

多雪地帯スギ人工林での搬出間伐における伐り捨て木発生量の推定

図子 光太郎・嘉戸 昭夫

Estimation of amount of abandoned felled trees in commercial thinning of Japanese cedar plantations in heavy snow region

Kotaro ZUSHI, Akio KATO

搬出間伐を行った林分において、搬出されずに林内に放置される伐採木（伐り捨て木）が一定の割合で存在する。こうした伐り捨て木の発生量や発生条件については不明な点が多く、出材量や収益に関する予測精度の低下の原因となっている。そこで本研究では、搬出間伐を行った10箇所のスギ林分で伐り捨て木の発生量を調査するとともに、伐り捨て木の発生量と胸高直径、根元曲がりおよびその他の欠点などとの関係について解析を行った。さらに、これらの関係を用いて伐り捨て木発生量の予測式を作成した。伐採木に対する伐り捨て木の材積割合は林分によって最小0%から最大49%まで差があった。伐り捨ては、根元曲がりのある小径木において高い頻度で発生した。また、本論で作成した切り捨て木発生確率予測式を用いることによって、伐り捨て木発生量を実用的な精度で推定できることを示した。

1. はじめに

多雪地帯の人工林は根元曲がりが発生しやすく、このことは主伐や搬出間伐における収穫量や収益に大きな影響を及ぼす（片岡・佐藤 1959；平 1987）。著者らは、根元曲がりを有する林分での素材生産における収穫量や収益の予測方法を確立するため、根元曲がりと生産された丸太の材積や品質との関係について調査を行ってきた（図子・嘉戸 2012, 2013）。こうした一連の調査のなかで、搬出間伐を行った林分において、比較的搬出条件がよいにもかかわらず、搬

出されず、林内に放置される伐採木（伐り捨て木）が一定の割合で存在することが確認された。このような伐り捨て木の発生量や発生条件については、不明な点が多く、出材量や収益に関する予測の精度を低下させる原因となっている。そこで本研究では、搬出間伐実施林分における伐り捨て木の発生量を調査し、伐り捨て木の発生量と立木のサイズ、根元曲がり、欠点の有無との関係について解析を行った。さらに、伐り捨て木の発生確率の予測式を作成し、搬出間伐における伐り捨て木発生量の推定を試みた。

表 - 1 調査林分の概要

調査地	調査地面積 (ha)	林齢 (年)	立木密度 (/ha)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	幹材積 (m ³ /ha)	収量比数	間伐率 (%)
亀谷	0.24	54	971	31.3	22.8	992	0.90	27
吉池	0.27	42	670	32.1	20.8	589	0.68	13
境	0.20	34	770	28.7	15.1	384	0.72	9
大玉生	0.33	51	1185	32.5	25.7	1394	1.13	35
町長	0.28	40	629	34.3	18.5	579	0.76	13
長川原	0.10	51	1310	26.6	21.3	912	0.89	21
東種	0.21	52	976	33.1	24.5	1087	0.97	30
東猪谷	0.28	43	1100	32.0	21.0	980	1.10	15
尾久	0.16	42	806	31.0	19.9	626	0.78	29
福平	0.53	53	477	40.3	25.5	743	0.68	21

2. 調査方法

調査は富山県内において2012年に搬出間伐を実施した10箇所のスギ人工林で行った(表-1)。調査地は作業道に隣接するよう設置し、調査地内の全立木が作業道から30m以内に位置するようにした。これは、ウインチ付きグラブなどを用いて伐倒木を木寄せする場合、木寄せ距離が30mを超えると作業効率が低下し、このことによって切り捨て木となることがあるためである。

調査地内の立木にはラベルを付け、毎木調査を実施した。毎木調査では胸高直径と樹高のほか、根元曲がりの程度を評価するとともに欠点の有無についても調べた。搬出間伐を実施した後、調査地内に残存する伐倒木を確認した。なお、間伐は下層間伐とし、間伐率(本数間伐率)はそれぞれの調査地において表-1に示すとおりとした。

伐木作業はチェーンソーにより行い、木寄せ作業はウインチ付きグラブによって行った。ほぼ全ての調査地で、上げ荷および下げ荷の両方で木寄せを行った。木寄せされた伐倒木は、作業道上でプロセッサにより、造材された。これらの作業は富山県内の森林組合の作業員が実施し、伐倒木を搬出するか否かは現場の作業員の判断に委ねた。

