

# 日本冷凍空調学会規格

## JSRAE S 0001:2016

---

冷蔵倉庫の防湿・断熱施工標準

学会規格制定分科会

本規格は、規格制定委員会の 2014 年度事業として学会規格制定分科会を設置し編纂を開始し、原案作成並びに審議を行い、2016 年 1 月の理事会にて承認され制定された学会規格である。

(敬称略)

規格制定委員会

委員長	平尾豊隆	三菱重工株式会社
前委員長	小澤 明	三菱電機冷熱プラント株式会社

規格制定分科会

主 査	高松邦夫	株式会社 日立製作所
副主査	古澤隆司	株式会社 梓設計
副主査	宮良明男	国立大学法人 佐賀大学
委 員	中辻淳仁	株式会社 イノクリート
委 員	西本大策	ダウ化工株式会社
委 員	松野直樹	宇部興産株式会社
委 員	西嶋伸吾	株式会社 ソフランウイズ
委 員	室伏徳康	日軽パネルシステム株式会社
委 員	石川孝助	株式会社 水田
委 員	小石川典宏	一般社団法人 日本冷蔵倉庫協会
委 員	堀之内 淳	一般社団法人 日本保冷保温工業協会
事務局	西口 章	公益社団法人 日本冷凍空調学会

制 定 2016 年 1 月 22 日 2015 年度第 9 回理事会において承認  
改 定

## 目 次

- まえがき
- 1. 適用範囲
- 2. 引用規格
- 3. 用語の意味
- 4. 冷蔵倉庫防湿・断熱概要
  - 4. 1 目的
  - 4. 2 構造(構成)
  - 4. 3 工法
  - 4. 4 要求事項
- 5. 防湿層
  - 5. 1 防湿材
  - 5. 2 副資材
  - 5. 3 防湿性能および構造
  - 5. 4 施工
- 6. 断熱層
  - 6. 1 断熱材
  - 6. 2 副資材
  - 6. 3 断熱性能および断熱層の厚み
  - 6. 4 施工
- 7. 仕上げ材
- 8. 断熱層貫通孔
- 9. 防熱扉
  - 9. 1 種類
  - 9. 2 規格
  - 9. 3 構造
  - 9. 4 選定基準
  - 9. 5 制御
  - 9. 6 施工
- 10. 附属設備
  - 10. 1 フロアヒーター
  - 10. 2 圧力調整設備
- 11. 検査
  - 11. 1 材料検査
  - 11. 2 施工検査
  - 11. 3 施工完了時の検査
  - 11. 4 完成検査および瑕疵検査

## 12. 凍上防止

### 12. 1 概説

### 12. 2 凍上防止の方法

### 12. 3 計算方法・計算例

### 12. 4 施工

附属書 A 防湿・断熱施工例

附属書 B 断熱材の熱伝導率と断熱層厚さ

附属書 C 貫通孔の防湿・断熱施工例

附属書 D 防熱扉

附属書 E フロアヒーター・圧力調整設備

附属書 F 凍上防止対策の施工例

附属書 G 防火性の参考文書

附属書 H 赤外線カメラによる熱診断検査

## まえがき

この規格は、公益社団法人 日本冷凍空調学会の定款ならびに学会規格制定規則に基づき、学会規格制定委員会にて立案し、学術委員会ならびに理事会の審議を経て制定された日本冷凍空調学会規格である。この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願または実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。日本冷凍空調学会は、このような特許権、出願公開後の特許出願および実用新案権にかかわる確認について、責任はもたない。

## 1. 適用範囲

この規格は、築造式冷蔵倉庫の防湿・断熱および附属設備等に関する材料、開口部、設計、施工方法、検査等について規定する。ただし、JIS A 9501 保温保冷工事施工標準の適用範囲並びに船舶・鉄道・車両関係の断熱工事を除く。

この規格で適用する冷蔵倉庫の対象室温は、10℃～-30℃までの範囲とする。

## 2. 引用規格

- (1) JIS A 0202 : 断熱用語
- (2) JIS A 9511 : 発泡プラスチック保温材
- (3) JIS A 9521 : 建築用断熱材
- (4) JIS A 9526 : 建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム
- (5) JIS A 6930 : 住宅用プラスチック系防湿フィルム

## 3. 用語の意味

3.1 この規格で用いる記号は次による。

- (1)  $q$  : 熱流密度・熱流束  $W/m^2$
- (2)  $\lambda$  : 熱伝導率  $W/(m \cdot K)$
- (3)  $h$  : 熱伝達率  $W/(m^2 \cdot K)$
- (4)  $U$  : 熱通過率  $W/(m^2 \cdot K)$
- (5)  $Z_p$  : 透湿抵抗  $(m^2 \cdot s \cdot Pa)/kg$
- (6)  $W_p$  : 透湿係数  $kg/(m^2 \cdot s \cdot Pa)$
- (7)  $C_p$  : 定圧比熱  $kJ/(kg \cdot K)$
- (8)  $\rho$  : 密度  $kg/m^3$

3.2 この規格で用いる主な用語の意味および定義は JIS A 0202 によるほか、次による。

- (1) 冷蔵倉庫 : 10℃以下の第8類物品を保管する倉庫(倉庫業法による規定)。
- (2) 防湿層 : 庫内で発生する内部結露を防止する為、外部からの水蒸気の流入を防止する層(部材)
- (3) 防湿材 : 水蒸気の透過を少なくする能力を持つ材料で防湿層を構成する。
- (4) 断熱層 : 熱の移動、熱伝導を減少させる層(部材)。
- (5) 断熱材 : 熱移動を少なくするための材料で断熱層を構成する。

(6) 透湿抵抗 : 水蒸気分圧基準水分透過係数の逆数であり、防湿層の性能を表す湿気の透過し難さを表したものの。

(7) 透湿係数 : 水蒸気分圧基準水分透過係数。防湿層の両面における周囲空気の水蒸気分圧当たり透過する水分流量密度で、材料の透湿性能を示す指標の一つ。

$$W_p = \frac{g}{P_1 - P_2} \quad P_1 \text{ および } P_2 : \text{ 層の両面における周囲空気の水蒸気分圧}$$

