

第115回CIS研究所パートナー会議事録(一般様用)

開催日: 2021年11月28日(日)
場 所: CIS会議室
講 師: 西村 靖紀 様

1) 会議

テーマ プラズマスピーカー、イオン風の実験的紹介

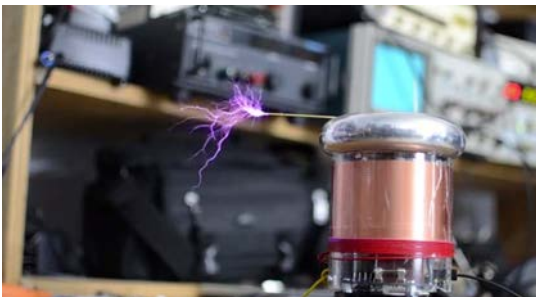


会議風景

1-1) プラズマスピーカー

過去のパートナー会議で、「音」に関するテーマが多くみられる。今回は、音を発生するメカニズムが従来と異なる放電現象による音響発生の調査および、実証実験により理解を含めることにある。 T=11:55

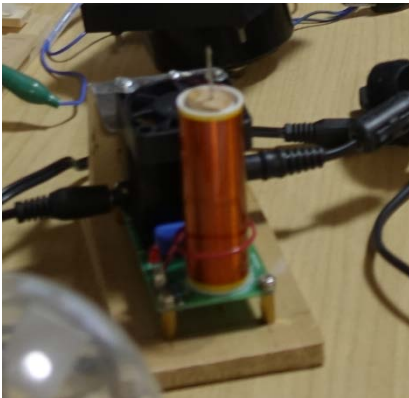
始めに、ネット上で見られるプラズマスピーカーの例を示す。





- 0 <https://youtu.be/hy-XPgWaU8M>
- 1 https://v.kickstarter.com/1638293154_02a67bb3c17ee9091b5eb73a0da5d9050f5b64ce/projects/1146953/video-413358-h264_high.mp4
- 2 <https://youtu.be/LErNobl79NU>
- 3 <https://youtu.be/IEg6PQ8oX-o?t=18>
- 4 <https://youtu.be/eMjZ2u0mnoU>
- 5

実験 1



- 左の実験機で音を聞いた感想。
- コイル端の針から上の方向に紫がかった放電が見られた。
 - 高い音は比較的きれいに聞くことができた。
 - この実験装置では低音は聞こえない。

テスラコイル

T=18:40

高電圧の**高周波振動電流**を得る特殊な**変圧器**。

鉄心を使わない二つの同軸円筒形コイルからなり一次側に**火花放電**により振動電流をつくり、巻数の多い二次側コイルで数十万ボルトに高める。1891年**テスラ**が**考案**。

放電ギャップの火花放電による振動電流を安定に継続して得るために、トランジスタ、MOSFET、ダイオード等を用いた固体電子回路が使用される。SSTC (Solid State Tesla Coil)。、
Wikipediaより

テスラコイルの高圧発生原理

二次コイル上に発生する進行波

テスラコイルにおいては二次コイルの巻線間に発生する寄生容量と二次コイルのインダクタンスとが分布定数状になっているために

遅延回路が形成されている。このためスパークギャップ式においては二次コイル上に多くの定在波が混在している。

これは、二次コイルの一次コイル近傍部(結合部)から放電極(放電球)に向かって時間遅れを伴う進行波が存在するためであり、

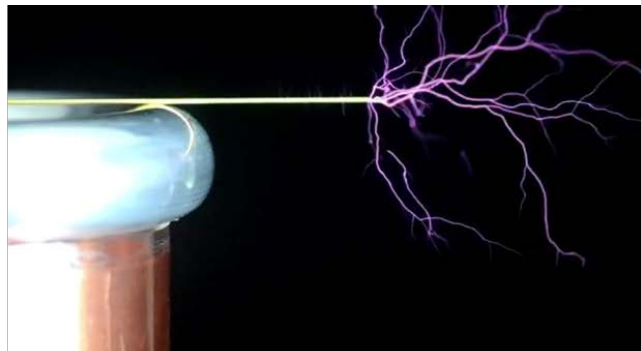
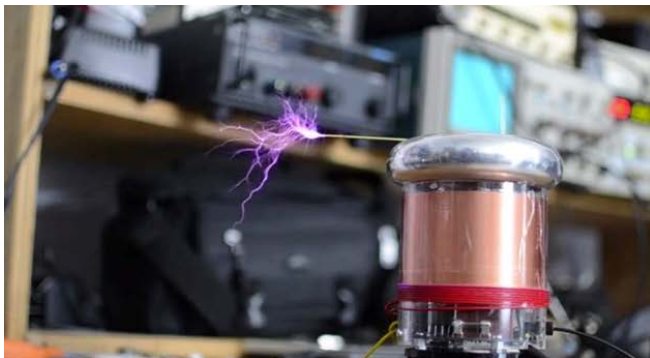
この進行波が放電極と結合部との間で反射を繰り返して共振する。

