

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14827

研究課題名(和文) 農業環境・情報工学と眼科学を融合した農作業に係る紫外線のエビデンス把握手法の開発

研究課題名(英文) Development of evidence-based methodology for ultraviolet rays on farm work by using environmental engineering in agriculture and ophthalmology

研究代表者

長谷川 英夫 (Hasegawa, Hideo)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：80292514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：長期にわたって繰り返し日光を浴びることは、皮膚、眼および免疫系に生物学的影響を誘発する。農作業を含む太陽光の累積的な暴露に晒される屋外労働者は、紫外線に関連する傷害および疾患に係る職業上の高いリスクがある。しかし、浅黒い皮膚が日射に敏感ではないという誤解のために、農業に従事するアジア人およびアフリカ人には注意が払われてこなかった。これらの集団では皮膚癌の発生率は低いものの、眼および免疫系に対する紫外線照射に係る健康影響のリスクは皮膚の色とは無関係である。本研究では、水稲の栽培体系が原因となり、水稲栽培に従事する農家が紫外線放射に関して高いリスクを負っていることを指摘した。

研究成果の概要(英文)：Prolonged and repeated sun exposure induces biological effects on the skin, eye, and immune system. Outdoor workers who are cumulatively exposed to solar radiation, including agricultural workers, have high occupational risk of ultraviolet radiation-related injuries and diseases. Less attention has been paid, however, to Asians and Africans engaged in agriculture, because of the misconception that their darker skin is not susceptible to solar radiation. Although the incidence of skin cancer is lower in these populations, the risk of radiation-related health effects on the eye and immune system is independent of skin pigmentation. Here we show that rice farmers are at high radiation-related risk because of their style of rice production.

研究分野：農業環境工学および農業情報工学関連

キーワード：農作業 紫外線 エビデンス 農業環境・情報工学

1. 研究開始当初の背景

わが国の基幹的農業従事者数は 178 万人 (平成 24 年概数) , 平均年齢 65.9 歳 (平成 23 年) , 農業純生産は平成 2 年度の約 6 兆円から平成 22 年度の 3 兆円に半減するなど、生産現場は厳しい状況にある。農業を再生するためには、若者の新規就農・法人への雇用就農の促進、農地集積、耕作放棄地解消とともに、産業としての付加価値化を図ることが重要である。

その一つとして、農作業のもつ健康への効果が注目されている。農業に従事する中での運動が精神的、肉体的な健康に資すること、有業率・農業者率が高いほど老人医療費が低くなることが知られており、適度な運動としての農作業が健康維持に果たす役割が期待されている。

近年、都市住民の生きがいづくり、食育等のニーズの高まりを反映して、市民農園数は平成 4 年度の 691 農園から平成 24 年末には 3,968 農園に増加している。市民農園に係わる農作業は、習慣化しやすい身体活動の 1 つとして健康増進につながる可能性があるものの、農作業の健康増進効果についての科学的な証拠は十分に蓄積されていない状況にある。

2. 研究の目的

農作業のもつ健康への効果が注目されるなか、健康増進に対する紫外線のリスクを定量的に検討した研究は見当たらない。本研究課題は、農学 - 医学の融合による、農作業における紫外線のエビデンス把握手法の確立と従来類のない紫外線対策装具の開発、を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 計測機器

A 社製の UV センサ (図 1) を供試した。



図 1 UV センサ

この機器は波長約 230-320 nm の UV-B 帯に反応し、紫外線強度に対応するボルトを AD コンバータで 0 から 1023 までのデジタルデータに変換し、メモリに記憶する。各センサが読み取ったデータは回帰式を利用して W/m^2 に変換した。さらにこれにより求められた UV 量を 105 で除し測定時間をかけたものを単位時間当たりの標準紅斑量 (SED) として扱った。

(2) 調査対象者

調査対象地域である新潟県内の B 生産組合において調査の協力者を募り、参加への了承

を得られた 5 人を対象とした。全員が男性であり、ICNRP のクラス分けに従えば Skin Type V に当たった。調査対象となった農家 5 人は全員が B 生産組合に所属している。当法人は水稲作を中心に営農を行うとともに、他の農業法人と共同で大豆のブロックローテーションを行っている。また、田植え後から収穫までの期間に行う中間管理を組合員に再委託することで、各組合員が積極的に営農に関わる取組を行っている。従って、今回調査対象となった 5 人は、平時は各家庭での営農に携わっているが、水稲作及び大豆作の繁忙期には田植えや稲刈り、大豆播種の農作業機械のオペレータ等の作業に従事していた。

