

河川周辺地区の地下水について

On the ground water near the river.

清水 邦夫

Kunio SHIMIZU

大工原 貞夫

Sadao DAIKUHARA

第一章 序 論

1. 研究目的

地下水はその地域の降雨、地質、土壌、植生等によつて影響されるが又その地域に河川湖沼等が存在する場合にはそれ等によつて影響される事もある。特にそれ等の河川湖沼等が人工によつて従来の様相を変化する時地下水に如何なる影響を与えるかと云ふ事は地下水を飲料その他に利用しているその地域の住民に取つては重要な問題である。

此處で取り上げた研究問題はその様な場合の二つの例である、即ち長野県に於て三峰川沿岸及び南佐久郡穂積村スバリ川沿岸の地下水研究である。

先づ三峰川に於ては現在美和村地籍と高遠町地籍に多目的ダムが設置されんとしているが、そのダム設置が下流沿岸地域の地下水に如何なる影響を与えるかと言ふ事は重大な関心を持れている事である。其處で本研究に於てはこの三峰川沿岸地域特に伊那市伊那部、美篁、東春近、富県地帯の地下水の現在未だダムが設置されざる時の実態を充分に見究め以つて將來ダムが設置された場合の地下水の変化する状況に対する推定の基礎たらしむると共にダム設置後の地下水調査研究の比較の材料たらしむるのが目的である。

次に第二の研究課題として穂積村スバリ川周辺の地下水についてであるが、昭和30年12月中旬より同村東馬流上水道集水井に於て地下水位の低下甚だしく揚水に非常に困難を生じ、その為地元では水道断水或ひは時間給水を行ふ状況となつた。

此の地下水位の低下の原因として考えられるのは

① 12月と云ふ渇水時期に入り又降雨量少なき為水源に水量が少なくなつた為の自然的原因による地下水位の低下。

② 集水井上流部に於て行つた治山事業による土砂の流出の為、河床砂礫面が覆はれ、水の滲透不良による地下水位の低下。

③ 地形の突然変化その他の原因。

等であり、其處で本調査実験は地下水位の低下の原因が三つの中の何れであるかを見究めるのを目的としたのである。

2. 研究方法

三峰川周辺地下水の現状を把握する為に此處で取つた方法は、この地域の地質、土質の現況、気象特に降雨量の状況、地下水位の変化状況、河川水位の変化状況を現地踏査、過去の資料の蒐集及び分析、観測器械による観測、室内実験等によつて見究めた。そして之等気象、地下水位、河川水位等の間の相関々係を研究した。又地下水は特に水の滲透との関係が密接なので之については Radio - Isotope を使用して室内実験を行つた。

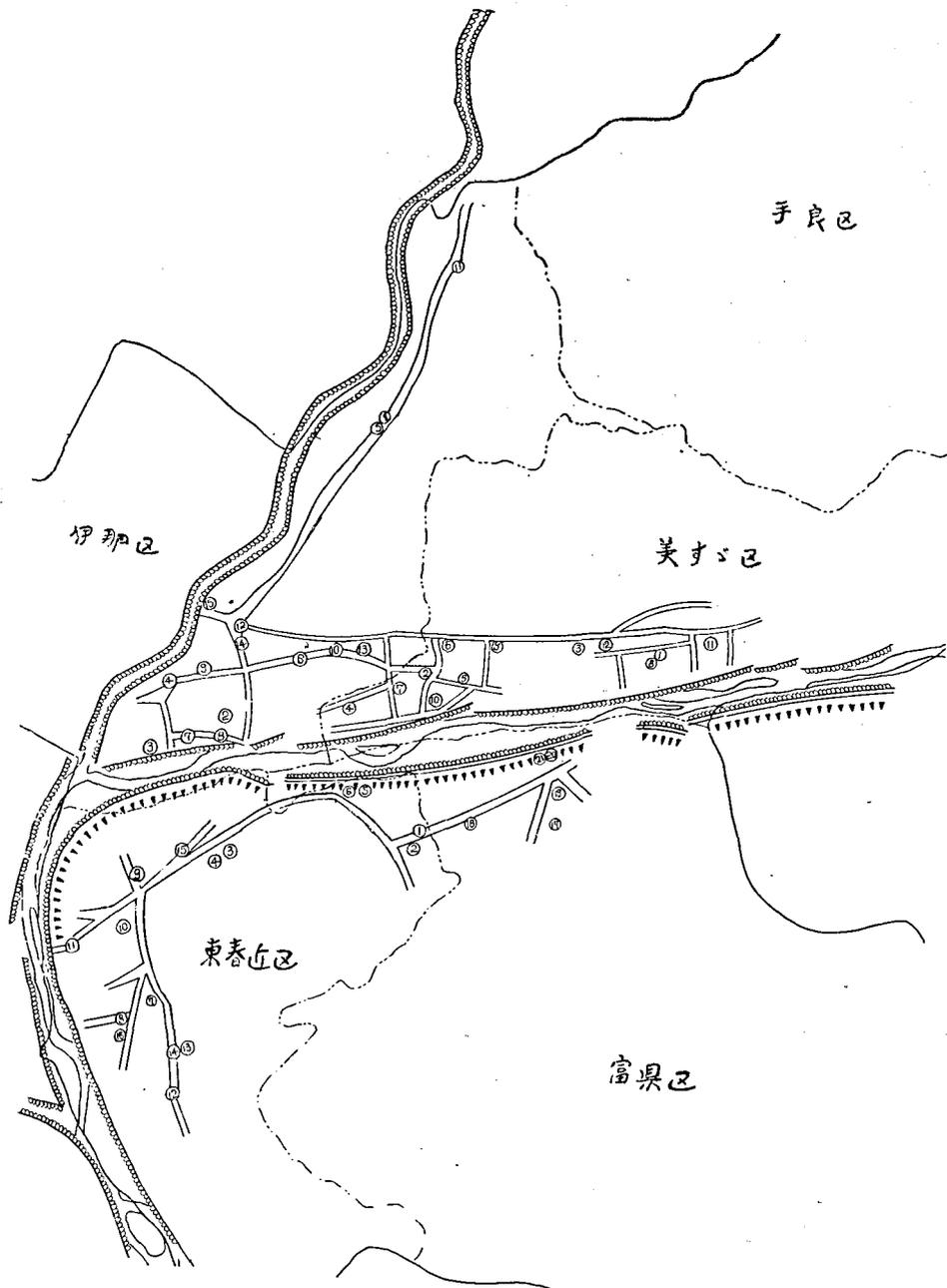
その他此の地域では現在土水路の状態である用水路を將來コンクリート水路とする事が計画されてい

るので現在は土水路より滲透して地下水となつている水も将来は水路より滲透がなくなり地下水に及ぼす影響も考えられるので土水路中の水の損失状況を実在の土水路について調査研究した。

尙又穂積村スバリ川周辺に於ける地下水の究明を行う方法としては第一に現地踏査を行い現状を充分把握し、又過去の関係資料を調査し、第二に現地の土壌を採取し実験室内に於て実験を行つて地下水位低下の原因の追究を行つた。

第二章 三峯川沿岸地下水

第1図 三峯川沿岸地下水調査地点



1. 調査地現況

(1) 地域及び地勢、地質、土質

調査地域は、第1図に示す様に伊那市主として東春近・富県・美篁・伊那部区の中三峰川沿岸地域及び天龍川東岸地域に重点を置いて調査した。

調査地域の標高は東春近区で610m前後以上、伊那部・美篁区で650m前後以上を示し、東春近地区南部より北及び東に向つて次第に標高が高くなり、且つ段丘状をなして高くなつている。又三峰川右岸地区に於ては大きく分けて三段丘状に段丘をなし第一段丘（上段：六道原から伊那公園附近まで）第二段丘（中段：伊那市街地古町から下段に至る県道南側三峰川に至る間）第三段丘（下段：現河床）に区別される。

第一段丘は表土にロームが3~5mの厚さに覆はれ、その下部は洪積世時代に形成された砂礫及び粘土質物であり、可成り不透水の処があるも完全なる粘土はない。洪積世時代の成立であるが、未だ固結岩に至つたものはなく半固結に至りつゝある。第二段丘との高低差は30~40m位で崖状部に於て不透水層によつて滲透水の湧出を各所に見る。褶曲傾動せる所はなく殆んど水平堆積層の儘である。

第二段丘は洪積層の堆積層が剝削された処に再び河床砂礫が堆積したもので、新しい砂礫の堆積は処に依つて異なるが伊那部地籍に於ては8m位である。新堆積砂礫は現河床砂礫に比較すれば酸化砂によつて茶褐色となつているが圧密状態は低く透水層であつて不透水層の部分はなく降雨及び田園等の地上水は大部分滲透して下部洪積層によつてさえぎられ伏流水となつている。

