

災害対応型冷蔵倉庫設計指針

2013年5月13日

公益社団法人日本冷凍空調学会
東日本大震災復旧・復興対応委員会
冷凍設備分科会

目次

1. ユーティリティ	1
1.1 電力供給設備	1
1.1.1 非常用発電設備の関連法規	
1.1.2 非常用発電設備の基準	
1.1.3 非常用に用いられる代表的な発電設備	
1.1.4 非常用発電設備容量	
1.1.5 燃料	
1.1.6 冷却方式	
1.1.7 蓄電池設備	
1.1.8 燃料電池	
1.1.9 電力系統構成	
1.1.10 配慮すべき事項	
1.2 電気設備	7
1.2.1 地震による影響	
1.2.2 津波・浸水による影響	
1.3 通信	10
1.3.1 通信の対象となる事項	
1.3.2 災害への対応の要件（対策）	
1.3.3 冷却設備の制御と通信、稼働状況の保全	
1.3.4 荷役情報と社内業務処理システム	
1.3.5 外部との通信の確保	
1.4 給排水	12
1.4.1 給水設備	
1.4.2 冷却塔などの補給水の確保	
1.4.3 散水デフロスト用の水の確保	
1.4.4 NH ₃ （アンモニア）設備の除害設備用の水の確保	
1.4.5 防災用井戸の設置	
1.4.6 給水用配管材について	
1.4.7 排水設備	
1.5 ガス	14
1.5.1 ガス設備の計画指針	
2. 建築	15
2.1 配置	15
2.1.1 配置と仕様計画指針	
2.1.2 防災設備	
2.2 構造（躯体）	18
2.2.1 被害状況	
2.2.2 対処方法	
2.2.3 津波	

2.3 水密	19
2.3.1 水密性	
2.3.2 防熱扉	
3. 冷凍設備	20
3.1 システム	20
3.1.1 冷凍システムの考慮・検討ポイント	
3.1.2 各冷凍システム・設備	
3.1.3 災害対応型冷凍システム・設備の在り方	
3.1.4 総括	
3.2 配置（冷凍機、容器、配管、制御機器）	26
3.2.1 法的要求事項等	
3.2.2 配置（冷凍機、容器、配管、制御機器）の計画指針	
3.3 冷媒配管	27
3.3.1 冷媒漏えい防止	
3.3.2 冷媒充填量	
3.3.3 冷媒の安全性（危険性）	
3.3.4 配管固定金具	
3.4 クーラ、低圧機器	28
3.4.1 機器の選定	
3.4.2 各機器の配置	
3.4.3 各機器の設置／施工の指針	
4. 運営	30
4.1 荷積、荷さばき	30
4.2 避難	30
4.3 冷媒供給	31

巻頭言

東日本大震災発生から今年の3月で2年が経過しました。東北地方から関東地方を襲った巨大津波は未曾有の被害をもたらし、被災地は今なお復旧の途上にあります。特に豊富な水産資源に恵まれた沿岸部の港や漁業施設は壊滅的な被害を受けて、復旧のめどすら立たない地区も多くあります。

低温・冷凍・食品・空調に関する科学・技術の向上に取り組んでいる公益社団法人 日本冷凍空調学会（以下、学会）においても、被災地の復旧・復興に向けて技術的な支援をしていくために、学会内に「東日本大震災復旧・復興対応委員会」を発足させ、当初は現地の被災状況や当時直近のご要望の調査を実施してきました。これらの実施内容は同年9月に開催された2011年度日本冷凍空調学会年次大会で中間報告しております。

一方、今後の復旧・復興への提言或いは近い将来に想定される東南海沖をはじめとした大規模な震災への準備対応として、学会の専門性を生かしてできないかを検討し、災害対応型冷蔵倉庫設計指針をまとめることとした。

冷蔵倉庫は、主に断熱された建屋と冷凍設備などからなり保管温度帯10℃以下のものを指すが、国内ではその約4割が水産物の保管用として使用されている。災害対応型とするために重要となるユーティリティ関連設備や、災害時も含めた倉庫の運営についても言及し、以下の章立てと内容で構成した。

1. ユーティリティ：非常用発電をはじめとした電気設備から水，ガス，通信など
2. 建築：配置，構造，津波対策としての水密性
3. 冷凍設備：冷凍システムや機器の選定，配置計画，安全性確保
4. 運営：日常運営と災害時の対応

最後に本指針が有効に活用され、被災地の一刻も早い復旧・復興の一助となること、また被災された地域の皆様に笑顔と活力が戻ることを祈念いたします。

公益社団法人日本冷凍空調学会
東日本大震災復旧・復興対応委員会
委員長 関 亘

東日本大震災復旧復興・対応委員会

委員長 関 亘

副委員長 神戸 雅範

冷媒設備分科会

主査 高島 章吉

委員 神戸 雅範

小澤 明

砂川 光志

長谷川誠司

古澤 隆司

齋藤 禎二

中野 博

執筆者

第1章 砂川、高島、神戸、長谷川

第2章 古澤、齋藤、中野

第3章 小澤、神戸、高島、長谷川

第4章 長谷川

1. ユーティリティ

1.1 電力供給設備

電気設備が正常に稼動するためには、言うまでもなく安定した良質な電力の供給が不可欠である。日本国内においては、電力の品質は非常に高く、通常においては供給が停止することは稀である。

しかしながら、阪神淡路大震災、東日本大震災等の大規模災害発生時においては、電力供給が再開されるまで数日を要する場合がある。

したがって、大規模災害発生によりインフラ（電力・ガス・水道）が遮断された際においても、機能を停止できない電気設備に関しては、商用電源以外の非常用電源を設置する必要がある。

1.1.1 非常用発電設備の関連法規

非常用に使用する発電設備は、主に以下の3つのパターンに分類される。

(1) 消防法に定められた非常電源

消防用設備への電源供給が途絶えた場合に消防設備が適切に動作できるための電源で、消火栓、スプリンクラー、消防排煙設備等に用いられるもの

(2) 建築基準法に定められた予備電源

非常用の照明装置、非常用の排水装置、非常用エレベータ等の電源に用いられるもの

(3) 電気設備技術基準に定められた保安電源

電力会社からの電源供給が途絶えた場合に電気設備の機能を維持するための電源で、業務の継続や保安用に用いるもの

消防法、建築基準法における電源に関しては、始動時間、連続運転時間、燃料の保有量等が定められている。また、消防法、建築基準法の併用は可能であるが、併用する場合は、どちらも満足できる設備とする必要がある。

その他、確認しておくべき法規制としては、電気事業法（定期点検）、消防法（危険物）大気汚染防止法（ばい煙関係）、騒音規制法、自治体の公害防止協定等がある。

表 1.1.1 に主な項目に関して必要な性能を取りまとめる。

表 1.1.1 非常用電源設備の必要性能

		防災用発電機		
		非常電源（消防法）	予備電源（建築基準法）	保安用発電機
電源の種類		○消防用設備への電源供給が途絶えた場合に使用する「非常電源」 ○消火栓、スプリンクラー、消防排煙設備などに接続し、商用電源が遮断されても、消防用設備が適切に動作できるように、電源を供給する設備	○非常用照明、排煙機などの電源として使用する「予備電源」 ○消防用設備の非常電源と同様、商用電源が遮断されても、一定時間は非常用照明などを動作させる電源 ※消防法における非常電源と併用することが可能。併用する場合、消防法と建築基準法のどちらの基準も満足できるような機種選定が必要	○電力会社からの電源供給が途絶えた場合、需要家内にある電気設備の機能を維持するための「保安用電源」や「業務用電源」 ○避難や消火活動に使用する予備電源ではなく、業務の継続や、保安用としての位置付けになる予備電源
法的規制	始動時間 (消防法) (建築基準法)	非常時に、指令後 40 秒以内に始動、負荷へ電力を供給	非常時に、指令後 40 秒以内に始動、負荷へ電力を供給。	無し
	連続運転時間 (消防法) (建築基準法)	定格負荷 60 分以上 ※消防設備により時間は異なる	定格負荷 30 分以上 ※防災設備により時間は異なる	無し
	燃料の保有 (消防法) (建築基準法)	2 時間運転以上 ※保有数量に応じて危険物関係の手続き必要	30 分運転以上 保有数量に応じて危険物関係の手続き必要	時間指定無し 保有数量に応じて危険物関係の手続き必要
	電気関係 (電気事業法)	建物付帯設備と見なされるため、発電所としての技術基準の規制外 ※常用の場合は発電所としての技術基準の適合が必要	同左	同左
	ばい煙関係 (大気汚染防止法)	ディーゼルエンジン、ガスタービン：重油換算 50L/h 以上 ガスエンジン：35L/h 以上の規模の場合、ばい煙の届出必要 (排出規制値は適用除外)	同左	同左
	定期点検	電気事業法：保安規定による 消防法：6 ヶ月（機能確認）、1 年（総合点検）	電気事業法：保安規定による 建築基準法：概ね 6 ヶ月～1 年に 1 回	電気事業法：保安規定による
仕様面	連続運転時間	一般的に 2 時間～72 時間程度 ※発注時に長時間運転で指定することも可	同左	同左
	系統連携	一般に商用系統との連系は行わない (同期装置が付いていない)	同左	同左
	保守	一般的に ディーゼルエンジン：500h、 ガスタービン：1,000h 程度でオーバーホール必要	同左	同左

1.1.2 非常用発電設備の基準

(1) 自家用発電設備耐震設計のガイドライン

(社)日本内燃力発電設備協会が定めたガイドラインであり、自家用発電設備についての耐震措置の最小必要条件を定める民間の自主的な設計指針であり、協会が形式認定を行っている自家発電設備の耐震設計・施工については、本ガイドラインにより行うこととなっている

(2) 建築設備耐震設計・施工指針

建築設備に講ずべき耐震措置の内容を取りまとめたものである

(3) 官庁施設の総合耐震計画基準

(社)公共建築協会が業界自主基準として定めたものであり、官庁施設が持つべき防災機能に応じて建築構造、建築設備等の安全性を判断するための基準である。建築物や建築設備の重要度に応じて、それぞれの自家発電設備の連続運転可能時間や冷却方式が規定されている。

1.1.3 非常用に用いられる代表的な発電設備

非常用に用いられる主な原動機は、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンがある。

(1) ディーゼルエンジン

- 1) 比較的安価なため非常用発電機の分野では、非常の広く普及・小型から大型まで種類が豊富
- 2) 発電効率が高い
- 3) 排気ガスに黒煙、NO_xが多い
- 4) 振動、騒音が大きい
- 5) 燃料給油時に発電を停止する必要がある機種もある

(2) ガスエンジン

- 1) ガス燃料のため環境への影響が少ない
- 2) 都市ガスを使用する場合、貯蔵設備が不要。但し、防災用として使用する場合は、地表面水平加速度 400 ガルの地震動が加えられた後であっても、燃料が安定供給されることが必要（総務省 告示）

(3) ガスタービン

- 1) 機器自体のコンパクト化が可能
- 2) 液体、気体の両方の燃料が使用可能
- 3) 回転運動機器であるために、振動、騒音も小さい
- 4) 機器の価格は高価
- 5) 点検は工場持込が必要
- 6) 都市ガスを使用する場合、貯蔵設備が不要。但し、防災用として使用する場合は、地表面水平加速度 400 ガルの地震動が加えられた後であっても、燃料が安定供給されることが必要（総務省 告示）

