

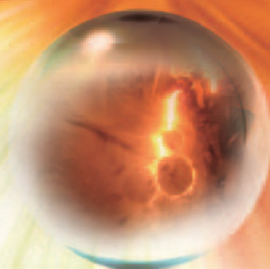
ニチアス 技術時報

2014

No.367

4号

ロックウール特集



寄稿 今後の石油供給問題が
エンジン技術に与える影響(後編)

目次

【巻頭言】

- ◆技術時報 367号発刊にあたって 1
執行役員 建材事業本部長 増田 忠司

【特別企画】

- ◆省エネ、CO₂削減に貢献するニチアスのロックウール 2

【技術レポート】

- ◆ロックウールの製造技術 4
技術本部 技術部 ロックウール事業推進室 室長 福島 康典

【解説】

- ◆環境に優しいロックウール 8
技術本部 環境管理室 室長 戸塚 優子

【新製品紹介】

- ◆ニチアスのビル向けロックウール新製品 13

- ◆建築用防音・断熱材
「MG ビルパック®」 14
建材事業本部 技術開発部

- ◆防湿層付耐熱ロックウール断熱材
TOMBO™ No.5520-D 「マキベエ® ダンネツ」 16
建材事業本部 技術開発部

- ◆乾式巻き付け耐火被覆材
TOMBO™ No.5520 「マキベエ®」新仕様品 19
建材事業本部 技術開発部

【寄稿】

- ◆今後の石油供給問題がエンジン技術に与える影響（後編）
－石油供給減少下におけるエンジン技術－ 22
株式会社テクノバ シニアアドバイザー 中田 雅彦

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。

〈連絡先および本報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。
<http://www.nichias.co.jp/>

〈巻頭言〉

技術時報367号発刊にあたって

執行役員 建材事業本部長 増田 忠司



ニチアス技術時報をご愛読いただきありがとうございます。

今号は『ロックウール特集』とさせていただきます。現在、地球規模で進行する温暖化は温室効果ガス、特に石油エネルギー消費に伴うCO₂の排出が主原因とされています。日本は、世界全体のCO₂排出量の約3.7%（2011年）を排出しており、中国、米国、インド、ロシアに次いで世界で5番目に多くCO₂を排出しています。我が国では1998年に「地球温暖化対策の推進に関する法律」が施行され、事業者の責務の一つとして、事業活動に関し、温室効果ガスの排出を抑制するための措置（他の者の温室効果ガスの排出の抑制等に寄与するための措置を含む。）を行うように努めることが定められています。

CO₂排出量の削減には、断熱によるエネルギーロスの削減が一つの方法です。弊社のルーツはこの断熱・保温にあり、創業以来培った『断つ・保つ』の技術で地球温暖化防止に貢献することは重大な責務です。この断熱・保温に使用される材料の一つが今号でご紹介するロックウールです。弊社は、1938年（昭和13年）に日本で初めてロックウールの量産化に成功して以来、今日まで、ロックウールの性能を活かした数多くの製品を開発・販売し、我が国の発展に貢献してまいりました。

ロックウールとは、鉬石や製鉄工程の副産物である高炉スラグを高温で熔融し、遠心力などで吹き飛ばして繊維状にした人造鉬物繊維です。断熱性、耐熱性、防音性に優れることから、工業設備、住宅・ビルなどの建築物、船舶などの交通機関、さらには農業資材など幅広い分野で使用されております。

またロックウールは、その優れた断熱性がCO₂削減、省エネルギー化に貢献するとともに、主原料が副産物であること、さらにはそれ自体もリサイクル可能であることから、循環型社会にも貢献する「環境にやさしい材料」です。

地球温暖化の防止や、国の省エネ政策の推進による建築物の高断熱化に対して「環境にやさしい材料」であるロックウールの需要は今後さらに増大すると予想されます。このような需要増加に対して弊社は、新工場の増設などで対応し、お客さまにご愛顧いただいている製品の安定供給を継続していくとともに、日本におけるロックウールのパイオニアとして、長年培ってきた『断つ・保つ』の技術を基盤に、お客さまのお役に立つ製品をさらに創出していく所存です。

今後ともニチアス技術時報のご愛読と、弊社製品の一層のご愛顧を賜りますようお願い申し上げます。

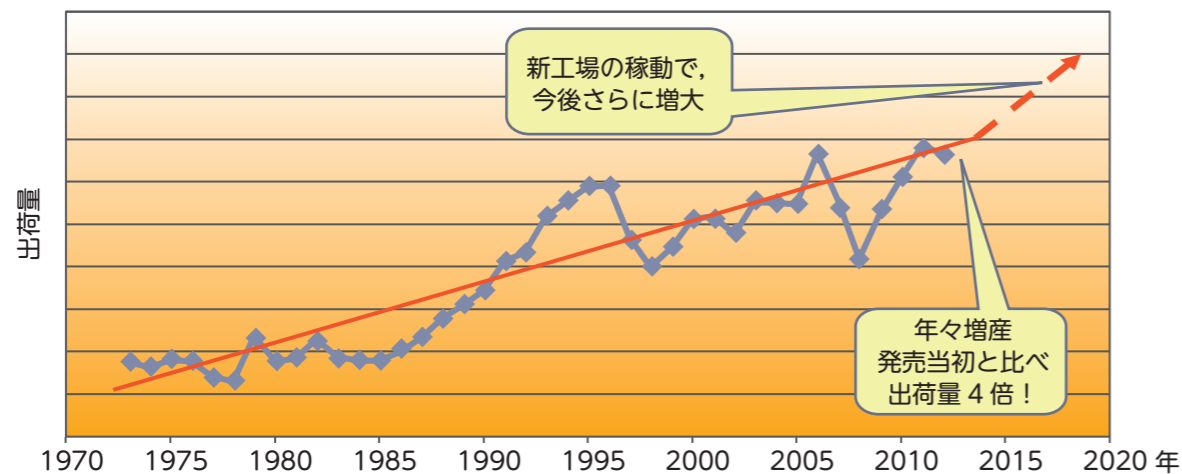
省エネ、CO₂ 削減に貢献するニチアスのロックウール

日本で初めてロックウールの量産化に成功して以来、ニチアスは多種多様なロックウール製品を開発してまいりました。これからも日本におけるロックウールのパイオニアとして「断つ・保つ」の技術で地球の明るい未来に貢献します。

ニチアスのロックウール製品製造の歩み

1938 昭和13	旧東京工場にて、日本で初めてロックウールの量産化に成功
1939 昭和14	鶴見工場、王寺工場にて ロックウール製品の製造開始
1963 昭和38	U.S.ジブサム社と技術提携し、日アス鉱織(株)(現ニチアスセラテック(株))に新しくロックウール製造設備を設置
1965 昭和40	住宅用ロックウール断熱材「ホームマット®」発売
1967 昭和42	需要増加に伴い、ロックウール専用工場として郡山工場を開設 [MGウール, MGパイプカバー, ホームマット®]の生産開始
1986 昭和61	水耕栽培用ロックウール培地発売
1990 平成2	配管用ロックウール断熱材「MGマイティカバー®」発売
1995 平成7	PT. NICHIAS ROCKWOOL INDONESIA 設立 東南アジア市場向けに産業用ロックウール製品の生産を開始
1998 平成10	巻き付け耐火被覆材「マキベエ®」発売
2005 平成17	(株)堺ニチアス, (株)君津ロックウール設立
2012 平成24	PT. NICHIAS ROCKWOOL INDONESIA 第2工場開設 海外市場の需要増加に対応
2013 平成25	(株)君津ロックウール, 熔融スラグ法による新工場を開設し「ホームマット®」の生産開始 国際宇宙ステーションでの小豆栽培実験に「やさいはなブロック」が採用される

住宅用ロックウール断熱材「ホームマット®」の出荷量の推移

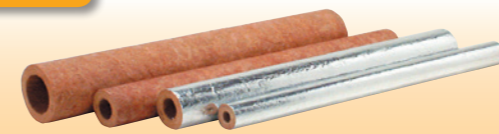


ニチアスグループのロックウール製造拠点



主なロックウール製品

産業用



配管用ロックウール断熱材「MGマイティカバー®」

住宅用



住宅用ロックウール断熱材「ホームマットNEO®」

耐火被覆



巻き付け耐火被覆材「マキベエ®」

農業資材



水耕栽培用ロックウール培地「やさいはなブロック」

®が付された製品名はニチアス(株)の登録商標です。

〈技術レポート〉

ロックウールの製造技術

技術本部 技術部 ロックウール事業推進室 室長 福島 康典

1. はじめに

ロックウールとは、一般にけい酸と酸化カルシウムを主成分とした高炉スラグ、玄武岩などの鉱物原料をキュボラや電気炉で1,500~1,600℃の高温で熔融し、遠心力などで吹き飛ばして繊維状にした人造の鉱物繊維をいう。

繊維状にしたロックウールは捕集され、用途に応じて解繊・粒状化して「粒状綿」に、またはバインダを添加して硬化炉で固め、一定の密度・厚さに調整して、ボード状、マット状などの「成形品」に加工し製品にする。

当社グループでは工場立地や用途に応じて最適な品質と価格でロックウールをお客さまに提供するため、さまざまな熔融方法、繊維化設備、成形設備を使い分け、多様なロックウール製品を生産している。

