

# ポット栽培における温度環境測定例

安 藤 信

## 1 はじめに

植物の特定の環境への適性を調べる場合、その環境要因に強弱のランクづけを行い、それ以外の諸要因をできるだけ一律にした栽培実験計画を組み、植物の反応をみるのが最も平易で正確な方法と考えられ、植物生理生態学の分野では水耕や土耕法が広く用いられてきた。しかし、水耕栽培は室内では環境要因の細かな調節はできるものの野外では管理が難しく長期栽培実験においては労力がかかり、この方法で水生でない植物まで栽培することについては反自然的意味あいからも問題が残るように思われる。苗畑などの露地における土耕栽培は水耕栽培に比べるとより自然環境下で栽培実験が行える利点を有しているが、施肥量などの比較試験では土壤中への拡散などを考えると、必ずしも最も適した栽培実験法とは言えない。このような理由で、土壤環境要因に変化を与えて植物の反応を考察する研究においては以前からポット（鉢）を用いた栽培実験法が用いられてきた。この方法は水耕、露地での土耕栽培における弱点を多く補うものではあるが栽培中の植物試料が置かれた温度環境については未知の部分が多く、特に夏期炎天下では予測出来ないような高温下に置かれている可能性のあることが予想された。筆者はいままでに主にクロマツ稚苗を用いてポット栽培実験を行ってきた<sup>1,2,3)</sup>が、ポット栽培における温度環境について2, 3の測定と考察を試みた。実験を行うにあたって、京都大学農学部附属演習林吉川勝好先生（当時）、真鍋逸平先生をはじめ本部試験地の方々にご協力いただいた。記して感謝の意を表する。

## 2 調査地の概況と測定方法

実験は京都大学農学部附属演習林本部試験地（京都市左京区北白川追分町）の苗畑で、ポット栽培実験期間中の1977年2月から1978年5月にかけてポット栽培場所付近の温度測定を行った。

本部試験地（1.7ha）は外周に国内外の見本樹が植栽され中心部に学生実習あるいは実験用の苗畑が小区画毎に分散する。基本になる本部試験地の気象観測（以下本部試験地観測と呼ぶ）は苗畑中央部の約50m<sup>2</sup>の芝地に設けられた1号の大きさの百葉箱（底面積約1m<sup>2</sup>）内で最高最低温度計、水銀棒状温度計、7日巻の温湿度自記記録計によって午前9時に定刻気温、湿度と最高最低気温を測定し、雨量測定は7日巻の転倒ます式自記記録計で行っている。また日中の雲量からその日の天気を快晴、晴、曇の3段階で記録している。観測結果から本部試験地の気象は年平均気温（9時観測）は14.9℃、年降水量は1508mm（1970～1985年の15年間の集計より）<sup>4,5,6)</sup>となり、夏期は高温、多雨で、冬期は低温、少雨となる内陸性の気候を示した。

ポット栽培実験は本部試験地観測場所から北東約50mの試験地内東側の見本樹林縁部分の南北に走る水路上に、高さ約1mの木製台を並べ、その上に厚さ5cmの土を入れた深さ10cmのブリキ製の方形桶を置き、桶の中に並べた塩化ビニール製（直径10cm、高さ8cm）の円筒台上に直径約16cm、深さ18cm前後の陶製白色小型のワグナーポットを約300個（南北約100列、東西3列）並べて行った。栽培は鹿沼土とパーミキュライトを体積比で同率に混合した土壌を用い、生重にして約1.9kgをポットに入れたため、土壌深は15cm前後になった。測定期間中の1, 2年生クロマ

ツ稚苗の大きさは樹高にして5~10cmのものが多く、各ポット内の苗数は1~4個体と苗の大きさによって異なった。土の入ったブリキ製方形桶内には背丈の低い草本植物を植え付け温度環境の緩和を計るとともに、夏期を中心に適宜灌水も行った。ポットの周囲環境については、東側には落葉広葉樹の高木があり開葉期に直射光が遮られることがあるが、西側は疎開して西日が強い。またポットの配列は南北に長く、南側は落葉性の高木によって北側に比べて日陰になることが多い。

