

1997年台風9号による山口県北部の豪雨特性と溜池決壊に伴う土砂堆積による水稻被害の実態

山本晴彦*・早川誠而・岩谷潔
(山口大学)

要旨: 1997年台風9号に伴い山口県北部および島根県西部では7月26日から28日にかけて豪雨に見舞われた。むつみ村では、7月26日～28日に582～782 mmの降水を記録し、7月27日の日降水量は429～547 mmを観測した。本豪雨は、むつみ村の周辺に位置する気象庁の4カ所の観測地点を大きく上回る局地的豪雨であった。この影響により、むつみ村にある4カ所の農業用溜池が決壊して土砂災害が発生した。とくに、麻生溜池では下流域に氾濫水や土砂が大量に流出して水田内に堆積したため、水稻が埋没する被害が発生した。現地調査の結果、土砂堆積深と地上部乾物重および玄米重との関係は2次曲線で近似でき、地上部乾物重は土砂堆積深が50 cm、玄米重は35 cmで重量がほぼ皆無になることが明らかになった。

キーワード: 豪雨, 水稻, 1997年台風9号, 溜池決壊, 土砂堆積, 山口県北部,

1997年7月27日から28日にかけて、台風第9号が山陰沖に停滞し、台風に伴う雲域が山陰地方にかかり、山口県北部や島根県西部一帯では豪雨に見舞われた(山口県・下関地方気象台 1997)。このため、土砂崩れ、河川の氾濫、溜池の決壊などが各地で発生した(山本ら 1997 a, b)。とくに、山口県北部の阿武郡に位置するむつみ村では記録的な豪雨により村内4カ所の溜池の決壊、村内の中央部を流れる蔵目喜川の氾濫が起これ、農地やハウスの埋没・冠水、山林や林道の崩壊、農作物の被害などにより農林関係被害額だけでも34億円に達した(むつみ村 1997 a, b)。さらに、むつみ村に隣接した市町村でも農業災害が発生し、山口県北部を中心に台風第9号による農林関係の被害総額は66億円に及んだ(山口県農林部生産流通課 1997)。

ここでは、むつみ村を中心とした山口県北部における台風第9号に伴う豪雨の特徴を示すとともに、むつみ村で発生した農業用溜池の決壊災害の状況と決壊による水田への土砂堆積が水稻の収量などに及ぼす影響についての概要を報告する。

調査方法

1. 降水量の観測地点

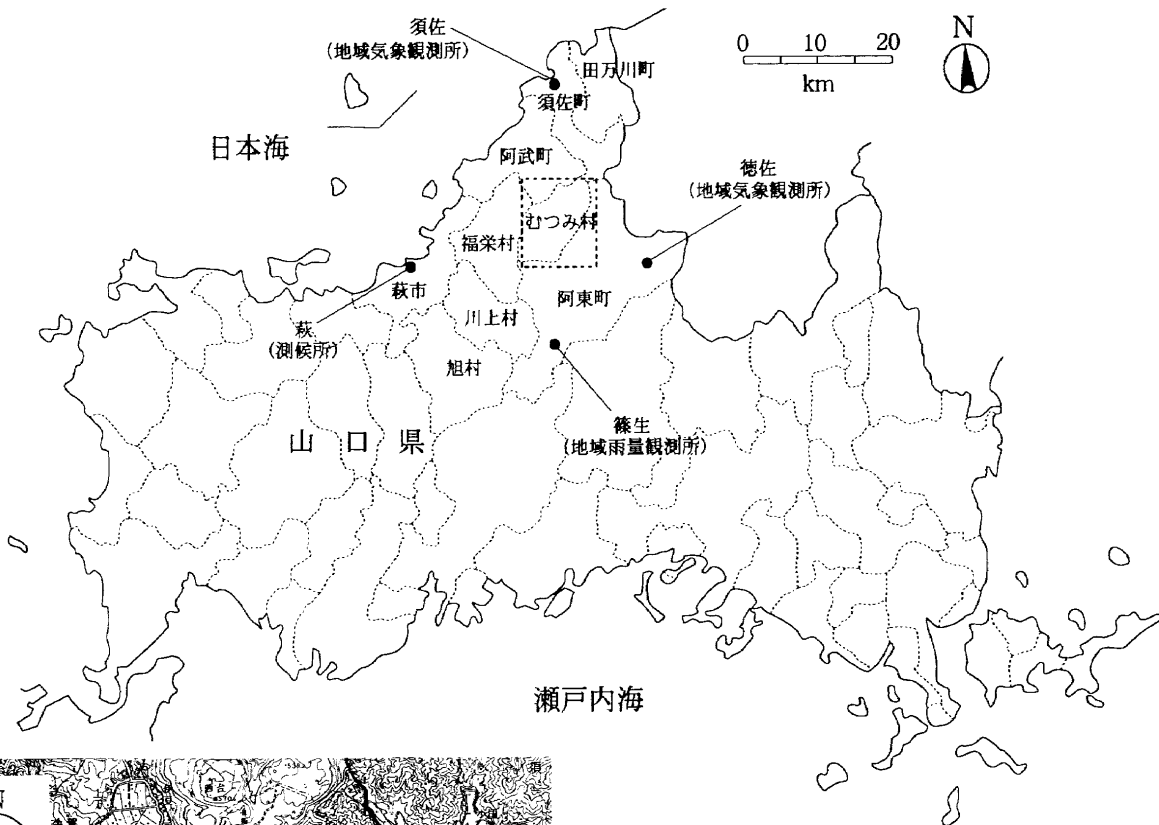
山口県阿武郡むつみ村は山口県北部のほぼ中央部に位置し(第1図)、面積69 km²、平地部の平均標高300 m、人口2581人の典型的な中山間地域である(農山漁村文化協会 1996)。山口県内にある気象庁の降水量の観測地点は22カ所で、その内、県北部は7カ所で観測が行われている(下関地方気象台 1997)。今回の豪雨により大きな被害が発生したむつみ村の周辺に設置されている降水量の観測地点は、第1図に示したように気象官署(測候所:萩市堀内)、地域気象観測所(略称アメダス:須佐町須佐、阿東町徳佐)および地域雨量観測所(阿東町篠生)の計4カ所

