

3 復旧対策

自然破壊が発生した翌年、植生被害を受けた現地を放置することによって二次的被害が発生する可能性があるため、岩手県は緊急に「応急対策」を実施した。さらに引き続き、「本復旧対策」を計画し、同年に実施された。この間、復旧に係る技術検討委員会が発足し、本復旧対策計画の策定がおこなわれた。ここでは復旧対策の内容を主体に復旧対策の計画内容を記す。

3.1 応急対策の計画と実行

1996年6月18日に環境庁東北地区国立公園・野生生物事務所(現、環境省東北地方環境事務所)から公式に連絡を受けた岩手県では、同年7月3日に岩手県自然保護課と盛岡土木事務所の担当官による緊急現地踏査をおこなった。この後、岩手県土木部では盛岡土木事務所が主体となって、同年8月21～28日の期間、応急対策調査を実施した。

その結果、このまま放置すれば、地表の露出、表土の物理性・浸透能の低下による土壌侵食や帯状空間の発生による縁辺樹木の風害発生など、二次的被害の発生と植生被害の拡大のおそれがあることが報告された。そのため、植生の原状回復のために応急対策として表土の流出防止と倒木の立て直しを主体とする作業を、約3週間かけて実行することとなった。この計画や作業には盛岡土木事務所、岩手県自然保護課、環境庁東北地区国立公園・野生生物事務所、雫石・岩手両営林署(現、林野庁東北森林管理局盛岡森林管理署)などが協議・立案し、地元造園会社や事件に関与した調査委託業者の関係者が参加し、実行された。

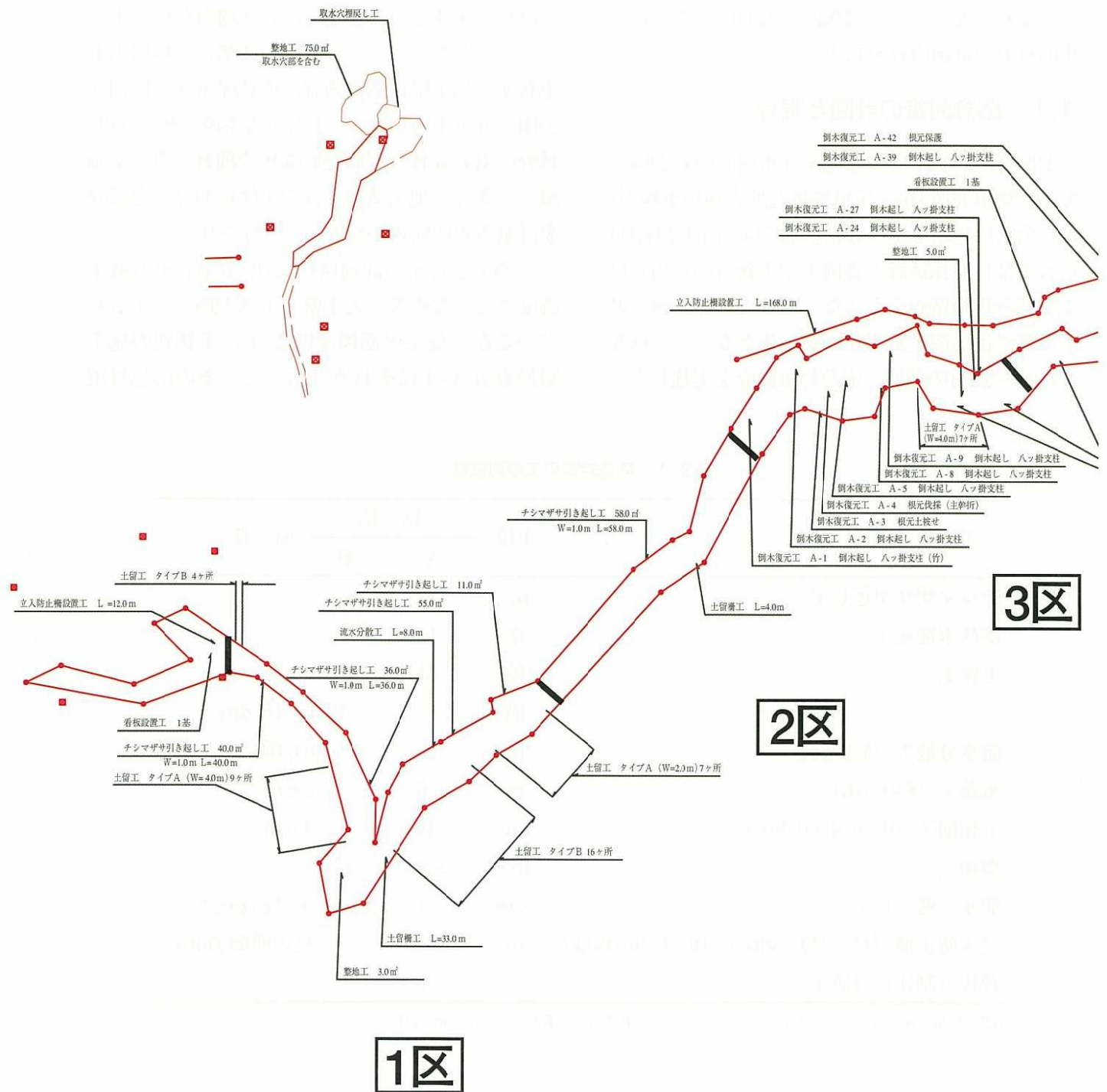
その応急対策の詳細は「一般県道雫石東八幡平線応急対策報告書」(岩手県土木部1996)に示されているが、施工平面図を図3-1、工種別の施工数量を表3-1にそれぞれ示した。その応急対策

表3-1 応急対策の工種別数量

工種(形状)	単位	数量		備考
		A	B	
チシマザサ引起し工	m ²	412	-	
倒伏木復元工	本	15	-	
土留工	段	31	-	L=78.2m
	段	-	8	L=15.8m
流水分散工(W=0.5m)	m	25	-	6カ所
水路工(W=0.1m)	m	6	-	2カ所
土留柵工(H=0.4~0.8m)	m	49	-	3カ所
整地工	m ²	320	45	
取水穴埋戻し工	カ所	1	-	土量約40m ³
立入防止柵(ロープ)設置工(H=0.9m程度)	m	201	-	杭の間隔約3m
看板(制札)設置工	基	5	-	

(注) 数量の欄のAは旧雫石森林管理署管内国有林、Bは旧岩手森林管理署管内国有林

復旧対策



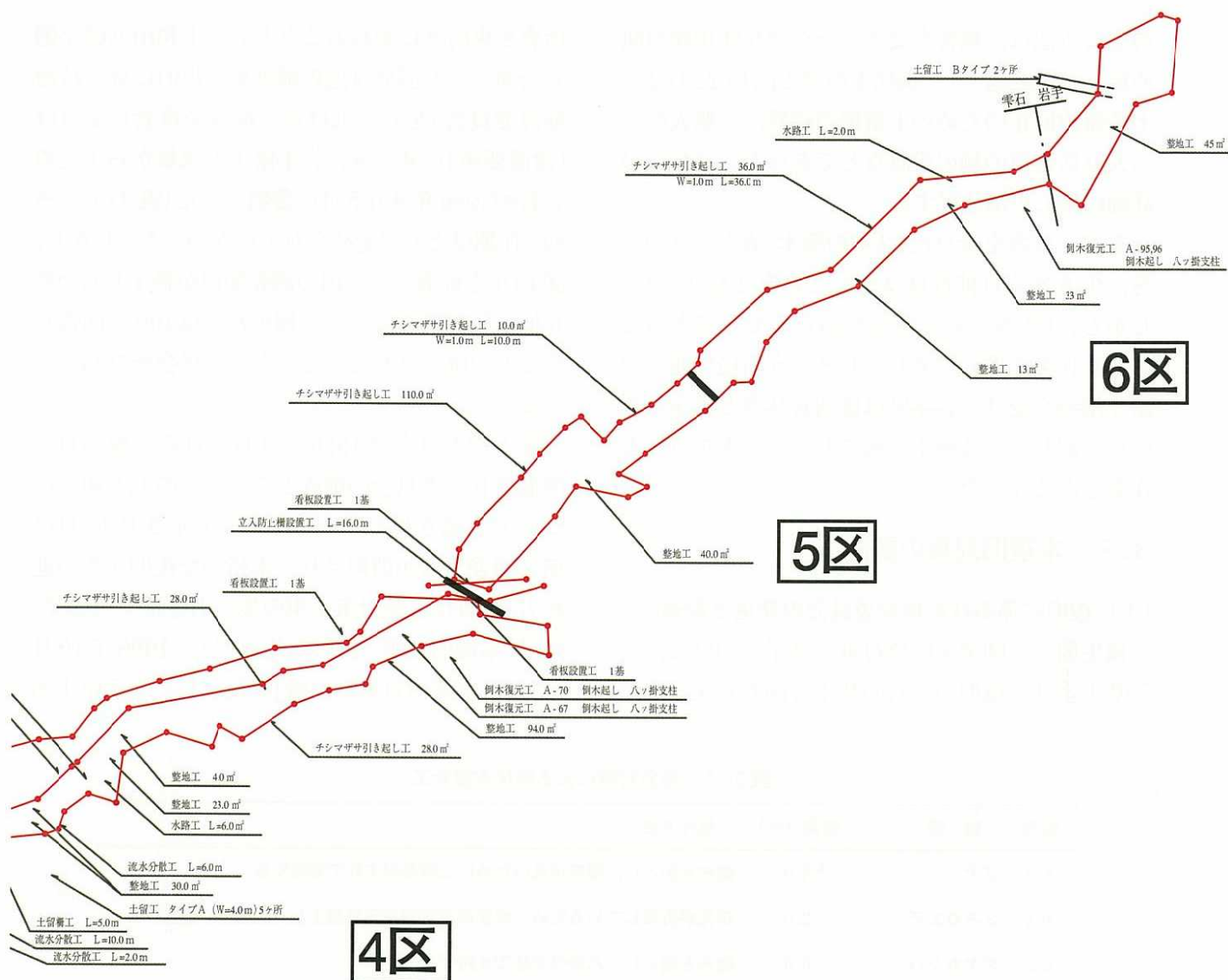


図 3-1 応急対策の施行平面図

の主な工法は、被害を受けたチシマザサ根株の埋め戻しや引き起こし、倒伏木の立て直し(表3-2)、土砂流出防止のための土留柵の設置、一般人の立ち入り防止用の柵の設置などであった。これらの詳細に関しては後記する。

なお、被害を受けた93本の樹木(表2-2)のうち、生き残る可能性はほとんど見出せなかった。しかし、「生きている樹木があるので、できるだけ早く作業を進めて欲しい」という環境庁側の要請と指導を受け、岩手県は盛岡営林署と協議しながら、倒れている樹木を起こし、添え木を付ける作業をおこなった。

3.2 本復旧対策の計画

(1) 復旧に係る技術検討委員会の発足と経過

植生回復に関する応急対策の終了と同時に、岩手県土木部は復旧のための基本計画の立案と施工

指導を専門家に委ねることとし、「十和田八幡平国立公園三ツ石湿原付近の植生被害復旧に係る技術検討委員会」を立ち上げた。検討委員会の委員は「設置要領」に基づき、岩手県土木部長から下記の5名が1996年9月5日に委嘱された(表3-3)。当初、任期はとくに定められていなかった。しかし、満10年を経過し、当面の調査期間が終了した2006年9月14日の時点で、植生が概ね100%回復したことが確認されたことから、委員会を終結している。

第1回委員会は1996年9月5日の委嘱当日に開催され、委員会の構成とこれからの取り組みについて審議された。そして、1996年9月12日に第2回委員会が開催され、本格的な復旧工事の進め方(実質は応急対策工事の後を引き継ぐ内容で、以下「本復旧工事」と呼ぶ)を審議し、1996年10月4日に「本復旧対策計画書」を策定し、岩手県土木

表3-2 応急対策による倒伏木復元工

番号	樹種	樹高(m)	復元方法
A0	ブナ	4.0	倒木を起こし、樹高が低いために二脚鳥居支柱で支持する。
A1	ミネカエデ	2.0	根元が折損しているため、現状のままで根元を覆土し、保護柵を設置する。
A2	ダケカンバ	6.0	倒木を起こし、八掛け支柱で支持する。
A3	コシアブラ	4.0	根元が活着しているため、現状のままで根元を覆土し、保護柵を設置する。
A4	ミネザクラ	4.5	根元が折損しているため、現状のままで根元を覆土し、保護柵を設置する。
A5	ダケカンバ	5.0	倒木を起こし、八掛け支柱で支持する。
A8	ダケカンバ	4.0	倒木を起こし、八掛け支柱で支持する。
A9	ブナ	5.0	根系が活着しているため、現状のままで一本支柱で支持する。
A24	ダケカンバ	6.5	倒木を起こし、八掛け支柱で支持する。
A27	ダケカンバ	6.0	倒木を起こし、八掛け支柱で支持する。
A39	ブナ	7.0	根元が折損しているため、現状のままで根元を覆土し、保護柵を設置する。
A42	ナナカマド	4.5	根元が活着しているため、現状のままで根元保護柵を設置する。
A67	アオモリトドマツ	4.0	倒木を起こし、八掛け支柱で支持する。
A70	ミネカエデ	4.0	積雪による倒伏木と思われるので、一本支柱で支持する。
A95	ミネカエデ	4.0	倒伏を起こし、樹高が低いために二脚鳥居支柱で支持する。
-96	ミネカエデ	4.0	—

表 3-3 十和田八幡平国立公園三ッ石湿原付近の
植生被害復旧に係わる技術検討委員会

役 職	氏 名	専門分野	職 (元)
委員長	村井 宏	森林防災工学	(岩手大学大学院連合農学研究科教授)
委 員	菅原亀悦	植物生態学	岩手大学名誉教授
委 員	竹原明秀	植物生態学	岩手大学人文社会科学部教授
委 員	戸澤俊治	造 林 学	(岩手大学農学部助教授)
委 員	永野正造	造 林 学	(岩手大学農学部教授)

部長に提出し、県庁記者クラブで委員長が報道機関に内容を説明した。しかし、その段階までに緊急を要する復旧工事のかなりの部分は、応急対策の中で既におこなわれていた。

以降、委員の任期が終了した2006年秋季まで、本復旧計画に沿って対策指導と成績調査(追跡調査)が継続された。検討委員会は毎年1～2回、のべ14回開催され、現地調査と成績の検討が継続された。この間、報道機関に対してもその都度、現地調査の結果について委員長がその概況、各委員が植生回復の詳細を説明した。

(2) 本復旧計画の策定

① 本復旧計画の基本方針

本復旧計画の目的は、当該地域が国立公園第一種特別地域であることから、恒久的な視点に立脚し、破壊前の極相に近い状況に向けて、回復させ

る環境を整備することにある。このことから、復旧の基本的な考え方として、将来は周辺の自然環境と同化するような環境の整備に最大の努力を傾けることを重点とした。そのための基本方針は次の3項目にまとめられた。

ア) 破壊された植生復元のために、自然の回復力をバックアップしながら、地域内の自生種の侵入を促進させる。必要に応じて人為的手段によって、自生種の導入を図ることで補完し、将来的には植生遷移によって元の植生状態に戻すことを目標にする。

イ) 損傷を受けた地盤(生育基盤となる表層土)には侵食の加速化を防止する策を講じる。将来的には周辺の地盤との連続性と安定性を図るために、その自然的な形成を主体にしながら、必要に応じて人為的な整備をおこなう。

表 3-4 目標とする植生

段 階	1～2年後 (Ⅰ期)	3～5年後 (Ⅱ期)	5年後以降 (Ⅲ期)
チシマザサの根茎が残存、または両側にチシマザサが優占している区域	埋戻したチシマザサが定着する。傷害を受けたチシマザサは萌芽再生する。多くの新しい桿が伸張している状態になる。	チシマザサの生育密度が高まり、裸地化した部分がほとんどみあたらない状態になる。	チシマザサの生育密度がより高まる。木本植物も自然に侵入する。ほぼ自然の回復力にゆだねられると判断できる状態になる。
地表面がほぼ裸地化している区域	スゲ類などの埋土種子から発芽した植物やゴヨウイチゴなどの周辺から侵入した植物がみられる状態になる。	スゲ類、ゴヨウイチゴなどの草本植物やダケカンバ、ミネカエデなどの実生で群落が形成されている状態になる。	アオモリトドマツ、ダケカンバ、ミネカエデ、ナナカマドなどの木本植物が群落を形成する状態になる。

表 3-5 本復旧対策の工程

年 度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
経過年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
応急対策	—										
本復旧対策	—										
Ⅰ期	(植生基盤整備, 草本植物による裸地の緑化ほか)										
Ⅱ期	(草本植物による裸地の緑化, 木本植物の育成ほか)										
Ⅲ期	(Ⅰ期・Ⅱ期の施策の補完策, 記録保存, とりまとめ)										
追跡調査	▲	▲	▲	▲	▲			▲			▲
植生復元目標	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>埋戻したチシマザサが定着する。傷害を受けたチシマザサは萌芽再生する。多くの新しい桿が伸張している状態になる。</p> <p>チシマザサの生育密度が高まり、裸地化した部分がほとんどみあたらない状態になる。</p> <p>スゲ類などの埋土種子から発芽した植物やゴヨウイチゴなどの周辺から侵入した植物がみられる状態になる。</p> <p>スゲ類、ゴヨウイチゴなどの草本植物やダケカンバ、ミネカエデなどの実生で群落が形成されている状態になる。</p> </div>										
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>チシマザサの生育密度がより高まる。木本植物も自然に侵入する。ほぼ自然の回復力にゆだねられると判断できる状態になる。</p> <p>アオモリトドマツ、ダケカンバ、ミネカエデ、ナナカマドなどの木本植物が群落を形成する状態になる。</p> </div>										

ウ) 復旧作業の実行には生育基盤の整備に自然材料を主として用い、植物の導入に外来種の使用や侵入を避け、これ以上自然立地条件の変更をもたらすことのないよう細心の注意を払う。

② 復元目標の設定

本復旧計画の樹立に際しては、あらかじめ段階ごとの復元目標を想定しておく必要がある。この目標に沿って、計画年次を設定して実行する。当面の目標はササや先駆種で速やかに裸地を覆うことであるが、次の段階として本地域の亜高山帯植生としてのダケカンバ・チシマザサ群落を発達させ、最終的にアオモリトドマツ群落、あるいはアオモリトドマツ・ブナ群落の極相林^(注)を形成させる

ことを復元目標とする。

復元目標を達成するための初～中期段階とし、実施期間(ステージ)は、Ⅰ期：1996～1997年、Ⅱ期：1997～2000年、Ⅲ期：1999～2006年とし、各ステージの目標植生を表3-4のように設定した。なお、上記の各期間に年次の重複があるが、当初段階で復元の速度を予測することが難しいため、年数に幅を持たせた。

(3) 復旧対策の実施項目と具体的な内容

具体的な復旧対策の実施項目や内容は次のとおりである。

① 地盤の復旧、土壌の流出防止および植生基盤の整備方策

(注) 植物群落は周囲の環境と互いに影響しあいながら変遷(遷移)していく。その最終段階では群落と環境の間に一種の平衡状態が成立、群落は安定し、構造や種組成が変化しなくなる。この状態を極相といい、森林の場合は極相林という。

基本的な考え方は、地盤に変化を与えた場所を原地盤に近い状態に修復する。雨水や融雪に伴う地表の侵食防止、土壌の流出防止措置を講じる。具体的な工種は土留工(杭工, 柵工), 水路工, 流水分散工, 耕起工, 被覆工などとする。

② 植生の復旧対策

基本的な考え方は、植生発達環境の回復(とくに土壌条件の向上, 安定)を図る。自然の回復力の発現と促進, 助長を図り, 自生種の自然侵入を期待する。速やかな植生遷移の進行を促進するために, 必要に応じて自生種を用いた播種, 植栽, 移植なども試み, 原植生に早期に近づけるように努める。具体的な工種としては, 耕起工, 被覆工, 播種工, 種子潜在表土播工, 移植工, 植栽工, ササ根株埋め戻し工のほか, 枯死倒木の移動除去, 損傷木の保護工などとする。

③ 景観保全対策

極相としての植生景観の構成要素(高木など)の早期回復を図る。自然景観に違和感を与える要素をできるだけ取り除く。具体的な工種はほとんどないが, 立枯れ木, 枯死倒木の移動除去, 裸地面の早期植生被覆などが考えられる。

④ そのほか

復旧作業が自然環境にマイナスの影響を及ぼすと考えられる行為を極力避けることとする。人力による作業中の不注意による損傷回避, 外部からの移入植物の侵入排除, 作業期間中の一般人の立ち入り禁止などの方策である。

(4) 本復旧工事計画のスケジュール

各ステージで取り込む実施項目(表3-5)は, 以下のとおりである。

① I期(1996～1997年)

植生基盤の安定化を図り, 水土保持を主とする防災上の対策を完了する。

ア) 植生基盤の整備: 目標とする植生の実現まで持続できる基盤を土留杭工や柵工, 水路工, 流水分散工, 被覆工などで整備する。

イ) 自然発芽の促進: 耕起工, 被覆工をおこなう。

ウ) 草本による裸地の緑化(自然発芽や繁殖力が乏しかった場合): 播種をする。

エ) 追跡調査(モニタリング)の計画, 立案, 実施: 追跡調査地点の選定と調査区の設定(コドラート, ベルトトランセクト), 定点からの写真撮影によって, 復旧開始時の状況を把握する。

オ) 維持管理: 追跡調査などによって認められる対策の補完と補修をおこなう。

カ) そのほか: 埋め戻したチシマザサの植栽の剪定, 倒木の移動, 損傷木の保護をおこなう。

② II期(1998～2000年)

木本が含まれる遷移初期段階の発達を図る。

ア) 維持管理(追跡調査などによって追加的に必要が認められる補完, 補修): I期において充実できない基盤整備。二次的災害の防止対策をおこなう。

イ) 草本による裸地の緑化(自然発芽や繁殖力が乏しかった場合): 播種, 種子潜在表土播き工などをおこなう。

ウ) 広葉樹, 針葉樹の育成(自然発芽が乏しい場合): 播種, 種子潜在表土播き工などをおこなう。

エ) 追跡調査の継続

③ III期(2001～2006年)

ア) 維持管理(追跡調査などにより追加必要が認められる対策の補完, 補修): I～II期の対策の補完, 補修をおこなう。

イ) 追跡調査の継続。

ウ) 調査記録の整理と保存, 解析とまとめ。

エ) そのほかの補完処理として取り組む必要のある対策の実施。

3.3 復旧工事の内容

自然破壊地を修復し, 植生の回復を促す復旧工事は1996年8月と10月に実施された。前者は「応急対策工」, 後者は「本復旧対策工」であるが,

実際には応急対策工によって復旧工事の主要な部分は終了し、本復旧対策工では不十分な部分を補完した。今回のような標高が高く、植物の活動期間が短い場所では少しでも早く、回復対策を実施することが望ましく、その点、8月中に復旧工事の大半を終了できたことは幸いであった。

(1) 被害の状況

植生と地表の損傷は、バックホウを用いボーリング機材を搬出するために道を造ることによって生じた。その損傷の形態は地形や植生によって次の4タイプに区分することができた。なお、自然破壊地は1～6区に区分して、その範囲を図3-1に示した。

タイプ1：斜面を斜めに登る場合、そのままではバックホウは谷側に転落してしまうため、山側を削り、その土で谷側を埋めて道を造った。1区がこのタイプの破壊で、部分的に4区にもみられる。

タイプ2：斜面をまっすぐに登ろうとしたが、背の高いチシマザサが密生するために滑ったり視

野を遮られるため、チシマザサを掘り除いて道を造った。3区がこのタイプにあたるが、傾斜が急なために登れる場所を探して複数回試したためか幅の広い破壊跡となっている。

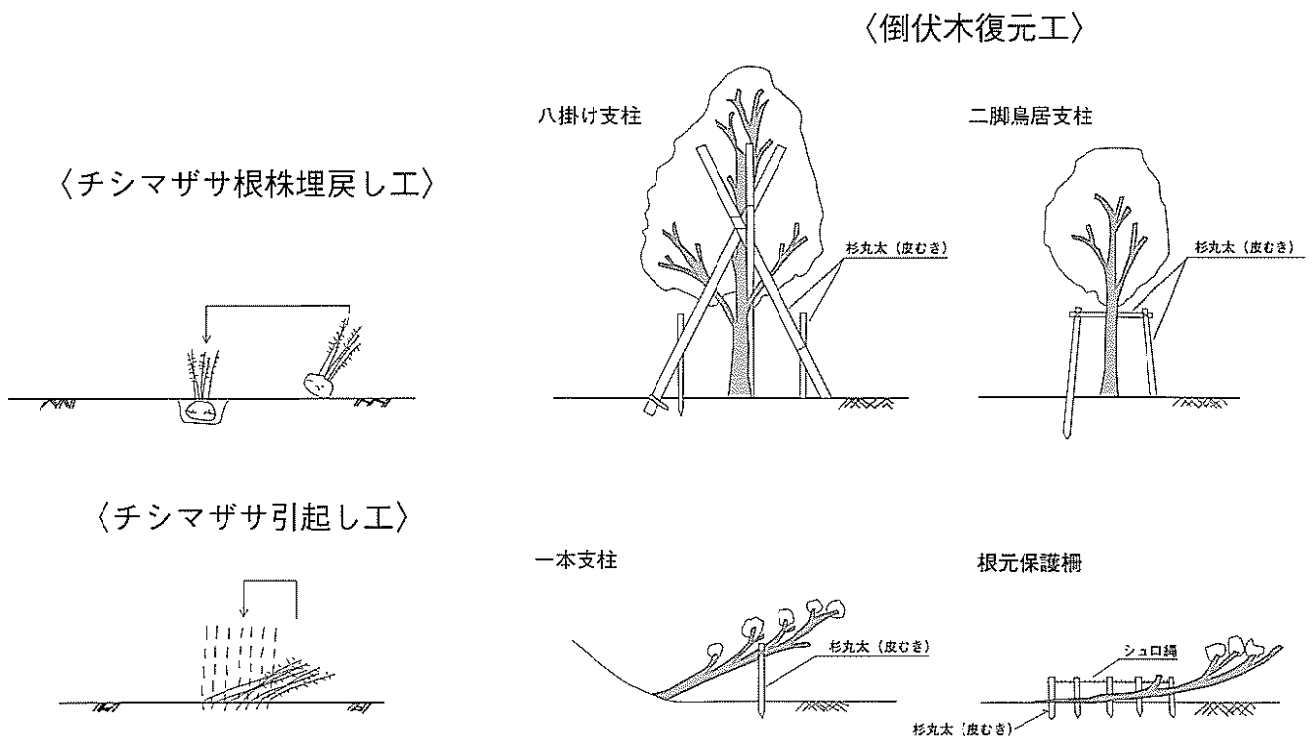
タイプ3：平坦面から緩やかな斜面で、そのまま進むことができるがチシマザサが密生するために見通しが利かず、植生のはぎ取りや踏みつぶしをおこないながら進んだところである。2区、4区、5区、6区はこのタイプにあたる。

タイプ4：凹状の沢の部分は湿地となっているために、そのままではバックホウが沈下してしまうことから、付近の土砂を掘り取って埋めている。当初、走行に関係ない場所の植生が掘り取られている理由がわからなかったが、作業するうちに判断することができた。

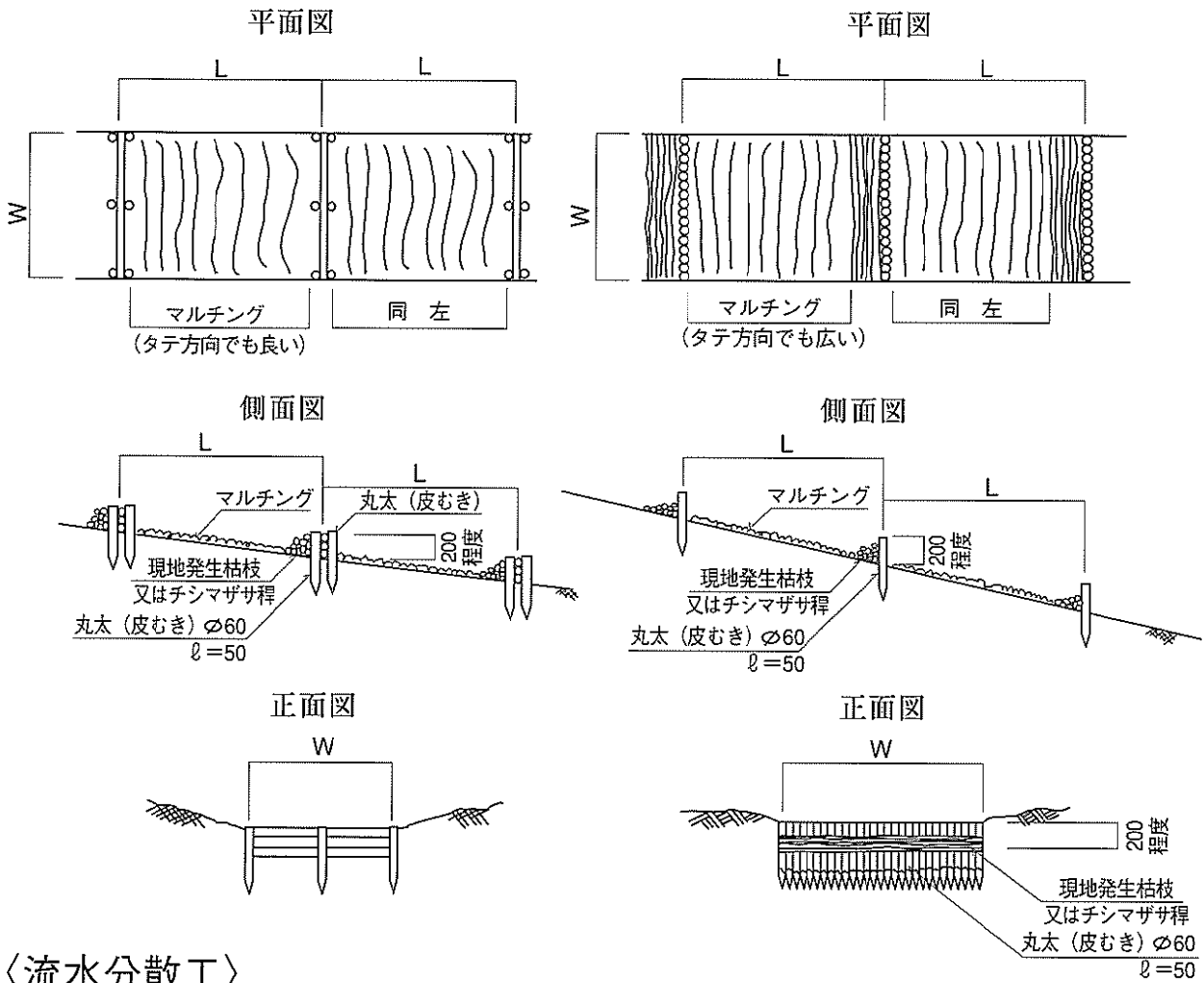
いずれのタイプともバックホウの走行に支障をきたす高木は押し倒されたり、掘り返されたりした。

次に損傷の内容は次の7つに区分された。

- ・チシマザサや林床植生のはぎ取り：1区、2区、3区、5区、6区で大量にみられた。



〈土留工〉



〈流水分散工〉

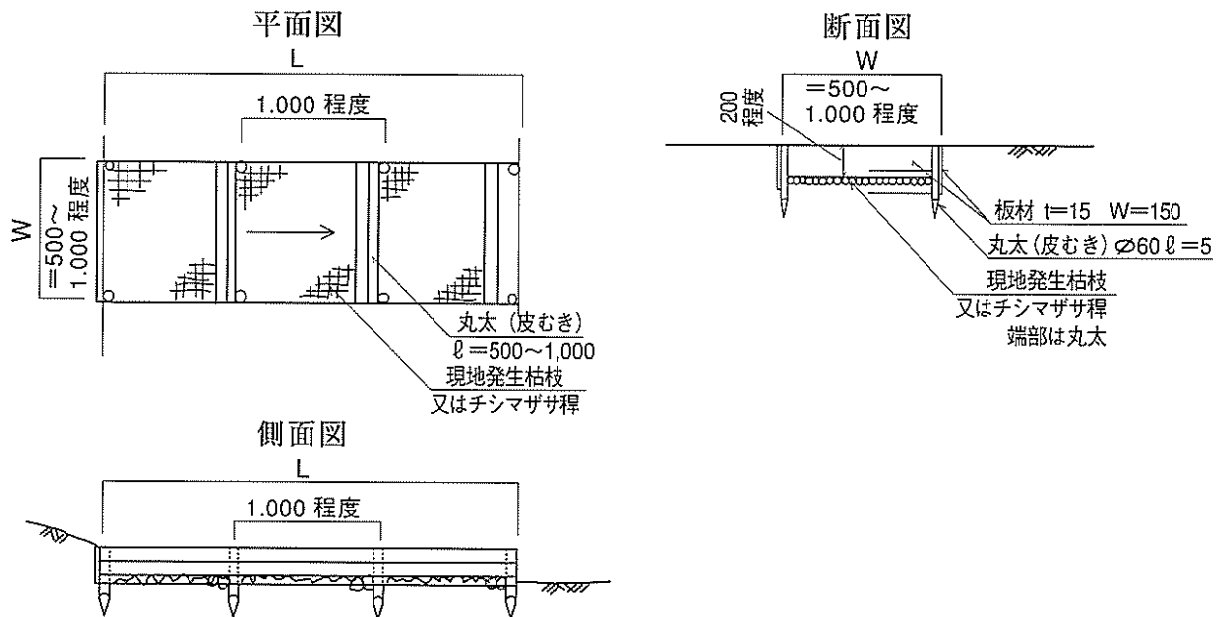
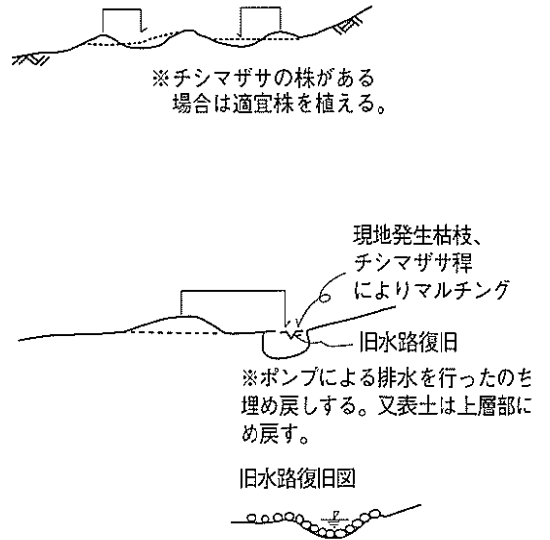
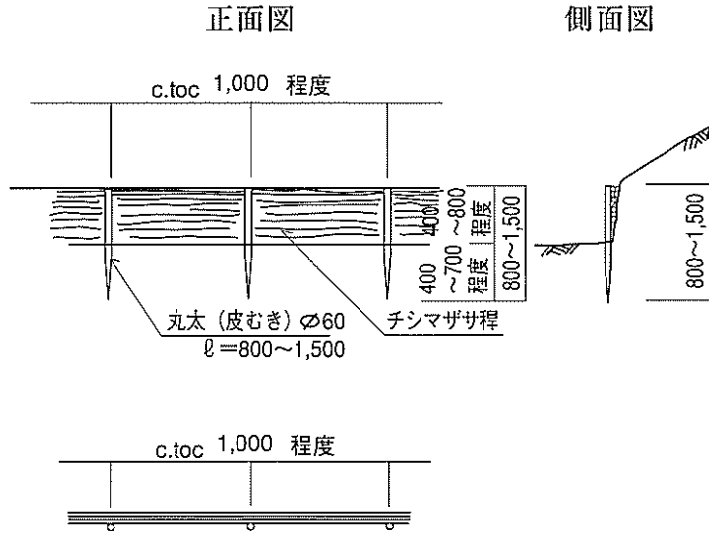
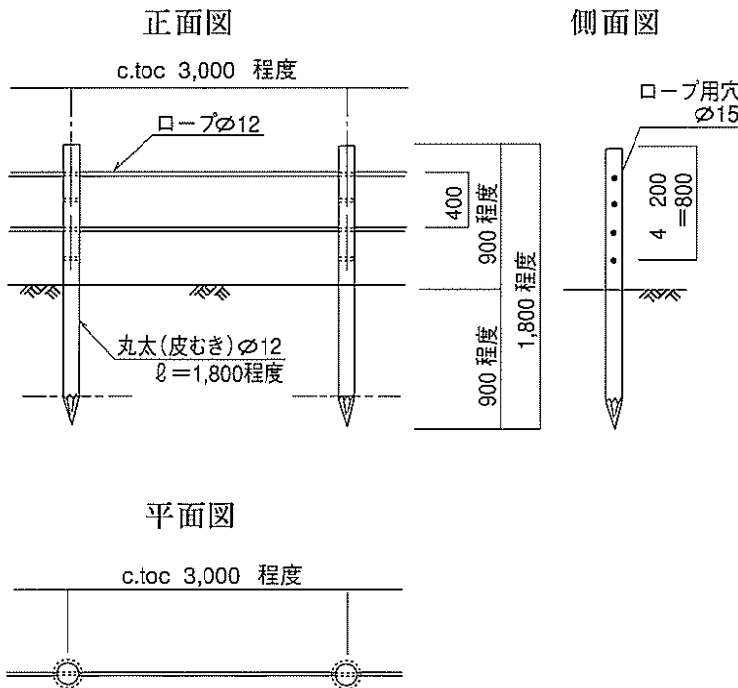


図 3-3 応急対策による侵食・土壌流出防止工 (土留工, 流水分散工)

〈土留柵工〉



〈立入り防止柵(ロープ)工〉



〈看板(刷札)工〉

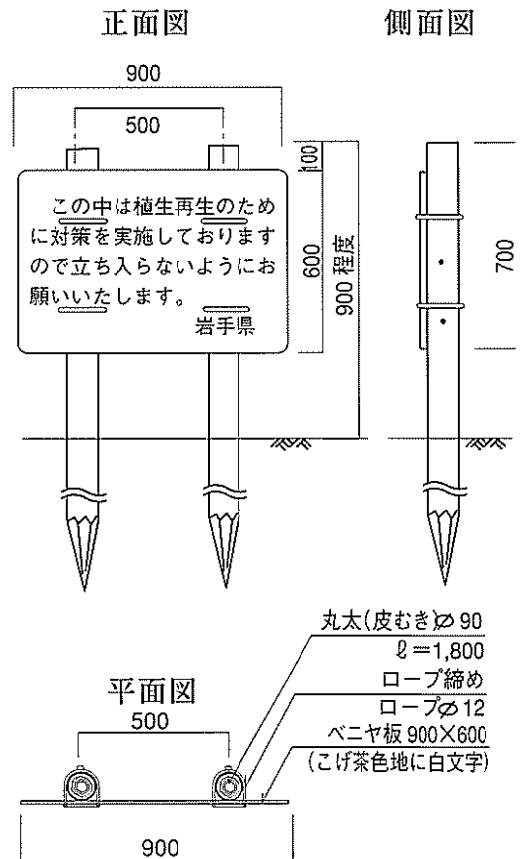


図 3-4 応急対策による土木工

- ・チシマザサの埋没：掘り取られたチシマザサの根株などは道の両側に置き捨てたため、その下になったチシマザサは埋没した。
- ・林床植生の踏みつぶし：バックホウによって植物が踏みつぶされた。
- ・高木の除去：押し倒したり、掘りあげたりして、高木が取り除かれた。
- ・枝の折損、幹の損傷：バックホウが走行する際、接触して枝が折れたり、幹に傷が付いたりした。
- ・表土のはぎ取りと除去：植生をはぎ取る時に表土も一緒に剥ぎ取ってしまった。4区に多くみられた。
- ・わだちの跡：バックホウ走行跡が帯状にへこんだ。

(2) 応急対策工の内容

応急対策工事の目的は次の2点にあった。

- ・豪雨によって裸地や侵食が生じ、さらに被害が拡大することを防ぐ。
- ・破壊行為後10ヵ月近く経過しており、倒された樹木や掘り捨てられたチシマザサが枯死してしまうという恐れが強いので、少しでも早く植えなおし、生存の可能性を高める。

応急対策工事は1996年8月21～30日に実施されたが、その内容は植生復元工(図3-2)、侵食・土壌流出防止工(図3-3)、そのほかの土木工(図3-4)に大別される。

① 植生復元工

(i) チシマザサ根株埋戻し工(整地工を兼ねる)

復旧作業が進むにしたがい、掘り取られ捨てられたチシマザサの根株が予想以上に大量にあることがわかった。これをバックホウのわだち跡に入れ、根株の周りに土を加えて平らにした。この作業は応急対策工の主体となり、作業量の70%を占めた。