(3) 記録手法

計測は 2016 年 5 月 9 日 (正午の太陽高度 69.40°) から 10 月 22 日 (正午の太陽高度 40.69°) に渡り実施した。調査協力者に対して農作業中に常時計測機器を帽子の前面に装着するよう依頼し、顔部の曝露量を計測した。但し、雨天時のみ機器の耐水性を考慮し、屋外作業中の計測を控えさせた。機器は予め、一日の内午前 5 時から午後 7 時の間、1 分間隔で紫外線強度を測定するよう設定した。紫外線情報の計測を進めると同時に調査協力者に行動記録を依頼した。一時間毎の作業場所と作目が分かるよう作成した用紙への記入を依頼することで、作業日の一時間毎の行動を記録した。この記録と同時刻に計測された紫外線データを照らし合わせることで、場所や作目別に類型化し、各類型別の曝露量を算出した。

4. 研究成果

(1) 作業時間

調査に協力した被験者 5 人 (P1-P5) は、全員が B 生産組合に加入している主業農家であった。当該法人では水稲、大豆をブロックローテーションで栽培しており、この 2 つの作目に関しては、労働力を要する作業を組合員の中から機械のオペレータなどとして、作業を委託している。その他の管理作業は、個々の所有者が担っている。5 人の被験者は全員がこの組合の共同作業にあっていた。

組合員の多くは個人で圃場を所有し、水稲・大豆以外の作物も作付しており、日常的にはこうした個人の圃場での作業に従事している。具体的な作目は被験者によって異なり、多岐に渡っている。

P1, P2, P4, P5 は露地及びビニールハウスでの野菜栽培を行っている。作目はトマト、ナス、スイカ、メロン等多岐に渡るが、P2 は特に露地及び温室でのアスパラ栽培に重点的に取り組んでいる。そのためアスパラ出荷の最盛期に当たる 5, 6 月は組合の作業に当たった時間が他の被験者と比較して少なかったため、5 月の水田での作業割合が 13% となった。また、調査への参加が 10 月 5 日まで

であったため、10月是水田での作業記録のみで100%になっている。P3は酪農を営んでおり、朝夕を搾乳作業に当てている。そのため、牛舎内で作業を行う頻度が多く、屋内の占める割合が5ヶ月で60%を超えている。温室栽培は行っていない。P1, P4, P5には、温室が最も高い割合を占める月が4ヶ月見られるという点が共通していた。P1は9月の稲の収穫作業には加わっていない。

(2) 全体の傾向と基準値との比較

表1は各被験者の紫外線曝露量を記録したものである。5人の一日の平均労働時間が約8時間20分であったところに、平均日曝露量は1.28 SEDであった。これは、ICNRPや日本産業衛生学会の提案する基準値を僅かに下回る程度である。各被験者別の平均日曝露量を見ると、5人中2人が1.3 SEDを超えていた。日合計曝露量がこの基準値を上回った日は、5人の合計作業日数795日中244日で、

表1 各被験者の紫外線曝露量

ID	作業日数	平均日作業時間	積算曝露量 (SED)	平均日曝露量 (SED)	最大日曝露量 (SED)	1.3SED以上の日数	10SED以上の日数
P1	167	8.43	120.73	0.72	7.61	21	0
P2	150	7.57	200.58	1.35	7.95	66	0
P3	167	8.72	202.58	1.21	14.15	64	1
P4	166	9.40	116.77	0.70	10.50	25	2
P5	145	7.80	351.92	2.43	14.41	77	2
平均	159	8.37	198.52	1.28	10.92	50.6	1.4

30.6%を占めた。月別では、P2とP4が5月に、その他が6月に最多であった(表2)。6月以降、基準値を上回った日数が二桁を超えたのは、P2, P3の9月とP5の7月のみであった

表2 日曝露量が1.3 SED以上の月別日数

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	計	1.3>SEDの日の割合 (%)
P1	10	5	4	2	0	0	21	12.57
P2	20	25	4	0	13	2	64	42.67
P3	20(1)	25	2	0	15	3	65	38.92
P4	14(2)	10	0	0	1	0	25	15.06
P5	20(2)	23	13	7	6	0	69	47.59
計	84	88	23	9	35	5	244	30.69

た。一般的に紫外線強度は、一年で最も日射の強い真夏に年間の最高値を記録する(Sliney and Wengratis, 2006)。気象庁によると、2016年我が国で定点的に紫外線量を計測している3つの観測地点(札幌、つくば、那覇)においては、何れの地点においても7月の平均日積算紅斑紫外線量が最高であった。今回の結果はこの事実と反しているが、

