

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7204263号
(P7204263)

(45)発行日 令和5年1月16日(2023.1.16)

(24)登録日 令和5年1月5日(2023.1.5)

(51)Int. Cl. F I
B 0 9 B 3/65 (2022.01) B 0 9 B 3/65
C 0 5 F 11/00 (2006.01) C 0 5 F 11/00

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21)出願番号	特願2021-553649(P2021-553649)	(73)特許権者	598123138
(86)(22)出願日	令和2年10月28日(2020.10.28)		学校法人 創価大学
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/040414		東京都八王子市丹木町一丁目236番地
(87)国際公開番号	W02021/085469	(74)代理人	110000420
(87)国際公開日	令和3年5月6日(2021.5.6)		弁理士法人M I P
審査請求日	令和3年12月10日(2021.12.10)	(72)発明者	戸田 龍樹
(31)優先権主張番号	特願2019-198161(P2019-198161)		東京都八王子市丹木町1-236創価大学内
(32)優先日	令和1年10月31日(2019.10.31)	(72)発明者	岸 正敏
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		東京都八王子市丹木町1-236創価大学内
		(72)発明者	佐藤 伸二郎
			東京都八王子市丹木町1-236創価大学内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】植物処理方法および植物処理システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

水生植物を処理するための植物処理方法であって、
 水生植物を破砕する工程と、
 破砕した前記水生植物を12時間～24時間放置する工程と、
 放置した前記水生植物を圧搾して、繊維質固形分と、液分とに分離する工程と、
 前記繊維質固形分を炭化により減容処理する工程と、
 分離された前記液分のpHを6～8に調整することにより前処理する工程と、
 発酵槽内の水理学的滞留時間を2日～4日として前処理された前記液分をメタン発酵させて、メタンガスと消化液とを生成する工程と、
 前記消化液を固液分離して、微生物の培養液もしくは液体肥料を製造する工程とを含む植物処理方法。

【請求項2】

前記破砕する工程において、破砕の程度、放置時間および圧搾圧を制御する工程を含む、請求項1に記載の植物処理方法。

【請求項6】

前記炭化を、最高温度350～900、保持時間1～4時間で適用する、請求項1または2に記載の植物処理方法。

【請求項8】

水生植物を処理するための植物処理システムであって、

水生植物を破碎する手段と、
 破碎した前記水生植物を 1 2 時間 ~ 2 4 時間放置する手段と、
 放置した前記水生植物を圧搾して、繊維質固形分と、液分とに分離する手段と、
 前記繊維質固形分を炭化により減容処理する手段と、
 分離された前記液分の pH を 6 ~ 8 に調整することにより前処理する手段と、
 発酵槽内の水理的滞留時間を 2 日 ~ 4 日として前処理された前記液分をメタン発酵
 させて、メタンガスと消化液とを分離してメタンガスおよび消化液を製造する手段と、
 前記消化液を固液分離して、微生物の培養液もしくは液体肥料を製造する手段とを含
 む植物処理システム。

【請求項 9】

前記破碎する手段は、破碎の程度、放置時間および圧搾圧を制御する、請求項 8 に記載
 の植物処理システム。

【請求項 13】

前記炭化を、最高温度 350 ~ 900 、保持時間 1 ~ 4 時間で適用する、請求項 8 ま
 たは 9 に記載の植物処理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、植物処理に関し、より詳細には、大量繁茂により被害が頻発している水分を
 含む水生植物を処理する植物処理方法および植物処理システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、内水面の富栄養化に伴い、大量の水生植物が異常繁殖を続け、生態系を破壊する
 とともに、船の航行、上水及び灌漑の取水を妨げる等の障害が発生している。例えば、ホ
 テイアオイといった水生植物は、湖沼に繁茂すると、水中に光が届かなくなり他の水生植
 物の光合成に影響を与える。また、水生植物は、腐敗すると貧酸素状態を作り出し、水中
 環境に悪影響を与えるなどの問題がある。図 15 には、世界各国において繁茂した水生植
 物（ホテイアオイ、ウォーターレタス、コカナダモ）を示す。図 15 に示すように、水生
 植物が過剰に繁茂すると、日光が水中に届かなくなり、この結果、光合成が遮られ、貧酸
 素化に伴う水質汚染が発生する。

【0003】

上述した水生植物による環境悪化を改善するべく検討を続けており、例えば、特開昭 5
 9 - 184783 号公報（特許文献 1）では、水生植物を腐敗・圧搾し、搾汁液をメタン
 発酵し、そのメタン発酵残渣（消化液）および圧搾固形残渣を好気処理する技術が提案さ
 れている。

【0004】

しかし、腐敗や好気処理は時間がかかり、またスペースを要するため、水生植物の大量
 処理のために適したものとは言えなかった。すなわち、水生植物を大量にかつ効率よく処
 理するための水生植物処理方法および水生植物処理システムが依然として必要とされてい
 た。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開昭 59 - 184783 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上記従来技術の問題点を解決することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

10

20

30

40

50

本発明者等は、上記従来技術の問題点に鑑み鋭意検討を行った結果、水生植物を破碎・放置・圧搾処理し、液分を高速メタン発酵処理するとともに、その消化液を用いて有価物の原料である微細藻類の培養や野菜の栽培を行う。圧搾繊維質固形分は炭化により迅速に処理しつつ固形燃料、活性炭や建築資材、堆肥資材、土壌改良剤等を生産する水生植物の高速、低コストおよび高効率の水生植物処理方法および水生植物処理システムを完成するに至った。

【0008】

すなわち、本発明によれば
植物を処理するための植物処理方法であって、
植物を破碎する工程と、
破碎した前記植物を放置する工程と、
放置した前記植物を圧搾して、繊維質固形分と、液分とに分離する工程と、
前記繊維質固形分を炭化により減容処理する工程と、
前記液分をメタン発酵させて、メタンガスと前記消化液とを生成する工程と、
を含む植物処理方法が提供される。

