

# ふえらむ

Bulletin of The Iron and Steel  
Institute of Japan

Vol.27 / No.12 / 2022

(一社)日本鉄鋼協会会報

ISSN 1341-688X

特集

積層造形最前線

Techno Scope

金属積層造形—新たな可能性への挑戦

# NIRECO

私たちは制御技術を通じ、  
社会への貢献をめざしています。

# 技術と信頼。

鉄鋼の歴史とともに歩んで

六十余年。

変遷する時代の中にあっても

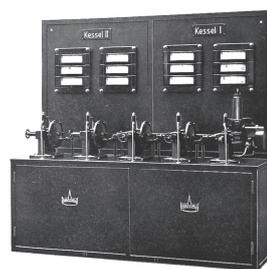
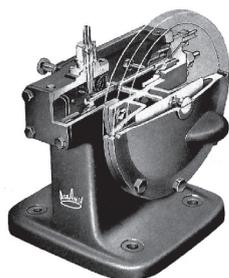
技術と信頼を理念に、

お客様にとってご満足の

いただける制御技術の提供と、

さらなる技術革新を

私たちは、めざしています。



自動制御の先駆けとして。

油圧噴射管式自動制御装置の国産化を実現して以来、  
高炉の温度管理・容量制御、圧延行程での鋼板走行自動制御とその品質管理、生産材の成分分析など  
鉄鋼分野におけるプロセスオートメーションの発展に携わり、  
生産活動における自動化・省力化・標準化という自動制御技術を鉄鋼産業界とともに開拓してまいりました。

## 株式会社ニレコ

八王子事業所 〒192-8522 東京都八王子市石川町 2951-4 TEL.(042)660-7353

大阪営業所 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町 3-18-33 TEL.(06)6190-5552

九州営業所 〒803-0822 北九州市小倉北区青葉 2-5-12 TEL.(093)953-8631

●製品についてのお問い合わせは プロセス営業部

URL <https://www.nireco.jp> E-mail [info-process@nireco.co.jp](mailto:info-process@nireco.co.jp)

# ふえらむ

Vol.27 (2022) No.12

C O N T E N T S

## 目次

### 特集「積層造形最前線」

Techno Scope	金属積層造形—新たな可能性への挑戦	820
特集記事	巻頭言 積層造形最前線	
	会報委員会 特集企画WGリーダー 戸田佳明	824
	粉末冶金材料としての積層造形材料—組織の数値化による機械的特性予測への試み—	
	尾崎由紀子、重田雄二、荒牧正俊、品川一成、野村直之、近藤勝義、大林一平	825
	電子ビームを用いた粉末床溶融結合方式の金属積層造形技術—金属粉末の“スモーク”とメルトプールの動的挙動と凝固形態	
	千葉晶彦	836
	耐熱合金の粉末製造とその付加製造技術	
	周 振興、周 偉偉、野村直之	847
	粉末床溶融結合 (PBF) 型金属付加製造 (AM) のデジタルツイン科学と超温度場材料創成学	
	奥川将行、柳 玉恒、小泉雄一郎	853
	超硬合金の積層造形とプロセスインフォマティクス	
	鈴木飛鳥、伊部博之、高田尚記、小橋 真、加藤正樹	862
	選択的レーザー溶融法で造形したNi基超合金のクリープ特性劣化	
	筧 幸次、郭 妍伶	870
	選択的レーザー・パウダーベッド・フュージョン法で作製された3D造形Ni合金組織・転位密度・力学的性質の特徴	
	鳥塚史郎、尾花光稀、Kartik Prasad、竹内博之、伊東篤志	882
	SLM造形物製作における欠陥・凝固割れ抑制造形パラメータの探索方法	
	北野萌一	891
	レーザー粉末床溶融結合法によるチタン合金材の力学特性予測	
	草野正大、岸本 哲、渡邊 誠	898
	チタン合金積層造形体の組織形成に及ぼす不純物酸素の影響	
	刈屋翔太、Ammarueda Issaryapat、梅田純子、近藤勝義	906
	航空機ジェットエンジン用TiAl合金の電子ビーム積層造形	
	安田弘行、趙 研、當代光陽、中島広豊、竹山雅夫、中野貴由	913
	金属3Dレーザー積層造形プロセスの特長を活かしたアルミニウム合金の開発	
	木村貴広	920
	銅系材料へのレーザー粉末床溶融結合の適用と課題	
	小笹良輔、柳谷彰彦、山崎 徹、中野貴由	929
	Analysis of Functional Lattice Structures Fabricated via Additive Manufacturing	
	Christopher Mercer	936
協会の活動から		943
お知らせ		948