(4) その他

自家発電設備に使用される原動機としては、その他にガソリンエンジンがあるが、

小容量のものがほとんどであり、燃料補給時に運転を止める必要がある等の制約がある。しかしながら、小型であり可搬可能といったメリットもある。

(5) 参考

各発電設備の一般的な比較を以下に示す

1) 発電容量

(低容量) ディーゼルエンジン<ガスエンジン<ガスタービン (大容量)

2) イニシャルコスト

(低価格) ディーゼルエンジン<ガスエンジン<ガスタービン (高価格)

3) ランニングコスト

(低価格) 重油<軽油<灯油<ガス (高価格)

4) 騒音・振動

(小) ガスタービン<ガスエンジン<ディーゼルエンジン (大)

5) 環境性

(影響小) ガス<灯油<軽油<重油 (影響大)

6) 設置面積 (同容量比較)

(小) ガスタービン<ガスエンジン<ディーゼルエンジン (大)

1.1.4 非常用発電設備容量

発電設備の容量は、設置する発電設備の特性、負荷種類（電灯負荷、動力負荷）等によって変わる。また、負荷に同時に供給するのか、順次供給するののかによっても容量が変わる。これらの計算は非常に専門的であるためメーカーに依頼したほうが無難である。

1.1.5 燃料

(1) 規制関係

非常用発電設備の燃料として、一般的に使用される軽油やA重油は、危険物として規制されている。危険物は、その特性によって基準となる数値が定められており、指定数量が区分されている。

一般的に非常用発電設備に用いられる軽油とA重油は以下の通りである

- ・ 軽油 1000L
- ・ A重油 2000L

指定数量を超える量を貯蔵・取り扱う場合に、危険物取扱者の免状を持つ者が管理しなければならない。また、指定数量未満であっても、少量危険物取扱所（指定数量の1/5以上の燃料設定が標準仕様）として管理が必要である。

少量危険物取扱所の規制を受ける発電機を設置する場合、所轄消防署に届出を行い、各種規制値以上の性能を満足するよう計画する必要がある。

(2) 貯蔵設備

燃料貯蔵設備は、大きく分けて、地下埋設式、屋内据付式、露出（屋外）式に分けられる。

大容量のタンクを建物内に設置した場合、危険物取扱所として規制され消防設備

や建築構造に制約が発生するため、地下埋設式や露出式が多く採用されている。但し、地下埋設式の場合、地中の水位に注意が必要で、地中躯体が浮き上がることがないように構造検討が必要である。

1.1.6 冷却方式

ディーゼルエンジンおよびガスエンジンには補機として冷却設備が必要であり、大きく分けて、水冷式と空冷式に分けられる。

更に水冷式は、放流式、クーリングタワー式、水槽式、ラジエータ式がある。

方式決定時に考慮すべき事項としては

- 1) インフラが遮断されていると考えた場合、大量に冷却水を消費する設備は避けた方が望ましい。

冷却水の消費量

(小) ラジエータ式<クーリングタワー式≒水槽式<放流式

ラジエータ式においては、ほとんど補給水は必要としない。

- 2) 耐震性能が高いものが望ましいため、発電設備として外部冷却水配管のないラジエータ式が望ましい。ラジエータ式は設置実績も非常に多い方式である。

空冷式は、冷却水の必要はないが、大型化が難しいため、小容量発電機でのみ適用されている。

ガスタービンは、自己冷却式であり、補機として冷却装置を必要としない。

1.1.7 蓄電池設備

蓄電池は、鉛蓄電池、ニッケル水素蓄電池、リチウムイオン蓄電池、NaS 電池等の種類があるが、数日間にわたる電力供給可能な容量を設置することは困難であり、また非常に高価であるため、大型の非常用発電設備の代替として使用している実績はほとんどない。

非常用照明、誘導灯用などの防災用電源としてのほか、最近では瞬時停電等からシステムを保護する保安用電源装置と用いられることが多い。

1.1.8 燃料電池

燃料電池には、固体高分子形(PEFC)、りん酸形(PAFC)、熔融炭酸塩形(MCFC)、固体酸化物形(SOFC)がある。燃料電池は、起動に長時間を要することから、停止状態から直ちに発電を開始できるものではない。このため常時発電運用をしており、非常時に重要電源に供給する系統に切り替える等の制御が必要である。また、停電時に起動する場合は、起動用電源（蓄電池等）が必要である。

都市ガスを燃料とする場合は、貯蔵設備が不要であるが、防災用として使用するには、地表面水平加速度 400 ガルの地震動が加えられた後であっても、燃料が安定供給されることが必要である。メーカーによっては、LP ガスの備蓄燃料への切替が可能なシステムとなっているものもある。価格は、原動機に比較して非常に高い。

1.1.9 電力系統構成

非常用発電機からどの負荷に電力を供給するのかを決定し、系統構成を検討する必要がある。

重要負荷への系統構成は出来るだけシンプルになるように設計した方が良い。

一例を示すと

図 1.1.1 のように、一つの遮断機で重要負荷と一般負荷を切り分けられるように負荷の接続を配慮した方がよいと考えられる。

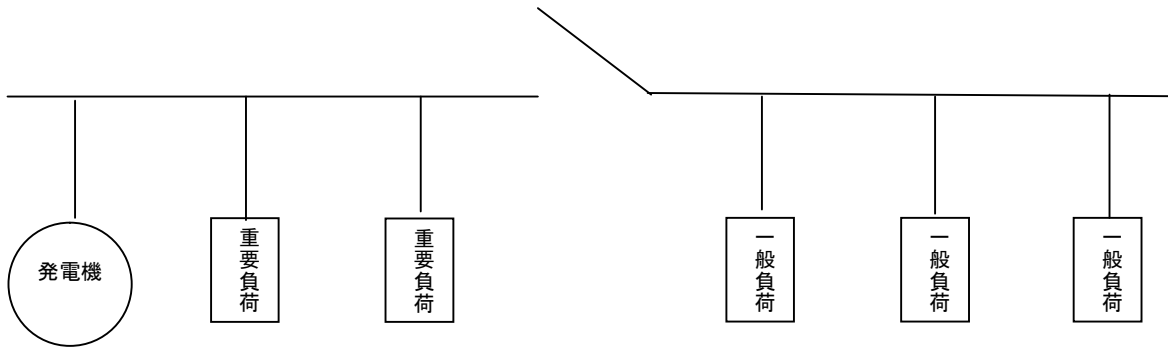


図 1.1.1 電力系統構成

例えば、図 1.1.2 のような構成にした場合

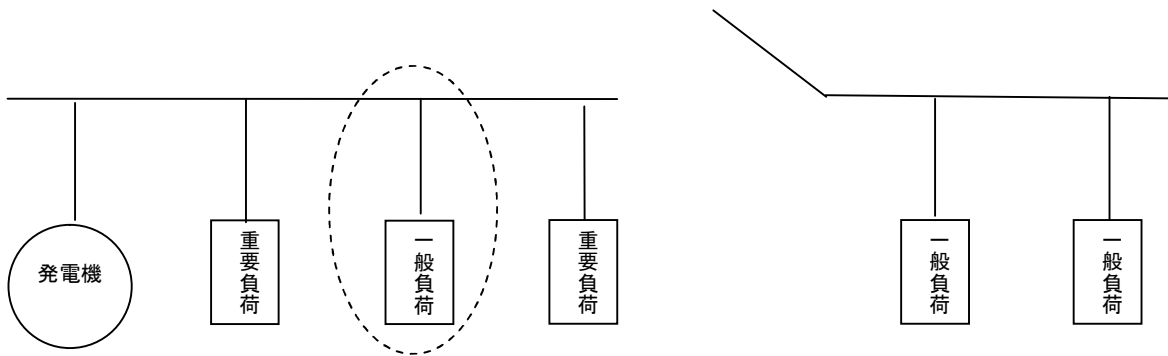


図 1.1.2 電力系統構成

点線で囲んだ部分に一般負荷があるために

① 発電機の容量を一般負荷も含めたものにする必要がある

② 一般負荷を遮断するように設備を追加する

のいずれかの対応が必要になる

重要負荷への電力供給は、主要機器のみではなく主要機器の運転に必要な補機に対する供給も抜け落ちのないように検討することが必要である。

1.1.10 配慮すべき事項

阪神淡路大震災、東日本大震災等の経験から冷蔵倉庫用自家用発電設備の今後の対策についての配慮すべき項目を以下に記載する

(1) 耐震対策

自家用発電設備耐震設計のガイドラインに基づき設置された設備の転倒等の基礎強度不足はほとんどなかったが、ダクト・燃料配管等周辺設備が損傷する等で起動不可となった設備があり、強度強化、連結部に可とう管継ぎ手を使用する等の対策が必要である

(2) 冷却方法

- 1) 冷却方式は、自己冷却型（空冷、直結ラジエータ式）が望ましい
- 2) 水冷式の場合、冷却水の消費量は出来る限り少ないものを採用する

(3) 燃料保有量および運転時間

- 1) A重油等の燃料は緊急時に入手しにくくなる可能性があるため、軽油等の入手が比較的容易な燃料で運転が可能か確認し、可能な設備を設置することが望ましい。
- 2) 長時間の運転が可能な燃料保有量を確保するとともに、運転方法（間欠運転、部分負荷運転）についても、検討が必要である。
- 3) 長期間燃料を保管した場合、スラッジの発生も懸念されるため定期的なメンテナンスが必要である

(4) メンテナンス

非常用発電設備は、常時運転していないため、万一の運転に備え日常のメンテナンスは機能維持上不可欠である。

(5) 設置場所

耐震上からは低層階に設置することが望ましいが、津波等の被害が考えられる場合は、津波の想定高さを考慮した設置位置にすることが必要である

(6) その他

- 1) 電気室は入口からの浸水防止に配慮
- 2) 火災の危険性の高いものから隔離し防火区画をもうける等、他からの延焼被害防止に配慮
- 3) 水損被害を受けないように水配管を近傍に設けないように配慮
- 4) 天井からの落下物で設備が破損することがないように配慮
- 5) 構成部品は、互換ユニット化など代替可能で、かつ、入手しやすい標準品で構成し、予備品を備えること
- 6) 屋内の発電機室の場合、換気は、機械換気に頼らずに自然換気・自然排気が可能なように配慮

等々の配慮が必要である。

1.2 電気設備

災害における冷蔵倉庫電気設備における問題点及び対策・対応について記載を行う。災害とは「暴風、豪雨、豪雪、洪水、高潮、地震、津波、噴火その他の異常な自然現象（旋風、突風）または大規模な火災もしくは爆発その他及ぼす等の程度において、これ

らに類する政令で定める原因により生じる被害を言う。」と定義付けられているが昨今、電気設備における災害対策として、重大な問題と位置付けられている地震、津波について言及をしていく。

