



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

## 木質廃棄物を活用した斜面緑化に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-03-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 木村, 正信, 篠田, 善彦, 肥後, 睦輝 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/2818">http://hdl.handle.net/20.500.12099/2818</a>

### 3. 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

#### 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。

**キーワード：**チップ吹付、植生回復、斜面方位、導入種、侵入種

HIGO, Mutsuki, TSUSAKA, Yousuke, SHINODA Yoshihiko and KIMURA, Masanobu :  
Evaluation of the revegetation practice on the road-side slope sprayed the woody chip  
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.

**Key words:** spraying woody chips, vegetation recovery, slope direction, exotic plants, native plants

### 3-1. 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砕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<sup>3,5,9,12,15</sup>。

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<sup>5</sup>。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<sup>3,9,12,15</sup>。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<sup>4,10</sup>。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<sup>4,6</sup>。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<sup>7,13</sup>。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。

表 3-1 調査法面の概要

Table 3-1 General characteristics of road-side slopes investigated.

	施工年	施工斜面長(m)斜	施工面積(m <sup>2</sup> )	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-	-	
未施工法面	2002-	-		48
	2002-	-		51
	2002-	-		59
	2001-	-		60
	2001-	-		53

-;施工時の資料が不明

### 3-2. 調査地および調査方法

#### 3-2-1. 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<sup>8)</sup>。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<sup>14)</sup>。

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 m<sup>3</sup>あたりの配合量は生育基盤材（未分解チップ）2000 g，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.) などが主に使用され，木本類は使用されなかった。

### 3-2-2. 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 5 cm 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。植生量と地温については，変数変換せずに一元分散分析によって平均値の差の検定を行った。

### 3-3. 結果

3-3-1. 未施工法面，シート工法面との比較

**表 3-2** 異なる施工方法の間での植被率，植生量，種数の比較

**Table 3-2** Comparison of the coverage, plant abundance and species diversity among different revegetation works

施工後経過		植被率(%)	植生量(%/0.25m <sup>2</sup> )			種数(種/0.25m <sup>2</sup> )		
年数(施工年)	施工法		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 3-3** 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

**Table 3-3** Coverage, plant abundance and species diversity on north-faced slopes and on south-faced slopes sprayed woody chips in 2001

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



**図 3-1** 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

**Fig.3-1** Relationship between the coverage and years after revegetation practice on slopes sprayed woody chips.

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。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（一元分散分析、 $p<0.05$ 、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（一元分散分析、 $p<0.05$ 、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/0.25 m<sup>2</sup>、未施工法面が 3.0 種/0.25 m<sup>2</sup>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（一元分散分析、 $p<0.05$ 、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。

### 3-3-2. 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，侵入種種数が経過年数に伴って増加する傾向を示した。

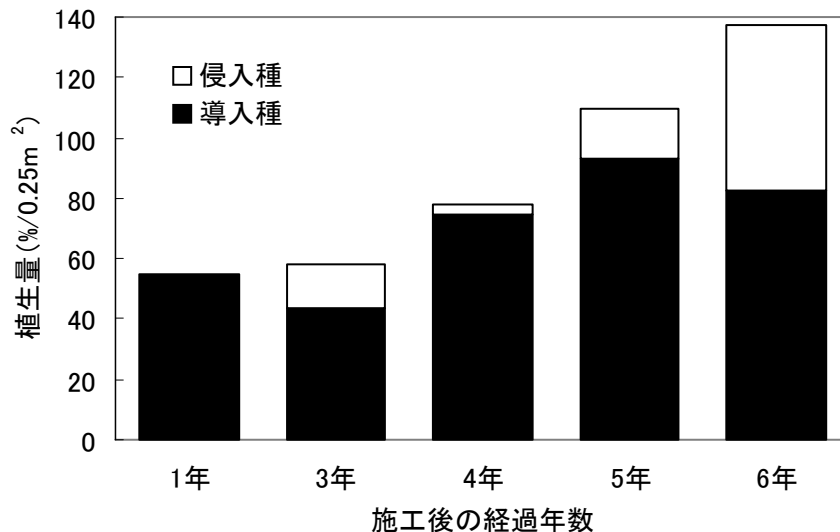


図 3-2 未分解チップ吹付け法面における施工後の経過年数と植生量との関係

Fig.3-2 Relationship between the plant abundance and years after revegetation practice on slopes sprayed woody chips.



