

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 16 日現在

機関番号：32407

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K19251

研究課題名（和文）雷撃の衝撃波による椎茸発生メカニズム解明と栽培促進技術の確立

研究課題名（英文）Elucidation of outbreak mechanism in shiitake mushrooms due to lightning shock waves and establishment of cultivation promotion technology

研究代表者

清水 博幸（Shimizu, Hiroyuki）

日本工業大学・基幹工学部・准教授

研究者番号：40337514

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：落雷が多く発生するとシイタケが多く発生することは、農家では経験的に知られていた。しかし、楯木へ直撃することは稀である。本研究では、落雷時に発生する衝撃波（音圧）に着目し、音圧刺激を楯木に印加することによるシイタケ子実体の発生への影響について検討を行った。その結果、楯木への直接的な雷撃に抛らず、雷撃時の音圧刺激がシイタケの子実体の発生増加に影響を及ぼすこと明らかにした。雷撃時に発生する音圧刺激をスピーカで再現し、シイタケの子実体の増産効果についても調査したところ、楯木については、ある程度の音圧が加わることで、子実体の発生が促進されることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

シイタケ子実体の成長の促進に寄与する要因には電気的刺激や打木による物理的刺激等、種々のものがある。本研究では、雷撃実験および音響実験の結果より、原木へ発生刺激として衝撃波のようなある程度の大きさの音圧刺激を与えることにより、子実体の増産に効果を及ぼすことを示した。この結果から、雷撃時に発生する音を収録してスピーカで再現し、音圧刺激を発生するシステムを構築した。これを用いることにより、広い範囲に効率的に音圧刺激を与えることができるため、安価で省力的なシイタケ栽培促進・発生抑制システムの確立が期待される。

研究成果の概要（英文）：It has been empirically known among farmers that more lightning strikes lead to the production of more shiitake mushrooms. However, mushroom bed logs are rarely struck directly by lightning in the natural environment. In this study, we focused on the shock waves (sound pressure) generated by lightning strikes and examined the effect of applying sound pressure stimulation to bed logs on the development of fruiting bodies in shiitake mushrooms. The results clarified that sound pressure stimulation generated due to lightning leads to an increase in the number of fruiting bodies of shiitake mushroom, without relying on the direct lightning which strikes the bed logs. In addition, the sound pressure stimulus generated due to lightning was reproduced with a speaker, and its effect on the production of shiitake fruiting bodies was investigated. The results proved that the generation of fruiting bodies in shiitake mushrooms is promoted by applying a certain amount of sound pressure.

研究分野：高電圧工学

キーワード：シイタケ 音圧 インパルス電圧 衝撃波

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

古より、落雷した場所の周辺では、きのこが異常発生することが知られている。すなわち落雷がきのこの生育に特異的な影響を及ぼすと考えられる。このような背景から、先行研究では、シイタケを植菌した椀木に対し、表面あるいは電極を経由して 100kV 以上の人工的な雷(高電圧)を印加し、椀木に大きな電流を流すことによって、シイタケの発生を促進させる手法の研究が取り組まれてきた。これらの研究では、高電圧の印可を行わない通常の育成と比較して、シイタケの子実体発生個数ならびに子実体収量が増加することが報告されており、高電圧の電気刺激が発生数だけでなく成長促進にも影響していることが確認されている。

先行研究で行われている電気刺激による方法の着想は、古くからの伝承である落雷が発生した周辺ではきのこの生育が促進されるというものに基づいている。しかしながら、実際の椀木において、椀木へ直接的な雷撃の可能性は低く、必ずしも高電圧の電氣的な刺激だけではなく、他の要因も関与しているのではないかと仮説を立てるに至った。仮に、電気刺激以外が関与するのであれば、その物理的な事象の特定を行うとともに、再現するシステムの構築を行うことによって、シイタケ栽培技術の向上にも寄与できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、人工雷撃装置(インパルス電圧発生装置)を用いて発生した火花放電を直接、椀木に当てるのではなく、椀木から一定距離離隔した電極に雷撃刺激を印加する。この雷撃の有無によるシイタケ生育の差異を比較することで、シイタケ子実体の発生への影響を実験レベルで確認を試みた(雷撃実験)。この結果、無印加区に対して印加区の方が子実体の発生に増産の効果を示すことが示された。

椀木への直積的な雷撃に抛らず、子実体の増産効果を示したことから、音圧刺激による効果を検証するため、雷撃時に発生する音をスピーカで再現し、音圧レベルの異なる音を椀木へ印加し、無印加区と比較した(音響実験)。

