

際であった。

しかし、IQ-11のコア鑑定によれば、氷堆石直下の火山岩類および断層破碎帯に温泉作用による熱水変質がみられ、この付近を通るA測線でも低比抵抗が連続して把握されている。

この変質が地熱示徴に強い関連性があるとすれば、上述①と共にN-S系の地質不連続線による影響も強いことが推定出来る。

第4節 孔内温度測定

本地熱地帯の地下地熱構造を推定するための一手段として20m深および300m深の地温測定を実施した。300m深については、温度回復テストを併せて実施した。温測点は20m深が10ヶ所、300m深が1カ所の合計11カ所であった。

4-1 20m深地温調査

4-1-1 測定装置

感熱・水位センサー	： 金属抵抗型（白金）	： 開発工業㈱製
ウィンチ	： 容量 350m	： 開発工業㈱製
記録計	： サーボコーダ	： 渡辺測器㈱製
深度発信方式	： パルスエンコーダ	： 玉川精器㈱製

4-1-2 測定方法

ボーリングによって、測点に深さ20mの孔をあけた後、孔壁の崩壊を避けるためにBXサイズのロッドを孔底まで挿入した。孔口よりの異物進入を避けるために蓋をして3日以上放置し、ボーリングの際の地温分布の乱れを除いてから、上記測定装置を使用して温測を行った。温測に際してはセンサー感温・水位部を孔口レベルに5分間保持した後、測定速度、約4m/分、にて孔内温度を連続測定した。今回使用の測定装置は、孔内温度および水位を自動記録出来るので、その記録紙より測定後、これら両者を読み取った。

測定装置の配置は図7-12の通りである。

4-1-3 測定結果

20m深の温測結果は以下の通りである。図7-3（別添-既出）地質図中にボーリング位置および20m深等温線を、表7-8に測定結果を示す。更に地質柱状図に温測結果をグラフで表わしている。

a) IQ-1孔の温測

深度5.2mで孔内水に逢着している。深度6mまでは気温の影響が強く、孔口に近いほど高温となっているが7m以深の孔内水中では、ほぼ一様の温度勾配（1℃/10m）で

上昇し、20 mの孔底では11.3℃に達する。本区間の地質は集塊岩で構成されている。

b) IQ-2孔の温測

本孔の孔内水位は10孔の中で最も低く、11.5 mである。12 m以深では約1℃/10 mの温度勾配で滑らかに上昇し、孔底では10.9℃を示す。本孔の地質は0~17.45 mが安山岩質岩石の風化土壌、17.45~20.50 mが集塊岩である。

c) IQ-3孔の温測

深度3.1 mで孔内水に達している。4 m以深では約0.6℃/10 mの温度勾配で上昇しているものの孔底温度8.3℃は10孔の中で最も低い温度である。岩質は0~3.00 mが安山岩質岩石の風化土壌、3.00~20.00 mが安山岩質岩である。

d) IQ-4孔の温測

本孔は、本・支流合流点近くで実施されたため孔口まで孔内水で満たされている。孔口より13 mまでは、約0.2℃/10 mという低い温度勾配であったが、それ以深では約1℃/10 mと温度勾配は高く、孔底では12.2℃に達している。

地質は砂礫層である。

e) IQ-5孔の温測

孔内水位は深度3.5 mである。深度4~10 m間は約1℃/10 mの温度勾配で上昇しているが、それ以深では殆んど変化ない。孔底温度は8.9℃である。地質は0~8.4 mまでは砂礫層、8.4 m~20 m間は火山岩類である。

f) IQ-6孔の温測

孔口まで孔内水で満たされている。気温の影響がないと考えられる2 m以深では、約3℃/10 mという高い温度勾配を示し孔底温度は15℃に達している。これは20 m深の孔底温度としてはIQ-8孔に次いで高い。地質は孔口より孔底まで砂礫層である。

g) IQ-7孔の温測

孔内水位は0.2 mである。孔内水温度は9.4℃から11.0℃まで得られたが、その変化状況は直線的ではなく波状で最高温度は10~11 mおよび19 mの2カ所に現われている。温度勾配は-5℃/10 mから4℃/10 mまで変化している。地質は0~20 m間砂礫層である。

h) IQ-8孔の温測

深度0.2 mで孔内水に達している。孔内水温度は深度2 mでは11.2℃、深度20 mの孔底では20.6℃に達し、20 m深温測の中では最高の温度を示している。温度勾配は、平均約5.2℃/10 mであるが1~11℃/10 mの間で変化している。地質は砂礫層である。

i) IQ-9孔の温測

孔内水位は深度8.2 mで、IQ-2孔に次ぐ深さである。孔内温度は、地上気温の影響を受けて、孔口に近いほど高く、気温に近い温度を示している。孔内水温は約1℃/10 mの温度勾配で上昇し、深度14 mで9.7℃を示している。地質は砂礫層である。

なお、本孔は深度15 m附近より以深は孔口からの異物侵入のため温測は出来なかった。

j) IQ-10孔の温測

深度2.8 mで孔内水に達している。孔内水温は波状変化しながら孔底へ向って下降して

图7-12 温度测定装置

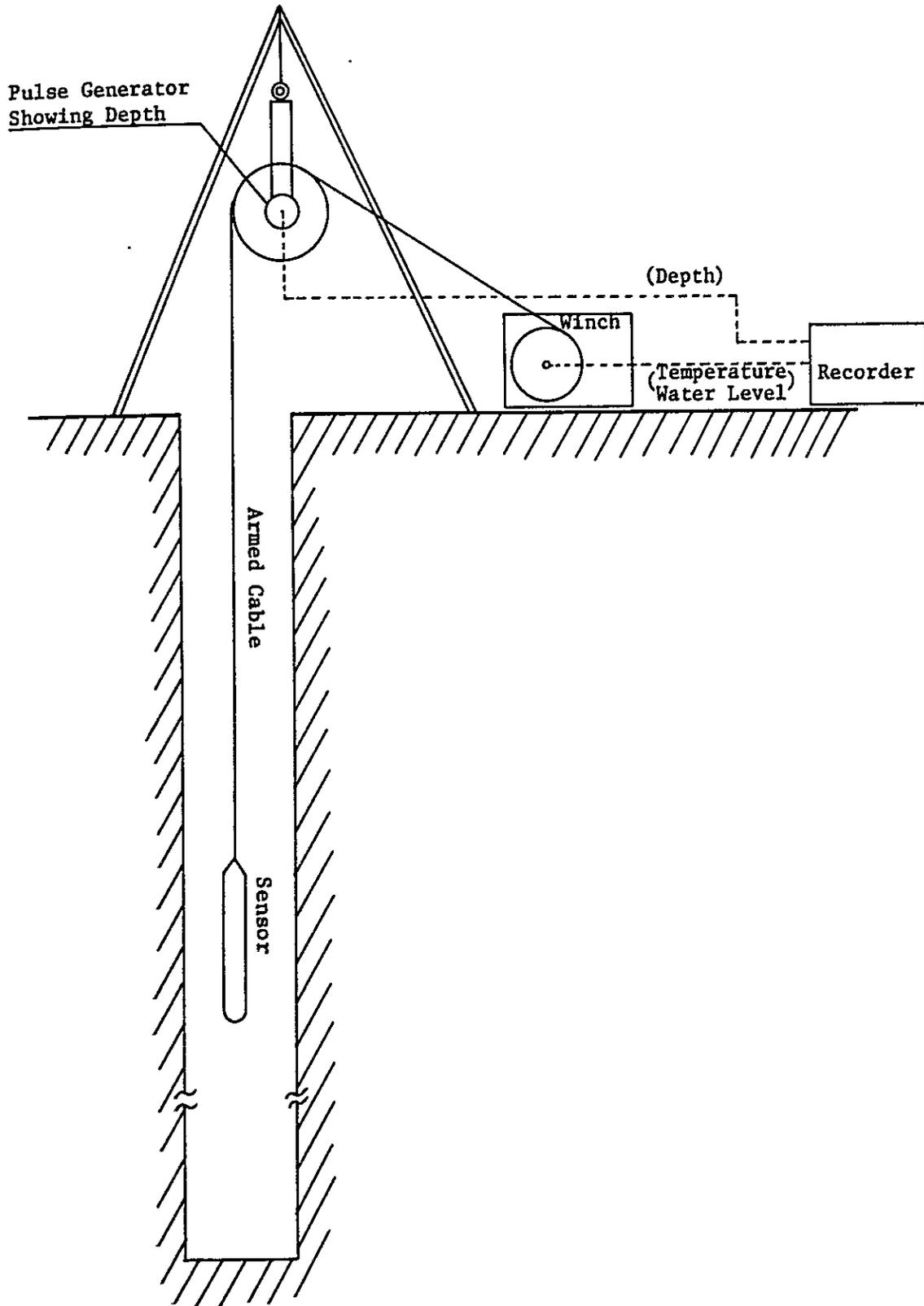


表7-8 IQ-1孔~IQ-10孔温測記録および結果

No. of Drill Hole		IQ-1	IQ-2	IQ-3	IQ-4	IQ-5	IQ-6	IQ-7	IQ-8	IQ-9	IQ-10
Working Period(1979)	From	Oct.8	Oct.9	Oct.4	Oct.6	Oct.2	Sep.21	Oct.11	Sep.25	Sep.28	Sep.30
	To	Oct.9	Oct.10	Oct.5	Oct.7	Oct.3	Sep.24	Oct.12	Sep.27	Sep.29	Oct.1
Measuring Day		Oct.13 11 ⁰²⁰ '	Oct.13 10 ⁰³⁵ '	Oct.12 11 ⁰⁰⁰ '	Oct.12 10 ⁰¹⁰ '	Oct.8 11 ⁰⁰⁰ '	Oct.6 11 ⁰¹⁵ '	Oct.16 14 ⁰³⁰ '	Oct.4 11 ⁰²³ '	Oct.8 10 ⁰³⁰ '	Oct.6 13 ⁰¹⁵ '
Weather		Fine	Fine	Fine	Fine	Cloudy	Fine	Cloudy	Cloudy	Fine	Fine
Direction of Wind		Windless	Windless	West Breathing	North-East Breathing	North-East Winding	North-East Breathing	West Breathing	North Breathing	North-East Breathing	North-East Breathing
Atmospheric Temperature		25°C	20°C	20°C	19°C	19°C	23°C	17°C	12°C	17°C	24°C
Depth		20.50m	20.00m	20.00m	20.00m	20.00m	20.70m	20.40m	20.80m	20.00m	20.00m
Water Level in Drill Hole		5.2m	11.5m	3.1m	0.0m	3.5m	0.0m	0.2m	0.2m	8.2m	2.8m
	0m	15.2°C	18.5°C	16.8°C	17.7°C	16.7°C	10.6°C	17.1°C	12.5°C	15.6°C	17.8°C
	1m	15.0°C	18.2°C	16.2°C	11.6°C	15.7°C	10.8°C	9.4°C	12.5°C	15.0°C	17.0°C
	2m	14.8°C	17.8°C	15.7°C	11.3°C	15.0°C	9.4°C	9.4°C	11.2°C	14.6°C	16.2°C
	3m	14.5°C	17.3°C	15.4°C	11.3°C	14.5°C	9.4°C	9.6°C	11.3°C	14.3°C	14.2°C
	4m	14.3°C	16.7°C	7.3°C	11.3°C	8.6°C	9.7°C	9.5°C	12.0°C	14.1°C	10.0°C
	5m	14.1°C	16.2°C	7.2°C	11.3°C	8.7°C	10.0°C	9.5°C	13.1°C	13.7°C	9.7°C
	6m	10.7°C	15.8°C	7.3°C	11.3°C	9.0°C	10.4°C	9.8°C	13.7°C	13.6°C	9.6°C
	7m	10.6°C	15.4°C	7.3°C	11.3°C	9.1°C	11.0°C	10.2°C	14.5°C	13.5°C	9.5°C
	8m	10.6°C	15.0°C	7.3°C	11.3°C	9.2°C	11.4°C	10.4°C	15.2°C	13.2°C	9.5°C
	9m	10.7°C	14.7°C	7.4°C	11.4°C	9.2°C	11.8°C	10.6°C	15.7°C	9.4°C	9.5°C
	10m	10.7°C	14.4°C	7.5°C	11.4°C	9.2°C	12.1°C	11.0°C	16.2°C	9.3°C	9.8°C
	11m	10.8°C	14.2°C	7.6°C	11.5°C	9.1°C	12.4°C	11.0°C	16.8°C	9.4°C	9.9°C
	12m	10.9°C	10.2°C	7.7°C	11.5°C	8.9°C	12.6°C	10.5°C	17.3°C	9.5°C	9.7°C
	13m	11.0°C	10.2°C	7.7°C	11.5°C	8.8°C	13.0°C	10.5°C	17.8°C	9.6°C	9.5°C
	14m	11.0°C	10.2°C	7.8°C	11.7°C	8.8°C	13.3°C	10.5°C	18.3°C	9.7°C	9.3°C
	15m	11.0°C	10.3°C	7.8°C	11.8°C	8.8°C	13.6°C	10.5°C	18.6°C	-	9.2°C
	16m	11.1°C	10.4°C	7.9°C	11.9°C	8.8°C	14.0°C	10.4°C	18.7°C	-	9.1°C
	17m	11.1°C	10.5°C	8.2°C	12.6°C	8.8°C	14.3°C	10.5°C	18.8°C	-	9.1°C
	18m	11.2°C	10.6°C	8.3°C	12.1°C	8.8°C	14.5°C	10.7°C	19.4°C	-	9.1°C
	19m	11.3°C	10.8°C	8.3°C	12.2°C	8.9°C	14.7°C	11.0°C	20.2°C	-	9.1°C
	20m	11.3°C	10.9°C	8.3°C	12.2°C	8.9°C	15.0°C	10.9°C	20.6°C	-	9.1°C

いる。すなわち、深度4 mでは10℃、孔底では9.1℃を示し、中間の11 mに9.9℃のピークが現われている。

温度勾配は-3～3℃/10 mの間で変化している。

地質は、0～4.10 m間は風化土壌、4.10～20.00 m間は安山岩類である。

4-2 300 m深地温調査

4-2-1 測定装置

4-1-1に同じ。

4-2-2 測定方法

4-1-2に同じ。

4-2-3 測定結果

温測結果は次の通りで、表7-9に温度測定記録、表7-10に温度測定結果、図7-13に温測結果図、図7-14に温度勾配曲線をそれぞれ示す。

測定区間は深度0 mから290 m間で、孔内状況は深度0 m～75 m間はケーシングおよびセメンテーション、75 m～220 m間はケーシング、220 m～276 m間はロッド、そして276 m～290 m間は裸孔であった。290 m以深は温測時の孔壁保護のためにロッドを挿入した際に、290 m付近で孔壁崩壊が起こり、孔詰りのためセンサーの降下が不可能であった。深度5.5 mで孔内水に着水している。

深度80 m付近までは、温度上昇が著しく深度10 mの孔内水温17.3℃より33.8℃に達している。それより深度290 mまでは温度上昇は鈍く、孔底では39.3℃に達したに過ぎない。

温度勾配を見ると深度80 m付近までは5.6～1.6℃/10 mと高く、それより深度210 mまでは0.7～0.1℃/10 mに低下しており、傾向として深部へ向って減少していく。そして深度220 mでは-0.1℃/10 mとマイナスの温度勾配を示す。しかしながら深度230 mでは0.5℃/10 mおよび深度260 mでは0.6℃/10 mにそれぞれ達している。

温測結果と孔内地質との対応は次の通りである。温度上昇が著しく、温度勾配も高い、深度0 m～80 m間は、砂泥礫層のうち、固結度が底い部分に相当している。それ以下については固結度の高い砂泥礫層(深度196.30 mまで)、岩脈状粗粒玄武岩および玢岩(深度196.30～233.20 m)、安山岩(深度233.20～253.90 m)および断層破碎帯(深度253.90～300.50 m)で構成される。

深度220 mのマイナスの温度勾配は、砂泥礫層直下の弱変質を蒙り軟弱化した岩脈状粗粒玄武岩の部分に対応する。深度230 mおよび260 mの比較的高い温度勾配を示す個所は前者が玢岩が白色粘土化を主とする熱水変質を蒙った部分に、後者は粘土化変質した断層破碎帯にそれぞれ対応する。

また掘削時における留点温度計による孔内温度測定結果を表7-11および図7-15に示す。

なお、掘進作業中に著しい逸水は認められていない。

表 7 - 9 IQ-11 孔温测记录

Date	Oct. 22, 1979
Weather	Fine
Atmospheric Temperature	8°C
Beginning Time of Measurement	21°34'
Finishing Time of Measurement	22°14'
Depth of Measurement	290m
Speed of Sensor	7.2m/min.
Water Level	5.5m
Temperature of Bottom	39.3°C
Space Time	0.5 Hour
Water in Drill Hole	Natural Water
Note	<p>0~ 75m: in Casing and Full Cementation</p> <p>75~220m: in Casing</p> <p>220~276m: in Rod</p> <p>276~290m: in Open</p>

表 7-10 IQ-11 孔温測結果

Depth (m)	Temperature (°C)	Temperature Gradient (1) (°C/10m)	Temperature Gradient (2) (°C/10m)	(1) : Interval 10m (2) : Interval 10m, Running Average Five Points
0	9.5			
10	17.3	7.8	-	
20	20.7	3.4	-	
30	22.8	2.1	3.8	
40	25.5	2.7	2.7	
50	28.4	2.9	2.3	
60	30.7	2.3	2.2	
70	32.4	1.7	1.8	
80	33.8	1.4	1.4	
90	34.6	0.8	1.0	
100	35.2	0.6	0.6	
110	35.6	0.4	0.4	
120	35.9	0.3	0.3	
130	35.9	0	0.2	
140	36.2	0.3	0.2	
150	36.5	0.3	0.2	
160	36.6	0.1	0.2	
170	36.8	0.2	0.2	
180	37.0	0.2	0.1	
190	37.1	0.1	0.1	
200	37.2	0.1	0.1	
210	37.4	0.2	0.1	
220	37.3	-0.1	0.2	
230	37.8	0.5	0.2	
240	37.9	0.1	0.3	
250	38.2	0.3	0.3	
260	38.8	0.6	0.3	
270	38.9	0.1	0.3	
280	39.1	0.2	-	
290	39.3	0.2	-	

圖 7-13 IQ-1.1 孔溫測結果

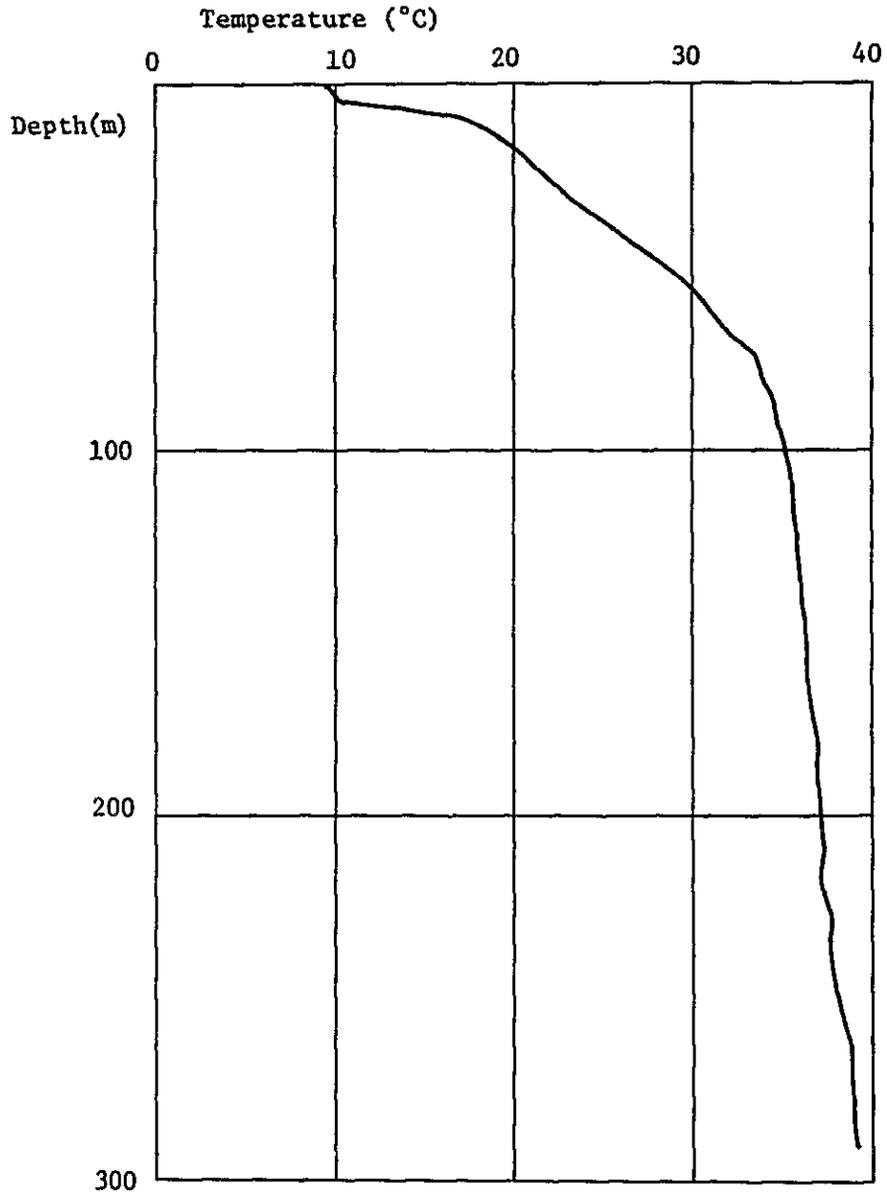


圖 7-14 IQ-11 孔溫度勾配曲線

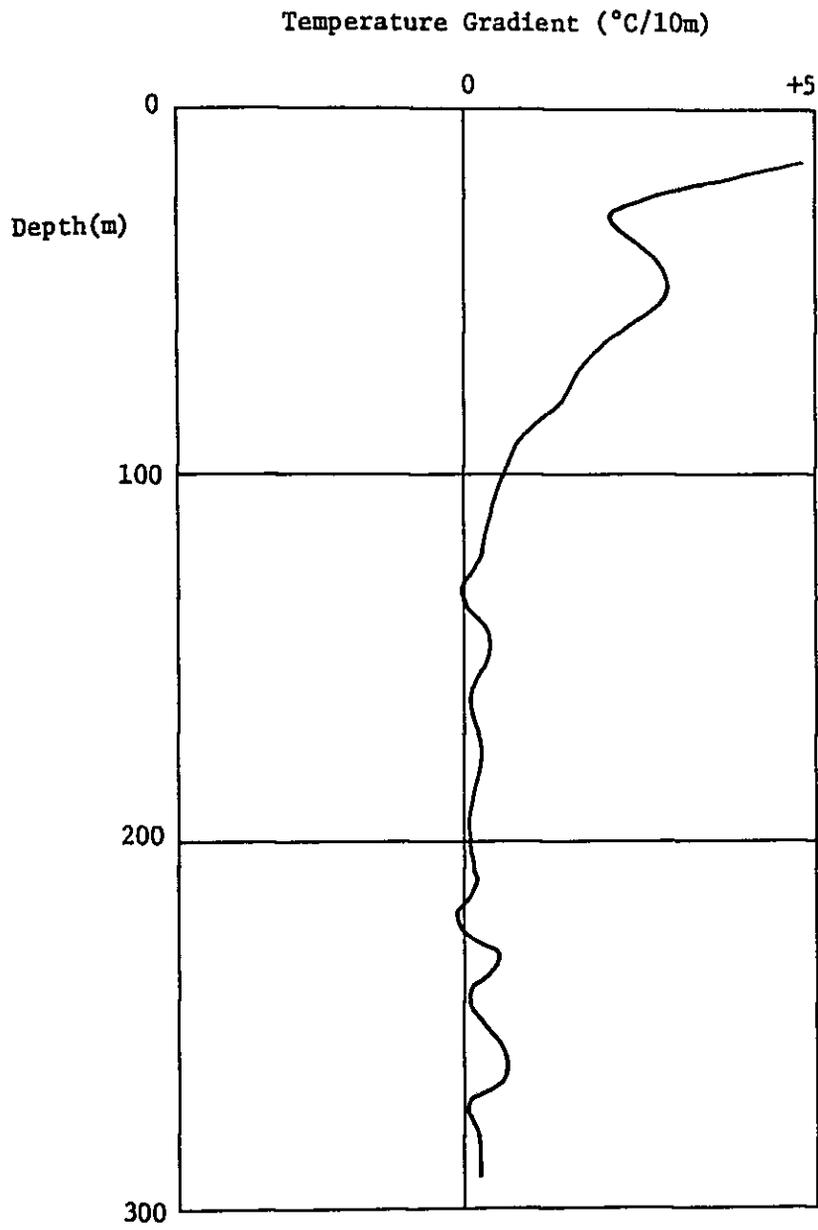
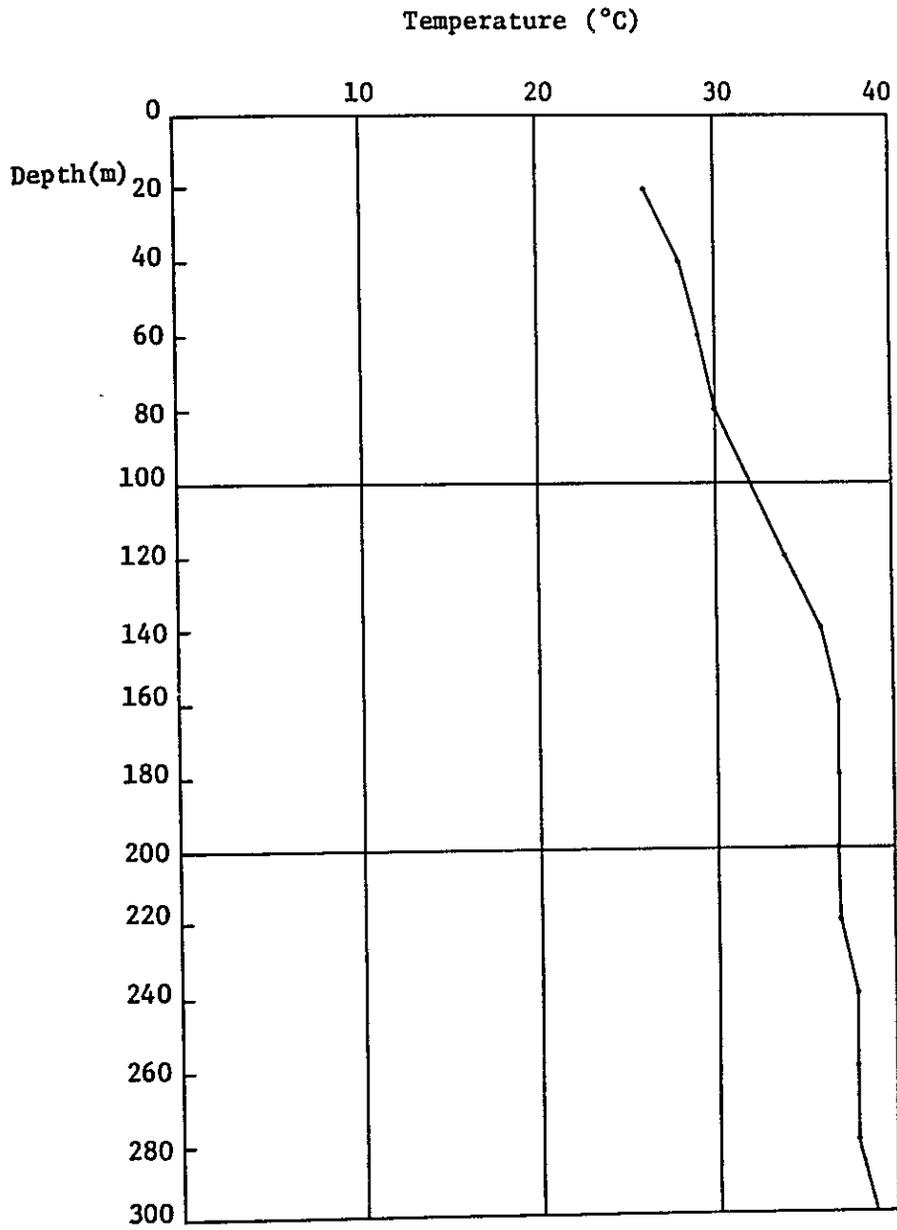


表7-11 IQ-11孔掘削時に於ける推定平衡温度

(Logged by Maximum Thermometer)

Date	Depth (m)	Temperature (°C)	Temperature (°C) of Mud Water		Atmospheric Temperature (°C)	Space Time (Hour)
			In	Out		
Oct. 2	20.00	26	15	20	11	1.0
"	40.00	28	-	-	11	1.0
"	60.00	29	-	-	13	1.0
Oct. 10	80.00	30	15	20	18	1.0
"	100.00	32	-	-	-	1.0
"	120.00	34	-	-	-	1.0
"	140.00	36	-	-	-	1.0
"	160.00	37	-	-	-	1.0
Oct. 20	180.00	37	10	15	10	1.0
"	200.00	37	-	-	-	1.0
"	220.00	37	-	-	-	1.0
"	240.00	38	-	-	-	1.0
"	260.00	38	-	-	-	1.0
"	280.00	38	-	-	-	1.0
"	300.50	39	-	-	-	1.0

図 7 - 1 5 IQ - 1 1 孔掘削時に於ける孔底温度



4-3 300 m深温度回復試験

4-3-1 測定装置

4-1-1に同じ。

4-3-2 測定方法

4-1-2に同じ。

4-3-3 測定結果

孔底までロッドを挿入して、清水による孔内洗浄後72時間内に温度検層を10回実施し、温度回復状況を観測した。

測定区間は、深度0 m～293 mで、孔内状況は、

- 0 m～ 75 m間 : ケーシングおよびセメンテーション、
 - 75 m～220 m間 : ケーシング、
 - 220 m～276 m間 : ロッド、
 - 276 m～293 m間 : 裸孔、
- である。

なお、293 m以深は、洗浄用ロッド挿入時に290 m付近で生じた孔壁崩壊のため、測定不可能であった。

第1回～第10回温度検層の記録および測定値は表7-12、7-13、7-14に示す通りである。

一般に平衡温度を求める為に次式がよく用いられる。

$$T\theta = T\theta \rightarrow \infty \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{\theta}{t + \theta}\right) \right\}$$

θ : 泥水循環停止後からの経過時間 (hour)

t : 掘さくがその深度を越えてより、泥水循環停止までの時間 (hour)

$T\theta$: 泥水循環停止後 θ 時間後の孔内温度

$T\theta \rightarrow \infty$: 推定平衡温度

従って、推定平衡温度 ($T\theta \rightarrow \infty$) は片対数グラフの横軸 (対数) に $\theta / t + \theta$ の値を、縦軸に $T\theta$ をプロットし、 $\lim_{\theta \rightarrow \infty} \frac{\theta}{t + \theta} = 1$ に対応する $T\theta$ の値に相当する。

これらの温度と時間の関係を図7-16に示す。これより、平衡温度を類推すると表7-15の様になる。温度回復曲線を図7-17に示し、推定平衡温度を求めるための資料を表7-16に記す。

回復テストの結果、深度10 m～110 m間は温度の減少が見られたが、110 m以深孔底までは0.2～0.8℃の巾で温度回復しており、その最大巾は深度140 mおよび200 mの0.8℃である。

平衡温度は孔底では約40℃が得られている。

表 7 - 1 2 IQ - 1 1 孔溫度回復試驗結果

Item	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
Space Time	0.6 Hr	4.8 Hr	8.1 Hr	12.5 Hr	17.9 Hr	23.8 Hr	36.0 Hr	47.8 Hr	59.9 Hr	66.8 Hr
Date(1979)	Oct.22	Oct.23	Oct.23	Oct.23	Oct.23	Oct.23	Oct.24	Oct.24	Oct.25	Oct.25
Weather	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Cloudy
Atmospheric Temperature	8°C	1°C	-1°C	18°C	22°C	7°C	18°C	9°C	19°C	13°C
Beginning Time of Measurement	21:34'	1:45'	5:03'	9:27'	14:53'	20:44'	9:00'	20:46'	8:54'	15:45'
Finishing Time of Measurement	22:14'	2:24'	5:44'	10:05'	15:05'	21:22'	9:37'	21:25'	9:31'	16:21'
Depth	290m	290m	291m	290m	290m	289m	293m	292m	293m	293m
Speed of Sensor	7.2 m/min	7.4 m/min	7.1 m/min	7.6 m/min	7.8 m/min	7.6 m/min	7.9 m/min	7.5 m/min	7.9 m/min	8.1 m/min
Water Level	5.5m	5.5m	5.0m	4.5m	5.2m	4.5m	4.2m	4.0m	3.8m	1.4m
Temperature of Bottom	39.3°C	39.4°C	39.4°C	39.6°C	39.5°C	39.5°C	39.4°C	39.2°C	39.3°C	39.5°C
Water in Drill Hole	Natural Water									
Note	0~75m: in Casing and Full Cementation, 75.00~220.00m: in Casing, 220.00~276.00m: in Rod, 276.00~293m: in Open Cleaning in drill hole with natural water stopped at 21:00 of Oct.22, 1979.									

