

連棟ハウスにおける雨水利用のための貯水槽規模決定シミュレーション Simulation Model to Decide the Scale of Water Tank for Make Use of Rainwater in a Range of Greenhouses

牧平朋大・乗田貞博*・石氷泰夫**

Tomohiro MAKIHIRA, Sadahiro NORITA, Yasuo ISHIGORI

要 約

熊本県の沿岸地域の一部では、施設園芸に使用する地下水の塩水化が進行して灌漑用水の不足を引き起こし、農家にとって大きな問題となっていることから、連棟ハウスに降った雨水を貯水して灌漑用水として利用するための貯水槽規模を決定する水収支シミュレーションを検討した。沿岸地域での抑制ミニトマトを対象としたシミュレーションでは、10aのハウス面積でハウス屋根の雨水集水面積割合が20%の場合に、雨水のみにより90%の灌漑を賄うためには、5m³の貯水槽が必要であるという結果が得られた。この結果を基にして24aのミニトマトハウスに10m³の貯水槽を設置して運用試験を行ったところ、貯水槽で90%以上の灌漑を賄うことができ、シミュレーションが貯水槽の規模決定において有効な手段であることが確認できた。

キーワード：連棟ハウス、雨水利用、シミュレーション

I 緒言

熊本県の沿岸地域の一部では、施設園芸に使用する灌漑地下水の塩水化が進み¹⁾、灌漑用水が不足して大きな問題となっている。各農家では共同井戸等から水をトラックで運搬して灌漑用水の確保を行っているが、これにかかる労力が農家の大きな負担となっている。また、塩水化の進行で使用できる井戸が減少しているため、今後、問題はさらに大きくなると考えられている。

沿岸地域は河川の末端に位置するため、良質な河川水を確保するのは困難である。また、大規模公共工事等により河川上流から灌漑用水を確保する方法も、自治体の財政状況が悪化している現在では非常に困難である。さらに、水質浄化装置の導入により塩水化した地下水あるいは排水等を脱塩して利用する方法も、コスト面で農家が容易に導入できる技術ではない。

このような状況のなかで、最も安価で容易に利用できる用水源として、連棟ハウスの屋根に降った雨水を貯水槽に貯留して利用することが考えられる。本研究では、貯留した雨水の水質の検討、貯水槽の規模決定に使用するシミュレーションモデルの構築及び農家栽培圃場における実証試験結果について報告する。

II 材料および方法

1 貯留した雨水の水質調査

1) 雨水貯水槽

試験は農業研究センター内の連棟ハウスで行った。ハウスの面積は288m²で、ハウス内に貯水容量が約10m³の貯水槽を設置し、雨樋から塩ビ管を通して貯水槽に雨水を貯められる構造とした。貯水槽の形状は幅4m、奥行3m、高さ0.9mで、φ48.6の単管パイプ、厚さ12mmの合板で外殻を形成し、内側に塩化ビニルシートを設置して貯水できる構造とした。また、上面を黒色のビニルシートで覆い、雨水に日光が当たらないようにした(写真1)。



写真1 ハウス内に設置した貯水槽

*：熊本農政事務所農地整備課 **：熊本県立農業大学校

2) 水質の計測

貯水槽内の雨水は、2008年8月から2009年4月まで96m²のトマト栽培の灌水として使用し、その間の貯水槽内のpH、EC、DOをポータブル計測機(東亜 DDK 製 WM-22EP、DO-21P)、CODを簡易試薬により計測した。

2 雨水貯水槽の規模決定に使用するシミュレーションモデルの構築

シミュレーションモデルは本モデルを利用する宇城市松橋町の抑制ミニトマト栽培連棟ハウスを対象に作成した。

1) 抑制ミニトマト圃場における灌水条件

雨水を利用する現地栽培圃場における水の使用状況を把握するため、宇城市松橋町の2ヵ所の抑制ミニトマトハウスで2008年8月から2009年7月まで灌水の回数及び使用水量を計測した。その結果を参考にして灌水条件を設定した(第1表)。

