

降雨により流出する有機態リンの生物利用可能性

環境計画研究室 島村 泰弘

1. 序論

降雨時に発生する物質は溶解性よりも粒子性が多いことから、最近では、粒子性物質の特性や生物利用可能性を評価する研究が注目されてきている。その結果、これらが水質に及ぼす影響は無視できないことと、粒子に含まれている有機態リンの含有量が大きいことがわかってきた。これは粒子性物質あるいは有機物の分解性等の特性によって、生物利用可能性や水中に溶出する量が異なることを意味している。

このような背景から、粒子性の有機態リン (POP) がいつ、どのように、どの程度分解されて、生物が利用可能なリンに変化するのかといった特性の調査をすることが必要とされている。

そこで本研究では、降雨時に主に粒子性物質の発生源として考えられる山林、畑地、水田の土壌を利用して、土地利用別及び粒径別に、各形態別リンの抽出実験や、有機物の現存量の測定等を行った。POPの分解を評価することは、面源から流出する粒子性物質の生物利用可能性や、水系に与える潜在力の評価を可能にすると考えられる。

2. 研究方法

鳥取市北西部に位置する湖山池への流入河川である長柄川流域を対象とし、図1のような方法で

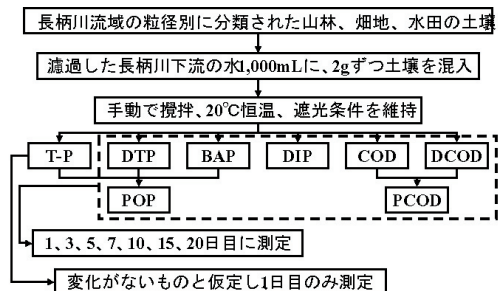


図1 研究方法

連続抽出実験を2度実施した。

総リン (T-P) から、溶解性の総リン (DTP) 及び粒子性の無機態リン (BAP) を引くことで、POPを求めた。20日間の連続抽出実験で求めた各形態リンの濃度を、T-Pに占める割合としてグラフ化し、POPの変化過程を見た。

なお、各土壌に粒径 212 ~ 106 μm 、106 ~ 45 μm 、45 ~ 20 μm 、<20 μm があり、信頼性を高めるためにそれぞれ3つ用意し、濃度の決定は3つのデータを平均して求めた。

3. 結果と考察

まず、初日に測定したT-P濃度を図2に示す。図2より、山林、畑地、水田いずれのT-P濃度においても、粒径が小さくなるにつれて、増加して

いることがわかった。降雨時流出のT-P含有量は、粒径が細かいほど高い傾向となるが、降雨時を想定した本研究も同様の結果が得られた。また、第1回、第2回ともに、畑地、水田、山林の順になっていて、山林と畑地及び水田との差はかなりあった。

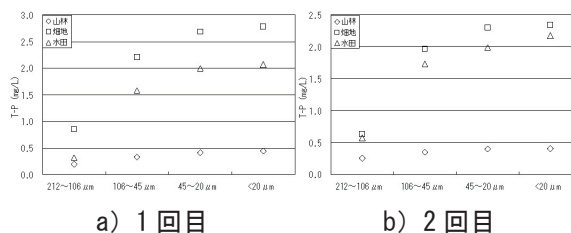


図2 容器中のT-P濃度

次に、土地利用別、粒径別に各形態リンの構成を見た。ここでは、各土壌の粒径 212 ~ 106 μm を示す (図3、図4、図5)。

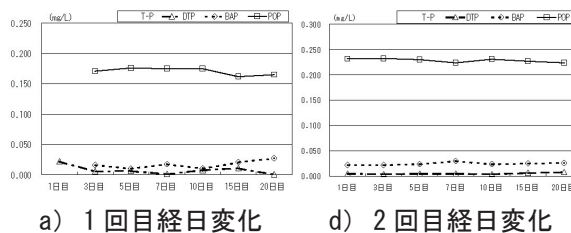
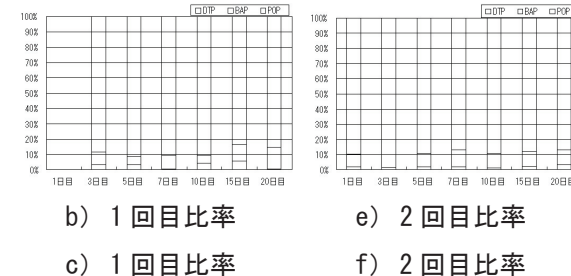


