

精糖残渣（ライムケーキ）を利用した防滑材の 散布試験について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○秋元 清寿
徳永 ロベルト
N P O 法人 北海道産業技術支援協会 河端 淳一

北海道では、甜菜（ビート）から砂糖を製造する過程で発生する精糖残渣（ライムケーキ）を防滑材として活用する可能性について、北海道循環資源利用促進協議会に設置されたワーキンググループで検討が進められている。その一環として当研究所は、ライムケーキを防滑材として散布した時の効果検証を行っている。平成 18 年度の試験の結果から、ライムケーキは防滑材として散布効果を発揮しうること、また、硬度が高い方が散布効果が高い傾向にあったことから、平成 19 年度は、硬度を高めたライムケーキを用いて、散布試験を実施した。本稿では、平成 19 年度冬期に実施した散布試験の結果を報告する。

キーワード：冬期路面対策、防滑材、精糖残渣

1. はじめに

積雪寒冷な地域では、凍結路面対策として、凍結防止剤・防滑材の散布を行っている。凍結防止剤の散布効果が現れにくい低温地域では、防滑材の散布が多く行われている。防滑材には、主に焼砂と砕石を使用しているが、散布した防滑材は、車両の走行により飛散し、その一部が路肩等に残留・堆積するため、春先に路面清掃で回収して、防滑材や盛土材等として再利用したり、最終処分場で処理しているところである^{1),2)}。

北海道循環資源利用促進協議会では、北海道の基幹産業である農作物の甜菜（ビート）から、砂糖を製造する過程において発生する精糖残渣（以下、ライムケーキと称す）を防滑材として利用することを検討している。

ライムケーキを防滑材として利用することができれば、建設サイクルの促進が図られるとともに、車両走行による破碎や終冬期の融雪水による溶解・路外の流出により、春先の路面清掃の軽減が図られる、といった効果が期待できる。

当研究所では、検討の一環として散布効果の検証を行っており、本稿では、苫小牧寒地試験道路で実施した散布試験の結果を報告する。

2. ライムケーキとは

ライムケーキとは、甜菜（ビート）から砂糖を製造する過程で、甜菜（ビート）より抽出した糖汁から不純物を取り除くため、糖汁に消石灰と炭酸ガスを投入し、濾過によって糖汁を取り出したあとに残った副産物（残渣）である（図-1、写真-1）³⁾。

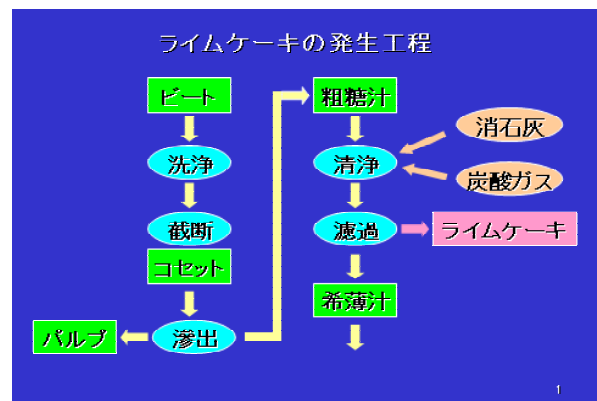


図-1 ライムケーキの発生工程

〔出典：北海道循環資源利用促進協議会無機性循環資源部会：路面維持資材への利用検討WG資料³⁾〕



写真-1 ライムケーキ

〔出典：北海道循環資源利用促進協議会無機性循環資源部会：路面維持資材への利用検討WG資料³⁾〕

ライムケーキは、年間約20万トン発生しており、そのうち約13万トンが農地還元等に再利用されている。しかし、残り約7万トンは再利用されずに産業廃棄物として処分されている（図-2）。このため、北海道循環資源利用促進協議会では、未利用資源であるライムケーキを有効活用する方策として、ライムケーキを固化し、防滑材として利用することを検討している。

発生量		
212,329t (100%)		
H17	農地還元	その他※
	96,073t	42,725t
	45.3%	20.1%
		埋立処分
		73,531t
		34.6%
再資源化		
138,798t (65.4%)		

図-2 ライムケーキの発生工程

[資料提供：北海道農政部食の安全推進局農産振興課]

