

B-11

ダムサイト緑化試験区からのリンの流出におけるコロイド粒子の関与

広島大学大学院工学研究科

広島大学工学部

Osarborg Univ.

広島大学工学部

広島大学工学部

○本下 晶晴

山口 登志子

Per Moldrup

尾崎 則篤

福島 武彦

1. はじめに

近年、土壌内における新たな汚染物質の輸送機構としてコロイド粒子に吸着した輸送が注目されるようになってきた。コロイド粒子は表面積が大きいいため、汚染物質を吸着しやすく、汚染物質が吸着して輸送されると、土壌・地下水中を汚染物質が従来の予測よりも長距離を移動する可能性がある。

広島県加計町に建設された温井ダムでは、ダムサイトの景観向上・環境復元を目的として緑化試験区が設置され、区画内には肥料などの土壌養分が多く含まれている。本研究では、環境に影響を与える化学物質としてリンに着目し、試験区からの流出水を自然降雨時および人工降雨実験時に採水し、リンの流出におけるコロイド粒子の寄与割合の把握、コロイド態リンの流出挙動に与える土層厚の影響、自然降雨と人工降雨の違いなどに関する検討を行った。

2. 調査地および調査方法

2.1 調査対象となる緑化試験区の概要

本研究では、温井ダムに設置されたダムサイト緑化試験区（小段）からの浸透水を採取して調査を行った。Photo.1に試験区の写真（人工降雨実験時の様子）を示す。対象とした区画はA60、B60、A40、B40の4試験区であり、それらにおける土壌構成材の配合をTable 1、各区画の規模などをTable 2に示す。



Photo.1 The sampling site at Nukui dam.

Table 1 Composition of the soil at each sampling site.

Sampling site	A40,A60	B40,B60
Sand*	24%	23%
Decomposed Granite	60%	59%
Bark compos	11%	-
Vermiculite	5%	-
Zeolite	-	6%
Str ■		

Table 2 The size of the sampling site.

Sampling site	Area (m ²)	Soil depth (cm)
A60	3.7	60
B60	4.0	60
A40	4.9	40
B40	4.3	40

2.2 調査方法および分析方法

自然降雨時における調査は、緑化試験区（A60、B60、A40、B40）からの流出水を、1999年9月と11月、2000年の6月と9月の計4回サンプリングし、分析した。採取したサンプルは、雨水が土壌中を浸透した後に試験区の排水口から流出してくる浸透水である。人工降雨実験では、1999年11月に1回、各試験区画（B60、B40）に人工的に一定量の降雨を散布し、試験区からの流出水を採取し、分析を行った。人工降雨の散布は、1区画の面積から降雨強度が10mm/hrに相当するように40Lの供給水を2時間かけて散布した。散布方法は、4L供給水をジョウロを用いて12分毎に試験区全体に均一になるように人力で供給した。用いた供給水は温井ダム周辺の地下水である。サンプリングは、各試験区からの流出水の流出開始から30分間隔で2時間継続して

行った。ここで、降雨強度および降雨継続時間は、自然降雨時では降雨強度が平均1.5mm/hrで、降雨継続時間が10時間、人工降雨実験では降雨強度が10mm/hrで、降雨継続時間が2時間であった。

分析項目は、現地調査・人工降雨実験ともに、濁度、リン濃度である。本研究では粒子径が $0.001 \sim 1 \mu\text{m}$ の粒子をコロイド粒子と呼び、 $0.001 \mu\text{m}$ 以下は溶存態とし、コロイド粒子に吸着したリンのことをコロイド態リンと呼ぶこととする。

また、本研究で調査対象とした緑化試験区で用いられている各土壌構成材について、環境庁告示第13号の溶出試験方法（6時間振とう試験）に準拠し、リンの溶出実験を行った。

