

# わが国の普通畑における畑地灌漑の 実態と節水灌漑に関する提案

駒村正治\*

(平成24年12月6日受付/平成24年12月7日受理)

**要約:** 近年の農業を中心とする水資源問題は深刻さを増し、とくに地球温暖化の影響による水利用増加傾向は必至であるといわれている。一方、食料需要も人口増加による圧力が増し、新たな需要に応えなければならないのが実情である。わが国において、食料の自給率向上のためバランスのとれた作物生産が必要であり、畑作農業へ期待が高まるものと思われる。畑地灌漑は、畑作農業の推進にとって最も効果的な方法の一つである。そのため、畑地灌漑の実施において必要な水資源のみでなく電力による揚水のためのエネルギー資源が必要となる。とくに、ハウスなど施設栽培を含む地域では畑地灌漑の必要性が高まり、その用水源の確保とエネルギーの効率的利用がより重要となる。そのため、畑地灌漑において必要な水資源のみでなく電力による揚水のためのエネルギー資源が必要となる。

本研究では2つの異なった規模の普通畑地帯を選んで畑地灌漑の実態からみた水利用の効率化、節水灌漑の可能性について地域の特性から検討した。この2つの調査対象地域は、静岡県三方原用水および千葉県北総台地であり、畑地灌漑の実態として使用水量を中心に調査を実施した。これらの調査結果から畑地灌漑の施設改善および降雨の有効利用増大の視点から検討した。とくに2つの地域における水利用の特徴をみると、三方原地域ではハウスの割合による影響が大きいといえる。一方、北総台地地域では露地中心であり、夏季の8月に灌漑が集中している。畑地灌漑地域の規模による用水の有効利用として、大規模な三方原用水では水利システムの改善を中心に、小規模な北総台地では、少量頻繁灌漑方法による節水灌漑を提案した。

**キーワード:** 畑地灌漑, 節水灌漑, 静岡県三方原用水, 千葉県北総台地, 水利システム

## I. はじめに

近年の農業を中心とする水資源問題は深刻さを増し、とくに地球温暖化の影響による水利用増加傾向は必至であるといわれている。一方、食料需要も人口増加による圧力が増し、新たな需要に応えなければならないのが実情である。

わが国において、今後とも食料の自給率向上のためバランスのとれた作物生産が必要であり、畑作農業、畑地灌漑へ圧力が高まるものと思われる。今日の畑地灌漑では、用水源確保は勿論であるが、圧力水を必要とするためポンプによる加圧が必要である。そのため、畑地灌漑において水資源と電力によるエネルギー資源が必要となる。さらに、ハウスなどの施設栽培では畑地灌漑のウエイトが高まり、その用水源の確保とエネルギーの効率的利用がより重要となる。

本研究では2つの異なった規模の普通畑地帯を選んで畑地灌漑における使用水量の実態からみた水利用の効率化、節水灌漑の可能性について地域の特性から検討した。

この2つの調査対象地域は、わが国の普通畑において比較的早い時期から畑地灌漑を実施している地域（静岡県三方原用水、千葉県北総台地）である。当初より、この地域

における使用水量が計画用水量と比べてかなり少ない事実も存在する<sup>1)</sup>。この理由としては、降雨による水分補給、灌漑をあまり必要としない作物や生育時期の存在および灌漑作業に労力不足や高齢化した農家により灌漑をしたくてもできない状況などがある。とくに畑地灌漑における計画用水量は、作物が消費する水の絶対量を供給する乾燥地における計画から出発している。それに対してわが国のような湿潤地域では、灌漑期間を通じてかなりの降雨があるため、不足する水分のみを補給すれば足りるとする補給灌漑が主流である<sup>2)</sup>。

そのため本研究は、調査対象地域における畑地灌漑の実態からみた水利用の効率化、節水灌漑の可能性について水利システムの改善および降雨の有効利用増大の視点から検討したものである。

## II. わが国における畑地灌漑の特徴

### 1. わが国の畑地帯

わが国の耕地面積は1885年の第二次農商務統計によると田が264万(58%)、畑が187万ha(42%)、合計面積451万haであった。1960年から2010年までの耕地面積の推移は図1に示すとおりで、1960年の607万haをピークに減

\* 東京農業大学名誉教授

少し続け、2010年時点で459万haである。内訳は田が250万ha(54%)、畑が210万ha(46%)である。明治期と比べて同じ程度の耕地面積であるが、畑割合が若干増加している。畑面積の地方別割合は、北海道が95万ha(45%)、関東・東山が36万ha(17%)、東北が27万ha(13%)、九州が26万ha(12%)、東海が12万ha(6%)およびその他が14万ha(7%)である。

代表的畑地帯としては、①北海道：帯広、②東北：東北北部、③関東：北総台地、④東海：牧の原、三方原台地、⑤中国：鳥取砂丘、⑥九州：南薩、⑦沖縄：宮古島などがあげられる。さらに、わが国の畑地帯の立地としては、以下のような特徴がみられる<sup>3)</sup>。

①火山灰土：火山山麓や洪積台地を中心に分布し、黒ボク土として全畑地の44%を占める。

②傾斜地：急峻な地形のため畑傾斜 $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ が24%、 $15^{\circ}$ 以上が19%と多い。

③多雨：年間平均降水量1,700mm/年と世界平均値の970mmの2倍程度と多い。

④社会的背景：農業の中心が稲作であり、畑作は零細規模であり、付随的な役割である。

気象条件としてケッペンの気候区分によると、わが国の大部分が温帯湿潤、北海道などが亜寒帯湿潤気候に属している。世界的にみて灌漑が必要な条件は、年降水量が500mm以下とされていることから、灌漑しなくてもほとんどの作物が栽培可能である。すなわち、水田と対比して用水の手当がなくても畑作物の栽培が可能である。

次に、近世以降の畑地開発を概観すると、戦国から江戸時代初期にかけて大規模な治水工事に基づく新田開発が進展し、当事として水田の開発が限界に達していた。そのため用水の得られない、水利の便の悪い台地や山麓・傾斜地へ畑地開発が広がった。とくに、武蔵野台地における開発は、多くがススキ原野であったが、江戸市域の拡大による人口圧力が増大し、新田開発と称する畑地開発および農村建設が積極的に実施された。

明治維新による新体制による国土計画の実行ともいえる各地の代表的な畑地開発をみる。北海道では、北方の開発と防衛のため屯田兵による大規模な開発があげられる。東

北地方でも三本木開発や安積疎水・那須疎水にみられるような大規模な開発が行われた。旧江戸幕府を中心とした東京近郊の開発としては、北総台地への畑地開発がある。この開発は、明治維新直後に下級士族・無産者への授産政策として、江戸時代に放牧地として軍馬の生産基地であった北総台地の小金5牧・佐倉7牧への移住、畑作新田である。開発された地域は東京新田と呼ばれ、各集落の名称を初富、二和、三咲、豊四季、五香、六実、七栄、八街、九美上、十倉、十余一、十余二、十余三とした。東海地方の静岡藩士の授産場としては、牧の原台地を対象とした茶園造成がある。入植した静岡藩士は茶の栽培に乗り出し、紆余曲折があったものの日本を代表する一大茶園地帯となった。また、徳川家康と武田信玄が激突した古戦場で知られる天竜川右岸に開けた三方原台地では、第二次大戦後、満州からの引揚者による開墾が進められた。他の台地開発と同様に、台地内陸部のため飲み水にも事欠く苦難の開発であった。このように、北総台地および三方原台地に限らず、わが国の洪積台地内陸部の開発は、明治維新の開拓政策によって飛躍的に畑地帯として進展した。

## 2. 畑地灌漑の基礎

畑地灌漑について、水田灌漑と比較してとくに異なる点は、表1に整理したように、①消費水量および単位用水量が $1/4\sim 1/5$ 程度と少ない、②圃場灌漑のため圧力水が必要、そのために加圧ポンプと管路の設置、③対象作物が野菜・果樹など多様、④間断日数の設定(5~10日)、⑤水管理が厳密で水利費が概して高い、などがあげられる。

灌漑期間中の水田の用水量は、灌漑期間を4ヶ月(120日)とすると単位用水量(20~25mm/日) $\times 120$ 日=2,400~3,000mmとなり、夏季(4~9月)の降水量(平均1,000mm程度)のみでは不足し、人為による用水補給(灌漑)が必要である。これに対して畑地の必要水量は夏季の7~9月において単位用水量(4~5mm/日)、月間120~150mmであり、通常年には降雨でまかなうことが可能である。そのため、わが国における畑地灌漑普及率が20%程度であり、水田普及率の約100%と比べて明らかに少ない。

さらに基本的なことは、給水に際して水田灌漑はほとんどが自然流下方式であるのに対して畑地灌漑のそれは圧力水を用いるため、ポンプとパイプラインが必要であり、そ

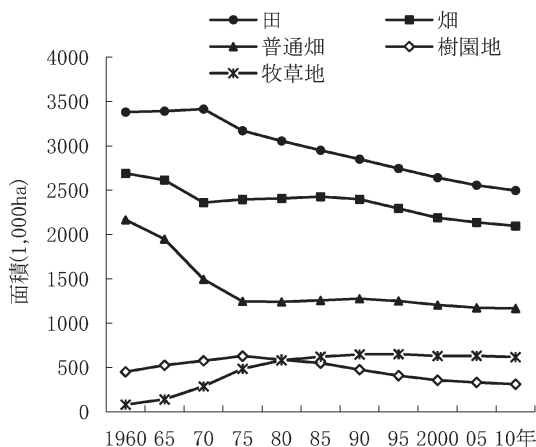


図1 わが国の耕地面積の推移(1960~2010年)

