

長野県上田市におけるアカマツ林伐採跡地の植生回復とコナラ林の成長

加藤 順*・林 一六**

Vegetation Recovery after cut down of *Pinus densiflora* stand and Growth of *Quercus serrata* in Ueda, Nagano Prefecture, Japan

Jun Kato and Ichiroku Hayashi

はじめに

この報文は、アカマツ林伐採跡地の植生回復とコナラ二次林の成長について述べている。長野県上田市周辺の植生はアカマツ林とコナラ・クヌギ二次林およびカラマツの植林からなっているが、近年、アカマツ林からコナラ・クヌギ林への植生遷移が進んでいる。アカマツ林の林床には、気候帯によって異なるブナ科の稚樹が生育し、暖温帯ではシラカシ、コナラやクヌギ、冷温帯ではミズナラの生育する場合が多い(加藤・林 2006)。それゆえ、上田・小県の暖温帯地域ではアカマツ林は、コナラ・クヌギの林に遷移することが予想される。冷温帯にある上田市菅平で植生遷移の実験をした Kato and Hayashi (2003) によれば、ススキ草原から遷移して成立したアカマツ林は、カケスが林床に埋蔵したミズナラの種子が芽生え、ミズナラが優占種となる林へ遷移する。彼らはそのアカマツ林で、31 年間にわたり個体の胸高直径を計測し、それらのデータから地上部の現存量を算出して現存量の増分を 1 年間で平均 3.7 ton/ha と推定した (Kato and Hayashi 2006)。

この生産量の値が暖温帯のコナラ林の場合でもあてはまるかどうかを知るため、著者らは、上田市の伊勢山地区でコナラの胸高直径を 5 年間計測し、直径—個体重量関係を用いて現存量の年間平均増加量を計算した。このコナラ林はアカマツ林から遷移して成立したものである。

ここでは、アカマツ林伐採跡地の植生回復をまず述べ、その結果成立するコナラ林の成長について報告する。

調査地と調査方法

二つの調査地を含む上田市の年平均気温と降水量

* 加藤 順 〒385-0022 長野県佐久市岩村田 1940

** 林 一六 〒386-0005 長野県上田市古里 173-5

はそれぞれ 11.9℃、891mm であった。吉良の暖かさの指数は 88℃・月となり暖温帯にあたる。

舞田地区のアカマツ林伐採跡地

アカマツ林伐採跡地調査をした上田市舞田地区(場所 A) は、北緯 36° 22' 4.81"、東経 138° 10' 38.06"、標高 522m であった。この場所は以前、アカマツ林が成立していたが、老齢のアカマツを伐採したのち、自然条件下に放置されていた場所である(図 1)。この立地は地質学的に小川層に属し、いまから 1000 万年ほどまえに湖底が隆起した地層で比較的貧栄養の土壌である。斜面の向きはほぼ南西向きの緩い斜面である。

その立地に 10m × 16m の固定調査枠を設定し、枠内の全ての個体に、樹種ごとにプラスチックの番号札を付けて個体識別した。

調査日は 2012 年 3 月 18 日、2012 年 10 月 14 日、2013 年 12 月 6 日、2014 年 4 月 28 日、2015 年 4 月 26 日、2015 年 12 月 10 日だった。この調査日程によって立地は 4 生育シーズンを経たものである。

伊勢山地区のコナラ林

コナラの直径を測定した上田市伊勢山地区は(場所 B) は北緯 36° 24' 40.96"、東経 138° 18'



図 1 舞田地区のアカマツ伐採地跡



図2 伊勢山のコナラ二次林

05.49”、標高 673m にあった。土壌は、1 万年から 4 万年ほど前の烏帽子岳東側の噴火による溶岩台地の上にできた層であるとされている。この立地は、長い間薪炭林として利用されてきたが、燃料が化石燃料に転換されてきてから放置されて現在にいたっている（図2）。ここでは、萌芽している樹木の幹も個体と表記している。10m 四方の固定調査枠を設定し、枠内のすべての個体にプラスチックの番号札を付け個体識別した。その全個体について地上から 120cm 高さの直径（胸高直径：DBH）を測定した。測定に際し、太い樹木は直径巻尺を用い、細い樹木はノギスを用いて測定した。測定日は、2011 年 4 月 17 日、2011 年 12 月 4 日、2012 年 12 月 2 日、2013 年 12 月 2 日、2014 年 4 月 26 日、2014 年 12 月 7 日、2015 年 12 月 5 日で、これによって立地は 5 生育シーズンを経た。

