

## 報 文

## 中山間部における豪雨災害と災害復旧

— 島根県西部に発生した昭和58, 60年豪雨災害の調査から —

今 尾 昭 夫\*

## まえがき

わが国は、地理的な位置、および地質、地形的な条件によって、自然災害の発生をうながす要因を多く有し、世界でも有数の災害国といわれている。なかでも、梅雨期、および台風期における降雨による水災害は、規模に大小の差はあっても毎年のように発生し、その都度、河川、農地、農業用施設、家屋等が破壊され、時には人命さえも失われている。

島根県においても、その例に漏れず、梅雨期、台風期を中心とした降雨による水災害が毎年のように生じている。表-1は、被害額が明らかにされている昭和18年から60年9月現在に至る梅雨・台風期の水災害について、年間の被害額を昭和60年現在の金額に換算し、被害総額と農地等被害額（農業用施設被害額を含む）を併記して示した。

表-1によれば、昭和18年以来、現在に至るまで、毎年のように災害が発生し、とくに1,000億円を超える被害が、昭和18, 20, 39, 47, 58年と5回を数え、ほぼ10年に1回の割合で発生している。また、農地についても、被害額200億円以上の災害を、昭和18, 27, 39, 47, 58年とはほぼ10年ごとに被っている。この周期性と山陰地域の関連は、水災害に対するこの地域のぜい弱性を表すものと考えられ、興味ある結果といえる。

\* 島根大学農学部（いまお あきお）

## キーワード

土石流、山崩れ、決壊、護岸、河川改修、排水路工、圃場整備事業、農地防災事業、災害復旧事業、治山事業、降雨、降雨記録

表-1 (自昭和18年  
至昭和60年9月) 島根県における梅雨・台風  
期水災害被害額年表

(昭和60年時の金額に換算)

年	月	人的被害 (名)		被害総額 (億円)	農地 被害額 (億円)	備 考
		死者	傷者			
18	9	412	241	2882.5	790.7	
19	9	9	34	644.6	88.6	
20	9, 10	75	76	1412.6	177.9	
21	4, 7	—	—	81.1	24.3	
22	9	—	—	142.1	2.9	豪雪による農地被害 19億円
23	8	—	—	243.0	80.0	
24	6, 9	3	36	98.4	22.1	
25	6, 9	—	10	331.8	152.2	
26	7, 10	7	13	577.2	189.6	
27	6, 7, 9	2	1	474.3	209.5	
28	6, 7, 9	8	8	200.7	35.6	
29	7, 9	3	24	282.9	46.3	
30	2, 6, 8, 9	2	3	33.9	14.7	風浪による被害を 含む
31	2, 6, 8, 9	3	4	98.2	2.5	
32	6, 7	2	4	183.3	7.5	
33	6, 7, 8	6	169	267.3	65.1	
34	7, 8, 9	18	21	106.4	18.6	
35	7	—	—	33.4	10.6	
36	8, 9	14	72	350.0	85.8	
37	7, 9	1	—	51.0	13.5	
38	5, 6, 8	2	7	200.3	27.2	(融雪) 豪雪被害281億円
39	6, 7, 8, 9	110	398	1152.8	253.8	山陰・北陸豪雨

40	6, 7, 8, 9	11	520	578.4	91.2	
41	6, 9	-	-	47.2	12.9	
42	7, 10	-	-	28.2	12.5	
43	7, 8, 9	1	3	96.6	30.5	豪雪被害57億円
44	7, 8, 9	1	1	60.9	15.9	
45	6, 7, 8	1	1	181.7	6.4	
46	6, 8	5	6	390.5	100.8	冬季節風被害113億円 豪雪被害76億円
47	7	28	79	2101.5	346.4	
48	5	-	-	1.7	15.0	干ばつによる被害188億円
49	7, 8	-	-	68.0	22.9	
50	6, 7, 8	10	18	489.9	146.5	
51	8, 9	-	1	120.3	36.3	
52	4, 6, 7, 8	2	3	110.9	42.1	
53	6, 7, 8, 9, 10	-	-	36.3	10.0	
54	6, 9, 10	-	1	110.4	37.9	
55	5, 7, 8, 9, 10	-	3	232.3	49.4	
56	7, 9, 10	-	2	117.7	43.3	
57	7, 8, 9	-	1	33.2	5.9	
58	7	109	179	3661.0	388.0	山陰豪雨
〃	6, 9	-	-	47.0	3.0	津波被害10億円
59	6, 7, 8	-	2	43.1	4.8	豪雪被害19億円
60	6, 7	-	-	439.0	73.0	

注1) 金額の換算は「昭和35, 58年度における土地改良事業計画の経済効果の測定に必要な諸係数について」を利用して行った。  
2) 死者数には行方不明者を含む。

本報告は、島根県の水災害史上、最大の被害を生じた昭和58年7月山陰豪雨災害（58年災害）と、2年後に発生した昭和60年梅雨前線による大雨災害（60年災害）の被災実態を明らかにするとともに、昭和58年災害の災害復旧事業終了直後の被災状況の把握により、今後の災害復旧に関する問題点等を指摘して若干の検討を加えた。

### I. 昭和58年7月豪雨災害

昭和58年7月20日未明から降り始めた雨は、それまで空梅雨気味に過ごした島根県にとって、人的被害を除け

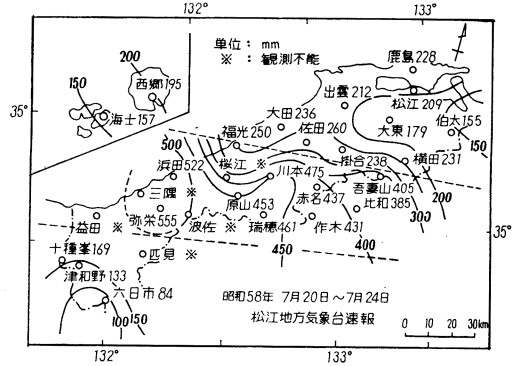


図-1 各地域の総降雨量と総雨量分布

ば県災害史上未曾有の豪雨災害をもたらす結果となった（表-1 参照）。これは前年の同時期に長崎県を中心に発生した水災害の記憶が、未だ鮮明であっただけに、災害国日本の印象を深めさせられた。

#### 1. 降雨の概況

この水災害を発生させた降雨は、梅雨末期における停滞前線の活発な活動と、さらに南からの暖湿な空気が加わって強い雨雲を発生させた結果、島根県西部、および広島県北部の一部に記録的な集中豪雨をもたらした。

7月20日、低気圧の日本海東進に伴って前線が山陰沖に近づき、未明から県下全域に雨が降り始め、21日早朝4時過ぎに県西部を中心に時間雨量20mmから40mmの強い雨が数時間連続し、降り始めからの総雨量は100mmから300mmに達した。その後、前線は瀬戸内まで南下したため、県下の降雨は小康状態となっていたが、再度北上し、22日に山陰沖に出て停滞気味となった。つづいて、22日夜から23日の朝にかけて、前線上を低気圧が東進するに伴い、日本の南海上からの暖湿気流が流れ込んで前線活動が活発となり、23日0時ごろから再度県西部に強い雨を降らせた。そして、浜田で0時40分から1時40分に91mm/hr、益田で6時から7時に90mm/hrなどの記録的な時間雨量となり、0時から12時までの降雨量は、浜田；329mm、瑞穂；250mm、益田；325mm

表-2 市町村別における人的・住宅被害

被害項目	行政区	島根県									山口県	計
		浜田	益田	江津	三隅	桜江	美都	弥栄	その他	計		
人的被害 (人)	死者・行方不明者	22	32	1	33	4	8	2	5	107	5	112
	重傷	4	19	0	21	4	4	5	4	61	-	61
	軽傷	13	48	4	12	5	0	4	12	98	-	98
住宅被害	全壊	61	306	15	537	8	55	31	46	1059	32	1091
	半壊	59	1418	21	299	30	36	21	96	1980	15	1995
	破損	137	51	79	64	0	47	27	149	554	48	602
	床上浸水	1276	3724	461	623	322	84	4	444	6938	355	7293
	床下浸水	2678	1423	553	343	210	158	52	1631	7048	1372	8420

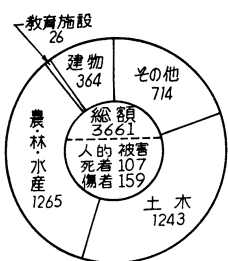


図-2 被災対象別被害額 (億円)

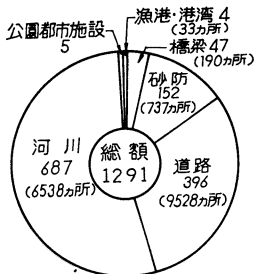


図-3 土木被害額 (億円)

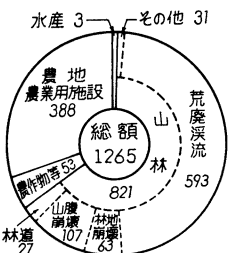


図-4 農・林・水産被害額 (億円)

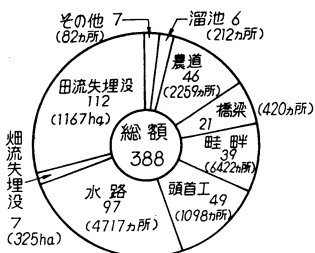


図-5 農地農業用施設被害額 (億円)

(8時以降観測不能)、桜江; 256 mm, 三隅; 150 mm (4時以降観測不能)に達した。とくに、浜田測候所で記録した91 mm/hr,あるいは331.5 mm/dの雨量は、ともにこの地域における観測史上第1位の記録となっている。その後、梅雨前線はゆっくり北上し、降雨も次第に弱まり、23日夜に至って終息した。

