

白熱電球代替光源選択のてびき

主要花き類の開花に対する光質応答反応

開花調節に利用する光源の選択には、対象品目の開花に対する光質応答反応を理解しておくことが重要です。

農林水産省委託研究プロジェクト
【国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト】
「光花きコンソーシアム」編
2015年3月

花き生産においては、開花時期の調節を目的に電照栽培が行われています。植物の開花調節については、Garner & Allard (1920) による光周性の発見以降、基礎・応用研究が100年近く続いています。工学分野と植物分野の画期的な成果（電球の発明と光周性の発見）を融合し、1920年代には施設栽培において人工照明を利用する試みが始まり、そして、1930年代にはアメリカにおいて人為的な日長調節による商業的なキク生産が始まりました。日本では1950年代以降、安価で取り扱いやすい光源として白熱電球が電照栽培に利用されるようになり全国に普及拡大されました。ところが、2008年に経済産業省から地球温暖化防止対策のため、一般照明用途において電力消費量の多い白熱電球を電球形蛍光灯、LED照明器具などの省エネ性能の優れた製品への切り替え実現を目指すよう協力要請があるなど社会情勢に変化があり、国内花き生産の現場でも50年以上利用されてきた白熱電球の代替光源を求める気運が高まりました。

生産現場に代替光源の導入がはじまるとともに「何色の光が効果的か?」、「人に同じに見える光なら植物に対する効果は同じか?」、「光をどう計量するか?」、など、代替光源導入に対する様々な不安の声が聞かれはじめました。

そこで今回、代替光源の導入する際の一助となるよう、主要花き類の開花に対する光質応答反応のデータを中心に「白熱電球代替光源選択のてびき」を作成しました。本てびきが関係者の参考になることを期待しています。