表1 水田灌漑と畑地灌漑の特徴比較

| 項目    | 水田灌漑        | 畑地灌漑        |
|-------|-------------|-------------|
| 消費水量  | 蒸発量+蒸散量+浸透量 | 蒸発量+蒸散量     |
| 単位用水量 | 20~25mm/日   | 4~5mm/日     |
| 圃場給水  | 自然流下(重力水)   | 圧力水(ポンプ)    |
| 水路形態  | 開水路         | 管路          |
| 対象作物  | 水稻          | 野菜・果樹など     |
| 間断日数  | 毎日連続灌漑      | 間断日数(5~10日) |
| 水利費   | 安い          | 高い(電力費)     |
| 水管理   | 自由、ゆるやか     | 輪番制、厳格      |

のため灌漑のためのコストが高むことになる。とくにポンプ運転のための電力料金の値上げが予想されている今日、負担増が予想される。このように水田灌漑と畑地灌漑には多くの差があり、わが国の歴史からみても水田主体の開発、改良がなされ、畑地は水田の裏作的存在であり、畑地灌漑のための整備が遅れていた。

### 3. 畑地灌漑による農業の進展

わが国の畑地は、用水の得にくい地域や用水が得られたとしても水持ちの悪い地帯に多く存在している。すなわち自然条件および歴史的にみて水田と比較し、水利の不備な地帯あるいは水利が可能でも水持ちの悪い地帯に立地し、生産基盤としての整備が遅れ、不安定かつ低生産性を余儀なくされていた。このようにわが国における畑地は、地形的には火山灰ないし非火山灰の洪積台地、火山山麓地、丘陵地、扇状地などの高台ないし傾斜地であり、火山灰土に代表されるように独自の土壌特性である。

今日ある優れた畑作地帯の形成に大きく寄与した技術の一つとして畑地灌漑がある。表2は江戸時代末期以降の畑地灌漑の歴史を概観したものである。前述したように、明治時代以降に開発された畑地域の農業の発展には、その立地条件が不利なために多大な困難と努力を強いられた。畑地灌漑技術は、本来乾燥地帯あるいは半乾燥地帯で発生した技術であり、畑作物の絶対的な水分不足に応じるという使命をもっている<sup>2)</sup>。しかし、わが国はアジアモンスーン地帯にある関係上、年間降雨量が比較的多いため、砂丘地など特殊な畑作地帯の一部で灌漑が実施されてきたが、多

表2 畑地灌漑の概略史

| 年代                  | 主な畑地灌漑出来事   |
|---------------------|---|
| 明治以前                | 商品価値の高い綿への灌漑が畑地灌漑の先駆<br>水源は綿井戸といった素掘りの浅井戸利用   |
| 明治・大正               | 保水力の乏しい砂丘地帯の野菜作など限定地域<br>鳥取県の海岸砂丘では野井戸から人力揚水作業<br>極端な食糧不足を反映し、陸稲など食料増産に   |
| 第二次大戦後<br>(1945年)以降 | 結合手段として 畑地灌漑が国の施策として計画<br>畑地灌漑を基盤整備事業として位置付け、相模原<br>大規模事業・普通畑作物への灌漑効果確認試験<br>昭和30年代よりスプリンクラの導入  |
| 農基本法制定<br>(1961年)以降 | 作物の選択的拡大の方向で露地野菜・果樹<br>・施設園芸の増加、畑地灌漑用水の積極的確保<br>(愛知、豊川、綾川、笠野原、群馬用水)<br>用水利用による主産地形成を目指した畑灌地区<br>(一ツ瀬、三方原用水)                                     |
| 1980年代以降            | 農産物輸入の自由化の進展、作物の品種改善<br>・作期の調整および選択自由度の増加など営農・<br>経営面の強化、畑地灌漑を契機に、地域農業<br>再編を促し、農村地域全体の活性化を期待する<br>畑地帯における用水確保に質の変化、農村の<br>地域用水位置付、環境保全、生態系への配慮 |

くの畑作地帯では灌漑が不要とされていた。しかし、蒸散が盛んな夏期を中心に降雨の分布に偏りがあり、水分不足に見舞われる場合がある。このような連続干天期間の灌漑の効果は大きいことが認識され、食料増産とあいまって第二次大戦後各地で本格的な畑地灌漑事業が実施された。

わが国では降水量が多いため、一般的には畑地灌漑の必要性が低く、江戸時代および戦前において、一部の特殊な地帯でのみ畑地灌漑が行われていた。たとえば奈良盆地などの大阪・近畿圏の綿作や都市近郊野菜作および鳥取砂丘地など極端な水不足地帯など特殊な地域で人力による畑地灌漑が実施されていた。戦後において、食糧不足解消のためのリクトウ、カンショなど食用作物の生産のため、アメリカの技術を導入した畑地灌漑が神奈川県相模原台地を対象に計画され、一部実施された。しかし、この事業は地域の都市化のために中断してしまっただけでなく、

その後、畑地灌漑事業は、畑地農業の担い手である農家の要請と灌漑技術や研究の進歩を踏まえ、時代のニーズに応えながら大規模な国営クラスの農業水利事業として、さらに県営畑地帯総合整備事業を中心に発展してきた。

本格的に大規模な畑地灌漑事業が実施されたのは鹿児島県笠野原台地であり、愛知用水事業へつながった。そして、1960年代には普通畑とくに野菜畑へのうね間灌漑からスプリンクラ灌漑へ転換し、関連して用水量に対する研究が進められた。高度経済成長期の1980年代になると、畑地灌漑の多目的利用としてのミカンや茶への病害虫防除、凍霜害防止が実用化に向かい、畑地灌漑利用のための管理・制御技術の進展がみられた。

21世紀を迎えた今日では、水資源からみた節水灌漑や多様な畑作を保障する営農用水および環境対応に配慮した多面的機能を畑地灌漑に期待するようになってきている。近年における畑地灌漑は、作物への水分補給のみでなく、営農用水や地域用水を含めたより広い概念として位置づけられ、畑地灌漑の導入による農村地域活性化への起爆剤とも考えられる。さらに最近は環境保全や生態系および農村景観に配慮した畑地灌漑のあり方も検討され始めている。

## III. 調査対象地域における畑地灌漑

### 1. 静岡県三方原用水<sup>1,4)</sup>

#### (1) 畑地灌漑事業の概要

調査対象地域の概要は表3に整理したように、わが国において比較的早い時期に畑地灌漑事業を実施した普通畑地域である。静岡県三方原は大規模な国営事業、千葉県北総台地は小規模な団体営事業地区である。両地域とも従前は水なし農業のため干ばつの被害を受けやすく、作物の種類が限られ、またその生産性が低かった。しかし、畑地灌漑の導入により、新たな畑作経営を展開している地域である。三方原用水地域は静岡県西部に位置する浜松市、浜北市および細江町など2市3町（現在は浜松市）にまたがる天竜川下流右岸に展開する面積約7,000haの三方原台地である。受益地の地形および土壌条件は、標高3~115m、勾配1/100~1/300のほぼ緩傾斜ないし平坦な樹枝状に開けた海岸低地から高台の洪積台地である。土壌は酸性で腐植の



乏しい赤黄色土であり、総容易有効水分量 (TRAM) は 25 mm 程度と少ない。気象は浜松気象台資料によると年平均降水量 1,800 mm, 平均気温 16°C の温暖多雨気候である。

本用水事業は 1960 年から国営三方原農業用水事業、1970 年から付帯帯営かん排事業として開始された。計画当初における受益面積は 5,480 ha (水田: 1,900 ha, 畑: 3,580 ha) であり、わが国では大規模な畑地灌漑事業であった。

地目別受益面積は表 4 に示すように、国営事業完了時点 (1970 年) と近年の 2006 年時点と比べてみると、合計面積では 1,065 ha (20% 程度) が減少した。とくに水田の減少が 1,100 ha 以上であり、果樹園 (ミカン園) 360 ha および茶園が 370 ha と樹園地が 42% に著減した。そのような状況下であっても普通畑は 780 ha 増加した。これは水田および樹園地からの転用と施設園芸 (ハウス) の増加による影響が大きいと推測される。

三方原用水の水源として天竜川上流の秋葉ダムから取水し、その水量は最大 14.568 m<sup>3</sup>/秒 (農水 10.261 m<sup>3</sup>/秒, 工水 3.158 m<sup>3</sup>/秒, 上水 1.149 m<sup>3</sup>/秒) である。用水は幹線導水路 (開水路 22.3 km) および南部幹線 (15.6 km), 北部幹線 (5.0 km) を流下し、およそ 8 時間で地区内に到達する。これら幹線水路から 27 路線の支線用水路を経て、受益面積 20~30 ha に 1 か所の割合で設置されたファームポンド

に流入される。ファームポンドは全部で 150 ケ所存在している。用水の管理・運営は三方原用水土地改良区の職員を主体に行われており、幹線水路からファームポンドまでの分水がなされる。ファームポンドから畑地へは加圧ポンプにより圧送され、ファームポンド以下の加圧ポンプや圃場のバルブ開閉などの管理は、地元農家の自主的運営にまかされ、ポンプの運転 (始動・停止) および運転状況が把握されている。

