

立地環境要因によるスギ高齢林の地位指数および形質の推定

小谷二郎・千木 容

要旨：石川県の 50 箇所の高齢（64～150 年）スギ人工林の実態調査を行い、既存の 350 箇所の若壮齢林データを併せて地位指数曲線の見直しを行った。その結果、80 年生時の樹高がこれまでの地位指数曲線よりも上方修正された。数量化 I 類によって、地質・標高・土壌条件など 9 つの生育立地環境要因から高齢林の地位指数（80 年生時の樹高）と優良形質木割合の推定を試みた。その結果、生育立地環境要因から地位指数では約 85%、優良形質木割合では約 79%の説明が可能となった。

I はじめに

長期間続いている林業諸情勢の悪化は、林家の伐採収穫意欲の低下をまねき、伐期の延長を余儀なくしている。今後、戦後の拡大造林によって造成されたスギ人工林の大部分も保育間伐の時期を脱したのち、徐々に中長伐期化の方向へ向かうことになる。

これまで、80 年生までの人工林に対応した林分収穫予想表（石川県農林水産部, 1980）が作成され、標準伐期齢に対応した人工林の育林体系や経営収支計算に利用されてきた。しかしながら、現状の収穫表は標準伐期までのデータを中心とした解析を行っているため、それ以上の高齢林の成長に対応した施業計画を立てる際には必ずしも満足のものではない。この点に関して、いくつかの調査事例は、高齢林の成長がこれまで使われていた収穫表では過小評価になることを指摘している（大住ら, 2000）。また、品種系統や積雪環境の影響などによって若齢期と壮齢期での成長過程の違いも指摘されている（大友, 1983）。これらの問題を解決するためには、これまでの収穫表に使われたデータに高齢林のデータを加え、長伐期に対応した地位指数曲線の見直しによる収穫表の調整が必要である。

また、日本海側の積雪地帯ではスギ人工林の成林に対する積雪環境の影響は強く、積雪深の増加にとともなう根元曲がりの増大は立木の形質劣化の主要な原因になっている（小谷, 2003）。このため、積雪地帯においては 15～30 年生のスギ人工林に対し、立地環境による成林予測を行うことが試みられてきた（小野瀬, 2000；横井・山口, 2000）。したがって、高齢林分に対しても成林予測を検討する必要がある。

そこで、この研究では石川県内の主に 80 から 150 年生のスギ人工林の立地環境や成林状況を実態調査するとともに、これまでに集積された若齢期から壮齢期のスギ人工林のデータを加えて 150 年生までに対応したスギ人工林の地位指数曲線を検討するとともに、立地環境要因から地位指数を推定することを試みた。また、併せて同じ立地環境要因から形質を評価し、高齢林の成林予測を行うための解析も行った。

なお、この研究は平成 11～15 年度の情報普及システム化事業（交付金）「長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発に関する調査」の成果の一部である。

II 調査地および方法

調査は、県内 50 箇所（付表-1）の林齢の定かな高齢スギ人工林（64～150 年生）で行った。それぞれの調査地で約 0.1ha の標準地調査と同時に生育立地環境調査を行った。生育立地環境要因としては、標高や地形の他に土壌調査を行い土壌型の特定や腐食含量の観察を行った。標準地調査データと既存のスギ人工林の調査データ（350 箇所：主に 80 年生以下）を基に地位指数曲線を作成した。さらに、その地位指数曲線を用いて 50 箇所の 80 年生時の樹高を外的基準とし、標高・地質・土壌の腐植含有量など 9 個の生育立地環境要因を説明変数とする数量化 I 類による解析を行い、任意の地点での環境要因から 80 年生時の樹高（地位指数）の推定を試みた。地位指数のガイドカーブは、以下に示すミッチャーリッヒの成長曲線式を当てはめた。

$$y = Mh(1 - Lh \cdot e^{-Kh \cdot x})$$

当てはめは、Microsoft Excel のソルバー機能を用いた。

また、標準地調査時に得られた単木毎の樹形級ランク (A、B、C) から、林分に占める優良形質木 (A級木) の本数割合も同じ解析によって推定した。A級木は通直性が高く 8 m 以上の長材の採材可能木とし、B 級木は 4 m 材の採材可能木、C 級木は採材不可能な不良木とした。

