

シラス地帯の地下水特性に関する研究

第一報 水理地質と地下水調査の概況

阿部 雅雄, 河原田 礼次郎

Studies on the Characteristics of Ground Water in the Shirasu Region

I. On the Hydro-geology and the general survey of Ground Water Investigation

Masao ABE and Reijiro KAWAHARADA
(Laboratory of Agricultural Land Engineering)

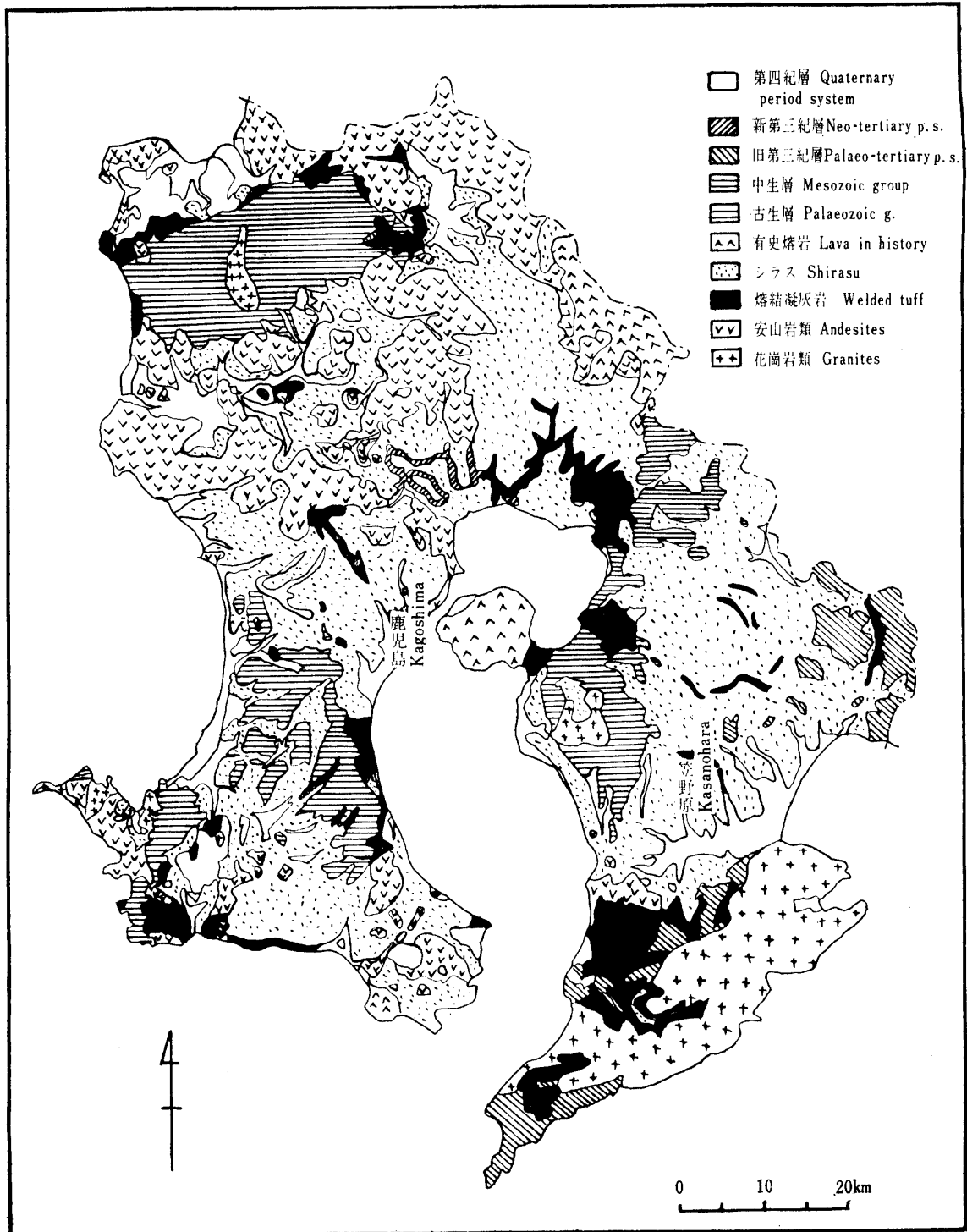
I. 緒 言

シラスは特種な火山性堆積砂層であって、中国大陸の黄土¹⁾¹⁾などにも見られるごとく自然状態では相当に高い垂直崖をなして一応安定するが、ある程度以上集中して流動する過剰水に対してはきわめて不安定であると言う特性をもち、南九州にかなり広く分布して、その多雨性の気象と微妙にからみ合って特異で悲惨な崩壊を起すので特殊土壌として警戒され、その対策は官民の関心の的になっている。しかしこのシラス層の特性、ことに水との関連においては、実は利害の両面をもってある筈であり、その害の面を軽減するとともに利の面を強化して効果を挙げるのが肝要である。

本研究においてはその保水機能を中心に水文学的に特性を究明しようとするものである。そこでもっとも純粋で、一応孤立した代表的なシラス台地、笠野原において古井戸などの水位変化を継続観測し、降雨の分布とこの地域を支配する肝属川本支流の流量観測資料などを利用して検討することとした。

II. 水理地質の概況²⁾⁶⁾

鹿児島県のシラス地帯は大隅半島の南部と県の北部および高隈山地などを除いた本土の中部大半を占め、その堆積状態は地域によってかなりの差はあるが、鹿児島湾の北隅部を概ね中心として、それから遠ざかるに従って厚さを減じている。(図1参照) 宮崎県方面のシラスについては触れない。いわゆるシラスは鹿児島湾口部と湾奥部に位置していた阿多・始良の両旧火山の噴出物である軽石流堆積層(下部シラス)とそれにつづいて放出された降下軽石層(バラス⁷⁾)とそれらの二次堆積軽石層(狭義のシラス)とからなっており、砂岩、頁岩など中世層の基盤岩の起伏に応じてそれをおおっている。軽石流堆積物の下層部は一般に熔結していわゆる泥熔岩(熔結凝灰岩)となり、上層部は発泡未熔結の部分(下部シラス)を残していることがある。熔結凝灰岩とその表面を部分的におおう腐植質を含んだ黒盤土³⁾⁴⁾⁵⁾が堆積している場合にはそれらが不透水層となり、その上位のいわゆるバラス、シラスの層に滞水するのが常である。下部シラスはやや定安している。降下軽石層(バラス)もやや安定はしているが、空隙にとみ透水度はかなり高く $10^{-1} \sim 10^{-2}$ (cm/sec)の程度と推定される。二次堆積軽石層(シラスあるいは上部シラス)はやや密に結合してはいるが不安定で崩壊しやすく、透水度はやや低く $10^{-3} \sim 10^{-4}$ (cm/sec)の程度である。これらのシラス層がその後の水食を受けて低所に再堆積したものを二次シラスまたは水成シラス⁷⁾と呼ぶことがある



(By research of Kagoshima Prefecture)

図 1 鹿児島県地質図 (シラスの分布)

Fig. 1 Geological map in Kagoshima Prefecture (Distribution of *Shirasu*)

第一表 シラス・灰石

Table 1. Order of stratification on Shirasu and Ash

地方 Locality	鹿児島一川内 Kagoshima - Sendai	竜ガ水 Ryugamizu	垂水 Tarumizu	鹿屋 Kanoya	国分 Kokubu	
著者 Author	種子田 Taneda	湊・勝井 Minato・Katsui	太田 Ōta	郷原・小森 Gohara・Komori	沢 Saw	
現世 Holocene	K	沖積層 Alluvium	表土 Surface soil	沖積層 Alluvium	沖積層 Alluvium	
	更新世 Pleistocene	J ₃	軽石ローム Pumice and loam	軽石火山灰層 Pumice volcanic ash bed	ローム Loam	ローム Loam and
J ₂		礫層 Gravel bed	ローム Loam	ローム Loam	ローム Loam	段丘砂 Terrasses gravel bed
		シラス Shirasu	成層(二次的) Stratified (secodary)	二次堆積軽石層 Secondary deposited pumice bed	二次シラス Secondary Shirasu	二次シラス Secondary Shirasu
J ₁	無層理 Non-stratified	始良降下軽石層 Aira pumice fall bed	二期シラス Newer Shirasu	新期シラス Newer Shirasu	軽石 Pumice bed	
新世 Holocene	J ₂	砂礫質 Gravelly	始良降下軽石層 Aira pumice fall bed	軽石流 Pumice flow	始良降下軽石層 Aira pumice fall bed	
		堆積岩類 Deposited rocks	二次シラス Secondary Shirasu	旧期ローム Older laam	古期ローム Older loam	5. 始良降下軽石層 Aira volcanic pumice flow
	J ₁	上位(Wt) Upper	始良熔結凝灰岩(Shirasu) Aira welded tuft (Shirasu)	上部シラス Upper Shirasu	垂水砂礫層(カルデラ生成) Tarumizu sand and gravel bed (Caldera creation)	4. 始良火山軽石流 Aira volcanic pumice flow
石	Hai-ishi	(段丘礫層) Terrasses gravel bed	始良熔結凝灰岩(Shirasu) Aira welded tuft (Shirasu)	始良火山軽石流(Wt) Aira volcanic pumice flow	始良火山軽石流 Aira volcanic pumice flow	
		中位(Wt, 一部) Middle (Wt, partially unwelded)	始良熔結凝灰岩(Shirasu) Aira welded tuft (Shirasu)	中部シラス(灰石と称されることあり) Middle Shirasu (be often called) (Hai-ishi)	始良火山軽石流(Wt) Aira volcanic pumice flow	3. 始良火山軽石流 Aira volcanic pumice flow
石	J ₁	(礫層) (Gravel bed)	始良熔結凝灰岩(Shirasu) Aira welded tuft (Shirasu)	阿多火山軽石流(Wt) Ata volcanic pumice flow	2. 始良火山軽石流 Aira volcanic pumice flow	
		下位(Wt, 一部) Lower (Wt, partially slightly-welded)	下部シラス Lower Shirasu	阿多火山軽石流(Wt) Ata volcanic pumice flow	古期シラス(Wt) Older Shirasu	1. 始良火山軽石流 Aira volcanic pumice flow
	安山岩類 Andesites	竜ガ水層 Ryugamizu stratum	安山岩類 Andesites	安山岩類 Andesites	国分 Kokubu	
	安山岩類 Andesites	花倉層 Kekura stratum	安山岩類 Andesites	安山岩類 Andesites	国分 Kokubu	

