

排気ガスに暴露される車道土砂の環境汚染の危険性 ～ 車道トンネル土の重金属類等の溶出性 ～

防衛大学校本科 学生員 ○小林 昂平
防衛大学校理工学研究科 学生員 宮崎 徳明
防衛大学校 正会員 山口 晴幸

1. はじめに

車道の側辺に集積・残積している土砂を『**車道土**』と定義する(写真 1)。著者らは、長期間、車両排気ガスの照射に常時曝されている車道土の発生源や混入・沈着する有害物質の溶出性及びその供給源等について解明を試み、車道土が環境汚染を誘発する危険土砂となる可能性の高いことを科学的に立証してきた。車道土から溶出する有害物質の主要な供給源は、車道に集積・残積している特質上、車両排気ガスに起因する窒素酸化物(NO_x)・硫黄酸化物(SO_x)の照射負荷、有害物質を含有する排気煤塵(粒子状物質等)や車道粉塵(車体・路面磨耗物質等)の混入・沈着など、車両走行と密接な因果関係があると判断される。

本報告では、特に、大気物質の影響から遮断され、非拡散条件下で車両交通の負荷効果が蓄積され易い車道隧道を取り上げ、隧道内に残積している車道土(ここでは、**車道トンネル土**と区別して呼ぶ)から溶出する重金属類等の有害物質の溶出性について分析的考察を加える。

2. 主要な有害物質

対象土砂は車道路面上に集積・残積していることから、有害物質の主要な供給源は、当然、車両排気ガスからの煤塵による可能性が最も高い。排気ガスの噴射を浴び、毒性の強い排気微粒子等の粒子状物質の沈着や



写真1 隧道内に残積する車道トンネル土

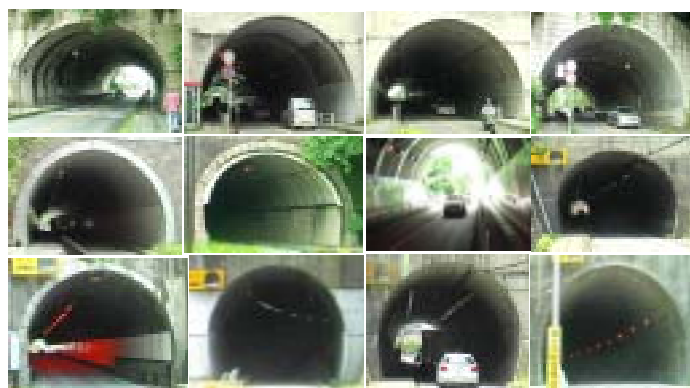


写真2 三浦半島地域には100箇所を超える車道隧道がある

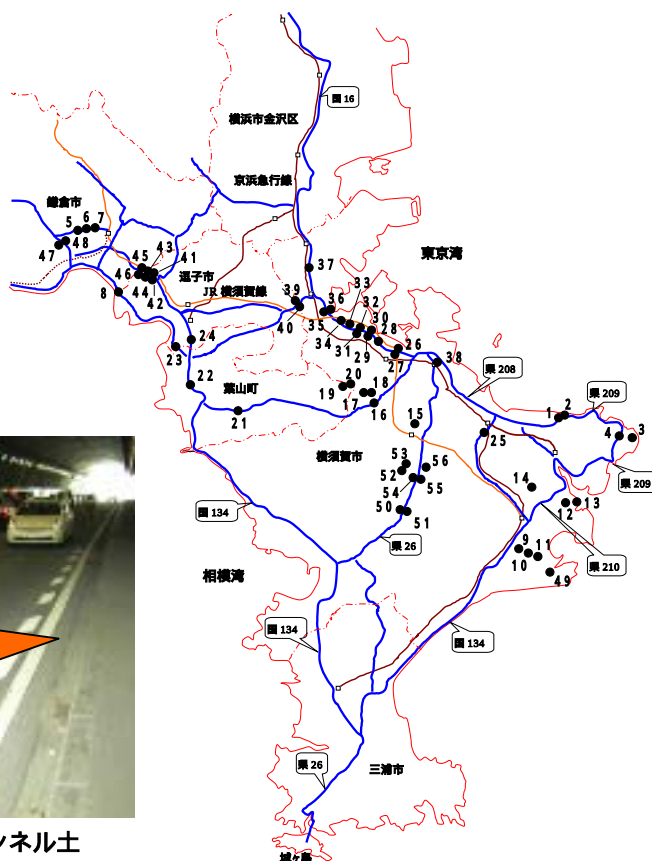


図1 三浦半島地域での調査した車両隧道

窒素酸化物(NO_x)・硫黄酸化物(SO_x)の照射の影響を直接的に受ける。粒子状物質は炭素構造の化合物が主体であるが、 NO_x ・ SO_x に起因する硝酸系・硫酸系の化合物(主に硝酸アンモニウム・硫酸アンモニウム)や鉛(Pb)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、マンガン(Mn)等の元素を含ん

