

道路法面における未分解チップ吹付け工法の 植生回復状況に基づく評価

肥後睦輝・津坂洋輔・篠田善彦・木村正信

(2008 年 6 月 30 日受理)

Evaluation of the revegetation practice on the road-side slope sprayed the woody chip

Mutsuki HIGO, Yosuke TSUSAKA, Yoshihiko SHINODA and Masanobu KIMURA

要旨

本研究では、未分解チップ吹付け工の効果および問題点を明らかにするために、未分解チップ吹付け法面、植生シート工法面および未施工法面における植生回復状況を調査、検討した。植被率、合計植生量は未施工法面より未分解チップ吹付け法面の方が高い値を示した。また植被率には差がなかったものの、合計植生量は未分解チップ吹付け法面が植生シート工法面より高い値を示した。しかし、侵入種植生量、種数は未施工法面や植生シート工法面が未分解チップ吹付け法面より高い値を示した。未分解チップ吹付け法面では植被率、植生量、導入種の植生量は北斜面で高い値を示し、侵入種植生量と種数は南斜面で高い値を示した。以上の結果より、未分解チップ吹付け工は緑化工法として一定の効果を持つが、その効果を高めるには、南斜面では保水性の高い生育基盤材への改良、北斜面では在来植生の定着可能な裸地の確保といった斜面方位に応じた柔軟な工法が必要だと考えられた。

Abstract

We examined the efficiency and problems of the spraying woody chips as the revegetation method on the road-side slope. The slope sprayed woody chips had lower coverage and lower plant abundance than slopes without the revegetation practice and also than the slopes practiced with the vegetation sheet. However the plant abundance of native species and the species diversity was lower on the slopes sprayed woody chips than other two types of slopes. Furthermore, there were significant difference of the vegetation structure recovered between north-faced and south-faced slopes sprayed woody chips. We concluded that to increase the efficiency of revegetation practice by spraying woody chips, the more flexible practice should be adopted according to slope aspects.

I. はじめに

道路建設などの土木工事にともなって裸地斜面が形成されると同時に、支障木の伐採により利用価値の低い枝条、根株が大量に発

生する。近年、二酸化炭素の排出削減や資源再利用といった環境保全の観点から、多量の木質廃棄物を粉碎チップ化した未分解チップを法面緑化の生育基盤材として利用する事例が増加している（木村ほか 2000, 横塚ほか 2000, 大谷ほか 2001, 二見ほか 2003, 池田ほか 2003）。

しかし、堆肥化を行わずに未分解チップを生育基盤材として用いると、有機物の急激な発酵・分解に伴うフェノール酸等の有害成分の発生や、窒素不足などによって植物の生育障害を引き起こすという指摘がある（池田ほか 2003）。一方で、未分解チップを生育基盤材に混入しても植物の生育に悪影響はないという報告もある（木村ほか 2000, 横塚ほか 2000, 大谷ほか 2001, 二見ほか 2003）。しかし、これらの研究は施工 2 年後までの調査結果に基づくものである。未分解チップを法面緑化に有効活用していくためには、未分解チップ吹付け工法が植生回復に及ぼす長期的な影響を異なる緑化工法と比較し、定量的に解明することで、適正な評価を行う必要がある。

また、近年、緑化工の目的として自然景観・緑の復元に重点が置かれるようになり、周辺の生態系と調和した樹林を早期に復元する木本植物の早期導入法の確立が課題となっている（小橋 1992, 後藤ほか 2002）。しかし、法面緑化を実施した斜面では吹付けた導入植物が繁茂することによって斜面の裸地部分が全面被覆され、新たな植物の侵入が阻害されているという指摘もある（後藤ほか 2002, 今本ほか 2003）。したがって、生物多様性に対する配慮が求められる今日、緑化斜面における在来種の侵入定着状況も工法の評価基準として考慮する必要がある。

緑化を施す法面は、斜面方位や傾斜といった地形条件において多様である。斜面方位の違いは、日射量における差、そしてその結果として気温、地温、蒸発量、土壌湿度における差をもたらすために、植生構造にも大きく影響する（薄井・杉浦 1968, 石塚 1977）。緑

