

ホタテ貝殻のスリップ防止材としての応用 (第1報)

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

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

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

抄 録

ホタテ貝の生産量は年々増加し,そのホタテ貝の約半分は貝殻である。現在,貝殻の利用は土壤改良材,鶏の餌等に一部使われている程度である。そこで,貝殻の有効利用を図るため,スリップ防止材としての可能性について検討した。

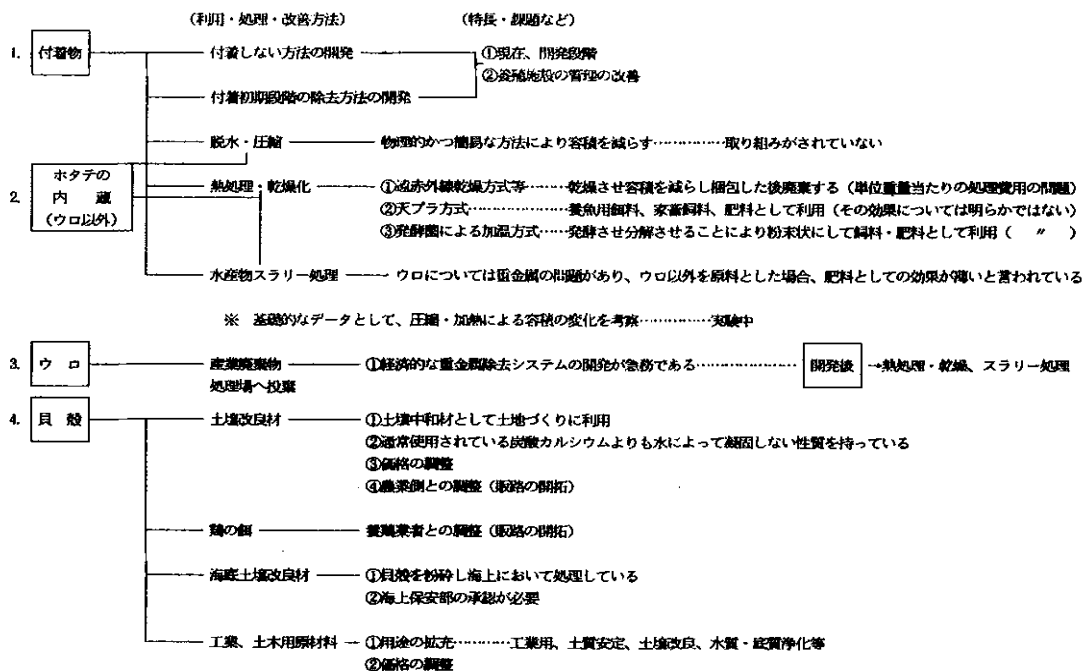
その結果,貝殻粉砕物が細粒になるにつれて摩擦係数,滑り抵抗共に大きくなることが認められた。また,現在,使用している市販スリップ防止砂と比較すると貝殻粉砕物が摩擦係数,滑り抵抗共に良好であることが認められた。

1. はじめに

噴火湾地区におけるホタテ貝の養殖は,昭和45年頃より実施され,現在では地域産業を支える基幹産業として発展し

てきた。その間,貝毒の問題,養殖付着物,貝殻,ウロなど廃棄物処理の問題が漁業者をはじめ漁協,町村など各関係機関で協議検討されてきた。それら廃棄物の処理対策を取りまとめたのが表1である。¹⁾

表1 廃棄物処理対策のとりまとめ



*) 未利用資源利用開発協同組合 **) (社)北海道雇用開発協会

噴火湾地区におけるホタテ貝の生産量は年々増加し、平成元年は約2万トンで、貝を部分別に分割すると貝殻52%、貝柱13%、ウロ5%、耳9%、卵10%である。したがって、最大の廃棄物は貝殻であるが、その利用状況は表1に示す通りで、土壌改良材、鶏の餌、その他に利用されているが、まだ多くの利用拡大が必要である。

本研究は、本道の冬期間に車輛がスリップした時、脱出をはかるために砂などのスリップ防止材を利用しているが、その砂の代替品として、ホタテ貝殻の粉碎物の利用開発を目的として実施した。

2. 実験方法

2.1 試料の調製

ホタテ貝殻は写真1に示す横型の石うす式粉碎機(檜崎製作所製)にて粉碎した。なお、8~100mesh, 8~48meshおよび粒度の影響も検討するため表2に示した粒度分布の各メッシュも試料とした。現在、札幌、室蘭、小樽周辺でスリップ防止材として使用している5種の試料の粒度分布と、碎石場の粒度の異なった細粒碎石3種の粒度分布も表3に示し試料とした。試験に使用した各試料の大きさ、形状などの観察のため写真2~4に示した。

