



プラズマによる廃棄物処理

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 渡辺隆行

大気圧プラズマの特徴

- 電子のみならずイオンや原子なども高温
被加熱物質を短時間で加熱，反応速度が著しく速い
- 荷電粒子（電子，イオン）が存在
電子やイオンは電磁場の影響を受ける
外部からの電磁場によってプラズマ流を制御
- ラジカルなどの活性種が存在
ラジカル反応を利用したプロセス
- 雰囲気を自由に選択
不活性雰囲気，酸化雰囲気，還元雰囲気
- クエンチング速度が速い
非平衡組成や準安定物質を合成

熱プラズマ（局所熱平衡プラズマ）

- 直流アーク放電
移送式（移行式）
非移送式（プラズマジェット）
フリーバーニングアーク
- 多相アーク放電
- 高周波放電（誘導結合型プラズマ）
- マイクロ波放電

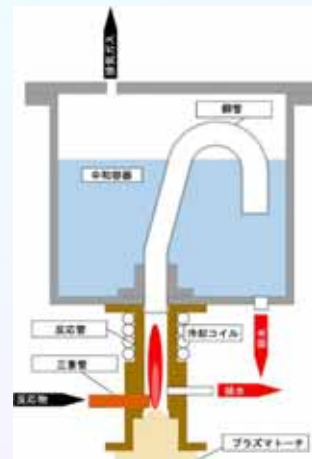
非平衡プラズマ

- グロー放電，バリア放電
- コロナ放電
- グライディングアーク

水プラズマによるフロン類の分解

直流プラズマの特徴

- 出力の増大が容易であること
放電電流や放電電圧の増加により，変換可能なエネルギー量を増大できる。
- 設備費が比較的廉価であること
高周波放電やレーザに比べて設備費は1桁小さい。
- アーク放電の発生装置，技術が簡単であること
アーク放電の技術は高い汎用性。
- 安定な放電を長時間持続できること
連続的物質処理が可能。
- 被加熱物質の加熱が効率よくできること
アークそのものが熱エネルギーであるために，レーザのようにエネルギー形態を変換する必要がない。



アーク電力 0.65-1.47 [kW]
水供給速度 325 [mmol/min]
HFC-134a供給速度 5-185 [mmol/min]

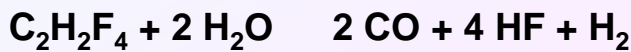
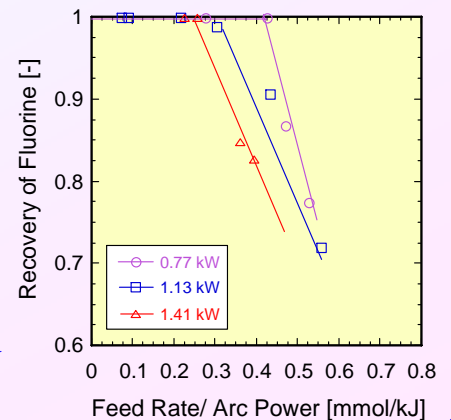
Water



Methanol - water



Ethanol - water



プラズマパワーに対するHFC-134aの供給速度が最大0.43 mmol/kJ (1 kWあたり160 g/h)において，フッ素回収率99.9%以上を得られた。

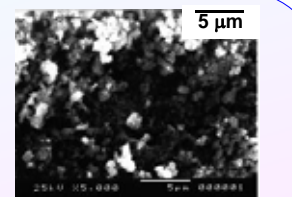
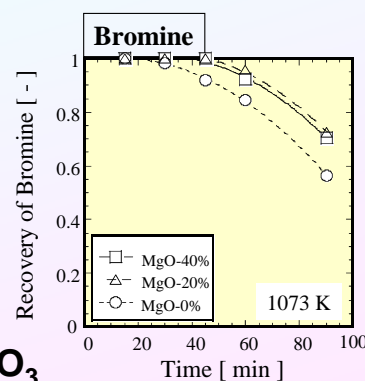
フロン，ハロン分解ガスの乾式処理



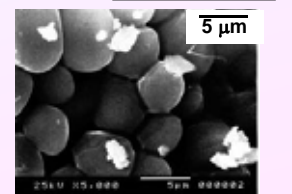
焼成ドロマイト
(CaO 63.8%, MgO 32.8%)

