

<報 文>

木チップ燃焼機のばいじん排出実態\*

大塚英幸\*\*, 丹羽 忍\*\*, 福田陽一郎\*\*, 仮屋 遼\*\*, 芥川智子\*\*, 西宮耕栄\*\*\*, 阿部佑平\*\*\*\*

キーワード ①木チップ燃焼機 ②木質バイオマス ③ばいじん ④窒素酸化物

要 旨

木チップ燃焼機を対象に、排ガス中のばいじん及びNOx濃度について、排出実態を調べるとともに、大気汚染防止法の排出基準を目安に評価した。全体を通して、ばいじん濃度は木チップ供給量、流速、排ガス温度と正の相関がみられる試験結果が多く、木チップの供給速度の変化をできるだけ緩やかにすることでボイラーの負荷をできる限り低めに一定とし、安定燃焼の時間を長くすることにより高濃度のばいじんやNOxの発生を防ぐことが可能であると考えられた。

1. はじめに

エネルギーの地産地消の観点から木質バイオマス資源の利用が注目されており、今後も利用拡大が見込まれる。しかし、木質バイオマス燃焼機、中でも木チップ燃焼機の排ガス性状については知見が少なく、大気汚染防止法(以下、大防法)の規制項目に関する実態調査や環境負荷を抑えるための運転方法に関する知見が必要である。

今回、木チップ燃焼機を対象に、排ガスのばいじん及び窒素酸化物(NOx)について、排出実態を把握するために調査を実施し、大防法の排出基準を目安に評価した。また様々な負荷条件で試験を行い、運転状況とばいじん濃度の関係を見ることによる環境負荷が少ない運転方法について若干の知見を得たので報告する。

2. 対象施設、試験方法及び測定方法

表1に、試験を実施した燃焼機の一覧を示した。いずれの燃焼機も木チップは自動供給装置により燃焼室内に供給され、温風機(A)では熱媒体に空気を、ボイラー(B)及び(C)では水を利用している。なお、今回の試験で使用した燃料の木チップは、すべてカラマツ等の針葉樹を主な原料とした市販品である。以下、温風機(A)、ボイラー(B)及び(C)で行った試験を、それぞれ試験(A)、(B)及び(C)とする。

表1 調査対象燃焼機の一覧

燃焼機(試験)	定格出力(kW)	区分
A	70	温風機
B	360	温水ボイラー
C	163	温水ボイラー

2.1 試験(A)の試験装置と試験方法

温風機(A)は木チップの種類や供給量などを任意に変えることが可能なため、木チップ供給量を変化させて比較測定を実施した。ばいじんや排ガス成分測定は炉温や排ガス温度が十分安定した後に実施し、使用した木チップの実質水分は平均32mass%であった。

2.2 試験(B)及び(C)の試験装置と試験方法

ボイラー(B)及び(C)は商業利用の自動運転であるため、高負荷時や低負荷時等の異なる運転状況時を適宜選択して、できる限り多様な条件下の測定を実施した。

ボイラー(B)は、温浴施設の熱供給用ボイラーであり、通常運転時のほか、湯抜き清掃後湯はり時の高負荷運転時や利用者がほぼいない状態の低負荷運転時など負荷の異なる状況を選択して測定を実施した。使用した木チップの実質水分は平均33mass%であった。

\*Dust emissions from wood chip combustors.

\*\*Hideyuki OTSUKA, Shinobu NIWA, Yoichiro FUKUDA, Ryo KARIYA, Tomoko AKUTAGAWA (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所) Hokkaido Research Organization, Research Institute of Energy, Environment and Geology

\*\*\*Koei NISHIMIYA (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場) Hokkaido Research Organization, Forest Products Research Institute

\*\*\*\*Yuhei ABE (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 建築研究本部 北方建築総合研究所) Hokkaido Research Organization, Northern Regional Building Research Institute

ボイラー (C) は温浴施設の熱供給用ボイラーであり、通常運転時に調査を実施した。試験中、湯はりの高負荷運転など、湯の使用量の変化に従い、負荷が変動した。使用した木チップの実質水分は平均30mass%であった。

## 2.3 測定方法

ばいじん濃度、排ガス温度及び流速の測定は、JIS Z 8808<sup>1)</sup> に準拠して行い、ばいじんの試料採取時間は概ね8分とした。木チップ供給量は試験 (A) では単位時間当たりの供給量を実測し、それ以外は操作パネルに表示される出力 (%) を読み取った。排ガス成分の測定について、NO<sub>x</sub>はJIS K 0104<sup>2)</sup> 及びJIS B 7982<sup>3)</sup> に準拠し、HORIBA PG-335により測定した。大防法で規定する排出基準と比較する場合は、NO<sub>x</sub>は実測したO<sub>2</sub>濃度から標準酸素補正 (標準酸素濃度 O<sub>n</sub>=6%) を行って算出した酸素換算値を用いた。