3. 調査結果および考察

3.1 コロイド粒子の流出量と濁度との関係

コロイド粒子の濃度は濁度と強い相関があるといわれている。本研究でも、土壌カラム実験（ローム土）での流出水を用いてコロイド粒子と濃度との相関関係について調べたところ、コロイド粒子の濃度を $M(\text{mg/L})$ 、濁度を $T(\text{NTU})$ として、 $M=4.72T$ ($n=20$, $R^2=0.46$) という有意な相関が得られた。したがって、本研究では濁度によりコロイド粒子の流出量の評価を行った。

3.2 自然降雨時における調査結果

(1) 試験区毎の各態のリンの流出状況

Fig.1に各試験区における溶存態リンおよびコロイド態リンの流出濃度を示す。Fig.1より、溶存態、コロイド態共に試験区B60, B40からの流出濃度が高いことが分かる。試験区B60とB40、試験区A60とA40はそれぞれ同一の土壌構成材の配合となっていることから（Table 1参照）、配合Bの方がAに比べてリンの流出量が多いと思われる。そこで、各土壌構成材からのリンの溶出量（コロイド態+溶存態）について調べるため、振とう溶出試験を行った。その結果、竹活性炭からかなりのリンの溶出があり、麦わら堆肥、パーク堆肥からもリンの溶出が見られた。よって、配合Bからのリンの流出濃度が高くなるものと思われる。また、配合Bに含まれるゼオライトはリン酸吸着係数が小さいといわれており、リンを土壌に保持する能力が小さいことも一つの要因ではないかと考えられる。

Fig.2に各試験区におけるコロイド粒子の流出濁度の平均値を示す。Fig.2より、配合Aに比べて配合Bにおいてコロイドの流出濁度が高い。両者の違いは土壌構成材の配合であるので、それによる影響ではないかと考えられるが、流出したコロイドが何に由来するのか明らかではなく、今後さらに調査が必要である。

(2) コロイド粒子によるリンの輸送割合

Fig.3に各試験区でのリンの流出におけるコロイド粒子による輸送の割合を示す。ここで、コロイド粒子による輸送割合はコロイド態リン濃度と溶存態リン濃度の和を $T-P$ と考え、それに対するコロイド態リン濃度の割合

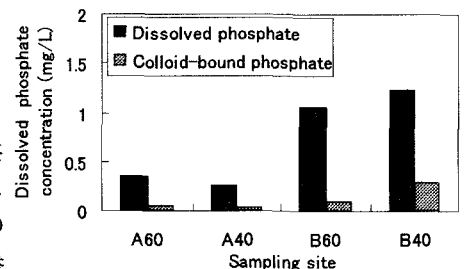


Fig.1 Concentration of dissolved phosphate in the effluents at each sampling site.

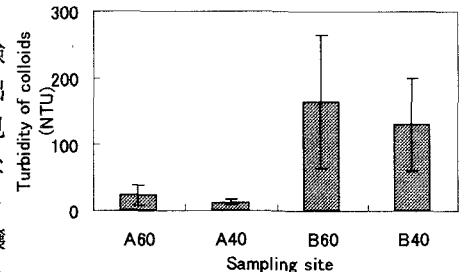


Fig.2 Turbidity of colloids in the effluents at each sampling site.

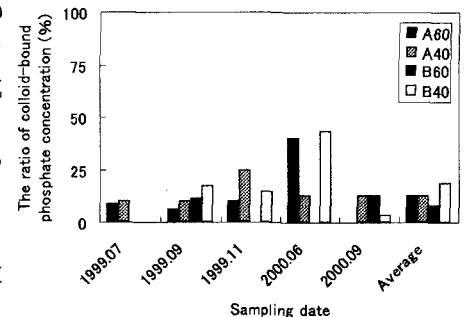


Fig.3 The percentage of colloid-bound phosphate to the total phosphate ($<1 \mu\text{m}$) in the effluents at each sampling site.

