



# 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: Japanese 出版者: 公開日: 2008-03-12 キーワード (Ja): 粉碎チップ, 斜面緑化, マメ科植物, フェノール性抽出物, 養分含有率 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>

## はしがき

近年、環境問題に対する意識が高まるなか、各方面で資源の有効利活用と廃棄物の再資源化が循環・リサイクルという観点から話題となっている。緑の分野に関しては、公園、街路、高速道路などの公共空間や建築空間など、都市部における緑地面積の増加に伴い、剪定や伐採の際に多量に発生する植物発生材（枝、葉、木、根など）の処理が重要な課題とされている。これまでは、植物発生材の多くが一般の廃棄物と同様にゴミとして焼却処分されていたが、平成4年（1992）の廃棄物処理法の改正において産業廃棄物の焼却処理が禁止され、さらに、平成9年（1997）の同法改正によって間伐材が産業廃棄物に指定されたことから、現在では植物発生材を緑化資材として利用するという試みもなされている。一例として、植物発生材をチップ化し、マルチング材や舗装材に利用する方法が挙げられ、植物発生材の最も簡易的な有効利用法として都市部の公園や建設現場などで採用されている。また、ダム建設や道路開設工事の際に発生する伐採端材や根株などの木質廃棄物についても有効利用することが要求されるようになって久しい。山間部で生じた大量の木質廃棄物は、以前は他の一般廃棄物と同様にゴミとして焼却処分されるか、あるいは清掃工場や埋立地へ持ち込まれ処理されてきた。しかし、近年では処理場の確保が困難になってきているとともに、運送費用や焼却時におけるCO<sub>2</sub>の発生、或いは処理コストの上昇などから、年々、木質廃棄物の処理が深刻な問題となってきている。

このような状況を受けて、発生した伐採端材や根株などをその場で粉砕してチップにし、様々な現場で利用する試みがなされている。具体的には、高速道路やダム建設の法面緑化における生育基盤材としての利用や、公園の舗道設置時の舗装材としての活用である。植物発生材をチップ状にして平坦な植栽地に敷設した場合、表層部分における乾燥防止、腐食の進行、生物の多様化への促進、美観の向上など、いくつかの利点が期待される。また、チップの多くはマルチング材や舗装材として利用されており、雑草抑制、景観の向上などといった効果がすでに認められている。ただし、斜面での緑化については、チップの有効性に関する情報は数少ない。そのため、粉砕材が植物の生育や植生基盤にどのような影響を及ぼすかを経年的に調査して明らかにする必要がある。木質廃棄物の処理には、粉砕後に堆肥化してから生育基盤材として使用する方法と、粉砕しただけの未分解の状態で使用する方法がある。どちらの利用方法も資源のリサイクル機能は果たしているが、木質廃棄物を緑化基材として使用した際の植生回復に及ぼすプラス効果、或いは欠点については未だ明らかにされていない部分が多い。そこで本研究では、緑化目的で粉砕チップが吹付けられた斜面を対象に植生状況と立地環境を調査して、施工斜面における植生回復の特徴を明らかにするとともに、吹付け後の粉砕チップの分解度と経過年数の関連性を調べ、緑化材料としての粉砕チップの特性と使用の有効性を考察した。なお、現地調査に多大のご便宜を図って下さった(独)水資源機構徳山ダム建設所の関係各位に深謝の意を表す。

## 研究組織

研究代表者：木村正信（岐阜大学応用生物科学部助教授）

研究分担者：篠田善彦（岐阜大学大学院連合農学研究科教授）

研究分担者：肥後睦輝（岐阜大学地域科学部助教授）

## 交付決定額（配分額）

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 15 年度	2,000,000	0	2,000,000
平成 16 年度	700,000	0	700,000
平成 17 年度	1,100,000	0	1,100,000
総 計	3,800,000	0	3,800,000

## 研究発表

### （1）学会誌等

- ・ Kimura M., Higo M. and Y. Shinoda : Holzschitzel als Ersatz für Mutterboden auf angespritzten Berghängen -Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung-. Ingenieurbiologie 15(3/4): 23-27, 2005.9.
- ・ 木村正信・肥後睦輝・篠田善彦 : チップ吹付け斜面でのハギ類の生育と基盤の養分特性. 日本緑化工学会誌, 31(1), pp.175-178, 2005 年 9 月

### （2）口頭発表

- ・ Kimura M. : Standortbedingte Vegetationsentwicklung auf begrünten Berghängen. IUFRO International Workshop on Soil Bio-engineering in Torrent and Erosion Control, Bolzano/Italy, 2005.5.24
- ・ Kimura M., Higo M. and Y. Shinoda : Holzschitzel als Ersatz für Mutterboden auf angespritzten Berghängen -Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung-. 4<sup>th</sup> Internationales Symposium vom Verein für Ingenieurbiologie, Muttentz/Switzerland, 2005.9.8
- ・ 木村正信・肥後睦輝・篠田善彦 : チップ吹付け斜面でのハギ類の生育と基盤の養分特性. 第 36 回日本緑化工学会大会, 2005 年 9 月 17 日

## 1. チップ吹付け時に導入されたハギ類の生育と基盤の養分特性

### 1-1. 調査地概要

岐阜県揖斐川上流に現在建設中の徳山ダム予定地より 2.5km 上流の揖斐川右岸に位置する風化岩盤質の切り土斜面を調査の対象にした。斜面は川沿いに走る道路から約 10m 上方に位置し、斜面下部での標高は海拔 340m である。方位は概ね東向きで、勾配は 50° 前後、地質は主に泥質岩で構成されている。年平均気温は 16.3°C で多雨多雪地帯に属し、年平均降水量は 2,700~3,500mm に達する。調査地の周辺はスギ造林地や広葉樹林からなり、一部には採草地も点在する。なお、人家などの住居・生産施設は全く存在しない。また、施工域の側方には周辺から侵入したと思われるクズ、セイタカアワダチソウ、ヨモギ、ススキ、キリンソウなどの草本類、タニウツギ、クマイチゴ、ヤマブキ、フジ、イヌコリヤナギ、ハイヌガヤ、スズタケなどの木本類、アケビなどのつる性植物がそれぞれ確認された。

調査斜面では 1995 年 12 月に斜面切り取り工事が終了し、1998 年 3 月に吹付けが完了した。施工域は写真-1-1 に示したように 7 段に区分され、各段の斜面の間には幅 2~3m の平坦地（犬走り）が設けられている。1 段目と 2 段目の斜面には種子吹付け、3 段目から 5



写真-1-1 緑化吹付け斜面

段目までは厚層基材吹付け、6 段目と 7 段目には客土吹付けがそれぞれ実施されている。吹付け厚は、1、6、7 段目の客土吹付け工区で 1cm、3~5 段目の厚層基材吹付け工区で 3cm である。3 段目から上方の吹付け工区では、従来から緑化基盤材料として使用されている人工土壌（ニューソイル®）と粉碎材が斜面のそれぞれ半分に分かれて吹付けられ

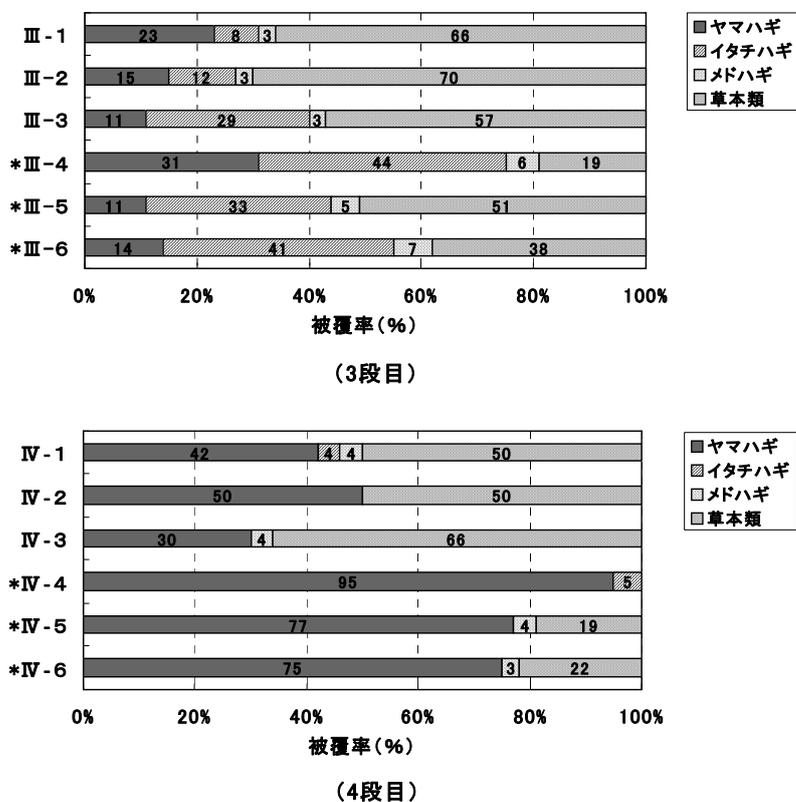
た。吹き付けに使用された粉碎材は、調査地周辺の水没予定地点で伐採された樹木の枝条や根株が一次的に野積みされた後、粉碎機で粉碎して 3cm×3cm メッシュのふるいを通した大きさのチップである。吹付けの際の導入植物の種子、肥料、接着剤などの条件は双方の工法とも同様である。そこで、施工斜面を代表する 3 段目と 4 段目の斜面において、植物の生育状況や緑化基盤の理化学性を調べた。以下、粉碎チップを吹付け材料に用いた斜面を「粉碎材区」、従来から用いられている緑化基盤材を吹付けた斜面を「市販材区」と称する。施工面積は 3 段目では粉碎材区が 232 m<sup>2</sup>、市販材区が 447 m<sup>2</sup>、4 段目では粉碎材区が 270 m<sup>2</sup>、市販材区が 311 m<sup>2</sup>で、吹付け域全体の面積は約 5,300 m<sup>2</sup>である。

