

日本農業気象学会
施設園芸研究部会
研究資料 No.1

施設園芸用被覆資材の放射特性表示法試案

Functional photometric properties of
the covering materials for ground or greenhouses
— Proposals for standardisation —

著者 A. NISEN 教授
所属 Faculte des Sciences agronomiques
de l'Etat, B-5800 Gembloux [Belgique]

訳者 古在豊樹
所属 千葉大学園芸学部

1982年 6 月発行

1982年4月発行

施設園芸用被覆資材の放射特性表示法試案*
Functional photometric properties of
the covering materials for ground or greenhouses
— Proposals for standardisation —

著者 A. NISEN 教授
所属 Faculté des Sciences agronomiques
de l'Etat, B-5800 Gembloux (Belgique).

訳者 古在豊樹
所属 千葉大学園芸学部

Chronica Horticulture の第15巻3号で、'Plasticulture 研究における新目標と題して、この分野における現在の知識を一覧表にまとめることをわれわれは提案した(Nisen, 1975)。すなわち、Plasticulture に関する知識を整理し、体系化し、標準化すること、一言で言えば、この分野の個々の一般的知見を、

被 覆 資 材
園 芸 施 設
施 設 内 作 物

の3項目について技術資料カードに整理するという提案である。

この一覧表の第一項目である被覆資材に関する問題についての一つのアプローチを辛いにもかかわらず提案できるようになった。われわれの見解にしたがえば、以下に述べる方法は、従来の分光透過率曲線だけから得られるよりも格段に意味のある正確な数値を研究者に与えるものである。今日、ベルギー国内で市販されているあらゆるガラス被覆資材に関する技術資料カードは、ベルギー工業規準 N. B. N 894 にもとづいて、すなわち、われわれが本稿で提案する方法よりも多くの情報を含むことができる方法で、整理されている。

したがって、現在市販されている主要なプラスチック資材およびそれから作られる二重被覆用資材についての種々の放射特性は、本稿の以下に述べる方法で検定されるべきであり、これは園芸において一般的に採用されてしかるべきであろう。ガラス被覆資材を生産または輸入しているベルギー国内のすべての会社がここで提案されている検査以上の詳細な検査を実施しているという事実が(Anon; 1971, 1973)主要なプラスチック資材に関して提案された放射特性の測定を行う費用が余り高くない(一試料当たり約200米ドル)ことを証明している。なお、ベルギーの2, 3の研究所は、これらの測定を行うために必要な機器と経験を有している。

注意 ベルギー工業規準 N. B. N. 894 によれば、以下で定義する諸係数は、資料の不均質

*本資料は1976年に Plasticulture No. 32, 16-22 に発表された、A. Nisen 氏による表題記事の全訳である。日本農業気象学会施設園芸研究部会研究資料 No. 1

性すなわち資材表面の粗さが入射光束の最小透過径路の $1/5$ 以下である非拡散性および拡散性資材に關してのみ意味をもつ。

それ以上に拡散性を有する資材については——現今の温室その他の施設では例外的にしか使用されていないが——別の特別な基準がベルギーでは設けられている。

1. 資材の放射特性の表現

放射特性を次の3種の係数で表現するというのがわれわれの提案である。

1. スペクトル係数 (spectral factor) (光およびエネルギーについての波長別透過率, 反射率)。これらのいくつかは従来から使われている。
2. 積分係数 (total factor) (上記と同様であるが, 波長全域に關するある積分値)。
3. 全天係数 (global factor) 上記積分係数の拡張あるいは合成というべきものであり, 3種の係数がある。これらの係数の意味は色々なレベルで興味深く, 園芸分野では有交であると思われる。

2.1 スペクトル係数

2.1.1 法線入射波長別透過率 (τ_{λ_0})

従来から良く知られている, 入射角 0° のときの波長別透過率であり, 分光光度計で測定する。拡散性資材の測定時には受感部に積分球を付ける。

測定波長範囲は $300-2500\text{nm}$ で, 記録紙上に 20nm 毎の値が読みとれるようにする。

2.1.2 直達光および直達日射に關する法線入射波長別透過率

a) 直達光に關する波長別透過率 (= 分光透過率)

