

(1)傾斜地ミカン園における水利用の問題点

椎名乾治・小菅孝利・福桜盛一  
農林省農業土木試験場

**On the Problems of Water Utilization in a Slope Orchard of Orange**

By

**K. Siina, K. Kosuge and S. Fukuzakura**

*Agricultural Engineering Research Station, Hiratsuka.*

Summary

An extraordinarily long drought in the western regions of Japan in 1967 brought not only the great damage but many lessons about the agricultural water use.

As the result of research on the actual conditions in four areas, such as Komori and Mukaiyama in Kumamoto Prefecture, Kunisaki in Oita Prefecture and Matsuyama in Ehime Prefecture, the following are known.

- (1) Although the sprinkled water was far less than the standard quantity which is adopted nowadays for the field irrigation plan, some effect on orange was shown.
- (2) Orange trees did not die in spite of the long drought, so some or all of the following conditions must be satisfied.
  - (i) Water consumption of orange tree falls suddenly at a certain value of soil moisture.
  - (ii) Root hairs develop fast in order to use the soil water of the underlying layer.
  - (iii) There must be pretty quantity of water supplied from the underlying layer by capillary transmission.
  - (iv) The lower limit of available rainfall falls down with the decrease of soil moisture, so the increase of the total quantity of available moisture can be expected. Therefore, technical means to increase the quantity of available soil water of the underlying layer must be achieved.

- (3) The study of the terminal water use system such as the kind of sprinkler and its arrangement, must be made beforehand. In order to raise the economic evaluation, irrigation facilities must be used in common with fertilization and medicine scattering etc., and must be automated as much as possible.
- (4) Agricultural water utilization must be grasped as a large-scale development of water use for multipurpose.
- (5) Irrigation water must be reasonably managed on the basis of the present quantity of water in a reservoir.
- (6) The study of emergency water utilization in extraordinary drought is very important, and the regional technical policy must be established.

目 次

1. ま え が き .....	74	3. 今後の水利計画への示唆 .....	81
2. 水利用の問題点 .....	74	3.1 用水計画上の問題点 .....	81
2.1 土壌水分減少からみたミカンの水分消費 .....	74	3.2 かんがい施設計画上の問題点 .....	82
2.2 かんがい施設の利用実態 .....	80	3.3 水源および水管理 .....	82

1. ま え が き

昭和42年に西日本をおそった異常干ばつは、多大の損害と同時に、農業水利上多くの教訓をわれわれにもたらしている。筆者などは農業水利上の立場から、被害地のうち大分県国東地区、熊本県小森地区、同じく向山地区、愛媛県松山地区の4ヶ所を選定して実態調査を行なった。

調査は松山地区を除き、東海近畿農業試験場農業土木研究室と協同で行なったもので、詳しいデータは同農試の報告書に述べられている。★

この報告では、4つの傾斜地ミカン園のうち特に松山地区について、70日以上干ばつ時における土壌水分収支計算を工学的見地から行ない、作物の水分消費、土壌の水分供給能力などについて、検討を加えた結果および九州3地区について、かんがい施設の利用実態を述べるとともに、今後の水利用計画のあり方に言及した。

2. 水利用の問題点

2.1 土壌水分減少からみたミカンの水分消費  
愛媛県松山においては、東海近畿農試の昭和42

表-1 松山土壌試験結果

S 43.6

	A sp			B hose			C no		
	10	30	50	10	30	50	10	30	50
上 性	CL	CL	LC	CL	CL	LC	CL	CL	SL
水 分 重	30.11	31.74	32.14	22.47	23.85	28.40	27.24	31.56	35.36
孔 隙 率	53.33	45.22	40.60	49.23	52.29	45.39	50.89	48.72	36.95
真 比 重	2.617	2.652	2.655	2.451	2.451	2.561	2.471	2.419	2.461
仮 比 重	1.218	1.453	1.577	1.245	1.170	1.399	1.214	1.240	1.552
最大毛管含水量	43.63	39.19	35.62	35.99	38.68	38.67	38.61	44.17	39.28
木 場 容 水 量	3.461	33.50	33.34	3.189	3.444	3.416	3.209	3.740	3.864
PF 2.7	28.60	28.77	29.48	26.0	26.40	26.22	27.33	29.47	25.59
PF 3.0 o/v	25.24	25.31	26.96	22.78	23.65	23.04	24.04	26.19	22.14
PF 4.2	18.43	18.38	20.28	16.93	17.74	16.79	17.63	20.13	15.36
T.A.Mmm/10cm	16.18	15.12	13.06	14.96	16.70	17.37	14.46	17.27	23.28

