

## 下水汚泥の土壤還元(I)

下水汚泥がスギ・ヒノキ・トウカエデおよびサザンカの  
生育ならびに養分吸収に及ぼす影響

辻田 昭夫\*・一井 真\*

### Effect of Application of Sewage Sludge (I)

Influence of sewage sludge on the growth and nutrient  
absorption of Sugi, Hinoki, Tōkaede and Sazanka seedlings

Akio TSUJITA and Makoto ICHII

**Summary:** In order to investigate the practical application of sewage sludge to nurseries, a fertilizing test was put in practice for Sugi (*Cryptomeria japonica* D.DON), Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC), Tōkaede (*Acer Buergerianum* MIG.) and Sazanka (*Camellia Sasanqua* THUNB.)

The results obtained are as follows :

1. When fertilizer composed of sewage sludge is used on seedlings is carried out suitably, effect of it may be expected sufficiently as seen in case of Sugi, too many manuring of it, however, kindness rather than improves the growth of seedlings.
2. Injury from sewage sludge occurred most seriously with Sazanka and most slightly with Sugi.
3. In the case of Sugi seedlings, the proper amount of sewage sludge to manure is seemed maximum 1 : 3 to soil in volume. As a fertilizing method, it is best to avoid contact of sewage sludge with the roots of seedling as with the mulching or ditch methods.
4. By fertilizing with sewage sludge, absorption of N, Ca and Mg by seedlings was increased while that of P and K increased but not remarkably. Over fertilization seemed to decrease the absorption of nutrients.

**要旨** 下水汚泥の苗畑への活用に関して、汚泥ケーキがスギ、ヒノキ、トウカエデおよびサザンカの生育ならびに養分吸収に及ぼす影響をしらべた。その結果は、つぎのようである。

- 1) 苗木の生育に及ぼす汚泥の施用効果は、施用法が適当であれば、スギにみられるように十分期待できるが、多施用はかえって生長を阻害する。
- 2) 汚泥からうける生育害は、供試4樹種のうち、サザンカが最も大きく、スギが最も小さいようである。
- 3) スギの場合、施用量の限界はマサ土と汚泥の容積混合比で3 : 1までと思われる。また、施用法としては、マ

\* 造林学研究室 Laboratory of silviculture

ルチ法や溝切施用法のように、汚泥が直接根にふれないような施用法を採用することがのぞましい。

4) 汚泥施用は、N, Ca, Mgの吸収量を増大させるが、P, Kでは顕著にあらわれず、特に多施用は、養分吸収にも悪影響をもたらすようである。

## はじめに

近年、人口の都市集中化と生活水準の向上などにもとない、生活廃棄物の量は増大し、都市における生活環境に一層の悪化をもたらしている。生活排水の問題もその一つであって、下水道の普及にもとない、下水汚泥の発生量は急増しており、その処理、処分が各都市共通の重大問題となっている。

これまで下水汚泥の大部分は埋立、焼却、海洋投棄などの廃棄処分法がとられてきたが、それにも限度があり、恒久的な処理と利用法の開発がのぞまれている。現在のところ、環境問題や省資源の面も考慮して、下水汚泥の土壌への還元利用が重要視されるようになり、すでに農業面では多くの調査、研究が進められている<sup>1)</sup>。この農耕地利用では、汚泥が作物にとって安全かつ有効であるほか、土壌汚染や、食物連鎖系での安全性が十分保証されなければならない。一方、林業面でのこの方面の研究は、今のところ緑化木に対する調査<sup>2)</sup>が主で、その実験例も余り多くない。

下水汚泥の林業用苗畑や緑化木生産畑あるいは緑地、林地への還元利用は農地と異なり、人畜への直接的な影響も少なく、他方土壌の自浄効果も期待されるので、この方面への活用についての検討もまた重要な課題といえよう。本研究は、このような観点から、2・3の林業用苗木や緑化用苗木に対する下水汚泥の施用法、施用限界量ならびに養分吸収量をしらべ、汚泥の施用効果を明らかにする目的で実施したものである。

なお、本報告の一部は1980年10月日本林学会関西支部大会において発表した。

## 材料および試験方法

瀬戸内地帯における緑化用樹木や林業用苗木の生産立地は、花こう岩地帯の山麓や、新しく開発された丘陵地などでおこなわれている場合が比較的多い。本試験では、この花こう岩の新鮮な風化土壌(マサ土)を培地用土の対象と考え、また対象作物が林業用あるいは緑化用苗木であるということと、汚泥の経済的大量処分という両側面から、供試汚泥は、下水道終末処理場で一次処理されただけの脱水ケーキ(消化汚泥)を用い、さらに投与量の基準も高くすることとした。汚泥は今治市下水浄化センター産で、含有成分は表-1、(注)に示した。試験は、愛媛県緑化センター構内(温泉郡重信町)で実施した。

試験区は、各処理区とも幅30cmのアゼシートで区画された1×1m、深さ30cmの区画内に、表-1に示すような容積混合比で、マサ土と汚泥をなるべく均一に混和した用土を、その枠内に充填して処理区を設けた。各処理区は最初独立させる計画であったが、作業の効率面から、1反復4処理区を1列に配置してこれを4反復し、ラテン方格法によって各処理区を配置した。

供試苗木には、実生1年生のスギ、ヒノキ、トウカエデおよびサザンカ(さし木1年生苗木)の4樹種を使用した。各苗木は植付け前に苗長、苗重、根元径を測定して、スギ、ヒノキは1区(1㎡)当たり36本、トウカエデは14本、サザンカは16本を1979年4月3日に植付けた。植付け後しばらくして、枯損苗がでたので、スギ、ヒノキは4月24日に補植した。トウカエデ、サザンカは苗木に余分がなかったので補植はできなかった。その後、活着状況や葉色変化などを調査、観察するとともに、3~4週間おきに苗長、根元径の測定をつづけ、11月下旬に掘取って