10

【0009】

また、本発明の他の局面によれば、
植物を処理するための処理システムであって、
植物を破碎する手段と、
破碎した前記植物を放置する手段と、
放置した前記植物を圧搾して、繊維質固形分と、液分とに分離する手段と、
前記繊維質固形分を炭化により減容処理する手段と、
前記液分をメタン発酵させて、メタンガスと消化液とを分離してメタンガスおよび消化液を製造する手段と
を含む植物処理システムが提供される。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、植物処理を高速化および高効率で処理することを可能とする植物処理方法および植物処理システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0011】

【図1】図1は、本実施形態の水生植物処理方法の概略的フローチャート。

【図2】図2は、第1の実施形態の水生植物処理システムの概略図。

【図3】図3は、縦軸を固体の重量(t)とし、横軸を処理前後の固体として、重量減少を示すグラフ。

【図4】図4は、縦軸を固体の体積(m^3)とし、横軸を処理前後の固体として、体積減少を示すグラフ。

【図5】図5は、縦軸に破碎物から排出された液分の量を、破碎物の水分量に対する割合(%)とし、横軸を破碎および圧搾条件として、示したグラフ。

【図6】図6は、縦軸を溶存有機炭素あたり積算メタン生成量($mL/g - DOC$)とし、横軸を運転時間(日)として示したメタン生成効率のグラフ。

40

【図7】図7は、縦軸を全窒素濃度($mg - N/L$)とし、横軸を液分および消化液として示したグラフ。

【図8】図8は、縦軸を全燐濃度($mg - P/L$)とし、横軸を液分および消化液として示したグラフ。

【図9】縦軸を積算メタン生成量($mL/g - DOC$)とし、横軸を運転時間(日)として示した放置処理を用いた場合のメタン生成効率を示した図。

【図10】縦軸を全窒素濃度($mg - N/L$)とし、横軸を放置時間として示した全窒素濃度のグラフ。

【図11】縦軸を全燐濃度($mg - P/L$)とし、横軸に放置時間として示した全燐濃度

50

のグラフ。

【図12】図12は、第2の実施形態の水生植物処理システムの概略図。

【図13】図13は、前処理の効果を検証するために使用した実験装置の構成を示した図。

【図14】図14は、縦軸を溶存有機炭素濃度 (mg - DOC / L) とし、横軸を運転時間 (日) として示した溶存有機炭素濃度のグラフ。

【図15】世界各国における水生植物繁茂状態を示した図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明を例示的な実施形態により説明するが、本発明は、実施形態に限定されるものではない。図1は、本実施形態の水生植物処理方法の概略的フローチャートである。本実施形態の処理は、ステップS100から開始し、ステップS101で水生植物を回収する。回収する水生植物としては、図15に示したようなホテイアオイの他、湿地植物、湿生植物、根が完全に水面下にあり、茎や葉が水中から水面上に伸びる抽水性植物、葉が水面に浮かんで、その表面が空気に触れている浮葉性植物 (または浮遊植物)、植物体が、完全に水中にある沈水性植物などの過剰繁茂している水生植物や、ヨシやミツバといった陸上植物、植物バイオマス由来の農業残渣や食品廃棄物を挙げるができるが、限定しない。

10

【0013】

また、水生植物としては、水分を多く含み、固液分離処理を、水を追加することなくまたは少量の追加で適用することができる水生植物が好ましいが、特に限定はない。また、回収の仕方についても刈取り、機械による浚渫など特に限定はない。

20

【0014】

ステップS102では、回収した水生植物を破砕機といった破砕手段で破砕する。破砕手段にも特に限定は無く、例えば、乳鉢・乳棒、すり鉢、フードプロセッサ、トルネードミル、サンタリークラッシャー、ロータリークラッシャー、ハンマークラッシャー、ウィングモル、インパクトミル、マイティミル、ロール・ハンマークラッシャー、遊星ミルなどを挙げるができる。

【0015】

ステップS103では、破砕した水生植物を常温で一定時間放置した後、ステップS104で圧搾手段に移送して、圧搾処理を適用し、ステップS105で固液分離を行う。放置は、破砕した水生植物が乾燥せず、常温以上であれば、放置手段は特に限定しない。圧搾手段についても特に限定はないが、手動式、油圧式、ネジ式、ピストン式、遠心分離式など、これまで知られた圧搾手段であれば、処理のスケールに応じて適宜選択することができる。一定時間とは、6時間以上48時間程度とすることができる。

30

【0016】

圧搾後、水生植物は、繊維質固形分と、液分とに分離される。繊維質固形分は、セルロースを主体とする炭素質成分なので、ステップS106で繊維質固形分を回収した後、減容処理を適用するための炭化手段に移送し、ステップS107で低酸素または酸素遮断条件下で炭化処理を行う。炭化処理のために使用する炭化手段にも特に限定は無く、電気炉や化石燃料・木材などを使用する加熱炉、または炭窯などを使用することができる。なお、繊維質固形分の減容処理は、炭化処理が最も有益な処理であるが、その他植物によっては、乾燥、焼却、プレス、成型などの減容処理も可能である。

40

【0017】

ステップS107の炭化処理の後、固定分は、ステップS108で炭化物として回収される。炭化物は、例えば固形燃料、活性炭原料、建築資材、堆肥資材、土壌改良剤などとして使用することができる。また、ステップS105の固液分離処理で回収された液分は、ステップS109で液分を回収した後、ステップS110で液分をメタン発酵させることで、有機物の処理を行う。

