

13. 農業用廃ビニールについての調査と有効利用について

Fundamental Researches on Utilization of The Waste PVC Films for Agriculture

久保井 利達*・久保井 徳洋**・西田 一彦***
Yorimichi KUBOI, Norihiro KUBOI, Kazuhiko NISHIDA

ABSTRACT ; The burning-up of scrapped materials in the outdoors is prohibited clearly with the processing standard. We must implement the light way of the load to keep environment of processing, and must carry out clearly the entrusting procedure. We investigated about how the wasted PVC film was processed. The investigation objects is the processing measure of the wasted PVC film for agriculture, and it becomes social needs. The wasted PVC film for the agriculture is softened and becomes compressed clod. The middle-processing trader condenses the wasted PVC film for agriculture collected. We examined about the utilization of the condensed one.

We did CBR test about the compressed clod. Combining the scrap of concrete with carbide stably processed it.

KEYWORDS ; Recycle, Wastes, Poly Vinyl Chloride, Carbide, CBR

1. はじめに

近年、ダイオキシンの排出対策や不法投棄などの環境問題や安全性への関心が一層高まる中、廃棄物処理に関する規制が強化されており、平成9年6月に廃掃法が改正された。それにより農業用フィルムを含むすべての産業廃棄物について産業廃棄物管理票の交付が義務づけられたこと、廃棄物を焼却する際の処理基準において野焼（野外の焼却）の禁止などが明確化されるなど、環境負荷を軽減する処理方法や処理の委託手続きなどをより明確に実施することが求められている。こうした動向を踏まえ、使用済プラスチックの処理対策にどのように取り組まれているかを調査したものである。特にさし追った社会的ニーズである農業用ビニール廃棄物（農ビと略す）の処理対策の問題を調査して、今回は農ビを回収後中間処理業者に搬送し、それを減容固形化方式で処理した固形物の有効利用方法について検討する。

表－1 ダイオキシンが特に多く発生する製品

雨具	レインコート、傘、カッパ
文房具	消しゴム、コーティング材
玩具	浮き袋、ビニール人形、造花
建設材料	ビニールシート、ビニールクロス、床ビニールタイル、上下水道管
履物	ケミカルシューズ、スリッパ、サンダル
衣料品等	自動車シート、ソファ、カバン、毛布、合成綿、肌着、ロープ
食品包装	ラップ、卵・果物パック、食品トレイ
ボトル	ジュース・お茶類、醤油・ソース、シャンプー・化粧品、洗剤
その他	ビニールハウス、農業用フィルム、ビデオ・カセットテープ

2. ダイオキシン発生の原因

ダイオキシンは、ベンゼン核に塩素がくっつき、そのベンゼン核が二つ並んで、その間を酸素がつかない構造をしている。そのため塩素と酸素の存在がポイントになる。塩ビ製品や塩化ビニリデン製品を燃やすと塩素が発生する。またゴミ焼却工場は空気を大量に使って焼却するため、

*和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 Department of Civil Engineering, Wakayama National College of Technology, 77 Noshima, Nada, Gobo, Wakayama, 644－0023. **和歌山工業高等専門学校機械工学科 Department of Mechanical Engineering.

