



| | |
|------------------|---|
| Title | 光電分光光度計による材色の測定 |
| Author(s) | 小野寺, 重男 |
| Citation | 北海道大學農學部 演習林研究報告, 20(1), 183-195 |
| Issue Date | 1959-07 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/20774 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 20(1)_P183-195.pdf |



[Instructions for use](#)

光電分光光度計による材色の測定

小野寺重男

Colorimetry for Wood by a Photoelectric Spectrophotometer

By

Shigeo ONODERA

目 次

| | |
|----------------------------|-----|
| まえがき | 183 |
| 測定及び計算の方法 | 184 |
| 試験材料 | 186 |
| 結果及び考察 | 186 |
| 1. 素材の材色試験結果 | 186 |
| 2. 経年変化と材色の関係 | 189 |
| 3. 表面粗さ, 含水率, ナラ材等級別と材色の関係 | 192 |
| 結 び | 195 |
| 参考文献 | 195 |
| Summary | 195 |

ま え が き

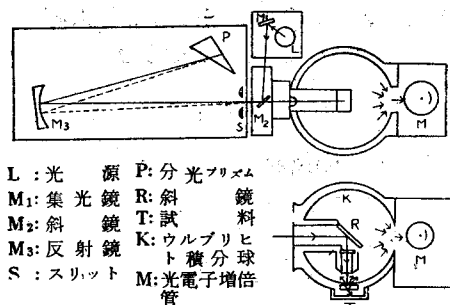
一般に色彩の測定には1931年国際照明委員会(CIE)において決議された分光光度計による分光測定法が確立され、CIE表色系によつて現在色表示の統一がなされ、測色結果は総てこれに関係づけることによつて一般的意味をもちうることになり、爾来この表色法が世界的に標準方法となつている。

木材の色については宇野¹⁾、新田²⁾、清家³⁾等の測定例があり、林産物の規格中には色調又は色沢の規定があり品質判定の重要な項目となつているが、何れも経験的な用語によるもので普遍性にとほしく土壤、繊維関係等にみられる色名帳もない現状では製品検査も正確を期し難い。殊に最近木材加工表面性状(表面粗さ, 表面処理)の問題があり各種の材料が出現している現在、素材及び加工品の固有の色調、経年変化による材色の変化、五感判定との相関、表色等の研究により材色標準の必要があると考え素材の材色範囲の測定、

経年変化と材色の関係, 表面粗さと材色の関係, 含水率と材色の関係, ナラ材等級別と材色の関係を試験してみたので概要を發表する。

測定及び計算の方法

反射率測定には島津製分光光度計附属反射測定装置(第1図)を用いた。



第1図 測定装置の構造図

分光光度計本体のモノクロメーターによつて分光されて出てくる特定の波長の単色光はスリット(S)を出てのみ反射鏡(R)によつて下方に向つて反射され, 被測定試料(T)または標準白色板にあたる。ここで光は被測定物によつてあらゆる方向に乱反射され, 積分球の内面で積分され受光部の光電部の光電子増倍管(M)にあたる。試料台は積分球の下方に前後に揺動し, 標準白色板と被測定試料とを毎回交互に測定位置におき, 波長400ミリミクロンの範囲を各20ミリミクロンおきに660ミリミクロン以上はフィルタースライドを引いて赤色フィルターを光路に入れて測定した。試料の測定寸法は直径25mmの正円で3個固定しうる。

計算法は各波長位置における分光反射率を $R(\lambda)$ とすると物体の反射率は

$$\left. \begin{aligned} X &= \int E(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= \int E(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= \int E(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

の如き3色刺激値によつて表わされる。上式の X, Y, Z を計算するのに $E(\lambda), \bar{X}(\lambda)$ はすでに定まつた値であり, 近似的に計算するために $E(\lambda), \bar{X}(\lambda)$ 曲線が横軸と囲む面積を計算し, これを X', Y', Z' とおくと

$$\left. \begin{aligned} X' &= E(\lambda) \cdot \bar{X}(\lambda) \cdot d\lambda \\ Y' &= E(\lambda) \cdot \bar{Y}(\lambda) \cdot d\lambda \\ Z' &= E(\lambda) \cdot \bar{Z}(\lambda) \cdot d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

となる。この X', Y', Z' の30点の面積の重心波長位置からその波長 λ' に於ける反射率 R を加算し

$$\left. \begin{aligned} X_{30} &= \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_{30}} R(\lambda) \frac{X'}{30} = \frac{X'}{30} \sum_{\lambda_1}^{\lambda_{30}} R(\lambda)}{\lambda_1} \\ Y_{30} &= \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_{30}} R(\lambda'') \frac{Y'}{30} = \frac{Y'}{30} \sum_{\lambda_1}^{\lambda_{30}} R(\lambda'')}{\lambda_1} \\ Z_{30} &= \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_{30}} R(\lambda''') \frac{Z'}{30} = \frac{Z'}{30} \sum_{\lambda_1}^{\lambda_{30}} R(\lambda''')}{\lambda_1} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

