ISSN 0288-7991

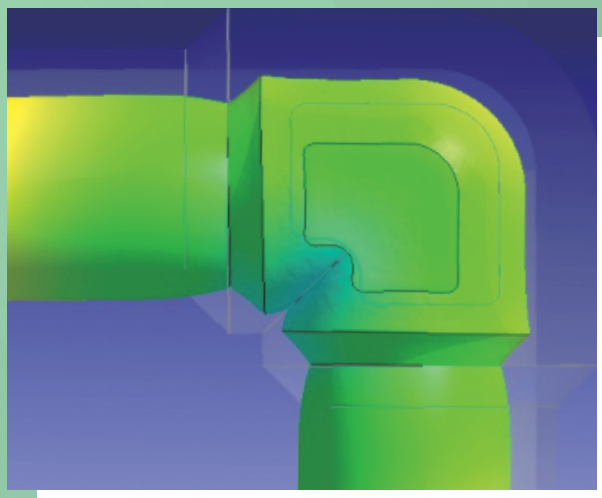
ニチアス 技術時報

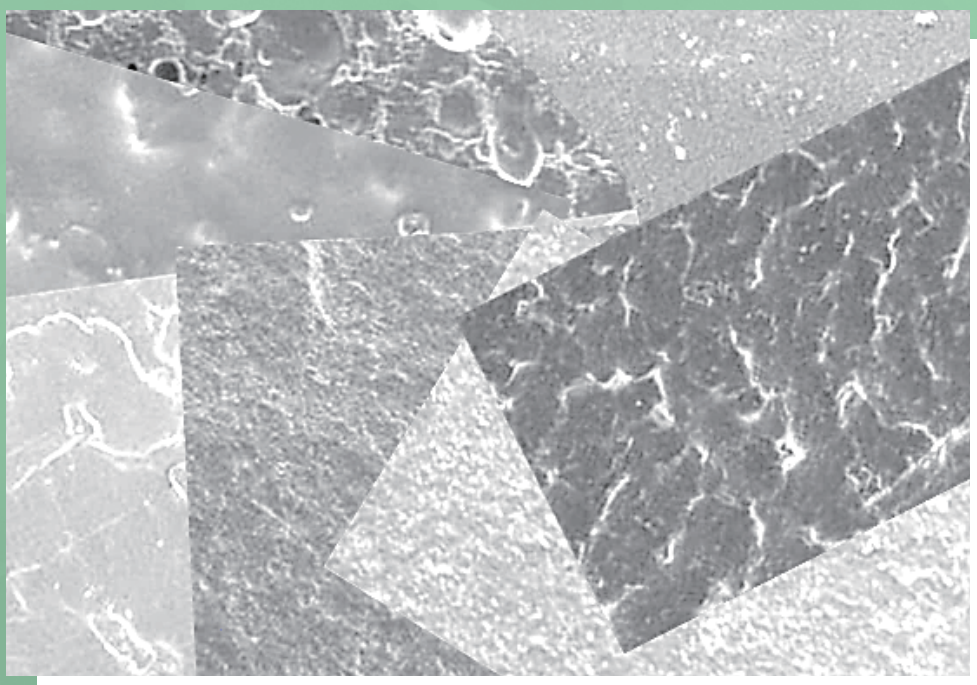
No.389

2020年 2号

Contents

【技術レポート】
ゴム材料のプラズマ耐性に関する研究
【工事実績紹介】
SPB®方式大型LNG運搬船のタンク防熱工事
【解説】
パリ協定について（前編）
～パリ協定の意義およびニチアスとの関わり～





ニチアス

ニチアス技術時報
No.389　2020年 2号

目　次

【技術レポート】

◆ゴム材料のプラズマ耐性に関する研究 …… 1

東北大学　未来科学技術共同研究センター　教授　後藤　哲也
ニチアス株式会社　研究開発本部　浜松研究所　尾原　翔伍

【工事実績紹介】

◆ SPB®方式大型 LNG 運搬船のタンク防熱工事 …… 6

基幹産業事業本部　工事事業部
株式会社イノクリート

【解説】

◆パリ協定について（前編）
～パリ協定の意義およびニチアスとの関わり～ …… 12

基幹産業事業本部　工事事業部　工事技術部　瀬川　美能留
小倉　滉太郎

【トピックス】

◆第 34 回ネプコンジャパンに出展しました …… 17

◆日経アーキテクチュア 2019 年 11 月 28 日号
採用したい建材・設備メーカーランキング 2019 耐火被覆材部門第 1 位を獲得しました！ …… 17

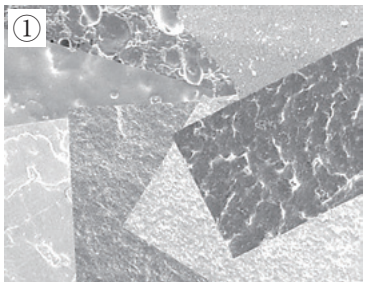
【連載】

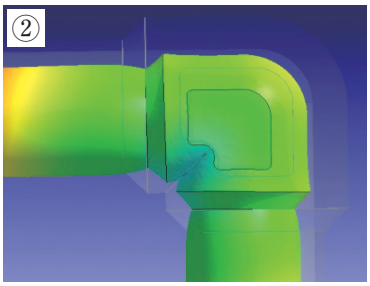
◆ニチアスの「断つ・保つ」技術を支える CAE（第 2 回）…… 18

表紙写真：

①ゴム表面の電子顕微鏡像
半導体製造装置に用いられるゴムOリングの，耐プラズマ性を評価した結果です。詳細はP1【技術レポート】をご覧ください。

②樹脂流動 CAE
予測が難しいふっ素樹脂の射出成形における固化後の反りをCAE解析し，製品の寸法精度向上に役立てています。詳細はP18【連載】をご覧ください。





送り先ご住所の変更，送付の停止などにつきましては，下に記載の連絡先までご連絡ください。
なおその際は，宛て名シールに記載されている 7 桁のお客様番号を必ずお知らせくださいますよう，お願いいたします。

〈連絡先および本誌に関するお問い合わせ先〉
ニチアス株式会社　経営企画部広報課
TEL:03-4413-1194
FAX:03-3552-6149
E-mail : info@nichias.co.jp

本誌の内容は当社のホームページでもご紹介しております。
https://www.nichias.co.jp/

技術レポート

ゴム材料のプラズマ耐性に関する研究

東北大学　未来科学技術共同研究センター　教授　後藤哲也
ニチアス株式会社　研究開発本部　浜松研究所　尾原翔伍

ニチアスでは，半導体製造プロセス向けのさまざまな製品を上市している。これらの研究開発において，未来科学技術共同研究センター殿にはこれまで長くご指導いただいてきた。
本稿は国立大学法人東北大学と当社との共同研究の成果であり，2020年にJournal of Vacuum Science & Technology Aに掲載された“Study on CF_4/O_2 plasma resistance of O-ring elastomer materials”[1]の内容を整理したものである。

1. はじめに

半導体製造プロセスでは，半導体の微細な回路を形成する上で，プラズマが使用されている。プラズマは基本的には減圧下で生成するため，プラズマ装置内には真空シールのためのゴムOリングなどのシール材が多用されている。ゴムOリングは活性なプラズマにさらされるため，耐プラズマ性が強く求められる。消耗が激しいとゴムOリングの交換頻度が増えることでゴムOリングのランニングコストの増大を引き起こし，ひいては装置の生産性が落ちてしまうからである。

半導体製造分野では，ゴムOリングの材質として，一般的にテトラフルオロエチレン（TFE）とパーフルオロアルキルビニルエーテル（PAVE）の共重合体であるパーフルオロエラストマー（以下，FFKM）または，ビニリデンフルオライド（VDF）とヘキサフルオロプロピレン（HFP）とテトラフルオロエチレン（TFE）の共重合体であるフルオロエラストマー（以下，FKM）が広く使用されている。一般的にFFKMはFKMに比べ，高い化学的耐性を有するが，コストが高いことがデメリットである。

ゴムOリングがプラズマにさらされると，プラズマで発生したイオン，および電気的に中性で活性なラジカルがゴムOリング表面に照射され，これらがゴムOリングの消耗・劣化を引き起こす（**図1**）。イオンやラジカルの照射量，およびイオンの照射エネルギー（イオンはプラズマ電位で加速されてゴムOリング表面に照射されるため，高い運動エネルギーを持つ）がゴムOリングの消耗に大きく関連しており，その影響度合いはゴム材質

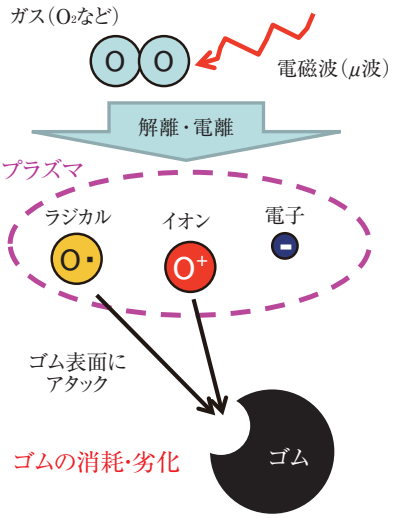


図1　プラズマによるゴム劣化のイメージ

によって異なることが経験的に知られている。また，プラズマ装置内の場所によってもイオンの照射量，エネルギー，およびラジカルの照射量はさまざまに異なっている。よって，Oリング用の各種ゴム材料のイオンとラジカルに対する耐性の振る舞いを十分に理解することが，今後のゴムOリング材料の開発や，プラズマ装置の各所に使うゴムOリングの材料の選定をする上で必須である。しかしながら，このような観点からゴムの耐プラズマ性を論じた報告は今までほとんど無かった。本稿では，半導体製造分野で良く用いられるO_2/CF_4プラズマを用い，ラングミュアプローブ測定から得られたプラズマ特性とFFKMとFKMのプラズマ耐性の関連について研究した結果を紹介する。

