

# ピロードシバ(*Zoysia tenuifolia* Willd.)とコウライシバ(*Zoysia matrella* Merr.)の耐凍性について

張 文三\*・成 富根\*\*・水庭千鶴子\*\*・近藤三雄\*\*

(平成16年5月24日受付/平成16年10月29日受理)

要約: 本研究は、ピロードシバとコウライシバの耐凍性の度合を明らかにするためにハードニング処理の有無や凍結処理時間を変えるなど、さまざまな条件設定で人工環境気象室内で生育実験を行った。その結果、ピロードシバの低温による傷害が発生する温度は $-7^{\circ}\text{C}$ 程度、低温臨界温度(個体の半数が枯死に至る生存の臨界点となる低温:  $LT_{50}$ )は $-8\sim-10^{\circ}\text{C}$ 、最低致死温度(全ての個体が枯死に至る低温)は概ね $-10^{\circ}\text{C}$ であること、コウライシバの低温による傷害が発生する温度は $-8^{\circ}\text{C}$ 程度、低温臨界温度は $-9\sim-12^{\circ}\text{C}$ 、最低致死温度は $-12\sim-15^{\circ}\text{C}$ の範囲であることが示唆された。つまりピロードシバはコウライシバよりも耐凍性が劣ることが同われた。また、コウライシバではハードニング処理の効果は認められたが、ピロードシバでは判然としなかった。併せて耐凍性の検定手法として電解質の溶出率の測定が有効であることも示唆された。

キーワード: ピロードシバ, コウライシバ, 耐凍性, ハードニング, 電気伝導度

## 1. 研究背景ならびに研究目的

筆者らは屋上緑化や省管理型の新たな芝生材料としてピロードシバ(*Zoysia tenuifolia* Willd.)に注目して、特性解明の研究に着手している。

これまで、わが国では同属のコウライシバ(*Zoysia matrella* Merr.)ならびにノシバ(*Zoysia japonica* Steud.)が庭園や公園の芝生材料として広範に用いられている。しかし、ピロードシバは小型で生育が遅く、しかも均一なターフ状態が得られないということで、ほとんど利用されていない。一方、アメリカでは一部地域において小型で生育が遅いということから逆に刈込等の維持管理の省力化が図れ、刈りかすもほとんど生じないということで利用されている。

わが国で、ピロードシバを積極的に活用するとなると、どの地域まで利用が可能か、特にこの種が暖地産であることから、その耐凍(寒)性の度合の究明が必要となる。従前からピロードシバは定性的にノシバやコウライシバよりも耐寒性は劣るとされてきたが、その度合等について具体的に究明した関連研究例は数少ない。北原ら<sup>1)</sup>は、ノシバを用い、 $-15^{\circ}\text{C}$ に72時間、 $-20^{\circ}\text{C}$ に16時間、 $-25^{\circ}\text{C}$ に4時間曝すと枯死することから、これを致死限界温度とした。また、吉村ら<sup>2)</sup>は、ノシバ、コウライシバ、ピロードシバは、 $-12.5^{\circ}\text{C}$ に12時間曝してもいずれも生存が可能であることを示した。

本研究では、ピロードシバの耐凍性を同属のコウライシバと比較検証することも含め究明することを試みた。な

お、本研究で言う耐凍性とは「植物が低温に伴う凍結により傷害を被る度合、あるいはどの程度の低温状態にまで耐えられるかの度合」とし、その度合を、植物の茎葉に明らかに低温傷害が認められる温度、低温臨界温度(個体の半数が枯死に至る生存の臨界点となる低温:  $LT_{50}$ )、最低致死温度<sup>3,4)</sup>(全ての個体が枯死に至る低温)の3点から究明した。さらに、凍結処理する前に低温で馴化して耐凍性を高める処理(この処理を以下ハードニングと呼ぶ)<sup>5)</sup>の有無や凍結処理時間の違いによって耐性の度合にどう影響するかも合わせて検証した。また、今回、供試した*Zoysia*属では苗の充実度合や屋外で寒冷条件に曝された経験の有無によって凍結に対する耐性に違いがでるか否かも併せて検証した。

