

北海道における木質バイオマス燃焼灰の発生量と利用量の推計

折橋 健, 原田 陽*¹, 西宮 耕栄*²

Estimation of generated and used amounts of woody biomass combustion ash in Hokkaido

Ken ORIHASHI, Akira HARADA, Koei NISHIMIYA

キーワード：エネルギー，灰の発生量，灰の利用量，木質バイオマス，燃焼灰

北海道において、木質バイオマス燃料を用いる燃焼装置を有し、得られたエネルギーを自ら利用もしくは他者へ販売する事業者を対象に、灰の発生と利用に関する郵送アンケートを行い、道内での木質バイオマスの燃料利用に由来する灰の年間発生量や利用量を推計した。その結果、灰の年間発生量は、合計68.8千t/年（紙製造業のみで使用されるペーパースラッジ由来の灰を除く場合は32.8千t/年）であった。業種別にみると、紙製造業での発生量が最も多く、次いで発電所・熱供給業、木材関連産業、その他の産業、公共機関の順に発生量は少なくなった。また灰の年間利用量は、合計62.1千t/年（ペーパースラッジ由来分を除くと26.1千t/年）と推計され、灰の年間発生量に対する利用率は90%（ペーパースラッジ由来分を除く場合は80%）であった。業種別では紙製造業や発電所・熱供給業での利用量が多く、発生量に対する利用率も高かった。一方、木材関連産業、その他の産業、公共機関では、相対的に利用量は少なく、利用率は特に木材関連産業とその他の産業で低かった。

1. はじめに

木質バイオマスのエネルギー利用に伴い発生する燃焼灰（以下、灰とする）は、エネルギー事業の安定化、廃棄による環境負荷、資源の循環利用といった観点から有効利用が必要とされ¹⁻³⁾、木質バイオマス燃料の使用量増加とともにその重要性が増している。灰の利用を進める上では、灰の発生や利用の実態および課題を把握することや、利用技術の開発が必要であるが、灰の発生や利用に関する実態報告例は少ない。

そこで筆者らは、木質バイオマス燃料を用いる燃焼装置を有し、得られたエネルギーを自ら利用もしくは他者へ販売する北海道内の事業者（以下、事業者とする）を対象に、郵送アンケート（以下、アンケートとする）形式で灰の発生や利用の実態を調査し、既報⁴⁾では主に事業者単位の視点で、灰の発生・利用の状況や、灰利用に対する事業者の意識、課題について報告した。本報告では、視点を全道単位に移し、灰の年間発生量と利用量を推計した結果を述べる。

2. 方法

林野庁実施の木質バイオマスエネルギー利用動向調査⁵⁾で調査対象となっている道内149事業者に対し、2020年6～7月にアンケートを実施した。その中では、全事業者を対象に灰の年間発生量や利用割合、エネルギー利用に関して回答を求めた。また、灰を利用している事業者には利用方法や関連事項を、灰を利用していない事業者には未利用の理由を合わせて調査した。以上のアンケートの詳しい内容や結果は、既報⁴⁾を参照されたい。

アンケート票を送付した149事業者のうち90事業者より回答が得られたが、このうち5事業者からは灰の発生量や利用割合に関する情報が得られなかった。そこで、この5事業者を外した85事業者の回答を以下の推計に用いた。

第1表は85事業者の構成である。85事業者には、道内で木質バイオマス燃料を使用する主要な事業者がいずれも含まれていた。一方、アンケートの回答が得られなかった64事業者は、木材関連産業、その他の産業、公共機関の事業者で、関係方面への聞き

第1表 85事業者の構成

業種	事業者数
紙製造業	6
発電所・熱供給業	8
木材関連産業	25
その他の産業*	29
公共機関	17
全体	85

既報⁴⁾に掲載のデータより作成，*：内訳は宿泊施設8，医療・福祉7，洗濯業3，浴場業3，農業2，森林組合2，食料品製造業2，はん用機械器具製造業1，建設業1である

取り等から灰の発生量は小規模（合計しても全体の数%程度）と推測されたため，85事業者の回答より道内での灰の年間発生量と利用量を推計することは妥当と判断した。

85事業者が燃料源とする木質バイオマスは，枝条・伐根類，低質材，製材工場等の端材・樹皮，建築解体材およびペーパースラッジ（以下，PSとする）であった。このうち，枝条・伐根類，低質材，端材・樹皮は全ての業種で，建築解体材は公共機関以外の業種で使用され，PSは紙製造業のみで使用

されていた。これらに由来する灰の事業者あたりの発生量や利用割合（いずれも階級単位の回答）は，第2表および第3表のとおりであり，これらの結果を推計に使用した。

まず，道内の灰の年間発生量は，次のとおり推計した。各事業者の回答において，灰発生量が500 t/年未満の場合は，回答階級の中央の値（0.25，0.75，3，7.5，30，75，300 t/年）を推計に用いた。また回答が500 t/年以上の場合は，実際の発生量を聞き取るか，あるいは使用燃料量や灰分率等の情報を聞き取って発生量を算出した。以上により得られた値を合計し，道内の灰の年間発生量とした。

