

## ■ 塩化ビニル廃材の建設資材への利用



北海学園大学工学部土木工学科

教授 久保 宏

### 1. はじめに

現在、農業用の温室ビニルハウスに使用されているポリ塩化ビニルが大量に投棄され、その処理が問題となっている。主に、水稻、メロン等の栽培施設で使用されている塩化ビニルシートは、日射透過率の減少や風などによる破損のため、およそ2年に1回の割合で交換し廃棄に至っているのが現状である。北海道における農林業での廃棄プラスチックの年間排出量は、平成7年で、総排出量2万tに対し塩化ビニルは約1万tと全体のおよそ半分を占めており、今後、この種の廃棄量はますます増大するものと思われる。さらに、廃棄物処理法が改正され、「産業廃棄物特定施設整備法」では、農業用育苗施設で使用されている塩化ビニルシートを、埋立による処理から、その特性を考慮した利用方法に転換する必要性が生じている。また一方では、農業用の用排水路の裏込め材や、道路など凍上防止のための路盤材に用いられる置換材料としての良質な砂利、碎石等が枯渇化傾向にあり、その代替材料が求められている。

この研究は、廃棄処理の困難な温室ハウス等の使用済み塩化ビニルシートから作成したリサイクル材料（廃ビペレット材と略称）の道路等の凍上防止路盤材への活用と、道路路盤材に用いる置換材料の枯渇化への対応、という2つの社会的問題を同時に解決することを目的としている。具体的には、廃ビペレットの基礎的性質を室内試験によって確認するとともに、空知郡栗沢町の農道における野外試験でその凍上防止路盤材としての適用性を調査した。なお、この論文の作成に引用された参考文献は煩雑となるのですべて省略した。

### 2. 廃ビペレットの製造方法

廃ビペレットの具体的な生産方法は、まず温室ハウス等の使用済み塩化ビニルシートを回収して、大きな寸法に裁断する。次にこれらを水洗いし、表面に付着している土砂などを除去する。それらをさらに細かく切り刻んで、水洗いを繰り返し、145℃程度まで加熱し、液体化させてペレット状に成形する。廃ビペレットの製造方法は図-1に示し、成形後の廃ビペレットは写真-1に示すものである。

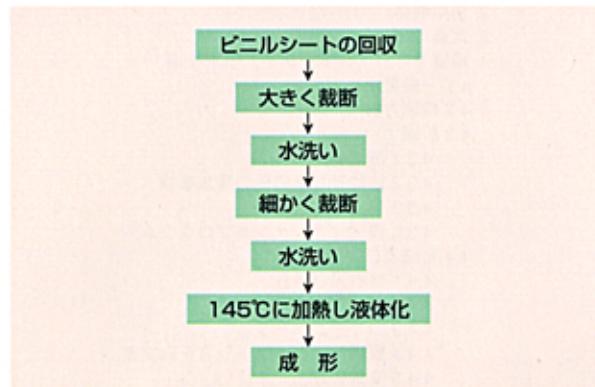


図-1 廃ビペレットの製造フロー



写真-1 廃ビペレット

### 3. 基礎的性質に関する室内実験

この廃ビペレットを道路等の凍上防止路盤材、水路裏込め材などに使用する場合に把握しておく必要のある性質としては、粒度、比重、単位容積質量、有害物溶出性、熱伝導率、圧縮特性等が挙げられる。この研究では、まずこれらの項目について室内試験を行った。

#### (1) 粒度分布

廃ビペレットについて、そのふるい分け試験の結果、最大粒径は30mmで、粒径がほぼ20mm前後の均一な材料であることが分かった。

#### (2) 比重および単位容積質量

一般に凍上抑制層材として使用されている砂、碎石および廃ビペレットの比重と単位容積質量の測定結果は表-1に示す通りである。その結果、廃ビペレットの比重は1.2、単位容積質量は0.74 g/cm<sup>3</sup>と一般的な砂や砂利に比べ約1/2程度の軽量な材料であることが分かった。

#### (3) 有害物溶出性

廃ビペレットを長期間使用したときの有害物の溶出が懸念された。これについて土木学会基準「コンクリートの凍結融解試験方法」に従って凍結融解試験を行い、その融解水の分析を行った。試験結果は表-2に示す通りである。僅かに無害な鉄分、マンガン以外、シアン、水銀などの有害成分は検出されず、土壤水に対する環境基準に合致するものであった。