図-1に、各地域における総降雨量と、総雨量分布を示したが、20日0時から23日24時までの総降雨量は、県東部で200mm,西部で500mmから700mmを超える豪雨となった。とくに図中の点線で描いた帯状の限られた地域に、この地域の年間平均雨量1,800mmのほぼ1/3が集中して降ったことがわかる。

2. 災害の概況

島根県西部における記録的な集中豪雨による災害は、計り知れない人的被害を除いて、県災害史上最大の被災規模を示した。この豪雨の特徴として、雨域の中心が沿岸部にあり、被災地域も県西部の海岸線から幅20kmの沿岸部に集中し、とくに浜田市、三隅町、益田市の被害が激甚であった。表-2に人命と住宅被害を被災市町村別に示す。死者、行方不明者107名のうち、91名は斜面崩壊によるものであり、このうち81名は家屋倒壊とともにその犠牲となった。人的、および住宅被害はともに三隅町、益田市に多く、とくに全壊家屋は三隅町が卓越しており、この地域の水災害の激しさを物語っている。

本水災害における被害総額は3,661億円に達したが、これを被災対象別にその内訳(概略値)を図-2に示し

た。この図から明らかなように、土木被害と農・林・水産被害が双璧をなし、全体の69%を占めている。さらに、土木被害1,291億円の内訳を図-3に示したが、河川被害53%、道路被害31%を占め、この地域に生活する人々の生活基盤を壊滅させた。また、山陰地方の幹線輸送路である国鉄山陰本線の被害も大きく、江津一益田間60kmでは約90カ所で鉄道橋の破壊、路床の流失、埋没等(国鉄被害総額64.1億円)により寸断され、開通に3ヶ月を要した。さらに水道(被害額12.4億円)、電力(被害額20.6億円)、電話(被害額35億円)に関する被害も甚大で、交通・情報伝達手段が全く途絶した集落も少なくなかった。

農・林・水産関係の被害は、総額1,265億円に達したが、その内訳を図-4に示す。これらのうち、山林被害が全体の65%、ついで農地農業用施設が31%を占め、図中の点線で示した山林被害のほとんどは溪流と山腹、林地崩壊であり、この災害の特徴とされている土砂、立木の流出がここに原因していることを如実に表している。これはまた、農地農業用施設の被災状況に明確に関連し、図-5に示された被害内訳から認められるように田の埋没、流出、および水路の損壊が全体の54%を占めている。

本水災害の特徴的な現象として、山林地の崩壊による土砂、林木の流出がある。被災直後、現地調査に行き驚かされたことは、櫛(くし)の歯で切削されたような山肌の変貌と、溪流に露呈した巨石のおびただしさであ

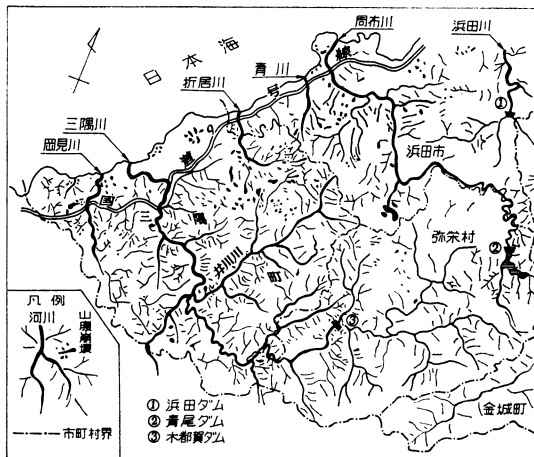


図-6 山腹崩壊の状況 (浜田農林事務所調査)

表-3 被災地における主要河川の流況

河川名(観測地)	(m) 警戒水位	(m) 計画高水位	(m) 堤防高		(m) 最高水位	
			右岸	左岸	日	時
			5.20	5.20	4.00	
敬川(敬川橋)	3.00	3.80	5.20	5.20	4.00	23 5
三隅川(三隅大橋)	3.00	6.57	8.79	8.99	7.20	23 6
浜田川(浜田大橋)	1.60	2.50	3.15	2.60	2.89	23 11
益田川(新橋)	2.50	3.50	4.00	4.20	(5.10)	23 7

る。浜田市から三隅町、そして益田市にかけての地域は、1 km<sup>2</sup> 当り最高60カ所以上の崩壊箇所もあり、全体で4,000カ所に近い山腹崩壊や、溪流からの土砂流出があったといわれている。図-6 に浜田農林事務所の調査による浜田市、三隅町、および弥栄村における山腹や溪流の崩壊状況を略示したが、河川沿いの山地における激しい崩壊と、それによって生産された多量の土砂、立木が、家屋を倒壊させ、田畑を埋没させながら河川に流入し、下流へ運ばれたものと理解できる。

つぎに、被災地における主要河川の流況を表-3 に示す。各河川とも、その最高水位は警戒水位、計画高水位を上回り、浜田川、益田川は堤防高をも突破している。敬川、三隅川は堤防高より低い最高水位を示しているが、実状は橋脚、橋桁におびただしい流木等が附着し、流水がせきとめられたため河川水位の上昇を来し、堤防上を越流、破堤する結果となった。また、それぞれの河川のピーク流量は、計画高水流量の1.2~2.0倍程度と大幅に越えており、未曾有の洪水であったことが認められる。

3. 農・林地災害について

豪雨による農地災害の形態は、多様性を持っているが、大別すると農地の湛水と流失・埋没の二つに分けられる。前者は、河川下流の平坦な農地に生じ、主として農作物の浸水災害が顕著であるのに対し、後者は、山間部の急傾斜地や河川沿いの農地に発生して農地自体の損壊を引起す。昭和47年7月に本県東部(平野部)を襲った水災害は、一部後者の形態を示しながらも主として前者の型であり、今回の場合は、後者の典型的な事例と考えられる。すなわち、豪雨によって生じた山腹、山林の崩壊は、立木、土石を山麓に押し出し、流路となった田畑、水路を埋没させながら河川に流入する。これらは、増水した河川によって流下し、河川堤防の水承部を破壊して堤内地の農地に流入、堆積する。また一方では、頭首工等に打撃を与えながら、河川構造物を破壊する。したがって、河川沿いの農地は、全て河原状を呈し、おびただしい流木、土石が一面に散乱、堆積して田畑を埋没

表-4 林地被災(崩壊)面積(ha)

農林事務所名	令級別*	天然林	人工林				令級別被災率%
			スギ	ヒノキ	マツ	計	
			面積	面積	面積	面積	
川本	1	1.17	26.00	35.97	0.35	62.32	55.1
	2	3.73	11.10	15.95	1.45	28.50	25.2
	3	16.74	3.97	3.54	0.56	8.07	7.1
	4	14.26	2.24	1.22	0.64	4.10	3.6
	5~	5.82	7.34	2.21	0.65	10.12	9.0
	計	41.72	50.65	58.89	3.65	113.19	100.0
全面積被災率%	49,306	21,310					
	0.09	(5.9)				0.53	
浜田	1	74.19	15.27	29.24	4.17	48.68	33.7
	2	79.03	12.64	21.07	7.21	40.92	28.3
	3	74.68	10.80	14.94	7.60	33.34	23.1
	4	47.00	4.25	5.44	5.12	14.81	10.2
	5~	26.27	2.45	0.98	3.40	6.83	4.7
	計	301.17	45.41	71.67	27.50	144.58	100.0
全面積被災率%	48,655	13,259					
	0.62	(1.6)				1.09	
益田	1	29.38	21.57	2.62	2.10	26.29	30.7
	2	47.52	19.01	1.68	2.10	22.79	26.6
	3	44.83	15.10	0.86	2.24	18.20	21.2
	4	49.93	9.27	0.58	1.74	11.59	13.5
	5~	73.60	5.25	0.21	1.36	6.82	8.0
	計	245.26	70.20	5.95	9.54	85.69	100.0
全面積被災率%	75,676	29,006					
	0.32	(1.1)				0.30	
被災地全域	1	104.74	62.84	67.83	6.62	137.29	40.0
	2	130.28	42.75	38.70	10.76	92.21	26.8
	3	136.25	29.87	19.34	10.40	59.61	17.4
	4	111.19	15.76	7.24	7.50	30.50	8.9
	5~	105.69	15.04	3.40	5.41	23.85	6.0
	計	588.19	166.26	136.51	40.69	343.46	100.0
全面積被災率%	173,637	63,575					
	0.34	(1.6)				0.54	

\* 令級：植林後5年を単位とする。  
( ) 内数字は被災率の倍率を示す。

させた。堤防の破壊は、さらに田畑を流水によって切削する結果となり、農作物とともに土壌を流失させた。このように、中山間部に存在する農地にとつての豪雨災害は、豪雨による農地自体の損壊ではなく、周辺の変動(災害)にまき込まれた形での土砂災害と考えられ、土石による被害が卓越した結果となっている。

ここで、今回多発した山腹崩壊の原因の一つとして、林地の種類との関連を検討してみる。表-4 は、被災地を管内に持つ川本、浜田、益田各農林事務所の調査による林地被災(崩壊)面積を天然林、人工林に分けて示し、それぞれの全面積に対する被災率、および人工林の令級別被災率(令級：植林後5年を単位とする)を併示している。

