

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K07270

研究課題名(和文) 環境保全・維持と調和したケイ酸資源「ヨシ」の水稲栽培への利用システムの確立

研究課題名(英文) Establishment of a utilization system to paddy rice culture of common reed as silicic acid resources harmonized with environment preserve and maintenance

研究代表者

森 静香 (Shizuka, MORI)

山形大学・農学部・准教授

研究者番号：30504302

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ケイ酸は水稲の収量向上・ストレス軽減に大事な養分であり、持続的供給が重要であるが、原料価格高騰によりケイ酸資材施用が省略されている。湿地に生息するヨシは、水稲と同様にケイ酸を吸収し、定期的に刈出すことで湿地は守られる。そこで、環境保全・維持しながら、ヨシを水稲へのケイ酸供給に有効利用するため、ヨシの資材化・刈取時期・資源評価、水稲施用技術の検討を行った。その結果、山形県庄内地方最上川流域のヨシは、染色体の倍数性が8と10であり、土壌の養分量が多いほど生育量が多い傾向で、成熟期以降に刈り取ると、湿地を守りながら資材化ができた。その資材を育苗時や水田に施用すると生育やケイ酸吸収量が向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、「水稲へのケイ酸の効率的で効果的な供給技術の開発」を主題として、基礎的研究と実用的研究を融合した境界的研究で成果を得てきた。本研究は、水稲栽培、ケイ酸栄養、ヨシの資材化とその利用、遺伝子学・生態学・土壌学的なヨシの資源評価などの学術的研究と、環境保全と調和した資源利用システム開発の実用化研究とを組み合わせた独創的な成果を得た。さらに、本成果は、ヨシが生息するどの地域でも応用可能であり、ヨシに限らず他の植物利用やケイ酸以外の養分についても研究・実用展開が可能であることも社会的に意義がある。

研究成果の概要(英文)：Silicic acid is an important nutrient for improving yield and reducing stress of rice, and continuous supply is important, but application of silicic acid materials is omitted due to soaring raw material prices. Reeds that live in wetlands absorb silicic acid like rice and protect the wetlands by cutting them regularly. Therefore, in order to effectively utilize reeds to supply silicic acid to rice while maintaining the environment, we examined the materialization of reeds, the time of harvesting, resource evaluation, and rice application technology. The results showed that reeds in the Mogami River basin in the Shonai region of Yamagata Prefecture had chromosome multiplicity of 8 and 10, and that the higher the soil nutrient content, the higher the growth rate, and that reeds mowed after maturity could be made into material while protecting the wetland. When the material was applied to seedlings and paddy fields, growth and silicic acid absorption of rice plant were improved.

研究分野：作物生産科学

キーワード：水稲 ケイ酸 作物 栽培体系 環境調和

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1)水稲においてケイ酸は、収量向上や様々なストレス軽減に効果があり、最も多く吸収される重要な養分である。しかし、灌漑水中のケイ酸濃度の低下、農業従事者の高齢化や減少、ケイ酸質資材原料価格の高騰などにより、水稲へのケイ酸供給が不足し、ストレス抵抗性低下、収量・品質の不安定化などが問題となっている。

(2)これまで、水稲へのケイ酸の効率的・効果的施用法、ケイ酸施用による潮風害軽減効果、栽培法の違いによるケイ酸吸収への影響など成果を得てきた。水稲は育苗期から収穫期までケイ酸を必要とするため、常にケイ酸を供給できる環境下に置くことが重要であるが、人為的なケイ酸供給は、主に化学的に製造されたケイ酸質資材に依存してきた。

(3)水稲と同じイネ科植物であるヨシは、ケイ酸を多量に吸収する。ヨシは、茅葺き屋根や簾などの原料や活性炭などに利用されてきたが、水稲へのケイ酸供給を目的として利用されたことはない。

(4)人間がヨシを利用するために定期的に刈り出すことは、ヨシが生息する湿地や河川流域の草地などへの遷移速度を遅らせ、環境維持・保全にも重要な役割を果たしている。ラムサール条約に登録された山形県鶴岡市の都沢湿地でも定期的にヨシが刈り出されているが、有効利用されことなく費用をかけて運搬・焼却処分されてきた。また、山形県庄内地方を流れる一級河川(最上川、赤川)流域にもヨシが約94ha生息し、刈り出されることなく管理が困難となる恐れがある。