#### (4) 熱伝導性

一般に凍上抑制層材として使用されている砂利等と廃ビペレットの熱伝導率の測定結果を表-3に示す。熱伝導率の測定は、現場で使用された場合を想定し、平板直接法によって行った。その結果、廃ビペレットの熱伝導率は、砂利、碎石と空隙率がほぼ同じであるにもかかわらず、1/15～1/20程度の値であり、この材料は熱を通しにくいことが分かった。

#### (5) 圧縮特性

廃ビペレットの圧縮試験は、CBR試験用モールドを用いて、13kNまでの荷重を3回繰り返して載荷した。その結果、廃ビペレットの圧縮特性は図-2に示すように、およそ13kNまでの繰り返し荷重に対して最大13%前後の変位であった。

表-1 廃ビペレットの比重および単位容積質量

材料の種類	比重	単位容積質量 (g/cm <sup>3</sup> )
砂	2.50～2.65	1.45～1.70
砂利	2.55～2.70	1.55～1.85
廃ビペレット	1.21	0.74

表-2 廃ビペレットの有害物溶出量

計量物質	単位	試験結果	土壤基準
水銀	mg/l	検出せず	≤0.0005
鉛	mg/l	検出せず	≤0.01
六価クロム	mg/l	検出せず	≤0.05
カドミウム	mg/l	検出せず	≤0.01
ヒ素	mg/l	検出せず	≤0.01
鉄	mg/l	0.22	基準なし
マンガン	mg/l	0.01	基準なし

表-3 廃ビペレットの熱伝導率

置換材料	熱伝導率 (W/m°C)	置換材料の状態
切込碎石	2.13	$\rho_d = 2.0 \text{ g/cm}^3, w=5, n=4.8$
切込砂利	2.51	$\rho_d = 2.0 \text{ g/cm}^3, w=7, n=6.5$
砂	1.97	$\rho_d = 1.7 \text{ g/cm}^3, w=15, n=13$
廃ビペレット	0.12	$\rho_d = 0.9 \text{ g/cm}^3, w=2, n=4.0$

$\rho_d$  : 乾燥密度 (g/cm<sup>3</sup>)、W: 含水比(%)、n: 空隙率(%)

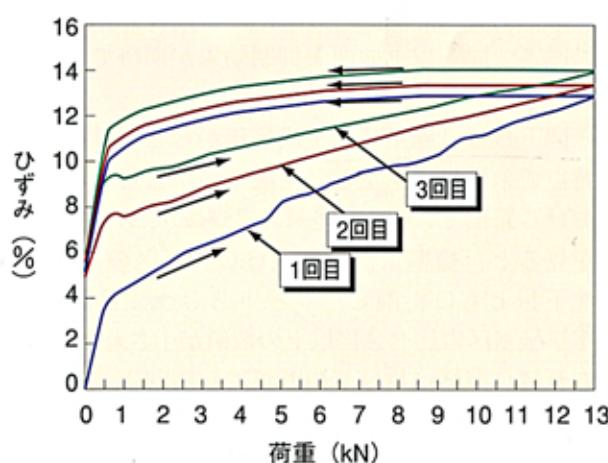


図-2 廃ビペレットの圧縮特性

## 4. 適用性に関する野外試験

### 4.1 空知郡栗沢町農道での野外試験の概要

空知郡栗沢町岐阜地区において、廃ビペレットを農道の凍上抑制層材として使用した野外試験を行った。野外試験での平面図および断面図は図-3に示す通りである。ここでは、凍上抑制層として、廃ビペレットを17cmと33cmの厚さとした工区と、この地域における標準工法である60cm

厚の切込砂利の工区を設置した。施工時には、各種舗装構成層に熱電対温度計を設置して、冬期間の地中温度を1時間間隔で測定し、各置換深さについて、冬期間における各層の地中温度の比較検討を行った。なお、図中の番号は温度計の設置位置を示す。

