短 報

岩手県内に造成された北米産広葉樹 4 種の
人工同齢単純林における林分成長特性國崎 貴嗣^{1,*}・柴田 真理²・甲田 朋子²・渡部 尚子²

國崎貴嗣・柴田真理・甲田朋子・渡部尚子：岩手県内に造成された北米産広葉樹 4 種の人工同齢単純林における林分成長特性，森林計画誌 40：277～282，2006 北米産落葉広葉樹 4 種（ユリノキ，アメリカミズメ，ピンオーク，オオアメリカキササゲ）の若齢人工林における林分成長特性を解析した。ユリノキは，地域の広葉樹林分収穫表における地位一等よりも顕著に高い樹高成長を示した。2004 年におけるユリノキ，ピンオーク，オオアメリカキササゲの期間平均材積成長量は平均材積成長量を上回ったが，アメリカミズメでは下回った。植栽密度 1,000 本/ha であるユリノキの林齢 28 年時の林分材積は 476 m³/ha であり，これは植栽密度 1,000～2,500 本/ha で林齢がほぼ同じである他樹種林分の 2 倍以上の値であった。

Takashi KUNISAKI, Mari SHIBATA, Tomoko KOHDA, and Naoko WATANABE : **Growth pattern analysis of pure even-aged plantations of four North American hardwood species in Iwate Prefecture, northern Japan.** Jpn.J.For.Plann.40 : 277～282, 2006 We analyzed the growth patterns of pure even-aged plantations of four North American hardwood species, yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*), black birch (*Betula lenta*), pin oak (*Quercus palustris*), and north catalpa (*Catalpa speciosa*), in Iwate Prefecture, Japan. Yellow poplar plantations showed more vigorous height growth than natural hardwood stands in high-quality sites in Iwate Prefecture. The periodic annual volume increase in all the plantations except those of black birch in 2004 exceeded the simultaneous mean annual volume increase. The stand volume of yellow poplar plantation with a planting density of 1000 trees/ha was 476 m³/ha when the stand was 28 years old; this was 2.4-4.2 times as much as the stand volume of the other three species in plantations with planting densities of 1000-2500 trees/ha and ages of 28-31 years.

I はじめに

外国産樹種は主に明治時代以降，街路樹や公園樹などとして導入され，現在まで有用な緑化樹木として利用されてきた（大日本山林会編，1981；日本生態学会編，2002）。外国産樹種は林業用樹種としては指定されていないため，見本林や試験林を除いて，まとまった面積での造林はなされていない。ただ，外国産緑化樹木の中には，長野県におけるハリエンジュや小笠原におけるアカギのように自然植生域に逸出し，分布拡大することで，在来樹種との競争を引き起こしている樹種もある（日本生態学会編，2002）。また，西日本の天

然林でも様々な外国産緑化樹木の侵入が認められている（日本自然保護協会編，2005）。こうした状況を受け，近年，「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」の制定に代表されるように，本来の自然分布域外から導入された生物種である外来種の管理が重要視されている（小林・倉本編，2006）。このことから，有用な緑化木としてすでに導入された外国産樹種が，緑化の対象外である天然林内に逸出した場合に，個体群を形成し在来樹種を淘汰する可能性があるかを評価しておく必要がある。そのためには，まず各地で試験的に造成された外国産樹種，とりわけ高木性樹種の人工同齢単純林（以下，人工林とする）の林分成長

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail : kunisaki@iwate-u.ac.jp

1 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka 020-8550.

2 岩手大学大学院農学研究科 Graduate school of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka 020-8550.