冷蔵倉庫設備における設備内容は多岐にわたるため、一概に同一の方式にて安全性を確保していくことは困難であり、数種類の方針を組み合わせていく事が現実的である。

対策・設計の指針としては大別すると下記の2種になる。

- ①設備要素・部品の耐震性能すなわち冷蔵倉庫における電源等における個別の機器、部品毎に地震動・津波のレベルや許容条件などの耐震性能をきめ細かく付与する。
- ②フェールセーフ性能、すなわち、特定の部品が損傷して機能喪失しても設備として安全状態に移行できる性能を付与する。

上記2種を踏まえ、災害時に想定される損害とその対応の現状と対策を下記に示す。

1.2.1 地震による影響

(1) 配管支持物等の揺れに起因する損害

1) 損害

- ①配管揺れによるケーブルの損傷、ケーブルラックのねじれ
- ②長時間の繰り返しによる支持材の外れ、せん断による照明設備の破損
- ③横移動でのレースウェイラックの壁突きによる端部破壊

2) 耐震対策の現状

- ①耐震設計評価計算（慣性力、地盤変化）は未実施
- ②変位吸収管継ぎ手の設置

3) 耐震改善対策

- ①耐震変位吸収継ぎ手の複数設置
- ②触れ止めワイヤの90°二方向取付けや吊材やアンカの設計見直し
- ③ケーブルラック、配管等水平距離が長くなる電気設備は緩衝箇所を設け、落下防止として建物にアングル等の鋼材で耐震支持を実施
- ④照明設備等天井に取り付ける器具はスラブから吊ボルトで支持をするか落下防止処置を実施
- ⑤天井材の壁取り合い余裕の有無を確認
- ⑥建築基準法で設置義務がない範囲でも避難経路を想定し、非常用照明設備の自主設置と非常時の電源を確保
- ⑦庫内における荷物倒壊事故緊急処置警報装置の設置
- ⑧警備放送用蓄電池の設置

(2) 地盤形状の変性、基礎の移動・傾斜に起因する作用

1) 損害

- ①地盤沈下による配管・ケーブルの破損
- ②地盤液状化による沈下でのハンドホールの路面上部突出
- ③強い外力での引き込み電柱の倒壊
- ④街灯が揺れ、街灯足元基礎の緩みで傾斜発生

2) 耐震対策の現状

耐震設計評価計算（慣性力、地盤変化）は未実施

3) 耐震改善対策

- ①地盤の変性や液状化に対するサポート基礎間の相対変位を考慮し、十分に可とう性を持たせ、接続部に負荷をかけない施工を実施
- ②屋外埋設枡および管路に杭等を設置
- ③外構の路面嵩上げを建築側に要求
- ④地盤改良を建築側に要求

(3) 指示構造物の転倒・倒壊・移動に起因する作用

1) 損害

配電盤等アンカボルトの強度不足による転倒・移動

2) 耐震対策の現状

耐震基準によるアンカボルトの設計計算を実施

3) 耐震改善対策

耐震クラスの見直しおよび転倒防止措置の実施（機器同士の衝突を避けるため、筐体と機器の支持を一体化）

1.2.2 津波・浸水による影響

(1) 浸水・水没に起因する作用

1) 損害

- ①浸水に伴うケーブルの短絡・地絡
- ②盤内機器浸水に伴う機器（モータ圧縮機）故障、絶縁不良、送電不良
- ③ケーブル浸水による銅素線腐食
- ④1F 設置キュービクル機器故障による送電不良
- ⑤コンセント・照明絶縁不良

2) 津波・浸水対策の現状

浸水の恐れがある場合、設置機器を上層階に設置

3) 津波・浸水改善対策

- ①極めて稀に発生する大規模な津波浸水の浸水深 10m
- ②極めて稀に発生する大規模な津波浸水の浸水深に建物への衝突による遡上を見込んだ最高水位 14m
- ③遭遇する可能性の高い津波浸水の浸水深 1.5m
- ④予想される津波の高さを上記の通りとすると対策は下記を参照
 - ・浸水自体に対応する為、マウンドアップ（盛土、防水堤）を実施
 - ・キュービクルおよび電気室を建屋の4階以上に設置（1、2階建ての場合はできるだけ高い位置）
 - ・電灯・コンセント分電盤は2階以上に設置
 - ・1F コンセントは1.5m以上の高さに設置
 - ・冷凍機・デフロストポンプ盤等は2階以上屋上等に設置
 - ・非常用発電機の設置
 - ・引き込み設備は架空にて高所に引き込む

- ・浸水想定階への電源幹線は上階からの単独配線とし、災害時切り離しを実施できるよう設計
- ・重要機器の基礎を高く施工
- ・地中配線にて引き込みを行う場合は電力仮復旧用架空引き込み回路を津波想定高さより上階に設置

(2) 津波による流入物に起因する作用

1) 損害

- ①流入物による電力引き込み設備の損壊による送電不良
- ②圧縮機、制御盤、機器のケーブル、配管損傷
- ③キュービクルの損壊による送電不良

2) 津波による流入物対策の現状

浸水の恐れがある場合、設置機器を上層階に設置

3) 津波による流入物改善対策

- ①キュービクル周りのフェンス強度の強化
- ②キュービクルおよび電気室を建屋の4階以上に設置（1、2階建ての場合はできるだけ高い位置）
- ③冷凍機・デフロストポンプ盤等は2階以上屋上等に設置
- ③地中配線はハンドホール内や立ち上げ部分の可とう性を確保(ケーブル予長の十分な確保)

1.3 通信

通信機能は近年において単なる電話機能だけではなく多くの通信機能を活用したシステムが冷蔵倉庫（物流センター）においての重要な機能として取入れられており災害への対応が大変重要である。

- ・通信機能、システムを新設、既設を問わず災害対策を立案すると共にそれに対応した形態（ネットワーク／機器、システム）に整えておく必要がある。

1.3.1 通信の対象となる事項

- (1) 電話(音声)通信及びデータ通信（各制御／モニタリング及び業務処理情報）
- (2) 事業所内と事業所外との通信機能
- (3) 有線及び無線による通信
- (4) 荷役処理を含めた事務処理業務における通信機能(音声通信も含め)
- (5) 設備(冷蔵倉庫内)のセンシングとコントロール機能に使用する通信機能

1.3.2 災害への対応の要件（対策）

- (1) 機能レベルを段階化／分類して機能の確保、回復(復旧)の順番、プライオリティを定める。
 - 1) 災害発生時の状況を想定し機能として確保すべき事項と範囲を定める。
 - 2) 回復の順番とその時の機能(必要性)を明確にし、手順も定める。
 - 3) 障害が発生した場合その箇所を容易に特定出来る様に機器及びネットワーク(ル

ート)を考慮しておく。その様に設置、設定しておく事によりネットワークの変更、機器の移動が容易になる。

(2) 復旧にあたってはシンプルで誰でも(スペシャリストではなく)容易に復旧可能なシステム(機器、ネットワーク、ソフトウェア等)として構築する。

1) 機器や基本ソフトウェアは汎用で容易に手に入るものを選択しておく。

2) シンプルな構造とする事で幅広く要員を求めることが可能で短期間に復旧が可能となる。

3) 機器、ネットワークは代替ルート、規模の圧縮が可能なシステムとする事により機能面の回復が早く確実になる。

(3) 災害を受けにくい機器やネットワーク配置とする。

1) 災害の要素は地震による揺れの影響、台風/洪水/津波による水、火災の影響に対応する。

2) 地震の揺れにより他の機器、設備が通信あるいは制御機器に対して損傷を与えない様に配置や固定化を考慮する。

3) 水に対しては物理的な高さ(設備の位置により異なるが)を確保する。台風などによる雨水特に風による影響を受ける窓などの破損により影響しない場所に設置する。

4) 構内における無線のネットワークはケーブル等の損傷、破断、水没の影響を受けにくい構内基地局の損傷を受けにくい配置、固定化及び電源の確保に対して有線構内の基地局と同様に準備する。

5) サーバ等はAPU(無停電電源供給ユニット)を必ず設置する。

6) 通信系のネットワーク及び制御機器の電源はルートを分け識別化しておく。
(限られた電源ラインに供給可能な状態とする)

7) 地震による揺れには機器及びケーブル、電源が脱落しない様に固定する。又引っぱりに対して耐える様に余裕を持たせる。

1.3.3 冷却設備の制御と通信、稼働状況の保全

冷却設備機器と庫内、荷捌室などの温湿度のセンサと制御管理装置の間は通信機能で結ばれることが多い。

通信機能に対する基本的な対応については前項で述べているが最近では設備の稼働状況と制御の指示などの情報は記録(ログ)として重要となっている。これらの情報は通常制御監視システムといわれる事業所内のコンピュータシステムに保存される。一部のシステムでは全事業所のログ情報を地域や全社で事業所の情報を吸い上げ保存している。

これらの稼働情報は事業所としては重要であるので災害による損失や一部破壊から守る必要がある。

これらの保全機能を備えた制御監視システムを導入しておく事が重要で無停止で設備を保全、稼働させるハードウェアとソフトウェアの環境を準備する必要がある。IT技術とその関連技術の革新により、よりローコストな機器が提供されており不必要な過大設備としなければ災害時の対応を考慮しても大きな費用とはならないと考え

られる。

又必要な情報が保全されておればシステムの回復も容易に行う事が可能である。

(システムに回復の為に必要な仕組み／機能を作り込む考慮は必要)

1.3.4 荷役情報と社内業務処理システム

前項と同様に回復機能を備えておくことと事業所外である程度の処理を代替処理が出来る様にシステムを準備しておく事により一時的、あるいは短期間の停止に対して応援処理、代替処理を行える。

全ての機能が回復してからでは処理と確認が複雑で混乱し易い、又事業所の管理情報か地域単位あるいは全社レベルでリアルタイムに情報が管理出来ておれば事業所との通信が途絶えても状況把握、代替処理の一部は可能となる。

1.3.5 外部との通信の確保

公衆の通信網は災害発生時、物理的な通信線の破断、中継基地の被害による機能停止、情報の集中による通信設備に対する過負荷により満足な通信機能を獲得出来ない。

特に電源供給の停止にも対応が必要である。(非常用電源、バッテリー)

特定のデジタル無線による災害対策を準備し最低の通信機能を確保する。

1.4 給排水

給水は、災害時に設備機能が失われたときに、早期復旧が可能なように計画することが必要である。また、地震でのライフラインの復旧は、水道は電力に比較し時間がかかると想定されている。電力が復旧しても断水が続いた場合は、冷蔵倉庫の運転に支障をきたすことがないように、補給水を水槽に確保して断水に対応することも必要である。

排水設備は、災害時に一時的機能が確保できるピットを設け、屋内外排水管の接続箇所に間接接続などの破断し難い接続方法を採用することも検討する。

1.4.1 給水設備

被災箇所の発見を容易にするための配慮として、系統はできるだけ細かくし、系統ごとに弁を設置する。このような対策を図ることによって、配管の破断、漏水箇所を特定しやすくなり、復旧に必要な箇所を発見しやすくなる。また、機器・配管周りには十分な保守スペースをとるようにする。

