

## 早期樹林化に関する基礎的研究（その2）

南九州の火山性土壌の保水・保肥特性

岡林 悦子<sup>†</sup> 田中 光徳<sup>†</sup> ミョーキン<sup>†</sup> 岡林 巧<sup>††</sup>

### Basic Research on Early Afforestation (part II)

Water Retentivity and Fertilizer Maintenance on Volcanic Soil of Southern Kyushu

Etsuko OKABAYASHI<sup>†</sup> Mitsunori TANAKA<sup>†</sup> MYO KHIN<sup>†</sup> Takumi OKABAYASHI<sup>††</sup>

#### Abstract

Shirasu, Gray mullet and Kuroboku are special volcanic soils found in Southern Kyushu. They have peculiar Physicochemical and chemical characters respectively. Furthermore, these Shirasu covers as much as 4700 km<sup>2</sup> in a total area. Shirasu holds itself during torrential rain but collapse soon after. The vegetation recovery after collapse is somewhat difficult. The Gray mullet from Sakurajima also shows similar trends like Shirasu. Where else, the Kuroboku have large weathering and the absorption of phosphoric acid. The Kuroboku also have remarkable large influence on vegetation. The examination of afforestation of Shirasu and Kuroboku were carried out by using inner generation Arbuscular Mycorrhiza in 2002 fiscal year. Needless to say that examination on afforestation with Gray mullet from Sakurajima will follow. Included in this research are, infiltration of column of inorganic ammonia, nitric acid and phosphoric acid by using Shirasu, Gray mullet and Kuroboku. The density change was measured mixing the scrap chip and used paper with soil respectively. This reports included the finding as the results.

**Key words** : Afforestation, Shirasu, Gray mullet, Kuroboku, Inorganic ammonia, Nitric acid, Phosphoric acid

#### 1. はじめに

南九州における火山性特殊土壌しらす、ほら、黒ほくなどは物理、化学的にそれぞれ特有な性質をもっている。また、この一帯のしらすは総面積4700km<sup>2</sup>にもおよび、豪雨などによる斜面崩壊や崩壊後の植生回復が困難であるなど問題を抱えている<sup>1)</sup>。桜島を中心としたほら土壌もまた同様であり、黒ほくは風食やリン酸吸収が大きいなど植生に影響を及ぼす。平成14年度に内生菌根菌を用いてしらすや黒ほく土壌の樹林化試験を行ったが、その後、桜島ほら土壌の樹林化の必要性もでてきた。本研究はしらす、ほら、黒ほくなどの各火山性特殊土壌について無機態アンモニア、硝酸、リン酸によるカラム浸透試験を行ったものである。また、

各土壌に廃材チップ、古紙などを混合充填した物についても同様のカラム浸透試験を行ったので、その結果について報告する。

#### 2. 早期樹林化の必要性

2003年7月号土木学会誌において、全国地球温暖化防止活動推進センター事務局長中村 祐は「CO<sub>2</sub>問題の概要、そのメカニズムと国際的取組み」と題してIPCC第3次報告書データをもとに、急速に進む温暖化と地球の過去40万年のCO<sub>2</sub>濃度と気温偏差による気温変化の関係について、次のように述べている。「今日、地球地表近くの平均気温は温室効果により15℃に保たれているがCO<sub>2</sub>濃度と平均気温偏差には強い相関がある。CO<sub>2</sub>濃度はこの間ほぼ280ppmと180ppmを4回往復しており、気温偏差もこれと同期しながら+2℃前後から-8℃と変化している。最近では約10万年のサイクルで氷河期と間氷期が繰り返されてきた。CO<sub>2</sub>の拡散スピー

<sup>†</sup> 第一工業大学 土木工学科

<sup>††</sup> 鹿児島工業高等専門学校 土木工学科

ドやCO<sub>2</sub>濃度上昇がもたらす気温上昇には時間的な遅れがあるが、この関係を単純化すると100ppmすなわち0.01%のCO<sub>2</sub>濃度変化は約10℃の気温変化に対応している。」この事は当初予測された平均気温上昇1~2℃が大きく変わる可能性を示唆している。

また、IPCCは排出シナリオのひとつとして2100年頃のCO<sub>2</sub>濃度は540~970ppmに増加し、1990~2100年の平均温度上昇は1.4~5.8℃で、陸地ではこれより急速な温暖化が進行するとしている。

