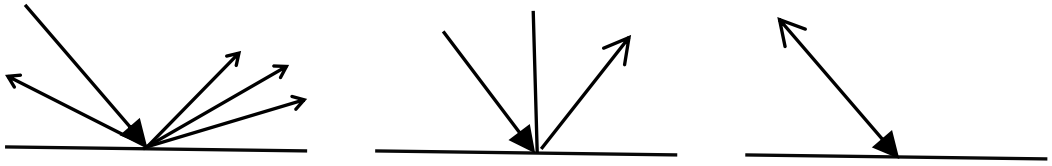
― 反射 ―

〈反射とは〉

光学的な反射の定義としては、拡散反射、鏡面反射、再帰反射の３種類に分類される。
反射シートで言う反射とは、このうち再帰反射のことである。



拡散反射　　**鏡面反射**　　**再帰反射**

１）拡散反射

通常、物体を視認する場合の反射機構で、物体に当たった光はあらゆる方向に拡散反射する。光のエネルギーは全方向に拡散するので光源方向への反射効率が悪くなり、夜間において物体は暗く光源方向からの反射物の視認性は悪くなる。

２）鏡面反射

鏡面反射の場合、物体に当たった光は入射角に等しい出射角で全光束が反射する。反射光は強いが、光源方向へは反射しないことから、夜間において光源方向からの反射物の視認性は悪い。

３）再帰反射

再帰反射とは光学上特殊な反射機構であり、入射した光が光源方向に反射する。光源方向に光が帰って来ることから、夜間において光源方向からの反射物の視認性は良好である。ただし、例えば夜光塗料や蓄光テープのように物体自体が発光するものではない。

〈再帰反射する仕組み〉

反射シートには大別して、ガラスビーズを用いた露出レンズ型、封入レンズ型、カプセルレンズ型とガラスビーズを使用しないプリズム型の４種類に大別される。
ガラスビーズを使用した反射シートには、微小な球状のガラス体を用いており、凸レンズの一種として機能する。入射した光はガラスビーズ界面で屈折され、焦点に集光する。その焦点に金属などの光反射層があるとそこで反射し再びガラス球を通って光源方向に光が戻る。**（図１参照）**
よって、ガラスビーズを使用した反射シートは、焦点距離の正確な決定及び光反射層の反射効率によって反射性能が決定されるものと言える。

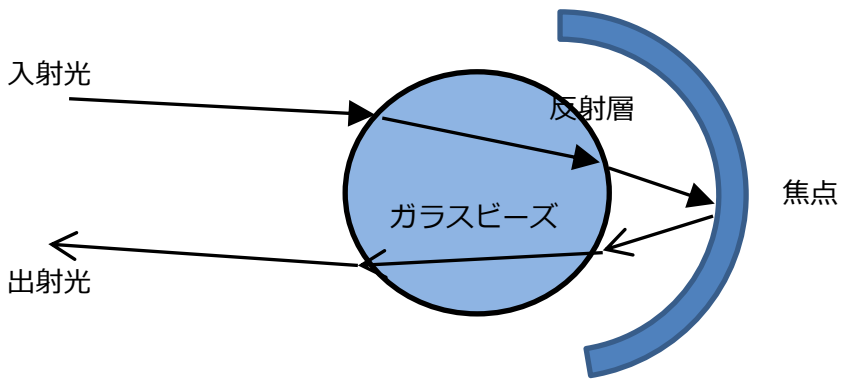


図 1－ガラスビーズを用いた場合の反射する仕組み

1）露出レンズ型（オープンビーズタイプ）

このタイプは反射性能を高くすることが可能であるが、赤や青といった有色の反射光を得ることができない。また、ガラス球の半分が露出しているためガラス球にごみが付着し易く、また雨などにより表面に水滴が付着した場合に反射性能が著しく低下するという欠点はあるが、靴や衣料用などに用いて夜間視認性を高める安全商品として利用価値がある。**（図 2 参照）**

