中・四国および近畿地方における自然侵入促進工の植生遷移に関する研究

中村 剛^{*1)}・谷口伸二²⁾・坂巻 央²⁾・藤原宣夫¹⁾

1) 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

2) 日本植生株式会社 NISSHOKU Corporation

摘要: 種子を用いない植生マット工の植生遷移と、自然回復の効果を明らかにすることを目的として、5個所の施工地に7個の調査区を設け、最長7年間の植生調査を継続的に実施した。各調査区は立地により異なった植生遷移を示しつつ、最大57カ月後までに、全体の植被率が50%を越えた。木本の優占度(*DT*)もまた全調査区で調査期間を通じて増加した。生態学的な指標を用いて自然回復の過程を評価したところ、5調査区で出現種数の増加による自然回復の進行が認められたが、多様度指数(*H'*)、周辺植生との類似度(*QS*)と遷移度(*DS*)は、全調査区で継続的増加を示さなかった。施工3~7年後の時点では、周辺植生との質的相違は大きく、自然回復の途上にあると言える。

キーワード: のり面、緑化工、自然侵入促進工、植生マット、自然回復

NAKAMURA, Koh, TANIGUCHI, Shinji, SAKAMAKI, Akira and FUJIWARA, Nobuo: **Succession of plant communities revegetated by promoting natural plant invasion using a vegetation-mat in the Chugoku, Shikoku, and Kinki regions of Japan.**

Abstract: To evaluate revegetation, we established 7 plots. Each plot was set up with a vegetation-mat without seeds. For up to 7 years thereafter, we continuously surveyed the vegetation of each plot. They showed different succession by site condition, at 57 months after establishment, the percentage vegetation cover in all plots were over 50%; furthermore, the dominance of trees (*DT*) had increased. To evaluate the revegetation, we used ecological indices. Based on the increase in the number of emergent species, restoration was deemed to have occurred in 5 plots. However, the *H'* diversity index, quotient of similarity and degree of succession of all plots had not increased continuously, indicating that all the plots were still in the early stages of restoration.

Key words: artificial slope, revegetation work, plant invade promotion method, vegetation-mat, nature restoration

1. はじめに

近年、生物多様性保全の重要性に関する認識が高まり、緑化においては、外来種の使用を避けると共に、地域個体群の遺伝的攪乱に配慮することが求められている。こうした社会的要請を背景に、地域外から植物を持ち込まない各種の緑化手法の実用化が進められている⁶⁾。地域性種苗の安定的な入手が困難な現状において、植物の導入を周辺植生からの種子などの飛来に頼る、自然侵入促進工が普及しつつある。この手法は種子を含まない生育基盤材を吹き付ける方法と、種子を用いない植生マットを張り付ける方法（自然侵入促進型植生マット工）とに大別される¹³⁾。後者の方法は、人力による施工が可能なことから、各地で広く用いられているが⁶⁾、一方で、開発されて未だ歴史が浅いため、施工後の植生遷移に関する既往研究は少なく^{1,10,11,17)}、施工後3年以上の植生遷移を捉えた研究は、栃木県内における実験的施工^{2,3)}を除いて例がない。著者らは自然侵入促進型植生マット工の施工後

の植生遷移を明らかにすることを目的として、中・四国および近畿地方において施工後3~7年経過した実際の施工地を対象に、継続的な植生調査を実施した。着工前の詳細な土壌条件が不明であるため、本研究では、植生調査の結果をもとに、群落構造および種組成の変化を整理するとともに自然侵入促進型植生マットによる自然回復の程度について評価し、土壌を除く立地条件との関連性について考察した。

2. 調査対象とした施工地の概要

本研究は、市販の自然侵入促進型植生マット（商品名：飛来ステーション、日本植生株式会社製）の施工地を対象とした。当該製品は、肥料袋を等間隔に取り付けた繊維網の下面に、肥料と土壌改良資材を装着した薄綿を取り付けた植生マットで、アンカーピンや止め釘を用いて施工のり面の全面に敷設して施工する製品である¹³⁾。本研究では、以下に述べる5個所の施工地（図-1）に計7調査区を設けた。

(1)愛媛県伊予市郊外の山裾に位置する愛媛森林公園内の、

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒708-8652 岡山県津山市高尾 573-1 E-mail : info@nihon-shokusei.co.jp