なお、ファームポンドから畑地へ灌漑されない余剰水は、ファームポンドに設置されている余水吐を越流し、直接排水路に流下して河川に合流し、いわゆる無駄水となる。

## (2) 調査対象地区の概要

### a) 対象地区の末端灌漑施設

三方原用水地域のうちここでは東大山地区および長者平地区の事例を取り上げる。東大山地区は三方原用水のほぼ中央に、長者平地区は南部に位置している。両地区の灌漑 (共用) 開始時期は東大山の 1973 年および長者平地区の 1975 年であり、国営事業完了時点 (1970 年) からみて早い時期からである。

東大山地区の 1977 年における主な末端灌漑施設別面積は表 5 のとおりであり、耕地と末端灌漑施設の関係からみると、露地畑では給水栓、茶やミカンなどの樹園地では固定式スプリンクラ、ハウスでは頭上配管ノズル、多孔管チューブなどである。2006 年時点の合計面積、27.7 ha であり、1977 年の 33 ha に比べて 5.3 ha の減少である。その内訳はスプリンクラによる樹園地面積が 11.2 ha から 4.2 ha と 7.0 ha 減少しているが、ハウス面積が 1.0 ha から 3.5 ha と 2.5 ha 増加している。

一方、長者平地区は表 6 のとおり、1977 年における露地畑が給水栓、樹園地が固定式スプリンクラおよびハウスでは頭上配管ノズル、多孔管チューブなどである。2006 年時点の合計面積は 27.0 ha であり、1977 年の 32.5 ha に比べて 5.5 ha の減少である。その内訳はスプリンクラによる樹

表 3 調査対象地域の概要

| 項目    | 三方原用水               | 北総台地              |
|-------|---------------------|-------------------|
| 県名    | 静岡県                 | 千葉県               |
| 市名    | 浜松市                 | 富里市               |
| 気候    | 温暖多雨                | 温暖少雨              |
| 平均気温  | 16.3°C              | 14.4°C            |
| 年降水量  | 1810mm              | 1410mm            |
| 地形    | 洪積台地                | 洪積台地              |
| 土壌    | 赤黄色土                | 黒ボク土              |
| 事業主体  | 国営                  | 団体営               |
| 事業開始年 | 1960年               | 1970年             |
| 水源    | 天竜川                 | 地下水               |
| 導送水施設 | 幹線-支線用水路<br>FP-圧力水槽 | 井戸-ポンプ<br>圧力水槽-圃場 |
| 農家経営  | 零細兼業多               | 中規模専業主            |

表 4 三方原用水の地目別受益面積の変化

| 地目    | 事業完了時 (1970年) |        | 現況 (2006年) |        |
|-------|---------------|--------|------------|--------|
|       | 面積 (ha)       | 割合 (%) | 面積 (ha)    | 割合 (%) |
| 水田    | 1,901         | 34.7   | 789        | 17.9   |
| 普通畑   | 1,839         | 33.6   | 2,618      | 59.3   |
| (ハウス) | (427)         | (7.8)  | (541)      | (12.3) |
| 果樹園   | 1,221         | 22.3   | 862        | 19.5   |
| 茶園    | 519           | 9.5    | 146        | 3.3    |
| 合計    | 5,480         | 100.0  | 4,415      | 100.0  |

表 5 東大山地区の末端灌漑施設別面積

| 1977年   | 給水栓  | スプリンクラ | ハウス | 合計   |
|---------|------|--------|-----|------|
| 面積 (ha) | 20.8 | 11.2   | 1.0 | 33.0 |
| 割合 (%)  | 63   | 34     | 3   | 100  |
| 2006年   | 給水栓  | スプリンクラ | ハウス | 合計   |
| 面積 (ha) | 20.0 | 4.2    | 3.5 | 27.7 |
| 割合 (%)  | 72   | 15     | 13  | 100  |

表 6 長者平地区の末端灌漑施設別面積

| 1977年   | 給水栓  | スプリンクラ | ハウス  | 合計   |
|---------|------|--------|------|------|
| 面積 (ha) | 19.0 | 8.0    | 5.5  | 32.5 |
| 割合 (%)  | 58   | 25     | 17   | 100  |
| 2006年   | 給水栓  | スプリンクラ | ハウス  | 合計   |
| 面積 (ha) | 14.9 | 0.0    | 12.1 | 27.0 |
| 割合 (%)  | 55   | 0      | 45   | 100  |

園地面積が8.0haから0haと8.0ha減少し皆無となり、さらに露地畑の給水栓が19haから14.9haと約4.1ha減少した。しかし、ハウス面積が5.5haから12.1haと6.6ha増加している。このように長者平地区の特徴はハウス面積が灌漑開始当初から多く、さらに増加しているといえる。

b) 東大山地区における作付

東大山地区の2005年における年間の作付け状況を図2に示す。ここでの作付率は、受益面積に対する作物別栽培面積の割合である。永年作物である茶が18%、ミカンが13%を占めている。春夏作では2種類の永年作物に加え、ジャガイモが25%と多く、この3種類の作物で55%以上を占め、その他の作物を加えた作付率は77%程度とかなり高いといえる。一方、秋冬作も、キクを中心とする花卉栽培が盛んで15%を占め、ダイコンが8%、その他の作物を加えて作付率が75%である。作付率が低いのは7・8月の端境期で55%程度である。この端境期は、露地野菜における春夏作のジャガイモの収穫後、秋冬作のダイコンの播種前である7・8月である。ダイコンの収穫後、ジャガイモの定植前の2月頃も作付率が50%程度と低く、この冬期間が端境期といえる。

次に、東大山地区における作物の変化について春夏作で

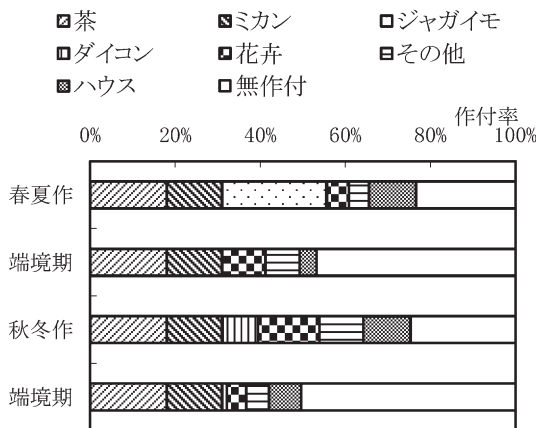


図2 東大山地区の年間作付け状況 (2005年)

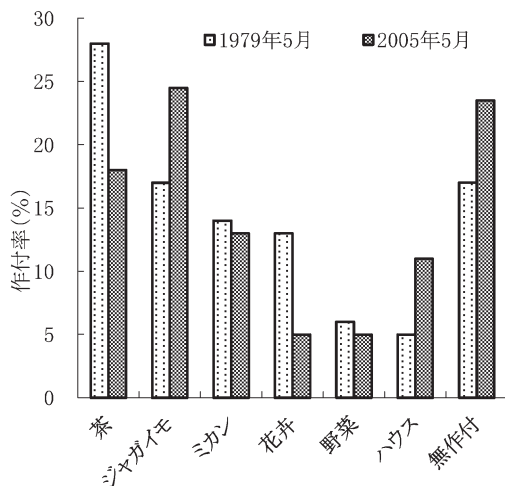


図3 東大山地区における春夏作物の変化

比較するために1979年5月および近年の2005年5月の結果を図3に示す。1979年当初は、茶が28%と非常に多く、ミカンおよび花卉なども比較的多く、末端灌漑施設はスプリンクラで対応していた。一方、露地野菜としては、ジャガイモを中心に栽培されていた。その後の2005年における栽培作物の変化は茶および露地花卉の減少、反対に増加している作物は、露地栽培のジャガイモであり、ハウスが増加している。本地区は、以前には農作物が育たない「不毛の地」であったが先人達の努力によりダイコン、ジャガイモ、茶などの産地になった。なお、無作付が17%から24%に増加している。この原因としては農家の兼業化および高齢化などによる影響が考えられる。

c) 長者平地区における作付

長者平地区の年間の作付け状況は図4に示したようにハウス栽培が盛んであり、とくに秋冬作は35%がハウス栽培であり、近年さらに増加傾向である。ハウス作物ではセロリが多く、その他の作物としてチンゲンサイ、トマト、メロンが栽培されている。露地作物では、レッドキャベツが多く、セロリも栽培されている。年間の作付け状況について、作付率は東大山地区と基本的には類似しており、春夏作が50%程度とやや低いが、秋冬作で、70%以上と比較的高い。秋冬作に注目すると、ハウスではセロリが15%、チンゲン菜が8%、トマトが4%、その他の作物が8%を占め、ハウスの合計作付率は35%である。露地作物は、レッドキャベツが11%、セロリが5%、その他が20%であり、露地の合計36%である。ハウスと露地の作付率の合計は71%であることから、無作付はすべて露地ということになり、ハウスはほとんどの畑地面積に対して作物を栽培していることになる。一方、作付率が低いのは7・8月の端境期で、30%程度である。とくに夏の端境期は、ハウス栽培の特徴である夏季にビニールを撤去、あるいは被覆したまま降雨の導入や土壌消毒実施のため無作付となるためである。この端境期は、ハウス春夏作のメロン、トマトの収穫後、秋冬作のセロリなどの定植前である。

次に、作物の変化について1979年および近年の2005年の春夏作を比較すると、図5のとおりである。長者平地区の栽培作物の変化は東大山と異なった状況を示している。とくに1979年当初から減少、または皆無になった作物を

