

## 居住空間における鉢植え植物へのLED照射の効果

中村アツコ 花田朋美

発光波長領域が狭く熱を持たないなどの特徴をもつ可視光発光ダイオード(LED)・赤と青を組み合わせ、居住空間において、鉢植え植物に照射し、成長と成分変化とそれに伴う抗酸化作用への効果を調べた。室内照明と窓からの自然光のみの対照物に対し、ローズマリー、ペパーミント、スウィートバジル、イタリアンパセリおよびルッコラにおいて、高さ、茎の太さ、葉の緑の濃さ、葉の厚さ・大きさなど成長促進効果とビタミンC含量の増加が明らかとなり、スウィートバジル以外は抗酸化能においてもLED効果が認められた。しかし、全ての試料において、ポリフェノールの生成は抑制される傾向がみられた。実験にはLED 40個および10個の照明灯を、主として用いたが、居住空間におけるハーブ類の育成には、10個(赤10個、青2個)のLED照明灯で実用化が可能であることがわかった。

キーワード：“可視光発光ダイオード(LED)”，“ハーブ”，“ビタミンC”，“ポリフェノール”，“DPPHラジカル消去能”

植物の成長に光が必要であることは万人周知のことである。最近、可視光発光ダイオード(LED)は発光波長領域が狭い、赤外線を出さないのも熱を持たない、虫が寄り付かない、ちらつかない等の特徴があり、ハロゲンランプやナトリウムランプなど他の人工光源と比べ、植物栽培の有効性が期待されてきている。本学多摩キャンパスの木々が紅葉し、落葉する頃になっても、一部分に緑の葉を残しているメタセコイヤがあることに以前から気付いていた。其処には夕方になると点灯する街路灯があって、灯の周囲の葉が光合成を続けているのであろうと考えられた<sup>1)</sup>。最近では、野菜室に黄色のLEDを搭載した冷蔵庫が市販され、保存中のキャベツのビタミンC増加が謳われていることもあり、室温においても、LEDを利用した観葉植物やハーブなどの栽培が可能ではないかと考え、照射実験を開始した。自然光および室内照明のみの植物とLED照射を加えた植物とで、葉中の成分の分析をし、抗酸化能の比較をしたと

ころ、幾つかの知見が得られたので、ここに報告する。

### 実験方法

#### 1. 植物へのLED照射

方法① LED 10個を直径7cmの台座に取り付けたものをアルミ製の架台に設置し、30cm上方から照射した。室温20℃、水のみを随時散布して24時間連続照射し、夜間は部屋の蛍光灯は消した。窓から自然光は入射した。

植物の種類：ローズマリー、ペパーミントおよびスウィートバジルの鉢植え

方法② LED 40個を直径7cmの台座に取り付けたもの(図-1)をアルミ製の架台に設置し、40cm上方から照射した。室温22℃にて、水のみを散布し、約10時から19時を照射時間とした。部屋(床面積25m<sup>2</sup>、高さ2.6m)の中央に置き、窓から自然光は入射した。部屋の蛍光灯は夜間は消灯した。

植物の種類：イタリアンパセリおよびルッコラの苗をプランターに培養土を入れ植えたもの(図-2)、レタスとサラダ菜の葉

表1 LED照射灯仕様

	赤色LED 中心波長 630 nm	青色LED 中心波長 470 nm	総光度* (cd)	仕事率 (w)	植物上面への 照度 (lx)
照射灯 A	10 個	2 個	12	0.6	130~70
照射灯 B	36 個	4 個	40	240~160	

\*LED 光度 1000 ミリカンデラ (mcd) / 1 個

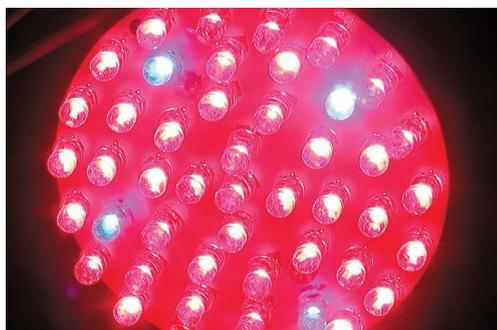
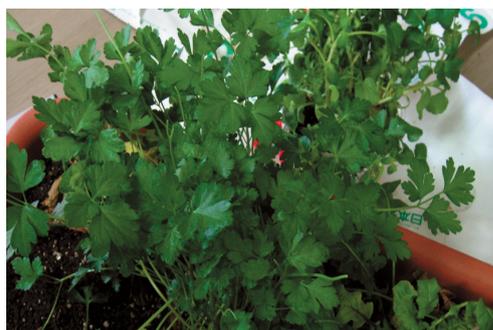


