

ステンレス配管システムの LCCO₂ 評価

The LCCO₂ Evaluation of Stainless Steel Piping System

稲田 朝夫*、坂上 恭助**、小原 直人***、常藤 和治****

Tomoo Inada Kyosuke Sakaue Naoto Obara Kazuharu Tsuneto

Keywords: Plumbing system, Stainless steel piping, Long life houses, Evaluation, LCCO₂

配管システム ステンレス鋼管 超長期住宅 評価 LCCO₂

1. はじめに

わが国では、少子高齢化の進展による福祉負担の増大と、地球環境問題や廃棄物問題の深刻化に対処するため、従来のフロー型社会からストック型社会への変換が急務である。このような背景から、超長期にわたって循環利用できる質の高い住宅が求められ、2006年2月に住宅政策の指針となる法律「住生活基本法」が閣議決定され、同年6月に公布された。その後、住生活基本法の制定を踏まえ2007年に政府方針として「200年住宅ビジョン」が提言された。この主旨に沿って200年程度の寿命を持つ住宅を「超長期住宅」という。超長期住宅に関しては、既に「SI住宅」という建築技術が開発されている。SI住宅とは、耐久性のある建物の構造躯体（スケルトン（skeleton）またはサポート（support）：「S」）と、可変性をもつ間取りや内装・設備（インフィル（infill）：「I」）を明確に区分することにより、社会状況の変化に対応しつつ長期に使用できるように計画された集合住宅をいう。SI住宅は、建物のスクラップ&ビルドによる資源の浪費や廃棄物増大を回避できるとともに、居住者のニーズに応じたインフィル工事が適宜にできるというメリットがある。

一般の集合住宅における設備としては、各住戸内に設置される住戸内設備と、各住戸にまたがる共用設備に区分される。これらをSIの概念に当てはめると、共用設備はスケルトンに、住戸設備はインフィルに相当する。共用設備のうち、電気設備の幹線設備の耐用年数は比較的長く、また更新等も容易である。しかし、給水・排水・消火設備の主管の耐用年数は短く、かつ更新を行う場

合、部品の取り外しや交換に伴い健全な躯体や内装の解体・復旧等の道連れ工事が発生する等、配管の更新には困難が伴う。

そこで、給水主管、排水主管および消火主管（屋内消火栓主管、連結送水管・スプリンクラー主管）の耐用年数を延長させることにより、道連れ工事の発生が伴う更改修の周期を延長させることが、超長期住宅の実現のための強力な支援策につながる。共用配管の耐用年数を延長させるには、高い耐久性を有する配管材料の使用が要求される。また、共用配管には耐火性が要求される。これらの要求を満足する配管材料として、ステンレス鋼管が挙げられる。この観点から、筆者らは、集合住宅の共用配管をすべてステンレス鋼管とし、この配管システムを構築するための維持管理（点検、清掃、補修、交換）方法や合理的な更新方法を検討し、これらを可能としたオールステンレス配管システム（A11-SUS-PS）を提案するとともに¹⁾、その環境負荷（LCCO₂）を検討した²⁾。

本研究は、高層・超高層の3集合住宅の給水システムを対象に、A11-SUS-PS、従来工法のステンレス配管システムおよび硬質塩化ビニルライニング鋼配管システムにおけるLCCO₂評価を比較し、A11-SUS-PSの負荷低減効果を検討したものである。

2. 評価方法

2-1 評価対象モデル

2-1-1 集合住宅の建物モデル

評価対象とした集合住宅は、住戸数（200、300戸）と階数（11、16、31F）の組み合わせにより、

*1 須賀工業株式会社 技術研究所

*2 明治大学 理工学部 教授・工博

*3 小原技術士事務所

*4 オーエヌ工業株式会社

次の3プランをモデルとした。

プランA：200戸（11F・B1F）

プランB：300戸（16F・B1F）

プランC：200戸（31F・B1F）

それらの代表として、プランCの基準階平面図を図-1に示す。

2-1-2 設備方式のモデル

給水設備は、集合住宅の給水システムとして近年最も一般的な方式であるポンプ直送方式とした。プランCは、ポンプの消費電力の低減のため、高層と低層の2系統とした（図-2）。排水通気設備は、特殊継手排水システムとした。消火設備は、屋内消火栓と結結送水管を設けた。プランCでは、さらにスプリンクラー設備を設けた。15階には補助水槽とブースタポンプを設けた。プランCの給排水配管系統図を図-2に、消火配管系統図を図-3に示す。

