

つて色相の出ることもある。

有彩色

るが、同じカーボンブラックを混ぜても相手が粗粒の揃った鉛白であると青味が出ない事實から推して青味の原因は白顔料たる亜鉛華の方にあると考ふべきである。亜鉛華の平均直径は粗目のものでも〇・三 μ （固化した油の中の緑色光の波長は〇・五五／一・五〇・三五 μ で、各個の粒子が長い波長に對しては反射面としての働きが鈍るのと光の散亂が起るので、赤い光よりも青い光を餘計に反射する。顔料が密につまり、厚さが顔料粒子の直径に比べてかなり大きい白ペイントの塗膜では赤い光が青い光より少しくらゝ深く塗膜に進入するとしても結局は青い光と同じく反射されて露るから塗膜に青味が現れない。黒顔料を混ぜるとそれだけ白顔料が薄められ、また塗膜中で黒顔料に光を吸収されてしまふ爲に黒い被面上に白ペイントの薄い塗膜を作つたのと同じ効果を生じ青い光が赤よりも餘分は戻るのでと説明されてゐる。

黒い面に薄くいぶしつゝ暗たマダネシアの膜なども青味の認められることがある。銀行券の黒文字の印刷にも使はれる鐵黒といふ濕式製法の黒い酸化鐵顔料の粒子は顯微鏡下では褐色透明である。これと白顔料とを交ぜると生じる灰色は白顔料の質と配合比によつて白顔料の青効果と黒顔料の赤効果とが相殺して純灰色となることもあり、どちらかの効果が勝

つて色相の出ることもある。

ブロンズ粉のやうに全く不透明で金屬性の表面反射をする顔料の場合には別だが、有彩色の塗膜を得るには普通は選擇吸收性の有彩色顔料を使ふ。従つて有彩色は反射光II（前掲）の効果である。しかし反射光Iも少しは共存してさへを減じる方向に働く。塗膜の膜厚が十分ならば下地が透いて見え、従つて下地の色の影響も加はる。

有彩色顔料一種だけを便ふとき、粒子の直径が〇・五 μ より小さくならない限りで粒子が小さくなると、顔料と膜厚との屈折率の差が大きくなると、及び塗膜の厚さが小さくなるとはいへない。吸収の層が薄くなると同効果も興へる。顔料が或る厚度を越えて小さくなるとペイント塗膜は次第に透明度を増し、吸収層が厚くなるのと同じ効果が現れる。

吸収層の厚さによつて色相はさへは勿論のこと、色相や明るさも變化する。一般に吸収層が薄くなると色相は顔料のスペクトル吸収帯の方に移動する。鹽基性クロム酸鉛や鉛丹は吸収帯がスペクトルの青側にあり普通は色が赤いけれど特に粒子を細かくすると色相は橙色となる。

二種の顔料を混合したときは塗膜の色は主として前記IIの反射光によつて減殺混色の効果を生じる。黄鉛と紺青とを

交ぜて緑を出すことは周知の例である。反射光Iもあることはあつてさへを減じIIの反射光もあつて相加混色の効果を呈する筈であるが就ても強さが言ふに足りないもので大勢を制するに至らない。

アルミニウム粉のやうな鱗片状のしかもリフティング性（液面に平に浮ぶ）の顔料を染料で染め種々な色を作りこれらを混合すればIの光だけになり、Maxwellの四轉板と同じく相加混色の効果が現れると思ふが未だ實驗したことはない。

減殺混色によつて生じる中間色は双方の顔料の吸収が重なつて明るい色は得られないのが常である。

有彩色顔料と無彩色顔料との混合

有彩色顔料一種に白顔料を加へる場合

顔料を混ぜれば色が明るくなることは随である。その他の變化としては有彩色顔料の性質次第で、さへが減る一方のこともあり、白顔料が増すにつれて始めはさへを増し、或いはさへが減る、こともある。前者は明るい有彩色顔料について普通にみられ、後者は朱、酸化クロム、紺青、群青、ベニガラなどに現れる。

色相は白顔料による中斷で有彩色顔料の吸収層が薄くなるから白顔料の青効果の影響がなければ有彩色顔料のスペクトル吸収帯の方に移動する。この現象は有彩色顔料の粒子が細かくて透過性が大きく、吸収帯の境界の不明瞭な場合に著しい。例

へば紺青に白顔料を加へると色相は青から緑の方に動く。

或る種のベニガラのやうに反射の強い暗赤色の顔料に粒の細かい亜鉛華を加へると青効果が現れ塗膜色は紫味を帯るが粗粒の白顔料を混ぜれば橙色が出来る。

有彩色顔料に黒顔料を加へる場合 暗くなるのは當然である。その他一般的に言へることは、色相は（一）Bezold-Brücke 効果で黄及び青を分水嶺として、それ等の兩側が緑及び赤紫の谷に向つて移動する。（二）吸収層が薄くなつて有彩色顔料のスペクトル吸収帯の方に移動する。（三）有彩色顔料の屈折率が波長によつて違へば屈折率の大きい波長の反射は大きいからその波長の利きが大きくなる。黄鉛に黒顔料を加へると暗い黄緑となるのは代表的な例である。

有彩色顔料に灰色顔料を混ぜる場合 二種以上の有彩色顔料に白黒灰系の顔料を混ぜる場合などに關しては前例に準じて考へればよい。

有彩色顔料に白或ひは黒の顔料を混合して塗膜の明度や基本刺激係数が變る場合には Maxwell の三角の圖上だけでは追跡し難い色相の動きのあり得ることを忘れてはつけない。Bezold-Brücke, Müller-Johny, Purkinje 等の諸効果の外にもまだ思ひがけない心理的效果があるかも知れない。

C、一種類の顔料だけを透過した光。
D、二種類以上の顔料を透過した光。

C、Dはそれらの顔料の吸収作用をうける。展色剤の吸収や顔料または被塗面での選擇反射もあり得るけれどもさえたの相當に大きい有彩顔料を含む塗膜にあつてはC、Dの光の基本刺激係数を左右する主力は顔料の選擇吸收である。

塗膜要素と塗膜の色

塗膜の色は反射光の組成及び強さによつて定まり、反射光の組成及び強さはまた次にしるす事からによつて定まる。

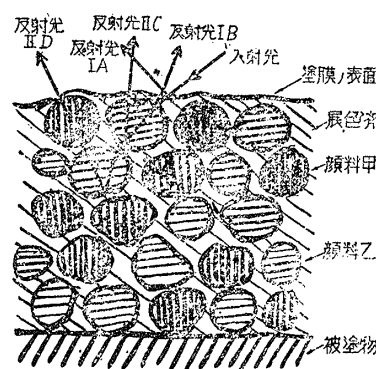
- (1) 塗膜の表面の形状。
- (2) 塗膜の厚さ。
- (3) 塗膜との界面に於ける被塗面のスペクトル反射率。
- (4) 塗膜要素の配合割合。
- (5) 塗膜要素の性質。

- (a) 展色剤のスペクトル屈折率及びスペクトル吸收率。
- (b) 顔料のスペクトル屈折率及びスペクトル吸收率、金屬顔料ならばスペクトル反射率。
- (c) 顔料粒子の大きさ、形状、粒子の面の組織。

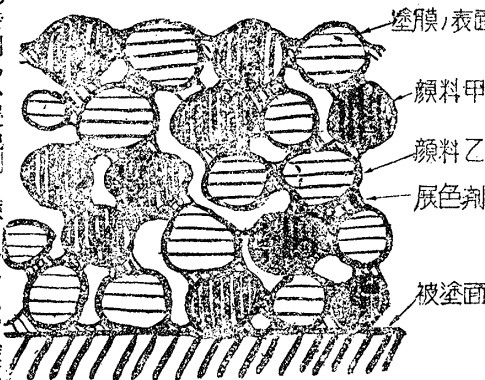
上記の條件が塗膜の色にいかにかかわるかを次に各色の塗膜について調べてみよう。

白 白い塗膜を作るには白い顔料を無

第一圖 塗膜の縦断面想像圖 顔料は甲、乙二種で、展色剤の割合が多いもの。艶のある油性ペイントの塗膜などがこれに相當する。



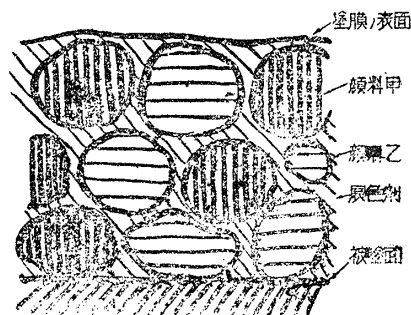
第二圖 塗膜の断面想像圖 顔料は甲、乙二種を混じ、顔料分に比し展色剤の割合が少いもの。水性塗料の塗膜などがこれに相當する。



