

# 新しい低環境負荷土木材料に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 22～平 24

担当チーム：材料資源研究グループ（新材料）

研究担当者：西崎到、新田弘之

## 【要旨】

土木事業では、これまで様々な形で環境へ配慮し事業が行われてきたが、なお一層の環境負荷最小化が必要である。これまでの研究で、土木事業に関する環境負荷は、間接的なものも含めると材料に起因した負荷の割合が大きいことが分かっている。このため、低環境負荷型の材料開発が欠かせない。個々の既存材料では、環境負荷低減に向けて技術開発が盛んに行われているが、大幅な負荷低減を実現するためには、既存の材料にとらわれず、環境負荷が低い素材を土木材料として利用できるようにする検討も必要である。

そこで、本研究では、従来土木には使用されていなかった素材を中心として、低環境負荷化に寄与できる可能性のある素材の土木材料としての適用性について基礎的な研究を行った。植物由来の素材やリサイクル材を中心に検討した結果、植物由来の素材でも今後の性状改善によっては土木材料へ利用できる可能性のある素材があり、リサイクル材の中には特殊な性状を生かした利用法があるものもあることが分かった。また、環境負荷量の検討を行ったところ、植物由来の素材では、性状改善が行われれば CO<sub>2</sub> 排出量の低減が期待できることが分かった。さらに、リサイクル材を利用する際に評価が難しかった還元物質共存下での六価クロムの定量について検討し、新しい分析方法を開発した。

キーワード：植物由来素材、バイオマスプラスチック、リサイクル材、中温化剤、CO<sub>2</sub> 排出量、六価クロム

## 1. はじめに

地球温暖化防止のために低炭素社会が強く求められるなど、持続可能な社会を実現させるためには、環境負荷の最小化を目指していく必要がある。土木事業は、土地の利用形態を変え、多くの資材の使用することから、環境へ与える影響は大きい。このため、これまで様々な形で環境へ配慮し事業が行われてきたが、なお一層の環境負荷最小化が必要である。

これまでの研究<sup>1)</sup>で、土木事業に関する環境負荷は、間接的なものも含めると材料に起因した負荷の割合が大きいことが分かっている。このため、土木において環境負荷を低減していくためには、低環境負荷型の材料開発が欠かせない。個々の既存材料では、環境負荷低減に向けて技術開発が盛んに行われているが、大幅な負荷低減を実現するためには、既存の材料にとらわれず、環境負荷が低い素材を土木材料として利用できるようにする検討も必要である。

そこで、本研究では、従来土木には使用されていなかった素材を中心として、低環境負荷化に寄与できる可能性のある素材の土木材料としての適用性について基礎的な研究を行った。

## 2. 低環境負荷素材の土木用としての適用可能性に関する調査

### 2.1 概要

環境負荷の低い素材は、各分野で導入が徐々に進んでいるが、土木分野においては、リサイクル材を除いては導入が進んでいるとはいえない。しかし、より一層の環境負荷低減のためには、様々な可能性を検討する必要がある。

そこで、低環境負荷素材を調査し、土木用として利用可能と考えられるものについて、素材リストを作成した。

### 2.2 方法

素材については、植物由来のもの、植物由来の原料からつくられたもの、リサイクル材などを調査し、原料や製法、諸性状などについて調査した。

### 2.3 素材リスト

調査の結果得られた素材リストを表-1 に示す。植物由来のものとしては、油、樹脂、繊維など、また植物由来の原料などを用い化学合成で得るバイオマスプラスチック、リサイクル材としては、新たな機能が期待できるも