「光花きコンソーシアム」

植物の生育過程において、光はエネルギー源ばかりでなく、生育調節のための情報としても重要

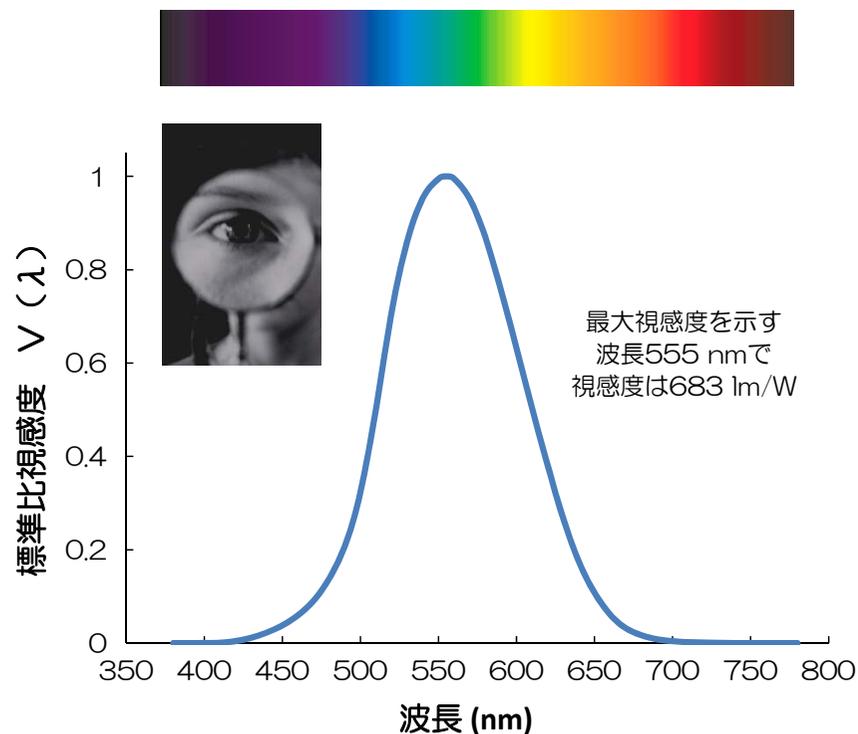


“電照栽培”では、情報としての光を利用

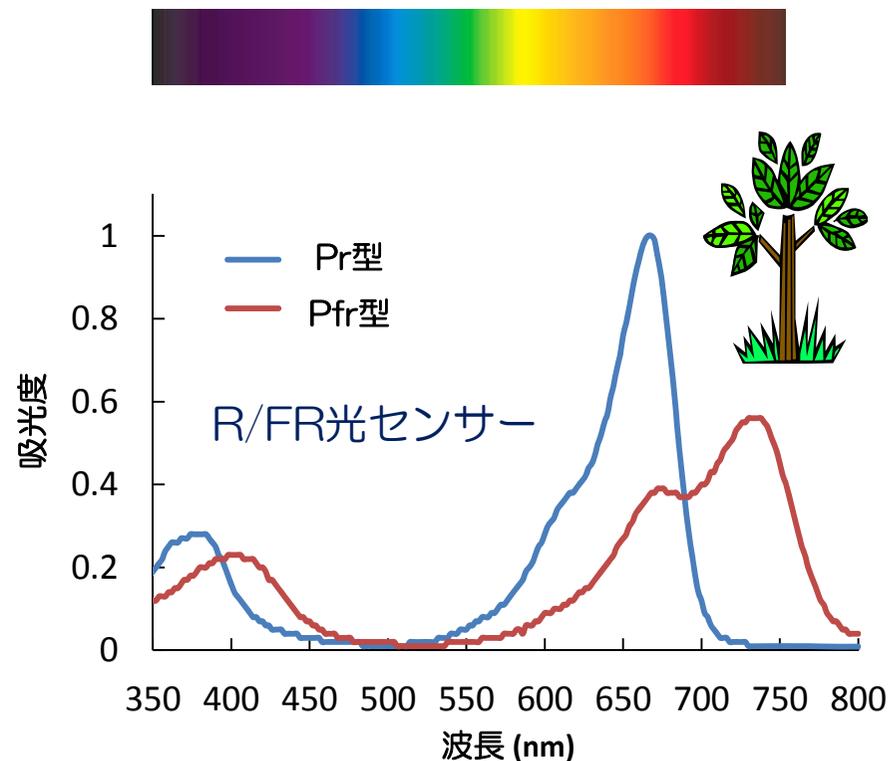
人間と植物では光センサーが異なる！



植物は、光情報を動物の目に相当するフィトクロムやクリプトクロム、フォトリポピンなどの植物の光受容体によって感受します。植物は光受容体からの光情報と内在の概日時計を用いて光形態形成や開花時期など重要なイベントを決定しています。



ヒトの目の分光視感効率



フィトクロムの吸収曲線

生産現場では電照補光の始まった頃から「照度（ルクス）」が光環境の評価基準として使用され、最も広く普及している。利用される光源の種類が増えることによって、光の計量についての混乱や誤解を招き、生産現場に適応した基準となる光環境の評価方法が求められています。このため、新たな光源を活用した電照技術を開発・普及していく上で不可欠な光環境の計量法について整理しておく必要があります。

光の計量は、1) 放射エネルギー量の評価、2) 人間の視覚に応じて波長毎の感度特性を加味した評価、3) 光量子数の評価、に大別されています。

| エネルギー量 | | 視感度を加味したエネルギー量 | | 光量子数 | |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 放射量 | 単位 | 測光量 | 単位 | 光量子量 | 単位 |
| 放射束 (Radiant Flux) | W (J s ⁻¹) | 光束 (Luminous Flux) | lm (ルーメン) | 光量子束 (Photon Flux) | mol s ⁻¹ |
| 放射強度 (Radiant Intensity) | W sr ⁻¹ | 光度 (Luminous Intensity) | cd (カンデラ) | | |
| 放射輝度 (Radiance) | W sr ⁻¹ m ⁻² | 輝度 (Luminance) | cd m ⁻² | | |
| 放射照度 (Irradiance) | W m ⁻² | 照度 (Illuminance) | lx (ルクス) | 光量子束密度 (Photon Flux Density) | mol m ⁻² s ⁻¹ |

生産現場においては、いずれの測定方法あるいは単位を用いるにせよ、目的の効果を得るために植物の配置された三次元空間の光環境を第三者が再現できるように必要な情報を提示することが重要です。