第三段丘は現河床砂礫であり第二段丘堆積層を經つて直接洪積層に接していると思はれる。現河床砂礫の厚さは処によつて異つているが5~8m位である。

先に三峰川開発事務所で行つた伊那部地籍上農高校庭井の試錐の結果を見ると地下滞水部分は9~13mの部分と24m以下の部分の2ヶ所にあり、上部滞水部分は自由水であるが、下部の滞水層は被圧水で水位は上部地下水層を貫き地表下8.8mに達する。又この地下水層は相当厚く下部になるに従いその量も多いものと思われ、且つ此の地点の地質状況は沖積層は転石混りの砂礫で8m、その下部洪積層は礫多く圧密状態の悪い部分が9~13m（上部滞水層）で、此の部分の水位は地表下9.2mである。更にその下部は圧密良好なる粘土質で処々砂及び転石混りの砂礫があり、不透水層を形成し（地下13~24m）24m以下は砂礫層で圧密状態は悪く、下部地下滞水層をなしている。

土質としては代表的に上部段丘地域の美篁区大字末広六道原中部実験農場（標高720m）中部段丘地域の美篁区4097番地及び東春近区大字原新田 貝沼原（標高690m）の三地点の物理的土性を示すと第1表の如し。尙比較の爲行つた信州大学農学部附近土壤の分析結果は第1表(iv)に示す通りである。

第1表 土 壤 分 析 結 果

(i) 美篁村大字末広六道原中部実験農場（標高720m）

物 理 的 性 質

圃場区分	深 度 cm	土 性	色	仮 比 重	真 比 重	孔 隙 率	最 大 容 水 量
A 区	0~10	腐植に富む 埴壤土	茶	0.7583	2.8110	73.2%	109.1
	10~30	全 上	黒	0.7247	2.7693	70.9	137.7
B 区	0~20	全 上	茶	0.7462	2.7873	73.2%	119.1
	20~30	埴 土	赤	0.7238	2.7732	73.9	118.4

機械的組成

圃場区分	深 度 cm	礫	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	腐植質	土 性
A 区	0~10	0.75%	3.8%	16.1%	34.2%	40.9%	5.2%	腐植に富む 埴壤土
	10~30	0.91	8.4	15.0	30.7	39.3	5.7	全 上
B 区	0~20	0.6	6.4	22.5	21.3	42.7	6.5	全 上
	20~30	0.75	7.1	14.1	19.8	56.8	1.4	埴 土

(ii) 東春近区大字原新田 貝沼原 (標高690m)

物理的性質

深 度 cm	土 性	色	仮 比 重	真 比 重	孔 隙 率	圃場容水量	最大容水量
0~15	埴 土	黒	0.7152	2.5110	71.52%	70.4	112.1
15~30	全 上	茶	0.7550	2.7390	72.44	68.1	112.1

機械的組成

深 度 cm	礫	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	土 性
0~15	0.96%	2.4%	7.8%	25.4%	62.9%	埴 土
15~30	1.2	6.8	17.2	16.9	58.0	全 上

(iii) 美篤区4,097番地地点

物理的性質

深 度	仮 比 重	真 比 重	孔 隙 率 %	土 性
0~10	0.96	2.1	54.68	壤 土
10~30	0.98	1.9	48.80	全 上
30~50	0.96	2.0	51.29	全 上

機械的組成

深 度 cm	礫	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	土 性
0~10	2.65%	8.62%	34.18%	21.18%	33.37%	壤 土
		8.85※	35.11※	21.76※	34.28※	
10~30	6.48%	10.57	39.04	18.52	25.39	全 上
		11.30※	41.74※	19.81※	27.15※	
30~50	17.53%	8.91	28.97	15.70	28.89	全 上
		10.81※	35.12※	19.04※	35.03※	

下部※の数字は細土中の%

滲透係数

深度 cm	含水比	含水比平均	滲透係数	滲透係数平均
0~10	1.70	} 1.80	0.00049395	} 0.00039437
	1.90		0.00029479	
10~30	1.74	} 1.81	0.00029479	} 0.00032071
	1.88		0.00025777	
30~50	1.91	1.91	0.00051554	0.00051554

(iv) 上伊那郡南箕輪村信大農学部附近土壌

物理的性質

深度 cm	真比重	仮比重	孔隙率 %
30~50	2.586	0.714	68.47

機械的組成

深度 cm	礫	粗砂	細砂	微砂	粘土	土性
30~50	2.2%	1.5%	1.1%	33.9%	63.5%	細植

之より見ると土壌の物理的性質では美篔区六道原，東春近区貝沼原，大学農学部附近の土壌は相当似ているが美篔区 4097 番地地点の土壌は粘土少なく砂分の多い土壌である。

(2) 一般的気象

地下水と最も関係の深い一般的気象としては降雨であるが，それ以外にも蒸発量，温度も地下水と関係がある。今信大農学部に於て昭和25年1月より昭和30年9月迄に観測せる月別降雨量，蒸発量，温度を示せば第2表の如くである。

第2表 気象月別記録（降雨量蒸発量平均気温） 信大農学部

年	項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
(昭和) 25	降雨量 mm	245.05	196.8	273.4	269.2	340.7	1202.7	164.2	265.9	206.3	277.1	282.8	238.5	3,962.65
	蒸発量 mm				234.0	260.5	158.5	242.0	293.05	159.4	120.9	101.2	69.2	
	平均気温 °C	1.2	1.6	5.1	13.1	18.3	19.6	25.3	25.6	22.2	14.8	11.1	0.8	
26	降雨量	170.0	143.1	220.1	253.9	78.0	224.1	397.3	139.7	167.3	149.3	341.2	134.6	2,418.6
	蒸発量	81.8	130.0	178.3	236.0	345.5	307.4	233.6	284.0	192.3	164.6	119.7	110.7	
	平均気温	-0.9	0.5	5.0	10.1	16.8	19.0	22.9	26.4	18.8	16.2	9.0	3.6	
27	降雨量	131.0	3.9	60.7	168.5	193.5	402.5	579.7	112.2	568.2	145.8	193.7	64.3	2,624.0
	蒸発量	75.5	37.5	124.8	212.3	334.5	234.1	188.3	296.9	568.2	145.8	117.7	94.5	
	平均気温	0.3	-1.0	4.3	19.6	16.0	19.0	23.0	26.3	21.0	14.9	9.7	2.7	
28	降雨量	82.5	157.0	396.8	107.0	78.5	341.6	437.0	274.9	198.6	89.5	59.0	67.3	2,256.0
	蒸発量	116.6	144.2	200.1	362.6	288.5	90.2	234.5	100.6	87.5	73.1	56.9	49.8	
	平均気温	-0.7	0.3	3.9	8.0	14.5	15.6	21.6	22.2	19.7	13.7	6.2	2.5	

29	降雨量	81.5	74.2	82.8	154.6	160.2	276.7	165.2	117.9	246.3	79.8	78.1	46.2	1,563.4
	蒸発量	35.7	66.1	90.4	119.0	136.4	96.9	113.0	126.7	71.2	51.8	43.5	45.1	
	平均気温	-0.9	-0.0	3.5	10.9	13.9	16.8	21.6	24.7	20.5	11.6	6.9	2.0	
30	降雨量	59.7	77.9	184.2	131.0	149.2	135.0	172.7	150.4	244.8				
	蒸発量	42.9	53.6	60.0	109.0	102.2	98.3	129.3	144.9	94.3				
	平均気温	-1.7	1.4	4.1	10.1	13.7	19.7	23.9	23.9	20.0				

之を見ても明瞭の様に降雨量は年によつて非常に多量な時があり此の様な年は地下水量も豊富になると思はれる。即ち降雨は蒸発するのを除けば他は地表流去、滲透、保留の何れかとなり、何れも地下水と深い関係を有す但し第2表の記録は信大農学部に於ける降雨量であるから他の地域の降雨量は之と必ずしも一致せず異つた値を示す。之については北大菅谷氏等の研究もあり、伊那谷については海拔高さと積算降雨量との関係は第2図の様になる事を示している。

又降雨の型によつても海拔高さにより降雨量が異なる事を説明しA型……地型性分布型、B型……一様式分布型、C型……散乱性分布型の夫々の降雨状況を第3図の様にしてある。

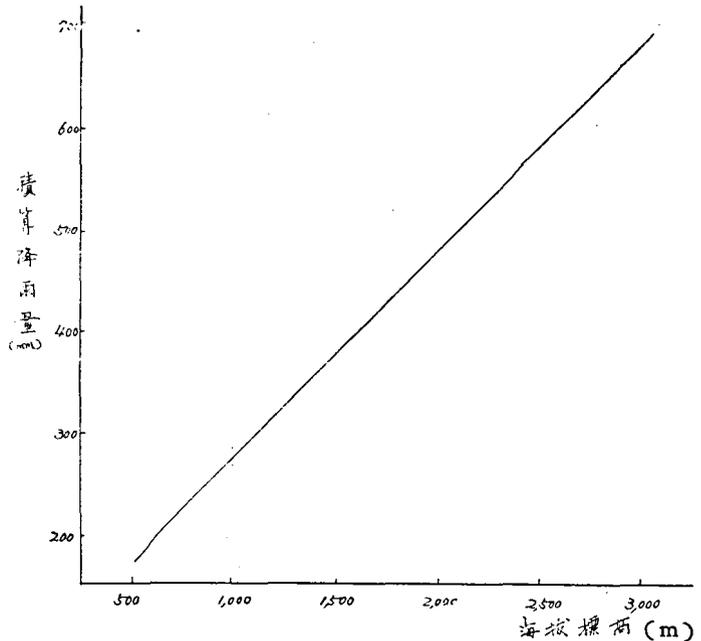
従つて本地域の地下水調査についても沢山な降雨量観測地点について観測値を得なければならぬが、此処では信大農学部の観測値及び伊那建設事務所の観測値を中心とし、他の観測値は参考とした。

