

サトイモの湛水栽培に関する研究

池 澤 和 広

2015

サトイモの湛水栽培に関する研究

Study on Flooded Cultivation of Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

池澤和広

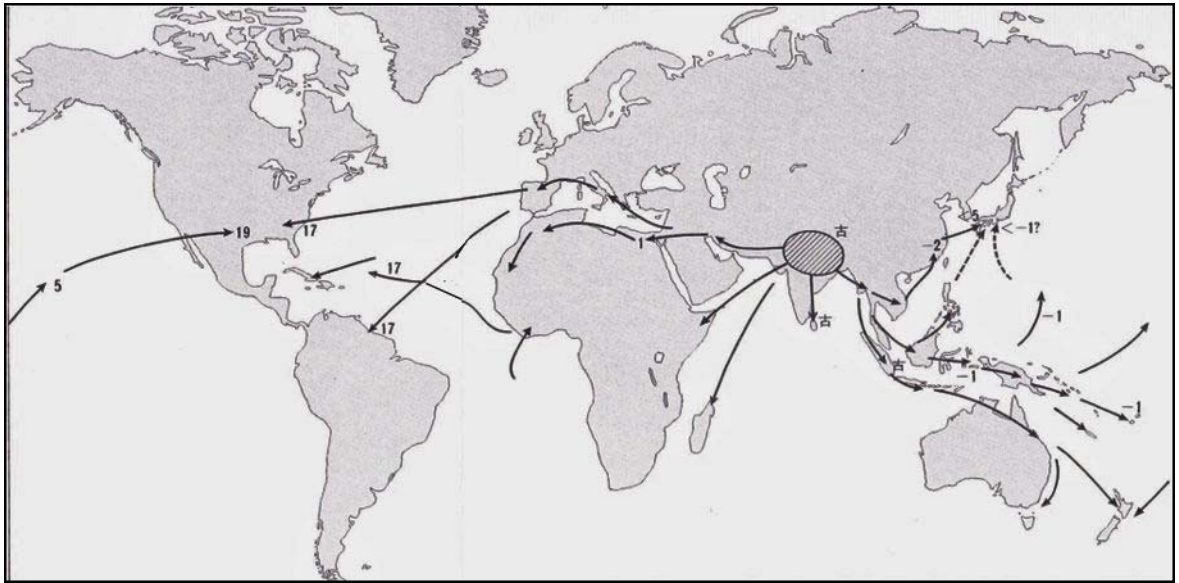
目次

緒言	1
第1章 湛水処理がサトイモの生育と収量に及ぼす影響	16
第1節 湛水処理がサトイモの生育に及ぼす影響	16
第2節 湛水処理がサトイモの収量に及ぼす影響	33
第2章 湛水処理がサトイモの光合成に及ぼす影響	62
第1節 湛水処理が光合成速度，気孔コンダクタンス，蒸散速度 および葉肉コンダクタンスに及ぼす影響	62
第2節 湛水処理が気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度に及ぼ す影響	74
第3節 湛水処理が葉温に及ぼす影響	81
第4節 湛水処理が SPAD 値に及ぼす影響	91
総合考察	96
要約	109
謝辞	112
引用文献	115
Summary	124

緒 言

単子葉類サトイモ科サトイモ属の植物のうち，食用に栽培されている栽培種をタロイモと総称する．タロイモはインド，アッサムまたはマレーシアなどアジアの熱帯地域が原産とされている．インド東部から東南アジア大陸部の熱帯森林地域から民族の移動とともに中国南部や環太平洋地域，オセアニア地域，熱帯アフリカ，地中海地域，さらに，新大陸発見後にアメリカ大陸へ伝播していったと推察される（第1図；飛高，1974；星川，1992，2001；小西，2008）．

このタロイモはヤムイモ，サツマイモ，ジャガイモ，キャッサバと同じように世界で広く栽培されているイモ型作物の一つである．これらのイモ型栽培作物は，栽培面積当たりの生産カロリーが穀物やマメ類より高く，主食としての価値も非常に高い．タロイモは約一万年前に始まったとされる農耕の起源に深く関わったと考えられる．その栽培の歴史はイネよりも古く，狩猟採集時代からヒトにとって重要な食用資源として知られ，アッサム，ミャンマーの



第 1 図 タロイモ（サトイモを含む）の伝播

（星川，1992．改訂 栽培植物の起源と
伝播．p118,119）

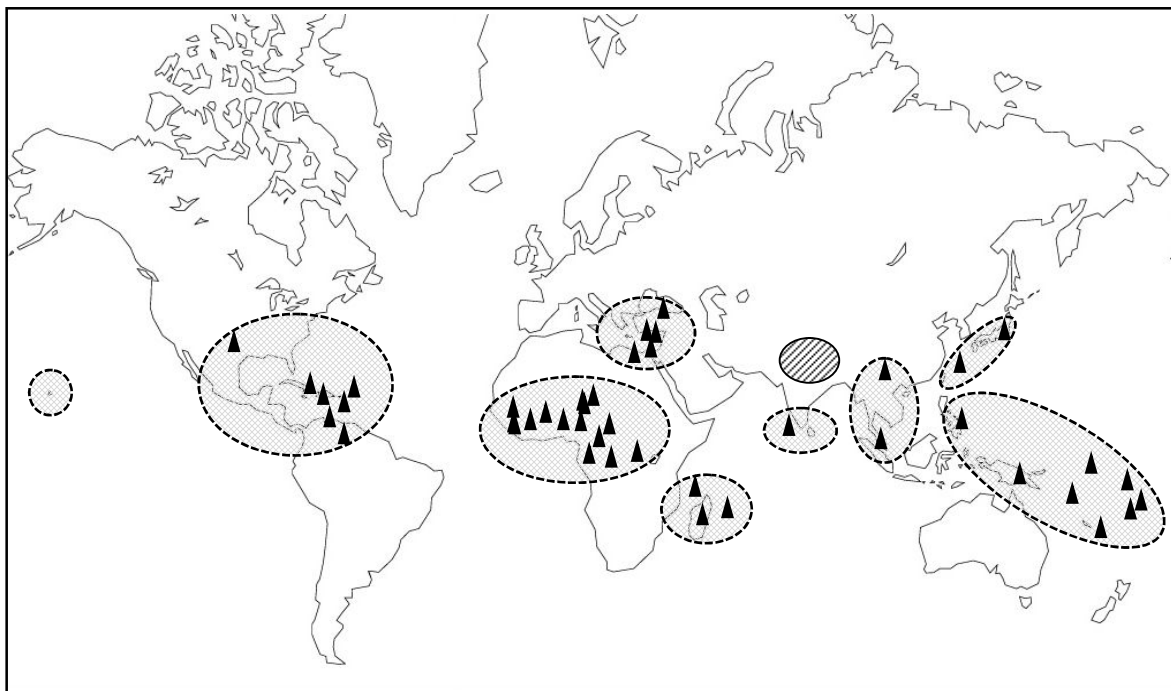
図中の文字および数字は伝播時期を示す

-1～19：世紀

古：紀元前1世紀以前の古代

山岳地帯で栽培化され，東南アジアからオセアニアに伝播する過程のマレー半島の山岳地帯で大きな遺伝変化が起こり，その後，熱帯圏を中心に根栽農耕文化を発展させたと考えられている（小西，2008；吉野，2003）．

現在，タロイモは，日本，中国，東南アジア，オセアニア，環太平洋諸国，インド，スリランカ，地中海地域，アフリカ，アメリカ大陸，西インド諸島などの熱帯や温帯地域などで広く栽培されている（第2図）．これらの地域で広く栽培されている品種は，古い時代に原産地やその周辺で自然交雑や突然品種などによって発生したものである．このようにして多種多様な品種が生まれ，食用に適したものが選抜され栽培利用されてきたものが今日に至ったと考えられる．品種に関する記録は古く，中国では「史記」（B.C.100～200），および「齊民要術」（A.D.560年頃）には15品種が記載されている．そこには多くの親芋用品種や子芋用品種が類別され，現在，日本で栽培されている‘唐芋’や‘八つ頭’などの品種名もあり，すでにこの時代にこれらの品種が存在し



第 2 図 タロイモ（サトイモを含む）の栽培地域
と生産上位国

●（斜線）：タロイモの原産地

○（点線）：現在のタロイモ栽培地域

▲：世界第 1～48 位のタロイモ生産国

（FAOSTAT，2012；小西，2008；Onwueme，1996）

ていたことを示している（熊沢ら，1956；飛高，1974；星川，1992，2001；小西，2008；佐藤ら，1988a）．

日本への伝播はイネより早く，縄文時代ではないかと考えられているが，その時期や経路は明らかでない（飛高，1974；星川，1992，2001；池橋，2005；佐藤ら，1988a）．佐々木（1971）は，サトイモを含めた焼畑輪作農耕が行われていたこと，アジア太平洋地域のサトイモ文化が稲作文化に推移していく様子から推察して，縄文時代には既にサトイモを含む原始的な焼畑農耕が存在し，弥生時代の稲作の受け皿となっていたのではないかと指摘している．現在，温泉地などに自生する‘弘法芋’は，縄文時代中期に半栽培の原始型のサトイモが渡来し，各地に広がったものの残存といわれている（佐藤ら，1988a）．一方，伝播経路に関する最近の研究によると日本への伝播には，中国大陸からの経路と，台湾と琉球諸島を経由した経路の2つの異なる経路が関与していると考えられている．まず，一つ目として，‘えぐ芋’や‘土垂’などの品種群のほとんどが中国大陸から直接導入され，そして，日本の山地部に根をお

ろした．二つ目として，赤芽群などは東南アジア島嶼部から台湾や琉球諸島を伝わって日本列島の太平洋沿岸部に到来したと考えられる（Matsuda・Nawata, 1999；松田，2003；吉野；2003）．また，サトイモに関する我が国最古の記録は「風土記」にみられ，出雲国では数か所でサトイモ（芋，芋菜）が認められており，豊後国では白い鳥が餅に変わり，その餅が沢山のサトイモ（芋草）の株となり，葉や花をつけて冬でも繁茂したと記されている．さらに，「万葉集」には，「蓮葉はかくこそあるもの，意吉麻呂が家なるものは宇毛の葉にあらし」と詠まれている（宮崎・田代，1992；佐々木，1983）．

一方で，現在の日本で主要なイモ類とされるジャガイモとサツマイモは，日本への伝来が比較的新しく，それぞれ1601年，1597年でほぼ同時期である．しかし，サトイモは「万葉集」にその名が見られること，十五夜や正月にサトイモを供える文化が日本各地に点在することなどから，稲作が定着する以前の縄文時代から，ジャガイモやサツマイモが伝来する近世に至るまで，主食に近い重要な食糧の一つで

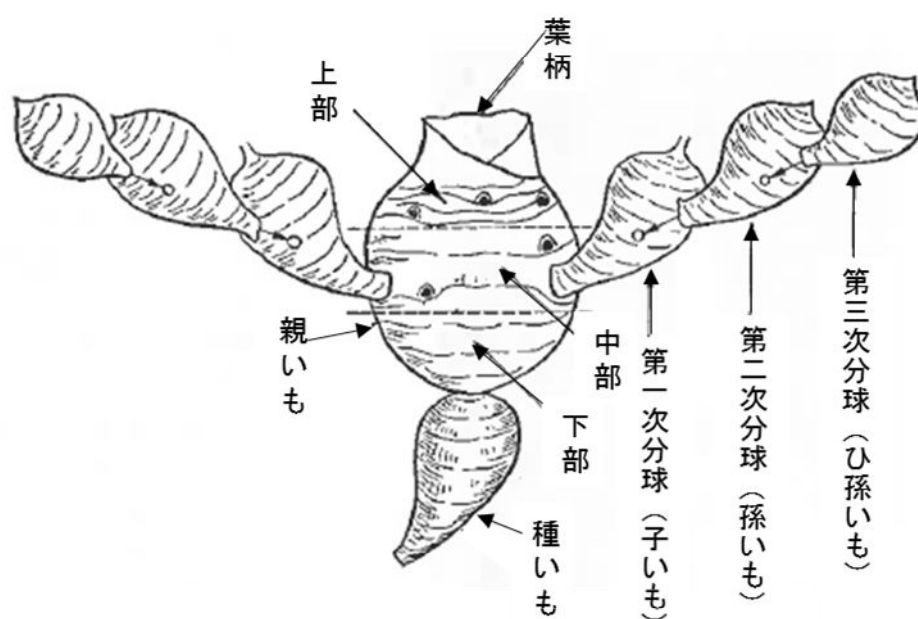
あったのではないかと考えられる（星川，1992，2001；佐々木，1971）。

日本で栽培されているサトイモはタロイモの一種であり，最も北方で栽培されている品種群である．熊沢ら（1956）は，日本各地に自家用に細々と栽培されて雑多な名前と呼ばれていた同名異種，異名同種の品種が多数あったことから形態的特性によって，15品種群，35代表品種に分類した（第1表）．それぞれの品種群は‘八つ頭’群，‘土垂’群などと，その代表的な品種の名が冠されており，日本産サトイモ分類の標準となっている．また，サトイモには2種類の倍数体が確認されており，親芋を利用するタイプには二倍体，子芋を利用するタイプには三倍体が多くなっている．分球芋は，種芋の頂芽が伸長してその基部が肥大して親芋となり，親芋から子芋，子芋から孫芋，孫芋からひ孫芋が着生する（第3図）．利用上からサトイモは4つのタイプに分けられる．親芋，子芋とも食用にするが親芋量が多いものを「親芋用種」，親芋，分球芋を食用にする

第1表 サトイモの品種分類

品種群	代表品種	染色体数	同種異名または類似品種植物学上の位置利用部	植物学上の位置	利用部
えぐ芋	えぐ芋	3n	えぐ芋, 稲橋在来, 出雲塩治, とべ芋, 河ずいき, 河内芋, 紀州芋, 島芋, 美作芋, 京都2号, 栗芋, 太芋, 振草, 天王, 団子芋, 盆芋, 青芋, 小鳥, 奉化芋(上海)	<i>C. antiquorum</i> <i>var. typica</i>	分球イモ
沖縄青茎	沖縄青茎	2n	沖縄青茎		なし
蓮葉芋	早生蓮葉芋 中生蓮葉芋	3n "	蓮葉芋, 蓮芋, 衣被, 石川早生, 水芋, 草深芋, 八幡芋, 静岡早生, 女早生, 文化芋, 彌市芋, 黄芋, 遠州, 笹倉, 白芋, 大土垂, 新郷土垂, 安行水芋, 蓮芋奉化種B(中国), 台湾白 日田1号	<i>var. nymphaeifolia?</i>	分球イモ
石川早生	石川早生丸 石川早生長	" "	石川早生, 甲州早生, 文久早生, 白茎京芋, 京芋13, 鈴芋, 渋川, 襟掛芋, 愛媛早生, 丸子芋, 栗田, 深芋, 高座芋, 浅木, 日田早生, 熊野早生 親責, 鶴の子, 八幡芋, 富岡早生, 高座早生, 京早生3号, 在来晩生, 神玉, 東京早生, 早生1本	<i>var. globulifera</i>	"
土垂,	早生丸土垂 早生長土垂 中生丸土垂 中生長土垂 晩生長土垂	" " " " "	六月芋, 広島芋, 土垂, 早生芋, 寒残り, 大和, 井桁早生, 愛知早生, 白鳥, 早生丸, ジラ, 北京A114(中国), ビヤナン社, コマイカル(台湾), 早生真芋, 豊後 蓮葉芋, 伝燈寺, 親責, 赤山芋, 大阪泉南種, 南京A(中国), シカミ芋(台湾), 鉄砲芋, 吉野芋, 早生芋 早生土垂, 京都早生, 小姫, 六月芋, 白芋, 白早生芋, 白茎早生, 熊野, 中生土垂, 二宮18号, 文山郡ラハウ社(台湾) 八重蔵, 土垂, 能高郡バーラン社(台湾), 北京 206(中国), 三州, 御厨, 坂本在来, 鶴の子, 高雄1号(台湾), 上海13(中国), 奉化種(中国) 三保早生, 白芽早生, 白芋晩生, チャマサイ(台湾), ガオガン蕃社(台湾), 台湾土垂(台湾), 与五郎芋, 上座芋, 中生真芋, 丹蕃, 群蕃, 南湊キテヌ社, 東勢郡雲山杭社(台湾)	"	"
黒軸	黒軸 水戸黒柄 烏播 大湖芋	" " " "	黒軸, 早生赤芋, 赤稗, 赤ずいき, 朝鮮(朝鮮) 水戸黒柄 烏播(台湾) 大湖蕃マバトワン社, 大湖郡北勢蕃, マビルハ社(台湾)	<i>var. globulifera</i>	"
赤芽	赤芽 大吉 白茎赤芽 青茎赤芽 黒茎赤芽	" " " " "	赤芽, 鬼赤, 大野芋, 都芋, 沖縄芋 大吉(セレベス) 赤芽系3 パンガミーロー(台湾) 黒茎赤芽(屋久島)	<i>var. esculenta</i>	親イモ 分球イモ
薑芋	薑芋	"	薑芋	"	"
檳榔芯	檳榔芯 旗山芋 紅檳榔芯	2n " "	檳榔芯(台湾) 旗山郡マスホフル社, 旗山郡リキリキ社(台湾) 紅檳榔芯(台湾)	"	" なし
唐芋	唐芋 真芋 女芋 大頭	" " " "	唐芋, 海老芋, 樋口, 猿芋, ぼどう芋, 麵芋, 高雄2号(台湾), 山形田芋の芽条変異, 吉浜芋の芽条変異 真芋 白茎海老芋, 吉浜芋, 山形田芋 白頭, 大頭	"	親イモ 分球イモ
八つ頭	八つ頭 白茎八つ頭	" "	八つ頭 白茎八つ頭	"	"
みがしき	みがしき ロフト蕃	" "	みがしき ロフト蕃(台湾)	"	分球イモ 葉柄
溝芋	溝芋 赤口	" "		"	分球イモ 葉柄
筍芋	筍芋	"	台湾芋	"	親イモ 分球イモ
蓮芋	蓮芋	"	蓮芋	<i>C. gigantea</i>	葉柄

(飛高1974, 熊沢ら1956)



第 3 図 サトイモの分球模式図

(飛 高 , 1974. 農 業 技 術 体 系
 一 野 菜 編 10. 農 山 漁 村 文
 化 協 会 . p 基 5)

ものを「親子兼用種」，分球芋を食用にするものを「子芋用種」，主として葉柄を食用にするものを「葉柄種」として分類されている．その中で現在，‘大吉’，‘石川早生’，‘土垂’などが全国的に広く栽培されている．

全国のサトイモの作付面積は 13,400 ha，出荷量は 109 千 t である．最も多く栽培されているのは千葉県で 1,720 ha，第 2 位が宮崎県で 1,260 ha，第 3 位が鹿児島県で 843 ha となっている．収穫量では，宮崎県が 25,900 t，鹿児島県が 11,500 t で合わせて 37,400 t と全国収穫量の 22% を占め，この南九州地域は，全国屈指のサトイモ生産地となっている（農林水産省，2012）．

サトイモ栽培における最大の課題は連作障害による球茎品質と収量の低下である．サトイモは連作障害が起こりやすい作物（宮路ら，1976）で，その主因はミナミネグサレセンチュウである（小芦，1973；松本ら，1975；鳥越，2008）．そこで，センチュウ防除対策について多くの研究がなされ，鳥越（2008）は，畑地ではセンチュウ対抗植物のギニアグラスと

ラッカセイ，または，サツマイモとラッカセイの 2 つの作物を組み入れた 3 年輪作が有効であると報告している．一方，水田では湛水処理によりこれらのセンチュウを防除することができ，田畑輪換が有効であるとし，稲の 2 作後に畑地に転換しサトイモを 1 作栽培する田畑輪換体系が確立された（稲垣，1971；岩堀・上杉，2013；三善ら，1971）．しかしながら，これらの栽培法では，畑地，水田ともに，3 年に 1 作しかサトイモは栽培できない．また，水田では野菜栽培の跡作に土壌養分が残存することから，水稻の倒伏，品質の低下を招く可能性があるとの指摘もある（九州農業成果情報，2000）．さらに，コガネムシの被害やカルシウム欠乏による芽つぶれ症などの発生は依然として散見される（野々山・池田，1986）．

タロイモを生育させるにはいろいろな栽培法がある．畑地栽培の他に，台湾，東南アジア，インドネシア，オセアニアなど太平洋諸島および南西諸島では，水田で水稻と同様に湛水状態でサトイモが栽培されている（第 4 図）．このように湛水栽培されて



第 4 図 タロイモの湛水による栽培地域

● : タロイモの原産地

○ : 湛水による栽培地域

(小 西 , 2008 ; Deenik ら , 2013)

いる品種は，南西諸島では‘田芋’，台湾では‘ソーリ’，‘檳榔芯’，‘アラルン’，ミニシブル’などのような水田専用品種であり，畑地栽培用品種とは区別して栽培されている（黄ら，1991；小西2008）．その他，九州の一部，伊豆の八丈島，山形など湛水栽培が行われている（佐々木，1983；青葉，1953）．この栽培法によって生産された水田専用品種の球茎には，芽つぶれ症，裂開症などの障害が発生するとの報告は見当たらない．畑地栽培用品種が湛水栽培できると，これらの生理障害は解決できる可能性が高い．台湾ではセンチウによる被害がないことから連作が行われている．また，湛水栽培での収量が畑地に比べて50％増収し，面積拡大に伴う生産量の増加に大きな成果を収めている（黄ら，1991）．畑地栽培用品種が湛水栽培できると，収量性の向上が期待できる．

また，鹿児島県の水田面積36.3千haのうち，水稲は25.4千ha，野菜，飼料作物，そばおよび麦等の転作作物は4.5千haで，残りの6.4千haは耕作放棄水田等となっている（鹿児島県農政部，2013）．この耕

作放棄地化の主な発生要因は、第一に高齢化や担い手不足、第二に農地の不利条件が考えられる。本課題は全国的な問題でもあり、今後も耕作放棄地化は増加すると予想される（倪，2003）。水田には多面的機能があり、雨水を一時的に貯留し、時間をかけて下流に流す流量調整や地下水のかん養など、森林と同じように様々な有益な機能を要している（小林，2014）。しかしながら、水田面積の減少などにより、地下へ浸透する雨水量が減少し、地下水位の低下や湧水の枯渇、平常時の河川流量の減少などの現象も報告されている（下水道政策研究委員会，2007；ティ・高橋，2011）。このようなことから、水田を活用したサトイモの湛水栽培が可能となれば、水田の多面的機能の維持につながりその意義は大きい。

そこで、本研究では、一般栽培品種について湛水処理が生育、収量に及ぼす影響を検討するとともに、湛水条件下で収量構成要因の一つである光合成能力について解明し、サトイモにおける新たな湛水栽培技術の確立について検討した。

本論文の内容は以下のとおりである．

第1章では，ポット栽培で湛水状態を再現して試験を行い，通常畑地栽培されるサトイモ品種の中から親子兼用種で晩生タイプの‘大吉’および子芋用種で中生タイプの‘大和’と‘えぐ芋’ならびに早生タイプの‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’における湛水処理が生育と収量に及ぼす影響について，水田栽培用品種の‘田芋’と比較して検討した．第2章では，第1章で明らかとなった湛水処理による増収要因を解明するために，畑地栽培と湛水栽培での，光合成速度，気孔コンダクタンス，蒸散速度，葉温，クロロフィル含量，気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度の違いについて検討した．

第 1 章 湛水処理がサトイモの生育と収量に及ぼす影響

第 1 節 湛水処理がサトイモの生育に及ぼす影響

1.1.1. 緒言

サトイモ栽培の最大の課題は連作障害による品質と収量の低下である。現在，水田では稲の2作後に畑地に転換しサトイモを1作栽培する田畑輪換が行われている（稲垣，1971；岩堀・上杉，2013；三善ら，1971）。しかしながら，サトイモは3年に1作しか栽培できないこと，サトイモ後作の水稻が倒伏しやすいこと，さらに，サトイモ球茎におけるコガネムシの被害やカルシウム欠乏による芽つぶれ症などの発生は依然として散見されるなど，まだ課題が残されている。

