

# 尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システム

株式会社タクマ  
環境技術 1部 1課  
杉田 大智

## 1. はじめに

廃棄物焼却炉で発生する窒素酸化物 (NOx) の低減方法として、無触媒脱硝システムは一般的に知られている技術のひとつであり、脱硝剤 (尿素やアンモニア) を炉内に吹き込み、NOxを低減する技術である。

従来から採用されている無触媒脱硝システムである尿素水噴霧方式のフローを図1に、アンモニア噴霧方式のフローを図2に示す。

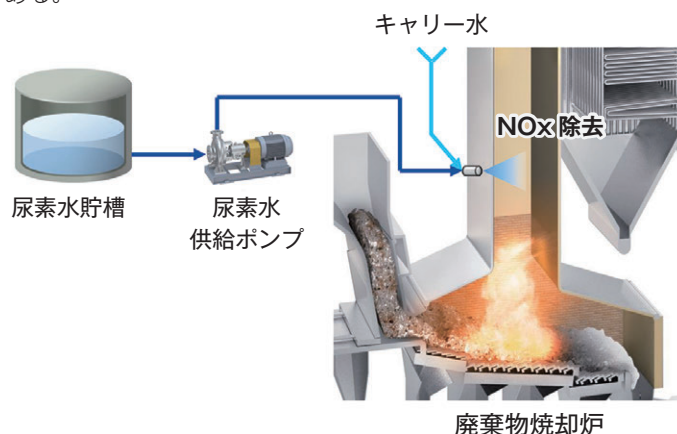


図1 従来の無触媒脱硝システム(尿素水噴霧方式)のフロー

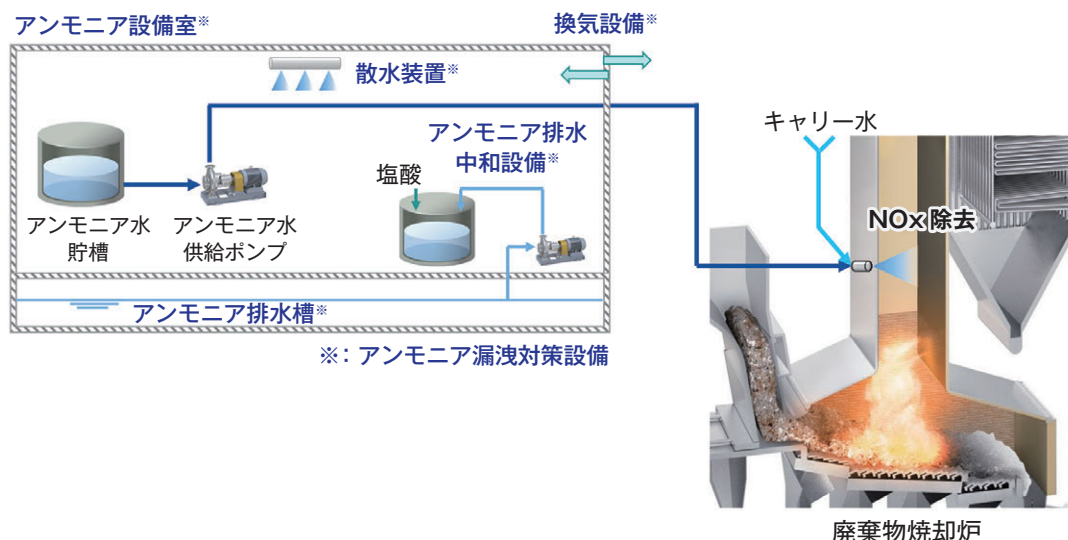


図2 従来の無触媒脱硝システム(アンモニア噴霧方式)のフロー

脱硝剤に尿素を用いる「尿素水噴霧方式」は、安全で安価な尿素水を使用し、構成機器が少なくシンプルなシステムで、従来から一般的に使用されてきた。本方式は、尿素水供給ポンプにより尿素水を供給し、炉内に直接噴霧することでNOxを除去するが、アンモニアを直接噴霧した場合に比べると低い脱硝効率となる。