2. ロックウールの特長

ロックウールは図1の電子顕微鏡写真に示すように微細な人造鉱物繊維で、以下のような特長がある。

2.1 断熱性

微細な繊維の間に大量の空気を含むため、抜群の断熱効果を発揮する。

2.2 防音性

繊維質のロックウールは低周波から高周波に至る広い範囲で高い吸音性能を発揮する。

2.3 耐熱, 耐久性

原料に高炉スラグなど鉱物原料を使用してい

ることから、他の鉱物繊維と比較して高い耐熱性と耐久性を有する。

なお、製造時に表面処理を施すことにより、撥水性、保水性といった機能を製品に付与することができる。

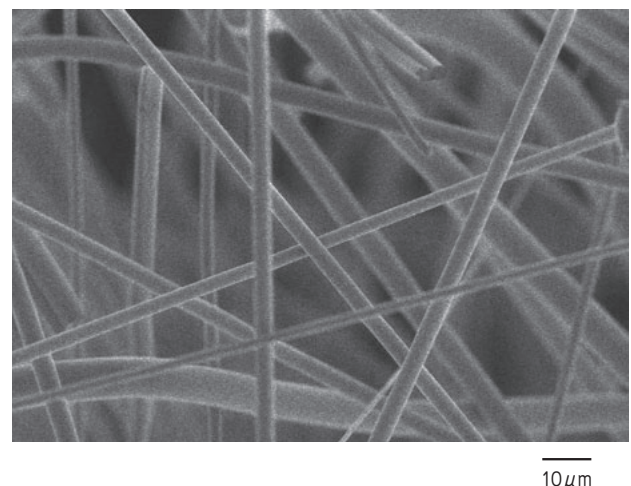


図1 ロックウールの電子顕微鏡写真

3. ロックウール製品の用途

前述のようなロックウールのさまざまな特長を活かし、以下のような用途に幅広く利用されている。

3.1 産業用ロックウール

断熱性、耐久性、防音性を活かしてプラント、発電設備や焼却設備の配管、煙道、タンクなどの保温、また騒音対策が不可避な空港施設や工業施設等での防音にも使用され、省エネルギーおよび環境改善に大きく貢献している。

用途に応じた形状が要求されることから、配管用として円筒状に成形した保温筒と呼ばれる製品やタンク、煙道などの施工に適した保温帯（ベルト）、フェルト、板状（ボード）などの製品がある（図2）。



図2 産業用ロックウール製品例

3.2 住宅用ロックウール

ロックウールは住宅用断熱材としてもさまざまな工法に対応し広く使用されており、省エネ時代には欠かせない材料として注目されている（図3）。



図3 住宅用ロックウール断熱材の施工例

3.3 耐火被覆用ロックウール

耐火被覆とは、主に建築物の鉄骨を火災時の熱から保護し、建築物の倒壊抑制や、避難の時

間を確保するためのものである。建物の規模や階数、用途に応じて建築基準法に規定された工法、材料で施工することが義務付けられている。

ロックウールは鉱物繊維の中でも特に高い耐火性を有していることから、耐火被覆の材料として最も多く使用されている。

工法には大きく分けて、吹き付け工法（ロックウール粒状綿を現場でセメントスラリーとともに専用の施工設備を使用して鉄骨などに吹き付けて使用）、巻き付け工法（ロックウール成形品を鉄骨に直接固定して使用）の2種類がある。巻き付け工法の施工例を図4に示す。



図4 巻き付け工法による耐火被覆の施工例

3.4 農業用ロックウール

ロックウールは適度な保水性を付与することで、土に代わる植物栽培用培地として利用されている。また高炉スラグや鉱物を原料としており、それ自身が肥料（けい酸質カルシウム肥料）として働く効果が確認されている。

このうち最も普及しているのが水稲育苗用培地で、高齢化の進んだ稲作農家では土よりも軽いロックウール培地が作業負担を軽減できるとして利用されているほか、野菜や花卉の温室栽培用培地としても広く利用されている。

ロックウール培地は軽量で保水性能が高く、安全な材料であることが認められ、2013年、ISS（国際宇宙ステーション）で行われた宇宙空間でのアズキの栽培実験にも使用された（図5）。



図5 ロックウール培地を使用した宇宙実験装置の模型

4. ロックウールの原料

ロックウールの原料は、日本では当社も含め高炉スラグを主原料にしたものが主流となっている。

高炉スラグは、製鉄所において銑鉄を製造する高炉で、鉄鉱石に含まれる鉄以外の成分と、副原料の石灰石やコークス中の灰分と一緒に溶融分離回収されたものである。高炉から排出されたスラグは、約1,500℃の溶融状態にあり、その冷却方法によって徐冷スラグと水砕スラグに分類される。

5. ロックウールの製造方法

ロックウール製品の製造工程の一例を図6の

模式図に示す。工程は大きく溶融工程、繊維化・集綿工程、成形工程に分かれる。

5.1 溶融工程

ロックウールの製造にはまず原料を溶融する必要がある、製品に応じた各種溶融方法がある。

5.1.1 キュボラ溶融

キュボラとはコークスを燃料とした特殊な溶融炉（図6の溶融炉に相当）で徐冷スラグを主原料に、各種用途に応じた副原料を任意に配合できる。この特長を活かし、当社グループでは住宅用ロックウール断熱材や保温材の生産のほか原料の多様性を生かして耐熱性の高いロックウール製品を生産している。

5.1.2 電気炉溶融

(1) 溶融スラグ方式

製鉄所で高炉から排出されたスラグを溶融状態のまま鋳物製の専用の運搬容器に入れ、貨車や専用台車で隣接するロックウール工場まで運ぶ（図7）。

運ばれた溶融状態のスラグと成分調整用の副原料を電気炉に投入し、電極を挿入して通電することで、スラグ自身の抵抗発熱により約1,500℃に加熱溶融する。

このように高炉から出た溶融状態のスラグを原料に使用することで、従来の徐冷スラグを使

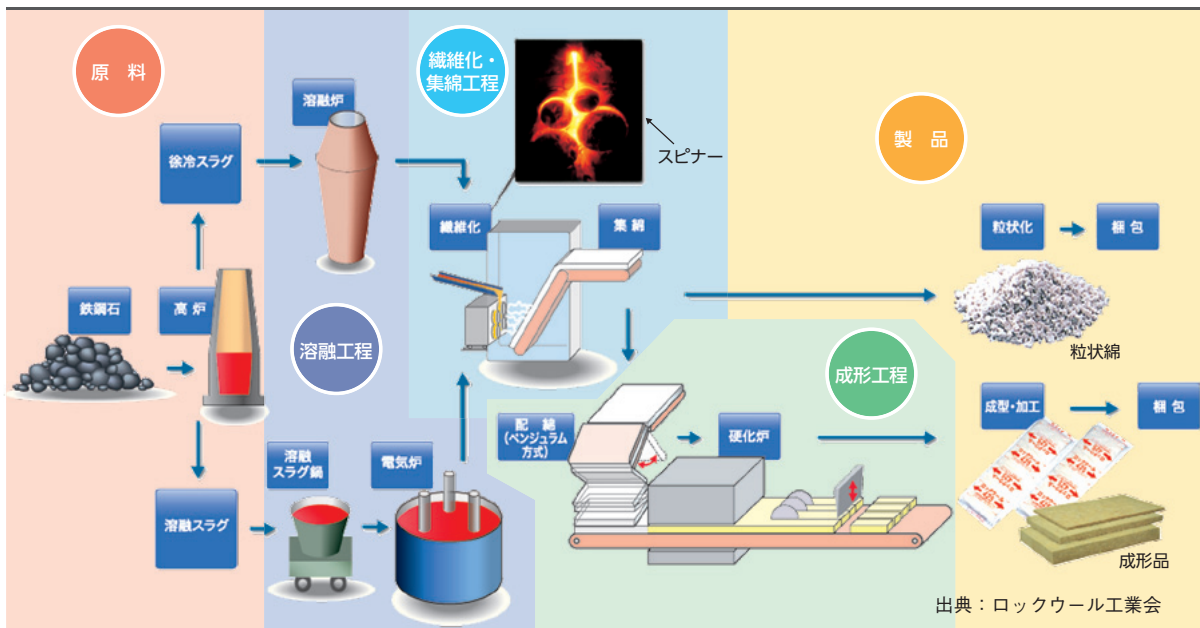


図6 ロックウールの製品の製造工程



図7 熔融状態の高炉スラグ

用する製法に比べると少ないエネルギーでロックウールを生産することができる。当社グループでは製鉄所内に立地する工場にて、この方式で粒状綿と住宅用ロックウール断熱材を生産している。

(2) 冷材方式

熔融スラグ方式に対して、水砕スラグを主原料として少量の成分調整材を加え抵抗加熱にて熔融する。必要に応じて熔融能力、生産規模を選べることから少量多品種の生産に向いている。当社グループでは保温筒の生産設備としてこの方式を採用している。

5.2 繊維化・集綿工程

約1,500℃の熔融状態となった原料はスピナーと呼ばれる高速回転する複数のホイールの遠心力と高速空気でチャンバー内に吹き飛ばされて繊維状となる。その際に繊維の表面に少量のバインダ樹脂を噴霧し、付着させる。

吹き飛ばされた繊維は集綿設備に設置されたネット上に連続的に薄くフェルト状に積る。

粒状綿はここでバインダの代わりに少量の発じん防止材を噴霧し、粒状に粉碎し、フルイで粒度調整したのち梱包工程に搬送のうえ圧縮梱包される。

5.3 成形工程

ネット上に薄いフェルト状に捕集した綿は必要な密度、厚さに応じてペンジュラム（Pendulum：振り子）と呼ばれる特殊な積層装置で積層し、均一なマット状に成形する。この装置の導入により、密度の均一性が前世代のロックウールにくらべて格段に向上した。

マット状のロックウールは硬化炉で圧縮しながら熱風を通過させることで、バインダ樹脂を硬化させると同時に、製品密度と厚さを調整する。

硬化工程を経て成形されたロックウール成品は切断加工の後、最終製品となり梱包して出荷される。

なお、ロックウールの生産工程で発生した副生物（裁断くずなど）は、再び炉内に投入して原料として使用することができる。したがって、廃棄物はほとんど発生しない。

6. おわりに

当社グループでは、2013年11月、新たに熔融スラグ法による住宅用ロックウール専用工場を増設した。この工場には1986年に日本で始めて熔融スラグ法で粒状綿を生産したラインがあり、新ラインはこれまで培った製造技術の集大成であるのはもちろん、国内外から最新の設備を導入したまさに最新鋭のロックウール工場である。