この表により、天然林と人工林の被災率を比較すると、人工林の被災率は、天然林に対して川本：5.6倍、浜田

:1.6倍となり、益田の場合は天然林の被災率が高く1.1倍となっている。また、被災地全域を対象とすれば、人工林の被災率が天然林の1.7倍となって、人工林が崩壊しやすい傾向が示されるものの、それぞれの地域における土質や降雨状況等が影響するものと考えられ、林地の種類と被災率について明確な関連性を認めることができなかった。しかし、人工林における令級別の被災率について比較してみると、植林後5年から10年経過した樹令の林地に全体の60~80%、15年経過した樹令を含めると80~90%に近い集中度を示しており、幼令樹林に崩壊の多かった点を明らかに認めることができる。

一般に森林は山腹崩壊を防止する機能を有しているとされている。この機能について駒村<sup>1)</sup>は、樹根の引抜き抵抗力の測定から、樹根による斜面の安定係数について考察し、その存在が斜面の安定に大きく関与していることを実証しているが、反面、樹木を伐採した場合、この効果は、樹根の腐朽の進行とともに減少することを指摘している。また、塚本<sup>2)</sup>は、樹種、環境によって異なるものの、スギの場合、伐採後の樹根は3、4年後から腐朽が進行し、5年後ごろからその進行速度が急激となり、10年を経過すると樹根の力学的性質は完全に消滅すると報告している。

したがって、山腹崩壊抑止力としての樹根の強さは、伐採後5、6年経過したところから急速に減少し、早い場合は7、8年後、遅くとも15年後には消滅すると考えてよい。人工林においては、伐採後、樹根を地中に残して新たな植林を行う方法が普通にとられており、残された樹根の腐朽の進行は、雨水による地盤の飽和、抵抗力の低下に与える影響が少なくないと考えられる。表-4に示された樹令5年から10年、および15年の林地に崩壊が集中した結果は、植林による治山、治水手法の中で見過ごされていた一面を実証したのではないと思われる。

島根県では、国営の農用地造成地区が3カ所あり、被災地益田市には益田開拓建設事業所が日本海に面した丘陵地を対象に719haの畑地を造成している。したがって、今回の豪雨による盛土法面の崩壊や、下流への土砂流出が危ぶまれたが、農地造成に関する保全手段が効率よく機能して、切土法面の崩壊、排水路の損壊、埋没程度の部分的な被害に留まり、下流への被害が皆無であったことは幸であった。その主な原因は、長大法面に対する入念な施工、雨水の円滑な排水方法と排水網の適切な配置、圃場内沈砂と防災ダムの機能的組合せ、そして十分な施設管理にあったと報告<sup>3)</sup>されている。この記録的な豪雨に耐えた造成手法は、今後の農地造成における農地保全に対して貴重な指針を与えたと考えられる。

昭和58年7月に発生した島根県西部の水災害について、概況と若干の考察を加えたが、その原因は短時間に発生した記録的な集中豪雨であり、結果は土砂災害といえる。これは前年の同時期に発生した長崎県を中心とした豪雨災害に多くの類似性を見出すことができる。わが国においては、両県と同じような地形・気象条件を持つ地域が少なくないが、これらの地域は同様な危険性を有すると考えられ、水災害に対する両県の経験を生かして今後の地域開発計画を策定すべきである。

## II. 昭和60年7月大雨災害

昭和58年7月に県災害史上最大の豪雨災害を被った島根県西部地域は、その後、被災年度を含めた3カ年で災害復旧することに全力を投入してきた。しかし、最終年度の昭和60年6月末から7月初旬(6月21日~7月14日)にかけて、梅雨前線による長期の降雨と豪雨の発生により、一部復旧工事の完成した個所を含めて再度水災害を受ける結果となった。わずか2年の復旧期間は、あまりにも短く、被災規模において58年災害とは比較にならないとしても、この地域に住む人々の復旧意欲に並々ならぬ障害を与えたことは否定できない。

本章においては、60年7月初旬に発生した水災害の概況を58年水災害の場合と比較しながら報告する。

### 1. 降雨の概況

6月7日の入梅以後、島根県には降雨がなかったが、21日から本格的に降り始め、その後、7月14日まで降り続く長期の降雨となった。6月21日から25日までの降雨は、津和野の日雨量257mmを最高に、県西部で300~500mm、東部で150~250mmであった。また27日から再び西部を中心に大雨が降り、21日から総雨量は津和野で700mmを超えた。さらに7月5日までに、県内全域に100~200mmの降雨があり、津和野で700mmを超え

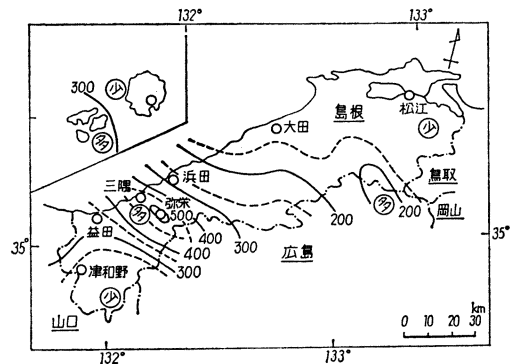


図-7 雨量分布図  
昭60.7.2, 23時~7.6, 16時(松江地方気象台)

表-5 昭和60年大雨災害被害額

区分	人的被害 (名)		住家被害 (棟)	公共建物被害 (億円)	教育施設被害 (億円)	農地農業用施設被害 (億円)	農作物被害 (億円)	山林被害 (億円)	水産被害 (億円)	土木被害 (億円)	その他 (億円)	被害額総計 (億円)
	死者	傷者										
58	107	159	17,600 (349億円)	15	26	388	53	821	3	1291	715	3661
60	0	9	2,022 (36億円)*1	(0.03)	1.8	73	19	51	0.9	275	18.3	439
	%*2		(7.6)	—	(0.4)	(15.4)	(4.0)	(10.7)	(0.2)	(57.9)	(3.8)	(475)

\*1 58年被害の被害額により換算した。 \*2 被害額総計内( )に対する比率

た。引き続き5日深夜から西部では最も激しい降雨となった。図-7に7月2日～6日までの雨量分布図を示したが、三隅町、弥栄村を中心に400～500mmの豪雨が発生している。また、図-8は、昭和58年、60年災害の雨量について最大時間雨量発生時刻を中心に比較した結果である。益田においては60年の場合、58年に比較して1/2程度となっているが、三隅の場合は、最大時間雨量67mmを記録し、58年豪雨に匹敵する大雨であったといえる。

2. 災害の概況

60年災害は、2年前に発生した58年災害の傷跡が未だ癒えやらぬうちに再び同地域で生じた水災害であり、災害の追い討ちを受けた形となった。

被害の概況を58年災害の被害と併記して表-5に示した。ただし、60年災害の場合、住家被害が金額に換算されていないため、58年災害被害額から換算し県査定被害額総計に加算した。この表によれば、農、林、水産被害が30%、そして土木被害が58%、両者で90%近い被害を示している。

また、主な地域における被害総額(億円)を58年、60年災害について表-6に示した。各地域とも、58年災害に比較して60年災害の被害額は1/7～1/16になっているが、その中でも三隅町が再度、最大の被害を受け、被害はさらに津和野町に及んだ。

表-6 主な地域の被害総額

年	地域 (58, 60年災害: 億円)					
	浜田	三隅	弥栄	益田	美都	津和野
58	270.8	746.0	181.9	972.8	219.0	0.6
60	26.6	101.9	20.4	58.5	23.3	5.0

このように、60年災害の特徴は、58年に大災害を受けた島根県西部地域が、わずか2年後に再度大雨による被害を被った点である。しかし、その被害は58年災害に比較すればきわめて小さいといえる。したがって、現場調査における最大の観点は、58年災害の復旧状況、および被災後2年を経過している被災地と60年災害との関わりである。

60年災害は、降雨量において58年災害に匹敵する状況

下にありながら、被害額においては(表-6)、58年災害と比較にならぬほど下回っている。これは、次のような理由による結果と考えられる。

- 1) 58年豪雨によりすでに災害を受けていたため、それ以上に被災範囲が拡大しなかった。
- 2) 58年災害に対する復旧工事が、ある程度進行し、災害防止の効果を発揮した。
- 3) 山腹、林地、溪流の損壊箇所が再損壊箇所を含めて1/6程度で、土砂、林木の流出が少なかった。
- 4) 降雨総量において58年災害に匹敵するものの、集中度が拡散

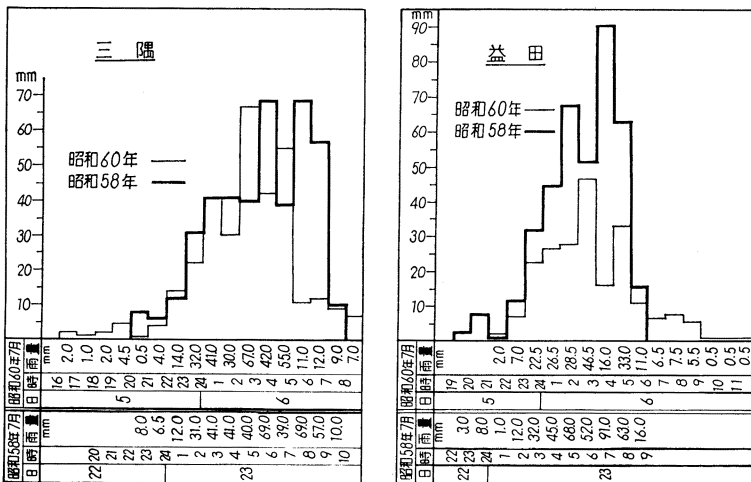


図-8 昭和58年、60年災害時の時間雨量比較

されている。

しかし、被災2年後に再度大雨によって被災したことは、この地域の人々の生活にとって大きな衝撃であり、また災害復旧に努力していた島根県にとっても大きな痛手となった。

### III. 災害と災害復旧

島根県西部地域において続発した水災害は、災害復旧そのものに対する検証的な機会となったことを否定することはできない。また、このような災害事例は希有のことであり、今回の事例をもとに、災害と災害復旧について、十分な検討が行われることが必要である。

