

# 密に植栽された若いトドマツとヨーロッパ トウヒ林分の現存量と生長量

真鍋 逸平・竹内 典之・川那辺三郎

Biomass and Growth in densely planted young Norway Spruce  
(*Picea abies* (L) Karst) and Todo Fir (*Abies sachalinensis*  
Fr. Schm.) stands.

Ippei MANABE, Michiyuki TAKEUCHI and Saburo KAWANABE

## 要 旨

京都大学北海道演習林標茶区はミズナラ・ハルニレ等に代表される落葉広葉樹二次林のみで構成される、いわゆる冷温帯上部に属する。

1957年に小面積の植栽密度試験区が設定され、その中から ha 当り 1 万本の密度で植栽された、林齢19年のトドマツとヨーロッパトウヒの小林分について、現存量と生産量について調査した。調査時のヨーロッパトウヒの平均樹高、直径はトドマツにまさり、全地上部の現存量においては、トドマツのその約1.5倍あった。しかし最近1年間のヨーロッパトウヒの全地上部の生長量はトドマツのそれより約10%多いだけである。D<sup>2</sup>H と樹体各部分の量との相対生長関係では、両樹種に若干のちがいがみられ、同じ大きさの幹につく枝・葉の量はトドマツの方がヨーロッパトウヒよりも多く、全地上部の生産量にかかわる葉の生産能率および新葉率では、両樹種間にほとんど差はみられない。

樹幹解析から得た樹齢と樹高の関係から推定すると、樹齢30年位で両樹種の平均樹高は、似た値になるように思われる。林齢19～20年には、ヨーロッパトウヒで1年に約10%の枯損があったが、これは小さな個体で葉量が極度に少ないものがあることから、立本密度の影響によるものと考えられた。

## 1. ま え が き

ヨーロッパトウヒの北海道への導入は、1902年(旭川営林局見本林に植栽)頃から始められ、逐次その造林面積<sup>1)</sup>が拡大されてきた。それらの生育状況については多くの報告<sup>5,7,10,11,13,14)</sup>がなされているが、大部分は道南・道央に植栽されているもので、道東に生育しているものについては報告も少なく、また林齢も比較的若い。北海道東部に位置する本学演習林標茶区には、主にカラマツが造林され、他に数種の外国産マツ類<sup>10)</sup>が植栽されているが、その取り扱いには数々の問題が残されている。本調査に用いた林分は、1957年にトドマツとヨーロッパトウヒの植栽密度試験を行なうために、密度をかえて小面積に植栽されたものである。本報告はこれらの試験区で最も密に植栽された1m間隔方形植について、主に調査し検討したものである。本調査にご協力いただいた北海道演習林の諸氏に感謝する。

## 2. 調査地の概況と調査方法

本調査林分は京都大学北海道演習林標茶区11林班にあり、北緯43°17′、東経144°37′に位置し、海拔約140mである(図-1)。地形は丘陵状をなし、トドマツ植栽地は南面で傾斜約10度、ヨーロッパトウヒの植栽地は、トドマツ林と凹地をはさんで隣接していて、東面で傾斜約12度である。

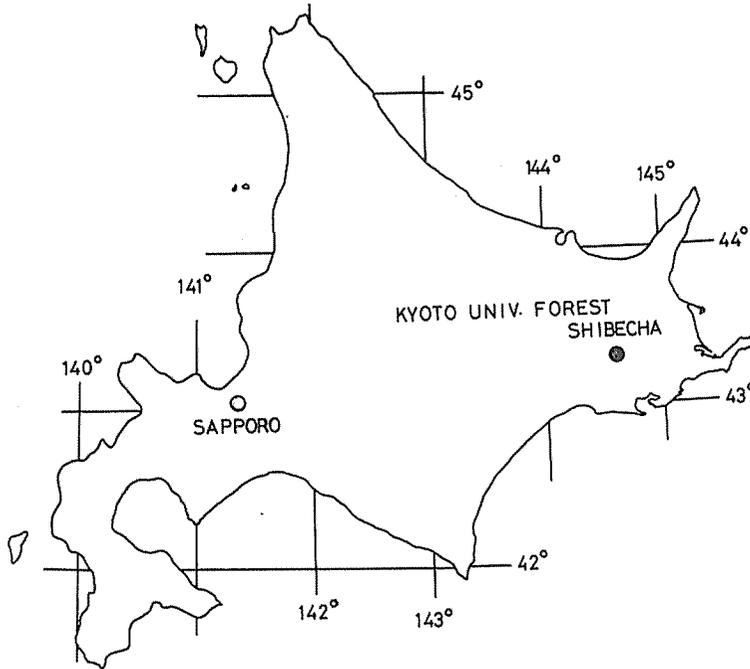


Fig. 1. Location of the stand sampled in Shibeche, Hokkaido.