植物の組織の細胞がどの程度まで凍結に耐えうるかを明らかにする手法として酒井や他の研究者によってさまざまな方法が提案されている<sup>6)</sup>。細胞の水および溶質の透過性<sup>7)</sup>、原形質分離<sup>8)</sup>などの測定が行われているが、これらはいずれも一部の組織の生死の判定や同一組織を用いての耐凍性の比較などには有効であるが、芝草の個体全体の生死の判定には適さない。本研究では、実際にどの程度の低温状態まで、植物体そのものが枯死せずに耐えうるかを明らかにするために、酒井<sup>9)</sup>による葉の褐変度による肉眼的判定法を用いて検討を行った。さらに、細胞が凍害を受けるほど、細胞質中の電解質の溶出が多くなるため、凍結処理した植物体組織からの浸出塩類溶液の電気伝導度(EC)を測定することで証明できるという論拠<sup>5,6,9)</sup>と他のイネ科の牧草の耐凍性の検定で実績<sup>10-13)</sup>のあることを基に、この面

\* 東京農業大学大学院農学研究科農学専攻

\*\* 東京農業大学地域環境科学部造園科学科

からの検討も行った。

## 2. 実験材料及び方法

本研究では上記の目的を達成するため、①ハードニング処理実験、②長期養生実験、③葉の溶出液の電気伝導度の測定実験の3実験を以下のように行った。

本実験では、先述の北原ら<sup>1)</sup>や吉村ら<sup>2)</sup>の知見を踏まえて、凍結処理温度と凍結処理時間を設定した。

### 2.1 ハードニング処理実験

供試植物は東京都世田谷区内大学実験圃場で約2年露地植えによって育成したピロードシバ（鹿児島徳之島原産）、コウライシバ（市販苗）の2種である。

供試材料はターフ状態のものから5cm×5cmサイズに切り取り、根を洗った後、さらに草丈・根長ともに5cmずつに刈り揃えた（写真1）。この芝片を排水層に黒曜石パーライト（ビーナスライト）2cm、土壌層として関東火山灰表土11cmを充填した1/10,000a WHITE POT（穴付き、内径10cm、高さ14cm）に2003年6月3日に植え付けた。1区4反復とした。大学研究棟屋上で1ヶ月間養生し、その後、温度20/15℃、湿度80±10%に設定された人工環境気象室（床から150cm、芝生表面の位置の設定照度10klx・日長12時間）で2週間再養生した（写真2）。その後、温度処理を以下のように行った。冷却速度としてノシバやコウライシバでは3~4℃で生育が停止し、強制休眠に入ると言われている<sup>14)</sup>。そこでハードニングの処理温度を4℃に設定し、ハードニング処理（1日1℃の割合で4℃まで下げた後、4℃で2週間処理）した後<sup>1,11,15,16)</sup>、さらに1日1℃の割合で所定の凍結処理温度まで下げた。一方、ハードニング無処理区は20/15℃で2週間養生し、その後1日1℃の割合で所定の凍結処理温度まで下げた。ハードニング処理区と無処理区ともに、凍結処理温度は-10、-12.5、-15℃の3段階に設定し、凍結処理時間は24、48時間の2段階とした。その後、融解時の加温速度を5℃/日として0℃以上の温度に加温後、屋上に移し、直射日光を避けるため、寒冷紗（1重）を張り付けた木枠下で養生し、組織の損傷の程度を褐変の度合（傷害度）<sup>8,17)</sup>により健全~枯死の5段階で評価した。さらに萌芽再生の状態からも生死の有無を確認した（写真3）。

### 2.2 長期養生実験

排水層として砂利1.5kg、川砂0.5kgと関東火山灰表土1.8kgを充填した1/5,000aワグネルポットにピロードシバ及びコウライシバのほふく茎をそれぞれ1ポット当り5個体植え付け、約27ヶ月間（2001年8月24日~2003年11月4日）養生したものを実験に用いた。この場合、低温馴化は秋から初冬にかけての自然ハードニングのみである。その後、温度20/15℃、湿度80±10%に設定した人工環境気象室（設定照度10klx、日長12時間）で2週間再養生した（写真4）。凍結処理は冷却速度を1日1℃として-10℃まで下げ、12時間行った。その後、加温速度を5℃/12時間として20℃まで加温後、その温度条件下で、前項と同様に褐変度（傷害度）により生育状態を評価し、再生の有無を1ヶ月間確認した。