である。しかし、4カ所の観測地点ともむつみ村のほぼ中央に位置する役場から14～21 kmも離れている。

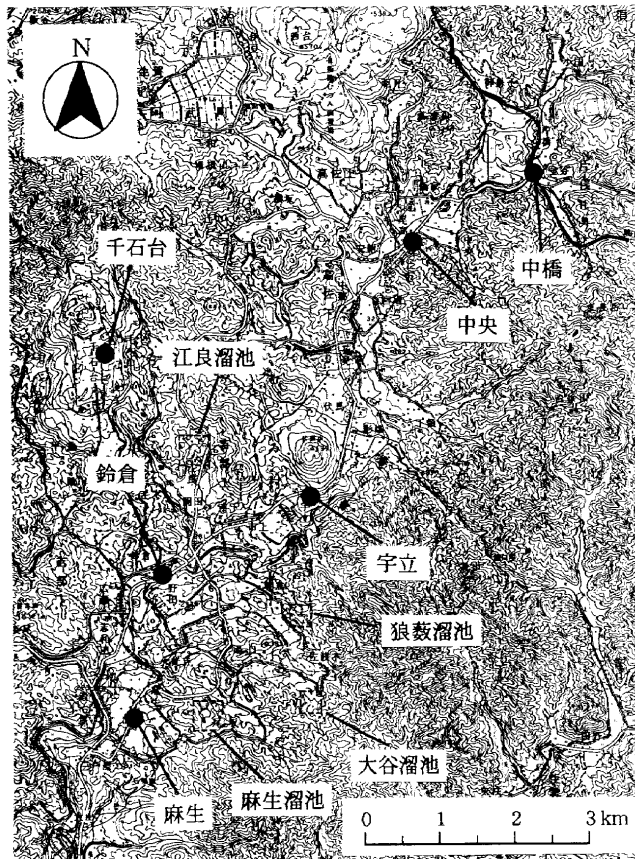
むつみ村では、役場が置かれている鈴倉で自記電接雨量計により降水量の観測を行ってきたが、1995年12月より有線テレビ事業(通称:農村型CATV)を推進する中で、むつみ村有線テレビ放送センターが村内5カ所(中橋, 中央, 宇立, 千石台, 麻生)に気象観測ロボット(気象要素:気温, 相対湿度, 風向・風速, 降水量, 日照時間, 日射量)を設置して気象観測を開始した(むつみ村有線テレビ放送センター 1996)。第2図には、むつみ村における気象観測ロボットによる降水量の観測地点および7月下旬の豪雨により決壊した溜池の位置を示した。図からも明らかなように、農村型CATV事業によりむつみ村では北東から南西に長さ約14 km, 幅約7 kmで細長い総面積69 km²の村内にきめ細かな気象観測網が整備されている。

2. 現地調査

山口県北部の中山間地域ではコシヒカリの早期栽培が広域的に行われており、むつみ村でも作付面積の約60%で栽培されていた。本豪雨により決壊したむつみ村の麻生溜池付近の水田でもコシヒカリが作付されていた。まず、麻生溜池の堤体決壊により埋没した水田の範囲と氾濫水の広がりについて1/2500の圃場図(むつみ村, 1997 c)をもとに現地調査を行った。さらに、土砂堆積が顕著であった被害水田(A, B)および近接する無被害水田を対象に、収穫期の1997年9月18日に水田(品種:コシヒカリ)の調査を行った。調査した水稻の移植日は5月5日(±2日)で、条間30 cm, 株間16 cmで機械移植した。出穂期は、本豪雨直前の7月24日(±2日)である。栽培管理は慣行法により行い、病害虫の被害は認められなかったが、溜池の決壊以降は農業用水が枯渇したため、灌漑水は天水だけに依存していた。



