

# 大規模畑地灌漑事業区の水需要構造の農業気象学的研究とその普及

大場和彦

前九州沖縄農業研究センター

## 1. はじめに

このたび、表記の研究活動に対し栄誉ある日本農業気象学会普及賞を授与されることとなり、身に余る光栄に存じます。この栄誉に感謝するとともに、受賞を支持してくださった方々、日頃よりご指導を頂いた先生方に心よりお礼申し上げます。特に、推薦頂きました青木正敏先生と清野豁農業気象学会長、格別のご配慮をいただきました真木太一前農業気象学会長、蔵田憲次学会賞審査委員長、小沢聖小審査委員長および審査委員の方々には心より感謝申し上げます。

さて、私の受賞は「大規模畑地灌漑事業区の水需要構造の農業気象学的研究とその普及」で、農業現場や行政との対応に携わってきたものにとっては大変嬉しい受賞です。この研究の発端は、私が1974年、九州農試畑作部に赴任してから、1978年の農林水産省の別枠研究「農業水利施設系における水管理のシステム化に関する総合研究」の参加において、温暖地畑の水需要構造に関する調査研究でありました。研究は南九州の大規模畑地灌漑事業地域の水需要に係わるいろいろな要素について今日まで取り組んで参りました。ここに、研究内容とその背景について述べさせていただきます。

## 2. 研究内容とその背景

### 2.1 南九州地域における水需要解析のための実蒸発散量、作物係数及び土壌水分の決定に係わる研究

#### 2.1.1 各種作物からの実蒸発散量の評価

21世紀は水の時代と言われており、この中で特に水資源は非常に重要な課題であることは言うまでもないことではありますが、近年、水資源利用の増大に伴い農業用水資源の開発とその効率的な利用法を普及するために、かんがい用水量の見直しが検討されています。そのため、畑地からの蒸発散量が重要で、従来ライシメータ法やチャンバー法で時期別・個体別に測定されたものでした。そこで、比較的広域な群落条件下で生育期間通して実蒸発散量を測定する必要があると実感し、桜谷哲夫室長の下に測定を開始しました。私は、気象データに基づく畑耕地からの蒸発散量の正確な値を求めことから始めました。まず、広域な畑耕地からの実蒸発散量をモルトンモデル法によって推定可能であることを明らかにし、利用の可能性についても明らかにしました(Ohba and Paitoon, 1987)。続いて、南九州畑作地域における主要畑作物の栽培期間を通してボーエン比熱収支法を用いて実蒸発散量を求めることにしました。その後、室員である丸山篤志博士をはじめ、沖縄県農試比屋根真一氏の協力を得て、9種類の作物について、蒸発散量の季節変化と作物係数の値を成果情報・論文として公表し、畑地灌漑計画立案のための行政分野での利用に提供をしました(大場, 1988; 比屋根・大場, 2001; 比屋根ら, 2004; Maruyama *et al.*, 2004; Maruyama *et al.*, 2005; )

