

もみ殻炭のリン除去効果の検証（その3） ． 土壌浸透浄化方式

富永 勇太 東川 圭吾 成田 修司* 山内 康生

圃場からの排水中のリンを除去、有効活用することを目的として、干拓地排水（遊水池）においてリン吸着に効果のあるカルシウム含有もみ殻炭（秋田県特許）を用いて、フィールドでのリン吸着効果の検証を行った。試験はもみ殻炭の上に土壌を被覆し、土壌層を通過した水をもみ殻炭で処理する土壌浸透浄化方式で行った。試験の結果、もみ殻炭と土壌の両方を用いた区画では、もみ殻炭の新旧にかかわらず、T-P、SS 除去率ともにほぼ同レベルとなった。

キーワード：もみ殻炭、リン吸着、土壌浸透、水質浄化

はじめに

2008 年度から諫早湾干拓事業により出来上がった干拓地での営農が始まった。現在、調整池の水質は水質保全目標値（COD：5 mg/L、T-N：1 mg/L、T-P：0.1 mg/L）を超過しており、その水質動向の把握とさらなる水質保全に向けた取組み、並びに自然干陸地等の利活用の推進が重要な課題となっている¹⁾。特に T-P については水質保全目標の 2 倍ほどの値であり、リン対策が必要である。特に T-P については水質保全目標の 2 倍ほどの値であり、リン対策が必要である。

現在、中央干拓地からの排水が集合する遊水池では水質浄化対策の一環として、九州農政局が使用済み上水場発生土によるリンの吸着除去試験を実施しているが、リン吸着後の上水場発生土は再利用の方法が確立できなければ産業廃棄物として処理しなければならないという課題がある²⁾。一方、米収穫後に大量に排出されるもみ殻の処理に課題を抱える秋田県では、もみ殻を循環利用することを目指して、リン酸イオンを吸着するもみ殻炭を開発した。このリン吸着材は、指定湖沼となった「八郎湖」の富栄養化の原因物質であるリンを吸着除去することができ、水質保全対策に寄与すると共に、リン吸着後も土壌改良剤や肥料として農業者に還元するなど有効利用が見込めるものである³⁾。

長崎県環境保健研究センターでは、平成 23 年度に調整池への流入負荷削減を目的として、秋田県が開発したもみ殻炭を用いて、リン除去

効果の検証を室内試験（ビーカー試験）で行った。その結果、調整池水や調整池に流入する水において、リン吸着除去効果があることを確認した⁴⁾。

平成 24 年度には、もみ殻炭のフィールドでの実用化可能性調査として、遊水池に実験施設（水路レーン方式）を設け実証試験を行った結果、室内試験と同等のリン除去効果を確認できたが、同時に SS 分による施設内での目詰まり等の課題も確認された⁵⁾。

そこで、本事業は、平成 24 年度の実証試験より得られた課題(SS 対策)の改善と併せて、新たにもみ殻炭と土壌の組み合わせにより、繁茂する植物のリン吸収効果も期待しつつ、当該土壌浸透方式のフィールド試験施設におけるリン除去効果の検証を行い、実用化可能性について検討することとした。



図1 もみ殻炭の外観

* 秋田県健康環境センター 主任研究員

材料および方法

1 もみ殻炭について

本事業で用いたリン吸着材であるもみ殻炭は、硝酸カルシウム溶液に浸漬させたもみ殻を炭化し、カルシウムを担持させ、リンとの親和性を高めたものであり、秋田県健康環境センターが開発したものである。