温室効果の程度はガス種の大気中濃度と温暖化指数の積で表されCO<sub>2</sub>が最も大きい。その対策として発生の抑制以外には海への固定化、樹林化が主たるものである。

### 3. 火山性土壌の化学・物理的性質と農学・工学上の問題点

#### 1) しらす

しらすの代表的なものは約26000年B.P.から16000年B.P.の入戸軽石流（火砕流の一種）である。しらすは地層としては軽粗な岩相を示すが、乱した状態では単なる砂質土となる。南九州に総計約4700km<sup>2</sup>その72%が鹿児島県、27%が宮崎県に分布する。しらすの構成粒子は火山ガラスと軽石がほとんどで化学成分はSiO<sub>2</sub>70%前後、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が十数%と成る。しらすの比重は2.30~2.50と一般の土のそれより小さく、水による浸食堆積作用によってできた二次しらすは斜面崩壊を起こしやすい。また風化によって陽イオン交換容量、リン酸吸収係数は増加しpHは減少する。

#### 2) 黒ぼく

黒ぼく、赤ぼくは火山灰質粘性土と総称され日本全国の火山灰地帯に分布している。洪積世から沖積世にかけての降下火山灰が特殊な風化過程を経てできたものである。風化過程で火山ガラスや斜長石からアロフェンができ、さらにカオリン鉱物へ移行する。この土の化学的特異性は高い塩基置換容量、リン酸の固定、イオン交換能のpH依存性などがある。農業上はこの中のリン酸固定が大きな問題となる。

#### 3) ぼら

降下軽石に対して用いられる。この風化層は風化しらす同様の性質を持つが、新鮮な降下軽石はしらすに含めない。南九州に分布するぼらは、桜島および大隈半島北部など桜島北西部に存在し、主として軽石層からなる。SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有量が

多く表-1の様にSiO<sub>2</sub>、57~60%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は19.2~26.6%を占め鉱物成分はガラス、石英、長石である。ぼら層の問題点は透水性が高く保水力もないことから農地としてこれを排除する事業が行われた。砂防上でもN値が低く、中央粒径が2~8mmにもなる粒度であるため透水性は非常に高く乾燥密度0.41/m<sup>3</sup>で圧縮強さも2~50kgf/cm<sup>2</sup>のばらつきがあり工学上の大きな問題となっている。これら九州沖縄の特殊土壌分布は図-1のようになる。

### 4. 試験装置の概要

図-1はカラム浸透試験装置の概略を示したものである。カラム内径は76mmカラム底部のフィルターは最下部に6号砕石を均等に敷き詰め、メッシュ、ガーゼ、脱脂綿、ガーゼ、メッシュのフィルター上に均一に各種土壌ならびに混合土壌を充填した。さらに蒸留水で満たした後、浸出速度がほぼ定常になるまで流下した後測定を行った。

### 5. 試料

本研究で用いた土壌の種類はしらす、ぼら、黒ぼくの3種で、充填材は古紙（新聞紙をシュレッダー処理後裁断）、廃材チップの2種類とした。各種土壌について無充填、古紙充填、廃材チップ充填の3種類で合計9種類の浸透実験を行った。しらすは国分市芦屋の一次

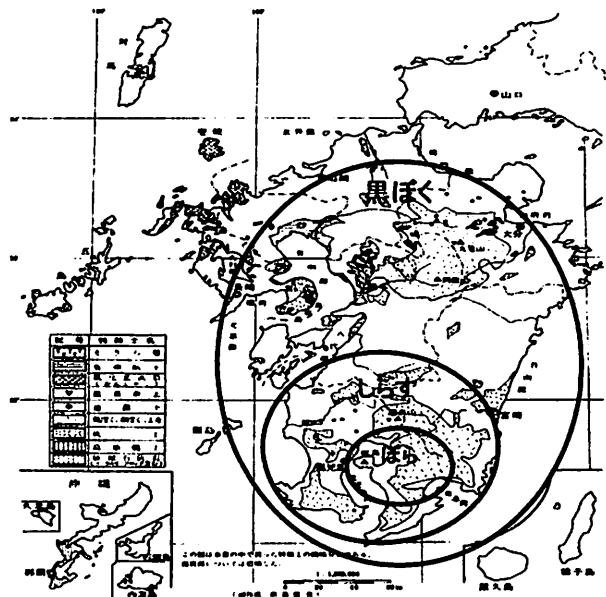


図-1 九州・沖縄の火山性土壌分布図

しらすを乱したもの、ほらは桜島黒神権現山付近、黒はくは牧園町宿窪田のものを用いた。またしらすについてはX線回折を行った。混合充填した古紙と廃材チップは圧縮容量が試料の5%とした。これらの試料を内径17mm高さほぼ1000mmの円筒カラムに充填した。カラムには流量調整用バルブを設け、カラムの下部に細骨材、スチールメッシュ、ガーゼ、綿よりなるフィルターを入れた。浸透用カラムを図-2に示す。カラム

