

アークプラズマとその応用技術



「アークプラズマ」とは何か。自然界では夏の風物詩として「雷」が有名である。「雷」はアークプラズマの一種であり、数千度に達する超高温を有しているものの、時間的には十万分の数秒という超短時間の世界である。瞬間的なインパクトを電気系統に与えるもの

の、エネルギーという仕事量から見ると、僅かなものである。この「雷」を長時間安定的に維持・制御したものが「アークプラズマ」と言えよう。

水を加熱してゆくと、水、水蒸気と相変化し、更に高温に加熱すると、酸素・水素原子に分解し、更に、電子を放出して「物質の第4の状態」である「プラズマ」となる。「アーク」は、一般的に「プラズマ現象」の電気事業における呼称といえる。「アーク」と「プラズマ」の区別が難しいため、「アークプラズマ」と合成して使用する場合が多い。

この「アークプラズマ」には「大気圧熱プラズマ」や、「低気圧高周波プラズマ」など各種の「アークプラズマ」があるが、この内、「熱プラズマ」の特徴としては、「雷」に見られるように、その超高温性、高エネルギー性、高輝度性などが挙げられ、電流を制御することで、ms（ミリ秒）級の高制御性も可能である。これらの特徴を有効に活用して、溶接・切断・溶射などの加工や、金属の還元・精錬などの冶金、化学工業、大規模照明や、超微細なナノテクノロジーなど様々な分野に応用が図られている。

十年ほど前のCOP3京都大会以来、地球温暖化対策を含めた環境対策が世界規模で社会問題化し、環境改善技術の進展が顕著となっている。その一翼として、「アークプラズマ」による廃棄物の処理や減容化が注目されている。特に、土地の狭い日

本では、減容化の効果は甚大であり、医療廃棄物や有害物の無害化・低害化処理にも、その本領を發揮している。

本レビューでは、電気事業における具体的な研究・開発例として、放射性廃棄物の減容処理・乾式表面除染処理、優秀な断熱材ながら発ガン性が発見されたアスベストの無害化と再資源化処理、超微粒子などの新材料創製などに言及している。さらに、これらの研究・開発を支える「アークプラズマ」の基礎特性も解明している。

「アークプラズマ」は、材料の溶融処理の展開技術として、新材料の創製にも如何無くその性能を發揮している。その一例が、本レビューでも紹介されているAlN（窒化アルミ）超微粒子の創製である。本微粒子は、電氣的に絶縁性が高く、しかも熱放散性がよく、エポキシ固体絶縁材に混入させることで、電力機器のコンパクト化に大きく貢献し得る優れものである。また、「アークプラズマ」は、基材表面の洗浄化にも適しており、原子炉解体で生じた放射性廃棄物の表面層を薄く除染することも可能である。さらには、基材表面を凹凸に粗面化し、その表面に溶射膜を密着させることで、基材に対する密着強度を従来の3～4倍に向上させることにも成功しており、「アークプラズマ」の応用範囲はますます拡大している。

この様な「アークプラズマ」応用の発展時期に本レビューが発刊されることは、電気事業のみならず、一般社会への貢献という意味からも、誠に喜ばしい次第である。今後とも、電力輸送を担う送配電系統における絶縁機材の性能向上から原子力発電所廃止措置という広範囲にまたがる高付加価値を持つ技術革新にますます貢献することが期待される。