2 土壌浸透浄化方式実験施設及び調査方法

今回の実証試験は、遊水池脇（図2の赤枠の部分）に設置されたプールにて行った。図3に実験施設の処理フローを示す。



図2 調査地点

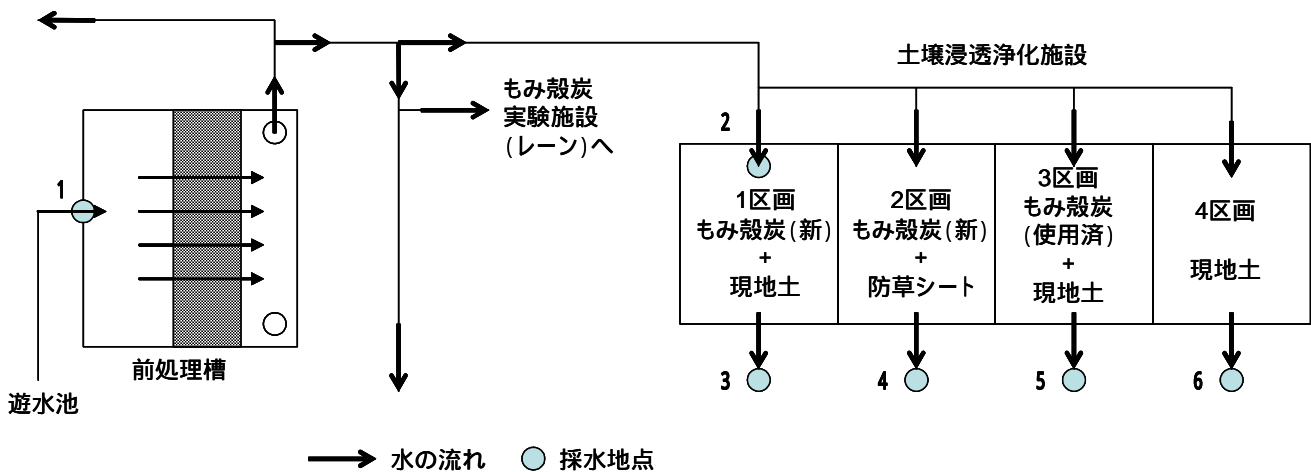


図3 実験施設処理フロー

遊水池からポンプアップされた水は、前処理槽を通過して土壌浸透浄化方式施設に供給される。土壌浸透浄化施設には4つの区画があり、それぞれの区画の構成は、1区画)もみ殻炭+現地土、2区画)もみ殻炭+防草シート、3区画)リン吸着済みもみ殻炭+現地土、4区画)現地土である。施設の断面図を図4に示す。流入口には吸出し防止マットをつけたコンテナを設置し、おおまかなSS分を除去できるようにした。流出口は高さが調節でき、それに連動し

て区画内の水位を調節できるようになっている。本試験では、水位がもみ殻炭層より少し上になるように調整した。

通水方式は下横向流式で、設定流速は5 L/minとした。

採水地点は、図3に示すように、1)遊水池水、2)前処理後、3)1区画出口、4)2区画出口、5)3区画出口、6)4区画出口とし、それぞれ水質を調査した。

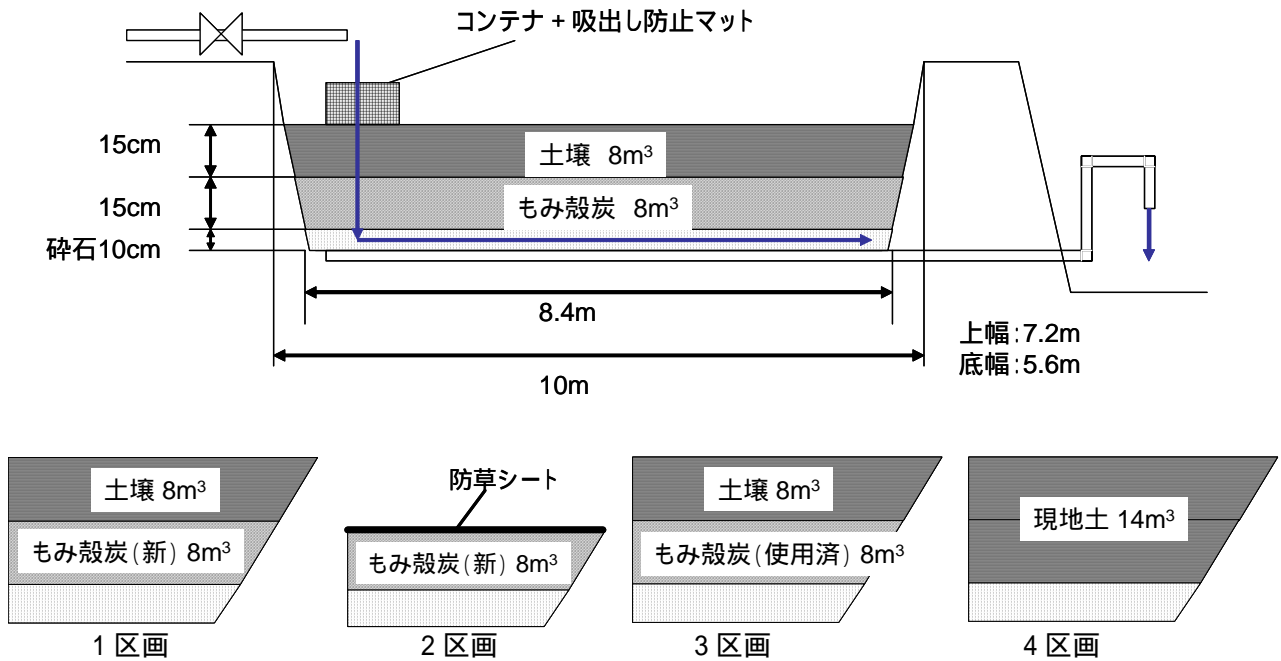


図4 施設断面図と各区画の構成

表1 土壌浸透浄化方式による実用化可能性調査方法

試験期間	平成 25 年 9 月 10 日 ~ 12 月 24 日
調査頻度	0 日、1 日後、2 日後、1 週間後、以降 1 週間おきに調査
通水方式	下横向流式
設定流量	5L/min (滞留時間は約 1 日)
調査項目	全リン (T-P) および浮遊物質量 (SS)
分析方法	T-P : ペルオキソ二硫酸カリウム分解法 (JIS K0102 46.3.1) SS : 環境省告示第 59 号 付表 9