写真1 貝殻の粉碎状況

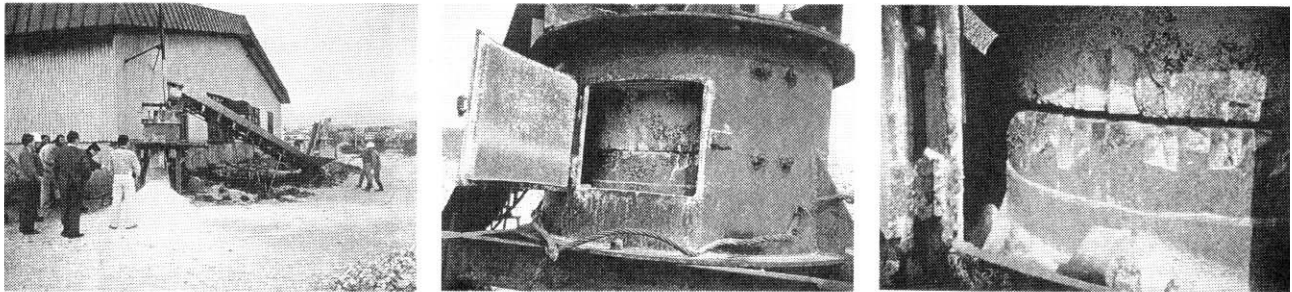


表2 粉碎ホタテ貝殻の粒度分布

1. 試料調製

粉碎貝殻(水分2.5%, 最大4.0%) — 乾燥(105℃ - 3h) — フライ分け(5mm) —
 + 5 mm 29.9wt %
 - 5 mm 70.1wt %

| メッシュ | 粒径(mm) | 粉碎貝殻(出発原料) | | | 粉碎貝殻のフライ分け-5mm | | |
|------|-----------|------------|---------|----------------|----------------|---------|----------------|
| | | 重量(%) | 積算重量(%) | 見かけの積算平均粒径(mm) | 重量(%) | 積算重量(%) | 見かけの積算平均粒径(mm) |
| 4 | +4.75 | 14.5 | 14.5 | 7.38 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 4.75~2.38 | 40.8 | 55.3 | 4.43 | 24.9 | 24.9 | 3.38 |
| 16 | 2.38~1.19 | 16.6 | 71.9 | 3.77 | 31.5 | 56.4 | 2.38 |