横軸の波長目盛り間隔が, 昼光に対する標準比視感度曲線^{註1)}とCIE標準光源D6500^{註2)}(波長 $380-760\text{nm}$)の波長毎のエネルギー密度の積に比例するように(積分化目盛), すなわち, 非等間隔に目盛りされたグラフ上に表現された波長別透過率である(図1参照)。

b) 直達日射に關する波長別透過率(直達日射が放射エネルギーとして透過する割合を波長別に表わす)。

太陽高度が 30° のときの直達日射(波長 $300-2150\text{nm}$)の波長別エネルギー密度^{註3)}を考慮して, 横軸の波長目盛り間隔を上記エネルギー密度に正比例させて目盛りされたグラフ上に表現された波長別透過率である。(図2参照)。

2.1.3 拡散長波放射に關する波長別透過率 ($\tau_{\lambda_e, \text{nat. } 300^\circ\text{K}}$)

常温物体からの放射は主に拡散放射(無指向性)であり, 波長範囲は $5,000-36,000\text{nm}$ およびそれ以上である。波長 $5,000-20,000\text{nm}$ では $1,000\text{nm}$ 毎に, それ以上の波長では $2,000\text{nm}$ 毎に放射エネルギーの透過率を測定する。

波長別透過率曲線は、図1および図2と同様に、横軸波長目盛間隔が拡散長波放射^{註4)}の波長別エネルギー密度に正比例しているグラフ上に描かれる。

注意

1. 2.1.1, 2.1.2, および2.1.3で定義した、光および放射エネルギーに関する正確な評価を、透過だけでなく反射に関しても同様に行うことは、興味深くかつ重要である。波長別の透過率と反射率から波長別吸収率は直ちに得られる。

2. 図1の横軸の波長目盛間隔を、植物が実際に利用する光スペクトルの割合に比例して目盛れば、すなわち、ある植物の波長別光合成効率を考慮すれば、農学的にはより良いであろう。

2.2 積分透過率

2.2.1 法線入射光積分透過率 (T_{v0})

この積分透過率は、標準比視感度曲線と法線入射直達光 (300—760 nm) に関する Moon の曲線^{註5)}の波長別エネルギー分布の加重積分として求められる。^{註6)}これは、ある意味で、波長別透過率曲線の積分値に相当する (2.1.2.2 参照)

例 厚さ 6mm の透明板ガラス $T_{v0} = 0.894$

2.2.2 太陽高度 30° のときの直達光に関する積分透過率 (T_{v30°)

この透過率は、波長比感度曲線が標準比視感度曲線に等しい受感部を備えたゴニオメータ^{註7)}で測定される。被測定資材が拡散性の場合には積分球^{註8)}を付けて測定する。光源は太陽高度 30° における晴天時直達光で、入射角は 0° とする。

例 厚さ 6mm の透明板ガラス $T_{v30^\circ} = 0.890$

2.2.3 太陽高度 30° のときの直達日射に関する積分エネルギー透過率 ($T_{e\ sol\ 30^\circ}$)

これは、感度が波長によらず一定な受感部を備えたゴニオメータで測定される。被測定資材が拡散性であれば積分球を用いる。放射源は太陽高度 30° における晴天時直達日射で、入射角は 0° とする。

例 厚さ 6mm の透明板ガラス $T_{e\ sol\ 30^\circ} = 0.805$

2.2.4 晴天時天空光に関する積分透過率 ($T_{v\ nat}$)

これは次のようにして測定する。光源は太陽高度 30° における晴天時天空で、地平線は清楚であるとする。受感部は積分球に取り付けられ、また、2.2.1 で述べたものと同じ波長感度曲線を有するものとする。

2.2.5 晴天時天空日射に関する積分日射透過率 ($T_{e\ nat\ sol}$)