表-1 素材リスト

分類	素材名	原料	製法	主な物性	概要
植物油、植物樹脂類	ロジン	松(松ヤニ)	松ヤニを蒸留、あるいはパルプ副産物(粗トール油)を蒸留	密度1.07程度、軟化点76℃程度	塗料、接着剤の原料、スポーツ用の滑り止め、弦楽器の塗布用、ハンダ用フラックスなど。
	ヒマシ油	トウモロコシ	圧搾など	密度0.96程度、粘度(25℃)680mPa・s	非食用油。塗料、潤滑油などに利用。世界生産量600千トン。主な生産地:インド。
	ひまわり油	ひまわり	圧搾、溶剤抽出	密度0.91~0.92程度、発煙点266℃、動粘度(20℃)90mm <sup>2</sup> /s	食用油。世界生産量12,000千トン。主な生産地:ロシア、EU
	大豆油	大豆	溶剤抽出	密度0.91~0.92程度、発煙点238℃	食用油。世界生産量40,000千トン。主な生産地:米国、ブラジル
	ペニバナ油	ペニバナ	圧搾、溶剤抽出	密度0.91~0.92程度、発煙点266℃	食用油。世界生産量不明(輸入量14千トン)。主な輸入元:米国
バイオマスプラスチック	ポリ乳酸	デンプン(多くの場合、コーンスターチ)	発酵、化学合成	融点180℃程度、ガラス転移点60℃程度	最も多用されているバイオマスプラスチック。世界生産量120千トン。食品包装、包装資材、容器など。
	ポリトリスチレンテレフタレート(PTT)	糖	発酵、化学合成	融点230℃程度、ガラス転移点50℃程度	36%がバイオマス由来。PET樹脂と似た性質で、容器、繊維などに使用。1社のみで生産。
	ポリアミド(ナイロン11)	ヒマシ油	化学合成	比重1.02、融点190℃程度	耐薬品性、耐熱性が良好で、燃料チューブ、冷却ホース、下水の配管などに使用。1社のみで生産。
繊維類	ジュート	黄麻(田麻科の一年草)	生茎を浸漬後、皮を剥ぎ、乾燥。ジン皮部を利用。	繊維長1~4mm 太さ15~25ミクロン	麻袋、紐、カーペット基布など。主な生産地:バングラデシュ、インド
	ラミー	苧麻(葎麻科の一年草)	茎を剥皮機で剥いで、乾燥。ジン皮部を利用。	繊維長20~200mm 太さ42~66ミクロン	衣料、寝装など。主な生産地:中国、ブラジル
	ケナフ	ケナフ(アオイ科の一年草)	茎を浸漬あるいは機械で剥離しジン皮部を利用。あるいは茎全体をパルプに利用。	繊維長2~6mm	紐、パルプ代用など。主な生産地:タイ、インド
	マニラ麻	アバカ(芭蕉科の多年草)	葉脈繊維を機械で剥ぎ、乾燥。	繊維長3~10mm 太さ10~20ミクロン	ロープ、紐、帽子など。主な生産地:フィリピン、エクアドル
リサイクル材	非鉄スラグ類	フェロニッケル、銅の精錬副産物	ニッケル鉱石、銅鉱石を溶解し、金属を取り出し、残った部分を冷却、破碎、分級などして製造。	銅スラグ密度3.6g/cm <sup>3</sup> 程度、フェロニッケルスラグ密度3.0g/cm <sup>3</sup> 程度	コンクリート用骨材、舗装用骨材などに既に利用されている。
	エコスラグ類	都市ゴミ、下水汚泥など	ゴミ、焼却灰などを1200℃以上で熔融	密度2.7g/cm <sup>3</sup> 程度	コンクリート用骨材、舗装用骨材などに既に利用されている。
	人工ゼオライト	石炭灰、製紙スラッジ焼却灰、廃ガラスなど	灰などをアルカリ処理して、ゼオライト化	粒子径5~100μm、比表面積100~150m <sup>2</sup> /g	ゼオライトの代替として。水質浄化、排気ガス浄化、酸性化した土壌の改善など。
	硫黄固化物	石油精製副産物	石油精製の脱硫処理時に発生	120~160℃で液体	バインダーとして、(セメントを用いない)コンクリートに利用。耐食性に優れ、下水用、海洋、酸性河川などに利用。

のをとりまとめた。ここには実用可能性が比較的高いあるいは実用可能段階にある16の素材について示したが、この他にも生産量が少ないものや開発途上のものなど、多くの素材があった。

### 3. 低環境負荷素材の土木用利用方法の検討(その1)

#### 3.1 概要

低環境負荷素材の利用方法として、舗装用途を対象として、①植物由来素材を用いた舗装用バインダの検討、②リサイクル材を用いた舗装用添加剤の検討、の2つの検討を行った。

##### ①植物由来素材を用いた舗装用バインダの検討

舗装用材料の中では、バインダとして使用しているアスファルトは化石資源を原料としているが、ここでは、化石資源を原料としない植物由来の素材に置き換える可能性についての検討を行った。

##### ②リサイクル材を用いた舗装用添加剤の検討

舗装用のアスファルト混合物は、製造時に加熱するため燃料などエネルギー消費が多くなるが、この製造時の加熱温度を下げエネルギー消費を削減するための添加剤、すなわち中温化剤の利用が始まっている。この中温化剤