2. 実　験　方　法

2.1　プラズマ特性評価方法

本研究では，ラングミュアプローブ測定により電子密度，イオン密度，電子の平均エネルギーの指標となる電子温度を計測することで，プラズマを評価した。ラングミュアプローブ測定とは，探針をプラズマ中に挿入し，探針に電圧を印加して流れる電流を測定することで上記の主要なプラズマ特性を取得する基本的な測定法である[2]。

本研究でプラズマ照射試験に使用したプラズマ装置を**図2**に示す。本装置は200mm径ウェーハ用の装置であり，ラジアルラインスロットアンテナ（RLSA）を用いて2.45GHzのマイクロ波をチャンバーに導入し，マイクロ波励起表面波プラズマを発生させる[3]。また，ウェーハステージに13.56MHzのRF電力の印加機構（基板RFバイアス）もあり，ウェーハ上のイオン照射エネルギーを増加させる機能も有している。ラングミュアプローブはチャンバー側面のビューポートから挿入し，ステージ中央から60mm上の位置に挿入した（**図2**には図示せず）。

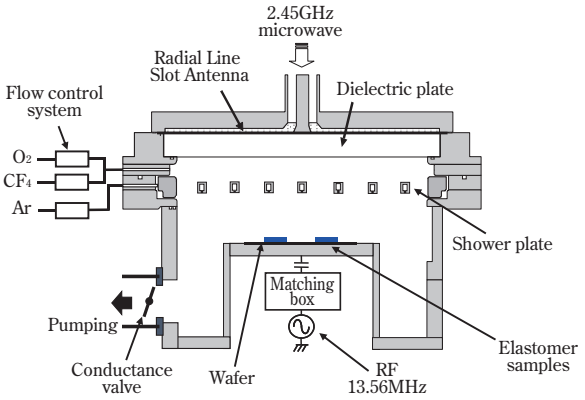


図2　プラズマ装置概略図
(Reproduced from[1], with the permission of AIP Publishing.)

2.2　ゴム劣化評価方法

プラズマ計測後，同条件でゴムへの照射実験を行った。評価サンプルの材質はFFKMとFKMであり，形状はΦ13×2mm厚のシートとした。サンプルは両面ポリイミドテープでウェーハに貼り付け，そのウェーハを装置に搬入してプラズマ照射を行った。照射時間は5分/回として12回（計60分）実施し，照射前後のゴム重量から重量減少率を算出した。

3. 実験結果と考察

3.1　プラズマ特性評価結果

図3に，ラングミュアプローブで得られた（a）イオン飽和電流密度（J_{i+}）および電子飽和電流密度（J_e），（b）両電流密度の比（J_e/J_{i+}），および（c）電子温度（T_e），の圧力依存性を示す。ガス条件はO_2/CF_4 = 90/10sccm，マイクロ波パワー2kWで固定した。J_eは電子密度を，J_{i+}はイオン密度の指標と考えることができる。**図3**（a）より，J_e，J_{i+}ともに圧力が60Pa以下では，圧力の上昇とともに減少し，60Pa以上ではほぼ一定となっていることが分かる。電子はイオンより圧倒的に軽いため，通常は電子電流がイオン電流より100倍程度大きい。**図3**（b）より，圧力が30Pa程度以上から，J_e/J_{i+}が急激に減少していることが分かる。これは，本実験では電子親和力の高いO_2やF系ガスを用いているため，圧力が高くなるにつれ，F^-やO^-等の負イオンが発生していることを示唆している。また電子温度T_eの圧力依存性を**図3**（c）に示し

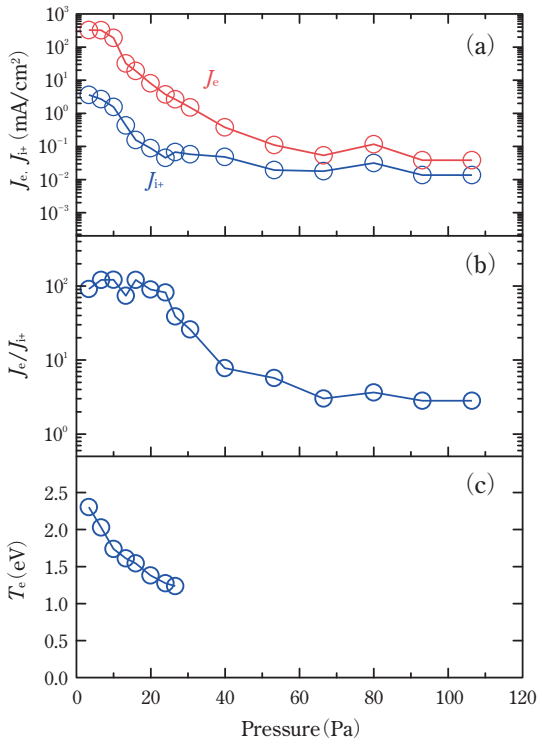


図3　(a) イオン飽和電流密度 J_{i+} および電子飽和電流密度 J_e，(b) J_e/J_{i+}，(c) 電子温度 T_e の圧力依存性
(Reproduced from[1], with the permission of AIP Publishing.)

ているが，25Pa以上の比較的高い圧力では負イオンが発生しているために電子電流が減少し，電子温度の算出が困難であった。よって，電子温度は25Pa未満の圧力領域で算出した。イオン密度はラングミュアプローブに流入するイオン電流密度 J_{i+} にほぼ比例し，RF電力が基板ステージに印加されない場合のイオンエネルギーは電子温度 T_e にほぼ比例することが知られている（$\cong 5T_e$）[2]。電子温度は圧力が上がると電子と中性ガスの衝突確率が増加することにより低下する傾向があるため，25Pa以上で電子温度は1.2eV以下であると予測される。これより，例えば圧力が7Pa以上であれば，イオン照射エネルギーは10eV以下と非常に低いことが示唆される。なお，後述するように，基板RFバイアスを印加することで，イオン照射エネルギーを増大させることも本検討で行っている。

3.2　ゴム劣化評価結果

図4に，FFKMおよびFKMの重量減少率の圧力依存性を示す。重量減少率の挙動は，FFKMとFKMで大きく異なっていることが分かる。圧力が10Paの時にはFFKMとFKMの重量減少率がほぼ等しいのに対し，圧力が増加していくとFFKMの重量減少率は減少し，FKMの重量減少率は増加した。

図4と**図3**（a）を比較すると，FFKMの重量減少率と J_{i+} は，両者とも圧力に対し減少しており，定性的に振る舞いが類似していることが分かる。つまりFFKMはイオン照射量が重量減少に対して大きく影響する因子であることが示唆される。一方，FKMは，J_{i+} が減少しているにもかかわらず，重量減少率は増加しており，FKMの劣化はイオン密度以外の因子があると予想される。**図3**(a)より，60Pa以上では J_e は圧力に対して下げ止まり，ほぼ一定となっている。一方，圧力が高くなることで電子と中性ガスとの衝突が増え，中性ラジカルが増加している可能性が考えられる。よって，圧力が高い領域ではFKMはラジカル照射により重量減少が促進された可能性が高いと考えられる。

次に，イオン照射エネルギーの効果を検証するために，基板RFバイアスを印加した結果を示す。**図5**は圧力30Pa時のFFKMおよびFKMの重量減少率の V_{pp} 依存性である。V_{pp} とは，基板RF電極のRF電圧振幅（ピークtoピーク電圧）であり，プラズマ電位（数10V）に比べて V_{pp} が十分大きい

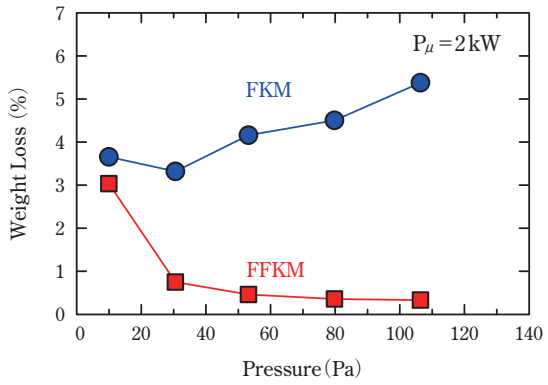


図4　FFKM および FKM の重量減少率の圧力依存性
(Reproduced from[1], with the permission of AIP Publishing.)

