

不凍液使用の現状調査（第2報）

— 温水暖房システムの設計・施工と維持管理の実態アンケート調査 —

白土 博康、保科 秀夫、富田 和彦
 森本 茂樹、八十島 幸雄*、鈴木 憲三**
 釜田 幹男***

Study on the Use of Antifreeze in Heating System (Part II)

— Investigation of Design, Construction, and Maintenance for Corrosion Protection on Hot Water Heating System —

Hiroyasu SHIRATO, Hideo HOSHINA, Kazuhiko TOMITA, Shigeki MORIMOTO
 Yukio YASOJIMA*, Kenzo SUZUKI**, and Mikio KAMADA***

抄 録

温水暖房システムの防食に対する設計・施工と維持管理の実態をより具体的に捉えることを目的として、大型施設、戸建て住宅の施工業者、大型施設の管理者にアンケート調査を実施した。その結果、エアの排除に関しては、水張り時は行われているものの、保守管理の必要性を感じているという印象はまだ低かった。また、システム内に酸素が侵入する可能性が示唆された。一方、不凍液の使用状況は比較的良好と考えられる結果を得た。異種金属の接触については、絶縁継手の使用等による異種金属接触腐食防止が望まれる。

1. はじめに

近年、北海道において温水セントラル暖房システム（以下温水暖房システム）はビル暖房にとどまらず戸建て住宅等でも普及が目覚ましい。しかし、こうした温水暖房システムでは腐食を原因とするトラブルが後を絶たず社会問題となっている。これに対して、温水暖房システムの腐食防止のための設計、施工と維持管理手法に関する公的規定がなく、腐食防食に対する知識の啓発が進んでいないのが現状である。

昨年度一般家庭の暖房システム（密閉系、防錆剤入り不凍液使用）で実際に使用されている不凍液をサンプリングし、同時に実施したアンケート結果とあわせて、不凍液濃度、溶存酸素濃度、防錆剤残存率など液の性状分析を行った¹⁾。

今年度は引き続いて、温水暖房システムの防食に対する設計・施工と維持管理の実態をより具体的に捉え、温水暖房システムの設計・施工と維持管理のガイドライン作成を目的に、複数の業者に温水暖房の防食や維持管理に関するアンケート調査を実施したのでその結果を報告する。

* 八十島防食研究所

** 北海道工業大学

*** ピーエス暖房機(株)

2. 調査方法

2.1 調査先

調査は、施工業者と管理者の業務が異なること、大型施設と戸建て住宅では扱うシステムや維持管理にかかる費用等が大きく異なることなどを考慮し、ビル等大型施設の温水暖房設計・施工業者（以下、大型施設と表記）、戸建て住宅温水暖房を扱う施工業者（以下、戸建て住宅と表記）、および大型施設の管理者（以下、管理者と表記）の3グループに調査先を分類した。また、アンケート調査票についても「温水暖房の防食に関する調査」と「温水暖房の維持管理手法に関する調査」の2種類に分け、「温水暖房の防食に関する調査」については大型施設と戸建て住宅に対し、「温水暖房の維持管理手法に関する調査」は管理者に対し実施した。

調査地域は、札幌市を中心に北海道全域であり、アンケート調査の回収は、大型施設が53件中24件、戸建て住宅が75件中43件、管理者が72件中33件であった。予想を超える回答数であり関心の高さがうかがえる。

2.2 調査内容

調査内容は、主に腐食事故の発生箇所と件数、管理者の維持管理意識、放熱器・配管・床暖房配管の材質構成、及び現状の腐食対策である。調査の概略を表1に示す。

腐食事故の発生箇所と件数は温水暖房システムにおける腐

食事故の頻度の把握を、管理者の維持管理意識については、具体的な実施方法について把握するのが目的である。また維持管理技術基準の必要性について質問した。放熱器・配管・床暖房配管の材質構成については、同一業者でも別の材料を使用している場合もあるので、最多使用頻度の材質について把握した。現状の腐食対策については、エア（溶存酸素）を排除するシステムになっているか、施工後の洗浄や不凍液の濃度管理などの水質管理を行っているか、異種金属接触腐食を防止するために、絶縁継手を使用しているかどうかについて確認した。

