

精糖残渣（ライムケーキ）を活用した 冬期路面对策について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○大日向 昭彦
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

ライムケーキとは、甜菜（てんさい）から砂糖を製造する過程で発生する精糖残渣である。北海道循環資源利用促進協議会では、リサイクル促進のため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、ライムケーキを固形化し新たなすべり止め材として利用することを検討している。その一環として、当研究所ではライムケーキすべり止め材の散布効果を検証するため、ライムケーキすべり止め材の散布試験を実施している。本稿では、試験道路及び実道で実施した散布試験の結果について報告する。

キーワード：冬期路面对策、すべり止め材、精糖残渣

1. はじめに

積雪寒冷な地域では、冬期凍結路面对策として凍結防止剤・すべり止め材の散布を行っている。凍結防止剤は、凝固点降下によって路面上の水分の凍結を防止するが、低温地域・多雪地域では散布効果が現れにくい。そのため、旭川・稚内・網走など低温・多雪な地域では、凍結路面对策として碎石・砂といったすべり止め材を主に散布している（図-1）。散布されたすべり止め材は、車両の走行により飛散し、その一部が路肩等に堆積するため、積雪のなくなる春先に路面清掃を行いすべり止め材を回収している。また、排水性舗装区間では目詰まりの原因となる可能性がある。

北海道循環資源利用促進協議会では、北海道の主要農作物である甜菜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」と記す）をすべり止め材として利用することを検討しており、これまでライムケーキの成分・性状等の分析、造粒方法の検討、散布効果の試験等を行ってきた。

ライムケーキをすべり止め材として利用可能であれば、車両の走行により破碎し融雪水とともに路外に流出することから、路面清掃の負担軽減が期待される。

当研究所では、検討の一環として、試験道路及び実道においてライムケーキすべり止め材の散布試験を実施しており、本稿では、その結果について報告する。

2. ライムケーキとは

ライムケーキとは、甜菜から砂糖を製造する過程で、

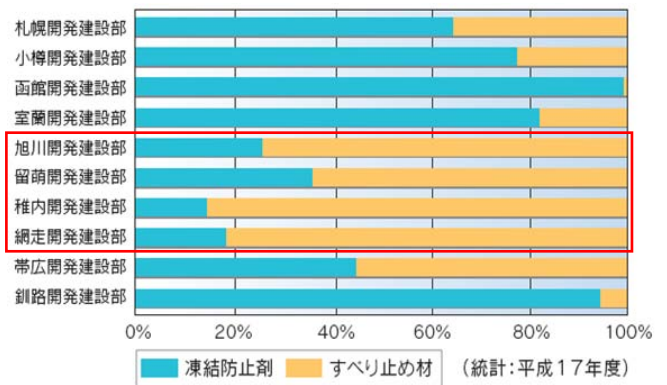


図-1 凍結防止剤とすべり止め材の使用比率

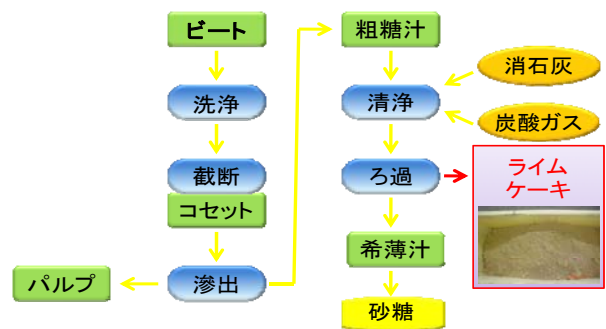


図-2 ライムケーキの発生過程

甜菜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残渣（副産物）である（図-2）¹⁾。

ライムケキは、平成19年度は21万6千トン発生し、約8割は農地還元等に再利用されたが、残り2割は廃棄物として埋め立て処分されている(図-3)。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キを有効活用する方策として、ライムケキを固化しすべり止め材として利用することを検討しており、ライムケキをすべり止め材として利用可能であれば、リサイクルの促進に繋がり環境に対する負荷の軽減が期待される。

3. 試験道路での試験概要

当研究所では、検討の一環として、苫小牧寒地試験道路においてライムケキすべり止め材の散布試験を実施しており、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キすべり止め材などを散布し、散布前後及び道路交通を模擬したダミー車を走行させ、一定台数通過ごとに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。路面のすべりやすさの計測には、路面すべり測定車(写真-1)及び連続路面すべり抵抗値測定装置(写真-2)を使用した。