土壌は摩周系黒色火山灰土 ( $B1_D$ )、土性は埴質壤土で地味は良好である。植栽地から南約14kmはなれた観測地の気象データ(1968-1977)によると、年平均気温  $5.5^{\circ}\text{C}$ 、年降水量 1060mm、WI  $60.6^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 、CI  $51^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ である。両樹種の植栽年は1957年で、トドマツは4年生苗を1m、1.5m、2mの間隔で、ヨーロッパトウヒは3年生苗を1m、1.5mの間隔の方形に植えられており、1試験区は約20m×20mの大きさである。1976年9月(林齢19年)の調査時まで除伐されていないため、林分は完全に閉鎖し、林床の植生は皆無である。ただしトドマツの2m間隔区は枯損が多く、生育の悪い個体があって林冠の一部が不整である。調査方法は両樹種の林分内の中央部に10m×10mの区を設け、区内全木について胸高直径、樹高を測定した。伐倒調査は1m間隔区で行ない、各DBHのクラスを代表するように、トドマツで9本、ヨーロッパトウヒで10本の供試木を伐り、1m間隔の層別刈取りを行なって各部位別の重量を測定し、さらに重量は乾重量に換算した。なお幹の生長率は樹幹解析から求めた、最近1年間の生長量から、また枝の生長率はその部位の幹の生長率より推定して算出した。

## 3. 結果および考察

### 1) 林分の状況および現存量

両樹種の林況と直径および樹高の分布を表-1と図-2、3で示した。ヨーロッパトウヒの生

Table 1. Characteristic for experimental stands of Todo Fir and Norway Spruce by planting space.

Species	Age in 1976	Planting space	Stand density per hectare	Av. D.B.H.	Av. height	Basal area per hectare	Volume per hectare	Survival
	years	meters	number	cm	meters	square meter	cubic meter	percent
Norway Spruce	19	1.0	8700	7.6	8.1	42.0	186.6	87
Norway Spruce	19	1.5	3733	10.6	9.8	34.3		84
Todo Fir	19	1.0	9600	6.4	6.2	33.7	122.7	96
Todo Fir	19	1.5	4266	8.9	7.5	28.5		96
Todo Fir	19	2.0	1900	8.1	6.3	10.7		76

存率は1m区87%, 1.5m区84%と差は少ないが, 1m区では立枯れが数本残っており, 1.5m区では樹幹の折れたものがあった。また1m区では測定の翌年に約10%の立枯れがあったことなどから, 両区の枯死の原因には差がみられた。トドマツの生存率は1m区と1.5m区で96%, 2m区で76%と前2区にくらべ低い。これらの試験区はいずれも小面積で隣接しており, 立地条件や取り扱いに大きな差があったとは思えないが, 記録が明確でないので, この原因は明らかではない。平均胸高直径と平均樹高を同じ植栽間隔区で比較すると, ヨーロッパトウヒがトドマツより大きく, 直径の分布の中はトドマツが大きい。樹高の分布はトドマツの平均樹高が低いことから, 相対的にはトドマツの分布の中が広いことになる。1m区を比べるとトドマツは庇圧された小さな個体が枯死しないで残っていることをしめしており, ヨーロッパトウヒは現在の林況や立枯れの状況から, 庇圧された個体の枯死が, 本数の減少の主な原因であると

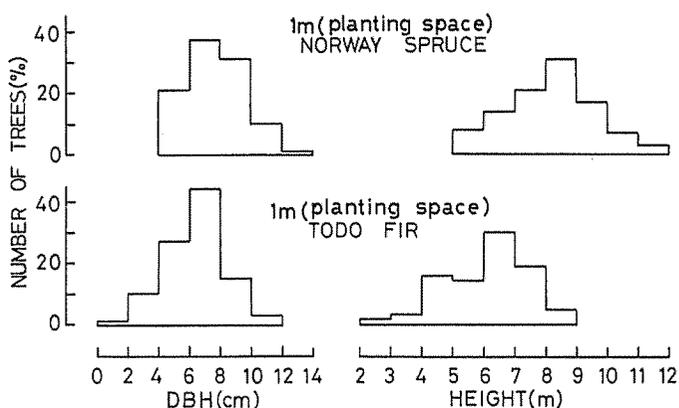


Fig. 2. Diameter and height frequency distributions for the two stands of planting space 1m.

