# 台湾の日式建築文化財における左官仕上げ材の物性評価と色彩復原手法

DB16027　石澤　玲美

## 1. はじめに

表 1 に本研究の対象となる建物逍遥園の詳細、逍遥園西側立面図及び当時の写真を示す。逍遥園は日式建築の 1 つであり、日式建築は台湾における 1895 年から第二次世界大戦の 1945 年までの日本統治時代に日本人によって建てられた建物群の総称で現在台湾で文化財として指定されているものの半数を占めている。逍遥園に関する調査は 2003 年に始まり、2013 年に国立高雄大学永続居住環境科技術センターが高雄市文化局から「高雄歴史建築逍遥園に関する調査研究および修復計画の作成義務」の委託を受け本格的な調査が始まった。本研究では、逍遥園の左官仕上げ部分に着目し、現地で採取した壁の仕上げ層に対して化学的に成分分析を行い施工当初の配合及び工法に基づき、新たに材料と施工方法を検討し実際に復元施工を行う際の施工要領を作成することを目的とする。

## 2. 実験概要

### 2. 1　全体の流れ

図 1 に研究の流れを示し、表 2 にその実験項目と内容を示す。本研究では、逍遥園左官部分である内部木摺下地天井と外部煉瓦下地柱の色彩値を特定し、補修施工を完了させる。

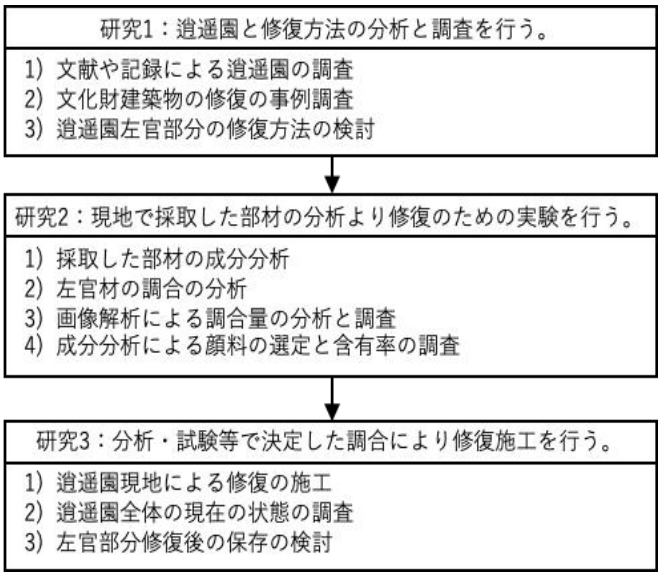
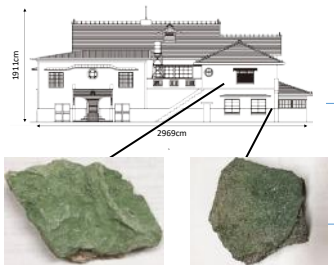



図 1　研究の流れ

表 1　台湾日式建築文化財である逍遥園の概要

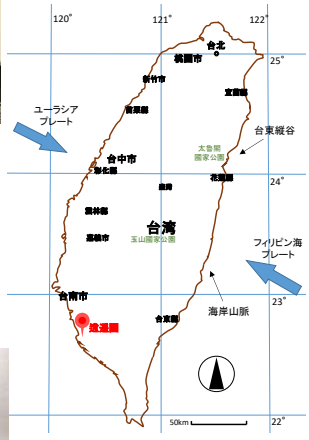
| | |
|---|---|
| 所在地 | 800 高雄市新興區復興一路 64-8 號（台湾） |
| 設計 | 二角幸次郎 |
| 施工 | 1939 年、2020 復原中 |
| 構造及び形式 | 壁体：1 階煉瓦造、2 階 RC・木造<br>小屋組：鉄筋トラス、瓦葺き、柿葺き |
| 文化財区分 | 歴史建築（台湾） |
| 歴史 | 逍遥園は日本の華族である大谷光瑞が京都の棟梁を連れ台湾の高雄に建てた和洋混合型の別荘建築である。 |
| 研究 | 左官仕上げ部分（物性、色彩特性）を中心的に補修対象とし研究を行う。 |

