

水底汚染土対策のための原位置固化処理工法 「CDM-SSC 工法」

原 俊 郎

CDM-SSC 工法は、従来の浚渫工法での浮泥拡散、汚濁拡散による二次汚染や直接固化処理による底泥巻き揚げなどを防止するために、事前に覆砂工をした後に原位置固化をするために浮泥拡散や水質汚濁がなく、安心して安全な固化処理工法である。

キーワード：土壌汚染、地盤改良、深層混合処理、土質安定処理、不溶化処理 機械攪拌

1. はじめに

港湾・河川においてダイオキシン類濃度が環境基準を超過した底質は、底質調査で数多く判明しているが、安全で耐久性のある対策技術の適用事例は極めて少ない。ここでは、大径で攪拌効率の良い3軸式でのCDM深層混合処理工法を使用して覆砂と固化処理を組み合わせた原位置固化処理工・水底汚染土対策事例として水質モニタリングによる監視で水底での汚濁・拡散を防止し、環境基準以下でダイオキシン類の溶出を押さえた不溶化処理方法（CDM-SSC工法）の概要と1年後の長期耐久性結果について報告する。

2. 工事の概要

東京湾中部・防潮堤護岸建設工事は、軟弱な地盤を床掘・浚渫し、捨石に置き換えて防潮堤ケーソンを据え付ける工事であるが、床掘着手前の底質調査におい

て1ヶ所が環境基準を上回るダイオキシン類（170 pg-TEQ/g）が検出された。更に工事区域の2ヶ所を底質調査した結果、溶出基準を超えた底泥があり、調査結果を表1、調査位置を図1に示す。

表1 溶出調査結果

場所	深度	溶出試験値 pg-TEQ/L	含有量試験 pg-TEQ/g
当初	表層	23	25
	GL-1.0 m	* 15	** 170
追加1	表層	0.7	20
	GL-0.5 m	* 15	81
	GL-1.0 m	3.5	63
	GL-2.0 m	6.9	120
追加2	表層	1.3	25
	GL-0.5 m	* 12	62
	GL-1.0 m	* 12	110
	GL-2.0 m	* 10	92

*溶出基準 10 pg-TEQ/L **含有基準 150 pg-TEQ/g

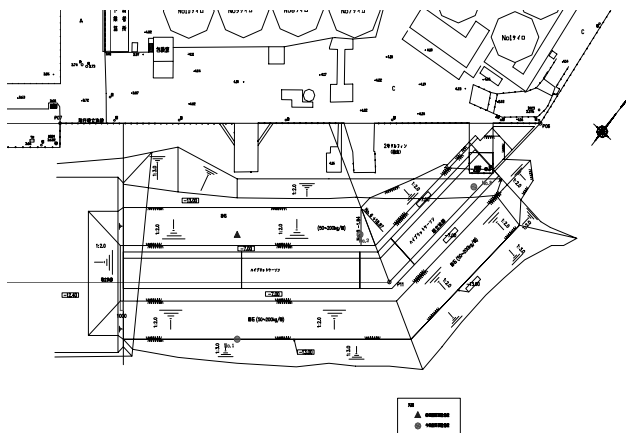


図1 底質ダイオキシン類調査位置図

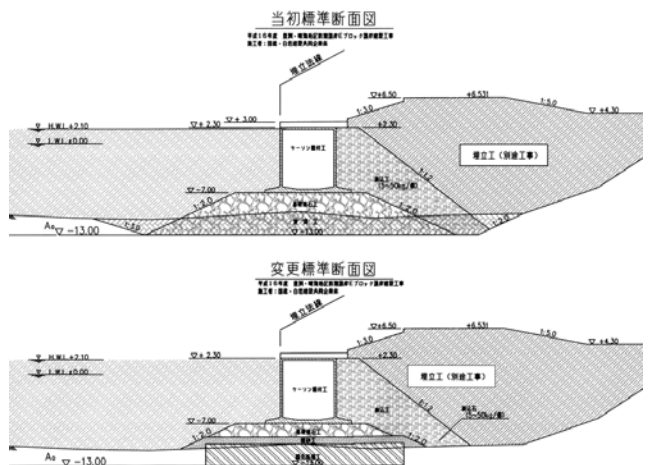


図2 当初・変更断面図

追加調査の結果、含有は基準値以下であるが溶出で基準値を上回るため底質土を工区外に出さない工法として深層混合処理工法による原位置固化で不溶化対策を実施することに決定した。当初設計断面と変更断面を図-2に示す。