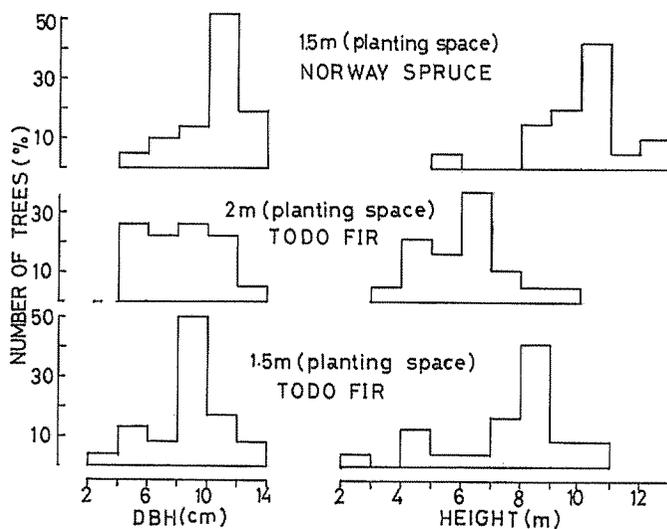


Fig. 3. Diameter and height frequency distributions of Norway Spruce stand with a spacing 1.5m and Todo Fir stand with a spacing 1.5m and 2m.

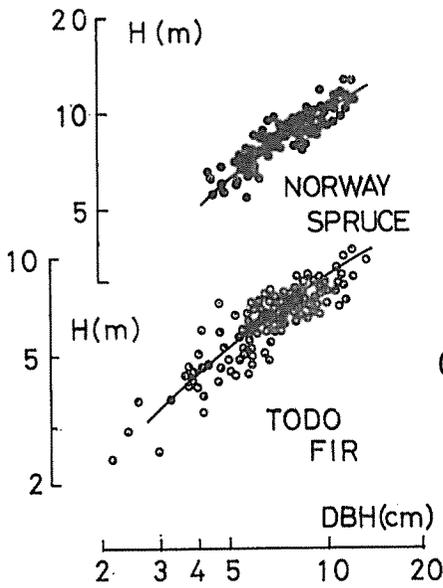


Fig. 4 Relation between diameter at breast height and tree height. Todo Fir (open circles), Norway Spruce (closed circles)

推測される。佐藤ら<sup>5)</sup>のトドマツ、ヨーロッパトウヒの植栽密度試験の報告も、6000本/ha 植栽区のヨーロッパトウヒの生存率がトドマツのそれに比べて低くなっている。本調査でもヨーロッパトウヒの生存率がトドマツよりも低く、この差は樹種の性質の差によるものと、平均木の大きさがトドマツよりヨーロッパトウヒが大きいことから、密度の影響の強さにも差があることを考慮しなければならない。両樹種の胸高直径と樹高の関係は

図-4にあらわしたように、 $H/D$ の値は一般にヨーロッパトウヒの方が大きい、すなわち同じ植栽密度であれば幼齢期ではトドマツよりも細長い幹形を呈する。

つぎに各部分の乾重と $D^2H$ の関係は図-5で示したが、幹重( $W_s$ )は両樹種の差がなく、枝重( $W_b$ )、葉重( $W_L$ )はトドマツの方がヨーロッパトウヒより相対的に多い。これらの関係から林分の現存量の推定を行なった(表-2)が、供試木は両樹種とも1m区から選んだので、現存量は1m区についてのみ比較を行なった。ヨーロッパトウヒの葉量は14.1t/haで、20年生6000本/ha植栽区<sup>5)</sup>や京大芦生演習林<sup>1)</sup>の値より少なく、北海道での佐藤<sup>11)</sup>の最も少ない値に近い。京大芦生演習林<sup>1)</sup>の林分の平均樹高は、この林分の3倍弱で林況はかなり異なる。20年生6000本区<sup>5)</sup>は、断面積合計(BA)も本調査区の値に近いが、葉量は多く環境条件によるものであ

