

## 目 次

### ■巻頭言

専務理事に就任して…………… 石飛 博之 \_\_\_\_\_ 1

### ■エッセイ

- 村の水道に驚く…………… 石橋 良信 \_\_\_\_\_ 2
- 中国青島の思い出 -大配水池と青島第二国民学校-  
…………… 亀田 宏 \_\_\_\_\_ 3

### ■特集「消火栓と送水口の今昔」

- 水道用消火栓の歴史的経緯と近年の動向  
…………… 水道バルブ工業会 \_\_\_\_\_ 4
- 送水口の歴史の変遷と果たしてきた役割  
…………… 村上 善一 \_\_\_\_\_ 7

### ■給水装置技術講座〔36〕

- 直結給水システムにおける給水管内の逆流防止について その1  
…………… (公財)給水工事技術振興財団 \_\_\_\_\_ 10

### ■給水装置Q&A〔40〕

- 給水装置工事に関する指定給水装置工事業業者および  
水道事業者双方の役割等について  
…………… 横浜市水道局給水サービス部戸塚水道事務所 \_\_\_\_\_ 14

### ■給水装置工事技術に関する調査研究助成課題報告書

- 東日本大震災における応急復旧支援の実態と課題  
…………… 伊藤 雅喜 \_\_\_\_\_ 16
- 吸排気弁の適切な設置環境に関する調査研究  
…………… 山本 晴紀 \_\_\_\_\_ 20
- 大規模災害時の凍結防止対策技術  
…………… 赤井 仁志、濱田 靖弘、小林 光、菅原 正則 \_\_\_\_\_ 26

■給水工事技術振興財団ダイアリー \_\_\_\_\_ 33

■編集後記 \_\_\_\_\_ 34

### ■広告目次(50音順)

- キッツ……………前付
- 積水化学工業……………表紙-2
- 大成機工……………前付
- タブチ……………前付
- 日邦バルブ……………表紙-2 対向
- 前澤給装工業……………表紙-3



# 大規模災害時の凍結防止対策技術

研究代表者 赤井 仁志 (福島大学)  
共同研究者 濱田 靖弘 (北海道大学)  
小林 光 (東北大学)  
菅原 正則 (宮城教育大学)

## 要 旨

厳寒季に寒冷地や準寒冷地、積雪地で大規模な災害が発生して、中・長期間の停電や断水が発生すると、給水管や給湯管、給湯器、公衆トイレ等の凍結防止対策ができなくなることが予想される。通電後に、凍結による損傷部から水漏れが多発すると考えられている。

凍結防止対策は、東北地方と北海道地方には大きな隔りがある。東北地方と北海道地方の建築設備技術者の凍結防止に対する基本姿勢の違いは、「断熱ライン認識の有無」と言っても過言でない。予防対策の正鵠は、つぎの通り。まず、基本計画時に断熱ラインを設定する。実施設計時に平面図と断面図で断熱ラインが連続していることの確認と、断熱ラインの内側に給水・給湯管や装置が配置されていることを精査する。また、施工段階で再確認する。

この他、量水器設置スペースと集合住宅の共用通路の関係、戸建て住宅や集合住宅での鳥居配管の導入なども考慮しなければならない。断熱ラインの関係からは、外断熱工法が良い。しかし、建物全体の施工費を考えると外断熱工法より、鳥居配管を選択した方が廉価だと予想する。

## 1

### はじめに

厳寒季に寒冷地や準寒冷地、積雪地で大規模な災害が発生して、中・長期間の停電や断水が発生すると、給水管や給湯管、給湯器、公衆トイレ等の凍結防止対策ができなくなることが予想される。通電後に、凍結による損傷部から水漏れが多発すると考えられている。

具体的には、屋外に設置した貯水槽まわりの給水管の凍結防止ヒータが加熱不能になる。同様に、洋式便器のトラップ部や屋外に取り付けられた給湯器の凍結防止ヒータも加熱できず、損傷する可能性がある。給水が停止すると、流動式の凍結防止もできない。公衆トイレの凍結防止対策として、自動間欠流動方式の他、手洗器の感知センサ付自動水栓と連動した自動水抜方式が採られていることもあるが、停電時や断