$g$  : 層の表面に垂直な水分流量密度

(8) 熱通過率 : 熱の流れやすさを表す係数、熱貫流率とも言う。

(9) 熱流密度 : 単位時間に単位面積を流れる熱量、熱流束とも言う。

(10) 防火性 : 火災に対し一定時間支障・損傷を生じない性能。

(11) 熱工法 : 加熱、融解したアスファルトでルーフィングを積層し防湿層を設ける工法。

(12) 冷工法 : 防湿層を設ける時に加熱、融解を用いない工法。

(13) 内断熱工法 : 外壁の内側に断熱を行う工法で、次の 2 通りの工法がある。

① 主体構造躯体の室内側に防湿層・断熱層を設ける工法。

② 躯体(床、柱、梁)と外壁(PC 板)とに隙間を設け、その隙間に防湿および断熱を行い、建物全体をほぼ連続する防湿層・断熱層で包む工法。

(14) 外断熱工法 : コンクリート等の外壁の外側に断熱を行い、建物全体の外側を連続する防湿層・断熱層で包む工法。

(15) 自着性ゴムアスシート : 特殊ゴム化アスファルトの接着層のあるシート。

(16) アスファルトエマルジョン : アスファルト系吹付け防湿材。

(17) 簡易防水層 : 施工上で必要な簡易な防水層

(18) 断熱下地 : 防湿層・断熱層を設ける躯体側の面。

(19) 補強貼り : 出入隅の補強の増貼り防湿層。

(20) 栈木 : 断熱材、仕上げ材を固定する受け材(木製、鋼製)。

(21) 断熱ボルト : 栈木取付け用の熱伝導の小さなボルトで、一般的に樹脂性のもの。

(22) 捨枠 : 防熱扉枠取付用受下地。

(23) 化粧枠 : 防熱扉の扉当たり面の枠で周囲壁との意匠を整えるもの。

(24) 凍上 : 冷蔵倉庫内部の低温により熱を奪われ、地上階の床下土壌が凍結することにより発生した氷により床スラブを押し上げる現象。

(25) 凍上防止管 : 凍上現象を防止するために土中に設置される通気管。

## 4. 冷蔵倉庫防湿・断熱概要

### 4.1 目的

冷蔵倉庫の室内環境(温度、湿度)を維持するため「温度差」に対し「断熱材」を、「水蒸気分圧の差」に対し「防湿材」を適切に用いる。

### 4.2 構造(構成)

冷蔵倉庫の断熱は以下のもので構成される。各項目の納まり関係は附属書 A～Gを参照とする。

(1) 防湿層

(2) 断熱層

- (3) 下地材
- (4) 仕上げ材
- (5) 貫通孔
- (6) 防熱扉
- (7) 附属設備

#### 4. 3 工法

築造式冷蔵倉庫断熱の代表的な工法には、内断熱工法、外断熱工法がある。(図 4-1、4-2、4-3)  
それぞれメリット・デメリットがあり、用途に応じ適切な工法を選択するものとする。

また、自動ラック荷役設備冷蔵倉庫断熱の代表例を参考として図 4-4 に示す。

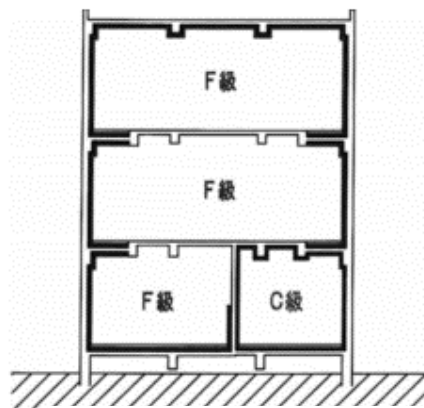


図 4-1 内断熱工法 ①

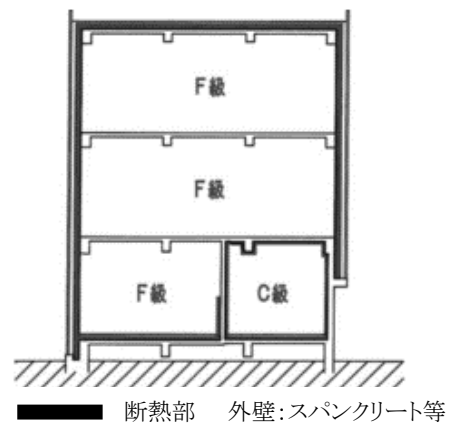


図 4-2 内断熱工法 ②

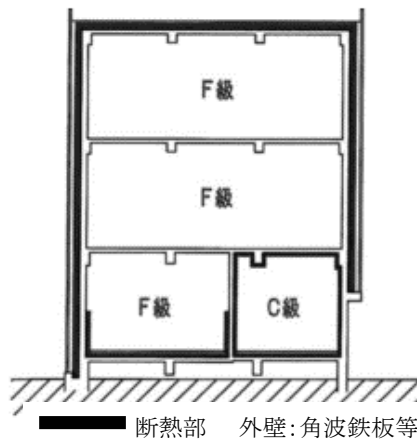


図 4-3 外断熱工法

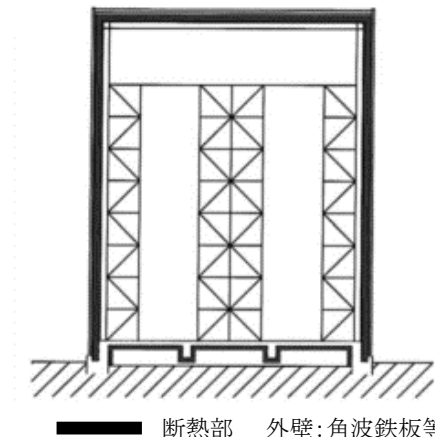


図 4-4 自動ラック倉庫の断熱工法 (参考)

#### 4. 4 要求事項

##### (1) 要求される性能

冷蔵倉庫の室内環境(低温、高温)を維持するために要求される性能は次のとおりである。

- ① 室内環境への熱損失を少なくする。
- ② 断熱部外表面各部低温部位の結露発生を抑制する。
- ③ 床部位等の凍上の発生を防止する。

(2) 要求される経済性

冷蔵倉庫の経済性を推進するため断熱材の材質、厚さの選定に配慮しなければならない。

(3) 要求される環境負荷の低減

冷蔵倉庫よりの環境負荷低減のため、CO<sub>2</sub> 排出の低減、フロン使用制限、解体後の処分(リサイクル化)に配慮する。

(4) 要求される安全性

冷蔵倉庫の安全性を高めるため防火性(火災事故抑止)への配慮が必要となる。

- ① 冷工法の推進
- ② 断熱材の防火性
- ③ 防火区画部の材料選択
- ④ 防火区画開口部の機能
- ⑤ 発火原因となる断熱材への埋め込み及び隠蔽部配線施工の禁止

(5) 関連する法規制

以下の法規制を確認しなければならない。

- ① 建築基準法及び同施行令
- ② 消防法及び同施行令ならびに自治体の火災予防条例  
防火性について考慮すべき通達を参考として附属書 G に示す。
- ③ その他関連する法規制(営業倉庫に適用の倉庫業法施行基準等)

## 5. 防湿層

防湿層は、水蒸気分圧の差により高温側から低温側へ水蒸気が移動し、結露や結氷を生じることにより断熱性能の劣化をひきおこすことを防止する為に設ける。また、基本的に断熱層の高温側に設けるものとし、冷蔵室どうしが隣接する場合は室内条件に合わせ該当面に位置させる。

### 5.1 防湿材

一般的に使用される防湿材を表 5-1 に示す。

防湿工法は熱工法と冷工法(常温施工)があり、それぞれ使用される材料が異なる。

表 5-1 工法による防湿材

防湿材	工 法	適応面	その他
自着性ゴムアス系シート	冷工法	コンクリート面、 硬質板状の断熱材面	+60℃以上の環境は避ける。ウレタン吹付には使用不可。
アスファルトエマルジョン	冷工法	コンクリート面 ウレタン吹付面	断熱層が吹付硬質ウレタンフォームに多く用いられる。
アスファルト防湿材	熱工法	コンクリート面 硬質板状の断熱材面	安全面(火災、やけど)に注意。
ポリエチレンシート 2 層	冷工法	床コンクリート面	最下階の床面に多く用いられる。