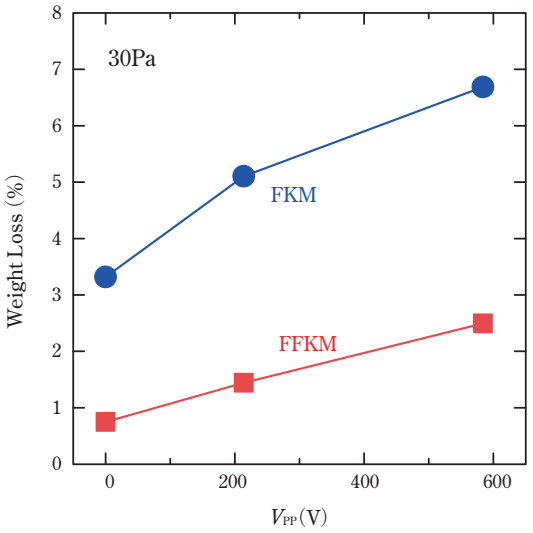


図5　圧力30Pa時のFFKMおよびFKMの重量減少率のV_{pp}依存性
（Reproduced from[1], with the permission of AIP Publishing.）

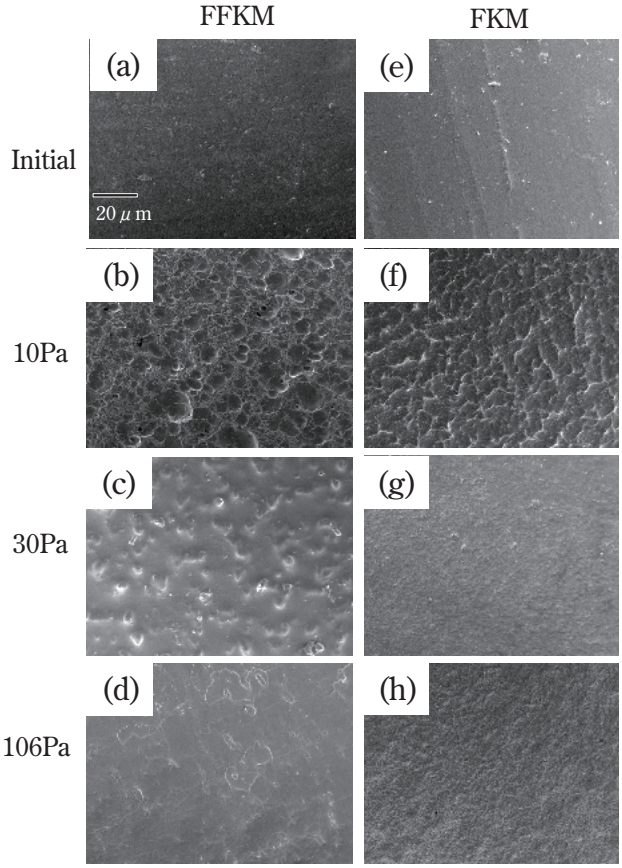


図6　FFKM，FKMの表面状態のSEM画像
（Reproduced from[1], with the permission of AIP Publishing.）

場合は，イオン照射エネルギーはおよそ$eV_{pp}/2$で与えられる。eは素電荷である。なお，基板RFバイアスを印加した際のラングミュアプローブ測定は行っていないが，本RLSA装置では，基板RF電力は，基板へ照射されるイオンエネルギーの増大に効率良く使われ，他のプラズマ特性には大きく影響を与えないことが確かめられている[3]。

図5から分かるように，FFKM，FKMともにV_{pp}の増加にともない重量減少が増加し，イオン照射エネルギーが重量減少を決定する重要な因子であることが分かる。

最後に，プラズマ照射前後の表面状態を走査型電子顕微鏡（SEM）で評価した結果を示す。**図6**は，FFKM，FKMの表面状態のSEM画像である。ここで，(a)-(d)はFFKM，(e)-(h)はFKMであり，かつ(a)，(e)はプラズマ照射前，(b)，(f)は10Pa，(c)，(g)は30Pa，(d)，(h)は106Paでプラズマを照射した後の表面である。

図6より，FFKM，FKMともにプラズマ照射によって表面が荒れることが分かる。特に，圧力が低いほどその荒れの程度が大きくなっている。前述したように，イオン照射量は圧力が低い領域で多くなっていることから，イオン照射が表面荒れを誘起することが示唆された。一方，**図4**よりFKMは106Paでプラズマ照射した際の重量減少は相対的に大きいにもかかわらず，**図6**（h）より，表面はそれほど荒れていないことが分かる。ラジカル照射では，エッチングは進行するものの，表面荒れはイオン照射に比べると増大しないことが示唆された。

4. ま　と　め

ラングミュアプローブを用いてプラズマ特性を評価し，プラズマ特性とゴムの劣化との関係について評価した結果を**表1**に示す。FFKMの劣化はイオン照射に大きく影響し，FKMの劣化は，イオン密度以外の因子であるラジカル密度により劣化が促進した可能性が高いことが分かった。イオン照射エネルギーに関してはFFKM，FKMともに劣化に大きく影響する因子であることが分かった。

表1　プラズマ特性とゴムの劣化

ゴム劣化に影響する プラズマ中の成分		影響度	
		FFKM	FKM
イオン	密度	大	大
	エネルギー	大	大
ラジカル	密度	極小	極大

また，イオン照射による劣化は，ラジカルによる劣化に比べてゴム表面荒れが発生することも示唆された。

本稿で紹介したプラズマ計測手法やゴムOリングの耐プラズマ性の評価手法は，ゴムOリングの開発や，種々の装置環境に応じたゴムOリング材質の選定などに有益であると考えている。

ニチアス株式会社としては，本研究結果を基に今後もお客様のプラズマ環境に応じた製品を開発していく所存である。

参考文献

1）T. Goto, S. Obara, T. Shimizu, T. Inagaki, Y. Shirai, and S. Sugawa, “Study on CF_4/O_2 plasma resistance of O-ring elastomer materials”, J. Vac. Sci. & Technol. A vol.38, p.013002 (2020).

2）B. Chapman, *Glow Discharge Processes* (Wiley, New York, 1980).

3）T. Goto, M. Hirayama, H. Yamauchi, M. Moriguchi, S. Sugawa, and T. Ohmi, Jpn. J. Appl. Phys. vol.42, p.1887 (2003).

筆者紹介

後藤 哲也
東北大学
未来科学技術共同研究センター　教授

尾原 翔伍
ニチアス株式会社
研究開発本部　浜松研究所

工事実績紹介

SPB® 方式大型LNG運搬船のタンク防熱工事

基幹産業事業本部　工事事業部
株式会社イノクリート

1. は　じ　め　に

2000年ごろから新たな天然ガス資源として注目され始めたシェールガスは，2010年代からアメリカで急激に生産量が増加した。世界的に天然ガスやLNG（Liquefied Natural Gas：液化天然ガス，以下，LNG）の供給量は大きく変わり，世界最大のLNG消費国であるわが国への影響は大きいものとなっている。

現在，日本の消費の大部分を占める海外産天然ガスは，すべてLNGとして輸入されており，その輸送手段はすべてLNG運搬船によるものである（**図1**）。天然ガスを産出地から遠く離れた消費地へ運ぶには，一般的には3,000km以内であればガスの状態のままパイプラインで輸送する方がコスト面で有利であり，それを上回る距離を輸送する場合には，天然ガスを産出地近くの液化プラントでマイナス160℃程度まで冷却，液化し，LNGとして消費地まで運搬，気化して利用する方がコスト面で優れているとされている。液化により体積は約600分の1となり，効率的に運搬することが可能となるためである。

極低温の状態であるLNGを運搬するために，LNG運搬船のタンクには輸送中の気化を抑制するための防熱機能が要求される。また，LNGタンクの防熱構造には，万一の漏洩時に極低温の

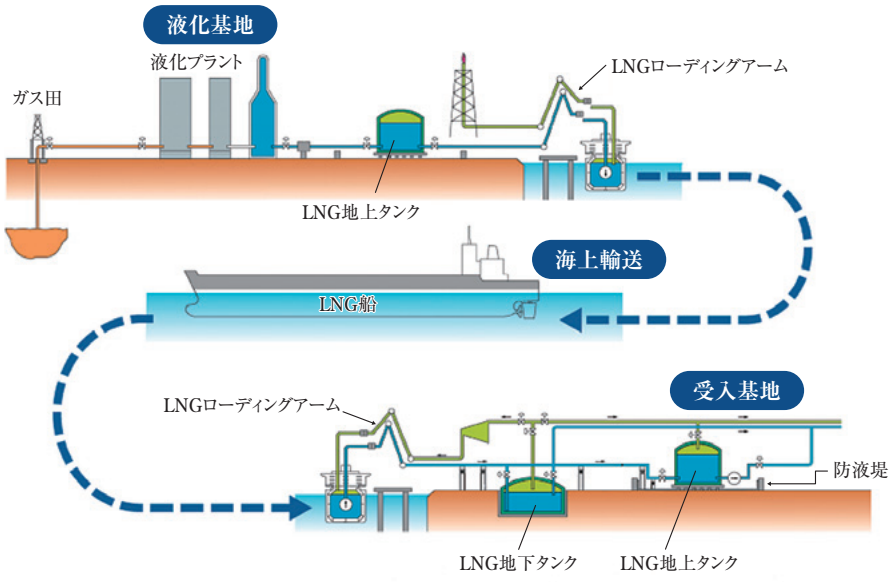


図1　LNGチェーン

LNGが船体に影響を与えることを一定期間防止するための機能も兼ね備えたものが必要とされている。

今般，当社の子会社である株式会社イノクリートが参画したジャパン マリンユナイテッド株式会社津事業所殿（以下，JMU津殿）にて建造されたSPB®（Self-supporting Prismatic shape IMO type B）方式の大型LNG運搬船タンク防熱工事について紹介する。