したがって、将来の省エネルギー基準の強化に応じ、さまざまな市場ニーズに合わせた製品ラインアップに対応可能な工場となっている。

本稿ではロックウール製品の概要とその製造方法について当社グループの事例を交えて紹介した。

ロックウール製品は副産物原料の有効利用から始まり、製品機能としての省エネ、その他の環境改善効果により、今後益々その需要が高まることは間違いない。

これからも当社グループは、より良いロックウール製造技術・製品の提供を通じて廃棄物削減、CO₂排出削減により環境負荷の少ない社会の構築に貢献したいと考えている。

筆者紹介



福島康典

技術本部 技術部 ロックウール事業推進室 室長

ロックウールの製造技術開発、製品開発およびロックウール事業に関わる企画、運営に従事

ロックウール工業会産業建設部会部会長

JIS 原案作成委員会委員

ISO/TC163/SC3 国内対策委員会委員

〈解説〉

環境に優しいロックウール

技術本部 環境管理室 室長 戸塚 優子

1. はじめに

ロックウールは、高炉スラグや天然の鉱石を原料とし、高温で熔融し、遠心力で繊維化した耐熱性に優れた人造の鉱物繊維です。

ハワイ島マウナロア火山の斜面で発見されたウール状の繊維をヒントに開発されたともいわれ、欧米では1880年代から、日本でも1938年に工業化され、産業用途から住宅用まで幅広い分野で使用されています。

ロックウールは、優れた断熱効果を有し、省エネルギーや、CO₂削減による地球温暖化防止に貢献します。

また、鉄や鋼を製造する工程で排出される副産物の高炉スラグを主原料としていること、さらにロックウール自体もリサイクルが可能な製品であるため、循環型社会にも貢献する製品です。

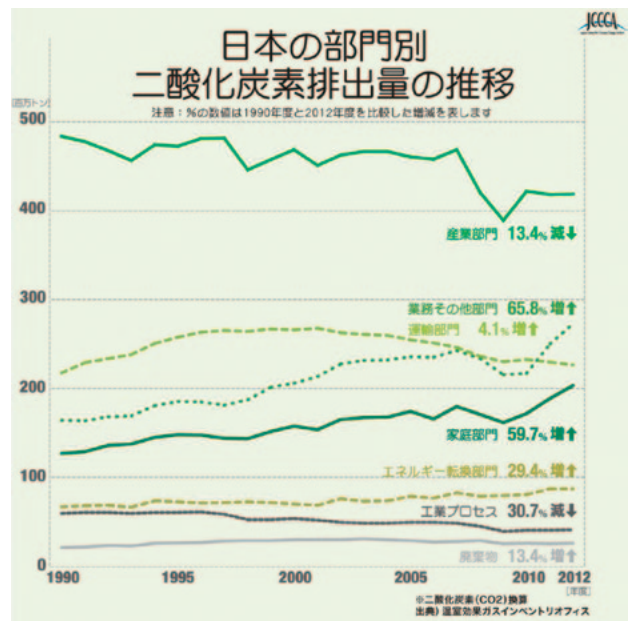
2. 地球温暖化防止に貢献するロックウール

2.1 地球温暖化の現状

2013年、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、将来の地球温暖化の進行などを分析した報告書¹⁾を公表しました。本報告書には、過去4回の報告書には記載の無かった「気候システムの温暖化については疑う余地がない」という強い記述が登場し、温暖化の進行が深刻であることが示されました。

地球温暖化の主要原因であるCO₂の起源について、図1に示します。

産業部門では省エネルギー化が進み、CO₂が



出典) 温室効果ガスインベントリオフィス
 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト (<http://www.jccca.org/>) より

図1 日本の部門別二酸化炭素排出量の推移

削減されている一方、業務部門や家庭部門では、1990年度に比べて約50%以上CO₂排出量が増大しています。

私たちの家庭では、以前と比べてエアコン・テレビなどの家電製品の保有台数が増え、自家用車の利用も増えています。さらに、ここ数年の猛暑でエアコンの稼働時間も長くなっており、エネルギー消費は増加の一方です。家電製品や自動車は便利で快適な生活を提供してくれる反面、エネルギーの大量消費で地球温暖化などの原因となっているため、家庭部門の省エネ対策が急務とされています。

2.2 住まいに優しいロックウール断熱材

家庭の省エネとして、『節電』『新型の省エネタイプの家電製品の購入』を思い浮かべる人が多いでしょう。最近では、建物の『断熱』も省エネ効果が高いということを理解している方も多いと思います。この住宅用断熱材にロックウールが使用されています。

住宅用ロックウール断熱材の効果については、2010年にロックウール工業会で確認しています²⁾。実施したシミュレーション結果を表1に示します。

表1 断熱材の有無による年間冷暖房エネルギーの違い

	札幌地区の家	
	断熱材がない家	等級4の家
消費電力	7,356kWh	2,230kWh
冷暖房電力費	16万2千円	4万9千円
排出CO ₂ 量	4.3t	1.3t

※等級4とは平成11年省エネルギー基準の家を建てた場合の結果
 ※CO₂排出係数は北海道電力の2008年度のデータを使用
 ※電力単価 22円/kWhで計算

この結果により、省エネ住宅（次世代省エネ基準相当）を建てると、冷暖房にかかるエネルギーが約70%も削減できることになり、冷暖房費も70%削減できます。シミュレーションした住宅の場合、年間で約11万3千円の節約となります。また、電力使用によるCO₂排出量も約3t削減することができます。これは杉216本が年間で吸収するCO₂量に匹敵します。省エネ住宅を4棟建てると、東京ドーム1個分の杉林を植林するのと同じ効果となり、地球温暖化防止に大きく貢献することになります。

住宅用ロックウール断熱材の施工などによる住宅の断熱性能の向上は、冷暖房費の削減効果だけでなく、居住者の健康にも影響を与えている話があります。英国保険省では、低い室温が健康障害を起こすとして、表2に示す室内の推奨温度の指針³⁾を出しています。

表2 健康に対する室内温度の影響

室内温度	影響
21℃	推奨温度
18℃	許容温度
16℃未満	呼吸器系疾患に影響有
9~12℃	血圧上昇, 心臓血管疾患のリスク
5℃	低体温症を起こすリスク

また、断熱性能の低い家から高い家に転居するとアレルギー性鼻炎、気管支喘息、高血圧性疾患などの有病率が改善したというデータも報告されています⁴⁾。

これらのデータにより、断熱性能の向上が居住者の健康性向上にもつながるということで、政府は省エネ効果とあわせて、断熱住宅に注視しています。

2.3 わが国における省エネ政策と住宅用断熱材

断熱材の重要性が浸透しつつある状況で、国土交通省は2012年7月に2020年までに住宅やビルなどすべての新築の建物を、次世代の省エネ基準に適合するよう義務付ける方針を定め、建築物の高断熱化を促進しています。

また、経済産業省は「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（通称：省エネ法）」を2013年に改正し、トップランナー制度に「建築物の外壁、窓等を通しての熱の損失の防止に供される建築材料」として住宅用断熱材を追加しました。トップランナー制度とは、自動車や家電製品などエネルギー消費をする機器に、省エネ性能の向上に関する目標値を設定する制度です。各製造メーカーがこの目標を達成するため、例えば自動車ではエネルギー消費効率を約50%も改善するなど、大きな実績をあげています。従来、トップランナー制度はエネルギー消費機器を対象にしました。本改正で、「エネルギー消費を抑制する製品」も、今後の地球温暖化防止の一翼を担うということが表明されたということです。住宅用ロックウール断熱材は、2020年度までに、断熱性能（熱伝導率）を0.5%以上向上させることが求められています。

3. 循環型社会に貢献するロックウール

3.1 リサイクル材料を原料とするロックウール

ロックウールの主原料は、「鉄や鋼を製造する工程で排出される副産物（廃棄物）の高炉スラグ」です。この廃棄物を再生原料として約8割使用しています。

リサイクル材料を使用する製品など、エコ製品の普及促進のため、「国等による環境物品等の調達等に関する法律（通称：グリーン購入法）」

が制定されています。国や地方自治団体は率先して、グリーン購入法で選定されたエコ製品を購入することが義務付けられています。

「住宅用ロックウール断熱材」は、オゾン層破壊物質や代替フロンなどを使用していないこと、またリサイクル材料を用いているものとして、グリーン購入法の調達品目に選定されています。

3.2 リサイクル可能なロックウール

過去にはロックウール製品の廃棄物処理は、「処理困難物」として埋立て処分するしか方法がありませんでした。しかし、原料として再利用するための廃材の粉碎設備やブリック化設備を導入することで、ロックウール製品廃棄物のリサイクルが可能になりました。

また、同時期に環境省が「広域認定制度」を開始しました。廃棄物の引き取りのためには、廃棄物処分業者の資格が必要ですが、この資格の取得は高いハードルがあり、なかなか取得できるものではありません。そのため、環境省は廃棄物の減量、その他の適正な処理が確保されることを目的として、処分業者の資格なしに、自社で製造した製品について、回収し再生利用することを認める特例制度をスタートさせました。

広域認定制度開始時から弊社はロックウール製品の廃材に関して認定を取得してきました。現在は、表3に示すニチアスグループのロックウール製造、販売に関わる計5社で認定を取得し、ロックウール製品廃棄物を年間700t程度リサイクルしています。

表3 ニチアスグループの広域認定取得会社

- ・ニチアス株式会社
- ・ニチアスセラテック株式会社
- ・株式会社堺ニチアス
- ・株式会社君津ロックウール
- ・日本ロックウール株式会社

4. 環境に優しいロックウール製造方法を目指して

4.1 ロックウール製造時の環境影響

前述のとおり、ロックウール製品は住宅や産業分野の省エネに貢献していますが、ロックウール製品を製造するためにはエネルギーを消費し、

環境影響を生じます。

ロックウール製品の製造工程における主な環境影響は、原料溶融時のエネルギー使用によるCO₂排出、燃料使用による大気汚染物質排出と、さまざまな工程から排出される廃棄物です。ロックウール製造工場では、これら環境影響を削減する取り組みを以下のように実施しています。

4.2 ロックウール製品製造時のCO₂排出量削減

ロックウール製品の製造工程を図2に示します。まず原料を溶融することが必要であり、その方法にはキュボラ炉（図2の溶融炉に相当）方式と電気炉方式の二種類があります。

キュボラ炉の場合、燃料にコークスを大量に使用します。コークスには、硫黄分が含まれるため、悪臭物質である硫化水素や気管支ぜんそくの原因となる硫黄酸化物が排ガス中に生成します。これらの大気汚染物質を排出しないために、高温燃焼の脱臭炉や脱硫装置などの排ガス処理装置を稼働するため、さらにエネルギーが必要になります。