となるので(3)式を計算して求めた。この場合 C 光源を用いたので

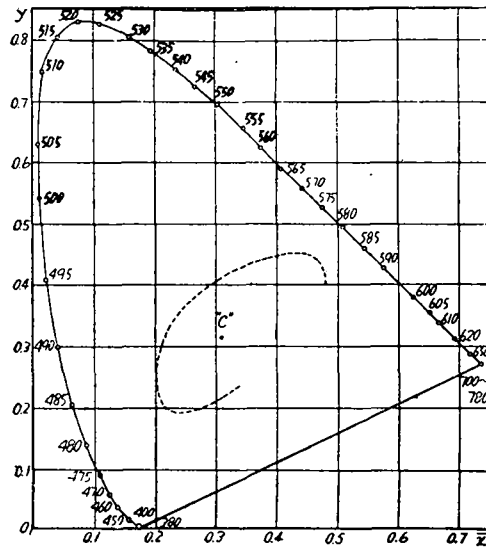
$$\begin{aligned} X' &= 0.03268 \\ Y' &= 0.03333 \\ Z' &= 0.03938 \end{aligned}$$

により計算した。

3 色係数は

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= \frac{X}{X+Y+Z} = \frac{X}{S} \\ \bar{y} &= \frac{Y}{S} \\ \bar{z} &= \frac{Z}{S} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

により求め明度は Y 値を以て表わした。純度 (P_e) は \bar{x} , \bar{y} の値を色度図(第 2 図)にとり、白色点 C と試料の色座標点とを結んだ延長が示すそのスペクトルの主波長 (λ) としこの交点と C, 各測点の比より求めた。



第 2 図 CIE 色度図

以上により CIE 方式による刺激値, 三色係数, 属性を計算した。

試験材料

シナ材は当所単板工場におけるシナ単板の中から肉眼的に1番より順に淡色から濃色のものへ13枚を供試材とし, センは通常青味がかつた材と褐色の濃い部分に属するものに分れる2種を採材した。

ナラ材は床板工場より色差のある原板8枚を供試材とした。

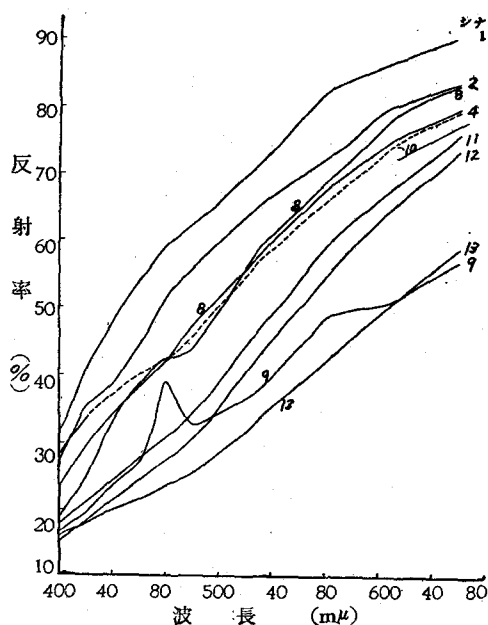
繊維板は次の条件で作られた3種類を供試材として試験した。

| 試験番号 | 1 | | 2 | | 3 | |
|-------|-------|------|------|-----|-------|----|
| 樹種 | シ | ナ | 白 | 楊 | カ | バ |
| 蒸解法 | S | 12.5 | S | 2.5 | ソ | ダ |
| | C | 12.5 | C | 8.3 | 灰 | 20 |
| 解織コース | B-R | | B-R | | B-U | |
| サイズ剤 | スキミング | | トール油 | | フェノール | |

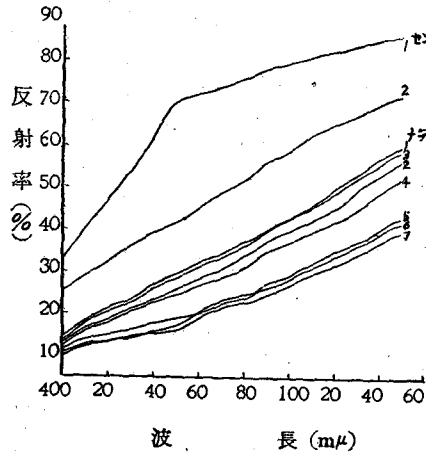
結果及び考察

1. 素材の材色試験結果

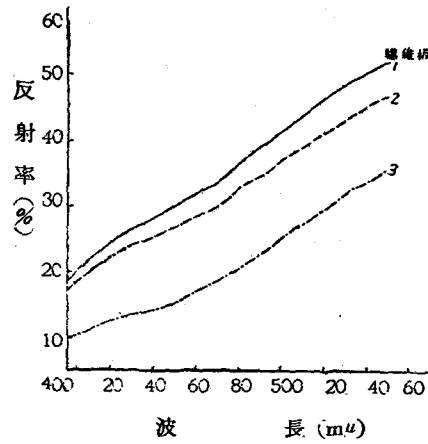
採材したシナ, セン, ナラ, 繊維板については反射率曲線は第3~5図の様であり, 測色結果は第1表に示す通りである。