★ 東海近畿農業試験場畑作部 昭和42年西日本干ばつの被害調査報告書 昭和43年3月

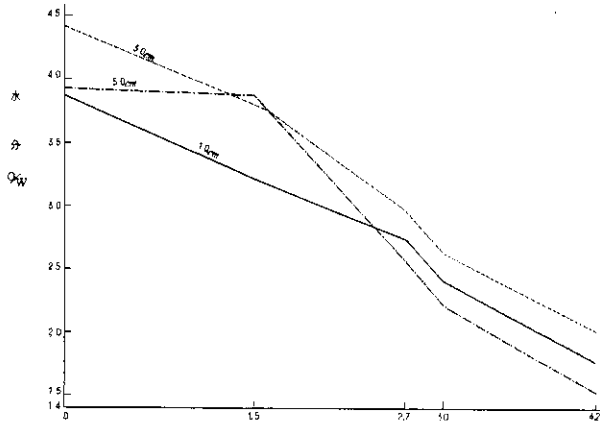


図-1 C区 pF - 水分関係図

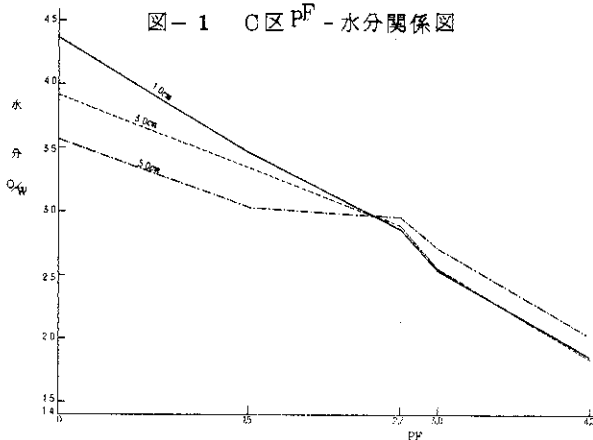


図-2 A区 pF - 水分関係図

年西日本干ばつ被害調査報告書に明らかなように重大な被害が認められ、かつ途中何程かの降雨は認められたものの、干天が大略100日連続した(表-2参照)にもかかわらず、他の地区と同じように樹の枯死は認められなかった。当地区では土壌物理試験の結果が完備しているため、ここをモデルとして干ばつ時におけるミカンの水分消費機構を検討したい。

表-1, 図-1, 図-2に松山土壌の試験結果を、表-2に果気象月報より引用した松山における降水量および期間中のかん水量をふした。

連続干天は7月13日からとし、前日12日の4mmの雨でfcに到達したものと仮定した。終了は第107日目当たる10月27日、115mmの降雨によるものとした。この期間中を通じて、スプリンクラー(SP)によってかん水したA区、ホースによるB区、全くかん水しなかったC区の3試験区を設定し、土壌、水分、収量の各調査、試験を行なった。ここでは典型的な例として、

表-2 松山における降雨量とかん水量

月	日	日数	供給水量mm	備 考
7	12	0	4	降雨, この水量でfc到
	16	4	1	降と仮定
	25	13	8	降
8	1	20	30	SPかん水
	6	25	1	降 雨
	11	30	30	SPかん水
	12	31	3	降 雨
	16	35	30	SPかん水
	21	40	15	"
	26	45	15	"
	30	49	1	降 雨
	31	50	2	"
9	12	62	10	"
	16	66	22.5	SPかん水
	20	70	2	降 雨
10	1	82	22.5	SPかん水
	4	85	10	降 雨
	5	86	7	"
	6	87	1	"
	13	93	14	"
	14	94	1	"
	17	97	2	"
	21	101	1	"
	25	105	2	"
	26	106	19	"
	27	107	115	降雨, 連続干天終了

C, A両区の場合について検討を進める。

以上の結果から土層区分を設定し、有効水分量を算出して表-3, 表-4に示した。消費水分であるETは、根群域内で90%まかなわれるものと仮定し、根の分布しない層からは10%が補給されるものとした。また根群域層は2等分して上層と下層にわけ、これまでの経験から類推してETを分割した。各トータルET量とそれに対応する各層のET量を同じく表-3, 4に示した。

### 2.1.1 pFと消費水量(ET)の関係

根の分布している層全体がpF4.2になった時樹が枯死するものとする、そこに到達するまでの日数はもちろんのことであるがETによって決定される。

もしpFの値にかかわらずETが一定であると仮定すると、一般にトータル5mm/日を見込むのが普通であるから、表-3, 4から計算されるように、C区では17日、A区では22日で根群域の下層までpF4.2となり枯死することとなる。しかるにC区においても前述のとおり枯死樹は認められていない。したがって、ETは土壌水分量が減少しpF値が高くなるに従って減少するものと推定せざるを得ない。pF3.0までは平均5mm