| 28 | 1.19~0.59 | 13.5 | 85.4 | 3.31 | 18.5 | 74.9 | 2.00 |
| 48 | 0.59~0.30 | 6.7 | 92.1 | 3.10 | 9.6 | 84.5 | 1.82 |
| 100 | 0.30~0.15 | 5.0 | 97.1 | 2.95 | 7.4 | 91.9 | 1.69 |
| | -0.15 | 2.9 | 100.0 | 2.87 | 8.1 | 100.0 | 1.57 |

備考: 供試料量はそれぞれ約600g(粉碎貝殻は-10mmもの)。

写真2 ホタテ貝殻

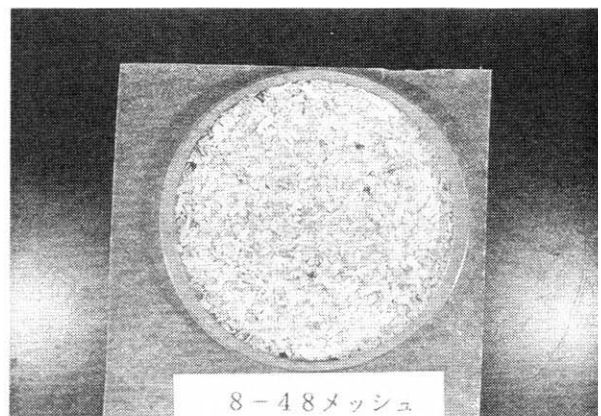
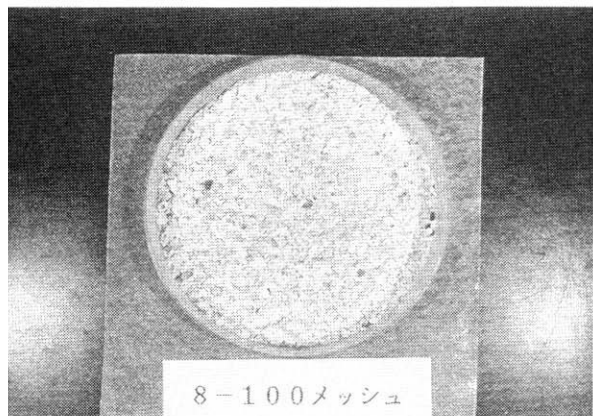
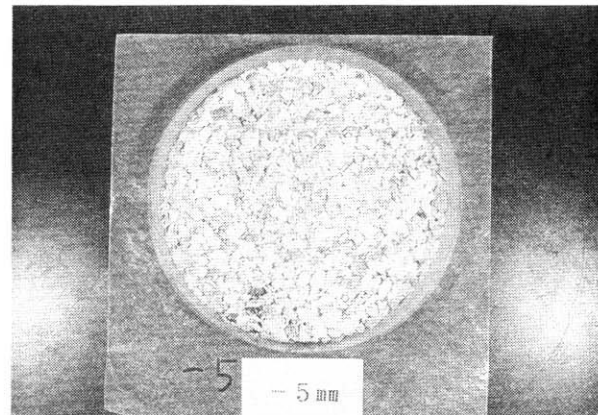
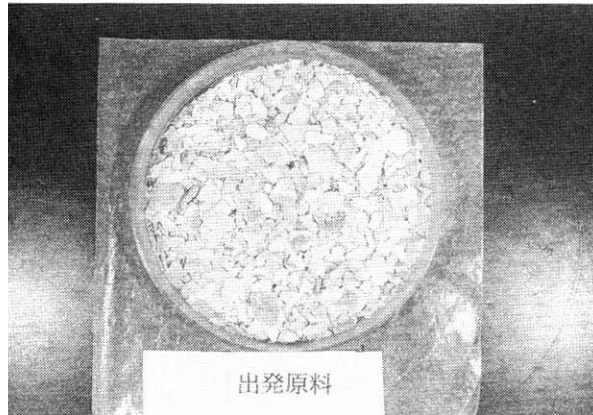
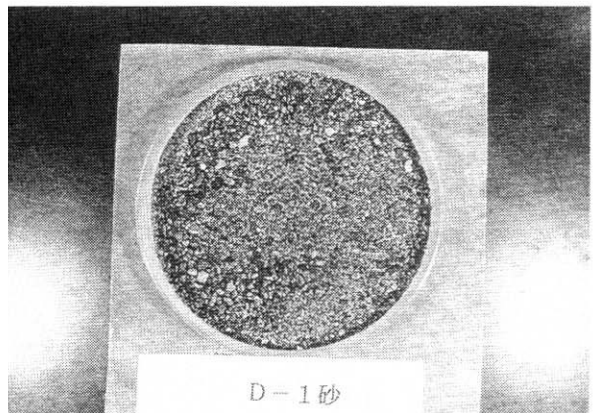
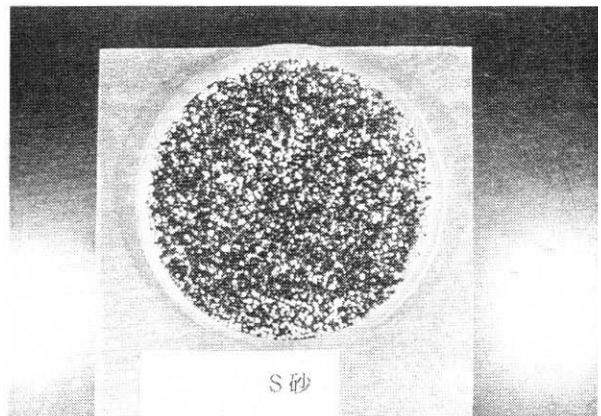
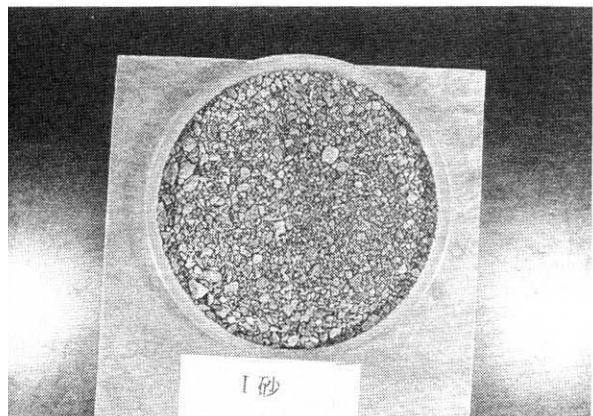