尙昭和28年4月～29年7月の伊那建設事務所に於ける日降雨量は第3表の如くである。

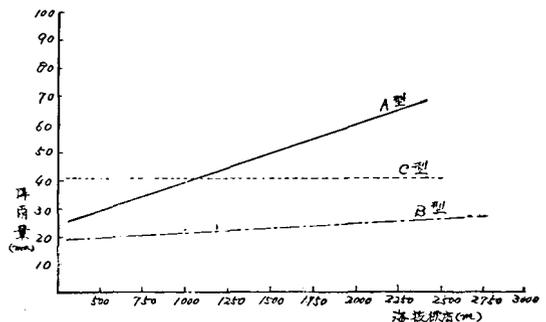
又第2表に示してある蒸発量は金属蒸発計よりの蒸発量である為地表面或ひは植物体面よりの蒸発量とは大いに異り、この値をそのまま使用してはならぬが月別変化状況等は之等の値より知る事が出来る。

平均気温について12・1・2・3月には攝氏零度以下になる事が度々あり、従つて地表面も凍結し、地下水に影響を与へる。併し地温は必ずしも気温と一致せず、特に地中深くなれば冬期の寒い時期でも可成り高温を保ち、或一定の深さになると年中殆んど地温変化の無い地点があるから地温の地下水に対する大きな影響はそれ以上の地層について行はれる事に注意しなければならない。

第2図 海拔高さと積算降雨量との関係



第3図 海拔高さと一統きの雨の量との関係



第3表 雨量

月 日	28年												29年				
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
1		29.0	56.4	1.0		3.2	6.0	0.7							4.3	12.8	
2	0.4		19.8	0.2		28.0	27.0	0.0				20.0	0.4		10.0		
3	0.8		4.4	16.2				0.8				2.3			17.3	1.2	
4	7.5	0.5		49.3	0.8	22.0			26.3					12.0			
5	6.0		29.0	1.9		27.0			6.8	13.0		3.2				7.2	
6		0.6	54.0	7.5									12.0		10.0	19.4	
7	15.0		8.8	28.5	4.8	1.0							4.0		48.6	0.8	
8		10.0	87.7	34.3	1.3	1.0						0.6		12.0	1.3		
9		0.6	14.8	26.5	39.0			2.0								22.0	
10				0.4			33.3	1.7	14.5					31.2		0.5	
11	7.4			14.5				6.9				0.3			7.2		
12						2.1											
13		6.5				3.0					35.0	28.0	14.5				
14		0.8	4.5		30.2	18.0		0.4				1.0	26.5			9.7	
15		0.9			46.0							5.0					
16					14.8	5.0								31.5	14.8	36.0	
17			1.4	1.8		1.0		1.9			20.4			1.8			
18			17.8	44.8		6.0				18.2			8.0		1.9		
19		0.8	1.2	14.2		13.4		1.6					39.5	49.7			
20		0.2		62.8											21.0	24.5	
21			15.8	31.6						6.8					4.5		
22			7.9	0.5				2.3	16.5								
23		3.2	6.8	53.2										64.7	36.6		
24		66.5	13.2	29.0		12.0	0.3								1.8		
25		0.1	5.8		2.9	13.0				28.0							
26		0.5	9.2		47.3	35.0									24.3		
27			18.1		13.2						1.6				10.2		
28			5.6		32.3			0.5			26.5		5.0	0.6	3.0	2.2	
29		0.4	23.8	11.0	0.4			18.0				15.0			4.3	2.7	
30	5.3	5.6	5.8	4.0		25.4							15.3		12.3	13.8	
31														4.2			
計	42.4	126.2	461.8	433.2	233.0	216.1	87.4	24.0	64.1	66.0	89.1	71.4	125.2	107.7	235.2	153.3	

2. 地下水位変化

本研究は地下水位の変化状況を年間を通じ或ひは月毎に或ひは日毎に又時間毎に充分観察する事により地下水と降雨量の関係、地下水と河川水位との関係等を研究せんとするもので、三峰川総合開発事務所、伊那建設事務所、建設省赤穂事務所、建設省美和工事事務所、信大農学部等にある地下水資料と河川資料・気象資料等を分析し、又現地に自記水位計を設置し研究を進めた。

(1) 年変化

地下水位変化については伊那部地区では昭和28年5月～29年5月、美郷地区では昭和28年7月～29年7月の夫々一年間、東春近地区（富県区を含む）では昭和28年6月～11月の6ヶ月間の記録があるが、年変化について見ると伊那部地区、美郷地区とも地下水位の最も上昇するのは6・7月の豊水期で、

それ以後は地下水位は多少の上下はあるが全般的に次第に下降し1・2月の渇水期に最も低くなる。年較差を見ると平均的に伊那部地区の方が美郷地区よりも較差が大で、伊那部地区では年較差6m以上にもなる井戸が所々ある。(第4表参照)

第4表 地下水位較差表 (年及6ヶ月)

年較差		年較差		6ヶ月間較差		6ヶ月間較差	
伊那部		美郷		東春近		東春近	
No.4	2.39m	No.1	2.17m	No.1	6.00m	No.18	2.30m
2	3.90	2	1.02	2	5.24	19	0.80
3	3.70	3	2.81	3	0.89	20	2.19
4	4.46	4	2.40	4	1.91	21	1.28
5	2.68	5	2.10	5	5.88		
6	6.64	6	1.58	6	7.25		
7	3.45	7	2.01	7	2.79		
8	3.89	8	2.50	8	1.64		
9	4.81	9	1.60	9	2.50		
10	6.49	10	1.19	10	3.43		
11	6.20	11	2.42	11	1.77		
12	7.06	12	3.01	12	1.90		
13	7.50			13	2.53		
14	5.61			14	4.16		
15	4.22			15	1.12		
				16	0.21		
				17	2.40		

而し之等地下水位年変化を河川水位変化と比較する為三峰川筋高遠地点、天龍川筋桜橋・沢渡地点の河川水位を取つて見ると年較差は昭和28年4月～昭和29年7月に於て地下水の方が一般的に大である。(第5表参照) 之は河川の形状にもよるが渇水期である1・2月頃に於て地温が下り土壤が

凍結し地下水に対する水の補給が断たれるのが大きな原因と思われる。而して河川には渇水期にも基底流量は常に流れており、その河床の下は凍結せず従つて河川と連通しておる地下水は渇水期にも水が補給され年較差は小となる訳である。

(2) 月別変化

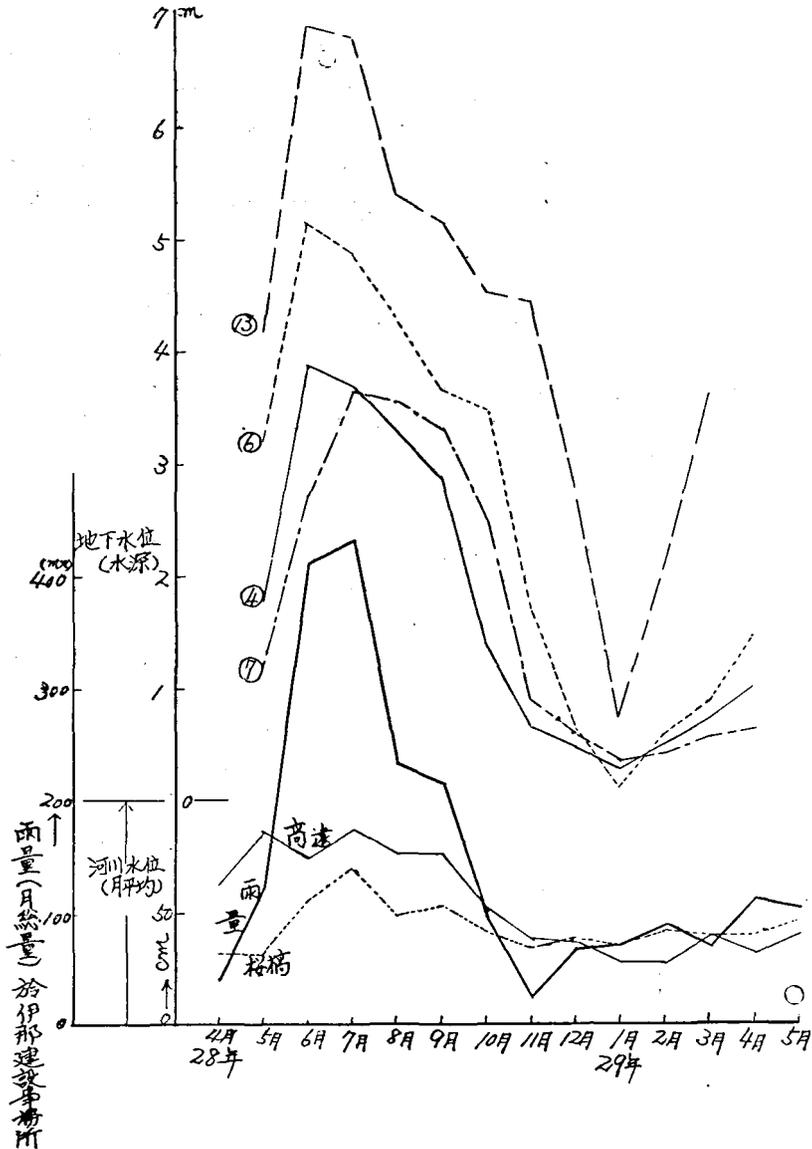
第1図に示してある伊那部地区井戸④⑥⑦⑬の月別地下水位(水深)と月別降雨量、三峰川筋高遠月平均水位、天龍川筋桜橋月平均水位との比較を示したものが第4図である。之で明らかな様に5月から11月に至る間は雨量と地下水位との関係は殆んど相似的に変化している。尙12・1・2月は前述の様に地温が低下する為必ずしも降雨量と地下水位とは相似的關係にない。此処で注目し値するのは⑬⑥の井戸は④⑧の井戸に比して年較差が大であり且つ⑬⑥は渇水期に極端に水位が下る。之は他よりの補給が渇水期に少ない為と思われる。