崩壊地復旧に伴う切土のり面に 1 調査区を設けた（以下、愛媛森林公園）。本調査区はコナラ(*Quercus serrata* Thunb.)の優占する落葉性広葉樹林に覆われた山腹の中腹から下部に至る表層崩壊地で、人力によるのり面整形をした後、自然侵入促進型植生マット（以下、植生マット）が施工された。(2)愛媛県西条市の石鎚山山腹に位置する元山奥地保安林では、崩壊跡地の復旧治山工事として、谷底から兩岸の谷斜面にかけて造成された緩斜面に敷設された植生マット施工地に 1 調査区を設けた（以下、元山奥地保安林）。谷斜面の上部には両側ともミズナラ林が見られる。(3)林道安蔵線は鳥取市河原町河内地内に開設された林道で、2006 年と 2007 年に造成された 2 個所の切土のり面における植生マット施工地に調査区を設けた（以下、林道安蔵線 2006 年区、同 2007 年区）。2006 年区はのり肩側上部にブナ林が位置する。また 2007 年区はのり肩上部にスギ人工林が位置する。(4)市道西陣杉坂線は、京都盆地の北側の山腹に開設された一般道で、複数の切土のり面からなる植生マット施工個所のうち一つを選択して調査区を設けた（以下、西陣杉坂線）。本施工地は尾根から中腹に至る斜長約 33m の多段のり面であり、のり肩には周辺の尾根部で普通なアカマツ林が見られる。(5)高松市の市街地に面した山裾に位置する鶴尾神社に隣接して古墳保護を目的とした大規模な盛土が造成されている。ここでは、造成および植生マットの施工時期が異なる 2 個所の調査区を設けた（以下、鶴尾神社 2010 年区、同 2011 年区）。両調査区の側方には、50m 離れてコナラの優占する二次林が隣接する。以上の各調査区の施工時期および立地条件を表-1 に示す。

3. 調査方法

3.1 植生調査

3.1.1 調査区の調査

各調査区の外周部やギャップを除いた典型的な植生を呈する個所に、調査区の面積に応じ 1~4 個所の標本区を設置した。標本区の寸法は宮脇ら(1967)⁹⁾を参考に、群落高さを一辺とする正方形を標準とした。調査は植物社会学的方法により実施し、標本区に出現した種毎の植被率(%), 高さ(m)と、全体の植被率 (%)および群落高さ(m)を測定した。各標本区から

得られた測定値を平均し、各試験区の解析に供した。種毎の植被率は、7 段階の被度区分で判定した後、百分率被度の中央値(被度 $r \cdot + = 0.1\%$, $1 = 5\%$, $2 = 17.5\%$, $3 = 37.5\%$, $4 = 62.5\%$, $5 = 87.5\%$)によって換算した。

愛媛森林公園では、2008 年 7 月から 2014 年 8 月(施工 90 カ月後)までに計 5 回の調査を、元山奥地保安林では、2010 年 8 月から 2014 年 8 月(施工 57 カ月後)までに計 3 回の調査を実施した。林道安蔵線 2006 年区では、2010 年 8 月と 2014 年 9 月(施工 93 カ月後)に、林道安蔵線 2007 年区では、2010 年 8 月、2012 年 6 月と 2014 年 9 月(施工 81 カ月後)に計 3 回の調査を実施した。西陣杉坂線では、2011 年 7 月から 2014 年 9 月(施工 54 カ月後)までに計 4 回の調査を実施した。鶴尾神社 2010 年区では、2012 年 6 月と 2014 年 10 月(施工 48 カ月後)に、鶴尾神社 2011 年区では、2012 年 6 月、2013 年 9 月と 2014 年 10 月(施工 36 カ月後)に調査を実施した。

3.1.2 周辺植生の調査

調査区に隣接する既存林内に標本区を設け、調査区に設置した標本区と同様の方法で調査した。調査面積は $15\text{m} \times 15\text{m}$ とし、鶴尾神社では 2013 年 6 月に、その他の調査区では 2014 年 8~9 月に調査を実施した。

3.2 解析方法

3.2.1 群落構造の変化

各調査区について、全体の植被率、群落高さ、木本の優占度 DT の各指標によって群落の量的変化を評価した。 DT は木本類の空間的な占有量を示す指数で、出現した木本類の種毎の植被率 C 、樹高 H として、 $DT = \sum (C \cdot H)^{1/2}$ より求めた。