特性を把握することが基本的に重要である。しかし、外国産樹種の林分成長を数十年にわたり詳細に報告した事例は、関東地方に造成されたユリノキ人工林（林業科学技術振興所，1985；鈴木，1995；諫本・澤田，1998；石橋ら，2006）の場合を除くと、極めて少ない。

これまで国有林，都道府県有林，大学演習林を中心に，各地に広葉樹試験林・見本林が造成され（日本林業技術協会，1987），この中には外国産樹種の人工林も含まれている。こうした人工林において経時的に林分調査が実施されていれば，現在までの成長経過を詳細に解析することができる（大日本山林会編，1981）。

岩手大学の演習林内に造成された若齢の広葉樹人工林における過去3回の林分調査データを用いて，北米産落葉広葉樹4種の人工林における林分成長特性を明らかにするのが本研究の目的である。

II 調査地と方法

1. 調査地

調査地は岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター滝沢演習林（39°47'N，141°10'E）の広葉樹見本林（5.59ha）内にある。広葉樹見本林には現在，国内外の樹種24種31林分の同齢単純林が造成されている。広葉樹見本林の標高は185～192mと，平坦地である。調査地から1.0～1.6km離れた位置（標高210m）における気象観測資料によれば，年平均気温9.2℃，暖かさの指数76.7，年平均降水量1,219mmである。最深積雪深は40cm程度であり，少雪地域に相当する。広葉樹見本林の前生林分はコナラやアカマツを優占種とする二次林である。

本研究の調査林分は，北米産の落葉広葉樹であるユリノキ（yellow poplar, *Liriodendron tulipifera*），アメリカミズメ（black birch, *Betula lenta*），ピンオーク（pin oak, *Quercus palustris*），オオアメリカキサ

サゲ（north catalpa, *Catalpa speciosa*）という4種の同齢単純林6林分である（表－1）。ユリノキはモクレン科の大高木であり，北米では最大樹高61mにも達する（KOZLOWSKI, 1984）。アメリカミズメはカバノキ科の大高木である。天然林内での優占度はあまり高くないものの，耐陰性は中庸であり，皆伐地や群状伐採地などで一斉に更新する樹種である（LIPTZIN and ASHTON, 1999; FOWNES and HARRINGTON, 2004）。ピンオークはブナ科の大高木であり，北米では最大樹高36mに達する（KOZLOWSKI, 1984）。オオアメリカキササゲはノウゼンカズラ科の大高木であり，こちらも北米では最大樹高36mに達する（KOZLOWSKI, 1984）。

ユリノキとオオアメリカキササゲの種子は岩手大学構内の並木から採取された。アメリカミズメの種子は東北林木育種場（現・林木育種センター東北育種場）から寄贈され，ピンオークの種子は緑化資材の販売企業から購入されたものである。いずれの種子についても演習林の実験苗畑で育苗された後，平坦地に植栽された。植栽密度は1,000～2,750本/haである（表－1）。下刈りが適宜実施され，植栽木が雑草木との競争状態を抜け出た後には，侵入木の一部が除伐される程度であり，現在まで無間伐状態で推移している。

2. 調査方法

調査林分において1986年11月，1994年4月（開業前），2004年10～12月に，すべての植栽木の地上高1.2mの胸高直径を輪尺で測定した（2004年時には直径巻尺で測定）。同時期に最小，最大胸高直径階の植栽木を含むように様々な胸高直径の植栽木を10～20本選び，ブルーメライスにより樹高を測定した（2004年時にはVertex IIIで測定）。このデータからNäslund式を用いて樹高曲線を作成し，胸高直径階別平均樹高を推定した。また，立木幹材積表（林野庁計画課，1970）に基づき，胸高直径と胸高直径階別平均樹高から幹材積を推定した。

表－1 調査林分の概要

林分記号	樹種	面積 (ha)	植栽密度 (本/ha)	林齢* (年)	本数密度* (本/ha)	林分材積* (m ³ /ha)	平均胸高直径* (cm)	平均樹高* (m)
YP1	ユリノキ	0.40	2,750	43	771	540	25.6	22.9
YP2	ユリノキ	0.25	1,000	28	828	476	26.0	22.3
BB1	アメリカミズメ	0.44	2,500	31	1,159	182	14.9	17.7
BB2	アメリカミズメ	0.14	2,429	31	186	28	15.9	14.4
PO	ピンオーク	0.06	2,500	31	1,567	197	14.6	14.3
NC	オオアメリカキササゲ	0.25	1,000	28	584	113	19.3	12.2

