

長野冬季五輪において試みられた緑化対策のモニタリング —表土復元後の植生変化を中心として—

尾関雅章^{*}・井田秀行^{*, **}

長野冬季五輪の会場やその周辺工事においては、周辺自然環境の速やかな復元の見地から、施工時に発生した表土を用いた「表土復元」による法面緑化のほか、「幼苗植栽」、「巨石積」などが実施された。これらの緑化対策について、施工後の植生変化過程に関する調査事例を蓄積するとともに、その効果を検討することを目的として植生調査を行った。表土復元については、施工地に定置枠を設けて、毎年同時期に植生調査を行ったが、いずれの調査地においても、施工後の年数の経過につれて植被率、植物群落高が増加する傾向にあった。また、施工直後から多年生草本もしくは木本植物の優占する場合も認められた。これらのことから、今回の表土復元施工地では、二次遷移で観察されるススキなどイネ科多年生草本の優占する植物群落や低木群落への植生変化が、比較的早期に生じたことが示された。

キーワード：表土復元、埋土種子、幼苗植栽、巨石積、モニタリング。

はじめに

道路をふくむ各種の建設事業では、盛土法面や切土法面が多数造成される。法面の緑化は元来、この造成後の法面の降雨や凍結融解作用による浸食を防止することを目的として行われてきた。したがって、法面の緑化工では、その目的に即し、より早期に植物による法面の被覆を達成するため、“急速緑化工法”を含む様々な工法が開発されてきた（小橋 1992）。急速緑化工では法面を急速に被覆する植物として、均質な種子の多量入手可能な外国産牧草類が主として選定されたほか、いわゆる「郷土・在来草本類」やヤマハギ、ヤシャブシなどの木本植物の利用も行われた。しかし、このような工法の利用増加にともない、「郷土・在来草本類」等の国内採種が困難となり、国外で採種された「郷土・在来草本類」が緑化工に用いられる事態も生じたとされる（中野 2000）。

近年、法面緑化を含む緑化工法には、景観や植生

の復元法としての役割が求められるほか、生物多様性保全の観点から、他地域から植物を導入しない工法も必要とされるようになってきた（星子 1999、鷺谷 2000）。この、他地域から植物を導入しない緑化工法のなかで、表土中の埋土種子（土壌シードバンク）を用いた手法は、生物多様性保全に配慮した手法の一つとして、現在各種の事業において注目されている。

長野冬季五輪の会場やその周辺工事においては、自然保護検討会議の提言、検討をもとに、種々の環境へ配慮した対策が行われた。具体的な対策としては、造成にともない発生する自然石を積み上げる「巨石積み」による法面擁壁工（以下、巨石積）のほか、緑化対策として施工時に発生した表土を保管し、法面形成後に蒔き出す「表土復元」による法面緑化（以下、表土復元）や、「表土復元」に施工地の潜在自然植生構成種と考えられる樹木の「幼苗植栽」を加えた緑化工（以下、幼苗植栽）などが実施された。本稿で主として取り上げた表土復元は、表土中の埋

^{*} 長野県自然保護研究所 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

^{**} 現所属：信州大学教育学部付属志賀自然教育研究施設 〒381-0401 下高井郡山ノ内町平穏池ノ平 7148-5

土種子を緑化材料に用いることから、他地域からの植物導入を伴わない緑化工法の一つであり、同時に、これまでの各種の造成事業において利用性の乏しかった表土を、土壌資源として再利用する取り組みの一つとも考えられる。

このような埋土種子を用いた緑化工もしくは植生復元に関する研究事例は徐々に蓄積されつつあるが（たとえば、梅原・永野 1997, 越水ほか 1997, 水澤ら 2000）、一方でまだ、施工後の植生の推移に関しては、他の緑化工法に比較して依然研究事例が乏しい。そこで、本研究では、施工後の法面の植生変化に関する調査事例を蓄積し、その緑化における効果を検討することを目的として、表土復元施工地の植生調査を施工後 4 年間行った。本稿ではその調査結果から表土復元後初期の植生変化について報告するとともに、表土復元と同時期に施工された幼苗植栽、および巨石積後の植生変化についても、ふれることとした。

調査地と方法

表土復元

白馬村に開設されたクロスカントリー競技会場、同じく白馬村の農道 1 号線、および山ノ内町の国道 292 号線と県道奥志賀公園線で表土復元が施工された法面から、施工後 1 年以内の法面計 7ヶ所を調査地（白馬 A~D, 志賀 A~C）とした。それぞれの調査地の標高は、白馬 A~D は 800m, 志賀 A は 820m, 志賀 B は 1370m, 志賀 C は 1670m である。また、建設前の調査地周辺の主な植生は、白馬 A~D ではスギ植林、放棄水田植物群落、コナラ林、志賀 A ではコナラ林、スギ植林、志賀 B ではカラマツ植林、スギ植林、ミズナラ林、シラカンバ林、志賀 C ではダケカンバ林からなる。

表土復元による植生の回復目標はいずれの施工地でも「周辺植生に類似した森林植生」とされ、実際の施工では、建設時に採取、保管した表土を造成後の法面上に厚さ約 10~20cm で蒔き出し、整地がなされた。ただし、各施工地に用いた表土の由来、採取地は必ずしも明確ではない。

