

# 分光放射計を利用した イネ群落の植生指数による穂いもち発生の危険性評価

宮城県古川農業試験場 <sup>ささ</sup>笹 <sup>はら</sup>原 <sup>まさ</sup>剛 <sup>し</sup>志

## はじめに

2003年の冷害は、まだ、記憶に新しいが、この年は1993年以來のヤマセによる障害不稔の発生とともに穂いもちが多発し、宮城県の作況指数は69の「著しい不良」となった(笹原, 2004)。

この年の穂いもち多発の特徴として、地域間差のほか同一地域内でも発病程度に顕著な圃場間差が認められ(門間ら, 2004)、これらにはイネの窒素吸収量に由来する生育量の違いが大きく影響していた。特に前年にダイズを作付けした転作復元初年目や窒素肥料を多投入した圃場で、穂いもちの多発を招く事例が多かった(笹原ら, 2005b)。また、施肥量の異なる試験区では、作物生育情報測定装置により計測した幼穂形成期ごろのイネの植生指数(Normalized Difference Vegetation Index: NDVI, 以下NDVI)と、収穫期における穂いもち被害度との間に、指数関数的な関係が認められ、出穂前のイネの生育量や体質が穂いもち多発に大きく関与していた可能性がうかがえた。

ここでは、作物生育情報測定装置で測定したNDVIから、圃場ごとの穂いもち発生リスクを評価できる可能性と農業節減栽培や有機栽培のための生育指標の策定に関する取り組みについて紹介する。

## I 2003年の穂いもち多発から

2003年の9月初め、穂いもちの激発により赤茶けた1ha規模の大区画汎用型水田の航空写真が、ある地方紙朝刊の第一面に掲載された。上空から撮影されたその写真には、穂いもち激発圃場が点々と存在し、肉眼でも多発圃場と少発圃場の区別は容易であった。同紙では、障害不稔の発生が圃場や地域により異なることから、その状況を「まだら冷害の様相」と表現したが、穂いもちの発生も同様であった。

東北農業研究センターでは、この年の9月に岩手県農業センター、宮城県古川農業試験場との共同で、穂いもち

ちが多発し、なおかつ発病程度にかなりの変動がある水田地帯で行った穂いもちの被害度調査の実測値と航空写真の画像解析値との回帰分析により、多数の圃場における穂いもち被害度を推定できた(石黒ら, 2004)。このうち、宮城県では約800圃場の栽培履歴などをもとに、穂いもち被害度の変動要因について解析し(笹原ら, 2005b)、穂いもち被害度の変動要因として、防除(使用薬剤、散布時期等)、移植時期、作付品種等の影響が示唆され、その中でもブロックローテーションに伴うダイズ作後の復元の影響が最も大きく、特に復元初年目での多発事例が多いことを明らかにした(図-1)。

一方、試験場内の施肥量の異なる試験区でも、同様の光景が認められた。すなわち多窒素投入区では、上述した復元田での多発事例のように、穂いもち被害が甚だしいのに対し、ある窒素投入量の区を境に、少窒素投入区では穂いもち被害が激減していた。また、イネの栄養状態を非破壊的に計測できる作物生育情報測定装置により計測した幼穂形成期ごろのイネ群落のNDVIと、収穫期における穂いもち被害度との間に、指数関数的な関係が認められ、対数変換した被害度では正の直線関係となった(図-2)。

いずれの場合も、畑状態からの復元による地力窒素の発現量増加や窒素肥料の多投入といったイネ体窒素吸収量の増加による影響が示唆され、出穂前のイネの生育量や体質が穂いもち多発に大きく関与していると考えられた。

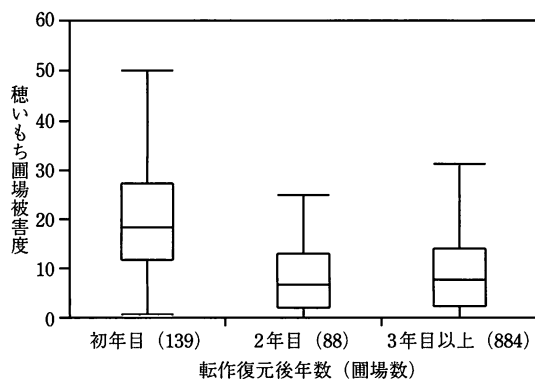


図-1 転作復元後年数と穂いもち圃場被害度を示す箱ひげ図 (2003)