3. 平成18年度の試験概要及び結果の概要⁴⁾

当研究所では、検討の一環として、苫小牧寒地試験道路（写真-2）において、ライムケーキを活用した防滑材（以下、「ライムケーキ防滑材」と称す）の散布試験を実施している。初年度である平成18年度は、苫小牧寒地試験道路に作製した氷膜路面に硬度及び形状の異なるライムケーキ防滑材数種を散布し、散布前後の路面のすべりやすさを計測することで散布効果を検証した。



写真-2 苫小牧寒地試験道路全景

路面のすべりやすさの計測には、すべり試験車（写真-3）及び連続路面すべり抵抗値測定装置（写真-4）を用いた。すべり試験車は、走行用の車輪とは別に、車両の左中央部に測定用の車輪（測定輪）が取り付けられている車両である。すべり試験車を一定の速度で走行させながら測定輪だけにフルロック制動を掛けた際、測定輪に掛かる摩擦力と測定輪にかけられている荷重の比からすべり摩擦係数 μ (BF)（以下 μ (BF)と称す）を算出する（図-3）。

連続路面すべり抵抗値測定装置は、試験輪を進行方向に対して1～2°程度の角度を与え、走行時に発生する横力を測定することによってすべり抵抗値を算出する



写真-3 すべり試験車



写真-4 連続路面すべり抵抗値測定装置

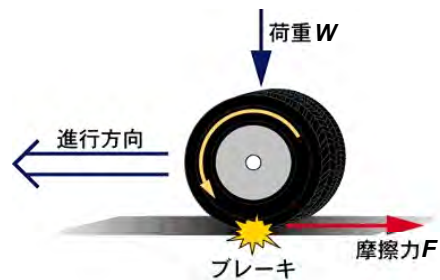


図-3 すべり試験車の測定原理（概念図）

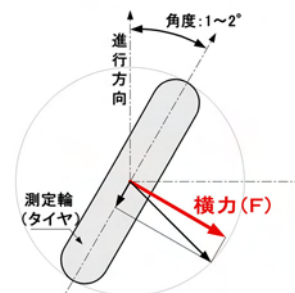


図-4 連続路面すべり抵抗値測定装置の測定原理

（図-4）。すべり抵抗値 HFN（以下 HFN と称す。）は 0～100 の数値（HFN）で表され、すべり試験車で算出するすべり摩擦係数と良好な相関関係がある。

平成18年度に実施した試験の結果、ライムケーキ防滑材は、砕石と同等のすべり抵抗値の改善効果を発揮しうること、ライムケーキ防滑材の硬度が高い方が散布効果が高い傾向にあることを確認した。

4. 平成19年度の試験概要

平成19年度は、平成18年度の試験結果を踏まえ、硬度を高めたライムケーキ防滑材を製造し、苫小牧寒地試験道路で散布試験を実施した。以下に、試験概要を紹介する。

(1) 試験方法

a) 試験実施日

散布試験は、平成20年1月15日、17日、2月12日、及び2月14日に行った。

b) 試験方法

① 雪氷路面の作製

氷膜路面は、乾燥路面に散水を行い、日没近くの気温の低下に伴う凍結により作製した(写真-5)。圧雪路面は、グレーダで雪を敷き均し、散水しながら乗用車で締め固めて作製した(写真-6)。

② 防滑材散布前の測定

雪氷路面の完成後、試験対象防滑材を散布する前に、すべり試験車及び連続路面すべり抵抗値測定装置ですべり摩擦係数やすべり抵抗値を測定した。

③ 試験対象防滑材の散布

次に、試験対象防滑材を所定の区間に散布した。車両による破碎及び引きずりによる各防滑材の干渉の影響を考慮し、一定の間隔を空けるとともに、車両の走行方向に沿って硬度の高い順に散布を行った(図-5)。

④ 散布後の測定

散布直後にすべり試験車及び連続路面すべり抵抗値測定装置ですべり摩擦係数とすべり抵抗値を測定した。また、車両の走行による路面状態の変化を模擬するため、普通車両を40km/hで走行させ、50台走行毎に散布箇所のすべり摩擦係数とすべり抵抗値を測定(延べ300台走行まで)した。

