

Research Center for Life Cycle Assessment

自動車ボディの太陽熱反射率向上に伴う温熱環境改善効果の評価

Evaluation of Improvement Effect on Thermal Environment in Automobile by Raising Solar Heat Reflectivity of Automobile Body

井原 智彦
 金山 真之, 吉田 好邦, 松橋 隆治 (東京大学)
 村瀬 俊和, 三木 勝夫 (三木コーティング・デザイン事務所)
 長尾 五郎 (日本ペイント(株))

独立行政法人 産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター

MEMBER INSTITUTION OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

Research Center for Life Cycle Assessment

1. はじめに

■ 運輸部門 (88%)
■ 産業部門 (6%)
■ 民生部門 (6%)

- 2005年2月16日の京都議定書の発効により、GHG排出6%減へ。
- 運輸部門のCO₂排出量は、1990年比20.6%増。うち自動車起源は88%。

第24回エネルギー-資源学会研究発表会
2005/06/09

Research Center for Life Cycle Assessment

1. はじめに 自動車の省エネルギー対策

- 自動車の省エネルギー対策
 - 自動車単体対策 (燃費向上, 低公害車の普及)
 - 交通流対策 (ITSの推進等)
 - 物流対策 (物流の効率化等)
- 実燃費悪化の要因のひとつ: 炎天下でのエアコン使用
 - エンジン動力の一部がコンプレッサ・オルタネータの動力として使用されるため燃費が悪化 (真夏走行時, 1.2割程度)

● 2001.07
● 2001.09
● 2001.11
● 2002.01
● 2002.03
● 2002.05

GV実燃費の季節変化
 エアコン (冷暖房とも) 使用の機会が少ない15月は、実燃費が比較的良好

車内熱環境の改善により、省エネルギー効果が見込める！

第24回エネルギー-資源学会研究発表会
2005/06/09

Research Center for Life Cycle Assessment

1. はじめに 太陽熱高反射塗料の自動車ボディへの応用

- 太陽熱高反射シート/太陽熱高反射塗装
 - 特殊形状の顔料を混ぜ込むことにより、日射を高い割合で反射
- 太陽熱高反射フィルム
 - 日射のうち赤外線と紫外線の80%を遮る透明なフィルム (可視光透過率は一定量を確保)

太陽光線 (可視光・近赤外線)
日射を高反射!

太陽熱高反射塗料 基材 (自動車ボディ)

赤外線吸収の小さな顔料 (形状、化学組成) を選択使用 (中空セラミックビーズは自動車ボディには適用できない)

第24回エネルギー-資源学会研究発表会
2005/06/09

Research Center for Life Cycle Assessment

1. はじめに 自動車ボディ塗装の構成

日射

上塗りクリアー塗装 (Ac/MF系樹脂など)
上塗りベース塗装 (Ac/MF系)
中塗り塗装 (PE/MF系樹脂)
電着塗装
表面処理
車体 (鋼板)

さまざまな顔料を使いカラフルな色が発生 反射率を支配する

第24回エネルギー-資源学会研究発表会
2005/06/09

Research Center for Life Cycle Assessment

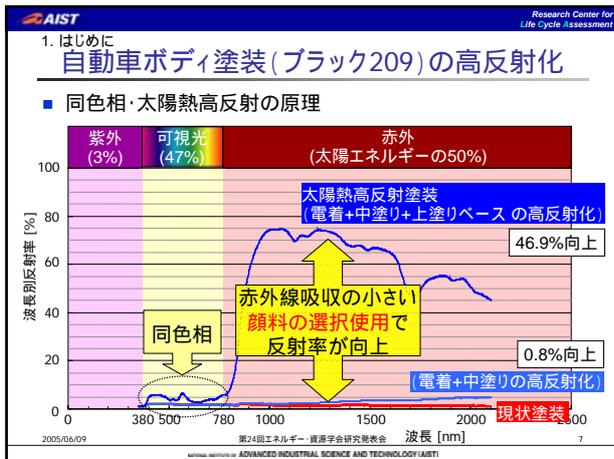
1. はじめに 自動車ボディ塗装への応用

- 赤外線領域の反射率が高い顔料を選択的に使用

現状
電着+中塗りの高反射化
電着+中塗り+上塗りベースの高反射化

上塗りクリアー塗装
上塗りベース塗装
中塗り塗装
電着塗装
車体 (鋼板)

