

多雪地帯人工林での搬出間伐における切り捨て木発生量の推定

図子 光太郎・嘉戸 昭夫（富山県農林水産総合技術センター 森林研究所）

I 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生産量や収益に大きな影響を及ぼす（片岡・佐藤 1959；平 1987）。このため、これまで著者らは、根元曲がり素材生産における出材量、丸太の品質、収益などにどのような影響を及ぼすか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、搬出間伐を実施した際に、搬出が行われず林内に放置される伐採木（切り捨て木）が一定の割合で存在し、出材量や収益に影響を及ぼすことが確認された。そこで本研究では、搬出間伐実施林分における切り捨て木の発生量を調査し、切り捨て木の発生と立木のサイズ、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、切り捨て木の発生確率推定モデルを作成し、搬出間伐における切り捨て木発生量の推定を試みた。

II 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。また、立木にはラベルを付け、毎木

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	0.2	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	0.1	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	21	980	1.10	15
尾久	0.16	42	806	31	19.9	626	0.78	29
福平	0.53	53	477	40.3	25.5	743	0.68	21

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。また、伐出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・今永が考案した樹幹形状分類（北村・今永 1973）を一部改変して用いた。この手法は、立木の根

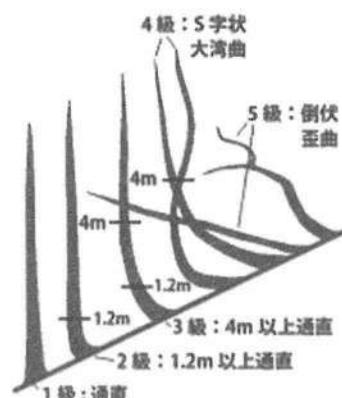


図-1. 樹幹形状分類の基準

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級木は極端に歪曲した幹を有する立木および折損木や傾倒木とした。

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。

切り捨ての発生に影響する要因を明らかにするとともに、切り捨ての発生確率を推定する予測モデルを作成するため、切り捨て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、それぞれの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 ΔAIC とし、取り除いた変数の影響度を示す指標とした。

III 結果

表-2に各調査地における伐採木材積、切り捨て木材積および伐採木材積に対する切り捨て木材積の割合を示す。切り捨て木の発生量は平均 $10.1\text{m}^3/\text{ha}$ となり、伐採木材積に占める切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切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切り捨て木となった。

図-2に搬出木と切り捨て木の胸高直径の比較を示す。搬出木および切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に搬出木と切り捨て木における樹幹形状の構成比を示す。切り捨て木は、搬出木に比べ、1級木、2級木および3級木の割合が低かった。とくに2級木の差が著しく、搬出木では全体の約半数(47%)を占めるが、切り捨て木では16%を占めるに過ぎなかった。その一方で、切り捨て木では4級木と5級木の割合が高く、両方を併せて50%を超えた。

切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、切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。

表-2. 調査地における伐採木と切り捨て木の材積

	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
切り捨て木材積(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

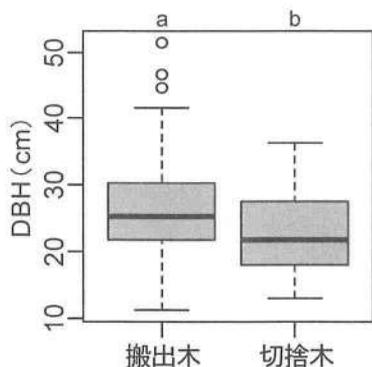


図-2. 搬出木と切り捨て木の胸高直径の比較
異なるアルファベットは有意差を表す

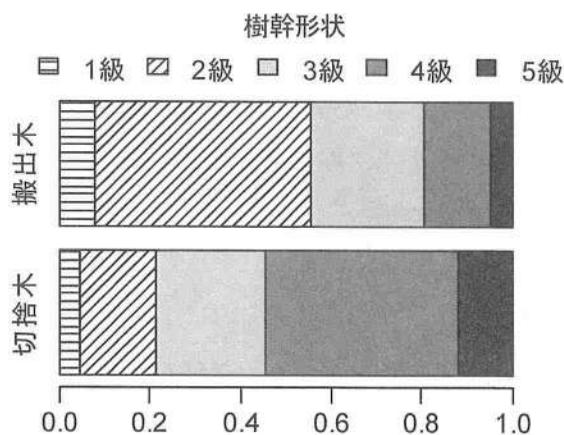


図-3. 搬出木と切り捨て木の樹幹形状の構成比

搬出木および切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切り捨て木の方がむしろ低かった。欠点の内訳をみると(図-4)、搬出木では先折れが全体の46.6%、二又が34.5%と高い割合を占めた。一方、切り捨て木では、先折れが27.3%、二又が18.1%となり、搬出木のそれに比べかなり低かった。また、切り捨て木では、入皮が27.2%、腐りが9.1%、ツル巻きが9.1%となり、いずれも搬出木のそれより高かった。

