

Bayferrox バイフェロックス

技術資料〔コンクリートの着色について〕



顔料の着色力

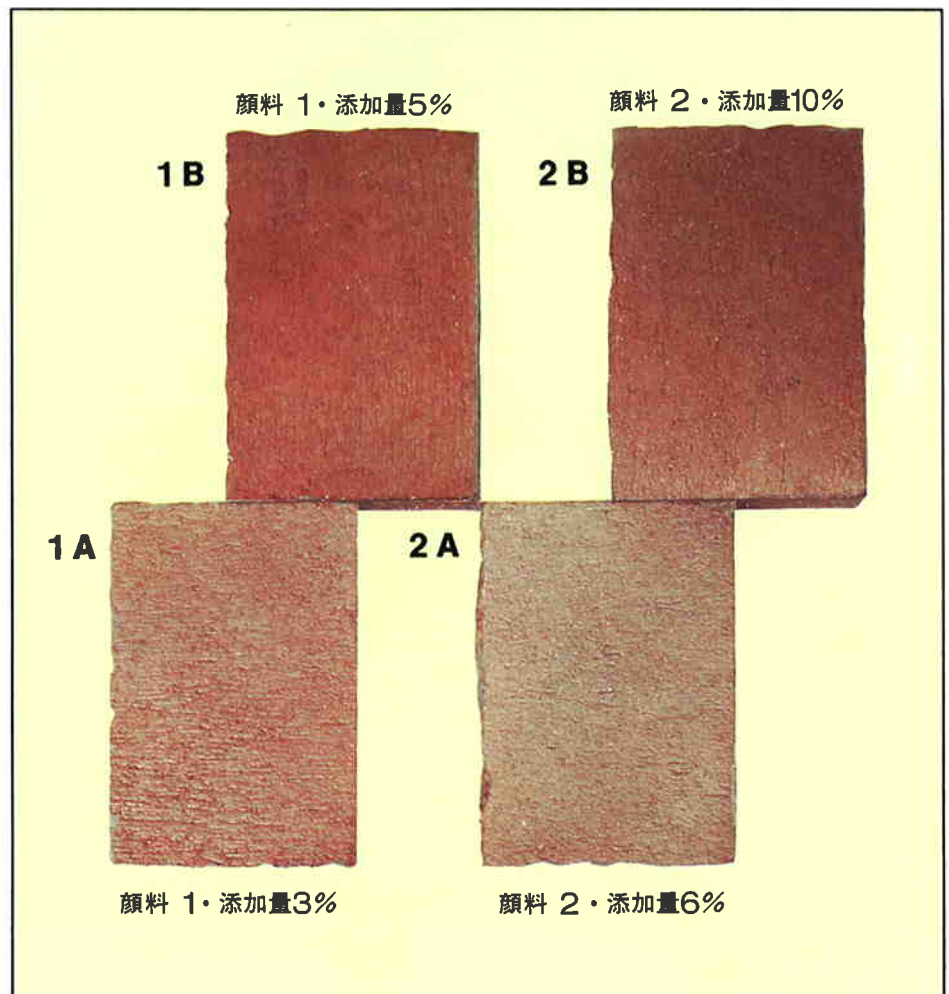
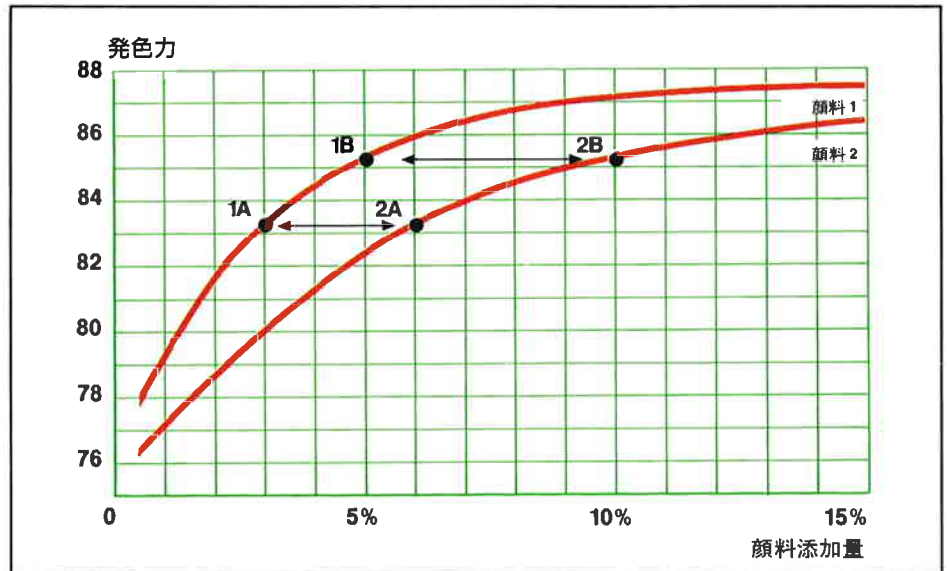
顔料といっても皆同じものとは限りません。例えば外観上同じように見える粉末状の酸化鉄赤色顔料でも、あるものは他のものに比べてその効力が倍のこともあります。

コンクリートを着色するために顔料を使う場合、決定的な特性は顔料の着色力（発色力）です。つまり、この着色力は顔料の純度ばかりでなく粒子の大きさにも左右されます。粉末として多少濃いように見える赤色顔料であっても、着色力が必ずしも強いとは限りません。

このことに関してDIN 53237に合ったバライトやセメント、あるいは実際の使用条件に基づいたコンクリート配合に、顔料を添加して試験を行ない、信頼性のあるデータをまとめました。

2種類（着色力が倍違うもの）の酸化鉄顔料を用い、顔料添加量と着色コンクリートの発色力との関係を調べてみた結果、右上のグラフのように飽和点（3ページ参照）へと伸びる典型的な曲線になります。着色力の強い顔料1では、セメント重量に対して5～6%の顔料添加量で、ほぼ飽和点に達しますが、着色力の弱い顔料2ではこのようになりません。それゆえ10～12%以上も添加しないと、同じ色調は得られません。同じ発色力を得るためにそれぞれの顔料添加量がわかれば、相対的な着色力がわかります。顔料1を3%添加したものは顔料2を6%添加したものと同じであり、顔料1の5%のものは顔料2では10%添加する必要があります。このことは右の写真で見比べてみるとよくわかります。