第24回エネルギー-資源学会研究発表会
2005/06/09



1. はじめに 太陽熱高反射塗装化による各色の反射率向上

塗色	現状	電着+中塗りの高反射化		+上塗りベースの高反射化	
	反射率	反射率	向上値	反射率	向上値
#040	69.0%	76.0%	7.0%	83.6%	14.6%
#1C3	18.4%	19.3%	0.9%	48.5%	30.1%
#1D9	51.9%	52.7%	0.8%	60.8%	8.9%
#1E7	57.5%	59.0%	1.5%	64.3%	6.8%
#209	1.5%	2.3%	+0.8%	48.4%	+46.9%
#3P1	46.7%	50.1%	3.4%	50.2%	3.5%
#3P2	9.9%	12.1%	2.2%	54.3%	44.4%
#6R4	3.5%	4.9%	1.4%	45.2%	41.7%
#8P4	8.0%	10.9%	2.9%	50.4%	42.4%
#8Q3	39.1%	40.7%	1.6%	54.4%	15.3%
#946	5.4%	7.1%	1.7%	51.1%	45.7%
...
平均	46.7%	50.4%	+3.7%	64.2%	+17.5%

ある自動車の塗色構成では、平均+17.5%の反射率向上が見込める。

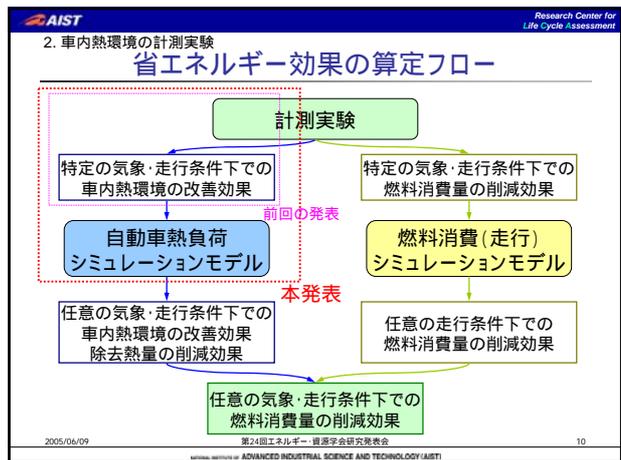
2005/06/09 第24回エネルギー資源学会研究発表会

2. 車内熱環境の計測実験

■ 計測実験の目的

- 基礎実験として、低反射率車 vs. 高反射率車の計測をおこない、ボディ反射率の差異が室内熱環境に与える影響を計測、それに伴うエアコン稼働由来の燃料消費量を算出する。
- 本来は、同色相の通常塗装車 vs. 太陽熱高反射塗装車の比較をおこないたい。

2005/06/09 第24回エネルギー資源学会研究発表会



2. 車内熱環境の計測実験 反射率差評価のための基礎実験

同様の実験を2003年12月にもおこなっている

■ 計測対象(自動車)

同車種同型式かつボディ反射率の異なる2台の通常塗装車(屋外静置実験)

	ボディカラー	日射反射率 [%]
低反射率車	ブラック 209	6.43
高反射率車	ホワイトパール 070	73.69

*日射反射率: 350-2100[nm]の波長別反射率を日射分光強度で重み付けた値
**ホワイトパール070の反射率値は、類似のホワイト040の反射率値で代用する。

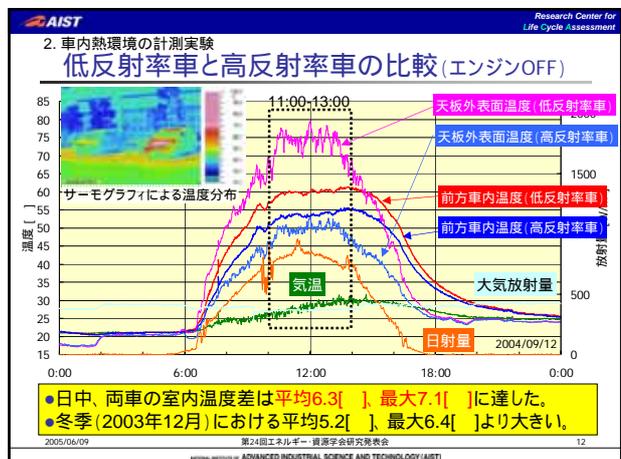
■ 計測場所

- 日本ペイント(株) 東京事業所敷地

■ 計測項目

- 気象 (気温、湿度、風向、風速、長短波放射)
- 自動車 (各点温度、燃費、サーモグラフィ)

