ノート

植物工場用途を中心とした各種光源測定に関する研究

馬場　大輔*　高橋　靖*

A Study on various source of light measurement mainly on the plant factory use

BABA Daisuke* and TAKAHASHI Yasushi*

1. 緒　　言

近年，上越地域では新規事業として植物工場に取り組む事例が見られ [1]，植物の育成に適した光源について関心が寄せられている。そこで各種光源を植物育成に使用したときの有効性について，相対分光分布の面から検討することを目的に，分光放射輝度計による測定を行った。

2. 光源の種類

比較的容易に入手できる表 1 の市販光源を取り上げた。

2.1 Hf 蛍光灯（昼白色）

Hf 蛍光灯は省エネルギーの観点からオフィス，店舗の照明などで一般的に普及しつつある光源であり，人工光型植物工場で最も多用されている [2]。

2.2 蛍光水銀ランプ，メタルハライドランプ

蛍光水銀ランプ，メタルハライドランプは一般的に工場内照明などで使用されており，植物育成では高圧ナトリウムランプの光質改善のため利用されることがある [3]。

2.3 効率重視形高圧ナトリウムランプ

効率重視形高圧ナトリウムランプは屋外照明などに使用されており，効率が高くコストパフォーマンスに優れていることから，植物育成でも補光ランプとして使用されている [3]。

2.4 高演色形高圧ナトリウムランプ

高演色形高圧ナトリウムランプは長波長成分を強くして効率重視形高圧ナトリウムランプよりも演色性を改善したもので，植物育成効率も改善されている [4]。

2.5 冷陰極型蛍光灯

冷陰極型蛍光灯は，LCD のバックライトに使われている光源で，植物育成向けに改良されたいくつかの製品例がある [5]。

2.6 キセノンランプ

キセノンランプは，分光分布が自然昼光に類似していることから，標準白色光源，映写用光源などに使用されており，これからの用途例として植物育成があげられている [6]。

表1　測定した光源

光源	形名	定格電力 (W)
①Hf蛍光灯（昼白色）	FHF-16 EX-N-H	16
②蛍光水銀ランプ	HF250X	250
③メタルハライドランプ	MF250・ L-J/BH	250
④効率重視形高圧ナトリウムランプ	NH220F,L-N	220
⑤高演色形高圧ナトリウムランプ	NH250FSD･L	250
⑥冷陰極型蛍光灯	HEFL	120
⑦キセノンランプ	UXL-300D	300

* 上越技術支援センター

3. 光源の測定と評価

3.1 使用機器

本研究に用いた分光放射輝度計（トプコンテクノハウス製 SR-2A，仕様は表 2 参照，以下「輝度計」という）は，回折格子で分光した光の強度を波長別に測定し，輝度や色度，色差を算出する計測器であり，CRT，LCD のバックライトや LED 照明製品など，おもに面光源の測定に用いられる機器である。

3.2 測定条件

測定波長範囲，測定波長間隔，測定角は表 2 のように設定した。また，表 1 の②～⑤，⑦の光源は対物レンズの先端に入射光の 1%を透過させる減光フィルタを装着して測定した。測定風景の一例を図 1 に示す。

3.3 評価方法

測定で得られた相対分光分布に次の計算処理を施し，植物育成に対する有効性を植物栽培好適指数として数値評価することとした。

今回，相対分光分布を P(λ)，光合成有効光子束計の理想的な光子感度 [7]を V(λ)としたとき，植物栽培好適指数 Q を以下の式で表すものとする。

$$Q=\int_{400}^{700} P(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda$$

表 2 分光放射輝度計の仕様と測定条件

	仕様	測定条件	
測定波長範囲(nm)	380～780	380～780	
測定波長間隔(nm)	1,5,10	5	
測定角(deg)	2,1,0.2,0.1	0.1	
測定距離(mm)	305 ～ ∞	②～⑤，⑦	約 2000
		①，⑥	約 400
輝度範囲(cd/m^2)	0.01～800000		

図 1 輝度計による光源測定の一例

4. 結　果

測定結果を図 2，図 3 に示す。いずれの光源も均一な面光源と考えられる測定視野を確保でき，仕様で示されているものとほぼ一致する相対分光分布が得られた。また，各光源の植物栽培好適指数 Q は表 3 のようになり，⑦キセノンランプ，⑤高演色形高圧ナトリウムランプで高い値を示した。

この結果は，今回取り上げなかった光源でも，植物育成に使用したときの分光分布との関連性検討に寄与するものと考えられる。本研究の一環として地域企業の光計測の理解を深めていただくことを目的として開催した分光放射輝度計機器研修会の中で報告した。

5. 結　言

(1) 各種光源の相対分光分布を輝度計で測定し，仕様とほぼ一致する結果が得られた。また，各光源の植物栽培好適指数を評価した結果，キセノンランプ，高演色性高圧ナトリウムランプで高い値を示した。

(2) 分光放射輝度計機器研修会を開催し，地域企業の光測定の理解が深まるよう支援した。

表3 植物育成好適指数Q

光源	Q
① Hf蛍光灯(昼白色)	5.9
②蛍光水銀ランプ	4.8
③メタルハライドランプ	7.2
④効率重視形高圧ナトリウムランプ	9.0
⑤高演色形高圧ナトリウムランプ	12.3
⑥冷陰極型蛍光灯	7.8
⑦キセノンランプ	26.9

参考文献

1) 上越タイムス社，“野菜・設備の販路開拓へ，上越市内 10 社のプロジェクト，植物工場を公開”，上越タイムス，平成 26 年 2 月 14 日付け，2 面.