\*ふえらむ電子版 (<https://y100.isij.or.jp/ferrum/>) では、著者よりカラーで提供された図をカラーの状態でご覧することができます。

ホームページ <https://www.isij.or.jp>

## 編集後記

3Dプリンタが一部の専門家の間だけではなく、ニュース等で報道される機会が増えて、広く認知されつつある技術となってきました。低価格化により、個人で購入して趣味的に楽しむ人も増えているようで、クラウドファンディングでも盛んに新しい機種がアップされています。

その歴史は意外に古く1980年、日本人によって発明されました。その後アメリカ人が特許を取得して1987年に事業化し、基本特許が切れた2009年頃から急速に3Dプリンタ関連の事業規模が拡大しました。造形手法や出力できる材料の多様化が進

み、医療分野から自動車用の部品、住宅まで3Dプリンタで製造されるようになっていきます。

3Dプリンタの正式名称は現在、米ASTM（米国試験材料協会）が定義した積層造形（Additive Manufacturing：AM）となっています。

今月のテクノスコープでは、積層造形技術を活用した挑戦的な材料開発が紹介されています。特許、実用化ではアメリカに遅れをとりましたが、日本が得意とする材料づくり込みによって世界をリードしていくことを期待します。（H.Y.）

### 会報委員会（五十音順）

委員長	堤 康一（JFEスチール（株））		
副委員長	戸田 佳明（物質・材料研究機構）		
委員	赤崎 兼宣（愛知製鋼（株））	新井 宏忠（八戸工業高等専門学校）	有田 吉宏（日本製鉄（株））
	植田 滋（東北大学）	遠藤 理恵（芝浦工業大学）	金田 裕光（スズキ（株））
	木下 恵介（日本製鉄（株））	串田 仁（（株）神戸製鋼所）	小林 祐介（日本冶金工業（株））
	小柳 禎彦（大同特殊鋼（株））	諏訪 晴彦（摂南大学）	高谷 英明（三菱重工業（株））
	鷹嘴 利公（産業技術総合研究所）	寺田 大将（千葉工業大学）	松野 崇（鳥取大学）
	山口 広（JFEスチール（株））		

ふえらむ 定価 2,200円（税込）

Bulletin of The Iron and Steel Institute of Japan : Unit Price ¥2,000

2022年11月25日印刷納本、2022年12月1日発行（毎月1回1日発行）

編集兼発行人 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10 鉄鋼会館5階

（一社）日本鉄鋼協会 業務執行理事・専務理事 小澤純夫

Tel : 03-3669-5933 Fax : 03-3669-5934（共通）

印刷所 東京都文京区本駒込3-9-3（株）トライ

©COPYRIGHT 2022 一般社団法人日本鉄鋼協会

複写をご希望の方へ

本会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、（一社）学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（（一社）学術著作権協会が社内利用目的の複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先：一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

TEL.03-3475-5618 FAX.03-3475-5619 E-mail : info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、（一社）学術著作権協会に委託致しておりません。直接、本会へお問い合わせください。