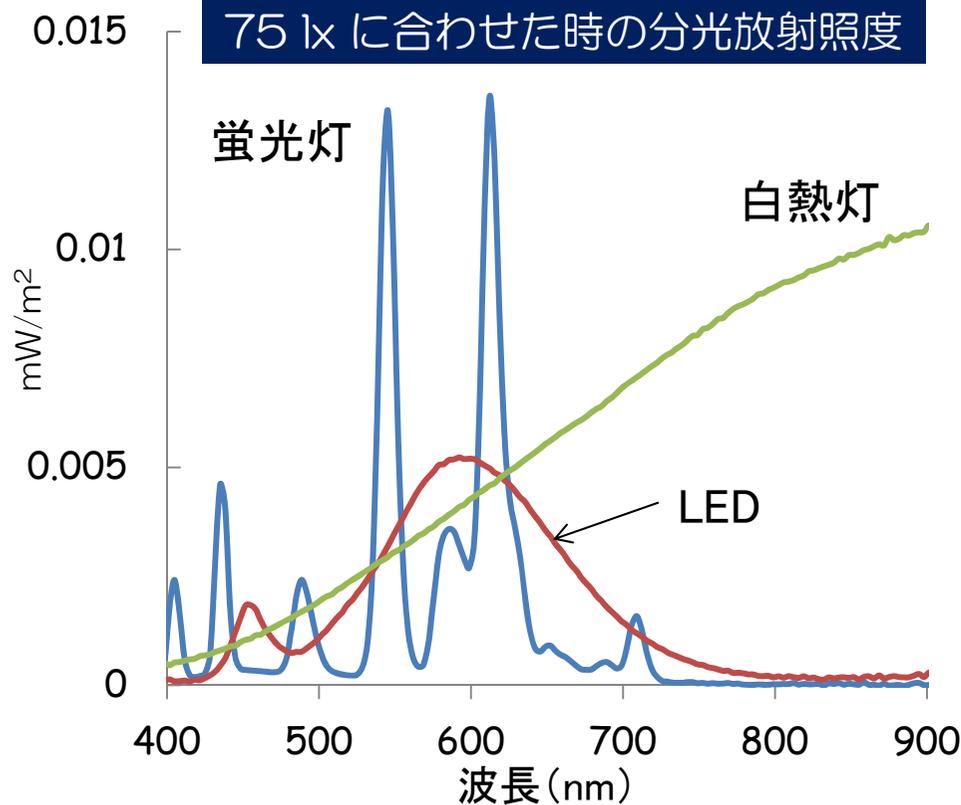
ヒトの目には同じに見える光でも・・・



同じように感じるのか？



同じように見えるが・・・



波長別のエネルギー量 (放射照度; mW/m²)

| 波長域 | 蛍光灯 | LED | 白熱灯 |
|-----------|-----|-----|-----|
| 400-900nm | 213 | 253 | 839 |
| 400-500nm | 37 | 24 | 34 |
| 500-600nm | 88 | 107 | 95 |
| 600-700nm | 84 | 103 | 167 |
| 700-800nm | 7 | 17 | 242 |