路面すべり測定車とは、走行用の車輪とは別に、車両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。路面すべり測定車を一定の速度で走行させながら測定輪だけに急制動(フルロック)を掛け、測定輪に掛かる摩擦力 F と測定輪に駆けた荷重 W の比からすべり摩擦係数を μ (BF)を算出する(図4)。すべり摩擦係数は、すべりにくい路面ほど高い値をとる。

連続路面すべり抵抗値測定装置とは、走行用の車輪とは別に、車両進行方向に対して $1\sim 2^\circ$ 程度に傾け取り付けた測定輪に発生する横力を測定し、連続的に路面のすべり抵抗値を測定することが可能な装置である(図5)。この装置で測定したすべり抵抗値はHFN(Halliday Friction Number)と呼ばれ、装置の製作会社が独自に決定した値ですべりにくいほど高い値をとり、路面すべり測定車で測定するすべり摩擦係数と良好な相関関係が存在する²⁾。以下に試験方法について詳述する。

(1) 試験方法

a) 試験実施日

散布試験は、平成21年1月16日、2月3、5、10日に行った。

b) 試験手順

① 散水前計測(乾燥路面計測)

氷膜路面を作製するための散水前の乾燥路面において、路面すべり測定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計測した。

② 散水凍結後計測(すべり止め材散布前計測)

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を利用して氷膜路面を作製した。氷膜路面の

発生量		
216,508t(100%)		
農地還元 101,562t (46.9%)	その他 68,036t (31.4%)	埋立処分 46,910t (21.7%)
再資源化		
169,598t(78.3%)		

図-3 ライムケキの発生・再資源化の状況(平成19年度)



写真-1 路面すべり測定車



写真-2 連続路面すべり抵抗値測定装置

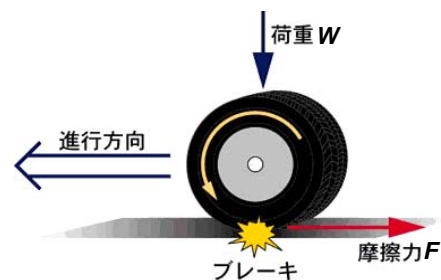


図-4 路面すべり測定車の測定原理(概念図)

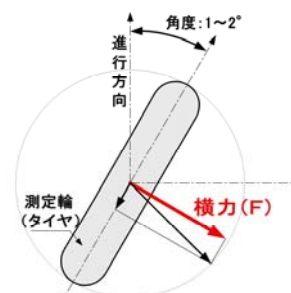


図-5 連続路面すべり抵抗値測定装置の測定原理(概念図)

完成後、試験対象すべり止め材を散布する前の凍結路面において、すべり摩擦係数やすべり抵抗値を計測した。

③散布後計測

車両の引きずりによる影響を考慮し、一定の間隔をあけ、試験対象すべり止め材を所定の区間に散布した(図-6)。散布直後にすべり摩擦係数やすべり抵抗値を計測し、車両の走行による路面状態の変化を調査するため、道路交通を模擬したダミー車を時速40km/時で走行させ、50台走行毎(50台・100台・150台・200台・250台・300台通過時)に各散布箇所ですべり摩擦係数やすべり抵抗値を計測した。

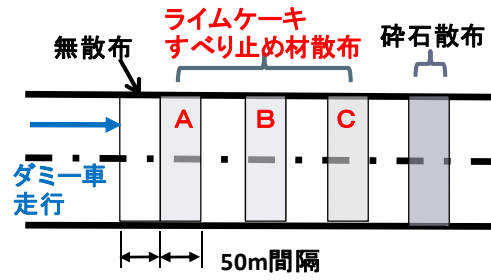


図-6 試験コースの概略図

表-1 試験対象すべり止め材

すべり止め材	硬度(kgf) 形状	散布量 [g/m ²]	
ライムケーキA (平成20年度製造)	4.7 三角柱	50	ライムケーキすべり止め材 (三角柱)
ライムケーキB (平成19年度製造)	5.7 三角柱	50	
ライムケーキC (平成20年度製造)	4.1 不定形球状	50	ライムケーキすべり止め材 (不定形球状)
砕石(7号砕石)	— (粒径: 2.5~5.0mm)	150	