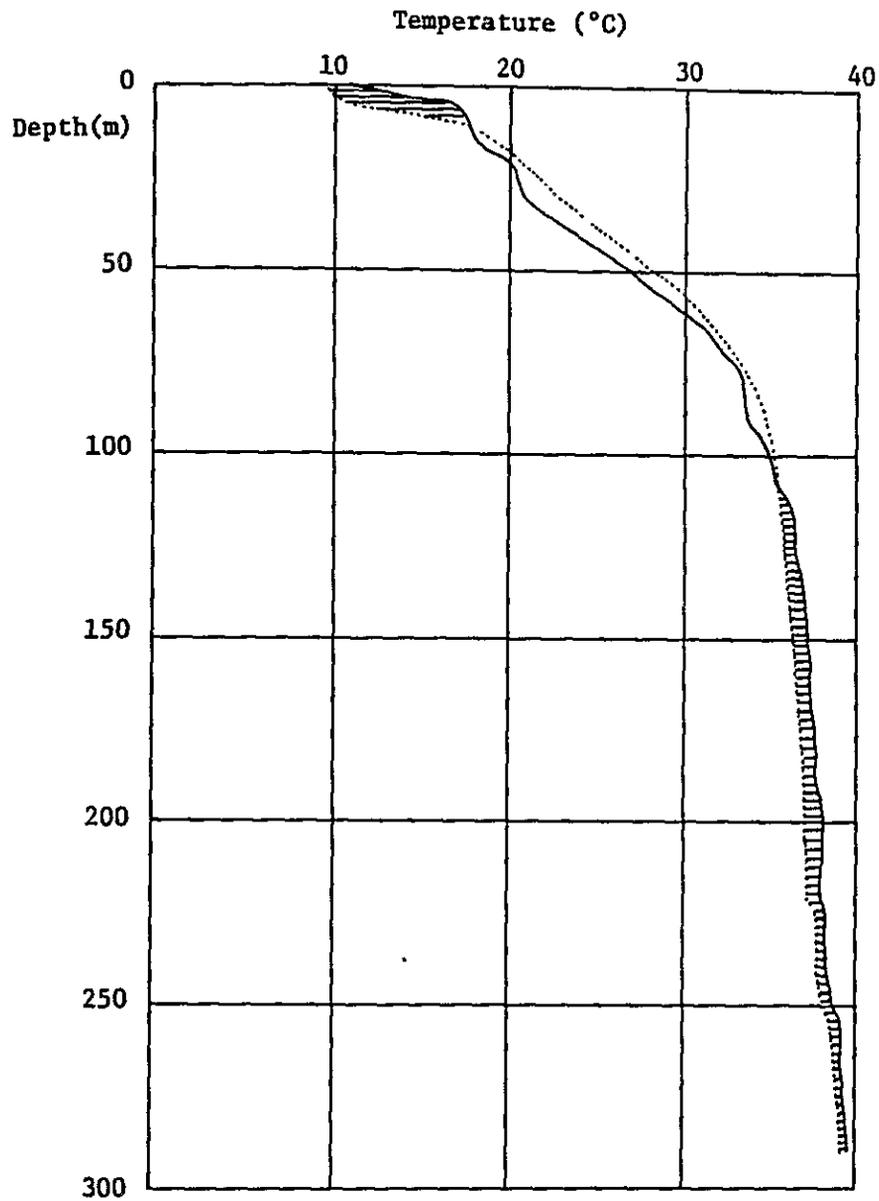
表 7 - 1 3 IQ - 1 1 孔温度回復試驗結果

Depth	No.									
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
0m	9.5°C	8.7°C	0.0°C	13.5°C	16.8°C	6.2°C	15.6°C	7.0°C	15.0°C	10.8°C
20m	20.7°C	21.5°C	19.5°C	19.2°C	18.5°C	18.7°C	18.6°C	18.6°C	18.4°C	19.9°C
40m	25.5°C	28.0°C	24.5°C	24.3°C	23.7°C	24.4°C	24.0°C	23.5°C	23.9°C	23.7°C
60m	30.7°C	32.1°C	30.2°C	30.3°C	29.9°C	30.5°C	30.2°C	31.1°C	30.3°C	29.5°C
80m	33.8°C	34.6°C	34.0°C	33.9°C	34.1°C	34.2°C	34.2°C	33.4°C	34.8°C	33.2°C
100m	35.2°C	33.5°C	35.4°C	35.5°C	35.5°C	35.7°C	35.9°C	35.8°C	36.0°C	35.1°C
120m	35.9°C	36.0°C	36.0°C	36.0°C	36.3°C	36.4°C	36.4°C	36.4°C	36.5°C	36.4°C
140m	36.2°C	36.6°C	36.5°C	36.6°C	36.6°C	36.8°C	36.8°C	36.7°C	36.9°C	37.0°C
160m	36.2°C	36.9°C	36.9°C	36.9°C	37.0°C	37.0°C	37.0°C	37.0°C	37.1°C	37.3°C
180m	37.0°C	37.1°C	37.0°C	37.2°C	37.2°C	37.3°C	37.2°C	37.3°C	37.3°C	37.6°C
200m	37.2°C	37.5°C	37.6°C	37.7°C	37.7°C	37.8°C	37.6°C	37.7°C	37.7°C	38.0°C
220m	37.3°C	37.4°C	37.3°C	37.4°C	37.4°C	37.6°C	37.4°C	37.4°C	37.3°C	37.8°C
240m	37.9°C	38.0°C	38.0°C	38.1°C	38.0°C	38.3°C	38.1°C	38.0°C	38.0°C	38.3°C
260m	38.8°C	38.8°C	38.8°C	38.9°C	38.9°C	38.9°C	39.0°C	38.7°C	38.8°C	39.1°C
280m	39.1°C	39.1°C	39.2°C	39.3°C	39.3°C	39.3°C	39.2°C	39.0°C	39.1°C	39.4°C
290m	39.3°C	39.4°C	39.6°C	39.4°C	39.5°C	39.5°C	39.4°C	39.2°C	39.3°C	39.5°C

表 7 - 1 4 IQ - 1 1 孔平均温度勾配

Depth	No.									
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
0 ~ 20m	5.6°C/10m	6.4°C/10m	9.8°C/10m	2.9°C/10m	0.9°C/10m	6.3°C/10m	1.5°C/10m	5.8°C/10m	1.7°C/10m	4.6°C/10m
20 ~ 40m	2.4°C/10m	3.3°C/10m	2.5°C/10m	2.6°C/10m	2.6°C/10m	2.9°C/10m	2.7°C/10m	2.5°C/10m	2.8°C/10m	1.9°C/10m
40 ~ 60m	2.6°C/10m	2.1°C/10m	2.9°C/10m	3.0°C/10m	3.1°C/10m	3.1°C/10m	3.1°C/10m	3.8°C/10m	3.2°C/10m	2.9°C/10m
60 ~ 80m	1.6°C/10m	1.3°C/10m	1.9°C/10m	1.8°C/10m	2.1°C/10m	1.9°C/10m	2.0°C/10m	1.2°C/10m	2.3°C/10m	1.9°C/10m
80 ~ 100m	0.7°C/10m	0.5°C/10m	0.7°C/10m	0.8°C/10m	0.7°C/10m	0.8°C/10m	0.9°C/10m	1.2°C/10m	0.6°C/10m	1.0°C/10m
100 ~ 120m	0.4°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.7°C/10m
120 ~ 140m	0.2°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.3°C/10m
140 ~ 160m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m
160 ~ 180m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m
180 ~ 200m	0.1°C/10m	0.2°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m
200 ~ 220m	0.1°C/10m	-0.1°C/10m	-0.2°C/10m	-0.2°C/10m	-0.2°C/10m	-0.1°C/10m	-0.1°C/10m	-0.2°C/10m	-0.2°C/10m	-0.1°C/10m
220 ~ 240m	0.3°C/10m	0.3°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m	0.3°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m	0.3°C/10m	0.4°C/10m	0.3°C/10m
240 ~ 260m	0.5°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m	0.5°C/10m	0.3°C/10m	0.5°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m	0.4°C/10m
260 ~ 280m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m
280 ~ 290m	0.2°C/10m	0.3°C/10m	0.2°C/10m	0.3°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.2°C/10m	0.1°C/10m

図 7-16 IQ-11 孔温度回復試験



..... : Temperature Measurement of No. 1
 ——— : Temperature Measurement of No. 10
 ■■■■ : Width of Temperature Recovery

表 7-15 IQ-11 孔各深度に於ける推定平衡温度

Depth	Inferred Equilibrium Temperature
100m	36.3°C
200m	38.0°C
290m	39.5°C

图7-17 IQ-11孔温度回復曲線

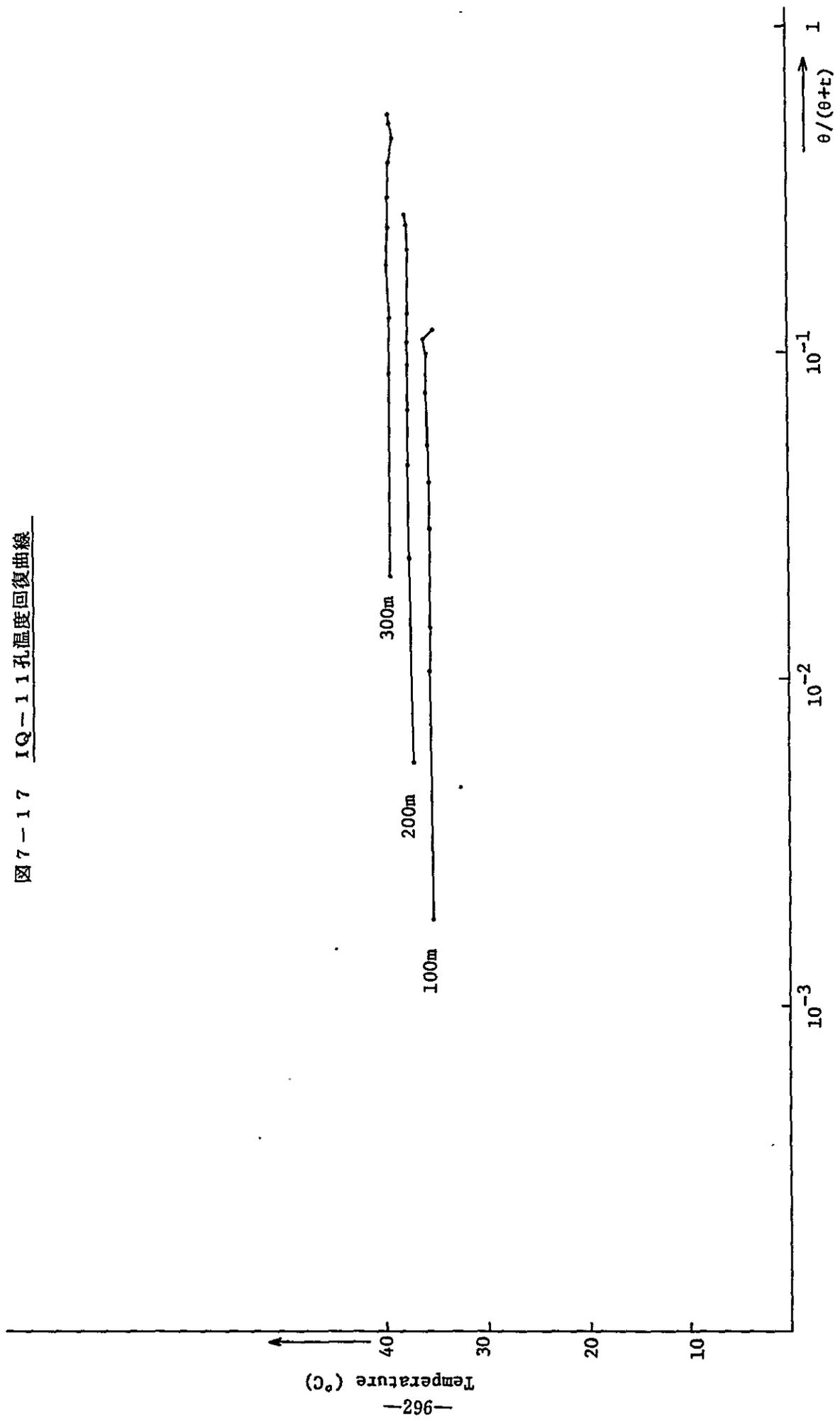


表7-16 IQ-11孔温度回復計算資料

Depth	t	θ	$\theta/(\theta+t)$	Temperature
100m	429 Hr	0.8 Hr	1.86×10^{-3}	35.2°C
		5.0 Hr	1.15×10^{-2}	35.5°C
		8.3 Hr	1.90×10^{-2}	35.4°C
		12.7 Hr	2.88×10^{-2}	35.5°C
		18.1 Hr	4.05×10^{-2}	35.5°C
		24.0 Hr	5.30×10^{-2}	35.7°C
		36.2 Hr	7.78×10^{-2}	35.9°C
		48.0 Hr	1.01×10^{-1}	35.8°C
		60.1 Hr	1.23×10^{-1}	36.0°C
		67.0 Hr	1.35×10^{-1}	35.1°C
200m	178 Hr	1.0 Hr	5.59×10^{-3}	37.2°C
		5.2 Hr	2.84×10^{-2}	37.5°C
		8.5 Hr	4.56×10^{-2}	37.6°C
		12.9 Hr	6.76×10^{-2}	37.7°C
		18.3 Hr	9.32×10^{-2}	37.7°C
		24.2 Hr	1.20×10^{-1}	37.8°C
		36.4 Hr	1.70×10^{-1}	37.6°C
		48.2 Hr	2.13×10^{-1}	37.7°C
		60.3 Hr	2.53×10^{-1}	37.7°C
		67.2 Hr	2.74×10^{-1}	38.0°C
290m	56 Hr	1.2 Hr	2.10×10^{-2}	39.3°C
		5.4 Hr	8.79×10^{-2}	39.4°C
		8.7 Hr	1.34×10^{-1}	39.4°C
		13.1 Hr	1.90×10^{-1}	39.6°C
		18.5 Hr	2.48×10^{-1}	39.5°C
		24.4 Hr	3.03×10^{-1}	39.5°C
		36.6 Hr	3.95×10^{-1}	39.4°C
		48.4 Hr	4.64×10^{-1}	39.2°C
		60.5 Hr	5.19×10^{-1}	39.3°C
		67.4 Hr	5.46×10^{-1}	39.5°C

第5節 ボーリング工事

5-1 ボーリング調査の概要

ボーリング工事は、昭和54年度ペルー共和国クスコ州南部地域開発計画調査の鉱山開発に伴う電力確保の一手段として地熱開発の可能性の判断資料を得る目的で実施された。

ボーリング工事は昭和54年9月21日に開始して、同年10月20日に終了した。この期間に掘進したボーリング孔数は20m深10孔と300m深1孔の計11孔で、掘進総延長は502.90mである。

ボーリング作業は、日本人調査員1名と現地ボーリング会社Geotec社の協力を得て、試錐機2台を使用し、2交代(12時間/方作業)で実施した。

掘進方法は、ワイヤーライン工法を採用した。またベントナイト泥水を基本として、CMC(25QT)およびリポナイトを使用して孔壁の保護に努めた。

岩質は主として、砂礫層、砂泥層で崩壊、張出、張付が発生し、作業工程は低下したが、労働災害もなく、また作業上の大きなトラブルも発生せず無事工事を終了することが出来た。また、掘進1方当りの成績は最低3.45m/方、最高10.25m/方で平均6.29m/方であった。表7-17は各孔作業一覧表である。

5-2 ボーリング工法および使用機材類

ボーリング予定地域の地質は、砂礫岩、砂泥岩および安山岩類が予想されたためにベントナイトを基本とする泥水工法およびケーシング工法を採用した。

20m深孔は、当初最終口径をBX-WLとして、温度測定のためにBX-WLロッドを温度測定終了まで孔内に設置する予定であったが、孔壁崩壊が予想外に甚しかったために、全長をNX-WLで推進して、BX-WLロッドを孔内に設置して温度測定を行った。

又300m深孔は、予定通り5⁵/₈"トリコンビット、HX-WLおよびBX-WLビットで計画通り掘進した。

更に保安設備として、暴噴防止のため、Blowout Preventerを、ボーリング用循環水冷却のため冷却塔を設置した。

表7-18は主要機械設備、表7-19(1)~(2)は消耗品使用明細である。

5-3 ボーリング地点(図7-1参照一既出)

ボーリング工事を実施したキシコージョ地区は、クスコ州ヤウリ町より国道をアレキーバに向って55km南にあるオコルロ部落よりさらに、村道を約11km南下した所に位置している。

表 7 - 1 7 各孔作業一覽表

Drill hole No.	Type of drill	Period	Depth	Core		No. of drilling shift		Drilling speed		Remarks
				Length	Recovery %	Drilling	Cas- ing etc.	* m/shift	** m/shift	
IQ-1	L-44	8th Oct. '79~9th Oct. '79	20.50 ^m	19.40 ^m	94.6	2	-	10.25	10.25	
IQ-2	L-44	9th Oct. '79~10th Oct. '79	20.00	18.50	92.5	2	-	10.00	10.00	
IQ-3	L-44	4th Oct. '79~5th Oct. '79	20.00	19.20	96.0	3	-	6.67	6.67	
IQ-4	L-44	6th Oct. '79~7th Oct. '79	20.00	16.50	82.5	4	-	5.00	5.00	
IQ-5	L-44	2nd Oct. '79~3rd Oct. '79	20.00	19.00	95.0	4	-	5.00	5.00	
IQ-6	L-44	21st Sep. '79~24th Sep. '79	20.70	17.20	83.1	6	-	3.45	3.45	
IQ-7	L-44	11th Oct. '79~12th Oct. '79	20.40	16.00	78.4	3	-	6.80	6.80	
IQ-8	L-44	25th Sep. '79~27th Sep. '79	20.00	10.20	51.0	5	-	4.00	4.00	
IQ-9	L-44	28th Sep. '79~29th Sep. '79	20.80	10.00	48.1	3	-	6.93	6.93	
IQ-10	L-44	30th Sep. '79~1st Oct. '79	20.00	17.50	87.5	3	-	6.67	6.67	
IQ-11	L-44	25th Sep. '79~20th Oct. '79	300.50	279.60	93.0	45	1	6.68	6.53	
Total			502.90	443.10	88.1	80	1	6.29	6.21	

表 7 - 1 8 主要機械設備

Item	Model	Quantity	Capacity, Type, and Specification
Drilling Machine	L-44	2	Capacity NX 760m BX 975m Inner diameter of spindle 98m/m weight (excl. engine) 1,650kg
Engine for Drill	GMC3-53	2	Diesel Engine 1,800rpm/60Ps
Pump	535-RQ	3	Piston ϕ 70m/m capacity 140, 83, 45, 22, 18 Pressure 20 ~ 50kg/cm ²
Engine for Pump	F-23481	3	Diesel Engine 2,200rpm/16Ps
Generator	SISCONSIN	3	2kvA 220V
Derrick		1	Wood
Derrick		1	Weight 20ton, lifting 9m height
Mud Mixer	MCE-100	2	Volume 100%
Temperature Measuring Tools		1	The subterranean heat
Blowout Preventor		1	
Cooling Tower		1	
Drill rods	HX	40	3.00m/CP
	NX	100	3.00m/CP
	BX	120	3.00m/CP
Casing Pipes	4"	4	3.00m/GP
	3"	25	3.00m/GP
	BX	100	3.00m/CP

表 7 - 1 9 (1) 消耗品使用明細

Description	Specification	Unit	Quantity										
			IQ-1	IQ-2	IQ-3	IQ-4	IQ-5	IQ-6	IQ-7	IQ-8	IQ-9	IQ-10	IQ-11
Light oil		ℓ	200	200	270	440	330	660	330	550	330	330	5,720
Mobil oil		ℓ	20	20	15	-	20	30	-	20	-	20	60
Hydraulic oil		ℓ	-	-	-	-	-	40	-	-	-	40	40
Gasoline		ℓ	42	42	42	84	63	126	63	105	63	63	546
Grease		kg	-	-	10	-	-	10	-	-	-	10	30
Bentonite		Bag	9	6	10	18	13	20	17	35	10	13	172
Libonite		kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	235
C.M.C. 25QT		kg	2	1	2	6	2	6	5	10	2	2	43
Cement		Bag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
Toricone bit	5 5/8"	pcs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Diamond bits	HX-WL	"											2
	NX-WL	"	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	6
	BX-WL	"											4
Reaming shells	HX-WL	"											4
	NX-WL	"											1
	BX-WL	"	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Wire line core barrel	HXx3.00m	"										1	
"	NXx3.00m	"				1		1				1	
"	BXx3.00m	"										1	
Innter tube assembly	HXx3.00m	"										1	
"	NXx3.00m	"				1		1				1	
"	BXx3.00m	"										1	
Outer tube	HXx3.00m	"										1	
"	NXx3.00m	"				1		1				1	
"	BXx3.00m	"										1	
Inner tube	HXx3.00m	"										1	
"	NXx3.00m	"				1		1				1	
"	BXx3.00m	"										1	
Casing metal shoe	HW	"											1
"	NW	"											
"	BW	"											
Rag		kg		10				10	10				40
Core box		pcs	4	4	5	4	4	4	4	3	2	4	60
Wire	10#	kg											
"	12#	"											
Nail		"											
Wire rope	6mmx550m	Roll											1
"	12mmx 40m	"											

5-4 設営作業(表7-20(1)~(2)参照)

9月8日、日本人ボーリング調査員が、キシコージョに入りボーリング現地の踏査を行った。踏査後、ボーリング座の作成、ボーリング用水の取水点の確認、道路作成および道路補修等の実施計画を立案した。

これと並行して人夫の調達および倉庫、土地の借用利水等の交渉作業を行った。

5-4-1 道路作成

道路作成と道路補修は全工事人力に依り行った。

IQ-1、2、5、7、8、9、10孔への道路作成延600mおよび道路補修、延300mを実施した。

また、IQ-3、4孔については、延長約2kmの道路補修を実施した。

5-4-2 ボーリング機材類の搬入

20m深孔用ボーリング機材類は9月15日、300m深孔用ボーリング機材類は9月20日に、夫々Limaの格納庫から10tトラック3台、4tトラック3台でアレキバを經由して搬入を行った。

5-4-3 設 営

設営は、IQ-6から開始した。これと並行してIQ-1、2、3、4、5、7、8、9、10孔への道路作成と道路補修およびボーリング座の作成を人力で行った。

300m深孔IQ-11孔はキシコージョ地区踏査後ボーリング座、泥水処理場およびボーリング用水配管を開始し、ボーリング機材類の搬入までに準備工事を終了した。

5-4-4 ボーリング用水

ボーリング予定地点付近では、温泉水が混入するため水温が30℃前後と高く、また温泉水により多量の塩分を含有するためボーリング用水として使用出来ないことが判った。そのため300m深孔のボーリング用水はコルバ川からボーリング地点までポンプアップした。しかし20m深孔用のボーリング用水はコルバ川の取水点から遠距離であり、また移設頻度も考慮して1,500ℓタンク車で各孔まで運搬した。

5-5 掘進作業(表7-21参照)

各孔の掘進状況は次の通りである。

(1) IQ-1孔(表7-22(1)参照)

掘進長20.50m、コア長19.40m、コア採取率94.6%

0m~20.50m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~2.80m間は風化土壌、2.80m~5.60m間は礫層、それ以深は比較的安定し

た集塊岩であった。

(2) IQ-2孔(表7-22(2)参照)

掘進長20.00m、コア長18.50m、コア採取率92.5%

0m~20.00m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は、0m~17.45m間は風化土壌、それ以深は集塊岩であった。

(3) IQ-3孔(表7-22(3)参照)

掘進長20.00m、コア長19.20m、コア採取率96.0%

0m~20.00m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~3.00m間は風化土壌、それ以深は集塊岩であった。

(4) IQ-4孔(表7-22(4)参照)

掘進長20.00m、コア長16.50m、コア採取率82.5%

0m~20.00m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~5.15m間は砂礫層、5.15m~7.00m間は泥層、7.00m~20.00m間は礫層で、崩壊が激しく、リーミングを行いながら掘進した。

(5) IQ-5孔(表7-22(5)参照)

掘進長20.00m、コア長19.00m、コア採取率95.0%

0m~20.00m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~5.30m間は砂層、5.30m~8.40m間は礫層、8.40m~14.00m間は集塊岩でそれ以深は安山岩質物質より成る砂岩であった。

(6) IQ-6孔(表7-22(6)参照)

掘進長20.70m、コア長17.20m、コア採取率83.1%

0m~20.70m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~7.60m間は、礫層、それ以深は泥層で、崩壊が激しく、リーミングを行いながら掘進した。

(7) IQ-7孔(表7-22(7)参照)

掘進長20.40m、コア長16.00m、コア採取率78.4%

0m~20.40m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~2.10m間は、風化土壌、それ以深は礫層で崩壊が激しく、リーミングを行いながら掘進した。

(8) IQ-8孔(表7-22(8)参照)

掘進長20.00m、コア長10.20m、コア採取率51.0%

0m~20.00m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~2.00m間は、腐植土壌、それ以深は礫層で崩壊が激しく、リーミングを行いながら掘進した。

(9) IQ-9孔(表7-22(9)参照)

掘進長20.80m、コア長10.00m、コア採取率48.1%

0m~20.80m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。岩質は0m~4.50m間は、風化土壌、4.50m~13.00m間は砂層、それ以深は礫層で崩

壊が激しく、リーミングを行いながら掘進した。

(a) IQ-10孔(表7-22(a)参照)

掘進長200.00m、コア長17.50m、コア採取率87.5%

0m~200.00m: NX-WLで、ベントナイト泥水を使用して掘進し終了した。

岩質は0m~1.70m間は風化土壌、1.70~17.50m間は安山岩、それ以深は比較的安定した集塊岩であった。

(b) IQ-11孔(表7-22(b)参照)