施工当時の写真 [1)]




a：内部木摺下地天井　b：外部煉瓦下地柱

逍遥園正面立面図と部材写真




逍遥園所在地

表 2　実験項目と内容

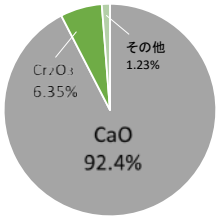
| | 項目 | 方法と内容 |
|---|---|---|
| 研究 1, 2 | 含有成分元素分析 | 蛍光 X 線分析による組成分析 |
| | 示差熱・熱重量分析 | 漆喰・モルタル等の組成的区分 |
| | 仕上顔料成分評価 | 採取部材、試験体それぞれ色差割合を特定、L*a*b*色差計使用統計 |
| | 復原色彩値の決定 | 含有率色分析評価式割当て顔料含有率の決定 |
| 研究 3 | 現地外装仕上施工 | 決定調合で施工<br>色差計測定で色彩復原評価 |
| | 復原現存部材調査 | 長期耐用を踏まえた現地部材の色差分布評価と画像解析より劣化状況の分析 |

## ２．２　対象部位の色彩値分析と顔料決定

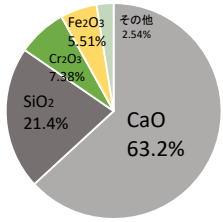
図２に逍遥園左官実部材を用いた成分分析の結果を示す。a と b のグラフは蛍光 X 線分析の結果を示す。a) 内部木摺下地天井のグラフは CaO、$Cr_2O_3$ が検出され b) 外部煉瓦下地柱のグラフも同様に CaO、$Cr_2O_3$ が検出された。c と d のグラフは示差熱・熱分析による結果を示し、c)内部木摺下地天井はグラフより、850℃で吸熱しており CaO が消石灰であることが示され、材料成分が漆喰であることがわかる。d)外部煉瓦下地柱はグラフより 850℃で分離し脱炭酸化現象を起こし、550℃で分解していることから CaO の成分は珪砂セメント系だとわかり、採取部材の仕上がりに砂が使われていることがわかっているため、CaO を成分とする珪砂が考えられる。そしてどちらの部材も共通して $Cr_2O_3$（酸化クロム）が検出され、緑の色彩の成分であることがわかる。以上より緑色の成分が示され、使われていたとされる顔料を再現するため顔料の決定を行った。図２の a),b)で緑を示す成分が酸化クロムのみだったことから、施工当時の顔料の流通や、純度の高い酸化クロムの成分で作られている顔料を使用することに決定した。

## ２．３　内部漆喰天井の色彩判定試験と調合の決定

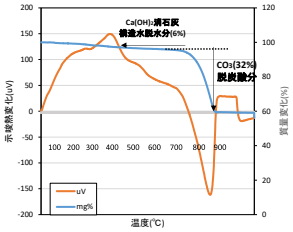
成分分析の結果を元に、酸化クロムの含有率を決定するための色彩値を分析する。試験体の条件とその写真について表３に示す。内部天井と外部柱の顔料の含有量を採取部材の色彩値と最も近づけるためにそれぞれ６パターンの含有量で試験体を作成し、L*a*b*色差計で色差を測定する。その色差の値のグラフ化を行い採取部材と同等の含有量を求める。採取した実部材片は表面に小さい凹凸があったため、表面を少し削り元の色に近い部位の値を測定した。また試験体は塗面に対し、9 箇所の値を取りその平均をグラフに反映させる。漆喰の調合には貝灰を使用し石灰と貝灰に対するクロム顔料の割合を 15%,10%,5%,2.5%,1%,0.5%の 6 パターンの含有率で作成した。含有量の選定は含有率-色分析評価式を正確に導き出すために均等な間隔になる値をとった。より正確にグラフを作成するにあたり、クロム顔料 0%の試験体と、70mm 角で作成したクロム顔料 100%含有率の試験体の色差を追加した。以上の色差の値をまとめた結果を図 3 のグラフに示す。横軸を全体(石灰と貝灰)に対するクロム顔料の含有量とし、縦軸を色差計の L*a*b*値それぞれの数値とした。L*値は明暗を表し b*値は黄-青を表す。a*値は赤-緑を表すため、a)のグラフより現地で採取した実部材の色差値と試験体の色差値交点から実部材のクロム量が割り出すようにし、図 3 より実部材色差が-5.9 であることから現地の色差にもっとも近い含有率は漆喰全体に対して 0.68%の割合になると推定した。