## 1-2. 植生による被覆度

緑化後の斜面における植生遷移は周辺からの植物の侵入によって促進され、侵入種数が多いほど、遷移が進んでいると考えられる。一般に斜面の植生は数年から十数年という時間単位で徐々に変化するといわれている<sup>1)</sup>。また、植物の生長・繁茂を示す指標には、植生による被覆率や生育植物の樹高・草丈、本数密度などが挙げられる。そのほかに、植物の乾重量も一つの指標であり、この値が大きいほど生長が良好と考えられる。また、植物の侵入、定着には侵入が可能なスペースや表土の安定が必要であるため、植生による被覆率や構成種との関連性を考察した。

調査斜面では、1998年3月にヤマハギ、イタチハギ、メドハギ、クリーピングレッドフェスク、オーチャードグラス、ウイーピングラブグラスの計6種の種子が吹付けられた<sup>4)</sup>。吹付け完了から6年経過した時点では、3段目と4段目の斜面でヤマハギ、イタチハギ、メドハギの生育がそれぞれ確認されたが、導入牧草類はほとんど見当たらず、代わって侵入種と考えられる草本類が生育していた。植生による被覆率は植物の繁茂が著しくなるにつれて高くなるということができ、6年経過した時点での斜面の被覆率は各段とも100%であった。ハギ類と草本類の相対被覆率を種別に求め、構成種別での被覆率割合を図-1-1に示した。なお、図中で\*印の調査プロットは粉碎材区を意味する。

図から明らかなように、3段目の粉碎材区ではイタチハギがヤマハギの約3倍、メドハギの6~10倍の被覆率をそれぞれ示し、イタチハギの優占が生じている。それに比べて4段



目では、イタチハギとメドハギが5%未満であるのに対してヤマハギは圧倒的に高い割合を占め、ヤマハギの独占的な繁茂が明らかである。なぜこのように、段によってハギ類の優占種が異なるのかについては不明である。ハギ類と草本類を比較すると、3段目の市販材区では草本類の被覆率が50%以上を占める。それに

図-1-1 ハギ類と草本類の相対被覆率

比べて粉砕材区ではヤマハギ、イタチハギ、草本類が類似した比率で被覆している。また、メドハギの被覆率は市販材区、粉砕材区ともに3~7%と低い。3段目と異なり4段目斜面では、イタチハギの被覆率は最も多い調査プロットでも5%とかなり低い。メドハギの被覆率も4%未満である。市販材区では、ヤマハギと草本類の割合が拮抗し、粉砕材区ではヤマハギの圧倒的な優占が生じている。両段の斜面ともに市販材区では草本類が50%以上を、粉砕材区ではハギ類が49~100%を占めるといふ、両区域における自生植物の優占種に明瞭な違いが認められた。

### 1-3. 樹高と根元直径

植物の樹高・草丈は生長とともに増大し、それに伴って1個体あたりの地上部現存量も増加する。吹付け後1年経過した'99、2年経過した'00、6年経過した'04での3段目と4段目の斜面におけるハギ類の最大樹高と平均樹高を測定し、市販材区と粉砕材区に分けて図-1-2に示した。'04では、両段斜面ともに市販材区と粉砕材区でのハギ類の樹高分布に関する差異が'99、'00の調査結果ほど生じていない。3段目斜面のイタチハギは、'99と'00と比較すると最大樹高、平均樹高ともにほとんど変わらないが、'04では、市販材区、粉砕材区の両区で著しい上伸生長が認められ、平均樹高については、'00に比べて約100cm高い。したがって、イタチハギは吹付け後2年経過した2000年頃から上伸生長が旺盛になったと推測される。メドハギについては、市販材区、粉砕材区ともに平均・最大草丈にほ

とんど変化が認められなかった。ヤマハギの最大・平均樹高は市販材区、粉砕材区ともに増加を示し、4段目では特に市販材区での生長が著しい。一般にハギ類の成木樹高は、ヤマハギが150~250cm、イタチハギが150~250cm、メドハギが50~100cmといわれる<sup>2)</sup>。メドハギや4段目の粉砕材区におけるヤマハギは、早い段階で成木に相当する樹高に達していたため、'99、'00の値と比べて大きな変化がみられなかったと考えられる。このように、ヤマハギ、イタチハギについては、粉砕材区と市販材区で生長速度に違いが生じており、粉砕材区の方が早い段階での生長が良好であることがうかがえる。

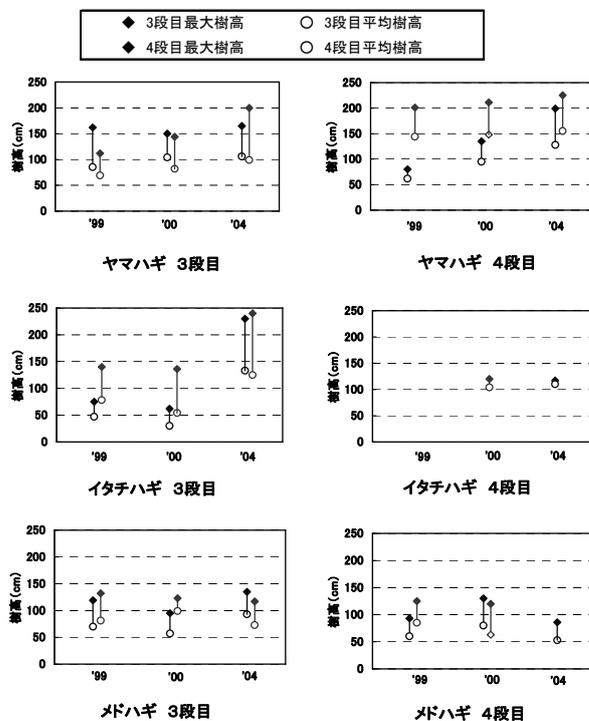


図-1-2 ハギ類の最大樹高と平均樹高

次に、ヤマハギ、イタチハギの根元直径を計測し、ハギ類の上伸生長と肥大生長の関連性を求めた。図-1-3 に示したように、ヤマハギは市販材区では正の比例直線に沿って均等に分布しているが、粉碎材区では樹高、根元直径ともに似かよった値の個体が数多く、図では右上の方に偏って分布している。イタチハギについては、市販材区、粉碎材区の両区ともに、比例直線上に均等な分布が認められるが、市販材区では、図の中央付近に位置する個体が多い。これらのことより、ヤマハギ、イタチハギともに、樹高と根元直径は正の比例関係にあるものの、市販材区に比べると粉碎材区の方が上伸生長・肥大生長とも相対的に良好といえる。

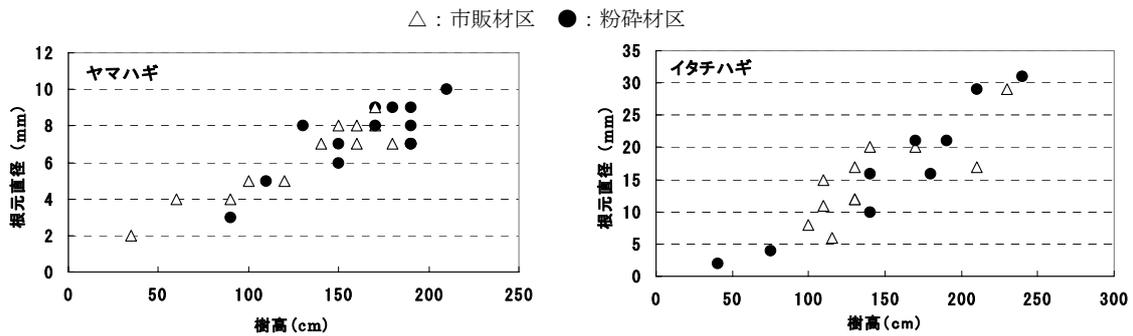


図-1-3 ハギ類の樹高と根元直径

#### 1-4. 生育個体数密度

生育個体数密度は、植物の生育状態を示す重要な指標の一つであり、調査プロットでの種別現存量を個体数で除することにより、植物 1 個体あたりの現存量を推察することができる。各プロットにおけるハギ類の生育個体密度を、'99、'00 での調査結果<sup>2), 11)</sup> とともに示したのが図-1-4 である。'00 には、生育個体数密度は '99 の値に比べてⅢ-4 とⅣ-6 以外のプロットで増加しているが、'04 にはすべてのプロットで減少しており、最も減少量が大きいⅢ-3 では