1	ガラスビーズ
2	反射層
3	結合剤層
4	接着層
5	布

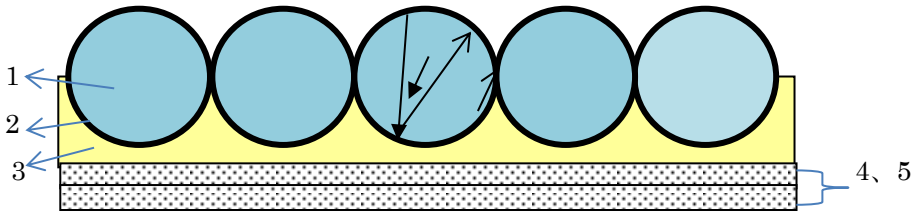


図 2－オープンビーズタイプを用いた場合の反射する仕組み

2）封入レンズ型

このタイプは、粒径の揃った高屈折率ガラスビーズが樹脂の中に封入されているタイプである。表面が透明で平滑な樹脂層で覆われており、これを着色することで有色の反射光を得ることは容易である。また、雨などにより表面に水滴が付いても反射性能の低下は殆ど認めらない。そのために、広く道路標識、看板、自動車のナンバープレートなどとして利用されている。**（図 3 参照）**

1	表面層
2	結合剤層
3	ガラスビーズ
4	焦点層
5	反射層
6	接着剤層
7	セパレーター

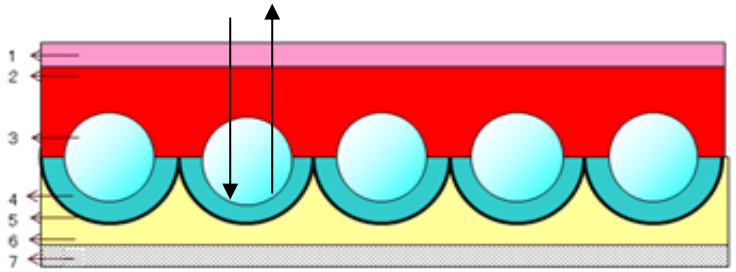


図 3－封入レンズを用いた場合の反射する仕組み

3）カプセルレンズ型

露出レンズ型の欠点であるガラスビーズが露出している点を改良したタイプである。このタイプはガラスビーズの半分にアルミニウム等の金属で反射層が設けられており、この部分が合成樹脂中に埋められ、また、ガラスビーズの露出を避けるため、カプセル化されて表面を透明で平滑な樹脂層で覆っている。反射性能としては、封入レンズ型の約２．５倍を有している。**（図４参照）**

1	表面層
2	結合剤層
3	空気層
4	ガラスビーズ
5	反射層
6	接着剤層
7	セパレーター

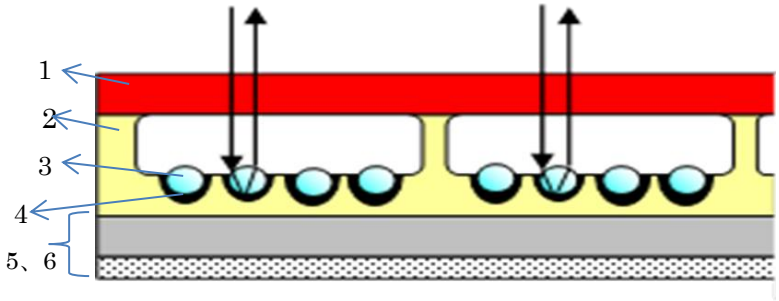


図４－カプセルレンズを用いた場合の反射する仕組み

4）プリズム型

プリズム型は、キューブコーナー素子の互いに直角な３面でそれぞれ反射し再帰反射するタイプで、素子が細密充填されており反射効率が高い。素子形状や配列により反射特性を制御することができ、道路標識や交通安全用品類に適した視認性を与えることが可能である。（**図５参照**）

1	表面層
2	プリズム層
3	空気層
4	結合剤層
5	接着剤層
6	セパレーター

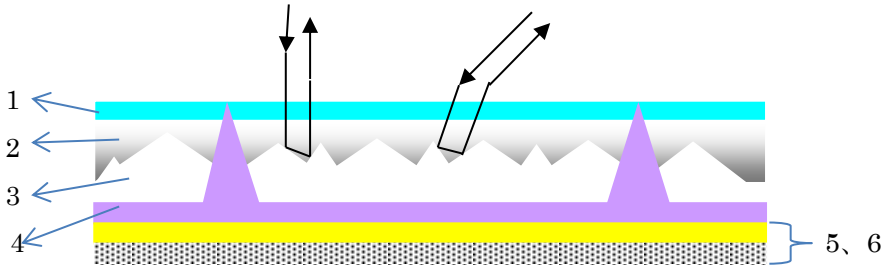


図５－プリズムを用いた場合の反射する仕組み

5）反射シートの特性

再帰反射シートは、光学上特殊な反射機構で入射した光が光源方向に帰ることであることは前述した通りであるが、その耐久性は例えば JIS Z 9117 を準拠したものは、屋外で南面に１０年曝露しても輝度初期値の８０％を維持し、色相は所定の色度座標枠内に収まり、優れていることが伺える。