作業はチシマザサの根株を引っ張って動かしたが、大部分の根株は4～5人でようやく動かせる大

きさで、非常に重労働であった。中にはどうしても動かすことができないものもあり、それはやむなく放置したが、動かせるものはすべて埋め戻した。

現地はチシマザサの密生地であったため、掘り取られたチシマザサ根株をすべて埋め戻せば、裸地は元に近い状態に戻せるはずであったが、実際には裸地面積の20～50%程度を埋め戻すことしかできなかった。これは、チシマザサ根株が斜面の下方へ転げ落ちてしまった場合、大きすぎて動かさない場合、融雪によってこわれてしまった場合、見つけられなかった場合など、さまざまな原因が考えられる。

なお、2区は最も多くの根株を戻すことができた。そのため、2区の植生回復速度は最も早いという結果が得られたが、詳細に関しては後記する。

(ii) チシマザサ引きし工

バックホウによって踏みつぶされたり、捨てられた根株の下になって押し倒されたチシマザサは、かぶさった根株を取り除いても倒伏したままであった。これらの多くはそのままにしておいてもいずれは起き上がってくると考えられたが、復旧工事の効果を早めるため、引き起こした(写真3-1)。これらのチシマザサは枯れているのではなく、倒れているものを引き起こすだけであったが、根株埋戻し工とともに景観上、見違えるような変化をもたらし、破壊区域がかなり狭くなった。この効果は2区において最も著しく、植生回復にも寄与したと考えられる。

(iii) 倒伏木復元工

バックホウで押し倒されて倒伏した樹木は9ヵ月間、地下部を露出した状態であったため、多くは枯死したと考えられたが、一部の樹木はまだ葉をつけていた。このような樹木は生存の可能性があると判断し、立て直して植えつけた。

復元工として、樹木の大きさや樹形から判断して、八掛け支柱(写真3-2)、二脚鳥居支柱(写真3-3)、一本支柱(写真3-4)、を使用した。いずれの場合も豪雪による枝折れや着雪による再倒伏

の防止のため、通常よりも強固な支柱を使用した。

一方、ほとんど根がなく、引き起こすと枯死してしまう可能性がある樹木はそのまま地表に倒したままにし、周囲にロープを張る根元保護柵(写真3-5)とした。

② 侵食・土壌流出防止工および植生基盤整備工

当該地には裸地が広がり、急斜面もあり、豪雨の可能性が大きいいため、侵食・土壌流出防止策を講ずる必要があった。

(i) 土留工

地表を流下する雨水の勢いを弱め、地表が洗

掘・侵食されるのを軽減することを目的として土留工を施した。

土留工は等高線上に細い丸太をすき間なく並べて打ち込み、その上方の地表にチシマザサの根株^{かん(注)}や稈、枯枝、枯葉などを敷き詰めた(写真3-6)。ただし、応急対策であったため、深いわだちのあるところや急斜面のところなど、侵食されやすいところを優先的に工事したのみであった。

(ii) 水路工・流水分散工

雨水が集中する凹地状の場所や長い斜面の途中に水路工を設けた(写真3-7)。



写真3-1 チシマザサ引越し工 (応急対策)



写真3-2 倒伏木復元工, 八掛支柱 (応急対策)



写真3-3 倒伏木復元工, 二脚鳥居 (応急対策)



写真3-4 倒伏木復元工, 一本支柱 (応急対策)

(注) イネ科植物やカヤツリグサ科植物の茎を指す。



写真3-5 倒伏木復元工，根元保護（応急対策）



写真3-7 流水分散工・水路工（応急対策）

この工法は木の板で溝を造って斜面を流下してくる水を受け止めるもので、裸地を流下して侵食する雨水を減らすことを目的としている。溝に集まった水はチシマザサが密生する場所へ誘導することによって地表の侵食を抑え、分散浸透させた。

(iii) 土留柵工

1区の間から2区までの延長35mの区間と4区の一部では、表土とその下の赤土層が削りとられて高さ50cm程度の垂直な壁となっているところがある。この壁が崩壊することを防ぐために丸太を打ち込み、チシマザサの稈を並べて土留柵とした(写真3-8)。

(iv) マルチング（整地工）

裸地は雨水による侵食を受けやすく、植物の定着も遅れるため、周囲にチシマザサの稈や枯枝が

ある場合、それらを地表に敷いてマルチングした(写真3-9)。

しかし、使用できる稈や枯枝が少なかったために裸地の大半は放置された状態となった。

③ その他の応急対策工

(i) 取水穴埋戻し工

ボーリングに伴う取水のために無許可で掘削された縦穴があった。この周囲には掘り上げた土石が存在していたため、それを埋め戻して原地形に近い状態に修復した(写真3-10)。

(ii) 立入防止柵設置工・看板設置工

登山者やタケノコ・山菜・キノコ取りの人たちが復旧対策を講じている区域に立ち入らないように、作業道の側方に杭を打ち、ロープを張った(写真3-11)。



写真3-6 土留杭工（応急対策）



写真3-8 土留柵工（応急対策）



写真3-9 チシマザサ引起し工（応急対策）



写真3-11 立ち入り防止柵設置工（応急対策）

また、5カ所に立入禁止を記した看板を設置した（写真3-12）。

（3）本復旧対策の内容

応急対策工事が終了後、「植生被害復旧に係る技術検討委員会」が開かれ、その方針にしたがって1996年10月17～21日に本復旧工事がおこなわれた。この技術検討委員会の基本方針は地形の修復と侵食防止を確実に実施し、自然の回復力に任せることとしたが、それだけでは回復が大きく遅れる場合には播種や表土を播くなどの人為的な促進手段を追加することができるものであった。しかし、本復旧工事の主体は稲わらによる裸地の全面被覆となった。

これらの対策を地区ごとに模式したものを図

3-5～9に示す。

次に本復旧工事（図3-10～13）の内容を説明する。

① 侵食防止工と植生基盤整備工

(i) 土留工の追加

応急対策ではわだち跡の部分だけに丸太を打ち込み、地表の修正をおこなったが、雨水や融雪水は破壊部分の全面にわたって流下する可能性があるため、土留工を追加した。

追加工事は、空いている場所に新たな丸太を打ち込み、連続した土留めに改良した（写真3-13）。

(ii) 土留柵工の補強

応急対策では土留柵としてチシマザサの稈を用いたが、細い稈のために雪圧に対する強度や耐久性の点で問題があると判断した。



写真3-10 埋め戻し工（応急対策）



写真3-12 看板設置工（応急対策）

そのため、本復旧対策では支柱の丸太杭を2倍に増やし、帯梢としてマダケ材を使用して補強した(写真3-14)。

(iii) 水路工・流水分散工の補強

応急対策で設置した水路工・流水分散工の流末部分は洗掘される恐れがあった。

そこで流末部分の地表に丸太を並べ、さらに周

囲に杭を打ち込み、流水の勢いを減殺するようにした(写真3-15~16)。

(iv) 地表面の耕起

バックホウ走行跡や表土がはぎ取られて硬い土が露出した場所では将来、植物の侵入は困難であると考えられたため、作業中に気がついた場所は表層5cm程度を耕起した。特に山中式土壌硬度計

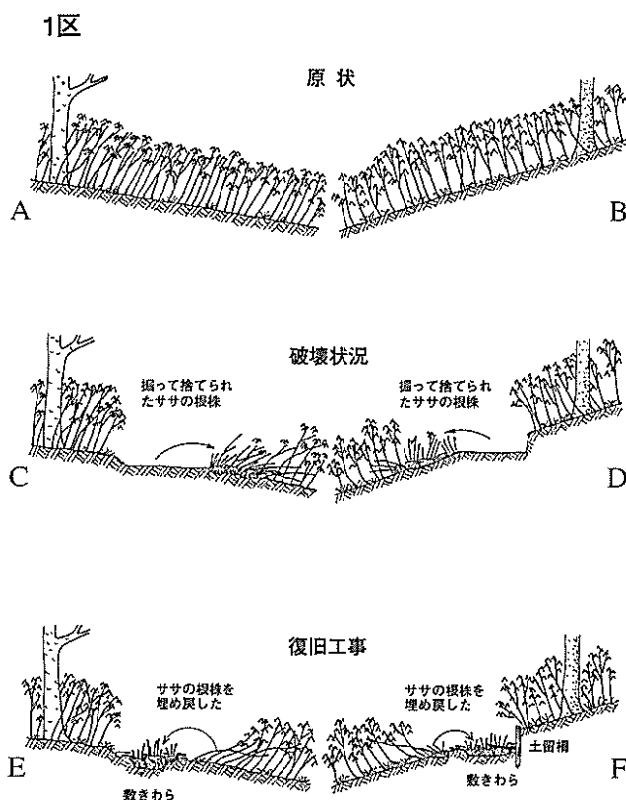


図3-5 1区の原状、破壊状況、復旧工事の内容

- A: 南端部からVカーブまでは緩やかな斜面となっている。チシマザサは密生し、ダケカンバの大木が点在する。
 B: V字カーブから2区までは急な斜面となっている。チシマザサが密生し、ダケカンバの大木が点在する。
 C: 重機が走行する際、邪魔なるチシマザサを掘り取って谷側に捨ててある。掘り取った跡は裸地となり、表土が剥ぎ取られている。
 D: チシマザサが掘取られ、周囲に捨てられ、重機が走行できるような「道」となっている。急斜面であるため、大きい切土面ができています。
 E: 谷側に捨てられたチシマザサの根株を引っ張り上げ、裸地に穴を掘り埋め戻した。埋め戻し面積は約3分の1となった。「道」に稲わらを敷きつめ、浸食を防いだ。
 F: 捨てられたチシマザサ根株を「道」に埋め戻したほか、切土面に木杭を打ち、竹を横に張って土留とした。「道」に稲わらを敷きつめた。

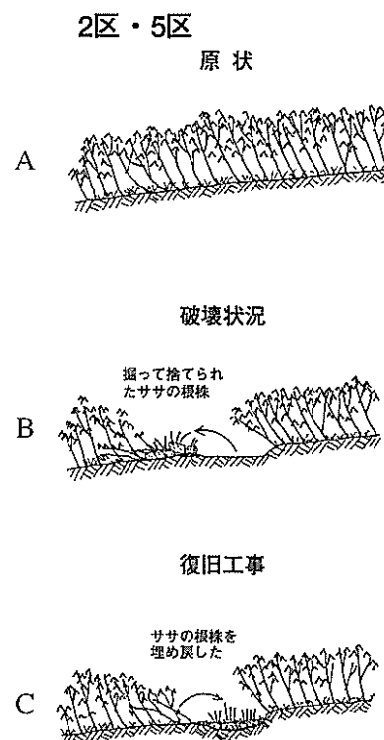


図3-6 2区と5区の原状、破壊状況、復旧工事の内容

- A: 緩斜面で、「道路」方向にはほとんど平坦に近い。チシマザサが密生し、高木はほとんどない。
 B: チシマザサを掘り取って谷側に捨て、「道」を造っている。幅はほかの場所より狭い。
 C: チシマザサを「道」の中央に埋め戻した。ここでは枯れずに葉がついたものが多かったため、かなり自然状態に近い。

による測定で硬度指数が21mm以上のところを改善対象地としたが、4区と6区にこのような地点が見られた。

なお、耕起した状態で放置すると雨水により土砂が流出する可能性が高いため、次に示すわら被覆工も同時におこなった。

(v) 被覆工

以上に述べたような諸対策を講じても地表が裸

地のままであれば強雨や融雪水によって容易に侵食され、土砂は流出して植物の定着も難しい。そこで裸地部分をすべて被覆して保護することとした。被覆の材料として、現地にはチシマザサの稈があったが、量的にまったく不十分だったため、代替資材として稲わらが選定された。稲わらを選んだ理由は次のとおりである。

ア) 稲わら選定の理由



図3-7 3区の原状、破壊状況、復旧工事の内容

- A: やや急な斜面で、高さ4～8mの高木が散生している。林床にチシマザサが多いが、その他の低木や草本もみられる。
- B: 斜面を直登する「道」となっている。木は倒され、チシマザサは掘り取り、両側に捨てられている。
- C: チシマザサを埋め戻したが、戻した面積は20%程度で少ない。倒された樹木のうち、生存可能なものを植え戻した。

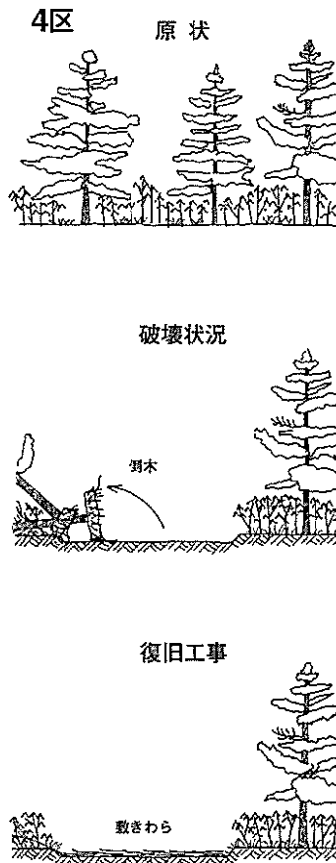


図3-8 4区の現状、破壊状況、復旧工事の内容

- A: ほとんど平坦で、アオモリトドマツの疎株となっている。林床にチシマザサが多く、部分的に草本群落もある。チシマザサの低さは低い。
- B: 重機が走行するために支障になる樹木は倒され、両脇に片付けられている。林床植生も削り取られ、表土が剥ぎ取られた裸地となっている。
- C: 裸地にわらや小枝を敷き地表を覆った。チシマザサの根株を一部埋め戻したが、その量は非常に少ない。

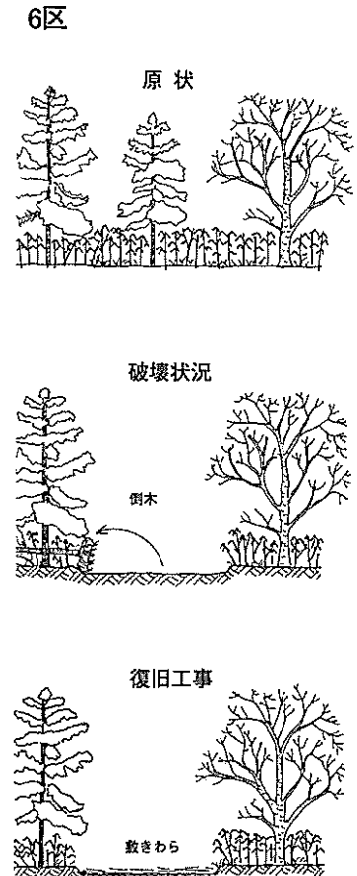


図3-9 6区の原状、破壊状況、復旧工事の内容

- A: ごく緩い斜面で、アオモリトドマツとダケカンバが点生している。林床はチシマザサで覆われているが、ほかの草本の群落もみられる。
- B: 重機が走行するために支障となる樹木は倒され、両脇に片付けられている。林床植生も削り取られ、表土が剥ぎ取られた裸地となっている。
- C: チシマザサ根株を埋め戻したがわずかで、わらや小枝を地表に敷きつめた。

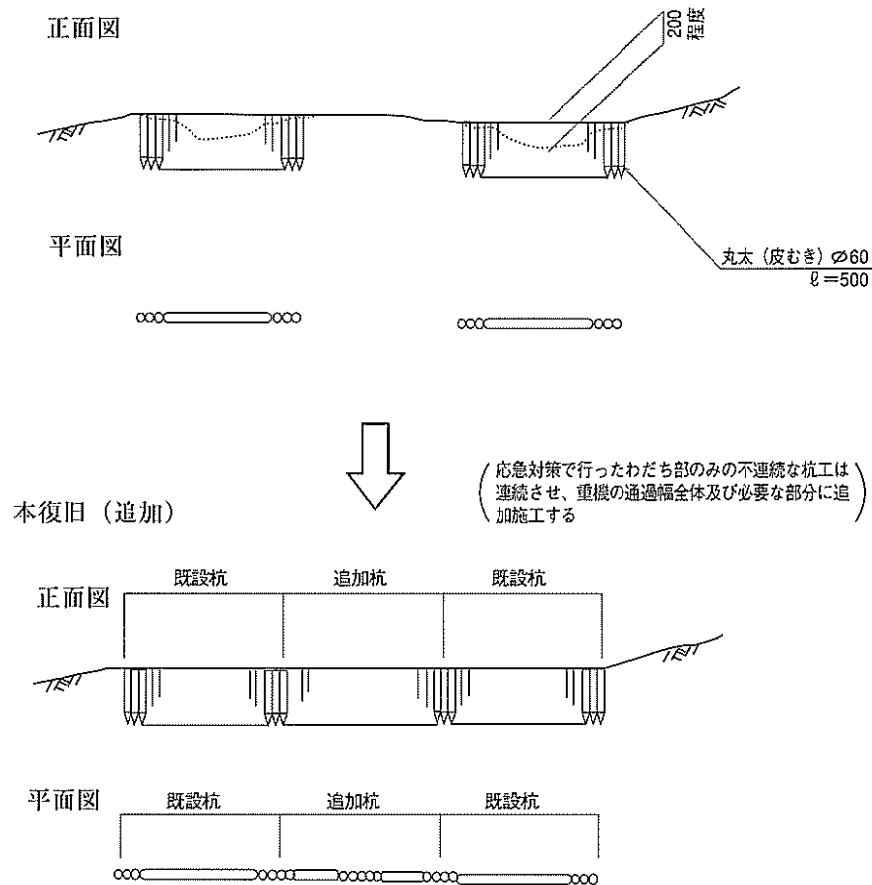


図 3-10 本復旧対策による土留工

- ・ 2～3年以内で腐朽・分解してしまうため、自然環境に悪影響を与えない。
- ・ 材料の入手が容易で、安価である。
- ・ 軽いため、人力で現場まで搬入できる。
- ・ 地面に密着し、植生の回復に有効となる。

稲わらが流出しないように抑える材料として、同じわら製品であるわら縄を用い、竹串を打ち込んで縛りつけた。わらの使用量は1㎡あたり多いところで0.6kg、少ないところで0.3kgとしたが、これは束数にすると2.5束～1.25束であった。わらの被覆量は厚すぎると植物の発芽が阻害され、薄すぎると腐朽・分解が早く、植生が回復する前にわらがなくなり、補充しなければならない。しかし、わらの被覆量を植生の状況や回復状況から判断することは難しいため、急傾斜地では厚め、平坦地では薄めにそれぞれ敷き並べた。このよう

に地表を被覆することをマルチングというが、次のような多くの効果を持っている。

マルチングの効用

- ・ 地表の侵食を軽減する。
- ・ 地表の湿気を保ち、種子が発芽しやすい条件をつくる。
- ・ 保温効果を持つ。
- ・ 種子の流失を防ぐ。
- ・ 強雨の水滴が地表の土壌構造を破壊するのを防ぐ。
- ・ 土壌動物・微生物の繁殖を促進する。
- ・ 以上の総合効果として、表層土の膨軟化を促進する。

これらの効果によって、わら被覆工は植生の回復に大きく寄与したと考えられる。

② その他の対策

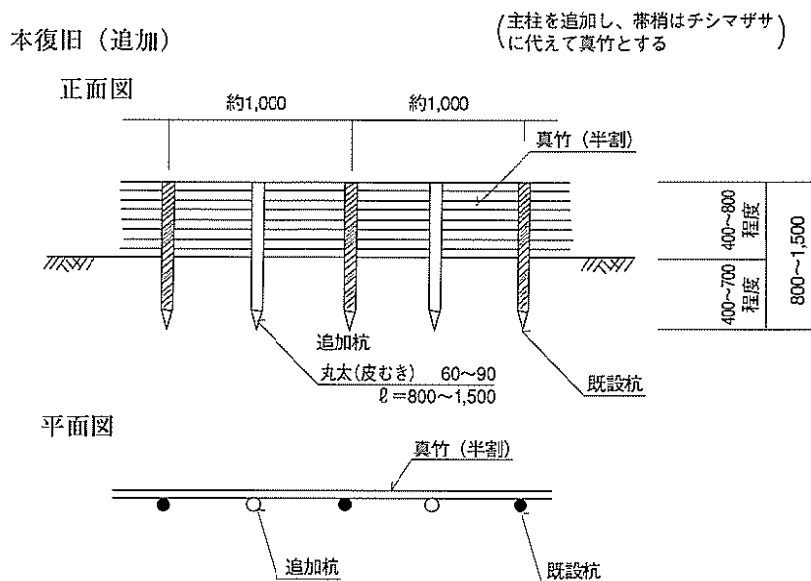


図3-11 本復旧対策による土留柵工

(i) 埋戻しチシマザサの剪定

応急対策で埋め戻したチシマザサは積雪のクレープにより引き倒されることが予想されるため、地上部を10cm程度残して剪定した(写真3-17)。なお、切除したササの地上部は被覆材として再利用した。

(ii) 倒木の移動

バックホウの走行跡の脇で林床に積み上げられ放置された倒木(風倒木を除く)のうち、周辺の植生の生育環境を狭めているものや自然景観に違和感を与えているものを近接する裸地に移動した(写真3-18)。移動に際しては、人力で運搬できる大きさに樹幹などを最小限に切断した。また、移動先は表土が露出している場所とした。

(iii) 帰化植物の侵入防止対策・除去対策

作業をおこなう場所に帰化植物などの移入植物が侵入しないように、使用する資材や靴に付着した土を作業現場入り口で洗浄した後、搬入した。

(iv) 看板設置工

これまで整備が終わっている道路の終点および作業道と自然破壊地との交差点に、復旧工事区域への立ち入りを防止するための看板(制札)を設置

した。

(4) 補修工事

1996年に復旧対策工事を実施したが、それだけでは完全でなかったため、1998～2002年に植生回復のための補修工事がおこなわれた。しかし、2002年以降は裸地面積が少なくなったこと、1999年、2000年、2001年に施行されたわら被覆工でわらを厚く敷いて竹で押さえたこと、厚く敷いたわらが長期間にわたり残存したことで、補修工事はおこなわなかった。

① わら被覆工

わら被覆工は数度にわたり追加した。当地では薄く敷いたわらは2～3年で分解され、消滅しているが、追加した場所の多くは分解消失したのではなく、雨水のために流失したものと考えられた。これは1999年の降雨時に現地調査をおこなった結果から判断された。また、1998年の追加は1996年の本復旧対策工では不要と考えた場所も含まれたが、これは施工後、必要と考え直したものである。

追加したわら被覆工の数量は1998年190m²、1999年60m²、2000年59m²、2001年74m²であった。

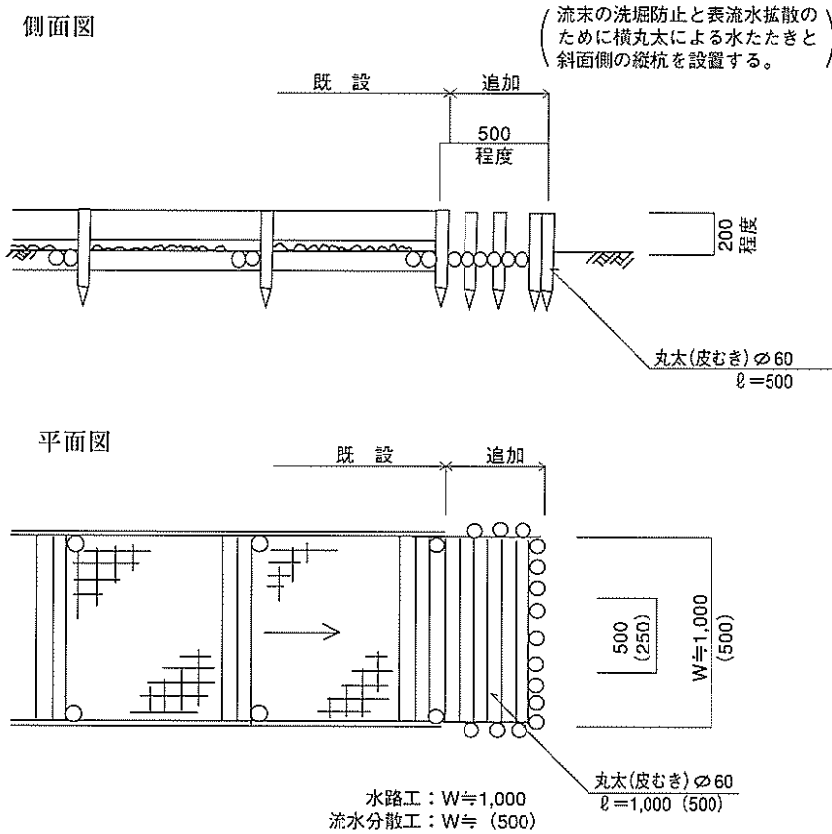


図 3-12 本復旧対策による水路工

② 土留工

土留工は工事後に不足と判断された場所 8 ヶ所 (延長 6.7m) に 1998 年, スギ丸太を追加した。これは施工後のスギ丸太の腐植による欠損を補ったものではなく, 防腐処理をおこなっていないスギ丸太でも当地ではほとんど腐植せずに, 10 年間ほぼその機能を果たしていることが確認された。

③ 片面板水路工

1999 年に 4 ヶ所, 2001 年に 2 ヶ所, それぞれ追加した。

④ 土留柵工

土留柵工は竹が腐朽してきたために, 2002 年に竹を取り替える工事をおこなったが, 丸太杭はそのままであった。

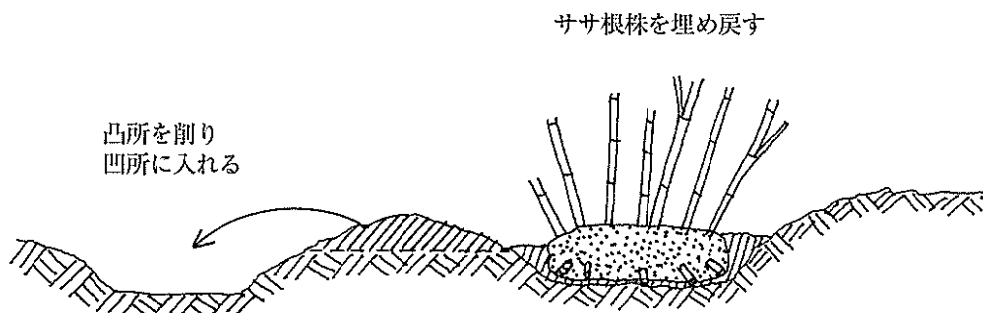


図 3-13 チシマザサ根株の埋め戻しとわだち跡の補修

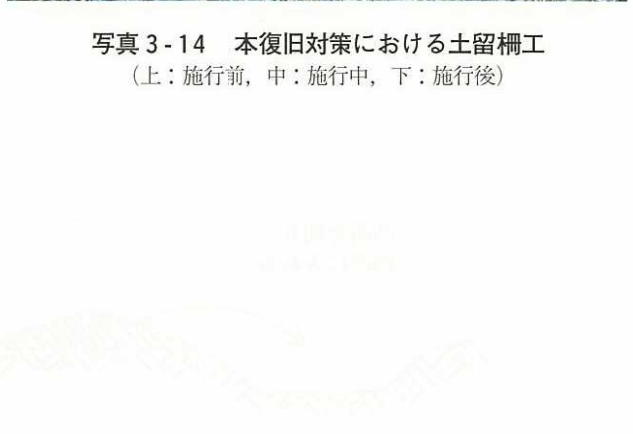


写真3-13 本復旧対策における被覆工と土留工
(上：施行前，中：施行中，下：施行後)

写真3-14 本復旧対策における土留柵工
(上：施行前，中：施行中，下：施行後)



写真3-15 本復旧対策における水路工
(上：施行前，中：施行中，下：施行後)



写真3-16 本復旧対策における流水分散工
(上：施行前，中：施行中，下：施行後)



写真 3-17 埋戻したチシマザサの剪定（本復旧対策）



写真 3-18 本復旧対策における倒木の移動
（上：施行前，中：施行中，下：施行後）

4. 復旧対策後のモニタリング

自然破壊地を破壊前の状態に戻すための復旧対策が1996年からおこなわれた。その内容は、地盤や植生の復旧にかかわる工事が中心で、最終年度のⅢ期までの間、追跡調査を継続しておこなったことも含まれている。ここでは植生の回復状況を中心に、追跡調査(モニタリング)の結果を記す。

なお、再生された植生に関する総合的な考察は第5章にまとめる。

4.1 モニタリング方法

(1) 地区分けとコドラートの設置

自然破壊地は均質な場所ではなく、微地形、破壊の程度、被害前の植生状況、修復工事の内容などに違いがあるため、全域を6区にわけた(図4-1)。それぞれの区内には、詳細な植生を調査するために2m×2mのコドラート(方形区画)を1カ所(Q1

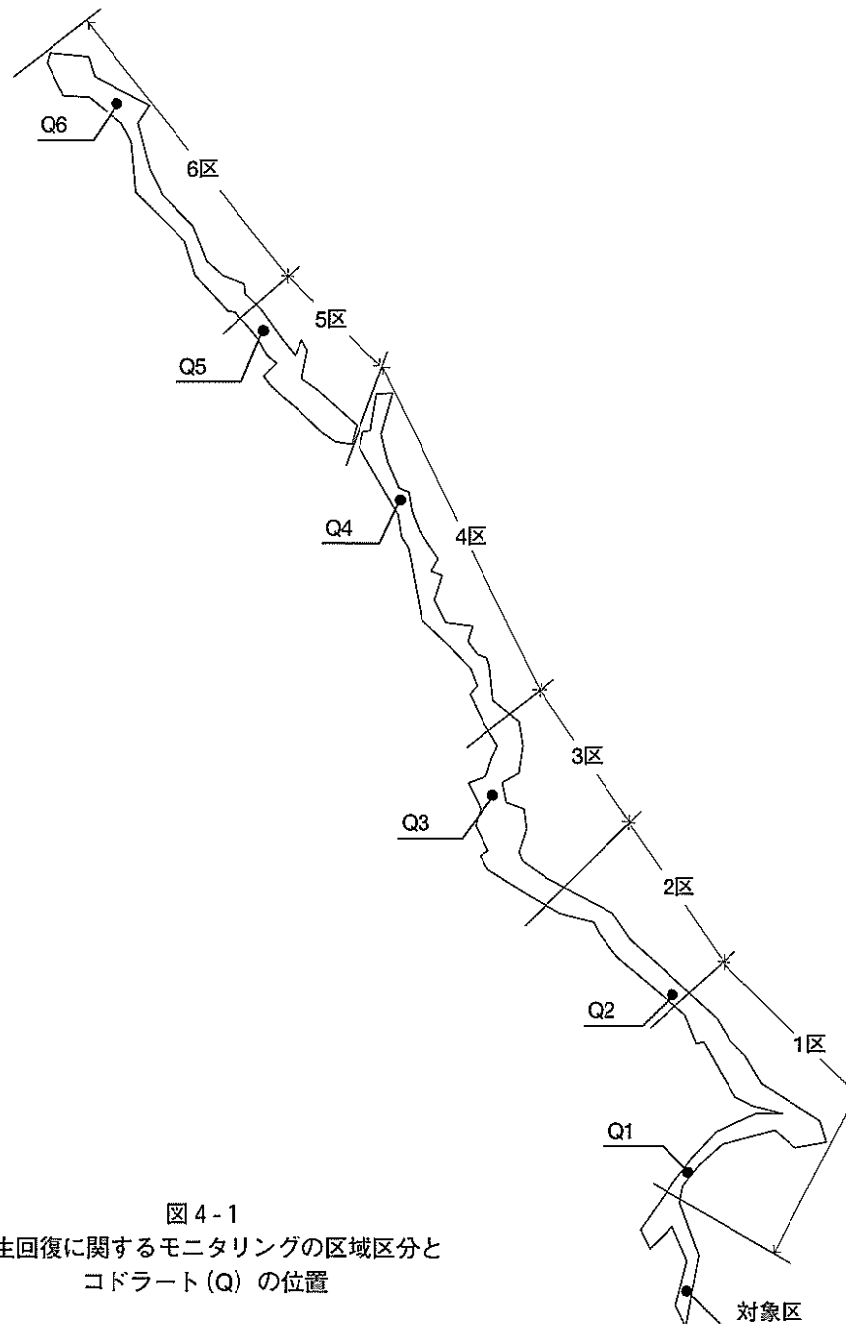


図4-1
植生回復に関するモニタリングの区域区分と
コドラート(Q)の位置

～Q6) 設置した。さらに復旧対策を施行しない南端部(バックホウが走行したが、表土が残存する場所)に「対照区」を設置し、その中にコドラートを同様に設置した。

(2) 調査内容

モニタリングは区内全体におこなう区域調査とコドラートに対しておこなうコドラート調査からなり、その内容は異なっている。

① 区域調査：区域内に生育する植物の種名と優占度及び植被率を測定し、記録した。

優占度はBraun-Blanquet(1964)の優占度階級を使用した。

- 5：調査面積の75%以上を覆う。個体数は任意。
- 4：調査面積の50～75%を覆う。個体数は任意。
- 3：調査面積の25～50%を覆う。個体数は任意。
- 2：調査面積の10～25%を覆うか、あるいは個体数が多い。
- 1：個体数は多いが、被度は低い。あるいは散生するが、被度は高い(ただし、被度百分率は10%以下)。

＋：被度は低く、散生する程度。

② コドラート調査：コドラート内に生育する植物の種名、個体数(厳密には地上部の本数)、被度百分率(%), 最大高(cm)を測定し、記録した。

(3) モニタリング時期

当該地域では9月上旬から中旬にかけて植物の活性が最も高いため、この時期に調査したが、状況によって8月中旬から10月上旬にも補完調査をおこなった。

4.2 復旧対策実施当年(1996年)

復旧対策工事は応急対策工として1996年8月21～30日、本復旧対策工として10月17～21日にそれぞれ施行された。この2回の工事はチシマザサ根株の埋め戻しや倒伏木の植え直しなどの植生復元工、土留め工や流水分散工、土留め柵工、

わら被覆工などの侵食防止工であった。これらの工事が終了した時期は降雪直前であったため、植生に関する調査はおこなわなかった。

4.3 復旧対策実施後1年目(1997年)

復旧対策工事を実施した翌年、5月末に雪がほぼ消失したことを受け、6月4日に現地視察がおこなわれた。視察の結果、当該地域では雪崩や融雪水による地盤の破壊はみられず、おおむね良好な状態であったことが確認された。モニタリング調査は6月6日、8月6日、8月14日、9月14日におこなわれたが、8月から9月の間、植物は大幅な生育が観察された。そこで、調査資料は9月14日のものを用いるとともに、10月10日におこなわれた補完調査の結果も加味された。

(1) 出現した植物

当該地域全域で確認された植物は37種であった(表4-1：対照区も含まれている。以下、同様)。これらは八幡平から岩手山一帯に広がるアオモリトドマツ群落やダケカンバ群落、ブナ群落に出現する植物とほぼ同じであった(写真4-1～12)。しかし、オガラバナ、ムラサキヤシオツツジ、ハクサンシャクナゲ、ツルミヤマシキミ、ツバメオモト、ミツバオウレンなどの普通にみられる植物は出現しなかった。

(2) 各区の植生状況

対照区では表土がほぼ以前の状態に保たれていたため、植生の回復は早く、植生破壊後1年目(1997年)には植被率90%に達した。その出現種と被度百分率はミヤマカンスゲ(80%)、ゴヨウイチゴ(10%)、チシマザサ(1%以下で、以下同じ)、マイヅルソウ、ダケカンバ、オオカメノキ、ミネカエデ、オオバショリマ、ヤマニガナなどであった(表4-2)。

各区の植生回復率を階級値の合計(対照区を100とした相対値)から計算した結果、1区17%、2

区41.4%, 3区34.4%, 4区5.9%, 5区41.5%, 6区5.6%, 平均21.7%であった。この結果から、1区、4区、6区は回復が悪く、2区、3区、5区は回復が進んでいることがわかる。

①1区：チシマザサが密生していた場所で、はぎ取られたチシマザサ根株は区域の約1/3の範囲に埋め戻されたが、ほとんどのチシマザサは地上部はすでに枯れていた。しかし、埋め戻した根株に付いていた表土から多数のミヤマカンスゲが発

生し、高さ10cm以下のダケカンバ稚苗も点在した。そのほかにゴヨウイチゴとマイヅルソウがやや多く、わずかにタケシマラン、サンカヨウ、シラネウラボなどがみられた。

②2区：チシマザサが密生していた場所で、平坦な部分が主体であるためにバックホウによる被害は比較的軽微であった。また、埋め戻されたチシマザサ根株の生存率は高く、そこから新しい稈が多数発生した。しかし、多くの稈はタケノコ採り

表4-1 自然破壊地に出現した植物 (1997年)

シダ植物	
トウゲシバ (ヒカゲノカズラ科)	低山帯から亜高山帯に普通にみられる。
ヤマソテツ (キシノオシダ科)	山地帯から亜高山帯にみられる。
シラネウラボ (オシダ科)	ダケカンバ群落やササ群落などに普通にみられる。
オオバショリマ (オシダ科)	雪田草原などにやや普通に出現する。
裸子植物	
アオモリトドマツ (マツ科)	亜高山帯を代表する針葉樹で、群落の優占種となる。
被子植物 (双子葉類・離弁花類)	
ダケカンバ (カバノキ科)	亜高山帯に普通で、ダケカンバ群落を形成する。
ブナ (ブナ科)	ブナ群落を形成し、亜高山帯下部にもみられる。
エゾノギンギシ (タデ科)	帰化植物で、人によって運ばれることが多い。
ククザキイチゲ (キンポウゲ科)	春植物と呼ばれ、夏緑広葉樹林の林床に群生する。
サンカヨウ (メギ科)	ダケカンバ群落の林床にみられる。
ウスバサイシン (ウマノスズクサ科)	広く山野にみられるが、亜高山帯では少ない。
ノリウツギ (ユキノシタ科)	陽当たりの良い湿潤な立地にみられる落葉低木。
ツルアジサイ (ユキノシタ科)	高木に登攀したり、林床を這うように広がるつる植物。
ゴヨウイチゴ (バラ科)	亜高山帯を主体に地表を這うように広がるつる植物。
ペニバナイチゴ (バラ科)	亜高山帯から高山帯にかけての明るい場所にみられる。
ナナカマド (バラ科)	アオモリトドマツ群落やブナ群落に普通の落葉小高木。
ツタウルシ (ウルシ科)	山地帯を中心に分布する匍匐・登攀性のつる植物。
コミネカエデ (カエデ科)	主に山地帯に分布するが、亜高山帯にも広がる小高木。
ミネカエデ (カエデ科)	亜高山帯にみられる落葉小高木で、黄葉する。
ヒメモチ (モチノキ科)	多雪地のブナ群落にみられる常緑矮性低木。
ツルツゲ (モチノキ科)	山地帯から亜高山帯に分布する匍匐性のつる植物。
アカミノイヌツゲ (モチノキ科)	山地帯から亜高山帯に生育する大型の常緑低木。
ハリブキ (ウコギ科)	亜高山帯にみられる小型の低木で、多くのとげを持つ。
イブキゼリモドキ (セリ科)	亜高山帯の明るい場所に普通にみられる多年草。
被子植物 (双子葉類・合弁花類)	
ミヤマホツツジ (ツツジ科)	奥羽山脈に多く分布する落葉低木。
コヨウラクツツジ (ツツジ科)	山地帯から亜高山帯にみられる落葉低木。
ツマトリソウ (サクラソウ科)	亜高山帯の林床や湿原にみられる小形の多年草。
ツルリンドウ (リンドウ科)	山地帯から亜高山帯に普通にみられるつる植物。
タニギキョウ (キキョウ科)	山地帯の沢沿いの湿性に生育する小型の多年草。
オオカメノキ (スイカズラ科)	山地帯から亜高山帯にかけて、最も普通の落葉低木。
ヤマハハコ (キク科)	陽当たりのよい裸地や未熟土に繁茂する多年草。
ヨツバヒヨドリ (キク科)	陽当たりのよい場所にみられる高茎草本で、風散布型。
ヤマニガナ (キク科)	明るい場所にみられる多年草で、風散布型。
被子植物 (単子葉類)	
ショウジョウバカマ (ユリ科)	多雪地の湿性な立地にみられる。
マイヅルソウ (ユリ科)	山地帯から亜高山帯にかけて、広く林床にみられる。
ヒロハユキザサ (ユリ科)	アオモリトドマツ群落にやや普通にみられる。
タケシマラン (ユリ科)	主に亜高山帯針葉樹林に普通に出現する。
チシマザサ (イネ科)	多雪地の亜高山帯や山地帯で、林床に密生する。
ミヤマカンスゲ (カヤツリグサ科)	ダケカンバ群落などの林床に普通にみられる。