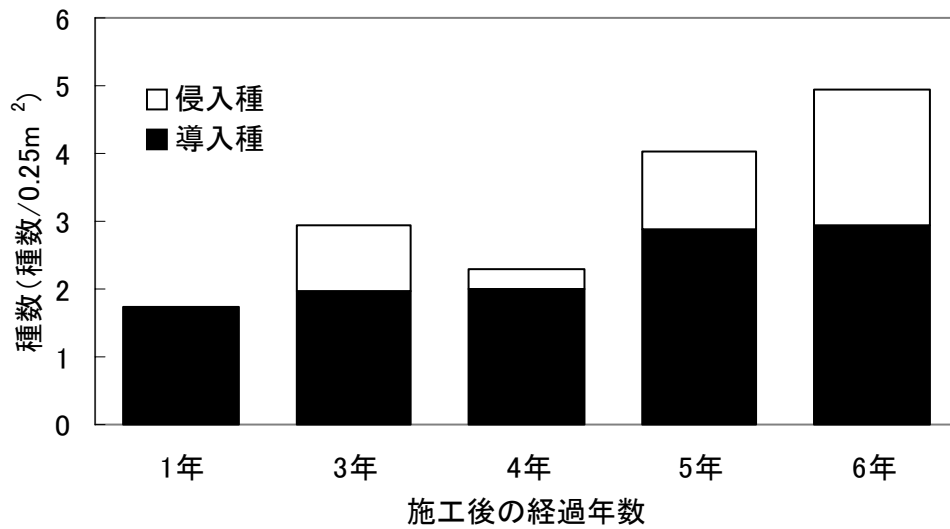


図 3-3 未分解チップ吹付け法面における施工後の経過年数と種数との関係

Fig.3-3 Relationship between the species diversity and years after revegetation practice on slopes sprayed woody chips.

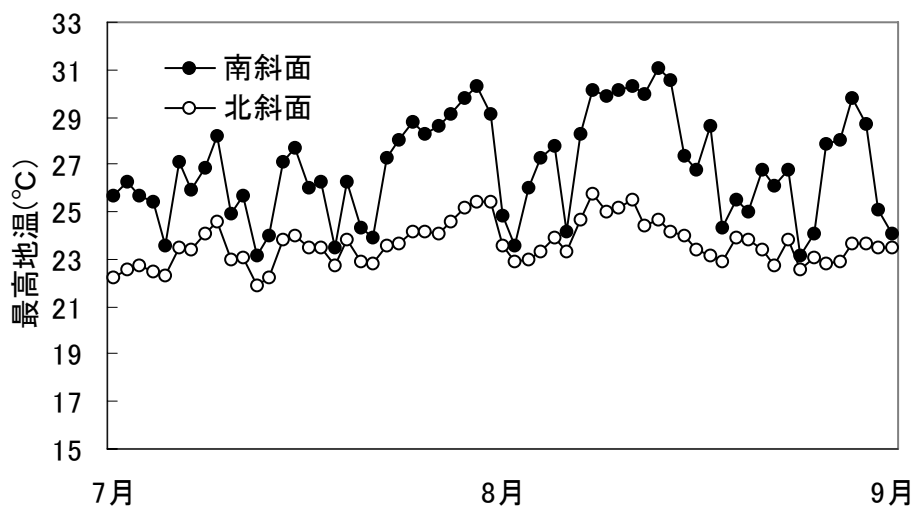


図 3-4 未分解チップ吹付け法面における南斜面と北斜面の夏季における最高地温との変化

Fig.3-4 Soil temperature on south-faced slopes (closed circle) and on north-faced slopes (open circle) during summer in slopes sprayed woody chips.

3-3-3. 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、導入植生量、侵入植生量、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（一元分散分析、 $p<0.05$ 、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 m<sup>2</sup>、北斜面が 2.1 種/0.25 m<sup>2</sup>で、南斜面の値が高かった。

#### 3-3-4 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°C 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°C、北斜面が 22.8°Cで、南斜面が有意に高かった（一元分散分析、 $p<0.05$ ）。

#### 3-3-5. 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植生量が侵入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、導入植生量が多いと侵入植生量が減少する傾向がうかがわれた。ただし、導入植生量と侵入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(図-5(c), (d))。施工後 5 年目の法面では、導入植生量が少ないにもかかわらず、侵入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植生量の減少は確実に侵入植生量の増加と結びついていた。

