

建設発生木材を用いた法面緑化工法の現地適用

桜井健介* 平野 篤** 中村 剛*** 塚本博成**** 岡本誠一郎*****

1. はじめに

1.1 背景

建設発生木材は、最新の調査である平成17年度時点で年間471万トンが場外排出されている¹⁾。建設発生木材は、発生抑制の上、再資源化されることが期待されているが、単純焼却される割合が高く、再資源化率が低いことが課題の一つとされている。

一方で、法面緑化資材や園芸資材としてピートモスが消費されており、有機質系生育基材吹付工の主材料の一つとして利用されている²⁾。ピートモスとは、ミズゴケなどが寒冷地湿地で未分解状態のまま長年堆積し変性してできたもので、土壌の通気性や保水性の改善効果に優れた土壌改良材である。採掘にあたっては、湿地の減少や生態系の破壊などの悪影響が懸念されるため、業界団体等はルールを設定し、環境に配慮した事業を試みている。しかし、ピートモスの採掘後、新たにピートモスが復元して炭素貯蔵庫の役割を果たすとしても2000年程度かかると推測されている³⁾ことから、ピートモスを採掘すると、分解が進み、大気中の温室効果ガスを増加させることとなる。

1.2 蒸煮爆砕技術を用いた法面緑化工法

木材の蒸煮（じょうしゃ）爆砕法とは、長さ5cm程度の木質チップを高高温高圧の水蒸気によって一定時間蒸煮した後、瞬時に圧力を開放し、凝縮水の気化に伴う爆発的な体積膨張と蒸煮装置からの高速噴射による物理的な破壊によって粉碎する処理を指す⁴⁾。蒸煮爆砕法は木材の糖化、飼料化などに用いられる他、当チームでは木材等からのバイオガスの生成のための利用法⁵⁾を開発し普及を図っている。走査型電子顕微鏡により撮影された蒸煮爆砕処理の前後の木材（ヒノキ）の写真の例を図-1に示す。蒸煮爆砕処理によって木質繊維が10マイクロメートル単位で破断されていることがわかる。

木質チップを爆砕処理した木質爆砕物は、繊維化するためにピートモスとよく似た性状の物性に

改質されることに着目し、これまでに土木研究所、日本植生株式会社、ライト工業株式会社、東興建設株式会社は共同研究により、伐木や抜根材などの建設発生木材や剪定枝葉の木質爆砕物をピートモスの代替材料として法面緑化資材へ利用する工法（以下、「本工法」という）を開発した⁶⁾。これまでの研究では、本工法は導入木本植物の発芽・生育は良好で、周辺環境より草本植物が侵入・定着することが確認されており、周辺環境に調和した緑化が期待できる結果となっている。本工法を、ダム建設工区内の道路法面に適用し、その施工性、生育基盤の耐侵食性、植物の生育性を調査するとともに、環境への影響として温室効果ガス排出抑制効果について評価を実施した⁷⁾。

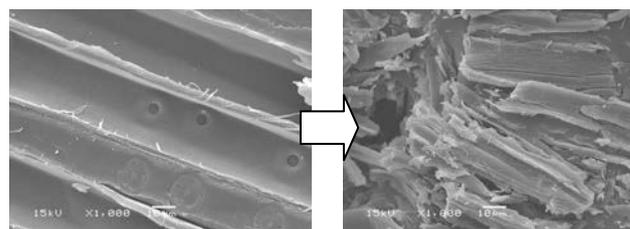


図-1 蒸煮爆砕処理前後のヒノキの断面（共に日本電熱株より提供）

2. 木質爆砕物による法面緑化工法の現地適用評価

2.1 施工方法

調査にあたっては、裸地状態での生育基盤の耐侵食性を確認するため、植物が生長するまでに時間が十分取れるよう、しばらくは発芽・生育が少ない10月下旬に施工することとした。施工場所は、嘉瀬川ダム建設工区（佐賀県）内の南西向きの勾配1:1.2の法面100m²とし、金網設置後、生育基盤の吹き付けを行うこととした。吹き付け材の配合条件は、過去の実験⁸⁾を参考に、表-1のとおりとした。蒸煮爆砕の原料木質は、ダム建設工事に伴って生じたイヌシデ、シイ・カシ類、クロキ、ヤマハゼ、クヌギ、コナラ、スギ等の抜根材を破砕機で5cm程度に破砕したチップとし、2.5MPaの蒸気によって3分間蒸煮後、爆砕した。種子は、メドハギ、ヨモギ、イタドリ、ススキ、クリーピングレッドフェスク（以下、「CRF」と