表-1 処理別汚泥施用量  
Tab.1 Amount of fertilizer

処理マサ土:汚泥	記号	汚泥施用量	備考
対照区	A	0 kg/㎡	1) 脱水ケーキ
3 : 1	B	30.5	2) 含水率約72%
2 : 1	C	75.0	3) 混合比は容積比
1 : 1	D	112.5	
2 cmマルチ	F	15 ℓ/㎡	1) 天日乾燥汚泥
3 cmマルチ	G	30	2) 全面散布
溝切施用区	H	60 ℓ/㎡	脱水ケーキ

供試汚泥(今治市下水浄化センター)の含有成分量(乾物当り) T-N : 3.0%, T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 3.4%, T-K<sub>2</sub>O : 0.4%, T-CaO : 1.6%, T-MgO : 1.1%, (強熱損失 : 36.6%, pH : 8.3)

苗木の形質因子を測定し、風乾後、分析試料に供した。

また、上記の主試験とは別に、施用方法のちがいによる肥効をみるため、天日乾燥汚泥（含水率42%）を用い、マルチの厚さを2 cm、3 cmとしたマルチ区と、溝切施用区（鋤植法で、苗木を列植することに溝を切って、脱水ケキを溝に投入し、軽く覆土する）、および対照区（無施用）の5処理区を設けたほか、限界施用量をみるため、混合比2：3を1区設けた。これら補助試験には、スギ、ヒノキ1年生苗木を用い、4月9日に植栽した。マルチ区、溝切施用区の施用量は表-1のとおりで、マルチ施用は5月15日におこなった。

## 試験結果ならびに考察

### 1. 苗木の活着と生存本数の推移

主試験区の4樹種の時期別生存本数調査結果のうち、8月と掘取時の生存本数と生存率を表-2に、また、サザ

表-2 樹種別生存本数の推移  
Tab.2 Appearance of surviving

処 理	ス ギ					ヒ ノ キ				
	合計植 付本数	補 植 本 数	8月7日 生 存 本 数	掘 取 本 数	生 存 率(%)	合計植 付本数	補 植 本 数	8月7日 生 存 本 数	掘 取 本 数	生 存 率(%)
対照区	144	1	143	143	99	144	3	140	139	95
3：1	144	10	138	134	87	144	18	103	67	41
2：1	144	22	142	142	86	144	19	98	36	22
1：1	144	21	139	105	64	144	32	77	28	16

処 理	ト ウ カ エ デ					サ ザ ン カ				
	合計植 付本数	補 植 本 数	8月7日 生 存 本 数	掘 取 本 数	生 存 率(%)	合計植 付本数	補 植 本 数	8月7日 生 存 本 数	掘 取 本 数	生 存 率(%)
対照区	56	0	56	56	100	64	0	40	40	63
3：1	56	0	46	44	79	64	0	17	6	9
2：1	56	0	46	44	79	64	0	9	3	5
1：1	56	0	35	36	64	64	0	17	4	6

注) 生存率(%) = 掘取本数 / (植付本数 + 補植本数) × 100

ンカを除きその推移を図-1に示した。

スギは、対照区の生存率が99%であるのに対し、3：1区-87%、2：1区-86%と低下し、1：1区では64%と枯損はかなり多くなっている。しかし、これらの枯損には予期しなかったネキリムシの害によるものがあり、特に1：1区で顕著にみられた。そこで、その被害が少ないと思われた8月初旬までの生存状態についてみると、3：1区-90%、2：1区-86%、1：1区-84%となり、汚泥の影響は比較的少なくなる。また汚泥施用量のちがいによる生存率の差も小さくなり、施用量との関係は明らかではない。

ヒノキについてみると、スギに比べ汚泥の影響は強くあらわれ、ネキリムシの被害も他の樹種にくらべ大きくあらわれた。これをスギと同様、8月初旬の生存率でみると、対照区-95%であったのに対し、3：1区-64%、2：1区-60%、1：1区-44%と汚泥施用の影響は顕著にあらわれている。また図-1にみられるように、根に対する障害は、植付け後比較的早い時期からあらわれるようである。

トウカエデは、伸びていた新芽が一時落脱して、枯死したようにみえた（5月22日～7月12日）が、その後萌芽してきて、最終的には、対照区の生存率が100%であったのに対し、汚泥施用区は79～64%で、汚泥の影響が大きくあらわれたが、ヒノキよりは小さいようである。