表1 調査の概略

1	腐食事故の発生箇所と件数
2	管理者に対する維持管理に関する意識調査
2. 1	温水セントラル暖房の維持管理手法
2. 2	温水セントラル暖房の維持管理の具体的な実施法
2. 3	温水暖房システムの維持管理技術基準の必要性を感じているか
3	放熱器・配管床暖房管の材質構成
4. 1	エアの排除状態
(1)	エア抜きを十分に行っているか
(2)	密閉配管にしているか
(3)	床暖房における酸素透過性プラスチック管の回路分け
(4)	キャンドポンプを使用しているか
4. 2	水質の管理
(1)	施工後の洗浄の有無
(2)	希釈水の水質
(3)	不凍液（防錆剤）使用の有無と濃度管理
4. 3	異種金属の接続
(1)	異種金属の接続を避けるようにしているか

3. 調査結果及び考察

3.1 腐食事故発生箇所と件数

腐食事故を経験した業者、管理者を発生箇所別に整理した割合を図1に示す。すべての箇所でも腐食事故の発生がみられる。特に配管、放熱器、ボイラー部で事故は多発している。個々の発生頻度についてみると、大型施設の循環ポンプ、配

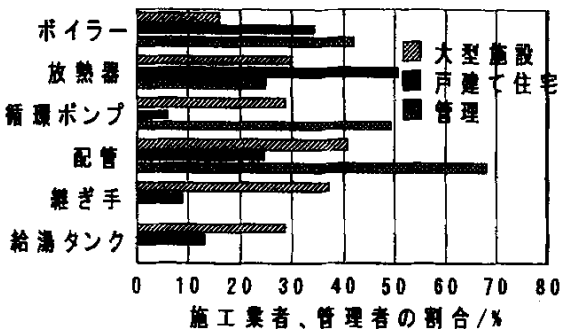


図1 事故発生を経験した箇所と割合
(管理者には腐食以外の故障を含む)

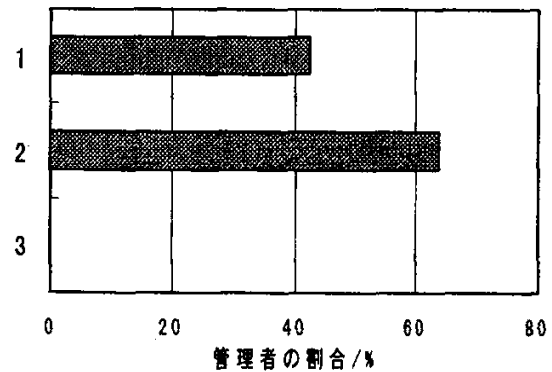
管、継手、戸建て住宅の放熱器では、10回以上漏水を経験したと回答した業者が約2割を占め、戸建て住宅のボイラーに至ってはその割合が約3割にもなっており、単なる偶然とは考えにくい状況にある。

3.2 管理者の維持管理意識

管理者に対し維持管理意識を調査した結果を図2、図3、図4に示す。維持管理方法については、設備管理会社に維持管理を委託しているのは4割程度にとどまり、社内で管理している場合が多かった。

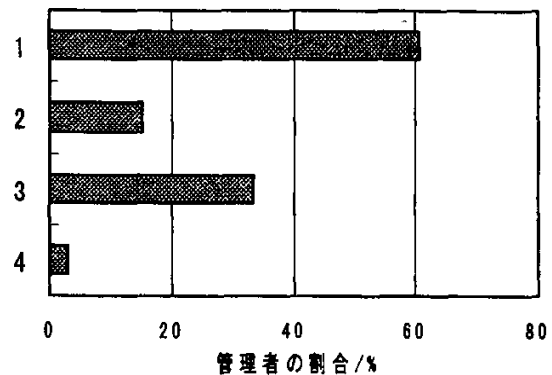
その具体的な内容は、ボイラー等熱源機器の法的点検または自主点検をしている業者が6割程度であり、維持管理業者に委託している管理者は3割強であった。一方、水質分析を実施している管理者は少なかった。