第1図 豪雨災害に見舞われた市町村と山口県北部の気象庁の降水量の観測地点。



第2図 むつみ村における降水量の観測地点と7月下旬の豪雨により決壊した溜池の位置。

た、無被害水田の2箇所から水稲3株ずつを採取した。

3. 水稲調査

各水田から採取した水稲株を研究室に持ち帰り、草丈、茎数、穂数を測定した後、解体調査を行った。部位別に解体した後、葉、茎、枯死部については乾燥重量を通風乾燥器 (yamato 製, DK810) で90°C、48時間通風乾燥して測定した。穂については1穂粒数を調査した後脱穀し、塩水選 (比重1.06) により、精粒と不稔粒に分け、登熟歩合 (精粒数÷総粒数×100) を算出した。玄米重は1m² 当たり換算した値を示した。

降水特性と溜池決壊による水稲被害

1. 気象庁の観測地点における降水特性

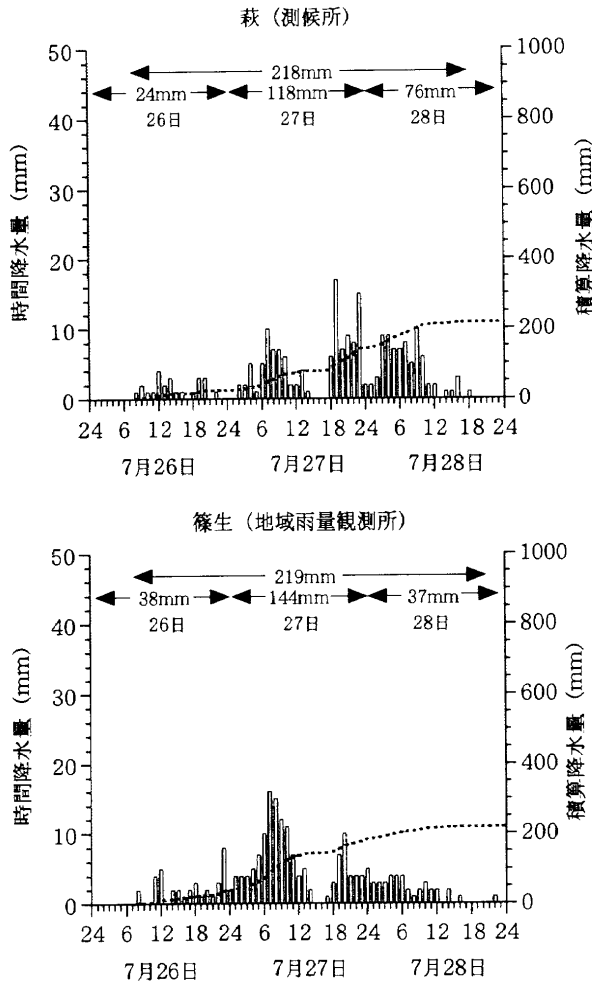
むつみ村の西側に隣接した萩市の堀内 (測候所) および東側に隣接した阿東町の篠生 (地域雨量観測所) における7月26日~28日の時間降水量、積算降水量の推移を第3図に示した。さらに、むつみ村に隣接した気象庁の降水量の観測地点 (4カ所)、むつみ村有線テレビ放送センターが行っている5カ所および村役場 (鈴倉) の7月の積算降水量、7月26日~28日の日降水量および3日間の積算降水量を第1表に示した (むつみ村有線テレビ放送センター1997 a, b, 下関地方気象台1997, 山口県・下関地方気象台1997)。

むつみ村役場から西に約19km離れた萩の26日~28

被害水田Aおよび被害水田Bにおいては、土砂堆積深の異なる各4箇所から水稲3株ずつを掘り起こして採取し、土砂堆積深 (堆積した土砂の深さ, cm)、残存株率 (水稲が地上に現われている比率, %), 稲体の土砂埋没深 (株元から土砂が埋没している長さ, cm) を測定した。ま

日の3日間の降水量は218 mm, 27日の日降水量は118 mm, 時間降水量の最大値は15 mm程度であった。むつみ村役場から南に約15 km離れた篠生の26日~28日の降水量は219 mm, 27日の日降水量は144 mm, 時間降水量は最大15 mm程度であった。また, 第1表からも明らかのように気象庁における4カ所の観測地点の7月の積算

降水量は613~729 mmの範囲にあり, 観測所間での差異は120 mm程度であった。さらに, 7月26日~28日の積算降水量は218~311 mmの範囲内にあり, 7月降水量と同様に3日間の積算降水量もは4カ所の観測所間で100 mm程度であった。27日の日降水量は, 日降水量の生起確率を求める手法の一つであるトーマス・プロット法(黒川ら1988)により推定した4カ所の日降水確率で1~5年(山口県土木建築部砂防課1997)ときわめて高い再現確率であった。