一方で、脱硝剤にアンモニアを用いる「アンモニア噴霧方式」は、尿素水噴霧方式よりも脱硝性能が高いため、近年の厳しいNOx排出規制を満足するよう採用されるケースが増加している。本方式は、アンモニア水供給ポンプによりアンモニア水を供給し、炉内に直接噴霧することでNOxを除去する。しかし、アンモニアは尿素に比べ高価であり、かつ劇物に指定され、取扱いに注意を要する物質であるため、アンモニアの貯留・供給設備を設置する際は漏洩

対策設備も併せて設置する必要があり、設備費が増加する。

このように、アンモニア噴霧方式は、アンモニアによる高い脱硝性能を得ることができるというメリットがある反面、アンモニア漏洩対策設備が必要で設備費用が高価であること、及び薬品単価が尿素に比べると高価であるというデメリットがあった。

以上のように従来システムは使用する脱硝剤（尿素、アンモニア）に応じてメリット、デメリットがあったが、これらデメリットを克服し、尿素やアンモニアそれぞれのメリットを活かした、尿素からアンモニアガスを生成する尿素分解装置を開発した。本装置によって、安全性が高く低コストであるという尿素的メリットと、脱硝性能が高いというアンモニアのメリットをあわせもった画期的なシステムを実現した。

## 2. 尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システムの概要

尿素分解装置は、触媒を用いて尿素からアンモニアガスを生成するものであり、本装置を用いた無触媒脱硝システムは、このアンモニアガスを脱硝剤として炉内へ噴霧することにより、廃棄物焼却炉から発生するNOxを除去するシステムである。

尿素的加水分解反応は下記の2式で表される。

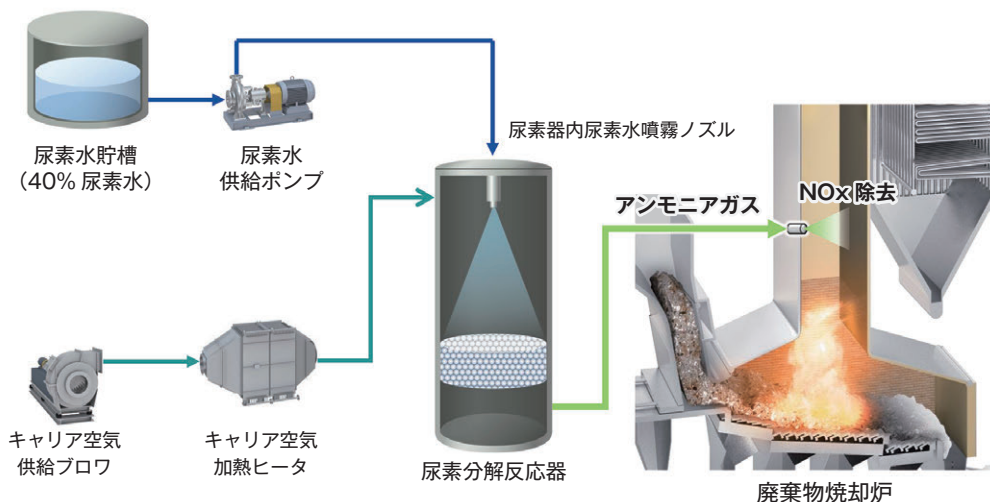
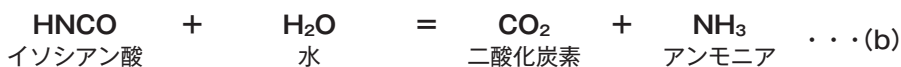
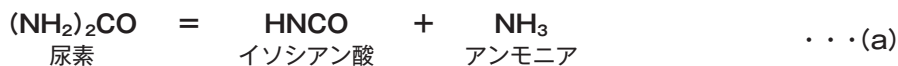


図3 尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システムのフロー



写真1 尿素分解反応器 外観(約2m×2m)

図3に尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システムのフローを、写真1に排ガス量40,000m<sup>3</sup>N/hクラスを処理する尿素分解反応器(約2m×2mに設置可能、以下反応器と記す)の外観を示す。

