

ホタテ貝殻のスリップ防止材としての応用 (第2報)

藤島 勝美, 作田 庸一, 富田 恵一, 赤澤 敏之
田中 伸幸*, 佐藤 信一*, 野口 達夫**

Application to Non Slip Aggregate of Scallop Shells (Part II)

Katsumi FUJISHIMA, Youichi SAKUTA, Keiichi TOMITA, Toshiyuki AKAZAWA
Nobuyuki TANAKA, Shinichi SATO, Tatsuo NOGUCHI

抄 録

本道のホタテ貝の生産量は約34万トンである。ホタテ貝の半分は貝殻であり約17万トン産出する。その利用はその一部が土壌改良材、鶏の餌などに利用されている。本研究はその利用拡大を図るため、スリップ防止材としての可能性について検討した。

第一報においては、主に常温で摩擦係数、滑り抵抗を検討した結果、現在使用している散布砂より摩擦係数、滑り抵抗共に良好であることが認められた。本報では、低温下における摩擦係数及び滑り抵抗を測定した結果、市販散布砂と同等かそれ以上であることが認められたので報告する。

1. はじめに

本道の水産業におけるホタテ産業の位置づけはサケ・マス養殖産業に生産量、生産額共に追い付く程に発展してきた。それはホタテ養殖技術の向上と共に年々生産量が増加し、平成5年度は全道で約34万トンの生産量を示した。しかし、それにともない貝毒、養殖付着雑物、貝殻、ウロ中のCd、廃棄物処理場の問題などホタテ養殖にまつわる問題が多くこれらの課題について漁業関係者をはじめ市町村など各関係機関で協議検討してきた。また、道としても平成3年度より水産試験場を中心として6試験機関が連携プロジェクトを組み、これらの廃棄物問題を中心に対応し、本研究を含め試験研究を実施中である。

本研究は、ホタテ貝の中で約52%を占める貝殻の利用について検討した。貝殻を粉碎、乾燥、フルイ分けしたものについて、現在、スリップ防止材として使用している焼砂などと比重、かたさ、摩擦係数、すべり抵抗値などの特性値を常温下で比較検討し第一報¹⁾で報告した。

本報では低温下の0℃、-10℃において摩擦係数及びすべり抵抗値を測定したのでその結果について報告する。

2. 実験方法及び試料の調製

2.1 試料の調製

貝殻からのスリップ防止材用試料の調製は前報¹⁾に報告した通りである。ホタテ貝殻を横型の石うす式粉碎機(樽崎製作所製)で粉碎、105℃で3時間乾燥後、8~48mesh及び8~100meshの2種の試料を調製し試験に供した。

2.2 実験方法

2.2.1 摩擦係数

摩擦係数の測定については前報¹⁾にて詳細に示してあるが、本実験では、低温室の中へ摩擦係数測定機を設置し、所定の低温下で測定した。なお、移動板は前報と同様、新タイヤ、古タイヤ、平ゴム板を用いた。又、固定板として氷面上、コンクリート、アスファルトなどの上に所定のサンプルを所定量、所定の面積に散布し、静・動摩擦係数を測定した。(写真1参照)