サザンカは、供試苗が不良であったため、対照区でも63%と低く、さらに汚泥施用区では各処理区とも10%以下

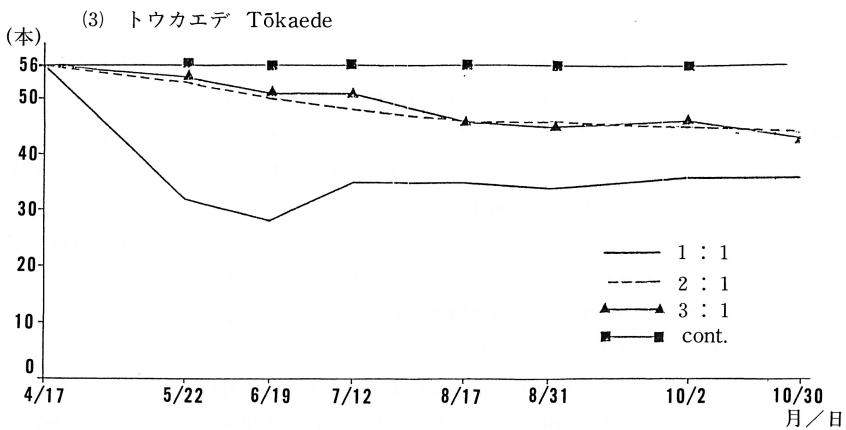
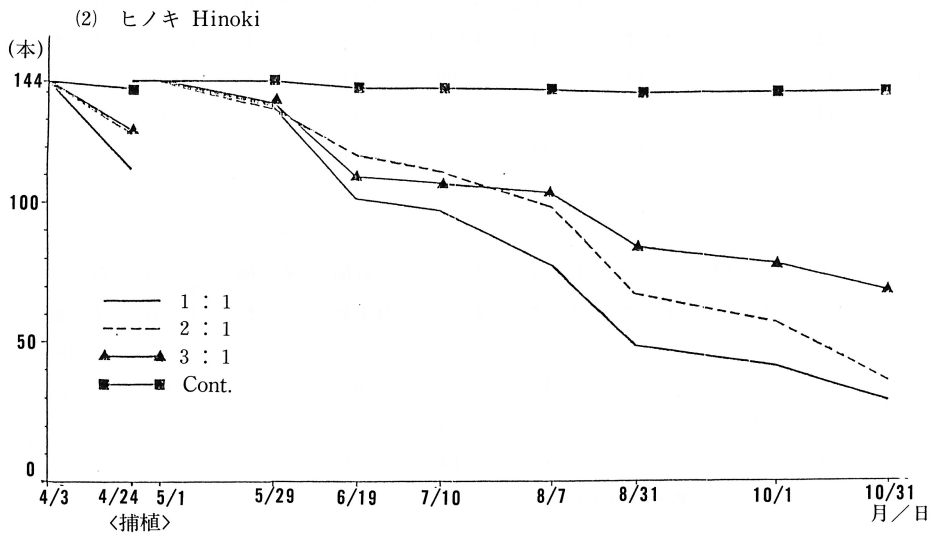
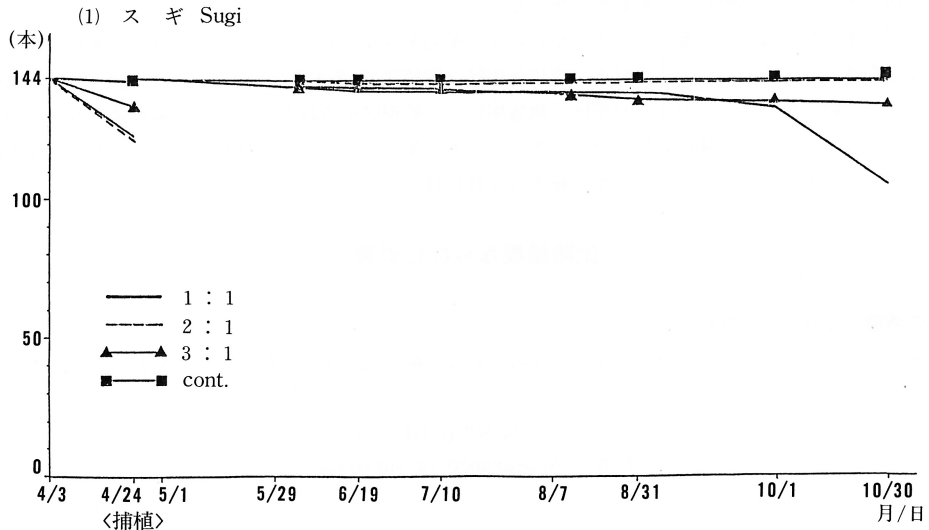


図-1 成立本数の推移  
 Fig.1 Time series of number of seedlings

の生存率で、4樹種のなかで汚泥の影響を最も強くうけている。しかし、これは供試苗の良否にも関係していると思われるので、良苗を用いて再検討する必要がある。

なお、これらとは別に設けた、マルチ区および汚泥が直接根にふれないように施用した溝切施用区のスギ、ヒノキは、生存率 100%であったが、混合比 2 : 3 の試験区では、両樹種とも植付け後、比較的早い時期に全枯れの状態を示した。

以上の結果から、苗木の活着ならびに生育に及ぼす脱水ケーキの害作用のあらわれ方は、およそ、サザンカ>ヒノキ>トウカエテ>スギの順に大きく、樹種によってかなりの差異のあることが認められた。なお、この試験結果に多大の影響を与えたネキリムシの害については、ネキリムシと汚泥・樹種との相互関係をみるため、あえて殺虫駆除をしなかったため、その被害を大きくしたが、これからすると汚泥施用にあたっては、ネキリムシ対策を十分講じておく必要があると思われる。

## 2. 苗木の生長経過

苗木生長について、スギは各処理区とも、外周からの影響が少ないと思われる中央 4 × 4 本部分の生存苗木について、その他の樹種は全最終生存苗木について、各処理別平均苗木で、5月1日以降の生長状態を示すと図-2の