a) 土壌浸透浄化施設全景



b) 流入口の様子



c) 流出口の様子

図5 土壌浸透浄化施設の概観

結果と考察

1 施設の経時変化について

土壌浸透浄化施設には、現地土を投入しているので、通水し、期間を経ることで現地土層から野草が繁茂し始めた。それぞれの区画の経時変化を図6～図9に示す。

1, 3, 4区画では、期間が経過するごとに流入口付近で草が繁茂し始め、試験期間終了時まで繁茂した状態を維持した。

2区画では、草が生えることを防ぐために防草シートで表面を覆ったため、試験期間を通して変化はなかった。



試験開始直後（9月10日）



試験開始1ヵ月後（10月15日）



試験開始2ヵ月後（11月12日）



試験終了時（12月24日）

図6 施設の経時変化（1区画）



試験開始1日後（9月11日）

図7 施設の経時変化（2区画）



試験開始直後 (9月10日)



試験開始1ヵ月後 (10月15日)



試験開始2ヵ月後 (11月12日)



試験終了時 (12月24日)

図8 施設の経時変化 (3区画)



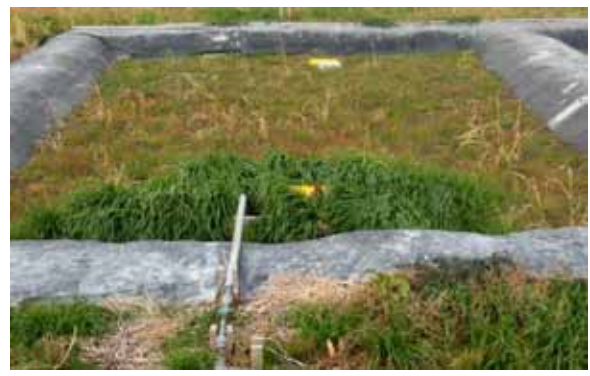
試験開始直後 (9月10日)



試験開始1ヵ月後 (10月15日)



試験開始2ヵ月後 (11月12日)



試験終了時 (12月24日)

図9 施設の経時変化 (4区画)

2 T-P 濃度の推移について

図 10 に試験期間中の T-P 濃度の推移を示す。各区画からの流出水の T-P 濃度は流入水と比較すると、概ね低濃度で推移した。特に冬季(11月～12月)に入ると、流入水の T-P 濃度は大きく

変動しているのに対して、各区画からの流出水の T-P 濃度は安定して推移した。

また、各区画からの流出水は流入水と比較して、見た目からも透明度は高くなった。(図 11)

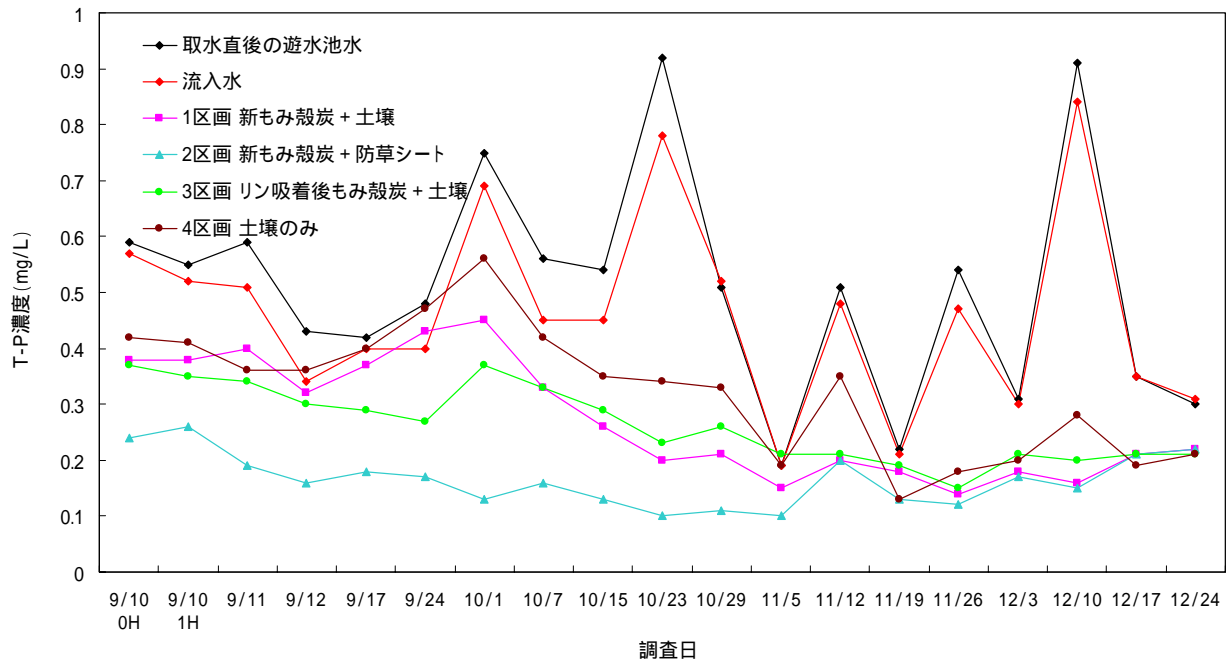


図 10 土壌浸透浄化方式試験における T-P 濃度の推移

平成25年12月10日 (試験開始91日目)