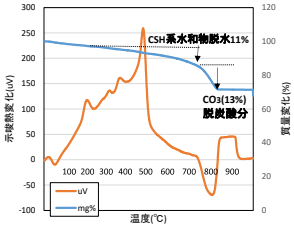

a） 内部木摺下地天井




b） 外部煉瓦下地柱




c） 内部木摺下地天井

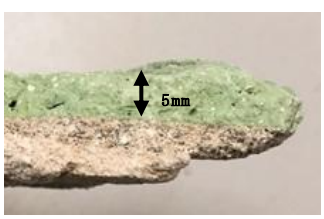


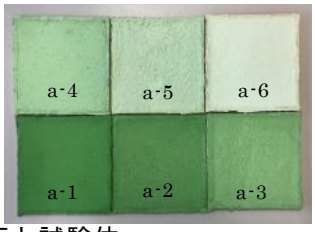

d） 外部煉瓦下地柱

図２蛍光 X 線分析、示差熱・熱分析器における成分分析結果

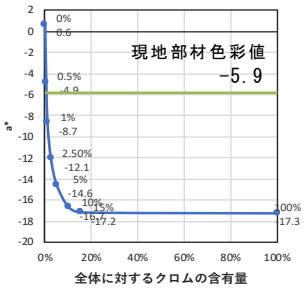
表３　内部漆喰天井試験体の条件

| a)内部漆喰天井（内部木摺下地天井） | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 使用材料 | 石灰 | | 貝灰 | | ツノマタ | すさ |
| 上塗部 | 200 | | 80 | | 6 | 8 |
| 寸法 | 139mm×139mm×5mm | | | | | |
| クロムの割合% | a 1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 |
| | 15 | 10 | 5 | 2.5 | 1 | 0.5 |

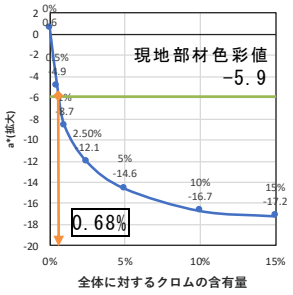


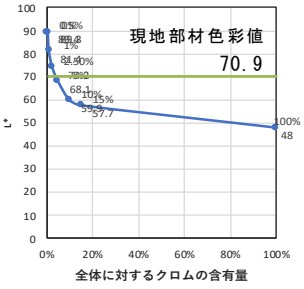

a)実部材断面と試験体



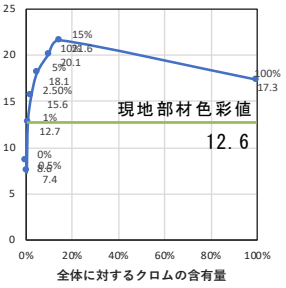

a)a*値含有率-色分析評価式




b)a*値含有率-色分析評価式（拡大）




c)L*値含有率-色分析評価式




d)b*値含有率-色分析評価式

図３　内部漆喰天井のクロム含有量による L*a*b*値の評価

推定割合より表３の条件と同様の寸法で試験体を作成し、試験体と色差の値を表５に示す。現地部材片と同等の値が検出されたため含有量を上記の割合で決定する。

### ２．４　硅砂モルタル柱洗い出しの色差判定と調合の決定

作成する試験体の条件を以下の表４に定めた。硅砂は現地の調合に近づけるため白色の標準砂を使用し、モルタルの調合は硅砂とセメントが 1:1 となる様調合する。硅砂とセメントに対するクロム顔料の割合を 15%,10%,5%,2.5%,1%,0%の 6 パターンの含有率で作成した。漆喰天井同様､正確に有率-色分析評価式を導くため 70mm 角で作成したクロム顔料 100%の含有率の試験体の色差を追加した。以上の色差の値をまとめた結果を図４のグラフに示す。横軸を全体（硅砂とモルタル）に対するクロム顔料の含有量とし、縦軸を L*a*b*色差計の L*a*b*値それぞれの数値とした。漆喰天井同様緑の色味を示す a*値のグラフを参考にし、図４より実部材色差が-4.2、1%の試験体色差に近いことから現地の値にもっとも近い含有率はモルタル全体に対して 0.93%の割合と推定した。推定割合より表４と同様の材料、型枠で試験体を作成した。試験体と色差の値を表５に示す。部材片の色彩値と同等の値が出たため、含有量を上記の割合で決定する。

## ３．逍遥園左官部の色彩復原施工と状態評価の調査

### ３．１　内部漆喰天井の復原施工

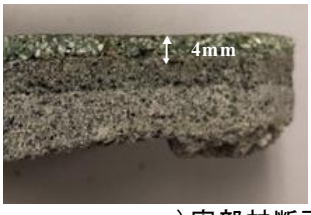
求めた含有率をもとに逍遥園現地にて実施工を行った。また、平板に同調合の漆喰を塗りつけ色差が取れる様簡易的に試験体を作成した。施工の状況と試験体を図 6 に、施工時の調合とその色差の値を表 6 に示す。試験体は塗り付けから 2 日後の乾燥状態で色差を測定した。