根元曲がりの評価は北村および今永(1973)が考案した樹幹形状分類基準を一部改変して用いた。この手法は、立木の根元曲がりの形状を目視により観察し、1級から5級までの5段階に分類評価する(図-1)。1級木は、根元曲がり認められないか、あるいは地上高50cm付近で根元曲がり収束しているほぼ通直な幹を有する立木とした。2級木は胸高(地上高1.2m)付近で根元曲がり収束している立木とし、3級木は地上高4m付近で根元曲がり収束している立木とした。4級木は根元曲がりほぼ全幹に及んでおり、強いS字状あるいは弓なり状の幹を有する立木とした。5級木は極端に歪曲

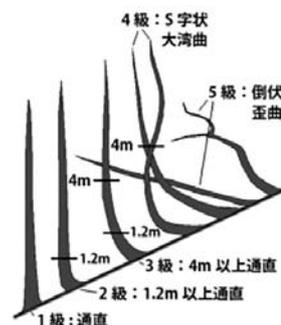


図 - 1 樹幹形状分類の基準

した幹を有する立木および折損木とした。

欠点は、先折れ(梢端折れ)、二又、腐り、入皮、皮剥げ、ツル巻き、その他に分類し、その有無を目視により確認した。

切り捨て木の発生量に影響する要因を明らかにするとともに、切り捨て木の発生確率を推定する予測式を作成するため、切り捨て木発生確率を応答変数とし、胸高直径(cm)、樹幹形状、欠点の有無を説明変数として投入し、一般化線形モデルを用いて係数の推定を行った。その際、誤差構造に二項分布を仮定し、連結関数をロジットとした。また、モデルを最適化するため、赤池情報量基準(AIC)を用い、これが最小となるよう変数の取捨選択を行った。さらに、フルモデルからある変数を取り除いた際のAICの変化量をAICとし、取り除いた変数の影響度を示す指標とした。

3. 結果

表-2に各調査地における伐採木材積、伐り捨て木材積および伐採木材積に対する伐り捨て木材積の割合を示す。伐り捨て木の発生量は平均10.1m³/haとなり、伐採木材積に占める伐り捨て木材積の割合は平均10.1%となったが、発生量や材積割合は調査地によって大きく変動した。吉池、境、長川原および尾久では伐り捨て木が発生しなかったのに対し、東猪谷では伐採木の半数近くが伐り捨て木となった。

表 - 2 各調査地における伐採木と伐り捨て木の材積と伐採木に対する伐り捨て木の材積割合

	亀谷	吉池	境	大玉生	町長	長川原	東種	東猪谷	尾久	福平	平均
伐採木材積(m ³ /ha)	134.1	55.5	22.5	158.8	43.5	50.5	154.6	100.2	127.8	93.7	94.1
切捨て木材積(m ³ /ha)	20.4	0.0	0.0	8.5	9.7	0.0	12.7	49.0	0.0	1.2	10.1
材積割合(%)	15.2	0.0	0.0	5.3	22.4	0.0	8.2	48.9	0.0	1.3	10.1

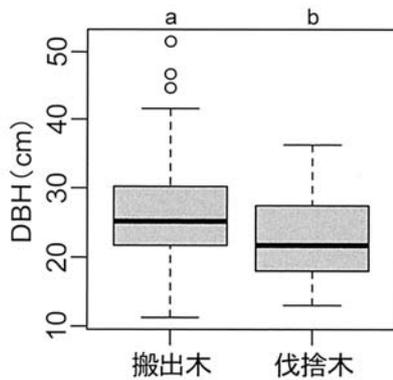


図 - 2 搬出木と伐り捨て木の胸高直径の比較
異なるアルファベットは有意差を表す

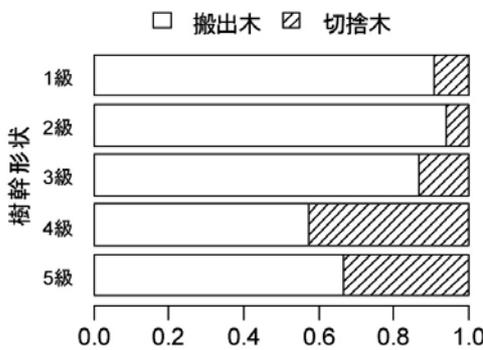


図 - 3 樹幹形状別の搬出木と伐り捨て木の比率

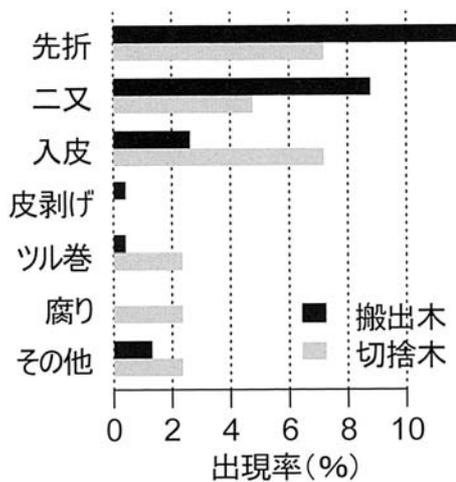


図 - 4 搬出木と伐り捨て木の欠点種別の出現率の比較

図-2に搬出木と伐り捨て木の胸高直径の比較を示す。搬出木および伐り捨て木の平均胸高直径はそれぞれ26.1cmおよび22.9cmとなり、両者の間に有意差 ($p < 0.01$, t 検定) が認められた。

