

N-2 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

○桜井 健介^{1*}・平野 篤²・中村 剛³・塚本 博成⁴・岡本 誠一郎¹

¹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（〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6）

²国土交通省九州地方整備局嘉瀬川ダム工事事務所（〒849-0922 佐賀県佐賀市高木瀬東2丁目16番35号）

³日本植生株式会社（〒708-8652 岡山県津山市高尾573-1）

⁴ライト工業株式会社（〒812-0043 福岡県博多区堅粕1-28-44）

* E-mail: k-sakurai@pwri.go.jp

1. はじめに

建設工事に係る資材は、資源の有効な利用の確保及び廃棄物の適正な処理が求められている¹⁾。建設発生木材は、単純焼却が多く、再資源化率が低いことが課題のひとつであり²⁾、有効利用が期待されている。

木材の糖化、飼料化などのために蒸煮爆砕法が用いられている。木材の蒸煮爆砕法とは、長さ 5cm 程度の木質チップを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砕する処理を指す³⁾。

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⁴⁾。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⁵⁾。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⁶⁾。しかし、ピートモスの採掘後、新たにピートモスが炭素貯蔵庫として復元に成功しても 2000 年程度かかるかと推測されている⁷⁾ことから、短期的には大気中の炭素量を増やし、地球温暖化に寄与していると考えられる。

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、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⁸⁾。本工法を、ダム建設工区内の道路法面に適用し、本工法の施工性、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。

2. 木質爆砕物による法面緑化工法の現地適用評価

(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と取れるよう、しばらくは発芽が少ないと考えられる 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⁹⁾を参考に、表-1 のとおりとした。蒸煮爆砕物は、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に、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、グリーピングレッドフェスク（以下、「CRF」という）とした。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、パーク堆肥、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 1m²あたり）

材料	蒸煮爆砕物	パーク堆肥	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

(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、CN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、CN比は、肥料分析法¹⁰⁾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。

(3) 施工結果

吹き付け作業については、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。また、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。

(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¹¹⁾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。

本生育基盤材の物性は、未分解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、保水性が高く、植物の生育に適した性質を示した。

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。

期間中の降雨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。

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
CN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

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

(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を評価するため、木質爆砕物の利用時のシナリオを設定し、温室効果ガス排出量を推算し、ピートモス利用時の文献値⁹⁾を目安として比較した。各シナリオは以下に示した。両シナリオに共通の切土工、金網設置、吹き付け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。

a) 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が、100mm程度以下に破砕された後に、蒸煮爆砕処理の工場まで搬送され、蒸煮爆砕処理され、抜根材の発生元まで搬送され、現地に生育基盤材として吹き付けられ、基盤中で分解することで生じた温室効果ガスは、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	12)
運搬に要するガソリン量	0.100	L/t-wet/km	13)
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

b) 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⁸⁾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、運送、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。運送は、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、日本への運送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⁸⁾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。

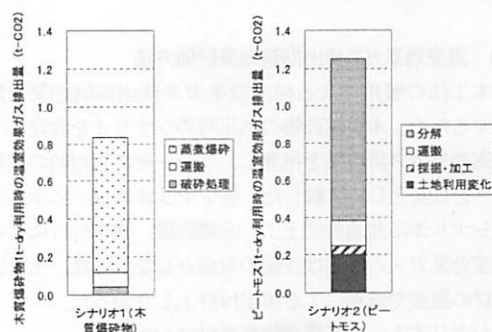


図-1 シナリオ1 (木質爆砕物利用) 及びシナリオ2 (文献⁸⁾に基づいたピートモス利用) の乾燥重量1t利用時の温室効果ガス排出量

(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-1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、ムラがでにくく、作業性は良好であった。生育基盤材の理化学性は、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、31日目には種子からの発芽が確認された。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。

参考文献

- 1) 建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律(平成十二年五月三十一日法律第百四号)
- 2) 社会資本整備審議会環境部会建設リサイクル推進施策検討小委員会、中央環境審議会 廃棄物・リサイクル部会建設リサイクル専門委員会、建設リサイクル制度の施行状況の評価・検討について とりまとめ、2008
- 3) 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.
- 4) 日本法面緑化協会編:のり緑化技術-厚層基盤材付工-,山海堂,2005
- 5) 藤原俊六郎ら:土壌肥料用語辞典, (社)農山漁村文化協会,1998.
- 6) North American Wetlands Conservation Council Committee: Canadian Peat Harvesting and The Environment, <http://www.peatmoss.com/pdf/issuepap2.pdf>
- 7) Wetlands International. 2004. Strategy and Action Plan for Mire and Peatland Conservation in Central Europe. Danish National Museum and Wetlands International. Wageningen, The Netherlands
- 8) Cleary J. et al.:Greenhouse Gas Emissions from Canadian Peat Extraction, 1990-2000: A Life-cycle Analysis J. Hum. Env.: 34(6) 456-461, 2005.
- 9) 牧 孝憲ら:“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.
- 10) 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
- 11) 河田弘:パーク(樹皮)堆肥 製造・利用の理論と実際, 博友社発行, 1981
- 12) 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/ver/kochiA_MPprev.pdf
- 13) 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
- 14) 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