受感部の波長感度が一定であること以外は 2.2.4 の $T_{v\ nat}$ の測定法と同じである。

例 厚さ 6mm の透明板ガラス $T_{e\ nat\ sol} = 0.761$

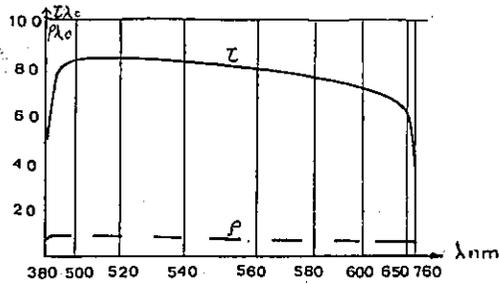


図1 — 標準光源D6500に関する、厚さ5mmの熱線吸収ガラスの法線入射波長別透過率(τλ₀)および法線入射波長別反射率(ρλ₀)。横軸の波長目盛間隔は、標準比視感度曲線と標準光源D6500の波長別エネルギー分布の積に正比例して目盛りされている。

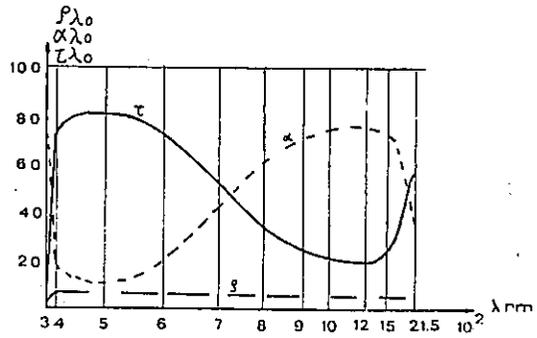


図2 — 直達日射エネルギーに関する、厚さ5mmの熱線吸収ガラスの法線入射波長別透過率(τλ₀)、反射率(ρλ₀)、および吸収率(αλ₀)。横軸の波長目盛間隔は太陽高度30°における直達日射の波長別エネルギー分布に正比例して目盛りされている。

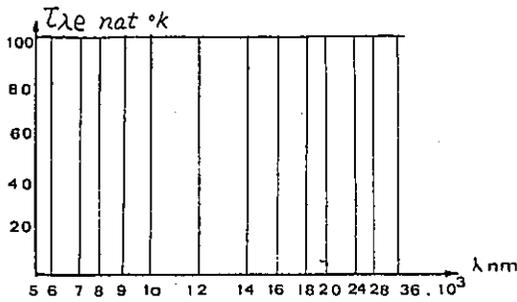


図3 — 横軸の波長目盛間隔が拡散長波放射の波長別エネルギー分布に正比例するように目盛りされたグラフ

注意

被覆資材の放射特性をより正確に表現するには、積分反射率を同様の方法で測定するのが望ましい。

	ρ_{v0}	$\rho_{v 30^\circ}$	$\rho_{e sol 30^\circ}$	$\rho_{e nat sol}$	$\rho_{r nat}$
厚さ6mmの透明板ガラス	0.080	0.083	0.076	0.106	0.114

2.3 全天係数

2.3.1 全天光透過率(τ)

これは以下の二つの量の割合である。

- 被覆された開口部から室内に入射する光量、
- 上記と同一形状の開口部から、それが被覆されていない場合に、その室内に入射するであろう光量

- これは次の2種の透過率の平均値として定義される。
- 太陽高度 30° のときの直達光に関する積分透過率 (T_{v30°)
 - 晴天時天空光に関する積分透過率 ($T_{v\text{nat}}$)

$$T = \frac{T_{v30^\circ} + T_{v\text{nat}}}{2}$$

例 厚さ 6 mm の透明板ガラス $T = \frac{0.890 + 0.860}{2} = 0.875$

2.3.2 日射係数 (S) (NBN894にもとづく)

- これは次の2量の比である。
- 被覆された開口部から室内に入射する日射エネルギー量,
 - 上記と同一形状の開口部から、それが被覆されていない場合に、その室内に入射するであろう日射エネルギー量。
- これは次式で定義される:

$$S = \frac{T_e \text{ sol } 30^\circ \cdot \Phi_D + T_e \text{ nat sol} \cdot \Phi_d + k(t_s - t_i)}{\Phi_D + \Phi_d}$$

