

## 学位論文全文に代わる要約 Extended Summary in Lieu of Dissertation

氏名： 渡辺 靖崇  
Name

学位論文題目： 人工林における植栽樹種と間伐施業の違いによる植生回復および公益的機能の回復の変化に関する研究  
Title of Dissertation

### 学位論文要約： Dissertation Summary

現在、日本の多くの人工林では、国産材の価格の低下により木材を搬出し売却しても収入が少なく、再造林の費用すらまかなわないために放置林が増えている。このような状況を改善するためには、まず林業経営の健全化が求められる。そのためには低コスト化が必要であり、その手法としては「将来木施業（残す木の成長を妨げる準優勢木を主に間伐する方法、図1）」や、植栽樹種として「早生樹」に変更するといった手法が注目されている。しかし、「将来木施業」や「早生樹」の林分については表土移動量の評価を行った研究はない。そこで本研究では、一般的な植林樹種であるスギ・ヒノキ人工林に将来木施業を行った林分の表土移動量の調査と、早生樹のなかからコウヨウザン（図2）に注目して表土移動量の調査を行い、それぞれの表土移動特性を明らかにすることを試みた。また、表土移動量の調査に関する総合考察を行った。

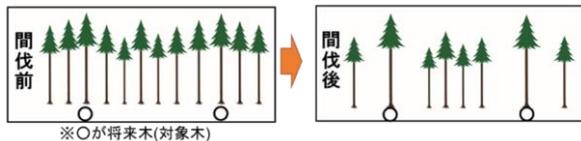


図1 将来木施業イメージ



図2 コウヨウザン

まず、将来木施業を行った林分の土砂移動の観測結果について記述する。将来木施業を施した人工林における表土移動特性とそれに関係する要因を明らかにするため、樹種（スギ、ヒノキ）、林冠閉鎖（開空度 大、小）、傾斜（急傾斜、緩傾斜）、地形（尾根、谷）の4要因各2水準の組み合わせで解析できるよう林床に土砂受け箱（図3）を設置して表土移動量を3年間観測した。調査は高知県香美市香北町谷相1号地（33度39'54"N 133度47'49"E）にあるスギ人工林（プロット1）と、ヒノキ人工林（プロット2）で行った。また、物質移動レート（ $\text{g m}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ）を指標として従来型施業が行われた既往の研究事例と比較検討した。

4要因に粒径と観測期間を加えて分散分析を行った結果、表土移動量の大小には、観測期間の違いが大きく寄与しており、各期間の降雨強度の違いが影響していると考えられた。間伐施業の影響が残る観測初年は、表土移動量の増加要因が重なる箇所では林内崩落があり全体的に物質移動レートが高かったが、時間経過に伴い減少した（表1）。ヒノキ林は下層植生の回復度合いが大きかったが落葉落枝の被度が低く（図4）、物質移動レートは高かった。従来型施業事例と物質移動レートを比べると、スギ林では同程度であったがヒノキ林ではより高い結果となった（表1）。以上の結果から、将来木施業を行うとしても、落葉落枝の少ないヒノキ林では準優勢木以外の間伐木も増やして植生回復を促し、表土流亡を抑制する必要があると考えられた。

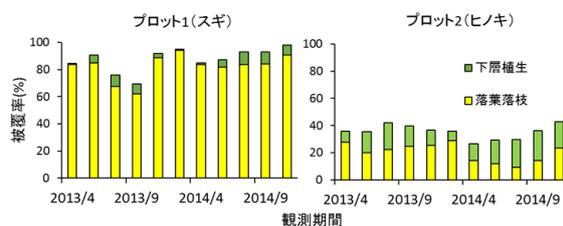


図3 土砂受け箱

図4 各植栽樹種における下層植生・落葉落枝の被覆率(%)