### ３．２　硅砂モルタル柱洗い出しの復原施工

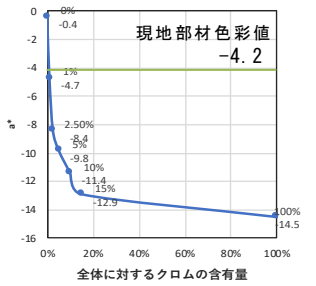
実調合において硅砂はセメントの使用量よりも多めに使用し、任意で適宜に追加をした。漆喰天井同様に平板で簡易的な試験体を作成した。試験体は塗り付けから 1 日後の乾燥状態で色差を測定した。施工の状況と試験体、施工時の調合と色差値の結果を表 7 に示す。

表４　試験体の条件

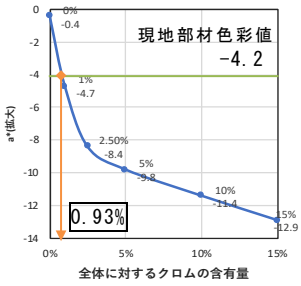
| b)硅砂モルタル柱洗い出し（外部煉瓦下地柱） | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 使用材料 | 硅砂 | | | セメント | | |
| 上塗部 | 1 | | | 1 | | |
| 厚み | 4mm | | | | | |
| クロムの割合% | b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 |
| | 1 5 | 10 | 5 | 2.5 | 1 | 0.5 |



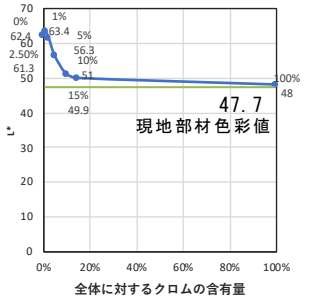
a)実部材断面と試験体



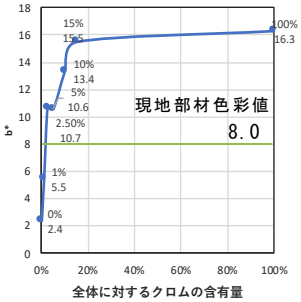

a)a*値含有率-色分析評価式




b)a*値含有率-色分析評価式(拡大)




c)L*値含有率-色分析評価式




d)b*値含有率-色分析評価式

図４硅砂モルタル柱のクロム含有量による L*a*b*値の評価

表５　決定調合試験体と色差測定値

| | 漆喰天井 | モルタル柱 |
|---|---|---|
| L* | 83.5 | 56.4 |
| a* | -6.5 | -4.5 |
| b* | 11.3 | 7.0 |

a)漆喰天井

b)モルタル柱

表６　内部漆喰天井の復原詳細

| 復原調合 | | | 色差測定値 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 石灰 | 貝灰 | スサ | L* | a* | b* |
| 20 | 8 | 800 | | | |
| ツノマタ | 顔料 | | 81.7 | -5.5 | 14.3 |
| 600 | 200 | | | | |

a)復原前

b)復原後

c)試験体

表７　珪砂モルタル洗い出しの復原詳細

| 復原調合 | | 色差測定値 | | |
|---|---|---|---|---|
| セメント(kg) | 顔料(g) | L* | a* | b* |
| 25 | 562 | 55 | -4.4 | 10.4 |