2-2 配管モデルと更新スケジュール

2-2-1 配管モデル

配管モデルは、以下に示す3通りとして比較を行った。

(1) 高耐久性工法によるステンレス配管

従来のステンレス配管は、配管材料としては長寿命が期待できるが、継手やバルブのガスケットやパッキンの劣化により、システムとしての計画耐用年数は短い。そこで、直管は200年間の継続使用しながら、継手やバルブはメカニカル継手などによる部分的更改が可能な工法とし、さらに継手の合成ゴムに延伸 PTFE を、バルブのシート部

に PTFE を使用して更改頻度を低減する工法を採用するものとした³⁾。この工法を用いるステンレス配管を SS1 と称す。

(2) 従来工法によるステンレス配管

SS1 と比較するため、従来工法を用いるステンレス配管 (SS2) を取り上げた。なお、SS1 と SS2 において、排水継手は現状では開発されていないので、ステンレス製排水継手を仮定した。

(3) 塩化ビニルライニング鋼管

現在最も多く適用されている硬質塩化ビニルライニング鋼管 (LP) を取り上げた。

2-2-2 更新スケジュール

高耐久ステンレス配管システムの耐用年数については、ステンレス配管の直管は200年とし、管継手・バルブの更新スケジュールについては、内部のガスケットの耐用年数に依存するため、汎用合成ゴムを対象に実施された寿命評価に関する検討・評価結果より得られた結果⁴⁾を参照し、給水用継手は30年、バルブはステンレス配管に適したバルブ材料の選定と適切な維持管理を行うことを条件に40年とした。また、排水用については継手を50年、消火用については継手を50年、バルブは給水用と同様に40年とした。

従来工法を用いるステンレス配管 (SS2) と、硬質塩化ビニルライニング鋼管 (LP) の耐用年数は、既往文献⁵⁾を参照し、給排水設備の配管、継手、バルブの耐用年数を SS2 は30年、LP は25年とした。消火設備に関しては SS2、LP とともに40年とした。想定耐用年数に基づく SS1、SS2 および LP の更新スケジュールを図-4に示す。