第3図 萩市堀内(測候所)および阿東町篠生(地域雨量観測所)における7月26日~28日の時間降水量・積算降水量の推移。

2. むつみ村の観測地点における降水特性

むつみ村役場から南に約2 km離れた麻生および北に約3 km離れた千石台における7月26日~28日の時間降水量, 積算降水量(むつみ村有線テレビ放送センター1997b)の推移を第4図に示した。むつみ村では, 1997年7月の積算降水量が1020.5 mm(麻生)~1312.5 mm(宇立)を観測し, とくに7月27日の日降水量は429 mm(麻生)~547 mm(千石台)で, 記録的な豪雨であったといえる。千石台では27日未明から時間降水量40 mmが約2時間にわたり降り続き, 麻生でも27日未明から時間降水量30 mmが約6時間にわたり降り続いた。

むつみ村麻生の7月積算降水量(1020.5 mm)は, 約10 km離れた阿東町篠生の144%であったが, 7月26日~28日の積算降水量(582 mm)は266%と大きく上回る傾向が認められた。さらに, むつみ村にある麻生以外の4カ所の気象観測所における7月26日~28日の積算降水量は, 中橋711 mm, 中央634 mm, 宇立690.5 mm, 千石台781.5 mmであった。

むつみ村役場での観測地点(鈴倉)から約100 m離れた地点で山口県土木建築部が独自に降水量の観測を行っている。この地点におけるトーマス・プロット法により求めた200年の日確率降水量は425.5 mmであることから, 役場で観測された27日の日降水量466 mmは, 200年を超える降水確率に相当するものであった。

第1表 むつみ村および周辺地域で観測された降水量 (mm)。

| 市町村 | 観測地点 | 7月 積算降水量 (mm) | 7月26日 日降水量 (mm) | 7月27日 日降水量 (mm) | 7月28日 日降水量 (mm) | 7月26日~28日 積算降水量 (mm) |
|------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| むつみ村 | 中橋 ¹⁾ | 1194.5 | 87.0 | 522.5 | 101.5 | 711.0 |
| | 中央 ¹⁾ | 1056.0 | 85.0 | 458.0 | 91.0 | 634.0 |
| | 宇立 ¹⁾ | 1312.5 | 82.5 | 486.0 | 122.0 | 690.5 |
| | 千石台 ¹⁾ | 1263.0 | 73.5 | 547.0 | 161.0 | 781.5 |
| | 麻生 ¹⁾ | 1020.5 | 59.0 | 429.0 | 94.0 | 582.0 |
| 須佐町 | 鈴倉 ²⁾ | 1134.0 | 77.0 | 466.0 | 125.0 | 668.0 |
| | 須佐 ³⁾ | 718.0 | 47.0 | 132.0 | 132.0 | 311.0 |
| 萩市 | 堀内 ⁴⁾ | 613.0 | 24.0 | 118.0 | 76.0 | 218.0 |
| 阿東町 | 徳佐 ³⁾ | 729.0 | 67.0 | 152.0 | 45.0 | 264.0 |
| 阿東町 | 篠生 ⁵⁾ | 709.0 | 38.0 | 144.0 | 37.0 | 219.0 |

1): 役場(気象観測ロボット), 2): 役場(自記電接雨量形), 3): 気象庁(地域気象観測所), 4): 気象庁(測候所), 5): 気象庁(地域雨量観測所)。

3. 麻生溜池の決壊と土砂災害の概要

豪雨が降り続いた7月27日から29日にかけて、むつみ村内にある麻生、江良、大谷、狼藪の4カ所の農業用溜池が決壊した。山口県農林部耕地課では1990年に山口県内のすべての溜池を対象に溜池の構造、規模、老朽度などを調査して、各溜池ごとに個表を作成している（山口県農林部耕地課1990）。