灰石層序表
Shirasu and Hai-ishi (ash stone)

(Wt.....熔結凝灰岩 Welded tuff, Pt.....軽石凝灰角礫岩 Pumice tuffaceous breccia)

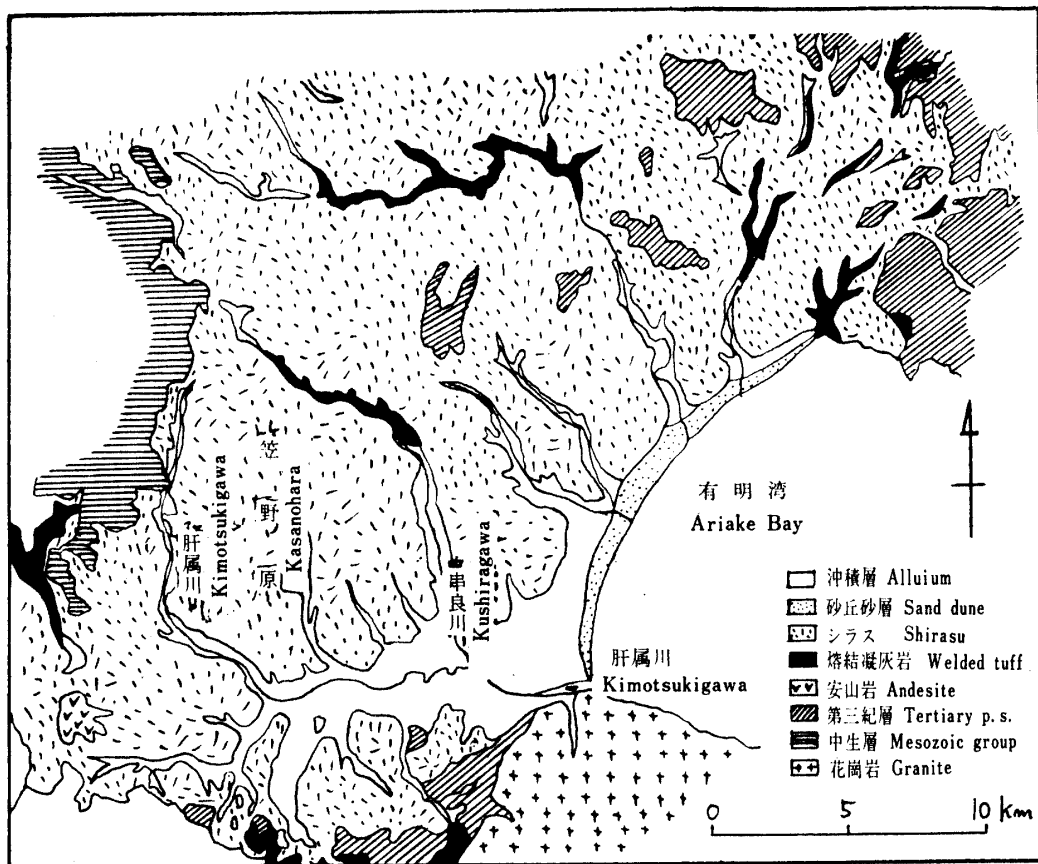
国分 Kokubu	燃島 Moejima	敷根 Shikine	宮崎県南部 South of Miyazaki prefecture	鹿児島湾北部 North of Kagashima bay
沢村 Sawamura	鹿間 Shikama	伊田 Ida	木野 Kino	山口 Yamaguchi
沖積層 Alluvium		沖積層 Alluvium	沖積層 Alluvium	軽石層 Pumice bed
ローム軽石 Loam and pumice		ローム Loam	ローム Loam	ローム軽石 Loam and pumice
段丘砂礫層 Terrasses sand and gravel bed				
二次シラス Secondary Shirasu 層 軽石砂および粘土 互層 Alternation of pumice, sand and clay	新島シラス層 Nijima Shirasu layer			上部灰砂層 Upper ashy sand bed
始良火山軽石流 Aira volcanic pumice flow 層 5. 軽石流 (Pt, Wt) Pumice flow (湖成層) (Lacustrine layer)	燃島 Moejima overlap strata 燃島貝層 Moejima shell bed	後国分火山岩類 Gokokubu volcanic rocks		
4. 軽石流 (Pt, Wt) Pumice flow (湖成層) (Lacustrine layer)	燃島シラス層 Moejima Shirasu layer	凝灰質泥流 Tuffaceous mud flow (軽石質砂・粘土層) (Pumiceous sand and clay bed)	シラス灰石層 Shirasu Hai-ishi layer	灰石層 Hai-ishi layer
3. 軽石流 (Pt, Wt) Pumice flow		凝灰質泥流 Tuffaceous mud flow		
2. 軽石流 (Pt, Wt) Pumice flow (湖成層) (Lacustrine layer)				
1. 軽石流 (Wt) Pumice flow			礫層 Gravel bed	下部灰砂層 Lower ashy sand bed
国分層群 Kokubu strata	燃島シルト層 Moejima silt bed	国分層群 Kokubu strata		花倉層 Kekura stratum

が性質はシラスと大同小異である。(第一表参照)²⁾なお、この他に砂礫層、粘土交り層などの堆積もあり、その地質構造と相まって被圧水を現出している所もある。最上層部には数次にわたって新期火山灰層が降下堆積しそれぞれの時代の植生の跡を腐植として残している。帯水層の状態と不透水層の起伏深淺などの状況は地域によってさまざまである。

シラス地帯全域の状況を類推する資料として代表的な3つの地域についてその水理地質の概況を次に述べる。

a) 鹿児島市附近 基盤岩の中生層、安山岩類をおおって熔結凝灰岩およびシラス層が広く分布し、甲突川はじめ2, 3の小河川によって解析をうけ吉野台、紫原などのシラス台地を残し、その間に沖積低地と河口附近では三角洲平野を形成している。このシラス台地崖下から浸出する地下水の量は相当に豊富である。この地域の軽石流堆積物は数層にわかれ、その間におおむね南方に向けてゆるやかに傾いている厚さ5m内外の凝灰質粘土および凝灰質砂層などを挟んでいる。降水はこれら数層の帯水層を南下して沖積砂礫層に流出する。沖積平野も砂礫層の堆積厚く、その中を深層水として南方に流れて海に達しているようである。市街地南部海岸近くは地表下40~50mの深さに厚い粘質層があり、それに圧せられて被圧水を形成している。熔結凝灰岩はかなり亀裂多く、地下水は主としてその中に流入しているため亀裂が地表に現われるところに有力な湧泉を見る場合が多い。

b) 南薩台地附近 薩摩半島南部の中央部すなわち、枕崎市から東方開聞岳西麓にいたる間、東支那海に面して東西15km、南北7km前後にわたって相当広大な台地が発達して南にゆるやかに



(By research of Kagoshima Prefecture)

