

利用者向け資料

木質バイオマス燃焼灰の 融雪資材としての利用法

令和元年 5 月

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
環境・地質研究本部 環境科学研究センター

目次

1. はじめに	1
2. 融雪資材としての利用可能性の調査	2
2-1. 燃焼灰の性状分析	2
2-2. 融雪効果の検証	5
2-3. 発表文献	6
3. 融雪資材としての利用法について	8
A. 利用方法等について	8
A-1. 利用方法	8
A-2. 社会通念から逸脱した利用方法ではないことの確認	8
A-3. 類似製品と比較した場合の価値の有無の確認	8
B. 利用条件等について	8
B-1. 利用先	8
B-2. 利用条件	9
C. 燃焼灰性状の確認等について	9
C-1. 燃焼灰性状の確認	9
C-2. 生活環境保全上の支障の有無および必要な措置について	11
D. 焼却灰（天然木由来）の利用の手引きとの対応について	12
4. おわりに	13

*本資料に関する問い合わせ先

北海道立総合研究機構 森林研究本部
林産試験場 利用部バイオマスグループ
担当：折橋 健
電話：0166-75-4258
メール：orihashi-ken@hro.or.jp

1. はじめに

木質バイオマスは再生可能なエネルギー源であり、化石資源の代替、地球温暖化対策などの観点から注目されています。平成 29 年の木質バイオマスのエネルギー利用量は、全国で 1,053 万トン、北海道では全国 3 位の 60.0 万トンでした*1。

環境面に加えて、中山間地域では地場資源の有効活用とそれに伴う地域活性化の面からも木質バイオマスのエネルギー利用は期待されており、公共施設、農業、生活関連サービス業といった木材関連産業以外の分野でも導入が進んでいます。

木質バイオマスのエネルギー利用では燃焼灰が発生します。燃焼灰の処理に関しては、全国の事業所の 6 割で産業廃棄物として処分されるか、保管状態となっています*1。このため、燃焼灰の処分や保管にかかるコストや環境負荷の軽減が課題であり、有効利用が求められています。

このような背景から、林産試験場では、平成 26～30 年度道総研戦略研究「地域・産業特性に応じたエネルギーの分散型利用モデルの構築」の一環として、環境科学研究センターの協力を得て燃焼灰利用の課題に取り組みました。

検討に当たっては、広く皆様が受け入れやすいものとするを念頭に、薬剤や塗料等を含まない木材からの燃焼灰を対象を限定し、比較的実行しやすく道内で普及が見込まれること、社会通念上逸脱した利用法ではないことを考え方の基本に据えました。

この考え方のもと、道内は積雪地帯であり融雪資材利用を望む声があること、燃焼灰の融雪効果については科学的な報告例がなく研究が必要なことから、今回、融雪資材としての利用可能性を検討し、その利用法を取りまとめました。

道内で燃焼灰の融雪資材利用をご検討中の皆様におかれましては、北海道が発行する「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き」*2に沿って事前に利用に向けた必要事項の整理をお勧めします。その際に、本利用法をご活用いただければ幸いです。

*1 農林水産省：木質バイオマスエネルギー利用動向調査（平成 29 年確報）。

http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokusitu_biomass/

*2 北海道：焼却灰（天然木由来）の利用の手引き。

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/chizai/syokyakubainoriyounotebiki.htm>

2. 融雪資材としての利用可能性の調査

2-1. 燃焼灰の性状分析

道内で薬剤や塗料等を含まないチップ（針葉樹）もしくは薪（広葉樹、針葉樹）を使用する複数のボイラー（200～1200kW）より燃焼灰（主灰*³、飛灰*⁴）を採取し、分析しました。

*³ ボイラー燃焼室の底部から得られる灰

*⁴ 排ガスから分離して得られる灰

表 2-1-1 に燃焼灰の粒度と燃焼灰水溶液の pH について示します。燃焼灰の粒度をみると、粒径 250 μ m 未満の画分が全体重量に占める割合は、主灰で 5～8 割、飛灰では 9 割超でした。また、燃焼灰水溶液（灰：水=1：10）の pH は 12～13 でした。

表 2-1-1 燃焼灰の粒度と燃焼灰水溶液の pH

項目	単位等	主灰（5試料）	飛灰（5試料）
粒度（250 μ m アンダー画分）	重量%、対乾物	56.6-79.9	96.3-99.6
pH	灰1：水10	12.0-12.7	12.3-13.1