図-1 照射灯 B

図-2 照射灯 A 有無によるペパーミントと  
スウィートバジルの寄せ植え (20℃, 30日後)図-3-(1) 《イタリアンパセリ》  
LED 無照射 30 日後 (室温 22℃)  
総ビタミンC量 10mg/100g図-3-(2) 《イタリアンパセリ》  
LED 照射 30 日後 (室温 22℃)  
総ビタミンC量 97mg/100g図-4-(1) 《ルッコラ》  
LED 無照射 30 日後 (室温 22℃)  
総ビタミンC量 13mg/100g図-4-(2) 《ルッコラ》  
LED 照射 30 日後 (室温 22℃)  
総ビタミンC量 57mg/100g

## 2. 植物中の成分の分析

### 《総ビタミンC定量(ヒドラジン比色法)》

- ①試料をフードプロセッサーで粉碎均一化した。
- ②一定量を秤量し乳鉢中で5%メタリン酸を加えて、さらに摩砕した。
- ③全てをメスフラスコにて200mlに定容した。
- ④遠心分離して上澄み液の一定量をとり、以下により定量した。

インドフェノールで酸化し、チオ尿素、2,4ジニトロフェニルヒドラジン液を加え、37℃および0℃(糖のオサゾン生成)恒温水槽で3時間反応させた後、85%硫酸でオサゾンを呈色させ、30分室温放置後、540nmにおける吸光度を測定した。今実験では、ジケトグルン酸の定量はせず、総ビタミンCとジケトグルン酸(他の実験結果からVCに比し僅かである)の総計で比較した。<sup>2)</sup>

### 《ポリフェノールの定量》

総ポリフェノールの定量は、メタノール抽出を行い、フォリン-デニス法により、(+)-カテキンを標準物質として、常法により定量した。定量には、一定量の葉からメタノール抽出した溶液を用いた。

### 《DPPHラジカル補足能の測定》

DPPH(1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル)溶液(DPPH20mgをエタノール50mlに溶解したのち水50mlを加え不溶物をろ過したもの)一定量(3~4ml)に適當濃度に希釈した試料溶液の一定量(0.1~0.4ml)を混和し、室温で一定時間(15分~30分)放置後、517nmの吸光度を測定し比較した。測定には、ビタミンC定量用の5%リン酸抽出液を用いた。ブランク(5%メタリン酸)に対すると試料溶液の吸光度比を消去率とし、さらにLED照射有無での比をもとめた。

## 3. 分光測色器による測定

コニカミノルタセンシング社の測色計CM-2600dにより、基底表色系・分光反射率を測定した。

## 結果および考察

### 1. LED照射有無による植物の外観の比較

方法①による30日間(ローズマリーは60日間)後の様子の比較を図-2に、方法②による30日後のイタリアンパセリを図-3に示した。また方法②による30日後のルッコラの様子と総ビタミンC量を図-4に示した。全ての植物において、葉の厚さ、茎の太さ、高さ共にLED照射の効果が見られた。特にローズマリーにおいては照射したものは葉の厚さが約1.3倍であった。緑の濃さにも差が見られたので、分光測色器で分光反射率の測定をした。ペパーミントの反射スペクトルを図-5に、反射率から計算された色差値 $L^*a^*b^*$ (明度・色相)を図-6に示した。照射無しは照射有りに比べ、黄緑の位置にあることがわかる。反射スペクトルでは、520~580nmの緑領域の反射率において差が見られ、照射した場合この領域の光の吸収率が高いことを示している。

### 2. LED照射有無における植物中の成分とDPPHラジカル消去能

方法②における実験では、LED照射無しのルッコラは30日間かろうじて生き長らえ、イタリアンパセリはルッコラよりは成長したが徐々に成長が止まり黄色化し萎れた。LED照射したルッコラでは中心部から新たな葉が出て成長し、30日後も元気に成長を続けた。特にイタリアンパセリは90日を過ぎても緑濃く、生き生きと成長を続けていたが、70日過ぎた頃から、一部の葉の表面に微小斑点が観察されるようになった。照射による結果か否かは、対象物が枯れてしまったので判断できなかった。虫の飛散は無かったが、ハダニかも知れない。

表2, 3に示したように、長期間照射した総ての植物において、総ビタミンC量が増加していた。植物の種類による差はあるが、LED数の多い方法②においては特にその増加は著しかった。光子数が効いているのであろう。LEDの波長が植物の光合成に有効な領域にあり<sup>1)</sup>、ビタミンCの原料である糖の合成が促進され、連続照射がある種のストレスにもなり、その防御のためもあって、総合的結果としてビタミンCの増加がみられたのではないかと。<sup>3)</sup>

