

# 北海道産落葉広葉樹 5 種の滞水試験

## 異なる滞水処理下での成長と葉の展開

長坂晶子\*

Effects of flooding on growth and leaf dynamics of two-year-old deciduous tree seedlings under different flooding treatments

Akiko NAGASAKA \*

### 要 旨

北海道産落葉広葉樹の耐滞水性と適応形態を明らかにするため、道内の湿性地や河畔に一般的に生育する広葉樹 5 種（ハンノキ、ヤチダモ、ハルニレ、カラコギカエデ、ミズナラ）を用い、開葉直後から落葉まで 145 日間連続して滞水させる連続滞水処理区と、夏季 3 週間のみ滞水させる短期滞水処理区、対照区、の 3 処理を施した滞水試験を行った。

ヤチダモ以外の樹種では連続滞水処理により成長が抑制される傾向が見られ、特にハルニレ、カラコギカエデ、ミズナラの 3 種で顕著であった。この 3 種では、滞水による落葉も著しく促進された。

一方ハンノキとヤチダモでは、滞水への適応形態のひとつである不定根の発生能力が高く、滞水に伴う酸欠ストレスを回避して生育できるものと考えられた。さらに、ハンノキは個葉の寿命を延ばすことにより、滞水による貧栄養ストレス下での生育を可能にしていると考えられた。結果的に、これらの適応能力に乏しい樹種において滞水ストレスの影響が顕著に現れたため、これらを判断基準として実験に使用した落葉広葉樹 5 種の滞水ストレスへの耐性を整理すると、ハンノキ > ヤチダモ > ハルニレ、カラコギカエデ > ミズナラの順に適応力があると結論づけられた。

**キーワード：**落葉広葉樹，滞水ストレス，不定根，葉の寿命

### はじめに

北海道の平野部には泥炭を含む低湿地が広く分布している。こうした地域では本来湿地林が広く分布していたが、開拓の進行とともに伐採され、河跡湖畔などに残置林としてその名残をとどめるのみとなっている。近年、再び防風林や河畔林造成等の要請が高まるにつれ、改めて在来の湿性・河畔性樹種の生育特性や耐滞水特性に基づいた適樹種選定基準が必要となってきた。

北海道に生育する落葉広葉樹数種については、これまでに高橋ら（1987；1988；1989）により光合成速度・蒸散速度を指標として冠水耐性を調べたもの、寺澤ら（1989）により、幹や根の形態変化を調べたもの等の研究例がある。個葉の維持に着目した寺澤ら（1990）、Terazawa & Kikuzawa（1994）は、湿性地に多く生育するハンノキ（*Alnus japonica* Steud.）やヤチダモ（*Fraxinus mandshurica* var. *japonica* Maxim.）について、滞水処理により葉の寿命が延びたことを報告し、滞水ストレスへの適応機構のひとつではないかと述べている。樹木が生育するうえで光合成は基本的な活動であり、葉の維持ならびに光合成生産機能の維持は重要であり、この結果は耐滞水性の指標として葉の展開様式の変化を把握することが

---

\*北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research, Bibai, Hokkaido 079-0198

[北海道林業試験場研究報告 第 38 号 平成 13 年 3 月 Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 38. March, 2001]

有効であることを示唆している。

そこで、今回北海道の湿地や河畔に生育する代表的な落葉広葉樹5種について、成長経過、バイオマス量、着葉数、落葉数、落葉位置を調査し、滞水ストレスに対する各樹種の反応、適応機構について考察することにした。さらに夏季出水に伴う河畔などでの滞水を想定した短期滞水処理区も設定し、滞水期間、時期の違いによる滞水ストレスの影響も同時に評価することにした。

## 実験方法

実験に用いたのは、北海道の湿地から河畔にかけて分布がみられるハンノキ (*Alnus japonica* Steud.), ハルニレ (*Ulmus davidiana* var. *japonica* Nakai), ヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* var. *japonica* Maxim.), カラコギカエデ (*Acer ginnala* Maxim.), ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata* Rehd. et. Wils.) の5種で、林業試験場構内の苗畑で育成した1年生苗木を素焼き鉢(径27cm)に移植したものをを用いた。用土はすべて苗畑の土を用いた。また、実験開始時の苗木はそれぞれ、ハンノキは樹高30cm前後、ヤチダモ、カラコギカエデ、ミズナラは20~25cm、ハルニレは45cm程度のものを用い、各処理間で樹高に差がないよう調整した。

滞水処理は・連続滞水(6/13~11/30)・短期滞水(8/12~9/2)・対照(滞水せず)の3処理、反復は8とした。移植した後、苗木の開葉が確認されてから滞水処理を開始した。滞水処理に際しては、コンクリートパネルで作成した箱(タテ120cm×ヨコ60cm×深さ30cm)に厚手のビニールシートを二重に貼ったものを水槽として用いた。1つの水槽には各樹種の苗木を1鉢ずつ入れ、用土の表面まで完全に水に浸るようにし、水位が下がったときは随時給水して可能な限り一定の水位を維持するようにした。