表-3 C区有効水分及びET配分

深さ cm		pF 1.5からの水分量mm							ET %	ET総量&各層量mm								
		3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.2		5.0	3.75	3.5	3.0	1.75	1.5	1.25	1.0	0.5
5 10	CL (区分)	14.10	15.91	16.79	17.83	18.75	19.62	25.15	55	2.75	2.06	1.93	1.65	0.96	0.83	0.69	0.55	0.28
20 30	CL Root Zone	19.62	21.45	22.35	23.25	24.13	24.99	30.02	35	1.75	1.31	1.23	1.05	0.61	0.53	0.44	0.35	0.18
40 50 60	SL 腐朽岩	49.50	52.92	54.42	56.28	57.78	59.67	69.84	10	0.50	0.38	0.35	0.30	0.18	0.15	0.13	0.10	0.05
70 80 90 100	同 上								0									

表-4 A区有効水分及びET

深さ cm		pF 1.5からの水分量mm							ET %	ET総量&各層量mm								
		3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.2		5.0	3.75	3.5	3.0	1.75	1.5	1.25	1.0	0.5
5 10 20	CL	23.43	26.53	27.76	29.15	30.58	32.15	40.45	64	3.20	2.40	2.24	1.92	1.12	0.96	0.80	0.64	0.32
30 40 50	CL Root Zone	20.48	23.50	24.68	26.25	27.63	29.05	37.80	26	1.30	0.98	0.91	0.78	0.46	0.39	0.33	0.26	0.13
60 70 80 90 100	LiC 腐朽岩	25.32	28.36	30.24	31.16	32.36	33.84	52.24	10	0.50	0.38	0.35	0.30	0.18	0.15	0.13	0.10	0.05

とされており、かつ、水分の極端に少ないpF4.2近くではETの減少程度もゆるやかになるものとする、ETはpF3.0からpF3.5程度の間で急激に減少しなければならぬことになる。今、この減少程度によってI、II、IIIの3タイプを想定し、図-3に示した。カーブは同じく図に示した折線で近似されるものとする。

### 2.1.2 降雨の有効性について

無かんがいC区の根群域0~35.0cmについて、上記I、II、IIIの3タイプによって水分消費を追跡したものが図-4、5である。

これから明らかのように、いずれの場合もいわゆる有効雨量(5mm以上)のあった第6日目までに土壌水分がpF4.2に達して枯死することになる。これは明らかに干天期間中を通じて何らかの有効な水分補給があったことを意味しているが、表層、下層共ほぼ同時に水分を失っていることから表層0~17.5cmに対しての下層からの補給は考えられない。したがって表層が期間中pF4.2以上の水分を保っているためには雨による補給を考える必要がある。

今、ある時点において、その時の表層のET量

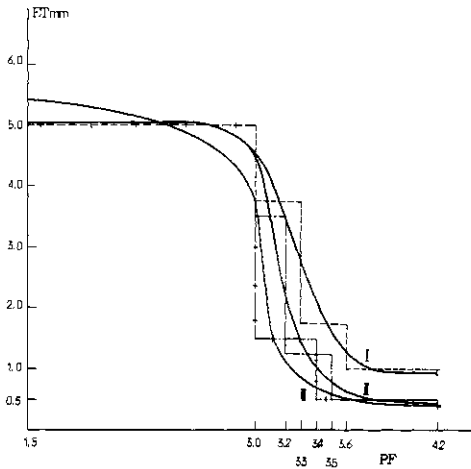


図-3 pFとETの関係

以上の降雨を有効であるものと仮定した場合の結果を図-4 I', II' に示した。

以上から明らかなように、ETは少くともタイプII程度に急激な減少を示さねばならず、かつ、上記仮説による有効雨量が認められなければならないと云える。

### 2.1.3 根の分布しない層からの水分補給

もしC区表層に対する降雨の有効性が認められないものとする、下層(1.7.5~35.0 cm)が期間中pF 4.2以内でなくてはならない。表層からの浸透は認められないのであるから、この補給はさらに下の根の分布していない層(最下層とする)からの毛管上昇等によるものでなければならない。この最下層よりの水分補給は上述のとおり既にETの10%が見込まれているが、この量は根群域内で消費されたものと考えらるべきもので

