

青森県太平洋沿岸地域におけるクロマツコンテナ苗の導入

伊藤 昌明

要約

青森県太平洋沿岸地域の海岸防災林の早期復旧を目的としてクロマツコンテナ苗の植栽試験を実施した。その結果、従来の苗と比較して、高い生存率が明らかとなった。また、6～10月において、いつでも植栽可能であることが示された。一方、植栽後の苗の成長は秋よりも夏以前に植えたものの方が良好であった。以上の結果から、海岸防災林造成へのコンテナ苗の導入は可能であり、植栽適期も長いものの、成長を考慮する場合は夏以前が最適であることが示された。

I はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の津波によって、三八・上北地域の海岸防災林約12haが消失した。その後、塩害等の影響によりクロマツ *Pinus thunbergii Parl.* の大量枯死が約122haの海岸防災林で発生した。

海岸防災林の復旧には早期に大量のクロマツ苗が必要となることから、従来の普通苗に比べて生産密度が高く、育苗期間が短いという特徴がある、コンテナ苗の利用が検討された。しかし、青森県において、海岸防災林造成におけるコンテナ苗の植栽実績は乏しく、植栽適期等、不明な点も多い。

本研究では、被災した海岸防災林の早期復旧に活用することを目的として、クロマツコンテナ苗の海岸植栽試験を実施し、その海岸適性について、生存率及び成長特性を調査した。

II 材料と方法

1. 調査地

海岸植栽試験は三沢市砂ヶ森地区、淋代地区及び上北郡おいらせ町深沢地区で行った。これらの試験地では、静砂工が施工されており、それによって、1区画が10m×10mに区切られている。

2. 供試苗

試験に用いたクロマツコンテナ苗は2014年5月末に播種した1年生苗であり、三八地域及び上北地域で生産されたものである。また、植栽したコンテナ苗は全て300ccリブ付きコンテナ（JFA-300）で育苗されている。

3. 植栽試験

クロマツコンテナ苗の植栽は2015年6月、8月及び10月に各1回、合計3回、実施した。また、全ての試験地において、各月に2区画ずつ植栽した。

各試験地において、植栽1回、1区画当たり約100本のコンテナ苗を植えた。なお、試験期間中に植えたコンテナ苗は合計1,789本であり、各区画の植栽密度は10,000本/haである。

各区画で2生産地の苗の植栽数が等しくなるように設計した。また、海岸防災林における植栽では、衝立工を苗1本ごとに行っているが、本研究においては、各区画で50%の苗に対して、衝立工を施工しなかった。

4. 生存率調査

生存率は各植栽区画における生存本数/植栽本数で算出した。調査期間は植栽後から2015年12月とした。また、同時期に植栽された従来苗である、普通苗とハードポット苗の生存率も同様に調査した。なお、調査した植栽区画数はコンテナ苗が18区画、普通苗が66区画、ハードポット苗が16区画である。生存率はコンテナ苗、普通苗及びハードポット苗の3種類で比較した。

5. 成長特性調査

植栽後のコンテナ苗の苗高及び根元径を計測した。調査は植栽直後、2015年12月、2017年4月及び2017年12月の4回行った。なお、この調査はコンテナ苗のみを対象とした。

6. 統計解析

クロマツ苗の生存率は調査時に残存していた各区画の苗数を各区画に植栽された苗数で除したものとし、生存率に寄与する要因を、マルコフ連鎖モンテカルロ法（以下、MCMC法）で事後分布を推定する手法（以下、ベイズ法）を用いた二項ロジスティック回帰モデルによって抽出した。この解析では、応答変数に生存率を、説明変数に調査地、植栽月及び苗の種類を用いた。なお、応答変数は二項分布に従うものと仮定し、リンク関数にはlogitを用いた。

コンテナ苗の成長特性について、苗高及び根元径の成長に寄与する要因を、ベイズ法を用いた重回帰モデルで抽出した。この解析では、応答変数に苗高または根元径を、説明変数に調査地、植栽月、苗の生産地域及び衝立工の有無を用いた。また、応答変数は正規分布に従うと仮定した。