表1 既往研究と本研究による表土移動量の結果

文献	樹種	計測期間 総降水量 (mm)	傾斜 (°)	特徴	全表層物質の 移動レート ( $g\ m^{-1}\ mm^{-1}$ )	細土の 移動レート ( $g\ m^{-1}\ mm^{-1}$ )
塚本 (1989)	アカマツ	5703	28	広葉樹が発生	0.093	0.020
	アカマツ	5703	33	広葉樹が発生	0.126	0.020
	スギ	5703	22	一般的な人工林	0.285	0.135
	スギ	5703	37	一般的な人工林	0.157	0.041
	ヒノキ	5703	29	一般的な人工林	0.367	0.145
東 (1989)	ヒノキ	3310	32	一般的な人工林	-	0.078
	ヒノキ	3310	41	一般的な人工林	-	0.039
塚本ら (1998)	ヒノキ	3124	40	間伐遅れ (下層植生 多)	0.027	0.003
	ヒノキ	3124	36	間伐遅れ (下層植生 小)	0.730	0.312
	ヒノキ	3124	38	間伐遅れ (下層植生 多)	0.049	0.008
	ヒノキ	3124	40	間伐遅れ (下層植生 小)	0.344	0.149
Suzuki and Omachi (2005)	スギ・ヒノキ	4055	42	列状間伐 (残存列, 伐採後2年)	0.704	0.181
	スギ・ヒノキ	4442	45	列状間伐 (伐採列, 伐採後2年)	0.633	0.139
	皆伐区	4793	32	下層植生が繁茂 (伐採後2年)	0.030	-
杉本ら (2011)	スギ	2534	35	列状間伐 (伐採後11年)	0.699	0.090
	スギ	3002	28	列状間伐 (伐採後10年)	0.162	0.009
	スギ	3002	23	列状間伐 (伐採後4年)	0.172	0.013
	スギ	3002	35	列状間伐 (伐採後4年)	0.932	0.053
中森ら (2012)	ヒノキ	7288	43	無間伐	4.772	0.365
	ヒノキ	7288	38	通常間伐	0.445	0.023
	ヒノキ	7288	36	強度間伐	0.828	0.060
	ヒノキ	7288	39	皆伐	2.208	0.400
本研究での結果	スギ	2346.1	29	将来木施業 (伐採後2年)	0.847	0.295
	スギ	2481.6	29	将来木施業 (伐採後3年)	0.303	0.115
	スギ	3630.8	29	将来木施業 (伐採後4年)	0.132	0.040
	ヒノキ	2346.1	32	将来木施業 (伐採後2年)	1.757	0.523
	ヒノキ	2481.6	32	将来木施業 (伐採後3年)	0.669	0.215
	ヒノキ	3630.8	32	将来木施業 (伐採後4年)	0.647	0.167
	ヒノキ	1653	29	一般的な施業 下層植生多量	0.179	0.028
	ヒノキ	1653	29	一般的な施業 下層植生少量	0.335	0.057
	コウヨウザン	1653	31	一般的な施業 無処理区	0.091	0.009
	コウヨウザン	1653	31	一般的な施業 落葉落枝除去区	0.455	0.083

注) 杉本ら (2011) は観測期間1年。塚本 (1989), 東 (1989), Suzuki and Omachi (2005) は観測期間2年。中森ら (2012) の総観測期間は4年だが伐採後の3年間の観測結果を引用した。

次に、コウヨウザン林分の土砂移動の観測結果について記述する。コウヨウザン林分における表土移動特性とそれに関係する要因を明らかにするため、コウヨウザン林とヒノキ林に土砂受け箱 (図1) を設置して表土移動量を観測した。調査は広島県庄原市川北町の民有林 (34度54'06"N 133度00'45"E, ) にあるコウヨウザン人工林 (プロット1) と、2箇所のヒノキ人工林 (プロット2: 緩傾斜・プロット3: 急傾斜) で行った。コウヨウザン林では落葉落枝の被覆率が高くなる特徴があり (図5), その落葉落枝による表土移動量への影響の評価を目的に落葉落枝の除去区を設けた。他の土砂受け箱の設置要因として傾斜条件 (急・緩) を加えた。また、物質移動レート ( $g\ m^{-1}\ mm^{-1}$ ) を指標として他の樹種の林分を調べた既往の研究事例と比較検討した。

コウヨウザン林の落葉落枝の有無を比較すると、無処理区 (落葉落枝有り) が除去区 (落葉落枝無し) より物質移動レートが低く、コウヨウザンの落葉落枝による表土保全の効果を確認した。コウヨウザン林とヒノキ林を比較すると、コウヨウザン林がヒノキ林より物質移動レートが低く、既往研究による他樹種林分と比べると、コウヨウザン林は表土保全の効果が高いとされるアカマツ林と同程度の物質移動レートとなった (表1)。



図5 コウヨウザン林分の様子

次に、表土移動量の調査に関する総合考察について記述する。表土移動量調査の植栽樹種条件について、本研究では、スギとヒノキ、コウヨウザンという合計3種類の植栽樹種の林地における表土移動量を調査しており、ヒノキ林分については表土移動量について複数個所の調査を行った。しかし、将来木施業を行ったヒノキ林分では一番低い平均物質移動レートの値で $0.647 \text{ g m}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ 、一般的な施業を行ったヒノキ林分では下層植生多量で $0.179 \text{ g m}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ 、下層植生少量で $0.335 \text{ g m}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ とその差は大きかった。その原因として、降雨強度の違いによる影響も考えられるが、そのほかの影響として被覆率の違いが考えられる。下層植生少量と設定したプロットでも $31.6 \pm 1.9\%$ 植物の被覆率が確認されたが、将来木施業地では平均で $15.3 \pm 0.9\%$ と低い値となった。ヒノキ林分では落葉が分解されやすいため、下層植生の回復が特に表土移動量へ大きく影響すると考えられる。

表土移動量調査の傾斜条件について、三浦 (2002) でも指摘があるように、1つのプロットで傾斜条件について検討を行った研究はそれほど多くはないものの、大町 (2005) や杉本 (2011) でも検討されている。その条件設定と傾向としては、大町 (2005) と杉本 (2011) はともに、急傾斜を35度前後、緩傾斜を25度前後と設定しており、急傾斜が緩傾斜よりも表土移動量が多い傾向を確認している。ただし、これらの研究はどちらも列状間伐を行った施業地での計測データであり、一般的な傾向と判断するには十分ではない。そこで本論文でも、表土移動量へ影響する要因として傾斜条件を同様に設定して検討を行った。