彩で明るい展色剤と練り合せる。塗膜としては反射が擴散性で且つ強ければそれだけ明るくなり、反射が非選擇性である

ほどさえが小さくなつて無彩に近づく。

反射の強さと擴散性との極致が理想の白い物體で、この際反射の選擇性は存在の余地がない。白顔料の粒子各個は無色透明である。展色剤との屈折率の差が大きいほど展色剤と顔料との界面に於ける反射率が大きくなり、 $0.5 - 1 \mu$ 以下とならない範圍では粒子の徑が小さいほど塗膜の同一の厚さに對しては反射面が増加するから白顔料としての利きがよくなる。チタン白は着色力も隱蔽力も最大な



第三圖 塗膜の縦断面想像圖 第一圖と同様の塗膜で顔料の粒が大きいもの。顔料の有効反射面が減少する。

顔料の一つであつて屈折率は展色剤のそれが一・五前後であるに對し實に二・八である。鉛白や亜鉛華が二・〇前後である。白顔料としては光の分散の小さい方がよい。波長によつて屈折率に大きな差があると屈折率の大きい方の波長の色が克つて塗膜が有彩となる。

胡粉の類は屈折率が一・六くらゐであ

るから展色剤の分量の少い水性塗料に於ては白顔料と成り得るけれども、乾性油と混ぜると濁つた半透明の塗膜を得るにすぎない。かかる顔料を化學的に處理して粒子を屈折率の異なる物質で包んで隱蔽力の強い顔料を作るといふ特許が我國にある。

黒 黒は反射の小さい方の極致であるから、顔料としては反射率の小さい、吸收率の大きいものを使ふ。顔料と展色剤との屈折率の差を少くし、顔料に對して展色剤の量をなるべく少くすると黒味の強い塗膜が得られる。アイボリーブラックは最も黒い塗膜を生じる。黒鉛は反射も吸收も強く、反射光は褐色を帯びる。油煙も乾いた粉をそのまま押し固めた面の反射率は相當に大きい。

黒でなくても吸收率が大きくて屈折率が展色剤のそれに近い紺青のやうな顔料を使へば黒に近い塗膜ができる。

灰色 明暗各種の灰色塗膜を作るに都合のよい單一な灰色顔料はないから、白顔料と黒顔料とを適宜に混ぜて明度を調整する。この際注意に値するのは純黒と純白との顔料を混ぜたからと言つて必しも無彩の灰色が得られるとは限らないことである。亜鉛華とカーボンブラックとを交ぜると青味を帯びた灰色が出来る。これを黒顔料のうちに潜んでゐた有彩性が稀釋によつて現れたのだと見る人もあ

被面にうつる光源の像が或る程度までは明瞭であるほど、或ひは面の部分による色(主に明暗)の差が大きいほど艶が多いといふ。

艶の判定を容易にするためには、我々が日常遭遇する場合のやうに、光源の分布が第一次たと第二次的とを問はず空間的に均等でなく偏在してゐる方がよい。

光源の像をはつきり結ばせるのは整反射光の役割、像をぼやけさせて面の部分による色の差を少くするのが擴散反射の持前であるなら、正反射光と擴散反射光との比によつて或る程度艶を表はすことができる。もしまた、整反射が面の平滑度に依存するなら艶の大小は面の平滑度によつて、逆に面の平滑度は艶の多少によつてこれを卜することもできるはずである。しかし我々が使ひ慣れた艶といふ言葉のうちには整反射と擴散反射との比といふやうな簡単な物理量では完全に置換することのできない或るもの例へば審美的な要素さへも含まれてゐるらしい。美的感情となると風俗習慣、文化、教養といふものが判断に容喙するから整反射の最大なものが艶が最大だと言ひ切れな。そればかりではない、表面のないところ艶の知覚はあり得ないのである。そこで、種々な曲面を持った物體ならば曲面の角度によつて光る部分と光らない

部分とができて艶の判定を容易にもしようが、反射面が平面で像に歪みのないときには反射による光源の像が明瞭になればなるほど直接像の方に視覚の注意が集中されて反射面といふものの認識が薄らぎ、従つて艶の存在の基礎が薄弱になるといふ妙なデレンマに陥る。とかく色に關する感覚と物理量との關係は厄介なものである。

塗膜の構成

塗膜の實質を形作る材料を塗膜要素といふ。塗膜要素のうちには油、樹脂、瀝青質、纖維素誘導體のやうに單獨で、もしくは他のものと混合して單一な相からなる塗膜を形作る能力のあるものがある。これらを塗膜形成要素と名づける。

ワニスや透明ラッカーは塗膜形成要素だけから成る塗膜の例であるが、塗膜形成要素持前の色だけでは塗膜に自在な色を賦與することができないので、色に注文をつけられると塗膜要素として顔料を導入する。

顔料は固體の粉末で水を始めとして他の膜要素にも溶けないものである。同じく色素とは申せ顔料と染料とは使ひ途が違ひ、染料は一旦媒質に溶して物に染めつけるのであるが、顔料の方は飽くまで溶けないまゝで媒質中に分散させ粗大分散系として使ふのである。赤い染料を

水に溶して透明な溶液としたものが筆記用の赤インキならば、赤い顔料を水中に分散させて不透明な懸濁液としたものが所謂朱墨インキである。ベイント、エナメル、ラッカーなどは顔料を含む塗料であつて、それらの塗膜は塗膜形成要素の分散媒質中に顔料が分散したものである。顔料に對して塗膜形成要素から成る媒質を展色劑と言ふことがある。

塗膜の色と塗膜要素との關係は顔料を含む單層の塗膜についてこれを検討することにしよう。顔料を含まない塗膜は組成のより簡單な特例と見られるし、異種の塗層二枚以上を重ねて成立つた塗膜に關することは單層での考察から推して知られるであらう。

非發光性の塗膜の色は照明と觀察との條件に左右される。こゝでは照明と觀察との標準條件を、臨時日本標準規格第三四一號第二條に準じて連續スペクトルを有する白光で照し、整反射をよけた方向から見るものときめて置く。

塗膜の厚さはならして顔料粒子の平均直径の一〇倍以下となることはあるまいから塗膜の縦斷面を第一圖乃至第三圖のやうな要領圖で代表させることができる。

塗膜から出る光

塗膜の色が見えるのは光源から出

た光が塗膜に投射してのち戻つてきて我々の眼に入るからである。塗膜から戻つた光を大握みにして反射光と稱へるが、このいはゆる反射光のうちには次にしるすやうなさまざまな道程を経た光が混つてゐると考へなければならぬ。

塗膜からの反射光の組成

I、顔料の體內を通らなかつた光。これには次のやうにA B二種がある。

A、塗膜の表面から反射した光。

塗膜の表面を形成してゐるのは展色劑か顔料かである。いづれにせよ強いスペクトル吸收帶を持たない透明體であれば反射は非選擇性で、界面に於ける兩媒體の屈折率の差の大なるほど強く、塗膜の表面では相手は普通は空氣であるから塗膜要素の屈折率と共に増大する。普通の展色劑のときは5%内外と思へばよい。アルミニウム粉やその他の金屬顔料だと金屬性の反射であるから反射率は大きい紺青や或る種の有機顔料は強いスペクトル吸收帶を持つてゐて選擇性の反射を行ふ。

B、塗膜の内部に一旦進入してから戻つた光。

展色劑の吸收作用と、もしあれば顔料または被塗物の面での選擇反射とによつて入射光とは基本刺激係数が多少違ふことがあり得る。

II、顔料の體內を通つてから戻つた光

いふのはいはゆる結晶ワニス、ひびわれ塗料、或ひは一時もてはやされたプラスチックペイントなどの塗膜に見られる立體的模様のことで、この種の美的効果一點張のものは前述の事情で當今に存在の理由が薄弱となった。

室内を明るい色で塗り、光學機械の内部を黒く塗るなどは照明効果、信號、看板、掲示などに使ふのが標識の用。普通の塗膜は自分から光を放たないが、特殊な原料を用ひれば發光塗料、蓄光塗料、螢光塗料となつてこれまた照明や標識の用をなす。溫度によつて色が變れば溫度計の代りをつとめる示溫塗料となる偽裝、美觀などについては例を擧げるまでもあるまい。

第二種の性能が主として塗膜の色（色の意味はあとで詳しく述べる）に依存してゐることは明らかなが、ひとり第二種の性能を表看板とする塗料ばかりではない。防護用でも難性能でも塗料の規格には色艶を指定するのが常例である。單能で分業的にゆくよりも、主性能を損はない範圍でできるなら有用な各種の副性能を兼備させる方が萬事に好都合であるからである。鐵製の器材に對して防錆と迷彩との兩効果を同時に出すとか、木材に對して耐水、防火、美觀の三性能を兼備せしめるの類である。下地塗料でさへも上塗塗膜の隱蔽力を補ひ仕上塗の色に影響

響を及ぼすといふ意味で色をなほざりにはできない。

無色透明な氣體のやうなものを除けば、一般に物あれば必ずこれが層性としての色ありといふ意味で物體と色とは密接不離の關係にあるのだが、塗料に至つては色が使用目的に對して有意的に重要な役割を演じてゐるのであるからその關係たるや一般の物と色以上に一般と緊密なものがある。

塗料に於て色が主性能の一に數へられるわけは原料の選擇と配合によつて塗膜の色がかなり自由⁽¹⁾に調整されるからである。

この稿では原料の選擇及び配合と塗膜の色との關係を問題の中心にする目論見であるが、その前に最小限度の豫備知識として色や艶の概念、並びに塗膜の組成について數言を費さねばならぬ。

色 と 艶

これまでも既に色といふ言葉を使つてきたが、色とはこゝでは白、灰色、黒、赤、黄、緑、青、紫などを引くるめた視感覺の總稱とする。特に「ここで」と斷はつたのは、「色」が（一）上述の赤、黄等から白、黒、灰色系統を除外したいはゆる有彩色、（二）色の感覺のうちから明るさだけを除いた残りのもの（灰色も含まれる、私は之をクロマと呼ぶ⁽²⁾）（三）

感覺でなくて有彩の光（四）色素などの意味を表はす言葉とし使はれることからである。

色は更にこれを明るさ、色相、さえの三層性に分析して考へることができ。色相とは與へられた色が同じ明るさを持つ無彩色（白、黒灰色の系統）とは違ふ場合の違ひの原因であり同時にまた赤や青や黄が互に違ふことの原因であるとい

られる性質をいふ。例へば桃色にせよ、煉瓦色にせよ、朱色にせよ、赤系統の色は赤であるが故に灰色や黄や緑や青や紫とは違ふのであつて、この場合上述の赤系統の各色はいづれも赤といふ色相を有する即ち色相は赤である。黄、緑、青、紫他スペクトルに於て、或ひは光の混合により得られるこれらの中間に位するものもその色はすべて各自の色相を持つわけである。色相を持つ色を有彩色と呼ぶ。同じ明るさ同じ色相を持つて而も相互に異なる種々な有彩色を同じ明るさの無彩色と較べてみると、有彩色はいづれも無彩色とは違ふとはいへ、違ひの度に大小のあることが認められる。この違ひの度の由つて來るところの性質を『さえ』と呼ぶ。例へば同じ明るさの緑でも濃い緑とうすい緑との差別があつて緑味の少いほどその色は同じ明るさの無彩色に近いと言へる無彩色に近いほどさえが小さく、さえの大きいのがさえた色、さえ

の小さいのが濁つた色、さえの全く無いのが無彩色である。色相や明るさの違ひ色の間のさえの大きさをきめることの可能か否かがよく問題になるが、それはクロマを異にする色の間の明るさの比較や、明るさとさえとを異にする色の間の色相の異同の問題と同様に、要求される精密度次第で容易だとも、むづかしいとも、また不可能だとも言へる。

艶は光澤とも言はれ、塗料の規格のうちに時たま「色澤良好」など、無造作に使はれる「澤」に相當するものであらうが、色とは大に趣を異にする。色は眼を通じての知覺のうちから形狀、大小、遠近などの要素を捨象して残るところの單純な感覺であるのに對して、艶の方は物體の表面の性質として知覺するもので複雑な内容を有する物體の面の艶を見定めるときは、誰でもやるやうにその物をあちこち向きを變へてみて、物體面にうつる光源の像の鮮鋭度や、光源と物體面と自分の眼との位置の關係で、物體面の色の變化する様子などを見て艶があるとか無いとか、多いとか少いとか評價する。従つて艶といふ知覺が成立するためにはまづ評價の對象たる非發光物體の表面があり、別に一次光源となる發光物や二次光源となる何物かの存在を必要とする。被