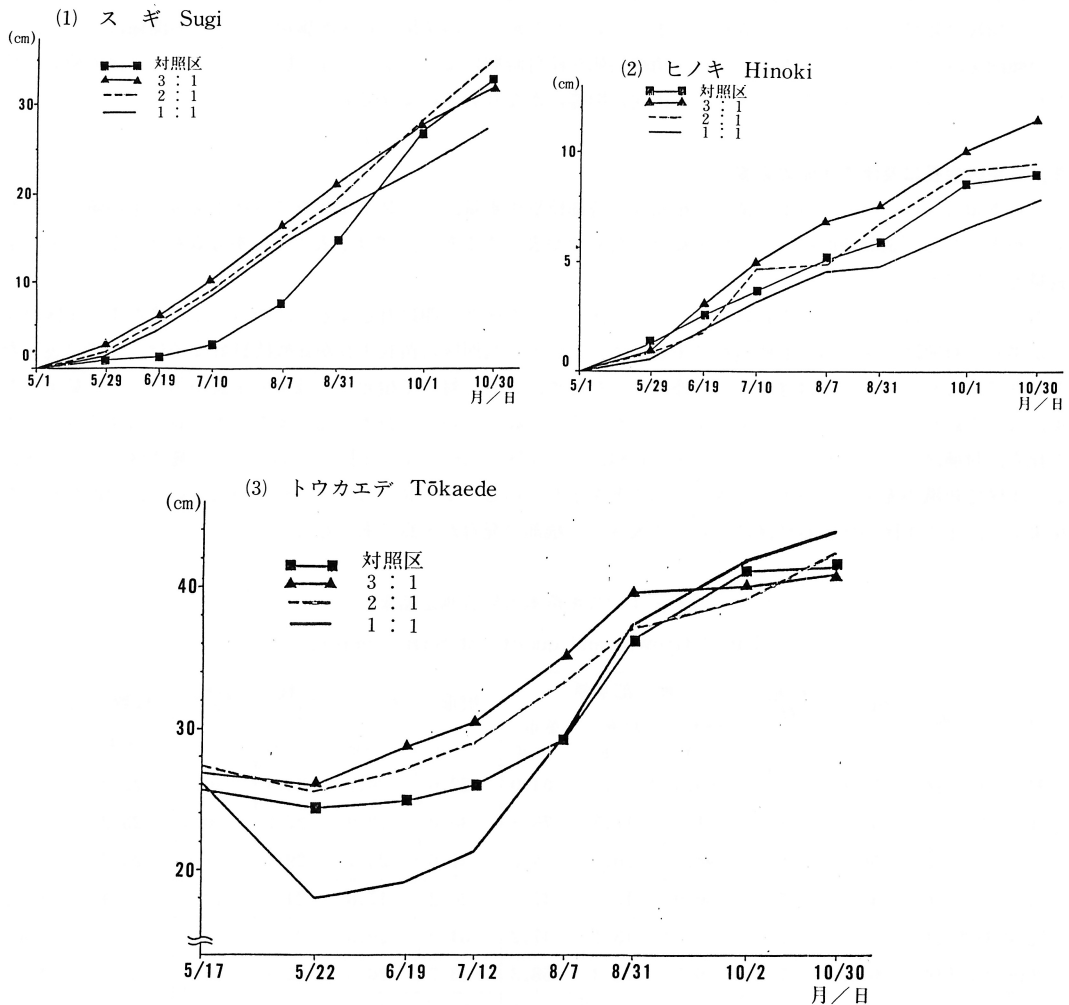


図-2 苗木生長曲線

Fig. 2 Height growth of seedlings

ようになる。

スギに対する汚泥施用の効果は、図からわかるように、5月下旬からあらわれはじめ、3施用区とも6月から8月上旬にかけては、対照区にくらべ明らかに良好であった。しかし、7月初旬まで生長の悪かった対照区が、8月頃から生育旺盛になり、10月になるとかえって施用区よりも良好な生長を示しはじめた。これは梅雨期の雨によって、汚泥施用区の水溶性の養分が溶脱されて、下方に流下し、客土地盤上の不透水層面で左右に移行し、対照区に流入したことにほかならないと思われる。このような結果から、試験区設定にあたっては、はじめにも述べたように、各処理区を独立させるべきであったと惜しまれてならない。しかし、このことは脱水ケーキの肥効と、それが水溶性の養分を多分に含んでいることを物語っているといえそうである。

ヒノキは、前述のように枯損率がきわめて高く、掘取時まで生存した少数の苗木で生長経過を示す結果となったので、これによって生長の良否を検討することはできない。しかし、スギにくらべ、汚泥の影響があらわれよい樹種であることは確なようである。

トウカエデは、図でもみられるように、苗長が一時小さくなっているが、これは植えた苗木の先端が枯死した後、主幹の途中から萌芽してきたためである。また1：1区の生長が特に良好のようにみえるのは、萌芽の位置が次第に主幹の上方に及んだためである。3：1区、2：1区で9月以降の生長が低下しているのは、ヒノキと同様、ネキリムシの害によるものであり、対照区の生長が8月以降良好なのは、スギの場合と同様に考えられる。いずれにせよ、梢端枯死後の萌芽の発生位置がまちまちであったため、この結果から汚泥施用と生長との関係について、一定の傾向をみいだすことはできなかった。梢端枯死が植付時期によるのか、汚泥の影響によるかは今後の検討に待ちたいが、さきの生存率の点から考えても汚泥の影響はかなり大きいようである。

### 3. スギの生長に及ぼす汚泥の影響

11月下旬に掘取ったスギ苗木の苗長、根元径、各部位別生重量、T/R率などを各処理4反復の平均値で示したものが表-3で、試験期間中の生長量を算出したものが表-4である。(なお、表4には参考資料としてヒノキの生長量も掲げておいた)

苗長については2：1区が生長良好で、3：1区、1：1区との間に有意な差が認められる。また1：1区は生長が劣り、対照区と比較しても明らかに生長が劣っている。対照区の苗長生長が比較的良好的なのは、すでに述べたとおりであるが、その生長は遅くから旺盛になったため、苗長に対して根元径や枝条の生長が劣る。その結果は苗重にもあらわれ、3：1区、2：1区より明らかに小さくなっている。苗木の充実度を示す苗長に対する地上部重の比も、対照区-1.32に対して、3：1区-1.84、2：1区-1.64、1：1区-1.35で、汚泥施用区の3：1区、2：1区で組織の充実した苗木ができていていることを示している。T/R率は、ばらつきが大きいですが、分散分析した結果では、1：1区が他の処理区にくらべて大きく、根部の発育が不良であったことを示した。

表-3 スギ苗木の形質測定結果

Tab. 3 Growth and quality of Sugi seedlings

処 理	苗長 cm	根元 径 mm	地上部重量			根重 g	根長 cm	長枝 長 cm	長枝 高 cm	枝数 本	T/R
			全重 g	幹重 g	葉重 g						
対 照 区	52.6	7.8	69.5	15.5	54.0	22.6	26.7	23.4	20.4	22.2	3.1
3 : 1	49.5	8.8	91.3	17.5	73.8	30.0	19.9	27.9	20.5	23.2	3.6
2 : 1	56.3	8.9	94.7	20.1	74.6	31.6	25.1	29.1	21.6	26.7	3.1
1 : 1	44.4	7.5	60.0	13.0	47.8	20.2	17.6	24.6	19.7	21.4	3.6
完全対照区	50.1	7.0	60.3	13.1	47.2	34.0	29.5	22.4	22.3	19.4	1.8
2 cmマルチ区	61.9	7.9	76.5	18.3	58.3	33.7	26.5	25.8	19.8	25.6	2.4
3 cmマルチ区	69.6	9.0	113.8	24.3	89.1	51.0	28.7	29.2	23.3	29.2	2.3
溝切施用区	85.8	10.1	163.3	35.4	127.7	54.7	30.6	37.0	26.5	31.3	3.1