これらのモデルにおけるパラメータ推定はrstan version 2.19.3 (Stan Development Team, 2020) を用い、統計ソフトR version 3.6.2 (R Development Core Team, 2019) 内で計算した。また、初期値の影響を避けるため、最初のデータの1,000回を切り捨て、以後1,000回のデータを10回ごとに抽出した。推定は異なる初期値を用いて4連鎖計算を行い、R-hat値が1.1未満となっている場合に連鎖が収束したものと判断した (Gelman *et al.*, 2004)。また、説明変数の95%ベイズ信用区間が0をまたがない時に、その説明変数が応答変数に有意な影響を及ぼしているものと判断した。

Ⅲ 結果

1. 生存率

コンテナ苗の生存率は97.6~100.0(%)、ハードポット苗は97.5%、裸苗は75.5~96.7(%)であった(表-1)。ベイズ法による推定の結果、生存率は苗の種類、調査地及び植栽月によって影響を受けることが明らかとなった(表-2)。苗の種類ではコンテナ苗よりも裸苗で生存率が低くなった。また、調査地では淋代が最も生存率が低く、植栽月では6月植栽で最も生存率が低くなった。

2. 成長特性調査

植栽後のコンテナ苗の苗高及び根元径を表-3、4に、ベイズ法による推定の結果を表-5、6示す。

植栽直後の苗高は6月植栽のもので23.2~27.0cm、8月植栽のもので24.2~30.4cm、10月植栽のもので25.4~29.7cmであった。この時の苗高は10月植栽の苗が最も大きく、8月、6月と続いた。また、調査地間でも差がみられ、深沢に植栽した苗が砂ヶ森及び淋代の苗よりも小さく、生産地では上北地域の苗が三八地域よりも小さかった。一方、衝立工の有無による差はみられなかった。

2015年12月の苗高では、6月植栽のもので23.9~30.0cm、8月植栽のもので25.6~32.8cm、10月植栽のもので23.8~29.8cmであった。この時の苗高の傾向は、植栽月を除いて、植栽直後と同様であった。なお、植栽月では8月植栽が最も大きく、10月、6月と続いた。

2017年4月の苗高は、6月植栽のもので27.0~44.4cm、8月植栽のもので29.4~43.3cm、10月植栽のもので28.0~39.2cmであった。この時の苗高は6月植栽及び8月植栽が10月植栽苗よりも大きくなった。また、淋代で苗高が最も大きくなり、深沢、砂ヶ森と続いた。生産地では、三八地域のものが上北地域よりも大きく、衝立工が施工された苗で苗高が大きくなった。

2017年12月の苗高は、6月植栽のもので32.2~76.5cm、8月植栽のもので35.5~69.9cm、10月植栽のもので38.2~57.0cmであった。この時の苗高は2017年4月と同じ傾向を示した。

植栽直後の根元径は6月植栽のもので4.4~6.2mm、8月植栽のもので5.2~6.5mm、10月植栽のもので5.9~6.9mmであった。この時の根元径は10月植栽の苗で最も大きく、8月、6月と続いた。また、生産地では上北地域の苗が三八地域よりも大きかった。一方、調査地間及び衝立工の有無による差はみられなかった。

2015年12月の根元径では、6月植栽のもので6.1~7.9mm、8月植栽のもので7.2~8.5mm、10月植栽のもので6.4~8.2mmであった。この時の根元径は、8月植栽の苗で最も大きく、10月、6月と続いた。また、調査地間では、深沢の苗が砂ヶ森及び淋代よりも小さくなった。一方、生産地及び衝立工の有無による差はみられなかった。

2017年4月の根元径は、6月植栽のもので8.5~12.7mm、8月植栽のもので8.9

～11.6mm、10月植栽のもので7.7～10.0mmであった。この時の根元径は6月植栽及び8月植栽が10月植栽苗よりも大きくなった。また、淋代で根元径が深沢、砂ヶ森よりも大きくなり、生産地では、三八地域のものが上北地域よりも大きくなった。一方、衝立工の有無の影響は見られなかった。