復旧を容易にするための配慮として下記の項目がある。

- (1) 系統分けを細かくする。
- (2) 系統ごとに弁を設置する。
- (3) 余裕のあるシャフトスペースを確保し、必要な数と大きさの点検口を用意する。
- (4) 給水ポンプの電源は、発電機などによりバックアップされた回路から供給する。
- (5) 井水、雨水、中水などの利用が可能なように計画する。
- (6) 防災用の井戸の設置も計画する。(1.4.5 参照)
- (7) 給水配管に PE (ポリエチレン) 配管を推奨する。(1.4.6 参照)
- (8) 受水槽を二槽に分け、破損の危険率を低くする。

- (9) 給水車から受水槽までの緊急給水配管の設置について考慮する。(ただし、給水車は飲み水だけ対応となる可能性が大)

1.4.2 冷却塔などの補給水の確保

冷凍機が水冷凝縮器や蒸発式凝縮器（エバコン）の場合、冷却塔やエバコンには補給水が必要である。首都直下型地震 M6.9 でのライフラインの復旧は水道が 21 日、電力が 6 日と想定されている。電力が復旧しても断水が続いた場合はその差の 15 日分の補給水を水槽に確保して、断水に対応することも必要である。

定格出力 37kW モータの冷凍機の場合を仮定すると、冷却水量は $18\text{m}^3/\text{h}$ (300L/min) 程度なので補給水量は $0.27\text{m}^3/\text{h}$ となる。1 日 2 時間の冷却運転で 15 日分とすると、 8.1m^3 の水槽が必要となる。

- (1) 水槽の設置位置は冷却塔やエバコンの水面以上に水槽の最低水位 +1m を目安とする。
- (2) 屋上設置の場合は屋上の強度を確保する必要がある。
- (3) 短期間であればブローダウン量を見込む必要がないので、補給水量を 20% 少なくできる。
- (4) 水槽の設置が困難な場合は冷凍機を空冷式とすることで補給水が不要となる。

1.4.3 散水デフロスト用の水の確保

- (1) 循環式の場合はデフロスト時のドレン水が出るので 15 日程度の断水での給水は考慮する必要はない。
- (2) 一過式の場合は 15 日分の必要散水量を水槽に確保し、対応する必要がある。

1.4.4 NH₃（アンモニア）設備の除害設備用の水の確保

NH₃（アンモニア）設備にはスクラバまたは散水式の除害装置が設置され、専用の水槽（タンク）、発電機が用意されて、計装配管切断程度の冷媒漏えい用に必要水量は確保されている。

1.4.5 防災用井戸の設置

給水を確保するために防災用の井戸の設置も考慮する必要がある。

- (1) 自治体によっては防災用井戸設置の助成金が出る。
- (2) ろ過や滅菌を行えば、飲料水にも使用できる。

1.4.6 給水用配管材について

給水配管に PE（ポリエチレン）配管を使用することを推奨する。

- (1) 柔軟性があるため、地震に強く地中埋設に適している。
- (2) 低温でも耐衝撃性に優れている。
- (3) 太陽光、塩水にも耐性がある。
- (4) メーカーによっては 100m まで継手が不要。専用継手は接着剤不要のワンタッチ接続が可能である。

1.4.7 排水設備

排水設備は、復旧が必要な箇所を発見するためには「詰まり」、「漏れ」、「悪臭」といった現象を目視などによって確認することが主体となるため、これらの現象を発見しやすくするための配慮が望まれる。また、機器・配管周りには復旧作業をする上での十分な保守スペースをとるようにする。

(1) 被害状況

災害時における排水設備の被害状況および被害の要因として、下記の状況が挙げられる。

1) 外構設備

- ①液状化現象による、屋外埋設排水管および柵の損傷。
- ②地盤沈下に伴う、建物接続部の配管破断や損傷。

2) 屋内設備

地震による震動の影響での屋内排水管継手部分での配管切断。

(2) 対処方法

上記の被害への対応策としては、下記の方法がある。

1) 外構設備

- ①屋外埋設排水管および柵へ杭等を設置する。
- ②建物接続部の配管にフレキシブル継手を設置する。

2) 屋内設備

縦管・横引配管に耐震固定金物を設置する。

1.5 ガス

「災害対策基本法」、「大規模地震対策特別措置法」および「ガス事業法」に基づき、ガス設備に係る災害予防、災害応急対策、災害復旧のための地震等災害対策要領が、供給エリアのガス会社により策定されている。基本的にはこれに則りガス設備は設置され、運用されるべきである。また防災対策の基本的体制として次の事項を実施することが望ましい。

(1) 各行政機関と迅速に情報交換できる連絡体制の整備

(2) ガスに係る災害の発生防止に努めるため、関連法令、保安規程等について教育実施と、災害対策を円滑に進めるため実戦的な防災訓練も実施

ガス設備の基準に関しては、下記に記すように「ガス工作物の技術上の基準を定める省令」に基づき災害対応措置を講ずることが肝要である。ここで述べる設計指針は都市ガスを対象として考えるものとする。

1.5.1 ガス設備の計画指針

- (1) 「ガス工作物の技術上の基準を定める省令」に基づき耐震性に配慮した設計とする。
- (2) 二次災害の発生防止のため、ガス遮断装置による導管網ブロック化に配慮する。
- (3) 適当な場所にガスの漏えいを適切に検知し、かつ、警報する設備を設ける。

- (4) 感震時のガス遮断機能を有するマイコンメータを設置する。(図 1.5.1 参照)
- (5) ガス漏洩の危険性を考慮し、閉鎖空間に滞留しない機器・配管施工とする。
- (6) 防消火設備を適切な箇所に必要個数設置する。
- (7) 埋設ガス導管は高い耐震性と耐食性を有するポリエチレン (PE) 管を採用することが望ましい。また、ガス導管は衝撃等に対する防護措置を講ずる必要がある。
- (8) ガス設備の保安上必要な保安電源を確保する。(非常用発電機等)
- (9) 火気設備との離隔距離を確保する。

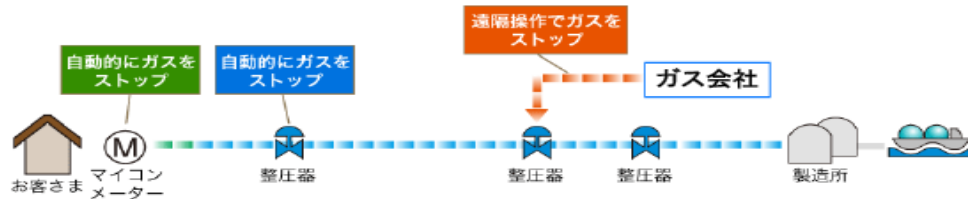


図 1.5.1 感震時のガス遮断機能の概要

2. 建築

2.1 配置

冷蔵倉庫は冷凍、冷蔵およびチルドの定温管理を必要とする荷物を保管する「冷蔵庫棟」、荷物の出し入れを行う低温化した「荷捌き棟」（以下低温室棟という）および冷蔵倉庫施設の運営管理する「事務棟」の 3 部門から構成する。

冷蔵倉庫施設の構造形態は、多層式鉄筋コンクリート造が多く採用されている。

施設構成として低温室棟は、1 階で荷物の出し入れを行う荷捌き低温室、上階に貨物検品室、冷蔵熱源を供給する冷凍機械室および電力を供給する電気室などで構成されている。上下階荷物動線は、エレベータ・パレットリフタ・階段が主要機能を繋いでいる。

津波被害は、沿岸地域の冷蔵倉庫加工施設（低層鉄骨構造が多い）の外壁面開口部に漂流物が衝突し、衝撃で周辺外壁に破損が広がり、内部を貫通する洪水と流入する漂流物により大きな被害となった。多層式コンクリート構造冷蔵倉庫は、低温室棟 1 階外壁に鉄骨構造が多く採用され洪水の流入では、冷蔵庫棟 1 階開口部（防熱扉）が大きな水圧の衝撃で大破し、冷蔵倉庫 1 階倉庫内荷物の被害に至った。

冷蔵倉庫は、防湿防熱の気密性能を持つ防熱扉特殊建具で冷却環境を保持している。この破壊は冷蔵倉庫全体の冷却機能低下に影響を及ぼす結果となった。

また上階では強い地震動により荷物の荷崩れを誘発させ荷物損害が発生した。

上記、被害状況を踏まえ 2.1.1 に配置の計画指針を示す。

2.1.1 配置と仕様計画指針

(1) 冷蔵倉庫部分

- 1) 外周壁を倉庫業法の施設設備基準 2500N/m²以上の耐力を持ち荷物の倒壊に対抗できる鉄筋コンクリート構造の耐力壁で構成させることが望ましい。

- 2) 冷蔵倉庫棟 1 階から 2 階を耐水機能を持たせた防湿防熱区画することで運用上の損害範囲を減少させ、1 階では二重壁の前室方式において防潮対策等の検討が必要となる。
 - 3) 地震時の多層階の揺れは、上階ほど大きく新設では揺れを減じる効果のある免震、制振構造方式の採用検討、改修にあつては制振効果のある柵・装置の導入を考慮することが望ましい。
- (2) 低温室部分
- 1) 冷凍機械室は、洪水被害対策から 2 階以上とし階層に分けリスク分散を図る。
 - 2) 電気設備室（キュービクル）は同様に 2 階以上に配置しさらに蓄電池機能の装備を行い非常時の必要部分に対する電源供給を行える様検討する。
 - 3) 低温室の 1 階ドック面は、耐力壁の少ない傾向にあり対抗性の高い構造と修復の早い仕上げ汎用材の選択を行う必要がある。
 - 4) 上階には、多目的室を設置し、有事の避難機能転用に考慮する。
 - 5) 冷蔵倉庫には、地下水槽とし消火水槽・デフロスト水槽などがあるが、有事には浸水遮断機能を設ける検討を行い有事の雑用水槽に活用したい。
 - 6) 内装には、吸水性が低く特に難燃性機能を持つ材料を推奨する。また、仕上げ材は補修しやすい汎用材を選定する。
 - 7) 東日本大震災において天井材の落下および水害による仕上げ材の脱落が多く発生した。国土交通省の『官庁施設の総合耐震計画基準』では、1.5m 以上の懐を有する室、1.0m 以上の天井懐を有する外部天井の下地は耐震補強ブレースを設置するとある。また、天井材の壁際のクリアランスを設ける計画を合わせおこない構造主体からの挙動により天井仕上げ材への影響を減じる必要もある。
1 階天井計画において、津波が冷蔵庫の 1 階高さと同じ部分までくる被害が出たことを捉えれば、1 階事務室の天井を取りやめることを検討する必要もある。