滞水開始後、それぞれの苗木について当年枝を最大10本まで選び、葉数、着葉部位を週1回測定した。着葉部位は、当年枝の基部に近いものから順に1, 2, 3...と番号をつけ、これを葉位とした。実験終了後、苗木を掘り取り、地上部(幹)と地下部(根)の乾重量を測定した。地下部は根径を5mm以上, 4-5mm, 3-4mm, 2-3mm, 1-2mm, 1mm以下、の6段階に分け、それぞれ乾燥重量を測定した。

## 結果

### 1. 生育経過

図-1に実験期間中の樹高成長経過を示した。連続滞水区と対照区との明瞭な違いが見られたのは、ハンノキ、ハルニレ、ミズナラの3種で、ヤチダモ、カラコギカエデでは明瞭な差は表れなかった。ハンノキでは滞水開始から1カ月半後に対照区との差が出始めたのに対し、ハルニレでは滞水開始から1カ月で成長の停滞が見られた。ミズナラは7月後半対照区で二次成長したのに対し、連続滞水区では二次成長せず、最終的な樹高差に反映された。また、すべての樹種に関して短期滞水処理区と対照区とのあいだに明瞭な違いは見られず、夏期2週間程度の滞水条件では、樹高成長に影響しないことが示された。なお、全ての樹種について枯死個体は見られなかった。

### 2. 地上部・地下部乾重

表-1に実験後の苗木の幹・根系乾燥重量と根/幹比を示した。ハンノキ、ハルニレ、ミズナラは、幹・根系乾重いずれも連続滞水処理区で短期滞水区・対照区より有意に小さく、樹高成長の結果を反映した。また、ヤチダモも樹高成長結果と同様、滞水処理による幹・根系乾重の違いは見られなかった。一方、カラコギカエデは、樹高成長では処理による差が明瞭でなかったが、乾重で見ると幹・根系ともに連続滞水処理区で著しく低い値を示し、上長成長に比べ、肥大成長と根の発達が阻害されていることが示唆された。

根/幹比をみると、ヤチダモとカラコギカエデでは連続・短期滞水区の値が対照区に比べ有意に小さく、ハルニレでは連続滞水<短期滞水<対照の順に有意に値が小さくなっており、滞水処理の影響は地上部よりも地下部で大きいことが示唆された。一方ハンノキとミズナラでは、根/幹比は処理間で有意差がみられなかった。

根系発達状況を詳細に見るため、根を6段階の太さに区分しそれぞれ乾燥重量を測定した(図-2)。1-2mm, 2-3mm, 3-4mm, 4-5mmの根径階では、処理間の違いはそれほど見られず、有意であっても差が小さい

ことが示され、結果的には 5mm 以上の主根重量と 1mm 以下の細根重量において処理による差が明瞭に現れた。ハルニレとカラコギカエデでは、この 2 径階において連続滞水区のみ有意に小さくなり、とくに 1mm 以下の細根重量が著しく小さくなった。ミズナラでも同様に細根の発達がほとんどみられなかった。一方ヤチダモは連続滞水区において 細根重量では他処理区に比べ有意に小さくなったが、主根重量では、滞水処理により直径 5mm 以上の不定根を大量に発生させたため、短期滞水区より有意に大きくなり、対照区と比べても有意ではないものの、大きくなる傾向を示した。不定根の発生はほかにハンノキでも見られたが、ヤチダモほど旺盛ではなく、ハンノキでは、主根、細根どちらの根径階でも処理間で有意差があり、連続滞水<短期滞水<対照の順に小さかった。

