

## 染色用水の水質の比較（第2報）

尾形 正岐・上垣 良信・渡辺 誠・小林 浩<sup>\*1</sup>・奥水 達司<sup>\*2</sup>

### Investigation of groundwater and spring water for dyeing (2nd Report)

Masaki OGATA, Yoshinobu UEGAKI, Makoto WATANABE, Hiroshi KOBAYASHI<sup>\*1</sup> and Satoshi KOSHIMIZU<sup>\*2</sup>

#### 要 約

郡内地域の地下水や湧水、表流水を採水し、成分分析を行って水質を比較した。郡内地域の地下水や湧水は概ね軟水であり、染色を行う際の夾雑物は少ないと考えられた。この結果を踏まえ、市販の染料を用いて生地を染色し、染色に用いる水を変えたときの染色結果を比較した。直接染料のレーヨンの生地に対する染着性、酸性染料の絹の生地に対する染着性、染色後の生地の仕上がりといった点から、硬度の高い水に染料を溶かしたときには溶け残りが確認され、染色ムラが現れ、均等に染色出来なかった。郡内地域の水と、甲府盆地周辺の比較的硬度の高い水を用いて絹糸の精練を行ったときには郡内地域の水を用いて絹糸を精練した場合の方がマルセル石鹼を溶かしたときの溶解性が高く減量率（練り減り率）が大きくなった。糸の精練や生地に対する染料の染着性といった点から、郡内地域の水は先染め織物に適性があると考えられる。

#### 1. 緒 言

富士吉田市を中心とする郡内地域は先染め織物の伝統的な産地であり、染色の際に用いる地下水や湧水、表流水の水質は発色や色彩を決める重要な因子である。かつて郡内地域の地下水や湧水の水質については十分な検討がなされてこなかった。そこで本研究では採水地点による水質および水質の違いによる染色性の違いを比較することを目的とし、富士吉田市を中心とする郡内地域の地下水、湧水や表流水の水質について調査した。

本研究は主として繊維製品に関する染色という観点から富士山北麓地域の地下水や湧水の水質について考察を行っている。富士山北麓地域は繊維業だけでなく精密機械や電子部品などといった分野の機械電子業が伝統的に営まれてきた地域である。近年ではミネラルウォーターの採水が盛んに行われるようになり、富士山北麓地域の地下水や湧水の水質について関心が高まっている。このような背景から本稿では一部、繊維製品に関する染色という観点からだけでなく、富士山北麓地域の地理的な条件も考慮に入れ、地下水、湧水や表流水の水質について考察している。一例として、富士山北麓地域の地下水や湧水に含まれる硝酸性窒素（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）とバナジウム（V）をとりあげた。このうち、バナジウムに関しては郡内地域、特に富士山周辺地域の地

下水、湧水や表流水に含まれるバナジウム濃度を測定し、バナジウムの起源を考察した調査研究例や、富士山周辺地域の地下水や湧水のバナジウム濃度が高いことに着目し、バナジウム濃度の高い水が生物の健康に与える影響を生物実験の結果から考察した調査研究例など、富士山周辺地域の地下水や湧水に含まれるバナジウムに関する調査研究例は多数ある（たとえば瀬子・長谷川<sup>1)</sup>）。当センターでは富士山周辺地域の地下水や湧水のバナジウム濃度が高いことに着目し、バナジウムを媒染剤として用い、繊維素材をこれまでにない濃黒色に染色する技術の研究に取り組んでいる（たとえば上垣ら<sup>2)</sup>）。

本年度は平成24年度に行った、富士吉田市を中心とする郡内地域の地下水、湧水や表流水の主要陽イオンや主要陰イオンの分析結果、タイプ分けの結果と甲府盆地周辺地域の地下水の主要陽イオンや主要陰イオンの分析結果、タイプ分けの結果との比較から、実際に採水した地下水等を用いて生地を染色し、染色結果を比較して考察した。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 地下水、湧水や表流水の成分について

