

9324 塩生植物の耐塩性に関する生態学及びその応用的研究

助成研究者:中村 武久(東京農業大学 農学部)

地球上に広がる塩性土壌の総面積は9億haを越えているといわれ、さらに砂漠化の広がりとともに塩性土壌地域も拡大されている。これらの塩性土壌地は、第一次生産である植物の生産性は低く、ことに農作物の生産性は低い。

塩性土壌地域は熱帯乾燥地に多い。調査対象区としているタイ国東北部一帯にはこの砂漠化、塩類化が進み、従来農耕地として生産をあげていた土地が、今では耕作不能な荒地となっている。

このタイ国東北部は、1930年頃までは、森林面積もかなり広く、約全面積の40%の65,000Km²は乾燥フタバガキ科の森林であったと言われている。タイ国東北部のコラート高原の地下深部にはマハサラカム層と呼ばれる塩分濃度が90%以上の岩塩層が埋蔵されている。急激な人口増加に伴う土地開発によって森林面積は急激に減少し、この森林消失が引き金となり、地下部の塩類が地下水とともに毛管現象によって上昇し、地上部の塩類化をもたらしていると考えられている。

このような立地環境の変化によって、従前の植生は容易に再生できず、タイ国東北部コンケン地域には、耐乾・耐塩性の草本ないし小低木の貧弱な植生がみられ、特に高濃度塩性地では植生のない裸地となっている。

しかし、この貧弱な植生も、個体数の増加や種類数の増加がおこるにしたがって、その群落形態が違ってくる、いわゆる群落の遷移がみられ、その群落単位はその地域の土壌を含む環境指標になっている。したがって、このような劣悪な塩性土壌域においても、植生遷移が進めば、何十年、何百年の後には森林にまで遷移するものと想像される。

そこで本研究は、塩性植物の耐塩生態を明らかにし、それを応用して生産力を回復した農地を作ることを目的として研究を進めた。

調査は主としてタイ国東北部コンケン地域でおこなった。その主な結果は以下のようまとめられる。

1. タイ国コンケン地域の4ブロックで行なった植生調査の結果、156種類の植生が認められた。
2. 土壌の電気伝導度(EC)の高い区では、出現植物種類数は少なく、ECが低くなるにしたがって、出現植物数の増加が認められた。ECが4mS/cm以上の土壌条件では限られた植物のみが生育することができ、4mS/cm以下の土壌条件では、ごく普通の植生が生育可能であることが明らかになった。
3. 土壌の塩分濃度を5段階に分類し、植生を分類すると、極強塩区(16mS/cm以上)では9種、強塩区(8~16mS/cm)では12種、中塩区(4~8mS/cm)では16種、弱塩区・塩性土壌の潜在区(4mS/cm以下)では72種それぞれ数えられた。
4. 群落面積のことなる単一群落の土壌塩分濃度の測定を行なった。群落の中心が最も塩分濃度が低く、周辺部になるにしたがってその濃度は高くなり、群落の外周の裸地はかなり高くなる。群落の成長に伴い土壌塩分の動態が変化し、群落の成長に伴い、立地の塩分濃度は低くなる。

9324 塩生植物の耐塩性に関する生態学及びその応用的研究

助成研究者: 中村 武久(東京農業大学 農学部)

1. 緒言

海岸や砂漠化した地域は、その多くが塩性土地地で、そこにも貧弱ではあるが様々な植生が成り立っていて、その構成は殆ど塩生植物である。

現在地球上に広がる塩性土地地の総面積は9億haを越えているといわれ、さらに砂漠化の広がりとともに塩性土地も拡大されている。これらの塩性土地地は、第一次生産である植物の生産性は低く、ことに農作物の生産性は著しく低い。