2005/06/09 第24回エネルギー資源学会研究発表会



3. 自動車熱負荷シミュレーションモデルの検証

室温・熱負荷(連立熱平衡式)

$$M \frac{d\theta^k}{dt} + \theta^k \{V\} = \{V\}$$

- 建築熱負荷モデルを改良して適用
- 毎時の室温/除去熱量を算出

入力データ

- 気象(気温・日射量・風速=車速など)
- 自動車仕様(躯体構成など)
- スケジュール(在室・空調など)
- θ^k の微分方程式を後差差分化。
- 熱点ごとの方程式を連立。
- M は定数係数行列、 V は定数項ベクトル。

2005/06/09 第24回エネルギー-資源学会研究発表会

3. 自動車熱負荷シミュレーションモデルの検証
自動車モデル(計算条件)

面積・傾斜角を保存したまま、平面に展開した(そのため側線の一致を無視した)

エンジン部を除外し、隔壁は日の当たらない外壁とした

2005/06/09 第24回エネルギー-資源学会研究発表会

3. 自動車熱負荷シミュレーションモデルの検証
構成部材(計算条件)

■ 天板の部材構成

層	材料	厚さ [mm]	熱伝導率 [W/mK]	容積比率 [kJ/m³K]
1	銅	0.7	45.0	3620
2	軟質ウレタン発泡板	4.0	0.0500	37.7
3	密閉中空層	5.0	熱抵抗 R=0.155[m²K/W]	
4	カーペット類	3.0	0.0802	31.8

2005/06/09 第24回エネルギー-資源学会研究発表会

3. 自動車熱負荷シミュレーションモデルの検証
計算値と実測値の比較(前回実験)