【0018】

50

メタン発酵は、メタン発酵を可能とする菌叢を使用することにより行うことができ、具体的には、嫌気条件でメタンを合成する古細菌、例えばメタン菌（Methanogen）など、メタノミクロビウム綱、メタノコックス綱、メタノピュルス綱、メタノバクテリウム綱に属する古細菌、および加水分解や酸性性に関わる細菌、または菌叢であれば特に限定はない。またメタン発酵の温度は、20 ～ 60 の範囲で適宜設定することができる。

【0019】

また、メタン発酵を行うための手段・装置にも特に限定はないものの、例示的な実施形態では、菌叢を収容した上向流嫌気性汚泥槽（UASB）などの高速メタン発酵槽に液分を供給してメタン発酵を行うことで、効率的にメタン発酵を安定化させることができることを見出された。

【0020】

他の嫌気性汚泥槽を使用した場合、メタン発酵が完了するまでに従来では、数十日を要する場合もあるところ、本実施形態では、メタン発酵は、2～5日程度で完了し、効率的なメタン発酵が可能となることを見出された。

【0021】

ステップS110のメタン発酵で発生したメタンガスは、ステップS112で回収され、メタン発酵用の熱源として利用できる他、発電を行うことで電力として利用することができる。また、メタン発酵が終了した液分は消化液として利用される。ステップS111でメタン細菌を分離する必要がある場合、ろ過などの適切な固液分離を適用し、ステップS111で消化液が回収される。消化液の利用は、ステップS114に示すように例えばクロレラ、ミドリムシ、スピルリナ、微細藻類、その他高付加価値微生物の培地、液体肥料などを挙げるができるが、特に限定されるものではない。

【0022】

炭化物の回収、高付加価値微生物や液体製品の回収、およびメタンガスの回収が終了した時点で、一連の処理を終了する。なお、図1の処理は、連続式処理でも可能であるし、回分式処理でも可能である。本実施形態によれば、水生植物の処理を、放出炭素量を最小限として、効率的に達成することができる。

【0023】

図2は、第1の実施形態の水生植物処理システムの概略図を示す。図2に示す水生植物処理システムは、破碎手段である破碎機200と、放置手段である放置装置210と、圧搾手段である圧搾機220と、炭化手段である炭化炉230とを含んでいる。なお、図2では、処理のために使用されるバルブ、ポンプその他の手段を省略して示す。破碎機200には、回収した植物が投入され、内部に配置されたカッター部材などにより破碎される。水生植物の破碎は、破碎物のサイズなどが以後の圧搾工程の効率に影響を与えるので、使用する破碎手段の特性に応じて予め破碎時間、破碎条件を含めて最適化することができる。

【0024】

破碎工程の後、破碎物は、放置装置210に移送され、圧搾機220に投入され、固液分離が行われる。放置および圧搾は、12時間の放置後に圧搾することを2回繰り返すことで成分の溶出量が増加する。しかし、放置は、破碎物が乾燥せず、常温あるいは常温以上であれば、方法に限定はしない。また圧搾機は、破碎物を加圧し、破碎物中に含まれる水分を搾り出すことができれば、手動式、機械式、または油圧式など加圧機構、方法に限定はない。圧搾により破碎物は、炭素分を含む繊維質固形分と、液分とに分離される。

【0025】

繊維質固形分は、炭化炉230に投入され、例示的な減容処理として炭化処理が行われる。炭化物の状態に応じてさらに炭化物を破碎する破碎手段や、回収する手段が備えられていてもよい。炭化炉230は、電気炉、ガス炉、簡易炭化炉などを使用することができる。5～10 / minの昇温速度で最高温度350～900 まで加熱し、1～4時間保持して炭化を行う。その後、自然冷却する。また、具体的な実施形態では、炭化炉を加熱するため、メタン発酵で生成したメタンガスを直接使用することができる。また生成した

10

20

30

40

50

メタンガスを使用してバイオ発電を行う場合、発電した電力で電気炉を加熱することができる。メタン発酵で生成したメタンガスを炭化炉の加熱のために使用することで、低炭素化処理が可能となる。

【 0 0 2 6 】

水生植物処理システムは、さらに、高速メタン発酵処理槽 2 4 0 と、好ましい実施形態では固液分離装置 2 5 0 といった分離手段とを含んでいる。高速メタン発酵処理槽 2 4 0 は、内部にメタン生成菌を含む嫌気性の菌叢が充填されていて、下部から液分が供給され、順次上向きに液分が輸送される。液分は、高速メタン発酵処理槽 2 4 0 の適切な排出口、戻し口を使用して循環処理してもよいし、所定の処理時間を確保するようにワンパスの流量を制御することもできる。また、メタン発酵により生成したメタンガスは、生成メタンとして硫化水素処理手段などを含んで構成されるバイオガス精製部 2 7 0 へと送られ、発電、加熱、乾燥、貯蔵またはその後の使用のために処理される。

10

【 0 0 2 7 】

また、高速メタン発酵処理槽 2 4 0 からは、処理後の消化液が定期的または連続的に排出され、好ましくは、メタン生成菌その他を分離するための固液分離装置 2 5 0 を通った後、消化液として消化液貯留槽 2 6 0 に貯留される。消化液貯留槽 2 6 0 内の消化液は、pH調整その他の適切な処理の後、微細藻類の培地、液体肥料などの液体製品として提供される。

【 0 0 2 8 】

以上のとおり、本実施形態の水生植物処理方法および水生植物処理装置によれば、効率的に水分を多く含む水生植物から環境上有益な製品を、低炭素放出の要求を満たしつつ、製造することが可能となる。

20

【実施例】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明を具体的な実施例により説明する。

【実施例 1】

【 0 0 3 0 】

(圧搾効率の検討)

水生植物に破碎・圧搾処理を施すことにより、分解性の高い溶存性有機物を含有する液分と、分解性の低い細胞壁を含有する繊維質固形分とに分離される。実施例 1 では、本実施形態の水生植物処理により水生植物の体積がどの程度減少するかについて実証した。実験条件は、以下のとおりである。