第5表 河川水位年較差

自昭和28年4月至昭和29年7月

三峰川筋高遠	天龍川筋桜橋	天龍川筋沢渡
1.36m	1.11m	1.65m

第4図 伊那部地区地下水位月別変化



次に第1図に示す美濃地区井戸①③④⑥⑩⑪の月別水位変化と月別降雨量、三峰川筋高遠月別平均水位との関係を示したのが第5図であり、第1図に示す東春近地区井戸②④⑨⑪⑬⑰⑱の月別地下水位と月別降雨量、高遠水位、桜橋水位、天龍川筋沢渡水位との関係を示したのが第6図である。第7図①⑩⑮の河川、河床図面及び井戸標高と地下水位月別変化より求めたのが第8図①⑩⑮で東春近地区、伊那部地区の地表標高と月別地下水位との関係を示している。之で見ると東春近地区では⑨⑪⑬⑰⑱の天龍川沿ひ井戸の方が②④③⑥⑤⑮⑱の三峰川沿ひ井戸よりも地下水が地表面近くまであり且つ6月と11月の較差が小である。又伊那部地区の天龍川沿ひ⑦④⑬⑤①の井戸の方が三峰川沿ひ④⑨⑥⑩⑬の井戸よりも地表面近くに地下水位があり且つ28年6月と29年11月との較差が小である事は何れも河川水が地下水に影響を与へる事が大きな原因と思はれる。その他地下水位較差に影響を与へる因子については今後充分研究せねばならぬ。

(3) 日別変化

第9及び10図は伊那部、美篁地区の地下水日変化と雨量・河川水位との関係を6月（伊那部は昭和28年、美篁は昭和29年）及び1月（伊那部美篁ともに昭和29年）を例にとって示したもので1月よりも6月の方が降雨量に対する地下水の感度が大である。勿論6月の場合もその時の土地の乾湿状況、降雨量の大小によつてその感度を異にする。同様にして東春近地区に於ける地下水日別変化と雨量河川水位との関係を示したものが第11図である。但しこの場合は昭和28年7月及び10月を例として取つた。

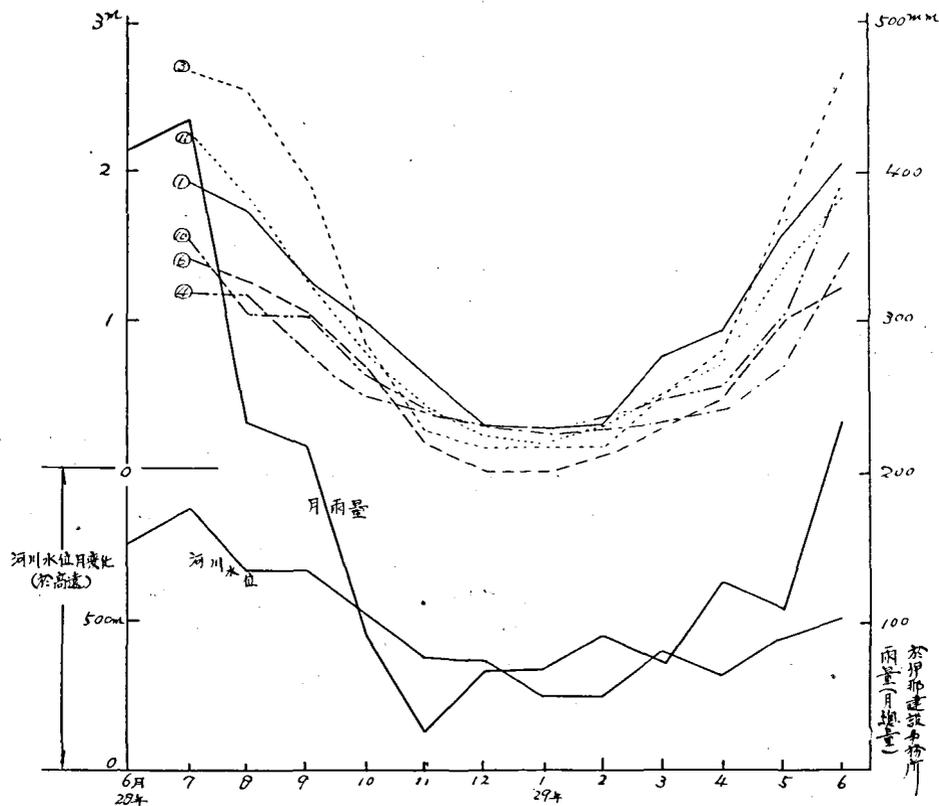
(4) 時間的变化

第12図は地下水位時間変化曲線で美篁区4097番地井戸に於て昭和30年8月12日より10月5日までの観測せるもので特に8・9月の中旬は降雨量が少なかつた為地下水位は9月24日に74cm（水深）まで下降したが、同月27・8日兩日の降雨の為急に上昇し29日には137cmに達した。その較差は $137-74=64\text{cm}$ である。尙降雨終止後地下水位が最高になる迄に要した時間は28時間である。

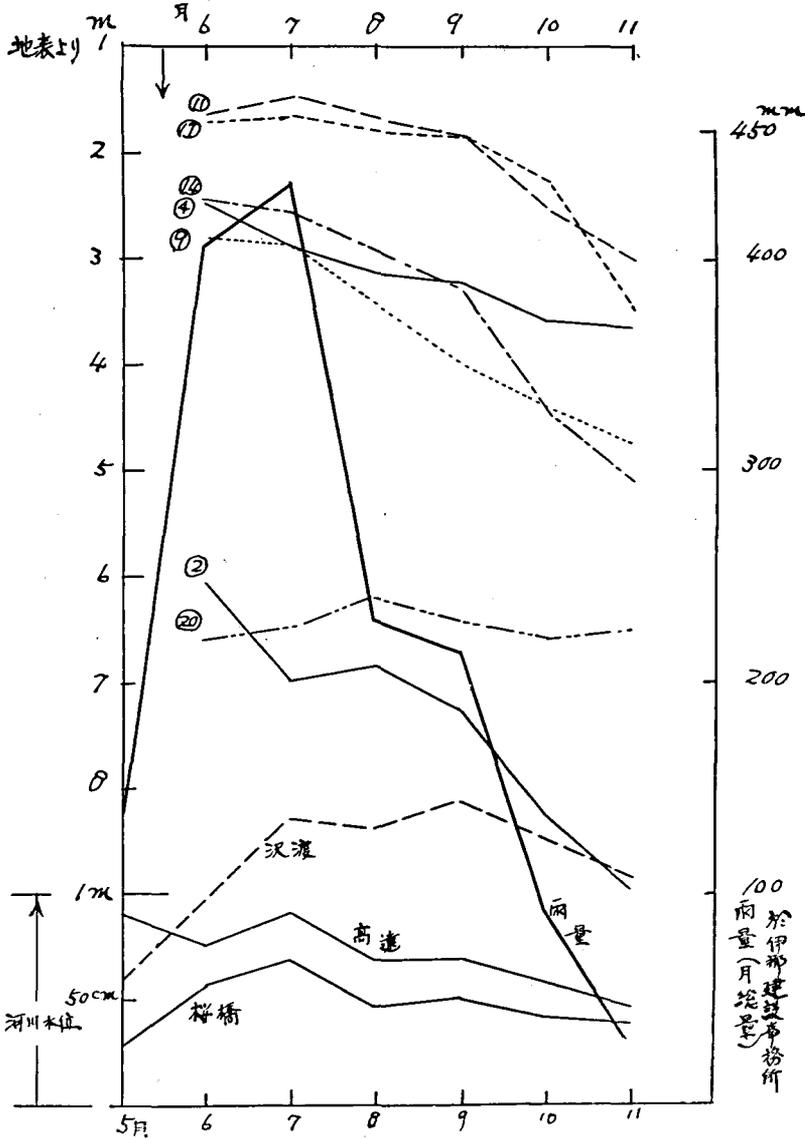
3. Radio-Isotope P^{32} による滲透実験

地下水の滲透を追跡する為 Radio-Isotope を Tracer として使用した。先づ伊那部地区上農高校庭土壌を第13図の如きガラス円筒になるべく自然状態に近似せしめてつめ、上部より P^{32} 昭和30年10月18日大学に到着せる P^{32} 5mc を 6.75% (1.912N) HCl 10cc にて稀釈し、その中 1.1cc をとり HCl 22cc で稀釈し更にその中 4cc を取りそれに水 496cc を加え全溶液を 500cc とした..... を加えた。

