

# 冷蔵倉庫の防熱事業について

基幹産業事業本部 工事事業部 工事技術部  
株式会社イノクリート

## 1. はじめに

株式会社イノクリート（以下、イノクリート）がニチアスグループに仲間入りし6年目を迎えた。

イノクリートは、LNG（液化天然ガス）を輸送するLNG船や果物、肉、魚、野菜、乳製品などの食品を輸送する冷凍船の防熱工事<sup>\*1</sup>を手掛ける海洋事業部と、冷蔵倉庫の防熱工事を手掛けるコールドエンジニアリング事業部（以下、CE事業部）からなり、いずれも豊富な実績と大型案件に対応可能な動員力や技術力を強みとしている。

いずれも私たちの生活には欠かせないものであり、防熱工事を通じてエネルギー産業や食品産業を支えている。本稿ではCE事業部が手掛ける冷蔵倉庫の防熱事業について、日本国内の冷蔵倉庫の生い立ちや最近のトレンドなどを交えて解説する。

※1 LNG船、冷蔵倉庫の業界では、断熱（保冷）を防熱と呼ぶことが多いため、本稿では表記を「防熱」に統一した。

## 2. 冷蔵倉庫の歴史

### 2.1 生い立ち

冷蔵倉庫業はもともと水産品の鮮度を保つために製氷業から発展したものであり、主に漁港を中心に拡大してきた。その後、流通の近代化に伴い、畜産物や農産品も保管対象となった。

冷蔵倉庫は、戦後に建設が進み、拡大の契機は1970年の大阪万博であったと言われている。大阪万博では、半年間で6420万人（1日平均35

万人）の入場者があった。そこで短時間に多くの食事を提供するため、会場から遠く離れた工場で食材が調達・加工され、冷凍されたものをトラックで万博会場へ運ぶ、セントラルキッチン方式が採用された。同方式は、集中調理方式と言われ、複数のレストランや学校・病院など大量の料理を要する施設の調理を一手に引き受ける方法である。調理場と消費施設が必然的に離れた場所にあり、一度調理されたものが冷凍食品や半製品の形で保存されるため、温度管理が可能な輸送車や保管用の倉庫が必要となった。

大阪万博が開催された1970年はファミリーレストランの第1号である、すかいらーく府中店がオープンした年でもあり、翌年1971年にはロイヤルホスト1号店、マクドナルドの日本1号店が開店し、さらに1972年にはロッテリア、モスバーガーが続いて誕生した。これら外食チェーンのその後の発展については周知の通りである<sup>1)</sup>。その後も冷凍食品の簡便性や冷蔵倉庫の品質保持機能は急速に発展し、食品にとどまらず、医薬品、化学品、電子部品、生花などに温度管理を要した輸送・貯蔵が広がり、1990年頃まで急速に冷蔵倉庫の設備能力（所管容積）は伸び続けた。

### 2.2 最近のトレンド

1990年台に入り、老朽化した倉庫の立て替えができない中小企業の撤退により営業用の冷蔵倉庫（倉庫業法により営業の登録を受けた冷蔵倉庫）の事業所数は減少に転じた。その一方で、新規施設の規模が大型化したため、2000年頃ま