4 復旧対策後のモニタリング



写真4-1 ヤマソテツ (2002年9月)



写真4-4 コミネカエデ (1998年6月)



写真4-2 ミヤマカンスゲとチシマザサ (1998年8月)



写真4-5 ハリブキ (1997年8月)



写真4-3 ゴヨウイチゴ (1998年8月)



写真4-6 イブキゼリモドキ (1997年6月)



写真4-7 ノリウツギ (1999年7月)



写真4-10 マイズルソウ (1999年7月)



写真4-8 オオカメノキ (2006年8月)



写真4-11 タケシマラン (1998年8月)



写真4-9 ショウジョウバカマ (1998年6月)



写真4-12 ミヤマホツツジ (1998年8月)

によって採取され、秋季には小型のものしかみられなかった。そのほかにミヤマカンスゲとダケカンバが多く、ゴヨウイチゴ、オオカメノキ、ナナカマド、ハリブキ、ヒメモチ、シラネワラビなどがわずかに発生していた。

③3区：急傾斜地でチシマザサが密生し、タカネ

表4-2 1997年における各区に出現した植物の優占度

区 域	対照区	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	+	+	3	2	+	3	+
ミヤマカンスゲ	5	+	1	2	1	1	1
ゴヨウイチゴ	2	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+	+
ダケカンバ	+	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+	+
タケシマラン	+	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+	+
シラネワラビ	+	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+	+
キクザキイチゲ	+	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+	+
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+	+
コミネカエデ	+	+	+	+	+	+	+
ウスバサイシン	+	+	+	+	+	+	+
ヤマニガナ	+	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+	+
オオバショリマ	+	+	+	+	+	+	+
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	+	+	+	+	+	+	+
ヨツバヒヨドリ	+	+	+	+	+	+	+
ブナ	+	+	+	+	+	+	+
タニギキョウ	+	+	+	+	+	+	+
ツタウルシ	+	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+	+
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+	+
トウゲシバ	+	+	+	+	+	+	+
ツマトリソウ	+	+	+	+	+	+	+
ツルリンドウ	+	+	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+	+
エゾノギンギシ	+	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+	+

ザクラ、ミネカエデ、ダケカンバ、アオモリトドマツなどの低木が散生する場所で、被害が最も大きかった。チシマザサ根株は埋め戻されたが、ほとんどの根株は枯死していた。一方、埋め戻した表土からミヤマカンスゲが多数発生したほか、ミヤマホツツジ、コヨウラクツツジ、ノリウツギ、トウゲシバなどもみられた。

④4区：アオモリトドマツ群落の中をバックホウが表土を削り取って走行した場所で、表土やチシマザサ根株は区域外に捨てられたため、区域内になかった。そのため、表土の埋め戻しができなかったことから、植生回復は最も不良であった。ミヤマカンスゲが多かったほかにはイブキゼリモドキ、タケシマラン、マイヅルソウ、ゴヨウイチゴ、ハリブキ、ツマトリソウなどがわずかにみられた。

⑤5区：わずかに傾斜する平坦地で、ダケカンバの大木が混生するアオモリトドマツ群落が周囲に発達している。削り取られて捨てられたチシマザサ根株は埋め戻され、少数ながらもチシマザサの新しい稈がそこから発生した。そのほかに多数のミヤマカンスゲ、ごく少数のアオモリトドマツ、ダケカンバ、ゴヨウイチゴ、ベニバナイチゴ、ヒロハユキザサなどがみられた。

⑥6区：ごく緩やかな斜面で、アオモリトドマツとダケカンバが混生し、チシマザサが密生から散生する場所であった。特に北西端では広範囲にわたって表土が除去され、完全な裸地状態であったと推測でき、発生した植物もごく限られていた。主に発生した植物はミヤマカンスゲ、ダケカンバ、ゴヨウイチゴ、サンカヨウ、ショウジョウバカマ、イブキゼリモドキ、マイヅルソウ、ヤマソテツなどであった。

(3) コドラートの植生状況

植被率からみたコドラートの回復状況は、区ごとの回復状況とは異なり、Q1とQ2は回復がよく、Q3～Q6はあまり回復していなかった。コドラートごとに出現した出現種数は3～7種で、全体で

13種であった(表4-3)。

最大高はチシマザサの130cmで、対照区とQ2、Q5では低木層と草本層の二つの階層に分かれていたが、ほかのコドラートは草本層のみであった(表4-4)。

低木層を形成するチシマザサは埋め戻された根株に残存していた程が主で、高さ60～130cm、植被率30(Q5)～15%(Q2)であった。いずれも、この地域に発達するアオモリトドマツ群落やチシマザサ群落に生育するチシマザサにくらべて、高さは半分以下と低く、被度も小さかった。

草本層ではミヤマカンスゲがいずれのコドラートでも優占し、被度は30～3%であった。さら

にすべてのコドラートにはゴヨウイチゴが出現し、ダケカンバとマイヅルソウが複数のコドラートでみられた。それら以外のヤマニガナ、シラネワラビ、タケシマラン、ショウジョウバカマなどは1カ所しか出現しなかった。

(4) 植生回復に及ぼす人為の影響

モニタリング調査に際し、修復工事によって植生の回復を確認することができたが、一部に人為が加えられた痕跡が発見された。その痕跡はタケノコ採りや登山者が侵入した跡で、特に2区では6月に数十本のタケノコがみられたが、8月時点で新稈がまったく発見されなかったことから、原

表4-3 1997年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート 植被率(%)	対照区		Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	本数	被度百分率	本数	被度百分率	本数	被度百分率	本数	被度百分率	本数	被度百分率	本数	被度百分率	本数	被度百分率
ミヤマカンスゲ	多	80	39	20	多	30	多	10	多	5	12	3	多	5
ゴヨウイチゴ	2	+	2	+	1	+	1	+	1	+	2	+	5	+
チシマザサ	4	3	3	3	20	15	7	3	.	.	多	30	1	+
ダケカンバ	11	2	11	2	5	+	.	.	.	.	.	.	2	+
マイヅルソウ	2	+	2	+	.	.	.	.	1	+	.	.	1	+
ヤマニガナ	1	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
シラネワラビ	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
ミヤマホツツジ	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
コウラクツツジ	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
タケシマラン	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
イブキゼリモドキ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
エゾノギシギシ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+

表4-4 1997年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	対照区	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
ミヤマカンスゲ	15	15	15	15	15	15	15
ゴヨウイチゴ	13	6	12	8	5	5	18
チシマザサ	60	14	100	30	.	130	30
ダケカンバ	12	10	6	.	.	.	6
マイヅルソウ	10	5	.	.	5	.	3
ヤマニガナ	.	15	.	.	.	.	.
シラネワラビ	.	.	15	.	.	.	.
ミヤマホツツジ	.	.	.	4	.	.	.
コウラクツツジ	.	.	.	4	.	.	.
タケシマラン	.	.	.	4	.	.	.
イブキゼリモドキ	.	.	.	.	25	.	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	.	5
エゾノギシギシ	.	.	.	.	.	.	1

因は人為によるものと判断された。これらを予防するために、立入防止柵設置工・看板設置工を施行したが、周囲の密生するチシマザサ群落とくらべ、裸地状態となっている植生被害地は通行することが容易であることは明らかであった。なお、人為による植生回復に与える影響として考えられる事柄として、次のことがある。

・植生復元を先導すると考えられるチシマザサにおいて、新稈が収奪されることによって根株の成育が悪化し、展葉が遅れる。

・踏みつけによる植物の成育悪化が起こる。

・表土が踏み固められることによる種子発芽の障害や水みちの発生が起こる。

・植物が盗掘される。

4.4 復旧対策実施後2年目(1998年)の状況

修復対策工事を実施した2年後、6月と7月の現地調査から、裸地が目立った3区の急傾斜地で土留工の補修をおこなった。さらにわら被覆工を施行した一部で、稲わらの希薄部が生じたため、8月25日に補修工事がおこなわれた。

モニタリング調査は前年度と比較することを前提とするため、9月15日におこなわれた。

(1) 出現した植物

当該地域に出現した種数は前年の37種から39種になった(表4-5)。新たに侵入した植物はイヌコリヤナギ、タカネザクラ、ハウチワカエデ、アカバナ、アキタブキ、ミノボロスゲの6種であったが、コミネカエデ、ツマトリソウの2種は消失した。これらの新たに侵入した植物のうち、タカネザクラとハウチワカエデは亜高山帯に成育する植物であるが、ほかの種は低地から何らかの方法で侵入した植物であった。

(2) 各区の植生状況

対照区ではミヤマカンスゲが被度80%に達し、ゴヨウイチゴなどとともに裸地はほぼみられなく

なった。また、これまであまりみられなかったチシマザサの新稈が少数、出現しはじめた。

①1区：1年目に対して、2年目になって大幅に回復が進み、中央部では植被率が90%に達した。この植生回復の主体となっている植物はミヤマカンスゲであったが、チシマザサの新稈も100本以

表4-5 1998年における各区に出現した植物の優占度

区 域	対照区	1区	2区	3区	4区	5区	6区
ミヤマカンスゲ	5	3	1	3	1	2	2
チシマザサ	+	1	4	2	+	3	+
ゴヨウイチゴ	1	+	+	+	+	+	+
ダケカンバ	+	1	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	+	+	+	+	+
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+	+
シラネウラボ	+	+	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	+	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+	+
アカバナ	+	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+	+
イヌコリヤナギ	+	+	+	+	+	+	+
ウスバサイシン	+	+	+	+	+	+	+
オノエヤナギ	+	+	+	+	+	+	+
キクザキイチゲ	+	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+	+
タケシマラン	+	+	+	+	+	+	+
タニギキョウ	+	+	+	+	+	+	+
ツタウルシ	+	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+	+
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+	+
ツル lindウ	+	+	+	+	+	+	+
コミネカエデ	+	+	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+	+
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	+	+	+	+	+	+	+
エゾノギシギシ	+	+	+	+	+	+	+

表 4-7 1998 年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
ミヤマカンスゲ	30	25	25	18	25	18
ダケカンバ	25	30	7	18	5	15
ゴヨウイチゴ	25	・	15	8	5	18
チシマザサ	60	80	35	・	130	30
イブキゼリモドキ	・	・	5	35	・	2
マイヅルソウ	・	・	・	5	5	3
ヤマハハコ	5	・	・	・	・	・
ヤマネコヤナギ	1	・	・	・	・	・
シラネウラボ	・	20	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	20	・	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	10	・	・	・
ミノボロスゲ	・	・	・	・	5	・
オオカメノキ	・	・	・	・	3	・
ツルアジサイ	・	・	・	・	3	・
ミネカエデ	・	・	・	・	5	・
エゾノギシギシ	・	・	・	・	・	8

められ、回復植生の主体となっていた。同様にダケカンバ、ゴヨウイチゴ、イブキゼリモドキでは個体数が増加し、ダケカンバでは高さが6 cm以下から15～30 cmに伸長した。また、2年目にヤマハハコなどの6種が新たに発生したが、ヤマニガナ、タケシマラン、ショウジョウバカマは消失した。以上のことから、全体の植生率は前年に比べてほぼ倍増したが、2区を除く他の区では低木層と草本層という階層の分化はまだ進んでいなかった。

4.5 復旧対策実施後3年目(1999年)の状況

3年目の現地調査は7月20日、28日、9月17日、24日の合計4回おこなわれた。調査データはこれまでと同様に秋季のものを対象とするため、9月24日における植生資料を使用した。また、各区の植生率は今年から区域を細分化し、裸地を実測した値から算出した。

(1) 出現した植物

今年、新たに出現した植物はキツネヤナギ(1区)、ミズキ樅樹(2区)、コケ類(6区)、クサイ

(6区)であった(表4-8)。一方で消滅(退出)した植物もあり、出現種数は39種で前年と変化なかった。

(2) 各区の植生状況

全体としてチシマザサの優占度が増加したために、植生回復が進んだ。しかし、ミヤマカンスゲ

表 4-8 1999 年における各区に出現した植物の優占度

区 域	対照区	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	1	1	5	3	2	4	2
ミヤマカンスゲ	5	4	1	5	4	2	3
ダケカンバ	+	2	+	1	+	1	3
ゴヨウイチゴ	1	+	+	+	+	・	+
オオカメノキ	+	+	+	・	+	+	・
タケシマラン	・	+	+	・	・	+	+
マイヅルソウ	・	+	・	+	+	・	+
ハリブキ	・	・	+	+	・	+	+
ヤマソテツ	・	・	・	+	+	+	+
ミネカエデ	+	・	・	・	・	+	+
ヤマハハコ	・	+	・	+	・	・	+
ノリウツギ	・	・	+	+	+	・	・
ヒメモチ	・	・	+	+	+	・	・
シラネウラボ	・	・	+	+	・	+	・
アカミノイヌツゲ	・	・	・	+	+	+	・
イブキゼリモドキ	・	・	・	1	+	・	1
ベニバナイチゴ	+	・	・	・	・	+	・
ウスバサイシン	・	+	・	・	・	+	・
ナナカマド	・	・	+	・	+	・	・
ツルアジサイ	・	・	・	+	・	+	・
ミヤマホツツジ	・	・	・	+	・	+	・
ショウジョウバカマ	・	・	・	・	+	・	+
ブナ	・	+	・	・	・	・	・
アカバナ	・	+	・	・	・	・	・
アキタブキ	・	+	・	・	・	・	・
イヌコリヤナギ	・	+	・	・	・	・	・
キクザキイチゲ	・	+	・	・	・	・	・
キツネヤナギ	・	+	・	・	・	・	・
ツタウルシ	・	・	+	・	・	・	・
ツルツゲ	・	・	+	・	・	・	・
ミズキ	・	・	+	・	・	・	・
ヤマネコヤナギ	・	・	・	+	・	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	・	+	・	・	・
ツルリンドウ	・	・	・	・	・	+	・
ヒロハユキザサ	・	・	・	・	・	+	・
コケ類	・	・	・	・	・	・	1
クサイ	・	・	・	・	・	・	+
アオモリトドマツ	・	・	・	・	・	・	+
サンカヨウ	・	・	・	・	・	・	+
タカネザクラ	・	・	・	・	・	・	+

が優占する区がほとんどであったため、周囲の植生とは明らかに違う植生であることは明らかであった。

①1区：ミヤマカンスゲが主体であったが、ミヤマカンスゲの密生地にもチシマザサの新稈が多数発生しはじめた。そのため、全域の植被率は87%に達し、順調な回復を示した。また、前年に300本以上みられたダケカンバ稚樹は最大高60cmに達したが、さらに新たな稚樹が大発生し、場所によっては足の踏み場もないほどであった。しかし、回復の主体はミヤマカンスゲであった。

②2区：チシマザサの回復はおう盛で、全域の植被率は97%となった。しかし植生高は周囲の植生にくらべて低いために、回復したと判断するまでには至っていなかった。しかし、低木層と草本層という階層の分化は進み、暗くなった草本層ではミヤマカンスゲの優占度はほかの区にくらべて小さかった。

③3区：これまでチシマザサの回復が遅れていた区域であったが、周囲から新稈の侵入が進み、ミヤマカンスゲとともに植被率は全体として86%となった。また、ダケカンバは高さ20～40cmとなり、小さな稚樹もみられた。なお、流路となる場所は裸地状態が続き、稲わらも流されるほどであったため、10月21日に修復工事をおこなった。

④4区：最も回復が遅れていた区域であったが、3年目で全域の植被率は70%となった。その主体はミヤマカンスゲで、チシマザサも目立つようになった。この区の特徴は被害地両側にアオモリトドマツが密生し、被害地を覆うように樹冠が伸びていることで、アオモリトドマツの侵入が最も期待されたが、これまでに実生は発見されなかった。さらにほかの区で多数のダケカンバ稚樹が今年、新たに確認されたが、ここでは一部の区域を除きほとんどみられなかった。したがって、ダケカンバは林冠などの被陰するものがある裸地には侵入しづらいことがわかる。

⑤5区：多数のチシマザサ根株を埋め戻した区域

であったが、これまで新稈の発生はほとんどみられなかった。しかし、3年目になると多くの新稈が発生し、ミヤマカンスゲの増加とともに全域の植被率は88%に達した。さらにイブキゼリモドキ、シラネワラビなども個体数が増加した。

⑥6区：ミヤマカンスゲが回復植生の主体になっていることは、ほかの区と同様であったが、植被率は全域で59%と最も小さく、裸地の場所が広がっていた。しかし、コケが広範囲に発生したこと、小さいダケカンバ実生がきわめて多数発生したこと、チシマザサが周囲から侵入しつつある状態が確認されたことなど、来年以降、植生回復が進む状況がうかがえた。

(3) コドラートの植生状況

3年目も引き続き、ミヤマカンスゲは個体数、被度百分率ともに増加した(表4-9)。また、全域でダケカンバが大発生したため、コドレート内でも多くの稚樹がみられた。しかし、Q3とQ4を除くコドレートではチシマザサが最も草丈が高く、そのほかの植物から突出するように低木層を形成した(表4-10)。

4.6 復旧対策実施後4年目(2000年)の状況

4年目の現地調査は7月25日、8月19日、9月21日の合計3回おこなわれた。調査方法などは従来のを踏襲したが、植生資料は8月19日のものを使用した。

(1) 出現した植物

今年、新たに出現した植物は2区のツタウルシ1種のみであった。しかし、退出した植物もあり、出現種数は38種であった(表4-11)。

(2) 各区の植生状況

植生回復は順調に進む、全体の植被率は前年に比べて9ポイント増加し、91%となった。その主体はこれまでミヤマカンスゲであったが、新た

表 4-9 1999 年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	47		51		55		32		84		73	
植被率 (%)												
本数/被度百分率	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
ミヤマカンスゲ	多	40	多	50	多	50	多	25	多	35	多	40
ダケカンバ	18	2	21	+	30	+	6	+	多	45	多	25
ゴヨウイチゴ	2	+	・	・	2	+	14	5	1	+	5	3
チシマザサ	40	15	多	45	多	7	・	・	多	45	4	7
イブキゼリモドキ	・	・	・	・	1	+	8	+	・	・	17	+
コケ類	・	・	・	・	・	・	-	35	・	・	-	7
マイヅルソウ	・	・	・	・	・	・	・	・	3	+	2	+
ヤマハハコ	3	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ミズキ	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・
オオカメノキ	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+	・	・
ツルアジサイ	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+	・	・
シラネワラビ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	5	+
エゾノギシギシ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+

表 4-10 1999 年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
ミヤマカンスゲ	35	22	28	18	27	25
ダケカンバ	32	30	24	8	2	33
ゴヨウイチゴ	30	・	14	12	5	13
チシマザサ	105	132	47	・	80	87
イブキゼリモドキ	・	・	8	52	・	2
コケ類	・	・	・	1	・	3
マイヅルソウ	・	・	・	・	5	5
ヤマハハコ	20	・	・	・	・	・
ミズキ	・	30	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	29	・	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	14	・	・	・
オオカメノキ	・	・	・	・	33	・
ツルアジサイ	・	・	・	・	5	・
シラネワラビ	・	・	・	・	・	8
エゾノギシギシ	・	・	・	・	・	3

な個体の発生や既存の株の生長も止まり、代わってチシマザサとなった。しかし、それ以外は前年とほぼ同じで、大きな変化はみられなかったが、階層の分化が進行しつつある状況がうかがえた。

① 1 区：全域の植被率は 92% になり、前年にくらべてわずかに増加した。しかし、ミヤマカンス

ゲはやや衰弱し、チシマザサとダケカンバは優占度は増加した。特に前年、多数発生したダケカンバの実生は高さ 8~9 cm となり、目立つようになった。

② 2 区：前年と同様にチシマザサが密生し、全域の植被率はほぼ 100% に達した。しかし、新たに発生したチシマザサの新稈は高さ 70~120 cm と低く、周囲に密生する稈にくらべて半分程度と低かった。なお、3 区との境界付近では前年に稲わら補修をおこなったが、集中豪雨により稲わらはかなり流失した。

③ 3 区：区域の中央にあるわだち状の凹地や山地斜面の下部に接する場所では強雨時に水みちとなって水没し、植物の侵入はまだ進んでいない。そのため、全域の植被率は 89% で前年にくらべてわずかに増加したにすぎなかった。しかし、チシマザサは周囲から侵入し、衰弱し始めたミヤマカンスゲに代わって、主役となった。

④ 4 区：全域の植被率は 87% で最も回復が遅れているが、前年にくらべて 17% の増加となった。全体的にはほかの区にくらべて 1~2 年程度の回復

の遅れがあり、ミヤマカンスゲとチシマザサの侵入が進んだ。なお、平坦地では稲わらの流出はほとんどみられないため、今後、植生の回復は早まると考えられた。

⑤5区：全域の植被率は91%に達したが、前年と比較して3ポイントの増加にとどまった。これ

表4-11 2000年における各区に出現した植物の優占度

区 域	対照区	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	4	2	5	5	4	4	2
ミヤマカンスゲ	4	4	1	4	4	2	4
ゴヨウイチゴ	1	+	+	+	+	+	-
ダケカンバ	+	2	+	1	+	1	3
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+	+
シラネウラボ	+	+	+	+	+	-	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	-	+
タケシマラン	+	+	+	+	+	-	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	-	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	-	+
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	+	+	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+	+
ウスバサイシン	+	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+	+
イヌコリヤナギ	+	+	+	+	+	+	+
キクザキイチゲ	+	+	+	+	+	+	+
キツネヤナギ	+	+	+	+	+	+	+
ブナ	+	+	+	+	+	+	+
ミズキ	+	+	+	+	+	+	+
ツタウルシ	+	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	+	+	+	+	+	+	+
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+	+
ツルリンドウ	+	+	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	+	+	+
コケ類	+	+	+	+	+	+	1
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	+	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+	+
クサイ	+	+	+	+	+	+	+

は植生回復が困難な場所が引き続き存在するため、表土がない場所や流水がみられる場所などであった。なお、チシマザサの新稈はあまり発生していない様子で、前年発生したダケカンバの実生もあまり成長は良好ではなかった。

⑥6区：前年までは最も回復が遅れていた区域であったが、全域の植被率は59%から89%に増加し、最も大きな植生回復が進行した。これはミヤマカンスゲの増加もあったが、前年に多数発生したダケカンバの実生が生長し、植被率に寄与したためであった。そのため、植生的にはまだまだ回復が順調に進んでいるとは認められなかった。

(3) コドラーの植生状況

4年目の特徴はチシマザサが前年にくらべてさらに生長がおう盛となり、Q4を除く各コドラーでは被度百分率(表4-12)と高さ(表4-13)が増加し、階層の分化が進んだ。しかし、Q4ではチシマザサの侵入はまだなく、ミヤマカンスゲのマットが広がる状態が続いた。また、ダケカンバはQ1とQ2では低木層(チシマザサが優占)と草本層(ミヤマカンスゲが優占)の間に低木層第二層を形成する状態となった。しかし、前年に大発生した実生はミヤマカンスゲの株と株の間にみられる程度で、被度百分率にはあまり寄与していなかった。

4.7 復旧対策実施後5年目(2001年)の状況

5年目の現地調査は7月21日、8月19日、9月10日におこなわれた。植生資料は9月10日のものを使用した。なお、2001年は本復旧対策実施後5年にあたり、当初設定された植生目標が第Ⅱ期から第Ⅲ期に移行する時期で、植生回復の状況を初年度と比較することも試みた。

(1) 出現した植物

全域で新たに加わった植物は6区のアブラガヤ1種のみで37種となり、1997年と同じ種数であった(表4-14)。そのため、種数から判断された

表 4-12 2000 年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	65		100		95		70		100		100	
本数/被度百分率	本/	%	本/	%	本/	%	本/	%	本/	%	本/	%
ミヤマカンスゲ	多	40	多	75	多	50	多	45	多	35	多	45
ダケカンバ	238	4	69	10	47	+	19	+	多	45	多	10
チシマザサ	29	20	138	85	52	25	・	・	72	50	11	10
ゴヨウイチゴ	3	+	・	・	2	15	7	2	3	+	5	10
イブキゼリモドキ	・	・	・	・	4	+	9	+	・	・	22	1
オオカメノキ	・	・	1	+	・	・	・	・	1	+	・	・
シラネワラビ	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・	5	+
コケ類	・	・	・	・	・	・	-	20	・	・	-	40
マイヅルソウ	・	・	・	・	・	・	・	・	2	+	2	+
ヤマハハコ	2	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ミズキ	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	・	・	2	+	・	・	・	・	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・
ミネカエデ	・	・	・	・	1	+	・	・	・	・	・	・
ミノボロスゲ	・	・	・	・	・	・	1	+	・	・	・	・

表 4-13 2000 年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
ミヤマカンスゲ	25	22	32	23	30	28
ダケカンバ	78	58	40	19	6	35
チシマザサ	141	98	85	・	130	110
ゴヨウイチゴ	30	・	18	25	18	22
イブキゼリモドキ	・	・	32	65	・	18
オオカメノキ	・	22	・	・	31	・
シラネワラビ	・	25	・	・	・	12
コケ類	・	・	・	3	・	3
マイヅルソウ	・	・	・	・	13	4
ヤマハハコ	18	・	・	・	・	・
ミズキ	・	40	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	36	・	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	20	・	・	・
ミネカエデ	・	・	7	・	・	・
ミノボロスゲ	・	・	・	40	・	・

回復状況はあまり変化がないまま 5 年が経過したと判断された。

(2) 各区の植生状況

各々の植物の優占度は前年とあまり変わらないが、ミヤマカンスゲとダケカンバの優占度がわずかに増加した区域があった。復旧対策実施後 5 年が経過し、単層であった階層はミヤマカンスゲが

優占する草本層とチシマザサが優占する低木層に分化した。さらに低木層の植被率が大幅に増加し、草本層がこれらに覆われたために植被率は減少に転じた。

① 1 区(図 4-2 ~ 図 4-5) : 全域の植被率は 94 % となり、降雨時の水みちとなるような細長い凹地を除いて、ほぼ植生は回復した。全体にチシマザサが優占しつつあるが、アキタブキやヤマハハコが増加した。また、部分的にダケカンバの密生地もあり、高さは 115 cm に達していた。

② 2 区(図 4-6, 図 4-7) : チシマザサが密生し、区内を通り抜けることが困難なほどになった。その高さは 110 ~ 170 cm で、場所によっては 200 ~ 250 cm に達した。その中で高さ 100 ~ 140 cm のダケカンバが 20 本以上生育している場所もあった。しかし、ミヤマカンスゲやゴヨウイチゴなどは被陰により、優占度は小さかった。

③ 3 区(図 4-8, 図 4-9) : 区内の大部分を占める急斜面はチシマザサとミヤマカンスゲでほぼ覆われ、水みちとなる帯状の裸地が引き続いて残存した。チシマザサは優占度と高さともに増加し、全域の植被率は 92 % になった。

④ 4 区(図 4-10 ~ 図 4-13) : 全域の植被率は 91 %

となり、回復の速度は速まったが、3区寄りの一部での植被率は80%にとどまった。周囲にアオモリトドマツが密生し、区域も被陰されているためにダケカンバの個体数は少なく、生長も不良であった。

⑤5区(図4-14, 図4-15): 全域の植被率は95%となり、2区の次に回復が進んだ区域であった。その主体はチシマザサで、高さは120cmから200cmと大きい。それに次いで大きいのはダケカンバで、高さ40~100cmのものが多数みられた。

⑥6区(図4-16, 図4-17): 5区に隣接する平坦地は地表水に洗われるところもあり、植物の定着が遅れ、植生回復の速度は遅い。一方、北西端ではミヤマカンスゲ、ダケカンバ、コケ類などが生長し、前年とくらべて植被率が7ポイント増加した。

(3) コドラートの植生状況

Q4を除き、チシマザサとダケカンバの被度百分率が大きく増加した(表4-15)。さらにチシマザサは高くなり、Q2では当該地域のチシマザサ群落と変わらなくなった(表4-16)。一方、1999年に多数発生したダケカンバの実生はQ5とQ6で多くが枯死したため、個体数が大幅に減少した。

4.8 復旧対策実施後6年目(2002年)の状況

6年目の現地調査は9月16日, 19日, 10月12日, 19日, 25日におこなった。調査項目や方法は前年までと同じであったが、コドラート内の植生を詳細にスケッチし、記録として残した。植生資料は9月16日のものを使用した。

(1) 出現した植物

全域で出現した植物は39種で前年に比べ2種の増加であった(表4-17)。このように1997年から2002年までの間、出現する植物は37~39種でほぼ一定しており、変化に乏しい状態が続いた。

(2) 各区の植生状況

全域の植被率は前年から3%増加したことで97%

となり、順調な回復が続いた。しかし、残る裸地の3%はタケノコ採取者による踏圧や降水時の流水で形成された水みち状の凹地で、なかなか改善されない状態が続いた。一方、回復した植生は1~5区で圧倒的にチシマザサとなり、ほぼ全面を占める状態となった。そのため、地表にへばりつくように生育するミヤマカンスゲは、全域で減少

表4-14 2001年における各区に出現した植物の優占度

区 域	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	2	5	5	4	4	2
ミヤマカンスゲ	4	1	4	4	2	4
ダケカンバ	2	+	1	+	2	3
ゴヨウイチゴ	+	+	+	+	+	+
シラネワラビ	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	1	1	+	1
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	+	+	+	+	+	+
コケ類	+	+	+	+	+	1
ノリウツギ	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+
ウスバサイシン	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+
クサイ	+	+	+	+	+	+
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+
キツネヤナギ	+	+	+	+	+	+
ブナ	+	+	+	+	+	+
ツタウルシ	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+
ミズキ	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	+	+	+	+	+	+
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+
ミノボロスゲ	+	+	+	+	+	+
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	+	+	+	+	+	+
タケシマラン	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+
アブラガヤ	+	+	+	+	+	+