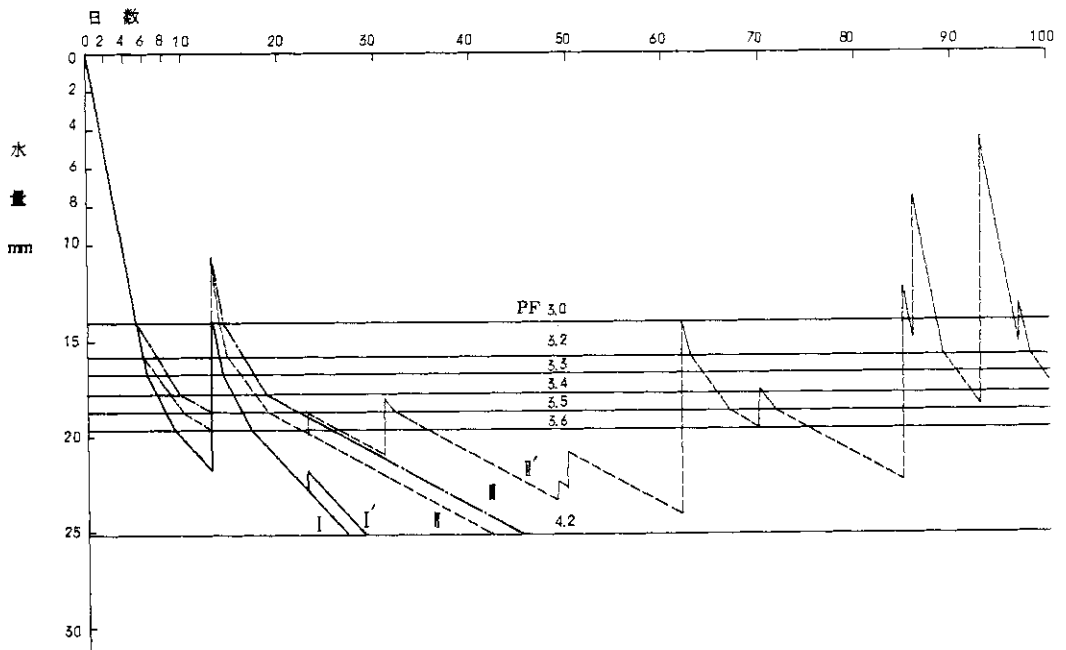


図-4 C区0~17.5 cm層水分変動図

表-5 最下層よりの水分補給

タイプ	ET <sub>1</sub>	ET <sub>2</sub>	ET <sub>1</sub> - ET <sub>2</sub>	10%相当分	総補給量mm
	本来のETmm	補給を考慮したET	追加補給量mm	本来の補給量mm	
I	0.35	0.057	0.293	0.10	0.393
II	0.18	0.066	0.114	0.05	0.764
III	0.18	0.077	0.103	0.05	0.153