### 3-4. 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<sup>5)</sup>。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<sup>3,9,12,15)</sup>。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<sup>4)</sup>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

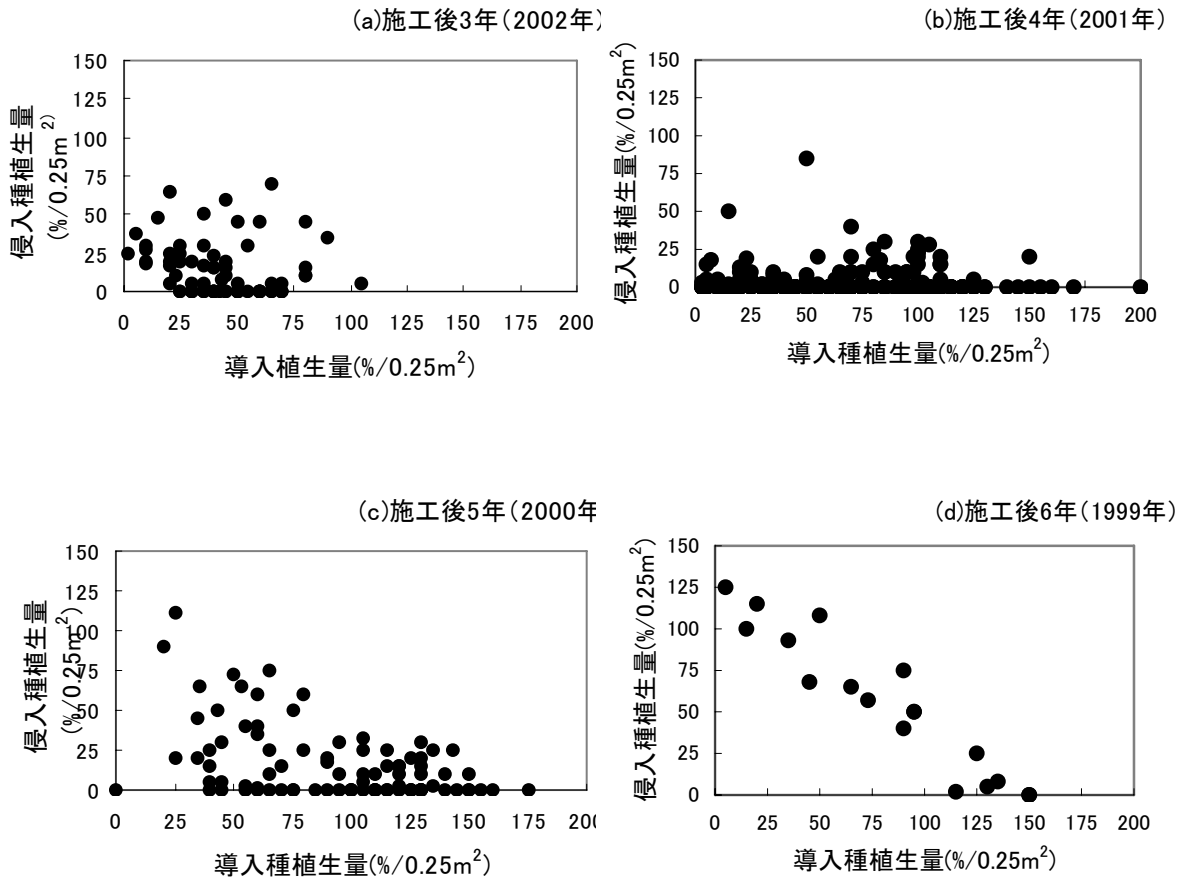


図 3-5 未分解チップ吹付け法面における導入植生量と侵入植生量との関係

Fig.3-5 Relationships between the plant abundance of seeded species and the plant abundance of native species on slopes sprayed woody chips.

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<sup>6)</sup>。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<sup>16)</sup>。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種植生量が少なく、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%<sup>5)</sup>、2 年目で 30%~70%<sup>3)</sup>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<sup>6)</sup>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<sup>7)</sup>。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<sup>7,13)</sup>。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。土壤の乾燥は、種子の発芽、発生した植物の成長を抑制する<sup>11)</sup>ために、植被率や植生量の低下が起こる。吉田ほか<sup>17)</sup>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<sup>3)</sup>。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も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<sup>2)</sup>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も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

- 1) 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.
- 2) 藤井圭一・藤久正文・河野修一・全 権雨・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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.

- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 木村正信・岩本篤彦・夏目祥吾・井上あゆみ (2000) 粉碎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.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 山内 修 (1981) 徳山白谷大崩壊.新砂防, 39:32-34.
- 15) 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.
- 16) 吉田 寛 (2002) 厚層基材吹付け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.
- 17) 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.

#### 4. 木材チップ吹付け道路法面におけるチップの分解過程

#### 4-1. はじめに

道路や住宅団地などの建設事業にともなう造成工事、工場や発電所などの産業開発にともなう環境保全、崩壊地や荒廃した森林の復元、都市緑化など、多くの場面で緑化が求められており、そこにおいては自然保護や生態系の修復などが要請されることが多くなってきている。国土の68%が森林である日本では、各種の開発行為に伴って多くの法面が造成されているが、法面の緑化に際しては量とともにその質が重要な課題となっている。法面とは、山林・道路・ダムや造成地などにおいて、盛土または切土によって人工的に作られた斜面のことである。法面緑化は、この土の傾斜面を植物により被覆し安定させることにより、法面への降雨等による浸食や風化などによる表層崩壊を抑制もしくは抑止を目的として適用される。また、景観向上や環境保全等も目的としている。

これまで、建築現場などから発生する建築廃材、間伐材・伐採木など、従来一般廃棄物とされていた廃木材は主に焼却処分されてきた。これらを有効利用する為に、チップ状に加工したものを法面に吹付けて、法面緑化の際の肥料効果を狙いとして再利用する方法がある。この方法については、環境にやさしく、緑化工におけるコストの削減につながるという点で注目されている。その一方で、保水能力・保肥能力が低く植物の生育不良が発生する、生チップが発酵する際に出る有毒物質が、植物に悪影響を及ぼすなどの欠点が挙げられている<sup>1)</sup>。現段階で、この工法の有効性についてはまだ実験段階であり、様々な条件下で検証する必要があるといえる。そのためには、チップと共に吹付けた導入植物の生育状況、周辺から侵入した植物の定着状況に基づいた工法の評価を行う必要がある。

今回は、岐阜県揖斐郡揖斐川町にある現在建設中の徳山ダム建設現場で発生した伐採木の枝条、根をチップにし、それらを徳山ダム建設現場周辺の道路法面に吹付けた施工箇所において前述のような検証を試みた。具体的には、チップ吹付け法面において、植被率、種ごとの被度を調査した。さらに、法面で採取したチップを化学分析することによって分解の状況を検討した。

#### 4-2. 調査地

調査地は、岐阜県の揖斐川流域にある、揖斐川町（旧藤橋村）の徳山ダム建設現場上流にある作業道法面である。調査地の周辺植生はスギの林地やコナラ、ホオノキ、カエデ類が優占する落葉広葉樹林であった。調査地の標高は海拔300～400mであり、調査した作業道法面は、主に切土斜面で傾斜42°～71°であった。北向き斜面の最高地温は南向き斜面に比べて約1～5℃低く、変化の割合が小さかった。平均地温は北向き斜面で22.8℃、南向き斜面で24.6℃であった。それぞれの調査斜面の吹き付け施工年と吹き付け規模を表1に示した。1999年施工が1箇所、2000年施工が4箇所、2001年施工が4箇所、2002年施工が3箇所、2004年施工が1箇所であった。2003年吹き付け法面に関しては植生の回復が

ほとんど認められなかったため、調査対象外とした。その他、施工していない非吹付け法面4箇所と、化学繊維のネットを利用した植生マット工施工1箇所を対照地とした。本論文ではチップ吹付け法面、非吹付け法面、植生マット工法面の調査区を、それぞれチップ吹付け区、未施工、マット区とする（図-1）。

チップと共に吹き付けた種子の配合には、2000年までの「旧配合」と2001年からの「新配合」があった。「旧配合」では木本類のヤマハギ、イタチハギと草本類のメドハギが主に使用されていた。「新配合」では草本類のホワイトクローバー、コヌカグサ、カモガヤなどが主に使用され、木本類は使用されていなかった。