### 5.2 副資材

防湿工事に使用する主な副資材を表 5-2 に示す。ここに示す要求事項・規格等を満足する品質のものから施工に最適なものを選定する。



表 5-2 副資材

用 途	副資材名称	要求事項・規格・その他
下地処理材	水性プライマー	防湿材・断熱材を侵さないものを選択する
補強材	グラスファイバーメッシュ	異種防湿層境界等に施す
雑材	粘着(片面・両面)テープ	防湿材・断熱材を侵さないものを選択する

## 5.3 防湿性能および構造

## (1) 防湿性能

防湿層の性能は透湿抵抗値で評価する。防湿層仕様の検討に際しては、可能な限り透湿抵抗値を大きくとらなければならない。

一般的に使用される防湿層の性能(透湿抵抗値)を表 5-3 に示す。

表 5-3 に示す防湿層仕様は、従来から多く採用されており、実用上要求される防湿性能を十分満足するものである。これらの中から選択する。グラスウールやロックウール等の吸湿性の大きな断熱材を使用する場合には、透湿抵抗が大きい防湿層を選択する。

表 5-3 防湿層性能

防湿層	厚さ	透湿抵抗
自着性ゴムアス系シート	1mm	$5.71 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$ (11,900 $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$ )
アスファルトエマルジョン(吹付け)	注1	$0.22 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$ ( 460 $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$ )
アスファルト防湿材	注2	$0.73 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$ ( 1,533 $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$ )
ポリエチレンシート	0.15mm×2層	$0.48 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$ ( 1,020 $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$ )

1mmHg=133.32Pa

注1 アスファルトエマルジョンは使用量 1.4kg/m<sup>2</sup>とする。

吹付け硬質ウレタンフォームの防湿層として用いられる。

注2 熱工法防湿層仕様例

・アスファルトプライマー	0.3 L/m <sup>2</sup>
・アスファルト	1.0 kg/m <sup>2</sup>
・アスファルトフェルト	20 kg/巻
・アスファルト	1.0 kg/m <sup>2</sup>
・アスファルトルーフィング	22 kg/巻
・アスファルト	1.0 kg/m <sup>2</sup>

上記仕様の総透湿抵抗は  $0.73 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$  ( 1,533  $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$ )となる。

注3 床の防湿層に用い、0.15mm×2 層施工とする。

## (2) 構造

(イ) 防湿層は断熱層と一体に形成する。

(ロ) 防湿層は原則として全面が連続していなければならない。

(ハ) 冷蔵倉庫の室温を可変とする場合の断熱層では両面に防湿層を設けなければならない。

(ニ) 防湿層下地で挙動が想定される境界部(異なる下地材・誘発目地等)には補強貼りを施す。

(ホ) 防湿層の入隅部・出隅部には補強貼りを施さなければならない。

## 5.4 施工

防湿層の施工は次による。

- (1) 防湿下地面は平滑で十分に乾燥していなければならない。また、目違い等の段差は研磨あるいはモルタル補修にて平滑にする。金物その他の突起物は除去し、モルタル等で補修されていること。
- (2) 防湿層が連続できない場合は、折り返し防湿等の施工法をとらなければならない。
- (3) 防湿層下地で継目などに空隙や剥離の発生するおそれのある箇所については、防湿層に補強材を貼り増す。この場合、補強材は継目箇所から 125mm 以上広くななければならない。
- (4) 防湿層各素材の取合い(かさね)は 100mm 以上とし、相互を完全に密着しなければならない。
- (5) 床面の断熱層上部に押えコンクリートを打設するときは、断熱材表面に簡易防水層を設けなければならない。ただし、水を使用する場所は床面に適切な防水層を設けなければならない。
- (6) 貫通孔及び開口部周辺の防湿層は連続させ、かつ入念に行なわなければならない。

防湿工事施工例を附属書 A に示す。

## 6. 断熱層

### 6.1 断熱材

- (1) 断熱工事に使用する主な材料は、以下の JIS に規定された断熱材またはそれに準ずるものを使用する。  
尚、断熱層の厚みは 6.3 項による。

JIS A 9511 発泡プラスチック保温材

JIS A 9521 建築用断熱材

JIS A 9526 建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム

- (2) 断熱工事に使用する断熱材の種類の選択にあたっては、次の条件を考慮して決定する。

- ・断熱性能（室温、熱伝導率、経年劣化等）
- ・耐水性能（吸水量、透湿係数等）
- ・収縮性（線膨張率）
- ・防火性（難燃性）
- ・強度（圧縮強さ、曲げ強度等）
- ・施工性（施工下地状況に対する適応性、重量、加工性）
- ・環境適合性（ノンフロン化、シックハウス対策、リサイクル等）
- ・その他の必要とされる適性

### 6.2 副資材

断熱工事に使用する主な副資材は表 6-1 またはこれと同等以上の品質をもつものから施工に最適なものを選定する。

表 6-1 副資材

	名 称	規格・その他
接着剤	両面粘着テープ	断熱材を侵さないものを選択する
	シリコーン樹脂系接着材	
	エポキシ樹脂系接着材	
	アスファルト（低温にしたもの）	熱溶解したアスファルトで断熱材を溶かさない温度まで冷やしたもの
雑 材	竹釘、木釘、樹脂釘	熱伝導率の低いもの
アンカー類	断熱ボルト	樹脂製（両端めねじ加工品）
	アンカー	コンクリートアンカー

## 6.3 断熱性能および断熱層の厚み

断熱層の厚みは熱損失量からの検討と外表面結露防止対策からの検討で決定する。

## 6.3.1 熱損失量からの検討で厚みを算出する場合は下式(6-1)、(6-2)より求められる。

熱流密度  $q$  (W/m<sup>2</sup>) は下式で表される。

$$q = U(\theta_a - \theta_r) \quad \dots\dots\dots (6-1)$$

$$U = 1 / (1 / h_a + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + \dots + 1 / h_r) \quad \dots\dots\dots (6-2)$$

ここで  $U$  : 熱通過率 [ W/(m<sup>2</sup>・K) ]

$d_1, d_2$  : 断熱層厚み (m)

$\lambda_1, \lambda_2$  : 断熱材の熱伝導率 [ W/(m・K) ]

$h_a$  : 高温側の表面熱伝達率 [ W/(m<sup>2</sup>・K) ]

$h_r$  : 低温側の表面熱伝達率 [ W/(m<sup>2</sup>・K) ]

$\theta_a$  : 周囲温度 (°C)

$\theta_r$  : 庫内温度 (°C)

表 6-2 に断熱層の熱流密度の基準値を示す。また表 6-3 に断熱層厚み計算に使用される表面熱伝達率、表 6-4 に周囲温度の基準値を示す。この規定に基づき計算したものを附属書Bに参考として示す。

表 6-2 断熱層の熱流密度

規 格	熱流密度 $q$ (W/m <sup>2</sup> )
標準型	8.5
省エネルギー型	7.1

表 6-3 表面熱伝達率

部 位	熱伝達率 $h$ (W/m <sup>2</sup> ・K)
冷蔵室内壁面	8.14
冷蔵室外壁面	23.3

表 6-4 周囲温度

部位			温度 (°C)
外壁			+33
屋根、屋根裏			+40
床下	ピット型(高床式)	地盤に接していない場合	+25
	埋戻し型(低床式)	地盤に接している場合	+15