3.2.2 種組成の変化

拡張積算優占度 $E\text{-}SDR_2$ ¹⁸⁾を用いて、各調査区における優占種の変化と個々の種の盛衰をみた。算出には種毎の植被率 C と高さ H を比数として用いた。

3.2.3 自然回復の評価

自然侵入促進工は、周囲からの植物の侵入に任せて¹⁴⁾、周辺の植物群落に調和した植生を再生することを目的とするものである¹⁵⁾。本研究では、再生された植生と周辺植生との調

図-1 調査対象施工地の位置

Fig. 1 Location of the construction sites

表-1 調査区の立地条件と施工年月

Table 1 Outline and the construction date of the study sites

調査区名称	愛媛森林公園	元山奥地保安林	林道安蔵線 2006 年区	林道安蔵線 2007 年区	西陣杉坂線	鶴尾神社 2010 年区	鶴尾神社 2011 年区
所在地	愛媛県伊予郡砥部町七折地内	愛媛県西条市西之川地内	鳥取市河原町河内地内	鳥取市河原町河内地内	京都市北区大宮駅通谷地内	高松市西春日町北山浦地内	高松市西春日町北山浦地内
緯度(N)	33°44' 40.3"	33°45' 57.1"	35°23' 27.4"	35°23' 28.6"	35°03' 34.6"	34°19' 25.3"	34°19' 25.3"
経度(E)	132°45' 00.5"	133°08' 41.8"	134°03' 53.9"	133°04' 00.5"	135°43' 40.8"	134°01' 48.3"	134°01' 48.3"
標高	150 m	1,230 m	780 m	780 m	200 m	50 m	50 m
切土区分	切土(整形)	切土/盛土	切土	切土	切土	盛土	盛土
斜面勾配	1:1.0	1:1.0~1:3.5	1:1.0	1:1.0	1:0.8	1:1.5	1:1.5
斜面方位	西南西	東北東~北北西	北	北西	南南東	南	南
土質	粘性土	礫質土	礫質土	軟岩	軟岩	礫質土	礫質土
施工年月	2007 年 2 月	2009 年 11 月	2008 年 12 月	2007 年 12 月	2010 年 3 月	2010 年 10 月	2011 年 10 月
施工地面積	1,880 m ²	3,500 m ²	180 m ²	750 m ²	5,000 m ²	1,420 m ²	1,350 m ²
周辺植生	コナラ林	ミズナラ林	ブナ林	スギ人工林	アカマツ林	コナラ林	コナラ林
位置関係*	10m-0m	35m-10m	30m-10m	20m-10m	20m-15m	50m-0m	50m-0m

* 位置関係 調査区と周辺植生との位置関係を(水平距離)-(高低差)によって示す。

和を定量的に評価する方法として、森林表土利用工を対象に自然回復の評価を試みた既往研究¹²⁾にならい、経時的な(1)種の多様性の増加、(2)周辺植生への同化、(3)遷移度の増加の3つの観点から、自然侵入促進型植生マット工における自然回復の程度を評価することとした。

種の多様性の評価は、種数 S および Shannon-Wiener の多様度指数 H' ($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$)⁸⁾ によった。このとき、 p_i には種毎の植被率 C と高さ H から求めた相対優占度 RDR_2 を用いた。

周辺植生への同化は、施工地に成立した植生と目標群落である周辺植生との類似度の増加を捉えることにより、自然回復を評価した。類似度には Sørensen の類似係数 QS ⁹⁾ を用いた。

また遷移度 DS を $DS = [(\sum d \cdot l) / S] \cdot v$ ¹⁶⁾ より求めた。このとき、生存年限 l 、優占度 d 、種数 S 、全体の植被率 v とし、生存年限は生活型によって、1~2 年草を 1、多年草を 10、低木を 50、亜高木・高木を 100 とし、優占度には単年度毎に求めた積算優占度 SDR_2 を用いた。

4. 結果と考察

4.1 群落構造の変化

施工地の調査区における、全体の植被率、群落高さ、木本の優占度 DT の経時変化を図-2 に示す。全体の植被率は西陣杉坂線を除く 6 調査区において調査期間を通じて増加した。