第1表 設定した灌水条件

月	灌水量	灌水間隔	灌水回数
11月	1.5 m ³ /10a	4日おき	7回
12月		7日おき	4回
01月		7日おき	5回
02月		7日おき	4回
03月		7日おき	4回
04月		7日おき	4回
05月		7日おき	5回
合計			33回

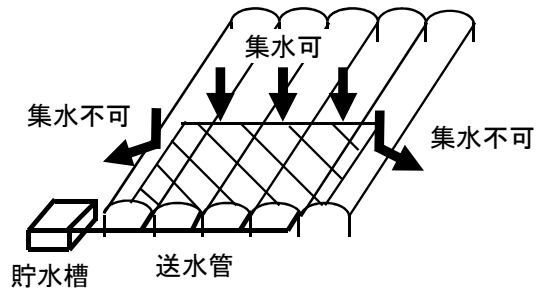
2) 降雨条件

降雨条件は、気象庁八代観測所の1989年から2008年までの20年間の降雨データを用いた。

3) ハウス屋根からの雨水集水条件

連棟ハウス屋根での雨水の集水概要を第1図に示す。図の斜線部分に降った雨水が、雨樋から送水管を通り貯水槽に集まる構造で、斜線の範囲を雨水集水面積とする。また、集水可能な雨量を2.0mm/day以上と設定し、屋根から貯水槽までの送水時の損失については、農業・農村整備における計画用水量を算定する際の送水損失5~15%²⁾を参考にして、降雨捕捉率を0.85とした。

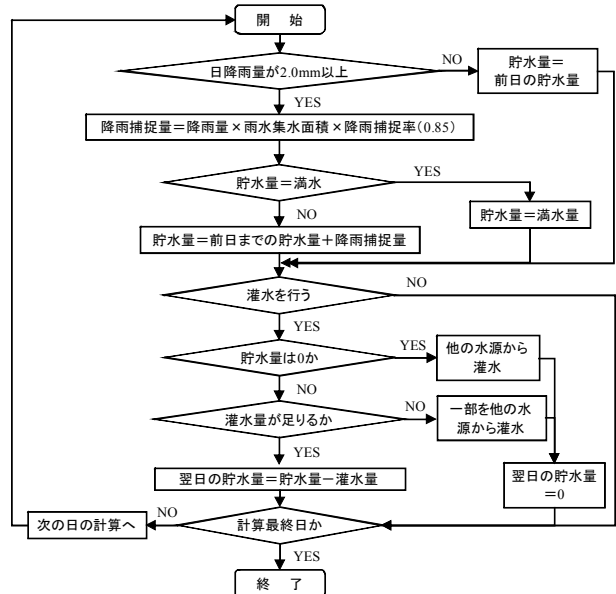
ハウス面積は10aとし、ハウス屋根面積に対する雨水集水面積割合を10%~50%の条件とした。



第1図 連棟ハウスの模式図

4) シミュレーションの計算方法

シミュレーションは、連棟ハウス屋根での雨水の集水条件、灌水条件、降雨条件をもとに、第2図のフローチャートに沿って日毎の貯水量、灌水の可否を検討しながら期間中の水収支を計算し、雨水のみ利用による灌水回数割合を求める方法とした。すなわち、日雨量が2.0mm以上であった場合に日雨量と雨水の集水面積、降雨捕捉率の積である降雨捕捉量を算出し、前日からの貯水量に加え、当日の貯水量を求める。求めた当日の貯水量から当日の灌水量を減じ、答(計算結果)が0以上の場合はその数値を翌日の貯水量とした。一方、答が0未満となった場合は当日の貯水量をすべて使用し、不足分を他水源から補給するものとして、翌日の貯水量は0とした。なお、灌水を行わない場合は当日の貯水量をそのまま翌日の貯水量とした。この計算を最終日まで繰り返し、全灌水回数に対する雨水のみを利用した灌水回数の割合を求めた。なお、このシミュレーションはMicrosoft社のExcel2003で作成した。



