

Influences of Microwave Irradiation on Environment (II)\*

Hiroshi Murakami, Toshiaki Iwata, Yasuyuki Abe  
(AIST)

1-1-1mezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568, Japan

E-mail: [murakami-hiroshi@aist.go.jp](mailto:murakami-hiroshi@aist.go.jp), FAX + 81-029-861-5709

Ken-ichi Saito

(Nippon Veterinary and Zootechnical College)

Toshirou Okuda

(Sanwa Norin Co., Ltd)

and

Isao Kudo

(Hokkaido University)

The realization of an operational solar power satellite is not expected in the near future. It is because the biological and environmental effects of microwave radiation has been a public concern and they must be clarified before the construction. In particular, the possible biological effects of microwave beams should be correctly defined for a broad range of animal and plant life. To alleviate the above public concern regarding the use of solar power satellite, a long-duration microwave exposure facility (LDMEF) was built at AIST in 1994 and microwave irradiation tests on plants have been carried out since 1996. As an initial finding, no significant influence on plant growth was observed at a power density of  $10\text{mW}/\text{cm}^2$ . At a power density above  $10\text{mW}/\text{cm}^2$ , however increased plant growth and withering were observed. Increases in the temperatures of plant leaves and stems upon microwave irradiation and soil were considered to be the causes. Although our outdoor microwave exposure facility for plant growth is very close to the real SPS Rectenna site, the effect of weather on plant growth made it difficult to determine whether the growth was associated with the plants' inherent characteristics or weather conditions. To distinguish between these causes, an inhouse microwave exposure facility was built wherein environmental conditions could be controlled. The performance of the indoor facility and preliminary test results obtained for plant growth are described.

---

\* Presented at the 7<sup>th</sup> SPS Symposium, 16-17 September, 2004

## 宇宙発電用屋内実験施設(II)<sup>注1</sup>

村上 寛、岩田敏彰、阿部宜之 (産業技術総合研究所)

斉藤賢一 (日本獣医畜産大)

奥田俊郎 (三和農林)

工藤 勲 (北海道大学)

### 1. はじめに

宇宙太陽発電システム (SPS) は地球環境に優しいクリーンエネルギーとして期待が高まっており、実用化に向けた研究が進んでいる。しかし生態系におよぼす影響については十分に研究がなされていない。著者らは SPS から伝送されるマイクロ波電力と植物への影響について屋外に設置してある長期曝露施設で研究を進めている<sup>1-4)</sup>。今までに得られたマイクロ波照射実験で小松菜の成長促進と枯れ現象が観察された。この要因の主なものとは 1) 植物自身の温度上昇、2) 土壌の温度上昇であると推察している。これらの要因はどちらが主に植物に作用を及ぼしているかを調べるのが今後の研究にとって重要と考えている。しかし屋外施設ではこれらを分離することは困難であるため屋内実験施設で要因の分離を試みることにした。はじめに設置した屋内実験は電力密度の偏り、照度不足などの多くの課題<sup>5)</sup>が生じたため改修を行い、照射実験のできる環境を整えた。ここでは改修した屋内実験施設と照射実験について報告する。

### 2. マイクロ波屋内実験施設

マイクロ波照射用屋内施設は土壌および気温などの環境条件を一定にする施設である。図1に施設の模式図を示す。当初、アングル構造の簡単な箱型(一辺 2.5m)と模擬土壌である容器をビニール製にしたため、照度や水温制御が十分得られなかった。これらの問題点を改良するためにアングル構造を木質系に変更し、木質の壁の中に SUS のメッシュを二重に施した。この天井部にマイクロ波発生装置とホーンアンテナ(開口部 38 cm x 38 cm)を床から 1.8m の高さに取り付けた。マイクロ波照射装置は屋外に設置した長期曝露施設と同様の照射装置にした。模擬土壌はアクリル容器(1.2m x 1.2m 高さ 0.25m)に変更した。容器内の水はマイクロ波が照射されても温度上昇が生じないように循環型冷却器で水温を制御するようにしてある。室温の温度は実験室と施設内にあるクーラーで制御した。照明は初期に生じた照度不足を補うため 40w の植物育成用蛍光灯(2本組み) 20セットと 20w (2本組み) 4セットをホーンアンテナと同じ高さ 1.8m に設置した。図2に屋内施設全体の写真を示す。

### 3. 施設の環境測定

屋内実験施設を改修した後でのマイクロ波電力密度分布測定は電力密度測定器を用いて施設内を 10 cm 間隔で測定した。図3はその結果の一例を示す。この分布は壁までの距離が近いので、マイクロ波の反射が生じ、分布に影響が生じている。しかし中心部 50 cm x 50 cm の範囲では分布がほぼ一様となった。

図4はマイクロ波の漏洩を調べた結果である。2重にシールドを施したため内部と外部とで 30 dBm 程度減衰が得られた。この値は照射実験中人体への影響はないと思われる。

図5は照度測定の一例を示す。測定は育成用蛍光灯から 120 cm 離れた位置で測定した。当初アングル構造では床面で 2000 ルクス程度しか照度が得られなかったが白壁からの反射およびマイクロ波照射位置を床面から 60 cm 高めたことで中心部 1m の範囲で 6000 ルクスを得ることができた。

図6はアクリル容器内の水温と室温の制御状態の一例を示す。改良前後で室温の 3°C 程の変化に対して水温は 1.5°C から 1°C 程度に減少した。植物の腐敗などの影響を及ぼすことが懸念されることから容器内の水は絶えず水道水を流すようにしてある。

<sup>注1</sup> 第7回 SPS シンポジウム、九州工業大学にて 2004 年 9 月 16、17 日開催

#### 4. マイクロ波照射実験

当初屋内での発芽実験は屋外と同様の小松菜を用いた。その結果発芽は十分行えたが、均一な成長ではなかった。これは苗床となる模擬土壌に用いたスポンジに成長した根が十分に張ることができなかつたことが原因であった。苗床は、最適な保水力、根が出やすい構造、などを備えていることが必要で、この条件を備えているものを選択したところかいわれダイコンに用いられている容器が最適で7.5 cm角のものか縦5列横4行 合計20個で1パックになっている容器である。また実験用の植物もかいわれ大根にした。小松菜は種蒔きから成長まで数ヶ月必要とり、実験回数が限られることや成長後の小松菜自身が大きくなりすぎて屋内実験施設の狭い範囲では検体数が少なくなる。その点、かいわれ大根は短時間で成長が観察でき、検体数が多く取れることから、この植物で成長実験を実施した。図7はマイクロ波照射(b)と非照射実験(a)の様子の一例を示す。種を入れた容器は全部で240個である。この容器のすべてが一週間の短時間で両者とも成長が観察された。非照射実験とマイクロ波電力密度10 mW / cm<sup>2</sup>における照射実験では成長に明確な差が観察されなかつた。

その理由として実験環境が考えられる。模擬土壌に相当する水のマイクロ波による温度は冷却機で温度制御および絶えず新鮮な水を補給していることから、温度上昇は生じない。したがって直接マイクロ波が作用し、かいわれ大根の成長促進があることが期待できた。しかし今回の実施した実験では成長促進や枯れ現象は観測されなかつた。これは他の環境条件や実験条件に原因があると考えている。そのひとつに季節である。春に実施した屋外での実験では成長促進が観察されていないのに対し、秋では成長促進が観察されている。この季節は昼と夜で温度差が大きく植物にとっては成長しにくい低い温度が繰り返され、春よりも成長時間が長くなると思われる。しかしマイクロ波照射領域だけは他の領域よりも温度が数度高いことが確かめられていることから春と同様の環境になっていると推察される。屋内実験施設は室内温度を絶えず20℃程度に制御したことで屋外環境を実現できなかつたことが要因のひとつと考えている。

#### 5. 小動物実験計画

生態系への影響は植物だけでは十分といえないことから動物への影響について著者らは研究をスタートさせた。この研究は大形動物よりも取扱いが簡単なマウスでマイクロ波照射実験を行うことを検討している。マウスは世代交代が早く、60日程で生育が可能となることから、一般的に多く研究されている動物である。マウスに照射するマイクロ波電力密度はまだ検討の段階である。当面の実験は照射条件を求めることが重要と考え、妊娠初期のマウスに影響の出る電力密度を調べることから始める予定である。

#### 6. まとめ

屋外に設置した長期暴露実験施設で秋の季節に得られた植物の成長実験の結果、マイクロ波が及ぼす温度作用を明らかにした。しかし、この温度作用を分離することが屋外施設ではできなかつたため、土壌温度および気温を一定に保つ屋内実験施設を設置した。設置当初施設での多くの課題が生じたが改修により、マイクロ波照射実験ができる施設が完成した。この施設の照度、マイクロ波電力密度分布、マイクロ波漏洩密度など再度計測を行い、十分な結果が得られた。この施設を用いてかいわれ大根のマイクロ波照射実験と非照射実験を実施したが現在まで優位な差は観察されなかつた。

#### 参考文献

- ①村上、小見山、加藤、工藤：電総研彙報 第64巻2号, pp.111-118, 2000
- ②村上、小見山、加藤、工藤：第3回SPSシンポジウム, pp.90-95, 2000.
- ③村上、小見山、加藤、工藤：第21回宇宙エネルギーシンポジウム, pp.60-64, 2002.
- ④村上、小見山、加藤、工藤：第22回宇宙エネルギーシンポジウム, pp.46-50, 2003.
- ⑤村上、小見山、加藤、工藤：第6回SPSシンポジウム, pp.63-68, 2003