プラズマスピーカー

1 周波数変調型稲妻で奏でるメロディ！MIT が開発した楽器になるテスラコイル

MIT(マサチューセッツ工科大学)が開発した、稲妻を発生させその出力によって自在にメロディを奏でる楽器。

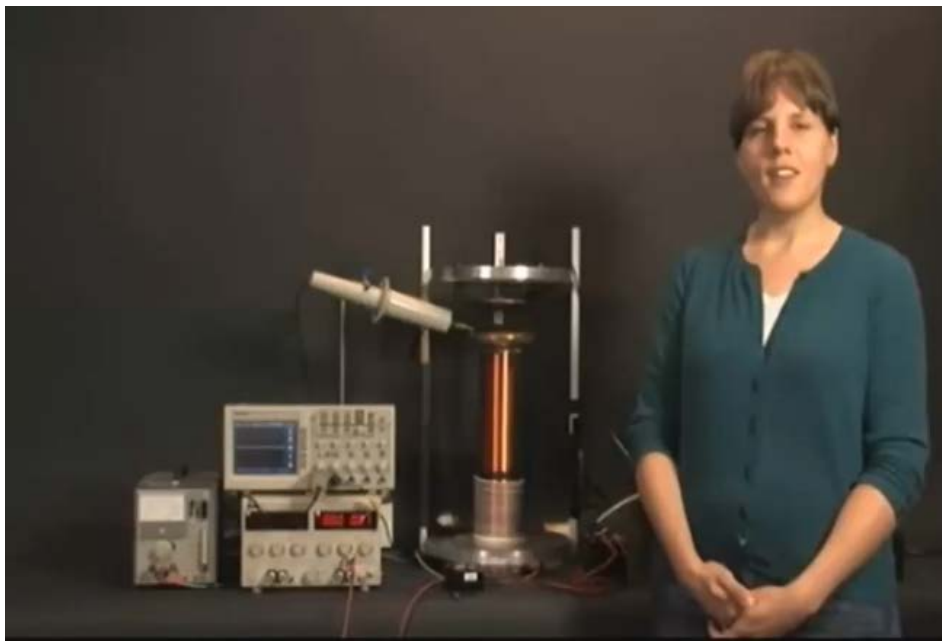
SSTC(Solid State Tesla Coil)で放電をさせる際の駆動周波数自体は一定(1次コイルを2次コイルの $1/4\lambda$ の共振周波数で駆動する)で、この放電の際には何もしなくても音が出る。何もしなければただの放電音、この放電を更に周波数変調(音楽などの音階に合わせた周波数で放電をON/OFFすることで、音階を表現する。周波数は調べて判明するというわけではなく、MP3のオーディオプレイヤーによる音声やMIDIによる打ち込み音楽による音声で周波数変調が自動的に行われる仕組みであるため、回路設計さえしてしまえばあまり意識することはない。



動画

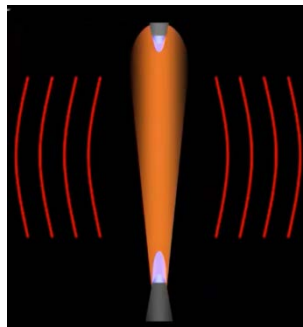
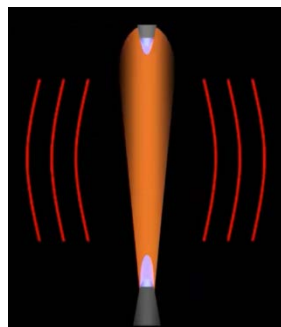
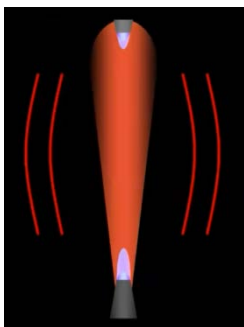
実験ビデオ 3740 [Electro Acoustic coupling in a plasma](https://youtu.be/hy-XPgWaU8M)

PhD research project to Yvonne Sutton, The Open University, Browns Wilkins Group Ltd.