***関西大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Kansai University, 3-3-35 Yamate, Suita, Osaka. 564-0073

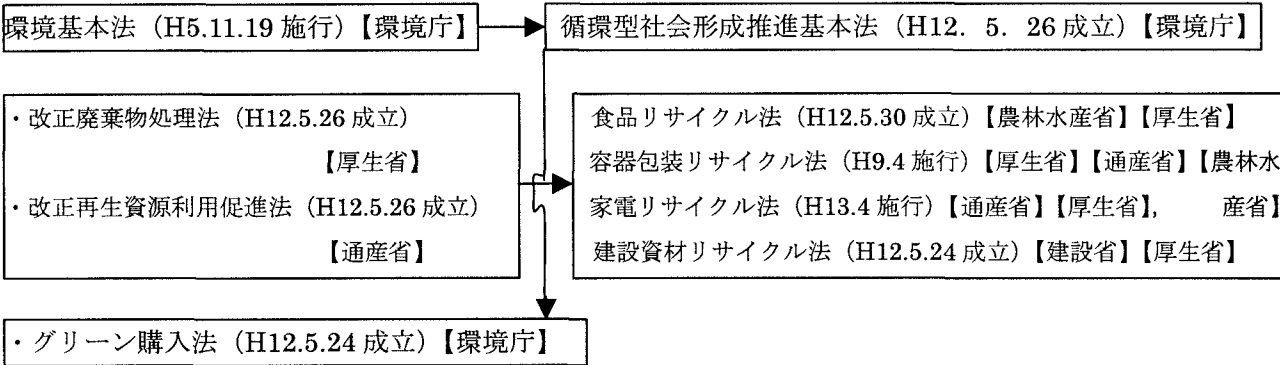
大量の酸素が供給される。ダイオキシンを作り出すのに丁度いい状態で焼却されるために、大量に発生する。
①ダイオキシンは塩分を含んだものを 250℃～850℃くらいで燃やすと発生する。②日本では、ダイオキシンの 8 割以上がごみ焼却炉から発生している。③その主因はプラスチック、塩化ビニールなどの塩素化合物である。塩化ビニールの原料は、エチレンと塩素からできている。④特に園芸でのハウス等に使用される農ビが大部分である。⑤焼却炉の能力や設備が十分でない場合などは、不完全燃焼を起こしてダイオキシンの発生する。そのダイオキシンが特に多く発生する製品を表－1 に示す。

3. 農業用廃プラスチック資材処理の現状

ヨーロッパではヨーロッパ連合 (EC) の塩化ビニル関連環境対策の動きがここ 2～3 年着実に進んでいる。
(EU 委員会より Green Paper が提出) 具体的には 2000 年の春にいわゆる Horizontal Initiatives すなわち五大報告書: ①廃塩ビのメカニカルリサイクル, ②廃塩ビの焼却とその残渣・排ガス, ③ケミカル・リサイクル, ④埋め立てに際する廃塩ビの挙動, ⑤廃塩ビ廃棄物処理の経済性比較が公表された。

3. 1 環境基本法とリサイクル関連法

国内の循環型社会形成推進基本法, その他のリサイクル関連法を図－2 に示す。基本法で製品などが循環資源となった場合, ①循環負荷ができるだけ低減されるべきこと, すなわち「発生するゴミは極力減らすこと」, ②循環的な利用が行われるための設計の工夫, すなわち「不要になったものは, できるだけ繰り返し使用すること」, ③適正処理困難物とならないための必要な措置を講ずること, すなわち「繰り返して使えないものは資源としてリサイクルすること」が優先順位として規定された。



図－2 環境基本法とリサイクル関連法

3. 2 リサイクル方法

廃プラ処理については、環境負荷の軽減や資源の有効活用の観点から「再生」を基本としていくことが重要である。塩ビのリサイクルには、表－2 の 3 つの方法がある。

表－2 リサイクル方法

マテリアル・リサイクル	フィードストック・リサイクル	サーマル・リサイクル
●モノからモノへ	●モノから原料へ	●モノからエネルギーへ
使用済み塩ビ製品などを、再び塩ビ製品として利用するリサイクル（主に農ビ）	使用済み塩ビ製品などを、化学的な方法により処理し、化学品や製品原料などとして利用するリサイクルで、ケミカル・リサイクルとも言われる。各種プラスチックを分別する必要がない。	使用済み塩ビ製品などを燃焼することにより発生する熱や蒸気を回収し、エネルギー源として利用するリサイクルである。各種プラスチックを分別する必要がない。（主に農ポリ・農 PO（ポリオレフィン））

3. 3 塩ビ製品の特徴

塩ビ製品は数々の優れた特徴すなわち難燃性、耐久耐候性、電気絶縁性、更には意匠性、加工容易性など

の点から、表－１に示す多分野に利用されている。農ビの有用性は、①保湿性にすぐれている。②密着性が高いので風を通さない。③防曇性にすぐれている。④また、多くのプラスチック素材の中でも透明性にすぐれており、特に初期の光線透過量がすぐれている。⑤他には、多少引っ張っても、元に戻る復元性が大きいので、均一に展張しやすい性質がある。