分光放射計MS-720(EKO)で測定

照度 (ヒトの視覚) が同じでも、
波長分布やエネルギーは異なる

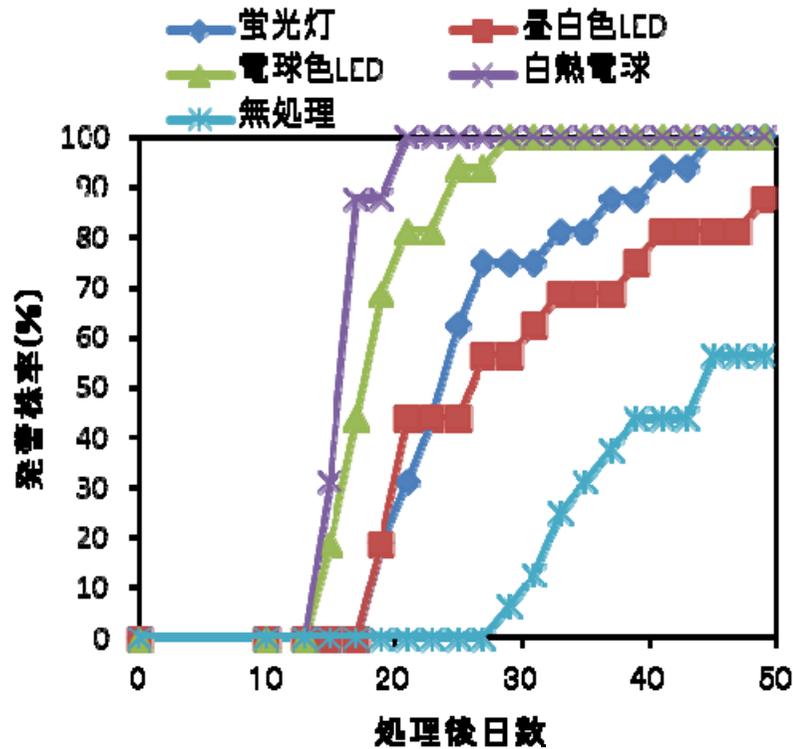
ヒトが同じ明るさを感じる光照射をした場合・・・



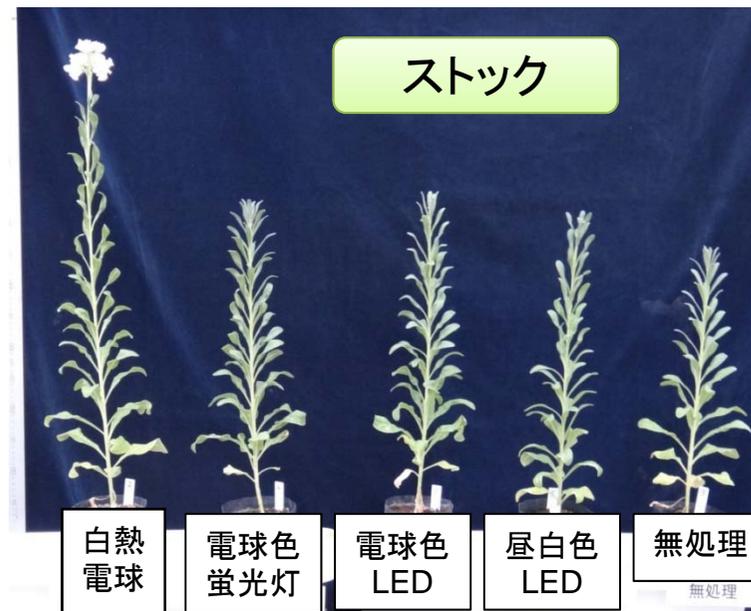
農研機構

異なる白色系照明での
終夜照明（30ルクス）の影響

シュッコンカスミソウの事例



ヒトが同じ明るさを感じる光照射をした場合でも、白熱電球と蛍光灯、LED電球では開花促進効果が異なる！



(処理後100日目)

主要花き品目の光質応答反応



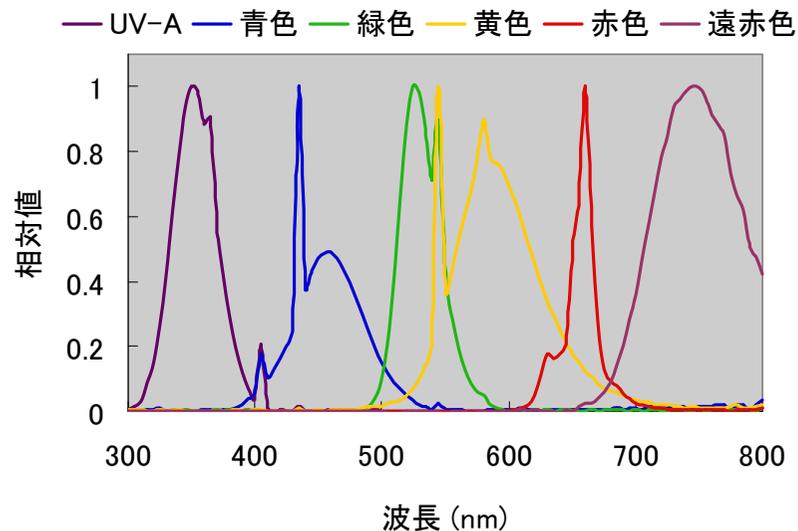
UV-Aから遠赤色までの各波長域の光照射が開花に及ぼす影響を調べてみました。



照射した波長域 (300 - 800 nm)

- ① UV-A (UV-A : 300-400 nm)
- ② 青色光 (B : 400-500 nm)
- ③ 緑色光 (G : 500-600 nm)
- ④ 黄色光 (Y : 500-700 nm)
- ⑤ 赤色光 (R : 600-700 nm)
- ⑥ 遠赤色光 (FR : 700-800 nm)
- ⑦ 無処理

- 白色蛍光灯 (W)
- 白熱電球 (IL)