写真3 市販散布砂



2.2 滑り抵抗試験方法

この試験方法は、英国の国立道路研究所で開発された図1に示した試験機で行った。図2には、振子部のスプリングとレバーの概略、図3にはスライダーの打撃端と最大摩耗値を示した。写真5には試験の状況を示した。

試験は図1～3に示す通りゴム製スライダー（滑るもの）と道路表面の滑り抵抗（BPN = British Pendulum Number）を測定するものである。

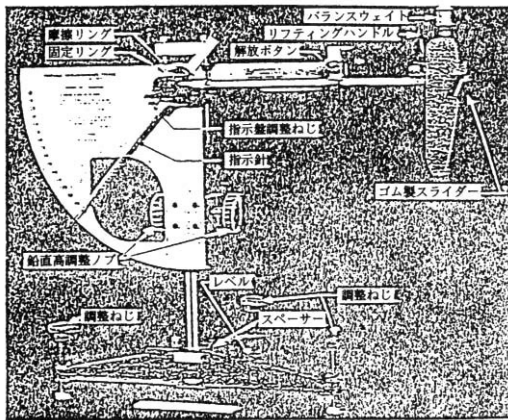


図-1 英国式振り試験機

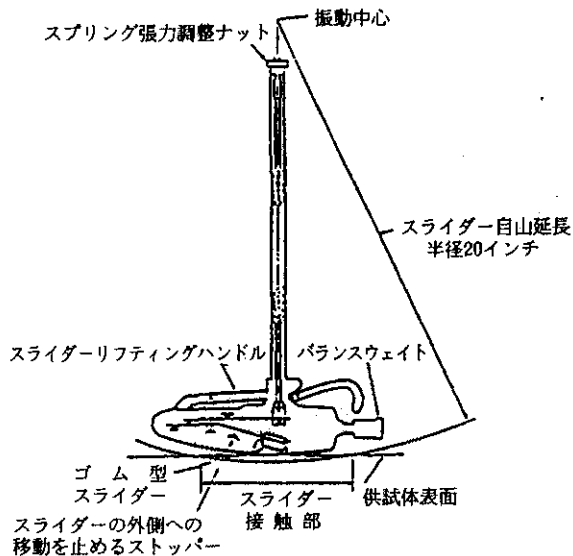


図2 振子部のスプリングとレバーを示した概略図

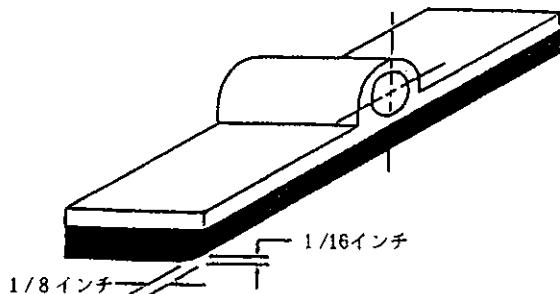
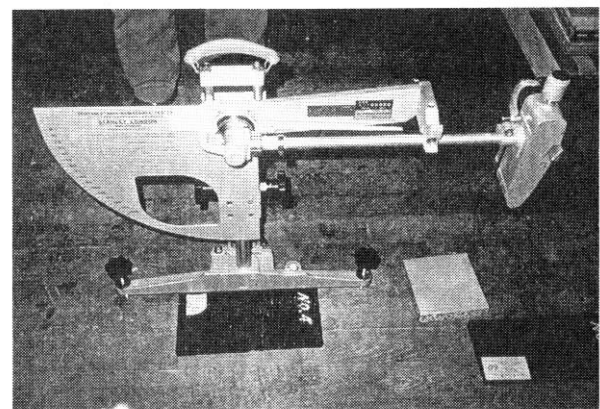
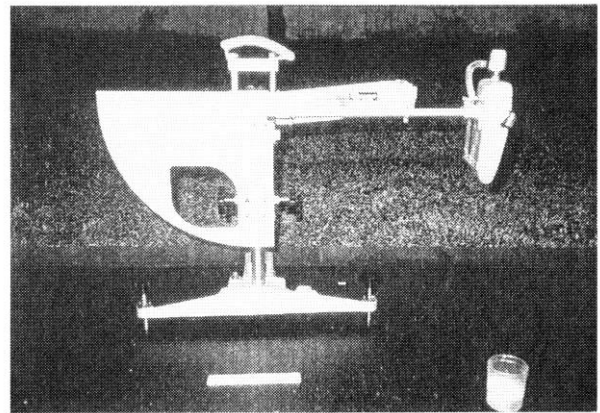


図3 スライダーの折撃端の最大摩耗値

写真5 滑り試験の状況



2.3 摩擦係数測定方法

摩擦係数の測定は、ASTM-D-1894に規定されているが、低温下での測定が困難である。従って、低温室内でも測定できる試験機を試作した。この試験機の特徴は、滑り体を実用品、例えばタイヤなどで実施出来るように試作したことと所定の低温室内にセットして測定で出来る事である。なお、摩擦抵抗試験機は写真6に示した。

摩擦試験に用いた滑り体および固定板は次の通りである。

| | | |
|-----|----------|-----------|
| 滑り体 | 1) 平板ゴム板 | 167×170mm |
| | 2) 新タイヤ | 97×197mm |
| | 3) 古タイヤ | 97×200mm |

固定板

- 1) コンクリート（粗面，滑面）
- 2) 鋼板
- 3) 木板
- 4) ゴム板
- 5) ゴムチップ板（粗面，滑面）
- 6) アスファルト
- 7) 各種粒度のホタテ貝殻（2種類）
- 8) 各種市販スリップ防止材（5種類）
- 9) 碎石場サンド（3種類）

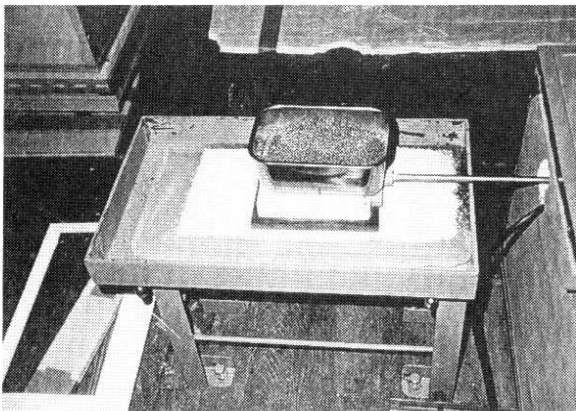
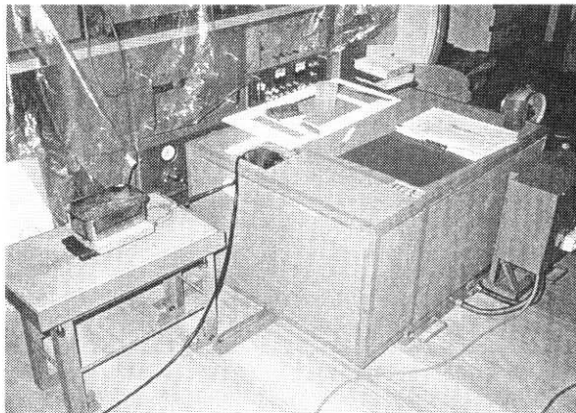
なお、滑り体および固定板を写真3に示した。