第3図 シナ単板の分光反射率曲線



第4図 セン単板, ナラ床板の分光反射率曲線



第5図 繊維板の分光反射率曲線

第1表 材色のCIE表示

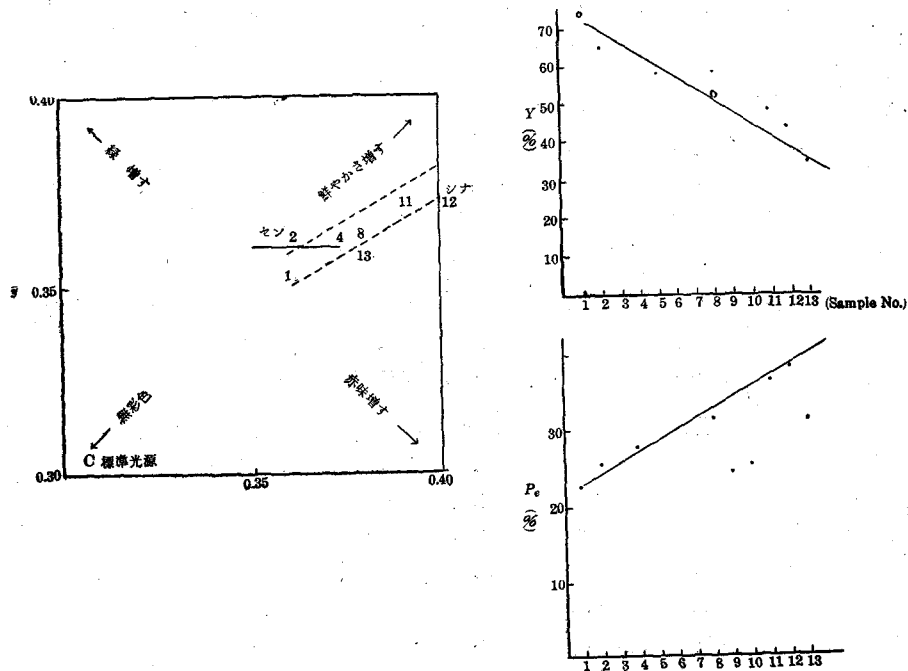
| 試片番号 | 樹種 | 三 色 係 数 | | 三 刺 戟 値 | | | 摘 要 |
|------|----|-------------|-------------|---------|------------------|-----------|----------|
| | | \bar{x} | \bar{y} | Y (%) | λd (mμ) | P_e (%) | |
| 1 | シナ | 0.36 | 0.35 | 73.21 | 581 | 23.62 | シナ単板の色範囲 |
| 2 | " | 0.36 | 0.36 | 66.01 | 578 | 26.47 | |
| 4 | " | 0.37 | 0.36 | 59.31 | 580 | 23.63 | |
| 8 | " | 0.38 | 0.36 | 59.64 | 582 | 32.35 | |
| 9 | " | 0.37 | 0.35 | 40.48 | 583 | 25.89 | |
| 10 | " | 0.36 | 0.35 | 58.46 | 581 | 26.47 | |
| 11 | " | 0.39 | 0.37 | 49.03 | 582 | 37.23 | |
| 12 | " | 0.40 | 0.37 | 45.42 | 583 | 39.13 | |
| 13 | " | 0.38 | 0.36 | 35.53 | 582 | 32.35 | |
| 範囲 | | (0.36~0.40) | (0.35~0.37) | (73~35) | (578~583) | (23~39) | |
| 1 | セン | 0.35 | 0.36 | 75.37 | 575 | 23.52 | セン単板の色範囲 |
| 2 | " | 0.37 | 0.36 | 52.33 | 580 | 28.68 | |
| 範囲 | | (0.35~0.37) | (0.36) | (75~52) | (575~580) | (23~28) | |
| 1 | ナラ | 0.36 | 0.35 | 37.26 | 581 | 23.62 | ナラ床板の色範囲 |
| 2 | " | 0.38 | 0.36 | 34.20 | 582 | 32.35 | |
| 3 | " | 0.38 | 0.36 | 36.93 | 582 | 32.35 | |
| 4 | " | 0.37 | 0.36 | 31.64 | 580 | 28.68 | |
| 5 | " | 0.38 | 0.36 | 24.63 | 582 | 32.32 | |
| 6 | " | 0.38 | 0.37 | 24.59 | 580 | 33.82 | |
| 7 | " | 0.38 | 0.36 | 23.02 | 582 | 32.35 | |
| 8 | " | 0.36 | 0.35 | 36.30 | 581 | 23.62 | |
| 範囲 | | (0.36~0.38) | (0.35~0.37) | (23~37) | (580~582) | (23~33) | |

| 試片番号 | 樹種 | 三色係数 | | 三刺戟値 | | | 摘要 |
|------|-----|-------------|-------------|---------|------------------------|-----------|---------|
| | | \bar{x} | \bar{y} | Y (%) | λd (m μ) | P_e (%) | |
| 1 | 繊維板 | 0.36 | 0.35 | 36.30 | 581 | 23.62 | 繊維板の色範囲 |
| 2 | " | 0.36 | 0.35 | 32.60 | 581 | 23.62 | |
| 3 | " | 0.38 | 0.36 | 20.72 | 582 | 32.35 | |
| 範囲 | | (0.36~0.38) | (0.35~0.36) | (36~20) | (581~582) | (23~32) | |