次に，道内の灰の年間利用量は，以下のとおり推計した。各事業者の回答において，灰発生量が500 t/年未満の場合は，回答階級の中央の値（0.25，0.75，3，7.5，30，75，300 t/年）に利用割合の中央の値（0，15，35，55，75，95%）を乗じて推計に用いた。また灰発生量が500 t/年以上の場合は，実際の利用量を聞き取るか，あるいは利用割合を聞き取って発生量に乗じた。以上により得られた値を合計し，道内の灰の年間利用量とした。

なお，以上の推計や結果と考察で取り扱う灰の発生量，利用量は，すべて生重量である。

第2表 灰の年間発生量別の事業者数

業種 [n]	灰の年間発生量 (t/年)*								
	<0.5	0.5-1	1-5	5-10	10-50	50-100	100-500	500-1000	1000≤
紙製造業 [6]	0	0	0	0	0	0	1	0	5
発電所・熱供給業 [8]	0	0	1	0	0	0	2	2	3
木材関連産業 [25]	1	1	5	6	6	3	1	0	2
その他の産業 [29]	14	2	5	1	2	2	3	0	0
公共機関 [17]	10	1	5	0	1	0	0	0	0
全体 [85]	25	4	16	7	9	5	7	2	10

既報⁴⁾のTable 6より作成，[n]：事業者数，*：生重量

第3表 灰の利用割合別の事業者数

業種 [n]	灰の年間発生量に対する利用割合 (%)					
	0	10-20	30-40	50-60	70-80	90-100
紙製造業 [6]	1	0	0	0	0	5
発電所・熱供給業 [8]	2	0	1	0	1	4
木材関連産業 [25]	17	1	0	1	2	4
その他の産業 [29]	15	1	2	1	1	9
公共機関 [17]	9	0	0	0	0	8
全体 [85]	44	2	3	2	4	30

既報⁴⁾のTable 7より作成，[n]：第2表を参照

3. 結果と考察

道内での灰の年間発生量や利用量に関する推計結果を第4表に示す。PSは紙製造業のみで使用される燃料源であることから、以下ではPS由来灰を含む場合と除く場合を併記する。

道内の灰の年間発生量は、合計68.8千t/年、PS由来分を除く場合は32.8千t/年と推計された（第4表）。方法でも述べたとおり、推計はアンケートを送付した149事業者中の85事業者の回答より行ったものだが、関係方面への聞き取り等から残る64事業者の灰の年間発生量は合算しても数十～数百t（全体の数%程度）で小規模と推測されるため、推計結果が大きく変わることはないと考えられる。

業種別にみると、紙製造業での発生量が、PS由来灰の有無によらず最も多かった。PS由来灰とそれ以外の木質バイオマスに由来する灰の重量比は7:3であった。紙製造業以外では、発電所・熱供給業での発生量が多く、次いで木材関連産業、その他の産業、公共機関の順に発生量は少なくなった。

アンケート実施の前年（2019年）に道内でエネルギー源として使用された木質バイオマス（PSは含まない）の量は、概算で1,400千m³、700千t/年であり⁶⁾、文献^{7,8)}などに基づいて灰分率を3%とすると、灰の年間発生量は21.0千t/年と計算される。これに対して今回の推計値（PS灰を含まない）は32.8千t/年であり、11.8千t/年の乖離があった。これについては、枝条・伐根類や建築解体材を使用する一部の事業者で灰分率が高い事例があり（15.9千t/分）、それが影響した可能性が高い。仮に、当該事例について燃料使用量を変えずに灰分率のみ3%に補正した場合（＝灰の推計発生量×3/実際の灰分率）、本研究での推計値は9.1千t/年の23.7千t/年となり、先述の

木質バイオマス使用量から計算する値（21.0千t/年）と近い値を示す。このことから、今回の推計値は道内での灰の年間発生量として妥当と判断される。

道内の灰の年間利用量は、合計62.1千t/年、PS由来分を除くと26.1千t/年と推計された（第4表）。推計はアンケートを送付した149事業者中の85事業者の回答より行ったものだが、年間発生量の場合と同様に、残る64事業者の利用量を加えても推計値の変化は数十～数百t程度と考えられる。また、灰の年間発生量に対する利用量の率（以下、利用率とする）は、業種全体では90%、PS由来分を除いた場合でも80%と高かった。