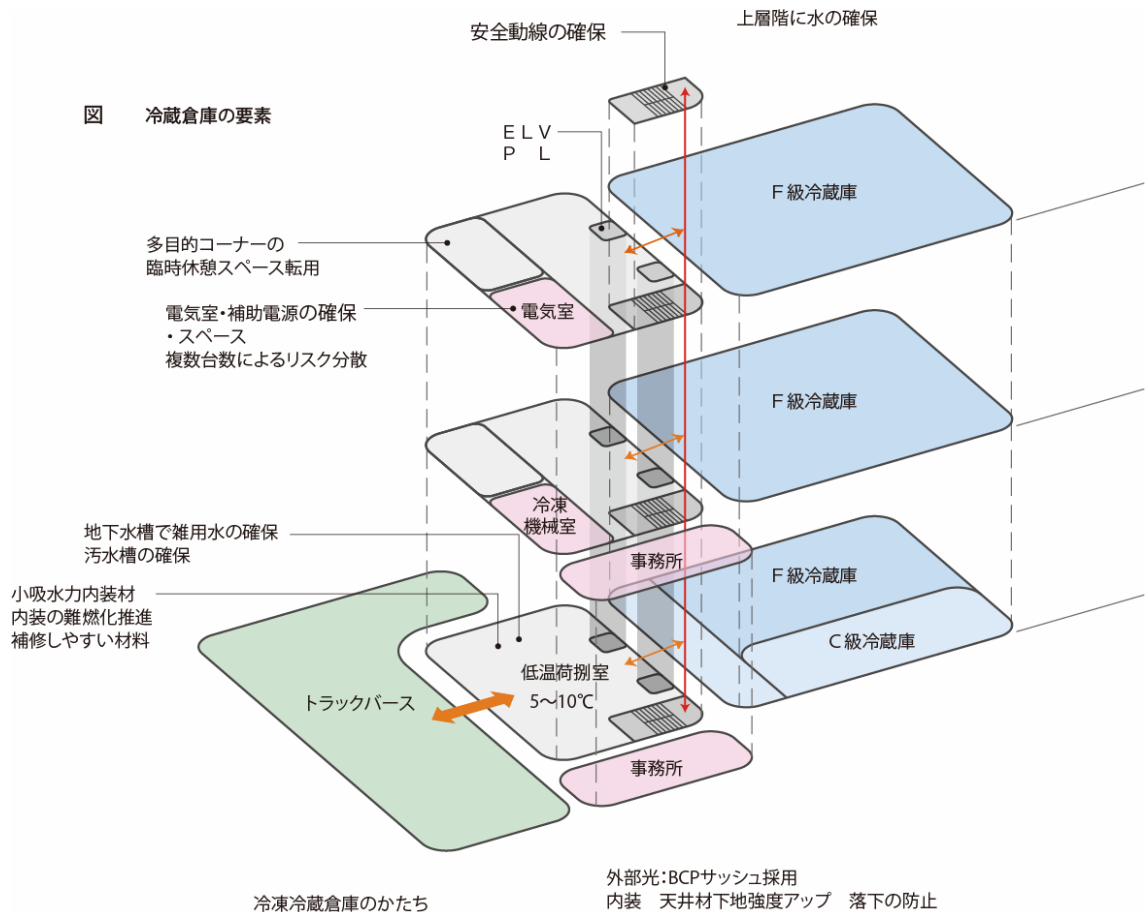


図 2.1.1

(3) 管理事務所部分

- 1) 防災機能系設備は、洪水を意識し上階に設置する。
- 2) 通信設備の維持される衛星電話回線を設置する。
- 3) トイレは、単独給水排水配管を行い上階に設備する。
- 4) 外部窓建具に、水密機能の高い BCP サッシの採用検討をする。
- 5) 天井材は落下しにくい補強した下地構成を選択する。
- 6) 階段は、低温棟との連携と有事における外部からの利用に配慮する。

(4) その他の機能

- 1) 搬送機は、有事の土砂堆積対策からピット深さが浅い開口部扉付パレットリフタを主要機器とし選定することを検討する。
- 2) エレベータの常時停止階は、有事の機能保全対策から2階以上に置けるよう行政調整することで復旧への大きな移送手段となる。
- 3) トラックバースは有事のコミュニケーションの場であり、日常から避難対策訓練を近隣と合わせ実施する交換広場とする。

2.1.2 防災設備

防災は、いつ災害発生が何時きても大丈夫な環境作りと訓練を通じて関係者共通認識を保つことが重要であり以下に関連事項を列記する。

(1) 常備する防災用品と心得

表 2.1.1

1)	情報の伝達、緊急連絡の手段	・個人が身近に使用できる自転車
		・携帯電話
2)	建築、設備協力者への手配	・組織として衛星電話器
		・日頃から意思が通う協力者連絡先リストを作っておく。応援体制の確保
3)	施設の記録、完成図面整備	・協力者が確認できる資料整備
4)	発電設備	・ソーラー、風力、リチウムイオン蓄電池
5)	停電対策	・灯油、予備タンク
6)	冷却水の確保	・受水槽、雑用水槽
7)	荷物室への立入り携行品	・懐中電灯（手動式が良い）ホイッスル・鈴など
8)	防災機材	・空気呼吸器、ガス検知器、ラジオ、コンロ
		・ハンドマイク、飲料タンク、非常食品
		・医薬品、カセットコンロとボンベ
		・簡易テント、断熱ボード（3×6床用）
		・防水シート、スコップ、排水ポンプ
9)	日用品その他	・衣料品、医薬品、器、はし
		・ホース、ペーパー、トイレ用品

2.2 構造（躯体）

日本建築学会から発表された東日本大震災に関する報告『2011 東北地方太平洋沖地震災害調査速報』より、主な構造の被害状況を列記する。

2.2.1 被害状況

- (1) 鉄筋コンクリート造建物、鉄骨鉄筋コンクリート造建物、鉄骨造建物において、構造体に被害が発生した主な建物は、1981年以前（新耐震設計法による構造設計以前）の建物である。
- (2) 鉄筋コンクリート造建物で、杭基礎が破損して流され転倒した被害が発生したこれは、杭の耐震設計が行われていないために、杭頭接合部または、杭体が地震により被害を受け津波波圧と浮力に抵抗できなかったものと推定されている。
- (3) 地殻変動による地盤沈下、大規模な液化化による地盤沈下の発生に伴う建物の沈下、傾斜等が生じ構造的被害が発生している。
- (4) 津波による被害は、津波の浸水高さやその他の条件に応じて、被害の様相及び程度はまちまちである。鉄筋コンクリート造建物は、木造建物の大半が流失したような地域においてもほぼ原形をとどめて残存している場合がある。また、鉄骨造建物は、大きな津波を受けた地域で内外装材が流出したために、主要部材が被害をあまり受けず流出物が衝突して被害を受けた場合がある。

一部倉庫の1階コンクリート床では床下空間に流れこんだ海水により生じた浮力によりせり上がったのではと疑う現象が発生した報告もある。

前記報告を踏まえ下記に構造指針を示す。

2.2.2 対処方法

(1) 構造（躯体）

1) 構造設計法

①新築建物は、現行の建築基準法に準拠して構造設計を行い、大地震動に対する耐震安全性を確保する。構造形式には耐震構造、免震構造、制振構造が考えられる。

②既存建物は、耐震診断を行い大地震動に対して倒壊または崩壊の危険性が低いことをまず確認する。危険性のある建物は、耐震性を確保するために耐震補強を行う。

2) 基礎

基礎は、上部構造を支持する基礎形式とするとともに上部構造の耐震性に考慮した耐震設計を行う。

3) 地盤調査

①建物直下の地盤調査を行い、支持層の確認、地盤の水平抵抗・液状化の可能性・地盤沈下等の地盤特性を確認する。

②液状化の可能性がある場合には、発生そのものを防止する対策、発生を許容するが上部構造や工作物の被害を低減する対策（構造的に抵抗する）を行う。

2.2.3 津波

津波については、建築物に及ぼす影響が他の水害と異なり、標準的な対策法が十分確立していないことから建築基準法による構造的な法規制がない。

そのため下記に参考文献を紹介する。

①『避難ビル等に係るガイドライン（平成17年6月）』

津波避難ビル等に係るガイドライン検討委員会・内閣府政策統括官（防災担当）

②『平成23年11月17日国住指第2570号』

（津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について技術的助言）

2.3 水密

2.3.1 水密性

建具における水密性は、「風を伴った雨の時に屋内への雨水の侵入をどの程度防げるか」を示す性能。ランク W-3 では、1時間あたり 240mmの降雨時に風速 20m/sの風が吹いても窓からの雨水侵入が無い状況をいう。（JIS）

2.3.2 防熱扉

防熱扉は、冷蔵倉庫の出入部にあり冷蔵荷物の出入りに開閉を行う断熱特殊建具で、近年、防火区画部に対応する特定防火戸仕様も使用されている。

現状では、機能・利便性が先行した汎用建具であり水密性保持は難しい。

(1) 防熱扉の機能

- 1) 入出庫のフォークリフトの出入りに機敏に対応し開閉も光電方式・スイッチボタン式・引きひも方式がある。フォークリフト通行にハンガータイプ両引分け扉が主流で開口部寸法は巾 2m 高さ 2.8m 程度である。
 - 2) 上部・両サイド・中央合わせ部は専用ゴム系パッキング、床面下部はゴムシート摺り方式でヒータを設備している。
 - 3) 内外温度差の気密対抗機能を保持するが、東日本大震災の津波では水圧に対抗することはできず、1階部分で破壊が発生している。
 - 4) 近年、低温室の低い室温要求から受け出し部にオーバーラップ形式の防熱扉も散見されるようである。
- (2) 水密性を高める手段
- 1) 気密性が高いとされる燻蒸施設専用扉は、床部分を掘下げ四辺固定する耐圧力を高めた扉だが、重厚で出入りの機敏性は損なわれ高額でもある。
 - 2) 開口部を縮小させ、扉面自体の曲げ強度を高める。
 - 3) 1枚扉が理想であり四辺で開口部に押し付け固定する。
 - 4) 補強材で外圧曲げ耐力に対抗させ固定する。
 - 5) 扉を囲う防護装置を取り付ける。
 - 6) 漂流物の衝突はないようにする。
- (3) 気密性（参考）
- 建具の気密は、窓の全閉時にすきま風が出入りする空気の量を示す性能をいう。
- 1) 一般窓 A-3 風速 4 m/s 程度の風（木の葉や小枝が休みなく動く程度）が正面から窓に当たる（窓内外の圧力差 10Pa）時に窓面 1 m²あたりに 1 時間に 8m³（1辺 2m 立方体）以下の空気が出入りする性能をいう。
 - 2) 断熱窓 A-4 は一般窓の方法で 1 時間に 2m³以下の空気が出入りする性能をいう。

3. 冷凍設備

3.1 システム

冷凍設備の構築に当たり、自然災害に対し安全な地域を選定すべきであるが、貯蔵品の品質維持、作業性、物流効率、コスト等を勘案すると一律に設定できるものではない。ここで、地震（液状化含む）、津波等の災害を考慮した建築構造強化、設備配置、また、火災に対する防火、延焼防止、類焼防止、避難誘導等を十分に考慮した冷蔵倉庫としなければ成らないが、冷凍システムとしての災害対応の検討も重要となる。

尚、大規模な災害では、いかなる対策を講じても被災を完全に防ぐことは難しく、被害を最小限に抑え（部分機能化、減災）その復旧、復興をいかに迅速に行えるかを事業継続性の観点からも考慮されなければならない。

さらに、社会インフラ（電気、電話、水道、ガス、工業用水、下水、井水等）の確保は過去の復旧順位（地下に埋設されている設備は損傷・復旧・安全確認等に日数を要する）実績も考慮し選定すべきで、その複合化や二重化に当たってはイニシャルコスト、設備維持、保守メンテナンス等も合せて考慮すべきである。