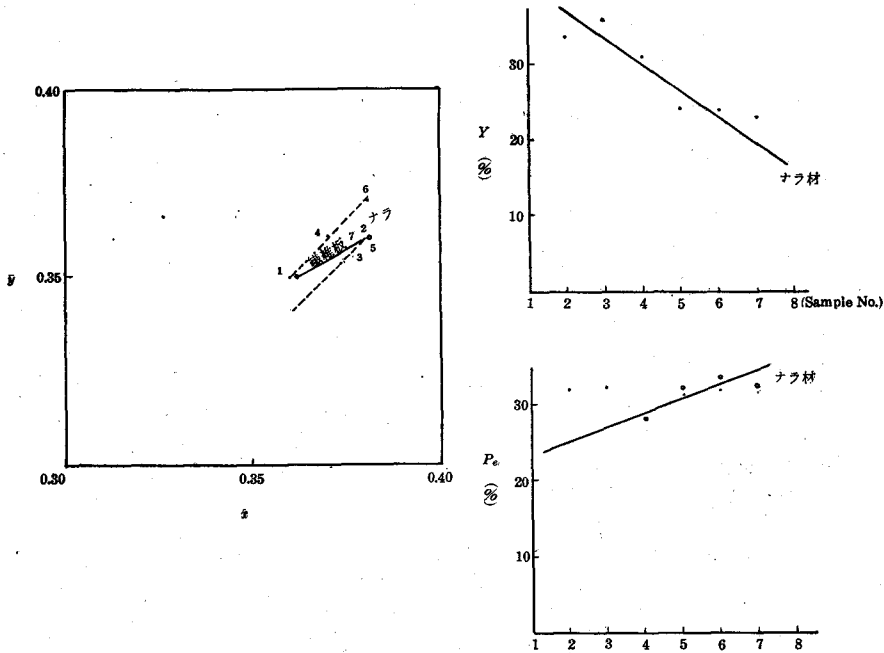
この結果をCIE色度図及びY, P_e を図上に表わすと第6, 7図のようになる。

シナ材の材色は $\bar{x}=0.36\sim0.40$, $\bar{y}=0.35\sim0.37$, $Y=35\sim73\%$, $\lambda d=578\sim583\text{ m}\mu$, $P_e=23\sim39$ であり, センは主として $\bar{x}=0.35$ 又は 0.37 , $\bar{y}=0.36$, $Y=52$ 又は 75% 程度で $\lambda d=575$ 又は $580\text{ m}\mu$, $P_e=23\sim28\%$ である。ナラは $\bar{x}=0.36\sim0.38$, $\bar{y}=0.35\sim0.37$ でシナに似て居るが $Y=23\sim37\%$ で, シナ, センに比し範囲が狭く, $\lambda d=580\sim582\text{ m}\mu$ で $P_e=23\sim33\%$ である。繊維板は $\bar{x}=0.36\sim0.38$, $\bar{y}=0.35\sim0.36$, $Y=20\sim36\%$, $\lambda d=581\sim582\text{ m}\mu$, $P_e=23\sim32\%$ である。

分光反射率はシナ試片番号4, 8, 10にみられる如く1~2% (Yの差4~10%)の差も肉眼で個人的には判定しうるが, 検査の際に産地, 含水率, 年輪幅, 経年変化等検査条件の



第6図 シナ, セン材の色度図

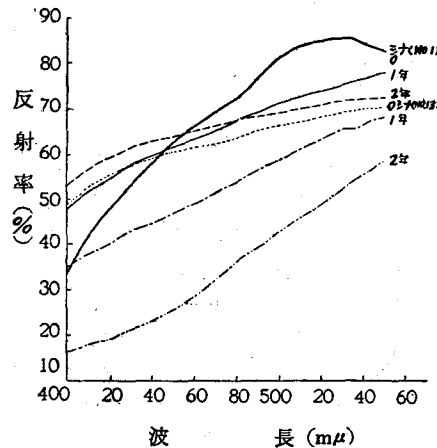


第7図 繊維板, ナラ材の色度図

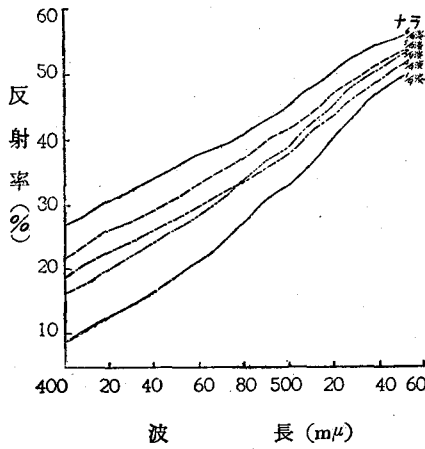
異なる際普遍的に判定しうることはならないと考える。殊にシナ材の Y の範囲 15% に比しナラの健全材では 5% 程度で、肉眼のみで正確な検査を行うことは殊に難かしいと考えられる。

