

# 鉢栽培における培養土と施肥に関する研究 (第1報)

カルセオラリア栽培における肥料成分の動向

佐藤幸夫・嶋田典司・片岡幸三\*・小島道也

(土壌学および植物栄養学研究室)

## Studies on Composts and Fertilization in Pot-Plant Cultivation. (I)

Movement of Fertilized Nutrients in the Growing of *Calceolaria herbeohybrida* Voss.

Yukio SATŌ, Noritsugu SHIMADA, Kōzō KATAOKA and Michiya KOJIMA

*Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition*

### Abstract

Studies on Composts and Fertilization in Pot-Plant Cultivation. (I). Movement of Fertilized Nutrients in the Growing of *Calceolaria herbeohybrida* Voss. Yukio SATŌ, Noritsugu SHIMADA, Kōzō KATAOKA and Michiya KOJIMA. Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Japan. *Tech. Bull. Fac. Hort. Chiba Univ.*, No. 21: 51—64, 1973.

This study was conducted to elucidate the relationship between nutrient movement and the growth of calceolaria grown in different potting composts and fertilizer forms.

When the quickly available fertilizer was applied to the composts, the accumulative amount of leached nitrogen from the pots by irrigation increased linearly during 85 days from the beginning of this experiment, showing no further remarkable increases. Total amount of leached nitrogen was the highest in sandy compost, followed by paddy loam soil compost, volcanic ash soil compost, in order of decreasing amount. In the case of slowly available fertilizer, nitrogen leached very slowly, leaching only 45–72 per cent of quickly available fertilizer during 51 days from the beginning, but subsequent leaching of nitrogen increased extremely, especially from the composts added peat-moss.

Total amount of leached phosphorus was no remarkable, being only 0.5 per cent from volcanic ash soil compost, 3 per cent from paddy loam soil compost and 36–51 per cent from sandy compost against applied phosphorus respectively.

Potassium was leached remarkably by irrigation, on the contrary, showing lower gradient than nitrogen. Leaching pattern of both potassium and nitrogen was very similarly.

The highest fresh weight and flower number was obtained in calceolaria grown with the compost which composed by paddy loam soil, leaf mold and slowly available fertilizer.

It was observed that fresh weight of the plant top had considerably highly negative correlation for both nitrogen and potassium leached from the composts when used paddy loam soil or sand, but not so significant for the leached phosphorus.

近年園芸用鉢物の需要の急速な拡大とともにその生産量も飛躍的に増大してきた。従来より園芸用鉢物の生産

\* 現在 高知県立高知小津高等学校

技術のうちで特に培養土の作製および肥培管理については、もっぱら経験的な慣行技術がその主流となっていた。これは米麦をはじめ野菜生産における土壌肥料の面

からの研究と比較して、花卉生産においては著しく研究が遅れていた事にその原因を見出すことができよう。花卉栽培に関する研究のうちで、培養土ならびに施肥に着目した三浦ら(1968, 1970, 1971), 高橋ら(1965, 1966), 田中(1967), 鶴島(1970)および吉江ら(1966)の研究があるが、土壤肥科学の面からみた基礎的な資料はまだ乏しい実情である。また近年培養土の規格化の試みも行なわれつつあるが、いまだその例は少ない(鶴島1970, 1972—b)。

そもそも鉢物花卉の生産にとって必要な事は、第1には生産の安定化であり第2にはそのための生産技術の規格化すなわち培養土および肥料を単純規格化することにあると思われる。しかしながら従来の鉢物花卉栽培では非常に限定された容器内における各種用土の性質の相異、添加する資材の種類による差異、肥料の種類の複雑さなどのために、栽培条件のわずかな変動によって鉢物花卉生産が不安定化する要因が内在していた。したがって前述の条件を満す事により品質の均一性の向上、さらに小規模経営から大規模経営への脱皮、作業能率の高度化などが今後の花卉栽培に対し強く要望される。

そこで著者らは、上記観点より培養土および施肥の規格化を目的とし、まずその第一段階として各種培養土、資材の種類と施肥成分の動向に関する基礎試験を行なったのでその結果を報告する。

実験材料および実験方法

1. 実験材料

供試植物は、カルセオラリア (*Calceolaria herbohybrida* Voss) のゴールドセンセーション F<sub>1</sub> (坂田種苗) を用いた。1972年9月19日に播種し、10月9日に移植を行ない育苗した。11月16日あらかじめ設計された混合培養土をつめた3.5号ポリポットに定植し実験に供試した。

2. 用土、添加資材および肥料と試験区の設計

用土としては、田土(江戸川沖積土)、赤土(本学部農場内火山灰心土)、砂の3種を用い、添加資材として

は腐葉(市販品)、ピートモス(ソビエト産の水ごけピートモス)の2種を用いた。これらの化学的性質を第1表に示した。用土に対して添加資材を容積比で7:3の割合に混合して6種類の培養土を作った。

肥料は速効性肥料としてくみあい化成肥料8号(8, 8, 8)を、緩効性肥料(チッ素について)としてはくみあいIB複合磷加安555号(15, 15, 15)を用いた。1鉢あたりの施肥量は、チッ素で0.375gを基準とした。したがって施用量は速効性肥料では4.7g/1鉢、緩効性肥料で2.5g/1鉢となる。このようにして培養土と肥料の組み合わせから6×2要因で12の試験区を設けた。これらをまとめて第2表に示した。試験は5連制で行ない、肥料は培養土と十分混合して用い追肥は行なわなかった。

3. かん水および鉢内からの溶脱水採取方法

溶脱水採取装置の模式図を第1図に示した。かん水は鉢の底から1回あたり20~30mlが浸出するように適宜調節して行なった。かん水量は、試験区ならびに植物の生育状況によって異なったが試験期間中おおむね1回あたり60~250mlであった。一定期間ごとに得られた溶脱水は、5連一括して総量を測定し、その一定量を分析

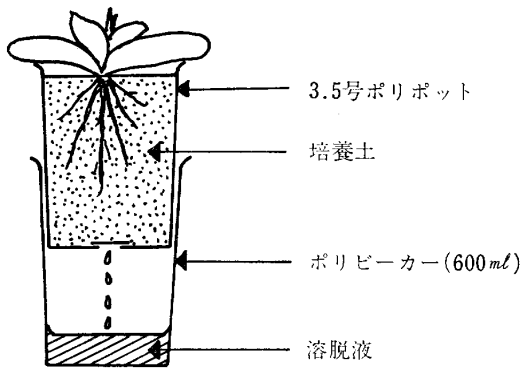
第2表 試験区

区番	用土	添加資材	肥料	略号
1	田土	腐葉	速効性肥料	田・腐・速
2	"	"	緩 "	田・腐・緩
3	"	ピートモス	速 "	田・ピ・速
4	"	"	緩 "	田・ピ・緩
5	赤土	腐葉	速 "	赤・腐・速
6	"	"	緩 "	赤・腐・緩
7	"	ピートモス	速 "	赤・ピ・速
8	"	"	緩 "	赤・ピ・緩
9	砂	腐葉	速 "	砂・腐・速
10	"	"	緩 "	砂・腐・緩
11	"	ピートモス	速 "	砂・ピ・速
12	"	"	緩 "	砂・ピ・緩

第1表 用土および添加資材の化学的性質

項目 材料	pH(水)	全チッ素	全リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	全カリ (K <sub>2</sub> O)	腐植	リン酸 吸収係数	塩基置換容 量 me/100g	置換性塩基 me/100g		
								Ca	Mg	K
用土 田土	6.01	0.21%	0.27%	1.27%	1.05%	1031	23.1	15.6	3.6	0.3
赤土	6.40	0.13	0.19	0.51	1.11	2565	24.4	9.1	3.5	2.1
砂	6.78	0.01	0.15	1.00	0.43	281	4.9	4.0	1.6	0.3
資材 腐葉		1.80	0.24	0.10						
ピートモス		0.99	0.13	0.05						

注 含量は対乾土で表示



第1図 溶脱水採取装置

に供した。

4. 溶脱水の分析

溶脱水は、5日ないし14日ごとに採取したものを、次の項目についてそれぞれ示した方法により分析した。  
 pH: ガラス電極法, 全チッ素: BREMNERの方法 (BLACK, 1965), リン酸: バナドモリブデン酸法, カリ: フレームフォートメーター法。