まとめとして、安価な顔料が必ずしも一番経済的であるとは言えません。



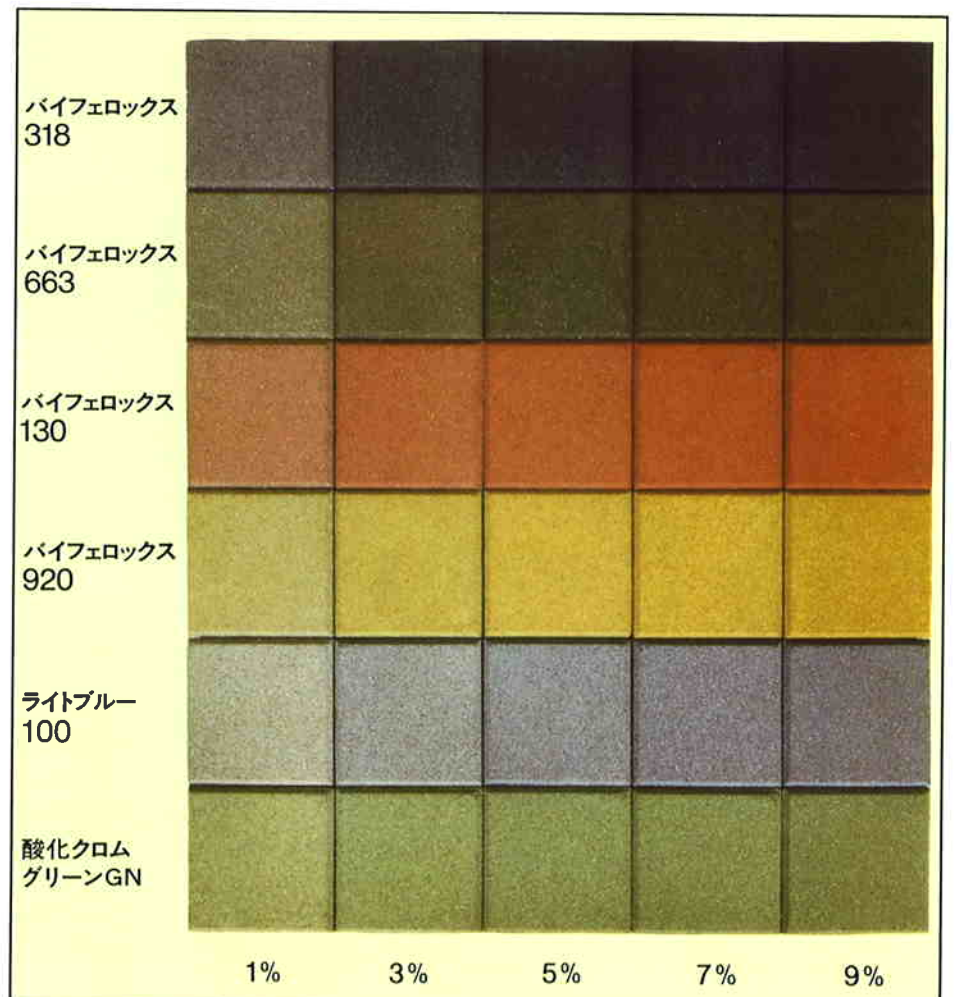
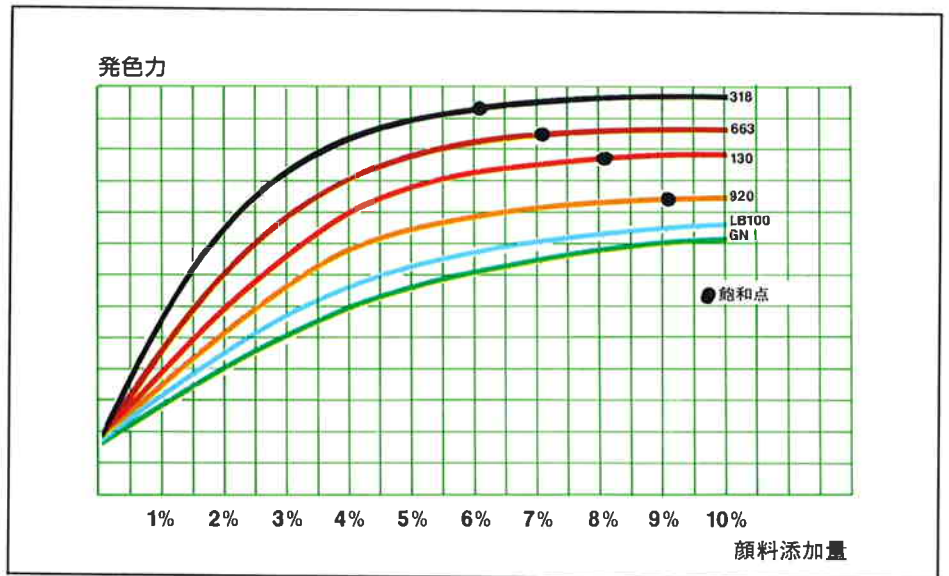
顔料添加量と着色の効果

コンクリートへの最適な顔料添加量がわかっていると、必要量以上の顔料を使わずにすむので余分なコストを押えることができます。

コンクリート配合に顔料の添加量を増やしていきますと、最初のうちは発色力は添加量とともに直線的に上昇します。さらに添加量を増やしていきますと、発色力は飽和点に向います。これらのようすは右のグラフと着色コンクリートブロックの写真によってはっきりとわかります。

顔料をもうこれ以上添加しても色がもはや濃くならない飽和点以上で顔料添加量を設定するのはもちろん自由ですが、バイフェロックスのような着色力の強い合成酸化鉄顔料では、セメント重量に対して5～8%が飽和点です。ただ着色力の弱い顔料では前ページのことからわかりますように、もっと顔料添加量を上げたところが飽和点になります。

コンクリート配合に微粉末の量をむやみに増やさないようにするためにも、できるかぎり最少量で最大の着色効果が得られるような、着色力の強い顔料を使うべきです。着色力の弱い顔料では、かなり大量の微粉末を添加することになりますので、コンクリートの強度に対して問題となります。