第2図 シミュレーションのフローチャート

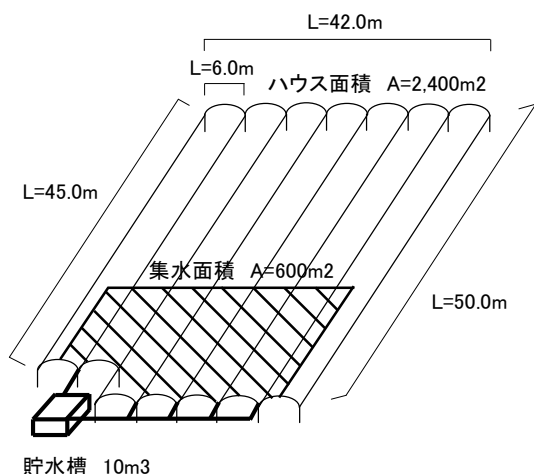
3 現地ハウスにおける実証試験

1) 試験場所及びハウス

貯水槽の運用試験は宇城市松橋町の抑制ミニトマトハウスで行った。ハウスは7連棟で、面積は 2,400m²、雨水集水面積は 600m²とした(第3図)。

2) 貯水槽の概要

貯水槽の規模は、シミュレーション結果と敷地内の空き地の大きさ及び貯水槽を利用する際の利便性を考慮して、幅 4.9m、奥行き 2.3m、高さ 1.3mとした。実際の貯水容量は 10m³で、これらの条件での雨水のみ利用による灌水回数割合の目標は 90%とした。



第3図 試験貯水槽を設置したハウスの模式図

貯水槽及び送水管の作成資材には、ホームセンター等で購入が可能なものを選定し(第2表)、以下の手順で設置した。

第2表 貯水槽及び送水管設置に使用した資材

貯水槽本体	送水管
足場用単管パイプ φ48.6	VU管
クランプ φ48.6用	DV継手 DSソケット
中間コーナー	DV継手 DL90°エルボ
合板(コンクリートパネル)	DV継手 DTチーズ
軟質塩化ビニルシート	丸パイプ(農ビ管) φ31.8
角材	クランプ φ31.8用
丸パイプ(農ビ管) φ19	
防草シート・パッカー等	
資材購入費用	24万円程度

まず、足場用単管パイプで外側の枠組みを作り、内側に合板を設置して貯水槽の外殻を作成した(写真2、3)。垂直方向の単管パイプは横風に対して安定になるよう地中に打ち込んだ。次に雨水が貯留できるように、合板の内側に軟質塩化ビニルシートを設置し、貯留した雨水に日光が当たらないように水槽の上面を防草シートで覆っ

た(写真4、5)。また、防草シートにより木の葉等のゴミが貯水槽に混入するのを防止できる。最後にハウスの雨樋から貯水槽への送水管をビニル張り等の農作業の支障にならない位置に設置した(写真6、7)。



写真2 足場用単管パイプの設置状況



写真3 合板の設置状況



写真4 軟質塩化ビニルシートの設置状況



写真5 防草シートの設置状況



写真6 送水管の設置状況

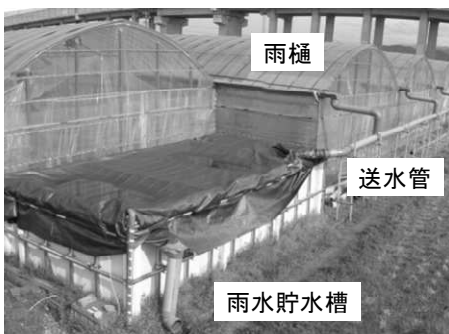


写真7 設置完了後の貯水槽と送水管

3) 運用試験

運用試験期間は2009年10月から2010年5月までとし、1時間毎の貯水量、灌水量、降雨量を計測した。貯水量には、貯水槽内に設置した圧力式水位計で測定した水位と貯水槽の底面積 9.4m^2 の積を用いた。灌水量は灌水用の配管の途中に電磁流量計（愛知時計電機 SW050E-C）を設置して計測した。降雨量は現地に転倒ます型雨量計（池田計器製作所製 RT-5型）を設置して計測した。