化工法の評価を行う場合には、斜面方位が植生回復状況及ぼす影響を無視することはできないと考えられる。

本研究では、未分解チップを生育基盤材として吹付けた道路法面、植生シートを敷設した法面、並びに斜面整形のみの緑化未施工法面で植生調査を行うことにより、異なる工法間で植生回復状況を比較するとともに、施工後の経過年数や斜面方位が植生回復状況に及ぼす影響を分析することで、未分解チップ吹付け工の効果および問題点を検討した。

Ⅱ. 調査地および調査方法

1. 調査地の概況

調査を行ったのは、揖斐川流域の岐阜県揖斐郡藤橋村に建設中の徳山ダムより上流に位置する水没予定地内の作業道法面である。藤橋村徳山地区での年平均気温は 11.3 °C, 年間降水量は 3,244 mm に達し、冬季には積雪深が 2.5 m を超えることもあり、特別豪雪地帯の指定を受けている（建設省中部地方建設局越美山系砂防工事事務所 1983）。法面周辺の植生は、スギを主体とする植林地、およびブナ、ミズナラ、イタヤカエデ、コハウチワカエデ、ホオノキ、トチノキなどを優占種とする天然林である。地質は主に玄武岩、砕屑岩、砂質岩、珪質岩で構成されている。地層は上から沖積砂礫層、沖積粘土層の順となり、その下は洪積世の砂礫層と粘性土層が交互に存在している（山内 1981）。

調査対象地の標高は海拔 300～400 m の範囲にあり、調査した作業道の法面は主に風化岩盤質の切土斜面で、緑化植物の生育基盤となる厚層基材が吹付けられ、吹付け厚は 3～5 cm となっていた。調査対象の未分解チップ吹付け法面、化学繊維のネットを利用した植生シート工法面、緑化工を施していない未施工法面の施工年別の数および概要を表-1 に示した。未分解チップ吹きつけ法面での吹付け基材 1 m³ あたりの配合量は生育基盤材（未分解チップ）2000 ℓ, 高度化成肥料 4.0 kg, 接合剤（高分子系樹脂）4.0 kg, そして種子

表-1 調査法面の概要

	施工年	施工斜 面長(m)	施工面 積(m ²)	斜面傾 斜(度)
未分解チップ 吹付け法面	2004	17	2200	56
	2002	20	2100	60
	2002	35	6780	55
	2002	20	2140	53
	2001	17	3269	60
	2001	30	4560	58
	2001	20	3260	63
	2001	24	3770	55
	2000	13	1660	60
	2000	10	400	51
	2000	5	100	54
	2000	10	500	62
	1999	20	2200	51
植生シート工法面	2002	-	-	54
未施工法面	2002	-	-	48
	2002	-	-	51
	2002	-	-	59
	2001	-	-	60
	2001	-	-	53

(-):資料が不明

である。種子の配合には 2000 年までは「旧配合」が、2001 年からは「新配合」がそれぞれ採用され、使用された植物種子の種類及び配合量が異なる。種子量は旧配合では 188.9 g、新配合では 35.4 g であった。旧配合では木本類のヤマハギ (*Lespedeza bicolor* Turcz.), イタチハギ (*Amorpha fruticosa* L.) と草本類のメドハギ (*Lespedeza cuneata* (Dum. Cours.) G. Don) が主に使用されたが、新配合では草本類のホワイトクローバー (*Trifolium repens* L.), レッドトップ (*Agrostis gigantea* Roth), オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) など主に使用され、木本類は使用されなかった。

2. 調査方法

調査対象法面において、吹付け区域の端から横断方向に 5 m 毎の地点で斜面下方から約 1 m, 2 m, 3 m の高さの場所に調査プロット (50 cm×50 cm) を設置した。調査プロットごとに、植被率 (植生によって被覆される割合)、出現した植物の種名、種ごとの被度を

記録した。さらに約 5 m ごとにクリノメーターにより斜面方位を測定した。

施工後 3 年目の未分解チップ吹付け法面で、隣接した北向き、南向きの斜面を対象として法面の中腹に温度センサー (KDC-S1) を設置して深さ 5cm での地温測定を実施した。特に乾燥が著しいとされる夏季の地温を検討するため、2004 年 6 月 24 日から 8 月 31 日にかけて 30 分おきに地温を計測した。