ポット栽培における温度測定は、すべてのポット配列のほぼ中央の木製台上に設置した3号の大きさの百葉箱(底面積約0.3 $\text{m}^2$ )内気温でポット栽培場所付近の気温を代表させ、それより北側の日射が強い箇所と南側の日陰が出来やすい箇所において、ポット内の気温と地温の測定を行った。測定は6打点式のサーミスター温度計(横河電機製作所ER72形打点記録計, エイワ電子計器製作所6打点用温度変換器-5~50 $^{\circ}\text{C}$ )で行い、ポット内の植物体感気温測定時にはサーミスター端子の感温部に白い上質紙を巻きつけた簡易のシェルター(紙シェルター)を用いて、苗試料の上部葉層付近の気温を測定した(苗高気温)。地温はサーミスター端子の感温部のみを直接土壌中に差し込み地表付近の地温(地表下地温)を測定するとともにサーミスター端子をポットの底部、中心部に埋設してそれぞれの位置の地温を測定した。すべての測定値は、室内で恒温水槽と水銀棒状温度計を用いてそれぞれのサーミスターの検定を行い、得られた推定式を用いて補正して使用した。なお、本文中に用いた天気表示は本部試験地気象観測で判定された天気の区分を採用し、降水量1mm以上の日は雨天として取り扱った。

考察においては、1986年5月から10月にかけて本部試験地内でアカマツ稚苗が植栽されている苗畑において測定した結果<sup>7)\*</sup>のうち夏期3ヶ月のデータも比較のために用いた。苗畑での測定方法はポット栽培におけるものと同様であるが、気温測定時には塩化ビニール製のシェルターを用いた。方法の詳細については前報<sup>7)</sup>を参照されたい。

### 3 結果および考察

#### 1) シェルターの検討

野外における簡易な気温の測定には、温度計の感温部に放射熱による測定気温の異常な上昇を避けるためにシェルターをつけて測定する場合が多い<sup>8)</sup>。図1は1977年4月下旬の8日間に、前述の紙シェルターを用いた場合と用いない場合の苗試料の上位葉層付近の最高、最低気温測定結果を比較したものである。

紙シェルターを用いない場合、最高気温は20~35 $^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で気温の上昇とともに紙シェルターを用いた場合に比べて高い測定値を示す傾向がみられ、最高気温が30 $^{\circ}\text{C}$ 以上では2~4 $^{\circ}\text{C}$ 高い値になった。最低気温でも紙シェルターがない場合の方がやや高い測定値となる傾向もみられたが、

\* 関連する前報の図-4(p.47)において、図中の縦軸と横軸の表示が逆転していた。ここに紙面を借りて訂正し、お詫びいたします。

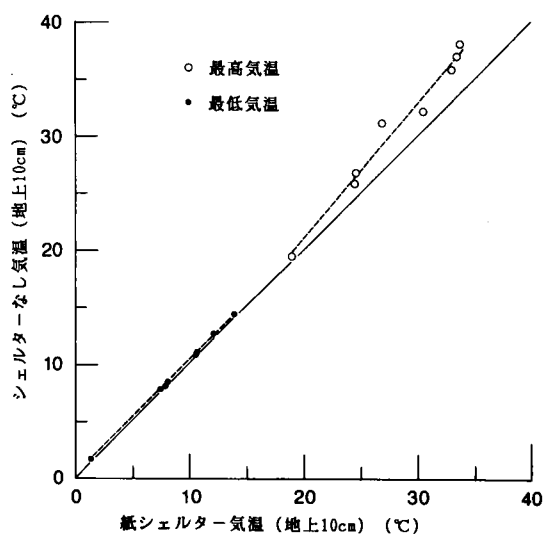


図-1 ポット内気温のシェルター使用の温度比較

その差は小さく、0～15℃の温度範囲内では紙シェルター使用の影響はほとんどないものと思われた。

このように低温域では紙シェルターの影響は小さく、前報<sup>7)</sup>同様の結果となったが、高温域では紙シェルターを使用しない場合に高い測定値を示し、夏期の苗畑での紙シェルター使用の温度比較結果と異なった結果が得られた。この点については苗畑測定では地上高1.3mで測定しているといった測定位置の違いや、ポット栽培においては熱反射率の高い白色の陶製ポットの影響などが特に大きかったものと思われる。