光照射条件

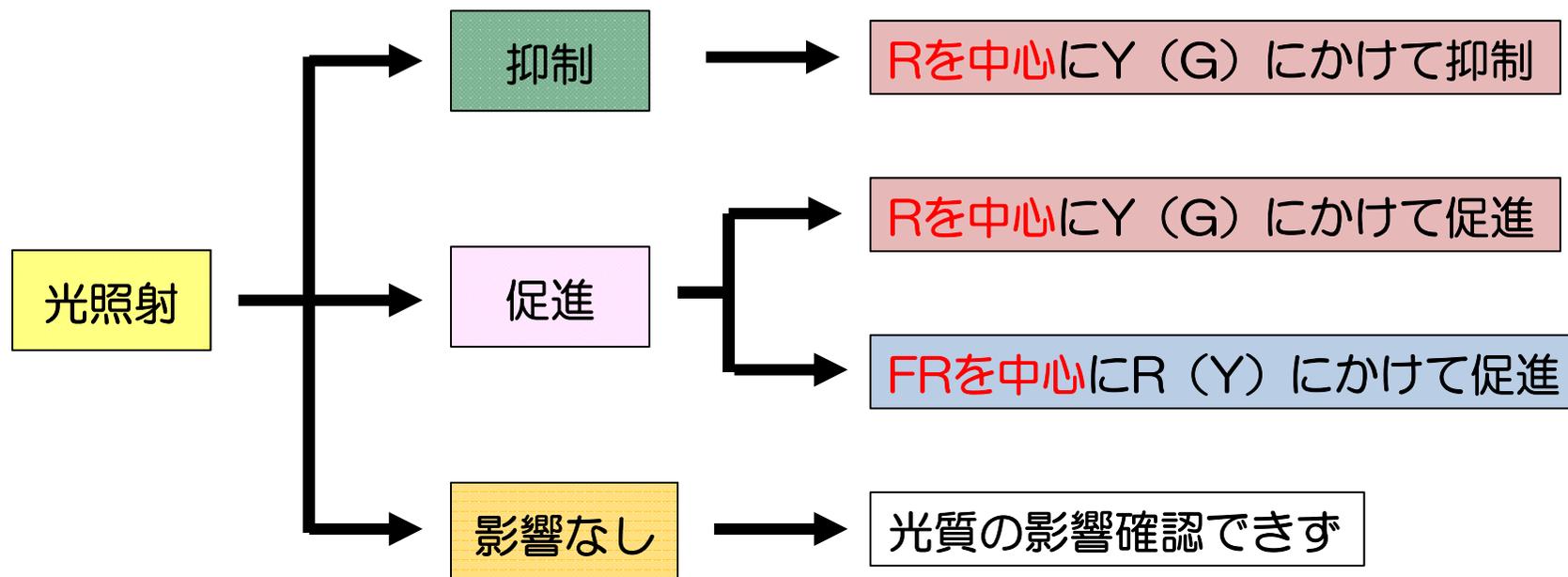
各光源において光量子束密度
 $1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ に設定 (培地面)

照射時間：日没から日の出 (終夜照明)