業種別にみると、紙製造業や発電所・熱供給業での利用量が多く、発生量に対する利用率も高かった。一方、木材関連産業、その他の産業、公共機関では、相対的に利用量は少なく、利用率は特に木材関連産業とその他の産業で低かった。既報⁴⁾では、アンケートにおける各業種の回答事業者のうち灰を利用する事業者の割合について触れ、紙製造業と発電所・熱供給業でその割合が高く、他の3業種では相対的に割合が低いことを述べた。このことを合わせて考えると、紙製造業や発電所・熱供給業では灰利用に取り組む事業者の割合が高く、灰の利用率も高いのに対し、他の業種では灰利用に取り組む事業者の割合が相対的に低く、特に木材関連産業とその他の産業では灰の利用率も低いと整理される。

灰の年間発生量より利用量を差し引いて算出される未利用量は、合計6.7千t/年（PS由来分を除いた場合も同じ）であった（第4表）。また、そのうちの95%は、木材関連産業（3.2千t/年、48%）、発電所・熱供給業（2.2千t/年、33%）、その他の産業（0.92千t/年、14%）の灰であり、これらの灰が今

第4表 道内での灰の推計年間発生量、利用量、未利用量

業種	推計年間量 (t/年)*			発生量に対する%	
	発生	利用	未利用	利用	未利用
紙製造業	52,150	51,850	300	99.4	0.6
PS由来分を除く	(16,160)	(15,860)	(300)	(98.1)	(1.9)
発電所・熱供給業	12,030	9,820	2,210	81.6	18.4
木材関連産業	3,390	160	3,230	4.7	95.3
その他の産業	1,140	220	920	19.3	80.7
公共機関	50	30	20	60.0	40.0
全体	68,760	62,080	6,680	90.3	9.7
PS由来分を除く	(32,770)	(26,090)	(6,680)	(79.6)	(20.4)

*：生重量，PS：ペーパースラッジ

後利用を検討すべき主な対象となる。これに関連して、灰利用の拡大に向けては、次の2点が重要である⁴⁾。1点目として、灰の利用事業者の割合が低い木材関連産業、その他の産業、公共機関では、灰利用に関する意識や知識を持たない事業者が多いため、灰利用の意義や方法について情報提供を行うこと、また2点目は、灰利用上の支障として、重金属の含有や、クリンカ・異物の混入、利用先の確保、成分分析の手間といった問題が上記3業種や発電所・熱供給業から挙げられており、その解決を図ることである。

今回のアンケートの後、道内では新規の木質バイオマス発電所が稼働するなど、灰の発生や利用の状況は変化が続いている。今後も木質バイオマスエネルギーの利用増加が見込まれるため⁹⁾、灰の発生量も増えると予想される。現状では、灰の発生量や利用量の定期的な調査は行われていないが、今後、灰の管理が一層必要になると考えられることから、定期的かつ定量的な把握が望まれる。

謝 辞

本研究は、北海道循環資源利用促進重点課題研究開発事業費補助金により実施した。郵送アンケートは、北海道水産林務部林務局林業木材課および14の(総合)振興局産業振興部林務課のご助言、ご協力を得て実施した。調査全般にわたり、道内で木質バイオマスエネルギーを製造・利用する事業者各位に多大なご協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 古俣寛隆, 石川佳生, 本藤祐樹: 木質バイオマス発電および熱電併給のライフサイクル環境影響と外部コストの評価. 日本LCA学会誌13(1), 73-83 (2017).
- 2) 永野正朗: 宿毛バイオマス発電所における燃焼灰の有効利用について. 日本エネルギー学会機関誌えねるみくす100(1), 62-66 (2021).
- 3) 山田毅, 平井敬三: 木質バイオマス燃焼灰の現状と林地還元に向けた取り組み. 日本エネルギー学会機関誌えねるみくす100(1), 55-61 (2021).
- 4) 折橋健, 原田陽, 西宮耕栄: 木質バイオマスのエネルギー利用に伴う燃焼灰の発生と利用の実態. 北海道の事例. 木材学会誌69(2), 92-101 (2023).
- 5) 農林水産省: 木質バイオマスエネルギー利用動向調査,
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokusitu_biomass/ 2023年10月17日参照.
- 6) 北海道水産林務部林務局林業木材課木質バイオマス係: 行政の窓・北海道の木質バイオマスエネルギー利用促進の取組. 林産試だより10月号, 8 (2022).
- 7) 池美乃里, 大下和徹, 高岡昌輝: 国内のFIT認定木質バイオマス発電施設における燃焼灰発生量推計. 廃棄物資源循環学会論文誌31, 169-178 (2020).
- 8) 林野庁: 木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト,
https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_4.html 2023年10月17日参照.
- 9) 北海道水産林務部総務課: 北海道森林づくり基本計画(令和4年(2022年)3月策定),
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/r-g/r-keikaku/top.html> 2023年10月17日参照.

— 森林研究本部企画調整部 企画課 —

— *1: 利用部 微生物グループ —

— *2: 利用部 バイオマスグループ —

(原稿受理: 23.10.17)