

319 堆肥製造時に発生する悪臭成分の燃焼脱臭法に関する研究

A study of deodorization of livestock excreta using combustion field

○正 井原 禎貴(岐阜大) 正 若井 和憲(岐阜大) 浦上 和憲(岐阜大) 佐々木 幸盛(岐阜大院)

高原 康光(岐阜県保環研) 西川 治光(岐阜県保環研)

Tadayoshi IHARA, Kazunori WAKAI, Kazunori URAKAMI and Yukimori SASAKI

Gifu University, 1-1, Yanagido, Gifu, Gifu

Yasumitsu TAKAHARA and Harumitsu NISHIKAWA

Gifu Prefectural Institute of Health and Environmental Sciences, 1-1, Naka-Fudogaoka, Kakamigahara, Gifu

In order to obtain the fundamental data for deodorization of livestock excreta, effects of DME adding on the decomposition of ammonia was investigated in electric furnace and heat-exchange-type deodorizer. The results show that DME adding decreases the reaction temperature at which ammonia decomposes. Numerical analysis based on elemental reaction kinetics indicates that DME has the same effect as CH_4 by producing CO and H_2 during reaction.

Key words : Deodorization, Ammonia, Combustion, DME, Elemental Reaction Kinetic

1. はじめに

家畜糞から堆肥を製造する際、アンモニア・硫化ジメチル・メチルメルカプタンなどの悪臭成分を含む悪臭空気が発生する。その悪臭空気を加熱し分解や酸化によって悪臭成分を無臭化する加熱脱臭法は、脱臭効率がよくまた処理量が多いことから実用化が期待されている。著者らはとくに燃焼加熱脱臭法に着目し、これまで、悪臭の主成分であるアンモニアの分解温度条件などについて電気加熱炉および素反応計算をもちいた基本的な検討を行ってきた⁽¹⁾。

本研究では、高温温度場の作成・維持にDME（ジメチルエーテル）を燃料として使用した場合の燃料-悪臭空気混合気中のアンモニア分解特性を明らかにする。さらに、熱交換型燃焼脱臭装置を製作し、DMEの濃度および加熱温度が分解の効率に与える影響を明らかにする。

2. 実験装置および方法

電気炉をもちいた加熱実験装置は、既報⁽¹⁾と同じものであり、内径27 mm、長さ555 mmの石英管を加熱経路として電気炉内に設置し、一定の温度に保つ。経路の上流からアンモニア・DME・空気の混合ガスを流し、経路出口において抽出した混合気中の各組成の濃度を、ガス検知管およびガスクロマトグラフで計測する。

熱交換型燃焼脱臭装置の形状を図1に示す。この脱臭装置は

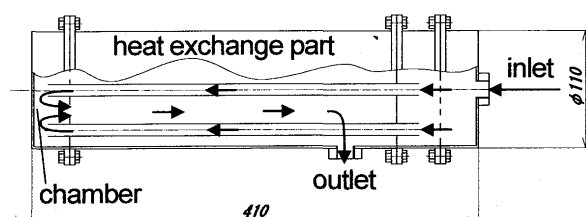


Fig.1 Schematic view of heat-exchange-type deodorizer

shell & tube 型の熱交換器形状をしており、燃料と悪臭空気の予混合気を導入し、内部で燃焼させてから排出する。その際、脱臭後の混合気が持つ排熱を未脱臭混合気に熱交換することで燃料消費量を抑えられるようになっている。燃料-悪臭空気混合気の流量は5 L/min とした。

3. 実験結果および考察

3-1 DME を混合した場合の脱臭特性 アンモニアと酸素が同濃度存在する混合気において、混合気中にメタンなどの可燃成分が含まれる場合には、アンモニアの酸化反応が影響を受けることが報告されている⁽²⁾。一方、本研究で対象とする堆肥製造時の悪臭空気は、酸素との相対的なアンモニア濃度が非常に希薄である。このような場合に可燃成分がアンモニアの分解・酸化に及ぼす影響について調べた。