一方、電気炉の場合、使用エネルギーは購入電力だけなので、電力会社でCO₂は排出しますが、工場では大気汚染物質は排出しないため、排ガス処理装置は必要ありません。

2013年に新設した住宅用ロックウール断熱材製造ラインは製鉄所構内にあるため、溶融状態のスラグを利用することができ、電気炉での溶融エネルギーを格段に減少することができました。

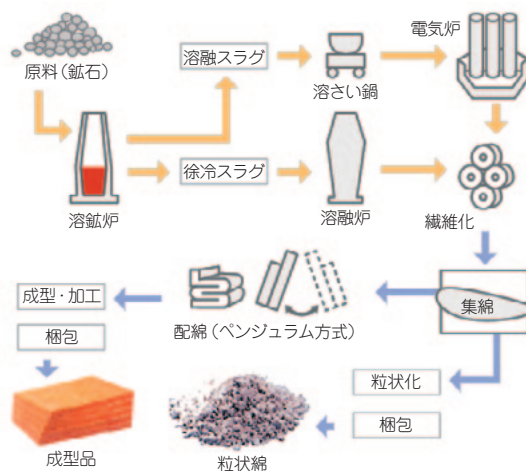


図2 ロックウール製品の製造工程
(出典 ロックウール工業会)

従来のキュボラ炉を使用した場合と、熔融スラグを原料として電気炉を使用した場合（以下、熔融スラグ法）の住宅用ロックウール断熱材製造時に発生するCO₂排出量を表4に示します。

熔融スラグ法ではCO₂排出量が従来のキュボラ炉法の約6割削減となりました。熔融スラグ法は少ないCO₂排出だけでなく、大気汚染物質の排出も少ないため環境に優しい製法です。

表4 住宅用ロックウール断熱材製造時に発生するCO₂排出量

熔融方法	キュボラ炉法	熔融スラグ法
CO ₂ 排出量 (t)	2.4	1.0

※等級4（平成11年省エネルギー基準）の札幌地区における家1軒施工分の住宅用ロックウール断熱材で算出

4.3 ロックウール製品製造時の産業廃棄物削減

ロックウール製品製造工程では、繊維化されなかったショットくず、製品サイズにあわせて切断した耳くずや不良品などさまざまなロックウール製品と同一成分の廃材が発生します。同一成分とはいえ、発生する廃材は、粉末状や繊維状、綿状、塊状とさまざまな形状をもっているため、そのままでは、リサイクルできません。キュボラ炉法の場合、燃料や原料と同じこぶし大の大きさにする必要があり、リサイクルは困難と考えられていました。

このようななかニチアスセラテックにおいて、景観材に使用されるインターロッキングブロックをヒントに、廃材のブリック化設備を導入し、リサイクルを可能にしました。その後、堺ニチアスにおいても同設備が導入され、図3に示すとおり、

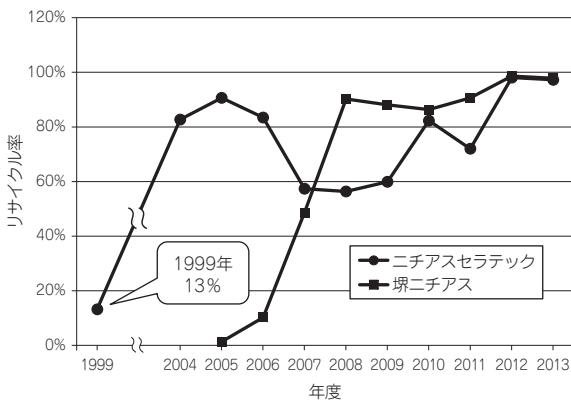


図3 ロックウール廃材の社内リサイクル率の推移

両社ともリサイクル率が増加し、廃棄物排出量が激減しました。

両社においては、ブリック化設備導入以降も、粉碎機や分別装置などを導入し、廃棄物量ゼロを目指して、さらなる廃棄物削減活動を推進しています。

5. ロックウール製品のライフサイクルを通じた地球温暖化防止への貢献

住宅用ロックウール断熱材の使用により、住宅の冷暖房エネルギーを大幅に削減できる一方、製造時にはエネルギーを多量に使用することを前述しました。断熱材の本来の目的は、エネルギーコストの削減ではなく、断熱材の原料採取・製造・運送・施工・廃棄のライフサイクルにおけるトータルなCO₂排出量の削減による地球温暖化防止です。今回は簡易的に製造・使用時のCO₂排出量を試算しました。その結果を表5に示します。製造時のCO₂排出量は、熔融スラグ法であればわずか4ヶ月で住宅の冷暖房削減によるCO₂排出量の削減効果で相殺されます。キュボラ炉法においても1年もたたないうちに相殺される量です。住宅の耐用年数を30年と考えると、トータルで87~89tのCO₂を削減できることを確認しました。

なお、産業用ロックウール保温断熱材については、CO₂削減量をシミュレーションしていませんが、住宅より過酷な状況で使用されているため、CO₂削減量はさらに多いことが予測されます。トータルにみても、ロックウールは地球温暖化防止に貢献しています。

表5 住宅用ロックウール断熱材使用によるCO₂排出量削減量（試算）

製造方法	断熱材製造時のCO ₂ 排出量 (t)	断熱材使用によるCO ₂ 排出削減量 (t)	
		年間	30年間
キュボラ炉法	2.4	-3	-90
熔融スラグ法	1.0		

※等級4（平成11年省エネルギー基準）の札幌地区における家1軒施工分の住宅用ロックウール断熱材で算出

6. おわりに

ロックウール製品は、地球温暖化防止に貢献する製品として、ここ数年より注目されるようになりました。2020年度までに省エネ法トップランナー基準に合致するよう、断熱性能の向上が弊社に課せられた義務です。一方、ロックウール製造時には、少なからず環境に負荷を与えています。弊社では、その環境負荷を最小限にして、地球環境に貢献するロックウール製品を製造できるよう技術開発を行うとともに、日々の製造管理も行っていく所存です。

参考文献

- 1) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書 (2013)
- 2) ロックウール工業会, 2010年版室内温熱解析用ソフトを用いた戸建住宅の省エネ調査 (2011)
- 3) U.K. of Department of Health : Annual report of the Chief Medical Officer 2009 (2010)
- 4) 伊香賀俊治, 江口里佳, 村上周三ほか: 健康維持がもたらす間接的便益 (NEB) を考慮した住宅断熱の投資評価, 日本建築学会環境系論文集, Vol.76, N.666 (2011)

筆者紹介

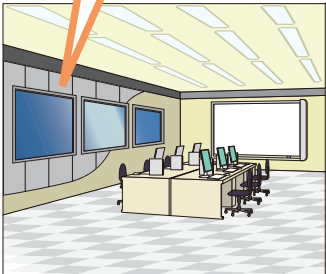


戸塚優子

技術本部 環境管理室 室長
環境対策に従事
博士 (工学)
ロックウール工業会 環境委員長

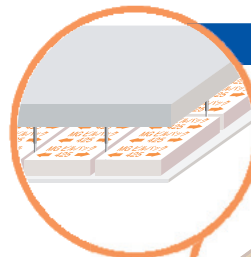
ニチアスのビル向けロックウール新製品

防湿層付
耐熱ロックウール断熱材
「マキベエ®ダンネツ」
詳細は P.16～

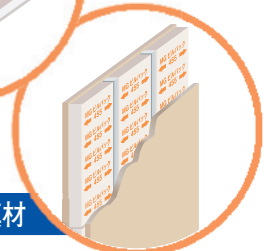


オフィスビル

断熱性, 吸音性, 施工性に優れた
建築用防音・断熱材
「MGビルパック®」
詳細は P.14～

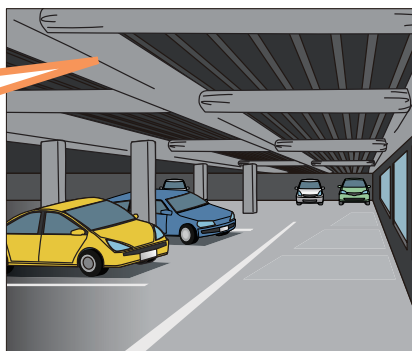


天井敷き断熱材



間仕切り壁充填材

より意匠性を高めた
乾式巻き付け耐火被覆材
「マキベエ®」新仕様品
詳細は P.19～



立体駐車場

〈新製品紹介〉

建築用防音・断熱材

「MGビルパック®」

建材事業本部 技術開発部

1. はじめに

オフィスビルや工場などの非住宅建築物では、防音性や断熱性が求められる乾式工法の天井や間仕切壁などの部位に各種吸音・断熱材が使用されています。

このたび、これら天井、間仕切壁向けに、弊社が長年培ってきたロックウール製品技術を活かし、断熱性、防音性に優れ、かつ施工性に優れた建築用断熱材「MGビルパック®」を新たに開発しましたのでご紹介します。

2. 製品概要

2.1 製品構造

MGビルパック®はマット状に成形したロックウール基材の周囲を、ポリエチレンフィルムおよび有孔ポリエチレンフィルムで6面パックした製品です（図1）。



図1 製品外観

2.2 製品仕様

MGビルパック®の製品仕様を表1に示します。

表1 製品仕様

使用部位	寸法 (mm)			入数 (枚)	不燃認定番号	ホルムアルデヒド放散等級
	厚さ	幅	長さ			
天井	55	425	1360	21	NM-3387	F☆☆☆☆ ^注
	100			11		
壁	55	303	1360	16		
		455	1210	19		

注：ホルムアルデヒド発散建築材料の放散速度に応じて分類される等級。F☆☆☆☆はホルムアルデヒドの放散量が少なく内装仕上げの面積制限を受けることなく使用できます。

またJIS A 9521「住宅用人造鉱物繊維断熱材」適合製品です。なお、基材のロックウールには以下の特長があります。

- ①断熱性
熱伝導率が0.038W/(m・K)と低く、優れた断熱性能を有します。
- ②耐火、耐熱性
700℃で加熱しても形状を保持。万一の火災が発生しても延焼や類焼に強く、耐熱温度は建築用断熱材の中でトップです。
- ③吸音、遮音性
ロックウールは繊維系断熱材の中でも密度が高いため吸音、遮音性能に優れます。
- ④耐水、耐久性
本製品で使用されているロックウールは水をはじき、水分を吸いにくい特性を持っていますので、結露の心配が少ないです。また無機質の断熱材ですので、長期間使用しても腐食したり風化したりしない丈夫な素材です。