掘進長300.50m、コア長279.60m、コア採取率93.0%

0m~9.15m: 5⁵/₈"トリコンビットで、ベントナイト泥水を使用して掘進を開始した。4" GPを9.15mまで挿入し Full hole cementing を行い固定した。

9.15m~40.45m: HX-WLで、ベントナイト泥水を基本とし、添加剤 CMC およびリボナイトを使用して掘進した。

岩質は砂礫層、砂泥層であった。40.45m~75.00m: NX-WLでベントナイト泥水を基本とし、添加剤 CMC およびリボナイトを使用して掘進した。岩質は砂泥層のため崩壊、張出、張付が激しいため NX-WLでの掘進を中止し、40.45m~75.00m間の約35mを HX-WLビットで拡孔した。拡孔後3" GPを75mまで挿入し、Full hole cementing を行い固定した。3" GP固定後、Blowout preventer を設置した。

75.00m~220.40m: NX-WLで、ベントナイト泥水を基本とし、添加剤 CMC およびリボナイトを使用して掘進したが、崩壊、張出、張付状態が激しくなったので、BX-CPを220.40mまで挿入設置した。

220.40m~300.50m: BX-WLで、ベントナイトを基本とし、添加剤 CMC およびリボナイトを使用して掘進した。岩質は0m~196.30m間は砂泥礫層、196.30m~253.90m間は火山岩類、それ以深は断層破碎帯であったため、崩壊、張出、張付状態を生じたが、泥水管理に努め、300.50mで目的を達成し、掘進を終了した。

掘進終了後、温度測定のための孔内洗浄と温度測定準備を行った。

5-6 移設、撤収作業(表7-20(1)~(2)参照)

移設作業は、20m深孔10孔の各ボーリング孔間は大型トラックおよび自走をさせて移設した。

撤収作業は10月12日、まず、20m深孔用のL-44の機材類の解体後キシコージョからリマへ運搬し格納した。ついで300m深孔用のL-44の機材類は、温度測定作業終了後、10月27日に解体してキシコージョからリマへ運搬格納し全工事を終了した。

第6節 総合解析

6-1 地質調査による結果

本地域の地質および地熱構造は次のように推定される。

表 7-20(1) ボーリング工事設置撤収作業表

Item	Hole No.	IQ-1		IQ-2		IQ-3		IQ-4		IQ-5		IQ-6		IQ-7		IQ-8		
		Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	
Preparation and moving	In	8th Oct. '79		9th Oct. '79		4th Oct. '79		5th Oct. '79		2nd Oct. '79		18th Sep. '79		10th Oct. '79		24th Sep. '79		
		8th Oct. '79		9th Oct. '79		4th Oct. '79		5th Oct. '79		2nd Oct. '79		20th Sep. '79		10th Oct. '79		25th Sep. '79		
	Out	9th Oct. '79		10th Oct. '79		5th Oct. '79		8th Oct. '79		3rd Oct. '79		24th Sep. '79		12th Oct. '79		27th Sep. '79		
		9th Oct. '79		10th Oct. '79		5th Oct. '79		8th Oct. '79		3rd Oct. '79		24th Sep. '79		12th Oct. '79		27th Sep. '79		
Preparation	Access road	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	
		0.2	2.5	0.2	2.5	0.2	4	0.3	4	0.3	4	0.3	1	15	0.3	4	0.3	4.5
	Installation	0.05	1.5	0.05	1.5	0.05	4	0.2	4	0.2	4	1	16	0.2	4	0.2	4	
	Water pipe	-																
Moving	Test run, etc.	-																
		0.25	4	0.25	4	0.25	8	0.5	8	0.5	8	3	39	0.5	8	0.5	8	8.5
	Dismantling	0.2	2	0.2	2	0.2	4	0.3	4	0.2	3	0.2	4	0.3	4	0.05	4	
	Pipe removal	-																
Grand Total	Haulage	-																
		0.05	1	0.05	1	0.05	2	0.2	4	0.05	3	0.05	4	0.2	4	0.2	4	4
	Road rein-statement	-																
	0.25	3	0.25	3	0.25	6	0.5	8	0.25	6	0.25	8	0.25	8	0.5	8	0.25	8
Grand Total	0.5	7	0.5	7	0.5	14	1	16	0.75	14	3.25	47	1	16	0.75	16.5		

表 7-20(2) ボーリング工事設置撤収作業表

Item	Hole No.	IQ-9		IQ-10		IQ-11									
		Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts
Preparation and moving	In	27th Sep. '79		30th Sep. '79		8th Sep. '79									
		28th Sep. '79		30th Sep. '79		24th Sep. '79									
	Out	29th Sep. '79		1st Oct. '79		21st Oct. '79									
		29th Sep. '79		1st Oct. '79		31st Oct. '79									
Preparation	Access road					0.5	5								
	Haulage	0.3	4	0.3	4										
	Installation	0.2	4	0.2	4	0.5	5								
	Water pipe					3	57								
	Test run, etc.					8	155								
Moving	Total	0.5	8	0.5	8	12	222								
	Dismantling	0.3	4	0.2	4	1	10								
	Pipe removal														
	Haulage					1	10								
	Road rein-statement														
Others		0.2	4	0.05	4	9	90								
	Total	0.5	8	0.25	8	11	110								
Grand Total		1	16	0.75	16	23	332								

表7-21 各孔別能率表

No. of Drill hole	Drilling hr	Hoisting & Lowing TOD & I.T. hr		Miscellaneous hr			Repairs hr	Others hr	Moving operation hr	Total hr
		Rod	Inner tube	Casing insertion	Hole reaming	Otehrs				
IQ-1	12°00'	-	-	-	-	6°00'	-	-	6°00'	24°00'
IQ-2	10°00'	-	-	-	-	6°00'	-	-	8°00'	24°00'
IQ-3	10°00'	-	-	-	5°00'	10°00'	-	-	11°00'	36°00'
IQ-4	20°00'	-	-	-	10°00'	9°00'	13°00'	-	20°00'	72°00'
IQ-5	14°00'	-	-	-	5°00'	17°00'	3°00'	-	9°00'	48°00'
IQ-6	23°00'	-	-	-	11°00'	10°00'	20°00'	-	42°00'	106°00'
IQ-7	20°00'	-	-	-	6°00'	5°00'	12°00'	-	17°00'	60°00'
IQ-8	15°00'	-	-	-	30°00'	10°00'	5°00'	-	12°00'	72°00'
IQ-9	15°00'	-	-	-	-	10°00'	3°00'	-	20°00'	48°00'
IQ-10	20°00'	-	-	-	5°00'	10°00'	2°00'	-	11°00'	48°00'
IQ-11	215°00'	-	-	20°00'	20°00'	273°00'	109°00'	168°00'	92°00'	897°00'
Total	374°00'	-	-	20°00'	92°00'	366°00'	167°00'	168°00'	248°00'	1,435°00'
				478°00'						

表 7 - 2 2 (1) 各孔別總括表 (IQ - 1 孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	8th Oct. '79-8th Oct. '79	0.25	0.25	-	4		
	Drilling	8th Oct. '79-9th Oct. '79	0.5	0.5	-	3.5		
	Removing	9th Oct. '79-9th Oct. '79	0.25	0.25	-	3		
	Total	8th Oct. '79-9th Oct. '79	1	1	-	10.5		
Drilling Length	Planned Length	20.00 m	Over-burden	m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	0.50 m	Core Length	19.40 m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.50 m	Core Recovery	94.63%	0~20.50 m	94.63%	94.63%	
Working Time	Drilling	12 ⁰⁰	66.7%	500%	100~	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%				
	Hoisting & Lowering I.T.				~	%	%	
	Miscellaneous	6 ⁰⁰	33.3%	25.0%	Efficiency of Drilling			
	Repairing		%	%	20.50 m/Work Period		20.5 m/day	
	Others		%	%	20.50 m/Working Days		20.5 m/day	
	Total	18 ⁰⁰	100.0%	75.0%	20.50 m/Drilling Period		41.0 m/day	
	Removing	Preparation	4 ⁰⁰	-	16.7%	20.50 m/Net Drilling Days		41.5 m/day
		Moving	2 ⁰⁰	-	8.3%	Total workers/ 20.50 m		0.51 Man/m
		G. Total	24 ⁰⁰	-	100.0%	Total Drilling Workers/ 20.50 m		
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe				
		Drilling Length	%					

表 7 - 2 2 (2) 各孔別總括表 (IQ - 2 孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	9th Oct. '79-9th Oct. '79	0.25	0.25	-	4		
	Drilling	9th Oct. '79-10thOct. '79	0.5	0.5	-	3.5		
	Removing	10thOct. '79-10thOct. '79	0.25	0.25	-	3		
	Total	9th Oct. '79-10thOct. '79	1	1	-	10.5		
Drilling Length	Planned Length	m 20.00	Over-burden	m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	m -	Core Length	m 18.50	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	m 20.00	Core Recovery	92.50%	0~20.00 m	92.50 %	92.50 %	
Working Time	Drilling	10 ⁰⁰	62.5 %	41.7 %	m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%	100~	%	%	
	Hoisting & Lowering I.T.				~	%	%	
	Miscellaneous	6 ⁰⁰	37.5 %	25.0 %	Efficiency of Drilling			
	Repairing		%	%	20.00m/Work Period		20.00m/day	
	Others		%	%	20.00m/Working Days		20.00m/day	
	Total	16 ⁰⁰	100.0 %	66.7 %	20.00m/Drilling Period		41.00m/day	
	Removing	Preparation	6 ⁰⁰		25.0 %	20.00m/Net Drilling Days		41.00m/day
		Moving	2 ⁰⁰		8.3 %	Total workers/ 20.00 m		0.51Man/m
	G. Total	24 ⁰⁰		100.0%	Total Drilling Workers/20.00m		0.17Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materalage	Inserted Length Drilling Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m		%	%				
	BX m		%	%				

表7-22(3) 各孔別總括表 (IQ-3孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	4th Oct. '79-4th Oct. '79	0.25	0.25	-	8		
	Drilling	4th Oct. '79-5th Oct. '79	1.0	1.0	-	27		
	Removing	5th Oct. '79-5th Oct. '79	0.25	0.25	-	6		
	Total	4th Oct. '79-5th Oct. '79	1.5	1.5	0	41		
Drilling Length	Planned Length	m 20.00	Over-burden	m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	m -	Core Length	m 19.20	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	m 20.00	Core Recovery	% 96.00	0~20.00 m	96.00%	96.00 %	
Working Time	Drilling	10 ⁰⁰	40.0 %	27.8%	100~ m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%				
	Hoisting & Lowering I.T.					~ m	%	%
	Miscellaneous	15 ⁰⁰	60.0 %	41.7%	Efficiency of Drilling			
	Repairing		%	%	20.00m/Work Period		13.33m/day	
	Others		%	%	20.00m/Working Days		13.33m/day	
	Total	25 ⁰⁰	100.0 %	69.4%	20.00m/Drilling Period		20.00m/day	
	Removing	Preparation	8 ⁰⁰	-	22.2%	20.00m/Net Drilling Days		20.00m/day
		Moving	3 ⁰⁰	-	8.3%	Total workers/ 20.00 m		2.05 Man/m
		G. Total	36 ⁰⁰	-	100.0%	Total Drilling Workers/20.00m		1.35 Man/m
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length Drilling Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m	%	%					
	BX m	%	%					

表 7 - 2 2 (4) 各孔別總括表 (IQ - 4 孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	5th Oct. '79-5th Oct. '79	0.5	0.5	-	8		
	Drilling	6th Oct. '79-7th Oct. '79	2.0	2.0	-	27		
	Removing	8th Oct. '79-8th Oct. '79	0.5	0.5	-	8		
	Total	5th Oct. '79-8th Oct. '79	3.0	3.0	-	43		
Drilling Length	Planned Length	20.00 ^m	Over-burden	^m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	- ^m	Core Length	16.50 ^m	Depth of Hole	Section Total		
	Length Drilled	20.00 ^m	Core Recovery	82.5%	0~20.00 ^m	82.50% 82.50%		
Working Time	Drilling	20 ⁰⁰	38.5 %	27.8%	100~ ^m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%		~ ^m	%	%
	Hoisting & Lowering I.T.						%	%
	Miscellaneous	19 ⁰⁰	36.5 %	26.4%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	13 ⁰⁰	25.0 %	18.0%	20.00m/Work Period		6.67m/day	
	Others		%	%	20.00m/Working Days		6.67m/day	
	Total	52 ⁰⁰	100.0 %	72.2%	20.00m/Drilling Period		10.00m/day	
	Removing	Preparation	12 ⁰⁰	-	16.7%	20.00m/Net Drilling Days		10.00m/day
		Moving	8 ⁰⁰	-	11.1%	Total workers/ 20.00m		2.15Man/m
	G. Total	72 ⁰⁰	-	100.0%	Total Drilling Workers/20.00m		1.35Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m	%	%					
	BX m	%	%					

表 7-22(5) 各孔別總括表 (1Q-5孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	2nd Oct. '79-2nd Oct. '79	0.5	0.5	-	8		
	Drilling	2nd Oct. '79-3rd Oct. '79	1.25	1.25	-	27		
	Removing	3rd Oct. '79-3rd Oct. '79	0.25	0.25	-	6		
	Total	2nd Oct. '79-3rd Oct. '79	2	2	-	41		
Drilling Length	Planned Length	20.00 ^m	Over-burden	^m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	- ^m	Core Length	19.00 ^m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.00 ^m	Core Recovery	95.00%	0~20.00 ^m	95.00%	95.00%	
Working Time	Drilling	14°00	35.9%	29.2%	^m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%	100~	%	%	
	Hoisting & Lowering I.T.				~	%	%	
	Miscellaneous	22°00,	56.4%	45.8%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	3°00	7.7%	6.2%	20.00 m/Work Period		10.00m/day	
	Others		%	%	20.00 m/Working Days		10.00m/day	
	Total	39°00	100.0%	81.2%	20.00 m/Drilling Period		16.00m/day	
	Removing	Preparation	6°00	-	12.5%	20.00 m/Net Drilling Days		16.00m/day
		Moving	3°00	-	6.3%	Total workers/ 20.00 m		2.05 Man/m
	G. Total	48°00	-	100.0%	Total Drilling Workers/20.00 m		1.35 Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX ^m		%	%				
	BX ^m		%	%				

表7-22(6) 各孔別總括表(1Q-6孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	18thSep.'79-20thSep.'79	3	3	-	39		
	Drilling	21stSep.'79-24thSep.'79	3.5	3.5	-	104.5		
	Removing	24thSep.'79-24thSep.'79	0.25	0.25	-	8		
	Total	18thSep.'79-24thSep.'79	6.75	6.75	-	151.5		
Drilling Length	Planned Length	20.00 m	Over-burden	m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	0.70 m	Core Length	17.20 m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.70 m	Core Recovery	83.09%	0~20.70 m	83.09%	83.09%	
Working Time	Drilling	23°00	35.9%	21.7%	100~ m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%		%	%	
	Hoisting & Lowering I.T.					%	%	
	Miscellaneous	21°00	32.8%	19.8%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	20°00	31.3%	18.9%	m/Work Period		3.07 m/day	
	Others		%	%	m/Working Days		3.07 m/day	
	Total	64°00	100.0%	60.4%	m/Drilling Period		5.94 m/day	
	Removing	Preparation	36°00	-	34.0%	m/Net Drilling Days		5.94 m/day
		Moving	6°00	-	5.6%	Total workers/ 20.70 m		7.31 Man/m
		G. Total	106°00	-	100.0%	Total Drilling Workers/ 20.70m		5.04 Man/m
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m		%	%				
	BX m		%	%				

表 7 - 2 2 (7) 各孔別總括表 (IQ - 7 孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	10thOct. '79-10thOct. '79	0.5	0.5	-	8		
	Drilling	11thOct. '79-12thOct. '79	1.5	1.5	-	17		
	Removing	12thOct. '79-12thOct. '79	0.5	0.5	-	8		
	Total	10thOct. '79-12thOct. '79	2.5	2.5	-	33		
Drilling Length	Planned Length	20.00 ^m	Over-burden		Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	0.40 ^m	Core Length	16.00 ^m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.40 ^m	Core Recovery	78.43%	0~20.40 ^m	78.43%	78.43%	
Working Time	Drilling	20°00	46.5%	33.4%				
	Hoisting & Lowering Rod		%	%	100~	%	%	
	Hoisting & Lowering I.T.				~	%	%	
	Miscellaneous	11°00	25.6%	18.3%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	12°00	27.9%	20.0%	20.40 m/Work Period		8.16m/day	
	Others		%	%	20.40 m/Working Days		8.16m/day	
	Total	43°00	100.0%	71.7%	20.40 m/Drilling Period		13.60m/day	
	Removing	Preparation	6°00	-	10.0%	20.40 m/Net Drilling Days		13.60m/day
		Moving	11°00	-	18.3%	Total workers/ 20.40 m		1.61 Man/m
	G. Total	60°00	-	100.0%	Total Drilling Workers/20.40 m		0.83 Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length Drilling Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m		%	%				
	BX m		%	%				

表7-22(8) 各孔別總括表 (IQ-8孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	24thSep.'79-25thSep.'79		0.5	0.5	-	8.5	
	Drilling	25thSep.'79-27thSep.'79		2.25	2.25	-	66	
	Removing	27thSep.'79-27thSep.'79		0.25	0.25	-	8	
	Total	24thSep.'79-27thSep.'79		3.00	3.00	-	82.5	
Drilling Length	Planned Length	20.00 ^m	Over-burden		Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length		Core Length	16.20 ^m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.00 ^m	Core Recovery	51.00%	0~20.00 ^m	51.00%	51.00%	
Working Time	Drilling	15°00	25.0%	20.8%	100~ ^m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%	~ ^m	%	%	
	Hoisting & Lowering I.T.					%	%	
	Miscellaneous	40°00	66.7%	55.6%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	5°00	8.3%	6.9%	20.00 m/Work Period		6.67 m/day	
	Others		%	%	20.00 m/Working Days		6.67 m/day	
	Total	60°00	100.0%	83.3%	20.00 m/Drilling Period		8.89 m/day	
	Removing	Preparation	6°00	-	8.3%	20.00 m/Net Drilling Days		8.89 m/day
		Moving	6°00	-	8.3%	Total workers/ 20.00 m		4.12 Man/m
	G. Total	72°00		%	Total Drilling Workers/20.00 m		3.3 Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe				
		Drilling Length	%					
	NX	m	%	%				
	BX	m	%	%				

表7-22(9) 各孔別総括表(1Q-9孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	27thSep.'79-28thSep.'79	0.5	0.5	-	8		
	Drilling	28thSep.'79-29thSep.'79	1.25	1.25	-	43		
	Removing	29thSep.'79-29thSep.'79	0.5	0.5	-	8		
	Total	27thSep.'79-29thSep.'79	2.25	2.25	-	59		
Drilling Length	Planned Length	20.00 ^m	Over-burden	^m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	0.80 ^m	Core Length	10.00 ^m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.80 ^m	Core Recovery	48.08%	0~20.80 ^m	48.08%	48.08%	
Working Time	Drilling	15°00	53.6%	31.3%	^m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%	100~			
	Hoisting & Lowering I.T.				~	%	%	
	Miscellaneous	10°00	35.7%	20.8%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	3°00	10.7%	6.2%	20.80 m/Work Period		9.24m/day	
	Others		%	%	20.80 m/Working Days		9.24m/day	
	Total	28°00	100.0%	58.3%	20.80 m/Drilling Period		16.64m/day	
	Removing	Preparation	14°00	-	29.2%	20.80 m/Net Drilling Days		16.64m/day
		Moving	6°00	-	12.5%	Total workers/ 20.80 m		2.83 Man/m
		G. Total	48°00	-	100.0%	Total Drilling Workers/20.80m		2.06 Man/m
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m		%	%				
	BX m		%	%				

表7-22(四) 各孔別總括表(1Q-10孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	30thSep.'79-30thSep.'79	0.5	0.5	-	8		
	Drilling	30thSep.'79-1st Oct.'79	1.25	1.25	-	33		
	Removing	1st Oct.'79-1st Oct.'79	0.25	0.25	-	8		
	Total	30thSep.'79-1st Oct.'79	2	2	-	49		
Drilling Length	Planned Length	20.00 ^m	Overburden	m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	-	Core Length	17.50	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	20.00 ^m	Core Recovery	87.50%	0~20.00 ^m	87.50%	87.50%	
Working Time	Drilling	20°00	54.1%	41.7%	100~ ^m	%	%	
	Hoisting & Lowering Rod		%	%		%	%	
	Hoisting & Lowering I.T.					%	%	
	Miscellaneous	15°00	40.5%	31.2%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	2°00	5.4%	4.2%	20.00 m/Work Period		10.00m/day	
	Others		%	%	20.00 m/Working Days		10.00m/day	
	Total	37°00	100.0%	77.1%	20.00 m/Drilling Period		16.00m/day	
	Removing	Preparation	8°00	-	16.7%	20.00 m/Net Drilling Days		16.00m/day
		Moving	3°00	-	6.2%	Total workers/ 20.00 m		2.45 Man/m
	G. Total	48°00	-	100.0%	Total Drilling Workers/20.00m		1.65 Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length	%	Recovery of Casing Pipe Length				
	NX m	%	%					
	BX m	%	%					

表 7-22 (a) 各孔別總括表 (IQ-11 孔)

Working Period	Period		Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers		
	Preparation	8th Sep. '79-24th Sep. '79	17	12	5	222		
	Drilling	25th Sep. '79-20th Oct. '79	26	26	-	354.5		
	Removing	21st Oct. '79-31st Oct. '79	11	11	-	110		
	Total	8th Sep. '79-31st Sep. '79	54	49	5	686.5		
Drilling Length	Planned Length	300.00 ^m	Over-burden	^m	Core Recovery for each 100m section			
	Increase or Decrease in Length	0.50 ^m	Core Length	279.60 ^m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	300.50 ^m	Core Recovery	93.00%	0~100 ^m	82.90%	82.90%	
Working Time	Drilling	215°00	26.7%	23.9%	^m			
	Hoisting & Lowering Rod		%	%	100~200	99.40%	91.20%	
	Hoisting & Lowering I.T.				^m	200~300.5	96.70%	
	Miscellaneous	313°00	38.9%	34.9%	Efficiency of Drilling			
	Repairing	109°00	13.5%	12.2%	300.50 m/Work Period		5.56m/day	
	Others	168°00	20.9%	18.7%	300.50 m/Working Days		6.13m/day	
	Total	805°00	100.0%	89.7%	300.50 m/Drilling Period		11.56m/day	
	Removing	Preparation	70°00	-	7.8%	300.50 m/Net Drilling Days		11.56m/day
		Moving	22°00	-	2.5%	Total workers/ 300.50 m		2.28 Man/m
		G. Total	897°00	-	100.0%	Total Drilling Workers/ 300.50 m		1.18 Man/m
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Materage	Inserted Length Drilling Length	%	Recovery of Casing Pipe				
	4" 9.15 m	3.0	%	0 %				
	3" 75.0 m	24.9	%	0 %				
	BX 220.0	73.2		100				

基盤岩類である中生代白亜紀の Ayahacas 石灰岩層およびこれを不整合に覆う古第三紀プノ層の堆積の後、第三紀中葉より一連の火山活動が本地域を含む ラマニ山塊西縁部を規制する N-S 系構造線に沿って繰り返された。この先駆として始新世にタカサ火山岩類の噴出堆積が見られた。調査地域では先暁新世の隆起侵食が激しく、プノ層（古第三紀暁新世）は削剝され、タカサ火山岩類は Ayahacas 石灰岩層を直接不整合に覆っている。タカサ火山岩類の堆積後も構造線の活動は続き、その西側が沈下し、盆地構造を形成して、鮮新世初期にはヤウリ湖成層の堆積の場となっている。このヤウリ盆地周辺は火山活動が活発で、その西側では中新世-鮮新世のセンカ火山活動が知られている。

調査地域を含むヤウリ盆地南東隅では、第三紀鮮新世-第四紀更新世に至り、N-S 系構造線に沿って火山活動が再動し、バルロソ火山岩類の噴出堆積が生じた。その後は穏やかな上下運動を経て第四紀末の氷河期には氷堆石に厚く覆われた。

地熱示徴はリオ・ハルマおよびキシコージョ両地区の温泉湧出とそれに伴う石灰華の分布、それにマカルラ地区の広く分布する石灰華により代表され、これら示徴は地表調査より方向の明らかにされた N-S 系断層沿いに分布し、しかも E-W 系断層との交会部に位置していると考えられる。

一方キシコージョ地区で実施されたボーリング、IQ-11 孔では氷堆石直下で熱水変質を蒙った安山岩および断層破碎帯が確認されている。この断層破碎帯は IQ-11 孔の実施された位置より推定して、上記 N-S 系断層に逢着し、その一部を示していると考えられる。本破碎帯は安山岩類および少量の石灰岩より成る断層角礫を有し、岩石の地表分布と考えるとこの破碎帯が示す N-S 系断層は、中生代白亜紀の Ayahacas 石灰岩と古第三紀始新世のタカサ火山岩類を切っており、その形成はタカサ火山岩類の堆積後で氷河堆積物の堆積前と判断される。火山岩類は IQ-11 孔のデータのみではその性状は不明であるが、リオ・ハルマ地区の粗粒玄武岩が走向 NNW で西急傾斜の岩脈状の貫入形態を示し、その方向は近傍を走る N-S 系断層と調和的であり、断層形成に伴う弱線に沿って活動したと推定されるので、このことから類推して IQ-11 孔で認められる火山岩類も N-S 系断層に沿って貫入したものと考えられる。これら脈状岩の活動期は N-S 系断層活動後で、氷河堆積物の堆積前の貫入と推定され、当地域の火山活動史より判断すれば、その活動は第三紀鮮新世~第四紀更新世のバルロソ火山岩類の活動期に対比され、その岩相より同火山活動の深部相に相当すると考えられる。

IQ-11 孔で認められる変質作用は岩脈状火山岩類、安山岩および断層破碎帯に及んでおり、特にクラックの発達した部分に著しく、これら岩脈状岩類の活動期又はその直後の熱水変質と考えられる。変質は粘土化が主で、サボナイト、緑泥石および絹雲母の鉱物組合せで、多塩基粘土型変質に区分され、低温生成と推定される。この変質をもたらす熱水は微弱酸性~中性であり、現在、地表に湧出する温泉は、1976年の調査では $\text{pH} = 6.87 \sim 6.94$ を示しておりこの推定と調和的である。日本の代表的地熱地帯の松川地区および大岳地区では、これらモンモリロン石系の粘土化変質は、地熱変質系の外縁部を示す傾向にあり、深部へ向って漸次カオリン系粘土化変質が現われ、更に中心部の珪化帯へ移行するものと推定される。

以上のように、地熱示徴と N-S 系断層、特に E-W 系断層との交会部および N-S 系断層とバルロソ火山活動期に対比される脈状岩類の活動と変質作用との時空的な強い関連性を考慮

すると、本地域の地熱構造は古第三紀始新世のタカサ火山岩類の堆積後のN-S系断層に沿って活動した第三紀鮮新世-第四紀更新世のバルロソ火山活動に起因し、その深部火成活動が熱源と推定され、N-S系断層、特にE-W系断層との交会部を通路として熱水が深部より上昇していると解釈される。

この地熱活動は、脈状岩類が熱水変質を蒙っていることおよび現在も地表で温泉湧出があることから、この活動はバルロソ火山活動期よりその後の氷河期を通じて現在に至るまで一貫しているものと推定される。

しかしながら、その通路はN-S系断層を主とし特にE-W系断層との交会部に著しいと解釈されるがマカララ地区に見られるような温泉湧出の停止している石灰華群の分布や、後述するようにIQ-11孔下部で逢着して熱水変質を蒙っている脈状岩類が温度上昇の鈍いということ等から、熱水の通路は時代と共に変遷していると考えられる。

6-2 電気探査による結果

3-2項で述べた解析法により解析した結果、次のような地下比抵抗構造が推定できる。

(1) A測線(図7-6(既出)、7-18(別添)参照)

- ① この地域の中で最も低い見掛比抵抗層は、測点18から14の範囲にわたって分布しており、VES曲線より解析された比抵抗値は1.5~3Ωmを示している。
- ② 測点18~20間に比抵抗不連続線が設定できる。この位置は、見掛比抵抗分布の等値線が垂直にのびる個所と一致しており、深部に地質不連続線が推定できる。
- ③ 上述の地質不連続線は傾斜構造と考える。この理由として、測点14-16-18および26の電流電極 $\frac{AB}{2}$ が1,500m以上になるとVES曲線が下降する傾向があり、この下降する傾向が比較的一致している点が測点20-22の間である。地表浅部に低比抵抗が考えられるので、浅所と深所を結んでも矛盾はないと考えて地質不連続線を推定した。
- ④ 測点14と12の間に比抵抗不連続線が考えられる。見掛比抵抗分布をみると、測点18から測点12の方へ水平に連続する傾向があり、水平構造をしていると考えられるが、解析結果をみると測点12と14の間の第2層の比抵抗値に差があることおよび基盤深度にも落差がみとめられること等から、比抵抗不連続線を推定しても差支えないと考える。この比抵抗不連続線は上述の比抵抗不連続線と同様な傾向を示し、なおかつ隣接しているので傾斜する地質不連続線とした。
- ⑤ 標準曲線照合法による解析深度を検討する方法として、電算機による理論曲線との対比を主とし、また縦電導度によるS線法を利用する方法等も実施し、比較検討した結果解析基盤深度は妥当と考え、次の如く推定した。