にリサイクル材を利用する方法について検討した。

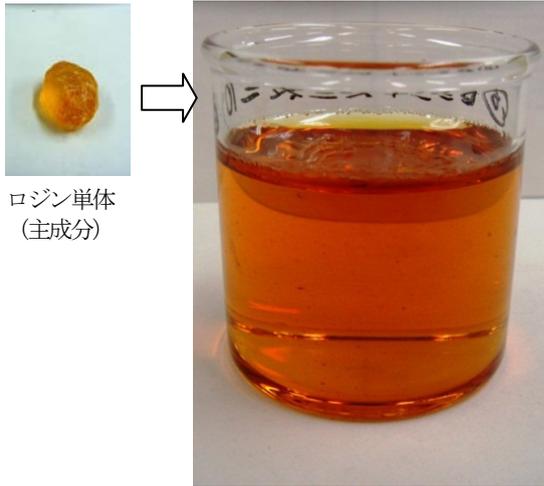
#### 3.2 方法

##### (1)植物由来素材を用いた舗装用バインダの検討

舗装用バインダとして、植物由来素材を原料とするものは、すでにヒマワリ油を原料とした製品がフランスで開発されている<sup>2)</sup>。ヒマワリ油は、食料との競合があることや、日本周辺では生産量が多くないこと、接着性を持たせるために高度の加工を必要することなどから、ここでは他の植物由来素材を検討することにした。

松ヤニから取れるロジンは、工業用には粘着材や塗料に用いられ、そのままでも粘着性がある。また、食料との競合もなく、アジアでの生産量が多い。そこで、このロジンを主剤に、化学合成を行わずに得られる素材を添加して舗装用バインダとしての利用可能性を検討した。図-1にロジン(単体)とロジンに植物油などを添加して粘度を調整したものを示す。

本検討では、全てを植物由来の素材とすることを目標に、ロジンを主成分として、軟化剤として植物系油を添加し、性状向上のために天然ゴムを添加するなどして検討した。表-2に検討内容を示す。



ロジン単体  
(主成分)

図-1 ロジン単体および植物油を添加したロジン

表-2 検討内容

検討項目	供試体	試験項目
検討①: 軟化用植物 油の検討	主剤: ロジン 軟化剤: ①ヒマシ油 ②ヒマワリ油 ③大豆油 ④べにばな油	①針入度調整 (軟化 剤配合率の決定) ②バインダ性状測定 (針入度、軟化点 等)
検討②: 混合物性状 の確認	バインダ: 検討①で性状の良かったもの+性状向上のため天然ゴムを添加したもの 混合物配合: 密粒度 13	①混合物試験 (マー シャル安定度、残 留安定度、動的安 定度)

### (2) リサイクル材を用いた舗装用添加剤の検討

リサイクル材としては、石炭灰などをアルカリ処理して得られる人工ゼオライト<sup>3)</sup>を用いた。人工ゼオライトは図-2に示すように、天然ゼオライトや合成ゼオライトと同様に粒子に細孔があり、吸湿剤、吸着剤、土壌改良材などに利用できる。舗装用添加剤としては、アスファルト混合物製造時に添加し、製造温度を低くすることができる中温化剤として利用できるかを検討した。

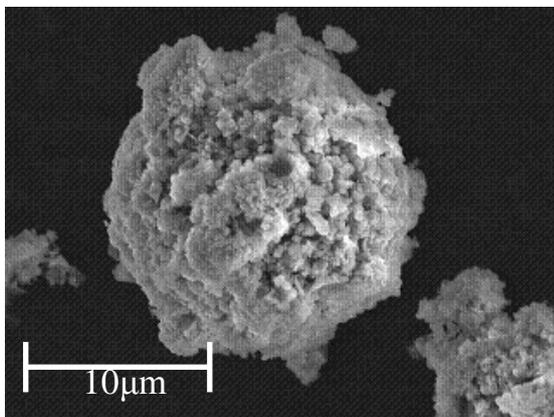


図-2 人工ゼオライトの拡大写真 (×2000)

ここでは、所定の温度に加熱したアスファルトに水を保持させた人工ゼオライトを添加し、アスファルトが発泡することによる体積増加を測定した。より長く発泡状態を保てることで、利用がしやすくなるため、泡保持のための補助剤も検討した。

### 3.3 検討結果

#### (1) 植物由来素材を用いた舗装用バインダの検討

ロジンは常温で固体であり、脆い性質を持っている。これに油を加えることで、柔軟性を持たせることができる。まず、ロジンにヒマシ油、ヒマワリ油、大豆油、べにばな油を添加して針入度を測り、針入度 60 になる配合比を予め求めた。結果を表-3に示す。針入度、軟化点など、ヒマシ油以外は各項目とも油の種類によって際立った傾向は見られなかった。そこで、非食用のヒマシ油と、食用ではべにばな油を代表として、混合物試験を行うことにした。

表-3 バインダ試験結果

項目	ロジン+ ヒマシ油	ロジン+ヒ マワリ油	ロジン+大 豆油	ロジン+べ にばな油
油添加量	19.5%	16.1%	16.5%	16.4%
針入度 (1/10mm)	60.0	60.0	60.0	59.5
軟化点(°C)	43.5	49.5	49.5	50.0
伸度(cm)	100+	100+	100+	100+
針入度指数 PI	-2.6	-0.9	-0.9	-0.8

