

プラスチックの耐候性評価システム

(財)日本ウエザリングテストセンター
技術委員会 委員長 代田 忠

1. 制定の経緯

プラスチックは、今日、我が国における主要工業材料の一つであるが、その耐候性や耐用寿命については、定量的な表示や数値的なデータが公表されることが少なく、優、良、可など定性的な表示がなされているのが現状である。このような表示は、他材料との比較評価において不当な不利を被るばかりでなく、環境管理、リサイクルシステムが重要視される今日、無視できない弱点と言えるだろう。

しかし、このような現状をもたらした原因の一つとして、耐候性試験方法の未整備が指摘できるだろう。

1995年、JIS K 7350実験室光源による暴露試験方法（ISO 4892—Methods of exposure to Laboratory light sources）が日本工業規格になるまで、実験室光源（人工光源）を使用した耐候性試験に関する日本工業規格（JIS）としては

JIS B 7751 紫外線カーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機

JIS B 7753 サンシャインカーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機

JIS B 7754 キセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機

JIS K 7200 耐光（候）試験機の照射エネルギー校正用標準試験片

など、試験機の性能にかかわるJISは制定されていたが、プラスチックを対象とした耐候性試験方法としては、JIS K 7102 着色プラスチック材料のカーボンアーク灯光に対する色堅ろう度試験方法があるのみであった。

従って、プラスチック耐候性試験はこれらJIS B 規格規定の試験機を用いて、JIS K 7102によるか、或いは、JIS D 0205 自動車部品の耐候性試験方法やJIS A 1415 プラスチック建築材料の促進暴露試験方法等、自動車、建築材料等用途分野での試験方法を適用或いは準用することで行われてきた。

その間、ISOにおいては、1981年に人工光源による耐候性試験方法として、それまで別個の規格であった密閉式カーボンアークによる方法とキセノンアークランプによる方法に、新たにオープンフレームカーボンアークランプを用いた方法を加え、3本立てのISO 4892-1981が制定された。

その後、1986年以降に進められたこの規格の改正作業において、光源を統一化するという方針から、キセノンアークランプだけを用いる規格とし、他の光源は別規格にするという動きや、カーボンアークランプは排除するという意見、紫外線蛍光ランプを新たな光源として加えるという意見等々が出され、統一化、普及度、利便性等の種々な観点から審議が続けられたが、結局、パート方式を採用し、各ランプの規格に共通な部分をパート1通則とし、パート2をキセノンアークランプ、パート3を紫外線蛍光ランプ、パート4をオープンフレームカーボンアークランプとし、密閉式カーボンアークランプは廃止された。

一方、屋外暴露試験方法に関しては、今まで、JIS K 7219 プラスチックの屋外暴露試験方法通則-1986があり、別に、古くからの規格JIS K 7101-1981 着色プラスチック材料のガラスを透

過した日光に対する色堅ろう度があった。JIS K 7219は暴露方法と暴露後の性状変化の測定法を含む規格で、ISO 4607-1978 Plastics—Methods of exposure to natural weathering と ISO 877-1976 Plastics —Method of exposure under glass to daylight 及び特性変化の評価に係わるISO 4582の内容を含む規格であるが、これらISO と整合化したものではなかった。

ISO TC 61 プラスチック SC-6 において、1983年ハーグでの第32回大会以降、ISO 877 とISO 4607との合体を前提とする大幅な見直しが進められ、約10年間の討議を経て、ISO 877-1994 Plastics—Methods of exposure to direct weathering to weathering using glass-filtered daylight, and to intensified weathering by daylight using Fresnel mirrors が制定され、ISO 4607は廃止された。なお、今年のISO 会議ではフレネル鏡を用いた集光暴露方法は別規格とすべきであるという提言も出ている。

ISO TC 61 の暴露試験方法規格では、従来から暴露後の色或いは特性の変化等を評価する試験方法は含んでいない。屋外暴露試験及び実験室光源による暴露試験に共通な、暴露後の各種特性変化の測定方法として、古くから ISO 4582-1980 Plastics—Determination of change in colour and variations in properties after exposure to daylight under glass, to natural weathering or laboratory light sources (初版) があった。今回、この規格に大幅な改正が加えられたISO 4582-1998 に基づき整合化したJIS が、JIS K 7362-199x アンダーグラス屋外暴露、直接屋外暴露又は実験室光源による暴露後の色変化及び特性変化の測定方法である。

ISO TC 61 SC6 では、耐候性における劣化の主要因である光の量を測定することに関心が深く、かねてから、(イ) 耐候性試験における放射露光量の機器測定と (ロ) 屋外暴露水準の決定のための太陽放射の測定、の2テーマが同時進行的に検討されてきた。

その結果、(イ) のテーマについては1997年、ISO 9370 Plastics—Instrumental determination of radiant exposure in weathering tests —General guidance and basic test method が第1版として発行され、その整合化JIS として、JIS K 7363-199x 耐候性試験における放射露光量の機器測定—通則及び基本的測定方法が制定される予定である。(ロ) のテーマについては作業が停滞しており、テーマから外された。

以上、プラスチックの耐候性試験方法に関するISO 規格4件を整合化したJIS 4件(内2件は近く発行の予定) が整い、図1の如く体系化された。

2. 耐候性評価システム

1980年代からISO において進められてきた耐候性試験方法に関する規格の整理統合と体系化の作業が一段落し、それを受けて進められてきた国際整合化JIS 制定の手続きも最終段階に来ている。これら、プラスチックの耐候性に関する試験方法規格は、屋外暴露及び実験室光源による暴露試験方法、暴露試験における放射露光量の機器測定方法、暴露後の色変化及び特性変化の測定方法に関わるもので、図1プラスチックの耐候性評価システムに示すように体系化されている。