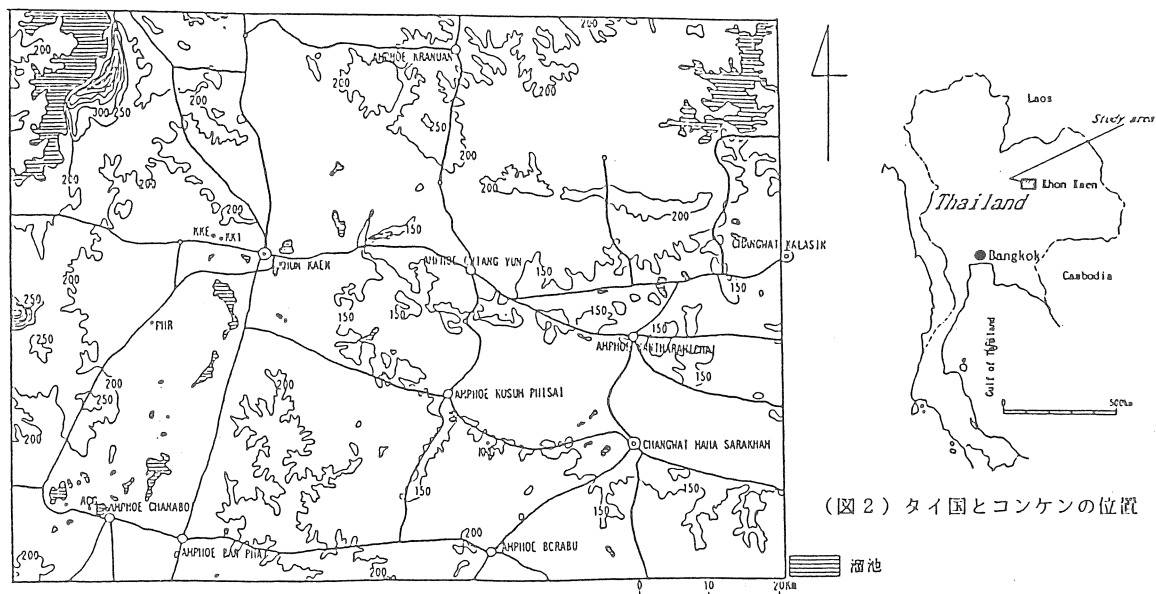
潮風の影響を受ける海岸地域は別として、こうした生産性の著しく低くなった塩性土地地は熱帯乾燥地に多く、殊にタイ国東北部一帯にはこの砂漠化、塩性化が進み、従来農耕地として生産をあげていた土地が、今では貧弱な土地となって作物が殆ど収穫できなくなっている所もある。

このタイ国東北部は今から約60年前の1930年頃までは、森林面積もかなり広く、正確には分からないが現在のおよそ3倍、全面積の約40%、約65,000Km²は乾性フタバガキ科の森林であった。これが、急激な人口増加に伴う土地開発によって森林面積は極端に減少し、市街地、道路、農地としての利用が広まった。

もともとタイ東北部のコンケン地域は海拔100~200mの平坦地で、コラート高原の中央にあり、地下深層部にマハサラカム層と呼ばれる塩分濃度90%以上の岩塩層が埋蔵されている地域である。それが先の人口増加に伴う森林植生の喪失をもたらし、さらには雨季、乾季の両極端な気候条件が加わって、塩性地化が進んだと考えられている。

その仕組みは、地下に浸透した水分が岩塩層を溶かし、その溶解塩分を含んだ水は土壌の毛管力によって地表面に上昇する。地上には水分蒸発を抑制する植生が失われていることから、地表からの水分蒸発が盛んになり、地表面に高濃度の塩分が集積することになる。所によっては、その地表面に集積した塩分が結晶して雪原状になっている。

こうした立地環境の変化によって、従前の植生が容易には再生できず、現在のコンケン地域には、耐乾・耐塩性の草本ないし小低木(灌木)の貧弱な植生がみられ、特に高濃度塩性地では植生のない裸地となっている。しかし、この貧弱な植生もよく観察すると、個体数の増加や種類数の増加がおこるに従って、その群落形態が違ってくる、いわゆる群落の遷移がみられ、その群落単位はその地域の土壌を含む環境指標となっている。



