

# 光化学オキシダントによる水稻の被害について

## 被害発生状況と赤枯病Ⅲ型との差異

橋本俊一・中野政行

### I 緒言

最近、関東地方では光化学オキシダントによる植物被害が観察されており、農作物にもその被害が確認されている。栃木県においても1974年以後、サトイモ、ラッカセイ及び水稻などで被害が観察されている。ここでいう光化学オキシダント被害とはすべて可視障害であり水稻に発生する被害は中村ら<sup>7)</sup>および松岡ら<sup>4)</sup>が確認、立証した水稻葉身にはん点が発生するいわゆる可視障害である。本報告では栃木県における水稻の光化学オキシダント被害発生状況と従来、栃木県に多くの発生がみられしかも葉に発生する症状が光化学オキシダント被害と類似する赤枯病Ⅲ型との差異について調査、検討したので報告する。

### II 調査方法

#### 1. 被害発生状況の現地調査

1974年7月29日及び1975年7月5日に県内に発生した光化学オキシダント被害について観察調査を実施し、被害発生分布および二、三の品種あるいは生育時期の違いによる被害程度の差異について調査した。被害の観察はすべて肉眼観察により、被害程度は被害葉率（全葉数に対する被害発生葉数の割合）、被害葉面積比率（葉面積に対する被害面積の割合）などにより比較した。

#### 2. 赤枯病Ⅲ型との差異

光化学オキシダント被害水稻は1974年6月16

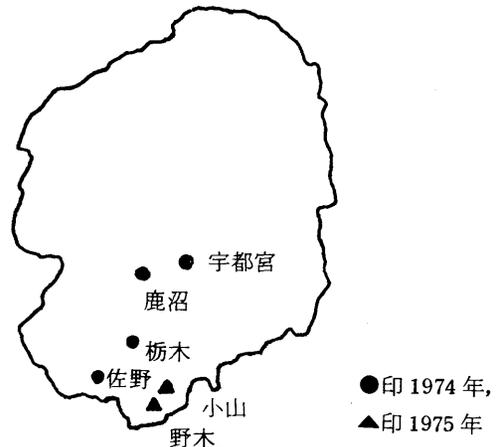
\* 本報告の一部は第158回日本作物学会講演会(1974年10月)において発表した。

日に埼玉県鴻巣市農林省農事試験場ほ場において光化学オキシダント被害を受けた水稻を2日後に採取した。赤枯病Ⅲ型被害水稻は1974年7月18日に栃木県那須郡湯津上村の現地農家ほ場に発病していた水稻を採取した。両者の症状の差異についてはまず外見的特徴を肉眼観察し、つぎに光学顕微鏡を用いて被害葉の表面および断面を観察した。さらに被害葉の表面構造の詳細な差異について走査型電子顕微鏡で観察した。走査型電子顕微鏡は日本電子製、JSM-U3型を用いた。被害葉をF A A固定液（ホルマリン：氷酢酸：50%アルコール＝5：5：90）で固定し、アルコールシリーズで脱水した後、真空蒸着装置（日本電子製、JEE4C型）により炭素と金を二重蒸着し観察を行った。

### III 調査結果および考察

#### 1. 被害の発生状況

1974年7月29日、1975年7月5日の2回の調



第1図 水稻の光化学オキシダント被害発生地域

査から水稻の光化学オキシダント被害が観察された地域は第1図に示したように1974年は佐野、栃木、鹿沼、宇都宮地域、1975年は野木、小山地域であった。

2カ年にわたり現地調査をした水稻の光化学オキシダント被害症状の特徴は次に示すとおりであり、松岡ら<sup>4)</sup>中村ら<sup>7)</sup>の報告と一致していた。

1) 水稻葉身の表側にかっ色の微細はん点がかかなり広範囲な地域に一斉に発生する。この場合黄白色の微細はん点が併発することもある。

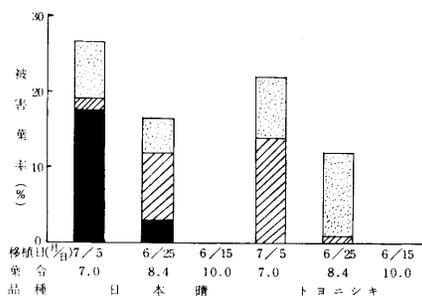
2) はん点の発生する葉位は一定しており上位から数えて第2葉あるいは第3葉であった。

