

# 我が国初の道路トンネル低濃度脱硝設備の設置

—首都高新宿線換気所大気浄化システム—

森田 侃志・伊藤 忠彦

首都高速道路中央環状新宿線にこのたび我が国で初の試みとなる低濃度脱硝設備（電気集塵機＋脱硝装置）の導入が決定された。低濃度脱硝設備は新宿線全9箇所の換気所内に設置される。本設備を設置することにより、換気塔からの排出ガスのうち、二酸化窒素および浮遊粒子状物質を、それぞれ約90%以上および約80%以上除去する計画である。本報文は低濃度脱硝設備の基本性能（設計基本条件と機器仕様）ならびに西松建設株式会社・富士電機システムズ株式会社JV（以下、当社JV）が受注した低濃度脱硝設備（西松式大気浄化システム）の概要をまとめたものである。

キーワード：道路トンネル，換気所，低濃度脱硝設備，二酸化窒素（NO<sub>2</sub>），浮遊粒子状物質（SPM）

## 1. はじめに

環境基準対象物質のうち、特に二酸化窒素（以下、NO<sub>2</sub>）および浮遊粒子状物質（以下、SPM）においては、大都市圏を中心に環境基準の達成状況が依然として厳しい状況にある。これらの大気汚染対策としては、従来からの自動車単体対策を基本にしつつ、低公害車の普及や道路ネットワークの整備、交差点立体化等の諸施策を総合的に実施する必要がある。

一般に、道路トンネル換気塔から排出されたNO<sub>2</sub>の地上における濃度は、拡散により極めて小さい値（0.001 ppm程度以下）となる。しかしながら、大都市圏では換気塔周辺の高層建築物や換気塔自身による風の乱れ等により、複雑な拡散状況が生じる場合があり、道路トンネル換気所周辺において、NO<sub>2</sub>濃度の高い状況が発現する可能性がある。

そのため、以下に詳述する低濃度脱硝設備は環境基準の達成が厳しい地域において、環境負荷を軽減する局所対策技術の一つとして設置するものである。

## 2. 低濃度脱硝設備の概要

首都高速道路中央環状線新宿線に設置を計画している低濃度脱硝設備の主な設計基本条件を表一に示す。ここに、換気ガスとはトンネル内空気のことであり、これらのインプット条件に対して、設備が所定の除去性能を満足するものとした。なお、除去対象物質は

NO<sub>2</sub>およびSPMであり、これら二つの対象物質については、具体的な除去目標を除去率の数値として機器仕様に定めた。

表一に主な機器仕様を示す。安全性に関しては、危険な事象の発生確率をET分析により算出し、その発生確率を通常時は10<sup>-6</sup>/（年・基）以下、非常時は10<sup>-4</sup>/（年・基）以下とした。また、化学反応に係る危険性や排出物の性状等はトンネル実ガス実験等により確認することを原則とした。

表一 主な設計基本条件

処 理 風 量	表一参照	
換気ガス性状	温 度	20°C (0~40°C)
	湿 度	60% (10~100%)
	NO <sub>2</sub> 濃度	0.1 ppm (0.05~1.5 ppm)
	NO <sub>x</sub> 濃度	1.0 ppm (0.5~5.0 ppm)
	PM 濃度	0.3 mg/m <sup>3</sup> (0~3.0 mg/m <sup>3</sup> )
	SPM 濃度	0.2 mg/m <sup>3</sup> (0~2.0 mg/m <sup>3</sup> )
	SO <sub>2</sub> 濃度	0.05 ppm (0~0.3 ppm)
	HC 濃度	5 ppm (0~15 ppm)
	CO 濃度	5 ppm (0~15 ppm)
運 転 モード	1日平均14時間運転 (5,110時間/年) さらに、24時間運転 (1回あたり1週間) も可であること	
設備の構成 <sup>*)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・除去対象物質の除去装置</li> <li>・再生装置</li> <li>・副生成物等の処理装置</li> <li>・運転に要する付帯装置</li> <li>・運転制御、データ記録装置等</li> <li>・その他資材の貯蔵装置</li> </ul>	