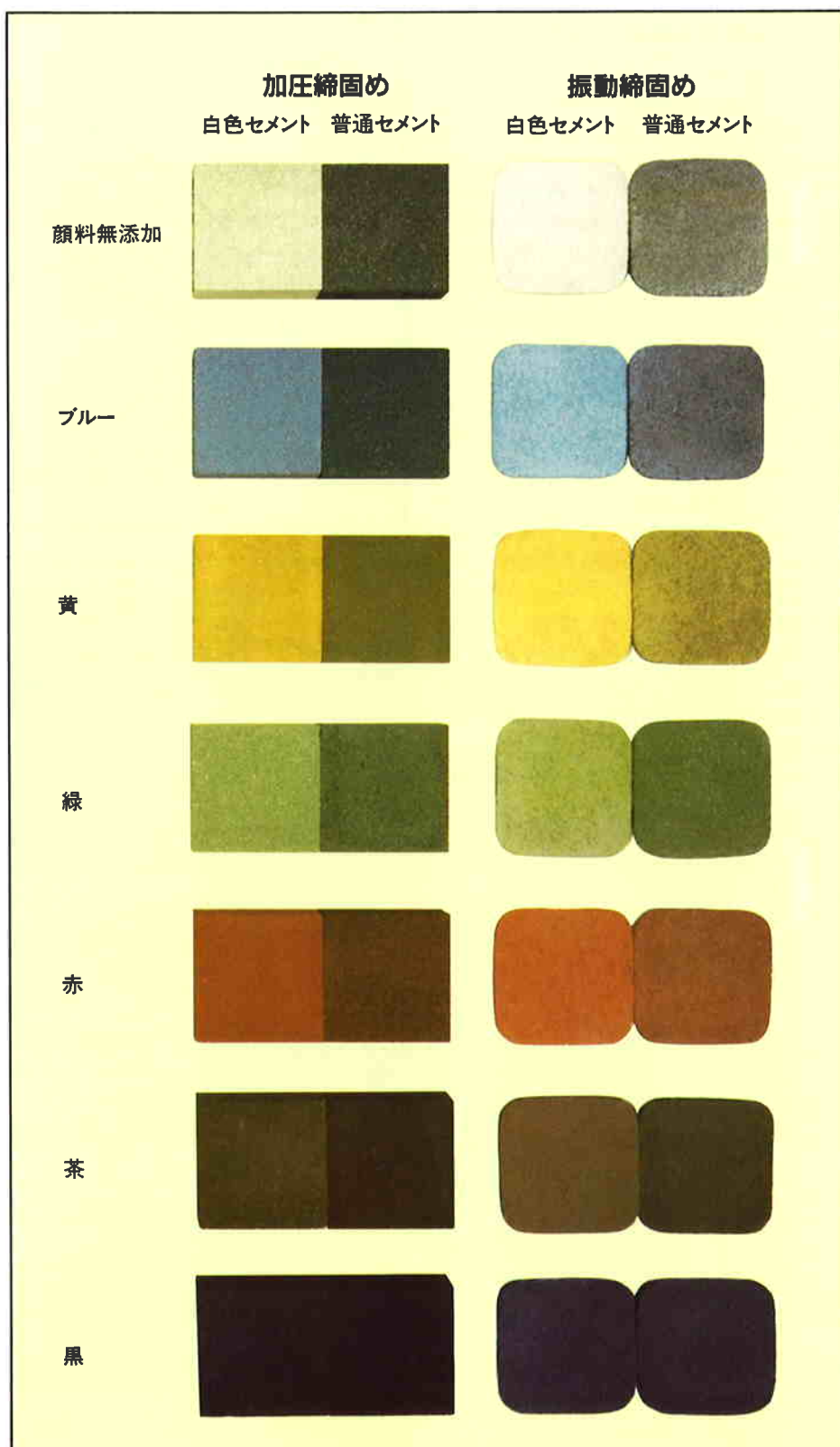


セメント自体の色と着色効果

灰色はどんな場合でもすべての色調を弱める効果があります。このことから普通ポルトランドセメントを使ったコンクリートの色は、白色セメントを使った時のような明るい感じにはなりません。

白色セメントを使って、よりきれいな色調を得るには、添加する顔料の種類にも左右されます。黒色顔料の場合、白色セメントを使おうとも、普通ポルトランドセメントを使おうとも、それらのコンクリートの色調にはほとんど差がありません。こげ茶や赤色の場合にはその差は小さいのですが、黄色や青色の場合、その差は顕著に現われます。このように、淡い色であればあるほどその色をきれいに上げたいなら、白色セメントを使う必要性が高くなるわけです。

けれども実際には話は複雑になります。次の5ページでは、水セメント比がコンクリートの色調に対してどのように影響するかについて言及してします。私どものテストでは、水セメント比が27%と45%の2種類を用いました。その結果、加圧締固め（即脱式）で使われる水セメント比の低い方のコンクリートの場合、振動締固めの場合と比べて普通ポルトランドセメントでは色が濃く発色し、白色セメントでは明度が低く発色しました。また、白色セメントを使った場合と普通セメントを使った場合のコンクリートでの色調の差は、水セメント比の高いような振動締固めのコンクリートに比べて、はっきりと出ています。



