

センシングによる圃場の「見える化」を利用した土づくり戦略

山形大学 農学部 教授 藤井弘志

地カムラによる生育・収量のバラツキが大きい

「部分を把握するには、虫の眼」「全体を把握するには、鳥の眼」「流れを把握するには、魚の眼」の3つの眼がある。これからの稲作の戦略としては、特に「鳥の眼」と「魚の眼」の視点が重要である。「魚の眼」は、変化を知ること、例えば、前号(152号)にも記載したように気象、地力、土づくり、稲の生育、稲作技術などが大きく変化している。これらの変化を知り、改善策や対応策を実施することが重要である。さらに、私たちは、ICT農業の進歩(ドローン・人工衛星によるリモートセンシング)により「鳥の眼」を手に入れた。「鳥の眼」からみた現在の水稲については、圃場内および圃場間の生育や収量のバラツキの拡大が常態化していることを示している。

A農業法人における圃場ごとの収量のバラツキを調査(2014年)した結果を図1に示した。最も収量の多い圃場が660kg/10aで、最も少ない圃場が420kg/10aであった。近年の水田は、全体的な地力低下だけでなく、地カムラによる生育・収量のバラツキが大きくなる傾向にある。その要因としては、経営面積の大規模化や圃場の大区画化があげられ、これらの進行は作業の効率化を優先するので、きめ細かい管理につながらない傾向にある。さまざまな大規模農業法人の方が口を揃えて「以前に比べて収量が減少している」という。なぜと問うと「労力が足りなく、きめ細かな対応ができないから」という回答であった。また、ベテランJA営農指導員が退職したり、経験と勘を持っているベテラン農家が少なくなっていることも、生産性の不安定化が増す要因のひとつである。ベテラン農家は、圃場の状態(稲姿、葉色)を観察・評価して「ここは切土のところで葉色が薄いから少し多めに窒素肥料を施用しよ

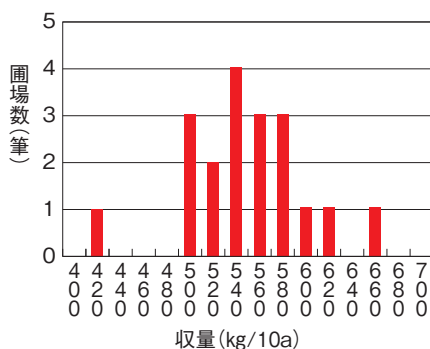


図1 圃場間の収量のバラツキ

う」「ここは川跡で地力が高いから施肥窒素を減らして対応しよう」など、同じ一筆の圃場でも場所によって調節していた。つまり、圃場の特徴を知っている人が施肥の対応をしていたので、圃場内の生育・収量のバラツキは少なくなる傾向であった。

さらに、近年の気象変動が非常に激しいことがあげられる。高温などの異常気象の発生頻度が高まると、稲の状況(葉色、草型など)の変化に対するきめ細かい対応が求められるので、これも生産性の不安定化を助長する要因である。資材価格の高騰については、水田の地力低下や米価水準とも関連するが、土づくり肥料を施用したくても施用できない状況が、生育・収量などのバラツキの拡大、生産性の不安定化の要因になる。地力低下はボディブローのように効いている。

昔から「苗半作」といって苗づくりは重要であるが、基本技術の劣化により苗質が低下している。昔の苗質(健苗)であれば、ある程度の気象変動や土壌の還元状態にも対応できたと思われる。

さらに、基肥一発肥料は確かによい肥料であるが、この肥料を使いこなせる人は、苗が上手につくれる人や圃場の均平度を確保できる人である。最近の食味志向重視を背景に、生育後期に窒素が残るのを嫌って減肥をしているが、最近は暑い夏があったりして生育後期に窒素不足になっている農家が多い。もうひとつはベテラン農家の減少で、苗づくりが上手でない人が全量基肥用の肥料を使用すると、速効性成分が少ないので初期生育の悪さがなかなか回復せず、結果として茎数・穂数(籾数)がとれなくなる。茎数・穂数が少ないと生育後半に溶出する窒素が分配される籾数が少なくなり、玄米中のタンパク質含量が高くなって、食味不良というパターンになる。基肥一発肥料もベテラン農家は上手に使ってくれるが、最近は効率だけを考えて使っている人が少なくないので、これもリスクのひとつだと思っている。

