

廃棄物処理等科学研究費補助金 総合研究報告書概要版

研究課題名・研究番号 = 水蒸気プラズマによる残渣炭化物のクリーンガス化処理プロセスの開発 (K 1 6 2 1)

国庫補助金精算所要額 (円) = 42,807,000 円

研究期間 = 2003-2005

研究年度 = 2003-2004

研究代表者 = 牛尾誠夫 (大阪大学)

共同研究者 = 田中 学 (大阪大学)、西川 宏 (大阪大学)、田中和士 (中部電力 (株))、
棚橋尚貴 (中部電力 (株))

研究目的 = 廃棄物最終処分場の残余容量のひっ迫や廃棄物焼却施設からのダイオキシン類の排出規制に関連して、ダイオキシン類の発生原因である焼却処理をともなわなない新たな中間処理システムの研究・開発が各方面で進められており、その確立が急務となっている。

本研究グループは、廃棄物の処理過程で発生する炭化物残渣を高温の水蒸気プラズマで処理することにより、水性ガス反応 ($C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$) を起こさせ、ダイオキシン類の発生を抑制しながら可燃性ガスを生み出すとともに、固体分を熔融スラグ化するプロセス開発の可能性について検討をおこなってきた。この処理プロセスを完成させることにより、廃棄物を焼却せずとも減容化を図ることが可能となり、環境に優しい新しい処理方式の実現が可能になると思われる。

そこで本研究では、これまでに得られた基礎的知見を実用化に結びつけるため、ダイオキシン類発生の抑制効果ならびに炭化物残渣のクリーンガス化プロセスに関する科学的根拠を明らかにし、さらに実用化を睨んで小規模のシステムをつくり、プロセスの高効率化の検討をおこなうことを目的とした。

研究方法 = 実用化を睨んだ小規模システムとして、処理プロセスの高効率化を目指した非移行型のプラズマジェットと移行型のプラズマアークを選択発生させることが可能なプラズマ発生装置と 400 程度までの水蒸気を安定的に供給できるノズルを備えた高温水蒸気噴霧システムの試作をおこなった。

その試作したシステムを用いて発生させた水蒸気プラズマの特性を理解するために、水蒸気プラズマの電圧・電流測定及び分光法を用いたプラズマ診断を実施し、アルゴン (Ar) プラズマおよびアルゴン + 酸素 ($Ar + O_2$) プラズマとの特性の比較から、水蒸気プラズマの特性、さらにはガス化反応プロセスの検討をおこなった。また実用化を睨んだ炭化物の処理実験を実施し、炭化物の減量効率の検討や生成ガスの発熱量の試

算をおこない、水蒸気プラズマを用いた処理システムの有効性、さらには高効率化の検討をおこなった。また処理中の排ガスを分析することで、試作したシステムが環境に与える影響、特にダイオキシン類の発生の有無を検討した。

結果と考察 = 本研究で得られた主要な結果と考察について以下に示す。

1．非移行型のプラズマジェットと移行型のプラズマアークを発生させることが可能なプラズマ発生装置、ならびに400程度までの水蒸気を安定的に供給できるノズルを備えた高温水蒸気噴霧システムの試作をおこなった。また処理対象物の導電性に応じて非移行型のプラズマジェットから移行型のプラズマアークに自動的に切り替わるようなシステムとした。

2．水蒸気プラズマの状態を理解し、水性ガス化反応をおこす因子となるラジカル種(OH, H, O)の存在状況を把握するためにプラズマ分光測定をおこなった。非移行型の水蒸気プラズマジェットの場合には、水分子由来のラジカル種(OH, H, O)がAr+O₂プラズマジェットおよびArプラズマジェットの場合よりも多く発生していることが確認された。さらに条件によってOHラジカル、Hラジカル、O原子の発生量が変化し、プラズマが高温になる条件下では、水分子はOHラジカルからよりもさらに解離され、O原子とHラジカルになることが、測定結果および既存データから明らかになった。

3．また炭化物試料が存在する場合には、水蒸気プラズマを使用した場合のみ、相対的に強いCO⁺のスペクトルが確認され、水蒸気プラズマによって炭素が分解していることが推察された。すなわち水蒸気プラズマと炭化物の間で水性ガス反応が進行していることが分光学的側面からも明らかとなった。

4．水蒸気プラズマを用いたガス化プロセスの有効性を検討するために、炭化物試料の処理試験を行った。炭化物試料の質量減少量測定をおこなったところ、移行型水蒸気プラズマアーク(100A)が最も減量効果に優れ、燃焼プロセスを想定したAr+O₂プラズマアークとほぼ同レベルの減量効果が確認された。このことから水蒸気プラズマアークによるガス化プロセスは燃焼プロセスに匹敵する減量効果を持つことがわかった。また非移行型のプラズマジェットよりも移行型のプラズマアークの方が、明らかに時間的処理効率は良いことがわかった。

5．また水蒸気プラズマによるガス化によって生成されるガス組成を確認するために排ガス組成分析を行った。その結果、水蒸気プラズマアークでは、CO, CO₂, HC(ハイドロカーボン), H₂がArプラズマアークの場合よりも多く検出され、O₂に関しては逆に少なくなっていた。特に、可燃性ガスであるCO, H₂の発生量が、水蒸気プラズマアークの場合にはArプラズマアークの場合に比べて非常に多かったことから、水性ガス反応によるガス化が進行していることが裏付けられ、また本プロセスが従来の熱分解ガス化法よりも多くのエネルギーを得られるプロセスだということが示唆された。

6．排ガス組成分析の結果をもとに生成ガスの発熱量を試算することで本プロセスのガス化性能を検証したところ、水蒸気プラズマアークの場合の方が、Arプラズマアークの場合の数百倍大きな発熱量を示しており、水蒸気プラズマアークの優位性が明らかになった。

7．排ガス中のダイオキシン類分析をおこなった結果、ダイオキシン類の発生量は、多い順にAr+O₂プラズマによる処理、Arプラズマによる処理、水蒸気プラズマによる処理とな

っており、Ar+O₂ プラズマの場合には他の2つのものと比べて、発生量に100倍程度の差があった。やはり水蒸気プラズマを用いた場合には、燃焼反応が主体でないために、ダイオキシン類の発生が大幅に抑制できたものと考えられた。

結論 = 本研究およびこれまでの研究成果より、水蒸気プラズマと炭化物の間で水性ガス反応が進行していると考えられ、炭化物処理に対して水蒸気プラズマを利用することは十分に有効である。また炭化物と水蒸気プラズマ間の反応は、プラズマに噴霧された水蒸気が、OH, H に解離され、それらのラジカル種が水性ガス反応の進行に積極的に関与していることが推察され、炭化物の質量減少が大幅に進行しているものと推察できる。すなわち廃棄物の処理過程で発生する炭化物残渣を水蒸気プラズマで処理することで、ダイオキシン類の発生を抑制、可燃性ガスを生成しながら、直接熔融処理できる可能性が示された。また移行型のプラズマアークとすることで、大幅に処理効率を向上させることが可能であることがわかった。

さらには今後、消費電力を抑え、より効率的なガス化が行えるよう改良を進めることで、水蒸気プラズマガス化は従来法の熱分解プロセスより有効なガス化プロセスと成りうるということが、今回のガス化試験の結果から示唆された。

またこれまでの研究成果を実用化に結びつけるためには、さらなる詳細な検討が必要であるが、ますます社会問題となる廃棄物処理において、水蒸気プラズマによる処理技術の開発は重要な技術開発となり、今後さらに研究を推進していくことで、21世紀型の環境に優しい新たな処理方式の実現に貢献できるものと確信している。