注 : 設置場所の状況により設計温度の検討や施主を含め決定された条件で計算する事。

### 6. 3. 2 外表面結露防止対策からの検討で表面温度を算出する場合は下式(6-3)より求められる。

外部表面温度は下式で表される。

$$\theta_b = \theta_a - U/h_a(\theta_a - \theta_r) \quad \dots\dots\dots (6-3)$$

ここで、  $\theta_b$  : 外部表面温度(K)

$U$  : 熱通過率 [ W/(㎡・K) ]

$\theta_a$  : 外気温度(℃)

$\theta_r$  : 庫内温度(℃)

$h_a$  : 高温側の表面熱伝達率 [ W/(㎡・K) ]

外部表面温度が露点温度以下になる場合は、外部表面で結露が発生するので、断熱厚みを増すか表面温度を上昇させる対策が必要となる。参考施工例としては、電気ヒーターなどによる加熱、または送風機を設置し通風により表面熱伝達率を増すことなどが行われている。尚、断熱材厚みや表面温度上昇による対策以外に、除湿機設置により周囲環境の湿度を下げ、露点温度を表面温度より低くし結露を防止する方法もある。

### 6. 4 施工

断熱層の施工は以下による。

- (1) 防湿層および前以て処理する作業が規定通り施工完了している事を確認した後に施工する。
- (2) 施工下地面が乾燥していることを確認する。
- (3) 成形板(ポリスチレンフォーム、硬質ウレタンフォーム保温板等)で断熱層を構成するときは、断熱材相互を密着させなければならない。
- (4) 成形板の断熱材を2層以上重ね貼りする際は、相互に接する板の同方向目地は100mm以上離れるように貼ることを標準とする。ただし、施工不能な場合はこの限りではない。
- (5) 成形板の断熱材を施工する場合、断熱材を侵さない接着剤、粘着テープ、低温にしたアスファルト、木釘または竹釘など熱伝導が小さい材料によって躯体または相互に固定しなければならない。
- (6) 断熱層内表面に内装下地(桟木、軽量下地等)を取り付けるときは必要最小限にとどめる。  
また、これらを外部躯体に支持するときは断熱ボルトなどのように熱伝導の小さい材料を使用しなければならない。
- (7) 吹付け硬質ウレタンフォームで断熱層を形成するときは、吹付面が十分に乾燥していることを確認する必要がある。また、吹付厚み 100mm以上で-25℃以下の冷蔵倉庫の場合は収縮によるクラック防止対策を施す必要がある。一般的にはグラスファイバーメッシュを用いる。
- (8) 鼠害防止が必要と認められたときは必要な処置をとるものとする。
- (9) 省エネルギー法及び建設リサイクル法を推進するよう努める。

## 7. 仕上げ材

仕上げ材の選定には意匠、性能、法規制、所轄官庁の指導などの要件を検討して選定する必要がある。現状の冷蔵倉庫では、壁・天井共通で角波鋼板等が用いられている。

角波鋼板

( $t=0.5\sim0.8\text{mm}$ 、山高 15-25mm、カラー鋼板、ガルバリウム鋼板、ホワイトキーストン鋼板)

## 8. 断熱層貫通孔

断熱層貫通孔及びその処理を以下に示す。また、施工要領および施工例を附属書 C に示す。

- (1) 貫通孔の防湿層および断熱層は躯体の防湿層および断熱層と一体になるように施工しなければならない。
- (2) 躯体の防湿層と貫通孔の防湿層は連続し、通気の遮断をしていなければならない。
- (3) 屋外部分は外装に注意し、防湿層が損傷を受けないように施工する。
- (4) 電線管は配管の貫通孔を利用するか、または、電線管用の貫通孔を上記の要領で施工する。  
この場合電線管内部の気密も保ち、通気を防ぐこと。

## 9. 防熱扉

### 9.1 種類

手動式と電動式の二種類があり、引き扉(スライディングドア)、開き扉(スイングドア) 並びに上下扉(バーチカルドア)に分かれる。引き扉は両側引き分け、片引きの二種類、開き扉は両開き(観音)、片開き四枚、折り開きの三種類、上下扉は一枚上下、三枚上下、跳ね上げ(オーバードア)の三種類がある。また扉厚については表 9-1 に示し、防熱扉の姿図及び名称は附属書D. 1に示す。

### 9.2 規格

防熱扉は、現在規格認定が成されて無いが、安全性、耐久性、空気の遮断性、熱変形と結露等々を抑える事が最小限必要とされ、以下の項目に配慮すること。

- (1) 安全性は、電動式扉に人間・物品等の挟まれた時に直ちに停止又は逆転(反転)し危険を回避すること。
- (2) 空気の遮断性は、外気侵入空気の低減のため扉の開放時間を短縮することや壁体との密着性を確保することにより保持する。
- (3) 熱変形は、膨脹・収縮に対する考慮、結露防止にはヒーターを設置し発生を抑えること。

### 9.3 構造

扉の構造は、骨組み材、断熱材及び表面仕上げ材の三構成から成り、以下の特徴がある。  
また、扉の構成材料選定にあたっては、物理的性質を十分に検討し、扉自体のねじれ、反り、結露、腐食等を最小限に抑えることを考慮すること。

- (1) 骨組み材は木材と人工木材とに分かれ、木材は低温に強い反面腐食に弱く、人工木材は高・低温に弱く腐食に強い。
- (2) 断熱材は、ウレタン注入発泡で充填する方法と成形板を使用するものがある。成形板を使用する場合、断熱材と仕上げ材は特殊接着剤にて圧着する。
- (3) 仕上げ材は、ステンレス材、カラー鋼板材、カラーアルミ材が主流であり、骨組材に釘またはネジで固定する。

### 9.4 選定基準

扉の選定方法に際しては、手動・電動及び入口付近の状況で引き扉・開き扉・上下扉を決定する。  
コンベアー等の自動搬送機との連動方式には開き扉は不向きで引き扉、上下扉が主流である。  
人間用の開口部の有効寸法は、幅 800～1000、高さ 2000～2200、物品などの開口は通過する物の最大寸法を考慮し、有効開口部の寸法は、幅 1800～2200、高さ 2600～3000 を標準とする。

扉厚は、温度差、開口の大小で統一出来ないが、熱流密度を 8W/m<sup>2</sup>前後として算定する。

尚、表 9-1 に扉の両面の温度差を基準とした計算結果を示す。

表 9-1 温度差に依る扉厚

温度差(℃)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
扉厚(mm)	50	50	75	75	100	100	125	125	150	150

## 9. 5 制御

電動式防熱扉の制御は、以下の項目に配慮すること。

- (1) 電動扉には扉の開閉を制御する為に電器部品等を収納した制御ボックスを可動範囲外に取り付ける。
- (2) ボックス内には漏電遮断器、電磁開閉器、安全スイッチ等々を扱いやすい様に整然と配列する。
- (3) 扉の開閉用スイッチは、引き紐スイッチまたは押釦スイッチを設け、これにて扉を全開・全閉させる。
- (4) 人間の出入り用には押釦スイッチにて扉を半開・全閉させる。
- (5) 扉が閉じる時、人間・物体等に接触した場合に直ちに停止または逆転(反転)するように安全スイッチを設ける。
- (6) 扉の停止位置は駆動装置内に組み込まれたスイッチ及び外部取付けスイッチのいずれかで行う。