最も早く植被が進行した愛媛森林公園は、施工 18 カ月後に 70% を越え、64 カ月後に 100% に達した。群落高さもまた、42 カ月後に 3.3m となり、他の調査地に比べ卓越して大きい。本施工地の造成は、人力で崩壊跡地を整形するに留められたため、部分的に表土が残り、飛来定着した種子が生育しやすい状態にあったと考えられる。また表土中に埋土種子として含まれていた木本類の生長が全体の植被率や群落高さの増加に寄与したとみられる。

西陣杉坂線は、施工 40 カ月後に全体の植被率が 50% を越えて最大値を示した後、初期に繁茂した草本類の衰退に伴い 54 カ月後に微減したものである。

自然侵入促進工は、植生被覆に時間を要するため、裸地の状態が長きにわたることを前提としている。そのため『道路土工一切土工・斜面安定工指針』¹³⁾ では、本工法の植被率による成績判定の目安を示していない。一方、本工法の管理基準の例として、施工 5 年後の植被率が 50% 未満の場合は、改善対策を求めている。本研究の調査結果では、いずれの調査区においても施工 18 カ月後（愛媛森林公園）～57 カ月後（元山奥地保安林）の範囲で全体の植被率が 50% を上回っている。このことから、施工後初期に期待される草本植生によるのり面の被覆は順調に進行したと言える。

西陣杉坂線を除く 6 調査区において DT は時間とともに増加した。木本類が早くから優占した愛媛森林公園では、施工 90 カ月後で DT が 5.95 に達した。木本類の侵入が少ない鶴

尾神社 2010 年区における 48 カ月後の DT は 0.35、同 2011 年区の 36 カ月後は 0.22 であった。これらの調査区における DT の増加は木本類の定着と生長を示しており、草本群落から木本群落への遷移の進行と捉えることができる。

西陣杉坂線では、施工 40 カ月後から 54 カ月後にかけて群落高さが 0.58m から 0.90m へと増加したのに対して DT は 0.61 から 0.52 へと減少した。軟岩からなる本調査区は、土砂からなる他の調査区に比べて木本類が生育し難く、経年的な被度の増加が停滞した結果、 DT の減少が生じたものとみられる。

4.2 種組成の経時変化

各調査区において典型的な $E-SDR_2$ の経時変化を示す種を表-2 に示す。

1) 愛媛森林公園 施工 28 カ月後まではセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* L.)、オオアレチノギク (*Erigeron sumatrensis* Retz.)、ヒメムカシヨモギ (*Erigeron Canadensis* L.)、ススキ (*Miscanthus sinensis* Anderss.) の優占する草本群落が成立し、その後これらの草本種は衰退した。施工 42 カ月後以降はオオバヤシャブシ (*Alnus sieboldiana* Matsum.) の優占する亜高木林となった。衰退した草本類に代わって、18 カ月後から見られたヌルデ (*Rhus javanica* L.)、タラノキ (*Aralia elata* Seemann) が優占度を増し、さらに最終調査時である 90 カ月後にはネムノキ (*Albizia julibrissin* Durazz.)、ノグルミ (*Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc.) が優占度を増した。草本群落から先駆性樹種の優占期を経て、二次林構成種が侵入したことから、相観的な遷移の進行が確認された。

2) 元山奥地保安林 調査期間を通じてクマイチゴ (*Rubus crataegifolius* Bunge) が優占した。9 カ月後より木本類の侵入が見られ、まず施工 32 カ月後にミズナラ (*Quercus crispula* Bl.) とバコヤナギ (*Salix bakko* Kimura) が優占度を増し、最終調査時である 57 カ月後にはリョウブ (*Clethra barbinervis* Sieb. et Zucc.)、ミズメ (*Betula grossa* Sieb. et Zucc.)、コメツガ (*Tsuga diversifolia* Masters) が優占度を増し、低木群落が成立した。その一方で、ススキの旺盛な侵入が見られた。

本調査区では裸地に侵入した木本類が草本種の優占を経ずに低木群落を形成した。他の調査区に比べ本調査区は、周辺一体を取り囲む天然林内に位置することから、倒木や小崩壊等の自然発生した攪乱地を除き、草本群落が成立し難く、草本の種子供給が少ないものと推察される。

