

# 石灰窒素の秋施用による 「つや姫」の生育改善効果の実証と 水田からのメタン発生量の削減

山形県農業総合研究センター 水田農業研究所 主任専門研究員 齋藤 寛

山形県庄内総合支庁 酒田農業技術普及課(現 最上総合支庁農業技術普及課) 専門普及指導員 今野 悟

山形県農業総合研究センター 食の安全環境部 研究員 岡田典晃

片倉コープアグリ株式会社 技術主管 熊谷勝巳

## 石灰窒素の秋施用による稲わら腐熟

積雪寒冷地に位置する山形県では、水稻収穫後の稲わらは、9～10月のコンバイン収穫と同時に水田表面へ直接戻され、冬を越して、翌春の耕起時に土壤にすき込む「春すき込み」が一般的である。稲わら腐熟を促進する「秋すき込み」は水田面積の6%程度であり、微増しているものの、秋～翌春までの雪や雨により土壤水分が高まることから、地耐力が弱くなり、翌春の機械作業が困難になるなどの理由で敬遠されることが多い。

そのため、対策のひとつとして「積雪寒冷地水田からの温室効果ガス(メタン)削減技術」(2021年、「石灰窒素だよりNo.156」参照)で、塩野\*<sup>1</sup>が紹介した“石灰窒素の秋施用技術”がある。田面に散布された稲わらの上に石灰窒素を単純に散布するだけで、「春すき込み」圃場でも稲わら腐熟が促進され、水田からのメタン発生量の削減効果があることとともに、生育初期の茎数確保により穂数が増加し、収量が向上することが示されている。

## 石灰窒素の秋施用による「つや姫」の初期生育改善

### 実証圃の設置経緯

山形県が誇るブランド水稻品種「つや姫」は、食味を最も重視することから、玄米粗タンパク質含有率を基準値以下(乾物で7.5%以下)にする必要があり、県内では、特別栽培または有機栽培で行うことと定められている。施肥量の上限(基肥で5kgN/10aまで)が決められているため、稲わらの「春すき込み」による初期生育へのマイナスの影響を、施肥のみで改善することが難しい。

そこで、初期生育や収量が不安定な地域の現地圃場で「つや姫」栽培に石灰窒素の秋施用を組み合わせ、塩野が紹介した技術の現地実証を行った。実証は、庄内総合支庁農業技術普及課が主体となり、JAやJA全農山形、農業総合研究センター、肥料メーカーが協力して行った。なお、農水省は「有機物の腐熟促進のみを目的として石灰

窒素を施用する場合は化学肥料の使用量にカウントする必要がない」としていることから、県内の認証団体が審査する特別栽培での石灰窒素の秋施用は可能である。

### 実証圃の設置概要

実証圃は、庄内地域の遊佐町に位置し隣接する水田(細粒質還元型グライ低地土)を用いた。石灰窒素秋施用の実証圃(33.1a)では、石灰窒素10kg/10aを3ヵ年連用した(施用年月日:2017年11月6日、2018年11月6日、2019年10月28日)。隣接する石灰窒素無施用の圃場(38.0a)を対照圃とした。両圃場とも、2017年は50%有機入り一発肥料を4.8kgN/10a、2018年と2019年は基肥を50%有機化成4kgN/10a、穂肥を穂首分化期に50%有機化成1.5kgN/10aとした。移植は5月10日に行った。両圃場の5cm深に白金電極を設置し、土壤Ehを測定した。

また、実証圃場での石灰窒素による稲わらの腐熟効果を実測するため、不織布に包んだ一定量の稲わらを対照圃の一部の田表面に設置し、石灰窒素7.5kg/10aの添加の有無により、稲わらの乾物分解率を測定した。2017年11月10日に設置し、翌年4月10日に半分を回収した。残りは5月14日に移植直後の水田5cm深に埋設し、6月19日に回収した。

### 「つや姫」の生育状況

水稻の茎数と葉色の推移を図1、写真1に示した。実証圃の茎数は、移植20日後の6月10日から対照圃よりも20～30%増加し、穂数は15%ほど増加した。葉色は、対照圃よりもやや濃く推移し、特に穂揃期以降で濃くなった。実証圃の収量は、対照圃に比べ112～119と大きく改善され、主に穂数の増加が大きく寄与していた(図2)。この傾向は年次ごとにみても概ね同様だった(図3)。