2. LNG運搬船の方式

日本へ初めてLNGが輸入されたのは1969年。このとき，アラスカからLNGを運搬した“Polar Alaska”のLNGタンク容積は71,500m³であった[1)]。LNGタンクの容積は時代を経るごとに大型化し，1970年代に建造されたLNG運搬船で最大のものは130,000m³となった。その後，建造されるLNG運搬船の最大船型は30年ほど横ばいであったが，2000年代以降に急激に大型化し，現在では最大266,000m³のLNG運搬船が就航している[2)]。

また，LNG運搬船に搭載されているタンクは，1954年にアメリカで建造されたLNG運搬用の艀（はしけ）“Methane”に搭載されたタンク以降，さまざまな方式のタンク，およびその防熱方法が開発されてきた。現在，建造されているLNG運搬船のタンク方式は，数千m³クラスの内航船と呼ばれる小型のLNG運搬船を除くと，MOSS方式，GTT方式（Mark Ⅲ，NO96），SPB®方式の3つに大別され，それぞれタンクの構造，防熱方式が異なるものとなっている（**図2**）。各方式の概要を以下に記す。

(1) MOSS方式

ノルウェーのMoss Maritime社が開発した方式。アルミニウム製，もしくは9%ニッケル鋼製の球形タンクを船体に固定する構造となっている。防熱材にはプラスチックフォーム（フェノールフォームや硬質ウレタンフォーム）が使用され，球形タンクの外側に取り付けられる。

(2) GTT方式（Mark Ⅲ，NO96）

フランスのGTT社（Gaztransport & Technigaz社）が開発した方式。船体に固定された防熱材の内側にメンブレン（membrane＝膜）と呼ばれる金属製の薄板を配置し，LNGを保持する液密性を確保する。メンブレン方式は，防熱材の種類（繊維強化ウレタンフォーム，またはパーライトを充填した木製のボックス）とメンブレンの材質（SUS304L，またはインバー鋼※1）の組合せにより，さらにMark Ⅲ方式，NO96方式の2つに区別されるが本稿では詳細は割愛する。

※1　インバー鋼：36%ニッケル鋼。熱膨張率が非常に小さいことが特徴

(3) SPB®方式

株式会社IHI殿およびジャパン マリンユナイテッド株式会社殿（以下，JMU殿）が開発した方式。SPB®はSelf-supporting Prismatic shape IMO type Bの頭文字をとったものである。タンク自体

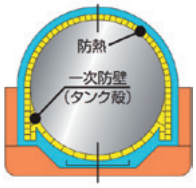
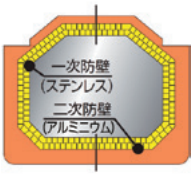
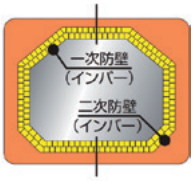
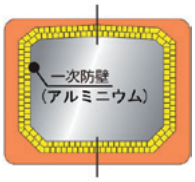
方式	MOSS	GTT Mark Ⅲ	GTT NO96	SPB®
タンク構造	アルミニウム独立球形タンク 	ステンレスメンブレンタンク 	インバーメンブレンタンク 	アルミニウム自立角型タンク 
防熱材	プラスチックフォーム	ガラス繊維補強硬質ウレタンフォーム	パーライト	硬質ウレタンフォーム

図2　LNG運搬船タンクの主な方式

が自立しており角型の形状である（Self-supporting Prismatic shape）ことと，IMO（International Maritime Organization：国際海事機関，以下，IMO）液化ガス運搬船規則のtype-B※2基準に適合していることを表している。SPB®方式のタンク構造，防熱については3章にて述べる。

※2　IMO type B：疲労寿命や亀裂の進展を高度な解析により考慮して設計されたタンク。タンクそのものの破壊は部分的なものに限定されるため，LNG漏洩対策として設置される二次防壁は部分的なもので許容される。

LNGタンク容積，LNG運搬船自体の船型（全長，全幅など），LNGタンクの方式（防熱方式）は，寄港するLNG積込み・荷揚げ基地の出荷・受入能力，桟橋のサイズなど接岸に関する制限，就航する航路・運河などから，船主殿の意向により決定される。また，各造船会社にはそれぞれ得意とする船型，タンク方式がある。

3. JMU殿建造のSPB®方式大型LNG運搬船

今般，JMU殿が建造したSPB®方式の大型LNG運搬船は，2016年に増設された新パナマ運河を通峡可能な船型となっており，アメリカ・メリーランド州コーブポイントLNGプロジェクトから日本への輸送に投入される。全長299.9m，全幅48.9m，搭載されている4つのLNGタンクの容積は，計165,000m³である。1番船の“エネルギーリバティ”が2018年に就航し，その後，“エネルギーグローリー”，“エネルギーイノベーター”，“エネルギーユニバース”の計4隻が順次建造され，就航した（図3）。

搭載されているLNGタンクは，JMU殿独自の国産技術であるSPB®方式（図4）が採用されている。SPB®方式の特徴としては，次の点が挙げられる。

（1）強固で信頼性の高いタンク構造であること[3)]

1981年に建造された75,000m³LPG（Liquefied Petroleum Gas：液化石油ガス，以下，LPG）船“玄海丸”をはじめとし，今回建造された4隻を含む計10隻のLNG，LPG運搬船，もしくはFSO（Floating Storage and Offloading system：浮体式海洋石油・ガス貯蔵積出設備），FPSO（Floating Production，Storage and Offloading system：浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備）などの海上浮体式設備にSPB®方式が採用されているが，就航後これらのタンクはすべて健全であり，損傷・クラックは一切発生していない。

図3　JMU殿建造のSPB®方式大型LNG船（写真提供：JMU殿）

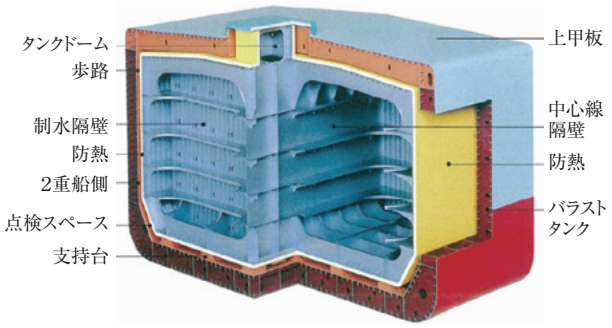


図4　SPB® LNGタンク（出典：参考文献4））

（2）任意の液量を積み付けることが可能であること[3)]

液体を貯蔵，輸送するためのLNGタンクでは，タンク内の液体の運動と船体の運動が同調することにより，タンク内液体が大きく揺動するスロッシングとよばれる現象が課題となる。GTT方式のLNG運搬船では，スロッシングによるトラブルが報告されており，航海中のタンク内のLNG液位を満載，もしくは空に近いレベルのいずれかにするよう制限され，複数の受入基地での荷降ろしができないこととなる。SPB®方式のLNGタンクでは，

タンク内に設置されている隔壁によりスロッシングの発生を防止しているとともに，高度な構造解析によりスロッシングに対する高い構造安定性を持つため，航海中におけるLNG液位の制限はない。

(3) 任意形状のLNGタンクが製作可能であること[3)]

MOSS方式のようにタンクの形状を球型に制限されることはなく，任意形状のタンクを製作できるため，船体内部のスペースを有効活用することができる。

IMOの環境規制への対応策のひとつとして，LNGを燃料とした一般商船の建造が増加している。SPB®方式のLNGタンクは，スロッシングの影響を受けないためタンク内の液位の制限がないことや，船体構造に合わせた形状とすることが可能なため，LNG燃料船の燃料タンクとしても優位性がある。LNG運搬船のタンクと比べると小規模（数千m^3程度）となるが，LNG燃料船の普及に伴い，今後，採用実績が増加することが期待される。なお，SPB®方式のLNGタンクは，アルミニウム，もしくはステンレス鋼，9%ニッケル鋼で製造される。

(4) 外部防熱方式であること

メンブレン方式の防熱は内部防熱と呼ばれ，船体内側に防熱材が固定され，その内側にメンブレンと呼ばれる厚み1.2mmのステンレス鋼(304L)，または0.7mm厚のインバー鋼が取り付けられる。メンブレンによってLNGの液密性を保ち，防熱材と船体でLNGの荷重を受ける構造となっている。そのため，メンブレン方式に用いられる防熱材には，温度勾配による熱応力と，LNG荷重がかかるため，防熱材そのものに特殊なウレタンフォーム（R-PUF／ガラス繊維強化ウレタンフォーム）を使用する必要がある。さらに，メンブレンの溶接の健全性を保つために防熱材施工にもmm単位での施工精度が求められることや，液密，気密性を要求される2次防壁と呼ばれるアルミニウム箔とガラス繊維の複合材を接着剤で用いて施工する比較的特殊な工程が必要となる。

一方，SPB®方式の外部防熱方式では，防熱材にはLNGの荷重がかからないため，一般的なウレタンフォームが使用される。また，昨今のLNG船では，航海中のLNG蒸発量を抑制する要求がさらに高まっている。内部断熱方式の場合は防熱厚みとタンク容積はトレードオフの関係となるが，外部防熱方式では，施工時の運搬，取り付け作業に影響は出るものの，構造上はLNGタンク容積を犠牲にせずとも断熱厚みを増加させることが可能である。

4. SPB®方式タンク防熱工事の実施例

本LNG運搬船の建造は，三重県津市のJMU津殿によって行われ，LNGタンクの製造は津市の対岸となる愛知県知多市の株式会社IHI愛知工場殿（以下，IHI愛知殿）にて行われた。船体とLNGタンクの建造が，JMU津殿，IHI愛知殿で並行して進められたのち，船体が進水後にLNGタンク搭載となる。LNGタンクを搭載された船体は，津で艤装工事が行われ，竣工となる。