図-3に樹幹形状別の搬出木と伐り捨て木の比率を示す。1級木, 2級木および3級木では伐り捨て木の割合はいずれも10%程度であるが, 4級木および5級木ではそれぞれ42%および33%となり, 伐捨木の割合は大幅に増加した。

伐り捨て木が全く発生しなかった吉池, 境, 長川原および尾久における伐採木の樹幹形状は, 5級木が存在せず, 4級木も全体の0~15%であった。一方, 伐り捨て木の割合が高い東猪谷では, 4級木と5級木が伐採木全体のほぼ半数(49.3%)を占めた。

搬出木および伐り捨て木において欠点を有する個体の出現率はそれぞれ23.7%および19.0%であり, 欠点木の出現率は搬出木より伐り捨て木の方がむしろ低かった。搬出木と切り捨て木に

表 - 3 一般化線形モデルによる切り捨て木発生確率の解析結果

	推定値	標準誤差	z値	p値	Δ AIC
切片	-0.981	1.000	-0.981	0.326	
DBH	-0.061	0.028	-2.218	0.027	3.5
樹幹形状2級	0.001	0.815	0.001	0.999	
樹幹形状3級	0.775	0.802	0.966	0.334	28.5
樹幹形状4級	2.328	0.795	2.930	0.003	
樹幹形状5級	2.118	0.881	2.406	0.016	

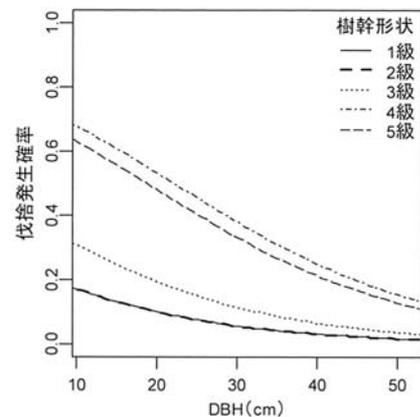


図 - 5 切り捨て木発生確率と胸高直径および樹幹形状との関係

ついて欠点種別の出現率を比較すると(図4), 搬出木では先折れや二又の出現率が高く, それぞれ10%程度を示したが, 伐り捨て木ではこれらの欠点の出現率は搬出木に比べかなり低かった。一方, 伐り捨て木では, 入皮, 腐り, ツル巻きなどの欠点の出現率が搬出木に比べ高かった。

伐り捨て木の発生量に影響する要因について, 一般化線形モデルを用いて解析した。モデルに投入する説明変数は胸高直径, 樹幹形状および欠点の有無であるが, 欠点については, 伐り捨て木において搬出木より出現率が高かった入皮, ツル巻き, 腐りのいずれかが認められた場合に欠点有りとした。表-3に切り捨て木発生確率に関する解析結果を示す。モデルの最適化を行った結果, 予測式には胸高直径と樹幹形状が説明変数として採用され, 欠点は不採用となった。図-5に切り捨て木発生確率と胸高直径および樹幹形状との関係を示す。胸高直径が小さくなるにつれ, 切り捨て木発生確率は上昇した。また, 樹幹形状については, 1級木および2級木では切り捨て木発生確率は低く, 次いで3級木となり, 4級木および5級木で発生確率が大幅に上昇した。切り捨て木発生確率に対する各変数の影響度(AIC)は, 胸高直径より樹幹形状の方がかなり高かった。

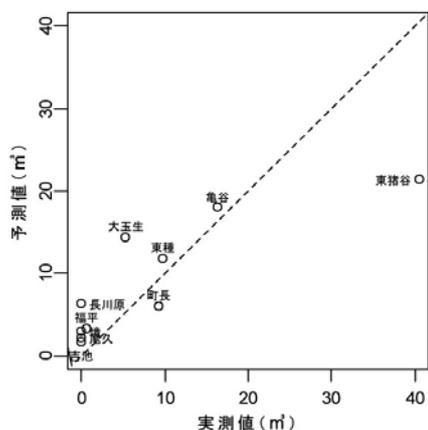


図 - 6 伐り捨て木発生量の実際値と予測値との比較

図-6に伐り捨て木発生量の実際値と切り捨て木発生確率の予測式をもとに算出した予測値との関係を示す。発生量が多かった東猪谷では予測値が実際値を大きく下回り, 大玉生では予測値が実際値を大きく上回ったが, それらを除けば予測値と実際値は概ね近似した。なお, 予測