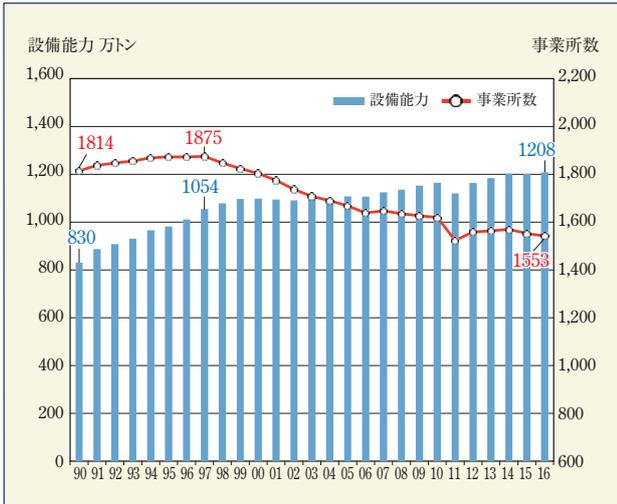


図1 冷蔵倉庫の総設備能力と事業所数の推移<sup>2)</sup>

※2011年は震災の影響で一部データが収集できていない。  
 ※冷蔵倉庫の設備能力は1トン=2.5m<sup>3</sup>として容積換算できる。

では冷蔵倉庫の設備能力は伸び、以降は横ばいから微増で推移している(図1)。

現在、冷蔵倉庫は、日本国内だけで1000社以上が保有しているが、冷蔵の大手企業20社が占める設備能力の割合は、90年代初頭に30%程度であったのに対し、現在は半数程度となっている。今後も老朽化した小型倉庫が解体され、新規の大型倉庫に集約される流れは続くと思われる。

2017年4月現在の企業(グループ)別冷蔵倉庫の設備能力上位10社を示す(表1)。主に加工食品(冷凍食品)や水産物を取り扱う製造業、また顧客の荷物を預かり保管・運送を手掛ける物流専門業などが名を連ねている。

表1 冷蔵大手10社の設備能力<sup>3)</sup>(2017年4月現在)

順位	企業名	棟数	設備能力(万トン)
1	ニチレイグループ	133	146.7
2	横浜冷凍	59	84.7
3	マルハグループ	61	63.5
4	東洋水産グループ	32	48.4
5	C&Fロジホールディングス	37	47.6
6	日本水産グループ	31	40.9
7	松岡	9	27.3
8	キューソー流通システム	44	25.9
9	鴻池運輸	29	24.9
10	二葉グループ	13	22.4

### 3. 保管温度帯の区分

配送・保管時の保管温度帯は、一般には冷凍・冷蔵・常温の3種類で呼ばれる。冷蔵倉庫では、C級(クーラー級)やF級(フリーザー級)の温度帯での室温管理を行っている。実際には配送商品の特性に合わせて非常に細かい区分がなされており、さらにチルド(-5~+5℃)、氷温冷蔵(-2.2~+2℃)、パーシャル(-3~-2℃)などの区分もあり、食品のおいしさを保つための工夫がなされている(図2)。

また保管する荷物が時期毎に異なる場合は、幅広い温度範囲が制御できるFC級冷蔵室が建造される。

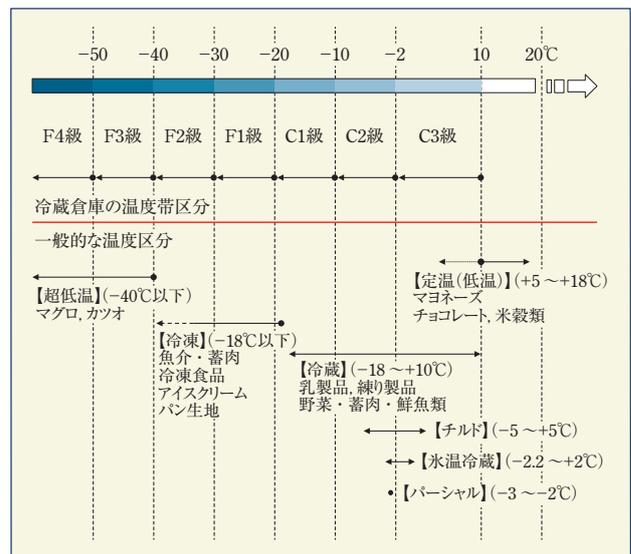


図2 冷蔵倉庫の保管温度帯<sup>4)</sup>

### 4. 近年の冷蔵倉庫の建設需要

現在、冷蔵倉庫の建設需要は建て替えが主であるが、荷物を預ける荷主の要求も年々、高度・多様化しており、建て替えと同時に倉庫の機能向上を図るケースや、増築、補修、改修工事なども増えている。ここでは冷蔵倉庫建設に関わる要因について紹介する。