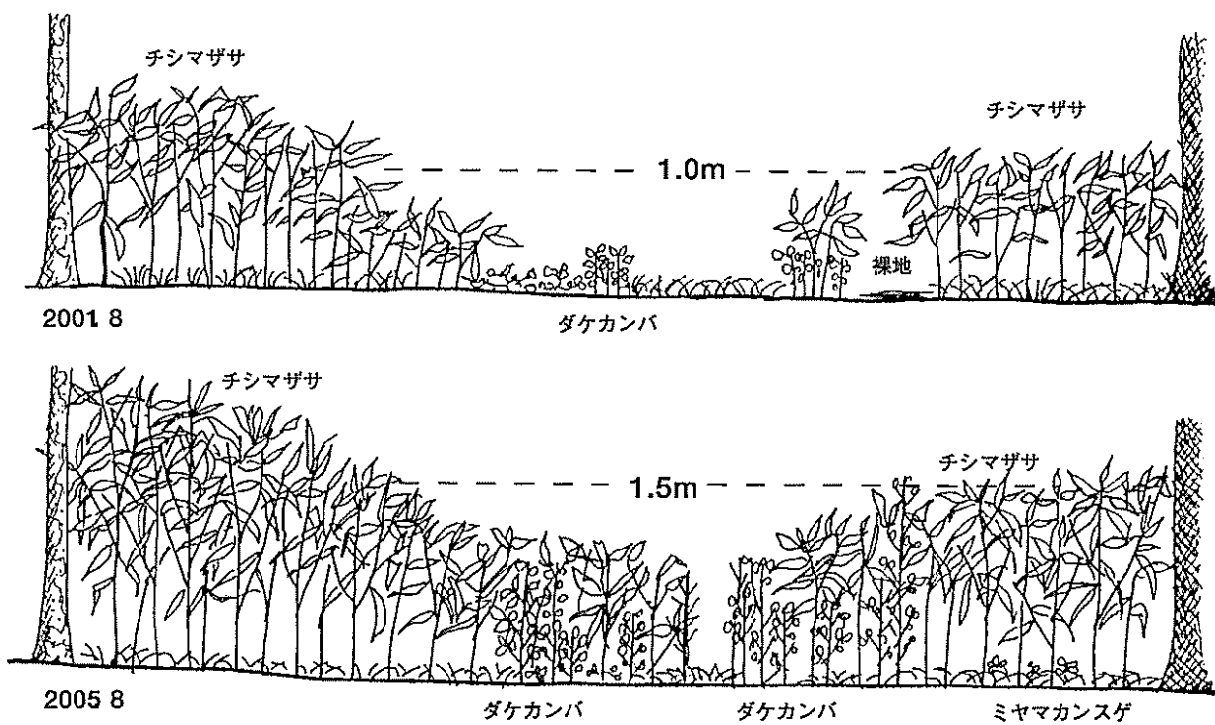


図 4-2 1区南端部の植生断面図

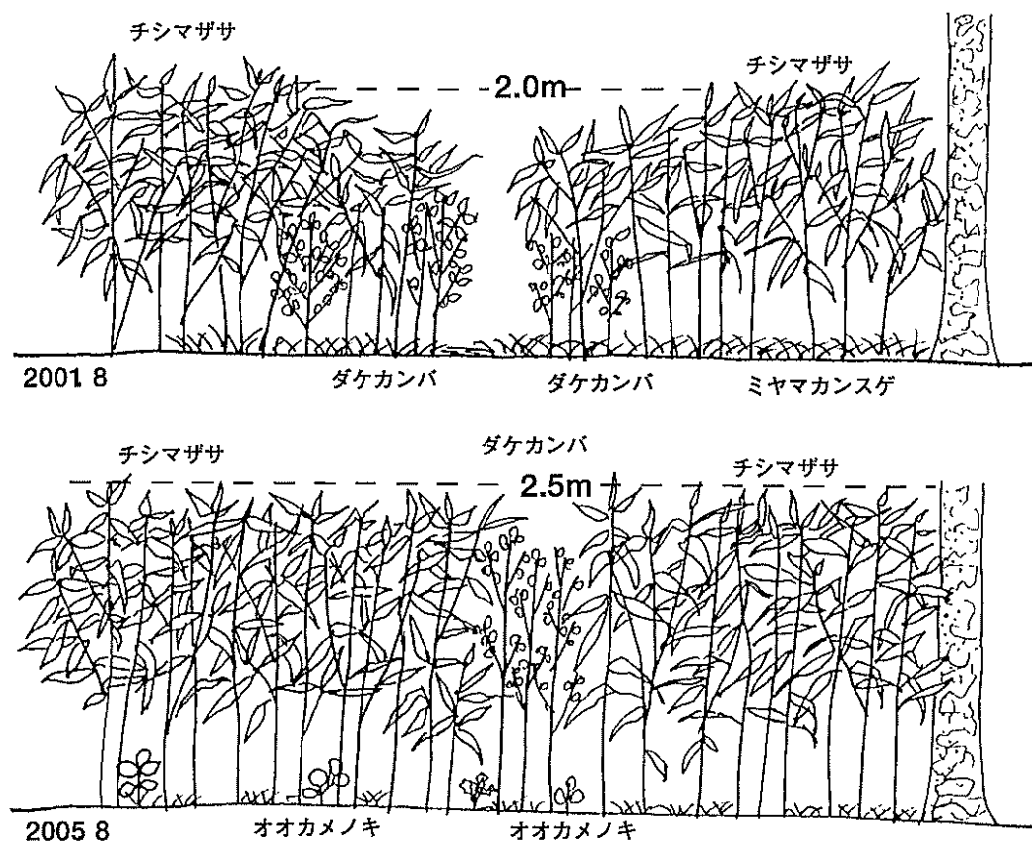


図 4-3 1区中央部の植生断面図

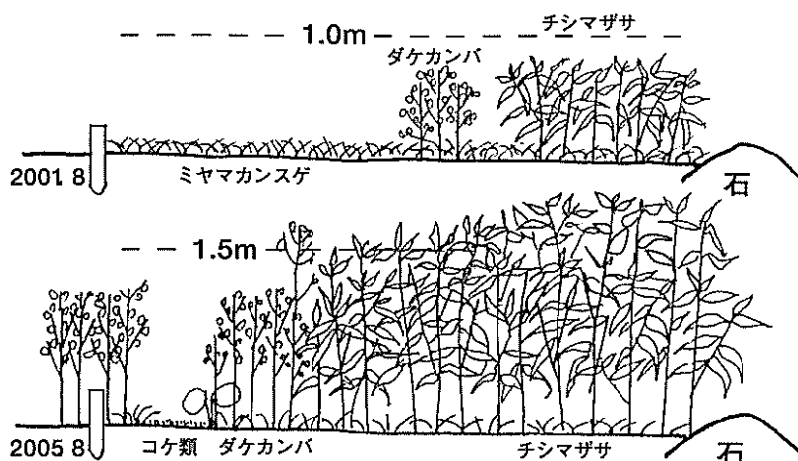


図4-4 1区Vカーブ部の植生断面図

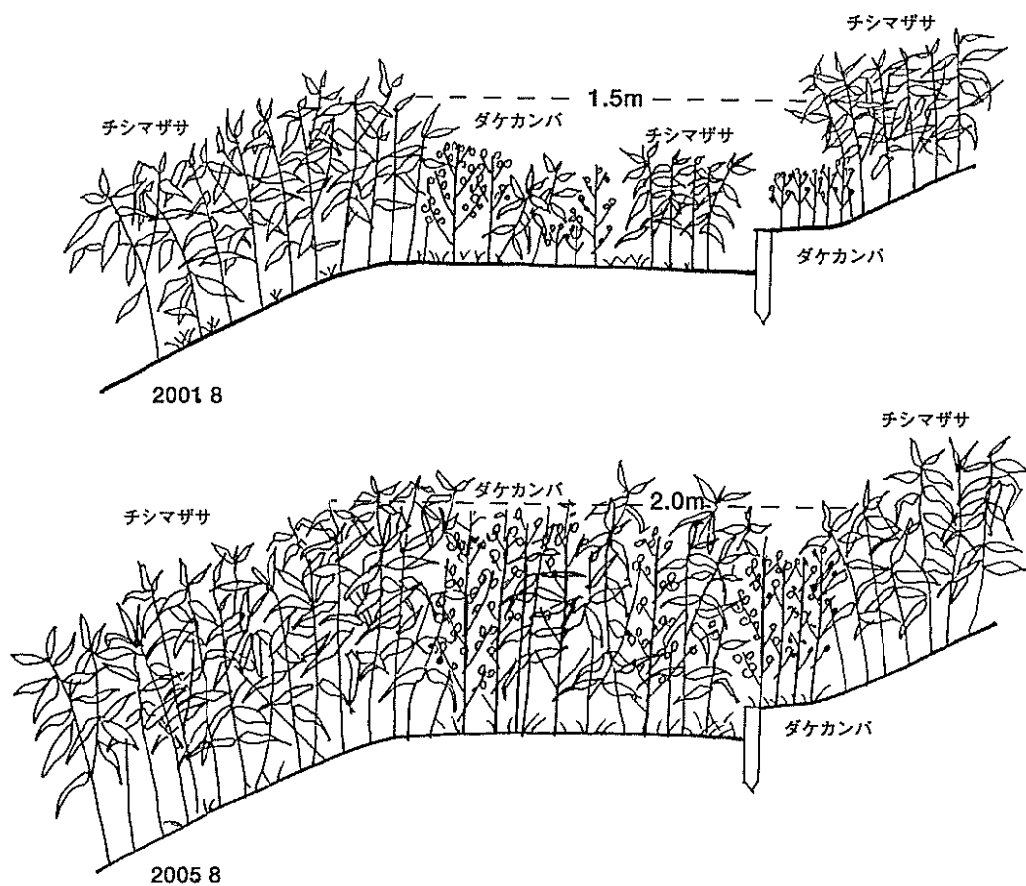


図4-5 1区北端部の植生断面図

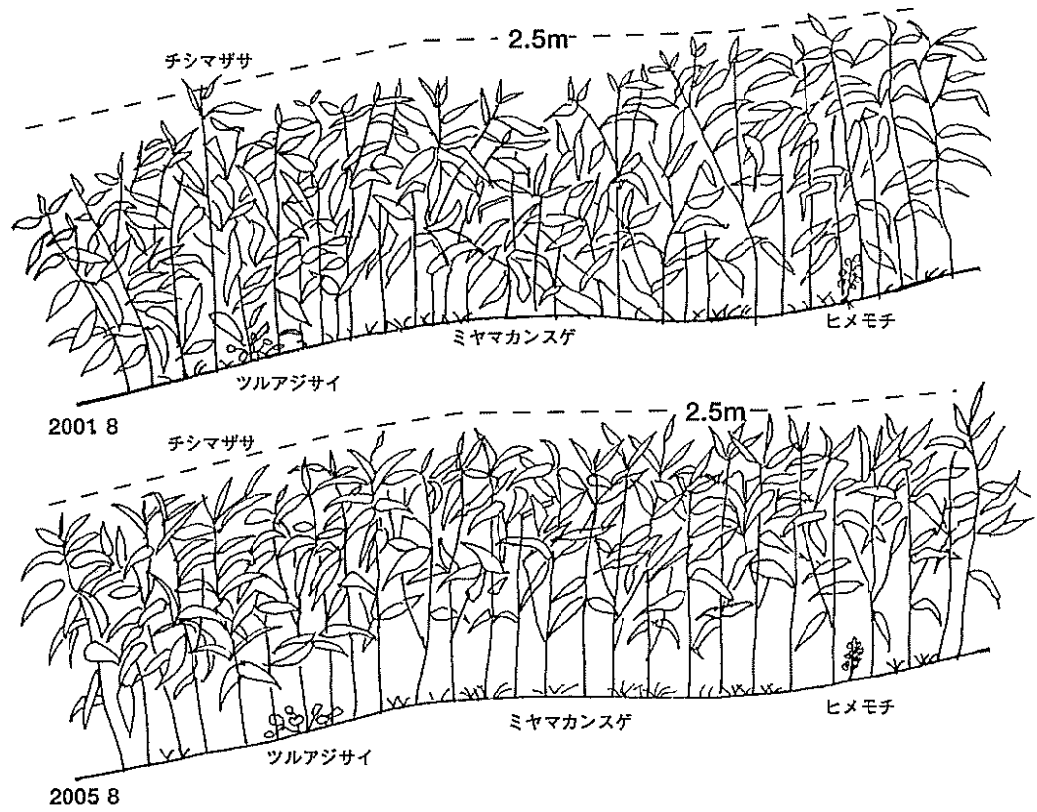


図 4-6 2区中央部の植生断面図

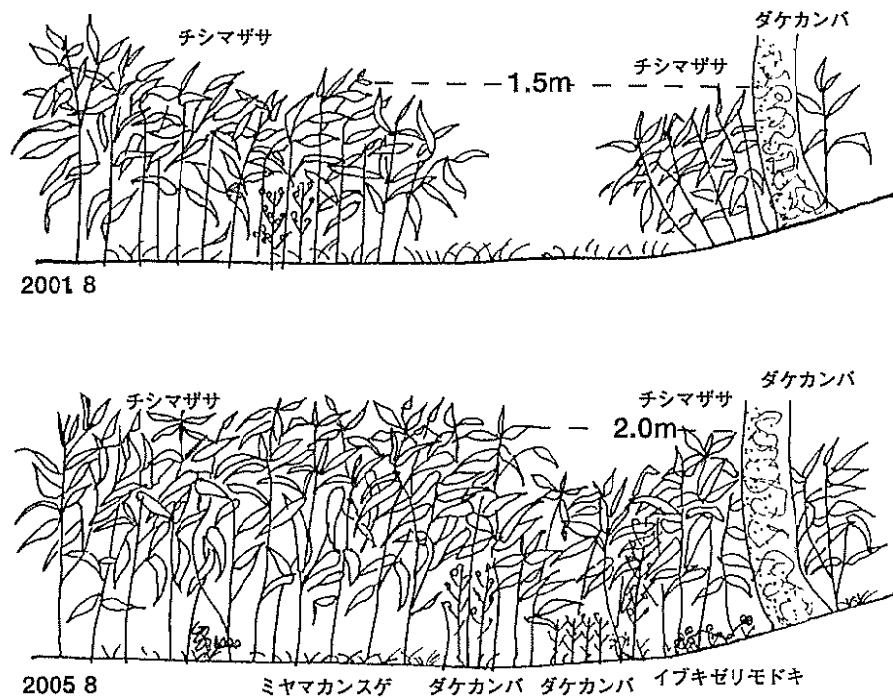


図 4-7 2区北端部の植生断面図

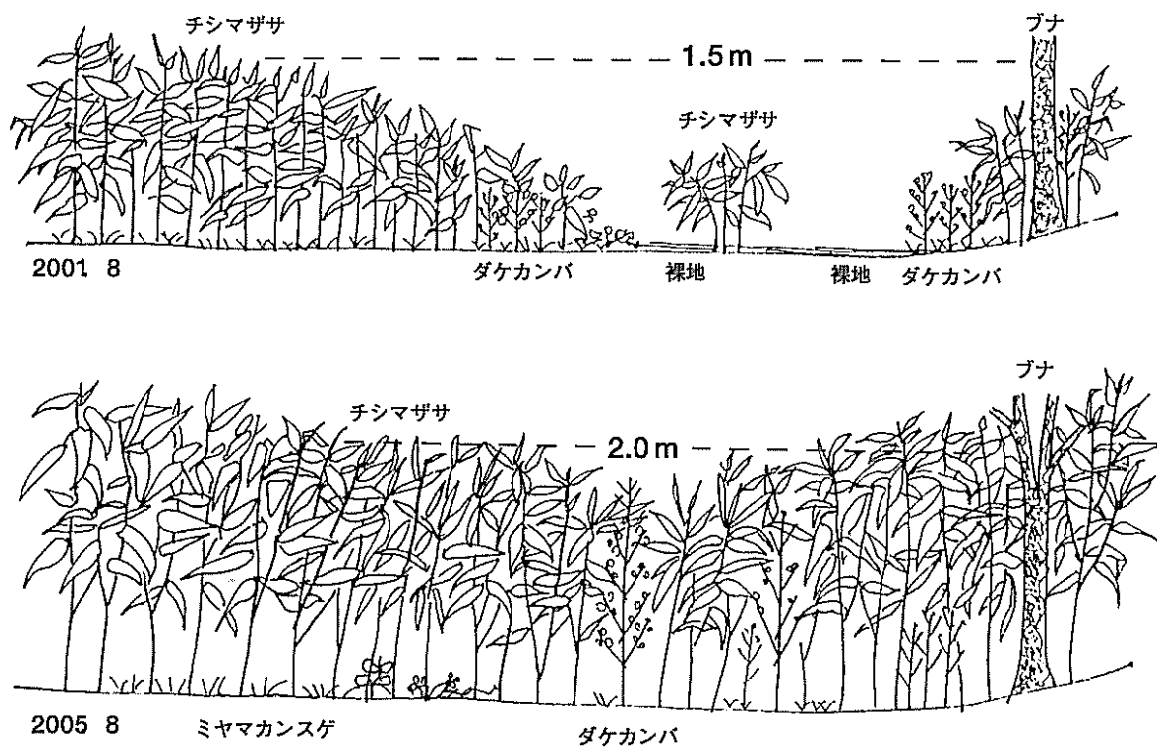


図4-8 3区中央部の植生断面図

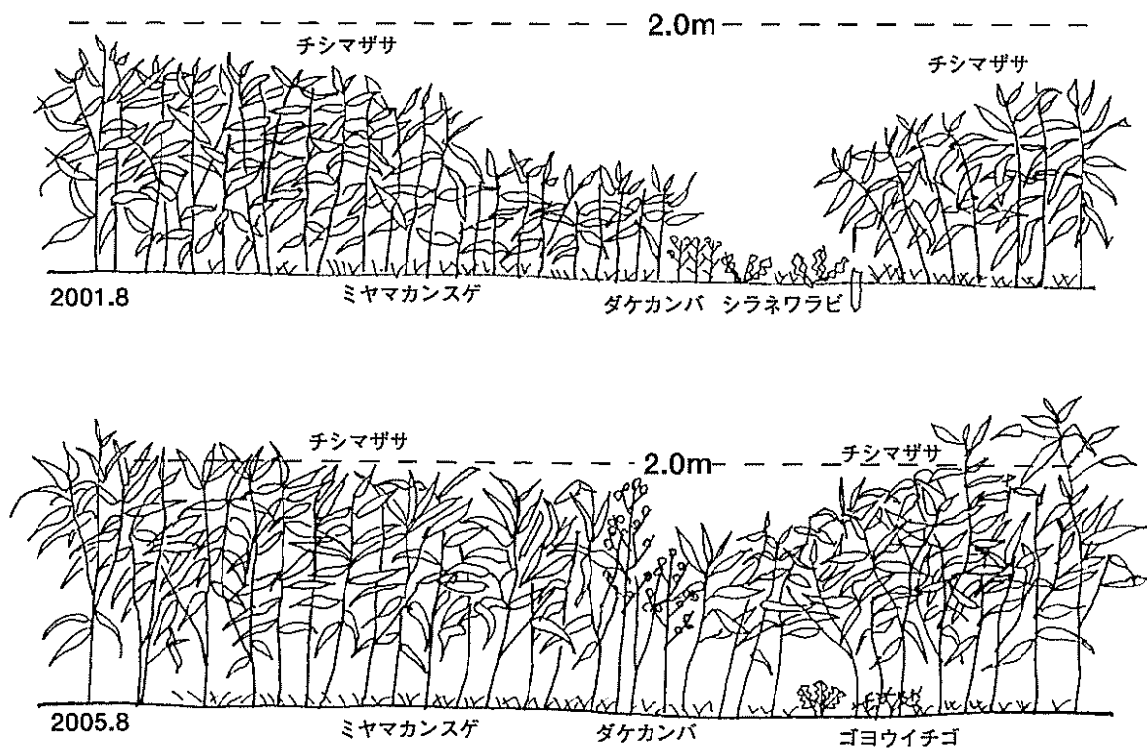


図4-9 3区コドラート3の植生断面図

4 復旧対策後のモニタリング

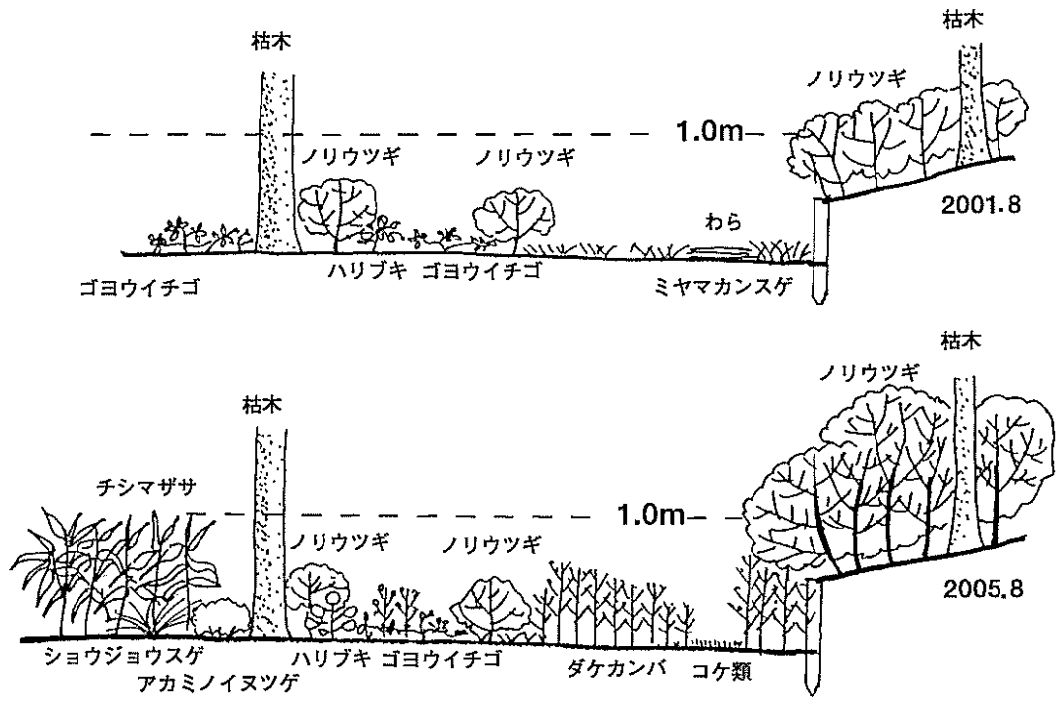


図 4-10 4区南端部の植生断面図

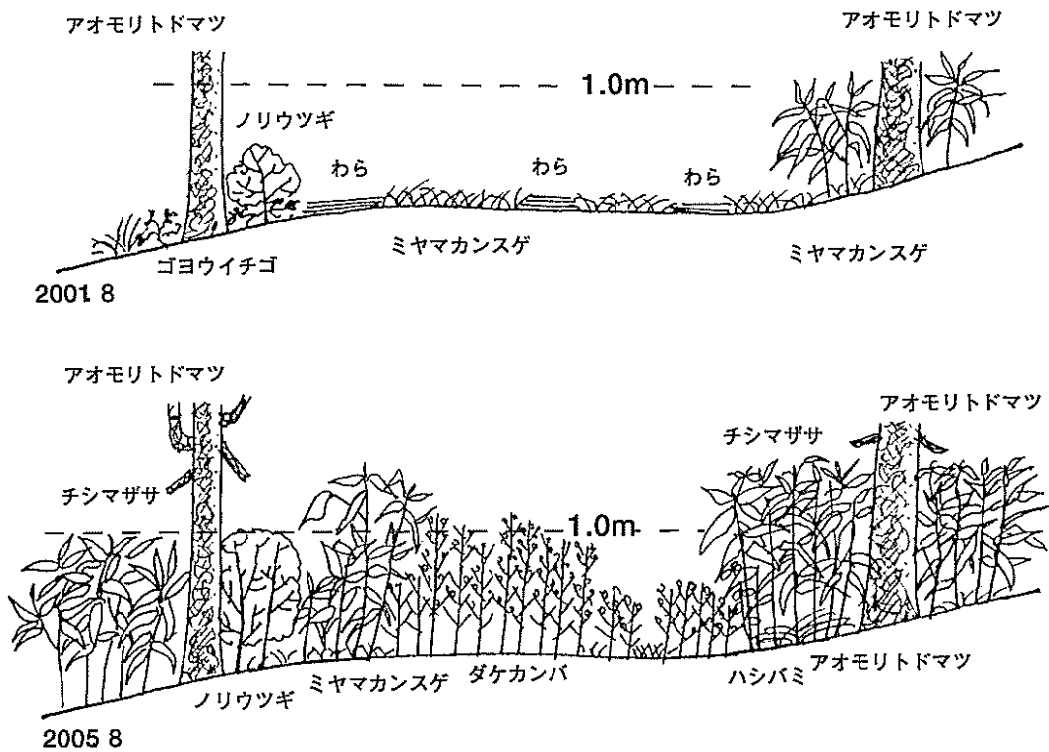


図 4-11 4区南端から 40 m 付近の植生断面図

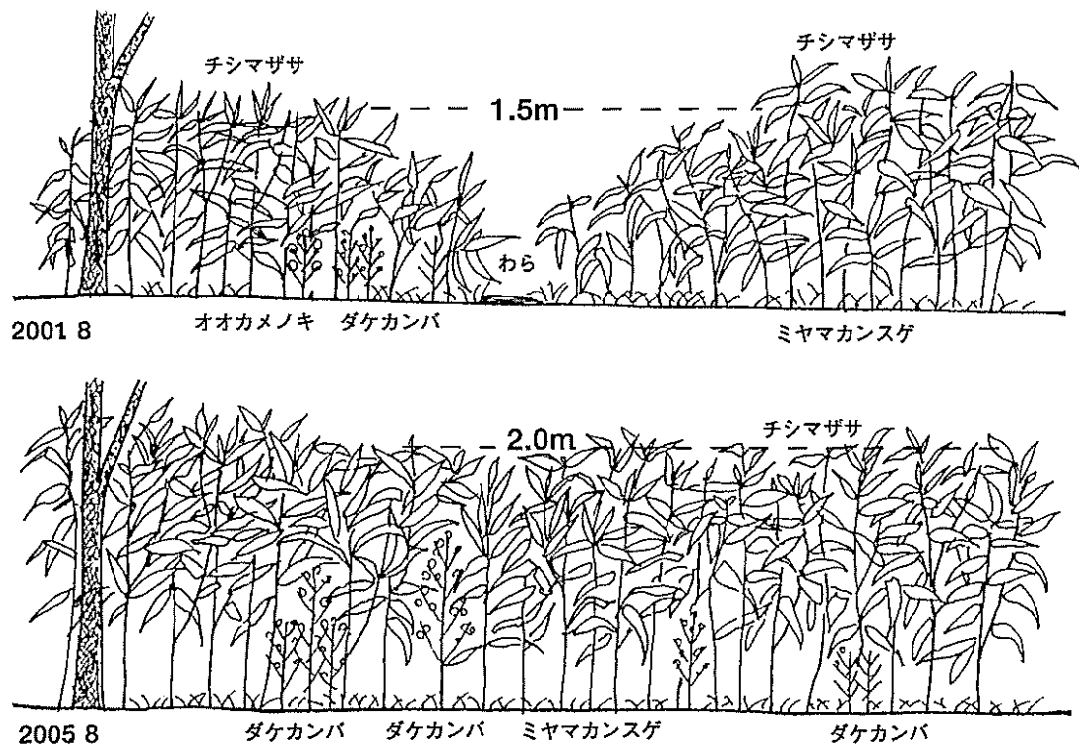


図 4-12 4区中央部の植生断面図

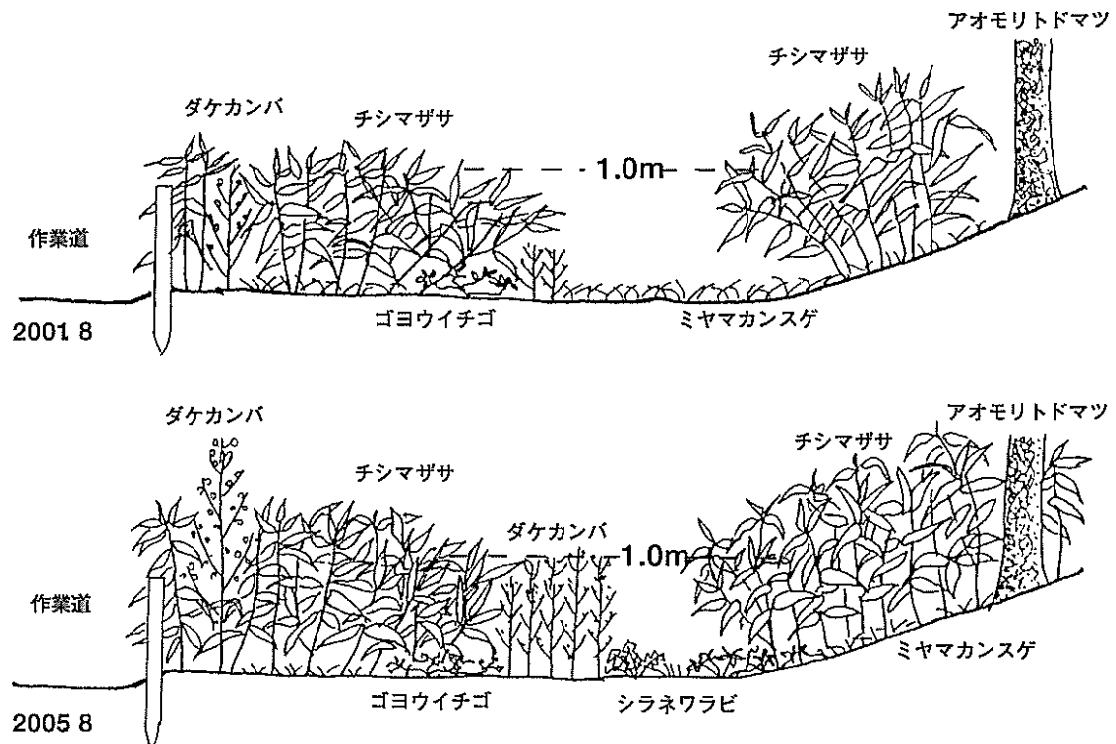


図 4-13 4区北端部の植生断面図

4 復旧対策後のモニタリング

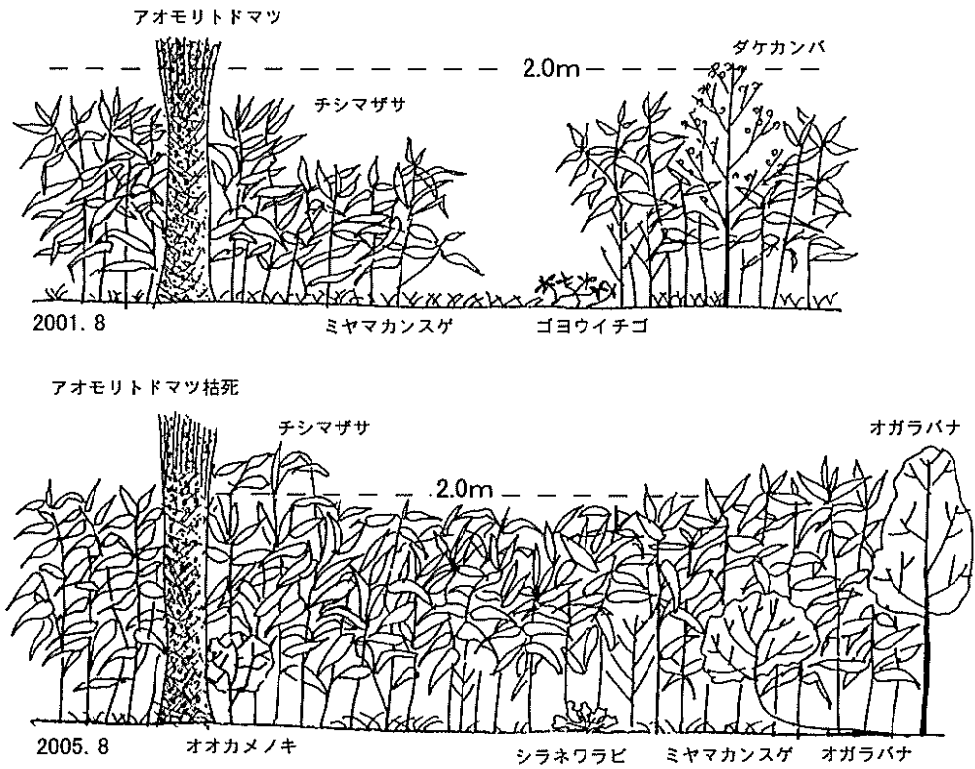


図 4-14 5区南端部の植生断面図

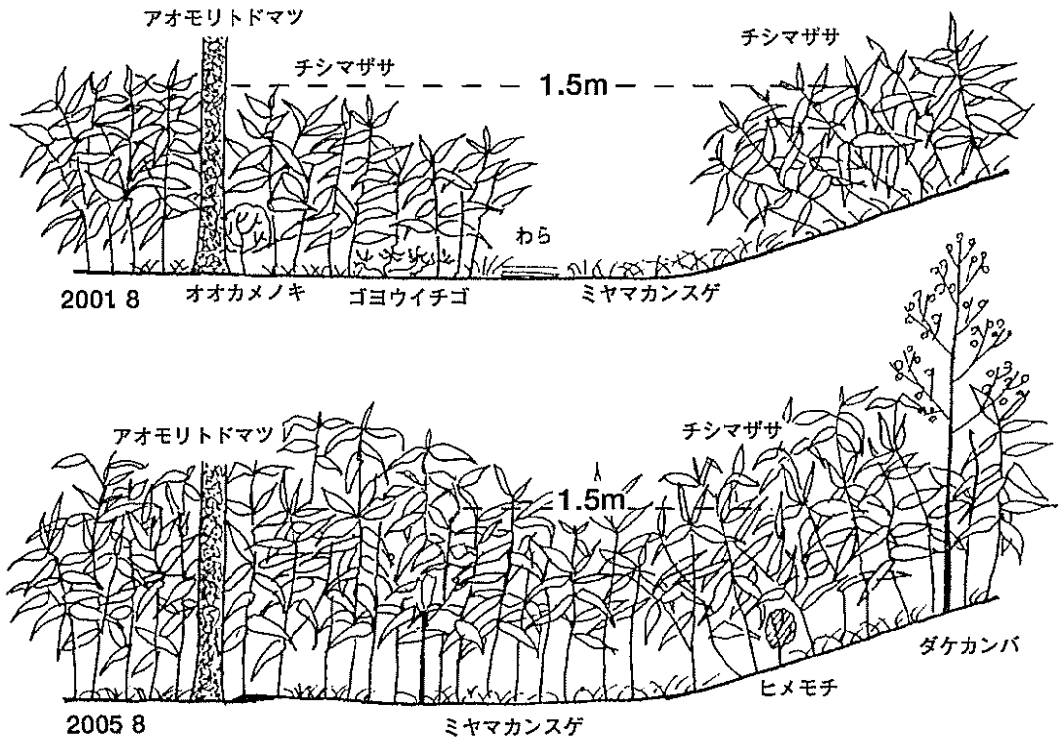


図 4-15 5区北端部の植生断面図

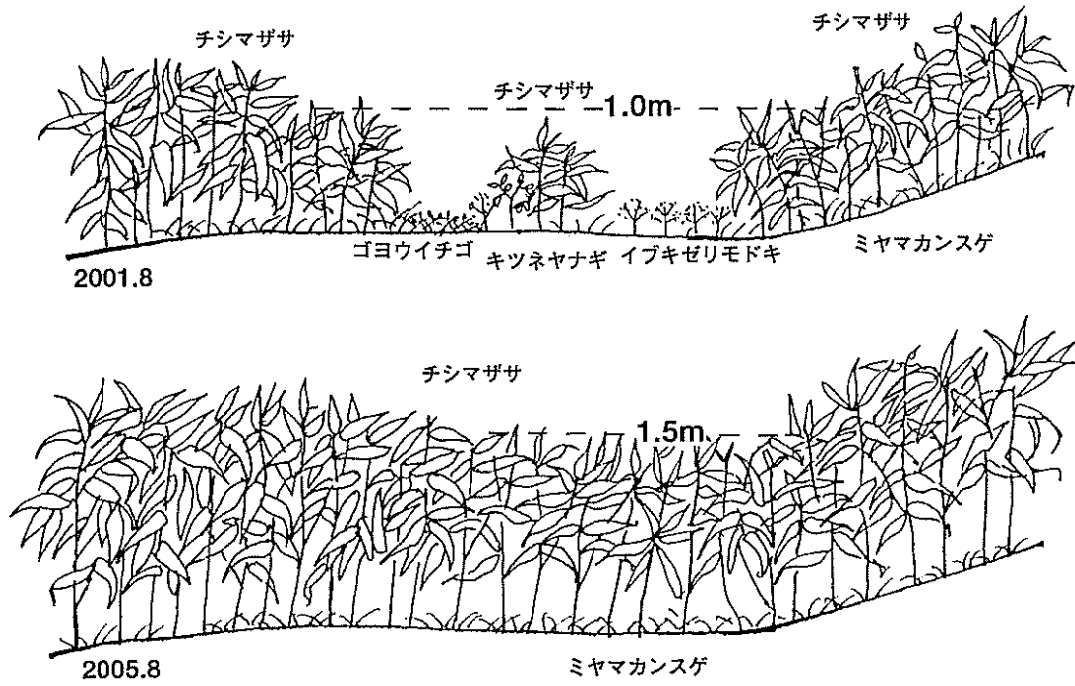


図 4-16 6区南端部の植生断面図

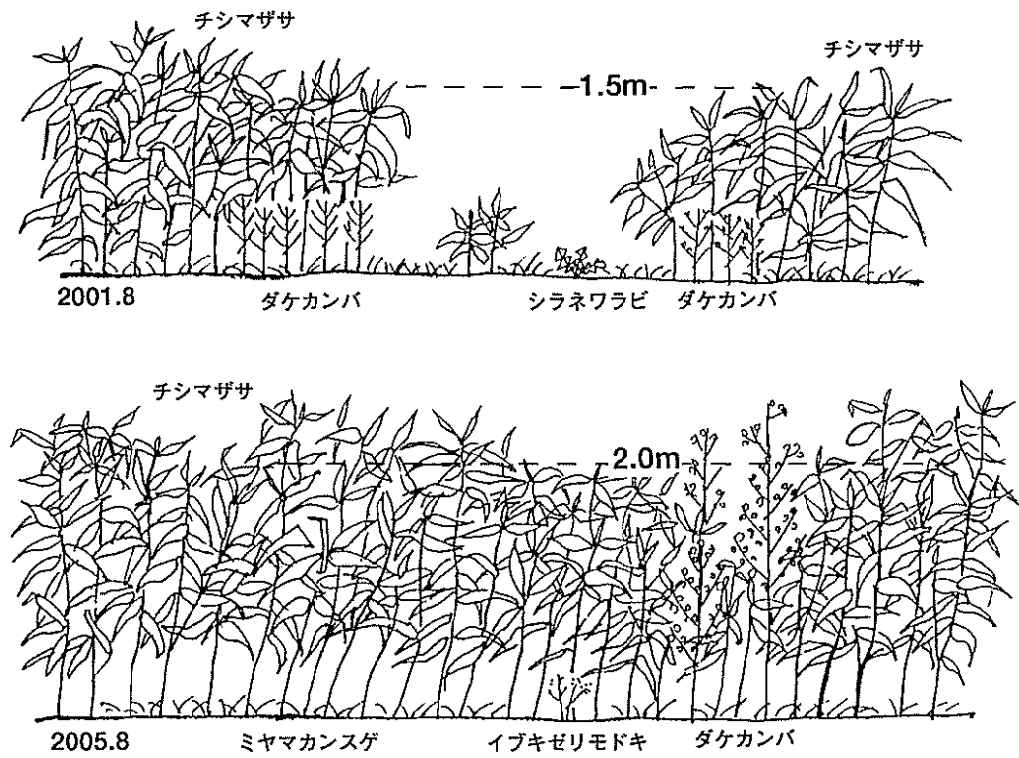


図 4-17 6区北端部の植生断面図

表4-15 2001年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	100		100		98		97		100		100	
本数/被度百分率	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
ダケカンバ	110	45	51	5	43	5	40	5	多	5	160	10
ミヤマカンスゲ	多	70	多	80	多	65	多	45	多	55	多	70
チシマザサ	35	35	108	95	42	15	・	・	64	50	9	40
ゴヨウイチゴ	4	5	・	・	3	8	6	25	4	+	3	3
ヤマハハコ	1	+	・	・	1	+	1	+	・	・	・	・
シラネワラビ	・	・	1	+	1	+	・	・	・	・	4	1
コケ類	・	・	・	・	・	・	-	20	-	2	-	15
オオカメノキ	・	・	1	+	・	・	・	・	3	2	・	・
イブキゼリモドキ	・	・	・	・	3	+	・	・	・	・	12	+
マイヅルソウ	・	・	・	・	・	・	・	・	5	+	3	+
ツルアジサイ	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+	1	+
ウスバサイシン	1	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	・	・	1	2	・	・	・	・	・	・
ミノボロスゲ	・	・	・	・	・	・	1	1	・	・	・	・

表4-16 2001年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
ダケカンバ	100	110	60	45	7	65
ミヤマカンスゲ	20	20	30	20	30	20
チシマザサ	140	170	130	・	160	130
ゴヨウイチゴ	25	・	25	20	15	20
ヤマハハコ	60	・	30	20	・	・
シラネワラビ	・	35	20	・	・	30
コケ類	・	・	・	2	1	6
オオカメノキ	・	35	・	・	35	・
イブキゼリモドキ	・	・	20	・	・	30
マイヅルソウ	・	・	・	・	20	15
ツルアジサイ	・	・	・	・	2	5
ウスバサイシン	10	・	・	・	・	・
ミヤマホツツジ	・	・	45	・	・	・
ミノボロスゲ	・	・	・	20	・	・

する傾向に転じた。

①1区：全域の植被率は98%に達し、わずかに残る裸地は細長い帯状地のみで、降雨時、水みちとなる部分である。チシマザサは全域を覆うように繁茂し、部分的にダケカンバ(高さ1.5m前後の個体が数10本、高さ1.2m前後の個体が数10本)は上層を覆われずに残存した。

②2区：全域の植被率はほぼ100%となり、密生するチシマザサの高さは1.8~2.5mとなったこと

から、区内の歩行はかなり困難となった。ダケカンバも高さ1.5~2.0mの若木があり、チシマザサから抜き出した個体も少数ではあるがみられた。

③3区：全域の植被率は96%となり、残された裸地も周囲からチシマザサが侵入しつつあった。再生当初はミヤマカンスゲが優占であったが、完全にチシマザサ(高さ1.3~1.8mの稈も含まれた)に置き換わった。ダケカンバはほかの区にくらべて少なく、ノウサギによる食害が著しかった。

④4区：全域の植被率は94%となり、チシマザサが再生の主体となった。1999年に一部に多数の実生が発生したダケカンバは高さ30cm前後になり、植被率に貢献するようになった。

⑤5区：全域の植被率は98%となり、1区や2区と同様の回復程度であったが、チシマザサの高さは1m前後で、歩行が困難な状況に達していない。残る裸地は水みちの部分で、2000年に補修したことによってダケカンバの実生が多数発生してきた。しかし、3区や4区と同様にノウサギによる食害がみられた。

⑥6区：ほかの区にくらべてチシマザサの優占度が低い、ミヤマカンスゲやダケカンバの優占度が高く、全域の植被率は97%となった。

表4-17 2002年における各区に出現した植物の優占度

区 域	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	5	5	5	5	5	3
ミヤマカンスゲ	2	1	2	3	1	3
ダケカンバ	2	1	1	2	1	2
ゴヨウイチゴ	+	+	1	1	1	1
シラネウラボ	+	+	1	1	1	1
マイヅルソウ	+	・	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	・	+	+	・
タケシマラン	+	+	・	・	+	+
ハリブキ	・	+	+	・	+	+
イブキゼリモドキ	・	・	1	1	+	1
コケ類	・	・	+	1	+	1
ヤマソテツ	・	・	+	+	+	+
ヤマハハコ	+	・	+	+	・	・
アキタブキ	+	・	・	+	・	+
ノリウツギ	・	+	+	1	・	・
ヒメモチ	・	+	+	+	・	・
アカミノイヌツゲ	・	・	+	+	+	・
ミヤマホツツジ	・	・	+	+	+	・
アオモリトドマツ	・	・	・	+	+	+
ミネカエデ	・	・	・	+	+	+
ナナカマド	・	+	・	+	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	+	・	+	・
ツルアジサイ	・	・	+	・	+	・
ベニバナイチゴ	・	・	+	・	+	・
ショウジョウスゲ	・	・	・	+	+	・
イグサ	・	・	・	+	+	・
ヒロハユキザサ	・	・	・	+	+	・
ショウジョウバカマ	・	・	・	+	・	+
ヨツバヒヨドリ	・	・	・	+	・	+
イヌコリヤナギ	+	・	・	・	・	・
キツネヤナギ	+	・	・	・	・	・
ツルツゲ	・	+	・	・	・	・
ミズキ	・	+	・	・	・	・
ヤマネコヤナギ	・	・	+	・	・	・
ツルリンドウ	・	・	・	・	+	・
オガラバナ	・	・	・	・	+	・
サンカヨウ	・	・	・	・	・	+
タカネザクラ	・	・	・	・	・	+

(3) コドラートの植生状況

コドラートは区域の中央部に設置されているため、ほとんどのコドラートの中央部には横断するように帯状の裸地が残存していた。特に踏圧による硬化が認められた場合、植物の侵入はほとんどみられなかったが、周囲のチシマザサが繁茂する

ことによってコドラート全体の植被率が高くなった(表4-18, 4-19)。それにはQ1, Q2, Q5があり、一方、Q4ではチシマザサが侵入していないため、裸地の面積は減少しなかった。同様にQ3とQ6でもチシマザサの占める割合は小さかった。

4.9 復旧対策実施後7年目(2003年)の状況

7年目の現地調査は8月22日, 9月14日, 27日, 10月18日におこなわれた。特にこの年はダケカンバの成育予測をおこなうために詳細な調査を加えた。なお、植生資料は8月22日のものを使用した。

(1) 出現した植物

全域に出現する植物は、これまで平均38種であったが、2003年は46種に大幅に増加した(表4-20)。特に新たにみられた植物はセリバオウレン、ゼンマイ、シシガシラ、ハウチワカエデ、クマイチゴなどであった。しかし、調査地域は周囲に発達するチシマザサ密生地と植生的に差がなくなり、周囲に生育していた植物であるかどうかの判断が困難な状態になっていた。

(2) 各区の植生状況

復旧対策実施後、植生回復に影響を及ぼすような自然災害は発生せず、順調な回復が進行した。植被率からみた植生回復は終盤になり、全域の植被率の増加はわずか1ポイントであった。そのため、各区の植生変化は軽微であった。

①1区：全域の植被率は97%で前年から1%減少したが、これは裸地の評価を替えたため、チシマザサとダケカンバからなる植生には大きな変化はみられなかった。なお、ダケカンバが伸長生長が認められた。

②2区：チシマザサが稈密度、高さともさらに増加し、周辺植生と同等にまで回復した。そのため、通り抜けることは一層困難になった。

③3区：全域の植被率は97%で、前年にくらべて1ポイントの増加にとどまった。しかし、上層

表4-18 2002年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート 植被率(%)	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	100		100		100		84		100		100	
本数/被度百分率	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
チシマザサ	32	100	87	100	56	30	1	+	83	100	20	20
ダケカンバ	38	25	26	30	28	20	33	15	63	10	103	20
ミヤマカンスゲ	多	35	多	45	多	70	多	20	多	50	多	40
ゴヨウイチゴ	3	15	.	.	3	20	6	20	2	+	3	5
シラネワラビ	.	.	1	+	1	+	.	.	1	+	3	3
オオカメノキ	.	.	1	+	.	.	.	.	5	3	.	.
イブキゼリモドキ	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	5	2
コケ類	.	.	.	.	.	.	-	20	.	.	-	25
マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	1	+
ミズキ	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	.	.	.	.	4	1	.	.	.	.	.	.
タケシマラン	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
ショウジョウスゲ	.	.	.	.	.	.	3	7	.	.	.	.
ヤマネコヤナギ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
ハリブキ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
ツルアリドウシ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+

のチシマザサは5ポイントの増加で、ほぼ斜面は安定した状態となった。なお、チシマザサが目立たない場所ではシラネワラビが多くなった。

表4-19 2002年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
チシマザサ	170	190	150	60	160	140
ダケカンバ	120	120	90	60	20	100
ミヤマカンスゲ	25	20	20	20	30	20
ゴヨウイチゴ	30	.	20	25	15	30
シラネワラビ	.	30	30	.	25	30
オオカメノキ	.	35	.	.	40	.
イブキゼリモドキ	.	.	.	55	.	35
コケ類	.	.	.	4	.	3
マイヅルソウ	.	.	.	.	8	5
ミズキ	.	30	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	.	.	55	.	.	.
タケシマラン	.	.	25	.	.	.
ショウジョウスゲ	.	.	.	20	.	.
ヤマネコヤナギ	.	.	.	.	15	.
ハリブキ	.	.	.	.	10	.
アオモリトドマツ	.	.	.	.	5	.
ツルアリドウシ	.	.	.	.	2	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	10

④4区：チシマザサの侵入がほかの区とくらべて遅れていたが、周囲からの侵入が大幅に増え、全域の植被率は96%になった。しかし、南端の表土が削り取られた場所ではチシマザサの侵入はまれで、1999年に発生したダケカンバが高さ20～40cmになり、密生した状態が続いた。

⑤5区：全域の植被率は98%で前年と同じで、2区と同様にチシマザサで覆われる状態となった。しかし、チシマザサの高さは150cm程度のため、通り抜けすることは可能であった。なお、1999年に発生したダケカンバは高さ20～30cmと小さく、チシマザサに覆われた。

⑥6区：全域の植被率は98%になったが、そのうちの15%はチシマザサが侵入していない部分であった。その場所は北西端で、ミヤマカンスゲやゴヨウイチゴ、ヤマソテツなどの小型の草本が主体となっていた。しかし、そこでもチシマザサが周囲から徐々に侵入していた。

(3) コドラートの植生状況

コドラートはチシマザサが密生するQ1, Q2,

Q5, 草本が中央部に密生するQ3, Q4, Q6 というように二つのグループに分けられた(表4-21)。これらの状況は前年と変わらない状態であった。しかし、いずれのコドラートもチシマザサやダケカンバの伸長生長が認められ、高さが増加した(表4-22)。

表4-20 2003年における各区に出現した植物の優占度

区 域	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	5	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	2	1	1	3	1	3
ダケカンバ	2	1	1	2	1	2
ゴヨウイチゴ	+	+	1	1	1	1
シラネワラビ	+	+	1	1	1	1
タケシマラン	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	1	1	+	1
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+
コケ類	+	+	+	1	+	1
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	1	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	1	+	+
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+
イグサ	+	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウスゲ	+	+	+	+	+	+
ヨツバヒヨドリ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+
オガラバナ	+	+	+	+	+	+
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+
アカバナ	+	+	+	+	+	+
クマイチゴ	+	+	+	+	+	+
イヌコリヤナギ	+	+	+	+	+	+
キツネヤナギ	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+
シシガシラ	+	+	+	+	+	+
ミズキ	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	+	+	+	+	+	+
ゼンマイ	+	+	+	+	+	+
ツルリンドウ	+	+	+	+	+	+
ハウチワカエデ	+	+	+	+	+	+
ベントグラス類	+	+	+	+	+	+
セリバオウレン	+	+	+	+	+	+
アブラガヤ	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	+	+	+	+	+	+