このように、燃焼灰は粒度が細かい粉体であり、水溶液は強いアルカリ性を示します。このため、燃焼灰の散布においては、散布者の安全確保、散布地外への飛散抑止といった配慮が必要であり、散布場所に関しては、融雪水が土壌を介さずに直接水路等に流入する場所やアルカリ性の土壌上は避けるべきと考えられました。また、保管においては、飛散や流出の予防や、不特定多数の人々が安易に触れられる状態にしないといった配慮が必要と考えられます。

表 2-1-2 に燃焼灰からの有害元素の溶出量を示します。溶出量については、主灰、飛灰ともに金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準*⁵（廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）に係る基準）をクリアしていました。なお、本基準は、汚泥肥料*⁶の原料に係る適合要件にもなっており、分析した燃焼灰からの有害元素溶出量は、この適合要件も満たしていると言い換えられます。

表 2-1-2 燃焼灰からの有害元素の溶出量

項目	分析元素	主灰（5試料）	飛灰（5試料）
有害元素 溶出量	Cd, Cr ⁶⁺ , Hg, Se, Pb, As	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準 （廃掃法に係る基準）をクリア	
		汚泥肥料（原料）の適合要件をクリア	

*5 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（有害元素）

	Cd	Cr ⁶⁺	Hg	Se	Pb	As
mg/L	0.09	1.5	0.005	0.3	0.3	0.3

電子政府の総合窓口（e-Gov）：金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和四十八年総理府令第五号）別表第一。

https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=348M50000002005

*6 汚泥（下水汚泥、し尿汚泥、工業汚泥等）を乾燥や粉砕、発酵させて製造される肥料で、肥料取締法において普通肥料に分類されます。資源の循環利用の観点で燃焼灰利用に通じるところがあり、本肥料における有害元素の取り扱い、燃焼灰利用においても参考となります。

表 2-1-3 に燃焼灰中の有害元素および銅・亜鉛の含有量を示します。有害元素の含有量については、主灰、飛灰ともに土壤汚染対策法に係る基準（土壤含有量基準）*7 をクリアしていました。また、汚泥肥料の適合要件*8 に照らすと、主灰はクリアしましたが、飛灰についてはクリアしていませんでした。このような結果になったのは、汚泥肥料の適合要件における一部の元素の基準が、土壤含有量基準よりも厳しいことによります。

表 2-1-3 燃焼灰中の有害元素および銅、亜鉛の含有量

項目	分析元素	主灰（5試料）	飛灰（5試料）
有害元素 含有量	Cd, Cr ⁶⁺ , Hg, Se, Pb, As, B	土壤汚染対策法に係る基準 （土壤含有量基準）をクリア	
	As, Cd, Hg, Ni, Cr, Pb	汚泥肥料の適合要件 をクリア	汚泥肥料の適合要件 をクリアせず
銅・亜鉛 含有量	Cu, Zn	農用地での利用において把握が必要なレベル Cu 125-424, Zn 35-1522 (mg/kg)	

また、燃焼灰中の銅、亜鉛含有量は、数十～千数百 mg/kg であり、そのオーダーは家畜ふん堆肥と同様のレベルでした。銅や亜鉛に関しては、農用地において土壌中含有量が規制されており*9、家畜ふん堆肥等の農業用資材では、製品における銅、亜鉛含有量が明示されています。そこで、農用地で使用する燃焼灰についても同様の対応が必要と考えられます。

*7 土壌含有量基準

	Cd	Cr ⁶⁺	Hg	Se	Pb	As	F	B
mg/kg	150	250	15	150	150	150	4000	4000

環境省：土壌汚染対策法施行規則（平成十四年環境省令第二十九号）。

<https://www.env.go.jp/water/dojo/law/kaisei2009.html>

*8 肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件のうち汚泥肥料の規格（有害無機元素に関する事項を抜粋）