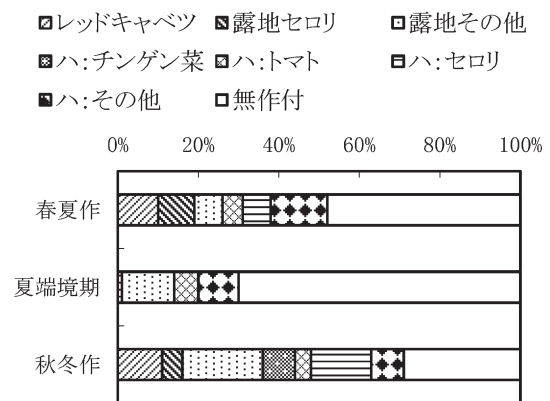


図4 長者平地区の年間作付け状況 (2005年)

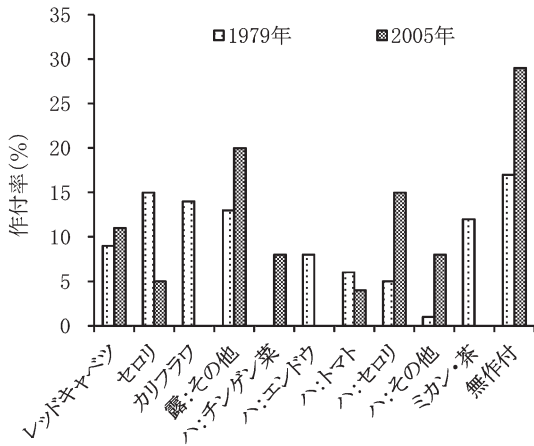


図5 長者平地区における秋冬作物の変化

示すと、露地のカリフラワ、ハウスのエンドウおよびミカン・茶などである。反対に増加している作物は、ハウスのチンゲンサイ、セロリなどである。このようにハウス栽培が中心の営農では作物の導入および廃棄は激しいといえる。なお、無作付が17%から29%となり12%程度増加している。この原因としては東大山と同様に農家の高齢化および兼業化の増加などが挙げられている。

2. 千葉県北総台地<sup>5)</sup>

(1) 調査対象地区の概要

ここでの調査対象地域は、千葉県のほぼ中央に位置する富里市内の北総台地上にあり、首都圏に近い関東ローマ台地上の普通畑地帯である。土壌は保水性に富んだ黒ボク土である。気候は佐倉気象台の資料によると年平均降水量1,400mm、平均気温14.4℃であり、夏期とくに7、8月の平均降水量が120mm程度と比較的少ない。地区周辺は1964年夏の干ばつを契機に、1965年から地下水を水源とする団体営畑地灌漑事業が進められた。

地域内の畑地灌漑事業地区の受益面積はいずれも団体営事業のため小さく、1揚水機場（井戸）当たりの面積は20~25ha程度である。この程度の小さい規模（面積）が水利用の組織として運営が順調に実施されるようである。ここで具体的な調査対象地区は猪ノ頭地区とした。本地区は1973年から団体営畑地灌漑事業を実施し、1974年から灌漑を開始した。供用開始時期は、三方原用水の東大山地区が1973年、長者平地区が1975年であり、両地区の中間の年である。水源は地下水とし2ヶ所の井戸からポンプにより揚水し、圧力タンクを経由して圃場へ給水し、普通畑の露地栽培を対象とした移動式スプリンクラ方式である。本地区の関係農家数は17戸で、ほとんどが専業農家であり、1戸当たりの耕作面積は平均2ha程度と大きい。

なお、受益面積は、当初36haであったが2ha減少して現在34haである。このうちハウス面積は2haと現在も同じ面積であり、増加していないことが特徴であり、露地野菜中心の作付け状況である。

(2) 猪ノ頭地区における作付

猪ノ頭地区の作付け状況を見ると、三方原地域と異なる

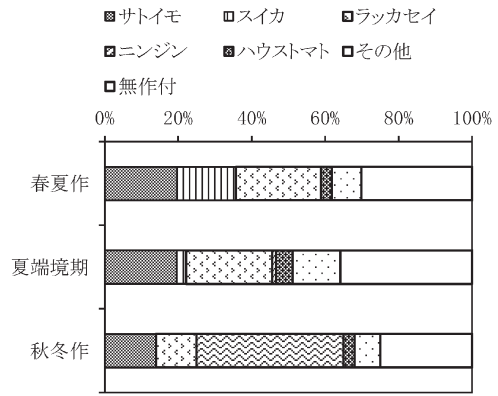


図6 猪ノ頭地区の年間作付け状況（2009年）

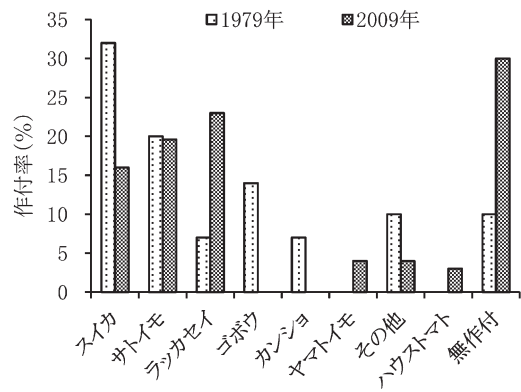


図7 猪ノ頭地区における春夏作物の変化

のは、まず夏の端境期が明確でないことである。これはサトイモ、ラッカセイなどの作付期間が長いからである。この2種類の作物で40%以上を占めている。さらに春夏作のスイカが16%を占めており、富里スイカとして市場に出回っている。また、スイカの後作（秋冬作）としてニンジンが栽培されており、40%の作付率と非常に高い。このように、猪ノ頭地区では、スイカ・ニンジンの1年2作が実施されている。スイカ栽培は、春先から早い順にビニールハウス、トンネルおよび露地栽培と続き、収穫時期をずらし、遅くとも8月の旧盆までに終わらせるのが一般的である。スイカの後作としてニンジンが栽培される畑地が多い。猪ノ頭地区の6月（春夏作物）における供用開始から5年経過後の1979年と近年の2009年の作物をみると図7のようである。1979年当初から減少、または皆無になった作物を示すと、露地のスイカ、ゴボウ、カンショなどである。反対に増加している作物は、ラッカセイ、ヤマトイモである。本地区は1戸当たりの規模が大きく、輪作を取り入れているため、ある特定作物の極端な変化はみられない。

北総台地地域は、畑地灌漑導入以前は食用作物であり干ばつに強い陸稲、サツマイモおよびラッカセイが主要な作物であったが、畑地灌漑導入後は換金作物で灌漑効果が高いとされるサトイモ、スイカ、ニンジンなどが主要作物となり、特産であるラッカセイも依然として多い<sup>6)</sup>。

なお、無作付が10%から30%と20%程度増加している。この原因としては農家の高齢化などがあげられ、とくに移



動式スプリンクラによる灌漑労力が農家に対して非常に負担になっていることが考えられる。

#### IV. 畑地灌漑における使用水量の実態

##### 1. 静岡県三方原水<sup>4)</sup>

###### (1) 東大山区

ここでは、畑地灌漑の使用水量に注目して実態調査を行った。使用水量は、ファームポンドに設置されている加圧ポンプの使用電力量(kWh)をポンプ規格出力(kW)で除してポンプの運転時間を求め、運転時間にポンプの吐出量(m<sup>3</sup>/h)を乗じて求めた。すなわち使用水量は、毎日のポンプ運転記録から揚水量を算出した水量を受益面積で除して水深換算で求めたものであり、粗用水量に相当する。東大山区における1973年に共用開始したから5年後の1978年と近年の2006年の月間の使用水量を図8に示す。東大山区における使用水量の特徴からみると、1978年は露地栽培型の8月を中心に7月および9月が多い夏ピーク型を示し、最大が8月の21mmであり、その他の月においては月間で5mm程度と非常に少ない水量であった。年間合計も80mm程度とかなり低い利用といえる。近年の2006年では夏期間が多く、8月が最大で27mmであり1978年の8月の21mmと大きな差があるとはいえないが、その他の月においては使用水量が20mmを越えており、年間合計で240mm以上であり、1978年と比べて3倍程度である。とくに、1, 2月以外の使用水量は15mmを超えている。このように近年において年間を通して水利用がなされていることが明らかである。東大山区の使用水量は1978年時点では、8月が多いが、冬、春および秋における使用水量が非常に少ない実態であったことからみて、近年になり、畑地灌漑における水利用がハウスを中心に普及したようである。しかし、年間の使用水量は240mm程度であり、日量1mm以下とかなり少ないのが実状である。

使用水量の変遷からみて水利用の特徴について、東大山区の年間使用水量を取り上げて図9に整理し考察する。東大山区の水利用は、共用開始当初から年間使用水量から以下のように4段階に分けて整理できる。

- ① 1973～1981年は50～80mm程度と非常に少ない導入期
- ② 1982～1990年は100～400mmと急激な上昇期

- ③ 1991～2002年は毎年350～400mmと高位安定期

- ④ 2003年～2010年200～250mmと低位安定期

一般的な傾向としては、畑地灌漑導入時は方法や水利用が未熟な段階でそのため水利用量が少ない。その後、農家による水利用方法も認識して多様な方法、多目的灌漑など使用水量が急激に増加する。さらに、その後は水利用が安定的になり、一応のルールが地元農家で認識し、継続的に安定的に水利用がなされている段階である。しかし、その後の再度の減少傾向がみられる。この原因は不明であるが、農家構成や高齢化など経営内容の変化ならびに節水灌漑の普及などが考えられる。