* 2004年12月時点の値

3. 解析方法

各林分の樹高成長特性を明らかにするために、平均樹高成長曲線を岩手県民有林広葉樹林の林分収穫表（岩手県林業水産部，1987）の地位級区分線と比較した。なお，1986年，1994年の調査データについては林分構成値や胸高直径階別本数分布のように集計されたデータしか保管されておらず（杉田ら，1988；川村ら，1995），上層木平均樹高を算出できない。このため，本研究では樹高成長の指標として，上層木平均樹高の代わりに平均樹高を用いた。一方，比較に使用した岩手県民有林広葉樹林の林分収穫表（以下，林分収穫表とする）では，地位級区分線は上層木平均樹高に基づいており，平均樹高が記載されていない。ただ，林分収穫表（岩手県林業水産部，1987）には，その調製に用いた標準地104林分における上層木平均樹高と平均樹高のデータが付表として掲載されている。そこで，上層木平均樹高と平均樹高との関係を（1）式で近似し，林分収穫表の地位級区分線を平均樹高に基づく曲線に変換した。

$$H_m = 0.778H_t + 0.751 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.94, p < 0.0001$$

ここで H_m ：平均樹高（m）， H_t ：上層木平均樹高（m）である。なお，本研究では，以下の解析においても，林分収穫表の上層木平均樹高をすべて平均樹高に変換した。

各林分の胸高直径成長に対する密度効果を明らかにするために，平均樹高と平均胸高直径のトラジェクトリーを林分収穫表における平均樹高と平均胸高直径との関係と比較した。一般に，林分収穫表では地位級の違いに関係なく，上層木（主林木）平均樹高と平均胸高直径との関係がほぼ同一曲線になるように調製される。それゆえ，任意の林分のトラジェクトリーが林分収穫表における平均樹高と平均胸高直径との関係曲線から大きく乖離していれば，胸高直径成長が相対的に促進あるいは抑制されていると判断できる。

林齢－平均成長量曲線と林齢－連年成長量曲線は平均成長量の最大値で交差する（南雲・箕輪，1990）。本研究では，2004年秋の時点で成長段階を次の3タイプに分類した。stage 1：連年成長量最大となる以前の段階。stage 2：stage 1を除く，平均成長量最大となる以前の段階。stage 3：平均成長量最大の時期を過ぎた段階。なお，本研究では連年材積成長量の代わりに期間平均材積成長量を使用した。平均材積成長量 MVI ($m^3/ha/年$) と期間平均材積成長量 PVI ($m^3/ha/年$) はそれぞれ（2）式，（3）式で計算される。

$$MVI = \frac{V_t}{t} \quad (2)$$

$$PVI = \frac{V_{t+n} - V_t}{n} \quad (3)$$

ここで V_t ：期首（林齢 t 年）の林分材積 (m^3/ha)， t ：林齢（年）， V_{t+n} ：期末の林分材積 (m^3/ha)， n ：期間（年）である。

各林分における総量レベルの林分構成値の推移特性を明らかにするため，本数密度と林分材積のトラジェクトリーを林分間で比較した。また，密度の指標として東北地方広葉樹（ナラ類・クヌギ）林分密度管理図（日本林業技術協会，1999）における収量比数と各林分のトラジェクトリーを比較した。