これらのリスクを回避しつつ効率化を図るとともに、収量のバラツキを少なくするには、稲姿による可変追肥がひとつの方向だと考えている。最近は追肥の労力がいるという効率だけを重視して使用している人がいるので、生育のバラツキが大きくなっている

可変施肥のメリットは、葉色・生育に応じた適正施肥が可能になるということで、これを継続することにより地力ムラが少なくなることが期待される。地力の源は有機物で、茎数が少ないと土壤に還元される稲わらも根の量も少ないので、理論上は地力が低下することになる。これまでは、ベテラン農家が窒素施肥(可変)を調節することで調整していたわけであるが、現在は食味重視を背景に少ない窒素量で栽培しているので、その年の地力のバラツキの問題だけでなく、長期的にみた地力への影響も大きいことが考えられる。

ピンポイント土壌診断による可変施肥の有用性

水田圃場内の生育のバラツキ要因である地力のバラツキを評価するためには、既存の土壌分析では難しい。現在は、圃場内の5ヵ所からサンプリングした土壌を混合し、1つのサンプルとして分析する方法が実施されてい

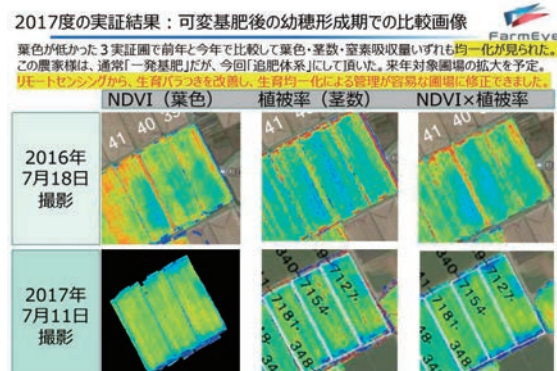
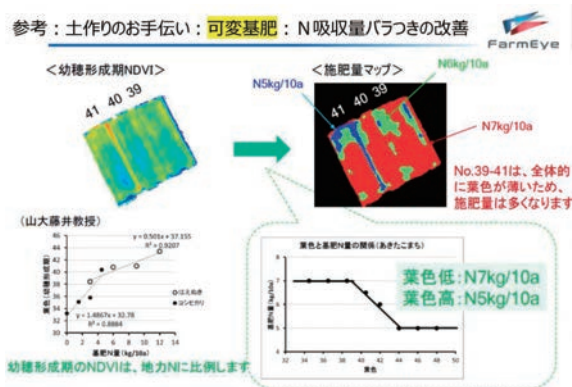
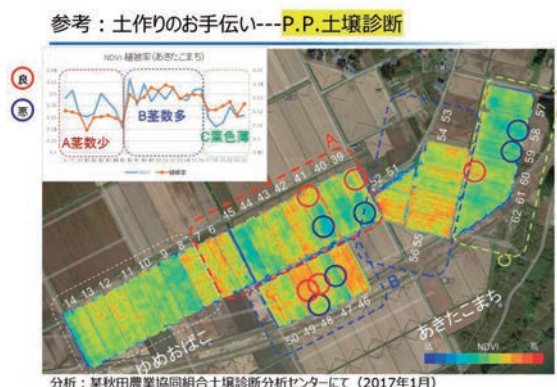