本装置は、キャリア空気供給ブロワと、キャリア空気加熱ヒータ、尿素水貯槽、尿素水供給ポンプ、反応器内尿素水噴霧ノズル、及び尿素分解触媒を充填した反応器から構成される。

キャリア空気は、ヒータで加熱された後、尿素分解触媒(粒状)を充填した反応器に供給される。尿素水は、尿素水供給ポンプにより反応器内に供給され、尿素分解触媒によりアンモニアへ分解される。生成したアンモニアは、脱硝剤としてキャリア空気とともに炉内へ吹き込まれる。なお、キャリア空気を加熱する理由は、反応器に供給された尿素水を気化し、触媒温度を約250℃とすることで、尿素からアンモニアへの高い分解率を発揮するためである。

触媒温度が約200℃以下に低下するとシアヌル酸(C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>)が触媒表面に析出し、尿素の分解反応を阻害する。そのため、本装置は尿素分解触媒にシアヌル酸が析出してきた際に、触媒温度を上昇させ、シアヌル酸を分解することで触媒の再生を行う「再生工程」を備えている。性能劣化の兆候が見られた際に炉内にアンモニアを供給しながら触媒を再生することによって性能を維持し、尿素分解装置の長期安定運転を可能とした。

図4に従来システムと尿素分解装置を用いた本システムの特徴をまとめる。従来システムである尿素水噴霧方式は、尿素を用いるため、薬品単価、設備費用が安価であり、安全性も高いが、脱硝性能はアンモニアより低かった。もう一つの従来システムであるアンモニア噴霧方式は、アンモニアを用いるため、薬品単価が高価であり、アンモニア漏洩対策設備が必要となるため設備費用も高価で、かつアンモニアの取り扱いに注意が必要となるが、脱硝性能は尿素よりも高い。これらの従来システムに対し、本システムは、尿素分解装置により、尿素を用いるため薬品単価、設備費用は安価であり、安全性も高く、かつアンモニアガスを炉内に噴霧できるため高い脱硝性能が得られる。

	【従来システム】		▶	【新システム】
	尿素水噴霧方式	アンモニア噴霧方式		尿素分解ガス噴霧方式
薬品単価	○ 安価	△ 高価		○ 安価
設備費用	○ 安価	△ 高価		○ 安価
安全性	○ 安全	△ 取扱注意		○ 安全
脱硝性能	△ 低い	○ 高い		○ 高い

図4 従来の無触媒脱硝システムと尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システムの特徴

### 3. 性能

耐久性・安全性、運転・操作性、維持管理等の性能について、従来方式と新方式との比較表を表1に示す。

表1 性能比較表

項目	【従来方式】 アンモニア噴霧による 無触媒脱硝システム	【新方式】 尿素分解装置を用いた 無触媒脱硝システム
耐久性	同等 (装置上、耐久性は高い)	同等 (装置上、耐久性は高い)
安全性	アンモニアは劇物に指定され、 取扱いに注意を要する。 また、アンモニア漏洩対策設備の 設置が必要。	安全な尿素を使用するため、 取扱いは容易。 また、アンモニア漏洩対策設備の 設置が不要。
運転・操作性	同等 (NOx濃度に応じて、アンモニア供給 ポンプの周波数を自動制御)	同等 (NOx濃度に応じて、尿素水供給 ポンプの周波数を自動制御)
維持管理性	無触媒脱硝システムの維持管理だけ でなく、アンモニア漏洩対策設備の メンテナンスが必要	無触媒脱硝システムの維持管理のみ
届出	必要 (アンモニアの使用に対し、消防署や 労働基準監督署へ届出が必要)	不要

### 4. 経済性

尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システム(新方式)について、経済性を試算した結果を表2及び図5に示す。

本試算における施設規模は100t/日/炉×2炉のストーカ式焼却炉を想定し、NOx除去率は33%程度(発生NOx濃度60ppmに対して煙突NOx濃度40ppm)とした。試算対象は、近年の厳しいNOx排出規制にも対応できるアンモニア水噴霧方式(従来方式)と新方式を比較した。また比較を容易にするため、イニシャルコストは従来方式を100%として、またランニングコストは、従来方式のランニングコストの合計を100%とした。