30

【 0 0 3 1 】

基質：ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*)

破碎処理条件：無破碎、0 . 5 c m、3 . 0 c m

圧搾圧力：2 0 M P a、4 0 M P a (圧搾圧を変えて 2 回圧搾処理を実施)

炭化温度：8 0 0

炭化時間：2 時間

【 0 0 3 2 】

図 3 には、その結果をグラフとして示す。図 3 のグラフは、縦軸を固体の重量 (t) とし、横軸を処理前後の固体として、重量減少を示す。図 3 に示されるように、刈取後のホテイアオイの重量を、1 0 0 t としたとき、破碎・圧搾後の繊維質固形分で 3 3 t まで重量が減少する。また、炭化後には、約 1 . 5 t まで重量が減少するのが認められ、本実施形態により、短時間で水生植物を破碎・圧搾処理や炭化処理を行うことで、効果的な減容化が可能であることが示された。

40

【 0 0 3 3 】

図 4 に、図 3 の重量減少のグラフに対応する、その固体の体積減少のグラフを示す。図 4 のグラフは、縦軸を固体の体積 (m³) とし、横軸を処理前後の固体として、体積減少を示す。図 4 に示されるように、刈取後のホテイアオイの体積を、1 0 0 m³ としたとき、破碎・圧搾後の繊維質固形分で約 8 . 5 m³ まで減少し、さらに、炭化後には、ホテイ

50

アオイの体積に対して2%以下の 0.4 m^3 まで体積が減少するのが認められた。このことから、大幅な減容化が可能であることが示された。

【実施例2】

【0034】

(搾汁率の検討)

実施例2として、実施例1の条件で作成した破砕物のサイズおよび搾汁圧を変えて、搾汁量の圧搾条件依存性、すなわち搾汁効率依存性を検討した。その結果を図5に示す。図5は、縦軸に破砕物から排出された液分の量を、ホテイアオイの水分量に対する割合(%)とし、横軸を破砕および圧搾条件として、示したグラフである。図5に示すように、破砕サイズは、大きいよりも小さい方が、搾汁効率が良く、また搾汁圧は、高い方が、搾汁効率が良いことが確認できた。

10

【実施例3】

【0035】

(圧搾のメタン発酵処理)

以下の条件で、ホテイアオイを圧搾して得た液分を使用してメタン発酵を行い、メタン発酵速度について検討した。実験条件は以下のとおりである。

【0036】

基質：ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) の破砕・圧搾処理液

破砕：0.5 cm

圧搾圧力：50 MPa

反応槽：高速メタン発酵槽を模倣的に形成した500 mLメジウム瓶(有効容積 300 mL)

種汚泥：神奈川県横浜市環境創造局北部汚泥資源化センターより分与された中温嫌気性消化汚泥

基質投入条件：種汚泥：基質 = 2 g - VS : 1 g - DOC

温度： 37 ± 1

攪拌：100 rpm

20

【0037】

図6に、メタン発酵によるメタン生成量をグラフとして示す。図6のグラフは、縦軸を積算メタン生成量(mL/g-DOC)とし、横軸を運転時間(日)として示したメタン生成効率である。図6に示されるように、液分を、高速メタン発酵処理槽を擬した処理槽内でメタン発酵することで、実質的に4~5日程度でメタン生成が完了し、高速にメタン発酵処理できることが示された。したがって、本実施形態では、高速メタン発酵処理槽240内での液分の滞留期間を、数日程度に低減することが可能となることが分かった。

30

【実施例4】

【0038】

(液分と消化液の養分保存性)

液分は、ホテイアオイが保有する肥料効果を有する窒素、燐を含んでいる。液分のメタン発酵により消化液が生成されるので、消化液中に有効成分である窒素、燐成分の量が保存されているか否かについて、液分および消化液中の全窒素濃度および全燐濃度を定量分析することにより検討した。なお、分析条件は以下のとおりである。

40

【0039】

全窒素濃度は、総和法(工業排水試験法 JIS K 0102 45.2)、全燐濃度はペリオキシ二硫酸カリウム分解法(工場排水試験法 JIS K 0102 46.3.1)により測定した。

【0040】

図7に、全窒素濃度の分析結果を示す。図7は、縦軸を全窒素濃度(mg-N/L)とし、横軸を液分および消化液として示したグラフである。なお、図7には、全窒素濃度についての信頼限界(95%)を示す。図7に示すように、メタン発酵前後で、全窒素濃度は、実質的に変化していないことが確認できた。

50

【 0 0 4 1 】

図 8 に、全燐濃度の分析結果を示す。図 8 は、縦軸を全燐濃度 (m g - P / L) とし、横軸を液分および消化液として示したグラフである。なお、図 8 には、全燐濃度についての信頼限界 (9 5 %) を示す。図 8 に示すように、メタン発酵前後で、全燐濃度が、実質的に変化していないことが確認できた。

【 0 0 4 2 】

以上実施例 4 の結果によれば、メタン発酵後の消化液は、植物に対する肥料成分を十分含有しており、植物自体、クロレラ、植物性プランクトンまたは植物性プランクトンを消化して増殖する動物性プランクトンの肥料または培養液として提供できることが確認できた。

【 実施例 5 】

【 0 0 4 3 】

(放置前処理を実施した後の圧搾のメタン発酵処理および溶出養分)

以下の条件で、ホテイアオイを放置した後に、圧搾して得た液分を使用してメタン発酵を行い、メタン発酵速度について検討した。また液分の溶出養分を分析し、養分回収率について検討した。実験条件は以下のとおりである。