写真1 左よりコウライシバ刈込前、刈込後、ピロードシバ刈込前、刈込後



写真2 人工環境気象室での実験状況  
右側4列はピロードシバ、左側4列はコウライシバ



写真3 ハードニング処理した後の屋上での養生状況

### 2.3 葉の溶出液の電気伝導度測定法

供試植物は東京都世田谷区内（大学実験圃場）で約2年露地植えによって養生したピロードシバ（鹿児島徳之島原産）、コウライシバ（市販苗）の2種とし、2003年7月8日



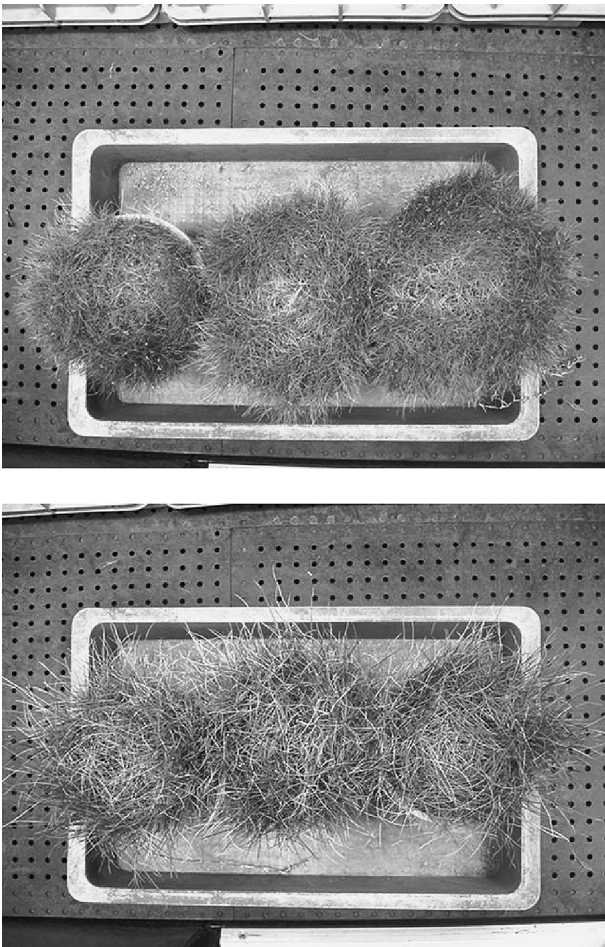


写真 4 自然条件のハードニングの供試植物（長期養生実験）  
上段はピロードシバ，下段はコウライシバ

にターフ状態から 5 cm×5 cm のサイズに切り取り根洗い後、さらに草丈・根長ともに 3 cm に刈り揃えたものを 1/5,000 a ワグネルポット（高さ 20 cm・直径 15 cm）に植え付けた。ポット内に排水層として砂利 1.5 kg・川砂 0.5 kg、その上に土壌層として関東火山灰表土 1.8 kg を充填した。植え付けた後ポットは雨水を避けるためにガラス温室で養生し、7 月 20 日に粒状固形肥料（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=6:4:3）を 1 ポットにつき 5 g 与えた。2004 年 3 月 26、27 日に両種とも地表より 5 cm の高さで刈った後、上記粒状固形肥料を 1 ポットにつき 5 g を与えた。4 月 9 日に両種とも後述する 7 段階の凍結処理温度区それぞれ 4 ポットずつ（合計 56 ポット）を温度 20/15°C、湿度 80±10% に設定した人工環境気象室（照度 10 klx・日長 12 時間）で 1 週間再養生した後、4 月 17 日夜に冷却速度を 1 日 1°C で -6°C、-7°C、-8°C、-9°C、-10°C、-11°C、-12°C の 7 段階に低下させ凍結処理した。なお、関東地方の冬季の最低平均気温が概ね -6~-12°C の範囲である<sup>18)</sup> ことから、この凍結処理温度は、低温による耐凍性の度合をより詳細に把握するため、先の 2 つの実験よりも高めに設定した。それぞれの処理区において凍結処理 24 時間後の凍害の度合を測定するため、供試植物体から浸出された溶液の EC 値を電気伝導

度計で測定し、電解質の溶出率を求めた。凍結処理後は融解時の加温速度を 10°C/8 h として 20°C まで加温後、屋上に移し、凍害の程度、枯死の有無等によって、傷害が認められる温度、低温臨界温度（LT<sub>50</sub>）、最低致死温度等を判定した。