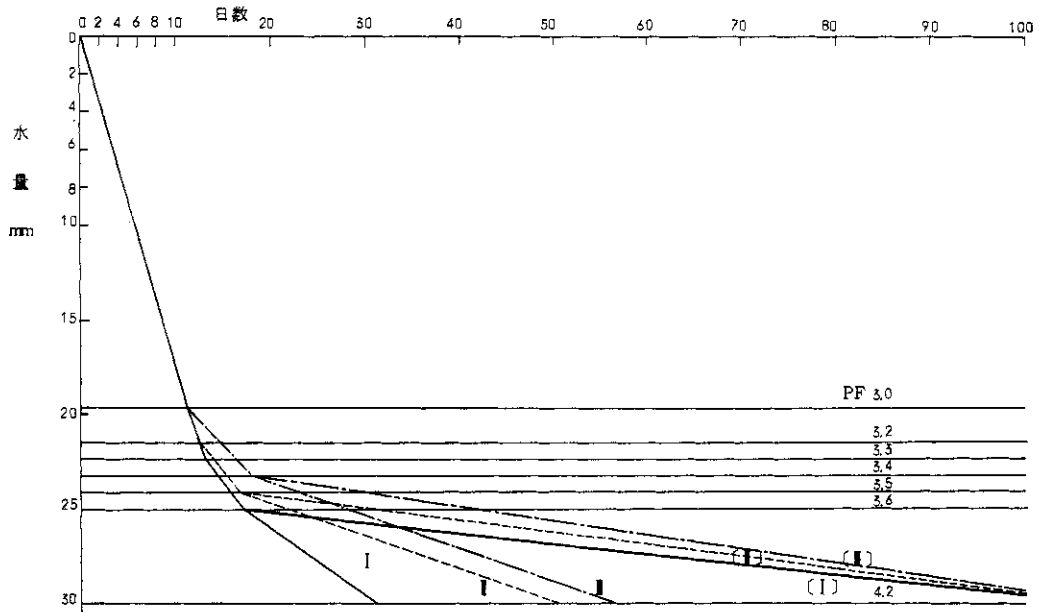


図-5 C区 17.5~35.0層水分変動図

あって、ここに言う補給は、さらにその上に直接根群域下層へ追加供給される水量である。

この補給があるとすれば、17.5~35.0 cm層の水分変動グラフは図-5の〔I〕,〔II〕,〔III〕のよりにならなければならない。この場合のET量はそれぞれの直線の勾配によって与えられ、最下層からの追加補給水量は本来のET量との差で与えられる。これを表-5に示す。

したがって、追加量として0.1 mm程度、トータル補給量としても0.16 mm程度の水が最下層から毎日供給されるならば枯死はまぬがれることになる。よって、多量の剰余水を持つ最下層から0.1 mm/日程度の補給(主として毛管上昇によるものと考えられる)があった可能性は大きい。

#### 2.1.4 永久萎凋点( $w_p$ )について

以上述べた雨或いは毛管上昇による水分補給がないものとする、樹はpF4.2を過ぎても枯れないものとせねばならない。 $w_p$ は一般にpF4.2水分量とされており、純粋に水の持つエネルギーから規定される値である。

一般に果樹においては、果実は貯水組織としての機能を持ち、干ばつ時にはこの水を利用すると

されている。また、極端な場合として、多肉植物、サボテン等の貯水植物では完全に空気中に放置しても枯死するには至らない。

したがって、 $w_p$ を土壌水のエネルギーからのみアプローチせず、植物が枯死するかどうかの面からの検討を、果樹のみならず種々の作物について進める必要があると考えられる。この場合、 $w_p$ はpF4.2よりも少ない水量となる可能性は大きいと言える。

#### 2.1.5 かん水の量と成長阻害水分点

表-2に示したようなスケジュールでSPかん水したA区の水分変動を図-6,7に示した。表層、下層とも完全にpF4.2以内に止まっておりかん水による水分補給の効果が認められる。

しかし乍ら、実施されたかん水量は基準とされている場合に比して大略 $\frac{1}{2}$ と少なく、したがって土壌はpF3.5~3.6程度まで乾燥している。この場合の果実重量比を表-6に示した。

この程度のかん水によっても干害防止の効果は大きく、平年の25%減程度で済んでいるのに対し、無かん水区では67%もの減になっている。したがって、生長阻害水分点としては従来のpF3.0より高いpF3.4程度でも良いのではないか