水時は作動できない。

水道直結増圧方式や水道直結直圧方式の拡大により、給水装置で新たな凍結の発生が懸念される。バブル期、東北地方南部に建てられたある高層集合住宅は、入居率が低かったり、利用率が低かったりした。このために冬季、鉄筋コンクリート躯体スラブ上に配管した給水管や給湯管の凍結が頻発した。週末のみに利用する住戸では、凍結した配管が解氷できず、給水・給湯の利用ができないこともあったという。配管の破損ばかりでなく、ある箇所が凍結すると連鎖的に他の箇所も凍結する現象も起きた。

比較的、大規模地震の多い宮城県は、2011年3月11日に発生した東日本大震災以前の過去100年間に発生したマグニチュード7.0以上の地震は、次の通りである。戸建て住宅で中央式給湯設備を含む建築設備が発展した1970年代以降

の半世紀だけでも、5回も発生している。

- ・宮城県沖（1936年11月3日、M7.4）
- ・宮城県沖（1937年7月27日、M7.1）
- ・宮城県沖（1978年6月12日、M7.4）
- ・宮城県北部（2003年5月26日、M7.1）
- ・宮城県沖（2005年8月16日、M7.2）
- ・岩手・宮城内陸（2008年6月14日、M7.2）
- ・三陸沖（2011年3月9日、M7.3）

## 2 東北・北海道での大地震の可能性

寒冷地の東北や北海道では、二つの大きな地震発生の可能性が予想されている。厳寒季に発生すれば、停電による凍結被害が想定される。

一つ目の予想は、2017年12月19日に政府の地震調査委員会が、超巨大地震発生が切迫している可能性が高いと発表した北海道東側沖合にある千島海溝プレート境界を震源とするもので、マグニチュード8.8程度以上を予想している。過去の津波による堆積物の調査結果から、過去6,500年間に最多で18回発生しており、平均発生間隔は約340～380年と推定している。前回の地震は1611年から1637年の間に起きたとされており、すでに400年程度経過した。政府の地震調査委員会は、この地震により北海道東部に津波をもたらす巨大地震が緊迫している可能性が高いとしている。

北海道大学の平川一臣名誉教授によれば、前回の約400年前の巨大津波の痕跡は、根室から十勝にとどまらず、北海道の噴火湾、青森県や岩手県等の太平洋沿岸にも見られるという。北海道から東北の太平洋沿岸では、東日本大震災と同様の津波被害が発生する可能性が高い。

二つ目の予想は、東北の中心都市・仙台が、震度7程度の直下型地震に襲われる可能性があるというものだ。仙台の直下に走る長さ40kmの長町－利府線断層帯が引き起こし、緊急地震速報が間に合わない程の突然の激しい揺れを予想している。本断層帯は、過去4～5万年間に少なくとも3回活動したと推定されており、最

新の活動は約16,000年前以後にあったと考えられている。熊本地震と類似しており、東北大学災害科学国際研究所の源栄正人教授らの研究グループによれば、鉄筋コンクリート造の建物でも崩壊して、14,000人の死者負傷者がでるとしている。

## 3 対策

### ① 断熱ライン（全般）

東北地方と北海道地方の建築設備技術者の凍結防止に対する基本姿勢の違いは、「断熱ライン認識の有無」と言っても過言でない。東北地方の技術者の多くは、断熱材を切り欠いたり、切り裂いたりすることに無頓着である。当然、東北地方では、断熱ラインの内側に配管しなければならないという意識が希薄である。停電時に給水・給湯配管や装置が凍結しないためには、断熱ラインの内側に配置することを徹底する必要がある。

断熱ラインの内側であっても北海道地方では、建築の断熱性能が今ほど高くない時期は、パイプシャフトを外壁側に設けることをせず、外壁から離れた箇所に計画した。東北地方では、建築平面計画でパイプシャフトの位置を内部にする配慮に欠けている。内断熱工法の断熱ライン内側で外壁に沿ってパイプシャフトを配置すると、配管を固定する支持金物を外壁に取り付ける可能性もあり、これが冷橋（クールブリッジ）となり、凍結の危険がはらむ。外壁近くの鉄筋コンクリートスラブを配管貫通させる場合も凍結が生じやすくなる。

