

水田土壌の地力低下の実態とその対策

～ケイ酸資材の施用、土壌の還元化の抑制、基本技術の励行が重要～

山形大学 農学部 附属やまがたフィールド科学センター長 教授 藤井弘志

現在の水田環境の実態は“四重苦”

現在の稲作は、土づくりの停滞や健苗育成、浅植えや適正な水管理をはじめとした基本技術の省略などによって、四重苦(①透水性不良による還元の進行②還元の進行による根の生育抑制③窒素栄養不足による後期凋落④ケイ酸供給不足による光合成能力の低下)の状態にある。

水稻の窒素・ケイ酸吸収の視点から稲作の現状を図1に示した。農業機械の大型化と浅耕によって踏圧が増大しており、土壌の透水性が低下している。また、ケイ酸資材の施用量不足などによって土壌pHが低下しており、施用された生稲わらの分解が遅れ、湛水条件下における強還元土壌の生成が進行している。土壌の還元化は、有機酸および硫化水素などの生成を助長し、根量・根の活力を低下させている。さらに、総合的な土づくり(堆肥などの有機物施用、ケイ酸資材の施用、適切な耕深の確保)が十分に行われていないことと、食味指向で施肥窒素量(基肥、追肥)が減少していることなどによって地力窒素が低下し(表1)、ケイ酸資材施用量の減少によってケイ酸供給量が減少して葉身の光合成能力が低下し、水稻生育の後期凋落が起こり、収量が安定せず品質・食味が落ちるといった悪循環を招いている。

これらの負のスパイラルを年々繰り返しているため、

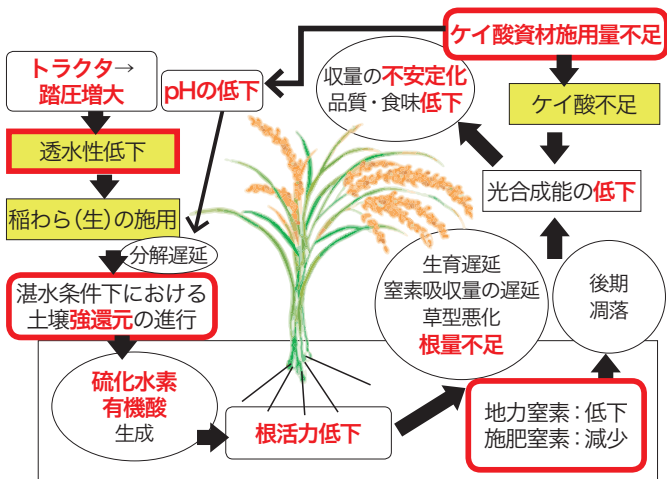


図1 稲作の現状(四重苦)

表1 地力窒素の変化要因

近年の水田土壌の地力低下要因 →地力窒素ソースの減少
①有機物施用量の減少: 堆肥(腐熟)減少、稲わら(生)増加→還元、稲わら窒素量・根量減少
②ケイ酸資材施用量の減少: pH・有効ケイ酸低下 →還元、稲体乾物生産量の減少
③施肥窒素量の減少(基肥)→有機化窒素量の減少
④苗質低下、浅耕、深植え、施肥窒素量の減少→稲わら(茎葉)窒素量、根量の減少
⑤気温上昇→地力窒素無機化量の増加(消耗) →助長要因: 米価低迷、肥料・燃料費高騰、労働力(高齢化)、農家心理

水田の地力は年々低下している。この負のスパイラルを遮断するには、①ケイ酸資材の施用②土壌の還元化の抑制(土壌透水性の向上、稲わらの腐熟促進など)③基本技術の励行が重要である。

水田の地力低下が気象災害に弱い稲を助長

図2は、現在の稲作が登熟期間の高温障害に弱い因果関係を整理したもので、①透水性の不良、稲わらの腐熟が進んでいないと土壌が強還元状態になり、根がダメージを受けやすい②浅耕、大苗の深植えにより根量が不足している③ケイ酸・鉄不足により根の酸化力が低下していることなどによって、現在の稲作は、根の機能が低下し根量も十分に確保されていない状況にある。