日本で栽培されているサトイモは15品種群，35代表品種に分類され（熊沢ら，1956），その中で現在，‘大吉’，‘石川早生’，‘土垂’などが全国的に

広く栽培されており，これらの品種は畑地状態で栽培するのが一般的である．一方，南西諸島では‘田芋’，台湾では‘ソーリ’や‘檳榔苳’が水稻と同様に湛水状態で栽培されており（黄ら，1991；小西，2008），この湛水栽培では芽つぶれ症，裂開症などの障害が発生するとの報告はない．そこで，ポット栽培で湛水状態を再現して試験を行い，通常畑地栽培されるサトイモ品種の‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’における湛水処理が生育に及ぼす影響について，水田栽培用品種で親芋用種の‘田芋’を対照に検討した．

1.1.2. 材料および方法

鹿児島県農業開発総合センター大隅支場に保存されているサトイモの品種の中から，‘田芋’（沖永良部島から導入），‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’を供試した．まず，1年目の2011年には‘田芋’と‘大吉’の2品種で研究を開始し，大隅支場（以下，2011年大隅）と鹿児島大学農学部（以下，2011年鹿児島）の各ガ

ラス室で実験を行った．2年目からは，‘田芋’，‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’を供試し，2012年，2013年および2014年に鹿児島大学農学部（以下，2012年鹿児島，2013年鹿児島および2014年鹿児島）のガラス室で実験を行った．18 Lの厚層多腐植質黒ボク土壌に対して牛ふん堆肥を0.5 kg，苦土石灰を25 g，BB555（ $N:P_2O_5:K_2O=15:15:15\%$ ，全農）を33 g混和し，これらを1/1200 a ポリポット（内径32.5 cm，高さ（内寸）26.5 cm）に充填した．いずれの品種も30～40 gの健全な種芋をポット当たり1個植え付けた．2011年大隅では4月12日に‘大吉’，5月10日に‘田芋’，2011年鹿児島では4月10日に‘大吉’，4月22日に‘田芋’を植え付けた．同様に，2012年鹿児島では4月14日に‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’，5月17日に‘田芋’，2013年鹿児島では4月20日に全品種，2014年鹿児島では4月18日に全品種を植え付けた．湛水処理は葉身が2～3枚出葉した時期に開始した．すなわち，2011年大隅は6月

1 日（‘田芋’は植え付け後 22 日目，‘大吉’は 50 日目），2011 年鹿児島は 6 月 3 日（‘田芋’は植え付け後 43 日目，‘大吉’は 55 日目），2012 年鹿児島は 6 月 9 日（‘田芋’は植え付け後 23 日目，他 5 品種は 56 日目），2013 年鹿児島は 5 月 29 日（植え付け後 39 日目），2014 年鹿児島は 6 月 11 日（植え付け後 54 日目）に，それぞれ湛水処理を開始した．

湛水処理方法は，鹿児島県農業開発総合センター大隅支場では毎日給水することとし，ポリポット内の土壌表面から 5 cm 以上湛水している状態を保つよう 1 日当たり 1 回給水した．鹿児島大学農学部では点滴かん水ノズル（EY8401，Panasonic）を設置し常時掛け流しとし，これらを湛水区とした．一方，畑地区はポリポットの側面下部に直径 3 cm の穴を 1 か所開け，地表面から 10 cm 位置のテンシオメータ（DIK-8383，大紀理化工業）の pF 値が 2011 年と 2012 年は 1.7～2.2，2013 年と 2014 年は 1.7～2.0 を保つように 1 回当たり 2 L ずつ適宜灌水した．本条件下ではポットからの排水はほとんど認められなかった．すべての実験でポリポットは 80 cm 間隔に置き，2011

年は各区3株，それ以外は各区5株で実験を行った．
なお，ガラス室では，天窓と側窓が，気温30℃以上で自動的に開き，30℃未満で自動的に閉まるように設定した．

1.1.2.1. 地温の測定

2013年鹿児島において，湛水処理開始後の地表下10cm位置の地温をデータロガ温度記録計（SK-L200T，SATO）を用い，1時間おきに測定した．

1.1.2.2. 葉柄長の測定

2011年大隅は湛水処理開始後44日目（7月15日）と70日目（8月10日）に，2011年鹿児島は湛水処理開始後21日目（6月24日）と119日目（9月30日）に，2012年鹿児島は湛水処理開始後21日目（6月30日）と123日目（10月10日）に，2013年鹿児島は湛水処理開始後30日目（6月28日）と80日目（8月17日）に最大葉柄長を測定した．

1.1.2.3. 葉身の長さの測定

2011年大隅は湛水処理開始後44日目(7月15日)に, 2011年鹿児島は湛水処理開始後21日目(6月24日)と119日目(9月30日)に, 最大葉の葉身長を測定した.

1.1.2.4. 葉面積の測定

2012年鹿児島は湛水処理開始後123日目(10月10日)に, 2014年鹿児島は湛水処理開始後114日目(10月3日)に最大葉身をデジタルカメラで撮影し, ImageJ 1.36b (National Institute of Health, USA) を用いて葉面積を求めた.

1.1.3. 結 果

1.1.3.1. 湛水処理が地温に及ぼす影響

湛水処理後から9月中旬までの地温の推移を第1-1-1, 2表に示した. 湛水処理開始後の5月6半旬から9月3半旬までの平均地温は, 畑地区と湛水区の最高温度で28.1℃, 26.7℃, 最低温度で25.2℃, 24.4℃, 平均温度で26.6℃, 25.5℃となり, 湛水処

第1-1-1表 湛水处理後の地温の推移（2013年鹿児島，半旬別）

月・半旬	地温（℃）						温度差（a-b）		
	畑地（a）			湛水（b）					
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
5.6	27.6	24.1	25.8	25.8	23.4	24.6	1.8	0.7	1.2
6.1	25.3	22.0	23.7	23.6	21.4	22.5	1.7	0.5	1.1
2	25.5	21.6	23.6	23.8	21.3	22.5	1.7	0.4	1.0
3	29.3	24.5	26.9	26.8	23.6	25.2	2.4	0.9	1.7
4	30.4	25.8	28.1	27.6	24.5	26.1	2.8	1.3	2.0
5	26.6	24.4	25.5	25.4	23.9	24.6	1.3	0.5	0.9
6	24.9	22.8	23.9	24.3	22.8	23.5	0.7	0.0	0.3
7.1	29.2	25.4	27.3	27.6	24.7	26.2	1.5	0.7	1.1
2	32.1	27.5	29.8	29.1	26.0	27.5	3.0	1.5	2.2
3	31.6	27.7	29.6	29.4	26.5	27.9	2.2	1.2	1.7
4	30.9	26.6	28.7	28.7	25.9	27.3	2.1	0.7	1.4
5	30.3	26.9	28.6	28.4	26.1	27.3	2.0	0.8	1.4
6	29.7	27.3	28.5	28.1	26.5	27.3	1.6	0.8	1.2
8.1	29.4	26.9	28.1	27.6	26.1	26.9	1.7	0.8	1.3
2	29.6	26.8	28.2	27.9	26.0	27.0	1.6	0.8	1.2
3	29.9	27.3	28.6	28.6	26.8	27.7	1.3	0.5	0.9
4	29.3	27.5	28.4	28.9	26.5	27.7	0.4	0.9	0.7
5	28.9	27.3	28.1	28.7	26.5	27.6	0.2	0.8	0.5
6	27.5	25.8	26.6	27.0	24.7	25.9	0.5	1.1	0.8
9.1	25.5	24.1	24.8	24.6	22.6	23.6	0.9	1.5	1.2
2	26.1	24.3	25.2	25.7	23.2	24.4	0.4	1.1	0.8
3	26.8	25.4	26.1	26.9	24.5	25.7	-0.1	0.9	0.4

第1-1-2表 湛水处理後の地温の推移（2013年鹿児島，月別）

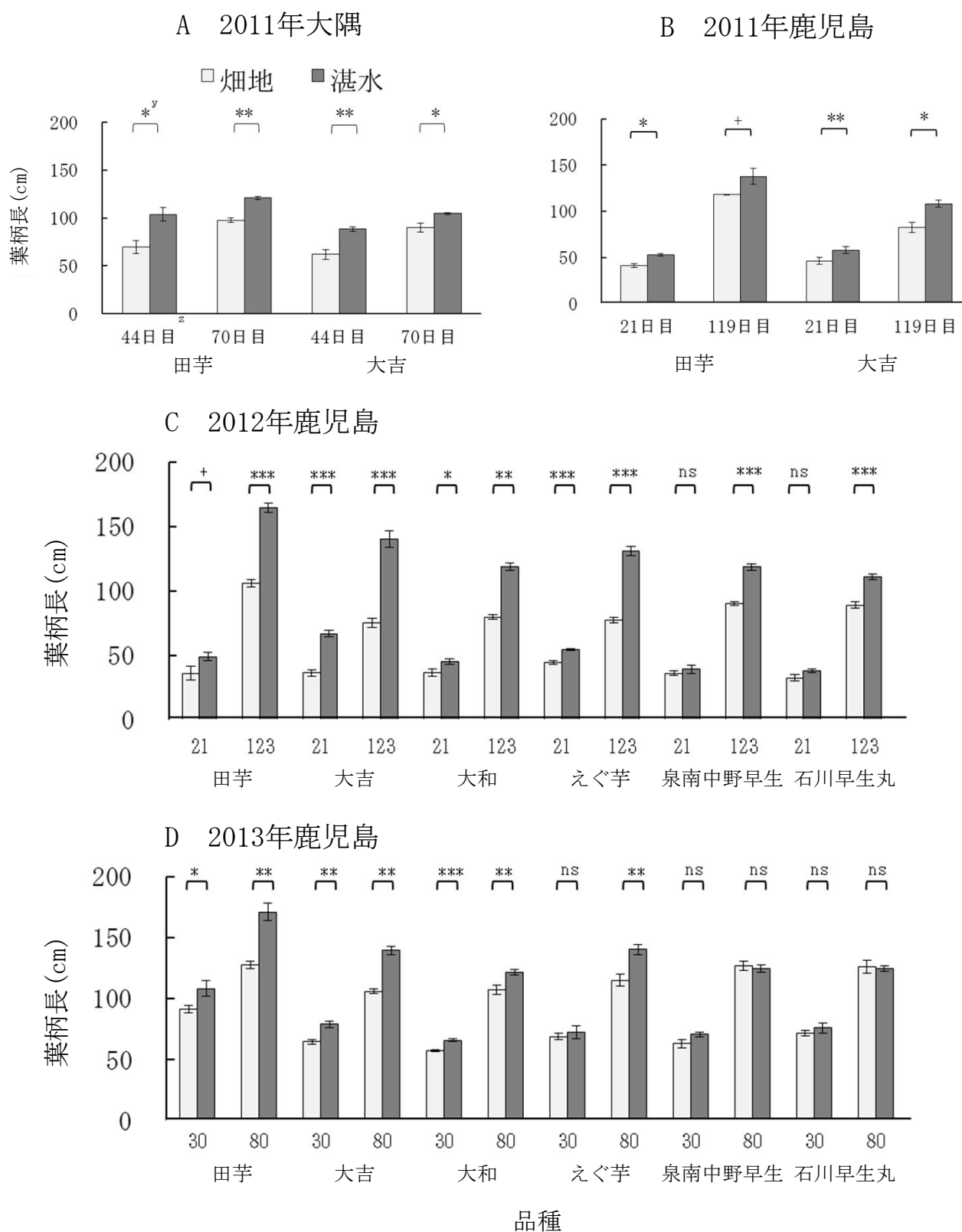
月	地温（℃）						温度差（a-b）		
	畑地（a）			湛水（b）					
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
5月	27.6	24.1	25.8	25.8	23.4	24.6	1.8	0.7	1.2
6月	27.0	23.5	25.3	25.3	22.9	24.1	1.8	0.6	1.2
7月	30.6	26.9	28.8	28.6	26.0	27.3	2.1	0.9	1.5
8月	29.1	26.9	28.0	28.1	26.1	27.1	1.0	0.8	0.9
9月	26.1	24.6	25.4	25.7	23.4	24.6	0.4	1.2	0.8
平均	28.1	25.2	26.6	26.7	24.4	25.5	1.4	0.8	1.1

理により最高温度で 1.4°C , 最低温度で 0.8°C , 平均温度で 1.1°C 低く , 測定した全期間で湛水処理により地温が低下した .

1.1.3.2. 湛水処理が生育に及ぼす影響

1.1.3.2.1. 葉柄長

1 年目の 2011 年における ‘田芋’ と ‘大吉’ の葉柄長を第 1-1-1 図 A, B に示した . 2011 年大隅では , ‘田芋’ の最大葉柄長は湛水処理開始後 44, 70 日目において , 湛水区が畑地区に比べてそれぞれ約 1.5 倍 , 1.2 倍となった (第 1-1-1 図 A) . 同様に , ‘大吉’ も湛水処理開始後 44, 70 日目において , 湛水区の最大葉柄長が畑地区に比べてそれぞれ約 1.4 倍 , 1.2 倍となった . 2011 年鹿児島では , ‘田芋’ で湛水処理開始後 21, 119 日目において , 最大葉柄長は湛水区が畑地区に比べてそれぞれ約 1.3 倍 , 1.2 倍となった (第 1-1-1 図 B) . 同様に , ‘大吉’ も湛水処理開始後 21, 119 日目において , 湛水区の最大葉柄長が畑地区に比べてともに約 1.3 倍となった .



第1-1-1図 湛水処理が最大葉柄長に及ぼす影響

z 湛水処理開始日からの日数 (日目)

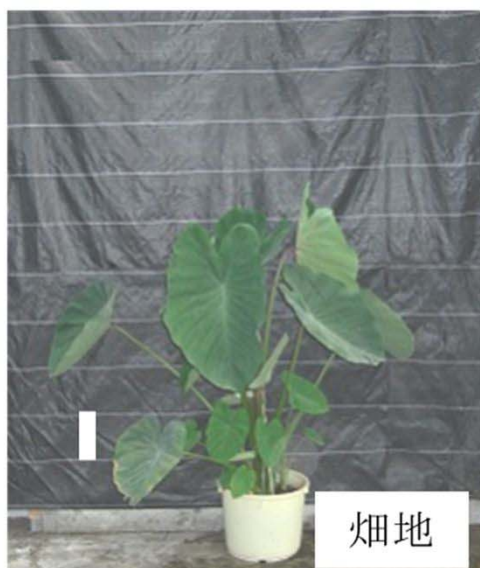
y t検定により, ***, **, *, +は, それぞれそれぞれ0.1%, 1%, 5%, 10%水準で有意差あり, nsは有意差なし

バーは標準誤差 (n=3~5)

田芋



大吉



第1-1-2図 湛水处理開始後112日目の生育（2012年）
2012年9月29日撮影
バーは20cm

すなわち，‘田芋’同様，畑地用栽培品種である‘大吉’も湛水処理により葉柄が伸長した．

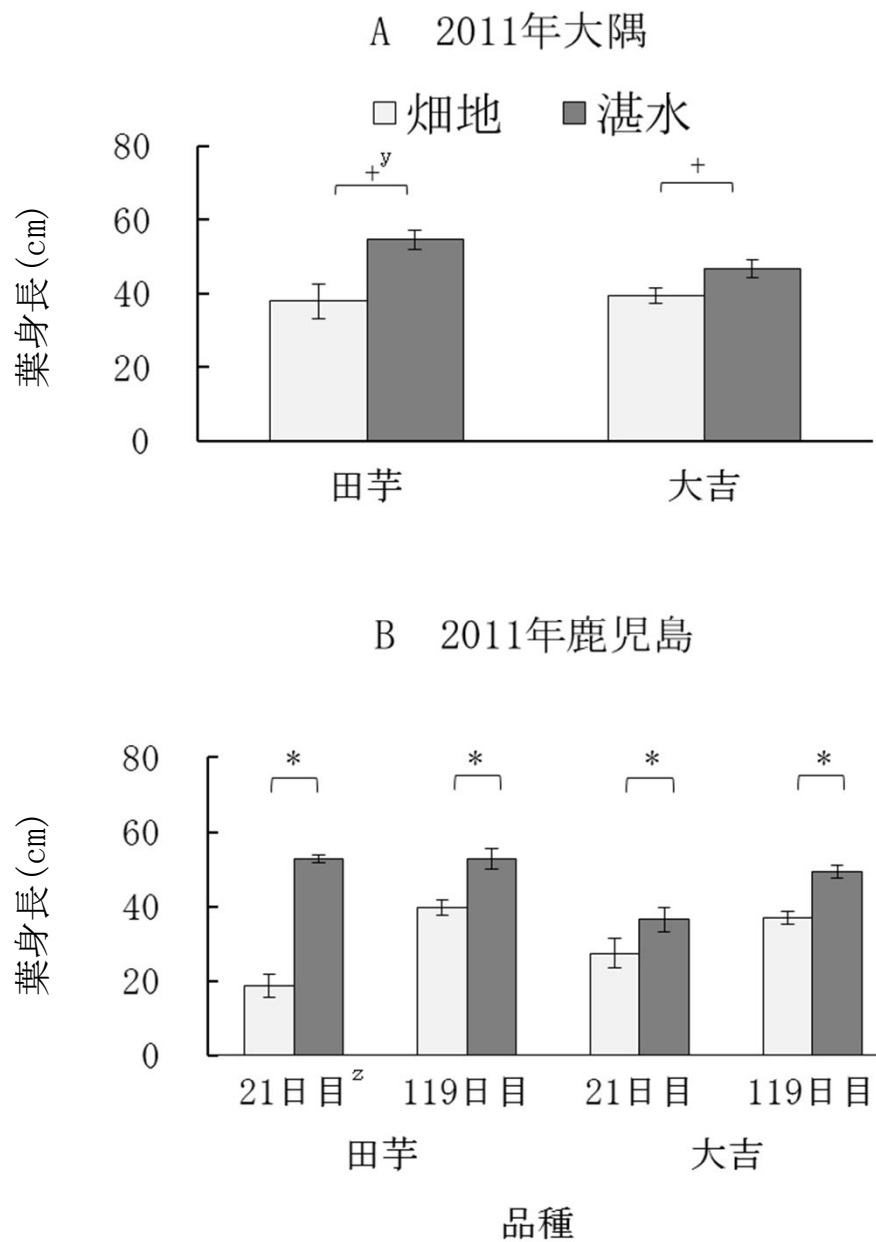
そこで，次に‘大吉’以外の畑地用品種（‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’）についても生育調査を行った．2012年鹿児島では湛水処理後21，123日目，2013年鹿児島では湛水処理後30，80日目の葉柄長を測定した（第1-1-1図C，D）．2012年鹿児島，2013年鹿児島において湛水処理により，‘田芋’では，1.4倍，1.6倍に，‘大吉’ではともに1.9倍に，‘大和’では1.2倍，1.5倍に，‘えぐ芋’では1.2倍，1.6倍に葉柄が伸長した．‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’の両品種は，2012年鹿児島の生育後期（処理後123日目）では葉柄長が1.2～1.3倍に伸長したが，2012年鹿児島の生育初期（処理後21日目）および2013年鹿児島では葉柄長に有意な差はなかった．すなわち，畑地用品種では，‘大吉’同様，‘大和’と‘えぐ芋’も湛水処理により葉柄が伸長した．しかし，‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’は両年の傾向は一致しないが，湛水処理が負の効果を示すことはなかった．

1.1.3.2.2. 葉身長

1年目の2011年における‘田芋’と‘大吉’の最大葉身の葉身長について、第1-1-3図に示した。2011年大隅の葉身長は、湛水処理開始後44日目では湛水区が畑地区に比べて‘田芋’で1.4倍，‘大吉’で1.2倍となった（第1-1-3図A）。2011年鹿児島では湛水処理開始後21日目と119日目において、湛水区が畑地区に比べてそれぞれ‘田芋’で2.8倍，1.3倍，‘大吉’でともに1.3倍となった（第1-1-3図B）。すなわち，‘田芋’同様，畑地栽培用品種である‘大吉’も湛水処理により葉身が伸長した。

1.1.3.2.3. 葉面積

2012年鹿児島で供試した6品種について，最大葉身の葉面積を第1-1-4図Aに，2014年鹿児島で供試した‘大吉’と‘石川早生丸’について，最大葉身の葉面積を第1-1-4図Bに示した。2012年鹿児島の湛水処理開始後123日目における最大葉身の葉面積は，湛水区が畑地区に比べて‘田芋’で1.6倍，‘大吉’で2.0倍，‘大和’で1.2倍，‘えぐ芋’で1.7

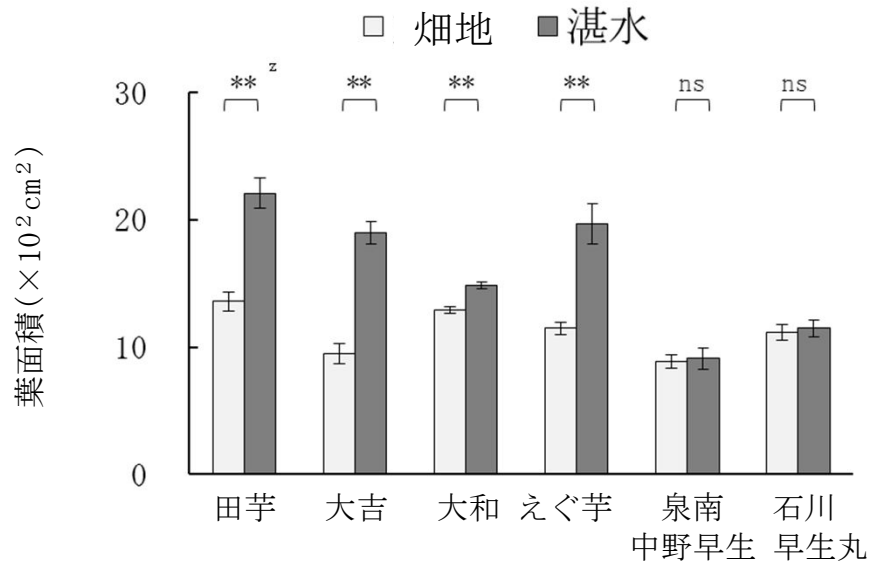


第1-1-3図 湛水処理が最大葉の葉身長に及ぼす影響

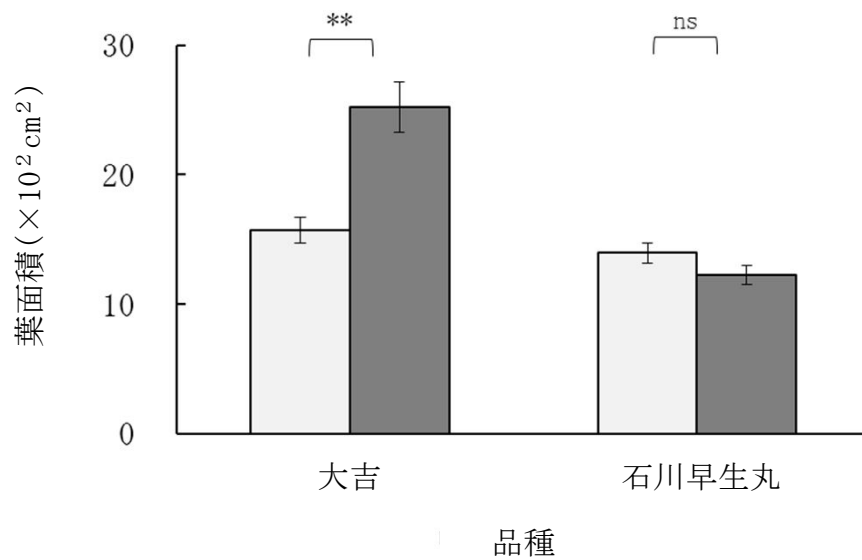
^z 湛水処理開始日からの日数

^y t検定により, *, +は, それぞれ5%, 10%水準で有意差あり, バーは標準誤差(n=3)