今回は植物の生長に直接影響を与えると思われる稚苗の葉層付近の気温の測定に紙シェルターの使用を試みたが、今後葉温との比較測定を行うなど、野外の植物の体感気温を表わす上での簡単な測定技術を充分検討する必要がある。以下の議論の中ではこの紙シェルターを使った葉層付近の測定値を苗高気温として扱うことにする。

## 2) ポット栽培における温度環境

### イ) 本部試験地観測気温とポット栽培場所の百葉箱内気温の比較 (図2)

本部試験地観測とポット付近の百葉箱内測定の最高気温を比較してみると年間を通じてポット付近の方が高い測定値を示した。特に、夏期の温度上昇が大きく平均では2℃、冬期においては1℃前後高い値を示した。夏期の苗畑の最高気温測定例と比較すると、苗畑付近でも本部試験地観測のものより2℃前後高い値となり大きな違いは認められなかったが、ポット付近では本部試験地観測気温が30℃以上になる時には5℃以上気温が上昇することもあり、その変動幅は大きかった。

最低気温では最高気温同様に本部試験地観測のものより冬期1℃、夏期2℃前後ポット付近の方が高い測定値を示し、2℃前後むしろ低い値を示した夏期苗畑測定例とは異なった結果になった。

このような結果については、サーミスターと最高最低温度計といった測定方法の違い、百葉箱

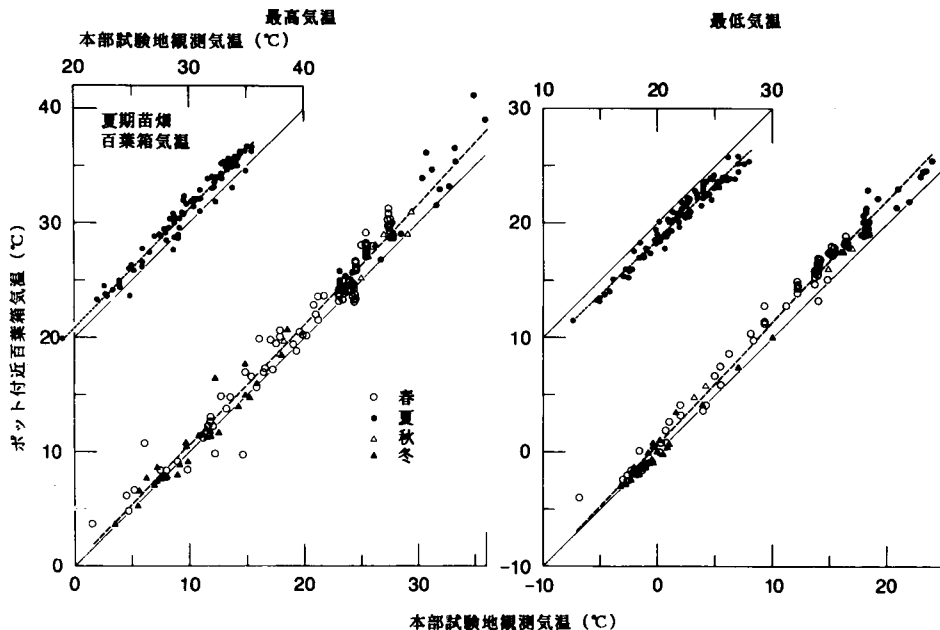


図-2 本部試験地観測気温とポット付近百葉箱気温の比較

の容量の違いなども考慮されなければならないが、裸地に近い苗畑、芝地の本部試験地観測地、西側は疎開されているものの落葉高木見本樹林の林縁付近のポット栽培場所、といった周囲環境の違いが大きく影響したものである。すなわち高温時には苗畑とポット栽培場所は本部試験地観測地より高い温度環境となり、さらにポット付近では夏期林縁木やポットからの照り返しの影響を受けて苗畑より温度のばらつきが大きくなり、低温時には裸地の苗畑、芝地の本部試験地観測地、樹林下のポット付近の順に気温の低下が緩和され、このような結果になったものと考えられる。