LNGタンクの防熱施工のうちLNGタンク底部の施工は，作業スペースの都合上，LNGタンク搭載後では作業能率の低下が想定されるため，底部の施工は搭載前にIHI愛知殿の工場にて実施した。

4隻の船体，LNGタンクをIHI愛知殿とJMU津殿で連続的に平行して建造するため，タンク防熱工事を行うイノクリート傘下の作業員，管理スタッフをIHI愛知殿，JMU津殿それぞれに配置する体制とした。

SPB®方式のLNGタンク防熱構造はLNGタンク本体にスタッドボルトを介して取り付けられた防熱パネルと，防熱パネルの目地材に大別される（**図5**）。

本LNG運搬船のSPB®タンク本体の寸法は概ね，高さ30m×幅50m×長さ50mである。船体の形状に合わせて容量を最大化するために，断面形状は角がとれており，八角形となっている。このSPB®タンクが1隻に4タンク搭載されている。標準的な防熱パネルの寸法は800～900mm角で，タンクのすべての面にスタッドボルトを介して取り付けられる。

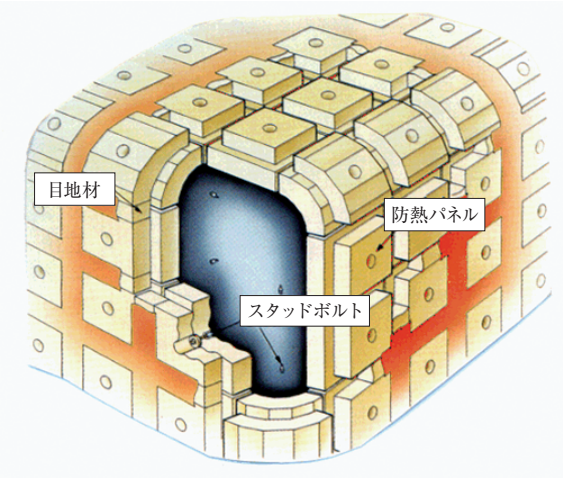


図5　SPB®方式LNGタンクの防熱構造（提供：JMU殿）

メーカーから40ftコンテナにて納入された防熱パネルは，そのまま船上のデッキへ荷揚げされ，タンクホールド内へ専用の荷降ろし装置によって運搬される。タンクの各面に取り付けられる防熱パネルのタイプは基本形状のものが多数を占めるが，割付による寸法調整部や，タンクサポートなどの特殊部周辺のパネルは異型パネルとなる。パネルの種類，搬入枚数を日々適切に管理し，船上への荷揚げ，船内での運搬，取り付け作業をスムーズに行えるようにすることが防熱パネル取り付け作業のキーポイントとなる。

5. 船上配管防熱工事，居住区防熱工事

LNG運搬船タンク防熱施工の他にも，LNG配管防熱工事や居住区防熱工事をイノクリートにて施工を行った。LNG運搬船のLNG配管防熱仕様は，ウレタンフォームを使用するという点では陸上のLNGプラントと同様であるが，航海中に海水や陸上と比較し厳しい風雨にさらされるため，外装材としてFRP（繊維強化プラスチック）が施工される点が異なる。配管防熱のウレタンフォームには当社の「TOMBO™ No.5001-TN フォームナート® カバー TN」が採用された。船上配管の大部分は予めモジュール化され，配管防熱まで実施された状態でJMU津殿に搬入，船上に搭載される方式となった。モジュールの配管防熱工事は，今回当社長崎工事課が施工を担当した。居住区の防熱工事はLNG運搬船のみではなく，一般商船の居住区でも広く行われている防熱工事であり，デッキ（天井面）や隔壁（壁面）にロックウールやグラスウールを耐火または防音の目的で施工するものである。

6. お　わ　り　に

当社の子会社である株式会社イノクリートは，冷蔵・冷凍倉庫の防熱工事や，船舶関連の防熱工事に関し，長年の経験と実績を有している。LNG運搬船の防熱工事に関しては，MOSS方式，GTT方式（Mark Ⅲ，NO96），SPB®方式のすべてのタンク方式について施工実績をもつ防熱施工会社である。今後とも，当社との協力体制のもと，材料，工法の改良，開発を進め，お客様のニーズに応えていく。

参 考 文 献

1）野尻正信：東京瓦斯根岸工場LNG基地のスタートアップ，燃料協会誌 第49巻，第517号（1970）pp.234-241.
2）湯浅和昭：LNG 輸送技術の最新動向，石油・天然ガスレビュー，Vol.42 No.4（2008）pp.45-53.
3）永田良典，田ノ上聖，木田隆之，川合崇：LNG燃料船用IHI-SPBタンク IHI技報 Vol.52 No3（2012）pp.36-41.
4）豊田昌信，楠本裕己，渡辺一夫：IHI-SPB LNG運搬・貯蔵・燃料タンクの安全性 IHI技報 Vol.52 No3（2012）pp.48-55.

＊「TOMBO」はニチアス㈱の商標または登録商標です。
＊「フォームナート」はニチアス㈱の登録商標です。
＊「SPB」はジャパン マリンユナイテッド㈱の登録商標です。

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　髙野　哲郎
社員数	56名（2020年4月現在）

本社
〒542-0081
大阪市中央区南船場4-11-10　ニチアス㈱大阪支社5階
TEL（06）6120-1910（代表）　FAX（06）6120-1912

東京工事営業部
〒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

解説

パリ協定について（前編）
～パリ協定の意義およびニチアスとの関わり～

基幹産業事業本部　工事事業部　工事技術部　瀬　川　美能留
小　倉　滉太郎

は　じ　め　に

2020年，地球温暖化対策の国際的な枠組みであるパリ協定が本格始動した。この協定は2015年末，パリで第21回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）が開催され，今世紀末に世界中で温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにすることを目指して合意された。有識者によれば，現状の気候変動を放置すると，温暖化が暴走して制御できなくなるおそれがあり，現在，産業革命前に比べて1℃ほど上昇している世界の平均気温を今後1.5℃程度の上昇に抑えられるかが分かれ目とされ，この先10年の対応が死活的に重要という。

そこでパリ協定が本施行したこのタイミングで，前編ではパリ協定の意義や目標，後編では今後のエネルギー動向，またこれに関連する当社の事業や取り組みについて紹介する。

1．パリ協定の目標・意義

パリ協定の目標については，世界的な平均気温上昇を，産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに，1.5℃に抑える努力を追求する，としている。そのために今世紀末に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去を均衡させる，つまり温室効果の増加を実質ゼロにすることに取り組むことにあり，目標の高さ，実効性の重視，参加国の広さという点が注目されている。

パリ協定の特徴は大きく4つあり，それは①すべての国に適用され，②包括的で，③長期にわたり永続的に，④前進・向上することにあり，主要排出国，途上国を含む締約国が温室効果ガスの排出削減目標（途上国への技術提供による貢献も含む）を持つ，初めての法的枠組みとなった。温室効果ガスの削減目標の設定は各国に委ねられている（**図1**）。また温室効果ガスの代表である二酸化炭素の国別の排出量は，2016年現在，中国，アメリカ，インド，ロシアの順となり，日本は5番目となっている。また上位3カ国で世界の排出量の約半分を占める（**図2**）。

なお後述するが，世界第2位の二酸化炭素排出

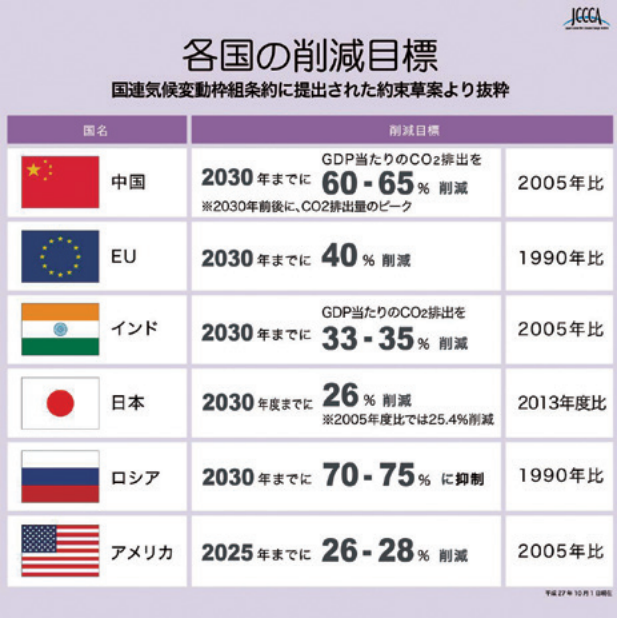


図1　各国の温室効果ガス削減目標

出典）国連気候変動枠組条約に提出された約束草案より抜粋
全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（https://www.jccca.org/）より