本論文では、法面における植物の生育量 (現存量) の目安として植生量を算出して用いた。植生量は出現種の被度を合計した値である。また植生量、種数については、吹付け種子起源の導入種と、法面周辺の植生から自然に侵入した侵入種に区分して示した。導入種と侵入種の両方を含む場合は合計植生量、合計種数と記した。植被率、植生量、種数の平均値は、同一施工年で同一工法の斜面の全調査プロットの平均値として算出した。種数、植被率の平均値を工法間、斜面方位の間で比較する場合には、それぞれ平方根変換、逆正弦変換した値を一元分散分析により検定した。植生量と地温を比較する場合には、変数変換せずに一元分散分析によって検定を行った。

Ⅲ. 結果

1. 未施工法面、シート工法面との比較

未施工法面は 2001 年 (施工後 4 年目)、2002 年 (施工後 3 年目) に、植生シート工法面は 2002 年に造成、施工が行われたので、それぞれ同年に施工された未分解チップ吹付け法面と植生回復状況を比較した。未分解チップ吹付け法面と植生シート工法面を比較した結果、植被率には有意な差がなかった ($F=0.33$, $p>0.05$, 表-2)。しかし、合計植生量、導入種植生量は未分解チップ吹付け法面で、侵入種植生量、合計種数、侵入種種数は植生シート工法面で、有意に高い値をそれぞれ示した (植生量: $F=13.59$, $p<0.001$, 導入種植生量: $F=6.95$, $p=0.01$, 侵入種植生量: $F=4.36$, $p=0.039$, 合計種数: $F=19.26$,

表-2 異なる施工方法の間での植被率，植生量，種数の比較

施工後経過 年数(施工年)	施工法	植被率(%)	植生量(%/0.25m ²)			種数(種/0.25m ²)		
			導入種	侵入種	合計	導入種	侵入種	合計
3年(2002)	未分解チップ吹付け	48.1	43.5	14.4	57.9	2.0	1.0	2.9
	植生シート工	43.3	27.6	23.9	51.5	1.6	2.5	4.1
	未施工	36.3	6.7	40.5	47.2	0.5	3.0	3.5
4年(2001)	未分解チップ吹付け	68.7	74.9	3.0	77.9	2.0	0.3	2.3
	未施工	48.9	13.8	52.4	66.2	0.8	3.7	4.5

表-3 施工後4年目の未分解チップ吹付け法面の南斜面，北斜面における植被率，植生量，種数

斜面方位	調査区数	植被率(%)	植生量(%/0.25m ²)			種数(種/0.25m ²)		
			導入種	侵入種	合計	導入種	侵入種	合計
南斜面	93	54.1	60.0	5.0	65.0	2.3	0.4	2.7
北斜面	189	75.9	82.3	2.0	84.3	1.8	0.3	2.1

