

7・13 豪雨によるイネ被害の実態と衛星画像による 早期被害予測の可能性

福山利範・阿部信行・塚口直史

新潟大学農学部

測について検討したのでここに報告する。

1. はじめに

2004年7月13日の前線停滞による豪雨は、1日総雨量が400mmを越える記録的なもので、刈谷田川、五十嵐川、猿橋川、中之島川などが氾濫し、破堤11カ所、決壊148ヶ所、越水・溢水・漏水123ヶ所の被害がもたらされ、これら流域の水田が最長10日間ほど冠水した。県内有数の穀倉地帯では、コシヒカリがまさに出穂する生育段階にあった。従来から、イネは3日以内の冠水であれば左程の被害は出ないと言われてきたが、被災時の生育ステージが穂孕み期で最も被害を受けやすい時期であったことに加えて、微細な泥粒子を含む泥水冠水が3日以上も続いたことが被害を大きくした。新潟県農林水産部が公表した8月20日確定の農林水産業の被害総額は366億5千万円で、そのうち農作物被害は13662ha、48億8千万円にも及んだ。農作物被害では、イネが32億円で作物被害の2/3を占め、被害面積も10824haで全体の8割に及んだ。転換作物であるダイズも水にはきわめて弱く、冠水した圃場ではほぼ全滅し、被害額は4億7千万円に達している。被災農家には損害補償が払われるが、これの算定基礎となる被害調査（坪刈り試験）も対象区が広大であるため、膨大な調査時間と労力・コストを必要とした。

本調査では、長岡市桂町のイネ圃場に焦点を絞り、被害の実態と衛星画像利用による早期被害予

2. 長岡市桂町の圃場調査

1) 収量調査

長岡市桂町の水田圃場は大区画整備された美田であるが、排水が不十分で数年に一度は水害を受けている地区である。今回は、猿橋川と刈谷田川の破堤により大量の泥水が浸入した。全体としてすり鉢状を呈しており、冠水無しの圃場から長いところでは10日も水が停滞した圃場もある。豪雨6日後の7月19日に現地を視察したが、大部分の圃場がまだ一面海の状態であった（写真1）。

サンプルは中央農道に沿って約200~300m間隔で、合計8地点から10株2反復で9月10日に採取した（写真3参照）。これら8地点の冠水日数は0日から8日間であった。サンプルは自然乾燥後、本来の分けつ（主穂）と冠水後に発生した高位節からの分けつ（枝穂）に分けた。主穂の分けつについては、最長稈長、穂首抽出長（穂首節から止葉の葉節まで）および伸長節間長を測定後、穂数、穂長、1穂籾数、1株籾数を調査した。籾摺り後、1.8mmの篩を用いて未熟粒を除き、整粒数と重さ、1000粒重を測定した。枝穂についても稈長、伸長節間長以外は同様の調査を行った。

調査圃場の全域から水が引いた7月24日のスポット5号（仏）による衛星画像を入手し、画像解析用に供した。

表1には、8地点における稈長、穂首抽出長お

表1 主穂（主分けつ）の稈長、穂首抽出長および節間長比（上位からI-V）

圃場番号	冠水日数	稈長	穂首抽出長	I	II	III	IV	V
1	5	74.2cm	4.9cm	42.0%	26.4	15.3	9.9	6.8
2	8	69.3	6.0	44.6	25.8	12.0	15.0	3.6
3	8	64.9	6.2	48.9	23.7	9.2	16.9	1.3
4	7	67.2	6.1	48.7	26.5	14.8	9.3	0.4
5	5	68.9	4.7	45.4	19.2	12.8	21.6	1.8
6	5	97.4	11.3	40.4	24.1	17.7	10.5	8.7
7	3	84.4	9.6	42.2	24.3	17.3	12.6	2.7
8	0	78.7	6.0	44.6	22.0	21.1	12.6	0.0

