

平成22年度

ホタテ貝殻粉末のアスファルト舗装用骨材として活用検討について

函館開発建設部 工務課

○辻 雅章

加藤 智彦

函館道路事務所 第2工務課

小野 晋也

北海道が全国生産の9割を占めるホタテ貝は年間約40万t水揚げされているが、その約50%が副産物（貝殻）となり処分に苦慮している。

そこで、資源の有効利用と環境保全の観点から、鹿部町で発生するホタテ貝殻の利用促進を目的に、粉末化した貝殻をアスファルト舗装の上層路盤及び基層へ活用するための検討を行った。

キーワード：リサイクル、地域連携、ホタテ貝、アスファルト舗装

1. はじめに

北海道におけるホタテ貝の漁獲量は年間約40万t（内鹿部町産1万t）水揚げされている（表-1）。鹿部町産ホタテ貝の約50%は生のまま食品市場へ流通し、約50%がボイルホタテとして出荷されており、その貝殻約5,000tが副産物として発生し、その処分先が少ないことから放置される事例が多く、漁業地域の大きな課題となっている。

表-1 ホタテ貝の漁獲高（2004～2008年）

漁獲量 (トン)	2004	2005	2006	2007	2008
全道	399,900	380,247	392,925	385,652	429,203
鹿部町	14,247	7,227	8,390	11,389	10,112



写真-1 加工後に搬出されたホタテ貝殻

一方、ホタテ貝殻は設計条件を満たしさえすれば、建設資材として再利用できることから、建設現場フィールドを活用し、地域内リサイクル及び地域産業の活性化に寄与できることからアスファルト舗装用の骨材としての利用について検討した。

2. ホタテ貝殻粉末の生産

ホタテ貝殻は道内各地の水産加工工場で加工、製品後、排出され、野積みされる。ある程度有機物が分解された後、トラクタショベルによって粗挽きし、その後ローラミルなどで粉砕したものを土壌改良材として販売などが行われてきた。また、最近ではケーソンの中詰材への利用など行われるようになってきた。また、ホタテ貝殻の主成分は炭酸カルシウムであり、アスファルト混合物のフィラーとして一般的に使用している石粉と化学的成分は類似している。（表-2）しかし、貝殻粉末は写真-2のように粒子状ではなく、針状となっていることからアスファルト混合物に使用した場合の物理特性への影響が懸念された。



写真-2 ホタテ貝殻粉末と石粉の形状の違い
(上：石粉 下：ホタテ貝殻粉末)

表-2 ホタテ貝殻の成分分析結果

試験項目	単位	ホタテ貝殻粉末	舗装用石粉
酸素(O)	%	43.00	42.56
カルシウム(Ca)	%	39.54	38.96
炭素(C)	%	16.80	16.68

今回検討を行ったホタテ貝殻粉末は、異物の除去が適切に実施され、電気分解によるカドミウム処理（含有量：5 ppm以下）を行って生産している鹿部町産の貝殻粉末を用いた。

また、本貝殻粉末は、高温でスチーム処理がなされていることで石灰質以外の不純物も少なく悪臭もほとんど無いことから、周辺環境や作業環境に影響が少ないことが想定された。

粉碎前処理	ホタテ貝副産物	最終処分法
①常温洗浄 ↓ ②高温スチーム洗浄 ↓ ③商品選別	表面付着物 表面残渣物	乾燥堆肥
	ウロ (カドミウム)	電気分解 ・カドミウム → 鉄鋼製造炉 ・残 渣 → 堆肥
	貝殻	写真-2工程により粉碎 ・土壌改良材 ・防滑材 ・凍結防止剤 等

