

# 灌水用水の塩分濃度の季節変化と苗木の生育

石橋暢生\*・酒井 彰\*\*

## はじめに

ケニアでは国策として半乾燥地の森林の劣化を防ぐため、社会林業の観点から、植林の大切さを啓蒙する一方、苗木供給の増大を図るため、苗畠の整備を進めている。当プロジェクトはこのための中堅技術者の養成と技術開発を支援している。

半乾燥地における苗畠経営の最重要課題は水の確保にあると言われている。これまでの知見によれば、苗木千本につき、1日約30リットルの水が必要とされている。苗木供給の大幅な増大を図るには大規模な苗畠は生産性の面から当然整備されるべきであるが、水の供給に関しては、立地条件に恵まれ、且つ給水施設が十分に整えられるとともにその維持が万全になされなければならない。灌漑施設が貧弱であり、且つ生産された苗木の運搬手段が不足している発展途上国では大規模な苗畠はその効率性を十分に發揮しないことが多いことから、資材調達、水源の確保及び経営の容易さ等の長所を持つ小規模分散型の苗畠造成を展開する方法が苗木を広範に行きわたらせるための有力な方法として考えられる。

このような見地から、当プロジェクトでは社会林業普及の一つの方法として小規模苗畠の造成グループの組織化と苗畠経営に関する技術指導を進めている。このような苗畠は河川や簡単な貯水施設の傍に作られることが多く、灌水用の水もここから得ている。

1990年8月の乾季に、クワヴォンザ村のミタシアノ(Mwitasyano)川、

---

ISHIBASHI, Nobuo & SAKAI, Akira : Seasonal Change of Mineral Concentration in the Water for Irrigation and the Performance of Some Tree Seedlings Raised with the Water

\* 日ヶ社会林業訓練計画プロジェクト（現在、林野庁企画課）

\*\* 同 （現在、農林水産省経済局貿易関税課）

ミクユニ (Mikuyuni) 川に沿った苗畠で一部の苗木が枯死し、その翌年にも苗木が枯死した。その原因は塩害であろうと推察され、灌水に利用している川の水に塩類が含まれているものと考えられた。8~9月の乾季に苗木の枯死が見られたことから、川の水に含まれる塩類とその季節変化について調査したので報告する。

## 1. 調査方法及び試料

- (1) 使用機器 電導率計 (Model SC 51 : 横河電気 KK 製)  
pH 計 (HM-10 P : 東亜電波工業 KK 製)

### (2) 試 料

#### a. 水

試料は乾季に苗木の枯死が見られた苗畠の水源となっている明瞭な被害が認められたミクユニ川及びミタシアノ川のミクユニ川との合流点の上流と下流、2箇所で採取した。さらに、比較のため、ティバ (Tiva) 苗畠及びキツイ (Kitui) センターの生活用水についても調べた。ミクユニ川及びミタシアノ川は乾季には干上がるので、川底を掘り、伏流水を汲んで飲料水や苗畠の灌水に利用している。ティバ苗畠もティバ川の水を汲みあげており、乾季には上述の河川と同様に干上がる。キツイセンターの生活用水は市内の井戸から供給されている。これらの試料採取位置を図-1 に示す。

水溶液における電導率は水溶液中の塩類の濃度とリニアな関係にあることから、電導率を塩類の濃度の指標とすることとした<sup>1)</sup>。同時に試料の pH 値につ

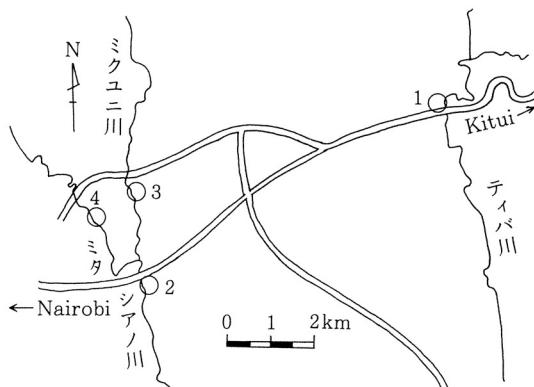


図-1 試料採取箇所及び苗畠位置図

1 : ティバ苗畠; 2 : ムティレ苗畠; 3 : ミクユニ苗畠; 4 : カサウカキャ苗畠

いて調べることとし、これらの季節的变化を把握するため、ほぼ1か月ごとに各地点で試料を採取し、各試料の温度がほぼ同じになるまで室内に放置し、計測を行った。ただし、室温が季節によって異なり、温度補正が必要とされるので25°Cに補正を行っている<sup>2)</sup>。