A 2012年鹿児島



B 2014年鹿児島



第1-1-4図 湛水处理が最大葉身の葉面積に及ぼす影響

^z t 検定により, **は1%水準で有意差あり, nsは有意差なし
バーは標準誤差 (n=5)

倍に増加した（第 1-1-4 図 A）．一方，‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’では畑地区と湛水区の葉面積は同程度で差が見られず，湛水处理により最大葉身の葉面積の増加には品種間差が見られた．また，2014 年鹿児島では 2012 年鹿児島に差が見られた‘大吉’と，差が見られなかった‘石川早生丸’の両品種の葉面積を再度測定した．湛水处理開始後 114 日目における最大葉身の葉面積は，‘大吉’では湛水区が畑地区に比べて 1.6 倍に増加したものの，‘石川早生丸’は同程度で有意な差はなく（第 1-1-4 図 B），両品種ともに 2012 年鹿児島と同じ傾向を示した．

1.1.4. 考察

畑地で栽培されている‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’について，水田で栽培される親芋用種の‘田芋’と同様に湛水状態で栽培することが可能であるかポット栽培において検討した．

‘田芋’は畑地栽培よりも湛水栽培において葉柄長が長くて（第 1-1-1, 2 図），葉身が大きく（第 1-1-3, 4 図），地上部の生育が優れ，慣行どおり湛水栽培に適した品種であることが確かめられた．一方，慣行では畑地栽培されている品種では，湛水処理開始後約 80～120 日目の葉柄長が‘大吉’で 1.3～1.9 倍，‘大和’で 1.1～1.5 倍，‘えぐ芋’で 1.2～1.6 倍と長くなるなど生育が旺盛となり，収穫期まで正常に生育した（第 1-1-1 図）．一方，‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’は，2012 年鹿児島と 2013 年鹿児島では湛水栽培による葉柄の伸長への影響は異なったが，葉柄長が短くなることはなく，収穫期まで正常に生育した．このように，今回供試した畑地栽培用品種で，湛水栽培による葉柄の伸長に品種間差が見られた．

サトイモは球茎の肥大状況により早生タイプ，中生タイプおよび晩生タイプに分けることができる（飛高，1974）．本実験で供試した品種は，‘大吉’が晩生タイプ，‘大和’と‘えぐ芋’が中生タイプ，‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’が早生タイプで

ある（鈴木，2009）．今回，早生タイプの‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’に比べて，晩生タイプの‘大吉’，中生タイプの‘大和’と‘えぐ芋’は，湛水処理により葉柄の伸長が大きく促進された．また，最大葉身の葉面積も‘大吉’，‘大和’および‘えぐ芋’では湛水処理により1.2～2.0倍に増加したが，‘泉南中野早生’と‘石川早生丸’は変わらなかった（第1-1-3，4図）．このようなことから，早生タイプに比べ，中生タイプ，晩生タイプなど生育後半まで成長するサトイモ品種ほど湛水処理による生育促進効果が大いといと推察され，湛水栽培による葉柄の伸長および葉身の増大効果には品種間差があることが窺えた．

以上のことから，畑地栽培されているサトイモ品種もポット栽培による湛水条件下で生育できることが明らかになり，畑地用品種における水田での湛水栽培の可能性が示唆された．

第 2 節 湛水処理がサトイモの収量に及ぼす影響

1.2.1. 緒言

第 1 節で、通常畑地栽培される‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’における湛水処理が生育に及ぼす影響について検討したところ、畑地栽培されているサトイモ品種も湛水条件下で生育できることがわかった。そこで、湛水処理が収量に及ぼす影響について検討した。

1.2.2. 材料および方法

第 1 節で実施した実験の収穫調査を行った。

2011 年大隅は湛水処理開始後 135 日目（10 月 14 日）に、2011 年鹿児島は湛水処理開始後 175 日目（11 月 25 日）に、2012 年鹿児島は湛水処理開始後 161 日目（11 月 17 日）に、2013 年鹿児島は湛水処理開始後 158 日目（11 月 3 日）に収穫した。調査は、親芋と分球芋の子芋、孫芋および曾孫芋について、それぞれの個数と重量を測定した。また、親芋の肥大

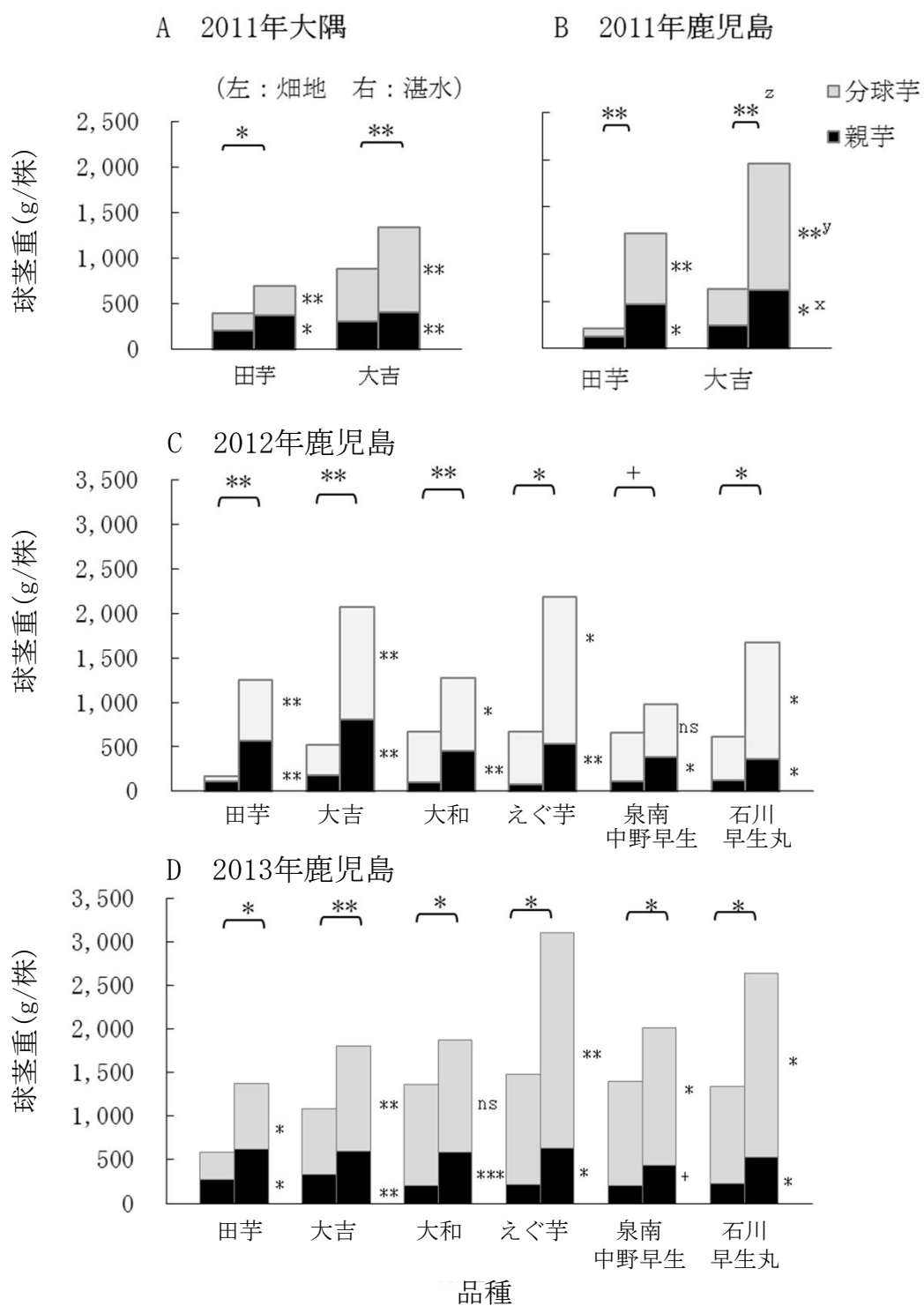
に対する分球芋重の割合（分球の肥大効率）を分球芋と親芋の重量比，つまり，分球芋重／親芋重でそれぞれの個体ごとに求めた（佐藤ら，1988b）．さらに，すべての球茎から根を採取し，乾物重を測定した．

1.2.3. 結果

1.2.3.1. 湛水处理が収量に及ぼす影響

1.2.3.1.1. 球茎重

親芋重，分球芋重およびこれらを合わせた全球茎重について，2011年大隅を第1-2-1図A，2011年鹿児島を第1-2-1図B，2012年鹿児島を第1-2-1図C，2013年鹿児島を第1-2-1図Dに示した．まず，全球茎重について，2011年から2013年における4回の実験で，‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて1.8～7.6倍に増加した．同様に，‘大吉’も全球茎重は湛水区が畑地区に比べて1.5～4.0倍に増加した．すなわち，‘田芋’と同様に，畑地栽培用品種である‘大吉’も湛水栽培により全球茎重が増加した．次に，‘大吉’以外の畑地用栽培品種‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生



第1-2-1図 湛水処理が球茎重に及ぼす影響

^z 全球茎重

^{z y x t} 検定により, ***, **, *, +はそれぞれ0.1%, 1%, 5%, 10%水準で有意差あり, nsは有意差なし

丸’についても収穫調査を行った．2012年鹿児島と2013年鹿児島の全球茎重は，湛水区が畑地区に比べて，‘大和’では1.4～1.9倍に，‘えぐ芋’では2.1～3.3倍に，‘泉南中野早生’では1.4倍に，‘石川早生丸’では1.8～2.7倍に増加した．すなわち，‘大吉’と同様に，畑地栽培用品種の‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’も湛水栽培により全球茎重が増加した．

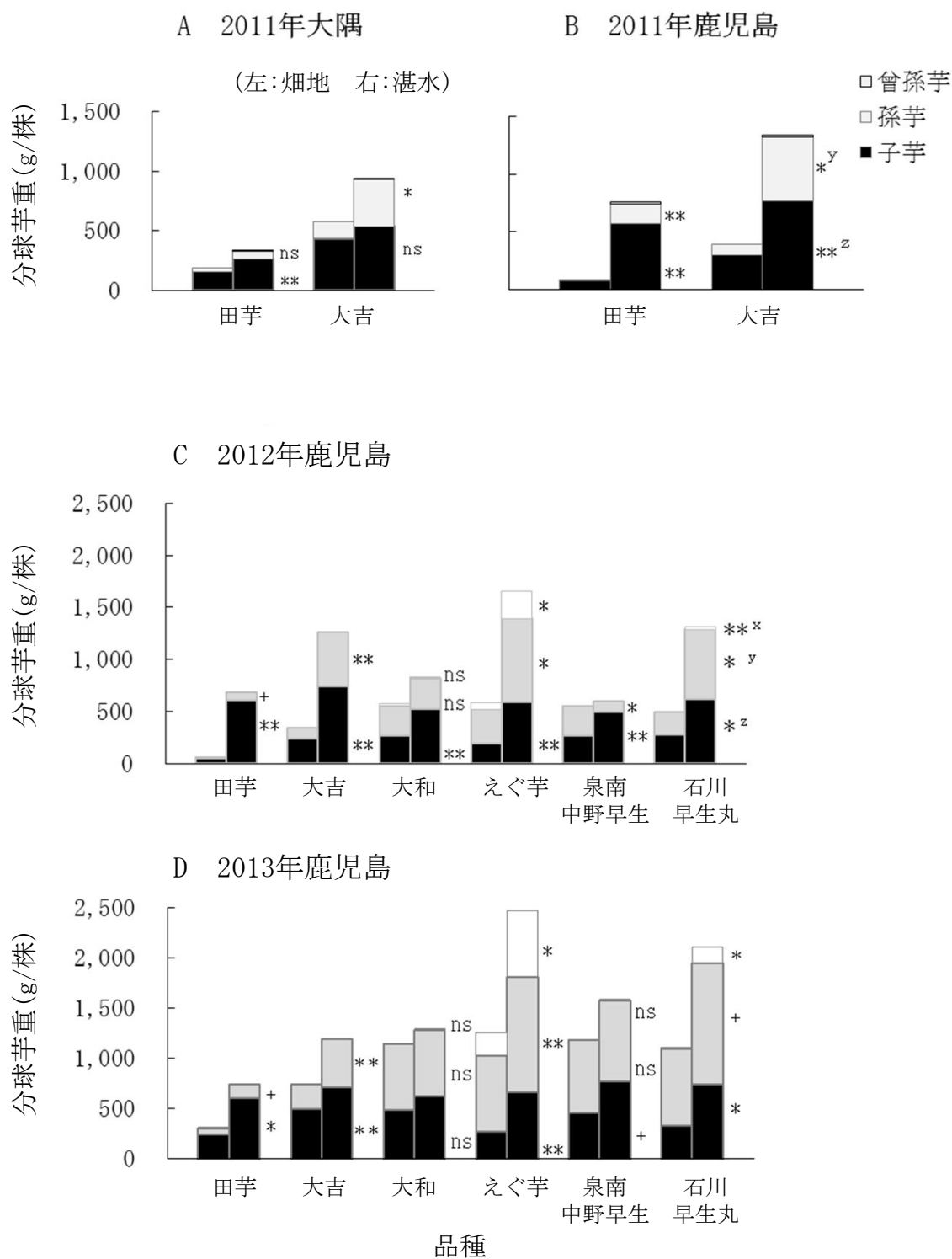
親芋重について，2011年から2013年における4回の実験で，‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて1.8～5.1倍に増加した．同様に，‘大吉’でも親芋重は湛水区が畑地区に比べて1.3～4.4倍に増加した．次に，‘大吉’以外の畑地栽培用品種について2012年鹿児島と2013年鹿児島を見ると，分球芋重は湛水区が畑地区に比べて，‘大和’では2.8～4.6倍に，‘えぐ芋’では2.9～6.5倍に，‘泉南中野早生’では2.1～3.5倍に，‘石川早生丸’では2.1～3.0倍に増加した．すなわち，‘田芋’同様，畑地栽培用品種である‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，

‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’も湛水处理により親芋重が増加した。

子芋，孫芋および曾孫芋の合計重である分球芋重について，2011年から2013年における4回の実験で，‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて1.8～12.7倍に増加した。同様に，‘大吉’でも分球芋重は湛水区が畑地区に比べて1.6～3.7倍に増加した。次に，‘大吉’以外の畑地栽培用品種について2012年鹿児島と2013年鹿児島を見ると，分球芋重は湛水区が畑地区に比べて，‘えぐ芋’では2.0～2.8倍に，‘石川早生丸’では1.7～2.7倍に増加した。すなわち，‘田芋’同様，畑地栽培用品種である‘大吉’，‘えぐ芋’および‘石川早生丸’も湛水处理により分球芋重が増加した。一方，‘大和’では，2012年鹿児島は湛水区が畑地区に比べて分球芋重は1.4倍に増加したが，2013年鹿児島は同等であった。‘泉南中野早生’では，2013年鹿児島は湛水区が畑地区に比べて1.3倍に増加したが，2012年鹿児島は畑地区と湛水区の分球芋重は同等であった。これら‘大

和’ と ‘ 泉 南 中 野 早 生 ’ の 2 品 種 は 湛 水 処 理 に よ る 効 果 が 現 れ る 年 と 現 れ な い 年 が あ っ た .

こ れ ら の 分 球 芋 に つ い て , 子 芋 , 孫 芋 お よ び 曾 孫 芋 別 に そ の 重 量 を , 2011 年 大 隅 は 第 1-2-2 図 A , 2011 年 鹿 児 島 は 第 1-2-2 図 B , 2012 年 鹿 児 島 は 第 1-2-2 図 C , 2013 年 鹿 児 島 は 第 1-2-2 図 D に 示 し た . ま ず , 子 芋 重 に つ い て , 2011 年 か ら 2013 年 に お け る 4 回 の 実 験 で , ‘ 田 芋 ’ で は 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て 1.7 ~ 13.1 倍 に 増 加 し た . ‘ 大 吉 ’ で は 2011 年 鹿 児 島 , 2012 年 鹿 児 島 お よ び 2013 年 鹿 児 島 に お い て 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て 1.4 ~ 3.1 倍 に 増 加 し た が , 2011 年 大 隅 は 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て 1.2 倍 に 増 加 し た も の の 有 意 な 差 は な か っ た . ‘ 大 吉 ’ 以 外 の 畑 地 栽 培 用 品 種 に つ い て 2012 年 鹿 児 島 と 2013 年 鹿 児 島 を 見 る と , 子 芋 重 は 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て , ‘ え ぐ 芋 ’ で は 2.5 ~ 3.1 倍 に , ‘ 泉 南 中 野 早 生 ’ で は 1.7 ~ 1.9 倍 に , ‘ 石 川 早 生 丸 ’ で は 2.1 ~ 2.2 倍 に 増 加 し た . す な わ ち , ‘ 田 芋 ’ 同 様 , 畑 地 栽 培 用 品 種 で あ る ‘ 大 吉 ’ , ‘ え ぐ 芋 ’ , ‘ 泉 南 中 野 早 生 ’ お よ び ‘ 石 川 早 生 丸 ’ も 湛 水 処 理 に よ り 子 芋 重 が 増



第1-2-2図 湛水処理が分球芋重に及ぼす影響

$z \times y \times t$ 検定により, **, *, +はそれぞれ1%, 5%, 10%水準で有意差あり, nsは有意差なし

加した。一方，‘大和’では，子芋重が2012年鹿児島は2.0倍に増加したが，2013年鹿児島は1.3倍に増加したものの畑地区と有意な差はなく，年次により違いが見られた。

次に，孫芋重について，2011年から2013年における4回の実験で，‘田芋’の2011年鹿児島，2012年鹿児島および2013年鹿児島では湛水区が畑地区に比べて2.4～34.1倍に増加したが，2011年大隅では2.2倍に増加したものの有意な差はなかった。

‘大吉’では，孫芋重は湛水区が畑地区に比べて1.9～6.0倍に増加した。‘大吉’以外の畑地栽培用品種について2012年鹿児島と2013年鹿児島を見ると，孫芋重は湛水区が畑地区に比べて，‘えぐ芋’では1.5～2.5倍に増加した。‘石川早生丸’では，湛水区が畑地区に比べて，2012年鹿児島で3.2倍に増加したが，2013年鹿児島で1.4倍に増加したものの有意な差はなかった。‘大和’では，湛水区が畑地区に比べて1.1～1.4倍に増加したものの有意な差はなかった。‘泉南中野早生’では，孫芋重は湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島で逆に0.4倍と

減少し，2013年鹿児島では1.1倍に増加したものの有意な差はなかった．すなわち，畑地栽培用品種において‘大吉’と‘えぐ芋’は湛水栽培により孫芋重が増加したが，‘大和’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’では年次による差が見られた．

さらに，曾孫芋について，‘田芋’と‘大吉’では2011年大隅と2011年鹿児島の湛水区に株当たり5～14gとわずかに着生し，畑地区には着生が見られなかった．‘えぐ芋’では，2012年鹿児島，2013年鹿児島で湛水区が畑地区に比べて2.8～3.9倍に，‘石川早生丸’では5.5～7.2倍に増加した．一方，‘大和’では，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島で曾孫芋重は0.3倍に減少し，2013年鹿児島で1.9倍に増加したものの，ともに有意な差はなかった．

‘泉南中野早生’では，2012年鹿児島は畑地区のみに曾孫芋の着生が見られ，2013年鹿児島では湛水区が畑地区に比べて0.4倍に減少したが有意な差はなかった．すなわち，曾孫芋は湛水処理により‘えぐ芋’では増加したが，‘田芋’と‘大吉’では着生

しやすい傾向があり，その他の品種については年次間差が見られた．

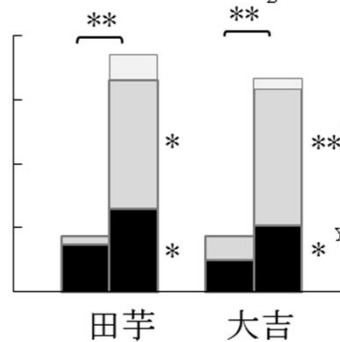
1.2.3.1.2. 分球芋数

子芋数，孫芋数および曾孫芋と，これらを合わせた全分球芋数について，2011年大隅を第1-2-3図A，2011年鹿児島を第1-2-3図B，2012年鹿児島を第1-2-3図C，2013年鹿児島を第1-2-3図Dに示した．また，収穫時における代表的な株の状態を第1-2-4図から第1-2-6図に示した．

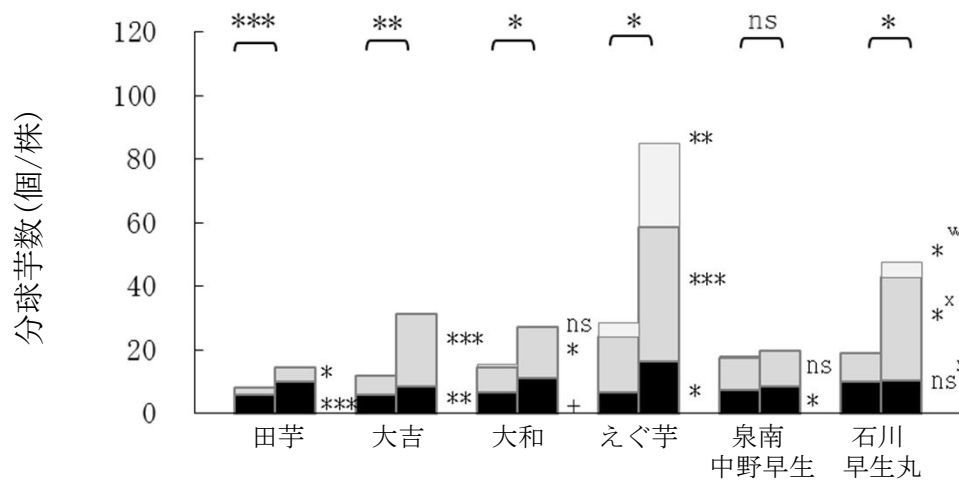
まず，全分球芋数について，2011年から2013年における4回の実験で，‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて2011年大隅，2011年鹿児島および2012年鹿児島は1.3～4.3倍に増加したが，2013年鹿児島は1.1倍に増加したものの有意な差は見られなかった．同様に，‘大吉’でも湛水区が畑地区に比べて，2011年大隅，2011年鹿児島および2012年鹿児島では1.9～3.9倍に増加したが，2013年鹿児島は1.1倍に増加したものの有意な差は見られなかった．‘大吉’以外の畑地栽培用品種について2012年鹿