表2 主穂の諸形質

圃場	冠水日数	穂数	穂長	籾数/穂	籾数/株	整粒数	整粒重	整粒歩合	千粒重
1	5	11.5	17.1cm	96.8	888.6	286.7	5.8g	32.2%	20.0mg
2	8	11.3	15.4	71.7	705.8	400.3	8.0	54.1	20.2
3	8	15.4	15.4	66.8	698.5	289.3	5.4	42.0	18.4
4	7	11.2	17.2	106.0	659.3	311.0	6.2	47.2	20.0
5	5	22.4	17.8	105.6	1689.7	1029.1	20.8	60.9	20.2
6	5	33.3	18.4	103.1	2611.4	1826.4	38.3	68.9	21.1
7	3	23.4	17.1	89.8	1547.6	1353.7	29.2	87.8	21.5
8	0	22.9	18.8	117.1	1845.0	1407.0	30.3	76.7	21.6

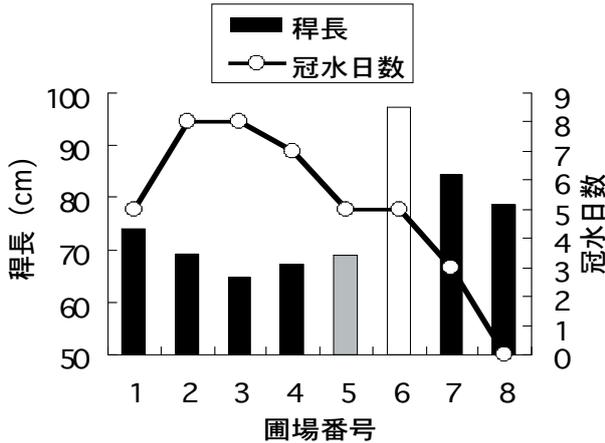


図1 8圃場における冠水日数と穂長との関係：品種コシヒカリ，ただし5は「こしいぶき」，6はコシヒカリで栽培方法が異なる。

よび節間長比を示した。8圃場の冠水日数は1番圃場（以下、No.1と書く）が5日、No.2と3が8日と最も長く、No.4が7日、No.5と6が5日、No.7が3日、そしてNo.8はほとんど冠水しなかった。栽培品種は「こしいぶき」のNo.5以外は、いずれも「コシヒカリ」である。ただし、No.6は過剰生育による倒伏を避けるために、中干しの時点で1条おきに刈り込んであったので他の圃場とは栽培条件が異なっている。

穂長は65cmから97cmの圃場間差異が認められた。冠水日数との関係は図1に示したが、冠水日数が長いと短穂となっていることがよく判る。No.5は「こしいぶき」であり、この品種は遺伝的に「コシヒカリ」よりも短穂である。また、No.6も上述のように栽培様式が異なっているので、除外して考えてよい。節間長比をみると、冠水日数0日のNo.8をほぼ正常と考えると、冠水日数の長い圃場では下位の節間が伸びていた。これは、穂孕み期のコシヒカリが冠水し、本来伸びるべき上位節間の伸長が抑制され、相対的に下位の節間長比が高くなったものと思われる。

つぎに、表2に主穂の形質を示した。穂数は約

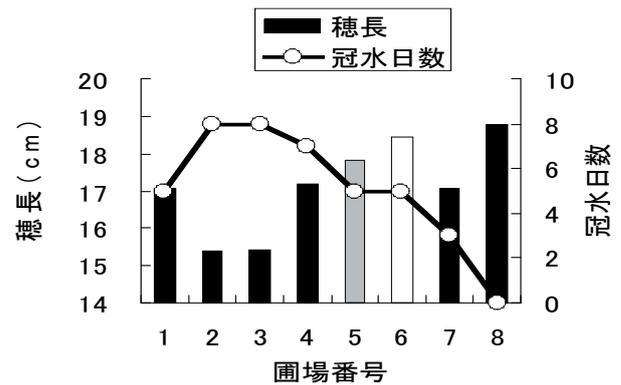


図2 穂長と冠水日数の関係

半分には減少していた。穂長は図2にも明らかなように冠水によって著しく短くなっていた。また、一次枝梗の退化など異常形態を示す穂が多かった。したがって、1穂籾数、1株籾数も著しく低下している。水が退いた後、受精・登熟した穎果でもきわめて生長が異常で、1.8mm節による整粒歩合は冠水5日以上で32.2%~60.9%と低かった。No.1は冠水日数が5日であるが、整粒歩合が最も低かった。この圃場は、猿橋川の破堤箇所から最も近い位置にあり、流入した水が他に比べてより濁っていたことによると思われる。