Group	Location	Denth Ertimation of Barement
3	測点20~26の間	460 m~760 m位
2	測点18~14の間	140 m~260 m位
1	測点 12以南	500 m~600 m位

- ⑥ グループ3とグループ1のVES曲線の上昇と下降の位置がほぼ同じであり、絶対値も似かよっていることから、基盤深度は、元々同一水準にあったものと考え、グループ2が構造運動によりブロック化し、上昇したものであろうと考える。
- ⑦ グループ2の測点18のVES曲線について、なお詳細に解析した結果深度140m以深の高比抵抗層の中において深度340m以深に低比抵抗帯があるものと解釈出来る。この付近に推定される地質不連続線と低比抵抗帯の存在を考慮すると、測点18深部は変質・粘土化されていると考えられ、この付近深部より熱水・蒸気が上昇してきた可能性が推定される。
- (2) B測線(図7-7、図7-18参照-既出)
- ① 測点8以東の比抵抗層は一層と考えられる。測点8~10の間に比抵抗不連続線が設定できるので、この付近に地質不連続線を推定した。
- ② 測点10以西の比抵抗層は、3層乃至4層構造を示し、推定される基盤の上部層は、低比抵抗層で東側にのびている。
- ③ 測点10以西の推定基盤深度は、200m~500m位と考えられる。
- (3) C測線(図7-8、図7-18参照-既出)
- ① 測点10付近に比抵抗不連続線ができるので、地質不連続線を推定した。
- ② 測点12付近の比抵抗不連続線は、はっきりしないが、低見掛比抵抗分布のみだれなどから、比抵抗構造の変化による示徴を示唆しているものと考え、地質不連続線を推定した。
- ③ 推定される基盤深度は測点10と8の間で、100m位の落差はあるものの、東側から西側へ200mから500m位の深度で傾斜しているものと推定する。
- (4) 比抵抗平面分布(図7-9、7-10、7-18および7-11参照-既出)
- ① A測線測点18~20間および測点12~14間にそれぞれ推定した地質不連続線に囲まれて、NNE-SSW方向に非常に低い比抵抗層の分布があり、これらの低比抵抗層は変質とか、熱水の賦存によりもたらされたものと考え。
- ② 低比抵抗層の中心は測点18~16間にあり、地表地質調査所見による地熱徴候と密接に関連のあるN-S系断層の通る個所と一致していることは注目される。
- ③ N-S系の地質不連続線に沿うように、A測線が設定された為この測線ではN-S系の比抵抗不連続線は不明瞭であったが、C測線測点12付近にN-S系地質不連続線が推定できる。
- 地表調査より方向の明らかにされたN-S系断層近くで実施したIQ-11のコア鑑

定によれば、火山岩類および断層破碎帯に温泉作用による熱水変質がみられることより、この変質が地熱示徴と関係あるものとするれば、E-W系の地質不連続線と共にN-S系の地質不連続線も地熱示徴と密接な関連性があるものと推定する。

6-3 孔内温度測定による結果

6-3-1 20m深ボーリング孔の温測

本温測のうち、孔口より孔内水に達するまでの孔内気温温測については、外気温の影響が大きいため孔内水温温測結果について解析を行うこととする。

孔内水最上部の水温は7.3℃から、11.6℃の範囲であり、一方孔底では最高20.6℃(IQ-8孔)、最低8.3℃(IQ-3孔)が得られた。

孔底温度の等温線を地質図(図7-3別添参照一既出)に示してある。

20m深温測アノマリーと地質との関係を考察すると、15℃等温線内のボーリングは、IQ-6、IQ-8の2孔で、その地質はいずれも砂礫層が孔底まで続いている。10℃等温線内のボーリングは上記の他にIQ-1、IQ-2、IQ-4、IQ-7の4孔が含まれ、IQ-1、IQ-2の2孔は孔底では安山岩質の岩盤に着岩しているが、IQ-4、IQ-7の2孔は15℃等温線内のボーリングと同じく、砂礫層で終わっている。IQ-9孔は異物侵入のため温測は14mで終わっているが、その地質は孔底まで砂礫層であり、14mまでの温度勾配を考慮すると、孔底では10℃以上に達するものと推定される。

アノマリー範囲外のIQ-3、IQ-5、IQ-10の各孔はいずれも、安山岩質の岩盤に着岩していて、孔底温度は10℃に達していない。

以上のような孔底温度分布と孔内地質を考慮すると、アノマリー範囲はハルマ川より南へNNW-SSEからNNE-SSWの方向を有するN-S系断層に沿って分布しており、その中の砂礫層部分により高次のアノマリーが発達していると言える。又、IQ-7孔に示されるように、アノマリーは西方へ張り出しており、従来から考えられているような地熱示徴はN-S系断層、特にE-W系断層との交会部に発達するという仮説と調和的である。15℃等温線はN-S系断層に沿い、IQ-6孔より南へキシコジョ地熱示徴を包含してIQ-8孔の更に南方まで延びるようで、その規模は大略N-S2,000m以上×E-W700mである。

6-3-2 300m深ボーリング孔の温測

4-2-3の測定結果で述べたような温度分布、温度勾配および孔内地質を考慮すると、本孔の温測結果より、地熱構造は次のように推定される。

本孔の地熱示徴は概括すると上部の深度0m~80m間で、温度上昇が著しく、かつ温度勾配も高い区間とその下部より孔底までの温度上昇は鈍く、そして温度勾配は底底という2区間より構成されている。深度0m~80m区間は、固結度が低い砂泥礫層で構成されており、地表水および伏流水の移動がかなり自由であると推定されるので、本区間の温度上昇は地表より深部へ向ってこれらの地表水および伏流水が地下からの地熱示徴に影響する度合の減少の程度によるものと考えるのが適当と解釈される。深度80~290m間は固結度が高い砂泥礫層、脈

状岩類、安山岩および断層破碎帯で構成されており、全体的に温度上昇は鈍く、温度勾配もほぼ一様に低く、深部熱源よりの熱伝導による温度上昇区間に相当すると推定される。

深度220mにおけるマイナスの温度勾配は、弱変質し、軟弱化した岩脈状粗粒玄武岩の部分に対応し、ここに低温地下水が侵入し孔内を冷却したものと考えられ、局所異常と推定される。

深度230mおよび260mの比較的高い温度勾配を示す個所はそれぞれ、岩脈状玢岩および断層破碎帯に対応し、更に、熱水変質を蒙った個所に相当している。既述の通りこれらの斑岩および変質作用は本地域の地熱熱源と推定されるバルソ火山活動期の深部火山活動であるので、深度230mおよび260mの温度勾配高異常は深部熱源よりの異常を直接表わしているものと考えられる。しかし、その温度勾配は0.5℃/10mおよび0.6℃/10mで、非地熱地帯の値の2倍程度であり、現在は優勢な兆徴とは言い難いが、変質作用が観察されるので、当時の盛んな地熱活動が推察される。

IQ-11孔の南西方向へ250m離れたコルバ川河原およびその更に400m上流の2カ所にはキシコージョ地区の温泉湧出があり、それぞれ53.5℃および58.0℃の泉温を示しているがIQ-11孔では、N-S系断層に逢着しているにもかかわらず、温泉湧出もなく、孔底温度も39.3℃を示して止まっているのは深部よりの熱水の上昇はN-S系断層に沿うものであるが、その全体が通路となっている訳ではなく、断層破碎帯物質の性質および熱水沈澱物の沈積などにより、断層の中の狭少な部分を通路としていることが推定される。

6-3-3 回復試験による結果

第1回～第10回の温度回復テストに於ける温度回復状況は、深度110m付近まではマイナス現象を示しているが、それより孔底までは0.2～0.8℃の幅で回復していて、その最大幅は深度140mおよび200mの0.8℃である。深度110m付近までの現象は、深度80mまでの固結度が低い砂泥礫層中を移動する地表水および伏流水などの冷水による冷却と考えられ、その効果が深度110m付近まで及んでいるものと解釈される。深度110m以深については、第6回測定以後、孔内温度は殆んど変化しておらず、略平衡温度に達したと考えられる。33頁に述べたようにST(θ)を無限にしたと仮定した時の平衡温度は孔底で39.5℃と推定される。

気温および浅層の地表水・伏流水等の外的影響が小さいと考えられる深度110m以深について平均温度勾配を表7-14(既出)より計算し、平均熱伝導率を既存資料より下記のように仮定すると、岩相により区分された区間別の熱流量(H.F.U)は次のように示される。

区 間	岩 石	平均温度勾配 (℃/10m)	平均熱伝導率 $10^{-3}(\text{cal}/\text{cm}\cdot\text{sec}\cdot\text{℃})$	熱 流 量 H.F.U	平均熱流量 H.F.U
110～196m	砂泥礫層	0.21	1.5	0.31	} 0.43
196～254m	火山岩類	0.17	3.2	0.54	
254～300m	断層破碎帯	0.25	2.2	0.55	

これに示されるように、火山岩類および断層破碎帯のH.F.Uは略等しく、本孔の温度上昇をもたらず熱源は深所に存在するものと考えられる。

6-4 従来の調査結果との比較

本地熱地域は、1976年および1978年の2回にわたって調査がなされている。

1976年には、地熱技術開発株式会社により南部ペルー地区の地熱資源開発調査の一環として、キシコージョ地区を中心として地質調査および地温調査、化学調査、炭酸ガス調査、それに放熱量調査が実施された。

また、1978年にはペルー共和国地域開発計画調査第1年次として、鉱山開発に伴う電力確保の一手段としての地熱開発の可能性を探るため、上記のキシコージョ地区の他にハルマ川およびマカララ両地区の地質調査、地温調査、化学調査および放熱量調査が行われている。

これらの概要を表7-23、7-24に示す。

表7-23 1976年度の調査概要

Survey	Quantity	Results	Remarks
地温調査	1 m 深 49点 100 m グリッド	ENE-WSWに延びるアノマリー 16℃以上：550×200 m 20℃以上：400×70 m	50 MWの開発中の 北海道の濁川地域に 匹敵する。
化学調査	温泉水化学分析 pHおよび12成分 5試料	Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{--} , Ca^{++} Mg^{++} : 目立って多い SiO_2 HBO_2 F : 少ない	他Areaと比して、 Mg^{++} , SO_4^{--} 多く、更に多量の $CaSO_4$ を含み、熱的に疑 問視される可能性あり。
	化学温度計によ る温度推定	Na-K化学温度計：111~116℃ SiO_2 温度計 : 87~93℃	他Area と比して、むしろ 低温の部類に入る。
炭酸ガス調査	1 m 深 (礫層のため 30~40 cm 深) 19点, 100 m 間隔	高地温の付近で0.8%, 他は0.3%以下。 極大値なし。	測定深度が浅く 十分な結果が得られず。
放熱量調査	塩素イオン濃度およ び水温による自然放 熱量の推定	塩素イオン濃度法： 10×10^8 kcal/sec 水温法 : 7.0×10^8 kcal/sec	熱階級Vに相当。自然放 熱量に対して4~5倍の 包蔵量が期待されるもの とすれば、 $2.2 \sim 2.7 \times$ 10^4 KW/Hの発電量が見 込まれる。

表7-24 1978年度の調査概要

Survey	Quantity	Results	Remarks
地温調査	Quisicollo, Macarara	13℃以上のアノマリー	構造線沿いのアノマリーと推定
	Rio Jaruma 地区の概査, Macarara 地区の精査, 1m深 112点	Rio Jaruma : 2000×800m Macarara : 800×400m Quisicollo : 2000×1200m 2000×400m	
化学調査	化学温度計による温度推定	Ka-K SiO ₂ Rio Jaruma : 116℃, 89℃ Quisicollo : 114℃, 87℃	化学成分より推定される温度はあまり高いものではない。
	土壤中の水銀, 砒素の分析 8試料 (macarara地区のみ)	max. min. Hg : 5490 ppb 45 ppb As : 41 ppm 10 ppm	日本における代表的地熱地帯である八幡平地区の値と同程度で, 地熱存在が期待される。
放熱量調査	水温及びNa濃度よりの推定	Rio Jaruma : (5.0~8.4)×10 ⁷ cal/min	Quisicollo 地区に比して 1/2 熱階級 III に相当する。

これら調査結果は下記のように要約できる。すなわち、

「キシコージョ」地区については1m深地温調査では北海道の濁川地区(50MWの開発中)に匹敵するアノマリーが見られるものの、化学調査による成分分析および化学温度計による温度推定では、日本等の地熱地域と比して熱的にやや疑問視される可能性があり、むしろ低温の部類に入る。温泉水の湧出による放熱量調査では、 6.6×10^7 cal/minの放熱量を示す。これは熱階級Vに相当し、その4~5倍の包蔵量が期待されるものとすれば、 $2.2 \sim 2.7 \times 10^6$ KW/Hの発電量が見込まれる。

又、リオ・ハルマ地区については、キシコージョ地区の1/10程度の放熱量で熱階級IIIに相当する。

しかしながら上記調査は、地表の地熱示徴に基くもので、地下深部の熱源に関する情報等の詳細は今後の調査に待つ」としている。

今回の調査の結果を略記すると、本地域の地熱構造はN-S系断層に規制された通路を上昇して来た熱水が地表温泉として湧出すると共に地表近くの間隙率の高い砂礫層中を側方移動して地温アノマリーを与えていると考えられる。物探データでは、上記通路の1つに相当すると推定される地表より深部に連なる狭少な低比抵抗帯が検出されている。その他は高比抵抗帯で、

地表近くに地熱貯留層の存在を推定可能にするような低比抵抗帯は見出せなかった。

従って、前年度までに得られた各種調査データは地表水および伏流水の影響を多少蒙っているであろうが、狭少な通路を深所より上昇して来たものと推定される地熱示徴に関する測定値であり、本地域の地熱ポテンシャル評価には有効と考えられる。

6—5 結論および将来への展望

6—5—1 結論

1976年および1978年の2回にわたる調査により有望な地熱示徴地域として選定されているキンコージ地区について今年度の調査結果、次のような熱構造が推定されるに至った。

本地域の地熱示徴はN—S系断層を主に、特にE—W系断層との交会部に著しく地下深所よりこれら断層を通路として上昇しているもので、熱源はN—S系断層沿いに活動した当地域での最新火山活動に起因し、その深部火成活動に由来する。

物理探査では地表に沿って低比抵抗帯が存在するものの地下浅所に大規模な地熱貯留層の存在を推定させるような低比抵抗帯は検出されていない。一方A測線測点18付近には高比抵抗帯の中間部より深部へ至る狭少な低比抵抗帯が推定されている。この低比抵抗帯の位置は地質調査より推定されている本地域の地熱示徴に密接に関係するN—S系断層の一部に相当し、地質調査によれば、このN—S系断層は熱水変質作用のうちその外縁部に相当する粘土化変質を蒙っており、深部へ向い更に変質中心部に近づくことが推定される。そして、この比抵抗がN—S系断層沿いに形成された地熱変質の著しい部分に起因すると考えるとその深部には更に高次の変質帯の存在と、それをもたらした地熱活動の存在が推定される。そのポテンシャルは従来の放熱量調査より推定されている放熱量 66×10^7 Cal/minすなわち熱階級Vに対比出来るものであろう。しかしながら、地質・物理両調査からは、この地熱示徴はかなりの深部に由来するものと判断されるので現在世界各所で開発されているような地熱資源は、この地域では抽出することは困難である。(図7—19別添参照)

6—5—2 将来への展望

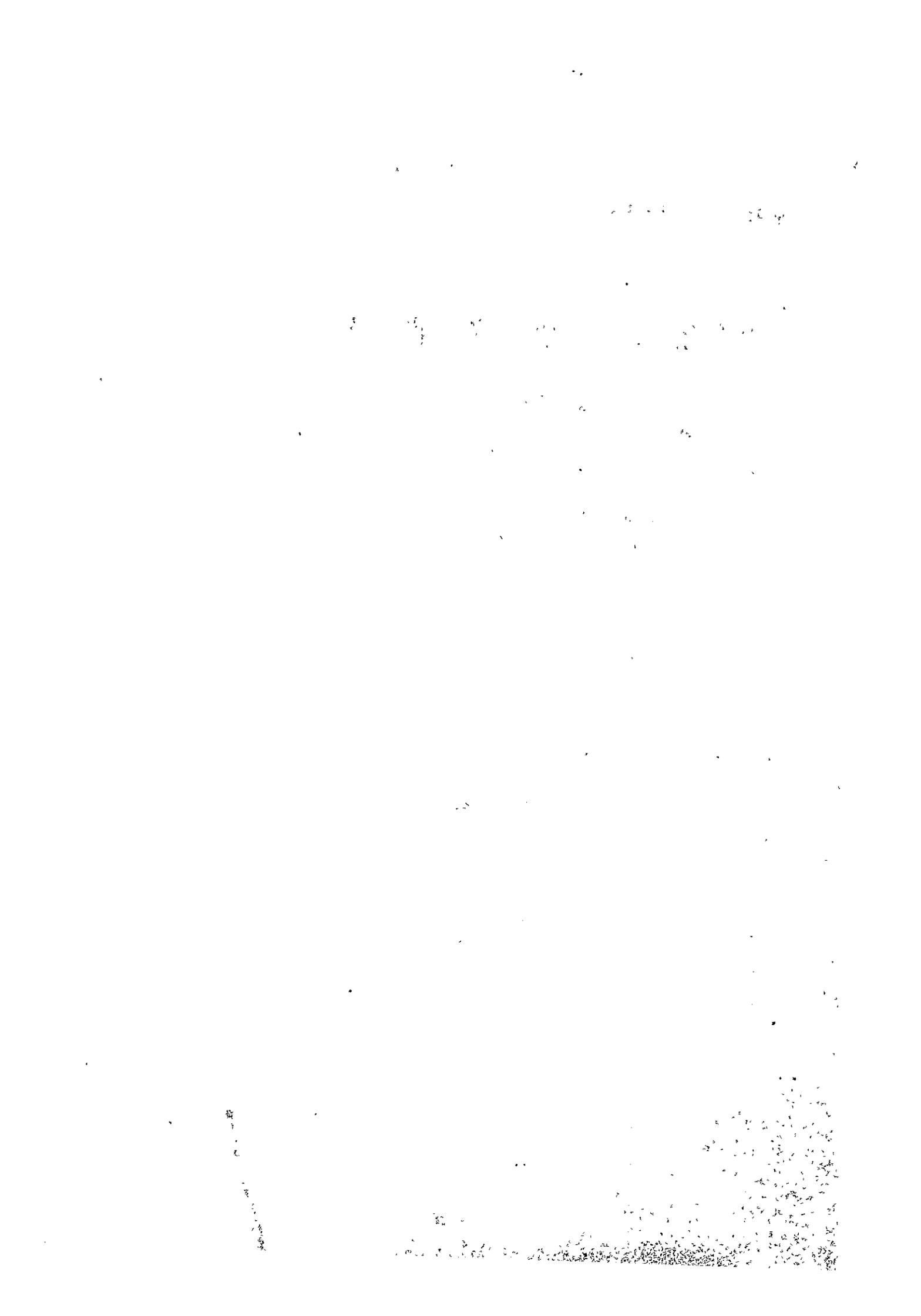
以上述べた如く、本地域の地熱示徴は地下深部の熱源に由来し、N—S系断層の一部を通路として上昇していると解釈され、物探測点A測線測点18付近にはその通路の1つに相当すると思われる物探アノマリーが補捉されている。このアノマリーは、今回の物探調査で補捉されたアノマリーで、本調査地域の地熱示徴の中心部と考えられる。

しかしながら、本地域は厚い氷河堆積物に覆われた地域であり、その上地表に至る地熱示徴は断層に規制された狭少なもので、かつ、熱源および貯留可能層はかなり深度に予想されるので、この地区の地熱資源を更に探究するとすれば、今後の探査方向は物理探査で確認されている厚い高比抵抗層の下部およびA測線測点18の高比抵抗層中において中間部より探部に至る低比抵抗帯の原因の解明が必要であり、その後にはA測線測点18付近に少なくとも1,000m以上の深度の深部地質構造ボーリングを考慮し、この地区の地熱構造解明を行うことが望ましい。

参考文献

- 社団法人日本地熱調査会（昭和49年）：地熱調査ハンドブック
物理探鉱技術協会（1968）：最近における物理探鉱の進歩20周年記念
国際協力事業団
金属鉱業事業団（昭和54年3月）：ペルー共和国地域開発計画調査
調査報告書 第1年次
地熱技術開発株式会社（昭和51年12月）：ペルー共和国地熱発電基礎調査報告書
焼岳地域共同企業体（1978）：昭和52年度地熱開発環境調査
貝塩地区環境調査井掘削工事
林 正 雄（1972）：大岳地熱帯における熱水変質作用
—とくにその変質作用の分類について—
地熱Ser. No. 34（Vol. 9、No. 3）
1972
古 賀 昭 人（1972）：地球化学と地熱系の開発
地熱Ser No. 34（Vol. 9、No. 3）
1972

第8章 農業開発



第8章 農 業 開 発

第1節 前年度調査との関連

農業開発に関する調査は前年度に引き続いて実施された。従って2年目に当たる本年度調査では、前年度の調査結果を踏まえ、その次期詳細調査計画への提言に基づきながら、調査項目の検討が行われた。そこで、本年度調査の項目別報告に入る前に調査の意義と位置づけを明らかにするため、前年度の調査内容を概括しながら、それとの関連における本年度調査の調査方法や調査内容を、まず最初に一括して説明する。

1-1 前年度の調査内容

前年度調査においては、調査地域の農業事情が各種の統計資料によって明らかにされた。土地利用・土地所有状況については1972年の農業センサス結果が、また1977～78年の農作物作付面積とヘクタール当たり収量、家畜飼養頭数と生産量などについてはシクアニ統計事務所調べの資料が用いられ、さらに作物栽培体系、馬鈴薯の生産費などについてはエスピナル（ヤウリ）出張所調べの資料が紹介されている。

この場合調査地域としては、エスピナル郡全域が対象とされているが、これは、統計資料の多くが郡単位のものであったためと思われる。これらの資料は、近隣の諸郡（カンチス、カナス、アコマヨ、チュンビビルカスなど）との比較における調査地域の農業の特色を明らかにしているが、他郡よりも高海拔の僻地に所在していることを反映して、栽培作物も数種（馬鈴薯、カニワなど）に限定され、その生産性も一番低い。結論的には、自然草地のみに依存する粗放的な畜産農業が支配している地域ということである。

このような地域農業の低生産性は、高海拔に基づく厳しい自然条件による面が大きいわけであるが、気象条件については気象庁の資料によって、低海拔地域（2,350mのアレキバ、3,399mのワンチャック、3,550mのシクアニ）と調査地域（3,915mのヤウリ）と気温、降雨量、湿度などを、月別の一覧表にして比較している。また土地条件については、氷河作用などについて地質学的な地形形成要因の検討がなされているほか、土壌条件についても、土壌断面の観察記録と、3カ所からのサンプル採集による土壌の分析結果が報告されている。

調査地域における農家の一般的な農作業や家畜の飼養管理については、聴きとりや観察に基づくかなり詳細具体的な報告がなされている。農作業では、一部に役牛利用がみられるが機械利用は皆無に近く、人力依存の作業が支配的で、しかも播種床の整地など不十分であること、農薬利用は皆無で、肥料も木灰と家畜糞のみの使用に終わっていることなどが、また家畜飼養では、自然草地の放牧利用のみで、貯蔵飼料による補給を行わないため、草地は掠奪の利用となり、草生のおとろえる乾期には家畜の栄養状態が極端に悪化すること、放牧管理は牧柵が無いため、老人や婦女子（成年男子の多くは農繁期以外には出稼ぎ）が終日放牧家畜を看視誘導し、日没頃に家の近くに設けてある土囲いの中に追い込む、といったような飼い方をしていること

などが、刻明に報じられている。

次に、農畜産物の流通状況についても、主として聴きとり調査の結果と思われる報告がいろいろとなされている。馬鈴薯、カニワ以外の農産物とくに野菜類は、その大部分がアレキープ方面から搬入されていること、畜産物については、牛肉、羊肉および羊毛はアレキープとプノ方面へ、アルパカ、リャマの肉はアレキープ経由でリマに販売されていることなどであり、出荷される牛がやせ過ぎて枝肉歩止りが低いため、いったんアレキープまで運搬し、そこで一定期間肥育する方法がとられていることを、今後の重要な改善点であると指摘しているのが興味深い。

前年度調査では、以上のような調査地域における農業、畜産の実態報告を行った上で、クスコ州内における政府の農業、牧畜開発計画について、実施中および計画中の各種プロジェクトを一覧表にして紹介しているが、これらの農業近代化プロジェクトはいずれも、クスコ州において既に生産の中心になっている地域における増産を目的としたもので、今回の調査地域のよう、生産性が格別に低いところは含まれていない。

そこで前年度の調査報告では、現地調査の結果に基づきながら、調査地域のような高山地域における農業、牧畜開発の将来と展望について所見を述べ、最後に、次期詳細調査計画への提言を列挙して報告を結んでいる。

1—2 本年度の調査内容と調査方法

本年度調査は、前年度調査による地域農業の実態とその将来的開発に対する調査所見とを踏まえ、とくに、次期詳細調査計画への提言としてあげられた諸項目（1 対象地域開発適地の選定、2 牧畜開発の適地選定、3 改良牧草の選定、4 灌漑方式の検討、5 農業技術普及の検討）を優先的に採りあげる方向で調査計画（調査内容と調査方法）の検討が行われた。その結果、調査計画の段階で、次にあげるような4項目の調査内容を柱とすることにした。

- ① 改良牧草の選定
- ② 農・牧畜開発の適地選定
- ③ 水資源専門家と協議し、灌漑農業の方式および規模の検討
- ④ 地熱専門家と協議し、農業への地熱利用の検討

改良牧草の選定は、もっぱら技術的な問題であり、その調査方法としては、試験研究または改良普及関係のデータを出来るだけ多く集めて、帰納的手法による検討を行うとともに、気象データに基づく牧草生育可能量の推定などについて理論的な解析を試みることにした。

農・牧畜開発の適地選定には、調査地域の確定を試みるものがその前提となる。このためには、農・牧畜開発を鉱山開発と関連する地域開発として採りあげるとしても、その範囲をどの位にまで考えてゆくかの判断を下すための検討が、まず第一になされねばならない。そして具体的な開発適地の選定には、地図と現地踏査によって、水系や土地（地形や土壌）の実態を精査することが必要である。

灌漑農業については、取水を予定する河川と取水場所の選定および灌漑を行う耕地の場所と面積などを、水資源開発の調査とタイアップしながら、図面と現地踏査によって決めてゆく

ことにした。この場合灌漑農業導入の経済性検討には、近隣地域における先例の実態を参考にするとともに、広く内外の試験研究データも活用することにした。

地熱の農業利用に関しては、施設園芸そのものの技術的検討よりも、他地域から野菜類を搬入することと比較した施設園芸開始の経済性検討が中心課題となる。このため、調査地域および周辺地域（都市）における野菜類の市場価格調査を実施するとともに、産地間流通の実態を出来るだけ多くの関係者から聴取しながら、最終判断を下してゆく方法をとることにした。

地域農業の実態に関しては、前年度調査において統計資料や聴きとり調査に基づく調査結果が、かなり詳細具体的に報告されている。従って、本年度調査においては、統計資料の補足にはウエイトをおかず、各種の聴きとり調査の過程において得られた新知見を、本年度調査の項目別検討のなかに適宜おり込んでゆくことにした。

全般的にみて本年度調査では、行政当局者、研究者、農家、業者など、出来るだけ多方面にわたる多くの人に会い、上述してきた今年度の調査項目に関する資料入手をはかるとともに、積極的に意見交換をはかってゆく調査方法を貫いた。農・牧畜開発の適地や改良牧草の選定、さらには灌漑農業の方式論などに関する技術的課題についても、既存資料のみでは判断し難いことがいろいろあったし、灌漑農業とくに施設園芸の経済性検討については、計量を可能にするような参考資料の入手が出来なかったため、意見交換をはかりながら実感を得てゆくことが、最終判断を下すうえで有益であったと思う。

第2節 農・牧畜開発の適地選定

2-1 調査地域確定の基本方針

農・牧畜開発の適地選定に当たっては、当然のことながら、調査地域の確定がその前提となる。今回の調査における農業開発は、鉾山開発の予定地域が農業とくに牧畜を主産業としていることから、いわゆる地域総合開発の構想に基づいて、その調査が採りあげられたものである。前年度調査においては、農業開発の調査地域としてエスピナル郡全域が採りあげられたが、これは郡単位でのみ得られる統計資料が多かったために、便宜上一応の調査地域ということであったものと思われる。

鉾山開発の関連地域については、場合によって、鉾山開発予定地が所在するエスピナル郡に止まらず、鉾石の搬出や各種生産および生活資材の搬入などに関連づけて、シクアニ、アヤビリなどの所在する隣郡までも含めて考えてゆくことは可能である。しかし、農・牧畜開発の適地選定を具体的に検討しようとするならば、調査地域を出来るだけ狭い範囲に限定してかかるほうが現実的である。鉾山開発に直接的な関連をもつような範囲に限定して、農業開発の調査地域を確定してはどうかということである。

この場合、行政上の町村単位で地域界を決めてゆくことが一般的である。しかしペルーにおいては、アンデス山系地域の農・牧畜開発にあたってすらも、水資源の管理と利用が決定的に重要な意味をもつので、水系単位で開発計画を検討することが便利であるという判断から、鉾