2017年12月の根元径は、6月植栽のもので10.8～21.2mm、8月植栽のもので11.8～20.2mm、10月植栽のもので11.9～17.0mmであった。この時の根元径は淋代で最も大きくなり、深沢、砂ヶ森と続いた。また、衝立工を施工した苗が大きくなった。なお、植栽月及び生産地は2017年4月と同様であった。

IV 考察

本研究の結果、コンテナ苗は従来のもので比べて、裸苗よりも生存率が高く、ハードポット苗と同等であることが分かった(表-2)。このことから、本県の太平洋沿岸地域の海岸防災林造成にはクロマツコンテナ苗も用いても、問題なく活着するものと考えられる。なお、調査地及び植栽月についても影響がみられるものの、植えた苗の種類によって、これらの説明変数に対する欠損がみられるため(表-1)、その影響を検出することは困難なものと思われる。

苗高及び根元径では、植栽直後において10月植栽苗が大きいものの、1成長期後の2017年4月には6月及び8月植栽苗に逆転されており、2017年12月においてはその差が拡大している(表-5、6)。したがって、播種時期が同じ苗であっても、コンテナ内で1成長期を多く経験した10月植栽苗よりも成長期前～成長期中に植栽したコンテナ苗の方が植栽後の成長には有利になると思われる。調査地については、苗高、根元径ともに1成長期以降、砂ヶ森において著しく小さくなった。砂ヶ森では防災林造成時に盛土が施工され、静砂工の設置等で盛土上を重機が走行したこと、転圧状態となり、他の2調査地に比べて、土が締め固められている。そのことが植栽した苗の成長を阻害した可能性が考えられる。衝立工の有無は苗高では1成長期後から、根元径では2成長期後から有意な正の影響がみられた。しかし、植栽月や調査地と比較し、その係数が小さいことから、正の影響は限定的なものと考えられる。そのため、植栽月や調査地の特性の方を優先して考慮すべきであり、施工は必ずしも必要でないと思われる。

以上の結果から、コンテナ苗による海岸防災林造成は春～秋まで実施することが可能であるものの、成長を考慮した場合は夏以前に植栽する必要があることが示された。

これらの結果を取りまとめたものを林業研究所のホームページにおいてマニュアルとして公開しているので、併せてご参考いただきたい。

引用文献

Gelman A, Carlin JB, Stern HS, Rubin DB (2004) Bayesian data analysis, Edn 2. Chapman & Hall, Boca Raton.

R Development Core Team (2013) R: A language and environment for statistical

computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
 Stan Development Team (2020). RStan: the R interface to Stan. R package
 version 2.19.3. <http://mc-stan.org/>.

表-1 植栽苗の生存率

植栽月	調査地	生存率 (%) (平均値±標準偏差)		
		コンテナ苗	ハードポット苗	裸苗
6月	砂ヶ森	100.0±0.0 (n=2)	-	-
	淋代	97.6±0.7 (n=2)	-	-
	深沢	100.0±0.0 (n=2)	-	-
7月	砂ヶ森	-	-	-
	淋代	-	97.5±4.2 (n=16)	75.5±3.4 (n=16)
	深沢	-	-	96.7±3.6 (n=36)
8月	砂ヶ森	100.0±0.0 (n=2)	-	91.1±4.7 (n=14)
	淋代	100.0±0.0 (n=2)	-	-
	深沢	100.0±0.0 (n=2)	-	-
10月	砂ヶ森	100.0±0.0 (n=2)	-	-
	淋代	100.0±0.0 (n=2)	-	-
	深沢	100.0±0.0 (n=2)	-	-

表-2 植栽苗の生存率に寄与する要因

調査日	説明変数†	係数	95%ベイズ信用区間
2015年12月	切片	6.28	5.37~ 7.34 *
	苗の種類	ハードポット苗	-0.21 -1.37~ 0.72
		裸苗	-22.94 -33.80~ -8.95 *
	調査地	砂ヶ森	6.30 -0.95~ 18.26
		淋代	-2.37 -2.61~ -2.14 *
	植栽月	7月	20.15 5.92~ 31.00 *
		8月	12.69 2.00~ 27.01 *
		10月	12.45 1.83~ 26.23 *