3) この症状の発生は土壌条件および栽培管理による差異は少なく、一筆のは場内では比較的均一に発生するが、品種、生育時期の違いにより若干差異が認められた。

4) 被害が発生した水稻の根はほぼ健全であり、根系障害は受けていなかった。

5) 被害発生時の直前にはかなり高濃度の光化学オキシダントによる大気汚染現象が認められた。

以上のような現地調査から品種および生育時期による被害発生程度の差異が認められた。第2図は1974年7月29日栃木農試ほ場において調



第2図 生育時期と光化学オキシダント被害の差異

□…被害葉面積比率10%未満、▨…10~30% ■…30%以上

査した結果であり、日本晴、トヨニシキとも移植時期が早いものほど被害の発生が小さい傾向がみられ、葉令が10.0に達していた水稻には被害は発生していなかった。また同じ生育時期の両品種を比較するといずれも日本晴の被害が大きく、トヨニシキは小さい傾向が認められた。1975年7月5日に下都賀郡野木町の現地農家は場で調査した日本晴、コシヒカリ、アキニシキの3品種の被害程度を被害葉面積率で比較すると(第1表)、日本晴≧コシヒカリ>アキニシキの順であった。なお現地における被害発生時は6月25日ごろで7月5日の調査時では症状発生葉位は第4葉であるが被害発生時は第2葉あるいは第3葉であったものと推定される。

現地調査の結果から生育時期および二、三の品種による被害程度の差異が認められたが、生育時期について森川ら<sup>5,6)</sup>は詳細なオゾン接触実験を行ない水稻の本田期では分けつ期がオゾン感受性が高く移植直後及び幼穂形成期以後は著るしく低いと報告しており、本調査で被害が観察されなかった10.0葉期の水稻もほぼ幼穂形成期と推定され、森川らのオゾン接触実験の結果とおおむね一致すると考えられる。また品種については中村ら<sup>7)</sup>が現地調査から数種の品種について差異を観察しており、日本晴とトヨニシキの比較では日本晴の被害が大きく、トヨニシキで小さいと報告しており、本調査の傾向と同様であった。なお、品種による被害程度の差異については他の多数の品種についての現地調査お

第1表 品種別被害程度

	上からの葉位別被害葉面積率%			
	1	2	3	4
日本晴	0	0	4	50
コシヒカリ	0	0	2	44
トヨニシキ	0	0	3	15

よびオゾン接触実験などによる検討を期待したい。

このように光化学オキシダントによる水稻の被害発生状況の現地調査から被害発生地域のは握を行ないかつ生育時期、品種の違いによる被害程度の差異について若干の結果が得られた。

## 2. 赤枯病Ⅲ型との差異

### 1) 赤枯病Ⅲ型について

従来、赤枯病については多くの研究があり、馬場<sup>1,2)</sup>、田島<sup>10)</sup>により症状の差異、発生条件などからⅠ、Ⅱ及びⅢ型に分類されている。Ⅰ型は土壌の著るしい還元によるカリウム欠乏症であり、Ⅱ型は亜鉛欠乏によるものであるとされている。Ⅲ型については開田当初に発生する赤枯病として火山灰土壌、洪積土壌、蛇紋岩質土壌に発生がみられると報告され<sup>8,11)</sup>、被害発生の原因はヨウ素過剰症であることが確認されている<sup>12)</sup>。中野ら<sup>9)</sup>によれば赤枯病Ⅲ型の発生状況は開田当初の水田に多発し、開田後3～4年を経過するとほとんど発生しない特徴がある。また発生時期は水稻移植後3～4週を過ぎるころからであり、葉身に赤かつ色のはん点が発生し、その症状は新葉にも順次発生し、穂ばらみ期ごろまで続く。特に被害の激しい場合は出穂期まで及ぶとされている。

