

尿からのリン回収を目的としたMAP生成とその過程における生理活性物質の挙動

龍谷大学大学院 学生会員 ○島田 知子 正会員 越川 博元
 京都大学大学院 正会員 清水 芳久

1. はじめに

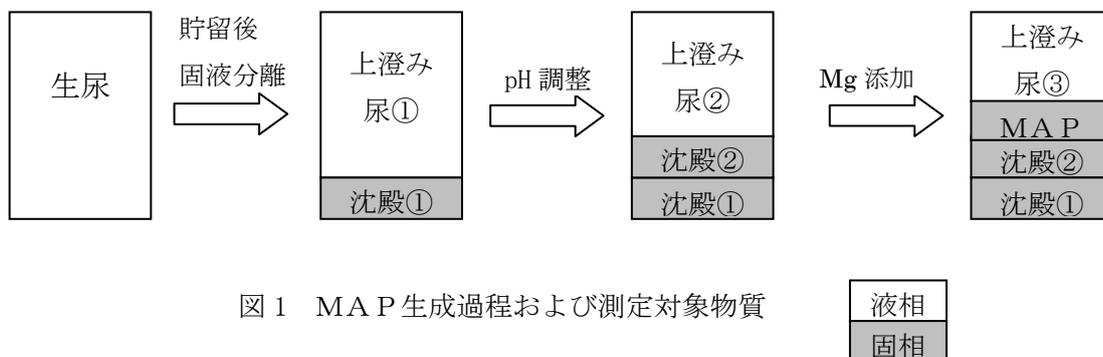
近年世界人口の増加が進み、肥料の三大要素の一つであるリンの枯渇が危惧されている。その一方で、下水中のリンや窒素は湖沼等の閉鎖性水域において富栄養化問題を引き起こしている。このような問題を解決するため、下水中のリンの回収・再利用が必要とされている。下水汚泥中のリンを回収する方法も検討されているが、下水中のリンの大部分は尿由来のものだと分かっている。そこで、尿中のリンを回収するために尿尿分離トイレを用いて尿を分離し、尿中の有価物であるリンをリン酸マグネシウムアンモニウム (MgNH_4PO_4 ; MAP) として連続的に回収できる装置・方法が開発されている¹⁾。

しかし、MAP中には原料とした尿に含まれる 17β -エストラジオール (以下 E2 と表記) に代表される女性ホルモンや医薬品など、微量でも環境や人体などへの影響が懸念される生理活性物質が含まれている可能性がある。そこで本研究では、尿からMAPを生成することによるリンの回収実験とその過程での E2 の挙動を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

男女別に貯留した混合尿を 500mL 遠沈管に採取した。ただし、混合尿とは、複数の男性または女性の尿を混合したものである。これを遠心分離機により固液分離し、このとき分離した沈殿を沈殿①とし、上清を上澄み尿①とした。上澄み尿①の pH を測定した後、スターラーで攪拌しながら pH が 9 になるまで 2N 水酸化ナトリウム水溶液を添加した。pH の上昇に伴い、白色の沈殿が生じた。再び遠心分離機により固液分離を行い、このとき分離した沈殿を沈殿②、上清を上澄み尿②とした。上澄み尿②をスターラーで攪拌しながら 1 M 塩化マグネシウム水溶液を適量添加した。この時、白色の沈殿が生じた。これを遠心分離機により、沈殿と上清に分け、分離した沈殿を乾燥した。この沈殿はMAPであり、上清を上澄み尿③とした。

次にMAP生成過程の尿の液相 (4 種) および固相 (3 種) に含まれる E2 の定量を行い、E2 の挙動を追跡した。測定対象をMAP生成過程にあわせ図 1 に整理した。なお、固相中の E2 は次の手順で抽出した。まず、沈殿①、②は全量を、MAPは 5 g をガラス製のバイアル瓶 (容量 13mL) にとり、メタノールを 5mL 加え、20 分間超音波洗浄機 (FU-9H, 東京硝子器械) にかけることにより抽出した。その後、遠心分離により得た上澄み液を、抽出液とし、これを測定した。E2 濃度の測定は主に ELISA 法 (環境汚染診断薬エコロジーナ 17β -エストラジオール (E2) ELISA キット, 日本エンバイロケミカルズ) を用いた。



キーワード リン、MAP、生理活性物質、 17β -エストラジオール

連絡先 〒520-2123 大津市瀬田大江町横谷 1-5 phone : 077-544-7102 fax 077-544-7130

3. 結果および考察

MAP生成によるリンの回収率を図2に示す。この図から、尿中リンの89%がMAPとして回収されたことがわかる。MAP生成過程で減少したリンのうち回収されていないものは、pH調整の際に生じる沈殿中に含まれている可能性が高い。また、MAPはマグネシウム、アンモニア、リン酸がそれぞれ1molずつ反応して生成されるので、尿中のアンモニア性窒素の回収率は、尿中リンの濃度によって変動すると考えられる。