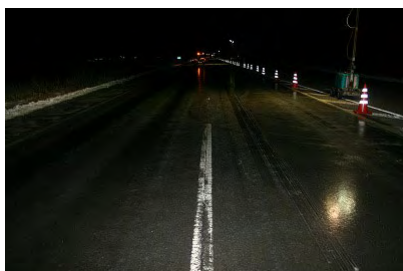


写真-5 氷膜路面

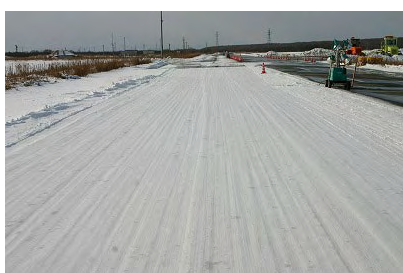


写真-6 圧雪路面

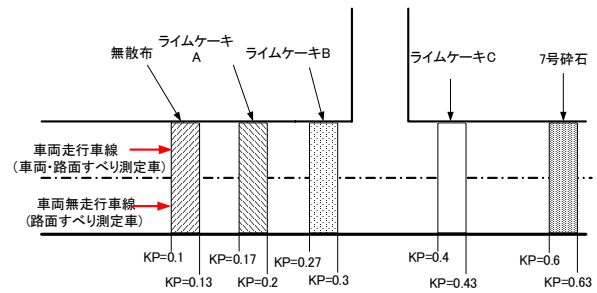


図-5 試験概略図

(2) 試験対象防滑材

平成18年度に実施した試験の結果、硬度4.0～5.0(kgf)のライムケーキ防滑材の散布効果が高く、硬度が高いほど散布効果が高い傾向にあった。このことを踏まえ、平成19年度は、更に硬度を高めたライムケーキ防滑材を製造し、試験対象とした(表-1)。また、比較のため、防滑材として一般的に使用されている砕石(7号砕石)についても同様に試験対象とした。

表-1 試験対象防滑材

防滑材名	硬度 [kgf]	散布量 [g/m ²]
ライムケーキA	8.0以上	75
ライムケーキB	6.0～7.0	75
ライムケーキC	4.0～5.0	75
砕石 (7号砕石)	-	150

※硬度は、木屋式硬度計にて計測

5. 平成19年度の試験結果

(1) 氷膜路面における測定結果

a) すべり試験車による測定結果

図-6に氷膜路面のすべり試験車による試験結果を示す。図-6の左側の縦軸は、 μ (BF)、右側の縦軸は、気温と路温、横軸は、車両走行台数を示す。

散布直後の μ (BF)は、ライムケーキA、B、C、7号砕石、無散布区間で μ (BF)=0.2程度であり、散水凍結後と同様の低いすべり摩擦係数であった。無散布区間を含めた全散布区間で交通模擬車両の走行台数を重ねても μ (BF)=0.2程度の低い値のまま推移しており、散布による μ (BF)の明確な変化は確認できなかった。これは、すべり試験車の測定上、測定輪に制動を掛けることで路面上

の防滑材を拭き取り、防滑材が定着しなかったためと推察される。

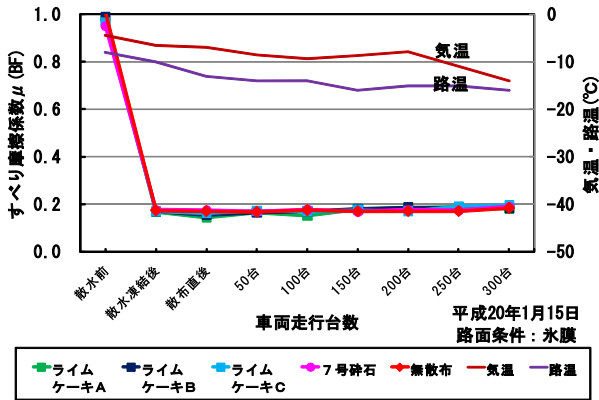


図-6 氷膜路面における測定結果 (すべり試験車)

b)連続路面すべり抵抗値測定装置による測定結果

図-7に連続路面すべり抵抗値測定装置による測定結果を示す。

散布直後の HFN は、散水凍結直後と比較して、ライムケーキ A、B、C、7号碎石の区間で低下した。しかし、無散布区間では、HFN が増加した。ライムケーキ散布区間では車両走行 100 台で HFN は 60 を越える値となった。