## 9. 6 施工

施工時には次の項目に配慮すること。また、防熱扉周りの防湿・断熱施工例を附属書D. 2に示す。

- (1) 化粧枠取付けに先立ち、コンクリート壁面・捨枠面・鉄骨面が平滑で規定通りの寸法であり尚且つ垂直であることを確認した後に取付けを開始する。
- (2) 化粧枠取付けは、水平・垂直・対角に注意し尚且つ左右枠の通りにも注意しなければならない。
- (3) 扉取付けは、可動範囲内に障害物等の無い事を確認した後行う。
- (4) 電動扉開閉用の引き紐スイッチ・押釦スイッチ取付け位置は施主との打合せにて決定し取り付ける。
- (5) 各種の扉固定金具を床に設置する場合は、扉廻りの埋設物等との干渉を避けるため事前打合せを行う。(「埋設物等」の詳細は附属書D2. 2に示す。)

## 10. 附属設備

### 10. 1 フロアヒーター

#### 10. 1. 1 概要

冷蔵室出入口部の床に於いては、室内外の温度差に依り結露や氷結が発生しやすい為、運搬機械の走行に障害をきたすことや、人間の通行に滑り、転倒などの危険を生じる恐れがある。

このような不具合に対して、床内部にヒーターを埋設し表面温度の上昇に依って結露や氷結を防止する。このヒーターを「フロアヒーター」と称す。

#### 10. 1. 2 構造

- (1) ヒーター本体はPTC (Positive Temperature Coefficient : 正温度係数) 半導体ヒーターとシーズヒーター(ニクロム線ヒーター)の二種類あり、安全性・耐久性より PTC 半導体ヒーターを使用することが望ましい。

- (2)フロアヒーターは、埋設状態で梯子型とワイヤーメッシュ型に分かれ、梯子型は大面積用、ワイヤーメッシュ型は小面積用に採用されている。
- (3)ヒーター容量の選定は、冷蔵倉庫内温度と附属書E. 1に示す計算式および発熱特性図により選定する。

#### 10. 1. 3 施工

- (1)フロアヒーター埋設深さは床面より 50～70 mm以内とする。
- (2)ワイヤーメッシュにヒーターを固定後、施工時のヒーター保護を目的に原則としてヒーター本体が鉄筋の下面と成る様に敷設し、押えコンクリート内に埋設する。
- (3)断熱材および防水シート等の上に直接敷設しないこと。必ずコンクリート等で下地処理を行う。
- (4)発熱体相互が接触したり重ねたりしないよう間隔に注意する。
- (5)フロアヒーターの温度制御や監視等に温度センサーを設置する場合は、発熱体ピッチの中央に設置する。また、温度センサーは原則として表面仕上がりより 2cm 下に設置する。
- (6)敷設中および敷設後のコンクリート打設時は、ヒーターユニットに損傷を与えないよう十分注意する。
- (7)コンクリート打設直後に絶縁抵抗を測定し異常がないか確認する。
- (8)極端な低温環境では、電気絶縁物を破損することがあるので施工してはならない。  
メーカーが保障する施工環境の温度制限を確認し、その環境温度以上で施工すること。
- (9)ヒーター配列は後打ちアンカー等で、本体に支障が起これない様に事前打合せを充分に行い、操作盤よりの電源供給線が破断しないように配管配線する。
- (10)床材(コンクリート)にクラックが発生しないように配筋に注意する。

#### 10. 2 圧力調整設備

##### 10. 2. 1 概要

冷蔵倉庫の室内圧力変化は、扉の開閉、デフロスト作動、クールダウン等の状況に依り発生する。  
その時に防熱扉等に及ぼす影響を抑制する意味で圧力調整設備を設置する必要がある。

##### 10. 2. 2 構造

- (1)圧力調整設備の本体は熱伝導率の小さい塩化ビニール系等を使用し、内部に取り付ける調整弁は比重の小さいアルミニウム材で製作する。
- (2)庫内温度条件に依る結露防止にヒーターを組込み、過熱防止にサーモスタットを内蔵する。
- (3)圧力調整弁の必要取付け数量は附属書E. 2. 2による。

##### 10. 2. 3 施工

- (1)圧力調整設備(給気および排気型共)の取付ける位置は、壁上部で保守が容易で、尚且つ附近の作業に支障を及ぼさない場所とする。
- (2)取付け後調整弁が軽く確実に作動するかを確認する。

### 11. 検査

#### 11. 1 材料検査

防湿・断熱工事の着手前に、使用する防湿材・断熱材が全てJIS規格品ならびに本規格で定めた材料に適合しているか確認する。

## 11.2 施工検査

防湿・断熱工事の確実性は工事完了後の非破壊検査で行う事は困難である。そのため、事前に主要な施工納まり部を抽出し工程毎の検査で確認する。

### (1) 防湿工事中の検査

防湿施工前に下地整備状況(平滑・湿潤等)の確認し、不具合があれば是正する。

また、防湿材・副資材・防湿構造が本規格通りに施工されているか確認する。

### (2) 断熱工事中の検査

断熱層の厚みが本規格により算定した厚み以上か確認する。

また、断熱材・副資材・断熱施工法が本規格通りに施工されているか確認する。

## 11.3 施工完了時の検査

防湿・断熱工事の完了検査は工程毎に行う。目視できない工程部位については工事工程写真等で確認する。また、冷却を開始する前に冷蔵倉庫仕上げ面の全体検査をおこなう。

## 11.4 完成検査および瑕疵検査

設計条件の室温まで冷却したのち、断熱境界壁面・天井面、ボーダー断熱部、二重天井裏面等、目視可能部分について結露の状況確認をする。

状況確認実施時期は、各部位の結露が認識されるまでの期間が断熱仕様ならびに施工状態により異なるため、完成引渡後最初の夏季期間に瑕疵検査として行うことが望ましい。それらを考慮し、瑕疵検査の確認時期は受け渡し当事者間の協議により設定するものとする。

また、断熱工事の性能確認検査方法として赤外線映像(附属書 H 参照)による確認もあるが、実施は当事者間の協議により決定する。

## 12. 凍上防止

### 12.1 概説

室内温度が  $-2 \sim -10^{\circ}\text{C}$  以下の温度となる冷蔵倉庫では、床面下の土壌が冷却されて凍結・膨張し床面が浮き上がる凍上が発生する恐れがあるので、凍上防止の対策が必要である。凍上現象は冷蔵室内の温度や床下の断熱だけでなく、土質や地下水、地中温度などに影響されるため、それらを考慮した対策が必要である。また、凍上現象は季節間の変化だけでなく、数年、数十年の時間スケールで変化するので長期的な視点に立った対策を計画する必要がある[1]。

凍上が発生するかどうかは、土壌の温度が  $0^{\circ}\text{C}$  以下になるかどうかを計算して判定する。

#### (1) 低床式(土間構造)の場合

土間コンクリートから室内への熱移動量と土壌の温度安定領域から土間への熱移動量(熱流束)が等しい定常状態とすれば次式が成立する。(図 12-1 参照)

$$q = \frac{\lambda_E}{\delta_E}(\theta_E - \theta_G) = \frac{1}{\frac{1}{h_R} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_c + \delta_{ef}}{\lambda_c}}(\theta_G - \theta_R) \quad \cdots \cdots (12-1)$$

ここで、  $h_R$  : 室内床面の熱伝達率  $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$