山開発および地熱開発の予定地をすべて包括する水系の範囲で、農・牧畜開発の調査地域を確定してゆくことが、現実的にもっとも望ましいと考えた。

2-2 調査地域の概況

上述したような基本方針によって確定した、農・牧畜開発の調査地域は、図8-1に示すように、ヤウリ市街地の北方約10 kmの地点でアプリマック川がサラード川と合流するところまでのサラード川上流水系の総てを含む地域（アプリマック川流域は含めない）である。

このようにみた調査地域は、エスピナル（ヤウリ）、トクロヨ（パイバタ）、オコルロ、コンドロマ、ピチグアの5カ町村にまたがる約2,000 km²で、エスピナル郡の2分の1強を占めており、コロコワイコ、ケチュア、チンタヤの鉱山開発予定地3カ所のほか、アタラヤ鉱山およびキシコジョの地熱開発予定地を総て包括している。

調査地域の西北部サラード川本流沿い（鉱山用および灌漑用の取水を予定したオコルロ川がサラード川に合流する地点から下流）の盆地帯は海拔3,900～4,000 mであるが、調査地域の大部分は海拔4,000 m以上の台地で、地域の東北部から東部にかけては4,500～4,700 m、地域の西南部から南部、東南部にかけては4,700～4,900 mの山脈が連っている。水系の源流にあたるこれらの高山地帯には、大小の湖が多くみられまた湿地が随所にあつて、乾期における草生を可能にすることから、山稜の近くまで多くの定住農家がみられるほか、盆地帯の農家にとっては、草生が悪化する乾期の預託放牧地として利用されている。

調査地域に関係している5カ町村のうち、面積的に大部分を占めているトクロヨ、エスピナル、オコルロの3カ町村について、Comunida（集落共同体）別の人口、作物栽培面積、家畜飼養頭数を一覧表にして示したものが表8-1である。調査地域を町村界とせず、あえて水系区分によつたことのほか、Comunidaが必ずしも町村界とは一致していないこともあつて、表8-1の諸数値からのみでは、調査地域内の農家数と分布、1戸当たりの経営面積や家畜飼養頭数などが明らかでない。

農・牧畜開発の計画を具体的に検討する段階においては、開発適地の場所選定に当たって、土地の所有・利用関係などを明らかにしながら、関係農家の営農改善計画まで検討する必要があることは論ずるまでもない。

2-3 農・牧畜開発の適地

調査地域は、高海拔地域であるとはいえ、盆地や台地が大部分を占めていて、土地条件には比較的恵まれている。地形条件が特に劣悪な山岳急傾斜地や、土壌条件に恵まれない岩石露出地など、全体的にみるとごく一部の地積を除き、耕・草地改良の可能地が大半を占めているとみてよい。しかし、広大な面積の土地改良とそれに伴う営農改善が、一斉に着手できるわけではないから、農・牧畜開発の適地選定がなされる場合、当然のことながら、開発効果のあがり易いところから順次手がけてゆくことになる。この場合開発効果の大小は、経営体制や土地所有関係などの経営条件によることも看過できないが、より基本的には立地条件によつてきまる

表8-1 Comunida 別 営 農 状 況

コ ム ニ ダ	栽 培 面 積 (ha)				飼 養 頭 数 (頭)				
	人	口 馬	鈴 薯	キヌア カニワ	牛	緬 羊	アルバカ	リヤマ	鶏
TOCPORO									
Palpata Alcasana	-	-	-	-	1,250	2,500	120	60	-
Mamanocca	-	6	-	1	650	2,960	150	100	-
Antaycama	-	20	-	2	250	3,100	250	100	-
Alpacmana	-	15	-	2	180	2,000	25	10	-
Chani	-	5	-	-	110	1,150	10	45	-
Chelgno	-	6	-	-	175	1,250	50	30	-
Ichulahua	-	7	-	1	150	1,350	76	25	-
Jaruma Alccasan	-	3	-	-	220	250	-	45	-
Cruz pampa	-	7	-	-	190	2,100	100	50	-
計	-	<u>69</u>	-	<u>6</u>	<u>3,175</u>	<u>18,460</u>	<u>751</u>	<u>465</u>	-
ESPINAR									
Suero y Cama	4,300	11	3	7	570	2,380	80	105	70
Chisicata	700	12	2	8	1,020	3,200	120	155	100
Pampahuarca	410	16	3	10	480	1,360	235	170	60
Alto Huarca	860	10	1	5	1,300	6,700	200	360	30
Bajo Huancane	1,140	14	4	11	230	2,100	50	100	120
Alto Huancane	1,200	25	6	17	450	4,650	140	220	70
Cruz cunca	1,500	5	-	4	110	1,800	30	155	30
Tintaya	1,100	9	2	3	490	3,100	180	260	140
Huisa Culuyo	1,780	2	-	1	360	3,400	270	800	75
Huanchuano	960	3	2	1.5	260	2,680	90	410	35
Hanocollahua	1,500	5	-	1.5	1,800	5,750	570	300	20
計	<u>15,450</u>	<u>112</u>	<u>23</u>	<u>70</u>	<u>7,070</u>	<u>37,120</u>	<u>1,565</u>	<u>3,342</u>	<u>750</u>
OCCOFURO									
Occoruro	370	7	2	1	230	650	120	120	50
Marquiri Alto	210	4	1	-	330	520	60	90	45
Huisa	180	2	-	1	145	620	100	130	70
Ceollana	230	2	-	-	315	210	-	160	20
Chaquilla	430	5	2	3	530	3,100	210	346	150
Anta Alto	170	4	-	1	75	420	175	90	20
Anta Bajo	220	5	3	2	130	910	80	65	15
Marquiri Bajo	110	7	2	2	260	3,750	160	200	140
Chorrillo	216	11	4	1	395	1,360	185	150	60
CONDORCMA	210	-	-	-	35	170	1,300	1,100	10
Chani	70	-	-	-	18	110	750	1,350	30
Alccasani	120	-	-	-	10	60	1,200	500	20
Rumihuasi	210	-	-	-	25	85	850	450	15
Pampa Ceollani	190	-	-	-	14	55	320	230	10
計	<u>3,086</u>	<u>50</u>	<u>15</u>	<u>12</u>	<u>2,652</u>	<u>12,091</u>	<u>5,935</u>	<u>5,161</u>	<u>685</u>

(出 所): Ministerio de Agricultura y Alimentacion

とみてよい。

立地条件の検討において、高海拔に基づく苛酷な気象条件への配慮は欠かせないし、地形や土壌などの土地条件も大切であるが、本調査地域の場合は、水利条件がことのほか重要な意味をもつ。耕・草地ともに、灌漑によってその生産性を飛躍的に向上させ得ることが期待できるからである。

次に、農・畜開発の規模についてであるが、開発には多少ともに投資が必要であり、改善技術の導入が必要であることを考えると、地域農家の経済力や営農技術の実態をよく把握したうえで、無理のない範囲で漸進的に開発を進めてゆくことが望ましいと思われる。開発に対する地域農家の意欲向上は、啓蒙活動によってある程度は高め得ようし、改善技術の導入も努力とやり方次第で不可能ではない。従って一番の問題は、やはり農家の経済力ではあるまいかと考える。

土地改良のような公共的性格をもつ営農基盤整備事業に対しても、国からの補助を多く期待できないのがペルーの現状である。低利資金の融資政策はとられるであろうが、資金的に余裕のない農家は、借入金の償還（投入事業費の回収）に追われるおそれがある。地域農家の多くは、農業だけでは生計がたちゆかないために、そのほとんどが短・長期の出稼ぎに出かけている。農業所得には、経営規模などによる個別差もあろうが、前年度調査の統計資料にみるとおり、経営面積5 ha以下の零細経営が60%以上を占めているのが地域の実態である。

今回の調査で、経営面積4 ha、飼養家畜頭数牛5頭、緬羊50頭、リャマ15頭の農家から、営農状況について聴きとり調査を行ったが、推定農業所得は、表8-2のように30万ソールに達しない。この営農における農業支出は、飼・肥料などがすべて自給なので、放牧料（乾期に牛のみ奥山へ放牧預託）などわずかの現金支出のみであり、施設や器具の償却費などは無視しているので、正確に計算すればもう少し増えそうであり、それに伴って農業所得はさらに低下するおそれがある。

この調査農家も農外収入に依存している兼業農家であるが、営農規模などからみて、地域を代表する中堅的な農家であるとみてよい。従って、これだけの農業所得のなかから、営農改善のために新規投資の回収分を負担することには自ら限界があろう。

このようにみえてくると、本調査地域における農・牧畜開発の適地選定に当たっては、受益農家の負担を最少限に止めることを主眼とし、開発効果のあがりそうな好条件の土地のみを対象とする小規模パイロット的なものとするのが望ましい。さし当たり畑地の灌漑面積500 ha、草地の改良面積500 haの計1,000 haぐらいを計画してみることを提案したい。

このくらいの面積ならば、調査地域内に適地はどこにでも見出せようが、鉱山開発との関連を配慮して、畑地灌漑についてはオコルロ川の合流地点より下流のサラード川左岸に1カ所、また草地改良については、オコルロ川右岸の台地上に2カ所ぐらいに分けて適地を選定してみたい。この場合の草地改良は、土地条件の良い場所を選び、実質的には耕地化に準ずるような耕起方式の草地造成を計画することが望ましい。

このほか、湖水や湧水の誘導（灌漑）による傾斜草地の改良（牧草導入）も、適地をみつけて試験的にやってみたいし、キシコージョの地熱開発予定地の近くでは、地熱利用の施設園芸について、一応の開発計画を検討してみることにしたい。

表 8 - 2 中堅的農家の農業所得

				(単位 . ソーレス)	
A 農業収入				292,400	
(1) 農産収入					
1) 販売収入	馬鈴薯 2,100	カニワ 300	2,400	}	34,400
2) 自家消費分	馬鈴薯 21,600 (チュニョーにして 144kg@150)	カニワ 8,400 (200kg@42)	32,000		
	キノア 1,000 (20 kg@50)	ねぎ 1,000 (10 kg@100)			
(2) 畜産収入					
1) 販売収入	綿羊 120,000 (30頭@4,000)	牛 25,000 (1頭@25,000)	181,000	}	158,000
	リヤマ 36,000 (4頭@9,000)				
2) 自家消費分 (増殖分を 含む)	牛 50,000 (2頭@25,000)	リヤマ 27,000 (3頭@9,000)	77,000		
B 農業支出				5,400	
(1) 現金支出	農具 1,200	放牧料 4,000	5,400		
	その他 200 (5頭4カ月@200)				
(2) 償却支出			0		
C 農業所得		(A - B)		287,000	

第3節 牧草の導入方式とその草種選択

3-1 地域特性と牧草栽培

3-1-1 気象条件

本調査地域は、標高 4,000 m 前後の高海拔地域であるため、その気象条件は牧草栽培にとっても厳しいものである。表 8-3 に主要な気象条件 (月別平均気温、降雨量、日照時間) を、他の寒冷地域との比較で示してみた。

まず気温について、本調査地域内にあるヤウリの年間平均気温は、デンマークやスイスより 1~2°C 低いが、日本の釧路よりはやや高く、概してこれらの地域とはほぼ類似している。しかし、ここで注目したいことは、本地域と他地域との間で、月別の温度分布に著しい差異の認められる点である。南・北半球の違いがあるので夏期間と冬期間との比較ということで見ると、本地域では夏・冬期の間の較差が小さく、冬期間でも 2~3°C 止りであるかわりに、夏期間でも 10°C 以上には達しない。

表 8-3 気象条件の地域間比較

区 分	月 地 域	平 均 または計												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
平均気温 (°C)	YAURI	88	84	82	75	62	40	26	34	48	71	78	88	6.4
	HUANCAYO	10.7	11.0	10.9	10.1	9.5	9.1	8.1	9.7	10.4	11.7	12.0	11.5	10.4
	デンマーク	0.1	-0.1	1.6	5.5	10.7	14.2	16.0	15.3	12.3	8.1	4.1	1.6	7.5
	スイス	1.1	0.4	3.6	7.9	12.4	15.8	17.6	16.7	13.6	8.2	3.4	-0.3	8.2
	釧路	-6.7	-6.4	-2.5	3.1	7.4	11.1	15.8	18.6	15.3	9.3	2.7	-2.7	5.4
降雨量 (mm)	YAURI	209	241	158	94	18	13	0	58	14	16	28	72	921
	HUANCAYO	119	148	115	48	16	15	2	26	30	81	47	75	722
	デンマーク	44	34	41	40	42	47	64	80	57	66	53	58	626
	スイス	55	53	69	84	101	123	123	119	100	93	70	70	1,060
	釧路	61	38	63	85	112	83	100	128	165	130	72	69	1,106
日照時間 (時間)	YAURI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HUANCAYO	140	126	167	192	242	234	285	229	204	205	198	174	2,396
	デンマーク	36	64	119	175	248	254	246	214	159	98	49	27	1,689
	スイス	50	88	148	166	200	230	249	225	172	111	55	38	1,733
	釧路	177	177	213	188	179	141	134	139	166	195	182	175	2,066

(注) YAURI (海拔3,920)、HUANCAYO (海拔3,320) は1974-75年の2年平均、デンマーク、スイス、釧路は長年平均。なお、デンマーク、スイスは国内主要測候所の平均

(出所) 気象水文庁

寒地型牧草の生育限界は月平均気温5°C以上、正常生育限界は10°C以上と言われているので、本地域における夏期間の牧草生産は、他地域に比べて明らかに不利である。しかしその代りに、冬期間における生育限界以下の温度条件が良く、年間の生育可能期間が長い傾向にある。

次に降雨量であるが、本地域のそれは釧路やスイスには及ばないが、デンマークよりもかなり多い。しかし、降雨量についても年間の分布に注目する必要がある。他地域では夏冬間の差が少ないのに対して、本地域は乾期と雨期が明確に分かれている。長い乾期の続くことが、本地域における作物生産にとって、いろいろの障害となっているわけであるが、雨期が夏期間に当たっている点は、牧草栽培にとってせめてもの恵みである。

最後に日照時間であるが、残念ながらヤウリのデータが得られなかったので、同じくアンデス山系内に所在するワンカヨのデータを参考にしながら他地域と比較したい。ヤウリとワンカヨとは、標高差が約600mもあるため、温度差はかなりあるし、降雨量についても若干の違いがある(乾・雨期の存在は同様)。しかし、日照時間に関する限り、両者の間にそれほど大きな違いは無さそうである。

このような前提にたつて、外国の他地域と比較してみると、本調査地域の年間日照時間は、

デンマークやスイスのそれよりもかなり多いように推察される。ただ、ここでもまた問題になるのは、日照時間の季節別分布である。デンマークやスイスで夏期間の日照時間が多いのに対して、アンデス山系地域では、夏期間よりも冬期間のほうが遙かに多くなっている。このことは、夏期間の牧草生産にとっては不利な現象であり、この点では、夏期間の濃霧に悩まされる釧路が同一の傾向にある。

本調査地域が高海拔に立地することとの関連で、もう一つ気がかりになる気象条件に、気圧の低下に伴う空気の稀薄化問題がある。これについてはまず、牧草の呼吸に対する生理的影響であるが、稀薄化しているとはいえ、空気中の酸素はもともと絶対量が多いし、呼吸量そのものが温度の低下によって急減すること、動物のように運動による呼吸量の急増がないことなどを考え合わせると、酸素の不足による窒息的な生理障害を蒙ることはまずあり得ないと思われる。

空気の稀薄化と関連して、むしろより多く関心のもたるべきことは、光合成～牧草生産に直接的な影響をもつ炭酸ガス濃度の低下であろう。標高に比例して炭酸ガス濃度が下り、海拔4,000mのチベット高原では、平地のほぼ分量である0.25 mg/l (135 ppm)であったとの報告すらあるし、一方、炭酸ガス濃度を高めて光合成～野菜生産を高めようとする炭酸ガス施肥の試みが、施設園芸の分野では成果をあげているので、本調査地域の牧草生産において炭酸ガス濃度の問題には関心をもたざるを得ない。ただ、炭酸ガス濃度が光合成に及ぼす影響も、呼吸の場合と同じように、温度の低下に伴って急減することが明らかにされているので、実際問題としてはそれ程気にする必要はないと思われる。

3-1-2 土地条件

牧草栽培に影響を及ぼす土地条件のうち、地位と地形については、前者が距離的にまた後者が機械化の立場から、牧草の栽培管理上に不便をもたらす、労働生産性の面から規制要因となる。ただ本調査地域の場合、「農・牧畜開発の適地選定」(第2節)で指摘した通り、地域周辺部の高山地帯にまでかなりの農家が分散定住しているので、地域内どこでも地位的に僻地という感じが少ないし、山の傾斜も全般的にゆるやかで台地状のところが多いので、地形的にもとくに問題になるようなところは少ない。

牧草栽培の技術的検討において、やはり一番問題になる土地条件は、土地生産性との関係が深い土壌条件である。本調査地域の土壌については、前年度の調査報告書のなかで、地質的には鉱山・地熱開発などの章で詳説され、土壌そのものとしては農業開発の章に、サンプル土壌の分析値を掲げながら概説されている。

本年度調査においては、開発適地の選定も一応行ったので、前年度調査の補足の意味から、もう一度土壌のサンプルを持ち帰って分析を行った。その結果は表8-4のようであったが、作物栽培との関連に触れながら、簡単に土壌学的な解説をしておきたい。なお、土壌のサンプル地点は図8-1(既出)にも示しておいたが次の通りである。

- ① サンプル地点1(S-1)～現況草地キシコージョの地熱開発予定地の近くで、No.1は表層(0-5 cm)、No.2はその下層(10-15 cm)
- ② サンプル地点2(S-2)～現況草地オコルロ川右岸の貯水池予定地に近い河岸段丘で、

表8-4 土 壤 分 析 値

サンプル 番号	サンプル 地点	層 (cm)	深 (cm)	土 色	2 mm 以下東分の粒径分画 (%)					粘 土 < 0.002	円 (> 2mm) の存在割合 (%)	PH		Y ₁ (大工原酸度)
					土 性	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土			H ₂ O	KCL	
No. 1	S-1	SS(0-5)	7.5YR 3/3	CL	17.6	32.0	27.5	15.1	10.8	5.12	3.91	6.47		
2	"	DS(10-15)	" 4/3	SL	40.8	22.8	16.3	10.0	59.7	5.72	4.13	1.59		
3	S-2	SS(0-5)	" 4/2	CL	19.0	31.2	26.2	22.4	9.1	5.78	3.90	2.94		
4	S-3	S(5-10)	" 4/3	CL	23.2	25.5	27.7	20.9	35.4	8.38	7.30	0.29		
5	"	DS(25-30)	10YR 6/3	SCL	26.8	31.3	19.7	16.4	18.1	5.42	3.82	0.59		
6	S-4	SS(0-5)	7.5YR 4/3	SCL	25.0	34.5	19.3	16.1	19.4	5.52	4.00	1.76		
7	"	DS(10-15)	" 3/3	SCL	24.2	36.2	19.7	16.9	7.7	6.00	3.97	0.59		
8	S-5	SS(0-5)	" 4/2	CL	24.3	24.7	18.5	24.8	51.7	5.88	4.00	6.17		
9	"	DS(10-15)	" 4/2	L:C	12.4	25.8	23.6	31.9	16.2	5.85	4.05	0.59		

(注) SS: Surface Soil S: Subsoil DS: Deep Soil

サンプル 番号	CEC (me/100g)	置換性陽イオン (me / 100 g)			塩基飽和度 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	磷酸吸収係数 P ₂ O ₅ / 100 g		可給態 磷酸 P ₂ O ₅ / 100 g		微 量 要 素 (ppm)			
		Ca	Mg	K				Na	Fe	Zn	Cu	Mn			
No. 1	10.60	1.40	0.26	1.04	0.06	6.4	0.60	686	36.6	17.63	4.74	0.78	36.25		
2	11.20	3.20	0.46	0.48	0.13	4.6	0.52	935	51.2	6.25	1.70	0.58	28.13		
3	12.75	4.40	1.75	0.89	0.24	3.8	0.37	561	3.2	61.25	1.25	1.25	34.38		
4	24.05	28.00	2.00	1.05	0.20	2.0	0.18	1,194	5.9	0.30	0.40	0.25	5.38		
5	22.23	12.30	2.83	0.94	0.22	2.2	0.26	706	59.0	34.38	1.15	0.57	12.13		
6	9.73	4.10	1.17	0.85	0.07	1.8	0.25	364	16.9	42.13	1.79	3.33	23.50		
7	9.90	4.90	1.25	0.64	0.11	1.2	0.19	364	8.7	33.75	1.24	3.40	11.25		
8	16.43	9.70	2.17	0.40	0.17	4.0	0.39	644	3.2	93.75	3.65	6.93	50.88		
9	19.55	11.00	2.33	0.21	0.18	3.2	0.33	779	1.2	168.75	4.28	2.50	30.63		

No. 3は表層(0-10 cm)

- ③ サンプル地点3(S-3)~現況敷地コロコワイコキャンプ地の建物裏側で、No. 4は表層(5-10 cm) No. 5は深層(25-30 cm)~写真8-1土壤断面参照
- ④ サンプル地点4(S-4)~現況耕地サラード川左岸の河岸段丘で、灌漑開発予定地の末端部、No. 6は表層(0-5 cm)、No. 7はその下層(10-15 cm)
- ⑤ サンプル地点5(S-5)~現況草地上記灌漑開発予定地区の入口近くで、No. 8は上層(0-5 cm)、No. 9はその下層(10-15 cm)

サンプル土壤について全般的にいえることは、運積性の円礫が多量にまじっており土性も粗い。酸度は弱酸性で、CEC(土壤の養分保持力)や可給態リン酸、置換性陽イオンなどについては、下記の通り地点によって問題になるものがある。微量要素についてはZn、Cu、Mnは普通であるがFe含量が異常に高い。土壤の保水力に多少の問題があるので、灌漑農法の導入が有効であり、その上にたった適切な肥培管理とくに堆厩肥等の有機物投入が必要である。サンプル地点別の所見は以下の通りである。

写真8-1 土壤断面



(コロコワイコキャンプ建物裏)

- ① S-1 (No. 1-2)の土壤について

この土壤は粘土含量が少なく、下層にはかなり多量の円礫が存在する。また、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は表層で5.12と低く、 Y_i (大工原酸度)で6.47と高い値を示している。土壤の養分保持力(CEC)も10ぐらいと小さく、置換性陽イオンも少ない。従って、作物の生育にとって水分が制限因子となることや、耐酸性の弱い作物では酸性障害がおこる可能性がある。灌漑設備の完備、苦土石灰や堆厩肥の施用が必要と思われる。

- ② S-2 (No. 3)の土壤について

この土壤はCEC、置換性陽イオン、可給態リン酸が少ない。従って、苦土石灰やリン酸、有機物の投入が必要と思われる。

- ③ S-3 (No. 4-5)の土壤について

この土壤では、円礫がかなり存在し、下層では土性がSCLである。また、表層の $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は8.38と高く、置換性Caがかなり多量に存在するし、微量要素とくにFeの含量が異常に低い。従って、灌漑設備の完備、有機物等の投入によって水分保持力を高めるとともに、微量要素を補給してやる必要がある(この表層土のみがアルカリ土壤であるのは、建物敷地であるため人為的な影響が伴っているのではないと思われる。)

④ S-4 (No. 6-7) の土壌について

この土壌は土性が SCL であり、かなりの円礫が存在する。また CEC が小さく置換性陽イオンが少ない。従って、地点 S-1 と同様な改良対策が必要である。

⑤ S-5 (No. 8-9) の土壌について

この土壌は、土性は CL~L:C と細かいが、表層に多量の円礫が存在する。また Y_1 が 6.17 と高く、可給態リン酸がかなり少ない。従って、改良対策として混層耕(天地がえし)やリン酸肥料の投入が必要である。

3-1-3 牧草生産性

本調査地域内に牧草導入をはかる場合、牧草生産性(ヘクタール当たり生産量)がどのくらいであるかについては、地域内に牧草栽培事例が皆無であるので、実証的に検討することはできない。そこでここでは、アンデス山系地域における各地の既存事例を参考にしながら、調査地域の気象条件に基づく理論値としての推定を試みることにする。

牧草の生育にとって、第一義的に重要な意味をもっているものは気象条件であり、そのなかでもとくに、太陽エネルギーに源泉をもつ気温と日照量が基本になる。降雨量も重要であるが、これは灌漑などの人工的管理によって大規模な調節が可能であるし、その他土地条件などについても、人為的調節がなされ易いからである。

本地域に導入される牧草は、その地域性からみて、寒地型牧草であることは論ずるまでもない。各種の試験・調査研究の結果から、寒地型牧草の生育限界は月平均気温 5℃以上、正常生育限界は 10℃以上、そしてその高温度限界は 22℃とされている。また日照量については、月平均 180 時間を一応牧草の正常な生育に必要な日照量とされている。

牧草の生育可能量の推定については、次式によって、毎月の気象条件から年間の牧草生育可能日数を算出し、それに試験結果に基づく 1日ヘクタール当たりの乾物生産量をかけて、ヘクタール当たりの年間生産量を推定することが提案されている。^(注1)

$$\textcircled{1} \text{ 牧草生産可能日数} = \sum (a_1 \dots\dots 12 + \frac{b_1 \dots\dots 12}{2}) c_1 \dots\dots 12$$

a = 月平均気温 10℃以上の日数(生常生育日数)

b = 月平均気温 5~10℃および 22℃以上の日数(半量生育日数)

$$c = \frac{\text{当該月の日照時間}}{180 \text{時間}} \text{ (正常生育日照時間係数)}$$

$$\textcircled{2} \text{ 1日ヘクタール当たり乾物生産量} = 68 \text{ kg/日/ha}$$

より正確を期して、光合成に有効な 380~710 mμ の波長によって示される日射量(光合成有効日射量)として 150 g·cal/cm²/日を用いる牧草生育可能量の試算も検討されているが、気温と日照時間とによる上記の数式で試算されたものでも、かなり高い適合性の実証されている。そこで、ヤウリの気象データ(日照時間はワンカヨのものを流用)に基づいて、本調査地域における牧草生育可能量を試算してみたものが表 8-5 である。

(注1) 原田勇著「牧草の栄養と施肥」、養賢堂、pp. 174~179

この生産量は、あくまでも生育可能量であって、土壌条件（水分を含む）や施肥条件が制約要因とならないことが前提となっている。従って、本調査地域の場合は、灌漑などによって降雨量の不足を補うことが必要である。

表 8-3（既出）に掲げた他の 4 地域について、同様の試算を行ってみると、ヘクタール当たり年間生育可能量（生草）は次のようになる。

ワンカヨ	………	12万 1,400 kg
デンマーク	………	8万 500 kg
スイス	………	7万 9,300 kg
釧路	………	4万 9,100 kg

表 8-5 気温と日照時間からみた牧草生育可能量

(1) 牧草生育可能日数

条 件	月										計
	1	2	3	4	5	6~9	10	11	12		
正常生育温度日数 (10~22℃)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(a)
$\frac{1}{2}$ 生育温度日数 (5~10℃)	31	28	31	30	31	—	—	31	30	31	(b)
正常生育日照時間 係 数	$\frac{140}{180}$	$\frac{126}{180}$	$\frac{167}{180}$	$\frac{192}{180}$	$\frac{242}{180}$	$\frac{234}{180}$	$\frac{205}{180}$	$\frac{205}{180}$	$\frac{198}{180}$	$\frac{174}{180}$	(c)
正常生育可能日数	15.5×0.8	14.0×0.7	15.5×0.9	15×1.1	15.5×1.3	0	0	15.5×1.1	15×1.1	15.5×1.0	122

(2) 牧草生育可能量

年間ヘクタール当たり乾物量 = $68 \text{ kg} \times 122 = 8,296 \text{ kgDM} / \text{ha} / \text{年}$

(年間ヘクタール当たり生草量 = $8,296 \text{ kg} \div \frac{18}{100} = 46,090 \text{ kg} / \text{ha} / \text{年}$)

ワンカヨでは、西ドイツの技術協力を得ながらサンマルコス大学の熱帯高山獣医学研究所 (IVITA: Instituto Veterinaria de Investigaciones Tropicales y de Altura) が、1973~75年にかけて(気象データもそれに合わせた)草地酪農の試験と普及事業を行い、表 8-6 にみるようなすばらしい放牧成績をあげた。サンプル調査によるヘクタール当たり年間生草収量は 9 万~10 万 kg を得ており、上記の生育可能量に対して 75% 以上を実現している。年間を通じて牧草生育の可能であることが、このような好成績をもたらしたものである。

デンマークとスイスについては、一般農村における実態でみると、ここに試算された生育可能量の半分ぐらいではないかと思われるが、農家の優良事例や試験場などでは 7 万 kg/ha の

表 8-6 ワンカヨにおける乳牛の放牧日数と1頭当たり産乳量

試験期	月	放牧頭数		牧養力		産乳量	
		搾乳牛	総数	8 ha の放牧日数	ヘクタール当たり放牧頭数	搾乳牛1日1頭当たり	1日ヘクタール当たり
		頭	頭	日	頭	kg	kg
I	5	41	44	11	2.0	10.4	19.4
	6	36	40	16	2.7	10.7	26.0
	7	38	43	18	3.1	11.3	30.9
	8	39	41	36	4.3	11.6	47.4
	9	41	44	13	2.4	11.0	24.6
	10	38	42	22	3.7	11.9	40.0
	11	38	44	17	3.1	12.1	32.4
II	12	42	46	25	4.6	11.0	46.2
	1	45	50	31	6.3	10.0	56.7
	2	44	47	29	5.9	9.3	51.4
	3	38	43	31	5.4	8.8	42.0
	4	35	39	30	4.9	9.3	40.9
	5	33	38	31	4.8	9.3	38.8
III	6	34	38	30	4.8	9.0	38.6
	7	35	39	31	4.9	8.4	37.0
	8	34	37	31	4.6	7.2	30.4
	9	34	39	17	2.8	8.2	20.0
	10	34	38	28	4.3	8.4	32.3
	11	31	36	28	4.2	8.0	29.0

(出所) IVITA, Milk Production on Permanent Irrigated Pastures at High Altitude.