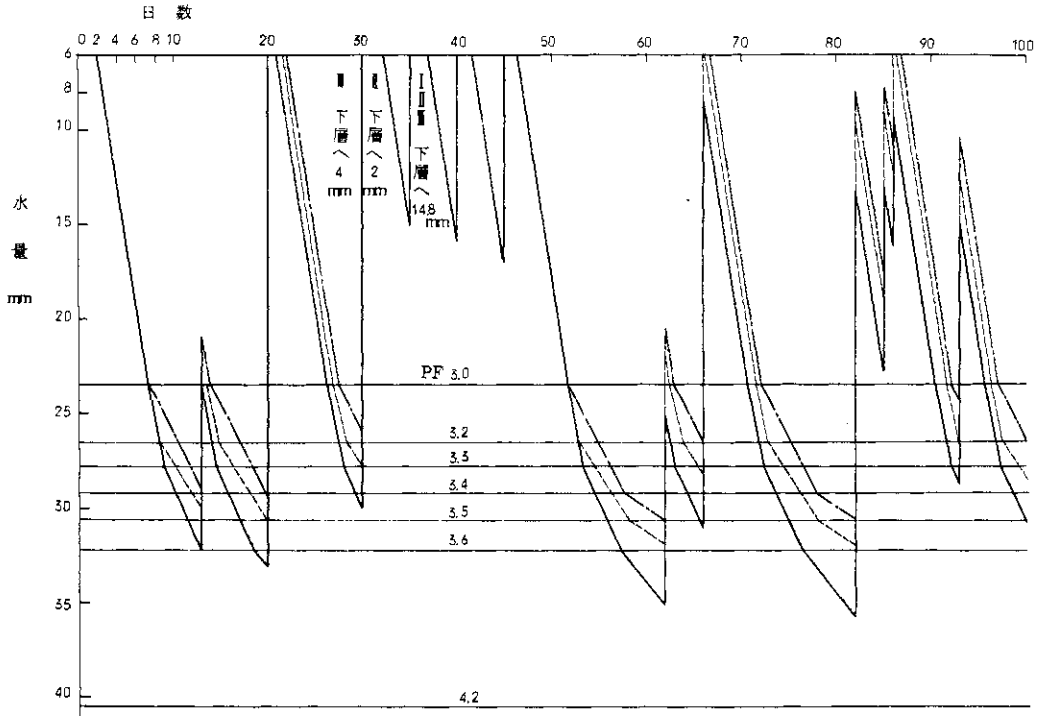


図-6 A区0~35.0 cm層水分変動図

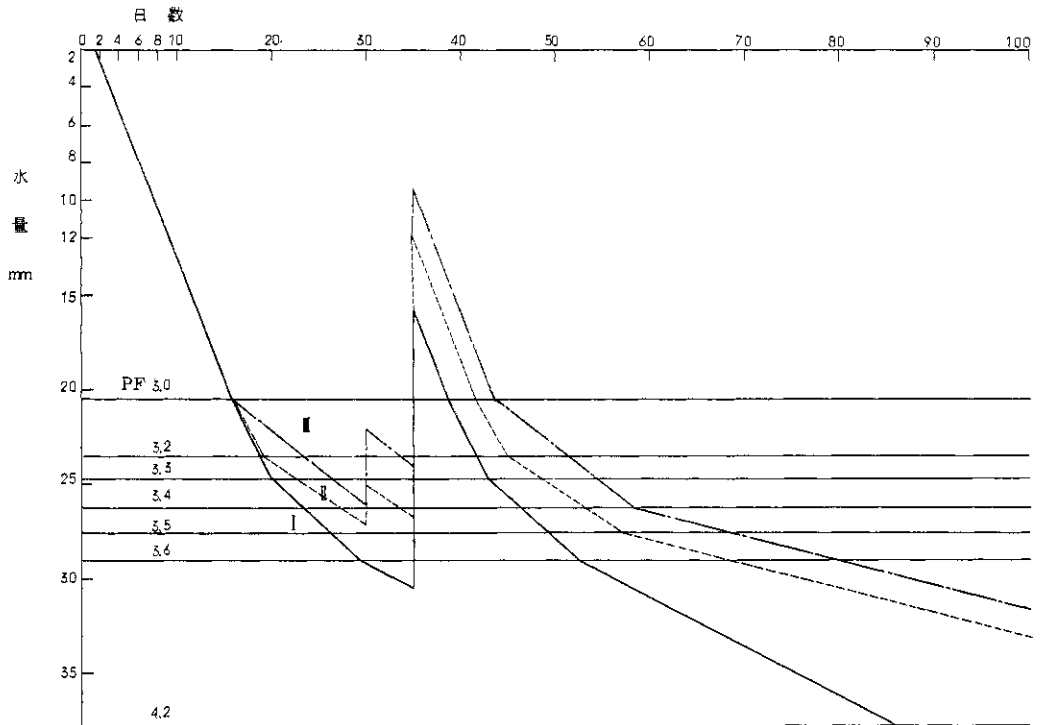


図-7 A区25.0~50.0 cm層水分変動図

表-6 収穫果実重量比

	調査個数	全重量Kg	1果 平均重量g	1果 重量比
SPかん水A区	2,328	218.60	93.90	75.2
無かん水 C区	2,860	117.75	41.17	32.9
平 年 作			100~150 (125)	100.0

と考えられるが、今後の研究が必要であろう。

以上、松山地区の場合をモデルとして検討したが、その他の地区も全く同様に類推される。

なお、他地区における詳細な干ばつ被害調査については、東海近畿農業試験場畑作部において、昭和42年西日本干ばつ被害調査報告書に明らかであるから参照して頂きたい。

## 2.2 かんがい施設の利用実態

### 2.2.1 熊本県飽託郡河内芳野村(小森地区)

かんがい施設は昭和40年に計画されたが、全工事が完了したのが42年9月中旬であった。

施設の規模も小さく、10農家の有志が河内農協の指導のもとに共同施工されたものである。施設は防除用水をかねたもので、カンガイ施設としては必ずしも満足したのではなく、標高約80mの水槽に11KWのポンプで揚水し、自然圧を利用した散水かんがいである。

かん水操作は水槽にとりつけられたバルブ15ヶ(1戸当り1~2個専用)により各自適宜にかんがいできる仕組になっている。この地区は個別かんがいを立前としていることから農家による水利用の差が大きく最も多く使用した農家で1回約30mmを9月~10月末に3~4回かん水している。カンガイ方法はスプリンクラーとホースを利用しており、スプリンクラーの場合は、NO.30型タイプを1本立として用い1地点で3~4時間かん水している。本施設は水槽から各自のホ場への配管が(塩ビ管φ20mm)が個別になっているためホ場の所有地関係から配管にかなりの無駄が出ている。またローテーションブロックの設定

