

TODAY



先鋭化する気候変動交渉の行方

東京大学公共政策大学院 客員教授
大成建設(株) 常務執行役員

本部 和彦

グレタさん

昨年9月ニューヨークの国連本部でグテーレス事務総長の呼びかけにより、2020年のパリ協定の実施を前に、加盟国に野心すなわち削減目標の大幅な強化を宣言させることを目指して行われた国連気候行動サミットにおけるスウェーデン人高校生の環境活動家グレタ・トゥンベリさんのスピーチは、ヨットで大西洋を横断する行動とともに、世界の注目を浴びた。その内容は“このままでは地球は滅んでしまう。経済発展や技術革新という夢物語に依存せず、直ちにCO₂の大幅削減に取り組むべき”という先鋭的なものだった。

二つのギャップ

何故2020年のパリ協定の実施を目前にこうした会議が行われ、グレタさんの発言が注目されたのだろうか。それは、以下に示す二つのギャップのために、パリ協定の目指す最終目標の実現がスタート時点ではほぼ不可能であることが明らかになりつつあるからだ。

まず加盟各国が2015年の協定の最終交渉段階で提示した削減目標の素案を積み上げても、協定の目指す“1.5℃目標”はもとより“2℃を十分下回る(well below)目標”の達成に必要とされるレベルを大きく上回っている。加えて、エネルギー起源CO₂を中心に世界の温室効果ガスの排出量は年々拡大しており、各国の削減目標の素案の積み上げ値との乖離が拡大し続けていることである。

国際エネルギー機関(IEA)はWorld Energy Outlook 2019において、各国の削減目標を積み上げても世界のエネルギー起源CO₂は、

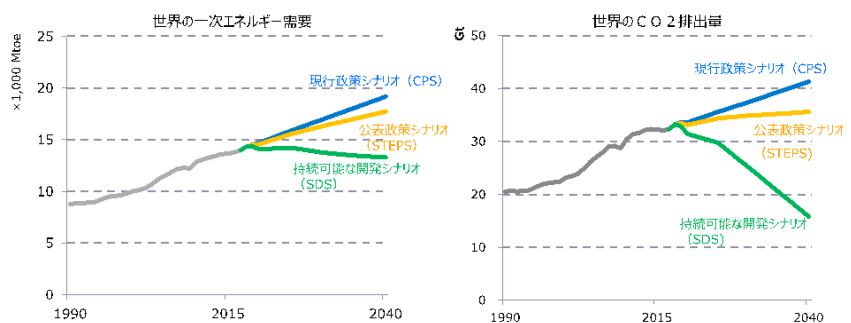
2018年の332億トンが2040年には356億トンまで増加すると予測しており、“2℃を十分下回る目標”を実現するには2030年に252億トン、2040年に158億トンへと2018年からそれぞれ24%、52%削減する必要があるとしている。また国連環境計画(UNEP)は昨年11月に発表したレポートで、2025年までこのペースで温室効果ガスが増え続けると、求められる削減の度合いは年10%を超え“1.5℃目標”の実現は不可能になるとしている。

今後の動向と日本の対応

こうした状況の中で昨年12月に開催されたCOP25では、ギャップを考慮した野心の引き上げを促す文書には合意したものの、今年の2月までに加盟各国が正式に登録する国別貢献に野心の引き上げを義務づけることはできなかった。

これを受けて今年のCOP議長国である英国は既に“COP26を野心強化の会合にする”としており、気候変動が政治の大きなイシューであるEUや早急な化石燃料からの脱却を主張する環境派が更に攻勢を強めることは必至である。とりわけ環境派や島嶼国にとって、パリ協定交渉の最終段階で埋め込んだ“1.5℃目標”が入り口で実現不能となることは受け入れられない。またパリ協定からの離脱を通告した米国でも民主党の大統領候補予備選挙に向けていずれの候補者も協定への復帰と自国目標の強化を主張している。

WEO 2019(IEA)における3つのシナリオ



(注) 現行政策シナリオ：各国の現在の排出動向が継続するシナリオ
 公表政策シナリオ：各国の現在の国別貢献を積み上げたシナリオ
 持続可能な開発シナリオ：2℃を十分下回る目標を達成するシナリオ

こうした中で、原発再稼働の遅れが懸念され、再エネの急速な拡大には制約があり、2030年の削減目標の実現が危ぶまれる日本は難しい舵取りが迫られることになる。仮に野心強化に向かうなら、官民が一体となってこれ以上の既存原発廃炉を防止し、できる限り早期の再稼働を実現することが不可欠だろう。