a)復原前

b)復原後

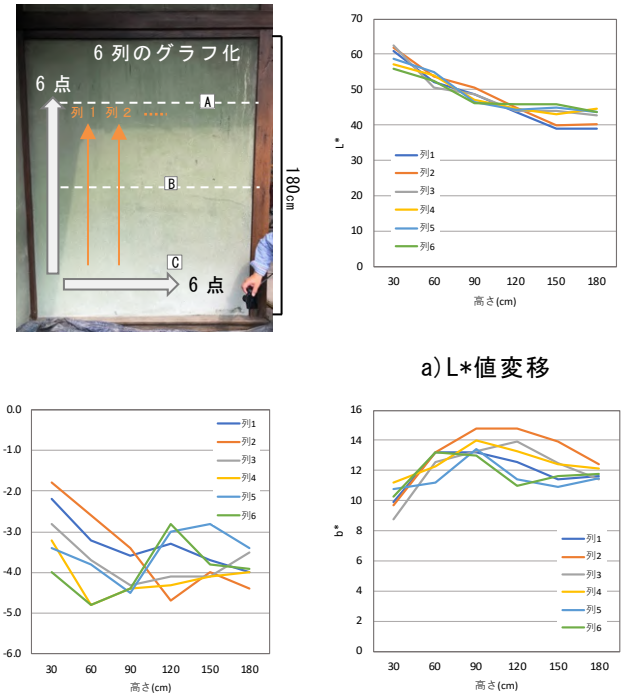
c)試験体

### ３．３　現存する珪砂モルタル外壁の概要と色彩状態分析

現地施工を行うにあたり、逍遥園全体の観察を行なった結果、逍遥園二階部分のベランダ部分外壁仕上げが現存していることがわかり、この外壁仕上げの経年劣化による状態等を調査した。新たに施工を行った２箇所の今後の劣化状態を想定するために、現存する硅砂モルタルい出し部材を対象に色差の劣化状況の分析を行った。以下の図 5 に現存する左官部材の写真を示す。およそ 120cm×180cm 角の外壁表面に、各横 6 箇所縦 6 箇所計 36 箇所色差計により色差をとった。その結果を同様に図 5 に示し、L*a*b*の値それぞれでグラフを作成し、各 6 点測定した 6 列で比較を行った。グラフより L*値は高さが上がると共に明度が下がり、b*値も高さが上がると共におよそ色差値が上がっていることがわかった。

### ３．４　珪砂モルタルの外壁仕上げの骨材密度の分析

画像解析ソフトを用いて、外壁仕上げ表面の珪砂(骨材)の密度の調査を行なった。解析を行なった 3 部分は図 6 の a)に示し、A)B)C)はそれぞれ、図 5 の外壁画像の A)壁面上部 B)壁面中心部 C)壁面下部の画像 3 部分の詳細画像をであり、それぞれの骨材率とそれに対する顔料ペースト率のグラフと溶出割合の表を同様に図 6 に示す。骨材率はグラフより下部に行くほど割合が高まり、骨材ペースト率は A 部分を 100%とした時の劣化の程度割合を示す。溶出割合の統計より、壁面上部 A 部分を施工当時の状態に最も近いことから上部、下部の差分が施工当時の 1939 年から現在までの経年劣化推定が求められ、80 年の経過で 16%の溶出という予測値が示される。



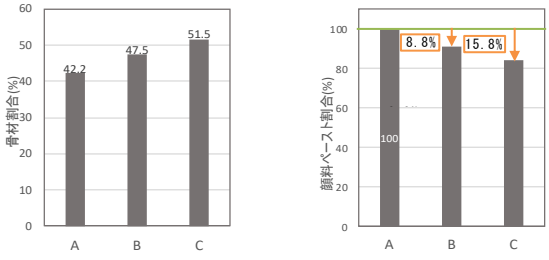

a) L*値変移　b) a*値変移　c) b*値変移

図５　現存する左官部材測定方法と色彩値推移グラフ

a) 解析対象の画像（図５の写真による）

b) 画像解析における溶出割合の統計

| | 色面積 (㎟) | 骨材面積 (㎟) | 全面積 (㎟) | 骨材率 (%) | 顔料ペースト率 (%) | 溶出率 (%) | 経年溶出率 (80年) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 325.9 | 237.7 | 563.6 | 42.2 | 57.8 | 100 | 0 |
| B | 352.1 | 319.1 | 671.2 | 47.5 | 52.5 | 91.2 | 8.8 |
| C | 276.7 | 293.3 | 570.0 | 51.5 | 48.5 | 84.2 | 15.8 |




c) 骨材率の比較　d) 顔料ペースト率の比較（A を 100%とする時）

図６　解析対象画像（図 5 より）と溶出割合の統計

### ４．まとめ

1) 色彩試験より決定した調合で、現地施工の色差測定値と採取部材の色差値が同等の結果を示した。
2) 現地の現存壁は経年劣化の色落ちによるものとみられ、壁表面の下にいくほど骨材率が高くなる傾向にあるため骨材率は下に行くほど数値が小さくなる既存外壁の明度に反比例すると考察できる。
3) 80 年前施工当時の状態からの経年劣化を既存外壁にて予測値を求めた結果に基づき、3 点の画像解析の位置よりおよその劣化年数を予測できると示される。

### 参考文献


1)高雄市歴史建築逍遥園修復工程工作報告書(2019 引用)
2)半座他：日本建築仕上学会研究報告書、2019
3)マイン、セメント・コンクリート顔料技術報告書、ヤブ原、2019 年引用
4)高雄歴史建築逍遥園修復工程委託監造案【服務建議書】2018.4.27


### 謝辞


本研究では H30 年度次第研究ブランディング事業の一部であり、半座三紗子氏、姜灌涵氏、陳啓仁教授、菅澤茂氏、工学院大学後藤教授、逍遥園修復施工に関わる逍遥園現場担当の皆様各位に助力を賜り感謝致します。