第5図 美篁地区地下水位月別変化



第6図 東春近地下水位（地表～水面）月別変化



その場合ガラス円筒の断面積は $A = \pi r^2 = 88.2 \text{ cm}^2$ 。

従つて溶液88.2ccを表面に加える時は地表面に10mmの降雨のあつた場合となる。其処で先づ88.2ccを上部より静かに入れ、土壤面上1.5cmにて測定せる時に2720count（科研式2S-P1型）を示した。10分後に土壤取出口より土壤を取出して測定すると②の位置で114count 15分後に①の位置で114countを示した。其処で更に20分後に88.2ccを加え測定を続けた結果第6表の如くなつた。

之で明らかな事は P^{32} の極少量が水と一緒に移動している事である。又 P^{32} の大部分は土壤中に附着し、特に土壤最上部に残つている。従つて P^{32} よりも更に水によく溶け且つ土壤表面に附着しない Radio-Isotope を使用する事が望ましい。

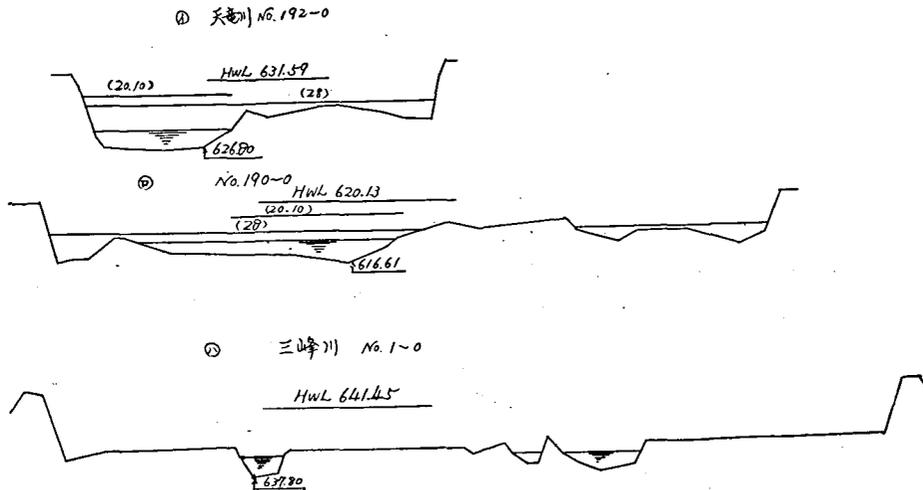
第6表 P³² に依る滲透実験 (カウント数)

測定 開始 88.2cc を 加 えた。

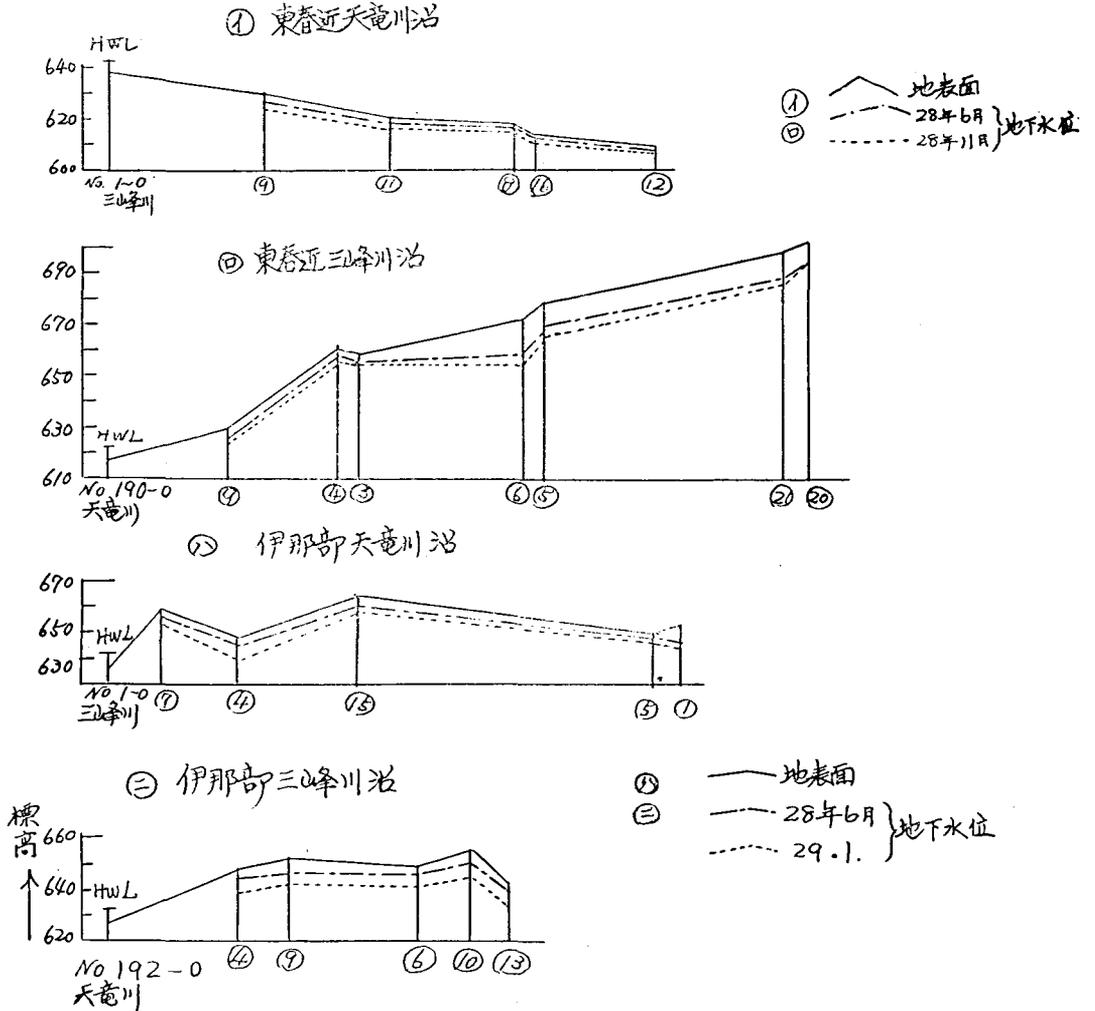
位置番号	①	②	③	④	⑤
	5 cm	15 cm	25cm	25 cm	45 cm
10 分 後		114			
15 分 "	114		34	34	34
20 分 "	———	88.2cc を	加 へ た	———	
30 分 "	114				
40 分 "	114				
1 時間40分 "	104	82	76	74	62
1 時間53分 "	———	88.2cc を	加 へ た	———	
2 時間13分 "	———	88.2cc を	加 へ た	———	
" 33分 "	106	72	62	52	60
" 55分 "	———	88.2cc を	加 へ た	———	
3 時間10分 "	ガラス円筒	下より水が流	出し始めた。	流出せる水	80 カウン ト
" 40分 "	74	70	60	60	56
16時間55分 "	———	165 cc の 水	が円筒下より	流出せり	
23時間55分 "	66	64	62	62	54