Ⅲ 結 果

各林分の平均樹高成長曲線を図－1に示す。ユリノキYP1・YP2は，林分収穫表の地位一等以上の成長を示した。アメリカミズメBB1も，林分収穫表の地位一等以上の成長を示した。一方，アメリカミズメBB2の平均樹高は林齢13年時には地位三等であったものの，その後本数密度が激減することで平均樹高が増加し，林齢20年以降では地位一等の上限付近を推移した。ピンオークPOの平均樹高は林齢13年から20年にかけて急激に増加した後，地位一等の上限付近を推移した。オオアメリカキササゲNCの平均樹高は林齢10年で地位三等未満，17年で地位二等と三等の境界付近，28年で地位一等と，他の林分より緩やかに増加した。

各林分の平均胸高直径と平均樹高のトラジェクトリーを図－2に示す。ユリノキYP1・YP2，アメリカミズメBB2，ピンオークPOのトラジェクトリーは，林分収

図－1 各林分の平均樹高成長曲線

図中の点線は岩手県民有林広葉樹林の林分収穫表における平均樹高に基づく地位級区分線である。

図-2 各林分の平均樹高と平均胸高直径のトラジェクトリー

図中の点線は岩手県民有林広葉樹林の林分収穫表における平均樹高と平均胸高直径との関係である。

穫表の平均胸高直径と平均樹高との関係曲線と概ね重なっていた。植栽密度が1,000本/haのオオアメリカキササゲNCのトラジェクトリーは、林分収穫表の関係曲線と重なることなく、同一平均樹高に対する平均胸高直径が他の林分や林分収穫表より高かった。一方、植栽密度2,500本/haのアメリカミズメBB1のトラジェクトリーは、林分収穫表の関係曲線と重なることなく、同一平均樹高に対する平均胸高直径が、他の林分や林分収穫表よりやや低かった。

各林分の林齢-MVI曲線と林齢-PVI曲線の関係を図-3に示す。ユリノキYP1・YP2とオオアメリカキササゲNCについては、林齢とともにMVI, PVIが増加しており、stage1と判断された。ピンオークPOでは林齢-MVI曲線と林齢-PVI曲線が交差していないものの、林齢20年以降のPVIが減少しており、stage2と判断された。アメリカミズメBB1では、林齢-MVI曲線と林齢-PVI曲線が交差しており、stage3と判断された。アメリカミズメBB2については、林齢13年以降での本数激減によりMVI, PVIとも顕著に低く、成長段階を判定できなかった。

各林分の本数密度と林分材積のトラジェクトリーを図-4に示す。林齢13年以降に本数密度が激減したアメリカミズメBB2、および林齢20年以降に本数密度が激減したアメリカミズメBB1を除くと、本数密度の減少は緩やかであった。ユリノキYP1・YP2については

図-3 各林分の材積成長量の推移

MVIは平均材積成長量、PVIは期間平均材積成長量である。

図-4 各林分の本数密度と林分材積のトラジェクトリー

図中の点線は東北地方広葉樹林分密度管理図の収量比数線である。Ryは収量比数である。

植栽密度が異なるものの、2004年時点でいずれも林分材積が500m³/ha前後と高く、他の林分の2倍以上であった。また、東北地方広葉樹林分密度管理図の収量比数0.9以上に相当した。ピンオークPOでは、ユリノキに次いで林分材積が高く、2004年時点で200m³/ha弱であり、収量比数0.8に相当した。オオアメリカキササゲNCについては植栽密度が低かったためか、林分材積は2004年時点で113m³/haと低く、収量比数0.49に相当した。

IV 考 察

ユリノキは、植栽密度 (1,000, 2,750本/ha) の違いに関係なく、樹高成長が他の林分を卓越するとともに、林分収穫表における地位一等よりも顕著に高い成長を示した (図-1)。成長段階も林齢28, 43年において未だstage 1であり、旺盛な成長を継続させていた (図-3)。また、2004年時の林分材積は、岩手県における植栽密度3,000本のスギ人工林の地位一等に匹敵した (岩手県林業水産部, 1979)。加えて、ユリノキは萌芽更新により本数密度を増加させる (LEOPOLD *et al.*, 1985; 石橋ら, 2006) だけでなく、北米では寿命が200年以上と長い (KOZLOWSKI, 1984)。さらに、本研究の対象地においても、近隣の広葉樹見本林内へのユリノキの侵入が実際に確認されている (川村ら, 1995)。これらのことから、ユリノキが岩手県内の天然林、特に林冠ギャップ内に侵入した場合、在来種を上回る成長を示し、天然林内で優占する可能性が考えられる。