表-4 苗木の生長量(汚泥混合区)

Tab. 4 Growth of Sugi and Hinoki seedlings

## (1) スギ Sugi

処 理	植 付 時				掘 取 時				生 長 量		
	測定本数 本	苗 長 cm	根元径 mm	苗 重 g	測定本数 本	苗 長 cm	根元径 mm	苗 重 g	苗 長 cm	根元径 mm	苗 重 g
対照区	144	17.8	3.5	8.4	143	52.6	7.8	92.1	34.8	4.3	83.7
3 : 1	144	19.1	3.5	8.8	134	49.5	8.8	121.3	30.4	5.3	112.5
2 : 1	144	18.9	3.5	9.1	142	56.3	8.9	126.3	37.4	5.4	117.2
1 : 1	144	18.3	3.2	8.1	105	44.4	7.5	80.2	26.1	4.3	73.1

## (2) ヒノキ Hinoki

処 理	植 付 時				掘 取 時				生 長 量		
	測定本数 本	苗 長 cm	根元径 mm	苗 重 g	測定本数 本	苗 長 cm	根元径 mm	苗 重 g	苗 長 cm	根元径 mm	苗 重 g
対照区	144	18.4	2.4	3.6	139	26.6	5.0	27.4	8.2	2.6	23.8
3 : 1	144	17.8	2.3	3.6	67	29.9	6.1	36.4	12.1	3.8	32.8
2 : 1	144	17.2	2.3	3.8	34	26.4	5.5	24.4	9.2	3.2	20.6
1 : 1	144	16.9	2.3	3.5	20	23.1	4.8	20.6	6.2	2.5	17.1

他方、マルチ試験区に設定した完全対照区（主試験の対照区と異なり、汚泥の影響を全くうけていないことから、それと区別して呼称する）の苗木は、葉色が淡黄褐色～黄緑色で、苗長生長も劣り50cm程度であった。しかし、根部の発育は良好で、T/R率は1.8と最小の値をとった。またマルチ区では、天日乾燥汚泥を植付け後約1カ月経過してから、床全面に散布しているため、2cm、3cmマルチ区とも幹の地際部から不定根を多く出し、汚泥下の地表面にも多数の細根がみられた。したがって、マルチ区のT/R率は、2.3程度で、上長生長が大きい割には、T/R率の比較的小さい優良苗が生産されている。また生長量と施用量には関連が認められ、3cmマルチで大きい値をとることから、スギ1-0苗木に対するマルチの上限は、厚さ3cm以上にあると思われるが、徒長にも関係するのでこの点は今後の検討にまちなたい。溝切施用区では、施用した脱水ケーキの内部は、7カ月を経過した掘取時においても、粘塊状を呈しており、形態的な変化はあまりみられなかった。また根はこの汚泥塊へは侵入していないが、その周辺部には細根がよく発達していた。この区の生長は、全処理区中最もすぐれていて、平均苗重218gは完全対照区の2倍以上である。T/R率も大苗にかかわらず3程度で、かなりの優良苗が得られた。（ヒノキ、トウカエデ、サザンカの3樹種は、施用区の生存本数が少ないため、生長量の比較検討は省略した。）

以上、スギの生長に及ぼす汚泥ケーキの影響をみてきたが、スギに対する施用量の限界は、補助試験の2:3区でほとんど全枯したことや、主試験の1:1区が2:1区より生長が著しく劣ること。また2:1区と3:1区との間に苗重、根元径、T/R率などに差が認められないことなどからして、およそ2:1位といえるが、苗木の生存率などを考えあわせると、マサ土と脱水ケーキの容積混合比は3:1までと思われる。なお、適正施用量については、基準施用量を大きくしたため、本試験結果から推定することはできなかった。一般的にみて、生汚泥の多量施用は、有機態Nの無機化により生成されるアンモニアの直接的な障害や塩類濃度障害、さらには有害成分による障害などが考えられる。本試験では、その主因や過程は不明で、これについてはあらためて検討したいが、少なくともこれらの因子が相乗的に働いて、阻害作用はより促進されたものと思われる。したがって、この種の汚泥の適正施用量は、溝切施用区で最大の生長量を示したことからわかるように、マサ土に対して容積比3:1よりは、相当少ないところにあると推察される。これらについても今後の研究にまちなたい。

一方、苗木の生育と、生汚泥を用いた場合の施用法の関係を見ると、明らかに溝切施用法が勝っている。乾燥汚泥であれば、作業も簡便なマルチ法で十分な効果が期待できる。しかし、余り多量になると施用後しばらくの間は、多少の臭気をもたらすので、この点に留意しなければならない。

#### 4. スギに対する汚泥施用の養分吸収に及ぼす影響

汚泥施用とスギ苗木の養分吸収との関係を見るため、掘取苗木について葉、幹、根の3部位別の養分分析をおこなった。なお分析法は、N：ケルダール法、P：バナドモリブデン酸法による光電比色法<sup>3)</sup>、K・Ca・Mg・Na：原子吸光光度法<sup>4,5)</sup>によった。

養分含有率の分析結果を各処理4反復の平均値で示すと表-5のとおりである。

まず、苗木の生育に最も関係すると思われるNについてみると、葉で最も高く、根、幹の順に低くなり、その値は葉の1/2程度である。葉におけるN含有率を各処理別にみると、対照区の1.36%に対し、汚泥施用区は1.80~1.94%と高い濃度を示し、明らかな差がみられる。汚泥施用の3区間には有意な差は認められない。また幹や根についてもこれと同様の傾向を示し、汚泥施用は各部位ともN含有率を高めるが、施用量との関連は明らかでない。

表-5 スギ養分含有率

Tab.5 Composition in each part of Sugi seedlings (% dry subst.)