地下水、湧水や表流水については平成24年8月から11月にかけて、富士吉田市、都留市、西桂町、忍野村、山中湖村、鳴沢村、富士河口湖町、上野原市の地下水、湧水や表流水を採水した。主要陽イオンと主要陰イオンの分析方法と分析結果については平成24年度の研究報告<sup>3)</sup>のと

\*1 山梨県衛生環境研究所

\*2 山梨県立大学

りである。本年度は新たにバナジウム濃度について分析を行った。バナジウムの成分分析については山梨県環境科学研究所の ICP 質量分析装置（横河アナリティカルシステムズ社製 HP-4500）にて分析を行った。

## 2-2 絹糸の精練

絹糸は繊維状のフィブロインをセリシンが覆う二重構造となっており、セリシンの部分のみを取り除く工程のことを精練という。精練を行うことで、絹糸は白色から光沢のある白銀色となり、柔らかな風合いとなる。絹糸の精練を行う際には精練に用いる水の硬度が減量率（練り減り率）に大きな影響を及ぼす。本研究では硬度の異なる水に注目し、硬度の異なる水を用いて絹糸を精練した場合の練り減り率の違いについて検討した。絹糸の精練では西桂の表流水（硬度約 30mg/L）と石和の地下水（硬度約 200mg/L）を用いて精練を行い、マルセル石鹼の濃度を 1g/L から 5g/L まで変化させた場合の練り減り率の変化を調べた。本稿では西桂の表流水を西桂の水、石和の地下水を石和の水と表記する。

絹糸の精練はまず、生糸（21 中/2）の絶乾重量を測定した。次に生糸 1 カセ（2.6g～2.9g）を小型の染色試験機 MINI COLOR（(株)テクサム技研製）用の金具に巻き、一度水で湿らせたあと水をきってマルセル石鹼溶液約 150mL に漬け、MINI COLOR の容器の蓋をして温度を 100℃に保ち、90 分間処理した。処理後の絹糸は容器から出して水道水で十分に洗浄し、105℃に保った乾燥器内で乾燥させたあと、デシケーター内で放冷し、秤量して練り減り率を計算した。以下の図表では減量率と表記する。

## 2-3 直接染料と酸性染料による染色

染色の際に用いる染料のなかには染色用水の水質が生地の染め上がりに影響を及ぼす染料がある。本研究では紫色の直接染料と青色の酸性染料を例にとり、染色に用いる水を変えた際のレーヨンの生地、絹の生地の染め上がりの違いについて検討した。染色の試験を行う際には西桂の水（硬度約 30mg/L）、石和の水（硬度約 200mg/L）、硬度の高い日本のミネラルウォーター（硬度約 1000mg/L）と硬度の高いドイツのミネラルウォーター（硬度約 1300mg/L）を用いた。

### 2-3-1 直接染料による生地の染色

直接染料を用いてレーヨンの生地を染めた際の染色処理条件を表 1 に示した。レーヨンの生地と絹の生地は JIS 規格の標準添付白布を用いた。

表 1 直接染料でレーヨンの生地を染めた際の染色処理条件

生地の素材	レーヨン
染料	1% owf
無水芒硝	10% owf
浴比	約 30:1
温度	90℃
処理時間	30分

### 2-3-2 酸性染料による生地の染色

酸性染料を用いて絹の生地を染めた際の染色処理条件を表 2 に示した。

表 2 酸性染料で絹の生地を染めた際の染色処理条件

生地の素材	絹
染料	1% owf
酢酸	2% owf
インブルーバーR	2% owf
プロコール80	1 g/L
浴比	約 30:1
温度	90℃
処理時間	30分