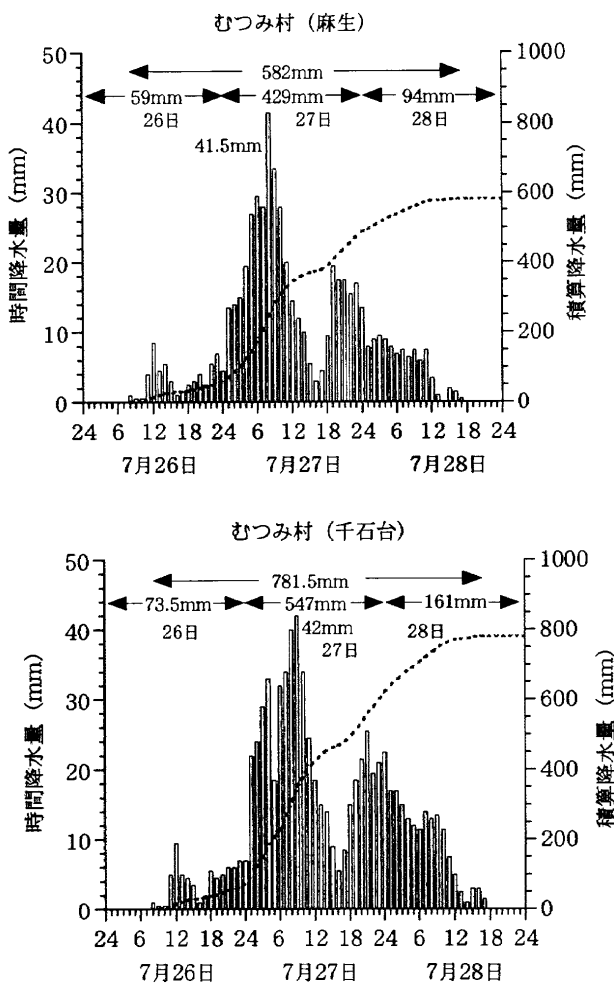
麻生溜池は、1921年に築造され約75年を経過した溜池面積約24,000m²を有するむつみ村最大の規模である。総貯水量は約10万m³、灌漑受益面積は20haである。第5図には麻生溜池、調査水田および堤体の決壊により埋没した水田の範囲と氾濫水の広がりの状況を示した。本ため池は28日1時35分に、第6図にみられるように、堤体部分が長さ約10mにわたり決壊し、満水の状態にあった溜池の全貯水量が下流域の水田に一気に流れ込んだ。溜池から西に約1km離れた麻生では、第4図に示されたように決壊した時刻には積算降水量が約500mmに達しており、豪雨により急激に貯水量が増加したことが堤体部分の崩壊につながったものと考えられる。氾濫水は、左右にある山の斜面に当たりながら北西に進み、尾の坂川に到達した所で河川に沿って流れを変え、氾濫距離は約250mにも及び、

土砂が堆積し水稲が埋没した水田が約1haにわたって広がった。

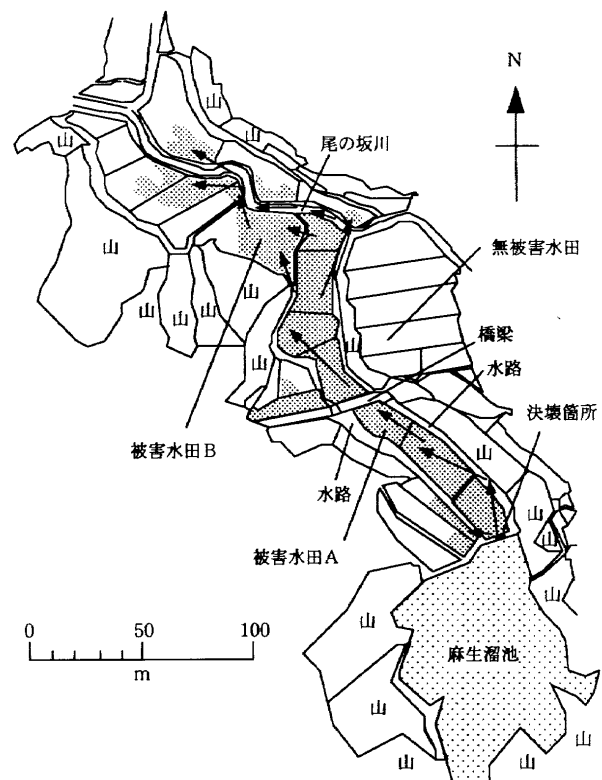
4. 溜池決壊による土砂堆積が水稲収量へ及ぼす影響

無被害水田および被害水田における水稲の被害状況を第2表に示した。また、溜池堤体から約50m離れ、土砂流入を直接的に受けた被害水田Aを第7図に、被害水田Aにおける水稲の被害状況を第8図に示した（1997年9月18日撮影）。

