

リン吸着型コンクリートの植生基盤材としての転用効果に関する基礎的研究

松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員 高田 龍一
専攻科 学生会員 ○永光 雅一
高知大学 農学部 正会員 佐藤 周之
島根大学 生物資源化学部 正会員 野中 資博

1. はじめに

近年、人間の生活様式の変化や産業活動の活発化により、富栄養化を引き起こす原因物質であるリンや窒素が水環境中に多量に流出している。生物の自浄能力の許容量を超えたリンや窒素は、そのまま河川、湖沼、内湾などの閉鎖性の強い水域に流れ込み、植物プランクトンの異常増殖や汚濁物の分解に伴う水中の酸素量の低下などによる魚介類の枯死など深刻な問題を引き起こしている。

ところが、リンを資源的観点からみると、リン資源はリン鉱石からの採取に頼り、日本では100%輸入に依存しているのが実情である。さらに近年、このリン鉱石が枯渇の危機にあり、リンを回収・再資源化する技術に関心が集まっている。

これまでの研究で、ハイドロタルサイト化合物（HT）を配合したリン吸着コンクリート（P-CON）は、HT中の塩化物イオン（Cl⁻）と水中にあるリン酸イオン（PO₄³⁻）がイオン交換することにより、リンを吸着することが確認されている。そこで本研究では、リンが窒素やカリウムと並ぶ植物の三大栄養素の一つであることに注目し、P-CONを実河川中に沈積し、リンを吸着させた後の再利用の一つとして、植生基盤材を対象とし、植生した植物の生長促進効果を検討した。その際に、様々な多孔性を持つ未利用資源を各種配合し、植物の生長に寄与することが可能な組み合わせについても検討した。なお、リン吸着後のP-CONを、以下では「リン吸着型コンクリート」と定義する。

2. 実験概要

植栽実験には、即時脱型製法を用いて作製したインターロッキングブロック状のP-CONを、出雲市の赤川に10ヶ月間沈設し、リン吸着型コンクリートとして使用した。また、未利用資源の中から多孔質性を持つ炭化物、ゼオライト、クリンカーアッシュ、発泡ガラスを骨材と体積置換してP-CONに配合した。各種供試体の略名および基本配合を表1に示す。

赤川の中でリンを吸着させたP-CONからのリン酸イオンの物質移動を明確にするために、常温下で日光や、雨水を防ぐ閉鎖性の環境条件を設定した。植栽への適合の検討方法としては、クレソン（オランダガラシ）を使用し、P-CON上で水耕栽培により植栽し、供試体上に植栽しているクレソンと、供試体を沈積させている水溶液を定期的に採取し、クレソンの成長高さや湿重量、乾燥重量の測定、イオンクロマトグラフィーにより水溶液中のCl⁻濃度を、モリブデン青吸光度法により水溶液中のPO₄³⁻濃度とクレソンのリン含有量を測定した。これを三ヶ月間継続測定し、リン吸着型コンクリートが植生基盤材として有効に機能するかどうかを評価した。

表1 植栽実験用コンクリート(P-CON)供試体の基本配合

No.	Gmax	W/C	s/a	空隙率	単位量(kg/m ³)										
	(mm)	(%)	(%)	(%)	W	C	HT	Gr-S	山砂	CL	炭化物	Zeo	Gr-G	碎石	AD
ノーマル	15	33.6	55	0	111	330	0	0	1109	0	0	0	0	925	1.98
ハイドロタルサイト		39.6	53		132	333	101	0	969	0	0	0	0	876	2.6
発泡廃ガラス		30.8	50		184	597	100	450	0	0	0	0	360	0	4.18
クリンカーアッシュ	15(20)	37.7	53		127	337	87	0	492	423	0	0	0	815	2.54
炭化物	15	40.0	53		134	335	100	0	483	0	21	0	0	874	2.61
ゼオライト		40.7	53		135	332	100	0	483	0	0	393	0	874	2.59

Gr-S: 発泡ガラス(2~5mm) Gr-G: 発泡ガラス(5~10mm) AD: 混和材

3. 結果と考察

図1, 2に, 供試体上のクレソンの生長量と乾燥重量の関係を示す。Nor と HT とでは, クレソンの生長にさほど大きな違いは見られなかった。しかしながら, 図3から解かるように, 播種後35日以降の乾燥重量では, P-CON は明らかに Nor よりも重量増加が大きくなっていることがわかる。つまり, 植栽したクレソンの生長高さではなく, 例えば太さに対する生長に対して影響を及ぼしたことが考えられる。

また, 発泡ガラスを除けば, 多孔質材料を複合利用することにより, 生長高さおよび乾燥重量共に大きくなる傾向にあることがわかる。特にゼオライトを配合したものは, 乾燥重量が生長初期から大きくなる傾向がある。この原因として, 陽イオンの交換体であるゼオライトが植物の栄養素となる物質を供給したためと考えられる。