ロ) ポットの配置の違いによる気温、地温の日変化の比較

図3は夏期、冬期の日較差の大きかった日と小さかった日の4日間について、ポット栽培場所の中では比較的高温になりやすい北側と、日陰になりやすい南側の2箇所で測定した、ポット内の地表付近の気温、地温の日変化の一例である。

夏期の晴天日においては苗高気温は北側、南側ともに40℃を超え、最高気温では大きな差はみられないが、日中日陰が生じる南側では時刻によっては5℃以上北側より低い気温を示した。地表下地温では、北側は南側に比べて最高温度が4℃近く高い値となり日中の温度差も明らかであった。冬期、曇天であるが日較差の大きい日の測定結果では北側、南側のポットの配置による気温、地温の差はほとんどみられなかった。

雨天日は温度変化が小さいこともあり、夏期、冬期の苗高気温、地表下地温ともにポットの配置による大きな差は認められなかった。

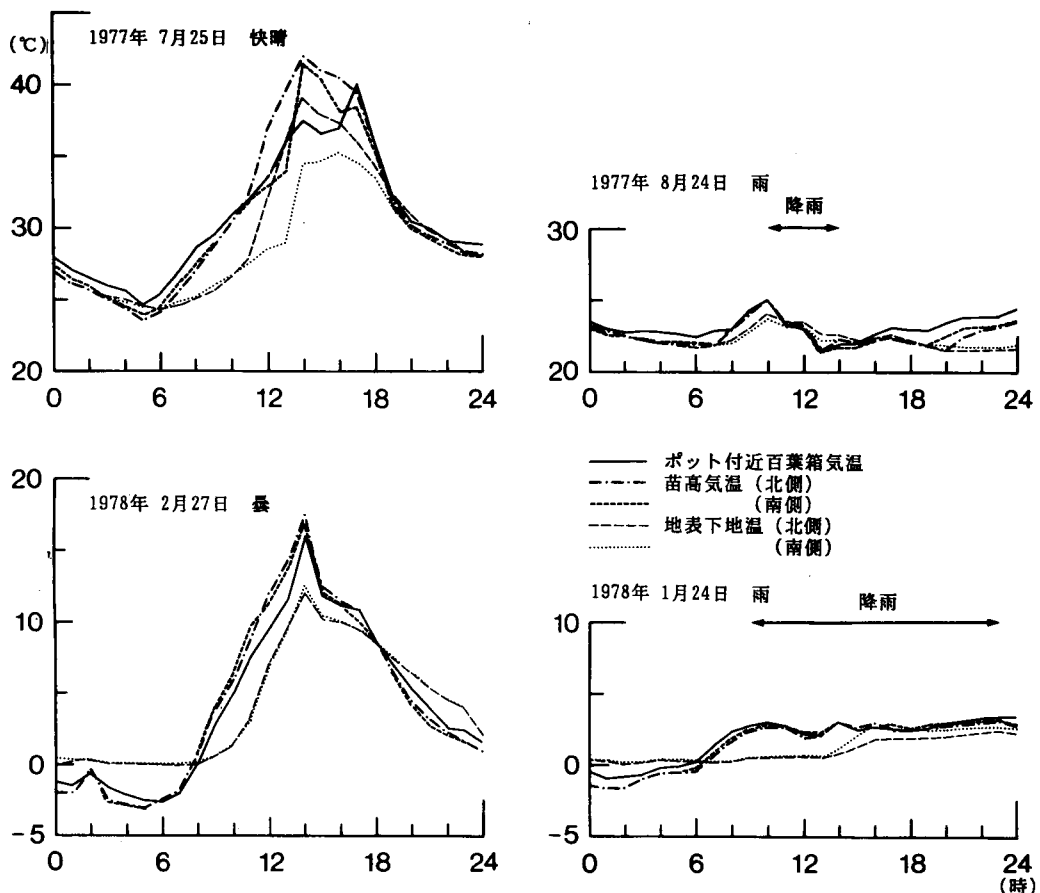


図-3 ポット栽培における地表付近の気温、地温の日変化

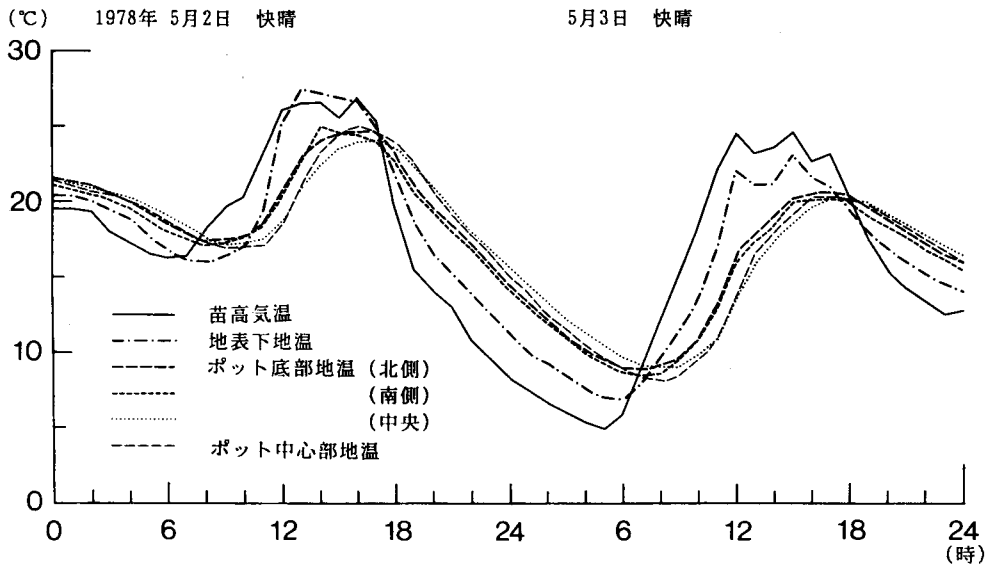


図-4 ポット栽培におけるポット内地温の日変化

このようにポットの配置の違いによって、苗高気温は開葉期の晴天日には最高気温はあまり変わらなくても、日中時刻によっては大きく気温差が生じることがあり、太陽エネルギーの積算値に関係する地温についてはさらに影響が大きいようであった。また落葉期あるいは雨天日では温度差は小さく、このような結果からポットの温度環境に周囲の落葉樹の存在が強く影響しているようであった。