2.2.2 すべり抵抗値の測定

すべり抵抗値の測定については、前報¹⁾にて詳細に示したが、本実験では、低温室の中へすべり抵抗器を設置し、所定の低温下で測定した。なお、散布したサンプルは固定板で

*未利用資源利用開発協同組合 ** (社)北海道雇用開発協会

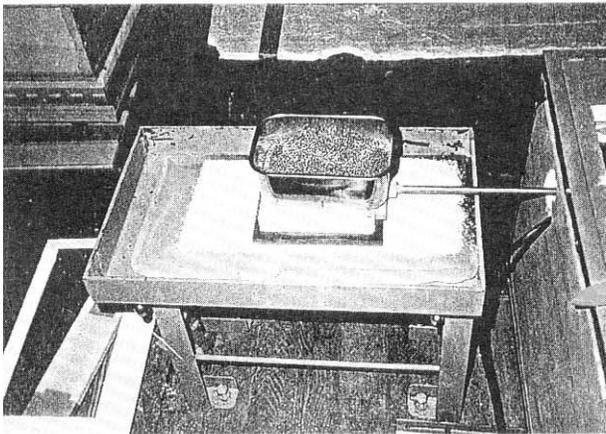
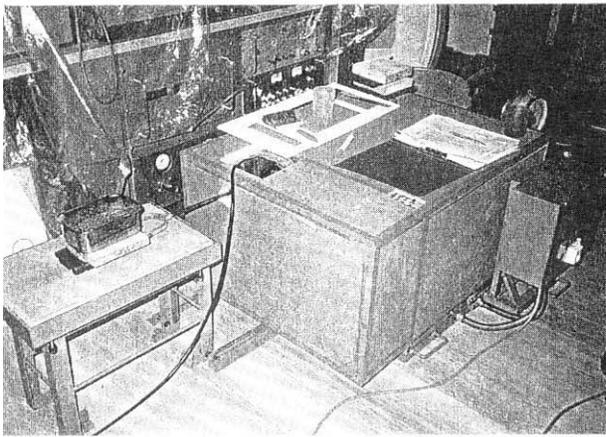


写真1 摩擦係数測定機

ある氷、コンクリート、アスファルトなどの各面の上に規定面積内に規定量散布しすべり抵抗値を測定した。(写真2参照)

2.2.3 粉碎性の測定方法

粉碎性の測定については、前報¹⁾では石炭の粉碎性を評価する方法、即ち、ハードグローブ法(JIS-M-8801)に準じて測定したが、貝殻の粉碎性が異状に高い結果を得たので、この評価方法は不適當であると評価した。一般に鉱物の硬さの評価方法として、ワークインデック法が用いられているが、この測定器がないためこの方法に近い測定法で検討し

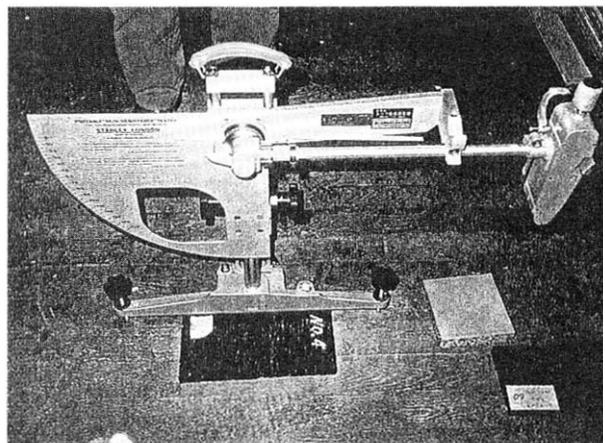
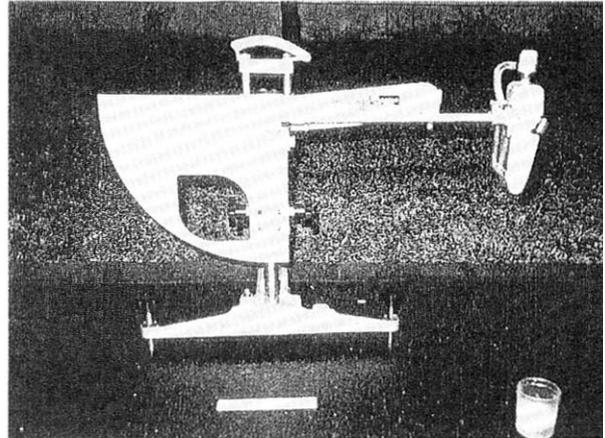


写真2 滑り抵抗測定器

た。それは、ボールミルに試料を入れ5分間処理し、5分間フルイ分けした測定をハードグローブ法で計算した結果で評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1 ホタテ貝殻及び各種スリップ防止材の粉碎性

前報¹⁾において評価したホタテ貝殻の粉碎性については、前記粉碎性の測定方法で述べた通り、ハードグローブ法では不適當であると評価した。したがって、古くから鉱物の硬さの評価方法であるワークインデック法に近い測定方法で検討した結果を表1に示した。

その結果、ハードグローブ法で評価した結果は、ホタテ貝殻>市販散布砂>砂利サンドの順に硬かった。この原因については、ホタテ貝殻の比重が低いため測定時にかかる荷重を貝殻自体が受けないために、試料がすりつぶされず高い数値が得られたと推定する。したがって、再試験をした結果、砂利サンド>市販散布砂>ホタテ貝殻の順に硬い結果となった。硬さの数値及び結果からこれが適当な結果であると推定する。