処 理	部 位	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
対 照 区	葉	1.36	0.24	0.83	1.09	0.16	0.09
	幹	0.61	0.10	0.36	0.67	0.09	0.03
	根	0.66	0.10	0.33	0.60	0.13	0.10
3 : 1	葉	1.80	0.16	0.69	1.07	0.26	0.06
	幹	0.74	0.07	0.28	0.64	0.12	0.03
	根	1.13	0.11	0.36	0.55	0.18	0.13
2 : 1	葉	1.94	0.18	0.77	1.12	0.26	0.06
	幹	0.84	0.07	0.31	0.58	0.11	0.02
	根	1.21	0.12	0.37	0.54	0.17	0.16
1 : 1	葉	1.91	0.17	0.80	1.01	0.30	0.07
	幹	0.86	0.06	0.31	0.57	0.11	0.03
	根	1.26	0.14	0.44	0.44	0.17	0.12
完全対照区	葉	1.11	0.14	0.65	1.39	0.11	0.06
	幹	0.57	0.07	0.31	0.77	0.08	0.04
	根	0.64	0.09	0.36	0.60	0.14	0.16
2 cmマルチ	葉	1.48	0.16	0.52	1.47	0.15	0.06
	幹	0.74	0.07	0.26	0.74	0.10	0.03
	根	1.01	0.12	0.30	0.62	0.24	0.14
3 cmマルチ	葉	1.63	0.22	0.52	1.50	0.18	0.04
	幹	0.76	0.08	0.23	0.64	0.10	0.02
	根	1.06	0.15	0.27	0.53	0.23	0.13
溝切施用	葉	1.93	0.20	0.70	1.23	0.28	0.03
	幹	0.91	0.10	0.33	0.49	0.12	0.03
	根	1.20	0.12	0.33	0.46	0.20	0.14



P含有率は各部位とも低いが、Nと同様、葉>根>幹の順となり。葉の含有率は対照区で最も高く、施用区との差は明らかであるが、施用区間では、差は認められなかった。この対照区の増大は、脱水ケーキ中の水溶性Pの流入に由来するものと解される。幹と根では、含有率はきわめて低く、葉のような傾向はみられなかった。いま、このP含有率について、完全対照区の値とくらべてみると、施用区はわずかながら増加しており、さらにマルチ区や溝切施用区と比較するとその傾向はより明らかである。このPの植物による吸収は、水溶性ないしは枸溶性とされているが、汚泥のT-Pに対するそれらの割合は、汚泥の種類や、特に凝集剤および乾燥の程度によって異なるようである<sup>6)</sup>。本実験においても、汚泥の形態によって、施用効果のあらわれ方がちがっているとみられるが、これ

表-6 スギ養分含有量(m<sup>2</sup>当り)

Tab.6 Weight of dry matter and nutrients in each part of Sugi seedlings (g per m<sup>2</sup>)

処 理 区	部 位	乾物重 g	N (g)	P (g)	K (g)	Ca (g)	Mg (g)	Na (g)
対 照 区	葉	548.17	7.455	1.313	4.555	5.991	0.894	0.476
	幹	189.40	1.148	0.184	0.672	1.271	0.170	0.060
	根	210.12	1.380	0.201	0.683	1.263	0.271	0.101
	計	947.69	9.983	1.698	5.910	8.525	1.335	0.637
3 : 1	葉	712.82	12.809	1.123	4.918	7.606	1.825	0.428
	幹	209.16	1.552	0.137	0.590	1.345	0.243	0.054
	根	250.38	2.819	0.269	0.889	1.387	0.453	0.333
	計	1172.36	17.180	1.529	6.397	10.338	2.521	0.815
2 : 1	葉	717.61	13.886	1.267	5.504	8.001	1.851	0.404
	幹	242.18	2.027	0.167	0.760	1.414	0.276	0.058
	根	274.57	3.311	0.331	1.027	1.485	0.472	0.441
	計	1234.36	19.224	1.765	7.291	10.900	2.599	0.903
1 : 1	葉	415.77	7.954	0.692	3.318	4.191	1.231	0.282
	幹	157.57	1.358	0.100	0.485	0.904	0.180	0.042
	根	144.01	1.819	0.199	0.629	0.629	0.245	0.177
	計	717.35	11.131	0.991	4.432	5.724	1.656	0.501
完全対照区	葉	443.71	4.907	0.626	2.893	6.172	0.493	0.275
	幹	149.13	0.847	0.103	0.459	1.148	0.115	0.055
	根	212.43	1.353	0.181	0.769	1.275	0.304	0.346
	計	805.27	7.107	0.910	4.121	8.595	0.912	0.671
2 cmマルチ	葉	664.36	9.852	1.030	3.448	9.773	0.990	0.392
	幹	227.38	1.685	0.164	0.600	1.674	0.225	0.073
	根	259.23	2.621	0.321	0.778	1.612	0.627	0.368
	計	1150.97	14.158	1.515	4.826	13.059	1.842	0.833
3 cmマルチ	葉	780.12	12.693	1.685	4.049	11.725	1.435	0.296
	幹	263.73	1.999	0.203	0.609	1.683	0.251	0.045
	根	322.17	3.425	0.470	0.869	1.698	0.738	0.409
	計	1366.02	18.117	2.358	5.525	15.106	2.424	0.750
溝 切 施 用	葉	1068.21	20.648	2.115	7.467	13.182	3.034	0.363
	幹	361.49	3.293	0.351	1.186	1.779	0.445	0.094
	根	297.21	3.561	0.354	0.966	1.364	0.591	0.407
	計	1726.91	27.502	2.820	9.619	16.325	4.070	0.864

らについては、土壌の性質とも関係することであり、さらに検討の余地が残されている。

K含有率については、汚泥のT-K<sub>2</sub>Oが0.41%と低いことや、対照区の増加としてみられるように、その性状が流亡しやすいこと、などに影響され、各部位とも汚泥施用の影響は明確にあらわれなかった。

Ca, Na含有率も、Kとほぼ同様な傾向を示し、施用の有無や施用量との関連は特に認められない。ただ、Naは他の成分と異なり、根における含有率が著しく高い傾向を示した。