Evaluating the Risk of Panicle Blast Outbreaks of Rice Using Normalized Difference Vegetation Index of Rice Measured by a Spectroradiometer. By Masashi SASAHARA

(キーワード: 穂いもち, 植生指数, NDVI, イネ, 分光放射計)

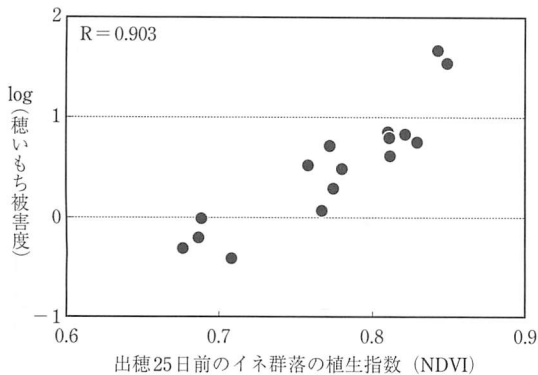


図-2 出穂25日前(幼穂形成期ごろ)のイネ群落の植生指数と穂いもち被害度との関係(2003)

R: 相関係数.

## II 分光放射計とは

従来、適切な施肥管理を主目的として、立毛中のイネの生育に関する情報である葉色、莖数、草丈等が測定されてきた。しかし、これらの調査には多大な労力を要するため、迅速性に欠け、さらに限られた数の調査株の測定値から平均値を推定するため、誤差が大きくなる欠点があった。そこで、その点を克服する手段として、分光放射計などの非破壊計測装置の利用が検討されてきた。今回穂いもち発生の危険性評価に用いた装置は携帯式作物生育情報測定装置(荏原製作所製)と呼ばれるもので(堀尾ら, 2004), 作物体から反射される太陽光の各波長のうち、大部分が反射される近赤外域: NIR (880 nm) と、クロロフィルにより選択的に吸収される赤色域: R (650 nm) の反射率を演算して植生指数:  $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$  (Rouse, 1973) を求めるものであり、地力情報や、基肥窒素量、前作の違いに応じた生育指標値を得ることができるとしている(図-3)。本機器は、作物群落の生育量や葉色などの生態情報の推定値を、群落ごとに非破壊的に計測できるので、現在、追肥の要否判定や収穫適期判定などでの利用が検討されている(佐々木ら, 2005)。

これらのイネからの反射光や透過光の情報からその生育状態を測定しようとする機器は、同時にいもち病に対するイネの感受性の評価も可能と考えられている。既に葉緑素計(原澤ら, 1991)や分光測色計(根本ら, 1996)によりいもち病に対するイネの感受性を検定しようとした報告はあるが、これらは葉いもちに対する感受性の評価に限られていた。一方、携帯式生育情報測定装置により計測したNDVIはイネのいもち病に対する感受性を



図-3 携帯式生育情報測定装置(生研センター開発)

作物群落の生育量や葉色などの生態情報の推定値を、群落ごとに非破壊的に計測できる機器で窒素吸収量を推定可能(堀尾ら, 2004).  $(NDVI) = (NIR - R) / (NIR + R)$ . NIR: 近赤外線領域, R: 赤領域.

評価するとともに、演算式に使用されるNIRは、その地点のバイオマス量を表すとされることから(Shibayama and Akiyama, 1989), 葉の枚数や面積、株間の混み合い具合なども総合的に評価し、いもち病の発生量やその後の病勢進展に関わる部分も評価できると考えた。

## III 穂いもち多発の危険性評価

前章のような経緯から、NDVIにより穂いもち多発の危険性を評価するために、2004年に施肥量の異なる試験区を設定し、携帯式作物生育情報測定装置の計測値と各時期の葉いもち、穂いもち発生量との関係を検討した(笹原・佐々木, 2005 a)。