表1 スリップ防止材の粉砕指数

供 試 料	高比重	-200メッシュ 生成量 (Wg)	木法による H. G. I	前回のハードグロー ブ法によるH. G. I	摘 要
①O砂	1.44	5.94	54.16	43.15	供試料：50ml (16-28メッシュ) 粉砕時間：5min ふるい分け：5min U. G. I=13+6.9w
②I砂	1.60	4.53	44.39	44.50	
③D-1砂	1.67	5.93	54.09	46.30	
④D-2砂	1.47	6.36	57.04	44.81	
⑤S砂	1.49	5.49	51.05	26.38	
⑥粗粒 (N-1)	1.53	14.96	116.7	76.38	⑤融雪剤混入率 ：13.6w t %
⑦サンド (N-2)	1.58	15.08	117.5	68.65	
⑧岩粉粗粉 (N-3)	1.60	13.45	106.214	66.50	
⑨粉砕貝殻	1.07	5.59	51.70	102.16	

*本法のポットミルによる粉砕条件は摘要に示したように Wark index 測定法(Wi)に近似させ、粉砕性の評価はハードグローブ法 (H. G. I) の計算式によった。

*⑤試料について本法では水洗で混入融雪剤を除去して乾燥して用いた。

3.2 摩擦係数

3.2.1 コンクリート面上における静摩擦係数

表2には、所定の温度でコンクリート面上に各試料を散布した時の静摩擦係数の測定結果を示した。なお、表中、「乾」と示したのは試料及び固定板（コンクリート）が乾いた状態で測定した結果であり、「湿」は試料及び固定板が水で湿潤している状態で測定した結果を示し、以後の試験も同様である。

表2の結果を各温度ごとに考察すると次の通りである。

(1) 常温

常温の乾式での測定結果では、移動板である平板ゴム、新タイヤ、古タイヤに関係なく市販散布砂よりホタテ貝殻の方が静摩擦係数は良好である。また、平板ゴム>古タイヤ>新タイヤの順で静摩擦係数は良好である。平板ゴムの摩擦係数が良好なのは摩擦する接触面積が大きいためであると推定す

る。

(2) 0℃

測定温度0℃では、移動板である平板ゴム、新タイヤ、古タイヤに関係なく、乾式、湿式何れの測定時にもホタテ貝殻>市販散布砂>配合砂の順で静摩擦係数が良好である。配合砂はホタテ貝殻と8~48meshと市販散布砂を重量比1:1で配合したスリップ材であるが、市販散布砂に近い静摩擦係数を示した。

常温の乾式で測定した静摩擦係数に比べ、0℃の乾式で測定した静摩擦係数は1.5~2倍を示した。

この原因については不明であるが、常温より0℃が静摩擦係数が高いことが認められた。

(3) -10℃

測定温度-10℃では、常温、0℃と同様に移動板である平

表2 コンクリート滑面上の静摩擦係数

固定板および 供 試 料	静 摩 擦 係 数																		摘 要
	常 温						0℃						-10℃						
	平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		
乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿		
コンクリート	0.56	0.33	0.62	0.61	0.78	0.58	0.93	0.33	0.84	0.61	0.91	0.58	0.33	0.67	0.41	0.80	0.53	0.67	供試料料：約400ml 散布厚さ：約5mm 滑り体の重量：4.5kg " 寸法 平板ゴム：167×170mm 古タイヤ：97×200mm 新タイヤ：97×197mm 乾：乾式 湿：湿式
ホタテ貝殻																			
8-100メッシュ	0.58	0.66	0.47	0.64	0.47	0.64	0.89	0.73	0.93	0.73	0.93	0.80	0.82	0.58	1.00	0.64	0.89	0.71	
8-48メッシュ	0.49	0.56	0.43	0.61	0.42	0.57	0.87	0.89	0.93	0.73	0.93	0.69	1.02	0.84	0.93	0.82	0.93	0.69	
市販散布砂																			
I 砂	0.36	0.47	0.29	0.39	0.22	0.44	0.84	0.51	0.76	0.62	0.62	0.51	0.71	0.93	0.71	0.80	0.62	0.76	
D-1砂	0.31	0.42	0.29	0.44	0.22	0.39	0.73	0.58	0.67	0.58	0.67	0.51	0.73	0.71	0.69	0.58	0.67	0.53	
配合砂B (貝1:1砂)	0.39	0.47	0.42	0.42	0.39	0.42	0.73	0.51	0.69	0.62	0.80	0.62	0.69	0.71	0.73	0.80	0.64	0.84	