Mg含有率は、葉において汚泥施用の効果は認められ、施用量とも関連するようであるが、他の部位では対照区との差異は認められなかった。

以上、汚泥施用が、スギ苗木の養分含有率に及ぼす影響についてみてきたが、これを一層明確にするために、完

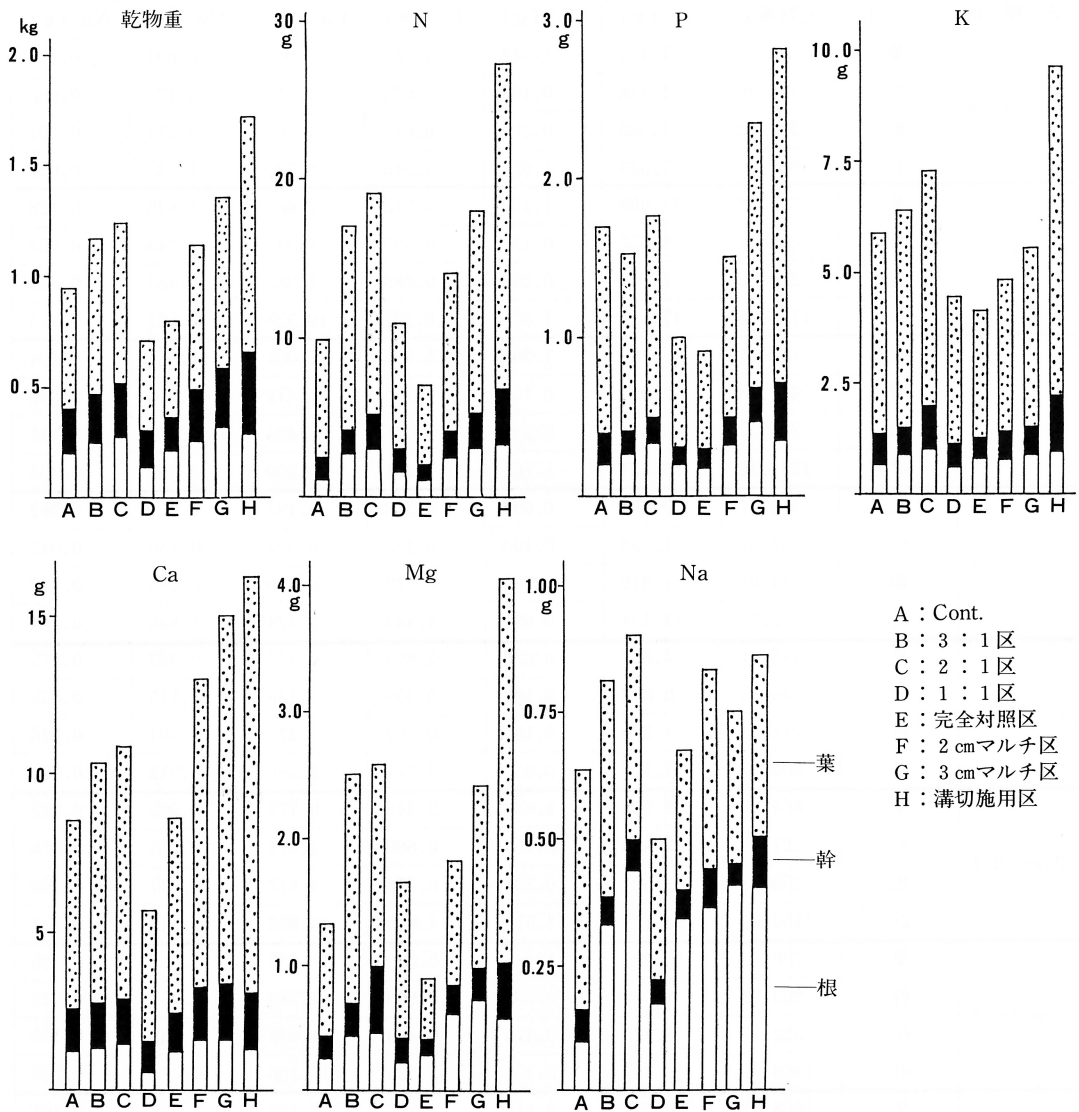


図-3 スギ養分含有量 (g/m<sup>2</sup>)

Fig. 3 Dry weight and distribution of nutrients in each part of Sugi seedlings (g per m<sup>2</sup>)

全対照区の葉における含有率と単純に比較してみると、施用区の各養分含有率の増加割合は、Nで62~75%で顕著にあらわれ、Pで14~29%、Kで6~23%、特にMgでは含有率は低いものの、2倍以上の増加を示した。このように、N、P、K、Mgの吸収に関しては効果の大小はあるが、汚泥施用の影響は十分認められる。Ca、Naでは、ほとんどあらわれないようである。

## 5. スギの乾物重量と養分含有量

各処理区別、部位別の1㎡当たり平均乾物重と各養分含有量を示すと表-6、図-3のとおりである（なお、参考として補助試験区のE、F、G、Hも示した）。乾物重は1：1区で最も小さく、3：1区と2：1区との間には明らかな差はみられなかった。対照区の乾物重は、施用区の3：1区と2：1区より小さい値を示した。これは、さきに苗木の充実度が低いことを述べたが、それに関連してこのような値をとったものと考えられる。また1：1区の乾物重が著しく小さいことからして、脱水ケーキの過剰投与が苗木の生育に大きな害作用をもたらすことを明確に示している。なおこのことは、完全対照区よりも劣っていることから明らかである。

ついで、養分含有量についてみると、Na以外は各成分とも葉に占める割合が最も大きく、幹で最も小さい。葉における各処理別のN含有量は、乾物重の場合とほぼ同じ傾向を示し、3：1区、2：1区でかなりの吸収をしている。全処理区中最大を示したのは溝切施用区で、N以外の成分についても、他の処理区にくらべ著しい吸収量を示した。このことは、生長量で述べたと同様、その施用方法がすぐれていることをあらわしているといえる。

P含有量の処理別差異は、葉のみにあらわれるが、含有率の場合と異なり、1：1区が他のすべての区との間に明らかな差を示すだけであった。これはさきの乾物生産量に影響された結果とみなされる。