III 結果および考察

1 貯留した雨水の水質の検討

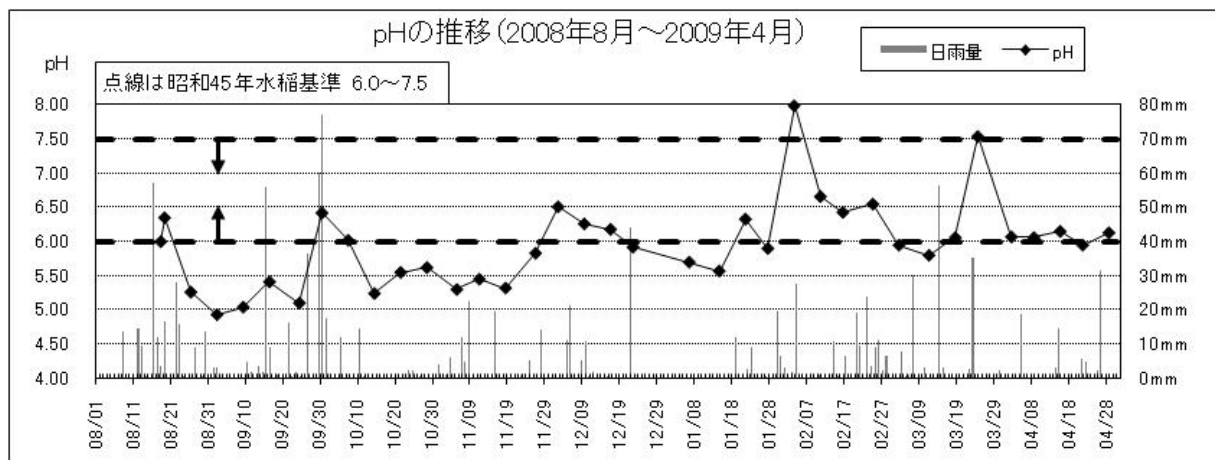
ハウス内に設置した貯水槽内の雨水における、2008年8月から2009年4月までのpHを第4図、ECを第5図、DOを第6図、CODを第7図に示した。なお、施設園芸の灌漑用水については法的な水質基準が定められていないため、昭和45年に設定された水稲に対する水質基準³⁾を基に評価した。

水稲におけるpHの水質基準は6.0~7.5である。貯水槽内の雨水のpHは、期間を通じて概ね7.0以下であり、酸性で推移した。特に、8月から11月までは6.0以下で推移し、基準値を満たさなかった。

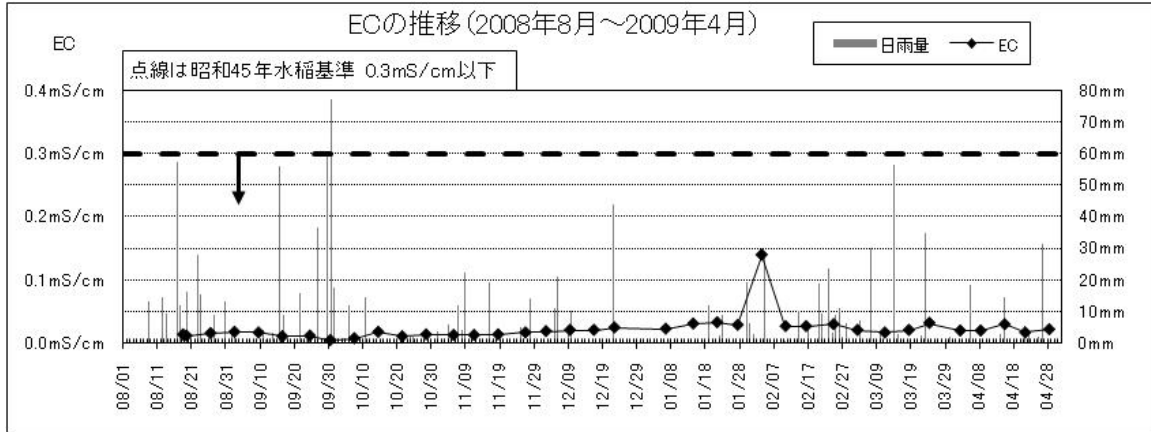
水稲におけるECの水質基準値は0.3mS/cm以下である。貯水槽内の雨水のECは調査期間を通じて0.15mS/cm未満と低く、基準値の範囲内であった。

