

# 当社の材料開発技術を支える材料の組織と特性の予測ならびに計測技術

## Prediction and Measurement Technologies of Material Structure and Properties, the Technologies Supporting Kobelco Group's Material Development

当社グループでは、鉄鋼材料を始めとして、アルミニウム、銅、溶接材料、チタンなど多くの金属材料の製造・販売を行っています。また、お客様のご期待に応えるべく、従来の特性を凌ぐ材料の開発も続けています。新しい材料開発では、新たな分析技術や数値計算方法、さらにはデータサイエンスを活用した予測技術などが活用されています。本報では、当社の製品を支えとともに次世代の商品開発に活用されている「材料組織・特性の予測と計測」に関する最新技術をご紹介します。

The KOBELCO group manufactures and sells various metallic materials such as steel, aluminum, copper, welding materials, and titanium. In addition, the group continues to develop materials with characteristics superior to conventional ones in order to meet the expectations of the customers. New material development utilizes new analytical technologies, numerical calculation methods and forecasting technologies exploiting data science. This special feature introduces the latest technologies related to the "prediction and measurement of microstructure and properties," which support the products of the KOBELCO group and are used in the development of next-generation products.

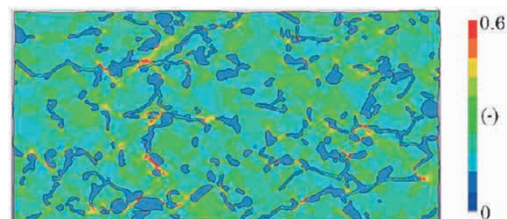


図1 DP鋼の相当塑性ひずみ分布(伸び率20%時)  
Fig.1 Distribution of equivalent plastic strain in DP steel (at 20% elongation)

図1は、20%変形させたDP鋼の計算によるマイクロなひずみ分布を示しています。この手法では、SEM観察画像からフェライト粒とマルテンサイト粒を識別し、両組織の幾何学的形状と機械的特性を考慮した均一化弾塑性理論に基づくマルチスケールシミュレーションを行います。この計算は、マクロな応力-ひずみ曲線を再現できるのみならず、内部組織に起因する微視的な不均質変形挙動を同時に解析できる有効な手法です。

Fig.1 shows the calculated micro-strain distribution in a DP steel deformed by 20%. In this technique, ferrite grains and martensite grains are identified from the SEM image, and multi-scale simulation based on the homogenized elasto-plastic theory considering the geometric shape and mechanical properties of both of the gains is performed. This technique offers an effective method that not only can reproduce the macroscopic stress-strain curve, but also simultaneously analyze the behavior of microscopic inhomogeneous deformation caused by the internal structure.

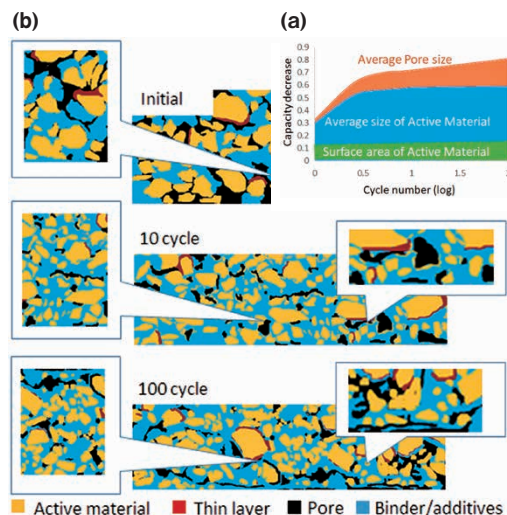


図2 LIBの充放電サイクルによる容量損失に及ぼす影響 (a)、初期、10サイクル後および100サイクル後における負極断面のセグメンテーション画像 (b)  
Fig.2 (a) Effect of charge/discharge cycle on capacity loss in lithium-ion battery (LIB) and (b) Segmented FIB-SEM images at initial, 10 cycles and 100 cycles