B 2011年鹿児島

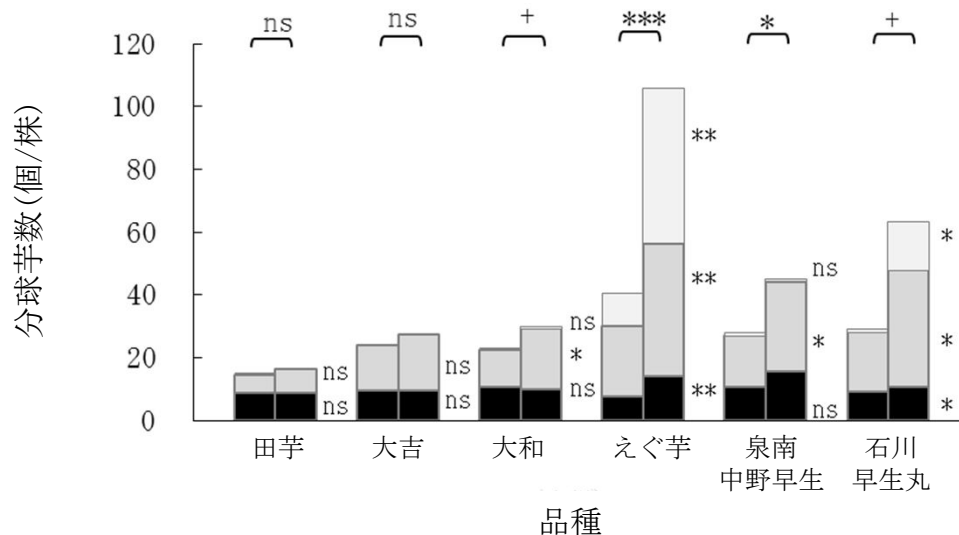
☐ 曾孫芋
☐ 孫芋
☒ 子芋



C 2012年鹿児島



D 2013年鹿児島



第1-2-3図 湛水処理が分球芋数に及ぼす影響

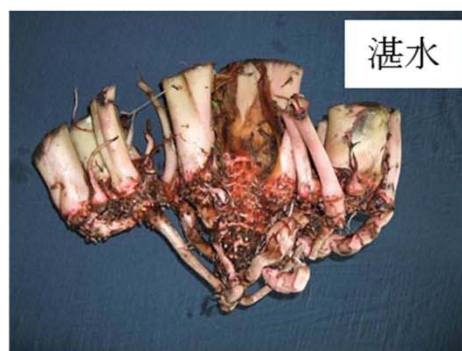
 z 全分球芋数

z y x w t 検定により, ***, **, *, +はそれぞれ0.1%, 1%, 5%, 10%水準で有意差あり, nsは有意差なし

田芋



畑地



湛水

大吉



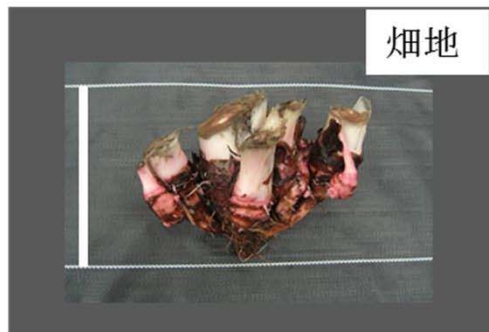
畑地



湛水

第1-2-4図 収穫時の球茎の着生状況（2011年鹿児島）

田芋



大吉



大和



第1-2-5図 収穫時の球茎の着生状況（2013年鹿児島）
バーは20cm

えぐ芋



泉南中野
早生



石川
早生丸



第1-2-6図 収穫時の球茎の着生状況（2013年鹿児島）
バーは20cm

児島と2013年鹿児島を見ると、全分球数は湛水区が畑地区に比べて、‘大和’では1.3～1.4倍に、‘えぐ芋’では2.6～3.0倍に、‘石川早生丸’では1.9～2.4倍に増加した。すなわち、‘田芋’同様、畑地栽培用品種である‘大吉’、‘大和’、‘えぐ芋’および‘石川早生丸’も湛水処理により全分球芋数が増加した。一方、‘泉南中野早生’では2013年鹿児島は湛水区が畑地区に比べて1.6倍に増加したが、2012年鹿児島は湛水区と畑地区とは同等であり、年次による差が見られた。

次に、子芋数について、2011年から2013年における4回の実験で、‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて2011年鹿児島、2012年鹿児島で1.7～1.8倍に増加したが、2013年鹿児島では同等で、2011年大隅では0.9倍となったが有意な差はなかった。‘大吉’では、湛水区が畑地区に比べて2011年鹿児島、2012年鹿児島で子芋数は1.4～2.1倍に増加した。2013年鹿児島では両者は同等であったが、2011年大隅では湛水区で1.3倍に増加したものの有意な差はなかった。‘大吉’以外の畑地栽培用品種について

2012 年 鹿 児 島 と 2013 年 鹿 児 島 を 見 る と , 子 芋 数 は 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て , ‘ え ぐ 芋 ’ で は 1.9 ~ 2.5 倍 増 加 し た . そ の 他 の 品 種 は 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て , ‘ 大 和 ’ で は 2012 年 鹿 児 島 で 1.6 倍 に 増 加 し た が , 2013 年 鹿 児 島 は 同 程 度 で , ‘ 泉 南 中 野 早 生 ’ で は 2012 年 鹿 児 島 で 1.1 倍 に 増 加 し , 2013 年 鹿 児 島 は 1.5 倍 に 増 加 し た も の の 有 意 な 差 は な く , ‘ 石 川 早 生 丸 ’ で は 2012 年 鹿 児 島 は 同 等 で , 2013 年 鹿 児 島 が 1.2 倍 に 増 加 し た . す な わ ち , 子 芋 数 に つ い て , 湛 水 処 理 に よ り ‘ え ぐ 芋 ’ で は 増 加 し , ‘ 大 吉 ’ , ‘ 大 和 ’ , ‘ 泉 南 中 野 早 生 ’ お よ び ‘ 石 川 早 生 丸 ’ で は 増 加 す る 傾 向 が 見 ら れ , 減 少 す る こ と は な か っ た .

ま た , 孫 芋 数 に つ い て , ‘ 田 芋 ’ で は , 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て 2011 年 大 隅 , 2011 年 鹿 児 島 お よ び 2012 年 鹿 児 島 で は 1.8 ~ 15.0 倍 に 増 加 し た が , 2013 年 鹿 児 島 に は 1.3 倍 に 増 加 し た も の の 有 意 な 差 は な か っ た . ‘ 大 吉 ’ で は , 湛 水 区 が 畑 地 区 に 比 べ て 2011 年 大 隅 , 2011 年 鹿 児 島 お よ び 2012 年 鹿 児 島 は 2.5 ~ 5.8 倍 に 増 加 し , 2013 年 鹿 児 島 で 1.2 倍 に 増 加

したもの、の有意な差はなかった。‘大吉’以外の畑地栽培用品種について2012年鹿児島と2013年鹿児島を見ると、孫芋数は湛水区が畑地区に比べて、‘大和’では1.6～2.1倍に、‘えぐ芋’では1.9～2.4倍に、‘石川早生丸’では1.8～3.7倍に増加した。一方、‘泉南中野早生’では湛水区が畑地区に比べて2013年鹿児島は1.8倍に増加したが、2012年鹿児島は1.2倍に増加したものの有意な差はなかった。すなわち、孫芋数について、湛水処理により‘大和’、‘えぐ芋’および‘石川早生丸’では増加し、‘田芋’、‘大吉’および‘泉南中野早生’では増加する傾向が見られ、減少することはなかった。

さらに、曾孫芋について、‘田芋’と‘大吉’では2011年大隅と2011年鹿児島の湛水区に株当たり0.3～4個とわずかに曾孫芋が着生し、畑地区には着生が見られなかった。‘えぐ芋’では、2012年鹿児島、2013年鹿児島で湛水区が畑地区に比べて4.8～6.1倍に、‘石川早生丸’では4.8～7.8倍に増加した。一方、‘大和’と‘泉南中野早生’では、湛水区、畑地区ともに曾孫芋着生は株当たり3個以下で

非常に少なく，有意な差はなかった．すなわち，曾孫芋は湛水处理により‘えぐ芋’と‘石川早生丸’では増加したが，その他の品種は曾孫芋の着生は非常に少なかった．

1.2.3.1.3. 分球芋の平均重

親芋，子芋および孫芋の平均1個重を第1-2-1表に示した．親芋については，1.2.3.1.1.球茎重で前述した通りである．子芋の平均1個重は，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島，2013年鹿児島で，‘田芋’ではそれぞれ7.6倍，2.4倍に，‘大吉’では2.2倍，1.4倍に，‘石川早生丸’では2.2倍，2.0倍に増加した．一方，‘えぐ芋’では，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島，2013年鹿児島でそれぞれ1.2倍，1.3倍に増加したものの有意な差はなかった．‘大和’では，湛水区が畑地区に比べて2013年鹿児島では1.4倍に増加し，2012年鹿児島で1.2倍に増加したものの有意な差はなかった．‘泉南中野早生’では，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島で1.6倍に増加したが，2013年鹿児島

第1-2-1表 湛水处理が分球芋の平均1個重に及ぼす影響

品 種	試験区	親芋重 (g/個)		子芋重 (g/個)		孫芋 (g/個)	
		2012年 鹿児島	2013年 鹿児島	2012年 鹿児島	2013年 鹿児島	2012年 鹿児島	2013年 鹿児島
田 芋	畑地	110	277	8.0	28.8	3.2	9.7
	湛水	564	624	60.8	70.5	17.7	18.2
	t 検定	** ^z	*	**	**	ns	ns
大 吉	畑地	183	335	39.8	53.0	17.8	17.0
	湛水	804	603	88.2	76.2	23.0	26.9
	t 検定	**	**	***	*	ns	*
大 和	畑地	100	208	39.6	44.9	36.9	56.0
	湛水	455	583	47.8	63.6	18.3	34.2
	t 検定	**	***	ns	*	**	**
えぐ芋	畑地	82	219	28.8	35.6	18.8	33.7
	湛水	533	633	35.9	47.3	19.0	27.2
	t 検定	**	*	ns	ns	ns	+
泉南中野早生	畑地	109	203	36.2	43.8	27.5	44.3
	湛水	382	430	58.6	49.4	9.1	28.2
	t 検定	*	+	**	ns	ns	*
石川早生丸	畑地	118	231	27.9	36.3	24.1	40.6
	湛水	358	485	60.4	71.2	20.5	32.3
	t 検定	*	*	**	*	ns	ns

^z t 検定により，***，**，*，+はそれぞれ0.1%，1%，5%，10%水準で有意差あり，nsは有意差なし

では 1.1 倍となったものの有意な差はなかった。すなわち，‘田芋’，‘大吉’および‘石川早生丸’は湛水处理により子芋の平均重が増加し，‘えぐ芋’は湛水处理による子芋の平均重は変わらず，‘大和’と‘泉南中野早生’は年次により変動した。

また，孫芋の平均 1 個重について，‘大吉’では湛水区が畑地区に比べて 2013 年鹿児島では 1.6 倍に増加したが，2012 年鹿児島では 1.3 倍に増加したものの有意な差はなかった。‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて 2012 年鹿児島，2013 年鹿児島でそれぞれ 5.6 倍，1.9 倍に増加したものの有意な差はなかった。一方，‘大和’では湛水区が畑地区に比べて 2012 年鹿児島，2013 年鹿児島で 0.5 倍，0.6 倍に減少した。‘えぐ芋’では 2012 年鹿児島の湛水区と畑地区は同程度であったが，2013 年鹿児島では 0.8 倍に減少した。‘泉南中野早生’では 2013 年鹿児島では 0.6 倍に減少し，2012 年鹿児島で湛水区が畑地区に比べて 0.3 倍に減少したものの有意な差はなかった。すなわち，湛水处理により‘大和’は孫芋の平均重が減少し，‘えぐ芋’と‘泉南中野早生’は

孫芋の平均重が減少する傾向があるものの年次により変動した。逆に，‘大吉’は湛水处理により孫芋の平均重は増加する傾向にあるものの年次により変動した。‘石川早生丸’と‘田芋’は湛水处理により孫芋の平均重は変わらなかった。

1.2.3.1.4. 親芋の肥大に対する分球芋重の割合

親芋の肥大に対する分球芋重の割合（分球の肥大効率）を第1-2-2表に示した。分球の肥大効率は，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島，2013年鹿児島で，‘大和’ではそれぞれ0.3倍，0.4倍に，‘えぐ芋’では0.4倍，0.7倍に，‘泉南中野早生’では0.3倍，0.7倍と減少した。一方，‘大吉’と‘石川早生丸’では，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島，2013年鹿児島とともに0.8倍となり有意な差はなかった。‘田芋’では，湛水区が畑地区に比べて2012年鹿児島では2.4倍に増加し，2013年鹿児島では1.1倍となったものの有意な差はなかった。すなわち，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’は湛水处理により分球芋の肥大効率が低

第1-2-2表 湛水处理による親芋重と分球芋重の割合

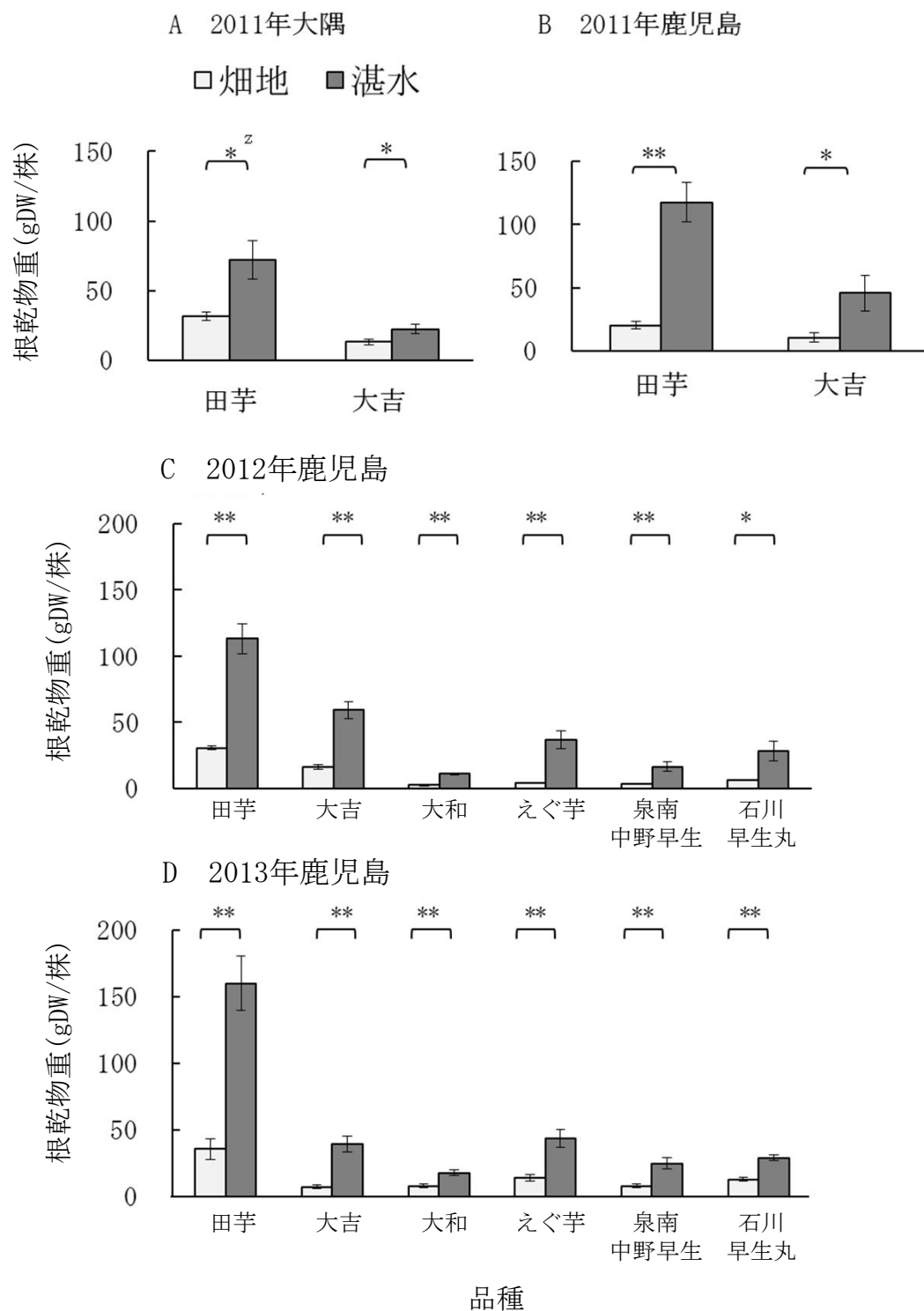
品 種	試験区	分球芋重/親芋重	
		2012年 鹿児島	2013年 鹿児島
田 芋	畑地	0.5	1.1
	湛水	1.2	1.2
	t 検定	* ^z	ns
大 吉	畑地	1.9	2.4
	湛水	1.6	2.0
	t 検定	ns	ns
大 和	畑地	6.2	5.7
	湛水	1.8	2.2
	t 検定	**	***
えぐ芋	畑地	7.5	5.8
	湛水	3.1	4.1
	t 検定	*	*
泉南中野早生	畑地	5.1	6.0
	湛水	1.7	4.1
	t 検定	***	*
石川早生丸	畑地	4.7	4.8
	湛水	3.7	3.9
	t 検定	ns	ns

^z t 検定により，***，**，*はそれぞれ0.1%，1%，5%水準で有意差あり，nsは有意差なし

下し，‘大吉’と‘石川早生丸’では湛水処理による分球芋の肥大効率は変わらず，‘田芋’は湛水処理による分球芋の肥大効率が高まるも年次により変動した．

1.2.3.1.5. 根重

根乾物重について，2011年大隅を第1-2-7図A，2011年鹿児島を第1-2-7図B，2012年鹿児島を第1-2-7図C，2013年鹿児島を第1-2-7図Dに示した．2011年から2013年における4回の実験で根乾物重は，‘田芋’では湛水区が畑地区に比べて2.3～5.8倍に増加し，同様に，‘大吉’でも1.7～5.4倍に増加した．‘大吉’以外の畑地栽培用品種について2012年鹿児島と2013年鹿児島を見ると，根乾物重は湛水区が畑地区に比べて，‘大和’ではそれぞれ4.1倍，2.3倍に，‘えぐ芋’では8.6倍，3.1倍に，‘泉南中野早生’では4.5倍，3.1倍に，‘石川早生丸’では4.8倍，2.3倍に増加した．すなわち，‘田芋’同様，畑地栽培用品種である‘大吉’，‘大



第1-2-7図 湛水処理が根乾物重に及ぼす影響

^z t 検定により, **, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり
バーは標準誤差 (n=5)

和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’も湛水処理により根乾物重が増加した。

1.2.4. 考察

畑地で栽培されている親子兼用種の‘大吉’および子芋用種で中生種の‘大和’と‘えぐ芋’ならびに早生種の‘石川早生丸’と‘泉南中野早生’について，水田で栽培される親芋用種の‘田芋’と同様に，湛水状態で収量が増加するかポット栽培において検討した。

‘田芋’は畑地栽培よりも湛水栽培において親芋重が1.8～5.1倍（第1-2-1図），全球茎重が1.8～7.6倍に増収し，慣行どおり湛水栽培に適した品種であることが確かめられた。同様に，畑地栽培用品種の全球茎重は，湛水栽培によりそれぞれ，‘大吉’では，1.5～4.0倍，‘大和’では1.4～1.9倍，‘えぐ芋’では2.1～3.3倍，‘泉南中野早生’では1.4倍に，‘石川早生丸’では1.8～2.7倍となり，供試したすべての品種で増収した。これらのことから，湛水栽培用品種の‘田芋’と同様に，本実験で供試

した畑地栽培用品種の‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’においても，湛水栽培は収量性の向上につながる事が明らかとなった．

今回供試した‘大吉’は親子兼用種で球茎部すべてが可食部であるが，子芋用品種の‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’では，分球芋のみが収量の対象となる．親子兼用種‘大吉’の親芋重と分球芋重は，湛水区が畑地区に比べて4回の実験の平均が2.5倍，2.3倍となり，親芋，分球芋ともに非常に高い増加率を示した．一方，子芋用種における分球芋重は，2回の実験の平均が‘大和’で1.2倍，‘えぐ芋’で2.4倍，‘泉南中野早生’で1.2倍および‘石川早生丸’で2.2倍となり，親子兼用種，子芋用種を問わず，販売対象となる部位の収量が増加していた．また，親芋の肥大に対する分球芋重の割合，つまり，分球芋の肥大効率率は，‘大吉’と‘石川早生丸’では湛水処理による差は見られなかった．しかし，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’では畑地区が湛水区に

比べて 1.4～3.4 倍と高く，湛水処理により分球芋の肥大効率が低下した．湛水栽培では親芋の肥大が促進されるが，親芋の肥大に伴う分球芋の肥大効率については品種間差があることが示唆された．

サトイモにおける増収には球茎の肥大と分球芋数の増加が影響する．‘石川早生丸’などの子芋用種は親芋の肥大とともにその側芽が徐々に成長し肥大していくことから孫芋数も増え，分球芋数が増加する．また‘大吉’などの親子兼用種は生育中期の 9 月ごろから急激に親芋が肥大し，それとともに子芋も成長していくことから，子芋用種に比べて分球数が少ない（飛高，1974；佐藤ら，1988b）．今回供試した畑地栽培用品種について，親芋は‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’ともにすべての品種で湛水栽培により肥大した（第 1-2-1 図，第 1-2-1 表）．また，‘大吉’と‘石川早生丸’は，湛水処理により子芋が肥大しその平均重が増加した（第 1-2-1 表）．さらに，湛水栽培により‘えぐ芋’では子芋数が増加し，‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’および‘石川早生丸’

では孫芋数が増加した（第 1-2-3 図）。すなわち、畑地栽培用品種が湛水栽培により増収するのは、
‘大吉’では①親芋が肥大すること ②子芋が肥大すること ③孫芋数が増加すること、‘えぐ芋’では①子芋数が増加すること ②孫芋数が増加すること、‘大和’では①孫芋数が増加すること、‘石川早生丸’では①子芋が肥大すること、②孫芋数が増加することによるものと考えられた。これらのことから、畑地栽培用品種を湛水条件下で栽培すると、品種により球茎の着生、肥大における反応が異なることが示唆された。なお、‘泉南中野早生’では湛水栽培により、子芋の肥大が促進され、子芋数と孫芋数の増加が見られるものの年次間差があり、湛水栽培の効果が判然としなかった。

また、湛水状態における根について多くの報告がある。レタスにおける湛水耐性評価に根乾物重が有効であること（東尾ら，2012），水稻では水田状態，畑状態で栽培すると，1次根数は水田状態のほうが多く（松田，1931），水稻における根重と収量との間には高い正の相関がある（原田ら，1984；川田ら，

1978；森田ら，1986，1988）。今回，根数は調査していないものの，収穫時の根乾物重は供試したすべての品種で湛水処理により有意に増加している（第1-2-9図）。このことから，根量の増加も湛水栽培によるサトイモの増収に関与していると推察される。

以上のことから，畑地栽培されているサトイモ品種は湛水専用品種の‘田芋’と同様に湛水条件下で生育でき，さらに増収することが明らかになった。また，湛水栽培による分球芋の肥大および着生数については，品種による反応が異なることが示唆された。今回供試した中では，‘大吉’，‘えぐ芋’および‘石川早生丸’の増収割合が高く，湛水適性が高いと考えられた。

第 2 章 湛水処理がサトイモの光合成に及ぼす影響

第 1 節 湛水処理が光合成速度，気孔コンダクタンス，蒸散速度および葉肉コンダクタンスに及ぼす影響

2.1.1 緒言

第 1 章において，畑地栽培されているサトイモ品種は湛水栽培されている‘田芋’と同様に湛水条件下で生育でき，さらに増収することを明らかにした．サトイモ球茎の収量は光合成産物量と密接に関係しており（山本ら，1994；杉本，2001a, b），湛水処理によるサトイモの増収は光合成の促進により引き起こされた可能性が考えられる．そこで，本実験ではサトイモの光合成に対する湛水処理の影響について検討した．

2.1.2. 材料および方法

第 1 章で 2012 年と 2014 年に鹿児島大学農学部 の

ガラス室で栽培した水田栽培用品種の‘田芋’と畑地栽培用品種の‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’を供試した．湛水区の湛水処理は葉身が2～3枚出葉した時期，2012年では6月9日，2014年では6月11日に開始し，灌水は点滴灌水ノズルを設置し常時掛け流しとした．一方，湛水処理を行わない畑地区は，ポリポットの側面下部に直径3 cmの穴を1か所開け，地表面から10 cm位置のテンシオメータのpF値が2012年は1.7～2.2，2014年は1.7～2.0を保つように1回当たり2 Lずつ適宜灌水した．なお，供試株数は5株で実験を行った．

