

廃棄物処理等科学研究費補助金 研究報告書概要版

研究題名 = 水蒸気による残渣炭化物のダイオキシンフリープロセスの開発

研究期間 = 2002-2003

研究年度 = 2002

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)、津村卓也 (大阪大学)、西川 宏 (大阪大学)、
伊藤拓仙 ((株)アドバンスト)、田中和士 (中部電力(株))、
棚橋尚貴 (中部電力(株))

研究目的 = 廃棄物処理装置の主流は焼却炉であるが、ダイオキシン類の発生は避けられず、焼却炉からの排出は社会問題となっている。したがって、ダイオキシン類を発生させずに廃棄物を処理・無害化できる技術開発については、廃棄物問題を解決するために必要不可欠である。

本研究グループでは、これまでに高温水蒸気を用いて廃棄物を熱分解し、ダイオキシン類の発生を十分に抑制出来る装置を開発し実用化を図ってきた(中部電力(株)と(株)アドバンストの共同研究)。しかしながら、産業廃棄物を無酸素状態で加熱すると金属、ガラス成分を含む炭化物が残渣として生成される。炭化物は融点が高く、現在の装置では生成する炭化物(残渣)をそのままでは溶融処理できないため、一旦燃焼して灰化し、この灰の溶融処理をおこなっている。これには空気の導入および超高温処理を要し、プロセスも増えるため、エネルギー的にも、コスト的にも良策ではなく、ダイオキシン類の発生も完全には無くならないため改良が望まれている。

本研究は、この炭化物(残渣)を化学的にラジカルで安価な水蒸気プラズマで加熱処理することにより、炭化物内で水性ガス反応($C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$)を進行させ、炭化物(残渣)の減量をおこないながら可燃性ガスを生み出すとともに、固体分を同時に溶融スラグ化するプロセスの開発を目指すものである。特に、水蒸気プラズマと炭化物との反応性や、反応の際の発生ガスなどを学術的に調査する基礎研究であり、またこれらの知見をもとに廃棄物処理に対する水蒸気プラズマ利用の有効性を実証するとともに、水蒸気プラズマを用いた当該プロセスの将来的な実現可能性を検討するものである。

研究方法 = 既存のハイブリッドプラズマ装置に試作した高温水蒸気発生装置及び排ガス処理装置を追加し、改良することにより水蒸気プラズマ発生装置の試作をおこない、水蒸気プラズマの発生を試みた。

基礎実験としては、残渣炭化物を想定して炭化物ブロック(木炭)を試料として使用し、水蒸気プラズマと炭化物の反応実験をおこなった。反応の進行具合を知るために、実験前

後における炭化物の質量変化を測定し、質量変化に及ぼす水蒸気量、水蒸気温度、反応時間の影響を検討した。

さらには、水蒸気プラズマによる炭化物処理の際に重要となるプラズマと炭化物との反応性や排ガスによる環境への影響などを検討するために、生成ガスの分析や炭化物の表面状態の分析などをおこなった。具体的には、塩化ナトリウムを浸漬させた炭化物（木炭）を利用して、 $\text{Ar} + \text{O}_2$ （アルゴン + 酸素）プラズマと Ar （アルゴン）プラズマ、水蒸気プラズマの 3 種類のプラズマを用いた炭化物の処理実験をおこない、実験中の外観観察や実験前後の質量変化、排気ガスの分析、木炭の表面分析をおこなった。

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 . 既存のハイブリッドプラズマ装置を改良することにより、水蒸気プラズマ発生装置の試作をおこない、水蒸気プラズマの発生を試みた。その結果、安定した水蒸気プラズマを発生させることに成功した。

2 . Ar 雰囲気チャンバー内で水蒸気プラズマと残渣炭化物を想定した炭化物（木炭）の反応実験をおこなった。その結果、水蒸気プラズマに木炭を曝すことで、木炭の質量減少が起こることを確認した。

3 . さらに木炭の質量減少に及ぼす水蒸気量、水蒸気温度、反応時間の影響に関する検討をおこなった。その結果、水蒸気量よりも反応時間や水蒸気温度が水蒸気プラズマと炭化物の反応性に与える影響が大きいことを明らかにした。

4 . 炭化物の燃焼模擬を目的とした $\text{Ar} + \text{O}_2$ プラズマ、熱分解を目的とした Ar プラズマ、水性ガス反応を目的とした水蒸気プラズマの 3 種類のプラズマを用いて、炭化物の処理実験をおこなった。観察の結果、水蒸気プラズマを用いた場合にのみ、実験中も時間が経過するごとに大きな形状の変化が観察できた。

5 . 実験終了後の試料外観も、3 種類のプラズマで処理した場合を比べると違いが明らかであった。この違いは、燃焼プロセス、熱分解プロセス、水性ガス反応プロセスと反応プロセスの違いによって生じたものと推測できた。

6 . 実験終了後の質量減少量は、水蒸気プラズマによるものと $\text{Ar} + \text{O}_2$ プラズマによるものが同程度の減少量を示し、水性ガス反応によっても燃焼と同程度の質量減少が期待できた。また水蒸気プラズマによる反応のみ、試料内部にまで進行していることを確認した。

7 . 塩化ナトリウムを浸漬させた炭化物を用いて、実験中の排ガスに含まれるダイオキシン類やガス組成の分析をおこなった。 Ar 雰囲気下で水蒸気プラズマを用いて炭化物（木炭）を処理した場合には、 $\text{Ar} + \text{O}_2$ プラズマを用いて炭化物を処理した場合に比べて、発生するダイオキシン類の濃度を約 1/100 にまで低減できた。

8 . 水蒸気プラズマを用いた場合には、水素の発生が桁違いに多く、水蒸気プラズマと炭素分の間で水性ガス反応が進んでいることが裏付けられた。

9 . 熱平衡計算による発生ガス予測をおこなった。その結果から、水性ガス反応が進行するには反応温度が非常に重要であることがわかった。また実際に測定されたガス組成と予測されたガス組成の比較から、実際の反応に寄与している炭素量と水蒸気量の関係は、水蒸気量の方が多くなっている水蒸気リッチの状態であることが推測された。

10 . 走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて、反応後の表面観察をおこなった結果、 $\text{Ar} + \text{O}_2$

プラズマ、Ar プラズマ、水蒸気プラズマを用いた場合には、それぞれ特有の表面状態となっていることがわかり、異なった反応が起こっていることが裏付けられた。水蒸気プラズマの場合には、木炭の繊維組織そのものがプラスチックに熱を加えたように、溶けるような変形を起こしていた。

11. エネルギー分散型X線分析装置を用いて、試料表面の組成分析(EDS分析)をおこなった。その結果、水蒸気プラズマによる処理をおこなった場合には、実験前の状態と比べて、表面に酸化カルシウムなどが多く残留しているという結果が得られた。そのことから炭素成分のみが選択的に水蒸気プラズマと反応し、ガス化したものと推測できた。

結論 = 本研究の結果より、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ことが推測され、廃棄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と思われる。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しながら、直接溶融処理できる可能性が示された。

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焼却処理以上に減容化を図ることが可能となる。今後ますます社会問題となるであろう産業廃棄物(特別管理産業廃棄物を含む)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であり、今回の研究結果をさらに発展させることにより環境にやさしい新たな処理方式の実現を可能とするものである。