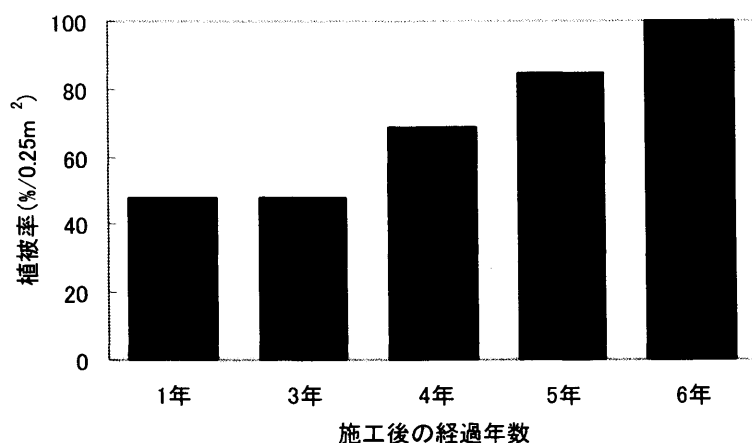


図-1 未分解チップ吹付け法面における施工後の経過年数と植被率との関係

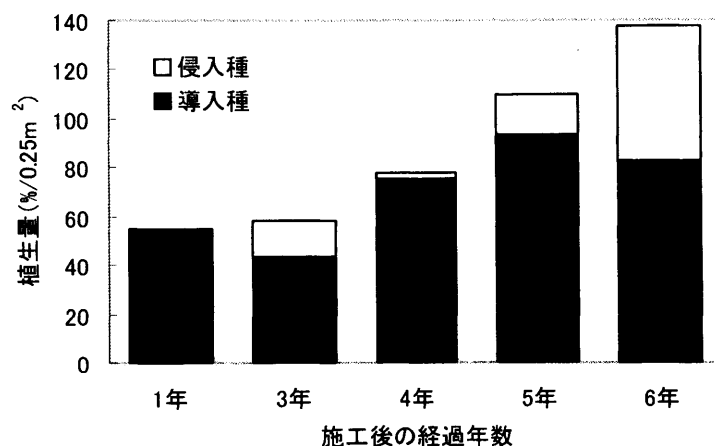


図-2 未分解チップ吹付け法面における施工後の経過年数と植生量との関係

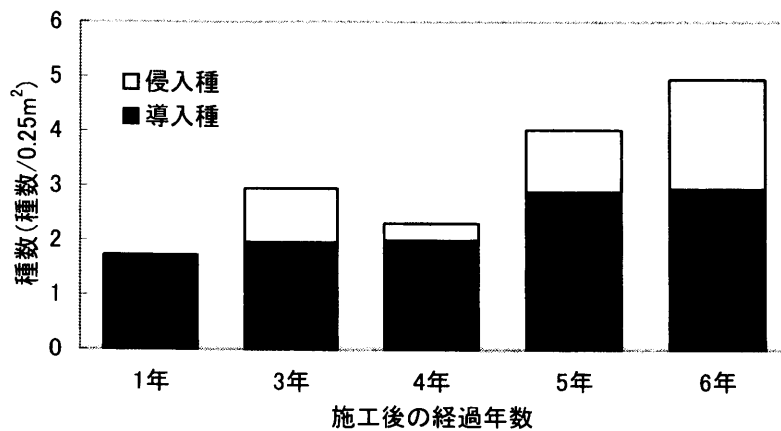


図-3 未分解チップ吹付け法面における施工後の経過年数と種数との関係

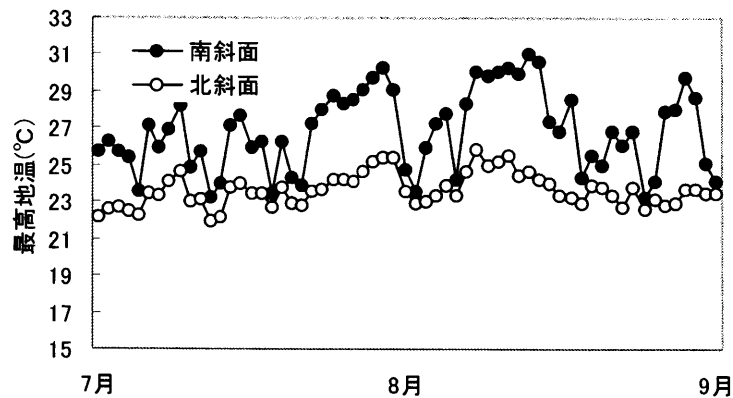


図-4 未分解チップ吹付け法面における南斜面と北斜面の夏季における最高地温との変化

$p < 0.001$, 侵入種種数: $F=27.53$, $p < 0.001$, 表-2)。

施工後3年目の未分解チップ吹付け法面と未施工法面の間には、植被率、合計植生量、侵入種植生量、侵入種種数に統計的に有意な差が認められた(植被率: $F=10.11$, $p=0.002$, 合計植生量: $F=4.87$, $p=0.029$, 侵入種植生量: $F=35.07$, $p < 0.001$, 侵入種種数: $F=47.49$, $p < 0.001$, 表-2)。植被率は未分解チップ吹付け法面で48.1%, 未施工法面で36.3%, 合計植生量は未分解チップ吹付け法面で57.9%, 未施工法面で47.2%と、いずれも未分解チップ吹付け法面が高い値であった。一方、侵入種植生量は未分解チップ吹付け法面が14.4%,