(4) ダケカンバの生育予測

これまでの植生回復は草本のミヤマカンスゲと低木のチシマザサであった。しかし、両種は当該地域では最上層を形成する植物ではなく、アオモリトドマツあるいはダケカンバのような高木が林冠を構成することが重要となる。そこで、全域にわたって多数の個体がみられるダケカンバの動態が今後の植生回復の判断材料となる。そこで、各区のダケカンバの状況を記しておく。

①1区：全域にわたって高さ1.5m前後のダケカンバが多数成育しているため、将来、全域にわたり列状のダケカンバ群落が形成されると想定される。

②2区：チシマザサによる植生回復が早く、個体数が少ないダケカンバが、密生するチシマザサから抜け出る可能性は低いと考えられる。

③3区：ダケカンバは密生するが、チシマザサとの競争に勝つ可能性はあまり高くないため、高木に達する個体は限られるものと想定される。

④4区：3区と同様で限られた個体が高木になると考えられる。

⑤5区：延長約100mの中に数十本が点在する。

⑥6区：5～6年後には密立する小群落が外縁部に形成されるものと想定される。

以上のように、密生するチシマザサから抜き出るダケカンバだけが高木になると考えられる。そのため、ダケカンバは厚みを持った森林を形成せずに列状に並ぶ程度で、将来的には植生破壊跡であったことがわずかに判別できる程度となろう。

4.10 復旧対策実施後8年目(2004年)の状況

8年目の現地調査は8月23日、9月16日、10月25日におこなわれた。植生調査資料は8月23日のものを使用した。

(1) 出現した植物

全域で出現した植物は前年と同じ46種で、新たに侵入・退出した植物はみられなかった(表4-23)。

表 4-21 2003 年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
チシマザサ	35	100	103	100	60	70	1	+	83	100	20	40
ダケカンバ	5	1	14	10	28	5	39	25	2	+	98	30
ミヤマカンスゲ	多	30	多	45	多	50	多	40	多	60	多	60
ゴヨウイチゴ	3	5	.	.	3	15	6	15	2	+	3	3
シラネワラビ	.	.	1	+	1	+	.	.	.	.	3	3
イブキゼリモドキ	.	.	.	.	2	+	1	+	.	.	7	2
マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	1	+	1	+	1	+
オオカメノキ	.	.	1	+	.	.	.	.	4	3	.	.
ミネカエデ	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	1	+
コケ類	.	.	.	.	.	.	-	15	.	.	-	10
ミズキ	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	.	.	.	.	4	+	.	.	.	.	.	.
タケシマラン	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
ショウジョウスゲ	.	.	.	.	.	.	2	10	.	.	.	.
ヤマネコヤナギ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
トウゲシバ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+

(2) 各区の植生状況

各区の植生率は平均 99 % を超え、チシマザサの被度百分率も 94 % を占めるまでになった。植生状況には大きな変動はなく、植生回復が順調に

表 4-22 2003 年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
チシマザサ	190	190	150	90	165	140
ダケカンバ	90	135	130	80	20	120
ミヤマカンスゲ	20	15	20	20	30	20
ゴヨウイチゴ	25	.	20	25	15	30
シラネワラビ	.	30	70	.	.	30
イブキゼリモドキ	.	.	10	60	.	35
マイヅルソウ	.	.	.	15	8	5
オオカメノキ	.	35	.	.	45	.
ミネカエデ	.	.	5	.	.	20
コケ類	.	.	.	4	.	3
ミズキ	.	40	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	.	.	70	.	.	.
タケシマラン	.	.	25	.	.	.
ショウジョウスゲ	.	.	.	25	.	.
ヤマネコヤナギ	.	.	.	.	10	.
トウゲシバ	.	.	.	.	3	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	10
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	8

進行した。

① 1 区：全域の植生率は 98 % になり、ほぼ植生は回復した。その主体はチシマザサで高さや密度などが増加し、被陰されることで草本が減少した。一方、区内の全域にダケカンバの若木が分布し、チシマザサから抜き出した個体もみられた。

② 2 区：ほぼ全域がチシマザサで覆われ、その高さも 2 m を越しているため、周囲のチシマザサ群落と判別ができないほどになった。タケノコ採取者の踏圧によりできた凹地もほぼ消滅した。当初からチシマザサが密生したため、ダケカンバはわずかしみられない。

③ 3 区：全域の植生率は 99 % となり、中央部にわずかに裸地が残った。しかし、その場所の周辺ではチシマザサが侵入し、ダケカンバの稚樹が 40 ~ 50 本まとまってみられた。また、4 区に近い場所ではシラネワラビが目立った。

④ 4 区：全域の植生率は 99 % となったが、チシマザサが侵入していないまとまった場所が存在していた。そこでは裸地、ミヤマカンスゲ、コケ、高さ 50 cm 以下のダケカンバなどがみられた。

⑤5区：2区と同様に全域の植被率はほぼ100%になり、チシマザサが全体を覆う状況となった。そのため、中央部を除き、歩行が極めて困難な状態となった。なお、高さ2mを越すダケカンバが点在していた。

⑥6区：全域の植被率は100%となったが、低木層の割合は89%で、依然とチシマザサが侵入していない場所があった。そこでは前年と同様にゴヨウイチゴがやや密生していた。

(2) コドラートの植生状況

コドラート内の種別被度百分率に大きな変化はみられなかったが、チシマザサの侵入や被陰により、草本が消滅したコドラートもあった(表4-24)。一方、チシマザサとダケカンバは大きく伸長し、稈数が増加したコドラートもあった(表4-25)。

4.11 復旧対策実施後9年目(2005年)の状況

9年目の現地調査は8月29日、9月29日、10月27日におこなわれた。植生資料は8月29日のものを使用した。

(1) 出現した植物

全域で出現した植物は44種で、前年にくらべて2種の退出が認められた(表4-26)。

(2) 各区の植生状況

ほぼ全域でチシマザサが密生し、周囲の植生と差異が認められないほどになったが、10m²(0.3%)の裸地がいまだに残っていた。部分的にダケカンバがチシマザサから抜け出るようになり、高さ2m以上の稈が各所で散見された。

①1区(図4-2～図4-5)：全域の植被率は100%となり、チシマザサが全面を覆う状態になった。少数のダケカンバ若木が残存し、チシマザサから抜き出る様子が見えなくなった。

②2区(図4-6, 図4-7)：前年と同様にチシマザサが密生し、周囲と判別できないほどであった。

③3区(図4-8, 図4-9)：全域の植被率は99%に達し、ほぼ植生は回復した状態となった。一部、水みち状の凹地があるがそれもほぼ消滅した。なお、中央部にはダケカンバが40本ほど残存していた。

④4区(図4-10～図4-13)：これまで最も回復が遅れていた区であったが植被率は99%となり、

表4-23 2004年における各区に出現した植物の優占度

区 域	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	5	5	5	5	5	5
ダケカンバ	2	+	1	2	1	2
ゴヨウイチゴ	+	+	1	1	1	1
シラネウラボ	+	+	1	1	1	1
タケシマラン	+	+	+	+	+	+
ミヤマカンスゲ	2	+	1	3	1	2
イブキゼリモドキ	+	+	1	1	+	1
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+
コケ類	+	+	+	1	+	1
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	1	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	1	+	+
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウスゲ	+	+	+	+	+	+
イグサ	+	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+
ヨツバヒヨドリ	+	+	+	+	+	+
オガラバナ	+	+	+	+	+	+
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+
クマイチゴ	+	+	+	+	+	+
アカバナ	+	+	+	+	+	+
イヌコリヤナギ	+	+	+	+	+	+
キツネヤナギ	+	+	+	+	+	+
ミズキ	+	1	+	+	+	+
シシガシラ	+	+	+	+	+	+
ツタウルシ	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	+	+	+	+	+	+
ゼンマイ	+	+	+	+	+	+
ツルリンドウ	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	+	+	+	+	+	+
セリバオウレン	+	+	+	+	+	+
ハウチワカエデ	+	+	+	+	+	+
ベントグラス類	+	+	+	+	+	+

表4-24 2004年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート 植被率(%)	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
チシマザサ	58	100	137	100	78	75	8	5	187	100	25	50
ダケカンバ	1	+	14	5	26	10	35	25	2	+	34	10
ミヤマカンスゲ	多	30	多	60	多	40	多	40	多	50	多	70
ゴヨウイチゴ	3	1	・	・	4	10	5	15	3	+	6	+
シラネワラビ	・	・	1	+	2	+	3	+	1	+	8	2
イブキゼリモドキ	・	・	・	・	2	+	2	+	・	・	6	+
オオカメノキ	・	・	1	+	・	・	・	・	2	+	・	・
コケ類	・	・	・	・	・	・	-	5	・	・	-	+
マイヅルソウ	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+	3	+
コヨウラクツツジ	・	・	・	・	4	5	・	・	・	・	・	・
ヤマハハコ	・	・	・	・	・	・	3	+	・	・	・	・
ショウジョウスゲ	・	・	・	・	・	・	2	10	・	・	・	・
キツネヤナギ	・	・	・	・	・	・	2	+	・	・	・	・
トウゲシバ	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+	・	・
ツルアジサイ	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+	・	・
アオモリトドマツ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	+
ショウジョウバカマ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	2	+

ほぼチシマザサで覆われた。また、3区に近い場所にはダケカンバ若木が密生し、ノリウツギがまとまって成育する場所もみられた。

⑤5区(図4-14, 図4-15): 2区と同様にチシ

マザサが密生し、周囲のチシマザサ群落と区別できないほどに植生が発達した。

⑥6区(図4-16, 図4-17): 全域の植被率は100%となり、植生は回復した。さらに前年までゴヨウイチゴが密生した北西端でもチシマザサの稈が点々と侵入しはじめた。

表4-25 2004年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
チシマザサ	220	170	180	90	180	160
ダケカンバ	40	140	160	110	5	140
ミヤマカンスゲ	15	15	20	20	25	15
ゴヨウイチゴ	10	・	20	10	30	15
シラネワラビ	・	30	50	20	10	40
イブキゼリモドキ	・	・	30	40	・	40
オオカメノキ	・	40	・	・	30	・
コケ類	・	・	・	5	・	5
マイヅルソウ	・	・	・	・	5	10
コヨウラクツツジ	・	・	80	・	・	・
ヤマハハコ	・	・	・	30	・	・
ショウジョウスゲ	・	・	・	30	・	・
キツネヤナギ	・	・	・	20	・	・
トウゲシバ	・	・	・	・	8	・
ツルアジサイ	・	・	・	・	5	・
アオモリトドマツ	・	・	・	・	・	10
ショウジョウバカマ	・	・	・	・	・	8

(3) コドラートの植生状況

コドラート内にみられる種数は7~10種で、チシマザサの被度百分率にも変化があまりみられなかった(表4-27)。したがって、植生の変化は平面的な広がりから、高さに代表される垂直的な生長が注目された(表4-28)。特にチシマザサの伸長生長は著しく、前年にくらべて20~60cmの増加が認められた。中でも周囲からの侵入が遅れていたQ4でも高さ120cmに達し、そのほかのコドラートで180~240cmであった。

4.12 復旧対策実施後10年目(2006年)の状況

10年目の現地調査は8月31日、9月2日におこなわれた。2006年は復旧対策実施後10年目の

表4-26 2005年における各区に出現した植物の優占度

区 域	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	5	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	2	1	1	2	1	2
ダケカンバ	2	+	1	1	1	2
ゴヨウイチゴ	+	+	1	1	1	1
シラネワラビ	+	+	1	1	1	1
タケシマラン	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	1	1	+	1
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	1	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	1	+	+
コケ類	+	+	+	1	+	1
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+
コケ類	+	+	+	1	+	1
ミネカエデ	+	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	+	+
イグサ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウスゲ	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+
ヨツバヒヨドリ	+	+	+	+	+	+
オガラバナ	+	+	+	+	+	+
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+
イヌコリヤナギ	+	+	+	+	+	+
キツネヤナギ	+	+	+	+	+	+
クマイチゴ	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+
ミズキ	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	+	+	+	+
ゼンマイ	+	+	+	+	+	+
ツルリンドウ	+	+	+	+	+	+
ハウチワカエデ	+	+	+	+	+	+
ベントグラス類	+	+	+	+	+	+
アブラガヤ	+	+	+	+	+	+
セリバオウレン	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	+	+	+	+	+	+

節目となる時期で、当初設定していた第Ⅲ期の取りまとめをおこなうこととなった。植生調査資料は8月31日のものを使用した。

(1) 出現した植物

全域に出現した植物は42種で、前年にくらべ

て3種が出現し、1種が退出した(表4-29)。

(2) 各区の植生状況

各区の優占種は6年目(2002年)以降、チシマザサであったために植生の変化はほとんどみられなくなった。

①1区：全域の植被率は100%となり、チシマザサの密生地となった。

②2区：数年前からチシマザサの密生地となり、ダケカンバや草本もきわめて少なくなった。

③3区：チシマザサからなる低木層の植被率が97%となり、ほかの区と変わらない状態となった。

④4区：全域の植被率は100%となり、ほぼチシマザサからなる低木層が占めた。しかし、チシマザサが密生しない場所ではダケカンバが密生した。

⑤5区：チシマザサが密生し、周囲と区分できないほどになった。

⑥6区：北西端に残る草本群落は依然として存在したが、それら以外はチシマザサが密生し、部分的にダケカンバがそこから抜き出していた。

(3) コドラートの植生状況

植生回復の主体となっているチシマザサはQ4とQ6で被度百分率が25～55%、ほかのコドラートで90～100%であった(表4-30)。一方、高さはQ4で140cmと低いが、ほかのコドラートでは190～240cmであった(表4-31)。また、ダケカンバはQ1とQ5でみられなくなったが、チシマザサの被陰による影響とみなされた。

表 4-29 2006 年における各区に出現した植物の優占度

区 域	1区	2区	3区	4区	5区	6区
チシマザサ	5	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	2	1	1	2	1	2
ダケカンバ	2	+	1	1	1	2
ゴヨウイチゴ	+	+	1	1	1	1
シラネウラボ	+	+	1	1	1	1
タケシマラン	+	+	+	・	+	+
イブキゼリモドキ	+	・	1	1	+	1
コケ類	+	・	+	1	+	+
マイヅルソウ	+	・	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	・	+	+	・
ハリブキ	・	+	+	・	+	+
ナナカマド	・	+	・	+	+	+
アカミノイヌツゲ	・	・	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	・	・	+	+	+	+
ヤマソデツ	・	・	+	+	+	+
アキタブキ	+	+	・	+	・	・
ヤマハハコ	1	・	+	+	・	・
ノリウツギ	・	+	+	1	・	・
コヨウラクツツジ	・	・	+	・	+	+
アオモリトドマツ	・	・	・	+	+	+
ミネカエデ	・	・	・	+	+	+
ヒメモチ	・	+	・	+	・	・
ツルアジサイ	・	・	+	・	+	・
ベニバナイチゴ	・	・	+	・	+	・
ヒロハユキザサ	・	・	・	+	+	・
ショウジョウスゲ	・	・	・	+	+	・
ショウジョウバカマ	・	・	・	+	・	+
ヨツバヒヨドリ	・	・	・	+	・	+
オガラバナ	・	・	・	・	+	+
サンカヨウ	・	・	・	・	+	+
アブラガヤ	・	・	・	・	・	+
イヌコリヤナギ	+	・	・	・	・	・
キツネヤナギ	+	・	・	・	・	・
シシガシラ	+	・	・	・	・	・
ツルツゲ	・	+	・	・	・	・
ミズキ	・	+	・	・	・	・
ヤマネコヤナギ	・	・	+	・	・	・
ゼンマイ	・	・	・	+	・	・
イグサ	・	・	・	+	・	・
ツルリンドウ	・	・	・	・	+	・
ハウチワカエデ	・	・	・	・	・	+
セリバオウレン	・	・	・	・	・	+
ベントグラス類	・	・	・	・	・	+
アブラガヤ	・	・	・	・	・	+

4 復旧対策後のモニタリング

表4-30 2006年におけるコドラートに出現した植物の個体数と被度百分率

コドラート 植被率 (%)	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		Q6	
	100		100		100		100		100		100	
本数/被度百分率	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
チシマザサ	56	100	96	100	65	90	23	10	96	100	24	55
マイヅルソウ	7	+	6	+	1	+	1	+	13	3	9	+
ミヤマカンスゲ	多	30	多	70	多	50	多	30	多	60	多	80
ゴヨウイチゴ	5	2	.	.	9	15	30	30	4	+	4	5
ダケカンバ	.	.	14	5	14	5	40	25	.	.	28	15
シラネワラビ	.	.	2	+	.	.	3	+	1	+	9	5
イブキゼリモドキ	.	.	.	.	2	+	6	+	.	.	11	3
オオカメノキ	.	.	1	+	.	.	.	.	5	+	.	.
ミズキ	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	.	.	.	.	4	2	.	.	.	.	.	.
ミネカエデ	.	.	.	.	2	+	.	.	.	.	.	.
ショウジョウスゲ	.	.	.	.	.	.	2	10	.	.	.	.
ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	4	+	.	.	.	.
コケ類	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
トウゲシバ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	+

表4-31 2006年におけるコドラートに出現した植物の最大高

コドラート	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
チシマザサ	240	220	190	140	210	210
マイヅルソウ	15	12	12	10	10	10
ミヤマカンスゲ	25	20	25	20	23	20
ゴヨウイチゴ	15	.	20	30	15	20
ダケカンバ	.	180	200	130	.	160
シラネワラビ	.	30	.	35	20	50
イブキゼリモドキ	.	.	18	60	.	45
オオカメノキ	.	45	.	.	60	.
ミズキ	.	50	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	.	.	80	.	.	.
ミネカエデ	.	.	15	.	.	.
ショウジョウスゲ	.	.	.	30	.	.
ツルリンドウ	.	.	.	10	.	.
コケ類	.	.	.	5	.	.
トウゲシバ	.	.	.	.	8	.
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	10
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	10

5 再生された植生

自然破壊地は均質な自然環境ではなく、場所によって植生の回復状況は大きく異なっている。そのため、植生の回復程度を地域別に解析する必要がある。ここでは解析した結果と周囲に発達する植生との比較をおこない、回復過程にある植生の特徴をまとめることとする。

なお、調査方法と年別の調査結果は第4章で記したとおりで、ここではそれらに基づく解析の結果である。

5.1 植被率の推移

自然破壊地全域の植被率(植物が地表を覆っている割合)は0年目(復旧対策が施行された1996年を0年目とするが、自然破壊からは1年が経過し

ている)で3.3%、1年目(1997年)で23.6%、2年目(1998年)で49.3%、3年目(1999年)で82.9%、4年目(2000年)で90.9%、5年目(2001年)で94.2%、6年目(2002年)97%、7年目(2003年)で98%、8年目(2004年)で99%、9年目(2005年)と10年目(2006年)で100%というように順調に増加した。この植被率の拡大速度は1年目から3年目にかけて大きく、1年間に20~30%の割合で増加し、2年目で全面積の半分に植被が認められた。その後の増加率は低下し、5年目で全面積の95%が植被に覆われ、ほぼ植生は回復に至った。このような増加の仕方は生物学でよくみられるロジスティック成長曲線^(注)にあたり、周囲の植生状況から判断すると、9年目で植被率はほぼ回復したといえよう。

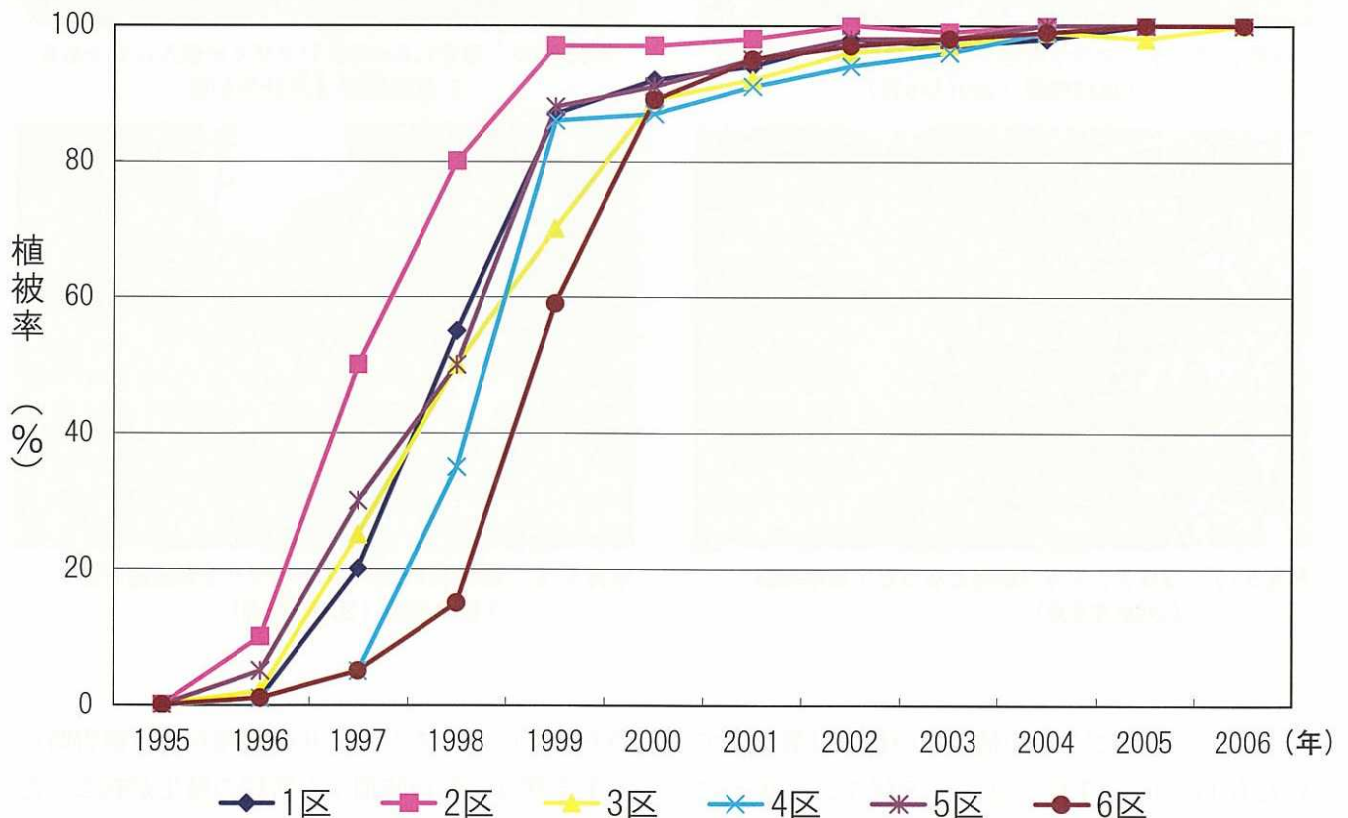


図5-1 区ごとの植被率の推移

(注) VerhulstやPearlらによって示された個体群の成長モデル。個体の成長や植物群落の現存量の増加も、ロジスティック曲線で近似される場合が多い。



写真5-1 わら被覆工を施した1区南端部(1997年6月)



写真5-4 わら被覆工と土留工を施した1区北端部(1997年6月)



写真5-2 チシマザサ群落や草本群落になりつつある1区南端部(2001年8月)



写真5-5 高さ1.5mのチシマザサが侵入しつつある1区北端部(2001年8月)



写真5-3 ほぼチシマザサ群落となった1区南端部(2006年8月)



写真5-6 高さ1.8m以上のチシマザサが全面を覆う1区北端部(2006年8月)

しかし、区域ごとでの植被率の推移は異なっていた(図5-1)。1区、3区、5区では2年目に植被率50%に到達し、順調な植生拡大が進んだ。

さらに2区ではチシマザサの根株が植生被害時にも生き残り、早い時期から新稈の発生が起こったため、植被の拡大速度は大きく、1年目で植被率



写真 5-7 両側にチシマザサが生残する
2区 (1997年6月)



写真 5-8 チシマザサで覆われる 2区 (2001年8月)



写真 5-9 高さ 2 m 以上のチシマザサが全面を覆う 2区
(2006年9月)

50%に達した。一方、以前からチシマザサが少ない4区と6区では急速に地表を覆う植物が少なかったため、植被の拡大速度は遅く、植被率50%



写真 5-10 わら被覆工を施した
3区南端部 (1997年6月)



写真 5-11 高さ 1.0 m のチシマザサが覆いつつある
3区南端部 (2001年8月)



写真 5-12 高さ 1.8 m のチシマザサが全面覆う 3区南端部
(2006年8月)



写真5-13 表土が削り取られた跡地にわら被覆工を施した4区南端部（1997年6月）



写真5-16 表土が深く削り取られた4区北端部（1997年6月）



写真5-14 植生回復が最も遅い4区南端部（2001年9月）



写真5-17 チシマザサが侵入しつつあるが草本群落が主体の4区北端部（2001年9月）



写真5-15 ダケカンバの幼木が密生する4区南端部（2006年8月）



写真5-18 チシマザサが全面を覆う4区北端部（2006年9月）

に達したのは3年目であった。このように植生回復が早い区域と遅い区域では植被率が50%に到達する期間に2年の差が認められた。しかし、4年

目はすべての区域で90%を超え、それ以降、区域間の植生回復に差はほとんどみられなくなった。

以上のことから、ごく初期の植被拡大速度は区



写真 5 - 19 表土が残る 5 区北端部 (1997年6月)



写真 5 - 22 表土が深く削り取られた
6 区北端部 (1997年6月)



写真 5 - 20 チシマザサが侵入しつつある
5 区北端部 (2001年9月)



写真 5 - 23 植生回復が最も遅い
6 区北端部 (2001年9月)



写真 5 - 21 高さ 1.8m 以上のチシマザサが覆う
5 区北端部 (2006年8月)



写真 5 - 24 中央部は群落高が低い、チシマザサ群落と
なる 6 区北端部 (2006年9月)

域による差は認められたが、4年目にほぼ全域で回復に足並みがそろい、9年目で植被率をみると植生が回復したといえる (写真 5-1 ~ 24)。

5.2 種数と生物多様度の推移

植生破壊が起こった後に発生する裸地には様々な植物が侵入するが、一方では生育していくことができずに途中で消滅する植物もある(図5-2)。その間、それぞれの植物は個体数や被度を増減させながら、種間競争が生じている。この様子を生物多様度としてとらえることができる。ここでは生物多様度を種数と均等度指数(Pielouの J')から判断する。

なお、Pielouの均等度指数^(注)(J')は

$$H' = -\sum_i p_i \log p_i$$

(ただし、 p_i は相対優占度をさし、 H' はShannon関数と呼ばれる。)

$$J' = H' / \log S$$

(ただし、 S は出現種数をさし、 J' が大きいほど均等度が高い。)

で与えられる(木元1976)。

植生被害地全域の出現種数(図5-2)は1年目(1997年)で37種、2年目(1998年)と3年目(1999年)

で39種、4年目(2000年)で38種、5年目(2001年)で37種、6年目(2002年)で39種、7年目(2003年)と8年目(2004年)で46種、9年目(2005年)で44種、10年目(2006年)で42種というように、平均38種であり変化がみられない。しかし、植物ごとの出現頻度(出現する区域数)を比較すると、1区域でしか出現しない種は一時的に増加するが最終的に減少し、全体として平均化する傾向にあった(図5-3)。これは特定の植物が特定の区域にのみ出現するのではなく、全域的に出現するという平準化が進行していると考えられる。

一方、出現種数の推移は区域ごとに違いが認められた(図5-4)。1区と2区では1997年から2001年の5年間に2ないし3種の減少がみられたが、その後、増加して一定となった。それに対して、ほかの区域では一時的に減少した年もあったが、5年目あるいは6年目から増加に転じた。特に6区では1997年の10種から2003年には26種、4区では1997年の13種から2003年の23種へと大幅な増加が認められた。

他方、均等度指数の推移は増減の様子に大きく

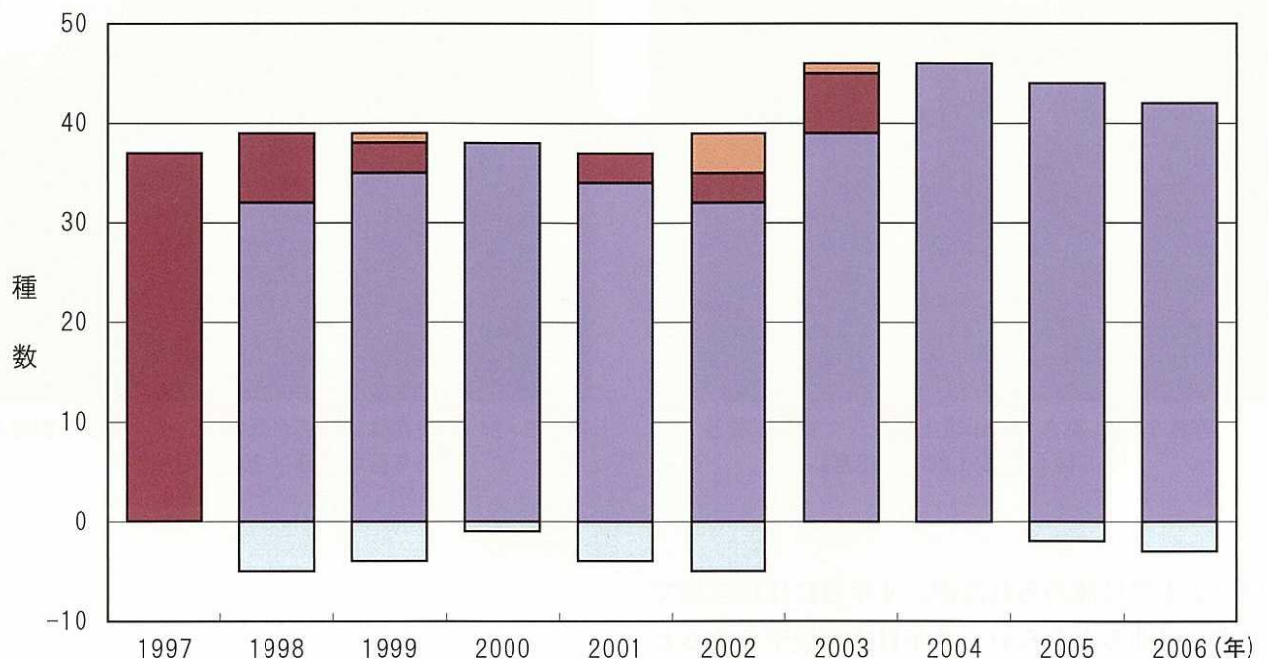


図5-2 再生植生における植物の侵入・退出の推移

(注) 主植物群落において、特定の種や全個体がどの程度、均等に分布しているかを表す尺度。

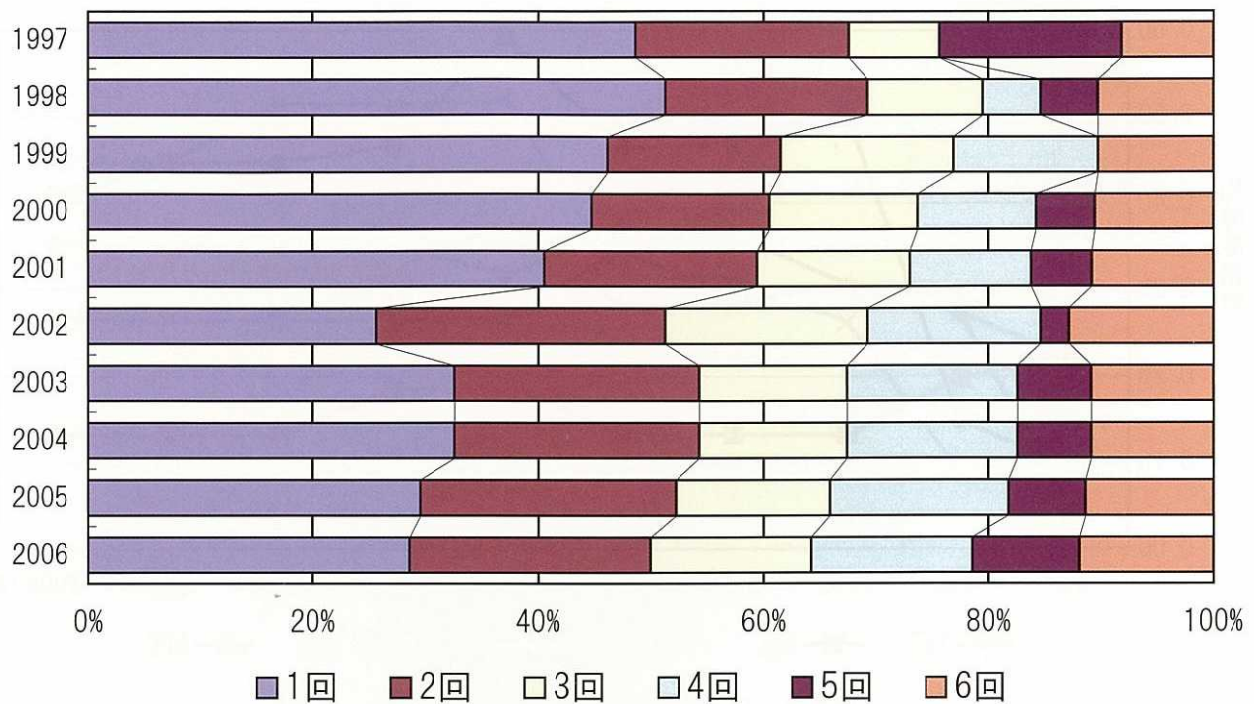


図5-3 全域における植物の出現頻度（区数）の推移

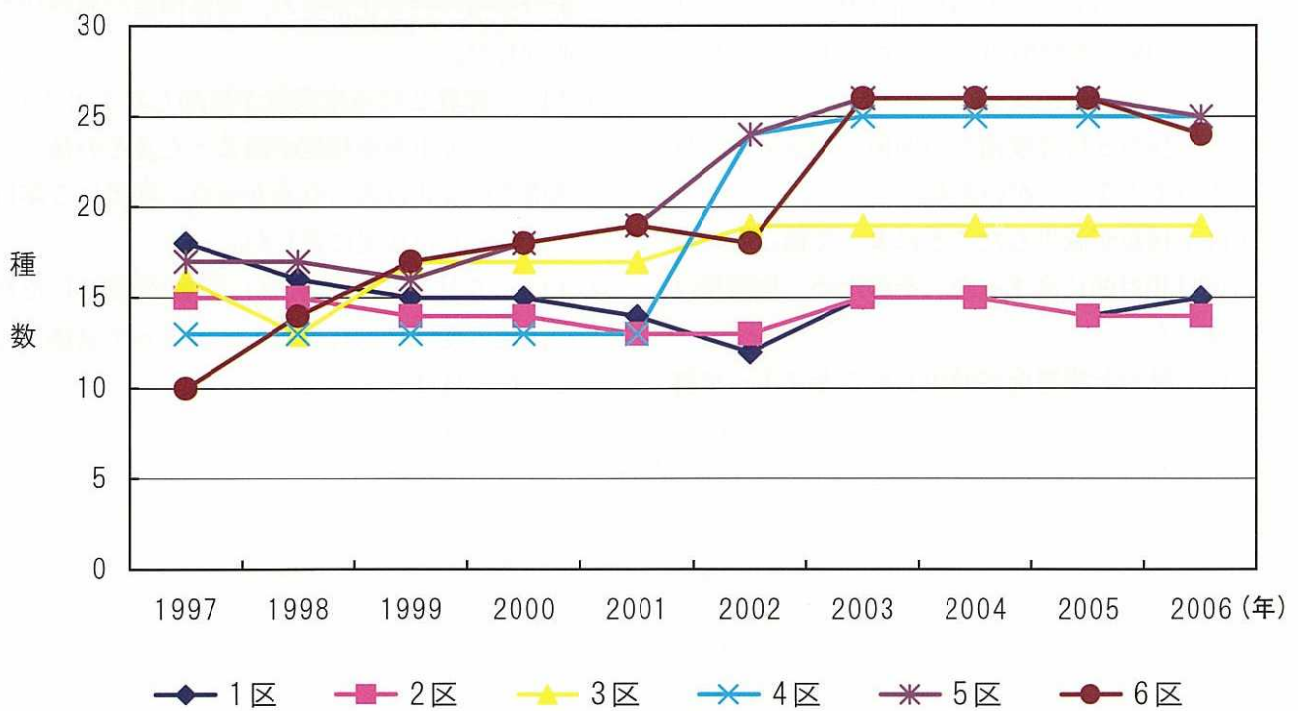


図5-4 区ごとの出現種数の推移

な違いが認められた(図5-5)。2区を除く各区域で均等度指数は10年間で2～6倍に増加し、特に6区では大幅な増加であった。これは区域内

のそれぞれの植物の優占度が均質化したことを示し、ある植物に出会う確率が高くなったことを意味している。それに対して2区では10年間で35%

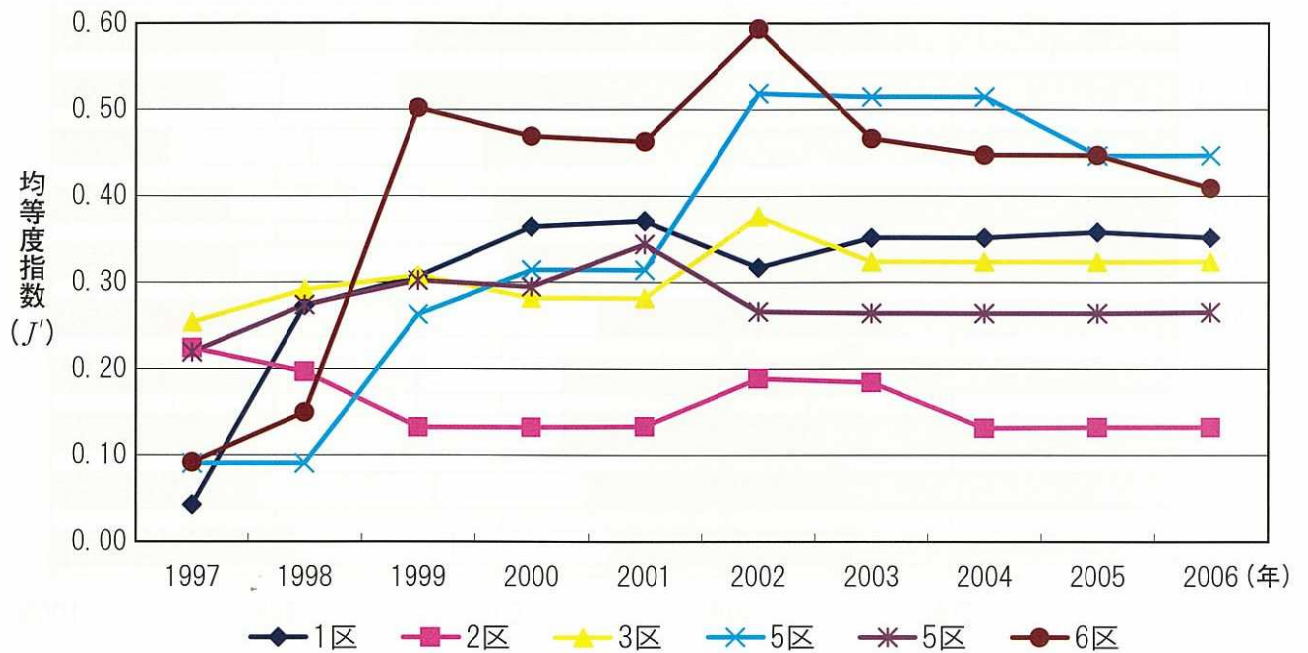


図5-5 区ごとの均等度指数の推移 (J')

の減少がみられた。これは特定の植物(チシマザサ)の相対優占度が増加することによって、均質性が減少したことによる。

以上、種数と均等度指数の関係から各区域の様子は次のようなことがいえる。

- ① 1区：種数が減少したことによって種ごとの優占度は相対的に高まった。そのため、均質性は増加した。
- ② 2区：種数と均等度が減少したことによって特

定の植物の占有化が進み、群落構造の単純化が進行した。

- ③ 3区：種数と均等度指数が増加したことから、全体として生物多様度が高まった。その後、群落構造に変化はみられなかった。すでに5年目には安定した状況に達した。
- ④ 4区・5区・6区：大幅に種数が増加したため、優占度は平均化よることによって全体としての均質性は高まった。

表 5-2 2 区の種組成（優占度）の推移

調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	15	15	14	14	13	13	15	15	14	14
チシマザサ	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ダケカンバ	+	+	+	+	+	1	1	+	+	+
シラネワラビ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ゴヨウイチゴ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ツルツゲ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ツタウルシ	+	+	+	+	+	・	・	・	・	・
タケシマラン	+	+	+	+	・	+	+	+	+	+
キクザキイチゲ	+	+	・	・	・	・	・	・	・	・
タニギキョウ	+	+	・	・	・	・	・	・	・	・
ミズキ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
アキタブキ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
シシガシラ	・	・	・	・	・	・	+	+	・	・