現在、60年災害の十分な資料を未だ入手し得ない状況にあり、正確さに欠けるものの、本章では、災害復旧の現状を考慮しながら、災害とのかかわりを若干考察する。

#### 1. 河川および溪流の災害復旧

58年災害において土木災害の50%を占めた河川災害は6,600カ所を超え、その復旧に全力が注がれた。災害復旧は原形復旧が原則であるが、河川堤防は全てコンクリートブロックを積上げ、自然河川というより人工水路の連なりとなっている。これは山地における溪流の災害復旧も同様で、崩壊した溪流の全ては、写真-1に示されるようなコンクリート水路と落差工の連続した急傾斜水路として、周辺の環境とは全く異質な存在感を与えている。

このような方式で復旧された河川堤防は、完成直後に発生した出水に対して、意外と弱点の多いことを60年災害において随所に露呈した。

たとえば、三隅川の支流である井川川(図-6)は、60年7月までに三隅川合流点から上流へ12.364km間の兩岸堤防の護岸が完成していたが、60年災害によりその30~40%が破壊された。写真-2はその一部を示している。

堤防の被災状況は、主として堤防背面土の流出と基礎の洗掘によるコンクリートブロック部分の転倒、破壊であった。その原因として、現地の状況から判断して次のような理由が考えられる。

- 1) この地域の降雨量が58年災害時に匹敵した。
- 2) 58年災害により河川に流出した土砂が流下し、下流の河積を狭めた(井川川の場合、被害は下流部分に集中している)。
- 3) コンクリートブロック基礎の根入れ不足(58年災害による堆積土砂の流出に原因すると思われる)。
- 4) 完成直後のため、コンクリートブロック背面土が不安定であった。
- 5) 溪流部分のコンクリート水路化による流出の変化。

これらの理由のなかで、2)~4)は、短期間に同程度の豪雨を再度経験した2次災害的な被害とも考えられるが、災害復旧工事に対する信頼感を揺るがす現象として受止められていることは否定できない。そして、5)の理由は今後の河川計画において十分な論議を必要とする新たな問題と考えられる。

#### 2. 農地の災害復旧

58年災害によって壊滅的な打撃を被った農地は、その後の災害復旧によって稔りの秋を迎えつつあるところも多い。しかし、一方では、60年災害における河川の被災、あるいは再度の山腹崩壊によって、農地の流出、埋没を再現させた地域も少なくない。

農地や、農業用施設の災害復旧は、原形復旧とすることが原則であるが、水田や畑地上に堆積した土砂等、被災の現況を考慮すると、新たな農地造成方式を取入れるべきであることが指摘された<sup>4)</sup>。したがって、58年災害の農地復旧は、被災の現況を肯定した上で、復旧というより農業基盤整備を中心に置き、区画整理方式で全面的に農地を造成する方法が採用された。換言すれば、そこ



写真-1 溪流の災害復旧

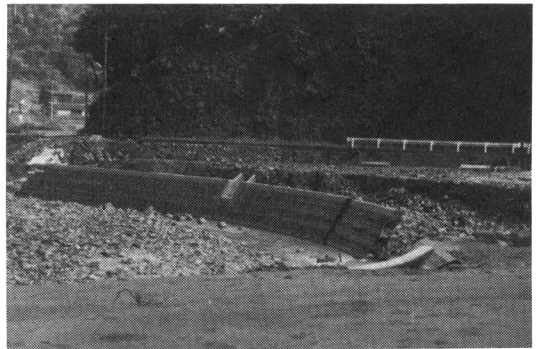


写真-2 復旧堤防の破壊

には新たに圃場整備された農地が生まれることである。

ここで、58年災害において、圃場整備区域が未整備区域より被災規模が小さいことを報告<sup>9)</sup>した実例を示してみる。この報告によると、農地、農業用施設全体で、整備区域は未整備区域に比較し、水田 1 ha 当りの個所数はあまり変わらないものの、被災規模において50%、とくに排水路については 1 ha 当り30%と大幅に減少していることを指摘している。また、農地のみについて比較しても、排水路、および畦畔の整備による農地保全効果の大きいことを明らかにしている。そして、圃場整備の效用として、国土保全、および環境保全効果の大きいこと、言い換えれば、圃場整備事業の豪雨に対する防災の効果を強調している。さらに、58年災害の復旧が完了している地区は、60年災害において再度被災したにもかかわらず、1/4程度の被災規模に留ったことを示し、圃場整備方式の災害復旧、なかでも排水路の整備が防災に大きく寄与したと報告している。

中山間部の農地における排水路の整備について、減災計画を盛込んだ設計を提案したい<sup>6)</sup>。一般に排水路断面の設計は、ある基準の流出量を設定し、多少の余裕を見込んで決定される。しかし、そこには、基準を越えた流出量が生じた場合、当然水路の保持が困難であるという認識が存在する。そこで、基準に従った水路断面を設計したとしても、水路の両肩部分をたとえば 図-9 のようにコンクリートで被覆する複断面方式を採用することによりつぎのような効果が考えられる。

- 1) 複断面とすることにより、基準以上の流出に対して水路の保持が可能である。
- 2) 水路の法面保護に役立つ。
- 3) 水路の破壊による災害復旧費に比較すれば、きわめて安価に施工できる。

この手法は、前述の報告例の著者が、昭和56年、急傾斜地における圃場整備の際、単に法面保護のために施工した支線水路(縦水路、図-9)が、58年、60年両災害時

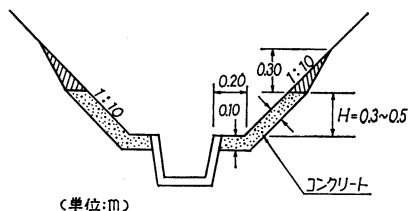


図-9 複断面方式の排水路断面

に有効に機能し、基準以上の流れに対応し得たことを実証している。

これは、水路の減災計画として開発農地においても利用し得る貴重な設計指針であると思われる。

以上のように、中山間部の農地における災害復旧は、圃場整備方式によることが効果的であり、これはまた、被災によって失われ勝ちな農民の営農意欲に、新たな希望を与えることになると考えられる。

#### IV. ま と め

昭和58年7月山陰豪雨災害と、続いて2年後に発生した昭和60年7月大雨災害について、その概況と災害復旧との関わりを述べ、若干の検討を加えた。

一般に土木、農林関係の災害復旧は、被災後3年を限度に計画・施工される。したがって、58年災害後、3年を経ずして発生した60年災害時には、災害復旧の一部完成、あるいは完成に至らずして再度被災した個所もあった。この場合、前者にとっては災害復旧手法の適、不適を判定されたことになり、後者にとってはその手直しを要求されたことになる。また、災害復旧は原形復旧が原則となっているが、現実には災害の現況を念頭における改良復旧が実情であり、また当然であると考えられる。しかし、災害復旧が完成した場合でも、なお被災する現状をみると、災害復旧のあり方に再検討を加えるべきではないかと思われ、今回の二度にわたる水災害は、貴重な多くの教訓を残したものと受止めることが肝要である。

なお、本調査、研究は昭和58年、60年度自然災害特別研究の科研費によって行われたことを付記し、関係各位に深甚の謝意を表すものである。

#### 参 考 文 献

- 1) 駒村富士弥：根系の表層崩壊抑止力のメカニズムとその腐朽が崩壊発生に与える影響，文部省科研費自然災害特別研究成果，No. A57-3 (研究代表者：河村三郎)，pp. 88~89 (1982)
- 2) 塚本良則：伐採による木材根系の腐朽，前掲1)，pp. 86~88
- 3) 服部龍一：国営益田開拓の防災計画—58年7月山陰豪雨を通じて—，農地保全の研究，農土学会農地保全研究部会，第6号，pp. 88~91 (1985)
- 4) 今尾昭夫：農地の災害について，農林統計調査，11，pp. 23~26，(1983)
- 5) 本田和政：農業土木しまね，島根県農業土木技術連盟，No. 5，pp. 6~7 (1985)
- 6) 今尾昭夫：傾斜農地における保全と防災，傾斜農地における最近の課題—第14回支部研修会テキスト，農土学会中国四国支部，pp. 65~87 (1985)

[1985. 9. 30. 受稿]



## 報 文

## 農地造成域における集中豪雨時の出水観測例とその考察

福 島 晟\* 田 中 礼次郎\*  
 林 満 男\*\* 服 部 龍 一\*\*

## I. ま え が き

国営総合農地開発事業が遂行されている島根県益田市の農地造成域に流出試験地がいくつか設定されている。これら試験流域は、改良山成工などにみられる大規模な農用地開発事業が自然丘陵林地で施工される場合、施工前後における高水および低水の流出形態の変化、ならびに経年的な雨水流出過程の変遷がどのようであるかを明らかにすることを目的に設定されたものである。

本報告では「昭和58年7月豪雨」と命名された集中豪雨時に、上述の農地造成域で得られた貴重な降雨、水位等の水文観測記録に基づき、降雨および出水特性について若干整理、検討した結果を述べる。

