

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 26 日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22688019

研究課題名（和文） シンチレーション法を利用した地目混在農地の熱環境評価に関する研究

研究課題名（英文） Evaluate of thermal property of mixed agricultural area by using the method of scintillation.

研究代表者

竹下 伸一 (TAKESHITA SHINICHI)

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：40381058

研究成果の概要（和文）：本研究の成果は大きく分けて二つある。1つが、シンチロメータを用いた詳細な熱収支の観測によって、地表面状態が異なる地面上の気温形成過程を明らかにしたことである。2つは、水田と宅地の気温差を詳細に観測することによって、水田の気候緩和量を明らかにし、その定量評価を行ったことである。これらの研究成果は 2011 年に鹿児島で開催された国内学会「日本農業気象学会全国大会」と、2012 年スペイン、バレンシアで開催された国際会議「International conference of agricultural engineering」で発表した。

研究成果の概要（英文）：There are two main results of this study. One is to clear process how form temperatures above different surface conditions by using observed heat balance by the scintillometer. The other is to evaluate the Climatic modification of paddy fields by using observed detail temperature of the paddy fields and residential areas. These results have been presented at the annual conference for the Society of Agricultural Meteorology of Japan held on Kagoshima in 2011, and at International conference of agricultural engineering held in Valencia, Spain in 2012.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
2011 年度	300,000	90,000	390,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
総計	11,400,000	3,420,000	14,820,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業土木学・農村計画学

キーワード：水文，気候緩和機能

1. 研究開始当初の背景

一般に地表面の熱特性を明らかにするために、様々な観測機器を設置して気象学的に検討していくことが多い。気象理論を適用して、熱特性を解析していくためには、地表面の状態がある程度均一と見なすことができるように、十分にフェッチ（観測点から風上側に広がる均一な地表面の水平距離のこと、吹走距離ともいう）を確保する必要がある。しかし、現実には地表面が均一とみなされる場所に観測機器を設置できることはまれで、十分なフェッチを確保できないことがある。そのため気象学的な仮定が満たされず、観測を行ったものの地表面の熱特性とくに顕熱フラックスや潜熱フラックスを検討できないことも多々あった。

フラックスの観測では、農地は均一な地表面として取り扱われることが多いが、実際には圃場を取り囲む作業用道路や、大小様々な農業用排水路、作業小屋やビニールハウスなどが点在する複雑な地表面を形成していることが少なくない。また、都市近郊農地では周囲に宅地や商用施設が隣接していることも多く、こういった農地のフラックスを計測することはほぼ不可能であった。

こういった不均一な地表面におけるフラックス観測の問題を克服するために、10年程前に提案され、近年建築分野を中心に注目されているのがシンチレーション法を利用した観測法である。シンチレーションとは光強度の変動・揺らぎのことで、大気中の光の屈折は、大気密度の空間変動によって引き起こされることに着目し、その揺らぎを計測することで、直接的に顕熱フラックスを測定する方法である。シンチレーション法を利用したフラックス観測の研究は、すでに多方面で行われている(Moene et al,2009)。一般的な気象学的フラックス観測法である渦相関法との検証の結果、非常に高い精度でフラックスの測定が可能であることがすでに示されている(Asanuma and Iemoto,2007)。また、シンチレーション法はレーザー光を用い、発信器と受信機間の空気の揺らぎを計測するため、光路下の地目の空間平均的なフラックスを算出することが可能であり、とくに地目の混在の著しい都市部において、その有効性が多く報告されている(たとえば成田ら,2004)。

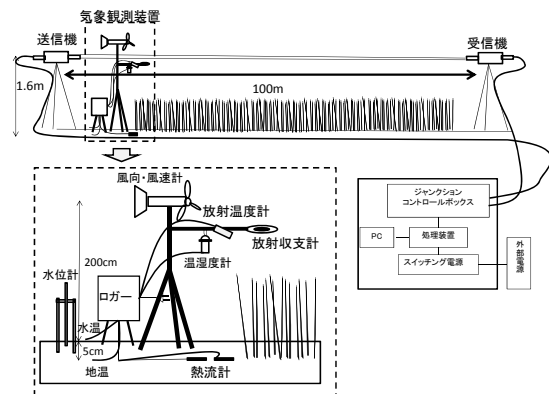
2. 研究の目的

本研究ではシンチレーション法を利用して、均一と見られがちではあるが、実際には複雑な地目で構成されている農地のフラックス観測を行い、これまで踏み込めなかった地目混在農地の熱環境特性を詳細に検証する。併せて様々な熱特性の解析を行って、水田と宅地が接する地域の気温環境を精査し、水田の気温緩和効果を検証する事を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、シンチレーション法により農地のフラックス観測を宮崎県宮崎市の水稲栽培地帯にて実施した。この地区は、大多数の圃場で早期水稲栽培を行っているが、各所にビニールハウスが点在し、果樹、野菜、花卉の栽培も行われている。また、圃場整備による区画整理が完了しており、等間隔に排水路と作業用道路が配置されている。よって均一地目と見なすことができる水田圃場が広がる一方で、道路、水路等もほどよく配置され不均一地目と見なせる箇所も多く、シンチレーション法によるフラックス観測の有効性を検討するには良い地域であった。