電気伝導度計による電解質の溶出率の測定手順は進藤<sup>10)</sup>、天野<sup>12)</sup>らの方法に倣い、以下の通りとした。融解処理した個体から葉を生重で 0.2 g 採取し、蒸留水で軽く洗浄後、試験管に入れ、そこに蒸留水 30 ml を注入した。5°C に設定した暗黒状態の恒温室に 24 時間置いた後、室温で 30 分間振盪した。溶液から約 5 ml を採取して、EC 値を電気伝導度計（CM-60G、東亜 DKK 株式会社）で計測し、その値を t1 とした。次に、同じ試験管を沸騰した湯を入れたオイルバスに 15~20 分間漬し、細胞を完全に死滅させた後、試験管を冷まし、溶液から約 5 ml を採取して、再び EC 値を電気伝導度計で計測し、その値を t2 とした。t1/t2 の値を電解質の溶出率（%）とした。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 ハードニング処理実験

ハードニング処理の有無に関係なく、凍結処理を開始してから融解処理に至るまで、-10°C、-12.5°C、-15°C のいずれの凍結処理温度でもピロードシバ、コウライシバ共に見た目の状態は緑葉を保ち、外見上の変化は認められなかった。しかしその後、屋外に移動させると急激に葉が褐色化し、ピロードシバではハードニングの有無と無関係にいずれの凍結処理区も概ね 20 日後にはポット内の葉の全面が褐色化した。コウライシバについてもハードニング無処理区ではピロードシバと同様、全面褐色化した。ハードニング処理区の凍結温度 -10°C ではポット内の葉の約 6 割が、-12.5°C では約 3 割の葉が緑色を保った。

萌芽再生の結果については以下通りであった。まず、ハードニング無処理区の結果について、表 1 に遠観視調査による傷害度の評価と萌芽の再生状態から見た各供試植物の生存ポット数を示した。ピロードシバ、コウライシバともに凍結処理温度 -10°C、-12.5°C、-15°C、凍結処理時間が 24 時間、48 時間のいずれの処理区においても萌芽は全く認められず、全ての芝片が枯死した。

一方、ハードニング処理区では表 2 に示した通り、ピロードシバでは凍結処理温度 -10°C、-12.5°C、-15°C、凍結処理時間 24 時間、48 時間のいずれの処理区においても萌芽再生は認められず、枯死した。コウライシバでは -10°C では凍結処理時間 24 時間と 48 時間のいずれも全ての芝片で葉の約 6 割が緑色を保ち生存した。-12.5°C では凍結処理時間 24 時間、48 時間のいずれも 4 芝片中 1 芝片のみが萌芽が認められポット内の葉の約 1 割が緑色を保ち生存した。-15°C では凍結処理時間 24 時間、48 時間とも全ての芝片が枯死した。

以上の結果より、ピロードシバはハードニング処理の有無に関わらず、全ての処理区で枯死した。一方、コウライシバではハードニング無処理ではピロードシバ同様、全ての芝片が枯死したが、ハードニング処理区においては -10

表 1 ハードニング無処理区の傷害度と生存芝片数

凍結処理温度	-10°C		-12.5°C		-15°C	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
ピロードシバ	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)
コウライシバ	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)

注1) 傷害度は4芝片の平均, 0:健全, 傷害なし。1:やや茎葉の一部に傷害が見られる。2:傷害が顕著になる(芝片の半分以上が枯葉化する)。3:枯死寸前(僅かに緑葉が見られる)。4:枯死。

注2) ( ) 内の数値は4芝片中の生存数を示す。

表 2 ハードニング処理区の傷害度と生存芝片数

凍結処理温度	-10°C		-12.5°C		-15°C	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
ピロードシバ	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)
コウライシバ	1(4)	1(4)	2(1)	2(1)	4(0)	4(0)

注1) 傷害度は4芝片の平均, 0:健全, 傷害なし。1:やや茎葉の一部に傷害が見られる。2:傷害が顕著になる(芝片の半分以上が枯葉化する)。3:枯死寸前(僅かに緑葉が見られる)。4:枯死。

注2) ( ) 内の数値は4芝片中の生存数を示す。

°C区では全ての芝片が生存し, -12.5°Cでは4芝片中1芝片が生存した。このことより, ハードニング処理の効果はピロードシバでは判然としなかったが, コウライシバでは明確に認められた。