図3 山林の粒径 212 ~ 106 μm の測定結果



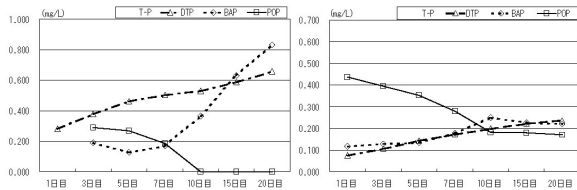
	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	15日目	20日目	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	15日目	20日目
DTP	11.47%	8.15%	8.36%	0.62%	4.03%	5.74%	0.47%	1.73%	1.21%	1.00%	1.33%	1.40%	2.45%	3.15%
BAP	-	8.48%	5.45%	0.10%	5.37%	10.65%	14.26%	8.58%	8.43%	3.97%	11.33%	9.20%	9.59%	9.94%
POP	-	88.37%	91.21%	90.28%	90.54%	83.62%	85.27%	89.67%	90.06%	89.13%	86.80%	89.40%	87.96%	86.91%

図3 山林の粒径 212 ~ 106 μm の測定結果

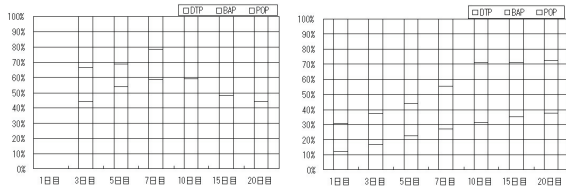
山林の土壌では、T-P中における形態別リンの比率が粒径の大小に関係なく、ほぼ同様の値を示すことがわかった。また、そのほぼ9割をPOPが占めており、20日間でそれがほとんど変化することにはなかった。このような結果になる理由として、山林の土壌はあまり人間の手が加わらず、毎年定まった時期に落葉・落枝が土壌表層に添加され、この表層に厚く堆積された落枝の層は、耕地土壌には見られない山林土壌特有の有機物の層であり、これが山林の土壌の粒径に関係なく含まれているためと考えられる。

畑地における粒径 212 ~ 106 μm の場合は、1

回目の実験では10日目でPOPが全て分解される結果となった。また、DTP、BAPは日を追うごとに増加し、特にBAPはT-Pに迫る勢いで増加した。2回目においても、POPは20日間で40%以上分解されたが、10日目以降はそれまでの減少具合に比べて、かなり緩やかなものとなった。いずれにしても、畑地の粒径212～106μmの土壌は、短期的にPOPを無機態リンに分解しやすい特性を持っていることがわかった。しかし、他の粒径では、1回目と2回目の結果でかなりの差が現れ、1回目では粒径106～45μm、45～20μm及び<20μmのPOPはかなり分解されたが、2回目ではいずれもあまり分解されず、70%前後の値を保った。その理由として、保存容器が異なることや、使用した試料水のpHの相違等が考えられるが、はっきり



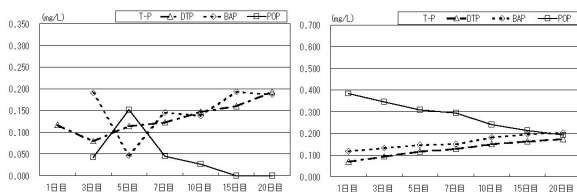
a) 1回目経日変化 d) 2回目経日変化



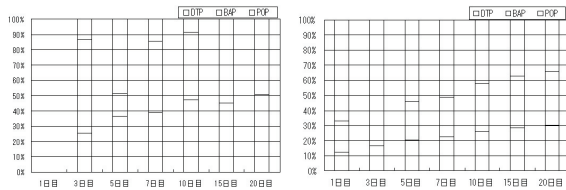
b) 1回目比率 e) 2回目比率
c) 1回目比率 f) 2回目比率

	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	15日目	20日目		1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	15日目	20日目
DTP	32.79%	44.18%	53.92%	57.2%	61.23%	63.40%	65.26%	DTP	12.01%	16.80%	22.20%	27.14%	31.44%	35.10%	37.78%
BAP	22.21%	14.70%	10.68%	42.55%	73.72%	97.10%		BAP	18.64%	20.52%	21.33%	23.39%	30.57%	36.13%	35.08%
POP	33.61%	31.28%	21.55%	0.00%	0.00%	0.00%		POP	69.34%	62.63%	56.05%	44.27%	28.95%	23.68%	27.20%