図1のように、外壁の外側にパイプシャフトを配置するのは避けるべきである。やむを得ず設ける場合は、図のように点検扉を屋外から開閉すべきでない。図のような平面計画であっても、断熱ラインをどのように連続させて、凍結を避けようとするのかを考慮する。

最上階で、鉄筋コンクリート躯体の下側に発泡系断熱材を打ち込む内断熱工法では、結露防

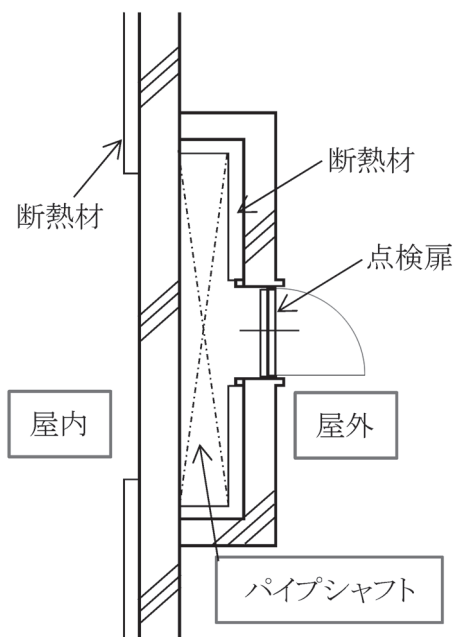


図1 外壁に接するパイプシャフトの例(平面図)<sup>1)</sup>  
Example of Pipe Shaft along Outer Wall  
(Plane Section)

止のためにスタイロフォーム用のインサートを利用することで、吊り支持金物からの凍結防止対策にもなっていた。最近では、屋上の鉄筋コンクリート躯体の上に断熱材を敷く外断熱工法が増えており、最上階の天井部の配管での凍結防止対策にもつながっている。

予防対策の正鵠は次の通り。まず、基本計画時に断熱ラインを設定する。実施設計時に平面図と断面図で断熱ラインが連続していることの確認と、断熱ラインの内側に給水・給湯管や装置が配置されていることを精査する。また、施工段階で再確認する。このことができていない場合は、代替え案で対策を講じる。

## ② 断熱ライン (主に、木造の場合)

東北地方南部の戸建て住宅や低層の木造集合住宅では、図2のように、屋外に給水管を立ち上げて、保温筒と樹脂製カバーが一体になった既製品で断熱を施す場合がある。断熱ラインの外側を給水管が配管することになるので、凍結

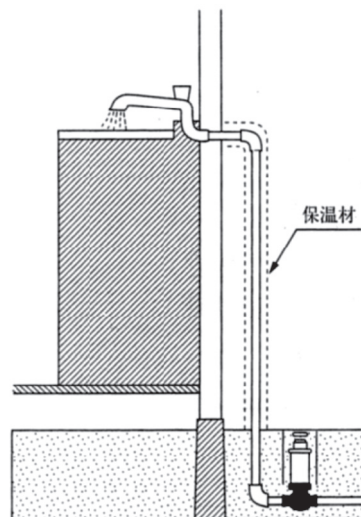


図2 屋外に給水管を立ち上げ(断面図)  
(福島市水道局資料)  
Water Plumbing in Outdoor  
(Cross-section Diagram)

の可能性のある地域や場所では、水抜き栓を設ける。

## ③ 断熱ライン (主に、鉄筋コンクリート造の場合)

中層以上の集合住宅や事務所ビル、テナントビル等に、水道直結増圧方式や水道直結直圧方式の給水方式を採用することが増えている。

例えば、1階のエントランスホールや管理人室等を除いたピロティ部分が駐車場で、2階以上の階は集合住宅とする。2階住居部は、鉄筋コンクリートスラブ下部に断熱材が打ち込まれたり、吹き付けられたりする。給水管は、上向き供給方式となり、1階の天井内に給水横主管を配管するのが一般的である。

天井材は、天井材同士や躯体部との見切り等に隙間が生じる。また天井材の上に断熱材を敷いても、天井点検口があったり、照明器具や火災報知器の検知部への配線等があったりするために完全には敷き詰めることはできない。非常用発電回路の系統から給電すれば良いが、商用電源とすると停電により電熱ヒータでの凍結防止はできない。給水横主管の配管部分のみ、鉄筋コンクリート躯体による二重スラブにして躯体