† 苗の種類はコンテナ苗、調査地は深沢、植栽月は10月を対照に設定

* 有意な効果のある変数 (95%ベイズ信用区間が0をまたがない)

表-3 クロマツコンテナ苗の苗高

植栽月	調査地	生産地	衝立工	植栽数	苗高 (cm) (平均値±標準偏差)			
					植栽直後	2015年12月	2017年4月	2017年12月
6月	砂ヶ森	上北	有	50	24.3±2.7	25.1±3.1	27.0±4.0	32.2±4.2
			無	48	24.5±2.8	25.3±2.9	29.2±4.4	33.4±5.6
		三八	有	49	25.0±2.8	27.5±4.3	29.3±5.9	35.5±6.4
			無	50	24.3±3.7	26.5±3.0	30.1±5.9	33.8±6.4
	淋代	上北	有	50	24.5±2.9	25.8±3.0	44.4±9.9	76.5±19.3
			無	50	23.4±3.0	25.3±3.3	42.6±9.7	73.9±21.7
		三八	有	49	26.7±4.7	28.4±5.9	42.8±8.4	72.5±18.4
			無	50	27.0±6.9	30.0±4.8	41.5±8.8	71.9±15.9
	深沢	上北	有	50	23.2±2.5	23.9±2.7	36.8±6.9	61.0±10.7
			無	50	23.4±2.6	24.3±3.0	35.3±7.6	60.1±11.6
		三八	有	50	24.0±3.7	25.2±4.2	35.6±10.1	55.0±14.3
			無	50	24.2±3.8	24.7±4.0	33.9±7.2	52.5±12.3
8月	砂ヶ森	上北	有	50	24.8±2.8	25.9±3.5	29.4±5.3	37.8±6.2
			無	50	24.7±2.2	25.6±3.0	29.7±5.4	35.5±7.7
		三八	有	50	28.2±3.7	30.8±3.8	36.3±5.7	42.8±7.0
			無	50	29.9±4.2	31.8±4.4	35.5±7.3	42.5±8.7
	淋代	上北	有	50	24.9±3.7	27.0±4.0	37.5±7.2	66.4±16.1
			無	50	24.8±2.8	26.8±3.4	36.5±6.8	61.2±16.9
		三八	有	50	30.4±5.3	32.7±5.5	43.3±7.0	69.9±15.6
			無	50	29.0±4.3	31.9±4.8	42.7±7.5	68.5±14.5
	深沢	上北	有	48	24.2±2.9	26.5±3.3	32.2±6.2	54.9±12.0
			無	48	24.3±3.3	26.4±4.4	31.1±5.9	50.5±9.9
		三八	有	48	29.7±4.7	32.8±4.9	39.9±6.4	60.2±10.4
			無	49	28.0±4.4	31.7±4.5	36.7±6.5	54.3±10.0
10月	砂ヶ森	上北	有	50	26.9±5.1	27.4±3.1	31.9±5.3	39.9±5.3
			無	50	27.6±4.6	27.6±3.0	32.3±5.3	38.2±5.6
		三八	有	49	29.2±5.2	29.5±5.0	39.2±7.5	44.9±7.3
			無	50	28.9±5.2	29.8±5.6	37.7±8.4	44.6±7.7
	淋代	上北	有	49	26.2±3.2	25.8±3.5	30.4±3.4	50.4±12.5
			無	49	26.0±3.4	25.0±3.5	30.4±4.8	49.6±11.8
		三八	有	49	28.9±5.0	28.1±5.0	37.2±6.2	57.0±11.5
			無	49	28.2±5.9	27.4±6.2	34.9±7.2	53.3±12.3
	深沢	上北	有	50	25.6±3.2	23.8±3.0	28.0±3.6	46.2±7.8
			無	50	25.4±4.0	24.1±4.0	28.8±4.3	45.5±9.1
		三八	有	50	29.7±5.2	27.8±5.6	36.9±6.7	52.2±9.2
			無	50	29.0±4.9	28.3±5.0	35.8±5.8	51.8±8.9