Ohba *et al.*, 2005)。

### 2.1.2 畑耕地から深層までの土壌水分推定のためのモデル化

私が都城に赴任したとき、土壌改良研究室の大嶋秀雄氏が原子力予算を獲得するため、中性子水分計を利用した表層から深層までの土壌水分の把握をやることを考えていました。ちょうど、修士論文で中性子水分計の基礎的研究を実施した経験を生かして取り組み、南九州の各種火山灰土壌のキャリブレーションを作成し、月野原台地の 10 m までの土壌水分の季節的変動を明らかにしました(大嶋ら, 1986; 比屋根・大場, 2001)。1988 年に農林水産省研究機関の機構改革があり、地域農試に総合研究チームが設置され、「生態系から見た畑生産技術体系の確立」の研究を推進することになりました。この時期の農業情勢は畑地での窒素の過剰施肥や家畜排泄物の過剰投与による河川や地下水の窒素濃度の上昇が問題になっていました。そのため、研究は環境保全型農業を目指した畑生産技術体系の確立をすることがチームの出口として位置づけられました。作物・気象・土壌肥料分野の構成で研究を始めることになり、桃木徳博チーム長の下で都城市周辺の台地における浅層地下水の硝酸態窒素汚染の実態解析と軽減技術開発に取り組みました。これまでの土壌水分の推定法は前任者の九州大学名誉教授鈴木義則先生が畑地の土壌水分の推定法を確立していましたが、深層までの水移動については明らかになっていませんでした。そのため、農工研に協力を求めて太田弘毅博士(農工研元部長)に都城での流動研究等による協力を得て、浅層地下水の硝酸態窒素濃度把握の研究で使用するタンクモデルの利用法でお世話になりました。各種土壌の pF-水分曲線特性値を利用して、タンクモデルのパラメータを決定し、各地点土層の水分状態推定法を確立しました。暖地畑の持続的環境保全型農業に資するため、窒素移動を含めた土壌水分動態モデルを開発し、九州農試総合研究成果シリーズ 2 号として公表し、九州地域内における行政分野に利用できるものとして配布や公開を実施し、普及に努めました(太田ら, 1992a; 太田ら, 1992b; 太田ら, 1992c; 雁野ら, 1993; 大場, 1995; Ohba *et al.*, 1995; 大場ら, 1995)。また、その適用としてブラジルセラード地域の土壌水分の把握に用い、小乾期の影響を明らかにしました(Ohba, 1999)。1994 年の九州地域の干ばつにおける土壌水分の評価に利用し、地域別の土壌水分の状況を明らかにしました(大場ら, 1999; 大場ら, 2001)。

## 2.2 南九州畑作地帯における大規模畑地灌漑用水量の需要に係わる研究

### 2.2.1 温暖地畑での灌漑がなぜ必要か

南九州地域は年降水量が 2400 mm 前後と多く、我が国でも多雨地帯にあり、なぜ灌漑が必要かという問題が一番でした。そこで、干ばつの歴史を研究することから始め、わが国における旱魃の記録は歴史的史料によると推古天皇(625 年)時代が最初で、それ以降から 1900 年までに約 500 回の発生を記録している。その中で、7 世紀以降から現在までの九州沖縄地域に限定すると旱魃回数は約 292 回を記録しており、1901 年以降の現在までの回数は 70 回で、約 3 年に 2 回の回数で出現しており、かなり高い出現頻度でありました。続いて、福岡、熊本及び鹿児島における 4 月～9 月の春夏作期間の無降水継続日数についてみると、無降水継続日数が 10 日間以上の出現回数は福岡で 173 回、熊本で 183 回、鹿児島で 156 回であった。その内、15 日間以上の出現回数は各地とも 50 回前後であり、20 日間以上になると、福岡と熊本が 16 回で、鹿児島が 10 回の出現回数であった。20 日間以上の出現回数は福岡、熊本が約 7 年に 1 回、鹿児島が約 11 年に 1 回の頻度である。このように九州北部地域は旱魃の発生頻度が高いことが窺える。また、これまでの最も無降水継続日数が長かったのは、福岡が 1904 年 8 月 1 日から 36 日間、熊本が 1994 年 9 月 12 日から 28 日間、鹿児島が 1915 年 7 月 8 日から 30 日間でありました。

これまでの旱魃被害発生状況と降水の分布形態変化から、以下のように分類されることが明らかになりました。①梅雨期前後の降水量が少ないことによる作物の播種・植付け適期の遅れによる旱魃被害。②夏季の少雨により、作物の生育遅延及び葉の萎凋や枯死、飲料水の枯渇や電力需

要に影響があり、生活に及ぼす早魃被害。③早魃期間が梅雨期から夏季・秋季へと長期間になったときの早魃被害。

最近の早魃を例にとると、①の場合が1934年であり、②の場合が1978年、③の場合が1894年、1967年及び1994年と分類される。著者によると、南九州地域での連続干天が起きやすい時期は5月と7～8月であることを指摘し、上記の分類①と②に当てはまる(大場ら, 1999; 大場, 2002)。