焼成ドロマイトによるハロンを分解する乾式プロセスを開発した。

焼成ドロマイトによってハロンやフロンを分解したときに発生するハロゲンをフッ化物や臭化物として回収する。



1073 K, 45 min



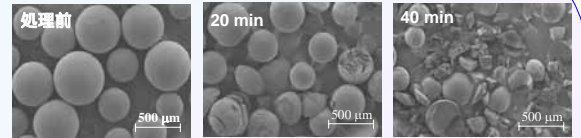
直流プラズマによる廃イオン交換樹脂の処理



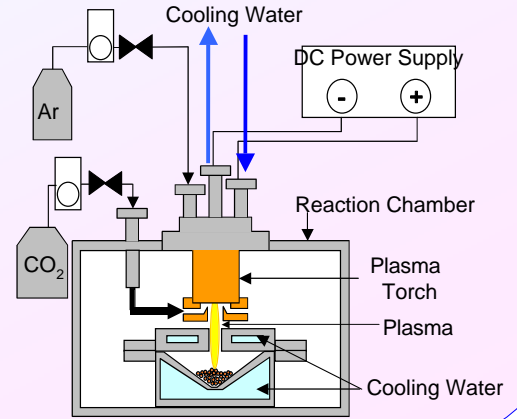
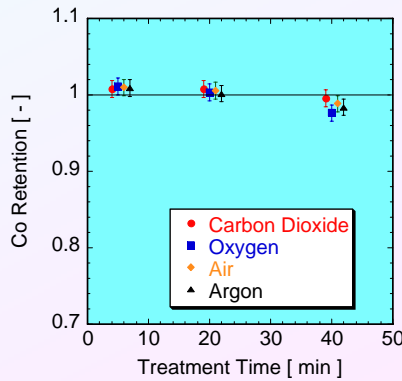
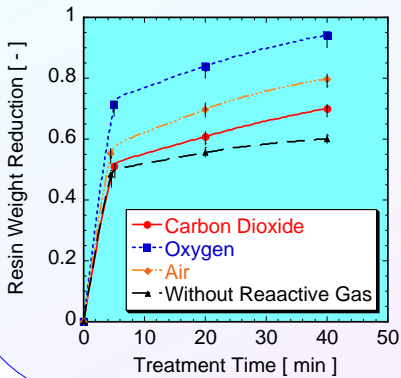
原子力発電所の冷却水を処理したイオン交換樹脂には⁶⁰Coなどの放射性核種が吸着されている。

直流プラズマジェットに酸素、空気、二酸化炭素などを吹きこむことによって、廃イオン交換樹脂の高速な減容化が可能

吸着した放射性核種の安定化が可能



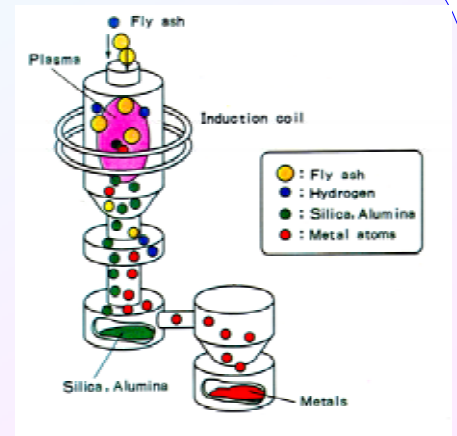
アーケ電圧 25 V
 アーク電流 200, 300 A
 プラズマガス Ar: 18 L/min
 添加ガス O₂: 18 L/min, Air: 18 L/min, CO₂: 9-27 L/min



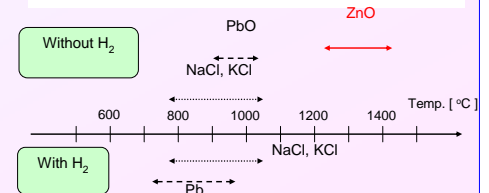
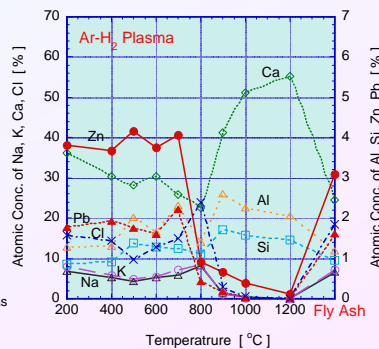
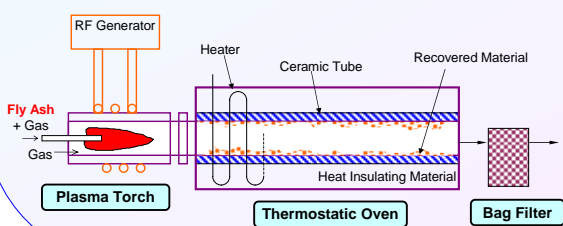
高周波プラズマによる溶融飛灰の無害化

高周波プラズマの特徴

- 大きな直径 (5~6 cm程度)
- ガス流速が直流アークに比べて1桁程度低い
 反応物質の滞留時間を長くすることができる。
 プラズマ中の化学反応の進行を充分行うことができる。
- 酸化雰囲気や還元雰囲気を自由に選択できる
- 無電極放電であるので、外的じょう乱に敏感
 トーチに導入する反応物質量が限定される



プラズマ入力 50 kW
 周波数 2 MHz
 プラズマガス Ar: 20 L/min
 シースガス H₂: 3 L/min
 キャリアガス Ar: 10 L/min
 溶融飛灰供給速度 5 g/min
 回収温度 200 1200°C



凝縮温度によって溶融飛灰中のZn, Pbを分離できる

大気圧非平衡プラズマによるプラスチックの処理

大気圧非平衡プラズマの特徴

- 電子温度のみが高い
- 化学反応は反応温度や圧力と無関係
- 高温や減圧に伴う制約が小さい



パルス周波数やガス組成によって、プラスチックの分解速度を制御できる。

プラスチックのリサイクルプロセスに適用可能