表土復元後、表土の流出を防止するため、丸太（現地産材）を用いた土留めが施された場合もあった。

また、志賀地区の一部では表土復元に加え、緑化植物としてヨモギなどの播種が行われた。調査地では志賀 C 周辺でヨモギの播種がなされたとされる（中野建設事務所・大日本コンサルタント株式会社 1999）。なお、撒き出した表土への肥料、土壌改良材の混入は行われなかった。

各調査地において、1m×4m のコドラートを、法面上部に 2 枠、下部に 3 枠の計 5 枠を設置した。調査は、各コドラート内の植被率（%）と出現種ごとの被度（%）、最大自然高（cm）を記録した。調査は 1997 年~2000 年の秋期に行った。

植生調査資料をもとに、各年、各調査地における出現種の優占順位を、沼田・依田(1957)の積算優占度(SDR)を用いて算出した。種組成に関連して、表土復元施工区への帰化植物の出現について検討するため、白馬地区と志賀地区の出現種中の帰化植物種数を Fisher の正確確率検定を用いて比較した。帰化植物および各植物の生活型は、宮脇ほか(1994)に拠った。各調査年の調査測度については、Friedman 検定により年変化の有無を検討した。加えて、緑化の進行と多様度の変化の関係について検討するため、Shannon-Wiener の多様度指数を算出した。なおここで用いた多様度指数は、出現種数が多いほど、また、各出現種の積算優占度が拮抗するほど高い値をとる。さらに、各調査地の生活型組成の変化を把握するため、積算優占度を用いて、各調査地の生活型ごとの優占度比を求めた。

幼苗植栽

長野市の標高約 900~1000m に位置する長野冬季五輪ボブスレー・リュージュ会場では、競技コース造成時に発生した法面への緑化対策として、幼苗植栽を用いた。この対策では、造成後の法面に表土を厚さ約 30cm 程度撒き出し、その表土を稲藁で被覆した上で、樹木の幼苗が植栽された。植栽樹木の選定にあたっては、長野市幼苗植栽技術指針にもとづき、当該地域の潜在自然植生構成樹種と考えられる樹種から、ミズナラ、クリ、コナラ、ウリハダカエデ、ガマズミ、タニウツギ等が選定された。競技会場の現存植生は、カラマツ植林、スギ植林、二次植生の山地帯落葉広葉樹林などで、幼苗植栽は、当該

地域に適した郷土樹種による植生復元を目標として実施された。

調査地は、競技コース内で上記緑化対策の施工年が1994年、1995年、1996年と異なる3ヶ所の法面に定めた(A区、B区、C区)。各法面に高さ2m×幅10mのコドラートを設け、コドラート内の植被率(低木層、草本層、コケ植物)と出現植物とその被度および自然高を記録し、木本植物については、出現した各個体(幹)の地際直径と樹高を測定した。植生調査結果から、出現種の乗算優占度を算出し、出現種の序列関係を検討したほか、木本植物については地際直径から、地基底断面積合計を算出した。

巨石積

山ノ内町の国道292号線と県道奥志賀公園線では、前述の表土復元のほか、巨石積による法面被覆が施工された。この巨石積は、施工地で産する自然石を資源として利用する目的のほか、巨石積により生じる多孔質環境が、生物の生育・生息環境として機能することを期して行われた。

調査地は、県道奥志賀公園線沿いの標高1520mに施工された巨石積の法面とし、巨石積法面への植物の生育状況について把握するため、法面に高さ2m×幅10mのコドラートを設け、コドラート内の出現植物の被度および自然高を記録した。調査は1997年から1998年に行った。調査地周辺の現存植生は、巨石積の直上部は樹木を移植した法面となっており、その外縁は代償植生のダケカンバ群落および自然植生のコマツガ群落等に接している。なお、本調査地には、施工時に緑化植物としてヨモギが播種された。

結果

表土復元

群落構造・多様度指数の変化

1997年から2000年までの4年間の出現種数、植被率、各コドラートの出現植物中で最大の自然植物高の変化について図1に示した。

出現種数は、白馬Aは62種類、白馬Bは114種類、白馬Cは66種類、白馬Dは85種類、志賀Aは87種類、志賀Bは30種類、志賀Cは48種類で、全調査地で計225種類であった。出現種数の変動を

検討すると、白馬Bと志賀Bをのぞいた調査地では同期間で有意な差は認められず、各調査地とも経年変化は顕著ではなかった。

植被率については、白馬D、志賀Cは有意な差は認められなかったが、白馬A、志賀Bは1%水準で、白馬B、C、志賀Cは5%水準で有意な差が認められた。また、変化の傾向としては、いずれの調査地においても、1997年以降増加する傾向を示していた。なかでも白馬D、志賀A、志賀Cでは、2000年までに平均値で約80%に達していた。その他の調査地も、白馬Cで2000年の平均値が28%と低かったほかは、いずれの調査地においても2000年には50%以上に達していた。

植物高については、白馬D、志賀C以外の調査地において5%水準で有意な差が認められた。これらの調査地ではいずれも増加傾向を示しており、白馬B、Dでは1998年以降ほぼ一定の値を示した。

また、同期間のShannon-Wienerの多様度指数(H')は、白馬B、D、志賀A、Cで有意な差($P < 0.05$)が認められたが、白馬A、C、志賀B(1998~2000年)では、統計的に有意な差はみられなかった(図2)。有意な差が認められた調査地における多様度指数の推移は、白馬B、D、志賀Aは調査開始後減少する傾向がみられたほか、志賀Cは、1998年に多様度指数が他の調査年に比較して高い値を示していた。