※) 現地再生タイプの場合

表—2 主な機器仕様

除去目標	NO <sub>2</sub> 除去率 SPM 除去率	1日平均値 90% 以上 1日平均値 80% 以上
排出ガスの性状	NO 濃度 SO <sub>2</sub> 濃度 HC 濃度 CO 濃度 温度上昇 湿度上昇	設備出口 ≤ 設備入口 設備出口 ≤ 設備入口 設備出口 ≤ 設備入口 設備出口 ≤ 設備入口 ±10°C 以内 大気中で水分凝縮を生じないこと
安全性 (安全性検討要領)	[通常時] 化学反応に係る危険性 濃縮 NO <sub>x</sub> 等の流出 濃縮 NO <sub>x</sub> 等の漏洩 排出物の性状 取扱い上の危険性  [非常時] 地震による機器の破損と漏洩 火災の発生 停電時の危険性 水害時の危険性	
騒音・振動	騒音 振動	敷地境界で 50 dB(A) 以下 敷地境界で 60 dB 以下
耐久性	20 年間以上 (消耗品、部品等の交換は可)	

### 3. 西松式大気浄化システム

#### (1) システムの概要

システムは集塵部と脱硝部により構成され、電気集塵機で SPM を除去した後、NO<sub>2</sub> 除去剤で二酸化窒素 NO<sub>2</sub> を吸着除去するものである。大気浄化システムフローを図—1 に、システム模式図を図—2 に示す。

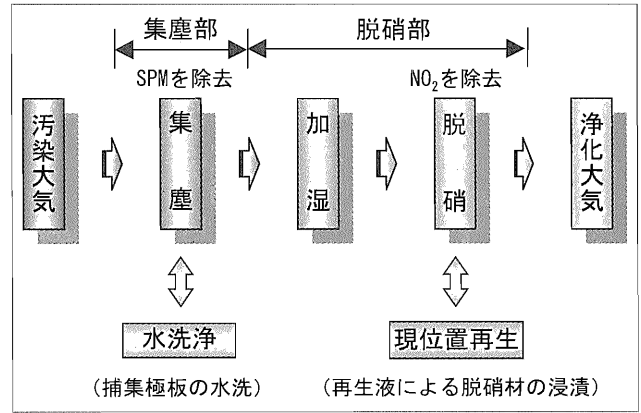
NO<sub>2</sub> 除去剤は、φ9 mm のペレット状活性炭をベースに特殊加工を施したものである。また、本システムの最大の特徴は、除去剤の吸着性能を維持するための再生過程を、常温・常圧で現位置再生を行う装置としている点である。除去剤に吸着した NO<sub>2</sub> は、定期的に再生液（還元剤）で洗浄することで、窒素ガス N<sub>2</sub> と中性塩類等に分解することができる。

#### (2) 新宿線のシステム概要

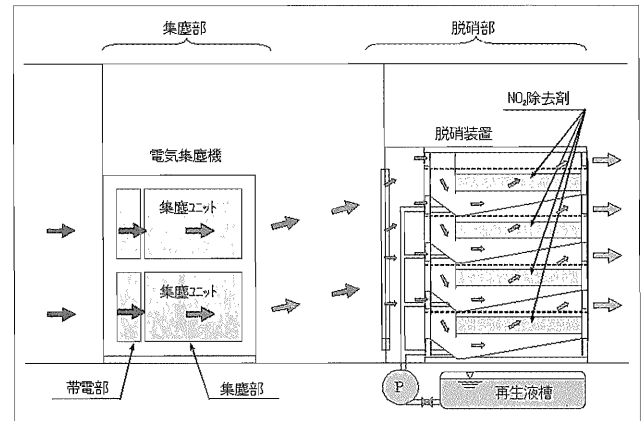
低濃度脱硝設備は、トンネル換気所内の風路に設置され、本線トンネルから換気ファンによって送られる排出ガスの中に含まれる NO<sub>2</sub> および SPM を効率よく除去する。

