

京都大学工学部 学生員 ○宮城大助, 京都大学大学院 フェロー 嘉門雅史
 京都大学大学院 正会員 乾 徹, 立命館大学理工学部 正会員 勝見 武
 株式会社エム・アイ・ティー 土居 亮

1. はじめに

我が国での土壌・地下水汚染の管理・対策にあたっては、土壌環境基準が一般的に適用されるが、近年では米国における Risk-Based Corrective Action¹⁾ に代表されるような対策の実施によって人の健康および環境への負の影響がどの程度解消されるのかを定量的に評価するリスク評価手法が注目されている。しかし現状では、汚染土壌サイトに起因する汚染物質の人体への曝露経路として地下水のみが考慮されており、粉塵の発生や揮発ガスの吸引といった大気を経由する曝露を考慮した事例は非常に少ない²⁾。そこで本研究では、ある汚染サイトを対象として、汚染土壌中のダイオキシン類、PCBの浮遊粉塵への付着、揮発ガスといった大気を経由する環境リスクを現地調査結果および数学モデルに基づいて推定した。その結果に基づいて、対策効果の定量的評価、リスクの高い曝露経路および汚染物質の同定を行い、リスク評価に基づく土壌汚染対策の有用性を示した。本報では、特に浮遊粉塵による環境リスクの推定結果を示す。

2. 対象サイト

平成 11 年、図 1 に示した鶴見川多目的遊水計画地の一部の土壌から、ダイオキシン類や PCB などを含んだ異物混入土が約 108000 m³ に渡り存在していることが確認された³⁾。汚染土壌の発見を受けて平成 12 年に発足した対策検討委員会による対策工法の検討の結果、遮水壁およびキャッピングによる封じ込めによって汚染土を一時保管することが決定され、平成 13 年 4 月より施工が開始されている。施工においては、汚染された土

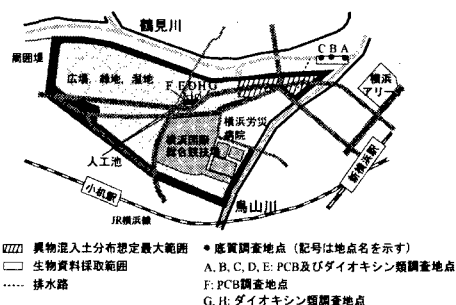


図 1 対象サイト

壌を掘削し、特に著しく汚染された部分の周辺に遮水壁を打設した後に掘削した汚染土壌を埋め戻して一時保管し、さらに外部に飛散ないようにキャッピングが行われている。なお、一時保管された汚染土壌は、信頼性の高い無害化处理技術の開発を待ち、将来的には無害化处理が行われる計画である。本研究では、汚染物質は確認された中で特に汚染レベルが高く、人体への影響が懸念されるダイオキシン類と PCB を対象とした。

3. 輸送評価

汚染サイト境界内における、浮遊粉塵による大気中汚染物質濃度を次式で算定した。

$$C_p = (C_{mp} - C_{bp}) \times C_s \quad (1)$$

但し、 C_p : 浮遊粉塵による大気中汚染物質濃度 (mg/m³)、 C_{mp} : 浮遊粉塵濃度の季節平均観測値 (mg/m³)、 C_{bp} : 浮遊粉塵濃度の季節平均バックグラウンド値 (mg/m³)、 C_s : 表土の汚染物質含有量 (mg/mg-soil) である。なお、バックグラウンド値は横浜市が観測した浮遊粉塵濃度を使用した。次に、汚染サイト境界から周辺環境への汚染物質の拡散を考慮し、周辺環境の汚染物質濃度を次の大気拡散式により算定した⁴⁾。