（一）廣瀬誠一、「標準色」色材協會誌
一七、一七三—一九二（昭和十八年）

塗料と色

廣瀬 誠一

塗料とその使用目的

筋の立つ話をしようとするといつても定義から始める癖がある。本年も相變りませず常套手段に出よう。

塗料とは流動状態で器物の面に薄く擴げると、時のたつにつれてその面に固着したまゝ固着して所期の性能を持つ膜となり、その面を覆ふものをいふ。

普通に目に觸れるベイントなりワニスなりの現物とその施工風景や、ペンキ塗り立の貼り札などを想ひ浮べながらこの定義を味はれば薄く擴げるのが「塗る」ことで、塗られた層の固化するのを「乾く」ことであるのはすぐ會得されるであらう。「流動状態」や「薄く」などはかなり曖昧で、釋明的の解説に紙幅を費したいところであるが、取りあへずここでは、流動状態のうちに糊状を同居させ、薄くといふのは厚さ數十乃至數百ミクロンの意味だと諒解を願ふ。「塗る」や「乾く」の概念も決定的物資運用體制下の塗料としては、その内容の靈動的な擴張が

要望されてゐる状態にあるのだが、詳しくは別の機會に譲る。

「所期の性能」は定義に彈力を與へるためにわざとぼかしたのである。これについてはいささか敷衍しなければならぬ。塗つて乾いた塗料の薄い層を塗膜といひ、塗膜に所期の性能を發揮させることは即ち塗料の使用目的を達成することであるのだから、塗膜に期待される性能は塗料の使用目的と同じことだといへる。古典的な塗料の教本によると、塗料の主たる機能は美裝と防護とにあるとされ、戦時體制以前の中世の中にはこれが常識として通用してきた。塗料適用の對象物即ち塗料の塗られる器材を被塗物といはう。被塗物を外部的な浸蝕作用から遮斷してこれを安全に保つのが塗料の防護作用である。鐵のやうな錆び易い金屬を保護するところの防銹塗料は防護用塗料の顯著でかつ重要な例である。化學工場や蓄電池室の裝置を酸の侵蝕から救ふ耐酸塗料、木材の延焼を防げる防火塗料なども防護塗料の部類に入るべきものである。

る。戦時に於ける資材防護の重要性については今さら述べるまでもあるまい。

美裝といふことになる、嘗ては防護作用と肩を並べて塗料使用の二大目的の一とされたものだが、このところ形勢がよくない。時局が資材の制約に源を發する重點主義の消費規正、並に戦力増強のための新用途の開發に應じるためには單に表面の美化のみを目的とする塗料の使用といふことが實際的にあるべきでないとの考へ方が一部に行はれてゐるからである。しかし一面から見ると單なる美感とはいへ、これが人心に與へる影響に思を及べば、一概に輕視すべきではない。例へば工作機械などもきれいに塗裝してあてがへば工具の扱ひも自然に丁寧になり、手入も行届いて機械の持ちがよければかりでなく、製品の質も向上するといはれてゐる。

塗料の現状に即して考へると塗料の使用目的は器材の防護の外には單なる美裝のみに置かれてゐるといふのでは毛頭なく、防護を所期性能第一種とすれば、次の如く第二種及び第三種の所期性能がある。

第二種の性能 照明、標識、偽裝、美觀などを目的とし、塗膜の色、艶及び面の形状などの効果に歸するもの。

第三種の性能 第一種及び第二種に屬しない特殊の効果。

第二種の性能から先に例を挙げると、

船底塗料に於ける生物の附着防止能、講堂の壁面に塗つて聴えをよくしたり船舶に塗つて敵の音波兵器を無効にする音波吸收能、病室用塗料の殺菌能、可視光線以外の長短種々な電磁波の反射、透過、または吸収によるさまざまの意味での偽裝効果、電氣の絶縁性或ひは逆に傳導性、高周波電氣に對する特殊な電氣的性質、熱の絶縁性または逆に傳導性、飛行機の翼の羽布を緊張させる性能、高温で瞬間的に氣化して生じた蒸氣の薄膜による潤滑作用、過冷水蒸氣の凍結の防止、スキーワックスに於ける如き雪との摩擦の減少等々……。第三種に屬する雜性能については戦局の進展推移につれて次から次へと新しい要求が生れつゝある。良質な塗料ともしなければ塗膜が物の表面に附着してゐるといふよりは塗膜と被塗物とが一體となつて被塗物の表面の性質を變化させるとみる方が妥當なくらゐであるから、塗料はど簡便な方法で物の表面の性質を自由自在に變化させ得るものは他に類例を求め難い。たゞ我々として慙愧に堪へないのは塗料にかけられたこれらの新たな期待の切實なるに引換へて、應へるものは完璧な製品ならぬ怪しげな特許の出願ばかりといふ場合がないでもないといふ實狀である。

第二種の性能のうち面の形状の効果と