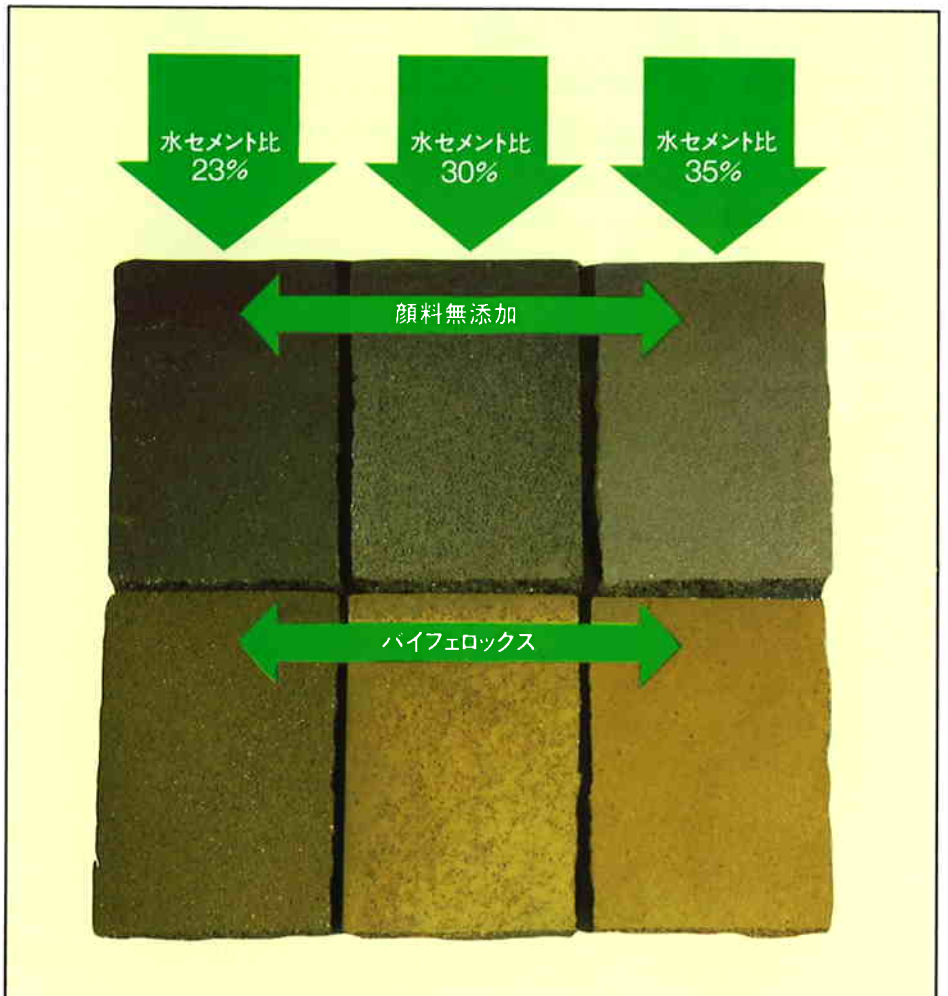
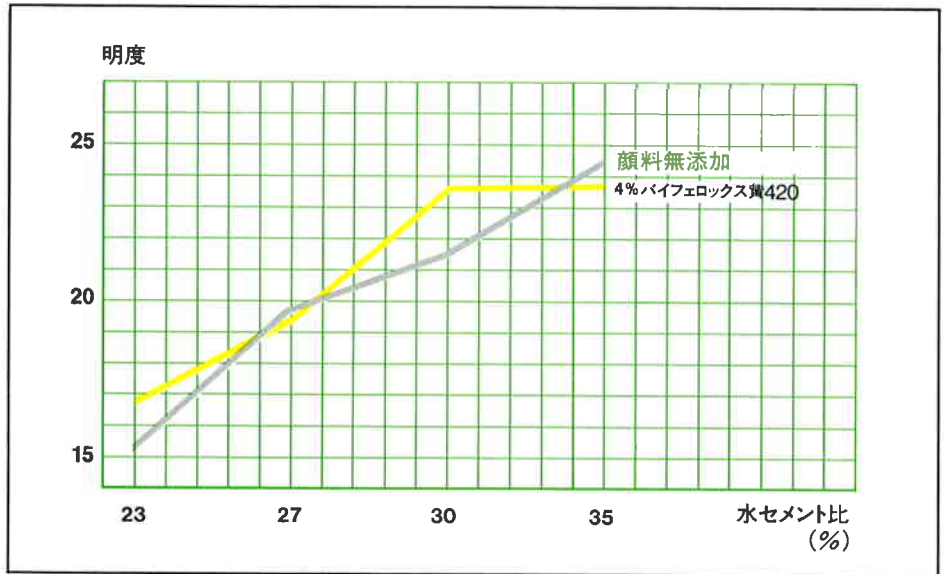
水セメント比と色調

グラスに注いだビールを見て、ビール自体は黄色であるのに、その泡が白いのはなぜか不思議に思ったことはありませんか。これは、泡が無数の小さな気泡の集まりで、ちょうど白色顔料と同様に光を散乱させるためです。このことは、コンクリートの色調と水セメント比との関係を説明する上で重要な意味を持ちます。

過剰に加えた水はコンクリートからどんどん蒸発して、そのあとにはとても小さな空洞が残ります。この微細な気孔は、ちょうどビールの泡のような働きをして、入ってくる光を散乱させるために、コンクリートの面が白っぽくみえるのです。水セメント比が高いほどさらに白っぽくみえます。

このようなことは、顔料の存在には全く関係ないことです。右のグラフと写真にありますように、顔料無添加のコンクリートは、着色コンクリートと同様に上述の法則に従っています。この試験は即脱式タイプ（加圧締め）で、通常使われている水セメント比を用いて行ないました。しかし、押出成形のコンクリート瓦では、一般に水セメント比が高いほど見た目には変わります。

実際、練り水の量に注意することが着色コンクリートで一定の色調を得るためにとても大切です。たとえば従来、流し込み方法で水セメント比の高いカラー平板を作っていて、硬練りの即脱方法に変えた場合、前と同じような色調を得ることは困難だとわかります。この場合、同じ色調にするには耐光性のある白色顔料、いわゆるチタンホワイトAのような酸化チタンを加えれば可能です。



養生温度と色調

養生温度は、2つの点で着色コンクリートの色調に影響を及ぼします。まず第一に顔料自体の熱安定性には時々限界があります。黒色酸化鉄顔料は約180℃で酸化されて赤色酸化鉄に変わります。したがって、コンクリートを約200℃でオートクレーブ養生する場合には、赤色へ変色する危険があります。茶色酸化鉄は黒色酸化鉄を混ぜてできていますので同じことが言えます。

ただ、バイフェロックス茶645Tと黒303Tは例外で、この2つは高い熱安定性があります。右の写真でバイフェロックス663や318を添加して、204℃で養生したコンクリート供試体に赤×印がありますが、これらの顔料は先に述べた理由のため、ここでは使用できないという意味です。赤色酸化鉄と黄色酸化鉄は、オートクレーブ養生において何ら問題なく使うことができます。