図—3 に設置イメージ図を示す。設備を通過して浄化されたガスは、換気塔から上空の大気中に放出拡散される。

システムは電気集塵機、脱硝装置

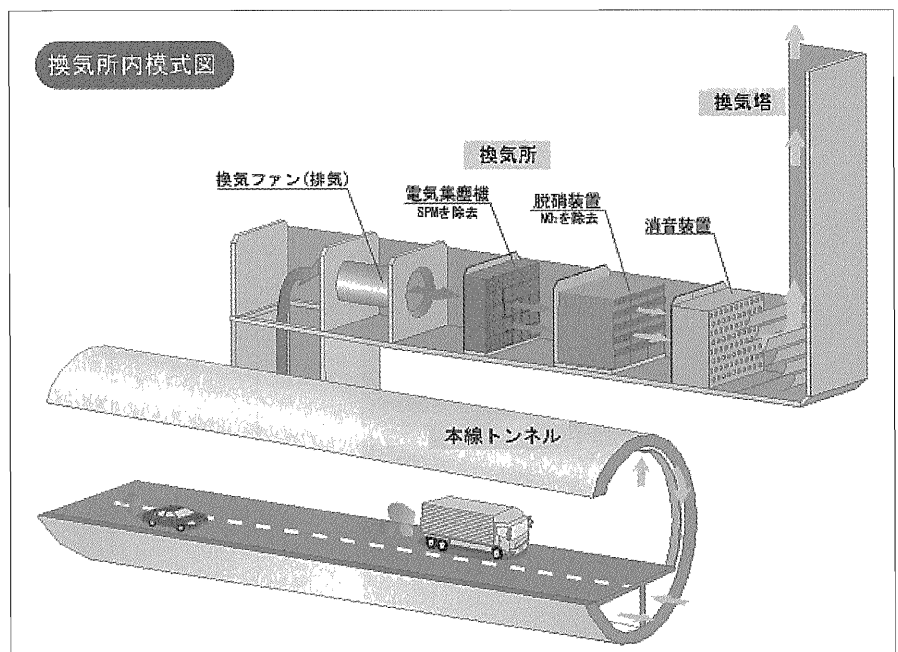


図—1 大気浄化システムフロー



図—2 システム模式図

および補機類で構成され、補機類には各種制御盤類の他、再生液タンク等の現位置再生設備が含まれている。当社 JV が受注した低濃度脱硝設備は、新宿線全 9 箇所の換気所のうち、表—3 の 5 箇所に設置するものである。表—3 に工事の概要を示す。



図—3 設置イメージ図

表-3 低濃脱硝設備工事の概要

換気所名	場 所	最大処理風量 (m³/s)
本 町	東京都渋谷区本町	309
西 新 宿	東京都新宿区西新宿	240
代 々 木	東京都渋谷区元代々木町	208
神 山 町	東京都渋谷区松涛	312
大 橋	東京都目黒区青葉台	768
		計 1,837

(3) トンネル実ガス実験

(a) 実験概要

西松式大気浄化システムは、これまでに室内実験<sup>1)~3)</sup>および沿道を対象とした実験<sup>4)</sup>を行ってきたが、道路トンネル内の実ガスに対しても性能を発揮することを実証するため、首都高速道路湾岸線空港北トンネル(写真-1)の実ガスを用いた実験を約9カ月間行う機会を得た<sup>5)</sup>。実験概要を以下に示す。また、写真-2、写真-3に実験装置を示す。