遊水池水 流入水 1区画 2区画 3区画 4区画
流出水 流出水 流出水 流出水

図 11 施設通水前後の流入水および流出水の様子

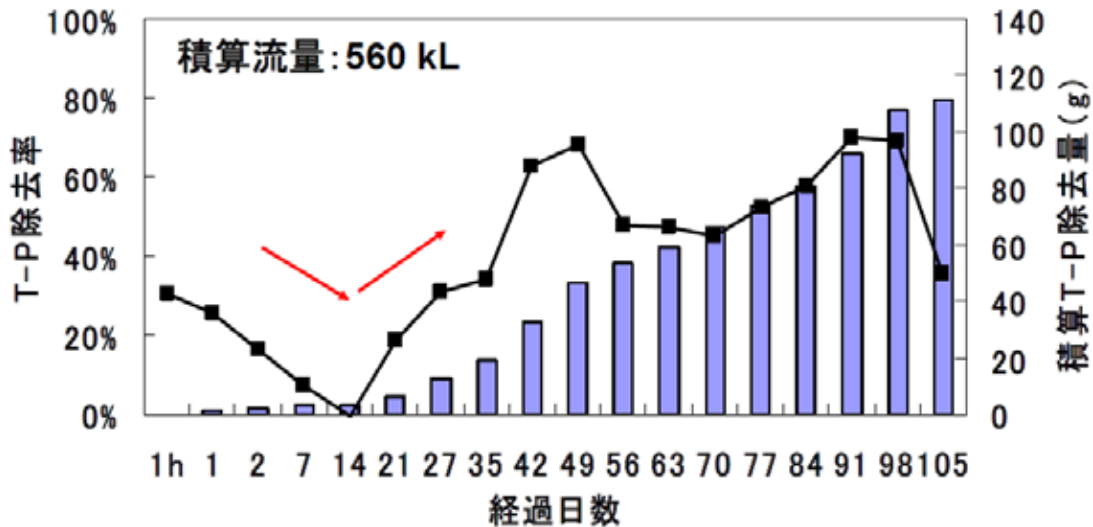
3 各区画の T-P 除去効果の推移について

3-1 1 区画 (新もみ殻炭 + 土壌) について

1 区画の T-P 除去率及び積算 T-P 除去率について 図 (3a) に示す。

T-P 除去率は試験開始では低かったが、2 週間後以降上昇し、1 ヶ月後からは概ね 50% 以上の除去率を示した。

開始から 2 週間目までの除去率の低下は、もみ殻炭への浸潤が十分でなかったためと考えられるとともに初期の段階は土壌からのリンの溶出も影響しているものと考えられた。