図2 大隅中部地区地質図

Fig. 2 Geological map in Ōsumi Middle Area

傾いて海に迫り、急崖が海中に没している。これは概ね、いわゆるコラ地帯に属し、地表近くコラ層を堆積している。その下位に浅いシラス層を堆積し、他はおおむね海面標高下に達する厚い熔結凝灰岩におおわれ、それがきわめて亀裂空洞にとんだ粗雑な構造であるために降水はただちにこの亀裂に浸入降下して地表に常流を見ることは稀である。河川らしいものはない。この地域の凝灰岩が特に亀裂空洞にとむことは熔岩トンネルを思わせる横孔、石灰ドリネを思わせる地面の陥没（俗にすずめ孔と言う¹⁰⁾）を所々に見ることからも容易に推定することが出来る。従って、地下水は亀裂空洞の間を自由に流下し、海岸線にいたって地表に流出する。その途中での採水はきわめて困難である上に地表の常流がないので利水条件はきわめてわるい地域である。

c) 笠野原附近 笠野原シラス台地はその面積およそ 80km^2 、その周辺の低地を含めて肝属川とその支流串良川とに囲まれた地域はその面積およそ 106km^2 であるが、その附近一帯の地域は西北方高隈山地、北方日南山地（宮崎）、南方大隅山地に囲まれ、東方には開けて志布志湾に面してきわめて広く、厚くシラスにおおわれた地域であって、肝属川本支流、その他大小数条の河川によって解析され、数個の台地に分断されている。その間に沖積平野と河口附近に三角洲を形成しつつ海に注いでいる。なかでも、笠野原台地は全面シラスの厚い層におおわれ西北端からやや東南方に向って $1/50 \sim 1/80$ の地表勾配をもって末広がりの扇状地形をした特徴のある地勢である。おおむね単調な地勢ではあるが 図 2.⁹⁾ に見るごとく、南部には中山谷、甫木谷の浸食谷が浸入している。この地域の地質構造は表 1.²⁾ に見る通り基盤岩の中世層、古三期層をおおう不透水層である熔結凝灰岩がおおむね西北方から東南方に向って、地表勾配に準じてややゆるやかに $1/90 \sim 1/250$ の勾配をもって肝属川平野に達し、その前後から急低下して地下深くもぐっている³⁾。その直上には一般に黒盤土³⁾⁵⁾の堆積がある。また、バラスおよびシラス層が良好な帯水層となって、地下水はその中を流動しているものと思われるが、推察するところ主として下位のバラス層（厚さ $5 \sim 8\text{m}$ ）⁴⁾⁷⁾の中を通るものごとく、その流速は実用的にはかなり小さいものと思われる。台地周辺部でこれらの層が露出する崖下には優れた湧水を見ることが多い。これは地層内の地下水流動が地質上の弱点を伝って水道（みづみち）を作っている証拠である。

沖積平野の一部には粘質層に圧せられた厚い砂礫層内に多量の被圧水を帯蔵しているところがある。この地域の河川は非シラス地帯の河川に比べてその濁水比流量は一般に高く $3 \sim 4\text{ m}^3/\text{sec}/100\text{ km}^2$ を示し、高水比流量は低く、シラスの降水および地下水の保水機能と洪水調節機能を示すものと思われる。

III. 地下水調査の概況

1. 調査研究の目的と調査地域

シラス地帯の保水機能は地下水の利用強化計画の基礎である。シラスの保水機能を概括的に把握くするために、建設省・河川計画洪水量（表2.）*、および逓信省水力調査所・河川濁水量（表3.）を掲げる。これらによれば、シラス河川である肝属川の計画洪水比流量 $240\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ がもっとも小さい。濁水比流量については、鹿児島県調12河川の平均は $2.72\text{ m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ 、逓信省・水力調査の内シラス河川の平均は $3.14\text{ m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ で非シラス河川の平均 $1.78\text{ m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ よりはるかに大きく保水機能の大きいことを示している。

鹿児島県下のシラス台地の内台地上に現在掘井戸が残っていて地下水位の観測が出来るのは笠野原台地をおいて外になく、また代表的なシラス台地であって、その支配河川である肝属川本支流の流量測定が建設省で行われている点などを考え合せて、この地域を調査することとした。

* 流域面積 $300 \sim 1,000\text{ km}^2$ のものうち、気象型が太平洋沿岸型のものを選んだ。

この調査研究においては、台地とその周辺の井戸その他地下水露頭の水位の変動を観測し肝属川本支流の流量資料と気象資料などにより台地内の水収支からシラス層（広義）の保水機能を解明して利用強化の基礎資料を得ようとするのである。

2. 調査研究方法と調査結果の概況

台地とその周辺に 図 3. に示す通り設定した12点の井戸について1963年10月13日以降水位の昇降を観測している。その内（1963年10月13日～64年3月29日）169日間の観測結果を表 4. に示す。

河川その他地表水の水位は陸測 5 万分の 1 の図面で水面標高を概測し、井戸地点の標高は正確な水準測量を行って水位標高を求め、10月13日現在の地下水水位等高線を描いたものを 図 3. に示した。多田、三井両氏によれば、1951年8月と大差ないようである。もちろん観測点が少いため推定による場合が多かったことは遺憾であるが地形が単調であるごとく水理地質も比較的变化が少いので大きな誤りはないものと思われる。なお、肝属川本支流の建設省測水点は 図 3. に示す通りである。また、過去の測水資料を摘記して表 5. に示す。この地下水水位の観測と平行した流量資料の詳細については次報においてのべる。

第2表 河川計画洪水量調（建設省）

Table 2. Investigation on designed flood discharge of rivers (Ministry of Construction)

河川名 Name of river	流域面積 Catchment area <i>km</i> ²	計画洪水量 Designed flood discharge <i>m</i> ³ / <i>sec</i>	同比流量 Designed f.d. per area 100 <i>km</i> ² <i>m</i> ³ / <i>sec</i> /100 <i>km</i> ²	摘 要 Remarks
肝属川 Kimotsukigawa	485	1,200	240①	シラス河川 <i>Shirasu</i> river 以下非シラス河川 <i>Non-Shirasu</i> river and so on.
白川 Shirakawa	479	1,400	292	
本庄川 Honjōgawa	401	2,200	549	
緑川 Midorikawa	869	3,340	384	
彦山川 Hikosangawa	310	2,230	719	
那珂川 Nakagawa	736	8,500	1,155	
天神川 Tenjingawa	471	3,500	734	
芦田川 Ashidagawa	870	2,100	241②	
高梁川 Takahashigawa	374	1,390	372⑤	
豊川 Toyokawa	705	3,800	539	
太田川 Ōtagawa	483	1,950	404	
安倍川 Abegawa	542	3,000	554	
狩野川 Kanogawa	852	3,500	441	
荒川 Arakawa	750	2,600	333④	
神滝川 Jinryugawa	406	1,800	443	

Note 1) *Shirasu* river is a river streamed through the *Shirasu* region.

2) Marks ○ show a rank of designed flood discharge per area 100 *km*².

第3表 河川渇水量調 (鹿児島県及び通信省水力調査所)
 Table 3. Investigatoin on droughty discharge of rivers (Kagoshima Prefecture and water-power survey of Post Office)

河川名 Name of river	流域面積 Catchment area km ²	渇水量 Droughty discharge m ³ /sec	同比流量 Droughty d. per area 100 km ² m ³ /sec/ 100 km ²	摘 要 Remarks
川内川 Sendaigawa	720	18.60	2.0	官人測水点 Kanjin S.
同 the same	1,304	26.00	2.58	斧淵測水点 Onobuchi S.
甲突川 Kōtsukigawa	76.4	1.54	2.01	
新川 Shinkawa	19.5	0.53	2.72	
稲荷川 Inarigawa	30.7	0.56	1.83	
天降川 Amorigawa	420.0	8.35	1.99	天水測水点 Tensuibuchi S.
同 the same	90.0	2.30	2.56	芦谷原測水点 Ashiyabara S.
菱田川 Hishidagawa	94.0	3.01	4.05	
肝属川 Kimotsukigawa	244.0	8.49	3.48	高山町前田橋測水点 Maedabashi S. (Kōyamacho)
同 the same	495.0	19.30	3.90	東串良町川西測水点 Kawanishi S. (Higashikushiracho)
始良川 Airagawa	68.0	1.20	1.77	
串良川 Kushiragawa	123.0	4.20	3.42	(以上) 鹿児島県調 The above-mentioned were researched by Kagoshima Prefecture.
川上川 Kawakamigawa	128	(The rest is omitted)	2.09	(佐賀) (Saga) 以下通信省、水力調査所調
津江川 Tsuegawa	159		1.46	(大分) (Ōita) The under-mentioned were researched by water power survey of Post Office.
玖珠川 Kusugawa	463		2.00	(")
星野川 Hoshinogawa	98		1.15	(福岡) (Fukuoka)
菊池川 Kikuchigawa	105		2.43	(熊本) (Kumamoto)
白川 Shirakawa	159		3.08	(")
緑川 Midorikawa	346		2.61	(")
川辺川 Kawabegawa	492		1.35	(")
五木川 Itsukigawa	242		1.19	(")
川内川 Sendaigawa	1,000		2.00	(鹿児島) (Kagoshima)
万ノ瀬川 Mannosegawa	191		2.50	(")
松永川 Matsunagagawa	68		3.53	(")
大鳥川 Ōtorigawa	91		4.61	(")
菱田川 Hishidagawa	160		2.45	(")
五ヶ瀬川 Gokasegawa	712		2.00	(宮崎) (Miyazaki)
耳川 Mimikawa	375		1.78	(")
小丸川 Omarugawa	337		0.86	(")
一瀬川 Hitotsusegawa	463		1.15	(")
大淀川 Ōyodogawa	1,378		2.50	(")

シラス河川 Shirasu river
 以上平均 Above-mentioned mean
 2.72 m³/sec/100 km²

一部シラス河川
 partially Shirasu river

一部シラス河川
 partially Shirasu river

Note 1) "S." is an abridgment of "stream flow gauging station".
 2) Shirasu river (mean) 3.14 m³/sec/100 km²
 Non-Shirasu river (mean) 1.78 " "