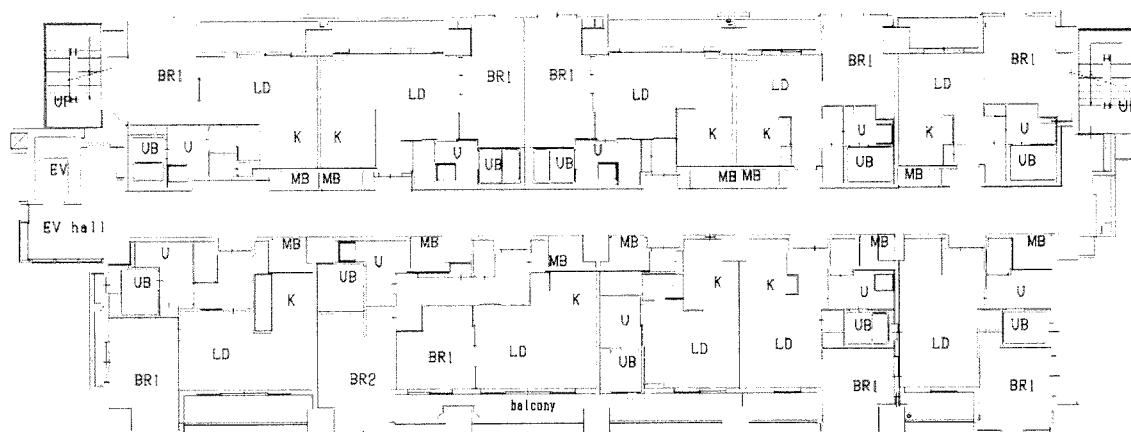


図-1 プランCの基準階平面図

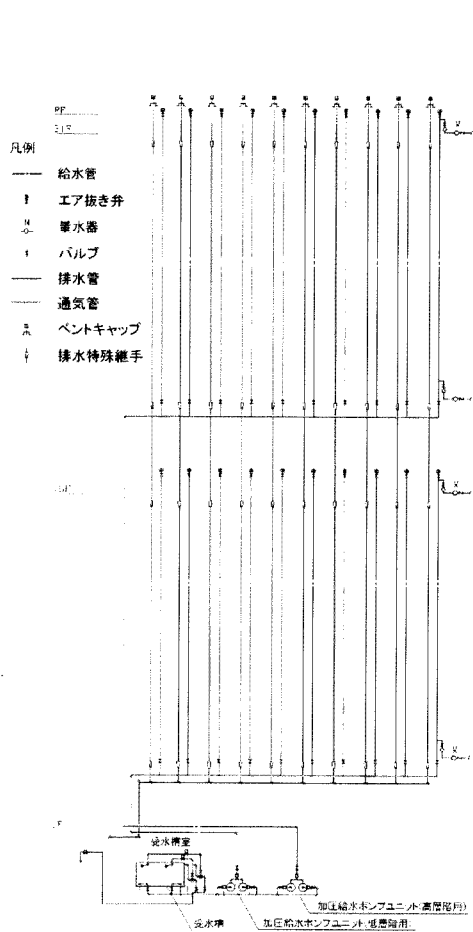


図-2 プランCの給排水配管系統図

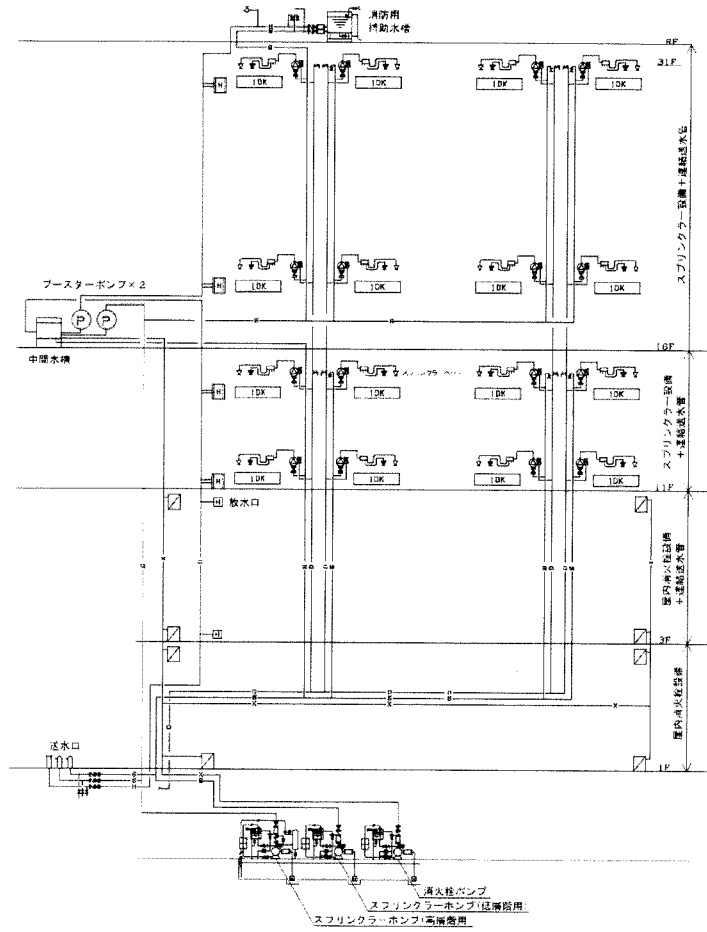


図-3 プランCの消火配管系統図

	年	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200						
ステンレス配管 超耐久性工法	給水	直管	●																																													
		継手	●																																													
		バルブ	●																																													
	排水	直管	●																																													
		継手	●																																													
		保温	●																																													
	消火	直管	●																																													
		継手	●																																													
		バルブ	●																																													
	道連れ工事	直管	●																																													
		継手	●																																													
		バルブ	●																																													
		保温	●																																													
従来工法 ステンレス配管	給水	直管	●																																													
		継手	●																																													
		バルブ	●																																													
	排水	直管	●																																													
		継手	●																																													
		保温	●																																													
	消火	直管	●																																													
		継手	●																																													
		バルブ	●																																													
	従来工法 銅管類	給水	直管	●																																												
継手			●																																													
バルブ			●																																													
排水		直管	●																																													
	継手	●																																														
	保温	●																																														
消火	直管	●																																														
	継手	●																																														
	バルブ	●																																														
道連れ工事	●																																															

凡例 ● 新設
■ 更新(撤去・新設)
★ 撤去

図-4 想定耐用年数に基づく更新スケジュール

2-3 算定方法

2-3-1 算定項目

200年集合住宅の生涯においては、建設工事、更新工事・付帯工事、補修工事および撤去工事が想定される。これらの工事におけるCO₂排出量と運用におけるCO₂排出量を算定する。