DOについては、8月~11月上旬まで基準値の5.0ppm前後で推移し、基準値を下回る時期があった。しかし、数値は徐々に上昇し、11月中旬以降常に基準値以上となった。CODについては、期間を通じて基準値の6.0ppm以下で推移した。

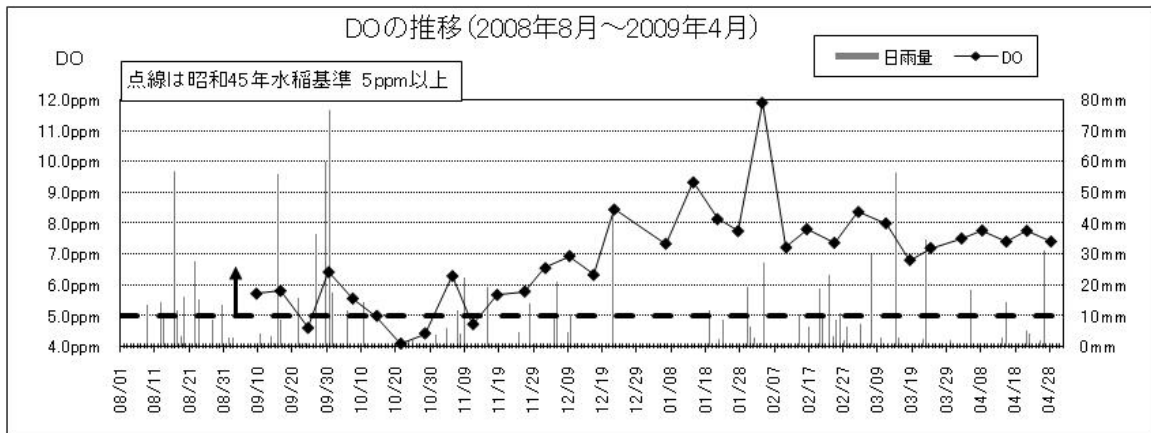
以上のように、貯水槽内の水質については、pHのみが水質基準と比較すると酸性の傾向であったが、土壌の緩衝作用によりpHの急激な変動が抑えられること⁴⁾、トマトの土壌pHに対する適応範囲は5.2~6.7で、耐酸性に対してやや強い作物であること⁵⁾から、貯水槽の雨水をトマトの灌水として利用しても支障はないことがわかった。