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

TEL.1-978-750-8400 FAX.1-978-646-8600



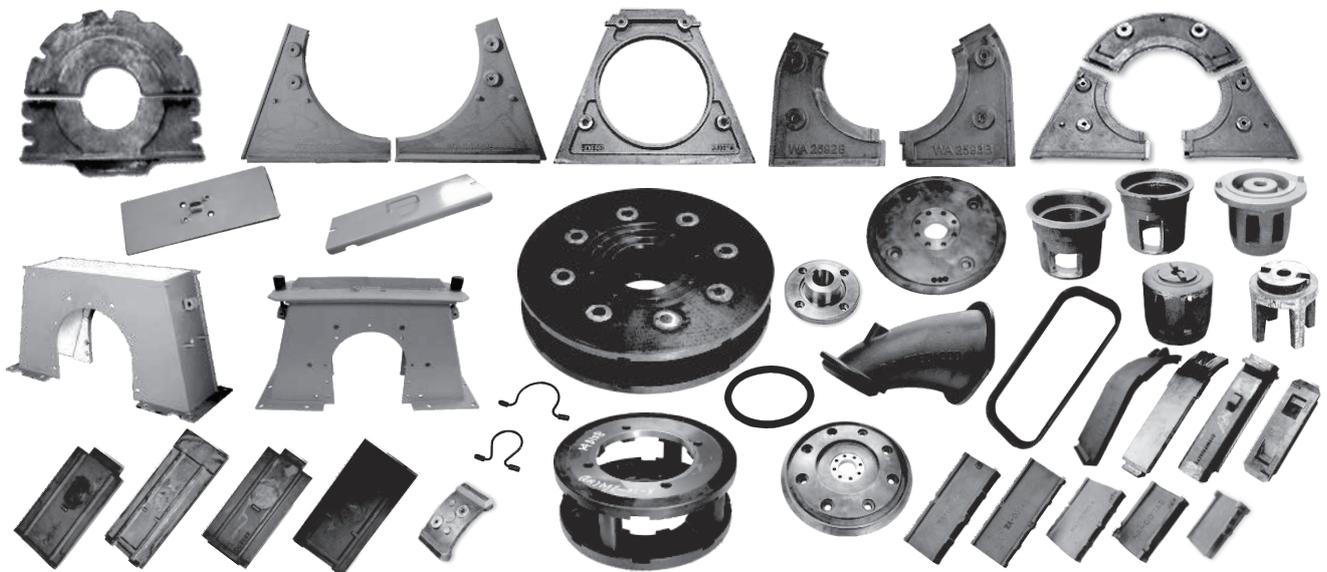
株式会社  
ナカヤマ

# 溶湯金属測定消耗型熱電対 クリスタルサーモ



- 高精度・高品質
- JIS 規格品 (JIS-C1602 : 2015)
- 先端: U字管(14、25 mm)
- 保護管長: 150~1170 mm

## ショットブラスト部品 インペラーユニット



■ 本社 〒451-0066 愛知県名古屋市西区児玉三丁目37-22  
TEL. 052-521-1171(代表) FAX. 052-521-1180  
E-mail. nk-1972@nakayama-meps.co.jp/

■ 東日本営業所  
TEL. 024-545-6588 FAX. 024-544-6588

公式サイト  
<http://www.nakayama-meps.co.jp/>



M/A、エネルギー関連材料、機能性セラミックス、環境リサイクル、電気電子材料等の開発に不可欠な

# ドイツ フリッチュ社製遊星型ボールミル

## “NANO領域” PREMIUM LINE P-7.



容器がセットされる様子。

明日の遊星型ボールミルはこれだ。

### 特色

1. 弊社Classic Line P-7と比べて250%の粉碎パワーUP  
自転：公転比率：1：-2, MAX 1,100/2,200rpm  
粉碎エネルギー：MAX 94G(Classic Line P-7では46G)
2. 容器を本体に内蔵。  
外部に飛び出す危険性は皆無に。
3. 容器のサイズは20, 45,  
80ccの3種類。  
雰囲気制御容器も多数用意。
4. 容器のセット、取り出しも  
極めて容易に。