### 稲わらの分解程度と土壤Eh、乾物重

不織布に包んだ稲わらを回収し、乾物重を測定した結果を図4に示した。11～4月までの分解率と5～6月の分解率を比較すると、6月までの分解率は、石灰窒素添加区と無施用区の差は小さかったものの、石灰窒素添加

区のほうが11～4月までの分解率の割合が高く、移植後の稲わら分解率が低かった。

一方、圃場試験での土壌Ehの推移をみると、実証圃は対照圃よりも酸化的に推移しており、石灰窒素の秋施用により稲わら腐熟が促進され、土壌の還元程度が弱くなっていることを確認した(図5)。さらに、生育初期の根の乾物重と稲体窒素吸収量を図6に示した。実証圃では、根の乾物重が増加し、稲体窒素吸収量も増加した。土壌中での異常還元や有機酸生成が緩和され、根の健全化が図られたと考えられ、その効果は、窒素添加による単純な肥料効果を上回っていた。

このように、実証圃では、石灰窒素の秋施用により稲わら腐熟が進み、翌年の「つや姫」栽培時の生育が大きく改善したことを裏づけた。

#### 石灰窒素の連用効果

秋施用した石灰窒素の動態については、稲わらのすき込み時期が本報告と異なるものの、高階ら\*2(2016、「秋すき込み」)により詳細に解析されている。高階らによると、作付前までは石灰窒素の窒素分は稲わらへの取り込み率が5～12%で、土壌残存率が43～67%であり、土壌に残る割合が高いとされている。さらに、石灰窒素由来の稲体の窒素吸収割合は3～6%と少なく、時期別では幼穂形成期までの割合がそれ以降の割合よりも多いこと、また収穫期でも43～58%の石灰窒素由来の窒素分が土壌に残存することが示されている。したがって、石灰窒素を毎年施用すれば土壌への残存窒素が累積し、地力窒素が高まることが予想される。

前述したように「つや姫」栽培では、極良食味を最も重視している。地力が高まれば、土壌窒素の発現時期によっては玄米への窒素の移行量が多くなり、食味にマイナスの影響をあたえる懸念がある。

そこで、地力窒素の変化を把握すると同時に、玄米粗タンパク質含有率の動向について、石

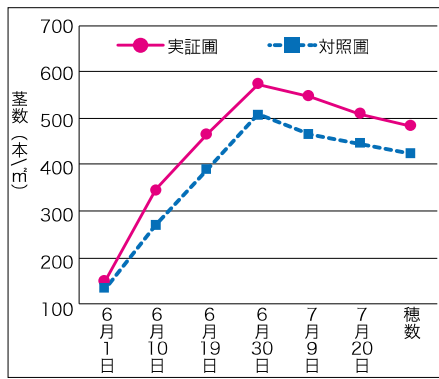


図1 「つや姫」の茎数と葉色の推移(2017～2019年の3ヵ年平均)

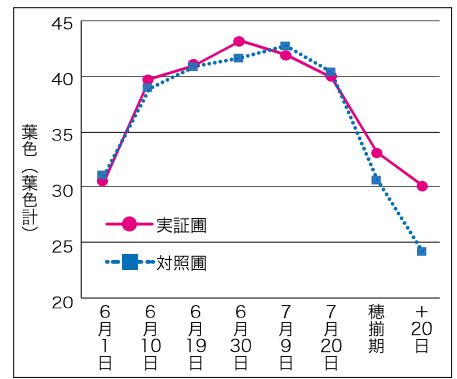


写真1 「つや姫」の生育状況(2018年6月19日)