6）再帰性反射材、ＪＩＳ規格

再帰性反射材関係 JIS Z 9117:2011　の概要を次に示す。

① 適用範囲

この規格は、再帰性反射材について規定する。主に次の再帰性反射材に適用される。

a）道路、軌道、トンネル内などにおける交通の安全及び交通の円滑化を図るための道路標識、その他道路の付属物、車両、電柱下部及び踏切柵

b）工場、鉱山、建設作業所及びその他の事業所において、夜間又は暗所における災害防止のための保安機材、JIS Z 9117 に規定する安全標識。

② 用語及び定義

<道路標識>

道路標識、区画線及び道路標示に関する命令（標識令）に規定する道路標識。

<道路の付属物>

ガードレール及びその他の道路法による道路の付属物。

<再帰反射>

広い照射角にわたって、入射角の光路にほぼ沿う方向に、選択的に反射光が戻るような反射。

<再帰性反射材>

再帰性反射性能を持つ材料。

<照射軸>

再帰性反射体の基準標点とそれを照射する光源の中心とを結ぶ軸

<観測軸>

照射軸と観測軸とがなす角。

<観測角>

照射軸と観測軸とがなす角

<入射角>

照射軸と試験片表面中心の法線との間の角度

<再帰反射係数R'>

再帰反射面による観測角への光度（I）を、入射光の方向に垂直に置かれた再帰反射面が受ける照度（Es）とその面積（A）との積で除して得られる商。

$R' = I / Es \times A$

再帰反射係数はｃｄ・Lx^{-1}・m^{-2}で表される。

