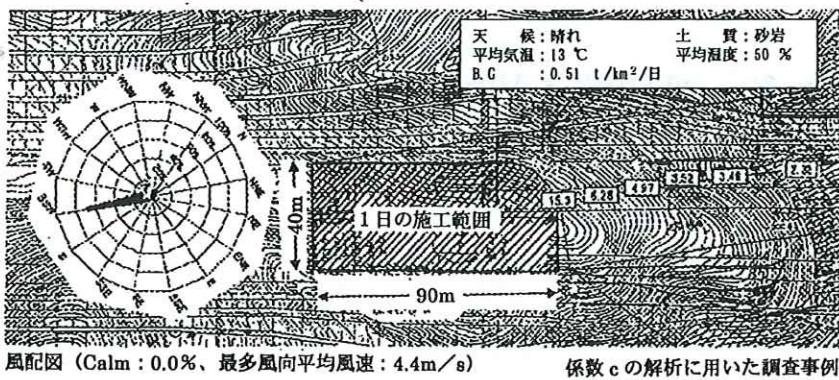


図-8 調査事例平面図

## 5. 降下ばいじんの調査事例と解析

調査は、比較的粉じん等の発生が多いと予想されるユニットについて行った。硬岩掘削の現場において測定された降下ばいじんの事例を図-8に示す。降下ばいじんの解析は、ユニットの1日の施工範囲を対象に係数  $a$  と係数  $c$  を設定する解析を行った。解析は、前述の予測式を用いて1日当たりの降下ばいじん量が実測値と合うように最小二乗法により求めた。以下に解析の手順を示す。

- ① 調査現場の1日の施工範囲を方位別に分割し、降下ばいじん量の測定地点ごとに方位別の風下距離  $x_1$ ,  $\Delta x_1$  を求める。
- ② 係数  $c$  は、主風向が卓越している現場において距離拡散傾向がみられる測定値を基に、式(2),

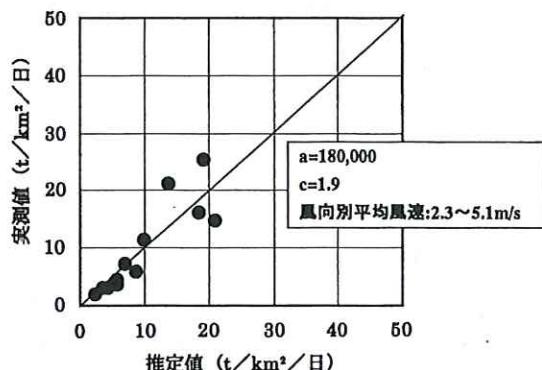


図-9 推定値と実測値の関係

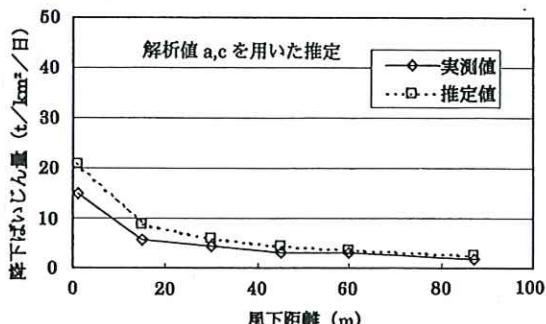


図-10 降下ばいじんの距離拡散図

式(3)、及び式(4)を用い、施工1日当たりの測定値と推定値が合うように最小二乗法により求める。

③ 係数  $a$  は、設定した係数  $c$  を用いて、ユニット別に複数の調査現場における測定地点の測定値を基に、前述と同様に測定値と推定値が合うように最小二乗法により求める。

この手法を用いて設定した硬岩掘削の解析結果の事例を図-9、図-10に示す。

この結果、式(2)～式(4)の予測式については妥当であることがわかった。

## 6. まとめ

今回提案した予測式は、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による知見を集め、予測式等にフィードバックしながら、現場状況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、本研究の実施にあたっては、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す。

## 参考文献

- 1) 朝倉、村松、持丸、新田：工事中の環境影響評価手法、土木技術資料、41-8, pp.42-47, 1999.8
- 2) 生活環境審議会 公害部会 浮遊粉じん環境基準専門委員会：浮遊粒子状物質による環境汚染の環境基準に関する専門委員会報告、1970.
- 3) スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律の施行について、環大自第84号、平成2年7月3日
- 4) 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.93-96, pp.198-199, 1997.12



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



同 機械研究室長  
Toshimitsu MURAMATSU