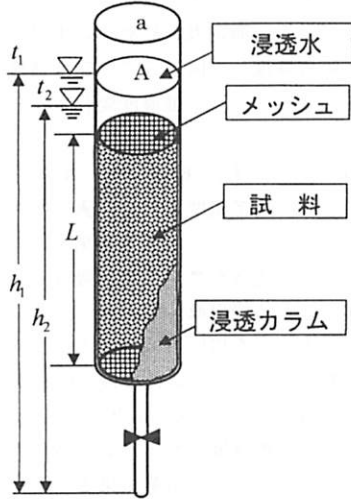


図-2 カラム浸透装置

へ試料充填し軽く締め固めた後に水を入れて試料内の空気を抜いた。さらに流速がほぼ一定になるまで水を流した後、各試料の浸透試験をおこなった。

## 6. 水溶液と測定法

浸透用の各水溶液にはリン酸二水素カリウム、硫酸アンモニウム、硝酸カリウムを用いた。リン酸、アンモニア、硝酸の各イオン分析はDR2000(分光光度計)にて測定を行った。リン酸はモリブデン青吸光度法、アンモニアはネスラー法によった。各イオンは実験時に作成し初期濃度を測定した。

## 7. 測定結果と考察

表-1と図-3は一次しらすとほらの物理・化学試験の結果を示している。表-1より一次しらすとほらは $\text{SiO}_2$ が約70~60%前後の高い値を示し、次いで $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ の順となる。図-3は今回の実験に用いた一次しらす(国分市芦屋)のX線回折結果で、鉱物は石英と斜長石の存在を示している。図-4は各種土壌(一次しらす、黒はく、ほら)それぞれに無充填、古紙充填、廃材チップ充填の9種類のカラムを作成して水の浸出量と時間変化を測定したものである。充填材の有無に関わらず、ほらを用いたカラムの水は短時間で浸出した。黒はくと一次しらすの水の浸出量と時

表-1 一次しらす(国分市芦屋)とほら(桜島)の化学成分(%)

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$
一次しらす	68.15	14.01	2.28	0.40	1.26
ほら	58.60	26.57	5.30	0.72	5.26