A：試験片表面積（㎡）

$I = E r \times d^2$

Ｉ：試験片による観測軸方向への光度（cd）

Er：配置における受光器上の照度（Ix）

ｄ：試験片表面中心及び受光基準面間の距離（m）

<反射性能の測定方法>

反射性の測定方法を**図 6** に示す。

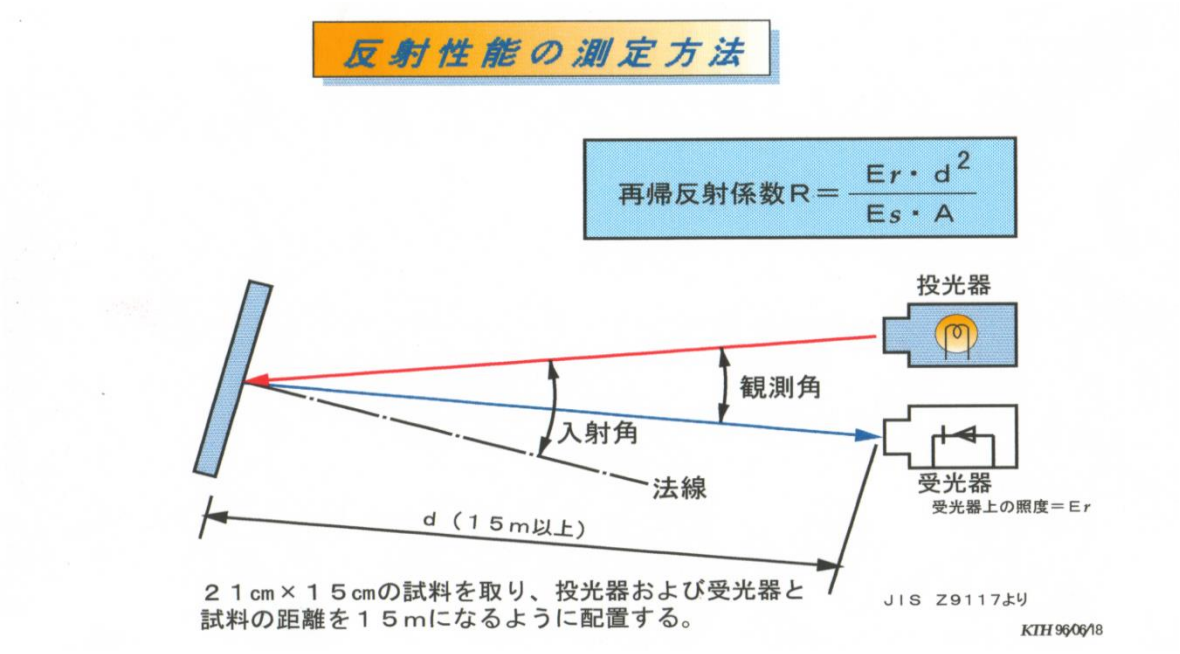


図 6－反射性能の測定方法

③ 再帰反射材の種類

再帰反射材は、種類、接着方法及びタイプによって**表-1** に区分される。

表１－種類、接着方法、タイプ及び適用環境

種類	接着方法	タイプ	主な適用範囲
封入レンズ型	加圧形 加熱圧着形 非接着形	タイプ　１－Ａ－ａ	屋外長期使用
		タイプ　１－Ａ－ｂ	屋内使用
		タイプ　１－Ｂ－ｂ	屋外短期使用
カプセルレンズ型	加圧形 加熱圧着形	タイプ　２－Ａ－ａ	屋外長期使用
		タイプ　２－Ａ－ｂ	屋内使用 屋外短期使用

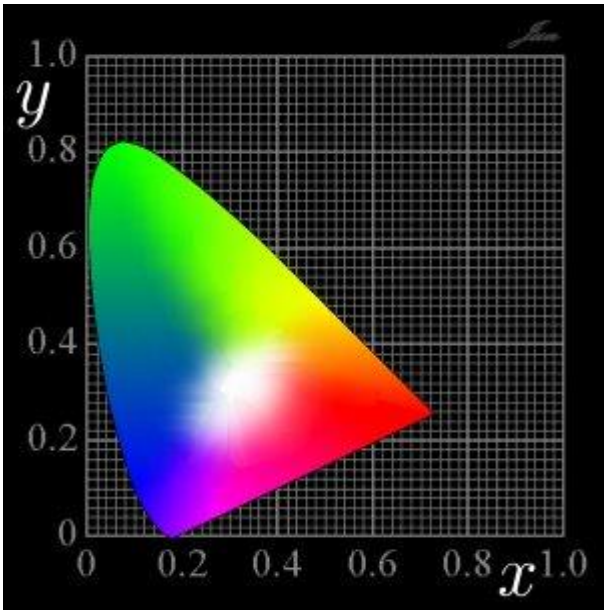
④ 性能

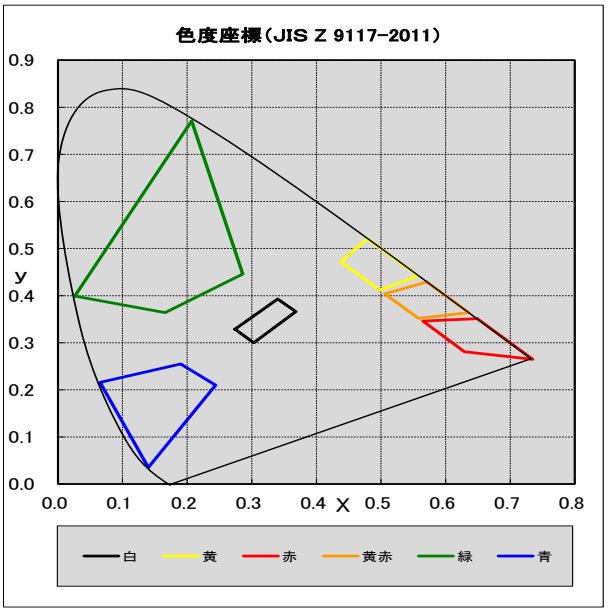
④－１　色

再帰性反射材の色は、JIS Z 8722 の 5.3.1（照射及び受光の幾何条件）すなわち、試料を４５°方向から照射し、垂直方向の反射光を受光する照明及び受光の幾何学条件下による、標準 D_{65} の色を XYZ 表色系によって測定したとき**表２**のとおりとする。