溶出量：金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準に適合する原料を使用すること

含有量：含有を許される有害成分の最大量は下表のとおり

	As	Cd	Hg	Ni	Cr	Pb
mg/kg	50	5	2	300	500	100

独立行政法人農林水産消費安全技術センター：肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件。

<http://www.famic.go.jp/ffis/fert/kokuji/60k0284.html>

*9 乾物土壌 1kg あたり銅 125mg、亜鉛 120mg

環境省：農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令（昭和四十六年政令第二百四号）。

<https://www.env.go.jp/water/dojo/nouyo/law.html>

環境省：農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準について（環水土 149 号）。

<https://www.env.go.jp/hourei/06/000049.html>

以上のように、燃焼灰は有害元素や銅、亜鉛を含有しています。燃焼灰を安全に使用するために、有害元素の溶出量、含有量に関しては、管理基準が必要と考えられます。また、農用地で使用する燃焼灰については、銅、亜鉛含有量の把握と利用者への周知が必要と考えられました。

2-2. 融雪効果の検証

既存の融雪資材(木炭)の散布量を目安に積雪 40～60cm 時に燃焼灰等の散布を行い、積雪減少量の測定を行いました(図 2-2-1)。

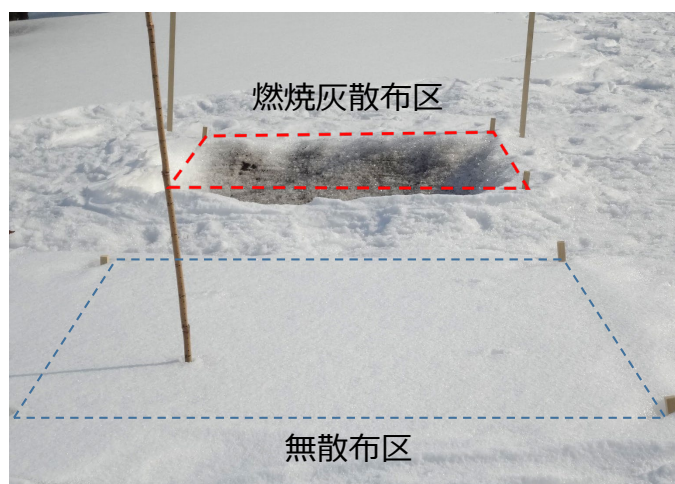


図 2-2-1 雪上散布試験の様子

木炭、もみ殻炭と融雪効果を比較した結果を図 2-2-2 に示します。対照と比べて燃焼灰の積雪減少量は大きく、同一の散布量(20g/m²)で木炭、もみ殻炭に近い融雪効果が認められました。

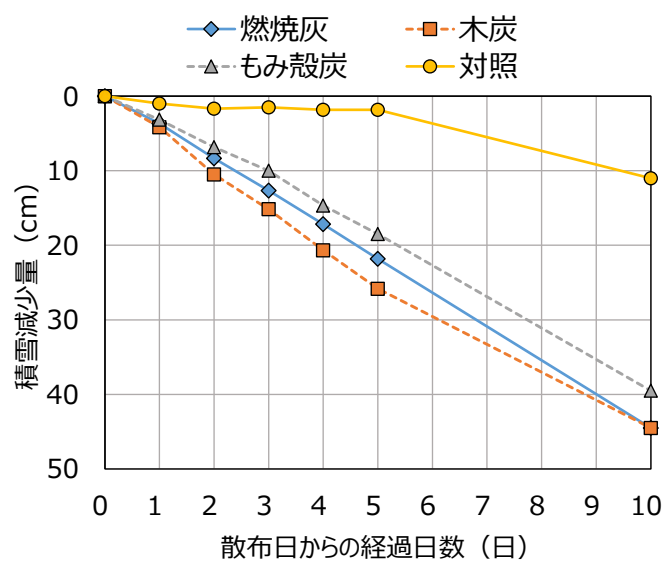


図 2-2-2 木炭、もみ殻炭との融雪効果の比較

次に、タンカル*10、石炭灰*11と融雪効果を比較した結果を図 2-2-3 に示します。これらの融雪資材は、農用地で広く用いられている資材です。木炭やもみ殻炭との比較事例と同様に、同一の散布量 (20g/m²) でタンカル、石炭灰に近い融雪効果が認められました。