3) 林道安蔵線 2006 年区 初回の調査が施工 44 カ月後であったため、初期の草本群落の有無を確認することができなかった。初回調査と最終調査である 93 カ月後の調査において、ともにヤマヤナギ (*Salix sieboldiana* Bl.)、ミズメ、タニウツギ (*Weigela hortensis* K. Koch) 等を主とする低木林の成立が確認された。本調査区では低木類の侵入が多く、そのため草本層は未発達で、上層に過密な群落が形成されている。

4) 林道安蔵線 2007 年区 施工 32 カ月後の調査でヤマヤナギが、施工 54 カ月後はこれに変わってタニウツギとオオバ

図-2 経過月数と群落構造を示す各指標との関係

Fig. 2 Relationship between passing months and indices indicating the structure of plant community

表-2 主要種の拡張積算優占度 ($E\text{-}SDR_2$) による組成表: *周辺植生には積算優占度 SDR_2 が2位までの種を示すTable 2 Floristic composition of major species according to the extended summed dominance ratio ($E\text{-}SDR_2$)

愛媛森林公園		調査年月 経過月数	2008 年 7 月 18	2009 年 6 月 28	2010 年 8 月 42	2012 年 6 月 64	2014 年 8 月 90	2014 年 8 月 (周辺植生*)
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.		40.1	23.4	19.4	11.9	8.0	コナラ
オオアレチノギク	<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.		27.1	22.5	—	8.0	11.9	ウラジロ
ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron Canadensis</i> L.		27.1	19.9	—	8.0	11.9	
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.		16.9	31.9	31.9	19.9	8.0	
オオバヤシヤブシ	<i>Alnus sieboldiana</i> Matsum.		22.7	35.4	50.5	69.7	80.0	
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i> L.		16.5	38.5	42.3	43.7	40.5	
タラノキ	<i>Aralia elata</i> Seemann		17.9	22.9	32.3	43.7	40.5	
ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.		8.0	15.9	16.0	16.0	54.0	
ノグルミ	<i>Platycarya strobilacea</i> Sieb. et Zucc.		8.0	16.0	16.0	16.0	40.5	
出現種数(周辺植生との共通種数)			34 (6)	42 (7)	40 (12)	43 (13)	50 (15)	23
元山奥地保安林								
種名		調査年月 経過月数	2010 年 8 月 9	2012 年 7 月 32	2014 年 8 月 57	2014 年 8 月 (周辺植生*)		
クマイテコ	<i>Rubus orataegifolius</i> Bunge		30.5	97.6	61.7	コメツガ		
ミズナラ	<i>Quercus crispula</i> Blume		13.8	40.0	66.2	ミズナラ		
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i> Sieb. et Zucc.		3.8	23.1	55.5	ミズメ		
バコヤナギ	<i>Salix bakko</i> Kimura		1.8	40.3	86.7			
ミズメ	<i>Betula grossa</i> Sieb. et Zucc.		5.3	14.6	73.3			
コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i> Masters		1.2	2.2	61.4			
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.		—	—	66.2			
出現種数(周辺植生との共通種数)			15 (6)	22 (8)	24 (8)	32		
林道安蔵線 2006 年区								
種名		調査年月 経過月数	2010 年 8 月 44	2014 年 9 月 93	2014 年 9 月 (周辺植生*)			
ヤマヤナギ	<i>Salix sieboldiana</i> Bl.		57.3	36.7	ブナ			
ミズメ	<i>Betula grossa</i> Sieb. et Zucc.		90.0	73.3	ウリハダカエデ			
タニウツギ	<i>Weigela hortensis</i> K. Koch		49.3	90.0	クロモジ			
出現種数(周辺植生との共通種数)			15 (6)	28 (12)	49			
林道安蔵線 2007 年区								
種名		調査年月 経過月数	2010 年 8 月 32	2012 年 6 月 54	2014 年 9 月 81	2014 年 9 月 (周辺植生*)		
ヤマヤナギ	<i>Salix sieboldiana</i> Bl.		40.1	16.8	47.4	スギ		
タニウツギ	<i>Weigela hortensis</i> K. Koch		24.4	52.3	100.0	クリ		
オオバヤシヤブシ	<i>Alnus sieboldiana</i> Matsum.		—	67.3	62.5			
オトコエシ	<i>Patrinia villosa</i> Juss.		12.3	28.2	36.8			
オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i> Duby		—	22.2	18.3			
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.		—	—	36.5			
出現種数(周辺植生との共通種数)			19 (1)	26 (2)	37 (4)	35		
西陣杉坂線								
種名		調査年月 経過月数	2011 年 7 月 16	2012 年 8 月 29	2013 年 7 月 40	2014 年 9 月 54	2014 年 9 月 (周辺植生*)	
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.		24.7	30.7	4.9	4.1	アカマツ	
メリケンカルカヤ	<i>Andropogon virginicus</i> L.		22.7	30.7	56.7	30.3	アベマキ	
ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron Canadensis</i> L.		6.1	17.2	43.3	18.1		
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.		11.4	40.3	52.3	94.7		
コナラ	<i>Quercus serrata</i> Thunb.		—	59.3	100.0	46.7		
出現種数(周辺植生との共通種数)			11 (2)	16 (5)	13 (4)	15 (5)	26	
鶴尾神社 2010 年区								
種名		調査年月 経過月数	2012 年 6 月 20	2014 年 10 月 48	2013 年 6 月 (周辺植生*)			
オオアレチノギク	<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.		31.8	—	コナラ			
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.		—	59.5	アカマツ			
メリケンカルカヤ	<i>Andropogon virginicus</i> L.		—	47.3				
クズ	<i>Pueraria lobata</i> Ohwi		—	74.2				
出現種数(周辺植生との共通種数)			13 (1)	11 (3)	29			
鶴尾神社 2011 年区								
種名		調査年月 経過月数	2012 年 6 月 8	2013 年 9 月 23	2014 年 10 月 36	2013 年 6 月 (周辺植生*)		
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.		—	32.5	35.6	コナラ		
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.		8.9	14.9	26.3	アカマツ		
メリケンカルカヤ	<i>Andropogon virginicus</i> L.		—	12.7	23.6			
アカメヤナギ	<i>Salix chaenomeloides</i> Kimura		—	—	50.3			
アキニレ	<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.		10.3	8.3	24.3			
キリ	<i>Paulownia tomentosa</i> Steud.		1.5	13.7	35.2			
出現種数(周辺植生との共通種数)			17 (1)	24 (5)	33 (4)	29