## 2.2.2 気候変動下における南九州畑地灌漑事業地域内の水需要

畑地灌漑は天水依存農法から早魃による作物被害を軽減するために自然環境変化の影響を少なくした積極的な水利用による施設型農法に転換する目的で、多大な費用を投入して生産の安定化と農家の収益性向上にある。そのため、九州のような湿潤温暖な畑地域の灌漑用水量の需要について農業気象学的に検討した。南九州地域に分布する鹿児島県笠野原畑地灌漑事業区、南薩畑地灌漑事業地区、宮崎県綾川畑地灌漑事業区および一ツ瀬畑地灌漑事業地区等の大規模畑地かんがい事業地区の水需要構造について作物の種類別の水消費量や多目的水利用の解析を行うとともに散水氷結法による軟弱野菜でも有効な凍霜害防止技術、乳牛舎の噴霧冷房技術として普及させた(谷口・大場, 1978; 大場・小林, 1988; 大場ら, 1997; 柳ら, 2005; 大場, 2007)。

異常気象年(1994年)における日灌漑用水量の季節変化をみると、畑地のみの笠野原地区と南薩地区では用水量の需要実態がかなり異なっている。笠野原では3月下旬～4月上旬にピークが現れ、その後は6mm/日前後で推移しているが、7月上旬の連続干天が継続している期間に9mm/日のピークが現れた。8月下旬～9月下旬までの連続干天で4mm/日の需要であった。これに対して、南薩地区では3月に2mm前後の周期的変動がみられるが、7月上旬の連続干天時に最大4mmのピークが現れ、その値は笠野原の半分程度であった。笠野原の3月下旬のピークは主に茶園の凍霜害防止用水需要であり、南薩での同時期の需要も同様である(大場ら, 1997; 大場ら, 2001)。水田・畑混在区の綾川と一ツ瀬地区は、ほぼ同様な変化形態を示しているが、早期水稲が始まる3月上旬からの立ち上がりの変化は同じで、普通期栽培期間の灌漑用水量もほぼ同じレベルで変化している。しかし、一ツ瀬の8月からは急激な減少量であるが、綾川では8月に入ってから急激な減少は見られない。これは早期水稲より普通期水稲が含まれているためと考えられる(大場ら, 1998; 大場ら, 2001)。

## 2.3 九州沖縄地域における気象災害と灌漑用水量のデータベースに係わる研究

### 2.3.1 九州地域の気象災害のデータベース化

九州沖縄地域における気象災害の歴史的な被害実態解析について検討を行いました。九州沖縄地域の各県における奈良時代から明治時代までの災異誌の書籍等が古くなっており、過去のデータが紛失など生じるおそれがあると思われました。そこで、各県の災害発生年代が同一に記述され、電子化による情報として閲覧できるように時代別のファイルにしてCD-ROM版にして公表し、一般に普及利用できる形で配布しました(大場ら, 2004)。なお、大正時代から以降が電子化されていない点があり、今後の仕事として考えて参りたい。

### 2.3.2 大規模畑地灌漑地域の使用水量のデータベース化

南九州に位置する大規模畑地灌漑事業区における通水開始から1996年度の期間について水使用データを冊子による公表配布し(大場ら, 1997; 大場ら, 1998; 大場ら, 2001a; 大場ら, 2001b)、さらに電子化情報として2006年度までの水使用データを追加してデータベースを作成中です。なお、この成果は九州沖縄農業研究センターのWeb上での公開に現在取り組んでおり、年度末までには開設することにして利用して頂きたい。