第7回目採水分(1月16日)については、主要な次のカチオン、アニオンについても分析した。カルシウムおよびマグネシウム: キレート滴定法, アンモニア態チッ素: セミ・マイクロ蒸留法, 硝酸態チッ素: フェノール硫酸法, 硫酸根: 比濁法, 塩素: MOHR法。

5. 培養土ならびに植物体の調査、分析

試験開始後122日目の最終採水日(3月19日)に植物体を地上部と地下部に分けて生体重を測定し、通風乾燥後粉碎し植物体の分析に供した。また実験終了時にお

ける開花数もあわせて調査した。さらに鉢内の残留養分を検討するため、区ごとにそれぞれの鉢から一定量の土壌を採取混合し風乾後分析に供した。分析項目とその方法は次の通りである。

土壌:

pH: ガラス電極法, 全チッ素: サリチル硫酸分解-セミ・マイクロ蒸留法, 全リン酸: フッ化水素酸分解-バナドモリブデン酸法, 全カリ: フッ化水素酸分解-フレームフォートメーター法。

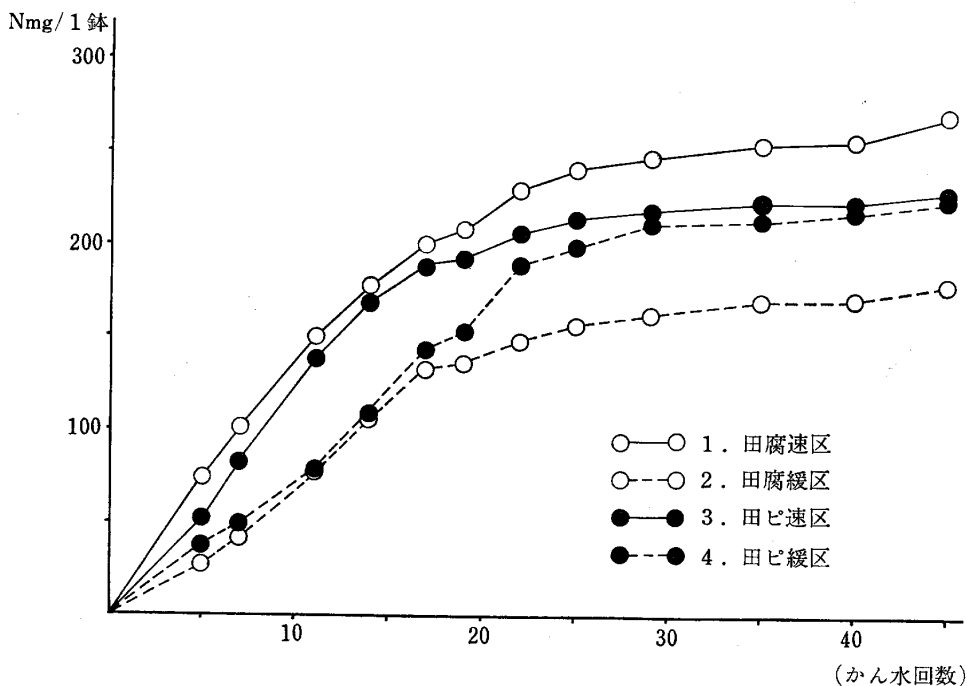
植物体:

全チッ素: 土壌の場合と同様の方法, リン酸: 乾式灰化後, ZINZADZE法, 全カリ: 乾式灰化後, フレームフォートメーター法。

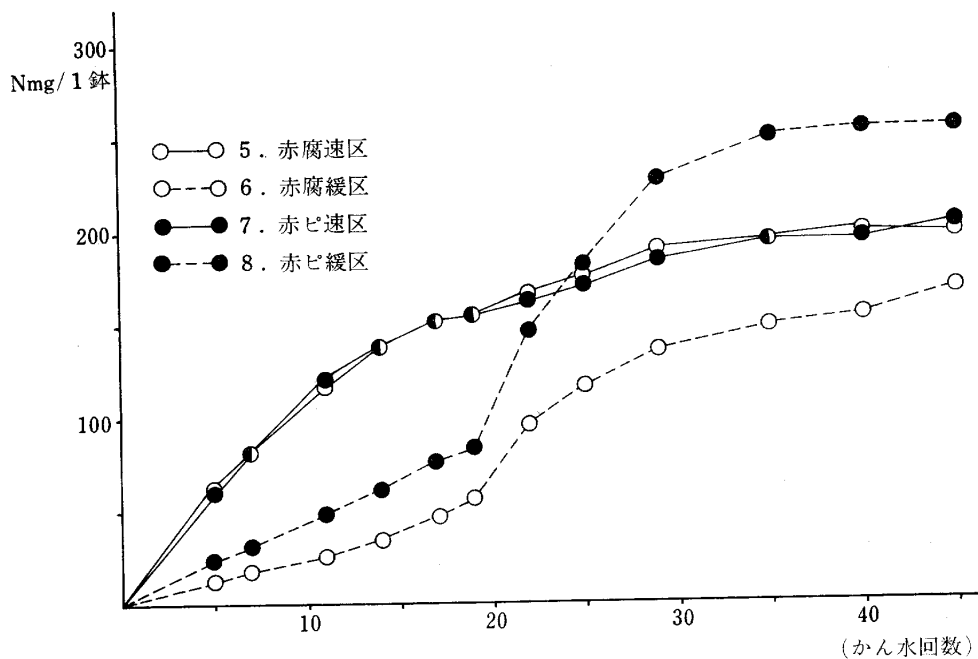
実験結果

1. 鉢内肥料養分の溶脱傾向について

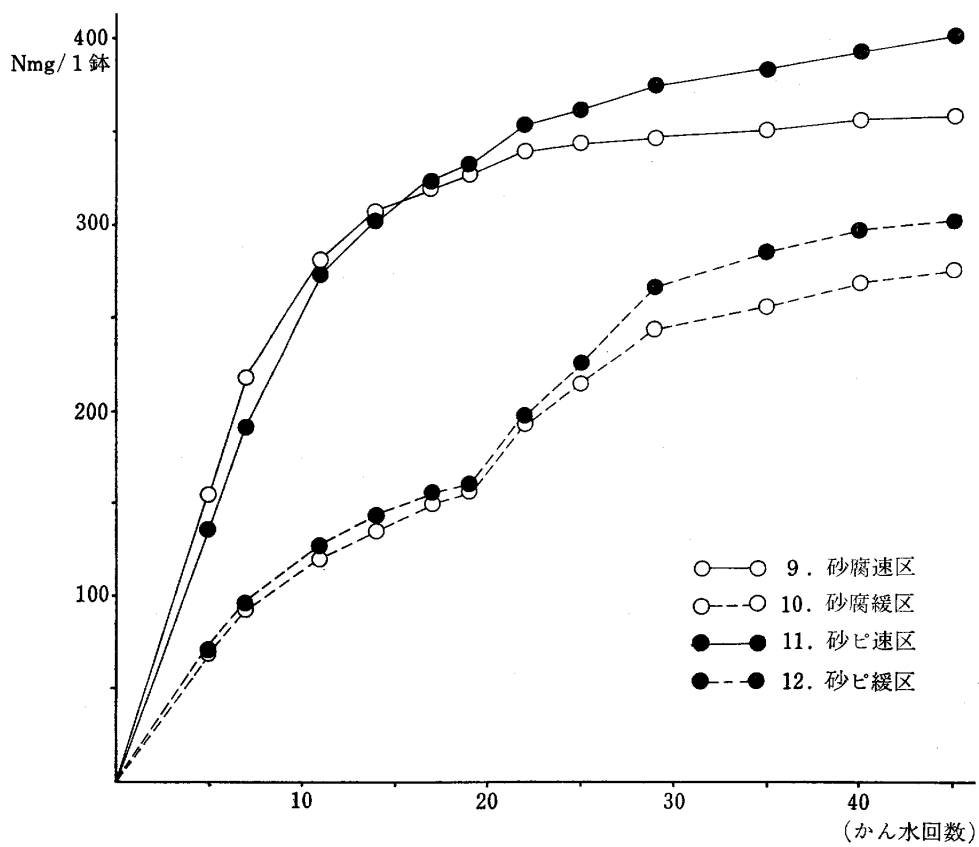
チッ素の溶脱積算曲線を第2図(1)~第2図(3)に示した。これらを培養土のちがいからみると、速効性肥料区においては実験開始当初はチッ素の溶脱量が直線的に増大し、その量は砂基土区>田土基土区>赤土基土区の順であったが、あと次第に溶脱量は減少しかん水回数29回目(実験開始後85日目)で各区ともほとんど溶脱すべきものは出つくした感じである。一方緩効性肥料区においてチッ素の初期溶脱量は速効性肥料区と同様、直線的に増加したがその量は少なく、51日目において田土基土区で速効性肥料区の約72%、赤土基土区で約45%、砂基本区で約48%といずれも低い値を示した。また速