3. 4 塩ビのリサイクルの歴史

塩ビのリサイクルの歴史は古く、特に農業用ビニールハウスについては昭和 40 年代後半からリサイクル活動が開始された。農ビは農業に欠かせない資材で、貴重なリサイクル資源である。農ビは、再生利用に適した塩化ビニル樹脂が原料である。同じ材質のものがまとまって排出されるため、高いリサイクル率が期待できる。昭和 48 年～49 年に入ると国の補助事業として第三セクターのリサイクル処理施設が各地に農業協同組合（農協）を中心として設立されている。1997 年現在、使用済み農ビの排出量約 10.5 万トンのうち 45% がリサイクルされた。（社）日本施設園芸協会、更に各地域毎に設置された廃プラ処理促進協議会、平成 11 年 7 月に設立された「農ビリサイクル促進協会（NAC）」などが推進活動おこなった。それまで停滞していたリサイクルの動きが促進され 1999 年にはリサイクル率が 51%を超えた。他のプラスチック製品に比べ、高いリサイクル率である。

4. リサイクルのための課題

農ビは他のプラスチックに比べてマテリアルリサイクルのしやすい商品である。かつ再生コストも安い素材でありその意味でも循環型社会の優等生といってもよい。ビニールハウス用の塩ビフィルムは 2～3 年ごとに取り替える際、取り外される使用済み農ビがリサイクルの対象となる。条件的には一度にまとまって排出されるのでリサイクルされやすいものである。しかし、農ビを再生するための障害として主に次のことが考えられる。①生産者農家個々による農ビ等の適正な処理は困難である。②これまで農家が野焼きや埋立ていたが、回収には時間と費用が必要である。（土やゴミを除去し、梱包）③農家が一部自己負担の必要がある。④農家のこれらに要するコストをいかに低減させるか。⑤行政や JA 更にはフィルムメーカー、流通側がどのように分担して負担するか。⑥使用済み農ビの発生量の少ない（収集にコストのかかる）地域ではリサイクルが進んでいない。⑦地域の自治体や農業団体の対応にその処理に差が見られる。⑧リサイクルするためには泥やゴミなどの異物を分別洗浄することが必要だがコスト的に無理なケースも多い。⑨高炉原料化やセメント原燃料化リサイクルが、輸送コストも考慮した上で条件によってはふさわしいものとなる。⑩再生原料が売れないのは、バージン原料に比べて価格が数倍以上する。⑪ただし、求められる再生品の品質、価格が決まればバージン原料と同じ程度の再生原料を造るような厳密な仕分けがいらなくなる場合もある。これらの諸点に今後どう対応していくかが課題となる。

5. 和歌山県における農業用プラスチックの現状

5. 1 農林業用使用済プラスチックの排出量と処理量（全国）

施設園芸の発展等に伴い農林業用使用済プラスチックの排出量は年々増加してきたが、長期展張フィルムの普及により減少傾向となっている。表－３に示す。

表－３ プラスチックの排出量

	昭和 58 年	60 年	62 年	平成元年	3 年	5 年	7 年	9 年	11 年
排出量(t)	157, 900	165, 892	174, 709	176, 320	183, 916	193, 170	190, 515	180, 254	178, 887

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の改正等により、平成 9 年 12 月から農家段階での焼却処理が困難となった。その処理状況を見ると再生処理 62,333t（総計に占める割合 34.8%）埋め立処理 49, 812t（同 27.8%）、焼却処理 31,423t（同 17.6%）で焼却処理が大幅に減少し、替わりに再生処理が大きく伸びている。

5. 2 農林業用使用済プラスチックの処理量（和歌山）

平成 11 年の調査によると農業用廃プラスチックの排出量は 1,973 トン、施設園芸の盛んな日高地域からは全体の約 60%に当たる 1,155 トン（全体の 58.5%）が排出されている。また種類別では塩化ビニールフィルムが 1,689 トン（全体の 85.6%）と大部分を占めている。ポリエチレンフィルムは 267 トン（全体の 13.5%）の排出である。表－4 に示す。方法別処理量では、再生処理が 511 トンの 25.8%，埋め立処理 396

表－4 農業用廃プラスチックの排出量(t)