植生の分類と種組成の変化

調査開始後の各調査地の種組成変化について、積算優占度優占度(SDR2)による植物群落の優占種の推移を表1に示した。調査開始時には、すべての調査地で優占種は異なっていたが、2000年には7調査地中、3調査地(白馬A、B、D)でススキが共通して優占種となった。

白馬A、B、Dは、ススキが優占するほか、ヤマハギ、タニウツギ、スギ、カラマツなどの木本植物およびヨツバヒヨドリ、ゴマナ、ヨモギなどの多年生草本が共通して優占度の上位にみられた。白馬Cは、調査開始時にハイイヌツゲ、リョウブ、ウリハダカエデ、リョウブなどの木本植物が目立ち、1998年~2000年も木本のタニウツギが優占種となった。白馬村の他の調査地で優占種となっているススキに

ついては、優占度の順位が1998年には5位、1999年には7位、2000年には2位と推移した。

志賀 A は、調査開始時には一年草のエノコログサが優占種となったが、1998年～2000年には連続してヤマハギが優占種、ついでススキが高優占度で

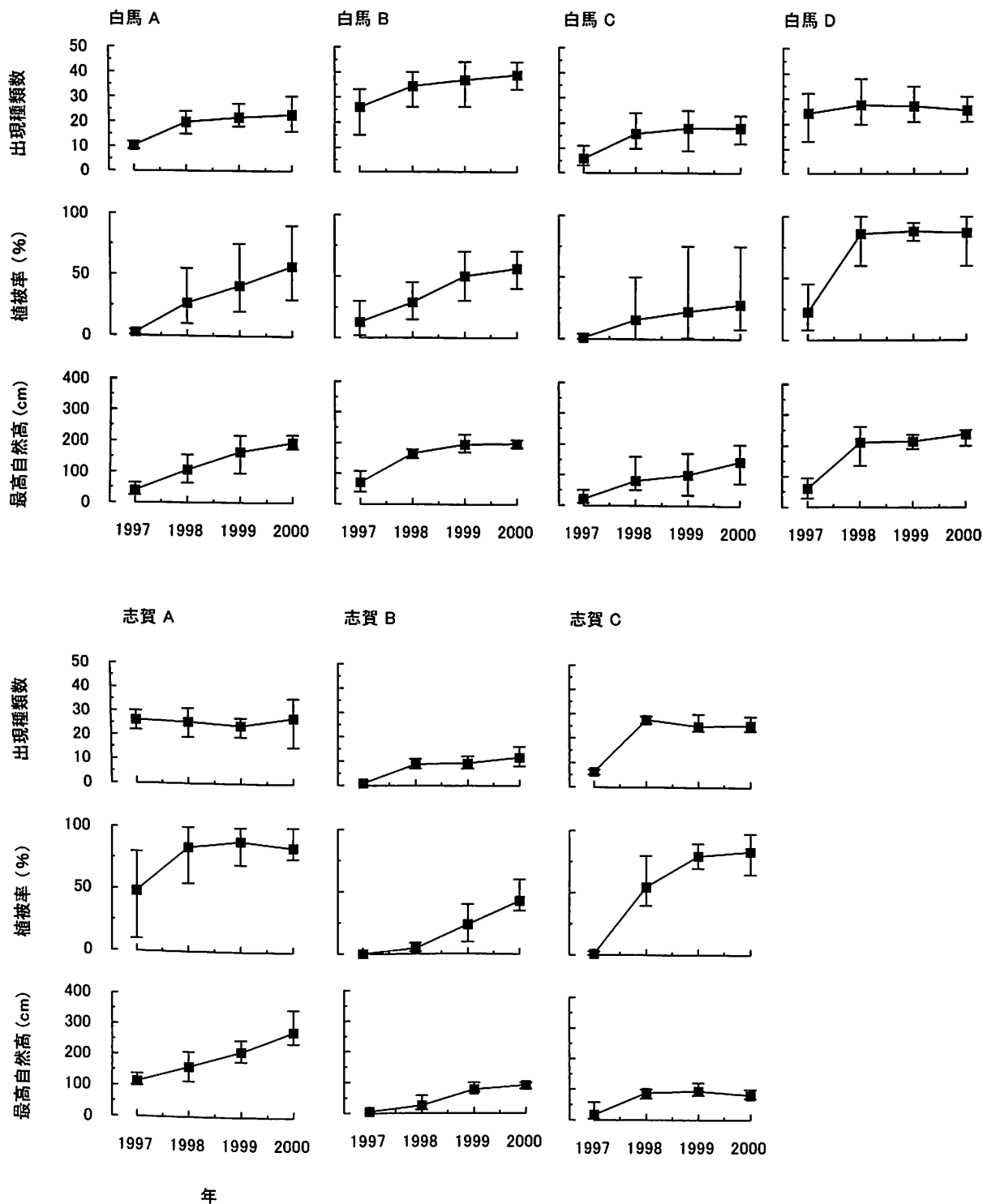


図 1. 調査地の出現種類数、植被率、出現種中でもっとも高かった自然高の推移。5 コドラートの平均値 (■) と最高値および最低値を示す。

表 1. 優占種の推移. 積算優占度 (SDR2) の上位種を抜粋.