#### b. 土

塩類を含んだ水を灌水していることから、各苗畑に置かれているポット内の土の塩類の集積状況を把握するため、容積比1:2.5の割合で懸濁液を作り、これらの電導率及びpH値を測定した。

#### c. 苗木の状況

育苗については4~5月にかけ、種子の粒径の大きいマメ科等の樹種についてはポットに直接播種している。粒径の小さなものについては苗床で発芽後、ポットに移植されている。ポットは底無しのビニールチューブ、および小さな水抜き穴を開けた牛乳パックや空缶も利用している。

用土についてはそれぞれの苗畑付近の農地等で採取し、牛糞を混ぜている。育苗中の灌水は1日千本当たり30~40リットルを行うように指導している。

被害は7月頃から発現し、8及び9月には樹種によって明瞭な葉の黄変、萎凋が見られ、枯死に至っている。1990年及び1991年における各苗畑での苗木の被害状況を得苗率と葉の黄変に応じて、樹種ごとに大半枯死した場合を(++)、一部枯死及び葉に黄変が認められたものを(+)、変化無しを(-)とし、被害の程度を評価した。

## 2. 結果及び考察

各試料における電導率の変化を図-2に示した。この図が示しているように、キツイセンターの水については3回の測定の結果ほとんど変化が認められなかった。この試料は前述のように井戸から供給されており、季節変化はほとんどないものと考えられることからその後の調査を打ち切っている。ティバにおいては0.5mS/cm付近の値で推移しており、ティバ川の水質は比較的安定しており、良質であることが推測され、これまでにも塩害と考えられる被害の記録は無い。

ミクユニ川の合流点上流のカサウカキヤ(Kasau Kakya)苗畑付近で採取した試料及び同合流点下流のムティレ(Mutile)苗畑付近で採取した試料については1991年8月にそれぞれ2.148mS/cm, 3.148mS/cmを示している。10月下旬降水があり、川の水位が上がるとともに電導率が低下し、11月中旬

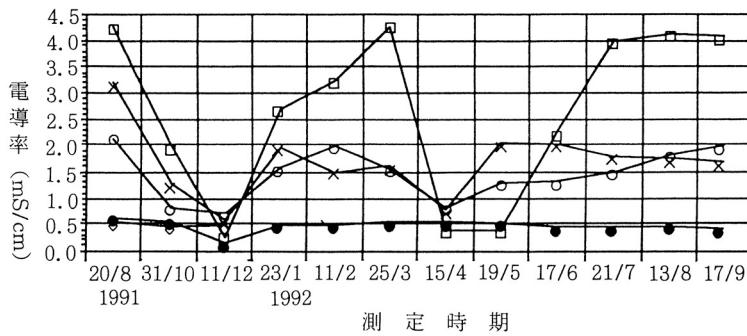


図-2 電導率の変化

—◇— キツイ —●— ティバ —×— ムティレ  
—○— カサウカキャ —□— ミクユニ

以降本格的な雨季となって川に水が流れるようになった12月には、それぞれ  $0.716 \text{ mS/cm}$ ,  $0.596 \text{ mS/cm}$  となり、塩類の濃度の低下が認められた。

ミタシアノ川との合流点上流のミクユニ川沿いにあるミクユニ苗畠付近の試料では、1991年8月には  $4.270 \text{ mS/cm}$  と各試料の中でも最も高い電導率を示している。この試料も他の試料と同様に12月には電導率が低下し、 $0.278 \text{ mS/cm}$  と塩類の濃度低下が認められた。

年が明け、雨季が終わり、川の水位が低下し、川が干上がった2月には各試料とも明瞭な電導率の上昇が認められ、3月の乾季末には高い電導率を示している。とくにミクユニでは8月と殆ど変わらない高い値を示している。

4月に再び雨季になったが、1992年は例年ない少雨で、3月～5月の3か月の総降水量は約  $69 \text{ mm}$  と、当プロジェクトが1988年に観測を開始して以来の同期平均降水量約  $350 \text{ mm}$  の約  $1/5$  であった。しかしながら、一時的にも各河川には水が流れたことから、4月及び5月には電導率の低下が認められている。