冷凍・冷蔵倉庫冷却設備の建設に際しては冷凍システムの夫々の機能、性能、信頼性、作業効率、コスト、利便性、安全性、省エネ性、周辺環境、地球環境負荷、運用・維持管理等の特徴よりメリット、デメリットを総合的に判断し設備は構築されるが、新たに耐災害を考慮に入れた冷凍システム、安全・安心、減災(事業継続性(部分機能化、早期復旧)、エネルギー源の維持・確保、省資源、貯蔵品品質保持等)、維持すべき冷蔵倉庫貯蔵品の重要度に応じた運用が可能なシステム等を考慮し、冷却機能維持の優先順位を明確にした設備を構築する必要がある。

また、設備機器(付属機器、電気機器含む)は配置・設置方法、機械室・電気室はその配置、構造、さらに、配管ルート等も考慮する必要があるが、ここでは、被災時の事業継続に重点を置き安全・安心、減災、冷却機能維持(一部でも)、早期復旧の観点から冷凍システム・設備に対する考慮・検討ポイントについて以下に述べる。

3.1.1 冷凍システムの考慮・検討ポイント

(1) 安全、安心

- 1) 火災源、延焼、類焼を招くエネルギー源の是非
燃焼系エネルギーの安全対策、耐火構造化
- 2) 冷媒削減
安全性、周辺・地球環境負荷の低減
- 3) 冷媒漏洩・拡散防止
酸欠防止、中毒防止

(2) 減災

- 1) 冷凍システムの分散化
危険分散、冷却機能分散
- 2) 建築強度の強化を招くシステムの再考
躯体開口面積の縮小化 (空気>ブライン>冷媒配管)、荷重分散
- 3) 冷凍設備を設置する建築物の一体化
不等沈下、隆起(液状化含)等による変位相関の考慮
躯体間の渡り(機械室の別棟化)の是非(各階分散、個別分散化)
- 4) 機器類の転倒・落下防止
機器類の低重心化、軽量化並びに防止策
- 5) エネルギー源等社会インフラの確保
復旧順位の考慮、使用量の削減、貯蔵、代替(電気：非常用発電機、電源車)設備の検討

(3) 冷却機能維持

- 1) 冷凍システム・機能の分散化
一部機能維持、貯蔵庫の個別分散化
- 2) バックアップ機能化
設備の部分機能化：損傷設備の停止、健全設備の運転切り離しシステムの構築
- 3) 蓄熱剤
設備駆動エネルギー源喪失対策として倉庫の閉鎖と蓄熱剤の庫内常時設置の検討

4) 貯蔵品の保管優先順位等への配慮

貯蔵庫配置、エネルギー源のバックアップ化、蓄熱剤の庫内常時設置

(4) 早期復旧

1) 復旧優先順位の考慮

冷凍システムのシンプル化

復旧要員の確保

2) 汎用、標準機器採用

機器、部品の早期入手

3) エネルギー源の複合化・二重化

バックアップ（発電機、エンジン駆動等）の是非、重要（一部）設備の機能維持

4) 設備機器、部品の共通化・予備品の保管

同一機種・機器の選定、部品の共通化

5) 冷凍システム内の冷媒削減

補充用冷媒の削減

6) 施設内冷媒の統一、機器の共通化

冷媒種・予備品の低減化

（尚、高圧ガス冷媒を保管・貯蔵する場合は、高圧ガス保安法等の遵守が必要）

7) 最新設備図面の整備

現状設備の早期把握化

8) エネルギー源等社会インフラの確保

使用量の削減、貯蔵、代替エネルギー、システム制御電源の確保の検討

3.1.2 各冷凍システム・設備

冷蔵倉庫冷却設備としては、以下の様に分類され、これらの組合せにより一冷凍サイクル・設備が成立する。

夫々の方式、対応機器等は主に以下に示す通りである。

①熱源システム：セントラル方式と個別分散方式

②冷凍サイクル駆動源：電気（発電含む）、ガス・液体燃料

③凝縮熱放熱機器：冷却塔、エバコン、空冷コンデンサ

④冷却方式：直接膨張方式（乾式、液ポンプ式）、間接冷却（二次冷媒：顕熱、潜熱利用）

⑤付属機器類：高圧受液器、低圧受液器、中間冷却器、液ポンプ（全てが冷凍サイクル上設定されるわけではない）

⑥庫内冷却方式：強制通風、自然対流

⑦デフロスト方式：電気ヒータ、ホットガス、散水、不凍液散布、オフサイクル

これらを前記(1)から(4)の視点で災害対応冷凍システム・設備の在り方について以下に示す。

3.1.3 災害対応型冷凍システム・設備の在り方

(1) 社会インフラ

1) 冷凍機の駆動エネルギー源

冷凍機の駆動源としては、電気、ガス・液体燃料が利用されているが、燃焼系の燃料を使用する場合は、火災発生源、延焼、類焼の観点から十分な防止策、安全対策・確保に配慮が必要になる。

また、エンジン駆動冷凍機の採用は契約電力の低減メリットはあるが、冷凍設備システムの運転、制御には電気が利用されている為、電力喪失時の対策(発電機による給電、システムの再起動等)に配慮が必要である。

さらに、再生可能エネルギーを活用したマイクログリッドシステム(風力・太陽光・小規模水力発電、蓄電池等)等の採用も考えられるが、冷凍設備の電気容量と発電・蓄電設備の設置スペース、周辺環境、設備管理、コスト等の課題を解決する必要がある。

従って、冷媒圧縮タイプの冷凍システムにおいては、駆動源のブラックアウトスタート対策、システム制御・補機類・照明電源等も考慮すると、通常は商用電源にて電動機を運転(冷媒圧縮)し、電力喪失時にはスタンバイ状態にある発電設備による電力供給に切り替える方式がシンプルな設備となる。

2) 給水源

冷却塔、エバコン、散水デフロスト水等の給水源としては、上水、工業用水、井水等があげられるが、被災時の観点からは、無給水化が望ましい。従って、凝縮熱の放熱機器は、冷却塔、エバコンよりも空冷コンデンサタイプが有利である。

3) 排水設備

冷凍設備からの排水源としては、主に冷却塔、エバコンよりのブリードオフ水及び冷却器結露水、デフロスト水である。

凝縮熱の放熱機器では、空冷コンデンサ方式が無排水となり、また、デフロスト水の排水量は散水デフロストより、ホットガスデフロスト・電気ヒータデフロスト・オフサイクルデフロストがフロスト水のみとなり少排水量となる。さらに、不凍液散布方式は散布液の濃縮操作が必要となるものの、無排水(蒸気排気)となるが、不凍液再生加熱源・装置の設置の観点からの判断も必要である。

(2) 冷蔵倉庫と設備

1) 冷蔵倉庫と冷却設備

冷蔵倉庫と冷却設備は地震による変位相関の影響を避けるため冷凍機と負荷側機器は同一建屋に設置し、開口面積の削減、設備荷重の分散化や重量機器の低重心化を図ることで、建屋、設備の損傷の軽減に繋がる。

また、冷却設備の早期復旧の観点からは、冷媒充填量の削減(酸欠・中毒・拡散防止を含め)、汎用・標準機器の採用、機器・部品・冷媒の共通化等に配慮することも必要である。

2) 貯蔵品の分散保管

事業の継続性や減災の視点から、冷蔵倉庫の建設計画に当たっては、保管機能維持の優先順位を考慮し、一部倉庫及び設備が損傷しても、電気系統を含め機能が維持できる倉庫を残す各階セミセントラルや各階・各倉の系統を独立させた個別分散方式とすることが望ましい。

尚、一部設備の損傷を考慮すると、同一倉庫に冷却設備のバックアップ機能の配慮や、複数系統化(部分負荷対応)した設備の構築も有効と考えられる。また、蓄熱剤を庫内に常時設置と倉庫の閉鎖により、設備駆動エネルギー源喪失時や一部冷却機能のバックアップとして貯蔵品の一時保管の延長が可能となる。

(3) 冷凍設備

1) セントラル方式と個別分散方式

一般に大型セントラル方式は個別分散方式に比較して、冷媒充填量が多く成るとともに単体機器重量(圧力容器含む)も大きくなるが、全体負荷の特性、設備管理上等の理由から個別分散方式より有利と判断される場合は、冷媒を多く保有する容器類には緊急遮断弁等の設置による冷媒漏洩時の酸欠、中毒、拡散防止の措置をとり、安全に十分な配慮が必要である。

また、設備規模によっては、セントラル方式と個別分散方式の中間的なセミセントラル方式による、荷重分散、危険分散(一部機能化)を配慮した方式も検討に値する。

2) 冷却方式

冷却方式としては、乾式、液ポンプ方式、間接式(潜熱利用と顕熱利用)に大別される。

ここで、夫々の設備の特徴は以下に示す通りで、直膨乾式は個別分散化にも容易に対応でき冷媒充填量も比較的少なく、設備もシンプルに構築が可能で災害対応設備として有効である。

- ①間接式顕熱利用は熱媒体の流量制御がしやすい特徴があるが、機器、設備・配管等運転重量が大きくなる。
- ②間接式潜熱利用は熱媒体が比較的多くなり、また、冷凍機器設備の運転重量も比較的大きくなる。
- ③液ポンプ方式は冷媒充填量が多く、冷凍設備機器の運転重量も大きくなる。
- ④直膨乾式は冷媒充填量が比較的少なくなり、また、冷却設備中の付帯機器も少なくシンプルな冷凍システムで個別分散化に向く。

3) 庫内冷却方式

庫内冷却方式には強制通風冷却方式(天吊ユニット方式と床置きユニット方式)と自然対流方式(天井冷却コイル)に大別される。

ここで、夫々の設備の特徴は以下に示す通りで、強制通風冷却方式(天吊りユニット式)は床面の有効利用が図れるとともに、比較的設備構築の自由度が高い方式といえる。

- ①自然対流方式(天井冷却コイル)は保管品の水分蒸発が少なく、長期保管型向きであるが、冷媒充填量が比較的多くなるとともに、天井面の荷重が比較的大きくなる。
- ②強制通風冷却方式(床置きユニット式)は地震時の機器落下防止からは他方式に比べ有利であるが、庫内有効面積の減少に繋がり、また、保管品の荷崩れ等による設備の損傷防止に配慮は必要となる。さらに大型機器の場合は庫内温度分布に配慮したダクト等を天井面に設置する必要が生じ、落下防止策の

検討も必要になる。

尚、本方式は冷媒充填量が比較的少ない。

- ③強制通風冷却方式(天吊りユニット式)は地震時の機器落下防止の配慮が必要であるが、冷媒充填量は比較的少なくでき、庫内床面を有効に活用も可能で、小型分散化(荷重分散含む)することにより庫内温度分布精度の向上も図れる。

3.1.4 総括

冷凍システム・設備は夫々の設備機能の特徴とニーズのマッチングから設備構築されるが、災害時を考慮した冷蔵倉庫冷凍システムを計画する場合、社会インフラの被災の影響を少なくし、減災、事業継続、早期復旧の視点も加味し前記の事柄に配慮すれば、冷凍システム・設備は以下のことがいえる。

