

# 1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧 —上水道施設(その1)—

Effect of the Miyagiken -oki Earthquake of June 12, 1978, on Water Supply Systems (Part I)

片山 恒雄\*・増井 由春\*・磯山 龍二\*\*・甚内 郁郎\*\*\*

Tsuneo KATAYAMA, Yoshiharu MASUI, Ryoji ISOYAMA and Ikurou JINNAI

1978年宮城県沖地震による都市ガス施設の被害と復旧に関する報告(生産研究, 31巻2号)に続き, 上水道施設への影響をまとめたものである。地下埋設管に重点を置いて被害状況を整理するとともに, 従来あまり検討されていない復旧と応急対策の流れにも十分な力点を置くことに注意した。検討の対象としたのは, 仙台市・塩釜市・石巻市・古川市・泉市の5市である。

## 1. ま え が き

1978年宮城県沖地震が都市供給施設に与えた影響のうち, 都市ガス施設についてはすでに報告したが,<sup>1)</sup>ここでは上水道施設に注目して, その被害と復旧の経緯をとりまとめる。

日常生活における水の重要性もさることながら, 水道からの水に完全に依存している大部分の都市住民にとって, 生活水には全く代替性が無いことが特に重要である。したがって, 上水道施設が地震被害を受けると, 被害の発見と修理に並行して, 応急の給水作業を行わなければならない。本報告の特徴の1つは, 被害そのものの記述とはほとんど同じ重みで復旧とそれに伴う応急対策の経過を述べていることにある。この種のデータが一般の人の目に触れる形でまとめられた例はあまりなかったことを考え, 資料として若干不完全である場合でも, 極力とりこむ方向で整理した。

図1は取水から需要家の蛇口に至る上水道システムの流れを模式的に示したものである。<sup>2)</sup>上水道システムには極めて多種多様な構造物が含まれるが, 今回の地震では施設関係の被害は一般に比較的軽微であったことも考慮し, 従来まとまった震害資料のとばしい地下埋設管路

に重点を置いて検討した。

後述(2.1)のように, 宮城県下に限っても, 今回の地震によって64市町村の上水道施設(簡易水道を含む)が何らかの被害を受けている。本報告では, これらのうち仙台市, 塩釜市, 石巻市, 古川市および泉市の被害に注目して検討を加えている。対象とした5市では被害の程度も異なり, 原資料も量的・質的に異なるため, 必ずしも同じレベルで論ずることはできなかった。表1に対象5市の上水道事業の現況をまとめて示した。震災への対応や今後の地震防災を考える際には, 事業体の規模が1つの重要な因子となることに注意されたい。

用いた資料の出典はできる限り明らかにするように努めたが, このような非常時の記録に混乱があることは避けられず, どれが最も正確かが判断できない場合も多かった。資料の取捨選択は最終的には筆者らの総合的な判断による。資料の大部分は, 筆者らが関係者と面談した際に提供していただいたもので, 不明の点は何回かの電話連絡で確認した。しかし, このような報告を書くことに筆者らが不なれな事もあり, 不正確な記述があるかも知れない。今後さらに検討を進めるつもりであるが, 関係各位の御叱正を待ちたい。

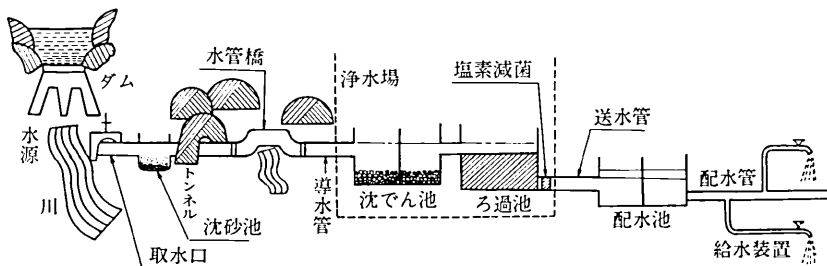


図1 上水道供給概念図

\* 東京大学生産技術研究所 第5部

\*\* 東京大学大学院学生

\*\*\* 鹿島建設株式会社

表1 各事業所の概要

	給水戸数 (百戸)	給水人口 (百人)	最大給水量 (百m <sup>3</sup> /日)	平均給水量 (百m <sup>3</sup> /日)
仙台市水道局	2,104	6,205	2,901	2,349
塩釜市水道部*	199	662	335	273
石巻市水道部	332	1,110	722	497
古川市水道事業所	134	516	213	166
泉市水道事業所**	178	593	194	177