6月以降、川の水位が低下し、干上がるとともに再び各試料とも電導率の上昇がみられる。この間の月別降水量の変化を図-3に示すが、各試料の塩類の濃度と降水量の月別変化とを比較すると、雨季には塩類濃度が低下し、乾季には塩類濃度の上昇が認められる。

pH値については図-4に示したように、全測定期間を通して各試料とも弱いアルカリ性を示している。pH値の変化は降水期即ち川の流量が増加し、電導

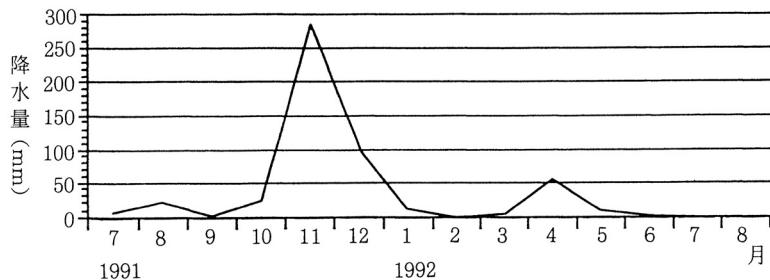


図-3 月別降水量（1991年-1992年8月：ティバ苗畑）

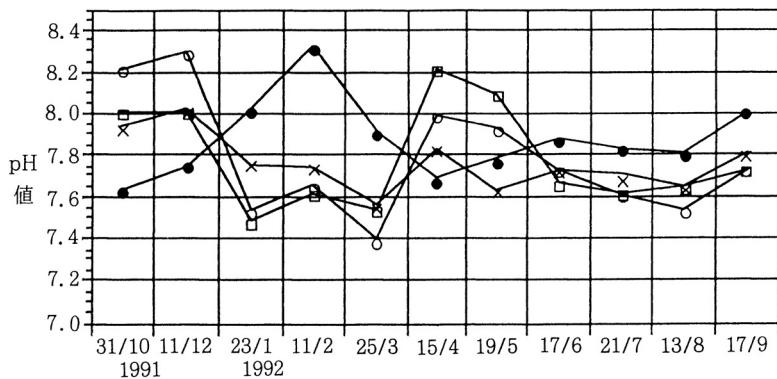


図-4 pH 値の季節変化

—●— ティバ —×— ムティレ —○— カサウカキャ  
—□— ミクユニ

率が低下する時期に pH 値がわずかにあがり、アルカリ性が強くなる傾向があった。しかし、ティバについては他の試料と異なった傾向を示している。

次にポットの土における塩類の集積状況について述べることとする。育苗を開始した後の 1992 年 6 月以降ほぼ 1 か月ごとに各苗畑でポットを抽出し、容積比 1 : 2.5 の懸濁液について電導率及び pH 値を調べた。その結果、6 月には各試料とも 0.5 mS/cm 以下の値を示しており、その後各試料とも電導率が上昇し、ポット内の塩類の集積が進んでいることが示された。特に被害が認められるカサウカキャ及びミクユニでは 8 月以降急速な電導率の上昇が認められ、塩類の集積が顕著であることが明らかになった。このような変化を図-5 に示す。

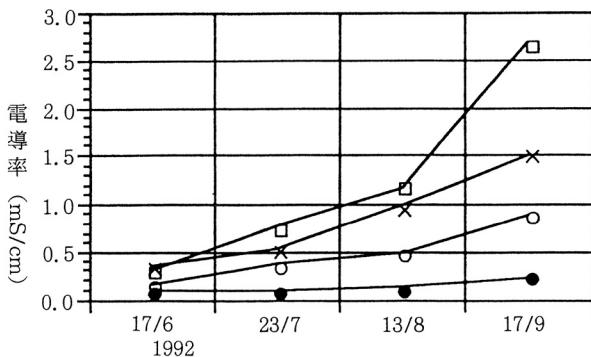


図-5 ポット用土の浸出液の電導率の変化（土：水 1:2.5  
浸出液）(1992 年)  
 —●— ティバ —×— ムティレ —○— カサウカキャ  
 —□— ミクユニ