2.1 暴露試験方法

2.1.1 屋外暴露

従来の規格と比べ、装置及びその材料、試験手順について詳細に述べているが、大きな改正点は、直接暴露及びアンダーグラス暴露の暴露台傾斜角度が、赤道に面し水平面からの仰角を次のようにすることである。

a) 世界の中緯度地帯で、最も多く年間太陽放射を受けるためには、また他に規定がない場合、水平面からの仰角はその場所の緯度マイナス10度とする。

b) 北緯または南緯40度を境とする間の地帯で、年間最も多く紫外線を受けるためには、水平

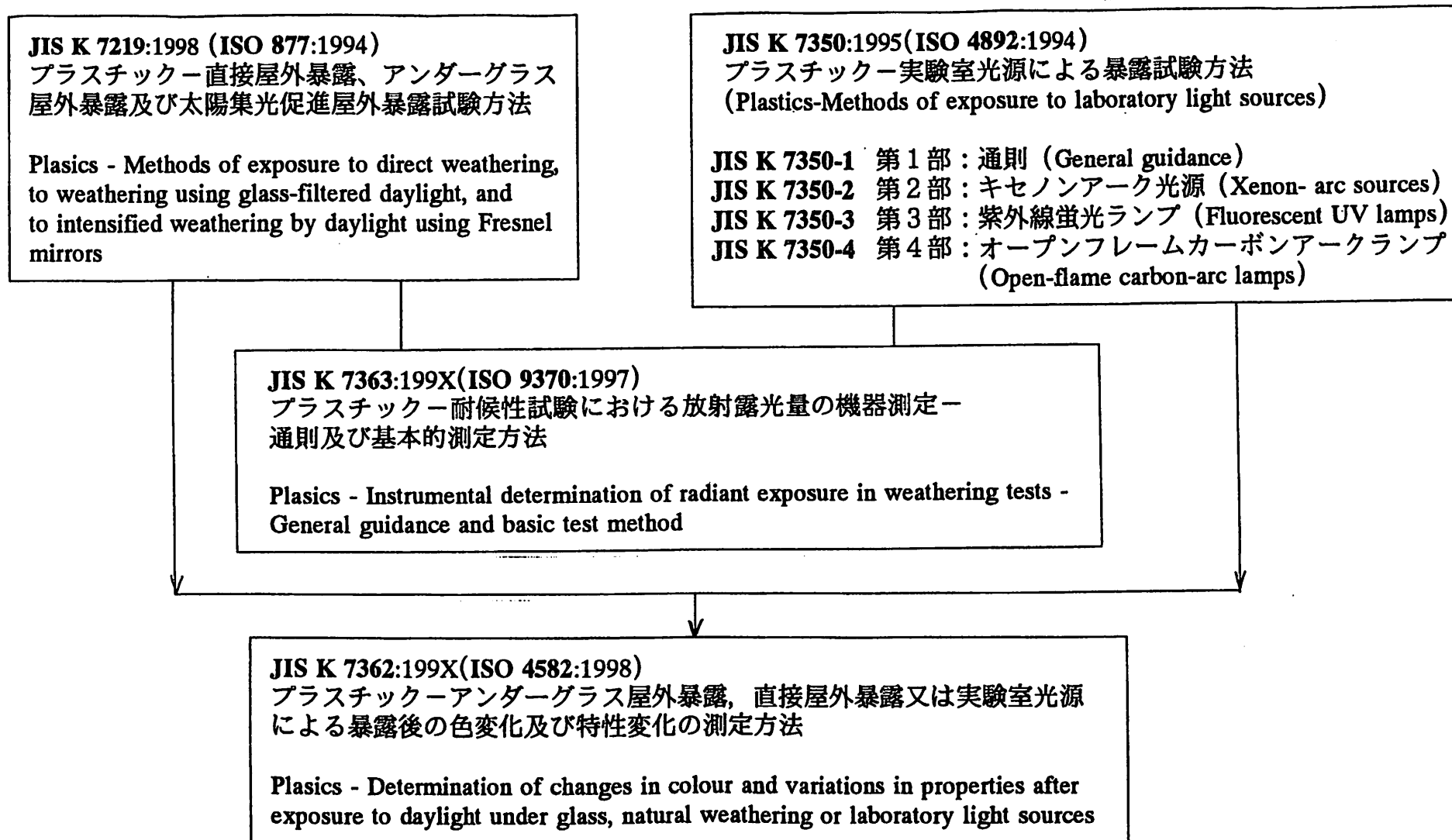


図1 プラスチックの耐候性評価システム

面からの仰角は5～10度にする。この角度は余分な雨水を排除できる水平暴露に相当する。

c) 水平面から10～90度までの特別な角度、例えば建物の面をシミュレートするための垂直暴露や確立しているデータベースとの比較のための45度暴露など。

暴露台の傾斜角については、ISO では永い間南面45度で通してきた。我が国のJIS K 7219でも1984年以来、ISO に合わせて南面45度を踏襲してきたが、1986年の見直し改正において、国内一律、南面30度の規定に変更になっている。今後は、設置場所の緯度マイナス10度となるが、端数は整理し5度刻み程度が妥当な線であろう。照射露光量の機器による測定が規定され、屋外暴露2方法の場合は全天日射計による太陽放射照度の測定、集光促進暴露の場合は直達日射計による測定が規定された。集光型装置が、それを使用する最低条件として、太陽に垂直な面での直達日射と全天日射の比が0.8、年間日照時間3500時間以上で且つ年間の日中の平均相対湿度が30%以下の場所で使用することなどの条件付きで規格に採用された。その他、試験場所の気候区分を報告に付記することとなっているが、附属書B(参考)気候区分には、気候区分地図が示されていないため、我が国の各地域がどの区分に入るのか明確でない。なお、ケッペンの気候区分では北海道が冷帯多雨気候Df、その他の日本全体は温帯多雨気候Cfに分類されている。

表1 気候の区分

一般的によく知られている気候の分類は、以下に示すB.1～B.6までの一般的分類と、気候の詳細をさらに分類したものによって表される。

- | | |
|---------------------|-------------------|
| B.1 熱帯多雨気候 | B.4 多湿亜寒帯気候 |
| a) 熱帯雨林-Af, Am | a) 多湿・大陸性/温暖な夏-Da |
| b) 熱帯サバンナ-Aw | b) 多湿・大陸性/涼しい夏-Db |
| B.2 乾燥気候 | c) 亜北極-Dc, Dcl |
| a) ステップ-BS | B.5 高地気候 |
| 1) 熱帯及び亜熱帯ステップ-Bsh | B.6 極地気候 |
| 2) 中緯度ステップ-Bsk | a) ツンドラ-ET |
| b) 砂漠-BW | b) 氷雪気候-EF |
| 1) 熱帯及び亜熱帯砂漠-Bwh | |
| 2) 中緯度砂漠-Bwk | |
| B.3 温帯気候 | |
| a) 地中海・亜熱帯/乾燥した夏-Cs | |
| b) 多湿・亜熱帯/温暖な夏-Ca | |
| 1) 乾燥した冬-Caw | |
| 2) 乾燥した季節がない-Caf | |
| c) 海洋・涼しい夏-Cb, Cc | |

注: Trewartha, T. T. An Introduction to Weather and Climate. McGraw-Hill, New York, 1947, Plate 1.