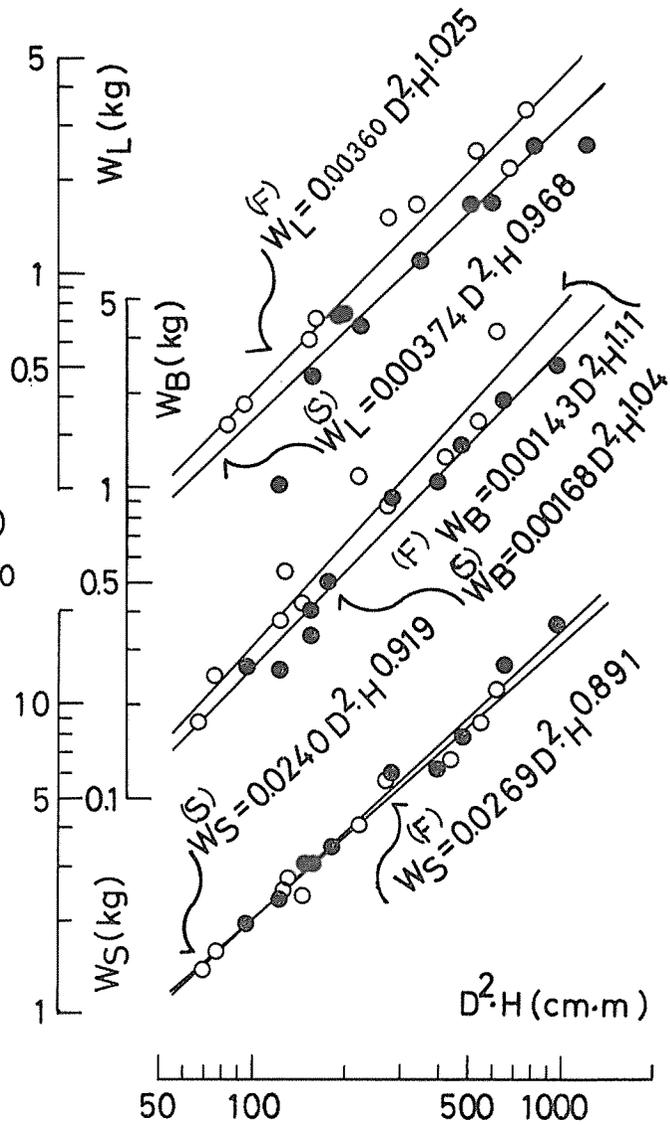


Fig. 5. Relation between dry weight of each part and  $D^2H$ (DBH cm. Hm).  $W_s$ ,  $W_b$ ,  $W_L$ : (oven dry weight stem, branch, leaf)

Table 2. Aboveground biomass and annual increment rate in experimental stands of Norway Spruce (S) and Todo Fir (F)

	Biomass				Annual increment rate			
	Dry weight (t ha <sup>-1</sup> )		%		Dry weight (t ha <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup> )		%	
	S	F	S	F	S	F	S	F
Leaf	14.1	12.4	15.6	20.2	3.38	2.90	27.2	25.6
Current year	3.4	2.9						
Older	10.7	9.5						
Branch	10.1	8.0	11.2	13.1	2.63	2.30	21.2	20.4
Stem	65.9	40.9	73.2	66.7	6.40	6.10	51.6	54.0
Total	90.1	61.3	100.0	100.0	12.41	11.30	100.0	100.0

ろう。新葉量は 3.38t/ha で芦生<sup>1)</sup>の値に近く、葉量に大きな差があるのに新葉量が似た値をしめすことは注目すべきことである。枝量は葉量よりも少ないが、上記の報告<sup>1,5)</sup>ではいずれも枝量が多く、本調査林分が高密度であることを示している。幹量は 65.9t/ha で平均樹高との比は 8.1 t/ha・m であり、6000本区<sup>5)</sup>の値に近い。トドマツの葉量は 12.4t/ha で20年生<sup>5)</sup>の値に近いが、22.8±3.7t/ha<sup>17)</sup>に比べれば少なく、本林分が若く充分な樹高に達していないことによるものであろう。枝量は 8.0t/ha で、単位枝量当りの葉量は 1.55 t/t であり、20年生<sup>5)</sup>の 1.40~1.55 t/t に近いが、若い高密度林分 (11年生, 8300 本/ha)<sup>3)</sup>ではこれより高い値をしめしている。新葉量は 2.9t/ha で全葉量の 23% である。幹量 40.9t/ha は20年生<sup>5)</sup>の値に近く、各部分の相対値などの比較から佐藤ら<sup>5)</sup>の植栽本数試験林分と生長の状況がよく似ている。幹の比重はヨーロッパトウヒがトドマツより僅かに大きく、個体の大きさによる差はほとんどみられない (図-6)。ha 当りの幹重や幹材積の現存量は、ヨーロッパトウヒがトドマツの約 1.5 倍であるが、枝や葉の量はその差が小さい。図-7 は両樹種の生産構造図で、ヨーロッパトウヒの葉量の多い層は 4.4t/ha・m で芦生<sup>1)</sup>の 6~7t/ha・2m より大きい値をしめし、本林分が高密度であることをあらわしている。トドマツでは約 3t/ha・m が3層あり、ヨーロッパトウヒのように最大葉量を示す層の下部の葉量が少ないのに比べ、異なった形をしめしている。