### 2) 外見的観察による赤枯病Ⅲ型と光化学オキシダント被害の特徴

光化学オキシダント被害の発生したほ場を観察すると、被害症状は比較的均一に発生しており付近の隣接するほ場にも被害程度の差異はみられることもあるが例外なく発生し、被害が広域に及ぶと言える。稲体を見ると、完全に展開した最上位葉から数えて2枚目および3枚目の葉にかつ色のはん点あるいは黄白色のはん点が発生している。はん点は輪郭が非常に画然とした微小はん点であり、条状に配列しており、葉の表側にほとんどが観察される。また葉の先端部に多く分布する傾向がみられ、葉が湾曲して

いる場合には湾曲部にはん点が多く発生する。

一方、赤枯病Ⅲ型の被害は開田初期の水田及びほ場整備などによって下層土が作土化した水田に限って発生する。被害状況を観察すると上位から数えて第2葉あるいは第3葉以下の葉に赤かつ色のはん点が発生し、被害の初期症状は葉の裏面の中肋上に針状の赤かつ色はん点が出現し、その後葉身全面に輪郭がやや不明瞭な点状、針状、条状のはん点が表面より裏面にやや多く発生する。はん点の大きさは光化学オキシダント被害に比らべ大きい。以上のような差異が赤枯病Ⅲ型と光化学オキシダント被害の間に認められたが、被害葉のみ提示されて両者を識別することは外見的にはかなり困難である。

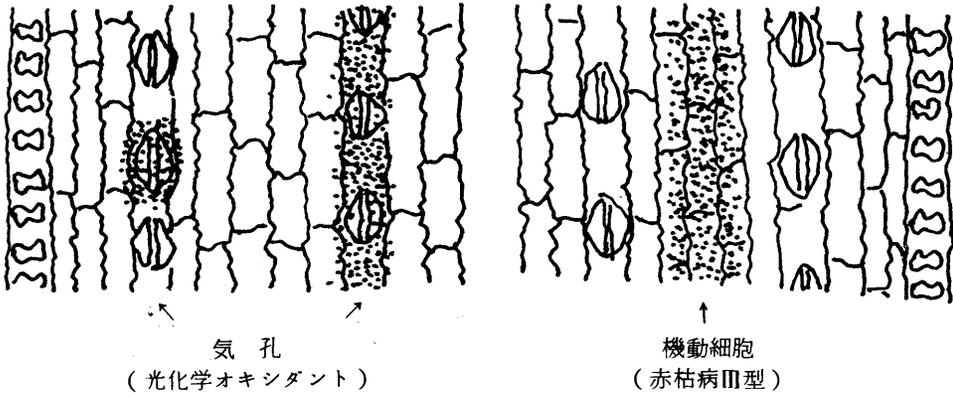
### 3) 葉の表面及び内部形態におよぼす赤枯病Ⅲ型と光化学オキシダント被害の特徴

光化学オキシダントの被害を受けた葉の表面及び横断面を光学顕微鏡により300倍程度に拡大して観察した。葉の表面を見ると気孔列にかつ色はんあるいは黄白色はんが存在し、葉脈間に機動細胞をはさんで微小斑点が2列に並んで見える。横断面を観察すると気孔直下の葉肉組織が崩壊し、かつ変または黄白化している。