*-10℃の湿式のコンクリート面は濡らした直後に凍結して氷面状態となる。

*配合砂Bは貝殻(8-48メッシュ)と砂(D-1とD-2等混合)を重量比で配合した。

板ゴム、古タイヤ、新タイヤに関係なく、ホタテ貝殻>市販散布砂>配合砂の順で静摩擦係数が良好である。

－10℃における湿式の測定は、固定板上に水及び試料を散布するが、直ちに凍結するため、測定値のバラツキが大きく再現性が認められないので表中の数値は参考値として示した。

－10℃と0℃の乾式における静摩擦係数はほぼ類似した数値を示した。

3.2.2 アスファルト面上における摩擦係数

表3に所定の温度でアスファルト面上に各試料を散布した時の静摩擦係数の測定結果を示した。

表3の結果を各温度毎に考察すると次の通りである。

(1) 0℃

測定温度0℃では、移動板である平板ゴム、古タイヤ、新タイヤに関係なくホタテ貝殻>配合砂>市販散布砂の順で静摩擦係数が良好である。又、乾式に比べ湿式で測定した静摩擦係数が良好である。これは、湿式では試料が凍結するため試料表面の凹凸が顕著となり移動板の引っ掛かりが生じたためと推定する。

(2) -10℃

測定温度-10℃では、0℃同様に移動板である平板ゴム、古タイヤ、新タイヤに関係なくホタテ貝殻>配合砂>市販散布砂の順で静摩擦係数が良好である。

0℃と-10℃の静摩擦係数を比較すると、-10℃の測定値が良好である。この原因は、低温下では、試料など移動板であるゴムが硬くなるため試料がゴムにささり込んで脱落しづらいのでその抵抗が生じたためと推定する。

3.2.3 氷面上における静摩擦係数

表4に所定の温度で氷面上に各試料を散布した時の静摩擦係数の測定結果を示した。

表4の結果を各温度毎に考察すると次の通りである。

(1) 0℃

測定温度0℃では移動板である平板ゴム、古タイヤ、新タイヤに関係なく、ホタテ貝殻>市販散布砂=配合砂の順で静摩擦係数が良好である。

(2) -10℃

測定温度-10℃では、移動板である平板ゴム、古タイヤ、新タイヤに関係なくホタテ貝殻>配合砂>市販散布砂と0℃に比べ顕著に静摩擦係数に差がある。又、0℃の静摩擦係数と比較するとホタテ貝殻では、ほぼ同程度の静摩擦係数を示したが、市販散布砂については全般的に-10℃の静摩擦係数が顕著に小さい。配合砂については0℃の静摩擦係数がやや良好である。

3.3 すべり抵抗値

表5に各測定温度におけるコンクリート、アスファルト及び氷面上に各試料を散布した時のすべり抵抗値を示した。その結果は、各温度及び各固定板毎にまとめると次の通りである。

3.3.1 常温

(1) コンクリート面

測定温度は常温でコンクリート面上に各試料を規定した面積内に規定量散布し、すべり抵抗値を測定した。その結果、乾式と湿式でやや、相違はあるが、ホタテ貝殻>市販散布砂=配合砂>コンクリート面の順ですべり抵抗値が良好であ