31品目・92品種調査

終夜照明条件において、以下の4タイプに分類されました。

開花に対する終夜照明の影響

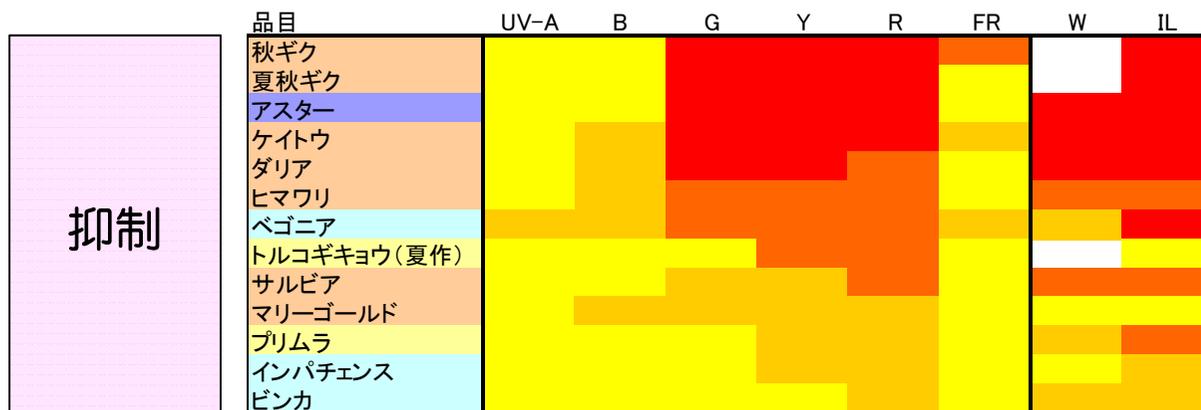


タイプに応じた光源を選択することが大切です！

開花に対する光質応答反応

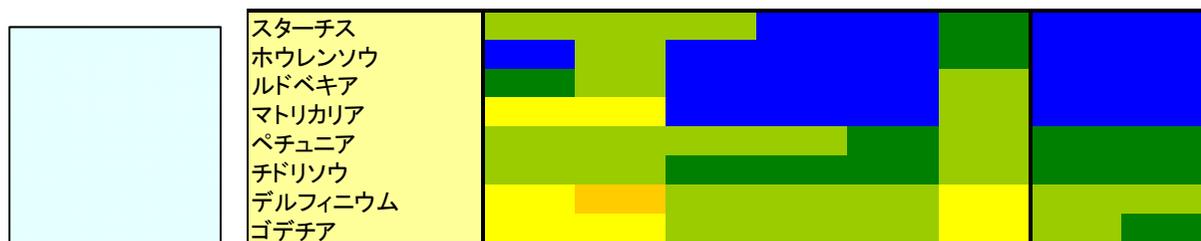


31品目・92品種調査



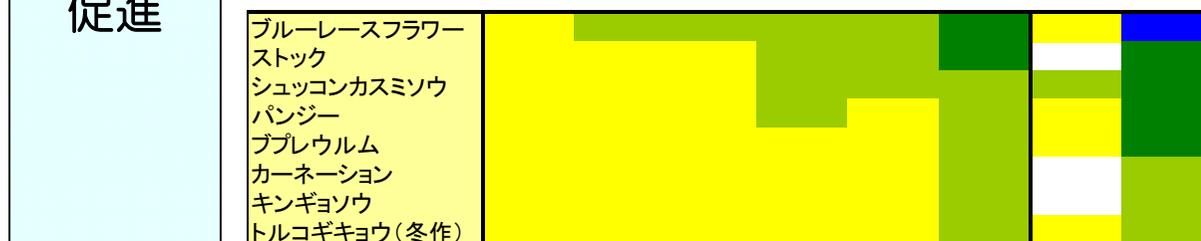
抑制

Rを中心にY (G) にかけて抑制



促進

Rを中心にY (G) にかけて促進



FRを中心にR (Y) にかけて促進

- : 短日植物
- : 長日植物
- : 中性植物
- : 長短日植物



光質の影響確認できず

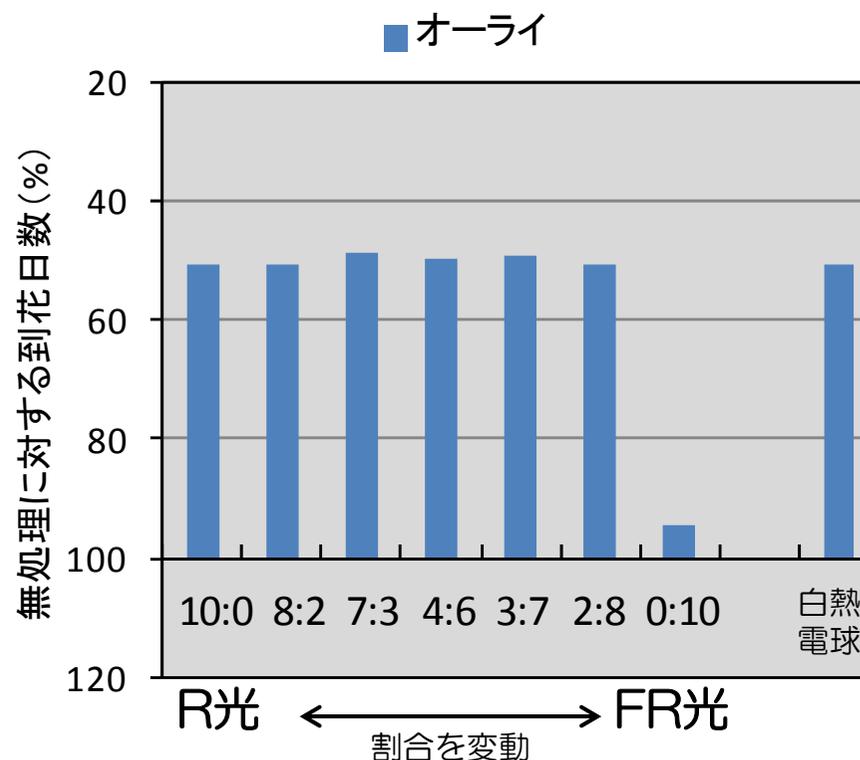
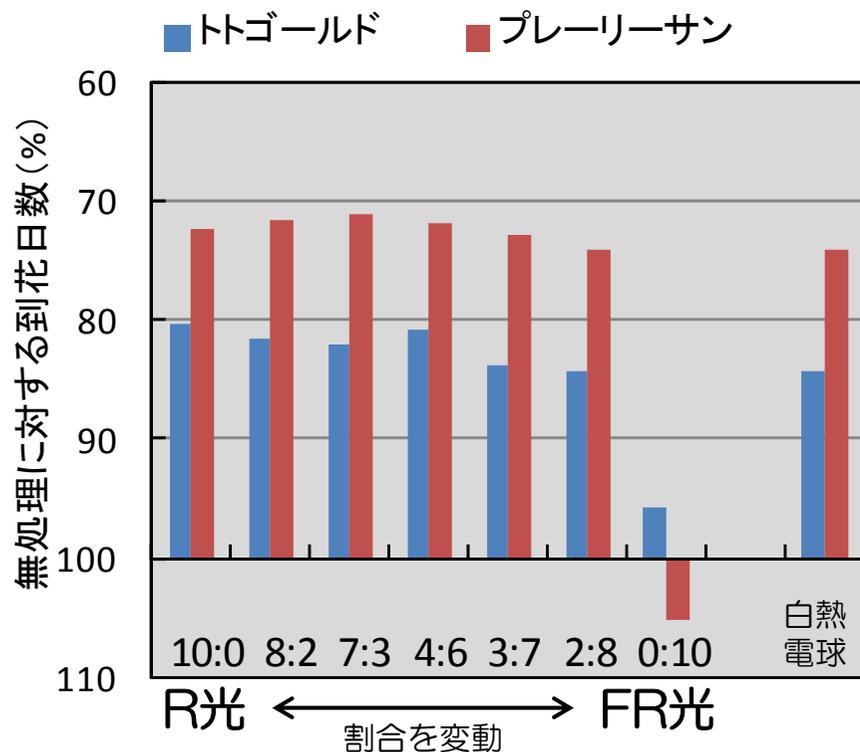