一方、総ポリフェノール量はLED照射した方が総てにおいて含量が少なく、生成が抑制される

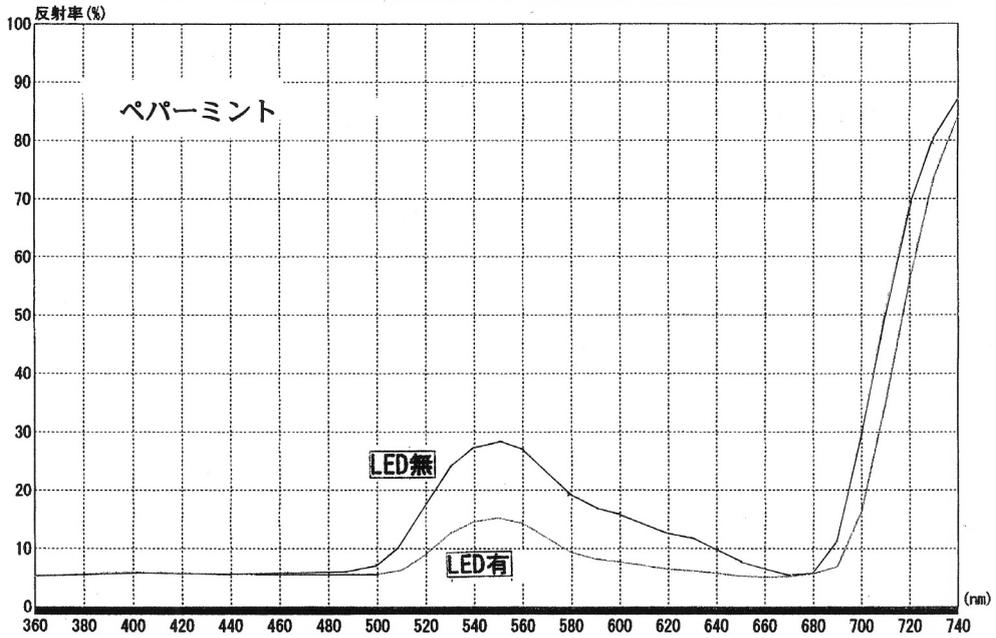


図 - 5 吸光度 (SCE- 通常測定) / 光源 : D65 10° / 測色器 : CM-2600d/ 基底表色系 : 分光反射率

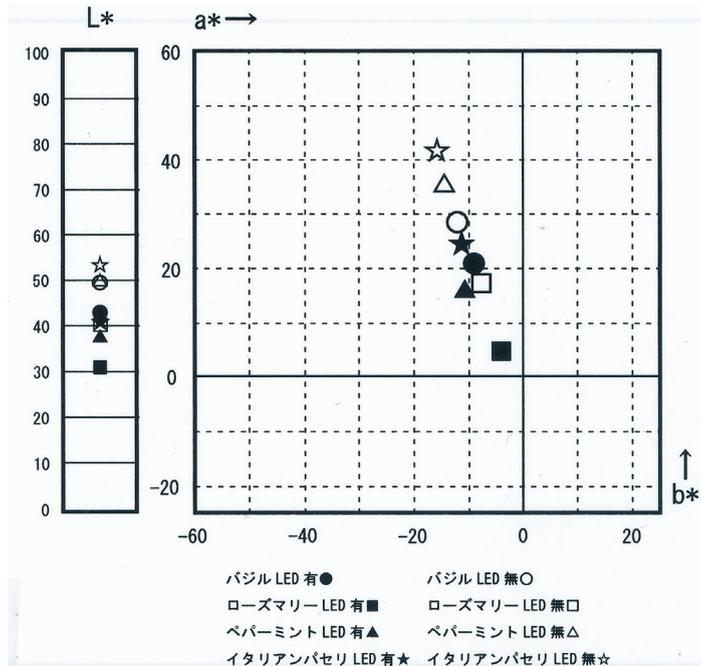


図 - 6 LED照射の有無による葉表面の色差 (L\*a\*b表色系)

表2 方法①による30日間（ローズマリーは60日間）LED照射有無における植物中の総ポリフェノール含量およびビタミンC含量とラジカル消去能

項目 試料	LED 有無	試料濃度 (g/20ml)	吸光度 平均値	ラジカル 消去率	各々のLED有無の 消去率比	総ポリフェノール (mg/10g葉)	総ビタミンC (mg/10g葉)
ブランク(5%メタリン酸)			1.369	1.000			
ローズマリー	有	2.06	0.227	0.834	1.19	42.2	3.8
	無	2.08	0.412	0.699	1.00	54.1	1.3
ペパーミント	有	1.93	0.147	0.893	1.35	26.7	2.1
	無	2.03	0.464	0.661	1.00	25.5	1.1
スウィートバジル	有	2.03	0.844	0.383	0.56	25.5	1.7
	無	2.04	0.436	0.682	1.00	35.3	1.1