表3 アスファルト面上の静摩擦係数

固定板および供試料	静 摩 擦 係 数																		備 考
	常 温						0℃						-10℃						
	平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		
	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	
アスファルト	0.92	0.67	0.97	0.64	0.86	0.69	0.47	0.66	0.81	0.75	0.70	0.70	0.60	0.73	0.67	0.60	0.67	0.89	供試料料：約400ml 散布厚さ：約5mm 滑り体の重量：4.5kg # 寸法 平板ゴム：167×170mm 古タイヤ：97×200mm 新タイヤ：97×197mm 乾：乾式 湿：湿式
ホタテ貝殻																			
8-100メッシュ	0.61	0.67	0.61	0.64	0.64	0.64	0.60	0.64	0.58	0.64	0.71	0.64	0.87	0.71	0.82	0.71	0.80	0.71	
8-48メッシュ	0.61	0.64	0.67	0.67	0.61	0.61	0.60	0.69	0.58	0.69	0.64	0.69	0.80	0.76	0.76	0.80	0.80	0.64	
市販散布砂																			
I 砂	0.39	0.44	0.44	0.39	0.39	0.33	0.42	0.51	0.36	0.47	0.40	0.47	0.64	0.62	0.53	0.51	0.51	0.58	
D-1 砂	0.51	0.56	0.44	0.50	0.39	0.47	0.47	0.53	0.42	0.42	0.36	0.53	0.53	0.58	0.58	0.53	0.51	0.58	
配合砂 B (貝1：1砂)	0.47	0.56	0.44	0.56	0.44	0.47	0.47	0.58	0.51	0.51	0.51	0.53	0.69	0.76	0.62	0.58	0.64	0.60	

*-10℃の湿式のアスファルト面は湿らした直後に氷面状態となる。
 *配合砂Bは貝殻(8-48メッシュ)と砂(D-1とD-2等混合)を重量比で配合した。

表4 氷面上の静摩擦係数

固定板および 供試料	静 摩 擦 係 数																		備 考
	常 温						0℃						-10℃						
	平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		平板ゴム		古タイヤ		新タイヤ		
乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿		
氷 面	—	—	—	—	—	—	0.31	0.37	0.58	0.18	0.51	0.11	0.67	0.71	0.80	0.38	0.67	0.56	供試料料：約400ml 散布厚さ：約5mm 滑り体の重量：4.5kg # 寸法 平板ゴム：167×170mm 古タイヤ：97×200mm 新タイヤ：97×197mm 乾：乾式 湿：湿式
ホタテ貝殻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8-100メッシュ	—	—	—	—	—	—	0.89	0.73	0.89	0.73	0.91	0.73	0.78	0.98	0.80	1.00	0.80	0.84	
8-48メッシュ	—	—	—	—	—	—	0.89	0.80	0.93	0.73	0.82	0.73	0.84	0.00	0.93	1.02	0.84	0.93	
市販散布砂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1 砂	—	—	—	—	—	—	0.64	0.56	0.84	0.51	0.82	0.51	0.49	0.76	0.44	0.80	0.33	0.69	
D-1砂	—	—	—	—	—	—	0.89	0.67	0.87	0.58	0.67	0.67	0.47	0.89	0.53	0.80	0.36	0.67	
配合砂B (貝1：1砂)	—	—	—	—	—	—	0.78	0.62	0.84	0.58	0.80	0.67	0.67	0.76	0.69	0.91	0.67	0.73	

* -10℃の湿式の氷面は濡らしたとき瞬時に凍結し、新たな氷面状態となる。
 * 配合砂Bは貝殻(8-48メッシュ)と砂(D-1とD-2等混合)を重量比で配合した。

る。以上のことから、コンクリート面上に散布することにより20～30%すべり抵抗値が向上する。

(2) アスファルト面

測定温度は常温でアスファルト面上に各試料を規定した面積内に規定量散布し、すべり抵抗値を測定した。その結果、コンクリート面上に散布したのと同様にホタテ貝殻>市販散布砂=配合砂の順ですべり抵抗値が良好である。一般に乾式と湿式で測定したすべり抵抗値を比較すると湿式では、水が滑剤的な効果を示しすべりやすくなるためすべり抵抗値は小さくなる。このことは表中のコンクリートとアスファルト及び氷面上の各種固定板のすべり抵抗値の結果からも認められる。しかし、各試料を散布した時、湿式の結果が乾式の結果よりすべり抵抗値がより大である。これは、試料が水を吸湿するため抵抗が大きくなったものと推定する。コンクリートとアスファルトのすべり抵抗値を比較するとアスファルトのすべり抵抗値が約2倍良好である。

3.3.2 0℃

(1) コンクリート面

測定温度は0℃でコンクリート面上に各試料を規定した面積内に規定量散布し、すべり抵抗値を測定した。その結果、ホタテ貝殻>市販散布砂>配合砂>コンクリート面の順ですべり抵抗値が良好である。この結果は、静摩擦係数の測定した結果と同様である。