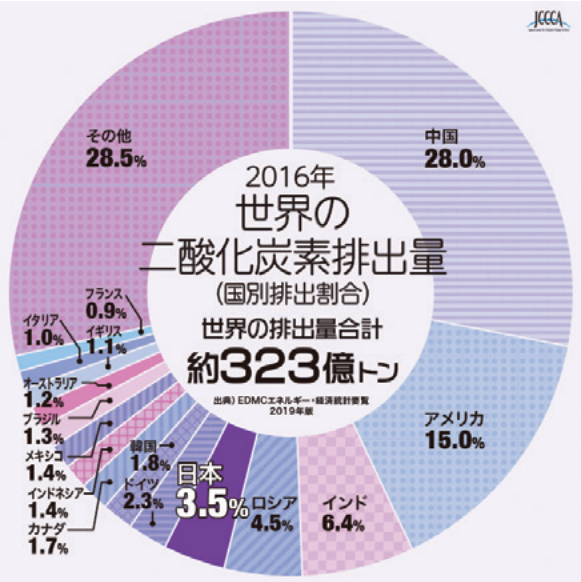


図２　世界の二酸化炭素排出量

出典）EDMCエネルギー・経済統計要覧2019年版
全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（https://www.jccca.org/）より

国であるアメリカはパリ協定からの離脱手続きを進めており，必ずしも一枚岩とは言えない状態での船出となっている。

2. 京都議定書の反省

1997年に京都で開催された第3回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）で合意され，2005年に批准された京都議定書は，参加国が温室効果ガスの削減を目指すための目標と義務を負った初の国際的で歴史的な枠組みであったが，1997年当時世界最大の二酸化炭素の排出国であったアメリカは離脱，また温室効果ガス削減の約束期間に入って，ポスト京都の議論が始まると，COP開催国である日本までもが離脱してしまった。

京都議定書では，温室効果ガスの削減目標は先進国だけに課された。これは現在の気候変動の原因が先進国の経済活動によるところが大きいという実情に基づいている。1990年を規準年として，2008年から2012年の第一約束期間に，日本6%，アメリカ7%，EU8%という横並びの目標を設定したことが，日米の反発を招いた。日本はオイルショック以降，国を挙げてエネルギー効率の向上（省エネ）に取り組み成果を上げてきた。今でも，世界的に省エネでは日本が進んでいるという自負がある。一方，欧州はエネルギー効率が低い旧東欧諸国を抱えていたことから削減余地が大きく，規準年に対して削減義務を設定するルールは対処しやすかった。こうした事情を考慮することなく硬直的な目標設定を行った結果として，アメリカは京都議定書の発効前，そして日本は発効後に京都議定書から離脱することとなった。特に日本の場合は，2011年の東日本大震災により，エネルギー事情が大きく変化したことも離脱せざるを得なかった一因と考えられる[1)]。

しかしながら，2014年に公表された気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change, 以下IPCC）第5次評価報告書（AR5）では，1950年以降に観測された温暖化の主因が人間の影響によるものである可能性が極めて高い（95%以上）と結論付けられたことや，途上国から発生する温室効果ガスも無視できないレベルに達していたことなどが危機感として募り，パリ協定の締結に進んだ。

一方で，2016年にアメリカ合衆国大統領選挙に勝利して，アメリカ第一主義を政権運営の柱に据えたドナルド・トランプ大統領は，かねて地球温暖化に対する懐疑論者と言われており，アメリカの石炭産業の復活を公約とし，2017年6月にパリ協定からの離脱を表明した。

国際再生可能エネルギー機関によれば，アメリカの再生エネルギー発電容量は2018年までの10年で倍増し，石炭の生産量も年々減少している。この推進役は企業である。今日，企業の長期的な成長のためには，環境（Environment），社会（Social），ガバナンス（Governance）の3つの観点が必要という考え方が世界的に広まっており，社会や環境を意識したESG投資は，同時に財務リターンも高く，また投資リスクが小さいという意識が機関投資家の間で高まっている。これを受けて，環境負荷の小さいエネルギーの利用技術に投資する，あるいは年間の電力消費量を全て再生可能エネルギーでまかなうとした経営方針を掲げる企業も増えている。

表1　IPCC報告書の結論[2)]

IPCC報告書	結論
第1次報告書（1990年）First Assessment Report 1990 (FAR)	人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせるおそれがある。
第2次報告書（1995年）Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR)	認識可能な人為的影響が全球の気候に現れている。
第3次報告書（2001年）Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR)	過去50年間に観測された温暖化の大部分は，温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い。
第4次報告書（2007年）Forth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)	気候変動システムの温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは人為起源の温室効果ガス濃度の増加によってもたらされた可能性が非常に高い。
第5次報告書（2013年）Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5)	1950年以降に観測された温暖化の主因が人間の影響によるものである可能性が「極めて高い」。（95％以上）

3. 気候変動の実体および要因について

3.1　気候変動に関する政府間パネル（IPCC）

IPCCは，人為起源による気候変化，影響，適応および緩和方策に関し，科学的，技術的，社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として，1988年に国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により設立された組織である。

IPCCの報告書には，世界の科学者が発表する論文や観測・予測データから，政府の推薦などで選ばれた専門家が科学的な分析のほか，社会経済への影響，気候変動を抑える対策なども盛り込まれる。国際的な対策に科学的根拠を与える重みのある文書となるため，報告書は国際交渉に強い影響力を持つ。

各国政府を通じて推薦された科学者が参加し，5～6年ごとにその間の気候変動に関する科学研究から得られた最新の知見を評価し，評価報告書（Assessment Report）にまとめて公表されている。

これまで公表された報告書とその結論をまとめた（**表1**）。気候変動に関する研究が進み，測定やシミュレーションの精度が向上するにつれ，地球の温暖化は現在も決して楽観できない方向に進み続けていることが明確となってきた。

3.2　地球の気温はどのくらい上がったのか

IPCC評価報告書より，気候変動に関する興味深いデータを紹介する。

世界の地上気温は1880～2012年の期間に0.85℃上昇している。0.85℃と言われてもピンとこないかもしれないが，この変化はここ1000年以上の歴史でも急激な変化であり，現在の気温はこの1000年の中でも高温の状態が続いている（**図3**）。また人類が気候緩和策を怠った場合，21世紀末に向かってさらに急速な温度上昇を生じることが予想されている（**図4**）。

3.3　地球温暖化が進むとどんな悪影響が起こるのか

IPCC第5次評価報告書によれば，地球の平均気温は2017年時点で産業革命前より1℃上昇し，2040年ごろのそれは1.5℃に達すると予想されている。

地球温暖化は私たちの生活に重大な影響を与え

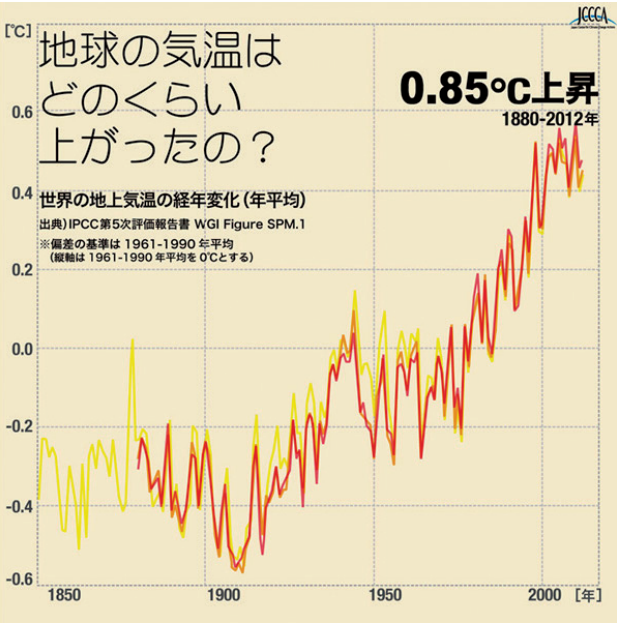


図３　世界の地上気温の経年変化（年平均）

出典）IPCC第5次評価報告書
全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（https://www.jccca.org/）より

図５　気候変動による将来の主要リスク

出典）IPCC第5次評価報告書
全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（https://www.jccca.org/）より

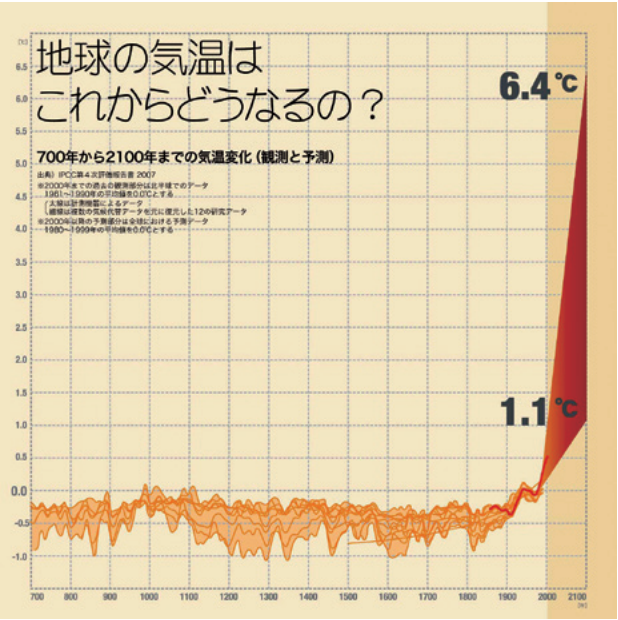


図４　700から2100年までの気温変化（観測と予測）

出典）IPCC第4次評価報告書
全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（https://www.jccca.org/）より

ると予測され，具体的な8つのリスクとして，①沿岸災害被害，②洪水・健康被害，③インフラ機能停止，④暑熱影響，⑤食糧不足，⑥水不足，⑦海洋・沿岸生態系の損失，⑧陸域・内水生態系の損失，が提言されている（**図5**）。