2. 経年変化と材色の関係

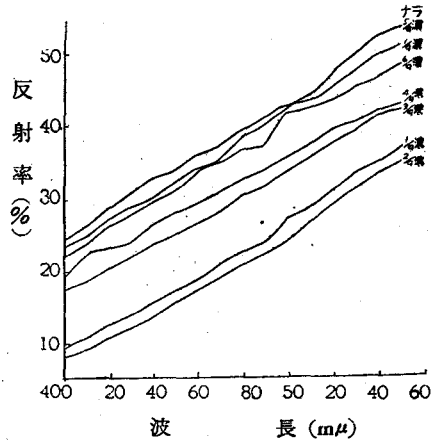
材料を屋外に放置しておいた際の、材色の変化をウェザメーターによつて試験してみた。ウェザメーターは東洋理化学工業株式会社製全自動万能老化試験機、型式は WE-2 型、Open-type、アークランプ 200 V, 16 A, 2 個掛、波長 300~400 mμ, 温度条件は室内温度約 45°C, 表面温度平均 57°C, スpray は周期 120 分、スpray 時間 12 分間、ノズルは No. 2 4 個、水圧 1.0 kg/cm², 水量 560 cc/min である。試験の結果は反射率曲線第 8~10 図、測色結果は第 2 表に示す通りである。