表3には、枝穂の調査結果を示した。主穂分けつの上位3~4節から退水後発生した枝穂分けつは、主穂の稔実が悪く光合成産物の受け入れが低下したため、過剰の炭水化物が蓄積され、本来は休眠している腋芽が生長したことによると推定される。このような枝穂は冠水5日以上で17%~56%出現した。しかしながら、退水後短期間で形成され受精・登熟したため、穂の大きさもきわめて小さかった。1穂籾数は計測していないが、1株籾数は132~460と主穂（660~2600）に比べ極端に劣っている。また、整粒歩合も11%~36%と低く、被害を受けた主穂の損失を補償するものではなかった。

表4には、主穂と枝穂の合計を示した。1株穂

表3 枝穂の諸形質

圃場	冠水日数	穂数	籾数/株	整粒数	整粒重	整粒歩合	千粒重
1	5	8.4	457.3	82.1	1.6g	10.7%	19.1mg
2	8	11.5	414.6	135.0	2.7	34.5	20.4
3	8	9.5	243.2	39.5	0.7	23.2	18.6
4	7	14.1	426.1	158.0	3.3	36.1	21.1
5	5	4.7	131.7	47.7	0.9	35.1	18.6
6	5	0	-	-	-	-	-
7	3	0	-	-	-	-	-
8	0	0	-	-	-	-	-

表4 主穂および枝穂を合わせた収量関連形質

圃場	全穂数	枝穂率	籾数	整粒歩合	千粒重	精玄米収量/株
1	19.9	42.1%	1300.9	26.0%	19.9mg	7.0g
2	22.8	50.4	1082.4	45.8	20.2	10.3
3	24.9	38.0	941.7	36.5	18.4	6.1
4	25.2	55.8	1085.4	42.7	20.4	9.5
5	27.1	17.2	1812.5	59.2	20.1	21.6
6	33.3	0.0	2611.4	68.9	21.1	38.3
7	23.4	0.0	1547.6	87.8	21.5	29.2
8	22.9	0.0	1845.0	76.7	21.6	30.3

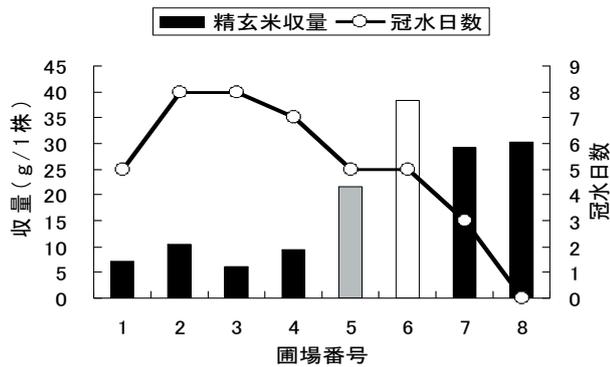


表3 枝穂の諸形質

数は枝穂で補充されているが、籾数では2倍以上の差があり、整粒歩合も26%~88%と大きな差異が認められ、これらの結果から1株の精玄米収量は6.1g~38.3gとなり、冠水日数の長い圃場では1/5以下の収量となった(図3)。

2) 泥冠水後の葉

今回の水害は大量の土砂が圃場に流入し、しかも停滞した水の濁度の高いことが特徴であろう。記録的な豪雨により上流の山地での斜面土砂崩壊が顕著であったこと、ダムなどの貯水池あるいは河川底面に大量の土砂が蓄積されていたことなどが原因としてあげられよう。泥水が退いた後のイネ葉身は、例え泥が表面に付着していたとしても、

その後の降雨で洗い流されるように思える。しかしながら、かなり日にちを経過しても葉の汚れは減ることがなかった。そこで、金沢大学理学部の田崎和江教授のご協力を得て、泥水を被った葉の表面微細構造を走査電子顕微鏡で観察した。結果を、写真2に示す。ここにあるように、葉の表面は土の微粒子でほぼ一面に覆われていた。葉の表面には多くの突起物があり、これらが泥の執拗な付着を保ったと思われる。光合成・呼吸に必須の器官である気孔も泥に覆われているか、開閉機能を消失していると思われる形状を呈していた。したがって、水が退いた後でも正常の光合成が行われず、収量の回復が不可能になったと思われる。