しかし世界のエネルギー需要はアジアを中心とした非OECD国の経済発展により当面着実に増加すると見られている。電力供給分野では太陽光発電と風力発電の導入が急速に進むものの、建設中の石炭火

力があり天然ガスを含めれば化石燃料火力が果たす役割は引き続き大きい。2025年に予定される国別貢献改定の際には、大規模なBECCSの導入抜きには“well below 2°C目標”の達成も困難であることが明確になると考えている。このため世界では、パリ協定の基本である“各国がそれぞれの事情に基づき最大限の努力を払う”という精神に則って削減と適応の最適バランスをとるといふ智恵が求められることになる。イノベーションによる大幅削減を目指す日本の役割は大きい。

「米国での磁性と磁性材料に関する国際会議 MMM2019 と フェライトに関する国際会議 ICF2019 に参加して」 高効率モーター用磁性材料技術研究組合 主席研究員 谷川 茂穂

1. はじめに

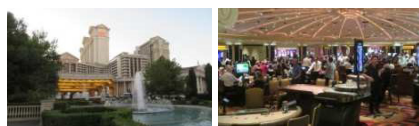
高効率モーター用磁性材料技術研究組合(MagHEM)における技術動向調査活動の一環として、2019年11月4日～8日に米国ラスベガスで開催された磁性と磁性材料に関する国際会議 MMM2019(Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials)と同10月29日～11月1日に米国ボストンで開催されたフェライトに関する国際会議 ICF2019 (International Conference on Ferrites) に参加し、モーター用磁性材料に関連する技術動向調査を実施したので概要を報告する。

2. 磁性と磁性材料に関する国際会議 MMM2019

ラスベガスの Rio All-Suite ホテルにおいて開催された米国物理学会主催の第64回 MMM ではオーラル72、ポスター55のセッションが企画実施された。うち以下のセッション、2-14-1型永久磁石材料、2-14-1型永久磁石のプロセスと特性、RE(希土類)永久磁石、REフリー永久磁石、フェライト磁石、新規磁性材料、軟磁性材料、軟磁性フェライトと軟磁性合金、磁気特性評価、電力用磁気と先進デバイス、に参加し技術動向を調査した。



MMM 会場のホテル外観 ポスター講演会場 オーラル講演会場



ラスベガスの高級ホテルとカジノ

2.1 永久磁石材料の技術動向

表1に永久磁石材料に関する講演の国地域別件数を示す。今回、中国や中東諸国の研究者へのビザ制約があったこともあり(ICFも同様)、参加者は例年より少なかった。中国研究機関からの講演が少ないため相対的に日本からの講演比率が高くなっている。これまで磁石材料の研究発表が少なかった韓国からの講演が増加している。

材料別に見ると、RE-Co磁石材料(1/5系、2/17系)やフェライト磁石などへの回帰現象が認められ、Sm₂Co₁₇系磁石でいくつかの注目される講演があった。表2に永久磁石材料のうち、REフリー磁石関連の講演件数を示す。

表1 永久磁石材料に関する講演の国地域別件数

	米国	欧州	日本	中国	韓国	台湾	インド	他
オーラル	6	6	12	5	2	0	1	0
ポスター	3	7	14	2	10	2	1	1
計	9	13	26	7	12	2	2	1

表2 REフリー永久磁石に関する講演件数

	Mn系	FeN系	Fe-Pt系	その他
オーラル	4	0	2	4
ポスター	5	3	2	4
計	9	3	4	8

2/14/1系磁石に関しては、Nd-Fe-B焼結磁石や熱間加工磁石など、既に高度な量産技術が確立されている磁石中のNdやPrを、価格が低く資源リスクの少ないCe、La、Yなどで置換した材料の開発に関する講演が多くを占めた。RE-Co型磁石は、特に温度特性に優れており、その用途分野の拡大には材料コストが1つの鍵と思われる。REフリー磁石は、Nd-Fe-B磁石とフェライト磁石の中間の性能でコストパ

パフォーマンスに優れたギャップ磁石を狙いとしている。RE フリーギャップ磁石の実用化には、材料開発と並行して用途開拓も必要と考えられる。

• **FH-03 : The Effect of Zr in Progress toward the Development of High-Performance SmFe₁₂-based Magnet** : P. Tozman, S. Hossein, Y. Takahashi, D. Ogawa, S. Hirose and K. Hono (NIMS : 日本)

SmFe₁₁Ti系などの1/12系化合物は、Nd₂Fe₁₄B化合物に匹敵する高い一軸磁気異方性定数 (Ku = 4.87 MJ/m³) と、より高いキュリー温度 (Tc = 584 K) を持つ化合物として注目されている。この化合物はZr、Coを置換すると1/12構造が安定化され飽和磁化が向上することが知られている。今回、Zr添加の磁気物性に及ぼす本質的な効果を検証することを目的として、基板上に垂直配向させたTiフリーの薄膜試料を用いて、Zrの役割について検討考察した。