3. 用途

オフィスビルや工場などの非住宅建築物における用途を下記に示します。

- ・乾式2重壁（間仕切壁）の防音，断熱
- ・天井の防音，断熱

MGビルパック®の施工例を図2, 3に示します。



図2 間仕切壁施工例



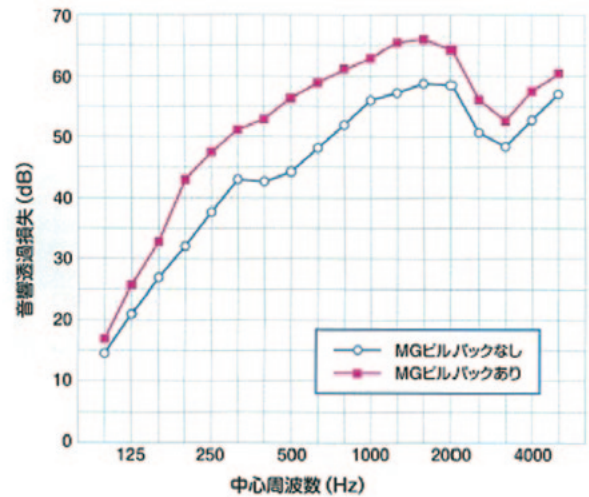
図3 天井施工例

4. 性能

MGビルパック®の特性を表2に示します。また、MGビルパック®を入れた壁と入れない壁の遮音性能の比較を図4に示します。評価は音響透過損失で行いました。音響透過損失が大きいほど遮音性能に優れます。

表2 特性

	厚さ (mm)	
	55	100
熱抵抗 (m ² ·K/W)	1.4	2.6
密度 (kg/m ³)	40±10	



平成25年7月 測定機関：(一財)小林理学研究所

図4 MGビルパック®の有無による遮音性能の比較

MGビルパック®を入れた壁は、遮音性能が向上することがわかります。これは、中空二重壁の中にロックウールを充填すると、面材間の太鼓現象が抑えられ、全体の音エネルギーを吸収するためです。

5. おわりに

ビル用断熱材として施工性に優れたロックウール6面パック品MGビルパック®を2014年11月より販売いたしますのでご採用いただければ幸いです。

なお、本製品に関するお問合せは、建材事業本部 技術開発部までお願いいたします。

* 「ビルパック」はニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり、保証値ではありません。

〈新製品紹介〉

防湿層付耐熱ロックウール断熱材

TOMBO™ No.5520-D 「マキベエ® ダンネツ」

建材事業本部 技術開発部

1. はじめに

オフィスビルや店舗などの非住宅建築物では、建物の壁面や床面に現場発泡ウレタンを吹き付けて断熱性能を確保することが一般的です。

しかしながら、現場発泡ウレタンは不燃性でないため、露出しての使用は好ましくありません。また、建設工事中に現場発泡ウレタンの上に溶接火花が落下し、火災事故が発生した事例も見受けられます。このような背景から断熱材にも防火性が求められるようになってきています。

これを受け、不燃認定を有し、かつ断熱性にも優れる耐火被覆材TOMBO™ No.5520「マキベエ®」を基に内断熱用に開発した、TOMBO™ No.5520-D「マキベエ®ダンネツ」を製品化しましたのでご紹介します。

2. 製品概要

2.1 製品構造

マキベエ®ダンネツの製品構造を図1に示します。マキベエ®ダンネツは、不織布補強アルミポリエステルフィルム（以下不織布貼りALPという）、耐熱ロックウール、不織布の3層から構成されています。3層はそれぞれ異なる機能を有しており、不織布貼りALPは防湿性、耐熱ロックウールは断熱性、不織布は施工性を担っています。

2.2 製品仕様

マキベエ®ダンネツの外観を図2に、製品仕様を表1に示します。マキベエ®ダンネツの梱包形態はロール状となっており、防湿性を持つ不織

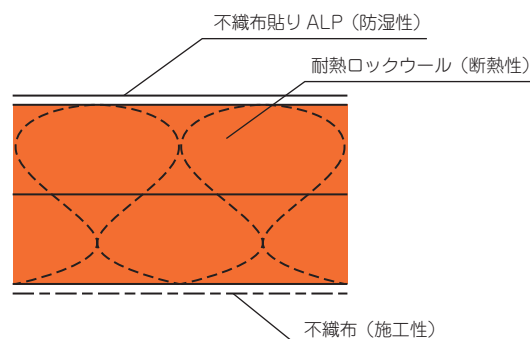


図1 製品構造



図2 製品外観

表1 製品仕様

厚さ (mm)	幅×長さ (mm)	梱包形態	不燃認定	ホルムアルデヒド放散等級
25	925×8000	ロール	取得申請中	F☆☆☆☆ ^{注2}
50 ^{注1}	925×4000			

注1：50mmは特注品となります。

注2：ホルムアルデヒド発散建築材料の放散速度に応じて分類される等級。F☆☆☆☆はホルムアルデヒドの放散量が少なく内装仕上げの面積制限を受けることなく使用できます。

布貼りALP面を内側にするすることで、運搬・開梱作業時の傷付きを防止しています。また、不織布貼りALPの表面には、施工不良の発生を防止するために、施工上の注意事項が印字されています。

3. 特長

マキベエ®ダンネットの特長を以下に示します。

3.1 断熱性

基材の耐熱ロックウールは断熱性に優れ、繊維系断熱材の中ではトップクラスの断熱性能を有します。

3.2 不燃性

不燃相当の性能を有することを確認しています。防火材料（区分：不燃）の国土交通省大臣認定を取得手続き中です。

3.3 防湿性

不織布貼りALPが耐熱ロックウール内部への湿気流入を防止するため、内部結露を抑制します。

3.4 ホルムアルデヒド放散特性

ホルムアルデヒド放散等級（区分：F☆☆☆☆）の国土交通省大臣認定を取得しています。

4. 断熱性の比較

マキベエ®ダンネットの物性値を表2に示します。

表2 物性値

項目	測定値	設計値
熱伝導率 W/(m・K) (25±2℃, 25mm品)	0.033	0.034
不織布貼りALPの透湿抵抗値 ×10 ⁻³ m ² ・s・Pa/ng	500以上	82 JIS A 6930相当

※断熱計算時は、設計値を使用してください。

各種断熱材料との断熱性の比較を、市販の断熱計算ソフトウェアを用いて試算しました。断熱計算時の構成を図3に、設定条件を表3に、断熱計算結果を表4に示します。計算は冬季を想定しています。マキベエ®ダンネットは他材料と比較すると、室内側表面温度を高く保つことができ、かつ防露性にも優れる結果が得られました。

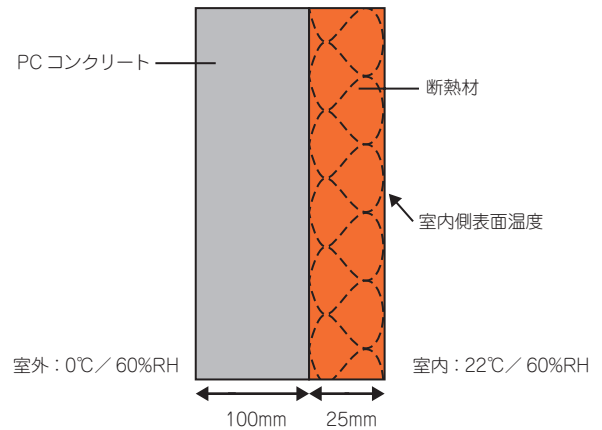


図3 断熱計算時の構成

表3 設定条件

項目	設定値	
PCコンクリート厚さ (mm)	100	
断熱材厚さ (mm)	25	
室内側温度 °C/相対湿度 %RH	22 / 60	
室外側温度 °C/相対湿度 %RH	0 / 60	
熱伝導率 W/(m・K)	マキベエ®ダンネット	0.034
	現場発泡ウレタン	0.034
	吹付けロックウール	0.055
透湿抵抗値 ×10 ⁻³ m ² ・s・Pa/ng	マキベエ®ダンネット	82
	現場発泡ウレタン	13
	吹付けロックウール	0

※現場発泡ウレタン、吹付けロックウールの設定値は断熱計算ソフトの値を使用

表4 断熱計算結果

断熱材	室内側表面温度 °C	結露水量 g/(m ² ・hr)
マキベエ®ダンネット	19.5	0
現場発泡ウレタン	19.5	2
吹付けロックウール	18.5	11
断熱材なし	10.9	35

※本結果は計算値であり、保証値ではありません。

5. 用途

マキベエ®ダンネットは、以下の用途での使用を想定しております。

- ・事務所ビルや店舗の内断熱
- ・機械室の断熱吸音

6. 注意事項

マキベエ®ダンネットは下記のような用途、場所では使用することができませんのでご注意ください。

- ・耐火被覆用途
- ・外断熱用途
- ・冷蔵倉庫，冷凍倉庫での断熱用途
- ・屋外，風雨に晒される場所での使用

7. おわりに

本稿では，お客さまからのご要望より生まれた新製品「マキベエ®ダンネット」について紹介しました。今後もお客さまのニーズに応えられる機能性に富んだ製品を開発していく所存ですので，忌憚のないご意見・ご要望を頂ければ幸いです。

本製品に関するお問い合わせは，建材事業本部技術開発部までお願いします。

* 「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

* 「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり，保証値ではありません。

〈新製品紹介〉

乾式巻き付け耐火被覆材

TOMBO™ No.5520 「マキベエ®」 新仕様品

建材事業本部 技術開発部

1. はじめに

弊社製品「マキベエ®」は耐熱ロックウールマットの表面に着色不織布を施した乾式巻き付け耐火被覆材です。耐火性，施工性，低発じん性などに優れ，震動や層間変位に強いことから多くの建物でご採用いただいています。