表２－昼間の色の色度座標の範囲及び輝度率

色	色度座標の範囲								輝度率（β）の下限値
	1		2		3		4		
	x	y	x	y	x	y	x	y	
白	0.274	0.329	0.303	0.300	0.368	0.366	0.340	0.393	0.27
黄	0.479	0.521	0.438	0.472	0.498	0.412	0.558	0.442	0.15
赤	0.649	0.351	0.565	0.346	0.629	0.281	0.735	0.265	0.03
黄赤	0.571	0.429	0.506	0.404	0.558	0.352	0.636	0.364	0.14
緑	0.026	0.399	0.166	0.364	0.286	0.446	0.207	0.771	0.03
青	0.140	0.035	0.244	0.210	0.190	0.255	0.065	0.216	0.01





色度図

④－２ 反射性能

再帰性反射材の反射性能は、JIS Z 9117 の８-３によって試験された時、タイプ１－Ａ―ａ及びタイプ１－Ａ―ｂは**表３**、タイプ１－Ｂ―ｂは**表４**、タイプ２－Ａ―ａ及びタイプ２－Ａ―ｂは**表５**の値以上でなければならない。

表３－封入レンズ型１－Ａ―ａ（屋外長期）及び１－Ａ―ｂ屋内使用）

観測角	入射角	白	黄	赤	黄赤	緑	青
12' (0.2°)	５°	７０	５０	１５	２５	９．０	４．０
	３０°	３０	２２	６．０	７．０	３．５	１．７
	４０°	１０	７．０	２．０	２．２	１．５	０．５
20' (0.33°)	５°	５０	３５	１０	２０	７．０	２．０
	３０°	２４	１６	４．０	４．５	３．０	１．０
	４０°	９	６．０	１．８	２．０	１．２	０．４
2.0°	５°	５	３．０	０．８	１．２	０．６	０．２
	３０°	２．５	１．５	０．４	０．６	０．３	０．１
	４０°	１．５	１．０	０．３	０．４	０．２	０．０６

表４－封入レンズ型１－Ｂ―ｂ（屋外短期・屋内使用）

観測角	入射角	白	黄	赤	黄赤	緑	青
12' (0.2°)	５°	３５	２５	１０	１３	５．０	３．０
	３０°	１８	１２	４．５	６．５	２．２	１．２
	４０°	７．０	４．０	１．７	２．０	１．２	０．５
20' (0.33°)	５°	２５	１５	５．０	９．０	３．５	２．０
	３０°	１２	１０	３．０	３．５	２．０	１．０
	４０°	６．０	４．０	１．０	１．５	０．８	０．４
2.0°	５°	４．０	２．２	０．６	１．０	０．４	０．２
	３０°	１．８	１．０	０．３	０．５	０．２	０．０９
	４０°	１．０	０．８	０．１	０．３	０．１	０．０６

表５－カプセルレンズ型２－Ａ―ａ（屋外長期）及び２－Ａ―ｂ屋内使用）

観測角	入射角	白	黄	赤	黄赤	緑	青
12' (0.2°)	５°	２５０	１７０	４５	１００	４５	２０
	３０°	１５０	１００	２５	６０	２５	１１
	４０°	１１０	７０	１６	２９	１６	８．０
20' (0.33°)	５°	１８０	１２２	２５	６５	２１	１４
	３０°	１００	６７	１４	４０	１１	８．０
	４０°	９５	６４	１３	２０	１１	７．０
2.0°	５°	５．０	３．０	０．８	１．５	０．６	０．２
	３０°	２．５	１．５	０．４	０．９	０．３	０．１
	４０°	１．５	１．０	０．３	０．８	０．２	０．０６

④－３　その他の物性規格

物性について**表６**に示す。

表６－溶剤の種類及び試験時間等

物性項目	試験方法	規格値
光沢度	JIS　Z8741 に規定する方法による。	４０以上
接着性	JIS　Z9117 規格 8-7 によって試験する、800g の静荷重を 5 分かけて、貼り付けした試験片を剥離する。	５０mm 以下
収縮性	JIS　Z9117 規格 8-8 によって試験する。	10 分で 0.8mm 24 時間で 3.2mm
可とう性	JIS　Z9117 規格 8-9 によって試験する。	ﾋﾋﾞ、割れが無いこと。
耐溶剤性	JIS　Z9117 規格 8-10 によって試験する。 ﾒﾀﾉｰﾙ：1 分、ﾄﾙｴﾝ 1 号：1 分、　ｷｼﾚﾝ 1 号：1 分、1 号灯油：10 分 注）ﾒﾀﾉｰﾙ　タイプ 1-A-a、1-A-b については 10 分。 注）カプセルレンズのタイプ 2-A-a、2-A-b は解放された i 区画分は除く。	溶解、膨潤、ひび、膨れなどの欠点があってはならない。
剥離紙又は剥離ﾌｨﾙﾑの剥離性	幅 50mm、長さ 150mm に裁断した再帰反射材に 1cm 2 当たり 175g の重りを載せ、70±2℃恒温槽中に 4 時間放置した後、取り出し、放冷後指先で剥離紙又は剥離ﾌｨﾙﾑを剥がす。	剥離紙又は剥離ﾌｨﾙﾑが裂けたり、接着剤が剥離紙又は剥離ﾌｨﾙﾑに転移するなどの異常がないこと。