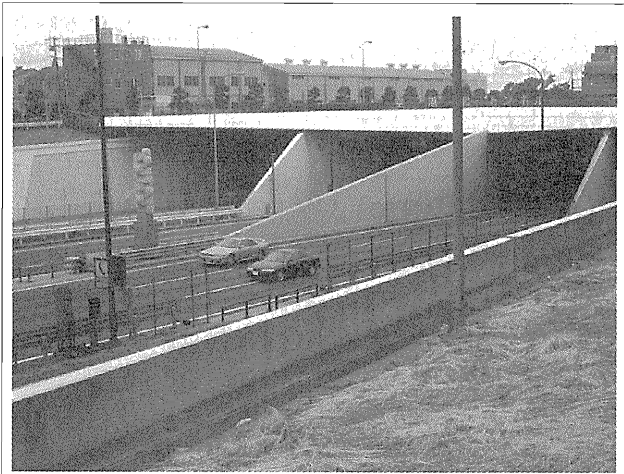


写真-1 首都高速道路湾岸線空港北トンネル

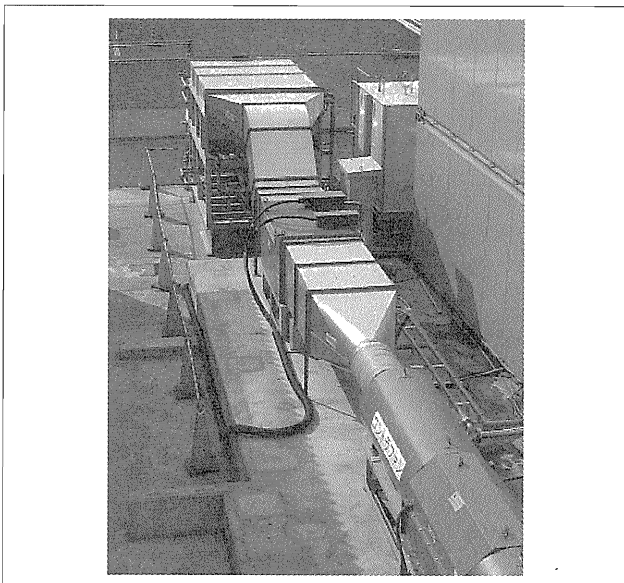


写真-2 実験装置全景

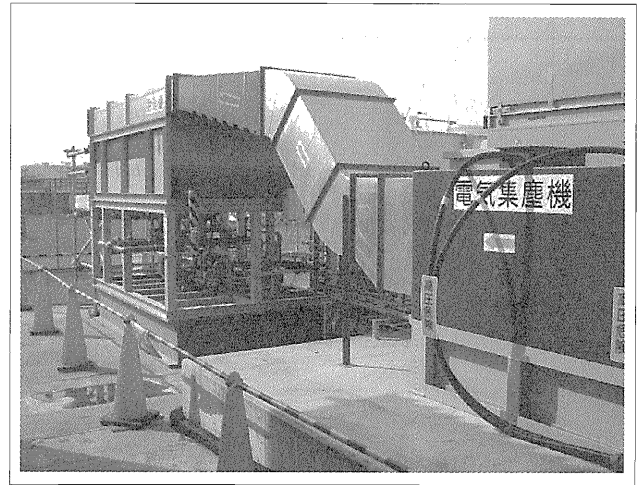


写真-3 電気集塵機と脱硝装置

- ・実験場所：東京都大田区京浜島2丁目地先
- ・実験期間：平成16年5月～平成17年1月
- ・処理風量：18,000 m³/h
- ・脱硝部面積：5 m² (t=0.27 m)
- ・運転時間：21 h/day または 24 h/day (1週間連続)
- ・装置規模：24.8 m×2.0 m×3.0 m (縦×横×高さ)

なお、本実験は首都高速道路公団公募による民間企業の自主実験として行ったものである。

(b) 実験結果

約9カ月間の実験により、供用中の道路トンネル実ガスを用いたデータが5,000時間以上得られた。実験

表-4 実験結果一覧

	測定項目	箇 所	平均(変動幅)
脱硝性能等	NO <sub>2</sub>	入口 (ppm)	0.087 (0.022~0.284)
		出口 (ppm)	0.001 (0.000~0.009)
		除去率 (%)	99 (92~100)
	SPM	入口 (mg/m³)	0.078 (0.027~0.203)
		出口 (mg/m³)	0.007 (0.000~0.016)
		除去率 (%)	91 (82~99)
	NO	入口 (ppm)	0.634 (0.181~1.741)
		出口 (ppm)	0.568 (0.157~1.679)
	SO <sub>2</sub>	入口 (ppm)	0.013 (0.002~0.035)
		出口 (ppm)	0.006 (0.000~0.020)
HC	入口 (ppm)	2.72 (2.25~4.65)	
	出口 (ppm)	2.38 (1.99~4.31)	
CO	入口 (ppm)	2.2 (1.0~4.0)	
	出口 (ppm)	2.0 (0.9~3.8)	
ガス温度	入口 (°C)	23.1 (7.7~34.7)	
	出口 (°C)	21.9 (7.4~34.0)	
ガス湿度	入口 (%RH)	56.1 (26.9~100.0)	
	出口 (%RH)	66.0 (28.9~99.0)	
運転状況 <sup>5)</sup>	・21 h/day 運転：222日間 (4,426時間) ・1週間連続運転：28日間 (648時間) ・合計：250日間 (5,074時間)		