表-4 クロマツコンテナ苗の根元径

植栽月	調査地	生産地	衝立工	植栽数	根元径 (mm) (平均値±標準偏差)			
					植栽直後	2015年12月	2017年4月	2017年12月
6月	砂ヶ森	上北	有	50	5.8±1.0	7.1±1.3	8.5±1.6	10.8±2.5
			無	48	5.7±1.2	7.2±1.3	8.6±1.3	11.0±2.4
		三八	有	49	5.2±1.0	7.2±1.3	9.0±1.7	11.3±2.3
			無	50	4.8±1.1	7.0±1.1	9.6±1.9	11.5±2.3
	淋代	上北	有	50	5.8±1.1	7.5±1.1	12.7±2.0	21.2±5.1
			無	50	6.2±1.1	7.5±1.4	11.7±2.4	20.5±4.8
		三八	有	49	5.1±1.1	7.7±1.4	12.3±2.6	19.8±4.6
			無	50	5.0±1.4	7.9±1.3	12.4±2.2	20.2±4.1
	深沢	上北	有	50	5.6±1.1	6.3±1.3	10.9±2.4	18.3±3.9
			無	50	5.4±1.1	6.1±1.1	10.6±2.8	17.9±3.9
		三八	有	50	4.4±1.1	6.4±1.2	10.0±2.6	18.3±4.2
			無	50	4.4±0.8	6.3±1.1	10.2±2.3	18.0±4.1
8月	砂ヶ森	上北	有	50	6.1±1.1	7.8±1.4	8.9±1.6	12.8±2.9
			無	50	6.1±1.2	7.5±1.5	9.1±1.8	11.8±2.5
		三八	有	50	5.2±1.1	7.8±1.3	10.7±2.0	14.0±3.0
			無	50	5.5±1.2	7.6±1.1	10.5±1.6	13.8±2.4
	淋代	上北	有	50	6.4±1.0	8.1±1.2	10.2±1.9	18.3±4.1
			無	50	6.5±1.2	8.0±1.4	10.4±1.8	16.6±4.1
		三八	有	50	5.6±1.1	8.5±1.5	11.5±1.9	20.1±4.9
			無	50	5.5±1.3	8.2±1.5	11.6±2.1	19.4±4.3
	深沢	上北	有	48	6.3±1.3	7.5±1.4	9.5±1.7	17.5±3.4
			無	48	6.3±1.3	7.2±1.3	9.4±2.8	17.4±4.0
		三八	有	48	5.4±1.2	7.9±1.4	10.8±1.9	20.2±3.8
			無	49	5.3±1.0	7.6±1.2	10.2±2.0	18.2±3.6
10月	砂ヶ森	上北	有	50	6.7±1.2	7.8±1.4	9.2±1.5	12.3±2.2
			無	50	6.6±1.1	8.2±1.3	9.1±1.5	11.9±2.4
		三八	有	49	6.0±1.1	8.0±1.4	10.0±1.7	13.3±2.4
			無	50	6.1±1.2	7.5±1.4	9.7±1.8	13.5±3.0
	淋代	上北	有	49	6.5±1.4	7.5±1.1	8.1±1.2	13.4±2.9
			無	49	6.5±1.2	8.0±1.4	8.6±1.2	14.3±3.0
		三八	有	49	6.0±1.2	7.6±1.4	8.8±1.3	16.1±4.0
			無	49	5.9±1.3	7.6±1.4	8.9±1.4	14.8±3.3
	深沢	上北	有	50	6.9±1.1	7.0±1.2	7.9±1.3	15.4±3.0
			無	50	6.4±1.0	6.4±1.3	7.7±1.4	14.3±3.1
		三八	有	50	6.3±1.1	6.8±1.4	8.7±1.3	17.0±2.8
			無	50	6.6±1.1	6.9±1.2	8.5±1.4	16.1±3.0