ライムケーキ C は、車両走行 100 台以降、HFN は 70 程度を保った。一方、ライムケーキ A と B は、車両走行 200 台で HFN は 40 程度まで低下したが、車両走行 300 台で HFN は 60 程度まで増加した。7号碎石散布区間では、車両走行 50 台で HFN は 30 程度まで低下したが、その後ゆるやかに増加し、車両走行 300 台で HFN は 60 程度まで上昇した。

無散布区間では、車両走行を重ねても HFN は 50 程度を保った。ライムケーキ散布区間の HFN は、7号碎石区間及び無散布区間を上回った。

連続路面すべり抵抗値測定装置で、ライムケーキが大きなすべり抵抗値を得ることができたのは、測定輪が回転しながら測定を行うことから、路面上の防滑材を拭き取ることがないためと推察される。

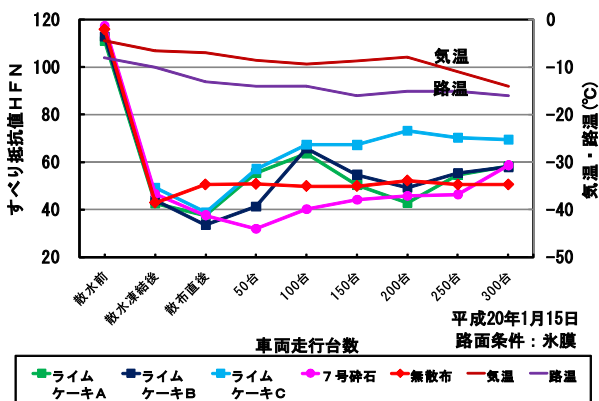


図-7 氷膜路面における測定結果 (連続路面すべり抵抗値測定装置)

(2) 圧雪路面における測定結果

a) すべり試験車による測定結果

図-8 に圧雪路面におけるすべり試験車による測定結果を示す。

散布直後の μ (BF) は、ライムケーキ B の区間で散布前に比べて増加した。ライムケーキ B、C、7号碎石、無散布区間では、散布前に比べて変化が見られなかった。

ライムケーキ A の区間では、車両走行 150 台まで μ (BF) が 0.3 程度まで低下したが、車両走行 200 台で μ (BF) は 0.4 程度まで増加した。その後、車両走行を重ねるに従い μ (BF) が低下し、車両走行 300 台で μ (BF) は 0.3 程度まで低下した。

ライムケーキ B の区間では、車両走行 150 台まで μ (BF) が 0.4 程度で推移した。その後車両走行 200 台で μ (BF) が 0.3 程度まで低下したが、車両走行 250 台で μ (BF) が 0.4 程度まで増加し、車両走行 300 台で μ (BF) が 0.3 程度まで低下した。

ライムケーキ C の区間では、車両走行 200 台まで μ (BF) が 0.4 程度で推移した。その後、車両走行を重ねるに従い μ (BF) が低下し、車両走行 300 台で μ (BF) は、0.2 程度まで低下した。

7号碎石区間では、車両通行 50 台で μ (BF) が 0.5 程度まで増加したが、その後の車両通行を重ねるに従って μ (BF) は、低下し、車両走行 300 台で μ (BF) は、0.3 程度まで低下した。

無散布区間では、車両走行を重ねるに従い、 μ (BF) は低下し、車両走行 300 台で μ (BF) は、0.2 程度まで低下した。

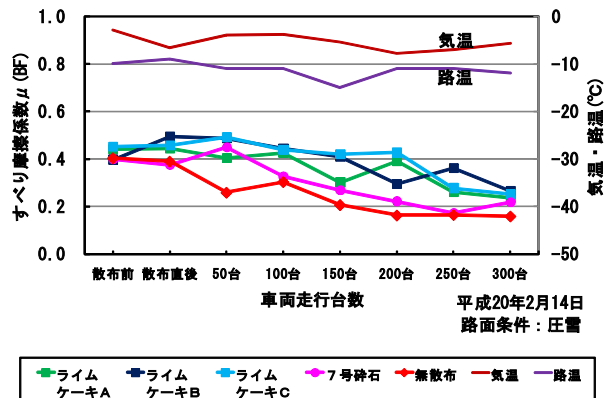


図-8 圧雪路面における測定結果 (すべり試験車)

b)連続路面すべり抵抗値測定装置による測定結果

図-9に、連続路面すべり抵抗値測定装置による測定結果を示す。

散布直後の HFN は、散布前と比べてライムケーキ B と C の HFN が 50 程度まで低下したが、7号碎石と無散布区間の HFN は、散布前と比べて変化が見られなかった。一方、ライムケーキ A の HFN は、散布前と比べて HFN が 50 程度まで増加した。