試験条件

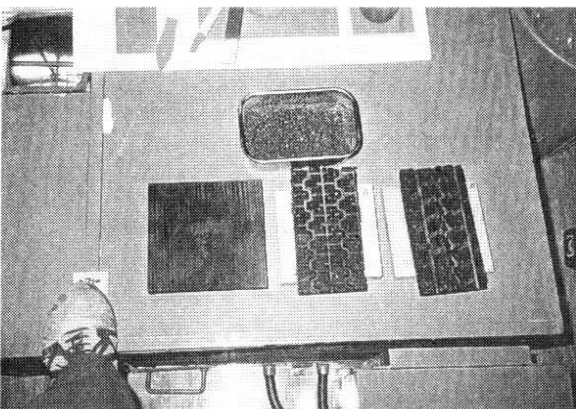
固定板の上に 20×30cm の枠をセットし枠の中にサンプルの粉体を 400ml 平らになるように散布し、滑り体の全体の荷重を 4.5kg で、滑り体の速さは 150mm/min で試験した。滑り体が動き始めるときの力を A1 定速で動いているときにかかる力 A2. とし、滑り体の重さ B から静摩擦係数と動摩擦係数を求めた。

$$\text{静摩擦係数} = \frac{A1}{B} \quad \text{動摩擦係数} = \frac{A2}{B}$$

写真 6 摩擦係数試験の状況



滑り体



2.4 粉碎性係数の測定 (ハードグローブ法)

一般に無機固体の粉碎性の測定はワーク・インデックス法を用いているが、当場には設置されていない。したがって、今回は当場に設置してある石炭の粉碎性を評価するハードグローブ法にて測定した。

なお、ハードグローブ法は JIS-M-8801 の規格である。

3. 実験結果および考察

3.1 各試料の粒度分布

表 2 に横型粉碎機で粉碎したホタテ貝殻の出発原料の粒度分布を示した。その結果、4~8mesh が 40% である。又、摩擦抵抗および滑り抵抗試験のサンプルとして用いたホタテ貝殻は、出発原料を 105℃ で 3 時間乾燥し、5mm 以下にフルイ分けしたサンプルを用いその粒度分布は表 2、に示した。図 4 には、各市で使用している各種スリップ防止材①~⑤、砂利粉碎場からの砕粒材⑥~⑧、ホタテ貝殻⑨~⑩の粒度分布を示した。なお、ホタテ貝殻については 8mesh 以下の 8~100mesh の試料を A とし、100mesh 以下を除いた 8~48 mesh の試料を B とした。

市販スリップ防止材の粒度分布については、①の試料(砂)は、28~48mesh が 63% と多いのに対し、③④の試料(砂)は同地区なため類似し 48~100mesh が 42% と同じ砂でも粒度分布が少し異なる。②の試料は、スリップ防止材として専門メーカーで調製したものであり、8~28mesh まで 68% の粒度のものが多い。試料⑤については、砂に融雪剤 CaCl₂ を 13.6% 含んだ試料で 16~48mesh が 42% の試料である。

試料⑥~⑧は、砂利砕石場からのもので⑥~⑧と順次細粒になっている。また、試料⑨~⑩はホタテ貝殻で、図 4 では粒度分布は殆ど類似している。

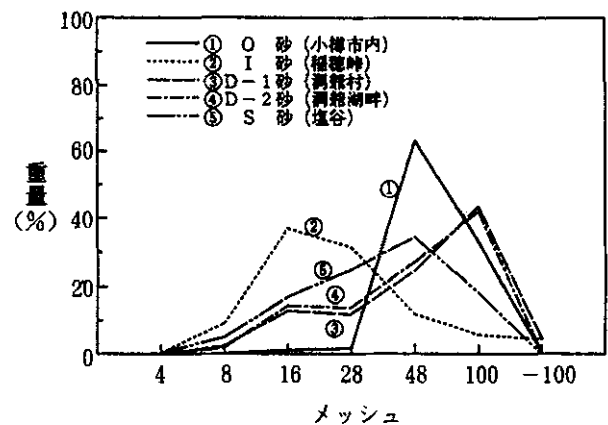


図 4-1 砂の粒度分布

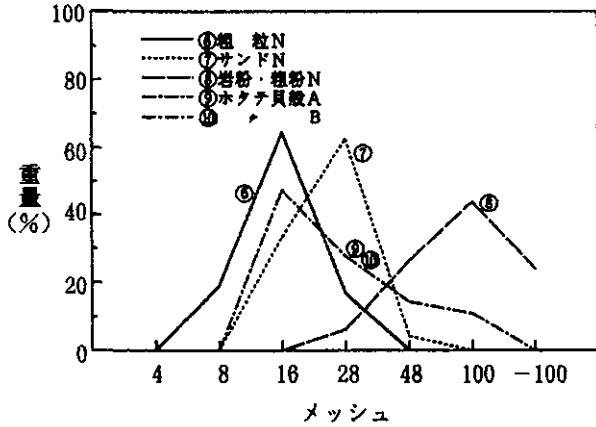


図4-2 砂利細石及びホタテ貝殻の粒度分布

3.2.1 各種スリップ防止材の粉碎性指数とかさ比重
粉碎性

各種スリップ防止材の粉碎指数を表3に示した。その結果、試料①②③④の砂類の粉碎指数は43~46である。しかし、試料⑤の砂に融雪剤14%を含んだ粉碎指数は26と低い。これは融雪剤の影響によるものである。試料⑥~⑧の砕石場の粉碎指数は70前後であり砂類より粉碎性は高い。試料⑨のホタテ貝殻の粉碎指数は102と高い。これは、ハードグローブ法は鋼球に荷重を加え回転させて粉碎する方法であり、鋼球に荷重を加え回転させた時、試料が軽いため鋼球よりはみだしりつぶされないため高い数値になっているものと推定される、従って、測定方法について再検討する必要がある。