しかしながら，近年，天井レスのビル・店舗，倉庫などでは，耐火被覆材にも意匠性がより求められるようになりました。

弊社では，これらのご要望にお応えして，耐火認定や不燃認定に適合し，さらに意匠性を高めたマキベエ®の新仕様品をラインアップしましたのでご紹介します。

2. 製品概要

2.1 製品構造

新仕様品と現行マキベエ®との比較を表1に示します。

表1 マキベエ®新仕様品と現行品の比較

	新仕様品			現行品
	ホワイトシルバー	ブラックシルバー	クリア	—
表面材の色	白系	黒系	アルミ色	黄土色
表面材の仕様	不織布+ALP			不織布
特長	基材の透けが無い		防じん性に優れる	施工性が良い

マキベエ®新仕様品は，耐熱ロックウールの基材に，表面材としてアルミポリエステルフィルム（以下ALPという）と不織布（白，黒）を貼り付けた構造になっています。カラーバリエーションとして，ホワイトシルバー（白系），ブラックシルバー（黒系），クリア（アルミ色）の3種類があります。ホワイトシルバー，およびブラックシルバーの構造を図1に，クリアを図2に示します。

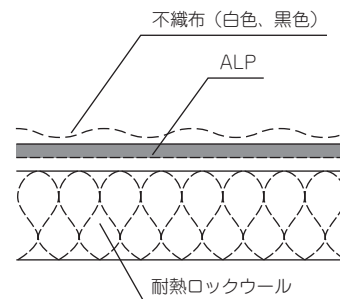


図1 ホワイトシルバー，ブラックシルバーの構造

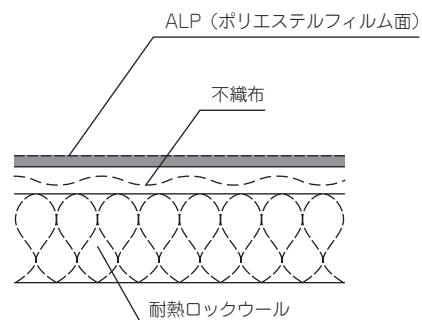


図2 クリアの構造

ホワイトおよびブラックシルバーは、ALPに不織布を貼り付けているため、基材の耐熱ロックウールが透けず、独特の風合いでの仕上がりが得られ、建築物のデザインの幅が広がります。またクリアは、ALPのポリエステルフィルム面が表となっていますので、防じん性に優れます。

2.2 製品仕様

新仕様品は、現行マキベエ®と同様に、厚さ20mm、40mm、65mmの3種類となっています。製品仕様を表2に示します。また、表面材の外観を図3~5にそれぞれ示します（表面材の仕様は表1に記載）。

表2 製品仕様

厚さ (mm)	密度 (kg/m ³)	幅 [働き幅] × 長さ (mm)
20	80~120	925 [915] × 10000
40	80~120	925 [915] × 6000
65	90~130	925 [895] × 3000

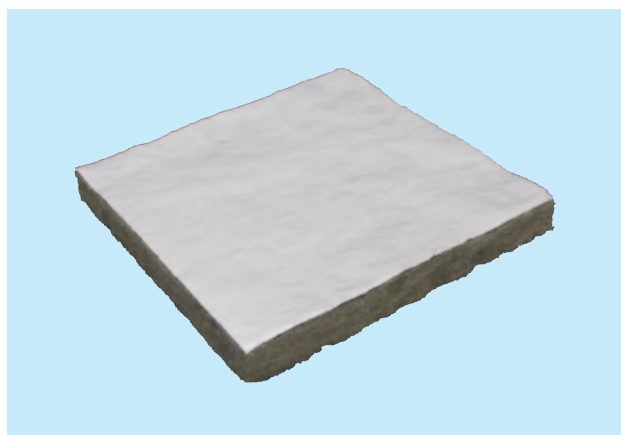


図3 ホワイトシルバー（白系）の外観

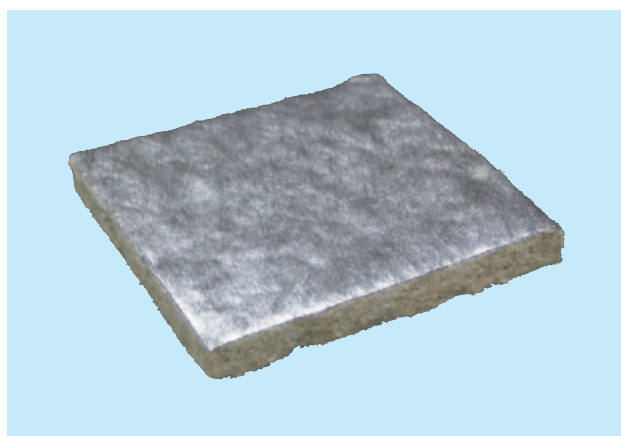


図4 ブラックシルバー（黒系）の外観

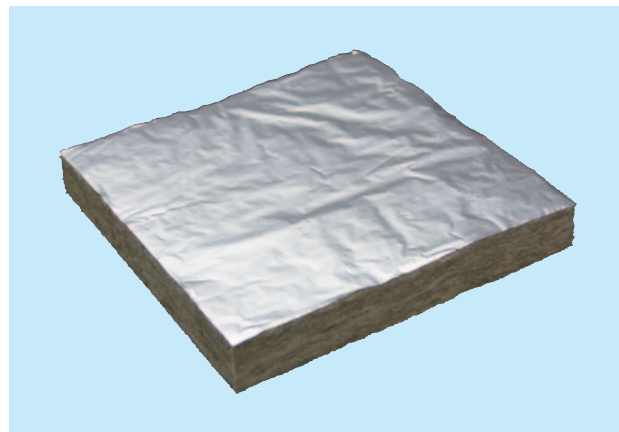


図5 クリアの外観

3. 推奨施工例

推奨施工例を図6に示します。特に意匠性が重視される見え掛かり部への施工に関しては、目地テープ、小口隠し、固定ピン脱落防止措置などが必要となります。

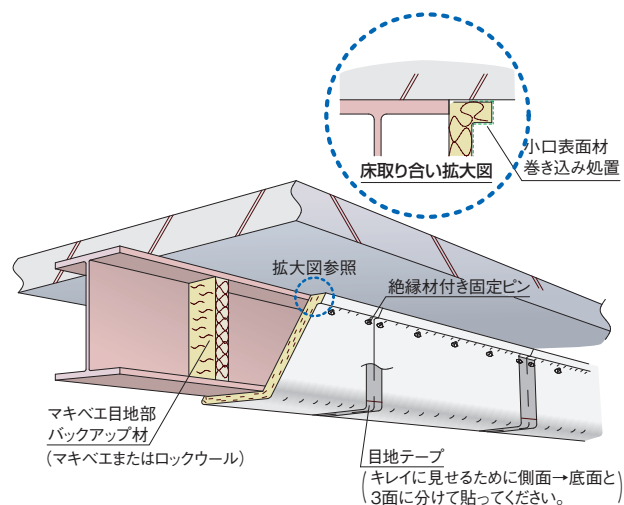


図6 推奨施工例

4. 特長

カラーバリエーションは3種類から選ぶことができ、天井レスの事務所ビル、店舗、倉庫、工場に最適な耐火被覆材です。

また、現行のマキベエ®と同様の耐火認定、不燃認定が適用できます。

5. おわりに

本稿では、お客さまからのご要望より生まれたマキベエ®新仕様品について紹介しました。今後も機能性に富んだ製品を開発し、お客さまのニーズにお応えしていく所存です。忌憚のないご意見・ご要望をいただければ幸いです。

なお、本製品に関するお問い合わせは、建材事業本部 技術開発部までお願いします。

- * 「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
- * 「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。

〈寄稿〉

今後の石油供給問題がエンジン技術に与える影響（後編） —石油供給減少下におけるエンジン技術—

株式会社テクノバ シニアアドバイザー 中田 雅彦

本稿はニチアス技術時報 2014 No.3「今後の石油供給問題がエンジン技術に与える影響（前編）」の後編です。前編の構成は次の通りです。なお、図・表番号は前編からの通し番号とし、引用・参考文献番号は1) から起こしました。

- 1. 内燃機関と石油の関わり
 - 1.1 内燃機関と石油の関わり の歴史
 - 1.2 内燃機関と石油の関わり の今後
- 2. 石油供給の将来予測
 - 2.1 石油の可採埋蔵量に基づく将来予測
 - 2.2 種々の石油供給予測の検討
 - 2.3 石油供給の将来予測のまとめ

3. 石油と経済の関わり

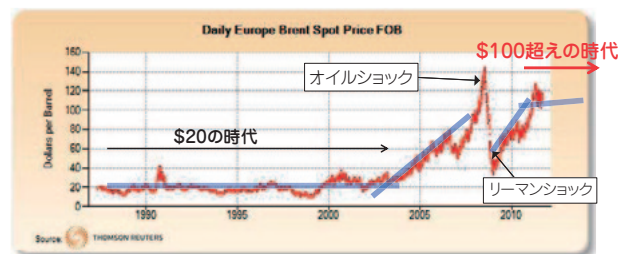
2020年前後から世界の石油供給量は徐々に減少していく可能性があるとして前2項において指摘した。世界の石油供給量が減少すると、当然のことながら、まず、ガソリンや軽油の入手性の問題が懸念される。この懸念としてはまず、燃料価格の上昇問題と、長期的には石油に替わる新しい燃料（代替燃料）をどうするかという問題として表れる。見落とされがちなもの一つの重要な問題として、石油が経済に与える影響がある。ここでは、石油と経済の関わりについて述べる。

3.1 石油価格

2000年頃までは石油価格は \$20/バレル (Brent, 以下同じ) 程度であったのが、2010年以降はほぼ \$100/バレルの高値で安定している。図7に石油価格の推移を示す。

既に安価な在来型石油の大半を人類は消費してしまい、今後は高価な非在来型石油に頼らざるを得なくなっているからである。資材費や人件費の上昇が今後も続くと考えられるので、石