第2図(1) チッ素の溶脱積算曲線 (田土基土区)



第2図(2) チッ素の溶脱積算曲線 (赤土基土区)



第2図(3) チッ素の溶脱積算曲線 (砂基土区)

効性肥料区が51日目以降漸増傾向を示すのにくらべて、緩効性肥料区ではこの時期を境として急激な増加を示した。

次に腐葉、ピートモスの添加とチッ素の溶脱との関係を見ると、速効性肥料区においてチッ素の溶脱は、田土基土区では腐葉添加区の方がピートモス添加区より溶脱が大きい。赤土基土区ではほぼ等しく、砂基土区では逆の傾向を示し用土によってその効果は異なった。緩効性肥料区におけるチッ素の溶脱量は、いずれの場合でもピートモス添加区は腐葉添加区よりもチッ素溶脱量が多く、その差は赤土基土>田土基土>砂基土であった。

リン酸の溶脱積算曲線を第3図に示した。リン酸の溶脱量はきわめて少なく、その上田土基土および赤土基土区では、肥料の種類や添加資材の差による溶脱量の変化は認められず、田土基土区では施肥量の約3%、赤土基土区で約0.5%が溶脱したにすぎなかった。砂基土区では、かん水11回目(実験開始後20日目)までは溶脱量が多かったがその後溶脱量は漸減して、最終的には施肥量の36~51%が溶脱した。

カリの溶脱積算曲線を第4図(1)~第4図(3)に示した。これらを見ると、チッ素と比較して総溶脱量は少ないけれどもその傾向はほぼ同様であることがわかる。

次に全溶脱量に対する実験開始後51日目(かん水19回目)までの溶脱量の割合を検討してみた。その理由はこの時期が花芽分化期に入る前であることと、緩効性肥料区においてこの時期を境として変化が見られたためである。第3表に示したように、まずチッ素についてみるといずれの区の場合においても速効性肥料区は、緩効性肥料区より溶脱割合が大きくその差は、赤土基土区が最も大きく以下砂基土区、田土基土区の順であった。また

第3表 51日目までにおける溶脱割合  
(各区の全溶脱量を100とする)

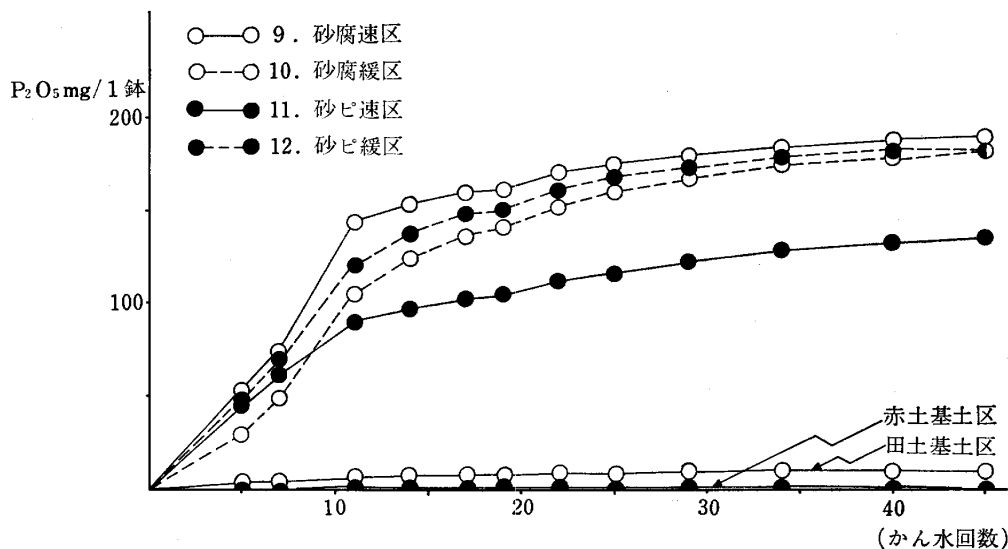
試験区	チッ素(%)	リン酸(%)	カリ(%)
1. 田腐速	77.0	74.3	93.8
2. " " 緩	76.1	83.7	92.8
3. 田ピ速	84.7	65.0	87.4
4. " " 緩	68.0	70.4	84.3
5. 赤腐速	77.4	43.8	89.2
6. " " 緩	32.6	50.0	65.7
7. 赤ピ速	75.6	50.0	85.9
8. " " 緩	32.2	42.1	60.7
9. 砂腐速	90.5	86.3	93.2
10. " " 緩	56.2	78.1	79.8
11. 砂ピ速	81.8	77.8	86.3
12. " " 緩	53.0	83.2	75.9

51日目において速効性肥料区は76~91%が溶脱しているのにくらべ、緩効性肥料区では32~76%でありその幅が大きく、培養土間の差が強く示されている。特に赤土基土区については、微生物作用の影響が考えられる。腐葉ピートモス添加の差は明瞭ではない。

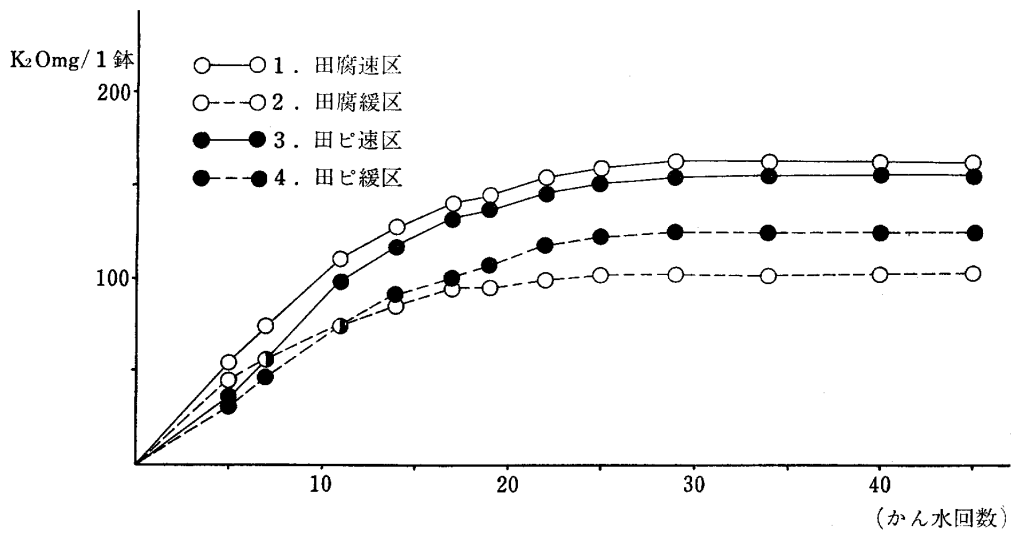
リン酸については溶脱の絶対量が少ないので結果をうんぬんすることはあまり意味がない。比較的溶脱が多かった砂基土区では平均81%が51日目までに溶脱した。