体に断熱を施すことで、凍結を緩和できる。

周辺が断水すれば水は出ないので、給水管が水抜きできるような措置をするのが良い。その後、復旧して通水した場合は、停電したままであれば、流水による凍結防止方法をとるべきである。このような手順を建物ごとのシステムに合わせてマニュアル化しておくのが肝要である。

集合住宅の駐車場部分を例に挙げたが、荷捌き室や車両通行部分の天井内配管も同様である。

#### ④ 量水器設置スペースと集合住宅の共用通路

集合住宅で、量水器の設置スペースは、給水立て管のパイプシャフトを兼用するとともに、燃焼式給湯器の設置場所にもなる。平面的に、量水器設置スペースは、断熱ラインの外側になる。燃焼式給湯器がガス焚きの場合、自然通風を考慮することが多く、外部に面して配置することから電熱ヒータで加温しないと凍結する。

量水器設置スペースが通風を必要としなくとも、屋外と鉄板扉1枚で隔てた量水器スペースは、量水器を断熱カバーで保温しても寒冷地では電熱ヒータで加温しなければ、凍結を防ぐことは難しい。つまり、停電すれば、凍結の可能性が高い。近年、集合住宅でもヒートポンプ

給湯機を選択することが多いことから、屋外ユニットは屋外に設置せざるを得ないが、貯湯タンクは外壁に接しておく必要はない。ヒートポンプ給湯機を選択した場合、量水器を集中検針方式（遠隔検針方式）とすることで、計量法による8年ごとの量水器の交換になるので、必ずしも共用廊下に面して設置する必要はない。

積雪時の避難と消防活動を円滑にするために、札幌では、集合住宅の共用通路を囲っても、屋外の開放共用通路と見なす特例があるために、量水器設置スペースが共用通路に面していても凍結しにくくなっている。積雪地で囲った共用通路を開放空間に見なす措置があれば、停電時、量水器と周辺配管の凍結を免れる可能性がある。

#### ⑤ 鳥居配管（オーバヘッド配管）

東北地方では、水抜き栓から給水管を先上がりに勾配をつけて配管をすることを原則とすることが多かった。北海道地方の戸建て住宅では、給水管が建物内に入ると、いったん天井内まで立ち上げて、1階天井内を横引き配管、下向きに器具へ配管する鳥居配管も用いられた。

鉄筋コンクリート造の集合住宅でも、北海道地方では天井内を鳥居配管することをした（図3）。停電しても、居住していれば発熱があり、

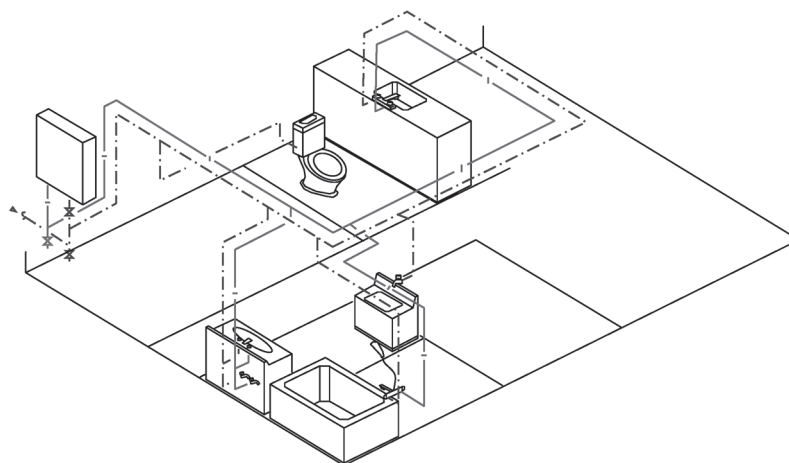


図3 集合住宅の鳥居配管の例<sup>2)</sup>  
Example of Overhead Plumbing in Apartment complex

暖気が天井付近に上がることから、天井内の鳥居配管部は凍結しにくい。また、水抜きを行うこともできる。東北地方の多くの集合住宅で採られる鉄筋コンクリート躯体スラブの上の転がし配管は、配管周辺の温度が低く凍結に脆弱である。給水管や給湯管、ガス管や排水管が交差するために、完全な水抜きも困難である。