このように根がダメージを受けた稲体は、根の吸水能力の低下により葉身の水分含量が低下することとなる。

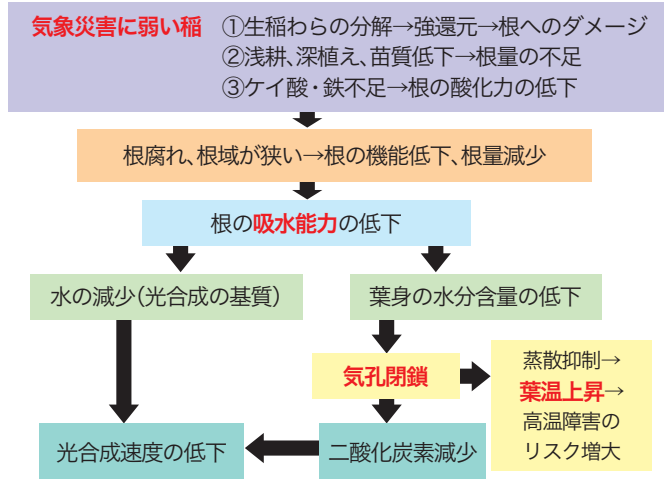


図2 気象災害に弱い稲の因果関係

そのまま葉身の水分不足が進めば、葉は萎れて枯死するので、水分の蒸散を抑えるために気孔を閉鎖して防衛している。人間は暑ければ汗をかいて体温を下げるが、稲も同じで、気孔を開放して蒸散することにより稲体の冷却効果を得ている。気孔閉鎖による蒸散抑制は、葉身の温度を上げ、高温障害のリスクを増大させている。実際に外気温が32℃であれば、気孔閉鎖による蒸散抑制で葉温は35℃程度まで上昇することがわかっている。さらに、気孔閉鎖による光合成の材料である二酸化炭素の供給不足が光合成量(稲体の乾物生産量)を減少させ、結果的に、収量・品質・食味を低下させ、気象災害(高温)に弱い稲を創出している。

水田土壌における還元の恐怖

～稲のスタートダッシュに必要な根の生育不良～

稲わらの有無が移植21日後(生育初期)の稲の根にあたる影響を写真1に示した。稲わらの施用によって土壌の還元が進んでいる水田では、稲わら無施用の水田に比べ、根の伸長が著しく抑制されている(図3)。収量を安定的に確保し、高品質で良食味の米を生産するには、