図-1 鹿部町産ホタテ貝殻の処理工程

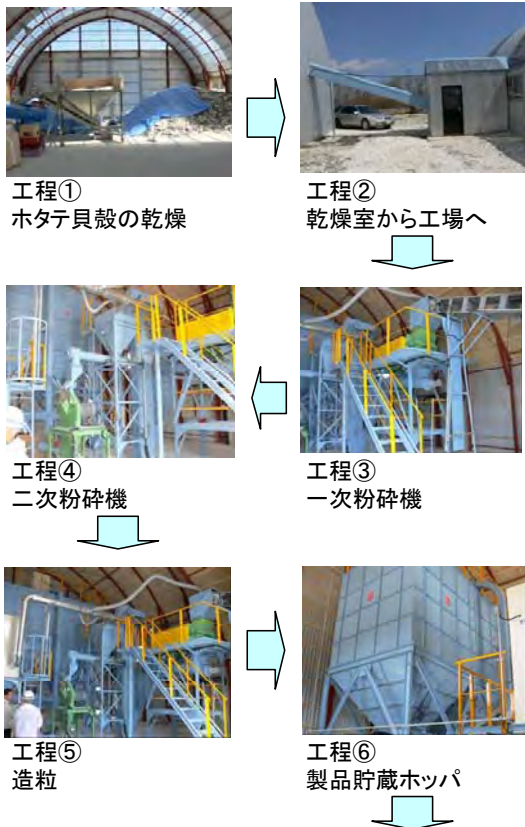


図-3 ホタテ貝殻リサイクルプラント概要

3. 室内試験

(1) ホタテ貝殻粉末の性状試験

今回の性状試験では、材料となる貝殻粉末の石粉としての性状試験を行った。試験項目は以下の通りである。

(括弧については試験目的を示す)

- ・ 粒度試験 (粒度の測定)
- ・ 水分試験、密度試験 (水分・密度の測定)
- ・ 剥離抵抗性試験 (剥離抵抗性の測定)
- ・ 塑性指数試験 (塑性指数の測定)
- ・ 浸水膨張率試験 (水分による膨張率の測定)
- ・ フロー試験 (吸水率の測定)

表-3 ホタテ貝殻粉末舗装用石粉としての試験結果

項目	規格(石粉)	試験結果
粒度試験	2.36(mm)	100
	1.18(mm)	93.6
	0.600(mm)	100
	0.300(mm)	72.5
	0.150(mm)	90~100
	0.075(mm)	70~100
密度(g/cm ³)	260 以上	2.667
水分(%)	1.0%以下	0.4
塑性限界(PI)	4 以下	NP
フロー値(%)	50%以下	31.0
浸水膨張率(%)	3%以下	0.7
はく離抵抗性(%)	剥離が全体の 1/4	10 合格

試験の結果、粒度についてはフィラーとしての粒度を満足していない。しかし、その他の試験結果からは規格値を満足しているため、今回使用するホタテ貝殻粉末は「石粉+細骨材」として取り扱うこととした。ここで補足すると生産の約1割は集塵機等で集めることによりフ

エラーの規格値を満足する粒度の材料があることを付け加えておく。

(2) ホタテ貝殻粉末入りアスファルト混合物の室内試験

今回の室内試験では、ホタテ貝殻粉末入りアスファルト混合物の性状試験を行った。今回使用する合材の種類は、アスファルト安定処理及び粗粒度アスコンである。また、「リサイクル原則化ルール」に基づき再生アスファルト混合物を使用することにした。

a) 配合粒度について

配合率は、通常配合に対しホタテ貝殻粉末の3.0%、3.5%、4.0%の3パターンの置き換えの検討を行った。

表-4 各パターンの配合粒度

材料名	再生粗粒度アスコン(R50%)				中央粒度	粒度範囲
	通常配合	3.0%	3.5%	4.0%		
5号砕石	22.0	21.5	21.5	21.0		
6号砕石	23.0	21.5	21.0	21.0		
7号砕石	5.0	4.0	4.0	4.0		
ホタテ貝殻粉末	0.0	3.0	3.5	4.0		
R13-0	50.0	50.0	50.0	50.0		
合計	100.0	100.0	100.0	100.0		
通過重量百分率	26.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100 ~ 100
	19	98.9	98.9	98.9	99.0	95 ~ 100
	13.2	79.5	80.0	80.0	80.4	70 ~ 90
	4.75	43.7	45.7	46.2	46.6	35 ~ 55
	2.36	29.5	32.4	32.9	33.4	20 ~ 35
	600	19.8	22.0	22.3	22.7	11 ~ 23
	300	11.8	13.4	13.7	14.0	5 ~ 16
	150	7.1	8.2	8.3	8.5	4 ~ 12
	75	4.6	5.3	5.4	5.5	4.5 ~ 7