3. 地盤改良工の設計

(1) 設計強度

不溶化に対する目標強度としては、対象地盤をケーソンの基礎地盤とする必要があり、地盤改良設計強度はケーソンの安定計算上、900 kN/m²以上とした。そのため現地から採取した底質土を試料として室内配合試験を行った。

(2) 室内配合試験

表層部の底質は密度 $\rho = 2.66$ 自然含水比 $w = 148 \sim 198\%$ 液性限界 $99 \sim 114$ 砂礫 $13 \sim 17\%$ シルト $40 \sim 52\%$ 粘土 $35 \sim 43\%$ PH = 7.6 ~ 8.3 である。固化材の種類は高炉B種、普通セメント、一般軟弱土用、高有機質土用、六価クロム対応の5種類を用意して室内/現場の強度比は3倍を取って強度確認を行い高炉セメントB種を一次選定した。配合試験での各セメント別 σ_{28} 強度結果を図-3に示す。

(3) 溶出試験

ダイオキシン類溶出試験と六価クロム溶出試験を振とう試験によって行った。セメント添加量の決定は設計強度の3倍、2,700 kN/m²を満足する添加量 350 kg/m³で決定したがダイオキシン類の溶出は、実施の 350 kg/m³よりも低い添加量で不検出になるようにまた、六価クロムは実施の 350 kg/m³よりも高

い添加量でも基準値以下になる高炉B種を二次選定した。このようにダイオキシン類不溶化処理における室内配合試験での留意点としては、ダイオキシン類の溶出が決定添加量よりも小さい値でも不検出であり、六価クロムの溶出は、決定添加量よりも大きい値でも不検出であることが必要である。溶出試験を行った結果を表-2に示す

表-2 溶出試験結果表

溶出試験項目 (高炉セメントB種)	固化材添加量 (kg/m ³)			
	240	300	320	400
DXN 1.0 pg-TEQ/L	—	0.029		
六価クロム 0.05 pg-TEQ/L				0.02