(図2) タイ国とコンケンの位置

(図1) 調査地域周辺(タイ国コンケン周辺域)略図

さらにこのような劣悪な塩性土地でも、植生遷移が進めば、やがて何十年か何百年の後には森林にまで遷移するものと想像される。このことは、現存この地域にみられる乾性フタバガキ科優占の高木林をはじめ、フタバガキ科の稚樹を混える低木林、パッチ状の灌木群落を混える草原、団塊状の強耐塩性の草本群落と密度の低い疎草本群落ないし裸地など、遷移段階を示すさまざまな現存植生がみられることから容易に想像される。

こうした極めて明瞭な塩性地と植生の関係がみられるタイ国東北部において、植生・生態学的な調査を行い、土壌塩分濃度とそこに生育する植物の種類を解析すると共に、群落の成長に伴いその土壌塩分がどのように推移するかなど、東北タイ、コンケン地域の塩性植物の耐塩生態を明らかにし、耐塩性の段階の異なる塩生植物を播種または栽植して人為的な植生を作り、これによって土壌塩分を抑制する。さらに、土壌塩分が低下すれば、おのずから作物生産性も回復出来るはずである。

即ち本研究は、塩生植物の耐塩生態を明らかにし、それを応用して生産力を回復した農地を作ることを目的とした。

当初は国内でこれを実施すべく、沖縄、石垣島の海岸地に調査地を選定したが、別の研究プロジェクトがタイ国コンケン地域で調査研究を始めたので、このプロジェクトに便乗して、現地調査は条件の恵まれているタイ国東北部コンケン周辺地域で行なった。

本研究のもうひとつの目的は、塩生植物の耐塩性に関する実験的研究である。即ち塩生植物といっても、その生理・生態的性質は、それぞれの種類によって異なっており、土壤塩分のみでなく、他の条件も複合的に作用して、その耐塩性が決まってくるものと思われる。従って自然植生現地ではこれの究明は難しく、その一部ではあっても、これらの耐塩性機構を解析する実験を行なう必要があり、平成5年8月からではあるが、タイ国より導入した塩生植物4種について実験を行なった。

本研究は昨年からはじめたばかりであり、殊に斯かる生態学的研究は長い年月の観測が必要である。従って、ここでは昨年度現地調査で得られた結果と、実験研究によって得られた結果からまとめたものを報告するものであり、本研究の中間報告である。

2. 研究方法

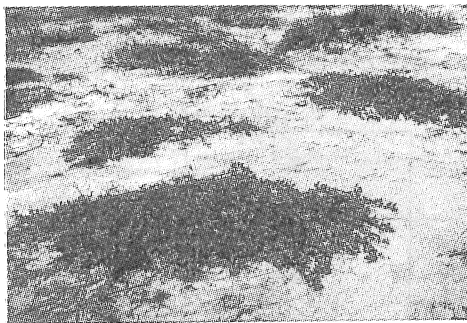
本研究は自然植生の現地調査と、塩生植物の耐塩性に関する実験研究の二つの部分に分けられる。

2. 1 塩性地植生の耐塩生態現地調査法

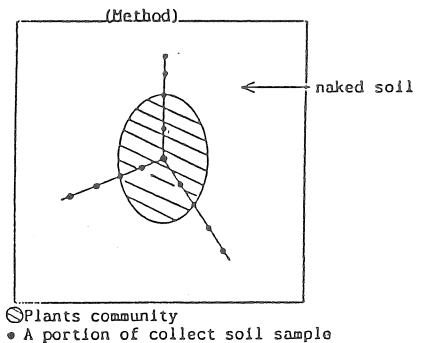
現地調査は前項でも述べたように、様々な状態の塩性土壤地が広がるタイ国東北部コンケン地域において行なった。コンケン市の周辺部に4箇所の調査地を設定し、それぞれの調査地では、1m×1mの枠法による群落調査と1m幅×15~20mのベルト・トランセクト法による群落調査を行なった。

調査枠は1調査地内に30枠以上とし、これはベルト・トランセクトの場合のものも含めた。即ち、ベルト・トランセクトの場合は1本のベルトで15~20枠が取れることになる、従って調査地内ではベルト法と枠法の併用で行なった。