ここで、

- Φ_D = 太陽高度 30° における (大気質量 $m=2$) Moon の曲線の波長別エネルギー分布に対応する直達日射エネルギー量 ($= 658 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$)
- Φ_d = 天空日射のエネルギー量 ($= 47 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$)
- $\Phi_D + \Phi_d$ = 被覆資材が受ける全天日射エネルギー量 ($= 705 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$)
- k = 被覆資材の熱貫流率 (単位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$)
- t_i = 室内気温 (通常 25°C とされる)
- t_s = 等価外気温。日射の影響をそれと等価な外気温上昇に置き換えて、それを実際の外気温に加えたもの。実際は日射があるのに、それをゼロであると仮定した場合、向題としている板 (被覆資材) を通じて現実に流れる熱量に対応するように外気温を上記の方法で修正する。

等価外気温は、日射がある場合における、放射吸収率と熱伝導率が知られている表面に接している媒体 (空気) の実際の温度を表わしている (Nisen, 1971)。

注意— 日射係数また、したがって、等価外気温に係る諸係数の値を正確に算定するには、NBN894を参照されたい (Anon, 1971)。

例 厚さ 6 mm の透明板ガラス $S = 0.876$

2.3.3 被覆資材の透過効率 (R)

これは上記の2係数、すなわち全天光透過率 (T) と日射係数 (S) の比である。

$$R = \frac{T}{S}, \text{ すなわち, } R = \frac{0.5(\tau_{v30} + \tau_{v1at})}{S}$$

Rは被覆資材の光と日射エネルギーに関する透過し易さの比を表わしている。
したがって、Rの値が大きいことは、その資材が室内に光エネルギーを多量に透過させるが、その割には日射エネルギーを透過させないことを意味する。

例 厚さ6mmの透明板ガラス R=0.999

2. T, S, Rの数値例

先に述べたように、上記の各係数はベルギーで市販されているすべてのガラス板—透明板ガラス、二重または三重透明板ガラス、および種々の材料から作られる一重ないし三重のガラス資材（反射材、吸収材）について測定または計算されている。

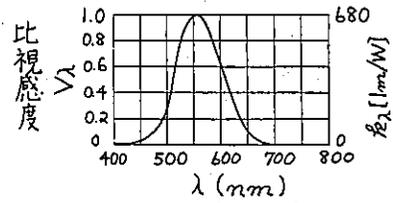
現在のところプラスチック資材についてのこれらの数値は得られていないので、ガラス資材に関する係数の数値例を以下にいくつか掲げる（Anon, 1971, 1973）。

	全天光透過率 (T)	日射係数 (S)	透過効率 (R)
透明板ガラス(6mm厚)	0.875	0.876	0.999
透明板ガラス(12mm厚)	0.852	0.813	1.048
二重板ガラス(6mm厚×2)	0.785	0.752	1.043
緑色熱線吸収ガラス《sun proof》	0.718	0.609	1.179
二重ガラス (厚さ6mm板ガラス+緑色熱線吸収ガラス)	0.644	0.478	1.346
灰色熱線吸収ガラス《sun proof》	0.410	0.535	0.645
反射ガラス(厚さ6mm×2)	0.358	0.250	1.430

3. 引用文献

- Anon, 1971- «Caractéristiques photométriques fonctionnelles des matériaux transparents et translucides utilisés en vitrage». Inst. Belge de Normalisation, NBN 894. Av. de la Brabançonne, 29, 1040 Bruxelles.
- Anon, 1971 à 1973- Fiches techniques des caractéristiques fonctionnelles des matériaux transparents et translucides utilisés en vitrage. Documents établis par diverses firmes dont Glaverbel et Saint-Roch.
- Dogniaux R. & Nisen A., 1975- Traité de l'Eclairage naturel des serres et abris pour végétaux. Edit. Duculot, Gembloux.
- Nisen A. et al., 1964- L'Eclairage naturel et ses applications. Edit. SIC, Bruxelles.
- Nisen A., 1971- L'Eclairage naturel des serres. Edit. Duculot, Gembloux.
- Nisen A., 1975- «La Plastique et la Recherche, objectifs nouveaux». Chronica Hortic., XV. 3. 33-37.
- «Plasticulture and Research, new objectives». Circular to Members ISHS, May 1976.
- Stickler P., 1974- «Einsparen von Heizkosten». SFG Reihe, Heft 16, 1-39.