## 3. 結果

### 3-1 郡内地域の地下水、湧水や表流水の硝酸性窒素濃度について

表 3 と図 1 に郡内地域の地下水、湧水や表流水の採水地点を、図 2 には郡内地域の地下水、湧水や表流水の硝酸性窒素（NO<sub>3</sub>）濃度の分布を示した。表 3 および図 2 の硝酸性窒素の分析値は平成 24 年度の研究報告<sup>3)</sup>を引用した。地下水、湧水や表流水に含まれる硝酸性窒素の起源に関しては耕作地への施肥や生活雑排水など人為由来による<sup>4)</sup>と考えられている。図 2 によると、硝酸性窒素濃度は桂川沿いの都留市の住宅地や商業地、西桂町の田畑、河口湖南側の別荘地やゴルフ場の広がる地域で高くなる傾向にある。

### 3-2 郡内地域の地下水、湧水や表流水のバナジウム濃度について

表 3 に郡内地域の地下水、湧水や表流水のバナジウム（V）の分析値の一覧を示した。図 3 に郡内地域の地下水、湧水や表流水のバナジウム濃度の分布を示した。富士山北麓地域の地下水や湧水には比較的高濃度のバナジウムが含まれることが知られている。図 3 によると郡内地域の地下水、湧水や表流水のバナジウム濃度は河口湖南側地域、山中湖東岸、西桂町などで特に高い傾向にあることが分かる。

表3 郡内地域の地下水，湧水や表流水の採水地点と硝酸性窒素，バナジウム濃度の一覧

採水場所 水源名	ID	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L <sup>4)</sup>	V μg/L
桂町	T01	3.6	16
古渡	T02	3.2	8
鹿留大野	T03	2.5	7
境	T04	6.5	30
十日市場	T05	4.8	30
大野	T06	1.5	7
戸沢	T07	2.1	6
盛里	T08	2.3	14
東部	T09	4.9	11
高畑	T10	1.6	5
北部	T11	5.3	6
加畑	T12	1.5	1
中屋敷(湧水)	T13	5.7	42
中屋敷(表流水)	T14	6.4	36
宝鉢山	T15	1.9	2
染色工場G社	T16	8.0	21
染色工場H社	T17	5.1	33
染色工場I社	T18	3.4	6
上水道 第1水源池	O01	2.8	54
上水道 第3水源池	O02	1.7	48
平山簡易水道 第1水源池	O03	2.4	32
平山簡易水道 第2水源池	O04	3.5	16
小沼(浅井戸)	N01	3.3	75
高区第一	N02	1.8	64
神鈴の滝	N03	1.4	5
染色工場A社	N04	6.4	35
谷倉水源	K01	4.7	60
総合公園水源	K02	1.4	96
松場水源	K03	6.3	14
胎内水源	K04	1.6	55
大久根水源	K05	2.5	70
三階水源	K06	0.8	83
西蛇石水源	K07	3.2	61
東下大砂水源	K08	1.7	74
若彦水源	K09	1.5	6
御坂第2水源	K10	1.4	2
染色工場B社	F01	2.9	78
染色工場C社	F02	6.4	49
染色工場D社	F03	5.8	n.d
染色工場E社	F04	6.3	21
染色工場F社	F05	3.4	72
山中配水池	Y01	1.6	73
長池配水池	Y02	1.7	49
平野配水池	Y03	2.4	38
前原	NR1	7.8	55
ドウコンダシ	NR2	0.6	111
青木ヶ原水源	NR3	2.1	29
三本松	NR4	0.8	107
八米	U01	4.9	1
芦垣	U02	12.9	2
染色工場J社	U03	10.9	1
向風	U04	6.5	0