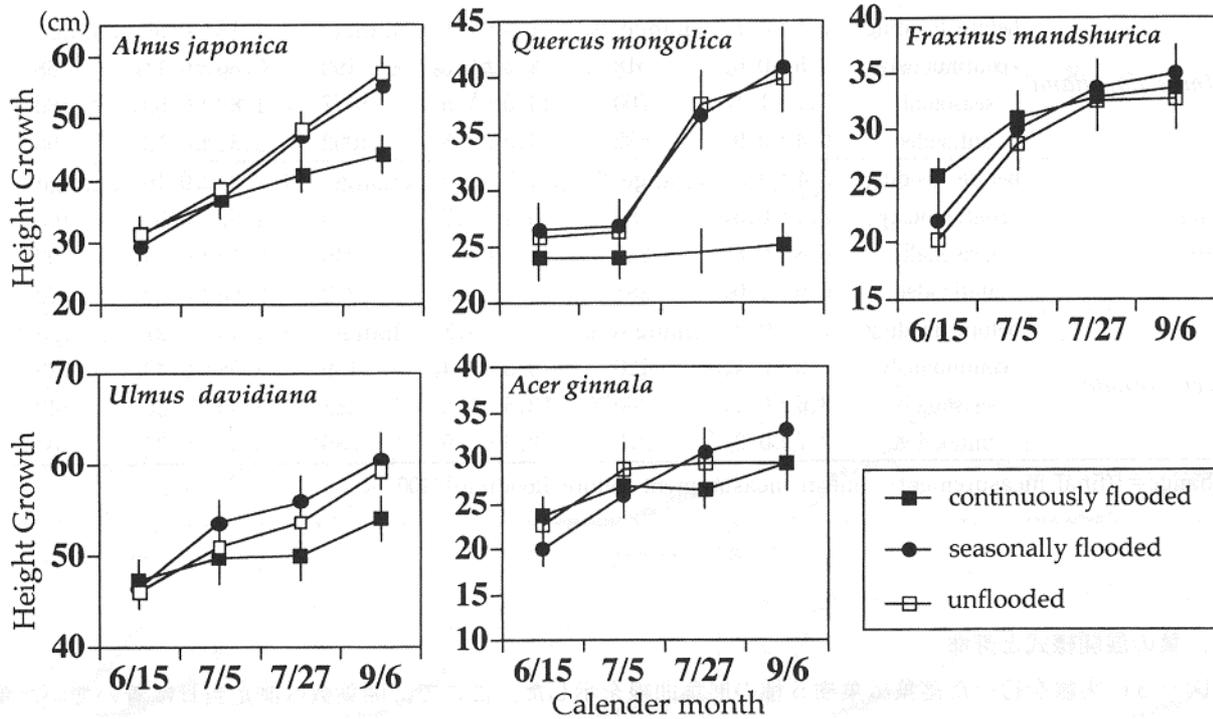


図 - 1 広葉樹 5 種の実験開始後の樹高成長経過。 連続滞水（'96.6.13—'96.11.30）、短期滞水（'96.8.12—'96.9.2）、対照。値は 8 個体の平均値でバーは標準誤差を表す。

Fig.1 Height growth of two-year-old seedlings of 5 deciduous tree species after initiation of flooding. Each point represents the mean of eight plants for continuously flooded( ), seasonally flooded( ) and unflooded( ) treatments with standard error of the mean.

表 - 1 広葉樹稚樹 5 種の滞水処理後の地上部，地下部乾重，ならびに根 / 幹比。値はすべて 8 個体の平均値と標準誤差を表す。同一のアルファベット間では処理による有意差がないことを示す。(Fisher の PLSD 法,  $p < 0.05$  )

Table.1 Dry weights of stem, roots, and root/stem ratio of two-year-old seedlings of 5 deciduous tree Species after termination of flooding. Data are means ( $n=8$  for all treatments) and standard errors of the mean. Values followed by the same letter are not significantly different using multiple comparison test (Fisher's PLSD;  $p < 0.05$ ).

Species	Treatment	Stems(g)		Roots(g)		Root/Stem ratio	
	before flooding	1.8±0.3	change(%)*	2.7±0.4	change(%)	1.55±0.11	change(%)
<i>Alnus japonica</i>	continuously	12.0±2.5 <sub>a</sub>	667	16.5±1.8 <sub>b</sub>	611	1.60±0.25 <sub>a</sub>	103
	seasonally	20.0±1.8 <sub>b</sub>	1111	28.5±2.7 <sub>b</sub>	1056	1.44±0.07 <sub>a</sub>	93
	unflooded	21.3±2.2 <sub>b</sub>	1183	40.9±3.3 <sub>b</sub>	1515	2.88±0.92 <sub>a</sub>	186
	before flooding	no data		no data		no data	
<i>Fraxinus mandshurica</i>	continuously	7.8±1.2 <sub>a</sub>	—	27.6±3.0 <sub>a</sub>	—	4.11±0.65 <sub>a</sub>	—
	seasonally	9.0±1.1 <sub>a</sub>	—	29.7±3.7 <sub>a</sub>	—	3.32±0.18 <sub>a</sub>	—
	unflooded	7.8±1.2 <sub>a</sub>	—	36.2±3.6 <sub>a</sub>	—	4.97±0.45 <sub>b</sub>	—
	before flooding	1.1±0.1	change(%)	1.3±0.1	change(%)	1.18±0.09	change(%)
<i>Ulmus davidiana</i>	continuously	3.5±0.6 <sub>a</sub>	318	2.5±0.3 <sub>a</sub>	192	0.80±0.11 <sub>a</sub>	68
	seasonally	7.7±1.1 <sub>b</sub>	700	14.0±1.5 <sub>b</sub>	1077	1.89±0.09 <sub>b</sub>	160
	unflooded	6.4±0.9 <sub>b</sub>	582	14.2±1.5 <sub>b</sub>	1092	2.31±0.12 <sub>c</sub>	196
	before flooding	2.4±0.3	change(%)	5.7±0.9	change(%)	2.34±0.16	change(%)
<i>Quercus mongolica</i>	continuously	2.1±0.3 <sub>a</sub>	88	5.1±0.7 <sub>a</sub>	89	2.52±0.30 <sub>a</sub>	108
	seasonally	6.8±0.8 <sub>b</sub>	283	14.0±0.9 <sub>b</sub>	246	2.16±0.14 <sub>a</sub>	92
	unflooded	6.9±1.0 <sub>b</sub>	288	18.7±1.7 <sub>c</sub>	328	2.86±0.23 <sub>a</sub>	122
	before flooding	1.0±0.2	change(%)	2.2±0.3	change(%)	2.45±0.21	change(%)
<i>Acer ginnala</i>	continuously	1.2±0.1 <sub>a</sub>	120	3.5±0.4 <sub>a</sub>	159	3.08±0.43 <sub>a</sub>	126
	seasonally	3.6±0.4 <sub>b</sub>	360	12.5±1.8 <sub>b</sub>	568	3.49±0.26 <sub>a</sub>	142
	unflooded	2.7±0.3 <sub>c</sub>	270	12.9±0.9 <sub>b</sub>	586	5.01±0.25 <sub>b</sub>	204