赤色（R）光照射が効果的な品目の場合

光照射条件：終夜照明

ルドベキア

ハウレンソウ



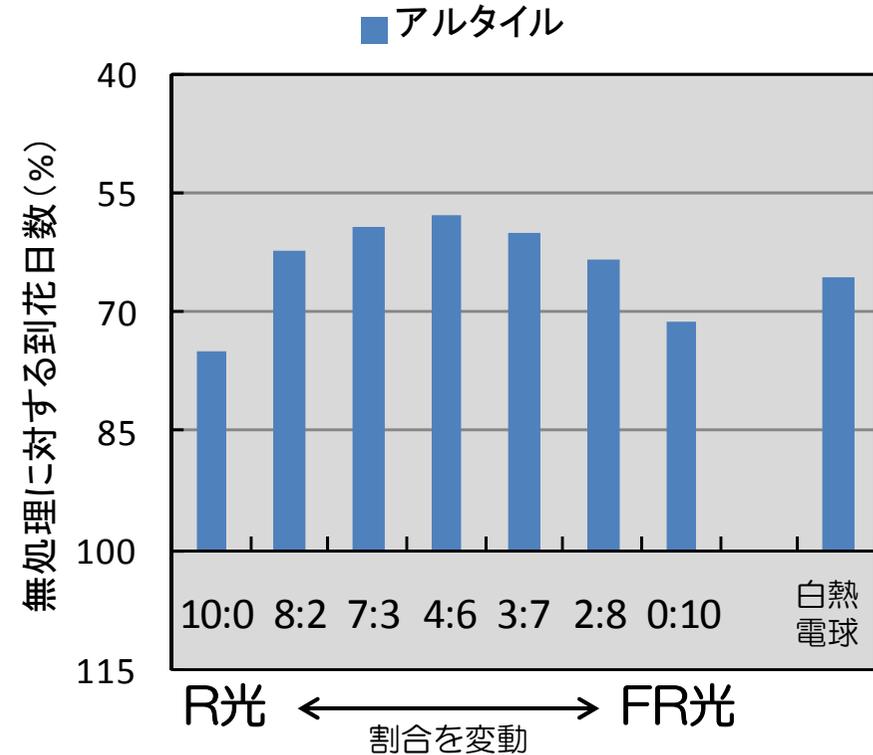
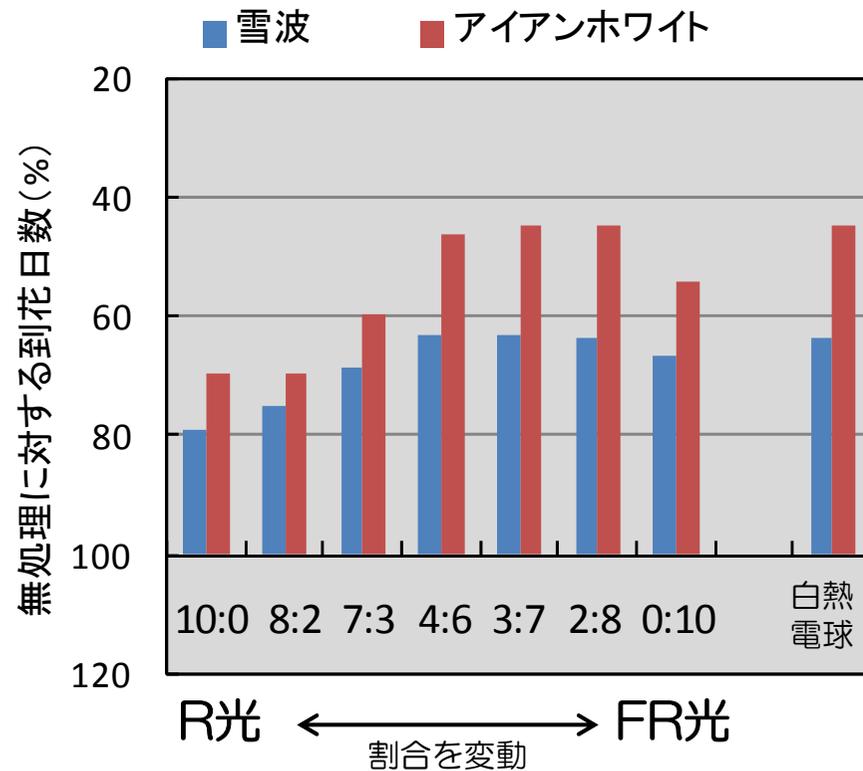
“R光のある/なし”により効果が決まる