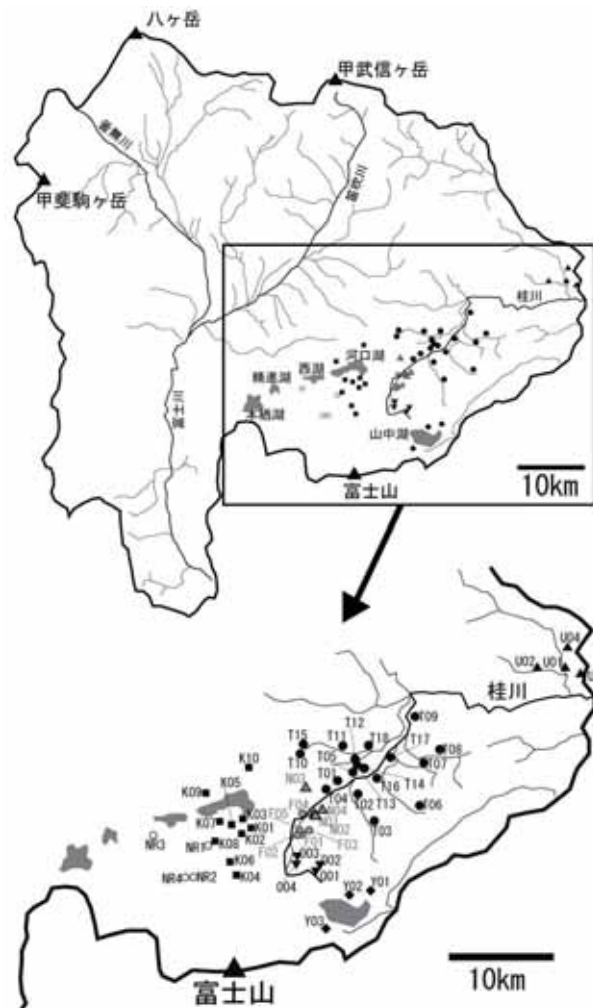


図1 郡内地域の地下水，湧水や表流水の採水地点

### 3-3 絹糸の精練について

図4に石和の水と西桂の水を用い，マルセル石鹼濃度を1g/Lから5g/Lまで変化させ生糸(21<sup>#</sup>/2)を精練したときの生糸の減量率の変化を示した。石和の水を用いた場合と西桂の水を用いた場合ともにマルセル石鹼濃度が5g/L, 4g/L, 3g/Lのときには石和の水を用いて精練した場合も西桂の水を用いて精練した場合も減量率は概ね23%~25%で大きな差は見られなかった。マルセル石鹼濃度を2g/Lとしたとき，西桂の水を用いて精練した場合の減量率は23.3%，石和の水を用いて精練した場合の減量率は21.2%であった。マルセル石鹼濃度を1g/Lとしたとき，西桂の水を用いて精練した場合の減量率は22.5%，石和の水を用いて精練した場合の減量率は15.7%であった。マルセル石鹼濃度が低くなると西桂の水を用いて精練を行った場合と石和の水を用いて精練を行った場合を比較すると，硬度の高い石和の水を用いた場合と比べて硬度の低い西桂の水を用いた場合は減量率が高くなり，減量率の差が大きくなった。

