

黄色土水田におけるケイ酸質資材の施用中止が 水稲収量と水田土壌に及ぼす影響

林 恭弘・橋本真穂・久田紀夫¹

和歌山県農業試験場

Effect of Interruption of Silicate Material Application on Rice Yield and Soil Property in Yellow Soil Paddy Field

Yasuhiro Hayashi, Maho Hashimoto, Norio Hisada¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒言

ケイ酸は水稲の生育に必要な不可欠な養分であり、水稲が吸収する無機養分の中で最も多い。増収、受光態勢維持、光合成促進、耐倒伏性と耐病性の付与等（奥田・高橋，1961，間藤ら，1991，安藤ら，1998），高温下における品質向上（金田ら，2010）に寄与し，高品質・良食味米の安定多収のため，ケイ酸資材の施用が推奨されている（藤井・佐藤，2013）。

しかし，農業生産現場では，米価の低下と資材価格の上昇に伴う収益性確保のため，生産資材費の低減が課題となっており，特にケイ酸資材の施用量は近年減少傾向で（青山ら，2008），代表的なケイ酸資材である鉍さいケイ酸質肥料の出荷実績も年々減少している（藤井・佐藤，2013）。

ケイ酸の連用効果は，河川流域の水田地帯に多い土壌である灰色低地土の水田において，300kg/10a を 6 年間連用した場合（岩田ら，1987）や単年度に 600kg/10a を施用した場合（岡山，1991）に 2～3 年の残効が認められる。長期間ケイ酸資材を連用した水田土壌では，可給態ケイ酸は蓄積しているが（林・森下，2001・2002），その残効について検討した事例は少ない。

そこで，水稲単作栽培の黄色土（和歌山県内の台地水田地帯に分布する土壌）水田において，30 年間「鉍さいケイ酸質肥料」と「熔成リン肥」を連用し，その後これら資材の施用を中止した際の土壌や水稲に及ぼす影響について調査した結果を報告する。

材料および方法

1. 供試ほ場

和歌山県農業試験場（紀の川市貴志川町高尾 160 番地）内の黄色土水田で試験を行った。土壌は洪積土壌で細粒黄色土・斑紋あり（3 次分類：細粒質台地黄色土，強粘質）に分類され，減水深は小さい。作土層の深さは 15cm 程度で，土性は CL である。下層土は LiC で，70cm 以下に腐朽礫を

¹現在：和歌山県環境生活部食品・生活衛生課

含むC層が出現する。

2. 試験方法

1) 試験区

1966年の農業試験場移転に伴い新規水田を造成し、1967年に1作目の水稻を均一栽培した後試験を実施した。1968～1997年には水稻単作栽培で品種‘日本晴’を6月中旬に移植、10月上旬に収穫を行った。1968～1984年には施肥量をN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ9.0、9.8、10.7kg/10a、1985～1997年はそれぞれ9.2、6.9、11.2kg/10aとした。この間ケイ酸資材を連用したケイ酸資材区と無施用区の2区を設定した。ケイ酸資材区には、秋に鉱さいケイ酸質肥料（製品名：ケイカル、SiO₂30%、MgO3%、アルカリ分44%）300kg/10aと熔成リン肥（製品名：ようりん、SiO₂20%、P₂O₅20%、MgO15%、アルカリ分50%）100kg/10aを施用し、無施用区には、土壌酸度矯正のため、秋に消石灰100kg/10aを3回施用した。栽培面積は1区100m²、1連制で試験を行った。30年間の水稻の平均収量はケイ酸資材区が543kg/10aであり、無施用区が512kg/10aであった。

1998年～2007年は両区ともケイ酸資材、石灰資材を無施用とし、水稻単作栽培を行った。なお、データ欠落のため、5、6年後の調査を行っていない。

2) 耕種概要

水稻品種‘キヌヒカリ’を6月中旬に移植、9月下旬に収穫した。稚苗機械移植で栽植密度は18.5本/m²とした。施肥は基肥全量施肥で、N、P₂O₅、K₂Oを各8kg/10a施用した。病虫害防除等の一般管理は当地域慣行栽培に準じた。水稻栽培後の秋～春期は雑草やレンゲが繁茂する不耕起の乾田状態で管理し、5月に2回耕起を行った。土壌の移動を防ぐため、試験区を畦シートで囲って代かきを行った。ケイ酸資材施用中止時の土壌理化学性は第1表のとおりである。