とりわけ深刻なのが，極域氷床の融解に伴う海面上昇とされる。グリーンランド氷床は世界の平均海面を6m以上，南極氷床にいたっては70mほども上昇させる淡水を蓄えており，温暖化が進み，極域にある巨大氷床の融解が進めば，海面上昇は急激に進行していき，一部の小島嶼開発途上国では国が消滅する可能性が危惧されている[3)]。

また日本国内においても，降水量の多い年と少ない年の差が大きくなる，また植物季節の変化や昆虫などの分布域の北上が確認され，農作物の収量・質の低下といった事象が確認されている。

3.4　温室効果ガスの濃度上昇

IPCC第4次評価報告書によれば，20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは人為起源の温室効果ガス濃度の増加によってもたらされた可能性が非常に高い，とされている。

日本では，2012年5月16日の日本経済新聞に「CO_2濃度が史上最高 気象庁 3・4月観測」という記事が掲載された。岩手県大船渡市の大気環境観測所で定点観測している温室効果ガスの二酸化炭素（CO_2）について，月平均濃度が1987年の観測以降，初めて400ppmを超えたと発表された。

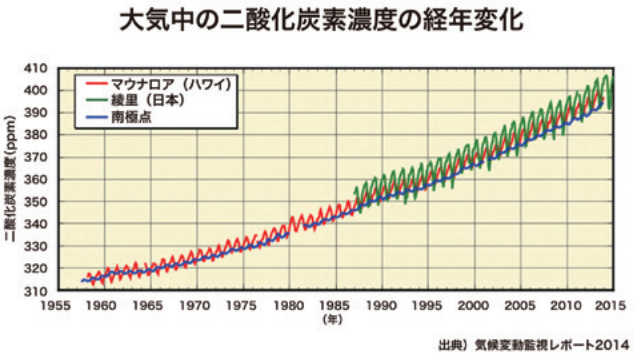


図6　大気中の二酸化炭素濃度の経年変化

出典）気象庁「気候変動監視レポート2014」
全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト（https://www.jccca.org/）より

産業革命以前の世界の大気中の二酸化炭素の濃度は280ppm程度と見られることから，僅か150年余りで40％も増加したことになる。現在も世界各地の二酸化炭素の濃度は上昇を続けており（**図6**），仮にある日を境に突然，人為起源の温室効果ガスの排出がゼロとなったとしても，地球の気温が減少に転じるには一定の時間がかかるという。このことが冒頭に記述したとおり，この先10年の対応が死活的に重要と言われる所以である。

ま　と　め

本稿では，2020年に本格始動したパリ協定について，その意義や気候変動の実体について，関連するデータを交えて紹介した。近年，夏場の猛暑や台風被害，豪雨による河川の氾濫など，100年に一度，あるいは想定外と呼ばれるような規模の災害が相次いでいることから，日本のみならず世界全体で気候変動に関する関心は高まっていると言えよう。

次号では，温室効果ガスの特徴や今後のエネルギー動向，またこれに関連する当社の事業や取り組みについて紹介する予定である。

参 考 文 献

1）井熊均，瀧口信一郎，パリ協定で動き出す再エネ大再編，日刊工業新聞社，2017年.
2）IPCC第1～5次評価報告書.
3）横山祐典，地球46億年　気候大変動　炭素循環で読み解く，地球気候の過去・現在・未来，講談社，2018年.

筆 者 紹 介

瀬川 美能留
基幹産業事業本部　工事事業部
工事技術センター長　兼
工事技術部　技術開発課長

小倉 滉太郎
基幹産業事業本部　工事事業部
工事技術部　技術開発課

第34回ネプコンジャパンに出展しました

2020年1月15日～17日に東京ビッグサイトにて開催された第34回ネプコンジャパン－エレクトロニクス開発実装展－に出展しました。本展示会はエレクトロニクス開発・実装・検査に関するアジア最大級の専門展です。

弊社は，5G基板用途としてFCCL（PTFEに銅張したフレキシブル基板）の開発品と電子部品の製造工程で活躍するニチアス製品を展示させていただきました。国内外の基板メーカー様や大手デバイスメーカー様にご来場をいただき，多くのお問い合わせをいただきましたこと厚く御礼申し上げます。

日経アーキテクチュア2019年11月28日号
採用したい建材・設備メーカーランキング2019
耐火被覆材部門第1位を獲得しました！

弊社は，日経アーキテクチュア2019年11月28日号　採用したい建材・設備メーカーランキング2019 耐火被覆材部門第1位を獲得しました。このランキングは，日経BP社が発行する建材の総合情報誌日経アーキテクチュアが読者を対象に，建材・設備メーカーの製品採用意向などをアンケート調査するもので，耐火被覆材部門では弊社は2005年以来15回連続で1位に選ばれています。

設計段階から施工時にわたってご好評をいただき，皆様にご愛顧いただいております弊社の耐火被覆材「マキベエ®」をご評価いただいたことに，感謝申し上げます。

今後も，お客様のご期待に応えられる製品をご提供できるよう努めてまいります。

日経アーキテクチュア 建材・設備メーカーランキング 2019

耐火被覆材部門
1位
読者を対象に、建材・設備メーカーの製品採用意向等をアンケート調査
2019年11月28日号

耐火被覆材「マキベエ®」の鉄骨への施工例

ニチアスの「断つ・保つ」技術を支えるCAE

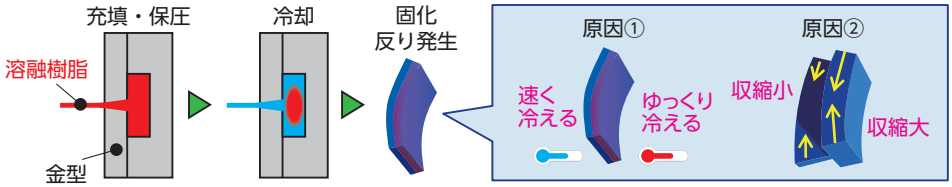
CAE（Computer Aided Engineering）は製品・工程をコンピュータ上で擬似的に再現し，さまざまな検討を支援する技術です。ニチアスでは，研究・開発，設計から製造までのあらゆる工程でCAEを取り入れ，品質やサービスの向上に努めています。ここでは，弊社のCAE解析技術について事例を通してご紹介します。

第2回 ふっ素樹脂製射出成形品の開発で活用される樹脂流動CAE

ふっ素樹脂は各種プラスチックの中でも，特に耐熱性，耐薬品性，低摩擦性，電気絶縁性，非粘着性などの優れた特徴を有し，化学や半導体関連，医療，食品などの分野に使用されています。

ナフロン® 射出成形品は，PFAやETFEなどの加熱すると溶融するふっ素樹脂を使用し，融点以上に加熱した樹脂を金型内に射出注入し，冷却・固化して得られる製品です。

下図に一般的な射出成形の工程を示します。ここで，射出成形品特有の潜在的な問題のひとつとして，固化後の「反り」が挙げられます。反りの発生は，寸法不良が生じたり，相手部品との組み立て時に干渉したり隙間が生じるといった不具合につながります。反りの発生は，①金型の両側の温度差，②形状起因による収縮の差などに起因します。



特にPFAは，通常の樹脂よりも固化後の寸法収縮が大きく，それに比例し反りも大きくなりやすいため，高精度な予測は困難でした。弊社では，種々の製品形状でCAEと実態データを取得し，計算条件を合わせこむことで，寸法収縮や反りによる変形量を高精度で予測する技術を確立しました。この技術を開発にフィードバックすることで，お客様の要求品質を満足する射出成形品のご提案を行っております。

対象製品概要

TOMBO™ No.9021「ナフロン® 射出成形品」：チューブ継手（厚肉継手）

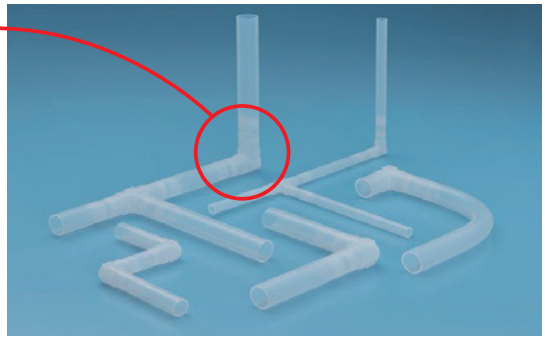
弊社では，半導体製造工程で使用できるクリーンかつコンパクトなTOMBO™ No.9023「ナフロン® 溶着チューブ」を製品化しており，そのチューブ継手には，エルボ，異型エルボ，チーズがあります。

また，チューブ継手の１つである厚肉継手は，高温の薬液が流れる際の脈動圧力に対する耐久性を高めるために曲部を厚くした部品であり，普通継手と比較して固化後の反りが大きくなることが予想されます。

