



特集記事・5

寿命100年に挑む水道管

環境負荷低減に寄与するステンレス配管システム

(水道・建築設備用屋内配管の耐久性について)

Eco-friendly Stainless Piping System

—Durability of Water Pipe & in Door Plumbing for Building Facilities—

根塚忠明

Tadaaki Neduka

ステンレス協会 配管システム普及委員会 委員長代行
住金日鉄ステンレス鋼管(株) 営業本部担当部長

1 はじめに

溶接ステンレス鋼管はその優れた耐食性に加え、耐熱性と高い強度を有する金属管であることから産業機械用をはじめ自動車排ガス用、食品工業用、建築用等さまざまな分野・用途に使われている。ステンレス協会・配管システム普及委員会では1971年より水道・建築設備用材料の屋内配管の開発と普及に取り組んできた。屋内配管普及のためにはステンレス鋼管の優れた品質特性を市場に認知してもらうとともに施工に適した各種接続方法の開発・整備が欠かせない。ステンレス協会では、材料選択から施工までを一つのシステムと見なし、ステンレス配管システムのことを環境配慮型“グリーンパイプ”と名づけ、地球環境負荷低減に向けさまざまな情報を発信してきた。

さらに、今後フロー消費型社会からストック型社会への変換が急務であるとの認識のもと2007～2009年度にかけステンレス協会では、国土交通省の「住宅・建築関連先導技術開発助成事業」に「超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発」(委員長：明治大学教授 坂上恭助、日本パルプ工業会、ニッケル協会と共同研究)として応募・採択を受け、耐久性に関し、あらたな研究成果を得ることができた。

今後、日本の100年を展望すると“大量生産＝大量消費＝使い捨て”から“循環型社会”への転換、より安全な水道インフラの整備等、環境配慮型のステンレス配管システムが果たすべき社会的役割はますます重要になってくる。本稿ではステンレス配管が持つ耐久性に焦点を当て、屋内配管及びステンレス配管システムについて給水分野を中心にその概要を紹介する。

2 屋内配管及びステンレス配管システム(グリーンパイプ)の特徴

2.1 屋内配管の用途

屋内配管は、水道用の他に建築設備用途として衛生、空調、消火設備配管用等に広く使用されており、全国の年間需要量は現在5千トン前後で推移している。現状水道用のステンレス配管は一部送水管・配水管として水管橋等に採用されているが、大半は給水管に使用されている。建築設備用においても屋内配管は住宅内及びビル内の水道用給水管に使用されている。本稿では以下、水道用・建築設備用の給水管について述べる。

2.2 ステンレス配管システム(グリーンパイプ)

グリーンパイプとは、耐食性に優れたステンレス鋼管と各種の接続方法を組み合わせたステンレス配管システムのことである。図1¹⁾に水道用給水装置の概念図を、また図2²⁾にはステンレス配管モデルシステムの概念図を示す。配水本管から居住内にある給水栓までの配管が用途上、給水管に分類される。図1及び図2に示す給水管の分野でステンレス鋼管が使用されるには、ステンレス継手をはじめ各種の接続方法を備えることが不可欠である。ステンレス鋼管の接合方式には溶接式、フランジ式、メカニカル式、管端つば出し工法等、各種の接合方法がありステンレス協会ではステンレス協会規格(SAS継手規格)を制定するとともに、各種接続方法ならびに配管の設計・施工マニュアルの整備を行い、官公庁はじめ各種団体へ配管システムの普及に向け働きかけを行ってきた。

2.3 ステンレスのもつ最大の特性は耐久性

ステンレス配管システムはさまざまな特徴を有しているが、その要因の多くはステンレスが優れた耐食性と強度を備

えていることによる。グリーンパイプは建築設備用材料として、普通鋼よりも薄肉、軽量化を図ることが可能であり、適切な環境と条件の下で使用されれば建築物の長寿命化に寄与することができる。