$q$  : 熱流束  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$\delta_E$  : 土壌の厚さ  $[\text{m}]$



$\delta_c$  : 押さえコンクリートの厚さ [m]  
 $\delta_{cf}$  : 土間コンクリートの厚さ [m]  
 $\delta_i$  : 断熱材の厚さ [m]  
 $\theta_E$  : 土壌(安定)温度 [K or °C]  
 $\theta_G$  : 土間コンクリートと土壌の接触面温度 [K or °C]  
 $\theta_R$  : 室内の温度 [K or °C]  
 $\lambda_E$  : 土壌の熱伝導率 [W/(m·K)]  
 $\lambda_c$  : コンクリートの熱伝導率 [W/(m·K)]  
 $\lambda_i$  : 断熱材の熱伝導率 [W/(m·K)]

式(12-1)を整理すると、土間コンクリートと土壌の接触面温度  $\theta_G$  は次式となり、この式を利用して凍上の判定、断熱材の厚さ  $\delta_i$  などの見積りができる。

$$\theta_G = \frac{\theta_R + \frac{\lambda_E}{\delta_E} \left( \frac{1}{h_R} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_c + \delta_{cf}}{\lambda_c} \right) \theta_E}{1 + \frac{\lambda_E}{\delta_E} \left( \frac{1}{h_R} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_c + \delta_{cf}}{\lambda_c} \right)} \quad \dots\dots\dots(12-2)$$

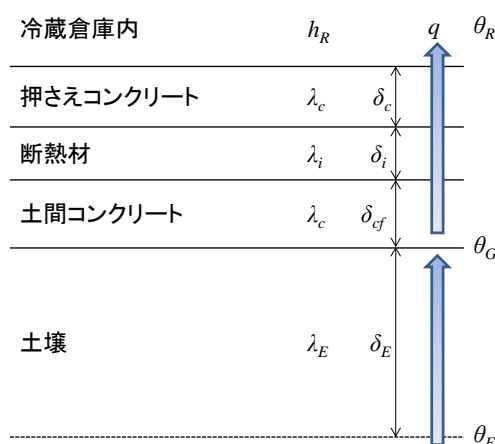


図 12-1 低床式の構造と土壌から冷蔵倉庫室内への熱移動

## (2) 高床式の場合

コンクリートスラブと土壌との間に空間があるため凍上の危険性は少ない。式(12-2)と同様な考えで次式により土壌表面の温度  $\theta_G$  が計算できる。(図 12-2 および附属書F参照)

$$\theta_G = \frac{\theta_R + \frac{\lambda_E}{\delta_E} \left( \frac{1}{h_R} + \frac{1}{h_U} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_c + \delta_{cf}}{\lambda_c} \right) \theta_E}{1 + \frac{\lambda_E}{\delta_E} \left( \frac{1}{h_R} + \frac{1}{h_U} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_c + \delta_{cf}}{\lambda_c} \right)} \quad \dots\dots\dots(12-3)$$

ここで、 $h_U$  : コンクリートスラブと土壌表面との間の熱伝達率 [W/(m²·K)]

( $q = h_U(\theta_s - \theta_G)$ ) で定義される係数。 $\theta_s$  はコンクリートスラブ下面の温度)

$\delta_{cf}$  : コンクリートスラブの厚さ [m]  
 $\theta_G$  : 土壌の表面温度 [K or °C]  
 $\lambda_{cf}$  : コンクリートスラブの熱伝導率 [W/(m·K)]

※他の記号は式(1)と同じ

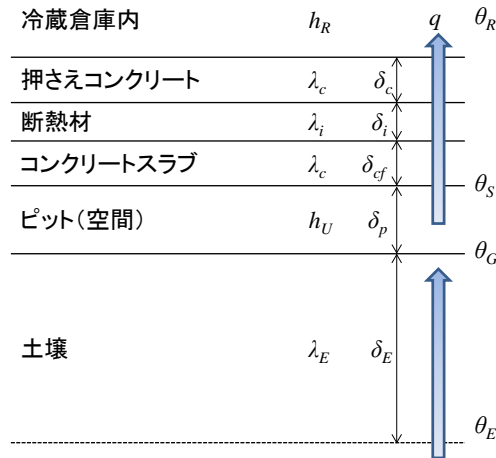


図 12-2 高床式の構造と土壌から冷蔵倉庫室内への熱移動

## 12. 2 凍上防止の方法

### (1) 低床式(土間構造)の場合

土中に通気管を埋設して通風(自然換気または強制換気)して凍上を防止する。通気管は斜めに設置して自然換気を促進するとともに、結露水を集めて水抜き穴から排出する。土中に埋設した伝熱管に加熱液体を流して凍上を防止する方法や電気ヒーターで加熱して防止する方法もある。

通気管を使用した場合の計算式を以下に示す。凍上を防止するためには、土間コンクリートと土壌の接触面温度  $\theta_G$  が  $0^\circ\text{C}$  以下にならない条件を決定すればよい。この条件を求める厳密な方法は無いが、経験的な設計指針が示されている。通気管からの放熱量は以下の関係式で表される。

$$\text{通気管を流れる空気の放熱量} : Q = c_{pa} \rho_a V_a (\theta_{in} - \theta_{out}) \quad \dots\dots\dots(12-4)$$

$$\text{通気管内空気から管壁面への伝熱量} : Q = \pi d L h_a (\theta_a - \theta_w) \quad \dots\dots\dots(12-5)$$

ここで、  $c_{pa}$  : 空気の定圧比熱 [J/kg・K]

$\rho_a$  : 空気の密度 [kg/m<sup>3</sup>]

$h_a$  : 通気管内の熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>・K)]

$L$  : 通気管の長さ [m]

$Q$  : 通気管からの放熱量 [W]

$V_a$  : 通気量 [m<sup>3</sup>/s]

$\theta_a$  : 通気管内の空気の平均温度 [K or  $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_{in}$  : 通気管入口の空気温度 [K or  $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_{out}$  : 通気管出口の空気温度 [K or  $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_w$  : 通気管壁の平均温度 [K or  $^\circ\text{C}$ ]

土壌が凍結する条件を調べるために、図 12-3 で 2 つの通気管の間にある A 点における温度を計算する。通気管上部の土間コンクリートによる冷却や土壌深部からの伝熱の影響が小さく、通気管表面からの熱流束が一様で、通気管と A 点との間の温度が放物線分布であると仮定すれば温度勾配が求まり、次式により放熱量を見積もることができる。

$$\frac{Q}{\pi d L} = \lambda_E \frac{\theta_w - \theta_A}{(a - d/2)/2} \approx \lambda_E \frac{\theta_w - \theta_A}{a/2} \quad \dots\dots\dots(12-6)$$

ここで、 $a$  : 通気管ピッチの 1/2 [m]

$d$  : 通気管の直径 [m]

$\theta_A$ : 図12-3中の A 点の温度 [K or °C]

なお、土壌深部からの伝熱量も凍上防止に寄与するが、土壌の凍結を防ぐための熱量が通気管からの放熱量だけで賄えるものとして、ここでは無視して考える。一方、通気管からの放熱量と冷凍倉庫内への漏洩熱量が等しいとすれば  $Q = 2aqL$  が成り立つので、これら式(12-6)に代入すると次式が得られる。

$$a^2 = \frac{\pi d \lambda_E}{q} (\theta_w - \theta_A) \quad \dots\dots\dots(12-7)$$