混合物試験は、バインダでの検討で絞った植物油を用い、また性状向上を期待して、天然ゴムを添加したのもも検討した。

ロジンを主体とするバインダで作製した混合物を図-3に示す。ロジンは図-1で示したように透明感があるため、ロジンを主体としたバインダで作製した混合物は、骨材の色がよく現れた。

試験結果を表-4に示す。マーシャル安定度は特に問題のない値を示したが、残留安定度が規定の 75% を大きく下回った。動的安定度を図-4に示す。動的安定度もアスファルトをバインダにした場合と比べ、低い値を示し、天然ゴムを添加することにより多少の改善は見られたが、アスファルトと同程度にはならなかった。特にヒマシ油を使用した場合には、ホイールトラッキング試験後の供試体の底面に油状の滲みだしが見られ、60°Cでの養生と試験の間にロジンとヒマシ油の分離が起こったものと考えられた。以上より、現時点では通常のアスファルトと同等の性状は得られておらず、実用には添加剤や改質などを図り、性状を向上させる必要があると考えられた。



図-3 ロジン系バインダを用いた混合物

表-4 混合物試験結果

項目	アスファルト	ロジン+ひまし油	ロジン+ひまし油+天然ゴム	ロジン+ベニバナ油+天然ゴム
マーシャル安定度(kN)	13.6	11.4	12.26	12.1
フロー値	3.0	2.8	2.6	2.5
残留安定度(%)	83.6	66.0	49.1	68.0

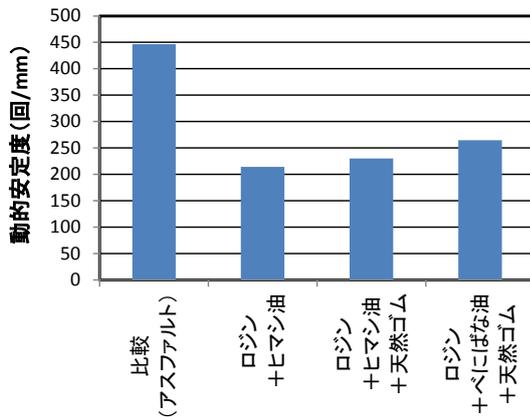


図-4 ホイールトラッキング試験の結果

#### (2) リサイクル材を用いた舗装用添加剤の検討

発泡性能を確認するため膨張率試験を行った。試験結果の一例を図-5に示す。今回使用したアスファルトの場合、通常の混合温度は150℃であり、開発目標は30℃低減としたため、試験温度を120℃として膨張率<sup>4)</sup>を測定した。人工ゼオライトに水だけを加えたものは、発泡はしたが泡が大きく持続性がなかった。そこで、発泡系中温化剤にも使用されている泡保持剤を加え試験を行ったところ、アスファルト内で発生した泡が持続することが確認された。これより本検討で使用したリサイクル材は、主剤を人工ゼオライトとし、助剤には水と泡保持剤を添

加することで、中温化剤としての利用の可能性が高いことが分かった。

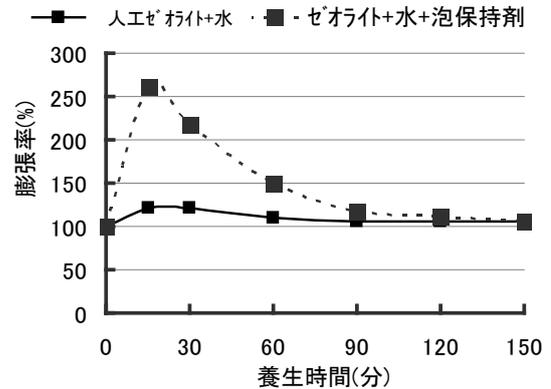


図-5 発泡によるアスファルトの膨張

## 4. 低環境負荷素材の土木用利用方法の検討 (その2)

### 4.1 概要

近年、植物などを原料としたプラスチック（バイオプラスチック）が開発されており、これを使ったFRP（繊維強化プラスチック）は、コンピュータの筐体、自動車部品などでは、すでに導入が始まっている。

ここでは、現在最も生産量の多いバイオプラスチックであるポリ乳酸（PLA）樹脂を使用して、土木用FRPとしての利用可能性について検討を行った。特に、繊維も含めて全てを植物由来の素材からできたFRP（グリーンコンポジット）の性状把握も含めて検討を行った。

### 4.2 方法

#### (1) 供試体

本研究で使用した素材の概要を表-5に示す。強化繊維は、ガラス繊維を1種類、植物繊維はマニラ麻、ジュート、ラミーの3種類を使用した。

FRPの積層構成は、試作を行った上で目標板厚8mmに達するように繊維の積層数を設定した。表-6に積層構成を示す。繊維の太さや樹脂の浸透性などの違いによって積層構成は異なっている。