※) 計測機器校正およびメンテナンス等の欠測時間を除く

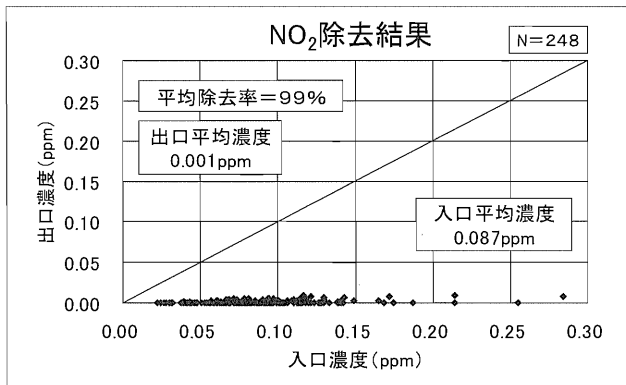


図-4 NO<sub>2</sub>除去結果

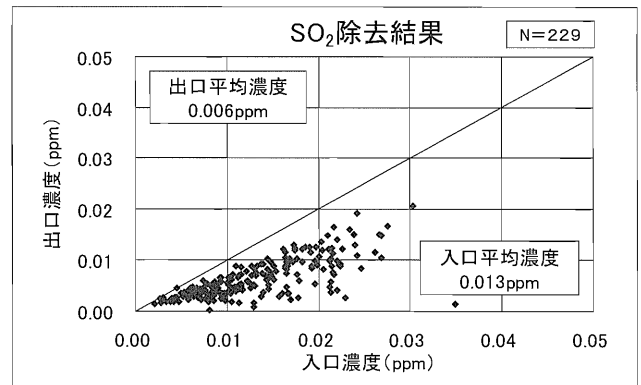


図-7 SO<sub>2</sub> (二酸化硫黄) の性状

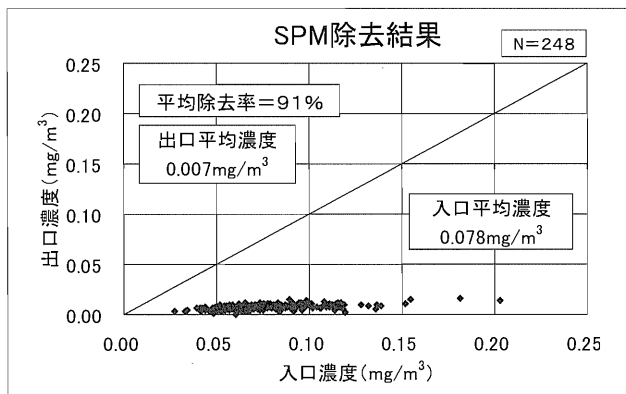


図-5 SPM 除去結果

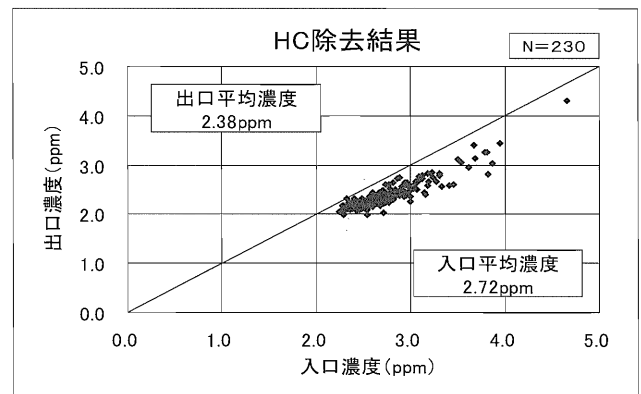


図-8 HC (炭化水素) の性状

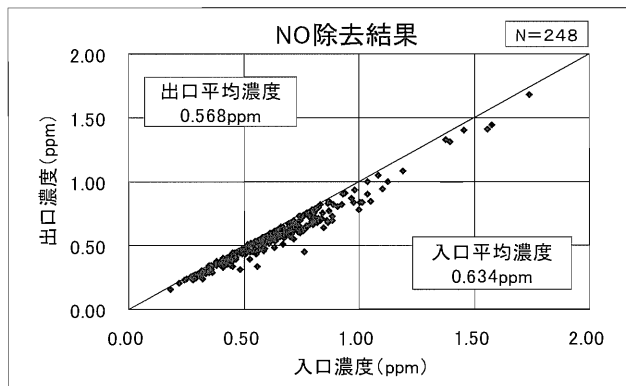


図-6 NO (一酸化窒素) の性状

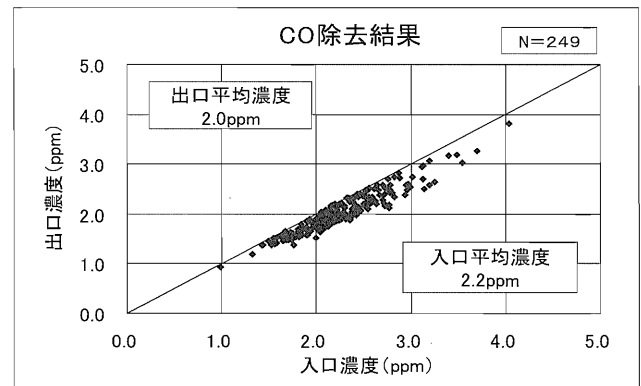


図-9 CO (一酸化炭素) の性状

結果一覧を表-4 に示す。ここに、各測定項目の値は1時間値の全平均値である。

除去対象物質であるNO<sub>2</sub>およびSPMについては、それぞれの除去率が平均99%および91%となり、表-2の目標除去率を満足することができた。また、その他の排出ガスの性状についても、表-2の仕様を満足することが確認できた。測定した物質の入口濃度と出口濃度の関係を図-4～図-9に示す。

(c) 確認検証結果のまとめ

今回のトンネル実ガス実験で確認検証された内容について、以下にまとめる。

① 除去対象物質であるNO<sub>2</sub>およびSPMのトン

ネル実ガスに対する除去性能は、NO<sub>2</sub>平均除去率99%、SPM平均除去率91%であり、各々の除去目標を満足することができた。

② その他の物質NO, SO<sub>2</sub>, HC, COについては、排出ガスの性状として、装置出口濃度が装置入口濃度以下であることを確認した。

③ 排出ガスの温度および湿度については、加湿の影響により、装置入口に比べ装置出口の温度は約1°C低く、装置出口の湿度は約10%高くなったが、問題ない範囲であることを確認した。

④ 排出物の性状として、脱硝部の再生廃液の水質分析を行った結果、東京都の定める下水道排除基

準以下であることを確認した。

- ⑤ 約9カ月の実験期間中に合計11回の脱硝部の再生を実施したが、現位置再生システムが原因のトラブルは発生しなかった。
- ⑥ その他、装置からの漏水や漏気および配管類からの漏水等トラブルは、実験期間中に発生しなかった。