(1) 工事におけるCO₂排出量

- 1) 建設工事：建設時の配管工事と保温工事におけるCO₂排出量
- 2) 更新工事：更新における配管工事と保温工事、撤去・廃棄処分のCO₂排出量
- 3) 付帯工事：付帯工事によるCO₂発生量
- 4) 撤去工事：配管と保温材の撤去・廃棄処分におけるCO₂排出量

(2) 運用におけるCO₂排出量

200年の運用におけるCO₂排出量を算定する。

- 1) 水使用：水使用による上下水道のCO₂排出量
- 2) 電力使用：水使用によるポンプのCO₂排出量

2-3-2 算定手順

(1) 工事のCO₂排出量

各工事において、建物プランごとに、平面図と断面図から、各配管の直管長さ、バルブ・継手の数を積算する。その結果に各CO₂排出量の原単位を乗じてCO₂排出量を算定した。CO₂排出量の原単位は、産業連関表に基づく空気調和・衛生工学会のデータ⁶⁾を用いた。但し、本研究では工事手法の違いによるCO₂排出量の差異には言及しない。

(2) 運用のCO₂排出量

1) 使用水量の推定

ポンプの電力量は、使用水量によって変化する。したがって、電力量を算出するためには、水使用状況を推定する必要がある。そこで、代表日(1日)の水使用量の時間変化(15秒間隔)をシミュレーションによって作成した。まず、住宅における水使用行為ごとに、時間ごとの使用確率を設定し、水使用行為を乱数で発生させ、それに水使用行為別使用水量原単位を乗じて15分間隔ごとの使用水量を求めた。そして、各水使用行為の使用水量を合計した。

2) 水使用によるCO₂排出量

1日あたりの使用水量(給水量)に、上下水

道のCO₂排出量原単位(0.99kg-CO₂/m³)⁶⁾を乗じて、1日あたりの水使用によるCO₂排出量を算定した。

3) 電力使用によるCO₂排出量

代表日の15秒間隔の水使用量(給水流量)における配管の圧力損失を、ステンレス管と塩化ビニルライニング鋼管の流量係数を用いて求めた。そして、ポンプの必要圧力と効率から消費電力量を求めた。ポンプは、推定末端圧力制御とし、ポンプ停止時の残留運転や低流量時の運転の状況を模擬的に再現した。

1日あたりの消費電力量に、電力のCO₂排出量原単位(0.425kg-CO₂/kWh)⁶⁾を乗じて、1日あたりの電力使用によるCO₂排出量を算定した。

3. 評価結果と考察

3-1 使用水量(給水流量)

建物プランCの代表1日の給水流量を図-5に、配管モデルSS1(SS2)の圧力損失変化を図-6に示す。各グラフの横軸は、1刻みが15秒で、1日では5700刻みとなる。

プランA、B、Cのいずれも、1日あたりの使用量は283L/(日・人)となった。乱数発生を試行回数による差異は、小数点以下の変動であった。

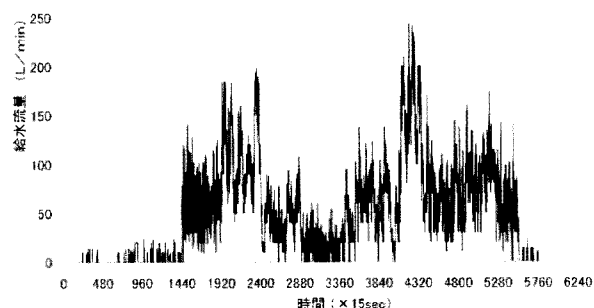


図-5 代表日における給水流量(プランC)

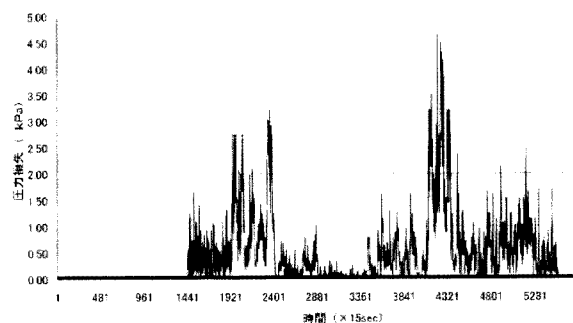


図-6 配管モデルSS1(SS2)の圧力損失(プランC)