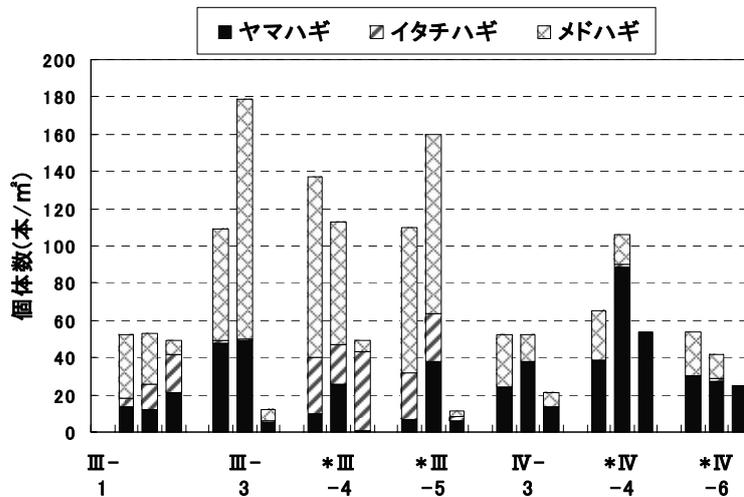


図-1-4 ハギ類の生育個体数密度

が大きいⅢ-3では '00 の値の 1 割にも満たない。ただし、市販材区と粉碎材区を比較すると、生育個体数密度の増減について明らかな差異は認められない。ヤマハギについては、Ⅲ-1 を除いたすべてのプロットで '00 の個体

数密度より 2~44 本/m<sup>2</sup>減少している。イタチハギは、\*III-5 で '00 の値に比べて 9 割の減少が生じているが、III-1、\*III-4 では年を経るごとに増加する傾向が認められ、それぞれ '00 の 1.5 倍、1.8 倍の値を示している。メドハギについては、すべてのプロットで個体数密度が '00 の値よりも 7~123 本/m<sup>2</sup>減少し、特に減少量が著しい III-3、III-4、III-5 ではそれぞれ '00 の値の 4%、9%、3%になっている。さらに、\*IV-4、\*IV-6 では、メドハギは全滅している。これらのことより、ハギ類の生育個体数は種子吹付け後 1、2 年の間に増加するものの、それ以降は徐々に減少しているという特徴が認められる。

### 1-5. 地上部現存量

一般に、地上部現存量は植物の生長に伴って増加し、植物体の生産力の重要な指標となる。各調査プロットに生育する植物の地上部現存量を計測した値を既存の測定結果<sup>2), 11)</sup>とともに図-1-5 に示した。なお、地下部分については、生育基盤の厚さが数cm と比較的薄く、根系が自然斜面ほど発達していないと考えられるため、計測の対象から省いた。

生育植物全体の地上部現存量を各測定年度で比較すると、'04 には\*III-5、\*IV-4 を除くすべてのプロットで '00 の値の 1.5~3.4 倍に増加している。また、'99、'00 では 3 段目斜面と 4 段目斜面での現存量の差異が著しく、'00 の最大値と最小値の差は 1,445g/m<sup>2</sup>である

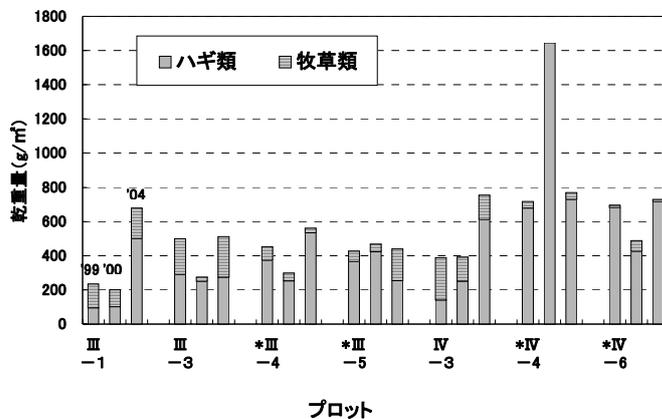
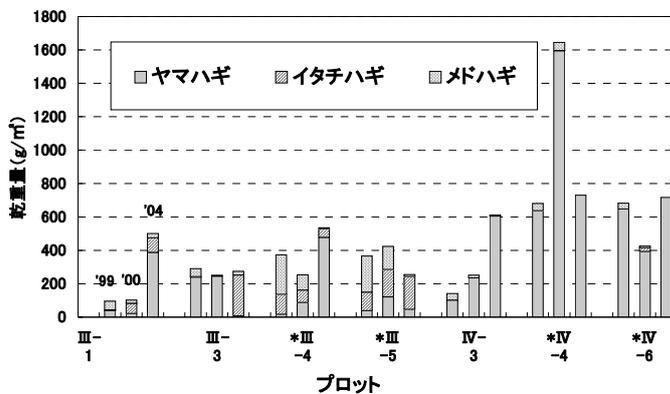


図-1-5 地上部現存量

のに対して、'04 年ではその差が 340g/m<sup>2</sup>と縮小し、全体的に値が平均化していることがわかる。市販材区と粉砕材区とで比較すると、市販材区で地上部現存量の増加がやや大きいという特徴が認められた。ただし草本類については、乾重量が 12~237g と少なく、III-3、\*III-5 で '00 ~ '04 にかけて増加するのを除き、市販材区、粉砕材区の両区において、地上部現存量にあまり大きな差異は認められなかった。

ハギ類については、生育個体数が '00 の値に比べて全プロットで減少してい

るのに対して、地上部現存量は\*Ⅲ-5 と\*Ⅳ-4 を除くすべてのプロットで '00~ '04 にかけて増加し、最も増加量が大きいⅢ-1 では '00 の 5 倍になっている。増加の割合は粉砕材区より市販材区の方でやや大きい。粉砕材区では、種子吹付けから 1 年経過した時点ですでにハギ類の現存量が相対的に多く、2 年経過した段階からあまり変化がみられないのに対して、市販材区では 2 年経過した時点以降の現存量の増加が著しい。また、ヤマハギは 3 段目、4 段目の両段において、イタチハギは 3 段目において、それぞれ現存量が増加しているが、メドハギは全プロットで年を追うごとに減少しており、Ⅲ-5 では、'99~ '04 の間に 9 割以上減少している。このことは、相対被覆率の特徴からも推測される。

粉砕材区と市販材区でハギ類の連年生長量を比較するため、'04 の各プロットにおける乾重量を経過年数で除したところ、市販材区で 45~102g/m<sup>2</sup>/year、粉砕材区で 42~121g/m<sup>2</sup>/year となり、両区での違いはほとんど認められなかった。また、すべてのプロットにおいて連年生長量は、種子吹付けから 1 年経過した時点での現存量よりも小さい値を示したが、その差は粉砕材区の方が市販材区に比べて大きかった。したがって、粉砕材区では市販材区に比べて、ハギ類の初期生長が旺盛であり、早い段階でハギ類が繁茂したと考えられる。

#### 1-6. 侵入植生について

斜面では、周辺から植物が侵入・定着することによって種が増加し、その結果、植生遷移が促進される。斜面の植生がより自然な状態にまで回復するには、多種多様な植物の生育することが望ましい。そこで 3 段目、4 段目斜面において侵入植物とその種数を調査し、表-1-1 と表-1-2 に示した。'99 と '00 時点での調査斜面では、草本類としてヨモギの侵入が数本確認されたにすぎず、木本類の侵入は皆無であったが、'04 には 21 種の草本類と 4 種の木本類の存在が確認された。草本類については、吹付けの際の導入牧草類は全く認められず、代わりにハルジオン、セイタカアワダチソウ、ヘクソカヅラなどの多年生草本類や、カモガヤ、イヌムギ、オニタビラコ、ヨモギなどのイネ科・キク科植物が数多く確認された。イネ科植物は他の植物に比べて窒素吸収能力が高いため、生長が旺盛であったと考えられるが、その中でも特にカモガヤ、イヌムギは数多くのプロットで認められ、被覆率も 20~45% と他の草本類に比べて高い値を示した。また、キク科植物については、種子に冠毛がある風散布のタイプが多いためと考えられる。その他、環境への適応能力が高いとされるオオアレチノギク、アカソ、ヨモギ、ススキも数多く認められた。

木本類では、3 段目斜面の粉砕材区でクリ、ヌルデが、4 段目斜面の市販材区でクマイチゴ、粉砕材区でニセアカシアがそれぞれ 1 個体ずつ確認された。これら 4 種はいずれも先駆性の陽樹であり、また、ニセアカシア、ヌルデは、遷移の比較的早い段階で生育が認められる先駆性樹種とされている。さらに、市販材区と粉砕材区で侵入種数を比べると、表-1-2 に示したように、草本類については 3 段目、4 段目斜面ともに粉砕材区の方が 2 倍近く多いという結果が得られた。木本類については種数が少ないために単純に比較できないが、

総じて粉砕材区の方が植物にとって侵入しやすい環境にあると推察される。

表-1-1 侵入植物

《木本類》	
クリ	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i> L. var. <i>roxburghii</i>
ニセアカシア	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
クマイチゴ	<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge
《草本類》	
イノコヅチ	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i> (Miq.) Nakai
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.
ヤブマオ	<i>Boehmeria longispica</i> Steud.
アカソ	<i>Boehmeria sylvestrii</i> (Pamp.) Wang
イヌムギ	<i>Bromus catharticus</i> Vahl
ツユクサ	<i>Commelina communis</i> L.
オオアレチノギク	<i>Conyza sumatrensis</i> Walker
カモガヤ	<i>Dactylis glomerata</i> L.
オノドコロ	<i>Dioscorea tokoro</i> Makino
スギナ	<i>Equisetum arvense</i> L.
ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i> L.
スイカヅラ	<i>Lonicera japonica</i> Thunberg
タケニグサ	<i>Macleaya cordata</i> (Willd.) R. Br.
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.
オオマツヨイグサ	<i>Oenothera erythrosepala</i> Borbas
チヂミザサ	<i>Oplismenus undulatifolium</i> Roem. et Schult
ヘクソカヅラ	<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr. ver. <i>Mairei</i>
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.
ネジバナ	<i>Spiranthes sinensis</i> (Pers.) Ames var. <i>amoena</i>
ヤブジラミ	<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC.
オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.