\*多賀城市の一部を含む。 \*\*民営の南光台は含まず。

2. 水道管の被害

2.1 宮城県内の被害の概要<sup>3,4)</sup>

宮城県下74市町村のうち、水道施設(埋設管)の被害が報告されているのは64市町村におよぶ、水道種別の内訳は、上水道49,簡易水道41など、合計95施設である。埋設管被害箇所数は、導・送・配水管合わせて1,638箇所(管径20~1,100mm)と報告されており、その内訳は、石綿セメント管(ACP)774箇所,硬質塩化ビニール管(VP)405箇所,铸铁管(CIP)114箇所,ダクタイル铸铁管(DCIP)37箇所,鋼管(SP)253箇所,その他55箇所である。<sup>3)</sup>

主要29事業体の被害率と墓石の転倒から推定された各地の最大加速度<sup>5)</sup>とを比較して図2に示す。各事業体の埋設管延長距離がかなり異なることに注意が必要があるが、各管種の被害率は極めて大きなバラツキを示している。

図3に、先の29事業体の管種別,管径別埋設管総延長をもとに算定された管種別被害率と管径との関係を示した。<sup>3)</sup>鋼管,石綿セメント管の場合には、管径の増大とともに被害率が減少しているが、铸铁管,ダクタイル铸铁管では、管径によらずほぼ一定とみなされる。図3を検討する際には、管種や管径によって埋設延長距離,使用用途,継手の種類・構造などが異なることに注意しなければならない。

表2に29事業体の総被害箇所数,埋設管(導・送・配水管)の総延長距離および平均的な被害率(総被害箇所数/総延長距離)を管種別に示した。鋼管の被害率が1.24と他と比べて高いがその大部分はねじ接合鋼管の被害である。特に50~100mmの管径では、1kmに2~3箇所という高い被害率を示しており(図3参照),定性的には仙台市等のガス管被害の傾向と一致している。<sup>1)</sup>400mm以上の大口径鋼管の被害は、表2の237箇所中,18箇所であり、その内14箇所が,水管橋,橋梁添加管の継手部取付け部の被害と報告されている。先にも述べたが、特に鋼管では管径によって、慎重にその被害率を区別して考えなければならない。