3-2 消費電力量

建物プランCの代表1日の消費電力量の変化を図-7に示す。いずれの建物プランにおいても、配管モデルSS1（SS2）とLPではポンプの消費電力に差異はみられなかった。その理由としては、次が考えられる。

- 1) ポンプ揚程=実揚程+配管損失+吐出圧力であるが、モデルが中高層建物であるため、配管損失に比べて実揚程が大きく、実揚程が大きいため減圧弁の抵抗も大きくなった。
- 2) 給水ポンプは、ポンプの能力の最大使用量で運転されることが極めて少なかった。
- 3) 残留運転による電力消費が含まれる。

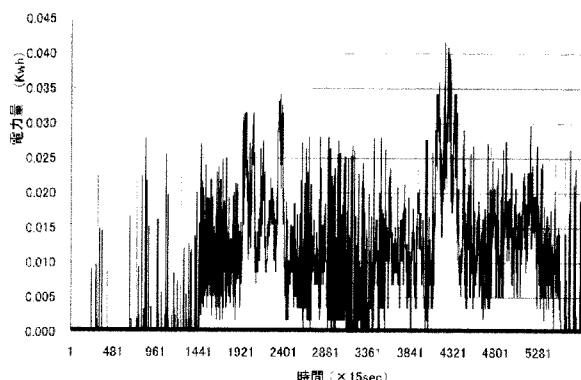


図-7 代表日の消費電力量 (プランC)

各プランの1日あたりの消費電力量は、次となった。

プランA : 85.9kWh/日

プランB : 90.2kWh/日

プランC : 133.1kW/日 (低層系統 : 49.9kWh/日、
高層系統 : 83.2kWh/日)

3-3 LCCO₂

建物プラン、配管モデルごとに、200年間に於けるCO₂排出量を積算した。例として、プランCの算定結果を図-8と図-9に示す。図-8は工事(建設工事、更改工事、付帯工事、撤去工事)によるCO₂排出量の合計で、図-9はそれに運用(上下水道使用、消費電力)によるCO₂排出量を加えたものである。初期CO₂では配管モデルSS1の方がSS2やLPより大きいですが、20~30年以降ではそれと逆転してSS1の方が小さくなっている。この傾向は