(2) 試験対象すべり止め材

試験道路での散布試験には、3種類のライムケーキすべり止め材(ライムケーキA・ライムケーキB・ライムケーキC)とすべり止め材として一般的に散布されている砕石(7号砕石)を用意した(表-1)。ライムケーキAは、過年度に実施した試験で効果の高かったものである。ライムケーキBは、製造後1年経過したライムケーキAである。ライムケーキAとライムケーキBは路面上での転がりを防止するため三角柱形状となっている。ライムケーキCは、不定形球状である。

4. 試験道路での試験結果

(1) 路面すべり測定車による測定結果

図-7に路面すべり測定車による測定結果を示す。散水前のすべり摩擦係数は約0.8ありすべりにくい路面状態であったが、散水凍結後は0.2程度に低下した。次に、ライムケーキA、ライムケーキB、ライムケーキC、砕石を散布し、すべり摩擦係数を計測すると、すべり摩擦係数は0.2程度のままであった。その後、ダミー車の走行を重ねても延べ300台走行まで、すべり摩擦係数は0.2程度のまま推移した。

また、無散布区間においても、すべり摩擦係数はダミー車の走行延べ300台まで0.2程度のまま推移した。このことから、ライムケーキA、ライムケーキB、ライムケーキC、砕石、いずれのすべり止め材においても、明確な散布効果を確認することができなかった。

(2) 連続路面すべり抵抗値測定装置による測定結果

図-8に連続路面すべり抵抗値測定装置の測定結果を示す。散水前のすべり抵抗値は約90ありすべりにくい路面状態であったが、散水凍結後は60程度に低下した。次に、ライムケーキA、ライムケーキB、ライムケーキCを散布し、すべり抵抗値を計測すると、いずれのライムケーキすべり止め材もすべり抵抗値は40程度に低下したが、ライムケーキAにおいては、ダミー車走行50台ですべり抵抗値は80程度まで上昇し、ダミー車の

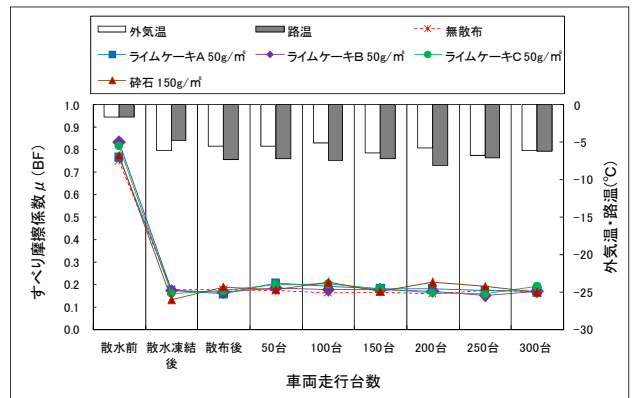


図-7 すべり摩擦係数の測定結果(平成21年1月16日)

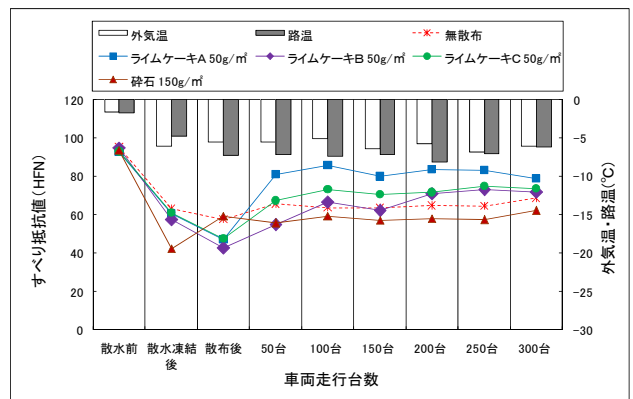


図-8 すべり抵抗値の測定結果(平成21年1月16日)

走行を重ねても延べ 300 台まですべり抵抗値は 80 程度を推移した。ライムケーキBにおいては、ダミー車の走行を重ねるに従いすべり抵抗値は緩やかに上昇し、ダミー車走行 200 台以降すべり抵抗値は 70 程度のまま推移した。ライムケーキCにおいては、ダミー車走行 100 台ですべり抵抗値は 70 程度まで上昇し、ダミー車走行 100 台以降すべり抵抗値は 70 程度のまま推移した。ライムケーキA、ライムケーキB、ライムケーキCの散布試験の結果から、いずれのライムケーキすべり止め材においても、ライムケーキすべり止め材散布によるすべり抵抗値の向上を確認することができた。また、碎石散布区間及び無散布区間においては、ダミー車の走行を重ねても延べ 300 台まで、散水凍結後のすべり抵抗値 60 程度のまま推移した。