\*change = ((final measurement) / (mean measurement before flooding)) \* 100

### 3. 葉の展開様式と寿命

図-3 に実験を行った落葉広葉樹 5 種の展葉曲線を示した。ここで、開葉数は測定当日に着いていた葉の合計、落葉数は測定当日までに落葉した葉の合計、積算開葉数は測定当日までに開葉した葉の積算値で、開葉数と落葉数の合計として表される。ヤチダモ以外の樹種では、連続滞水区で葉の総展開数が少なくなることが示された。また、ハルニレとカラコギカエデの連続滞水区では、開葉数のピークは実験開始後 1 ~ 2 週間目までで、その後は葉を維持できずに、落葉を開始した。とくに、ハルニレでは他処理区に比べ、約 70 日開葉期間が短くなった。

図-4 に葉位ごとに計測した個葉の寿命を示した。ここでは滞水による影響を見るため、滞水前から開葉していた葉のみを対照とした。これによると、ハルニレ、ミズナラ、カラコギカエデでは、葉位に関わらず連続滞水処理区で葉の寿命が 20 ~ 50 日短くなっていた。またこの 3 種では、短期滞水処理により、当年枝の基部に最も近い葉位 1 の寿命が対照区に比べ有意に短くなっていた。またヤチダモも、これら 3 種ほど顕著ではなかったが、滞水処理区の葉の寿命が対照区に比べ短い傾向が見られた。一方、ハンノキのみ連続滞水処理による落葉促進が認められず、また葉位の高い葉ではむしろ短期滞水・対照区に比べ有意に寿命が長くなっていた。

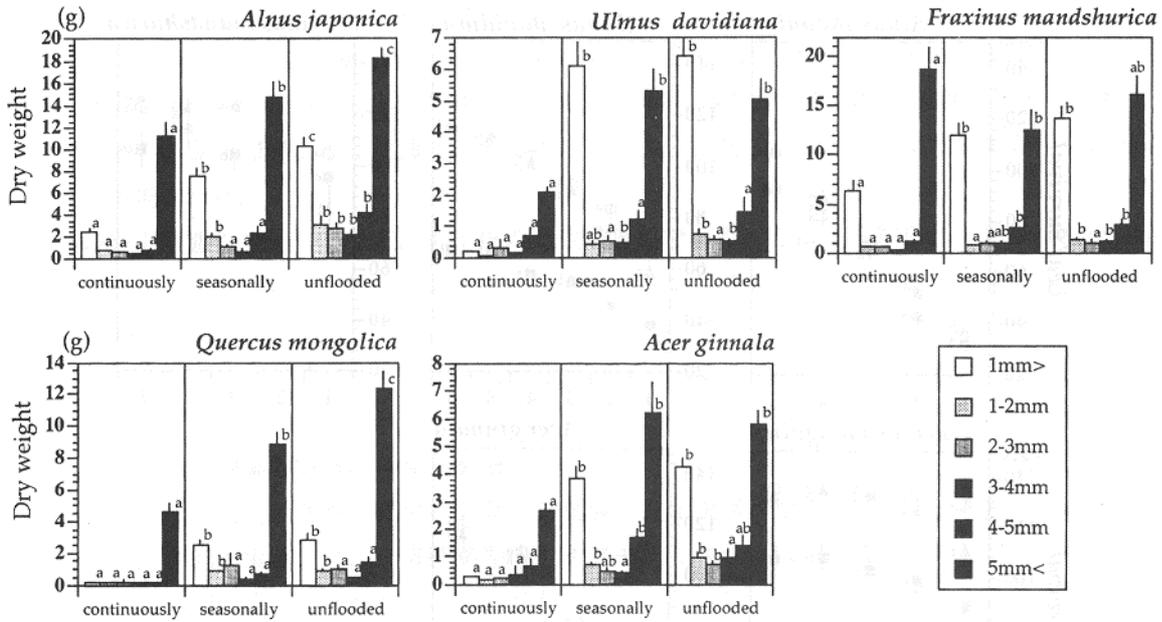


図 - 2 滞水処理の異なる広葉樹 5 種の根径階別乾重量。同一のアルファベットは根径階別の乾重量に処理間で有意差がないことを表す。( Fisher's PLSD ,  $p < 0.05$  )

Fig.2 Dry weight of roots sorted by diameter of two-year-old seedlings of 5 deciduous tree after termination of flooding. Data are means( $m=8$  for all treatments)and standard errors of the mean. Values followed by the same letter are not significantly different among 3 treatments within the same diameter size class(multiple comparison test, Fisher's PLSD ,  $p < 0.05$ ).