表-5 クロマツコンテナ苗の苗高に寄与する要因

調査日	説明変数†	係数	95%ベイズ信用区間	
植栽直後	切片	25.61	25.10~ 26.09*	
	植栽月	6月	-3.07	-3.55~ -2.59*
		8月	-0.74	-1.19~ -0.27*
	調査地	砂ヶ森	0.66	0.17~ 1.14*
		淋代	0.77	0.29~ 1.23*
	生産地	三八	2.86	2.47~ 3.26*
	衝立工	有	0.24	-0.15~ 0.61
2015年12月	切片	24.50	23.98~ 25.03*	
	植栽月	6月	-1.08	-1.58~ -0.59*
		8月	2.07	1.58~ 2.58*
	調査地	砂ヶ森	1.10	0.62~ 1.60*
		淋代	1.22	0.72~ 1.72*
	生産地	三八	3.50	3.09~ 3.92*
	衝立工	有	0.09	-0.31~ 0.48
2017年 4月	切片	30.33	29.39~ 31.22*	
	植栽月	6月	2.12	1.24~ 3.01*
		8月	2.23	1.37~ 3.09*
	調査地	砂ヶ森	-1.92	-2.76~ -1.06*
		淋代	4.47	3.67~ 5.29*
	生産地	三八	4.19	3.51~ 4.86*
	衝立工	有	0.75	0.51~ 1.43*
2017年12月	切片	47.04	45.55~ 48.58*	
	植栽月	6月	7.07	5.57~ 8.53*
		8月	5.89	4.44~ 7.34*
	調査地	砂ヶ森	-15.24	-16.66~-13.77*
		淋代	10.63	9.21~ 12.11*
	生産地	三八	2.75	1.58~ 3.94*
	衝立工	有	1.88	0.61~ 3.09*

† 植栽月は10月、調査地は深沢、生産地は上北、衝立工は無を対照に設定

* 有意な効果のある変数 (95%ベイズ信用区間が0をまたがない)

表-6 クロマツコンテナ苗の根元径に寄与する要因

調査日	説明変数†	係数	95%ベイズ信用区間	
植栽直後	切片	6.65	6.51~ 6.80*	
	植栽月	6月	-1.10	-1.23~ -0.96*
		8月	-0.54	-0.68~ -0.41*
	調査地	砂ヶ森	0.05	-0.08~ 0.18
		淋代	0.13	0.00~ 0.27
	生産地	三八	-0.76	-0.87~ -0.65*
	衝立工	有	0.07	-0.04~ 0.17
2015年12月	切片	6.79	6.62~ 6.95*	
	植栽月	6月	-0.42	-0.56~ -0.27*
		8月	0.38	0.24~ 0.52*
	調査地	砂ヶ森	0.68	0.52~ 0.83*
		淋代	0.97	0.82~ 1.13*
	生産地	三八	0.09	-0.03~ 0.21
	衝立工	有	0.11	-0.02~ 0.23
2017年 4月	切片	8.10	7.84~ 8.34*	
	植栽月	6月	1.78	1.55~ 2.02*
		8月	1.46	1.22~ 1.69*
	調査地	砂ヶ森	-0.12	-0.35~ 0.11
		淋代	1.07	0.84~ 1.30*
	生産地	三八	0.67	0.48~ 0.86*
	衝立工	有	0.05	-0.14~ 0.23
2017年12月	切片	15.09	14.64~ 15.56*	
	植栽月	6月	2.19	1.76~ 2.60*
		8月	2.30	1.89~ 2.70*
	調査地	砂ヶ森	-5.05	-5.47~ -4.63*
		淋代	0.51	0.09~ 0.95*
	生産地	三八	1.11	0.76~ 1.45*
	衝立工	有	0.48	0.13~ 0.84*

† 植栽月は10月、調査地は深沢、生産地は上北、衝立工は無を対照に設定

* 有意な効果のある変数（95%ベイズ信用区間が0をまたがない）