2.1.2.1. 光合成速度，気孔コンダクタンスおよび蒸散速度の測定

品種別の光合成能力について，2012年においては湛水処理開始後127日目（10月14日），2014年においては湛水処理開始後88日目（9月7日）の午前10～11時に光合成速度，気孔コンダクタンスおよび蒸散速度を光合成蒸散測定装置（LCpro+，

Bioscientific Ltd.) を用いて最大葉身の中央部を 5 株ずつ測定した。測定時のチャンバー内環境を温度 25℃，光強度 $1500 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，CO₂ 濃度 380 ppm，流量 $200 \mu \text{mol s}^{-1}$ に設定した。また，光合成速度，気孔コンダクタンスおよび蒸散速度の値を用いて，葉肉コンダクタンスを堀江（1981），Brooks and Farquhar（1985），内野ら（2003）の方法により求めた。

$$g_m = \frac{P_n}{C_a - \Gamma_* - 0.5 \left(\frac{1}{g_b} + \frac{1}{g_s} \right) P_n}$$

$$g_b = \frac{P_n}{C_a - \left(\frac{P_n}{g_s} + C_i \right)}$$

$$\Gamma_* = 44.7 + 1.88(T - 25) + 0.036(T - 25)^2$$

g_m : 葉肉コンダクタンス

g_s : 気孔コンダクタンス

g_b : 境界層コンダクタンス

C_a : 葉の外のCO₂濃度

Γ_* : 光合成のCO₂補償点

P_n : 光合成速度

C_i : 葉肉細胞間隙CO₂濃度

T : セ氏温度

2.1.3 結 果

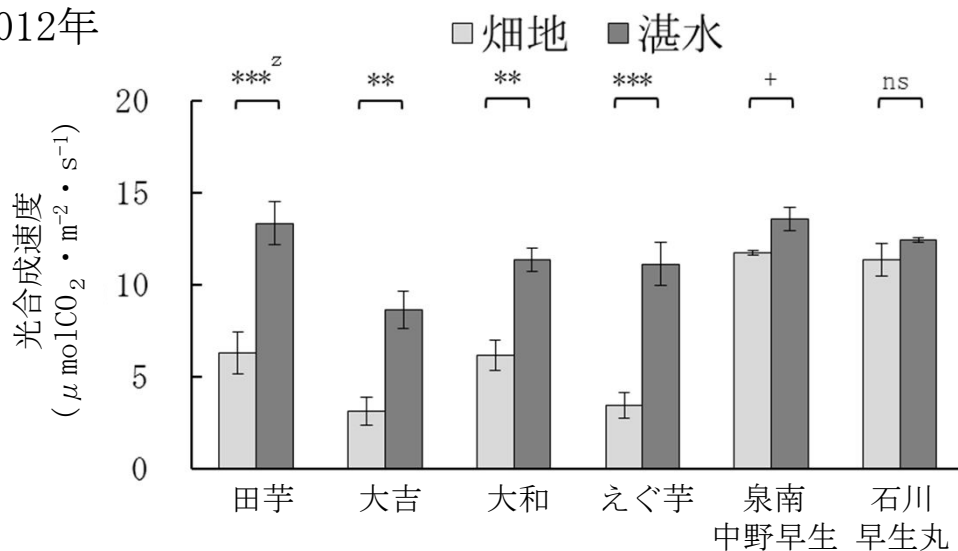
2.1.3.1. 湛 水 処 理 が 光 合 成 速 度 に 及 ぼ す 影 響

光 合 成 速 度 の 測 定 結 果 に つ い て , 2012 年 を 第 2-1-1 図 A に , 2014 年 を 第 2-1-1 図 B に 示 し た . 2012 年 , 2014 年 に お け る 湛 水 区 の 光 合 成 速 度 は 畑 地 区 に 比 べ , ‘ 田 芋 ’ で は そ れ ぞ れ 2.1 倍 , 1.6 倍 , ‘ 大 吉 ’ で は 2.8 倍 , 1.6 倍 , ‘ 大 和 ’ で は 1.8 倍 , 1.5 倍 , ‘ え ぐ 芋 ’ で は 3.2 倍 , 1.5 倍 , ‘ 泉 南 中 野 早 生 ’ で 1.2 倍 , 1.4 倍 と な り い ず れ も 有 意 に 上 昇 し た が , ‘ 石 川 早 生 丸 ’ で は 両 年 と も に 1.1 倍 に 上 昇 し た も の の 有 意 な 差 は な か っ た .

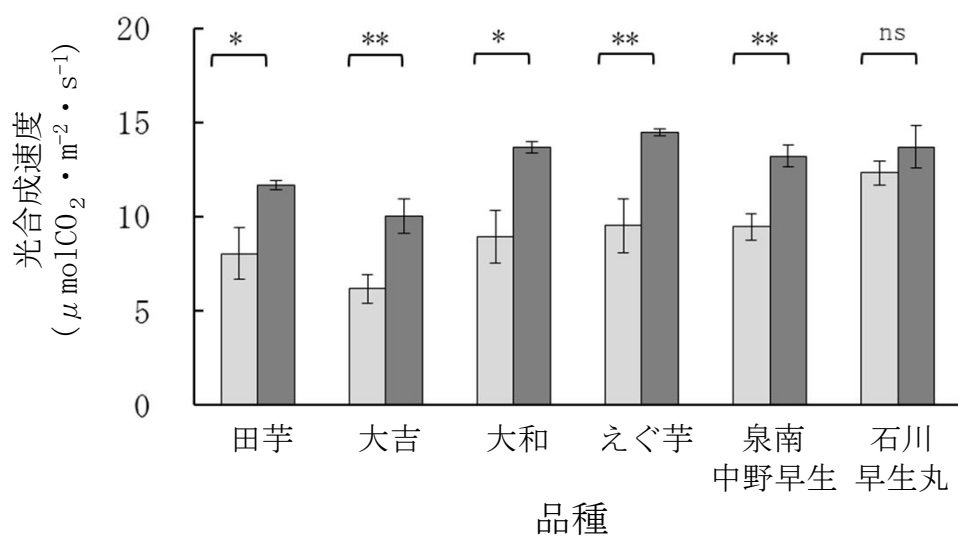
2.1.3.2. 湛 水 処 理 が 気 孔 コ ン ダ ク タ ン ス に 及 ぼ す 影 響

気 孔 コ ン ダ ク タ ン ス の 測 定 結 果 に つ い て , 2012 年 を 第 2-1-2 図 A に , 2014 年 を 第 2-1-2 図 B に 示 し た . 2012 年 , 2014 年 に お け る 湛 水 区 の 気 孔 コ ン ダ ク タ ン ス は 畑 地 区 に 比 べ , ‘ 田 芋 ’ で は と も に 1.5 倍 に , ‘ 大 吉 ’ で は 1.3 倍 , 1.4 倍 に , ‘ 大 和 ’ で は 4.0 倍 , 1.3 倍 に , ‘ え ぐ 芋 ’ で は 1.6 倍 , 1.5 倍 に ,

A 2012年



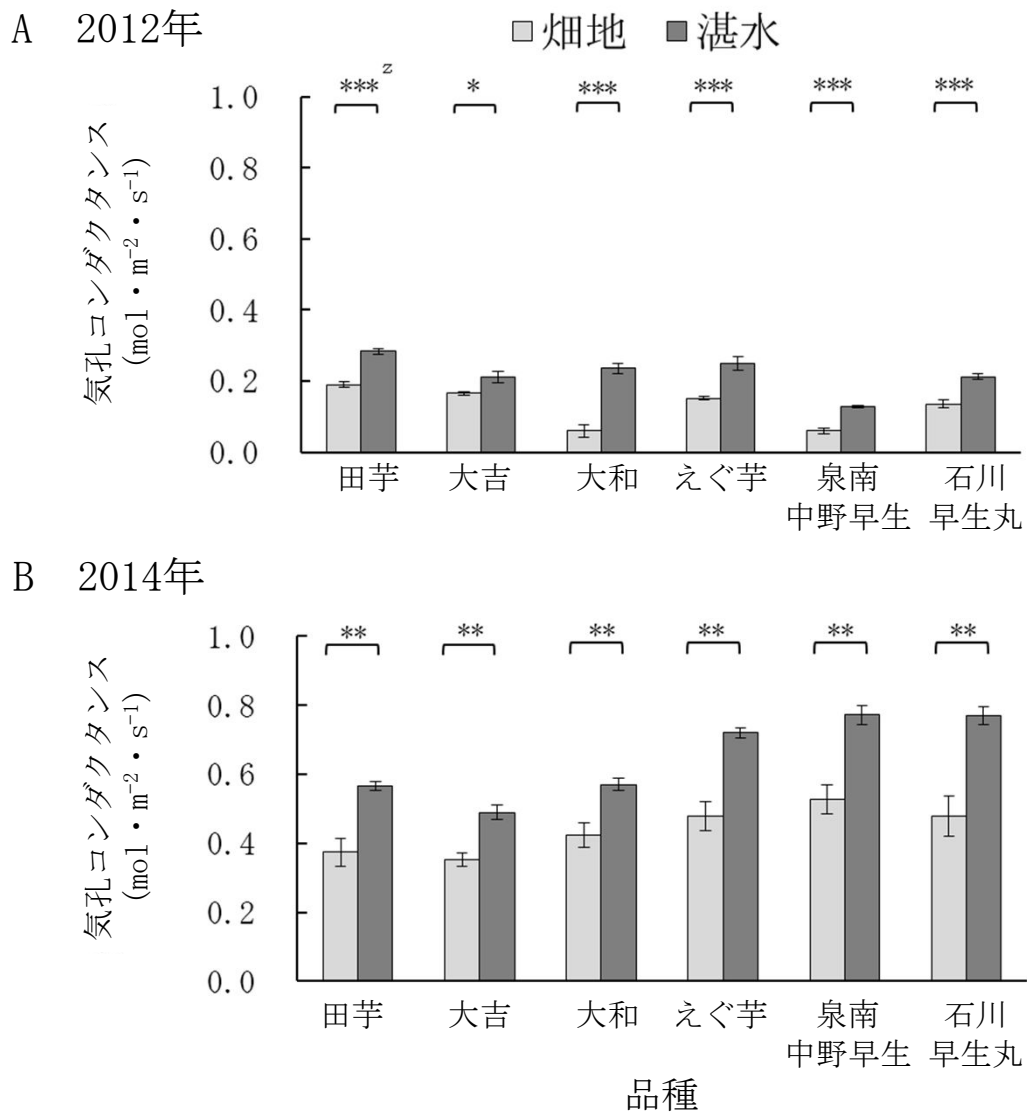
B 2014年



第2-1-1図 湛水処理が光合成速度に及ぼす影響

A 2012年10月14日に測定, B 2014年9月7日に測定

^zt検定により, ***, **, *, +はそれぞれ0.1%, 1%, 5%, 10%水準で有意差あり, nsは有意差なし, バーは標準誤差 (n=5)



第2-1-2図 湛水処理が気孔コンダクタンスに及ぼす影響.

A 2012年10月14日に測定, B 2014年9月7日に測定.

^zt検定により, ***, **, *はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意差あり, バーは標準誤差 (n=5)

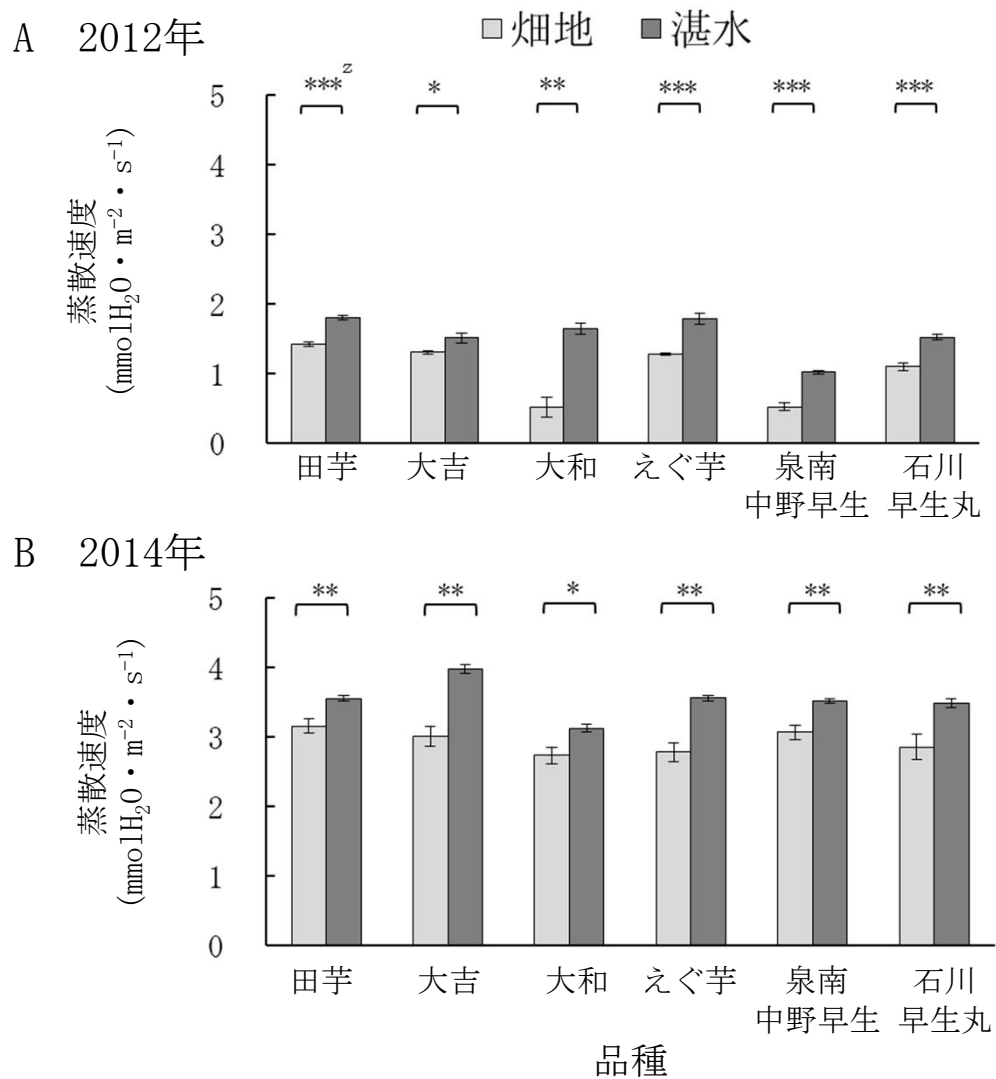
‘泉南中野早生’では2.1倍，1.5倍に，‘石川早生丸’では両年ともに1.6倍に上昇し，いずれも有意差が認められた．

2.1.3.3. 湛水処理が蒸散速度に及ぼす影響

蒸散速度の測定結果について，2012年を第2-1-3図Aに，2014年を第2-1-3図Bに示した．2012年，2014年における湛水区の蒸散速度は畑地区に比べ，‘田芋’ではそれぞれ1.3倍，1.1倍に，‘大吉’では1.2倍，1.3倍に，‘大和’では3.1倍，1.1倍に，‘えぐ芋’では1.4倍，1.3倍に，‘泉南中野早生’で1.9倍，1.1倍に，‘石川早生丸’で1.4倍，1.2倍に上昇し，いずれも有意差が認められた．

2.1.3.4. 湛水処理が葉肉コンダクタンスに及ぼす影響

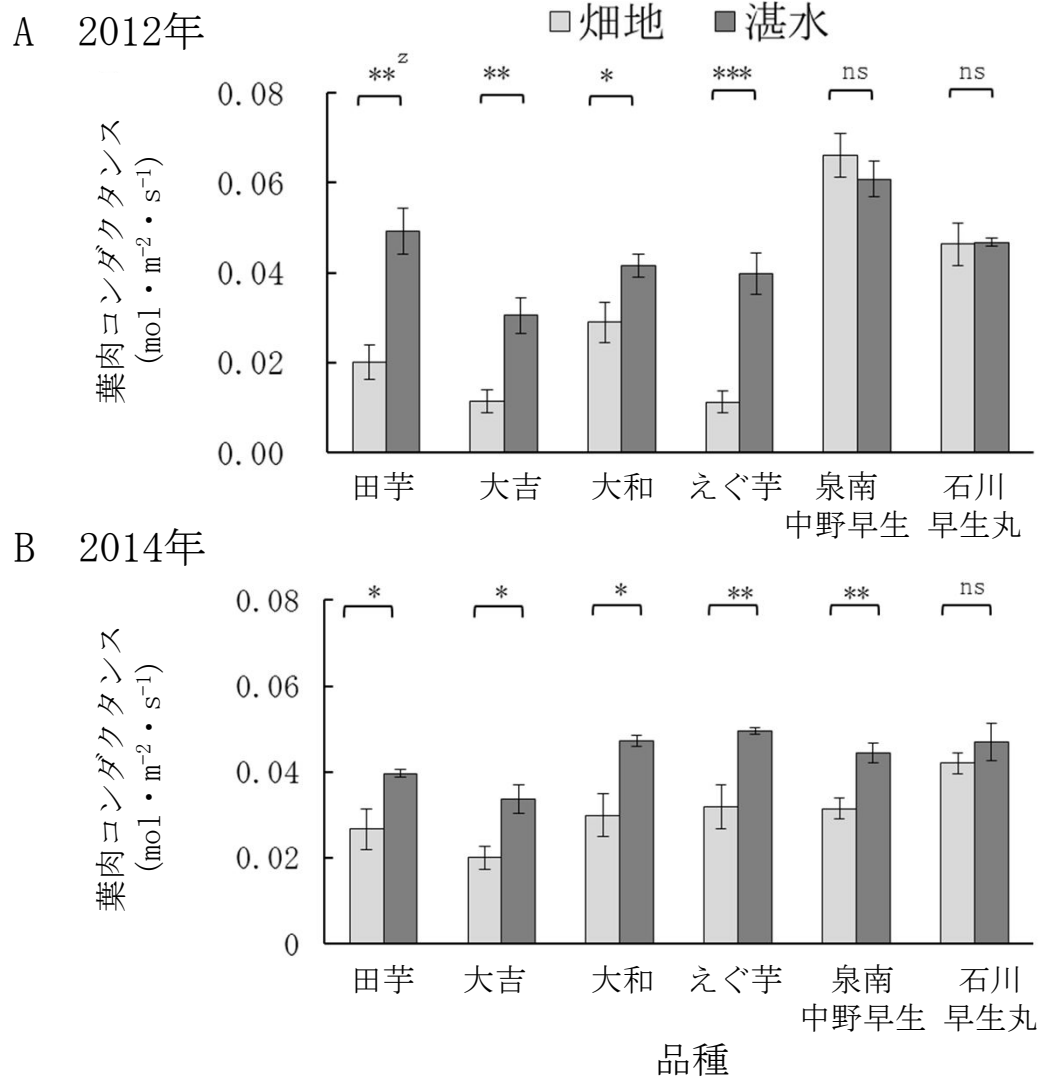
葉肉コンダクタンスについて，2012年を第2-1-4図Aに，2014年を第2-1-4図Bに示した．2012年，2014年における湛水区の葉肉コンダクタンスは畑地区に比べ，‘田芋’ではそれぞれ2.4倍，1.5倍



第2-1-3図 湛水処理が蒸散速度に及ぼす影響

A 2012年10月14日に測定, B 2014年9月7日に測定

^z t 定により, ***, **, *はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意差あり, バーは標準誤差 (n=5)



第2-1-4図 湛水処理が葉肉コンダクタンスに及ぼす影響

A 2012年10月14日に測定, B 2014年9月7日に測定

^zt検定により, ***, **, *はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意差あり, nsは有意差なし, バーは標準誤差 (n=5)

に，‘大吉’で2.7倍，1.7倍に，‘大和’では1.4倍，1.7倍に，‘えぐ芋’で3.5倍，1.6倍に上昇し有意差が認められた．‘泉南中野早生’では，湛水区の葉肉コンダクタンスは畑地区に比べて，2012年は0.9倍に減少したが有意な差はなく，2014年では1.5倍に上昇した．‘石川早生丸’では，湛水区の葉肉コンダクタンスは畑地区に比べて，2012年は同程度で，2014年では1.1倍に上昇したものの有意な差はなかった．

2.1.4.1 考察

湛水処理がサトイモの光合成速度に及ぼす影響について調べたところ，水田栽培用品種の‘田芋’ばかりでなく畑地栽培用品種である‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’は，2012年，2014年ともに湛水処理により光合成速度は高まった（第2-1-1図）．また，‘石川早生丸’は有意な差はなかったものの湛水処理により光合成速度がやや高まる傾向が見られた．彦坂（2009）は，葉が光合成速度を高めるためには，光合成活性と気孔コ

ンダクタンスを高くすることが必要であるとしている。本実験では、湛水処理により光合成速度が高まった‘田芋’，‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’では，2012年，2014年ともに気孔コンダクタンスが高くなった。また，同様に，葉肉コンダクタンスも高まった。これらのことから，光合成速度の上昇は気孔コンダクタンスおよび葉肉コンダクタンスの高まりによるものと考えられる。一方で，‘石川早生丸’では湛水栽培により気孔コンダクタンスが上昇したものの，光合成速度および葉肉コンダクタンスには有意な上昇が見られなかった。つまり，‘石川早生丸’について，その光合成速度は気孔コンダクタンスよりも葉肉コンダクタンスに支配されていると考えられた。

光合成速度と同時に測定した蒸散速度は，2012年，2014年ともに供試したすべての品種で湛水栽培により高まった。また，筆者らがポット栽培において，1個体あたりの24時間の蒸散量を湛水処理後41日目，50日目および76日目測定したところ，湛水栽培により‘田芋’で1.8～3.1倍，‘大吉’で1.8

～ 2.1 倍に増加した（池澤ら，2014）．植物は大気から気孔を通じて CO_2 を吸収し光合成を行い，一方で，開いた気孔を通じて蒸散作用により植物から大気中に H_2O が放出される．蒸散速度の上昇は気孔コンダクタンスが高まったことによるもので，湛水栽培では蒸散速度が上昇し，蒸散量が増加するということが明らかとなった．

以上の結果から，湛水栽培では光合成速度が高まることが明らかとなり，これによって，サトイモが増収することがわかった．また，湛水栽培により光合成速度が高まったのは，気孔コンダクタンスと葉肉コンダクタンスの高まりによると考えられた．さらに，気孔コンダクタンスが高まることで蒸散速度が上昇し，蒸散量が増加することが明らかとなった．

第 2 節 湛水処理が気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度に及ぼす影響

2.2.1. 緒 言

前節で湛水栽培によりサトイモは，気孔コンダクタンスと葉肉コンダクタンスが高まることにより，光合成速度が高まることを明らかにした．気孔コンダクタンスは気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度による影響を受ける（島田，1991）ことが知られている．湛水処理が気孔コンダクタンスに及ぼす要因を明らかにするために，気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度の影響について検討した．

2.2.2. 材料および方法

第 1 章で 2013 年に鹿児島大学農学部ガラス室で栽培した水田栽培用品種の‘田芋’と畑地栽培用品種の‘大吉’，‘大和’および‘えぐ芋’，ならびに 2014 年に鹿児島大学農学部ガラス室で栽培した‘大吉’を供試した．湛水処理は葉身が 2～3 枚出葉した時期に開始し，2013 年では 5 月 29 日，2014