● 全体的な傾向は一致しているものの、朝・日中・夕方それぞれ差が見られる。

2005/06/09 第24回エネルギー-資源学会研究発表会

3. 自動車熱負荷シミュレーションモデルの検証
室内温度における計算値と実測値の比較

● 全体的な傾向が一致し、かつ朝および日中でもよく追従している。

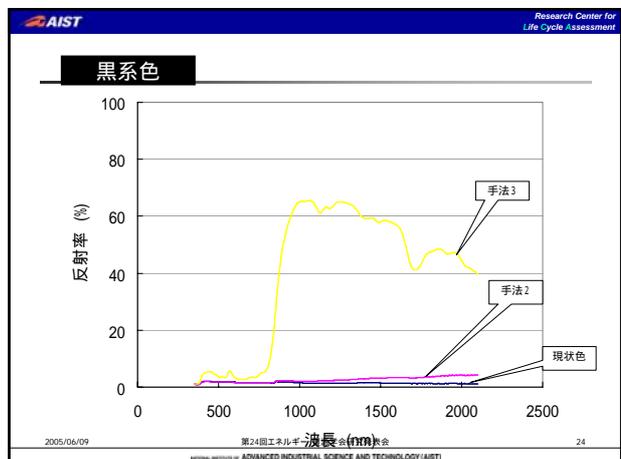
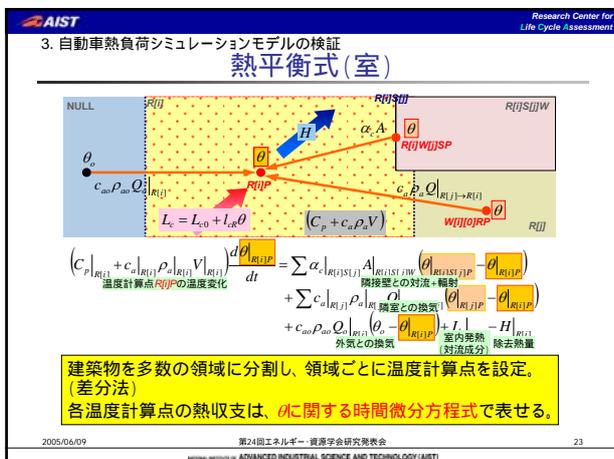
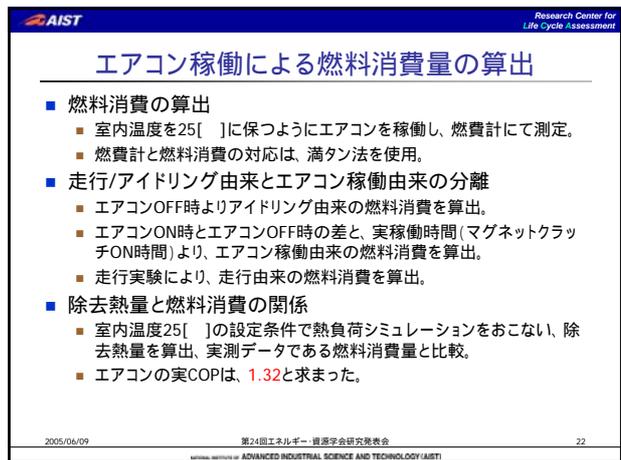
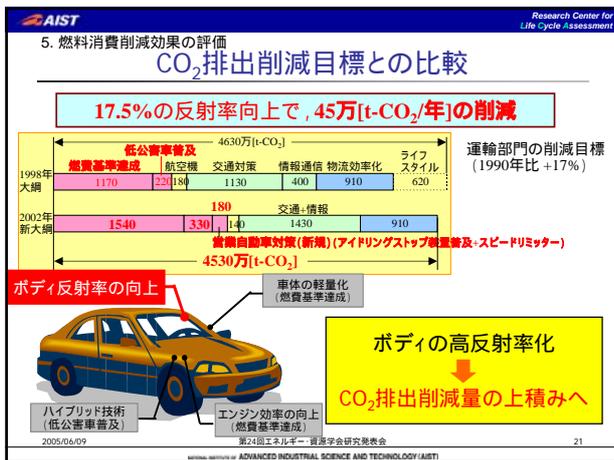
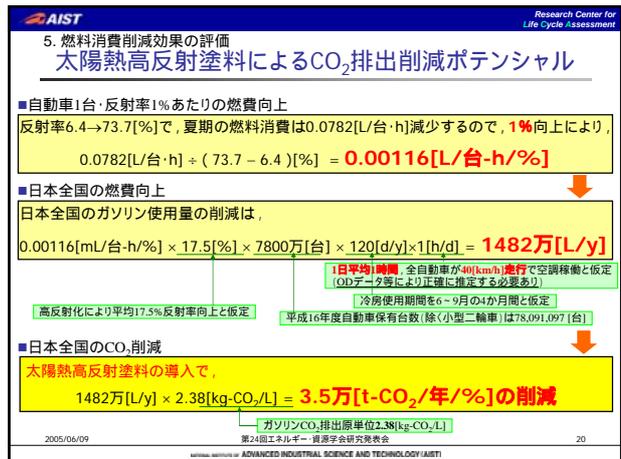
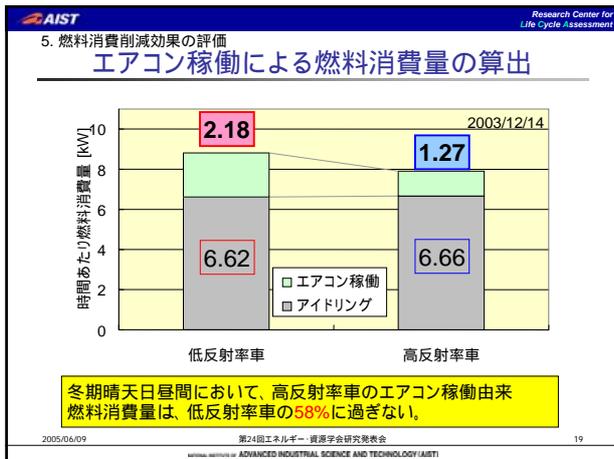
● 夕方の温度低下は再現できていない。