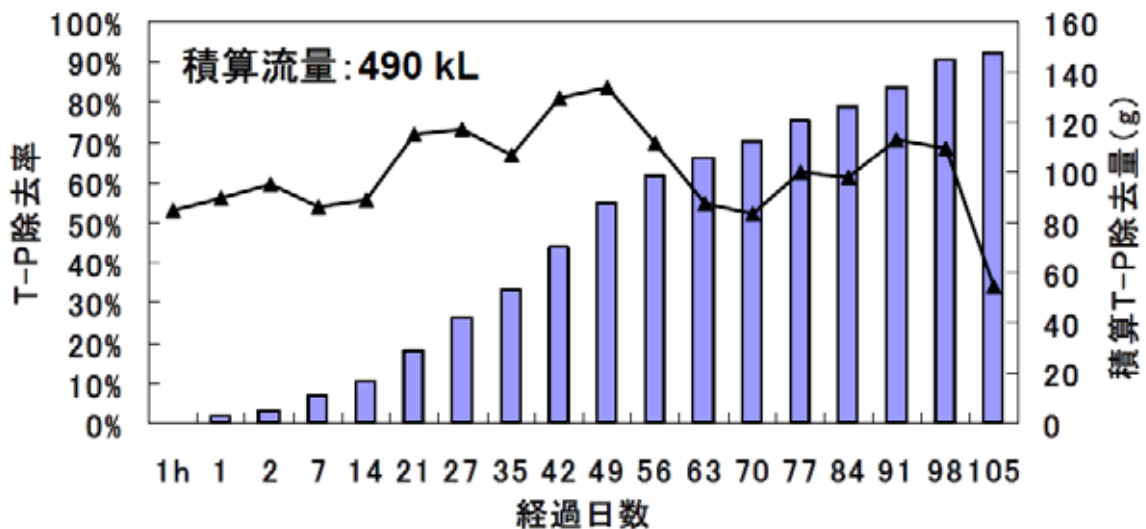
図(3a) 1 区画

3-2 2 区画(もみ殻炭のみ)について

1 区画の T-P 除去率及び積算 T-P 除去率について 図 (3b) に示す。

T-P 除去率は試験開始直後から 50% 以上を示

し、約 3 ヶ月間はそのまま除去効果を維持し続けた。



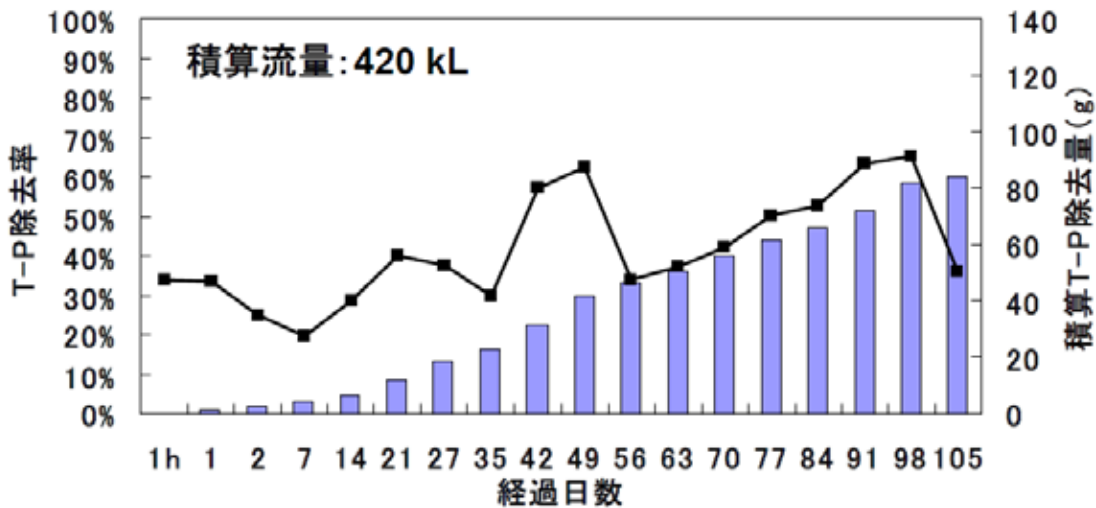
図(3b) 2 区画

3-3 3区画(リン吸着済みもみ殻炭+土壌)について

3区画の T-P 除去率及び積算 T-P 除去率について 図(3c) に示す。

リン吸着済みのもみ殻炭を使用したため、リン吸着効果はあまり期待できないものと想定していたが、全体を通じて概ね約 40%以上の T-P 除去率を3ヶ月間に渡り継続された。一度利用したもみ殻炭であっても、乾燥・攪拌により未

接触部が露出し、リンの吸着効果が発現したものと考えられ、もみ殻炭の繰り返し使用の可能性が示唆された。また、開始直後から 20%以上の除去率を示したことから、一度利用したもみ殻炭は浸潤状態が保たれているため、1区画のようなリン吸着へのタイムラグがなかったものと考えられた。

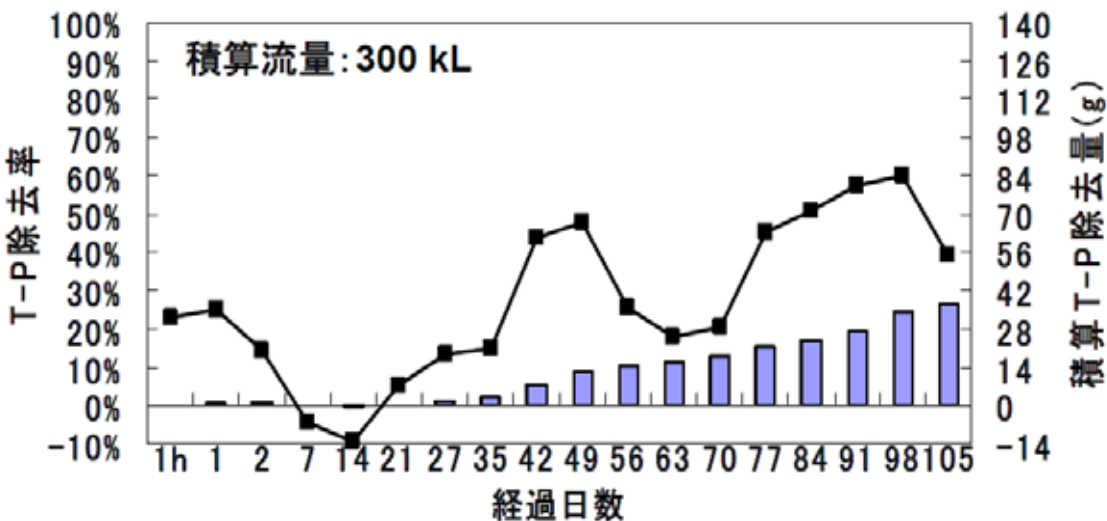


図(3c) 3区画

3-4 4区画(土壌のみ)について

4区画の T-P 除去率及び積算 T-P 除去率について 図(3d) に示す。4区画については比較対照区として土壌のみの実験区を設置したものである。開始から2週間目までは、途中 T-P 除去率がマイナスを示すとおり、土壌からのリン