#### ハ) ポット内地温の日変化

図4はポット内での地温の位置による違いおよびその日変化について、初夏の比較的日較差の大きい2日間の測定例である。

5月2日の地表下地温の最高値は苗高気温より高い値になったが、全般的には苗高気温、地表下地温、ポット底部と中心部の地温の順に、上昇、低下の温度変化が遅れる傾向がみられ、最高温度は低く、最低温度は高くなるようである。またポット内部の底部と中心部の4点の測点における地温は同じような日変化を示し、1日を通じて2℃程度と温度差も小さかった。その中でポット底部の南側、北側ではほとんど地温の変化は認められず、これらと比較するとポット底部の中央と中心部では温度変化が遅れるようであった。

このように地温は測定日あるいは測定日前の天候にも強く影響されると思われるが、外気との接触が直接、間接的に大きいものほど温度変化が迅速となり、この一例の測定からは外気温あるいはポット自体の温度の上昇が先行して、続いて地表付近の地温の上昇が起こり、ポット内の地温は地表付近の温度の上昇とポットからの熱の伝導によって上昇するものと予測され、温度の低下についても同様の熱の伝達経路を経るものと思われた。苗畑の地表近くの地温は主に地表からの熱の伝導によるため、地表からの深さに直接影響された<sup>7)</sup>のに対し、ポット栽培においては、外気と、ポットという土壌の間にある媒体に複雑に影響されていることが明らかになった。