年では6月11日に開始した。試験区の湛水区と畑地区は、第1章と同様とした。

2.2.2.1. 気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度の測定

2013年は湛水処理開始後86日目（8月23日8時），2014年は湛水処理開始後39日目（7月20日8時，12時）にガラス室内でそれぞれの株から最大葉身の背軸面表皮を薄く剥ぎ取り固定液（エタノール：酢酸＝3：1）で固定し，実験室にて95%，100%エタノールの順で各2分間浸漬した後，キシレンに浸漬し，ほぼ完全に透明化した後に，位相差顕微鏡（Eclipse E6000，Nikon）を用いて表皮細胞をデジタルカメラ（DS-Fil，Nikon）で撮影した。1葉身当たり4か所の表皮細胞を，それぞれ5視野（ $0.161\text{ mm}^2/\text{視野}$ ）ずつ計20視野撮影し，気孔密度を測定した。気孔サイズと気孔開度はデジタル計測ソフトマイクロアナライザー（日本ポラデジタル株式会社）を用いて，孔辺細胞長（長軸）と孔辺細胞間の隙間を測定した。

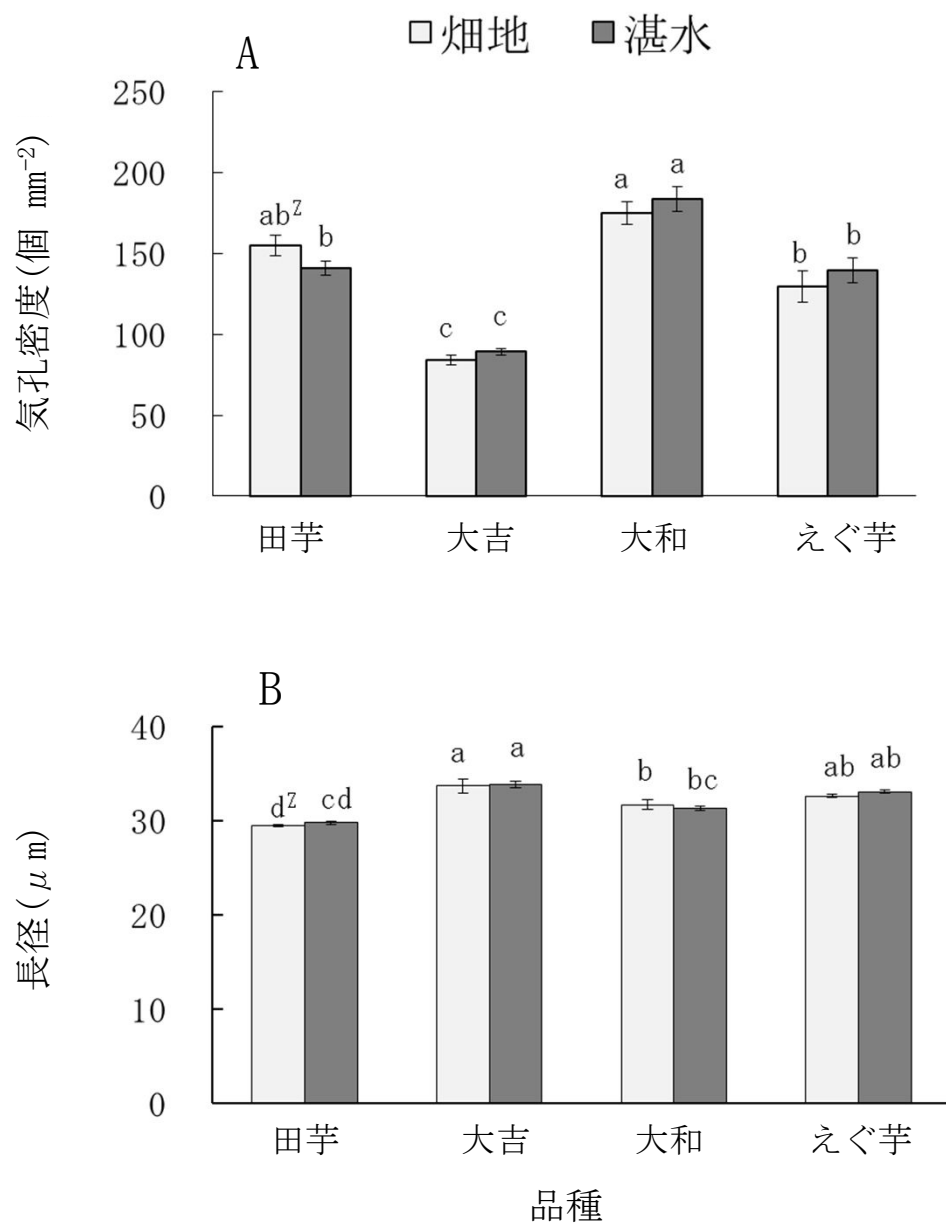
2.2.3. 結 果

2.2.3.1. 湛 水 処 理 が 気 孔 密 度 お よ び 気 孔 サ イ ズ に 及 ぼ す 影 響

気孔密度ならびに孔辺細胞長径は，4品種とも湛水処理によっても変化しなかった（第2-2-1図A，B）．気孔密度は品種間差が大きく，湛水区では，‘大和’ > ‘田芋’ = ‘えぐ芋’ > ‘大吉’の順で，‘大和’は‘大吉’と比較して畑地区，湛水区ともに2.1倍であった．孔辺細胞長径では気孔密度ほど品種間差は小さくなく，湛水区で，‘大吉’は‘えぐ芋’と同程度で，‘大和’，‘田芋’よりはやや長く，‘大吉’の葉身よりも‘田芋’，‘大和’の葉身で小さい気孔が数多く存在していた．

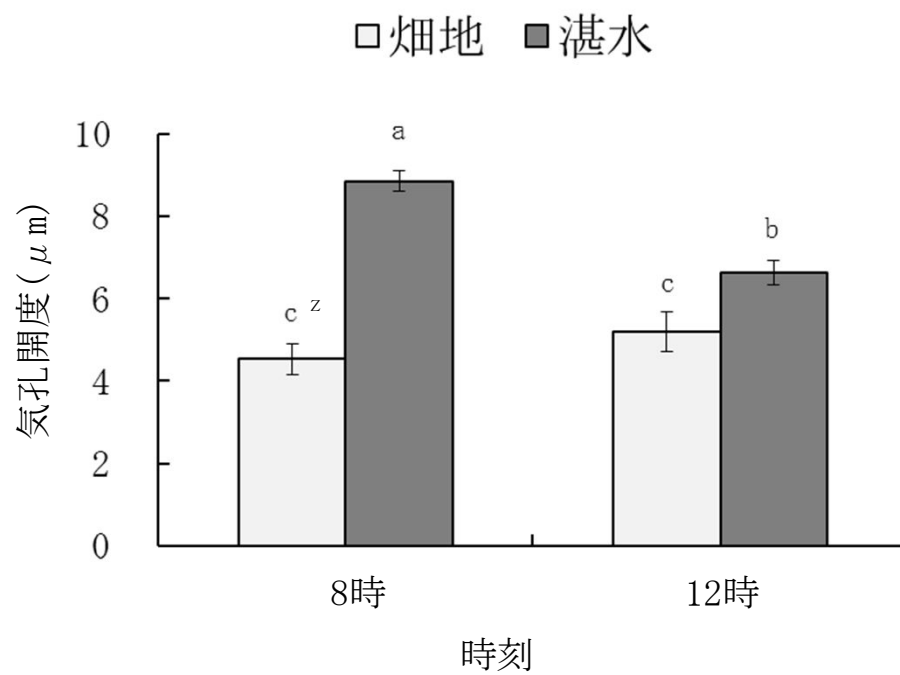
2.2.3.2. 湛 水 処 理 が 気 孔 開 度 に 及 ぼ す 影 響

気孔開度は，8時では畑地区が4.5 μm ，湛水区が8.9 μm となり約2.0倍に拡大し，12時では畑地区が5.2 μm ，湛水区が6.6 μm となり約1.3倍に拡大した（第2-2-2図）．時間の経過に伴う気孔開度の変化は，畑地区では8時と12時では差はないものの，湛水区で



第2-2-1図 湛水处理が葉の気孔密度 (A) と孔辺細胞の長径 (B) に及ぼす影響

^z異なる英文字間には, Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり, バーは標準誤差 (n=5)



第2-2-2図 湛水处理が葉の気孔開度に及ぼす影響

品種：大吉

^z 異なる英文字間は，Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり，バーは標準誤差（n=5）

は 8 時 から 12 時 に かけて 気 孔 開 度 が 0.7 倍 に 縮 小 し ,
気 孔 が 閉 じ る こ と が 覗 えた .

2.2.4. 考 察

湛 水 処 理 が サ ト イ モ の 気 孔 密 度 , 気 孔 サ イ ズ お よ
び 気 孔 開 度 に 及 ぼ す 影 響 に つ い て 調 べ た と こ ろ , 気
孔 密 度 と 孔 辺 細 胞 長 径 は , 湛 水 処 理 に よ っ て 変 化 し な
い も の の , 気 孔 の 孔 辺 細 胞 間 の 間 隙 は 8 時 お よ び 12
時 と も に 湛 水 処 理 に 比 べ て 拡 大 し , 気 孔 開 度 が 大 き
く な る こ と が 明 ら か と な っ た . す な わ ち , 湛 水 処 理
に よ り サ ト イ モ の 気 孔 コ ン ダ ク タ ン ス が 上 昇 し た の
は , 気 孔 密 度 や 気 孔 サ イ ズ の 変 化 に よ る も の で は な
く , 気 孔 開 度 が 高 ま っ た た め と 考 え ら れ た . 葉 の コ
ン ダ ク タ ン ス と 気 孔 密 度 お よ び 気 孔 開 度 の 関 係 に つ
い て の 報 告 が あ る . Maruyama and Tajima (1990) は
イ ネ の 品 種 間 差 異 に つ い て 葉 の コ ン ダ ク タ ン ス と 気
孔 密 度 お よ び 気 孔 開 度 の 関 係 を 検 討 し た 結 果 , 気 孔
密 度 よ り 気 孔 開 度 の 方 が よ り 強 く 葉 の コ ン ダ ク タ ン
ス を 支 配 し て い る と 述 べ て い る . 今 回 の 実 験 で も 気
孔 開 度 が 気 孔 の コ ン ダ ク タ ン ス に 影 響 を 及 ぼ し て お

り，同様な結果となった．

これらのことから，湛水栽培では畑地栽培に比べ水分が十分に供給されるために，高日照下においても畑地栽培ほどは気孔が閉鎖しないものと考えられ，外気から気孔内へ光合成の基質である CO_2 をより多く取り入れるとともに，蒸散によって気孔の内から外へより多くの水蒸気を放出するものと考えられた．

第 3 節 湛水処理が葉温に及ぼす影響

2.3.1. 緒言

前節で，湛水処理によりサトイモの気孔開度が大きくなること，蒸散速度が上昇し蒸散量が増加することを明らかにした．蒸散の際には気化熱として葉から熱が奪われるので，太陽光による葉温の上昇を抑制することから，湛水栽培されたサトイモは，葉温の低下が期待できる．そこで，湛水処理がサトイモの葉温に及ぼす影響について検討した．

2.3.2. 材料および方法

第 1 章で鹿児島大学農学部ガラス室で栽培した 2012 年の水田栽培用品種の‘田芋’と畑地栽培用品種の‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’，ならびに，2013 年‘大吉’を供試した．湛水処理は葉身が 2～3 枚出葉した時期に開始し，2012 年では 6 月 9 日，2013 年では 5 月 29 日とした．試験区の湛水区と畑地区は，第 1 章と同様とした．

2.3.2.1. 葉温の測定

2012年において，湛水処理開始後91日目（9月8日）の10時と13時に最大葉身の向軸側の葉面温度を2次元放射温度計（ii-1064，HORIBA）を用いて測定し，葉身中央周辺の64か所の平均値を求めた．また，同時に光強度は光量子計（LI-250，LI-COR），気温はデータロガ温度記録計（SK-L200T，SATO）を用いて測定した．測定時の光強度と気温は，それぞれ10時では $958 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ， 29.7°C ，13時では $1156 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ， 34.0°C であり，日中の天候は晴天であった．

2013年においては，湛水処理開始後101～102日目（9月7～8日）に熱電対を用い，南側を向けた最大葉身の中央部背軸側の葉脈間にその感部をセロハンテープで固定し葉温を測定し，同時にデータロガ温度記録計を用いて気温を測定した．なお，両日の天候は晴れであった．

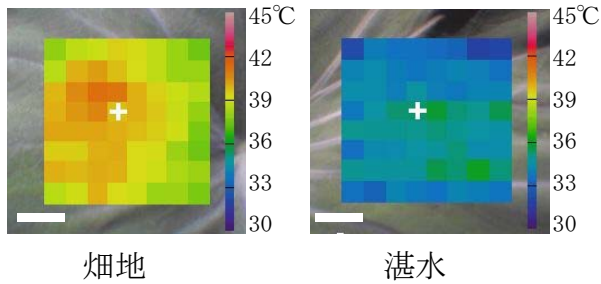
2.3.3. 結 果

2.3.3.1 湛 水 処 理 が 葉 温 に 及 ぼ す 影 響

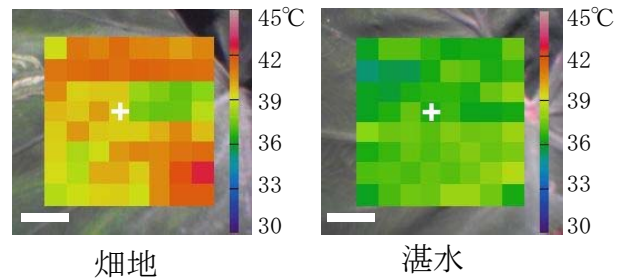
2012 年における 10 時と 13 時の葉面温度と，13 時の赤外線画像を第 2-3-1～3 図に示した．‘田芋’では，畑地区における最大葉身の葉面温度は 10 時で 36.7℃，13 時では 38.6℃であったが，湛水区においては 10 時で 32.3℃，13 時では 33.3℃であり，湛水処理によりそれぞれ 4.4℃，5.3℃低下した（第 2-3-1 図 A-1，B-1）．‘大吉’では，畑地区の葉面温度は 10 時で 39.2℃，13 時では 39.8℃であったが，湛水区においては 10 時で 34.9℃，13 時では 35.6℃であり，湛水処理によりそれぞれ 4.3℃，4.2℃低下した（第 2-3-1 図 A-2，B-2）．‘大和’では，畑地区における最大葉身の葉面温度は 10 時で 38.4℃，13 時では 41.6℃であったが，湛水区においては 10 時で 37.2℃，13 時では 34.2℃であり，湛水処理によりそれぞれ 1.2℃，7.4℃低下した（第 2-3-2 図 A-1，B-1）．‘えぐ芋’では，畑地区の葉面温度は 10 時で 43.4℃，13 時では 40.1℃であったが，湛水区は 10 時で 37.7℃，13 時では 35.6℃であり，湛水処理によりそ

2012年

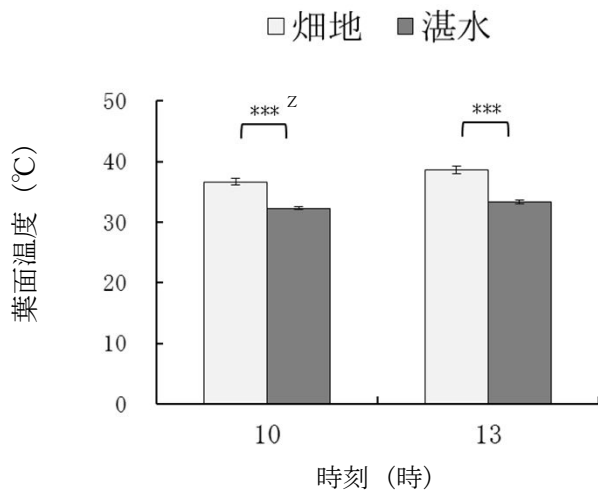
A-1 田芋



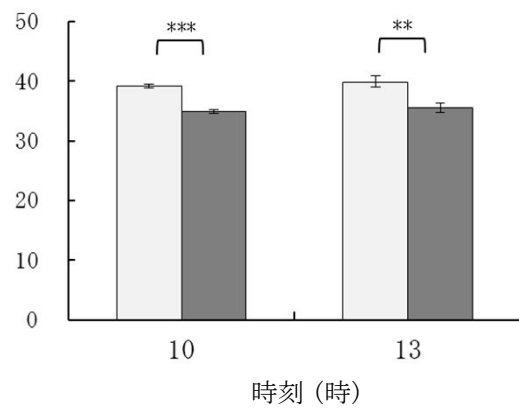
A-2 大吉



B-1 田芋



B-2 大吉



第2-3-1図 湛水处理が葉面温度に及ぼす影響

A：葉面温度の赤外線画像（13時に測定）

葉温は45°Cを薄桃色，30°Cを濃青色とし，温度別に色分けして示した
+は測定の中心位置を示す，白色バーは2 cm

B：葉面温度

^zt検定により，***，**はそれぞれ0.1%，1%水準で有意差あり

バーは標準誤差（n=5）

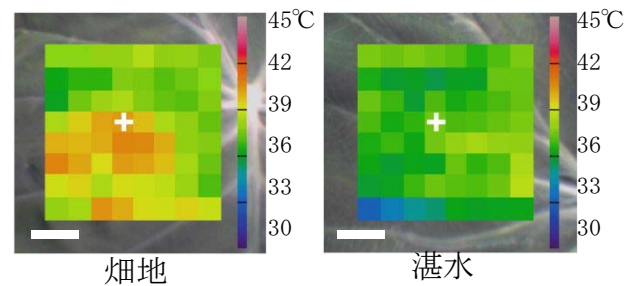
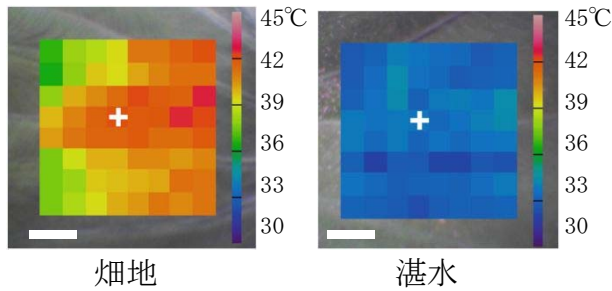
2012年

A-1

大和

A-2

えぐ芋



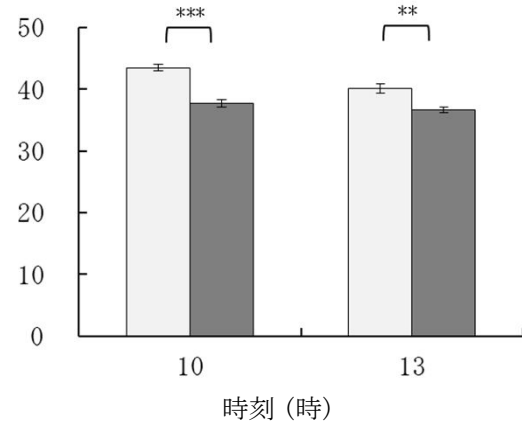
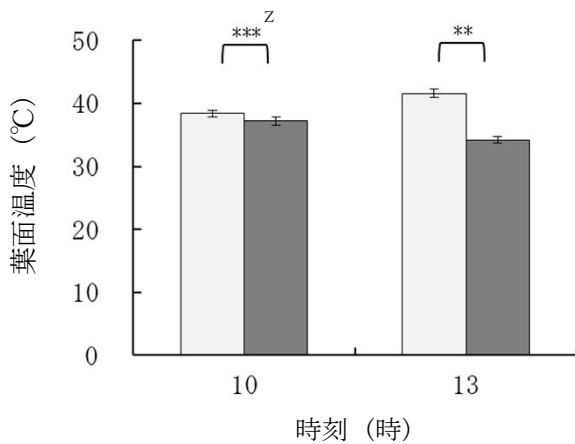
B-1

大和

B-2

えぐ芋

□畑地 ■湛水



第2-3-2図 湛水处理が葉面温度に及ぼす影響

A：葉面温度の赤外線画像（13時に測定）

葉温は45°Cを薄桃色，30°Cを濃青色とし，温度別に色分けして示した
+は測定の中心位置を示す，白色バーは2 cm

B：葉面温度

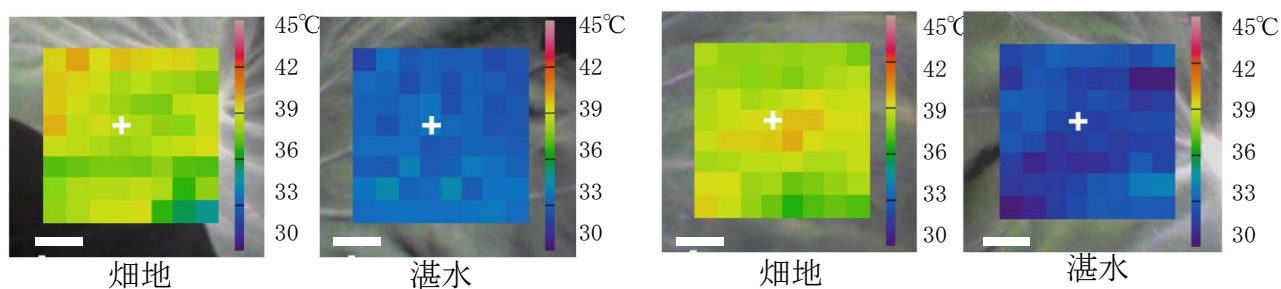
*t検定により，***，**はそれぞれ0.1%，1%水準で有意差あり

バーは標準誤差（n=5）

2012年

A-1 泉南中野早生

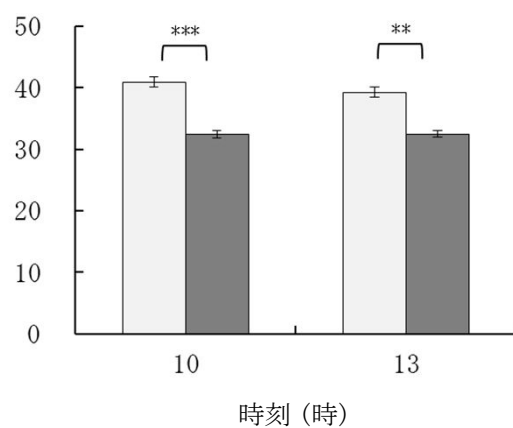
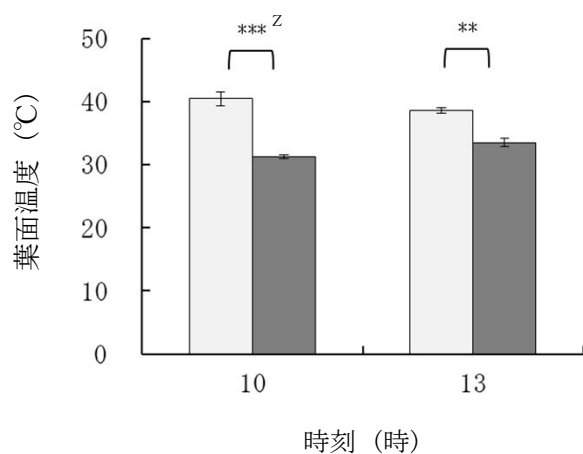
A-2 石川早生丸



B-1 泉南中野早生

B-2 石川早生丸

□ 畑地 ■ 湛水



第2-3-3図 湛水处理が葉面温度に及ぼす影響

A：葉面温度の赤外線画像（13時に測定）

葉温は45℃を薄桃色，30℃を濃青色とし，温度別に色分けして示した
+は測定の中心位置を示す，白色バーは2 cm

B：葉面温度

*t検定により，***，**はそれぞれ0.1%，1%水準で有意差あり

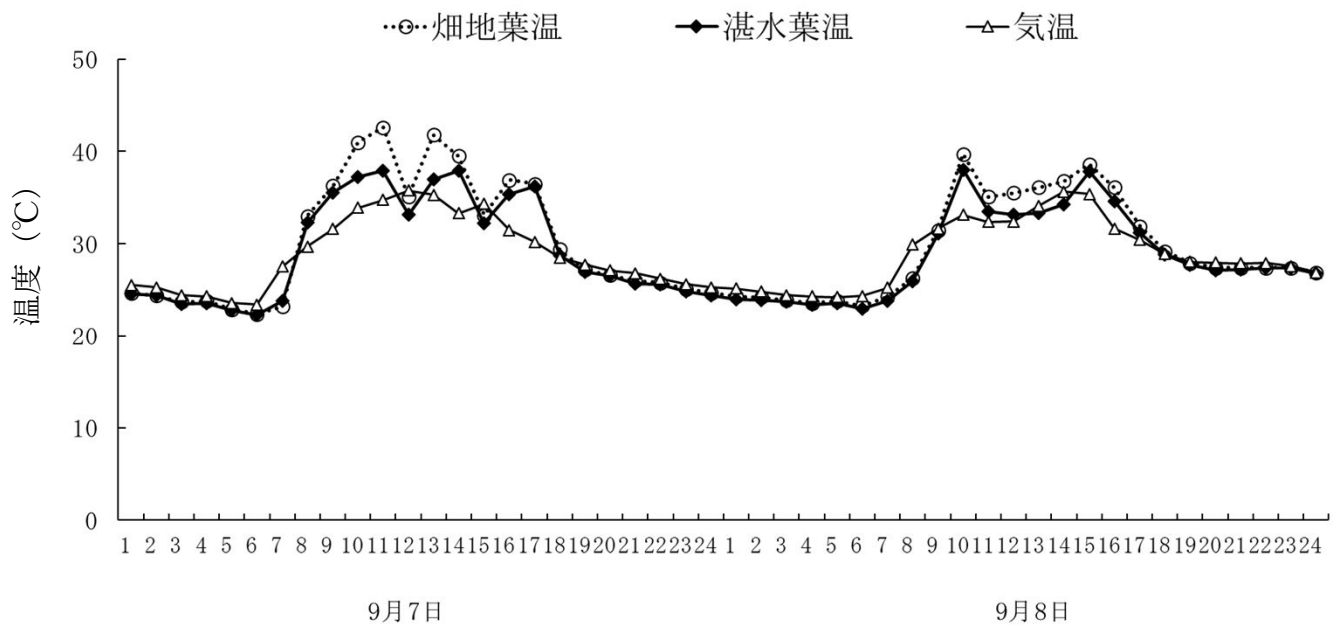
バーは標準誤差（n=5）

れぞれ 4.3°C , 4.2°C 低下した(第 2-3-2 図 A-2, B-2) .