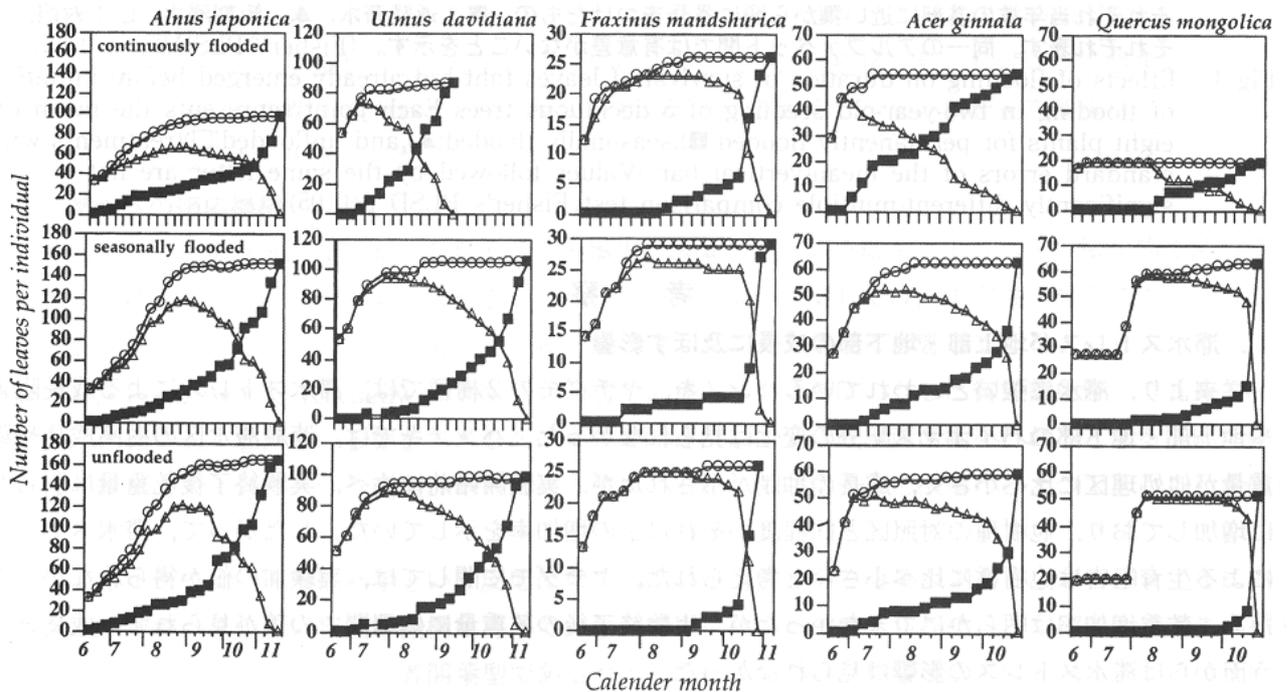


図 - 3 広葉樹 5 種の個体あたり葉の総展開数 (○), 開葉数 (△), 落葉数 (■) の季節変化。値は 8 個体の平均値で , 各樹種につき , 上段 : 連続滞水 , 中段 : 短期滞水 , 下段 : 対照 , の展葉曲線を表す。

Fig.3 Leaf survivorship curves of two-year-old seedlings of 5 deciduous trees among different flooding treatments. Each point represents the mean number of leaves on an individual for emerged leaves(○),fallen leaves(△),and attached leaves(■).