図-3 経過月数と自然回復の程度を示す各指標との関係

Fig. 3 Relationship between passing months and indices indicating of evaluate restoration

ヤシヤブシが優占し低木層が成立した。同時に、オトコエシ (*Patrinia villosa* Juss.), オカトラノオ (*Lysimachia clethroides* Duby) の優占する草本層が成立した。最終調査の 81 カ月後にススキの旺盛な侵入が見られた。軟岩からなる本調査区は総じて植被率が低く、木本層の発達に伴う被圧が生じないために、長期にわたり草本層が維持されていると考えられる。

5) 西陣杉坂線 施工 16 カ月後にセイタカアワダチソウ、メリケンカルカヤ (*Andropogon virginicus* L.) が優占する草本群落で成立した。ヒメムカシヨモギとメリケンカルカヤは施工 40 カ月後にピークを示し、その後衰退に転じた。一方でアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), コナラが優占度を増し、最終調査である 54 カ月後では、アカマツの優占する低木群落で成立しつつあった。

6) 鶴尾神社 2010 年区 オオアレチノギク、セイタカアワダチソウ、メリケンカルカヤを主とする草本群落が最終調査である 48 カ月後まで継続している。本調査地の母樹林は 50m 離れた側方に位置し、今回の施工地の中では、最も母樹林との隔たりが大きいことから、木本類の種子供給が乏しいものと推察される。またクズ (*Pueraria lobata* Ohwi) の繁茂が木本類の侵入の妨げとなっている可能性がある。

7) 鶴尾神社 2011 年区 本試験区は鶴尾神社 2010 年区の上方に隣接し、施工年を除く立地条件は 2010 年区と同じである。初期にセイタカアワダチソウ、ススキ、メリケンカルカヤを主とする草本群落で成立した後、最終調査の 36 カ月後には、侵入定着したアカメヤナギ (*Salix chaenomeloides* Kimura), アキニレ (*Ulmus parvifolia* Jacq.), キリ (*Paulownia tomentosa* Steud.) が低木層を形成しつつあった。クズの繁茂が生じなかったことから、木本類が順調に定着にしたものとみられる。

