日本から世界へ　世界から日本へ

Ipsenグループは、熱処理炉におけるマーケットリーダーとして最新式熱処理炉の製造、販売、スペアパーツ、メンテナンスを通して、日本国内だけではなく世界50数拠点で皆様をサポートいたします。

Ipsen
Hard Work Wins

Ipsen 株式会社
〒538-0032 大阪市鶴見区安田2-3-2
Tel：06-7506-9505
info@ipsenjapan.com
www.ipsenjapan.com

新しい熱処理スタイルを提案して…インライン量産設備実績No.1

ECM TECHNOLOGIES

ICBP
低圧浸炭熱処理装置
CO_2排出削減、温暖化防止に貢献します。

弊社東松山工場デモ機

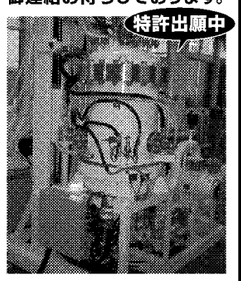
■適用部品
◎変速機各種ギア　◎各種シャフト
◎動力伝達機構部品　◎エンジン部品
◎CVT部品

パーカー熱処理工業株式会社
PARKER NETSUSHORI KOGYO CO.,LTD.
本　社／東京都中央区日本橋2-16-8 〒103-0027 ☎03-3278-4550㈹ http://www.pnk.co.jp
営　業　部／☎044-276-1671　大阪営業所／☎06-6339-5088
名古屋営業所／☎0561-53-5265　浜松出張所／☎053-442-3505
宇都宮出張所／☎028-660-2105　東松山工場／☎0493-56-4341

竪型真空・加圧・脱脂焼結炉
CAVAC
クリーン・ATMO・シンター
超硬合金・非酸化物系セラミックス・各種金属焼成に

無料テスト受付中
永田、金沢、長谷川が御連絡お待ちしております。

特許出願中



特徴1 省エネルギー&多用途
特徴2 クリーン
特徴3 効率的な冷却&作業性

タイトボックスレス構造かつ竪型構造により炉内の加熱負荷を低減。また冷却効率アップにより省エネルギーを実現。
真空から高圧（0.9MPa）まで広範囲に圧力設定でき、炉内温度も1800℃まで設定可能。
炉内ダイレクト排気で炉内汚染なしを実現。
さまざまな材料の処理が実現可能です。

TOUNETSU 株式会社トウネツ
〒418-0007 静岡県富士宮市外神東町16
TEL.0544-59-0611 FAX.0544-59-0612
http://www.globaltounetsu.com/jp

真空技術は民生用から幅広い分野で使われている。応用先には真空パック・布団収納や、ビタミン油の精製・凍結乾燥、鋼を熱処理する真空熱処理がある。さらに電気自動車（EV）などの製品の小型化、高効率化に貢献する希土類磁石（ネオジム磁石）の製造工程でも、真空技術を使ったさまざまな真空炉が使われている。今日の日本国内の産業構造の変化ならびに海外との差別化のために、今後ますます重要となる技術である。

優れたモノづくりに貢献する

真空熱処理技術

中日本炉工業 代表取締役　後藤　峰男

真空技術の歴史

古典論では、真空は「何もない状態」であるが、実用的には「何もない状態、すなわち物質・圧力がゼロの状態」の仮想的状態を絶対真空と言い、「大気圧より圧力が低い状態」を負圧と呼んでいる。我々が利用している真空とは、全て負圧の状態を指す。日本工業規格（JIS）における真空は「大気圧より低い圧力の気体で満たされた空間内の状態」と定義して圧力の低さ（真空度）により4ランクで区分している（**表1**）。

工業的に最も多く使われている真空度は、100－0・1㌫である。この圧力における真空容器内の分子を不純物、または、その全てが水蒸気であると仮定した場合を相当露点として換算した概略値を**表2**に示す。真空装置がいかにクリーンな状態を作り出せるかが分かる。

真空の歴史を見ると、古代ギリシャの時代から真空の存在論争は繰り広げられていたが、真空の確認（発見）は17世紀。真空が一般化してきたのは、さまざまな真空ポンプが開発され産業用に利用され始めた18世紀になってからだ。19世紀になると白熱電球、真空管などが出現して一般社会にも知れ渡るようになり、その製造のための高性能真空ポンプの開発が活発になった。20世紀になると、真空技術の発達とともに真空領域の電子およびイオンの挙動が分かるようになり真空を利用した新たな技術が生まれ、真空技術の世界がより広まってきた。

この頃になると食品の乾燥や鋼の熱処理の分野でも真空技術が利用されるようになり、真空ポンプ、真空計、真空機器が産業化されることになった。真空技術は真空ポンプや機器の開発と、真空計の開発の相乗効果によって発展してきた。