‘ 泉南中野早生 ’ では , 畑地区における最大葉身の葉面温度は 10 時で 40.4°C , 13 時では 38.6°C であったが , 湛水区においては 10 時で 31.3°C , 13 時では 33.5°C であり , 湛水処理によりそれぞれ 9.2°C , 5.1°C 低下した(第 2-3-3 図 A-1, B-1) . ‘ 石川早生丸 ’ では , 畑地区の葉面温度は 10 時で 40.9°C , 13 時では 39.2°C であったが , 湛水区は 10 時で 32.4°C , 13 時では 32.5°C であり , 湛水処理によりそれぞれ 8.5°C , 6.7°C 低下した(第 2-3-3 図 A-2, B-2) .

2013 年の ‘ 大吉 ’ における葉面温度と気温の経時変化を第 2-3-4 図に示した . 夜中の葉面温度は畑地区 , 湛水区ともに気温に等しく , 日の出(おおよそ 6 時)とともに気温は上昇するが , 日の出 1~2 時間の間では葉面温度は気温を下回っていた . 10 時ごろには葉面温度が気温を上回るようになり , 日没(おおよそ 18 時 30 分)の直前(18 時)にはまた気温と等しくなった . 日の出後しばらくは畑地区と湛水区との間に葉面温度の差はないものの , 10 時以降 16 時までは湛水区の葉面温度が畑地区の葉面温度

2013年



第2-3-4図 湛水処理が葉面温度に及ぼす影響

2013年9月7～8日，品種は大吉

を下回った。畑地区の最高葉面温度は 9 月 7 日で 42.6℃まで達したが，湛水区は 37.9℃と畑地区より 4.7℃低下し，38℃を上回ることにはなかった。

2.3.4 考察

湛水処理がサトイモの葉温に及ぼす影響について検討した結果，畑地栽培における最大葉の表面温度は，品種による差はあるものの 2012 年 9 月 8 日における午前 10 時で 36.7～43.4℃であった（第 2-3-1～3 図）。一方，湛水栽培における最大葉の表面温度は 31.3～37.7℃であり，湛水処理により 1.2～9.2℃低下した。同様に，13 時の畑地栽培における最大葉の表面温度は，38.6～41.6℃で，湛水栽培では 32.5～36.7℃であり，湛水処理により 3.4～7.4℃低下した。また，晴天日であった 2013 年 9 月 7～8 日における日中の最大葉身の表面温度についてその推移を見ると，畑地栽培では最高で 42.6℃まで上昇しているが，湛水栽培では 4.7℃低い 37.9℃でとどまり，38℃を上回ることにはなかった（第 2-3-4 図）。葉温の上昇は，光合成に関係する光化学系活性なら

びにカルビン回路の酵素の活性を低下させ、光合成速度を低下させる（石田・谷，2003）。サトイモの光合成速度は，30℃をピークとする緩やかな単頂曲線で示され，22～35℃の範囲での変動は少なく，35℃より高温側の低下の程度は低温側より急であり，40℃での光合成速度は，30℃時のわずか6割程度に低下することが知られている（佐藤ら，1978）。今回の実験において，畑地栽培されたサトイモでは，葉温は40℃前後に達し光合成速度は高温によって大幅に低下し，一方，湛水栽培されたサトイモでは，畑地栽培されたサトイモと比べ葉温は最高で約7～9℃も低くなったため，光合成速度は高く保たれていたと考えられる。

第 4 節 湛水処理が SPAD 値に及ぼす影響

2.4.1. 緒言

これまで，湛水栽培によりサトイモは光合成速度が高まることを明らかにしてきた．これらには光合成に関する光化学系活性の向上が影響していると推察される．光化学系の主要な構成要素であるクロロフィルの含量は，光合成速度に大きく影響すると考えられる．クロロフィル含量と SPAD 値は相関が高い（Kawamitsu ら，1999）ことから，湛水栽培がサトイモにおける葉身の SPAD 値に及ぼす影響について検討した．

2.4.2. 材料および方法

第 1 章で鹿児島大学農学部のカラス室で栽培した 2012 年，2013 年の水田栽培用品種の‘田芋’と畑地栽培用品種の‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’を供試した．湛水処理は葉身が 2～3 枚出葉した時期に開始し，2012 年では 6 月 9 日，2013 年では 5 月 29 日と

した．試験区の湛水区と畑地区は，第 1 章と同様とした．

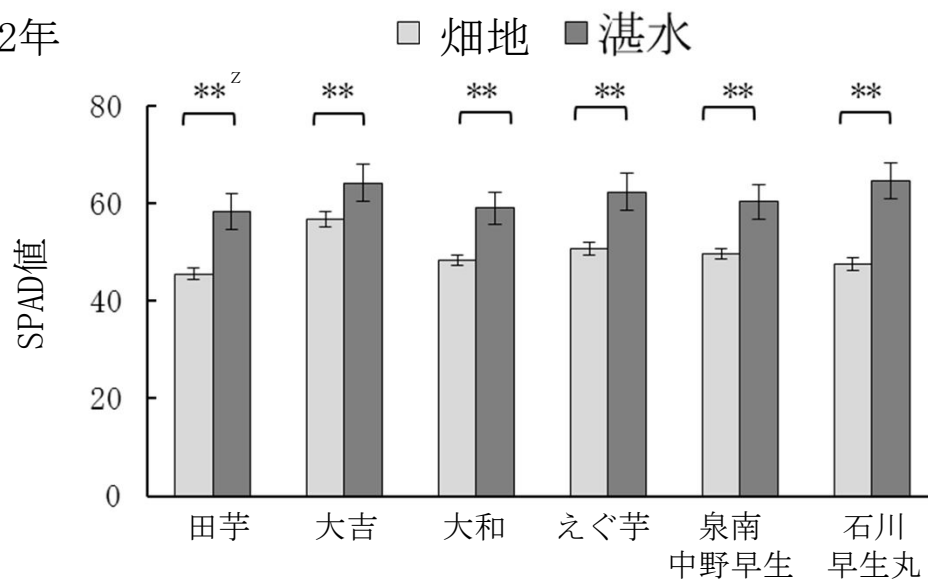
2.4.2.1 SPAD 値の測定

2012 年においては湛水处理開始 125 日目（10 月 12 日），2013 年においては湛水处理開始 94 日目（8 月 31 日）に最大葉身の SPAD 値を葉緑素計（SPAD502，ミノルタ）を用いて 1 葉身当たり 5 か所について測定し，その平均値を求めた．

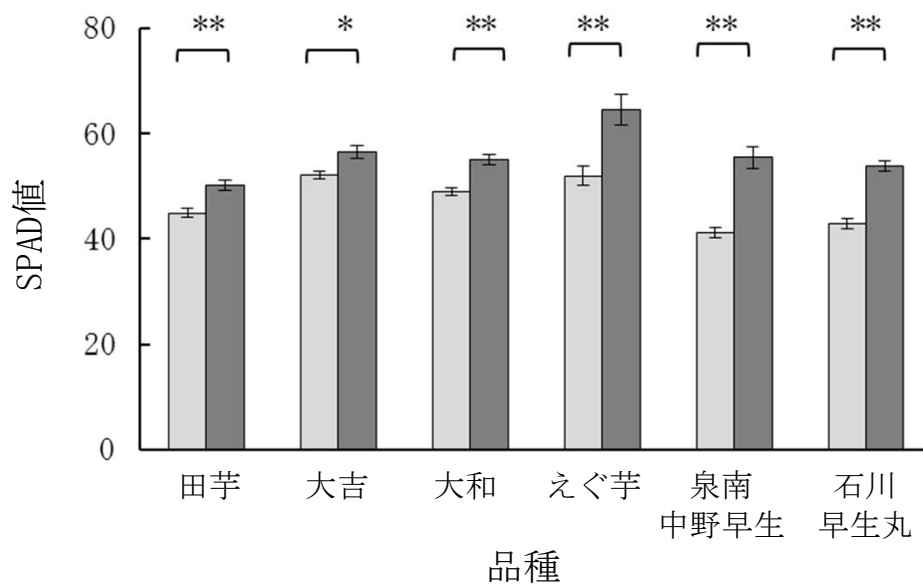
2.4.3. 結果

最大葉身の SPAD 値について，2012 年を第 2-4-1 図 A に，2013 年を第 2-4-1 図 B に示した．2012 年，2013 年における湛水区の SPAD 値は畑地区に比べ，
‘田芋’ではそれぞれ 1.3 倍，1.1 倍に，‘大吉’
でともに 1.1 倍に，‘大和’で 1.2 倍，1.1 倍に，
‘えぐ芋’でともに 1.2 倍に，‘泉南中野早生’で
1.2 倍，1.3 倍に，‘石川早生丸’で 1.4 倍，1.3 倍
にいずれも有意に増加した．

A 2012年



B 2013年



第2-4-1図 湛水処理がSPAD値に及ぼす影響

A 2012年10月12日に測定, B 2013年8月31日に測定

^zt検定により, **, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり

バーは標準誤差 (n=5)

2.4.4. 考 察

光化学系の主要な構成要素であるクロロフィルの含量は，湛水栽培されたサトイモの光合成速度に大きく影響していると考えられ，クロロフィル含量と極めて高い相関関係にある SPAD 値（Kawamitsu ら，1999）を測定した．その結果，すべての品種において湛水処理により最大葉身の SPAD 値が 1.1～1.4 倍に増加しており，湛水栽培されたサトイモの光化学系活性は，畑地栽培されたサトイモのそれより高い可能性が示唆された．また，本実験の 2012 年における SPAD 値を測定した最大葉身について，その光合成速度を第 2 章第 1 節の第 2-1-1 図に示している．その結果をみると，最大葉身の光合成速度は湛水処理により高まっている．葉が光合成速度を高めるためには，光合成活性と気孔コンダクタンスを高くすることが必要である（彦坂，2009）ことから，サトイモでは湛水栽培により光合成活性が高められ，光合成速度の上昇に繋がっていると推察された．

また，湛水栽培により葉身中の葉緑素含量が増加していると考えられることから，窒素含量も増加し

ていると推察される．本研究では，養分吸収量について調査していないことから，今後，検討の必要がある．

総 合 考 察

サトイモは畑地状態で栽培するのが一般的であるが，南西諸島では‘田芋’，台湾では‘檳榔苳’が水稻と同様に湛水状態で栽培されている．そこで，畑地で栽培されている品種について湛水栽培の可能性を検討した．

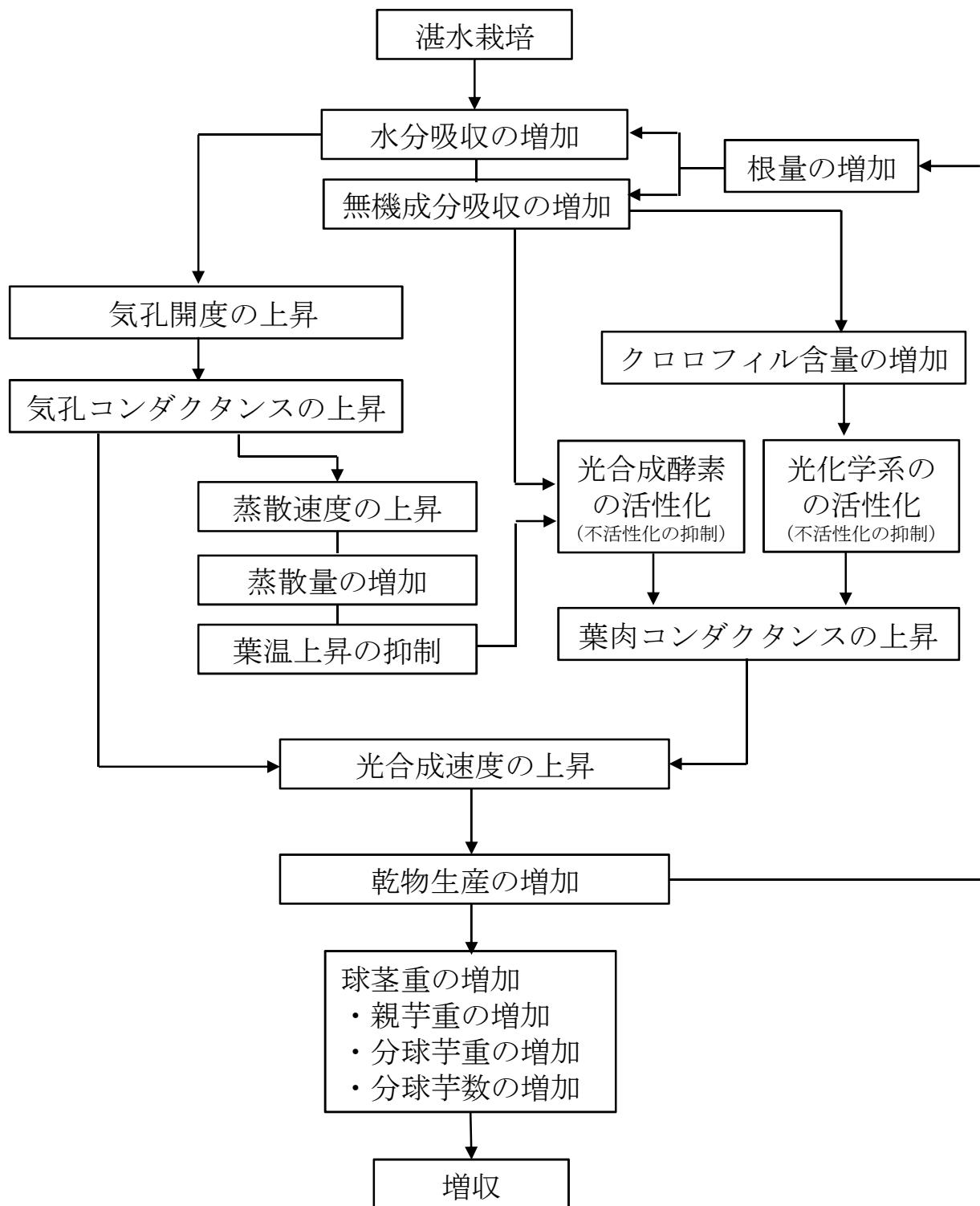
１．湛水栽培が収量に及ぼす影響

水田栽培用品種‘田芋’を対照に，畑地栽培されているサトイモ品種‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’の５品種を供試し，湛水処理が生育と収量に及ぼす影響について検討した．その結果，‘田芋’と同様に，畑地栽培用サトイモの５品種は，湛水処理により葉柄が１．１～１．９倍に伸長し，球茎重は１．４～２．３倍に増加した．湛水栽培用品種の‘田芋’同様，これらの畑地栽培用品種も湛水栽培により生育が旺盛となり増収することを見出した．

そこで，この湛水栽培によるサトイモの増収要因

について検討した．山本ら（1994），杉本（2001a, b）は，サトイモにおける球茎収量は光合成産物量と密接に関係していることを報告していることから，本実験で行った湛水栽培によるサトイモの増収は，光合成の促進により引き起こされる可能性が高いと考えられた．よって，湛水栽培と畑地栽培での光合成速度，気孔コンダクタンス，葉肉コンダクタンス，蒸散速度，葉温，クロロフィル含量，気孔密度，気孔サイズおよび気孔開度の違いについて検討した．これらの結果をもとに，湛水栽培による増収機構について第5図のようにまとめた．

根は植物体を支持すると同時に水や無機栄養分を吸収する働きを担っている．植物体内の水分変化を無視すると，根による吸水量と蒸散量は等しい（長谷川，1999）．筆者らがポット栽培において蒸散量を測定したところ，湛水状態で栽培すると蒸散量が約2～3倍に増加した（池澤ら，2014）．吸水量の増加は葉身の含水量と気孔開度を高く維持することから（伊藤ら，2006），湛水栽培では蒸散によって引き起こされる受動的吸水能力が高まり吸水量が増加し



第5図 湛水栽培による増収機構の模式図

気孔開度が高まると考えられた．孔辺細胞間の間隙が拡大し，気孔開度が大きくなることによって気孔コンダクタンスが上昇する．気孔コンダクタンスは気孔開度，気孔密度および気孔サイズによって支配される（島田，1991）．今回の実験では気孔密度と孔辺細胞の長径はともに湛水栽培により変化が見られなかったことから，気孔コンダクタンスの上昇は気孔開度の高まりによるものと考えられた．

また，根からの吸水と同時に無機栄養分も吸収され，茎葉部に供給される．この無機栄養分の中で最も大切な元素は窒素で，植物の生育と収量に与える影響は大きい（大山，1999）．葉身中の窒素濃度と相関がある SPAD 値は湛水栽培により高まっていることから，湛水栽培では根からの窒素吸収が増え，葉身中の窒素含量が増加し葉緑素含量も増加する．葉緑体には，気孔から取り込まれた CO_2 が細胞間隙を拡散によって移動し，葉肉細胞の細胞壁，細胞膜，細胞質を通過して入ってくる．この葉内における CO_2 の拡散抵抗の逆数である葉肉コンダクタンスは光合成酵素と光化学系の活性の反映である．湛水栽培により

光化学系の主要な構成要素である葉緑素含量が増大しており，光化学系の活性が高くなっている可能性がある．また，葉温が上昇すると葉肉コンダクタンスは低下する（堀江，1981）．畑地栽培では高温高日照時には葉温40℃を越えることもあり，光合成酵素の活性や光化学系活性は低下する．しかしながら，湛水栽培では，気孔コンダクタンスの上昇に伴い蒸散速度が上昇し，蒸散量が増加する．つまり，蒸散による気化熱によって葉面温度が畑地栽培のそれに比べ3.4-7.4℃低下し，これらの活性の低下が抑制され，葉肉コンダクタンスが畑地栽培に比べて高く維持されているものと考えられる．また，植物が成長速度を高めるためには，個葉の光合成速度を高めると同時に個葉面積を増加させることが必要である．今回供試した‘田芋’，‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’は個葉の葉面積が拡大しており，これらの品種では光合成速度と葉面積との相乗効果により光合成産物が増加したと考えられた．

サトイモにおける球茎収量は光合成産物量と密接に関係すると報告（山本ら，1994；杉本ら，2001a, b）

されている。本実験において、畑地栽培に比べて光合成産物が増加すると考えられた湛水栽培では、親芋重、分球芋重および分球芋数が増加し球茎重の増大が認められた。これらのことから、畑地栽培用品種の‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’における増収は、光合成の促進により引き起こされたと推察された。さらに、球茎重の他に、根の乾物重も湛水栽培により 1.7～8.6 倍に増加した。水稲も水田状態で栽培すると畑地状態で栽培するのに比べて根数が増加すると報告がある（松田，1931）。今回、サトイモの根数は調査していないが、根量が増加することでは一致している。湛水栽培では根量が増加し、根からの養水分の吸収が増えることにより、気孔開度が高まり気孔コンダクタンスも上昇し、また、光合成酵素が活性化するとともにクロロフィル含量の増加により光化学系も活性化し葉肉コンダクタンスが上昇するなどし光合成速度の上昇へつながる好循環が生まれると考えられた。

一方で、品種によって湛水栽培により光合成速度が上昇するものとしらないものがあることがわかつ

た．今回の試験の中で，畑地栽培用品種の‘石川早生丸’は，湛水栽培による光合成速度の上昇に有意な差が見られなかった．しかしながら，総展開葉数が増加するとともに生育途中の生存葉数が多くなることを認められた（データ略）．植物が成長速度を高めるためには，光合成器官である葉を増やすことも重要であることから，‘石川早生丸’で湛水栽培によって増収するのは，総展開葉数が増えるとともに，個葉の生存期間，つまり，葉身の寿命が長くなり生育途中の生存葉数が増加し，株当たりの葉面積が増加することによって光合成産物が増大し，このことによって球茎重が増収するものと考えられるが，今後，さらに検討が必要である．

2．栽培技術

本研究によって明らかになったサトイモの畑地栽培用品種による湛水栽培は収量性を高めることができる新たな栽培法として，非常に重要な成果と言える．今後，実際にサトイモを湛水栽培していくにあたり，品種の違いや栽培技術について検討が必要と

なる．

湛水栽培によるサトイモの増収割合や増収による収量構成要素は品種により異なった．今回の実験で，最も増収が期待できる品種として，‘大吉’，‘えぐ芋’および‘石川早生丸’が挙げられる．まず，親芋兼用種の‘大吉’では，親芋が肥大し分球芋においては子芋が肥大するとともに孫芋数が増加した．次に，子芋用種の‘えぐ芋’では子芋と孫芋の着生数が増加し，‘石川早生丸’では子芋が肥大するとともに，孫芋の着生数が著しく増加した．これらの品種では湛水栽培による増収効果が期待できる．今後，全国のいろいろな品種群についてさらに検討が必要である．

また，分球芋の肥大促進と着生数増加から，新たな出荷・生産体系が期待できる．まず，1つ目は子芋の肥大促進による出荷の早進化である．‘大吉’や‘石川早生丸’は子芋の肥大が促進され，1個重が増加していることから，早期収穫ができ早出し栽培の可能性が期待できる．2つ目は，分球芋の増加による採種栽培である．栄養繁殖であるサトイモは，

生産農家自ら種芋の採種を行っており，採種栽培においては30～50g程度の分球芋が多数着生することが重要となる．‘大吉’，‘えぐ芋’および‘石川早生丸’では，湛水栽培により分球芋数が増加することから，採種栽培にも活用できる．現在，親子兼用種の‘大吉’は分球芋数が少ないことから，種芋増殖の効率向上が強く求められており，画期的な採種栽培法として大きく貢献できるものと考えられる．