#### ニ) 地表付近の気温、地温の季節変化

栽培中の稚苗の生育に直接影響を与えると思われる地上5～10cmの葉層付近の苗高気温と地表下地温について、本部試験地観測結果と比較したのが図5である。

図では北側の日射の強い場所と南側の日陰の出来やすい場所の測定値を全てプロットしたためばらつきも大きいですが、ポット内の葉層付近の最高気温は四季を通じて平均3～5℃本部試験地観

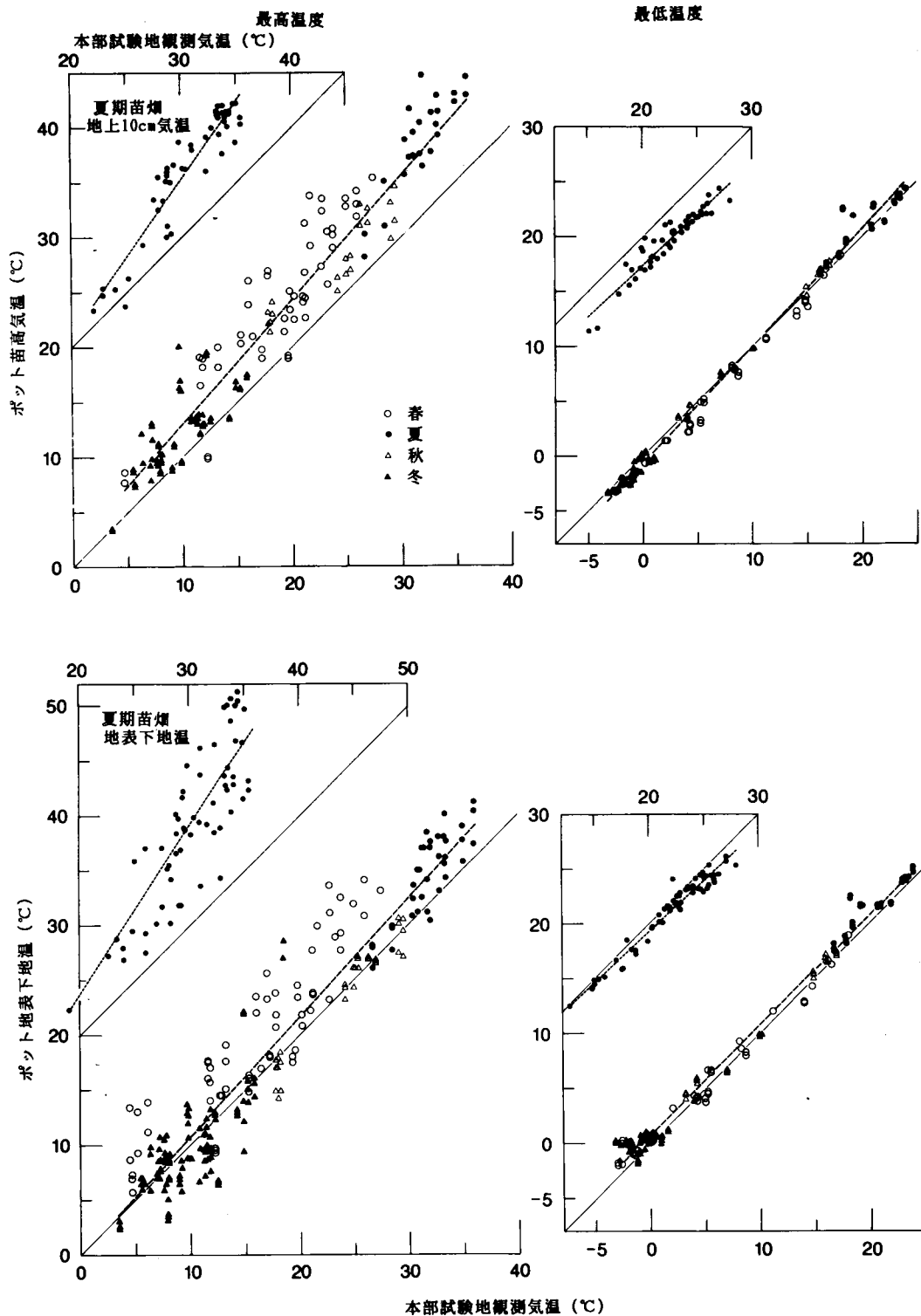


図-5 ポット栽培における地表面付近の気温、地温の季節変動

測結果より高い値となり、特に夏期の高温期には苗畑の地上10cmの気温以上に上昇する時もみられた。最低気温は本部試験地観測結果より夏期いくらか高く、冬期は低くなる傾向がみられるものの大差は認められず、夏期にむしろ低い値となった苗畑測定例とは異なった結果になった。

地表下地温の最高温度は、本部試験地観測結果に比べ春、夏、秋では10℃近く上昇する日もみられたが、平均で3℃前後高くなるものと思われ、全体的には葉層付近の気温ほどの温度上昇はみられず、また夏期の苗畑の地表下地温より上昇しないようであった。冬期には雪、霜などの影響もあり地表付近では本部試験地観測結果より低い値を示す日も多くみられた。最低温度は四季を通じて本部試験地観測のものより1℃前後高くなるよう、夏期の苗畑測定と異なった結果を示し、冬期は外気温が0℃以下になっても地表付近の地温は氷点下になりにくいようであった。

このようにポット栽培においては高温時には苗の葉層付近の気温が地表に近い地温より高くなり、低温時には気温、地温共に苗畑ほど温度の低下がみられないなど、苗畑の測定結果とやや異なった結果になった。ここで、特に植物の生長阻害を引き起こすと思われる高温部に着目し、苗高気温と地表下地温を共に地表付近の温度環境としてまとめて考えると、本実験では夏期の苗畑の地表下地温において測定された50℃前後の高温に至ることはなく、苗畑ほど温度は上昇しなかったものと考えられる。