なお、ばいじん等の濃度算出に使用した吸引ガス量は、いずれも0°C、1気圧の標準状態に換算した値を使用した。

また、ばいじんと他のパラメータの相関係数の有意性については、t分布の確率(両側)、p値を算出し、p値が0.05未満の場合は帰無仮説(2変数間に相関なし)を棄却できるとして評価した。

## 3. 各施設のばいじん測定結果

### 3.1 試験 (A) における結果

表2に試験 (A) のばいじん及びNO<sub>x</sub>濃度の平均値を示した。本施設は大防法の適用外であるが、いずれも規模要件の近い施設に係る大防法の基準値を下回っていた。

図1に、試験 (A) のばいじん濃度と他パラメータとの相関を示した。ばいじん濃度は、木チップ供給量、流速、排ガス温度及びNO<sub>x</sub>と正の相関を示した。

### 3.2 試験 (B) における結果

表3に、試験 (B) のばいじん及びNO<sub>x</sub>濃度の平均値を示した。ばいじん濃度は負荷100%時の平均は94mg/m<sup>3</sup> (n=8)、全平均は63mg/m<sup>3</sup> (n=47) であった。NO<sub>x</sub>は濃度変動が大きかったが、負荷100%時の平均は81ppm(換算値)、全平均は80ppm(換算値)でありいずれも大防法の基準値を下回っていた。

図2に、試験 (B) のばいじん濃度と他パラメータとの相関を示した。ばいじん濃度は、木チップ供給量、流速、排ガス温度及びNO<sub>x</sub>と正の相関を示した。

### 3.3 試験 (C) における結果

表4に、試験 (C) のばいじん及びNO<sub>x</sub>濃度の平均値を示した。ばいじん、NO<sub>x</sub>ともに大防法の基準値を下回っていた。

図3に、試験 (C) のばいじん濃度と他パラメータとの相関を示した。ばいじん濃度は、木チップ供給量、流速、排ガス温度と正の相関を示した。

## 3.4 評価のまとめ

表5に、今回実施した試験におけるばいじん及びNO<sub>x</sub>濃度のまとめを示した。ばいじん濃度は、比較的規模の大きいボイラー (B) における結果が最も高く、ばらつきも大きかったが、いずれも大防法の基準値を下回るものであった。

表6に、それぞれの試験における各パラメータとばいじん濃度との相関についてのまとめを示した。全体を通して、ばいじん濃度は木チップ供給量、流速、排ガス温度、NO<sub>x</sub>濃度と正の相関がみられ、特に試験 (A) と試験 (C) ではいずれもt分布の確率(両側)におけるp値が0.001未満であり、良好な相関が認められた。また、試験 (B) においてもp値は0.05未満であり、相関が認められた。このことから、時間当たりの木チップ供給量が多く、盛んに燃焼しているほど、ばいじん濃度が高くなる傾向があることが示唆された。

木チップボイラー等の木質バイオマス燃焼施設では、ばいじんが高濃度になり、黒煙が排出すると周辺からの苦情の原因になりやすい。ばいじん濃度とNO<sub>x</sub>濃度は正の相関となる結果が多く、また、一般にNO<sub>x</sub>濃度は高温燃焼時に高くなることから、高温燃焼とならないように燃焼を制御することが重要となる。すなわち、木チップの供給速度の変化をできるだけ緩やかにすることでボイラーの負荷をなるべく一定にし、安定燃焼の時間を長くすることにより高濃度のばいじんやNO<sub>x</sub>の発生を防ぐことが可能であると考えられた。

## 4. 謝辞

本研究は、道総研重点研究「木質バイオマスエネルギーの高性能な供給・利用システムの開発」(主管機関：北方建築総合研究所)の一環として実施し、北海道上川郡上川町及び多くの施設管理者の方々のご厚意により試験を行った。

## 5. 引用文献

- 1) 日本産業規格協会：排ガス中のダスト濃度の測定方法 (JIS Z 8808)、日本規格協会、東京、2013
- 2) 日本産業規格協会：排ガス中の窒素酸化物分析方法 (JIS K 0104)、日本規格協会、東京都、2011
- 3) 日本産業規格協会：排ガス中の窒素酸化物自動計測システム及び自動計測器 (JIS B 7982)、日本規格協会、東京、2002

表2 試験 (A) のばいじん及びNOx平均濃度

木チップ供給量 (13kg(dry) /hに對する%)	ばいじん mg/m <sup>3</sup>	NOx volppm	サンプル 数
50	11	23	6
65	23	22	6
80	42	28	3
平均	22	24	15