3) 調査方法

精玄米重は、収穫時期に1区あたり2.7～3.6m²を刈り取り算出した。1997年水稻収穫後の土壌（施用中止後）から、10作終了後（2007年収穫後）までの各年度の土壌理化学性を調査した。土壌は水稻収穫後に作土層より対角線採土法で1区当たり5ヵ所の土壌を均一に採土した。稲わらと穂のケイ酸含有率は、ほ場より平均的な株を5株採取し、分析に供試した。

分析項目：pH：ガラス電極法・H₂O、腐植：乾式燃焼法 T-C×1.724、石灰・苦土：交換性石灰・苦土：pH7酢酸アンモニウム抽出・原子吸光法、カリ：交換性加里：pH7酢酸アンモニウム抽出・炎光法、リン酸：可給態リン酸：トルオーグ法、ケイ酸：可給態ケイ酸：湛水保温静置法。わら・穂のケイ酸含有率：重量法。土壌・植物体の採取と分析は、土壌、水質及び植物体分析法（日本土壌協会、2001）に準じて行った。

第1表 ケイ酸資材施用中止時の土壌理化学性（1997年）

処理区	pH 1:2.5	腐植 %	石灰 mg/100g	苦土 mg/100g	カリ mg/100g	リン酸 mg/100g	ケイ酸 mg/100g
ケイ酸資材	7.0	2.1	239	41	8	70	13
無施用	5.3	2.1	80	15	8	12	2

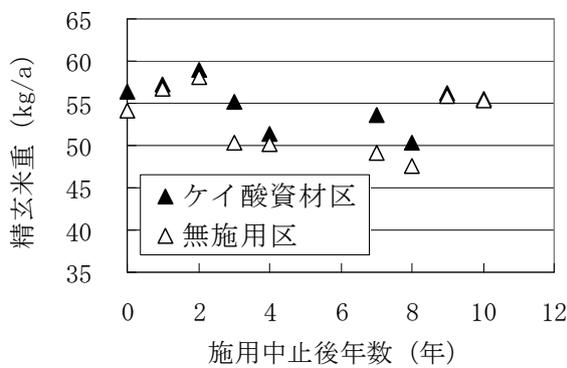
結果

施用中止後の精玄米重は、年次変動は認められるが、ケイ酸資材の施用区は無施用区に比べて常に高く推移した。10年間の平均では施用区が549kg/10a、無施用区が530kg/10aと、施用区は無施用区に比べて4%高かった（第1図）。

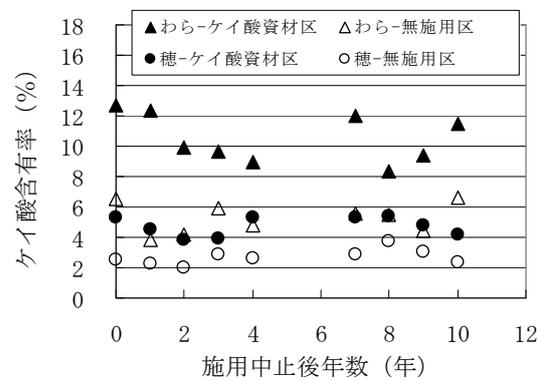
施用区におけるわらと穂のケイ酸含有率は、無施用区に比べて高く維持され、特にわらのケイ酸含有率は、無施用区が5%前後であるのに対して10%前後で推移した（第2図）。

施用中止後の土壤中ケイ酸含有量は、施用区では13.5 mg/100gから年々減少し、中止10年後で8.3 mg/100gまで低下した。一方、無施用区は2 mg/100g程度で大きな変化は認められなかった。ケイ酸含有量と施用中止後の年数との間には、強い負の相関が認められ（第3図）、回帰式から年間減少量は、0.54 mg/100gと推定された。