3. 研究の方法

(1) 雷撃実験

シイタケ栽培には、椀木による原木栽培と菌床栽培があるが、本研究では原木を用いた。供試菌は、周年発生系の F103(菌王 10 号)とし、人工椀場で并桁伏せにて 2 年伏せ込みされた椀木を実験条件ごとに 10 本ずつ用いた。

図 1 に雷撃刺激印加実験の様子を示す。雷撃点(下部電極)を中心として椀木を 3m 離し、円形状に 5 か所、45° 間隔をあけて 2 本ずつ設置した。インパルス電圧発生装置に上部電極および下部電極を取り付け、上部電極は地面高 4m、下部電極(接地)は 1m の金属製の棒電極を用い、電極間は 3m とした。この電極間にインパルス電圧発生装置で電圧を印加し、上部電極と下部電極間で、火花放電を発生させた。雷撃の印加回数については、自然界の雷放電で生じる多重雷撃の平均多重度が 3~4 回であるため、3 回を 1 セットとした。

実験条件として、浸水のみで雷撃に曝さない Case 1、浸水後に 1 セットのみ雷撃に曝す Case 2、浸水後に 1 週間 1 セット雷撃に曝す Case 3 の 3 つのケースを設定した。なお、椀木は設置環境の差異を与えないよう、同じ施設内に設置をしている。

子実体の収穫方法は、Case 3 への雷撃が終了後、Case1 から Case3 の全ての子実体の生育状況を 2 日おきに 3 回の収穫とした。通常のシイタケ栽培では、傘下の膜が切れた状態で、かつ、商品化のため傘直径が規格化されているが、本研究では、傘下の膜の切れの有無に関わらず、収穫のタイミングで傘直径が 50mm を超えるものを収穫することとした。

(2) 音響実験

図 2 に椀木への音圧印加刺激の実験構成を示す。雷撃実験で椀木に加わる音を収録し、それをスピーカで再現するシステムを構築した。このとき、波形はそのままに、音圧を 115dB、110dB、100dB、90dB となるように椀木を配置し、無印加区と印加区での子実体の収穫本数の比較を行った。なお、椀木の菌種は、周年発生系の F103(菌王 10 号)を用い、本数はいずれも 5 本とし、収穫の基準は、雷撃実験と同様、直径 50mm を超える子実体を収穫した。

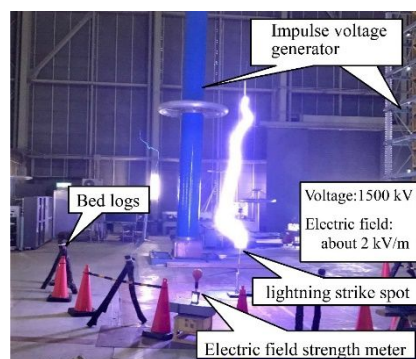


図 1 雷撃刺激印加実験の様子

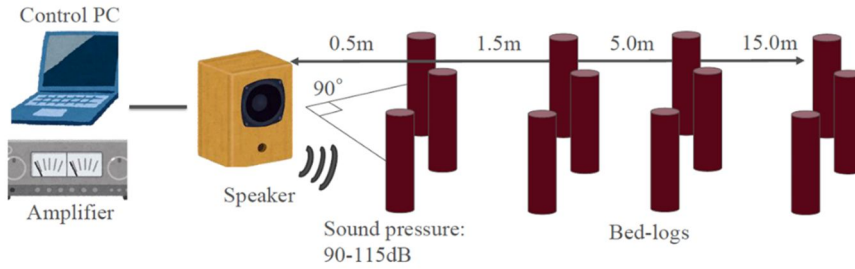


図2 音圧印加の実験構成

4. 研究成果

(1) 雷撃実験の結果

図3および図4に雷撃実験の結果を示す。無印加区である一般的な栽培法と比較して、印加区では、本数で1.6~1.8倍、収穫量で1.2~1.4倍と、いずれも増加しており、直撃させずとも、雷撃による効果が認められた。

この結果より、楢木への直接的な電気刺激に拠らず、雷撃時の刺激により、子実体の発生へ影響を及ぼすことを示唆する結果を得た。このことは、直接楢木に高電圧が印加される可能性の低い自然界の雷においても、シイタケの発生に大きな影響を及ぼすことを示唆するものである。