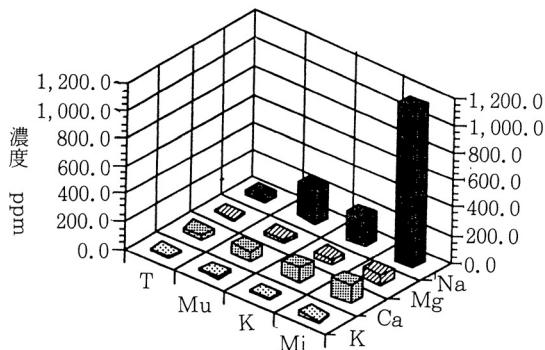


図-6 溼用水中の無機塩類濃度 (1992. 8. 17  
採取の試料)  
 苗畑名 T: ティバ; Mu: ムティレ;  
 K: カサウカキャ; Mi: ミクユニ

pH 値については各試料とも 7.5~9.5 とアルカリ性を示しているが、特筆すべき傾向は見られなかった。

各試料における塩類の組成については、分析機器の準備の都合もあって 1992 年 8 月 17 日に採取したもののみ調査した。その結果、図-6 に示したように、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム塩類を構成す

る金属元素が検出された。植物の生育に大きな影響を与えるナトリウムの濃度においては顕著な差異が認められ、被害が発生しているムティレ及びミクユニでは高いナトリウム濃度が確認された。特に電導率において最も高い値を示したミクユニにおいてナトリウム濃度が 1,150 ppm となっている。

次に各試料における塩類の濃度と各苗畑における苗木の生育状況を検討する。

表-1 各苗畑における被害状況

苗畑名	被 害 の 程 度		
	++	+	-
ミクユニ	<i>Cassia siamea</i> <i>C. spectabilis</i> <i>Grevillea robusta</i> <i>Psidium guajava</i>	<i>Azadirachta indica</i> <i>Caesalpinia decapetala</i>	<i>Acacia gerrardii</i> <i>A. polyacantha</i> <i>Dovyalis caffra</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Parkinsonia aculeata</i> <i>Prosopis juliflora</i> <i>Sesbania grandiflora</i> <i>Sesbania sesban</i> <i>Tamarindus indica</i> <i>Thevetia peruviana</i>
ムティレ	<i>C. spectabilis</i> <i>P. guajava</i>	<i>C. decapetala</i> <i>C. siamea</i> <i>G. robusta</i> <i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>A. polyacantha</i> <i>A. indica</i> <i>Carica papaya</i> <i>L. leucocephala</i> <i>P. aculeata</i> <i>S. grandiflora</i> <i>T. indica</i> <i>T. peruviana</i>
カサウ カキヤ			<i>A. polyacantha</i> <i>A. indica</i> <i>C. decapetala</i> <i>C. papaya</i> <i>C. siamea</i> <i>C. spectabilis</i> <i>J. mimosifolia</i> <i>L. leucocephala</i> <i>P. aculeata</i> <i>S. grandiflora</i> <i>T. indica</i> <i>Terminalia mentalis</i> <i>T. peruviana</i>

++ : 大半が枯死 + : 一部枯死又は葉の黄変 - : 変化無し

各苗畑における塩害の状況を表-1 に示す。

表-1 に示されているように、最も高い電導率を示しているミクユニ苗畑では *C. siamea*, *C. spectabilis*, *G. robusta*, *P. guajava* に被害が発生しており、*A. indica*, *C. decapetala* に軽微な被害が認められる。次に高い電導率を示しているムティレ苗畑においては *C. spectabilis*, *P. guajava* に被害が認められ、*C. siamea*, *G. robusta*, *J. mimosifolia* に軽微な被害が見られた。カサウカキャ苗畑では 2 か年の間、明らかな被害は認められなかった。ミクユニ苗畑では 1991 年 8 月には 4.270 mS/cm, 1992 年 8 月には 4.133 mS/cm, ムティレ苗畑では同時期に 3.193 mS/cm, 1992 年の 5 月及び 6 月には 2.0 mS/cm を超える値が示されている。塩分濃度の高い水を用いている苗畑では被害の程度も激しく、且つ被害を受ける樹種の範囲も広がっている。ポット内の土に集積した塩分の濃度について検討してみると、灌水用の水の塩分濃度と同様の傾向を示しており、灌水開始後 2~3 か月後には用水の塩分濃度の上昇と相まって急速に塩分の集積が進んでいる。