(1) 経年劣化が少ない³⁾

ステンレス鋼管が屋内配管用に使用され始めて約30年になるが、ステンレス協会が行った抜管サンプリング調査では期待通りの優れた耐久性を有していることが確認されている。系統別の管内面の観察結果の一例を表1⁴⁾に示す。給水系ではパイプ本体は、抜管調査及びヒアリング調査ともに、漏水トラブルに結びつくような異常は認められなかった。また、解体調査でもラップジョイントとパイプの円周溶接部に、バックシール不良による溶接焼けが見られるものが一部あったが、腐食は認められなかった。

(2) 摩擦損失が小さい³⁾

ステンレス鋼管は、他の材料に比べて大きな流量係数を有している。このため、サイズダウンを行うことができる。さらに、この流量係数の経年変化が少ないことから、管サイズの余裕代や搬送動力の削減の可能性が期待される。図3³⁾にステンレス鋼管と鋼管の流量係数経年変化の比較イメージを示す。

(3) 軽量化が可能³⁾

ステンレス鋼管は、耐食性と強度を備えていることから、他の材料に比し薄肉化が可能である。また、サイズダウンが可能であることから軽量化が期待できる。軽量化のメリットはコスト面のみならず、今後高齢化問題が顕在化する建設現場での作業負荷軽減に寄与できる。また、材料の使用量そのものを削減することによるCO₂排出量の削減に大きな効果が期待される。表2³⁾に材料別の重量の比較を示す。

2.4 水質管理とステンレス配管の耐久性⁵⁾

ステンレス配管システムは、適正な環境と水質条件下であれば長寿命が期待できる。水道事業体から配水される上水に含まれる塩化物イオンと残留塩素の濃度は、ステンレス配管システムの耐食性に大きな影響を与える。「超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発」研究では全国浄水場6076カ所の水質データ分析を行った。表3^{5,6)}及び表4^{5,6)}の調査結果が示す通り、2004年度と2007年度を比較すると塩化物イオンの値は大差ないが、残留塩素の最高値は8.4ppmから2.7ppmまで低減していることがわかる。