2.1.2 実験室光源暴露

Part 1には、Part 2以下の実験室光源による試験の選択及び操作に関する情報と一般指針が述べられている。実験室光源による試験は、自然昼光による長期の暴露効果を促進試験によって得ようとする目的以外に、品質管理や製品検査の目的にも使用される。

自然昼光の暴露によってプラスチックに起こると同じ光化学反応を、促進試験によって起こさせるためには、太陽光の分光分布ができるだけ忠実に再現されることが重要であるとの認識に立って、キセノンアークは適切なフィルターをかけたとき、紫外域及び可視域において平均的な太陽光の分光分布(表2)に最も近似した放射を発生する光源と位置付けている。

屋外暴露との相関関係を低下させる因子として、イ. 自然暴露におけるよりも短波長の紫外線放射の使用、ロ. 太陽光と大きく異なった分光分布をもつ放射の使用、ハ. 非常に高い光束の使用、ニ. 高い試験温度、特に熱効果のみで変化を受け易い材料の場合、などが挙げられる。

また、暴露期間は年月で表してもよいが、紫外線放射エネルギーで表わすことが推奨されている。

放射エネルギーとともに重要視される試験片の温度を代替測定するため、従来使用されてきたブラックパネル温度計(BPT)に加え、ブラックスタンダード温度計(BST)が採用された。BPTとの大きな違いは図2のように白金測温抵抗体を裏面に取付けたブラックパネルを、5mm厚みのポリふっ化ビニリデン板に固定し、試験片ホルダーの金属製取付部等と断熱してある点である。

ブラックスタンダード温度計(BST)とブラックパネル温度計(BPT)との関係は、BSTが断熱効果によりBPTより若干高い温度を指示するようである。なお、BST、BPTの国際比較検討が1994年から行われており、我が国が今年から来年の9月までに最後の検討を行うことになっている。

Table 2 - Spectral global irradiance (condensed data from CIE Publication No. 89 - 1989)

Wavelength nm	Distribution % total	Irradiance Wm^{-2}
300-320	0.4	4
320-400	6.4	70
400-800	55.4	604
800-2450	37.8	412
300-2450	100.0	1090

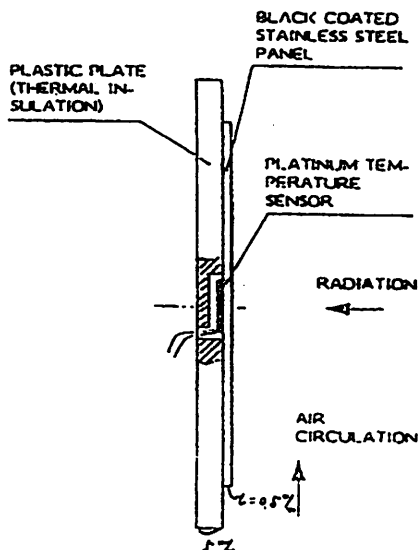


Fig. 2 BLACK STANDARD THERMOMETER

Table 3 - Relative spectral irradiance for artificial weathering (Method A)

Wavelength nm	Relative spectral irradiance ¹⁾ %
> 290 to 800	100 $550 Wm^{-2}$
below 290	0 ²⁾
> 290 to 320	0.6 ± 0.2
> 320 to 360	4.2 ± 0.5
> 360 to 400	6.2 ± 1.0

Table 4 - Relative spectral irradiance for daylight behind window glass (Method B)

Wavelength nm	Relative spectral irradiance ¹⁾ %
300 to 800	100
below 300	0
> 300 to 320	< 0.1
> 320 to 360	3.0 ± 0.5
> 360 to 400	6.0 ± 1.0

1) The spectral irradiance between >290 nm (resp. >300 nm) to 800 nm is defined as 100 %

2) Xenon arcs operating according to Method A emit a small amount of radiation below 290 nm. In some cases, this can cause degradation reactions which do not occur in exterior exposures.

Part 2 のキセノンランプは適切にフィルターカットされたとき、紫外及び可視域で地表上の太陽光の分光分布に近似した放射が得られ（表 3 A 法）、320nm 以下の放射照度を低下させるフィルターが用いられたとき、表 4 B 法の窓ガラスを透過した日光暴露をシミュレートした光源となる。

Part 3 の紫外線蛍光ランプを光源とする試験は、特定波長域の紫外光を集中的に照射するために用いられる。ランプは 300nm以下の分布が 2%以下のType I と10%以上のType II に区分され、Type I にはピーク波長によって、340、351、355、365 などがあり、単独或いは組合せで使用される。Type II は313nm 近くにピークがある。代表的なランプ340、351、の分光分布例と太陽光及びガラスを透した太陽光の分布を図 3、4 に示す。

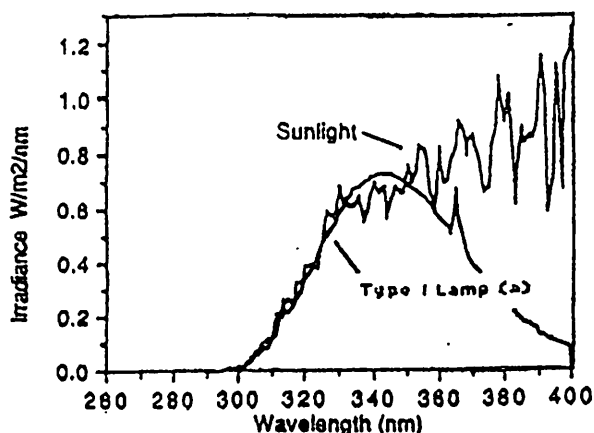


Figure 3 Type I Lamp with 340 nm Peak vs Sunlight

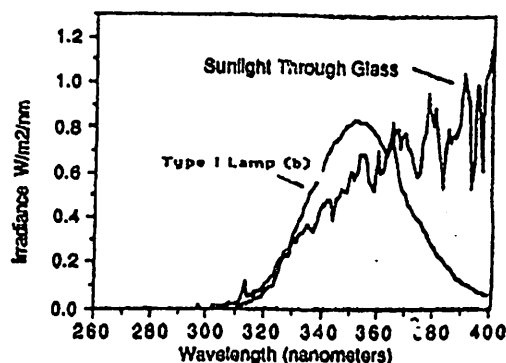


Figure 4 Type I Lamp with 351 nm Peak vs Sunlight Through Window Glass

2.2 放射露光量の機器測定

JIS K 7363には、測定の原理、測定装置、その校正及び測定の手順等が記載されている全天日射計、直達日射計など主として屋外暴露の際、使用される波長選択性のない放射計（表 5）と主として実験室光源に適用される波長選択性のある放射計（表 6）に対する推奨値を示す。