• **FH-04 : Achievement of both high coercivity and maximum energy product for 2/17-type Sm-Co sintered magnets via microstructural adjustment** : S. Wang, Y. Fang, K. Song, X. Zhu, L. Wang, W. Sun, W. Pan, M. Zhu and W. Li (鋼鉄研究総院 : 中国)

高Fe組成のSm₂Co₁₇型焼結磁石に関する研究、熱処理などのプロセス最適化によるマイクロ組織の制御で、減磁曲線第二象限の角型性の良い材料を開発。

• **FH-07 : Magnetic properties and microstructures of high heatresistance Sm-Co magnets with high Fe and low Zr content** : H. Machida, T. Fujiwara, C. Fujimoto, Y. Kanamori, K. Sakakura and M. Takezawa (トーキン、九工大 : 日本)

FH-04と同じく高Fe、低Zr組成域で高(BH)_{max}かつ耐熱性能に優れたSm₂Co₁₇型焼結磁石を開発。室温での(BH)_{max}は34.5MGOe、150℃では30.5MGOeであり、残留磁束密度Brと保磁力Hcの温度係数は、それぞれ-0.034%/K、-0.28%/Kである。セルサイズが200~500nmと、従来のSm₂Co₁₇焼結磁石のセルサイズよりも大きい。FeとCuが分離し、それぞれ2/17セル相と1/5粒界相に濃縮分配される。Zrが増加すると結晶格子のa軸が伸びてc軸は縮む。ZrはCoのダンベルサイトに入ると推定している。

2.2 軟磁性材料の技術動向

表3に軟磁性材料の講演件数を示す。金属系軟磁性材料では、高周波デバイス用途を念頭とした高Bs

表3 軟磁性材料の講演件数

酸化物系	薄膜材料	ナノ結晶材	ナノワイヤー	粉末材料	板材	高エントロピー合金*
9	9	6	5	4	2	2

*高エントロピー合金 : 比較的大きな割合(約5at%以上)の5元素以上から形成された合金

ナノ結晶材料やセンサー用途を念頭としたアモルファスナノワイヤーの開発などが多い。粉末軟磁性材料では、モータコア材料としての実用化を目指し、電磁鋼板やアモルファス薄帯をベンチマークに、鉄損、飽和磁束密度、コア強度などの課題克服を目指した高Bsナノ結晶粉末の研究開発が複数の機関で進められている。

• **GH-02 : FeNbP Nanocrystalline Alloy Powder with High Amorphous Forming Ability and High Bs for Magnetic Core** : A. Hasegawa (TDK : 日本)

Fe-Nb-B系ナノ結晶材料にPをドーピングアモルファス形成能を高めた材料で、メルトスピニング法による薄帯材料の厚肉化にチャレンジした。粉末材料で圧粉磁心などの受動部品での実用化を目指している。Fe₈₁B₉Nb₇P₃組成で、Bs = 1.51T、Hc=4.8A/mの優れた軟磁気特性が得られる。比透磁率は33,000@1kHz-20A/m。Pのドーピングにより薄帯を70μmまで厚肉化することが可能となった。

• **GH-08 : Effect of latent heat during primary crystallization on nanostructural formation process in nanocrystalline soft magnetic materials** : R. Parsons, H. Kishimoto, T. Shoji, A. Kato and K. Suzuki (モナシュ大 : 豪、トヨタ自動車 : 日本)

高Fe組成のアモルファス合金を急速熱処理したナノ結晶材料の開発。2019年1月のJoint MMM-Intermag(ワシントンDC)で、二元系Fe-B合金で1.9Tの高Bsが得られることが報告されている。今回、Feの一部をCoやNiと置換することで更なる高Bsと軟磁気性能が向上することを検証。(Fe_{0.9}Ni_{0.1})₈₆B₁₄で保磁力2.6A/m、飽和磁束密度1.7Tの性能を実現。またCo置換したFe-Co-B系で、2Tを越える飽和磁束密度を確認。薄帯の連続製造技術が確立出来れば工業化への道筋が開けるが、ハードルは高いと思われる。別途、粉末材料への展開も期待される。

3. フェライトに関する国際会議 ICF2019

ICFは米国電気電子学会(IEEE)の磁気部門(Magnetics Society)と日本の粉体粉末冶金協会の共催で4年毎に開催されるフェライト材料に特化した国際会議である。第1回は1970年京都で開催され、今回が12回目となる。ノースイースタン大学ハリス教授の議長のもと、ボストンのローガン国際空港に近接したHyatt-Regency Boston Harborホテルで4日間の日程で開催された。今回参加者は約10ヶ国から約100名であった。MMM2019と同様、ビザ制約のため参加出来なかった中国、中東諸国、ロシア