横 30m 縦 100m の水田ほ場の両端に、シンチロメータと呼ばれるレーザー光の発信機・受信機を設置した。併せて放射収支、風向、風速、気温、湿度、地中熱伝導率、水温、地表面温度を5分間隔で測定下。また大気圧と水田水位を30分間隔で測定した。観測は、2010年の7月から2012年の11月まで、水稲の生育に併せて適宜実施した。また観測時に適宜、周辺の道路上などでも観測を実施した。



た。

図1 気象観測とシンチロメータの配置

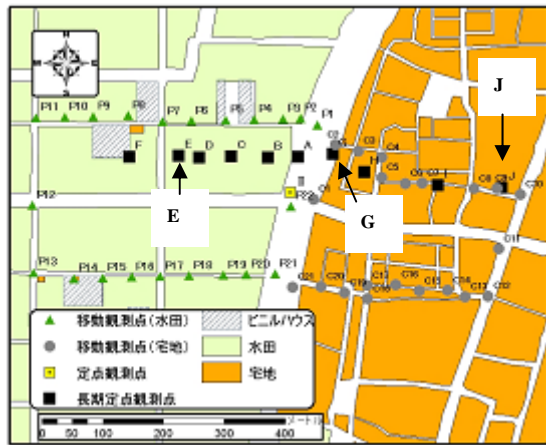


図2 広域観測点の概要

水田と宅地の温度分布などを計測し、検討するために、宮崎市花ヶ島地区の早期水田地帯と宅地の境界部を観測対象地域に設定し、温度と湿度の定点観測（農地側6点、宅地側4点）と、移動観測を実施した。図2には対象地、花ヶ島地区の概要を示している。ここは宮崎市中心市街地から北へ約5kmに位置する。南北にのびる国道10号線を境界とし、その西側には農地、東側には商業施設や民家が混在している。移動観測は、農地側と宅地側の二手に別れ、観測機器を1.5mの高さに取り付けた支柱を持ち徒歩により行ったのち、時刻補正を行った。観測は2009年と2010年に行った。

4. 研究成果

シンチレーション法によって観測した湛水期(2012年7月16日)と中干し期(2012年7月5日)の水田における顕熱フラックスの日変化を図3に示す。なお湛水期の水田水位は約8cmであった。両日の純放射量はほぼ同程度であったが、このように同じ水田上であっても湛水状況によって、顕熱フラックスは大きく異なることが示された。そのため、水田上の気温は日中約1.3℃中干し期の気温が高くなった。シンチレーション法では、顕熱フラックスはレーザー光の光路上にある空気の揺らぎを消散率として観測することによって算出している。そこで、その消散率の変化について示したのが図4である。

これによると、消散率は中干し期よりも湛水期の方が大きい。しかし、図3でみたように顕熱フラックスは、中干し期の方が大きくなっていった。消散率は風速にも比例するため、この時の風速を検討したところ、湛水期は平均2.9m/s、中干し期は平均1.6m/s、湛水期の方が若干風が強かった。さらに、放射温度