温水暖房の維持管理基準の必要性を感じている業者は、しかるべき公的基準がない、業者任せは不安であるの両方の意見を含めると8割以上を占めた。



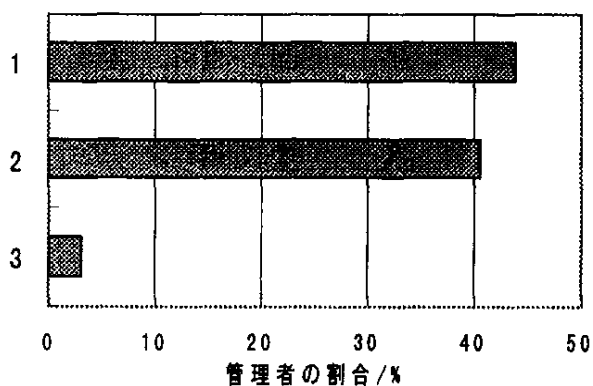
- 1 設備管理会社へ年間又は暖房期間契約で委託している
- 2 社内で管理し、故障の時だけ設備業者へ委託している
- 3 建物を施行した設備会社の自主的な巡回に頼っている

図2 温水セントラル暖房の維持管理手法 (のべ割合)



- 1 ボイラー等熱源機器の法的点検又は自主点検をしている
- 2 暖房水の水質分析検査をする
- 3 保守管理の具体的な技術基準が社内になく、業者任せで委託している
- 4 その他

図3 温水セントラル暖房の維持管理の具体的な管理法 (のべ割合)



1 社内に技術水準があるので新たな基準は必要ない
 2 しかるべき公的な基準がなく、自分たちで活用できる技術基準が必要
 3 業者任せの維持管理は不安があるので指示できる具体的な基準が必要
図4 温水暖房システムの維持管理技術基準の必要性 (のべ割合)

3.3 放熱器・配管・床暖房配管の材質

大型施設及び戸建て住宅で、最も多く使用されている放熱器と最多使用頻度の配管の材質を図5に、床暖房の最多使用頻度の配管材質を図6に示す。なお、床暖房については使用している材質の延べ割合を示した。

大型施設では放熱器の材質は鋼製が多く、配管は鋼管（黒ガス管）、亜鉛メッキ鋼管（白ガス管）が多い。床暖房を設置しているところは、架橋ポリエチレン等のプラスチック製が9割以上を占めた。

一方戸建て住宅では、放熱器の材質と床暖房の配管材は大型施設と同様に、各々鋼製とプラスチック管（以後プラスチック管と表記）が多く、放熱器用配管は鋼管が多数を占めた。また酸素非透過性プラスチック製を使用している業者は少なかった。

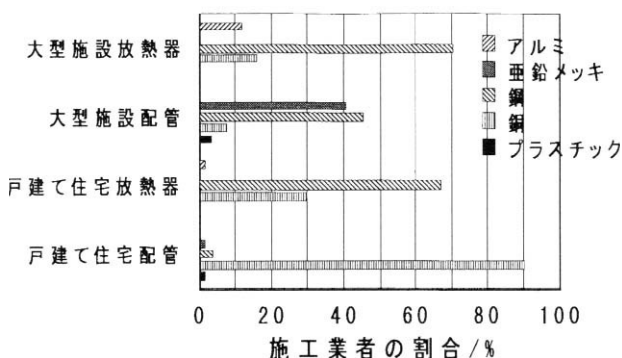


図5 最多使用頻度部材の材質 (大型施設、戸建て住宅)