###### (2) 長者平地区

ハウス栽培の多い長者平地区における使用水量の特徴について図10に示すように、共用開始(1975年)から4年後の1979年は夏期間の7, 8月が比較的少ないが、その他の月においては使用水量が20～30mm程度、年間合計で250mmであり、年間を通して水利用がなされていることが明らかである。近年の2005年では年間を通して月間30～70mm以上と多く、年間合計560mmとかなり多い水量である。とくに端境期である、夏季の7, 8月における使用水量は、1979年ころは少ない傾向がみられたが、近年ではハウスにおいて土壌消毒用に多量に灌漑を行うため使用水量が多い傾向である。また翌月の9月からはハウスセロリなどの秋冬野菜の定植時期であり、この時期には多量の灌漑

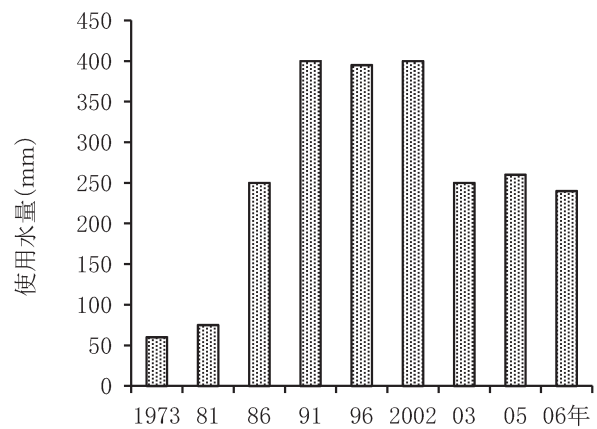


図9 東大山区における年間使用水量の変化

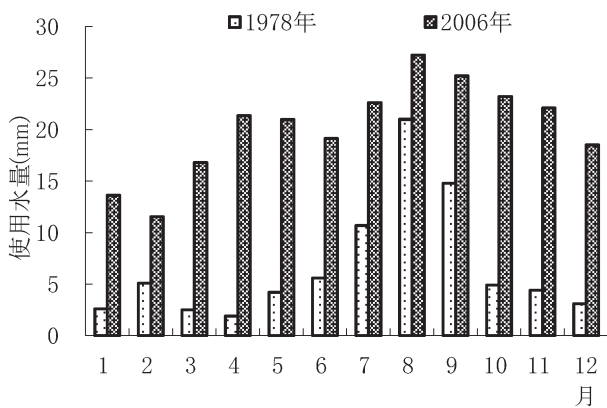


図8 東大山区における月間使用水量

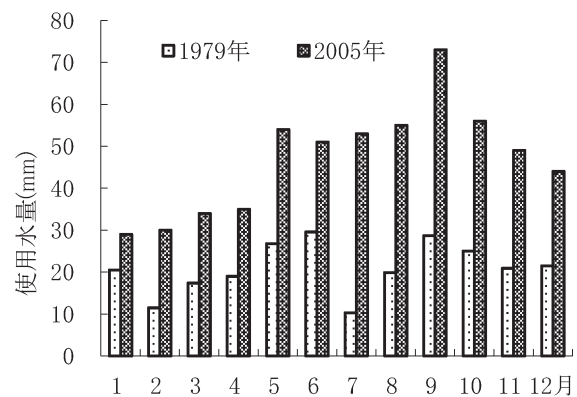


図10 長者平地区における月間使用水量

が実施され作付率も高くなり、その結果、最大に使用水量が発生することになる。このように畑地灌漑における使用水量は、単なる養い用水のみでなく、播種・定植用や土壤消毒および災害防止（凍霜害、風食）などの災害防止用にも広く水利用がなされているといえる。

なお、ハウス栽培の多い長者平地区と東大山地区における使用水量を比較すると東大山地区の2006年（図8）と長者平地区の1979年（図10）の使用水量がかなり近似している。2つの地区を比較すると年間使用水量は東大山が240mm、長者平が250mmとかなり近い水量である。月間における水量でも東大山が12~28mmの範囲であり、長者平が12~29mmの範囲でほとんど同じ水量である。

両地区における使用水量の特徴からみて、以下の事項が整理される。①冬季に比して夏季の灌漑水量が多い。②東大山地区に対して長者平地区がすべての月において多く、年間においては2倍以上である。③夏季の水利用における特徴は、作付率からみて8月が最低であり、長者平地区ではわずか30%程度であるが、それでも使用水量は多い。④2006年の東大山地区と1979年の長者平地区での水量は類似している。これはハウス率が東大山地区の13%、長者平地区の17%との近似から示唆される。

すなわち、畑地灌漑における使用水量は地区内のハウス率による影響が大きいものと判断される。長者平地区の年間の使用水量の特徴をみると、明らかに使用水量が多い傾向である。近年の使用水量は500~560mmと東大山地区の2倍以上である。この傾向は毎月の使用水量も同様に最低の月が30mm程度、最大は8、9月の60~70mmであり、東大山地区の最低が10~15mm、最大が30~35mmからみて2倍の使用水量である。他の地区を含めたハウス率と年間使用水量をみると、篠原地区のハウス率が2.5%、年間使用水量が90mm、東大山地区の1979年が5%、100mm、2006年が13%、240mm、長者平地区の1979年が17%、250mm、2005年が45%、560mm、館山寺地区が80%、920mm、笹塚地区が90%、1000mmである。三方原用水地域全体のハウス率と年間使用水量の関係は図11のとおりであり、ハウス率の上昇と年間使用水量は増加しており両者の関係は密接であるといえる。

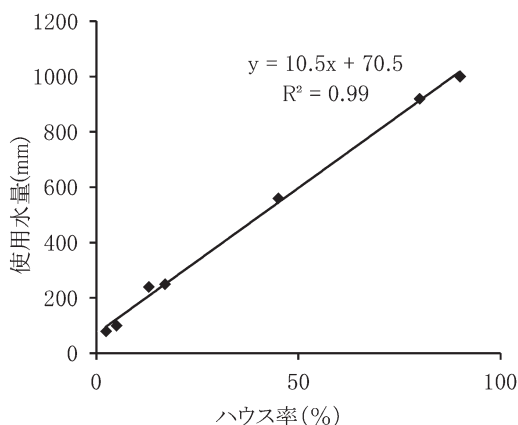


図11 ハウス率と年間使用水量の関係

## 2. 千葉県北総台地<sup>5,7)</sup>

本地域の畑地灌漑の概要は普通畑の露地作物を対象とした末端灌漑施設は、計画当初から移動式スプリンクラが中心であるが、一部に個人的ないし共同で大型スプリンクラを導入している農家もあり、近年では多孔管灌漑が普及しつつある。平均的な灌漑方法は、畑地面積20a当たり8~12本のスプリンクラを設置し、1時間当たりの灌漑強度10mmで5~8時間灌漑する。最近ではエンジンの播種を中心に多孔管灌漑が、ハウスでは点滴灌漑やノズル式が多い。主な灌漑期間は夏季の7~9月であるが、ハウスなどの水利用のため、通年灌漑が実施可能である。

本地域の水量の算出方法は、毎日のポンプ運転記録から算出した揚水量を受益面積で除して水深換算としたものである。なお、本地域における三方原用水地域の使用水量を灌漑水量と表現する。この理由は本地域の水利用が水源である井戸と受益畑地が隣接しており、直接灌漑のみに使用しているため灌漑水量と表現した。2000年から2008年の9年間これらの結果を図12、表7に整理した。図12は8月の灌漑水量と7~9月の夏季の灌漑水量および同期間の降水量を記載してある。なお、図12には供用開始直後の1978年の記録を加えてある。1978年の灌漑水量は8月が117mm、7~9月の夏季3ヶ月で200mm程度と最大灌漑水量の年

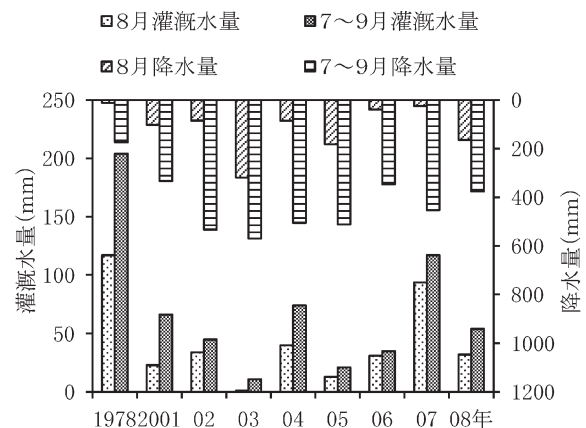


図12 猪ノ頭地区における畑地灌漑水量

表7 猪ノ頭地区における畑地灌漑の実態（2000~2008年）

| 年    | 灌漑水量(mm) |      | 1回灌漑<br>水量(mm) | 灌漑期間  |        |
|------|----------|------|----------------|-------|--------|
|      | 年間       | 7~9月 |                | 開始    | 終了     |
| 2000 | 50       | 49   | 74             | 2月7日  | 9月9日   |
| 2001 | 67       | 66   | 67             | 2月3日  | 9月8日   |
| 2002 | 46       | 45   | 65             | 2月22日 | 9月4日   |
| 2003 | 11       | 11   | 70             | 2月4日  | 9月15日  |
| 2004 | 78       | 74   | 64             | 2月1日  | 12月30日 |
| 2005 | 27       | 21   | 55             | 1月21日 | 12月21日 |
| 2006 | 45       | 35   | 58             | 1月16日 | 12月4日  |
| 2007 | 122      | 117  | 62             | 1月7日  | 11月27日 |
| 2008 | 65       | 54   | 65             | 2月6日  | 10月9日  |
| 平均   | 57       | 52   | 64             | 2月上旬  | 10月中旬  |