2) 金田，“植物工場システム概論”，http://innoplex.org/images/9ddbe33b7079bcb32072211c26024e6e.pdf （参照 2014-03-27）.

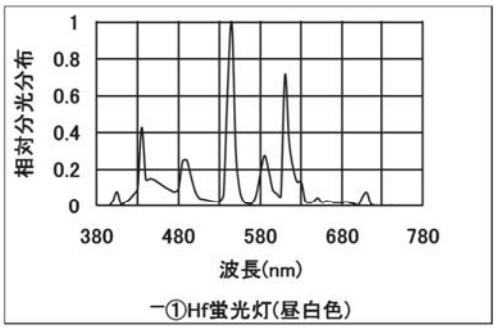
3) 高辻ほか（編集），“植物生産システム実用事典”，フジ・テクノシステム，1989，pp.317-320.

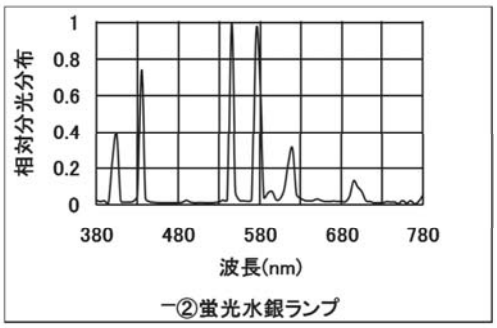
4) 河本，“照明ランプの将来展望”，植物工場，2，1，1990，pp.15-24.

5) 例えば，日本アドバンストアグリ株式会社，“HEFL 照明装置”，http://www.adv-agri.co.jp/service/index.html（参照 2014-03-27）.

6) 吉良，“キセノンショートアークランプ”，ライトエッジ，15，1998，p.11.

7) 古在，“人工光型植物工場”，日刊工業新聞社，2012，pp.103.





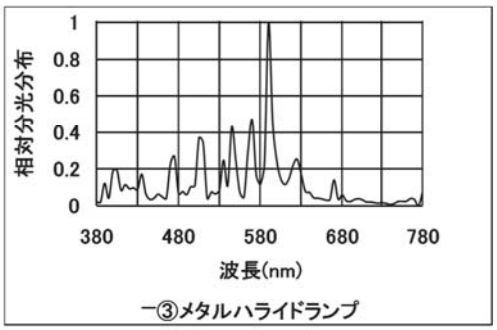
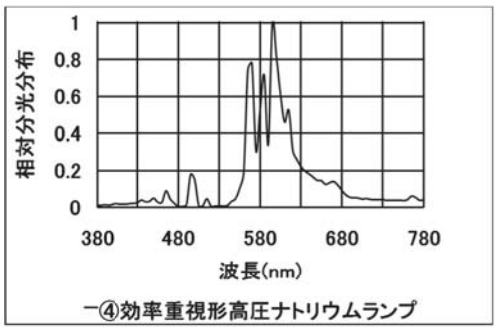
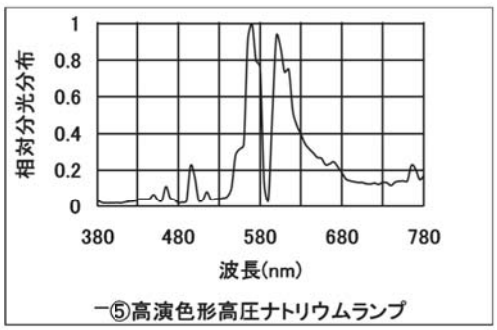
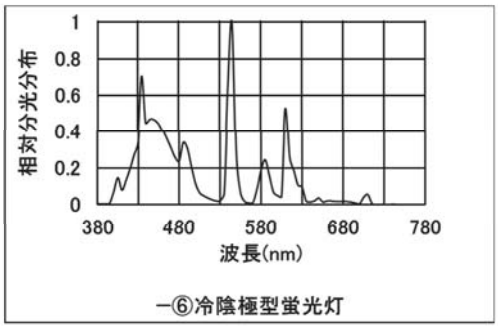


図 2　測定光源の相対分光分布（①～③）







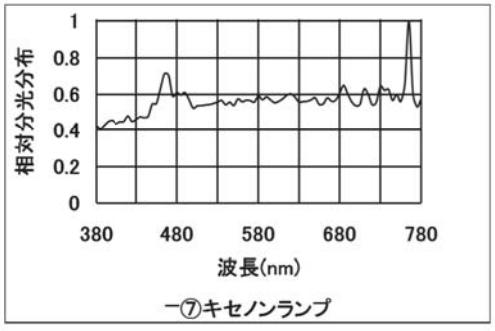


図 3　測定光源の相対分光分布（④～⑦）