カリについてみると、チッ素と同様に速効性肥料区の方が緩効性肥料区より大きく、培養土間では田土基土区、砂基土区、赤土基土区の順に溶脱割合が少なかった。

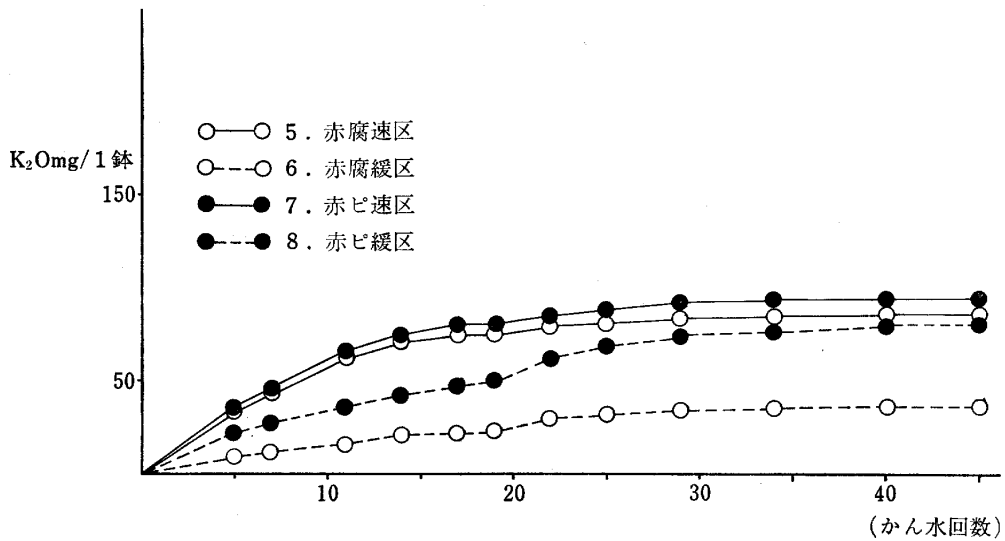
栽培中間時点(実験開始後61日目)における主要なカチオン、アニオンの分析結果を第4表に示した。表から明らかなように溶脱水中のカチオンとしてはカルシウ



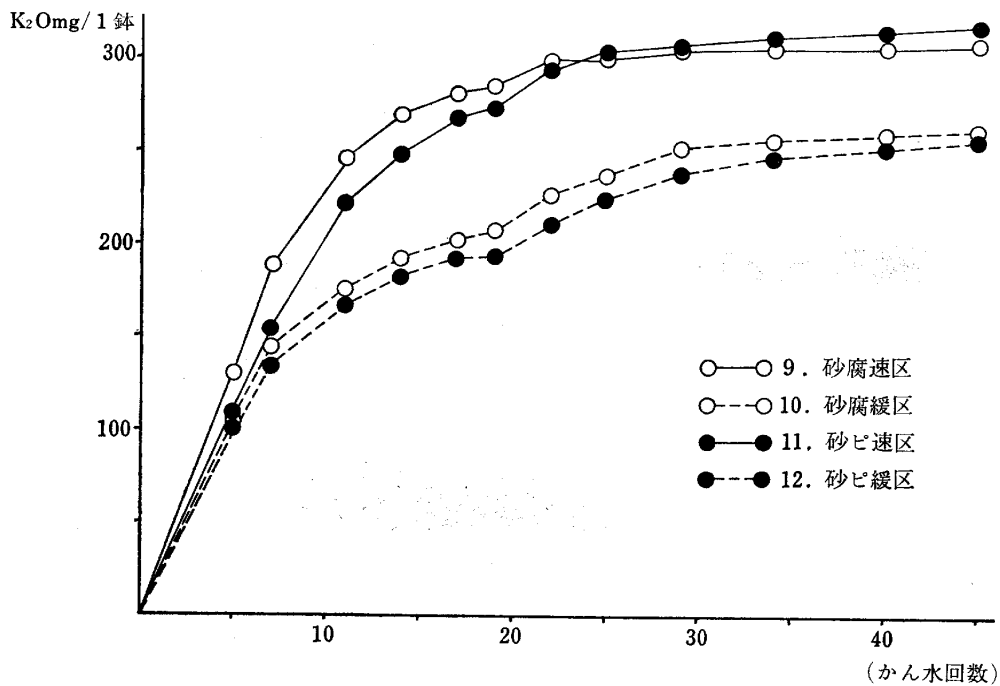
第3図 リン酸の溶脱積算曲線



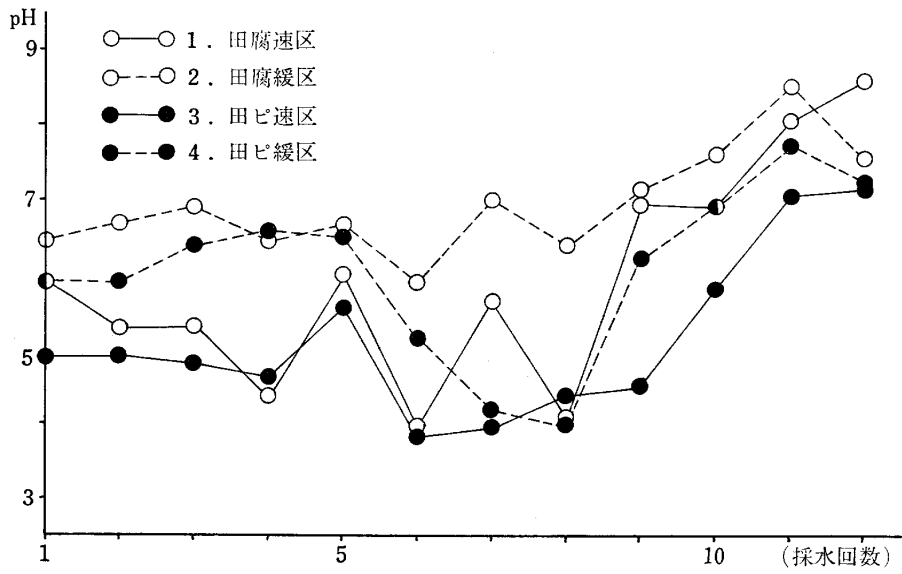
第4図(1) カリの溶脱積算曲線 (田土基土区)



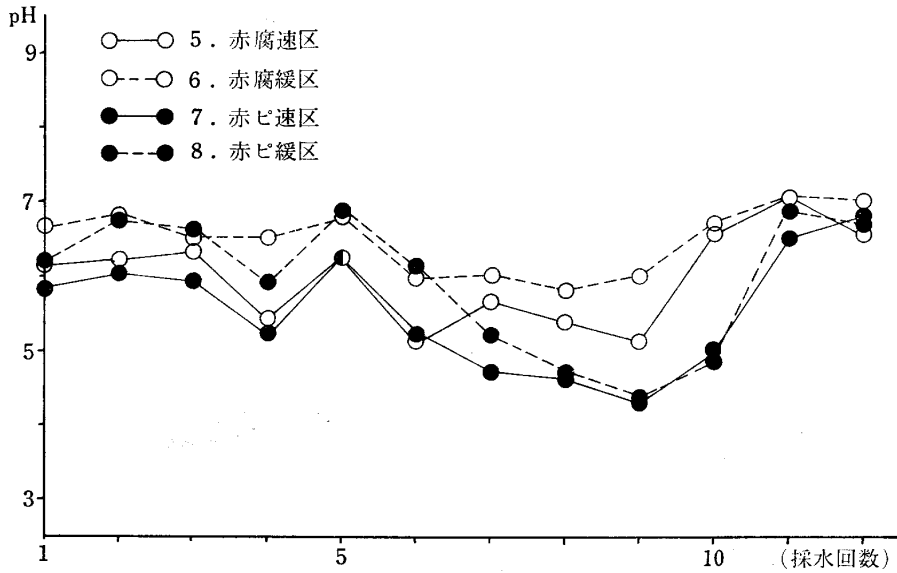
第4図(2) カリの溶脱積算曲線 (赤土基土区)



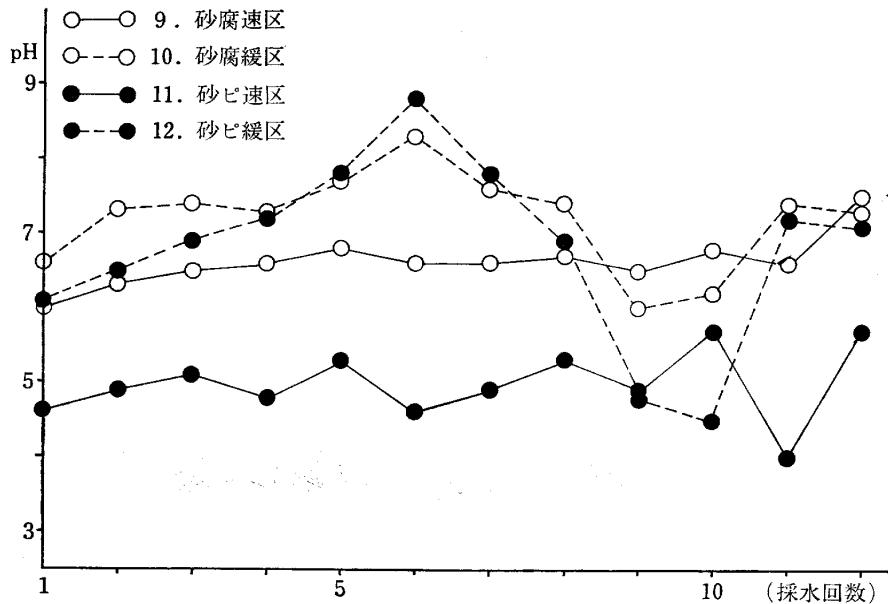
第4図(3) カリの溶脱積算曲線 (砂基土区)