最上部土壌 2,700 カウン ト
 最下部土壌 32 カウン ト
 水 40 カウン ト

第7図 河 床 図



第8図 調査地点横断面図



尚この場合は 50mm の降水があつた事になるが、その中滲透水として地下に流去せるものは

$$\frac{165}{88.2 \times 5} \times 100 = 37.4\%$$

(但し降雨後16時間55分中)である。

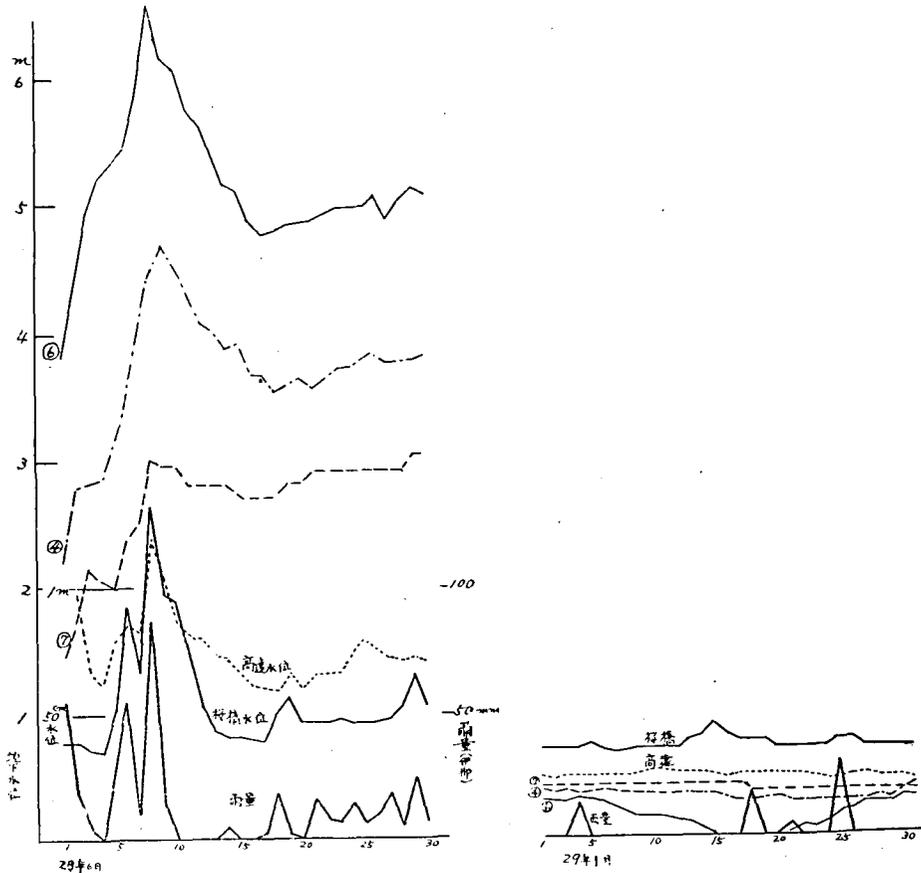
4. 地下水湧出量と土水路中の損失

大学構内に地下水の湧出せる横穴があるので之について三角堰を設けて流量を測定し、降雨と地下水湧出量との関係を研究した。又その水は第14図に示す様な土水路を通つて流下するので途中矩形堰を設けて土水路中の水の損失を研究した。第7表で明らかな様に昭和30年8月及び9月初旬は晴天が続いた為、地下水湧出量は甚だ少なく9月10日に僅かに 80.9 cm³/sec であり、その後暫くは降雨があつてもそれ程増加せず、降雨は乾燥せる土壤を湿す役目に主として使はれているが、9月下旬及び10月に入つてからの連続降雨によつて急激に湧出量は増大し、10月30日には12,199.7 cm³/sec で実に9月10日頃の約150倍の湧出量を見る様になつた。

第7表 地下水湧出量と降雨量との関係

月日	降雨量 mm	湧出量 cm ³ /sec	月日	降雨量 mm	湧出量 cm ³ /sec
9.10		80.9	10.18		1,518.6
11		80.9	19	3.5	1,518.6
12	0.6	80.9	20	3.4	1,827.4
13	0.5	141.3	21	46.5	2,357.5
14	13.4	80.9	22		3,426.3
15	24.8	327.8	23		4,458.4
16	3.1	457.6	24		3,922.6
17	6.8	614.3	25		3,922.6
18		457.6	26	19.4	3,426.3
19		327.8	27	6.7	3,193.7
20	0.0	222.9	28	0.3	2,969.5
21		327.8	29	59.5	8,530.8
			30		12,199.7
			31	0.1	12,199.7

第9図 伊那部地区日変化図



又10月31日に三角堰より231.9m下流の地点に於て実測せる流量は3410.6cm³/sec, 314.9m下流の地点に於て実測せる流量は687.2cm³/secが夫々三角堰の処の流量(12,199.7cm³/sec)に対し1/3.5, 1/17.8に減じている。之は土水路側壁より滲透した水も多いが、又土龍穴等より流亡してしまつた水も多いと思はれる故土水路の維持には充分注意しなければならぬ。

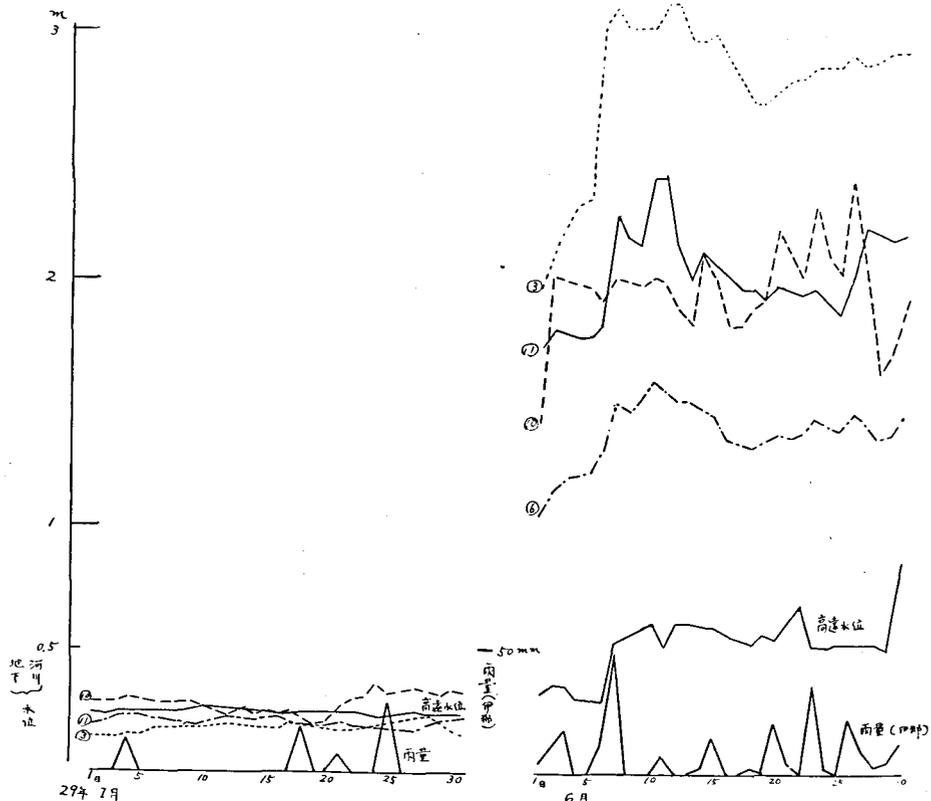
此の様に土水路の中には水の滲透大なるものもあり、その様な土水路をコンクリート水路に変更する時は地下水に対しても可なりの影響有りと思はれる。