であった。これは降水量が非常に少ない年であることが明らかである。近年では2007年の灌漑水量が多い。これは8月の降水量が24mmとかなり少ないためである。より詳細にみるために表7には年間灌漑水量、7~9月灌漑水量および1回の灌漑水量などを整理した。また、灌漑開始と終了時期を加筆してある。灌漑期間について開始時期は早い年で1月から、終了は遅い年で12月であり、ほぼ通年である。北総地域は春夏作が主体であり、そのため原則として灌漑期間は7月1日から9月30日の夏期3か月間であり、夏季の3か月における灌漑水量の割合は平均で90%程度であり、ほとんどこの期間に集中している。さらに8月の1か月での灌漑水量は全期間の66%を占めている。年間の灌漑水量は、最小が2003年の11mm、最大が2007年の122mmであり、10倍以上の差がある。この理由は灌漑期間中の降水量の影響が非常に大きい。このように灌漑水量が少ない理由ならびに年による大きな変動については以下の要因があげられる。

6月までは梅雨など多降雨により灌漑の必要性が低く、9月下旬からは秋の長雨と収穫後の作物が多いため原則として灌漑を行っていない。本地域の年間最大の灌漑水量の122mmについて、三方原用水地域と比較すると東大山区の半分程度である。しかし、8月の灌漑水量は94mmであり、長者平地区の最大値である2005年9月の73mmよりも多い灌漑水量であることからみても、いかに降水量による影響が大きいといえる。2007年8月の異常干ばつ時では、ポンプが連続して動いていたようである。夏季の7~9月以外の灌漑も実施されている。これは一部ハウスへの灌漑が中心であり、この水利用も井戸から揚水ポンプでの利用である。

続いて農家が行う灌漑の実態は、1回の灌漑時間は5~6時間と比較的長く、灌漑水量も40~50mm程度と非常に多い。間断日数も計画時点の6日と比べて、降雨の存在やスプリンクラの移動労力の関係から計画より長い日数である。表7にも示してあるように1回の灌漑水量は平均で64mmであり、100mmを超える場合もある。

表8は猪ノ頭地区の主要な畑作物の1回の灌漑水量について集計したもので、イモ類の灌漑水量が70~110mmと

表8 猪ノ頭地区の作物別1回の平均灌漑水量 (mm)

| 作物    | 2007年 | 2008年 | 平均  |
|-------|-------|-------|-----|
| スイカ   | 30    | 25    | 30  |
| サトイモ  | 95    | 85    | 90  |
| セレベス  | 110   | 115   | 110 |
| ヤマトイモ | 70    | 70    | 70  |
| ヤツガシラ | 60    | 85    | 70  |
| ショウガ  | 50    | 50    | 50  |
| ラッカセイ | 60    | 65    | 60  |
| ネギ    | 20    | 20    | 20  |
| ニンジン  | 55    | 45    | 50  |
| 平均    | 61    | 62    | 61  |

非常に多い。この理由は作物の消費水量が多いこともあるが、移動式スプリンクラによる灌漑では、スプリンクラセットの設置、撤去などの移動作業に多大な労力と時間を要するため、間断日数を長くし、一度に多量の灌漑を実施し、灌漑回数を減らしたいという農家の事情が反映しているものと思われる。また、土壌の保水性 (TRAM) が50~60mm程度と大きいことも多量灌漑の背景と判断される。

## V. 畑地灌漑の有効利用および節水灌漑の提案

### 1. 静岡県三方原用水<sup>4)</sup>

#### (1) 課題と提案

三方原用水における水利用上の大きな課題は「水利用の実態と水利権による取水量の乖離」といえる。このような課題解決策および用水の有効利用を考えるためにハードなシステム改善とソフトな水管理方法の両面から検討する。この課題解決には水源から末端畑地までの改善点として、以下の①~⑤の項目が考えられるが、実現にはそれぞれの障害が存在するが、できる限り具体的な検討が望まれる。ここでは5つの項目を挙げ、それぞれの具体的な提案を行った。とくに、三方原用水地域では、水利権の変更を中心とする水利システムの改善、北総台地地域では、1回の灌漑水量の減少、いわゆる少量頻繁灌漑方式および実施可能とする末端灌漑方法としての点滴灌漑方式の採用を取り挙げた。

①水利権の変更：夏期間の余裕ある水利権を冬期間に回すことが考えられる。これは図13に示したように、長者平地区の使用水量が畑地灌漑の計画用水量が近似している。具体的には長者平地区の9月の使用水量が73mmで計画用水量が90mm、10月が同じく56mmと62mmであり、その差はわずか6mmである。反対に夏季の6~8月においては、それぞれ使用水量が約51~55mm、計画用水量が120~124mmであり、差が70mmとかなり余裕がある。このため計画用水量と使用水量の実態とを調整するよう提案したい。このことが天竜川からの水利権の見直しが必要な背景である。しかし実際には天竜川の流量が冬期間において渇水状態であることが大きな壁となっている。とくに問題となっていることは馬込川の掃流用のための水利権の存在である。すなわち河川維持用水量の確保を優先的にして、河川管理を行うとする国土交通省の見解が大きな壁となっ

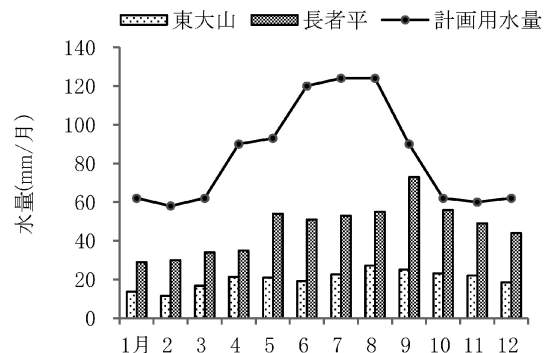


図13 三方原用水における計画用水量と2地区の月間使用水量 (東大山：2006年、長者平：2005年)

ている。さらに農業用水のみでなく、浜松市の上水道、工業用水および河川維持用水など多くの水利用関係者の相互理解による解決への追及が必要である。

②水源ダムの建設：天竜川の河況改善を図る。実際には適当なダムサイトと建設費用の確保の困難性とダム建設そのものへの逆風のため困難である。ところが、そのような状況下、近年のダム発電など原子力発電の停止状態を踏まえ、やや風向きが変わってきていると判断される。そのためには有効で多目的利用を踏まえた合意可能なダム計画による可能性が生じている。

③地区内河道外貯留式の調整池の建設：いわゆる河道外貯留施設の設置が可能かどうかである。すなわち、水利権に余裕のある夏期間（実際には秋から冬前）に貯水し、この水を冬期間に使用する。しかし、この案においても調整池を建設すべき適当なサイトの確保、建設コストなどが次の課題となる。本地域に隣接している豊川用水地域事例を参考として実現可能性の追求が望まれる。

④ファームポンドの規模拡大と配水改善：ファームポンドの規模は1ha当たり20m<sup>3</sup>、すなわち1日2mm水準であり、計画用水量の半日程度の規模である。ファームポンド単位（地区ごと）の水利用の特徴、ハウス率などを把握し、灌漑水量の予測ときめ細かい水管理、配水操作が可能になるかどうかである。現状でも土地改良区職員の過大な労力から無理であるが、用配水施設の自動化促進などにより水管理労力の節減につながる可能性はあるといえる。

⑤末端畑地灌漑施設の対応：点滴灌漑のような節水灌漑手法の導入による灌漑水量低減の可能性を追求すべきである。とくに、ハウスにおいてマルチと組み合わせた点滴灌漑方法は、水利用効率を高めることが可能である<sup>8)</sup>。

以上に整理したような、今後の三方原用水地域における、水利用の発展のためには、畑地灌漑システムの改善、そのための施設改善と水管理の改善といえる両輪が機能しなければならない。