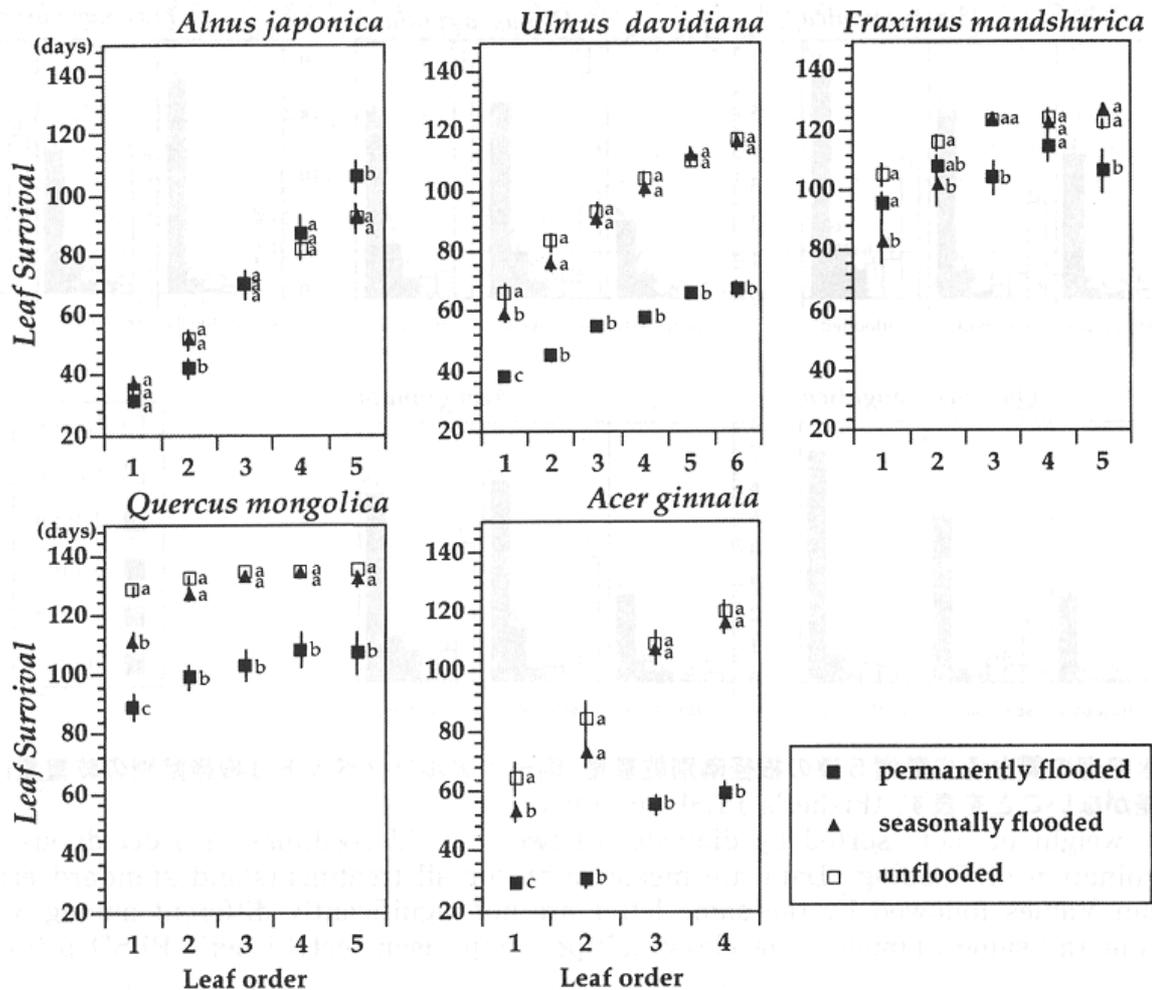


図 - 4 滞水前に開葉していた葉の寿命。値は8個体の平均値で、縦棒は標準誤差を表す。葉位 (Leaf order) は、それぞれ当年枝の基部に近い葉から順に番号をつけたもの。□: 連続滞水, ▲: 短期滞水, ○: 対照, をそれぞれ表す。同一のアルファベット間では有意差がないことを示す。(Fisher PLSD 法,  $p < 0.05$ ).

Fig.4 Effects of flooding on duration of survival of leaves that had already emerged before initiation of flooding in two-year-old seedling of 5 deciduous trees. Each point represents the mean of eight plants for permanently flooded(■),seasonally flooded(▲),and unflooded(□) treatments with standard errors of the mean(vertical ber.)Values followed by the same letter are not significantly different(multiple comparison test,Fisher's PLSD  $p < 0.05$ ).

## 考 察

### 1. 滞水ストレスが地上部・地下部の成長に及ぼす影響

従来より、滞水に強いといわれているハンノキ、ヤチダモの2樹種では、滞水ストレスによる成長阻害や地上部・地下部のバイオマス配分の変化は見られなかった。ハンノキでは、連続滞水区の樹高成長や乾重量が他処理区に比べ小さく、成長の抑制が示されたが、実験開始前に比べ、実験終了後乾重量は明らかに増加しており、他樹種の対照区と同程度かそれ以上の増加率を示していた。したがって、滞水ストレスによる生育阻害は他樹種に比べ小さいと考えられた。ヤチダモに関しては、実験前の値が得られなかったため、乾重増加率は明らかにできなかったが、実験終了後の乾重量に処理間での差が見られず、成長という面からは滞水ストレスの影響は見られなかった。

一方、ハルニレ、カラコギカエデ、ミズナラの3種は滞水ストレスによる成長抑制が顕著に見られた。ハルニレ、カラコギカエデでは、連続滞水区でも少し乾重量は増加したが、他処理区に比べると、地上部で1/4~1/3、地下部で1/5程度の増加量しか示さず、結果的に地下部の成長が減少した。ミズナラ連続滞水区では地上・地下部いずれも実験終了後の乾重量が滞水前に比べ減少しており、前年までの蓄積を個体の維持に使わざるを得なかったのではないかと考えられた。

対照区では、直根性のミズナラ以外は実験前と比較して根/幹比が約200%増加しており、根系階別重量

の結果からも、主根成長のみならず細根成長が旺盛であることが示唆された。滞水ストレスの影響が特に地下部に現れる傾向は、*Ulmus americana*(Newsome et al. 1982)、*Betula papyrifera*(Tang & Koslowski, 1982a)、*Quercus macrocarpa*(Tang & Koslowski, 1982b)等を用いた同様の実験でも報告されており、滞水ストレスの影響を強く受ける樹種では、細根成長が強く抑制されることにより根系が十分に発達できないことが示唆された。

滞水への適応形態のひとつとして、不定根の発生が重要であることはよく知られており(Sena Gomes & Kozlowski 1980; Hook 1984)、滞水に伴う酸素欠乏状態を回避し、効率よく酸素を取り入れるための、いわば通気孔(ventilator)としての機能を果たしていると考えられている(Yamamoto et al. 1995)。滞水処理区のハンノキとヤチダモは、水表面近くに不定根を発生させており、滞水ストレスへの適応反応を示していた。