第三章 南佐久郡穂積村東馬流地区地下水

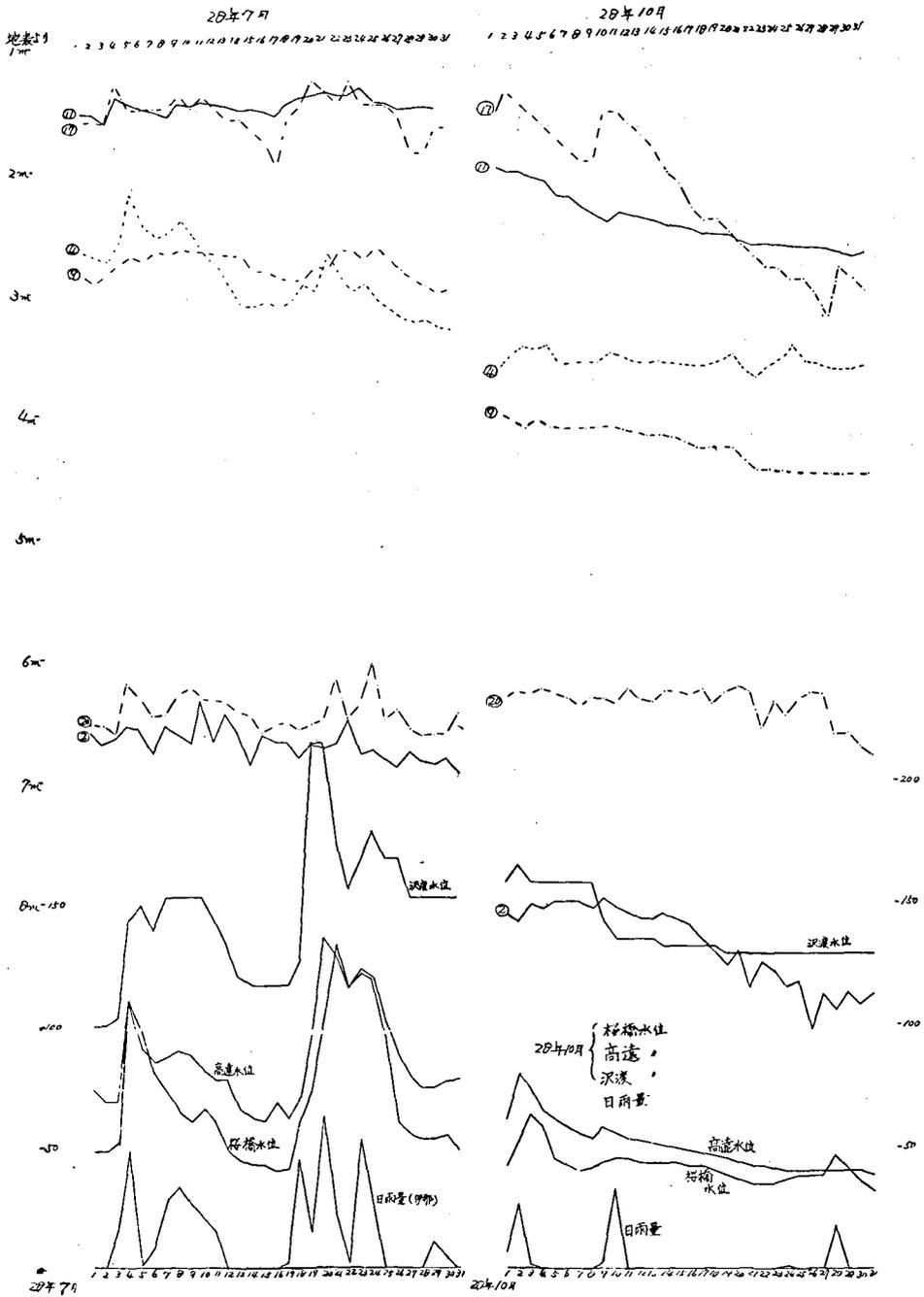
1. 調査地現況

第2の地下水研究の地である長野県南佐久郡穂積村東馬流は隣村の小海村より流れ來たるスバリ川が千曲川に注ぐ地点に在り、(第15図参照)、その地点に存在する集水井(○印)は東馬流部落の約120戸に給水する上水道の水源を成すものであつて、その集水井の横断面図を示せば第16図の如くである。尙集水井附近は兩岸の岩石が迫り横方向よりする地下水の流入はほとんど考へられない地形であり縦方向即ちスバリ川上流方向よりの地下水流入が主と考へられる。又此のスバリ川沿岸の岩石は集水井附近に於ては火成岩であるが、それより稍々上流に行くと水成岩の部分もあり、地質的に見て相当複雑な地形である。上流部に於て治山工事を行つた切土は所々赤く河床に沈下し、浚渫せる地域は除去せられてゐる部分もある。現地調査当日(31年1月7日)の河川流量は相当あつたが、過去の流量記録がない為過去との比較検討は出来得なかつた。

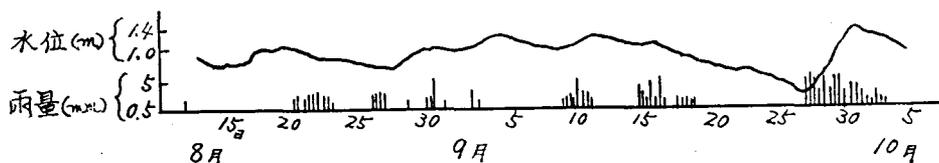
第10図 美 簾 地 区 日 変 化



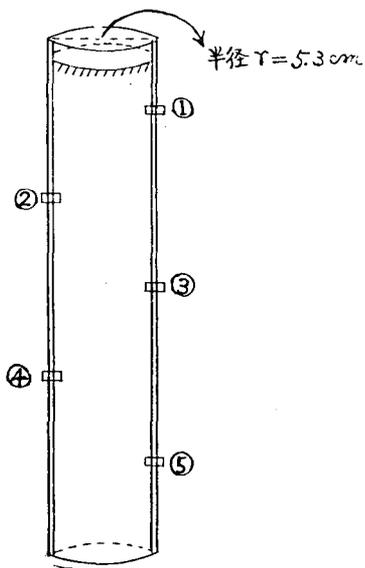
第11图 東春近地下水位(地表-水面)日变化



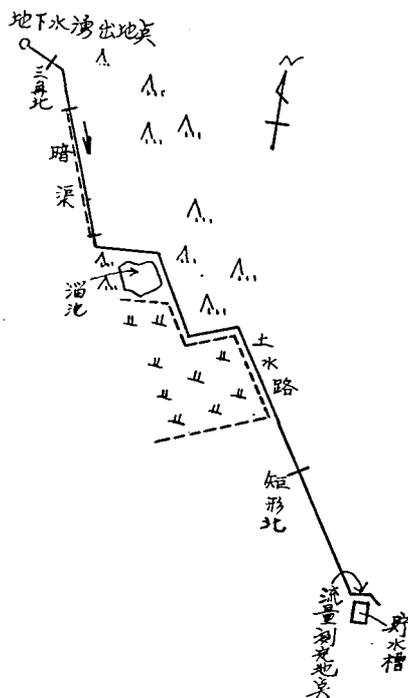
第12図 地下水の時間変化曲線



第13図 Radio-Isotope (P^{32}) による滲透実験用ガラス筒 (縮尺 1/5)



第14図 地下水導水路平面図



2. 室内実験

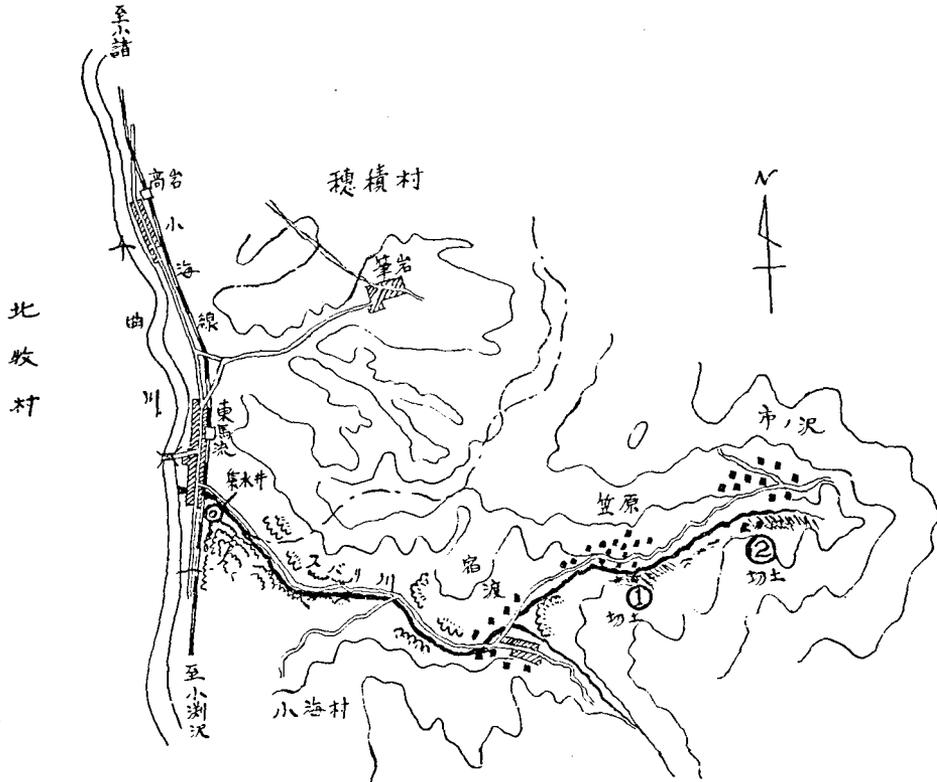
現地土壌を4地点から採取した。即ち河床土、流下土(赤土)、切土①、切土②でその中流下土とは切土が流下して河床に沈澱した土であり、切土①は治山工事の行われた下流部の土であり、切土②は治山工事上流部地点の土である。今夫々の4種の土についての土壌分析の結果を示せば第8表の如くである。

第8表 土壌分析 (Fine Soil 中の%)

Sample	Sand			Clay	Class name	備考 (Soil 中の gravel の含量)	真比重
	Coarse	Fine	Silt				
河床土	85.43%	11.39%	0.44%	2.74%	砂土	(74.49) 角礫土	2.52
赤土	0.22	9.86	42.48	47.44	細植壤土		2.51
切土①	6.16	32.80	16.62	41.42	細植壤土	(7.52) 礫を含む	2.69
切土②	6.74	26.04	18.55	48.69	細植壤土	(11.48) 礫に富む	2.47

之で明らかな様に河床土は角礫 74.49%と云ふ角礫土であり水の滲透は頗る良好な土である。又切土①及び②共夫々 7.52%, 11.48%と可成りの量の礫を含むが、之が河床に入り流下する間に礫は上流部に沈下し、下流に流下する部分は礫の全然ない大部分微砂と粘土で占められた土で、之が河床面を覆っている訳である。

第15図 現場附近略図

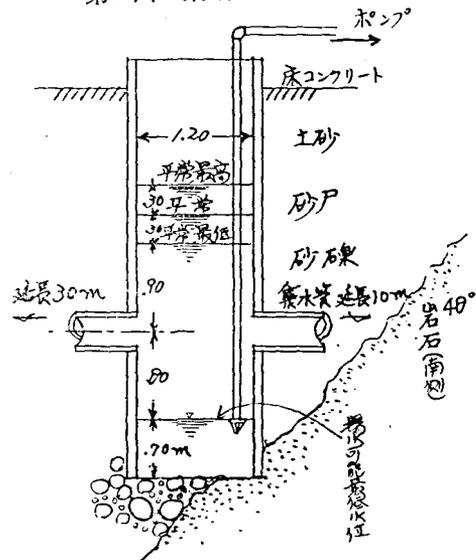


次に第17図の如き、装置を作りガラス円筒に河床砂礫層を 30cm つめ、その上に水を入れて水深 4cm に保たしめる時は水の滲透量は水深に換算して 0.28 mm/sec と云ふ非常な多量である。