表-5 使用素材

素材		概要
繊維	ガラス繊維	ロービングクロス 800g/m <sup>2</sup> の平織目付のガラス繊維クロス
	マニラ麻	マニラ麻(経糸1本)に木綿糸(1本)を織ったもの
	ジュート	経糸(2本)に木綿糸(1本)を織ったもの
	ラミー	市販の布状の繊維
ポリ乳酸(PLA)樹脂		熱可塑性樹脂のペレット状 PLA 樹脂を 180~190℃に加熱・混合・プレスし、シート状に成形した樹脂板

表-6 積層構成 (目標板厚 8mm)

	繊維		PLA 樹脂板
	種類	積層数 (枚)	積層数 (枚)
1	ガラス繊維	11	7
2	マニラ麻	16	17
3	ジュート	7	8
4	ラミー	24	13

図-6 に成型方法を示す。テフロンシートで養生した上型枠・下型枠で挟み込み、プレス機で、加熱 (成形温度 185°C) ・加圧 (加圧時間 30 分) 後、冷却し試験体を成形した。

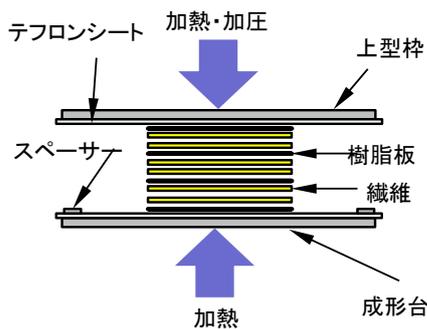


図-6 成型方法

(2) 試験項目

試験は、引張り試験および曲げ試験を行った。試験片および試験条件の概要を表-7 に示す。また、引張り試験の様子を図-7 に示す。

表-7 試験片および試験条件の概要

試験法	試験片	試験条件
引張り試験 (JIS K 7164 のタイプ 2)	25mm(幅) × 250mm(全長) × 8mm(厚さ) ※ただし、ラミーだけ材料の都合で 10mm(幅) × 150mm(全長)	標線間距離: 170mm 試験速度: 1mm/min
曲げ試験 (JIS K 7017 の A 法)	15mm(幅) × 170mm(全長) × 8mm(厚さ)	支点間距離: 130mm 試験速度: 4mm/min



図-7 引張り試験の様子 (ジュートを用いた例)

4.3 結果

試験結果の一覧を表-8 に示す。FRP 密度では、植物系繊維を強化繊維に使用した場合は、ガラス繊維と比べて 30~40% 軽量なものになった。

引張り弾性率はガラス繊維と比べて、40% 程度小さい値を示した。しかし、引張り強度は図-8 にも示すように、植物繊維ではガラス繊維の 1/3 程度と小さい値を示した。破壊時に、ガラス繊維では層間での破壊であり、PLA 樹脂と繊維の接着、PLA 樹脂の充填状態の改善が必要と考えられた。植物繊維では層間の破壊はあまり顕著ではなかったが、破壊面の観察によると繊維内に樹脂が入り込んでいない部分もあり、ガラス繊維同様の改善が必要と考えられた。

表-8 試験結果一覧

繊維種類	FRP 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	引張強さ (MPa)	引張弾性率 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	曲げ弾性率 (GPa)
ガラス繊維	1.82	186.8	14.1	41.4	10.7
マニラ麻	1.13	40.3	8.6	40.1	8.1
ジュート	1.25	55.2	8.2	45.7	7.4
ラミー	1.31	46.2	-	-	-

※ラミーについては、材料成形上の都合で引張強さのみ実施

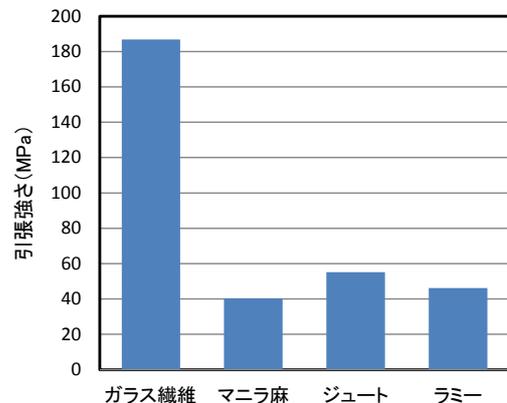


図-8 引張り試験の結果 (引張強さ)

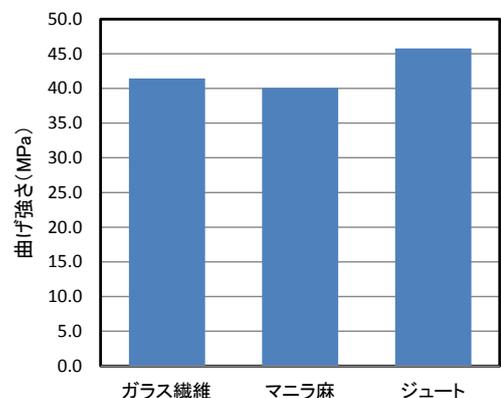


図-9 曲げ試験の結果 (曲げ強さ)