表-7 施設概要

受益面積	3.1 ha (みかん)
事業費総額	1,208千円
反当事業費	39千円
事業概要	水槽47.3m <sup>3</sup> ポンプφ65mm 5段H85m Q450ℓ/min 原動機60c/s 11KW 配管7.9m

がないため各自の水の使用は自由な反面、ピーク時には規定の送水量を一斉に使用するので用水のうばい合いがおこる危険性がある。

### 2.2.2 熊本県宇土郡三角町波多(向山地区)

用水施設は防除用水を主体として昭和33年度に完了した。本施設は波多川より毎分240ℓ/minの水量を受益地の高位部に設けられた100m<sup>3</sup>の水槽に揚水し、これより各農家が設けた水槽に配管連結され、主に防除用水として使用する計画である。ただし干ばつ時は一部ホース等によりかんがいされているが水源が水田用水と競合するため落水期以外はかんがい用水として使用することは困難である。

本地区は5月下旬から6月中旬にかけて約20日間連続干天が続き以後数mmの降雨があった程度で再び7月中旬より10月下旬まで干天が続いた。このような干ばつに対して積極的にかんがい対策にのりだしたが水源が水田用水と共用しているため充分なかん水は出来ず積極的にかん水した農家でも20mm程度のかん水を8月から10月にかけて3回かん水した程度であった。このような異例な干ばつで収量は作年の50%減、品質の低下はいちぢるしくまた貯蔵に対して干害の影響が大きく現われた。

表-8 施設の概要

受益面積	20 ha (みかん)
事業費総額	2,000千円
反当事業費	10千円
事業概要	貯水槽100m <sup>3</sup> ×3基 ポンプ7.5KW 6段タービン H60m Q240ℓ/min 配管φ75mm 240m, φ75mm 190m, φ50mm 2,200m

### 2.2.3 大分県東国東郡安岐町(大添地区)

本地区は昭和33年3月に共同かんがい施設として竣工した。水源は松川より求め高位部に設けられた水槽2基に揚水しこれより各自の園地に配水されている。使用水量は園地ごとに量水計がとりつけられ個人別使用水量が掌握され、機械の運転に要する諸経費はすべてこの個人別使用水量割によって徴収される。かん水基準は明確に規定されておらず干天が15日以上続いた場合かん水を開始し、7日~10日間断で1回30mm程度をかん水する計画である。かん水方法は主にホース等で行っていたがかん水に相当の時間と労力を要



するので38年度よりスプリンクラーかん水に切りかえた。42年度のかん水は8月上旬より開始され、かん水は平年に比べより積極的に行なわれ樹園地によって多少の差はあるがスプリンクラーかんがいは1回4～5時間(30～40mm)を7日～10日間断でくり返した。この間使用した水量は年平均使用水量の約3倍に当たった。安岐町役場によるとこのように積極的にかん水を行った区に比較し無かん水地区では収量は約50%減収し品質の低下はいちぢるしかつたとの報告があった。尚かん水地区でも10月以降のかん水が悪影響を期し、着色の不良、品質、貯蔵の低下が目だった。

表-9 施設の概要

受益面積	18.1 ha (みかん)
総事業費	8,200千円
反当事業費	45千円
事業概要	揚水機 19.5KW φ75mm 揚水管槽, ガス管φ100mm, 360m 塩ビ管φ100mm, 444m 水槽 457m <sup>2</sup> ×1, 286m <sup>2</sup> ×1 配水管, 塩ビ管φ38mm, 480m φ30mm, 5462m φ25mm, 270m

### 2.2.4 応急かんがい施設

西九州で最も干害のひどかった熊本県河内芳野村について応急かんがい施設の方法、施設費については次のようである。

本地区の農業は主としてみかん経営に依存し河内芳野村では約750haのみかんが栽培されている。かんがい施設は数戸の農家の有志によって施設された防除共用の小規模のかんがい施設が1地区ある程度で水分補給のためのかんがい施設はほとんどない。従って42年度の干害に対する応急対策も他地区に比べより積極的に行なわれた。かんがい用資材の購入、指導は河内農協が行い各農家が自主的に対策のりだした。水源は本地区では主に排水路に求め可搬式ポンプまたは動噴を利用して揚水し13～20mmの塩ビパイプによって各園地に導水される。また水源の得られない地帯ではトラックによってかんがい水を運搬し応急対策を行った。これらに要した資材はみかん園748haに対し導水用パイプ20万m、ポンプ約900台、資材費はha当り約30万、この他トラック