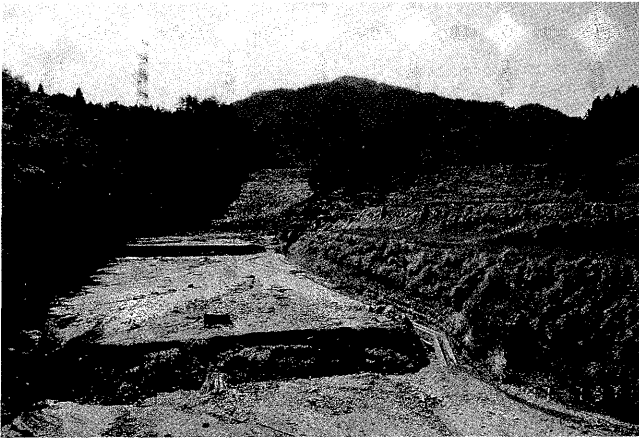
無被害水田1および2では、地上部乾物重は1330~1370gm⁻²、登熟歩合は比較的良好で玄米重は460~480gm⁻²となり、この地域の平年収量にほぼ相当していた。しかし、被害水田AのA1では土砂堆積深が35cmも認められており、土砂に埋もれなかった残存株率は18%と著しく低かった。このため、緑葉重は19gm⁻²しかなく、乾物重も503gm⁻²と無被害水稲の約40%に止まった。さらに、土砂の流入に伴う脱粒により1穂粒数は35粒と著しく少なくなり、1m²当り残存粒数は約6千粒と著しく少なく、登熟歩合が約3%であったため収量は皆無に近かった。A2の土砂堆積深は30cmであったが、穂の大部分は土砂に埋もれなかったために粒数は約2.2万粒であった。しかし、葉茎の大部分が土砂に埋まったため緑葉重は軽く、このため登熟歩合は約35%と低く収量は146gm⁻²で無被害水田の約1/3となった。A1から下流へ約20m離れたA4では土砂堆積深も10cmと浅く、土砂堆積による収量への影響は少なかった。



第4図 むつみ村麻生および千石台における7月26日~28日の時間降水量・積算降水量の推移。



第5図 麻生溜池および堤体の決壊により埋没した水田の範囲と氾濫水の広がりの状況。



第6図 麻生溜池の堤体崩壊と土砂流出の状況 (1997年7月31日撮影).

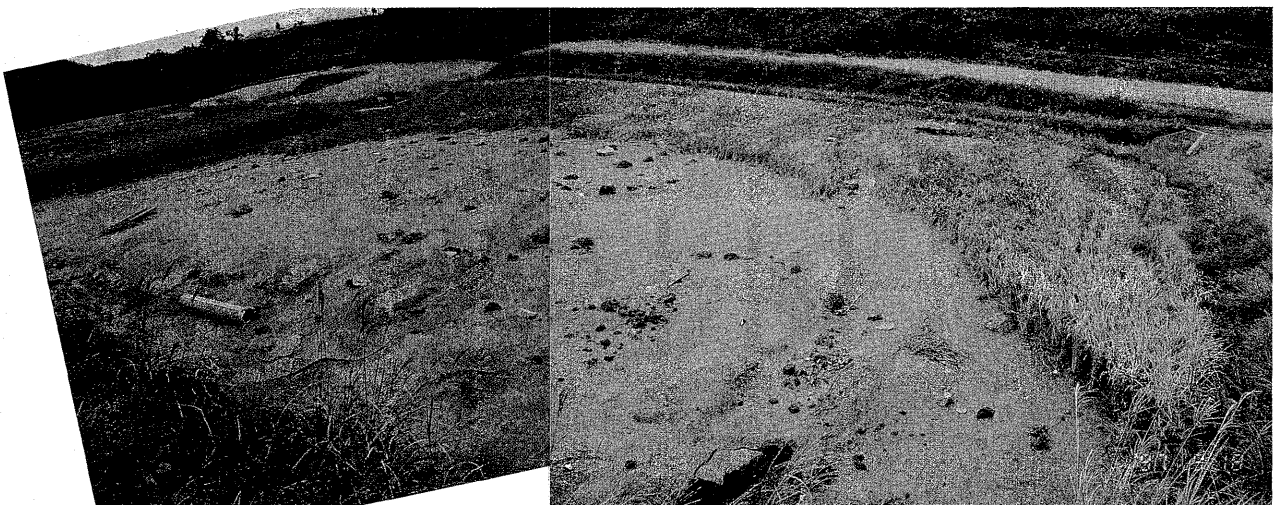


第7図 被害水田Aにおける土砂堆積の状況 (1997年9月18日撮影).



第8図 被害水田Aにおける水稻の被害状況 (1997年9月18日撮影). 図中の水稻は, 左から第2表の被害水田AのA1, A2, A3, A4に対応する.

氾濫水の下流に位置し, 尾の坂川に面した被害水田Bの状況を第9図に示した. 被害水田Bでは, とくに土砂堆積深が50 cmもあったB1では残存株率が皆無で, 土砂から掘り出した穂もすべてが未登熟粒であった. B2では土砂堆積深が35 cmで土砂流により稲体が下流側に傾いて草丈の約60%が土砂に埋没しており, 残存株は50%であった. このため, 籾数は無被害水稻の約50%に当たる1.5万粒しかなかった. さらに, 登熟歩合は約9%であったため, 収量は 28 gm^{-2} と著しく低い値であった. B3は, 土砂堆積深が30 cm, 残存株率100%であったが, 緑葉重が 50 gm^{-2} と軽く, 登熟歩合が約53%であったため収量は半減した. B4は土砂堆積深が13 cmと比較的浅か