\* DPPH3 ml に試料液100 $\mu$ l(ローズマリーとペパーミント)または50 $\mu$ l(スウィートバジル)を加え20分後に測定

表-3 方法②による30日間LED照射有無における植物中の総ポリフェノール含量およびビタミンC含量とラジカル消去能

項目 試料	LED 有無	試料濃度 (g/10ml)	吸光度 *	ラジカル消去 率	各々のLED有無 の消去率比	総ポリフェノール (mg/10葉)	総ビタミンC (mg/10g葉)
ブランク(5%メタリン酸)			1.192	1.000			
イタリアンパセリ	有	1.45	0.181	0.848	3.16	7.5	9.7
	無	1.45	0.872	0.268	1.00	10.8	1.0
ルッコラ	有	1.45	0.522	0.562	1.21	10.9	5.7
	無	1.45	0.636	0.466	1.00	11.8	1.3

\* DPPH3 ml に試料液 200 $\mu$ l を加え 10 分後に測定

表-4 方法②による24時間LED照射有無におけるDPPHラジカル消去能

項目 試料	LED 有無	試料濃度 (g/10ml)	吸光度*	見かけのラジ カル消去率	質量換算ラジ カル消去率	有無の 消去能比
ブランク(5%メタリン酸)			1.512			
サラダ菜	有	4.58	0.433	0.707	0.772	1.50
	無	4.60	0.670	0.507	0.516	1.00
レタス	有	5.79	1.240	0.180	0.156	1.50
	無	4.98	1.409	0.103	0.104	1.00

\* DPPH3 ml に試料液 300 $\mu$ l を加え 20 分後に測定

のではないかと考えられる。植物におけるポリフェノールの機能は紫外線の害からの防御といもわれていることから考えると尤ものように思える。<sup>4)</sup>しかし、カイワレ蕎麦に青色LEDまたは赤色LEDのみで照射した場合にポリフェノールが増加し、赤4と青1の組み合わせおよび白色蛍光灯下では増加しなかったという学会発表がある<sup>5),6)</sup>。ポリフェノール合成と光の関係について今後、さらに検討してみたい。

DPPHラジカル消去率をみると、表1に示したスイートバジルにおいてのみ、照射無しの方が約1.78高くなっている。他は総て照射有りの方が高い消去率を示している。特に成長の良かったイタリアンパセリにおいては約3.1倍と高い。これは両者のビタミンCとポリフェノール含量の違いに起因していると考えられる。すなわち、ビタミンCとポリフェノール共にDPPHラジカル消去能があるが、その能力に差があり、二物質の消去能とそれぞれの含量を変数として実測される。スイートバジルはビタミンC含量に大差がなく、ポリフェノール含量が多い上、1.38倍と高いからであり、イタリアンパセリとルッコラはポリフェノール含量は少ない上に大差なく、ビタミンCの増加が多いからといえる。

短時間照射の効果はあるのであろうかと考え、レタスとサラダ菜の葉に24時間照射して、DPPHラジカル消去能をみたところ、表4の結果が得られた。湿度コントロールは行なわなかったため、水分が蒸発し萎れたが、長時間照射の場合に比べ消去能は小さいながら、消去率からみて、照射有無での差は明らかであった。

なお、照射灯BはAに比べ照度が約2倍強く、効果的であったが、照射灯Aでも、植物の成長、

葉の色、成分含量の変化ともに明らかに効果が認められた。生活環境上、庭やベランダ等での植物の栽培が不可能で室内にて行なうことを余儀なくされるとか、日当たりが悪い住まいの場合、また、室内装飾としてなど、居住空間で植物の栽培を行なうための照明として、赤10個と青2個を組み合わせた照明灯でも実用化が可能であることが示唆された。

**謝辞** LED照射装置一式および試料の一部を御提供くださり、助言をいただきました、大阪府八尾市、和光電研株式会社の服部静尚様ならびにVCの定量にご協力くださいました本学卒業生の小山幸子さんに感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 佐藤公行, 和田正三: シリーズ・光が拓く生命科学第3巻「生命を支える光」(2005)
- 2) 新食品分析ハンドブック, 菅原龍幸, 前川昭男監修, 建帛社(2000)
- 3) 永田雅靖: カットキャベツの生理・生化学, 日食工誌, 41, 742 (1994)
- 4) Urquiaga, I., and Leighton, F., Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress, Symposium "Biology and Pathology of Free Radicals: Plant and Wine Polyphenol Antioxidants" July 29-30, 1999, at the Catholic University, Santiago, Chile
- 5) 小嶋政信, 池川茂樹, 清水聡子, 早川忠良, 益田耕作, 14th International Congress on Photobiology (Jeju, Korea), Abstract 5-201, 230, (2004)
- 6) 小嶋政信, 池川茂樹, 清水聡子, ザキールホッセン, 米田賢治, 光化学討論会 2004 講演要旨集 ID04, 78, (2004)

(2006.3.15 受付 2006.5.17 受理)