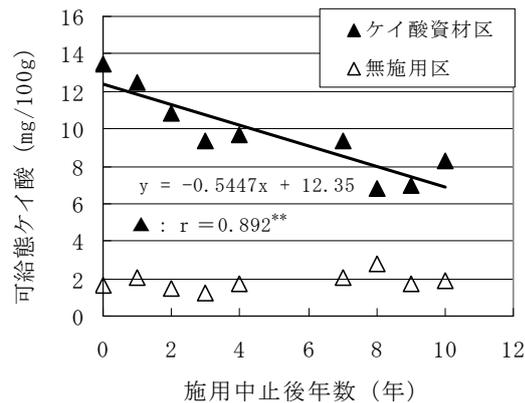
土壤中のケイ酸含有量と稲わら中のケイ酸含有率には、正の相関関係がみられた（第4図）。



第1図 ケイ酸資材施用中止が精玄米重に及ぼす影響

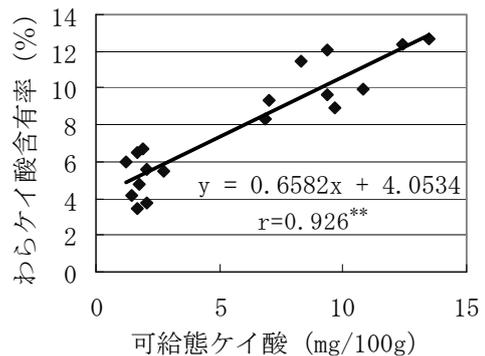


第2図 ケイ酸資材施用中止がわらと穂のケイ酸含有率に及ぼす影響



第3図 ケイ酸資材施用中止が土壤中ケイ酸含有量に及ぼす影響

注) **: $p < 0.01$.



第4図 黄色土における土壤中ケイ酸含有量とわらのケイ酸含有率の関係

注) **: $p < 0.01$.

考察

2010年は水稻登熟期の高温で、全国的に白未熟粒などによる品質低下が認められ、特に、東海以西の地域では多くの府県で一等米比率が50%を下回った（農林水産省，2013）。和歌山県では、最近10年間の一等米比率は32%と低く、2010年には20%まで低下するなど、極早生品種を中心に乳白米等の発生が問題となっている。登熟期の高温は、水稻の葉温を上昇させるため、葉身からの蒸散が抑えられ、葉身の気孔が閉じることで二酸化炭素の吸収が妨げられる（間藤ら，1991，金田ら，2010）。このため、葉身の光合成速度が低下、葉身から籾への糖の転流量が減少し、乳白米等が発生する。ケイ酸資材には葉温低下効果があり、乳白米や着色粒を減少させると報告されていることから（金田ら，2010，金田，2013）、ケイ酸資材は登熟期の高温条件下における高品質米生産に必要である。

また、ケイ酸施用により精米中のタンパク含有率が低下、アミログラム特性の最高粘度を高くし、食味改善効果がある（内村ら，2000）。低タンパク米生産のためのケイ酸含有率の指標が提案されており（宮森，1996）、稲わらのケイ酸含有率10%未満は不足とされているため、稲わらのケイ酸含有率を10%以上に保つことが必要である。

今回の試験では、黄色土水田においてケイ酸資材（鉱さいケイ酸質肥料と熔成リン肥）の長期施用により蓄積した土壤中のケイ酸は、施用を中止すると年間0.54mg/100g減少し、土壤中のケイ酸含有量と稲わら中のケイ酸含有率には、正の相関関係がみられた。このことから、施用中止時の土壤中のケイ酸含有量が10mg/100g以上であれば10年程度は残効が認められ、わらのケイ酸含有率を10%程度に保つことが可能と考えられた。また、石灰、苦土等のその他土壌養分は、資材施用中止後の変化が少なかった。このため、土壌養分の有効利用の観点から、黄色土における水稻栽培では三要素とケイ酸資材施用に重点をおいた施肥法をとることが望ましい。

水稻のケイ酸吸収については、施用資材以外に用水の影響も考えられる。山形県では農業用水のケイ酸濃度は1956年に24ppm程度であったが、1996年には10ppm程度に低下しており、灌漑水の寄与率は20~30%と報告されている（熊谷，1998）。本県の主要河川ケイ酸濃度は同程度の10ppm程度であり（平田，1999）、筆者らは8ppm程度の農業用水下では、水稻単作では稲わらの全量還元と鉱さいケイ酸質肥料を72~96kg/10a施用し（林・森下，2002）、輪作では140kg/10aを施用することで、わらのケイ酸含有率10%程度の確保が可能であることを明らかとしている（林・森下，2001）。