の溶出が見られ、T-P 除去率は低かったが、3週間後からは、リンの溶出が収まり、T-P 除去率はプラスに転じ、リンの吸着効果が見られるようになった。



図(3d) 4区画

4 試験期間（4ヶ月間）におけるT-P 除去効果
各実験区について、流入と流出のT-P量の差
によりT-P除去率を算出し、試験期間（4ヶ月

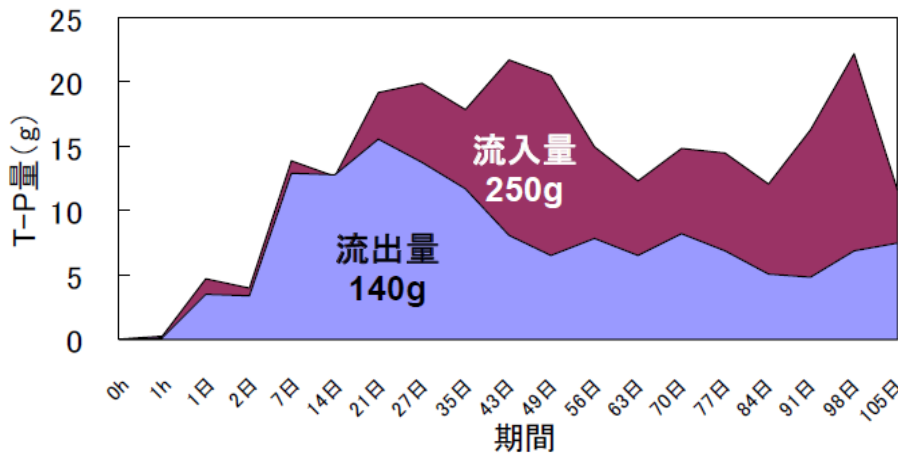
間）におけるリン除去効果を示した。

4-1 1区画（新もみ殻炭+土壌）について

1区画の流入及び流出のT-P量について図
（4a）に示す。

開始から2週間までは流入と流出のT-P量は
同程度であり、開始2週間までは見た目、リン

の除去効果は見られなかったが、これは土壌か
らのリンの溶出が影響したものと考えられる。
4ヶ月間の試験期間を通したリン除去効果は
44%であった。



1区画
(もみ殻炭+土壌)

除去率
44% (110g)

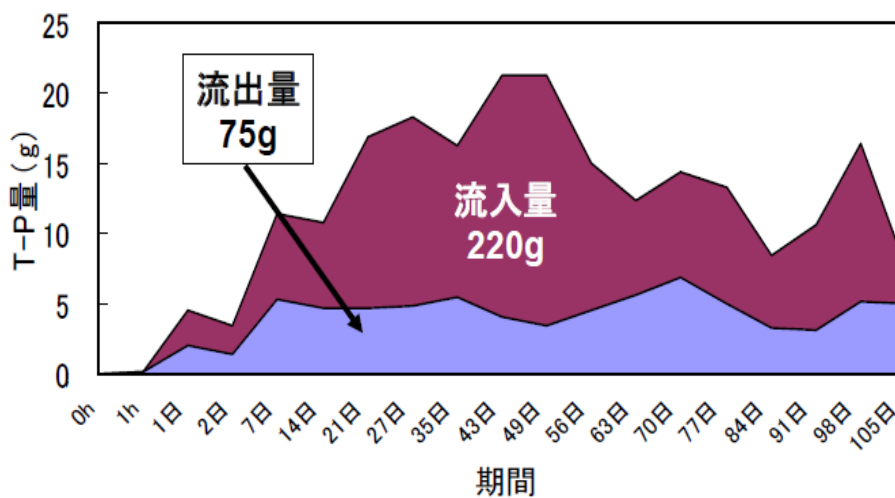
図(4a)

4-2 2区画（もみ殻炭のみ）について

2区画の流入及び流出のT-P量について図
（4a）に示す。

もみ殻炭のみの区画であり、開始直後からリ

ン吸着効果はみられ、4ヶ月間の試験期間を
通したリン除去効果は66%であった。



2区画
(もみ殻炭のみ)

除去率
66% (150g)

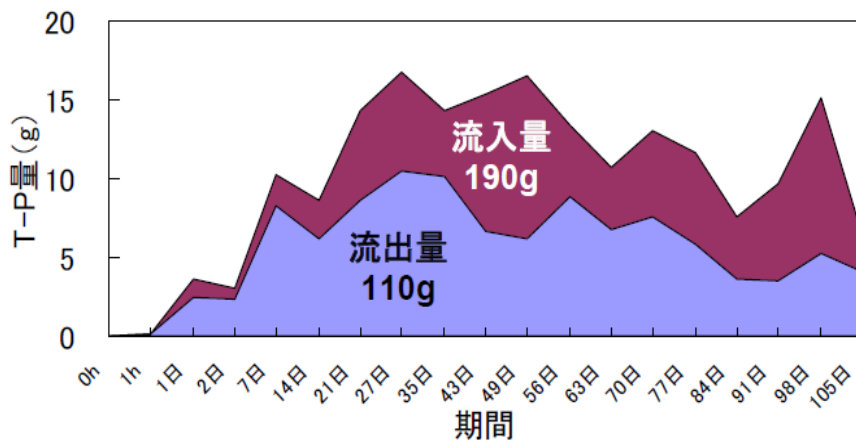
図(4b)