第4表 笠野原周辺, 井戸水面深さ観測値

Table 4. Observational values on the depth of well water level around Kasanohara

井戸番号 Number of well	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	摘要 Remarks
井戸枠頂標高 Elevation on the top of well frame (m)	128.64	111.62	99.96	93.67	71.43	57.94	78.81	54.07	56.39	41.80	16.01	24.19	
月 Date	観測値 Observational values (m)												
1963. 10. 10	66.44	61.41	49.79	50.21	38.14	32.00	36.65	13.70	11.16	30.55	1.91	4.50	井戸の位置 Position of wells
13		61.50	49.86	50.34		32.02	36.70	13.84	11.20	30.57	2.02	4.26	
20		61.49	49.88	50.35	39.20	32.00	36.65	14.75	11.33	30.58	2.24	4.47	No. 1 外堀 Sotobori
27	(災)	61.53	49.92	50.35	39.18	31.95	36.70	14.44	11.42		2.14	4.64	2 花鎌 Hanakama
11. 3		61.61	49.94	50.48	39.19	31.90	36.75	14.65	11.52		2.26	4.72	3 矢柄堀 Yagarabori
10		61.62	49.97	50.46	39.19	31.88	36.60	14.84	11.58	(以下地下水 満滞)	2.24	4.81	4 西之野山 Nishinono yama
17	(測)	61.75	49.98	50.47	39.19	31.80	36.54	14.90	11.67		2.30	4.67	5 永尾 Nagao
24	(No observation)	61.75	50.02	50.45	39.18	31.80	36.50	15.90	11.68		2.23	4.73	6 笠野原 Kasanohara
12. 1		61.78	50.03	50.55	39.18	31.69	36.45	15.85	11.78		2.21	4.70	7 共栄 Kyōei
8		61.84	50.04	50.50	39.10	31.67	36.35	15.75	11.72		2.22	4.92	8 馬掛 Magake
15		61.90	50.55		39.07	31.65	36.33	15.28	11.74		2.27	4.76	9 新堀 Shinbori
22		61.94	50.08	50.56	39.00	31.62	36.28	15.24	11.75		2.24	4.79	10 上大塚原 Kamiōtsuka baru
29		61.96	50.07	50.56	38.92	31.57	36.26	15.25	11.76		2.20	4.80	11 中山谷 Nakayama dani
1964. 1. 5		61.98	50.04	50.55	38.87	31.57	36.23	15.75	11.80		2.00	4.82	12 打馬 Uchiuma
12		61.99	50.02	50.50	38.85	31.51	36.83	15.29	11.85	(Drying up and so on)	1.93	4.84	
91		62.30	49.93	50.54	38.81	31.48	36.23	15.65	11.85		2.09	4.60	
26		62.55	49.96	50.54	38.69	31.46	36.20	15.35	11.84		2.01	4.37	
2. 2		62.26	49.90	50.45	38.67	31.46	36.38	15.25	11.87		2.17	4.39	
9		62.15	49.87	50.37	38.65	31.43	36.17	14.85	11.90		2.02	4.37	
16		62.15	49.79	50.37	38.62	31.44	36.24	14.75	11.87		2.20	4.39	
23		62.08	49.70	50.33	38.60	31.40	36.25	14.80	11.79		2.02	4.36	
3. 1		62.40	49.63	50.20	38.56	31.40	36.35	14.75	11.79		2.15	4.60	
8		61.99	49.62	50.21	38.53	31.43	36.18	14.65	11.78		2.29	4.73	
15		61.93	49.62	50.18	38.53	31.43	36.22	14.63	11.77		2.23	4.76	
22		61.94	49.63	50.20	38.53	31.46	36.23	14.85	11.78		2.25	4.60	
29		61.86	49.63	50.00	38.58	31.48	36.31	14.76	11.81		2.16	4.08	

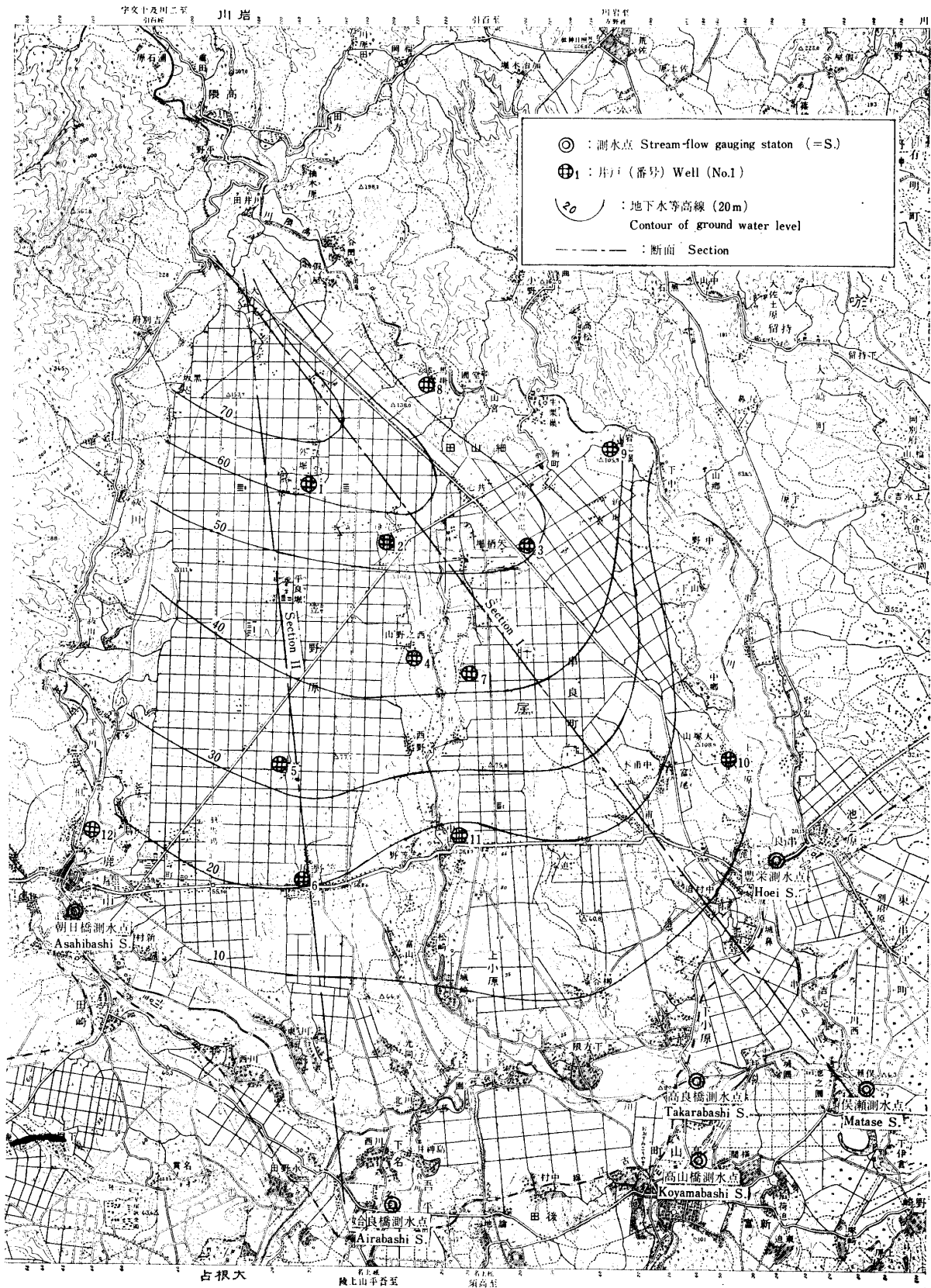


図 3 笠野原周辺の井戸および測水点の位置と1963年10月13日における地下水等高線
 Fig. 3 Position of wells and stream-flow gauging stations around Kasanohara, and contour of ground water level at Oct. 13th 1963.

第5表 肝属川月別平均流量 (俣瀬測水所)

Table 5. Monthly mean discharge of Kimotsukigawa (Matase S.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均 Average	摘 要 Remarks		
														最高水量 Highest water discharge	渇水量 Droughty water discharge	流況係数 Coefficient of discharge duration
1953	20.8	20.9	28.1	29.2	41.6	98.7	48.2	23.0	28.8	31.5	24.8	23.0	34.8	332.0	18.8	176.5
4	30.2	23.9	24.8	46.1	59.8	103.4	95.6	75.2	93.8	37.1	30.2	30.5	54.3	933.2	19.9	468.0
5	23.6	25.2	37.6	35.0	47.6	83.9	55.0	30.4	43.6	32.6	22.3	19.5	38.0	612.0	17.2	356.0
6	21.1	23.3	38.5	31.9	51.0	55.8	52.6	38.0	50.6	26.3	22.0	18.9	35.9	467.0	17.3	272.0
7	19.6	23.8	22.2	31.5	38.2	38.3	34.9	52.1	49.8	27.0	22.4	21.4	31.8	424.0	17.0	249.0
8	21.1	24.3	24.9	42.7	46.0	31.1	115.2	17.4	17.5	24.8	20.6	19.6	25.4	394.0	12.5	315.0
9	22.0	37.2	26.5	35.4	29.4	45.4	43.0	52.8	20.1	27.5	20.2	21.9	32.4	784.0	14.0	560.0
60	18.0	16.5	18.3	33.6	51.4	45.2	17.8	28.0	26.9	20.2	22.2	17.5	26.3	320.0	13.9	230.0
1	23.4	22.0	18.8	29.4	43.6	45.6	25.9	51.4	36.6	28.6	28.4	17.6	31.6	313.2	13.4	225.0

(unit m^3/sec)

3. 考 察

1) シラス地帯の流出率 (年間流出率の推算) 肝属川 俣瀬測水点 (肝属川, 串良川合流点) における各年々間流出率とその平均とを計算して表 6. に示した. 1954年が 109% と特に高率となっているが, シラス地帯においては比較的多い地下水流が 2), 4) の項でのべる通り時間的ずれが長期におよぶ場合もあるので測水資料の整理をまって詳細に検討したい. ここに計算した年間流出率は一般非シラス河川に比べれば高率である. なお 9ヶ年平均 87.2% とすれば蒸発散量の合計は平均年雨量 2,700 mm に対し 12.8% に当る 346 mm であって, 西南暖地としては小にすぎるとも思われるが, 自然林木, 雑草などの蒸発散量は年間約 100 ~ 230 mm¹²⁾ であることと地下水流量が比較的多いことを考え合わせれば, あながち不合理な数字でもないと思われる.