摘要

水稻単作栽培の黄色土（台地水田地帯に分布する土壌）の水田において、30年間「鉱さいケイ酸質肥料」を300kg/10a、「熔成リン肥」を100kg/10a連用し、その後これら資材の施用を10年間中止した際の作物や土壌に及ぼす影響を明らかにした。

1. ケイ酸資材を30年間連用し、その後10年間施用を中止した際の水稲収量は、ケイ酸無施用区に比べて4%高かった。
2. 長期施用により蓄積した土壤中のケイ酸は、施用を中止すると年間0.54mg/100g減少した。土壤中のケイ酸含有量と稲わらのケイ酸含有率との間に正の相関関係がみられる。
3. 施用中止時の土壌中ケイ酸含有量が12mg/100g以上であれば10年程度は残存効果が認められ、稲わらのケイ酸含有率を10%程度に保つことが可能である。

引用文献

- 青山喜典・望月証・松山稔・津高寿和. 2008. 兵庫県内水田土壌のケイ酸含量と資材施用量の変化. 兵庫農技セ研報, 56, 37-38.
- 安藤豊・藤井弘志・角田憲一・鈴木克弥・横山克至・渡部幸一郎. 1998. 水稲の生育・収量に果たすケイ酸の役割. 第2報. ケイ酸施用が水稲の前期生育に及ぼす影響. 日本土壌肥料学会講演要旨集. 44. 145.
- 土壌, 水質及び植物体分析法. 2001. 日本土壌協会. 東京.
- 藤井弘志・佐藤久実. 2013. 水田土壌の実態と米の食味・品質向上のための土づくり. 土づくりとエコ農業. 45-5. 1-6. 日本土壌協会. 東京.
- 林恭弘・森下年起. 2001. 黄色土水田における稲わら, 珪カルと熔リンの連用が水稲, タマネギと土壌に及ぼす影響. 和歌山農技セ研報. 2. 99-114.
- 林恭弘・森下年起. 2002. 黄色土水田における稲わら, ケイカルと熔リンの連用が土壌と水稲の生育に及ぼす影響. 和歌山農技セ研報. 3. 57-66.
- 平田滋. 1999. 和歌山県主要河川中溶解性分濃度調査. 平成11年度東海・近畿ブロック土壌保全対策事業成績検討会・府県関係資料.
- 岩田宗徳・滝脇敏・山田信明・新村善男・喜田健治・井上又諭. 1987. 水田における珪酸石灰の連用効果. 第2報. 連用を中止した場合の残効について. 日本土壌肥料学会講演要旨集. 33. 316.
- 金田吉弘・高橋大悟・坂口春菜・金和裕・高階史章・佐藤孝. 2010. ケイ酸質肥料が登熟期の高温処理水稲の葉温・気孔コンダクタンスおよびケイ酸吸収に及ぼす影響. 土肥誌. 81. 5. 504-508.
- 金田吉弘. 2013. 高温下におけるコメの品質に及ぼすケイ酸と窒素の効果. 土づくりとエコ農業. 7-11. 1-6. 日本土壌協会. 東京.
- 熊谷勝巳, 今野 陽一, 黒田潤, 上野 正夫. 1998. 山形県における農業用水のケイ酸濃度. 土肥誌. 69. 6. 636-637.
- 間藤徹・村田信治・高橋英一. 1991. イネへのケイ酸施用が有用である理由. 土肥誌. 62. 3. 248-251.
- 宮森康雄. 1996. 低タンパク米生産におけるケイ酸の役割とその診断指標. 土肥誌. 67. 6. 696-700.
- 農林水産省. 2013. 作況指数, 10a 当たり収量, 平年収量及び一等米比率の推移. 大臣官房統計部.
- 岡山清司. 1991. ケイ酸石灰の連用効果と残効. 富山農技セ研報. 10. 33-43.
- 奥田東・高橋英一. 1961. 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について. 第2報. ケイ酸欠除の時期が水稲の生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 土肥誌. 32. 10. 481-488.
- 内村要介・尾形武文・佐藤大和・松江勇次. 2000. 水稲湛水直播栽培におけるケイ酸施用が倒伏, 収量, 食味および精米の理化学的特性に及ぼす影響. 日作紀. 69. 4. 487-492.