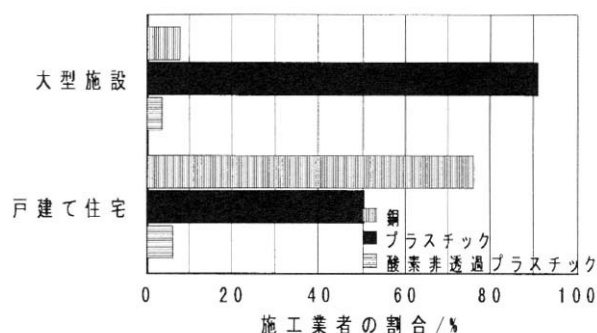


図6 最多使用頻度の配管材質 (床暖房) (のべ割合)

3.4 現状の腐食対策に関する調査

3.4.1 エアの排除状態

(1) エア抜きを十分に行っているか

エア抜きの方法については、大型施設、戸建て住宅ともにシステム水を循環させて、異音や熱の伝わりで判断するか、エア抜き弁からエアが出なくなることで、システム中にエアが残存していないことを確認している場合が多かった。またシステム稼働後のエア抜き状態に関して調査したものを図7に示す。

大型施設、戸建て住宅ともに約半数が特にクレームがこない限りエア抜きは行っていないと回答している。完全にエアが抜けていれば問題はないが、少なくとも確認する必要があると考えられる。エア抜きの頻度は、施工後1年以内に1～3回ほどが最も多かった。自動エア抜き弁の設置場所については、ボイラーの温水出口、行き主管の最上部、その他と意見が割れていた。

(2) 密閉配管にしているか

密閉配管システムにするかどうかは、熱媒の熱膨張、収縮をどう扱うか、すなわち膨張タンクの形式や貯湯槽の有無によって決まる。水道水、不凍液中における金属のカソード側の腐食反応は酸素の還元反応に支配されるため、システムの密閉度が腐食の度合いを決めると考えられる。図8に戸建て住宅に使用される密閉式膨張タンクの例を示す。密閉式膨張タンクでは熱媒の収縮がゴム等の収縮によって行われる。一方、半密閉式膨張タンクは水槽が密閉空間で仕切られているが、空間内には水位を調整するための適度な空気が入っており、ここから酸素が侵入する（図9）。また半密閉式には、ボイラー中にアキュムレータが存在し、熱の膨張収縮に応じて大気開放弁が開閉し、膨張タンク水をシステム内から放出、システム内に補給する方式もある（図10）。この場合、膨張タンクから補給された水と一緒に酸素も侵入する。

大型施設では、ほとんどの業者が密閉膨張タンクを使用している。表2に戸建て住宅施工業者が施工しているシステムの形式を示す。戸建て住宅においては約7割が密閉膨張タンクを使用している。

(3) 床暖房における酸素透過性プラスチック管の回路分け

床暖房にプラスチックを使用している業者の中で、放熱器系統と床暖房系統を熱交換部で分離している業者の割合を表3に示す。放熱器系統と熱交換部を分離していないと回答した業者は大型施設ではほとんどなかったが、戸建て住宅では約半数を占めた。システムが密閉系であっても床暖パイプから酸素が混入しては問題がある。放熱器等、他部材に鋼製を使用する際、プラスチック管等で床暖房配管する場合は、床暖房系統とその他の暖房系統は完全分離することが望まれる。

(4) キャンドポンプを使用しているか

キャンドポンプとは、ポンプとモーターを密封した容器に収納したタイプで³⁾、ラインポンプと違いエア（酸素）の混入が起こらない構造になっている。

表4にキャンドポンプ使用割合を示した。戸建て住宅ではほとんどがキャンドポンプを使用しているが、大型施設では約3割であった。戸建て住宅でキャンドポンプを使用している理由として、水漏れや騒音が少ないことを挙げている業者がほとんどであった。大型施設ではラインポンプを使用している業者が多かったが、その理由はラインポンプは安価でエアロックを起こしづらいことであった。

配管内から酸素を取り除くには、水張り時に混入したエアを除くこと、外部からの酸素の進入をできる限り防ぐことが必要である。すでに配管内に入っている溶存酸素は時間とともに消費されると考えられるが、外部から侵入する場所があれば問題がある。腐食対策のみ考慮すると、使用ポンプはキャンドポンプが望ましい。

システム内にエアが残留すると、循環不良やエアだまり部と通常部との酸素濃淡電池の形成による腐食⁴⁾、エロージョン・コロージョン等の原因となる。このため系内からエアを取り除く必要がある。

プラスチック管を使用している業者は戸建て住宅で22業者であり、そのうち9業者が放熱器系統を床暖房系統から回路分けしていた。さらにキャンドポンプを使用している業者はその9業者すべてであったが、膨張タンクに密閉式を採用している業者はそのうち6業者であった。

一方大型施設では、プラスチック管を使用している業者は22業者であり、そのうち20業者が放熱器系統を床暖房系統から回路分けを行っていた。しかし、キャンドポンプを使用している業者はそのうち8業者しかなかった。

以上の結果から、放熱器と床暖房併用システムを採用し、配管にプラスチック管を使用している業者のうち、外部からの酸素進入を防ぐ最も安全と考えられるシステムの組み合わせを用いている業者は戸建て住宅で3割、大型施設で4割であった。すなわち半数以上の業者が施工したシステムでは、酸素の侵入が考えられる結果となった。

また系内が負圧になり、自動エア抜き弁から逆にエアが侵

入する事例もあり今後の対策が望まれる。

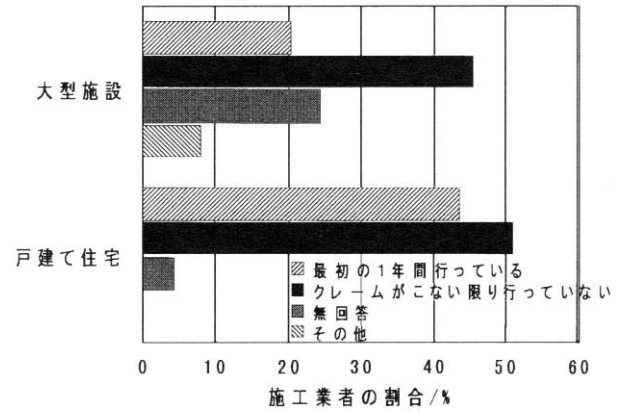


図7 システム水注入後のエア抜き状態

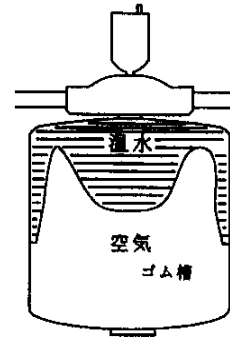


図8 密閉式膨張タンクの例

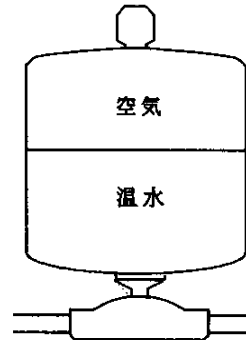


図9 半密閉式膨張タンクの例

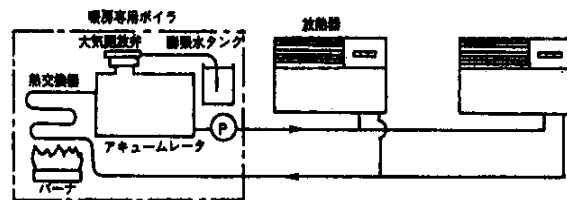


図10 半密閉システムの例²⁾

表2 最も施行しているシステム形式別戸建て住宅施工業者の割合 (%)