	平成 11 年（塩ビ／ポリ等）		平成 9 年（塩ビ／ポリ等）	
日高	1,155t	(1,000t／155t)	1,069t	(977t／92t)
県	1,973t	(1,689t／284t)	2,145t	(1,900t／245t)

トンの 20.0%，その他 1,066 トンの 54.0% となっている。JA 和歌山県農及び和歌山県施設園芸協会が行っている農業用廃プラスチック回収量は表－5 に示す。

表－5 農業用廃プラスチック回収量（t）

平成	元年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	8 年	9 年	10 年	11 年	12 年
回収量	101	142	194	288	217	274	248	291	439	397	542

農業県である和歌山県の中でもハウス園芸が盛んな日高地方が排出する量が多い結果となっている。

6. 農ビの有効利用に関する実験

農ビを回収後中間処理業者に搬送し、それを減容固形化方式で処理した固形物の有効利用方法について検討する。固形物と他の材料との組み合わせで強度発現が可能かどうかを確認するため CBR 試験を実施している。アセチレンガスを発生させた残骸のカーバイドとコンクリート廃材から再生骨材にした材料を用いている。このように産業廃棄物の組み合わせることにより、資源の有効利用を図る実験的研究を実施している。

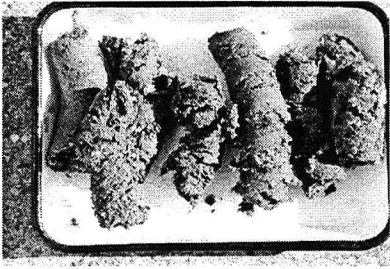
6. 1 試料の種類と性質

(A) 農ビ

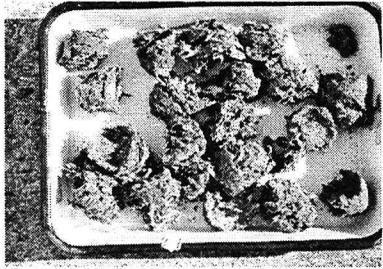
農ビ、いわゆる塩化ビニールの原料は、エチレンと塩素からできている。下記に写真－1、写真－2、写真－3 で農ビから今回の実験で使用した試料の形の工程（①～③）を示す。①このようにまず農ビを細かく裁断する。②写真－1 を加熱（200℃以下）して直径 20 mm の棒状に抽出して固形物にしたものが写真－2 である。この①、②の過程は、中間処理業者に委託して作成してもらった。しかし、この段階では長



写真－1 裁断後の農ビ



写真－2 中間処理の状態



写真－3 細分化後の状態

さ 5～10 cm ある。③写真－2 のままでは農ビが長すぎるため、主に 2～3 cm ぐらいの大きさにしたものが写真－3 である。この作業はカッターおよび手作業で細かくした。

(B) 再生骨材

構造物の解体によって発生したコンクリート廃棄物の再利用は、廃棄物の処分というだけでなく、省資源・省エネルギーという立場からも重要なことである。コンクリート解体物から木片、土塊、鉄筋などある程度大きな異物を除いたものを原コンクリートと呼び、これを適当な粒度になるように破碎し、必要に応じて整粒したものを再生骨材と呼ぶ。今回の実験で使用した再生骨材が写真－4 である。

(C) カーバイド(スペントカーバイド)

SC (スペントカーバイド) はカーバイドからアセチレンガスを発生させた残骸で、スラリー状態で得られる湿式と、ほとんど乾燥粉末状態で得られる乾式とがある。大部分が乾式であり、乾式は袋詰めにして消石灰として農業用肥料に利用されている。これを地盤の安定材として利用する。石灰安定処理は石灰が土の微細粘土分と化学反応を起こして安定するものである。今回の実験で使用了 SC (スペントカーバイド) が写真-5 である。表-6 に SC (スペントカーバイド) の成分表を示す。