表-1-2 木本類と草本類の侵入種数

		木本類 (種数)	草本類 (種数)
3 段目	市販材区	0	8 (1年生 : 5/ 多年生 : 3)
	粉砕材区	2	15 (1年生 : 4/ 多年生 : 11)
4 段目	市販材区	1	6 (1年生 : 2/ 多年生 : 4)
	粉砕材区	1	11 (1年生 : 3/ 多年生 : 8)

1-7. 生育基盤の養分含有率

植物の生育基盤である表土の性質は植物の生長や種組成に密接に関わっている。植物の生活に必要な不可欠な元素は16種類あるが、その中で窒素、リン、カリウムは肥料三要素とよばれ、植物の良好な生育を維持するために特に重視されている。調査斜面はもともと風化岩盤が露出した状態にあり、そこに生育基盤材が吹付けられただけに、植物の生育に直接影響を与えるのは厚さ数cmの表層部分のみである。これらの生育基盤における窒素、全リン、全カリウム含有率を計測した結果を、'99と'00に測定した値と対比させて図-1-6に示した。なお、窒素含有率の計測には硫酸分解法（硫酸態窒素が全窒素の5%程度以下の場合の全窒素の定量）を、全リン含有率の計測にはバナドモリブデン酸法による比色法を、全カリウム含有率の計測には原子吸光光度法をそれぞれ用いた。窒素含有率について、'00には市販材区で'99と類似した値を示したが、粉碎材区では'99の値の2倍近く増えている。しかし、'04には、市販材区、粉碎材区ともに0.2~0.7%となり、

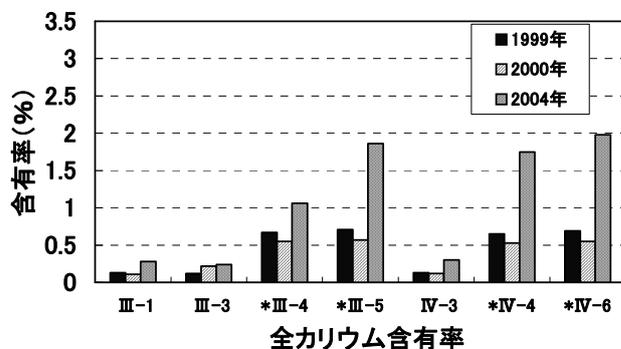
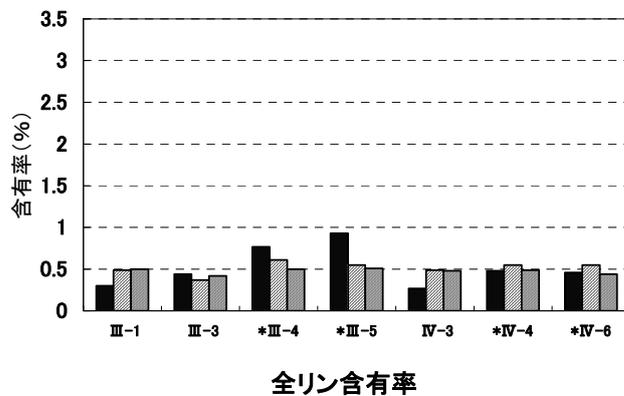
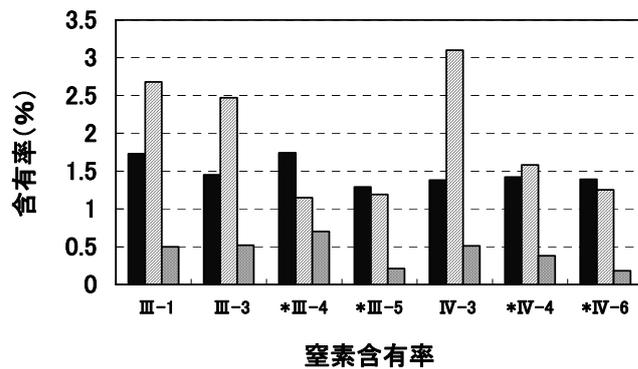


図-1-6 肥料元素の含有率

における顕著な差異も生じていない。全カリウム含有率については、市販材区では0.2~0.3%、

法を、全カリウム含有率の計測には原子吸光光度法をそれぞれ用いた。窒素含有率について、'00には市販材区で'99と類似した値を示したが、粉碎材区では'99の値の2倍近く増えている。しかし、'04には、市販材区、粉碎材区ともに0.2~0.7%となり、'00の値に比べて全プロットで著しく減少している。減少率は市販材区で特に大きく、Ⅳ-3では'99の1割近い値になっている。ただし、'99では市販材区と粉碎材区での差が最大で2.0%もあったが、'04では最大較差は0.5%と小さくなり、全プロットで値が平均化している。

全リン含有率に関しては、0.4~0.5%と全プロットともに似かよった値を示した。'00の値と比較すると、違いがほとんど認められず、値の平均化がさらに進んでいる。また、市販材区と粉碎材区に

粉碎材区では 1.1~2.0%と、粉碎材区で相対的に高い値を示した。また、'00 には '99 の値に比べてⅢ-3 以外のプロットで減少するが、'04 には全プロットで '99 の値に比べて増加する。増加率は粉碎材区で著しく、\*IV-9 では '00 の値の 4 倍近くになる。したがって養分含有率のうち、全リンに関しては、'00 以降顕著な変化は認められなかったが、窒素については '00 の含有率に比べて 4~8 割の減少し、カリウムは粉碎材区で 4 倍近く増加することが明らかになった。

#### 1-8. 養分含有率と植物の生長

'04 の調査時における生育植物の種類、優占種などの被覆率について、市販材区と粉碎材区の両区で '99、'00 の調査結果と比較すると、ほとんど似かよった特徴が認められたので、生育基盤の養分含有率についても同様の傾向を示すのではないかと予想された。しかし、リンや市販材区におけるカリウムの含有率が '99、'00 と同様の値を示したのに対して、窒素は 4~8 割も減少し、粉碎材区でのカリウムは 4 倍近くの増加が認められた。

窒素が土壤に供給される経路として、動植物遺体による有機物の供給、根粒菌など植物の根に共生する空中窒素固定菌の作用、雨水による無機態窒素の供給、施肥による無機態、有機態窒素の供給の 4 つが挙げられる<sup>10)</sup>。調査斜面においては、緑化施工時以降の追肥は全く行われなかったため、有機態窒素の供給は考えられない。これに対して窒素が減少する要因としては、植物による無機態窒素の吸収、降雨による窒素の溶脱、嫌気性細菌の作用による脱窒、土壤浸食による地力窒素の消失などが考えられるが、植物が無機態窒素を吸収する以外の要因による窒素の減少はごく微量である<sup>9)</sup>。植物は、動植物の遺体などから供給される有機態窒素を直接利用することができず、土壤微生物の働きによって無機化された窒素を根から吸収する。調査斜面の生育基盤における窒素含有率減少の要因としては、吹付け後 6 年経過した間にチップが分解して土壤化が進み、その結果、微生物の活性が高まったために有機態窒素の無機化がさかんになり、植物体の窒素吸収率が高くなったことが推察される。これとともに、ハギ類の生育個体数の減少による窒素固定量の減少も一つの要因として考えられる。また、市販材区で特に窒素含有率の減少が著しかったのは、カモガヤやイヌムギなど、窒素要求度の高い草本類が市販材区に多く生育しているためと推察される。

カリウムの含有率に関しては粉碎材区と市販材区で著しい違いが認められ、粉碎材区では市販材区の 5 倍近くの値を示した。多年生草本やイネ科植物は、カリウムの吸収が多い植物であるといわれている。市販材区では、多年生やイネ科の草本類の生育が盛んなため、カリウムの吸収量が粉碎材区よりも多かったと推測される。マメ科植物は、他の肥料の量が一定であればリンやカリウムの施肥量が増加するほど生長する。リンとカリウムについての土壤改良資材の品質基準値はそれぞれ 0.5%以上、0.3%以上とされるが<sup>6)</sup>、粉碎材区では基準値以上のリン、カリウムが含まれ、今後もハギの生長が良好であると考えられる。

また、窒素が十分に与えられれば、イネ科植物のリンおよびカリウムを吸収する能力はマメ科植物よりも高い<sup>9)</sup>。調査斜面の窒素含有率は0.2~0.7%と、'99、'00よりも低い値を示したが、土壌中の窒素含有率は一般に0.1~0.6%、平均で0.3%とされるので<sup>6)</sup>、植物の生長には問題のない量であることから、市販材区では今後もイネ科の草本類の生育が旺盛になると予測される。

#### 1-9. 粉碎材吹付け斜面における植生の推移

吹付け完了後1、2年経過した時点での調査斜面では、種子吹付けの際に導入されたハギ類や外来性牧草類の良好な生育が確認されたが、ヨモギを除く侵入植物は皆無であった。



写真-1-2 吹付け後3年経過時の斜面

これに対して、吹付けから6年後の調査では、ハギ類の生育は引き続き旺盛であったが、外来牧草類は全く認められず、その代わりに、多年生草本やイネ科・キク科の植物が数多く確認された。したがって、調査斜面における植生は吹付け後6年を経過する間に、外来牧草類→1年生草本→多年生草本へと遷移したことが推察される。また、6年経過時点での侵入種数は、草本