の研究者も少なからずいたとのことである。

初日は歓迎レセプション、ハリス教授の開会挨拶、フェライトとスピントロニクスについての東大 斎藤教授による全体講演があった。2日目以降3日間、8時から18時までテクニカルセッションがあり、招待講演・キーノート講演を含め72件の講演があった。テクニカルセッションテーマは、硬磁性材料、軟磁性材料、フェライトナノ粒子、薄膜、スピントロニクス、デバイスおよび応用、の6テーマである。



ボストン市街



ICF会場のホテル



ハーバード大学



マサチューセッツ工科大学



ノースイースタン大学

3.1 硬磁性材料セッションの概要

11件の多くが日本からの講演であった。

・ICF-24 招待講演 Research trends for the high-performance La-Co substituted M type ferrite magnets (日立金属 小林氏)

高性能フェライト焼結磁石として既に実用化されているCa-La-Co系フェライト磁石の磁石性能向上の機構を、STEMと高輝度X線による先端解析技術により明らかにした。

・ICF-25 Effect of Boron Addition on Magnetic Properties of Ca-La-Co M Type Ferrite Magnets (TDK 大村氏ら)

酸化ボロンをドーブしたCa-La-Co系磁石の磁気特性に関する講演。従来の焼結フェライト磁石の弱点である低温での減磁が無い、画期的な材料開発に目途をつけた。室温～150℃の温度域で保磁力の温度係数が著しく改善されており、かつ従来のフェライト磁石と比較し保磁力が大きいことが特徴である。

・ICF-26 Synthesis of Dense Co-Ti Substituted M-Type Barium Hexagonal Ferrites with Fine Grains by Two-Step Sintering (North-Eastern 大学 Qifan Li 氏ら：米国)

CoおよびTiをドーブしたBa系M型フェライトの開発。スパークプラズマ焼結 (SPS) による2段

階焼結プロセスを適用し、材料の微細構造を制御することで、複素透磁率の周波数特性を、デバイスの動作周波数帯域に合わせて調整可能な材料を開発。

・ICF-27 On the solubility range of Ce in Sr M-type Ferrite (京都大学 和氣先生ら)

Ce置換M型フェライトにおいて酸素分圧とCeのフェライトへの固溶限の関係を、イオン半径と価数変動から解析考察。

・ICF-29 招待講演 Recent Topics of Permanent Magnet Researches in Japan (東北大学 杉本先生)

日本における高性能永久磁石材料の研究開発や、モーターの高効率化・小型化技術の開発を行う国プロ (ESICMM および MagHEM) で進められている先端研究開発の概況を、磁石材料の研究開発を焦点に解説。

・ICF-30 Enhancing Electrical Resistivity of Nd-Fe-B-type Die-Upset Magnet by Doping Insulating Salts (Hae-Woong Kwon 氏：韓国)

低融点共晶フッ化物粉末を絶縁材として磁石粉末に混合することで、高抵抗熱間加工磁石を開発。磁気特性の劣化を抑制し高抵抗化を実現。モーター実装時の渦電流損失と発熱の抑制を狙いとしている。

・ICF-31 High throughput screening method for thin film $R_2Fe_{14}B$ magnet (TDK 榎戸氏ら)

薄膜プロセスを応用した省Nd型永久磁石材料探索のためのスクリーニング手法。 $Y_2Fe_{14}B$ 、 $Ce_2Fe_{14}B$ 、 $Nd_2Fe_{14}B$ の擬三元系希土類化合物に適用。Nd-Fe-B系磁石の今後の需要拡大によるNdの資源リスクを念頭に置いた研究開発。

・ICF-32 招待講演 Magnetic Domain Observation of Ferrite Magnets with MFM Images Obtained from Multiple Distances and Image Processing (明治大学 小原先生)

磁区幅を高精度で測定出来る観察手法を新たに確立し、フェライト焼結磁石に適用。フェライト焼結磁石の単磁区臨界粒子径を、従来の観測手法より高精度で測定することが可能。

フェライト材料は、伝統的に日本の研究水準が高く、その応用分野は磁性デバイス、電子デバイス、超電導、医療、パワーエレクトロニクスなど多岐にわたり、重要な機能性材料である。今回ICFでもこうした応用分野の材料技術、応用技術、評価技術に関する先端研究の成果が多数報告された。

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第400号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM総務企画部までお寄せください。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2020年2月1日

発行人 小紫正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp