計器の窓ガラスの反射対策について

豊田工場設計課　石　橋　誠　一

Methods to avoid Glare from the Glass Covers of Instruments

By Seiichi Ishibashi
(Designing Div., Toyoda Works)

Synopsis

For right, quick and easy readability of instruments, we must avoid glare from the glass covers of instruments to observer's eyes.

To avoid glare, we mention the following methods

(a) Execution of glare-free lighting in control room
(b) Observation through the polarization filter
(c) Use of the irregular reflection glass
(d) Use of the non-reflection glass
(e) Carefull design of the construction of the cover parts

Further-more, we explain some methods, practically used in Fuji wide-angle switchboard instruments, etc.

I. 緒　言（問題点）

計器のガラスの反射については古くから問題とされてきたが，近年大規模な設備の集中監視制御に際し非常に多数の計器を把握する関係で，その解決の必要性が高まってきた。

主問題点…目盛面から乱反射して眼に入る光量に対して，ガラス面から整反射して眼に入る光量が多くなると，目盛が読めなくなる。

副問題点…それ程でなくても眩しかったりさまざまの像が映ったりしていると，眼が疲労し不快である。

ここに各種の対策を挙げ御参考に供するとともに，当社の見解や二，三の方針を述べたい。

II. 計器以外での対策

1. 照明の改良[1), 2)]

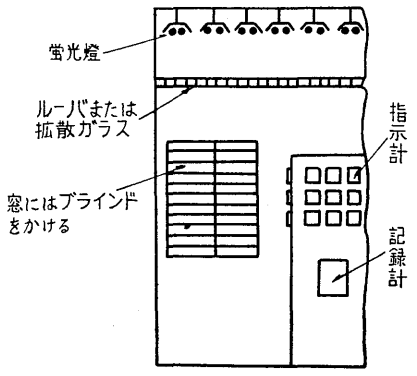
1) 低輝度の一様な光源配置

計器盤室の照明光源（窓および2次光源を含む）が集中的に数個所に配置されていると，面積の広い一様な輝度の光源により照明する場合に比べて，目盛面をある照度とするために輝度の高い光源部分を要し，その反射が支障を起すのである。

そこで例えば次の(a)の照明方式と(b)とを併せ実施して輝度の高い光源部分を無くせば，どこから見ても読めなかったり眩しかったりすることなく，影も柔かで理想的だといわれている。

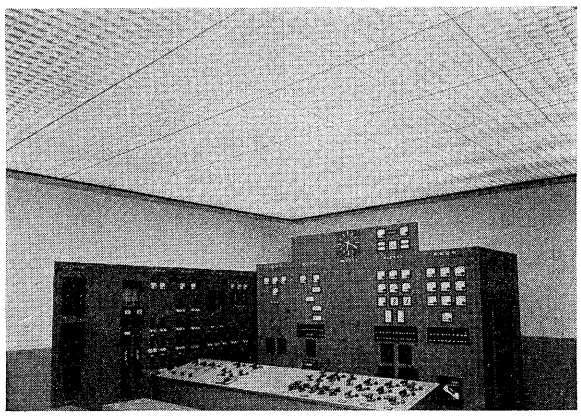
この主張の極端なものとして米国の Pennsylvania Power & Light Co. の W.B. Morton 氏は Electrical World 誌上で「照明を適当とすれば，透明度を害なう無眩光ガラス（non-glare glass）などは不必要である.」と論じている。[3)]

(a) ルーバ天井または光り天井を採用する．すなわち第1図のように天井のほとんど全面にわたって舛目の細

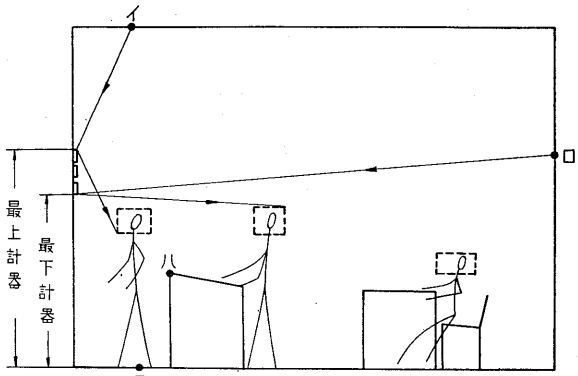


第1図　ルーバ天井または光り天井
Fig. 1. Louver-, and luminous-ceiling

かいルーバ（louver）または拡散ガラスを張り，その上方に適当に多数の螢光燈を配置して照明する．実施例として関西電力打保発電所（昭和 29 年完成）のルーバ天



第2図　発電所配電盤室のルーバ天井照明の1例
Fig. 2. An installation of louver-ceiling at control room of power station in Japan



第3図　光源と計器と眼の位置との関係
Fig. 3. Location of light-source and instruments to avoid glare to operator's eyes

井式の配電盤（当社製）室を第2図に示す。

(b) 窓を通して空や太陽に輝く外景が非常に輝度の高い光源となるから，窓のない部屋とするか，窓があればブラインドなどを設ける。

しかし (a) の照明法は高価な上に保守にも問題があり，しかも建築設計の際から考慮せねばならず既設ビルの使用の場合（給電所に多い）などは実施不可能である．また (b) の窓については，地下室ならともかく，一般には勤務員の快適環境と相反する場合が多い。

したがって照明界の理想ではあるけれども，実施例は極めて少ない現状である。

2) 高輝度の光源の位置選定

そこで次善の策として，輝度の高い光源の整反射が勤務員の眼に入らないように，眼に対する光源と計器の位置を適当に選定する方法が推奨されている。

例えば第3図の場合，鉛直面（紙面）内についてのみ考えれば，イロ間に輝度の高い照明光源（窓および2次光源を含む）が無ければ良いことになる。

しかし実際には

盤は横に長いから鉛直面以外の反射も考えねばならない。

ロ，ニ間では途中の勤務員やデスクとお互いに邪魔である。

イ，ニより盤側では照明能率が悪く（第4図参照），またカバーや指針の陰影が不都合を生じ易い（広角型配電盤計器では突出ガラスとプラットフオーム・スケールとを採用して，この弊害をなくすよう考慮してあるが）。

などの理由や，やはりある程度建築設計の際から考慮せねばならないために，必ずしも実現し得るとは限らないようである。

ここに当社が古くから配電盤の照明に関心を持っている実証として，満洲の鞍山変電所（昭和 15 年完成）の例に触れたい[4]．この配電盤（当社製）は照光盤の下に計器がならんでいるが，ドーム状の天井を2次光源としかつ制御机の盤側上端（第3図ハ）から計器を投射照明するといった方法で，照光盤と計器にそれぞれ合目的な照度を与えかつ眩光を無くしてある．地下室という好条件はあったとしても，当時の照明器具を以て良く目的を達したことは今でも当時の関係者の語草となっている。

3) 内部照明の併用

なお既述の照明条件の実現を楽にするために，計器を内部照明付とし，外部からの照明を弱める方法が考えられる．つまりショウウィンドウの内部で商品を強く照明して反射による見難くさを避けるのと同じ理窟である。

しかし次の欠点を伴なう。

(a) 計器および盤に端子および配線が追加される。

(b) 照明燈には寿命があるから保守が面倒である。

(c) 本目的を満足する光度の照明燈を内付するには相当のスペースを必要としかつ発熱も好ましくない。

(d) その上に外部からの照明を弱めるのでは意味が薄い。

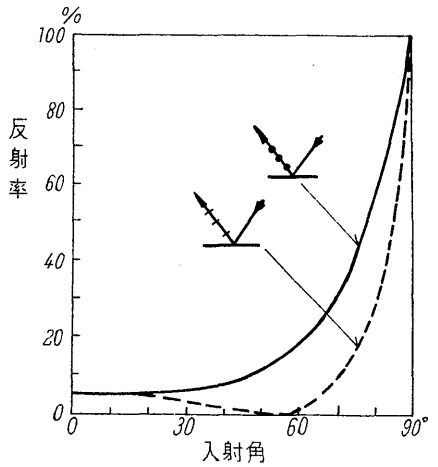
したがって暗い所でも読めるようにとか，パイロットランプとかの目的ならばともかく，反射対策としては推奨できない。

2. 偏光フィルタの使用[5]

照明の改良によって解決できない場合，偏光フィルタの使用も効果がある。

反射光はその入射角に応じ第4図のように直線偏光または楕円偏光となる[6]．したがって偏光フィルタを通して見れば，目盛面からの乱反射により眼に入る光量も半減

するけれども，ガラス面からの整反射により眼に入る光量の方が著しく減ずるから，読み易くなる．入射角が56度近くならばガラスからの反射はほとんど無くなるので非常に有効であるが，そうでないと効果が減ずるのはやむを得ない．入射角が90度に近い反射が眼に入る場合はほとんどなく，また0度に近い反射は反射率が小さいからまあ我慢できるという理屈が成立つならば実用価値はある。

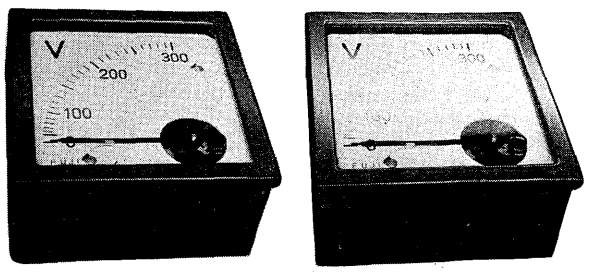


実線は入射反射光線面に直角に振動する光線
点線は入射反射光線面に平行に振動する光線

第4図　ガラス面への入射角と反射率との関係

Fig. 4. Relation between reflection-index and incident-angle upon the glass surface

偏光フィルタは偏光膜（ダイクローム）をガラスで挟んだもので，ガラス越しの撮影用などにカメラのアタッチメントとして市販されているから，いつでもお試し戴けるが，一応第5図に例示した。



第5図　偏光フィルタを使用時（左図）と不使用時（右図）との可読性の比較
（2本の露出螢光燈を映して撮影）

Fig. 5. Comparison of readability with (left) and without (right) polarization filter

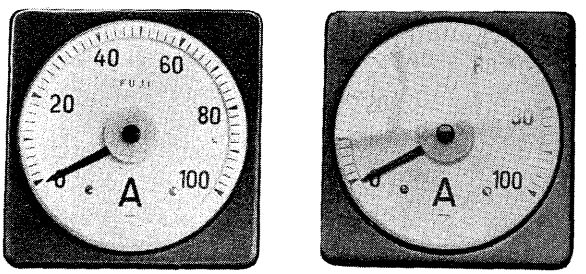
計器室で実用するのには眼鏡式で可回転のものが良い．また双眼鏡を使用する場合は接眼側に嵌合し回転して見ると良い．ここに可回転式としたのは，各ガラス面が眼に対する向きが一般に一定ではないので偏光方向も異なるからである。

III. 計器での対策

1. 乱反射ガラスの使用

ガラス表面(光源側)を乱反射面として光源から勤務員の眼への整反射を無くす方法がある．Non-glare glass 正しくは無眩光ガラス，俗には無反射ガラスとも称されている。

広角型配電盤計器のようにモールドで作る有機ガラスの場合には当社は，第6図に比較を示すとおり，かなり良好な独自の乱反射面の製作に成功した。



第6図　乱反射ガラスを用いた広角型計器(左図)と整反射ガラスを用いた広角型計器（右図）との可読性の比較（不透明ガラスの窓を映して撮影）

Fig. 6. Comparison of readability of Fuji wide-angle switchboard instrument with irregular-reflection glass (left) and that with regular-reflection glass (right)

また無機ガラスの場合には一旦サンドブラストせる摺ガラス面をさらに化学的に弗化水素によって腐蝕し角のとれた凹凸面を作る方法が古くから公知であり[7]，腐蝕の程度により乱反射の程度は異なる。

欠点として無機ガラスの場合も有機ガラスの場合も，計器内部からの光線もガラス表面で拡散されるから，ガラスから目盛までの距離が大きくなる程透明度が落ち，しまいには見えなくなってしまう．特に無機ガラスの場合はガラスが汗をかいたように滲じんで見える。

すなわち眩光防止性と透明性とは相反する条件となる。

さてガラス表面から目盛面までの距離（単位mm）を当社の二，三の計器につき示すと，

広角型配電盤計器	4～4.5
普通型配電盤計器	8
インク式一，二重記録計	26
（縦 258，横 258，記録幅 120mm）	
インク式二，三重記録計	26

（縦 258，横 348，記録幅 210 mm）

したがって広角型配電盤計器では差支えないが，記録計のような場合は極端に透明度を害しないためには眩光防止性の悪いものしか使用できず，余り意味がなくなる。

第 7 図は普通型配電盤計器に用いる乱反射無機ガラスの表面から文字までの距離を変えて同一条件で撮影したものである。

第 7 図　乱反射ガラスの表面から文字までの距離との関係
写真上より距離　2 mm，8 mm および 26 mm

Fig. 7. Dependance of sharpness of letters on the distance between letters and irregular reflection surface of glass

2. コーティングその他による無反射ガラスの使用

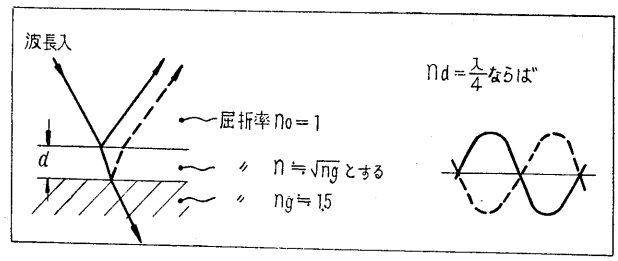
1) コーティング法[8)]

無反射というと大抵「レンズのコーティングのようにできないか？」と考えるので簡単に触れておく。

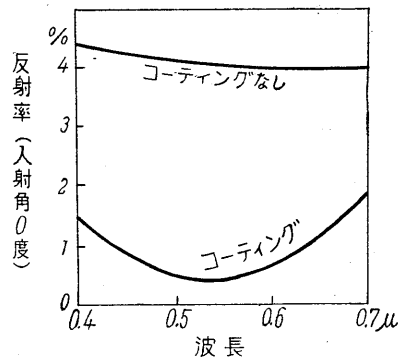
これはガラス（無機でも有機でも良い）の両面に可視光線の波長（0.4～0.7ミクロン）の何分の一という極く薄い氷晶石あるいは弗化マグネシウムの膜を真空蒸着により均厚につける方法である。

第 8 図のようにコーティング面とガラス面からの反射光が位相的に打消すというのが原理で，例えば垂直入射光に対しては第 9 図のようになり，特定波長のみでなく可視光線全体に対しても反射率は小さくなる。

しかし入射角が所定の最良方向でなければ効果は著減する．そして実際の視感として「やはり光るではないか」といわれてしまう程度であるし，方向によって種々の色を呈する欠点も伴なう．またハードコーティングとはいってもレンズと計器では取扱いが全く異なる．さらに大きな面積に均厚にコートすることは相当困難である。



第 8 図　コーティングの原理
Fig. 8. Principle of coating



第 9 図　波長と反射率との関係
Fig. 9. Relation between wave-length of light and reflection-index for coated and uncoated glass

結局現在のところこの光学機械技術を計器に導入することは技術的にも価格的にも困難なのである。

2) その他の方法

やはり反射が支障となるもので，かつ使用条件が光学機械より計器に近いものとして，テレビ，オシログラフ，レーダーなどのブラウン管およびその保護ガラスがある。

これらに対し特殊偏光膜（米国のPolaroid Corp. 製）をガラス面に貼付けて反射を無くす方法などが研究されているようであるが，一般に実施されているのを見聞しない．しかしテレビではマジック・ベールという苦肉の策も売出されている程で鋭意研究されているには相違ない。

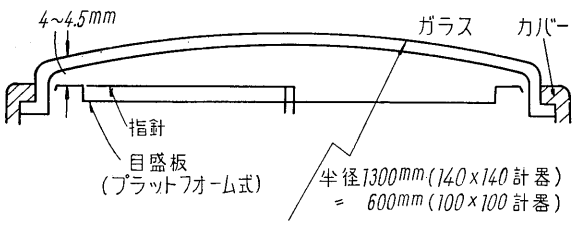
当社としてはこれらの動向に常に注視し，技術，価格の両面で計器にも適当な方法が開発され次第，早速実施して御使用者の便を計りたい所存である。