次に各年の渇水量の10%増しの流量以下の水量が基底流量であると見做し, それは一度は地下を通過して流出するものと推定すればその水量は表 6. に示す通り, 年間平均 $555 \times 10^6 m^3$ となり年間平均総流出量 $1,087.9 \times 10^6 m^3$ に対し約 51%, 総雨量に対しては基底流量 45%, 直接流量 42.2% と推定される.

2) 地下水位の変動と垂直浸降速度 地下水位の変動を概観するためにおよそ 1ヶ月間隔に各井戸の水位変動を表 7. に示した. 1963年~1964年の鹿屋および高山の日雨量の分布を井戸水位の昇降と対比すれば雨水が全地層を垂直に浸降して地下水面に到達するに要する時間のずれ⁹⁾を計算することが出来る. 雨量表, 表 8. の, (2) に示す通り降雨分布の概況を見ると 1963年 5月 4日から多雨期に入り, 9月 15日以後急減して少雨期に入っている. 雨量分布の変化が水位変化に表われる時間的ずれを見ると雨水浸降の状況を推定することが出来る. すなわち,

No. 1 井戸) : 観測者の非協力のため 10月 13日以後測定出来なかった.

No. 2 井戸) : (表 8. の (2) 参照), 地表から水面までの深さ約 61.6 m, 観測開始以来水位

第6表 年間流出率計算表
Table 6. Calculative rate of runoff for a year

年 Year	推定基底流量 全容積 (Vb) Total volume of assumed base discharge $\times 10^6 m^3$	平水量 Ordinary water discharge m^3/sec	同全容積 (Vm) Total volume of ordinary water discharge $\times 10^6 m^3$	年雨量 Amount of annual rainfall mm	同全容積(R) Total volume of annual rainfall $\times 10^6 m^3$	流出率($\frac{Vm}{R}$) Rate of runoff %	地下水流出 ($\frac{Vb}{R}$) Runoff of ground water %
1953	651.5	34.8	1,099.5	2,540	1,165.3	94.4	—
4	692.0	54.3	1,713.0	3,420	1,566.8	109.0	—
5	597.0	38.0	1,194.7	3,160	1,451.0	82.3	—
6	601.5	35.9	1,136.1	3,130	1,431.0	79.5	—
7	589.5	31.8	1,034.4	2,690	1,232.3	84.0	—
8	434.0	25.4	799.7	1,940	880.5	90.7	—
9	485.5	32.4	1,004.3	2,570	1,178.0	85.4	—
60	482.0	26.3	832.2	2,130	975.6	85.3	—
1	458.0	31.6	976.8	2,890	1,322.6	74.0	—
計 Total	4,991.0		9,790.7	24,470	11,202.1		
平均 Average	555.0		1,087.9	2,719	1,244.8	87.2	44.6

- Note 1) "Ordinary water discharge" was taken the average of each monthly mean discharge.
 2) "Total volume of assumed base discharge" = accumulated volume for a year of (drugthy discharge $\times 1.1$).
 3) "Amount of annual rainfall" was taken the average of related observations on inside and outside of catchment basin. (Observational values were omitted.)
 4) Catchment area was calculated as $458 km^2$ at Marase stream flow gauging station. In regard to the catchment area at each station, see Table 10.

第7表 井戸水位変動表 (海拔標高)

Table 7. Fluctuation of water level in well (elevation above the sea)

月日 Date 井戸番 号 Number of well	井戸水面標高 Elevation of water level in well							摘 要 Remarks	
	10.13	11.10	12.8	12.29	1.26	2.23	3.29		
1	62.20	(No observation in the cause of trouble)							
2	50.12	50.00	49.78	49.66	49.07	49.54	49.76	Rise from lowest 49.07 (Jan. 26 th)	
3	50.10	49.99	49.92	49.89	50.00	50.26	50.33	Rise from lowest 49.86(Dec.25 th) Stagnate from highest 50.34(Mar.15 th)	
4	43.33	43.21	43.17	43.11	43.17	43.34	43.67	Rise from lowest 43.11(Dec.29 th)	
5	32.23	32.24	32.33	32.51	32.74	32.83	32.85	Rise after Nov. 10 th	
6	25.92	26.06	26.27	26.37	26.48	26.53	26.46	Fall from highest 26.54 (Mar. 1 st)	
7	42.11	42.21	42.46	42.55	42.61	42.56	42.50	Fall from highest 42.64 (Feb. 9 th)	
8	40.23	39.23	38.32	38.82	38.72	39.27	39.31	Be fluctuated	
9	45.19	44.81	44.67	44.63	44.55	44.60	44.58	Rise from lowest 44.49 (Feb. 9 th)	
10	10.53	(The bottom of well has been exposed by the fall of water)							
11	13.99	13.77	13.79	13.82	14.00	13.99	13.85	Be fluctuated	
12	19.93	19.37	19.27	19.39	19.82	19.83	19.39	Be fluctuated (unit m)	

第8表の(1) 鹿屋, 高山月別雨量(1953~1961)

Table 8-(1) Kanoya, Kōyama : Monthly rainfall (1953~1961)

(mm)

年 Year	月 Month 地点 Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計 Total
		鹿屋 Kanoya	86.1	103.5	143.9	173.5	374.4	922.9	227.6	55.6	285.1	83.1	95.6	
1953	高山 Kōyama	42.7	109.7	167.6	157.4	350.0	823.8	283.7	93.2	249.9	81.5	89.3	91.8	2,540.6
1954	鹿屋	152.0	56.2	76.2	294.0	395.4	515.7	662.6	342.1	514.9	52.9	110.8	28.6	3,201.4
	高山	129.9	75.4	55.6	280.1	422.4	566.2	663.1	360.2	554.9	27.4	22.3	23.1	3,180.6
1955	鹿屋	52.2	129.9	367.3	174.8	312.2	772.6	351.8	241.0	303.6	116.3	48.8	79.6	2,950.1
	高山	95.0	144.1	267.7	188.0	328.0	732.5	330.5	206.6	354.3	133.1	84.6	75.0	2,839.4
1956	鹿屋	93.6	65.2	300.4	170.9	419.2	532.1	430.4	259.5	349.3	116.5	23.5	20.0	2,780.6
	高山	82.6	79.4	—	165.3	680.1	460.3	355.5	—	—	—	—	—	—
1957	鹿屋	69.7	119.3	89.9	366.8	272.3	284.8	207.2	399.3	525.5	103.9	74.5	102.3	2,398.4
	高山	80.9	133.3	125.8	186.6	294.2	293.4	177.8	408.3	532.4	78.5	121.2	79.3	2,531.7
1958	鹿屋	69.0	142.6	138.7	341.2	235.1	262.2	31.0	161.3	39.6	155.5	28.7	100.8	1,705.7
	高山	86.9	134.0	133.6	388.6	293.4	259.7	25.8	129.4	64.0	186.6	49.2	99.2	1,850.4
1959	鹿屋	140.0	259.0	149.7	231.9	124.0	184.4	419.6	274.1	135.0	142.2	170.2	121.9	2,352.0
	高山	110.5	285.0	170.4	252.5	199.6	325.1	408.3	349.1	130.1	320.1	210.0	87.9	2,848.6
1960	鹿屋	37.2	63.4	130.9	353.0	435.4	374.9	95.7	144.7	150.8	22.8	164.8	49.2	2,022.8
	高山	41.8	48.0	108.3	259.1	337.8	332.7	120.9	242.7	141.0	52.0	178.9	37.6	1,900.8
1961	鹿屋	173.0	99.0	124.0	260.0	400.0	311.0	221.0	233.0	305.0	199.0	211.0	39.0	2,575.0
	高山	181.0	104.0	159.0	231.0	433.0	312.0	274.0	294.0	357.0	209.0	258.0	34.0	2,846.0
合計 Total 平均 Average	鹿屋	872.8	1038.1	1521.0	2366.1	2968.0	4160.6	2646.9	2110.6	2608.8	992.2	927.9	635.3	
	高山	97.0	115.3	169.0	262.9	329.8	492.3	294.1	234.5	289.9	110.2	103.1	59.5	
Total Average	鹿屋	768.7	1033.5	1188.0	1943.3	2658.4	3645.4	2231.1	2083.5	2383.6	1088.2	1014.1	527.9	
	高山	96.1	129.2	148.5	242.9	332.3	455.7	278.9	260.4	297.9	136.0	126.8	66.0	

