

都市ごみ焼却排ガスに含まれる水銀の活性炭処理に関する研究

要旨

水俣条約の発効により、ごみ焼却炉排ガスに含まれるガス状水銀の大気への確実な排出抑制が求められている。水銀の排出抑制には、一般的には活性炭除去等が行われているが、活性炭の種類や共存ガスにより除去率がどの程度影響されるかなど、必ずしもデータが十分とはいえない。ここでは、ガス状水銀の活性炭（無添着炭）による除去について、3種類の共存ガス（塩化水素(HCl)、二酸化硫黄(SO₂)、水蒸気(H₂O))の影響を検討した。

実験室レベルで水銀の吸着・反応実験装置を開発し、この装置を用いて、共存ガス存在下における活性炭（無添着炭）に対するガス状水銀（金属水銀、Hg⁰）の排出挙動を実測した。その結果、水銀排出の抑制効果はHClが共存した場合に顕著に大きく、続いてSO₂、H₂Oであることが明らかになった。

背景と意図

- ◆ 『水銀に関する水俣条約』の発効(2017年8月)
- ◆ 大気汚染防止法関連法令の改正と施行(2018年4月)
⇒水銀排出施設に係る(大気への)排出基準の設定と遵守

- より確実で効果的な技術的リサーチへの要請あり
- 大気に排出される水銀の活性炭処理に着目し、水銀の排出挙動の把握と抑制技術への展開を図る

目的と方法

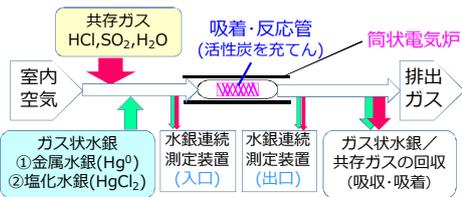
目的

・清掃工場の排ガス処理における主な水銀抑制技術は、
①活性炭吹込みと②液体キレート注入である。
ただし、活性炭吹込みはもともとダイオキシン対策で導入されており、ガス状水銀の抑制に関するデータは十分とはいえない。

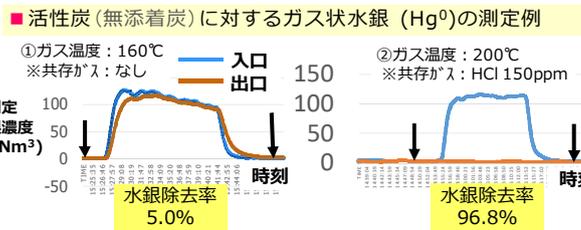
・本研究では、活性炭吹込みによる水銀抑制において、排ガス中の共存ガスの影響を明らかにすることを目的とした。

方法

・最初のステップとして実験室レベルにおいて、活性炭吹込みを反映したガス状水銀と共存ガスを供給可能な実験装置を開発した。



・開発した装置において、活性炭を充填した「吸着・反応管」の入口と出口の水銀濃度を連続測定して、排出挙動の指標となるガス状水銀の水銀除去率を算出した。



$$\text{水銀除去率(\%)} = \frac{\text{入口の水銀濃度の積算値} - \text{同出口の積算値}}{\text{入口の水銀濃度の積算値}} \times 100$$

結論

- 活性炭（無添着炭）によるガス状水銀（Hg⁰）の除去率は共存ガスなしでは5%程度であるが、塩化水素（HCl）が共存すると除去率は著しく上昇し、HClが存在するすべての条件で水銀除去率は100%に近くなった。
- 二酸化硫黄（SO₂）は単独では大きな影響を与えないが、水蒸気（H₂O）の共存下では活性炭の脱硫反応を促進して、50%に近い水銀除去率を示した。
- 以上のことから、活性炭による水銀除去には共存ガスの存在が大きな影響を与えることが明らかになった。

実験結果

- 3種類の共存ガスにおいて、種々の供給条件・ガス温度で得られた水銀除去率をまとめて以下の表に示す。

表. 活性炭（無添着炭）に対する共存ガス存在下におけるガス状水銀(Hg⁰)の水銀除去率(n=2)

No.	共存ガスの供給条件	HCl (ppm)	SO ₂ (ppm)	H ₂ O (%)	ガス温度 (°C)	水銀除去率 (%)
参考	共存ガスなし	—	—	(室内空気のみ)	160/200	5.7%/4.5%
1	HCl	150	—	—	160	99.1%
		150	—	—	200	97.4%
2	SO ₂	—	15	—	160	5.9%
		—	50	—	200	12.9%
3	H ₂ O	—	—	10	160	25.4%
		—	—	10	200	3.8%
4	HCl+SO ₂	150	15	—	160	100%
		300	50	—	200	98.0%
5	HCl+H ₂ O	150	—	10	160	99.5%
		300	—	20	200	99.9%
6	SO ₂ +H ₂ O	—	15	10	160	48.6%
		—	50	20	200	48.5%
7	HCl+SO ₂ +H ₂ O	150	15	10	160	99.7%
		300	50	20	200	97.5%

考察

- HClを供給するすべての条件(No.1,4,5,7)において、水銀除去率はすべて100%に近く、HClと反応し新たに生成した水銀化合物が活性炭の表面に吸着されて、高い除去率に寄与していると推察された。
- SO₂単独存在下での条件(No.2)において、水銀除去率は大きくないものの、ガス温度の影響は少なく、SO₂濃度への依存性があることが明らかになった。
- H₂O単独存在下での条件(No.3)において、室内空気のみとのデータと比較して、160℃では活性炭吸着能にかなり影響を与えることが確認された。
- 2成分供給（「SO₂+H₂O」、条件No.6）では各成分単独における水銀除去率に比べてかなり高い数値となったが、これは一般的に知られている活性炭の脱硫反応由来の硫酸とHg⁰の反応が水銀硫酸塩を生成させ、水銀除去に影響していると推察された。