図4 畑地の粒径212～106μmの測定結果



a) 1回目経日変化 d) 2回目経日変化



b) 1回目比率 e) 2回目比率
c) 1回目比率 f) 2回目比率

	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	15日目	20日目		1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	15日目	20日目
DTP	37.40%	25.38%	36.41%	39.19%	47.17%	51.26%	61.77%	DTP	12.33%	16.47%	20.52%	22.50%	26.28%	28.30%	30.37%
BAP	60.91%	15.04%	46.57%	44.33%	41.83%	39.30%		BAP	20.66%	23.08%	25.72%	26.18%	31.66%	34.17%	35.59%
POP	13.51%	48.48%	14.24%	8.50%	0.00%	0.00%		POP	67.02%	60.45%	53.76%	51.22%	42.06%	37.33%	33.84%

図5 水田の粒径212～106μmの測定結果

とした原因は不明である。

水田における粒径212～106μmの場合は、1回目の実験では15日目でPOPが全て分解される結果となった。また、DTPは1日目を除けば、日を追うごとに増加したが、BAPは増減することが多かった。2回目においても、POPは20日間で30%以上分解されたが、その減少具合は畑地の粒径212～106μmの土壌とは異なり、日を追うごとに徐々に減少するというものであった。全体的に見ると、水田の土壌では、粒径が小さくなるにつれて、POPの分解が緩やかになることがわかった。しかし、どの粒径においても、着実に分解は進んでおり、水田の土壌は長期的な分解作用を持っていると考えられる。粒径によって差は出たものの、分解が進む理由として、水田における土壌は一旦乾かしてから湛水すると、土壌有機物が微生物分解を受けやすくなり、本研究で行った室内実験が、この条件に当てはまったからではないかということが考えられる。

これらを総括して検討するために、POPの分解速度を土地利用別、粒径別に具体的な数値化をして表した。そのため、ここでは以下の式1を利用した。

$$[A] = [A_0] \exp(-kt) \quad \dots$$

表1 土地利用別、粒径別に見た反応速度定数

土地利用	粒径	1回目			2回目		
		初日	最終日	k	初日	最終日	k
山林	212～106μm	0.1710	0.1650	19.84×10^{-4}	0.2309	0.2238	15.62×10^{-4}
山林	106～45μm	0.3079	0.2986	17.04×10^{-4}	0.3128	0.3109	3.05×10^{-4}
山林	45～20μm	0.3834	0.3789	6.56×10^{-4}	0.3640	0.3632	1.10×10^{-4}
山林	<20μm	0.4112	0.4078	4.61×10^{-4}	0.3701	0.3665	5.43×10^{-4}
畑地	212～106μm	0.2886	0.1854	885.05×10^{-4}	0.4372	0.1715	467.90×10^{-4}
畑地	106～45μm	1.0593	0.3185	667.63×10^{-4}	1.5493	1.3420	71.82×10^{-4}
畑地	45～20μm	0.7454	0.2562	59.31×10^{-4}	1.7064	1.5165	58.99×10^{-4}
畑地	<20μm	0.6979	0.2084	671.45×10^{-4}	1.6628	1.4933	53.76×10^{-4}
水田	212～106μm	0.0423	0.0256	579.84×10^{-4}	0.3838	0.1938	341.65×10^{-4}
水田	106～45μm	1.3397	1.1139	102.54×10^{-4}	1.4074	1.2455	61.10×10^{-4}
水田	45～20μm	1.5628	1.4443	43.81×10^{-4}	1.5722	1.4502	40.39×10^{-4}
水田	<20μm	1.5171	1.4180	37.53×10^{-4}	1.6226	1.5222	31.94×10^{-4}

(式1)

ここで、Aは最終日の濃度、A₀は初日の濃度、kは反応速度定数、tは日数である。以上の条件で導出した、それぞれのkの結果を表1に示す。

土地利用別に見ると、POPの分解速度は畑地が一番速く、次いで水田、山林となることがわかった。次に、粒径別に見ると、1回目は畑地>水田>山林であるが、2回目は畑地>水田>>山林という感じになった。さらに、全体的に見ると、1回目の畑地、2回目の山林を除いて、粒径が大きくなればなるほど、分解速度が速くなる傾向にあった。T-Pは畑地が一番高く、粒径が小さくなればなるほど高くなっていたが、POPの分解速度は土地利用の畑地が一番速いのは同じであったが、粒径の大小については逆の結果となった。

4. 結論

POPに対して、山林の土壌はほとんど分解せず、畑地の土壌には短期的に分解する作用があり、水田の土壌には長期的に分解する作用がある傾向が見られた。よって、富栄養化の悪化を抑制しつつ、農耕地で農業を行う場合、畑地は目的に応じた適量の化学肥料(農薬)を、水田は有機肥料を使用するのが良いのではないかと考えられる。