いう)とした。湿式吹付け機と吹付け作業状況を図-2に示した。吹き付けには、一般的な吹付ノズルの口径42mmの湿式吹付け機を使用した。蒸煮爆砕物、バーク堆肥、肥料、中和剤は事前に配合・梱包し現場へ搬入した。吹付厚さは5cmとした。吹き付けの際には、上部より下部へ一回仕上げとし、むらなく所定の厚さに仕上げることにした。

表-1 生育基盤材の配合条件 (仕上がり1m³あたり)

材料	蒸煮爆砕物	バーク堆肥	肥料	接合剤	中和剤	種子
単位	L	L	L	kg	kg	-
配合量	850	850	170	0.85	0.85	有り



図-2 湿式吹付け機と吹付け作業状況

2.2 追跡調査方法

施工後の追跡調査として生育基盤材の理化学試験および植生調査を行った。生育基盤材の理化学試験では、pH、水分含有率、C/N比、水溶性有機酸(酢酸、プロピオン酸)を測定した。pH、水分含有率、C/N比は、肥料分析法⁹⁾に従った。水溶性有機酸は、生育基盤材25g(湿潤重量)に超純水500mLを加え、20℃の恒温室にて120rpmで1時間浸漬し、メンブレンフィルター(孔径0.2μm)によるろ過を行い、ろ液をイオンクロマトグラフ(IC20 Ion Chromatograph、Dionex Corporation)により測定した。植生調査では、施工面に調査枠(1m×1m)を設置し、この中にみられた植物の種類毎の発芽密度と植被率を測定した。調査は、平成20年10月28日(施工直後)、11月28日(31日経過)、平成21年1月29日(92日経過)、6月23日(238日経過)に実施した。6月は植生調査のみとした。

2.3 施工結果

吹き付け作業については、今回使用したノズル径では生育基盤材がノズルに詰まることなく作業可能であった。また、作業者によると、生育基盤材が比較的細かく均質であるため、ムラができにくく、作業性は良かったとのことであった。

2.4 追跡調査結果

生育基盤の組成の分析結果を表-2に示す。92日目の調査時には、雨天であったため、水分含有率は高かった。有機酸は、酢酸とプロピオン酸が検出された。酢酸およびプロピオン酸は、31日目には、減少していた。酢酸をはじめとする有機酸は低分子であり、屋外においては微生物によって分解が進行する⁹⁾ためと思われる。また、pHは、蒸煮爆砕物単独では3程度となるが、中和剤をはじめとする資材と混合した生育基盤材の吹き付け時のpHは、5.7であった。31日経過時では、7.7となった。高濃度の有機酸や低pHは、植物の生育を阻害する⁹⁾が、吹き付け後、時間を経ることによって、生育に適した条件に近づいたと言える。

表-2 生育基盤材の理化学性と経時変化

分析項目	単位	0日目	31日目	92日目
pH	-	5.7	7.7	7.5
水分含有率	%	58	46	68
C/N比	-	48	42	43
酢酸	mg/L	1690	37	42
プロピオン酸	mg/L	30.1	0.6	1.8

図-3に、期間中の生育基盤の状況を示す。期間中の降雨・降雪によって生育基盤材が大きく流出することは無く、耐侵食性に問題は見られなかった。施工区では凍上が起きることもあったが、生育基盤材の外見に大きな影響は見られなかった。法面緑化は植物の生育により、法面の安定と土壌の侵食防止効果を期待しているが、植物がまばらで侵食防止効果を発揮するまでに生長していない状態が冬季の半年程度と、比較的長期間であっても、耐侵食性を有していることが示された。