<https://youtu.be/hy-XPgWaU8M?t=1>

<https://youtu.be/hy-XPgWaU8M>



≈



雷現象

相似

雷は、何世紀にもわたって人類を魅了してきた自然のエンターテインメントシステムを演じてきた。地球の表面の電荷と反対の極雲の間の放電から生じるイオン化されたチャネルは、数マイクロ秒以内に 10000A を超える電流を導くが、フラッシュごとに 1 秒未満続くことはめったにありません。それに伴い、分子の励起、励起された分子状態の緩和からの発光、および音波として数キロメートルにわたって伝播する急速な熱膨張に起因する衝撃波につながるかなりのガス加熱(ガス温度= 20-30 000 K)が発生します。

自然現象に比べて、大幅に縮小された規模ではあるが、同様の効果を実験室で達成することができる。ここで、イオン化されたチャネルは、純粋な音波を生成するオーディオ変調信号を使用して、標準的な実験装置を介して作成および制御されます。この講演では、「ガスを歌わせる」電気音響メカニズムについて説明する。電流とアコースティックエミッション(稲妻に似ています)の間のエネルギー伝達メカニズムが説明され、デモンストレーションでは学生にそのアコースティックエミッションの明瞭さの感触を与えます。

実験系:

電極間距離15mm 45Kv で放電開始する(3Kv/mm で放電開始)。

高電圧は固体電子回路とコイルで作る。実験系の静電容量とコイルのLでは、共振周波数は 325KHz であった。

放電開始するまでは電極間にかかる電圧は45Kv/15mm で

容量製電流が流れている(エネルギー消費はない)。放電破壊すると、325KHz 5KVpp(電極間) 30mA 継続放電に移行する。

*この状態では、気体プラズマ状態となり**非線形な抵抗**を示すの伝導電流が流れて(=エネルギーが消費される)周辺の気体分子熱せられる。

次に、この状態で、dc 入力電源との間に音声変調部を容量結合することにより、振幅変調する。