中央大学 理工学部 教授

稲葉 次紀

電中研「アークプラズマに関する研究」のあゆみ

西暦(元号)	当研究所の状況	国内外の状況
1980年代		・プラズマキューボラ、タンディッシュ加熱など冶金分野への応用研究が内外で活発化
1982(S58)		・不燃性雑固体廃棄物を対象としたプラズマ溶融処理の電力共通研究終了
1984(S59)	・アークプラズマの高温物性のプログラム開発に着手	
1985(S60)		・フラーレンの発見
1986(S61)	・アークプラズマの電界-電流特性の解析プログラムの開発に着手	・旧日本原子力研究所、JPDR(わが国初の発電用原子炉)の解体着手
1987(S62)		・新日本製鐵(株)(広畑)でタンディッシュ加熱にプラズマトーチが採用
1988(S63)	・プラズマトーチの長寿命化を目指し、電極の損耗現象に関する研究開始 ・プラズマトーチの大容量化を目指し、新日本製鐵(株)との共同研究開始(~H2)	
1989(H元)	・交流アークプラズマの研究開始	・(株)神戸製鋼所(加古川)で交流プラズマトーチをタンディッシュ加熱へ適用
1990(H2)	・プラズマ溶融炉(1号)の設置 ・低レベル放射性雑固体廃棄物の溶融処理の研究開始 ・第1回 EPRI-CRIEPI 合同国際シンポジウムの開催	
1991(H3)	・アークプラズマからの放射に関する研究に着手	
1992(H4)		・日本原燃(株)六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センターの操業開始(均質固化体の最終処分)
1993(H5)	・100kW級プラズマ溶融処理設備の設置 ・第2回 EPRI-CRIEPI 合同国際シンポジウムの開催	・東京電力(株)、川崎製鉄(株)、川崎重工(株)、千葉市が都市ごみ焼却灰のプラズマ溶融の実証試験を開始
1994(H6)		・松山市南クリーンセンター、都市ごみ焼却灰のプラズマ溶融炉が稼働開始 ・ナノコンポジットの研究が活発化
1996(H8)	・アークプラズマから被加熱物への伝熱機構の解明に関する研究開始	・イナータム社(仏)がアスベスト廃棄物のプラズマ溶融処理を商業化
1997(H9)	・TRU 廃棄物のプラズマ溶融処理技術の研究開始	
1998(H10)	・プラズマ加熱を用いた低レベル放射性雑固体廃棄物の溶融処理に関する総合報告書を発刊 ・アスベスト廃棄物の無害化・再資源化の研究開始	・日本原子力発電(株)、東海発電所を停止
1999(H11)	・解体廃棄物の処理・再利用に向けたプラズマ溶融技術の研究開始 ・減圧アークによる乾式表面除染技術の研究開始 ・アークプラズマによる材料創製の研究開始	・原子力安全委員会、「主な原子力施設におけるクリアランスレベルについて」を策定 ・ダイオキシンが大きな社会問題となる。 ・PCB 廃液の移動式プラズマ処理装置(カナダ、ラプカナル)の実証試験
2000(H12)	・超微粒子創製用プラズマ実験装置の設置	・日本原子力発電(株)、東海発電所廃止措置開始 ・六ヶ所低レベル貯蔵センター2号埋設施設(固体状廃棄物)受入開始
2001(H13)	・減圧アーク除染実験装置の設置	・都市ごみ焼却灰のプラズマ溶融処理施設数が増加(2001-2003年度に国内で16施設が稼働開始)
2002(H14)	・スラグのリサイクル技術の研究開始 ・回転式溶融スラグ骨材化装置の設置	・中部電力(株)がプラズマ加熱を組み込んだ医療廃棄物処理設備の実証試験を終了
2003(H15)	・Cs 捕捉率推定手法に関する総合報告書を発刊	・新型転換炉「ふげん」運転終了
2004(H16)	・配管用減圧アーク除染実験装置の設置	
2005(H17)		・日本原子力発電(株)、敦賀発電所のプラズマ溶融炉(雑固体減容処理設備)の運用開始 ・クリアランス制度法制化 ・アスベストが大きな社会問題となる。
2008(H20)		・中部電力(株)、浜岡原子力発電所1号機、2号機の廃止措置を表明
2009(H21)	・廃止措置で発生する放射性廃棄物を対象とした研究開始	
2010(H22)	・100kW級プラズマ溶融処理設備の更新・増強	