3) 衛星写真の画像解析と収量調査との統合

桂町の調査圃場の全面から水が退いた7月24日にフランスの人工衛星「スポット5号」撮影による写真を手に入れた(写真3)。分解能は10m x 10mという高精度である。写真で植物のあるところは赤く表示される。正常な稲は赤く表示されるが、桂町の冠水地区では、青く表示されている。これは冠水の影響を受けた稲が植生本来の反射値を示していないことを意味している。

写真3に収量(1株当たりの平均収量)を調査した箇所を示した。この衛星写真の画像処理から

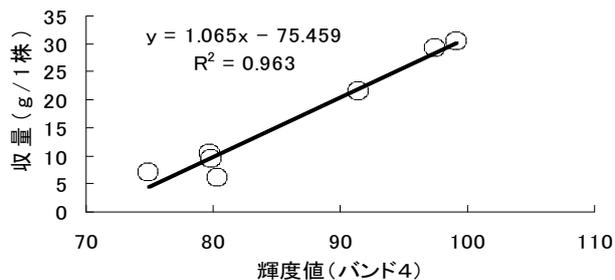


図4 衛星画像の輝度値と収量の関係および収量予測式

各調査圃場の反射値を求め、収量との関連を調べた。なお、既述のように圃場 No.6 は栽培方法がかなり異なっていたので、この解析からは除外した。図4に示したように、反射値と1株収量は相関係数 (r) = 0.981 ときわめて高かった。収量を Y とした回帰式を求めたところ、 $Y=1.065X-75.459$ となり、この回帰式の説明量は96% ($R^2 = 0.963$) であった。すなわち、7月24日撮影画像の反射値で9月収穫時の収量を高い精度で予測できることになる。こうした衛星画像の反射値と収量との関係式を用いるならば、広域の被害程度を災害後早期に推定することが可能である。今回の水害を補償するために、関係機関は2万筆にも及ぶ圃場で収量調査(坪刈り)を行っている。これは、膨大な時間と労力・コストを必要とするものである。したがって、今回の調査で得られた収量予測式の利用は今後の災害時にきわめて有効と思われる。

今後の課題としては、予測精度を高めるために、被災後どのような時期の画像を用いるか、イネの異なる品種あるいは異なる作物ではどうなるか、さらには被害予測だけでなく、作物の生育状況の把握と栽培管理への提言などを検討すべきと思われる。

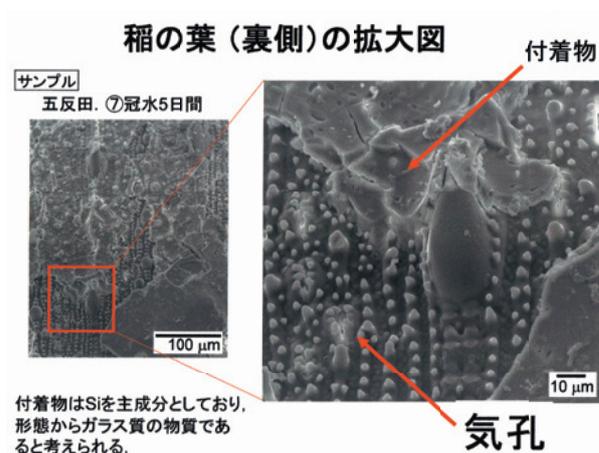
3. むすびにかえて

今回の調査では、水害で壊滅的な被害を受けた桂町地区の農家から、早く調査資料の提供をいただいた。とくに、長岡市農業委員であり地元桂町圃場で大規模に農業を展開されている加藤尚登氏には大変お世話になった。これらの方々には厚くお礼申し上げる。この地域は、豪雨被害が覚えやらずに10月23日の中越地震でも甚大な被害を受けた。今後の早期復興を心からお祈り申し上げます。

長岡地域振興局には様々な資料および情報の提供をいただいた。記して、感謝申し上げます。



写真1 長岡市桂町の調査圃場：7月19日撮影



附着物はSiを主成分としており、形態からガラス質の物質であると考えられる。

写真2 泥が付着した葉の裏面：SEM 観察（金沢大学理学部・田崎和江）



写真3 長岡市桂町圃場（通称：八丁潟）の衛星画像と調査地点