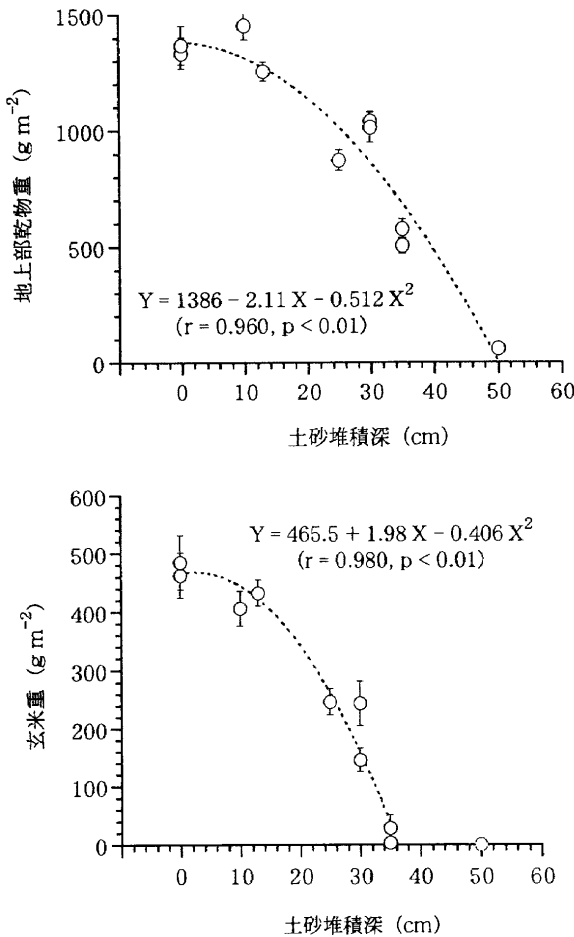


第9図 被害水田Bにおける土砂堆積の状況 (1997年9月18日撮影).

第2表 麻生溜池の決壊に伴う水田への土砂堆積による水稲被害。

| 調査項目 | 無被害水田 | | 被害水田 | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 水田 A | | | | 水田 B | | | |
| 土砂堆積深 (cm) | 0 | 0 | 35 | 30 | 25 | 10 | 50 | 35 | 30 | 13 |
| 残存株率 (%) | 100 | 100 | 18 | 81 | 100 | 100 | 0 | 50 | 100 | 100 |
| 緑葉重 (gm ⁻²) | 92.2 | 88.3 | 19.1 | 30.9 | 32.0 | 51.1 | — | 33.5 | 49.7 | 84.8 |
| 地上部乾物重 (gm ⁻²) | 1334 | 1368 | 503 | 1037 | 871 | 1453 | 57 | 575 | 1011 | 1254 |
| 草丈 (cm) | 98 | 99 | 95 | 90 | 90 | 93 | — | 100 | 93 | 89 |
| 主稈の土砂埋没長 (cm) | 0 | 0 | 44 | 40 | 30 | 13 | — | 60 | 50 | 16 |
| 茎数 (本/株) | 18 | 20 | 14 | 22 | 10 | 16 | — | 16 | 18 | 21 |
| 穂数 (本/数) | 18 | 19 | 8 | 16 | 11 ¹⁾ | 14 | — | 11 | 18 | 20 |
| 1穂粒数 | 68.9 | 69.8 | 35.3 | 61.6 | 74.5 | 93.2 | 42.0 | 60.7 | 64.6 | 65.6 |
| 粒数 (×1000 m ⁻²) | 27.5 | 29.4 | 6.3 | 21.9 | 18.2 | 29.0 | 0.9 | 14.8 | 25.8 | 29.1 |
| 千粒重 (g) | 20.4 | 20.1 | 19.9 | 18.8 | 18.9 | 18.3 | — | 21.0 | 17.9 | 21.3 |
| 登熟歩合 (%) | 82.3 | 81.9 | 2.8 | 35.3 | 71.7 | 76.6 | 0.0 | 9.1 | 52.9 | 69.6 |
| 玄米重 (gm ⁻²) | 462 | 485 | 4 | 146 | 246 | 406 | 0 | 28 | 244 | 432 |

1) 2段穂を含む。



第10図 土砂堆積深と地上部乾物重および玄米重との関係。

ったため、無被害水田の約90%の収量が得られた。

水田における土砂災害の指標と考えられる土砂堆積深と地上部乾物重および玄米重との関係を第10図に示した。土砂堆積深が0 cm, すなわち無被害水田における水稲の地上部乾物重は2カ所の平均値で約1351 gm⁻²であったが、土砂堆積深が約30 cmでは約1024 gm⁻²まで低下し、