値と実際値の回帰式の決定係数は0.72となった。

4. 考察

伐り捨て木は, 伐倒した材から得られる収益が出材経費に見合わない判断された場合に発生する。本研究の結果から, この判断は主に立木のサイズと根元曲がりの程度を目安に行われていることが明らかとなった。とくに, 根元曲がりの影響が大きく, 樹幹形状4級や5級のような全幹に曲がりが及んでいる個体は伐り捨ての対象になりやすい。反対に, 樹幹形状1級や2級のように曲がりがないか軽微な曲がりの個体は小径であっても伐り捨ての対象になりにくい。

欠点の有無は伐り捨てを行う際の判断に強い影響を与えていると予想されたが, その影響は小さかった。伐採木における欠点木の出現率は20%程度であり, その大部分は先折れや二又などであった。このような梢端部を中心に発生する欠点は, 丸太の品質に影響しないため, 伐り捨てを行う際の判断材料とはならないようである。また, 伐り捨て木において先折れや二又の割合が減少するのは, これらの欠点が林冠を構成する上層木を中心に発生し, 個体サイズが相対的に大きい上層木自体が伐り捨ての対象になりにくいいためである。一方, 入皮, ツル巻き, 腐りといった欠点は, 搬出木より伐り捨て木において出現率が高いことから, 伐り捨てを行う際の判断材料となっているようである。しかし, このような欠点の出現率は伐採木全体の5%にも満たない。このことが, 伐り捨ての発生に対する欠点の影響を小さくしていると考えられる。

伐り捨て木の発生量は林分状況によって大きく異なる。東猪谷のように, 過去に間伐がほとんど実施されず, 曲がりの大きな小径木が数多く残存する林分では, 伐り捨て木の発生量は大きくなる。反対に, 吉池, 境, 尾久などのように, 過去にも間伐が実施され, 大きな曲がりのある小径木が少ない林分では伐り捨て木は発生しにくい。また, 長川原のように, 過去に間伐があまり実施されず, 現状においてかなり高密度であっても, 曲がりの大きな立木が少なければ, 切り捨て木は発生しにくい。このように伐り捨て木の発生量は林分によって大きく異なるが, 本論で作成した切り捨て木発生確率の予測式を用いることによって, 実用的な精度で発生量を予測できることが示された。

伐り捨て木の発生は、伐倒材積に対する丸太出材量の比率，すなわち林分レベルでの利用率を低下させる。また，出材に寄与しない立木の伐木作業が生じることによって，生産性の低下や経費の上昇を招く。これらは多雪地帯人工林における林業収益性を押し下げる要因の一つと考えられる。本論では，伐り捨て木の発生量が収益性に及ぼす影響について具体的に考察しなかったが，今後これらについても検討していく予定である。

謝辞

調査の実施に際し，新川森林組合，立山山麓森林組合，婦負森林組合，富山県西部森林組合の職員および作業員の皆様に，多大なるご協力をいただいた。ここに記して厚く感謝の意を表す。

引用文献

- 片岡健次郎・佐藤正平（1959）：積雪による杉造林の根曲がりについて．雪氷 21：111～117
- 北村昌美・今永正明（1973）：豪雪地帯における人工林の成林成果判定の一方法について．日林講 84：68～70
- 平英彰（1987）：スギ根元曲がりの形成機構と制御方法に関する研究．富山林研報 12：1～80
- 関子光太郎・嘉戸昭夫（2012）：幹曲がりの影響を考慮したシステム収穫表の調製．第123回日森林大会学術講：Pb100
- 関子光太郎・嘉戸昭夫（2013）：多雪地帯を対象とした林業経営収支予測システムの開発．第124回日森林大会学術講：N26

Summary

In commercial thinning, some felled trees are abandoned without yarding. The amount and generation characteristics of abandoned felled trees are unclear, so it deteriorates the prediction accuracy of yields and earnings. In this study, we investigated the amount of abandoned felled trees in 10 Japanese cedar stands in the heavy snow region where commercial thinning was conducted, and determined relationships between incidence rate of abandoned felled trees and tree diameter at breast height (DBH), stem crookedness, and some defects. We also developed the prediction equation of the volume of abandoned felled trees. Abandoned felled tree ratios for felled trees ranged from 0 to 49% (volume ratio) by study stands. The abandoned felled tree ratios tended to be higher in crooked trees with small-diameter. Results of this study demonstrated that the prediction equation the amount of abandoned felled trees had reasonable accuracy.