

京都大学	博士（工学）	氏名	CHENG YINGCHAO
論文題目	Behavior and Control of Mercury in Sewage Sludge Thermal Treatment Process (下水汚泥熱処理プロセスにおける水銀の挙動と排出制御)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>下水汚泥は産業廃棄物として大量に排出される廃棄物の一つであるとともに、都市に集積されたバイオマス資源かつ有用資源である。したがって、適正処理とできる限りの有効利用が求められる。本研究は、下水汚泥の熱処理プロセスとして日本で広く用いられている焼却等を対象に各元素の挙動、特に、最近、水銀に関する水俣条約によって規制対象となった水銀の挙動を解明するとともに、その排出制御技術として、水銀除去用含浸活性炭の開発を検討したもので6章から成る。</p> <p>第1章は序論であり、下水汚泥の発生量や処分方法、熱処理技術、排ガス中水銀の除去技術に関して文献調査を行い、主要な研究背景について述べた後、研究の目的・論文の構成を示している。</p> <p>第2章では1つの下水処理場に設置されている2つの流動床式焼却炉及び1つのストーカ式焼却炉を対象に、焼却対象物の汚泥、プロセスからの排水、焼却灰等のサンプリング方法及び分析方法を示した後、各種サンプルの元素組成を明らかにし、次章以降で考察する元素や重金属の挙動に関する基礎データを示している。</p> <p>第3章は第2章で得た基礎データを基に、3つの炉における汚泥から灰への元素の濃縮係数や排水や排ガスへの分配を求め、元素ごとの挙動・マスバランスを明らかにしている。ナトリウムについては処理水の再利用により下水処理場内での循環濃縮が認められ、硫黄と水銀以外の他の元素は焼却残渣中に濃縮されること、流動床式焼却炉とストーカ式焼却炉では、焼却灰中の鉛及びカドミウムの濃度に違いがあることを明らかにした。流動床式焼却炉及びストーカ式焼却炉での燃焼過程及び排ガス処理過程でどのような反応が生じて各分配が異なるかを熱力学的平衡計算により裏付けている。下水汚泥焼却灰にはリンが多量に含まれることから肥料原料として有効利用することを想定した場合、ストーカ式焼却炉から排出される主灰及びリドリング灰は肥料原料における重金属の基準を満たし、全体の灰の99.7%が有効利用可能であったが、流動床式焼却炉の灰では鉛について基準を超過するため有効利用困難であることを示している。</p> <p>第4章は、上記の焼却炉に加え、別の処理場の下水汚泥焼却炉及び炭化炉における水銀の挙動に関する調査を行っている。焼却炉の排煙処理塔入口水銀濃度は日本の規制値である50$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$を超えるケースも認められたが、処理塔出口においては多くが除去されていることを示している。入口での水銀形態は2価水銀が多く、これらが排煙処理塔でスクラバー水に溶解して除去されたと考えられ、この傾向は熱力学平衡計算からも裏付けられている。炭化炉においては、炭化温度の変動が排ガス中水銀濃度に影響を与え、正の相関が認められたこと、排煙処理塔入口では原子状水銀の状態が存在することを明らかにしている。炭化炉の排ガス中水銀を除去するために活性炭吸着塔と水銀吸着ポリマー触媒を並列で設置し、除去効果を確認した結果、活性炭吸着塔は極めて高度に水銀除去されたが、運転上での難点があり、水銀吸着ポリマー触媒では運転上の支障はなく、ユニットの段数を重ねることで水銀が確実に除去されることがわかり、排煙処理塔出口排ガスには適していると結論づけている。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	CHENG YINGCHAO
------	--------	----	----------------

第5章は、より高度に排ガス中の原子状水銀を除去するために、活性炭に4種類のヨウ素化合物をそれぞれ含浸させ、ラボ試験により水銀の除去特性を調べている。ヨウ素化合物を含浸させた活性炭はいずれも高い水銀除去能を示している。吸着前後の活性炭に対して BET 比表面積、X 線回折、X 線光電子分光、X 線吸収端微細構造等各種分析を行い、それぞれの化合物を含浸させた活性炭上での水銀吸着反応機構を水銀、ヨウ素、炭素など各種元素の化学状態から考察している。その結果、主に水銀はヨウ化水銀（I、II）として活性炭上で吸着されることを明らかにし、ヨウ化水銀（II）が支配的であること、X 線吸収微細構造分析からヨウ素分子の生成が示唆され、水銀の吸着除去反応に重要であると示している。

第6章は、結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の課題を述べている。