5. 実道での試験概要

実道でのライムケーキすべり止め材の散布効果を調査するため、道路管理者の協力を得て、平成21年1月20日に一般国道274号 KP=205.0~KP=207.0（鹿追町瓜幕西）L=2kmにおいて、連続路面すべり抵抗値測定装置を使用しすべり抵抗値を計測した。試験条件を表-2に示す。計測は、ライムケーキすべり止め材散布前、散布直後、散布後一定時間経過後に行った。

6. 実道での試験結果

実道での試験結果を図-9 に示す。図は、箱ひげ図とよいデータの分布をわかりやすく表現するための統計的グラフである。箱とその両端から伸びるひげで表現されることからこのような名前がつけられている。箱は上から 75%点、中央値（太線）、25%点を示し、箱の中には全データの半分のデータが含まれており、ひげは箱の 1.5 倍の長さとなっている。測定結果は、試験道路での散布試験と同様に、ライムケーキすべり止め材散布直後にすべり抵抗値が一時的に低下したが、散布後の時間経過（車両の走行台数の増加）とともにすべり抵抗値が緩やかに上昇し、ライムケーキすべり止め材散布によるすべり抵抗値の向上を確認することができた。

7. まとめと今後の課題

試験道路における路面すべり測定車による試験結果からは、ライムケーキすべり止め材散布による明確な散布効果を確認することができなかった。この理由として、路面すべり測定車がすべり摩擦係数を測定する際、測定輪を急制動（フルロック）させるため、路面上に散布されたすべり止め材を拭き取ってしまい、氷膜路面そのも

表-2 実道での試験条件

試験材料	ライムケーキ A
気温	-3.8~-2.6℃
路温	-3.9~-3.4℃
路面状態	氷膜（ブラックアイスバーン）
散布量	75g/m ²

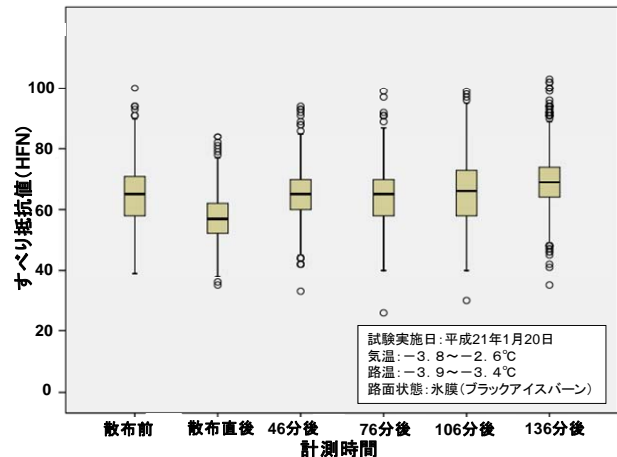


図-9 実道での測定結果
(連続路面すべり抵抗値測定装置)

のすべり摩擦係数を測定したものと推察される。このことから、ライムケーキすべり止め材を実道で散布する場合、交差点など車両の発進、停止による制動が多い場所ではなく、単路など制動が少ない場所へ散布することが望ましいと考えられる。一方、試験道路及び実道（粒度アスコン舗装）での連続路面すべり抵抗値測定装置による試験結果から、ライムケーキすべり止め材の散布によりすべり抵抗値が向上し、ライムケーキすべり止め材の散布効果を確認することができた。すべり抵抗値が向上した理由として、車両の走行によりライムケーキすべり止め材が破碎し、路面上に拡がることですべり抵抗値を向上させたものと推察される。しかし、ライムケーキすべり止め材散布直後にすべり抵抗値が一時的に低下する傾向があるため散布方法には検討の余地がある。今後は、排水性舗装区間での散布試験やライムケーキすべり止め材と水溶液を混合して散布する湿式散布などを試み、ライムケーキすべり止め材をより効率的・効果的に散布する方法について研究を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 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，2008年度
- 2) 舟橋誠、徳永ロベルト、高橋尚人：冬期路面管理における路面状態の定量的計測技術について，第52回(平成20年度)北海道開発局技術研究発表会，2009年2月