第5図 (1) 溶脱水の pH (田土基土区)



第5図 (2) 溶脱水の pH (赤土基土区)



第5図 (3) 溶脱水の pH (砂基土区)

第4表 第7回目採水の溶脱水における主要なカチオンおよびアニオン含量 (実験開始後61日目)

試 験 区	K	NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	合 量	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	HPO <sub>4</sub>	合 量	pH
1. 田 腐 速	0.21	0.66	1.80	0.22	2.89	0.88	1.11	0.57	0.02	2.58	5.6
2. " " 緩	0.09	0.13	0.54	0.23	0.99	0.73	0.04	0.19	0.00	0.96	7.0
3. 田 ビ 速	0.21	0.92	1.63	0.26	3.02	0.09	2.20	0.37	0.02	2.68	4.0
4. " " 緩	0.27	0.72	0.85	0.31	2.15	1.89	0.11	0.33	0.02	2.35	4.2
5. 赤 腐 速	0.08	0.44	0.56	0.36	1.44	0.43	0.73	0.23	0.00	1.39	5.6
6. " " 緩	0.12	0.66	0.89	0.84	2.51	2.22	0.13	0.33	0.00	2.68	6.0
7. 赤 ビ 速	0.09	0.57	0.62	0.29	1.57	0.09	1.12	0.28	0.00	1.49	4.7
8. " " 緩	0.28	1.54	0.63	0.84	3.29	2.98	0.27	0.38	0.00	3.63	5.2
9. 砂 腐 速	0.26	0.76	1.53	0.26	2.81	0.17	1.46	0.13	0.24	2.00	6.6
10. " " 緩	0.43	1.41	0.29	0.20	2.33	1.26	0.01	0.15	0.34	1.76	7.6
11. 砂 ビ 速	0.46	1.35	2.85	0.42	5.08	0.18	3.96	0.44	0.22	4.80	4.9
12. " " 緩	0.35	1.46	0.12	0.11	2.04	1.43	0.0	0.28	0.32	2.03	7.8

注) いずれもミリ当量

ムとアンモニウム, アニオンとしては速効性肥料区では硫酸根, 緩効性肥料区では硝酸根が主であり, 全カチオン, 全アニオンは互にはほぼ当量関係にあることがわかる.

溶脱水の pH 変化を第5図 (1)~第5図 (3) に示した. このなかでいくつかの例外はあるけれども, 一般に腐葉添加区よりピートモス添加区の方が pH 値が低かった. ピートモス添加の速効性肥料区では特に低い pH 値を示した. また, 田ビ緩区, 赤ビ緩区において実験開始後40日目より pH の低下が示され, 実験終了時には pH が7付近まで上昇した. 培養土間においては, 赤土基土区, 田土基土区, 砂基土区の順で pH 変化が大きく, それゆえにこの順で緩衝能力が小さいことが推定された. また, 田土基区では後期 pH 上昇の傾向があるようである.

## 2. カルセオラリアの生育について

カルセオラリアの栽培終了時における収量調査の結果を第5表および写真1, 2 に示した. 田土基土区, 砂基土区においては速効性肥料区よりも緩効性肥料区で地上部の生体重量がまさり, 赤土基土区では逆の結果を示した. 地下部は砂腐区をのぞいて地上部の生育と対応しているが地上部における差ほど明瞭ではなく, 風乾物として田土基土区で1g内外, 赤土基土区で1~1.8g, 砂基土区で1g以下であった.

開花数では田腐緩区が最も多く, 1鉢あたり151個であった. 田土基土区では各区間の差は比較的少なかったが, 赤土基土区では緩効性肥料区が速効性肥料区と比較して明らかに少なく, 砂基土区は64~94個と全般的に少なかった.

培養土のちがいによる生育をみると写真1からは, 田

第5表 生育中期における葉径比較と栽培終了時における収量および開花数

試 験 区	葉 径 (cm)	地上部 g/1鉢		地 下 部 風乾物重 g/1鉢	開花数 個/1鉢
		生 体 重	風 乾 物 重		
1. 田 腐 速	17.3	91.4	14.4	1.0	116
2. " " 緩	18.1	116.7	17.9	1.3	151
3. 田 ビ 速	17.2	94.4	15.7	0.8	133
4. " " 緩	17.3	106.2	16.4	1.0	134
5. 赤 腐 速	19.1	104.8	17.1	1.8	135
6. " " 緩	14.6	65.3	9.9	1.4	78
7. 赤 ビ 速	18.8	103.5	16.4	1.8	125
8. " " 緩	15.7	94.3	11.9	1.1	94
9. 砂 腐 速	14.4	45.0	6.7	1.2	64
10. " " 緩	14.4	67.8	9.2	0.8	94
11. 砂 ビ 速	12.3	43.2	6.2	0.5	75
12. " " 緩	13.5	57.3	9.7	0.7	67

注) \* 実験開始後56日目 (1973年1月11日)

\*\* 1区の葉の長さ =  $\frac{\sum \text{各鉢の最大の広がりをもつ葉の両先端間の長さ}}{1 \text{ 区の鉢数}}$



土基土区では田ピ速区、田ピ緩区が良好のように見えるが、数値（第5表）では必ずしもそうとばかりは言えない。赤土基土区では、赤腐緩区のみが不良であった。砂基土区は、全区にわたって生育、開花状態が不良であった。

肥料形態のちがいによるカルセオラリアの生育をみる

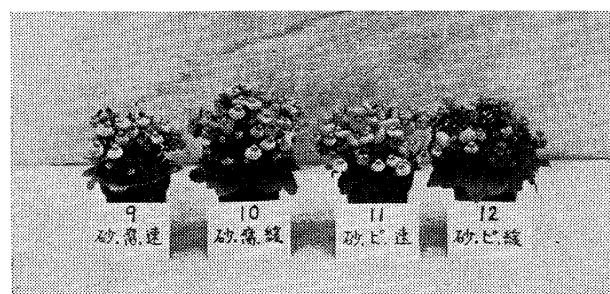
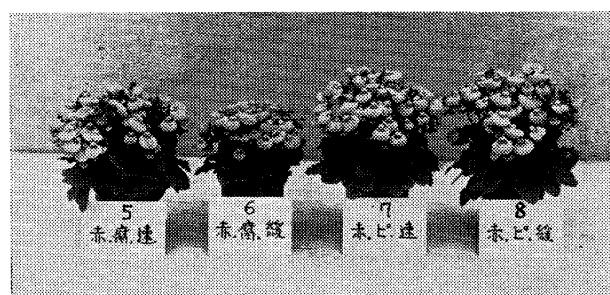
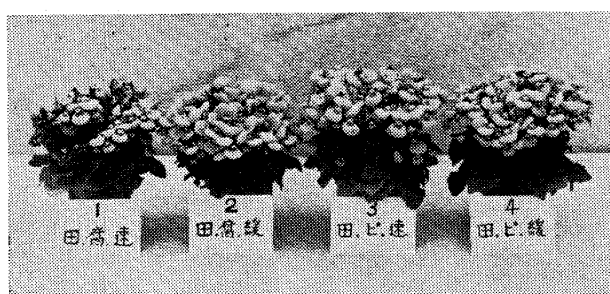


写真1 培養土のちがいによるカルセオラリアの生育（実験開始後122日目）

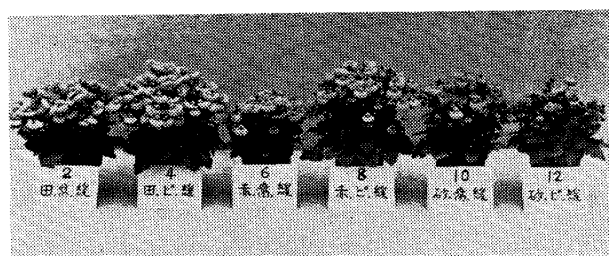
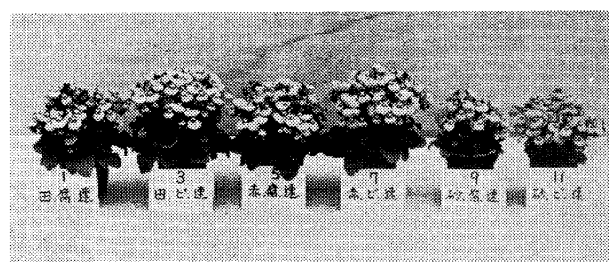