次に，球茎の品質を見てみると，収穫された分球芋には，芽つぶれ症，裂開症などの障害は見られないことから，品質の向上が図られる．また，センチュウの影響について，畑地栽培で実験4年目に分球芋にセンチュウ被害が確認されたが，湛水栽培では全くその被害は発生していない．従って，湛水栽培では連作が可能となり，従来の3年1作に比べてサトイモ生産のための水田の利用効率を高めることができる．さらに，水稻とサトイモは別々の専用水田となることから，野菜等を栽培した後の水稻が倒伏や品質低下するような心配はなくなる．これまでの調査で，分球芋の乾物率は畑地栽培と同程度で，食味も

特に問題はないとの結果を得ている．

また，灌水方法は，水田での湛水栽培により用水路から直接給水することができる．このため，スプリンクラー等の灌水施設を整備する必要がなく，資材コストも削減できる．なお，本研究では，出芽後，葉数が2～3枚展開した5月下旬から6月上旬に湛水処理を開始した．本実験ではサトイモの地温である適温 22～27℃の適温下で生育し問題はなかった．実際の水田は中山間地，基盤整備が行われて平坦地など地域によっていろいろあろう．この時期の水田への供給水温はそれぞれの地域で異なることから，サトイモの生育に影響を及ぼすような低水温の場合は，湛水開始時期を遅らせるなどの対応が必要と考えられる．また，芋の形状は，‘大吉’，‘大和’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’では畑地栽培とほとんど差がなく，‘えぐ芋’ではやや長くなる傾向が見られた．分球芋が長くなる要因には種芋の植付け位置が深いこと，土寄せ時の培土量が多いこと（飛高，1974）の他に，種芋の植付け位置が浅いことによる分球芋の萌芽などが考えられる．今回，

供試した畑地栽培用品種の中では‘えぐ芋’は他の品種に比べて分球芋の形状がやや長い特性を持つことから、今後、種芋の植付け位置など分球芋の形状に影響を及ぼす要因の解明など、適正な栽培技術の確立に向けさらなる検討が必要である。このように、畑地栽培用品種の湛水条件下の反応には、品種間差があることが示唆された。今後、湛水栽培技術の確立に向けては、それぞれの地域での栽培品種について検討する必要がある。

３．将来農業への展望

今回のサトイモの湛水栽培が将来の水田農業に与える影響は大きいと考える。我が国における水田農業の果たす役割は国民食料の安定供給である。持続的な農業経営による生産活動が確保されるよう担い手の育成と農地集積は重要な課題である。しかしながら、鹿児島県の水田面積 36.3 千 ha のうち、水稻は 70%、野菜などの転作作物は 12% で、残りの 18% は耕作放棄水田等であり、耕作放棄水田等の面積は増加傾向にある。もし、このような状態が続くと、

水田の多面的機能が失われていく危険性がある。サトイモの湛水栽培は、水田が持つ国土保全（洪水防止，土砂崩壊防止），水源涵養，自然環境保全などの多面的機能を維持できる可能性がある。また，国は2013年12月に従来の米政策を見直し，主食用米の生産調整をなくし，飼料用米等の非主食用米や麦，大豆，地域特産作物等の作付けを誘導するよう方針を転換した。今後，水稻以外の作物の栽培が増える可能性があるが，水田機能を維持するためには湛水状態で栽培することが重要となる。さらに，灌漑水には多くの硝酸態窒素などが含まれている。水田で作物が栽培されなくなると，河川や地下水への環境汚染が懸念される。上菌ら（2005）は，水田で水稻を栽培した場合，灌漑水中の硝酸態窒素の6割が脱窒し，約2～3割が作物に吸収され，8～9割が浄化されるとしている。また，サトイモは灌漑水から水稻の約2倍の硝酸態窒素を吸収するとも報告している。また，サトイモは好アンモニア性植物であり，土壌中からの硝酸態窒素の他にアンモニア態窒素も吸収することができる（Deenikら，2013；大山，1999）。

湛水栽培ではサトイモの根が増加することから，これらの窒素吸収量の高まりが期待でき，水質浄化の役割にも貢献できると考えられる．このように，多くの水田機能を維持できるサトイモの湛水栽培は，将来の我が国の農業生産に大きく貢献できるものと期待される．

以上のように，本研究によって，サトイモの畑地栽培用品種も水田栽培用品種と同様に，湛水栽培が可能であることが明らかとなった．また，湛水栽培は畑地栽培に比べて，光合成速度が上昇することから，サトイモが増収することを明らかにし，サトイモの生産性を向上させる新たな栽培法で，早出し栽培や種芋の採種栽培にも有効であることを示すことができた．さらには，水田の多面的機能を維持できることから，将来の農業生産に大きく貢献できるものと考えられる．

要 約

サトイモは畑地状態で栽培するのが一般的であるが，南西諸島では‘田芋’，台湾では‘檳榔苳’が水稻と同様に湛水状態で栽培されている．畑地で栽培されている品種について湛水栽培の可能性を検討した．

ポットで湛水栽培を行うと，水田栽培用品種‘田芋’と同様に，畑地栽培用品種‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’，‘泉南中野早生’および‘石川早生丸’は，湛水処理により葉柄が1.1～1.9倍に伸長し，球茎重は1.4～2.3倍に増加していた．水田栽培用品種の‘田芋’同様，これらの畑地栽培用品種も湛水栽培により生育が旺盛となり増収することを見出した．

湛水栽培が光合成速度に及ぼす影響について調査したところ，湛水栽培により‘大吉’，‘大和’，‘えぐ芋’および‘泉南中野早生’は，‘田芋’と同様に光合成速度が上昇した．サトイモの球茎収量は光合成産物量と密接に関係することから，これらの品種の湛水栽培による増収は光合成速度の上昇によるものと思われる．光合成速度は気孔コンダクタンスと葉肉コンダク

タンスによって規定されるが，湛水栽培により気孔コンダクタンス，葉肉コンダクタンス共に高くなっていた．気孔コンダクタンスは気孔密度，気孔の大きさおよび気孔開度によって支配されるが，気孔密度と気孔の大きさは湛水栽培による影響を受けず，気孔開度の増大が気孔コンダクタンス上昇の大きな要因と考えられる．葉肉コンダクタンスは光合成酵素と光化学系の活性の反映であるが，湛水栽培により光化学系の主要な構成要素である葉緑素含量が増大しており，光化学系の活性が高くなっている可能性がある．また，畑地栽培では高温高日照時には葉温 40°C を越えることもあり光合成酵素の活性や光化学系活性は低下するが，湛水栽培では蒸散により葉面温度が畑地栽培のそれに比べ $3.4-7.4^{\circ}\text{C}$ 低下しているために，これらの活性の低下が抑制され，葉肉コンダクタンスが畑地栽培に比し高いものと考えられる．また，‘石川早生丸’では光合成速度に有意な上昇は見られず，この品種での増収は光合成速度以外の要因によるものと考えられ，今後の検討が必要である．

以上のように，サトイモの畑地栽培用品種も水田専

用品種と同様に湛水栽培が可能であり，しかも，従来の畑地栽培に比べて増収できる新たな栽培法であることを明らかにした．また，サトイモの湛水栽培は，水田が持つ国土保全（洪水防止，土砂崩壊防止），水源涵養，自然環境保全などの多面的機能を維持できる可能性があり，将来の農業生産に大きく貢献できるものと期待される．

謝 辞

本研究を遂行するとともに本論文を取りまとめるにあたり，多大なるご理解をいただきご指導とご鞭撻を賜りました鹿児島大学名誉教授 岩井純夫博士には心から深く感謝申し上げます．本研究にご理解をいただき，丁寧なご指導とご校閲をいただきました鹿児島大学農学部准教授 山本雅史博士，同教授 遠城道雄博士，同教授 橋本文雄博士，佐賀大学農学部教授 一色司郎博士，同教授 駒井史訓博士には心から感謝いたします．本研究の遂行にあたり，終始ご指導いただきました鹿児島大学農学部准教授 吉田理一郎博士，貴重なご指導をいただきました佐賀大学農学部教授 有馬進博士，鹿児島大学農学部准教授 樗木直也博士には心から感謝申し上げます．

本研究は，筆者が鹿児島県農業開発総合センター大隅支場に勤務していた時に，鹿児島大学大学院連合農学研究科に社会人入学して試験を開始し，その試験データを取りまとめたものである．試験を開始した当時の鹿児島県農業開発総合センター大隅支場

長，現在の当センター副所長兼企画調整部長 松元順博士には学位論文取得を後押ししていただき，当時の大隅支場園芸作物研究室長で現在の熊毛支場園芸作物研究室 福元伸一室長には，研究へのご支援いただき，深く感謝申し上げます．初めてとなるサトイモの湛水栽培管理をしていただいた大隅支場園芸作物研究室技術補佐員の本地博氏，平田憲一氏，鹿児島大学での試験における栽培管理および調査に協力をいただいた農学部蔬菜園芸研究室 本田健二氏，緒方翔氏，清瀬仁志氏，角真城氏，相良文哉氏，山下雄太郎氏，山崎祐剛氏，田口翔麻氏，谷脇悠一氏，茶屋百花氏，田畑早花氏，鹿児島大学大学院連合農学研究科生物生産科学専攻 島田温史氏に，心からお礼申し上げます．

本研究を遂行するにあたり丁寧なご指導とご校閲を賜った鹿児島県農業開発総合センター生産環境部土壌環境研究室長の古江広治博士，園芸作物研究室長の若松謙一博士，終始丁寧なご指導をいただいた生産環境部病理昆虫研究室長の井上栄明博士，同土壌環境研究室の長友誠研究専門員，企画調整部

普及情報課の脇門英美農業専門普及指導員には深く感謝申し上げます。また、鹿児島県農業開発総合センター企画調整部研究企画課の皆様には、本研究へのご理解をいただくとともに、温かいお言葉をいただき深く感謝申し上げます。

その他、多くの方々にご協力いただきましたことに対し、ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 青葉 亨 . 1953 . 庄内特産蔬菜 (第2報) からとり芋 .
山形農林学会報 . 3/4 : 12-17 .
- Brooks , A . and G . D . Farquhar . 1985 . Effect of
temperature on the CO_2/O_2 specificity of
ribulose - 1 . 5 - biphosphate carboxylase /
oxygenase and the rate of respiration in the
light . Planta . 165 : 397-406 .
- Deenik , J . L . , Penton , C . R . and Bruland , G . 2013 .
Nitrogen Cycling in Flooded Taro Agriculture .
College of Tropical Agriculture and Human
Resources . SCM . 31 : 1-8 .
- Faostat . 2012 . [http://faostat.fao.org/site/291/
default.aspx](http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx) .
- 倪 鏡 . 2003 . 農地保全と地域活性化 — 甘楽富岡事
例を中心に — . 地域政策研究 . 5 : 115-120 .
- 下水道政策研究委員会 流域管理小委員会 . 2007 . 水
・物質循環系の健全化に向けた流域管理のあり
方について . 報告書 .

原 田 二 郎 ・ 山 崎 耕 宇 ・ 中 元 朋 実 ・ 三 宅 晃 ・ 梅 田 泰
一 郎 . 1984. 農 家 水 田 に 生 育 し た 水 稻 の 1 次 根 数
と 収 量 構 成 要 素 と の 関 係 第 1 報 株 お よ び 個 体
に 着 目 し た 場 合 . 日 作 紀 . 53: 307-312.

長 谷 川 周 一 . 1999. 土 壌 の 特 性 - d. 土 壌 水 分 (根 の 編
集 委 員 会) - 根 の 辞 典 . p. 250-252. 朝 倉 書 店 . 東
京 .

飛 高 義 雄 . 1974. サ ト イ モ . 基 礎 編 . サ ト イ モ - 植
物 と し て の 特 性 . 農 業 技 術 体 系 野 菜 編 10. p.
3-33. 農 文 協 . 東 京 .

彦 坂 幸 毅 . 2009. 個 葉 か ら の 葉 緑 体 ス ケ ー ル の ガ ス
交 換 個 葉 の 光 合 成 速 度 が 決 ま る し く み と 測 定
原 理 . 低 温 科 学 67: 67-71.

東 尾 久 雄 ・ 相 澤 証 子 ・ 國 久 美 由 紀 ・ 村 上 健 二 ・ 徳 田
進 一 ・ 浦 上 敦 子 . 2012. 根 の 嫌 気 呼 吸 反 応 に 基
づ く レ タ ス お よ び ブ ロ ッ コ リ ー の 湛 水 耐 性 評
価 . 園 学 研 . 11: 477-483.

堀 江 武 . 1981. 気 象 と 作 物 の 光 合 成 , 蒸 散 そ し て
生 長 に 関 す る シ ス テ ム 学 的 研 究 . 農 技 研 報 A.
28: 1-181.

- 星川清親．１９９２．改訂増補 栽培植物の起源と伝播．
p．１１８-１１９．二宮書店．東京．
- 星川清親．２００１．第３４章 タロイモ 新編 食用作物．
p．６１６-６２６．養賢堂．東京．
- 伊藤浩志・角田憲一・安藤 豊．２００６．水稻の出液
速度と乾物増加速度の関係．山形大学紀要（農
学）．１５：３７-４１．
- 池橋 宏．２００５．稲作の起源 イネ学から考古学へ
の挑戦．p．１-９７．講談社．東京．
- 池澤和広・福元伸一・遠城道雄・吉田理一郎・岩井
純夫．２０１４．ポット栽培における湛水処理がサ
トイモ‘大吉’(*Colocasia esculenta* Schott
cv.‘Daikichi’)の生育と収量に及ぼす影響．園
学研 １３：３５-４０．
- 稲垣春郎．１９７１．湛水による土壌病虫害防除の可能
性．北農．３８(９)：５５-５８．
- 岩堀英晶・上杉謙太．２０１３．有害線虫総合防除マニ
ュアル．p．２６-３２．九沖農研．熊本．
- 石田 厚・谷 亨 ２００３．植物の水利用の評価 １．陸
上植物と水（村岡裕由・可知直毅編）光と水と

- 植物のかたち．p．271-292．総合出版．東京．
- 鹿児島県農政部．2013．鹿児島県水田フル活用ビジョン．<<https://www.pref.kagoshima.jp/sangyo-rodo/nogyo/index.html>>．
- 川田信一郎・副島増夫・山崎耕宇．1978．水稻における‘うち根’の形成量と玄米収量との関係．日作紀．47：617-628．
- Kawamitsu, Y., Singh, R. K., Nelson, B. J., Tamaki, T. and Murayama, S. 1999. Effects of Nitrogen Supply on Growth Characteristics and Leaf Photosynthesis in Sugarcane. Sci. Bull. Fac. Agric. Univ. Ryukyus. 46: 1-14.
- 小西達夫 2008．食用としてのイモの重要性：タロイモ．国際農林業協力．31：12-20．
- 黄賢喜・陳東鐘・韓青梅・呉育郎．1991．サトイモの湛水栽培法（台湾）．農業および園芸．4：70-74．
- 小林芳雄．2014．我が国水田農業の多面的役割．農林金融．26：171-172．
- 小西達夫．2008．食用としてのイモの重要性：タロイ

- モ . 国 際 農 林 業 協 力 . 31(3): 12-20 .
- 熊 沢 三 郎 ・ 二 井 内 清 之 ・ 本 多 藤 雄 . 1956 . 本 邦 に お
ける サ ト イ モ 品 種 分 類 . 園 学 雑 . 25: 1-10 .
- 九 州 農 業 成 果 情 報 . 2000 . キ ャ ベ ツ 後 後 の 湛 水 土 中
点 播 直 播 栽 培 に お ける 「 コ シ ヒ カ リ 」 の 水 管 理
と 施 肥 法 . 九 州 農 業 試 験 研 究 機 関 協 議 会 .
- Maruyama, S. and K, Tajima. 1990. Leaf Conductance in
Japonica and Indica Rice Varieties. Jpn. J. Crop.
Sci. 59: 801-808 .
- 松 田 秀 雄 . 1931 . 水 田 状 態 と 畑 状 態 と に 於 ける 稻 根
の 発 育 の 相 違 に つ い て . 日 作 紀 . 3: 336-341 .
- 松 田 正 彦 . 2003 . 日 本 の サ ト イ モ 一 系 譜 と 現 在 (吉 田
集 而 ・ 堀 田 満 ・ 印 東 道 子 編) . イ モ と ヒ ト . p.
141-150 . 平 凡 社 . 東 京 .
- Matsuda, M. and Nawata, E. 1999. Isozyme variation
in Taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, from
China, Taiwan, the Ryukyu Islands, and Japan:
Its dispersal into Japan. Tropics. 8: 397-407 .
- 松 本 益 美 ・ 吉 岡 幸 治 郎 ・ 近 藤 武 由 ・ 隅 田 俊 三 ・ 栗 原
肇 ・ 丹 原 一 寛 . 1975 . サ ト イ モ の 連 作 障 害 の 発

- 生と連作年限および土壌消毒処理との関係．愛媛農試研報．17：25-26．
- 三善重信・山田俊雄・吉鹿正三．1971．サトイモの連作障害に関する研究．第1報．連作障害の発生と田畑輪換効果．福岡農試研報．9：45-48．
- 宮路龍典・白沢禾雄・中甫木一夫．1976．サトイモ芽つぶれ症の解明と対策に関する研究．第4報．発生原因について．鹿児島農試研報．4：55-58．
- 宮崎貞巳・田代洋丞．1992．江戸時代の農書及び本草書類に記載されているサトイモの品種及び品撞群について．佐賀大農彙．72：1-36．
- 森田茂紀・岩淵輝・山崎耕宇．1986．水稻1次根の伸長方向と籾重との関係－窒素施用量を変えた場合．日作紀．55：520-525．
- 森田茂紀・菅徹也・山崎耕宇．1988．水稻における根長密度と収量との関係．日作紀．57：438-443．
- 村岡裕由・彦坂幸毅．2003．植物生理生態学が目指すもの（村岡裕由・可知直毅編）光と水と植物のかたち．p．14-17．総合出版．東京．

野々山芳夫・池田健一郎．１９８６．サトイモの芽つぶれ症対策としての石灰施用法．鹿児島農試研報．１４：３５－５０．

農林水産省．２０１２．全国の作付面積・収穫量・出荷量・平成２４年度野菜生産出荷統計．e-Stat政府の統計窓口．

Onwueme, P. I. 1996. Taro cultivation in asia and the pacific. Rap publication. 16:1-15.

大山卓爾．１９９９．根の養分吸収－根の窒素吸収（根の編集委員会）－根の辞典．p. 337-338. 朝倉書店．東京．

小芦健良．１９７３．ミナミネグサレセンチュウによるサトイモの被害について．九農研．３５：１０３－１０４．

佐藤隆徳・高柳謙治・平井正志．１９８８a．熱帯のいも類．ヤムイモ・タロイモ．熱帯農業シリーズ．熱帯作物要覧．No12．p. 52-101．国際農林業協力協会．

佐藤 亨・川合通資・福山寿雄 １９７８．サトイモの物質生産に関する研究．第１報．生育に伴う個葉の光合成作用の推移．日作紀．４７：４２５－４３０．

- 佐藤 亨・宮内英治・杉本秀樹．1988b．サトイモの物質生産に関する研究．第2報．乾物生産とイモ肥大特性の品種間差異．日作紀．57: 305-310．
- 佐々木高明．1971．稲作以前．p．26-194．日本放送出版協会．東京．
- 佐々木高明．1983．日本農耕文化の源流．p．454-459．日本放送出版協会．東京．
- 島田緑子．1991．光合成・蒸散過程の統合的理解について（I）－光合成モデルと気孔開閉の仕組み．日緑工誌．17: 224-235．
- 杉本秀樹．2001a．サトイモの個体群光合成と塊茎収量に対する子イモ葉身の貢献度．日作紀 70: 92-98．
- 杉本秀樹．2001b．サトイモにおける¹³C－光合成産物の分配－とくにソース・シンク単位について－．日作紀 70: 99-104．
- 鈴木健司．2009．サトイモの系統と品種の特性．農業技術体系野菜編．10．p．基35．農文協．東京．
- ティハ・高橋昌弘．2011．水田による地下水人工

涵養効果の実証実験．こうえいフォーラム．19：85-93．

鳥越博明．2008．サトイモを加害するミナミネグサ
レセンチュウの発生生態と防除に関する研究．
鹿児島農総セ研報（耕種）．2：53-159．

上 菌 一 郎 ・ 中 園 充 紀 ・ 長 友 誠 ． 2005．水田転作サ
トイモ栽培におけるかんがい水中硝酸態窒素の
除去効果．鹿児島農試研報．33：21-31．

内 野 敏 剛 ・ 原 田 文 香 ・ 胡 文 忠 ． 2003．弱光照射貯
蔵中のサラダナのCO₂吸収速度予測．農業機械
学会誌．65：114-120．

山 本 雄 滋 ・ 松 本 理 ． 田 辺 賢 二 ． 1994．サトイモ培
養球茎株の乾物生産特性および¹³C同化産物の
転流・分配．園学雑．63：575-580．

吉 野 熙 道 ． 2003．サトイモー進化の一断面と根菜農
耕における位置（吉田集而・堀田満・印東道
子編）．イモとヒト．p.121-140．平凡社．東京．

Summary

Taro is commonly cultivated in upland fields. However, the 'Taimo' cultivar in the Nansei Islands and the 'Binroushin' cultivar in Taiwan are cultivated in flooded conditions. Therefore, we considered the potential for taro cultivation in flooded conditions.

The effect of flooding on the growth of taro in pot culture was studied. Under flooded conditions, the upland cultivars 'Daikichi', 'Yamato', 'Eguimo', 'Sennan-nakanowase', and 'Ishikawa-wasemaru' were able to grow as well as the lowland cultivar 'Taimo'. The petioles of these five upland cultivars elongated to 1.1–1.9 times those of the control. Indeed, the yields of mother and daughter tubers of the upland cultivars had increased to 1.4–2.3 times those of the control. These results suggest that these upland cultivars were able to grow well and showed improved yield under flooding conditions; the growth and yield were equivalent to that of the lowland cultivar 'Taimo'.

We next studied the effect of flooding on photosynthesis in the cultivars. In comparison with upland field conditions, growth under flooded conditions led to an increase in the photosynthesis rate in 'Daikichi', 'Yamato', 'Eguimo', and 'Sennan-nakanowase', as well as

‘Taimo’. The observed increase in yield under flooded conditions in these cultivars has been speculated to be due to the increase in photosynthetic rate, since the corm yield of these cultivars is closely related to the amount of photosynthetic products. The photosynthetic rate is governed by stomatal and mesophyll conductance, both of which were increased under flooded conditions. Stomatal conductance is governed by stomatal density, size, and aperture. Although stomatal density and size were not affected by flooded conditions, an increase in stomatal aperture led to increased stomatal conductance under flooded conditions. Mesophyll conductance is a reflection of the photosynthetic enzyme and photosystem activity. Under flooding conditions, the content of chlorophyll, the major component of the photochemical system, increased, suggesting high photosystem activity. In upland cultivation, the leaf surface temperature was over 40°C in periods of high temperature and high sunshine, leading to a reduction in photosynthetic enzyme and photochemical system activity. Owing to transpiration, the leaf surface temperature was 3.4–7.4°C lower under flooded conditions than that in upland cultivation. Therefore, the reduction in the photosynthetic enzyme and photochemical system activities is suppressed, and mesophyll conductance increases.

The increase in photosynthetic rate was not significant for ‘Ishikawa-wasemaru’. Therefore, we believe that the improved yield in this variety is due to factors other than the photosynthetic rate, which require further study.

As described above, we revealed that upland cultivars of taro were able to grow as well as the lowland cultivars under flooded conditions, and this new cultivation method could improve the yield. Paddy fields play multifunctional roles, including conservation of national land (flood and landslide prevention), water resources, and the natural environment. There is a possibility that cultivation of taro might help to maintain these multifunctional roles. These results are expected to significantly contribute to agricultural production in the future.