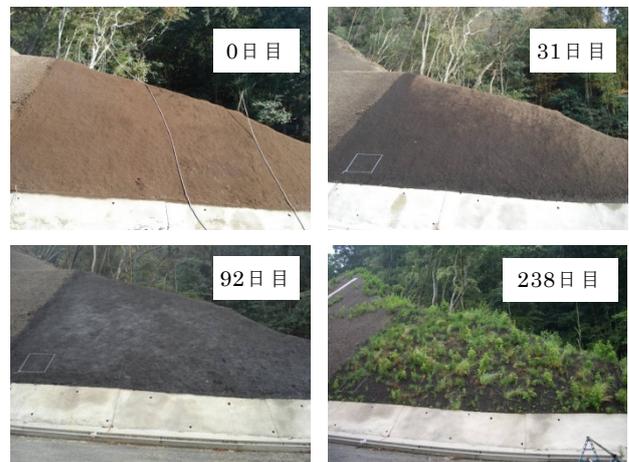


図-3 期間中の生育基盤の状況

発芽密度と植被率の結果を表-3に示す。31日目の調査時には導入種の発芽が確認された。メドハギやCRFは、31から92日目までの間に凍上によって枯死したものと考えられる。植被率は、92日目までは5%未満であったが、238日目には30%に達した。同時期に実施された蒸煮爆砕処理していない木質チップを主体とした生育基盤材は、238日前後で植被率が5%未満であり、本工法は、未処理木質チップと比較して生育が早い傾向が見られた。本生育基盤材の物性は、未処理チップを主原料とした生育基盤材と比較して、やわらかく、保水性が高いことから、植物の生育に適していたものと考えられる。

表-3 発芽密度と植被率

種類	単位	0日目	31日目	92日目	238日目
メドハギ	本/m ²	0	10	0	8
ヨモギ		0	0	0	2
イタドリ		0	0	0	0
ススキ		0	0	0	1
CRF		0	1	3	7
植被率	%	5未満	5未満	5未満	30

3. 温室効果ガス排出抑制効果の評価

3.1 温室効果ガス排出抑制効果評価方法

本工法の適用による温室効果ガス排出抑制効果の評価するため、木質爆砕物あるいはピートモスを吹き付け材として利用する2通りのシナリオを設定し、温室効果ガス排出量を推算し、両者を比較した。ピートモス利用時に関しては、文献値³⁾を用いた。なお、両シナリオに共通の施工法面切土工、金網設置、吹き付け作業による温室効果ガスの排出は評価の対象としなかった。また、機材の製造や破棄による排出は計上しなかった。

3.1.1 シナリオ1：木質爆砕物吹き付けシナリオ

切土等によって発生した抜根材を、100mm程度以下に破碎した後に、蒸煮爆砕処理の工場まで搬送し、蒸煮爆砕処理の後、抜根材の発生元まで搬送し、現地にて生育基盤材として吹き付け、基盤中で分解するまでとした。抜根材が基盤中で分解して生じる温室効果ガスは、処分時に生じていた温室効果ガスと相殺されるものと考え、有効利用時の分解による温室効果ガス排出量はゼロとした。蒸煮爆砕処理による温室効果ガスの排出は、試験機より使用電気量を求め、製品化時に、排熱利用及び放熱ロス対策等により20%程度改善が見込めるものと仮定した。運搬にあたっては、抜根

材の発生元から蒸煮爆砕処理の工場までの往復が主と思われ、工場は各地方に建設される場合を想定し、往復200kmの走行を計上した。設定条件は表-4のとおりとし、軽油、ガソリン、電力は文献¹⁰⁾に基づいた。

表-4 シナリオ1における設定条件

項目	値	単位	参考文献
木材の含水率	38.6	%	実測
破碎処理に要する軽油量	9.44	L/t-wet	11)
運搬*に要するガソリン量	0.100	L/t-wet/km	12)
蒸煮爆砕に要する電力量**	792	kWh/t-wet	

* 最大積載量2000kgの業務用貨物車に2000kg積載した場合
** 試験機の実測値(2.7MPa、3分)の20%の改善を想定した場合

3.1.2 シナリオ2：ピートモス吹き付けシナリオ

ピートモスの利用シナリオは、文献³⁾に基づいた。すなわち、主要な採掘源のひとつであるカナダで採掘されたピートモスが、市場に流通し、生育基盤材として吹き付けられ、基盤中で分解するまでであり、土地利用変化、掘削・加工、運搬、分解に区分されている。土地利用変化は、主にピートの掘削面以下の残存したピートの分解によっている。運搬は、大部分が北米内で利用されることを想定して計算された値をそのまま用いたため、日本への運搬時よりも少ない値となっている。分解は、ピートが炭素貯蔵庫として復元に成功しても2000年程度かかると推測される³⁾ことから、短期的には大気中の炭素量を増やすと考えられるため、基盤中で分解を計上している。