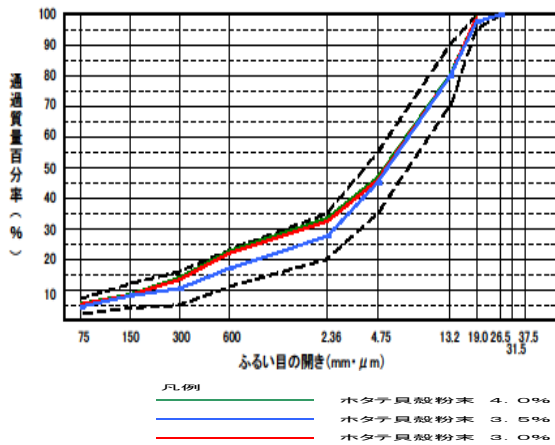


図-2 各パターンの粒度曲線

全てのパターンで粒度範囲には入っているが、ふるい目600μmを見ると、粒度範囲の上限規格が23%に対しホタテ貝殻粉末混入が3.0%で22.0%、3.5%で22.3%、4.0%で22.7%と3.5%と4.0%では上限規格値までの差が1.0%を切っており、粒度管理が難しいことから、使用する配合率は3%とした。

b) マーシャル安定度試験について

マーシャル安定度試験により、混合物の基本的な性状である強度、安定度など確認した。マーシャル安定度試験の結果を表-5、6に示す。

表-5 アスファルト安定処理試験結果

試験項目	規格値	再生アスファルト安定処理(50%)	再生アスファルト安定処理(ホタテ貝殻粉末50%)
アス量(%)	—	4.0	4.2
理論密度(g/cm3)	—	2.566	2.555
基本密度(g/cm3)	2.30以上	2.357	2.388
空隙率(%)	3~12	8.1	6.8
飽和度(%)		52.6	58.6
安定度(KN)	3.43以上	7.00	8.32
フロー値(1/100cm)	10~40	27	28
残留安定度(%)	75%以上	83.0	84.1
残留安定度(%)	24h	95.6	96.8
	48h	83.0	84.1
	72h	78.0	80.9
	96h	72.9	75.1

表-6 粗粒度アスコンの試験結果

試験項目	規格値	再生粗粒度アスコン(50%)	再生粗粒度アスコン(ホタテ貝殻粉末50%)
アス量(%)	—	5.0	5.2
理論密度(g/cm3)	—	2.519	2.510
基本密度(g/cm3)	2.35以上	2.415	2.414
空隙率(%)	3~7	4.1	3.8
飽和度(%)	65~85	73.7	75.9
安定度(KN)	4.9以上	8.98	9.24
フロー値(1/100cm)	20~40	30	32
残留安定度(%)	75%以上	80.8	82.9
残留安定度(%)	24h	93.5	95.7
	48h	80.8	82.9
	72h	77.4	77.2
	96h	72.5	72.8

試験結果からは、ホタテ貝殻粉末入りアスファルト混合物と通常混合物に差異はなく、規格値も満足している。また、残留安定度試験を通常の倍の時間96時間行ったが、通常混合物に比べて僅かながら良好な結果となった。しかし、室内配合結果からAs量については増えており、これはホタテ貝殻粉末が75μm通過が大きいためと思われる。

4. 試験施工による調査

室内試験においてホタテ貝殻粉末入りアスファルト混合物は、通常混合物と同等の性状であることがわかったため、試験施工を行った。また、アスファルトプラント、現場施工時の施工性等を調査した。

(1) 試験施工箇所の概要

- a) 工事箇所：函館江差自動車道
北斗富川IC～茂辺地IC (仮称)