図2 (a) はLIBの充放電サイクルが容量損失に及ぼす影響、図2 (b) はその際に組織が受ける形態的な特徴の影響を示しています。このような分析を行うために、FIB-SEMの観察画像からの組織形態的特徴量と劣化度に対して、ニューラルネットワークによって関連付けたモデルを構築しています。構築したモデルの入力層と中間層第1層の係数から、幾何学的劣化特徴量の寄与度を分析しています。電極のSEM像を入力とすることにより、メカニズムが十分に明らかでない現象に対する劣化予測が可能になるだけでなく、電極劣化に関する特徴および主要因が抽出されることが本アプローチの特徴です。

Fig.2(a) shows the effect of the charge/discharge cycle on the capacity loss of LIB, and Fig.2(b) shows the effect of histomorphological characteristics on the microstructure at that time. In order to perform such an analysis, a model has been constructed in which the histomorphological characteristics and the degree of deterioration, obtained from the observation image of an FIB-SEM, are associated with each other by a neural network. The contribution of geometric deterioration characteristics has been analyzed from the coefficients between the input layer and the first intermediate layer of the constructed model. The feature of this approach is that inputting the SEM image of an electrode enables not only predicting the deterioration of the phenomenon, whose mechanism is not sufficiently clear, but also extracting the feature and the main factor related to the electrode deterioration.

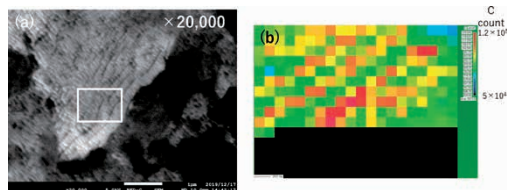


図3 層状パーライトの (a) SEM像と (b) SXESによる炭素濃度マッピング分析結果  
Fig.3 (a) SEM image of lamellar pearlite and (b) Carbon concentration mapping image using SXES

図3は、炭素鋼における層状パーライト粒のSEM像、ならびに軟X線発光分光(Soft X-ray Emission Spectroscopy: SXES)を用いた炭素のマッピング結果を示しています。SXESによるマッピング測定点の間隔は60 nmとし、測定は1分/点としています。この結果から、セメントタイトの分布をマッピング分析できていることが分かります。

Fig.3 shows the SEM image of lamellar pearlite grains in carbon steel and its carbon mapping by soft X-ray emission spectroscopy (SXES). The measurement points for the mapping by SXES are spaced at 60 nm, and the measurement time is 1 minute/point. It is shown that the distribution of cementite has successfully been mapped and analyzed.

KOBELCO

株式会社神戸製鋼所

神戸本社 神戸市中央区脇浜海岸通2-2-4  
☎651-8585 Tel:(078)261-5111/Fax:(078)261-4123

東京本社 東京都品川区北品川5-9-12 ONビル  
☎141-8688 Tel:(03)5739-6000/Fax:(03)5739-6903

KOBE HEAD OFFICE 2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku, Kobe, Hyogo 651-8585, JAPAN  
Tel : +81-78-261-5111/Fax : +81-78-261-4123

TOKYO HEAD OFFICE ON Building, 9-12, Kitashinagawa 5-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-8688, JAPAN  
Tel : +81-3-5739-6000/Fax : +81-3-5739-6903