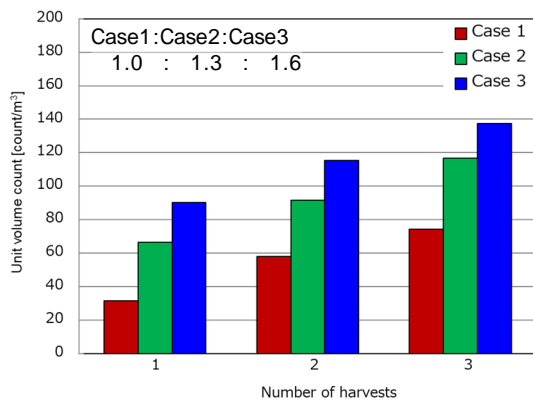


図3 雷撃実験の結果

(楢木 1m³あたりの収穫本数[本/m³])

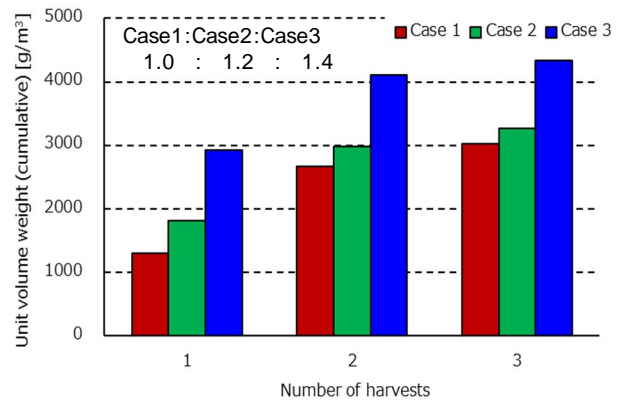


図4 雷撃実験の結果

(楢木 1m³あたりの収穫量[g/m³])

(2) 音響実験の結果

図5に音響実験の結果を示す。楢木での実験結果では、無印加と比較し、音圧印加することにより、2~2.5倍の収穫本数を示した。また、音圧レベルによる差異はみられず、楢木については、ある程度の音圧が加わることで、子実体の発生が促進されることが明らかになった。

子実体の成長の促進に寄与する要因には電気的刺激や打木による物理的刺激等、種々のものが考えられるが、雷撃実験および音響実験の結果より、原木へ発生刺激として、衝撃波のようなある程度の大きさの音圧刺激を与えることにより、子実体の増産に効果を及ぼすことを示した。

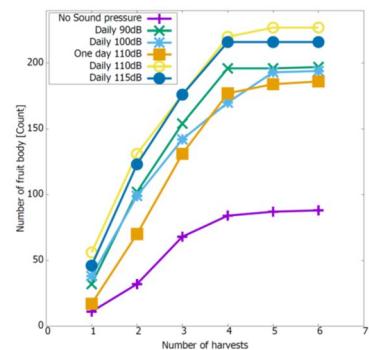


図5 音響実験の結果

(楢木 1本あたりの収穫本数)

(3) 原木と菌床ブロックによる検討

菌床ブロックについても、同様の条件で雷撃実験および音響実験を行った。しかし、無印加区と印加区において、印加したケースに有意な差は認められなかった。このことから、試料の固有振動数の相違によるものと推測されることから、これを検証するため、加速度計を楢木、菌床ブロックに取り付け、それぞれに加わる加速度を測定した。

図 6 に 115dB における榎木および菌床の加速度の測定結果を示す。同図は、データを高速フーリエ変換 (FFT) により、周波数成分に変換をしている。加速度の値は榎木も菌床も大きな差異はないが、周波数特性のピークが榎木は 1.72 kHz、菌床ブロックは 0.74 kHz と約 1 kHz の差異が認められた。

この結果は、子実体発生のトリガには周波数の閾値が存在することを示唆している。この閾値の特定により、対象物の子実体の成長に寄与する周波数帯をカバーした音源を作成し、効率的に音圧刺激を与えることができるため、安価で省力的なシイタケ栽培促進・発生抑制システムの確立が期待される。

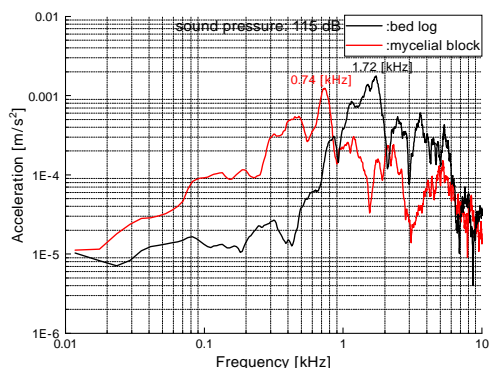


図 6 榎木および菌床の周波数特性

参考文献

Takaki K, Yoshida K, Saito T, Kusaka T, Yamaguchi R, Takahashi K, Sakamoto Y. Effect of electrical stimulation on fruit body formation in cultivating mushrooms. *Microorganisms*, pp.58-72, (2014)