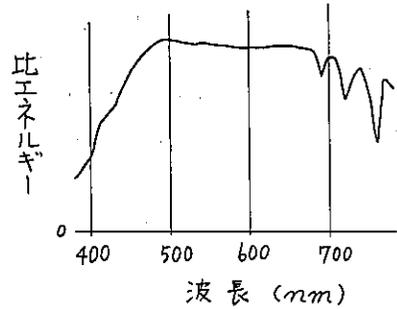
訳注1) 標準比視感度曲線 人間の目の網膜を直接に刺激して視感度を起こす放射, すなわち, 可視光の波長範囲は380nmから780nmまでである。明るさの感覚は波長によって異なり黄緑色の光の波長(555nm)で最も明るく感じる。この最大視感度に対する他の波長の視感度を比視感度と呼び, 国際照明委員会(CIE)が採用した正常眼の標準比視感度曲線は付図1のようである。



付図1 標準視感度曲線

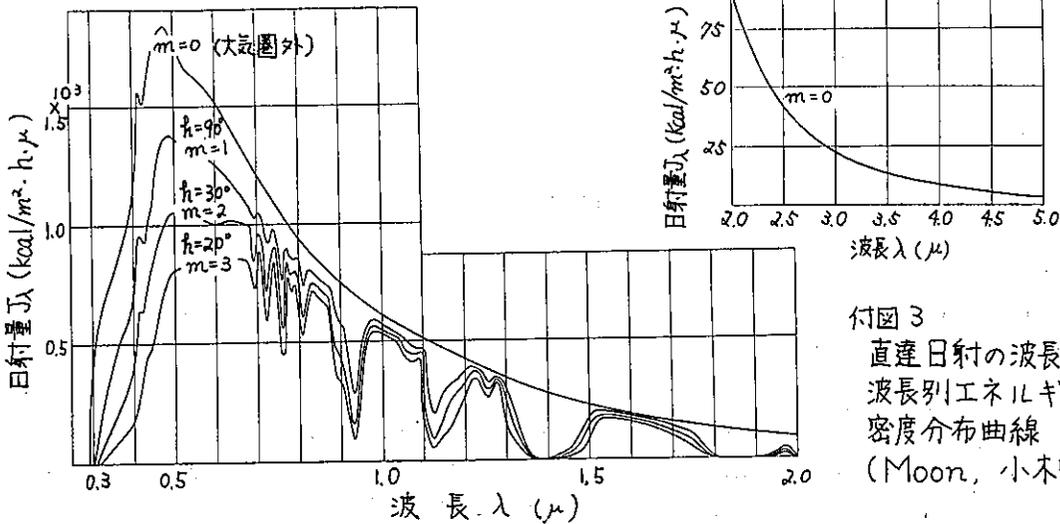
訳注2) CIE 標準光源 D6500

1967年にCIEが全天昼光に近い波長エネルギー分布を持つ標準光源として定めたもので, 6500Kの黒体放射とほぼ等しいエネルギー密度分布を有する。付図2にその曲線を示す。



付図2

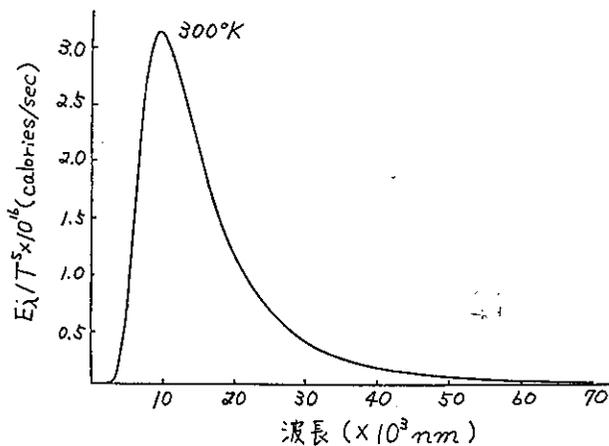
訳注3) 太陽高度30°のときの直達日射の波長別エネルギー密度 波長別エネルギー密度は太陽高度によって異なる。大気圏外, 太陽高度90°, 30°, 20°における直達日射の波長別エネルギー分布を付図3に示す。