なお、現在、太陽紫外線放射の測定用に市販されている機器は、表 6 に掲げた性能特性のすべてを満たすとは限らない。

放射計の校正は重要な事項である。全天日射計と直達日射計の校正は、ISO TC 80 の ISO 太陽エネルギー専門委員会で作成した手順によって行う。

波長選択性のある放射計の特性及び校正については、ISO 規格本文の記載が簡単で具体性に乏しいので、原案作成委員会に参加して頂いた照明学会及び日本照明委員会のメンバー諸氏が作成した“波長選択性のある放射計の校正についての補足”を附属書 A（参考）として付加した。

この規格の題名は耐候性試験における放射露光量の機器測定となっているが、内容は放射露光量を求めるために必要な放射照度の測定方法に重点が置かれ、“放射照度及び放射露光量の機器測定”であると言える。また、ISO TC 61 における必要性から作成されたのでプラスチックの耐候性を対象とした規格になっているが、光によって劣化するあらゆる有機材料の暴露試験に適用できる基本的な規格である。

プラスチックの耐候性試験における本規格の活用法は次のとおり。

a) 屋外暴露試験

全太陽放射及び太陽紫外放射の測定によって、一つの場所で異なる時間に行う暴露試験の比較が容易になり、また同様な気候であるが異なる場所で得た試験結果が比較し易くなることもある。しかし、異なった場所での暴露から得た結果の比較では、また、温度、湿度や他の気候因子が、太陽放射レベルと同じく製品劣化のタイプや速度に与える影響を考慮しなければならない。

表5 波長選択性のない放射計の正確さに関する推奨値
(適用する場合は、 1000Wm^{-2} の放射照度を基準とする。)

機器の種類	目盛の 細かさ Wm^{-2}	安定性 %	温度特 性 ⁽¹⁾ %	波長選 択性 %	非線形 性 %	応答 時間 s	角度特 性 ⁽²⁾ %	傾斜角 特性 %
1級 直達日射計	±4	±1	±2	±1	±0.5	<20	--	±0.5
1級 全天日射計	±5	±1.5	±2	±5	±1	<30	±2	±2
2級 全天日射計	±10	±5	±4	±10	±3	<60	±3	±3
注 ⁽¹⁾ 50°Cの温度範囲で 注 ⁽²⁾ ビーム状放射に対する								

表6 波長選択性のある放射計に対する推奨値

装置特性	放射計の種類		
	狭帯域	広帯域	超広帯域
波長領域 nm	(¹)	(¹)	(¹)
半値幅(FWHM) nm	<20	20 ~ 70	>70
帯域外プロッキング	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}
コサイン応答 天頂から 0° ~60° %	±4	±4	±4
放射照度(E) の範囲 Wm^{-2}	(²)	(²)	(²)
目盛の細かさ Wm^{-2}	0.05	0.1	0.2
使用温度の範囲 ⁽³⁾ 屋外 °C	-30 ~ 60	-30 ~ 60	-30 ~ 60
使用温度の範囲 ⁽³⁾ 屋内 °C	25 ~ 60	25 ~ 60	25 ~ 60
最大温度係数 %/°C	0.1	0.1	0.1
非線形性, 全領域 %	2	2	2
相対湿度の範囲 %	0 ~ 100	0 ~ 100	0 ~ 100
注 ⁽¹⁾ 適用先の要求事項又は暴露試験の要求項目によって決まる。 放射計の購入又は組立前に機器メーカーの技術者若しくは光 放射測定知識をもつ専門家の意見を聞くこと。 注 ⁽²⁾ 放射計及びデータ採取システムによって変わる。 注 ⁽³⁾ 周囲温度であり、放射計の温度ではない。			

b) 屋外暴露試験と実験室促進暴露試験の結果の比較

紫外線放射及び／又は可視光線放射を測定すると、人工促進試験の結果と屋外暴露の結果を比較するのに役立つ場合がある。これを行うには、幾つかの帯域で比較する必要がある。暴露の相対的な厳しさを評価し、促進暴露試験が自然暴露では起こらない劣化反応をもたらすかもしれない危機性を推定するには、短波長紫外帯域における放射を比較する必要がある。促進試験で用いられる放射の強度と分光分布は、自然暴露で得られる結果と比較出来るかどうかを決める一要因にすぎない。それらの比較を行う場合にはまた、温度、湿度、及びその他の気象因子（特に、大気汚染の影響）を考慮しなければならない。一つの材料で放射レベルを高めた場合の応答の違い、起こり得る温度及び／又は湿度の差異、並びに自然暴露試験における汚染作用の可能性があるので、放射の度合いの比較に基づいて促進試験の時間を自然暴露の時間に関係付ける“促進係数”は決して用いてはならない。

c) 実験室光源を用いる促進暴露試験

紫外放射と可視放射を測定すると、実験室光源を用いた促進暴露試験の再現性を向上するのに役立つ場合がある。しかし、ただ一つの帯域で露光量を比較するのは、フィルターの違いやソラリゼーションによって引き起こされるすべての差異を検出するには、通常、十分ではない。一般に、フィルターの変化による放射の変化を検知するために最も良い方法は、短波長の通過帯域と長波長の通過帯域の両方で放射をモニターすることである。これは、実験室促進暴露試験の間の再現性を向上させる上で不可欠である。

2.3 暴露後の色変化及び特性変化の測定

プラスチックの耐候性を評価する際、その製品の用途により、色、外観等の変化を重視する分野と機械的特性の変化を重要視する分野とがあり、初期に作られた規格は、色変化だけを対象とする耐候性試験方法の規格のみであり、比較的長い歴史をもっている。