キーワード 車道トンネル土、国道・県土・市道、車両隧道、車両排気ガス、重金属類等、有害汚染物質

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校 TEL 046-841-3810 E-mail : yamaguch@nda.ac.jp

でいる。車体からの金属・塗料・メッキ類物質や車体(タイヤ等)・舗装材の剥離・磨耗物質からもニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、鉛(Pb)、クロム(Cr)等の重金属類等が供給される。特にコンクリート路面の粉塵からは六価クロム(Cr^{6+})、セレン(Se)、フッ素(F)など、また車輪のタイヤ粉塵からは硫黄(S)や亜鉛(Zn)などの溶出が懸念される。これらはいずれも車両走行と直接関連する有害物質である。なおここでは、無機系有害物質について論述するため、そのような視点で主要な有害物質を列举・指摘したが、言うまでも無く、車両走行と密接に関連する車両排気煤塵(もとは石油)、アスファルト路面材、タイヤ、ガソリン等は有機化合物質で、当然、ベンゾチアゾール、ピレン、ナフタリンなどの多環芳香族炭化水素類の有害物質による汚染は重要な問題である。

3. 調査と実験分析

(1) 隧道調査と車道トンネル土の採取

神奈川県三浦半島地域には 100 箇所を超え車両隧道が施行されている(写真 2)。調査対象とした車両隧道は、当地域でも主要な路線で、交通量のかなり多い国道・県道・市道に施行されたものから 56 箇所を選定した(図 1)。隧道は長さが 100~300m 範囲、幅 8~10m 範囲のものが多く、昭和 30 年台~昭和 50 年台に施行され、随時改修・補修されたものが多くみられる。車両隧道内に残積している土砂、即ち、**車道トンネル土**は隧道内のほぼ中央部で採取しているが、十数箇所の隧道では、一つの隧道で中央部に加え、出入口付近の両端部 2 箇所でも採取している。分析対象とする 56 箇所の隧道で採取した車道トンネル土の全試料数は 83 サンプルである。

(2) 溶出化学成分の分析実験

車道トンネル土の有害物質の分析では、まず土壤汚染対策法での土壤環境基準と水道法の規定に基づく水質基準に関する省令に規定されている重金属類等を主体に、人を含め生態系に好ましくない主要な 11 元素成分(As、Pb、Cr、Cd、Cu、Zn、Al、Ni、Sn、Mn、Se)を対象に、その溶出性の評価を原子吸光分光法によって試みた。溶出液の作製は 2 mm 以下の通過分の車道トンネル土を用いた。乾燥質量で約 50g の風乾した試料土に 500ml の脱イオン水(固液比 1:10)を添加し 6 時間振とう器で攪拌した後、懸濁液を採水して遠心分離器にセットし、約 30 分間稼働させて微小土粒子の沈降促進を図った。上澄み液を 0.45 μm のミクロフィルターを使用して吸引濾過し、濾液を抽出して分析用溶出液を作製した。

また同様の溶出液を用いて、イオンクロマトグラフィー法によって硝酸イオン(NO_3^-)と硫酸イオン(SO_4^{2-})に注視して、陰イオン成分(H_2PO_4^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-})と陽イオン成分(Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+})の分析を試みた。

同時に車道トンネル土の基本的な土質・化学物性を把握するために、含水比、粒度組成、水素イオン指数(pH)、電気伝導率(EC)、強熱減量(Li)に関する各種の試験を実施した。

4. 結果と考察

これまでの車道土に関する各種の土質試験から、車道土は粒径 75 μm 以下のシルト・粘土分が 10%以下で、砂分を 70~80%含み、土質分類上、砂質土に分類される。pH が 8~9 のアルカリ性土で、強熱減量値が概ね 10%と、砂質土としては有機物含有量の高い土砂であることが分かっている。詳細なデータは省略するが、対象とした車道トンネル土も、ほとんど類似した基本的な土質・化学物性を有していた。