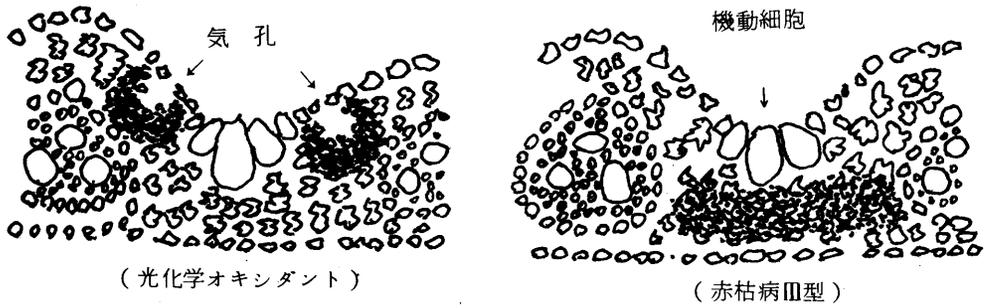
同様にして赤枯病Ⅲ型の被害葉を観察すると、葉の表面の赤かつ色はんは気孔の位置とは関係なく発生しており、そのほとんどが気孔列にはさまれた機動細胞上に一列に並んで見られる。横断面をみると光化学オキシダントの場合と異なり、気孔直下の葉肉組織は正常であり、機動細胞の裏側の葉肉組織がかつ変する特徴を示し

第2表 光化学オキシダントと赤枯病Ⅲ型の被害葉におけるかつ色はん点の発症位置と気孔との関係

	調 査 気孔直下 同 比		
	はん点数	はん点数	%
光化学オキシダント	58	45	77.6
赤 枯 病 Ⅲ 型	135	10	7.4



第3図 葉の表面



第4図 葉の横断面

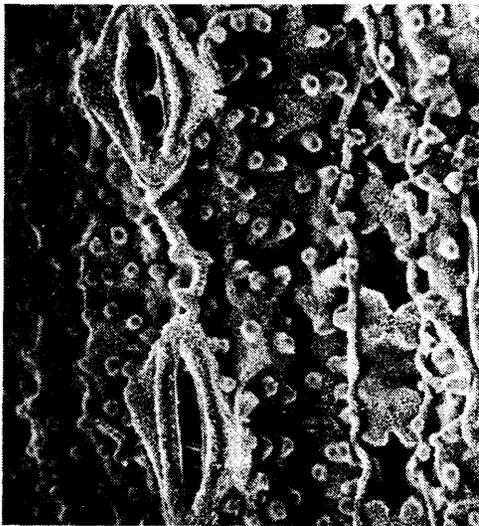


写真1 光化学オキシダント被害  
倍率 1000 倍  
矢印は気孔

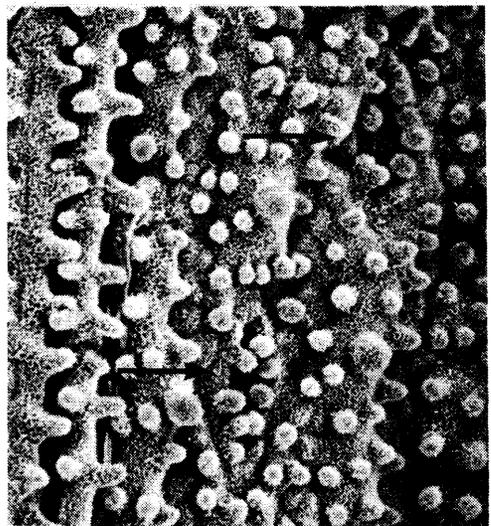


写真2 赤枯病Ⅲ型被害  
倍率 1000 倍  
矢印は気孔

た(第3図, 第4図). 第2表は光学顕微鏡下ではん点の位置と気孔の関係を両者について比較した結果であるが, 光化学オキシダント被害のはん点発生位置は気孔と密接な関係を示すのに対し, 赤枯病Ⅲ型の場合は気孔とは無関係にはん点が発生しており両者の違いは明らかであった.

さらに走査型電子顕微鏡下で葉の表面構造をみると写真1, 2に示すとおり光化学オキシダント被害葉の気孔は開いたままのものが多く観察された. これに対し, 赤枯病Ⅲ型被害葉の気孔はすべて閉そくしていた. ここで用いたFAA固定液による固定法では前田ら<sup>3)</sup>の報告と同様に正常な機能をもつ気孔は閉そくして観察されるものと考えられ, 光化学オキシダント被害葉では気孔の孔辺細胞が障害を受けその機能を失ったものと思われる. なお裏面も同様にして観察したが両被害葉とも気孔はすべて閉じていた.