図-4 試験施工箇所図

b) 試験舗装概要：舗装延長 L=1,100m

実施期間 平成22年12月10日から平成22年12月24日

上層路盤（アス処理） t=6cm, L=1,100m W=8.5m

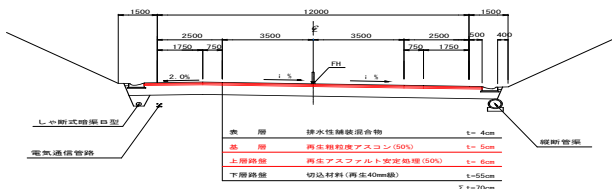
A=9,350m² (W=約1,300t)

基層（粗粒度アスコン） t=5cm, L=900m W=10.5m

A=14,000m² (W=約1,700t)

ホタテ貝殻粉末使用量 約90t (使用合材の3%)

c) 標準定規：図-4 に参照



表層：不施工
下層盤：施工済み

図-5 標準定規図

d) 比較工区

比較のために通常混合物の再生アスファルト安定処理 (t=6cm) をL=100m、再生粗粒度アスコン (t=5cm) L=100mの施工を行った。

(2) アスファルトプラントにおける施工性について

プラントでの製造は、通常の製造方法で出荷を行えるが、過去に製造を行った時にホタテ貝殻粉末の粒径が扁平で有るためアーチング現象を起こし、投入口が時々詰まりロスが発生していたため人力投入で行うことで解消していた。今回、使用量が90tでホタテ貝殻粉末が1

トンパックで納入されるため、機械投入を計画した。

- a) ホタテ貝殻粉末を投入するためホッパーに機械で投入を行った (写真-4)。
- b) ホッパーから投入されたホタテ貝殻粉末を石粉投入口までベルトコンベアーにて搬入 (写真-5)。
- c) 石粉投入口にホタテ貝殻粉末を投入を行った (写真-6)。



写真-4 ホタテ貝殻粉末投入ホッパー



写真-5 ベルトコンベアーにて移動



写真-6 石粉エレベータへの投入

今回製造したアスファルトプラント関係者に聞き取りをしたところ、ホタテ貝殻粉末による石粉スクリーへの負担が大きくなったが許容範囲であった。また、ホタテ貝殻粉末による臭いが懸念されたが、夏場に比べて臭気は感じられず、臭気計で計測したが通常混合物と変わらなかった。

(3) 現場における施工性について

現場施工時の施工性について検証するため、仕様書による通常舗装時の各種試験に以下の事項を追加した。

a) 合材運搬（出荷、到着）と敷均し時の温度計測

通常混合物とホタテ貝殻粉末入り混合物の温度に違いがあるのか検証するため、ダンプ上で合材出荷時、現場到着時の温度計測と敷均し温度の計測を行った。計測方法はダンプ上では表面部（表面から2cm程度）、内部（表面から15cm程度）の位置で、測定箇所は5箇所（図-6）、敷均し温度は仕様書の頻度より多く（仕様書では1日4回計測：日当たり施工量換算で575m²/1回）測定箇所（図-7）を設定し、棒状温度計による測定を行った。

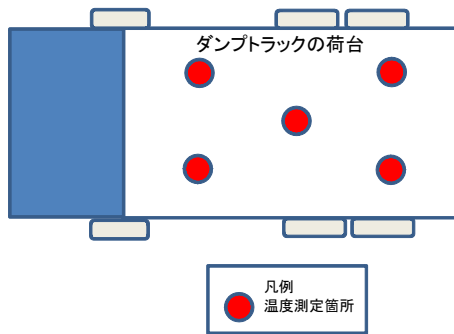


図-6 ダンプトラックの荷台上の測定箇所

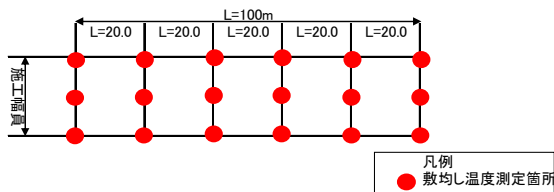


図-7 敷均し温度の測定箇所

b) 供用性調査計画

ホタテ貝殻粉末入り混合物の供用性に対する影響を把握するため、横断及び縦断のわだち掘れや平坦性を計測する。（図-8）施工区間の供用については当面行われないが、工事用道路として約7ヶ月間使用することから、実際の交通荷重をによる耐久性の検証を行う。また来年度表層施工時に各層2箇所×4パターン＝8個コアを抜き舗装体としての耐久性について検証する。