鉄筋コンクリート躯体スラブの上の転がし配管であっても、建築の断熱方法に配慮することで、多少は凍結が緩和される可能性がある。図4aは、一般的な内断熱工法の集合住宅の外壁周辺の断面図である。外壁側をスラブ下まで断熱することで、断熱が強化されることから、躯体からの冷橋による冷却を緩和できる（図4b）。さらに、外断熱工法にすることにより、断熱ラインが完全に連続するために冷橋ができなくなり、凍結防止対策の強化につながる（図4c）。しかし、外断熱工法を採るのには、共用通路（外廊下）やバルコニーを、居住部の建物から独立させる必要があり、建設コストの増額につながる。

#### ⑥ 水抜き栓

東北地方は、戸建て住宅の住民が水抜き栓の場所や操作方法、原理等をほとんど知らないと言っても過言でない。水抜き栓の操作方法を知っていたとしても、水抜き栓を操作すれば管内の水が抜けきると考えているのが実態だと推測する。水抜き栓の操作にあわせて、空気を給水管に入れないと水が抜けないという知識が乏しい。

また、1年に1回以上、水抜き栓を操作しないと動作しなくなることを理解していない。電動式水抜き栓が、停電時操作できないことの認識もないし、対処方法も知れ渡っていない。水抜き栓の操作方法や仕組み等を周知する必要がある。

東北地方は、給湯器を屋外に設置することが多い。屋外に設置した給湯器は、電気ヒータで凍結防止をしており停電時は、凍結防止ができない。給水管側と給湯管側の双方の配管の湯水を同時に抜くことのできる湯水抜き栓への交換

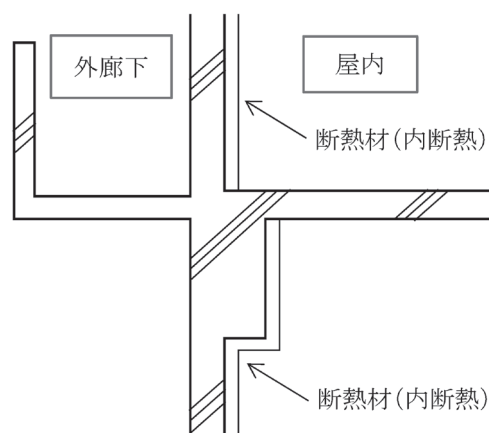


図4a 一般的な内断熱工法（断面図）<sup>3)</sup>  
General Inside Insulation Work  
(Cross-section Diagram)

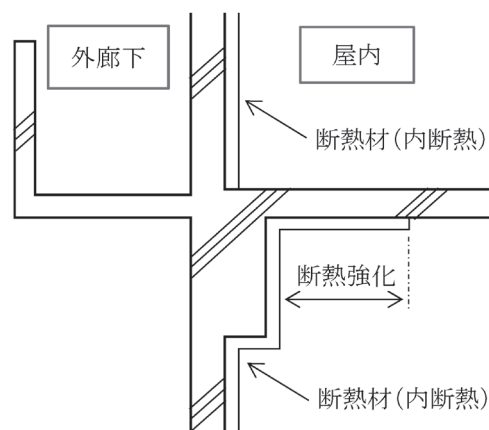


図4b 断熱を強化した内断熱工法（断面図）<sup>3)</sup>  
Reinforced Insulating Inside Insulation Work  
(Cross-section Diagram)

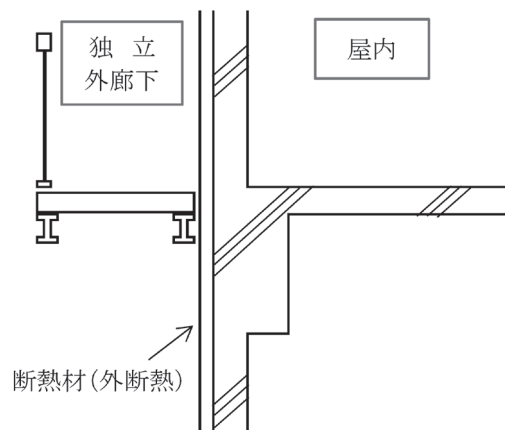


図4c 外断熱工法（断面図）  
Outside Insulation Work (Cross-section Diagram)