本研究では、将来木施業を行ったスギ林分とヒノキ林分、一般的な施業を行ったヒノキ林分とコウヨウザン林分で傾斜条件の評価を行った。ほとんどの条件で本研究でも大町 (2005) と杉本 (2011) と同様に、急傾斜が緩傾斜よりも表土移動量が多い傾向を確認した。このことから傾斜条件が表土移動量へ与える影響があると考えられる。特に、杉本 (2011) が指摘しているように、土砂受け箱の流入口直上の傾斜が与える影響を非常に大きいと考えられる。既往研究では土砂受け箱を等高線上に設置した事例が多く、個々の箱の直上の傾斜条件について検討していないものが多いが、その傾斜条件は一定となるように設定する必要があると考えられる。

次に樹冠の開空度が与える表土移動量への影響について記述する。開空度が与える影響としては林内の下層植生への光環境のほか、林内降雨への影響も考えられ、その評価指標の一つとして使用できる可能性がある。

本研究では2012年1月に目視により開空度の大きを設定した。表土移動量の調査が終わった2014年12月に全天空写真による開空度の調査(図6)を行った。しかし、調査時には既に開空度大と判定したコドラートも樹冠が開鎖しており、その大きを全天空写真による開空度の調査によって定量的に評価することはできなかった。表土移動量調査では2012年調査時には開空度の大きが物質移動レートに影響していることを確認しており、開空度小のほうが開空度大より物質移動レートが増える傾向を確認したが(渡辺ら2014)、2014年調査時にはその差は認められなかった。つまり、開空度が表土移動量へ与える影響については確認したものの、開空度を定量的に評価するまでには至らなかった。また、Watanabe et al. (2017) でも全天空写真による開空度と下層植生への影響の調査を行ったが、調査期間が不十分であることからはっきりと評価することはできなかった。以上の結果から、全天空写真による開空度は斜面方位の影響が大きいため下層植生の光環境の定性的な指標として用いることは難しいが、測定が比較的容易であることから、間伐後の表土移動量の評価指標として用いるには適する可能性があると考えられる。特に、森林の整備等を目的として、独自課税を各都道府県で行う事例は年々増えており、今後、それらを財源として間伐が行われていくが、その際には、公益的機能が発揮できるような十分な間伐を行ったか評価することが求められる。現在、間伐後の評価指標としては「本数間伐率」が用いられているが、この評価指標では林地によっては過度な伐採となっていたり、逆に不十分となっていたりする事例も多い。その代替指標として、簡便な評価方法が求められている。今回、その指標として全天空写真による開空度が使用できないか検討したが、本研究では十分なデータを得ることができなかった。今後、全天空写真による開空度に関する研究のほか、間伐後の評価指標について引き続き、研究を行う予定である。

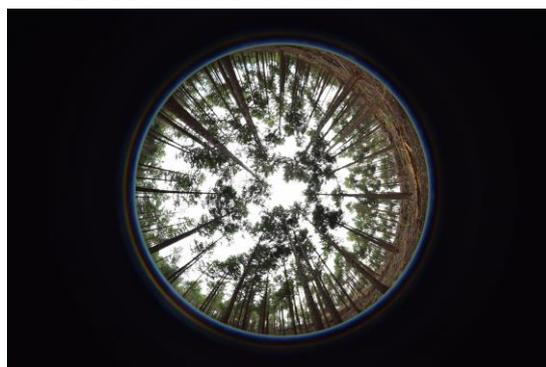


図6 撮影した全天空写真

(様式5) (Style5)

本研究の結果から、表土移動量へ影響する要因、つまり、樹種と傾斜、開空度、地形、施業方法についてその評価をある程度行うことができた。樹種としてはスギ、ヒノキ、コウヨウザンについて調査を行ったが、スギ・コウヨウザンではそれぞれの落葉により下層植生がない場合でも高い林床保護効果を発揮できるため表土移動量は抑えられる傾向を確認した。ヒノキ林では落葉が分解されやすいことから下層植生がない場合、表土移動量が大きくなる傾向を確認した。また、ヒノキ林では降雨強度の高い降雨が発生したときに、急傾斜地や谷地形といった表土移動量が増えると考えられるところで、実際に林内崩落が確認した。以上より、間伐が遅れて下層植生が減少している林分、特に本研究におけるヒノキ林のような林分においては、間伐率を増やして植生回復を促す等工夫し、表土流亡を抑制する必要があると考えられた。また、林地に残す間伐木などを斜面水平方向に配置することは表土流亡の防止に効果があることが知られている。全木集材を行う場合にも、例えば集材の支障となる梢端部や枝をできるだけ切り落として林地に残すなど、積極的に表土の被覆度を増やす工夫をすることも有効な対策であると考えられる。

(注) 要約の分量は、学位論文の分量の約10分の1として下さい。図表や写真を含めても構いません。

(Note) The Summary should be about 10% of the entire dissertation and may include illustrations