### 2. 研究の目的

水稲へのケイ酸供給資源としてイネ科植物「ヨシ」に着目し、化学的に製造したケイ酸質資材だけに依存することなく、ヨシを定期的に刈り出すことで環境保全・維持と調和を図りながら、水稲栽培に有効利用するシステム開発を行うことを目的として、以下の研究を行った。

(1)ヨシのケイ酸資材化と水稲への施用技術の確立

(2)ヨシのケイ酸資源評価と資源マップの作成

(3)ケイ酸資源性、作業性、環境保全・維持を考慮したヨシの刈取法の確立

### 3. 研究の方法

(1)ヨシのケイ酸資材化と水稲への施用技術の確立

#### ヨシの資材化の検討

水稲の一部である籾殻を400程度で燃焼すると、異なる温度での燃焼に比べて最も多くの可溶性ケイ酸(水稲が吸収できるケイ酸)を得ることができる(2004年 森泉・伊藤ら)。ヨシの茎葉部を燃焼し資材化するため、最も多く可溶性ケイ酸が得られる燃焼条件を実験室内の小型マッフル炉(以下、マッフル)小型試験器(以下、試験器、香蘭産業(株)製作)小型実用器(以下小型器、同社製 ミニミニ燻燃器(MMKN-24IW)容量20L程度)大型実用器(以下、大型器、同社製 クンネン器(203AS型)容量200L程度)で検討した。資材化試験には、ビニルハウスで乾燥させたヨシを2~5cmに裁断機(コーワカッター、自走式、S-1620E、新興和産業)により裁断したものを供試した。器材内の温度は、4ch温度ロガーSK-L400T(佐藤計量器製作所)を用いて小型試験器、および小型実用器については下部から5cm間隔で20cmまでの位置、大型実用器については下部から25、30、40、50、60、70、80cmの位置に温度センサ(MC-K7102、佐藤計量器製作所)挿入して測定した。

#### 水稲への施用技術の検討

資材化のための燃焼試験で得られたヨシ燃焼灰を育苗期の培土に混合し、施用量の違いと水稲苗の生育・養分吸収量との関係を、さらに、それらの苗を水田ほ場に移植した場合と無施用の水稲苗を移植したもの、もしくは移植前にほ場に燃焼灰を施用した場合と無施用のものとの生育・養分吸収量との関係を検討した。

(2)ヨシのケイ酸資源評価と資源マップの作成

最上川・赤川流域のうち山形県庄内地方の範囲に生息するヨシの生育量・養分吸収量、ならびに土壌中の可給態ケイ酸、河川水中ケイ酸量、各地点のヨシの染色体数を分析・調査し、資源評価を行った。

(3)ケイ酸資源性、作業性、環境保全・維持を考慮したヨシの刈取法の確立

過去の刈り取り履歴が明確な都沢湿地において、刈り取り時期の違いと生育量・養分吸収量との関係から適した刈り取り時期を検討した。また、基礎データを得るために、3.(2)の各流域と3.(3)の都沢湿地で採取した土壌を充填したポットに同一環境で育苗したヨシの苗を移植し、地下茎を含めた生育特性・栄養特性について解析した。

#### 4. 研究成果

##### (1) ヨシのケイ酸資材化と水稻への施用技術の確立

###### ヨシの資材化の検討

マッフルによる検討はヨシの一定量の乾燥粉体を磁製のつぼに入れて 300~600 の範囲で燃焼させた。試験器、小型器においては、乾燥させたヨシを 2~5cm ほどの長さに裁断して器材ごとに容量、充填程度をほぼ均一にして燃焼させた。また、大型器は充填程度の違いのみで検討した。これらの器材と、マッフルとでは試料の調製条件が異なるため、マッフルについてはあくまで基礎データとし、実用に近い香蘭産業(株)の各器での検討結果を述べる。試験器と小型器の燃焼条件は、煙突の高さ、および下部空気口の開口高の調節を組み合わせ、最も燃焼灰中の可溶性ケイ酸が多く得られる条件を検討した。その結果、煙突の高さ 100cm、開口高 2.0~3.0cm (開口面積 3.92~4.92cm<sup>2</sup>) で最も多く可溶性ケイ酸が得られた。大型器では、充填量が多いほど燃焼中の器内温度が上がり燃焼時間が長くなった。また、充填量が少ないほど全ケイ酸に占める可溶性ケイ酸の割合が多くなった。