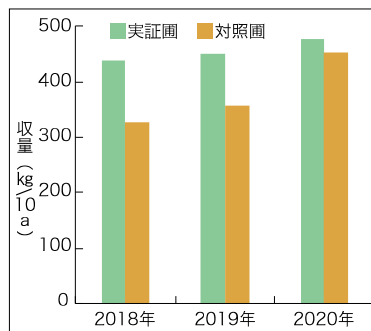


図2 「つや姫」の収量

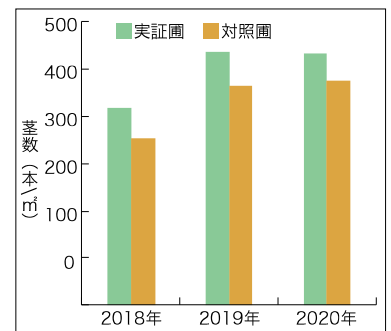


図3 「つや姫」の分けつ盛期(6月20日)の茎数

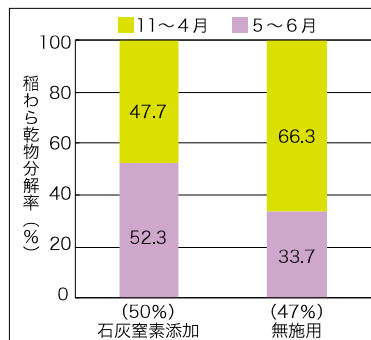


図4 石灰窒素添加の有無による時期別の稲わら乾物分解率(2018年)

稲わら 15g の入った不織布バッグ(石灰窒素 7.5kg/10a 相当の有無)を 11月 10日に田面に設置し、翌年 6月 19日までの稲わら乾物分解量を 100%とした場合。4月 10日に一旦回収し、5月 14日は深さ 5cm に再埋設。( )内は 6月 19日回収時点の乾物分解率

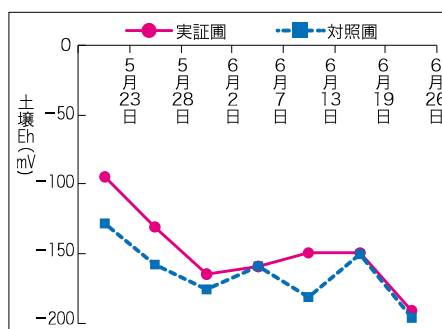


図5 土壌Ehの推移(2019年)  
ポータブルEh計「PRN-41」で白金電極10本を測定した平均値

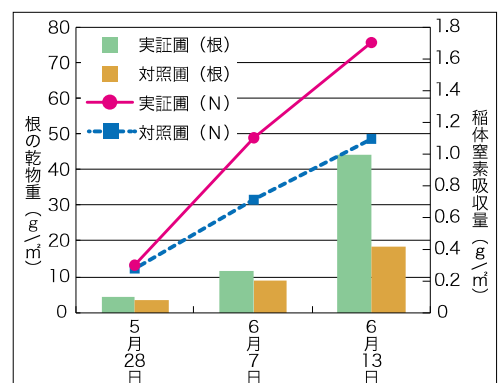


図6 生育初期の根の乾物重と窒素吸収量(2019年)

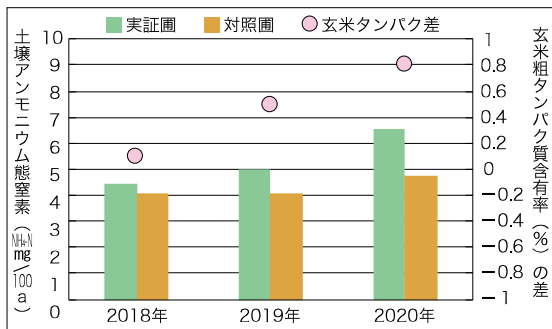


図7 石灰窒素の連用による6月1日の土壌アンモニウム態窒素と玄米粗タンパク質含有率の変化  
玄米粗タンパク質含有率(%)の差=実証圃の値-対照区の値

灰窒素の3ヵ年連用の結果から検証した。移植22日後にあたる6月1日の土壌アンモニウム態窒素は、実証圃で年々増加する傾向にあった。また、「つや姫」で重要な玄米粗タンパク質含有率も、連用を重ねるごとに実証圃で