以上のように, 光学顕微鏡などを用いて両被害葉の表面形態および内部形態を観察した結果, 光化学オキシダント被害と赤枯病Ⅲ型被害は症状の発生が気孔と関係あるか否かによって識別することができた.

#### Ⅳ 摘 要

1. 1974及び1975年に県内に発生した水稻の光化学オキシダント被害について調査を行った. 被害が認められた地域は宇都宮, 鹿沼, 栃木, 佐野, 野木, 小山であった. 生育時期の違いにより被害発生程度に差異が認められ, 葉令が10.0に達していた水稻では被害が観察されなかった. 品種の違いによる被害発生程度の差異が観察され, 日本晴, コシヒカリが大きく, アキニシキ, トヨニシキで小さかった.

2. 光化学オキシダント被害症状と赤枯病Ⅲ型被害症状の差異について検討した. 両被害の識別はほ場における発生状況, 被害葉の肉眼

観察からもある程度可能であるが, ここでは被害葉の表面及び内部形態の差異について観察を行った. その結果, 光化学オキシダント被害は葉の表面の気孔周辺部葉肉組織がかつ変あるいは黄白化していたが, 赤枯病Ⅲ型の場合は主として機動細胞直下の葉肉組織がかつ変する特徴を示した. また, 走査型電子顕微鏡下で葉の表面構造を詳細に観察した結果, 光化学オキシダント被害では葉の表面の気孔が機能を失い開いたままになっているのに対し, 赤枯病Ⅲ型の場合は気孔は閉じその機能は正常であるものと思われた.

以上のように光化学オキシダント被害と赤枯病Ⅲ型被害の被害葉を顕微鏡下で主にはん点発生位置と気孔との関係を調査することにより両者の差異を明らかにすることができた.

本調査研究にあたり終始ご指導いただいた農林省農業技術研究所生理第5研究室長 太田保夫氏, 同主任研究官 中村 拓氏に心から感謝いたします.

#### 引 用 文 献

1. 馬場 起・田島公一(1961) 水稻の赤枯病に関する栄養生理的研究(第6報), 過剰の二価鉄が水稻の生育・養分吸収および体内代謝に及ぼす影響. 日作紀29: 47~50.
2. ———・————(1961) 水稻の赤枯病に関する栄養生理的研究(第7報), クロロシスを伴う赤枯病の発生機構. 日作紀29: 326~328.
3. 前田英三・三宅 博(1973) 走査電子顕微鏡によるイネの表面構造の観察. 日作紀42: 327~333.
4. 松岡義浩・高崎 強・森川昌記・松丸恒夫・白鳥孝治(1976) 光化学オキシダントによる水稻可視障害の研究(第1報),

- 光化学オキシダントによる葉障害原因の立証. 日作紀45:124-130.
5. 森川昌記・松岡義浩・高崎 強・白鳥孝治 (1975) 水稻の生育におよぼす光化学オキシダントの影響 (第1報), オゾン可視症状の生育時期別発生状況. 千葉農試研報16:103-112.
  6. ————— (1975) 水稻のオゾン可視害徴の生育時期別発現状況. 土肥要旨集21:147.
  7. 中村 拓・橋本俊一・太田保夫・中野政行 (1975) 光化学オキシダントによる稲の被害について (第1報), 埼玉県鴻巣市における被害発生とその症状. 日作紀44:312-319.
  8. 中野政行 (1965) 開田地水稻赤枯病の発生実態と対策. 農及園42:1975-1800.
  9. 中野政行・印南悟朗・土山 豊 (1967) 開田地の生産力増強に関する研究 (第1報), 赤枯病について. 栃木農試研報11:1-12
  10. 田島公一・馬場 起 (1963) 水稻の赤枯病に関する栄養生理的研究 (第8報), 開田土壌に発生する赤枯病について. 日作紀31:289-292.
  11. 千葉 明 (1965) 開田地における水稻の赤枯とその対策. 農及園40:817-821.
  12. 渡辺 巖・天正 清 (1970) 水稻の赤枯病の誘因について. 土肥要旨集16 PART II:37.