曲げ弾性率はガラス繊維と比べて30%程度小さい値を示した。曲げ強さは図-9にも示すとおり、ガラス繊維と同程度であった。破壊時は、ガラス繊維とマニラ麻で、層間剥離が見られ、ジュートでは引張り面側での破壊であった。樹脂と繊維の接着、樹脂の充填状態の改善を図ることで、曲げ試験結果も向上することが予想された。

以上より、植物繊維を用いた場合、軽量であるが引張り強度は比較的小さく、現時点では土木用途での汎用的に利用できる可能性は見いだせなかった。生分解性を高めることができることから、埋め捨てにする土木シートなどのアンカーピンであれば、使用後分解するため有効であると考えられる。しかし、素材の前処理や成形方法の改善により、まだ十分に性状を改善できる見込みがあり、今後性状の向上が図れば、土木分野でももう少し適用箇所が広がるものと考えられた。

## 5. 低環境負荷材料の環境負荷量の解明

### 5.1 概要

本研究では、低環境負荷素材として植物由来の素材やリサイクル材などを候補として検討した。しかし、それらの素材も製造や加工で大きな環境負荷があると、原料が低環境負荷であっても全体としては環境負荷を増大させることが考えられる。また、リサイクル材では、不純物があるために、利用時に溶出などして環境に影響を与えるところも考えられる。

そこで、ここでは、試験調査した材料を例に環境負荷量としてCO<sub>2</sub>排出量についての検討を行った。また、リサイクル材からの溶出物質の分析において、これまで定量が難しかった、還元物質共存下での六価クロムの定量方法を検討した。

### 5.2 方法

#### (1) CO<sub>2</sub>排出量の評価

ここでは、バイオマスプラスチックを用いたFRPについて原料採取からFRP製品加工までのCO<sub>2</sub>排出量について試算した。使用したCO<sub>2</sub>排出原単位および使用数量などを表-9に示す。

#### (2) 還元物質共存下での六価クロム定量法の検討

六価クロムの測定方法はいくつかあり、その中で測定操作が比較的容易であり、六価クロムを選択的に測定することができるという点よりジフェニルカルバジド(以下、DCという)を使用する方法が多く利用されている。しかし、還元物質共存下では六価クロムは酸を添加すると三価クロムに還元してしまうため、このような場合は六価クロムを正しく定量できない。そこで、DCを用い

表-9 CO<sub>2</sub>排出量の試算に用いた数値

原単位	素材種類	単位	原単位	出典
	不飽和ポリエステル樹脂	kg-CO <sub>2</sub> /kg	4.29	文献5)のJP310241
ポリ乳酸樹脂	kg-CO <sub>2</sub> /kg	1.19	文献6)	
ガラス繊維	kg-CO <sub>2</sub> /kg	2.32	文献5)のJP315009	
ジュート	kg-CO <sub>2</sub> /kg	3.07	文献7)のその他の繊維工業製品	

構成比	FRP種類	樹脂:繊維(質量比)	設定方法
	通常FRP	40:60	本研究の実測値に合わせたもの
	樹脂を植物化したFRP	40:60	本研究の実測値
	全て植物由来のFRP	75:25	本研究の実測値

るが、分析途上での還元を起こさせない手順を見いだし、還元物質共存下でも六価クロムの定量ができる方法を検討した。検討した測定操作を表-10に示す。検討では、JIS K 0102を比較のために行うと共に、JISの一部の操作を変更した操作や簡便に使用できる市販の混合試薬も使用するなどした。

表-10 試験項目

検試試験法	操作手順
① JIS法	溶出検液を硫酸で酸性にした後にDC溶液を添加する方法
② JIS逆操作法	溶出検液にDCを先に添加した後に硫酸で酸性にする方法
③ 酸・試薬事前混合法	予め硫酸とDCを混合しておいた溶液(以下、DC+硫酸混合溶液という)を添加する方法
④ 市販試薬法	ジフェニルカルバジド系でpH調整剤入りの市販試薬を添加する方法

### 5.3 結果

#### (1) CO<sub>2</sub>排出量の評価

植物由来素材に置き換えたバイオマスFRPについて、CO<sub>2</sub>排出量を試算した。試算では、FRPに加工するまでを計算しており、供用中やリサイクル時・廃棄時などは含まない。また、バイオマスFRPは軽量であるため、質量当たりの排出量ではなく、体積当たりの排出量とした。しかし、現時点ではバイオマスFRPは通常のFRPと同等の性能は持っていないので、将来同程度の性能を持つと想定して試算を行った。