白馬 A		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	ヤマドリゼンマイ	100	ススキ	100	ススキ	91	ススキ	100	
2	ゼンマイ	87	ムラサキシキブ	58	ムラサキシキブ	52	ムラサキシキブ	57	
3	ムラサキシキブ	72	アリノトウグサ	37	ヌルデ	46	スギ	47	
4	トリアシショウマ	69	スゲsp.	35	スギ	42	ヤマドリゼンマイ	40	
5	タガネソウ	61	ヤマドリゼンマイ	29	ヤマドリゼンマイ	39	タガネソウ	30	
6	シシガシラ	58	トリアシショウマ	23	ミノボロスゲ	23	アカマツ	28	
7	フジ	35	ヤマハッカ	22	ヨモギ	18	ゼンマイ	24	
8	ミズナラ	29	ミノボロスゲ	21	ヤマハッカ	18	ウリハダカエデ	23	
9	ススキ	28	ヌルデ	21	ゼンマイ	17	ミノボロスゲ	23	
10	ヤマスズメノヒエ	25	ミズナラ	19	ヤクシソウ	16	ヒヨドリバナ	21	

白馬 B		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	タラノキ	64	ススキ	100	ススキ	96	ススキ	98	
2	ウツギ	60	ゴマナ	75	ヤマハギ	75	ヤマハギ	75	
3	ヒメジョオン	60	ヨモギ	63	カリヤス	63	カリヤス	72	
4	ススキ	58	ウツギ	61	ヨモギ	43	ゴマナ	47	
5	タカトウダイ	57	ヤマハギ	60	ゴマナ	35	カラマツ	45	
6	トリアシショウマ	43	ミノボロスゲ	56	ヨツバヒヨドリ	32	タニウツギ	44	
7	ヨツバヒヨドリ	39	アリノトウグサ	56	ミツバツチグリ	28	ヨモギ	44	
8	カリヤス	34	タガネソウ	54	タガネソウ	28	ハンノキ	42	
9	ノイバラ	30	カリヤス	52	サワヒヨドリ	26	ヨツバヒヨドリ	36	
10	オカトラノオ	29	トリアシショウマ	49	トリアシショウマ	25	タカトウダイ	32	

白馬 C		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	ハイイヌツゲ	90	タニウツギ	78	タニウツギ	77	タニウツギ	80	
2	リュウブ	75	リュウブ	67	ウリハダカエデ	55	ススキ	74	
3	ウリハダカエデ	75	ハイイヌツゲ	63	リュウブ	55	リュウブ	53	
4	ヤマハギ	60	ウリハダカエデ	60	ハイイヌツゲ	44	ウリハダカエデ	44	
5	コヌカグサ	30	ススキ	42	ヤマハギ	41	ハイイヌツゲ	43	
6	ヤマドリゼンマイ	30	ヤマハギ	38	ヨシ	38	ヤマハギ	37	
7	ユキゲニミツバツツジ	28	ヨモギ	21	ススキ	33	ヨシ	32	
8	ミズナラ	23	ヤマドリゼンマイ	19	オカトラノオ	27	ヌルデ	27	
9	コシアブラ	22	フキ	18	ヒメジョオン	25	ヒヨドリバナ	26	
10	ヤマウルシ	18	ヌルデ	16	ヨモギ	24	ゴマナ	24	

白馬 D		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	イグサ	82	ススキ	71	ススキ	100	ススキ	100	
2	ヤマモミジ	71	タケニグサ	64	クマイチゴ	72	クマイチゴ	74	
3	ミノボロスゲ	62	イグサ	64	ヤマハギ	57	カラマツ	73	
4	タケニグサ	61	クマイチゴ	64	カラマツ	55	ウダイカンバ	65	
5	ミツバツチグリ	60	アブラガヤ	58	タニウツギ	51	タニウツギ	45	
6	ヨツバヒヨドリ	60	ヨツバヒヨドリ	52	イグサ	47	ヤマモミジ	45	
7	クマイチゴ	56	タニウツギ	51	タケニグサ	45	タケニグサ	44	
8	コヌカグサ	37	カラマツ	45	パッコヤナギ	44	イグサ	43	
9	ススキ	37	パッコヤナギ	40	ウダイカンバ	41	ヤマハギ	41	
10	タニウツギ	30	ヤマニガナ	40	ヨツバヒヨドリ	39	ヨツバヒヨドリ	36	

志賀 A		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	エノコログサ	58	ヤマハギ	100	ヤマハギ	96	ヤマハギ	83	
2	メマツヨイグサ	54	ススキ	73	ススキ	90	ススキ	75	
3	シロツメクサ	48	ヤブメ	63	カラマツ	75	パッコヤナギ	64	
4	ヒメジョオン	48	カラマツ	57	ヤブメ	70	カラマツ	63	
5	ススキ	39	モミジイチゴ	51	パッコヤナギ	59	イヌコリヤナギ	47	
6	モミジイチゴ	39	ヒメジョオン	49	イヌコリヤナギ	55	ヤシヤブシ	34	
7	ヤマハギ	38	イヌコリヤナギ	48	メドハギ	45	ヨモギ	33	
8	イヌコリヤナギ	37	コヌカグサ	41	モミジイチゴ	45	モミジイチゴ	27	
9	チヂミザサ	37	ヨモギ	38	ヨモギ	39	メドハギ	27	
10	アキノノゲシ	34	ヒメムカシヨモギ	35	コヌカグサ	38	ヤブメ	25	