*10 黒く着色した炭酸カルシウム

*11 微粉炭燃焼灰

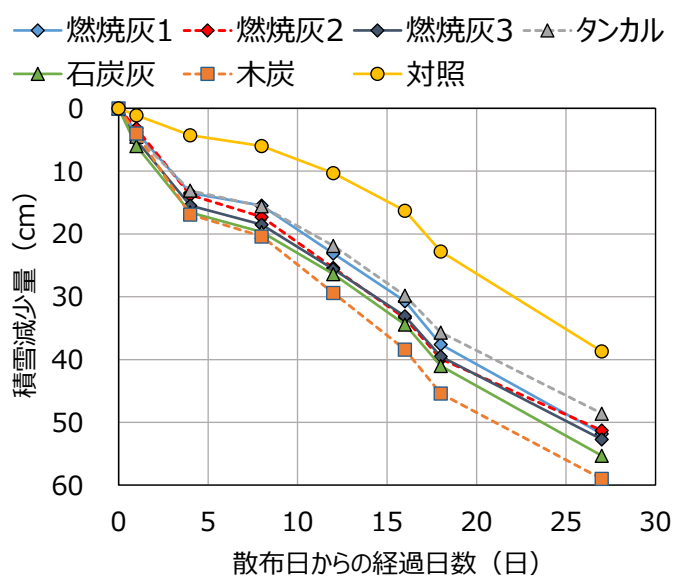


図 2-2-3 タンカル、石炭灰との融雪効果の比較

以上のように、燃焼灰には融雪を促進する効果があり、既存の融雪資材と同程度の散布量で使用できると考えられました。

2-3. 発表文献

上記の検討に関連する発表文献を以下に記します。

- 折橋健、安久津久、丹羽忍、大塚英幸：木質バイオマス燃焼灰の活用に向けた検討。日本木材学会北海道支部講演集 49, 61-64, 2017.

- 折橋健、安久津久、丹羽忍、大塚英幸：チップもしくは薪ボイラーより採取した木質燃焼灰の性状分析．第 68 回日本木材学会大会，Q15-P-11，2018.
- 折橋健、安久津久、丹羽忍、大塚英幸：木質燃焼灰の雪上散布における融雪水の安全性の検討．廃棄物資源循環学会第 29 回研究発表会講演集，B3-8-P，2018.
- 折橋健、安久津久、丹羽忍、大塚英幸：木質バイオマス燃焼灰の活用に向けた検討 (2)－無機微量元素の含有量分析－．日本木材学会北海道支部講演集 50, 33-35, 2018.

3. 融雪資材としての利用法について

2章の調査結果を踏まえて、薬剤や塗料等を含まない木材からの燃焼灰の融雪資材としての利用法を次のとおりまとめました。

A. 利用方法等について

A-1. 利用方法

融雪資材として利用する。

A-2. 社会通念から逸脱した利用方法でないことの確認

燃焼灰の性状を活かした利用可能性のある方法として文献¹⁾に示されている。

A-3. 類似製品と比較した場合の価値の有無の確認

木炭、もみ殻炭、タンカル²⁾、石炭灰³⁾等の既存の融雪資材と同程度の散布量で融雪効果がある。

1) 農林水産省：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。

http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_4.html

2) 黒く着色した炭酸カルシウム

3) 微粉炭燃焼灰

B. 利用条件等について

B-1. 利用先

既存の融雪資材（木炭、もみ殻炭、タンカル、石炭灰等）の散布対象（農用地、公園、森林、その他の土地など）と同様の場所に散布できる。ただし、燃焼灰を含む融雪水はアルカリ性であり、高いpHを示す可能性があることから、表B-1に示す場所での散布は避ける。

表 B-1 散布に適さない場所

(1)	融雪水が土壌を介さずに直接河川や水路、池等に流入する恐れのある場所
(2)	土壌がアルカリ性である場所*

*北海道内の土壌は、一般的には酸性土壌と考えられるが、農用地等で農業資材の施用により人為的にアルカリ土壌になっている場合がある。

B-2. 利用条件

B-2-1. 散布方法

燃焼灰に含まれるクリンカ⁴⁾は散布の妨げになる。そこで、予めクリンカを除いた燃焼灰を使用する。クリンカ除去後の灰は粉末状であり、既存の融雪資材（木炭、もみ殻炭、タンカル、石炭灰等）と同様の散布方法により使用する。

4) 燃焼灰が焼き固まって塊状になったもの

B-2-2. 散布量

既存の融雪資材（木炭、もみ殻炭、タンカル、石炭灰等）と同程度の散布量で使用する。

C. 燃焼灰性状の確認等について

C-1. 燃焼灰性状の確認

燃焼灰性状を確認し、表 C-1-1 の条件を満たす燃焼灰を利用可能とする。また、表 C-1-1 の (2) については、要件を満たしていることを分析結果により証明する必要がある。