今回の統合、見直し作業においても、規格の構成について討議を重ねたが、最終的に色や外観を重視する製品分野と機械的特性を重視する製品分野とは異なるということで、原規格では4. 色変化又はその他の外観特性の変化の測定と5. 機械的特性又はその他の特性の変化の測定の2項に分けて編集された。従って、内容も一部重複した個所がある（表7, 表8）。

ISO における原案作成段階においては、絶縁破壊、抵抗率等の電気的特性や分子量、メルトフローインデックス等も挙げられていたが、電気的特性はIEC 規格に委ねることにし、分子量、メルトフローインデックス等については、プラスチックのマテリアル・リサイクルに関する情報として重要な意味をもつが、別途、リサイクル関連の規格として制定が望まれる。

耐候性試験の結果は、一般にバラツキが大きいといえる。

本規格の附属書A（規定）には、測定した特性の変化率或いは保持率の平均及び標準偏差のISO 2602 による統計処理による求め方と、特性値が所定レベルに到達する暴露時間又は放射露光量を求める手順が規定されている（図5）。これらは、今後、普及が望まれる注目すべき規定といえよう。

3. ISOにおける耐候性関連の動き

3.1 マルチポイントデータ

国際規格に基づくプラスチックのコンピューターデータベースである CAMPUS が近年注目されている。CAMPUS に使用する耐候性データをとるためのISO 規格として、マルチポイントデータの取得と提示－第3部：環境特性 が来年度JIS 化される予定である。

この規格では JIS K 7350-2 キセノンアーク光源を使用した表9の照射条件で行った耐候性試

表7 代表的な外観特性の変化の測定方法

評価する特性	関連規格	データの表示
光沢保持率	ISO 2813 *	定量的
光線透過率	JIS K 7361-1	定量的
ヘーズ	ISO 14782	定量的
チョーキング	ISO 4628-6 *	スケール**
質量		定量的
寸法		定量的
き裂又はクレーズ		スケール**
層間はく離		スケール**
反り		スケール**
微生物の成長		スケール**
材料表面への物質の移行		スケール**
<p>注 * 塗料に関する試験方法であるが、プラスチックにも適用可能 ** 推奨する表示スケールについては、6.2.2 を参照</p> <p>6.2.2 外観変化の目視評価</p> <p>変化なし ほとんど変化なし 少し変化あり ある程度の変化あり 相当な変化あり</p>		

表8 プラスチックの暴露効果の評価に用いる代表的な機械特性試験

評価特性	関連規格
引張特性、特に引張破壊伸び	JIS K 7161 JIS K 7162
曲げ特性	JIS K 7171
衝撃特性	
シャルピー衝撃特性	ISO 179
アイゾット衝撃特性	ISO 180
非計装衝撃試験	ISO 6603-1
計装パンクチャー試験	ISO 6603-2
引張衝撃試験	JIS K 7160
ビカット軟化温度	ISO 306
荷重たわみ温度	JIS K 7191-1～JIS K 7191-3
動的機械特性	ISO 6603-1, 6603-3, 6603-5
化学変化（例えば、赤外分光分析）	

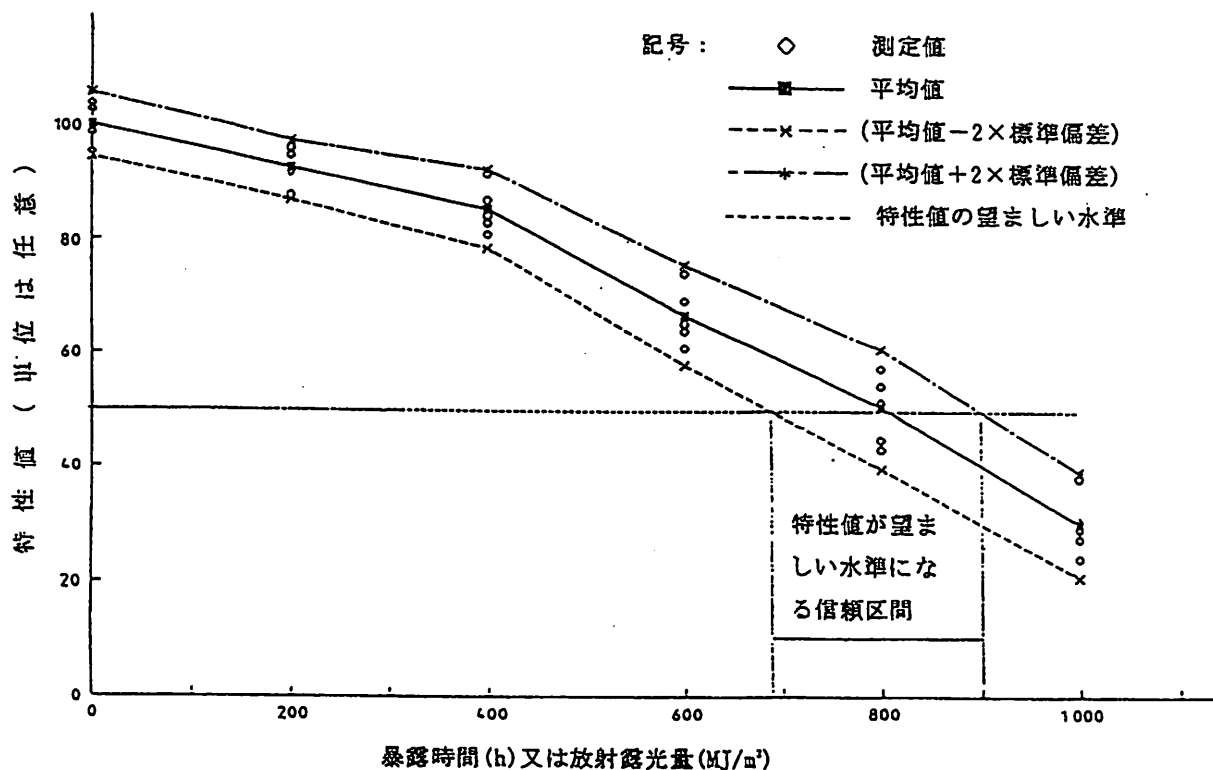


図5 特性値が所定の水準に到達するのに必要な暴露時間又は放射露光量の計算

表9 照射条件

照射条件	1 : 外気	2 : ガラス透過/低温	3 : ガラス透過/高温
想定用途	屋外	屋内	自動車内装
ISO 4892-2	A法	B法	——
絶対放射照度	550W/m ² ± 50W/m ²	550W/m ² ± 50W/m ²	550W/m ² ± 50W/m ²
波長範囲	290-800nm	300-800nm	300-800nm
ブラックスタンダード温度	65 ± 3 °C	65 ± 3 °C	100 ± 3 °C
相対湿度	65%RH ± 5%	65%RH ± 5%	50%RH ± 5%
水噴霧 サイクル	噴霧時間	18min	——
	停止時間	102min	——