志賀 B		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	ウツギ	100	ウツギ	100	ヨモギ	85	ウツギ	100	
2			カモガヤ	70	ウツギ	80	クマイチゴ	95	
3			セイヨウタンポポ	67	ヒメスイバ	65	ヨモギ	90	
4			メマツヨイグサ	63	クマイチゴ	63	ヤシヤブシ	78	
5			シロツメクサ	61	オオバコ	58	メマツヨイグサ	75	
6			ヨモギ	61	ヤマニガナ	51	ムラサキツメクサ	70	
7			ヒメスイバ	60	イヌタデ	42	コヌカグサ	70	
8			スギナ	59	ススキ	36	カモガヤ	51	
9			オオバコ	58	ゴマナ	36	ヒロードモウズイカ	36	
10			ヤシヤブシ	57	メマツヨイグサ	32	ススキ	36	

志賀 C		1997		1998		1999		2000	
	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	出現種	SDR	
1	ヨモギ	100	イネ科sp. 1	83	コヌカグサ	75	コヌカグサ	73	
2	ゴマナ	59	アザミsp.	55	ヤマニガナ	63	コウゾリナ	67	
3	スギナ	57	ヤマニガナ	53	ヨモギ	59	ヨモギ	62	
4	スゲsp.	55	ヨモギ	53	アザミsp.	51	ゴマナ	57	
5	フキ	55	メマツヨイグサ	53	メマツヨイグサ	50	カモジグサ	49	
6	イヌタデ	54	ヒメジョオン	45	ヤマハハコ	50	オニアザミ	48	
7	アザミsp.	53	フキ	40	フキ	46	イグサ	42	
8	ヨツバムグラ	52	イグサ	40	ケイタドリ	42	ヨモギsp. 1	38	
9	クマイチゴ	52	タガネソウ	40	イグサ	38	フキ	37	
10	ケイタドリ	52	ヨモギsp. 1	37	ヒメジョオン	38	ヒヨドリバナ	36	

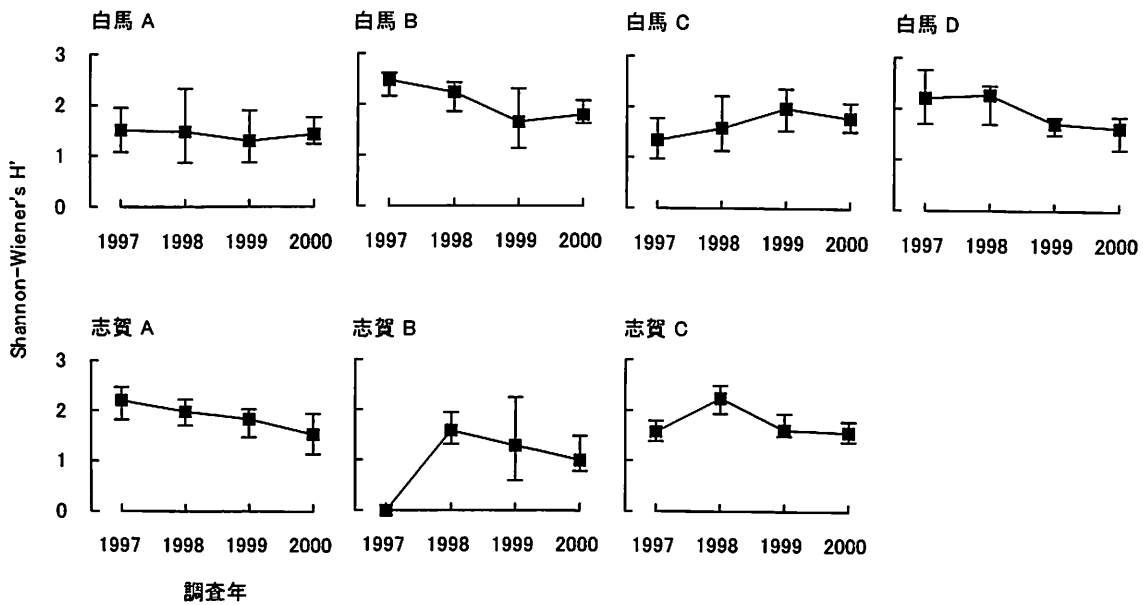


図 2. 調査地の多様度指数の推移. 5 コドラートの平均値 (■) と最高値および最低値を示した.

推移し、2000 年にはバッコヤナギ、カラマツ、イヌコリヤナギ、ヤシャブシ、モミジイチゴなどの木本植物が目立った。志賀 B は、1997 年の調査が表土復元施工直後であったため、ウツギの実生が 1 コドラートで観察されたのみであったが、その後、ウツギ、クマイチゴ、ヤシャブシなどの木本植物とヨモギの優占度が高かった。志賀 C は、調査開始時には、播種起源と考えられるヨモギが優占していたが、1999 年から 2000 年にかけてはコヌカグサが優占種となったほか、コウゾリナ、ヨモギなど多年生草本が優占度の上位にみられ、木本植物は少なかった。ただしコヌカグサの播種の有無については明らかでない。

なお、1997 年から 2000 年までの調査地の全コド

表 2. 白馬地区と志賀地区の調査地に出現した帰化植物種数と帰化率.