アメリカミズメについては、BB 1の平均樹高成長が林分収穫表における地位一等よりも高い成長を示した (図-1)。また、BB 2では、林齢13年以降に下層木を中心に本数密度が激減したことで、平均樹高が急増し、その後の樹高成長は地位一等の上限付近を推移した。このことから、アメリカミズメの樹高成長速度は在来高木種と比べても低くないと推察される。北米では皆伐地や大ギャップにおいて優占度を高めることが報告されている (LEOPOLD *et al.*, 1985; LIPTZIN and ASHTON, 1999; ALLISON *et al.*, 2003; FOWNES and HARRINGTON, 2004)。このため、アメリカミズメについては、同じカバノキ科樹種である日本のシラカンバ、ウダイカンバなどのように、大面積の疎開地が近隣に造成された場合、先駆的に優占する可能性が考えられる。ただ、BB 1の成長段階は林齢31年ですでにstage 3であることから (図-3)、ユリノキ林のように500m³/ha以上の高蓄積林分に発達する可能性は高くないであろう。なお、アメリカミズメの本数密度が激減したこと (図-4) に関して、BB 1については次のように考えられる。BB 1では、同一平均樹高に対する平均胸高直径が他の林分や林分収穫表より低かった (図-2)。また、

林齢20年時に収量比数が約0.8と高くなった後に激減した (図-4)。これらのことから、BB 1における林齢20年以降での本数密度の激減は、強い密度効果による自己間引きに由来すると考えられる。一方、BB 2については、収量比数が0.17と低く、自己間引きが生じるとは考えにくい林齢13年以降に激減した (図-4)。このため、病虫害や気象害による枯損が想定されるが、本研究ではその原因について明らかにすることはできなかった。

ピンオークの平均樹高は林齢13年以降急速に増加した (図-1)。ただし、林齢20年の本数密度は2,150本/haと、植栽密度2,500本/haに近い本数を維持していた (図-4)。このように、ピンオークにおける平均樹高の急増は、アメリカミズメBB 2のような、本数密度の激減による平均樹高の増加ではなかった。また、林齢20年以降、残存木の樹高成長は地位一等の上限付近を推移した。これらのことから、ピンオークの樹高成長速度も在来高木種に比べて低くないと推察される。北米ではピンオークの最大樹高は36m、寿命100年以上とされているが (KOZLOWSKI, 1984)、本研究の調査林分の成長段階は林齢31年でstage 2と、やや成長低減傾向が認められた (図-3)。このことから、アメリカミズメと同様に、ユリノキ林のような高蓄積林分に発達する可能性は高くないと推察される。

オオアメリカキササゲの平均樹高は、2004年時には林分収穫表の地位一等に相当したものの、調査期間を通じて他の調査林分より低かった (図-1)。北米ではオオアメリカキササゲの最大樹高は36mとされているが (KOZLOWSKI, 1984)、本研究の調査林分をみる限り、在来高木種を凌駕するような樹高成長を示す樹種とは思われない。ただし、本研究の対象地においても、隣接する広葉樹見本林内へのオオアメリカキササゲの侵入が実際に確認されている (川村ら, 1995)。これらのことから、オオアメリカキササゲの種子が岩手県内の天然林に散布された場合、優占するほどではなくとも、天然林内に定着する可能性が考えられる。

