下水処理水を灌漑した水田における酒米の生育特性

秋田工業高等専門学校　学生会員　○鈴木琉人　秋田県立大学　正会員　高階史章
秋田県総合食品研究センター　非会員　大野剛　秋田工業高等専門学校　正会員　金主鉉　正会員　増田周平

1. はじめに

下水処理水は水量、水質ともに安定した水源であると同時に、窒素・リンなどの栄養塩を豊富に含んでいる。そのため農業分野における有効活用は、水不足の解消および作物生産における代替肥料としての活用につながると期待されている。そこで、本研究グループでは、下水処理水を活用した水稲栽培手法の確立を目指して研究を行っている。

既往の研究において、模擬水田における酒造好適米（酒米）の栽培試験を行い、玄米の安全性に問題がないこと、および醸造に耐えうる品質の酒米を栽培できる可能性が高いことを確認した [1)]。そこで本研究では、35 アール規模の実証田における試験へと駒を進め、処理水の灌漑が水稲の生育特性および玄米品質に与える影響の評価を目的として、実水田において水稲栽培試験を行った。

2. 方法

2.1 実験概略

秋田県秋田市の A 農業集落排水処理施設に隣接する 4 区の水田を利用し、2021 年 5 月から 9 月にかけて栽培を行った。実験は、処理水の投入量を調節した 3 区の処理水区と、慣行農法の対照区で酒米「秋田酒こまち」[2)] を栽培した。水田面積は、処理水区がそれぞれ A:540㎡、B:600㎡、C:1500㎡、対照区が D:760㎡である。栽培スケジュールは 5/15 に田植え、5/28 に処理水の通水を開始し、7/4 から 7 /22 までの約 2 週間中干しを行った。なお、処理水区は農業用水を併用した。中干し後は全区で農業用水の間断灌漑とした。なお、全区で農薬と除草剤の散布を同様に実施した。収穫は 9 /27 に実施した。実験に供した下水処理水は窒素除去が行われておらず、7 月 1 日に測定した溶存態全窒素は 16.1 mgN/L、その大部分はアンモニア性窒素である。各区における窒素投入量を表 1 に示す。処理水は窒素濃度と投入量、対照区は 14-14-14 の化学肥料の投入量より算出した。

2.2 測定項目

調査は処理水投入量を調整した処理水区 A、B、C、慣行農法の対照区 D の各区から連続した 10 株を対象に、草丈、茎数、SPAD 値を定期的に調査した。また収量は各区で 3 カ所ずつ坪刈りを実施し、収量要素を測定して算出した。

玄米品質については坪刈りした玄米を各区で混合したものを検体とした。酒造用原料米全国統一分析法 [3)] に基づき、水分、整粒歩合、千粒重、および乾物換算粗タンパクについて分析を行った。また、別途有害物質として Cd、As、Pb の含有量を ICP-AES により分析した。

3. 結果と考察

3.1 生育特性

生育調査の結果を図 1 に示す。これより、最終的な草丈は 112～114 cm 程度となり、全体的に高めで差は見られなかった。ただし、処理水区 A では幼穂形成期において他の処理水区と比較して低かった。茎数は、処理水投入量が最大の処理水区 C で高く、次いで対照区 D、その次に処理水区 A と B が続いた。SPAD 値は幼穂形成期付近のデータ（7/23、8/2）に注目すると、処理水区 A が低い傾向にあった。

これより、窒素負荷の低い処理水区 A において、茎数および SPAD 値が低くなる傾向が見受けられた。ただし、幼穂形成期の SPAD 値は 40 前後が良いとされている [2)]が、本試験では処理水区 A を除く全ての区で適性値近くになっているものの、いずれの区においてもその後 SPAD 値が上がり続ける現象が見られた。本実験区は前年度まで慣行農法に利用されていた水田のため、地中の肥効成分が多く残存し、それらが利用された可能性が高いと考えられる。なお収量は処理水区 B と C で高かった（図 1）。

表 1　各処理水区の窒素負荷量

	処理水区A	処理水区B	処理水区C	対照区D
合計負荷量(gN)	1654	2380	6746	2800
gN/m²	3.1	4.0	4.5	3.7

キーワード：下水処理水　栄養塩　酒米　生育特性
連絡先：〒011-8511 秋田市飯島文京町 1-1 秋田工業高等専門学校 増田周平 E-mail:masuda@akita-nct.ac.jp