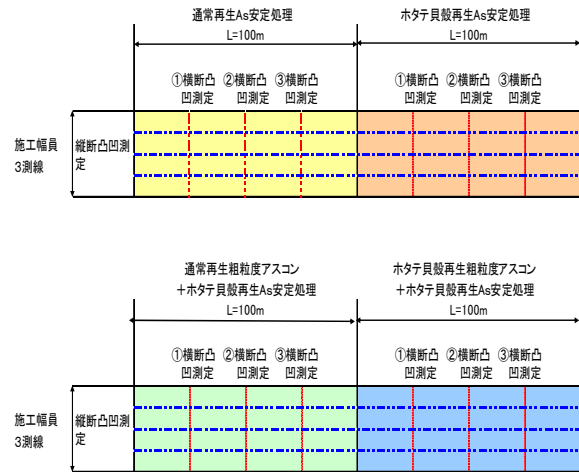


図-8 追跡調査平面図

c) サイクルタイムの計測について

通常混合物とホタテ貝殻粉末入り混合物について現場での敷均し時間と転圧回数についての違いを図-8追跡平面図箇所において行う。

5.コストについて

コストについては、石粉より2,000円/tと材料費では若干割高になっている。

しかし、ホタテ貝殻は廃棄物処理法上でいえば産業廃棄物（動植物性残さ）となり管理型の最終処分となる。渡島管内においては、貝殻を埋め立てが可能な処分場が受け入れてくれないことや、例え受け入れたとしても約35,000円/tと高額になることから円滑な処理が進んでいない結果、不法投棄や野積み等の状態である。この様にホタテ貝殻粉末を舗装材に利用していくことにより循環型社会を考慮した全体的なコスト安になると考えてる。

今後、舗装用貝殻粉末の需要が拡大し設備の増強が図れば省資源化だけでなくコスト面でも大きな効果が期待できる。

6.まとめ

今回の報告では、室内試験及び試験施工でホタテ貝殻粉末が舗装用石粉の代替えとして使用できるかの検討と検証を行ってきた。ホタテ貝殻粉末入り混合物は以下の通り混合物として規格値は満足しており使用可能と考えられる。

- 1) ホタテ貝殻粉末入りアスファルト混合物は、マーシャル安定度試験など全ての規格値が満足できる。
- 2) 配合段階で、ホタテ貝殻粉末は細粒分が石粉に比べて多いためA s量は約0.2%程多くなる
- 3) 施工上、通常混合物と全く変わらなく、また、臭気についても問題が無かった。
- 4) アスファルトプラントでの投入に工夫が必要となる。

7.おわりに

今回の調査によって、ホタテ貝殻粉末が舗装用材料の代替えとして使用できることが確認できた。しかし、使用するホタテ貝殻粉末のバラツキも考えられるため、施工時期の異なる夏期にも試験施工を実施して、今回の確認事項を補足して行きたい。今後、以下の事に留意しながら施工を行っていく予定である。

- 1) 追跡調査箇所を今後調査し、耐久性などの供用性の測定を行っていく。
- 2) 今回は冬期間に施工を行ったため臭気が余り感じら

れなかったが、夏期間の臭気測定をおこなう。

3) 今回は「石粉+細骨材」として施工を行ってきたが、石粉の粒度を持ったホタテ貝殻粉末は製品としてあるので今後表層への適用を検討していきたい。

参考文献

- 1) 吉井昭博・阿倍隆二・内山智幸：ホタテ貝殻粉末のアスファルト舗装材としての適用性、寒地土木研究所 技術資料。