Ⅲ 結果および考察

1 地位指数曲線

図-1 は、林齢と上層樹高の関係およびミッチャーリッヒの成長曲線式によって得られたガイドカーブを元に作成した地位指数曲線である。ガイドカーブの式は、

$$y = 34.94(1 - 0.9495e^{-0.01947x})$$

である。この式から、中心線の 80 年生時の樹高は 28.0m と推定され、既存の収穫表 (石川県農林水産部, 1980) の加賀地方版より 2.3m、能登地方版より 2.6m 高かった。また、これを元に地位級別の樹高曲線を当てはめたところ、地位級 1 は 36m (34~38m)、地位級 2 は 32m (30~34m)、地位級 3 は 28m (26~30m)、地位級 4 は 24m (22~26m)、地位級 5 は 20m (18~22m) と推定された。また、豪雪地帯では、少多雪地帯よりも概ね 1 階級程度基準が下回ると判断された。

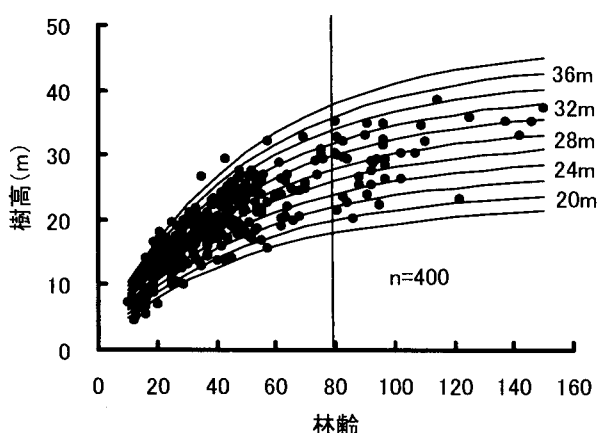


図-1 長伐期に対応したスギの地位指数曲線(80年)

2 環境要因からの地位および A 級木割合の推定

数量化 I 類による解析を行った結果、9つの説明変数で地位指数は約 85%、A 級木割合は約 79%が説明可能であった (表-1)。ただし、本来変数選択

を行って独立したアイテム間で解析 (横井・山口, 2000) を行うべきところを、今回はすべて含めて解析を行っているため、適切でないアイテムが含まれている可能性がある。

偏相関係数の高かった上位 5 要因のうち、地質・標高・土壌の腐食含量・土性が地位指数と A 級木割合の推定に共通していた。ただし、地位では土壌の A 層厚が最も偏相関係数が高かった。地質では、流紋岩質火砕岩を主体とするグリーンタフ地域でスコアが最も高くなった。この地質は地滑りや土石流が発生しやすい地帯であることから、土壌水分に恵まれた地帯であると考えられる。標高では、地位指数・A 級木割合ともはっきりした傾向はなかったが、600m 以上で両者ともスコアが低く、A 級木割合では 100m 以下でもとくに低いスコアを示した。標高 600m 以上は、最深積雪深が 250cm を超える豪雪地帯であることから、樹高成長や幹の通直性阻害に根元曲がり関係している (小谷, 2003)。また、標高 100m 以下の林分では、樹幹上部での曲がりが多かったことから、若齢期に冠雪害による影響を受けた林分が多数存在している (小谷, 2005) ことが考えられる。