付図3 直達日射の波長別波長別エネルギー密度分布曲線 (Moon, 小木曾)

大気圧: 760 mmHg, 可降水量: 20 mm, 浮遊じんあい量 800 個/m³, オゾン: 2.8 mm, 太陽定数: 1164 kcal/m²·h の場合について示した。ただし, m: 大気質量。太陽が天頂にあるときに, 太陽光線が通過する大気の大気質量を1とする。このとき, 太陽高度hにおける大気質量mは, $m = \text{cosec } h$ 。なお, 図中, m=0は大気圏外における分光分布を表わし, 他は地表面での分布を表わす。また, 右上に示す長波長領域では, 空気中で吸収されるために地表面にはほとんど到達しない。

訳注4) 拡散長波放射
完全拡散性黒体の300°Kにおける放射エネルギーの波長別分布曲線を付図4に示す。



付図4

訳注5) Moonの曲線 付図3の波長300-760nmの範囲の曲線

訳注6) 波長λにおける標準比視感度を V_λ , 資料の透過率を τ_{λ_0} , Moonの曲線のエネルギー束を $E_{e,\lambda}$ とすると, 積分透過率 τ_{v_0} は,

$$\tau_{v_0} = \frac{\int_{\lambda=300}^{\lambda=760} V_\lambda \cdot \tau_{\lambda_0} \cdot E_{e,\lambda} \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=300}^{\lambda=760} V_\lambda \cdot E_{e,\lambda}}$$

または,

$$\tau_{v_0} = \frac{\sum_{\lambda=300}^{\lambda=760} V_\lambda \cdot \tau_{\lambda_0} \cdot E_{e,\lambda}}{\sum_{\lambda=300}^{\lambda=760} V_\lambda \cdot E_{e,\lambda}}$$