第8表の(2) 笠野原日雨量表(1963~1964)

Table 8-(2) Amount of daily rainfall at Kasanohara (1963~1964)

その1. 鹿屋(1) Kanoya

(mm)

月 日 Month Day	1963 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1964 1	2	3
1	—	—	—	3	85	37	23	2	—	—	15	2	7
2	1	—	—	13	33	—	20	—	—	35	1	—	—
3	—	—	2	17	1	—	—	—	—	2	—	—	4
4	—	—	45	0	57	0	—	—	—	1	—	—	—
5	—	—	0	1	67	5	—	—	—	1	—	—	—
6	—	1	21	—	—	12	—	—	0	—	—	8	7
7	—	2	3	—	0	9	—	—	0	0	—	—	—
8	32	0	—	0	15	26	—	24	—	—	—	17	—
9	29	—	26	—	6	49	—	21	—	—	—	11	—
10	0	—	4	0	56	45	73	—	—	7	—	0	—
11	0	—	42	32	1	0	6	—	—	—	—	—	—
12	—	1	65	63	0	—	3	—	0	—	15	—	2
13	—	4	65	35	—	44	33	—	2	—	40	—	19
14	5	53	28	0	—	103	34	—	3	—	—	—	—
15	7	7	135	15	—	17	2	—	16	—	—	17	—
16	—	0	98	7	—	29	—	0	—	—	25	—	—
17	—	—	9	—	—	19	—	—	12	—	—	17	—
18	—	10	0	4	—	9	—	—	7	—	1	—	—
19	—	1	2	7	—	—	—	—	11	—	0	2	6
20	—	23	5	—	—	4	0	—	—	4	—	0	22
21	6	36	—	—	—	1	—	—	—	—	4	—	—
22	—	46	2	0	—	—	—	—	—	—	37	—	—
23	—	10	—	—	—	—	—	—	—	18	3	19	0
24	—	1	—	0	—	—	6	—	30	12	4	7	17
25	—	—	—	4	16	—	—	24	0	—	—	—	—
26	—	—	—	—	5	10	—	—	1	0	—	6	0
27	—	—	0	5	—	0	6	—	0	—	36	0	0
28	22	8	1	—	0	3	—	—	—	—	1	—	—
29	—	12	—	6	37	0	—	—	—	1	—	—	—
30	—	13	30	0	—	10	2	—	—	—	0	—	3
31	—	—	0	—	—	16	—	—	—	1	—	—	1
計 Total	102	216	585	206	348	485	208	71	82	81	183	106	88

第8表の(2) 笠野原日雨量表(1963~1964)

Tabl 8-(2) Amount of daily rainfall at Kasanohara (1963~1964)

その2. 高山 (2) Kōyama

(mm)

月 Month 日 Day	1963 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1964 1	2	3
1	—	—	—	5	31	32	8	—	—	—	15	1	—
2	1	—	—	18	41	0	4	—	—	88	1	—	—
3	—	—	2	11	1	—	—	—	—	1	—	—	4
4	—	—	23	0	45	—	—	—	—	1	—	—	—
5	—	—	—	0	29	9	—	—	—	—	—	—	—
6	—	0	21	—	—	19	—	—	0	1	—	4	6
7	—	4	11	—	—	9	—	—	0	0	—	0	—
8	29	1	1	1	10	45	—	14	—	—	—	7	—
9	23	0	9	—	13	31	2	27	—	—	—	11	—
10	0	—	5	1	18	8	130	—	—	5	—	—	—
11	1	—	46	58	1	1	22	—	0	—	—	0	—
12	—	1	80	72	—	—	20	—	1	—	15	—	0
13	—	5	70	50	—	66	79	—	3	—	27	—	15
14	5	55	8	—	—	60	29	—	5	—	26	0	—
15	9	1	86	13	0	17	3	—	14	—	0	16	—
16	—	0	89	7	—	18	—	0	0	—	28	—	—
17	—	0	5	0	—	4	—	—	19	—	—	18	—
18	—	2	5	1	—	0	—	—	16	—	0	—	—
19	—	2	8	7	—	—	—	—	8	—	—	1	2
20	—	30	0	1	—	5	1	—	—	—	—	—	24
21	5	38	0	—	—	0	—	—	—	—	2	—	—
22	—	49	0	—	—	—	—	—	—	—	39	—	—
23	—	8	—	—	—	—	—	—	—	16	4	22	0
24	—	1	1	—	—	—	1	2	33	—	3	10	19
25	—	—	—	0	5	0	—	18	1	13	4	—	—
26	—	—	—	—	2	32	0	—	1	—	—	0	—
27	—	0	12	6	—	1	6	—	0	—	—	0	—
28	18	8	—	5	—	3	—	—	—	—	33	—	—
29	—	0	—	9	1	17	10	—	—	—	2	—	—
30	—	5	23	3	—	14	2	—	—	—	1	—	3
31	—	—	0	—	—	16	—	—	—	—	0	—	1
計 Total	91	210	504	268	197	407	317	61	101	125	200	90	74

低下を続けるが1月26日から上昇に転じたのは5月4日からの多雨が地下水面に到達したものと推定して誤りないと思われる。それは以下のべる通り他の井戸についても同様の推定を行った結果はほぼ一致するからである。その時間は約266日、よって垂直高1mを浸降するに要する時間は

$$\frac{266}{61.6} \approx 4.3 \text{ 日となる。}$$

No. 3 井戸) 深さ約50.1m, 12月15日から水位上昇に転ずるからこの日数221日, よって $\frac{221}{50.1} \approx 4.4 \text{ 日/m}$, なお3月29日から水位停滞の傾向にあり4月19日以後低下し始めているのでこれも同日数となる。

No. 4 井戸) 深さ50.6m, 水位上昇開始12月29日, この日数235日, よって4.65日/m。

No. 5 井戸) 深さ約39.2m, 水位上昇開始11月10日, この日数186日, よって4.7日/m。

No. 6 井戸) 深さ約32.0m, 水位上昇開始推定10月1日, この日数146日, よって4.57日/m。

No. 7 井戸) 深さ36.5m, 水位上昇開始11月3日, この日数176日, つづいて水位下降開始2月9日, この日数144日, 平均160日, よって4.4日/m。

No. 8 井戸) 深さ約15m, No. 9 井戸) 深さ約14m, は中位の深さであるが同様におおむね4.5日/mを要することがわかる。

No. 10 井戸) 湧水して底盤露出したので欠測。

No. 11 井戸) 深さ約2m, No. 12 井戸) 深さ約4m, 浅井戸では降雨の直接浸降の外に若干日おくれて到達する流出水の浸降があるのでさらに数日のおくれがあるようであるが, 水位の昇降がかなりみだれている。

これらの浸降時間の平均を4.7日/mと見ればその浸降速度は約 $2.46 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ となり, 実験室でのシラスの浸透係数の測定値, $k = \alpha \times 10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$ と大差ない。すなわち上記の浸降速度に対し空隙率を50%と概算すれば浸降係数は約 $1.23 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ となり浸透係数をその2倍⁸⁾とみれば $2.46 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ と推定することが出来る。もちろん新規火山灰層以下シラス, バラスなどの全地層の総合された係数である。これを関東ロームのそれと比較すれば3~5倍に当る⁹⁾。

3) 地下水位の変動と台地からの地下水流出量 笠野原はほとんど孤立した流域であって水文学的平衡を取扱う場合地表および地下の流入量は度外視し, また数10mにおよぶシラスの厚い層では表層以外ほとんど土湿に変化はないと推定されるので土湿増加をも無視しても大きな誤差はないと思われるので

$$P = D_2 + E + G_2 + H \cdot Pa$$

従って

$$G = P - D_2 - E = G_2 + H \cdot Pa \text{ が成り立つ。}$$

但し P : 降水量

D₂ : 地表流出量

E : 蒸発量

G₂ : 地下流出量

H : 地下水位変化 (観測)

Pa : 容気率 (平均)

G : 地下水補給

現在の段階では地下水補給と容気率を推定して地下水流出量を計算することが出来る。すなわち,

観測期間、169日間に笠野原 106km²の下層から流出した地下水量を計算すれば表9.の通り53.99×10⁶ m³である。これを全期間について平均流量として計算すれば $\frac{53.99 \times 10^6}{169 \times 8.64 \times 10^4} = 3.70$ m³/sec となる。

期間中の地下水量変化と全流出量については次報にゆづるが、1例として1963年10月5日の肝属川本支流の実測流量から流域面積に案分して笠野原台地からの流出量を計算したものは表10. (流量関係図表) に示す通り 4.7m³/sec である。

これに対比して当日の地下流出量を表9.の計算の場合と同様に深さに応じて、ずれて到達する期間雨量とその地下水補給割合、および地下水位の変化から推定すれば上記観測期間の平均地下水流出量 3.70m³/sec よりやや大きく 4.00 m³/sec となり、全流出量 4.70 m³/sec の約 85%に当る。当日の流量は俣瀬測水点において 20.8 m³/sec であって、過去の資料と対比してかなりの過水であるが、かかる過水時においては地下水流出の割合がきわめて高いものと考えられる。

第9表 笠野原台地、地下水変動表 (1963.10.13~1964.3.29) 169日

Table 9. Fluctuation of ground flow discharge at Kasanohara plateau.