表 5-3 3 区の種組成（優占度）の推移

調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	16	13	17	17	17	19	19	19	19	19
チシマザサ	2	2	3	5	5	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	2	3	5	4	4	2	1	1	1	1
ダケカンバ	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1
イブキゼリモドキ	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1
ゴヨウイチゴ	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1
シラネワラビ	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1
コヨウラクツツジ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ノリウツギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	+	+	+	+	+	+	・	・	・	・
タケシマラン	+	・	・	・	・	・	+	+	+	+
オオカメノキ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・
トウゲシバ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・
アカミノイヌツゲ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
コケ類	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+

表 5-4 4 区の種組成 (優占度) の推移

調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	13	13	13	13	13	24	25	25	25	25
チシマザサ	+	+	2	4	4	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	1	1	4	4	4	3	3	3	2	2
イブキゼリモドキ	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1
ゴヨウイチゴ	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ナナカマド	+	・	+	+	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	・	・	・	・	+	+	+	+	+
コミネカエデ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・
タケシマラン	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ツマトリソウ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ハリブキ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ダケカンバ	・	+	+	+	+	2	2	2	1	1
ノリウツギ	・	+	+	+	+	1	1	1	1	1
アカミノイヌツゲ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヒメモチ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマネコヤナギ	・	+	・	・	・	・	・	・	・	・
シラネワラビ	・	・	・	・	・	1	1	1	1	1
コケ類	・	・	・	・	・	1	1	1	1	1
アオモリトドマツ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
アキタブキ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
イグサ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ショウジョウスゲ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ミネカエデ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ヤマハハコ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ヨツバヒヨドリ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
ゼンマイ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+

マソテツはほぼすべての区域で継続的に出現し、ヤマハハコ (1 区のみで継続的に出現)、シラネワラビ (主に 1, 2, 3 区)、ナナカマド (2 区)、イブキゼリモドキ (3, 4, 6 区)、ヒメモチ (3 区)、ショウジョウバカマ (6 区) などは特定の区域で継続的に出現した。また、1 年目 (1997 年)

にのみ出現し、その後、出現しなくなった種はヒヨドリバナ (1 区)、ツマトリソウ (4 区) などがあり、2 年目あるいは 3 年目以降に継続して出現する種はアキタブキ (1 区)、イヌコリヤナギ (1 区)、ミズキ (2 区)、ヤマネコヤナギ (3 区)、アカミノイヌツゲ (3, 4 区)、ミネカエデ (5, 6 区) など

表 5-5 5 区の種組成 (優占度) の推移

調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	17	17	16	18	19	24	26	26	26	25
チシマザサ	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
ダケカンバ	+	+	1	1	2	1	1	1	1	1
アカミノイヌツゲ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ベニバナイチゴ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ツルリンドウ	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+
ヒロハユキザサ	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+
ゴヨウイチゴ	+	+	.	+	+	1	1	1	1	1
マイヅルソウ	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+
イブキゼリモドキ	+	+	.	.	+	+	+	+	+	+
コミネカエデ	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
タケシマラン	+	.	+	+	.	+	+	+	+	+
アオモリトドマツ	+	.	.	.	.	+	+	+	+	+
ツルアジサイ	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ミネカエデ	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
シラネウラボ	.	.	+	+	+	1	1	1	1	1
ウスバサイシン	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
コケ類	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+
クサイ	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
ミノボロスゲ	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
オガラバナ	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+
コヨウラクツツジ	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+
ショウジョウスゲ	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+
イグサ	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.
サンカヨウ	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+
ナナカマド	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+

であった。これらの植物は区域による出現パターンの違いはあまりないが、それら以外のほとんどの植物は区域によって出現パターンが異なっていた。それにはタケシマランのように1年目に出現したがすぐに消滅するパターン(3区と4区)と、3年目以降に継続して出現するパターン(6区)

の両パターンを持つことが普通であった。したがって、自然破壊地に出現した植物を単純に新たに侵入してきた種、残存していた種というように二分することは難しい。

表 5-6 6 区の種組成 (優占度) の推移

調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	10	14	17	18	19	18	26	26	26	24
チシマザサ	+	+	2	2	2	3	5	5	5	5
ミヤマカンスゲ	1	2	3	4	4	3	3	2	2	2
ダケカンバ	+	+	3	3	3	2	2	2	2	2
イブキゼリモドキ	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1
ゴヨウイチゴ	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1
サンカヨウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ショウジョウバカマ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマソテツ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
エゾノギシギシ	+	+	・	・	・	・	・	・	・	・
アオモリトドマツ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ミネカエデ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	+
タカネザクラ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	・
ヤマハハコ	・	+	+	+	+	・	・	・	・	・
コケ類	・	・	1	1	1	1	1	1	1	+
タケシマラン	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
ハリブキ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+
クサイ	・	・	+	+	+	・	・	・	・	・
シラネウラボ	・	・	・	+	+	1	1	1	1	1
アブラガヤ	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+
ヨツバヒヨドリ	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+
アカミノイヌツゲ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
オガラバナ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
コヨウラクツツジ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
セリバオウレン	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
ナナカマド	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
ハウチワカエデ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
ミヤマホツツジ	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+
ベントグラス類	・	・	・	・	・	・	+	+	+	・

5.4 生活形組成の推移

再生した植生の群落構造を機能の点から把握するために、植物の生活様式としての生活形組成を利用することにする。ここでは①植物が生育に不適な時期にどのように生活するかという点に注目したRaunkiaer (1934) の休眠型、②地上部の形態によって類型化したNumata (1954) の生育型、繁殖方法に着目した沼田 (1947) の繁殖型(③散布器

官型と④地下器官型)の4通りの方法を用いた。それぞれの区分は次の通りである。

①休眠型の区分：

MM：休眠芽が地表面上 8 m 以上にあるもの (中～大高木, 中型・大型地上植物)。

M：休眠芽が地表面上 2～8 m にあるもの (小高木, 小型地上植物)。

N：休眠芽が 0.3～2 m にあるもの (低木, 矮性地上植物)。

Ch：休眠芽が地表面上0～0.3 mにあるもの（地表植物）。

H：休眠芽が地表のすぐ下にあるもの（半地中植物）。

G：休眠芽が地中にあるもの（地中植物）。

Th：1年間のある時期に植物体は枯死し、種子だけで過ごすもの（一年生植物）。

② 生育型の区分：

e（直立型）：地上部の主軸のはっきりしたもの。

t（叢生型）：イネ科やカヤツリグサ科のように株をつくるもの。

b（分枝型）：地上部の主軸がはっきりしないもの。

pr（一部ロゼット型）：はじめロゼット型で、後に直立茎がのびるもの。

ps（偽ロゼット型）：ロゼット葉をつけたまま、葉をつけた直立茎がのびるもの。

r（ロゼット型）：ロゼット葉しかつけないもの。

p（匍匐型）：匍匐茎を伸ばし地上をはうもの。

l（つる型）：つるを伸ばし巻きついたり、よりかかるもの。

③ 散布器官型の区分（複数あるものは代表的なものにまとめる）：

D1：風散布や水散布の仕掛けをもつもの。

D2：動物や人による散布をおこなうもの。

D3：自動的に散布するもの。

D4：特別の仕掛けをもたずに重力で落下するもの。

D5：種子をつくらずに栄養繁殖によるもの。

④ 地下器官型の区分：

R1：非常に広範囲にひろがる。

R2：やや広くひろがる。

R3：狭い範囲にひろがる。

R4：匍匐茎や不定根によって栄養系をつくるもの。

R5：根茎やR4以外の単立性のもの。

これらを参考に再生した植生に出現した植物ごとの生活形と出現区域数を表5-7に示す。

（1）休眠型組成

当該地域は積雪深が大きい亜高山帯にあり、休眠芽が0.3 m以上の植物(MM, M, N)は木本植物に限られることから、木本植物とこれ以外の草本植物に分けて扱うことができる(図5-6)。両者の割合は1年目(1997年)に木本植物が45%を占めていたが、その後、徐々に増加して5年目(2001年)に58%を占めるようになった。これは中～高木(MM)の割合が増加したためで、小高木(M)と低木(N)の合計はあまり変化しなかった。6年目以降、木本植物は50～55%でほぼ一定の割合で推移した。一方、草本植物は一年生植物(Th)が2年目(1998年)に消滅し、その後、地中植物(G)の一時的な減少があったものの、休眠型の組成に変化はあまり起こらなかった。

これらのことから、5年目までは休眠型組成に変化が起こっていたが、それ以降はほぼ一定となった。これは種組成がほぼ一定になったことが大きな原因といえる。

（2）生育型組成

10年間で変化がみられた生育型は叢生型(t)とつる型(l)で、それら以外の生育型が占める割合は年次による変化はあまりなかった(図5-7)。直立型(e)はほぼ50%で推移し、ロゼット型(pr, ps, r)の占める割合は小さく、匍匐型(p)は1種のみであった。一方、叢生型は年次が進むにしたがって増加していったが、それにつれてつる型は減少した。

（3）繁殖型組成

散布器官型のうち、自動的に散布のもの(D3)と栄養繁殖によるもの(D5)は含まれず、1年目(1997年)、2～5年目(1998～2001年)、6年目以降(2002年～)に区分できた(図5-8)。年次を

表 5-7 出現植物の生活形（休眠型，生育型，繁殖型）と出現区数

種名	休眠型	生育型	繁殖型		出現区数	区					
			散布器官型	地下器官型		1	2	3	4	5	6
コケ類	-	-	-	-	5	○	・	○	○	○	○
トウゲシバ	H	e	D4	R4	1	・	・	○	・	・	・
ゼンマイ	H	t	D1	R3	1	・	・	・	○	・	・
ヤマソテツ	H	t	D1	R3	5	○	・	○	○	○	○
シシガシラ	Ch	t	D1	R3	2	○	○	・	・	・	・
シラネウラボ	Ch	t	D1	R3	6	○	○	○	○	○	○
アオモリトドマツ	MM	e	D1	R5	3	・	・	・	○	○	○
ヤマネコヤナギ	MM	e	D1	R5	3	○	・	○	○	・	・
イヌコリヤナギ	M	b	D1	R5	1	○	・	・	・	・	・
オノエヤナギ	MM	e	D1	R5	1	○	・	・	・	・	・
キツネヤナギ	N	b	D1	R5	1	○	・	・	・	・	・
ダケカンバ	MM	e	D1	R5	6	○	○	○	○	○	○
ブナ	MM	e	D4	R5	1	○	・	・	・	・	・
エゾノギシギシ	H	ps	D4	R5	1	・	・	・	・	・	○
キクザキイチゲ	G	e	D4	R3	2	○	○	・	・	・	・
セリバオウレン	H	r	D4	R3	1	・	・	・	・	・	○
サンカヨウ	G	e	D4	R3	3	○	・	・	・	○	○
ウスバサイシン	H	r	D4	R3	2	○	・	・	・	○	・
ノリウツギ	M	b	D4	R5	3	・	○	○	○	・	・
ツルアジサイ	MM	l	D4	R4	3	○	・	○	・	○	・
タカネザクラ	M	e	D2	R5	1	・	・	・	・	・	○
クマイチゴ	N	e	D2	R1	1	○	・	・	・	・	・
ゴヨウイチゴ	Ch	p	D2	R4	6	○	○	○	○	○	○
ベニバナイチゴ	N	e	D2	R3	2	・	・	○	・	○	・
ナナカマド	M	e	D2	R5	5	○	○	・	○	○	○
ツタウルシ	MM	l	D2	R4	1	・	・	・	・	・	・
ハウチワカエデ	MM	e	D1	R5	1	・	・	・	・	・	○
コミネカエデ	M	e	D1	R5	2	・	・	・	○	○	・
ミネカエデ	M	e	D1	R5	3	・	・	・	○	○	○
オガラバナ	M	e	D1	R5	2	・	・	・	・	○	○
ヒメモチ	N	b	D4	R4	3	・	○	○	○	・	・
ツルツゲ	N	b	D4	R4	1	・	○	・	・	・	・
アカミノイヌツゲ	M	b	D2	R4	4	・	・	○	○	○	○
アカバナ	G	e	D1	R3	1	○	・	・	・	・	・
ミズキ	MM	e	D2	R5	1	・	○	・	・	・	・
ハリブキ	N	e	D2	R5	5	・	○	○	○	○	○
イブキゼリモドキ	H	e	D4	R5	5	○	・	○	○	○	○
ミヤマホツツジ	N	b	D4	R5	5	○	・	○	○	○	○
コウラクツツジ	M	b	D4	R4	3	・	・	・	・	○	○
ツマトリソウ	G	e	D4	R2	1	・	・	・	○	・	・
ツルリンドウ	Ch	l	D2	R4	1	・	・	・	・	○	・
タニギキョウ	H	e	D4	R2	1	・	○	・	・	・	・
オオカメノキ	M	b	D2	R4	5	○	○	○	○	○	・
ヤマハハコ	H	e	D1	R5	4	○	・	○	○	・	○
ヨツバヒヨドリ	G	e	D1	R3	3	○	・	・	○	・	○
ヤマニガナ	Th	e	D1	R5	1	○	・	・	・	・	・
アキタブキ	H	ps	D1	R2	3	○	○	・	○	・	・
ショウジョウバカマ	Ch	r	D1	R4	2	・	・	・	○	・	○
マイヅルソウ	H	e	D2	R2	5	○	・	○	○	○	○
ヒロハユキザサ	G	e	D2	R3	2	・	・	・	○	○	・
タケシマラン	G	e	D2	R2	6	○	○	○	○	○	○
イグサ	H	t	D2	R3	2	・	・	・	○	○	・
クサイ	H	t	D2	R3	2	・	・	・	・	○	○
ベントグラス類	H	t	D4	R4	1	・	・	・	・	・	○
チシマザサ	M	e	D4	R2	6	○	○	○	○	○	○
ミノボロスゲ	H	t	D4	R5	1	・	・	・	・	○	・
ショウジョウスゲ	H	t	D4	R3	2	・	・	・	○	○	・
ミヤマカンスゲ	H	t	D4	R5	6	○	○	○	○	○	○
アブラガヤ	H	e	D1	R3	1	・	・	・	・	・	○

追うにしたがってD1の増加とD4の減少となっている。1年目のような裸地回復の初期段階では風を利用して種子を散布させる植物(D1)が多い

傾向を想定したが、実際には種子を落下させる植物(D4)が多く、10年後にはD1が最も多かった。また、地下器官型組成は年次が経過するにした

がってR3の割合が微減したが、あまり大きな変化は生じなかった(図5-9)。

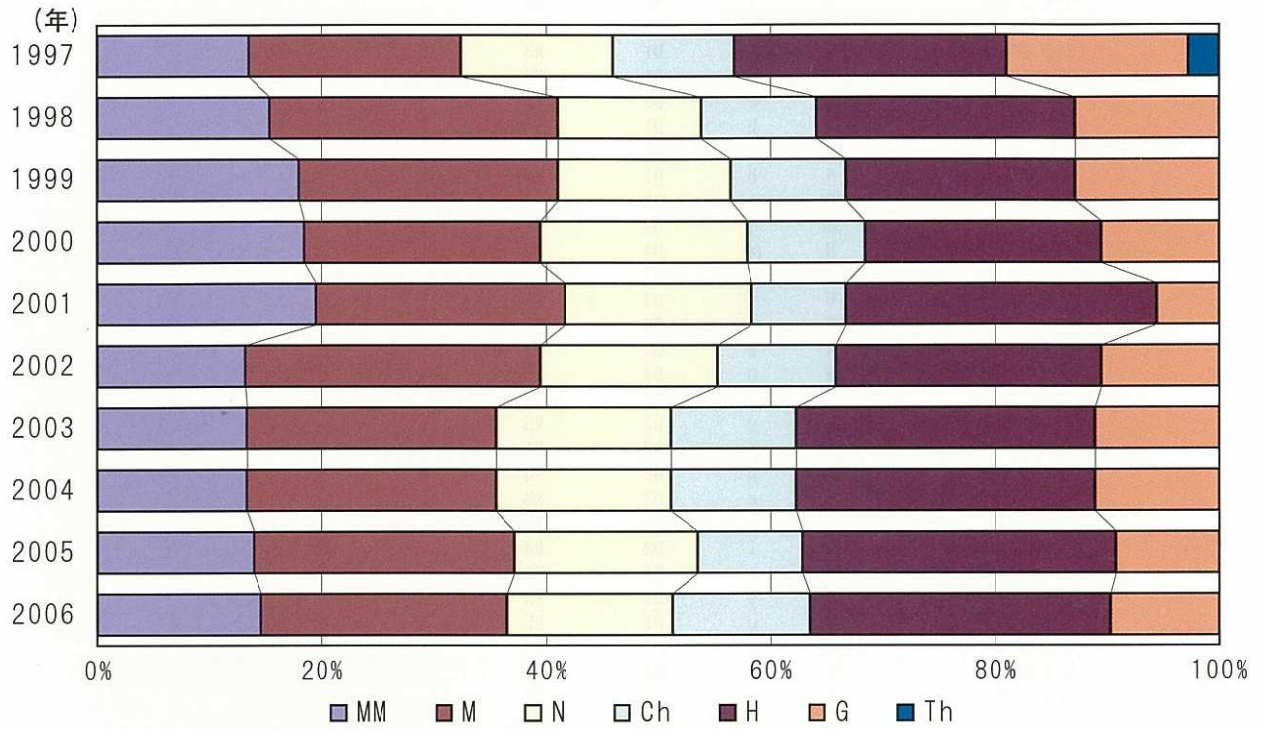


図 5-6 区ごとの休眠型組成の推移

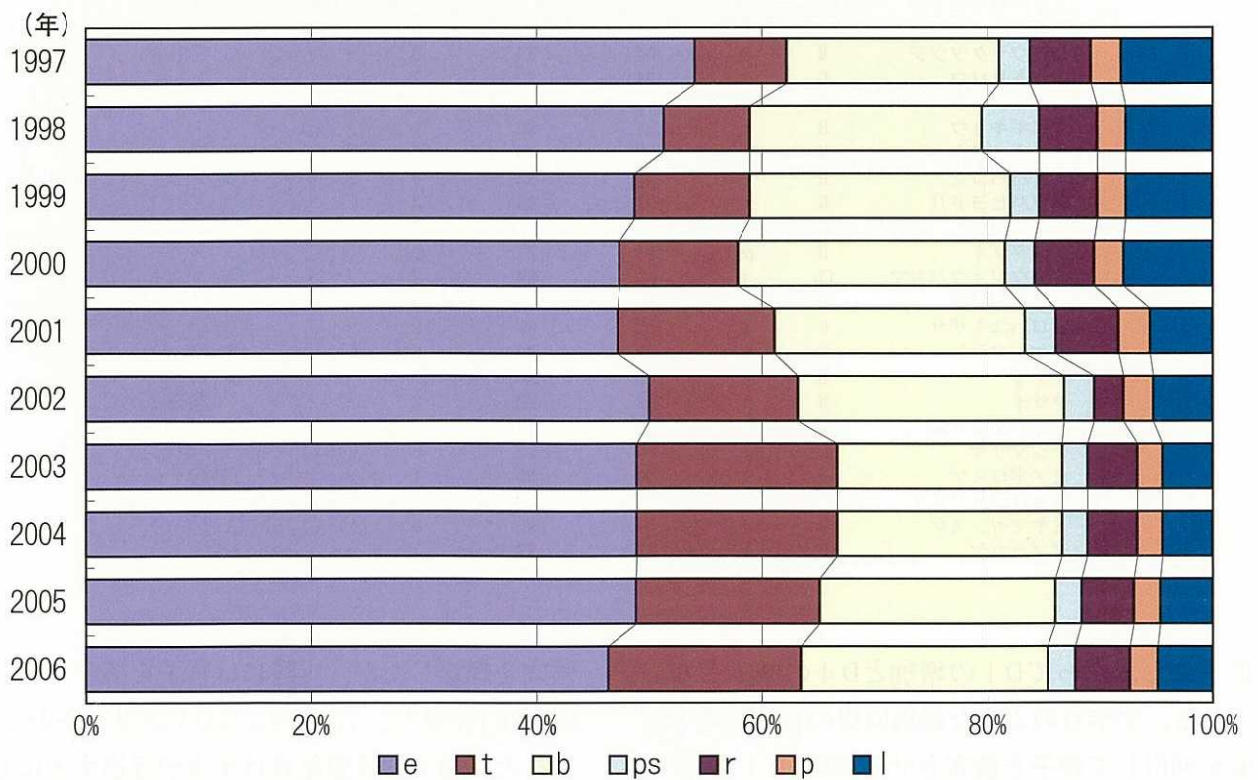


図 5-7 区ごとの生育型組成の推移

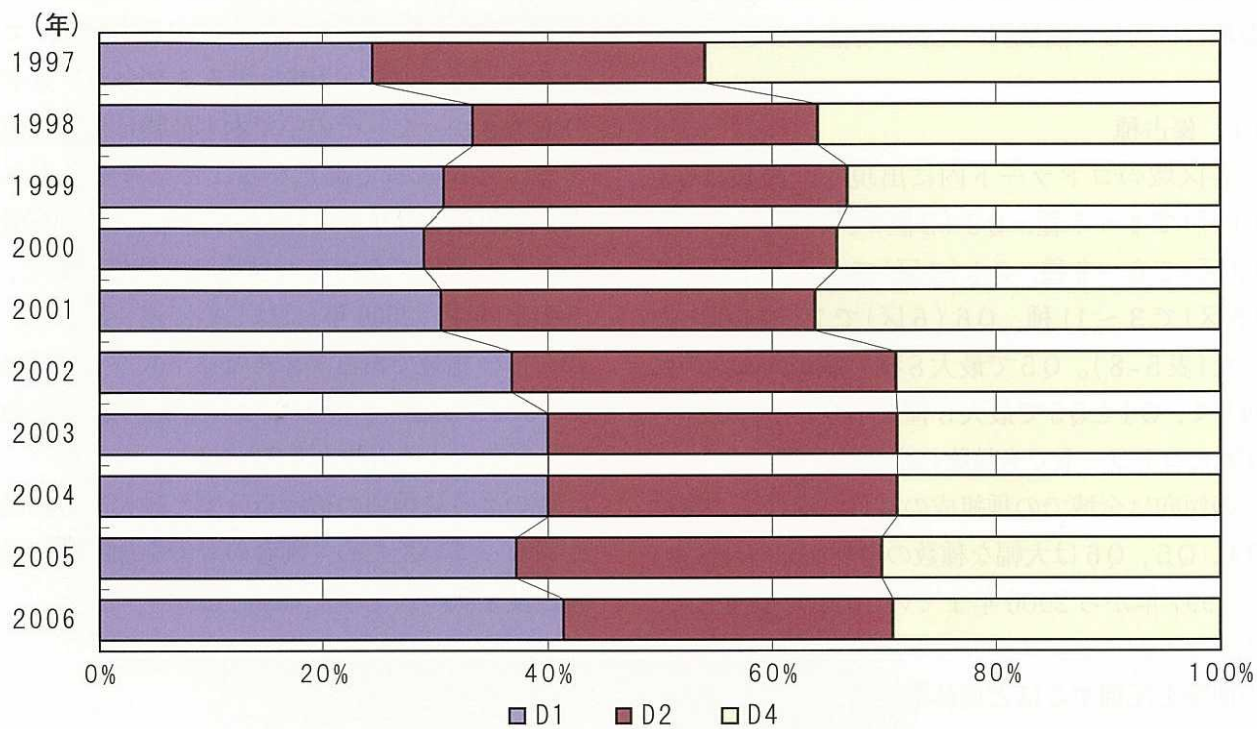


図 5-8 区ごとの散布器官型組成の推移

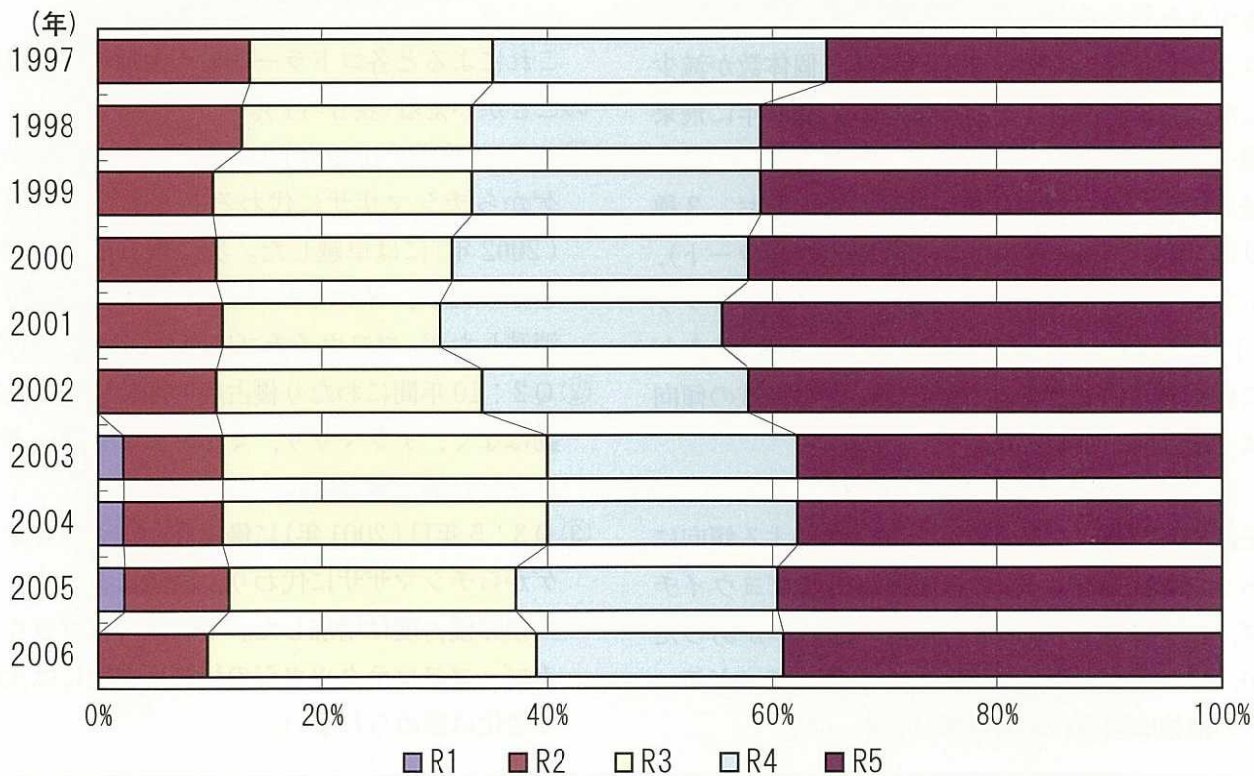


図 5-9 区ごとの散布器官型組成の推移

5.5 群落構造の変化

各区域に設置されたコドラート（調査方形区）の面積はいずれも4 m²であることから、さまざまな項目に関して区域間の比較が可能となる。

(1) 優占種

各区域のコドラート内に出現した種数はQ1（1区）で4～7種、Q2（2区）で4～8種、Q3（3区）で6～9種、Q4（4区）で4～10種、Q5（5区）で3～11種、Q6（6区）で7～11種であった（表5-8）。Q5で最大8種の差があったのに対して、Q1とQ3で最大3種と小さかったが、いずれのコドラートでも植物の出入りは認められた。この傾向は全域での種組成の推移と同様で、特にQ4、Q5、Q6は大幅な種数の増加が認められた。

1997年から2006年までの10年間を通して、ミヤマカンスゲ、チシマザサ、ダケカンバはほかの植物を圧倒するほど個体数が多く、特にミヤマカンスゲは個体数を数えることができない程であった。これら3種は1年目（1997年）で多数の個体がみられ、その後も増加したが、区域によっては3～6年目（1999～2002年）から個体数が減少した。特にダケカンバは1998年と1999年に飛来種子から生じた多数の稚苗が発生したが、年次を経るにしたがって個体数が減少した。なお、3種以外ではゴヨウイチゴ（1～30個体/コドラート）、イブキゼリモドキ（1～22個体）、マイヅルソウ（1～15個体）、シラネワラビ（1～9個体）などに多くの個体が含まれていたが、その増減の傾向は一定していなかった。

同様に、種別の被度百分率^(注1)の推移は主要3種が圧倒的で、年次を経るにしたがい増加する傾向にあった（表5-9）。これら3種以外にゴヨウイチゴ、コケ類が10%以上の被度となる年があったが、ほとんどの種は数パーセント以下でコドラートの植被率回復への寄与率は低かった。

しかし、種別の最大高の推移では3種以外の種も大きな値を示した（表5-10）。たとえば、草本植物ではヤマハハコ（Q1）、イブキゼリモドキ（Q4とQ6）、シラネワラビ（Q6）、木本植物ではミヤマホツツジ（Q3）、オオカメノキ（Q5）、コヨウラクツツジ（Q3）は叢生するミヤマカンスゲよりも大きかった。その中で木本植物は今後も成長することによって高くなることを考慮に入れると、数年後にはチシマザサを追い越すことも考えられる。特にダケカンバはその可能性が高く、Q3の10年目（2006年）にはじめて追い越した。しかし、極相種^(注2)であるアオモリトドマツ（Q6）は高さ10 cmしかなく、チシマザサを追い越すためには十数年かかると思われる。

このように種別の被度百分率と最大高では傾向が異なっていたため、両者の要素を加味した積算優占度^(注3)を次の式で与えて検討した。

$$SDR_2 = \frac{C' + H'}{2}$$

（ただし、C'は相対被度百分率、
H'は相対最大高、単位は%）

これによると各コドラートの優占種の推移は次のことがいえる（表5-11）。

- ① Q1：3年目（1999年）に優占種がミヤマカンスゲからチシマザサに代わるとともに、6年目（2002年）には卓越した。次に積算優占度が大きかったが、ダケカンバは8年目（2004年）に消滅したが、ゴヨウイチゴは変わりがなかった。
- ② Q2：10年間にわたり優占度の順位に大きな変動はなく、チシマザサ、ミヤマカンスゲ、ダケカンバの順であった。
- ③ Q3：5年目（2001年）に優占種がミヤマカンスゲからチシマザサに代わり、同時にダケカンバの積算優占度は増加した。それ以外にゴヨウイチゴ、コヨウラクツツジの積算優占度には大幅な変化は認められない。

(注1) 定量的な群落測度の一つ。各植物種の地上部を地表に垂直投影したときに、それが覆う地表面積の割合(%)。

(注2) 植物群落は時間とともに、その環境に影響され、環境を変えながら変化していき、最終的には安定した群落になるが、その段階における全構成種をさす。

(注3) 群落内における種の優劣の度合を総合的にあらわすのを優占度というが、積算優占度は密度・頻度・被度の比数(%)を総合して3で割った値。

表5-8 コドラートごとの種別個体数の推移

Q1										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	6	6	5	5	6	4	4	4	7	4
ミヤマカンスゲ	39	多	多	多	多	多	多	多	多	多
ダケカンバ	11	17	18	238	110	38	5	1	.	.
チシマザサ	3	12	40	29	35	32	35	58	59	56
ゴヨウイチゴ	2	3	2	3	4	3	3	3	5	5
マイヅルソウ	2	.	.	.	.	.	.	.	5	7
ヤマニガナ	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤマハハコ	.	3	3	2	1	.	.	.	.	.
ヤマネコヤナギ	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
ウスバサイシン	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
タケシマラン	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
オオカメノキ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
ハリブキ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Q2										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	5	4	4	6	5	6	6	5	8	7
ミヤマカンスゲ	多	多	多	多	多	多	多	多	多	多
チシマザサ	20	60	多	138	108	87	103	137	137	96
ダケカンバ	5	26	21	69	51	26	14	14	25	14
シラネウラボ	1	1	.	1	1	1	1	1	1	2
ゴヨウイチゴ	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ミスギ	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1
オオカメノキ	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1
マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	2	6
ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Q3										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	6	7	7	8	8	7	9	7	7	8
ミヤマカンスゲ	多	多	多	多	多	多	多	多	多	多
チシマザサ	7	7	多	52	42	56	60	78	72	65
ゴヨウイチゴ	1	1	2	2	3	3	3	4	6	9
ミヤマホツツジ	1	1	1	2	1	.	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	1	1	1	1	.	4	4	4	3	4
タケシマラン	1	.	.	.	.	1	1	1	1	.
ダケカンバ	.	2	30	47	43	28	28	26	13	14
イブキゼリモドキ	.	1	1	4	3	.	2	2	1	2
ミネカエデ	.	.	.	1	.	1	1	.	.	2
シラネウラボ	.	.	.	.	1	1	1	2	.	.
ヤマハハコ	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Q4										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	4	5	5	6	6	7	8	10	10	10
ミヤマカンスゲ	多	多	多	多	多	多	多	多	多	多
ゴヨウイチゴ	1	8	14	7	6	6	6	5	4	30
イブキゼリモドキ	1	2	8	9	.	1	1	2	8	6
マイヅルソウ	1	1	.	.	.	.	1	.	6	1
ダケカンバ	.	1	6	19	40	33	39	35	36	40
コケ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ミノボロスゲ	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.
ヤマハハコ	.	.	.	.	1	.	.	3	.	.
シウジョウスゲ	.	.	.	.	.	3	2	2	1	2
チシマザサ	.	.	.	.	.	1	1	8	10	23
キツネヤナギ	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
シラネウラボ	.	.	.	.	.	.	.	3	4	3
ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4
Q5										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	3	9	7	6	8	11	8	19	7	7
チシマザサ	多	多	多	多	多	多	多	多	多	多
ミヤマカンスゲ	12	多	多	多	多	多	多	多	多	多
ゴヨウイチゴ	2	2	1	3	4	2	2	3	4	4
ダケカンバ	.	1	多	多	多	63	2	2	.	.
マイヅルソウ	.	2	3	2	5	1	1	1	15	13
オオカメノキ	.	1	1	1	3	5	4	2	4	5
ツルアジサイ	.	1	1	.	1	.	.	1	.	.
ミネカエデ	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
ミノボロスゲ	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
コケ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤマネコヤナギ	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.
ハリブキ	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
ツルアジサイ	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
シラネウラボ	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1
トウゲシバ	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1
Q6										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	7	7	9	8	9	9	11	10	10	9
ミヤマカンスゲ	多	多	多	多	多	多	多	多	多	多
チシマザサ	1	1	4	11	9	20	20	25	22	24
ゴヨウイチゴ	5	5	5	5	3	3	3	6	5	4
ダケカンバ	2	8	多	多	160	103	98	34	29	28
マイヅルソウ	1	1	2	2	3	1	1	3	9	9
エノギシギシ	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.
シウジョウバカマ	1	.	.	.	.	1	1	2	2	2
イブキゼリモドキ	.	3	17	22	12	5	7	6	16	11
コケ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
シラネウラボ	.	.	5	5	4	3	3	8	9	9
ツルアジサイ	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1
ミネカエデ	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.

表5-9 コドラートごとの種別被度百分率(%)の推移

Q1										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	6	6	5	5	6	4	4	4	7	4
ミヤマカンスゲ	20	30	40	40	70	35	30	30	30	30
ダケカンバ	2	2	2	4	45	25	1	+	.	.
チシマザサ	3	5	15	20	35	100	100	100	100	100
ゴヨウイチゴ	+	5	+	+	5	15	5	1	5	2
マイヅルソウ	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+
ヤマニガナ	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤマハハコ	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.
ヤマネコヤナギ	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
ウスバサイシン	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
タケシマラン	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
オオカメノキ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
ハリブキ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Q2										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	5	4	4	6	5	6	6	5	8	7
ミヤマカンスゲ	30	40	50	75	80	45	45	60	65	70
チシマザサ	15	25	45	85	95	100	100	100	100	100
ダケカンバ	+	3	+	10	5	30	10	5	5	5
シラネウラボ	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+
ゴヨウイチゴ	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ミスギ	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+
オオカメノキ	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Q3										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	6	7	7	8	8	7	9	7	7	8
ミヤマカンスゲ	10	25	50	50	65	70	50	40	20	50
チシマザサ	3	5	+	25	15	30	70	75	80	90
ゴヨウイチゴ	+	+	+	15	8	20	15	10	10	15
ミヤマホツツジ	+	+	+	+	2	.	.	.	.	.
コヨウラクツツジ	+	+	+	.	.	1	.	5	5	2
タケシマラン	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.
ダケカンバ	.	+	+	+	5	20	5	10	10	5
イブキゼリモドキ	.	+	+	+	+	.	+	+	+	+
ミネカエデ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
シラネウラボ	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.
ヤマハハコ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Q4										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	4	5	5	6	6	7	8	10	10	10
ミヤマカンスゲ	5	15	25	45	45	20	40	40	20	30
ゴヨウイチゴ	+	3	5	2	25	20	15	15	25	30
イブキゼリモドキ	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+
マイヅルソウ	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+
ダケカンバ	.	+	+	+	5	15	25	25	15	25
コケ類	.	.	35	20	20	15	5	2	+	.
ミノボロスゲ	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.
ヤマハハコ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
シウジョウスゲ	.	.	.	.	.	7	10	10	10	10
チシマザサ	.	.	.	.	.	.	+	+	5	10
キツネヤナギ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
シラネウラボ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Q5										
調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
出現種数	3	9	7	6	8	11	8	19	7	7
チシマザサ	30	30	45	50	50	100	100	100		

表 5-10 コドラートごとの種別最大高(cm)の推移

Q1	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	6	6	5	5	6	4	4	4	7	4
	ミヤマカンスゲ	15	30	35	25	20	25	20	15	20	25
	ダケカンバ	10	25	32	78	100	120	90	40	.	.
	チシマザサ	14	60	105	141	140	170	190	220	240	240
	ゴヨウイチゴ	6	25	30	30	25	30	25	10	20	15
	マイヅルソウ	5	.	.	.	.	.	.	.	10	15
	ヤマニガナ	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ヤマハハコ	.	5	20	18	60	.	.	.	.	.
	ヤマネコヤナギ	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
	ウスバサイシン	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.
	タケシマラン	.	.	.	.	.	.	.	.	15	.
	オオカメノキ	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
	ハリブキ	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	5	4	4	6	5	6	6	5	8	7
	ミヤマカンスゲ	15	25	22	22	20	20	15	15	15	20
	チシマザサ	100	80	132	98	170	190	190	170	230	220
	ダケカンバ	6	30	30	58	110	120	135	140	160	180
	シラネウラボ	15	20	.	25	35	30	30	30	25	30
	ゴヨウイチゴ	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ミズキ	.	.	30	40	.	30	40	.	50	50
	オオカメノキ	.	.	.	22	35	35	35	40	45	45
	マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	10	12
	ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	6	7	7	8	8	7	9	7	7	8
	ミヤマカンスゲ	15	25	28	32	30	20	20	20	20	25
	チシマザサ	30	35	47	85	130	150	150	180	180	190
	ゴヨウイチゴ	8	15	14	18	25	20	20	20	25	20
	ミヤマホツツジ	4	20	29	36	45	.	.	.	.	.
	コヨウラクツツジ	4	10	14	20	.	55	70	80	80	80
	タケシマラン	4	.	.	.	.	25	25	.	20	.
	ダケカンバ	.	7	24	40	60	90	130	160	180	200
	イブキゼリモドキ	.	5	8	32	20	.	10	30	15	18
	ミネカエデ	.	.	.	7	.	.	5	.	.	15
	シラネウラボ	.	.	.	.	20	30	70	50	.	.
	ヤマハハコ	.	.	.	.	30	.	.	.	.	.
	マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	4	5	5	6	6	7	8	10	10	10
	ミヤマカンスゲ	15	18	18	23	20	20	20	20	20	20
	ゴヨウイチゴ	5	8	12	25	20	25	25	10	25	30
	イブキゼリモドキ	25	35	52	65	.	55	60	40	40	60
	マイヅルソウ	5	5	.	.	.	.	15	.	.	10
	ダケカンバ	.	18	8	19	45	60	80	110	120	130
	コケ類	.	.	1	3	2	4	4	5	5	5
	ミノボロスゲ	.	.	.	40	20	.	.	.	.	.
	ヤマハハコ	.	.	.	.	20	.	.	30	.	.
	ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	20	25	30	40	30
	チシマザサ	.	.	.	.	.	60	90	90	120	140
	キツネヤナギ	.	.	.	.	.	.	.	20	.	.
	シラネウラボ	.	.	.	.	.	.	.	20	40	35
	ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	3	3	7	6	8	11	8	9	7	7
	チシマザサ	130	130	80	130	160	160	165	180	210	210
	ミヤマカンスゲ	15	25	27	30	30	30	30	25	25	23
	ゴヨウイチゴ	5	5	5	18	15	15	15	30	20	15
	ダケカンバ	.	5	2	6	7	20	20	5	.	.
	マイヅルソウ	.	5	5	13	20	8	8	5	15	10
	オオカメノキ	.	3	33	31	35	40	45	30	50	50
	ツルアジサイ	.	3	5	.	2	.	.	5	.	.
	ミネカエデ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ミノボロスゲ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	コケ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ヤマネコヤナギ	.	.	.	.	.	15	10	.	.	.
	ハリブキ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.
	ツルアジサイ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	シラネウラボ	.	.	.	.	.	25	.	10	20	20
	トウゲシバ	.	.	.	.	.	.	3	8	8	8
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	7	7	9	8	9	9	11	10	10	9
	ミヤマカンスゲ	15	18	25	28	20	20	20	15	25	20
	チシマザサ	30	30	87	110	130	140	140	160	220	210
	ゴヨウイチゴ	18	18	13	22	20	30	30	15	25	20
	ダケカンバ	6	15	33	35	65	100	120	140	150	160
	マイヅルソウ	3	3	5	4	15	5	5	10	20	10
	エゾノギンギン	1	8	3	.	.	.	.	.	.	.
	ショウジョウバカマ	5	.	.	.	.	10	10	8	15	10
	イブキゼリモドキ	.	2	2	18	30	35	35	40	60	45
	コケ類	.	.	3	3	6	3	3	5	8	.
	シラネウラボ	.	.	8	12	30	30	30	40	50	50
	ツルアジサイ	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.
	アオモリトドマツ	.	.	.	.	.	.	8	10	10	10
	ミネカエデ	.	.	.	.	.	.	20	.	.	.