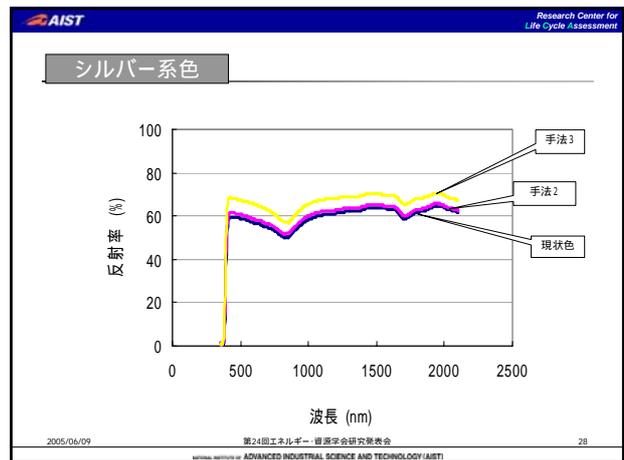
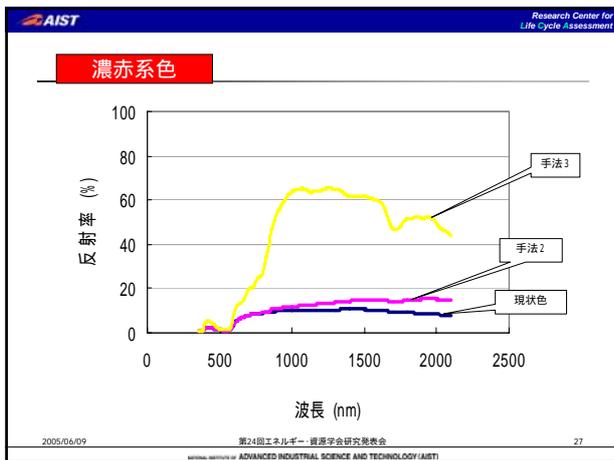
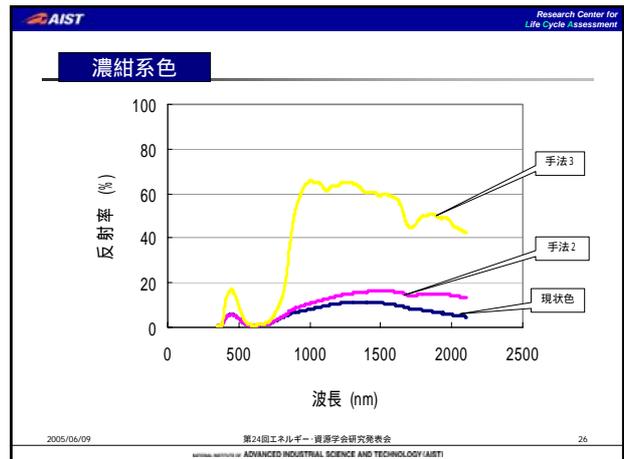
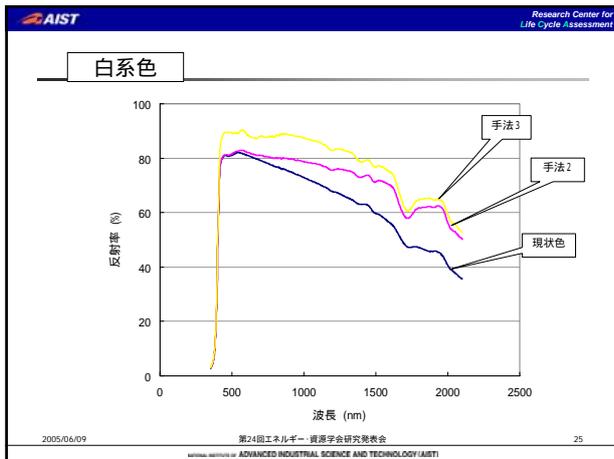
2005/06/09 第24回エネルギー-資源学会研究発表会