類が21種、木本類が4種であり、その中でも窒素吸収能力に優れているといわれるイネ科植物や、種子が風によって散布されるものが多いキク科植物も多種認められた。木本類に関しては、吹付け後6年経過した段階でも種数、本数ともに少なかったが、木本類は草本類に比べて発芽、生長に長い年月を要すると考えられる。また、粉碎材区と市販材区を比較すると、粉碎材区では市販材区の2倍近い種類の侵入植物が認められた。植物の侵入種数が多いことは植生基盤の相対的な安定性を示すため、粉碎材区の方がより安定した斜面であると考えられ、表土の安定性に関しては、斜面の変形度が粉碎材区の方が相対的に小さい<sup>2), 11)</sup>という特性からも認められる。

侵入植物だけでなく、植物群落の現存量の増加によっても植生遷移の進行状態をとらえることができる<sup>6)</sup>。樹高に関しては、'00での調査地と比較すると、市販材区におけるヤマハギ、両区におけるイタチハギの大きな上伸生長が認められた。ヤマハギ、イタチハギの根元直径は樹高に比例して大きくなることから、上伸生長と肥大生長が平行して生じてい

ると考えられ、'00 から '04 にかけて、植物 1 個体あたりの現存量も増加したと考察される。また、'04 の調査斜面では、すべてのプロットにおいて生育個体数が '00 と比べて減少しているのに対し、地上部現存量はほとんどのプロットで増加する傾向が認められた。したがって、調査斜面では '99 から '04 の間に生育するハギの種間内で自然淘汰が生じ、1 個体あたりの現存量が増加したと推察される。市販材区に比べて粉碎材区ではハギ類の早期の上伸生長量が大きく、1 個体当たりの現存量の増加割合も相対的に高いことから、斜面での植生回復についても粉碎材区の方がいち早く進行しているといえよう。

#### 1-10. 粉碎材使用の有効性

斜面を対象に緑化を実施する際、単一な種類の植物のみを播種するケースはごく限られた場合のみである。一般には植生遷移の促進と生育基盤の改善のために、数種の植物が混ぜられて播種される。また、斜面緑化においては、景観が良く、斜面の安定性を高める木本類の形成が望まれるが、木本類は発芽が遅く、初期の生長量が少ないため、初期生長が旺盛な草本類と混播されることが多い。しかし、草本類の早い段階での被圧によって木本類の発芽・生長が阻害され、遷移が遅れるという問題があり、混播する木本類や草本類の生育特性や形態、発芽特性などを十分検討する必要がある<sup>7)</sup>。

調査斜面において、施工後 1、2 年経過した時点では、市販材区で牧草類が、粉碎材区でハギ類がそれぞれ優占して生育していた。施工後 6 年経った段階では、草本類の種類が変わったものの、ほぼ同様な傾向が認められ、市販材区では草本類が、粉碎材区ではハギ類が引き続き優占していた。ハギ類は初期段階において両区ともに類似した発芽率であったが、その後の生長は粉碎材区の方が市販材区より著しいという結果が得られ<sup>3)</sup>、粉碎材区でハギ類の生育が依然として旺盛であることは、市販材区のように草本類に被圧されることなく生長したと考えられる。また、種子吹付けから 6 年経過した調査斜面では、多種の侵入植物が認められたが、粉碎材区での種数は市販材区の約 2 倍であった。この結果から、粉碎材区ではハギ類の上伸生長と個体数密度の減少に伴い、植物の侵入可能なスペースが広く存在するとともに、斜面の安定性が高いことが推察される。さらに、市販材区に比べて地温の季節的変動が小さく、含水率も高いという保温機能や保湿機能も確認され<sup>2), 11)</sup>、粉碎材区は植物種子が定着、発芽しやすい立地条件に移行しつつあると考えられる。

これらのことから、粉碎材を緑化基盤材料として使用することにより、初期の草本類の生長によってハギ類の生育が阻害されることがなく、より早い段階での木本類による植生回復が期待できるといえる。また、吹き付けから 6 年経過した時点においても、植物の上伸生長や現存量の増加が確認された。養分含有率においても基準値以上の値を示していることから、粉碎材が分解し、土壤微生物の働きによって土壤化が順調に進行していると推察され、植物の侵入に関しては、植物にとってより侵入・定着しやすい環境条件が整いつつあると考えられる。

緑化工に使用される植物としては、①乾燥に耐え、痩せ地でもよく生育する、②発芽が早く、生育旺盛で丈夫である、③地下部がよく発達する、④多年生である、⑤種子の大量入手が容易で安価である、などの条件を満たす植物が望ましい。このような条件を満たし、法面の緑化に用いられる植物として、外来牧草類に代表される草本類が圧倒的に多い<sup>5)</sup>。しかしながら、草本類には、①根が浅いために表土が崩れやすい、②景観上好ましくない、③生態系の回復が遅れるなど、防災、環境保全、景観保護の面で多くの欠点があることが明らかになっている<sup>8)</sup>。これに対して木本類は、根系による堅縛力が高く、斜面の強度や安定性を増大させるとともに、景観の向上といった機能も果たす。また、植物の侵入に関しても、表土の安定性が増すほど、侵入植物の定着率は高くなり、遷移がスムーズに進行するといえる。したがって、粉碎材吹付け斜面において自然植生との調和を図るためには、機能や形態の異なる木本類の混在する植生の成立が有効であると考えられる。ただし、草本類とハギ類を混播した場合、ハギ類の被圧によって周辺からの木本類侵入が妨げられるという問題点が明らかになり、多種多様な木本類で構成される群落の確実な成立を図るためには、木本類と草本類の両者の生長速度差と生育タイプを考慮した組み合わせや両者の混播割合を変えるなどの工夫が必要である。

#### 参考文献

- 1) 安保 昭 (1983) : 「のり面緑化工法」 森北出版株式会社 : 東京, p.89.
- 2) 岩本篤彦 (2000) : 粉碎材を使用した法面吹付け緑化工法の有効性について. 岐阜大学農学部卒業論文, 52p.
- 3) 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復元状況と生育基盤特性について. 日本緑化工学会誌 25 (4), pp.343-346.
- 4) 木村正信・山田かおり・田口 亨 (2001) : 粉碎材吹付け法面でのハギ類の生育状況と凍上抑制効果. 日本緑化工学会誌 27 (1), pp.308-311.
- 5) 小橋澄二・村井 宏・亀山 章 (1992) : 「環境緑化工学」 朝倉書店 : 東京, p.73-74, p.91.
- 6) 輿水 肇・吉田博宣 (1998) : 「緑を創る植栽基盤」 ソフトサイエンス社 : 東京, 313p.
- 7) 難波宣士 (1986) : 「緑化工の実際」 株式会社創文 : 東京, pp.74-77.
- 8) 小野介嗣 (1979) : 「土の環境園」 フジ・テクノシステム : 東京, p.651.
- 9) 芝本武夫 (1977) : 「森林の土壌と肥培」 農林出版株式会社 : 東京, p.142.
- 10) 森林土壌研究会 (1982) : 「森林土壌の調べ方とその性質」 林野弘済会 : 東京, pp.246-249.
- 11) 山田かおり (2001) : 粉碎材を吹付けた斜面における植生の推移. 岐阜大学農学部卒業論文, 46p.

## 2. ホワイトクローバーの生育と吹き付けチップの分解について

### 2-1. 植生被覆率

徳山ダム周辺では粉碎材を生育基盤材として用いた斜面緑化吹き付けの際、2000年までは木本類のヤマハギ、イタチハギと草本類のメドハギの種子を使用した「旧配合」が採用されていたが、2001年からは草本類のホワイトクローバー、レッドトップ、オーチャードグラスなどの種子を使用した「新配合」に切り替えられ、「新配合」では木本類種子は全く採用されていない。そこで、「新配合」による緑化斜面での植生回復の特徴を調べた。調査箇所は徳山ダムより上流に位置する水没予定地内の作業道斜面で計13箇所を対象にした。標高は海拔300~400mの範囲にあり、調査作業道の斜面は主に切土斜面で傾斜42°~71°である。なお、粉碎材の吹き付け厚は3~5cmとなっている。各斜面において吹き付け域の端から横断方向に5m毎の地点で斜面下方から約1m、2m、3mの高さの場所に調査プロット(50cm×50cm)を設置し、それぞれの調査プロットと吹き付け斜面全体の植生被覆率を測定した。また、各調査プロットでは被覆率以外にも自生植物の種類、種毎の相対被覆率を測定した。各調査斜面の施工後の経過年数は、5年経過が1箇所、4年経過が4箇所、3年経過が4箇所、2年経過が3箇所、1年経過が1箇所である。また、粉碎材吹き付け斜面の他にも対照地として、緑化を施していない「非吹き付け」斜面4箇所と、化学繊維のネットを利用した「植生マット工」施工斜面1箇所をそれぞれ調査した。

各調査プロットでの被覆率の最大、最小、平均値を施工後の経過年数毎にまとめ、さらに対照地として非吹き付け斜面、植生マット施工斜面を加えて、図-2-1に示した。粉碎材吹き付け斜面での被覆率は5~100%と、斜面によって著しく異なる。施工後経過年数での平均値は、1年経過48%、2年経過48%、3年経過64%、4年経過85%、5年経過100%となり、施工後3、4年から被覆率が急増する。また、年数が経過するにつれて最大値と最小値の差が収束する傾向にあるが、3年経過だけは特にバラツキが大きく、植生回復状況の不良な斜面が目立った。対照地として選んだ非吹き付け斜面では被覆率の最大値と最小値の差が大きいが、平均被覆率は48%となり、2年経過の斜面とほぼ同じ範囲にある。植生マット施工斜面での平均被覆率は45%と最も低い、植生被覆率は斜面全体でほぼ均一である。