2) 樹体各部分間の相対生長関係と生長量

各部分間の関係は図-8・9・10に示した。これらの関係式は現存量の推定に用いた D<sup>2</sup>H と各部分重との関係とは独立に求めたものである。W<sub>B</sub> と W<sub>S</sub> の関係 (図-8) では、大きな個体の枝量の割合はトドマツの方が、ヨーロッパトウヒよりも大きいことをしめし、W<sub>L</sub> と W<sub>B</sub> の

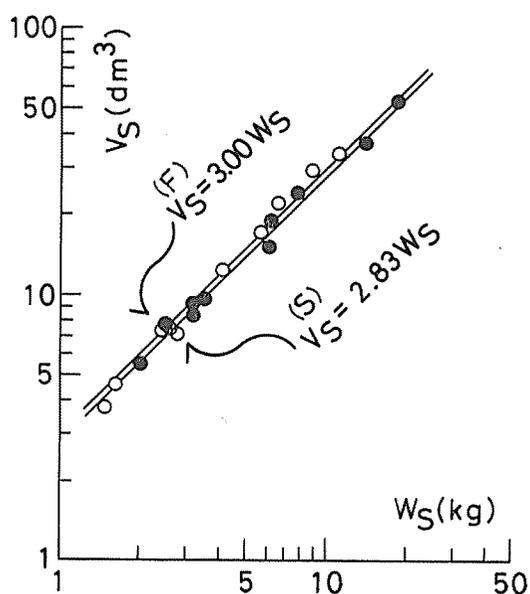


Fig. 6. Relationship of stem volume and stem dry weight.

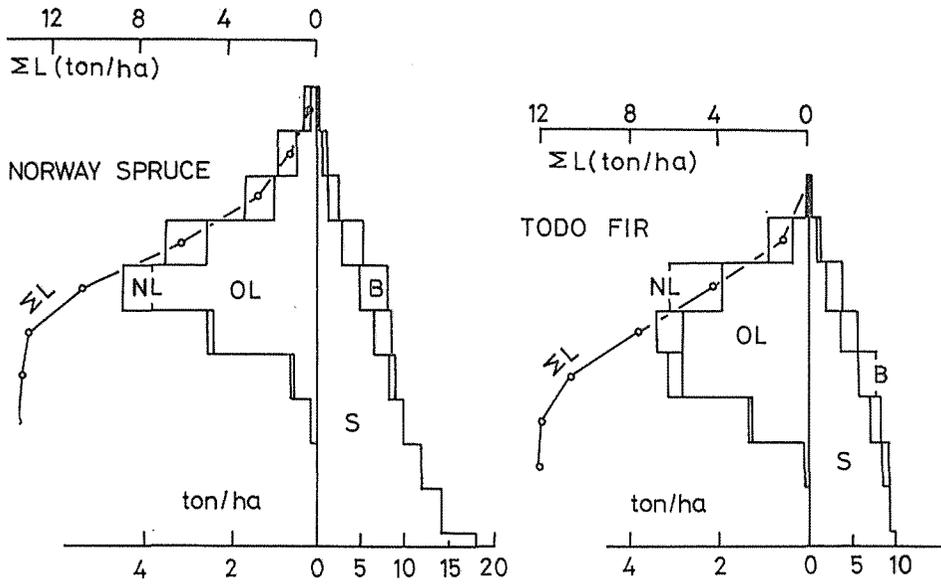


Fig. 7. Profile diagram of the two stands.

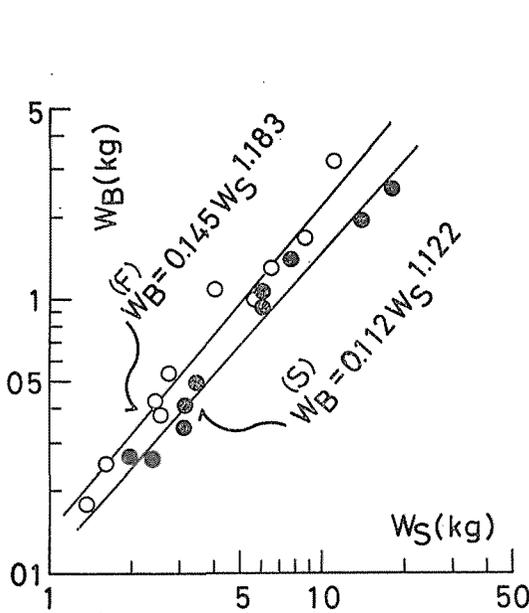


Fig. 8. Relationships of branch dry weight and stem dry weight.