(4) 改良体形状と施工数量

施工改良体の形状仕様は、改良面積が最大となる $\phi 1300 \times 3$ 軸を使用し、施工数量は以下のとおりである。

- ・ $\phi 1,300 \text{ mm} \times 3$ 軸 (A = 3.79 m²)
- ・ 打設長：13.0 m, 改良長：3.0 m

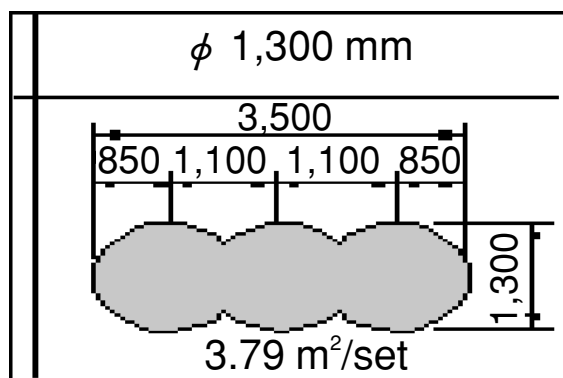


図-4 改良体形状

固化材添加量と σ_{28} 強度について

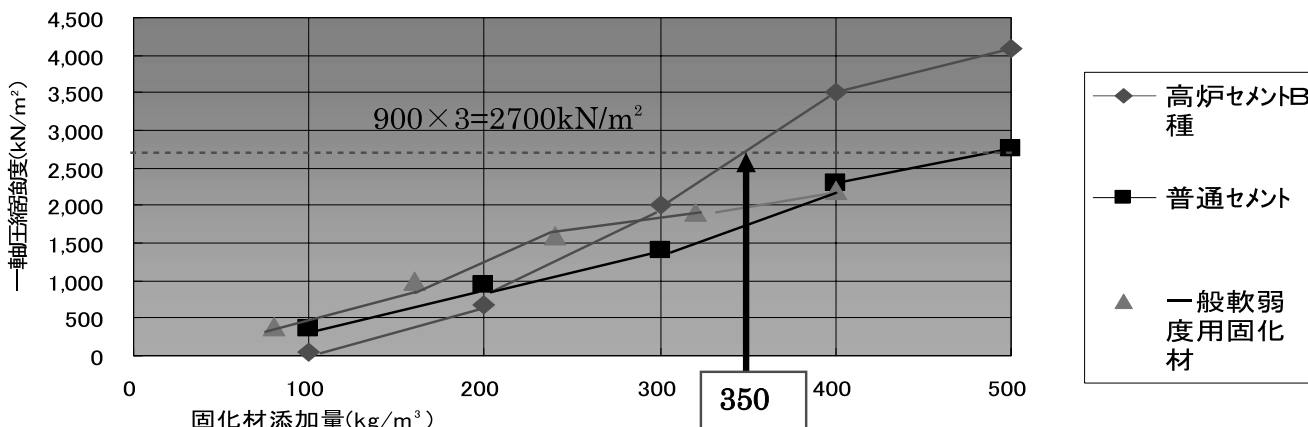
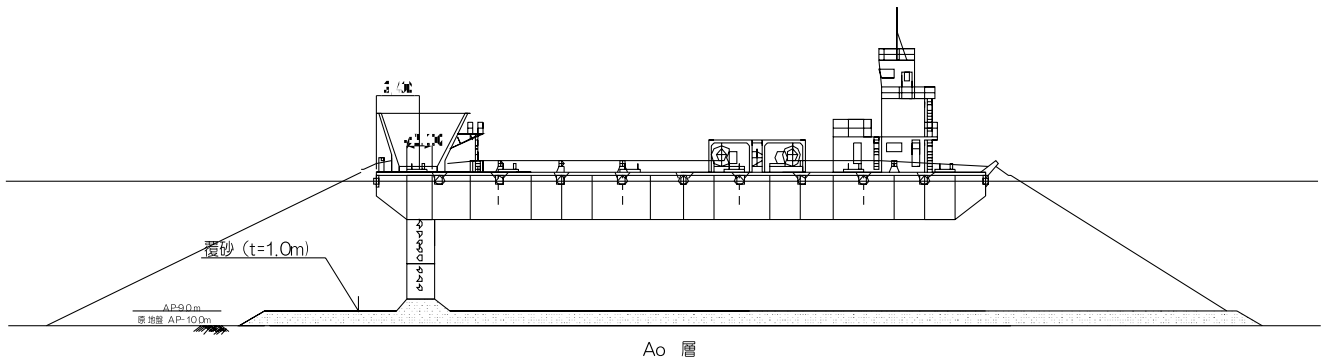