MAP生成過程における液相中のE2濃度の変化を図3の棒グラフに、また貯留中の尿の液相中E2濃度の変化を折れ線グラフに示した。この図から、MAP生成過程における尿試料の液相中でのE2濃度の変化は、尿の貯留中での減少が最も大きく、これ以降の過程では、ほとんど変動が見られないことがわかる。このことから、MAP生成過程での尿中E2は沈殿①に移行する以外は液相中に残り、また、MAPへ移行するE2量も少ないと考えられる。また、液相中のE2濃度は貯留時間の経過に伴い低下していき、貯留10日目までにはその濃度が安定した。

次に、MAPの原料とした尿中のE2濃度を横軸に、MAP溶出液中のE2濃度を縦軸にとりプロットしたものを図4に示した。このグラフから、相関係数 $R^2=0.52$ という結果が得られた。よって、この両者には相関がうかがえる。さらにこの結果は、MAPから溶出するであろうE2が環境に影響のない程度まで下げるために必要なMAP生成前の尿の希釈率設定することができることを意味している。これに併せ今後、人尿に含まれるE2以外の生理活性物質、主に医薬品等の挙動および生成するMAPの安全性について調べる必要がある。

4. 結論

1. 尿を貯留しておくこと、尿素の分解によりpHが上昇し、沈殿が生成した。また、そのとき液相中のE2濃度は時間とともに低下していき、一定時間で濃度が安定することがわかった。
2. MAP生成過程での液相中のE2は貯留中の減少が最も多く、それ以降は変動が少なかった。またこの場合、液相中のE2量は約35%減少した。
3. 固相中に移行するE2量は少なく、特にMAPには元の尿中E2量の0.13%しか移行しないことがわかった。

5. 参考文献

- 1) 原田英典、清水芳久、佐藤大介、宮越優、松井三郎、松田知成、長坂俊樹:尿尿分離トイレを用いた尿からのMAP回収プラントの開発, 水環境学会誌, Vol. 29 No. 7, p383-388

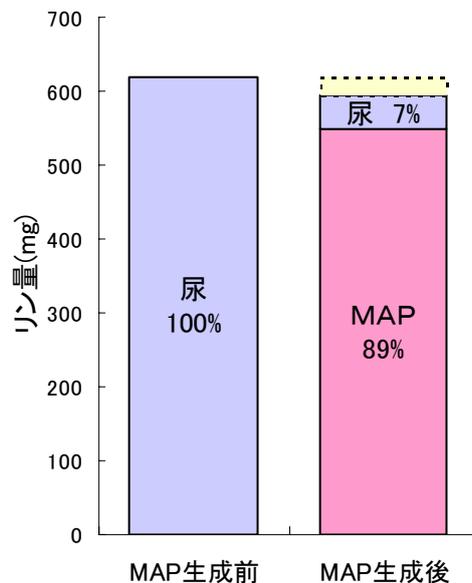


図2 リンの回収率

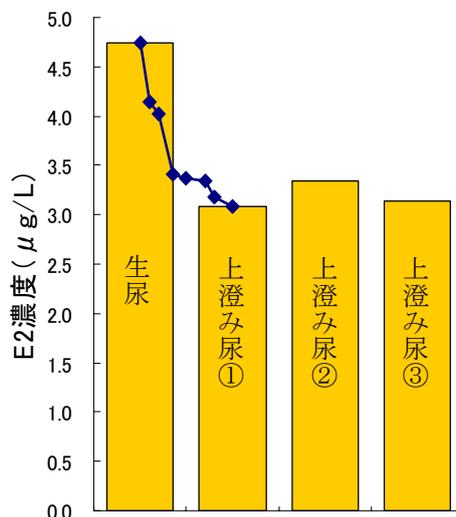


図3 液相中のE2濃度変化

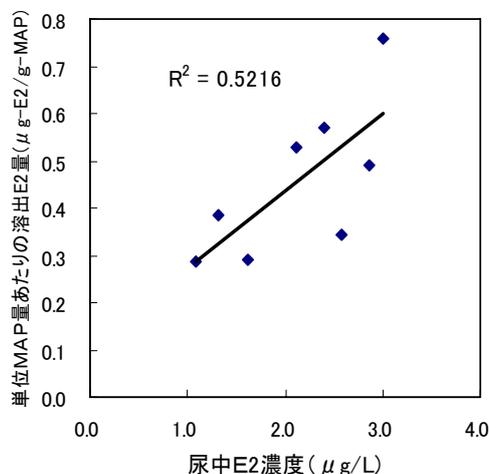


図4 尿中のE2濃度と単位MAP量あたりの溶出E2量の相関図