(1) 冷凍機の駆動エネルギー源

常時は商用電源を利用し、災害による電力喪失時は必要により非常用の発電設備による給電に切り替える設備としておくべきである。

発電機の容量としては、全設備容量とするか、部分負荷の考慮と合せて部分機能維持とするかは保管品の優先順位の選択性等を勘案し、電気系統を含め事前に十分検討すべきである。

また、冷却設備の復旧の遅れを考慮するならば、部分機能維持可能なシステム化と運用の検討(保管品の移動を含めた優先順位化等)や冷却機能のバックアップとして蓄熱剤の常時設置と合せて冷凍・冷蔵庫の密閉化も有効な手段となり得る。

(2) 給・排水

凝縮熱の大気放熱機器は、冷却塔、エバコンよりも空冷式が排水もなく無給水化ができ有利である。

また、冷却器の結露水やデフロスト水の排水のより少ない方法として、オフサイクル、電気ヒータやホットガスデフロスト方式を採用することが望ましい。

(3) 熱源システム

個別分散方式はセントラル方式に比べ、被災時の損傷に対し、冷凍システム全体に及ばない可能性も高く、一部冷却機能の維持が可能となり、地震、津波災害の被災に対応した配置決めの選択性の高さから(各階系統分散冷却方式や、倉別系統分散方式等)、減災化の計画性も高く推奨される熱源システムである。

さらに、標準機器、汎用機器の選択や、冷媒充填量も熱源機と負荷側機器の距離を短くすることにより比較的少なくて済み、安全面や早期復旧による事業の継続性に対しても有利と推定される。

ここで、前項の冷却方式の特徴と合せ、空冷個別分散方式が推奨される熱源システムとなるが、機器設置上、熱源機と負荷側機器の冷媒配管が長距離に成らざるを得ない場合は冷媒充填量の増加、冷媒配管破損等による冷媒放出防止の観点から水冷個別分散方式の構築も検討に値する。

(4) 冷却システムと庫内冷却方式

冷却システムの選択に当たっては建築強度、安全性等を考慮し、付属機器を含

めた単体機器の軽量化、冷媒充填量の削減を図れるシステムとして個別分散化にも適した直膨乾式蒸発器が推奨される。

また、庫内冷却方式としては、庫内有効面積の確保、庫内温度分布、単体機器の軽量・分散化、冷媒充填量の削減を考慮すると、強制通風天吊り冷却ユニット分散タイプが推奨される。

尚、本ユニットクーラには衝撃防止を兼ねた落下防止対策をすることが望ましい。

災害時を考慮した冷蔵倉庫冷凍システムを構築する場合、人命尊重はもとより医薬品・製剤、研究用製品、種子バンク、食糧等の貯蔵品を考慮し、被災時の設備復旧の優先順位にも対応可能な、機器配置・設置方法、機械室・電気室の配置、構造、冷凍システム系統、電気回路・配線系統、配管・配線ルート等も十分検討し総合的に計画する必要がある。

また、減災を考慮した冷蔵倉庫冷凍システムは復旧、復興の優先順位付けをより可能とするとともに、その迅速化にも結び付くと考えられるので慎重に計画すべきである。

尚、社会インフラの安全・安定供給、早期復旧の為の事前対策等は東日本大震災の教訓を基に対応策が講じられつつあり、当該地域の災害防止・減災策の情報、施策も勘案し冷凍システム・設備の構築はなされるべきであろう。

何れの冷凍システムを採用するにしても以下の対策、措置も十分に検討されるべきである。

- 1) 機器類（床面、天井面、架台上）の固定、移動防止策(脱落防止ストッパ等の設置)
- 2) 日常の設備維持点検(支持、固定器具の腐食、緩み等)、メンテナンス
- 3) 配管は躯体支持の露出配管等とし、また、建築非構造部材との揺れによる非干渉化
- 4) 設備機器の位置(地震：GL付近、津波：高位置)、倉庫・機器室の耐津波構造
- 5) 低位機械室の防水化、密閉化(機械室換気設備含む)
- 6) 非常用エネルギー源・インフラの代替の確保

3.2 配置（冷凍機、容器、配管、制御機器）

3.2.1 法的要求事項等

「高圧ガス保安法」、「冷凍保安規則」、「冷凍保安規則関係例示基準」、「高圧ガス設備等耐震設計基準」等の関係する法・規則に則り、冷凍機、容器、配管、制御機器は設計製造されていることをまず大前提とする。そしてこれらの機器・容器等は上記の法・規則の設置基準に従って適切に設置されることが要求される。その上で、次に記したような計画指針を考慮して冷凍機、容器、配管、制御機器を配置してゆくことが重要である。

3.2.2 配置（冷凍機、容器、配管、制御機器）の計画指針

(1) 冷凍機

- 1) 津波等の水害が予見される場合には、行政機関が公表する地域毎に予想される津波到達高さを考慮して、上部階に設置することを検討する。
- 2) 可燃性ガスや毒性ガスを冷媒とする場合には、冷媒漏洩を考慮して、屋内外設置の場合ともに滞留しない構造とする。
- 3) 総重量を考慮して、建築物の梁に荷重が掛かるようなユニット配置とする。
- 4) 冷凍機内に充填する冷媒量は極力必要最小限とする。

(2) 容器

- 1) 津波等の水害が予見される場合には、行政機関が公表する地域毎に予想される津波到達高さを考慮して、上部階に設置することを検討する。
- 2) 高圧ならびに低圧冷媒受液器・熱交換器類は冷媒漏洩を考慮して、屋内外設置の場合ともに滞留しない場所に設置する。
- 3) 高圧ならびに低圧冷媒受液器・熱交換器類の胴側は耐食性を有しており、経年劣化を最小限に抑えるものであること。

(3) 配管材料

- 1) 配管は耐食性を有しており、経年劣化を最小限に抑えるものであること。
- 2) 地震等により冷蔵庫内の荷物が荷崩れした際でも、配管には接触せずに衝撃を与えない配置とする。
- 3) 地震時の躯体変形に追随するようフレキシビリティを有した配管系とする。
- 4) 冷媒漏洩や修理を考慮して弁類は極力荷捌き室側に設置することが望ましい。

(4) 制御機器

- 1) 津波等の水害が予見される場合には、行政機関が公表する地域毎に予想される津波到達高さを考慮して、上部階に設置することを検討する。制御盤、キュービクル、発電装置等も同様である。
- 2) 緊急の遮断弁などは、非常事態の時にはフェイルセーフになるような弁開閉機能を有する等の配慮が必要である。
- 3) 保安上必要な制御機器の電源は、通常時の商用電源以外に非常用を保有する。

3.3 冷媒配管

配管等は地震による建築物の変位および配管本体等の過大な振れにより損傷を生ずることがある。損傷を防止および最小限に被害を抑える施策を以下に示す。

3.3.1 冷媒漏えい防止

- (1) 継手はネジ込みを極力少なくし、溶接（ろう付け）、フランジ継手、食込み継手を使用する。
- (2) 機器、装置の点検は（一社）日本冷凍空調工業会ガイドライン『JRA GL-14 冷凍空調機器の冷媒漏えい防止ガイドライン』、（一社）日本冷凍空調設備工業連合会標準規格『JRC GL-01 業務用冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検・修理ガイドライン』を遵守し、定期点検を実施する。
- (3) 冷凍機・冷却器間の配管材質は鋼管またはステンレス鋼管が銅管よりも強度がある

ので推奨する。

- (4) アルミ製接続配管は強度不足が懸念されるので使用しない（特にフレア継手では強度不足になる）。

3.3.2 冷媒充填量

冷媒充填量は漏えいが起こったことを考慮し、極力少ない設計を行う。

3.3.3 冷媒の安全性（危険性）

- (1) フルオロカーボン冷媒、CO₂冷媒は無害と思われているが漏洩時に酸欠を引き起こすので、もし漏洩した場合は換気が必要である。
- (2) アンモニア冷媒は劇物に指定されているので、高圧ガス保安法で定められている除害設備、防液堤等が必要である。

3.3.4 配管固定金具

- (1) B種耐震支持で施工された配管は管軸水平横方向の揺れに対しては有効であるが管軸方向に対して耐震振れ止めの効果が低いので、4方向に施工する。
- (2) 吊りバンドは地震力により蝶番部が伸びて配管が外れることがあるので「組み式吊りバンド」を推奨する。
- (3) 簡易吊り金物は固定ボルトの摩擦で鉄骨に取り付けられているので地震力で外れ、配管が脱落するために推奨しない。やむを得ず使用する場合は「外れ防止金具付き」を使用し、支持間隔を短く施工する。
- (4) 弁類などの重量物は地震により大きく揺れるので、弁類本体を直接支持するか、両側直近を支持する。

3.4 クーラ、低圧機器

国内においては関連法・規則に則りかつ以下の計画指針に基づいて機器の選定、配置、設置及び保守管理を行う事が重要である。

(高圧ガス耐震設計基準 KHK012-1-1997)

ここではユニット式クーラ、コイル式クーラ、製氷機器の冷却部の一部を対象とする。

3.4.1 機器の選定

機器本体の構造、材質、製作品質などが災害に対応出来る製品であること。ただし過剰な品質は経済性を要求されるものではないが産業用の品質要求は満たされている事が望ましい。

- 1) 強度の確保:建物の変形に対してその機器の柔軟性とその強度を確保する構造、材質及び配管との連絡による影響を受けない構造、材質も確保する。
(材質としてはステンレス、鉄、銅、アルミニウムの順で強度は確保される)
出来るだけ同一の素材で製作されている方が地震の場合は機能性を確保し易い)
この強度には耐震、耐衝撃、耐熱、耐食性などが含まれる。

2) クーラ、低圧機器に付属される制御機器、センサ類も強度と耐水性の確保が必要である。

3) コイル式クーラの送液等の制御機能であるバルブステーションは建物等とは独立した構造を持ち同様に強度の確保が必要である。

クーラ、低圧機器に付属される機器も一体として機能するものである為、含めて計画する必要がある。

3.4.2 各機器の配置

1) 津波、洪水など水位が高くなる場合を想定しその高さ以上に設置される事が望ましい。特に電装品については耐水性を高める必要があるが、その性能は時間経過で劣化する為基本的には水位に対する高さを確保する事が望ましい。

2) 配置されたクーラ、低圧機器は地震や津波の水圧に対しての衝撃、移動、ねじれに対して、又冷蔵庫内の荷物、保管棚などに影響を受けない様に配置する。
津波及び洪水による庫内空気圧の(水圧による空気の圧縮)急激な上昇により建物は影響を受ける為その影響を受けない様に配置する。

3) クーラ/低圧機器も同上の緩衝のない様に配置する。

4) コイル式クーラの制御バルブステーションは庫内ではなく荷捌側に室を確保し、耐震、耐水、耐熱(他からの)性を更に高める事が望ましい。

5) 製氷設備のうちプレート式、チューブ式などの製氷機器の配置は通常高さを確保されているが予想される津波、洪水に対しての高さが確保出来ているかを検証しておく必要がある。貯氷機能及び氷の搬送設備も同様に高さの確保が望ましい。