表4 試験 (C) のばいじん及びNOx平均濃度

	ばいじん mg/m <sup>3</sup>	NOx volppm	サンプル 数
平均	26	45	25

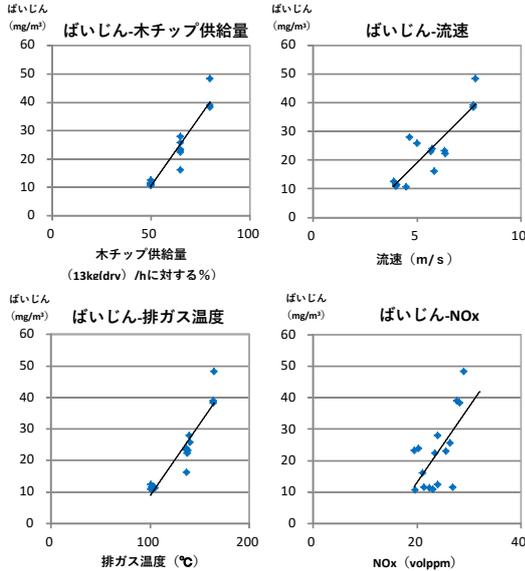


図1 試験 (A) のばいじん濃度と他パラメータの散布図

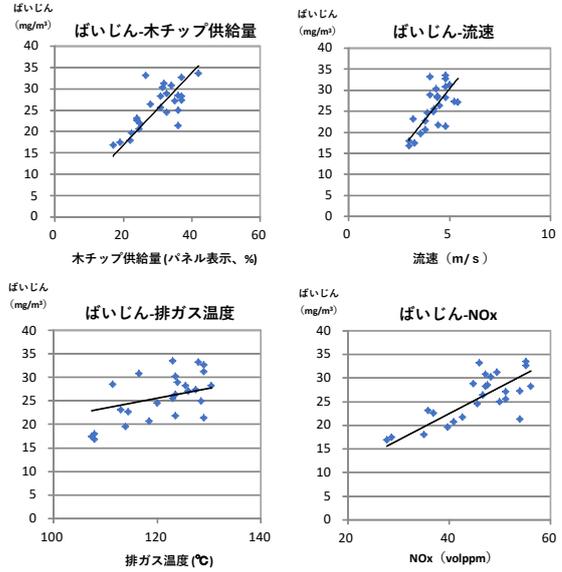


図3 試験 (C) のばいじん濃度と他パラメータの散布図

表3 試験 (B) のばいじん及びNOx平均濃度

	ばいじん mg/m <sup>3</sup>	NOx volppm	サンプル 数
100%負荷時平均	94	38	8
全平均(100%負荷時を含む)	63	28	47

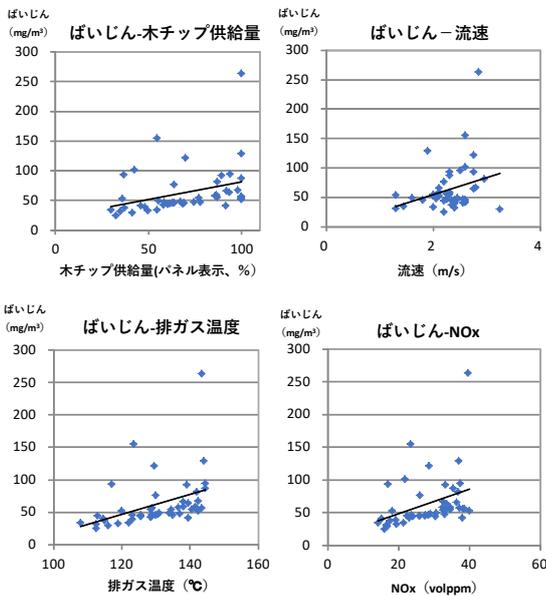


図2 試験 (B) のばいじん濃度と他パラメータの散布図

表5 各試験におけるばいじん及びNOx平均濃度

試験	ばいじん平均濃度 (On=0s <sup>5</sup> ) mg/m <sup>3</sup>	NOx平均濃度 (On=6換算値) volppm
A(大防法適用外)	22	64
B	63	80
C	26	93
基準値*	300	350

\$ 排ガス中の酸素の濃度

\*大防法 令別表1 規則別表6 その他ボイラー (ばいじん)

令別表1 細番号10 固体燃焼ボイラー (NOx)

表6 試験におけるばいじんと各パラメータの相関係数とp値

試験	木チップ供給量	流速	排ガス温度	NOx濃度	
A	相関係数	0.94	0.87	0.86	0.74
	p値	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
B	相関係数	0.32	0.29	0.40	0.34
	p値	<0.05	<0.05	<0.01	<0.05
C	相関係数	0.73	0.69	0.64	0.74
	p値	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001