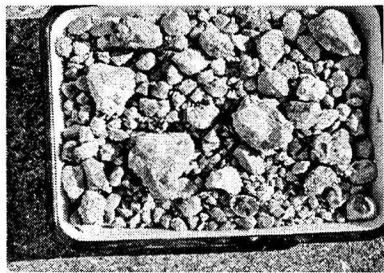


写真-4 再生骨材

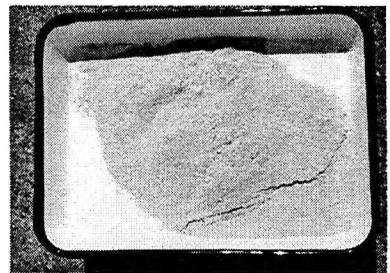


写真-5 SC カーバイド

表-6 SC の成分表

化学組成	Ca(OH) ₂	96.2%
	CaCO ₃	0.3%
	SiO ₂	1.7%
	FeO ₃	0.2%
	Al ₂ O ₃	0.3%
	MgO	0.4%

表-7 農ビ・再生骨材均等係数

	農ビ	再生骨材
最大粒径 mm	37.5	37.5
60%粒径 D ₆₀ mm	22.5	7.3
30%粒径 D ₃₀ mm	21.0	2.5
10%粒径 D ₁₀ mm	19.8	0.5
均等係数 U _c	1.1	14.1

6. 2 実験結果

(A) 突固め試験

図-2 から表-7 の結果を得た。これから分かることは粒径が 28mm 以上のものがほとんどで粒径が 20mm 以下のものはほとんどない。農ビは均等係数 U_c から見ても粒度分布が悪い。再生骨材は U_c から見て粒度分布が非常に良い。突固め試験結果を図-3 に示す。この図から農ビを入れない場合が一番良く締まっている。このことは各試料の密度の関係からも明らかのように、農ビの混合量が多くなるほど、その配合の供試体の密度が小さくなる傾向がある。また、最適締め固め含水比の値も小さくなる傾向がある。

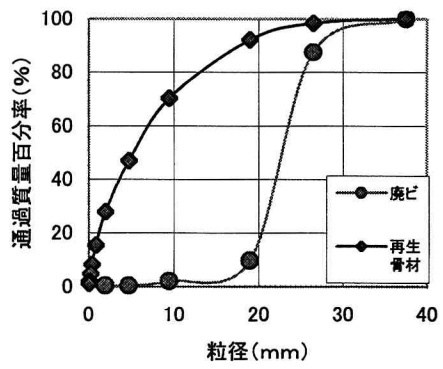


図-2 粒径加積曲線

(B) CBR 試験

CBR 試験は以下の配合で実験を行う。この農ビ、設計含水比のパーセントは再生骨材に対するものとする。再生骨材 1 に対して含水比、農ビ、SC (スペントカーバイド) の割合を以下のように決めた。設計含水比 w (%) は 17.3%, 16.3%, 14.6%, 13.3%, 農ビは 0%, 8%, 15%, 30%, SC (スペントカーバイド) は 0%, 2%, 4%, 6%, 8% とする。

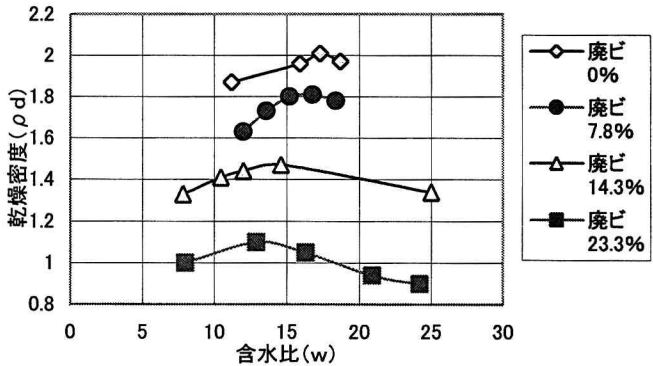


図-3 突固め試験

吸水膨張試験結果について、農ビ 30% を混合した場合の膨張比の関係を図-4 に示す。このとき、膨張するのは最大 0.1 パーセントときわめて微量である。したがって、農ビを 30% 程度混合しても吸水膨張による路盤に対する悪影響が少ないため路盤材として利用する上で、吸水膨張に関して問題はない。

(C) CBR とカーバイドの反応

図-5 から農ビの混合がなく再生骨材だけの場合、カーバイド量が多くなるほど CBR 値が大きくなると思われる。しかし、農ビを混合する量が多くなると逆に CBR 値が小さくなる。農ビの混合量が一定の場合に