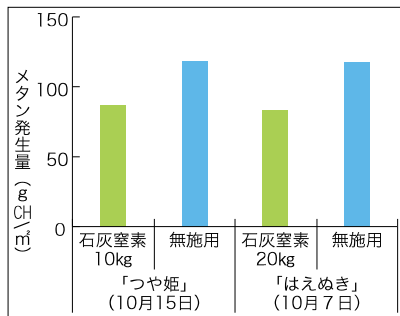


図8 石灰窒素10kg/10aでのメタン発生量の削減効果  
「つや姫」と「はえぬき」の栽培圃場は異なる  
( )は前年秋の石灰窒素の施用日

高くなる傾向にあった(図7)。これは高階らが指摘したように、石灰窒素の窒素分が土壌に残存する割合が高いことを反映していると考えられる。また、玄米粗タンパク質含有率も高まる傾向にあったことから、地力窒素が向上し、幼穂形成期以降の窒素吸収も高まったためであると考えられる。

一方で3ヵ年連用の期間に、実証圃の生育や収量が対照圃に対して石灰窒素の連用を重ねるごとに増加することは確認できなかった(図2、図3)。このため、「つや姫」栽培で石灰窒素を秋施用する場合は、2~3年程度で連用を一時中断することが必要であると考えられる。

### 石灰窒素10kg/10a施用でのメタン発生量の削減

塩野によれば石灰窒素の秋施用技術によって、栽培期間の水田からのメタン発生量が慣行比で17~37%削減されることが示されている。しかし、この結果は、水稻品種「はえぬき」を用い、石灰窒素を20kg/10a施用した場合の削減効果である。

そこで、改めて水稻品種「つや姫」「はえぬき」を用い、それぞれ石灰窒素を10kg/10a、20kg/10a施用した場合での削減効果を検証した。農業総合研究センター(山形市)の品種ごとの標準栽培水田で、石灰窒素の秋施用区と石灰窒素の無施用区を設置して比較した。クローズドチャンバー法によりメタンフラックスを栽培期間中に10

回測定し、メタン発生量を求めた。試験の結果を図8に示した。この図をみると、「はえぬき」栽培で石灰窒素20kg/10aを施用した場合のメタン発生量は無施用に比べ29%減少し、「つや姫」栽培で10kg/10aを施用した場合は26%減少した。すなわち、石灰窒素を秋施用した量が10kg/10aの場合でも、20kg/10aと同等のメタン発生量の削減効果があることが明らかとなった。

### 本実証事例の波及効果と今後の展望

塩野らの研究成果とそれを現地実証した本報告の取り組みを踏まえ、2019年には県内8ヵ所の農業技術普及課管内にそれぞれ石灰窒素の秋施用技術の実証圃が設けられた。また、実証地域のJAでも各支所単位で実証圃が設けられるなど、温室効果ガスの削減効果に加えて水稻の生育や収量の改善効果が認知され、山形県全体に波及した。

山形県では、石灰窒素の秋施用技術が温室効果ガス発生抑制と稲わら腐熟に一定の貢献をすることが明らかになったとして、「総合的病害虫・雑草管理(IPM)と組み合わせた畦畔の機械除草(高刈)及び稲わら腐熟促進資材の施用」という内容で、2020年度より環境保全型農業直接支払交付金の地域特認取り組みの承認を受けた。2021年度の山形県の環境保全型農業直接支払交付金の実施面積は6,288haで、そのうち上記取り組み面積は535haとなっている。

石灰窒素の秋施用は、微生物活動がより活発な気温の高い時期が望ましく、山形県では遅くとも10月末までに散布することとしている。さらに「つや姫」においては、地力が高い圃場や、玄米粗タンパク質含有率が毎年高い圃場、全量基肥栽培圃場では、石灰窒素の施用を控えるように指導している。食味、玄米粗タンパク質含有率を考慮し連用年数に注意することで、地力が低下した圃場では、メタン削減効果、初期生育改善効果のみならず、地力窒素の向上にも有用な技術であると考えられる。近年の肥料価格の急騰や持続的な農業生産を推進するなかで、改めて地力窒素の向上、精密な施肥などの技術開発が必要になってきており、石灰窒素についてもこれまでと異なった視点での活用が必要であると考えられる。

#### ○引用文献

- \*1: 塩野宏之(2021)「積雪寒冷地水田からの温室効果ガス(メタン)削減技術」  
石灰窒素だより,156,p4-7
- \*2: 高階史章・平野聖也・保田謙太郎・金田吉弘・佐藤孝・原川祐華・木村和彦(2016)  
「石灰窒素の秋施用による稲わら腐熟促進効果と窒素動態の解明(第二報)」  
石灰窒素だより,150,p5-9