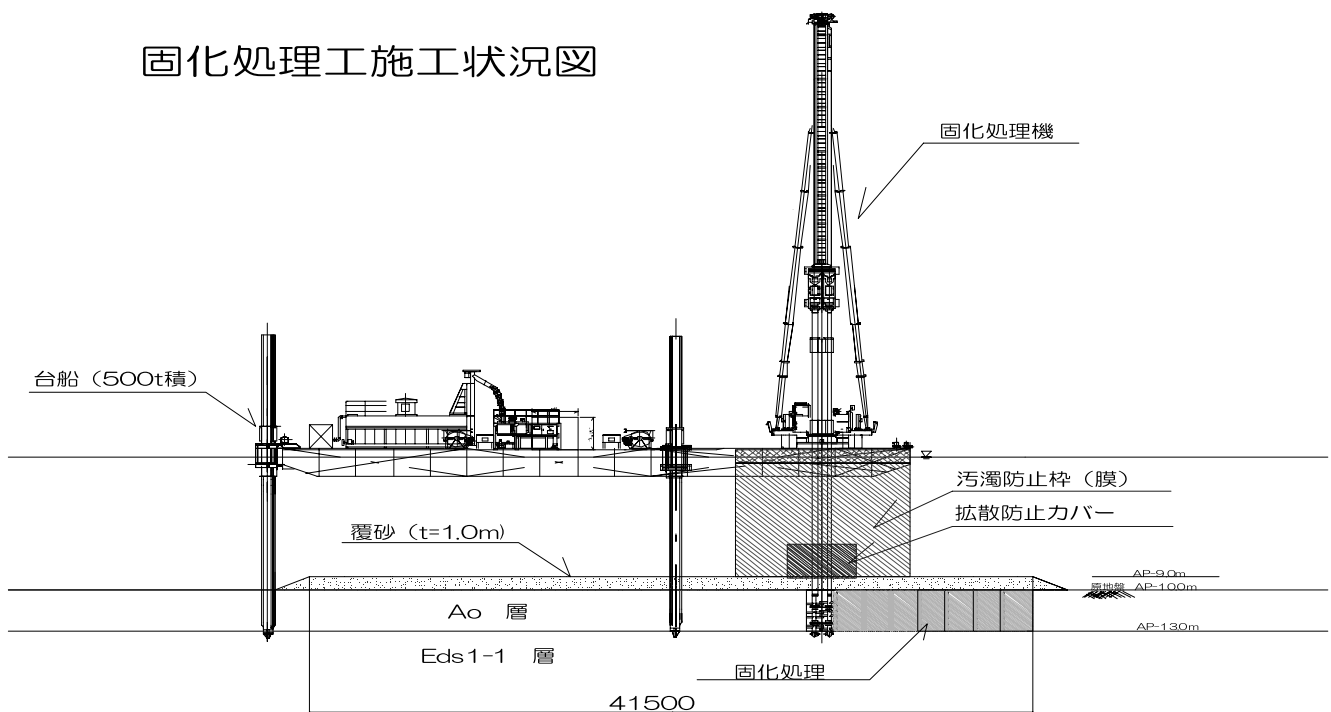
図-3 固化材と σ_{28} 強度一覧

覆砂工施工状況図



図一五 トレミー台船による覆砂工

固化処理工施工状況図



図一六 固化処理状況図

- ・ 固化材：高炉 B 種
 - ・ 添加量：350 kg/m³ ・ 改良土量：10,144 m³
- 改良体形状を図一四に示す。

4. 地盤改良工の施工

(1) 覆砂工

原位置固化処理工の施工時における底泥巻き揚げ、拡散を防止するために厚さ 1.0 m の覆砂工をトレミー台船により投入・敷き均しを行った。

図一五に覆砂の投入状況を示す。

(2) 固化処理工

覆砂工で底質土を被覆した後、3軸タイプ陸上深層混合処理機を搭載した地盤改良台船により固化処理を行った。改良対象地盤は表層がヘドロでその下層は砂質粘性土である。施工管理は CDM 工法に準じて羽根切り回数 450 回/m で管理しながら施工した。

固化処理施工状況を図一六、写真一に示す。

(3) 汚濁防止工

攪拌混合時の汚染拡散による二次汚染を防止するために汚濁防止枠を設置した。改良機械の攪拌翼によって防止幕を巻き込まないようにワイヤーで補強し、最下端部には鋼製金具を取り付けている。