清水 博幸、平栗 健史、木許 雅則、大田 健紘、進藤 卓也、星野 祐希、“雷撃刺激がシイタケの発生に及ぼす影響”、日本きのこ学会誌、28 巻 3 号、pp.134-139 (2020)

H. Shimizu, T. Hiraguri, M. Kimoto, K. Ota, T. Shindo, Y. Hoshino, K. Takaki, “Stimulatory Growth Effect of Lightning Strikes Applied in the Vicinity of Shiitake Mushroom Bed Logs”, *Institute of Physics, Journal of Physics D: Applied Physics*, 53, pp.1-9(2020)

清水 博幸、平栗 健史、高梨 琢磨、向井 裕美、高木 浩一、“シイタケ子実体の発生に及ぼす音圧周波数の影響” 日本きのこ学会第 24 回大会大会、2-05 (2022)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 清水 博幸 , 平栗 健史 , 木許 雅則 , 大田 健紘 , 進藤 卓也 , 星野 祐希	4. 巻 28
2. 論文標題 雷撃刺激がシイタケの発生に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本きのこ学会誌	6. 最初と最後の頁 134-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平栗 健史 , 清水 博幸 , 進藤 卓也 , 木許 雅則 , 大田 健紘	4. 巻 103
2. 論文標題 [解説]スマート農業に向けた取組み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 591-599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Shimizu, T. Hiraguri, M. Kimoto, K. Ota, T. Shindo, Y. Hoshino, K. Takaki	4. 巻 53
2. 論文標題 Stimulatory growth effect of lightning strikes applied in the vicinity of shiitake mushroom bed logs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 204002 ~ 204002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ab7627	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 清水 博幸 , 平栗 健史 , 高梨 琢磨 , 向井 裕美 , 高木 浩一
2. 発表標題 シイタケ子実体の発生に及ぼす音圧周波数の影響
3. 学会等名 日本きのこ学会第24回大会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水 博幸 , 平栗 健史 , 高梨 琢磨 , 向井 裕美 , 高木 浩一
2. 発表標題 雷音によるシイタケ発生促進手法の提案
3. 学会等名 園芸学会令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Hoshino,T. Shindo,H. Shimizu,K. Ota,M. Kimoto,T. Hiraguri
2. 発表標題 A Study on the Cultivation Method Using Sound Waves
3. 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平栗健史 , 清水博幸 , 星野祐希 , 進藤卓也 , 大田健紘 , 木許雅則
2. 発表標題 雷撃刺激の影響による椎茸子実体の発生効果
3. 学会等名 日本きのこ学会第23回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野祐希 , 進藤卓也 , 清水博幸 , 大田健紘 , 木許 雅則 , 平栗健史
2. 発表標題 音圧刺激によるシイタケ発生の影響調査
3. 学会等名 日本きのこ学会第23回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野祐希, 進藤卓也, 清水博幸, 大田健紘, 木許雅則, 平栗健史
2. 発表標題 自然界における落雷条件を再現した人工雷撃によるシイタケ発生への影響
3. 学会等名 園芸学会 令和元年度(2019年度)秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野祐希, 進藤卓也, 清水博幸, 大田健紘, 木許雅則, 平栗健史
2. 発表標題 人工雷撃を用いた椎茸発生促進手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野 祐希, 進藤 卓也, 清水 博幸, 大田 健紘, 木許 雅則, 平栗 健史
2. 発表標題 雷の衝撃波による椎茸発生促進効果の検討
3. 学会等名 第22回電気学会埼玉支所研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 振動を用いたキノコ類の栽培技術	発明者 高梨琢磨, 向井裕美, 平栗健史, 清水博幸, 他4名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-174731	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平栗 健史 (Hiraguri Takefumi) (90582817)	日本工業大学・基幹工学部・教授 (32407)	
研究分担者	木許 雅則 (Kimoto Masanori) (80315126)	日本工業大学・基幹工学部・准教授 (32407)	
研究分担者	大田 健紘 (Ota Kenko) (50511911)	日本工業大学・基幹工学部・助教 (32407)	
研究分担者	進藤 卓也 (Shindo Takuya) (90749110)	日本工業大学・基幹工学部・助教 (32407)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関