そこで、車道トンネル土の 83 サンプルについて分析した、重金属類等の有害物質の溶出性の結果について提示する。紙面の関係上、図 2 には代表的な重金属類の元素成分であるマンガン(Mn)、鉛(Pb)、亜鉛(Zn)について例示している。Mn は 300 $\mu\text{g/l}$ 、Zn は 100 $\mu\text{g/l}$ を超えるサンプルが多く、溶出濃度の平均値はそれぞれ 256.4 $\mu\text{g/l}$ と 86.9 $\mu\text{g/l}$ であった。Pb は非検出のサンプルが半数ほどあるが、土壤環境・水質基準値の 0.01mg/l (= 10 $\mu\text{g/l}$)を超えるものが 10 サンプル検出された。分析した 11 元素成分の中で、他に溶出濃度の高い金属元素は Al と Cu で、平均値はそれぞれ 128.5 $\mu\text{g/l}$ と 72.9 $\mu\text{g/l}$ であった。そこで、全サンプルの平均値を用いて、各金属元素成分間の溶出性を比較すると、車道トンネル土の場合、概ね下記のような大小関係となっ

た．

Mn(256.4) > Al(128.5) > Zn(86.9)・Cu(72.9) > Ni(8.6) >

Pb(3.6) > Cr(3.0)・Se(3.0)・As(2.5) > Sn(0.6)・Cd(0.3)

但し()の平均値の単位は[$\mu\text{g/l}$]

さらに車道トンネル土の場合の大きな特徴は、硝酸イオン(NO_3^-)に加え、比較的高い溶出濃度で亜硝酸イオン(NO_2^-)とアンモニウムイオン(NH_4^+)が検出されることである(図2) 隧道以外の車道土では、硝酸イオン(NO_3^-)の溶出濃度は高いが、亜硝酸イオン(NO_2^-)とアンモニウムイオン (NH_4^+)はほとんど検出されない．検出されても極めて低濃度である．これは車両排気ガスからの窒素酸化物(NO_x)の排出によって、土砂からの硝酸イオン