## CLASSIC LINE 遊星型ボールミル P-4, P-5, P-6, P-7

premium lineと並んで従来どおりの  
遊星型ボールミルトリオも併せて  
ご提供いたします。



CLASSIC LINE 雰囲気制御容器一例

自転公転比率を  
意のままに



P-4

遊星型ボールミルの  
パイオニア



P-5/4

フリッチュ社の技術で  
容器1個で遊星型に



P-6

微量の試料を  
対象に



P-7

- 通常の容器、雰囲気制御容器ともボールも含めて次ぎの材質を御使用いただけます。メノー、アルミナ、ジルコニア、チッカ珪素、ステンレス、クロム、タングステンカーバイト、プラスチックポリアミド
- 容器のサイズ。500, 250, 80, 45, 12cc。
- 乾式のみならず湿式での粉碎が可能。またISO9001, TUEV, CE等の国際安全基準をクリアー

カタログおよび価格表は弊社にお問い合わせください

## フリッチュ・ジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252  
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7  
福岡営業所 〒819-0022 福岡市西区福重5-4-2

info@fritsch.co.jp <http://www.fritsch.co.jp>

Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364

Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521

Tel (092)707-6131 Fax (092)707-6131

# Minco ミンコ・熱電対とサンプラー

## 品質向上のパイオニア

### ■ ミンコサンプラー (製鋼 製鉄 試料採取用)

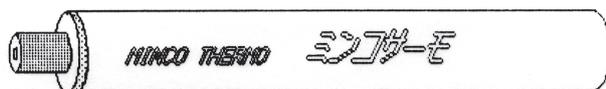


ミンコサンプラーの3つの大きな特徴 信頼性、作業性、安全性。  
炉外精錬装置 脱ガス装置 電気炉 レードル タンデিশユ CCモールド  
高炉出鉄樋 トピードカー 溶鉄予備処理などあらゆる場所から採取できます

### ■ ミンコサーモ 消耗型熱電対

for IRONS, STEELS, FERROUS ALLOY

MMJ型 消耗型熱電対



TYPE R(13%) IPTS 1968  
白金・白金ロジウム

### ■ 標準試料

世界各国各社の製品を取り扱っております。  
化学分析用、発光分光分析用、蛍光 X 線分析用、英国 BAS、米国 NBS、  
BRAMMER、ALPHA、MINCO、カナダ ALCAN、ドイツ BAM、  
フランス IRSID、スウェーデン SKF、他 ご用命下さい。

## 日本ミンコ株式会社

ISO9001:2000 認証取得

※お問い合わせは

本社 〒341-0032

埼玉県三郷市谷中398番地1

TEL.048(952)8701 FAX.048(952)8705

URL <http://www.minco.co.jp>

東京事務所 〒166-0012

東京都杉並区和田3-36-7

TEL.03(5306)6265 FAX.03(5306)6268

MINCO U.S.A (WISCONSIN)

MINCO GERMANY (DÜSSELDORF)

MINCO AUSTRALIA (WOLLONGONG)

## 広い温度領域・各種形状試料・特殊測定に対応します。

等方体や単結晶の弾性率と共に弾性定数  $C_{ij}$  の測定で、最先端研究に大きく寄与

### 電磁共振式弾性率・弾性定数測定装置

**CC II -型** (RT 室温用、HT 高温用、LT 低温用)

- より詳細な力学特性測定  
弾性定数(弾性スティフネス  $C_{ij}$ ) から求めるヤング率、剛性率、ポアソン比は高精度
- 新素材研究時の小試料で測定できます。  
5mm 程度の直方体や円柱の測定。
- 単結晶、多結晶
- 最高温度 1200°C
- 自動解析ソフト開発中  
現在、等方体と立方晶の解析まで完成。順次他の結晶に対応します。