## 2. 滞水ストレスが個葉の維持に与える影響

菊沢(1983)は北海道の落葉広葉樹の開葉・落葉様式を順次開葉型、中間型、一斉開葉型の3つに類型化しているが、今回の実験では、一斉開葉型のヤチダモ、ミズナラは、前年までの蓄積により当年の開葉をするため、実験開始直後の開葉数には違いがなかった。しかしミズナラでは滞水ストレスの影響が顕著に現れ、二次成長できなかつたため新たに展葉もできなかつた。また、連続滞水処理区では他処理区より30日前後早く落葉し始め、エチレンの増加による落葉促進(Kozlowski 1984)を反映していると考えられた。一方ヤチダモでは処理による展葉の違いは見られず、また葉位によって葉の寿命の長短にもばらつきが見られた。しかし、寺澤ら(1990)の報告と異なり、連続滞水区の葉位の高い葉で早く落葉する傾向が見られた。一斉+順次開葉型のハルニレ、カラコギカエデは、いずれも連続滞水下では最初の開葉で展開した葉以上に順次開葉できず、ミズナラと同様、落葉が促進される傾向が明瞭に見られた。

ハンノキは、当年の光合成生産物も利用して生育期間中次々と展葉する順次開葉型に位置づけられている。連続滞水区では、展葉数は他処理区に比べ少なくなったが、他樹種で見られたように落葉が促進されることはなく、むしろ葉の寿命が長くなる傾向が見られたことから、少ない葉を長期間維持して光合成活動を行っているものと考えられた。

## 3. 滞水への適応機構

滞水ストレスを立地的な側面から見ると、土壤中の酸素不足という酸欠ストレスと、微生物や菌の不活性による貧栄養ストレスとが考えられる。ハンノキとヤチダモに関しては、不定根の発生によって酸欠状態に対応しているため、結局、利用可能な養分量の違いが成長や生残に影響してくるといえる。今回の実験でも、Terazawa & Kikuzawa(1994)の報告と同様、ハンノキはこうした貧栄養条件下で成長や展葉が抑制されても、着けている葉をできるだけ長い期間維持して光合成生産活動を行おうとする反応が認められ、個葉の寿命延長という現象があらためて滞水ストレスに対する適応機構のひとつであることが確認された。

一方ヤチダモは、不定根発生という反応は見られたが、高位の葉で落葉が早まるなど、ハンノキに見られたような葉の延命という適応機構は持っていないのではないかと考えられた。とくに今回は1生育期間に限った実験であったため、一斉開葉型であるヤチダモにとっては、前年度までの蓄積によって当年の開葉は十分に行えたため、連続滞水区と対照区の差が明瞭に出なかつた可能性もある。また、ヤチダモの生育適地として、湿性地のなかでも、停滞水より流動水のほうがより好ましいこと(菊地ほか 1994)や、地下水位の急激な変化により枯死するなど環境変化への適応力が弱いこと(菊地・清水 1996)などが報告されており、滞水ストレスの影響は経年的に調査しなければ明瞭に観察できないのではないかと考えられた。

また、今回夏季の大雨出水に伴う洪水冠水を想定した短期滞水処理を試みたが、各樹種について、地上・地下部の成長、展葉などに著しい影響は見られなかつた。これは実験に用いた樹種が、もともと河畔や湿性地に生育することにもよると考えられるが、ハンノキとハルニレ個葉の光合成速度を測定した結果からは、ハンノキでは滞水直後低下した光合成速度が不定根の発生により回復したのに対し、ハルニレではこ

の間、葉が黄変するなど、葉の老化と光合成機能の低下が顕著に見られたため（伊藤・清水 1997）、今回設定した3週間よりもさらに長く滞水条件に置かれれば、連続滞水区と同様、落葉促進や展葉抑制などが起こる可能性が示唆された。このことは、不定根の発生がほとんど見られなかったカラコギカエデやミズナラでも起こりうる現象と考えられた。河畔に様々な広葉樹を植栽して生育経過を調査した例でも、不定根の発生能力と洪水冠水に対する適応力が、樹種ごとの生残に反映されていると報告されており（長坂 2000）、この場合もヤチダモが冠水に強く、ハルニレは中程度、同じニレ科のオヒョウ（*Ulmus laciniata* Mayr）は冠水への適応が極めて弱いという結果が出ている。一般的には、河畔における冠水とは、今回の実験で設定したような極端な滞水条件とは異なり、継続時間が比較的短く、またその立地の透水性が高いことなどから、滞水ストレスへの適応力が弱くても生育に大きな影響を与えないと考えられるが、例外的な気象条件や、人為的な水位操作（ダム建設など）により滞水状態が継続した場合には、ハルニレやカラコギカエデ、ミズナラ等の樹種への影響は大きいと予想される。