遠赤色（FR）光照射が効果的な品目の場合

光照射条件：終夜照明

ストック

シュッコンカスミソウ



R光とFR光の混合により効果が高まる

【まとめ】

- ヒトが同じ明るさ、色に感じる光を照射した場合でも、光源の種類や光を受ける花きの種類によって開花に与える影響は異なる。
- 終夜照明条件では、開花に対する光質応答反応は4タイプに分かれる。
- 花きの種類によっては、照射する光に含まれるR光とFR光の比率により、開花に与える影響が変化する。

【留意点】

- 今回の結果は終夜照明での試験結果である。
- 作型、品種等により光質応答反応が異なる可能性がある。
- 光源選定の際にはランプの発する光の分光特性や配光特性、使用環境での照明器具の耐候性等に留意が必要である。

白熱電球は生産中止されるのか？



日本電球工業会 (JELMA) : [<http://www.jelma.or.jp/>] に問い合わせたところ、以下のように経産省に報告しているとのこと (H23年・春)

- 一部大手メーカーが一般照明用白熱電球の製造を中止する方針
- 一般照明用白熱電球の製造を中止する場合も農業用途は特殊用途であり、代替光源が供給できる様になるまで白熱電球の供給を継続する予定
- 白熱電球を製造している中小企業も多く、現状の 1/3の数量は流通する見込み

今後、省エネ等の観点から効率的な光源に転換していくことは重要





電照栽培の基礎と実践

光の質・量・タイミングで植物をコントロール

誠文堂新光社 (ISBN-13: 978-4416614082)



キク電照栽培用光源選定・導入のてびき

農研機構 花き研究所 HPより
PDF版をダウンロード可能

http://www.naro.affrc.go.jp/flower/research/light_source_guidance.html

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所
TEL 029-838-6801 (代表)

「光花きコンソーシアム」は以下の機関で構成されています

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・国立大学法人香川大学・山形県・
長野県野菜花き試験場・和歌山県・兵庫県立農林水産技術総合センター・
パナソニック株式会社エコソリューションズ社・鹿児島県農業開発総合センター

本資料は、「私的使用」又は「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などの利用をすることはできません。転載、複製、放送、販売などの利用の場合には、事前に(独)農業・食品産業技術総合研究機構花き研究所の許可を得てください。