他方、実際の水環境に影響を及ぼす要素として次のような

表1 系統別の管内面の観察結果の一例⁴⁾

給水系統	
施行後 22 年	
洗浄前	洗浄後
	

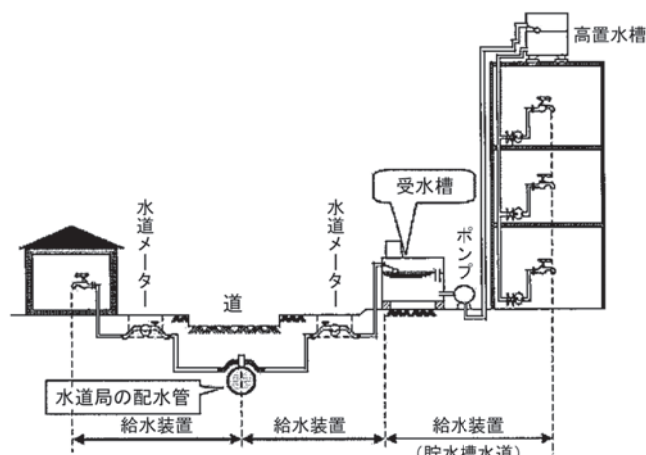


図1 給水装置の概念図¹⁾



図2 ステンレス配管モデルシステム概念図²⁾

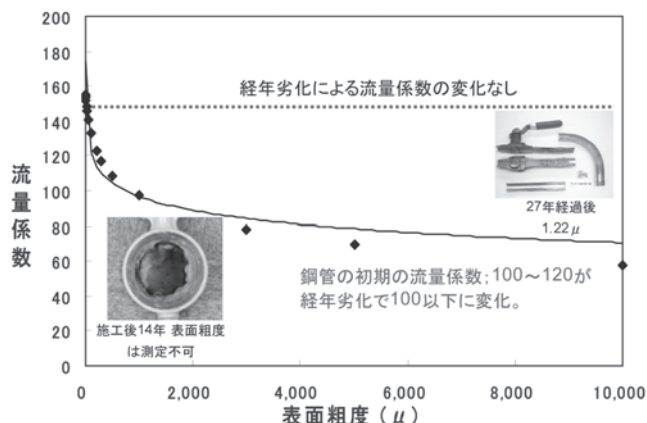


図3 流量係数経年変化の比較イメージ³⁾

ことがあげられる。厚生労働省健康局の（2007年10月改正）水質管理基準では水道水に含まれる残留塩素濃度は1.0ppm以下が目標とされていること。また、全国の水道事業体では「安全でおいしい水」供給への取り組みが広がる中、「おいしい水」の要件として1985年に厚生省の「おいしい水研究会」で残留塩素0.4ppm以下が示されていること。そのため上水中の残留塩素の濃度は低減される傾向にあると言える。前述の全国浄水場の残留塩素の低減傾向と考え合わせるとステンレス配管システムにとっては、より腐食しにくい環境が整備されつつあると言える。

2.5 リサイクルと産業廃棄物削減

ステンレススクラップは、資源価値が高く、回収したスクラップはほぼ100%再生可能である。ステンレス製品のリサイクルシステムは既にでき上がっており、(社)日本鉄リサイクル工業会の会員会社により回収されたスクラップは、ステンレス鋼原料として再利用されている。ステンレス鋼原材料の60%⁷⁾がリサイクルスクラップを使用している。このためステンレス製品は、リサイクルを通して産業廃棄物やCO₂排出物の削減に貢献している。図4⁸⁾にステンレス鋼のリサイクルフローを示す。

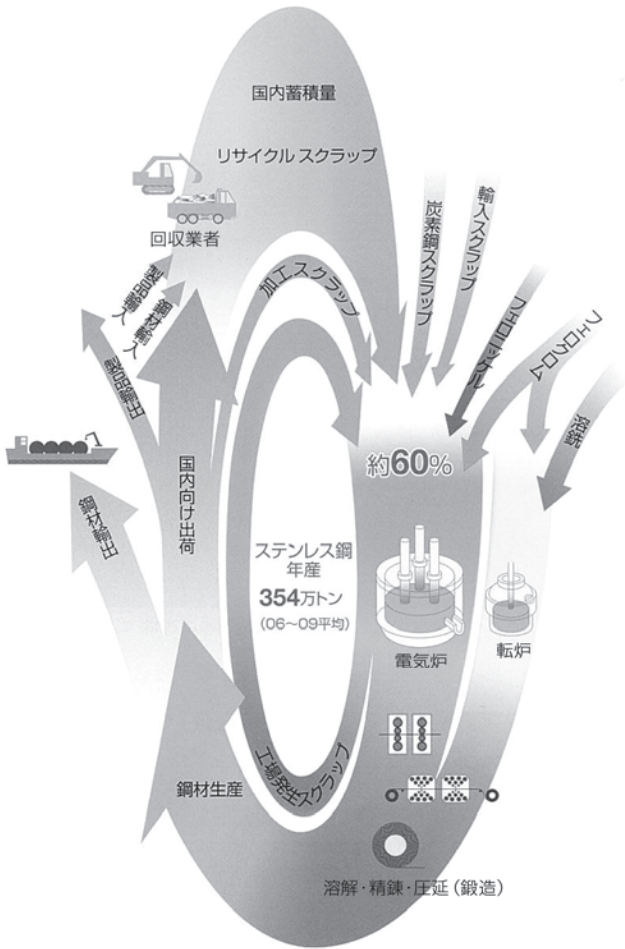


図4 ステンレス鋼のリサイクルフロー⁸⁾

表2 材料別の重量の比較³⁾

外径 (mm)	一般配管用 ステンレス鋼管		硬質塩化ビニル ライニング鋼管		圧力配管用炭素鋼 鋼管 Sch.40	
	質量 (kg/m)	割合 (%)	質量 (kg/m)	割合 (%)	質量 (kg/m)	割合 (%)
60.5	2.2	100	5.7	257	5.4	245
114.3	5.6	100	13.1	234	16.0	286
165.2	12.1	100	21.5	178	27.7	229