図 4-1 調査対象となったチップ吹付け法面

表 4-1 調査斜面の吹き付け規模

NO.	調査斜面	施工年	吹き付け 延長 (m)	吹き付け 斜面長 (m)	吹き付け 面積 (m <sup>2</sup> )	吹き付け厚 (cm)
1	櫛原-1	2001	234	17	3269	3
2	櫛原-2	2001	150	30	4560	3
3	磯谷	2002	300	20	2100	5
4	マキホラー-1	2002	542	35	6780	3
5	マキホラー-2	2004	265	17	2200	?
6	尾元	2000	90	13	1660	3
7	漆谷	2001	283	20	3260	3
8	扇谷	2002	250	20	2140	3
9	左本谷	2001	440	24	3770	3
10	立戸	2000	40	10	400	3
11	麻蒔ブナ橋	2000	40	5	100	3
12	ダムサイト	2000	90	10	500	5
13	戸入	1999	110	20	2200	3

#### 4-3. 調査方法



チップヤードから採取した未分解チップ、乾燥重量で 100 g に相当する量をリターバッグ（メッシュサイズ 1mm）につめて、材料とした。2003 年 8 月 26 日に法面、法面に隣接する広葉樹林内に設置した（図-2）。2004 年 10 月 28 日、2005 年 10 月 27 日にリターバッグを回収し、研究室に持ち帰った。持ち帰った後、送風乾燥機（WF0 - 600ND）に入れ、100°C で 3 日間以上乾燥させた後、重量を測定した。また、2005 年に回収したリターバッグは、後述する化学分析により分解状況を把握した。

施工後の木材チップの分解状況を化学的に調べるために、各調査法面でチップを適量採取し、風乾させたものを 42 メッシュ、80 メッシュにまで粉碎した（図-3）。これらのサンプルを使って灰分、アルカリ抽出物、クラークソンリグニンについて定量分析した。これらを定量するにあたり、まず水分量を測定してサンプルの全乾重量を割り出す必要がある。あらかじめ乾燥させた小型秤量びんに 42 メッシュのサンプルを約 0.2 g 精秤して入れ、105°C の恒温乾燥機で 2 時間以上乾燥させ、デシケーターに移して放冷し秤量した。この作業を数回繰り返して、恒量を求める。水分は以下の式を用いた。

$$\text{水分 (\%)} = L / S \times 100 \quad S : \text{サンプル重量 (g)} \quad L : \text{乾燥減量 (g)}$$

灰分については、乾燥させたるつぼを秤量し、80 メッシュのサンプルを約 1 g 量って入れたものを約 625°C で炭化させた。その後デシケーターで放冷したものを秤量した。灰分は以下の式を用いた。

$$\text{灰分 (\%)} = W / S \times 100 \quad S : \text{サンプルの全乾重量 (g)} \quad W : \text{灰分重量}$$

アルカリ抽出物については、一般に 1% 水酸化ナトリウム水溶液による抽出物を定量する方法で行った。あらかじめガラスフィルターを秤量し、42 メッシュのサンプル約 1 g を 200ml 容用三角フラスコに入れ、1% 水酸化ナトリウム水溶液を 50ml 加えて、フラスコに冷却管をとりつけた。時々かく拌しながら湯浴中で 1 時間煮沸した後、直ちにガラスフィルターで吸引濾過し、熱水で洗浄した。ガラスフィルターを秤量びんに移し、約 105°C で恒量になるまで乾燥させ秤量した。アルカリ抽出物は以下の式を用いた。

$$\text{アルカリ抽出物 (\%)} = (S - W) / S \times 100$$

$$S : \text{サンプルの全乾重量 (g)} \quad W : \text{抽出残留物の重量 (g)}$$

リグニンについては、硫酸法を用いた。まず、秤量びんとガラスフィルターを秤量した後、42 メッシュのサンプル約 1 g を 100ml のビーカーに入れ、72% 硫酸 15ml を加えて内容物が均一になるようにガラス棒で十分にかき混ぜ、約 20°C で 4 時間放置した。次に、内容物を蒸留水 560ml で定量的に 1ℓ の三角フラスコに移し、フラスコに冷却管を取り付けて静かに 2 時間煮沸した。このときの硫酸濃度は約 3% であった。放冷後、内容物をガラスフィルターで吸引濾過し、500ml の熱蒸留水で洗浄した。その後、ガラスフィルターを秤量びんに移し、約 105°C で恒量になるまで乾燥させ秤量した。リグニンは以下の式を用いた。

$$\text{リグニン (\%)} = W / S \times 100 \quad S : \text{サンプルの全乾重量 (g)} \quad W : \text{残留物重量}$$