#### 4.1 老朽化

冷蔵倉庫の法定耐用年数は約20年と普通倉庫(約30年)より短いですが、減価償却終了後、相当の

年数が経過している冷蔵倉庫が多数残存している。実質的なライフサイクルや投資回収期間は非常に長く、築後30年を超える冷蔵倉庫は全体の半数を超える（図3）。

一般的には築後40年に達すると、維持費用がかさんでくるため、総改修に踏み切るケースが増えてくる。



図3 冷蔵倉庫の築後経過年数 (2015年6月時点) 5)

#### 4.2 フロン規制への対応

かつて冷凍設備の冷媒や防熱材の発泡剤として使用されてきたフロンガスは、オゾン層破壊・温室効果ガスであるため、順次規制されている。日本国内ではCFC (R-11, R-12など) は1995年に、HCFC (R-22など) は2020年に全面生産停止が決定している。また2016年には、代替フロンHFC (R-134a, R-404Aなど) についてもモントリオール議定書 (MOP28) により、今後全世界で生産量が大幅に削減されることが決定した。ユーザー側の環境意識も確実に高まってきており、今後は自然冷媒 (アンモニア・二酸化炭素など) やノンフロン防熱材の採用が進むと考えられる。

#### 4.3 新規の省エネ対策・温度管理精度の改善

2011年の震災以降、国が企業に課する省エネ基準も高まっている。LED照明や省エネ設計の冷蔵設備を導入するケース、また荷捌き場での荷物の温度変化を極力小さくするために高性能ドックシェルター、外気の流入を防ぐための陽圧設備の採用なども進んでいる。

#### 4.4 その他

食品の安全・安心を保つため、部外者が冷蔵倉庫内に入り込めないようにセキュリティゲートや顔認証システムの導入、監視カメラの設置箇所を増やしたりするなど、人為的な異物混入を防ぐための対策 (フードディフェンス) も広がっている<sup>6)</sup>。また、運送業の過重労働問題に対応してマテハン (Material Handling) 技術やIT技術による荷積みの予約システムの導入のほか、冷蔵倉庫敷地内のトラックの動線を整備し、待機時間や交通渋滞の解消に積極的に取り組むケースが増えている。

### 5. 冷蔵倉庫の防熱方式

冷蔵倉庫は家庭で使われる電気冷蔵庫を大きくしたような構造をとっており、内部の保管物が防熱材で覆われている、また隣室と異なる温度で運転される場合は、間仕切りの部分も防熱の対象となる。

工事は主に新築と改築 (改造) があり、新築で冷蔵倉庫を計画する際に採用される防熱方式はおおむね「プレハブ式」と「築造式」に大別される。「プレハブ式」は、工場製作された防熱パネルを組み立てて、冷凍冷蔵室を形成することをいう。一方、「築造式」とは構造物 (または下地材) に防熱材を施工して構造物と一体となって冷蔵倉庫を構築することをいう。

以下に主だった防熱方式を紹介する。

#### 5.1 外防熱方式

屋外や躯体などを下地にして防熱する方式 (図4) で、躯体コンクリートが蓄熱効果を持ち、入庫品の状態、扉の開閉頻度に比較的影響を受けずに庫内温度を維持できる。後述の内防熱方式に比べると、同じ躯体であれば、庫内容積を大きく取ることができる。また仕上げがコンクリートになる部屋が多くなるので、防湿層の破損が少ない。一方で温度条件の多様な倉庫には不向きであり、運転開始後に倉庫の温度条件を変更することが困難である。