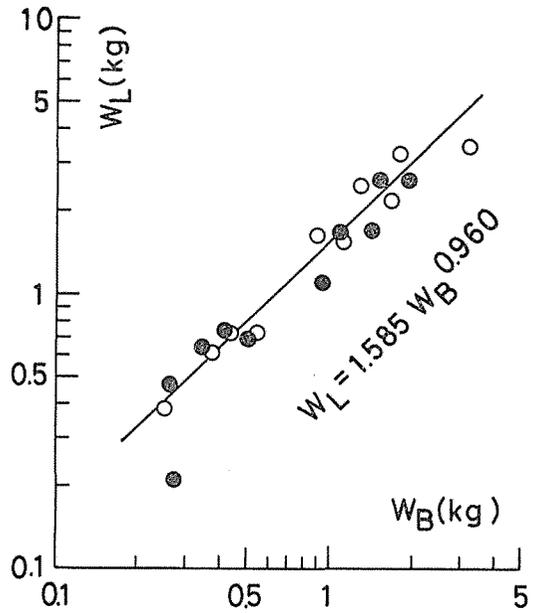


Fig. 9. Relation between leaf dry weight and branch dry weight.

関係 (図-9) は両樹種の差がないので、幹の大きい個体の葉量の割合が大きいことをしめしている。

このことは、トドマツの林分内の個体差がさらに大きくなる可能性をあらわしているといえよう。幹の生長量  $\Delta W_s$  と  $W_s$  の関係からトドマツの幹の生長率がヨーロッパトウヒより大きいことをあらわしている (図-10)。枝では両樹種の差は小さいが、トドマツの生長の割合がヨーロッパトウヒより大きい。新葉の葉量に対する割合は、両樹種に差はなく大きい個体の新葉の割合

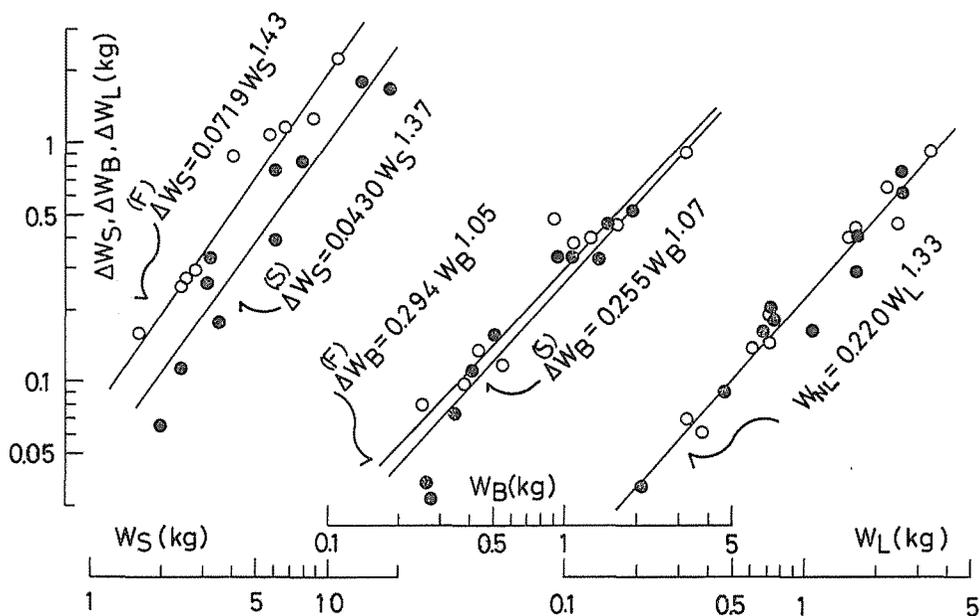


Fig. 10. Relationships between dry weight increment of plant parts and dry weight of plant parts.  $\Delta W_s, \Delta W_b, \Delta W_l$ : [stem, branch, leaf dry weight increment  $\text{kg y}^{-1}$ ]

が相対的に大きいことをあらわしている (図-10)。地上部重の生長量と葉量の関係は図-11に示すように両樹種の差はないが、大きい個体の葉の能率が相対的に高くなることをあらわしている。