この式に、式(12-5)から求まる通気管壁温の平均温度の値、

$$\theta_w = \theta_a - \frac{2aq}{\pi d h_a} \quad \dots\dots\dots(12-8)$$

を代入して整理すると次の2次方程式が得られる。

$$a^2 + \frac{2\lambda_E}{h_a} a - \frac{\pi d \lambda_E}{q} (\theta_a - \theta_A) = 0 \quad \dots\dots\dots(12-9)$$

この式の解は、

$$a = \frac{1}{2} \left( -\frac{2\lambda_E}{h_a} \pm \sqrt{\left( \frac{2\lambda_E}{h_a} \right)^2 + 4 \frac{\pi d \lambda_E}{q} (\theta_a - \theta_A)} \right) \quad \dots\dots\dots(12-10)$$

となるが、 $a$  が常に正であることを考えれば、ルートの前符号は+になる。

従って、上式を整理して、通気管ピッチに関する次式が得られる。

$$a = \sqrt{\left( \frac{\lambda_E}{h_a} \right)^2 + \frac{\pi d \lambda_E}{q} (\theta_a - \theta_A)} - \frac{\lambda_E}{h_a} \quad \dots\dots\dots(12-11)$$

これより、所定の設計条件を設定して、通気管内平均空気温度  $\theta_a = (\theta_{in} + \theta_{out})/2$  と与え、 $q$  を式(12-1)で計算して与えれば通気管ピッチが計算できる。また、ピッチ  $a$  の値より通気管1本あたりの放熱量  $Q = 2aqL$  が求まるので、空気の通風量が式(12-4)を整理した次式で計算できる。

$$V_a = \frac{Q}{c_{pa} \rho_a (\theta_{in} - \theta_{out})} \quad \dots\dots\dots(12-12)$$

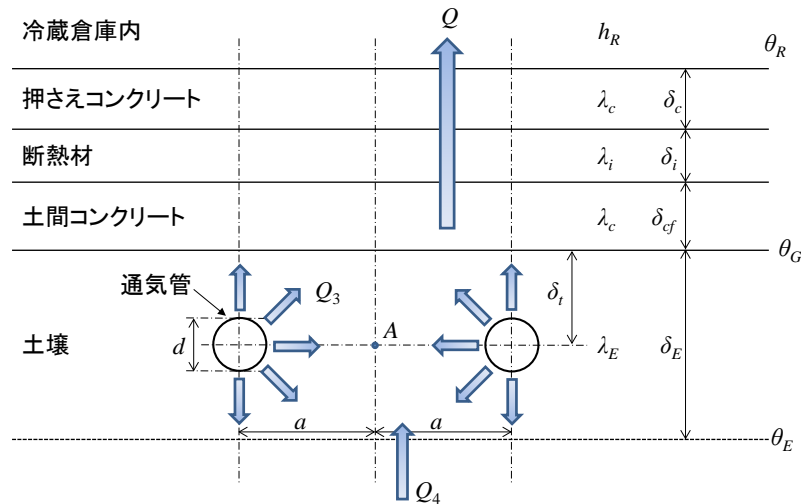


図 12-3 低床式の構造における凍上防止通気管の設置

## (2) 高床式の場合

床面を地盤より立ち上げ床下に空間を設けた高床式の場合は、床下に通気（自然換気または強制換気）して凍上を防止する。空気を導入する凍上防止管の設置方法については附属書 F を参照のこと。この場合は床下の空間が広い（500mm 以上）ので、土壌が凍上した場合でもふさがれる危険性はない。床下空間がある部分の地盤の凍上は床面への影響は無いが、地中梁の下での凍上が発生した場合は床面および建物全体へ影響を及ぼす。

## 12.3 計算方法・計算例

以下に前述した計算式を用いた計算例を示す。なお、計算に用いる物性値や熱伝達率の値は参考文献[2]、[3]を参照して決定した。

### (1) 低床式（土間構造）の断熱材厚さの計算

式(12-1)を整理すると、低床式の場合の断熱材厚さに関する式が次のように得られる。

$$\delta_i = \lambda_i \left\{ \frac{\delta_E (\theta_G - \theta_R)}{\lambda_E (\theta_E - \theta_G)} - \frac{1}{h_R} - \frac{\delta_c + \delta_{cf}}{\lambda_c} \right\} \quad \dots\dots\dots (12-13)$$

この式を使用して、押さえコンクリートの厚さを  $\delta_c = 0.25$  m、土間コンクリートの厚さを  $\delta_{cf} = 0.25$  m、コンクリートの熱伝導率を  $\lambda_c = 1.2$  W/(m·K) として、室内温度  $\theta_R = -25^\circ\text{C}$ 、室内床面の熱伝達率  $h_R = 6.0$  W/(m<sup>2</sup>·K) の条件で、影響を受ける土壌の厚さを  $\delta_E = 3$  m、温度を  $\theta_E = 7^\circ\text{C}$ 、熱伝導率を  $\lambda_E = 1.6$  W/(m·K) と仮定して、熱伝導率  $\lambda_i = 0.029$  W/(m·K) の断熱材の厚さ  $\delta_i$  を求めると、0.177 m となる。このように所定の条件で凍上しない断熱材の厚さを計算することはできるが、冷蔵倉庫を長期使用した後は影響される土壌の厚さが厚くなり、ある時点で凍上が発生する。

### (2) 床面から室内への熱流入量

式(12-1)を用いて、押さえコンクリートの厚さを  $\delta_c = 0.25$  m、土間コンクリートの厚さを  $\delta_{cf} = 0.25$  m、コンクリートの熱伝導率を  $\lambda_c = 1.2$  W/(m·K)、室内床面の熱伝達率を  $h_R = 6.0$  W/(m<sup>2</sup>·K) として、土間コンクリートと土壌の接触面温度  $\theta_G$  が  $0^\circ\text{C}$  の場合の室内への流入熱量（熱流束） $q$  W/m<sup>2</sup> を、室内温度  $\theta_R$  と断熱材厚さ  $\delta_i$  を変化させて計算すると表 12-1 となる。

表 12-1 冷蔵倉庫内への熱流束の計算例 [W/(m<sup>2</sup>・K)]

室温[°C] 断熱材[m]	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
0.100	1.240	2.480	3.721	4.961	6.201	7.441	8.681	9.922
0.125	1.022	2.043	3.065	4.087	5.109	6.130	7.152	8.174
0.150	0.869	1.737	2.606	3.475	4.343	5.212	6.081	6.950
0.175	0.756	1.511	2.267	3.022	3.778	4.533	5.289	6.044
0.200	0.668	1.337	2.005	2.674	3.342	4.011	4.679	5.348
0.225	0.599	1.199	1.798	2.398	2.997	3.596	4.196	4.795
0.250	0.543	1.086	1.630	2.173	2.716	3.259	3.803	4.346
0.275	0.497	0.993	1.490	1.987	2.484	2.980	3.477	3.974

## (3) 凍上防止管のピッチ

表 12-1 に示した熱流束に対して、凍上防止に必要な通気管ピッチを計算する。通気管の入口空気温度を  $\theta_{in} = 5^{\circ}\text{C}$ 、出口空気温度を  $\theta_{out} = 1^{\circ}\text{C}$ 、通気管内の熱伝達率を  $h_a = 10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  として、管径が 0.050 m、0.100 m、0.150 m の通気管のピッチを、式(12-11)を用いて計算すると表 12-2 が得られる。