#### 4. おわりに

今回、5,000時間以上のトンネル実ガスを用いた実証実験を行い、システムの性能および耐久性等の貴重なデータが得られた。また、装置の運転管理に係る様々なノウハウを蓄積することができた。関係者の皆様に深く感謝する次第である。

低濃度脱硝システムは、都市内道路の大気環境保全のための局所対策技術として有用であると考えている。

なお、今回導入する設備の新宿線での効果が明らかになるのは、まだ数年先ではあるが、実験等で得られた性能を確実に実機に反映させるよう、工期中の安全確保とともに鋭意努力したい。また、今回の導入事例が今後の大深度地下利用<sup>9)</sup>等の都市再生プロジェクトの参考になれば幸いである。

J C M A

#### 【参考文献】

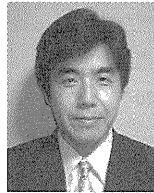
- 1) 村上, 西, 伊藤, 田中, 浅井: 西松式大気浄化システムの開発, 土木学会第58回年次学術講演会(第VII部門), 2003.9, pp.513-514
- 2) 村上, 西, 伊藤, 田中: 西松式大気浄化システムにおける情報の管理について, 土木学会第28回土木情報利用技術講演集, Vol.28, 2003.10, pp.33-36
- 3) 村上, 西, 伊藤: トンネル向け大気浄化システムの開発, 土木学会第59回年次学術講演会(第VII部門), 2004.9, pp.371-372
- 4) 伊藤: 大気浄化システムの開発—沿道実ガスによる1年間の実証実験結果—, 電力土木, No.314, 2004.11, pp.115-119
- 5) 村上, 西, 伊藤, 田中: 西松式大気浄化システムの開発(その3), 西松建設技報, Vol.28, 2005.6, pp.7-12
- 6) 国土交通省都市・地域整備局: 大深度地下利用に関する技術開発ビジョン, 2003年1月

#### 【筆者紹介】

森田 侃志(もりた ちかし)  
西松建設株式会社・富士電機システムズ株式会社本町他  
4換気所トンネル換気付帯設備特定建設工事共同企業体  
現場代理人



伊藤 忠彦(いとう ただひこ)  
西松建設株式会社  
技術研究所  
環境技術研究課  
課長



## 建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々、そして建設事業に関心のある一般の方々のための参考書です。

A4判 102頁 オールカラー 本体価格2,500円 送料600円

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館) Tel.03(3433)1501 Fax.03(3432)0289