各相対生長関係から求めた地上部の生長量は表-2でしめたが、ヨーロッパトウヒは  $12.41 \text{ t/ha}\cdot\text{y}$ 、トドマツは  $11.30 \text{ t/ha}\cdot\text{y}$  で、芦生<sup>1)</sup>のヨーロッパトウヒの生長量  $17.4 \text{ t/ha}\cdot\text{y}$  に比べて、現存量が半分以下である本調査林の生長量は大きい。ヨーロッパトウヒの単位葉重当りの地上部生長量は  $0.88 \text{ t/t}\cdot\text{y}$  で芦生<sup>1)</sup>の  $0.79 \text{ t/t}\cdot\text{y}$  より大きい。トドマツの値は  $0.91 \text{ t/t}\cdot\text{y}$  であった。ヨーロッパトウヒの現存量はトドマツの1.5倍であるのに生長量は1.1倍であることなど、トドマツの生長割合はヨーロッパトウヒに比べて大きい。図-12は樹幹解析から求めた供試木の樹高生長経過をしめたもので、トドマツの樹高生長が林齢15年附近から大きくなる傾向があり、ヨーロッパトウヒでは逆に少なくなる傾向がある。幹材積の生長について林齢15~20年を比べると、トドマツの生長の割合がヨーロッパトウヒに比べて大きく、またヨーロッパトウヒの小さい個体の生長の割合が特に小さい (図13)。

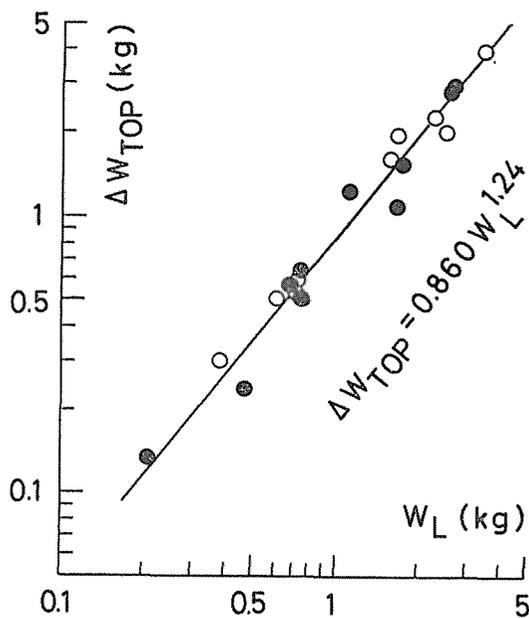


Fig. 11. Relation between top dry weight increment and leaf dry weight.

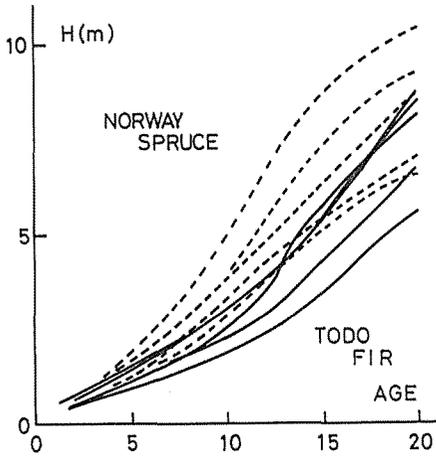


Fig. 12. Height growth for individual trees during 20 years. Todo Fir (solid lines), Norway Spruce (dashed lines)

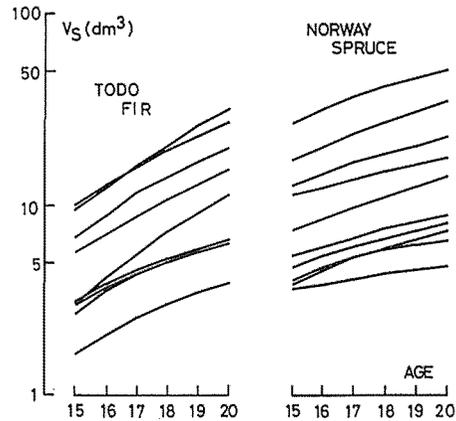


Fig. 13. Stem volume increment for individual trees during 5 years.

これらの傾向から高密度に植栽したヨーロッパトウヒは若齢時の個体の生長は良いが、10~15年生で生長の割合が低くなり、小さな個体の葉量が少なくなることや、生長率の低下などで立枯れが起りやすくなるなど、密度の影響が強くあらわれてきているといえよう。またトドマツは10~15年生で樹高が3~4m附近から樹高生長が良くなる傾向がみられるが、この時期は樹冠が相互に密に接する時期との関連が深いと考えられ、小さな個体の枯死も少なく、トドマツの耐陰性が高いことがうかがえる。以上で高密度で植栽された若いヨーロッパトウヒとトドマツの両林分の生長と現存量について検討したが、まだ平均樹高が10m未満でしかも植栽面積が小さいことなど、両樹種の比較には多くの問題を含んでいるとしても、植栽後19年間の生長で両樹種の性質の差や、立木密度の影響の差などが、両林分の生長の過程にあらわれていることが明らかになった。しかし今後の生長についての推測は困難であるが、初期の生長の良好なことによる有利さより、現存量の大きくなってからの林分生長量の増加が、より重要であると考えられ、その点トドマツの生長には期待されるものがある。今後さらに調査を続ける必要があろう。