室温や比較的低温で最も信頼性の高い装置

### 自由共振式弾性率、内部摩擦測定装置

**JE-型/JG-型** (RT 室温用、HT 高温用、LT 低温用)

- 高精度・簡単操作  
高再現性・迅速測定
- 板状、線材の単純形状
- 最高温度：1000°C



弾性率と内部摩擦の高温測定で最高の装置

### 高温弾性率等同時測定装置

**EG-型** (HT 高温用、LT 低温用)

- 最も信頼性の高い高温測定
- ヤング率、剛性率、ポアソン比  
内部摩擦同時自動測定
- 最高温度 1200°C



共振法応用の弾性率や内部摩擦等の物性測定・試験・計測装置の開発専門企業



日本テクノプラス株式会社 <https://nihon-tp.jp> (株)神戸工業試験場グループ

06-6390-5993 info@nihon-tp.com 〒532-0012 大阪市淀川区木川東 3-5-21 第3丸善ビル

## 日本鉄鋼協会発行誌 広告のご案内

### ふえらむ 鉄と鋼 (同一原稿・同時掲載)

- 表2 1色1頁：160,000円
- 表3 1色1頁：140,000円
- 表4 1色1頁：200,000円
- 前付 1色1頁：120,000円
- 後付 1色1頁：100,000円 1色1/2頁：60,000円
- 2色刷り／上記料金の20,000円加算
- 4色刷り／上記料金の50,000円加算