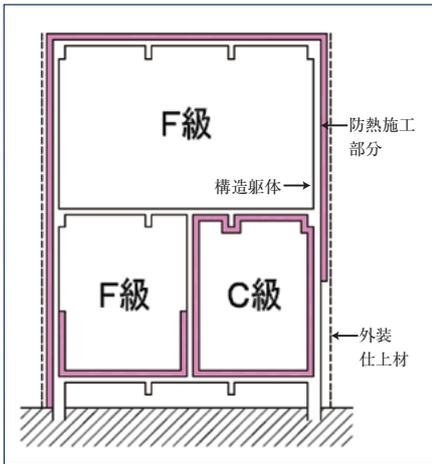


図4 外防熱方式

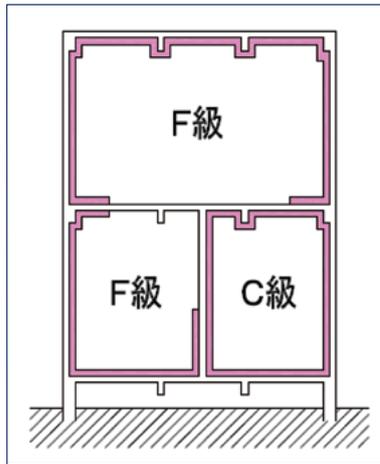


図5 内防熱方式

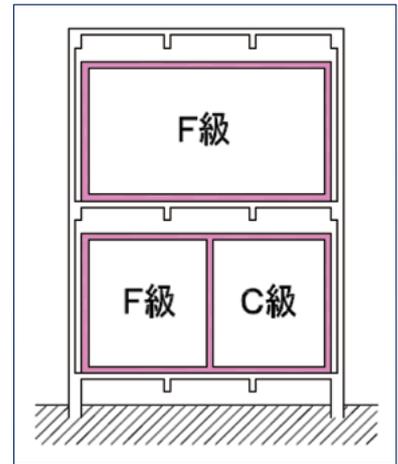


図6 自立式パネル方式

### 5.2 内防熱方式

屋内から躯体などを下地にして防熱する方式（図5）で、改造時に採用される場合が多い。多様な温度帯の倉庫を混在でき、竣工後の温度条件変更による改造工事にも対応しやすい。一方で、梁や支柱部分の構造が複雑になり、コスト高となりやすく、工期がかかる傾向にある。

### 5.3 自立式パネル防熱方式

構造物（建物）の中に自立したパネル式冷蔵倉庫を組み立てる方式（図6）で内防熱方式一つと言える。通常の内防熱方式は防熱材を建物（躯体）に直接貼り付けたり吹付けたりするのに比べ、自立式パネル防熱方式は建物に密着している部分は床だけである。清潔感のある仕上がりで撤去後に現状復旧がしやすい。パネルが工場製作品のため現場施工や現状復旧期間が短い。一方で他方式に比べて構造物（建物）の容積に対して庫内容積が小さくなる。

（JRS-0001）が有用であり、その指針が熱流密度  $\Psi$  で示されている。表2に防熱の熱流密度の基準値を示す。また表3に冷蔵倉庫の防熱計算に使用される表面の熱伝達率を、表4に周囲の温度条件を示す。

熱流密度  $\Psi$  ( $W/m^2$ ) の算出は、次式から求められる。

$$\Psi = K (\theta_a - \theta_r)$$

$K$  : 熱通過率 [ $W / (m^2 \cdot K)$ ]

$\theta_a$  : 外部温度 [ $^{\circ}C$ ]

$\theta_r$  : 室内温度 [ $^{\circ}C$ ]

表2 防熱の熱流密度（JRS-0001の基準値）

規格	室温 [ $^{\circ}C$ ]	熱流密度 [ $W/m^2$ ]
標準型	+10 ~ -60	8.5
省エネルギー型	+10 ~ -34	7.1
	-35 ~ -60	6.5

表3 表面の熱伝達率（JRS-0001の基準値）

部位	熱伝達率 [ $W/m^2 \cdot K$ ]
冷蔵室内部	5.8 ~ 8.14
冷蔵室外壁外部	23.3

表4 周囲の温度条件

部位		温度 [ $^{\circ}C$ ]
外壁の表面温度		+33
天井温度		+40
床下温度	地盤に接している場合	+15
	地盤に接していない場合	+25