(2) アスファルト面

アスファルト面上に各試料を規定した面積内に規定量散布しすべり抵抗値を測定した。その結果、ホタテ貝殻>配合砂>市販散布砂の順ですべり抵抗値が良好である。この結果

は、静摩擦係数の測定した結果と同様である。

(3) 氷面

氷面上に各試料を規定した面積内に規定量散布しすべり抵抗値を測定した。その結果、乾式では市販散布砂>配合砂>ホタテ貝殻順ですべり抵抗値が良好である。この結果は、固定板としてのコンクリート面、アスファルト面に比較して異なった結果を示した。この原因については、氷のようにすべる滑面上では、カサ比重の影響によるものと推定する。又、湿式で測定した結果では、顕著な差が認められないことから確認できる。

3.3.3 -10℃

(1) コンクリート面

測定温度-10℃でコンクリート面上に各試料を規定した面積内に規定量散布し、すべり抵抗値を測定した。その結果、ホタテ貝殻>市販散布砂>コンクリート=配合砂の順に良好である。この結果は、静摩擦係数の測定した結果と同様である。

(2) アスファルト面

アスファルト面上に各試料を規定した面積内に規定量散布しすべり抵抗値を測定した。その結果、ホタテ貝殻>市販散布砂=配合砂の順で良好である。

(3) 氷面

氷面 氷/各試料を規定した面積内に規定量散布しすべり抵抗値を測定した。その結果、乾式では配合砂>市販散布砂>ホタテ貝殻の順で良好である。0℃で測定した結果でも氷面上ではホタテ貝殻のすべり抵抗値が劣る結果を示した。この

表5 3種の固定板上の滑り抵抗

固定板および 供試料	静摩擦係数																		摘 要	
	常 温						0℃						-10℃							
	コンクリート		アスファルト		氷 面		細コンクリート		アスファルト		氷 面		コンクリート		アスファルト		氷 面			
乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	
固定板	56	32	93	65	—	—	50	39	88	65	21	20	60	19	89	11	28	19	供試料：約50ml 散布面積：約150cm ² 散布厚さ：約3mm 乾：乾式 湿：湿式	
ホタテ貝殻																				
8-100メッシュ	74	94	80	85	—	—	67	87	84	92	52	75	75	105	83	85	78	110		
8-48メッシュ	75	99	82	91	—	—	77	95	84	91	48	60	85	105	83	107	70	94		
市販散布砂																				
I 砂	80	84	71	78	—	—	70	84	76	81	77	78	75	90	75	63	80	94		
D-1砂	69	85	71	81	—	—	70	80	75	83	83	80	70	90	74	73	75	92		
配合砂B (貝1:1砂)	70	82	72	81	—	—	66	77	74	82	67	68	70	90	73	95	84	105		

* -10℃の湿式の固定板面は湿らした直後に凍結して氷面状態となる。
* 配合砂Bは貝殻(8-48メッシュ)と砂(D-1とD-2等混合)を重量比で配合した。

原因については、前述の通り、カサ比重が小さいため滑面上で飛ばされやすいためと推定する。このことは、湿式の測定結果を参考にするとホタテ貝殻>配合砂>市販散布砂の順に良好な結果からも確認できる。

6. 引用文献

1) 藤島・作田・富田 北海道立工業試験場北工試報告 No.293,15～23 (1994)

4. まとめ

(1) 低温下における静摩擦係数

- ・ 0℃より-10℃が静摩擦係数が良好である。即ち、測定温度が低いほど静摩擦係数が大きい傾向にある。
- ・ ホタテ貝殻>市販散布砂=配合砂の順で静摩擦係数が大きい。

(2) 低温下におけるすべり抵抗値

- ・ 静摩擦係数の傾向と異なり温度差が認められない。また、ホタテ貝殻、市販散布砂及び配合砂の差も全体的には差が顕著でない。

(3) 各試料の粉碎性を再検討した結果、砂利サンド>市販散布砂≧ホタテ貝殻の順で硬い。

5. 謝 辞

本研究を実施するに当たり、種々の御協力を戴きました、川端昇氏(元当時化学技術部主任研究員)に対し感謝の意を表します。