未施工法面が40.5%, 侵入種種数は未分解チップ吹付け法面が1.0種/0.25m², 未施工法面が3.0種/0.25m²で、いずれも未施工法面が高い値を示した。しかし、未分解チップ吹付け法面と未施工法面の間で合計種数には差がなかった。

施工後4年目の未分解チップ吹付け法面と未施工法面の間には、植被率、合計植生量、侵入種植生量、合計種数、侵入種種数に統計的に有意な差が認められた(植被率: $F=26.79$, $p < 0.001$, 合計植生量: $F=5.93$, $p=0.015$, 侵入種植生量: $F=405.90$, $p < 0.001$, 合計種数: $F=109.02$, $p < 0.001$, 侵入種種数: $F=497.68$, $p < 0.001$, 表-2)。植被率は未分解チップ吹付

け法面で 68.7%, 未施工法面で 48.9%, 合計植生量は未分解チップ吹付け法面で 77.9%, 未施工法面で 66.2%となり, いずれも未分解チップ吹付け法面が高い値となった。侵入種植生量は, 未分解チップ吹付け法面が 3.0%であったのに対して, 未施工法面は 52.4%と高かった。合計種数, 侵入種数も, 未分解チップ吹付け法面より未施工法面が高かった。

2. 施工後の経過年数と植生回復状況

未分解チップ吹付け法面における植被率は, 施工後 3 年目までは 50%程度であったが, 4 年目以降急激に増加し, 施工後 6 年目にはほぼ 100%に達した (図-1)。合計植生量も, 施工後 3 年目までは 50%程度であったが, 4 年目以降急激に増加した (図-2)。導入種植生量は施工後 5 年目を最大値として 6 年目には減少傾向を示したが, 侵入種植生量は 6 年目に大幅に増加した。合計種数も施工後の経過年数に伴って増加し, 特に 5 年目以降は急激な増加傾向を示した (図-3)。特に, 侵入種数が経過年数に伴って増加する傾向を示した。

3. 斜面方位と植生回復状況

施工後 4 年目の未分解チップ吹付け法面を南斜面と北斜面に大別して比較したところ, 植被率, 合計植生量, 導入種植生量, 侵入種植生量, 合計種数においては, 南斜面と北斜面の間に有意な差が認められた (植被率: $F=47.12$, $p<0.001$, 合計植生量: $F=16.82$, $p<0.001$, 導入種植生量: $F=23.66$, $p<0.001$, 侵入種植生量: $F=8.09$, $p=0.005$, 合計種数: $F=26.31$, $p<0.001$, 表-3)。植被率は南斜面で 54.1%, 北斜面で 75.9%となり, 北斜面の方が高かった。合計植生量は南斜面で 65.0%, 北斜面で 84.3%, 導入種植生量は南斜面で 60.0%, 北斜面で 82.3%と, いずれも北斜面で高い値を示した。侵入種植生量は, 南斜面が 5.0%, 北斜面が 2.0%, 合計種数は南斜面が 2.7 種/0.25 m², 北斜面が 2.1 種

/0.25 m²で, 南斜面の値が高かった。

4. 斜面方位と地温

施工後 3 年目の未分解チップ吹付け法面における 7 月から 9 月までの約 2 ヶ月間の最高地温 (毎日 14 時計測) の変化を図-4 に示した。北斜面の最高地温は南斜面に比べると 1~5℃ほど低く, また変化の割合が小さかった。この間の平均地温は南斜面が 24.6℃, 北斜面が 22.8℃で, 南斜面が有意に高かった ($F=103.76$, $p<0.001$)。

5. 導入種と侵入種の関係

未分解チップ吹付け法面において導入種植生量が侵入種植生量に及ぼす影響を施工年ごとに図-5(a)~(d)に示した。いずれの施工後の経過年数でも, 導入種植生量が多いと侵入種植生量が減少する傾向がうかがわれた。ただし, 導入種植生量と侵入種植生量の間に有意な負の相関が認められたのは施工後 5 年目と施工後 6 年目の法面だけであった (施工後 3 年: $r=0.181$, $p=0.129$, 施工後 4 年: $r=0.049$, $p=0.417$, 施工後 5 年: $r=0.466$, $p<0.001$, 施工後 6 年: $r=0.951$, $p<0.001$, 図-5(c), (d))。施工後 5 年目の法面では, 導入種植生量が少ないにもかかわらず, 侵入種植生量の少ない調査プロットも存在した。しかしながら, 施工後 6 年目の法面では導入種植生量の減少は確実に侵入種植生量の増加と結びついていた。