切り捨て木の発生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、切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、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級木では切り捨て発生確率は低く。次いで

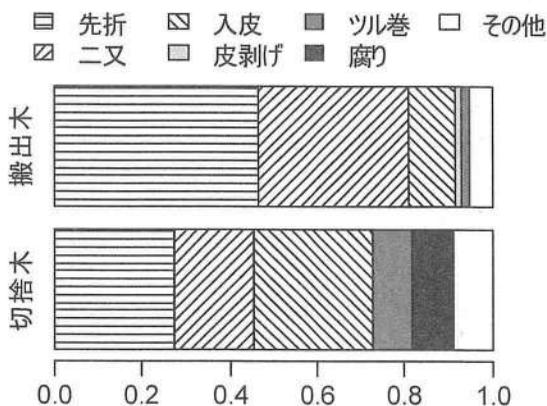


図-4. 搬出木と切り捨て木の欠点種の構成比

表-3. 一般化線形モデルによる切り捨て発生確率の解析結果

	推定値	標準誤差	z値	p値	ΔAIC
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	

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。切り捨て発生確率に対する各変数の影響度 (ΔAIC) は、胸高直径より樹幹形状の方がかなり高かった。

図-6 に切り捨て木発生量の実測値と切り捨て発生確率モデル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測値を大きく下回り、大玉生では予測値が実測値を大きく上回ったが、それらを除けば予測値と実測値は概ね近似した。なお、予測値と実測値の回帰式の決定係数は0.72となった。

IV 考察

切り捨て木は、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樹幹形状を目安に行われていることが明らかとなった。とくに、樹幹形状の影響が大きく、4級木や5級木のような全幹に曲がり及んでいる個体は切り捨ての対象になりやすい。反対に、1級木や2級木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切り捨ての対象になりにくい。

欠点の有無は切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、切り捨てを行う際の判断材料とはならないようである。一方、入皮、ツル巻、腐りといった欠点は、搬出木より切り捨て木において出現率が高いことから、切り捨てを行う際の判断材料として用いられるようである。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、切り捨て発生確率に対する欠点の影響を小さくしていると考

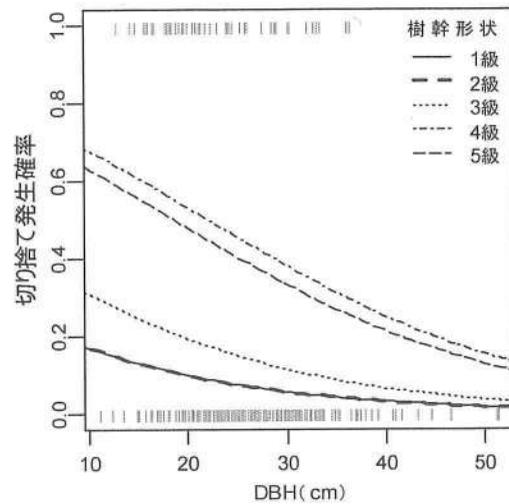


図-5. 切り捨て発生確率と胸高直径および樹幹形状との関係

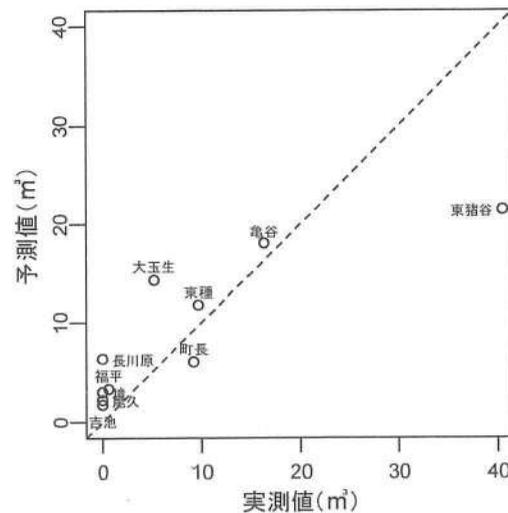


図-6. 切り捨て木発生量の実測値と予測値との比較

えられる。

切り捨て木の発生量は林分の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、切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切り捨て木は発生しにくい。このように切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発生確率モデル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。

切り捨て木の発生は、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、切り捨て木の発生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、今後これらのことについても検討していく予定である。

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. 日林大会学術講 123 : 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. 日林大会学術講 124 : N26