### 3.2 長期養生実験

耐凍性は養生期間の違い, それに伴う苗の充実度, あるいは凍結処理時間の長短によっても影響を受けると考え, 養生期間を27ヶ月間, 凍結処理時間を12時間にして実験した。その結果を表3に示した。

ピロードシバは, 先に述べた人工的条件のハードニング処理の有無による実験では凍結処理温度-10°Cでは凍結処理時間24時間, 48時間共に枯死した。本実験においては凍結処理時間が僅か12時間でも同様に枯死した。コウライシバは先の実験ではハードニング無処理区では枯死したが, ハードニング処理区ではやや傷害が見られたが生存した。本実験においてもコウライシバはかなり傷害が認められたが枯死には至らず生存した。その傷害の度合はハードニング処理した前項の実験に比較して本実験の結果の方が著しかった。本実験は養生期間も長く, 冬季も2度経験させた(この間, 真冬の夜半から早朝にかけて0°C以下になる日は20日間程度あり, 期間中の最低気温は-3.2°Cを記録した)植物材料を使ったが, 実験時点ではハードニング処理しなかった。また凍結処理時間も短かった。傷害の程度は前項のハードニング処理の有無の中間的傾向を示したが, このことは苗の充実度の違い, また, 冬季も2度経験させたことにより自然ハードニングされたことによるものか, あるいは凍結処理時間の違いによるものかは判然としなかった。

### 3.3 葉の溶出液の電気伝導度測定実験

図1に達観視調査による傷害度を, 図2及び表4に電解

表 3 長期養生実験の傷害度と生存芝片数

凍結処理温度	-10°C
凍結処理時間	12hrs
ピロードシバ	4(0)
コウライシバ	2(3)

注1) 傷害度は3芝片の平均, 0:健全, 傷害なし。1:やや茎葉の一部に傷害が見られる。2:傷害が顕著になる(芝片の半分以上が枯葉化する)。3:枯死寸前(僅かに緑葉が見られる)。4:枯死。

注2) ( ) 内の数値は3芝片中の生存数を示す。

質の溶出率を示した。傷害度は, ピロードシバは-7°Cで傷害が認められ, -8°Cで傷害が顕著となり, -9°Cで枯死寸前となり, -10°C~-12°Cでは枯死状態となった。

一方, コウライシバは-8°Cで傷害が認められ, -9°Cで傷害が顕著となり, -10°Cでは枯死寸前となり, -11°C, -12°Cでは枯死状態となった。ピロードシバの方がコウライシバに比べて低温による傷害がはやく認められ, その進行も速いという概ね前述した実験結果と同様な傾向を示した。

一方, 電解質の溶出率はピロードシバ, コウライシバ共に低温になるに従い, 達観視による傷害度, つまり茎葉の傷害症状が顕在化するにつれて高くなった。このことは, それだけ細胞が凍害を受ける度合が高くなることを示し, また, -10°C区まではコウライシバに比べてピロードシバの方が有意に溶出率が高く, 明らかにピロードシバの方が凍害を受ける度合が高いことを示した。-11°C, -12°Cになると, 両種ともすべて枯死し, 溶出率の値にも差が認められなかった。

なお, 凍結処理温度が低く, 傷害度の度合が強いほど電解質の溶出率も高かったことから改めて耐凍性の検定手法としての電解質の溶出率の測定が有効であることが示唆された。

既に述べたように, 吉村ら<sup>2)</sup>はピロードシバやコウライシバについても-12.5°Cでも生存した報告している。本実験で得られた結果とは若干, 実験条件も異なるため, 単純な比較はできないが, コウライシバについては概ね同様な結果であるとみなせる。ピロードシバについては, 本実験結果から言えば-12.5°Cでは生存は難しいと考えられる。

なお, 本実験の設定条件下においてはコウライシバではハードニング処理の効果が認められたがピロードシバでは判然としなかった。今回, 供試したコウライシバやピロードシバのハードニング処理と耐凍性との関係の詳細な究明は今後の課題としたい。

種類間について言えば, ピロードシバはコウライシバよりも低温臨界温度, 最低致死温度からみた耐凍性は劣ることが判明した。なお, このことは北村<sup>19)</sup>によるピロードシバの自然分布や植栽分布はコウライシバに比べてより南方の温暖地域に限定されてという知見からも概ね妥当な結果とみなせる。