## 3. おわりに

九州南部地域での農業では水利用型農業が全国平均より高い割合で営農されており、旱魃防止の補給水、茶の凍霜害防止用水、降灰除去用水、作物・機械洗浄用水及び暑熱対策のための畜産雑用水が重点に行われているが、多目的利用の拡大までには十分に至っていない。そのため、天水依存型栽培と異なる水を生かした畑作物栽培技術の開発とその研究推進が必要であると思います。さらに、地球温暖化に伴う温度上昇により、九州地域も温暖気候区から亜熱帯気候区へと移行していく可能性もあり、降水形態や降水強度の変化等の問題が予想され、水資源確保と利用効率向上を考えていく必要が考えられます。

## 謝 辞

30年にわたるこれまでの研究は、前述の方々のほか、多くの方々のご指導、ご支援により行うことができたこと、改めて感じ感謝しています。

農業気象研究の発端は愛媛大学名誉教授故武智修博士をはじめ、愛媛大学名誉教授長谷場徹也博士、伊藤代次郎助教授のご指導からはじまり、助手時代の恩師である愛媛大学名誉教授故桑野定美博士には水理学の基礎からモデル実験を通していろいろな経験をさせて頂き、感謝申し上げます。九州農試畑作部気象災害研究室に移動してから歴代室長、故谷口利策氏、小林一雄氏、桜谷哲夫博士をはじめ、九州沖縄農研(旧九州農試)の皆様には物資両面のご支援頂き、感謝申し上げます。この研究の推進していく過程でのご助言等には内嶋善兵衛先生、鈴木義則先生、岸田恭允先生、泊功先生、早川誠而先生、真木太一先生、青木正敏先生、石黒悦爾先生と農林水産省の同僚であります清野豁博士、井上君夫博士、野内勇博士、岡田益巳博士、山田一茂博士、大原源二博士に重ねて感謝申し上げます。さらに、研究員であった黒瀬義孝博士、脇山恭行博士、丸山篤志博士には研究面でいろいろご援助を頂き、感謝申し上げます。これからの日本農業気象学会および農業気象学研究と九州農業の発展を願って結びの言葉といたします。

## 引用文献

- 雁野勝宣・長谷川功・大場和彦・桃木徳博, 1993: 南九州畑地における耕盤の実態と耕耘法の違いによる水移動特性, 農業及び園芸, **68**, 887-893.
- 比屋根真一・大場和彦, 2001: 宮古島における過去 20 年間の降雨特性と土壌水分量の推定, 沖縄県宮古島支場移転 20 周年記念誌, 65-75.
- 比屋根真一・大場和彦・丸山篤志・黒瀬義孝・河野伸二・伊志嶺正人, 2004: 宮古島における夏植サトウキビ畑の蒸発散特性. 熱帯農業, **48**, 94-100.
- 久保田富次郎・大場和彦・山田政雄, 2002: 台風 9918 号による干拓地の高潮災害と作付への影響. 農業土木学会誌, **75**, 429-432.
- Maruyama, A., Ohba, K., Kurose, Y. and Maki, T., 2005: Spatial variation in evapotranspiration from a lowland field as estimated on a 1km grid size in Kyushu. *J. Agric. Meteorol.*, **60**, 857-860.
- Maruyama, A., Ohba, K., Kurose, Y. and Miyamoto, T., 2004: Seasonal variation in evapotranspiration from mat rush grown in paddy field. *J. Agric. Meteorol.*, **60**, 1-15.
- 大場和彦, 1988: 南九州におけるサツマイモ畑の蒸発散, 農業気象, **44**, 91-99.
- Ohba, K., 1999: Determination and Simulation of Soil Moisture Dynamics in Upland Fields in the Cerrados Area (Brazil), *JARQ*, **33**, 251-259.
- 大場和彦, 1995: 各種畑作物の作付条件下における水移動. 九州農試総研チーム研究成果シリーズ, **2**, 38-48.
- 大場和彦, 2002: 西日本地域における干ばつ害と対策. 自然災害科学, **20**, 383-387.