1m枠の中の群落は、先ずその構成種をすべて記録し、それぞれの種類の植被度、群度および背丈を測定した。さらに各枠内での群落分散図を作成した。



(図3) 塩性地植生の一例



(図4) 群落での土壌サンプリング法

一方、この調査枠の土壌を採集し、その土壌のpH、塩分濃度（EC測定値をそのまま指標とした）を測定した。この土壌サンプルは、スチール製内径 2.5cmの円筒を用いて採土した。土壌は風乾した後水浸透法を用いて測定した、土壌10g に対して蒸留水の添加割合 50 ml で 1 : 5 に希釈し、2 分間攪拌した後上澄液を取ってECおよびpHを測定した。

さらに、この植生調査の中で、特定単一種の大きさの異なる群落を選び、その群落の中心から3方向に線を引き、その線上を、中心と群落の縁の中間点、縁、それと等距離の外周無植生地に1地点をとり、その3地点から土壌サンプルを前項と同様な方法で採集し、同様に土壌の分析測定を行なった。

2. 2 塩生植物の耐塩栽培実験法

前項のタイ国コンケン地域の現地調査で得られた耐塩性の高い種類の中から、東京に持ち帰って栽培実験を行なうのに適する条件、①活着力の強いもの、②成長過程の観察しやすいもの、③個体数が多く得られるもの、④多年生のもの、などを考慮して次の3種を選定した。

1) *Pluchea indica* L.

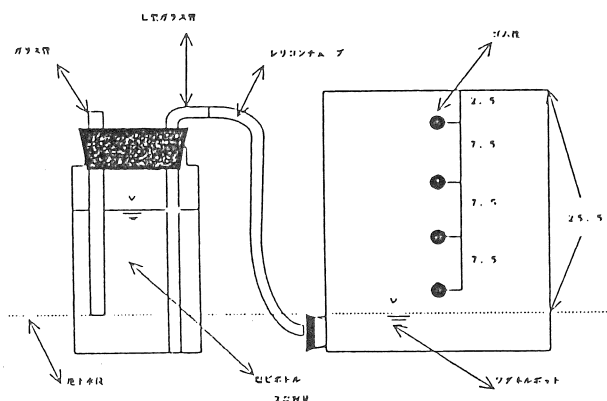
キク科の多年草、熱帯の海岸地域に主に分布し、海岸地域では高さ1～1.5mぐらいになるが、内陸塩性土では高さ10cm前後で地面を這い、枝をよく分枝する灌木状で群生する。

2) *Synostemon bacciformis* L.

やや多肉質で、背丈20～40cmになるトウダイグサ科の多年草。前種同様海岸の近くや塩性砂地に群生する。

3) *Massia triseta* L.

カヤツリグサ科の多年草、元来はアフリカ方面の種で、東南アジアへは比較的最近みられるようになったもの。コンケンの塩性に極く普通にみられる。



（図5）耐塩栽培実験に用いたマリョット装置

この他にも2・3種を導入したが、実際に本実験に供試できたのは上記の3種であった。

あらかじめ準備した栽培試験用のワグネルポットは、1/2000^{フル}のものにあらかじめ側面に一列、等間隔に5個、径1cmの穴をあけた。底に近い最下の穴は、所定塩溶液の供給口とし、他は一定時間間隔でポット内土壌中の塩濃度を測定する窓とした。

またポットには、底砂として大磯2Kgを入れ、その上にプラスチック製の網を敷き、その上に、現地の上性に似た培養土をと考えて、愛知県沼山産出の鋳物砂を鉢の縁まで一杯に入れた。その量は1ポット17Kgであった。

所定濃度の塩溶液の給水は、別に用意した塩化ビニール製の給水瓶を用意し、各ポットにプラスチック製チューブで接続した。

こうした栽培試験ポットは合計60個。すなわち1種類の植物に供給塩濃度段階を5段階(USDAの分類にあわせ、16mS/cm以上、16mS/cm~8mS/cm、8mS/cm~4mS/cm、4mS/cm~2mS/cm、及び無塩区の5種類)とした。これを3反復するため3種を植え込んだもの計45ポット。更に、土壌中の水分上昇、蒸発、塩分集積などを比較するため無植栽ポット15を準備した。