4. おわりに

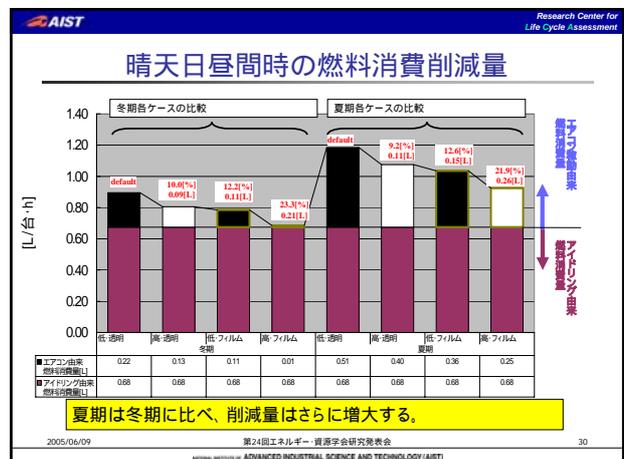
- 高反射塗装による自動車ボディの日射反射率の向上
 - 自動車に導入できる有効な省エネルギー案
 - 平均的な自動車で17.5%向上(消費者の効用を下げずに)
- 計測実験(日射反射率1.50% vs. 73.69%)
 - 天板外表面温度は、80[] vs. 50[]
 - 室内温度の差は、6-7[]に達した。夏季の5-6[]より大きい。
- 自動車熱負荷シミュレーションモデル
 - 自動車図面の計算条件化を精緻におこなうことにより、よい一致
 - ・ 自動車ボディ表面の平面への展開手法
 - ・ エンジン部を除外
 - ・ 部材構成の見直し
 - 周辺環境もしくは車内熱容量の配置に問題が残る?
- 今後の課題
 - 燃料消費シミュレーションモデルの開発および検証

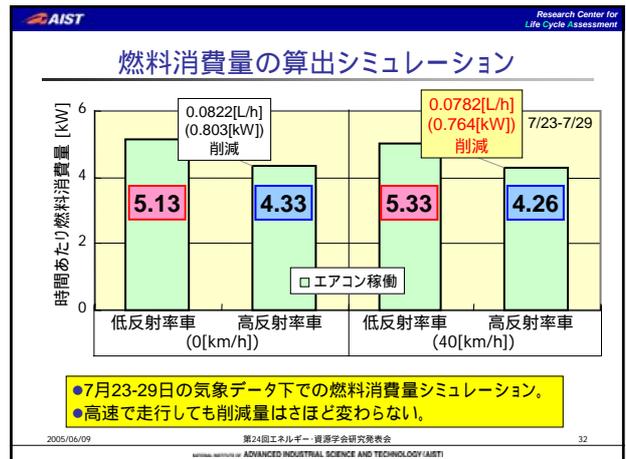
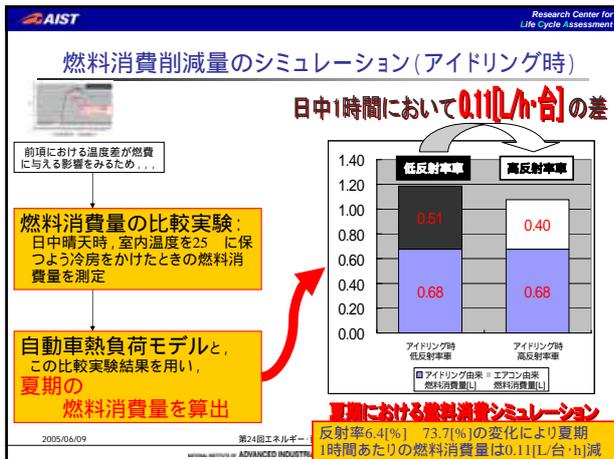
2005/06/09 第24回エネルギー-資源学会研究発表会





- ### ベース塗膜に使用される顔料
- 鱗片状顔料・・・アルミ箔、マイカ等
 - 有彩顔料
 - カーボンブラック
 - フタロシアンブルー
 - フタロシアニングリーン
 - キナクリドンレッド
 - ペリレンレッド
 - アンザンスロンレッド
 - ジオキサジンヴァイオレット
 - フラバンスロンイエロー
 - アンスラピリミジンイエロー
 - 酸化鉄レッド
 - 酸化鉄イエロー
- 2005/06/09 第24回エネルギー資源学会研究発表会 29





太陽熱高反射顔料

Research Center for Life Cycle Assessment

- 種類
 - 有機系顔料(Organic pigment)
 - 無機系顔料(Inorganic pigment)
- 反射の原理
 - 顔料の形状(りんぺん、球状)
 - 顔料の構造(元素の配列)
 - 元素の割合(配合量)