表 5-11 コドラートごとの積算優占度(%)の推移

Q1	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	6	6	5	5	6	4	4	4	7	4
	ミヤマカンスゲ	100.0	75.0	66.7	58.9	57.1	24.9	20.3	18.4	19.2	20.2
	ダケカンバ	38.3	24.2	17.7	32.7	67.9	47.8	24.2	9.1	.	.
	チシマザサ	54.2	58.3	68.8	75.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	ゴヨウイチゴ	20.3	29.2	14.4	10.8	12.5	16.3	9.1	2.8	6.7	4.1
	マイヅルソウ	16.9	.	.	.	.	.	.	.	2.1	3.2
	ヤマニガナ	50.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ヤマハハコ	.	4.3	9.6	6.5	21.5	.	.	.	.	.
	ヤマネコヤナギ	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.
	ウスバサイシン	.	.	.	.	3.6	.	.	.	.	.
	タケシマラン	.	.	.	.	.	.	.	.	3.2	.
	オオカメノキ	.	.	.	.	.	.	.	.	5.3	.
	ハリブキ	.	.	.	.	.	.	.	.	5.3	.
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	6	4	4	6	5	6	6	6	8	7
	ミヤマカンスゲ	57.5	65.6	58.3	58.3	48.0	27.8	26.4	34.4	35.8	39.5
	チシマザサ	75.0	81.3	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	ダケカンバ	3.2	22.5	11.5	35.5	35.0	46.6	40.5	43.7	37.3	43.4
	シラネウラボ	7.7	12.6	.	12.8	10.3	7.9	7.9	8.9	5.5	6.9
	ゴヨウイチゴ	6.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ミズキ	.	.	11.5	20.5	.	7.9	10.6	.	10.9	11.4
	オオカメノキ	.	.	.	11.3	10.3	9.3	9.3	11.8	9.8	10.3
	マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.8
	ツルリンドウ	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	6	7	7	8	8	7	9	7	7	8
	ミヤマカンスゲ	75.0	85.7	79.8	68.8	61.5	56.7	42.4	32.2	8.1	34.0
	チシマザサ	65.0	60.0	57.0	75.0	61.5	71.4	100.0	100.0	100.0	97.5
	ゴヨウイチゴ	13.8	21.6	15.0	25.6	15.8	21.0	17.4	12.2	13.2	13.3
	ミヤマホツツジ	7.2	28.8	31.0	21.3	18.8	.	.	.	.	.
	コヨウラクツツジ	7.2	14.5	15.0	11.9	.	19.0	23.4	25.6	25.3	21.1
	タケシマラン	7.2	.	.	.	.	8.4	8.4	5.6	.	.
	ダケカンバ	.	10.2	25.6	23.6	26.9	44.3	46.9	51.1	56.3	52.8
	イブキゼリモドキ	.	7.3	8.6	18.9	7.8	.	3.4	8.4	4.2	4.6
	ミネカエデ	.	.	.	4.2	.	.	0.0	.	.	3.8
	シラネウラボ	.	.	.	.	7.8	10.1	23.4	14.0	.	.
	ヤマハハコ	.	.	.	.	11.6	.	.	.	.	.
	マイヅルソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.1
	調査年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	出現種数	4	5	5	6	6	6	8	10	10	

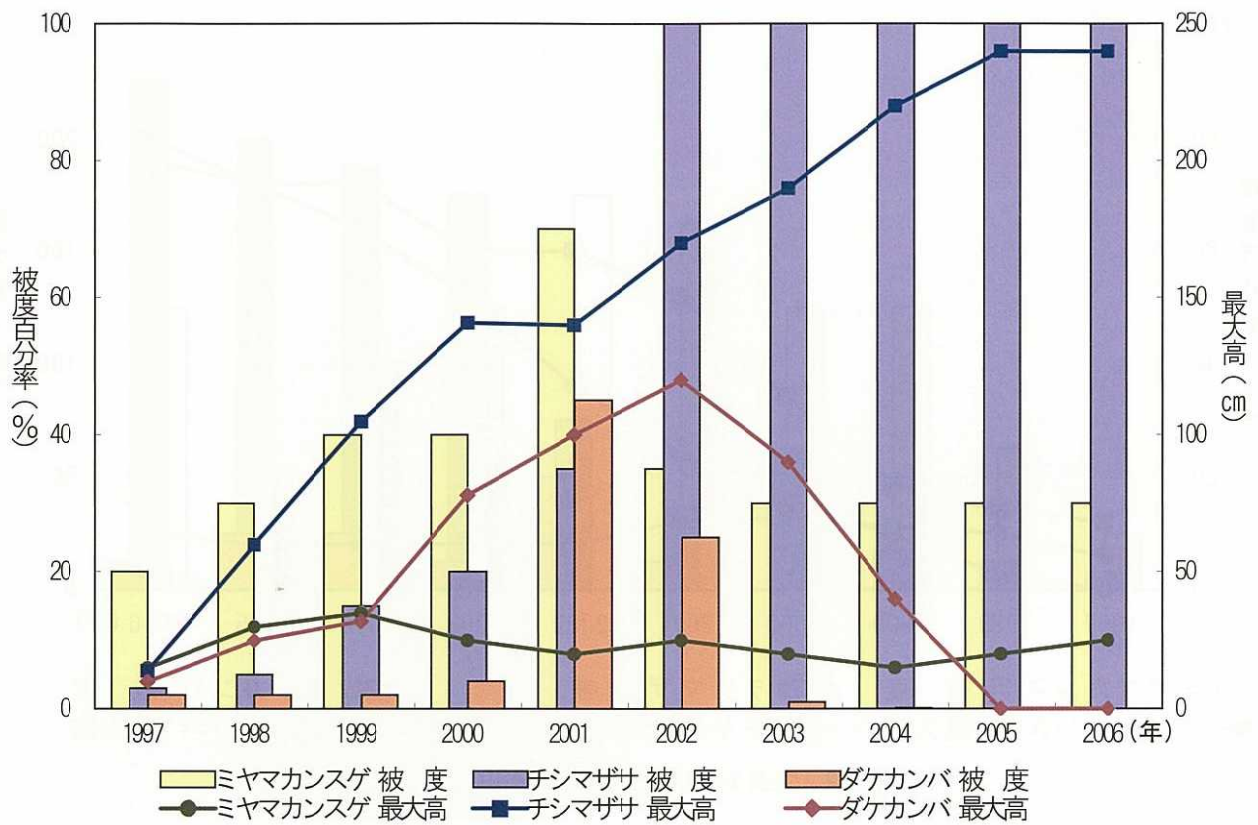


図 5-10 主要 3 種の高さと被度百分率の推移 (Q1)

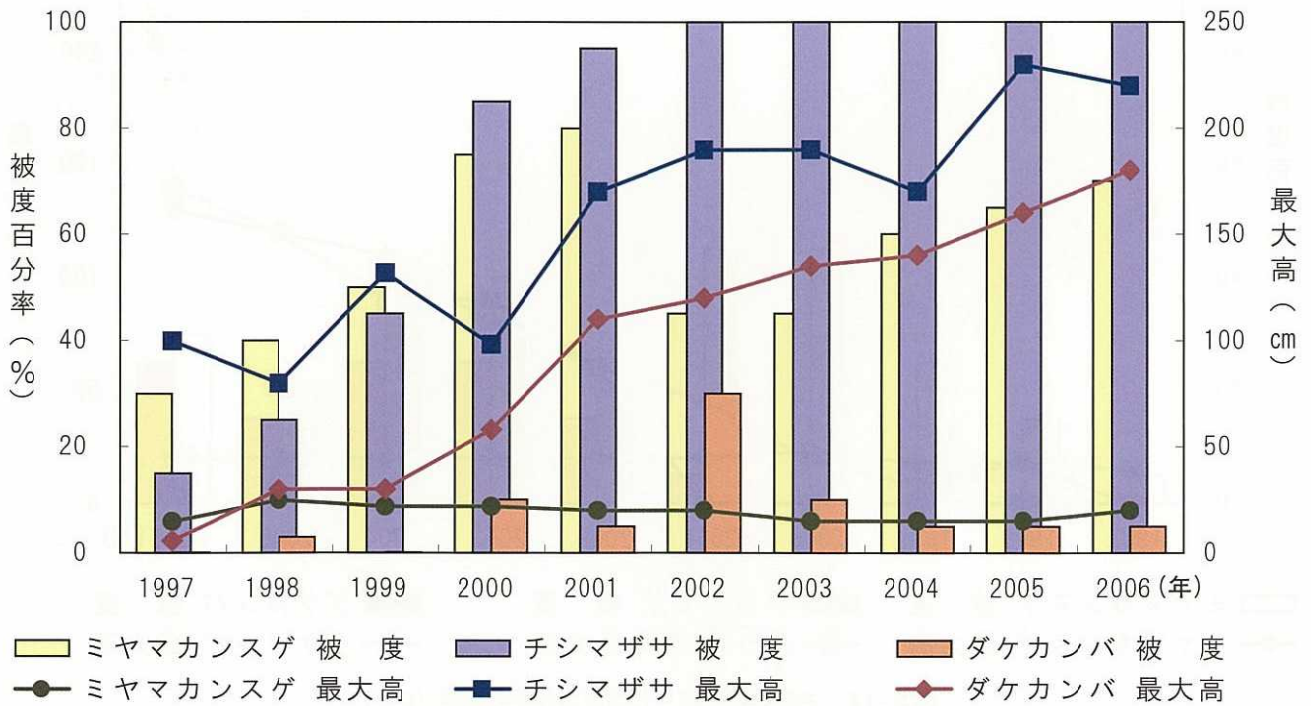


図 5-11 主要 3 種の高さと被度百分率の推移 (Q2)

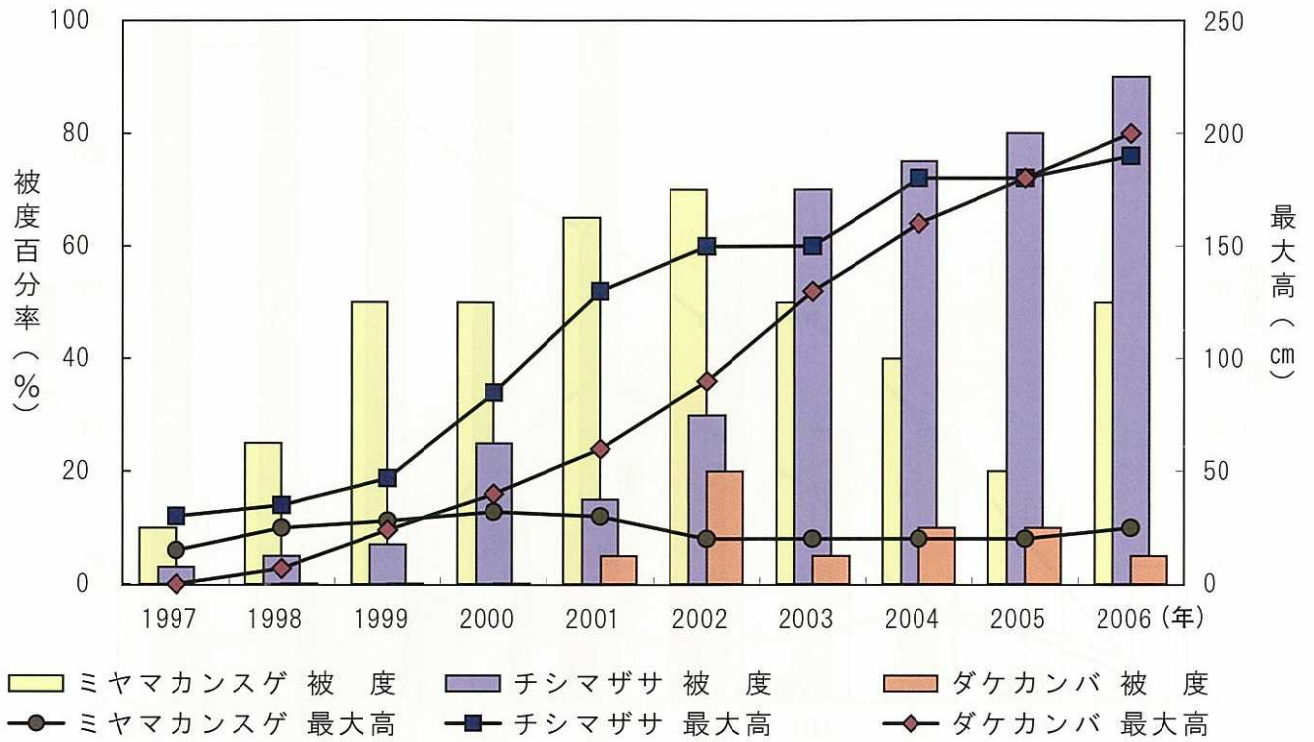


図 5-12 主要 3 種の高さと被度百分率の推移 (Q3)

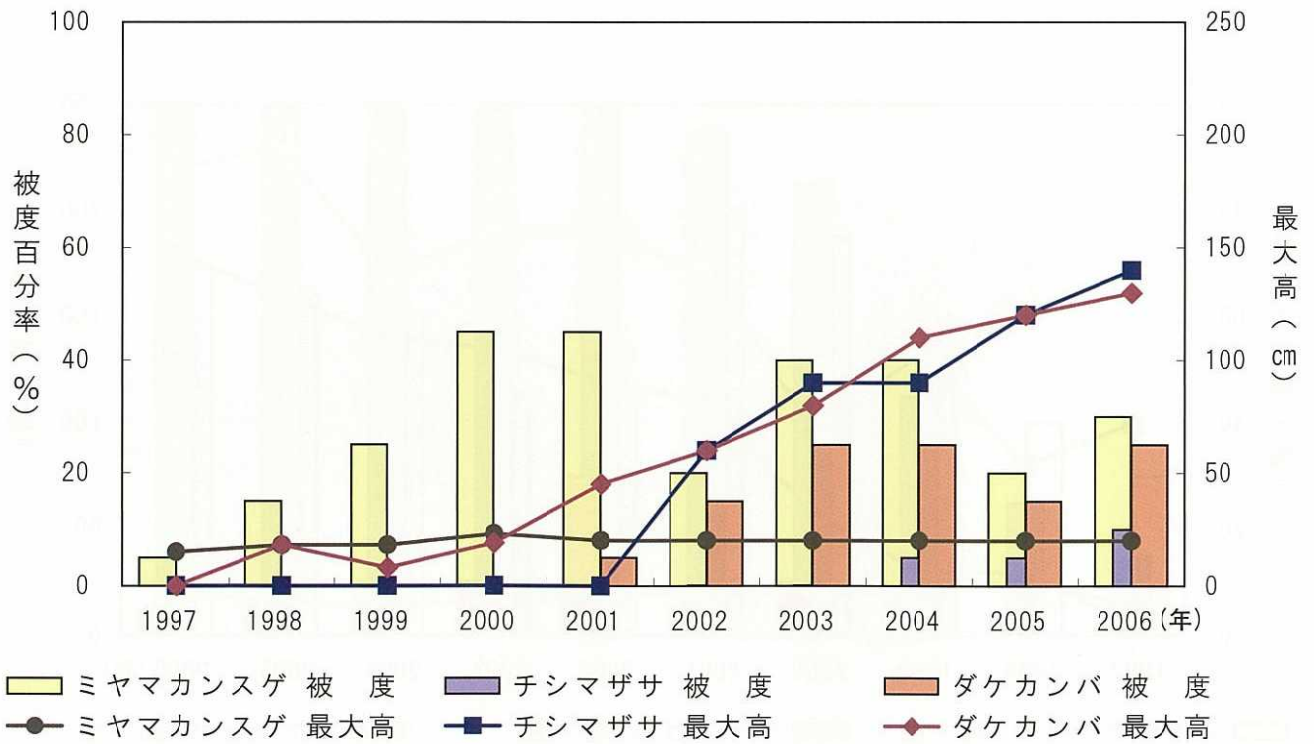


図 5-13 主要 3 種の高さと被度百分率の推移 (Q4)

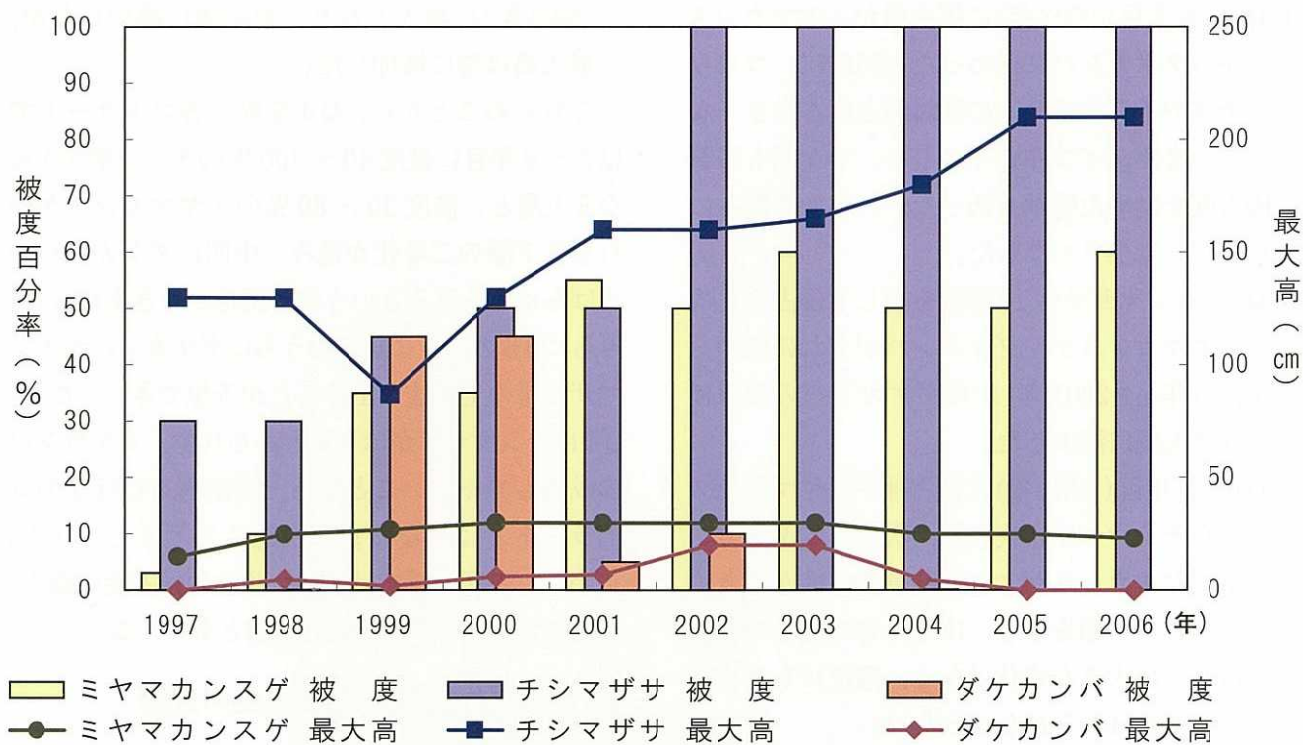


図5-14 主要3種の高さと被度百分率の推移 (Q5)

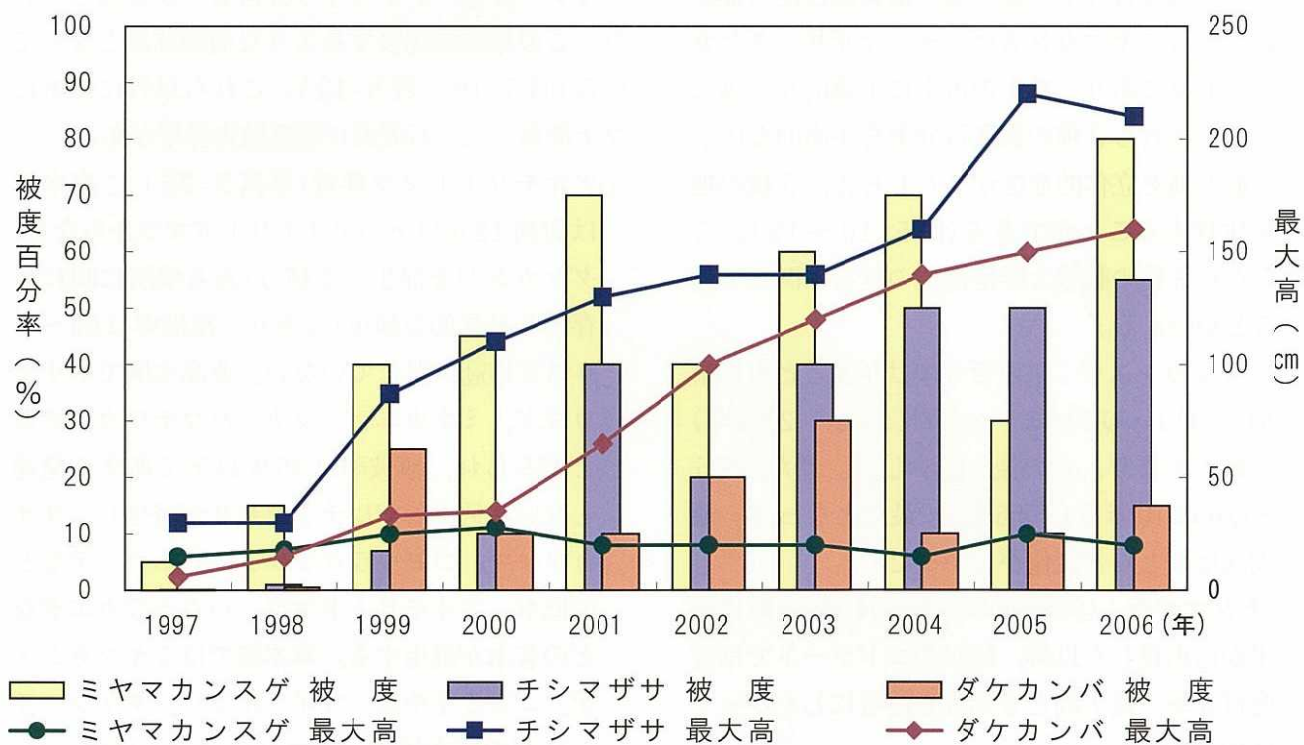


図5-15 主要3種の高さと被度百分率の推移 (Q6)

- ④ Q4：6年目(2002年)に優占種がミヤマカンスゲからダケカンバに代わったと同時に、ゴヨウイチゴやチシマザサ、の積算優占度が大きくなった。また、イブキゼリモドキ、コケ類も積算優占度を高めた時期もあったが、年次を経るにしたがって小さくなった。
- ⑤ Q5：チシマザサが10年間を通して優占し、次にミヤマカンスゲ、ダケカンバがそれに続いたが、5年目(2001年)からダケカンバの積算優占度は大幅に減少した。
- ⑥ Q6：5年目(2001年)に優占種がミヤマカンスゲからチシマザサに代わり、次の年にダケカンバがミヤマカンスゲよりも積算優占度が大きくなった。コケ類を除き、ほとんどの植物の積算優占度には大きな変化はなく、順位にもあまり大きな変動はみられなかった。

(2) 群落構造

種別の被度百分率、最大高、積算優占度の推移はいずれもミヤマカンスゲ、チシマザサ、ダケカンバが上位にあり、植生の再生に主導的な立場にあった。これら3種の被度百分率を平面的な広がり、最大高を立体的な広がりにとらえ、3種の推移を比較することができる(図5-10～15)。これらから3種の動態と群落構造の推移に関して次のことがいえる。

- ① ミヤマカンスゲ：被度百分率は年次とともに増加し、Q1～Q4は5～6年目(2001～2002年)に最大となり、その後、減少した。また、Q5とQ6は10年目(2006年)に最大となった。最大高はほとんど変化がなかった。
- ② チシマザサ：Q4で8年目(2004年)以降にわずかに出現した以外、ほかのコドラートでは被度百分率、最大高とも年次を経るにしたがって増加した。
- ③ ダケカンバ：Q1とQ5では被度百分率、最大高とも最大となった後に減少した。それ以外のコドラートは被度百分率で6～7年目(2002～

2003年)に最大となり、その後に減少したが、最大高は常に増加した。

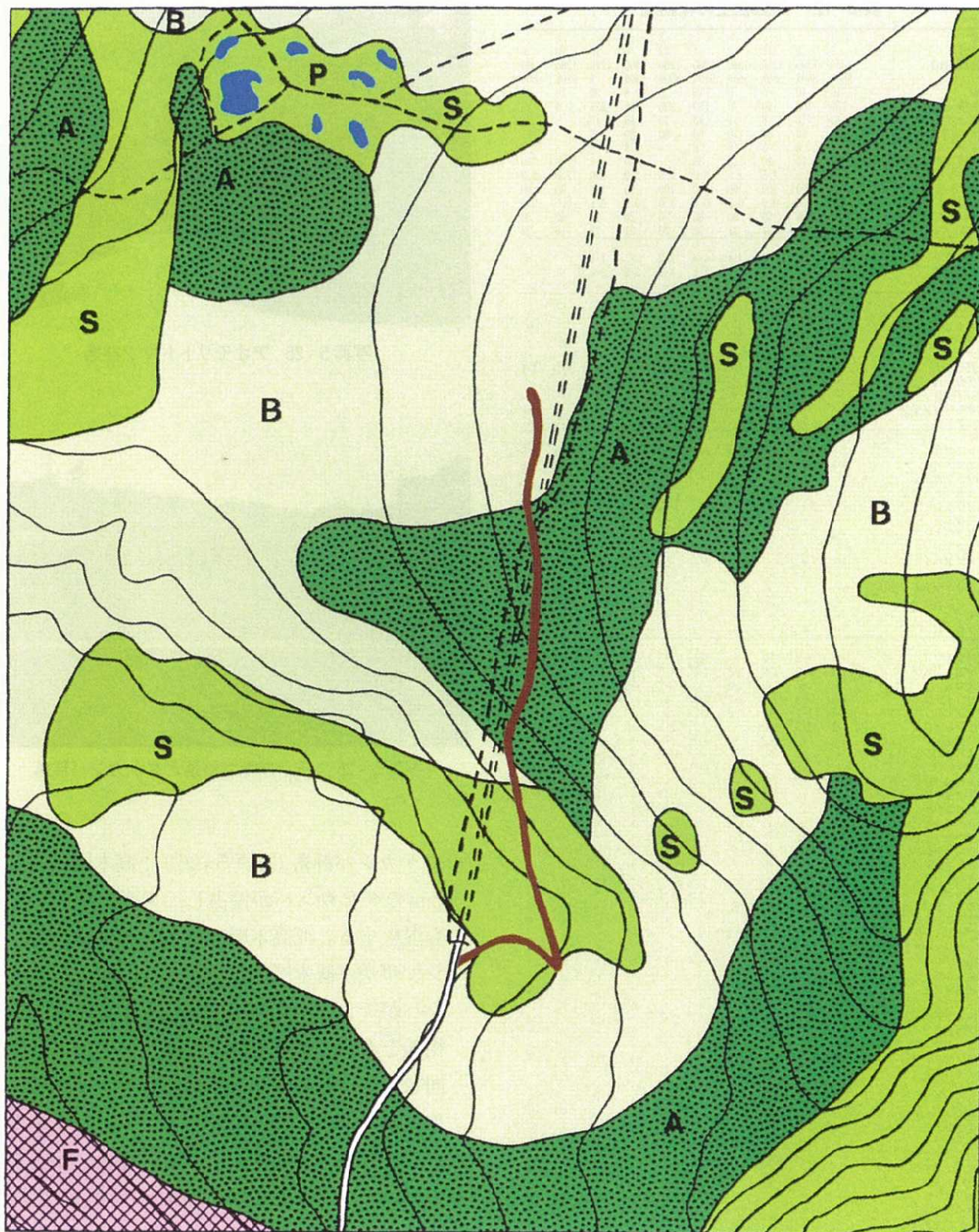
これらのことから、Q4を除く各コドラートでは3～6年目に被度40～100%のチシマザサからなる上層と、被度30～80%のミヤマカンスゲからなる下層の二層化が進み、中間にダケカンバがまばらにみられるという群落構造ができあがった。さらにQ3のように数年のうちにダケカンバがチシマザサ層の上に抜き出ることが予想できた。なお、Q4はチシマザサがほとんどみられず、ダケカンバの成長もやや遅いことから、群落構造はほかのコドラートとは異なる変化が起こると考えられる。しかし、4区全域ではチシマザサの優占度は高く、単純にコドラートの設定の問題ともいえる。

5.6 再生植生と周辺植生の比較

(1) 周辺植生

当該地域の周辺にはアオモリトドマツ群落、ダケカンバ群落、チシマザサ群落などが発達しており、この地域を代表するような植物群落となっている(図5-16、表5-12)。これら以外に南方にブナ群落、三ツ石湿原に湿原植物群落がある。

- ① アオモリトドマツ群落(写真5-25)：高木層は樹高13m以下のアオモリトドマツからなり、ダケカンバを混生する植分(ある場所に現に生存する具体的な植生)もあり、植被率は60～80%で林冠は閉じていない。亜高木層ではナナカマド、ミネカエデ、ブナ、ハウチワカエデなどがみられ、植被率は35%以下であり発達しない。低木層ではチシマザサが密生し、オオカメノキ、コヨウラクツツジ、ミネカエデなどの低木、アオモリトドマツ、ハウチワカエデなどの若木が混生する。草本層ではミヤマカンスゲ、ゴヨウイチゴ、マイヅルソウ、タケシマランなどの草本植物、ヤマソテツ、トウゲシバ、シラネワラビなどのシダ植物が高い頻度で出現する。平均出現種数は30.4種で、この地域では最も出現種数が多い群落といえる。



- A : アオモリトドマツ群落
 B : ダケカンバ群落
 S : チシマザサ群落
 F : ブナ群落
 P : 湿原植物群落
 中央の太い褐色ベルト : 自然破壊区域

図 5 - 16 自然破壊発生地周辺の植生図

表 5-12 周辺植生の種組成

群落型	A				B				S				
調査番号	3	5	11	2	1	12	4	13	13	6			
海拔高度 (m)	1300	1290	1250	1290	1280	1250	1290	1270	1280	1290			
方位	N80W	S50W	S50W	S60W	S10W	N50W	S80W	W	N20W	N80W			
傾斜 (°)	10	10	5	5	15	5	5	30	10	5			
調査面積 (m ²)	150	100	100	70	150	225	105	225	9	25			
高木層の高さ (m)	13	13	8	11	13	15	15	15	-	-			
高木層の植被率 (%)	70	70	80	70	60	80	80	40	-	-			
亜高木層の高さ (m)	6	6	5	6	8	-	8	-	-	4			
亜高木層の植被率 (%)	20	10	20	10	35	-	20	-	-	10			
低木層の高さ (m)	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0			
低木層の植被率 (%)	80	70	100	90	80	100	90	100	90	90			
草本層の高さ (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5			
草本層の植被率 (%)	80	40	50	90	80	70	20	50	40	30			
出現種数	29	29	31	31	32	20	21	22	18	22			
高木層													
アオモリトドマツ	4・4	4・4	5・5	4・4	4・4	2・2	・	1・1	・	・			
ダケカンバ	・	・	・	・	1・1	4・4	5・5	2・2	・	・			
ツルアジサイ	・	・	・	・	+	・	・	・	・	・			
亜高木層													
ナナカマド	+	+	+	・	+	・	+	・	・	+			
ミネカエデ	1・1	1・1	・	・	・	・	・	・	・	+			
ハウチワカエデ	+	・	+	・	+	・	・	・	・	・			
ブナ	・	・	1・2	1・1	2・2	・	・	・	・	・			
オガラバナ	1・1	・	・	・	・	・	・	・	・	1・1			
ダケカンバ	・	・	・	・	2・2	・	・	・	・	・			
コシアブラ	・	・	・	・	+	・	・	・	・	・			
アオモリトドマツ	・	・	・	・	・	・	2・2	・	・	・			
ツルアジサイ	・	・	・	・	・	・	+	・	・	・			
低木層													
チシマザサ	5・5	4・4	5・5	5・5	5・5	5・5	5・5	5・5	5・5	5・5			
オオカメノキ	+2	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+2
ハウチワカエデ	・	+	+	+	+	+	・	・	・	+			+
アオモリトドマツ	・	+	+	+	+	・	+	+	+	+			+
コウラクツツジ	+	+	+	+	+	・	・	・	・	・			・
ミネカエデ	・	・	+	+	+	・	+	・	・	+			+
オガラバナ	+2	・	・	+	・	・	・	・	・	+			・
ナナカマド	・	・	・	+	+	・	・	・	・	1・1			・
ツルアジサイ	・	+	+	+	・	・	・	・	・	・			・
コシアブラ	・	+	+	+	+	・	・	・	・	・			・
ムラサキヤシオツツジ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・			・
ウラジロヨウラク	・	・	+	・	・	・	・	・	・	・			・
ブナ	・	・	・	・	+	・	・	・	・	・			・
ダケカンバ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+			・
草本層													
ヤマソテツ	+	+2	1・2	+	1・1	+	+	+	+	・			・
ミヤマカンスゲ	4・4	2・2	1・2	3・3	4・4	4・5	1・1	2・2	・	1・1			・
オオカメノキ	+	+	1・2	+2	+	2・2	+2	2・2	・	+			+
ゴウイチゴ	1・2	+2	2・3	2・2	2・2	+	1・1	・	+	+2			+
タケシマラン	1・1	1・1	+	1・2	1・2	+	+	・	+	+2			+
マイヅルソウ	1・1	3・3	1・2	+	2・2	2・2	+2	・	3・3	+2			+
ハリブキ	+2	+	1・2	+	+2	+	+	1・1	+	+			+
ウスバサイシン	・	+	+	+	+	+	+	1・1	+	+			+
トウゲシバ	+	1・1	1・2	+	+2	+	+	1・1	+	+			+
エンレイソウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
ツルアジサイ	+	+	+2	+	+	+	+	+	+	1・1			+
ハイヌツゲ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
シラネワラビ	+	+	+	+2	+	+	+	+	+	+			+
イブキゼリモドキ	+2	1・1	・	1・1	+2	+	+	+	+	+			+
ミツバオウレン	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
ツルミヤマシキミ	+	+	+	+	+	+	+	1・1	+	+			+
ツクバネソウ	+	+	+	+	+	+	+	1・1	+	+			+
ヒメモチ	・	・	+	+	+	1・1	+	+	1・1	+			+
ツルリンドウ	・	・	+	・	・	+	+	+	+	+			+
ツルアリドオシ	+	・	+	・	・	+	+	+	+	+			+
キクザキイチゲ	+	・	・	+2	+	・	・	+	・	・			+
ショウジョウバカマ	・	+	1・1	・	+	・	・	+	・	+			+
ナナカマド	・	+	・	・	+	+	+	+	+	+			+
ツバメオモト	・	・	1・2	+	+	+	+	+	+	+			+
オオシラビソ	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+			+
サンカヨウ	+	・	+	+	+	+	+	+	+	+			+
ミネカエデ	+	・	+	+	+	+	+	1・1	+	+			+
ダケカンバ	・	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
ムラサキヤシオツツジ	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+			+
コウラクツツジ	・	・	・	・	・	・	+	+	1・1	+			+
シノブカグマ	・	+	+	・	・	・	・	・	・	・			+
ミヤマワラビ	・	+	・	・	・	・	・	・	・	・			+
ノリウツギ	・	・	+	+	・	・	・	・	・	・			+
ハウチワカエデ	・	・	+	・	・	+	・	・	・	・			+
コミネカエデ	・	・	+	・	・	+	・	・	・	・			+
コシアブラ	・	・	+	・	・	・	・	1・1	・	・			+
アカミノイヌツゲ	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+			+
ヒコハユキザサ	+2	・	・	・	・	・	・	+	+	+			+
ショウジョウバカマ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・			+
ツルツグ	+	・	・	・	・	・	・	・	・	・			+
オオイワカガミ	・	+	・	・	・	・	・	・	・	・			+
コミヤマカタバミ	・	+	・	・	・	・	・	・	・	・			+
ヒメウスノキ	・	・	+	・	・	・	・	・	・	・			+
チゴユリ	・	・	+	・	・	・	・	・	・	・			+
ハクサンシャクナゲ	・	・	・	+	・	・	・	・	・	・			+
ギンリョウソウ	・	・	・	・	・	+	・	・	・	・			+
オガラバナ	・	・	・	・	・	・	+	・	・	・			+
ベニバナイチゴ	・	・	・	・	・	・	+	・	・	・			+
ツノハシバミ	・	・	・	・	・	・	・	1・1	・	・			+
ブナ	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+			+
ミヤマガマズミ	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+			+
ミヤマホツツジ	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+			+
シラネアオイ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+			+



写真 5-25 アオモリトドマツ群落



写真 5-26 チシマザサ群落とダケカンバ群落

- ② **ダケカンバ群落**(写真 5-26)：高木層は樹高 15 m のダケカンバが優占し、アオモリトドマツも混生する。亜高木層はほとんど発達せず、チシマザサが低木層で密生することから、ダケカンバがチシマザサの中から抜き出ているような相観をもつ。^(注)草本層はアオモリトドマツ群落と同じような組成からなるが、シラネワラビ、ショウジョウバカマ、ミツバオウレン、サンカヨウなどはみられない。平均出現種は 21 種で少ない。アオモリトドマツ群落と比較し、出現種数は少ないが種組成に大きな違いはないことから、立地環境の違いなどはほとんど認められない。空中写真では大きな林冠がまばらに分布することから判別される。

- ③ **チシマザサ群落**(写真 5-26)：樹高 4 m の低木

(注) 植物群落の形態の生態学的概念で、外観や概観と異なる。分類基準は、優占種の生活形、常緑と落葉などの相異、葉の形、群落高、個体密度などによる。



写真 5-27 ブナ群落



写真 5-28 湿原植物群落 (三ツ石湿原)

が点生する植分もあるが、高さ2.0～2.5mのチシマザサが密生することで特徴づけられる。草本層は前2群落と比較して植被率は低く、優占度の高い種は少ない。平均出現種数は20種で、ダケカンバ群落と種組成は類似する。広がりをもった大きな植分^(注)が急傾斜地主体に分布するが、小規模な植分はアオモリトドマツ群落やダケカンバ群落内に点在することから、アオモリトドマツやダケカンバのような林冠木が何らかの理由で消滅した跡に成立したものと考えられる。

- ④ **ブナ群落**(写真5-27)：ブナ群落でも日本海側の高地にみられるタイプ(ブナ・アオモリトドマツ・チシマザサ群落)で、基本的にはアオモリトドマツ群落に近い群落構造からなり、アオモリトドマツがブナにおき換えられている。
- ⑤ **湿原植物群落**(写真5-28)：イワイチョウ、ヌマガヤ、モウセンゴケ、カワズスゲ、コイワカガミが高い頻度で出現する山地貧養湿原で、ワタミズゴケやスギバミズゴケなどのミズゴケが密生から散生している。

(2) 再生植生と周辺植生の比較

植生被害が発生した3群落(アオモリトドマツ群落、ダケカンバ群落、チシマザサ群落)は、最上層がアオモリトドマツ、ダケカンバ、チシマザサと異なっているが、低木層でチシマザサが密生

することが共通の特徴といえる。さらに、出現種も類似性が高く、それぞれの植物の出現頻度も高い。したがって、これら3群落を一括して取り扱っても植生構造上の問題は少ない。