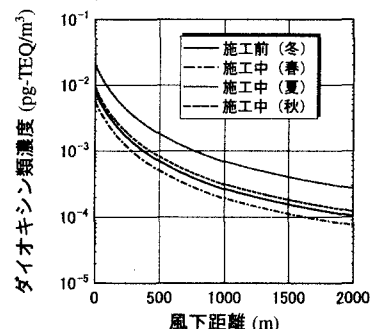


図 2 サイトからの距離と浮遊粉塵による大気中のダイオキシン類濃度の関係

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

但し、 $C(x)$: 発生源から x m 地点における大気中汚染物質濃度、 Q : 発生源の汚染物質の放出強度 (mg/s)、 u : 風速 (m/s)、 He : 放出高度 (m)、 y : 濃度計算地点の y 座標 (風向と直角な水平方向) (m)、 z : 濃度計算地点の z 座標 (鉛直方向) (m)、 $\sigma_y(x)$: x m 地点における y 軸方向の拡散幅 (m)、 $\sigma_z(x)$ は x m 地点における z 軸方向の拡散幅 (m) である。なお、放出強度 Q は式 (1) により算出された C_p が汚染サイト境界内において定常状態で発生していると仮定して換算した値を用いた。風速 u の値はサイト内で観測されている風速データのうち、風向が汚染源から周辺環境方向の値の平均値を用いた。また、 $\sigma_y(x)$ 、 $\sigma_z(x)$ の値は、パスキルの安定度階級表に基づき、我が国における値を用いた⁵⁾。浮遊粉塵濃度の算出結果をダイオキシン類について図2に、PCBについて図3に示した。

4. 環境リスク評価

本研究では、評価の対象としている物質であるダイオキシン類、PCBがともに発ガン性物質であるため、発ガンリスクの算出式である次式によりリスクの値を算出した。

$$Risk = C \times SF \times \frac{IR \times ED}{BW \times AT} \quad (3)$$

但し、 $Risk$: リスク (unitless)、 C : 化学物質濃度 (mg/kg)、 SF : slope factor ((mg/kg-body-weight/day)⁻¹)、 IR : 摂取率 (mg/day)、 ED : 曝露期間 (day)、 BW : 体重 (kg)、 AT : 曝露平均時間 (day) である。ここで、 C は汚染サイトに関する要因、 SF は化学物質に関する要因 (ダイオキシン類およびPCBは0.14)⁶⁾、 $(IR \times ED) / (BW \times AT)$ は個人差を有する要因として考えられる。このうち、個人差を有する要因は度数分布で表される⁷⁾。浮遊粉塵の曝露経路としては吸引および皮膚吸着を考えた。リスクの算出結果の一例として汚染サイト境界域のものを図4に示す。なお、リスクに幅があるのは個人差を有する要因による。図4より浮遊粉塵の吸引が皮膚吸着のリスクより8オーダー高いことがわかる。また、施工中は施工前よりリスクは多少大きくなるが、施工後はキャッピングにより表土が広がらないため浮遊粉塵によるリスクはなくなると考えられる。よって、キャッピング工の効果が大きいと判断できる。

5. まとめ

汚染地盤から大気質を経路として輸送される有害物質について、浮遊粉塵を経由した環境リスクの評価結果を報告した。施工後における対策効果の評価は、現地モニタリングデータの収集を待つて算定する予定である。なお、大気中の濃度やリスクの算出において、仮定値に基づくものが多いので、理論的な根拠に基づく仮定値の同定を行って、算出結果の精度を上げることが今後の課題として挙げられる。

【参考文献】

- 1) ASTM Designation E1739-95: Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release sites, American Society for Testing and Materials, 1995.
- 2) 朝倉義博, 村松敏光: 建設工事に伴う粉じん等の予測・評価手法について, 土木技術資料, 42-1, 2000.
- 3) 建設省京浜工事事務所: 鶴見川多目的遊水地土壌処理技術検討委員会報告書 (第1~5回委員会), 2000.
- 4) 横山長之: 大気環境シミュレーション—大気の流れと拡散—, 白亜書房, 1992.
- 5) 環境庁大気保全局大気規制課編: 窒素酸化物総量規制マニュアル, 公害研究対策センター, 1982.
- 6) U.S. EPA (2001): Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/>.
- 7) U.S. EPA (1992): Guidelines for exposure assessment, Washington, D.C., Federal Register, 57 FR 22888.

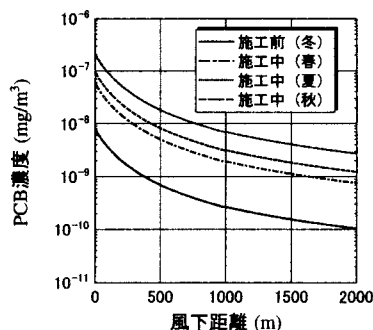


図3 サイトからの距離と浮遊粉塵による大気中のPCB濃度の関係

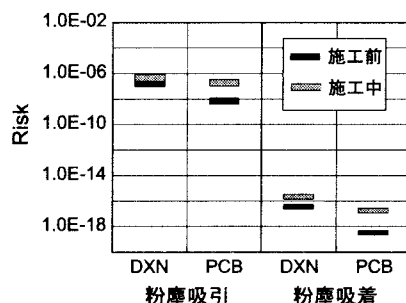


図4 浮遊粉塵の吸引および皮膚吸着による環境リスク