## (2) 水利権の変更

本地域での用水系統、水利施設、管理運営からみた改善点、すなわち水利システムとしてみた改善点について具体的に提案したい。近年、三方原用水における大きな課題は、

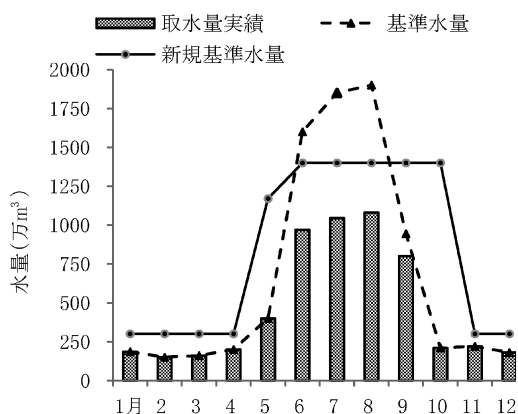


図 14 三方原用水における取水量実績と基準水量および新規基準水量

天竜川における水利権問題がからんでいる。図 14 は近年三方原用水全体における月間取水量実績と農業用水の天竜川からの水利権による基準水量（水利権取水量）である。年間の取水量実績の合計は 5,600 万 m<sup>3</sup> 以下であり、基準水量（水利権取水量）の約 8,000 万 m<sup>3</sup> を下回っている。しかし、冬期間（10 月から翌年の 5 月まで）における取水量は基準水量に近い水量を取水していることが伺われる。その一方、夏季の 6～8 月は、基準水量に対して取水量が少ない。すなわち取水量にかなりの余裕があることが明らかである。この原因としては計画当初において、水田面積が多く、畑地受益が少ないことによる影響が大きいといえる。夏季の基準水量は水田の日減水深（約 25 mm）と畑地の最大日消費水量（4～5 mm）とそれぞれの面積から求められる。その過程で当初からの水田面積減少は、基準水量に対して夏季の取水量実績の減少として顕在化する。それとは反対に、冬期間において、ハウス面積の増加により水需要が拡大する。基準水量が台地野菜、茶、果樹など 1～2 mm の日消費水量で計画されており、ハウスでは日消費水量 4 mm で計画されているためである。その結果、冬期間における水需要が計画段階に比べて増加し、用水の供給が不足し、取水制限が日常化している。一部の末端地区では、水不足問題が発生し、ハウスの増加に伴い顕在化している。計画当初と異なり、畑地灌漑の普及および水利用においてハウスを中心に年間必要不可欠となり、その結果水需要が増加し、冬期間において取水制限となり、自由な水利用および畑作営農の実施に支障が生じ、農家にとって大きな問題となっている。そのため天竜川からの取水量の変更を 2006 年に実施した。その内容は最大取水量 10.261 m<sup>3</sup>/s（月間 2,600 万 m<sup>3</sup>）から 5.468 m<sup>3</sup>/s（月間 1,400 万 m<sup>3</sup>）と 53% に減少したが、冬期の水利権は 0.860 m<sup>3</sup>/s（月間 220 万 m<sup>3</sup>）から 1.354 m<sup>3</sup>/s（月間 350 万 m<sup>3</sup>）と 157% に増加し、図 14 に示したとおり、より現実的な水利権に移行した。これにより、一応冬期間における厳しい用水確保の問題は解決に向かって

## (3) 多面的機能（佐鳴湖の水質浄化）の発揮

さらに、天竜川の秋葉ダムで貯水された貴重な用水を無駄なく本地域に有効に使う必要性が高い。ファームポンドの余水吐から直接排水路へ流出してしまう用水、すなわち無駄に流れ去る用水の活用がこれから必要である。天竜川の可能な範囲での利用を図ることを検討する。具体的には降雨予測（天気予報）で雨が予想された場合には用水の供給量を予めストップないし減水させることにより無駄な用水を使わない、使わせない工夫にもなる。最近の気象庁の予報の精度がかなり向上していることから、あらかじめ降雨の確率にあわせ降雨日にはダムからの放水を少なくする。これによって、無効放流を少なくする方向に進めて行くことがこれからの水利用にとって重要である。

さらに、より積極的に畑地灌漑の多目的利用および用水の多面的機能など多くの活用が考えられている今日、さらなるアイデアが必要である。事例として、浜松市内に存在する佐鳴湖がある。この湖は閉鎖系であり、1970 年代から周辺地域の都市化により急速に水質が悪化している。



そこで水質の浄化用水として三方原用水からの導水を期待したい。すなわち余裕のある夏期間の用水を佐鳴湖に導水させそれによって湖の水質の希釈作用による浄化である。2010年時点で、佐鳴湖の水質はワースト9位であるが、2001年から2006年まで連続6年間ワースト1であった不名誉な記録がある。その後浜松市を中心に下水道整備、植生護岸など熱心な水質浄化作戦の効果がみられ、2007年ワースト3位となり、2010年には9位まで順位を下げた。しかし、COD値は9~11 (mg/l) と水質の環境基準値の5 (mg/l) の2倍近い数値である。

佐鳴湖の自然環境をみると、以下のとおり整理される。

- ①周辺の都市化の進展、生活排水の流入、②平均水深が2mと非常に浅い、③三方原台地の畑地からの肥料分の流出、④閉鎖系水域で出口は新川（排水路河川）感潮河川のみで流出量が制限されている。などの要因で水質改善が進まない。このように佐鳴湖の特徴からみて、水質改善方法の1つとして、三方原用水の余水の投入を提案したい。天竜川からの貴重な水資源の有効利用として三方原用水を経由した流入であり、これによる希釈作用に期待したい。

このことは、北総台地にも同様に台地下には印旛沼があり佐鳴湖と同じような水質問題をかかえている。

具体的な対策として、前述したとおり、現在の水利システムは用水路からファームポンドに導入された用水の多くが灌漑に供しないまま余水吐から直接排水路へ流出し、未利用のまま太平洋に流下することから、無駄のない水利システムの改善が必要な理由である。このことにより、三方原用水地域の農業の発展による水質汚濁の加害者から浄化機能を果たす役割を担う協力者へと立場を変えるチャンスがあるといえる。

2. 千葉県北総台地<sup>5)</sup>

北総台地における節水のための方策としては、現在の移動式スプリンクラから末端灌漑システムの変更による節水灌漑方法の確立が望まれる。ここでは、近年の灌漑の実態についてまず整理する。

表9は2007年と2008年の2年間の7月から9月の月間消費水量、灌漑水量および補給水量（灌漑水量+有効雨量）の結果をまとめたものである。消費水量はTDRを用いて実施した土壌水分変動の実測値から求めた値と蒸発位を参

表9 猪ノ頭地区における近年の畑地灌漑実態

(単位: mm)

| 年月      | 消費水量 | 有効雨量 | 灌漑水量 | 補給水量 |
|---------|------|------|------|------|
| 2007年7月 | 79   | 45   | 21   | 66   |
| 8月      | 113  | 19   | 94   | 113  |
| 9月      | 80   | 94   | 2    | 96   |
| 期間計     | 272  | 158  | 117  | 275  |
| 2008年7月 | 120  | 15   | 21   | 36   |
| 8月      | 99   | 117  | 32   | 149  |
| 9月      | 39   | 100  | 0    | 100  |
| 期間計     | 258  | 232  | 53   | 285  |

考にして求めた。また有効雨量は、降水量のうち土壤中に有効に貯留される水量とする。算出方法は日降水量において、5mm未満を無効雨量とし5mm以上の降水量の80%とし、上限をTRAM (60mm)、連続降水量の場合はTRAM残量分としたものである<sup>9)</sup>。

2007年は灌漑水量が117mmと前出の表7にも示したように近年において最大量である。灌漑水量+有効雨量すなわち補給水量は275mmであり、消費水量の272mmとほぼ等しく、消費水量に対して降水量(有効雨量)の不足分を灌漑によって賄っていたといえる。2008年は灌漑水量が53mmとかなり少ない。とくに7月は有効雨量が15mmおよび灌漑水量も21mmと少ないため、補給水量36mmと非常に少なく消費水量の120mmをかなり下回り、土壌水分の不足状態が進行したと推定される。この7月の降水量に対する灌漑が少ないことの背景には6月時点においてサトイモのマルチ栽培による土壌水分保留量の存在やスイカの収穫時期に当たるため、灌漑の必要性が低いことも考えられる。なお8月以降は有効雨量が比較的多く、補給水量が消費水量を上回って経過した年であった。概して、消費水量と補給水量はバランスがとれているものと判断される。すなわち降水量では不足する水分を灌漑で補っていたことが分かる。

続いて少量頻繁灌漑法<sup>10)</sup>による節水灌漑としての1回の灌漑水量を抑え、間断日数の短縮の提案である。具体的な節水灌漑のために少量頻繁灌漑方法として、表10のように灌漑条件を標準灌漑と節水灌漑による土壌水分シミュレーションを行った。総容易有効水分量 (TRAM)、畑地灌漑の実態から間断日数を15日に対して半分の8日にし、1回の灌漑水量も標準灌漑が60mmと節水灌漑が30mmとした。なお消費水量は各月の日平均とした。計算期間は灌漑水量が最も多かった2007年7月1日から9月6日までとした。シミュレーション結果を図15に示したように、いずれも土壌水分はTRAM内 (60mm) の範囲に入っており、水分不足は発生していない。

さらに詳細にみるために2007年の7月から9月の半旬別の累積消費水量と補給水量の関係を図16に示す。累積補給水量と累積消費水量は、ほぼ同じ水量で推移していることが明らかである。このように2007年のように降水量(有効雨量)が少ない時期は、灌漑により消費水量相当を確保している様子がわかる。その後8月下旬から降雨が発生し、9月は降水量が多く、灌漑を実施していない。

標準灌漑と節水灌漑の比較した結果を表11にまとめた。灌漑水量は標準灌漑が240mm、節水灌漑が180mmと25%少なく済む。降水量は同じ157mmであるが有効雨量は標準灌漑が88mm、節水灌漑が109mmと節水灌漑の

表10 土壌水分シミュレーションの灌漑条件

| 灌漑方法 | 1回の灌漑水量 | 間断日数 | 1日相当灌漑水量 | 消費水量 (mm) |     |    |
|------|---------|------|----------|-----------|-----|----|
|      |         |      |          | 7月        | 8月  | 9月 |
| 標準灌漑 | 60mm    | 15日  | 4.0mm    | 4         | 4.5 | 4  |
| 節水灌漑 | 30mm    | 8日   | 3.75mm   | 4         | 4.5 | 4  |



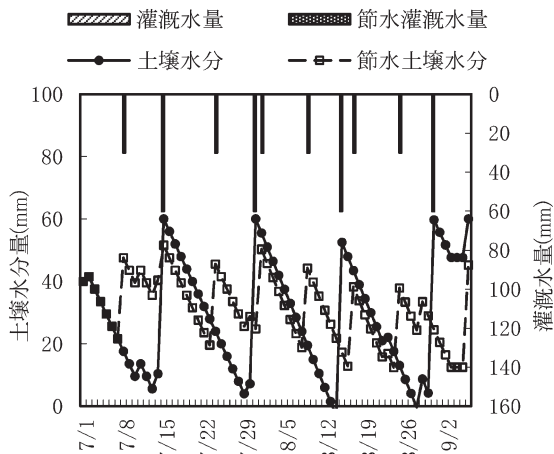


図 15 土壌水分シミュレーションによる灌漑水量と土壌水分量 (2007年7月1日から9月6日)