はカーバイドの最適な混合量がある。この結果からカーバイドを入れれば入れるほど強度が出るとは限らない。これは農ビの粒度が悪いため、再生骨材と均等に締め固められた場合とそうでない場合がある。カーバイドは水と再生骨材中の粘土分と反応するため、農ビの混合量が多くなると再生骨材量が少なくなり、カーバイドの量に対する反応に必要な細粒分が足りなくなるため、強度低下の原因となっていると考えられる。

7. おわりに

現在、全国の園芸農家から排出される農ビの処置に困っている。ここ日高郡でも1千トン以上の量が排出されている現状である。これらについては、量もさる事ながら、容積にすると莫大な容積である。これを処分する方法として、完全回収され、再生処理（フラフ、グラッシュなど再生用原料に加工）を行い、成型メーカーなどで再び製品として循環という「マテリアルリサイクル」が基本的な流れになっている。しかし、再生品用途開発の遅れや、再生原料がバージン原料に比べ価格格的優位がなくなり、再生処理施設の厳しい運営を余儀なくされている。

また、再生処理施設を持たない地域では、「塩ビは再生加工に適した素材」と言われながらも、その多くが二度と利用されない埋立てや焼却処分されるのがほとんどである。また、減容固形方式により固形物を作成しても、そのままの状態では地中に埋め戻すことができない現状である。

この固形物の利用方法として、再生骨材とSCカーバイドを組み合わせた試料について、①締め固め試験、②CBR試験を行って強度特性を検討してきた。この固形物の有効利用方法を検討することで、産廃最終処分に埋めずに、有効利用できる1方法を提案するものである。各項目について検討した結果、本研究の範囲内で以下のことが明らかになった。

- ①農ビの混合量が増加するほど、含水比及び密度が下がる。
- ②農ビの混合量を30%としても膨潤量はきわめて微量である。
- ③農ビの混合量が増加するごとに乾燥密度、CBR値が減少する。
- ④農ビの混合量が多くなると、SCカーバイドとの反応に必要な粘土分が足りなくなるため、強度低下の原因となる
- ⑤農ビの混合量が一定の場合にはカーバイドの最適な混合量がある。
- ⑥カーバイドの添加量に関係なく、CBR値と乾燥密度は比例関係にある。
- ⑦農ビの割合が0～15%までならば下層路盤の路盤材として使用できる。

謝 辞

受託研究として援助していただいている日高地方農業廃プラスチック適正処理推進研究協議会の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 和歌山県みかん園芸課（県果樹園芸課）(2) (社)日本施設園芸協会「園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況」
- (3) 平成12年度農業用廃プラスチック回収実績（県施設園芸協会）(4) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律の改正について（平成12年6月一部改正）(5) マニフェスト関係の実施 平成13年4月1日

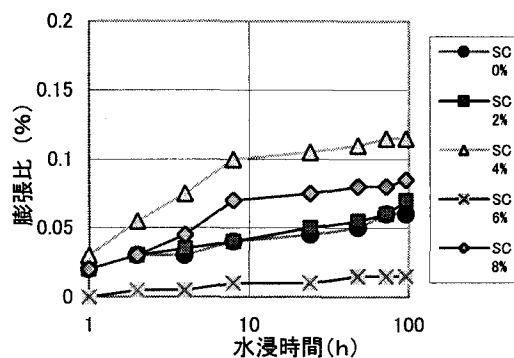


図-4 膨張比の関係

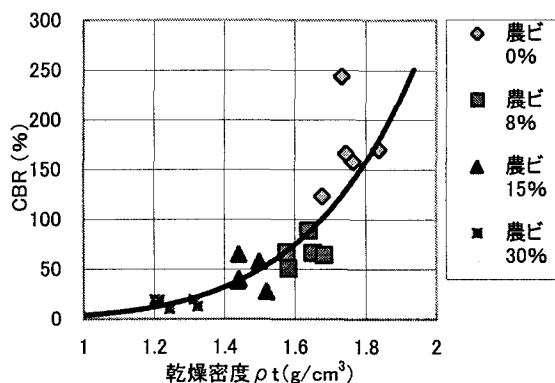


図-5 乾燥密度とCBRの関係