この実験は、東京世田谷の東京農業大学キャンパス内の温室にセットし、3ヵ月間の実験観察を行なった。

3. 結果と考察

3.1 タイ国コンケン地域の塩生植物とその生態

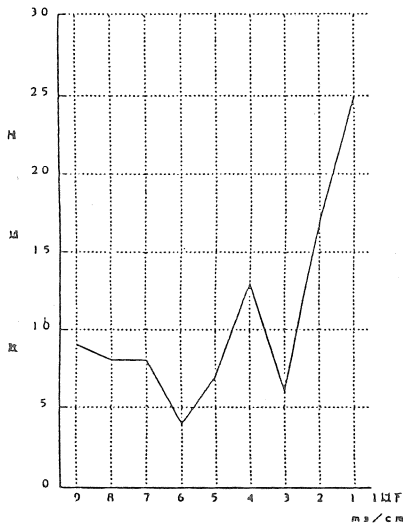
調査地として選定したタイ国東北部コンケン地域の4プロットにおいて、先に述べた方法によって行なった植生調査の結果、この調査区内で記録した種類は156種であった。これらの全てが塩生植物とはいえず、また、耐塩性の程度も種類によって様々である。

まず始めは、この塩生土地にはどんなタイプの群落が成立しているか、ブラウンプランケの方法に基づいた群落調査を行い、14種の群落を識別した。この群落についての生態学的な調査結果は別の機会にゆずり、ここでは植物の種類によって耐塩性の度合いがあるかどうか。また、植生の発達によって土壌塩分が変わっていくかどうか、の2点について重点的な解析を行なった。

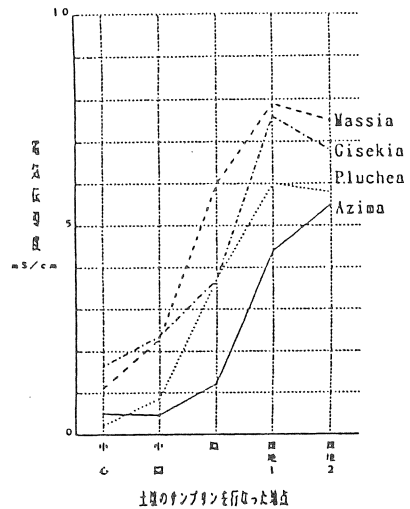
3.1.1 土壌塩濃度と出現種類数

各調査区でのベルトトランセクトや枠法による調査であげられた出現植物が、その土壌の電気伝導度(EC)の高い状態から低い状態へと移行していく過程で、出現植物数にどのような変化が見られたかをEC値のみからまとめてみた。(図6)

その結果、何れの調査区においても、ECの高い区では出現植物種類数は少なく、EC値が低くなるに従って出現植物数の増加がみられた。(表1)



(図6) 土壌の電気伝導度と出現植物種類数



(図7) 4種の群落内各位置の土壌塩濃度

耐塩程度	植物名	塩濃度			
		*弱塩塩区 [C. 16mS/cm 以上 NaCl: 0.93% 以上 6570ppm	強塩区 [C. : 16 ~ 8 NaCl: 0.47	中塩区 [C. : 8 ~ 4 NaCl: 0.23% 6470ppm	弱塩区・潜在区 [C. : 4mS/cm 以下 NaCl: 0.12% 以下 43170ppm
強	<i>Azima sarcentosa</i>	20	20	9	9
	<i>Pluchea indica</i>	25	7	9	5
	<i>Gisekia pharmacoides</i>	18	9	20	8
	<i>Synostemon bicoloris</i>	11	13	10	13
	<i>Panicum repens</i>	13	7	17	9
	<i>Massia trisetia</i>	7	3	8	6
	<i>Chloris barbata</i>	2	11	3	10
	<i>Eragrostis aestivialis</i>	2		3	3
	<i>Lindernia filicifolia</i>	2	9	3	6
	<i>Murdania nudiflora</i>		7	5	6
中	<i>Dicylectenium aegyptiacus</i>		4	2	7
	<i>Luzula odora</i>		4	2	6
	<i>Paspalum heterophyllum</i>		3		3
	<i>Paspalum orbiculare</i>			3	3
	<i>Ludwigia ascendens</i>			2	2
	<i>Eragrostis browni</i>			2	2
	<i>Echinochloa colona</i>			2	2
弱	<i>Lippia nudiflora</i>			3	1
	<i>Chrysopsis aciculatus</i>				3
	<i>Eragrostis dichotoma</i>				1