験の結果から、暴露後の引張り強さ及び引張り破断仕事量を求め、これから前項で述べた特性値の50%低下に対応する放射露光量GJ/m²を求める方法によって、引張り強さが50%に低下するために要した放射露光量を求めて耐候性を表す。ただし、この場合、引張り破断仕事量に関しては、50%低下ではなく25%低下、すなわち保持率で75%となっている。

その理由は、多くのプラスチックで暴露による引張り破断伸びの低下が早く起こり、かつ、データのばらつきも大きいことから、我が国から提出したデータと意見に基づき、引張り破断伸びを引張り破断仕事量とし、その保持率も75%としたものである。マルチポイントデータに関するISO規格では信頼区間を報告することが規定していないが、それを報告することが望ましい。

3.2 光易分解性プラスチック試験法

光易分解性プラスチックの屋外暴露及び人工光源暴露による易分解性の評価については、次のようなASTMの方法があり、現在、ISO規格として検討中である。

光易分解性プラスチックの屋外暴露試験方法 (D 5272) では、暴露角度 5° 、295 ~ 385nm の UV照度計の使用など、紫外域に焦点を合わせた暴露条件になっており、分解レベルを決定する性質として、分子量、引張り強さ及び伸び、ポリオレフィンの場合は、カルボニルインデックスを挙げている。分解性PE/PPにおける引張試験を利用した分解 end pointの決定 (D 3826) では、厚さ 1mm 以下のフィルムの場合、試験片の75%以上が、引張り伸び率5%以下になったとき、分解 end point (ぜい化点) に達したとする。実験室光源暴露試験法については、キセノンアーク光源を用いる方法 (D 5071) と、紫外線蛍光灯を用いる方法 (D 5208) があり、後者ではUV-340 の蛍光灯を採用している。操作条件は、所定温湿度の下での光照射のほか、光易分解性プラスチックの分解特性により、それぞれ光照射；湿潤・結露の時間比が違う2条件が定められている。その他、光分解性を付与した、つり具、包装用フィルム、ラミネート製品等を対象とした海洋浮上暴露下のプラスチックの耐候性 (D 5437) では、試料取付けイカダや、試料取付け具、試験片、試験海域、操作等が定められ、暴露物の代表的な測定項目として、平均分子量、引張特性、赤外分光、比重を挙げている。

4. 耐候性試験におけるリファレンス試料の活用

リファレンス試料 (JIS K 7200 標準試験片) はトランス-ビニリデン基を導入したポリエチレンフィルムで、光に照射すると光酸化反応によって、カルボニル基が生成する。放射露光量とカルボニル量は比例するので、カルボニル量によって照射エネルギーを校正する。

このリファレンス試料フィルムを供試試料 (PP) と同時に気象因子の違う各地の暴露場所に屋外暴露し、PPの光沢度の保持率と、リファレンス試料フィルムの積算カルボニル量とをプロットすると図6のように、キセノン耐候試験機による値及び各地のデータがほぼ同一曲線上にプロットされる。リファレンス試料のカルボニル量を共通のパラメータとして、地域差が明確にされ、異なる地域での耐候性を予測することができる。このような関係は屋外暴露と促進試験機による結果との間にも成立する。このリファレンス試料が適用できるケースは、樹脂、特性によって適否があり (表10参照)、その区分も系統的に明らかにされていないのが現状である。しかし、この種のリファレンス試料の活用により異種試験の相関性、寿命予測等耐候性評価水準の向上が期待できるので、今後、分光吸光特性、劣化反応とその活性化エネルギー等を考慮した各種のリファレンス試料の開発が望まれる。

5. 耐候性試験における今後の課題

今回のJIS 制定により、プラスチックの耐候性評価体系が、一応、整備されたと言えるだろう。無論、古い規格の残された部分や新しい規格の足らない部分など若干の問題点が残されていることも事実であり、順次、改定を加え、より完璧なものとする努力が続けられることを期待したい。

この評価システムでは、屋外暴露と実験室光源暴露の両方法それぞれの質を高める規定は整備されてきたが、肝心要の屋外暴露と実験室暴露との相関関係については、何もふれていない。前述4項のリファレンス試料を用いる方法により、両者の相関関係を知ることができる可能性がある程度期待できるだろう。

今年度から、日本化学工業協会の化学標準化センターのプロジェクトとして発足し、日本ウエザリングテストセンターが受注して検討しているリファレンス試料関連の研究に期待が寄せられる。

参考文献

日本ウエザリングテストセンター 「新発電システムの標準化に関する調査研究」報告書 (平成7年3月)