タイプB、Cでも同様であった。

図-10に、建物プランごとの200年時のLCCO₂の比較を示す。各プランとも、SS1の配管モデルが環境負荷低減に有利であると評価される。

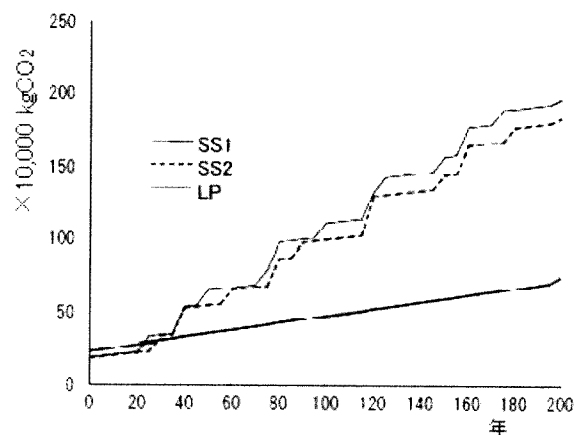


図-8 工事によるCO₂排出量

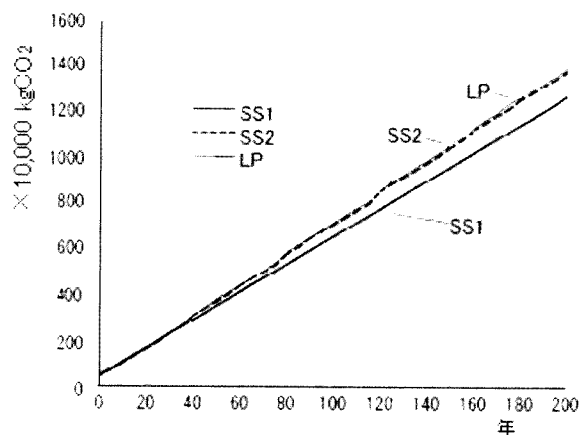


図-9 工事と運用によるCO₂排出量

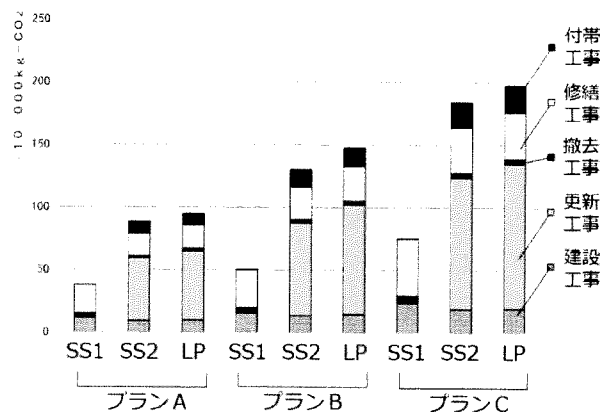


図-10 200年時のLCCO₂の比較

このように、配管モデル SS1 における工事による LCCO₂ は、配管モデル SS2 と配管モデル LP のそれに対して 50~70% となり、SS1 の配管モデルが有利であると評価される。一方、工事に運用を加えた LCCO₂ については、SS2 や LP との差は 5% 程度であり、メリットは小さいと評価される。これは、工事に運用を加えた LCCO₂ に対して、工事による LCCO₂ が占める割合が 7% 程度と小さいためである。

本試算では、更新スケジュールに基づく機器の更改修において、機器の能力などは現行と同一仕様の機器にて更改修を実施するものとしている。しかしながら、今後の技術革新により、さらなる省エネ機器や節水器具が開発され、そのような機器・器具を導入すること、また、節水意識の高まりによる水使用量の削減等により、運用による CO₂ 排出量は本試算より少なくなることが予想される。このように、運用による LCCO₂ が本試算より少なくなることにより、工事に運用を加えた LCCO₂ に対する工事による LCCO₂ が相対的に大きくなり、高耐久ステンレス配管システムを採用するメリットは本試算より大きくなることが期待される。

4 まとめ

200 年の寿命を持つ超長期集合住宅の共用配管をすべてステンレス鋼管としたオールステンレス配管システムについて、その環境負荷評価のため LCCO₂ を検討し、評価した。評価対象とした建物モデルは、住戸数と階数によるプラン A、B、C の 3 タイプ、配管モデルは高耐久性工法を用いたステンレス配管 (SS1)、従来工法のステンレス配管 (SS2)、塩ビライニング鋼管 (LP) の 3 モデルとし、200 年間における CO₂ 排出量を算定した。

その結果、配管モデル SS1 は、配管モデル SS2、配管モデル LP と比べて、建物プランに関わらず LCCO₂ は小さくなった。配管モデル SS1 の LCCO₂ は、工事 (建設工事、更新・改修工事、付帯工事、撤去工事) のみの場合、配管モデル SS2 と配管モデル LP のそれに対して 50~70% となり、工事に運用 (上下水道使用、消費電力) を加えた場合、95% となった。

今後の課題としては、次が挙げられる。

- (1) 本研究では、給水・電力負荷を 1 つの標準モデルで扱った。季節別、平日と休日の別ごとの負荷モデルを用意し、より精度の高い算定法を検討する。
- (2) 給湯方式は一般に局所式であるため、本研究では対象としなかった。しかし、セントラル方式の採用もあるので、セントラル給湯方式を用いる場合の算定法も検討する。

謝辞

本研究にあたり、元長谷工コーポレーションの小池道弘氏にご指導いただいた。ここに感謝の意を表す。

[参考文献]

- 1) 坂上恭助, ステンレス協会ほか: 平成 19 年度・平成 20 年度・平成 21 年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業技術開発報告書「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」, 2008, 2009, 2010
- 2) 小原ほか: 高耐久ステンレス配管システムに関する研究 (第 11 報)、オールステンレス配管の LCC・LCCO₂ 評価, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp. 871-874, 2010
- 3) 小池ほか: 高耐久ステンレス配管システムに関する研究 (第 10 報)、更新性を考慮した配管の維持管理方法の検討, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp. 867-870, 2010
- 4) 中村ほか: 高耐久ステンレス配管システムに関する研究 (第 9 報)、合成ゴムの寿命評価, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp. 863-866, 2010
- 5) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修: 建築物のライフサイクルコスト, 2017
- 6) 空気調和・衛生工学会: SHASE-M 0003-2001 空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル, 2001

(原稿受理日 2017 年 9 月 6 日)

(原稿採用決定日 2018 年 2 月 16 日)