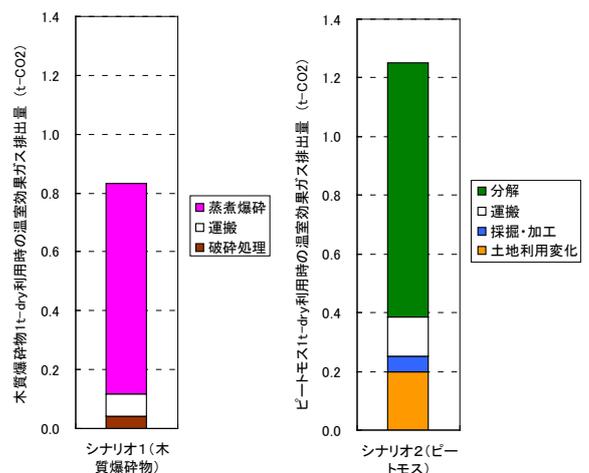


図-4 シナリオ1(木質爆砕物利用)及びシナリオ2(文献³⁾に基づいたピートモス利用)の乾燥重量1t利用時の温室効果ガス排出量

3.2 温室効果ガス排出抑制効果の評価結果

シナリオ1(木質爆砕物)およびシナリオ2(ピートモス)の乾燥重量1tあたりの温室効果ガ

ス排出量の推算結果を図-4に示した。木質爆砕物 1t-dryをピートモス代替基盤材として利用した時には0.42t-CO₂（ガソリン約180Lの燃焼分に相当）の温室効果ガス抑制効果が得られると推算された。シナリオ1においては、蒸煮爆砕処理に伴う温室効果ガス排出が大部分を占め、さらなる改善が期待される。評価の精度向上のためには、機材の製造や破棄による排出の算出と蒸煮爆砕処理の製品化による改善の検証が必要である。

4. まとめ

生育基盤用ピートモス代替品として木質爆砕物を現地適用したところ、ムラができにくく、作業性は良好であった。生育基盤材の理化学特性は、吹き付け後、時間を経ることによって、生育に適した条件に近づき、約1カ月で発芽が生じることが確認された。裸地状態において、降雨により大きく基盤が流出することもなく、凍上や降雪によっても、支障は見られなかった。また、木質爆砕物 1t-dry利用時の温室効果ガスは、蒸煮爆砕処理に伴う排出が大部分を占め、抑制効果は、諸条件の仮定の下で、同量のカナダ産ピートモスと比較して0.42t-CO₂と推算された。さらに、ピートモス利用の継続は湿地保全等への悪影響も大きいことも考えると、蒸煮爆砕法による建設発生木材の有効利用が進むことが望まれる。

について、2006

- 2) 日本法面緑化技術協会編：のり面緑化技術－厚層基材吹付工－、山海堂、2005
- 3) Jullan Cleary, Nigel T. Roulet, Tim R. Moore : Greenhouse Gas Emissions from Canadian Peat Extraction, 1990–2000: A Life-cycle Analysis. J. Hum. Env.: 34(6) pp.456～461、2005
- 4) 森川 弘道：木材のポップコーン-Explosion法とその産物-、化学と生物、Vol.19、No.5、pp.286～291、1981
- 5) 落修一、南山瑞彦、鈴木穰、越智崇：木質に蒸煮・爆砕を施すことによる木質と下水汚泥との混合・嫌気性消化法に関する研究、下水道協会誌、Vol.41、No.498、pp.97～107、2004
- 6) 牧孝憲、高橋徳、舛田智江、根本健児、落修一：“木質爆砕物の法面緑化資材としての利用”、土木学会論文集G、Vol.62、No.2、pp.220～228、2006
- 7) 桜井健介、平野篤、中村剛、塚本博成、岡本誠一郎：木質爆砕物による法面緑化工法の現地適用とその温室効果ガス排出抑制効果の評価、第46回環境工学研究フォーラム講演集、pp.4～6、2009
- 8) 農林水産省農業環境技術研究所：肥料分析法（1992年版）、財団法人日本肥料検定協会発行
- 9) 河田弘：バーク（樹皮）堆肥 製造・利用の理論と実際、博友社発行、1981
- 10) 環境省・経済産業省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧
- 11) 高知県：高知県木質資源エネルギー活用事業A（国内排出削減プロジェクトからのVER認証・管理試行事業）モニタリング計画書、http://www.4cj.org/document/jver/kochiA_MPrev.pdf
- 12) 経済産業省告示第六十六号、貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法、2006

参考文献

- 1) 国土交通省、平成17年度建設副産物実態調査結果

桜井健介*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所材料地盤研究グループリサイクルチーム 研究員
Kensuke SAKURAI

平野 篤**



国土交通省九州地方整備局嘉瀬川ダム工事事務所工務第一課
Atsushi HIRANO

中村 剛***



日本植生株式会社
新規開発課 係長
Koh NAKAMURA

塚本博成****



ライト工業株式会社
九州支社 佐賀営業所長
Hiroshige TSUKAMOTO

岡本誠一郎*****



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所材料地盤研究グループリサイクルチーム 上席研究員
Seichiro OKAMOTO