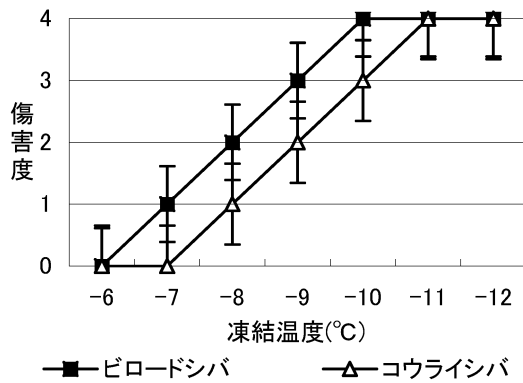


図 1 各凍結温度による傷害度

注 1) 傷害度は 4 芝片の平均, 0: 健全, 傷害なし。1: やや茎葉の一部に傷害が見られる。2: 傷害が顕著になる(芝片の半分以上が枯葉化する)。3: 枯死寸前(僅かに緑葉が見られる)。4: 枯死。

表 4 各凍結処理温度における電解質の溶出率 (%)

凍結温度(°C)	ピロードシバ			コウライシバ		
	t1 (mS/m)	t2 (mS/m)	溶出率 (%)	t1 (mS/m)	t2 (mS/m)	溶出率 (%)
-6°C	1.8c	13.1c	13.77c	1.2d	13.1c	9.06d
-7°C	2.2c	13.7c	15.75c	1.2d	12.8c	9.60d
-8°C	3.9c	13.8c	28.41b	2.2d	11.3c	19.55c
-9°C	8.8b	19.8b	44.75a	5.2c	20.2b	25.51b
-10°C	10.6ab	20.3b	51.64a	5.1c	18.8b	26.59b
-11°C	10.9ab	22.1ab	48.35a	11.7b	25.1a	46.57a
-12°C	14.1a	25.1a	56.34a	14.6a	27.2a	53.17a

注 1) 異なるアルファベット間に 5%水準で有意(Duncan)。

注 2) t1:湯煎前の EC 値。t2:湯煎後の EC 値。

注 3) 溶出率 = t1/t2 × 100。

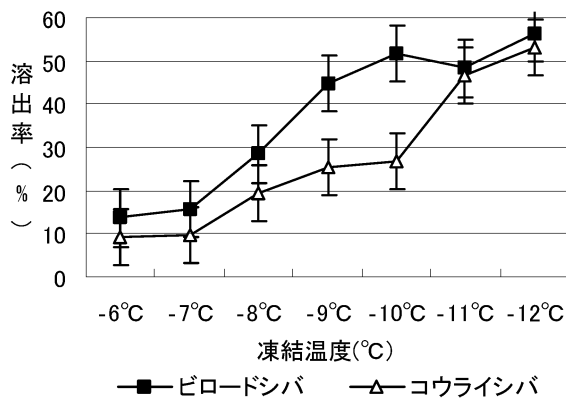


図 2 各凍結処理温度における電解質の溶出率の変化 (%)

#### 4. ま と め

本研究で設定した実験条件下によって得られた結果を基に、低温による細胞内凍結などにより傷害が顕著に発生する温度、低温臨界温度、最低致死温度の 3 点について総括する。

ピロードシバでは、低温による傷害が発生する温度は

-7°C 程度、低温臨界温度は -8~-10°C、最低致死温度は概ね -10°C であることが示唆された。

コウライシバについては、低温により傷害が発生する温度は -8°C 程度、低温臨界温度は -9~-12°C、最低致死温度は -12~-15°C であることが示唆された。