④－４　耐候性（屋外曝露）

再帰反射材の耐候性は、屋外曝露条件によって試験した時、**表７**に適合しなければならない。

表７－屋外曝露条件と規定

タイプ	曝露法	耐候保証年数	反射性能	色相	外観
１－Ａ－ａ	南面鉛直	５年	表-３　1-A-a 初期反射性能値の 80%以上あること。	表-2　1-A-a 初期色度座標範囲内にあること。　又、輝度率は下限値以上にあること。	膨れ、ひび割れ、ｽｹｰﾙの発生、端の剥がれ、腐食などがないこと。収縮、膨張は端部分から0.8mm以下であること。
２－Ａ－ａ	南面鉛直	１０年	表-５　2-A-a 初期反射性能値の 80%以上あること。	表-2　2-A-a 初期色度座標範囲内にあること。　又、輝度率は下限値以上にあること。	

④－５　促進耐候性（サンシャインカーボン灯式）

再帰反射材の促進耐候性試験：サンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験条件について**表８**に示す。

表８－サンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験条件

項目	試験条件
サンシャインカーボンアーク灯の個数	1 個（ﾀｲﾌﾟ 3 のﾌｨﾙﾀｰを使用）
電源の電圧	180～230V の単層交流
平均放電電圧及び電流	50V（±2%）、60A（±2%）
消灯-照射のｻｲｸﾙ	連続照射
ﾌﾞﾗｯｸﾊﾟﾈﾙ温度計の示す温度	63±3℃
相対湿度	（50±5℃）
水の噴射時間	120 分中 18 分間照射及び噴射、102 分間照射
噴射水圧	0.08～0.12MPa
試験見本の表面上の放射照度	300～700mm に対し、（225±45）W／㎡

④－６ 促進耐候性（キセノンアーク灯式）

再帰反射材の促進耐候性試験：キセノンアーク灯式促進耐候性試験条件を**表９**に示す。

表９－キセノンアーク灯式促進耐候性試験条件

項目	試験条件
光源の種類	キセノンアーク灯
消灯-照射のｻｲｸﾙ	連続照射
ﾌﾞﾗｯｸﾊﾟﾈﾙ温度計の示す温度 a）	63±3℃
相対湿度	（50±5℃）
水の噴射時間	120 分中 18 分間照射及び噴射、102 分間照射
試験見本の表面上の放射照度 b）	300～400nm に対して 60W／㎡又は 290～800nm に対して 550W／㎡
a）ﾌﾞﾗｯｸｽﾀﾝﾀﾞｰﾄﾞ温度（65±3℃）によっても良い。この場合、あらかじめﾌﾞﾗｯｸﾊﾟﾈﾙ温度との関係を求めていく。 ﾌﾞﾗｯｸｽﾀﾝﾀﾞｰﾄﾞ温度計を用いた時は、試験報告書に記載する。 b）より高い放射照度が可能な装置の中には、規定値よりもかなり高い放射照度、例えばﾃﾞｲﾗｲﾄﾌｨﾙﾀを通した時ｷｾﾉﾝｱｰｸﾗﾝﾌﾟで最高 180W／㎡（300nm～400nm）のものがある。	

④－７　促進耐候試験の暴露時間

促進耐候試験の暴露時間について**表１０**に示す。

表１０－促進耐候試験の暴露時間

耐候促進試験機	タイプ	曝露時間
サンシャインカーボン灯式 （キセノンアーク灯式）	１－A-a	1000 時間（1000 時間）
	１－A－b	250 時間（250 時間）
	１－B－b	250 時間（250 時間）
	２－A－a	2200 時間（2000 時間）
	２－A－b	500 時間（500 時間）