第二に、養生温度は顔料無添加の場合でもコンクリート自体の色にかなりの影響を与えるという点です。電子顕微鏡で見るとコンクリート中のセメントは、養生温度によって異なる大きさの結晶が成長します。結晶の大きさが光の散乱力、つまりコンクリートの白っぽさに関わっています。2℃と28℃の温度差は小さいのですが、屋外で養生する時、夏の場合と冬の場合とではコンクリートの色に確かに差があります。これがオートクレーブ養生すると、コンクリートはかなり白っぽくなります。養生温度が高くなればなるほど、コンクリートはますます白っぽくなる、このようなことは、顔料を添加した着色コンクリートではかなりはっきりとわかります。

右の写真を見ると、単に養生温度を変えることで、その色調にどれほどの差がでるのかがわかります。各々横の列は、同じコンクリート配合で養生温度のみを変えています。このようにコンクリートを高温で養生すると、屋外や低圧蒸気で養生する場合より発色力は低くなります。

養生温度の違いによってコンクリート中のセメント相や結晶形が異なります。このことが色調に関係しています。



× は熱安定性がなく不適當

型枠の影響と仕上げ方法

コンクリートの締固め工程で、微粉末（セメント、フィラー、顔料）と水からなるスラリーが型枠との間に生じてきます。このスラリーが後々のコンクリートの外観や耐候性にかなり影響してきます。

吸水性があろうとなかろうと、型枠の材質によりスラリーがコンクリートの表面に残りそこで硬化をします。木製型枠を使った場合には、多くの水が吸われて表面に残るセメントスラリーの層は、例えば樹脂型枠や鋼製型枠の場合に比べてかなり薄くなっています。このスラリー層が厚いと汚れが付いたり、ひび割れが起こりやすくなります。このような現象は顔料の存在と関係なく通常起こります。

吸水性のある型枠にはく離剤を塗れば、非吸水性の型枠と同様にはく離性はよくなります。しかし、はく離剤を塗りすぎると、コンクリートの表面に手におえない汚れが残ったり、表面の美観を損ねたりします。水セメント比の高いコンクリートでは、保水性をよくするために微粉末の量を増やすべきです。

木製型枠の場合は、新品よりも数回使用したものが結果は良くなります。というのは何回か使用したものは吸水性も低く、木から溶出する物質がコンクリートの表面にそんなに付着しないからです。

コンクリートの仕上げとは表面の状態を変えることに他なりません。この目的は表面の欠陥を取り除いたり、少なくしたりするものです。機械的な方法として、コンクリートの表面をサンドブラストする、叩きだしをする、研磨するなどがあります。化学的な方法としては、酸洗いや表面の硬化遅延による方法があります。

着色コンクリートの表面を完全な形で見せたいのならば、適切な型枠の選定と仕上げ方法を用いることがとても大切なことです。

樹脂型枠



鋼製型枠



同一のコンクリート配合と顔料添加量による



不適当なはく離剤を使用



硬化遅延剤による仕上げ



適切なはく離剤を使用



酸洗い仕上げ

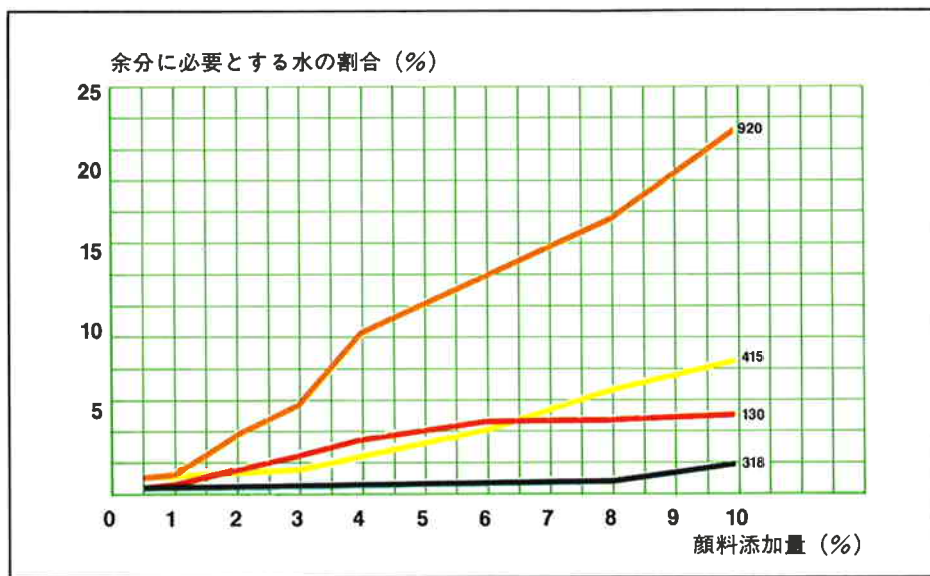
顔料添加量とコンクリートのコンシステンシー

顔料の細かさはセメントで用いているブレン値では決められません。また平均粒径は、顔料の種類や着色力によって、かなり異なり一概に言えません。ただ目安として、ブレン値でセメントよりも10~20倍も大きいと言えます。つまり、それだけ顔料は細かく、コンクリートの着色にふさわしいということになります。このような微粉末はその粒子径やその形状、化学組成によってはコンクリートの作業性に当然影響を及ぼします。

右の写真はスランプ試験を行なった後の状態です。パイフェロックス黒 318 あるいは赤 130 を、セメント重量に対して10%添加してもコンクリートのスランプには影響はありませんが、パイフェロックス黄 920 の場合には影響があります。この顔料の粒子の大きさは、黒色あるいは赤色顔料とほとんど変わりませんが、針状構造である点で異なります。従って黄 920 はその表面にコンクリートの硬化に必要な水を取り込んでしまい、その結果、実質的な水セメント比は低下します。

コンクリートに顔料を添加する場合、同じスランプにするため、ある場合には水量を増やすことを考えますが、実際には水を増やす必要があるのは黄色顔料を10%以上入れたときなので、実用上ほとんど関係がないと言えます。つまり、セメント量に対して顔料を10%以上も添加することはまずないからです。

右上のグラフは、顔料を選ぶ際にその添加量に関連してスランプを一定にするために、余分に加える水の割合を示しています。尚、10ページで水の増加によるコンクリート強度への影響を説明しています。



水セメント比52%の場合

無添加



22.0 cm

パイフェロックス 318・添加量10%



22.5 cm

パイフェロックス 920・添加量10%



16.1 cm

パイフェロックス 130・添加量10%



21.5 cm

スランプ試験
(DIN1048)に準ずる

顔料を添加したコンクリートの耐候（光）性

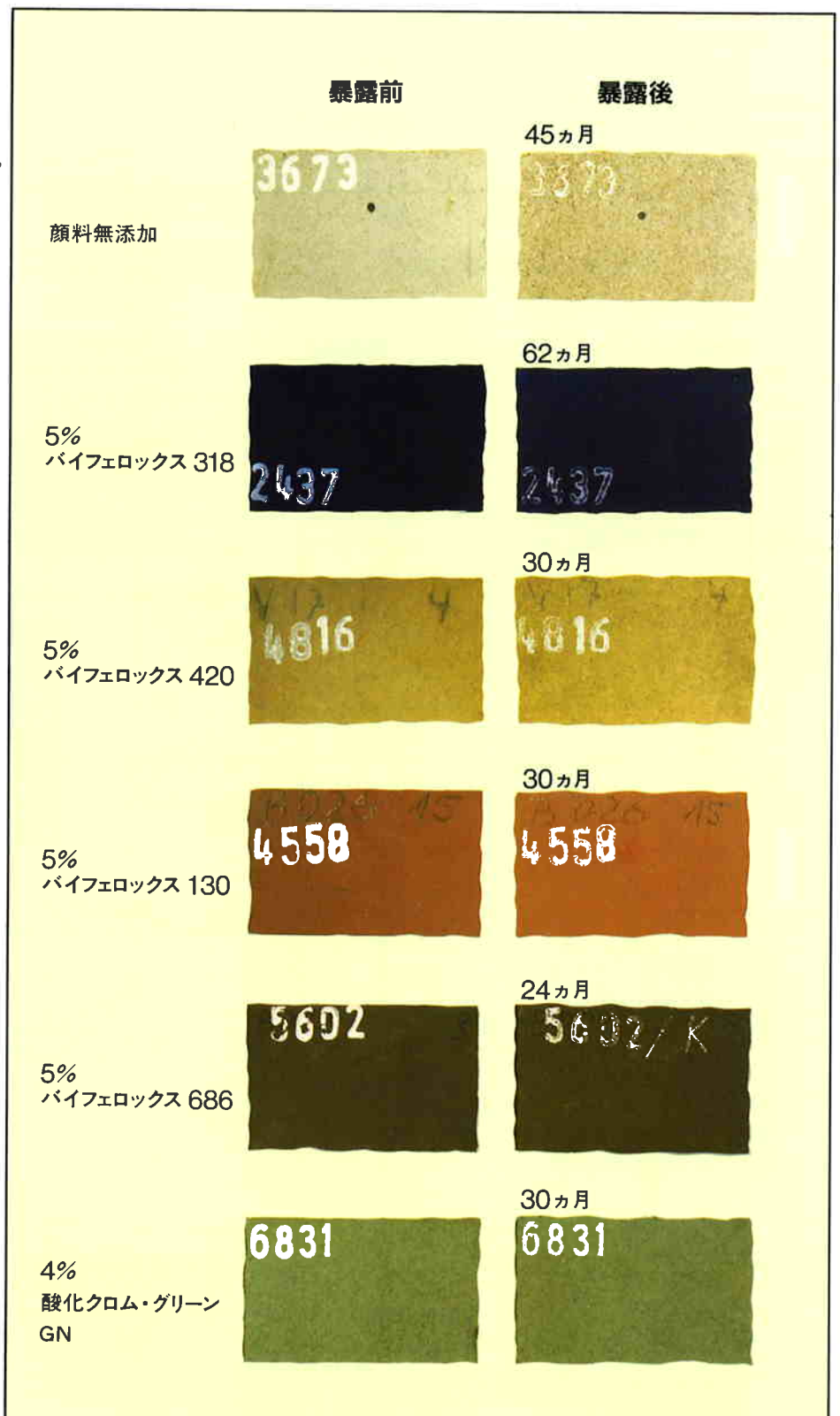
顔料を添加していない通常のコンクリートは、時間の経過とともにその色は確かに変化しています。これは次のような理由からです。

1. 白華（エフロエッセンス）：
一時的ですが明度の変化をもたらします。（11ページを参照）
2. スケーリング：
数年ぐらいたつと骨材が露出してくるのに伴い、その骨材の色でコンクリート全体の色調が違って見える。
3. コンクリートの黄変：

これらの現象は、それぞれ異なった原因によりますが、実際にはお互いに影響しています。これらの現象が着色コンクリートの色の変化の原因となるとは考えられません。むしろ顔料を添加していない通常のコンクリートで、屋外に暴露したものとしないものでは、その色の差は顕著です。つまり、コンクリートを着色することにより暴露した後の色の変化をある程度かくすことができます。右の写真は45か月間、屋外に暴露したものと全く暴露しない顔料無添加コンクリートを比較してあります。このことからバイフェロックスと酸化クロム・グリーンは、耐候（光）性にすぐれていることが十分に証明されます。

またここには載せていませんが、ライトブルースペシャル（青色顔料）やチタンホワイト（白色顔料）でも同様な結果が得られます。

これでコンクリートの着色に使うことのできる無機顔料は、ほとんどすべて網羅されています。いずれにしても有機顔料は使えません。また無機顔料でもカドミウム顔料、クロム酸塩顔料、紺青などはコンクリートの着色に不適です。