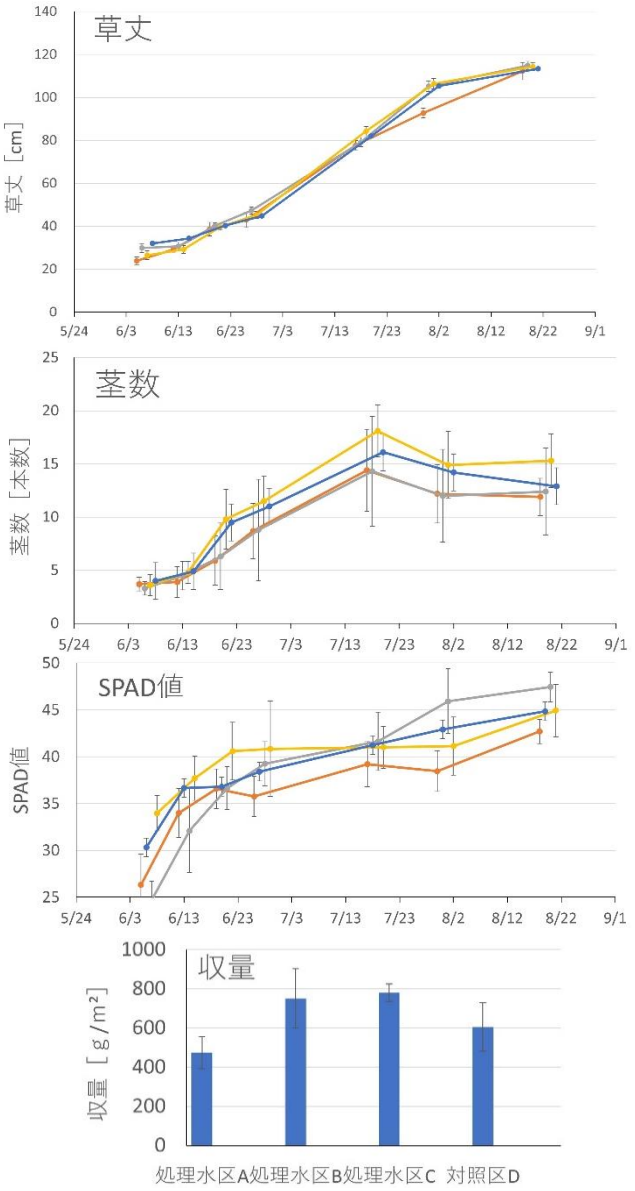

図１　生育特性

3.2　玄米の醸造品質と安全性評価

玄米の醸造品質の分析結果を表 3 に示す。醸造品質について、水分は目標値 15%に近い値になった。整粒歩合は目標値 65%以上に対して全ての区で高く、ほぼ特等米（80%以上）の基準に相当した。千粒重は目標値 28.5 g 以下に対して低く、全ての区で小粒であった。乾物換算粗タンパクは 6.5～8.0%に抑えるのが理想的だが、全ての区で 8%以上と高かった。以上より、玄米品質は水分量、整粒歩合、千粒重の値は概ね目標値を達成しており、処理水投入による影響はほとんど見られなかった。一方で、粗タンパクは窒素負荷量の影響を受けて増減すると考えられ、処理水区では窒素負荷量が増加すると粗タンパクの値も増加した。ただし、対照区の値も基準値を超えて高かったことから、生育特性の結果と同様に、実験水田の地力が高かったことが影響したと考えられる。なお別途酒蔵へ実施したヒアリングによれば、収穫された玄米は総合的には醸造に適する品質であった。

次に有害物質の分析結果を表 4 に示す。これより、Cd、As、Pb のいずれも含有量は十分に低かった。つまり、処理水を灌漑することによる玄米への有害物質の蓄積は見られなかった。

表 3　玄米成分の分析結果（目標値 [1,3]）

	水分(%)	整粒歩合(%)	千粒重(g)	粗タンパク(%)
処理水区A	14.6	78.6	26.4	8.1
処理水区B	14.8	78.7	27.1	9.2
処理水区C	14.7	79.4	26.9	9.4
対照区D	15.1	77.5	27.1	8.2
目標値	15%	65%以上	28.5以下	6.5～8.0

表 4　玄米金属量分析結果（基準値 [1,3]）

	カドミウム(mg/kg)	ヒ素(mg/kg)	鉛(mg/kg)
処理水区A	＜0.05	0.1	＜0.1
処理水区B	0.07	0.1	＜0.1
処理水区C	0.06	0.2	＜0.1
対照区D	0.05	0.1	＜0.1
基準値	0.4以下	0.35以下	-

4．まとめ

本研究では、下水処理水を灌漑した実水田において酒米を栽培し、生育特性、醸造品質および安全性について評価した。その結果、醸造に適する安全な酒米が栽培可能であることが示された。

本結果は慣行田から処理水利用へ転換した初年度の結果であり、複数年栽培を重ねていくうえで、本結果の検証が必要である。特に地力の低下にともなう処理水由来の栄養塩供給の重要性が増してくことが想定されるため、生育指標の状況に応じて処理水の投入方法を最適化する取組が引き続き必要である。

謝辞

本研究は，公益財団法人住友財団の環境研究助成を受けて実施した。

参考文献

1）増田他,下水処理水を用いた酒造好適米栽培における玄米品質と安全性の評価 土木学会論文集 G, 75(2), 65-74, 2019

2）柴田他，酒造好適米“‘秋田酒こまち’”の高品位栽培技術の確立 秋田農業試験場研究報告第 54 号, 23-37, 2014

3）酒米研究会，酒造用原料米全国統一分析法,1-15, 1996