法面における土壤水分量を測定するために、櫛原法面の北向き、南向き斜面において、

それぞれ土壌水分センサー（ECHO 土壌水分センサー、ECHO-10）を 3～5 地点に設置した（図 4-4）。土壌水分センサーは、長さ 10cm センサー部を、吹付けられたチップ内に完全に埋設するように設置した。土壌水分の測定は 8 月 10 日から 9 月 10 日まで 30 分間隔で実施し、データは ECHO デジタルロガー（Em50）に記録した（図 4-5）。研究室にデジタルロガーを持ち帰った後、付属の解析ソフトで回収した。今回の測定された値は、体積含水率である。



図 4-2 リターバッグ



図 4-3 法面に吹付けられた  
木材チップの表面



図 4-4 土壌水分センサー（ECHO-10）の  
設置状況

図 4-5 ECHO デジタルロガー（Em50）の設置状況



#### 4-4. 結果

図 4-5 から分かるように、法面と林内では、法面の方がリターの減少が著しいのは明らかである。法面に関しては、1年目のリター減少率は法面が 23.6%だったのに対して、2年目になると 42.6%になり約 1.8 倍になっている。一方、林内ではリターの重量減少率が1年目で 16.3%、2年目で 24.46%になり、約 1.5 倍である。このことから、時間が経過するほど、法面と林内のリター減少率の差が広がっていくものと予想される。

図 4-6 は、リターバッグのアルカリ抽出量とクラースンリグニンを化学実験によって秤量した結果である。両方の値は、灰分の量を抜いたものである。グラフを見る限り、法面と林内での差はほとんど見られなかった。

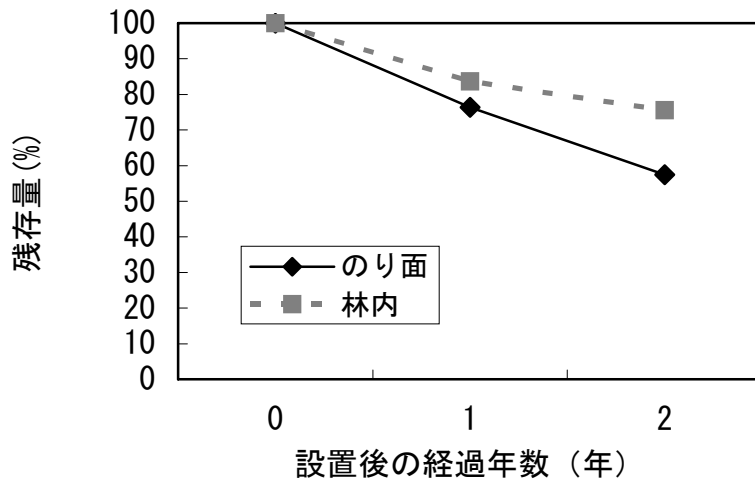


図 4-5 法面および隣接する林内におけるリターバッグの重量減少

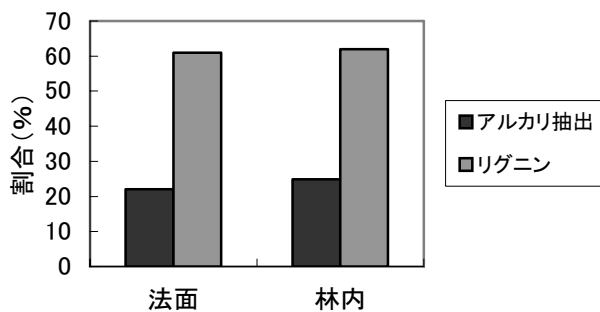


図 4-6 リターバッグのアルカリ抽出量とリグニンの立地別比較

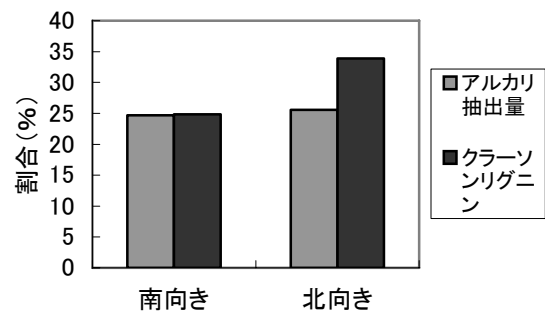


図 4-7 アルカリ抽出物とクラースンリグニンの方位別比較

次に木材チップの分解状況を法面の方位別に見た。分かりやすいように大きく北向きと南向きに絞った(図 4-7)。南向きより、北向き斜面のチップの方が、アルカリ抽出量もリグニン量も多いことが分かる。これは、北向きの方がより分解が進んでいるということになる。南向き斜面では、日当たりが良く地温が高いために、乾燥しがちになると思われる。