密閉式	半密閉式	開放式
74.4	23.3	2.3

表3 放熱器系統と熱交換部で区別している業者の割合 (%)
(床暖房に架構ポリパイプを使用している場合)

大型施設	戸建て住宅
95.5	42.9

表4 キャンドポンプ使用割合 (%)

大型施設	戸建て住宅
34.8	97.7

3. 4. 2 システム内水質の状態

3. 4. 1 の調査で、温水暖房システムの系内に溶存酸素が進入する可能性があることが示唆された。系内に酸素が存在する場合、環境側からの防食対策としてシステム水質の改善が考えられる。

(1) 施工後の洗浄の有無

システム施工後には金属屑、フラックス等が系内に残留しており、これが腐食の原因となるので始動前に洗浄することが必要である。特に金属屑は配管内に固着し通気差腐食(隙間腐食)を、フラックスは熱媒水のPHの減少をもたらす。表5 にシステム始動前における配管を洗浄している業者の割合を示す。まだ2~3割は未実施である。温水の使用や洗浄液を何度も交換するなど洗浄をより徹底する必要がある。

(2) 希釈水の水質

図11 に使用水の種類を示す。使用水は蒸留水のような電気伝導度の低い水、または硬水を使用する方が望ましい。

大型施設、戸建て住宅ともに約8割が水道水を使用している。その他、大型施設では現場の水道水が腐食しやすい水質の場合、他から運んでいる事例も1割程度みられた。水道水使用の場合、地域によって含まれる化学成分が異なり、同一条件下でも塩化物イオン濃度等が特に局部腐食に影響を与えるので、注意する必要がある。

(3) 不凍液(防錆剤)の使用の有無と濃度管理

不凍液の使用状況を図12 に示す。無回答は未使用と判断した。大型施設、戸建て住宅ともに防錆剤入り不凍液の使用者が多数を占めた。一方、管理者では不凍液を使用していない場合も多かった。不凍液を使用している場合、メーカー推奨値にしているのは大型施設で約5割、戸建て住宅で約6割であった。不凍液使用者の中で、濃度管理を行っている割合を示したものを図13 に示す。不凍液メーカーの指定濃度に設定している業者が6割程度、独自に指定している業者が3、

4割程度であった。また測定頻度は大型施設、戸建て住宅ともに1~3年毎がほとんどであり、濃度を20~40%に設定しているのが、大型施設で約7割、戸建て住宅で約9割を占め、20%以下に設定している設計、施工業者はなく良好な結果であった。ただし適切な使用期間については使用するシステム、環境がまちまちなこともあり、いまだ不明である。

表5 施行後に配管洗浄を行っている業者の割合 (%)

大型施設	戸建て住宅
83.3	69.8

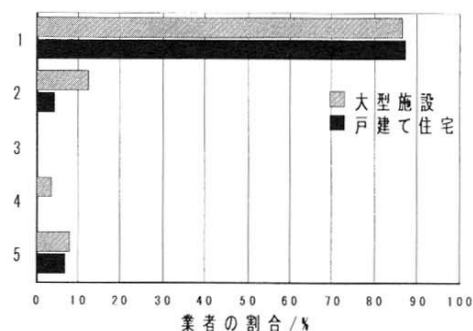


図11 希釈水(熱媒水)の使用状況 (のべ割合)

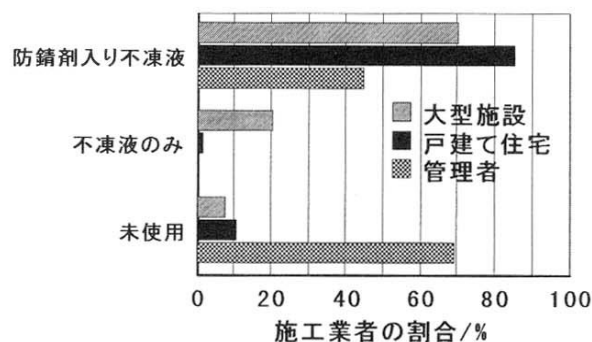


図12 不凍液の使用状況 (のべ割合)