表3 砂およびホタテ貝殻の粉碎性指数(ハードグローブ法)

| 供試料 | 粉碎性指数 (H.G.I) | かさ比重 | 摘要 |
|-------------|---------------|------|---|
| ① O 砂 | 43.15 | 1.44 | 供試料: 50g (16~28メッシュ) 但し⑤は30g ⑤融雪剤混入率13.6wt % H.G.I=13+6.9W |
| ② I 砂 | 44.50 | 1.60 | |
| ③ D-1砂 | 46.30 | 1.67 | |
| ④ D-2砂 | 44.81 | 1.47 | |
| ⑤ S 砂 | 26.38 | 1.49 | |
| ⑥ 粗粒(N-1) | 76.38 | 1.53 | |
| ⑦ サンド(N-2) | 68.65 | 1.58 | |
| ⑧ 岩粉粗粉(N-3) | 66.50 | 1.60 | |
| ⑨ 粉砕貝殻 | 102.16 | 1.07 | |

3.2.2 カサ比重

各種スリップ防止材のかさ比重の測定結果を表3に示した。その結果、試料①~⑤については1.40~1.60程度であり、砂利砕石試料⑥~⑧は1.50~1.60程度である。ホタテ貝殻については1.07と低く、この事が前述の粉碎性の測定と関連あるものと推定する。

3.3 摩擦係数

常温における各種固定板の静摩擦係数と動摩擦係数を乾式で測定した結果を表4に示した。図5には静摩擦係数のみの結果を示した。その結果、おおむねゴムチップ>アスファルト>コンクリート>木板>ゴム板>鋼板>氷の順で摩擦係数が小さくなっていることが認められた。

表4 常温-各種固定板の摩擦係数(乾式)

| 固定板 | 清 り 体 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 平板ゴム | | 古タイヤ | | 新タイヤ | |
| | 静摩擦係数 | 動摩擦係数 | 静摩擦係数 | 動摩擦係数 | 静摩擦係数 | 動摩擦係数 |
| コンクリート | 0.84 | 0.82 | 0.82 | 0.80 | 0.91 | 0.89 |
| 粗滑 | 0.56 | 0.55 | 0.62 | 0.66 | 0.78 | 0.76 |
| アスファルト | 0.80 | 0.54 | 0.96 | 0.66 | 0.82 | 0.53 |
| * 氷 | 0.51 | 0.44 | 0.58 | 0.36 | 0.51 | 0.36 |
| 板 | 0.69 | 0.58 | 0.71 | 0.60 | 0.69 | 0.53 |
| 鉄板 | 0.49 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.64 | 0.60 |
| ゴム板 | 0.51 | 0.45 | 0.64 | 0.63 | 0.78 | 0.78 |
| ゴムチップ | 0.96 | 0.92 | 0.85 | 0.89 | 0.93 | 0.94 |
| 粗滑 | 0.87 | 0.90 | 0.94 | 0.99 | 1.02 | 0.99 |

*但し0℃に於ける摩擦係数

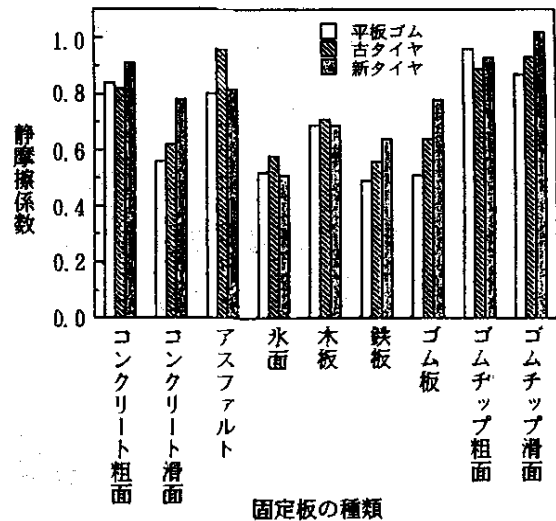


図5 常温-各種固定板の静摩擦係数(乾式)

表5, 図6には, 常温でコンクリート滑面上に一定量の各種粉体サンプルを散布し乾式で摩擦係数を測定したときのホタテ貝殻粉体と市販散布砂及び砂利砕石試料について示した。その結果, ホタテ貝殻粉体では細くなると摩擦係数が大きくなることが認められた。又, ホタテ貝殻>市販散布砂>砂利サンドの順で摩擦係数が小さいことが認められた。滑り体と摩擦係数の関係を総体的に評価すると古タイヤ>ゴム平板>新タイヤの順で摩擦係数が小さい傾向を示した。