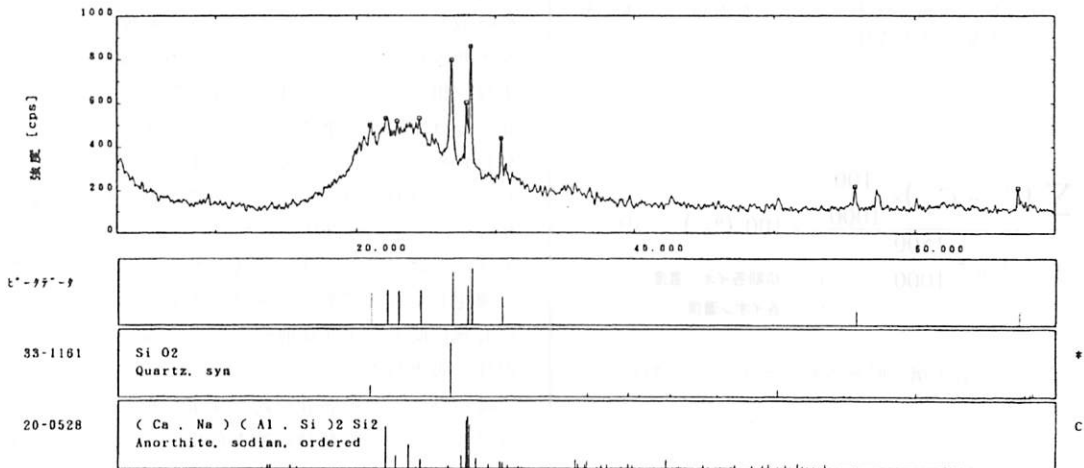


図-3 一次しらす(国分市芦屋)のX線回折による鉱物ピークデータ

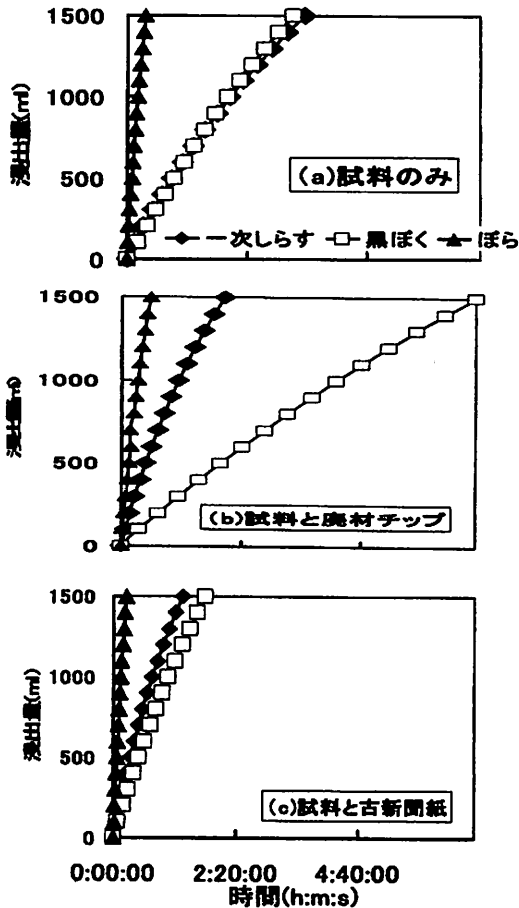


図-4 土壌(一次しらす, 黒ぼく, ぼら)に各充填材(無, 古紙, 廃材チップ)を充填した時の水の浸出量と時間変化

$$\frac{\sum (C_0 - C_x) \times \frac{100}{1000}}{C_0 \times \frac{1500}{1000}} \times 100 (\%) \dots (1)$$

$C_0$  : 初期各イオン濃度  
 $C_x$  : 各イオン濃度

式-1 各土壌に吸着された各イオンの濃度

間変化は同様の傾向を示したが, 廃材チップ充填のものは6時間を越える長時間を要した。測定により算出した各土壌の15℃に対する透水係数は一次しらす $3.10 \times 10^{-3}$  ( $k_{15}$  (cm/s)), 黒ぼく $1.00 \times 10^{-4}$  ( $k_{15}$  (cm/s)), ぼら $3.03 \times 10^{-3}$  ( $k_{15}$  (cm/s))となった。

式-1は各種土壌(一次しらす, 黒ぼく, ぼら)の各イオン水溶液(アンモニア, 硝酸, リン酸)浸透試験で各土壌に吸着された各イオン濃度の計算式である。分子は土壌に吸着されたイオン量を分母は投入したイオン量を示している。測定及び計算の結果はアンモニア濃度変化と吸着濃度%を図-5に, 硝酸濃度変化と吸着濃度%を図-6に, リン酸濃度変化と吸着濃度%を図-7に示している。

図-5の(a)一次しらす, (b)黒ぼく, (c)ぼらの各カラム浸出液のアンモニア濃度変化と, 表の各カラム内土壌に吸着されたアンモニアの計算結果をみると, 一次しらすとぼらには大きなアンモニア吸収がある。また充填材の違いによる浸出液のアンモニア濃度変化を比較すると廃材チップを用いたものはどの土壌も吸着濃度が低く, 中でも黒ぼくにはほとんど吸着が見られない。図-6の(a)一次しらす, (b)黒ぼく, (c)ぼらの各カラム浸出液の硝酸濃度変化と, 表の各カラム内土壌に吸着された硝酸イオンの計算結果をみると, 一次しらす, ぼら, 黒ぼく共に硝酸吸収は見られない。充填材の違いによる浸出液の硝酸濃度変化を比較すると廃材チップ, 古紙の順に各土壌の吸着濃度が低くなる。図-7の(a)一次しらす, (b)黒ぼく, (c)ぼらの各カラム浸出液のリン酸濃度変化と, 表の各カラム内土壌に吸着されたリン酸の計算結果をみると, 黒ぼくとぼらに大きなリン酸吸収があり, 特に黒ぼくは大きなリン酸吸収を示している。しかし, ある程度のリン酸吸収が予想された一次しらすにリン酸吸収はない。これは実験に用いた一次しらす(国分市芦屋)がほとんど風化を受けていない事を示しており, 活性アルミニウム酸化物やアロフェインなどは含まれていないと考えられる。充填材の違いによる浸出液のリン酸濃度変化を比較するとその差は見られない。図-8は一次しらす, 黒ぼく, ぼらの各カラム浸透試験後の各土壌の含水比を測定したものである。黒ぼく土壌の含水比は充填材の有無に関わらず90%前後と極端に高い値を示し, 保水性, 吸水性がかなり高いことが分る。しかし, 黒ぼくは攪乱による軟弱化を起こす事が知られており, 活性アルミニウムと腐植の妨害作用によって安定処理が困難とされている。ぼらは黒ぼくと対照的に充填材の