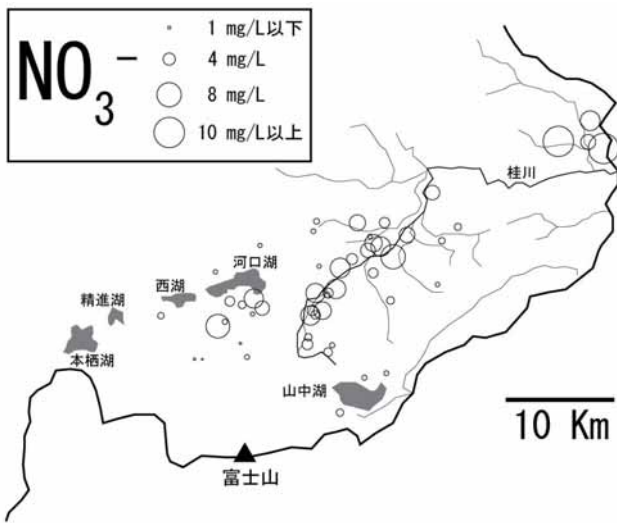


図2 郡内地域の地下水，湧水や表流水の硝酸性窒素濃度の分布

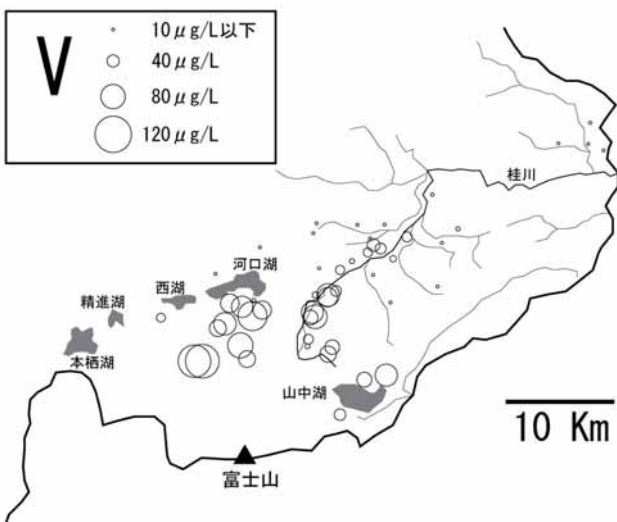


図3 郡内地域の地下水，湧水や表流水のバナジウム濃度の分布

図5には石和の水と西桂の水を100mLずつ用意し、それぞれにマルセル石鹼を0.5g加え（マルセル石鹼濃度5g/Lの溶液に相当），約80℃に加熱したときの様子を示した。約80℃まで加熱したときは西桂の水にマルセル石鹼を0.5g加えた場合（左側）では溶液が透明から半透明になったのに対し，石和の水にマルセル石鹼を0.5g加えた場合（右側）では溶液が白く濁りマルセル石鹼が完全に溶けきらなかった。

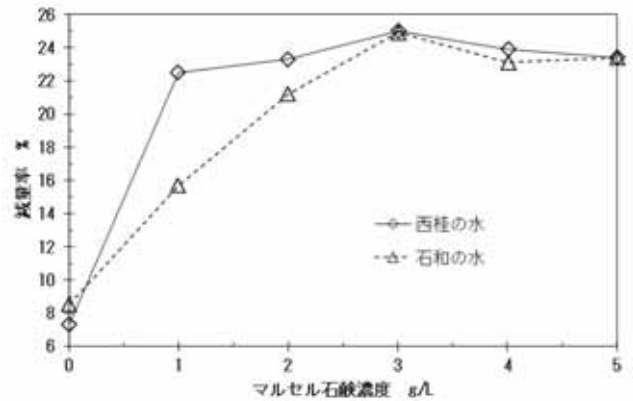


図4 石和の水と西桂の水を用い，マルセル石鹼濃度を変えて生糸を精練したときの生糸の減量率



図5 石和の水（右）と西桂の水（左）に対するマルセル石鹼の溶解性の違い

### 3-4 直接染料と酸性染料による生地への染色結果

直接染料を用い，染色に用いる水を変えてレーヨンの生地を染色した場合，酸性染料を用い，染色に用いる水を変えて絹の生地を染色した場合，いずれも生地に対する染料の染着性や仕上がりに違いが見られた。

#### 3-4-1 直接染料による生地への染色結果について

4種類の水のうち，硬度約1000mg/Lの日本のミネラルウォーターと硬度約1300mg/Lのドイツのミネラルウォーターを用いて染色したとき，直接染料でレーヨンの生地を染色した場合は染料が溶けきらなかった。加熱する前に，水と無水芒硝，染料を加え，十分に攪拌してNo.5Bろ紙でろ過すると，日本のミネラルウォーターを用いた場合とドイツのミネラルウォーターを用いた場合ではろ紙上に残渣が残った。図6に直接染料が溶けきらずにろ紙上に残った様子を示した。ろ紙上の残渣を除いた染色液でレーヨンの生地を染色した場合には比較的均等に生地が染色された。

ただし、残渣が多かったドイツのミネラルウォーターを用いた場合にはレーヨンの生地が十分に染色されなかった。図7にろ紙上の残渣を除いた染色液でレーヨンの生地を染色した様子を示した。