表5 常温-コンクリート滑面上の摩擦係数(乾式)

| 固定板および供試料 | 滑り体 | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 平板ゴム | | 古タイヤ | | 新タイヤ | |
| | 静摩擦係数 | 動摩擦係数 | 静摩擦係数 | 動摩擦係数 | 静摩擦係数 | 動摩擦係数 |
| コンクリート面 | 0.56 | 0.55 | 0.62 | 0.66 | 0.78 | 0.76 |
| ホタテ貝殻 | | | | | | |
| 8~100メッシュ | 0.58 | 0.53 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.47 |
| 8~48メッシュ | 0.49 | 0.49 | 0.43 | 0.44 | 0.42 | 0.40 |
| 4~8メッシュ | 0.36 | 0.31 | 0.38 | 0.36 | 0.39 | 0.32 |
| 8~16メッシュ | 0.47 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.44 | 0.40 |
| 16~28メッシュ | 0.51 | 0.47 | 0.49 | 0.46 | 0.49 | 0.46 |
| 28~48メッシュ | 0.53 | 0.50 | 0.51 | 0.49 | 0.51 | 0.49 |
| 48~10メッシュ | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.50 | 0.53 | 0.46 |
| 市販散布砂 | | | | | | |
| O砂 | 0.47 | 0.51 | 0.47 | 0.53 | 0.49 | 0.51 |
| I砂 | 0.36 | 0.33 | 0.29 | 0.31 | 0.22 | 0.24 |
| D-1砂 | 0.31 | 0.31 | 0.29 | 0.24 | 0.22 | 0.17 |
| S砂 | 0.47 | 0.47 | 0.49 | 0.49 | 0.40 | 0.44 |
| 粗粒N-1 | 0.20 | 0.17 | 0.20 | 0.16 | 0.16 | 0.12 |
| サンドN-2 | 0.31 | 0.28 | 0.31 | 0.30 | 0.24 | 0.18 |
| 岩粉粗粉N-3 | 0.29 | 0.31 | 0.29 | 0.30 | 0.24 | 0.20 |

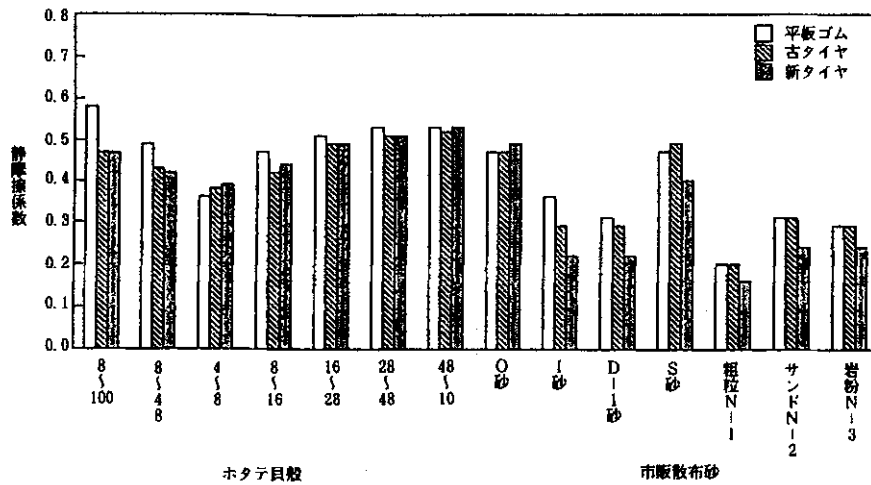


図6 常温-コンクリート滑面上の静摩擦係数(乾式)

3.4 滑り抵抗

表6~7, 図7~8に各種試料の常温, 0℃に於けるコンクリート滑面上に一定量の試料を散布したときの乾式, 湿式で滑り抵抗を測定した結果を示した。その結果, 摩擦係数と同様にホタテ貝殻の粒子が細くなるにつれて滑り抵抗値は大きくなる傾向を示した。又, ホタテ貝殻>市販散布材=砂利サンドの順で滑り抵抗値が小さくなることが認められた。常温と0℃の滑り抵抗値を比較すると摩擦係数の場合と異なり測定温度が低くなると滑り抵抗値はやや小さくなる傾向を示した。この原因については以後検討する予定である。

表6 常温-コンクリート滑面上の滑り抵抗

| 供試料 | 滑り抵抗値 | | | 摘要 |
|-----------|-------|----|-----|---|
| | *水分 | 乾式 | *湿式 | |
| コンクリート面 | — | 56 | 32 | 供試料量: 50ml 散布面積: 150cm ² (厚さ9.0mm) |
| ホタテ貝殻 | | | | |
| 8~100メッシュ | 3.2 | 74 | 94 | |
| 8~48メッシュ | 2.8 | 75 | 99 | |
| 4~8メッシュ | 3.0 | 76 | 92 | |
| 8~16メッシュ | 1.6 | 73 | 94 | |
| 16~28メッシュ | 2.4 | 75 | 98 | |
| 28~48メッシュ | 3.7 | 78 | 98 | |
| 48~10メッシュ | 4.7 | 80 | 101 | |
| 市販散布砂 | | | | |
| O砂 | 6.6 | 71 | 91 | |
| I砂 | 3.1 | 80 | 84 | |
| D-1砂 | 3.4 | 69 | 85 | |
| D-2砂 | 1.5 | 71 | 79 | |
| S砂 | 2.6 | 71 | 83 | |
| 粗粒N-1 | 2.2 | 71 | 80 | |
| サンドN-2 | 2.0 | 72 | 83 | |
| 岩粉粗粉N-3 | 2.7 | 68 | 84 | |