#### 4 ま と め

本研究はクロマツなどの稚苗を用いた一連の研究<sup>1,2,3)</sup>の中でポット栽培における主に高温時の温度環境が植物の生長に影響を及ぼすほどに異常に上昇するかどうかを検定する目的で行ったものである。その結果、苗の葉層付近の最高気温が地表に近い地温の最高温度より高くなり、苗畑の測定と異なった結果も認められ、ポット自体が栽培中の植物に及ぼす熱効果の大きさがあらためて認識された。本栽培実験では高温時のポット温度環境を想定して、ポット栽培場所の選定をはじめ気温、温度の上昇を防ぐためのいくつかの方策を駆使し、あるいは保水性のよい鹿沼土を使用したため、総じて通常使われている苗畑の温度環境の範囲内で栽培中試料の温度管理がなされたものと結論されよう。

#### 引 用 文 献

- 1) 安藤信：重金属汚染と樹木の生長Ⅰ —過剰 Cu 処理された当年生クロマツ苗の光合成及び呼吸—。京大演報. 52. 1～10, 1980
- 2) 安藤信：重金属汚染と樹木の生長Ⅴ —過剰 Cu 処理が当年生クロマツ、スギ、ヒノキ苗の生長と植物体内 Cu 濃度に及ぼす影響—。京大演報. 56. 21～31, 1984
- 3) 安藤信：未発表
- 4) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 8. 1～13, 1977
- 5) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 9. 1～13, 1981
- 6) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 10. 1～14, 1987
- 7) 安藤信：苗畑の温度—夏期の気温、地温の測定例—。京大演集報. 17. 43～53, 1987
- 8) 日本農業気象学会：農業気象の実用技術。養賢堂. 432～450, 1972