このような結果から被害が発生する塩分濃度を推測すると、灌水用水においては 2.0 mS/cm と 3.0 mS/cm の間にありそうである。既往の報告によれば *Acacia nilotica* の発芽においては 2.2 mS/cm 以上の塩化カリウム溶液で発芽が阻害されること<sup>3)</sup>, 2.0 mS/cm 以上の濃度では塩分に敏感な植物は何等かの成長障害が生じ、4.0 mS/cm 以上では *A. indica* 等に成長阻害が生じる事例がある<sup>4)</sup>。

土壤中の塩分については今回、簡便な方法として容積比 1 : 2.5 の浸出液を測定した。その結果、各試料とも灌水を繰り返す間に明瞭な土壤塩分の上昇が認められた。土壤塩分の測定は通常飽和抽出液を測定している事例が多く、今回得たデータについては塩分濃度は飽和抽出液のものと比較し、低めの濃度を示しているものと考えられる。既往の報告と直接比較検討することは困難であるが、被害が発生している苗畑で得られた試料における塩分濃度及び野菜の事例<sup>2)</sup> から推測すると 1.0 mS/cm を超えるあたりから樹種によっては被害が発生するものと考えられる。

成分については被害が発生した苗畑で使用している水にはナトリウムが比較的多く含まれており、被害が発生しているムティレと被害が無かったカサウカキャとでは電導率ではあまり差は認められなかったことから、成分の差が影響しているものと考えられる。

被害は水溶液の浸透圧が植物体内の細胞液等の浸透圧より高くなり、脱水状

態になったり、吸水ができなくなる生理的乾燥によって生ずるものと、ナトリウムイオン等が直接植物の組織、細胞の代謝等に影響を与えるものがあると言われている。とくに植物の組織や細胞における代謝にとっては、ナトリウムイオンや塩素イオンは大きな影響を与えるものとして知られている<sup>5)</sup>。今回の調査では被害の外見だけをみているので、試料に含まれている塩分がどのようなメカニズムで被害を与えていたかは分からぬが、既往の報告等を参照したところ、ムティレ及びミクユニで得られる水では育てられる樹種はある程度限定されるものと考える。

又、これらの塩分の起源については、とくにミクユニ川沿いには家畜や動物が好んで舐める土壤や岩石が存在している。このような土壤や岩石には塩が含まれていると言われ、筆者らも舐めてみたが確かに塩氣がある。このような岩石は多くの場合泥灰岩質のようであり、塩酸等をかけると発泡することから、炭酸塩を含んでいるものと考えられる。ミクユニ川はこのような地質土壤条件の所を貫流していることから、川の水が岩石等に含まれている塩分を溶かして流れおり、乾季の流量が減った時期には濃縮されているものと考えている。

半乾燥地において苗畠を造成していく場合、水源の量及び質の確保が重要であることを今回の調査で再認識したところである。又、塩分を含んだ土壤や岩石も見いだされたことから、土壤学及び地質学的に興味のある問題が提起されたものと考える。

最後になるが、今回の調査に当たって技術指導及び文献の提供を頂いた浅川玉川大学教授（当時）及び八木東京大学助教授に謝意を表する。さらに、成分分析を行っていただいたケニア国立林業試験場土壤研究室長 Mr. C. SERREM にも謝意を表する。

〔文献〕 (1) RENDIG, V.V. & H.M. TAYLOR 1989 Principles of Soil-Plant Interrelationships. McGraw-Hill Publishing Co., New York (2) 土壌養分測定委員会編 1970 土壌養分分析法. 養賢堂, 東京 (3) TOMAR, O.S. & J.S.P. YADAV 1980 Effect of saline irrigation water of varying EC, SAR and RSC levels on germination and seedling growth of some forest species. Indian J. Forestry 3 (4) : 306-314 (4) GUPTA, G.N., K.G. PRASAD, S.MOHAN & P. MANIVACHAKAM 1986 Salt tolerance in some tree species at seedlings stage. Indian Forester 112 (2) : 101-113 (5) RAGHAVENDARA, A.S. (Ed.) 1991 Physiology of Trees. John Wiley & Sons, Inc., New York