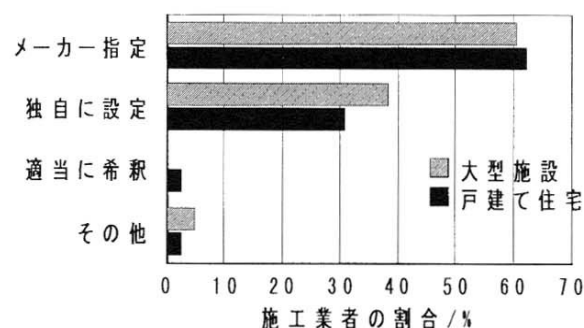


図13 不凍液を濃度管理している業者、管理者の割合

3.4.3 異種金属の接続

異種金属の接続状態を図14に示す。大型施設、戸建て住宅とも絶縁継手の使用、異種金属を直接接続しないことが守られていると考えられるが、3～4割は異種金属を接触させている。

不凍液中の防錆剤等で鋼材の腐食電位が上昇し、銅やステンレスと電位差が小さくなり、異種金属接触腐食が発生しにくい場合がある。また系内に全く酸素が存在しなければ、他に残留塩素などの酸化剤が存在しない限り腐食は進行しないと考えられる⁵⁾。

しかし、3.4.1で示したように、系内に酸素が残っている場合があるため、異種金属の接触は基本的に避けた方がよいと考えられる。

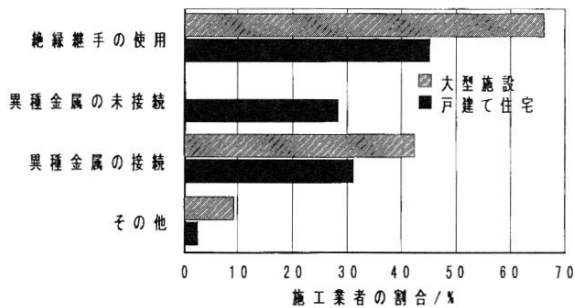


図14 異種金属の接続状態 (のべ割合)

4.まとめ

温水暖房の腐食防止のための設計・施工と維持管理の実態をより具体的に捉え、これらのガイドラインを作成することを目的として、大型施設、戸建て住宅の施工業者、大型施設の管理者に実態をアンケート調査したところ次の知見を得た。

(1) 腐食事故発生箇所と件数

配管、放熱器、ボイラー部で事故は多発している。個々の発生頻度については、大型施設の循環ポンプ、配管、継手、戸建て住宅の放熱器では10回以上漏水を経験した業者が約2割、戸建て住宅のボイラーでは約3割であった。

(2) 管理者の維持管理意識

維持管理方法については、設備管理会社に維持管理を委託しているのは4割程度にとどまり、社内で管理している場合が多かった。方法としては、ボイラー等熱源機器の法的点検または自主点検をしている業者が6割程度であり、維持管理業者に委託している管理者が3割程度であった。一方、水質分析を実施している管理者は少なかった。

温水暖房の維持管理基準の必要性を感じている業者は、8割以上であり、早急な対策が望まれている。

(3) システムの材質

大型施設では放熱器の材質は鋼製が多く、配管は鋼管(黒ガス管)、亜鉛メッキ鋼管(白ガス管)が多い。床暖房を設置しているところは、プラスチック製が9割以上を占めた。一方、戸建て住宅では放熱器の材質は鋼製が多く、配管は鋼管が多数を占めた。床暖房を設置しているところは、酸素を透過するプラスチック製が多かった。酸素非透過である鋼管を使用している業者は多かったが、酸素非透過性プラスチック製を使用している業者は少なかった。