普通継手

厚肉継手

TOMBO™ No.9021「ナフロン® 射出成形品」：チューブ継手



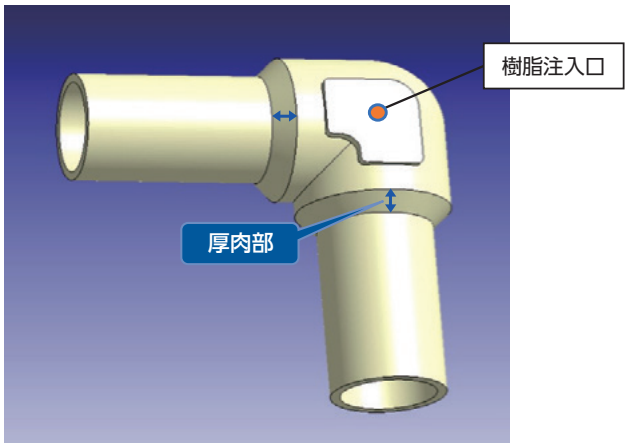
TOMBO™ No.9023「ナフロン® 溶着チューブ」

解析の目的

要求される寸法精度を満足できるような，製造条件の検討を行う

解析対象の形状と製造条件

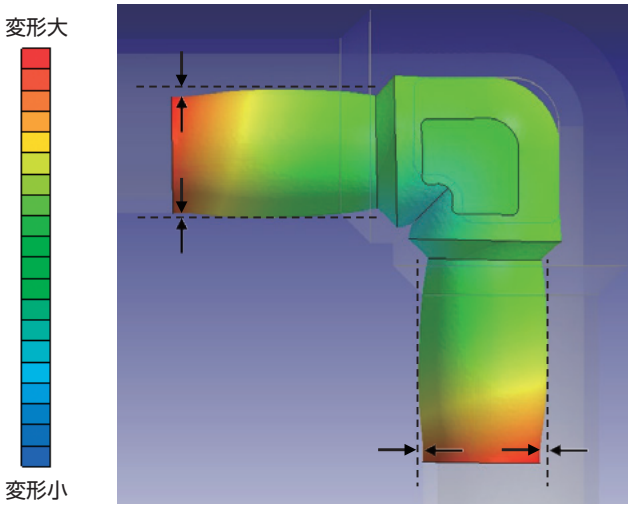
- 反りが懸念される厚肉継手が対象，溶融したふっ素樹脂（PFA）はエルボ曲部中央から注入する
- 樹脂の溶融温度や金型温度は同じで，充填・保圧時間を検討して寸法精度の改善を図る



厚肉継手モデル

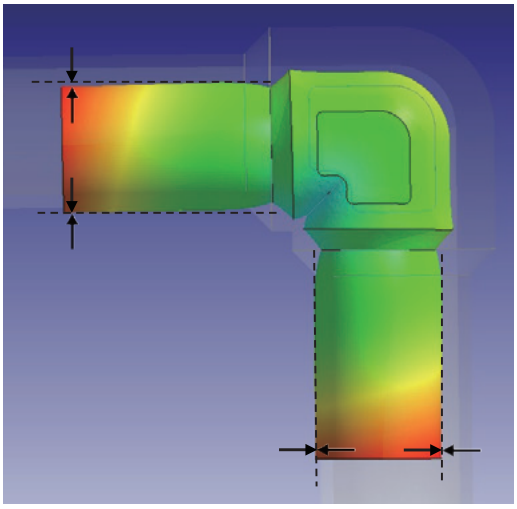
CAE解析結果

※変形量は微小であるため，誇張して表現しています



改善前

改善前は，継手の両先端部が径方向に収縮し，反ることが可視化で予測できた



改善後

充填・保圧時間改善後は，継手の両先端部の収縮が微小で，反らないことが一目瞭然となった

ま　と　め

射出時の温度環境と金型の形状が複雑に影響することから，通常では，固化後の寸法収縮と反りを事前予測し対策するのは困難です。一方，樹脂流動CAEを用いることで，

- 製造前に反りを可視化することで最適な製造条件等の確認ができ，高品質な製品を提供できます。
- CAEによる寸法収縮や反りの予測技術は，他の複雑な形状のふっ素樹脂射出成形品にも生かせる技術であり，お客様の要求品質に応えております。

「断つ・保つ」で明るい未来へ

さまざまな地球環境負荷の低減が求められています。
私たちはいろいろなステージで、
安全で快適な暮らしを作り出す製品・サービスを提供します。
ニチアスは、そんな明るい未来の実現に貢献していきます。

1896年、断熱分野のパイオニアとしてスタートしたニチアスグループは、120余年の歴史のなかで、
電力、ガスをはじめ、石油精製・石油化学、化学、造船、鉄鋼、自動車、建築などの基幹産業から
エレクトロニクス、環境関連などの成長産業分野へと活動領域を広げてきました。
ニチアスはこれからも「断つ・保つ」の技術で、社会に貢献し続けてまいります。

ニチアス

「ニチアス技術時報」　バックナンバー

No.388　2020/1 号

〈巻頭言〉　新年雑感

〈製品紹介〉　TOMBO™ No.5520「マキベエ®」高密度仕様

〈寄稿〉　JIS A 9501（保温保冷工事施工標準）の改正に寄せて

〈連載〉　ニチアスの「断つ・保つ」技術を支える CAE（第 1 回）

〈技術レポート〉　積層防音材の音響特性最適化に関する研究

No.387　2019/4 号

〈新製品紹介〉　超高温用うず巻形ガスケット
TOMBO™ No.1838R-NM「ボルテックス® ガスケット -NM」

〈製品紹介〉　アルミナファイバー応用製品
TOMBO™ No.5461「RF ボード™」
TOMBO™ No.5462「RF モールド™」
TOMBO™ No.5655「ファインブロック®」
TOMBO™ No.5464「RF キャスト™」

〈解説〉　平成 30 年度省エネ大賞経済産業大臣賞（ビジネスモデル分野）受賞
エアロジェル「増し保温®」工法による保温材熱ロス削減

No.386　2019/3 号

〈寄稿〉　木造外壁の断熱工法と防火性能（下）
～グラスウール断熱材と発泡プラスチック断熱材について～

〈製品紹介〉　着脱自在なフレキシブル保温材
TOMBO™ No.4500「エネサーモ®」

〈新製品紹介〉　軽量遮熱カバー
TOMBO™ No.6600-PA-F「インサルカバー® プロカール®」ソフトマウント付き仕様

〈特別企画〉　JAXA が行った小型回収カプセルの実証実験で当社断熱材が使用されました

No.385　2019/2 号

〈寄稿〉　木造外壁の断熱工法と防火性能（上）
～ロックウール断熱材を用いた木造外壁による実験的検討～

〈製品紹介〉　TOMBO™ No.5520-D「マキベエ® ダンネツ」採用事例

〈技術レポート〉　ニチアスにおける断熱材の高温熱伝導率測定

〈技術レポート〉　遊合形フランジ - ガスケットの CAE 解析

バックナンバーは当社のホームページ（https://www.nichias.co.jp/）でもご紹介しております。
次号　No.390　2020/3 号は 2020 年 7 月発行予定です。

＊本号に記載のTMおよび®を付したものはニチアス㈱の商標または登録商標です。
＊本号に記載の「SPB」についてはジャパン マリンユナイテッド㈱の登録商標です。

通巻No.389●発行日 令和2年4月10日

ニチアス株式会社

https://www.nichias.co.jp/

【東日本地区】

札幌支店	TEL (011) 261-3506
苫小牧営業所	TEL (0144) 38-7550
仙台支店	TEL (022) 374-7141
福島営業所	TEL (0246) 38-6173
日立営業所	TEL (0294) 22-4321
鹿島支店	TEL (0479) 46-1313
宇都宮営業所	TEL (028) 610-2820
前橋営業所	TEL (027) 224-3809
千葉支店	TEL (0436) 21-6341
東京支社	TEL (03) 4413-1191
横浜支店	TEL (045) 508-2531
神奈川支店	TEL (046) 262-5333
新潟営業所	TEL (025) 247-7710
山梨営業所	TEL (055) 260-6780

【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡支店	TEL (054) 283-7321
浜松支店	TEL (053) 450-2200
名古屋支社	TEL (052) 611-9200
豊田支店	TEL (0565) 28-0519
四日市支店	TEL (059) 347-6230

【西日本地区】

京滋支店	TEL (0749) 26-0618
大阪支社	TEL (06) 6252-1371
堺営業所	TEL (072) 225-5801
神戸営業所	TEL (078) 381-6001
姫路支店	TEL (079) 289-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3621
長崎支店	TEL (095) 801-8722
熊本支店	TEL (096) 292-4035
大分営業所	TEL (097) 551-0237

本　社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
工事事業部	TEL (03) 4413-1124
基幹製品事業部	TEL (03) 4413-1123
プラント営業部	TEL (03) 4413-1126
・工業製品事業本部	TEL (03) 4413-1131
海外営業部	TEL (03) 4413-1132
・高機能製品事業本部	TEL (03) 4413-1141
・自動車部品事業本部	TEL (03) 4413-1151
海外営業部	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161
・研究開発本部	TEL (03) 4413-1181

研究所

・鶴見　・浜松

工　場

・鶴見　・王寺　・羽島　・袋井　・結城

海外拠点

・インドネシア　・マレーシア　・シンガポール　・ベトナム
・タイ　・中国　・インド　・ドイツ　・イギリス　・チェコ
・メキシコ

・記載の内容は予告なく変更することがありますので、当社製品をご使用の際は、カタログの最新版を入手いただき内容をご確認ください。
・本冊子作成にあたっては内容の正確性に最大限の注意を払っておりますが、本冊子内のすべての情報、説明、推奨事項が、何らかの保証を行うものではないことをご了承ください。
・本冊子に記載の使用方法等が第三者の知的財産権を侵害しないことを保証するものではございません。
・本冊子に記載の情報について、複写、模倣、流用、転載などの著作権法によって保護されている権利を侵害する行為は固くお断りします。

●発行人 ニチアス株式会社
●印刷 株式会社栄光舎
●編集 ニチアス技術時報編集委員会

無断転載を禁ず