図-10に結果を示す。樹脂だけを植物由来の樹脂に変更しただけでも、20%程度のCO<sub>2</sub>排出抑制が期待できると試算された。PLA樹脂とガラス繊維の接着が改善され、耐候性などが確認されればPLA樹脂の利用により低環境化が期待できると考えられた。繊維も植物由来に変更した場合、50%程度のCO<sub>2</sub>排出抑制が期待できると試算された。しかし、繊維を植物繊維に変更した場合、本研

究では強度が大きく低下しており、この効果を得るには、今後さらなる性能向上のための検討が必要であると考えられた。

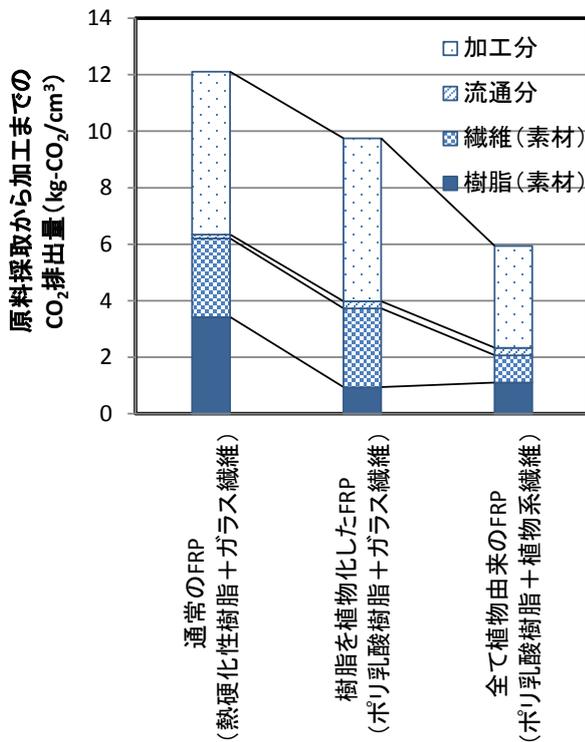


図-10 バイオマス FRP の CO<sub>2</sub> 排出量の試算

## (2) 還元物質共存下での六価クロム定量法の検討

還元物質共存下での六価クロム定量法を検討した結果を図-11 に示す。どの方法も、本試験前に還元物質が無い状態で検量線を作成すると共に、検液の吸収スペクトルを確認し、クロム-1,5-ジフェニルカルバジン錯体の吸収波長である 540~550nm 付近で吸光度がピークを持つことを確認した。①のように JIS K0102 の手順で行った場合、検液中に含まれる Cr(VI) の 70% 程度しか計測されず、分析中に硫酸を添加した際に、Cr(III) への還元が起こったため、Cr(VI) が減少したものと考えられた。②や④では、①よりは Cr(VI) が高く計測されたが、100% の値とはならなかった。③では、添加した Cr(VI) と分析結果が一致し、還元作用の影響を受けずに分析できたものと考えられた。しかし、還元物質が非常に多い場合に、③の方法でも Cr(VI) の回収率が低下することもあったため、③の方法でも還元物質濃度の検討を行うなどして、還元物質濃度の上限値などを設ける必要があると考えられた。