表 12-2 凍上防止管の管ピッチの計算例 [m]

		室 温							
断熱材 [m]	管径 [m]	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
0.100	0.050	0.637	0.415	0.318	0.262	0.224	0.197	0.176	0.159
	0.100	0.956	0.637	0.497	0.415	0.359	0.318	0.287	0.262
	0.150	1.202	0.810	0.637	0.535	0.466	0.415	0.376	0.344
0.125	0.050	0.715	0.469	0.362	0.299	0.257	0.226	0.202	0.184
	0.100	1.067	0.715	0.561	0.469	0.407	0.362	0.327	0.299
	0.150	1.339	0.906	0.715	0.602	0.525	0.469	0.426	0.391
0.150	0.050	0.787	0.519	0.402	0.333	0.287	0.253	0.227	0.207
	0.100	1.169	0.787	0.619	0.519	0.451	0.402	0.364	0.333
	0.150	1.464	0.994	0.787	0.664	0.580	0.519	0.471	0.433
0.175	0.050	0.853	0.565	0.439	0.365	0.315	0.279	0.251	0.228
	0.100	1.264	0.853	0.672	0.565	0.493	0.439	0.398	0.365
	0.150	1.580	1.076	0.853	0.721	0.631	0.565	0.514	0.473
0.200	0.050	0.916	0.609	0.475	0.395	0.342	0.303	0.273	0.249
	0.100	1.353	0.916	0.723	0.609	0.532	0.475	0.431	0.395
	0.150	1.689	1.153	0.916	0.775	0.679	0.609	0.555	0.511
0.225	0.050	0.975	0.650	0.508	0.424	0.367	0.326	0.294	0.268
	0.100	1.437	0.975	0.771	0.650	0.568	0.508	0.461	0.424
	0.150	1.792	1.225	0.975	0.826	0.725	0.650	0.593	0.546
0.250	0.050	1.031	0.690	0.540	0.451	0.391	0.348	0.314	0.287
	0.100	1.516	1.031	0.817	0.690	0.603	0.540	0.491	0.451
	0.150	1.890	1.294	1.031	0.874	0.768	0.690	0.629	0.580
0.275	0.050	1.084	0.727	0.570	0.477	0.415	0.369	0.333	0.305
	0.100	1.592	1.084	0.860	0.727	0.637	0.570	0.519	0.477
	0.150	1.983	1.360	1.084	0.921	0.809	0.727	0.664	0.612

## 12. 4 施工

## 12. 4. 1 低床式(土間構造)の場合

## (1) 通気管を使用した場合

- ・通気管は、樹脂製、コンクリート製、金属製などが適用可能であるが、施工性、強度、耐久性等を考慮して選定する。電気配線埋設の保護管に使用されるコルゲート管などが良く使用される。
- ・土間構造の床強度は、地盤面の強度も考慮されて設計されているので、通気管の材質選定、

設置方法、埋め戻し方法等については建築技術者に確認し、埋め戻し地盤が沈下することなく、床強度に影響しないような方法で決定する。

- ・通気管は、埋め戻し後の地盤面に設置される。施工手順としては以下が標準である。
  - a. 建築基礎、埋め戻しを行う。
  - b. 通気管(埋設管)設置箇所を掘削し、通気管を設置する。
  - c. 通気管設置後、埋め戻しを行う。
  - d. 建築施工業者にて床コンクリートスラブの工事を行う。
- ・通気管は、上記の通り土間構造の強度に影響しないことを確認し施工されるものとするので、埋め戻し面の地盤沈下は発生しないことを条件に配管サポート等は設置しない。
- ・通気管の端部は、配置から地中梁のレベルとなることから、地中梁貫通として固定される。
- ・通気管は、内部に結露水が発生するので勾配を持って設置し端部に集水ピットと排水ポンプを設け排水するか、または一定間隔で水抜き穴を設ける等何らかの方法を考慮する。
- ・通気管端部の通気口は、鳥、鼠などの小動物や虫の侵入を防止に配慮し、防鳥網、防虫網を取り付ける他、出来る限り塵埃等の侵入も最小限となるよう配慮する。
- ・通気管1系統は、理想的には1方向(1パス)のみとすることが望ましいが、配置から折り返し管とする場合には通気を妨げない長さとする。
- ・通気管内部またはコンクリートスラブ下には、数箇所温度センサーを設置し異常な温度低下が発生していないかを管理できるようにすることが望ましい。

#### (2) 加熱液体による方法

- ・加熱液体は水やエチレングリコール等が使用可能であるが、経済性、保守性などを考慮して選定する。
- ・加熱液体を通す配管は、樹脂製、コンクリート製、金属管などが適用可能であるが、施工性、強度、耐久性等を考慮して選定する。標準的には、樹脂製のチューブが多く使用される。
- ・加熱液体を通す配管の設置箇所は、コンクリートスラブ下やスラブ内部への打ち込みなどが適用される。どちらも建屋強度に影響するものであり、施工方法は建築技術者に確認をとり決定される。
- ・コンクリートスラブ下に埋設する場合、直接埋設する方法と保護管を設け、その内部に配管する方法がある。前者は不具合発生時に処置が出来ないが、後者は処理可能でありコストとメンテナンス性を考慮して選択する。

#### (3) 電気ヒーターによる方法

- ・電気ヒーターは、ニクロム線を熱源としたシーズヒーターと PTC (Positive Temperature Coefficient : 正温度係数)半導体ヒーターが適用される。
- ・シーズヒーターは、地中やコンクリートスラブ内部への直接埋設は問題がある。また、寿命も短いことから、保護配管の内部設置として保守管理できるようにする。
- ・PTC 半導体ヒーターは、直接埋設が可能ではあるが、シーズヒーターより寿命は長いがそれでも耐久性には限度があることから、同様に保守管理ができるように配慮する必要がある。

#### 12. 4. 2 高床式の場合

- ・設置される場所は、地下水位が低くスラブ下への浸水が無いことが条件となる。地下水位が高い場合には、コンクリート打設と防水処理および常備の排水設備の設置等が必要となる。

- 空間スペースの下部の埋め戻し部分は、結露水の排水を考慮するため地下水位が十分低いことが条件であり、浸透性のある埋め戻し方法とする。また、コンクリートを打設し集水枡を設け排水することも可能である。
- 通気は、スラブ下の両端部に通気用の立ち上げ配管を設ける方法か、集合ピットとし排水枡と排水ポンプを設ける等の方法がある。
- 通気部は、鳥、鼠などの小動物や虫の侵入防止に配慮し、防鳥網、防虫網を取り付ける。
- 耐久性は、建屋と同等であり特に保守管理も必要としないことから最も有効な手段と考えられているが、できれば床下が点検できることを配慮し点検口の設置が望ましい。

#### 参考文献

- [1] 日本冷凍空調学会:改訂新版 冷蔵倉庫, pp.85-87, 公益社団法人日本冷凍空調学会 (2012).
- [2] 日本機械学会:伝熱工学資料(改定第5版), p.289, 社団法人日本機械学会 (2009).
- [3] 日本機械学会:JSME テキストシリーズ伝熱工学, p.83, p.92, 社団法人日本機械学会 (2005).