結果

アカマツ林伐採跡地の植生回復

舞田地区のアカマツ林伐採跡地（調査地 A）に成育していた樹木は表 1 に示したとおりであった。表 1 が示すように、アカマツ林伐採跡地を自然条件下に放置しておいた立地では、2012 年の春には、10 m × 16 m（160m²）の面積当たりそれぞれ、コナラが 118 本、平均樹高 74cm、サクラ sp. 34

本、99cm、クヌギ 24 本、41cm、アカマツ 10 本、38cm、クリ 8 本、152cm が生育していた。このうちサクラ sp. は植栽されたものである。これらの樹種は、5 年後までに個体数に大きな変動はないが、平均樹高は表に示したように成長し、とくに、コナラは 74cm から 193cm まで 119cm 成長した。その成長の様子を図 3 に示した。

5 年間記録のあるコナラ 90 個体について樹高の高位 30 本 $H_{large}(m)$ 、中位 30 本 $H_{middle}(m)$ 、低位 30 本 $H_{small}(m)$ の伸長成長を次のロジスティック式で近似した：

$$H_{large}=20/(1+16.43*\exp(-0.216*t))\cdots(1)$$

$$H_{middle}=20/(1+27.66*\exp(-0.263*t))\cdots(2)$$

$$H_{small}=20/(1+43.94*\exp(-0.292*t))\cdots(3)$$

ここで、最高樹高 H_{max} は 20m と仮定し、 t は 2012 年からの年数である。いずれの式も、($p<0.001$) 有意であった。これらの式からいずれの大きさのコナラも 20 年後の 2032 年には樹高 15m を超えることが推測された。この結果は舞田のアカマツ林伐採跡地は調査地 B のコナラ林のような林に遷移することを示唆している。図 3 に示すように、平均樹高 74cm のコナラは年平均 29.8cm 伸長成長し 4 年後に平均樹高 193cm になった。

伊勢山地区コナラ林の地上部現存量（幹+枝+葉乾燥重量）

調査地 B のコナラ林における 2011 年 4 月の群落組成表を表 2 に示した。この群落はコナラが 100m² あたり 55 個体、クヌギ 6 個体、カスミザクラ 5 個体、ヤマザクラ 2 個体が生育していた。2015 年 12 月の個体数と平均直径はコナラ 50 本、5.9cm、クヌギ 5 本、14.3cm、カスミザクラ 5 本、2.5cm、ヤマザクラ 2 本、4.2cm、合計 62 本で平均 6.3cm になった。この個体群の直径分布は最大 19.9cm、最小 0.8cm 平均 6.3cm と直径の個体変異を示した。個体群の直径ヒストグラムを図 4 に示した。2011 年から 2015 年の間に太い直径の個体が増加すると同時に個体群内で平均 7cm を境に階層

表 1 舞田地区の樹木個体数（10m × 16m）と平均樹高（cm）

種	2012 年 春		2012 年 秋		2013 年 秋		2014 年 春		2015 年 春		2015 年 秋	
	個体数	樹高	個体数	樹高	個体数	樹高	個体数	樹高	個体数	樹高	個体数	樹高
コナラ	74	118	103	105	122	119	124	118	159	120	193	120
サクラ sp.	99	34	136	32	156	37	164	37	171	36	172	36
クヌギ	41	24	52	22	52	24	49	22	55	19	62	18
アカマツ	38	10	67	7	97	10	87	10	125	10	167	10
クリ	152	8	163	6	206	8	214	8	290	6	324	7