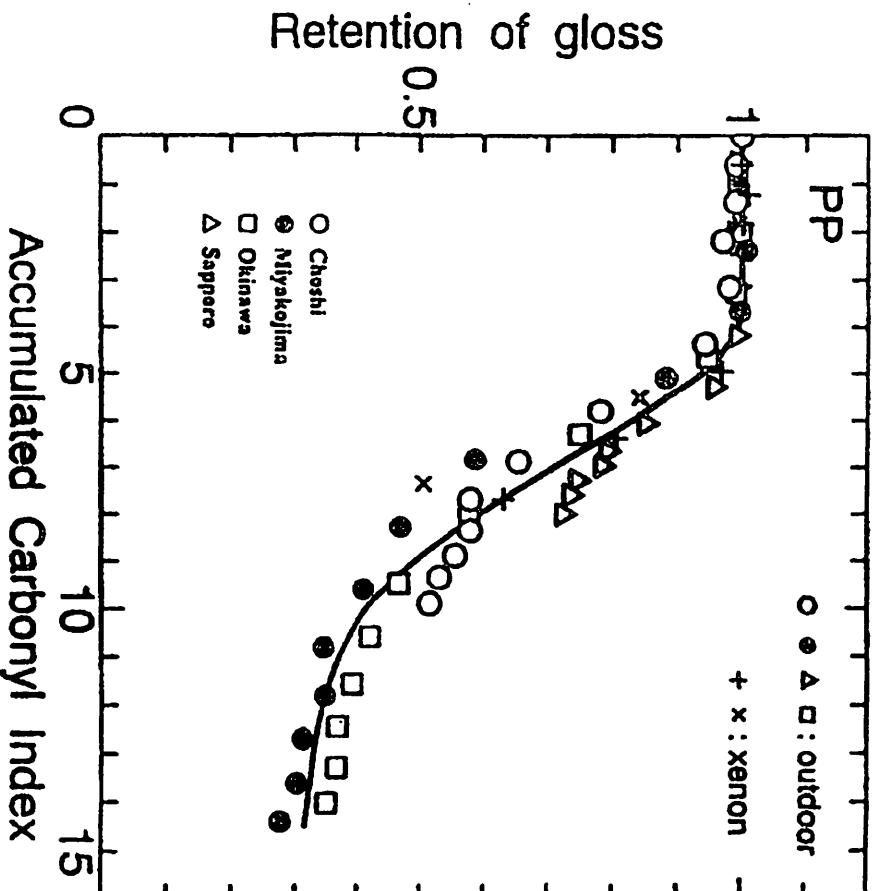


Fig. 6 Correlation between accumulated Carbonyl Index and change of gloss in PP

表10 カルボニル法の適用例

◎ …… 屋外と促進とも適用可能（共通の曲線）⇒促進試験（水無しキセノン）から屋外の予測が可能。

屋外暴露により他の地域での予測も可能。

○ …… 同上 ⇒バラツキが大きいが促進試験から屋外の予測がおおよそ可能。

△ …… 屋外のみ適用可能（屋外と促進試験では異なる曲線）⇒屋外暴露により他の地域での予測が可能。

× …… バラツキが大きく不可。

項目 試料	引張破断 伸び	曲げ強さ	衝撃強さ	光沢	黄変度	分子量	可塑剤
PP	○	◎		◎	△		
LDPE	◎	◎		△ 鏡子、札幌変化少ない	×		
HDPE	○	◎		△ 鏡子、札幌変化少ない	×		
PVC 硬質 シート	○	△ 促進の時間が少ない	◎	◎	×	変化が少ないため 評価せず	
PVC 軟質 シート	○			×	△	◎	◎(DOP)
PVC 硬質 フィルム	△				△	△ 促進の変化少ない	
PVC 軟質 フィルム	変化が少ないため 評価せず			変化が少ないため評価 せず	変化が少ないため 評価せず	変化が少ないため 評価せず	◎(DOA) DOPの変化少ない
PMMA 3mm	変化が少ないため 評価せず	変化が少ないため 評価せず	変化が少ないため 評価せず	△ 札幌マイアミの変化少 ない	△ 札幌マイアミの変 化少ない	◎	
PMMA 2mm	変化が少ないため 評価せず	変化が少ないため 評価せず	変化が少ないため 評価せず	△ 札幌マイアミの変化少 ない	△ 札幌マイアミの変 化少ない	◎	
PC	◎			×	△	△ 促進の変化少ない	
PA	△		×	△	△	△	
ABS	◎	変化が少ないため 評価せず	△ 促進の変化少ない	×	○		

平成5年～平成9年の5年間の環境因子の状況（銚子暴露試験場）

観測項目		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均・合計値		
気温 (°C)	最高	10.5	11.3	13.1	17.5	20.6	23.5	28.3	30.3	26.4	22.0	17.5	13.5	19.5		
	最低	-1.7	-1.5	1.7	4.8	10.7	15.9	18.2	20.4	16.4	11.5	4.7	-0.6	8.4		
	平均	4.6	4.8	7.5	12.2	16.3	19.4	22.7	24.5	21.6	17.4	12.4	7.2	14.2		
湿度 (%)	最低	35	37	46	48	60	70	70	63	65	53	45	35	52		
	平均	65	62	68	73	81	84	88	86	85	79	75	68	76		
日照時間 (h)		183.3	179.2	154.2	180.7	178.2	118.8	161.2	206.2	136.9	146.0	146.2	169.8	1960.7		
試験板平均 温度(°C)	黑板	5.1	5.5	8.3	13.3	17.5	20.4	24.0	26.0	22.8	18.4	13.1	7.9	15.2		
	白板	3.2	3.5	6.6	11.4	15.6	18.7	22.3	24.2	21.2	16.7	11.4	6.0	13.4		
結露時間 (h)		129.39	108.12	169.97	194.38	218.71	270.60	308.44	244.78	264.90	231.17	227.96	184.59	2553.01		
降水時間 (h)		63.84	38.71	95.43	63.98	69.10	83.66	69.20	22.89	83.34	79.67	63.97	49.24	783.03		
降水量 (mm)		97.7	72.6	153.5	79.7	140.3	133.1	170.1	74.5	331.8	114.5	125.5	67.4	1560.7		
風速 (m/s)	日最大	7.1	7.9	7.5	7.9	7.6	7.2	6.8	6.6	6.9	6.3	6.5	6.9	7.1		
	日平均	3.5	3.7	3.9	3.9	3.9	3.6	3.5	3.6	3.6	3.2	3.1	3.2	3.6		
風向	日最大	NW	NNW	NNE	SSW	SSW	SSW	S	SSW	NNE	ENE	ENE	N			
	日最多	NW	NW	NE	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	NNE	SW	NE	NNE			
日射量・ 南面 MJ /m ²	(1)	全日	0°	257.11	312.99	364.20	474.76	523.77	435.12	492.19	542.25	361.49	314.48	237.52	231.01	4546.89
		射量	30°	435.44	466.22	449.16	508.08	499.13	401.12	461.08	551.02	398.20	406.84	361.39	383.71	5321.39
			45°	480.64	486.00	444.44	475.66	446.95	352.60	405.57	504.52	380.64	416.30	389.87	430.45	5213.64
			60°	490.69	476.21	409.21	413.20	371.61	292.05	338.15	434.37	346.29	403.45	394.48	443.54	4813.26
			90°	442.09	398.83	300.63	259.15	203.16	154.59	171.49	248.76	230.75	313.92	340.13	407.95	3471.45
	(2)	紫外線	0°	16.12	19.51	24.25	30.53	35.29	31.08	35.00	36.61	25.53	22.12	16.21	14.75	306.50
			30°	19.94	23.09	26.41	31.11	33.81	29.57	33.34	36.70	26.73	24.38	18.91	17.75	321.74
			45°	20.47	23.16	25.19	28.70	30.07	25.96	29.61	33.45	24.98	23.63	18.86	18.06	302.14
			UG45°	14.89	16.65	17.61	19.54	20.20	17.35	19.87	23.17	17.34	16.99	13.88	13.36	210.85
			可視部 (3)	121.38	145.64	177.94	229.96	262.39	227.32	256.58	277.70	186.19	158.16	116.98	107.19	2267.43
	赤外部 (4)	101.08	126.01	155.83	210.09	230.31	187.87	211.28	227.37	143.17	123.29	92.40	87.13	1895.83		
海塩粒子量 (5)		0.146	0.197	0.283	0.162	0.096	0.200	0.107	0.144	0.176	0.146	0.071	0.084	0.151		
酸化物量 (6)		0.090	0.085	0.051	0.056	0.056	0.054	0.048	0.048	0.036	0.047	0.051	0.067	0.057		