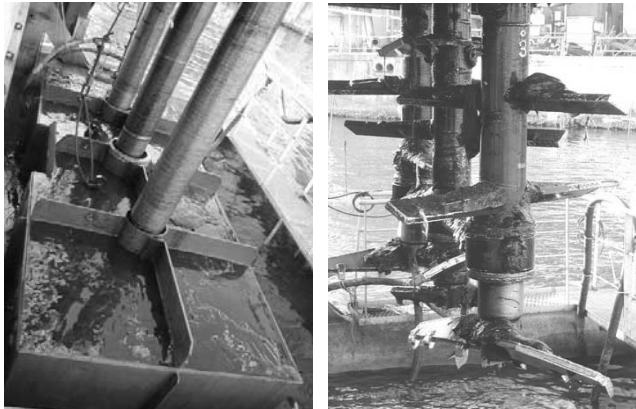


写真-1 固化処理船と攪拌翼

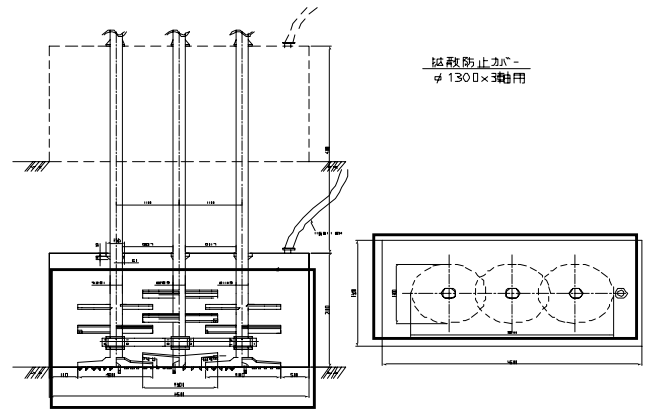


図-8 鋼製攪拌翼カバー



写真-2 鋼製攪拌翼カバー

更に攪拌軸に取り付けた密閉式の鋼製汚濁防止カバーにより2重の拡散防止対策を行った。

図-7, 図-8, 写真-2, 写真-3 参照

汚濁防止枠(膜)構造図

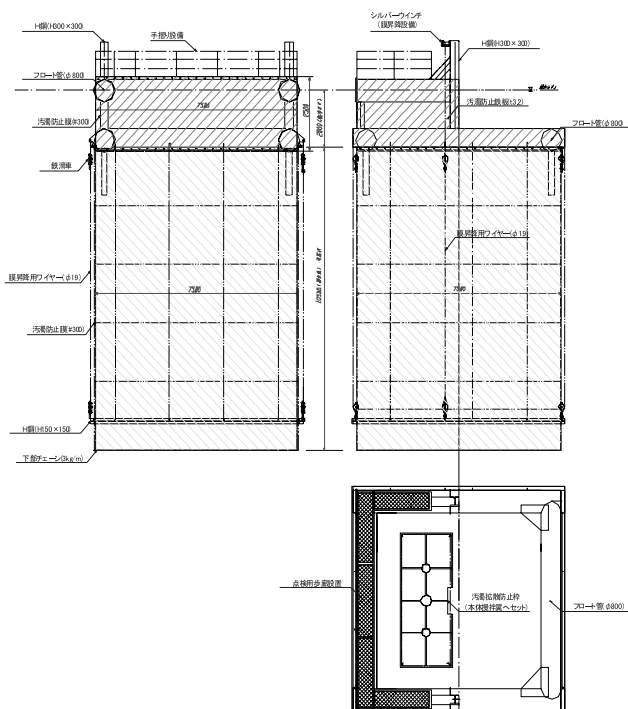


図-7 水底汚染土対策用汚濁防止膜

(4) 水質監視 (モニタリング)

施工中、一般水域に基準値以上の汚濁拡散を防止するために国交省「港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針(改訂版)H15.12」に準拠してバックグラウンド、基本、補助の監視点の設置を行い水質監視(モニタリング)の位置は、海面下0.5m、2.0m及び海面下10.0mの3層にて監視した。モニタリング項目を表-3に示す。

(5) 濁度, SSとダイオキシン類濃度の関係

公定法による水中のダイオキシン類濃度の判定は、測定結果が出るまでに時間を要し、モニタリング結果からのリアルタイムな判断が困難である。

そのため、ダイオキシン類が水に溶けにくく土粒子に付着して移動することを利用して、濁度(濁り)を測定することによって水質のダイオキシン濃度を監視



写真-3 汚濁防止膜の組立状況

表-3 モニタリング項目

監視区分	調査項目		調査回数
基本監視点	対象	ダイオキシン	工事中1回
	生活環境	PH, COD, DO	1回/月
	濁り	濁度	1回/日
補助監視点	濁り	濁度	4回/日
バックグラウンド	濁り	濁度	1回/日
工事区域	異常な濁り, 油膜等の有無		常時

する方法を採用した。

従って事前に施工区域の底質と海水を採取し、室内試験よりダイオキシンと水質濁度、SSの関係グラフを作成して現場での管理基準を「濁度53」「SS50」と決定した

(6) モニタリング結果

施工中の水質モニタリングの結果、覆砂工投入時の

濁度が監視基準値53に対して最大25、固化処理工では最大15程度であった。また、SS管理基準値50に対しては最大10程度となり、基準値以下で施工することができた。施工中のモニタリング結果を図-9、10に示す。