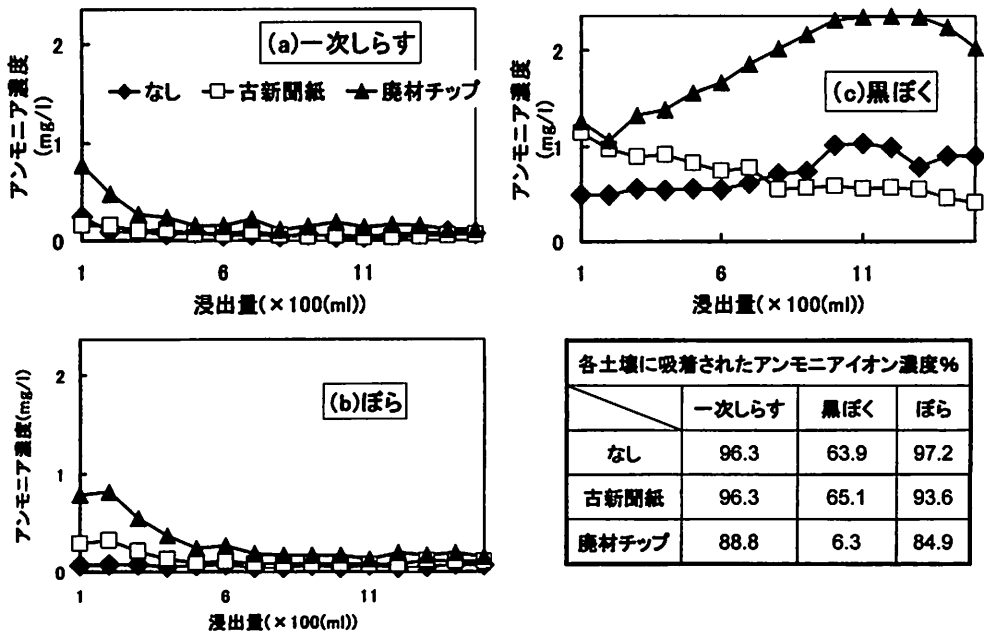


図-5 (a)一次しらす (b)ぼら (c)黒ぼくの各カラム浸出液のアンモニア濃度変化と表は各カラム内土壤に吸着されたアンモニア (%)