注1. 欠測値がある場合は、測定値の平均とする。 2. 最高値、最低値及び最大値は、その期間の該当するものとする。

3. 風向は、最新のものをを用いる。

4. 測定機器・単位等：(1)ネオ(MS-801)型日射計(波長域300～3000nm)英弘精機産業(株)製を使用。(2)積算照度記録装置(PH-11-UT)型(波長域300～400nm)スガ試験機(株)製を使用。(3)積算照度記録装置(PH-11-VT)型(波長域400～700nm)スガ試験機(株)製を使用。(4)積算照度記録装置(PH-11-IT)型(波長域700～3000nm)スガ試験機(株)製を使用。(5)単位はmg・NaCl/day/100cm²である。(6)単位はmg・SO₃/day/100cm²・PbO₂である。

平成5年～平成9年の5年間の環境因子の状況（宮古島試験場）

観測項目		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均・合計値	
気温 (°C)	最高	21.0	21.1	23.0	26.2	27.9	30.5	32.2	31.7	30.1	28.7	26.0	23.6	26.8	
	最低	14.0	13.7	15.3	18.2	20.8	23.6	25.0	24.7	23.2	21.3	18.1	14.6	19.4	
	平均	17.5	17.2	19.0	22.3	24.1	27.0	28.4	27.8	26.6	24.6	22.4	19.4	23.0	
湿度 (%)	最低	56	58	62	57	66	70	61	65	58	61	54	51	60	
	平均	72	73	78	81	83	85	80	81	77	76	75	71	78	
日照時間 (h)		94.8	72.3	112.3	122.0	140.0	192.6	242.0	209.1	193.7	151.3	125.2	98.3	1753.6	
試験板平均 温度(°C)	黑板	19.0	18.9	20.8	24.7	26.6	29.8	31.3	30.6	29.6	26.8	24.4	21.1	25.3	
	白板	18.1	17.9	19.8	23.5	25.3	28.3	29.6	29.1	28.0	25.5	23.3	20.2	24.1	
結露時間 (h)		137.00	128.86	188.33	173.46	156.54	155.00	116.48	159.42	152.25	180.16	155.01	102.52	1805.03	
降水時間 (h)		83.12	59.72	56.83	38.65	73.69	61.96	33.81	52.59	48.16	55.08	53.49	39.00	656.10	
降水量 (mm)		123.0	87.6	117.8	91.7	238.2	195.5	106.7	149.8	199.8	134.3	66.9	57.5	1568.8	
風速 (m/s)	日最大	8.9	8.5	8.5	8.3	6.4	7.5	8.0	9.5	9.2	9.4	9.5	9.1	8.6	
	日平均	5.1	5.2	5.0	4.7	4.5	4.5	4.4	4.8	4.8	5.3	5.4	5.3	4.9	
風向	日最大	N	N	NNE	SSE	S	SW	SSE	ESE	N	NE	N	NNE		
	日最多	N	N	NNE	NNE	S	S	SSE	ESE	NNE	NE	NE	NNE		
日射量 南面 MJ /m ²	(1)	0°	265.24	252.91	370.66	452.23	485.72	576.53	654.87	593.38	518.78	414.42	332.13	268.58	5185.45
		20°	318.65	284.41	402.13	460.26	463.64	535.81	609.20	583.32	543.60	471.33	399.55	327.08	5398.98
		30°	333.01	288.83	400.27	441.97	436.08	494.21	565.20	547.58	527.46	473.77	412.24	339.43	5260.05
	(2)	0°	17.84	17.45	26.13	33.58	36.99	43.66	48.77	42.34	36.56	29.53	22.55	18.23	373.63
		20°	20.77	19.75	28.44	34.41	36.16	41.95	47.05	41.80	38.40	31.39	25.75	21.23	387.10
		30°	20.18	18.70	26.95	32.51	33.71	38.44	43.35	39.75	37.17	31.11	25.81	20.94	368.62
		UG30°	11.88	10.92	16.45	20.14	20.73	23.67	26.90	24.68	23.19	19.42	16.09	12.87	226.94
	(3)	可視部	136.96	132.60	192.93	244.63	267.18	319.26	360.39	318.34	271.54	223.84	176.22	142.01	2785.90
		赤外部	127.28	119.68	179.50	218.93	233.49	272.50	312.26	275.67	235.18	193.44	155.57	127.51	2451.01
	(5)		海塩粒子量	0.687	0.423	0.366	0.190	0.232	0.399	0.377	0.309	0.359	0.373	0.439	0.394
(6)		酸性化物量	0.039	0.059	0.062	0.032	0.024	0.031	0.025	0.068	0.030	0.062	0.041	0.044	

注1. 欠測値がある場合は、測定値の平均とする。

2. 最高値、最低値及び最大値は、その期間の該当するものとする。

3. 風向は、最新のものを用いる。

4. 測定機器・単位等：(1)ネオ(MS-801)型日射計(波長域300～3000nm)英弘精機産業(株)製を使用。(2)積算照度記録装置(PH-11-UT)型(波長域300～400nm)スガ試験機(株)製を使用。(3)積算照度記録装置(PH-11-VT)型(波長域400～700nm)スガ試験機(株)製を使用。(4)積算照度記録装置(PH-11-IT)型(波長域700～3000nm)スガ試験機(株)製を使用。(5)単位はmg・NaCl/day/100cm²である。(6)単位はmg・SO₂/day/100cm²・PbO₂である。