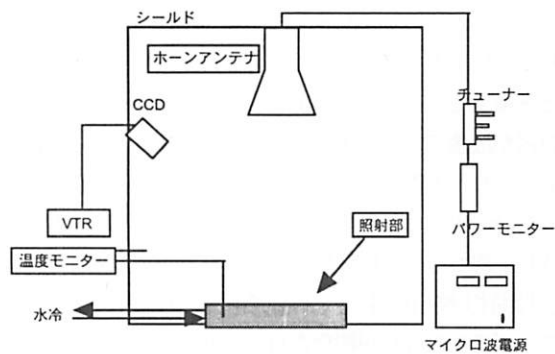


図1 屋内実験施設の模式図

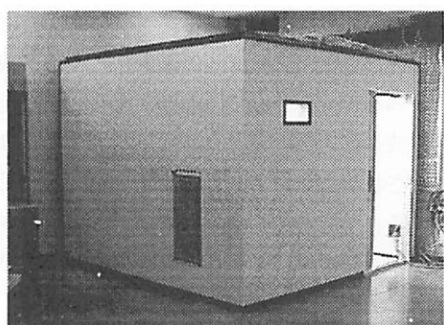


図2 改良した屋内実験施設

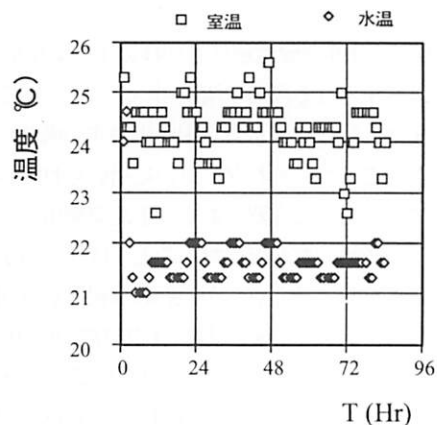


図5 気温と水温の変化の一例

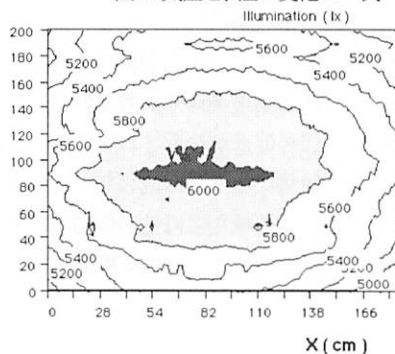


図6 照度測定結果

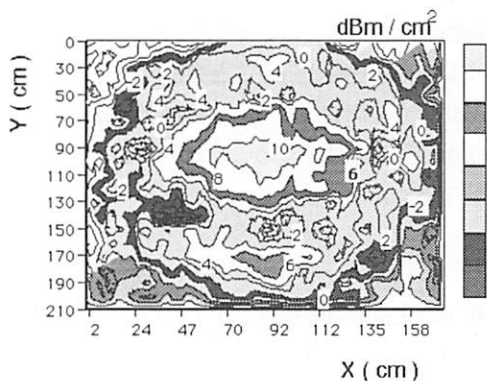


図3 電力密度分布の一例

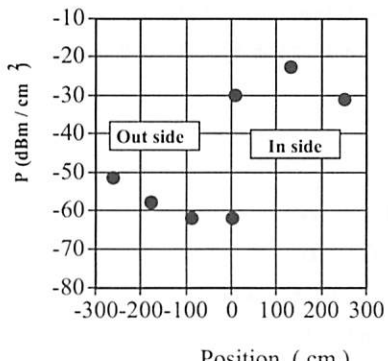


図4 施設内外のマイクロ波の減衰効果

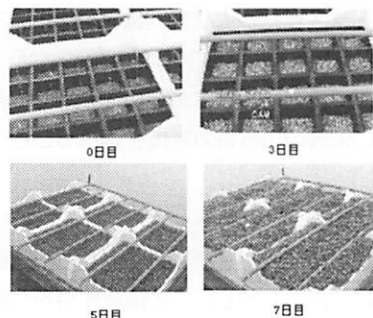


図7(a) 非照射での成長の様子

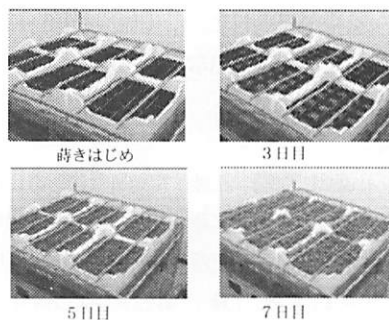


図7 (b) 非照射での成長の様子