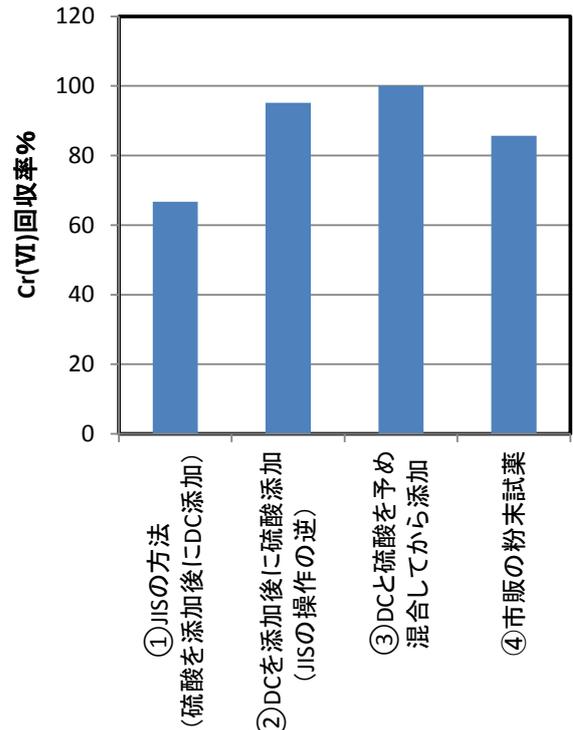


図-11 還元物質共存下での Cr(VI) 定量方法の検討

## 6. まとめ

本研究で得られた結果は、次のとおりであった。

- ・ 低環境負荷素材として、植物由来の素材、植物由来の原料からつくられた素材、リサイクル材などを調査して、一覧表に整理できた。
- ・ 低環境負荷素材の土木利用の検討を行った。舗装用バインダの植物由来素材の利用の検討では、ロジンと植物油を混合したものの利用可能性を調べ、舗装用バインダとして利用するにはさらに耐流動性や水抵抗性などの性能向上を図る必要とあると考えられた。リサイクル材を利用した舗装用添加剤を検討したところ、石炭灰を原料とする人工ゼオライトが有効で、中温化剤としての利用が可能であることが分かった。なお、この適用法においては別途課題を設定して研究開発を進めることとした。
- ・ 低環境負荷素材の一つとして、他産業で活用が始まっているバイオマスプラスチックを用いて、バイオマス FRP の性状を検討した。樹脂、繊維共に植物由来に変更した場合、通常の FRP に比べて 30~40% 程度の軽量化が見込まれた。しかし、引張り強度が 1/3 程度に低下するため、現状では土木での利用は非常に限定的だと考えられた。
- ・ 低環境負荷材料の環境負荷低減量の解明では、バイオマス FRP を対象に CO<sub>2</sub> 排出量の試算を行った。そ

の結果、今後性状改善が行われ従来の FRP と同程度の性状が得られるようになれば、樹脂を植物由来樹脂に変更するだけで20%程度のCO<sub>2</sub>排出抑制が期待でき、繊維も植物由来に変更した場合、50%程度のCO<sub>2</sub> 排出削減が期待できると試算された。

- ・ リサイクル材を利用する際に必要となる、還元物質共存下での Cr(VI)の定量方法の開発検討を行った。ジフェニルカルバジド法を改良して、ジフェニルカルバジドと硫酸混合液を試薬として使用することで、還元物質共存下でも Cr(VI)が定量可能になり、新しい分析方法が開発できた。

### 参考文献

- 1) 建設省：省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発 第一編 土木分野、建設省総合技術プロジェクト最終報告書、p.18、1996.10
- 2) Christine DENEUVILLERS: Renewable resources in roadworks An alternative to the dominance of oil, Preservation and rehabilitation 2009 - The Eco-Friendly Bailout for our Infrastructure, [http://www.arra.org/index.php?option=com\\_docman&view=docman&Itemid=114](http://www.arra.org/index.php?option=com_docman&view=docman&Itemid=114)
- 3) 逸見 彰男：石炭灰の人工ゼオライト転換とリサイクル (特集 エネルギー・環境技術へのニューセラミックスの応用)、ニューセラミックス 10(7), pp.54-62, 1997.7
- 4) 清水他;アスファルト混合物の施工性改善に寄与する舗装用添加剤の開発、道路建設、No.650、pp.28～33、2002.3
- 5) CFP 制度試行事業事務局 (社団法人産業環境管理協会)：カーボンフットプリント制度試行事業 CO<sub>2</sub>換算量共通原単位データベース ver. 4.01 (国内データ)、<http://www.cms-cfp-japan.jp/calculate/verify/data.html>
- 6) 日本バイオマス製品推進協議会：参考資料2 バイオマス製品の地球温暖化ガスの削減効果、[http://www.jora.jp/rinji/biomass\\_product/pdf/teigen2.pdf](http://www.jora.jp/rinji/biomass_product/pdf/teigen2.pdf)
- 7) サプライチェーンにおける温室効果ガス排出量算定方法検討会：参考資料2 ケーススタディにおける算定フォーマット、原単位リスト等、[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\\_chain/com04/ref02.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/com04/ref02.pdf)

# A STUDY ON ENVIRONMENTAL-FRIENDLY MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING

**Budgeted** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2010-2012

**Research Team** : Materials and Resources Research Group  
(Advanced Materials)

**Author** : NISHIZAKI Itaru

NITTA Hiroyuki

**Abstract** : In the construction field, environment has so far been considered. However, the efforts must be continued for minimization of an environmental impact. According to our old research, the environmental impact in the construction field is understood that there are many related to material. For this reason, in order to reduce the environmental impact, low environmental impact type material development is indispensable.

This research is the basic study for making environmental-friendly materials apply as construction materials. As a result, it was thought that some materials of vegetable origin might be able to be used for construction. It was thought that one of the recycling materials might be able to be used functionally. As a result of examining an environmental impact, it was surmised that use of vegetable-based materials became environmental impact reduction. Moreover, the new analysis method of hexavalent chrome for recycling material was developed.

**Key words** : vegetable-based materials, biomass plastics, recycled materials, additive for warm mix asphalt, carbon dioxide emission, hexavalent chrome