7）各国の規格

各国の規格について参考のため次に示す。

<アメリカ合衆国の輝度規格>

ＡＳＴＭ　Ｄ４９５６―１３　Type VIII

表１１－Type VIII プリズム規格

観測角	入射角	白	黄	黄赤	緑	赤	青	茶	蛍光黄緑	蛍光黄	蛍光黄赤
0.1°	-4°	1000	750	375	199	150	45	30	800	600	300
0.1°	+30°	460	375	175	46	69	21	14	370	280	135
0.2°	-4°	700	525	265	70	105	32	21	560	420	210
0.2°	+30°	325	245	120	33	49	15	10	260	200	95
0.5°	-4°	250	190	94	25	38	11	7.5	200	150	75
0.5°	+30°	115	86	43	12	17	5.0	3.5	92	69	35

ＡＳＴＭ　Ｄ４９５６―１３　Type IX

表１２－Type IX プリズム規格

観測角	入射角	白	黄	黄赤	緑	赤	青	蛍光黄緑	蛍光黄	蛍光黄赤
0.1°	-4°	660	500	250	66	130	30	530	400	200
0.1°	+30°	370	280	140	37	74	17	300	220	110
0.2°	-4°	380	285	145	38	76	17	300	230	115
0.2°	+30°	215	162	82	22	43	10	170	130	65
0.5°	-4°	240	180	90	24	48	11	190	145	72
0.5°	+30°	135	100	50	14	27	6.0	110	81	41
1.0	-4°	80	60	32	8	16	3.6	64	48	24
1.0	+30°	45	34	17	4.5	9	2.0	36	27	14

ＡＳＴＭ　Ｄ４９５６―１３　Type XI

表１３－Type XIプリズム規格

観測角	入射角	白	黄	黄赤	緑	赤	青	茶	蛍光黄緑	蛍光黄	蛍光黄赤
0.1°	-4°	830	620	290	83	125	37	25	660	500	250
0.1°	+30°	325	245	115	33	50	15	10	260	200	100
0.2°	-4°	580	435	200	58	87	26	17	460	350	175
0.2°	+30°	220	165	77	22	33	10	7.0	180	130	66
0.5°	-4°	420	315	150	42	63	19	13	340	250	125
0.5°	+30°	150	110	53	15	23	7.0	5.0	120	90	45
1.0	-4°	120	90	42	12	18	5.0	4.0	96	72	36
1.0	+30°	45	34	16	5.0	7.0	2.0	1.0	36	27	14

<アメリカ合衆国の色規格>　ＡＳＴＭ　Ｄ４９５６―１３

表１４－昼間の色の色度座標の範囲及び輝度率（Type VIII、IX、XI）

色	色度座標の範囲								輝度率（Y）	
	1		2		3		4			
	x	y	x	y	x	y	x	y	下限	上限
白	0.303	0.300	0.368	0.366	0.340	0.393	0.274	0.329	27	―
黄	0.498	0.412	0.557	0.442	0.479	0.520	0.438	0.472	15	45
黄赤	0.558	0.352	0.636	0.364	0.570	0.429	0.506	0.406	10	30
緑	0.026	0.399	0.166	0.364	0.570	0.429	0.506	0.404	3.0	12
赤	0.648	0.351	0.735	0.265	0.629	0.281	0.565	0.346	2.5	15
青	0.140	0.035	0.244	0.210	0.190	0.255	0.065	0.216	1.0	10
茶	0.430	0.340	0.610	0.390	0.550	0.450	0.430	0.390	1.0	9
蛍光黄緑	0.387	0.610	0.369	0.546	0.428	0.496	0.460	0.540	60	―
蛍光黄	0.479	0.520	0.446	0.483	0.512	0.421	0.557	0.442	40	―
蛍光赤黄	0.583	0.416	0.535	0.400	0.595	0.351	0.645	0.355	20	―