表3 全国浄水場の水質データのまとめ（2004年度）^{5,6)}

区分	塩化物イオン			残留塩素		
	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値	最低値
最高値	200.0	200.0	200.0	8.4	6.2	5.0
平均値	16.1	12.4	9.7	0.5	0.4	0.2
最低値	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0

表4 全国浄水場の水質データのまとめ（2007年度）^{5,6)}

区分	塩化物イオン			残留塩素		
	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値	最低値
最高値	240.0	155.6	130.0	2.7	2.0	1.0
平均値	15.8	12.4	9.9	0.5	0.4	0.2
最低値	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0

3 水道分野での役割と今後の展開

(1) 水道用ステンレス鋼管普及の経過

1970年代に入り建築設備業界では、水道原水の水質劣化影響による鋼管の腐食から白水、赤水問題が顕在化し始めたため、屋内配管へのステンレス鋼管の採用を検討していたが、ステンレス鋼管が水道用として本格的に普及し始めたのは1980年頃からである。東京都などの水道事業者がステンレス管の耐久性に着目し、老朽化した給水管取替えに際し鉛管からの切り替えを進めてからである⁹⁾。1980年5月にはJIS G 3448が一般配管用ステンレス鋼管規格として、1982年7月には日本水道協会規格JWWA G 115、G 116が制定され、ステンレス鋼管は広く社会に認知されるに至った。

(2) ステンレス化と漏水防止効果（埋設給水管）

東京都水道局では、公道部の給水管のステンレス化を推進してきたが、図5¹⁰⁾に示す通りステンレス化の進展が漏水率の改善及び水資源の有効利用に寄与していることが確認できる（東京都水道局によれば2009年度では漏水率が3%まで改善されている）。

(3) ステンレス化と塩素削減効果について¹¹⁾

横須賀市水道局とステンレス協会は、ステンレス管の残留塩素吸収量が小さいことに着目して、共同でモデル配管による残留塩素測定調査を行った。残留塩素減少特性について、ステンレス管と他材料管との相対評価を図6¹¹⁾に示す。調査の結果、モルタルライニング管（DIP）、塩ビ管（HIVP）、ステンレス管（SSP）、PE管（PP）の順に前者ほど残留塩素の減少量が大きいことが確認できる。相対的にステンレス管は残留塩素減少量が小さく、ステンレス配管システムが採用されれば塩素投入量の抑制につながり、経済メリットと合わせ省資源効果も期待できると言えよう。

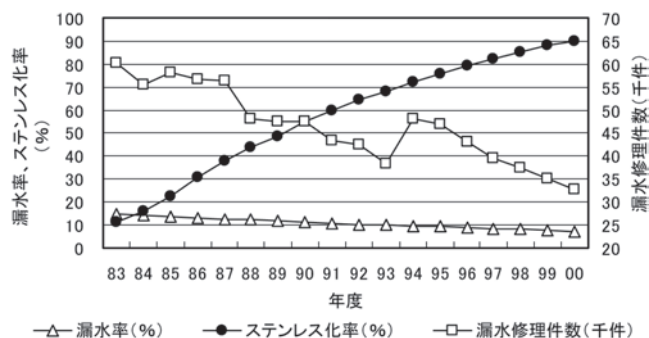


図5 漏水率、漏水修理件数及び公道下のステンレス化率推移¹⁰⁾

(4) 埋設環境下でのステンレス鋼管の役割

配水本管からメーターボックスまでの公道上の給水管は通常は土中埋設用途であり、図7²⁾に示す波状ステンレス鋼管（JWWA G119）が使用されることが多い。一般的にステンレス鋼管は耐震性を備えているが、波状ステンレス鋼管はその形状から可とう性を有しており、土中埋設環境下での変位、振動吸収性にも優れていることが特長である。日本各地の土壌環境中における水道用ステンレス鋼管の耐食性評価を実施し長期埋設試験の結果、ステンレス鋼管は良好な耐食性を示すことが確認できた。図8¹¹⁾に埋設10年後の耐食調査結果の一例を示す。また、ステンレス鋼管は土壌からの有機溶剤の