* USDAの行っている塩区土壌の分類

(表1) 植物の出現頻度と塩分濃度(EC)の関係

土壌化学的にも塩類土壌と非塩類土壌の境界は、EC. 4mS/cmであるとされている。すなわち4mS/cm以上の土壌条件では限られた植物のみ生育することができ、4mS/cm以下の土壌条件ではごく普通の植生が成り立つといえる。

土壌塩分濃度の階級区分(表1)は、土壌学的な塩分濃度段階を5段階にわけられているものに従った。すなわち、極強塩区(16mS/cm以上)では9種。強塩区(8mS/cm~16mS/cm)では12種。中塩区(4mS/cm~8mS/cm)では16種。弱塩区・塩性土壌の潜在区(4mS/cm以下)では72種がそれぞれ数えられた。

このことは明らかに塩分濃度の高い土壌では、そこで生育する植物の種類が限定されており、塩濃度の低い土壌にはいろいろな種類が生育できることを示している。

さらにこの調査結果の中から、塩濃度階級の高い区から順に低い区までの各区毎に出現頻度の高い種類を並べてみると、極強塩区で出現頻度の高いものは、*Azima sar-*

mentosa L. *Pluchea indica* L. *Gisekia pharnacioides* L. *Synostemon bacciformis* L. *Panicum repens* L. 及び *Massia trisetia* L. の6種であった。また次の強塩区で出現頻度の高いものは前6種に加え、*Chloris barbata* L. *Lindernia ilicifolia* L. *Fimbristylis aestivalis* L. *Murdania nudiflora* L. の4種がよく見られるようになる。中塩区以下では出現種がさらに増えるが、頻度はそれ程高いものが見られない。こうしたことから、強塩区以上で出現頻度の高い上記10種がまさしく塩生植物ないし耐塩性植物であると言ってよい。

3.1.2 群落の成長と土壤塩分の動態

前項の調査結果から、極強塩区に生育する代表的な種類、*Azima sarmentosa* L. *Pluchea indica* L., *Gisekia pharnacioides* L., *Massia trisetia* L. の4種類を選定し、これら各種について、群落面積の異なる単一群落の幾つかについて、その群落の中心から外に向かって3方向にラインを引き、そのラインに沿って5点から土壤を採取し、その土壤の塩分濃度を測定した。即ち若い群落から発達した大型の群落までの幾つかの段階について、その立地の土壤塩分濃度は、発達した群落ほど低下している。これはまた、一つの群落についてみても明瞭であり、群落の中心が最も塩分濃度が低く、周縁部になるに従って次第に高くなり、群落の外周の裸地はかなり高い。

この結果(図7)からみても明らかのように、塩濃度の高い土地であっても、そこに生育できる耐塩性植物が生育をはじめ、小さな群落を形成する。その時点で土壤塩分濃度が抑制されはじめ、群落の成長にともなって、さらにその立地の塩分濃度は低くなっていくのである。

この仕組みは、そこに生育を始めた塩性植物が、土壤中にはりだした根によって土壤水分の動態が大きく影響され、土壤中の水分毛細管上昇の変化、地表面からの蒸発の制御、がその最も大きな影響と考えられる。

3. 2 栽培下における耐塩性と生育実験

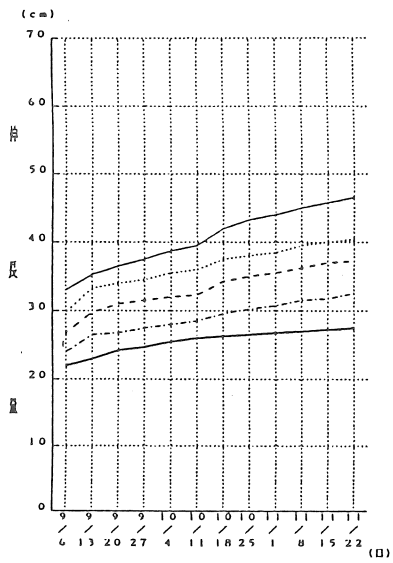
2.2の実験法で述べたように、あらかじめ選定した3種の塩生植物を、5段階の塩分濃度別にセットされた栽培ポットに植込み、常時それぞれの段階の塩分濃度を維持できるようにNaCl溶液を供給し、土壤中での塩分動態を週1回の割合で測定した。