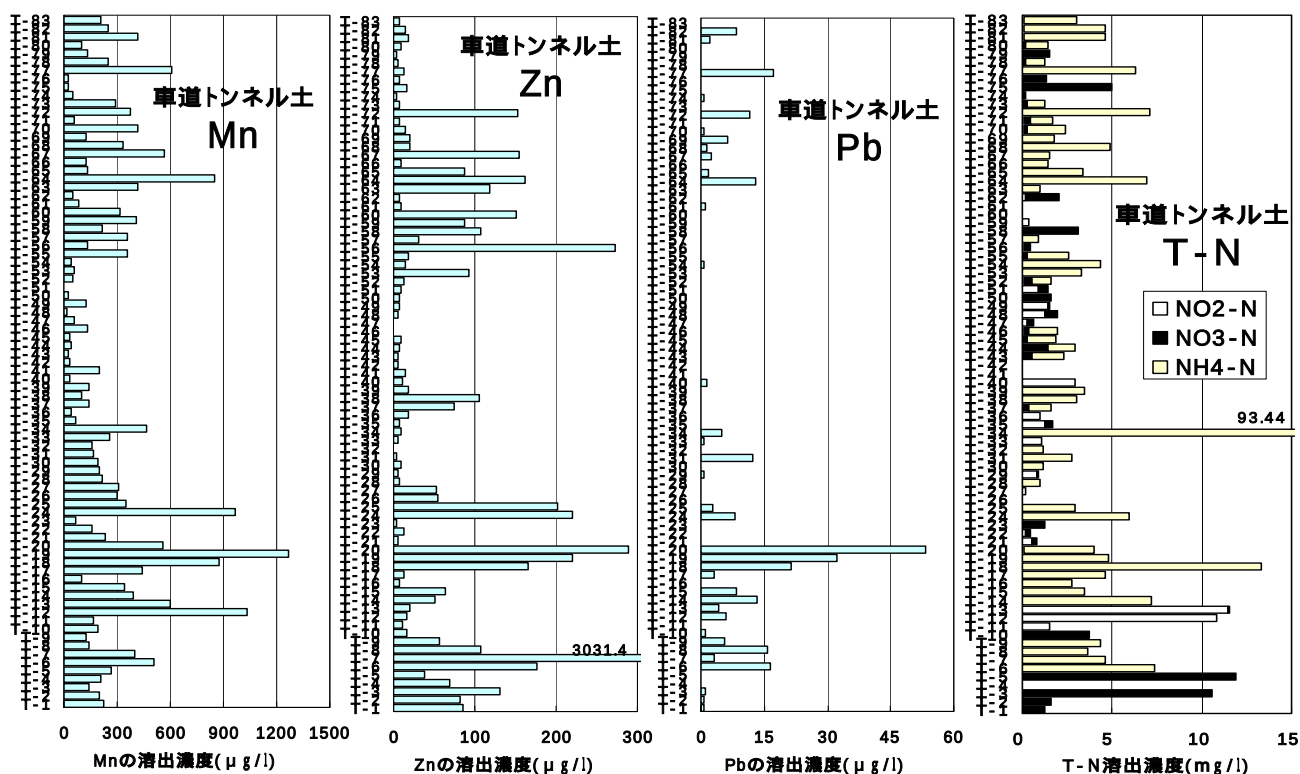


図2 車道トンネル土から溶出する Mn、Zn、Pb、T-N 濃度

(NO_3^-)の溶出性は高くなるが、車道トンネル土の場合には、多くは嫌気性下にあることから、生成された硝酸イオン(NO_3^-)が土中の微生物等の作用によって還元され易く、亜硝酸イオン(NO_2^-)やアンモニウムイオン(NH_4^+)に変容するためと推察される．そのため図2に示すように、亜硝酸(NO_2^-)・硝酸(NO_3^-)・アンモニウムイオン(NH_4^+)の3態から算定した全窒素濃度(T-N)はかなり高く、水質基準値の 10mg/l を超えるものが6サンプル検出されている．

次に、車両交通との関連で各隧道間の車道トンネル土の溶出性をみるために、各元素成分の溶出濃度を4段階に区分し、車両隧道マップ表示したのが図3である．ここでは、図2と対応させ Mn、Zn、Pbの重金属類元素と全窒素(T-N)の4成分の溶出濃度を例示している．先述したように、1つの丸印が付されている隧道では隧道内中央部1箇所、2あるいは3つ付されている隧道では中央部1箇所(真中の丸印)と両端出入口部1あるいは2箇所で採取された車道トンネル土の結果を示している．なお溶出濃度区分において、ランクのプロット(赤丸印)は、土壤環境基準値あるいは水質基準値を超える場合を示している．4事例を提示しているが、隧道間において、車道トンネル土から溶出する化学成分の種類や濃度に大きな差異のあることが、直観的に把握することができる．この結果によると特にMnは、車道路線とは無関係にほとんどの車道トンネル土から溶出していることが分かる．なお図4には、分析した化学成分において土壤環境基準あるいは水質基準(図中の*印は水質基準のみ規定)に規定されている成分で、基準値を超えたサンプル数とその比率を示している．

Mnに加え、Pb、Al、T-N成分も基準値を超えるサンプルが比較的多く検出された。

以上、このような化学成分のマップ表示は、車道路線と交通量との関係、有害物質の発生源の解明、汚染物質のモニタリングシステムの構築と監視強化、車道トンネル土の回収除去のあり方等に関する車両交通網の環境保全・維持管理対策に役立てることができる。

5. おわりに

本報告は前年講演会に引き続き、隧道内の車道トンネル土を対象として、主要な無機系有害物質の溶出性の評価を試みた。今後、車道土と車道トンネル土との関係や有害物質の発生源の解明や交通量との因果関係について究明する予定である。