IV. 考察

未分解チップを含む生育基盤材を用いた緑化においては, 未分解チップの高い C/N 比に起因する活発な微生物活性のもたらす窒素飢餓, さらに分解生成物であるフェノール酸などの有害物質が導入植物の成長に悪影響を及ぼすことが指摘されている (池田ほか 2003)。しかし, 多くの研究が施工後 6 ヶ月から 2 年目までは, 未分解チップを生育基盤材に混入しても比較的植物の生育が良好だと報告している (木村ほか 2000, 横塚ほか

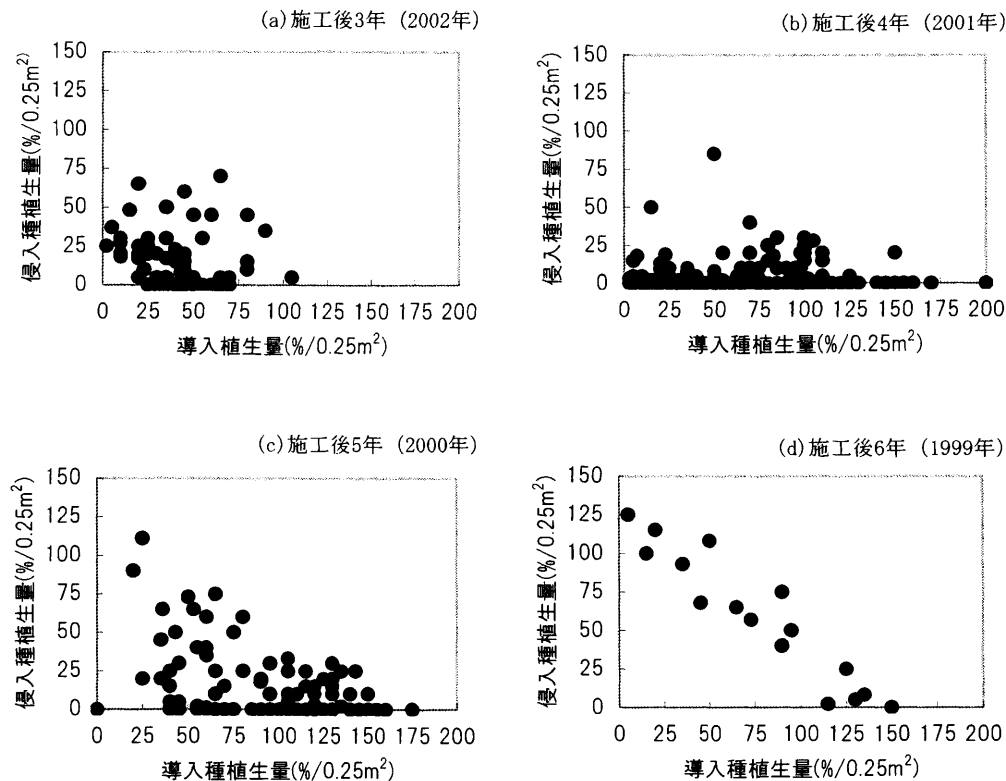


図-5 未分解チップ吹付け法面における導入植生量と侵入植生量関係

2000, 大谷ほか 2001, 二見ほか 2003)。今回、施工後 3 年目と 4 年目の未分解チップ吹付け法面と未施工法面を比較した結果、緑化成功度の基準となる植被率、生育する植物体量の目安となる合計植生量とも、未施工法面より未分解チップ吹付け法面の方が高い値を示した。秋山ほか (2002) は、山腹緑化施工地において、施工区の方が未施工区に比べて植生の密度が高く、出現種数も多い点を指摘している。未分解チップ吹付け工も、植生回復という点では一定の効果をもたらすと判断できる。さらに植生シート工法面と比べると、植被率には差がなかったものの、植生量に関しては未分解チップ吹付け法面が高い値を示した。したがって、未分解チップ吹付け工は他の工法と比較しても植生回復に関して見劣りしない効果を有することが示唆される。