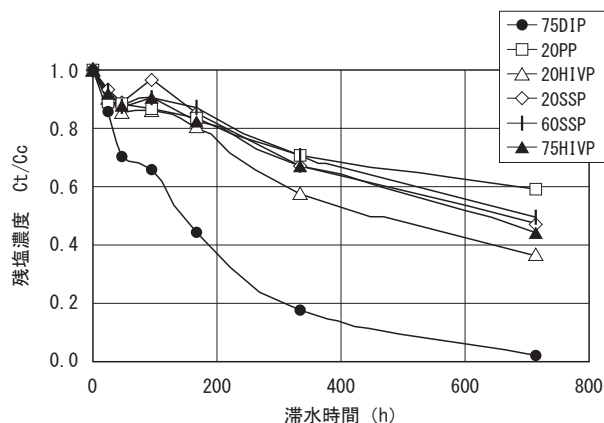


図6 管種別の残留塩素特性¹¹⁾

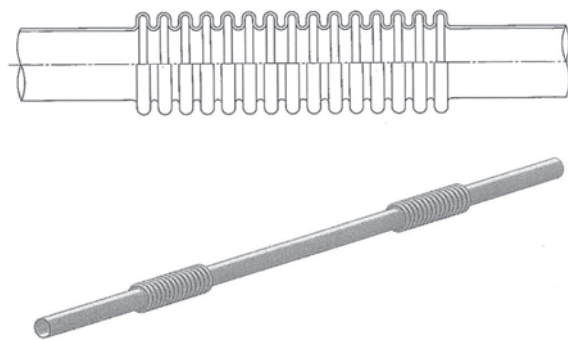


図7 波状ステンレス鋼管²⁾

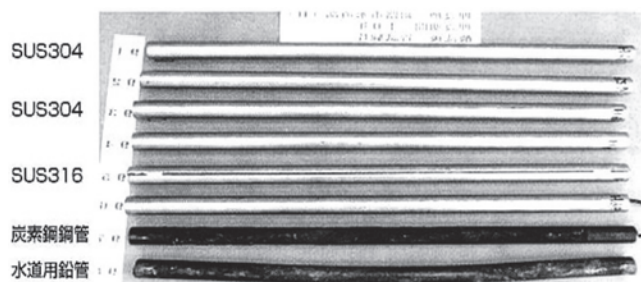


図8 埋設10年後の耐食性調査（釧路）¹¹⁾

浸透を防止できるため水の安全・安心にも寄与していると言えよう。

(5) 今後の展開

ステンレス協会の調査では現在、公道上の給水管にステンレス鋼管を採用している水道事業体は、東京都水道局をはじめ、埼玉、千葉、神奈川の関東圏の主要都市に集中しており、日本全体の給水人口（2011年度給水全体で1億2479万人）¹²⁾比で25%程度と推定される。関東圏以外では長崎市や沖縄県の一部などでステンレス鋼管が採用されているが、全国的には塩ビライニング鋼管やポリエチレン管など様々な管種が採用されている。他方、水道メーターから宅地内への二次側給水管は、全国的に鉛管が相当残っているものと推測される。今後、ステンレス協会としては、公道と合わせ敷地内の給水管についても、耐震性、安全・安心、環境への配慮など、ステンレス配管システムのもつ優れた点が各事業体始め市場に認知されるよう一層の情報発信が必要と考える。

4 住宅の長寿命化とステンレス配管システムの役割

循環型社会への変換へ向け、2009年5月に「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が施行される等、国の環境問題への政策的取り組みが建築・住宅分野でも急速に進んでいる。ステンレス協会では、前述の通り各種団体と共同研究を実施、2010年2月に「超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発」の提案を行った。この研究報告を通じて「超長期住宅」（いわゆる「200年住宅」）の普及促進に貢献したいと考えている。