2005/06/09 第24回エネルギー資源学会研究発表会

顔料の選別

Recommendable of Cool Pigments

Inorganic Cool Pigments

- White (TiO₂)
- Yellow (Ti-Ni-Sb)
- Blue (Co-Al)
- Brown (Fe-Ti)
- Black (Co-Cr-Fe)

Inorganic Hot Pigments

- Carbon black
- Black (Fe3O4)
- Brown (Fe-Cr-Zn-Mn)
- Green (Co-Ni-Ti-Zn)

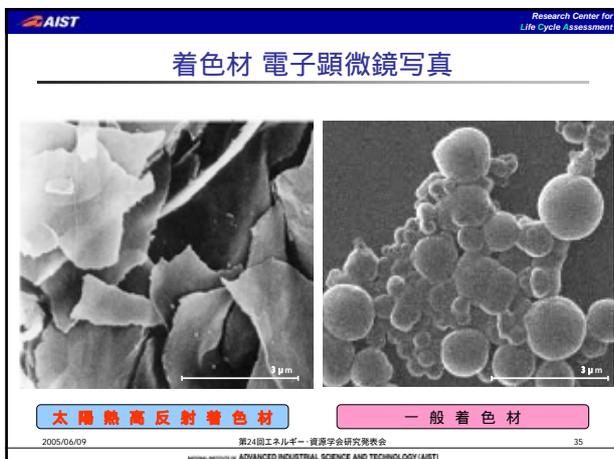
Organic Cool Pigments

- Yellow (Benzimidazolone)
- Red (Quinacridone)
- Blue (Copper phthalocyanine)
- Green (Chlorinated phthalocyanine)

Organic Hot Pigments

- Yellow (Benzimidazolone)
- Red (Quinacridone)
- Blue (Cromthal)
- Green (Halogen phthalocyanine)

©2004-4/30 MIKI CDE



Recommendable Chromatic Cool Pigments of MIKI Chemicals Company Laboratory

Color	Trade Name	Chemical Structure
Yellow	SYMLER FAST YELLOW 4192 7-31737A-4192	Quinacridone
Red	FASTOGEN SUPER RED 500R3 7-31737A-500R3	Quinacridone
Red	FASTOGEN SUPER MAGENTA RH 7-31737A-517RH	Quinacridone
Violet	FASTOGEN SUPER VIOLET RV5 7-31737A-517RV5	Quinacridone
Blue	FASTOGEN SUPER BLUE 6070S 7-31737A-6070S	Quinacridone
Blue	FASTOGEN BLUE RS 7-31737A-RS	Copper Phthalocyanine
Blue	FASTOGEN BLUE S49S 7-31737A-S49S	Copper Phthalocyanine
Green	FASTOGEN GREEN S 7-31737A-S	Chlorinated Phthalocyanine

2005/06/09 第24回エネルギー資源学会研究発表会

Recommendable Inorganic Cool Pigments of MIKI coating * design laboratory

• Ishihara	White (TiO ₂)
• Ferro	Yellow NV-9420 (T - N - Sb)
• Asahi chemicals Mfg. Co., Ltd	Cobalt Blue 1024 (Co - Al)
	Yellow 5950 (Cr - Sb - T)
Mappico	Yellow LL - XLO (Fe - Ti)
• Cerdec	Blue 10336 (Al - Co)
	Green 10801 (Co - T - N - Zn)
	Green 10405 (Co - Cr - T - Zn)
	Brown 10358 (Fe - Ti)
	Brown 10363 (Cr - Fe - Zn)
	Brown 10520 (Fe - Zn)
	Black 10335 (Co - Cr - Fe)
	Black 10430 (Cr - Fe)
	Yellow 10401 (T - N - Sb)
	Yellow 10415 (Cr - Sb - T - Zn)
• Dainichiseika color chemicals Mfg. Co., Ltd	Black 9590 (Co - Cr - Fe)
	Yellow 9111 (T - N - Ba)
	Brown 9211 (Fe - Zn)
	Brown 9220 (Cr - Fe - Zn)
	Green 9310 (Co - Cr - T - Zn)
	Green 9430 (Co - Al - Cr)
	Blue9410 (Co - Al)

• 社 シェファード、川村化学