平均アルカリ抽出量を施工後の経過年数ごとに見ると、4年目まではあまり変わりばえがなく、値が上下している(図 4-8)。そして、5年目では最高値を示していた。クラークソンリグニンの含有率を年度別に見ると、1年目に一度大きな値を示したものが2年目になると小さくなる(図 4-9)。アルカリ抽出量とほぼ同じようなグラフになっており、5年目が最高値になっている。

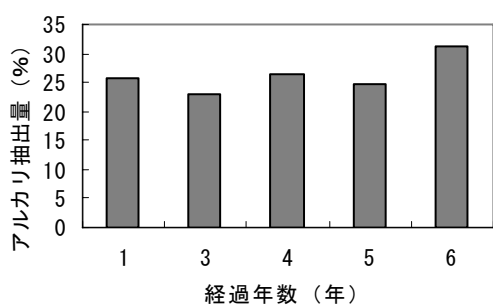


図 4-8 施工後の経過年数とアルカリ抽出量の関係

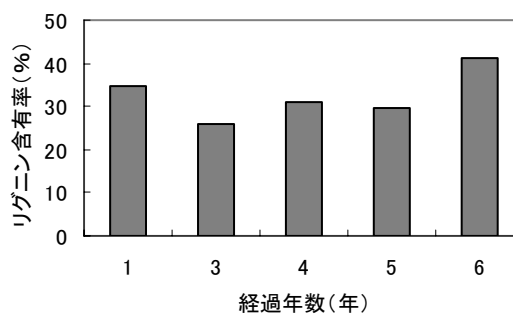


図 4-9 施工後の経過年数とクラークソンリグニンの関係

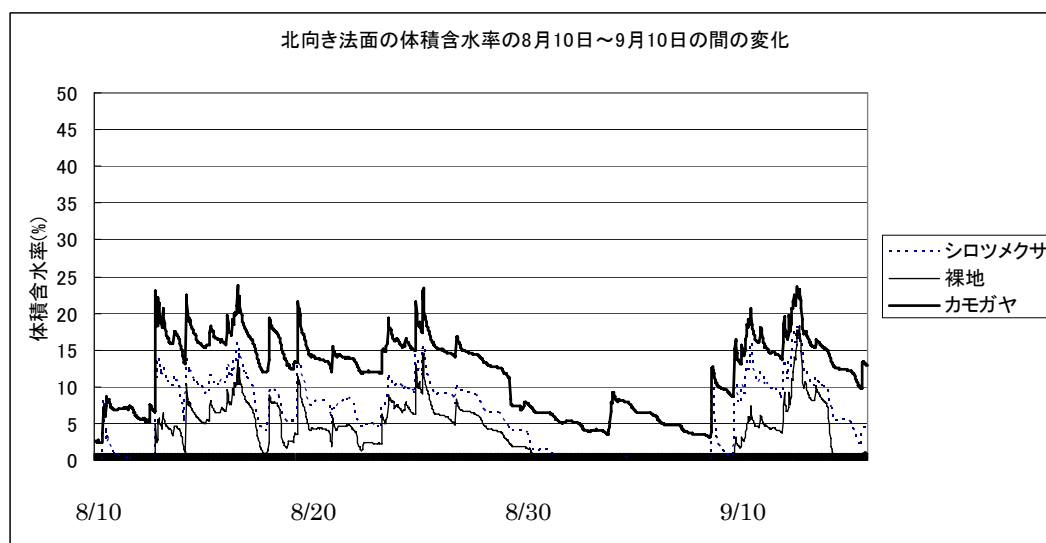


図 4-10 北向き斜面における 8 月 10 日から 9 月 10 日の間のチップ吹付法面における体積含水率の変化

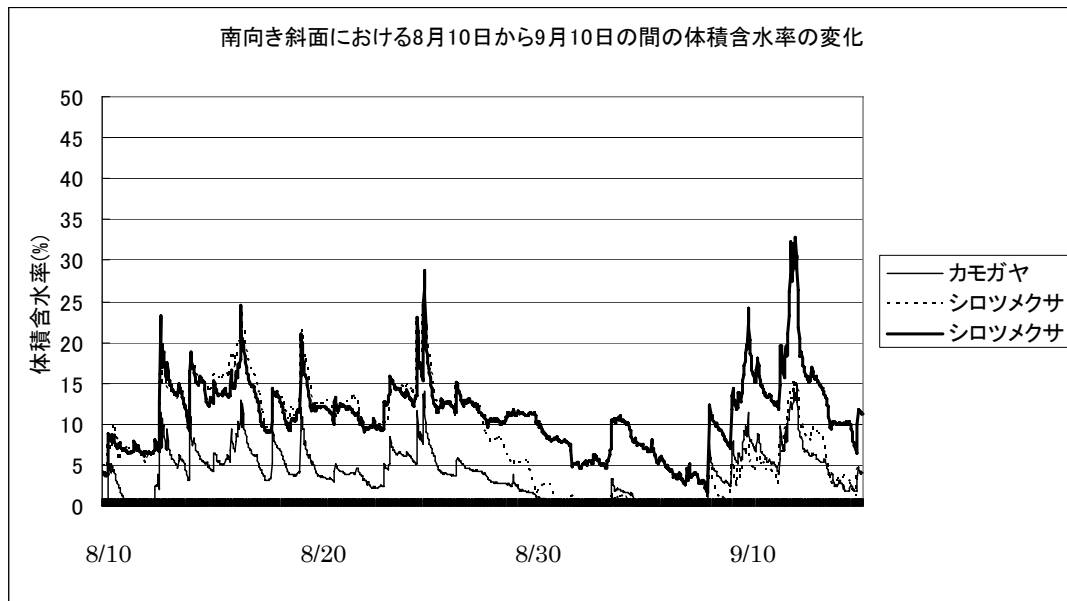


図 4-11 南向き斜面における 8 月 10 日から 9 月 10 日間のチップ吹付法面における体積含水率の変化

チップ吹付け法面における土壌水分について、体積含水率の変化で示した（図 4-10、図 4-11）。北向き法面、南向き法面ともに、0~20%の間で変動していた。平均体積含水率は、北向き法面の 3 地点が 5.9%、3.5%、11.9%、南向き法面の 3 地点が 4.5%、9.3%、11.2%であった。したがって、斜面方位による体積含水率の違いは認められないといえる。今回の調査地点は草本植物によって完全に被覆されていたために、斜面による水分状態の違いが検出できなかった可能性がある。