図3に塩化物イオン, 図4にリン酸イオン濃度の水中での変化を示す。この結果から, 塩化物イオン濃度が徐々に増えているのがわかる。これは, P-CON 中の HT が, イオン交換を行ったときに塩化物イオンを放出し, それが供試体に蓄積されていたため溶出してきたこと, 更に HT が新たにイオン交換を行ったことが原因と考えられる。

リン濃度の変化は, 初め水中にはなかったリンが, P-CON を入れたことによりイオン乖離し, 水中に溶出して増加し, その後はクレソンの生長のために使用されたことで減少したと考えられる。

図5にリンの含有量の収支変化を示す。測定初期の段階でマイナスになっているのは, クレソンが, あまりコンクリートに吸着したリンを吸収せず, 種に元々あったリンで生長していたものと考えられる。その後, 徐々にコンクリート中からリンを吸収するようになり生長していったと考えられる。この図5を見てもわかるように, ゼオライトはその他5種類に比べて多量にリンを吸収していることがわかる。図3, 5から判断してやはりゼオライトには他の供試体と比べ優れたイオン交換性能があり, 沈設時に頻繁にリンを取り込んでいたと考えられる。

4. まとめ

以上の結果より, 発泡ガラスのような一部例外はあるものの, P-CON に多孔質材料を入れることにより, クレソンの生長を促進させる効果があることが分かった。特に, ゼオライトを配合した P-CON はイオン交換に優れた機能を発揮し, その他と比べ大きくクレソンの生長に寄与し, リン吸着型コンクリートが植生基盤材として十分に機能し, 転用可能であることがわかった。

今後の展開として, P-CON を破砕し, その施肥効果についての検討と, 実用化にむけて強度面に関する検討をする必要がある。また, 発泡ガラスの乾燥重量が35日以降伸びていない点については, 今後解明する必要がある。

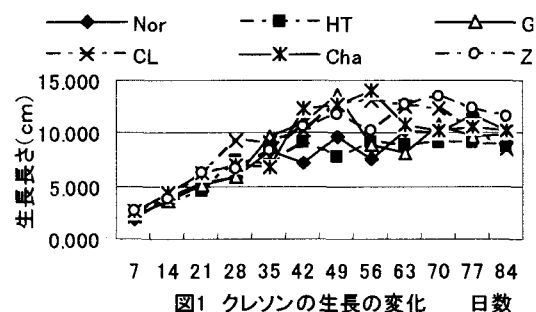


図1 クレソンの生長の変化 日数

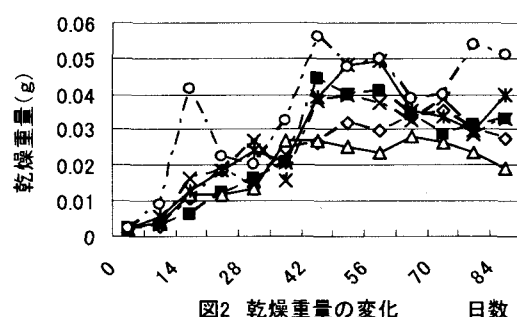


図2 乾燥重量の変化 日数

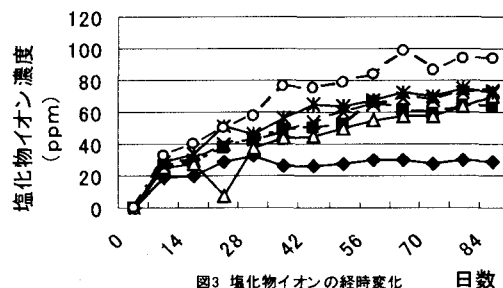


図3 塩化物イオンの経時変化 日数

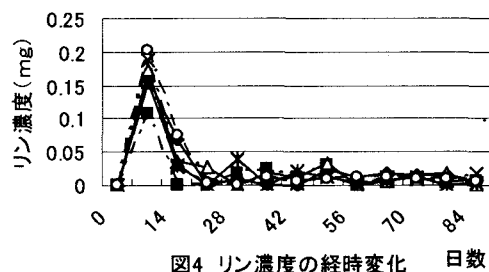


図4 リン濃度の経時変化 日数

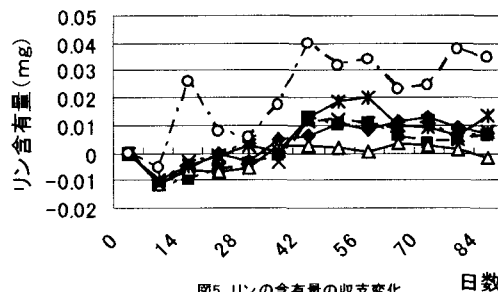


図5 リンの含有量の収支変化 日数