を促すべきである。

### ⑦家庭用ヒートポンプ給湯機

家庭用エコキュートは、凍結防止ヒータによる配管や熱源装置の保護と給湯装置による自動的な凍結防止運転（流水による浴槽配管の凍結保護など）が充実しており、電源が供給される限り安全である。使用者による日常の水抜きなどの対策も不要なケースが多い。

しかし、極寒季に電源供給が途絶えた場合の対策として、屋外機ユニットから貯湯槽への戻り配管に専用の電動弁を設け、停電信号で開弁して流水にて熱交換器内の凍結を防止して、復電時に閉弁して復旧する装置（図5）が販売されているが、あまり普及していない。

### ⑧ 貯水槽

東北地方の民間建築物は、山間地に建つ場合や重要性の高い施設を除き、貯水槽を屋外に設置することが多い。このため、貯水槽やその周辺が、外気に直接暴露することから、貯水槽水面や水の動きが少ない排水管や揚水管等が凍結しやすい。

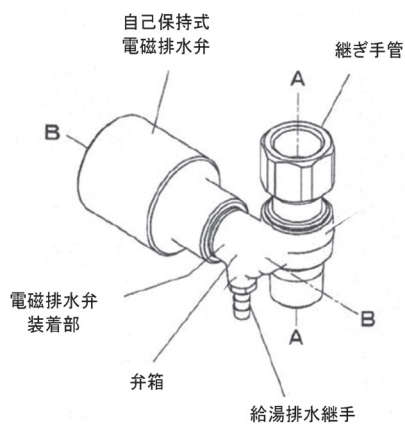
東北地方では受水槽への入水管（給水引込管）は、電熱ヒータにより凍結防止をすることが一般的である。停電と断水が起きることを考慮す

ると給水管に水抜き栓を設置して、凍結防止を図る必要がある。

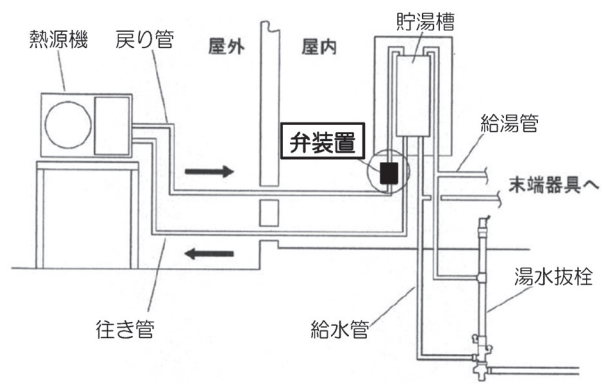
貯水槽の水面が凍結する可能性が高い。貯水槽水面の凍結のメカニズムは、溢水管（オーバーフロー管）から冷やされた外気が貯水槽に侵入して、通気口から抜けて貯水槽の気層部が冷却されるもので、図6の通りである。この要因による水面凍結を防ぐために、溢水管にエアハンドリングユニット型空調機のドレン管に取り付けるためのドレントラップ（逆流防止機能付排水金具）が有効である。

溢水管にS字型やP字型、U字型のトラップを設けて凍結防止を図っている事例が見受けられるが、次のことから避けるべきである。

- ・トラップの封水が凍結して、溢水した場合、溢水管の機能を果たせない。
- ・トラップ部の凍結防止のためにヒータ加温をすると封水が蒸発しやすく、封水が切れる。
- ・トラップに封水を充填する手間がかかる。排水トラップに用いられる自動補給水装置もあるが、凍結しやすい箇所になる。
- ・封水は浄水ではなく、汚水と捉えるのが妥当である。溢水管には吐水口空間を設けなければならない、これに違反する。



a 凍結防止弁装置  
Antifreeze Valve Device



b 弁装置を含む系統  
System Including Valve Device

図5 ヒートポンプ給湯機用凍結防止システム<sup>5) 6)</sup>  
Antifreeze System for Heat Pump Water Heater