井戸番号 Number of well	支配面積 Accumulative area km ²	水位差 Difference of water level m	変動水量(A) Volume of fluctuated water ×10 ⁶ m	期間降雨量 Amount of rainfall for the period mm	降雨浸入量(B) Infiltrated volume in the amount of rainfall ×10 ⁶ m ³	流出水量 (A+B) Ground runoff ×10 ⁶ m ³
2	18.0	- 0.36	(-) 6.48	1,249	8.98	(omission and so on)
3	7.0	+ 0.23	(+) 1.61	1,400	3.89	
4	8.7	+ 0.34	(+) 3.00	1,321	4.59	
5	10.6	+ 0.61	(+) 6.46	1,960	7.27	
6	10.6	+ 0.59	(+) 5.72	1,339	5.67	
7	7.0	+ 0.39	(+) 2.72	1,911	4.68	
8	8.7	- 0.92	(-) 8.00	1,078	3.75	
9	7.1	- 0.61	(-) 4.33	803	2.57	
10	10.6	- 0.14	(-) 1.49	586	3.10	
11	10.6	- 0.05	(-) 0.53	1,320	5.60	
12	7.1	- 0.54	(-) 3.87	660	2.34	
計 Total			(-) 5.15 ×0.3 = (-) 1.55		52.44	

Note 1) "Accumulative area" were assumed from a disposition of wells.

2) "Difference of water level" means a difference of two water level on Oct. 13th and Mar. 29th.

3) "Amount of rainfall for period" were obtained by totaling an amount of rainfall for individual period which went back to pass just time that a rain water took to infiltrated down to a ground water surface at the position of each well.

4) "Infiltrated volume in the amount of rainfall" were calculated by multiplying "amount of rainfall for the period" in foregoing section by the following ratios of infiltration and the each accumulative area,

amount of rainfall for the period	above	1500 mm	35 %
		1000 "	40 "
		700 "	45 "
	below	700 "	50 "

5) Air contained ratio was assumed as 30 %.

第10表 各測水点の流域・流量とそれらの関係
 Table 10. Catchment area and discharge at each stream flow gauging station, and mutual relation

豊栄 Hōei	110 (5.8)	笠野原 Kasanohara	18* (0.95)	
		一部串良川 A part of Kushiragawa	92 (4.85)	
一部串良川 A part of Kushiragawa	15 (0.80)	笠野原 Kasanohara	8* (0.50)	
		その他 Others	7 (0.30)	
保瀬 Matase	458 (20.8)	左岸(笠野原) Left bank (Kasanohara)	71* (2.91)	
		高良橋 Takarabashi	朝日橋 Asahibashi	9* (0.34)
			その他 Others	23 (0.86)
		始良橋 Airabashi	72 (3.09)	
右岸(本流) Light bank (Main stream)	88 (3.60)			
高山川 Kōyamagawa	62 (2.9)	* 笠野原合計 Total of Kasanohara		
一部肝属川 A part of Kimotsukigawa	8 (0.5)	106 (4.70)		

Note) Upper number : catchment area (km^2)
 Lower number parenthesized : discharge (m^3/sec)

4) 地下水流動速度 II. にのべた通り、帯水層バラスの厚さは $5 \sim 8 m$ ⁴⁷⁾ と推定されるが、いま地下水流動の深さを $5 m$ と仮定して前記笠野原からの地下水流出量 $3.70 m^3/sec$ が浸食谷の彎入を含めた台地の全周囲長 $55,000 m$ の内南半に集中するものとして $30,000 m$ の幅から流出する想定のもとで浸透係数を計算すれば次の通りである。但し地下水面勾配は図4. の例示に倣い扇端附近においてはおおむね $\frac{1}{100}$ とする。

$$k = \frac{3.70 \times 100}{5 \times 30,000} \approx 2.46 \times 10^{-3} m/sec$$

$$\approx 2.46 \times 10^{-1} cm/sec$$

すなわち、全堆積層の総合した浸透係数の約 $1,000$ 倍に当り、普通の土の概念では大きい値であるが、実際問題としては後述する通りの小さい速度である。帯水層の厚さ、帯水層深などについては次報においてさらに地質学的検討を加え浸透流速の実測も行いたいがいま仮りに、この速度で地下水が流下するものとすれば台地のの上流端から下流端まで平均約 $6,500 m$ を流下するに要する時間は空隙率を考慮して平均勾配 $\frac{1}{150}$ を用いて試算すれば約 $2,300$ 日となる。長きにすぎる感がある。また通水断面の厚さを $1 m$ とすれば 460 日であり、いずれにしても実際的にはかなり長い期間である。すなわち台地の高位部においては雨水が地上に降ってから地下水面まで降下し、帯水層内を透過して台地末端の崖下で地表に表われるまで少くとも 2 年以上を要するものと考えられ、その保水機能を利用すれば地下水利用強化の対策は可能であると解される。

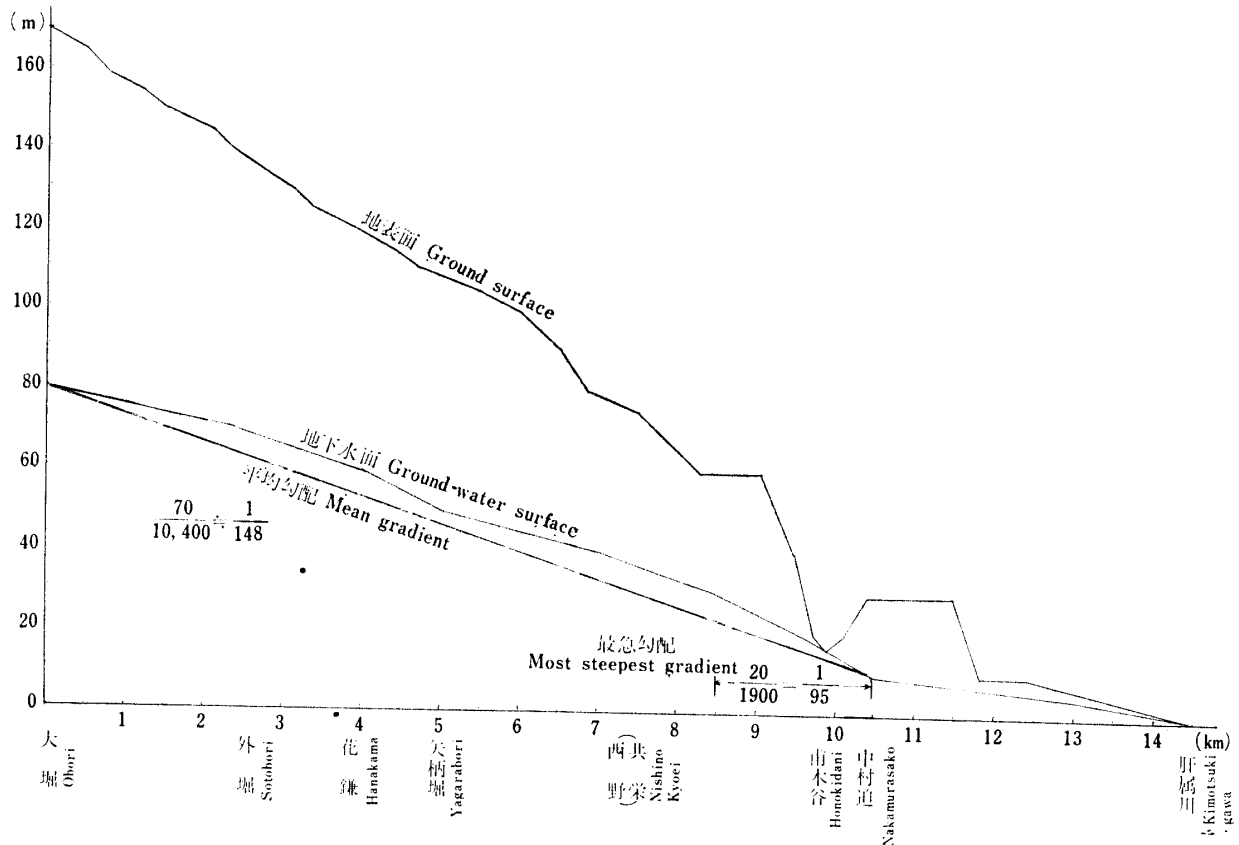


図 4—a 笠野原縦断面図，断面図I：大堀—中村迫

Fig. 4—a Kasanohara profile, Section I : Ōbori—Nakamurasako

IV. 結 び

当地方の降雨分布はもちろん年によって不規則ではあるがおおむね4～9月の多雨期と10～3月の少雨期を繰り返す。この降雨の1部が累積する各地層を透過して地下水位まで浸降するに要する時間は地下水位までの深さと地層の性質などに支配されるが後者については、この地域では場所的な差異は余り大きくないから、もっぱら深さによってきまる。この地域の地下水面勾配は地表のそれよりはるかにゆるやかであるので帯水層の深さ、従って地下水位までの深さは大体において西北部で大きく、最大は80mにおよび、それより東南に向って漸次浅くなり崖端附近では10～20mになっているから同時に降った雨水が地下水面に到達する時期は東南部から西北部に向って段々ずれてゆき、そのずれの最大は1ケ年におよぶ。