参考文献

- 1) 佐藤大祐・山口晴幸(2008)：車道土の環境汚染の危険性～重金属類の溶出性～、第36回土木学会関東支部技術研究発表会、第 部門、

-55

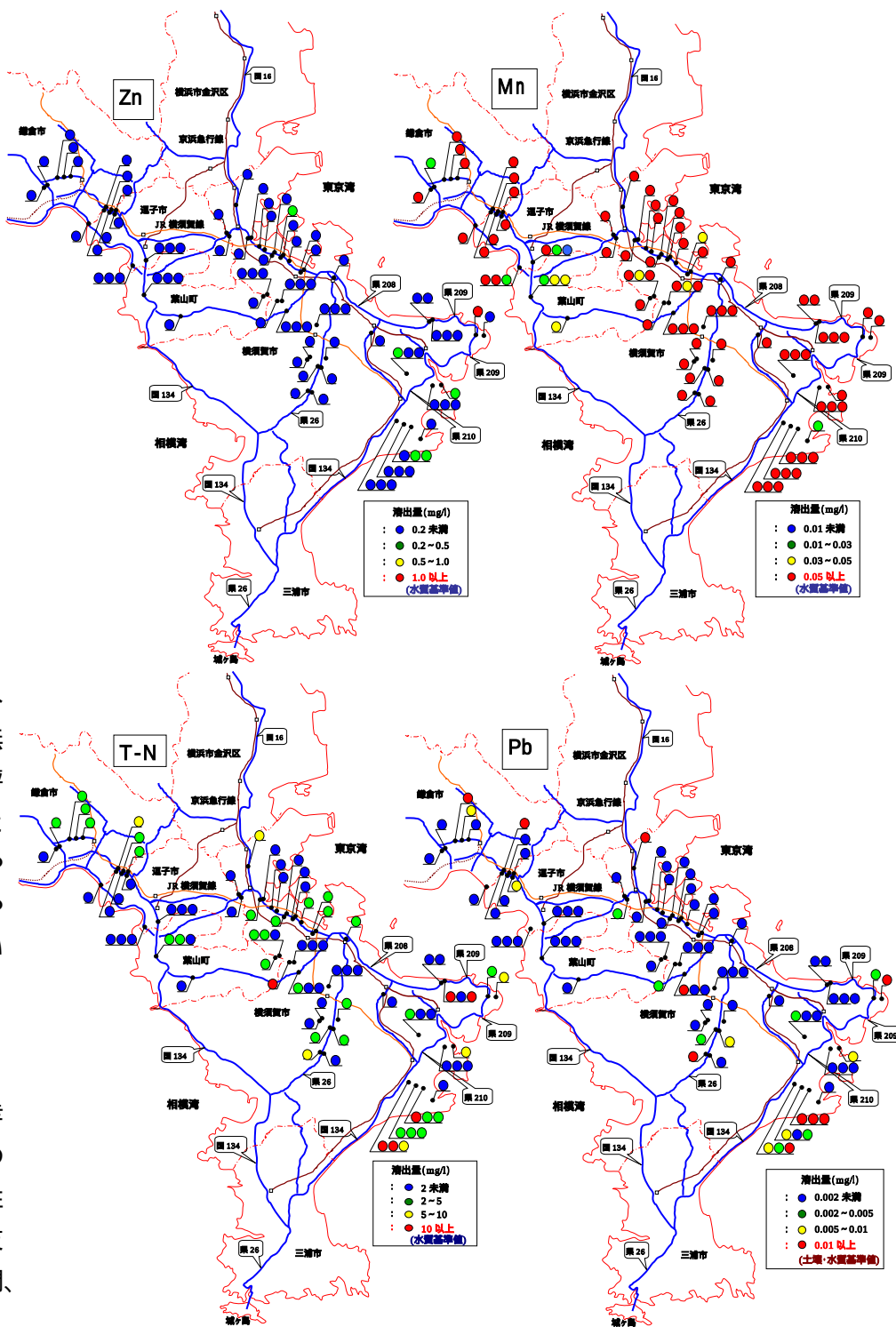


図3 車道トンネル土の有害物質汚染マップ

- 2) 読売新聞社(2009)：微粒子状物質「PM2.5」環境基準値設定、読売新聞夕刊、2009年5月28日発行
- 3) 山口晴幸・佐藤大祐・宮崎徳明(2009)：車道土の化学汚染物質の評価と対策、(社)日本道路協会、第28回日本道路会議、C D - R、環境・20026
- 3) 山口晴幸・宮崎徳明(2009)：車道土の環境物性と汚染化学物質の評価、第54回地盤工学シンポジウム論文集、pp. 56 ~ 66

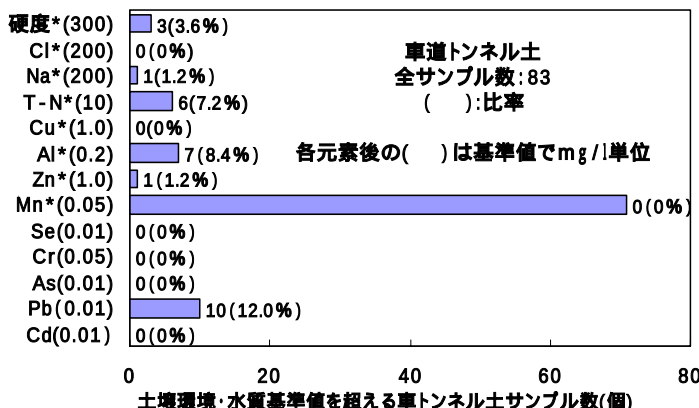


図4 基準値を超える車道トンネル土のサンプル数と比率