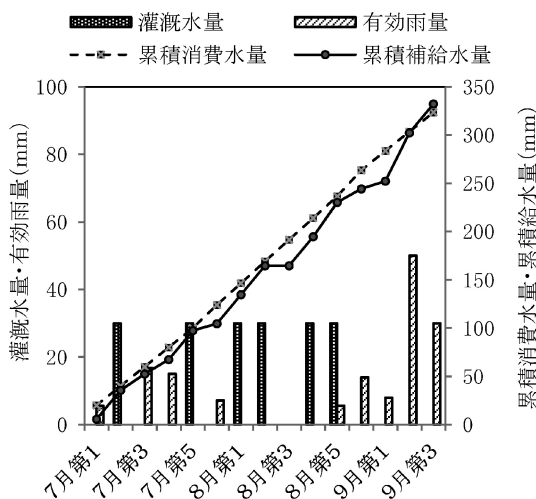


図 16 半月別灌漑水量, 有効雨量および累積消費水量, 累積補給水量 (2007年7月1日から9月15日)

表 11 標準灌漑と節水灌漑の比較 (単位: mm)

| 灌漑方法 | 有効<br>雨量 | 灌漑<br>水量 | 灌漑<br>回数 | 有効<br>灌漑水量 | 無効<br>灌漑水量 | 補給<br>水量 |
|------|----------|----------|----------|------------|------------|----------|
| 標準灌漑 | 88       | 240      | 4回       | 215        | 25         | 303      |
| 節水灌漑 | 109      | 180      | 6回       | 180        | 0          | 289      |

方が多くなっている。この理由は、節水灌漑では灌漑直後でも空き TRAM が存在しており、過剰な灌漑による有効土層以下への無効な浸透水が回避されるためである。このことは、節水灌漑では無効となる灌漑水量が 0mm であり、標準灌漑では 25mm であることからわかる。このように湿潤地帯における畑地灌漑は、作物の消費水量に対して降水量による土壌水分量の不足分を供給する補給灌漑である。この点が水田灌漑と異なり、畑地灌漑において消費水量が少なく、また過剰灌漑は水資源のムダとなるばかりでなく作物へ湿害として被害が発生するため農家レベルでは灌漑を控えることになる。このように畑地灌漑の水利用実態の大きな特徴は土壌、作物特性のみでなく、降水量の影

響を強く受けることが明らかである。

現在多くの本地区の農家で実施されている標準灌漑として 1 回の灌漑水量 60mm, 間断日数の 15 日程度から 1 回の灌漑水量を 30mm, 間断日数を 8 日程度とすると、過剰灌漑の防止となり、このことは施肥養分の浸透・溶脱防止にも連動するものと期待される。しかし、この灌漑方法の採用と実施のためには、現在の移動式スプリンクラからの変更が必要である。なぜ、本地区では多量灌漑、長間断日数を採用しているかは、土壌の保水性が高いこともあるが、移動式スプリンクラの設置には多大な労力と時間を要するため頻繁な移動・灌漑が実施しづらいことが大きな要因である。そのため、頻繁灌漑のためには移動式スプリンクラでなく、せめて一作固定式(地表固定式)スプリンクラ方式の採用、あるいはビニールチューブによる多孔管灌漑あるいは大型スプリンクラなどの導入などが考えられる。

今後の担い手の高齢化問題の解決のためにも省力化、自動化などが可能となる末端灌漑施設の導入が必要である。

## VI. 節水灌漑手法の確立をめざして

21 世紀は「水の世紀」といわれ、水資源問題は第 2 の石油問題と同じように、地球レベルでの課題といわれる。同じく、世界人口の増加に伴う食料生産の確保が必要であり、そのための農業用水の需要が益々増大することは明らかである。

一方、わが国は食料自給率がわずかに 40% 程度であり、世界の各地から食料の輸入に頼っている。食料の輸入は水の輸入であり、水問題がそれほど深刻でない日本が水資源に厳しい国から貴重な水資源を奪っているといえる。高度経済成長の時点においては、大型な公共事業によるダム建設による水資源開発が盛んに実施され、各地で畑地灌漑事業も数多く実施された。しかし、完成してみると畑地灌漑の水利用が計画どおりでなく、かなり少ないのが実態である。そのため、畑地灌漑事業をめぐる強いパッシングが新聞紙上をにぎわしている。これには、わが国の湿潤地域における畑地灌漑の特徴が十分理解されていないことも一つの要因として挙げられる。

本研究は、わが国の普通畑における先進的な畑地灌漑実施地区を取り上げ、使用水量を中心に実態調査を実施したものである。1970 年代の畑地灌漑事業開始から 40 年を経過した現時点において土地利用、導入作物および使用水量など変化がみられた。将来に向けて、より一層貴重になる水資源・エネルギーおよび既存の畑地灌漑施設の活用を図ることが重要と考えられる。以下に本研究で得られた事項を要約する。

(1) 畑地灌漑の実態として地域の立地条件、灌漑施設、営農などの異なる静岡県三方原用水および千葉県北総台地の 2 つの地域を取り上げてその特徴を整理した。

(2) 畑地灌漑の実態として、畑地灌漑の使用水量を中心に具体的に調査結果を再整理した。その結果は三方原地区ではハウスの割合による影響が大きい。北総台地では露地中心であり、夏季の 8 月に灌漑が集中しており、その年の気象特に降水量の影響が大きい。

(3) 用水の有効利用として、大規模な三方原用水地域では水利システムの改善を中心に、小規模な北総台地では、少量頻繁灌漑方法による節水灌漑を提案した。

これらの提案に対して直ちに実施できない部分が多く存在するが、水資源、エネルギー問題がさらに顕在化する時点において少しでも役に立つことができればと考える。

このような新しい視点、技術をわが国のみでなく、食料と水資源が限られた国や地域へ活用することが今後の畑地灌漑の方向であろう。

**謝辞：**本研究に関しては関連行政組織（国，県，市）および地元土地改良区など関係者ならびに地元農家の多大なご協力を得ました。また、農地環境工学研究室の専攻学生には現地調査と資料整理など大変お世話になりました。この場をお借りして皆様には感謝申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 駒村正治（1983）“水利用の実態と問題点”普通畑の畑地灌漑。畑地農業振興会，東京，pp.78-93.
- 2) 駒村正治（1986）“節水灌漑を考慮した湿潤地域における畑地灌漑の用水計画に関する研究”学位論文，p.120.
- 3) 多田 敦ほか（1979）農業土木技術者のための土壌の知識とその応用（その2）農業土木学会誌，47（3）：pp.51-59.
- 4) 駒村正治（2006）静岡県三方原用水における畑地灌漑の実態とシステム改善。畑地農業，573号：pp.2-20.
- 5) 駒村正治（2010）北総中央地区における畑地灌漑の実態と節水灌漑の提案（その1）土壌の特徴および作物の消費水量と灌漑水量。畑地農業，619号：pp.10-18.
- 6) 木村伸男（1983）“畑作経営の発展と畑地灌漑”普通畑の畑地灌漑。畑地農業振興会，東京，pp.32-50.
- 7) 駒村正治（2010）北総中央地区における畑地灌漑の実態と節水灌漑の提案（その2）畑地灌漑の実態と節水灌漑方法の提案。畑地農業，620号：pp.8-15.
- 8) 駒村正治ほか（2010）点滴灌漑による灌漑水量と消費水量および灌漑効果，東京農業大学農学集報，Vol.54，No.4：pp.248-255.
- 9) 駒村正治（1992）“圃場レベルにおける有効雨量，畑地農業の新展開，畑地農業振興会，東京：pp.101-117.
- 10) 安養寺久男（1987）畑地灌漑計画の間断日数に関する一考察，農業土木学会誌，55（4）：pp.39-44.

# Suggestion of Water Saving Irrigation Based on Investigation of Actual Conditions of Ordinary Upland Field Irrigation in Japan

By

Masaharu KOMAMURA\*

(Received December 6, 2012/Accepted December 7, 2012)

**Summary** : In Japan, it is necessary to improve self-sufficiency in food products and the spread of upland cultivation which can adapt the vegetation of various crops is considered to have important potential. Application of upland irrigation is one of the most effective methods for enlarging the capacity of the adaption of upland cultivation. To apply upland irrigation, it is important to ensure not only water quantity for irrigation but also electric energy for the pump which pressurizes irrigated water. Irrigation is indispensable especially for greenhouse cultivation under structure and ensuring the effective usage of electric energy and water is essential in an area which includes many greenhouse cultivation structures.

In this study, actual conditions of upland fields in two areas of different size were investigated and application of effective water usage and water saving irrigation to suit the character of the each area was planned. The investigations were done in Mikatagahara in Shizuoka prefecture and Hokuso in Chiba prefecture, and the characteristics of cultivation crops and terminal equipment were investigated. From the results of the investigations, it is clarified that the water usage for greenhouse cultivation under structure affected the total amount of water usage in Mikatagahara area but the ratio of that for outdoors cultivation was larger in Hokuso where the water usage peaked in August. According to the size of irrigation systems, it was suggested that the improvement of the water supply system in Mikatagahara and the adaption of frequent and small amount irrigation in Hokuso were effective to increase irrigation efficiency and save irrigation water.

**Key words** : upland irrigation, water saving irrigation, Mikatagahara plateau, Hokuso plateau, water supply system

---

\* Professor Emeritus, Tokyo University of Agriculture