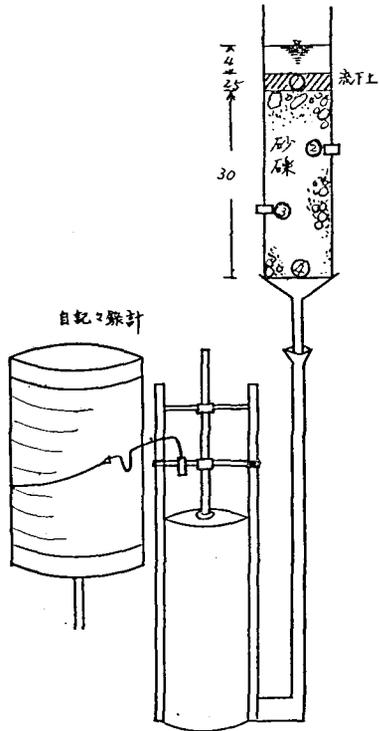
次に第17図砂礫層上部に流下土(赤土)を 2cm の厚さに覆ひ水深を 16cm にする時の滲透量は急激に低下し、その滲透量を自記々録計で測定すると、水深に換算して 0.0000875mm/sec となり、流下土層 3cm にする時の滲透量は 0.0000585mm/sec で、又流下土層 4cm にする時は滲透量 0.0000477mm/sec となる。

流下土層各厚さに於ける滲透量の時間的变化を示せば第18図の如くである。

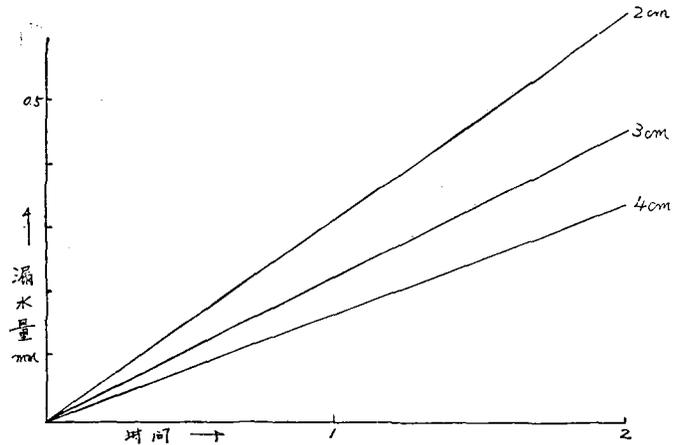
第16図 集水井断面図



第17図 自記記録計を用いた滲透実験図



第18図 漏水量 - 時間関係図



従つて流下土層 4cm に於ける滲透量は流下土層の無い時の約 $1/6000$ となり明瞭に流下土層が河床滲透面を覆ひ水の滲透を阻止している事が分る。

次に此の流下土層を除去して河床砂礫面を出し、水深を 4cm にすると再び水は滲透を開始し、滲透量は急激に上昇して 0.25mm/sec となる。此れからも流下土が如何に水の滲透を阻止しているか々明瞭である。

Radio-Isotope P^{32} を使用せる実験は第17図に示す様に流下土 2.5cm の状態に於て P^{32} を投入した訳であるが〔此の投入 P^{32} (HCl 溶液) は 2,680count のものである〕投入後59分後に①②③④の4地点の土壤を採取し、2進式放射能計数器で測定せる結果は

- | | | |
|---|-------|-------|
| ① | 5 4 1 | count |
| ② | 3 2 | |
| ③ | 3 2 | |
| ④ | 3 2 | |

で P^{32} は表土より移動していない事が明らかである。

3. 降雨量

北牧, 白田, 大沢の各観測所に於ける月別降雨量は第9表の如し。

之で見ると昭和30年12月の降雨量は他に比して少量であり、従つてこの河川流域もやはり相当少量の降雨量しかなかつたと考へられる。故に降雨量の少い事がある程度地下水位低下に影響を与へていると思はれる。

第9表 降水量年別月別一覽表 ()印は積雪量

場所別	年別	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	計
北 牧 観 測 所	25	35.70 (1.70)	43.90 (31.20)	55.80 (6.70)	118.10 (0.10)	103.02	395.40	93.00	242.00	35.67	129.01	66.80	57.60	1,376.00 (39.70)
	26	25.30	78.10	102.30	131.60	63.00	114.40	206.80	55.90	93.50	41.40	69.70	38.90	1,020.90
	27	50.70	58.20	118.40	119.50	64.00	175.00	168.00	90.10	129.60	81.50	62.50	15.30	1,132.80
	28	25.20 (54.70)	52.80 (18.50)	128.60 (30.50)	29.60	108.60	107.90	170.60	40.00	120.00	69.90	10.50	35.60 (12.20)	899.30 (115.90)
	29	60.80 (43.50)	40.10	43.50	54.50	158.20	208.10	72.90	55.80	221.40	53.90	84.00 (6.50)	21.80 (7.70)	1,075.00 (57.70)
	30	47.10	50.30	休 測	76.20	98.30	65.80	77.10	59.90	207.70	205.20	67.00	7.80	962.40
日 田 観 測 所	25	39.40	35.00	51.10	48.80	105.90	378.40	142.60	253.90	71.60	139.70	53.60	53.40	1,373.40
	26	20.30	55.40	79.10	110.00	51.20	102.10	205.20	106.50	100.40	45.40	67.20	30.80	973.60
	27	57.00	54.70	99.60	121.60	71.80	184.90	153.40	72.20	140.40	40.80	33.60 (6.80)	17.90 (0.10)	1,047.90 (6.90)
	28	15.60 (61.80)	42.30 (12.10)	98.70 (20.40)	10.50	92.90	230.30	264.00	120.10	205.80	47.40	9.50	22.70	1,159.80 (94.30)
	29	57.80	29.20	48.50	47.00	119.90	196.00	112.90	60.10	132.90	73.60	63.70 (10.80)	11.90 (0.50)	953.50 (1.30)
	30	33.60	53.60	76.60	55.90	114.30	57.40	110.30	99.20	196.80	184.90	43.60	7.00	1,033.20
大 沢 観 測 所	25													
	26	30.40	55.70	79.50	123.70	59.50	102.60	207.90	147.50	113.90	40.00	74.50	32.20	1,067.40
	27	62.90	53.90	101.00	116.30	55.40	225.00	166.10	127.90	159.50	69.30	64.40 (10.00)	22.50 (0.20)	1,224.60 (10.20)
	28	20.60 (74.00)	48.20 (19.40)	71.10 (30.00)	27.30	116.30	269.30	260.20	153.20	240.10	54.10	10.80	38.00 (1.00)	1,309.20 (124.40)
	29	48.20 (41.60)	30.40 (22.30)	53.80	81.80	190.50	240.10	72.70	62.00	138.60	66.60	66.20	11.20	1,062.10
	30	29.80	45.70	休 測	休 測	休 測	休 測	89.30	64.30	205.90	190.00	21.30	6.50	

第四章 結 語

以上二つの地下水調査研究によつて次の如き結論が出る。

1. 三峰川沿岸地下水については

- (1) 地下水位は気象特に降雨量によつて非常な影響を受ける。
- (2) 地下水位年較差, 月較差等, 較差について注意すれば河川と地下水の關係が可なり明瞭となる。
- (3) Radio-Isotope は水に充分溶解し且つ土壤表面に附着しない物質を利用して水の滲透を追跡して行けば有力な Tracer となる。
- (4) 土水路は維持管理が充分でないといふ漏水が甚だしい。

其の他ダム築造による地下水の変化について以上の研究により種々推論出来るが, 現在得られた此の現況を基礎としてダム築造後の地下水変化を調査し, 地下水変化の原因がダム築造にあるか, その他の因子にあるかを研究する事が必要であらう。

2. 南佐久郡穂積村東馬流地区地下水については

- (1) 集水井掘鑿地点について考慮すべき点がある。
- (2) 本地点に於ける集水井の位置について考へるべき点がある。(第16図参照)
- (3) 流下土切土は河床面よりの水の滲透を阻止する性質を有する。
故に地下水位低下に影響あつたと考へられる。
- (4) 30年12月降雨の過少は地下水位低下に影響あつたと考へられる。
- (5) 集水井に關係する河川の流量等は今後研究すべき問題である。

最後に本研究に御協力戴いた三峰川総合開発事務所, 伊那建設事務所, 建設省赤穂事務所, 長野県治山課, 南佐久地方事務所及び地元各位に感謝を捧げる次第です。

以 上

参 考 文 献

1. 山本莊毅; 地下水調査法 1954.
2. 清水邦夫; 流出についての研究 1954.
3. 長野県総合開発局; 伊那市伊那部地籍地質及地下水調の報告書 1955.
4. Tolman; Ground water. 1937.

Summary

We got next results by studies on ground water.

1. By study on ground water at Mibū river.

(1) Ground water level is influenced by meteorological elements, especially by precipitation.

(2) By year range, month range and other range of ground water level we can fairly understand the relation between river and ground water.

(3) Radio-isotope that is sufficiently dissolved by water and do not adhere to soil surface is effective tracer to percolation of water.

- (4) In earth channel that is not carefully managed water percolates very greatly.
2. By study on ground water at Hozumi village.
- (1) It is necessary to consider to the point in which the well was dug.
- (2) It is necessary to consider to the position of well in this point.
- (3) Cutting soil has quality of un-percolation of water, so we think that the soil has influence on decrease of ground water level.
- (4) It was unusually in December, 1955, so we think that that has influence on decrease of ground water level.
- (5) Flow of river water relating with well is a prospective study problem.