表 C-1-1 燃焼灰性状に関して満たすべき要件

(1)	防腐剤、塗料等の化学物質を含まない材を専焼ボイラーで燃焼させた時に得られる燃焼灰で塊状のクリンカを除いたもの
(2)	有害無機元素等に関して、散布場所別に表C-1-2の要件を満たすもの

表 C-1-2 有害無機元素等に関して満たすべき要件

散布場所	有害無機元素等に関して満たすべき要件
農用地	溶出量：汚泥肥料に係る適合要件を準用し、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を満たすこと*1 含有量：①汚泥肥料に係る有害成分の許容最大量を基準として準用し、本基準を満たすこと*2 ②銅、亜鉛の含有量を明らかにしておくこと*3
農用地以外の土地	溶出量：農用地での溶出量に係る要件に同じ 含有量：土壌含有量基準を満たすこと*4 特 例：農用地に関する要件を満たす燃焼灰については、その結果をもって農用地以外の土地でも使用できるものとする

*1 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和四十八年総理府令第五号）

対象元素：カドミウム、六価クロム、水銀、セレン、鉛、ヒ素

分析方法：昭和48年環境庁告示第13号

*2 肥料取締法第三条及び第二十五条ただし書の規定に基づく普通肥料の公定規格（昭和六十一年二月二十二日 農林水産省告示第二百八十四号）

対象元素：ヒ素、カドミウム、水銀、クロム、ニッケル、鉛

分析方法：肥料等試験法

*3 分析方法：肥料等試験法

*4 土壌汚染対策法施行規則（平成十四年環境省令第二十九号）

対象元素：カドミウム、六価クロム、水銀、セレン、鉛、ヒ素、フッ素、ホウ素

分析方法：平成15年環境省告示第19号

【補足説明】

燃焼灰には有害無機元素等が含まれており、融雪資材として安全に利用するために、表 C-1-2 のとおり要件を設定する。

農用地散布に利用する燃焼灰については、食の安全に配慮する観点から、有害無機元素の満たすべき要件として、燃焼灰と同様に産業活動等で発生した産物で、資源化され利用されている汚泥肥料の規格要件を準用する。また、表 C-2-2 の散布留意事項にも記載のとおり、農用地においては土壌中の銅、亜鉛含有量に注意を払う必要があることから、燃焼灰中のこれらの含有量についても明らかにしておくことを要件とする。

農用地以外への散布に利用する燃焼灰に関しては、有害無機元素の溶出量については農用地の場合と同一要件とする。一方、含有量については、食物生産を目的とする土地ではないことから、土壌汚染回避を目的に土壌含有量基準を適用する。なお、燃焼灰排出者（利用者）の負担軽減の観点から、農用地での利用要件を満たす燃焼灰については、その結果をもって農用地以外の土地でも利用できるものとする。

C-2. 生活環境保全上の支障の有無および必要な措置について

C-2-1. 生活環境保全上の支障の有無

燃焼灰は細かな粉末であり、水溶液はアルカリ性を呈する。また、燃焼灰は銅、亜鉛を含有する。このため、表 C-2-1 のような支障が起こらないよう注意する必要がある。

表 C-2-1 燃焼灰の散布および保管において起こり得る生活環境保全上の支障

散布時	<ul style="list-style-type: none">・ 散布地外への飛散による植生や水質への支障・ 散布者による燃焼灰の吸引、散布者の露出した肌等への燃焼灰の接触による支障・ 農用地土壌での銅、亜鉛含有量の過度な上昇による支障
保管時	<ul style="list-style-type: none">・ 飛散、流出等による人、動植物、水質への支障

C-2-2. 生活環境保全上の支障を防ぐための措置

表 C-2-1 の支障を防ぐための措置として、燃焼灰の散布および保管に関して表 C-2-2 の留意事項を設ける。

表 C-2-2 燃焼灰の散布および保管における留意事項

1. 散布留意事項

(1)	燃焼灰はアルカリ性の粉末である。散布地外への飛散を防ぐため、天候を選んで散布する。また、散布者が吸引したり、皮膚等に触れることのないよう、散布時の服装等に注意する。
(2)	燃焼灰は銅、亜鉛を含有する。農用地においてはこれらの土壌中含有量が規制されている（乾物土壌1kgあたり銅125mg、亜鉛120mg）ことから、農用地で使用する燃焼灰については銅、亜鉛含有量を把握し、灰の散布によるこれらの土壌中含有量の上昇に注意を払う。また、排出者が燃焼灰を他者へ販売、譲渡する場合には、相手に対して燃焼灰中の銅、亜鉛含有量を示し、農用地での使用に関して注意喚起する必要がある。