土壌の腐食含量では、A 級木の本数割合では腐食に富んだ層が深い所にあるほど好影響を与えているのに対し、地位指数では適度な腐食含量で十分な成長が得られるという結果となった。土性では、両者とも填土が最も高いスコアを示した。土壌の腐食含量や土性は土壌型に関係が深く、B_D から B_E 型では腐食が多いため粘性度の高い性質を持った土壌が形成されやすい (真下, 1983) ことと関係があると考えられる。これまでの調査では、スギの成長に関係が深いのは土壌型・堆積様式・地質などであるが、北陸地方は標高の要因も関係深いとされている (真下, 1983)。今回の調査では、調査林分が B_D から B_E 型に集中したため土壌型との関係が希薄であったが、標高の影響を強く受けるという結果は本県の 40 年生での地位推定の結果 (加藤, 1978) と同様であった。

3 地位指数と形質との関係

地位と A 級木割合の関係を調べたところ、両者の間には有意な相関関係が認められ、地位が高いところほど優良形質木が多い傾向があった (図-2)。このことから、積極的な保育管理によって優良材生産

表一 数量化 I 類による立地環境からのスギ高齢林の地位(80年)およびA級木割合の推定

アイテム	No.	頻度	カテゴリー	地位			A級木割合		
				スコア	レンジ	偏相関係数	スコア	レンジ	偏相関係数
地質 X1	1	23	中新世前～中期泥岩・砂岩、段丘堆積物	0.645	4.917	0.559	5.698	30.817	0.611
	2	8	中新世前期～漸新世後期安山岩質溶岩・火砕岩	-0.045			-5.718		
	3	7	中新世前期流紋岩質溶岩・火砕岩(堆積物はさむ)	2.343			14.974		
	4	12	中生代前～中期砂岩・頁岩・礫岩	-2.573			-15.843		
標高 X2	1	9	30～100m	0.406	4.126	0.566	-12.342	24.711	0.572
	2	15	101～200m	1.594			12.368		
	3	10	201～400m	-0.378			-2.525		
	4	5	401～600m	0.817			8.325		
	5	11	601～1100m	-2.533			-8.256		
局所地形 X3	1	11	山腹直斜面	-0.053	0.319	0.069	1.427	5.155	0.150
	2	27	山腹凹斜面	0.113			1.076		
	3	12	山脚緩斜面	-0.206			-3.728		
斜面方位 X4	1	14	N	-0.252	2.329	0.451	-3.617	20.225	0.480
	2	12	E	-0.678			-4.426		
	3	9	S	-0.970			15.799		
	4	15	W	1.359			-2.563		
土壌型 X5	1	17	B _D	-0.444	1.645	0.359	3.162	4.853	0.108
	2	12	B _D 崩積	1.201			-1.691		
	3	21	B _E	-0.327			-1.593		
土壌のA層厚 X6	1	16	30～40cm	-1.768	3.721	0.623	3.868	10.929	0.315
	2	14	41～50cm	-0.769			-7.061		
	3	20	51～70cm	1.953			1.848		
土壌の腐食 含量 X7			深さ 10cm 25cm 40cm						
	1	13	富 含 乏	-0.430	2.808	0.487	-12.419	18.517	0.349
	2	9	富 含 含	2.246			-0.127		
	3	11	富 富 乏	-0.459			5.356		
	4	17	富 富 含(富)	-0.563			6.098		
土性 X8	1	4	多れき質	-1.368	2.764	0.457	1.973	28.258	0.595
	2	6	砂壤土	-1.655			-3.042		
	3	16	壤土	-0.486			-7.744		
	4	15	埴壤土	0.880			-3.358		
	5	9	埴土	1.109			20.514		
土層の堅密度 X9			深さ 10cm 30cm						
	1	39	しょう - 軟(堅)	0.291	1.321	0.241	2.287	10.394	0.277
	2	11	軟 - 軟(堅)	-1.030			-8.107		
定数				27.49			37.38		
決定係数						$r^2=0.8458$			$r^2=0.7873$