## 6. 防熱設計と防熱材料<sup>7)</sup>

### 6.1 防熱設計

冷蔵倉庫の防熱性能は防熱材の厚みが大きくなるほど向上し省エネルギーになるが、イニシャルコストが高くなる。そこで実際の設計では、費用対効果を考慮し仕様を決定する。冷蔵倉庫の建屋防熱に関しては、日本冷凍空調学会規格

この規定に基づき計算された防熱厚さの一例を表5に示す。冷蔵倉庫としてはもっともポピュラーな-25℃程度の運転温度でも防熱厚さは200mm程度となり、一般的な液化天然ガス(-162℃)の運転設備と比較しても、防熱厚さは同等かそれ以上となっている。冷蔵倉庫はライフサイクルが長く、ヒートロスが即運転コスト(電気代)に反映されるため、省エネルギーを重視した防熱設計となっているためである。さらに日照時間も考慮して、建物の方角毎に外壁の防熱厚さを設計するケースもある。

表5 防熱厚さの計算例

単位 [mm]

室内温度 [℃]	場所		
	天井	外壁	床
+10以上	125	100	50
5	150	100	75
0	150	125	100
-5	175	150	125
-10	200	175	150
-15	225	200	150
-20	250	200	175
-25	250	225	200
-30	275	250	225
-35	300	275	250
-40	325	300	250
-45	350	325	275
-50	400	375	325
-55	425	400	350
-60	450	425	375

A種押し出し法ポリスチレンフォーム保温板で省エネ型設計を行った場合

JIS A9511 3種

熱伝導率  $\lambda$  [W/m・K] = 0.029 + 0.00014  $\theta$  ( $\theta$ : 平均温度℃)

## 6.2 防熱材の種類

防熱材の種類は防熱方式や倉庫躯体の形状、現場での施工性を考慮して選定される。

### 6.2.1 ポリスチレンフォーム

ポリスチレンフォームは、それ自体を押し出し成形し、一定の規格サイズのボード状となっている。

工場生産品のため、品質が安定しており、寸法精度も良好である。施工方法は接着剤や防熱ピンを使用した貼り付け方法となる。防熱性能が高く、安価であるため、冷蔵倉庫のみならず住宅建材としても多方面に使用されている。また圧縮強度が高いため、冷蔵倉庫の床防熱材として適している。

### 6.2.2 ポリウレタンフォーム

硬質ポリウレタンフォームは、防熱材の中では最も防熱性能が良いことが特長で透湿抵抗も高い。

原料であるポリオールとイソシアネートの反応によりウレタン樹脂を形成する反応過程で、他の材料とウレタン自身が自己接着する特徴を有するため、接着剤を介することなく、躯体との密着が可能となる。吹付け施工によれば、形状を選ばずシームレスの防熱層を形成することが可能となる。

吹付け施工用ポリウレタンフォームの発泡剤は、現在代替フロン(HFC)が主流であるが、各社とも環境に配慮した次世代発泡剤(HFO)を使用した製品開発の目処が立っており、今後は冷凍機の冷媒と同様に切り替えが進んでいくとみられる。

### 6.2.3 サンドイッチパネル

2枚の鋼板を成形加工し、その間に防熱材を挟み一体化させたパネル型の防熱材である。意匠性も高く軽量でありながら、すぐれた防熱性、強度、防耐火性、耐久性、施工性を持っており、防熱材と外装板の取り付けを同時に済ませることができる。間に挟みこむ防熱材は、ポリウレタンフォームやロックウールなど、用途によって選定される。

## 7. イノクリートの防熱工事

近年の冷蔵倉庫は大型化する傾向にあり、新築案件は冷蔵能力2万トン(所管容積5万m<sup>3</sup>)を超えるケースも珍しくなくなった。ここでは防熱工事の一例を紹介する。