今回の実験により、滞水への適応形態として不定根発生は基本的な反応であることが観察され、実験に用いた樹種の中では特にハンノキとヤチダモの不定根発生能力が高かった。さらに、ハンノキでは滞水に伴う貧栄養状態に対応するため葉を長期間維持できる機構を備えていた。結果的に、こうした適応能力に乏しい樹種において滞水ストレスの影響が顕著に現れたため、この2点により実験に使用した落葉広葉樹5種の滞水ストレスへの耐性を整理すると、ハンノキ>ヤチダモ>ハルニレ、カラコギカエデ>ミズナラの順に適応力があると結論づけられた。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、北海道立林業試験場の清水一氏には、実験計画から調査にいたるまでお世話になると共に、あらゆる点で適切な助言をしていただいた。また、寺澤和彦氏には実験手法についてご教示いただき、参考文献の提供、考察にあたって有益な助言をしていただいた。ここに記して深くお礼申し上げます。

## 文 献

- Hook, D. D. 1984 Adaptation to Flooding with Fresh Water. In Flooding and Plant Growth. Kozlowski, T. T. eds. 356pp. Academic Press.
- 伊藤晶子・清水 一 1997 滞水ストレス下でのハンノキとハルニレの光合成特性. 日林北支論 45: 139-141.
- 菊地 健・清水 一・山田健四 1994 土壌水分環境とヤチダモ人工林の直径成長. 日林北支論 42: 264-266.
- 菊地 健・清水 一 1996 ヤチダモ人工林の枯損発生事例. 日林北支論 44: 134-136.
- 菊沢喜八郎 1983 北海道の広葉樹林. 152pp. 北海道造林振興協会.
- Kozlowski, T. T. 1984 Responses of Woody Plants to Flooding. In Flooding and Plant Growth. Kozlowski, T. T. eds. 356pp. Academic Press.
- 長坂 有 2000 河畔林造成に適する広葉樹. 光珠内季報 118: 10-13.
- Newsome, R. D., T. T. Kozlowski, and Z. C. Tang 1982 Responses of *Ulmus americana* seedlings to flooding of soil. Can. J. Bot. 60:1688-1695.
- Sena Gomes, A. R. and T. T. Kozlowski 1980 Growth Responses and Adaptations of *Fraxinus pennsylvanica* Seedlings to Flooding. Plant Physiol. 66:267-271.
- Tang, Z. C. and T. T. Kozlowski 1982a Some physiological and growth responses of *Betula papyrifera* seedlings to flooding. Physiol. Plant. 55:415-420.
- Tang, Z. C. and T. T. Kozlowski 1982b Some physiological and morphological responses of *Quercus macrocarpa* seedlings to flooding. Can. J. For. Res. 10:308-311.
- 高橋邦秀・藤村好子・小池孝良 1987 北海道産落葉広葉樹の冠水耐性( ). 日林北支論 35: 159-161.

- 高橋邦秀・藤村好子・小池孝良 1988 北海道産落葉広葉樹の冠水耐性 ( ). 日林北支論 36 : 96-98.
- 高橋邦秀・藤村好子・小池孝良 1989 北海道産落葉広葉樹の冠水耐性 ( ). 日林北支論 37 : 7-8.
- 寺澤和彦・清和研二・薄井五郎・菊沢喜八郎 1989 滞水土壤条件下での広葉樹稚苗の生育反応 ( ) 生育, ならびに幹, 根の形態的变化 . 第 100 回日林論 : 439-440 .
- 寺澤和彦・清和研二・菊沢喜八郎 1990 滞水土壤条件下での広葉樹稚苗の生育反応 ( ) 葉の展開と落葉 . 第 101 回日林論 : 353-354 .
- Terazawa, K. and K. Kikuzawa 1994 Effects of flooding on leaf dynamics and other seedling responses in flood-tolerant *Alnus japonica* and flood-intolerant *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Tree Physiology*. 14:251-261.
- Yamamoto, F., T. Sakata and K. Terazawa 1995 Physiological, morphological and anatomical responses of *Fraxinus mandshurica* seedlings to flooding. *Tree Physiology*. 5:713-719.

### Summary

Flood-tolerance experiment was conducted on two-year-old seedlings of 5 deciduous tree species (*Alnus japonica* Steud., *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* Maxim., *Ulmus davidiana* var. *japonica* Nakai, *Acer ginnala* Maxim., *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* Rehd. et. Wils.) to evaluate the effects of different flooding treatments on growth, biomass allocation, leaf emergence, leaf fall, and leaf longevity. More continuous flooding results in less biomass production especially in *U. davidiana*, *A. ginnala*, and *Q. mongolica*. Flooding also greatly accelerated leaf abscission in these species.

Whereas flood-tolerant response such as formation of adventitious roots, and development of new roots were observed in *A. japonica* and *F. mandshurica*. Furthermore, in *A. japonica*, leaf senescence was delayed in flooded seedlings. The results showed the extension of leaf longevity plays one of the important adaptation in flood-tolerant species. In this experiment, tolerance to flooding were concluded in the following order: *A. japonica* > *F. mandshurica* > *U. davidiana*, *A. ginnala* > *Q. mongolica*.

**Key words:** deciduous trees, flood tolerance, adventitious roots, leaf longevity