4-3 3区画(リン吸着済みもみ殻炭+土壌)について

3区画の流入及び流出の T-P 量について 図(4c)に示す。

開始から流出の T-P 量は、流入のそれと比較し低減していることからリン除去効果が見られた。リン吸着済みもみ殻炭については、3-3 で述べた考察と同様に、浸潤状態が保たれているため、1区画のようなリン吸着へのタイムラグ

がなかったものと考えられた。4ヶ月間の試験期間を通したリン除去効果は44%であり、1区画(新もみ殻炭+土壌)と同じリン除去効果を示し、一度利用したもみ殻炭であっても、乾燥・攪拌により未接触部が露出し、リンの吸着効果が発現したものと考えられ、もみ殻炭の繰り返し使用の可能性が示唆された。



3区画
(リン吸着済みもみ殻炭+土壌)

除去率
44% (80g)

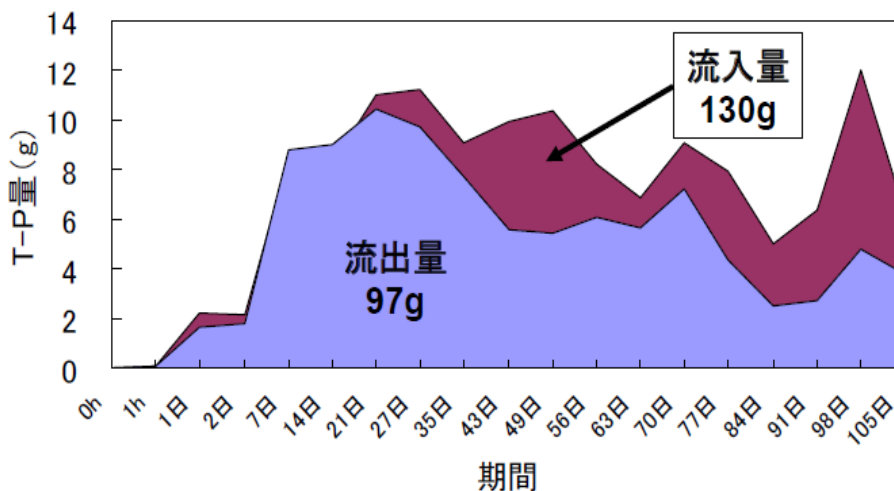
図(4c)

4-4 4区画(土壌のみ)について

4区画の流入及び流出の T-P 量について 図(4d)に示す。

4区画については比較対照区として土壌のみの実験区を設置したものである。開始から2週間までは流入と流出の T-P 量は同程度であり、開始2週間までは見た目、リンの除去効果は見られず、これは土壌からのリンの溶出がみられ

たものと考えられた。ただし、リンの溶出が収まったと考えられる3週間目からは、流出の T-P 量は低減し、リン除去効果が見られた。4ヶ月間の試験期間を通したリン除去効果は28%であり、他の区画と比べて最も低い一定のリン除去効果が見られた。



4区画
(土壌のみ)

除去率
28% (33g)

図(4d)

5 SS 除去効果について

課題となっていた流入水の SS 除去 について、図 5 a に各試験区の除去率の推移を示す。当該土壌浸透方式のフィールド施設の試験期間中において、概ね 60%以上の SS 除去率を保持していた。

また、表 5a に試験期間中流入及び流出の SS 量(積算)及び SS 除去率 を示す。表 5a から、4 ヶ月間の試験期間を通して見た SS 除去 率については、もみ殻炭を導入した区画では 84%以上の高い SS 除去率を示した。