による水運搬費を加算するとha当り約75万円という莫大な出費となっている。これをさらに農家当りの費用でみると少ない農家では約20万円程度であったが多くの農家では200万円にもおよぶ多額の経費を使って干害に対処した。しかしこれを施設費と効果(収益)の面から対比するとせっかくこのように多額の費用を投じて応急施設を行ったが水源の枯渇に伴う揚水の競合や施設の不備等から十分なかんがいを行うことができずかろうじて樹体の枯死をまぬがれたにすぎなかった。このように多くの応急対策用資材を購入した農家はこれらの資材の今後の活用について苦慮するとともに積極的なかんがい施設の建設を望む声が多い。

表-10 河内芳野村応急対策費(東近資料より)

① 面積 (ha)	② 工事費 (千円)	③ 機械 購入費 (千円)	④ 総事業 費 ②+③ (千円)	⑤ ha当り 費用 (千円)	⑥ 水運搬 費 (千円)	⑦ 燃料費 その他 (千円)	⑧ 総経費 ④+⑥+⑦ (千円)	⑨ ha当り 費用 (千円)
748	95,875	127,807	223,682	299	336,960	204,900	765,542	1,023
			揚水機	918台			54,648千円	
			原動機	821台			56,288千円	
			パイプ	202,057m			142,466千円	
			事務経費				1,833千円	
			計				127,087千円	

### 3. 今後の水利用への示唆

今回の調査では、定量的には把握できなかったが、多くの水利用計画上の問題点を知ることができた。これらを列記すると次のようである。

#### 3.1 用水計画上の問題点

前記利用実態の報告でも明らかなように、かんがい施設の規模、質により、実際にかんがいされた水量はいろいろであるが、現在畑地かんがいの計画に採用されている基準からみると、はるか少ない水量のかん水でも、ある程度の効果が現われている。又、土壌水分収支の計算結果にみられているように、70日近頃の連続乾燥時において、樹木が枯死しないためには、ある土壌水分状態から消費水量が極端に少なくなるか、根毛の急速な発達によって、下層土の水分を利用するか、下層土からの毛管補給が相当期待されるか、いずれか又は全部の条件が満足されることが必要である。

従来の畑地かんがい計画においては、10年に一度程度の連続干天を想定して、この時期に作物の消費水量を完全に補給してやるのが原則とさ

れている。しかし、これ以上の異常干ばつ年、又は水源、施設費の関係から、10年一度の干ばつ年における完全計画のできないときなどについての対策は明らかでない。

本実態調査の結果は、これらの問題について解答は与えてないが、その問題究明の方向は示している。すなわち、従来の単位用水量の基準より少ない水量のかん水でも、相当の効果は期待されること、およびこれらの効果を大きくするためには、下層土の水分利用可能量を大きくするような技術対策を確立することが大切であることがわかる。又果樹の正常生育を期待できる限界土壌水分は、従来の基準としてあげられているPF 3.0~3.5の水分量であることもほぼ明らかにされた。

### 3.2 かんがい施設計画上の問題点

調査結果から明らかのように、水源、導水、末端給水などの諸施設が、一貫した完全計画の下につくられることが高い効果をうる前提である。しかし、このような施設でも、末端配水組織とくにスプリンクラーの種類、配置などについては研究すべき点が多い。例えば道路新設、改良と移動式大型散水器の採用、テラス面のみに散布する多孔ホースの使用法などは、当面の大きな課題である。

又傾斜地の散水施設の経済効果を高めるためには、防除、施肥などとの共用計画とすることが大切で、このような共用施設は、可能な限りオートメ化をはかるべきである。

### 3.3 水源および水管理

安定した水源を選定することは、重要であるが、水利権の取得が困難の所も多い。今後の課題としては、大規模な多目的水利開発の一環として農業用水を考えると、深層地下水の利用が重要である。又水田用水の合理化から、余剰水を水源とする方法も、研究されなければならない。

干ばつ年における水管理についての問題点は、特に水源を貯水池とする場合に多い。すなわち自然降雨がいつあるかという予測は困難であるから、常に貯水池の現存貯水量を基準にして、水管理規制を合理的に行ないることが大切で、かんがいの必要時期とか、連続干天時期の半ばにして、貯水量がまったく無くなってしまおうというような現象にならないように注意しなければならない。

又異常干ばつ年における応急の水利用については、水文学的検討などと合せて、今後研究を進め、その技術的方策を地域毎に確立しておくことも必要であろう。