図2 ピンポイント土壌診断

る。いい換えると、圃場内の平均値を求める方法であり、圃場内のバラツキが大きくなっている圃場の地力のバラツキを評価するのは難しいといえる。さらに、米価の低迷に対応した土づくりを実施するには、圃場内の一律的な肥料や資材の散布ではなく、必要な場所への選択的に集中した散布が必要である。このような視点から、圃場の上空からセンシングによる圃場の面的な「見える化」とその見える化に対応した可変施肥(土づくり)の導入が重要であり、有用な手段である。

例えば、A県のT農業法人では、幼穂形成期に撮影した画像(NDVI)から稲の窒素吸収量が多い場所と少ない場所を特定し、その場所の土壌をピンポイントで採取して土壌分析を行った。その結果、稲体の窒素吸収量が多い場所の土壌のCEC(陽イオン交換容量)は22、窒素吸収量が少ない場所の土壌のCECは17であった。そこで、CECに対応した基肥窒素可変マップを作成し、次年度の基肥窒素施用時に地力ムラに対応した基肥窒素量を散布して地力ムラを抑制した。その結果、幼穂形成期に撮影した画像(NDVI)は、前年度の幼穂形成期の画像に比べてバラツキが少なくなり、「見える化」した画像からのピンポイント土壌診断による可変施肥の有用性が明らかとなった(図2)。

センシング「見える化」による可変施肥の効果

ISSA山形プロジェクト(平成26年~28年)で開発した技術は、①ドローンに解像度3cm×3cmのマルチカメラを付けて葉色・茎数を計測、次に②計測データを葉色マップに変えて、葉色マップに対応した施肥マップを作成③この施肥マップに対応して無人ヘリコプターが自動で可変施肥するという仕組みである。自動施肥システムは、振り幅5mで進行方向1mごとに施肥量を変えることが可能なので、30a区画の圃場だと肥料の量を600回変えられる。人の手で10aに500gの窒素肥料を散布するのはとても難しいが、この無人ヘリを使用すると少量散布が可能であり、「コシヒカリ」が倒伏しなくなって現場の農家が驚いている。

鶴岡市における可変施肥の効果実証試験の結果を紹介する。すべて30a圃場で、「はえぬき」18筆、「コシヒカリ」21筆、「つや姫」11筆を対象に行ったものである。施肥量は可変施肥だと均一施肥に比べて0.86~0.91で、1割程度減少している。一方、収量は「はえぬき」や「コシヒカリ」では4~7%増えている。「コシヒカリ」は倒れなくなって収量や品質に貢献している。

2014年までは慣行栽培であったが、2015年と2016年に可変施肥に切り替えて、圃場間のバラツキがどのよう

に変化したかを調べた。2015年の「はえぬき」の圃場間の収量差は2.7俵/10aで、前年の慣行栽培の4.0俵/10aに比べ小さくなっている。「コシヒカリ」も同様に圃場間の収量差が小さくなっている。最大値はその年の気象条件で上下するが、2015年と2016年は可変施肥にすることで収量の最大と最小の幅は小さくなることが示された。

新たな診断ツールによる 土壌還元の評価法

われわれ人間は、風邪を引いたら熱が出たり、切り傷のところは熱が上がったりするが、作物もストレスを感じると、根からの水分量が減少し、葉身(気孔)からの蒸散量が減少し、結果として作物の表面体温が上がるという現象がある。作物の表面温度を測ることによって診断できる項目としては①土壌の還元状態によるストレス②高温によるストレス③潮風による塩分付着によるストレスなどがあげられる。診断評価結果の活用方法としては、土壌の還元状態が発生する場所が特定できれば、そこだけに収穫後石灰窒素を局所散布して経費を削減したり、高温ストレスで稲体の温度が上昇している場合には灌水や落水に留意する情報を流したり、塩分付着によるストレスの場合には潮風害の被害程度の評価に役立てたりすることなどが考えられる。

写真1のドローンは、0.1℃の精度の熱カメラを搭載してデータをとっているところである。上空30mを飛行させ1分で測定できる。

石灰窒素を前年秋(稲の収穫後)に現物で20kg/10a散布した石灰窒素施用区と、石灰窒素を散布しなかった対照区(石灰窒素無施用区)