図2は悪臭空气にDMEを混合した場合の経路出口におけるアンモニア濃度である。経路入口での初期アンモニア濃度は2000 ppm とし、加熱経路の温度と出口アンモニア濃度の関係についてDMEの当量比 ϕ_{DME} を0～0.1と変化させた結果である。DMEを混合しない場合($\phi_{\text{DME}} = 0$)、出口アンモニア濃度は600℃付近から低くなり、750℃ではほぼ完全になくなる。 ϕ_{DME}

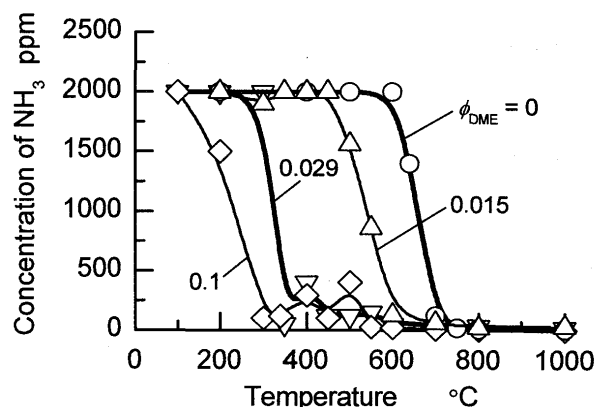


Fig.2 Experimental results of ammonia decomposition

が高くなるにつれて、アンモニアの分解開始温度および完全分解温度はいずれも低くなり、 $\phi_{DME} = 0.1$ の場合には 600°C でほぼアンモニアはなくなっている。また、同一温度では ϕ_{DME} が高いほどアンモニア濃度が下がる。経路出口における NO_x 濃度を計測した結果が図 3 である。 ϕ_{DME} が高くなるにつれて NO_x の生成開始温度が下がる。本研究の条件においては、DME の混合によってより低温でアンモニアの酸化が起こっていると考えられる。

この実験結果について、素反応計算を用いて DME 混合の効果を考察した。アンモニアの反応は Skreiberg らの反応スキーム⁽³⁾を、DME については Curran らの反応スキーム⁽⁴⁾を用い、Chemkin による素反応計算を行った。

図 4 は、実験と同じ温度・加熱時間とした場合の経路出口でのアンモニア濃度を計算した結果である。DME の混合によってアンモニアの分解開始温度が低くなること、および同一温度におけるアンモニアの分解が促進され出口濃度が低くなるのが定性的に示される。アンモニアと酸素が同濃度の条件で炭化水素（メタン）を混合した場合の実験結果と素反応計算との比較⁽²⁾では、炭化水素の分解で生じる CO および H_2 がアンモニアの反応温度を下げることで報告されている。本研究の条件でも、同様にこれらの反応物がアンモニア反応温度の低下に寄与していると思われる。ただし、実験では DME 濃度が増すにつれ分解開始温度や完全分解温度が低くなるのに対し、素反応計算では ϕ_{DME} が 0.015 以上ではどちらの温度も DME 濃度にほとんど依存しない。