## 引用文献

- 1) 齊藤秀樹・山本俊明：冷温帯下部にあるヨーロッパトウヒ見本林の生産量，京府大演報，**24**，34~48，(1980)
- 2) 吉村健次郎：芦生演習林におけるドイツトウヒ林分の生長と現存量について，京大演報，**39**，27~34，(1967)
- 3) 中須賀常雄・春木雅寛・中尾考一・松田彊：トドマツ単木の枝葉量について，日林北支講，**21**，61~65，(1972)
- 4) 春木雅寛・中尾考一・中須賀常雄・松田彊：トドマツ単木の枝葉量について(Ⅱ)，日林北支講，**22**，41~44，(1973)
- 5) 佐藤清左衛門・坂本武：トドマツ，ヨーロッパトウヒ，シラカバ植栽本数試験地の解析結果，北方林業 Vol. **33**，No. 5，6~11，(1981)
- 6) 春木雅寛：トドマツ人工林の物質現存量に関する基礎的研究，北大演報 Vol. **36**，No. 1，148~254，(1979)
- 7) 齊藤雄一・玉利長三郎・谷口三佐男：苫小牧演習林におけるオウシウトウヒの植栽試験，日林北支講，**11**，1~7，(1962)
- 8) 小沢準二郎：北海道の造林用種子，北方林業叢書，**27**，(1964)

- 9) 四大学（北大・東大・京大・大阪市大）合同調査班：森林の生産力に関する研究，第1報北海道主要針葉樹林について，国策パルプ工業，99 pp.，(1960)
- 10) 佐藤大七郎：外国樹種各論，ヨーロッパトウヒ，早期育成林業（森林資源総合対策協議会編），129～141，(1958)
- 11) 佐藤大七郎：日本に植えられたヨーロッパトウヒ林の物質生産—林分生長論資料8—東大演報，65，125～142，(1971)
- 12) 佐藤大七郎：北海道のわかいトドマツの植栽林の物質生産—林分生長論資料11—東大演報，66，127～137，(1974)
- 13) 旭川営林局：外国樹種見本林，(1967)
- 14) 北海道林業改良普及協会：北海道主要造林樹種—収穫表と成長量に関する資料，第1・II編，(1976・1977)
- 15) 浅野芳監修：北の天気，北海道新聞社，(1976)
- 16) 真鍋逸平・竹内典之・大窪勝・古本浩望・川那辺三郎：北海道演習林標茶区における数種の外国産樹種の生育状況，京大演集報，第13号，6～12，(1978)
- 17) 只木良也：森林の現存量—とくにわが国の森林の葉量について—日林誌，58，416～423，(1976)

### Résumé

The paper deals with the biomass and growth in young stand of Norway Spruce and Todo Fir densely planted in Kyoto University forest in Shibecha, Hokkaido (Lat. 43°17'N Long. 144°37'E). The stands of two species planted in 1957 is on a slope of about 10° and at altitude ca. 140 m. According to mean of 9 year's record (1968-1977) at the nursery which is located about 14 km south to the plantation, annual precipitation, mean annual temperature, WI and CI were 1060 mm, 5.5°C, 60.6°C. month, -51°C. month respectively.

As this plantation was completely closed, no undergrowth is existent. The characteristic of 19 year old stands, where two species was planted with a spacing of 1 meter, 1.5 meters and 2 meters is described in Table-1. The estimated data of biomass and growth of two species planted with a spacing of 1 meter are as follows:

1. Aboveground biomass of Norway Spruce was; stem: 65.9 t/ha, branch: 10.1 t/ha, leaf: 14.1 t/ha.
2. Aboveground biomass of Todo Fir was; stem: 40.9 t/ha, branch: 8.0 t/ha, leaf: 12.4 t/ha.
3. Current-year leaf rate of Norway Spruce and Todo Fir was 24.0 percent and 23.4 percent.
4. Annual increment rate of Norway Spruce was; stem: 6.4 t/ha, branch: 2.63 t/ha.
5. Annual increment rate of Todo Fir was; stem: 6.1 t/ha, branch: 2.3 t/ha.
6. Todo Fir showed more rapid height growth from about 15 year old, but Norway Spruce slowed down its height growth.