地下水は場所的に異なる地質構造に基く不透水層の自然勾配の変化と帯水層の土性の相異に従って流動するが雨水が補給されて地下水面に到達する時間のずれはこの地下水面の自然勾配にある意味での周期的変化を与えてその流況を左右し乍ら流下してゆく。その速度は実用問題としてはきわめて遅く、地域の上流端から下流端まで流下するに数年を要する場合もあると思われる。これらの過程を量的に把握すればこのシラス地帯の保水機能を明らかにすることが出来る。

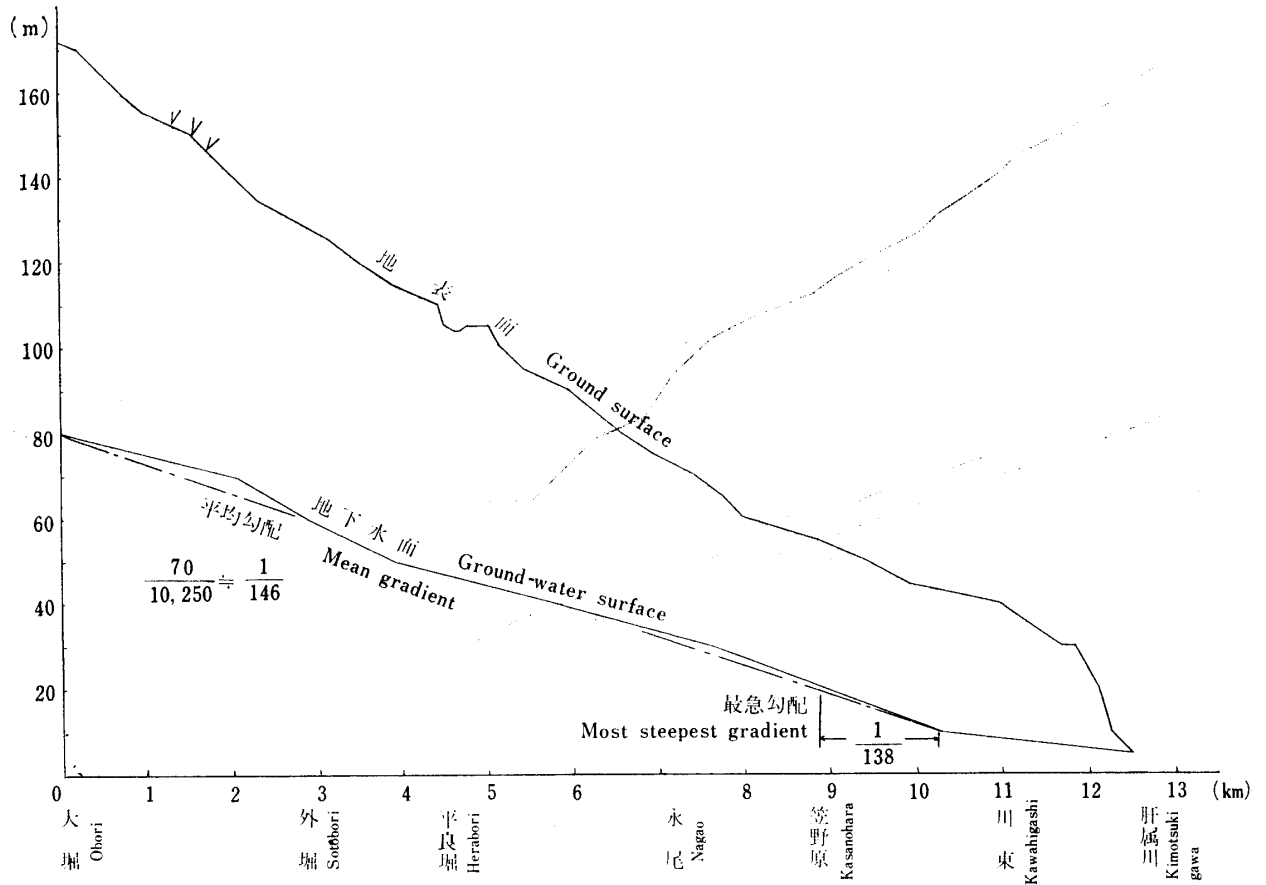


図 4—b 笠野原縦断面図，断面 II：大堀—笠野原

Fig. 4—b Kasanohara profile, Section II : Ōbori—Kasanohara

この観点から次報以後に考慮すべき問題点を指摘して結びとする。

- 1) この地域が水文学的に孤立したものとして取扱うことが妥当であるか否か周辺の地域との関連について。
- 2) 各地層々序とそれぞれの土性，特に帯水層の性質，従ってその中での水の浸降，流動とその速度について。
- 3) 前項の内，雨水の浸降速度と浸透係数との関係について。
- 4) 降雨と河川流量とから計算される流出特性，例えば本支流別，時期別，降雨量別流出率などについて。
- 5) 地下水位の変化から計算される地下水流出の時期的変化について。
- 6) 河川流量から計算される流出量と前項との関連からする流出量の配分について。
- 7) その他水温，水質などの特性について。

本調査研究は文部省科学研究費（総合研究）の一部の交付を受けて行った。また本調査に当っては鹿児島県企画部，同耕地課，鹿児島市，枕崎市，鹿屋市，特に笠野原農業振興事務局，鹿屋耕地事務所の御協力と地元各位の御理解を頂いたことに対し深甚の謝意を表すると共に赤崎治友，花園

勝雄両君の労に多謝する。

参 考 文 献

- 1) 多田文男・三井嘉都夫：笠野原，岩川，都城地方における地形地質地下水と崖崩れとの関係，資源調査会，：(1951)
- 2) 太田良平：いわゆるシラスについて (1)，(2)：(1961)
- 3) 三井，桑原：鹿屋市周辺の地下水，資源科学研究所彙報，49号：(1959)
- 4) 同 第2報，同52—53号：(1960)
- 5) 同 第3報，同54—55号：(1961)
- 6) 鹿児島県企画室：鹿児島県の地下水概況：(1963)
- 7) 太田良平：シラス研究序説，地球科学，No. 72：(1964)
- 8) 田町正啓：土壌及び堤体内に於ける浸透に関する理論的考察，九州大学農業工学研究資料，51号：(1957)
- 9) 金子 良：農業水文学 P. 37，土木雑誌社：(1957)
- 10) 下村彦一：地形読図 P. 36，中国書店：(1960)
- 11) 徳田貞一：黄土—侵食地形—，古今書院：(1957)
- 12) 農業土木学会：農業土木ハンドブック，九善：(1957)

R é s u m é

The fundamental characteristics of the hydro-geology in the *Shirasu* region may be defined as follows; namely, the so-called *Shirasu* layers, moulded after having been deposited over the rock beds of Mesozoic formation and the upper welded-tuff forming impermeable beds, have the propensity to work as a favorable aquifer.

The characters and correlations of these strata which have had influences upon the state of ground water, show rich varieties in accordance with the difference in the localities put under investigation.

The general classifications for the state of ground water are as follows:

1) A large amount of ground water flows through many cracks contained in the welded-tuff situated comparatively at a high elevation, as can be seen around Kagoshima city.

2) The rain water infiltrates directly into the cave and flows through the cave which seems to have been formed by the working of the more developed crack, therefore, the ordinary surface stream has only a little quantity of discharge as may be seen at Nansatsu plateau.

3) The ground water flows through the aquifer consisted of *Shirasu* layer on the impermeable bed existing buried deeply in the earth, as may be seen at Kasanohara.

Of the three cases, the 3rd one is readiest to be observed.

In this report, the following studies were carried out chiefly at Kasanohara with the intention of making these conditions as simple and clear as possible, as Kasanohara may well be considered to be isolated from other regions in the points of both topography and hydrology.

That is, the fluctuations of water level in wells and others are put into measurement continuously. And after making a comparative study between the discharge-data measured in the main and its tributary streams of Kimotsuki river and the meteorological observation-data, the authors tried to let the hydrological features or water holding process be ascertained.

The results obtained up to this day, are summarized as follows;

1) The mean annual runoff-ratio for nine years (1953~1961) is 87.2%, which is much

higher than the mean value of the whole Japan. And it is consisting of the next items, namely ground runoff 45.0% and surface runoff 42.2%, the former is above the average. The evapotranspiration is 346 mm, which is equal to 12.8%.

2) By making a comparison between the fluctuations of ground water level and the distribution of rainfall, it was ascertained that some rainfall takes 4.7 days per vertical height 1m to infiltrates through all strata and arrives at the ground water table. This velocity of infiltration is equivalent to $2.46 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ and agrees with the coefficient of permeability of the *Shirasu* obtained at the laboratory.

3) Provided a measurement is to be done at the isolated watershed along the region put under consideration, the following equation may be fixed: namely

$$G = HPa + G_2 .$$

Accordingly, the ground water runoff G_2 may be calculated by presuming a recharge quantity of ground water G and an air containing ratio Pa . And the velocity of ground water may be estimated with the ground water runoff.