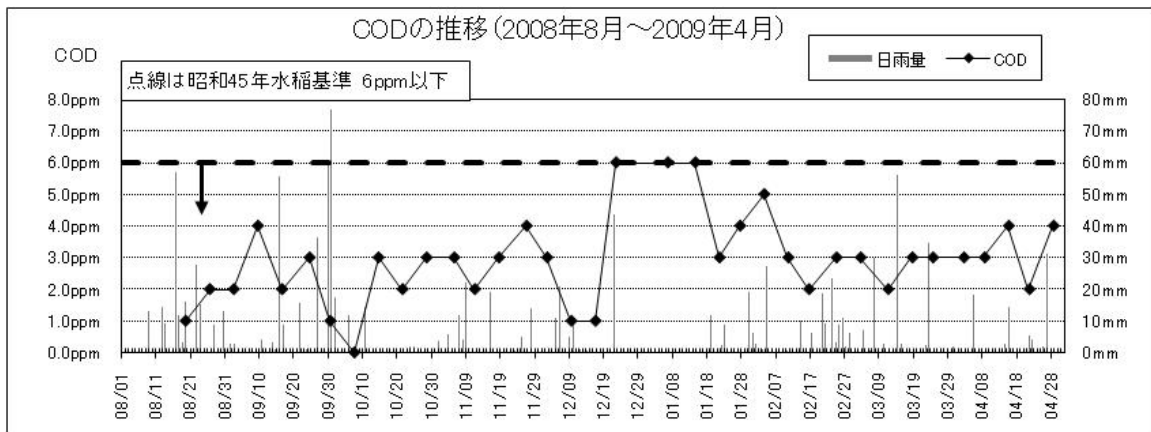
第4図 貯水槽内のpHの推移



第5図 貯水槽内のECの推移



第6図 貯水槽内のDOの推移

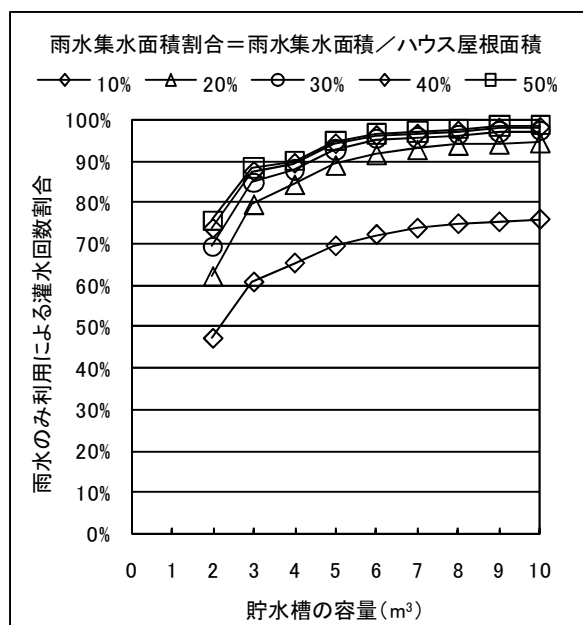


第7図 貯水槽内のCODの推移

2 貯水槽規模決定のシミュレーション

雨水集水面積割合、貯水槽容量と雨水のみを利用する灌水回数割合との関係を第8図に示した。雨水集水面積割合または貯水槽容量と雨水のみを利用する灌水回数割合の関係は、いずれも飽和型の曲線となった。このことは雨水集水面積割合が高くなるほど、貯水槽容量が大きくなるほど、灌水割合の増加に与える効果が小さいことを示している。今回、シミュレーションの対象とした抑制ミニトマトの場合、集水面積割合を30%とし、貯水量の容量を4.5m³/10aとすることで、90%の灌水を雨水のみで賄うこと期待できることが明らかとなった。

ただし、第5図は1989年～2008年の平均であり、灌水割合には年次差が認められる。集水面積割合30%、貯水量容量4.5m³/10aで各年の灌水回数割合を試算すると、雨量の少ない最低の年で79%となり、平均の結果と比較して約10%灌水回数割合が低くなった。灌水を安定的に賄える安全側の貯水槽規模を決定するためには、最も灌水回数割合が低かった年の結果をもとに貯水槽規模を検討する必要がある。



第8図 シミュレーション結果 (ハウス面積10a)