成績はあげており、生育可能量の試算は妥当と思われる。また釧路では、夏期間の濃霧のために日照時間が少なく、そのことが生育可能量を大幅に低下させており、ここでも優良事例の生産実績4万 kg からみて、上記試算の妥当性を認める。

アンデス山系地域の畜産振興をねらって、外国からの援助による牧草導入や草地改良のプロジェクトが各地にみられ、また、各地の大学なども高山地域に試験地を設けて研究をすすめている。これらのうち、サンマルコス大学熱帯・高山獣医学研究所によるワンカヨでのプロジェクト(上記)は海拔3,000~3,500 m、ニュージーランドのミッションによるプノでのプロジェクト^(注2)は海拔3,500~4,000 m、熱帯・高山獣医学研究所のラ・ラヤ試験地(表8-7)は海拔4,000 m以上の標高をそれぞれ代表していると思われるので、牧草の収量実績を表8-8に一括して示した。

本調査地域における牧草生産性については、標高の近似しているラ・ラヤ試験地の実績がもっとも参考になるが、上述した生育可能量の試算ともにみあわせて、灌漑栽培を前提に年間ヘクタール当たり3万 kg 前後の生草収量が期待できると推定しておきたい。

表8-7 ラ・ラヤ試験地の概要

所在地	Apartado 76 Sicuani-Cuzco タスコ州とプノ州の州境にあり、シクアニから東南へ鉄道沿いに30 km
所管	試験地はプノ地方農政局の所管であるが、サンマルコス大学熱帯高山獣医学研究所が農業省農業試験場と協定して、国立アメリカラクダ(アルパカ)センター(Centro Nacional de Camélido Americanos)として運営。
面積 (ha)	12,139 ha (タスコ、プノ両州にまたがり海拔4,100~5,200 m)
従業員 (人)	IVITA 60 (うち研究者10) 農業省 20 (うち技術者4) } 80 (うち研究技術者14)
飼養家畜 (頭)	アルパカ 7,000、リヤマ 300、緬羊 100、牛 50、馬 20、 ビクーニャ 25
(出所)	Instituto Veterinaria de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)

(注2) ニュージーランド、ペルー政府間の協定により、1974年からプノ州の高原地帯で農業社会共有組合(SAIS: Sociedades Agricolas de Interes Social)などを試験地に用いながら、牧草栽培、草地改良、家畜改良の試験と展示普及のプロジェクトを開始し、1980年まで継続の予定。ニュージーランドからは3~4名の技術者が駐在し、ペルー側5~6名の技術者と協力しながら成果をあげている。

表 8-8 標高別牧草収量実績

標 高 (m)	事 例 名	草 種 名	水 管 理	(年間生草 kg/ha)	
				収 量	量
3,000 ~ 3,500	1) IVITA ワンカヨ・プロ ジェクト	ペレニアルライグラ スとホワイトクロー バーの混播	灌 漑	80,000	~ 110,000
3,500 ~ 4,000	2) ニュージーラン ドミッション ブノ・プロジェ クト	アルファルファと オーチャードグラス の混播 ペレニアルライグラ スとホワイトクロー バーの混播	無 灌 漑	平 均 最 高 30,000 75,000	
4,000 以上	3) IVITA ラ・ラヤ試験地	ペレニアルライグラ スとホワイトクロー バーの混播	灌 漑	25,000 ~ 35,000	

(出所) 1) Newzealand Agricultural Aid Project, Puno - Peru 1974-78.

2) IVITA, Pasturas Permanentes Cultivadas para la Produccion Lechera.

3) ラ・ラヤ畜産試験場

3-2 牧草導入の原則と導入方式

3-2-1 牧草導入の原則

牧草導入を合理的にすすめるためには、まず第1に野草と比べた牧草の特性および気象条件などの地域特性をよく認識してかかる必要がある。そして地域特性にもっとも適合する草種を、立地条件に基づく導入方式別に選択し、牧草の特性を十分に活用してゆくような草地の造成・管理・利用をはかってゆくことが肝要である。

そこでまず野草と牧草との違いであるが、もともと牧草は、野草のなかから人工的管理に適するものを選び出し、それに改良を加えて作出された栽培作物である。従って、牧草の特性は、人工管理に適する諸性質が付与されているということであり、具体的には高位生産にかかわる肥料の利用性(吸肥性)や再生力に優れていることが基本となる。このほか家畜に対する嗜好性が良いとか、耐寒性や耐暑性に優れることも牧草の特性として重要であるが、後者については寒地型牧草と暖地型牧草とに二大別されている。

世界中どこでも、それぞれの地方に自生している野草は、その地域の自然環境にもっとも良く適合した草種群が、生態的に安定した極相(Climax)として生き残っているわけであるから、自然のままでは、新たな草種としての牧草が入り込みうるチャンスは非常に少ない。本

地域内の自然草地は、アンデス山中でもとくに高海拔の寒冷地帯に形成された短草型草原である。年間の降雨量はそれほど少なくないが、降雨が雨期のみ集中するので、生態学的にみて乾燥地帯に出現するタイプの草原になっているわけである。

本地域の自然条件については前項において説明した通りであり、草種選択にもっとも関係のある気象条件については、他地域と比較しながらその特性をみた。本地域の気象特性からみて、導入牧草の選択において共通的に重要なことは耐寒性に対する配慮であり、無灌漑方式による牧草導入については、耐旱性が最大の関心事となる。さらに、不耕起方式で草地造成改良をすすめる場合には、自生している野草との競合性が何よりも問題となろう。

本地域には、冬期間ということでもある乾期に、より寒さの厳しい奥山地帯へ家畜を追い上げて放牧飼養する慣行があるが、これは奥山地帯に湿地が多く、冬期間であっても水分さえあれば生育を続ける草のあることを物語っている。この点について、図8-2に示す月別日最高・最低平均気温の動きに注目したい。

日最高平均気温は、夏・冬期間を通して年中ほとんど変わらず、冬期間でも14~15℃のことが多い。この現象が、冬期間における野草の生育を可能にしている原因であろうと思われるが、一方日最低平均気温は-10℃以下になることが多く、-20℃近くに達する年すらある。このくらいの寒さには耐えて生存を続ける寒地型牧草地は多いが、それはあくまでも休眠中の地下部についてであって、地上部が枯死してしまうことは止むを得ない。生育中の地上部が突然の寒さで枯死したときは、フォゲジ (foggage)^(注3)として有効に利用できる。

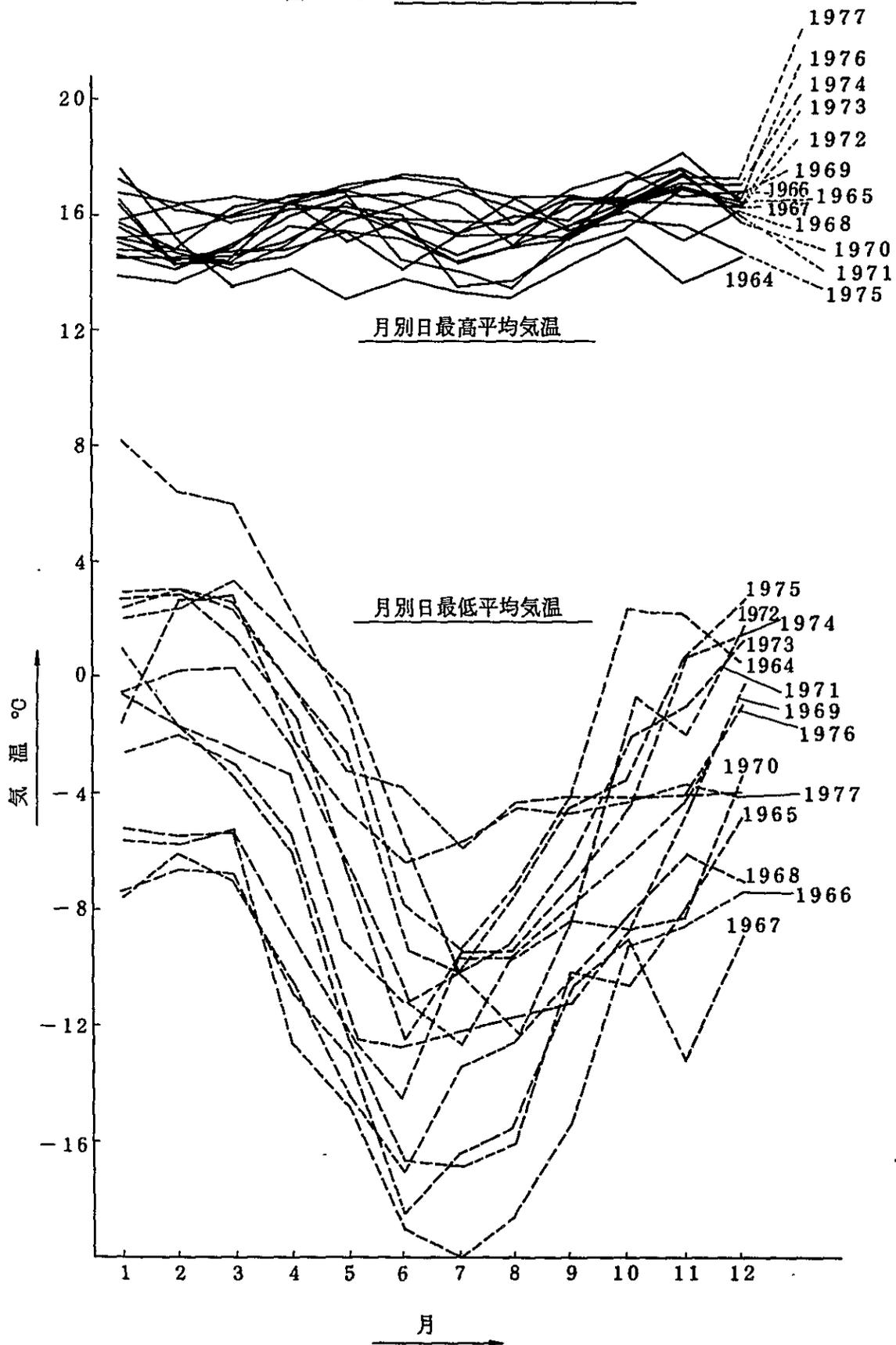
そこで本地域の牧草導入に当たっては、地上部の枯死する限界温度が比較的低温で、寒さが特に厳しい年以外は、冬期間でも休眠なしに生育を続けうるような草種を見つけ出して行くことが一番の問題となる。寒さに強いといわれているトールフェスク (*Festuca arundinacea*)、チモシー (*Phleum pratense*)、スムーズブROOM (*Bromus inermis*)、メドフォックステイル (*Alopecurus pratensis*)などは可能性の多い牧草であるが、他の草種でも、品種や系統によって耐寒性の強いものがある。たとえば、コロンビアから導入 (ブラジル原産) された *pasto brasileiro* (*Phalaris tuberinacea*) は、ラ・ラヤ試験地の試作で好成績をあげ、海拔 5,000 m でも生育順調といわれるので注目すべきである。

どうしても外来牧草に適当なものが見出せない場合は、地域内に自生している野草の中から、吸肥力が高く多収性のものを選抜していけばよい。しかし、この場合には採種が容易でなからうし、牧草として改良定着させるのに歳月を要しよう。

牧草の特性を活用して野草を抑え、草地改良を成功させる上でもっとも重要な人工的管理は施肥であり、そのほかには灌漑と多回収穫が有効である。もっとも、本地域内に自生している野草は、掠奪的ともいえる多回収穫の過放牧に耐えてきたものが多いだろうから、この点は割引いて考える必要がある。本地域で牧草の生産性を高めてゆくためには、施肥と灌漑とを併用してゆくことが必要であり、灌漑の伴わない牧草栽培では施肥量を少なめにして、耐旱性の

(注3) foggage : イギリスで牧草の地上部を冬まで残しておき、寒さで枯死させたものを foggage と呼び、家畜の放牧利用に供している。日本でも北海道の試験場が foggage の研究を行い、肉牛に対して栄養分も嗜好性も良い飼料となることを実証した。

図 8-2 ヤウリの最高・最低気温



(出所) 気象水文庁(ヤウリ)

草種を選定してゆく配慮が優先しよう。

3-2-2 牧草導入方式の選択

本地域に牧草を導入してゆく方法としては、それぞれの立地条件に応じていろいろの導入方式がありうる。立地条件としては、土地条件と水利条件が二大要因であり、土地条件の良いところでは畑地（耕起）方式の、また水利条件の良いところでは灌漑方式の牧草導入が可能となる。

土地条件と水利条件をそれぞれ良否に分け、それらを相互に組み合わせて、4種類の牧草導入方式を想定したものを表8-9に一括表示した。もちろん立地条件には中間的なものがあるので、その組み合わせによって、牧草導入方式にも中間的なものが出てくる。たとえば、永年草地としての利用を想定しながらも、土地条件に恵まれたところでは、全面耕起による草地造成が行われるような場合である。

表8-9 立地条件と牧草導入方式

区 分		水利条件 良	水利条件 不良
土地条件 良		畑地灌漑方式	畑地無灌漑方式
土地条件 不良		草地灌漑方式	草地無灌漑方式

3-3 牧草導入方式別の草種選択

3-3-1 畑地灌漑方式

この牧草導入方式は、灌漑の行われている既耕地に牧草を導入しようとするもので、本調査地域に牧草導入をはかろうとするとき、もっとも確実に牧草の定着が可能であり、しかも最大の生産が期待できるやり方である。寒地型牧草そのものがもともと、適度の水分補給と十分な施肥を可能とする本導入方式に適合するような特性を具備しており、その生産性を十分に発揮し易いからにほかならない。

従って、本導入方式に適合性をもつ牧草の種類は下記の通り多く、これらは気象条件、土壌条件（土性や地下水位）、灌漑水量、利用目的などに応じて、適当な組合わせで選択が可能である。

① イネ科牧草

ペレニアルライグラス (*Lolium perenne*)

イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum*)

メドウフェスク (*Festuca elatior*)

トールフェスク (*Festuca arundinacea*)

チモシー (*Phleum pratense*)

メドウフォックステール (*Alopecurus pratensis*)

② マメ科牧草

ホワイトクローバー (*Trifolium repens*)

レッドクローバー (*Trifolium pratense*)

アルファルファ (*Medicago sativa*)

これらのうち、上述したワンカヨ、ブノ、ラ・ラヤなどにおける実績からみて、ライグラス (Rye Grass) とクローバー (Treboles) の混播が、本導入方式において、最も適した草種選択であろうと考える。この場合、ライグラスはペレニアルライグラスを主にするが、一部イタリアンライグラスを、またクローバーはホワイトクローバーを主とするが一部レッドクローバーを加えることが望ましい。

イタリアンライグラスやレッドクローバーは、一般的には1～2年生の牧草であるが、本調査地域の特殊な気象条件 (季節による温度差や日長差が少ない) のために多年生化がおこるため、その点の心配なしに、しかも播種後1～2年の多収性を示すこれらの草種が、有効に利用できるわけである。さらに、本導入方式による牧草栽培は、土地利用高度化の配慮から、できる限り他作目との輪作体系に組み入れてゆきたいので、もともと短期草地として成果があがる草種の選定であっても差し支えない。

ライグラスとクローバーの混播における播種量は、表8-10にみられるように、各地のプロジェクトや試験地の間にかなりの幅があるが、それらを集約してヘクタール当たりでライグラス20～25 kg、クローバー3～5 kg ぐらいでよかるうと思う。この場合、本調査地域の土壌にはクローバーの根瘤菌が皆無とみなければならないから、播種前の根瘤菌接種が不可欠である。

表8-10 ライグラス/クローバーの播種量と施肥量

	(kg / ha)			
	ワンカヨ	ブノ	ラ・ラヤ	FAO*
	プロジェクト	プロジェクト	試験地	プロジェクト
1) 播種量				
ペレニアルライグラス	15	15	15	10
イタリアンライグラス	15	—	5	5
ハイブリードライグラス	—	—	5	5
ホワイトクローバー	3	4	3	2
レッドクローバー	—	1	—	—
計	33	20	28	22
2) 施肥量 (播種時)				
N	50	—	50	不明
P ₂ O ₅	150	200	120	不明
K ₂ O	75	—	—	不明
S	—	—	10	不明

(注) クスコー州内で実施されていたFAOよりの種子無償供与による牧草導入プロジェクト。

(出所) ラ・ラヤ畜産試験場、他。

次に播種時の施肥は、ヘクタール当たり50 kg N、150 kg P₂O₅、50 kg K₂Oぐらいでよい。播種期は、乾期でも灌漑すれば不可能ではないが、幼植物に対する霜害のおそれがあるので、12～3月の間にすべきである。

3-3-2 畑地無灌漑方式

この牧草導入方式は、灌漑のできない既耕地に牧草を導入しようとするもので、耕起方式による整地もよく行う新規の牧草地造成が含まれることもある。この方式による導入牧草は、何よりも耐旱性の強いことが必須条件となる。この条件に適合する牧草としては次のようなものがある。

① イネ科牧草

オーチャードグラス (*Dactylis glomerata*)

レッドフェスク (*Festuca rubra*)

スムースブROOM (*Bromus inermis*)

レスクグラス (*Bromus catharticus*)

② マメ科牧草

アルファルファ (*Medicago sativa*)

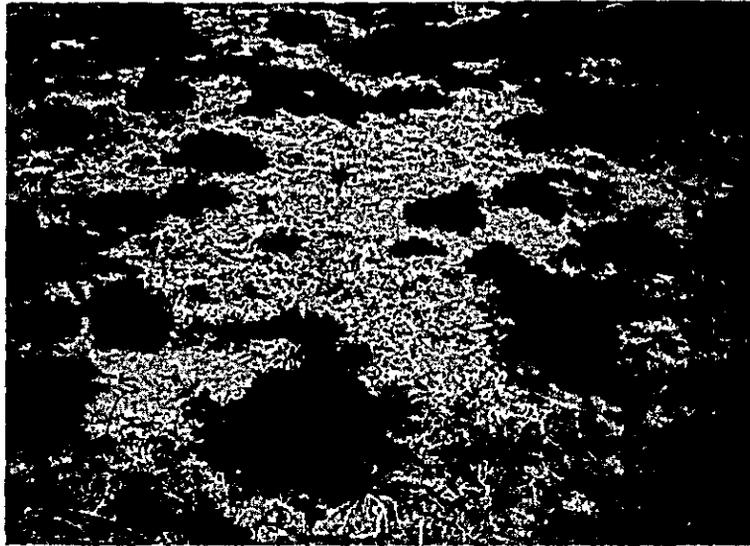
サブタレニアクローパー (*Frifolium subterraneum*)

これらのうち、本導入方式にはアルファルファが断然すぐれている。アルファルファは抜群に深根性であり、そのために耐旱性をもつわけであるから、土層の薄い土壌条件下では適性を発揮できないし、地下水の高いところでも生育が悪い。また、酸性を極度に嫌うので、石灰の施用などによる酸度矯正が必要であるし、播種床の整地が良くないと種子の定着が悪い。

ブノにおいてニュージーランドのプロジェクトが実施している本導入方式の草種は、アルファルファとオーチャードグラスの混播であり、播種量はヘクタール当たりアルファルファ10～15 kg、オーチャードグラス6 kgとしている。この際クローパーの場合と同様に、アルファルファの根瘤菌接種は必ず実施される。

この方式による混播草地を、ブノ近郊の農業社会共有組合ブエナビスタ (*Buena Vista*) 農場で見学したが、アルファルファは元気が良いのに、オーチャードグラスが早魃のため部分的に枯死しているのが観察された (写真8-2参照)。この導入方式の牧草栽培では、水分の人工的補給がない上に、それと無関係ではあり得ない施肥のコントロールも困難 (土壤水分が不足のまま多肥すると枯死を促進) であることから、ニュージーランド・プロジェクトにおける実績でも、表8-8 (既出) にみるとおり、灌漑方式のライグラス・クローパー草地に比べて牧草収量がかなり少ない。

写真 8-2 アルファルファとオーチャードグラスの混播草地



(プノ近郊の農業社会共有組合 Buena Vista)

3-3-3 草地灌漑方式

この方式による牧草導入は、原則的には畑地灌漑方式の場合と同様であるが、灌漑そのものが水量的にも均一性からも不完全になり勝ちであるし、もともと自生している野草との競合問題も出てくるので、草種選択においてそうした点についての配慮が必要となる。このことは、畑地灌漑方式の場合に比べて草種選択の幅をせばめることに連り、イネ科牧草よりもマメ科牧草が適性を発揮しやすい。ニュージーランド・プロジェクトの実績からみて、この導入方式における最適の牧草はホワイトクローバーであり、レッドクローバーとアルファルファがそれに次ぐ。

ライグラスやフェスクなどのイネ科牧草は、当初からマメ科牧草と混播（たとえばライグラス 15kg、クローバー 5kg/ha）することでもよいが、最初クローバーのみ 6~8 kg/ha 播種し、それが定着して草地に地力がついてから、後でライグラスなどを追播することのほうが望ましいと思われる。クローバーの根瘤菌接種や充分な施肥（とくにイネ科牧草混播の場合）の必要性については、畑地灌漑方式の場合と同様である。

3-3-4 草地無灌漑方式

この方式による牧草導入は、土壤水分が比較的多い条件下の場合を除き、成功の可能性はあまり大きくない。導入する牧草としては、ホワイトクローバーがもっとも適合性をもつ。発芽定着が比較的容易であるし、匍匐茎によって、野草との競合にも抵抗力が大きいからである。

播種時に労力さえいとわず、地表処理を入念に行うなど発芽定着までの管理をよくすれば、アルファルファの導入も可能であろう。クローバーやアルファルファが定着し、充分に地力がついてきた後に、イネ科牧草の導入が可能であるかどうかは、試験をしてみないと今のところなんとも言えない。

第4節 灌漑農業とその開発計画

4-1 地域特性と灌漑農業

前節でも述べた通り、本調査地域は、高海拔に基づく自然条件とくに気象条件が厳しい。このため農作物の栽培においては、牧草と比べて結実を必要とする作物であるだけに、苛酷な気象条件の影響をより厳しく蒙っている。前年度の調査報告で詳細に報告されている通り、栽培作目が主作目の馬鈴薯とわずかのカニワ、大麦に限られている上に、大麦は気象条件により結実収穫までに至らぬことがあるし、馬鈴薯についても気象条件の制約によって改良品種の栽培が普及せず、もっぱら生産性の低い在来種の粗放的な栽培が続けられている。

農作物栽培に対するこのような気象条件の影響は、夏期間でも最低気温が零度以下になりかねない低温や霜害などに主として基づいているわけであるが、作物栽培に不可欠である水の管理を、すべて自然まかせの天水利用依存に終っている点も見逃すわけにいかない。この点についても前年度調査報告が、人工的な水管理～灌漑の導入によって、作物の播種期を早めたり、生育を促進させる可能性が充分にあり、それによって、馬鈴薯の改良品種を普及させ得るであろうと指摘している。

灌漑農法の導入によって、本地域においても、経済的に栽培可能となる作目が次々と見つかるかもしれない。現状ではねぎなどの一部が自給的に栽培されているに過ぎない野菜類についても、灌漑によって栽培できるようになるものが出てくる可能性は大きいと思われる。灌漑と平行して、施肥やビニール保温などの集約的管理が行い易くなるからである。

畜産主体の営農が行われている本地域では、灌漑される耕地ができたとき、そこに牧草その他の飼料作物を栽培し、その収穫物を主として冬期間のための貯蔵飼料として利用してゆくことは、営農改善の上からみて極めて望ましい方向である。しかも、牧草栽培であれば、灌漑によって著しい増収が期待できることはほぼ間違いない。

農・牧畜開発にとってもっとも基本的なことは、土地の生産性を高めてゆくことであるが、厳しい気象条件がそれを阻んでいる本地域の場合、灌漑農法の導入による連動的效果をねらいながら、活路を見出してゆく以外に道はなさそうに思われる。温度条件のコントロールはどうにもならない（施設園芸的なコントロールは一応除外して）けれど、乾期と雨期とのある降雨条件のコントロールは、灌漑による地域ぐるみの改善が十分に可能である。肥料の増投による生産力の向上も、土壌水分の管理と組み合わせてこそ、その威力が発揮できるとみななければならない。

このようにみえてくると、本地域における営農改善を考える場合、灌漑農法の導入こそが、もっとも基本的な開発戦略ではあるまいかと思われる。年中雨の降らない海岸地域の農業が、灌漑を不可欠とする場合ほどではないにしても、灌漑によって農作物の作付限界が多少ともに解消できるとするならば、それは、地域農業に大きな質的転換をもたらすものであって、単なる量的なもの（増産）よりも重大な意義をもつであろう。

幸いにも本地域は、アマゾン川の源流に位置し、雨期の降雨量はかなりの量に達するし、乾期にも水のかれない河川が地域内に分散している。従って、一度、灌漑農業が真価を発揮するこ

とが実証されさえすれば、全域的に灌漑農法の普及をすすめてゆくことは十分に可能である。一滴でも多く水の欲しい海岸地域へ流れる河川の源流地帯ではないので、本地域内で最大限に水利用をはかったとしても、下流地域とのトラブルなどはまず起り得ないとみてよからう。

4-2 灌漑方式と作付体系

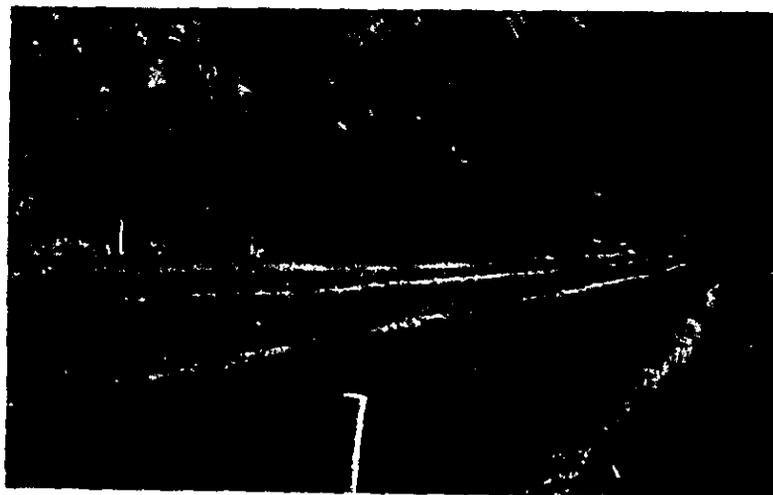
畑地灌漑には各種の灌漑方法があるが、大別すると地表灌漑、散水灌漑、地下灌漑の3方式に分類できよう。そして地表灌漑には表面法と畦間法、散水灌漑にはスプリンクラー法とドリップ法（多孔管法または点滴法）、地下灌漑には開き式と暗き式とがあり、ドリップ法（パイプまたはホースに孔をあけて散水）は地下灌漑として用いられることもある。

これらのうち、散水灌漑や地下灌漑は比較的歴史の浅いものであるが、スプリンクラー法は各国で多くみられるようになってきている。ペルーでも、海岸地域の灌漑プロジェクト（たとえばアレキーパ周辺のラ・ホヤやマヘス計画）ではスプリンクラー灌漑が始まっているけれども、本調査地域に灌漑農法が導入される場合の灌漑方式としては、地域性から判断して地表灌漑ということになるろう。

スプリンクラー灌漑には、土性や地形などの土地条件を選ばないとか、用水供給効率が良い（水が少なくてもすむ）とか、多目的利用（水補給のほか肥料、農薬撒布や凍霜害予防の撒水など）が可能であるといったような利点があるが、なんといっても設備の償却費などで単位面積当たりの灌漑コストが高つく。本地域では水も豊富であるし、土地条件も当面は好条件のところから選択的に灌漑を導入してゆくわけであるから、スプリンクラー灌漑でなければ不都合であるという根拠はあまりない。それに何よりも、地域農家の低い経済力を考えると、少しでも金のかからない灌漑方式が望まれる。

地表灌漑において表面法にするか畦間法にするかは、主として栽培作物の種類によって決定することになる。牧草や穀類には表面灌漑でよいが、馬鈴薯のような畦作りの作物には畦間灌漑が好適する。表面灌漑にも、まったく流水をコントロールしない自然法から、隔畔帯状法、波型法、等高線溝法、阻止法、水盤法など地形や対象作物によって各種のやり方があるが、本地域の場合は隔畔帯状法が一般的であろう（写真8-3参照）。

写真8-3 隔畔帯状法の灌漑による牧草栽培



（クスコ近郊の農業社会共有組合 OROPESA）

アンデス山系地域にも灌漑農業はかなり普及しているが、とくに最近灌漑プロジェクトの工事が完了したチンタ（シクアニの近くで灌漑面積1,200 ha、主要作物は馬鈴薯、とうもろこし、そらまめで灌漑方式は畦間法）は本調査地域から遠くないし、近くに隔畔帯状法による灌漑牧草栽培事例もあるので、それらの実態を参考にしながら灌漑方式を決めてゆけばよい。