写真2 肥料形態のちがいによるカルセオラリアの生育（実験開始後122日目）

第6表(1) 栽培終了後の培養土のチッ素、リン酸、カリ含有率（乾土当りの%）

試験区	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. 田腐速	0.34	0.40	1.20
2. " " 緩	0.35	0.35	1.19
3. 田ピ速	0.30	0.40	1.19
4. " " 緩	0.30	0.41	1.20
5. 赤腐速	0.19	0.31	0.46
6. " " 緩	0.20	0.25	0.50
7. 赤ピ速	0.15	0.33	0.48
8. " " 緩	0.16	0.30	0.54
9. 砂腐速	0.05	0.17	0.98
10. " " 緩	0.06	0.21	1.05
11. 砂ピ速	0.02	0.22	1.03
12. " " 緩	0.03	0.18	1.03

第6表(2) カルセオラリアのチッ素、リン酸、カリ含有率（乾物当りの%）

試験区	部 位	成分	地 上 部			地 下 部			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1.	田	腐	速	1.37	0.87	2.30	1.38	0.56	0.88
2.	"	"	緩	1.50	0.64	2.13	1.13	0.46	0.56
3.	田	ピ	速	1.48	0.81	2.05	1.44	0.55	0.84
4.	"	"	緩	1.50	0.70	2.23	1.32	0.53	0.61
5.	赤	腐	速	1.43	0.45	2.35	1.17	0.27	0.65
6.	"	"	緩	1.48	0.50	2.41	1.33	0.29	0.72
7.	赤	ピ	速	1.59	0.41	2.34	1.29	0.27	0.62
8.	"	"	緩	1.53	0.44	2.45	1.24	0.27	0.88
9.	砂	腐	速	1.36	0.80	2.27	1.09	0.50	0.40
10.	"	"	緩	1.36	0.65	1.91	1.15	0.49	0.36
11.	砂	ピ	速	1.37	1.06	1.88	1.49	0.36	0.50
12.	"	"	緩	1.53	0.69	1.47	1.34	0.29	0.40

第7表 培養土、植物、水系における養分収支

試験区	成分	肥料	土壤中*	かん水中	含量(A)	溶脱水中	土壤中**	植物体中	含量(B)	B/A×100
1. 田腐速	N	375	883	42	1300	270	966	211	1477	114
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	761	5	1141	11	1136	131	1278	112
	K <sub>2</sub> O	375	3396	11	3782	164	3408	340	3912	103
2. 田腐緩	N	375	883	44	1302	179	994	283	1456	112
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	761	5	1141	9	994	123	1126	99
	K <sub>2</sub> O	375	3396	12	3783	104	3380	388	3872	102
3. 田ビ速	N	375	662	44	1081	227	856	244	1327	123
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	732	5	1119	10	1106	131	1247	111
	K <sub>2</sub> O	375	3383	12	3770	157	3289	329	3775	100
4. 田ビ緩	N	375	662	44	1081	225	856	259	1340	124
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	732	5	1119	12	1133	120	1265	113
	K <sub>2</sub> O	375	3383	12	3770	126	3317	372	3815	101
5. 赤腐速	N	375	666	45	1086	199	534	266	999	92
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	543	5	923	2	871	82	955	103
	K <sub>2</sub> O	375	1359	12	1746	85	1293	414	1792	103
6. 赤腐緩	N	375	666	35	1076	168	562	165	895	83
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	543	4	922	2	703	54	759	82
	K <sub>2</sub> O	375	1359	10	1744	36	1405	249	1690	97
7. 赤ビ速	N	375	445	46	866	202	410	284	896	104
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	514	5	894	2	902	72	976	109
	K <sub>2</sub> O	375	1346	12	1733	95	1312	395	1802	104
8. 赤ビ緩	N	375	445	40	860	255	437	196	888	103
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	514	5	894	2	820	55	877	98
	K <sub>2</sub> O	375	1346	11	1732	81	1476	302	1859	107
9. 砂腐速	N	375	355	32	762	360	165	104	629	83
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	510	4	889	190	559	60	809	91
	K <sub>2</sub> O	375	3128	9	3512	308	3224	157	3689	105
10. 砂腐緩	N	375	355	36	766	276	197	134	607	79
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	510	4	889	182	691	64	937	105
	K <sub>2</sub> O	375	3128	10	3513	261	3455	179	3895	111
11. 砂ビ速	N	375	134	32	541	404	64	92	560	104
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	481	4	860	136	707	68	911	106
	K <sub>2</sub> O	375	3115	9	3499	318	3310	120	3748	107
12. 砂ビ緩	N	375	134	35	544	302	96	158	556	102
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	375	481	4	860	182	579	69	830	97
	K <sub>2</sub> O	375	3115	9	3499	256	3310	146	3712	106

注) 1. それぞれの成分の含量は、1鉢あたりのmg数である。

2. かん水に用いた水道水中の成分含量は、N：7.42ppm、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：0.86ppm、K<sub>2</sub>O：2.0ppmである。

\* 栽培前の培養土中の成分含量

\*\* 実験終了後における培養土中の成分含量

第8表 N.P.K の植物による吸収量, 実験終了後の培養土中の残存量および全溶脱量の割合 (%)

試験区	成分	溶脱水中	土壌中	植物中	試験区	成分	溶脱水中	土壌中	植物中
1. 田腐速	N	18.3	65.4	14.3	7. 赤ピ速	N	22.5	45.8	31.7
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.9	88.9	10.2		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	92.4	7.4
	K <sub>2</sub> O	4.2	87.1	8.7		K <sub>2</sub> O	5.3	72.8	21.9
2. 田腐緩	N	12.3	68.3	19.4	8. 赤ピ緩	N	28.7	49.2	22.1
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.8	88.3	10.9		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	93.5	6.3
	K <sub>2</sub> O	2.7	87.3	10.0		K <sub>2</sub> O	4.4	79.4	16.2
3. 田ピ速	N	17.1	64.5	18.4	9. 砂腐速	N	57.2	26.2	16.6
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.8	88.7	10.5		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23.5	69.1	7.4
	K <sub>2</sub> O	4.2	87.1	8.7		K <sub>2</sub> O	8.3	87.4	4.3
4. 田ピ緩	N	16.8	63.9	19.3	10. 砂腐緩	N	45.5	32.5	22.0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.9	89.6	9.5		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19.4	73.7	6.9
	K <sub>2</sub> O	3.3	86.9	9.8		K <sub>2</sub> O	6.7	88.7	4.6
5. 赤腐速	N	19.9	53.5	26.6	11. 砂ピ速	N	72.1	11.4	16.5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	91.2	8.6		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	14.9	77.6	7.5
	K <sub>2</sub> O	4.7	72.2	23.1		K <sub>2</sub> O	8.5	88.3	3.2
6. 赤腐緩	N	18.8	62.8	18.4	12. 砂ピ緩	N	54.3	17.3	28.4
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.3	92.6	7.1		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21.9	69.8	8.3
	K <sub>2</sub> O	2.1	83.1	14.8		K <sub>2</sub> O	6.9	89.2	3.9

と、ならべかえて写真2に示したように速効性肥料区では、砂基土区以外は大体生育、開花状態が良好であったが、緩効性肥料区においては砂基土区の外は赤腐緩区の不良が目立った。

### 3. 培養土, 植物, 水系における養分収支について

栽培終了後の培養土とカルセオラリアの地上部, 地下部のチッ素, リン酸, カリ含有率を第6表(1)~第6表(2)に示した。これらの結果より1鉢あたりの養分の収支を算出したものが第7表である。表の右端に示した収支の比率が必ずしも厳密に100%になっていないが、大略の傾向はわかると思う。このうちチッ素, リン酸, カリの植物による吸収量, 実験終了後の培養土中の残存量, および全溶脱量の割合をチッ素, リン酸, カリについて示したのが第8表である。チッ素についてみると田土基土区で64~68%, 赤土基土区で46~63%, 砂基土区で11~33%が土壌中に残存した。リン酸は, 田土基土区, 赤土基土区で約90%もしくはそれ以上が土壌中に残存し, 砂基土区においても70~77%が残存した。カリにおいては全体として72~89%が土壌中に残存した。