侵入種の植生量と種数については明らか

に未施工法面のほうが未分解チップ吹付け法面よりも高い値を示した。外来牧草主体の緑化を実施した法面では、施工後 20 年経過した段階でも外来牧草が優占するために在来種の侵入が少なかった (今本ほか 2003)。また外来草本の混播は木本植物の発芽、生育を抑制する場合もある (吉田 2002)。本調査地の未分解チップ吹付け法面でも、導入草本が繁茂するために侵入種の発芽や生育が低く抑えられている可能性がある。さらに、未分解チップ吹付け法面では植生シート工法面よりも侵入植生量が少なく、種数も少なかった。したがって、未分解チップ吹付け工は在来植生の再生という点では未施工や他工法に比べ効果の低いことが推察される。

これまでの未分解チップ吹付け法面の植被率を調べた研究では、施工後 6 ヶ月で 90% (池田ほか 2003)、2 年目で 30~70% (二見ほか 2003) と報告されている。本調査地の未

分解チップ吹付け法面では、施工後3年目までは植被率が50%に達していないが、その後急激に増加して施工後6年目には100%に達していた。また、植生量についても施工後4年目以降に急激に増加する傾向が認められた。さらに、植生量の増加には、導入種だけでなく、侵入種の植生量の増加も寄与していることが明らかになった。種数の変化についても時間の経過に伴って侵入種の種数が増した結果、全体の種数が増加していた。したがって、未分解チップ吹付けを施すことにより、初期には導入種による植被率の増加という過程が、その後は導入種の衰退と侵入種の侵入定着という過程が法面で起こると考えられる。しかし、今本ほか(2003)が指摘しているように、外来牧草主体の緑化では20年経過しても在来種の定着が抑制され続ける場合もある。未分解チップ吹付け法面における植生回復過程を明らかにするためには、今後さらに長期的な継続観察が必要だと考えられる。

施工後4年目の未分解チップ吹付け法面の南斜面と北斜面を比較した結果、植被率、合計植生量、導入種植生量は北斜面で、侵入種植生量と合計種数は南斜面で高くなった。これまでも斜面方位の違いが植生構造や植物の定着に影響することが指摘されている(石塚 1977)。南斜面は、北斜面に比べて日射量が多いために地温が上昇し、蒸散量が増加する結果、夏から秋にかけて著しく乾燥する(薄井・杉浦 1968, 石塚 1977)。今回の調査でも、南斜面では北斜面に比べ夏季の平均地温が高かったことから、表土に含まれる水分の蒸発が著しく、乾燥傾向にあると考えられる。土壌の乾燥は、種子の発芽、発生した植物の成長を抑制する(Kramer 1986)ために、植被率や植生量の低下が起こる。吉田ほか(2002)は、木本植物の発芽効率は南向きの斜面で低下したことを報告している。一方で南斜面の植被率が低い場所では、裸地が在来植物の侵入・定着の場として機能したために、侵入種植生量が増加し、種多様性が高く

なったと考えられる。未分解チップを吹付けた法面でも、適度に生じたポケットギャップで侵入植物が定着することが指摘されている(二見 2003)。今回の調査で明らかになったように、同じ工法であっても斜面方位によって植生回復の程度が異なったことから、緑化工法を評価する場合には斜面方位という要因を考慮する必要性が示唆される。

施工年毎に導入種植生量と侵入種植生量の関連性を検討した結果、施工後の経過年数が短い場合は明瞭でないが、経過年数が長くなると導入種植生量と侵入種植生量の間に負の相関が認められることが明らかになった。これは藤井ほか(2001)が指摘しているように、すでに生育している草本がその後の植生侵入、特に木本の侵入を抑制しているためだと考えられる。しかし、施工後の経過年数が短い法面では、導入種が少ない調査プロットで侵入種が増加する傾向はあるものの、調査プロットによっては導入種が少ないにもかかわらず侵入種が生育していなかった。そのために、導入種植生量と侵入種植生量の間に明瞭な関係が認められなかったと考えられる。