$$\lambda = 300, 320, 340, \dots, 740, 760.$$

と表わすことができる。

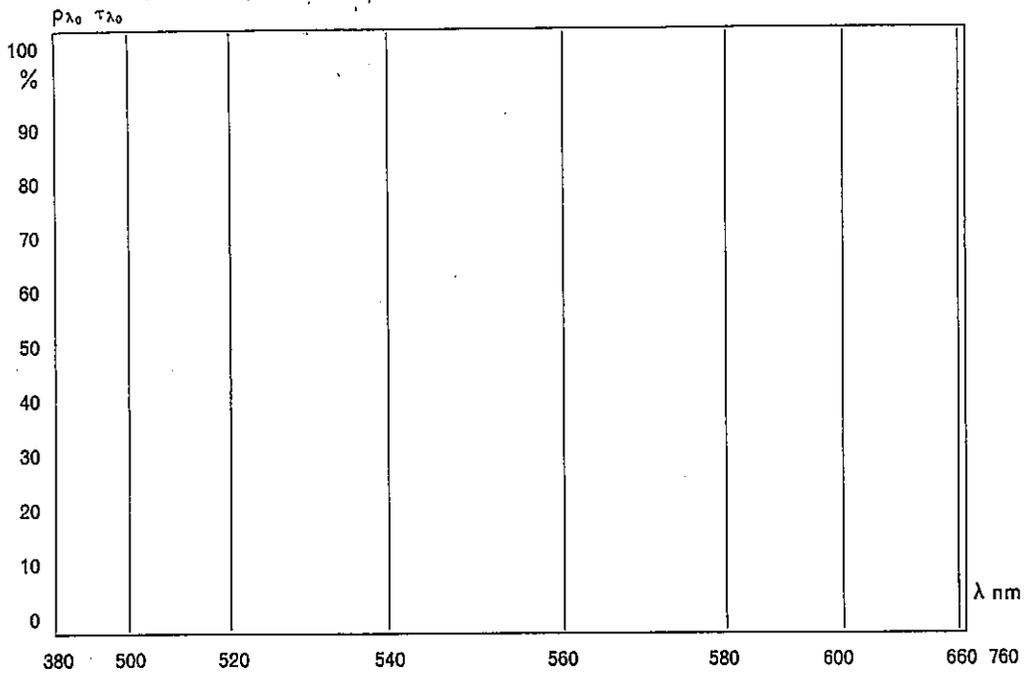
訳注7) ゴニオメータ 入射角度が可変の透過率および反射率測定装置

訳注8) 積分球 試料の透過拡散光を集めるための, 球の内面が完全拡散反射をする白色塗料で塗られたもの。球表面に又つの孔があり, 一方に試料が置かれて, 他方に受感部が置かれる。

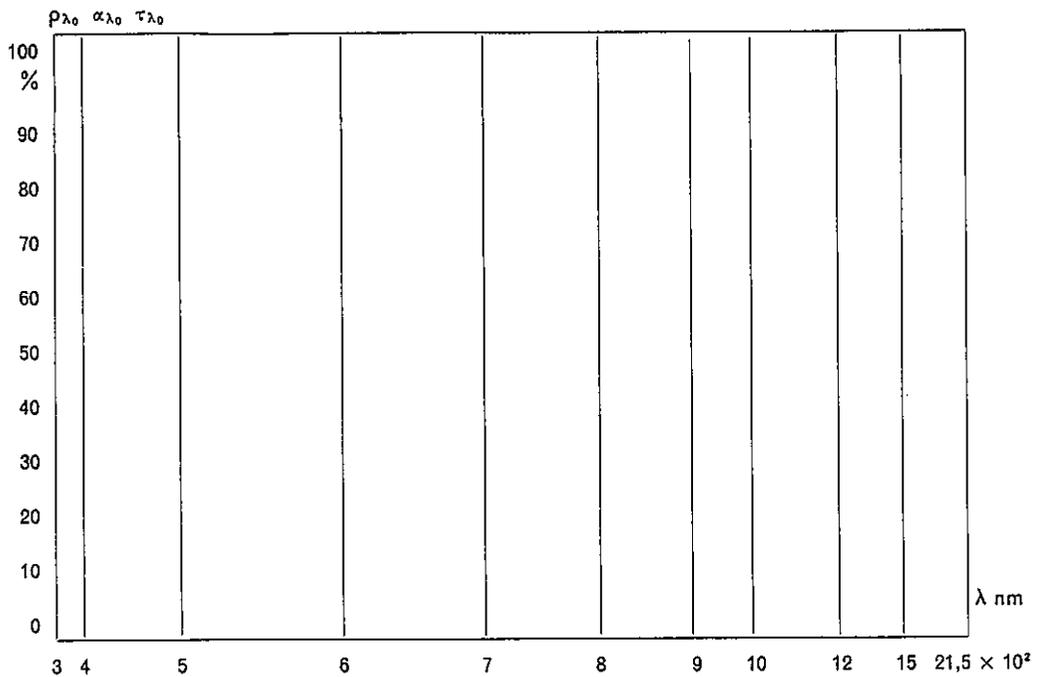
訳者あとがき 翻訳に際しては内容本位の意訳を心がけた。たとえば, 表題中の「functional photometric properties」を「機能的測光特性」と訳さず, 単に「放射特性」と訳した。「測光」と訳すと「光」以外の放射は含まないかのように考えられがちだからである。また, 「total factor」は, 内容的吟味の後, 「積分係数」と訳した。とは言え, 誤解や不注意にもとずく, 間違いも多いにあり得るのでお気付の方は御指摘いただきたい。翻訳の許可は原著者から得ている。

なお, NBN 894はフランス語で書かれた, 全30ページの小冊子である。そのコピーは当施設園芸研究部会から入手でき得る。

1. 法線入射光 (D_{65}) の反射, および透過に関する
スペクトル係数



2. 法線入射する日射の反射, 透過および吸収に関する
スペクトル係数



3. 拡散長波放射の透過に関するスペクトル係数

$\tau_{\lambda} \text{ nat } T \text{ pour } T = 300 \text{ K}$