K含有量は、葉の2：1区と1：1区の間に差がみられるのみである。

Ca含有量は、Nについて多く、2：1区≒3：1区≒7.6~8.0g/㎡であって、葉に占める量は著しく大きい。1：1区は4.2g/㎡で最小である。したがって各処理間の差は、1：1区と他のすべての区間に、対照区は3：1区と2：1区との間に有意差が認められる。

Mg含有量も、Caと同様な傾向であり、多施用の影響が認められる。Naは、各成分中、最も少なく、含有率の場合と同様に根に占める割合が大きい。汚泥施用の影響については明らかな傾向は認められない。

## ま と め

本試験は、下水汚泥の人工的処理の手数をはぶき、しかも、できるだけ多量に処理することを目標にして、スギ、ヒノキ、トウカエデ、サザンカに対する施用方法、施用限界量ならびにその施用効果を調べた。すなわち、施用方法としては混合法、マルチ法、および溝切施用法を用い、混合法においてはマサ土に対する脱水ケーキの容積混合比3：1（原物30.5kg/㎡）、2：1（原物75kg/㎡）、1：1（原物112.5kg/㎡）として実施したものである。

まず、汚泥施用が苗木の活着・生存率に及ぼす影響は、表にみられるように、4樹種中、スギで最も小さいが、マサ土との混合比1：1になると64%で、かなり低下し、2：3ではほとんど枯死する。また、トウカエデもスギと同程度であるが、一時的な落葉や、新軸の枯損による萌芽、再生苗木となるものが多くあらわれた。ヒノキは、混合比の最も小さい3：1ですら42%の生存率で、脱水ケーキの影響を相当強くうけている。そのうえ、枯死まで至るネキリムシの害が他の樹種にくらべ多く発生し、特に根の発育が悪い1：1区で、かなりの被害をもたらした。サザンカについては、苗木が不良であったことにもよるが、施用区ではどの処理区もほとんど枯死し、10%以下の生存率となった。このように汚泥からうける阻害の程度は、樹種、施用量によって異なり、供試樹種のうちではスギが最も強く、サザンカが最も弱いようである。

汚泥施用の影響が最も少なかったスギの生長についてみると、対照区の平均生苗重は92~94gであるのに対し、汚

表-7 苗木の処理別生存率(%)

Tab.7 Survival percent of seedlings

樹種	生存率(%)			
	対照区	3：1	2：1	1：1
スギ	99	87	86	64
ヒノキ	95	42	22	16
トウカエデ	100	77	79	64
サザンカ	64	9	5	6

泥施用区の3:1区と2:1区では、120gで明らかに大きく、しかもT/R率や充実度からみても、比較的良苗が生産されている。このように施用量がある程度適しておれば肥効は十分期待できる。しかし、これより多施用になるとその生育は著しく阻害されるようになる。すなわち、1:1区においては苗重80gと低下し、対照区よりもその生長量は低下する。かかる点から、この混合法(すき込法)による脱水ケーキの施用限界量は、スギ、トウカエデでは、マサ土:脱水ケーキの容量混合比3:1まで、ヒノキ、サザンカでは3:1よりかなり少ない施用量にしなければならないと考えられる。

ついで、苗木の養分吸収の面から施用の効果をみると、NやCa、Mgでは明らかに有効性が認められるが、P、Kでは顕著にあらわれない。むしろ脱水ケーキの多用は、P、Kのみならずすべての養分吸収に悪影響をもたらすようである。これは生汚泥の化学的変化による生理障害もさることながら、土壌の理化学性を劣悪化させることも一つの要因として考えられるが、これらについては目下検討中である。

要するに、脱水ケーキの過剰投与は、汚泥の諸成分の活性や化学的諸変化による阻害作用を大きくするばかりでなく、汚泥が化学的に分解、安定するにもかなりの期間を要することになり、その影響は長期化すると思われる。したがって、汚泥の施用効果をより期待するならば、植栽以前にまえて施用しておき、土壌中で十分分解させた後に苗木を植付けよう考慮しなければならない。

なお、この脱水ケーキの取扱いにあたっては、相当な困難性を感じた。脱水ケーキは不快な臭気を発生するうえ、ネバネバし、きわめて不潔なものであって、運搬、野積に際しても周囲の環境への配慮が必要とされる。またマサ土との混和にも多くの労力を要した。これに対し、天日による乾燥汚泥を用いたマルチ法は、臭気も少なく、取扱いも容易であったと同時に、試験成績もスギ、ヒノキともに良好な結果を示し、肥料効果は顕著にあらわれた。また、衛生面や作業性からみても実用的といえる。

一方、本試験で最も生育が良好であった溝切施用法は、混合法にくらべてかなり簡便で、労力も少なくてすむ。しかも、その肥効は大きいので、脱水ケーキの施用法としては最もすぐれていると思われる。しかし、これにしても衛生面や作業性からみると問題が残る。多量の施用をのぞむなら、二次、三次処理によって含水量の少ない顆粒状の形にするか、コンポスト化の必要があろう。やむをえず生汚泥のまま利用する場合は、なるべく幼苗に対する施用はさけるか、溝切施用法など、できるだけ根が直接汚泥に触れないようにすることが肝要である。

## 引用文献

- 1) 佐藤昌之:自治体における下水汚泥の緑農地利用の実際、汚泥の緑農地還元肥料化対策資料集、フジ・テクノシステム:228~241, 1976
- 2) 清水明:下水汚泥利用による海浜埋立地の緑化対策、同上:242~255, 1976
- 3) 作物分析法委員会編:栽培植物分析測定法:69~72, 養賢堂, 東京, 1975
- 4) 同上:同上, 73~86, 127~131
- 5) 横田志朗:原子吸光分光分析による土壌および植物中のカルシウムの定量について、林試報199, 99~108, 1967
- 6) 栗原淳:余剰汚泥の植物生育に及ぼす影響:汚泥の緑農地還元肥料化対策資料集、フジ・テクノシステム:170~187

(1983年8月31日受理)