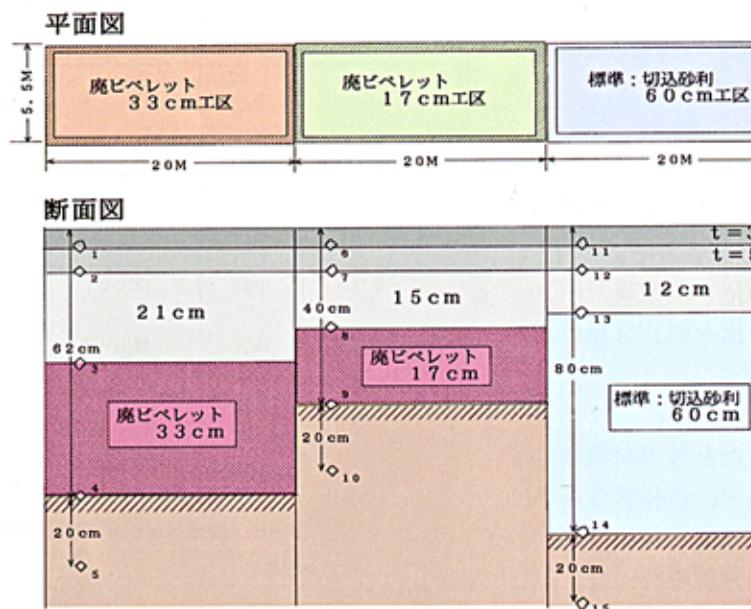


図-3 野外試験現場の平面図と断面図

### 4.2 野外試験における結果と考察

図-4は、凍上抑制層上面および下面の温度差の積算値を示したものである。これを見ると、廃ビペレット33cm工区が、標準工法である砂利60cm工区の場合より高い温度差積算値を示していることがわかる。これは、凍上抑制層上下間での熱の移動が少ないことを示しており、同時に、廃ビペレットの熱伝導率の低さを示している。よって、廃ビペレット33cm工区は、砂利の約1/2の厚さで同等以上の凍上抑制効果が期待できるといえる。

図-5は、施工時の平成8年から2年経過した時点での累積沈下量と、平成10年2月28日における路面での凍上量を示したものである。これを見ると、標準工法の砂利60cm工区の凍上量、沈下量とともに、廃ビペレット33cm工区および17cm工区に比べ2倍以上の数値が示されている。これは、廃ビペレットの断熱性が砂利よりも大きく、比重が小さいためであり、軟弱で凍上発生の可能性を有する地盤における凍上量と圧密沈下量を低減できるものと考えられる。

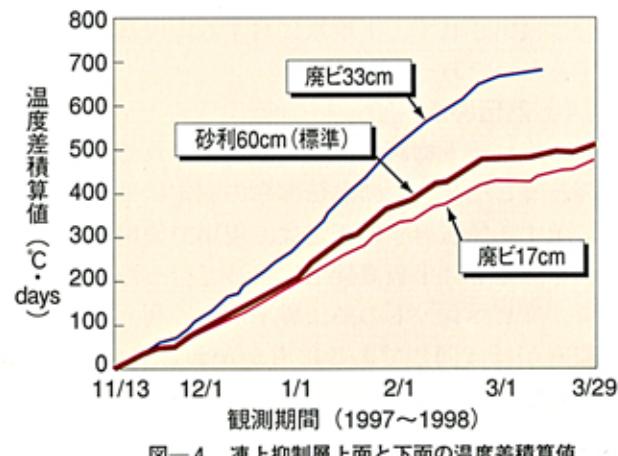


図-4 凍上抑制層上面と下面の温度差積算値

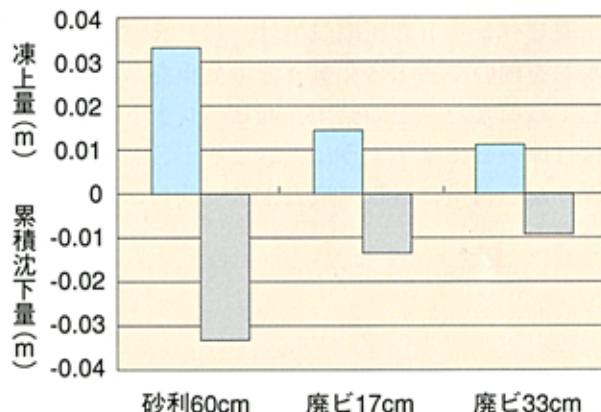


図-5 累積沈下量と凍上量

### 4. 3 補装の凍結深さ

寒冷地における補装の凍結深さを推定する場合、一般には修正Berggrenの式が用いられている。この研究では、廃ビペレットを用いた場合でも、設計上各々の地域における補装厚の決定を行うために、気温による気象データで補装の凍結深さを推定できるかどうかを、それぞれの工区についてこの式で検討した。この検討に用いた気象データは、試験施工現場近くのAmedasデータを使用し、補装構成の熱常数については、施工時における現場の含水比と乾燥密度から求めた。ただし、廃ビペレットの熱伝導率は、室内試験の結果を用いた。計算に用いた各層における熱常数は表-4に示す。