2.2 主要4市の埋設管被害

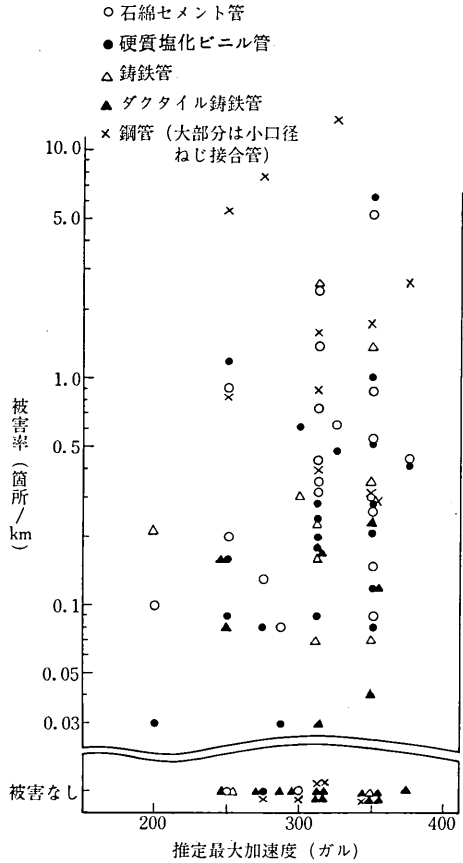


図2 推定最大加速度と被害率との関係

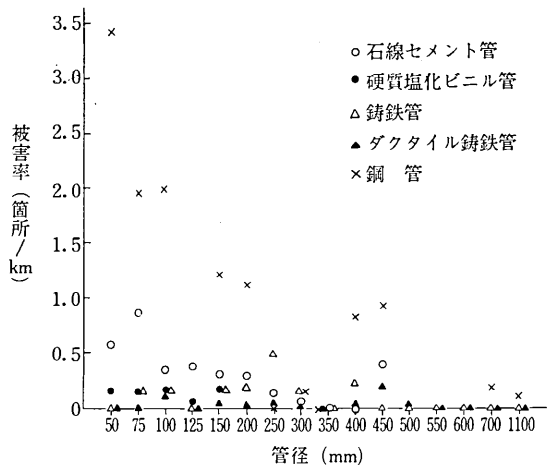


図3 宮城県下における管径別の水道管被害率

本節では、仙台市,塩釜市,石巻市,古川市の各上水道について、水道管被害の詳細を報告する。被害の集計は、各市の事業体が作成した被害調査書に基づき、<sup>6-9)</sup>仙台市の場合、配水管(管径75mm以上),配水補助管(75mm未満),他の市では管径50mm以上の配水管を

表2 宮城県下29事業体の管種別被害率(文献(3)から引用)

	石綿セ メント 管	硬質塩 化ビニ ル管	塩 鉄管	ダクタ イル 鉄管	鋼 管	その 他	総 計
被害箇所 数	724	335	109	36	237	—	1,481
埋設管総 延長(km)	1,509.1	1,228.3	646.1	880.1	190.8	20.3	4,474.6
被害率 (箇所/km)	0.48	0.27	0.17	0.04	1.24	0	0.33

※ 全被害 237 中管径 400 mm 以上の被害は 18 箇所のみ。

対象とした。水管橋、橋梁添加管の被害は除外した。導水管の被害は塩釜市水道部の導水管 2 系統(大倉水系 5 箇所, 春日水系 11 箇所)のみと報告されているが,<sup>10)</sup> 除外した。

表3~6に各市の管種別、管径別配水管延長、被害箇所数、被害率を示す。塩釜市の場合、導水管・給水装置を除いた被害箇所の総数は74箇所であり、<sup>7)</sup> 表4と比較すると管径50mm以下の被害が多かったものと思われる。管種・管径によってその埋設延長距離の大小にはかなりの差があるので各市の被害率を同一に論ずることはできないが、一般に石綿セメント管の被害率が高い。各管種別、管径別の被害率は2.1で述べた県下全体の被害率とはほぼ同様の傾向を示していると考えられるが、図3と比較することにより表3~6に含まれない小口径鋼管の被害

害が大きかったことが理解できる。

表7に仙台市の被害のクロス集計を示す。クロス集計で上段は配水管、下段の( )内は配水補助管の被害箇所である。被害形態のアイテムにおける破損・折損の区別は定かではないが、被害調査<sup>6-9)</sup>では両者を使いわけているのでそのまま採用した。折損の大部分が直管部で起っているのに対して破損は直管部、継手部の両方で起っている。折損は純粋な管の折れ、破損はそれ以外の直管部、継手部における被害と考えられる。

表7の対角要素は各カテゴリーの単純集計を示すが、各アイテムの中で最も大きな値は、直管部・破損・塩化ビニル管・管径75~125mm・地盤Cに対応している。地盤および管径のアイテムではそれぞれ地盤C・75~125mmがほとんど全てのカテゴリーで卓越している。したがって、地盤C(宅地造成地)に埋設された管径75~125mm管に被害が集中したと言える。

管の被害場所では、直管部および継手部での被害が卓越しているが、直管部の被害は石綿セメント管で多く、継手部では塩化ビニル管が多い。また石綿セメント管では、直管部の被害が継手部に比べてかなり大きくなっていることが注目される。鋳鉄管、ダクタイル鋳鉄管では、ガス管被害<sup>11)</sup>と同様に、継手部の抜け出しが多い傾向にあるが、両者の相違は鋳鉄管の場合直管部での折損、破損の被害もいくつか見られる点であろう。この違いはじん性の差によるものと思われる。

鋼管の被害は、配水管では1箇所であるが、配水補助

表3 管種・管径別配水管の埋設延長距離と被害(仙台市水道局)