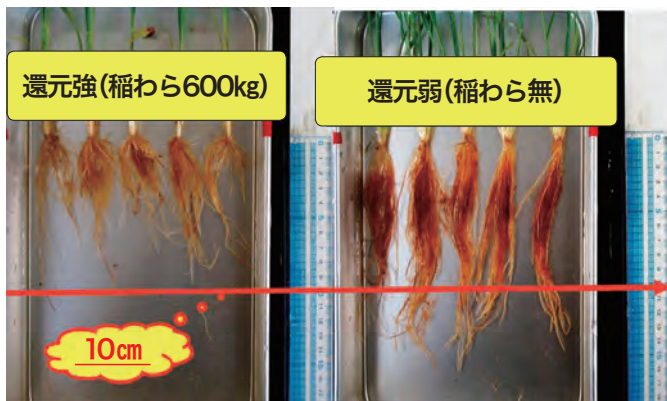


写真1 稲わらの有無が移植21日後(生育初期)の根の伸長にあたる影響

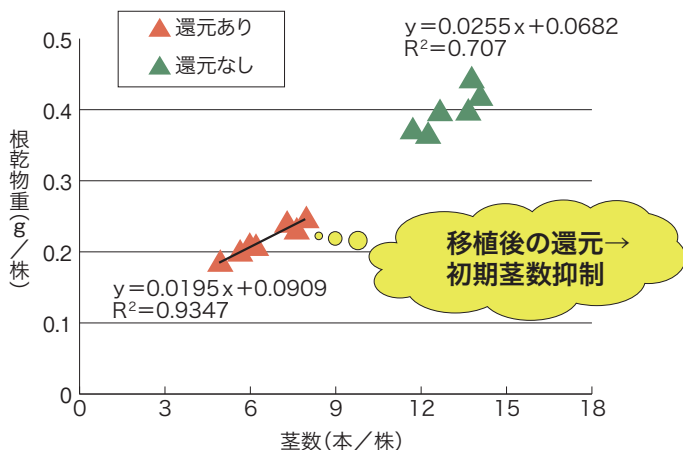


図3 稲わらの有無が移植21日後(生育初期)の茎数と根乾物重にあたる影響

水稲の初期生育(根の伸長)を確保していくことが重要である。近年、水田の還元が進んで水稲の初期生育が抑制される事例が多くなっている。水稲の初期生育を抑制する要因を土壌と稲の両者に区分して説明する。

土壌側の要因としては、①土づくりの停滞(アルカリ分を含有するケイ酸質資材)で土壌pHが低下するとともに、腐熟促進材をとまわらない生稲わらの施用で稲わらの分解が遅れている②浅耕化により作土層が浅くなっており、かつ大型トラクタの踏圧増大で土壌が排水不良の状況にある③温暖化の進行で田植期の4～5月の気温が上昇しており、湛水による還元が早く進んでいる④水田の代かきから苗移植までの期間が長くなっており、苗移植の時点で土壌の還元が進んでいる⑤1、2回の代かきで健苗を移植すべきところを、除草剤の効果をあげ、水持ちをよくする(水田の均平度高める)ために3回以上代かきを行って排水不良になっている、などがあげられる。

一方、稲側の要因としては、①苗質が低下しており、湛水による還元のリスクを大きくしている②苗丈が長いことや補植を省くために深植え傾向になっている(深植えされた場合には初期分けつが停滞し、根の発生も遅延する)③食味指向により玄米のタンパク質含有率を低下させるために基肥窒素量が減少していて、苗の初期分けつの発生を抑えている、などがあげられる。

土壌の還元による初期生育の停滞には、土壌側と稲側

表2 生稲わらが水稲にあたる影響(マイナス点)

<ul style="list-style-type: none"> ・移植時期に稲わらをすき込むと代かき・移植作業がやりにくい。 ・稲わらの腐熟のため、土中の窒素が微生物に奪われ、水稲の初期生育に窒素の不足を招くことがある。 ・微生物の活動が活発になり、土壌中の酸素が不足し強還元になり、硫化水素や有機物により、根へのダメージを受ける。 ・除草剤の薬害を受けやすくなる。
--

からの解決策を考慮して、最も効果的な対策を選ぶ必要がある。土壌側の対策は、排水性の改良として、心土破碎(サブソイラー)、耕深の確保など

表3 稲わらの腐熟に必要な作戦

<ul style="list-style-type: none"> ・腐熟に必要な5点セット ①窒素(分解する微生物の増殖のエサ) ②石灰(分解する微生物→酸性が嫌い) ③酸素(分解する微生物→酸素が好き) ④温度(微生物活動→温度が高いほうがよい) ⑤微生物は土にいる <p>【最もよい方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ★石灰窒素施用(窒素+石灰)：①と②の効果 ★浅耕：⑤、③(深耕→酸素が少ない) ★収穫後早い時期：④の効果

と稲わらの腐熟促進が特に重要である。生稲わら施用のマイナス点を表2に示した。また、表3に示した稲わらの腐熟に必要な作戦を実施することが、水稲の初期生育の向上につながっていく。基本技術としては、石灰窒素施用とケイ酸資材の施用が重要であり、排水が良好であれば秋耕(浅耕)が有効な手段となる。苗質の向上や浅植

えなど、稲側の対策と併用されれば、鬼に金棒である。

水田の土壌肥沃度の重要性

わが国の水田における水稻、田畑輪換における大豆の生産性を向上させるために必要な対策は極めて明確で、水田の総合的で持続的な地力の向上(田畑輪換の起点になる水田地力)と、肥培管理上の基本技術の励行ということである。

地力の向上には①腐熟の進んだ有機物を施用(特に、稲わらの腐熟促進に留意する)して地力窒素の供給量を維持向上し土壌の物理性を改善する②稲作ではアルカリ分を含むケイ酸およびリン酸資材を施用し、大豆作では石灰およびリン酸資材を施用する③十分な作土にするため適切な耕深を確保する④土壌の物理性を改善し、稲作では土壌の透水性を良好に保ち還元化を抑えるとともに、大豆作では根域を拡大し根粒着生を積極的に推進する、などの対策が必要である。