とした。Fig.3より、多少ばらつきはあるが約3～43%を占めており、平均約20%となっている。

(3) 土層厚がコロイド粒子によるリンの輸送に与える影響

Fig.4に試験区A60とA40、B60とB40におけるコロイド態のリン濃度を示す。Fig.4(a)より、配合Aに関しては土層厚が長くなると流出濃度が増加している。これは土層厚が長くなるにつれて浸透水と土壌がより多く接触するため、土壌からのリンの流出量が多くなるものと思われる。しかし、Fig.4(b)より、配合Bでは、逆に土層厚が短い方が流出濃度が高い。この理由としては、配合AとBで流出するコロイドの種類が異なり、土壌内における移動特性が異なる可能性が考えられるが、まだ明らかになっていない。

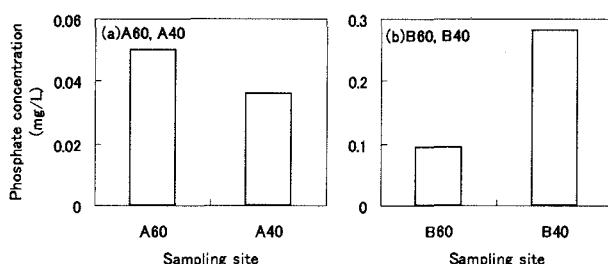


Fig.4 Effect of soil depth on colloid-bound phosphate concentration in the effluents at each sampling site.

3.3 自然降雨と人工降雨の比較

Fig.5に自然降雨と人工降雨時における流出水中の溶存態リン濃度(a)、コロイド態リン濃度(b)を示す。Fig.5より、配合Aでは自然降雨と人工降雨でそれほど大きな差は見られない。それに対し、配合Bでは溶存態、コロイド態共に自然降雨時の方が流出濃度が高い。この点に関しては明確になっておらず、今後の課題であるといえる。

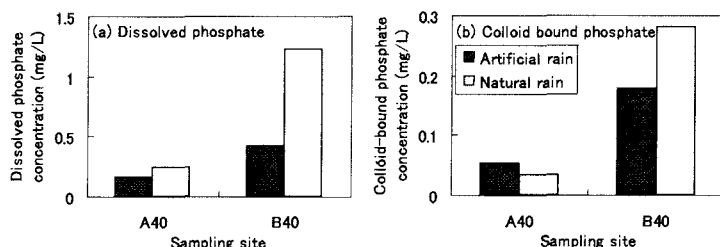


Fig.5 Concentration of dissolved phosphate and colloid-bound phosphate in the effluents at each sampling site (artificial rain and natural rain).

4. まとめ

(1) コロイド粒子によるリンの輸送が実際に存在することが確認され、リンの流出においてコロイド粒子が寄与する割合は、自然降雨調査時・人工降雨実験時ともに、全リンの流出に対して平均で約20%であることが分かった。

(2) 土層厚の影響に関しては、含有コロイド粒子量およびコロイド粒子の種類によりコロイド粒子の流出挙動が異なるため、はっきりとした結論は得られなかった。また、土壌構成材の種類により、含有しているコロイド粒子の種類および量が異なることから、構成材の種類がコロイド態リンの流出に大きく関与していることが分かった。

(3) 試験区A40では自然降雨と人工降雨で大きな差は見られなかったが、B40では自然降雨時の流出濃度が高くなっており、この点については明らかに出来なかった。

以上より、コロイド粒子によるリンの輸送は最大で約40%を占めていることもあるため、どの構成材からコロイド粒子が流出し、土層厚の違いによってどのような影響を受けるか更なる検討が必要である。

温井ダムのように土木事業を行った後の景観向上・環境復元の目的で行われる緑化事業はますます増加していくものと思われる。しかし、本研究の結果からも分かるように多くのリン（最大約40%）がコロイド粒子により輸送されており、降雨時に土壌から流出し、周辺環境（地下水、河川等）の汚染を招く恐れもある。したがって、どの土壌構成材を混合して緑化を行うかは、植物の生育のみならず、土壌養分の流出による周辺環境への影響を考える上で、非常に重要である。よって、今後もどのような条件の下でコロイド粒子によってリンが輸送されるのかについて検討を行うことは非常に重要であると思われる。