管 種 管 径 (mm)	鋳 鉄 管*			鋼 管			石綿セメント管				硬質塩化ビニル管				合 計			
	埋設延 長距離 (km)	被害 箇所	被害率 (距離 /km)	埋設延 長距離 (km)	被害 箇所	被害率 (距離 /km)	埋設延 長距離 (km)	被害 箇所	被害率 (距離 /km)	埋設延 長距離 (km)	被害 箇所	被害率 (距離 /km)	埋設延 長距離 (km)	被害 箇所	被害率 (距離 /km)	埋設延 長距離 (km)	被害 箇所	被害率 (距離 /km)
75	18.4	2		1.1	1		7.0	32		114.4	24		140.9	59				
100	183.6	12	0.07	1.7	0	0.36	29.1	4	1.00	207.2	18	0.13	421.5	34	0.17			
125	—	—		—	—		0.05	0		—	—		0.05	0				
150	205.0	5		1.4	0		7.0	0		—	—		213.4	5				
200	118.9	2	0.03	1.4	0	0	1.5	1	0.17	—	—	—	121.8	3	0.03			
250	39.9	3		0.7	0		1.3	0		—	—	—	41.9	3				
300	70.0	2		3.7	0		2.1	1		—	—	—	75.8	3				
350	2.0	0		0.07	0		—	—		—	—	—	2.1	0				
400	27.6	2		3.5	0		—	—		—	—	—	31.1	2				
450	1.7	0		0.1	0	0	—	—	—	—	—	—	1.8	0	0.04			
500	20.0	1		6.6	0		—	—	—	—	—	—	26.6	1				
550	1.5	0		—	—		—	—	—	—	—	—	1.5	0				
600	8.7	0		5.6	0		—	—	—	—	—	—	14.3	0				
700以上	6.1	0	0	44.6	0	0	—	—	—	—	—	—	50.7	0	0			
合 計	703.4	29	0.04	70.5	1	0.01	48.1	38	0.79	321.6	42	0.13	1143.6	110	0.10			

\* ダクタイル鋳鉄管を含む。

表4 管種・管径別配水管の埋設延長距離と被害(塩釜市水道部)

管種 管径 (mm)	鑄鉄管*			鋼管			石綿セメント管 (エタニットパイプも含む)			ヒューム管			合計			
	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	
75	4.3	0	0.06	4.8	1	0.10	3.5	0	0	—	—	—	12.6	1	0.06	
100	65.2	4		7.5	1		3.5	0		—	—		—	76.2		5
125	—	—		8.3	0		3.2	0		—	—		—	11.5		0
150	30.7	6	0.12	10.1	2	0.13	1.0	0	0	—	—	0	41.8	8	0.12	
200	9.4	1		2.0	0		0.3	0		—	—		—	11.7		1
250	14.6	0		2.0	0		0.03	0		—	—		—	16.6		0
300	2.6	0		1.6	0		0.1	0		0.6	0		—	4.9		0
350	6.7	0	0	0.5	0	0	0.02	0	0	0.4	0	0	7.6	0	0	
400	4.1	0		0.1	0		0.02	0		4.7	0		—	8.9		0
500	0.1	0		—	—		—	—		—	—		—	0.1		0
600	1.0	0		0.4	0		—	—		—	—		—	1.4		0
合計	138.7	11	0.08	37.3	4	0.11	11.6	0	0	5.7	0	0	193.3	15	0.08	

\*ダクタイル鑄鉄管を含む。

表5 管種・管径別配水管の埋設延長距離と被害(石巻市水道部)

管種 管径 (mm)	鑄鉄管			ダクタイル 鑄鉄管			鋼管			石綿セメント管			硬質塩化 ビニール管			合計		
	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)
50	—	—	0.71	—	—	0.18	1.5	2	1.91	4.0	3	1.04	12.5	18	0.73	18.0	23	0.84
75	5.8	1		1.0	1		0.03	1		5.8	24		4.6	0		17.23	27	
100	21.3	19		4.6	0		0.04	0		33.6	18		7.7	0		67.24	37	
125	1.1	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	11.0	4	0.54	18.9	2	0.12	0.4	0	0	8.5	3	0.24	4.8	2	0.42	43.6	11	0.29
200	11.9	3		3.3	1		0.07	0		19.5	4		—	—		34.77	8	
250	5.8	11		6.4	2		0.3	0		1.0	0		—	—		13.5	13	
300	4.5	0		12.5	0		0.3	0		—	—		—	—		17.3	0	
350	1.1	0	0	—	—	0	—	—	0	1.0	0	—	—	—	—	2.1	0	0
400	4.4	0		0.8	0		—	—		—	—		—	—		5.2	0	
450	1.7	0		—	—		0.3	0		—	—		—	—		2.0	0	
500	7.7	0		8.5	0		0.8	0		—	—		—	—		17.0	0	
550	—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—	
600	—	—		0.5	0		—	—		—	—		—	—		0.5	0	
700以上	4.8	0	0	7.3	0	0	0.2	0	0	—	—	—	—	—	12.3	0	0	
合計	81.1	38	0.47	63.8	6	0.09	3.94	3	0.76	73.4	52	0.71	29.6	20	0.68	251.8	119	0.47