年	白馬地区			志賀地区		
	帰化植物種数	総出現種数	帰化率 (%)	帰化植物種数	総出現種数	帰化率 (%)
1997	3	95	3	9	69	13
1998	5	125	4	10	95	11
1999	4	136	3	9	70	13
2000	5	133	4	10	90	11

ラート中、出現頻度のもっとも高かった植物はススキで、以下ヨモギ、スギ、カラマツとなった。

これら種組成において、白馬地区 (A, B, C, D) と志賀地区 (A, B, C) で出現種中の帰化植物について注目すると (表 2), 出現した帰化植物の種類数は、いずれの調査年においても志賀地区の方が高く、両地区の帰化植物の比率には、1997 年は 5% 水準で、1999 年は 1% 水準で有意な差が認められた。

生活型組成の変化

一年生草本、多年生草本、木本植物の相対優占度の変化は、各調査地で異なる傾向を示した (図 3)。

白馬 A, B, D では、調査開始時に多年生草本の相対優占度をもっとも高く、以下木本植物、一年生草本の順となっていた。その後 2000 年までに、白馬 D では、2000 年までに多年生草本と木本植物の相対優占度がほぼ等しくなったが、白馬 A, B では多年生草本の優占度はほぼ同水準で推移していた。白馬 C は、調査開始時より 2000 年まで連続して木本植物の相対優占度が最も高かったが、木本植物の相対優占度の低下にともない、多年生草本の相対優占度は増加した。

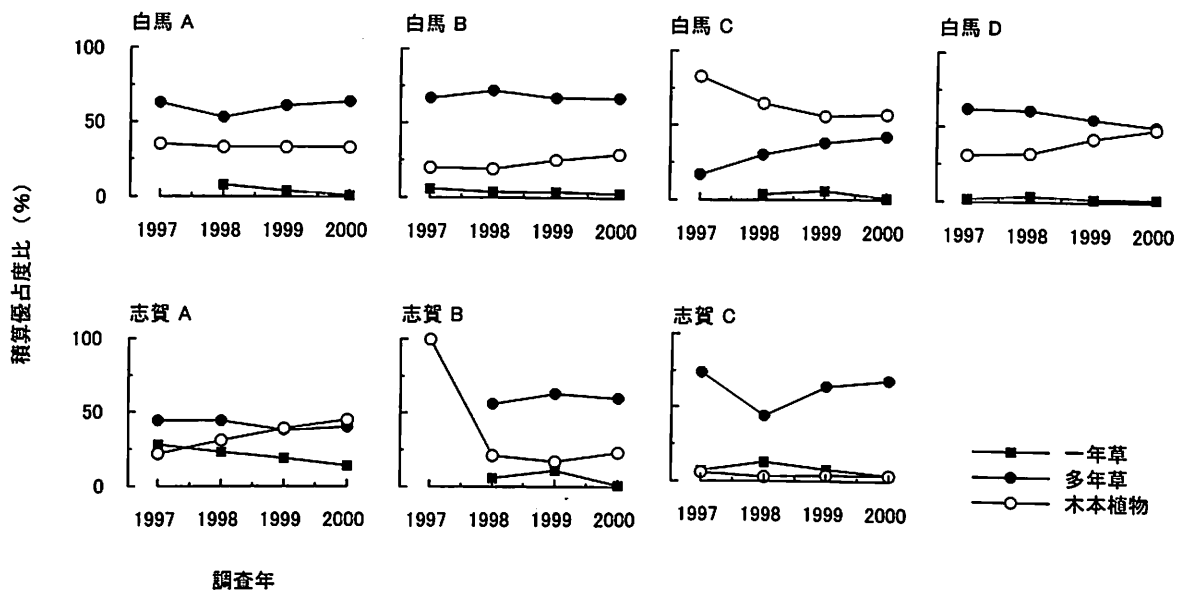


図 3 調査年と生活型別の相対優占度の推移。相対優占度は、生活型別に積算優占度を合計し、調査地の積算優占度の総和に対する比とした。

志賀 A は、調査開始時に多年生草本、一年生草本、木本植物の順に相対優占度が高かったが、2000 年までに一年生草本が低下する一方で木本植物が増加していた。2000 年には木本植物と多年生草本がほぼ同水準となった。志賀 B は、調査開始時には木本植物のウツギのみ出現していたが、翌年の 1998 年以降 2000 年まで、多年生草本の相対優占度が最も高く、以下木本植物、一年背草本の順のまま推移した。志賀 C は、調査開始時より 2000 年まで連続して、多年生草本の相対優占度が最も高く、一年生草本と木本植物の相対優占度は、ほぼ同水準であった。

幼苗植栽・巨石積

施工後の経過年数にともなって出現種数、低木層の植被率、木本植物の基底断面積合計（地際）、最大樹高はいずれも増加傾向を示した。草本層の植被率では施工の翌年は、低木層を上回ったが、施工後 2 年目以降は、低木層の植被率が上回った（図 4）。

調査区で確認された木本植物は、計 22 種類で、植栽起源と考えられるミズナラ、シナノキ、ハルニレ、コナラ、ブナ、ヤマモミジ、ウリハダカエデ、ガマズミ、クリ、トチノキ、ナナカマドなどのほか、

周囲からの散布種子起源もしくは表土中の埋土種子起源と考えられるタニガワハンノキ、バッコヤナギ、シラカンバなども確認された。施工翌年と 2 年目にあたる B 区、C 区では、基底断面積合計からミズナラが優占種となったが、施工後 3 年を経た C 区では、タニガワハンノキが優占し、ついでミズナラとなった。