- (国内事業所)
- 大阪支社 大阪市中央区備後町4-1-3 (御堂筋三井ビル2階)  
☎541-8536 Tel : (06)6206-6111/Fax : (06)6206-6101
- 名古屋支社 名古屋市西区名駅2-27-8 (名古屋プライムセントラルタワー15階)  
☎451-0045 Tel : (052)584-6111/Fax : (052)584-6105
- 北海道支店 札幌市中央区北四条西5-1-3 (日本生命北門館ビル4階)  
☎060-0004 Tel : (011)261-9331/Fax : (011)251-2533
- 東北支店 仙台市青葉区一番町1-2-25 (仙台NSビル5階)  
☎980-0811 Tel : (022)261-8811/Fax : (022)261-0762
- 北陸支店 富山県富山市牛島町18-7 (アーバンプレイス8階)  
☎930-0858 Tel : (076)441-4226/Fax : (076)442-4088
- 四国支店 香川県高松市番町1-6-8 (高松興銀ビル5階)  
☎760-0017 Tel : (087)823-7222/Fax : (087)823-7333
- 中国支店 広島市東区二葉の里3-5-7 (GRANODE広島8階)  
☎732-0057 Tel : (082)258-5301/Fax : (082)258-5309
- 九州支店 福岡市博多区博多駅中央街1-1 (新幹線博多ビル6階)  
☎812-0012 Tel : (092)431-2211/Fax : (092)432-4002
- 沖縄支店 沖縄県那覇市おもろまち1-3-31 (那覇新都心メディアビル西棟9階)  
☎900-0006 Tel : (098)866-4923/Fax : (098)869-6185
- 高砂製作所 兵庫県高砂市荒井町新浜2-3-1  
☎676-8670 Tel : (079)445-7111/Fax : (079)445-7231
- 神戸総合技術研究所 神戸市西区高塚台1-5-5  
☎651-2271 Tel : (078)992-5600/Fax : (078)992-5532
- 加古川製鉄所 兵庫県加古川市金沢町1  
☎675-0137 Tel : (079)436-1111/Fax : (079)436-1400
- 技術開発センター 兵庫県加古川市尾上町池田2222-1  
☎675-0023 Tel : (079)427-5000/Fax : (079)427-5072
- 神戸線条工場 神戸市灘区灘浜東町2  
☎657-0863 Tel : (078)882-8030/Fax : (078)882-8290
- 藤沢事業所 神奈川県藤沢市宮前100-1  
☎251-8551 Tel : (0466)20-3111/Fax : (0466)20-3115
- 茨木工場 大阪府茨木市東宇野辺町2-19  
☎567-0879 Tel : (072)621-2111/Fax : (072)621-2015
- 西条工場 広島県東広島市西条町御園宇6400-1  
☎739-0024 Tel : (082)423-3311/Fax : (082)420-0038
- 福知山工場 京都府福知山市長田野町3-36  
☎620-0853 Tel : (0773)27-2131/Fax : (0773)27-6358
- 真岡製造所 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘15(第2工業団地)  
☎321-4367 Tel : (0285)82-4111/Fax : (0285)84-0231
- 長府製造所 山口県下関市長府港町14-1  
☎752-0953 Tel : (083)246-1211/Fax : (083)246-1271

大安製造所 三重県いなべ市大安町梅戸1100  
☎511-0284 Tel : (0594)77-0330/Fax : (0594)77-2249

播磨工場 兵庫県加古郡播磨町新島41  
☎675-0155 Tel : (079)436-2101/Fax : (079)436-2199

(海外統括会社・事務所)  
Kobe Steel USA Inc. (U.S. headquarters)  
(米国統括会社) 19575 Victor Parkway, Suite 200 Livonia, MI, 48152, U.S.A.  
Tel : +1-734-462-7757/Fax : +1-734-462-7758

神鋼投資有限公司 (Kobelco (China) Holding Co., Ltd. (China headquarters, investment company))  
(中国統括会社) 上海市黄浦区淮海中路300号  
香港新世界大厦3701室, 200021, 中華人民共和国  
Tel : +86-21-6415-4977/Fax : +86-21-6415-9409

神鋼投資有限公司 (Kobelco (China) Holding Co., Ltd. (Guangzhou Branch))  
(広州分公司) 広州市天河区林和東路285号  
天安人寿中心1203室, 中華人民共和国  
Tel : +86-20-8852-4020/Fax : +86-20-8852-4253

Kobelco South East Asia Ltd. (Regional headquarters for Southeast Asia and South Asia)  
(東南アジア・南アジア統括会社) 17th FL, Sathorn Thani Tower II, 92/49 North Sathorn Road, Khwaeng Silom, Khet Bangrak Bangkok, 10500, Kingdom of Thailand  
Tel : +66-2-636-8971/Fax : +66-2-636-8675

Kobelco Europe GmbH (Regional headquarters for Europe and Middle East)  
(欧州・中東統括会社) Luitpoldstrasse 3, 80335 Munich, Germany  
Tel : +49-89-5434-478-0

本誌に記載している会社名・製品名などは、それぞれの会社が登録商標もしくは商標として使用している場合があります。本誌はKOBELCOホームページに全文を掲載しています。  
<https://www.kobelco.co.jp/technology-review/index.htm>