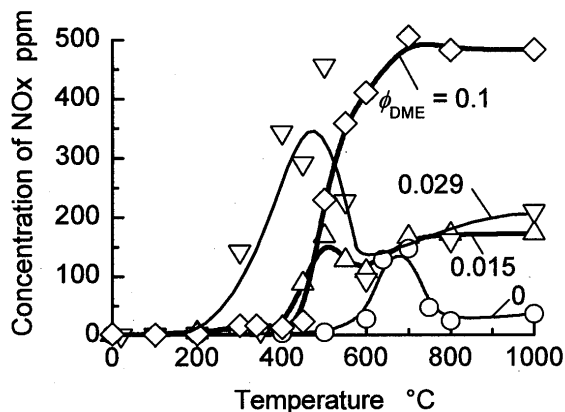


Fig.3 Effects of DME concentration on NO_x production

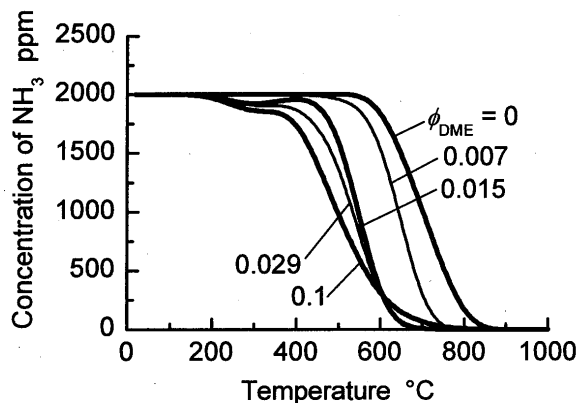


Fig.4 Simulated results of ammonia decomposition

3-2 熱交換型燃焼脱臭装置の分解特性 図 5 に熱交換型燃焼脱臭装置を運転した場合の、装置出口でのアンモニア濃度を調べた結果を示す。装置に導入する悪臭混合気のアンモニア濃度は 2000 ppm 、流量は 5 L/min とし、 ϕ_{DME} を $0 \sim 0.3$ の範囲で変化させた。本装置は、悪臭空気に混合した燃料の燃焼による発熱と装置内の熱交換によって自力運転することを目的としている。しかし、今回は温度条件の影響を明らかにするために、燃焼室の温度 T を一定に保つように燃焼室の外壁から電気ヒーターを用いて加熱した。 T は熱電対で常時計測した。

$T = 400$ および 500°C では、 ϕ_{DME} を増すとアンモニア濃度が減少する。 $T = 600^\circ\text{C}$ では ϕ_{DME} を 0.05 まで小さくしてもほぼ完全にアンモニアが分解できる。本実験装置ではいずれの条件でも電気ヒーターによる加熱が必要であり、自力運転に必要な ϕ_{DME} はアンモニア分解温度低減に有効な ϕ_{DME} よりもはるかに大きい。脱臭装置を実用化するには、ランニングコストを押さえるためにできるだけ低い ϕ_{DME} で運転することが望ましく、今後、自力運転に必要な ϕ_{DME} を小さくするためには熱交換効率の向上と最適流量の把握が必要である。

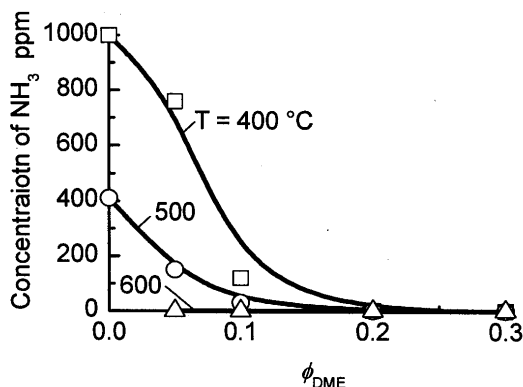


Fig.5 Decomposition Characteristics of the heat-exchange-type deodorizer

4. まとめ

アンモニアを含んだ悪臭空気に DME を混合して加熱した場合の、アンモニア分解特性を調べた。本実験の条件では、DME を混合するとアンモニアの分解温度が下がること、同一温度では DME 混合量が多いほど加熱後のアンモニア濃度が低くなることなどがわかった。

参考文献

- (1) 佐々木, 若井, 井原, 高原, 西川, 第 42 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 437-438, (2004).
- (2) T. Hasegawa and M. Sato, Combust. and Flame 114, pp. 246-258, (1998).
- (3) Ø. Skreiberg, P. Kilpinen and P. Glarborg, Combust. and Flame 136, pp. 501-518, (2004).
- (4) H.J. Curran, S.L. Fischer and F.L. Dryer, Int. J. Chem.Kinet. 32, pp. 741-759, (2000).