#### (1) イニシャルコスト(従来方式を100%とした)

新方式は尿素分解装置の設備費用が増加するが、アンモニア漏洩対策設備費用が不要になるため、従来方式と比較して設備費用は32%安価となる。

#### (2) ランニングコスト

(従来方式のランニングコスト合計を100%とした)

薬剤費用は、新方式はアンモニア水よりも安い尿素水を使用するため、従来方式と比較して薬剤費用が24%程度削減できる。

メンテナンス費用は、従来方式はアンモニア漏洩対策設備のメンテナンスが必要となるが、新方式では尿素分解装置のプロワやヒータのメンテナンスが必要となるため、従来方式と同程度となる。

次に売電収入メリットに関しては、従来方式では炉内へアンモニア水を噴霧するため、キャリア水が必要となるが、新方式ではこのキャリア水が不要となりボイラ蒸発量が増加するため、発電量が増加する。一方で、新方式は尿素分解装置のプロワやヒータにより消費電力は増加

表2 経済性試算

項目	従来方式	新方式	差分 (従来方式－新方式)
イニシャルコスト			
設備費用	100%	68%	▲32%
ランニングコスト			
支出			
薬剤費用	76%	58%	▲18%
メンテナンス費用	24%	24%	0%
収入			
売電収入メリット	－(0%)	－94%	▲94%
合計	100%	－12%	

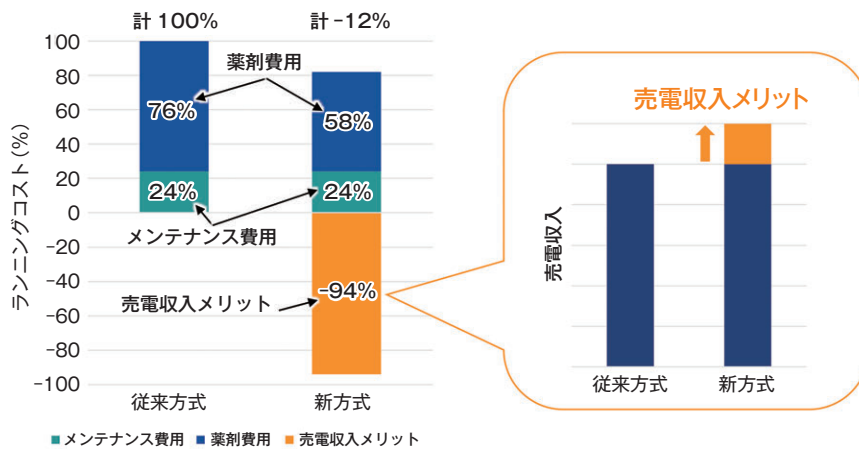


図5 ランニングコスト試算

するが、発電量が増加する効果が大きく、結果として売電収入は大幅に増加する。この売電収入メリットをランニングコストとして評価すると、薬剤費用やメンテナンス費用を上回り、ランニングコストがマイナス(収益側)に転ずることとなり、大幅な売電収入メリットが得られることが分かる。

このように尿素分解装置を用いた無触媒脱硝システムは、従来のアンモニア水噴霧方式よりイニシャルコストを大幅に削減し、ランニングコストを上回る大幅な売電収入メリットが得られるため、経済性においても非常に優れたシステムであるといえる。

## 5. おわりに

尿素分解装置は、一般廃棄物焼却施設を中心として4件の受注実績(内1件が納入済み、3件は設計中)を有している。尿素分解装置は無触媒脱硝法だけでなく、触媒脱硝法にも適応可能であり、厳しいNOx排出規制に対応しつつ高効率発電に寄与できる点を訴求することにより、今後新規の一般廃棄物焼却施設において採用拡大が期待される。

近年、ごみ焼却に伴う環境負荷を低減しつつLCCをミニマム化する技術の社会的ニーズが高まっている。当社は今後もこのような社会的にニーズに応える様々な技術開発に取り組む所存である。