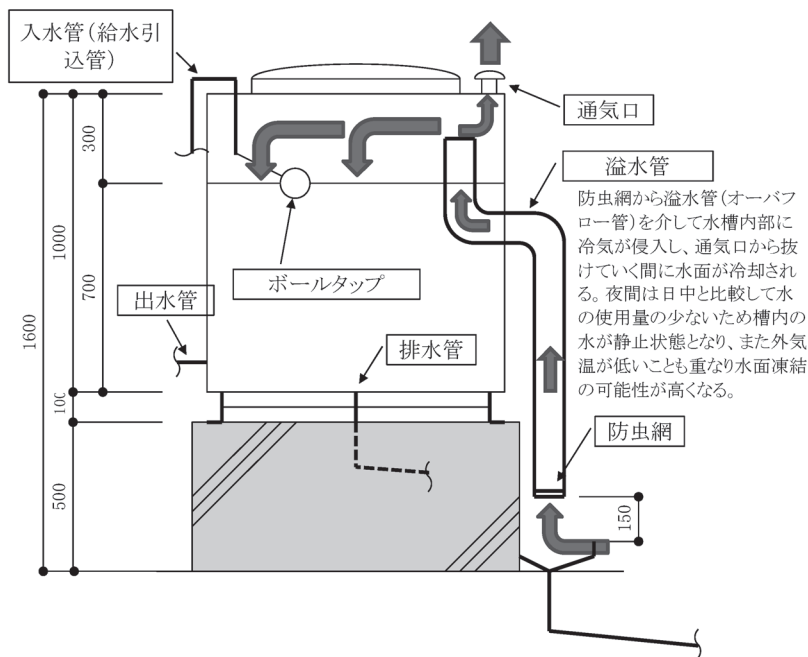


図6 貯水槽水面凍結メカニズム<sup>8) 10)</sup>

Mechanism of Water Surface Freezing of Outdoor Reservoir

参考・引用文献

- 1) 空気調和・衛生工学会編：空気調和・衛生工学便覧、第12版、応用編、寒冷地の給排水衛生設備（1995）
- 2) 赤井仁志：給水設備、東北地方の給排水衛生設備と空調設備の凍結対策 SHASE-M 0008-2005、pp.47～61、空気調和・衛生工学会、(2007)
- 3) 中山哲：北海道における寒冷地設計の留意事項、給排水設備研究、pp.16～19、(2015-1)
- 4) 高松康二：寒冷地・積雪地での留意事項、中央式給湯設備の設計方法 R 2027-2015、中央式給湯設備設計方法検討小委員会成果報告書、空気調和・衛生工学会、pp.178～184、(2013)
- 5) 株式会社光合金製作所・北海道電力株式会社：特許 4568900 号、ヒートポンプ式給湯機の凍結防止システムとその凍結防止弁装置
- 6) 小林光・菅原正則・赤井仁志・飯沼靖彦・田原誠：大規模災害時の停電による空調・給排水衛生設備の凍結事例予測と対策の検討（第3報）給湯熱源設備と消火設備、空気調和・衛生工学会東北支部学術・技術報告会論文集、pp.59～60、東北大学（2015-3）
- 7) 赤井仁志・田中和則・斎藤俊幸・草刈洋行・岡田誠之・前田信治・福井啓太・久住知裕：屋外

- 貯水槽の凍結防止対策の実験的検討（第1報）目的と予備・簡易実験、空気調和・衛生工学会東北支部学術・技術報告会論文集、pp.87～88、東北工業大学（2016-3）
- 8) 斎藤俊幸・赤井仁志・田中和則・草刈洋行・岡田誠之・前田信治・福井啓太・久住知裕：屋外貯水槽の凍結防止対策の実験的検討（第2報）本実験計画、空気調和・衛生工学会東北支部学術・技術報告会論文集、pp.89～90、東北工業大学（2016-3）
- 9) 田中和則・斎藤俊幸・草刈洋行・赤井仁志・岡田誠之・福井啓太・前田信治・久住知裕：屋外貯水槽の凍結防止対策の実験的検討（第3報）本実験結果と考察、空気調和・衛生工学会東北支部学術・技術報告会論文集、pp.105～106、東北学院大学（2017-3）
- 10) 赤井仁志・田中和則・斎藤俊幸・草刈洋行・岡田誠之・前田信治・福井啓太：屋外設置貯水槽の凍結防止対策の実践研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集、第1巻、pp.165～168、高知工科大学（2017-9）
- 11) 空気調和・衛生工学会編：建築設備の凍結・雪対策 計画設計施工の実務の知識、(2018)