この実験では、信号は正規で正弦波を発信し、通常のオーディオアンプをとおして、容量結合する。

周波数特性を見るために次のテストを行った。

F : Sound pressure level dB

300Hz を右図にプロットした。

1KHz

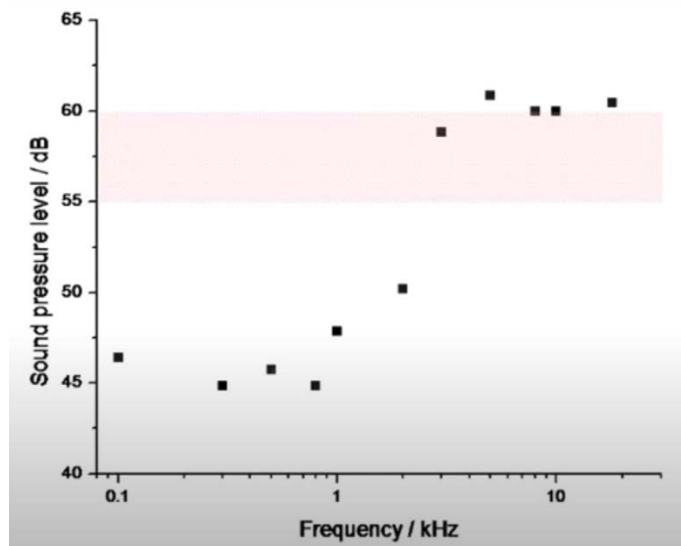
3KHz

10KHz

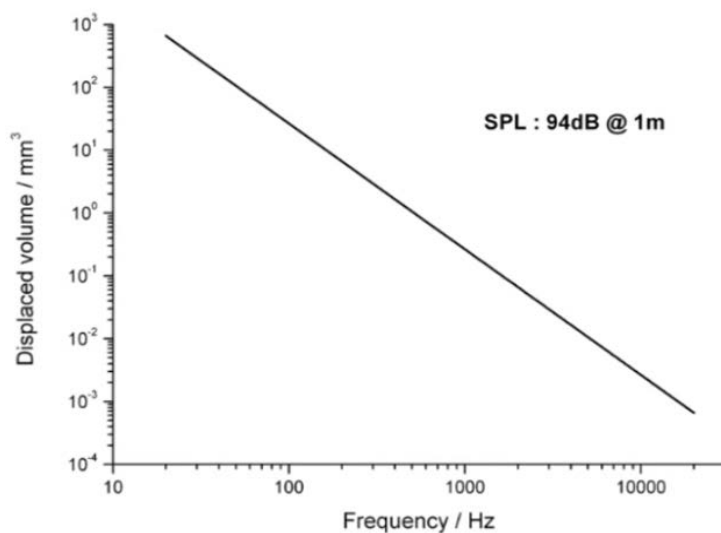
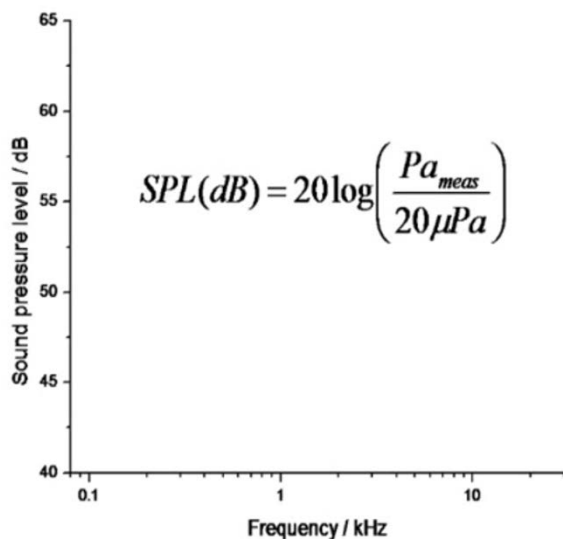
尚: ピンクのバンドは、一般家庭での TV の音の大きさは 1m計測法で55dB~60dBである。比較のために表示。

周波数特性をみると、3KHz以下では急激に低下することが分かる。

周波数特性について、いくつかの定性的な理由を述べる。音源から作られる圧力レベルは、ソースの体積変化に伴う表面の変位に比例する、この体積変化は周波数の関数である。周波数の増加に連れて、体積変化は減少する。



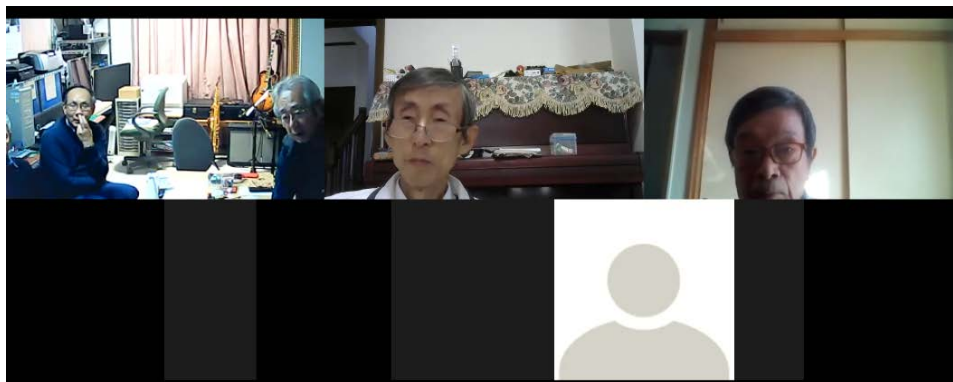
ヒトの聴こえる最も小さい音: $20 \mu Pa$ として計測することになっている。



SPL の定義

音の「強さ」は音圧から計算する。
 音の「強さ」=音のエネルギー = $\alpha \times \text{音圧}^2 / \text{空気の密度} \times \text{音速}$

* 周波数が低い場合には大きな体積変化が必要である。 実験機では、低音で大きな音を出すことは出来ない。実験機では、十分な(低音からの)周波数特性を得ることができない。又、高音域ではプラズマから十分なエネルギーを空気に送ることができなくなり高域特性に制限ができてします。



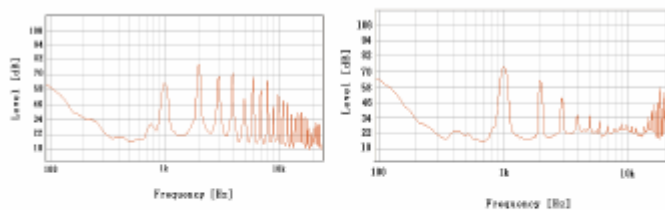
その他に研究された例:

コロナ放電を利用したトランスデューサー

* Transducer of Electrostatic discharge,
 by SATO, Yushi and TAKEOKA, Shigetou and YAMASAKI, Yoshio (Waseda university) and
 MATUOKA, yasuto and KIMURA, susumu (Evolving Energy Laboratory).
 (日本音響学会講演論文集)



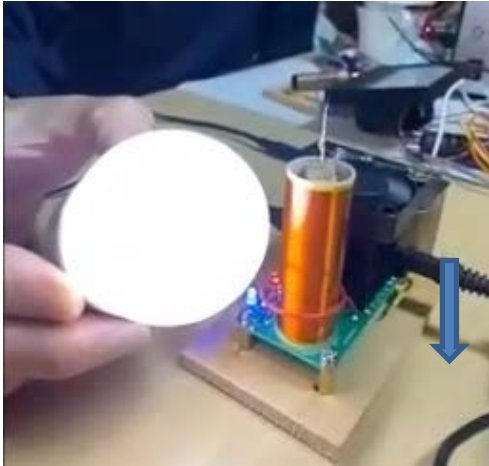
図-4 平面型放電スピーカ



DCVなし DCV6.5 kV

図-6 直流電圧印加による
歪みの軽減

3 実験機による動作の確認:



- * 実験機のプラズマの大きさは約4mm
- * 実験現場で聞こえる音は、実験用に準備したマイクで音を拾えた。
- * テスラコイルの周辺では、高圧の高周波が観測された。
- * コイルに手を近近づけると放電で指先に暑みを感じる。
- * 蛍光ランプをコイルに近づけると高周波放電が誘引されて光る。



- * 矢印の先にプラズマ(やく4mm)が見える・
- * ラジオメーターを近づけると、電磁波を受けて羽根車が回転する。
- * プラズマ部分の拡大



本実験機の結果

T-1:31:31

Specifications

Power supply	16V 3A
Coil turn ratio	1 : 370
Resonant freq.	~13 MHz (estimated)
Output voltage	~5 KV (estimated)
Discharge current	3mA (estimated)