#### 参考・引用文献

- 1) 北原徳久, 吉村義則, 鈴木慎二郎, 1985. シバ (*Zoysia japonica*) の耐寒性について, 日本草地学会誌, 31 (別), 214-215.
- 2) 吉村義則, 佐々木寛幸, 畠中哲哉, 1991. 自生地を異にするシバ (*Zoysia japonica*) の低温耐性の差異, 日本草地学会誌, 37 (別), 17-18.
- 3) POMEROY, M.K. and FOWLER, D.B., 1973. Use of lethal dose temperature estimates as indices of frost tolerance for wheat cold acclimation under natural and controlled environments. *Can. J. Plant Sci.*, 53, 489-494.
- 4) 山根昭美, 1996. 氷温貯蔵の科学—食味/品質向上の革新技術—, 農文協, 東京, 33-44.
- 5) 酒井 昭, 1985. 植物の耐凍性寒冷適応—冬の生理/生態学—, 株式会社学会出版センター, 東京, 83.
- 6) 日本林学会「森林科学」編集委員会, 2003. 森をはかる, 古今書院, 東京, 86-89.
- 7) 塘 二郎, 淵之上康元, 淵之上弘子, 1963. 茶樹の耐寒性に関する研究 [I] 茶樹の耐寒性の生理機構に関する研究, 埼玉県茶業研報, 1, 1-97.
- 8) 酒井 昭, 1955. 木本類の枝條の生死判定法, 低温科学 (生物編), 13, 43-50.
- 9) WILNER, J., 1961. Relative and absolute electrolytic conductance test for frost hardiness of apple varieties *Canad. Jour. Plant Sci.*, 41, 309-315.
- 10) 進藤武郎, 望月 太, 1972. ベレニアルライグラスの耐寒性の検定・選抜に関する研究 第 1 報 電気伝導度による耐寒性検定のための測定条件の吟味, 山梨県農業試験報告, 16, 107-124.
- 11) 能代昌雄, 1981. 牧草の耐凍性に関する研究 II. 二, 三の凍結条件と凍害の発生および増大との関係, 日本草地学会誌, 27 (3), 253-258.
- 12) 天野洋一, 1987. 秋播小麦の雪腐病抵抗性と耐凍性育種 IV. 電気伝導度法による秋播小麦の耐凍性選抜, 北海道立農業試験集報, 56, 31-38.
- 13) 鶴見義郎, 阿部二郎, 森山真久, 原田文明, 1992. 電導率によるシバ (*Zoysia japonica* Steud.) の耐寒性検定, 日本草地学会誌, 38 (別), 9-10.
- 14) 中村直彦, 1993. ZOYSIAGRASS ノシバ, コウライシバ—その特性とコースにおける管理—, ソフトサイエンス, 東京, 101-102.
- 15) 阿部二郎, 1980. イネ科牧草の耐寒性に関する品種間変異, 日本草地学会誌, 25 (4), 279-284.
- 16) 田瀬和浩, 小林 真, 1996. イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) の耐凍性検定法の開発と冬期間に対等性推移, *Grassland Science*, 42 (1), 73-78.
- 17) SAKAI, A., 1966. Studies of frost hardiness in woody plants II. Effect of temperature on hardening. *Plant Physiol.*, 41, 353-359.
- 18) 林 弥栄, 小形研三, 1990. 樹木アートブック I, アブック社出版局.
- 19) 北村文雄, 1970. 日本芝の園芸的分類および成立に関する研究, 東大園芸実験所研報, 3, 1-60.

# Freezing Tolerance of *Zoysia tenuifolia* Willd. and *Zoysia matrella* Merr.

By

Wensan CHANG\*, Bugeun SEONG\*\*, Chizuko MIZUNIWA\*\* and Mitsuo KONDO\*\*

(Received May 24, 2004/Accepted October 29, 2004)

**Summary** : This research was conducted to ascertain the degree of freezing tolerance between *Zoysia tenuifolia* and *Zoysia matrella* and to test the degree of hardiness and difference in frozen time-lapse in the artificial control room. Results are as follows : Visual injury (the damage by temperature visible to the eye), the mean  $LT_{50}$  (halves of individuals develop necrosis conditions) and lethal temperature (all individuals develop necrosis conditions) are utilized as indications of survival and degree of damage following the freezing test of *Zoysia tenuifolia* and *Zoysia matrella*. *Zoysia tenuifolia* of those were indicated  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $-8\sim-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ , and *Zoysia matrella* indicated  $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-9\sim-12^{\circ}\text{C}$ ,  $-12\sim-15^{\circ}\text{C}$ . Consequently, *Zoysia tenuifolia* is weaker than *Zoysia matrella* in freezing tolerance and *Zoysia matrella* demonstrated a freezing hardiness effect, but for *Zoysia tenuifolia* couldn't be recognized clearly. It is suggested that electronic conductivity measuring is effective as a method of establishing the characteristic degree freezing tolerance.

**Key words** : *Zoysia tenuifolia*, *Zoysia matrella*, freezing tolerance, freezing hardiness, electronic conductivity

---

\* Department of Agricultural Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

\*\* Department of Landscape Architecture Science, Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture