

農業従事者におけるビニールハウス内の熱中症と筋骨格系障害

上田智之、木内亮平、高内拓海、竹中悠希、玉岡幸記、野田澄人、山田弦太、吉田祐也

1. 景と目的

ビニールハウスを使用する施設栽培は雨による土壌養分の流出を防ぐことができ¹⁾、温度・湿度等の環境条件をコントロールすることができるため、通年で安定的な農作物の生産が可能であり、生産性及び収益性を考慮すると有効な栽培法である。それを反映して、日本の農業において全耕地面積に占めるハウス栽培の面積は拡大傾向にある²⁾。しかし、ビニールハウス内は熱中症を発症しやすい高温多湿の環境であり、熱中症死亡事例も毎年報道され、その多くは高齢者である³⁾。日本の農業従事者は年々高齢化が進み、農業従事者の健康を考える場合、熱中症への対策が急務である。

また、一般的な法人の職場では労働法制のもと、作業環境管理、健康管理、労働衛生教育等が行われ、傷害や死亡事故は減少しているが、個人事業が多い農業の場合、各人に対策が委ねられており、労働災害は減少しておらず、日本において最も危険な産業となっている。その一例として、農作業では人手不足による個人での重量物の取り扱いや不良姿勢での作業が多いと考えられ、それらが適切に改善されないことによる筋骨格系障害のリスクが高いと考えられる。

滋賀県草津市北山田町はおよそ 120 軒（うち専業農家は 40 軒）が農業を営む農業地帯であり、立ち並ぶハウスは 2,200 棟を超える。この地域の主要な作物は、水菜やほうれん草などの葉物野菜、大根、メロン、ネギである。今回我々は、北山田町でビニールハウス栽培を行う農家を訪問し、実際に農作業を観察・体験することにより、初夏のビニールハウス内作業で生じる熱中症リスクおよび作業負担を分析した。さらに、これらを軽減するための対策を検討し、熱中症や筋骨格系障害の予防を目指した。

○草津市の農業生産物について

草津市の農業生産は、水稻を中心としながら、軟弱野菜を扱うハウス栽培が盛んであることが特徴であり、水菜やほうれん草、メロンの栽培面積は県内一である。表 1 に草津市における施設野菜の栽培面積を示す。各年代の農業就業人口割合は、65 歳以上が 67.5%と 7 割近くを占め、60～64 歳で 1 割強、それ以下の年代ではそれぞれ 1 割に満たない（表 2）。

表 1. 草津市の施設栽培の栽培面積（平成 22 年）

品目	大根	こかぶ	日野菜	水菜	ほうれん草	九条ネギ	メロン
施設栽培面積 (a)	558	369	396	4,606	1,940	915	714

表 2. 草津市の農業就業人口（滋賀農林統計年報 2010 年）

区分	15~29 歳	30~39 歳	40~49 歳	50~59 歳	60~64 歳	65 歳以上	計
数	29	37	57	102	150	780	1,155
割合	2.5%	3.2%	4.9%	8.8%	13.0%	67.5%	100%

2. 対象と方法

2.1) 対象

北山田町において、愛彩菜・メロン等のビニールハウス栽培を行う農業従事者 3 名を対象に調査を行った。

2.2) 方法

調査は 6 月 29 日（1 日目）の 7 時～18 時、6 月 30 日（2 日目）の 7 時～12 時にかけて、心拍数と活動強度の測定、周囲の気温・湿度・WBGT の測定、農作業の観察・聞き取り・学生自身の体験を通じて、

その身体的負担の調査、農業環境における危険の調査を行った。

心拍数と活動強度の測定は、それぞれ心拍数計（POLAR, RS400 または A360）、3 軸加速度測定型活動量計（オムロン, HJA-750C）を作業開始前に装着し、終業時まで行った。

暑熱作業により生ずる温熱負担を暑熱ストレインといい、これを評価するために、米国政府労働衛生専門家会議（ACGIH）が提示している生理的指標が有用である。これらの中には、作業現場でも比較的容易に測定できるもの（心拍数、鼓膜温等）と、測定できそうにないもの（直腸温等）がある⁴⁾。我々は生理的暑熱ストレインの指標として、心拍数を採用した。

(1) 心拍数

心拍数に関して、ACGIH は心拍数（bpm）が数分間継続して 180-[年齢]を超える場合、暑熱ストレインが許容限界を超えたと判断して暑熱曝露を中止するよう勧告している⁴⁾。

(2) 運動強度

運動強度の評価として、心拍数が推定した最大心拍数の何%であるかで表現する方法を採用した。

$$\text{運動強度} = \text{心拍数} / \text{最大心拍数} (\%HR_{\max})$$

これに用いる推定最大心拍数は事前に年齢を聴取し、以下の式を用いて算出した。

$$HR_{\max} (\text{bpm}) = 220 - [\text{年齢}]$$

運動強度は、以下のように評価した。

60～70% HR_{\max} → 軽い運動、70～85% HR_{\max} → ややきつい運動、85% HR_{\max} 以上 → 激しい運動

(3) 活動強度

活動強度（Mets）は運動によるエネルギー消費量が安静時の何倍に当たるかを示し、以下の基準で評価した。

低強度 < 3 Mets < 中強度 < 6 Mets < 高強度

(4) 作業要因およびヒヤリハット

ヒヤリハットとは、重大な災害や事故には至らないが、直結してもおかしくない一歩手前の事例のことである。農作業を実際に体験し、作業要因として筋骨格系への負担の大きい作業およびヒヤリハット事例を経験した。

3. 結果

3.1) 熱中症に関して

気温・湿度・WBGT、心拍数、% HR_{\max} 、運動強度の時間変化を図 1 に示す。WBGT の推移図は、表 3 の日本生気象学会の熱中症予防指針を参考にして、「危険」を赤色、「嚴重警戒」を橙色、「警戒」を黄色、「注意」を緑色で示した。各心拍数の推移図には、180-[年齢]（bpm）の値を赤線で示した。

表 3. 「日常生活における熱中症予防指針」 Ver.3 確定版 日本生気象学会⁵⁾

温度基準 WBGT	注意すべき 生活活動の目安	注意事項
危険 31度以上	すべての生活活動でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
嚴重警戒 28～31℃		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 25～28℃	中等度以上の生活活動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入れる。
注意 25℃未満	強い生活活動でおこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

○54 歳男性の農作業場

6月29日は曇りで太陽が雲に覆われた状態で、10時過ぎに一時雲間から太陽が覗いた。7時～10時はビニールハウス内でメロンを収穫してトラックに積み込む作業を行い、10時～11時はメロンの洗浄作業と箱詰め作業を行った。

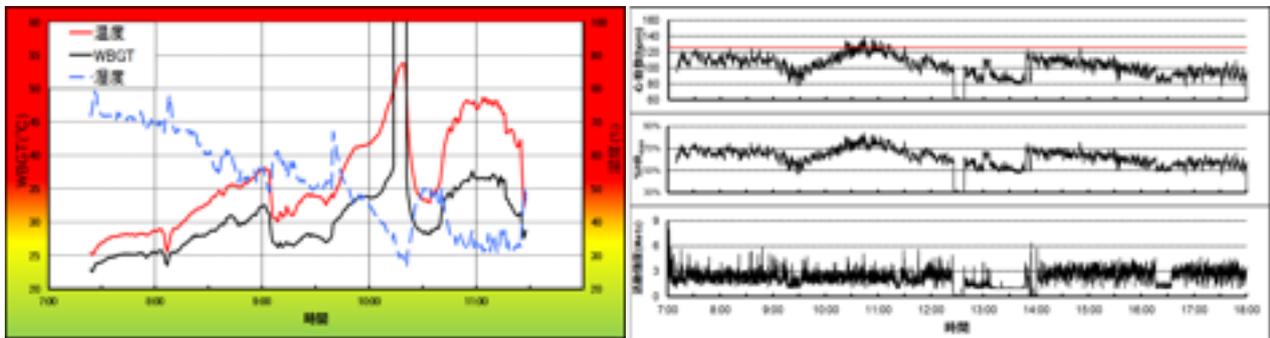


図 1. 54 歳男性の 6 月 29 日（1 日目）の測定結果

WBGT は正午にかけて気温とともに上昇し、さらに太陽が見えた 10 時過ぎ、ハウス内温度は急上昇し、黒球に日光が当たると WBGT は測定上限を超えるところまで上昇した。なお、湿度は作業開始から減少傾向にあるが、これは作業時にハウス両端の通風孔を開けたためと考えられる。また、9 時過ぎ、10 時過ぎ、11 時過ぎに 3 度気温および WBGT が減少しているが、これは移動時および測定不能時に測定機器をハウス外に持ち出したためである。ハウス内の温度は午前 8 時には警告レベルを超え、その 30 分後には嚴重警戒、9 時には最高の危険レベルに達しており、その後もさらに上昇し続けた。

WBGT が急上昇した午前 10 時台に一致して、心拍数は ACGIH が提示している許容限界を超えており、その時点の運動強度はややきつい運動、活動強度は低強度～中強度であった。

3.2) 作業時における筋骨格系の負担

筋骨格系への影響を考えるにあたり、農家の方々は屈んで作業することが多いことに着目し、図 2 を参考にして姿勢と腰部の筋骨格への影響の関係を求めた。図 2 は、直立しているときにかかる負担を 100 とした各姿勢の負担度を示す。図 3 は、愛彩菜の根元のカット作業である。この姿勢は直立姿勢の 1.4 倍の負担が腰にかかると考えられる。図 4 は出荷するメロンに、草津メロン認定のシールを貼る作業である。この姿勢は直立姿勢の 1.5 倍の負担が腰にかかると考えられる。図 5 は、収穫したメロンの運搬作業である。一玉約 1～2kg のメロンが 20 個程度入った籠を持ち上げている。この姿勢は直立姿勢の 2.2 倍の負担が腰にかかると考えられる。したがって、直立で 40kg ほどのものを持つのと同じ程度の負担が腰にかかると考えられる。



図 2. 姿勢と腰にかかる負担の関係⁶⁾



図 3. 愛彩菜のカット作業



図 4. メロンの認定シール貼り付け作業



図 5. メロンの運搬作業

3.3) ヒヤリハット

a) ビニールハウスの周りの用水路

図6のようにビニールハウスの周囲には用水路が通っているが、ビニールハウスの入口に対して通ることのできる渡し板の幅が狭かった。この幅はメロンを運ぶための台車の幅ともほぼ同じくらいであり、もしも台車の車輪が溝にはまり転倒してしまったり、農業従事者が誤って溝に足をはめてしまったりすれば、捻挫や骨折の恐れがあり危険だと思われた。

b) ビニールハウス内の骨組み

図7のようにビニールハウスの高さは低く、骨組みがむき出しで成人男性の頭の高さ程度の位置にあった。そのために私たちが活動しているときも何度か頭をぶつけてしまうことがあった。現地の農業従事者の方は、大体の危険な場所は把握しているとのことであったが、万が一頭をぶつけてしまい、頭蓋骨骨折や脳挫傷などになってしまえば危険であると思われた。



図6. ビニールハウスの周りの用水路



図7. ビニールハウス内の骨組み

4. 考察

4.1) 熱中症に関して

暑さ指数として用いられる WBGT は人体と外気との熱のやり取りに着目した指標であり、気温・湿度・輻射熱・風を総合的に評価したものである。我々が、実習に伺った2日間の天気は曇りまたは雨で、長時間の強い日射はなかったにも関わらず、実習1日目10時頃のビニールハウス内の気温は40度～50度を超えており、WBGTは熱中症の予防指針によれば「警戒」、「嚴重警戒」さらには「危険」に該当する程度まで上昇していた。

環境省が発表した昨年度の WBGT と熱中症救急搬送者数の推移(図8)をみると、WBGTが「嚴重警戒」レベルである28℃に達すると搬送者数は有意に多くなり、26℃、すなわち「警戒」レベルでも前日に比べて急に WBGT が上昇した場合は搬送者数が大きく増加している。また、WBGTが高い値でも、しばらく同じような値が続くと搬送者数は多いながらも徐々に減少する傾向があった。これは、いわゆる暑熱順化によるものであると考えられる。我々が実習した6月末は WBGT が急激に上昇し始める時期であり、まだ体が暑さに慣れていないために非常に熱中症の起こりやすい環境であった。

ビニールハウス内は、通気口を開けない限り風はほとんど通らず、空気はこもったままとなり、日射の影響で気温がどんどん上昇する。また、農作物に水をやるため、湿度も高く保たれる。そのような環境での作業は、大量の汗はかくが、汗はあまり蒸発せず、体温は上昇する。また、一般に高齢者は発汗機能が低下することが知られているが、齋藤らの研究(2016)では、高齢な農業従事者は発汗量が増加するが口渴感の増大が少なく水分補給が低下したと報告している³⁾。したがって、自覚的な口渴感を頼

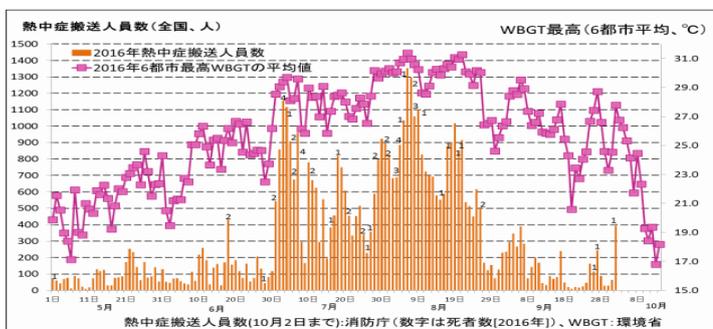


図8. 六都市の日最高暑さ指数の平均値と救急搬送人員数の関係⁷⁾

りにした水分補給では、喪失した水分および塩類に対して補給が不十分となる可能性がある。Wyndhamら(1969)は、暑熱環境下の作業時では体重の3%の脱水で体温が急激に上昇し熱中症を発症しやすくなると報告している⁸⁾。鈴木ら(2011)は、暑熱曝露下農作業時における胸部汗中塩分濃度および塩分損失量は、若齢者に比べて中高齢者で大きいことを明らかにした⁹⁾。これらのことから、ビニールハウス内などの暑熱環境下作業時は作業時間を目安に水分摂取することが望ましいと考えた。私たちが訪れた農業従事者の方々は、朝早起きして作業をすることで暑くなる前に作業を終わらせる、飲料水を持参するといった工夫をとられていた。これは効果的な戦略であるが、さらなる熱中症予防のために塩類の摂取も推奨される。

熱中症のリスクファクターを表4に示す。本邦の農業従事者は高齢者が多く、また高齢者ほど心疾患や呼吸器疾患などの基礎疾患保有率が高いため常用している薬剤の種類も多い傾向がある。薬剤服用者の熱中症死亡リスクのオッズ比は心疾患で2.48、呼吸器疾患で1.61に上り¹¹⁾、降圧目的で利尿薬を服用している場合などは特に脱水に注意しなくてはならない。

ビニールハウス内の環境は、農作物にとっては好都合であるが、そこで作業をする人間にとっては非常に過酷な環境であると身をもって体感できた。

表4. 熱中症のリスクファクター¹⁰⁾

身体・疾患	15歳未満、65歳以上、認知機能障害、心疾患、呼吸器疾患、精神疾患、肥満、身体・運動障害
環境	エアコンの制限、暑い日中の屋外活動、都市部や上層階に居住
薬剤	アルコール、 α 作動薬、抗コリン薬、抗ヒスタミン薬、BZ系、 β 遮断薬、CCB、利尿薬、TCA、フェノチアジン、下剤など

4.2) 作業要因

野菜栽培における農作業の多くは前屈で行われており、腰にかかる負荷は大きい。改善策として、作業場ではテーブルなどを利用し作業位置を高くする、重いものを持つ際は複数人で行うなどが考えられる。しかし、人員不足や作業効率の問題からなかなかそうはできないのが現状である。

また、腰部ベルトの使用の是非について述べる。腰部保護ベルトを巻くことで締め付けによる姿勢の改善から作業時に腰にかかる負担は軽減できる。しかし、デメリットとして腰の筋肉が低下しやすくなってしまう。このことから、重いものを地面から持ち上げるなど、腰に非常に負荷がかかる動作のときのみ、腰部保護ベルトを巻くことが良いのではないかと考えられた。

4.3) ヒヤリハット

ビニールハウスの周りの用水路における対策としては、用水路の上に長い渡し板を置くことで通り道を広げるといった方法が考えられ、実際に現地の方も実践していた。しかしながら、別のビニールハウスに移動した際に、その板を忘れても何もなかったかのように作業をしており、万が一の際の時を考えて徹底する必要があるように思われた。