本研究を遂行するにあたり、岩手大学農学部 of 山本信次助教授、滝沢演習林の職員各位、および森林総合研究所東北支所の杉田久志博士には、調査林分の履歴に関して有益なご助言をいただいた。岩手大学森林動態制御研究室の皆さんには林分調査を手伝っていただいた。ここに記して深甚なる謝意を表する。本研究は科学研究費補助金 (課題番号16780109) を使用して行われた。

引用文献

- ALLISON, T.D., ART, H.W., CUNNINGHAM, F.E. and TEED, R. (2003) Forty-two years of succession following strip clearcutting in a northern hardwood forest in northwestern Massachusetts. *For. Ecol. Manage.* **182**: 285-301.
- 大日本山林会 (1981) 広葉樹林とその施業. 262pp, 地球社, 東京.
- FOWNES, J.H. and HARRINGTON, R.A. (2004) Seedling response to gaps: separating effects of light and nitrogen. *For. Ecol. Manage.* **203**: 297-310.
- 諫本信義・澤田晴雄 (1998) ユリノキの育林と利用についての調査研究: 東京大学農学部附属秩父演習林におけるユリノキ人工林の成長と土壌の化学性について. 大分県林試研究時報 **25**: 56-63.
- 石橋整司・藤原章雄・五十嵐勇治・芝野伸策・栗田直明・西山教雄 (2006) ユリノキ (ハンテンボク) 人工林の成長解析. 第117回日本森林学会大会学術講演集: PA16.
- 岩手県林業水産部 (1979) 岩手県スギ人工林林分密度に関する基礎調査書. 93pp, 岩手県林業水産部, 盛岡.
- 岩手県林業水産部 (1987) 岩手県民有林広葉樹林の生育と収穫量及び施業方法の検討. 41pp, 岩手県林業水産部, 盛岡.
- 川村勇・熊谷國夫・伊藤勲・斎藤誠・杉田久志 (1995) 滝沢演習林広葉樹見本林の林分調査資料-1994年4月-. 岩大演業務資料 **17**: 1-5.
- 小林達明・倉本宣 編 (2006) 生物多様性緑化ハンドブック. 323pp, 地人書館, 東京.
- KOZLOWSKI, T.T. (1984) Wisconsin woodlands: How forest trees grow. 8pp, University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension Programs (G3277).
- LEOPOLD, D.J., PARKER, G.R. and SWANK, W.T. (1985) Forest development after successive clearcuts in the Southern Appalachians. *For. Ecol. Manage.* **13**: 83-120.
- LIPTZIN, D. and ASHTON, P.M.S. (1999) Early-successional dynamics of single-aged mixed hardwood stands in a southern New England forest, USA. *For. Ecol. Manage.* **116**: 141-150.
- 南雲秀次郎・箕輪光博 (1990) 測樹学. 243pp, 地球社, 東京.
- 日本林業技術協会 (1987) 全国広葉樹<試験林・見本林>の概況. 52pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 日本林業技術協会 (1999) 人工林林分密度管理図 全22図 (復刻). 日本林業技術協会, 東京.
- 日本生態学会 編 (2002) 外来種ハンドブック. 390pp, 地人書館, 東京.
- 日本自然保護協会 編 (2005) 植物群落モニタリングのすすめ. 431pp, 文一総合出版, 東京.
- 林業科学技術振興所 (1985) 有用広葉樹の知識. 514pp, 林業科学技術振興所, 東京.
- 林野庁計画課 (1970) 立木幹材積表-東日本編-. 333pp, 日本林業調査会, 東京.
- 杉田久志・熊谷國夫・伊藤勲・川村勇・斎藤誠 (1988) 滝沢演習林広葉樹見本林の林分調査資料-1986-. 岩大演業務資料 **10**: 10-15.
- 鈴木久雄 (1995) 広葉樹見本林展示林 (ユリノキの成長). 林業新知識 **499** (5): 22-23

(2006年5月12日受付)

(2006年7月31日受理)