###### 水稻への施用技術の検討

育苗期施用(床土混和处理)では、燃焼条件が異なるヨシ燃焼灰の可溶性ケイ酸量が同様になるように施用すると、灰の炭素量や全ケイ酸量が異なっても、水稻苗のケイ酸吸収量はほぼ同等になった。また、施用量が多いほどケイ酸吸収量は多くなった。本研究では籾がら、稲わら、ススキについても燃焼灰を作成し、ヨシと同様に施用試験を行った。燃焼灰ごとに施用した可溶性ケイ酸量が同じでも、苗のケイ酸吸収量が異なり、育苗時期が異なっても同様の傾向であった。植物体の木質部の構成成分組成の違い、燃焼灰中のケイ酸の形態や他成分との構造関連性、水稻側の反応など様々な違いが影響していると推測され、解析困難であると考えられる。さらに、化学的ケイ酸質肥料であるシリカゲル肥料と各燃焼灰で同量の可溶性ケイ酸を施用して比較したところ、生育およびケイ酸吸収量ともにシリカゲル肥料と同等の結果であり、施用した可溶性ケイ酸の苗利用率は各燃焼灰でシリカゲル肥料より高くなる傾向であった。ただし、すべての苗施用試験において施用量が多くなると生育低下する条件があり、4.(1) で得られた燃焼条件での適正施用量は可溶性ケイ酸量で苗箱あたり 30g 程度であり、ヨシ以外の燃焼灰でもほぼ同様の結果であった。

本田施用(基肥処理)では、各燃焼灰施用とシリカゲル肥料施用は無施用に比べて、初期の生育が向上しケイ酸吸収量が増加した。育苗時施用と組み合わせるとさらに増加した。本研究では、燃焼灰施用をすべて手作業で行ったが、米生産の実際の現場では機械作業が主体であるため、今後、特に本田施用では機械を用いた施用方法の検討とその実証試験を行う必要がある。

##### (2) ヨシのケイ酸資源評価と資源マップの作成

山形県庄内地方最上川流域のヨシは、染色体の倍数性が 8 と 10 であり、土壌の養分量が多いほど生育量が多い傾向であった。各地点の面積からのおおよその資源量算出は今後行う予定であり、マップ作成も今後行う予定である。

赤川流域についても同様に進めていく予定である。

##### (3) ケイ酸資源性、作業性、環境保全・維持を考慮したヨシの刈取法の確立

過去の刈り取り履歴が明確な都沢湿地において、刈り取り時期の違いと生育量・養分吸収量との関係から適した刈り取り時期を検討した結果、成熟期で刈り取った翌年のヨシの生育量・養分吸収量が最も多かった。ヨシは当該年に得られた炭水化物を根茎に貯蔵し次年度に利用するため、貯蔵するための炭水化物生成の期間を長く得られる成熟期での収穫が適していると考えられた。また、成熟期での刈り取りは、水分が抜けて収穫後の乾燥処理や裁断処理がしやすく、資材化に適すると考えられた。

基礎データを得るために、3.(2)の各流域と3.(3)の都沢湿地で採取した土壌を充填したポットに同一環境で育苗したヨシの苗の生育は、土壌の養分量が多いほど生育量が多くなったことから、同一のヨシの生育量を左右する要因の一つとして土壌養分量があると考えられたが、本研究では染色体の倍数性が 10 倍体のヨシのみでの検討であったため、倍数性の違いと土壌の違いによる同一のヨシの生育への影響について、今後検討を要する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木賀 颯平, 森 静香, 古澤 英里香, 松本 由美, 藤井 弘志
2. 発表標題 燃焼条件の違いが各植物燃焼灰中の成分量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2018年神奈川県大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤侑・森静香・松本由美・藤井弘志
2. 発表標題 ヨシの資材化と水稲栽培利用～ヨシの刈り取り時期の違いがバイオマス資源の維持、確保に及ぼす影響～
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2015年度京都大会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 燃焼資材の製造方法および製造装置	発明者 森静香、佐々木照	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2 0 1 7 - 1 1 8 1 0 3	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----