### (1) 計測値と穂いもち被害度

様々な施肥水準により、NDVIの異なるイネ群落を作出し、出穂30日前ごろに測定したイネ群落のNDVIと収穫期の穂いもち被害度の対数との間には、2003年と同様に直線的な関係が認められた(図-4)。また、他の時期のNDVIとの関係も検討したが、出穂30日前ごろのNDVIとの関係が最も密接であった。このことから出穂前のNDVIが示す何らかの要因が直接あるいは間接的に穂いもちの被害発生に影響を及ぼしていることが示唆された。

### (2) 計測値と葉いもち病斑数

出穂30日前のNDVIと7月30日の葉いもち病斑数の対数値との関係を図-5に示した。葉いもち病斑数についても、穂いもち被害度と同様に密接な正の指数関数的関係が認められた。このことから、出穂30日前におけるNDVIは葉いもち発生量にも密接に関連していることが示された。つまり、葉色値は測定時点における葉いもちに対する感受性を表しているとされるが、NDVIも葉色値と同様、測定時点における葉いもちに対する感受性を表していると考えられ、葉いもち感受性の指標とし

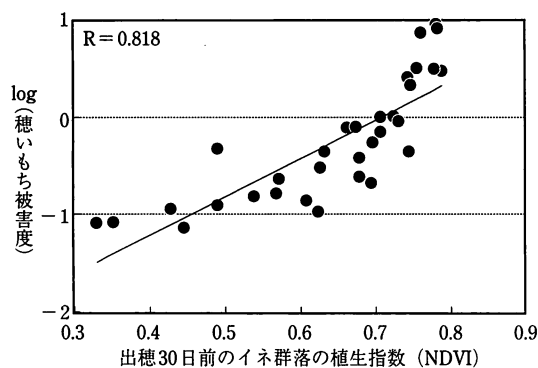


図-4 出穂30日前のイネ群落の植生指数と穂いもち被害度との関係 (2004)  
R: 相関係数.

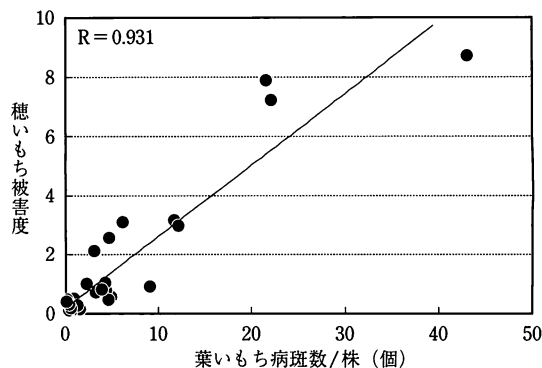


図-6 葉いもち株当たり病斑数 (7月下旬) と穂いもち被害度 (成熟期) との関係 (2004)  
R: 相関係数.

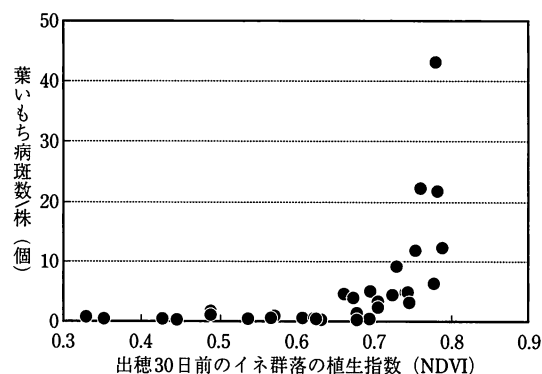


図-5 出穂30日前のイネ群落の植生指数と株当たり葉いもち病斑数 (7/30) との関係 (2004)

て、利用可能と考えられた。

本試験では、7月上旬から3回 (7月9日, 7月20日, 7月30日) にわたって発病調査を行ったが、各調査時期の発病程度は初めの感染時期である全般発生開始期を引き起こした感染好適条件 (6月下旬) から通算して数回の伝染環が繰り返された結果ととらえている。このような場合、発病程度は指数的に増加するため、NDVIなどの観測値と株当たり葉いもち病斑数との間に強い指数関数的関係が見られたものと考えられる。