#### 4-5. 考察

リターバッグについては、今回の化学実験でははっきりした結果は見られなかった。しかし、重量減少で見ると、法面でのリターの減少の方が著しいという結果が得られた。法面では 2 年間で減少率が 42.58%であることから、約 5 年後にはすべて分解されるものと思われる。林内においては約 8 年かかると予想される。法面の環境は、斜面になって開けており、林内に比べて日当たりが良く気温が高いため、リターを分解する微生物の最適温度により近いといえる。よって、効率よくリター分解が働いたと思われる。

チップの分解を法面の方位別に見ると、北向き法面の方がより分解していることが化学実験により分かった。これは、南向き法面では日当たりがよく乾燥しがちであるため、微生物が生息しにくい環境であるからと思われる。一方、北向き法面では南向き法面よりも

湿度が高く、微生物の分解が活発に行われていると言える。年度別に見ると、アルカリ抽出量もクラースンリグニンも増えたり減ったりしており、明確な結果は得られなかったが、その中でも微量の増加が見られ、1999年度には最高値を示している。よって、チップは年々分解されていると思われる。北向きの法面では、林内や南向き法面と比べ、微生物の好ましい温度や湿度であるため、最も有機物の分解が進みやすいものと予想される。

#### 謝辞

最後に、調査に惜しまずご協力を頂いた自然環境保全学研究室の学生の皆さん、快く調査を許可して頂いた（独）水資源機構徳山ダム建設所の関係者の皆様には深く感謝の意を表したいと思います。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

- 1) 池田 桂・橋本富男・渡辺恵示・大内 保・寺澤雅樹（2003）切土法面における木質系チップを利用した緑化事例，日本緑化工学会誌，29:182-184.