次に施用された養分と溶脱量および植物の吸収量との関係をみるために, かん水中に含まれた養分と施肥養分との含量に対する溶脱量および植物の吸収量の含量との比を求め第9表に示した。これよりチッ素, カリは赤腐緩区をのぞいて, すべての区がほぼ100%以上で供給された養分量はすべてが植物体中もしくは溶脱水に回収さ

れたことになる。100%を越えた分はもちろん培養土から供給されたのであろう。リン酸については, 植物中および溶脱水中に回収された割合は田土基土区で35~37%, 赤土基土区で15~22%, 砂基土区で54~66%で栽培後の土壌中のリン酸含量の増加(第7表)からも示されるように, 培養土中に大半が吸着されたものと思われる。

生体重(地上部)と植物体中のチッ素, リン酸, カリとの相関関係を求めてみたが, それぞれ相関係数  $r=0.9616$ ,  $r=0.3741$ ,  $r=0.9601$ , となり生体重と植物体

第9表 かん水により供給された養分および施肥養分の含量(A)に対する溶脱量と植物体中の含量(B)比 ( $B/A \times 100$ )

試験区	チッ素	リン酸	カリ
1. 田腐速	115	37	131
2. " " 緩	110	35	127
3. 田ピ速	112	37	126
4. " " 緩	116	35	129
5. 赤腐速	111	22	129
6. " " 緩	81	15	74
7. 赤ピ速	115	19	127
8. " " 緩	109	15	99
9. 砂腐速	114	66	121
10. " " 緩	100	65	114
11. 砂ピ速	122	54	114
12. " " 緩	112	66	105

第10表 栽培中間時点における総溶脱養分および施肥量に対する N, P, K の溶脱割合 (実験開始後 61日目)

試 験 区	総溶脱養分量に対する割合			施肥量に対する割合		
	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
1. 田 腐 速	85.0	81.0	94.6	59.1	2.3	41.0
2. " " 緩	82.7	87.2	96.8	38.0	2.0	26.5
3. 田 ビ 速	90.7	70.0	93.5	52.9	1.9	38.7
4. " " 緩	84.2	78.3	94.0	48.7	2.4	31.2
5. 赤 腐 速	83.5	50.0	93.4	42.7	0.2	21.0
6. " " 緩	56.6	62.5	81.3	24.5	0.3	7.7
7. 赤 ビ 速	80.3	55.0	90.5	41.8	0.3	22.6
8. " " 緩	57.1	52.6	77.0	37.4	0.3	16.5
9. 砂 腐 速	94.0	90.9	97.0	87.1	45.8	78.9
10. " " 緩	69.9	84.6	87.4	49.6	40.9	60.2
11. 砂 ビ 速	87.2	83.5	92.9	90.7	30.1	78.0
12. " " 緩	65.1	89.5	82.3	50.6	43.3	55.5

中のチッ素とカリ含量との間に高い相関が認められたが、リン酸との関係は、はっきりしなかった。

また生体重(地上部)と溶脱水中のチッ素, カリの相関関係も求めてみたが、チッ素との関連についてみると赤腐緩区を除いて  $r = -0.9616$  と負の高い相関が認められた。カリとの関連では田土, 砂基土区においては、 $r = -0.9917$  と負の高い相関が認められたが赤土基土区では逆の傾向が認められた。

## 考 察

### 1. 培養土の種類と養分の溶脱

本実験においては培養土作製の基本的用土として入手の容易さから沖積土(田土)と火山灰土(赤土)および砂を選び、添加資材としては腐葉およびピートモスの2種を選び、それらの組み合わせより6種の培養土を作製し、さらにそれぞれ2種の肥料を施用してカルセオラリア栽培下における養分の動向を試験した。

まず培養土の種類と養分の溶脱との関係についてみると、チッ素の溶脱は速効性肥料区では砂基土区が最も多く、以下田土基土区, 赤土基土区の順であった。砂基土区の溶脱チッ素量が多いのは当然の事と思われるが、田土と赤土の間に生じたチッ素の溶脱量の差は土壌間のいかなる性質の差によるものであろうか。まず第1に考えられるのは塩基置換容量である。しかし両種土壌の塩基置換容量はほぼ同等であった(第1表)。第2に硝酸化成能の問題が考えられる。しかしながら実験開始後61日目の溶脱水の分析成績(第4表)によると、田土基土区が赤土基土区より硝酸態チッ素が多いという傾向はみられず、したがって両区におけるチッ素溶脱量の差は、硝酸化成能では説明できない。そこで第3に考えられるのは透水性あるいは保水性、すなわちかん水後の鉢内にお

ける滞水時間の差である。滞水時間が長いという事は土壌と土壌溶液間における養分の平衡を十分達成させるはずであり、かつ一定量の土壌に対する土壌溶液量の多少は土壌からの置換溶出養分の絶対量を規制するものであろう。そして次回のかん水時においてその土壌溶液は浸出されてかん水の水によって置換されることになる。事実、かん水時において赤土基土区の方が初期の透水が良好であることが観察されているので、田土, 赤土間のチッ素溶脱の差は一応上記理由によって説明されるものと考えられるが、本実験においてはかん水に伴う培養土中の水分量に関しては厳密な考慮は払わなかったため現在のところ上記の説明は一つの推論に過ぎない事は言うまでもない。

次に添加資材間でも差がみられた。すなわちピートモス添加区は腐葉添加区よりも一般にチッ素溶脱量が多い。栽培の中間時点で分析した溶脱水中のチッ素成分の内容(第4表)をみると、ピートモス添加区は腐葉添加区よりいずれの用土区においてもアンモニア態チッ素の割合が高い。土壌中からの塩基の溶脱は土壌の酸性化によって著しくなるという一般的事実より考えて、ピートモスの添加が土壌の酸性化をまねき、それが塩基としてのチッ素の溶脱を促進したものと推定される。

さて次に緩効性肥料施用の場合について検討してみよう。ここで目立った特徴は実験開始後51日目頃からチッ素の溶脱が急増した事である。ここで使用した肥料のチッ素成分は等量のアンモニア態とIB態からなっている。アンモニア態はもちろん水溶性であり、IB態は加水分解型に属し難溶性である。したがって初期の溶脱は主としてアンモニア態からのものであり、後期(51日目以降)は主としてIB態の分解によるものと考えられる。ここで何故に51回目頃から急激にIB態の分解が

起こったのだろうか。IB 態の緩効性チッ素肥料の加水分解は土壌の pH と著しい関係があり、酸性下でその分解が促進される (三井, 1970)。本実験において溶脱液の pH (第5図 (1)~第5図 (3)) の変化と緩効性肥料区のチッ素の溶脱量の変化 (第2図 (1)~第2図 (3)) を比較検討してみると 51 日目を境として田土腐葉区を除いて pH は一般に低下する傾向がみられ、特にピートモス添加区で著しく、かつその傾向がそのままチッ素溶脱量増加の傾向と一致している。すなわち pH 低下の著しい区ほど初期 (51 日目以前) 溶脱量に対して顕著なチッ素溶脱量の増加を示している。これらの事実より緩効性チッ素区における後期の溶脱の急増は土壌酸性化に基づく IB 態チッ素の急速な分解促進によるものと考えられる。また同時に、前に述べたように土壌の酸性化自体がチッ素の溶脱を促進し、これらの総合した結果が培養土間における溶脱量の差として現われたものであろう。緩効性肥料区において溶脱水の酸性化をもたらした主因はやはりピートモスにあることは明白であり、高橋ら (1966) も認めているとおりである。51 日目に変化の転換点が見られた事については、一応ピートモスの分解促進という事が考えられるが、詳細については今後の検討にまたなければならない。

カリの溶脱と培養土の種類との関係については、全量としてはチッ素より少ないが溶脱の傾向はチッ素の場合と同様に田土、赤土、砂の順に溶脱量が多い。これらの用土間で差異を生じた理由も前述の透水性あるいは保水性、溶脱水の pH から説明されよう。また肥料間における差は緩効性肥料の形状からみてもカリの溶解度の遅延と、IB 態チッ素の分解に伴って予想される肥料自体の形態変化などから一応の推定ができるが、なおさらに検討を要するものと思われる。