【 0 0 4 4 】

基質：ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) の破碎・圧搾処理液

破碎： 0 . 5 c m

圧搾圧力： 5 0 M P a

放置時間： 0 時間、 1 2 時間、 2 4 時間、および 1 2 時間放置後圧搾した後に繊維固形物を再度 1 2 時間放置

反応槽：高速メタン発酵槽を模擬的に形成した 5 0 0 m L メジウム瓶 (有効容積 3 0 0 m L)

種汚泥：神奈川県横浜市環境創造局北部汚泥資源化センターより分与された中温嫌気性消化汚泥

基質投入条件：種汚泥：基質 = 2 g - V S : 1 g - D O C

温度： 3 7 ± 1

撹拌： 1 0 0 r p m

【 0 0 4 5 】

図 9 に、放置処理を工程に追加した場合のメタン発酵によるメタン生成量をグラフとして示す。図 9 のグラフは、縦軸を積算メタン生成量 (m L / g - D O C) とし、横軸を運転時間 (日) として示したメタン生成効率である。図 9 に示されるように、放置処理を施した後に圧搾して得られた液分をメタン発酵することで、より高いメタン生成量が得られることが示された。したがって、本実施形態では、高速メタン発酵処理槽 2 4 0 で生成するメタン生成量を増加することが可能となることが分かった。

【 実施例 6 】

【 0 0 4 6 】

(放置前処理による圧搾後の液分の養分溶出性)

液分は、ホテイアオイが保有する肥料効果を有する窒素、燐を含んでいる。液分の全窒素濃度および全燐濃度を定量分析することにより検討した。なお、分析条件は以下のとおりである。

【 0 0 4 7 】

全窒素濃度は総和法 (工業排水試験法 J I S K 0 1 0 2 4 5 . 2)、全燐濃度はペリオキソ二硫酸カリウム分解法 (工場排水試験法 J I S K 0 1 0 2 4 6 . 3 . 1) により測定した。

【 0 0 4 8 】

図 1 0 に、全窒素濃度の分析結果を示す。図 1 0 は、縦軸を全窒素濃度 (m g - N / L) とし、横軸を放置時間として示した全窒素濃度のグラフである。図 1 0 に示すように、放置処理を施すことで、溶出する全窒素濃度は増加することが確認できた。さらに、 1 2

10

20

30

40

50

時間の放置と圧搾を二回繰り返すことで溶出量が大幅に増加することが確認できた（図 10 中、12 h → 12 h）。したがって、放置前処理を施すことで、消化液中の全窒素濃度が増加し、微細藻類回収量を増加することが可能となることが分かる。

【0049】

図 11 に、全燐濃度の分析結果を示す。図 11 は、縦軸を全燐濃度（mg - P / L）とし、横軸に放置時間として示したグラフである。図 11 に示すように、放置処理を施すことで、溶出する全燐濃度は増加することが確認できた。さらに、12 時間の放置と圧搾を二回繰り返すことで溶出量が大幅に増加することが確認できた（図 11 中、12 h → 12 h）。したがって、放置前処理を施すことで、消化液中の全燐濃度が増加し、微細藻類回収量を増加することが可能となることが分かる。

10

【0050】

実施例 5 および実施例 6 に示すように、放置前処理を圧搾前に実施することで、メタン発酵時の回収メタン生成量の増加、および、メタン発酵後の消化液中の肥料成分の増加による微細藻類や野菜の収穫量の増加が確認できる。

【0051】

破碎・圧搾処理を施して得られる分解性の高い溶存性有機物を含有する液分（搾汁液）を高速メタン発酵処理槽 240 へ送り、そのまま処理してもよいが、搾汁液の前処理を実施したほうが、運転効率の向上が見込まれることが分かった。そこで、pH 調整等の前処理を実施することができる。

【0052】

図 12 は、第 2 の実施形態の水生植物処理システムの概略図を示す。図 12 に示す水生植物処理システムは、図 2 に示したシステムとほぼ同様の構成であるが、圧搾機 220 と、高速メタン発酵処理槽 240 との間に、前処理する装置の一例として pH 調整装置 280 が追加されている。破碎機 200、放置装置 210、圧搾機 220、炭化炉 230、高速メタン発酵処理槽 240、固液分離装置 250、消化液貯留槽 260、バイオガス精製部 270 については既に説明したので、ここでは説明を省略する。

20

【0053】

pH 調整装置 280 は、高速メタン発酵処理槽 240 の上部から排出され、循環する液分と、圧搾機 220 から供給される搾汁液とが合流した後の液分を受け入れ、水酸化カルシウム等の pH 調整剤を使用して、高速メタン発酵処理槽 240 へ供給する液分の pH を調整する。液分の pH は、例えば 6 ~ 8 に調整され、好ましくは 6.5 ~ 7.5 である。

30

【0054】

pH 調整装置 280 は、例えば、液分を貯留する液分貯留槽と、水酸化カルシウム水溶液等の pH 調整液を貯留する容器と、液分貯留槽内の pH を計測する pH 計測器と、pH 計測器で計測された pH に基づき、容器から供給する pH 調整液の量を調整する調整弁とを含む。pH 調整装置 280 は、液分貯留槽内を攪拌する攪拌機を備えていてもよい。なお、pH 調整装置 280 は、液分の pH を調整できれば、この構成に限定されるものではない。ここでは、液分の前処理として、pH 調整を一例として挙げたが、前処理は、可溶化、熱処理、微量金属添加等であってもよく、pH 調整に限定されるものではない。

【0055】

以下、前処理の効果について実施例により説明する。

【実施例 7】

【0056】

（前処理の効果）

以下の条件で、ホテイアオイを圧搾して得た液分につき、図 13 に示すように、pH 調整し、pH 調整した液分をペリスタポンプ（登録商標）等のポンプ 300 によりメタン発酵を可能とする菌叢が固定された担体 320 が充填された反応槽 310 へ送り、各水理学的滞留時間（HRT）とした場合の基質と反応槽 310 から排出する排水の溶存有機炭素（DOC）濃度から前処理の効果について検討した。水理学的滞留時間は、反応槽 310 へ液分が流入してから流出までの平均的な時間である。破碎、圧搾圧力、種汚泥は、図 3