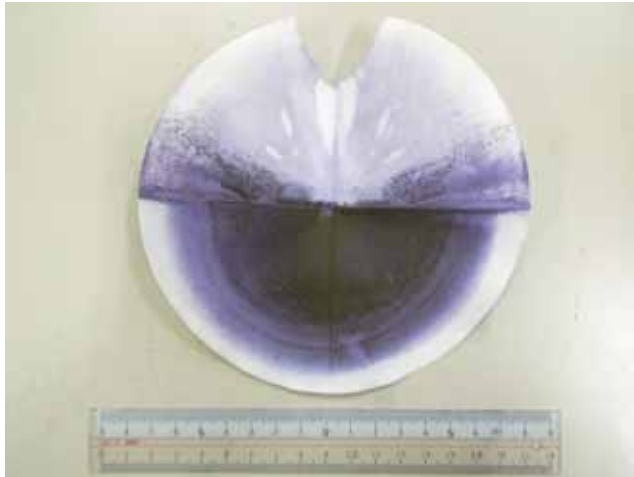


図6 直接染料の溶け残り（硬度約 1300mg/L のドイツのミネラルウォーターを用いた場合）

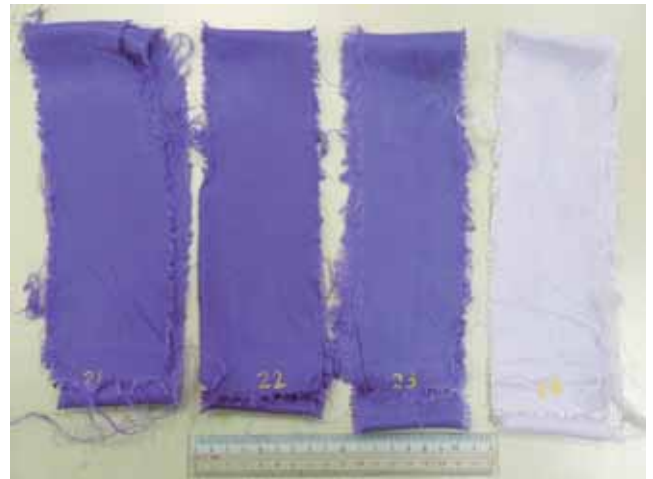


図7 直接染料の溶け残りを除いた液でレーヨンの生地を染色したときの染色結果

（左から順に 21：石和の水で染色した場合，22：西桂の水で染色した場合，23：硬度約 1000mg/L の日本のミネラルウォーターで染色した場合，24：硬度約 1300mg/L のドイツのミネラルウォーターで染色した場合）

### 3-4-2 酸性染料による生地の染色結果について

4種類の水のうち、硬度約 1000mg/L の日本のミネラルウォーターと硬度約 1300mg/L のドイツのミネラルウォーターを用いて染色したとき、酸性染料で絹の生地を染色した場合は染料が溶けきらなかった。加熱する前に、水と酢酸、インプルーバーR と染料を加え、十分に攪拌してNo.5B ろ紙でろ過すると、日本のミネラルウォーターを用いた場合とドイツのミネラルウォーターを用いた場合ではろ紙上に残渣が残った。図8に酸性染料が溶けきらずにろ紙上に残った様子を示した。ろ紙上の残渣を除いた染色液で絹の生地を染色した場合には比較的均等に生地が染色された。ろ紙上の残渣を除かず、酸性染料で絹の生地を染色した場合には染料の残渣が残った日本のミネラルウォーターを用いたときとドイツのミネラルウォーターを用いたときは染色後の生地に斑点状の色の濃い部分が確認できた。図9と図10には染色後の生地に斑点状の色の濃い部分が現れた様子を示した。



図8 酸性染料の溶け残り（硬度約 1300mg/L のドイツのミネラルウォーターを用いた場合）

## 4. 考察

### 4-1 郡内地域の地下水、湧水や表流水の水質について

郡内地域の地下水、湧水や表流水に関しては概ね軟水であると考えられる<sup>3)</sup>。3-3節、3-4節の実験結果でもふれたとおり、絹糸の精練や直接染料のレーヨンの生地に対する染着性、酸性染料の絹の生地に対する染着性、染色後の生地の仕上がりといった点からは精練や染色で用いる水は硬度が低い方が適当であると考えられる。