計にて群落表面を観測した結果によると、湛水期の群落表面温度は、中干し期よりも最大

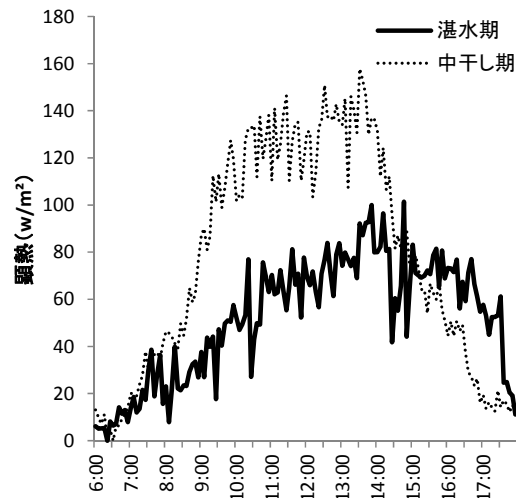


図3 水田状態による顕熱フラックスの差異

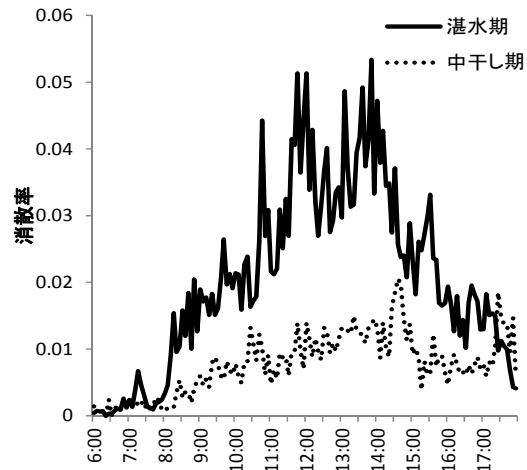


図4 消散率の差異

3℃低くなっていた。

以上のことから、湛水期は豊富な水分により潜熱フラックスが盛んなため、群落表面温度が低下する。そのため消散率が大きいにもかかわらず、地表面温度と地上温度の温度差が小さいために顕熱フラックスが小さくなると考えられる。一方、中干し期は、水分が制限されるために潜熱フラックスが弱まった結果、群落表面温度が比較的高くなる。そのため、消散率が低いにもかかわらず、群落上層の気温との温度差が大きくなるために顕熱フラックスが多くなる。これらの結果として、水田上の気温に違いが生まれると考えられる。

地表面状態とフラックスの差異は、水田と道路ではさらに、顕著に観測された。観測中の晴天日を抽出して、水田上と道路上の熱収支割合をまとめたものを図5に示す。

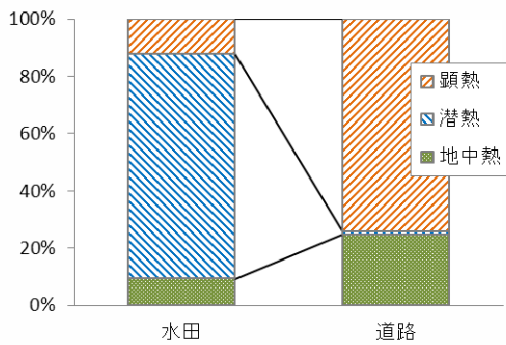


図5 水田と道路の熱収支割合の比較

このように水田では潜熱フラックスが卓越し、道路では顕熱フラックスが卓越する。これら熱収支の差異は、それぞれの地点の気温に表れる。

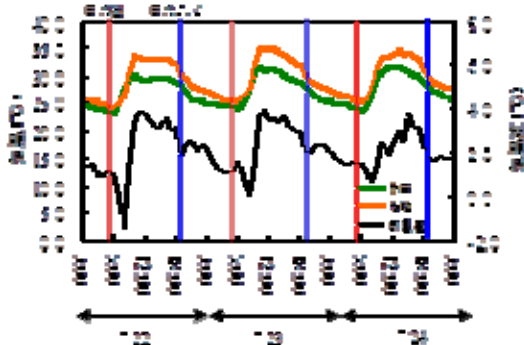


図6 水田と宅地の気温変化と気温差

図6は花ヶ島地区において観測された水田地帯と宅地における気温の日変化である。併せて気温差も示している。これによると、両地点の気温差は最大約4°C、平均して約2°Cであることがわかる。

気温差について、2009年～2010年の2年間、晴天日のみを抽出して整理し図7にしめた。これによると昼夜および水田状態によっても気温差は変化している。昼間については、2月～11月の主に灌漑期に気温差が大きくなり、平均して約2°Cとなることがわかる。夜間については、年間を通して0.5°C～1.5°Cの気温差があることがわかった。

水田に比べて宅地の気温は高いが、その分布を詳細に分析すると、宅地の気温は水田に近いところほど低くなる傾向にあった。そこで、最も水田に近い宅地の観測点と、水田から十分離れた宅地の観測点を用いてその差を求め、これを水田によって緩和された気温（緩和量）として、期別に算出したものを図8に示した。これによると水田の灌漑期にあたる3月～10月の緩和量は、昼間約0.8°C、夜間は常に0.5°Cあることが確認された。こ

の地域は、昼間はおもに東風が卓越する。つまり宅地側から農地側へと風が吹くが、その

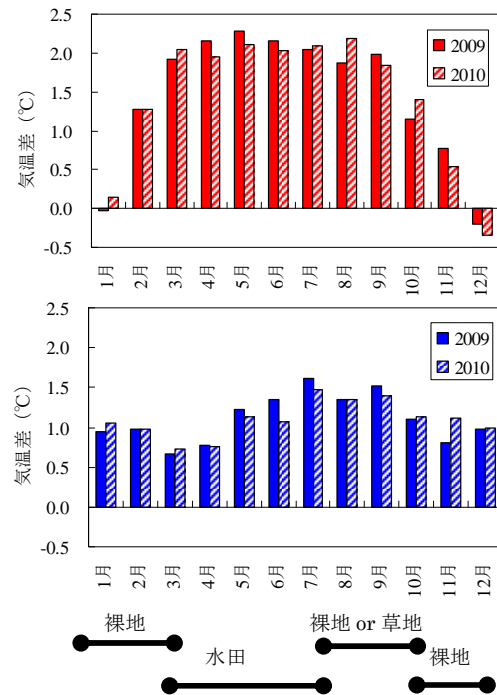


図7 水田と宅地の気温差

(上：日中・下：夜間)