油生産コストは今後さらに上昇していくであろう。また、中東の産油国などは、国家財政維持のために必要な財源を実質的な生産コストに上乗せして、輸出石油価格にすることを要求している。例えば、サウジアラビアは直接的な生産コストは \$20-30/バレル程度と見積もられているが、\$100/バレル程度の市場価格を要求している。以上のようないくつかの理由により、世界大恐慌が起こらない限り、今後石油価格が



この10年で5倍に。\$100/バレル超えの時代に突入

- 要因
- (1) 需給逼迫 ← 中印の需要増加 + 生産の停滞
 - (2) 石油開発・生産コストの上昇
 - (3) 産油国の国家財政の赤字化防止
- } \$100/バレル近い

(THOMSON REUTERS社発表資料より引用)

図7 石油価格の変遷

\$100/バレルを大幅に下回ることはないと考えられる。

では、石油価格は今後際限なく上昇し続けるかということ、必ずしもそうではない。これについては後述する。

3.2 石油価格が経済に与える影響

人類の歴史とエネルギー消費増大の様子を図8に示す。ワットの蒸気機関（1785年発明）に代表される動力機械が発明され、まず石炭がそれらの燃料として使われ始めて消費が増大し石炭の時代が先行した。その後1859年に石油が発見され、1870年頃に発明された内燃機関に利用され始めて、石油の消費が急速に増大し石油時代に移行した。動力機械と化石燃料の組合せから得られる労働力は人間の労働力よりはるかに強力であり、長時間持続でき、安価であるために、生産性が格段と向上した（筆者の概算では約600倍）。このために産業の工業化が進み、GDPが急増した。図8の中に示すように、1900年頃からエネルギー消費とGDPは良い相関を示しながら現在まで急増している。

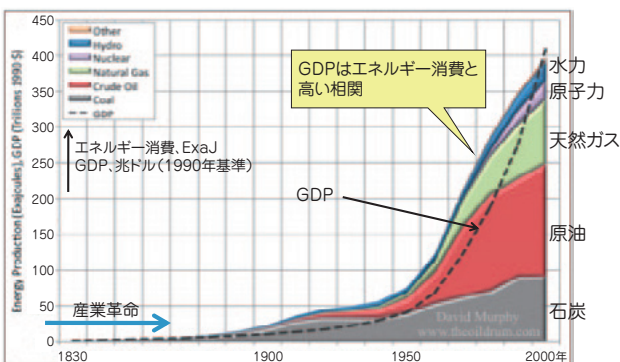
既に図7にて示したように2000年頃までは石油価格は\$20/バレル以下という安価であった。したがって、今まで世界の経済は安価で豊富な石油エネルギーに頼って成長してきたと言える。裏を返せば、石油の高価格が継続すれば、今後の経済成長が止まる可能性があることになる。

図9に示すように、米国の歴史において「 $\frac{\text{石油支出}}{\text{GDP}} > 4\%$ 」で経済不況が発生したと報告され

ている。この「 $\frac{\text{石油支出}}{\text{GDP}} > 4\%$ 」は現時点では「石油価格>\$102」に相当する。この石油価格が米国経済の成り立つ（経済不況が起きない）限界となる。現在既にこの価格に達しているので、石油価格が高いがゆえに米国経済は低迷していると主張する経済専門家もいる。石油価格が現状のレベルを維持するならば、今後経済は回復できないということになる。米国における石油価格と経済の関係はOECD諸国にもほぼ適用できると考えられるので、2008年のリーマン危機から完全には脱却できないまま、今後も世界経済は停滞することになる。

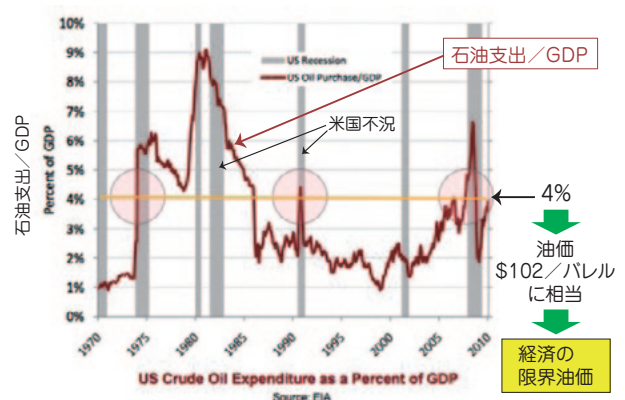
石油の高価格が経済不況を引き起こす理由は次のように説明されている。

- ・産業の視点：石油価格の上昇に加えて、新興国の生産能力向上、新興国の低賃金などにより、先進国の産業の収益性が低下し、経済停滞が発生する。先進国における従来のような産業立国、貿易立国が今後は成立しにくくなっていると言える。
- ・国民生活の視点：上述の産業の停滞のために個人の収入が減少する。これに加えて、石油価格の上昇は全ての生産物のコストの上昇を引き起こし、国民の可処分所得を減少させ、購買意欲を低下させ、経済が停滞する。この状態が進めば、産業も一層停滞して失業者は増加し、社会においては治安が悪化することもある。欧州の中にはすでにこのような状態に達している国もある。



(David Murphy www. thcoildrum.com より引用)

図8 エネルギー消費とGDPの相関（世界）



(Douglas Westwood 社発表資料, 2011 より引用)

図9 石油価格上昇と経済不況との関係（米国）

先に述べたように、安い石油が豊富に供給されなければ経済発展は望めなくなる。そうであるならば、石油に替わる新しいエネルギーの提案が仮にあっても、その価格が現在の石油価格より高ければ、経済は回復しないことになる。現時点では、石油より安く入手できる可能性のある代替エネルギーは原子力発電以外には見当たらない。

3.3 石油価格の今後

石油の生産コストの上昇などの理由により、今後（世界大恐慌のような大変事が起こらないかぎり）石油価格が\$100/バレルを大幅に下回ることはないと3.1項で述べた。

一方、あまりに高い石油価格は3.2項に示したように、経済不況を招くことになる。その結果、産業が低迷し、個人レベルの収入も減少し、失業が増加するので、石油の需要が減少することになり、石油価格を押し下げる力が働く。したがって、石油価格が際限もなく上昇し続けることはないと考えられている。現に、日本を含めてOECD諸国では、多くの国の経済が停滞しているために石油消費が減少している。また、高い石油を消費することを避ける自衛措置が個人や国家により取られて消費量が減少する方向にすでに向いている。個人レベルでも、自動車の燃料費や家庭の光熱費を減少させる努力もされている。自動車用の石油代替燃料の利用を促進するための政策もとられている。長期的には、石油の消費を一層減らすために、多くの国で自動車の燃費規制強化が進められている。これらの結果として石油消費も減少傾向にある。

重要なことは、経済原理に基づけば、通常の物品は需給が逼迫すれば価格は高騰し続けるが、石油の場合はそのようなことはないということである。2010年以降石油価格は多少の振れ幅の範囲で、一定の値を保っていることは、この主張がもっともであることを裏付けている。

石油価格の上昇する限界は、経済が破壊される石油価格であることをすでに述べた。現時点では米国において\$100/バレルあたりである。その国の石油のエネルギー利用効率が高ければこの限界価格は、高い方に変化するであろう。

この利用効率は1-2%/年の比率で向上していると言われている。したがって、この程度の割合で経済に対する石油の限界価格は上昇していく可能性はある。1.5%で上昇するとすれば、2030年には、限界石油価格は\$130/バレル程度となる。

以上の考察より、2030年時点で石油価格が現在の価格から3倍、4倍に高騰することはないと考えて良さそうである。

3.4 国家財政の今後

世界の経済は低成長のままで留まる可能性が高いという専門家の主張もある。資本主義経済が限界に来ているという指摘も多く聞かれる^{1, 2)}。先進諸国ではすでにモノ余りの状態で新しい市場がなくなり、産業の方向が決め難くなっている。新自由主義経済の結果として格差社会が拡大して社会に大きな歪ができ社会不安の原因となっている。安易な大衆迎合的な政策により、多くの国家が巨大な負債を抱えている。これらに加えて、石油価格の高値安定により従来産業立国という考えが成り立ちにくくなっている。世界の一国に経済問題が生じれば世界に波及することは避けがたい。このような状況下で、今後の国家財政がどのようになるのかを予測することは容易ではない。しかし、2030年までに、日本の国家財政に何も問題が発生しないと考えることは、あまりに楽観的ではなからうか？

3.5 自動車産業への影響

短期的には石油の消費が少ない自動車が必要とされる。今後の経済の低迷を考慮すれば、顧客の費用負担の少ない自動車が必要とされるであろう。自動車だけでなく交通システムとして石油消費の少ない社会システムとそれに適した自動車を提供することが必要であろう。長期的には、石油に頼らない社会、さらにはエネルギー消費の少ない社会の構築を目指していくことが必要であろう。

また、先進諸国では自動車に対する価値観が変わっていく可能性が高い。ステイタスシンボルとして自動車を所有するという考えはすでに薄らぎつつあるように感じられるが、これが一層進み、自動車が移動の手段の一つであるとい

う考えに移行していくと考えられる。豪華な装備は不要で質素で安価な自動車が必要とされるかもしれない。

新興国が2030年時点で上述のような状況になるとは考えにくい。まだ豪華な自動車を所有することを生活の目標としている可能性もある。そうであるとすれば、先進諸国の自動車産業は、異なる価値観の自動車を並行して開発しなければならない。これは大きな負担である。どのようにこれを乗り越えていくのが課題である。

産業の構造という観点からは、次のような課題がある。安いエネルギーと安い原材料を輸入して、工業製品に加工することにより付加価値を付けて輸出し、その結果として得られた外貨を用いて再びエネルギーと原材料を輸入するという産業構造で日本経済が成長してきた。これが石油価格の上昇により成り立たなくなりつつある。どのようにして産業を成立させるかが、自動車産業を含めて日本の最も重要な課題であろう。石油依存度の少ない産業、石油消費の少ない社会構造を他に先駆けて構築することが、資源を持たない日本が進める方向であろう。

4. 2030年－2050年に向けた自動車用原動機

2030年に製造された自動車は自動車の寿命を15年とすると2045年頃まで市場に存在することになる。したがって、2030年頃の自動車を想定するには、2050年前後の社会的要請や制約を視野に入れることが必要であろう。