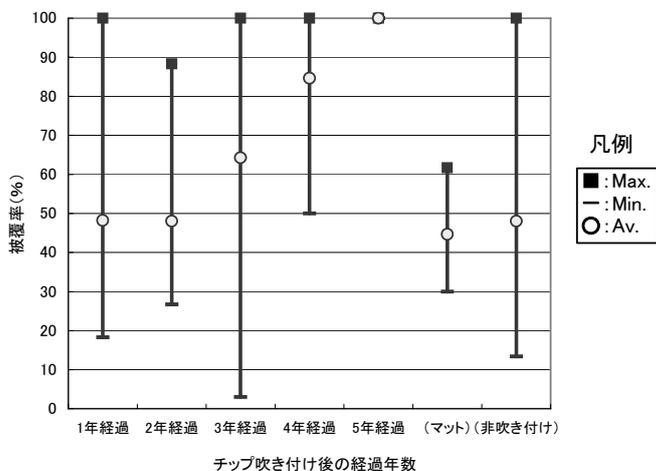


図-2-1 経過年数と植生被覆率

## 2-2. 生育植物の種類と出現頻度

1～3年経過した斜面に吹き付けられた植物種子の全てが草本類で、ケンタッキーブルーグラス、レッドトップ、ペレニアルライグラス、リードキャナリーグラス、イタリアンライグラス、ホワイトクローバーの6種である。一方、5年及び4年経過の斜面には、吹き付け種子6種のうち木本類はイタチハギとヤマハギで、残りはトールフェスク、オーチャードグラス、クリーピングレッドフェスク、メドハギの草本類である。総計483箇所の調査プロット(0.5m×0.5m)で自生が確認された植物は計104種となり、そのうち、導入植物は草本類5種と木本類2種の計7種、侵入植物は草本類59種と木本類36種、シダ類2種の計97種であった。1～3年経過した粉砕材吹き付け斜面では主にシロツメクサ、オーチャードグラス、イタリアンライグラス、レッドトップなどの導入草本類の相対被覆率が80%以上と圧倒的に高く、侵入植物としてはハルジオン、ヨモギ、オオアレチノギク、ススキなど数多くの草本類が確認されたが、被覆率及び出現頻度はいずれも相対的に低い値である。4～5年経過した粉砕材吹き付け斜面では導入植物であるヤマハギとイタチハギの出現頻度が86～100%と高く、相対被覆率も45～51%を占める。これら2種の被覆率が高い理由として、ハギ類はアレロパシーにより、他の植生の成育を阻害する可能性が挙げられる<sup>2)</sup>。ただし、調査プロット単位での侵入植物種数は平均3.7種となり、アカソ、オオアレチノギク、ハルジオン、ススキ、ダンドボロギクなどがその代表的な種である。植生マットの施工された斜面ではネズミムギ、コヌカグサなどの導入草本類とイヌムギ、ススキなどの侵入草本類や、侵入木本類ではスギが数多く確認された。また、非吹き付け斜面では最大21種の侵入植物が自生する。ウツギ、ヌルデ、バッコヤナギなどの木本類とススキ、タケニグサ、ヨモギ、ハハコグサ、アカソ、クズなどの草本類が認められ、それぞれの種の相対被覆率及び出現頻度も粉砕材吹き付け斜面に比べると高い。

「新配合」での調査プロットで最も出現頻度の高い植物はホワイトクローバーであり、3年経過した吹き付けの斜面では93%の調査プロットに出現し、相対被覆率も59%と高い。同じく導入種のイタチハギは4～5年経過した吹き付け斜面で88%の調査プロットに出現し、被覆率は25%であった。一方、侵入種種で出現頻度の高いのはススキ、ヨモギ、アカソ、アメリカセンダングサなどの草本類で5～67%の調査プロットに出現し、木本類では50%の調査プロットに出現したツル類である。非吹き付け斜面では草本類のススキが33%の調査プロットで出現したが、被覆率は僅かに6%であった。木本類についてはウツギが12%の調査プロットに認められた。

侵入植物種数の最大値、最小値及び平均値を施工年別に示したのが図-2-2である。施工後の経過年数が増すにつれて侵入種数の平均値は少しずつ増加している。したがって、粉砕材吹き付け斜面では施工後の経過年数に伴って、より多くの種類の植物が定着すると考えられる。ウツギ、ヌルデ、バッコヤナギなどの木本類は先駆性樹種と呼ばれ、植生が

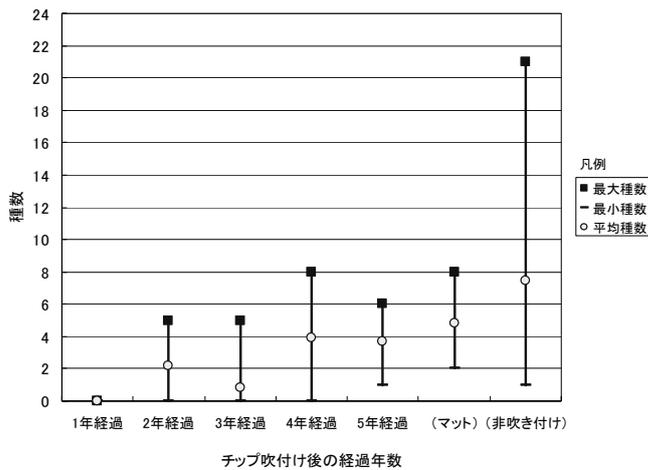


図-2-2 経過年数と侵入種数

極相へと遷移していく段階で最も早く現れる陽樹である。これらの先駆性樹種は緑化後の植生遷移において最も重要な木本類であり、先駆性樹木がより多く侵入することで緑化の本来の目的である多様性に富む植物群落の形成を達成できるといえる。先駆性樹種に関しては5年経過斜面で1種、4年経過斜面で2種、3年経過斜面で5種、2年経過斜面で3種それぞれ確認され、出現頻度はそれぞれ11%、3%、2%、

7%であった。このことから、先駆性樹種の侵入に関しては、施工後の経過年数との間に明確な相関は認められず、各々の調査斜面と母樹との位置関係やその他の立地条件が関与していると推測される。

### 2-3. 斜度及び方位の影響

一般に斜面の傾斜は緩いほうが表土は相対的に安定している。逆に急な斜面では侵食を受けやすく、表層が不安定であるため、植物の生育にもマイナスの影響を及ぼすのではないかと考えられる。調査斜面の大半は作業道開設の際に、山腹斜面を切り取って造成され、基岩の露出した箇所が多い。傾斜と植生被覆率及び侵入植物種数を比較したところ、大半の斜面は傾斜45~65°の範囲にあるが、被覆率は5~100%とバラツキが大きく、両者の間には明確な相関関係は認められなかった。この理由として、施工斜面は金網で覆われているため、吹き付け基材の安定に傾斜がさほど影響していないことが考えられる。ただし、急傾斜の一部斜面では吹き付けチップの崩落が生じていた。

斜面の方位によって一日あたりの日照時間や日射量に違いが生じ、南向き斜面では日照時間が相対的に長く、日射量も多いので植物の生育が良好であると考えられる。各調査箇所を4方位で区分すると、北向き46箇所、東向き22箇所、南向き61箇所、西向き78箇所となる。各調査プロットでの被覆率、並びに侵入植物の種数を方位別にまとめて図-2-3と図-2-4に示した。その結果、北西~北東の範囲にある斜面での平均被覆率は86%、侵入種数の平均は2.2種となった。それに対して、南東~南西の斜面での平均被覆率は53%、侵入種数の平均は3.7種であった。北向き斜面では南向き斜面に比べて平均被覆率が6割程度高くなり、植生被覆が相対的に良好なことが明らかである(写真-2-1、2-2)。しかしながら、植生の侵入に関しては南向き斜面で北向き斜面の約1.7倍の侵入種が認められ、周囲からの侵入植物による植生回復という点では優っている。