ライムケーキ A は、車両通行 100 台で HFN は 60 程度まで増加したが、車両走行 150 台で HFN は 40 程度まで低下した。その後、車両走行を重ねるに従い HFN が増加し、車両走行 300 台の HFN は、60 程度で推移した。

ライムケーキ B は、車両走行 100 台まで HFN が 40 程度まで低下した。その後、車両走行を重ねるに従い HFN が増加し、車両走行 300 台の HFN は 60 程度で推移した。

ライムケーキ C は、車両走行 200 台まで HFN が 60 程度まで増加した。その後、車両走行を重ねるに従い HFN は、60 程度で推移した。

7 号砕石の散布区間では、車両走行 50 台で HFN が 50 程度まで低下したが、その後時間の経過とともに HFN は 60 程度まで増加した。

無散布区間では、車両走行 150 台で HFN が 60 程度まで上昇し、その後 HFN は 60 程度で推移した。

ライムケーキ A、B、C と 7 号砕石は、無散布区間と同程度の HFN であったことから明確な散布効果は確認できなかった。

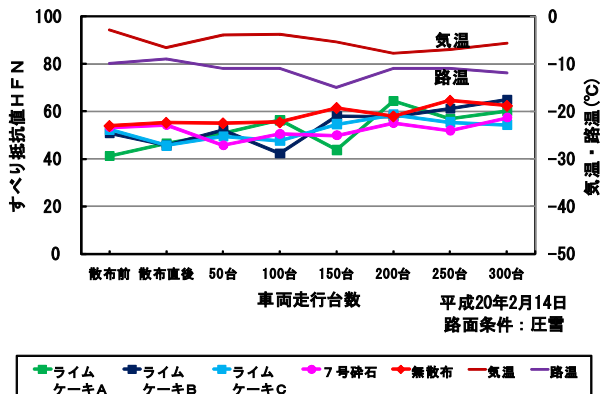


図-9 圧雪路面における測定結果
(連続路面すべり抵抗値測定装置)

6. まとめと今後の課題

平成 19 年度は、平成 18 年度より硬度を高めたライムケーキ防滑材を用いて散布試験を行ったが、硬度を更に高めても散布効果が高まらなかった。ライムケーキ防滑材が車両の走行によって適度に破砕し、雪氷路面上に広がることで路面のすべりやすさを改善させていると考えられる。

また、平成 18 年度に実施した試験の結果と同様に、すべり試験車を用いた測定では、すべり摩擦係数の改善が確認できないことが多かった。これは、すべり試験車の測定輪に制動を掛けることで路面上の防滑材を拭き取ってしまい、路面そのもののすべり摩擦係数を測定していることが原因と考えられる。このことから、実道での適用を考える場合は、交差点など制動を要する箇所が連続する市街地ではなく、郊外部の単路への適用が望ましいと考えられる。

平成 20 年度は、さらなる試験データの蓄積のために

苫小牧寒地試験道路等での散布試験を予定しており、試験結果についてまとめ次第報告したい。

参考文献

- 1) 倉内圭、阿部英樹、森田英俊：維持工事における再生資源の活用-防滑材の再利用について-第47回北海道開発局技術研究発表会、2004年2月
- 2) 水野亮介、倉内圭、森田英俊：維持工事における再生資源の活用-平成16年度の実施結果からみる防滑材の有効性-第48回北海道開発局技術研究発表会、2005年2月
- 3) 北海道循環資源利用促進協議会無機性循環資源部会：路面維持資材への利用検討WG資料、2007年度より
- 4) 舟橋誠、浅野基樹、河端淳一：精糖残渣(ライムケーキ)を利用した防滑材の散布効果試験について-第51回北海道開発局技術研究発表会、2008年2月
- 5) 国土技術政策総合研究所：路面すべり測定車合同比較試験報告書、国土技術政策総合研究所資料No.57、2002年11月
- 6) 舟橋誠、徳永ロベルト、浅野基樹：連続路面すべり抵抗値測定装置 (RT3) の導入について、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所月報、No.651、pp40~47、2007