3.4.3 各機器の設置/施工の指針

ユニット式クーラにおいて天井吊り型の場合、丸棒による吊り下げ方法ではなく形鋼などを使用し剛性の高い構造のものを使用する。又各方向に対する揺れに対して有効な様にブレースの施工、4方向に施工する方が望ましい。

又アンカボルトは揺れに対する引抜きが発生しない様にアンカボルトの形状、施工も考慮しておく事が望ましい。

床置き架台置きの場合、自重、地震力などを完全に基礎に伝える構造とし各機器、架台共座屈や局部的な破壊の生じない強度を確保する事が望ましい。

1) 床面、基礎などとの固定、高架台との固定もアンカボルトの形状とその施工も充分強度を持たせ、移動、転倒防止出来る金具とその施工を行う事が望ましい。

又床面だけでなく壁面にも支持材を使用することによりその強度を高める事が出来る。

2) コイル式クーラは天井近くに吊り架台を設け冷却コイルを置くが吊り架台も天吊式ユニット式クーラの施工と同様に引抜きに対する強度を確保する。

特にコイル式クーラは建物と同一の固有振動数を持たない為振動を吸収する吊り構造としコイルの移動を防止する方法が望ましい。

(天吊式ユニットクーラとは施工方法が異なる)

3) 製氷用の機器については床置き式と同様である。

4)角氷用の各装置と機器については専門的である為ここでは割愛する。

4. 運営

4.1 荷積、荷さばき

1) 荷積みには、平積み・移動ラック・全自動倉庫に大別される。

地震などによる荷崩れに対する復旧速さは、平積み・移動ラック・全自動倉庫の順で、全自動倉庫の場合、内部の機械が損傷またはセンサーの作動により内部機械の作動が阻害され復旧に困難をきたす前提で考えておく必要がある。

2) 一般的に荷積み高さは3段積みが標準であるが、産地および原料系の冷蔵庫の場合4段積みを行う場合がある。

荷崩れ防止には、貨物のラッピングおよびサポータの利用が有効である。

3) パレット配置は奥行きを3桁から4桁にとどめる。5桁になると奥の貨物の出し入れの際、作業員が荷崩れの恐怖を感じる。

4) その他

- ・壁際の貨物は、壁への衝突を避けるために巾木(105×105)が設置されている。

- ・冷蔵庫内部仕上げは築造式とパネル式に大別されるが、パネル式の場合は比較的イニシャルコストが低く施工速度も速いが強度的には劣る。

築造式の場合相当以前は内部仕上げに荷摺を設け防熱壁を保護していたが、近年はもつばらキーストンプレート(0.8mm)が用いられる。形状は25mmの凹凸形状で強度的にも高い。

パネル式で強度を求める場合は、内面をキーストンプレート(0.8mm)で仕上げる場合がある。また市販品も各メーカーから出されている。

4.2 避難

避難を補助する設備としては以下のものが必要であり、災害(地震/津波など)が発生する前に緊急地震速報を受け放送と作業員への連絡を同時に行い速やかに避難する。

(1) 緊急地震速報と放送設備

地震のタイプによるが、緊急地震速報を自動で受け自動で放送する設備(構内放送器に付加する)を設置し緊急地震速報を受ける契約を行っておく、又この機能は重要であるので定期的に訓練を兼ね作動確認を行うルールと実施が必要である。

(2) 監禁警報設備

冷蔵庫内に閉じ込められた場合に、庫内に設置された監禁押しボタンを押すことにより事務所に設置された警報盤の所定のランプが点灯し、同時にブザーが発せられ監禁を知らせる。ブザーは、構内全体で確認できるように荷捌エリアにも設置されている。

また、誘導灯として冷蔵庫入口扉内側上部に緑色灯が設置されている。

(3) 冷媒漏洩検知警報機

冷媒の漏洩を知らせるために設置される。冷媒にアンモニアを使用する場合には、設置の義務付けがある。

漏洩検知警報機には、様々な種類があるが使用する冷媒の特性に応じ選択する。フロン系の冷媒は空気より重い事を考慮した機器の設置と警報に対する対応を二酸化炭素(CO₂)は空気中に3%以上の濃度になると致死量に近くなる為双方共に臭いを感じない為警報は重要である。検知原理としては、定電位電解式、酸化還元式、濃淡電池式、隔膜ガルバニ電池式、熱線型半導体式などがあり、検知方式は吸収式と拡散式に大別される。

冷媒漏れが検知された場合は、警報機のインジケータに漏れ濃度が表示され、基準値を超えるとブザーが発せられ漏れを知らせる。

アンモニア冷媒を使用した冷凍設備では、2段階設定で屋内の場合50ppm、200ppm、屋外の場合で50ppm、100ppm、で警報点を設定する。

2段階設定の目的は、第一段で周知に警告(警報のみ)、第二段で設備の連動停止、アンモニア除害設備の自動起動とインターロックをとる。

(4) 感震器

文字通り地震を検知し信号を発する器具で、地震を検知した場合150ガルで作動し信号を出す。信号を受け、設備の連動停止とインターロックをとる。

(5) 緊急停止装置

緊急事態が発生した場合係員が設備を緊急停止する装置で、機械室・荷捌室や低温室に押しボタンを設けている。設備の連動停止とインターロックをとる。

4.3 冷媒供給

災害発生時 冷媒が漏洩する事を考え補給(供給)する為に準備しておく必要がある。又冷媒だけではなく冷凍機油も合わせて考えておく必要がある。冷凍機油の中には(PAG、POEなど)長期間の保存が出来ない冷凍油もあるので定期的に準備しておく。冷媒については大量の保管は難しい為、災害発生後に必ず速やかに供給される様に地域あるいは少し離れた地域と相互の供給契約などの仕組みを整えておく必要がある。(事業所あるいは他企業) 注)冷媒の貯蔵については3.1.1(4)を参照のこと。

使用規制冷媒/排出規制冷媒(HCFC、HFC)からの使用冷媒転換については後述する。

(我が国における冷媒利用の状況)

(1) 環境問題に対する冷媒の動向

オゾン層破壊問題、地球温暖化問題を背景に国内の冷媒事情はここ10余年で大きく変化した。まず、それまで主流であったR22に取って代わって大型冷蔵庫では自然冷媒のアンモニアが、小型分野では代替フロンのR404AまたはR410Aが主流となっている。各冷媒の国内における供給状況は以下の様になっている。

1) 特定フロンCFC冷媒(クロロフルオロカーボン)

代表格はR11とR12でR11はターボ用冷凍機の冷媒、発泡材などに使用されていた。R12はカーエアコン、発泡材、エアゾールなどの使用用途であったが、共にオゾン破壊係数、地球温暖化係数、両方でもっとも高い数値をしめしており1996年に全廃となっており入手出来ない。

2) 指定フロン HCFC 冷媒 (ハイドロクロロフルオロカーボン)

代表格は R 22 で、国内の冷凍設備で最も使われている冷媒でオゾン破壊係数、地球温暖化係数、両方が CFC 冷媒に比べ若干数値が下回る。この HCFC 冷媒は現在規制スケジュールにのっとり補充用を除く規制としては 2020 年の全廃を目標に 1996 年から規制が始まり、年々規制が進んでいる。価格も順次値上がり続けている。

3) 代替フロン HFC 冷媒 (ハイドロフルオロカーボン)

代表格は R 404A・R 410A で、オゾン層を破壊する塩素を含まないため、CFC 及び HCFC の代替冷媒として普及が進んだ。特に家電、カーエアコン、小型の冷凍機はほとんどが HFC 冷媒に転換されてきた。オゾン破壊係数はゼロであるが、地球温暖化係数は高い値を示し 1997 年 12 月の地球温暖化防止京都会議で削減の対象になった。しかし、二酸化炭素の放出が最も多いアメリカ・中国が地球温暖化防止条約に参加していないことから進展を見せていないが、今後の環境問題の動向では規制対象に含まれる可能性は非常に高いと考えられる。価格は R22 比べ高価である。

4) ドロップイン冷媒 (アイセオン)

アイセオンにはアイセオン 59 (R 417A) とアイセオン 79 (R 422A) とがあり、R 125、R 134a 及び R 600a の 3 成分からなる非共沸混合冷媒で、ブタンを少量添加する事により、従来の冷凍機油 (鉱油、アルキルベンゼン) と相溶性を有している。R 22 の設備で装置を改造することなく入替えまたは補充が可能な冷媒である。

アイセオン 59 (R 417A) は、高圧が R 22 に比べ若干低い事から、既存の R 22 の設備に追加充填が可能である。追加充填は約 30%まで可能としているが、R 417A が増えるに従い能力がダウンする。全てを R 417A に置換した場合は 10%~の能力ダウンとなり、冷凍機を増やすか、運転時間を長くする必要があるが、特性から R 22 の既設設備に適した冷媒と言える。(電力は能力に比例して下る) アイセオン 79 (R 422A) は、同じく R 22 設備に追加充填できる冷媒であるが、圧力が高くなるため、設計上問題がある。高圧は R 22 に比べ 1.2 倍ほど (1.97Mpa) が高く成る、能力はほぼ同等のため、R 22 の代替冷媒として新設設備に適した冷媒と言える。

双方とも冷凍機油の扱いが容易なため、現段階においては開放型産業用冷凍機の R 22 代替冷媒として有利な冷媒である。

価格は、R 22 の 10 倍程度と高価であるが、乾式システムが主流のため 1 系統当りの冷媒量は 100kg 未満が殆どであり、冷媒による建設コストの影響は殆ど無い。

5) 自然冷媒

代表格は R 717 (アンモニア) で、自然冷媒はオゾン破壊係数、地球温暖化係数共にゼロまたは非常に低い値を示しており、今環境問題を考えた場合、最終的には主流になる可能性が最も高い冷媒。大型の冷凍設備では現在の主流冷媒であり

(海外においては R 717 を主流として使用している) ここ 10 余年で R 22 に取って代わって採用される件数が増加した。最近では二次冷媒に CO₂ を使用したアンモニア冷却設備例も増えてきている。

アンモニアは、種々の化学製品の製造・肥料等に幅広く利用されていることから、生産量も多く価格は安価で入手が容易である。

(2) 冷媒の転換について

冷媒の転換の必要性として冷媒が使用出来ない、冷媒の確保が生産量・地域の特性価格・使用の抑制 (GWP 等から) などから難しくなってくる設備の老朽化などもある。

前述の様に日本は海外に比べ HCFC を使用した設備が多く老朽化対策も今後考えられ冷却設備を改める必要性に迫られて来ている。

冷媒の選択においてのポイントは将来にわたり使用できること、冷却機器類も将来にわたり確保出来ること、コストが安価で安定して供給されること、世界的な供給や利用状況を考慮すること、冷却設備も比較的リーズナブルな費用で改修出来ること、などが要件となる。

HFC は短期的には問題は少ないが、現在の状況では長期的に考えると担保する事は難しいので、考慮しておく必要がある。

自然冷媒への転換は国内においても多くの実績がある。自然冷媒に転換する事は HFC への転換とさほど変わらない。(方法、条件にもよる) ただしアンモニアの場合は冷媒の特性からも C 級、F 級の冷蔵倉庫においてフロン系冷媒よりも効率が良い為省エネルギーであり、使用電力は削減されるが国内の場合は、初期設備に別途除害設備が必要になる。