(1) 超高耐久オールステンレス共用部配管システムの提案

本研究報告では、既存の設備配管は、一般に、溶存酸素・残留塩素等の腐食因子により管材料が腐食され、設備配管として機能劣化を招いており、その寿命は、20年¹³⁾といわれている。この結果、躯体が維持可能な場合、配管システムの全面更新を繰り返すことになる。本提案では、住戸内専用部を除いた共用部（給水・排水・消火）の配管を、樹脂管や炭素鋼鋼管等を中心とした在来管種から、経年劣化の少ないステンレス鋼管による配管システムに置き換えることにより、設備配管に躯体と同等レベルの100年、200年といった高耐久性を持たせ、超長期住宅の実現を目指すこととしている¹³⁾。本研究から様々な成果が得られたが、環境を切り口とした提案は以下の通りである。

(2) 道連れ工事をなくす

管本体であるステンレス鋼管の期待耐用年数は200年、管継手・バルブは、内部のガスケットの劣化に依存しているため30～40年と考え、管よりも耐用年数の短い管継手・バルブの維持管理（点検、補修、交換）を容易にする方法を考案し、躯体と管を傷める道連れ工事を極力なくす超高耐久性工法の提案を行った。これにより、集合住宅内の給水管についても躯体が持つ高耐久性との整合性をもつことが可能となる¹⁴⁾。

(3) LCC（ライフサイクルコスト）、LCCO₂（ライフサイクルCO₂）評価

建築物に関わるCO₂排出量は現在、日本全体の4割¹⁵⁾と推定されている。超高耐久性工法により道連れ工事を減らし、建物の長寿命化が実現できればCO₂排出量の削減につながる。

図9¹⁶⁾及び図10¹⁶⁾に示すように、ステンレス配管もしくはステンレス配管以外の従来工法に比べ超高耐久性工法は、LCCが小さく、LCCO₂の面でも優位にあることがわかる。