大型冷蔵倉庫は外防熱方式が採用されること

が多い。通常、外壁防熱工事は、建屋の周囲を足場で囲い、防熱材料は大型クレーンを使って足場上に間配りされる。外壁には外装材（板金）を取り付けるための胴縁を固定するブラケット（束）が設置されているため、防熱パネルは切り欠き加工を行ったのち、防熱ピンなどを使って外壁に直接固定される（図7）。その後、切り欠き部分はポリウレタンフォームの吹付け発泡を行い、防熱処理される。

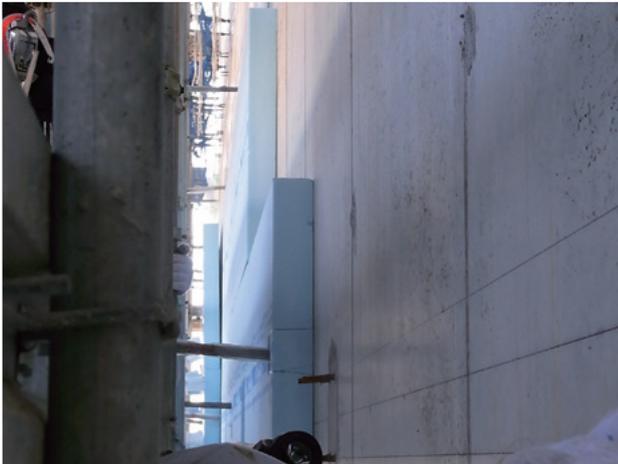


図7 外壁防熱工事

防熱パネルを外壁に直接固定する。足場つなぎやブラケット（束）部分などは切り欠き加工を行う。

床部分は防熱パネルが敷設された後、コンクリートが打設される（図8）。壁の立ち上がりや間仕切り部分は防熱パネルが取り付けられた後、外装板で仕上げられる（図9）。またコンクリート壁の代わりに防熱機能を兼ねた金属板サンドイッチパネルで間仕切りを設けるケースもある。天井や梁などの形状が複雑な部分にはポリウレタンフォームの吹付け発泡が行われる。

このように各防熱材の特長を上手く組み合わせて防熱工事は進められる。

またイノクリートでは小規模の冷蔵・冷凍室であれば、冷蔵設備の選定や設置工事も行っている。冷蔵設備の選定には高い専門性が必要であり、冷蔵室の容積、運転温度、入熱量、保管物の比熱や倉庫の開け閉めの回数などに加えて冷蔵能力の尤度や故障に備えた冗長性なども考慮される。