図-6～7は、廃ビペレット33cm工区、廃ビペレット17cm工区、それぞれの路面からの凍結深さの実測値と計算で求めた推定値を示している。これらの図を見ると、凍結深さが最大になるまでは多少のずれが生じている部分もあるが、最大の凍結深さは、実測値と推定値とがほぼ一致している。このことから、廃ビペレットを凍上防止のための路盤材として用いる場合でも、気象データを用い、この凍結深さ推定式により、容易に凍結深さを推定できることがわかった。

表-4 熱伝導率の入力条件

熱常数 舗装構成	熱伝導率 (cal/cm·sec·°C)	熱容量 (cal/cm <sup>3</sup> ·°C)	融解潜熱 (cal/cm <sup>3</sup> )
アスファルト層	0.0035	0.448	0.00
下層路盤	0.0092	0.477	9.20
凍上抑制層 廃ビ	0.0003	0.208	4.00
	0.0092	0.477	9.20
路床	0.0041	0.609	43.20

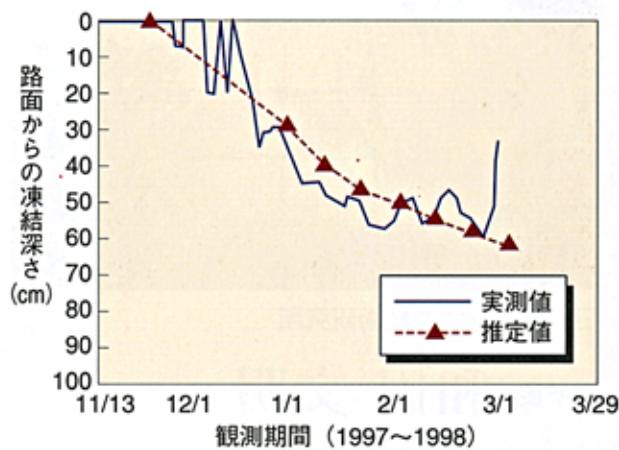


図-6 凍結深さの実測値と推定値(廃ビ33cm工区)

### 5. まとめ

廃ビペレットの基礎的性質に関する室内試験および空知郡栗沢町での野外試験の結果をまとめると、おおよそ次のようになる。

- (1) 廃ビペレットは、最大粒径30mm、比重1.2程度、単位容積質量0.74g/cm<sup>3</sup>程度、熱伝導率0.12W/m°C程度である。
- (2) 13kNまでの荷重を繰り返し加えたときの廃ビペレットのひずみは、最大13%前後と大きな値であることから、用排水路の裏込め材や交通荷重の小さな農道、駐車場、歩道への使用が可能である。
- (3) 廃ビペレットは、比重が砂利の約1/2程度であるので、軟弱地盤での圧密沈下量を低減できる。
- (4) 廃ビペレット層は、熱の伝導性が低く、薄い層厚でも、切込砂利を用いた標準工法と同等以上の凍上抑制効果が期待できる。
- (5) 長期使用時の有害物の溶出もなく、凍上防止のための路盤材として安全に使用できる。

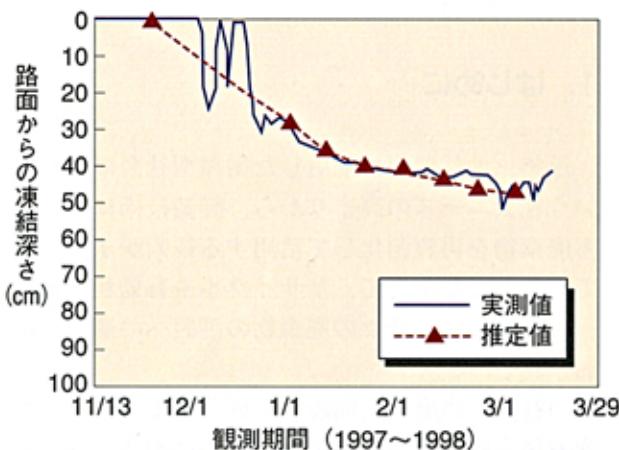


図-7 凍結深さの実測値と推定値(廃ビ17cm工区)

### 6. おわりに

廃ビペレットは、その層厚が大きくなれば転圧が不十分となり、締め固めにくいといった施工性の悪さなど、まだ多くの技術的課題を抱えているが、年々確実に増加するビニルハウスから排出される塩化ビニルシートのリサイクル問題、ならびに寒冷地での砂利、碎石等の枯渇化問題が同時に解決されるものと期待される。