35 cmで540 gm⁻², 50 cmでは約60 gm⁻²とほとんど皆無になっており、両者の関係は式(1)で示すように2次式で表わされることが明らかになった。

$$Y = 1386 - 2.11X - 0.512X^2 \quad (r = 0.960, p < 0.01) \quad (1)$$

ここで、Xは土砂堆積深 (cm), Yは地上部乾物重 (gm⁻²)である。

さらに、土砂堆積深と玄米重との関係を見ると、無被害水田における水稲の玄米重は2カ所の平均値で約473 gm⁻²であったが、土砂堆積深が約10 cmでは406 gm⁻², 30 cmでは146~244 gm⁻²まで低下し、35 cmの土砂堆積深では収量がほとんど皆無になった。この両者の関係は式(2)に示すように2次式で表わされることが明らかになった。

$$Y = 465.5 + 1.98X - 0.406X^2 \quad (r = 0.980, p < 0.01) \quad (2)$$

ここで、Xは土砂堆積深 (cm), Yは玄米重 (gm⁻²)である。

本現地調査の結果から、土砂堆積深と地上部乾物重および玄米重との関係は2次曲線で近似できること、土砂堆積深が35 cmの状態でも地上部乾物重が500 gm⁻²で無被害水稲の約30%あっても収量はほぼ皆無になることが明らかになった。今後は、異なった生育ステージにおいて、土砂堆積が生育量や収量に及ぼす影響についてモデル実験を行い、定量的解析を進める予定である。

謝辞: 本調査を行うにあたって、むつみ村およびむつみ村有線テレビ放送センターからは気象資料、圃場区および農業災害関連の資料のご提供をいただいた。また、下関地方気象台山口測候所からは気象資料を、山口県農林部からは溜池の調査個表および農業被害額に関する資料をご提供をいただいた。さらに、山本博志氏ならびに篠原吉継氏が所有する水田においては、水稲調査を実施させていただいた。ここに、厚く謝意を表します。

引用文献

- 黒川興及・小川紀一郎・菊井稔宏 1988. 砂防計画のための調査. 松村和樹・中筋章人・井上公夫編, 土砂災害調査マニュアル. 鹿島出版会, 東京. 48-96.
- むつみ村 1997a. 広報むつみ(平成9年4月号 201). 1-4.
- むつみ村 1997b. 台風9号による災害. 1-2.
- むつみ村 1997c. 圃場図. 1-2.
- むつみ村有線テレビ放送センター 1996. むつみ村有線テレビ放送センターの概要. 1-6.
- むつみ村有線テレビ放送センター 1997a. 気象観測ロボット気象観測月報. 1997年7月. 1-20.
- むつみ村有線テレビ放送センター 1997b. 気象観測ロボット気象観測日報. 1997年7月26日~28日. 1-16.
- 農山漁村文化協会 1996. 全国市町村別地域農業活力図鑑 No.7 中国むつみ村農業活力. (財) 農林水産長期金融協会, 東京. 750-751.
- 下関地方気象台 1997. 山口県気象月報. 平成9年7月. 1-18.
- 山口県土木建築部砂防課 1997. 砂防技術基準. 1-496.
- 山口県農林部耕地課 1990. ため池調査個表. 1-16.
- 山口県農林部生産流通課 1997. 台風9号による市町村別農林関係被害金額. 1-4.
- 山口県・下関地方気象台 1997. 山口県農業気象災害速報. 平成9年7月26日から7月28日にかけての台風第9号による強風・大雨害. 1-11.
- 山本晴彦・早川誠而・岩谷潔 1997a. 山口県むつみ村の1997年7月豪雨特性と溜池の決壊災害. 農土誌 66: 183-189.
- 山本晴彦・早川誠而・岩谷潔 1997b. 山口県北部における1997年台風9号の豪雨特性と農業災害. 自然災害科学 (印刷中).

Characteristics of Heavy Rainfall by Typhoon 9709 in the Northern Part of Yamaguchi Prefecture and Rice Damage with Accumulation of Earth and Sand by Bank Collapse of Farm Pond : Haruhiko YAMAMOTO*, Seiji HAYAKAWA and Kiyoshi IWAYA (Yamaguchi Univ., Yamaguchi 753-8515, Japan)

Abstract: Agricultural damage was caused by heavy rainfall during typhoon 9709 in the northern part of Yamaguchi Prefecture and the western part of Shimane Prefecture. In Mutsumi village, the amount of precipitation measured by five automatic weather stations from July 26 to 28 was 582~782 mm, and the amount of precipitation on July 27 was 429~547 mm. We had more rainfall in Mutsumi village than registered at the observation station (AMeDAS) of the meteorological agency. A farm pond in collapsed four places due to the heavy rainfall at Mutsumi village. At the Asou farm pond, rice plants were buried by earth and sand because of bank collapse. The relationships between accumulation depth of earth and sand and top dry weight and grain weight were approximated by a second-order equation. In this case, the accumulation depth of earth and sand was 50 cm and top dry weight was zero. In this case of a depth of 35 cm, grain weight was zero.

Key words: Accumulation of earth and sand, Bank collapse of farm pond, Heavy rainfall, Northern part of Yamaguchi Prefecture, Rice, Typhoon 9709.