4.3 自然回復の評価

各調査地における自然回復の評価に用いた各指標の経時変化を図-3 に示す。

4.3.1 種の多様性

出現種数の比較は、緑化施工地の簡便な種多様性の評価方法として一般的に用いられている¹³⁾。本研究において出現種数は、多い調査区で 34~50 種 (愛媛森林公園)、少ない調査区で 11~13 種 (鶴尾神社 2010 年区) であった。西陣杉坂線と鶴尾神社 2010 年区を除く全ての調査区において調査期間を通じた種数の増加が認められた。西陣杉坂線は、のり肩に母樹林があるものの、南向きの軟岩からなる急勾配の長大のり面であり、一般的に植物が侵入定着しにくい条件と言える。鶴尾神社 2010 年区は前述の通り、母樹林との隔たりと、クズの繁茂が、種数増加の妨げとなっていると推察される。

H' は大きい調査区で 4.5~4.7 (愛媛森林公園)、小さい調査区で 2.9~3.2 (鶴尾神社 2010 年区) であった。調査期間を通じて増加した調査区 (元山奥地保安林、林道安蔵線 2006 年区、同 2007 年区、鶴尾神社 2011 年区)、減少した調査区 (鶴尾神社 2010 年区)、横ばいを示した調査区 (愛媛森林公園、西陣杉坂線) があり、調査区によって増減の傾向が異なった。

H' は種数の豊富さに種毎の均等度を加味した指数であることから、出現種数が増加しているにも関わらず減少や横ばいとなったことは、種毎の均等度が経時的に増加していないことを示している。これはつまり、侵入した各種の植物が一樣に発芽・生育するのではなく、周辺環境や立地に応じて、旺盛な発芽・生育を示す種類と、そうでない種類があることを意味している。施工面に侵入した植物の中で、のり面の厳しい土壌条件に適した一部の種が優占した場合、種の均等度は低下する結果となる。

4.3.2 周辺植生との類似度

本研究において QS は大きい調査区で 0.21~0.41 (愛媛森林公園) 小さい調査区で 0.04~0.11 (林道安蔵線 2007 年区) であった。愛媛森林公園、林道安蔵線 2006 年区、同 2007 年

区、鶴尾神社 2010 年区の 4 調査区は調査期間を通じて *QS* が増加していることから、周辺植生への同化が認められる。

一方で、元山奥地保安林、西陣杉坂線、鶴尾神社 2011 年区の 3 調査区では、期間中の *QS* が横ばいか増減を示しており、対象とする周辺植生への同化が認められない。

森林表土利用工を対象に目標群落とする周辺植生との類似度 *QS* の増加を捉えて自然回復を評価した既往研究では、*QS* が 0.27~0.54 であった¹²⁾。これに比べて各調査区における *QS* は、愛媛森林公園を除いて、小さい値を示した。一般に森林表土利用工には、周辺植生に由来する埋土種子が含まれているため、初期から共通種が成立しやすいと考えられる。

4.3.3 遷移度による評価

DS は大きい調査区で 1,851~3,771 (元山奥地保安林)、小さい調査区で 651~731 (鶴尾神社 2011 年区) であった。西陣杉坂線と鶴尾神社 2010 年区の 2 調査区において初期の草本群落から木本群落への移行期に *DS* が増加したケースがあるものの、調査期間を通じた *DS* の増加はなく、この指標による自然回復の評価はできなかった。

4.4 総括

調査の結果 7 個所の調査区は、立地により異なった植生遷移を示しつつも、クズが繁茂した鶴尾神社 2010 年区を除いて、風散布性を主とする先駆性樹種主体の低木林~亜高木林へと移行する過程が捉えられた。また全ての調査区において、全体の植被率、群落高さと木本の優占度が増加した。

栃木県における種子を使用した従来の植生マット工の植生遷移を調査した既往研究では、尾根部の乾燥した切土法面における全体の植被率は、施工 3 年後で 51%、8 年後で 65.6%、この時の群落高さは 1m 以下であった⁵⁾。また湿潤な切土法面における全体の植被率は施工 3 年後で 84%、8 年後で 98%、この時の群落高さは 2.9m であった⁴⁾。これらの結果と本研究の結果を比較すると、自然侵入促進型植生マット工は、適切な立地条件において、従来の植生マット工と同程度の量的な植生回復が進行していると評価できる。