3. 構造的な考慮

主問題点のところに記載したように目盛からの光量とガラスからの光量との競争なのだから，目盛面に極力多くの光量を取入れるような構造が望ましい。[3]

また読めない範囲を小さくするために，光源の像の面積をなるべく小さくするようなガラス形状が望ましい。[9]

例えば広角型配電盤計器では，第 10 図のように，目盛面とカバー表面との高さを同一とし，ガラスを円筒状に少し突出させかつ凸球面状とすることにより，上記の二つの趣旨に副える．ただし凸球面ガラスでは光源の像面積が小さくなる代わりに広範囲の光源を拾い易くなる短所も伴なうから適度とせねばならない。



第 10 図　広角型配電盤計器のカバー部分の構造
Fig. 10. Construction of cover parts of Fuji wide-angle switchboard instrument

IV. 結言（個々の計器に対する方針）

以上計器の反射対策を列挙したが，要約すれば次のとおりである。

(1) 建築や環境に関係するので実現できない場合も多いが，窓を含めても照明条件を改良するのが望ましいとされている。

(2) 面倒をいとわなければ偏光フィルタの利用も有効な場合が多い。

(3) 計器側の対策として現在割合簡単に実施できるのは乱反射ガラスの使用のみである．その代わりある程度透明性を害なうのはやむを得ない。

(4) 無反射ガラスについては他の分野と同じく実施可能な名案がない。

(5) 特に反射対策を要する機種には構造的な考慮をなすべきである。

さて発・変・給電所に用いる二，三の計器につきその占める立場と照明の実情とを併せ考え，当社のとっている方針を述べると，

1. 広角型配電盤計器

第 9 図のような突出球面ガラスとして目盛面に極力多くの光量を取入れかつ光源の像を小さくするとともに，第 6 図のような独自の乱反射有機ガラスを全面的に採用し，照明その他にそう神経を使わなくても御使用戴けるようにする。

2. 普通型配電盤計器

反射が問題となるような最近の大規模な配電盤は広角型が多いので，特に構造的な対策は講じないが，指定があれば乱反射無機ガラスを使用する。

3. インク式記録計

記録紙の交換および切取りやインク補充の必要から，反射が問題となるような位置に記録計を設置する例は今のところ非常に少なく，電力会社でいえば中央の給電所に限られている．したがって計器以外で解決願えれば幸いである．是非との指定ならば乱反射無機ガラスを使用するが，透明度を余り害なわないためには眩光防止効果の少ないものしか使用できない．しかし将来の傾向として記録計は増加し配電盤の表側上部にも進出してきそうなので，計器側での眩光対策を鋭意工夫中である。

この他にも各種の計器があるが，それらの使用条件や構造はさまざまである．したがって必ずしも一律の反射対策をとるわけにはゆかないが，この拙文を各位の御検討の種として，御高見を承わり，さらに実際使用に便利な計器を製作してゆきたいと念願している。

参考文献

1) 東宮（東光電気）：発変電所照明の設計とその現状，OHM, No. 5, p 563~567（昭 31）
2) 市村：発変電所の理想的な照明，三菱電機「近代照明と色」特集，p 25~31（昭 29）
3) W.B. Morton: Color Coded Switchboards—Newest Step in Control Room Design, Electrical World, 24, Sep, p 83~86 (1951)
4) 中島：満洲における送電網の中心たる鞍山変電所の配電盤，富士時報，No. 10, Vol. 18, p 250~260（昭 16）
5) 例えば辻，西田：偏光板の応用について，科学測器 Vol. 1, No. 2. p 53~56（昭 16）
6) 例えば八木：光学機械，物理実験学，第5巻，p 219（昭 15，河出書房）
7) R. Sewig: Handbuch der Lichttechnik, II (1938)
8) 例えば久保田：反射防止膜研究の発達，応用物理，No. 10, Vol. 16, p 24~31（昭 22）
9) 例えば L.B.S. Golds: A Study of Modern Methods of Presentation of Instrument Reading and Recording, Proc. I.E.E., 98, II, p 671~693 (1951) の内の p 682 左側

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。