のための長伐期施業を進める場合は、地位の高いところを選ぶべきである。しかしながら、地位指数が20～30mの範囲ではバラツキの多い場所もみられることから、地位の高い場所でも事前に形質を吟味した上で施業方針を決めることが重要と考えられる。また、少多雪地帯では間伐や枝打ち回数が多いほど優良木の割合が多いことも加味すべきである(石川県林業試験場, 2005)。

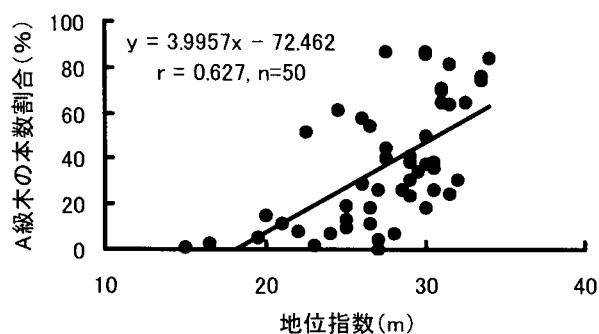
IV おわりに

以上のことから、立地環境要因から地位と形質を予測することが可能と判断された。ただし、先にも述べたとおり、変数選択を行っていないので多重共線性についてもう少し検証が必要である。また、推定式に用いられた形質の判定は、あくまでも外観上の評価であって、穿孔性虫害の被害程度や死節など

材の内部形質に関係した評価はほとんど行っていない。今後は外観と材質との関係についても検討する必要があると考えられる。

引用文献

- 石川県農林水産部（1980）石川県スギ人工林林分収穫予想表. 189pp.
- 石川県林業試験場（2005）よくわかる石川の森林・林業技術7 スギの長伐期施業－資源の安定と機能の向上を目指して－. 21pp.
- 加藤六郎（1978）石川県におけるスギ林地生産力の解析と分布図の作成. 石川県林試研報 9：1－29.
- 小谷二郎（2003）豪雪地帯の高齢スギ人工林の成長と形質. 雪と造林 13：30－33.
- 小谷二郎（2005）カワイダニスギの冠雪害の特徴と対策. 雪と造林 14：33－36.
- 真下育久（1983）スギ人工林の成長と環境.（新版スギのすべて. 坂口勝美ほか編, 629pp, 全林協, 東京）. 99－123.
- 小野瀬浩司（2000）雪国における成林予測と造林限界.（雪国の森林づくり－スギ造林の現状と広葉樹の活用－. 豪雪地帯林業技術開発協議会編, 189pp, 日本林業調査会, 東京）. 67－88.
- 大友栄松（1983）スギ林成長の地域比較.（新版スギのすべて. 坂口勝美ほか編, 629pp, 全国林業改良普及協会, 東京）. 501－508.
- 大住克博・森麻須夫・櫻井尚武・齋藤勝郎・佐藤沼敏・関 剛（2000）秋田地方で記録された高齢なスギ人工林の成長経過. 日林誌 82：179－187.
- 横井秀一・山口 清（2000）積雪地帯におけるスギ人工林の成林に影響する立地要因. 日林誌 82：15－19.