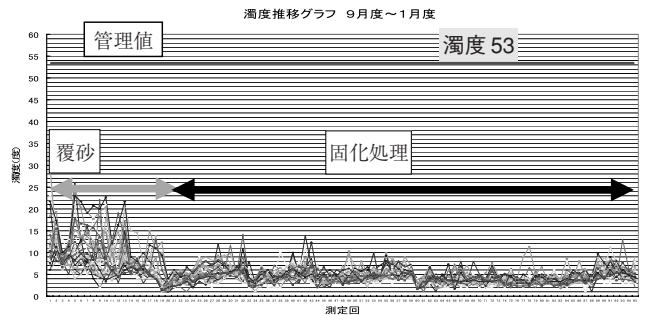


図-9 濁度実施グラフ

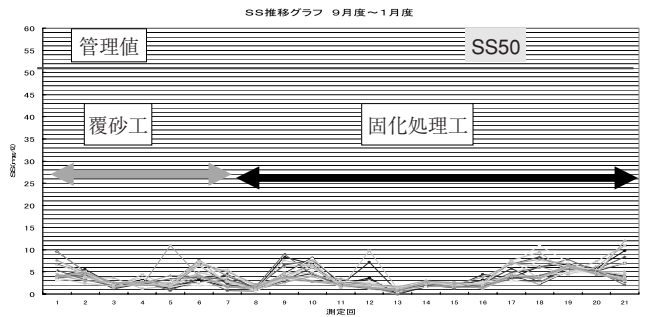


図-10 SS実施グラフ

5. 地盤改良工の結果

原位置固化処理工は、H17.11より開始してH18.1に944セットの打設を完了した。

(1) 改良体の強度

チェックボーリングは2ヶ所を行い、改良体の一軸圧縮強度(σ28)は、すべて設計強度の900 kN/m²以上であり、室内/現場強度比は平均2.8であった。当初計画は3倍であるので品質の良い原位置固化が施工出来たと思われる。結果を表-4に示す。

表-4 σ28一軸圧縮強度一覧

採取位置	A地点 (kN/m ²)	B地点 (kN/m ²)	平均強度 (kN/m ²)	強度比 (設計/現場)
上層	1,454	2,027	1,740	1.93
下層	3,026	3,589	3,308	3.68
平均	2,240	2,808	2,524	2.80

6. 改良体の耐久性について

原位置固化処理工の効果の持続性や耐久性を確認するためにチェックボーリング時に別途C地点の試料を採取し、材令3ヶ月、6ヶ月、12ヶ月後の長期強度と12ヶ月後の改良体溶出試験を行った。結果を表—5に示す。

表—5 長期一軸圧縮強度一覧

採取位置	C地点 (kN/m ²)			12ヶ月後強度比 (設計/現場)
	3ヶ月後	6ヶ月後	12ヶ月後	
上層-下層	6,223	6,301	6,613	7.35

(1) 改良体強度と溶出試験

一軸圧縮強度は、3ヶ月後からより強度発現しており、当初設計強度の6.9倍、6ヶ月で7.0倍となり、1年後の強度は6,613 kN/m²で現場/設計の強度比は7.3倍の伸びを示した。溶出試験による溶出判定は、タンクリーチング試験を行い0.71 pg-TEQ/Lで基準値以下を確認した。

1年後の溶出試験結果を示すが溶出は基準値以下である。結果を表—6に示す。

表—6 溶出試験結果表

1ヶ月後	タンクリーチング試験	0.071 pg-TEQ/L
12ヶ月後	タンクリーチング試験	0.100 pg-TEQ/L
	振とう試験	0.073 pg-TEQ/L

7. まとめ

ダイオキシン類汚染土対策技術としての原位置固化処理工法は、覆砂+固化処理の複合組み合わせによって、より確実な水底汚染土対策を行うことが出来、対策1年後の長期強度にも問題ないことが確認できた。

JICMA

《参考文献》

- 1) 原 他：3軸式深層混合処理工法の水底汚染土対策 土木学会，平成19年度全国大会発表会（2007.9）

【筆者紹介】

原 俊郎（はら としろう）
国土総合建設㈱ 地盤改良事業部
営業部（新工法・新技術担当）
営業部長



大口徑岩盤削孔工法の積算

——平成18年度版——

■内 容

平成18年度版の構成項目は以下のとおりです。

- (1) 適用範囲
- (2) 工法の概要
- (3) 岩盤用アースオーガ掘削工法の標準積算
- (4) ロータリー掘削工法の標準積算
- (5) パーカッション掘削工法の標準積算
- (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算
- (7) 建設機械等損料表

- A4版/約250頁（カラー写真入り）

●定 価

- 非会員：5,880円（本体5,600円）
- 会 員：5,000円（本体4,762円）

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

- 沖縄県以外 450円
- 沖縄県 340円（但し県内に限る）

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 <http://www.jcmanet.or.jp>