- 大場和彦, 2007: 牛体熱収支法から見た乳牛の暑熱ストレスの改善法, *デーリィ・ジャパン臨時増刊号*, 47-57.
- Ohba, K., Hasegawa, I., Momonoki, T. and Ohta, K., 1995: Soil Moisture Balance of Upland Field in Southern Kyushu as estimated by Tank Model Method. *Soil Moisture Control in Arid to Semi-Arid Region for Agro-Forestry*, 201-204.
- 大場和彦・小林一雄, 1988: 南九州畑作地域における灌漑用水の需要構造に関する研究. 九州農業試験場報告, **25**, 133-160.
- 大場和彦・黒瀬義孝・丸山篤志, 1998: 温暖地畑のかんがい用水量に関するデータ集 (II) 綾川畑地かんがい事業地区の水需要. 九州農業試験場研究資料, **85**, 1-261.
- 大場和彦・丸山篤志・脇山恭行, 1997: 温暖地畑のかんがい用水量に関するデータ集 (I) 笠野原畑地かんがい事業地区の水需要. 九州農業試験場研究資料, **84**, 1-127.
- 大場和彦・桃木徳博・長谷川功・雁野勝宣・亀谷茂・喜名景秀, 1995: 農地からの土砂流出量の予測と水収支モデルの適用. 九州農試総研チーム研究成果シリーズ, **2**, 91-98.
- Ohba, K. and Paitoon Ponsana, 1987: Evapotranspiration in the Northeast District of Thailand as estimated by Morton Method. *J. Agric. Meteorol.*, **42**, 329-336.
- 大場和彦・鈴木義則・黒瀬義孝・丸山篤志, 2001a: 温暖地畑のかんがい用水量に関するデータ集 (III) 一ツ瀬畑地かんがい事業地区の水需要. 九州農業試験場研究資料, **88**, 1-83.
- 大場和彦・鈴木義則・黒瀬義孝・丸山篤志, 2001b: 温暖地畑のかんがい用水量に関するデータ集 (IV) 南薩畑地かんがい事業地区の水需要. 九州沖縄農業研究センター研究資料, **89**, 1-101.
- 大場和彦・鈴木義則・黒瀬義孝・丸山篤志, 1999: 九州・沖縄地域における干ばつの農業気象学的研究. 九州農業試験場研究資料, **86**, 1-89.
- 大場和彦・鈴木義則・黒瀬義孝・丸山篤志・中本恭子, 2004: 九州・沖縄地域における気象災害に関する農業気象学的研究—特に奈良時代から明治45年までの期間について—. 九州沖縄農業研究センター研究資料, **90**, 1-23.
- Ohba, K., Maruyama, A. Kurose, Y. and Nakamoto, K. 2005: Seasonal variation of CO<sub>2</sub> and energy fluxes on forage crops in temperate humid region. *J. Agric. Meteorol.*, **60**, 765-768.
- 大嶋秀雄・大場和彦・小濱節雄・小林一雄, 1986: 都城市月の原台地における層位別液相率の季節変化. 日本土壌肥料学雑誌, **57**, 468-473.
- 太田弘毅・大場和彦・長谷川功・桃木徳博・塩野隆弘, 1992a: 南九州火山性台地畑における土壌水分収支のタンクモデル法による解析. 九州農業試験場報告, **27**, 207-237.
- 太田弘毅・大場和彦・長谷川功・桃木徳博・塩野隆弘 1992b: タンクモデル法による火山灰台地畑の水動態解析〔1〕, 農業及び園芸, **67**, 878-882
- 太田弘毅・大場和彦・長谷川功・桃木徳博・塩野隆弘, 1992c: タンクモデル法による火山灰台地畑の水動態解析〔2〕, 農業及び園芸, **67**, 999-1004.
- 谷口利策・大場和彦, 1978: レタスの散水かんがいによる凍霜害防止法, 農業及び園芸, **53**, 899-902.
- 柳 博・大場和彦・丸山篤志・真木太一, 2005: 乳牛舎における細霧冷却が乳牛に与える影響, 九州の農業気象, II 輯 **14**, 1-8.