## II. 試験流域の概要と水文観測施設

図-1 に国営益田開拓農地造成域に設定された内田流域 ( $A=10.7$  ha)、道平川流域 ( $A=21.8$  ha)、および音長川流域 ( $A=29.6$  ha) の3試験流域の位置図を示す。道平川流域、および音長川流域は高津川左岸に広がる傾斜30°未満の丘陵地帯を改良山成工法により施工した農地造成域であり、内田流域は上流約1/3が牧草地として開発されており、残りの下流域は赤松林を含む自然丘陵地となっている。

5～9月の灌漑期の平均気温は22.7°C、10～4月の

\* 島根大学農学部 (ふくしま あきら、たなか れいじろう)

\*\* 中国四国農政局益田開拓建設事業所 (はやし みつお、はっとり りょういち)

## キーワード

農地造成、雨量観測施設、水位観測施設、日雨量、確率降雨、集中豪雨、到達時間、比流量、洪水量

非灌漑期の平均気温9.5°C、年平均気温14.6°C、年間平均降雨量1,683 mmで、本地区は比較的温暖な農業適地となっている。また3試験流域のある高津工区内の表層地質は、都野津層とよばれる粘土層を介した砂礫堆積物を主とする洪積層からなり、この都野津層は固結度が弱いので、侵食を受けやすい。

なお、開畑前の表層0.5～0.7m下の土壌(1ha当り1試料)を採取した土質調査結果によると、細粒土がほとんどであり、三角座標による土質分類ではほとんどの地点が粘土に属していた。

昭和58年7月豪雨による出水時、内田流域では牧草地直下流部の溜池の決壊および山腹崩壊による大量の土砂流により、ピーク水位観測直前に自記水位計が埋没し、また道平川流域では造成圃場からの流亡土砂の影響で、水位下降部が欠測となった。そこで本報告では音長川流域で得られた水文観測記録に基づいて検討した結果を述

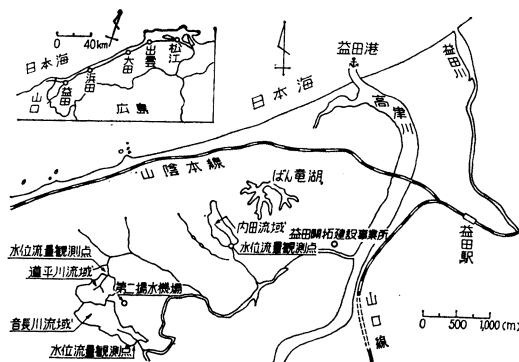


図-1 益田開拓農地造成域の位置図

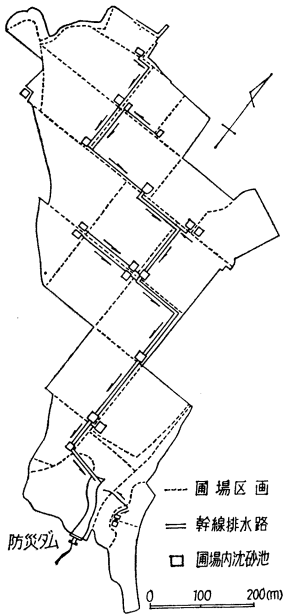


図-2 音長川流域の概要

べることにし、他の流域については別途考察することにする。

音長川流域は昭和53~54年に改良山成工により施工された農地造成地であり、その流域図を 図-2 に示す。流域内では、飼料作物が 13.0 ha、ブドウが 4.7 ha、タバコが 3.3 ha、野菜が 0.8 ha 栽培されている。

本流域の量水観測施設は高津工区 3 号幹線道路沿いに築造された音長川防災ダム (標高25m) を利用して設置されている。すなわち、ダムサイトに長期巻自記水位計、および 図-3 に示すように防災ダム水通し部に低水時の流量を高精度で観測するための複合堰が設置されている\*。

また上述の自記水位計には 0.5 mm 精度の転倒ます型雨量計を連結し、降雨量を自記水位計の記録紙上に併記する型式となっている。自記水位雨量計の諸元を 表-1 に示す。

なお、本流域に隣接する第二揚水機場 (標高70m) に自記雨量蒸発計が設置されている。本地点でも雨量は自記蒸発計の記録紙上に併記する型式が用いられており、

\* 防災ダムの水通し部の設計流量は次式において、流量係数  $\alpha$  を 0.6 とし算定されているが、ここでは高水位部の流量を Govinda-Rao の式<sup>2)</sup>で与えられる流量係数を用い、水位より流量に換算した。

$$Q = \frac{2}{15} \alpha h \sqrt{2gh} (3Be + 2Bu)$$

ここに、 $Q$ : 流量 ( $m^3/s$ )、 $\alpha$ : 流量係数、 $h$ : 縮流前の越流水深 ( $m$ )、 $Be$ : 台形断面の底幅 ( $m$ )、 $Bu$ : 台形断面の上幅 ( $m$ )、 $g$ : 重力の加速度 ( $m/s^2$ )。

表-1 自記水位雨量計の諸元

形式	自記水位雨量計
器種名	LR-100WP (雨量併記用)
水位の縮尺比	1:2 (cmペン) 1:20 (mペン)
雨量のパルス信号単位	0.5mm
記録紙幅	有効幅 100mm
紙送り速度	36mm/h

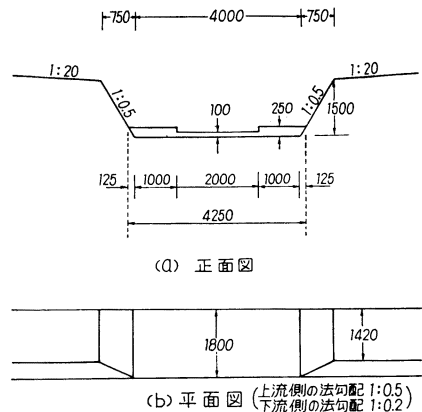


図-3 音長川防災ダム水通し部断面と量水堰 (単位: mm)

紙送り速度は 18 mm/h と音長川防災ダム地点の 1/2 となっている。

### III. 降雨特性とその検討

島根県では、過去昭和18年 9 月、20年 9 月、10 月、39年 7 月、47年 7 月、そして58年 7 月とほぼ10年に 1 度の割合で大災害が発生し、多大の人的、物的被害を被っている。各豪雨時の降雨分布はそれぞれ異なった特徴があることが指摘されているが、58年 7 月豪雨は梅雨末期特有の梅雨前線上の弱い低気圧の南の暖気内に生じ、対流不安定に起因する激しい対流活動によるものであったと分析されている。こうしたタイプは九州の西部にしばしば起るが、山陰地方では他に例をみないほどの強雨が長時間 (約10時間) 続いた記録的な豪雨であった<sup>3)</sup>。

図-4 に 7 月20日正午から23日にかけての島根県西部 (浜田市~益田市にかけての地域) における総雨量分布を示す。同図から、中国山地の高位部よりもむしろ山陰西部沿岸部に豪雨域があり、三隅川下流域では 700 mm を超えていることがわかる。事実、総雨量の最大は三隅 (建設省) で742mm、最大日雨量はやはり三隅の462mm であり、また約90年の観測記録のある浜田では最大日雨量は 331.5 mm で浜田測候所の観測記録を更新するものであった<sup>3),4)</sup>。

表-2 は音長川防災ダム地点および第二揚水機場で観測された総雨量および日雨量 (日界は午前 9 時とする) である。前述のように、益田地区の年間平均降雨量は 1,683 mm とされているから、年間平均降雨量の 35~37% に相当する未曾有の豪雨が 7 月20日~23日の短期間に集中して記録されたことになる。

一方、益田開拓農地造成域における各種排水施設の設計洪水量は、益田市における大正元年から昭和47年まで

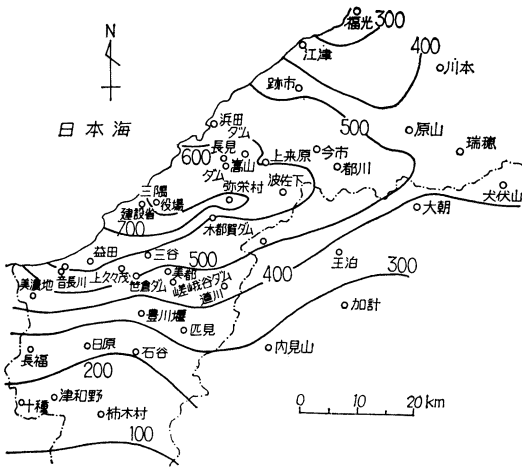


図-4 7月20日～23日の総雨量分布 (○印は観測地, 単位: mm)

の63年間の年最大日雨量をもとに算定された確率日雨量に基づいて決定されている。表-3 に益田市における確率日雨量の値を示す。表-2, 3 から、今次の豪雨は音長川防災ダム水通し部の断面決定に際し、基礎資料として採用されていた200年確率日雨量267.4 mmをも上回る未曾有の規模であったといえる。

図-5 は7月20日～7月23日にかけての音長川防災ダム地点におけるハイトグラフである。同図から、7月20日9時から7月21日にかけて断続的に強い雨が降り、7月21日22時にはその総量が200mmに達したことが、さらに7月22日の昼間はほとんど降雨はなかったが、7月22日夜半から23日朝にかけて、梅雨前線の活発化に伴い、記録的な豪雨になっていることが指摘される。また、図-6 に音長川防災ダム地点における7月22日21時～23日9時までのハイトグラフと、この間の累加雨量を示す。