調査区における緑化植物の播種については、明らかでないが、草本層の出現種の乗算優占度では、施工翌年の C 区ではコヌカグサおよびヨモギが優占し、2 年目にあたる B 区では、ヨモギ、ワラビが優占種となった。施工後 3 年目の C 区では、ヤブマメ、ヨモギやオカトラノオが優占度の上位となった。

巨石積では、調査区内への出現植物種数は、1997 年、1998 年、1999 年に、10 種、16 種、19 種となり施工後の経過年数に応じて、生育する植物種が増加していることが示された。出現種は、播種起源と考えられるヨモギがもっとも多く出現したほか、ヤマハハコ、ヨツバヒヨドリなどの多年生草本とミズナラ、タニウツギ、クマイチゴなどの木本植物が確認された。いずれの出現植物も自然石の隙間に点在

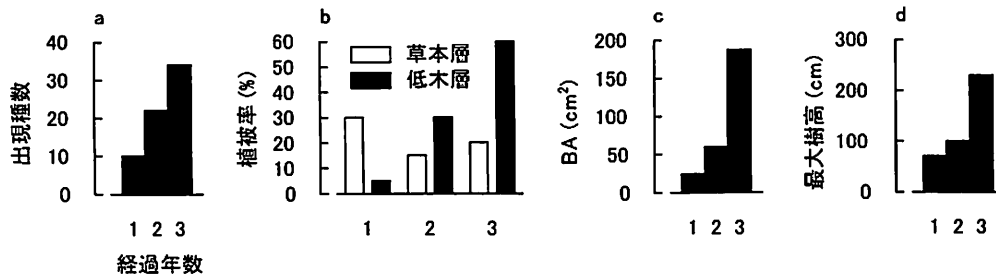


図 4. 幼苗植栽調査地の経過年数にともなう出現種数(a), 植被率(b), 基底断面積合計(c), 最大樹高(d)の変化.

して生育しており、被度はヨモギをのぞき、1%に満たなかった。

考察

ここでは、主に表土復元後の植生の推移について、また表土復元の緑化にもたらした効果について考察する。

表土復元後の植生の変化は、植物遷移の上では二次遷移に相当する。Hayashi (1977)は長野県菅平で行った二次遷移に関する実験的研究で、表土中の埋土種子以外の植物体(根、根茎)を除去した裸地で7年間の植生変化を記録し、順に一年生草本、二年(越年)生草本、広葉多年生草本、イネ科多年生が優占する草本植物群落が出現することを報告した。他地域での調査結果を加え、林(1990)は、冷温帯の中性的立地における二次遷移系列として、これらの草本植生の遷移段階につづき、ヤナギ類およびタニウツギの優占する低木期、さらに第一木本期、第二木本期、極相の遷移段階を提唱した。ただし、草本植生の二次遷移について、広葉多年生草本期、イネ科多年生草本期が順に生じず、立地環境によりそれぞれ異なる遷移系列上に生じる(露崎 1991)など、遷移系列については異なる見解もある。

今回の調査地では、一部をのぞきイネ科多年生草本のススキや低木のヤマハギ、タニウツギが優占していたことから、上述の二次遷移系列でイネ科多年生草本の優占する植物群落や低木期の植物群落に達しつつあるものと考えられる。しかし、今回の調査地では、一年生草本優占植物群落から多年生草本優

占植物群落への推移は明確でなく、施工直後から多年生草本の優占が確認されたコドラートもみられ、ススキやヤマハギの優占にいたるまでの年数も上記の報告に比較して短期間であった。これらのことから、今回調査を行った表土復元施工地では、埋土種子に由来した一年生草本などの出現から二次遷移が進行したのではなく、表土中に残存していた植物の根や根茎などから比較的短期間で多年生草本の優占する植生が形成された可能性が考えられる。なお、調査地ではスギ、カラマツ、タニウツギ、リュウブ、バッコヤナギ、ヤマハギなどの木本植物も施工後早期にみられたが、これらは表土中の埋土種子由来の植物と周辺植生からの種子供給により生じたものと考えられる。

一方、表土復元の法面緑化における効果については、いずれの調査地でも植被率の増加が進行しており、また法面の浸食も大規模に生じていないことから、現在まで一定の効果はあったものと考えられる。また、白馬地区、志賀地区とも帰化率は低く、表土復元により施工地に自生する植物を中心とした植物群落が形成されることも確認された。なお志賀地区の帰化植物率が白馬地区に比較して高かった要因として、志賀地区の調査地がいずれも道路改良により生じた法面であったことから、車道近傍に生育していた帰化植物の埋土種子を含んだ表土が、表土復元に用いられた可能性が考えられる。法面の緑化にあたり、緑化植物の播種が行われた高速道路法面での植生遷移に関する長期的な追跡調査事例では、人為的な草本植生はおよそ10年程度をかけて周囲から侵入した多年生草本植生へ推移しており(亀山

1983), 緑化工上も, 今回の調査地では比較的短期間に多年生草本や木本植物からなる植生に推移したことが確認された. このような表土復元による法面植生の推移の特性については, 細木ほか (2000) による同様の報告もある.