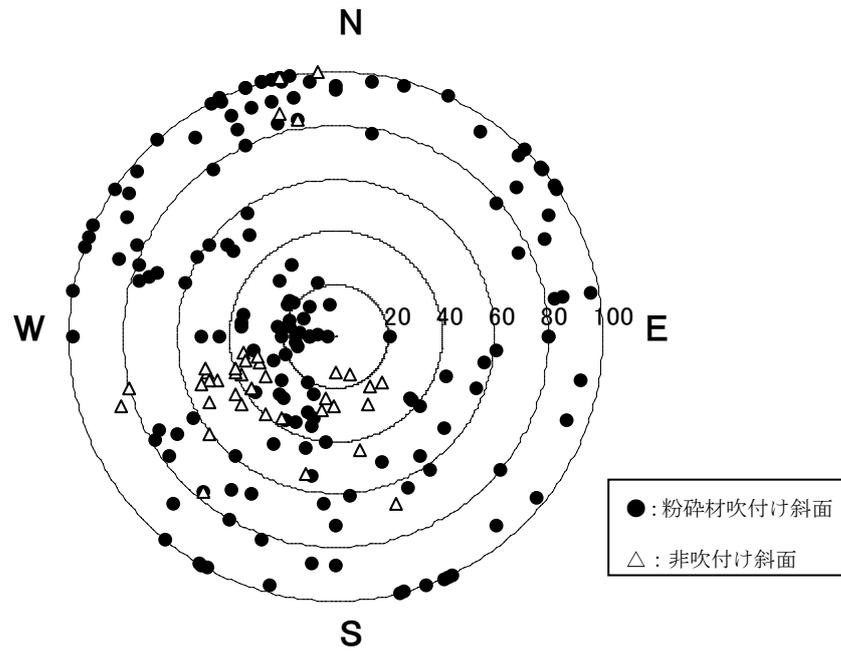


図-2-3 方位と被覆率

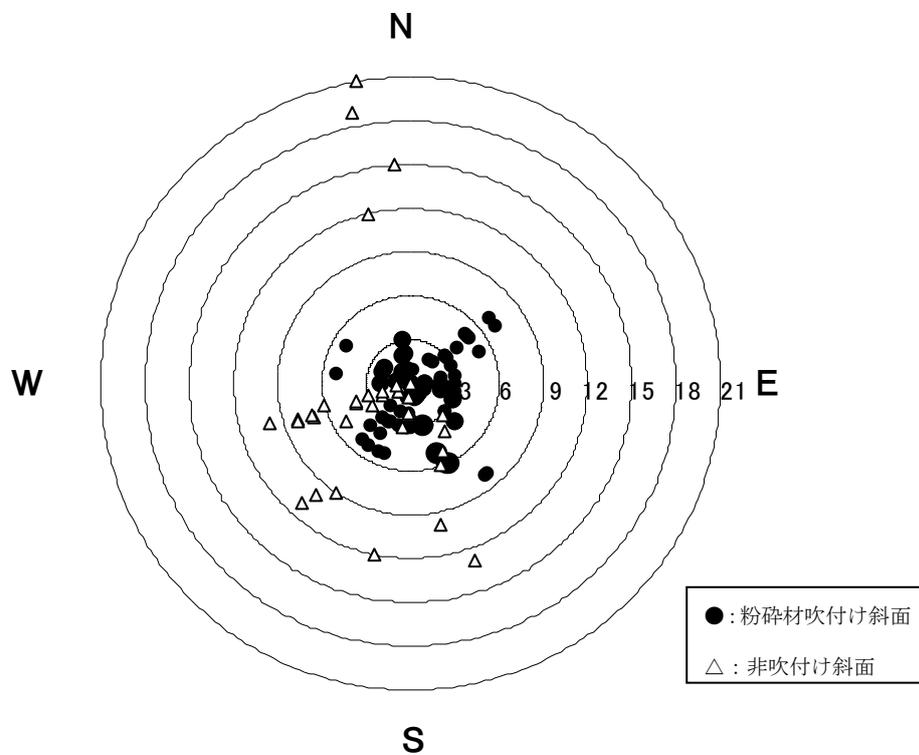


図-2-4 方位と侵入植物の種数



写真-2-1 北向き斜面（被覆率 70%）



写真-2-2 南向き斜面（被覆率 20%）

非吹き付け斜面では北向き斜面の被覆率が 84~100%、侵入種数は 12~21 種となり、同じく北向き粉砕材吹き付け斜面よりも良好な値を示す。一方、南向き斜面では被覆率が 13~67%、侵入種数は 1~13 種とバラツキが大きい。このように非吹き付け斜面でも方位別に比較すると、自生植物の被覆率と種数に関する相違が明白である。粉砕材吹き付け斜面と同様に、日照時間や日射量の違いによる乾燥条件の違いによると考えられる。北向き斜面での侵入種数が南向き斜面よりも多い点は粉砕材吹き付け斜面と異なる。非吹き付け状態の北向き斜面には侵入植物の定着を妨げる導入植物の繁茂という要因が無いため、北向きの非吹き付け斜面では立地環境を整えば以前の植生に早期に回復すると推察される。

方位の違いにより植生の被覆率と侵入植物の種数に差異が生じる理由として、南向き斜面では夏季に乾燥の著しいことが推測される。とりわけ、木本類であるハギが繁茂する斜面と異なり、草丈の低いホワイトクローバーに覆われた斜面ではこの傾向が著しいといえる。表土が乾燥すると水分不足の状態になり、導入植物の生育が妨げられるが、植生被覆がまばらになったところには周辺から植物の種子が飛来し、定着しやすい環境が形成される。逆に北向き斜面では日陰の状態が続いて、夏季でも水分不足がほとんど生じないので、導入植物の繁茂が著しくて被覆率も高いので、侵入植物の種子が飛来しても定着するのは困難であると推測される。したがって、北向きの粉砕材吹き付け斜面では導入植物の繁茂によって侵入植物の定着がより困難となり、南向き斜面よりも種数が少ないと考えられる。

そこで粉砕材吹き付け斜面のうち、隣接する北、南、南東向き斜面にそれぞれポータブ

ルの温度計を設置して、約 5cm の深さでの地温を計測した。表土の含水率が高いほど地温変化の割合は低いため、地温変化は表土の含水率を定性的に表すからである。夏季の地温を計測したところ、南東及び南向き斜面での最高地温の値はほぼ類似し、その変化は天候に大きく依存し、晴天時には高く、雨天のときは低いといった振幅の大きいサイクルを示した。一方、北向き斜面の最高地温は他の 2 斜面に比べると 1~5℃ほど低く、変化の割合は小さい。最も暑い 8 月上旬での各斜面での地温の日格差は南東 9.8℃、南 6.3℃、北 3.1℃となり、南東及び南斜面では北向き斜面に比べて 2~3 倍の値となる。このことから、表土に含まれる水分の蒸発が著しく、乾燥しやすいと推測される。特に夏季に表土の乾燥が著しく、そのため導入植物の生育が北向き斜面に比べて劣ると考察される。

#### 2-4. 被覆率と植生侵入について

粉砕材吹付け斜面では方位の違いによって地温変化が異なり、南向き斜面では乾燥が著しく、北向き斜面は表土中の湿度が相対的に高くなることが判明した。つまり、被覆率が高い斜面では地温変化が相対的に少なく、表土の含水率が高くなると考えられる。このような水分条件の違いが植生侵入に対して及ぼす影響を明らかにするため、表土の含水率に影響を及ぼすと考えられる被覆率と侵入種数の関係を図-2-5 に示した。被覆率が 0~30% の範囲では、侵入種数が最大 3 種と相対的に低い。被覆率 30~90% の範囲でも侵入種数は最大 5 種にとどまり、ほぼ似かよった侵入状況である。被覆率 90~100% になると侵入種数は最大 8 種を数えるが、ただし各斜面でのバラツキは大きい。図中、△で示した箇所は吹き付け後 1 年経過の法面であり、被覆率は 0~30% で侵入植物も無く、導入植生も疎な状況であった。さらに、吹き付け後 3 年経過した斜面を示す◆印の箇所のうち、被覆率 30% 未満の箇所には導入及び侵入植物がほとんど生育しておらず、斜面下部には崩落したチップが堆積し、金網が露出していた。施工後 3 年が経過しているにもかかわらず、植生が疎な

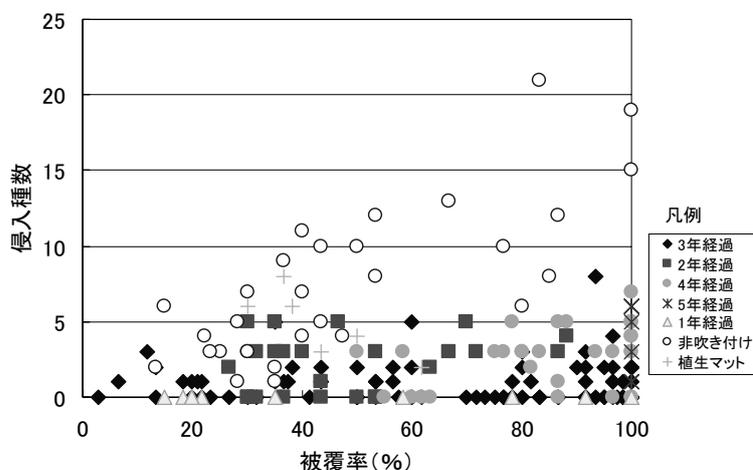


図-2-5 被覆率と侵入種数

状態なのは、南向き斜面での夏季の著しい乾燥に起因すると推測される。草丈の低い草本類に覆われた斜面では表土の乾燥状態が続くことにより植物の生育が困難となって、表層を覆うチップを不安定化し、その結果が更なる被覆率の低下につながるというマイナスのスパイラルが生じていると考

えられる。粉碎材吹き付け斜面と異なり、非吹き付け斜面では、被覆率の高い斜面では侵入種数も多いという正の比例関係がある。逆に植生マット施工斜面では被覆率が高いほど侵入種数が少ないという逆の比例関係が認められた。粉碎材吹き付け斜面では被覆率が30%未満の箇所では侵入種数も相対的に少なく、30~90%の箇所では0~5種と似かよった状況で、90%以上の箇所では最大8種とバラツキが大きく、被覆率と侵入種数には明確な相関は認められなかった。植生侵入に関しては、被覆率の他にも周辺の森林状況や種子供給源との位置関係など、様々な要因が関与していると考えられる。

## 2-5. 吹き付けチップの分解

粉碎材吹き付け斜面では土壌菌の活動によってチップの分解が進行すると、土壌菌の分泌物が養分として植物に供給され、良好な生育環境が形成されると予想される。チップの分解には様々な種類の分解菌が関与し、分解菌の活動には適切な温度（25~30℃が最適とされる）と十分な湿度が求められる<sup>3)</sup>。分解菌の活動に必要とされる条件が整えばチップの分解が進行し、施工後の経過年数に伴ってチップの分解度も増大すると考えられる。また、方位によって地温の変化に相違が認められたことから、表層を覆うチップの水分状態にも方位による差があると考えられる。そこで、施工後の経過年数に伴ってチップの分解がどのように進行し、吹き付けチップの分解に対して方位が影響しているのかを調べた。