図8 床および立ち上がり部分の防熱工事

防熱パネルを敷設する。床部分はコンクリートが打設されて完成となる。

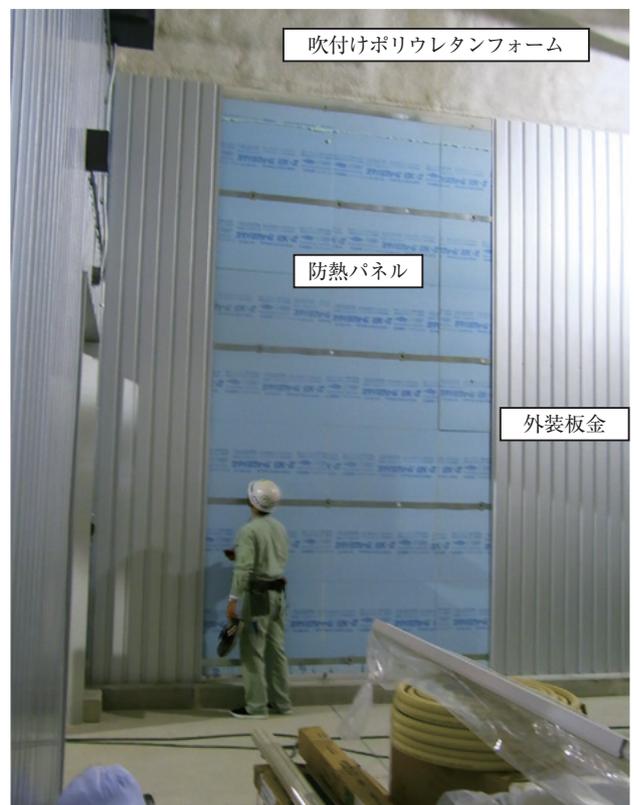


図9 間仕切り部分の防熱工事

防熱パネルと吹付けポリウレタンフォームで防熱処理を行い、表層は外装板金で仕上げられる。

## 8. おわりに

近年、私たちの食生活は多種多様化し、食品の輸送や貯蔵の技術も発展してきた。冷蔵倉庫もその一翼を担っている。

今後望まれる冷蔵倉庫は、例えば、電気を節

約し、環境に配慮した材料で、食の安全を確保できる冷蔵倉庫と考えられ、ノンフロン防熱材の採用や防熱の高性能化、難燃化などが進んでいくと考えられる。

また少子高齢化に伴う労働人口の減少や2020年に控える東京五輪に向けて建設業界の労働者不足も深刻となることが予想されるため、リニューアル需要に応えるための工事の省力化技術も必要になると考えられる。

イノクリートの防熱工事は、日本各地で日々、改良や工夫を加えながら、今日も複数の案件が同時進行している。個別の案件については、また機会を改めて紹介することとしたい。

今後も高品質の防熱工事を提供するため、営業、設計、工務が一体となり、お客さまのニーズに応じていきたいと考えている。本稿に対するお問い合わせは株式会社イノクリート（東京営業部）までお願いいたします。

### 参考文献

- 1) 森隆行, 石田信博, 横見宗樹, コールドチェーン, 晃洋書房, p20-25 (2013年)
- 2), 3), 5) 日本冷蔵倉庫協会 資料
- 4) 公益社団法人 日本冷凍空調学会, 改定新版 冷蔵倉庫, p218 (2012年)
- 6) 首都圏を支える冷蔵倉庫～冷蔵倉庫を「あるく, みる, きく」2～, 水産タイムズ社, p90, p105, p134, p139, p143 (2017年)
- 7) 公益社団法人 日本冷凍空調学会, 改定新版 冷蔵倉庫, p76-80, p90-95 (2012年)

## エネルギー産業を支えるニチアスの保冷技術



ノンフロン硬質ウレタンフォーム  
フォームナート® TNシリーズ

低温流体用の配管などに使用されるウレタンフォーム保温材です。



低温配管用断熱支持材  
フォームナート® サポート

断熱性と耐加重性を備えた低温流体配管用の支持材です。



低温配管用うず巻形ガスケット  
グラシール® ボルテックス® ガスケット-L

低温のフランジやバルブなどに使用されるシール材です。



保冷工事

LNG基地や化学プラントなどの低温設備に保冷材を取りつける工事です。

# 株式会社イノクリート

株式会社イノクリートは、2013年、ニチアス株式会社の完全子会社として設立。2014年3月株式会社井上冷熱よりコールドエンジニアリング事業および海洋事業を譲り受け、着実に成長の道を歩んでいます。

これからも、冷凍、冷蔵のエンジニアリング会社として環境保護と省エネルギー社会の実現に向けて貢献してまいります。



## ● 事業紹介

### コールドエンジニアリング部門



食の安全と人々の健康を考える  
断熱・冷却のスペシャリスト

### 海洋部門



生活の安全と人類の豊かさを提供する  
断熱・冷却のスペシャリスト

## ● 会社概要

商号	株式会社 イノクリート
設立	平成25年11月27日
資本金	2,000万円
代表者	代表取締役 高野 哲郎
社員数	52名(2018年1月現在)

### 本社

〒542-0081

大阪府中央区南船場4-11-10 ニチアス(株)大阪支社5階

TEL(06)6120-1910(代表) FAX(06)6120-1912

### 東京営業部

〒104-0043

東京都中央区湊1-6-11 ACN八丁堀ビル8階

TEL(03)3551-6756(代表) FAX(03)3551-6766

<http://www.inocrete.co.jp>