### ISIJ Internatinal

- 1色1頁：120,000円 ●1色1/2頁：70,000円
- 2色1頁：170,000円 ●4色1頁：250,000円

★広告掲載社様のバナー広告を本会ホームページに無料掲載致します。★

※料金は消費税別です。※広告データ制作費は別途です。

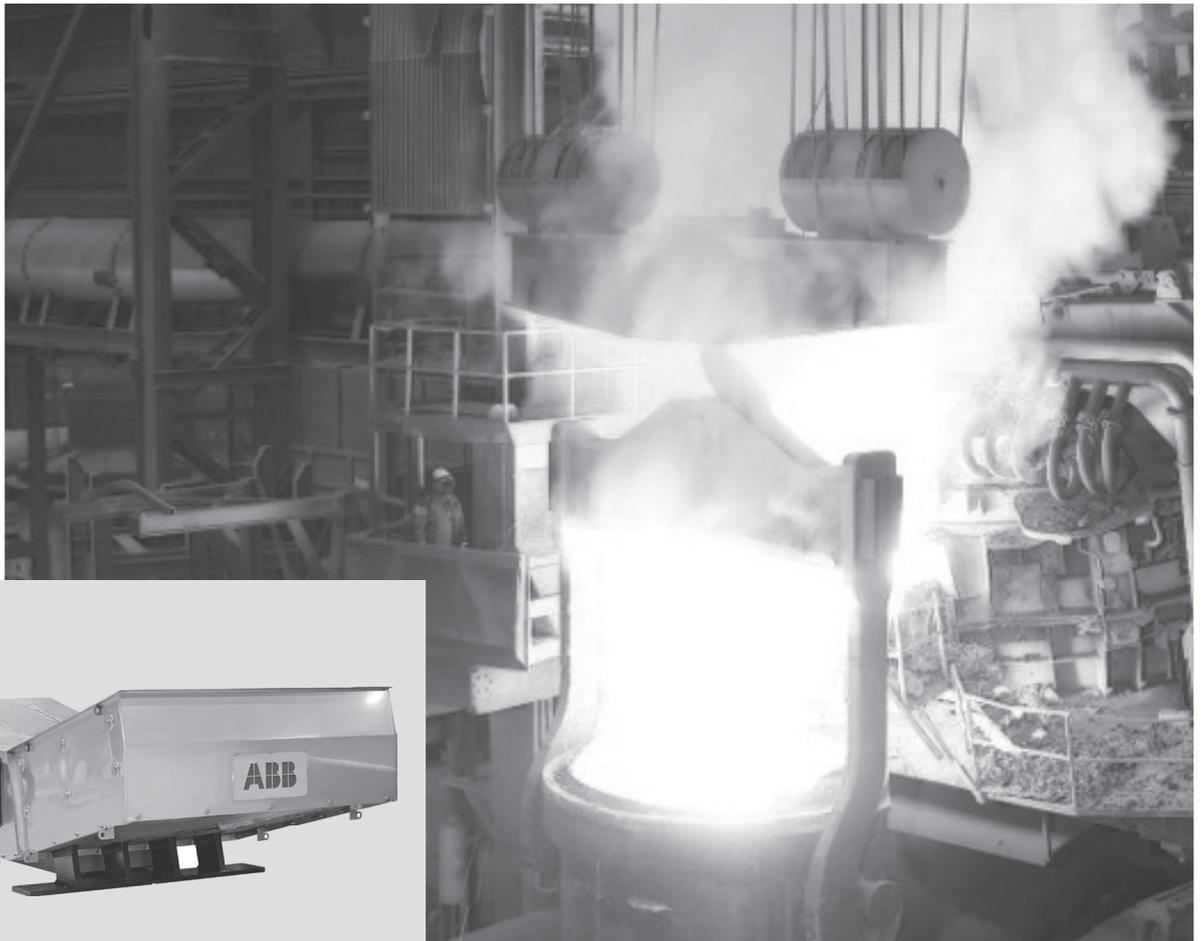
広告ご掲載についてのお問い合わせ・お申込み

株式会社 明 報 社

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル

TEL (03) 3546-1337 FAX (03) 3546-6306

E-mail info@meihosha.co.jp HP www.meihosha.co.jp



# ABB ArcSave

## 電気アーク炉の運転を最適化する 電磁攪拌ソリューション

ABBの特許技術であるArcSave®電磁攪拌装置は、電気アーク炉の効率、生産性、品質を最適化し、ステンレス鋼、炭素鋼どちらも大幅なコスト削減を実現します。

- ・電気炉工程における省エネルギー化
- ・生産性と溶鋼品質の大幅な向上
- ・添加合金の歩留まり改善
- ・電極、耐火物消費量の抑制
- ・炉底構造シンプル化による安全操業の実現

令和4年度、先進的省エネルギー投資促進支援事業補助金対象設備です。  
電気炉更新、新設の際は是非お声掛けください。

ABB株式会社 プロセッシングストリー事業部  
東京都品川区大崎2-1-1 ThinkPark Tower22F  
TEL: 03-4523-6750



**ABB**



# AMT-GEGA社製 連鑄用熱間切断装置

## ドイツ製乾式安全器、標準型と大容量型



LG/GRM/S : 切断酸素用



LG/GRM D : 燃料ガス用



LG/GRM : 加熱酸素用



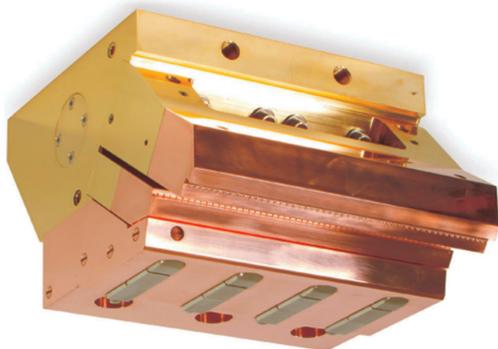
SIMAX 5 : 大容量型酸素用



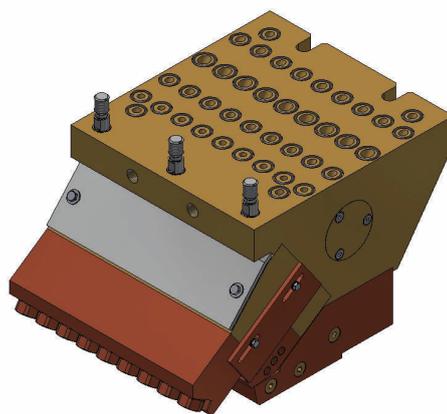
SIMAX 8 : 大容量型酸素用



DEMAX 5 : 大容量型燃料ガス用



従来の多孔式溶剤ユニット



メンテ性に優れた六角ノズルヘッドユニット



AMT Germany社の総販売代理店

## 株式会社 トライメート

〒194-0022 東京都町田市森野四丁目15番5号  
PHONE : 042-727-2813 TELEFAX : 042-723-0803  
E-mail: trimates@blue.ocn.ne.jp