40

50

に示す実施例と同様とした。メタン発酵により発生したバイオガスは、反応槽 310 の頂部から排出させ、排水は、オーバーフローにより排出させた。実験条件は以下のとおりである。

【0057】

基質：ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) の破碎・圧搾処理液

温度：37 ± 1

pH調整：Ca(OH)₂

反応槽：有効容積 6.5 m³

水理学的滞留時間 (HRT) :

運転期間 (日) 0 - 12 : 5日

12 - 44 : 4日

44 - 77 : 3日

77 - 120 : 2日

pHは、6.5 ~ 7.5 に調整した。

【0058】

図14に、DOC濃度をグラフに示す。DOC濃度は、pH調整前の基質と、反応槽 310 から排出される排水とに含まれるDOC濃度として、TOCLCPH/CPN (島津製作所製) による燃焼触媒酸化法を用いて2日ごとに計測した。図14は、縦軸をDOC濃度 (mg - DOC / L) とし、横軸を運転期間 (日) として示したDOC濃度のグラフである。運転期間0~12日までは、水理学的滞留時間を5日に設定し、反応槽 310 内に供給するpH調整後の処理液の供給量を少なくし、12日目以降、上記の日数が経過する毎に水理学的滞留時間を1日ずつ短くし、処理液の供給量を増加させて実験を行った。

【0059】

実験の結果、水理学的滞留時間を2日に設定しても、DOC濃度を90%以上低下させてメタン生成を完了させることができ、反応槽 310 内での液分の滞留時間を2日まで低減できることが分かった。

【0060】

以上説明したように、本実施形態によれば、水生植物を破碎・放置・圧搾処理し、液分を高速メタン発酵処理することでバイオガスを回収し、消化液を用いて有価物の原料である微細藻類を培養し、圧搾繊維質固形残渣を炭化により迅速に処理しつつ固形燃料や建築資材などを生産することが可能な水生植物の高速、低コストおよび高効率の水生植物処理方法および水生植物処理システムが提供できる。また、pH調整等の前処理を実施することで、水理学的滞留時間を2日まで低減することができ、運転効率を向上させることができる。

【0061】

なお、本実施形態において使用する数値的規定は、一定の範囲を含む中央値、平均値、代表値として理解されるべきであり、本開示中で開示された数値は、数値を20%超え、また数値を20%下回る数値的範囲を規定するものと理解されるべきである。

【0062】

これまで本発明を、実施形態をもって説明してきたが、本発明は、実施形態に限定されるものではなく、他の実施形態、追加、変更、削除など、当業者が想到することができる範囲内で変更することができ、いずれの態様においても本発明の作用・効果を奏する限り、本発明の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

【0063】

200 破碎機

210 放置装置

220 圧搾機

230 炭化炉

240 高速メタン発酵処理槽

10

20

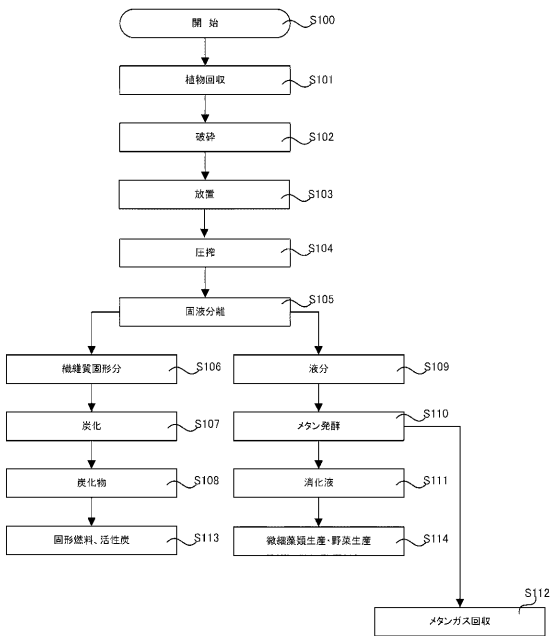
30

40

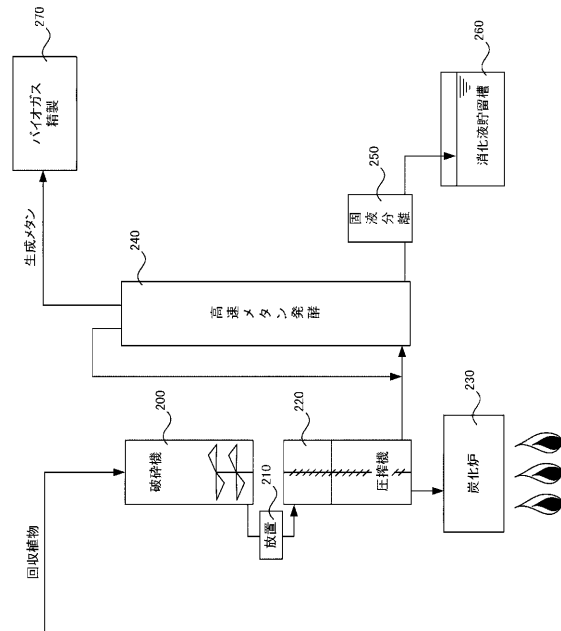
50

- 250 固液分離装置
- 260 消化液貯留槽
- 270 バイオガス精製
- 280 pH調整装置
- 300 ポンプ
- 310 反応槽
- 320 担体