本地域に灌漑農法が導入された場合の栽培作物は、これまでの栽培実績からみて、当面は馬鈴薯が中心になろう。それにカニワや麦類を加えながら、逐次牧草栽培にウエイトを移してゆく方向が望ましいと思われる。この場合、同一作物の連作はできるだけ避け、計画的な輪作をすすめるような作付体系を確立してゆきたいものである。

このような輪作体系の確立は、灌漑方式との関連でみると、牧草および穀類の表面灌漑と馬鈴薯の畦間灌漑とを組み合わせることになるので多少不都合なことはあろう。しかし、表面灌漑の傾斜を畦間灌漑も出来るように、最初から少し急目にしておき、表面（帯状法）灌漑における隔畔にも馬鈴薯を作付けしてゆくような方法をとれば、実際問題としてそれほど大きな支障はあるまい。

4-3 灌漑技術と灌漑効果

畑地灌漑においては、図8-3にみるように、^(注4) 土壤水分含量が作物の初期萎凋点^(注5)に達しない前に灌漑して、圃場容水量に達するまで水分補給を行うことを断続的に繰り返す方法が一般的である。従って、灌漑の間隔（間断日数）と1回当たりの灌漑水量をどのようにして決めてゆくかが問題になるが、これらは作物の種類による水分要求量、^(注6) 土壤の有効容水量、気象（とくに降雨）^(注7) 条件や灌漑水量の賦存状態などを配慮しながら、pF値の測定によって適正用水量を決めてゆくような理論的検討も必要である。ただ実際問題としては、類似した条件の先進事例を見習うとか、経験を積みながら最適の方法を見出してゆくことが必要となろう。

麦類は生育初期に、また馬鈴薯などの根菜類は生育末期に水分要求量が増加するといわれているから、それらの組合わせによる輪作体系の確立は、用水の配分上好都合である。また、地下水位を上げておく一時的貯水の目的で、秋から冬にかけての灌漑を行うことも可能で、これは翌春における発芽や生育の促進に役立ち、牧草類ではとくに効果が大きいと言われている。このほかにも、いろいろと灌漑効果を高めるような実際の技術があるが、やはり当初はあまり高度な技術をねらうよりも、安全第一で臨み、経験を積むに従って逐次改善を加えてゆくという方向が望ましいだろう。

灌漑による作物増産の可能性（灌漑効果）については、日本では20～30%ぐらいのもの

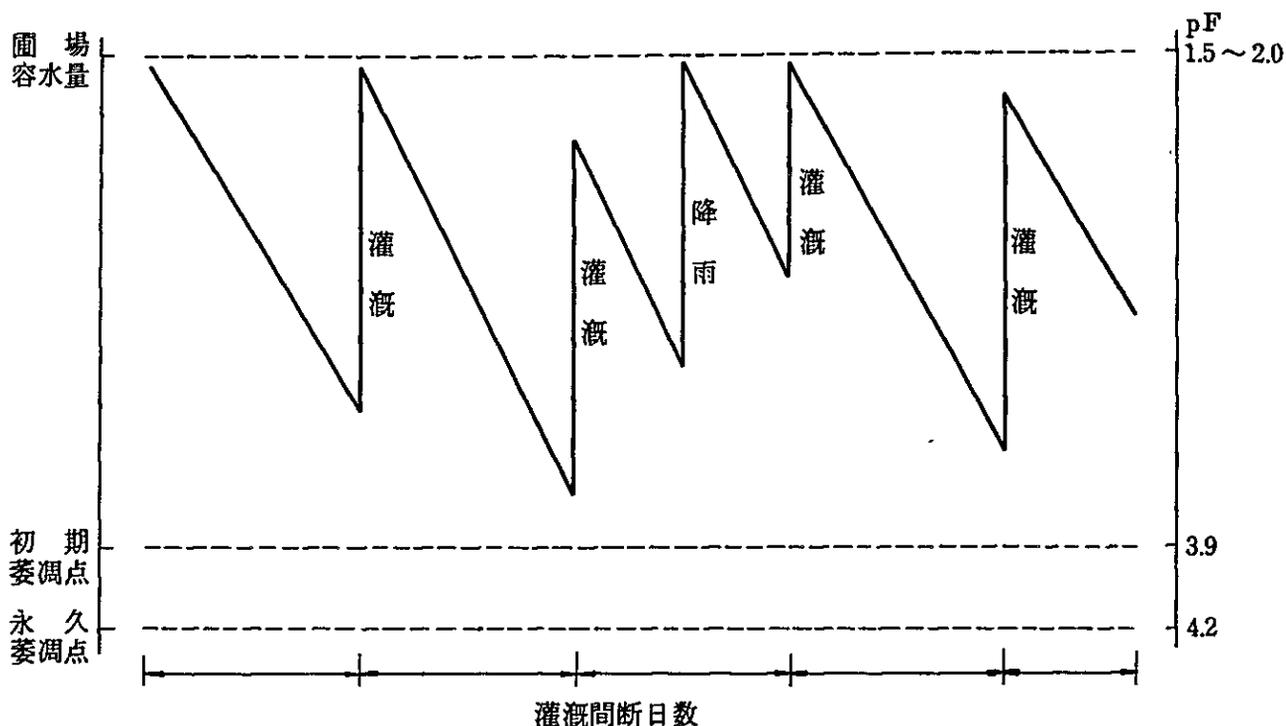
(注4) 初期萎凋点：植物の下葉が萎凋して成長が止る水分含量

(注5) 圃場容水量：多雨あるいは多量灌漑後、毛管力で保持されない重力水が下降し終って、水分の移動がきわめて少なくなったときの土壤水分含量

(注6) 有効容水量：圃場容水量から初期萎凋点までの土壤水分

(注7) pF：土壤水分張力（一定の水分含量の土壤から水分を取り除くのに要する単位面積当たりの力）を水柱の高さ（cm）であらわし、その対数をとったもの。

図8-3 畑灌漑実施期間の土壌水分の変動(模式図)
(中川原図)



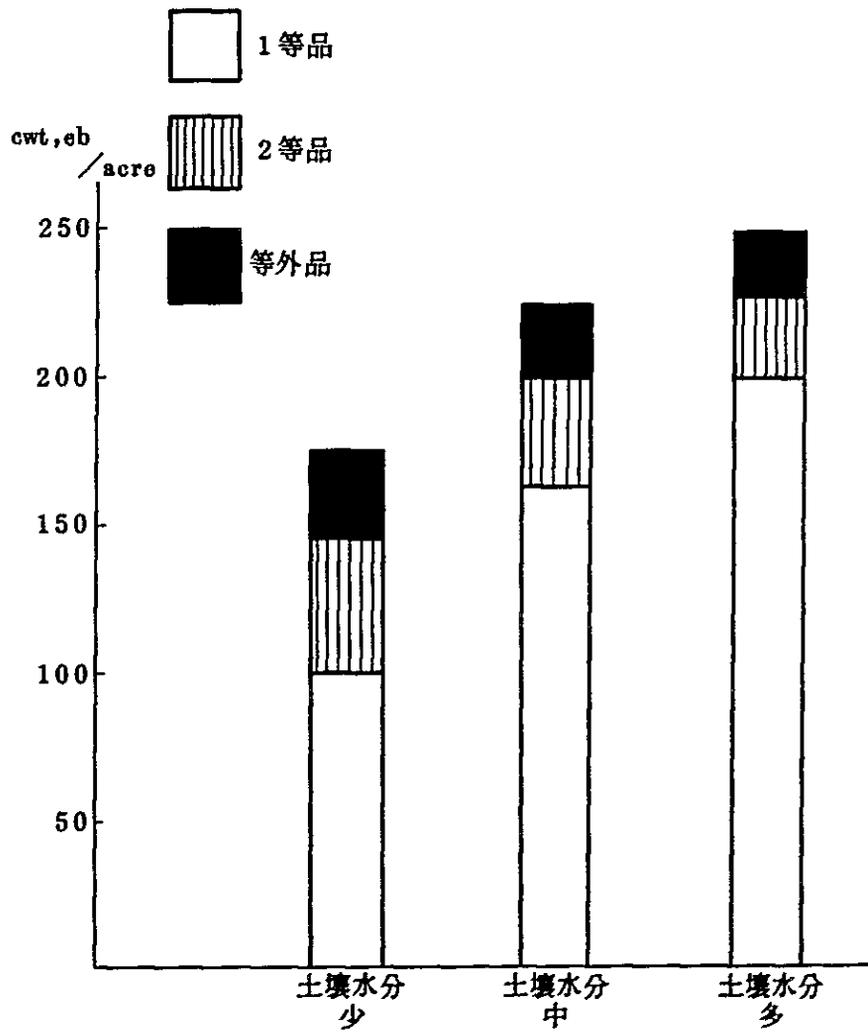
- ② 1. 降雨があったとき、補足灌漑をしておかないと、次の間断期間中に土壌が乾き過ぎる。
2. 灌漑後、土壌水分が必ず圃場容水量まで回復するとは限らない。

が多いが、上記したチンタの実績では馬鈴薯が4,000 kg/haから10,000 kg/ha以上に2~3倍増しており(品種の転換も関係)、大麦の作付が馬鈴薯やとうもろこし等に移ったり、野菜類の試作が始まったりといったような作付体系の改善もみられる。本調査地域の場合には、このような灌漑効果がさらに顕著に出てくる可能性があるだろう。馬鈴薯の改良品種導入の可能性とか、麦類の結実栽培の可能性といったように、単なる増産以上のものが期待できるからであるが、同時にやってみなければ分らない未知数の不確定要素が多いことも否定できない。

図8-4は、アメリカにおける馬鈴薯の灌漑栽培試験の結果であるが、灌漑水量といもの収量および品質との関係をよく示している。土壌水分(灌漑水量)が多くなるに従って収量が増加し、水分多量区は少量区より約40%増となっている。また、いもの品質についても、土壌水分に伴って1等品の割合が多くなっている。無灌漑区の設定がないので、それとの比較が出来ないが、土壌水分少~中間の収量差が中~多間のそれより大きいことからみて、無灌漑~少灌漑間の増収効果もかなりありそうである。従って、十分な灌漑がなされると、無灌漑(天水)栽培に比べて少なくとも50%以上の増収は期待できそうである。

図 8-4 灌漑水量と馬鈴薯の収量・品質

(J. E. Box ほか)



(出所) Agronomy Journal, vol. 55 (1963)

4-4 草地の灌漑

今回の調査が実施された10月は、本調査地域における乾期から雨期への移行期であるが、地域内をジープで現地踏査していると、台地や傾斜地の草は未だ枯れたまゝの状態であるのに、流水のある川原や湧出水ないし滲透水のある窪地などの草は青く色づいており、それを放牧家畜が食べあさっている景観に出くわす。温度が上がってきたために、草が新芽を出し始めたという感じであるが、乾期（冬期でもある）でも日中の気温がかなり高い本地域では、乾期を通じてこのような状態が続いているのかもしれない。

いずれにせよ、土壤に水分が補給されておりさえすれば、自然草地の草生が衰えてしまう乾期においても、あるいは、少なくとも早春なり晩秋の季節には、放牧家畜の利用に供しうる草生の確保が可能であるということは、土壤への人工的水分補給すなわち草地への灌漑が、本地域の畜産開発に対して明るい見通しを与えてくれる。乾期の草生は雨期のそれに比べて稀少価値があることから、家畜の栄養改善ひいては家畜生産の向上に格別の重要性をもつからである。

地域内のあちこちの斜面にも、遠望してすぐそれと分る緑の草生が見うけられたが、（写真8-4参照）これらは、先覚的農家が個別に川水や湧水を利用している努力の反映にほかなら

写真8-4 コロコワイコ近辺の水辺の草



（水辺の草は乾期でも青く、イチューのような草が入りこまない。）

ない。灌漑によって、“Coya”のような嗜好性の良い草が増え、“Ichu”（注8）のよう

（注8） Ichu：イチューは、Coya（コーヤ）のような嗜好性の良い草が豊富な間はあまり食べられないので、それほど嗜好性の良い草ではないが（前年度報告に掲げられているラ・ラヤにおける自然繁殖牧草の一覧表には嗜好性に富む草のなかに入れられている）草が少なくなってくると結構採食される。現地では“Paja dulce”（甘いわら）と呼ばれている。

これに対して、“Paja brava”（どうもうなわら）と呼ばれている外観的に ichuそっくりの草があり、このほうは針のような鋭い固い葉をしているので、家畜はまったく採食しない。

な嗜好性の良くない草が減ってゆくことを、農家は長年の経験でよく知っているのである。

本地域における草地灌漑は、雨期の草生にもかなりの灌漑効果を発揮するに違いない。雨期といえども降雨量とくに降雨日数がそれほど多くないからである。表8-11および表8-12に、本調査地域とほぼ同一の標高にあるラ・ラヤ試験地における試験（火入れ・施肥と組合わせた灌漑が自然草地の収量と植生に及ぼす影響）の成績を掲げたが、灌漑の効果が極めて大きいことを示している。単に草量が増加したばかりでなく、嗜好性の高い草の比率が高まり、裸地が激減している。施肥の効果も大きい、火入れ後施肥が火入れ前施肥に比べて、草生（収量）は良いのに裸地が増えて植生的に劣るのは興味深い。

表8-11 火入れ、施肥と組合わせた自然草地への灌漑効果

(生草収量: kg/ha)

	天水のみの区	灌 漑 区
火 入 れ の み	2,540	12,130
火 入 れ 後 施 肥	9,840	16,450
施 肥 後 火 入 れ	7,320	14,720

(注) 施肥量 (kg/ha) N=60、K₂O₅=100、K₂O=38

(出所) ラ・ラヤ畜産試験場

表8-12 火入れ、施肥と組合わせた灌漑による自然草地の植生変化

(単位: %)

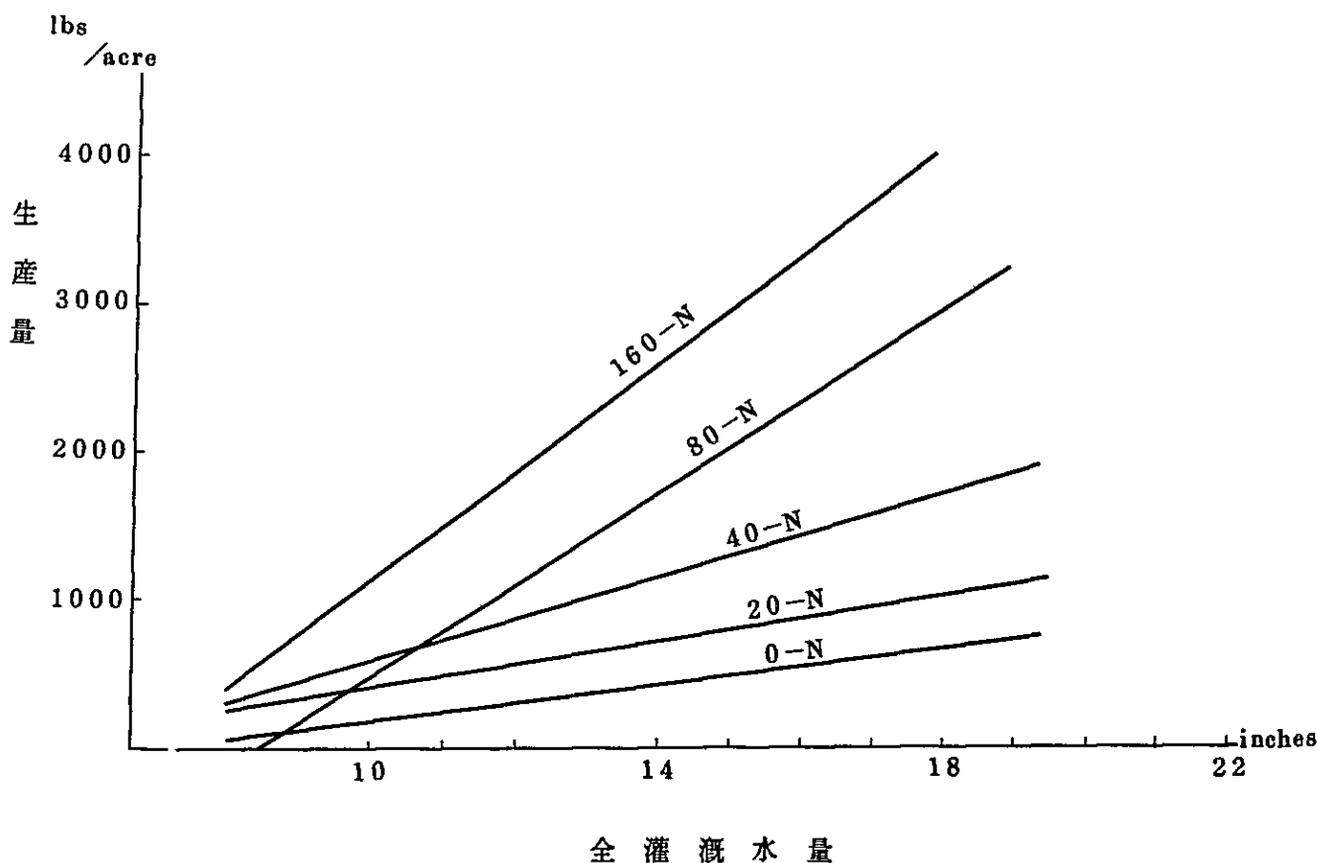
	天水のみ(無灌漑)			灌 漑			
	火 入 れ の み	火 入 れ 後 施 肥	施 肥 後 火 入 れ	火 入 れ の み	火 入 れ 後 施 肥	施 肥 後 火 入 れ	
草 生 地	65	80	85	94	95	98	
好 ま し い 草	12	40	40	74	85	80	
やゝ好 ま し い 草	23	15	20	15	9	15	
好 ま し く な い 草	30	25	25	5	1	3	
裸 地	35	20	15	6	5	2	
草高別	高い草(草高cm)	40(10)	45(25)	45(20)	55(30)	70(50)	80(40)
の植生	低い草(草高cm)	60(4)	55(7)	55(7)	45(5)	30(10)	20(10)

(出所) ラ・ラヤ畜産試験場

自然草地への施肥と灌漑の相乗効果については、図8-5に示したアメリカでの試験成績が示唆に富んでいる。施肥量の違いによって、灌漑水量による草の増収効果に大きな差が出ている。少肥では、灌漑水量を増しても草の収量増加はそれほどでないが、多肥になるほど水量増の効果が出てくるというわけである。

草地灌漑すると、野草のままでも望ましい植生に変わってくることは上述の通りであるが、せっかく施肥と組合わせた灌漑を行うのであれば、肥料の利用効率の良い牧草を導入して、草地改良を積極的にすすめるべきである。その場合の草種選択などについては前節において述べた通りである。また、草地灌漑における灌漑方式が表面灌漑以外にないことは論ずるまでもないが、水の流し方について自然灌漑 (Wild Flooding) のみに終らず、等高線溝灌漑や阻止灌漑などをうまく組合わして、草地全面に均等に灌漑できるようにしたい。

図8-5 灌漑水量が年窒素施用量と関連した
自然草地の生産量に及ぼす影響 (D.E.Smika ほか)



(出所) Agronomy Journal, vol. 56 (1974)

4—5 畑地灌漑計画

既に第2節（農・牧畜開発の適地選定）において述べた通り、本地域における畑地灌漑の開発面積を当面500haとして、以下簡単にその施設および用水供給計画を検討するとともに、開発効果について若干の考察を試みる。水源はオコルロ川から取入れ、それがサラード川に合流する寸前の地点に貯水池を設ける。貯水池の施設や貯水量（流量）およびそれらの鉱山関係と農業関係との分担・利用区分などについては、第4章に解説してあるので省略する。

この用水計画において、農業用（灌漑用）に利用できる乾期流量は $0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるが、これを500haの灌漑に利用するとヘクタール当たり $0.4 \text{ l}/\text{sec}$ 単位用水量では $3.4 \text{ mm}/\text{日}$ となる。この数値は、一般的な補給灌漑の組織容量の範囲内にあるから、通常の営農計画には一応の対応が可能である。なお、上記の乾期流量は基準早魃年を想定して算出されたものであるから、平年の供給水量は多少ともに増量可能であるし、実際の営農計画とそれに基づく水需要にも臨機応変の対応（水利用の自由化）が求められるので、導水路の容量にも多少の余裕をもたせること（水路弾力性）が必要である。

このような配慮のもとに施設計画を試みたものが図8-6、図8-7である。導水路は取水地点からヤウリ市へ向う道路沿いに設置され、その延長は灌漑地区入口まで7km、灌漑地区末端まで12.4kmである。勾配は1,000分の1で、コンクリート製台形断面水路とした。末端施設については、圃場整備との関連でいろいろ検討されるべきことが多いが、営農計画の詳細検討ともども次期詳細調査へ委ねたい。

500haの畑地灌漑を計画する場合の開発効果については次のように試算した。まず、灌漑施設の初期建設費については、貯水池のセキ構築費など1,100万ソールの半額を農業負担とし、灌漑のための取水口および導水路の建設費2,200万ソールは全額農業負担とすると合わせて2,750万ソールとなる。これの償却期間を30年とし、年率8%の利率で算出されるヘクタール当たり年償却費は $4,895 \text{ ソール}/\text{ha}$ （ $2,750 \text{ 万ソール} \times 0.089 / 500 \text{ ha}$ ）となる。末端施設および圃場整備の計画を検討していないが、これらについては受益農家の労力自給に負う面が多いのでコスト計算に幅をもたせ得よう。そこで国内における他の灌漑プロジェクトの実績などを参考にして、圃場関係投資額の年償却費を3,000ソール/ha、水価および水管理費を2,000ソール/haと想定すると、灌漑に直接かかわる支出増はヘクタール当たり約1万ソールとなる。

灌漑農法の導入に伴って、作物の栽培様式やさらに作付体系その他にはかなりの変化が出てこようが、今かりに馬鈴薯栽培を例にとってみると、灌漑農法に移ることによって、改良品種の導入や集約的肥培管理の実施が予想される。前年度調査で報告されている在来種（Papa amarga）および改良品種（Papacolor および Papablanca）の生産費比較から、改良品種を導入した灌漑栽培のための支出増はヘクタール当たり約3万ソール（種子代1万5,000、肥料代1万、その他5,000）と推察できる。上記した灌漑の直接コストと合わせるとヘクタール当たり約4万ソールということになる。

そこで、これだけの支出増をカバーするために必要な馬鈴薯の増収量は、キログラム当たり

図 8-6 灌溉予定地への取水図

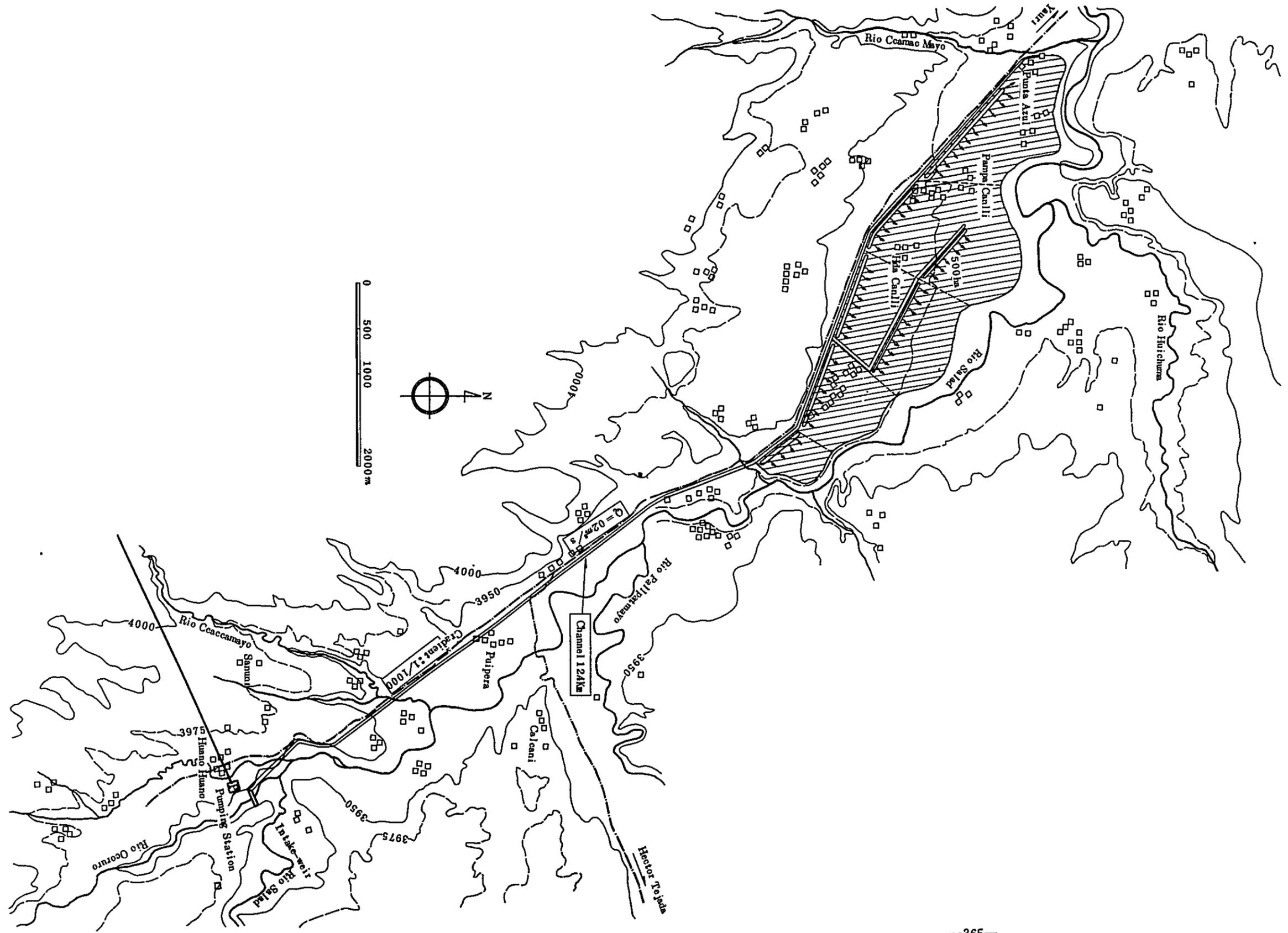
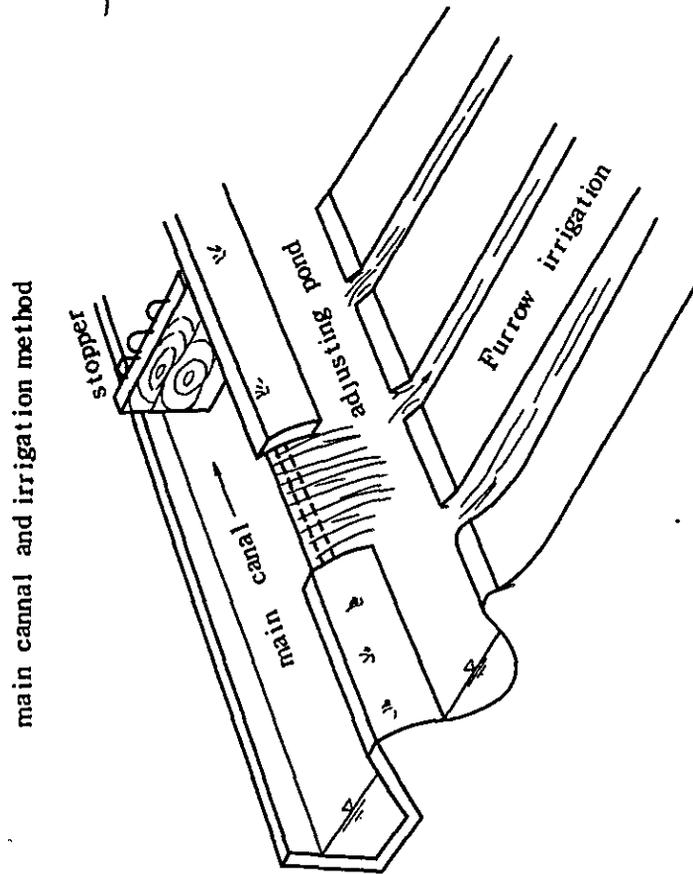
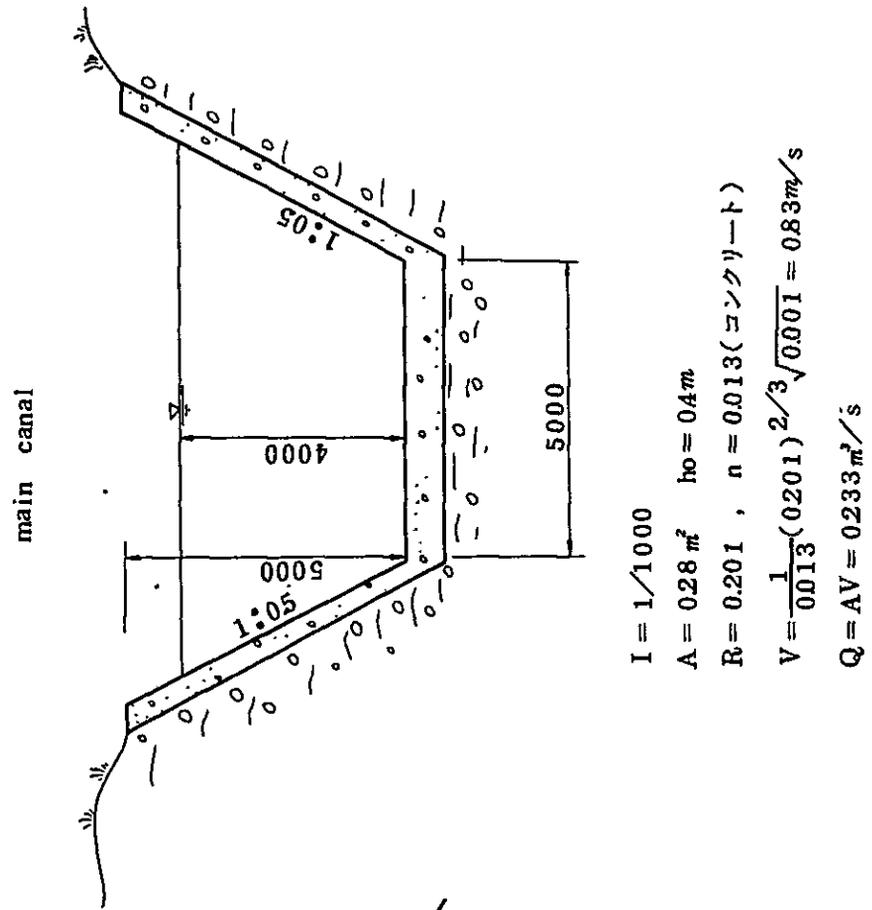