管では46箇所となっており、先にも述べたように小口径ねじ接合鋼管の被害が多いことを示している。

比較的管径の大きい埋設管の被害に加えて、7月15日まで修復が行われた給水装置は5,348件(宅地内4,706

件、道路下642件)にのぼっている。給水管(13~40mm)には鋼管、塩化ビニール管等が用いられているが、宅地内修理件数の内訳は鋼管1,297件、塩化ビニール管1,031件、鉛管263件である。<sup>11)</sup> 仙台市の宅地内給水装置の被害

表6 管種・管径別配水管の埋設延長距離と被害(古川市水道部)

管種 管径 (mm)	鋳鉄管			ダクタイル鋳鉄管			鋼管			石綿セメント管			硬質塩化ビニール管			合計		
	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)	埋設延長距離 (km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)
50	—	—		—	—		0.04	1		79.5	22		0.8	0		80.34	23	
75	18.7	6	0.35	0.02	0	0	1.1	0	0.70	32.2	19	0.31	8.3	1	0.34	60.32	26	0.32
100	13.9	5		1.4	0		0.2	1		20.8	3		8.8	5		45.1	14	
125	2.1	1		—	—		1.5	0		13.8	1		—	—		17.4	2	
150	7.4	2		4.5	0		0.06	0		4.1	1		7.0	1		23.06	4	
200	2.3	1	0.64	19.8	0	0.06	0.7	1	1.09	3.0	0	0.14	—	—	0.14	25.8	2	0.24
250	6.5	8		1.0	0		0.1	0		—	—		—	—		7.6	8	
300	0.9	—		10.1	2		0.06	0		—	—		—	—		11.06	2	
400	—	—	—	2.4	0	0	0.4	1	2.13	—	—	—	—	—	—	2.8	1	0.16
450	—	—	—	3.4	0	0	0.07	0		—	—	—	—	—	—	3.47	0	
合計	51.8	23	0.44	42.62	2	0.05	4.23	4	0.95	153.4	46	0.30	24.9	7	0.28	276.95	82	0.30

表8 埋設管被害のクロス集計(南光台)

地盤	地盤			境界からの距離(m)*			材質					管径(mm)			
	盛土	境界	切土	50	75	150	175	鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	石綿セメント管	硬質塩化ビニール管	65	75	150
地盤	盛土	127	0	0	72	49	6	0	0	35	72	20	34	84	9
	境界		72	0	72	0	0	0	0	14	48	10	13	47	12
	切土			142	59	58	25	0	1	52	72	17	42	72	28
境界からの距離	~ 50				203	0	0	0	1	70	108	24	56	116	31
	75~150					107	0	0	0	25	68	14	25	66	16
	175~						31	0	0	6	16	9	8	21	2
材質	鋳鉄管							0	0	0	0	0	0	0	0
	ダクタイル鋳鉄管								1	0	0	0	0	0	1
	鋼管									101	0	0	79	22	0
	石綿セメント管										192	0	4	141	47
	硬質塩化ビニール管											47	6	40	1
管径(mm)	~ 65												89	0	0
	75~125													203	0
	150~														49

\*境界からの距離は地図上で測った概略の値であり、最も近い25の倍数のグループにまとめた。

率は需要家千戸あたり 23.1件となる。

2.3 宅地造成地での被害

昭和34年以降仙台市周辺の丘陵部に切り盛りによって開発された宅地造成地は、南部の緑ヶ丘、北部の旭ヶ

丘、仙台市の北に接する泉市の南光台、黒松などであり、埋設管被害を含み地盤関係の被害が集中した。

泉市における丘陵部の開発は昭和38年以降行われたもので、黒松、南光台はその比較的初期に造成されてい



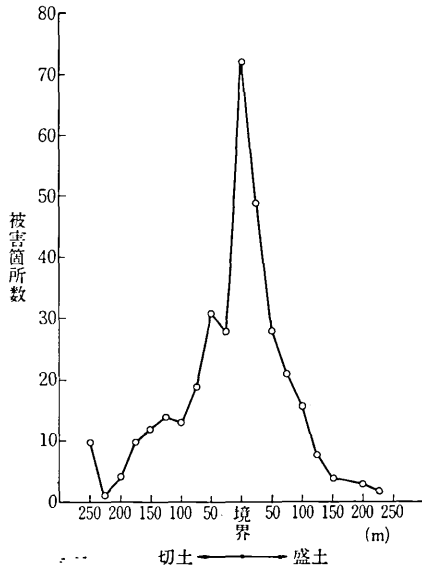


図4 水道管被害に対する盛土・切土・境界の与える影響 (南光台)