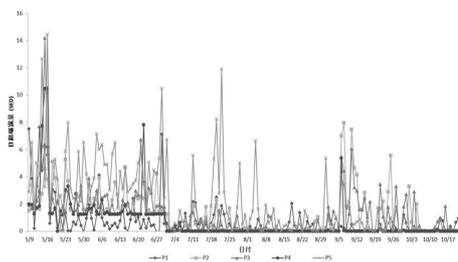


図2 日曝露量の推移

これは対象地の月別の日照時間が5月と比較した6,7月の日照時間が延び悩んだことと(気象庁2016)、紫外線量が作業環境により変化することが考えられる。上述の基準値に

加えて、ICNRPはアジア人(スキンタイプV)の最少紅斑量を10 SEDとしているが、一日で10 SED以上曝露した日は5人合わせて5日であった。5日全てが5月14日-5月16日の間に計測されていた(図2)。

(3) 作業環境別の傾向

被験者5人分を積算した、水田、露地畑、温室、屋内の各環境別の1時間当たりの曝露量を図3に示す。一番曝露量が大きかったのは水田で、露地畑の約1.5倍、温室・屋内の約5倍であった。

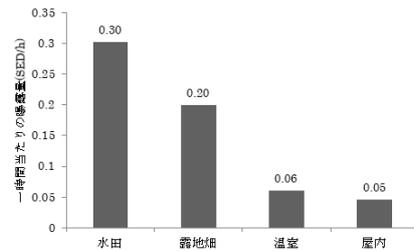


図3 作業環境別の単位時間曝露量

環境別の各被験者の、1時間当たりの曝露量の月ごとの推移を図4, 図5に示す。何れの被験者に対しても、最高値は水田であった。

水田

5人の内P1, P4, P5は5月に最高値を記録し、その後は減少傾向を示していた。P2は9月, P3は6月に最高値を記録した。P2, P3は5-6月にかけて増加、値0を記録した8月にかけて減少傾向を示し、9月は0.4-0.5 SED/hを記録し、他3人を上回るという類似した傾向を示した。

水田とその他の作業環境の大きな違いは、地表面の環境が稲の生育段階に応じて変動することにある。水田は苗移植2-3日前を目安として行われる代掻き時に初めて湛水され、田植え後30日を目安として落水され1月程度中干が行われる。中干の後も間断灌溉が収穫まで適宜行われる。また稲の生育に伴い、葉面積が拡大し、地表面の露出面積が縮小する。

人間が地上で受ける紫外線には太陽方向から散乱されずに届く直達光だけではなく、大気中の分子やエアロゾルや雲などに反射・散乱されて太陽方向以外から届く散乱光や、地面などからの反射光が含まれている(Reuder et al. 2007)。水面上の紫外線反射量は、地表面が植物体で覆われている場合の20倍近くになるという報告もある(Sliney 1986)。こうした事実を考慮すると、苗が小さく湛水された田の水面が露出している生育初期は水面からの反射により、作業者が曝露される紫外線量が増加すると考えられる。こうした環境での作業には、代かきや移植があるが、これらの作業は5月に集中しており、本調査の結果はそれを反映したものであると考えられる。

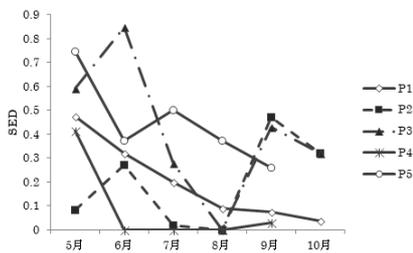


図4 水田の月別平均曝露量の推移
露地畑

露地畑では、P2, P3, P4 が5月, P1 が7月, P5 が6月に最高値を記録していた。特にP5の6月の値が0.7 SEDを超えており、他の被験者と比較して傑出して大きい。8月以降は全ての値が0~0.1 SED付近に集中している。何れの被験者一度最高値に達すると、それ以降は常に減少傾向にあった。

5月及び6月に大豆の播種作業が行われている。6月はP1を除く4人が2日間1日6時間以上播種作業に従事している。播種作業はキャビン付トラクタにより行われていたが、P5はキャビンのないトラクタで4時間作業を行っており、曝露量が他の被験者の水準を大きく上回っている。7月以降は、何れの被験者に関しても減少傾向が続き、値0~0.1 SEDの間で推移した。P4, P3は8月に露地畑での作業は行わなかった。

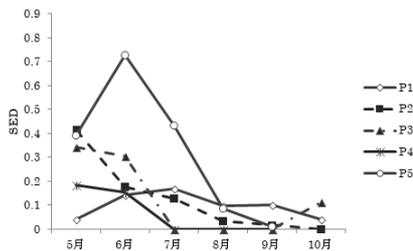


図5 露地畑の月別平均曝露量の推移

(4) 水田作業に関して考え得る対策

今回の調査は、5人という限られた人数を対象としており、その5人の中でも曝露量や曝露パターンには個人差が見られ、本調査の結果のみから、日本の大規模農業法人で営農する農家の紫外線曝露量を推定するのは困難である。本研究では結論として、今回の調査で被験者に共通して見られた点を取り上げ、そこから示唆される有効な対処法に関して検討する。