なお、観測降雨量はまず自記記録紙を3倍に拡大した後、単位時間5分ごとの降雨量を自記紙から読み取り、整

表-2 7月20日～23日の総雨量と日雨量

雨量観測所	総雨量 (7/20 ～7/23)	日雨量 (日界午前9時)		
		7/20	7/21	7/22
音長川防災ダム	594.0	114.5	88.5	391.0
第二揚水機場	623.0	111.0	91.5	420.5

表-3 益田市の確率日雨量

再帰年	日雨量	再帰年	日雨量
2	100.0	20	183.1
5	134.7	50	215.7
7	146.5	100	241.1
10	159.0	200	267.4

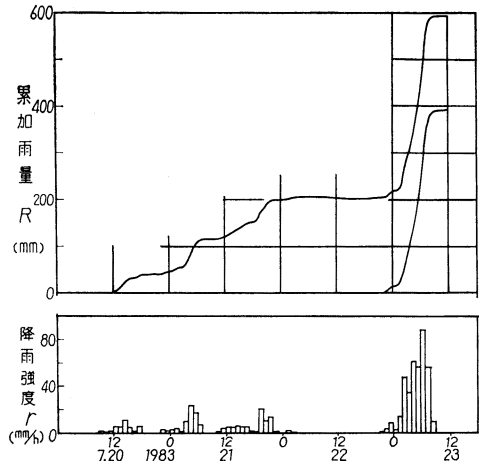


図-5 音長川防災ダム地点のハイトグラフ (7月20日～23日, Δt=1h)

理した。また、図-6 のハイトグラフは5分間雨量を時間強度 (mm/h) に換算して図示したものである。23日2時～8時の雨量は348 mm (第二揚水機場では379 mm) で、22日の日雨量の89%がこの時間帯に集中したことになる。

表-4 は単位時間5分ごとに読取った音長川防災ダム地点における降雨データから、10, 20, 30, 60分雨量についての第1～第3位の値とその発生時刻を整理したものである。

また、図-7 には音長川防災ダム地点における降雨強度～降雨継続時間の関係を示す。図中には次式で表され

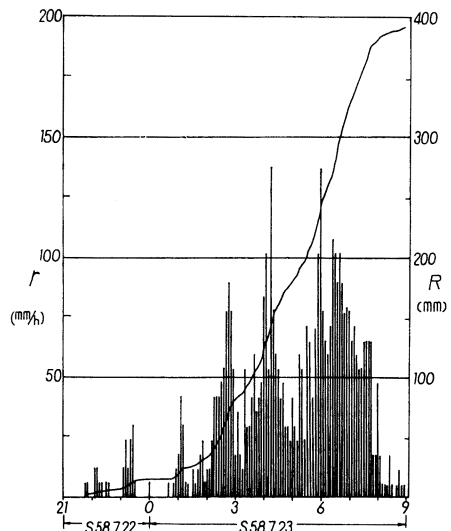


図-6 音長川防災ダム地点のハイトグラフ (7月22日～23日, Δt=5 min)

表-4 各单位時間の雨量とその発生時刻 (音長川防災ダム地点)

順位	10分雨量 mm	発生時刻	20分雨量 mm	発生時刻	30分雨量 mm	発生時刻	60分雨量 mm	発生時刻
第1位	20.0	7月23日 5:55~6:05	35.0	7月23日 5:50~6:10	47.5	7月23日 6:25~6:55	92.5	7月23日 5:50~6:50
第2位	18.0	7月23日 4:15~4:25 6:00~6:10	33.5	7月23日 6:25~6:45	45.5	7月23日 5:50~6:20	90.5	7月23日 5:55~6:55
第3位	17.5	7月23日 6:25~6:35	32.0	7月23日 6:30~6:50	45.0	7月23日 6:30~7:00	88.5	7月23日 6:00~7:00

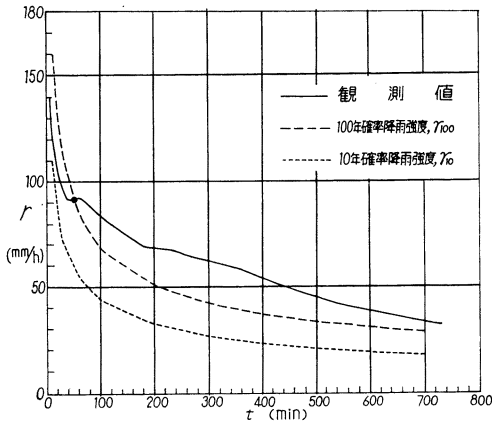


図-7 降雨強度と降雨継続時間との関係

る10年確率および100年確率の降雨強度曲線<sup>5)</sup>も併示した。

$$r_{10} = \frac{504}{\sqrt{t} + 1.42} \dots\dots\dots(1)$$

$$r_{100} = \frac{813}{\sqrt{t} + 1.93} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 $r_{10}$ 、 $r_{100}$ ：10年確率および100年確率降雨強度 (mm/h)、 $t$ ：降雨継続時間 (min)

なお、現在、益田開拓農地造成域の集水路および幹線排水路の設計洪水量の算定に10年確率降雨強度式が、また防災ダム水通し部断面および圃場外沈砂池の設計洪水量の算定に100年確率降雨強度式が用いられている。ただし、実際の設計洪水量の決定に際しては各確率年の降雨量を割増して算定する、いわゆる安全率が考慮されている。

図-7 から、今回の豪雨観測記録は  $t = 40$ 分以下では100年確率雨量を下回ったものの、 $t = 50$ 分以上では100年確率雨量の1.1~1.5倍の降雨が約11時間の長時間にわたって継続したことが明瞭に示している。

#### IV. 流出特性とその検討

益田開拓農地造成域における基本的な排水路網の構成は次のようになっている。

畑面承水路→集水路→圃場内沈砂池→幹線排水路→シュート工→圃場外沈砂池・防災ダム→農地造成地区外の排水路

音長川流域は 図-2 に示すような流域形状をなし、上述の排水路システムで構成されている。

図-8~10 は音長川防災ダム地点で観測された7月20日9時~7月23日17時までの水位ハイドログラフである。これらのハイドログラフは降雨波形を反映した複峰型の出水ハイドログラフとなっている。ここでは、まず観測ハイドログラフのピーク部に着目し、今回の豪雨による音長川防災ダム地点における最大流量について整理した結果について述べる。

7月20日~23日に観測されたピーク水位  $H_p$ 、ピーク流量  $Q_p$ 、ならびにその発生時刻、洪水到達時間  $t_p$ 、ピーク流出係数  $f_p$  等の整理結果を表-5に示す。ここで、洪水到達時間は 図-11 に示す定義から算定したものである。

この洪水到達時間を算定した後、その間の平均降雨強度  $r$  (mm/h) と(3)式による洪水到達時間内の平均有効降雨強度  $r_e$  (mm/h) とからピーク流出係数  $f_p$  が(4)式で算定される。

$$r_e = 3.6 Q_p / A \dots\dots\dots(3)$$

$$f_p = r_e / r \dots\dots\dots(4)$$

ここに、 $Q_p$ ：観測ピーク流量 (m<sup>3</sup>/s)、 $A$ ：流域面積 (km<sup>2</sup>)

ところで、洪水到達時間については角屋らの実用推定式が提案されており、(5)式で与えられる<sup>6)</sup>。

$$t_p = C A^{0.22} r_e^{-0.35} \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 $t_p$ ：洪水到達時間 (min)、 $A$ ：流域面積 (km<sup>2</sup>)、 $r_e$ ：平均有効降雨強度 (mm/h)、 $C$ ：土地利用形態に応じて異なる係数

そこで、本流域における今回の出水時の  $t_p$ 、 $r_e$  の値に基づいて(5)式の係数  $C$  を算定すると、表-5 の第7欄に示す値が得られた。すなわち、7月23日午前6時55分に発生した最大ピーク流量についての洪水到達時間  $t_p$  は約25分、その間の平均有効降雨強度  $r_e$  は99.9 mm/h、ピーク流出係数  $f_p$  は0.96、係数  $C$  は164と評価された。

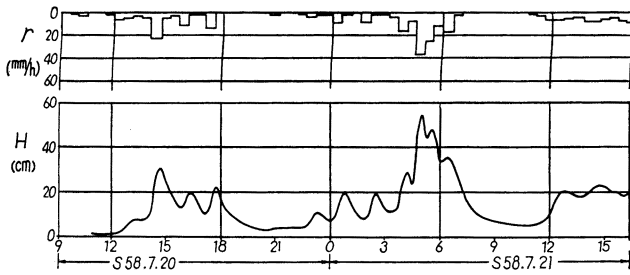


図-8 音長川流域の水位ハイドログラフ (その1)

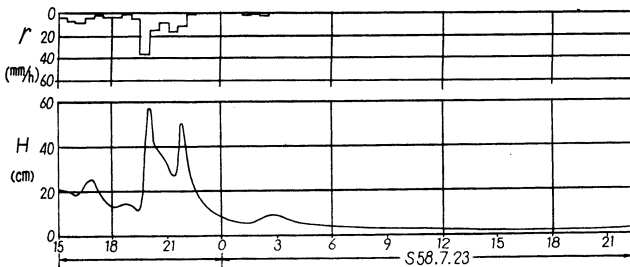


図-9 音長川流域の水位ハイドログラフ (その2)