植生被害地の周辺で調査された植生調査の結果、出現植物は全部で55種であった。現地における観察により、さらに5種が確認された。これら60種と再生植生で出現した58種(コケ類を除く)について、「周辺植生にのみ出現する植物」、「再生植生にのみ出現する植物」、「共通する植物」に細分できる(表5-13)。

- ① **周辺植生にのみ出現する植物**：21種が含まれ、ハイヌツゲ、ミツバオウレンなどの出現頻度が高い植物は再生植生にはみられなかった。
- ② **再生植生にのみ出現する植物**：24種が含まれ、ヤナギ科植物とキク科植物が多く、ほとんどが風散布型植物であった。また、帰化植物のエゾノギシギシ、踏みつけに強い植物のクサイ、ミノボロスゲなどは明らかに人間によって運び込まれたと考えられる。
- ③ **共通する植物**：34種が含まれ、バラ科植物、モチノキ科植物、ユリ科植物などが多かった。
- なお、周辺植生の平均出現種数は20～30種、再生植生の平均出現種数は14～25種(2006年の区域の出現種数)の値から、種数で判断される回復率は70～80%と計算できる。

(注) ある場所に現れ生育している具体的な植生。現存植生ともいう。

表5-13 周辺植生と再生植生の比較

周辺植生にのみ出現する植物		周辺植生と再生植生に出現する植物	
シノブカグマ	(オシダ科)	トウゲシバ	(ヒカゲノカズラ科)
ミヤマワラビ	(ヒメシダ科)	ヤマソテツ	(キジノオシダ科)
ツノハシバミ	(カバノキ科)	シラネワラビ	(オシダ科)
ミツバオウレン	(キンボウゲ科)	アオモリトドマツ	(マツ科)
シラネアオイ	(シラネアオイ科)	ダケカンバ	(カバノキ科)
コミヤマカタバミ	(カタバミ科)	ブナ	(ブナ科)
ツルミヤマシキミ	(ミカン科)	キクザキイチゲ	(キンボウゲ科)
ハイイヌツゲ	(モチノキ科)	サンカヨウ	(メギ科)
コシアブラ	(ウコギ科)	ウスバサイシン	(ウマノスズクサ科)
オオイワカガミ	(イワウメ科)	ノリウツギ	(ユキノシタ科)
ウラジロヨウラク	(ツツジ科)	ツルアジサイ	(ユキノシタ科)
ムラサキヤシオツツジ	(ツツジ科)	ゴヨウイチゴ	(バラ科)
ハクサンシャクナゲ	(ツツジ科)	ベニバナイチゴ	(バラ科)
ヒメウスノキ	(ツツジ科)	ナナカマド	(バラ科)
ギンリョウソウ	(イチヤクソウ科)	ハウチワカエデ	(カエデ科)
ツルアリドオシ	(アカネ科)	コミネカエデ	(カエデ科)
ミヤマガマズミ	(スイカズラ科)	ミネカエデ	(カエデ科)
ツバメオモト	(ユリ科)	オガラバナ	(カエデ科)
チゴユリ	(ユリ科)	ヒメモチ	(モチノキ科)
ツクバネソウ	(ユリ科)	ツルツゲ	(モチノキ科)
エンレイソウ	(ユリ科)	アカミノイヌツゲ	(モチノキ科)
		ハリブキ	(ウコギ科)
再生植生にのみ出現する植物		イブキゼリモドキ	(セリ科)
コケ類	(コケ類)	ミヤマホツツジ	(ツツジ科)
ゼンマイ	(ゼンマイ科)	コヨウラクツツジ	(ツツジ科)
シシガシラ	(シシガシラ科)	ツルリンドウ	(リンドウ科)
ヤマネコヤナギ	(ヤナギ科)	オオカメノキ	(スイカズラ科)
イヌコリヤナギ	(ヤナギ科)	ショウジョウバカマ	(ユリ科)
オノエヤナギ	(ヤナギ科)	マイヅルソウ	(ユリ科)
キツネヤナギ	(ヤナギ科)	ヒロハユキザサ	(ユリ科)
エゾノギシギシ	(タデ科)	タケシマラン	(ユリ科)
セリバオウレン	(キンボウゲ科)	チシマザサ	(イネ科)
タカネザクラ	(バラ科)	ショウジョウスゲ	(カヤツリグサ科)
クマイチゴ	(バラ科)	ミヤマカンスゲ	(カヤツリグサ科)
ツタウルシ	(ウルシ科)		
アカバナ	(アカバナ科)		
ミズキ	(ミズキ科)		
ツマトリソウ	(サクラソウ科)		
タニギキョウ	(キキョウ科)		
ヤマハハコ	(キク科)		
ヨツバヒヨドリ	(キク科)		
ヤマニガナ	(キク科)		
アキタブキ	(キク科)		
イグサ	(イグサ科)		
クサイ	(イグサ科)		
ベントグラス類	(イネ科)		
ミノボロスゲ	(カヤツリグサ科)		
アブラガヤ	(カヤツリグサ科)		

5.7 植物の侵入と再生植生

再生植生を構成する植物は自然破壊以前に生育したもの以外にも、周辺地域から侵入したものも含まれている。ここでは再生植生に出現した植物を木本植物と草本植物に分け、さらに植生破壊後に残存した器官(地上部と地下部)から再生した植物か、種子から再生した植物か、細分した(表5-14)。

草本植物では地下部残存器官(地下茎、根茎など)から再生したグループ(写真5-29, 30)、土壌中の種子が発芽したグループ(写真5-31, 32)飛来した種子が発芽して侵入したグループ、搬入された種子が発芽して侵入したグループに分けられる。特に飛来した種子にはヤマハハコ、ヤマニガナ、アキタブキなどのキク科植物が多く、アブラガヤやアカバナなども含まれる。また、人間が関与して搬入された種子としてコヌカグサ、アキノ

表5-14 再生植生を構成する植物の侵入方法

侵入方法	地下器官	埋土種子	飛来種子	搬入種子	侵入方法	地上器官	埋土種子	飛来種子	搬入種子
イブキゼリモドキ	○	○	・	・	アオモリトドマツ	○	・	○	・
ゴヨウイチゴ	○	○	・	・	ダケカンバ	○	・	○	・
ミヤマカンスゲ	○	○	・	・	タカネザクラ	○	○	・	・
ショウジョウスゲ	○	○	・	・	ミネカエデ	○	○	・	・
ウスバサイシン	○	・	・	・	アカミノイヌツゲ	○	・	・	・
キクザキイチゲ	○	・	・	・	オオカメノキ	○	・	・	・
サンカヨウ	○	・	・	・	コミネカエデ	○	・	・	・
ショウジョウバカマ	○	・	・	・	コヨウラクツツジ	○	・	・	・
シラネウラボ	○	・	・	・	ツタウルシ	○	・	・	・
タケシマラン	○	・	・	・	ツルアジサイ	○	・	・	・
タニギキョウ	○	・	・	・	ツルツゲ	○	・	・	・
チシマザサ	○	・	・	・	ナナカマド	○	・	・	・
ツマトリソウ	○	・	・	・	ノリウツギ	○	・	・	・
ツルリンドウ	○	・	・	・	ハリブキ	○	・	・	・
トウゲシバ	○	・	・	・	ヒメモチ	○	・	・	・
ヒロハユキザサ	○	・	・	・	ブナ	○	・	・	・
マイヅルソウ	○	・	・	・	ベニバナイチゴ	○	・	・	・
ヤマソテツ	○	・	・	・	ミズキ	○	・	・	・
※ シシガシラ	・	・	○?	・	ミヤマホツツジ	○	・	・	・
※ ゼンマイ	・	・	○?	・	ハウチワカエデ	・	○	・	・
※ セリバオウレン	・	・	○?	・	オガラバナ	・	○	・	・
※ アブラガヤ	・	・	○	・	※ クマイチゴ	・	○	・	・
※ アカバナ	・	・	○	・	※ イヌコリヤナギ	・	・	○	・
※ エゾノギシギシ	・	・	○	・	※ オノエヤナギ	・	・	○	・
※ ヤマハハコ	・	・	○	・	※ キツネヤナギ	・	・	○	・
※ ヨツバヒヨドリ	・	・	○	・	※ ヤマネコヤナギ	・	・	○	・
※ ヤマニガナ	・	・	○	・					
※ アキタブキ	・	・	○	・					
※ アキメヒシバ	・	・	・	○					
※ ベントグラス類	・	・	・	○					
※ スズメノカタビラ	・	・	・	○					
※ コヌカグサ	・	・	・	○					
※ イグサ	・	・	・	○					
※ クサイ	・	・	・	○					
※ ミノボロスゲ	・	・	・	○					
※ オオバコ	・	・	・	○					

※：再生植生のみみられる植物

メヒシバなどのイネ科植物が多く、オオバコ、イグサなども含まれる。さらにミヤマカンスゲやイブキゼリモドキ、ゴヨウイチゴなどは再生した個体が開花・結実がみられ、被害地内での個体再生もおこなわれていた。

木本植物では基本的に地上部の残存器官からの萌芽が主で、周辺地域から飛来した種子が発芽したグループ、被害地の土壤中に埋蔵されている種子が発芽したグループに分けられる。特に再生植生で重要な役割を果たすアオモリトドマツは地上部の残存器官からの個体(写真5-33)と周辺地域から飛来した種子からの個体(写真5-34)がみられたが、いずれも個体数はきわめて少なかった。一方、多数の個体が観察されたダケカンバは周辺

地域から飛来した種子からの個体(写真5-35)が大部分で、その初期生長は木本植物として大きかった(写真5-36)。なお、多くの木本植物は地上部の残存器官からの再生が主であった(写真5-37)が、ミネカエデのように埋蔵された種子からの個体もわずかであるが含まれていた(写真5-38)。なお、ヤナギ科植物は数百m離れた既存の一般県道雫石東八幡平線にある法面に生育する個体から飛来したと考えられる種子から発芽したと推定された。



写真5-29 隣接する個体から地下茎で侵入するチシマザサ (1998年8月)



写真5-31 埋土種子由来の開花したミヤマカンスゲ (1998年6月)



写真5-30 埋め戻した根株から再生するチシマザサ (1997年10月)



写真5-32 埋土種子由来のゴヨウイチゴ



写真 5-33 アオモリトドマツの残存個体
(1999年7月)



写真 5-36 大きく成長したダケカンバの若木
(2006年8月)



写真 5-34 種子由来のアオモリトドマツの実生
(2002年9月)



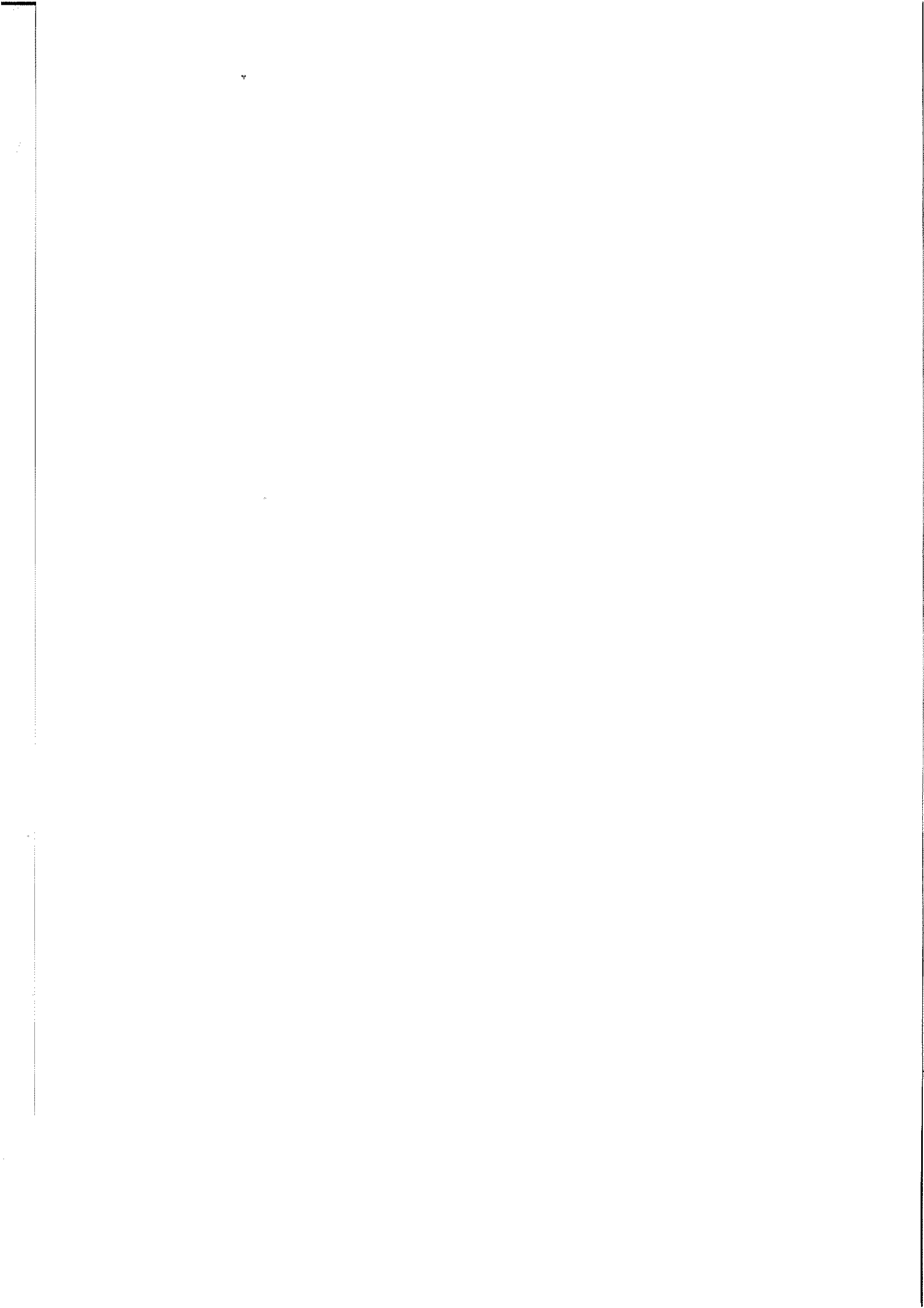
写真 5-37 残存した枝から再生したミネカエデ
(1999年7月)



写真 5-35 飛来した種子から発芽したダケカンバの
実生 (1999年9月)



写真 5-38 種子由来のミネカエデの実生
(1999年7月)



6 植生復元工法

自然破壊地の復旧対策では復元の目標として、破壊前の自然植生に戻すことが設定された。そのために植生復元を容易に誘導するためにさまざまな土木工法がおこなわれた。しかし、自生種の自然発芽や繁殖力が乏しかった場合には、播種や種子が潜在する表土を播くという作業も考えられた。

ここでは、倒伏木やチシマザサを復元した後の経過と播種に関する実験をおこなった結果を記す。

6.1 倒伏木復元工

1995年に発生した自然破壊で被害を受けた樹木は93本であった(表2-2)。これらの多くは衰弱から枯死に近い状態にあった。この原因が今回の問題となったバックホウによる直接の損傷であったのか、損傷を受けた後に約1年放置されたためによるのか、不明な部分がある。しかし、可能な限り樹木を枯死させないために、1996年8月、応急対策で倒伏木の復元作業をおこなっている。

(1) 植え直した樹木の経過

倒伏木の復元作業は、生葉が1枚でも付着していた倒伏木16本に対して、引き起こしと植栽を施した(写真6-1)。しかし、長期間にわたり積雪下で保護されていたとしても根系が9ヵ月間、露出した状態で放置されたため、早晩に樹木は枯死するのではないかと推察された。これは伐採された樹木が伐採後に萌芽して、しばらくの間、葉を着けるという現象(生き返ったような状態)と同じことが起こっていたため、葉がついていることと再生したことは異なっていることが理解された。また、衰弱した樹木を植栽する場合、枝を切り詰めること、活力剤を注入すること、幹巻きをすることなど、さまざまな対策を講ずる必要があるが、当該地は国立公園第一種特別地域であるため、そのような措置をおこなうことができなかったことによる。

結果として、植え直した16本のうち、11本は早々に枯死し、1997年、5本のみがわずかに葉



写真6-1 倒伏木復元工を施したダケカンバ
(1997年6月)



写真6-2 萌芽再生したが3年目に枯死したダケカンバ
No.8 (1997年8月)

をつけた状態であった(表6-1)。その生き残った5本のうち、1本は1998年に枯れ、さらに2本が1999年に枯れた(写真6-2)。1998年と1999年に枯れた3本はその前年、葉の数はごく少なく、一部の枝のみについている状態であった。

一般に、樹木は衰弱しはじめると子孫を残すために種子をつけることが知られている。この現象がNo.96のミネカエデでみられた。このミネカエデはわずかな葉しかつかなかったにもかかわらず、1997年秋に数十個の種子をつけ、1998年に葉の数を大幅に減らし、1999年に枯死した。しかし、この木の下に落ちた種子から発芽した稚樹が3本、現在でも生存している。

(2) 放置した樹木の経過

倒伏木16本のうち、No.1のミネカエデとNo.4のタカネザクラは無理に立て直すことによって根系が切れ、枯死すると判断されたため、倒伏した状態で放置した。この2本は植え直した樹木に対

して、その後の経過が異なっていた。

No.1のミネカエデは最も生育がおう盛で、多数の萌芽幹を1998年に発生させ、最大高1.2m程度までのびた。しかし1999年ころから周辺のチシマザサが密生するようになり、2000年にはチシマザサ群落の中に埋没した状態になった。さらに2001年にはまったく見えなくなった。この年、その所在を探してみたが発見することができず、すでに枯死したと考えられた。

No.4のタカネザクラは1997年、株立ち状に多数の細い萌芽幹を立ち上げたが、1998年にはほとんどなくなり、枯死したと考えられた。しかし、2000年にふたたび萌芽再生をはじめ、2002年に数十本の細い幹を出し、最大1.1mの高さになった。しかし、この年、すでにチシマササが密生した状態となり、翌2003年に枯れてしまった。チシマザサを刈り取ったと仮定した場合、このNo.1とNo.4の2本は生き延びることができたのではないかと考えられる。

表6-1 倒伏木復元工を施した樹木の生育経過

No.	樹種	樹高(m)	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年
0	ブナ	4.5	枯死	-	-	-	-	-
1	ミネカエデ	2.0	生存	生存	生存	生存	不明	不明
2	ダケカンバ	6.0	枯死	-	-	-	-	-
3	コシアブラ	4.0	枯死	-	-	-	-	-
4	タカネザクラ	4.5	生存	衰弱	衰弱	生存	生存	生存
5	ダケカンバ	5.0	生存	枯死	-	-	-	-
8	ダケカンバ	4.0	生存	生存	枯死	-	-	-
9	ブナ	5.0	枯死	-	-	-	-	-
24	ダケカンバ	6.5	枯死	-	-	-	-	-
27	ダケカンバ	6.0	枯死	-	-	-	-	-
39	ブナ	7.0	枯死	-	-	-	-	-
42	ナナカマド	4.5	枯死	-	-	-	-	-
67	アオモリトドマツ	4.0	枯死	-	-	-	-	-
70	ミネカエデ	4.0	枯死	-	-	-	-	-
95	ミネカエデ	4.0	枯死	-	-	-	-	-
96	ミネカエデ	4.0	生存	衰弱	枯死	-	-	-



写真 6-3 種子の発芽試験に用いたアオモリトドマツの種子採集状況（1998年10月）

6.2 チシマザサ根株埋戻し工

チシマザサ根株の埋戻し工は、表土が付着した状態ではぎ取られたチシマザサの根株を手作業で埋め戻す処理であった。

多くのチシマザサの根株は、バックホウで掘り起こされたためかなりの損傷を受け、反転したものや土に埋もれたもの、裸出状態になっていたものなど、さまざまな状況であった。さらに9ヵ月間、放置されていたためかなり衰弱していたと考えられた。そのため、埋め戻しには根系と土が密着し、乾燥しないように丁寧に根踏みをおこなった。その結果、2～3年が経過した後、チシマザサは地下茎を伸長させ、新たな稈を多数発生させた。それらの稈は2006年現在、高さ1.5～2mとなっている。いずれにしろ、チシマザサ根株の埋め戻しは有効な措置であった。

6.3 アオモリトドマツ種子播種復元工

当該地域は国立公園第一種特別地域であるため、植生を復元する方法としてできる限り人為を加えない方法が必要とされる。その方法として、



写真 6-4 種子の発芽試験に用いたアオモリトドマツの球果や種子など（1998年10月）

周囲に生育する樹木からの上方や側方天然下種更新、萌芽更新、むかご更新・伏条更新、走条更新などの増殖方式があり、それ以外に挿し木などを用いることもある。

ここでは、当該地域で採集することが可能なアオモリトドマツの種子を用いた播種試験について述べる。

(1) 種子の採種

木本植物には種子が隔年に結実する樹種が多種ある。また、草本植物でも多年生のものにまれにみられる。いずれも栄養状態や周囲の環境によって生じる場合もあるが、遺伝的な性質となっている植物が多い。特にブナ、アオモリトドマツ、ゴヨウマツ、ハイマツなどの野生種では毎年、開花・結実することはなく、数年度に一度、結実することが知られている。同様にスギ、ヒノキ、サワラ、アカマツ、クロマツなどの品種改良されている園芸品種や植栽木として利用されている樹種にも隔年結実がみられる。そのため、植生復元に使用するアオモリトドマツの種子が、毎年得られる可能はほとんどない。

植生復元工が開始された1996年、1997年、当該地域や周辺地域においてアオモリトドマツは開花結実しなかったため、種子を得ることができなかった。しかし、1998年、球果の着果が観察さ

表6-2 ガラス室におけるアオモリトドマツの発芽試験結果

観察日 経過日数		7/7	7/8	7/9	7/10	7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	7/27	8/9	8/23	9/7	9/27	合計
母樹A 鹿沼土	発芽数	0	0	0	0	2	1	3	3	4	0	0	1	1	0	7	1	0	2	25
	生存数	-	-	-	-	2	3	6	8	12	12	12	13	14	14	18	19	18	16	-
	枯死数	-	-	-	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4	9
母樹A 黒土	発芽数	0	0	0	2	1	2	1	3	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	14
	生存数	-	-	-	2	3	5	6	6	6	6	6	6	6	7	9	6	7	6	-
	枯死数	-	-	-	-	-	-	-	3	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	8
母樹B 鹿沼土	発芽数	0	0	0	2	5	3	2	6	3	0	0	1	4	0	3	0	1	0	30
	生存数	-	-	-	2	7	10	12	17	20	20	20	21	25	24	27	22	20	18	-
	枯死数	-	-	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	3	2	12
母樹B 黒土	発芽数	1	1	2	5	5	3	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	24
	生存数	1	1	4	9	14	17	19	20	20	20	20	23	23	23	23	23	23	19	-
	枯死数	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
合計	発芽数	1	1	2	9	13	9	8	14	7	0	0	5	5	1	13	1	2	2	93

れたため、種子による植生復元に関する実験を開始することとなった。

種子は1998年10月9日、晴天のもとで採種された(写真6-3)。当日、幹にはしごを掛けて登り、裂けて開く直前の成熟した球果を取り、バケツ内で球果から種子をはずし、夾雑物などを除去し、優良な種子だけを精選した(写真6-4)。

なお、種子は2本の母樹から採集し、母樹Aと母樹Bに区別してガラス室の発芽試験用に必要量を保存した。また、残った種子はよく混合して同日、直ちに現地播種試験を開始した。

(2) ガラス室における発芽試験

① 試験方法

採集された種子は1999年6月19日の試験開始まで、冷暗所に保管した。試験の条件は次のようであった。

- ・試験地：岩手県岩手郡滝沢村篠木字芋桶沢(標高250m)にあるほ場のガラス室
- ・容器：市販のイチゴパック
- ・発芽培地：良くかくはんして混合した混合用土(容積比率)を2種類、準備した。
用土イ(雑菌が少ない用土)：鹿沼土1，細切ピートモス1，もみがら燻炭1。
用土ロ(雑菌を含む用土)：黒土(火山灰性畑

土)1，もみがら燻炭1，細切堆肥1

- ・管理：用土は湿った程度に維持し、乾いた時に適宜、灌水した。温度管理は特別おこなわず、自然換気として野外の温度に近づけた。
- ・種子：母樹Aと母樹Bからそれぞれ採種した種子を用いた。

発芽試験は用土と母樹の違いによって2因子×2因子の組み合わせ試験を設定した。種子は1区あたり50粒とし、合計200粒を播き、見えなくなるまで覆土した。

② 試験結果

種子が発芽するためには準備時間が必要で、普通の状態では十分な水分と適度な温度が必要となる。この準備期間はアカマツ、クロマツ、スギ、ヒノキなどでは10日前後といわれているが、今回、アオモリトドマツでは18～22日であった(表6-2)。

その後、新たに発芽した種子数、枯死した稚苗数を数えた。新たな発芽が認められなくなった時点で試験を終了したが、最短は4区(母樹B+用土ロ)の31日目、最長は1区(母樹A+用土イ)の91日目であった(写真6-5)。

用土の違いによる発芽率は黒土にくらべて鹿沼土が高く、雑菌が少ない方が良いことが証明された。また、母樹Bは母樹Aにくらべて発芽率が15%高く、母樹間の相違が認められた。全発芽数は200

表 6-3 現地におけるアオモリトドマツの発芽試験結果

方形区	1999年7月	1999年9月	2000年	2002年	2004年	2005年	2006年
No. 1	12	9	1	1	8	3	3
No. 2	13	11	8	5	9	9	8
No. 3	5	5	1	1	0	0	0
No. 4	18	17	14	13	13	13	13
No. 5	10	10	6	5	0	0	0

粒に対して93粒(発芽率46.5%)となった。これは次の現地播種試験結果の8倍以上の成績であった。また、91日目の生存数は59本で、枯死数は34本であった。

なお、本試験では1回の反復しかできなかったため、統計処理による有意差検定はできなかった。

(3) 現地における播種試験

ガラス室においておこなった発芽試験では50%近い発芽率が得られた。しかし、現地で同程度の発芽率を得られる保証はないため、試験的に現地において小規模な種子播種試験をおこなった。

① 試験方法

1998年10月9日種子を採種し、同日、播種試験区を設定して種子を播いた。

播種試験区は5カ所、1m×1mの区画を設定し、



写真 6-5 現地における播種試験の様子

踏み荒らされないように杭を四隅に打ち、ロープをはった。地表面は、それまで敷かれていたわらを取り除き、表土を深さ2cmほど小さくまででかき起こし、軟らかくほぐした。さらに表面をならしてほ場における播種床のように板で軽くたたき、床固めした。アオモリトドマツの種子は1カ所、200粒をできるだけ均等に播種した(写真6-6)。その上に準備した表土を種子がみえなくなる程度の厚さに覆土し、取り除いたわらをすき間がないように敷き詰めた。さらにわらの上に縄や木の枝を置き、風に飛ばされないようにした。

② 試験結果

発芽数の確認は1999年7月28日から始まり、毎年、夏季に観察をおこなった。そのため、データは発芽数ではなく、観察時の稚苗生存数ということになる。特に1999年のデータは発芽と



鹿沼土 黒土
1999年9月17日の苗の状態

写真 6-6 ガラス室において発芽したアオモリトドマツの稚苗(1997年9月17日)

融雪の時期の関係から、正確な発芽率を推定することは困難であった。

1999年7月の時点で総播種数1000粒に対して稚苗数は58個体で、仮に枯死がなかったとすると発芽率は5.8%となる(表6-3)。この稚苗数を基準にし、その後、発芽しなかったと仮定すると、稚苗の生存率は2000年で51.7%、2002年で43.1%と推移したが、2004年に生存数が7本(No.1)と4本(No.2)が増加した。これは土壤中に保存されていた種子が遅れて発芽した場合と、新たに種子が侵入して発芽した場合が考えられた。前者に関してはイチイやハイマツに知られている現象であるため、アオモリトドマツにも同様の性質があるとも考えられるが検討を要する。後者に関しては周囲のアオモリトドマツの開花結実の観察をお

表6-4 現地におけるアオモリトドマツ稚苗の成長過程

個体番号	2005年	2006年	年成長量
No.1 a	4	6	2
	10	15	5
	8	10	2
No.2 a	9	10	1
	12	6	6
	9	7	2
	4	6	2
	9	11	2
	10	11	1
	6	7	1
	7	不明	不明
	6	10	4
No.3 a	15	15	0
	10	10	0
	10	11	1
	6	6	0
	9	10	1
	15	15	0
	6	8	2
	2	8	1
	8	9	1
	8	10	2
	9	11	2
	15	15	0
	8	8	0



写真6-7 現地播種試験区で確認された稚苗

こなっていなかったため、明らかなことはいえない。

今回の現地での発芽試験では発芽率5.8%と非常に低く、ガラス室における発芽試験にくらべて8分の1であった。現地は発芽条件が非常に厳しい立地であったため、予想される結果であった。特に発芽時期と融雪時期が重なることが考えられ、たとえ発芽しても早期に流出、枯死してしまう可能性は高い。したがって、播種復元工をおこなう場合、播種する時期を十分に配慮する必要がある。

③ 稚苗の成長

播種試験をおこなったNo.1, No.2, No.4で稚苗の高さを2005年と2006年に測定した(表6-4)。稚苗の高さは4~15cmの範囲にあったが、発芽後、6年を経過しており、初期成長がきわめて不良であることが示された(写真6-7)。このような結果となった原因は土壌の物理性が不良であったこと、土壌中の栄養分が少なかったことなどを挙げるができるが、積雪との関係も大きくかわっていると考えられる。

以上のことから、現地でのアオモリトドマツの自然発芽は、植生回復の初期に顕著に関与していないことがわかる。

6.4 自生植物による植生復元の試み

問題となった自然破壊地の復元には、自生種を含め人為的な緑化はおこなわなかったが、今回の調査対象地につながる既設「一般県道雫石東八幡平線」の網張側および松川側双方の終点付近には、自然破壊以前から工事が中断していたため、放置された工事途中の裸地法面が広く存在していた(写真6-8)。これをそのままにしておくのは防災の面はもちろんのこと、景観の面でも好ましくないため、緑化すべきとされる意見が以前から出されていた。しかし、現地は自然破壊地とは異なるため、本報告とは直接関係しないが、参考のために付帯して記述することとする。

裸地法面がある現地は国立公園区域内にあり、緑化に関しては「自然公園における法面緑化基準」にのっとった自然植生による緑化が求められた。

そのため、自然植生とは郷土植物と読み替え、現地に生育する自生植物を用いた緑化を進めた。その方法は専門書ではいくつか提案され、裸地法面を稲わら(ムシロ)で被覆して周辺から採取した種子を播く方法、枝条・根株を地中に挿し込む方法が最も確実で、安価でもあるため、一般的といえる。

ここでは、現地で実際に試したムシロ張工(写真6-9)による実播工の仕組み(種子採取—種子調整—種子と焼土を混合—法面にわらを被覆して播種)を説明する。

(1) 種子採取

荒廃裸地面の緑化に用いる自生植物は、対象地の近くに自生する植物の中で、施工地の立地条件と類似する場所(陽当たりや養分条件など)に生育するものが適当とされている。一般的には陽当



写真6-8 試験施工した網張側工事終点の状況(2004年10月)



写真6-9 同上箇所のムシロ張・実播種試験を施工した直後の状況(2004年10月)



写真6-10 自生するヤマハハコ



写真6-11 自生するヨツバヒヨドリ

たりが良く、やせ地や乾燥しやすい立地条件に耐えられる植物が適している。さらに種子を多数採取することができる植物がよいとされている。

この現場で種子を採取できた適切な植物はヤマハハコ(写真6-10)、ヨツバヒヨドリ(写真6-11)、ゴマナ(写真6-12)、ノコンギクなどであった。採取した場所は既存の道路の路傍や法面などで、採取時期は10月初旬から中旬であった。もちろん、これら以外に緑化用に適した植物は、採取場所を拡大することによって選択可能な種数は多くなる。

(2) 種子の調整

種子を採取する場合、枯れ葉や茎、そのほかの雑物が混ざることから、これらを除去しなければ

ならない。ただし、^(注)しいなや種子付属物などの雑物や、対象となる植物以外の種子も混在することが普通であるので、純度100%の種子を取り出すのはきわめて困難である。したがって、使用に支障のない程度に雑物を除去すればよいことになる。

今回の緑化に際しては、乾燥した種子を付着する枯れた植物体の上部を採取し、土間に敷いた新聞紙の上に広げた(写真6-13)。これらから人手により雑物を除去した。



写真6-12 自生するゴマナ



写真6-13 現場近くで採取した種子を含む植物体上部

(注) 植物の種子で、胚や胚乳が全く発達しなかったり、発育の途中で乾燥したり、委縮して熟成しなかったもの。



写真 6-14 特製の種子土



写真 6-15 裸地荒廃面を被覆するムシロ張工

(3) 種子と焼土との混合

播種する際、単一種よりも複数の植物の種子を混合することが一般におこなわれている。その種組成や混合割合は、対象地の環境条件や緑化の目標などを総合的に判断して決定すべきものといえる。しかし、実際に入手できる種子は限られている場合が多く、さらに種子を裸地面に播種する際、種子だけでは一様に散布することは難しく、風で吹き飛ばされて定着しないなどの問題が生ずる。

今回、種子を播種する際の問題点を解決するために、種子に焼土や砂を混合させた特性の種子土(写真6-14)を作製した。この種子土の作製手順は次のようであった。まず、耕地雑草や低地植物の種子が死滅するように、土を鉄板の上で高温処理をおこなった。その土を厚さ2cmに敷きなら

し、土が見えなくなる程度に種子をかぶせ、さらにその上に土を2cm程度敷きならす。この作業を繰り返して所定の厚さにする。そしてこの土を良く混合することで作業を終了させた。

(4) 法面に稲わらを敷く

裸地面に種子を播いても、風雨で飛散や流出する可能性が高く、また、乾燥によって種子発芽が不良になることが多い。これらをあらかじめ防ぐためには、稲わら伏せやわらムシロ張工が有効とされている。その方法は稲わらを敷いて金網で抑える工法が広く用いられているが、傾斜面では労力的な負担が大きいためムシロ張工が採用されている。今回はわらムシロで裸地面を覆い、シバ張り用の竹ぐしで固定する方法を用いた(写真6-15)。



写真 6-16 緑化試験工の成績(網張側工事終点の現況: 2006年10月)

(5) 播種

ムシロ張工での播種方法には、裸地面に最初に播種する方法とわらムシロを張った後に播種する方法がある。いずれも場合も種子の発芽などに大きな差異は生じないが、前者の方法ではムシロを張る際に施工面を乱してしまうことがあるため、後者の方法が良いとされる。なお、基肥を施す必要があるため、粒状化成肥料などを事前に散布するか、播種と同時に散布するとよい。

なお、種子と土を混合して作製した種子土を用いた場合、土色によって散布した範囲が判然とするため、種子を対象地にほぼ一様に播種することができる利点がある。また、種子を採取した当年におこなう取り播きは、発芽率を低下させない方法といえる。特に晩秋に播種することによって種子は冬期間に現場の雪の下で十分な水分と寒さを受けて、発芽に必要な条件を満たすことができ、融雪直後にすみやかに発芽することになる。一方、翌春に播種する場合、冬期間の保存状態によっては発芽率が低下する上、発芽の時期が一ヵ月以上

遅れる。

(6) そのほかの注意事項

緑化対象となる法面は急斜面である場合が多く、傾斜角度によって播種方法を替える必要がある。傾斜角度が45°まではムシロ張工が容易で有効な方法であるが、傾斜角度60°以上の場合、ムシロを二重に張り、後日、追播する必要が生じる。

(7) 施工後の緑化成績

2004年10月に施工した網張側工事終点の試験施工地において、2年が経過した2006年秋、植被率は60%程度に達し、おおむね緑化が成功していると判断できた(写真6-16)。しかし、全面の緑化までには至っていない。これは在来種の草本を利用したこと、土壌条件が不良であったことなどに関係している。そのため、植物の育成のために追肥する必要があることを本試験の結果から示唆された。

7 簡易土木工法

ここでは、植生が回復し、豪雨や融雪時に侵食が発生しなくなるまでの間、地表を保護することを目的として施行された簡易土木工法を改めて紹介する。植生回復の過程で観察された結果から、これらの工法は大きな効果があったと判断された。

7.1 わら被覆工

裸地になっていた区域にはすべて稲わらを敷き詰め、わら縄で押さえた(写真7-1)。この工事は地表面の侵食防止と保温・保湿の面から植生回復に大きな効果を上げた。特に周囲から侵入した種子からの植生回復(ダケカンバ、イブキゼリモドキ、ヤマハハコなど)、土壌中に生存していた種子からの植生回復(ミヤマカンスゲ、ベニバナイチゴなど)、地上茎の伸長による植生回復(ゴヨウイチゴなど)、地下茎の伸長による植生回復(チシマザサなど)のいずれのタイプにも適応できた。

当初の被覆厚は下の土が見えるか見えない程度で、やや薄目の被覆とした。このため、敷き詰められたわらは2~3年で分解・消失した。これに対して整備済み道路の法面では、わらは長期間残っている。このことは当該地域が寒冷な高地にあ

るにもかかわらず、表土が存在することから微生物の活性が高いことによる。

当初の復旧工事終了から2年後、1998年に160㎡の範囲にわたって追加の被覆工をおこなった。これは自然分解によってわらが消失したためではなく、雨水によってわらが流失したためであった。この現象は1999年の雨中の現地調査によって明らかとなった。

つまり、雨水はそのまま分散して流れていくのではなく、わずかな凹地に集中し、そのような場所のわらが消失した。これは大雨の後のわらの形態変化から推測することができた。以上のことから、水が集中する場所ではわらの被覆量を増して厚くし、割竹を用いて強く押さえるようにした。その結果、わらの流失はなくなり、長期間にわたって裸地であった場所も植物が定着するようになった。

このように、緩斜面で雨水が集中することのない場所ではわら被覆の厚さは薄く、押さえはわら縄でよかった。一方、地表流が集中し流れ下るような場所では、わらの被覆は厚くし、竹や木を使ってしっかりと押さえなければならない。このような場所の判定は、大雨の時に現地を観察することによって行なった。



写真7-1 わら被覆工



写真7-2 土留工

7.2 土留工（丸太杭工）

直径7～10 cmのスギ丸太を等高線に沿ってすき間なく打ち込んだ土留工(写真7-2, 3)は急斜面において効果を発揮したが、緩斜面ではわら被覆工だけでも十分であった。しかし、どのような状態の場所に土留工をする必要があるのか、どのような場所ではそれが不必要であるのかを判断するのは施行前では難しい。そのため、安価で容易に施工することができる土留工は、可能な限り実行することが望ましい。

しかし、水が集中して流下する場所では土留工だけでは不十分で、洗掘がおこることを防ぐために水みちに厚くわらを被覆し、しっかりと保護する必要がある。なお、スギ丸太は防腐処理を施さなかったが、寒冷な高地のため、10年が経過した時点でもほとんど腐食していない。

7.3 水路工

水路工(写真7-4)は主として長い斜面を横断して設置し、斜面を流下する水を木製板で造った溝に集め、チシマザサ密生地に誘導して分散・浸透させる役割を持たせた。

この機能は雨の日の観察によって確認され、設置の目的を十分に果たしていた。しかし、水路に落葉や枯れ枝などが詰まっていた場所では水はあふれ、斜面を流下していた。主に落葉が終了する

初冬、水路に落ちた落葉・枯枝等ゴミを取り出す必要がある。

7.4 片面水路工

水路工はほかの工法にくらべて人手がかかり高価となるため、簡易で安価な工法を後に追加した。その工法が片面水路工で、水路工を設けるほどではないが流水のある斜面に板を1枚立てかけて水の流下を遮断し、側方の安定したチシマザサ密生地に誘導する方式である(写真7-5)。簡易構造であるが、板の下から水が漏れることがないように施行すれば十分な効果をあげることが確認された。

7.5 土留柵工

事故発生時、問題のバックホウが斜面を横に移動した際、斜面上部側面の土層が掘削されたため、高さ50 cm程度の垂直な壁ができた。この壁を元のような地形に戻すためには重機などを導入する必要があったがそれをさげ、現状のままとした。そのため、壁が崩壊ないように土留柵工を施行した(写真7-6, 7)。1996年に丸太を打ち込み、真竹材を並べて土留柵としたが、6年後の2002年に竹材を更新した。しかし、スギ丸太は当初の強度を持続し交換の必要はなく、そのままとした。今後、植生の回復はさらに進むと考えられるので、施工した竹やスギ丸太の更新は不要と考えられる。



写真7-3 土留工



写真7-4 水路工



写真 7-5 片面板水路工



写真 7-6 土留柵工



写真 7-7 土留柵工