1.2項では、石油系燃料が供給される限り内燃機関は使われるであろうと述べた。また、2.3項においては、石油は2020年頃から供給が減少し始め、2030年頃にはかなり深刻な石油供給不足が発生していると想定した。したがって、2050年には豊富で安価な石油系燃料が供給されるとは考えにくい。3.5項においては、石油価格の高値安定により今まで経験してきたような経済発展は期待できないと述べた。

上記のような社会環境から、今後の自動車技術を考えてみる。

石油系燃料の供給制約から、2050年においては、石油系燃料以外の燃料（あるいはエネルギー）

で駆動される自動車がある程度市場に供給されていなければならない。

まず、市場における自動車の寿命を15年と考える。そして、現在は内燃機関と石油系燃料の組み合わせが自動車駆動の主流である。上述のように2050年頃には石油系燃料以外で自動車が駆動されているならば自動車技術の大きな変曲点が2030年頃に現れることになる。2030年の自動車技術を検討する場合には、その技術が2050年へ円滑につながっていく必要がある。

経済の観点からは、自動車に対する価値観の変化を考慮した自動車自身の企画と設計、自動車だけでなくそれを利用する交通システムと組み合わせた総合的な技術開発も考慮することが必要であろう。

上記を念頭において、2030－2050年頃に使われる、新しい原動機と燃料（エネルギー）について検討してみる。新しい「原動機と燃料」の組み合わせの候補を表2に示す。

すでに1.2項で述べたように、内燃機関を使う限りは石油系燃料以外の燃料を使う可能性は低い。バイオ燃料や合成燃料は資源量が石油ほどは存在しない上にこれらの燃料を合成するときのエネルギー効率が60%程度しかないことも将来用の燃料としては適さない。アンモニア、天然ガス、水素などは新しく燃料供給インフラが必要になるが、世界中に広くこれらのインフラを新しく構築することはかなり困難なことになる。また、天然ガスは石油と同様に有限な資源であり、石油と同様に近い将来供給に制約が生じると考えられるので、短期間しか使われない燃料の供給インフラ構築に資金を投入するのは社会的な損失になるという問題もある。以上より、内燃機関を継続して用いて石油系燃料以外の燃料を使うという組合せ技術が将来の世界的技術になる可能性は低いと言える。ただし、地域に限定してバイオ燃料や天然ガスが一定の期間使われる可能性はある。

内燃機関以外の駆動システムの候補は、表2に示すように、「モーターと蓄電池と外部電源（すなわちBEV）」と「モーターと燃料電池と水素（すなわちFCV）」が考えられる。FCV用の水素供給

表2 駆動システムと燃料（エネルギー）の組み合わせの候補

	駆動システム	燃料（エネルギー）	備考
在 来 型	内燃機関	石油系燃料	バイオ・合成燃料などの一部混合を含む(他も同じ)
	「内燃機関+モーター+蓄電池」(HV)	石油系燃料	—
	「内燃機関+モーター+蓄電池」(PHV)	石油系燃料+外部電源	—
次 世 代 技 術 候 補	内燃機関	バイオ燃料	100%バイオ燃料(エタノール,バイオディーゼル)
		合成燃料	100%(CTL,GTL,BTL)
		アンモニア	—
		天然ガス	—
		水素	—
	「モーター+蓄電池」(BEV)	外部電源	—
	「モーター+燃料電池」(FCV)	水素など	—

↑↑↑↑↑の可能性あり

注) HV:Hybrid Vehicle
PHV:Plug-in Hybrid Vehicle
BEV:Battery Electric Vehicle
FCV:Fuel Cell Vehicle

CTL:Coal To Liquid
GTL:Gas To Liquid
BTL:Biomass To Liquid

インフラを世界中に設置することはかなり困難なことであり、FCVそのもののコストが高いこともあり、乗用車用としては、今のところ有望な候補とは言えない。また、燃料としての水素の製造方法やその価格もまだ不明確であることもFCVを普及させるための障害の一つである。

以上より、消去法的に候補を絞れば、BEVしか残らない。電気の供給インフラは、充電方法がまだ開発中であるとはいえ、電気自身はほぼ世界中に行きわたっている。蓄電池の性能が内燃機関に及ばないという問題は、今後解決できないかもしれないが、交通システムと組み合わせることで顧客の不便さをある程度解消できる可能性もある。

以上に示した検討結果に基づけば、現在の「石油系燃料と内燃機関」の組み合わせから、将来は「電気とモーター」へ移行する可能性が高い。すなわち、駆動用のエネルギー（燃料）が石油から電気へ移行することになる。もしこのような燃料の変化があるならば、市場に存在する内燃機関を搭載した既販車をどのように扱うかが大きな問題になる。2050年頃に市場にガソリンエンジンだけを搭載した乗用車が残っているにもかかわらず、市場にガソリンが供給されなくなるといった事態は、自動車業界・石油業界ともに避けなければならない。この問題を解決する方法としては、「プラグインハイブリッド車（す

なわちPHV）」が考えられる。石油から電気へ自動車用燃料が徐々に変化していくときに、石油系燃料でも電気でも駆動できるPHVはもっとも適した自動車であると言える。

5. 内燃機関の技術の方向

今まで述べてきたように、石油供給の制約やCO₂削減の見地から、自動車の駆動用燃料は今後石油から電気に徐々に移行していくと考えられる。この燃料（エネルギー）の変化を円滑に進めるためには、この移行期に石油でも電気でも駆動できるPHVを市場に普及させておくことが望ましい。このように考えると、自動車用原動機は、現行の「内燃機関のみ」から「HV」、さらには「PHV」へと変化していき、最終的に蓄電池の電気で駆動されるモーターに移行するまでは内燃機関は継続して使われることになる。しかしながら、重要なことは内燃機関の使われ方が大きく変化していくことである。現行の「内燃機関のみ」の場合は内燃機関の使用域としては、回転数と負荷のすべての領域が想定されて、それを前提とした内燃機関の設計がされてきた。今後「HV」から「PHV」へと進むにしたがって、内燃機関の使用域は熱効率の高い領域を中心とする領域に狭められていくことになる。極端な例は、「レンジエクステンダー（Range Extender, 航続距離延長装置）」のように、最大熱効率が得

られるごく狭い領域のみで内燃機関が運転されることになる。このような運転領域の変化は、内燃機関の本体設計や排気対策技術に影響する。ただし、運転領域の縮小化は今後の蓄電池性能の向上により変わることにも注意が必要である。

6. おわりに

以上に述べてきたように、石油系燃料がいつごろまで安定的に供給されるのかに依存するが、乗用車には今後も20-30年程度は内燃機関が使われていくであろう。しかしながら、その使われ方は今までとは大きく変わっていくであろう。今までは600rpmのアイドリングから6000rpm全負荷の範囲で諸性能や信頼性を保証した設計であったが、今後このエンジン使用域が狭まる方向に変化することと、最大熱効率を向上させるための諸技術がエンジン技術に織り込まれていくことに注目していかなければならない。

引用・参考文献

- 1) 「超マクロ展望, 世界経済の真実」, 水野和夫, 萱野稔人 (集英社新書)
- 2) 「資本主義の終焉と歴史の危機」, 水野和夫 (集英社新書)

筆者紹介



中田雅彦

株式会社テクノバ シニアアドバイザー
トヨタ自動車に入社後、定年退職まで一貫してエンジン開発に従事
トヨタ自動車 第3エンジン技術部 部長, 同第1エンジン技術部 シニアスタッフエンジニアなどを歴任
(株)トヨタテクノサービス主任研究員, アート金属株式会社技術顧問を経て現職
博士 (工学)

Note



「ニチアス技術時報」《2014年目次総録》

2014/1号 通巻 No. 364

- 〈巻頭言〉 断熱材特集号発刊にあたって
- 〈特別企画〉 極低温から超高温までをカバーするニチアスの断熱材
- 〈News〉 住宅用ロックウール断熱材の新工場が完成しました
最適なガスケットを選定できるアプリケーション「ガスケット NAVI™」を公開しました
- 〈技術レポート〉 (寄稿) 中・低温領域の断熱材の概要と発泡ポリマー・シリカナノコンポジット断熱材の開発について
高耐熱低熱伝導断熱材の開発
- 〈解説〉 硬質ウレタンフォームの発泡剤をめぐる環境問題対策の動向について
- 〈製品紹介〉 着脱自在な発じんの少ないクリーンルーム向け保温材 TOMBO™ No.4500-CR「エネサーモ® CR」
金属保温材

2014/2号 通巻 No. 365

- 〈巻頭言〉 分析・解析技術特集号発刊にあたって
- 〈特別企画〉 ニチアス製品を支える分析・解析技術
- 〈寄稿〉 散乱法による結晶性高分子材料の構造解析
- 〈技術概要〉 ニチアスの分析・解析技術
- 〈技術レポート〉 熱分解 GC/MS によるオイル中微量溶出成分の分析
燃焼フラスコ法によるふっ素系ポリマー中のリン、ホウ素の定量分析
周期加熱法の低温下における熱伝導率測定への応用

2014/3号 通巻 No. 366

- 〈巻頭言〉 技術時報 366号発刊にあたって
- 〈寄稿〉 今後の石油供給問題がエンジン技術に与える影響 (前編) - 石油供給の将来予測 -
- 〈特別企画〉 お客様のニーズに密着した製品・サービスの開発
- 〈新製品紹介〉 産業機器用断熱板 TOMBO™ No.6870-K「レジサル® K」
- 〈新サービス紹介〉 工業用ガスケットの選定・施工支援ツール「ガスケット NAVI™」の紹介
移動式ガスケット加工設備「GASKET 工房™」の紹介
- 〈製品紹介〉 分子状汚染物質除去用ケミカルフィルター TOMBO™ No.8803「ケミカルガード® HA/HT」
超軽量防音カバー TOMBO™ No.6690-B「エアトーン®」

次号 2015/1号 通巻 No. 368 は 2015年1月発行予定です。



ニチアス株式会社

<http://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
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
浜松営業所	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
姫路支店	TEL (0792) 89-3241
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) 739-3639
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
鹿児島営業所	TEL (099) 257-8769

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
海外営業課	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161

研究所

・浜松 ・鶴見

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 ・カタール ・チェコ ・メキシコ