そのほかの樹木：ガマズミ・エノキ・エンジュ・ミヤマザクラ・コバノガマズミ

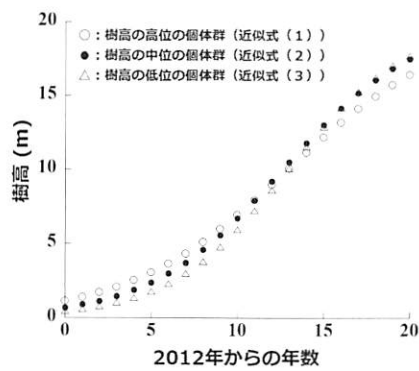


図3 舞田地区のコナラ個体群成長予測

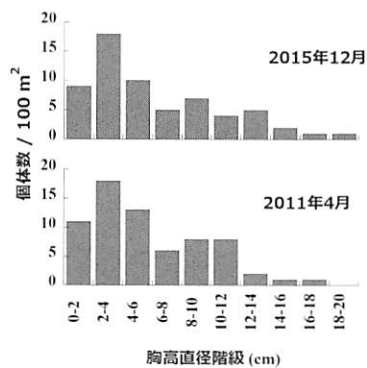


図4 コナラ個体群の直径ヒストグラム

表2 コナラ林の樹木種類組成

層	種名	個体数/100m ²
高木	コナラ	55
	クヌギ	6
	カスミザクラ	5
	ヤマザクラ	2
低木	コバノガマズミ	7
	ミヤマウグイスカグラ	5
	ヤマツツジ	4
	ヤマウルシ	2
	ナツハゼ	2
	マユミ	2
	コマユミ	1
	ダンコウバイ	1
	ガマズミ	1
	ノイバラ	1
	アブラチャン	1
	ツノハシバミ	1
	カスミザクラ	1
	ミツバアケビ	1
	ケヤキ	1
	ナツグミ	1
	ヤマコウバシ	1

表3 コナラ林の平均直径 (cm)、現存量 (kg)/100m² の経年変化

2011		2012		2013		2014		2015	
直径	現存量	直径	現存量	直径	現存量	直径	現存量	直径	現存量
5.6	1092	5.7	1151	5.8	1193	6.2	1200	6.3	1261

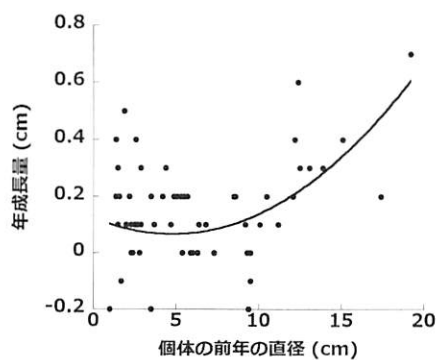


図5 樹木の前年の直径の大きさと当年の直径成長量

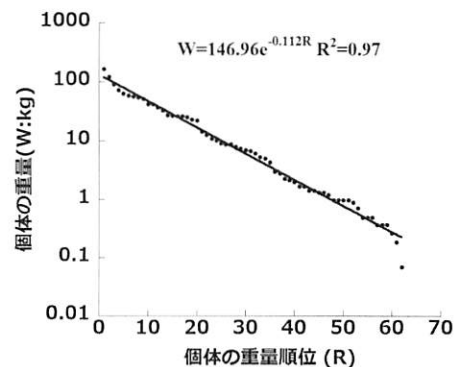


図6 コナラ林の樹木個体の重量とその順位関係

化が進んだ。測定された個体の直径から各個体の地上部重量（幹+枝+葉重量）を次式（小見山ほか2011）の直径—重量関係式を用いて推定した。

$$W = 0.103(\text{DBH})^{2.491} \quad R^2 = 0.99 \quad (4)$$

幹枝葉の重量： W (kg)、DBH: 地上120cmの高さの直径 (cm)

全ての個体の重量を総計して、立地の幹+枝+葉の現存量とした。この群落での樹木の平均直径と立

地現存量の経年変化を表3に示した。表3に示すように2011年に100m²あたり1092kgであった現存量が2015年には1261kgとなった。この5年間の平均生産量は42.3kg/100m²であった。

また、この成長の過程は次式で近似できた。

$$W_{st} = 38.6t + 1102 \dots \dots \dots (5)$$

W_{st} (kg) : 立地の現存量、 t :2011年を0年としたときの経過年

図5に2014年の個体の直径の大きさと、その個体の2015年までの直径成長量との関係を示した。図のように前年に大きな直径であった個体ほど、当年の成長が大きいことがわかる。つまり大きな個体ほど成長が大きいことを示している。直径の成長は5年間で平均5.6cmから6.3cmの増加であったが、この成長量は個体群内で図4のように大きく変動し、大きい個体ほど成長量が大きい傾向があった(図5)