Results

Plasma length 4.0 mm

音が非常に小さい

低音はほとんど鳴らない。

大出力(高電圧、電流)のテスラコイルが必要電圧をもっと上げてコロナ放電のストリーマを大きくして、放電音を発する面積を大きくすることが重要。

音量を大きくしても、音質は良くないので、スピーカーとしては不適。

ディストーションかけまくったヘビーメタル系の音楽とか、放電をビジュアルパフォーマンスとして音とともに演出するような音楽に使用できるだろう。

電子回路部: T=1:36:00

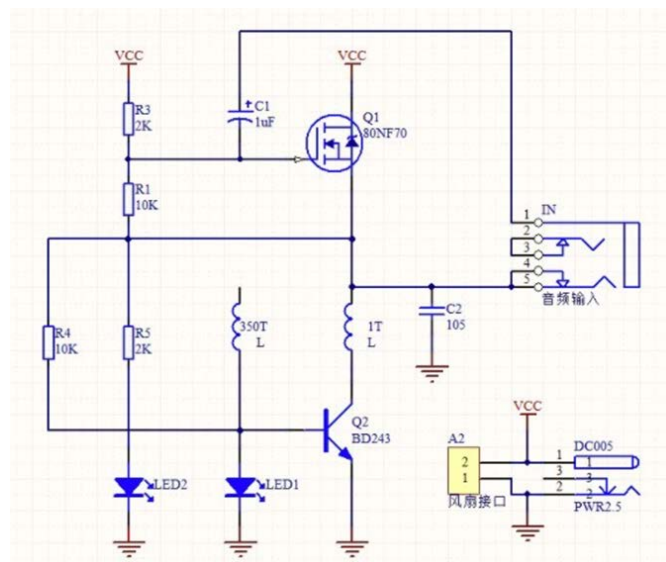
BD243 で駆動される、回路の下半分は、簡単な自励式発振回路。

D1は Q2 のベース・エミッター間を逆電圧から保護するためのもの。

オーディオ変調をする仕組みは、乗算回路による振幅変調となっている(コレクタ変調)。

80NF70 という MOSFET が増幅回路に使われている。

オーディオ入力のグラウンドは、回路全体のグラウンドから浮いているので、絶縁させなければならない。



4:イオン風

気体中で放電を発生させると、イオンを生成することができる。

この生成されたイオンは電場に沿って加速されるが、この時、周りに存在する電氣的に中性の粒子と衝突を繰り返しながら進む。

その結果として、中性粒子もイオンと同じ向きに加速される。

この現象によって発生した気流をイオン風と呼ぶ

4-1: コロナ放電時におけるイオン風

コロナ放電時には、放電によって生じるイオンの泳動に励起される空気流が発生する。

この空気流はイオン風といい、放電風やコロナ風とも呼ばれている。

針-平板電極系放電場では、イオン風は電極の正負に関係なく針先から平板に向かって流れる。

4-2: イオン風の簡単な実験



イオン風実験機 (20KV 80 μ A)



風車が回っている

実験開始すると、コレクターの下流に設けた風車が回転し始める。同時にイオン臭が漂う。 =1:50:00

(実験に使用したパワーモジュールは¥800、スタンガンの部品と思われる・・・短時間使用-連続に向いていない)

横道

このほか、静電気を利用した静電気を利用した報告があった。
雷でシイタケが増える:

- 1) 雷の音を利かせるとシイタケがよくできた。
- 2) 静電気学会の報告では、ほだぎに静電気放電されるとシイタケがよくできた。
- 3) 更に、ほだぎに直接 DC 高圧電気を与えることで栽培量を実験した報告もある。



J. Inst. Electrostat. Jpn.

静電気学会誌, 25, 3 (2001) 149-152

論文

シイタケ子実体発生に及ぼす電気刺激の効果 (第3報)

—浸水処理に代わる電気刺激処理について—

水戸部 一孝^{*1}, 工藤 行蔵^{**}, 吉村 昇^{*}

(2000年12月7日受付; 2001年2月7日受理)

Improved Production of Fruit-body of *Lentinus edodes* by Electrical Stimulation in Artificial Bed-blocks

—Electrical Treatment Instead of Submerged Treatment—

Kazutaka MITOBE^{*1}, Kozo KUDO^{**} and Noboru YOSHIMURA^{*}

(Received December 7, 2000; Accepted February 7, 2001)

A study of the production of fruit-bodies of *Lentinus edodes* in artificial bed-blocks was undertaken. Fifty artificial bed-blocks were provided for each applied voltage condition; Control, Applied voltage AC 200V for 30 s, AC 200V for 60 s, submerged treatment after AC 200V for 30 s, and submerged treatment. The cumulative number and weight was measured for 6 month. As a result of experiments, it makes clear that the yield of electrical treatment is about equal to that of submerged treatment.



図1 シイタケ人工菌床の培養手順
Fig.1 Cultivation procedure of artificial bed-block.

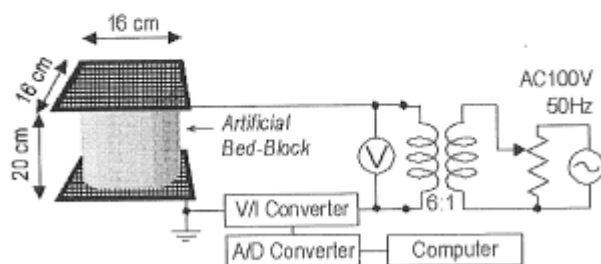


図2 電圧刺激装置のブロック図
Fig.2 Block diagram of electric stimulation.

152 (34) 静電気学会誌 第25巻 第3号 (2001)

5. おわりに

本論文では、人工菌床を対象として浸水処理に代わる発生刺激として電気刺激処理の可能性を調べた。その結果、両処理条件では発生重量、発生個数および子実体サイズの構成比にほとんど差異がなく、電気刺激処理で代用できることを実証した。同時に、電気刺激処理は子実体の発生時期を早期化、発生期間も短縮できるという効果を見いだした。これらの知見は、数千個からの人工菌床を扱うシイタケ栽培業者の省力化を実現する上で、重要な知見となるだろう。

研究を進める上で御協力下さった東北電力(株)鈴木隆広様、秋田大学工学資源学部の佐藤忠雄技官、本研究室卒業生北村英規君、(株)キノックス食用菌研究所所長木村栄一所長に謝意を表します。