木質廃棄物であるチップは無機物と有機物で構成され、分解の進行度はチップ中の灰分、リグニン及びアルカリ抽出物の含有率を定量分析することによって判明する。チップに含まれる有機物を高温で焼却して得られる灰分の量がほぼチップに含まれる無機物量とみなされる。有機物は主にセルロース、リグニンからなり、これらが分解することによって木材が腐朽する。セルロースは多糖類なので酸によって分解されやすく、十分に分解されるとグルコースとなって容易に水に溶解、分解途中のセルロースはアルカリによって抽出されやすい。一方、リグニンは通常、木材中に20%含まれ、酸によって溶解されにくいため分解され難い。チップの腐朽でグルコースが分解されるとリグニンは相対的に増える。

木材には、糖、タンニン、油脂、精油、低分子のリグニン及びヘミセルロース（分解途中のセルロース）などのアルカリ抽出物が含まれる。木材の腐朽につれて低分子のリグニンやヘミセルロースなどの分解産物は蓄積されるため、アルカリ抽出物は増加するといわれている<sup>4)</sup>。吹き付けたチップの分解がどの程度進行しているかを判定するために、施工経過年数別に5年経過の斜面を1箇所、4年経過を6箇所、3年経過を16箇所、2年経過を6箇所、1年経過を2箇所の計31箇所の斜面で吹き付けられたチップを採取し、チップに含まれる灰分、アルカリ抽出物及びリグニンの含有率を室内で定量分析した。

チップに含まれる灰分を測定した結果、5年経過時で40%、4年経過時53~63%、3年経過時32~60%、2年経過時39~60%、1年経過時37~39%となり、経過年数別での顕著な差異はない。通常、木材に灰分は1%程度しか含まれないが、チップに利用された伐採端材

(枝条や根株)には土砂が付着し、洗浄することなく粉碎して吹き付けたために、チップ採取試料に無機物である土砂が含まれ、灰分が高い数値を示したと推測される。そのため、アルカリ抽出物の定量分析とリグニンの定量分析の際には灰分の値を除いてそれぞれの含有率を算出した。

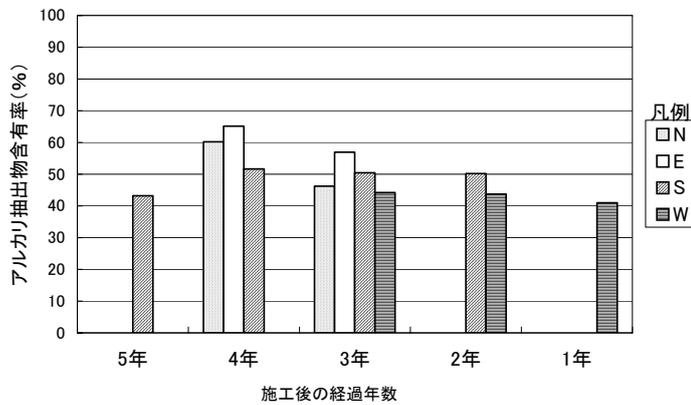


図-2-6 方位別アルカリ抽出物含有率(灰分除く)

アルカリ抽出物の含有率が増加傾向を示す。方位別には、北向き斜面では3年経過時で46%、4年経過時で60%と、1年間で3割程異なり、東向き斜面では同年数で約2割の違いが認められた。それに比べて南向き、西向き斜面ではごくわずかな違いしか生じていない。本来、チップの分解に関与する分解菌は地温 25~30℃の、湿度の高い斜面において最も活動しやすいといわれる。南向き斜面は、湿度が高ければ分解に適しているといえるが、施工後1~2年経過した斜面では植生被覆率が低いために水分が十分に保持されず、乾燥しがちになり、チップの分解の進行が遅いと推測される。そのため、平均地温は低いものの水分の豊富な北向き斜面及び東向き斜面の方が南向き斜面に比べてチップの分解に適した環境にあると考えられる。

リグニンの含有率を施工年別、方位別に整理して図-2-7に示した。リグニン含有率に

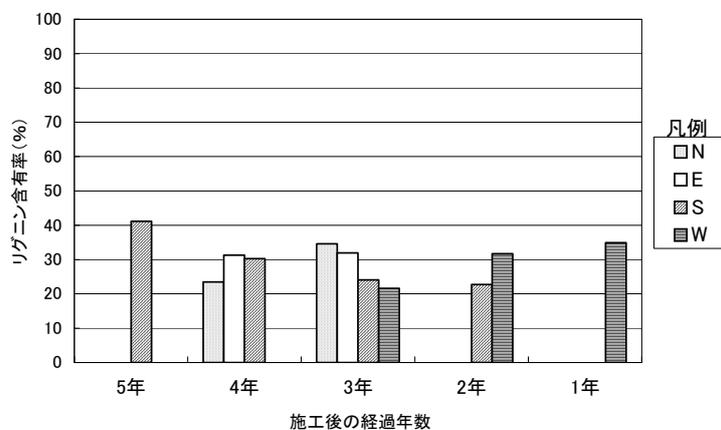


図-2-7 方位別リグニン含有率(灰分除く)

チップに含まれるアルカリ抽出物の含有率を施工年度別及び方位別に整理して、それぞれの平均値を図-2-6に示した。アルカリ抽出物の含有率が高いほど分解が進んでいるといえる。図から明らかのように、施工後の経過年数に伴い、全ての方位でア

ルカリ抽出物の含有率が増加傾向を示す。方位別には、北向き斜面では3年経過時で46%、4年経過時で60%と、1年間で3割程異なり、東向き斜面では同年数で約2割の違いが認められた。それに比べて南向き、西向き斜面ではごくわずかな違いしか生じていない。本来、チップの分解に関与する分解菌は地温 25~30℃の、湿度の高い斜面において最も活動しやすいといわれる。南向き斜面は、湿度が高ければ分解に適しているといえるが、施工後1~2年経過した斜面では植生被覆率が低いために水分が十分に保持されず、乾燥しがちになり、チップの分解の進行が遅いと推測される。そのため、平均地温は低いものの水分の豊富な北向き斜面及び東向き斜面の方が南向き斜面に比べてチップの分解に適した環境にあると考えられる。

リグニンの含有率を施工年別、方位別に整理して図-2-7に示した。リグニン含有率についても分解の進行につれて値が大きくなる。南向き斜面ではリグニン含有率が経過年数に比例して増加し、逆に北向き及び西向き斜面では約2割ずつ減少し、東向き斜面ではわずかな違いに過ぎない。したがって、施工後の経過年数と方位に関してリグニン含有率の増減に明確な相関は認められ

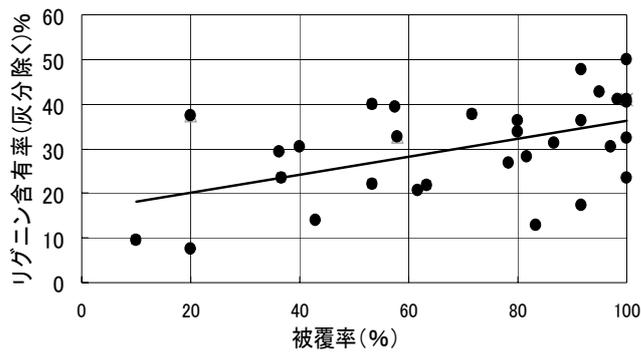


図-2-8 被覆率とリグニン含有率(灰分除く)

ない。植生の被覆率とリグニン含有率の関係については、図-2-8に示したように全体的に被覆率が高いほどリグニン含有率が高い傾向が認められた。

したがって、リグニン含有率は植生の被覆率と関連し、方位にはさほど影響されず、植物の繁茂が著しい斜面では植生の乏しい斜面に比べてチップの分解がより

早く進行していると推測される。植生による被覆率が高いと斜面の表層が植物で覆われ、水分が保持され易いため、分解がより早く進むと考えられ、被覆率が高い斜面では表層の含水率が相対的に高くなり、それにつれて分解菌の活動も活発になると考察される。

以上のことから、粉碎材吹き付け斜面では施工後の経過年数に伴って被覆率、侵入種数ともに増加し、斜面の立地要因の一つである方位が植生回復状況に強く影響していることが判明した。北向き斜面は南向き斜面に比べて被覆率が相対的に高く、逆に侵入植物の種数は少ないというように、方位によって植生回復状況に明確な差が現れることが明らかである。方位による地温変化の相違は表層を覆うチップの含水状態の差異を示している。チップの含水状態が違うことによってチップ分解の進行状況も異なり、相対的に被覆率の高い斜面でチップ分解度の高いことが判明した。なお、堆肥化していない木質系チップを緑化基材として使用した場合に初期段階で植物の生育障害が生じるとの指摘<sup>1, 5)</sup>もあるが、本調査地においてはそうした障害は全く見当たらなかった。

#### 参考文献

- 1) 千秋由里・大内公安 (2001) : 木質系チップを利用した緑化基盤材の配合検討. 日本緑化工誌 27(1), pp.178~180.
- 2) 古前 恒・林 七雄 (1984) 「身近な生物の科学的交渉」- 科学生態入門 三京出版 : 東京, pp.8~31.
- 3) 桂川尋衛 (2004) : 緑化吹き付けチップの分解と植生回復について. 岐阜大学農学部卒業論文, 34p.
- 4) (社)日本木材保存協会 (1982) : 「木材保存学」 文教出版 : 大阪, pp.54~58.
- 5) 横塚 享・小林正宏・大谷多香・高橋正通・赤間亮夫・大田誠一 (2001) : 未分解チップ施用面の土壌化学的特性および植生状況. 日本緑化工誌 27(1), pp.181~184.