顔料添加量とコンクリートの強度

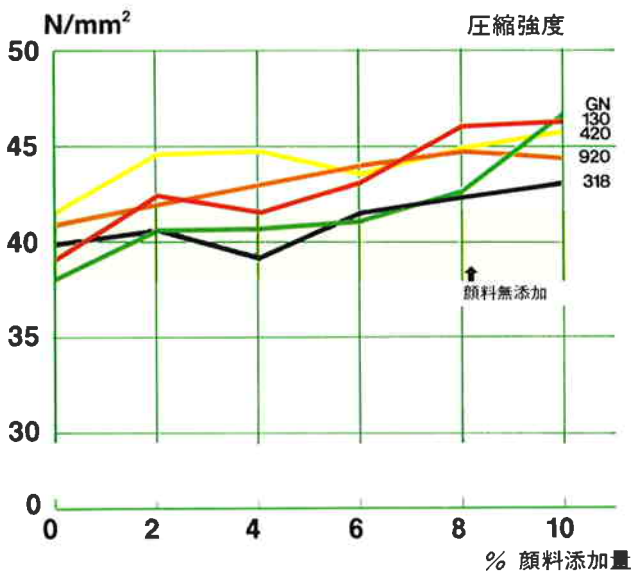
コンクリートが完全に乾燥していない状態では、一般に水セメント比が小さいほど強度は大となります。水セメント比を一定として(ここでは水セメント比を43%とした) 顔料添加量を増やしていくと、セメントの凝結のために必要な水がある程度顔料が吸ってしまうので、実際には水セメント比が下がってコンクリートの強度は増します。

一方、スランブを同一に保つ条件では、顔料添加量を増すに従って水を若干添加する必要があります。これはつまり、水セメント比が高くなることで、強度の点でマイナスに働きます。しかし、パイフェロックス赤、黒、茶の顔料については、添加量10% (セメント重量に対して) までならば、このような影響はほとんどありません。パイフェロックス黄

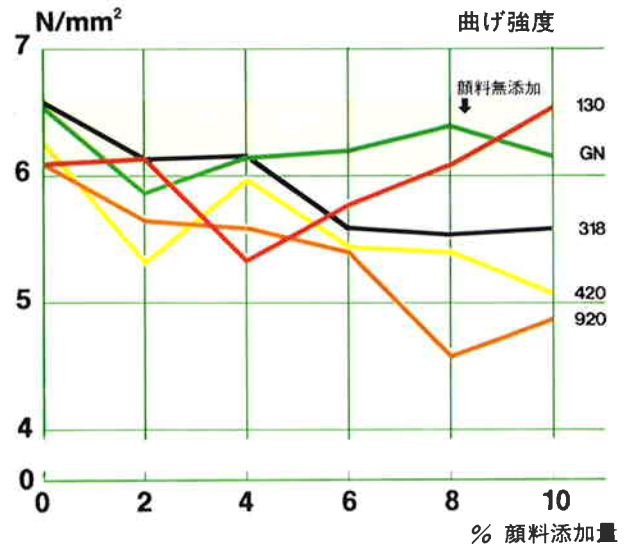
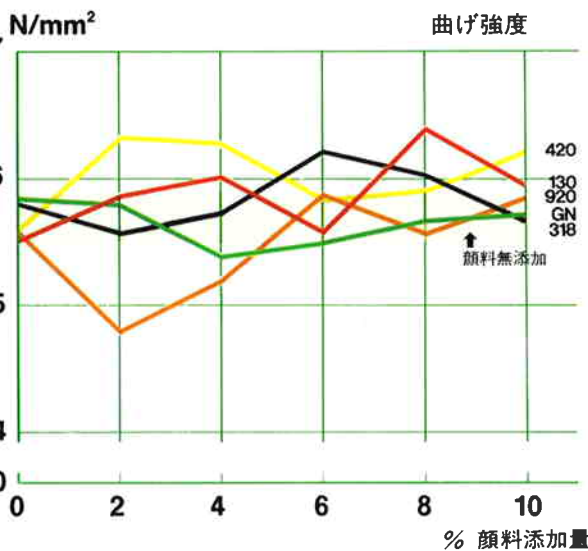
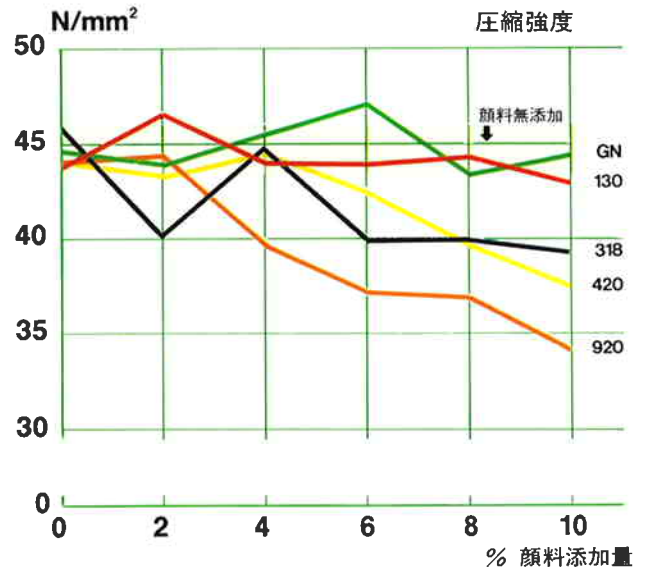
920や420は、かなり水を吸収するために強度に対して影響があります。

このテストで使用した顔料はパイフェロックス赤130、黒318、黄420、黄920と酸化クロムグリーンGNの5点です。

水セメント比一定の場合



スランブ一定の場合



白華現象(エフロレッセンス)

白華現象はあらゆるコンクリートの製造において悩みの種です。コンクリートの外観に高度な要求がある場合は特に問題です。しかし、顔料自身は白華そのものに全く関与していないことが弊社のテストでも立証されています。この現象は当然黒地のコンクリートの方が通常のコンクリートよりも目立ちます。一方、白いコンクリートならほとんどわかりません。

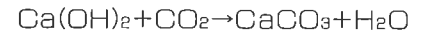
一次白華現象といわれるコンクリートの養生中で、凝結していない状態で水が表面に達して発生するものと、二次白華現象といわれる、製造後長時間経過して外部からの水によって発生するものの2つがあります。この2つの白華現象は、コンクリートがポーラス、すなわち多孔質であればあるほど、その発生が助長されます。逆に密であればそれだけ発生は少なくなります。セメントが硬化する間に練り水に（一次白華の場合）、又は外部からの雨水などに（二次白華の場合）、それぞれ溶解している遊離石灰がコンクリートの表面に