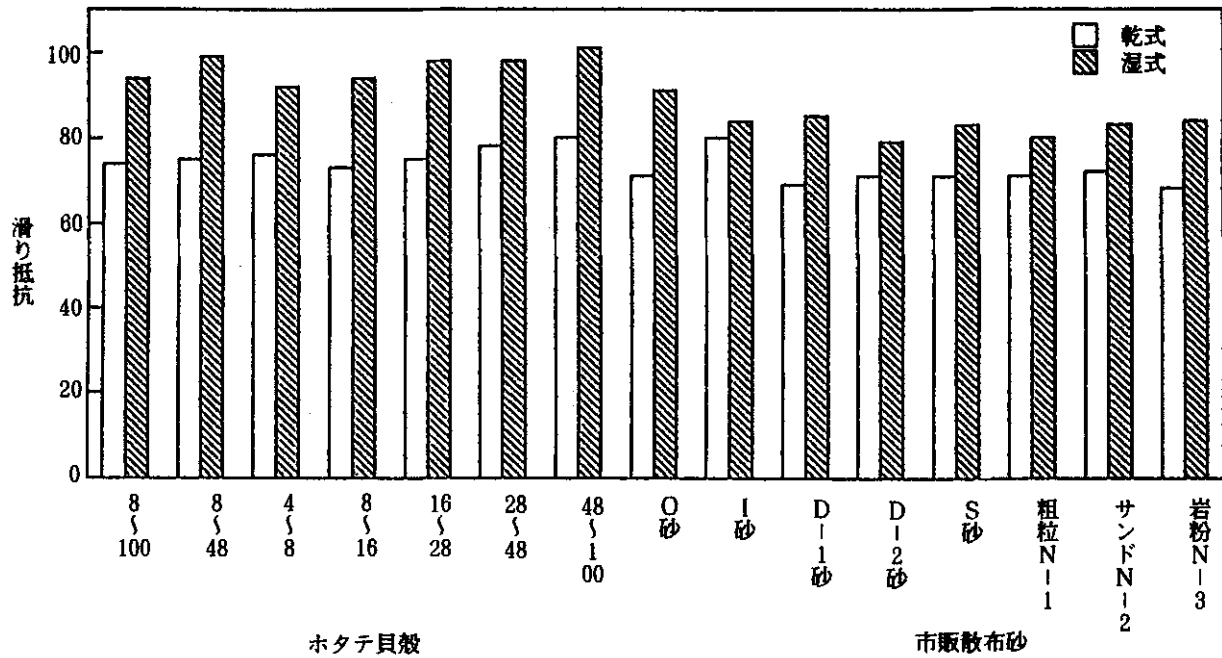


図7 常温-コンクリート滑面上の滑り抵抗

表7 0℃-コンクリート滑面上の滑り抵抗

| 供試料 | 滑り抵抗値 | | 摘要 |
|-----------|-------|----|---|
| | 乾式 | 湿式 | |
| コンクリート滑面 | 50 | 39 | 供試料量：50ml 散布面積：150cm ² (厚さ9.0mm) |
| ホタテ貝殻 | | | |
| 8~100メッシュ | 67 | 87 | |
| 8~48メッシュ | 77 | 95 | |
| 市販散布砂 | | | |
| I砂 | 70 | 84 | |
| D-1砂 | 70 | 80 | |

4. まとめ

(1) 粉碎性

ハードグローブ法による粉碎性では、ホタテ貝殻>市販散布砂>砂利サンドの順であるが測定法について再検討を要する。

(2) 摩擦係数

① 各種固定板とゴム系滑り体で摩擦係数を測定した結果、固定板についてはおおむねゴムチップ>アスファルト>コンクリート>木板>ゴム板>鋼板>水の順で摩擦係数が小さい。

② ホタテ貝殻粉碎物の粒子が細くなるにつれて摩擦係数は大きくなる。

③ ホタテ貝殻粉碎物>市販散布砂>砂利サンドの順で摩擦係数は小さい。

(3) 滑り抵抗

滑り抵抗値は、ほぼ摩擦係数と類似した結果を示した。ホタテ貝殻粉碎物の粒子が細くなれば滑り抵抗値は大きくなる。又、市販散布砂に比較してホタテ貝殻粉碎物が滑り抵抗値がやや大きい。

以上が現在まで得られた結果であるが、今後は、低温下における摩擦係数および滑り抵抗と実用試験を主体に実施する予定である。

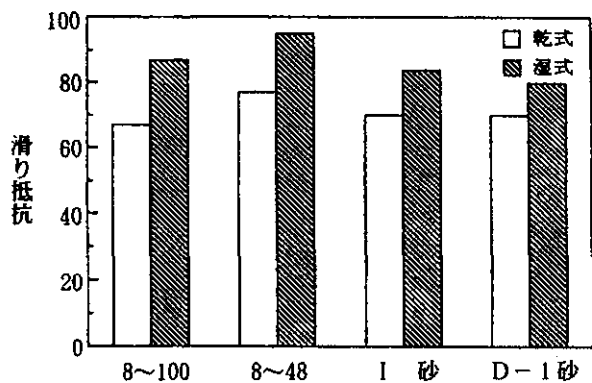


図8 0℃-コンクリート滑面上の滑り抵抗

5. 謝 辞

本研究を実施するに当り、種々の御協力を載しました。司工業株式会社ならびに川端昇氏（元当場化学技術部主任研究員）に対し、ここに記し、感謝の意を表します。

6. 文 献

- (1) 胆振噴火湾地区ホタテガイ養殖業雑物処理研究会, ホタテガイ養殖に伴う雑物の処理に関する報告書（平成3年3月）