2. 保管留意事項

(1)	燃焼灰はアルカリ性の粉末であるので、風雨等による飛散や流出を防ぐこと。
(2)	(1) と同様の理由から、不特定多数の人々が安易に触れられる状態にしないこと。

D. 焼却灰（天然木由来）の利用の手引きとの対応について

燃焼灰の融雪資材利用にあたっては、北海道が発行する「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き」⁵⁾に沿って事前に整理が必要な事項を確認し、情報を取りまとめることが推奨される。整理が必要な事項は、表 D-1 に示すとおりである。情報の取りまとめにあたって上記 A～C が活用できる事項については、表 D-1 の右欄に対応する見出し番号（A-1～C-2）を付した。また、右欄に番号を付していない箇所は、利用者ごとの実状に応じて情報整理をお願いしたい。

表 D-1 「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き」における整理が必要な事項

項目	内容	*
(1) 物の性状	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却灰性状の確認 ・利用目的に応じた品質や製品基準を満たすことの証明 	C-1
	<ul style="list-style-type: none"> ・生活環境保全上の支障の有無の確認 ・上記支障を防ぐための措置の明示 	C-2
(2) 排出の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料の種類、ボイラー形式、焼却灰の発生量および保管状況の整理 ・利用目的に合った計画的な利用（販売）であることの明示 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・利用先の情報、利用量（販売量）や利用条件等の整理 	B-1、2
(3) 通常取引形態	（自ら利用） <ul style="list-style-type: none"> ・社会通念から逸脱した利用方法でないことの確認 	A-2
	（販売する場合） <ul style="list-style-type: none"> ・製品としての販売実績や利用状況等の整理 	
(4) 取引価値の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・類似製品と比較した場合の価値の有無の確認 	A-3
(5) 占有者の意思	<ul style="list-style-type: none"> ・（1）～（4）を踏まえ、適切な利用（販売）を行うことを意思表示 	

* 上記 A～C おける見出し番号であり、必要事項の整理に活用できる箇所を示す

5) 北海道：焼却灰（天然木由来）の利用の手引き。

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/chizai/syokyakubainoriyounotebiki.htm>

4. おわりに

以上のとおり、木質バイオマスのエネルギー利用が広まりつつある中で、燃焼灰利用も進めていく必要があることから、今回、融雪資材としての利用可能性を検討し、その利用法を取りまとめました。本検討の実施にあたり、燃焼灰の提供、性状分析、雪上散布試験等においてご協力、ご助言いただきました皆様に厚くお礼申し上げます。

燃焼灰の利用法については、国内外にも事例があります。まず海外の事例^{*12}ですが、スウェーデン、カナダ（一部の州）では酸度矯正、土壌改良等の目的で燃焼灰の林地散布が可能となっています。燃焼灰中の無機元素（栄養元素や有害元素）の含有量や一定期間における施用量について規制（あるいはガイドライン）があります。ドイツ（一部の州）では、無垢材由来で肥料法に適合する燃焼灰が肥料、酸度矯正資材として使用されています。またデンマークでは、法令に従って農地利用（土壌改良資材）が行われています。次に日本では、カリウム肥料としての実用化に取り組んでいる事例があります^{*13}。また、大規模な燃焼施設で大量に燃焼灰が発生するような場合には、セメントと混合して路盤材とする事例もあります^{*14}。林産試験場では、引き続き融雪資材以外の利用についても検討を行いたいと考えており、ここでの事例も参考に道内事情にも合う新たな利用法を見いだすことができればと思います。

*12 IEA Bioenergy: Options for increased use of ash from biomass combustion and co-firing. 2018.

<http://task32.ieabioenergy.com/publications/options-for-increased-use-of-ash-from-biomass-combustion-and-co-firing/>

*13 井藤ら：タクマ技報 23(2), 126-132, 2015.

*14 北海道環境生活部環境局循環型社会推進課：平成 28 年度版北海道認定リサイクル製品パンフレット(1).