リン酸の溶脱は砂基土区を除いては著しく少なく、特に赤土基土区ではほとんど無視できる程度であった。これは第1表に示したようにリン酸吸収係数の差がそのまま溶脱量に反映したものと考えてよからう。

## 2. 培養土の相違とカルセオラリアの生育

カルセオラリアの生育は砂基土以外は一般に良好であったが、培養土の種類よりむしろ肥料形態のちがいによる影響の方が大きく現われた。この原因についてはいろいろ考えられるが植物体の生体重とかん水によって溶脱した養分の間接関係をみると、チッ素において負の高い相関があり、これは生体重と植物体吸収量との間に高い相関がみられたことと関連が深いものと考えられる。同様のことは、カリについてもいえるが、赤土基土区においてのみは逆の傾向がみられた。これは他区と比較して赤土基土区はカリの植物体吸収割合が著しく高い。赤土 (火

山灰心土) からの植物によるカリの吸収が何故高いのか、その理由は明らかではないが興味ある事実と思われる。一方リン酸は吸収割合が低く、施肥されたリン酸のほとんどが土壌中に吸着されている。しかし本実験の場合リン酸欠乏のような徴候は見られず、少なくとも植物の正常な生育に伴う必要限界量は利用され得る状態にあったものと考えられる。したがって赤土基土区の場合カルセオラリアにおいては、生育を支配する要因としてのリン酸の供給そのものに対する依存度はそれ程顕著ではないものと思われる。この事は生育の良好な区における植物体中のリン酸含有率の低下でも示されている。そのために、生体重と植物体のリン酸吸収量との相関は示されなかったと考えられる。

次に腐葉およびピートモス添加によるカルセオラリアの生育についてみよう。鶴島 (1972-a) はピートモスの特性として保水性、通気性に富み塩基置換容量が高く保肥力にすぐれ、さらに用土中の分解がほとんどなく物理性が長く保たれることをあげている。また高橋ら (1966) は腐葉土の塩基置換容量は 98.9 でピートモスの 85.1 より大きく、2 価のカチオンに強い緩衝能力があると述べている。本実験においては最終調査時の写真 1 にも示されているように、ピートモス添加区の方が良好にみえるが第5表の生体重を比較すると必ずしもそのような結果にはなっておらず両者の優劣は軽々にはまだ論じることができない。森ら (1967) は、異なる培養土による腐葉土の効果はシクラメンにおいて研究し、沖積土における添加の効果はそれほどではないが、火山灰土、川砂の場合腐葉土の多量添加は、葉や葉柄の生育、収量において著しい効果があることを示した。本実験の用土との混合割合は、森らの実験では少量区にあたり今後検討の余地があろう。

3. 土壌および溶脱水の pH とカルセオラリアの生育  
最終調査後の残土の pH は、5.0~6.3 でカルセオラリアの最適 pH 5.5~6.5 (鶴島: 1972-a) にほぼ合致しているので pH 条件は問題がないと考えられる。次に溶脱水の pH を検討してみる。高橋ら (1966) は川砂が最も緩衝能力が弱く、次に荒木田で火山灰土は前二者にくらべ強い緩衝能力があったと述べ、さらに腐葉土を加えることにより高まること、ピートモスは緩衝能力が比較的強いが pH が低いという結果を示した。本実験においても赤土基土区で pH の変動が小さく、田土基土区では大きい。砂基土区では腐葉、ピートモスの性格がそのまま示された。

61 日目における溶脱水の分析結果 (第4表) からそれぞれの区の速効性肥料区と緩効性肥料区を比較すると速効性肥料で pH 低くさらにピートモス添加区はいちじる

しく低い。そして硫酸根量がそれと対応している。これらの事より、全カチオン、全アニオンはだいたい当量関係を保って溶脱していることからみて、硫酸根が溶脱水の pH を強く規制していると考えられる。しかしながら溶脱水の pH と生育との関連は明らかではない。

#### 4. 肥料形態の相違とカルセオラリアの生育

田土基土、砂基土区の場合は、速効性肥料より緩効性肥料の方が生体重、開花数でまさった。ところが赤土基土区ではその逆であった。最初に速効性肥料区を比較してみると中間調査時点では、田土および赤土基土区が外見的にはほぼ同様で若干赤土基土区の生育がすぐれ、さらに腐葉添加よりピートモス添加の方が生育が良かった。第10表に示したごとく砂基土区は、中間調査時点ですでに総溶脱養分に対する割合で 87~94% のチッ素が溶脱しており、施肥量に対する割合でも 87~91% が溶脱しているところからチッ素欠乏による生育減退と考えられる。赤土基土区は、中間時点の全溶脱養分量に対する割合で 80~84%、施肥量に対して 42~43% のチッ素が溶脱しているが後期の植物生育に利用される分はまだ残留していたものと考えられる。田土基土区についても同様であろう。

これに対して緩効性肥料区は、第2図(1)~第2図(3)にも示したように中間調査時期を境としてチッ素の溶脱量が増加している。これは前述のようにこの時期を境として、IB 態チッ素の分解が急速に進行し、肥効が発現した結果として赤土基土区を除き速効性肥料区よりも生育が促進されたと考えられる。生育のよくなかった赤腐緩区は、赤ピ緩区に比べ中間調査時点におけるチッ素、カリの溶脱割合が小さいことでも示されるように生育のおくれが回復されないままに開花期をむかえたといえよう。

以上述べたように、鉢物栽培における養分の動向は用土の種類および添加資材さらには施用肥料の形態によって著しい差異を示すことが明らかになった。比較的単純化された系で構成した本実験において各素材の大略の傾向は示されたものと思われる。なお本実験は秋から冬にかけて行なわれたものであり、気象条件によっては変動し得る要因もあると思われるが、今後さらに検討する予定である。

#### 摘 要

異なった混合培養土と肥料形態によるカルセオラリアの生育と、肥料成分の動向を明らかにするために本実験を行なった。

チッ素は速効性肥料区において、実験開始後 85 日目まで直線的に溶脱量が増加するが、その後著しく減少し

た。溶脱チッ素量は、砂基土区、田土基土区、赤土基土区の順序で減少した。緩効性肥料区においてチッ素の溶脱のしかたは遅く、実験開始後 51 日目まででは対応する速効性肥料区の 45~72% が溶脱しただけだったが、その後急激な溶脱が起こりピートモス添加区が著しかった。

溶脱したリン酸の量は非常に少なく、赤土基土区で施肥量の約 0.5%、田土基土区で約 3%、砂基土区で約 36~51% が溶脱したにすぎなかった。

カリはかん水によって顕著な溶脱をみたがチッ素にくらべてゆるやかであった。溶脱のしかたはチッ素と類似していた。

カルセオラリアの生体重および開花数は、田土・腐葉・緩効性肥料区が最もすぐれていた。カルセオラリアの生体重(地上部)と鉢内からの溶脱チッ素量との間にはきわめて高い負の相関がみられた。またカリは田土および砂基土区において、植物の生体重ときわめて高い負の相関が認められた。しかしリン酸との関連は、はっきりしなかった。

本実験を行なうにあたり、種々の御便宜と助言を与えられた本学部渡辺重吉郎氏、ならびに分析の一部に協力を得た住吉雅巳氏に感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 1) BLACK, C. A. et al.: Methods of Soil Analysis: 1195—1198 (Am. Soc. Agron. Inc., Publisher)
- 2) 三浦泰昌(1968): 神奈川園研報, **16**: 79—89
- 3) ———(1970): ———, **18**: 145—159
- 4) ———(1971): ———, **19**: 82—95
- 5) 三井進午(1970): 最新土壤・肥料・植物栄養事典: 243—245 (博友社)
- 6) 森賀生・沢田正・米山徳造・寺門和也(1967): 東京都農試研究発表会報告, **23**: 272—281
- 7) 高橋和彦・渋谷正夫(1965): 園学雑, **34**: 205—211
- 8) ———・——— (1966): ———, **35**: 134—141
- 9) 田中宏(1967): 東京都農試研究発表会報告, **17**: 198—203
- 10) 鶴島久男(1970): 農および園, **45**: 965—970
- 11) ———(1972-a): 鉢花のプログラム生産 (1): 191—265 (誠文堂新光社)
- 12) ——— (1972-b): ——— (2): 2—363 (誠文堂新光社)
- 13) 吉江修司・渡辺春朗(1966): 千大園学報, **14**: 35—41