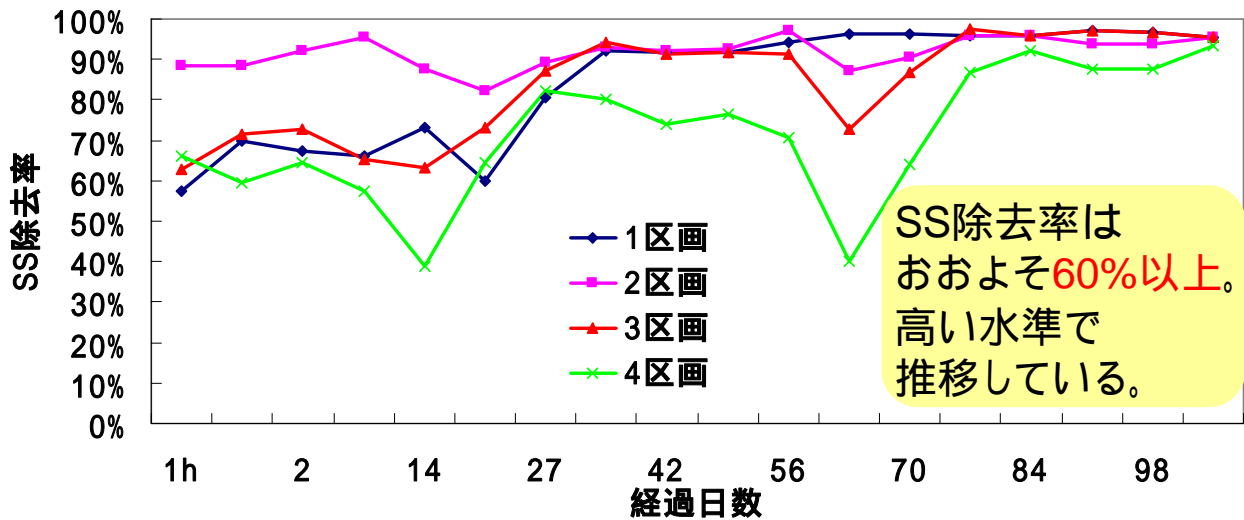


図 5 a 各試験区の除去率の推移

表 5a 4 ヶ月間の試験期間における流入及び流出の SS 量(積算)及び SS 除去率

	1区画	2区画	3区画	4区画
流入量(kg)	27	24	20	14
流出量(kg)	3.1	1.8	2.5	3.7
除去量(kg)	24	22	18	10
除去率	84%	92%	84%	71%

まとめ

各試験区における T-P 除去効果及び SS 除去効果について

4 ヶ月間の試験期間における各試験区の T-P 除去率及び SS 除去率を整理すると下表のとおりであり、1 区画（新しいもみ殻炭利用）と3 区画（リン吸着済みもみ殻炭）は、T-P 除去効果及び SS 除去効果は同じ効果を示す結果となった。このことは、一度使用したもみ殻炭においても、乾燥、攪拌工程を経ることで未接触部が露出しリン吸着効果が再度発現できることを

示唆する結果であり、遊水池のような低濃度のリン濃度においては、繰り返し使用の可能性が考えられた。したがって、今後の検討としては、使用済みもみ殻炭のリン吸着材の吸着能力の回復について再現性の確認を実施するとともに、リン吸着能回復を図ったフィールド施設における適切な維持管理手法（乾燥、攪拌工程の工夫など）について検討する必要がある。

また、4区画のように土壌のみでもSS除去効果は一定の効果を発揮し、またT-P除去効果も低いながらも20%以上の効果がみられたため、通水初期においては土壌からのリン溶出は

あるものの、現地土を利用できることや低いコストの利点もあり、水質保全対策の手法として活用する検討も加えてもよいと考えられた。

	T-P除去率	SS除去率
1区画 (もみ殻炭+土壌)	44% (110g)	84% (24kg)
2区画 (もみ殻炭のみ)	66% (150g)	92% (22kg)
3区画 (使用済もみ殻炭+土壌)	44% (80g)	84% (18kg)
4区画 (土壌のみ)	28% (33g)	71% (10kg)

一方、今回の試験において、土壌により覆土した最大の目的は、土壌を使用することで植物(野草)の繁茂に伴い、もみ殻炭にトラップされたリンの吸収効果も期待していたが、試験開始が秋季から冬季であったため、期待していたほどの野草の繁茂がなかったため、植物によるリン吸収効果まで見るができなかった。

今後は、植物の繁茂が大きい春先から夏季にかけて、各試験区におけるその効果を見ていくことと併せて、水系からのリンの回収と植物(作物)体へのリン有効利用の可能性をフィールドにおいて検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 第2期諫早湾干拓調整池水辺環境の保全と創造のための行動計画 長崎県 平成19年度
- 2) 九州農政局資料 2010年度
- 3) 成田修司: 籾殻を原料としたリン回収材の合成とそのリン回収挙動, 秋田県健康環境センター年報, 2, 101-104(2006)
- 4) 小橋川千晶 他: もみ殻炭のリン吸着効果の検証, 長崎県環境保健研究センター所報, 57, 65-68(2011)
- 5) 玉屋千晶 他: もみ殻炭のリン吸着効果の検証(その2), 長崎県環境保研研究センター所報, 58, 52-58(2012)

Effect of Carbonized Rice Husk on Phosphorus Removal in Water by Soil Treatment - The Third Report -

Yuta Tominaga, Keigo Higashikawa, Shuji Narita*, Yasuo Yamauchi

Nitrogen and phosphorus have been the problem as the factor of eutrophication in semi-closed water area. For example, nitrogen and phosphorus in the farm drainage are one of them.

We have verified phosphorus removal ability in the field using the calcium-containing carbonized rice husk developed by Akita Research Center for Public Health and Environment (Akita Prefecture patent).

We tested soil treatment systems to remove phosphorus in the farm drainage.

As a result, the removal ratio of total phosphorus (T-P) and suspended solid (SS) were same between the used and new carbonized rice husk.

Keywords: carbonized rice husk, phosphorus adsorbent, soil treatment, water purification

*Akita Research Center for Public Health and Environment Senior Researcher