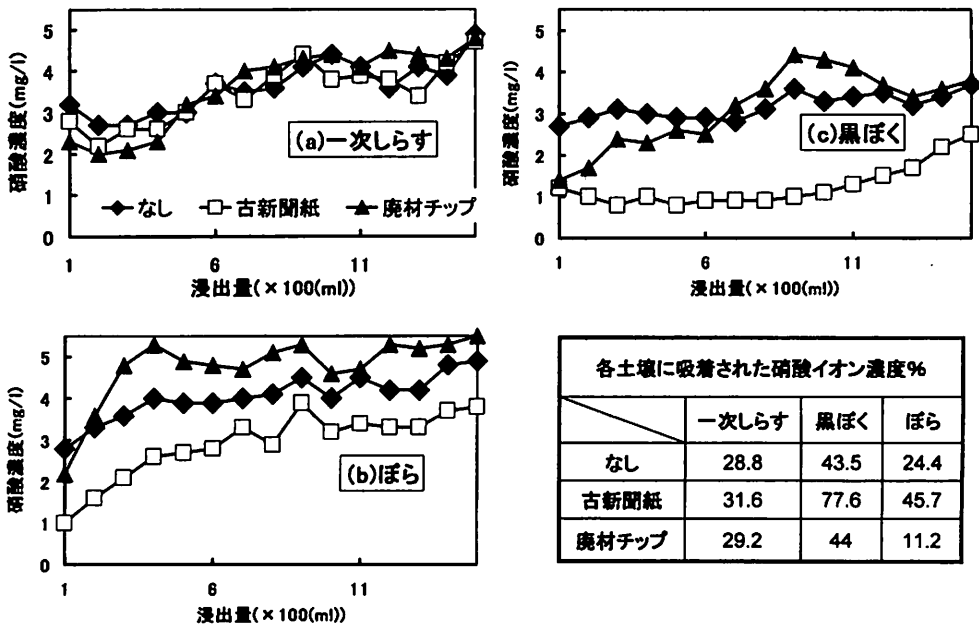


図-6 (a)一次しらす (b)ぼら (c)黒ぼくの各カラム浸出液の硝酸濃度変化と表は各カラム内土壤に吸着された硝酸 (%)

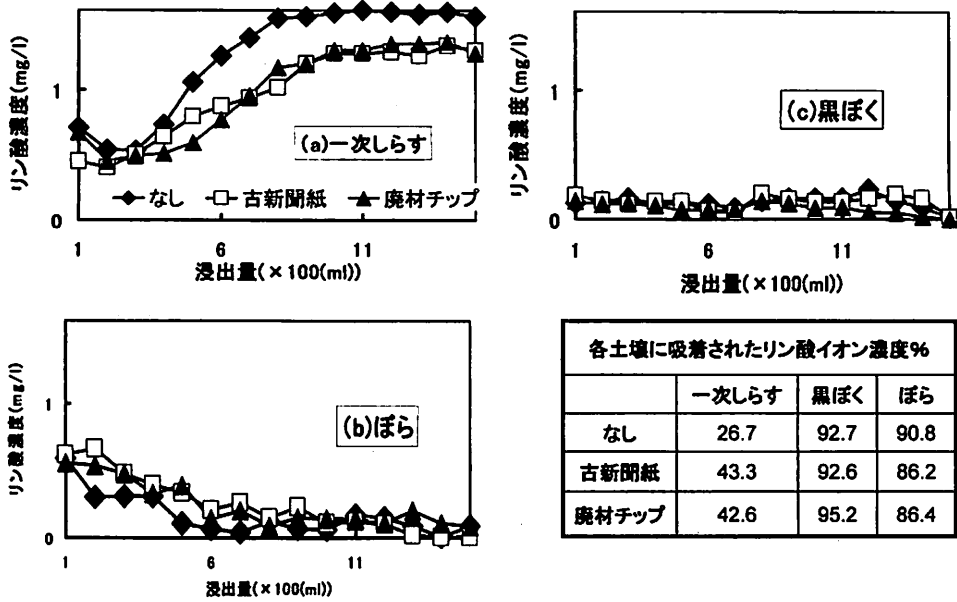


図-7 (a)一次しらす (b)ぼら (c)黒ぼくのカラム浸出液のリン酸濃度変化と表は各カラム内土壌に吸着されたリン酸 (%)

有無に関わらず含水比が低い値を示す。ぼらと一次しらすを比較すると充填材による保湿効果はいずれも廃材チップ、古紙、無充填の順になり充填材による保水効果が期待できる。黒ぼく土やアロフェインは大きなCEC(陽イオン交換容量)とACE(陰イオン交換容量)を持っているが、これらは降雨などのpHに大きく作用される。活火山である桜島周辺ではpH2の強酸性雨も記録されており、CECはかなり小さくすると予想される。

以上の結果より今回樹林化の必要となった桜島のぼら土壌に枯れた松を廃材チップとして利用することは保水の面で有効であると考えられる。また、黒ぼくは大きなリン酸吸収があり充填材によって水の透過性が大きく変動する。一次しらすはいずれのイオン吸着も見られず保肥性はないと考えられる。

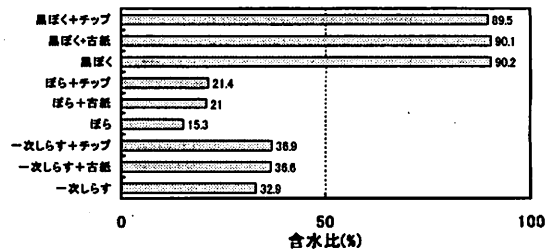


図-8 カラム浸透試験後の各土壌の含水比

[参考文献]

- 1) 山内豊聡：九州・沖縄の特殊土，九州大学出班会，pp.145～165, 1983
- 2) 難波直彦：平年11度特殊土壌地帯推進調査書，1999
- 3) 岩田進午：土のはたらき pp.50～53, 1996