析出して、空気中の炭酸ガス（CO₂）と化合して不溶性の炭酸カルシウム（CaCO₃）を発生します。（化学反応式（1）を参照）風が強い時に白華が出やすいのは、動いている空気中により多くの炭酸ガス（CO₂）があるからです。炭酸カルシウム（CaCO₃）は再び余剰の炭酸ガス（CO₂）とゆっくりした反応で、水に可溶性水素化炭酸カルシウム（Ca（HCO₃）₂）が生成されます。（化学反応式（2）を参照）このような過程で白華は天候などによって再び分解されます。また大気中の酸性物質（例えば亜硫酸ガス）も、当然コンクリート表面の炭酸カルシウムを分解するのに役立ちます。従って工業地帯で発生した白華は、空気がきれいな山や海の場所より早く消滅することになります。

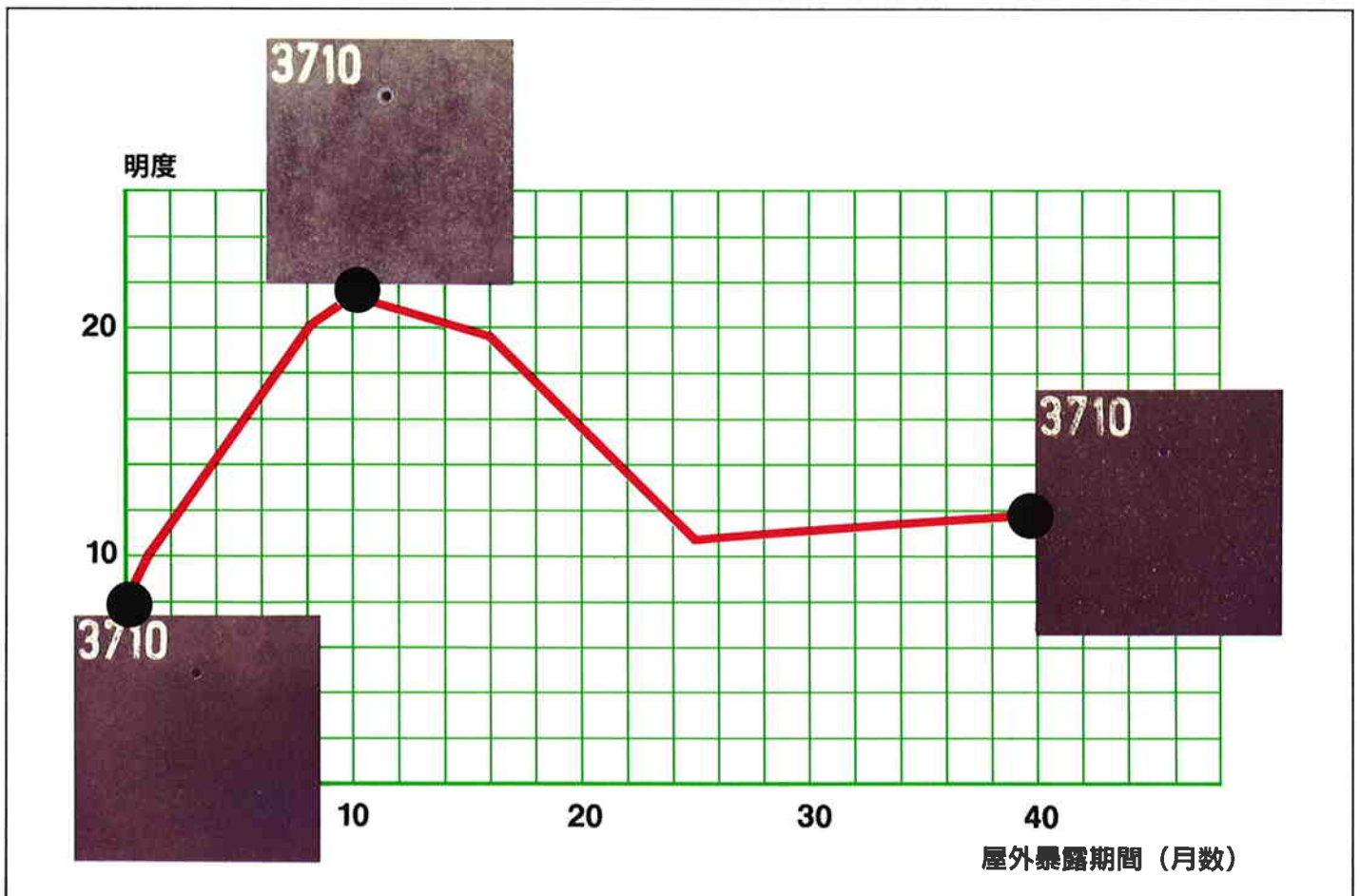
下のグラフはバイフェロックス黒320で着色した供試体を、ドイツの工業地帯で暴露して、その表面の明度を適時に測定したものです。最初の1年では白華が増えていますが、2年目から徐々に白華が分解され、約2年経過すると当初の色調にほぼ戻ってきます。また他

の気候条件や別の顔料添加量でも同様なテスト結果が得られています。

化学反応式（1）



化学反応式（2）



バイエル(ケミカルズ)はランクセスに社名変更いたしました。

ランクセス株式会社

〒100-8215 無機顔料グループ

東京都千代田区丸の内1-6-5 丸の内北口ビル23F

TEL: (03) 5293-8017 FAX: (03) 5219-9776

<http://www.kensetu-bukka-m.co.jp/bayferrox/>

代理店

口頭、書面あるいは試験等のいかなる場合も、当社の技術的アドバイスは誠意をもってなされているが、保証責任を含むものではない。この事は第三者の所有権にかかわる場合にも適用される。当社から供給された製品が目的とする加工および用途に適するか否かの試験を行なう義務から需要家を解放するものではない。当社製品の用途、使用および加工法は

当社の管理の及ぶところではなく、ために完全に需要家の責任となる。損害に対する保償責任が生じた場合でも、その範囲は納入され、需要家が使用した製品価額範囲に限られる。もちろん、当社の一般条件の範囲内の製品の品質については保証する。

LANXESS
Energizing Chemistry