ビニールハウス内の骨組みへの対策としては、ビニールハウス自体を建て替える方法があると考えられる。近年のビニールハウスは、上で挙げられた危険対策および作業姿勢への対策として骨組みも頭よりも高い高さに設計されている。しかしながらいくつかのビニールハウスを所持している農業従事者の方にとって、ビニールハウスの建て替えは費用的に現実的ではない。現存のビニールハウスの高さを上げることは構造上難しいが、むき出しの骨組みに緩衝材を巻くなどといった対策をとる必要があるように思われた。

今回あげた箇所も含め、ヒヤリハットは結果として事故に至らず、今回実際に訪ねた農業従事者の方がそうであったように「まあ大丈夫だろう」と、見過ごされてしまうことが多い。しかし重大な事故が発生した際には、その油断も含めた多くのヒヤリハットが潜んでいる可能性がある(ハインリッヒの法則)。このような事故を未然に防ぐため、危険と思われる場所を見つけ、その対策を徹底していく必要があると考えた。

5. 結論

今回我々は、農作業に従事することにおけるリスクを環境要因と作業要因から考察した。ハウス栽培では農業者の熱中症リスクは非常に高い。しかし農産物の管理・生産性を求める上で、ハウス栽培は必要なものである。それゆえ農業者は、熱中症予防のために口渴を感じていなくても時間を決めて水分補給と休息を行うべきである。農作業環境におけるヒヤリハットについて、私たちが訪問させていただいた農業従事者の方々に事前にお聞きした内容では、大きなヒヤリハットは経験されていないということだったが、私たち自身がハウス内の鉄棒に頭をぶつける、ハウスの入り口付近の溝につまずくと、ヒヤリハットを経験した。これらに対しては鉄棒に緩衝材を巻く、溝に板をかぶせておくといった対策が考えられた。また、作業要因として、農業人口の減少・高齢化による人手不足が農業従事者個人にかかる作業負担を益々増加させており、農業従事者の筋骨格系障害のリスクは高い。農業における労働衛生管理は、多くの場合、個人に委ねられている。実習の中で私たちが体験した作業でも腰に負担がかかる作業が多くあった。農業従事者の方も腰に負担がくるということは認識しておられるが、作業効率との兼ね合いで避け難いのが現状である。

農作業における危険性を医療者側も知ることで、医療現場でより適切に農業者に向き合うようになることを我々は期待する。そして、農業者個人だけでなく、その家族や周囲の人々の健康を守れるような、実現可能なレベルでの健康障害に対する予防の提案及び知識の提供をできるようにしていくことが私たちのこれからの目標である。

謝辞

今回の実習を行うにあたり、協力していただいた北山田の農業者の方々、及びご家族の方々、ご指導いただいた辻村裕次先生へ心から感謝いたします。

参考文献

1. 露地と施設の肥培管理の違い. http://tuchi.net/common_images/roji.pdf
2. 農林水産省. 「園芸施設及び農業用廃プラスチックに関する調査」
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/engei/index.html>
3. 齋藤雄司他. 夏期暑熱環境下ハウス栽培作業時における農業従事者の体温調節反応. 日生氣誌 53(2): 95-103,2016.
4. 労働安全衛生総合研究所. http://www.jniosh.go.jp/publication/mail_mag/2013/61-column.html
5. 日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」 Ver.3 確定版
<http://seikishou.jp/pdf/news/shishin.pdf>
6. 「中腰で前かがみの姿勢が一番危険」. http://www.nabolin.com/info/column_improve/bow.html (検索日: 2017年8月13日)
7. 環境省「平成28年の全国の暑さ指数(WBGT)の観測状況及び熱中症による救急搬送人員数と暑さ指数との関係について(平成28年度最終報告)」
8. Wyndham, C.H. and Strydom, N.B. (1969): The danger of an inadequate water intake during marathon running. S Afr Med J, 43:893-896.
9. 鈴木英悟, 樫村修生, 寄本明, 中井誠一 (2011): 中高齢者における夏季熱環境下農作業時の体温調節反応の特性. 日生氣誌, 48: 66-77.
10. Becker JA1, Stewart LK. (2011) Heat-related illness. Am Fam Physician.; 83(11):1325-30.
11. Bouchama A etc. (2007) Prognostic factors in heat wave related deaths: a meta-analysis. Arch Int Med; 167(20):2170-6.