<中華人民共和国の輝度規格>

GBT／T　１８３３－２０１２　IV 類

表１５－IV 類プリズム規格

観測角	入射角	白	黄	黄赤	赤	緑	青	茶	蛍光黄緑	蛍光黄	蛍光黄赤
0.2°	-4°	360	270	145	65	50	30	18	290	220	105
	+15°	265	202	106	48	38	22	13	212	160	78
	+30°	170	135	68	30	25	14	8.5	135	100	50
0.5°	-4°	150	110	60	27	21	13	7.5	120	90	45
	+15°	111	82	44	20	16	9.5	5.5	88	65	34
	+30°	72	54	28	13	10	6.0	3.5	55	40	22
1.0°	-4°	35	26	12	5.2	4.0	2.0	1.0	28	22	11
	+15°	28	20	9.4	4.1	3.0	1.5	0.8	22	17	8.5
	+30°	20	15	6.8	3.0	2.0	1.0	0.6	16	12	6.0

GBT／T　１８３３－２０１２　V 類

表１６－V 類プリズム規格

観測角	入射角	白	黄	黄赤	赤	緑	青	茶	蛍光黄緑	蛍光黄	蛍光黄赤
0.2°	-4°	580	435	200	87	58	26	17	460	350	175
	+15°	348	261	120	52	35	16	10	276	210	105
	+30°	220	165	77	33	22	10	7.0	180	130	66
0.5°	-4°	420	315	150	63	42	19	13	340	250	125
	+15°	252	189	90	38	25	11	7.8	204	150	75
	+30°	150	110	53	23	15	7.0	5.0	120	90	45
1.0°	-4°	120	90	42	18	12	5.0	4.0	96	72	36
	+15°	72	54	25	11	7.2	3.0	2.4	58	43	22
	+30°	45	34	16	7.0	5.0	2.0	1.0	36	27	14

GBT／T　１８３３－２０１２　VI 類

表１７－VI 類プリズム規格（蒸着 Type）

観測角	入射角	白	黄	黄赤	赤	緑	青
0.2°	-4°	700	470	280	120	120	56
	+15°	550	370	220	96	96	44
	+30°	400	270	160	72	72	32
0.5°	-4°	160	110	64	28	28	13
	+15°	118	81	47	21	21	10
	+30°	75	51	30	13	13	6.0

GBT／T　１８３３－２０１２　VII 類

表１８－VII 類プリズム規格（フレキ Type）

観測角	入射角	白	黄	黄赤	赤	緑	青	蛍光黄緑	蛍光黄	蛍光黄赤
0.2°	-4°	500	350	125	70	60	45	400	300	200
	+15°	350	245	88	49	42	32	280	210	140
	+30°	200	140	50	28	24	18	160	120	80
0.5°	-4°	225	160	56	32	27	20	180	135	90
	+15°	155	110	38	22	19	14	124	93	62
	+30°	85	60	21	12	10	7.7	68	51	34

<中華人民共和国の色規格>

GBT／T　１８３３－２０１２　色相（昼間色）

表－１９昼間の色の色度座標の範囲及び輝度率（IV 類、V 類、VI 類、VII 類）

色	色度座標の範囲								輝度率（β）	
	1		2		3		4			
	x	y	x	y	x	y	x	y	下限	上限
白	0.350	0.360	0.305	0.315	0.295	0.325	0.340	0.370	0.27	—
黄	0.545	0.454	0.494	0.426	0.444	0.476	0.481	0.518	0.15	0.45
黄赤	0.558	0.352	0.636	0.364	0.570	0.429	0.506	0.404	0.1	0.30
緑	0.201	0.776	0.285	0.441	0.170	0.364	0.026	0.399	0.03	0.12
赤	0.735	0.265	0.681	0.239	0.579	0.341	0.655	0.345	0.02	0.15
青	0.049	0.125	0.172	0.198	0.210	0.160	0.137	0.038	0.01	0.10
茶	0.430	0.340	0.610	0.390	0.550	0.450	0.430	0.390	0.01	0.09
蛍光黄緑	0.387	0.610	0.369	0.546	0.428	0.496	0.460	0.540	0.60	—
蛍光黄	0.479	0.520	0.446	0.483	0.512	0.421	0.557	0.442	0.40	—
蛍光赤黄	0.583	0.416	0.535	0.400	0.595	0.351	0.645	0.355	0.20	—

8）反射材を用いた設置例

案内標識(昼間)

案内標識(夜間)

案内標識(昼間)

案内標識(夜間)

案内標識(昼間)

案内標識(夜間)

警戒標識(蛍光/反射)

案内標識

高視認性安全服(蛍光/反射)

高視認性安全服(蛍光/反射)

保安基材(蛍光/反射)