基本技術の励行については①稲作では苗質の向上に努め、適切な代かきで土壌の還元化を抑えつつ浅植えを行うことが重要で、さらに、適切な耕起で十分な耕深を確保するとともに、的確な水管理を行い適切な施肥に努める②大豆作では排水対策を徹底するとともに、中耕培土などの作業を適期に行う、などの対策が必要である。

これらの対策を農家の方々がすべて実施するのは、水稻、大豆などの土地利用型作物の収益性が低下している状況のなかでは難しいと考えられる。したがって、農家の理解を得て、これらの対策を実践していくには、必要最小限の緊急に取り組むべき対策に集中して実施する必要があり、そのためには、選択する対策を決定できる診断法も重要となる。

地球温暖化の影響により、わが国でもさまざまな気象災害が多発している。稲作でも従来にも増して高温障害、台風による潮風害などの被害を受けることが多くなっているのが実態で、これらの気象災害による被害を拡大している要因のひとつとして、水田の地力の低下があげられる(表4)。このことから、現在の水田は気象災害に脆弱な生産体制になっているといえる。被害軽減のポイントは、ケイ酸資材、有機物などを用いて、化学性だけでなく

表4 気象災害による水稻被害軽減のポイント

気象災害	対策
気温(高温)	品種、地力増強、ケイ酸、有機物、 籾数調節、移植時期、栽植密度
気温(低温)	品種、深水管理、地力増強、 健苗育成、保温的水管理
日照不足	籾数調節、地力増強、ケイ酸
潮風害	ケイ酸、深水管理

なく土壌環境もよくする総合的な地力の増強が重要である。基本技術に関しては、品種、健苗の育成と浅植え

による初期生育の確保、籾数調節と登熟向上が重要である。

今後の戦略

水田農業の持続的な生産性向上に向けた戦略として、診断イノベーションがあげられる。30 aの圃場には約6万株の稲が育っているが、現在の水稻生育調査で実施されている葉色診断では、代表としてわずかに20株を抽出してその葉色を測定し、圃場全体の葉色や生育量を推定する手法をとっている。水田の地力は面的に均一ではないし、規模拡大などにより、ますますその差が広がる方向にあり、この手法では限界がある。最近のカメラ利用技術は格段に進歩しており、多様な波長の光線を活用することにより水稻のさまざまな生育状況を把握できる技術が開発されている。これらの技術を活用し、ドローン搭載カメラでより細密な情報を瞬時に把握することで、全く新しい作物・土壌診断技術を確立できれば、世代交代により消えつつあるベテラン農家の経験と勘を再現していくことも可能となる。次に、発想の転換によるイノベーションで、土壌改良資材などの一律散布ではなく、選択と集中により緊急に診断を必要とするところから散布し資材費を軽減していくことも必要である。診断が必要な圃場、場所を特定することができる技術の開発も重要となる。

水田の地力低下の現状については、生産者だけではなく消費者も理解することが重要である。水田の風景は日本人の心の原風景であるばかりでなく、無から有を生み出す水田は国の宝であり、水田の地力の実態を理解し発信していくことも国民の重要な役割である。電気・水・ガス・交通・通信は、人間社会の極めて重要なライフラインであるが、わが国では水田も食料を生産し、人の暮らしにさまざまな恩恵をあたえ、自然と共生した日本の文化を守るという視点から、人間社会の貴重なライフラインである。

今、それが失われようとしている。米消費の減少が水田面積の減少につながり、水田農業の収益性の低迷もあって、地力や透水性が低下するなど、水田機能の劣化や基本技術および水利システムの劣化などが惹起しており、水田の生産システムが崩壊しようとしている。水田がもたらす多面的機能を維持・増進していくためにも、消費者の理解と共生が必要ではないかと考えている。水田の地力は先人の努力の賜物で「米を食べることは水田を守ること」であり「水田を守ることは日本を守ること」だと考える。