調査地の今後の植生変化については, 現在多年生草本と混生する木本植物の生長による被陰効果が進行し, 徐々にタニウツギやヤマハギ, クマイチゴ, バッコヤナギなどからなる低木植生へ移行するものと考えられる. また調査地の周辺は, 主としてスギ植林, カラマツ植林と山地帯落葉広葉樹林からなり, 現在も一部の調査地ではスギ, カラマツがすでに出現している. しかし, 今回の緑化対策の目標である「周辺植生に一致する森林植生」の形成に関しては, 今後の周辺植生からの種子供給や実生の定着, 現在出現している高木性樹種との競合, また法面植生の人為的管理等を含め, より長期的な追跡調査のもとで検討する必要がある.

おわりに

本稿では, 長野冬季五輪にあたって施された緑化対策等について, 施工後初期の植生変化について報告した. いずれの対策も, 今後より自然環境に配慮した工法を考える上で, その基礎となる先駆的な試みであったと考えられる. 最後に, これらの対策の効果を検討するなかで見いだされた, 施工上の問題点や今後の展望等についてふれる.

表土復元では, 法面に撒き出された表土の採取場所の推定が必ずしも明確ではなかったこと, また表土復元に加えて緑化植物の播種がなされた箇所もあったことなどから, 表土復元の特徴である埋土種子による緑化について十分に検討することが困難な場合があった. また, 今後の表土復元においては, 採取した表土中の埋土種子や植物体の地下部に関する予備調査を実施し, 発生しうる植生を予測した上で, 表土による植生回復により適した施工地への表土の撒き出しを試みる事が望まれる. 幼苗植栽においては, 植栽された樹木の生長過程を詳細に検討する上で, 施工時からの植栽起源の木本植物の識別作業が必要と考えられた. また, 周辺植生からの種子供給による木本植物の定着の効果についても検討する

ために, 施工後の種子散布に関するモニタリングの必要性も考えられた.

法面緑化に対しては, 今後生物多様性保全への配慮のほか, 景観や植生の復元法としての役割や緑地を結ぶ回廊としての機能も期待される. それらの機能実現に適した法面緑化を考えていくためには, 今回ふれた緑化対策にとどまらず, 様々な緑化対策について植生の推移に関する調査事例を蓄積するとともに, 他の生物群集についても法面緑化の果たす機能を明らかにすることやまた緑化の進行にともなう植生管理手法の検討等についても取り組むことが望まれる.

謝辞

本研究をすすめるにあたっては, 多くの方々のご指導, ご協力を得た.

白馬村, 長野市, 長野県の関係機関には現地調査, 資料提供にあたって多大なご協力をいただいた. 信州大学農学部土田研究室の学生諸氏には現地調査の際にご協力いただいた. そして, 志賀高原の自然保護に尽力され, 造成地への表土復元, 巨石積等の工法の先駆的, 積極的な指導者であられた故山本一雄氏には, 表土復元について施工地で貴重なご教示をいただいた. 以上の方々に, 心より感謝申し上げる.

文献

- 梅原 徹・永野正弘 (1997) 「土を撒いて森をつくる!」研究と事業をふりかえって. 保全生態学研究 2: 9-26.
- Hayashi, I. (1977) Secondary succession of herbaceous communities in Japan. Jap. J. Ecol. 27: 191-200.
- 林 一六 (1990) 植生地理学. 大明堂, 東京.
- 星子 隆 (1999) 高速道路法面における木本植物の侵入と種子散布様式に関する研究. 日緑工誌 25: 102-114.
- 細木大輔・米村惣太郎・亀山 章 (2000) 埋土種子を用いて緑化した法面の植生の推移. 日緑工誌 25: 339-344.

- 亀山 章 (1983) 高速道路法面の植生遷移に関する研究. 造園雑誌 47: 52-55.
- 小橋澄治 (1992) 法面緑化. 「環境緑化学 (小橋澄治・村井 宏・亀山 章編)」, pp126-135. 朝倉書店, 東京.
- 越水麻子・荒木佐智子・鷺谷いづみ・日置佳之・田中隆・長田光世 (1997) 土壌シードバンクを用いた谷戸植生復元に関する研究. 保全生態学研究 2: 189-200.
- 水澤 智・中本 学・森本幸裕 (2000) 土壌シードバンクによる低湿地植生復元に関する研究. 日緑工誌 25: 321-326.
- 宮脇・奥田・藤原 (1994) 改訂新版 日本植生便覧. 至文堂, 東京.
- 中野建設事務所・大日本コンサルタント株式会社 (1999) 平成 10 年度 県単調査 (道路改良) 及び委託 志賀ルート環境影響評価に係るモニタリング調査業務報告書.
- 中野裕司 (2000) 切土法面の緑化現場からの郷土種問題. 日緑工誌 26: 92-100.
- 沼田 真・依田恭二 (1957) 人工草地の群落構造と遷移. 日本草地研究会誌 3: 4-11.
- 露崎史朗 (1991) 北海道におけるスキー場植生の現状と推移-地表改変・播種により造成維持されている場合-. 日生態会誌 41: 83-91.
- 鷺谷いづみ (2000) 外来植物の管理. 保全生態学研究 5: 181-185.

Monitoring of Preservation of the Environment in the Olympic Winter Games, Nagano 1998

- Vegetation Changes after the Topsoil Restoration -

Masaaki OZEKI^{*} AND Hideyuki IDA^{**}

^{*} Nagano Nature Conservation Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan

^{**} Present: Institute of Nature Education in Shiga Heights, Faculty of Education, Shinshu University, Shiga-kogen, Yamanouchi-Machi 381-0401, Japan

Key words: Topsoil restoration, Soil seed bank, Planting of seedlings, Stone masonry, Monitoring.