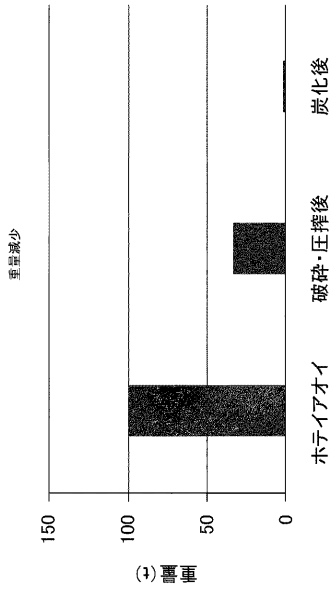
【図1】



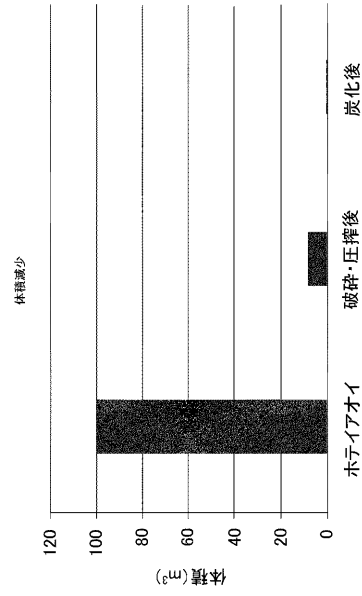
【図2】



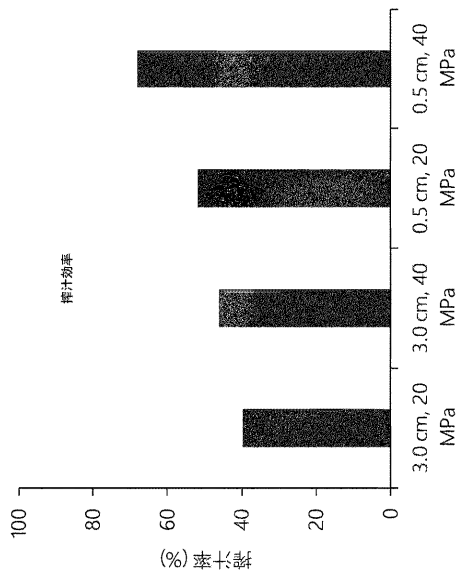
【 図 3 】



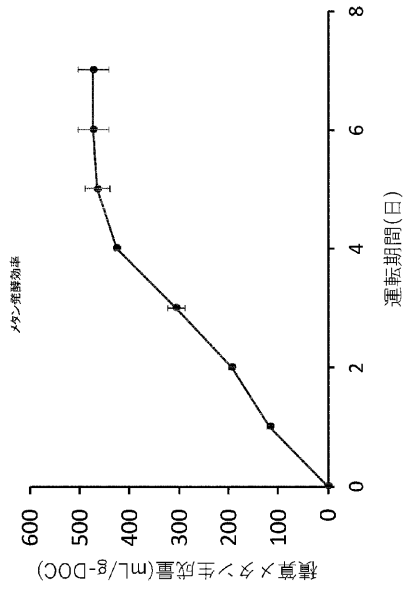
【 図 4 】



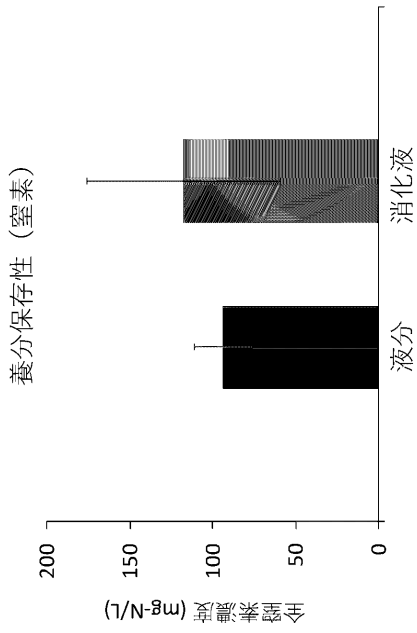
【 図 5 】



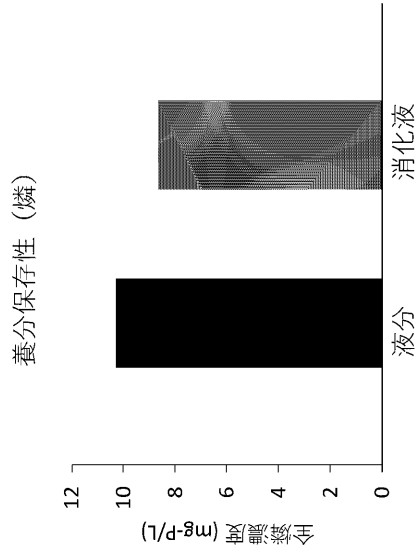
【 図 6 】



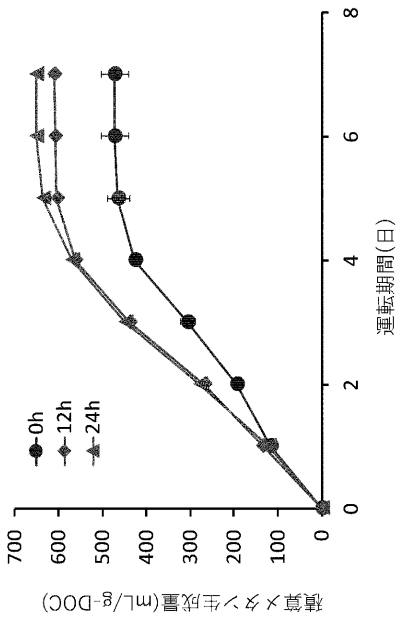
【 図 7 】



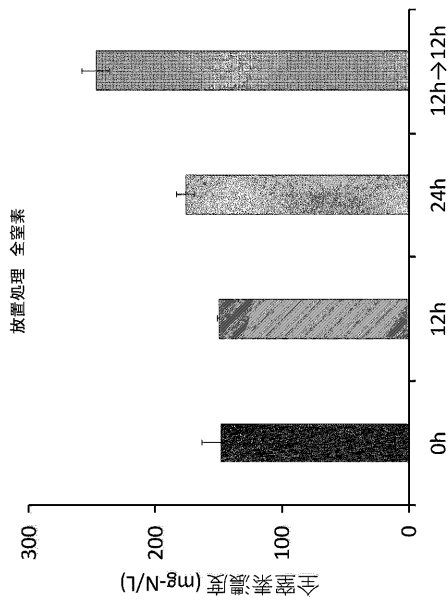
【 図 8 】



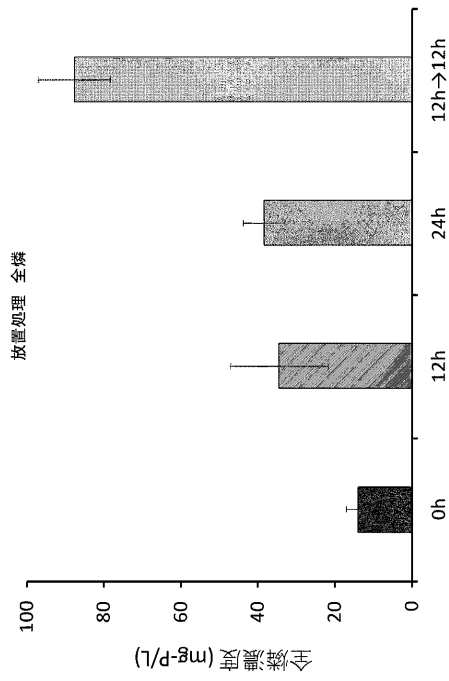
【 図 9 】



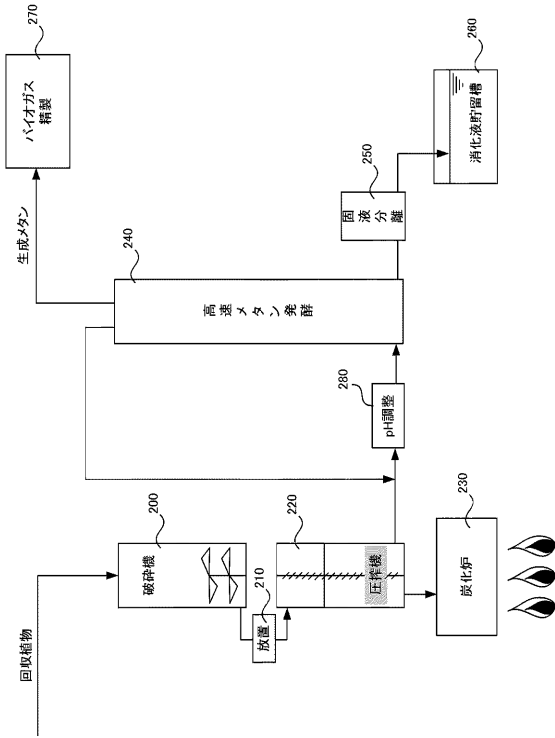
【 図 10 】



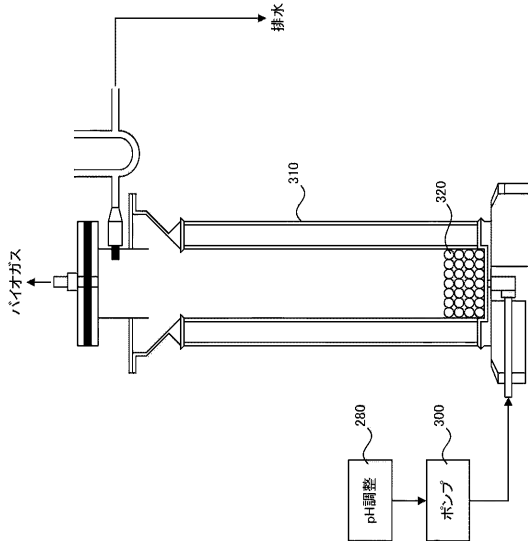
【図 1 1】



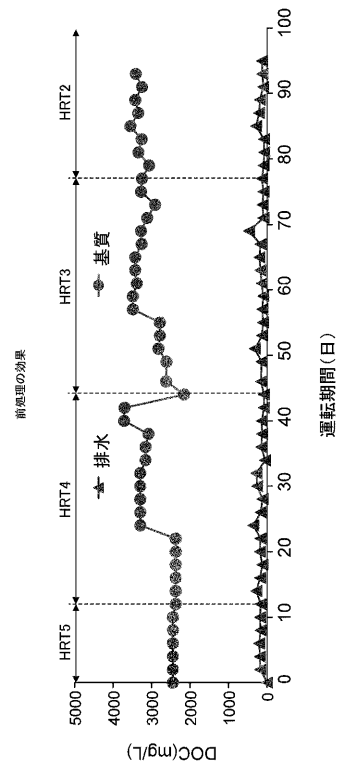
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】

水生植物の繁茂状態



フロントページの続き

- (72)発明者 岡村 和夫
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内
- (72)発明者 小寺 敏光
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内
- (72)発明者 関根 睦実
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内
- (72)発明者 藤原 正明
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内
- (72)発明者 金田 明日香
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内

審査官 森 健一

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 1 4 5 2 5 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 6 / 0 5 6 3 5 4 (W O , A 1)
特開 2 0 0 6 - 2 0 5 0 8 7 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 1 4 6 9 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 7 0 9 1 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 0 9 B 3 / 0 0
C 0 5 F 1 1 / 0 0
C 1 0 L 5 / 4 4