(4) エアの排除状態

水張り後のエア抜きについて、大型施設、戸建て住宅ともに約半数が特にクレームがこない限りエア抜きは行っていないと回答している。完全にエアが抜けていれば問題はないが、少なくとも確認する必要があると考えられる。大型施設では、ほとんどの業者が、戸建て住宅においては約7割が密閉膨張タンクを使用していた。

床暖房に架橋ポリエチレン管等の酸素透過性プラスチック管を使用している場合、小建て住宅では約半数が放熱器系統と熱交換部の区別をしていなかった。

密閉式ポンプであるキャンドポンプの使用は戸建て住宅ではほとんどの業者が使用していたが、大型施設では約3割にとどまった。

これらの結果から外部からの酸素の進入が考えられる。

(5) システム内水質の状態

施工後の洗浄については、大型、戸建てともに2～3割は未実施のようなのでより徹底する必要がある。使用水については大型施設で約8割、戸建て住宅で約8割、管理者で約6割が水道水を使用しているのが現状である。

不凍液の使用については、大型施設、戸建て住宅ともに防錆剤入り不凍液の使用者が多数を占めたのに対し、管理者では不凍液を使用していない場合も多かった。不凍液を使用している場合、メーカー推奨値にしているのは大型施設で約5割、戸建て住宅で約6割であり、不凍液メーカーの指定濃度に設定している業者が6割程度、独自に指定している業者が3、4割程度であった。また測定頻度は大型施設、戸建て住宅ともに1～3年毎がほとんどであり、濃度を20～40%に設定しているのが、大型施設で約7割、戸建て住宅で約9割を占め、20%以下に設定している設計、施工業者はなく良好な結果であった。

(6) 異種金属の接続状態

大型施設、戸建て住宅ともに3～4割は異種金属を接触させている。今後は絶縁継手の利用等が望まれる。

エアの排除に関しては、水張り時におけるエア溜まりの防止やその後外部からの酸素の排除が放熱パネル等の寿命に深く関与すると考えられる。しかし、現状では水張り時は行われているものの、保守管理の必要性を感じているという印象

はまだ低く、意識の徹底をはかる必要がある。さらに密閉系において、自動エア抜き弁等から逆に空気を吸い込む事例の問題、完全に密閉されているかどうか等、問題点、不明な点もあるので今後の課題としたい。

系内に溶存酸素、エアが混入している場合、環境側からの防食手段として水質の改善が挙げられる。不凍液の使用状況は、比較的良好と考えられる結果を得た。使用水に蒸留水を使ったり、定期的な水質管理を行うことが理想的ではあるが、始動前洗浄の徹底、不凍液の定期的な濃度管理だけでも防食効果が期待できると考えられる。

異種金属接触腐食は、同一環境で腐食電位の差がある金属間で起こるが、不凍液中の防錆剤の効果で環境が補正される場合もある。また、溶存酸素が全く存在しない環境下では異種金属接触腐食は起こらない。しかし、系内に酸素が残っている場合も考慮すると、絶縁継手を使うことによって、確実に異種金属接触腐食を防止することが望まれる。

謝辞

アンケート調査を行うにあたって、調査に協力いただいた業者、管理者の皆様には深くお礼申し上げます。またアンケートの発送、とりまとめを中心となって担当していただいた北海道工業大学の飯塚 進氏、大前 貴文氏に深く感謝申し上げます。

当アンケート調査は、北海道建築診断研究会の「温水セントラル暖房の防食技術評価研究委員会」の一環として行われたものである。

【参考文献】

- 1) 白土他, 北海道立工業試験場報告, vol 296,67 (1997)
- 2) 北海道住宅暖冷房換気システム協会, 技術テキスト, 67 (1995)
- 3) JIS B0131 (1986)
- 4) 産業調査会 辞典出版センター, 配管施工保全マニュアル, 5 (1990)
- 5) 酒井, 空調設備の腐食と防食, 17 (1996)