図6に2015年の個体群について、1個体ずつの重量とその個体順位との関係を示した。横軸に個体の重さの順位を、縦軸にその個体の重量を示してある。この図は自然に成立するコナラ林において、群落を構成する個体間の順位に関して等比級数則性があることを示すものである。

考察

上田市において、アカマツ林伐採跡地は自然条件ではコナラ林に遷移することが示唆されるが、これは伐採する以前のアカマツ林にコナラ個体が多数観察されることから裏付けられる。このことは、冷温帯にあるアカマツ林からミズナラ林への遷移の場合とおなじように *Pinus* 属から *Quercus* 属への遷移で、この遷移系列はアメリカやホンジュラスなどでも観察されている(林 2003)。この実験によるとアカマツ林からコナラ林への遷移は、アカマツ林の上層木であるアカマツを伐採除去するとおよそ20年でコナラ林が成立することを示している。

舞田地区(A地区)でのコナラ、クヌギなどの幼樹の密度は2012年に100m²当たり120本であった。そこから遷移すると思われる伊勢山地区(B地区)のコナラ成林では同面積で68本になり、幼樹林から成樹林になる期間に自己間引きによる密度の減少が起これとおもわれる。

こうして出来たコナラ林は年間の純生産量はヘクタールあたり約4tで、前述のKato and Hayashi(2006)のアカマツ林での3.7tと近い値であった。これが、樹種をこえてどの程度敷衍できるかは今後の課題となる。

また、Hayashi et al (1981)、柏木(1986)によれば、菅平のススキ草原の地上部生産量はヘクタールあたり、約4.5tであった。植物群落の純生産量(純同化量)は草原も森林もほぼ4-5t/haの間にあると考えられる。

伊勢山のコナラ林では個体群の重量分布で大きな

変異があり、個体間の重量の順位は等比級数にしたがっていた。なぜ、このような規則性が生ずるのかについて、次のようなモデルを考えることができる。

各個体の重量(W)と重量の順位(R)の間には関数関係があり、個体の順位に対する重量変化率は個体群内の順位と次のような関係がある。個体の重量を重い順に並べると順位の軽くなり方に次の式に示すような規則性があるということである。

$$-dW/dR = a \cdot W_1 \quad (5)$$

すなわち、 $W = b \cdot \exp(-aR)$

この関係の意味するところは、個体重量(W)が順位(R)によって決まるということで、生態学的背景として順位はその群落内の個体の置かれている環境によって決定されるということである。本報告の例では： $W = 146.96 \cdot e^{-0.112R}$ なので、一位の種から最下位の種まで積分すれば立地の重量が求められることができる。いまこの式を数値積分すると1162kgとなり、実測値の1215kgとほぼ近い値となる。

一般に、植物群落はその構成種の優占種(一位の種)から最下位の種の間に同様な関係が認められている。従って任意の群落の現存量も同様な手法で計算できると期待される。

謝辞

この研究にあたり、実験地の土地を貸していただき、樹木の測定に協力していただいた宮沢健一さんにお礼申し上げます。また、舞田、伊勢山地区の樹木測定に協力いただいた上田地球を楽しむ会の会員の皆様に感謝いたします。

引用文献

- Hayashi I, Hishinuma Y, Yamasawa T. 1981. Structure and functioning of *Miscanthus sinensis* grassland in Sugadaira, Central Japan. *Vegetatio* 48:17-25.
- 林 一六. 2003. 植物生態学：基礎と応用 古今書院 pp. 227
- 柏木良明. 1986. 長野県菅平におけるススキ及びアカマツ群落の微気候の測定(予報). *新地理* 33: 51-56.
- Kato J, Hayashi I. 2003. The determination and prediction of pine to oak forest succession in Sugadaira, Central Japan. *Korean J Ecol* 26: 155-163.

加藤 順・林 一六 . 2006. 日本におけるアカマツ群落の種類組成と温度環境 . 長野県植物研究会誌 39: 51-62.

Kato J, Hayashi I. 2006. Quantitative analysis of a stand of *Pinus densiflora* undergoing succession to *Quercus mongolica* ssp. *crispula*: 1. A 31-year

record of growth and population dynamics of the canopy trees. *Ecol Res* 21: 503-509.

小見山 章・中川雅人・加藤正吾 . 2011. 冷温帯林樹木の個体重に関する共通相対成長式 . 日本森林学会誌 93: 220-225.