図 8-7 導水路断面と末端施設



単価を40ソーレスとすればわずか1,000kgのみで足りる。現状における在来種の無灌漑栽培の収量は2,500Q/haであるから、灌漑栽培への移行によって40%以上の増収があればよいことになる。これは、かりに改良品種の導入が不可能なばあい(種子代の1万5,000ソーレス増は不要となる)でも、在来種の灌漑施肥管理のみで十分に達成できる数量であって、灌漑農法導入の開発効果が大きいことを物語っている。

第5節 地熱の農業的利用

5-1 地域開発と地熱利用

前年度調査において、地熱開発調査部門から、本調査地域内のキシコージョで開発の予定されている地熱の農業的利用を検討してはどうかという提案が強く打ち出された。また、農業開発調査の報告においても、高山農業・牧畜開発の将来と展望の記述のなかで、鉱山開発に伴う野菜需要の急増に対して、地熱利用の施設園芸の導入による地域内自給の問題に触れ、その場合に検討を要する問題点の指摘がなされた。このような経過から、本年度の農業開発調査においては、地熱の農業的利用についての検討が、調査項目の一つの柱とされたわけである。

地熱エネルギーの利用は、化石エネルギーの利用が先細りの見通しにある現在、太陽エネルギーの利用とともに、人類の生存にとって極めて重要な意味を持つものである。しかしこのことは、長期的な、しかも世界的ないし国家的視点にたった資源開発の立場からみて、まったく異論をさしはさむ余地がないとしても、地域開発の立場からみると、無条件に手をつけてよいことであるとは限らない。

地域開発には、各種の社会経済的与件のなかで、しかも当面の現実的課題に対する調和のとれた総合的な開発をすすめてゆくことが要請されるからであり、その点の見極めがまず必要である。たしかに、地熱利用が地域開発の一貫として成功裏に推進されている事例は、各国ともに多くみられ始めている。その典型的なものは、アイスランドにみられる地域暖房への地熱利用であり、地域農業開発に成果をあげている事例もまた多くみられる。

ペルーには地熱資源が多いから、その活用をはかってゆくべきであるという提案に異論はないとしても、本調査地域内で開発予定の地熱を、寒冷地なるがために露地栽培による地域内自給ができない野菜類の施設園芸的生産に利用することへの提案には、それが当面の地域農業開発計画として問題提起されるとなると、無条件では賛意を表し兼ねる。地域開発の一環としてそれを推進したいという以上、受益対象は地域住民であり地域農家であって欲しいが、極めて粗放的な牧畜農業のみしか存在していない本調査地域の農家に、超集約的な施設園芸を導入してゆけるかどうか問題となる。

この場合、施設園芸の経営技術面についての心配もないわけではないが、技術的な問題だけならば、何らかの方法で解決がはかられよう。やはり一番の問題は、農家の経済力および施設園芸による野菜生産の経済性についての懸念である。これに対しては、地域外から搬入される

場合と、地熱利用によって地場生産してゆく場合との比較有利性の検討が必要である。さらにもう1点指摘したいことは、地域開発として各種の農業牧畜開発が計画される時、それら各種開発計画との間で、開発効果についての相互比較を必要とする点である。このことは、個別農家の立場からと同時に、国の立場からも充分な検討が要請されよう。

5-2 青果物流通の実態

5-2-1 青果物の地域間流通

ペルーは海岸地域、アンデス地域、アマゾン地域と、極めて気象条件を異にする3地域に分かれている。従って青果物の種類も豊富であり、それらが、交通条件の不備にもかかわらず、地域間で相互にかなり流通している。もちろん、温暖で年中生産の可能な海岸地域における青果物生産量が圧倒的に多く、夏期間のみの野菜生産に限られるアンデス地域へ移入されるほうが多いが、キャベツなどの冷涼野菜のほか、馬鈴薯の種いもなども、アンデス地域から海岸地域へ逆移入されている。果物類については、アンデス地域での生産が皆無に近いので、需要量の大部分を海岸地域から、一部をアマゾン地域から移入している。

表8-13に、代表的な野菜としてにんにくおよび玉ねぎについて、国内農業地域別の需給バランス(1979年の農業食糧省計画)を示したが、地域間流通の一端を推測できよう。大消費地であるリマ地方の大量移入超過は、人口のみでなく、表8-14に示したように、1人当たり消費量の多いことにもよる。移出超過が目だつのはアレキーバ地方で、国内における最大の生産地帯となっている。

野菜の流通経路について、農業食糧省では図8-8に示すように、消費地卸売市場を介しての卸売商から小売商への流通機構を指導しているが、この形態がとられているのはリマぐらいであって、一般的には、生産者と直結している仲買人の機能が大きく、集荷販売(地域間流通を含む)をすべて一手に担当している。生産者→仲買人→小売商の相対取引が多く、卸売市場の整備が遅れているわけである。しかしその反面、公設小売市場は地方都市に至るまでよく発達普及しており、また田舎町においても、それぞれの規模で週1回開かれる市(Faria)が、生産者と消費者および仲買人との接触の場になっている。

表8-13 にんにくと玉ねぎの需給計画(1979)

(単位: 1,000 kg)

	にんにく			玉ねぎ		
	供給量*	需要量	差引 (バランス)	供給量*	需要量	差引 (バランス)
Tumbes-Piura	-	243	- 243	9,098	5,656	+3,442
Chiclayo-Cajamarca	388	454	- 66	5,414	10,564	-5,150
Trujillo-Ancash	402	369	+ 33	3,704	8,576	-4,872
Lima	1,919	8,192	-6,273	13,378	80,243	-66,865
Ica	-	121	- 121	2,179	2,829	- 655
Arequipa	9,068	153	+8,915	66,627	3,560	+63,067
Moquegua-Tacna	36	47	- 11	5,216	1,088	+4,128
Iquitos	-	118	- 118	-	2,766	-2,766
San Martin	-	102	- 102	-	2,366	-2,366
Junin-Huanuco	757	323	+ 434	28,485	7,520	+20,965
Cuzco - M.de Dios	72	230	- 158	5,030	5,346	- 316
Puno	-	194	- 194	-	4,508	-4,508
Apurimac-Ayacucho - Huancavelica	108	186	- 78	2,174	4,337	-2,168
計	12,750	10,732	+2,018	141,300	139,359	+1,942

(注) * 自家消費, 種子用, 輸送中の目減りなどを生産量から15%除外

** 輸出用仕向

(出所): Ministerio de Agricultura y Alimentacion

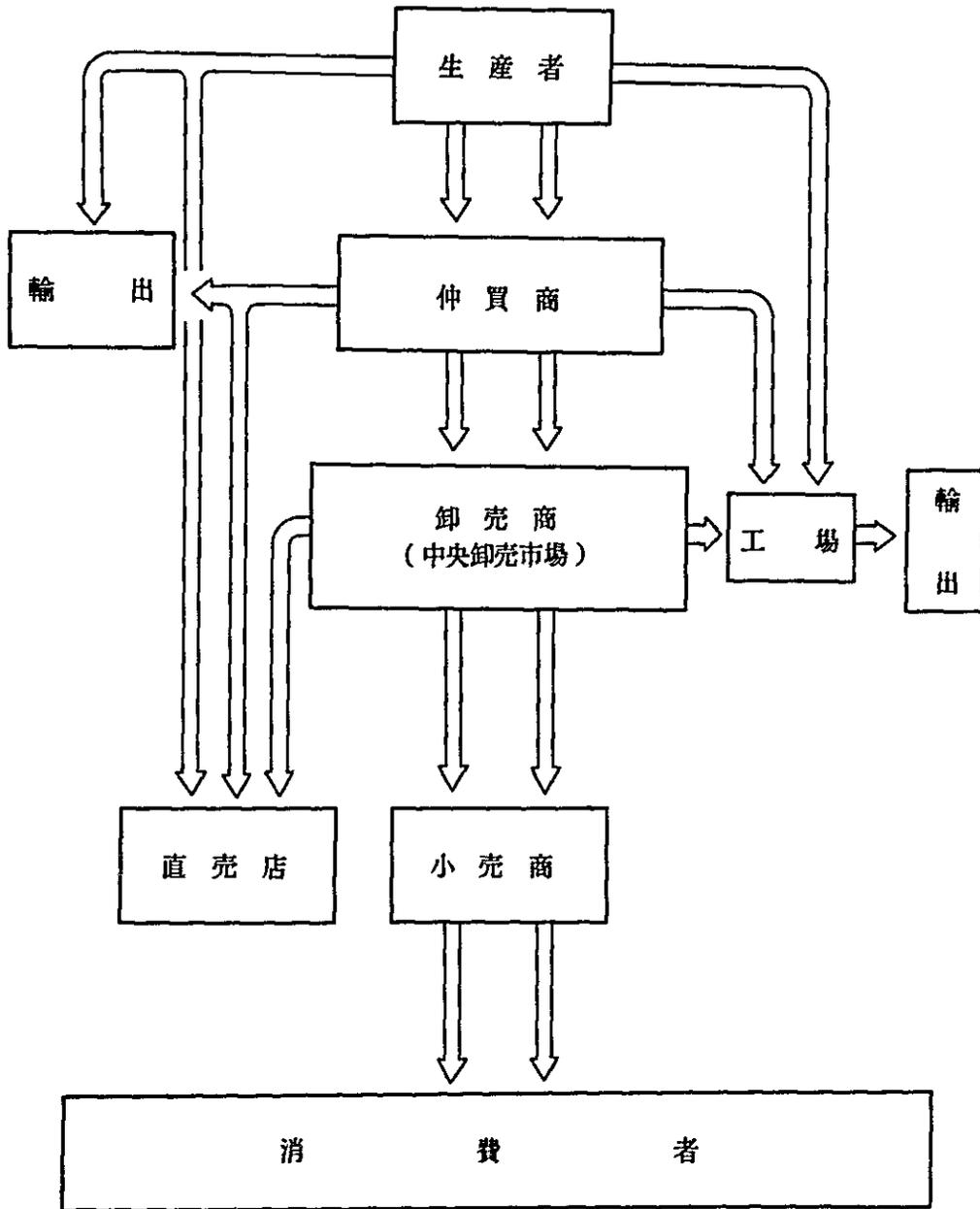
表8-14 主要野菜の1人当たり消費量

(単位: kg/年)

	リ	マ	国内他地域
にんにく		1.71	0.23
玉ねぎ		16.75	5.35
えんどう		11.64	6.30
トマト		12.81	1.80
人参		6.42	3.60
かぼちゃ		2.71	2.51

(出所) Ministerio de Agricultura y Alimentacion

図 8-8 野菜の流通経路



(出所) Ministerio de Agricultura y Alimentacion

5-2-2 野菜流通の行政指導

ペルーにおける食料農産物は、国の政令によって全国的に統制されているもの、地方ごとに価格調整委員会が取引価格の指定品目としているものおよび自由に流通させているものに3区分できる。政令による統制品目は米、小麦粉、砂糖、食用油、牛乳の5品目で、政府が公社的なものを設けるなどして流通統制に当たっているため、その公定価格もよく守られている。これに対して、食料農産物価格調整委員会（Jurpal = Junta Reguladora de Precios de Productos Alimenticio）が、価格指定を行っている品目は、主として野菜類であるが、最近の急速なインフレを反映してか、委員会の指定価格は市場の実勢価格よりかなり低いものになっている。

この委員会は、地方農政局（Direccion Regional de Agricultura y Alimentacion）の支庁所在地ごとに設けられており、農業食糧省、自治省（Ministerio de Inferior）および市町長のそれぞれが任命した者と生産者および消費者の代表とを合わせた5名の委員によって、毎週品目・規格ごとに卸売価格と小売価格を決めて公示している。委員会で取扱う品目は、それぞれの地方の事情によって品目数も内容も一様ではない。調査の範囲内で、品目数がかつても多かったアレキープの委員会から出された指定価格表を例示すると表8-15のようになる。ちなみに各地の品目数は、アレキープの24品目に対してリマ9、クスコ15、シクアニ19、プノ12でリマが一番少ない。

公設小売市場には委員会の告示が大きくはり出されており、市・町役場の吏員による監督がなされているにもかかわらず、指定価格を無視したまま売買取引がなされている。スーパーでの野菜類販売はあまり一般的ではないが、ある調査事例の場合、委員会指定品目のみが、価格表示されないまま販売されており、こゝでも指定価格が有名無実化していることを印象づけられた。

5-3 野菜価格の地域間比較

フリオール豆（カナリオ）、馬鈴薯、にんにく、玉ねぎ、トマトの5品目について、リマ、クスコ、シクアニ、ヤウリ、アレキープの公設小売市場等における小売価格の実態調査を試みた。その結果は表8-16の通りであったが、品質や規格が必ずしも一致したものではないので、正確な比較にはならないが、大凡その傾向を知ることはできる。

地域間に格差の大きいのはフリオール豆とトマトで、馬鈴薯、にんにく、玉ねぎについてはそれほど大きな違いはみられない。他地域へ移出している産地が一番安く、逆に他地域より移入しているところが一番高くなっており、地域内で自給自足しているところが中間の価格を示しているのも順当である。クスコのフリオール豆が安いのは、アマゾン地域から格安ものが移入されているためである。

調査地域のヤウリは、馬鈴薯以外はすべて他地域からの移入であり、リマが最高を示している玉ねぎ以外の品目について、もっとも高い価格となっている。とくにフリオール豆とトマトが異常に高いが、地域住民の需要量が少ない品目であるための特別現象であるのかもしれない。アレキープからヤウリへ移入されているにんにくと玉ねぎの価格が、アレキープより10ソ-

表 8 - 15 価格調整委員会指定価格表の 1 例

農 業 食 糧 省
第 6 地方農政局
主要食料農産物価格調整委員会
Jurpal

有効期間： 10 月 17 日 0 時より 10 月 23 日 24 時まで

第 41 週

		販 売 価 格						
		御 売 価 格			小 売 価 格			
販 売 単 位		1 等品	2 等品	3 等品	1 等品	2 等品	3 等品	
A 野 菜 類								
1	葉 菜							
	レタス	kg	14.0	12.0	-	18.0	16.0	-
	キャベツ	kg	27.0	-	-	32.0	-	-
2	花 菜							
	カリフラワー	kg	22.0	19.0	-	26.0	23.0	-
3	果 菜							
	えんどう	kg	20.0	18.0	-	24.0	22.0	-
	そらまめ	kg	42.0	39.0	-	46.0	41.0	-
	トマト	kg	41.0	36.0	-	49.0	41.0	-
	トマト(球のみ)	kg	45.0	40.0	-	53.0	45.0	-
	かぼちゃん	kg	42.0	38.0	-	47.0	42.0	-
	レモン	kg	115.0	-	-	125.0	-	-
4	根 菜							
	人参	kg	16.0	12.0	-	20.0	15.0	-
5	球 根 菜							
	たまねぎ(球のみ)	kg	27.0	24.0	-	31.0	28.0	-
	たまねぎ(茎つき)	kg	21.0	19.0	-	24.0	22.0	-
B い も 類								
	さつまいも	kg	27.0	-	-	30.0	-	-
	(黄色)							
	さつまいも	kg	22.0	-	-	25.0	-	-
	(白)							
	馬鈴薯	kg	35.0	32.0	-	39.0	36.0	-
	馬鈴薯(塩)	kg	36.0	-	-	40.0	-	-
C 豆 粒 類								
	フリオール豆	kg	110.0	-	-	125.0	-	-
	キニユア	kg	100.0	-	-	105.0	-	-
	キニユア(洗)	kg	105.0	-	-	110.0	-	-
D 果 実 類								
	パイヤ	kg	67.0	-	-	77.0	-	-
	パイナップル	kg	62.0	-	-	69.0	-	-
	バナナ	unid.	8.0	7.0	6.0	8.5	7.5	6.5
	オレンジ(ヴァレンシアン)	kg	53.0	-	-	60.0	-	-
	オレンジ	kg	43.0	-	-	50.0	-	-

(出所) Junta Reguladora de Precios de Productos Alimenticio.

レスずつ高くなっているが、両区間のトラック輸送費がキログラム当たり7ソーレス前後であるという聴きとり調査の結果と無関係ではあるまい。

表8-16 野菜小売価格の地域間比較

(単位：ソーレス/kg)

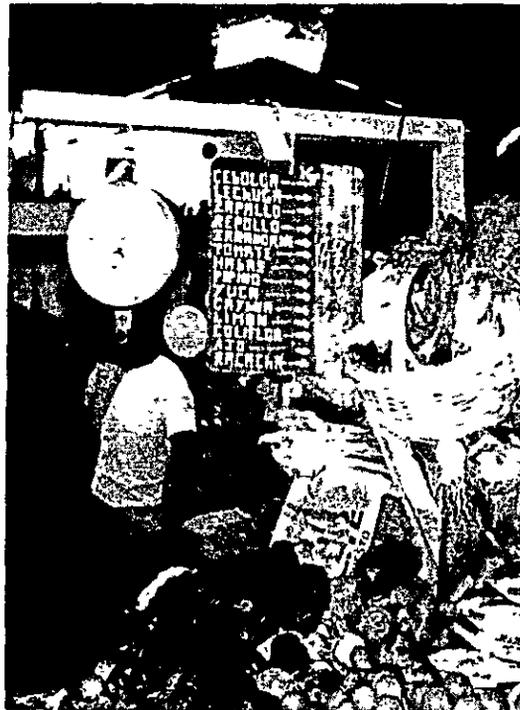
		フリオール豆	馬鈴薯	にんにく	玉ねぎ	トマト
リ	マ	150 (-)	40 (-)	100 (-)	60 (-)	120 (-)
ク	スコ	120 (-)	35 (±)	105 (-)	47 (±)	80 (±)
シ	クアニ	200 (-)	33 (+)	105 (+)	45 (+)	100 (-)
ヤ	ウリ	260 (-)	40 (±)	110 (-)	50 (-)	150 (-)
アレ	キーバ	130 (+)	35 (+)	100 (+)	40 (+)	53 (+)

(注) (+)他地域へ移出、(-)他地域より移入、(±)地域内で自給自足

(出所) 公設小売市場(リマ、クスコ、シクアニ、ヤウリ、アレキーバ)

各地域の食料農産物価格調整委員会が指定価格を決める際には、地域内の需給状況のほかに移出入の輸送費を勘案して検討し、他地域とのバランスがとれよう、3か月ごとに地域間協定会議も開かれているようである。各地域の委員会による指定品目のうちで共通的にみられるものは、馬鈴薯、玉ねぎ、さつまいもぐらいで多くないが、これらの指定価格の地域間差は、上記実態調査の差よりさらに少ない傾向にあるが、品目によって実勢価格との差はまちまちである(写真8-5参照)。

写真8-5 市場の野菜売場(アレキーバ)



5-4 施設園芸導入の経済性

5-4-1 経済性検討の手順と方法

ペルーには、施設園芸の実績が皆無である。従って、野菜類施設生産（とくに加温栽培）の経済性を露地生産との対比で実証的に検討することはできない。そこで、施設園芸の普及している国の1例として、日本における実態を参考にし、そこからまず、施設園芸の経済性検討に対する基本的な課題をとりあげることにはしたい。その上で、施設園芸の導入に対するペルーの特殊事情や調査地域の立地条件などを検討し、経済性判定のための参考に供する。

そもそも、本調査地域における施設園芸導入の発想は、鉱山開発に伴う野菜類の需要増に対して、地域内では露地生産が出来ないので、開発計画がすすめられている地熱を利用して、野菜類の地域内自給をはかってゆけないだろうかということから出発している。従って、本調査地域における施設園芸導入の経済性は、地域外から野菜類を移入する場合の購入費と、地域内で施設生産する場合の生産コストを対比してみるのが基本になる。この場合、野菜類の購入費に関しては、本年度調査で実施した野菜価格の市場調査（上述）が参考になるし、施設園芸による生産コストについては、全費目について正確に推定することは困難なので、日本における実績から換算しながら、露地生産と対比する相対的な把握で満足せざるを得ない。

5-4-2 野菜類の加温栽培と施設費

一般に野菜類の施設園芸的生産は、露地生産物が出廻る時期を避けて、市場価格が高くなることを前提に促成ないし抑制栽培を行うものであって、温熱利用の施設園芸ではとくにそうである。トマトやきゅうりの加温栽培における面積当たり生産費をみると、露地栽培のそれに比べて2倍近いものが多く、そのうち25%前後は施設費が占めている。50%前後を占める労働費は別格として、10%前後の光熱費や5%前後の肥料費に比べると、施設費は抜群に大きなウェイトを占めるのであって、このことは温室とハウスで初期建設費に違いはあっても、耐用年数がらみた年償却費には両者にほとんど差はない。

このように多額の施設投資を行っても、なおかつ施設園芸が成立するのは、季節的に変動する市場価格の高値をねらって出荷し、それによって施設費のコストが回収できるからである。別の見方をすれば、露地栽培に比べた収量増加も一部あるが、主として販売単価によって粗収益を増やし、施設費などにかかる経営費の支出増をカバーしているのである。

以上は日本における実態であるが、ペルーにおいても同様なことが起りうるのかどうかを見極めることが、本調査地域に施設園芸を導入することの経済性の検討において、もっとも基本的な課題となる。

5-4-3 経済性に及ぼす影響要因

本調査地域において施設園芸を導入し、野菜類の域内自給をはかろうとする場合、日本などにおける一般的な状況に比べて、どのような利害得失があるかについて考えてみることにしたい。施設園芸導入の経済性に影響を及ぼす要因をプラスとマイナスに分けてみると次のよう

ある。

① プラス要因

- i) 厳しい自然条件を反映して、露地栽培による野菜生産が皆無に近い現状にあること。
- ii) 道路の整備が不十分であるため、他地域から野菜類を移入する輸送費が高くつくこと。
- iii) 地熱開発と関連して、安価な熱源が利用できそうなこと。

② マイナス要因

- i) ペルーは、極めて気象条件を異にする海岸・アンデス・アマゾンの3地域に分れており、地域間の相互補完によって年中野菜生産が可能であって、とくに加温栽培を要するような野菜の適地が多いこと。
- ii) i)の事情と関連して、野菜の季節的な価格変動が大きくなり、加温による促成栽培などのメリットが少ないこと。
- iii) 地域農家の経済力が乏しいため、施設園芸導入のための投資（または施設費の回収）が容易でなく、とくに、施設園芸の前例がないペルーでは、施設の建設費が相対的に高くなるおそれのあること。

プラス要因の i) については、今後灌漑農法の導入によって、露地栽培でもいろいろと野菜生産が出来るようになる可能性がある。キャベツやレタスのような葉菜、人参やかぶのような根菜の可能性が大きく、一時的なビニール被覆やマルチの併用が有効であろう。

プラス要因の ii) についても、今後道路開発が逐次すすめられてゆくことは十分に期待できるので、それに伴って野菜類移入の輸送費は軽減しよう。道路の開発は、地域生産物の域外販売（移出）上も必要であり、社会生活面からの要請も強まろう。

プラス要因 iii) については、マイナス要因の i) にあげたペルーの特殊事情のために、温熱利用のメリットがかなり軽減されるし、熱源そのものは安価であっても、関連施設費のかさむことは、マイナス要因 iii) からみて好ましくない。

以上のようにみえてくると、調査地域における施設園芸の導入には、単に地熱が利用できるからというだけでは、なかなか踏みきれない問題が山積しているように思われる。そこで、極めて大雑把ではあるが、簡単な経済性検討の試算を行ってみることにする。

5-4-4 野菜類移入との比較有利性

日本における実績ではあるが、施設利用によるトマトの加温栽培では、露地栽培に比べて20%ぐらいの増収が期待できるので、10a当たりの収量増を1,200kg（露地栽培の6,000kgに対して7,200kg）と仮定する。一方、施設費であるが、初期建設費のかからないハウス方式でも、施設関係一切となると10a当たりの建設費は600万ソール（ハウス350万ソール配管その他250万ソール）ぐらいかかる。これを20年償却として30万ソールの年償却費を要する（利子計算なし）ことになるが、農林省の生産費調査の数値とほぼ一致している。

施設加温栽培では、露地栽培に比較して、光熱費や労働費も多くかかるが、ここでは熱源を無料とし、労働費も低賃金のため差額を除いて、施設費以外はすべて同一ということにする。

アレキパにおけるトマト（露地栽培）の小売価格を5.3ソール/kg（表8-16）と

みたとき、調査地域内における施設園芸導入の比較有利性は、調査地域内での小売価格が87ソーレス/kg（施設費30万ソーレスを増産分と価格差分でカバーできる単価）以上であればよいことになる。これは表8-16にみるヤウリの価格150ソーレス/kgに比べて遙かに低く、その限りにおいては、施設園芸導入の経済性を高く評価しなければならないが、次の点の配慮が必要である。

調査地域における施設園芸は、地域内での野菜自給をねらって発想されたものであるが、トマトのような加温栽培のメリットをもつ果菜数品目のみの生産をねらうとすれば、地域内消費以外の余剰量は地域外へ移転販売せざるを得なくなる。そうなると、輸送経費の負担が必要となるし、さらに、上記の試算が小売価格をベースにした点の補正や、1,200kgの増収が確実に期待できるかどうかの点検など、問題がいろいろと出てこよう。

トマトのみについてみると、たしかに地域間の価格差が大きい、野菜全般でみるとそれほど大きなものではないことが表8-16からも推察できる。それにもう一つ次のことを指摘しておきたい。

鉱山開発に伴う野菜の需要増への対応ということである場合、野菜以外の食料やさらに各種生活物資の需要増も当然起ってくる。現に、調査地域の近くで現在操業中の鉱山では、アレキープに出張所を設けて、各種資材や物資の調達を行っているが、生活物資調達量に占める野菜類のウェイトは10%前後にすぎない。しかも、週に1回は定期的にトラック運搬がなされている。したがって、野菜類のみを特別扱いして現地生産することのメリットはそれほどない。4t車で3万ソーレスの運賃は、kg当たり7ソーレス前後に過ぎないのであり、上記トマトの試算値はかなり高いことになる。

5-5 施設園芸の導入方策

前項で述べた通り、本調査地域における施設園芸導入の経済性には、あまりにもマイナス要因が多すぎるので、その実施には慎重な検討が必要であり、少なくとも次の2点は最低限の必須条件であろうと思われる。

- ① 地熱発電によって、地熱水が無料で利用できること。施設園芸のみで地熱水掘削のコストまで負担することは、経営採算を不可能にするおそれがある。施設園芸では撒水や配管保護に必要な熱交換用の真水が必要であるが、地熱開発予定地ではポンプアップによる水の確保のために必要な電気も、地熱発電なくしては得がたい。
- ② 施設園芸を導入して、その経営が安定化するまでは、地熱開発または鉱山開発の企業サイドで直営すること。地域農家は、経済力にも乏しいし、施設園芸の技術導入にも弱点がある。

第6節 次期詳細調査計画への提言

1 地域農業の経営経済に関する実態把握。

地域農業開発における開発適地の確定にあたっては、単に自然的な立地条件のみならず、その土地所有・利用関係や受益農家の営農実態を把握した上で、開発計画を具体化する必要がある。土地所有・利用に関しては集落共同体や営農協同体などについて、農地改革との関連で実態把握に努めること、農家の営農実態については、開発投資に対する負担力を勘案できるよう、経営階層別に営農内容のみならず、兼業の実態まで解明してゆくことが必要である。

2 農業開発に対する行政的援助と指導

地域農業の開発振興に対する行政的援助と指導の実態を、国・地方・地区の系列に従って、行政機構および予算編成との関連で把握し、調査地域の農業開発計画に対してそれらがどの程度、どのような方式で実現できるかの可能性を検討する。行政的援助については、それが補助金方式と融資金方式とのいずれによるかを具体的内容にわたって究明すること、営農指導については、指導体制や指導方法などの実態と将来的可能性を検討することが必要である。

3 牧草適種選定のための試作

本年度調査においては、アンデス山系の他地域で実施されているプロジェクトや試験地のデータを参考にしながら一応の適種選定を行ったが、草地開発計画の具体化に当たっては、牧草導入方式別に最適草種を試作によって最終決定する必要がある。牧草生産性についても、理論値試算の根拠にした気象条件（月別平均気温と日照時間）に曖昧な点を残したままの推定に終わっているため、その点を明らかにして再点検するとともに、試作による実証的検討が必要である。

JICA