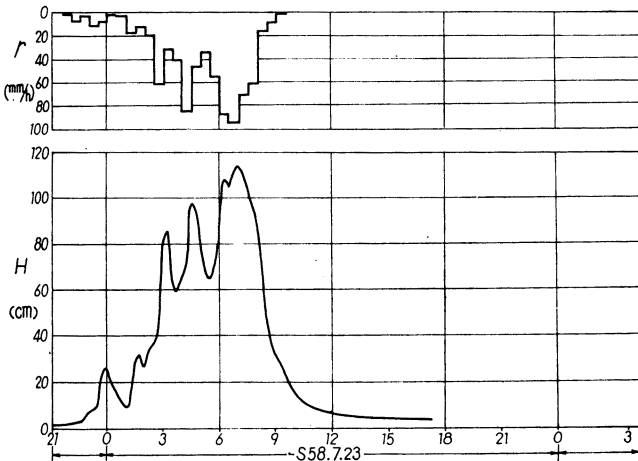


図-10 音長川流域の水位ハイドログラフ (その3)

表-5 音長川流域の流出特性値

ピーク発生時刻	ピーク水位 (cm)	ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	洪水到達時間 t <sub>p</sub> (min)	ピーク流出係数 f <sub>p</sub>	平均有効降雨強度 r <sub>e</sub> (mm/h)	洪水到達時間係数 C	流出率 f
7/20 14:40	32.7	0.841	45	0.61	10.22	133	0.698
7/21 4:45	55.0	2.244	35	0.71	27.27	145	
7/21 20:00	57.6	2.438	35	0.91	29.62	150	
7/23 6:55	113.2	8.219	25	0.96	99.86	164	

Cの値は水路および道路が整備された造成農地で、90~120(≒100)、ゴルフ場で130~150(≒140)、放牧地で

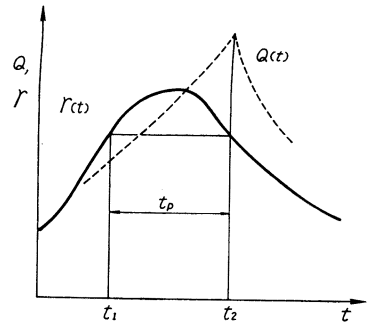


図-11 洪水到達時間の定義

190~210(≒200)、自然丘陵山地で250~350(≒290)とされている”。造成農地の作目および耕地の状態によっても洪水到達時間は影響を受けるから、今後他の出水例についても検討を要するが、本流域での大出水時のCの値は約150~160程度とみなしてよからう。

一方、音長川防災ダム水通し部の設計洪水水位は  $h=0.895\text{m}$ 、設計洪水量は  $Q_p=6.53\text{m}^3/\text{s}$  となっている。水通し部の断面は上述の設計洪水水位  $h=0.895\text{m}$  に余裕高  $0.605\text{m}$  を加算した  $H=1.50\text{m}$  の台形断面(底幅  $4\text{m}$ 、上幅  $5.5\text{m}$ )となっている。7月23日午前6時55分にピーク水位が  $1.13\text{m}$ 、ピーク流量が  $8.22\text{m}^3/\text{s}$ 、ピーク比流量で  $27.8\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  と記録されているから、今次の出水は設計洪水水位、設計洪水量とも約26%上回った異常大出水であったといえる。

なお、音長川防災ダムは昭和56年4月に土地改良事業計画設計基準「設計ダム」<sup>8)</sup>が制定される以前に計画施工された防災ダムである。そのため、従前の方式に従い洪水到達時間を1時間とみなし、200年確率日雨量から算出した1時間雨量  $92.7\text{mm}/\text{h}$ 、ピーク流出係数  $f_p=0.8$ 、流域面積  $A=0.317\text{km}^2$  とし、合理式から設計洪水量  $Q_p=6.53\text{m}^3/\text{s}$  が算定されている。

現在、ダム水通し部の断面決定には上述の土地改良事業計画設計基準「設計ダム」を参考に、確率有効降雨強度式と(5)式とを併用して、合理式から100年確率相当の設計洪水量を算出する方式が採用されており、従前の算出方式が改良されている。

さて、こうした今回の降雨・流出観測記録に基づいて、丘陵山林地域における農地開発規模とピーク流量ないしピーク比流量を推定してみよう。

表-6 農地開発面積と洪水ピーク流量および洪水ピーク比流量との関係

A (ha)	$t_p$ (min)	$r_e$ (mm/h)	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	$q_p$ (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	$q$ (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	$q_c$ (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
1	11	113	0.31	31.4	34.1	16.4
5	16	105	1.46	29.2	30.8	30.2
10	19	101	2.81	28.1	29.4	35.8
20	23	96	5.33	26.7	28.1	40.3
30	25	93	7.75	25.8	27.3	42.2
50	28	91	12.64	25.3	26.3	43.7
100	33	89	24.72	24.7	25.0	44.0
150	36	88	36.46	24.3	24.2	43.3
200	39	87	48.06	24.0	23.6	42.4
300	43	86	71.67	23.9	22.8	40.7

図-7 に示す音長川防災ダム地点における今回の豪雨時の降雨強度～降雨継続時間の関係および(5)式に示す角屋らの洪水到達時間推定式を用い、農地開発面積  $A = 1, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 300$  ha に対するピーク流量  $Q_p$ 、およびピーク比流量  $q_p$  を算定した結果が表-6 である。ただし、ピーク流出係数  $f_p = 0.95$ 、洪水到達時間推定式の係数  $C = 160$  とした。また、表-6 の第6欄に示すピーク比流量は前述の土地改良事業計画設計基準「設計ダム」に採択されている洪水比流量の式、すなわち、(6)式から算定した値である。

$$q = K A^{-0.06} \exp(-0.04 A^{0.45}) \dots\dots\dots(6)$$

ここに、 $q$ ：地域別既往最大洪水比流量 (m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)、 $A$ ：流域面積 (km<sup>2</sup>)、 $K$ ：地域係数で、山陰地域は  $K = 26$  と評価されている。

また、表-6 の第7欄に示すピーク比流量は建設省土木研究所によって(7)式のように示されているクリーガー式<sup>9)</sup>による値である。

$$q_c = C A^{\alpha-1}, \alpha = 0.9784 A^{-0.0468} \dots\dots\dots(7)$$

ここに、 $q_c$ ：地域別既往最大洪水比流量 (m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)、 $A$ ：流域面積 (km<sup>2</sup>)、 $C$ ：地域係数で、山陰地域は  $C = 44$  とされている。

表-6 の第5、6欄に示すように今回の豪雨、出水記録に基づく計算ピーク比流量の値  $q_p$  と、(6)式による推定値  $q$  とは各農地開発面積に対し、ほぼ近似した値となっている。一方、表-6 の第7欄に示すクリーガー式による推定値は  $A < 1$  km<sup>2</sup> の範囲では  $A = 1$  km<sup>2</sup> に対する値より小さく評価されることになり不合理である。したがって、 $A < 1$  km<sup>2</sup> の範囲では明らかに適用外といえる。また、クリーガー式は経験式であって、理論的根拠に乏しく、とくに小流域河川ではきわめて過大な値を与えることが指摘されている。こうした点を勘案すると、表-6 に示す開発規模程度の小集水域に対してはクリーガー式の適用は

無理があり、(6)式による推定値がより妥当な結果を与えるものと判断される。

さらに、図-12 は山陰地域の既往の洪水比流量と流域面積との関係を図示したものである。なお、音長川防災ダム地点における今回の豪雨時のピーク比流量は図中に●印でプロットしてあり、図中の△、および○印で示す値は山陰地域の諸河川で観測された既往最大洪水比流量の値である。また、図中には(6)、(7)式による曲線も併示してある。

図-12 に示すように音長川防災ダム地点で観測された洪水ピーク比流量  $q_p = 27.8$  m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> の値は(6)式で表される曲線上にほぼプロットされることになり、今後の出水は当地方で起こり得るほぼ最大級の出水規模であったといえる。

次に、7月22日夜半から23日朝にかけての記録的な集中豪雨による出水期間を対象に流出解析した結果について述べる。解析に用いた流出モデルは図-13 に示す集中型KWS Tモデル<sup>10)</sup>である。本流出モデルは、角屋・永井によって提案された長短期流出両用モデルにおいて、降雨遮断量の算定法、および第1段タンク下層部、第2～3段タンクはそのまま利用し、表面流、速い中間流に相当する斜面流は、洪水流出解析法の代表的なモデルである雨水流モデルを適用しようとする流出モデルである。なお、図-13 の  $Q_1$ 、 $Q_2$  がそれぞれ表面流出高、速い中間流出高を示し、また  $a_1$  は Manning 型表面流モ

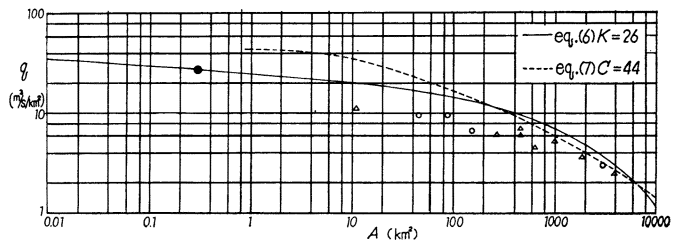


図-12 山陰地域の既往最大洪水比流量および洪水比流量曲線

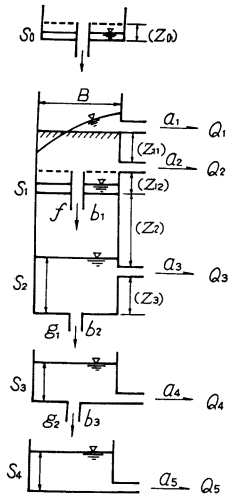


図-13 流出モデル (集中型KWS Tモデル)