一方、目標とする周辺植生との質的相違は依然大きく、施工後 3~7 年の時点においては自然回復の途上にあると言える。

5. おわりに

本研究の結果、自然侵入型促進型マット工の短~中期的な植生遷移を捉えることができた。今後、どれだけの期間とプロセスを経て、緑化工が目標とする周辺環境との調和がとれた植物群落に到達するかを明らかにすることが課題である。

また本工法は、従来の緑化工に比べ、より土壌条件の影響を受けやすいことが予想される。植生遷移と立地条件・周辺植生との関係のみならず、土壌の理化学性との関連性においても調査・研究されることが望まれる。

引用文献

- 1) 本田由里子・木村正信・石田和宏 (2007) 誘導型マット工による自然侵入促進工 (植生誘導工) の施工事例. 日本緑化工学会誌, 33(1): 179-182.
- 2) Hosogi, D., Yoshikawa, C., Nakamura, K. and Kameyama, A. (2006) Revegetation of an artificial cut-slope by seeds dispersed from the surrounding vegetation. *Landscape Ecol. Eng.*, 2: 53-63.
- 3) 細木大輔・中村勝衛・亀山 章 (2008) ネット利用型の自然侵入促進工法による切土法面の緑化. 日本緑化工学会誌, 33(3): 474-483.
- 4) 細木大輔・中村勝衛・亀山 章 (2008) 湿潤な切土法面における外来緑化草本と先駆樹種を用いた播種工の成果比較. 日本緑化工学会誌, 34(2): 384-394.
- 5) 細木大輔・中村勝衛・亀山 章 (2011) 成立植生から評価した尾根部の切土法面における播種工の成果. 日本緑化工学会誌, 37(2): 294-304.
- 6) 飯塚康雄・栗原正夫・大貫真樹子・久保満佐子・松江正彦 (2013) 地域生態系の保全に配慮したのり面緑化工の手引き. 国土技術政策総合研究所資料第 722 号, 178pp.
- 7) 亀山 章 (1977) 高速道路のり面の植生遷移について (I) —概査によるのり面植生調査法—. 造園学会誌, 41(1): 23-33.
- 8) 木元新作 (1976) 動物群集研究法 I —多様性と種類組成—. 共立出版, 200pp.
- 9) 宮脇 昭・佐々木好之 (1967) 植生の調査法. 生態学実習懇談会編, 生態学実習書. 朝倉書店, pp. 50-86.
- 10) 中菊亜弥・今井克己・島崎雅弘・谷口伸二 (2008) 同一のり面に敷設した植物誘導マット工および植生マット工の施工事例. 日本緑化工学会誌, 34(1): 179-182.
- 11) 中菊亜弥・谷口伸二 (2009) 森林表土利用工及び自然侵入促進工の施工事例報告. 日本緑化工学会誌, 35(1): 142-145.
- 12) 中村 剛・谷口伸二・大貫真樹子・藤原宣夫 (2014) 京都府北部における森林表土を利用した植生基材吹付工の植生遷移と自然回復の評価. 日本緑化工学会誌, 40(1): 8-13.
- 13) 日本道路協会編 (2009) 道路土工一切土工・斜面安定工指針, 521 pp.
- 14) 日本緑化工学会 (2002) 生物多様性保全のための緑化植物取り扱い方に関する提言. 日本緑化工学会誌, 27(3): 481-491.
- 15) 日本緑化工学会斜面緑化研究部会 (2004) のり面における自然回復緑化の基本的な考え方のとりまとめ. 日本緑化工学会誌, 29(4): 509-520.
- 16) 佐倉詔夫・沼田 眞 (1980) スギ幼齢造林地の群落とその遷移 (I) 伐採後 5 年間の下刈区と放置区の経過. 日本林学会誌, 62(10): 371-380.
- 17) 寺元匡寛・石田和宏・木村正信・肥後陸輝 (2008) 人工林内における誘導型マット工 (自然侵入促進工) の施工事例. 日本緑化工学会誌, 34(1): 183-186.
- 18) 山本嘉人・桐田博充・大賀宣彦・斎藤吉満 (1995) 草地植生の比較を目的とした拡張積算優占度の提案. 日本草地学会誌, 41(1): 37-41.

(2015.6.19 受理)