### (3) 葉いもち病斑数と穂いもち被害度

7月下旬の株当たり葉いもち病斑数と収穫期の穂いもち被害度との関係を図-6に示した。株当たり葉いもち病斑数と収穫期の穂いもち被害度との間には直線関係が認められた。穂いもち被害度は、葉いもち流行期以降のイネの生育条件が同等であれば、葉いもちの発病程度と直線的な関係 (早坂, 2003) にあることが知られているが、本試験でも、これらの知見と同様の傾向が認められた。

### (4) イネいもち病の伝染サイクル

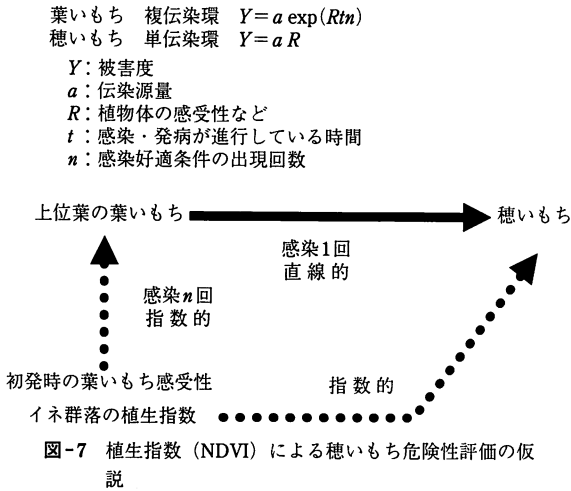
植物病害の被害度を示す式は、その病害が単伝染環であれば、 $Y(\text{被害度}) = a(\text{伝染源量}) \times R(\text{植物体の感受性など})$  で説明できるとされているが (van der PLANK, 1963), 穂いもちの場合、上位葉における葉いもち病斑が伝染源となり、通常1回の感染で被害が確定するとすれば、その被害度はこの式に当てはまる。これに対し葉いもちのように伝染環が複数回繰り返される場合には、生じた病斑が次の伝染源となり副次的に病斑数が増加することから、 $Y(\text{被害度}) = a \exp(Rtn)$   $a$ : 伝染減量,  $R$ : 植物体の感受性など,  $t$ : 感染・発病が進行している時間,  $n$ : 感染好適回数となる。

出穂30日前のNDVIと穂いもち被害度に指数的な相関があることの理由として、基本的に、葉いもちは「複伝染環」、穂いもちは「単伝染環」病害であることを考えれば、出穂30日前のNDVIと収穫期の穂いもち被害度との間に指数的な関係が認められるのは、①出穂30日前はおおよそ宮城県の葉いもち全般発生開始期ごろに当たるが、NDVIはこの時期の葉いもち感受性=初期伝染源量を評価しており、②その後、数回の感染好適条件の出現とイネの生育量の違いから、葉いもち病斑数に指数的な差が生じ、③出穂期に穂いもち伝染源となるため、NDVIと穂いもち被害度との間に強い指数関数的関係が見られたものと考えられる (図-7)。

これらのことから、相対的な評価ではあるが、NDVIという指標を利用することにより、圃場ごとの出穂前のイネの生育状況から、穂いもち発生の危険性が評価可能であり、いもち病発生予察などへ利用できると考えられた。

## IV 生育指標として

現在、宮城県の‘ひとめぼれ’は、収量・品質を安定的



に確保できる生育指標値として、 $m^2$ 当たり籾数の上限を暫定的に30,000粒としている。この値は、品質を低下させる白未熟粒の発生抑制や食味に影響する玄米タンパク質含有率の低下および収量安定確保のために設定されたもので、任意の時期の稲体窒素吸収量やこれから換算されるNDVI値で示されている。一方、穂いもち被害度を穂いもち最多発区の1/10以下に抑制するNDVI値の推移は、ここ数年の試験結果では、収量・品質確保のための生育指標の上限値の近辺かやや上方に存在する結果となっている。今後さらに検討する必要があるが、穂いもちの発生を抑制する閾値の存在が示唆され、この閾値が収量・品質を確保するためのNDVI推移の上限値に極めて近いところにあると考えている(図-8)。