(4) 耐震実験結果¹⁷⁾

本研究の一環として、2008年3月に独立行政法人建築研究

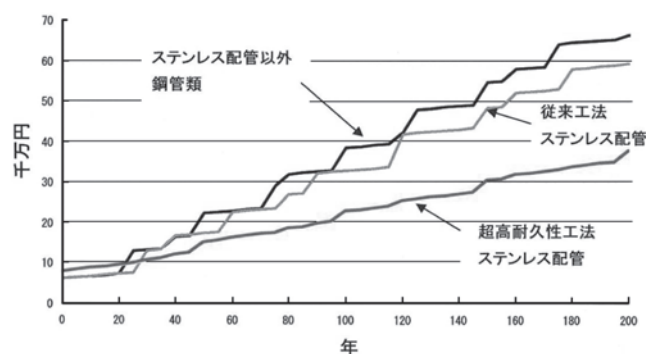


図9 LCC累計工事費評価（300戸規模の例）¹⁶⁾

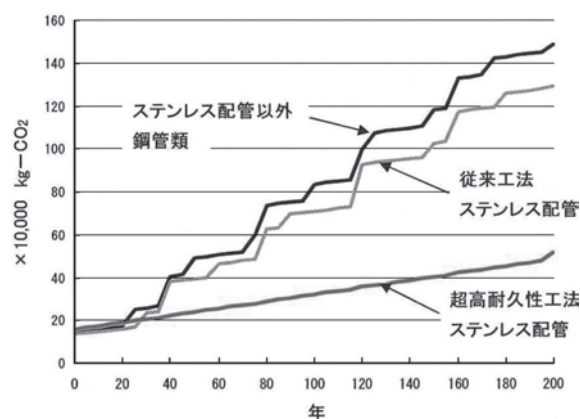


図10 LCCO₂累計工事評価（300戸規模の例）¹⁶⁾

所が防災科学研究所のE-ディフェンスにて実施した建築設備の耐震性評価に協力参加した（図11）。

耐震実験は地上21階、高さ80mの建物を想定し、1階から4階までを実規模の鉄骨造架橋とし、その上に5階から21階までの揺れを反映する仕組みで実施。地震波は、東海地震及び東海・東南海地震での想定波等を入力。給水配管は立て管にステンレス配管100SU（管径114.3mm）と50SU（管径48.6mm）を、横引き管として25SU（管径28.58mm）を組込み実験を行った。実験の結果、建物の主要構造物である梁の端部に破断が見られたが、給水管には目立った損傷はなく、気密試験による漏れの発生もなかったことから配管システムの耐震上の有効性が確認されている。

5 まとめ

近年、地球温暖化に象徴されるように地球的規模の環境問題が深刻化している。地球環境保全の対応としてCO₂の削減、省資源・リサイクルの推進等、循環型社会への転換は焦眉の課題となっている。住宅分野や水道施設においても耐久性、リサイクル性、軽量化等が求められている。ステンレス協会が提案しているステンレス配管システム（グリーンパイプ）の普及がこれらの課題に貢献できるものと考えられる。

なお、4章の(1)(2)(3)に関連して、建築設備用ステンレス配管システムの系統別耐久性や超高耐久性工法について、文献^{4,16)}に詳しく記載されているので参照願いたい。本稿が、ステンレス配管の採用を検討されている方々の参考になれば幸いである。

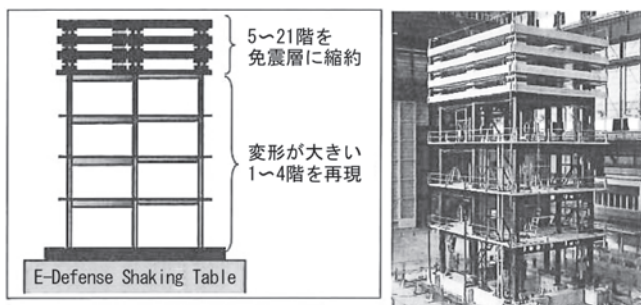


図11 E-ディフェンス震動台

参考文献

- 1) さいたま市水道局HP：
<http://www.city.saitama.jp/suido.html>
- 2) ステンレス協会配管ガイド，(2005)，18.
- 3) 中野和幸：建築設備と配管工事「グリーン化技術の提案」，48 (2010) 4, 51-55.
- 4) 坂上恭助：国土交通省住宅・建築関連先導技術開発助成事業「超高耐久オールステンレス共用部配管システムに関する技術開発」平成21年度技術報告書，明治大学，ステンレス協会，日本バルブ協会，ニッケル協会，(2009)，84.
- 5) 改訂版建築用ステンレス配管マニュアル，ステンレス協会，(2011)，84, 85.
- 6) 文献4)，91.
- 7) 国際ステンレスフォーラム (ISSF) HP：
<http://www.worldstainless.org/>
- 8) ステンレス協会パンフレット，「リサイクルが容易なステンレス鋼」
- 9) 横澤昭雄：第26回NiDIセミナー「ステンレスと水道」資料，(2002)，1.
- 10) 横澤昭雄：第26回NiDIセミナー「ステンレスと水道」資料，(2002)，3.
- 11) ステンレス協会HP，グリーンパイプ：
<http://www.jssa.gr.jp/greenpipe/>
- 12) 平成21年度給水人口と水道普及率，厚生労働省
- 13) 文献4)，1.
- 14) 文献4)，160.
- 15) 循環型社会への変革，産業新聞（2008年1月4日）
- 16) 文献4)の「超高耐久オールステンレス共用部配管システムガイドライン」，(2009)，101, 103.
- 17) ステンレス協会HP，Eディフェンスを用いたステンレス配管の耐震性について：
http://www.jssa.gr.jp/greenpipe/g_news/20080414.htm

(2011年8月30日受付)