写真1 熱画像撮影カメラを搭載したドローン

で次年度における出穂3~4日後の稲体の表面温度分布を調べた。石灰窒素施用区における稲体の表面温度は29℃前後の温度の稲株が多かった。一方、対照区における稲体の表面温度は30℃を超える稲株が多かった。つまり、石灰窒素を散布すると、未分解の稲わらによる土壌の還元障害が少なくなり、初期生育の抑制が少なく、根も伸長し、根による吸水量も多く、気孔を開放している稲体の表面温度は低くなっていることがわかってきた(図3)。石灰窒素の一律散布を提案するのでは費用の関係から誰も採用してないが、圃場の特定、圃場内の場所の特定という選択と集中で提案すれば、採用する可能性

が高くなる。実際に石灰窒素の水口付近への部分散布を実行して効果を実感している農家もいる。

農家の観察力・判断力・選択力などの 技術が重要

スマート(ICT)農業の本質は、ツール(道具)が進歩すること、例えば、水稻の葉色診断は葉色板から始まり、次に葉緑素計で、近年はカメラで行えるようになった。窒素施肥(穂肥)も手散布から始まり、次に背負動力散布器で、今は無人ヘリで行えるようになった。しかし、ツールが変化して効率的で便利になっただけである。スマート農業用のツールだけが進歩し、農家の技術(観察力)が劣化したら、気象変動が激しく変化の大きな時代の生産性を維持するのが困難なのは明らかである。

最も大事なことは、農家が栽培している水稻や地力の変化を感じて、対応できる観察力と判断力である。今こそ、農家の方の観察力・判断力・選択力などの技術が重要である。

私たちは瑞穂の国の子孫で、瑞穂の国を守るには、農家と水田を守る必要があり、そのためには、農家の技術を伝えていくことと、最新のテクノロジーを農業に導入していくことである。特に、農家への研修システム(スマート農業+農業技術)が最も重要な視点であるといえる。最後に、スマート農業を利用した稲作システムを図4に示す。

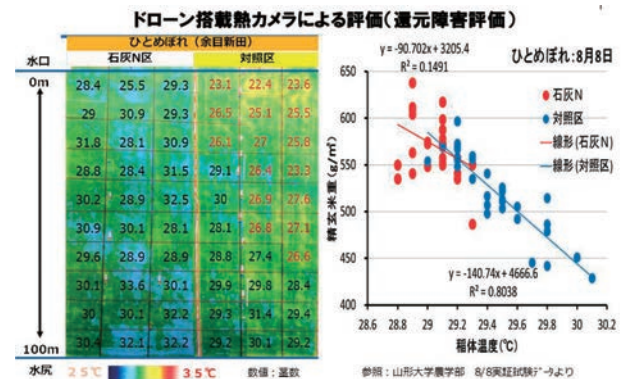


図3 石灰窒素施用区と無施用区(対照区)における稲体の熱画像

撮影+施肥イメージ(近い将来の稲作の姿)

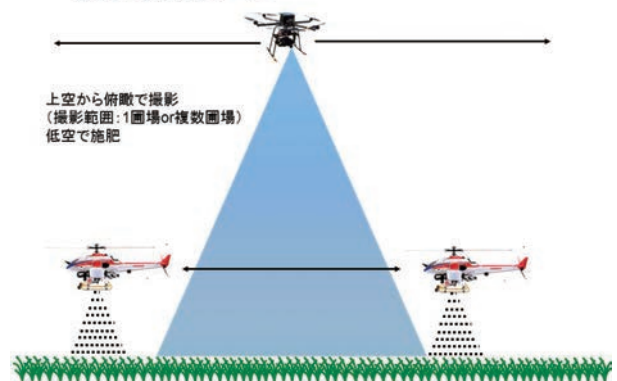


図4 スマート農業を利用した稲作システム