真空技術を鋼の熱処理に利用したのは、1949年に米国で焼鈍、脱ガス、時効処理用として真空炉を使用したのが始まりである。その後の66年に日本でも国産化された。鋼の性能は冷却の仕方に左右されるといわれているが、初期の真空熱処理炉は加熱後、炉内放置冷却であった。真空熱処理炉に強制冷却機能が付加されたのは、ガスファン冷却方式が1958年、油冷却方式が65年である。真空熱処理はまだまだ新しい技術である。

真空炉、ネオジム磁石の製造工程で活躍

真空技術を使ったさまざまな真空炉が、高性能な磁石として注目されているネオジム磁石の製造工程で活躍している。

最近よく耳にする「希土類金属」の一種であるネオジム（Nd）およびディスプロシウム（Dy）は、83年に日本で発明されたネオジム磁石の原料として使用されている。以前からあるフェライト磁石も1930年代に日本で発明され、その後オランダで工業化されたものだが、ネオジム磁石はフェライト磁石の10倍以上の磁力がある。このため、小型化、高効率化を求める数多くの製品に使われている。例えばパソコンなどのハードディスク駆動装置用ボイスコイルモーター（VCM）や、オルタネーター（発電機）、エアコンのコンプレッサー、磁気共鳴断層撮影装置（MRI）などがある。ネオジム磁石の成分は重量比で、鉄（Fe）が69％、Ndが25％、Dyが4％、ホウ素（B）が1％などとなっている。

ネオジム磁石はパソコンの小型化に大いに寄与し、97年発売のハイブリッド車「プリウス」や、EVのモーターにも使われている。2年ほど前までは高効率家電製品およびEVと希土類磁石のつながりは一般化していなかった。それが希土類金属世界輸出の90％以上を占める中国の規制とEVの世界的普及によって知れ渡るようになった。

野村総合研究所（NRI）が2010年3月に発表した「2020年までのエコカー販売市場予測」（**表3**）によると、10年が257万台、20年には1300万台以上の見通しである。

また、自動車には20－70個以上の磁石が使われており、これらの小型・軽量化の要求から順次ネオジム磁石に置き換わるものと推測され、さらなる増産が求められる。

日本発の基幹技術

ネオジム磁石には金属のみで焼結成形されたネオジム焼結磁石と、プラスチックにその粉体を混入したネオジムボンド磁石がある。ネオマグ（千葉県市川市）の推定（**表4**）によると、ネオジム焼結磁石の10年の世界生産量は全世界で4万7400㌧。このうち中国が3万2000㌧、日本が1万4000㌧である。数量では圧倒的に希土類金属の生産国である中国が優位に見えるが、小型化・効率化に寄与する磁力では日本が抜きんでている。

ネオジム焼結磁石の製造工程には、いろいろな真空炉が数多く使われている。フェライト磁石は酸化鉄を主原料としてバリウム（Ba）またはストロンチウム（Sr）などを微量加えて焼き固め、その後粉砕、成形、焼結する。陶磁器に近い窯業製品のため真空技術は必要としない。

一方、ネオジム焼結磁石は粉末冶金（やきん）製品のため、焼結性を阻害する酸素（O_2）を嫌う。また、原料の酸化強度（酸化されやすさ）が強いため真空炉が必須である。主原料であるFeの酸化強度（＝標準自由エネルギー）を1とすると、Ndは2・5倍、Bは3・2倍である。製造工程での酸化は焼結金属としての性能ならびに磁力の低下またはバラつきにつながる大きな要因となる。

ネオジム焼結磁石の概略製造工程は、まず「Feと希土類鉱石から酸化物として抽出されたNd、Dy、その他を混合」し、続いて「高周波真空誘導溶解炉で溶解、鋳造」する。さらに「真空溶体化炉で偏析の分散」「真空パージ式水素化・脱水素化炉での粗粉砕と分子内配置適正化」「ミルによる微粉砕」「磁界中プレス成形」「真空焼結炉」「真空時効炉」「加工」「真空拡散炉」「表面処理」「検査」「組み付」「着磁」の順となっている。

真空溶解、真空焼結工程では、真空下での物質の蒸気圧低下を利用して脱ガス、および、不純物の除去を行う場合もある。

後半工程の真空拡散炉は、高温での保磁力を高めるための処理である。従来製法では溶解工程でNd重量の40％をDyに置き換えていた。そうした中、中国の輸出規制と価格暴騰対応として、成形体の表面から結晶粒界のみにDyを拡散することで同等の性能が出せることが発見されて追加された工程である。

以上がネオジム焼結磁石の工程で利用されている真空技術であるが、ネオジムボンド磁石の場合でも水素化までの工程と粉体へのDyの拡散工程は存在し、真空炉が利用されている。

高性能な希土類磁石は、自動車や携帯端末、パソコン、家電製品などの小型化、高性能化、省エネルギー化には欠かせないキーパーツである。この磁石の製造に大きく寄与している設備は、100％近くが国産であり、これを構築するキーテクノロジーが真空技術である。さらなる高磁力化、省・脱希土類金属化、コストダウンを図るためには、地道できめ細かな研究と、柔軟で調和のとれた工程管理・調整が不可欠である。これこそ日本人、日本企業が持ち合わせた特質である。今後、最終製品として目にするものは海外製かもしれないが、その基幹部品と基幹技術は日本発であり続けることを確信している。