おわりに

イネの生育診断技術は、現在、リモートセンシングなどを利用して、様々な形で検討されており、一部は普及に移す段階にまできている。現在は、こうした技術を利

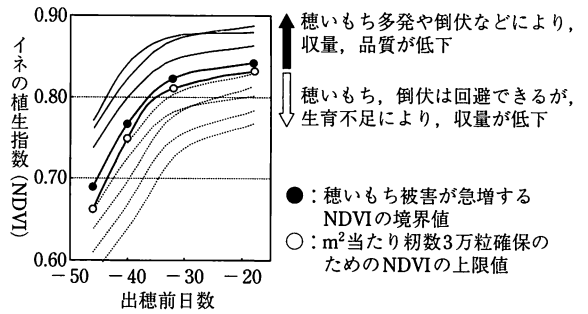


図-8 イネ群落の植生指数 (NDVI) の推移と収量・品質・穂いもち被害との関係のイメージ

用して得られる膨大なイネの生育量に関する指標を有効に利用するため、イネいもち病の発生予察や圃場ごとのリスク評価に応用可能かどうかを検討しているところである。また、宮城県内では環境保全型農業の一環として、化学農薬・化学肥料節減栽培を推進しており、最終的には県内の70%で節減栽培に取り組む見込みである。このように農薬散布に制限がある場合の生育指標として、これらの試験結果が活用できれば、生産者のいもち病による減収リスクを最小限にできるものと考えている。

引用文献

- 1) 石黒 潔ら (2004): 日植病報 70: 230.
- 2) 佐々木次郎ら (2005): 日作東北支部報 74(別冊2): 54 ~ 55.
- 3) 笹原剛志 (2004): 日作東北支部報 47: 109 ~ 112.
- 4) ———・佐々木次郎 (2005 a): 北日本病虫研報 56: 11 ~ 15.
- 5) ———ら (2005 b): 日植病報 71: 202.
- 6) 原澤良栄ら (1991): 北陸病虫研報 39: 41 ~ 45.
- 7) 早坂 剛 (2003): 北日本病虫研報 54: 7 ~ 11.
- 8) 堀尾光広ら (2004): 日作東北支部報 73(別冊2): 308 ~ 309.
- 9) 門間陽一ら (2004): 北日本病虫研報 55: 16 ~ 19.
- 10) 根本文宏ら (1996): 関東東山病虫研報 43: 35 ~ 39.
- 11) Rouse, J. W. et al. (1973): Third ERTS Symposium, NASA SP-351 1: 309 ~ 317.
- 12) SHIBAYAMA, M. and T. AKIYAMA (1989): Remote Sensing of Environment 27: 119 ~ 127.
- 13) van der PLANK, J. E. (1963): Plant Diseases, Epidemics and Control, Academic Press, New York and London, 206 pp.

(新しく登録された農薬4ページからの続き)

- すもも: シンクイムシ類: 収穫14日前まで
- みかん: ミカンキイロアザミウマ: 収穫14日前まで
- ブルーベリー: カイガラムシ類: 収穫14日前まで
- メタアルデヒド粒剤
- 22153: スクミノン (サンケイ化学) 08/04/30
- メタアルデヒド: 10.0%
- 稲: スクミリンゴガイ: は種後 但し、収穫90日前まで又は移植後 但し、収穫90日前まで
- 22154: スクミノン5 (サンケイ化学) 08/04/30
- メタアルデヒド: 5.0%
- 稲: スクミリンゴガイ: 移植後 但し、収穫90日前まで

「殺菌剤」

- ズッキーニ黄斑モザイクウイルス弱毒株水溶剤
- 22152: “京都微研” キュービオ ZY-02 (微生物化学研究所) 08/04/23
- ズッキーニ黄斑モザイクウイルス弱毒株 2002: 凍結乾燥前バルク容量で溶解した希釈液 0.3 ml 中ウイルス含有量  $10^{3.3}ID_{50}$  以上
- きゅうり: ズッキーニ黄斑モザイクウイルスの感染によるモザイク症及び萎凋症: 穂木の子葉完全展開期又は接木苗の第1本葉完全展開期

(25 ページに続く)