第8図 シナ (No. 1, No. 13) 材をウェザメーター処理せる際の反射率曲線



第9図 ナラ (No.1) 材をウェザメーター処理せる際の反射率曲線

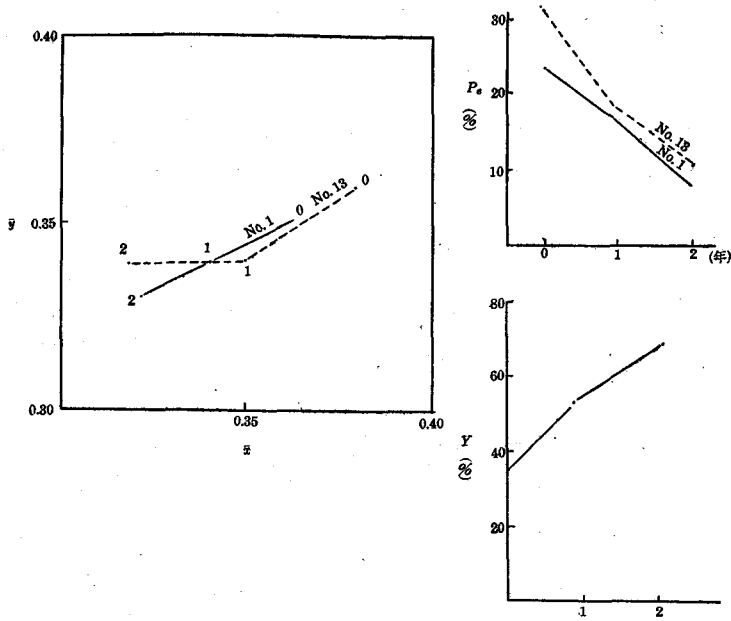


第10図 ナラ (No.4) 材をウェザメーター処理せる際の反射率曲線

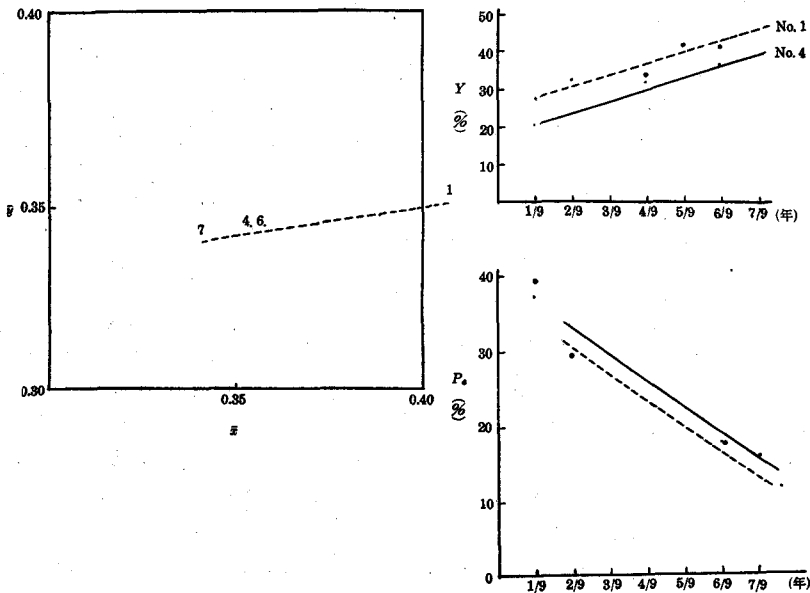
第2表 ウェザメーターによる材色経年変化の CIE 表示

| 試片番号 | 樹種 | 三 色 係 数 | | 刺 戟 値 | | | 摘 要 |
|------|----|-------------|-------------|---------|------------------|-----------|-------------|
| | | \bar{x} | \bar{y} | Y (%) | λd (mμ) | P_e (%) | |
| 4 | ナラ | 0.41 | 0.35 | 20.31 | 590 | 37.41 | (濃色) 1/9 |
| 4 | " | 0.39 | 0.28 | 22.29 | 580 | 18.24 | 3/9 |
| 4 | " | 0.35 | 0.34 | 32.20 | 582 | 18.24 | 4/9 |
| 4 | " | 0.35 | 0.34 | 36.63 | 582 | 18.24 | 6/9 |
| 4 | " | 0.34 | 0.34 | 39.21 | 578 | 15.56 | 7/9 |
| 範囲 | | (0.41~0.34) | (0.35~0.28) | (20~39) | (590~578) | (37~15) | |
| 1 | ナラ | 0.40 | 0.37 | 27.60 | 581 | 38.63 | (淡色) 1/9 |
| 1 | " | 0.38 | 0.35 | 32.49 | 585 | 29.08 | 2/9 |
| 1 | " | 0.36 | 0.35 | 34.32 | 581 | 23.62 | 4/9 |
| 1 | " | 0.34 | 0.37 | 42.38 | 569 | 23.77 | 5/9 |
| 1 | " | 0.35 | 0.34 | 41.59 | 582 | 18.24 | 6/9 |
| 範囲 | | (0.40~0.34) | (0.37~0.34) | (27~42) | (569~585) | (39~18) | |
| 1 | シナ | 0.36 | 0.35 | 73.04 | 581 | 23.62 | 0 (淡色) |
| 1 | " | 0.34 | 0.34 | 67.45 | 578 | 15.56 | 9/9 (1年) |
| 1 | " | 0.32 | 0.33 | 67.22 | 569 | 7.69 | 18/9 (2年) |
| 範囲 | | (0.36~0.32) | (0.35~0.33) | (73~67) | (581~569) | (23~7) | |
| 13 | シナ | 0.38 | 0.36 | 35.67 | 581 | 31.38 | 0 |
| 13 | " | 0.35 | 0.34 | 53.80 | 582 | 18.24 | 9/9 |
| 13 | " | 0.32 | 0.32 | 65.88 | 564 | 10.59 | 18/9 |
| 範囲 | | (0.38~0.32) | (0.36~0.32) | (35~65) | (58~564) | (31~10) | |

この結果を CIE 色度図及び Y , P_e を図上に表わすと第 11~12 図の様になる。即ちナラ No. 4 を 1 年間処理したものでは $\bar{x}=0.41\sim0.34$ に、 $\bar{y}=0.35\sim0.28$ に、 $Y=20\sim39\%$ と白色が増し $\lambda d=590\sim578 \mu\mu$ に $P_e=37\sim15\%$ に低下した。No. 1 では $\bar{x}=0.49\sim0.34$ に



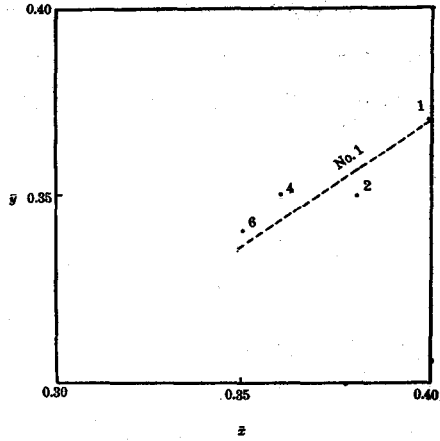
第 11 図 シナ材をウェザメーター処理せる際の色度図



第 12 図 ナラ材をウェザメーター処理せる際の色度図

$\bar{y}=0.37\sim0.34$ に $Y=27\sim42\%$ に $\lambda d=581\sim582\text{ m}\mu$ に $P_e=39\sim18\%$ に低下した。シナ No. 1 では2年後に $\bar{x}=0.36\sim0.32$, $\bar{y}=0.35\sim0.33$, $Y=73\sim67\%$, $\lambda d=581\sim569\text{ m}\mu$ に $P_e=23\sim7\%$ に低下した。シナ No. 13 では $\bar{x}=0.38\sim0.32$ に $\bar{y}=0.36\sim0.32$ に $Y=35\sim65\%$ に $\lambda d=581\sim564\text{ m}\mu$ に $P_e=31\sim10\%$ に何れもC点に向つて低下した。

ウェザメーターによる材色の経年変化は1~2年で明瞭に無彩色, CIE色度図上C点に向つて低下する。肉眼的には屋外暴露の際の材色変化の点では条件が急激(9~18日間)にかかるため若干変色の程度がはげしい様に考えられる。