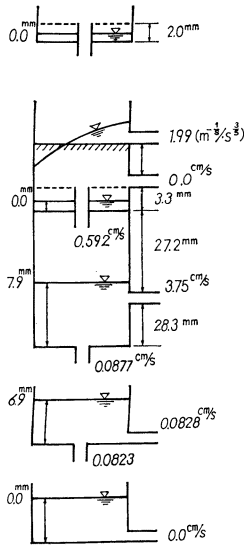


図-14 最適モデル定数 ( $\Delta t_r = 600$  S,  $\Delta t_s = 300$  S)

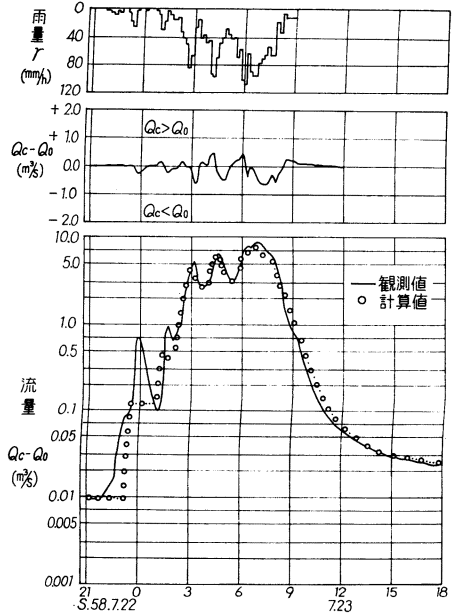


図-15 集中型KWS Tモデルによる解析例

デルの等価粗度  $N$  あるいは斜面流動定数  $k = (N/\sqrt{s})^{0.6}$  ( $s$ : 平均斜面勾配) を意味するモデル定数である。

斜面流は全て表面流であるとし、かつモデル定数  $a_1$  を斜面流動定数  $k$  とする集中型KWS Tモデルの最適同定結果を図-14に示す。なお、入力降雨単位時間  $\Delta t_r = 600$  s, 斜面流追跡単位時間  $\Delta t_s = 300$  s, 平均斜面長  $B = 138$  m とし、モデル同定にはSP法<sup>11)</sup>を $\chi^2$ 基準で適用した。

雨水流モデルを適用する場合、最適斜面流動定数は流域モデルの精粗と密接な関連があるが、平均斜面長  $B = 138$  m とした本解析例では斜面流動定数  $k (= a_1)$  は1.99と評価されている。

図-14に示す最適モデル定数による計算流出量ハイドログラフを観測流出量ハイドログラフとともに図-15に示す。図中には計算流量  $Q_c$  ( $m^3/s$ ) と観測流量  $Q_0$  ( $m^3/s$ ) との差 ( $Q_c - Q_0$ ) の経時変化も併示してある。観測ピーク流量  $8.22 m^3/s$  に対し、計算ピーク流量は  $7.40 m^3/s$  と過小評価され、またハイドログラフ立上り部、ピーク部とも観測値と比較し、計算値が過小評価の傾向にあることが指摘できる。しかし、観測流出量ハイドログラフの再現性は相対誤差で23.3%であり、観測流量の精度も勘案すると、全般的にはかなり良好な解析結果となっているといえよう。

## V. まとめ

以上、今次の豪雨時に益田開拓農地造成域で記録され

た水文観測資料に基づき、降雨・流出特性について検討してきたが、その特徴と今後の検討課題を総括して述べると以下のようである。

1) 昭和58年7月20日から23日にかけて観測された梅雨末期の豪雨は過去最大級のものであった。総雨量、日雨量とも200年に1度級と目されている規模を大幅に上回り、短時間雨量も施設の計画規模を越える未曾有のものであった。

2) 集水面積が29.6 haである音長川防災ダム地点では、今次の豪雨時の全期間について出水記録が得られた。7月23日の出水ピーク部の解析から、ピーク流出係数  $f_p = 0.96$ 、洪水到達時間  $t_p = 25$  分、その間の平均有効降雨強度  $r_e = 99.9$  mm/h、洪水到達時間係数  $C = 160$  と推定された。

3) 音長川防災ダム地点においては、7月23日午前6時55分にピーク水位  $H_p = 1.13$  m、ピーク流量  $Q_p = 8.2 m^3/s$ 、ピーク比流量  $q_p = 27.8 m^3/s/km^2$  が記録された。この比流量の値は土地改良事業計画設計基準「設計ダム」に採択されている洪水比流量研究グループの提案による洪水比流量曲線式上にほぼプロットされた。この結果、今次の豪雨による出水は当地方で起こり得るほぼ最大級の出水規模であったといえる。

4) 益田開拓における農地造成域の集水路、幹線排水路の設計洪水量は10年確率降雨、また防災ダム水通し部断面および圃場外沈砂池の設計洪水量は100年確率降雨

を対象として決定されているが、今次のような豪雨があれば、洪水災害の発生は必然とみられる。しかし、施設の計画規模を大きくすることには限界があるため、常に計画基準以上の外力が起りうることに留意する必要がある。今後、計画基準以上の外力に対する水災害ポテンシャルの評価法、ならびにその対策の検討が必要である。

5) 角屋・永井法の長短期流出両用モデルを応用した集中型KWS Tモデルによる流出解析により、牧草地を主体とする農地造成域の流出モデル定数が評価された。豪雨時の出水ハイドログラフの形状に大きく影響する斜面流定数 $k$ は1.99と算定された。しかし、この値は流域モデルの精粗ないし評価法に関連するので、こうした流出モデル定数と農地造成域の流域モデルとの関係については今後の検討課題といえる。また、7月22日夜半から23日早朝にかけての集中豪雨時の出水期間を対象に集中型KWS Tモデルによる観測流出量ハイドログラフの再現性を検討した結果、相対誤差で23.3%とかなり良好な結果が得られたが、ピーク部は若干過小評価の傾向にあった。

6) 今後、農地造成域の排水路システム、すなわち、集水路、圃場内沈砂池、幹線排水路、防災ダム等の構成とその機能を加味した農地造成域の流出モデルを作成し、このような集中豪雨・出水記録に基づく流出解析とモデルの検証を行う必要がある。さらに、そうした丘陵山林地帯での農地造成域およびその下流域を含む集水域を解析対象とした流出モデルを構築することにより、沈砂池、防災ダムを含む農地造成域の開発規模と農地造成域から下流地域への洪水伝播特性との関係を明らかにすることが、今後の治水対策上、重要な検討課題といえよう。

## VI. あとがき

本報告は昭和58年7月豪雨時に牧草地を主体とする益

田開拓農地造成域で観測された降雨・流出特性を吟味検討したものである。今次の豪雨は当地方で最大級と目される規模であっただけに農地造成域で観測された降雨出水記録は今後の農地造成事業の設計、施工、管理面で対処すべき多くの教訓、検討課題を投げかけたものといえる。なお、出水ハイドログラフについては、ここではピーク部を主とした議論にとどまったが、今後、物理的要素を組入れた流出モデルにより、農地造成域における出水過程について定量的な分析を試みたいと考えている。

最後に、本報告をまとめるに際して農林水産省中国四国農政局益田開拓建設事業所、島根県土木部河川課・農林水産部耕地課、浜田・益田土木建築事務所、益田農林事務所など行政官公庁の多くの方々にお世話になり、かつ貴重な資料を提供していただいたことを記し、謝意を表する次第である。

なお、本報告は文部省科学研究費による研究成果の一部であることを付記する。

### 引用文献

- 1) 農林水産省益田開拓建設事業所：益田地区農地開発事業（パンフレット），（1978）
- 2) 土木学会：水理公式集—昭和60年版—，p.286（1985）
- 3) 角屋 睦（研究代表者）：昭和58年7月豪雨災害の調査研究，自然災害特別研究突発災害研究成果，B-58-3，pp.8~17（1984）
- 4) 大阪管区気象台：災害時自然現象報告書，2，pp.1~18（1983）
- 5) 農林水産省中国四国農政局益田開拓建設事業所：益田開拓建設事業設計基準（1979）
- 6) 角屋 睦・福島 晟：中小河川の洪水到達時間，京大防災研年報，19B-2，pp.143~152（1976）
- 7) 角屋 睦：流出解析手法（その8），農土誌48（8），pp.39~44，（1980）
- 8) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準「設計ダム」，pp.79~85（1981）
- 9) 建設省土木研究所：全国ダム地点地域別流量図，土木研究所資料，1093，pp.1~20（1976）
- 10) 福島 晟・田中礼次郎：角屋・永井法の長短期流出両用モデルとその応用(1)，(2)，昭和60年度農土講要旨集，pp.144~147（1985）
- 11) 永井明博・角屋 睦：流出モデル定数の最適化手法，京大防災研年報，22B-2，pp.209~224（1979）

[1985. 10. 24. 受稿]

## 掲 示 板

### 昭和61年度科学技術週間における運輸省港湾技術研究所の一般公開について

#### 記

1. 公開日時 昭和61年4月16日（水） 10:00~16:00（受付は 9:30~15:30）
2. 場 所 横須賀市長瀬3丁目1番1号 運輸省港湾技術研究所
3. 見学方法 当日は見学者受付において見学される方の受付をいたします。受付後、見学順路により各自施設の見学をしていただきます。（約2時間）  
なお、団体で見学ご希望の場合は、あらかじめ人員数、時刻等をご連絡いただければ幸いです。  
一般公開についての問い合わせは、港湾技術研究所 企画室 ☎ 0468—41—5410 内線 443