今回の調査では、許容基準を超える程の紫外線量を受けるのは、全作業日数の3割程度、スキントップVの有効红斑量を超えるのは年間数日程度であった。特に5月初旬の水稲の苗移植を行った日に7 SEDを起こすような大きな曝露量が集中する傾向にあった。このことから、水田の移植作業に関して重点的な対策が必要であると考えられる。湛水を必要とする水稲作においては、苗移植前及び移植後の幼苗期間には、水面での太陽光の反射により人体に届く紫外線量は増加する。特に散乱・反射光の強い環境においては、眼部が受ける紫外線量が直達光のみの環境より増加

することが知られている。すなわち、湛水状態の水田における作業は、目の紫外線曝露のリスクが高いと言えるため、眼部を保護する必要がある。特に移植作業は、軽量化の必要性から紫外線を遮るキャビンやハッチを備え付けていない機械を用いて、日中に長時間の作業が行われている。こうした作業の間には、サングラス等を用いて眼部を保護することが必須となる。その際、サングラスの適切な選択を行うことも重要である。濃色レンズのサングラスは目の瞳孔の拡大を誘発し、かえって多くの紫外線を目が取り込んでしまうため、使用を避けなければならない (Slincy 2001)。

加えて、リスクの大きい水稲の移植作業を避ける取組も検討されるべきである。水稲の直播栽培は、春先の作業の省力化とコスト削減の実現を目指し、近年普及拡大を見せている農法である (農林水産省 2014)。直播にはいくつかの栽培方式が考案されているが、乾田直播栽培は、播種時に湛水を必要としない (農林水産省 1998)。この栽培方式であれば、水面反射の強い湛水状態の水田で移植作業を行う必要がなくなるため、稲作農家の紫外線曝露量を大幅に削減できる可能性がある。また、湛水を伴う直播栽培であっても、既存のトラクタに装着可能な播種機が開発されており (西ら 2015)、この方式を利用すれば、紫外線から作業者を守ることの難しい田植え機を利用した移植作業が必要でなくなり、曝露量削減につながる可能性がある。しかし、いずれの方式であってもその導入は限定的であり、直播栽培による水稲作付面積は、全国の水稲作付面積の1%に過ぎないという現状にある (農林水産省 2014)。当面は、移植作業中の紫外線防護、とりわけ眼部に対する防護の必要性の呼びかけが求められる。

引用文献

気象庁：各種データ・資料，過去の気象データ・ダウンロード，2016。
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsd1/index.php#!table>
 西 政佳・及川聡子・田口芳彦・渡邊 学・佐川 了：水稲乾田直播栽培における既存機械を用いた作業体系，日本作物学会東北支部報 58：25-26；2015。
 農林水産省：米の直播技術等の現状；1998。
http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/pdf/k_zikamaki.pdf
 農林水産省：最新の直播の現状；2014。
http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/attach/pdf/index-3.pdf
 Reuder J, Ghezzi F, Palenque E, Torrez R, Andrade M, Zaratti F. Investigations on the effect of high surface albedo on erythemally effective UV irradiance: Results of a campaign at the Salar de Uyuni, Bolivia. J. Photochem. Photobiol. B 87; 1-8; 2007.

Sloney DH. Physical factors in cataractogenesis: ambient ultraviolet radiation and temperature. Invest Ophthalmol Vis Sci 27:781-790; 1986.

Sloney DH. Photoprotection of the eye - UV radiation and sunglasses. Photochem Photobiolo 64: 166-175; 2001.

Sloney DH, Wengratis S.: Is a differentiated advice by season and region necessary. Prog Mol Biol 92:150-160; 2006.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

Tasuku Koizumi, Hideo Hasegawa and Napat Kamthonsiriwimol: Pesticides Usage Behavior and Health Impact of Thai 's Farmers under Good Agricultural Practices System, Bulletin of the Faculty of Agriculture, Niigata University, 69, 43-48, 2017

[学会発表](計2件)

Tasuku Koizumi, Shimpei Saito, Hideo Hasegawa. Farmer ' s risk of ocular health problems caused by sun exposure, The International Conference on Agricultural & Bio-system Engineering 2017, Nong Lam University Ho Chi Min city, Vietnam, 20 December 2017

Tasuku Koizumi, Hideo Hasegawa: Sun exposure and farmers ' health, Proceedings of the 8th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB) 23-25 May 2016, Niigata, Japan

6 . 研究組織

(1)研究代表者

長谷川 英夫 (HASEGAWA Hideo)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号 : 80292514