また一方、植え込んだ植物について、ポット内土壤測定の際に同時観察を行い、伸長量、節間長、成葉数、落葉数など生育状況について観察をおこなった。

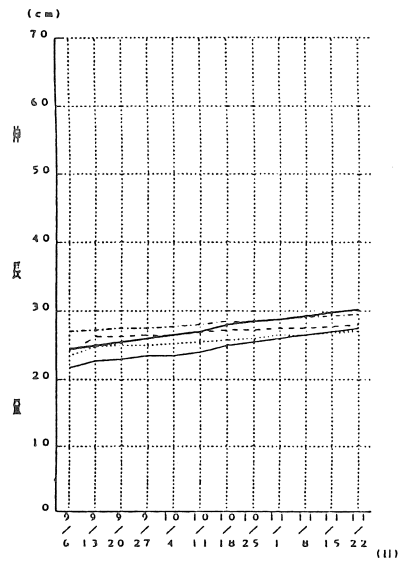
その結果、3ヵ月という短い期間であったためか、個々のポット個体では生育状態に違いがみられ、それなりに耐塩生理が伺えるが、塩分濃度段階区分別での生育状態には有意な差はみられなかった。

すなわち、この実験については、さらに方法的に改善すべき点があり、得られた実験結果のみでは十分な解析ができない。従って、自然生態の検証実験でもあるこの実

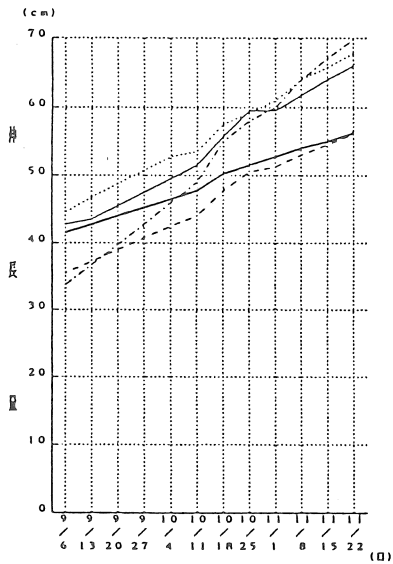
験結果は、そのままここに掲載報告(図 9)し、特に考察を加えず、今後の継続研究に委ねる事としたい。



Pluchea indica の伸長量



Synostemon bacciformis の伸長量



Massia trisetata の伸長量

- 無塩区
- 弱塩区
- - - 中塩区
- · - · 強塩区
- — — 極強塩区

(図 8) 各塩濃度段階における植物の伸長量

APPLIED ECOLOGICAL STUDY ON SALT-TOLERANCE OF SOME HALOPHYTE PLANTS
TAKEHISA NAKAMURA

It is over 900 million hectare of salt affected soil areas distributed on the world, especially in dry tropical region.

In the Thailand, saline soil are most spread in north-eastern region and in places covered like snow on the land face by evaporated salt from rock salt layer of deep soil.

Such the saline soil areas has not grow the forest consist of trees and herbs of many species, so that is not good condition for crop farming, but they have sparsely vegetation of Halophyte plants.

This study should be fined out and count Halophyte plants species and surveyd the communities of vegetation. According to this result, it would be count 156 species of salt-tolerant and allied, in 4 surveyd site. It was classfied 4 lanks of species of toleration for salinity, that is most strong tolerance, strong tolerance, middle tolerance, latent tolerance salinity.

Moreover, it would be understand that the wide of community is relative to the salinity.

According to this study, it may be concludet that a system of managing saline land can be established by artificial vegetation, consisting of several indicator species. Further, the practical application of the system will prevent the erosion of soil and in the region.