第13図 ナラ材をウェザメーター処理せる際の色度図

3. 表面粗さ, 含水率, ナラ材等級別と材色の関係

測色結果は第3表, この結果をCIE色度図及びY, P_eを図上にて表わしたものが第14~16図である。

第3表 表面粗さ, 含水率, 等級別試験

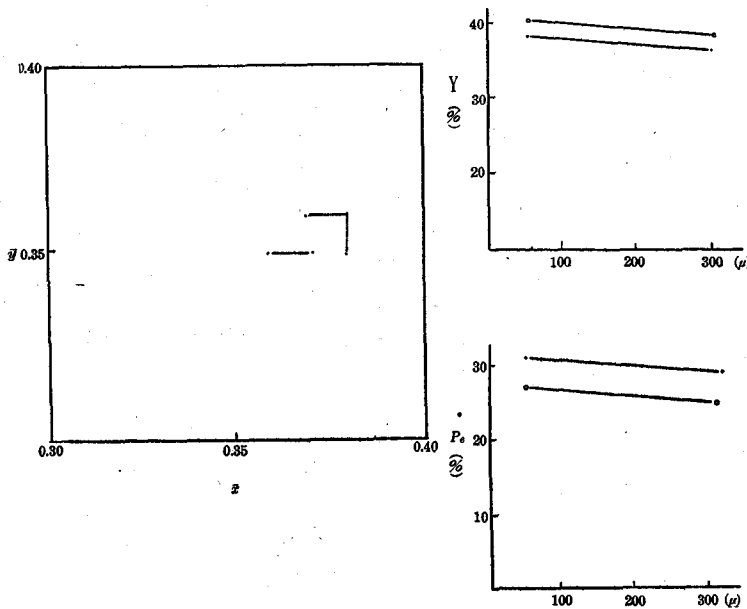
| 試片番号 | 樹種 | 三色係数 | | 刺激値 | | | 摘要 |
|--------|------|-------------|-------------|---------|------------------------|--------------------|----------------|
| | | \bar{x} | \bar{y} | Y (%) | λd (m μ) | P _e (%) | |
| 表面粗さ試験 | | | | | | | |
| 1 | トドマツ | 0.38 | 0.36 | 53.03 | 582 | 32.35 | 粗 (300 μ) |
| 1 | " | 0.37 | 0.36 | 57.50 | 580 | 28.68 | 平滑 (30 μ) |
| 1 | " | 0.36 | 0.35 | 57.07 | 581 | 27.62 | 粗 (300 μ) |
| 1 | " | 0.37 | 0.35 | 61.42 | 583 | 25.89 | 平滑 (30 μ) |
| 範囲 | | (0.38~0.36) | (0.36~0.35) | (53~61) | (580~583) | (32~25) | |
| 含水率試験 | | | | | | | 含水率 |
| 1 | シナ | 0.41 | 0.33 | 62.10 | 560 | 31.48 | 43% |
| 1 | " | 0.35 | 0.35 | 73.11 | 578 | 21.11 | 12% |
| 12 | " | 0.39 | 0.35 | 39.01 | 587 | 31.69 | 84% |
| 12 | " | 0.35 | 0.32 | 39.00 | 598 | 13.72 | 84% |
| 12 | " | 0.40 | 0.37 | 45.39 | 581 | 39.63 | 13% |
| 1 | ナラ | 0.36 | 0.34 | 23.54 | 582 | 20.94 | 41% |
| 1 | " | 0.38 | 0.36 | 30.09 | 581 | 31.38 | 10% |
| 範囲 | | (0.35~0.41) | (0.32~0.37) | (73~23) | (560~598) | (39~13) | |

| 試片番号 | 樹種 | 三 色 係 数 | | | 刺 戟 値 | | 摘 要 |
|-------|----|-------------|-------------|---------|------------------------|-----------|-----|
| | | \bar{x} | \bar{y} | 三 | | | |
| | | | | Y (%) | λd (m μ) | P_e (%) | |
| 等級別試験 | | | | | | | |
| FAS | ナラ | 0.39 | 0.35 | 32.28 | 587 | 31.46 | |
| No. 1 | " | 0.38 | 0.35 | 30.51 | 585 | 29.08 | |
| No. 2 | " | 0.39 | 0.36 | 22.69 | 584 | 34.53 | |
| No. 3 | " | 0.38 | 0.36 | 21.42 | 582 | 32.35 | |
| 範囲 | | (0.38~0.39) | (0.35~0.36) | (32~21) | (587~582) | (34~29) | |

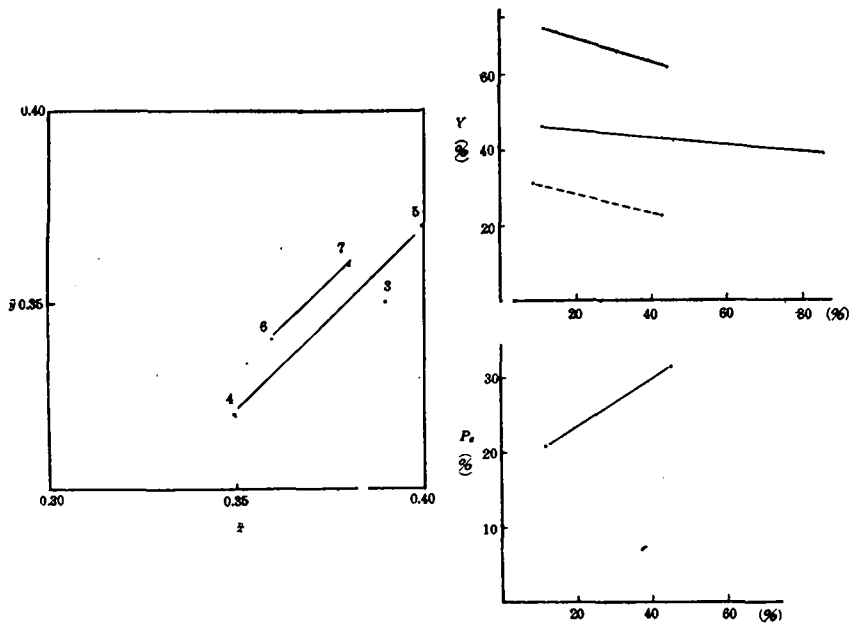
表面粗さについてはこの結果では \bar{y} は余り変化を認められなかつたが、 \bar{x} はおおむね増加し、Yは57~61%、 $\lambda d=581\sim 583\text{ m}\mu$ と赤味が増す傾向にあつた。