領域	英語名	圧力範囲	地上からの距離	分子の状態
低真空	Low Vacuum	100Pa以上	地上～約60km	粘性流
中真空	Medium Vacuum	100～0.1Pa	約60km～約90km	中間流
高真空	High Vacuum	0.1～10^{-5}Pa	約90km～約250km	分子流
超高真空	Ultra-high Vacuum	10^{-5}Pa以下	約250km～	分子流

表1　日本工業規格（JIS）における真空の領域区分
（地上からの距離、分子の状態は参考）

圧力（Pa）	1000	100	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
相当不純物量	1 %	0.1 %	0.01 %	10 ppm	1 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm
相当露点（℃）	+8	−21	−43	−61	−76	−90	−102

表2　真空度と相当不純物量および露点

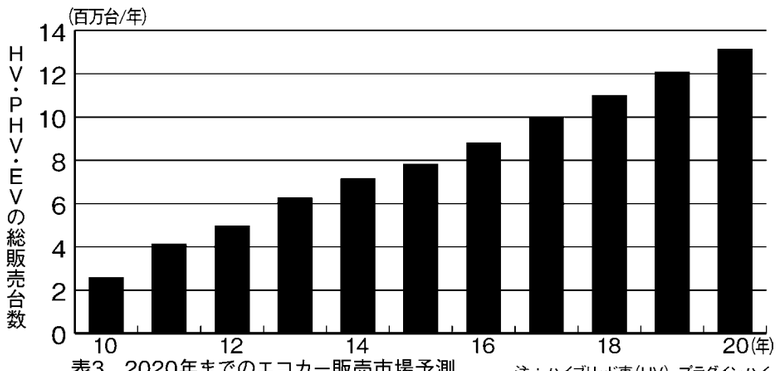


表3　2020年までのエコカー販売市場予測
野村総合研究所（2010年3月15日）より
注：ハイブリッド車（HV）、プラグインハイブリッド車（PHV）、電気自動車（EV）

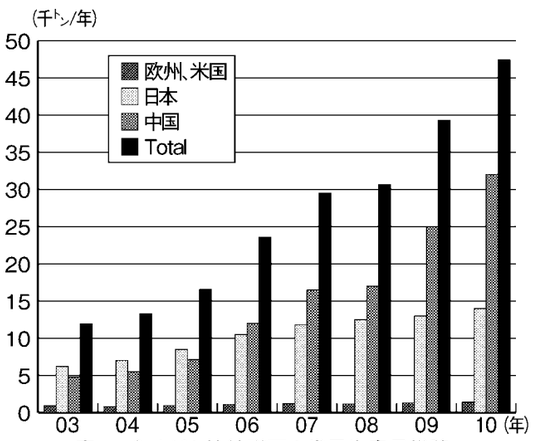
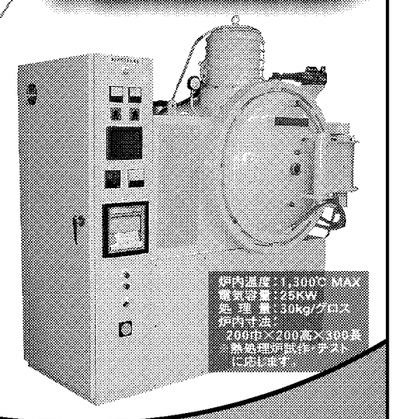


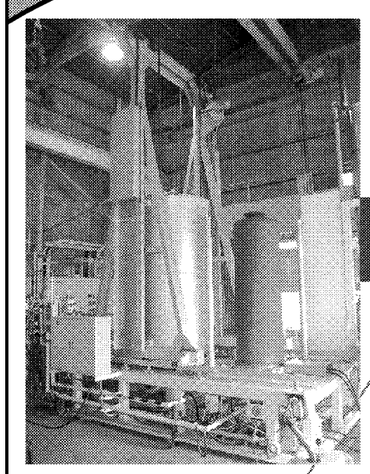
表4　ネオジム焼結磁石の世界生産量推移
（ネオマグの推定より）

最高の金型には、最適な熱処理を。

最適な熱処理条件による
品質向上
差別化を実現！
熱処理の内製化により
短納期対応

NVF-30P
小型真空熱処理炉





抜群の密着度で金属の寿命をUP!
TiC、CVDコーティング、金型・金属部品の真空熱処理
自社製CVDコーティング装置、真空熱処理炉にて
受託加工、承ります。

中日本炉工業株式会社　0120-38-5141（ミワ）
本社・工場　〒490-1203 愛知県あま市木折 TEL〈052〉444-5141 FAX〈052〉444-1917
熱処理事業部 TEL〈052〉444-7561
ISO 9001 REGISTERED FIRM
http://www.nakanihon-ro.co.jp　info@nakanihon-ro.co.jp