る。水道管被害（給水装置は除く）は、南光台 341 箇所、黒松 45 箇所となっている。昭和 46 年に造成された将監、同 50 年の泉パークタウンでは、各々 43 箇所、17 箇所である（資料（12）から直接集計した被害箇所数）。これら造成地のおおよその面積の比は南光台（264ヘクタール）を 1 として将監 0.88、黒松 0.20、泉パークタウン 0.37 であるから、南光台で特に被害が大きいことがわかる。他の宅造地の水道が開発後、市水道事業所に移管されているのに対して、南光台上水道は市の基準に適合しないと移管が受け付けられていなかった。

表 8 に南光台の被害のクロス集計を示す。境界からの

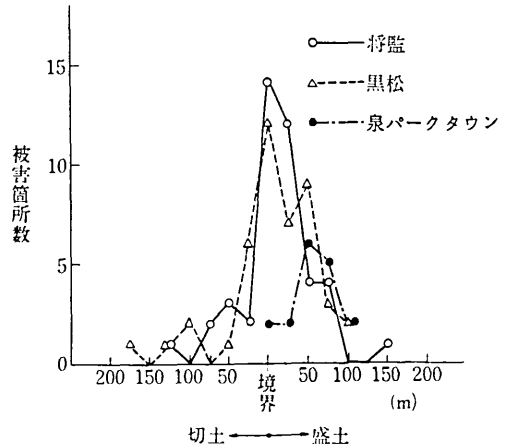


図5 水道管被害に対する盛土・切土・境界の与える影響

距離は管の埋設方向によらず最も近い境界までの距離とした。クロス集計表では、切り盛り境界線から 50 m 以内を境界とした。境界からの距離と被害箇所数の対応を図 4 に示す。切り盛りの境界部分で最も被害が多く、境界から遠ざかるに従って被害数が減少していく様子がわかる。黒松、将監、泉パークタウンについても同様の整理を図 5 に示した。泉パークタウンでは、切土部でまったく被害が見られず盛土部に集中しているが、他の団地では南光台と同様の傾向にある。しかし、南光台においても、被害分布に地域的なかたよが見られるなど切り盛りの境界部だけでは説明できない現象もあり、各団地について旧地形と現地形の比較、土質条件等を考慮した詳細な検討が望まれる。なお、参考文献はまとめて生産研究 6 月号に掲載する。（1979 年 1 月 26 日受理）

次号予告（5月号）30周年特集号

創立30周年に当たって.....	所長	田中尚
教育研究体制に関する貴重な実験.....		岡本舜三
生産技術研究所について.....		菊地真一
創立20周年の頃.....		一色貞文
大学紛争の余波.....		鈴木弘
生研30周年に当たって.....		武藤義一
最近10年間の生産技術研究所.....		久保慶三郎
随想.....		中川良一
”.....		森田正典
座談会 “生研の進むべき道”		
大型研究		
臨時事業		
「都市における災害・公害の防除に関する研究の概要報告」.....		川井忠彦
共同研究		
ERS関係「耐震グループ」.....		田村重四郎
生産加工システムの最適化に関する研究.....		佐藤壽芳
特定研究		
省資源の為の新しい生産技術の開発に関する研究.....		大蔵明光
各部研究室の研究概要		
第1部, 第2部, 第3部, 第4部, 第5部, 計測技術開発センター, 複合材料技術センター, 多次元画像情報処理センター		
共同研究の概要, 特別研究の概要, 受託研究の概要, 教育活動, 機構図, 所員表(現職員・旧職員), 研究所経費の概要, 千葉実験所, 試作工場, 図書室, 電子計算機室, 研究所の出版物(付: 東京大学生産技術研究所報告10年間リスト), 年譜		