含水率と材色の関係は含水率増加に伴ない \bar{y} 、 P_e が一般に増加の傾向にあるが \bar{x} 、Y、 λd は樹種外の理由により一定の傾向を認められるに至つて居らない。

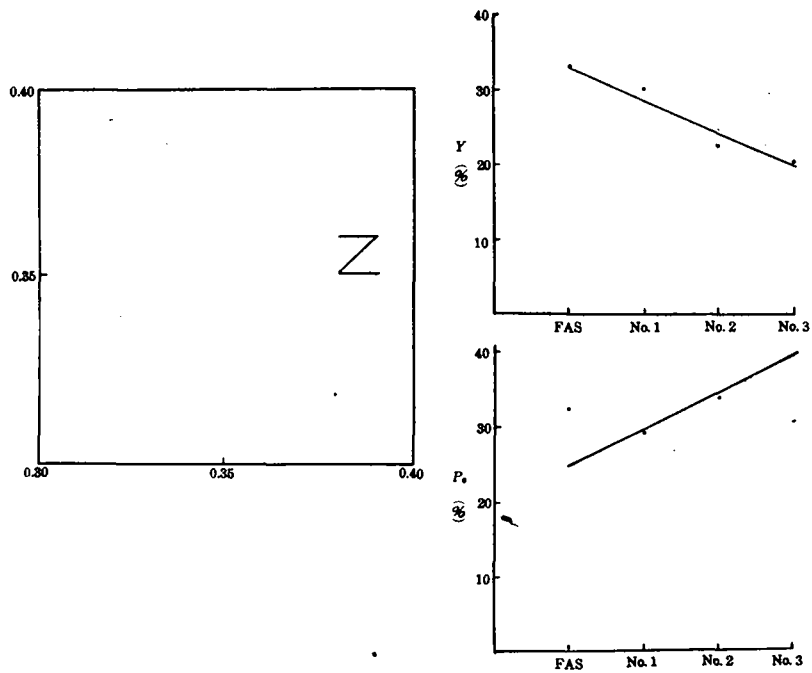
ナラ材等級別については $\bar{x}=0.38\sim 0.39$ 、 $\bar{y}=0.35\sim 0.36$ 、 $Y=21\sim 32\%$ 、 $\lambda d=587\sim 582\text{ m}\mu$ 、 $P_e=34\sim 29\%$ の範囲にあり、 \bar{x} 、 \bar{y} は大差を認めないがYには明瞭な差異があつた。



第14図 表面粗さと色度図



第15図 含水率と色度図



第16図 等級別ナラ材の色度図

結 び

木材の色を明確に表現することは極めて必要な情勢にあるが、その研究が少ないので、2, 3の実験を行い検討してみた。

1. 測定法は分光光度計によるのが最も良い方法と考える。

2. 材色は産地、樹木中の位置、年輪幅、含水率、経年変化、表面粗さ等により同一樹種にてもかなりの差異があり、測定結果の計算は通常積分計算機によるが、使用法により精密を期し難く、筆者は計算によつたが、この点問題があるので x , y の値について追試験を行う必要があると考える。然し Y については肉眼的な濃淡の差が明瞭に表われる。

3. 従つて実用的には木材の材色の x , y の範囲が比較的狭いが、 Y の値がむしろ重要であると思われるので表色法を検討し規格化する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 宇野昌一：木材の光沢度，日本林学会誌 Vol. 13, 17.
- 2) 新田伸三：三色度計による木材の色の測定，日本林学会誌 Vol. 11, 昭26年.
- 3) 清 家：現代色彩講座 (第二巻).
- 4) 初芝克巳：木ろうの色調の標準化に関する研究，農林省輸出検査所，昭29年.
- 5) 高橋宏明：木材の色，木材工業，Vol. 12, No. 125, 1957.
- 6) 近藤民雄：木材の色について，木材工業，Vol. 12, No. 129, 1957.

Summary

In the standard procedure for colorimetry of wood, a photoelectric spectrophotometer is generally used. The colorimetric characteristics of wood vary greatly as do its other properties. This paper reports results of colorimetry performed on specimens of bass-wood (*Tilia japonica* SIMK.), sen-wood (*Kalopanax septemlobum* KOIDZ.), nara-wood (*Quercus crispula* BL.) and samples of fiberboards.

The results obtained are briefly stated as follows:

1) Difference of 1-2% of the reflectional coefficient for bass-wood specimens are distinguishable by the naked eye in the range of 4-10% luminosity, but this inspection is very difficult under any condition. Especially in nara-wood, the limit distinguishable by the naked eye seems to be about 5%.

2) The colorfulness of weathered materials decreases very clearly in proportion to increase in the weathering time, especially after 1-2 years.

3) The colorimetric values vary with respect to the roughness of surface or moisture content of wood.

4) The variation in the colorimetric values of nara lumber of several grades is not very distinct, but the luminosity is distributed over a very wide range.