今回の調査で、未分解チップ吹付け工は法面の植生回復に一定の効果を持つが、在来植生の再生という点では問題点のあること、さらに未分解チップ吹付け法面における植被率や侵入種の生育状況は斜面方位によって大きく異なることが明らかになった。したがって、未分解チップ吹付け工の効果を高めるには、(1)南斜面ではより保水性の高い生育基盤材に改良することにより夏期の著しい表土の乾燥を防ぎ、初期段階での植被率を向上させる、(2)北斜面では多様性に富んだ緑化を行うために、導入植物の種子量を減らし、在来植生の定着可能な裸地を確保できる吹付けを実施する、といった斜面方位に応じた柔軟な工法が必要だと結論された。

本研究を実施するに際して、現地調査に御便宜を図くださり、吹付けに関する資料を提

供して下さった(独)水資源機構徳山ダム建設所の関係各位に深く感謝いたします。なお、本研究は文部科学省科学研究費補助金基盤研究C(15510072)の助成を受けたものである。

引用文献

- 秋山怜子・松下一樹・天田高白(2002)崩壊地における山腹緑化施工後の植生回復状況, 日本緑化工学会誌, 27(4):605-609.
- 藤井圭一・藤久正文・河野修一・全 謹雨・江崎次夫(2001)木本植物を利用するのり面の緑化, 日本緑化工学会誌, 27(1):335-338.
- 二見肇彦・牧 孝憲・猪俣景悟・楠浦重富(2003)未分解チップを有効利用した生育基盤材による自然回復手法について, 日本緑化工学会誌, 29(1):185-188.
- 後藤浩一・工藤勝弘・奥村誠崇(2002)ダム原石山跡地における緑化の現状と今後の課題, 日本緑化工学会誌, 28(2):358-362.
- 池田 桂・橋本富男・渡辺恵示・大内 保・寺澤雅樹(2003)切土法面における未分解チップを利用した緑化事例, 日本緑化工学会誌, 29(1):182-184.
- 今本博臣・後藤浩一・白井明夫・鷺谷いづみ(2003)無土壌岩盤法面で実施した外来牧草による緑化が及ぼす植生遷移への影響, 応用生態工学, 6:1-14.
- 石塚和雄(1977)地形と小気候.「群落の分布と環境(石塚和雄編)」, 朝倉書店, 東京, 196-205.
- 建設省中部地方建設局越美山系砂防工事事務所(1983)揖斐川上流地域の地形・地質の形成, 建設省中部地方建設局越美山系砂防工事事務所, 17pp.
- 木村正信・岩本篤彦・夏目祥吾・井上あゆみ(2000)粉砕材吹付け法面での植生回復状況と生育基盤特性について, 日本緑化工学会誌, 25(4):645-648.
- 小橋澄治(1992)のり面緑化.「環境緑化学(小橋澄二・村井 宏・亀山 章編)」, 朝倉書店, 東京, 126-135.
- Kramer, P. J. (1986) 水環境と植物(田崎忠良監修, 石原 邦・倉石 晋・田崎忠良・橋本 康共訳), 養賢堂, 東京, 506pp.
- 大谷多香・横塚 亨・石口真実・高橋正通・赤間亮夫・太田誠一(2001)未分解チップ施用土壌による法面緑化 その1—チップの腐朽と土壌中の窒素動態—, 土木学会第56回年次学術講演会:552-553.
- 薄井五郎・杉浦 勲(1968)森林土壌の季節変化と斜面方位による差異.北海道林業試験場報告, 6:149-156.
- 山内 修(1981)徳山白谷大崩壊.新砂防, 39:32-34.
- 横塚 亨・小林正宏・斎藤 茂・細江清二(2000)未分解チップ施用土壌による法面緑化事例, 日本緑化工学会誌, 25(4):471-474.
- 吉田 寛(2002)厚層基材吹付工による木本植物の混播技術に関する研究, 日本緑化工学会誌, 27(4):594-604.
- 吉田幸信・内田純二・舌間貴宏・増田拓朗・橋本和明(2002)播種工によるのり面樹林化工法の追跡調査に基づく評価, 日本緑化工学会誌, 27(4):617-622.