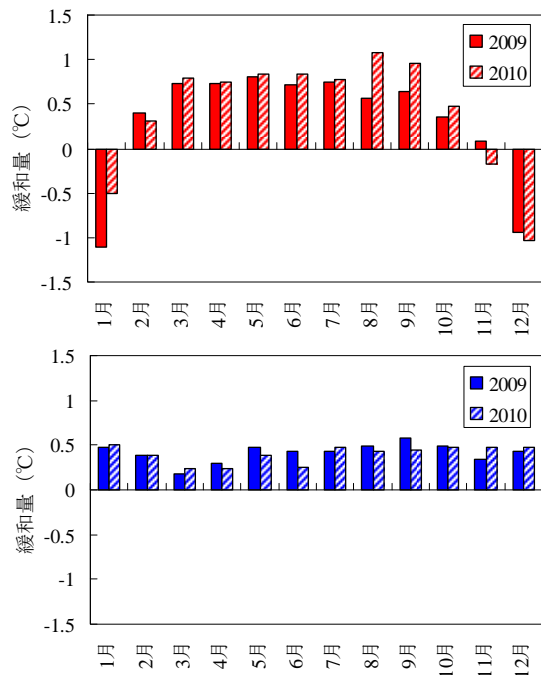


図8 月別の緩和量

(上：日中・下：夜間)

風向きにかかわらず、水田は宅地の気温を緩和していることが確認されたこととなる。またその影響距離は、約80mであることが確認

された。

これまでの結果を踏まえて、宮崎市内で水田の気候緩和の受けている地域（気候緩和面積）した。まず、現宮崎市内の地形図より水田を判読し、水田と宅地の境界線を判読していく。判読した境界線に、影響距離 80m を掛けて、気候緩和面積を算出した。その結果を市町村合併前の市町村界との宅地面積と併せて、表 1 にまとめた。

これによると、旧佐土原町は水田による気候緩和の影響を受けているのは、実に宅地の約半分もの地域がその恩恵に預かっていることがわかる。一方、水田面積が非常に少ない清武町では、約 4% に留まっている。総合して宮崎市内の宅地のうち約 22% の地域が、水田によって気温が緩和されていることが示された。

表 1 宮崎市の気候緩和面積とその割合

	総面積 (km ²)	宅地面積 (km ²)	水田面積 (km ²)	気候緩和面積 (km ²)	割合 (%)
宮崎市 (旧)	287.1	34.8	26.2	9.2	26.39
清武町	47.8	18.9	4.5	0.8	4.14
佐土原町	56.8	6.0	14.6	2.9	48.96
田野町	108.3	1.6	5.9	0.4	27.83
高岡町	144.6	2.2	7.6	0.9	41.60
合計	644.6	63.44	58.8	14.3	22.47

本研究の実施によって、水田や道路における熱収支の特徴を示し、気温の形成過程を明らかにすることが出来た。さらに、その気温による差異を詳細に検討して、水田が隣接する宅地の気温を緩和する作用を定量化し、その実用例の一つとして、宮崎市における水田の緩和量を算出し、提示することが出来た。これらの成果は水田の持つ多面的機能の一つである、気候緩和機能を定量化することができたといえ、今後の政策等に大いに活用しうる成果を得たと言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

1. Shinichi Takeshita : Calculation method of climatic modification and its application; the case of paddy fields, japan, International conference of agricultural engineering, July 10, 2012. Valencia, Spain

2. 西川真, 竹下伸一, 森渉 : 宮崎市近郊の早期水稻水田群が近隣市街地の気温形成に与える影響, 日本農業気象学会 2011 年全国大会, 2011 年 3 月 16 日, 鹿児島大学

[図書] (計 1 件)

1. 秋山道雄, 足立考之, 石田裕子, 上野裕士, 上田豪, 遠藤崇浩, 柏尾健二, 竹下伸一, 長瀬督哉, 錦澤滋雄, 西出尚史, 野田浩二, 松優男, 宮崎淳, 技報堂出版, 環境用水—その成立条件と持続可能性—, 2012 年, 71-82

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹下 伸一 (TAKESHITA SHINICHI)

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号 : 40381058