図－2 地位指数 とA級木の本来割合の関係

付表-1 調査した高齢スギ人工林の概要

No.	標高 (m)	地形	方位	土壌型	林齢 (年)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)
1	110	凹	W	B _D 崩積	81	527	1,220.0	45.5	32.7	21.8
2	90	凹	S	B _D	83	452	556.0	38.3	22.9	9.1
3	100	凹	N	B _D 崩積	80	523	913.0	39.9	29.5	15.8
4	20	凹	E	B _D	92	766	1,419.0	41.9	28.7	7.8
5	150	凹	E	B _D 崩積	150	432	2,150.0	64.1	37.5	19.3
6	150	凹	N	B _D	110	1,401	3,272.6	41.8	32.1	13.8
7	140	山脚	E	B _E	137	445	1,198.0	54.1	35.2	19.9
8	120	凹	N	B _D	110	592	1,555.0	47.5	32.2	17.6
9	250	凹	S	B _E	107	155	421.0	53.9	30.2	13.5
10	30	山脚	W	B _D	92	815	1,034.7	38.0	25.6	8.3
11	550	直斜	E	B _D	94	553	986.0	41.9	28.6	5.7
12	200	山脚	W	B _E	93	501	883.0	42.1	28.1	14.0
13	160	直斜	W	B _D	84	510	855.0	40.8	27.2	12.0
14	200	山脚	N	B _D	75	530	1,227.0	47.7	27.8	10.5
15	210	山脚	W	B _E	75	499	1,050.4	46.0	29.7	15.5
16	130	凹	N	B _E	80	349	857.0	46.4	33.5	21.5
17	300	凹	E	B _D 崩積	69	603	1,338.0	41.9	29.8	16.1
18	220	凹	E	B _E	81	716	1,324.0	40.5	29.3	14.6
19	230	直斜	W	B _D 崩積	91	356	1,008.0	49.2	35.0	18.0
20	490	凹	W	B _E	83	372	912.1	50.6	29.7	9.6
21	150	凹	E	B _E	125	344	903.0	47.0	36.0	18.5
22	350	山脚	N	B _E	109	621	1,564.0	46.8	33.6	10.3
23	820	山脚	E	B _D	91	745	803.0	39.6	24.0	10.3
24	810	山脚	S	B _D	95	574	816.0	42.9	22.5	10.3
25	680	山脚	N	B _E	102	1,356	1,911.0	38.1	27.1	5.6
26	700	山脚	E	B _E	102	649	1,224.0	42.5	29.5	5.8
27	780	凹	S	B _D	102	1,168	1,205.0	32.6	22.0	4.5
28	1100	凸	N	B _D	122	390	323.0	30.5	17.4	5.9
29	830	凹	W	B _D	86	980	364.0	22.3	17.4	6.1
30	1060	凹	W	B _D 崩積	81	1,068	851.0	31.5	19.6	10.2
31	660	凹	S	B _D 崩積	92	396	865.0	48.8	27.5	12.8
32	730	山脚	N	B _D 崩積	84	746	766.0	35.1	22.2	3.8
33	720	直斜	E	B _D	141	824	1,717.0	45.3	29.4	16.4
34	520	直斜	W	B _D	142	554	1,415.0	49.8	31.3	8.6
35	150	山脚	E	B _E	114	284	1,250.7	58.6	38.2	13.5
36	150	直斜	E	B _E	114	442	636.2	45.5	34.6	13.6
37	260	山脚	W	B _D 崩積	97	669	896.0	37.6	28.5	19.5
38	230	直斜	N	B _D	97	672	763.9	35.2	26.5	17.5
39	30	凹	W	B _D	97	480	920.5	43.7	29.5	17.9
40	460	直斜	N	B _D	88	808	943.3	35.9	25.5	14.5
41	460	凹	S	B _D 崩積	88	578	878.2	40.6	26.7	15.2
42	70	山脚	E	B _D 崩積	74	565	596.1	33.7	26.9	12.9
43	250	凹	E	B _E	96	627	1,243.4	42.5	32.6	15.9
44	250	凹	E	B _E	90	887	1,631.5	40.2	33.0	14.6
45	70	凹	N	B _E	146	487	1,155.1	44.7	35.4	20.6
46	60	凹	S	B _E	96	348	1,215.1	56.7	34.9	16.6
47	60	直斜	S	B _E	96	559	924.5	39.5	31.7	20.0
48	150	凹	N	B _E	64	646	925.0	38.8	27.0	15.8
49	150	凹	S	B _E	76	637	1,008.0	40.5	29.4	17.7
50	70	凹	N	B _E	75	620	1,002.5	39.1	30.0	18.9