3 現地ハウスにおける貯水槽の運用試験

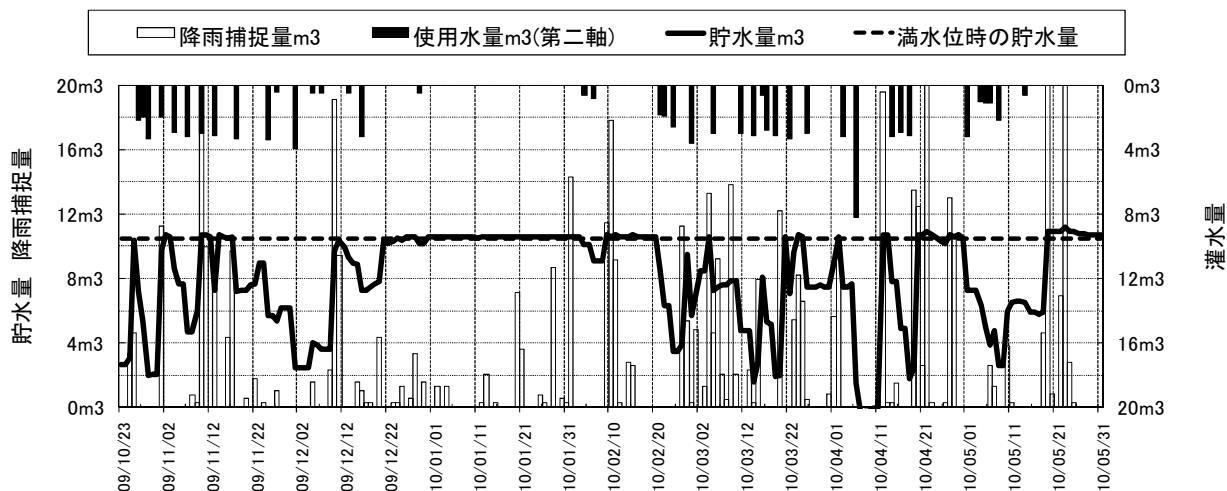
貯水槽を設置した現地ハウスにおける貯水量、灌水量、降雨量の計測結果を第9図に示した。試験ハウスの集水面積割合は25%、貯水槽の容量は4.17m³/10aとシミュレーションで得られた条件よりやや小さい。しかし、4月上旬に貯水量が0になり灌水量が不足したが、それ以外の時期は貯水槽内の雨水で灌水を賄うことが可能であり、シミュレーションの結果が実証できた。

以前の共同井戸等から灌漑用水をトラックで運搬していた場合には、1回の灌水につき1～2tトラックで2往復しており、これにかかる経費は熊本県農業経営指標を参考にして1,065円(ガソリン代と賃金)と試算され、運用期間全体では4万円の経費を節減できたことになる。貯水槽の資材費は第2表に示したとおり24万円で、設置にかかった日数は4人作業で2.5日であった。これより労賃を試算すると7万円になり、貯水槽の設置経費は31万円となる。したがって、貯水槽の設置費用は8年で回収可能である。

以上の結果が示すように、貯水槽の雨水はトマトの生育に影響がなく、シミュレーションによって得られた集水面積割合と貯水槽の容量は、雨水のみを利用した灌水回数割合が90%以上となり、目標値を達成できることが明らかとなった。今回開発したシミュレーションは、灌水条件や降雨条件を変えること可能である。したがって、様々な原因で用水の確保が困難な他地域、他の施設野菜への利用が期待できる。

IV 引用文献

- 1) 平成18年度宇城地区単県農業農村整備調査計画第1号業務委託報告書, pp.53-55, 宇城地域振興局農地整課, 2007.
- 2) 農業土木学会編: 農業土木ハンドブック (本篇), pp.182-183, (社)農業土木学会, 東京, 2000.
- 3) 農業土木学会編: 農業土木ハンドブック (基礎編), pp.130, (社)農業土木学会, 東京, 2000.
- 4) 川口桂三郎他: 土壌学, pp.109-110, 朝倉書店, 東京, 1979.
- 5) 野菜園芸大辞典編集委員会: 野菜園芸大辞典, pp.881, 養賢堂, 東京, 1977.



第9図 運用期間中の貯水量、灌水量、降雨量の計測結果

Summary

Simulation model to decide the scale of water tank for make use of rainwater in a range of greenhouses

Tomohiro MAKIHIRA, Sadahiro NORITA and Yasuo ISHIGORI

In a part of the coast of Kumamoto prefecture, the progress of salt water intrusion into irrigative groundwater that used for protected horticulture cause shortage of irrigation, that is serious problem to farmer, so we examined the water balance simulation model that decide the scale of water tank to store up rainwater that fall on a range of greenhouses for use to irrigation. On the simulation for controlled cherry tomato in a part of the coast, in case of 10a greenhouse that have 20% area of gathering rainwater in that roof, the result was that 5m³ scale of water tank is needful to supply 90% irrigation by rainwater only. Found on this result, we made 10m³ scale of water tank in 24a cherry tomato greenhouse and put on practice, water tank could supply 90% or more irrigation, we certified that this simulation model is effective method to decide the scale of water tank.