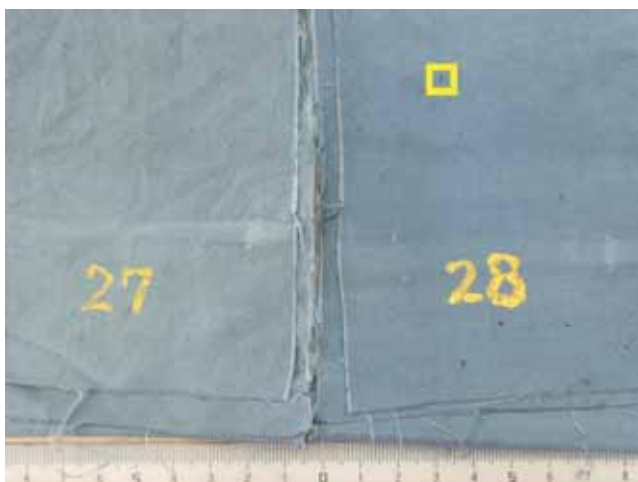


図 9 酸性染料の溶け残りを除かずに絹の生地を染色したときの染色結果。黄色枠内の拡大した様子は図 10。左：27 は硬度約 1000mg/L の日本のミネラルウォーターを用いたとき、右：28 は硬度約 1300mg/L のドイツのミネラルウォーターを用いたとき。

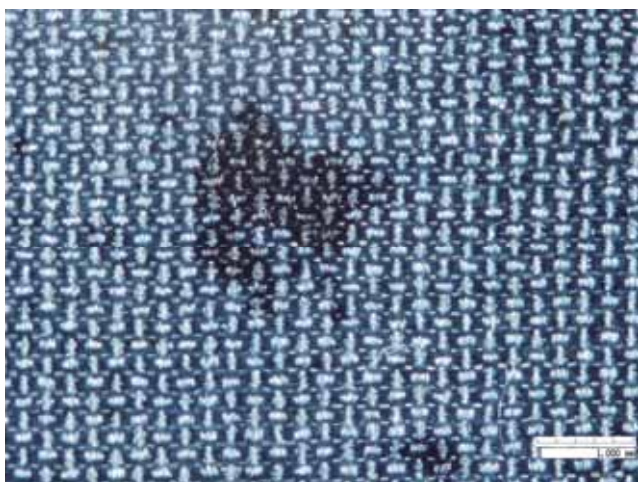


図 10 図 9 の黄色枠内を拡大した様子

## 5. 結 言

本研究では郡内地域の地下水や湧水、表流水を採水し、成分分析を行って水質を比較した。郡内地域の地下水や湧水は概ね軟水であり、染色を行う際の夾雑物は少ないと考えられた。

この結果を踏まえ、市販の染料を用い、実際に生地を染色して染色に用いる水を変えたときの染色結果を比較した。直接染料のレーヨンの生地に対する染着性、酸性染料の絹の生地に対する染着性、染色後の生地の仕上がりといった点から、比較的硬度が低い郡内地域の水や甲府盆地周辺の水を用いて染色した場合は均等に染色された。硬度の高い水を用いて同様の実験を行った場合には均等に染色できなかった。硬度の高い水に染料を溶かしたときには溶け残り

が確認され、染色ムラや染色が均等に出来なかったことの原因につながったと考えられる。

郡内地域の水と甲府盆地周辺の比較的硬度の高い水を用いて絹糸の精練を行ったときには郡内地域の水を用いて絹糸を精練した場合の方が練り減り率（減量率）が大きくなった。甲府盆地周辺の比較的硬度の高い水を用いて絹糸の精練を行った場合に比べて郡内地域の水を用いて絹糸の精練を行った場合にはマルセル石鹼を溶かしたときの溶解性が高く精練の効率が高くなっていったためだと考えられる。

糸の精練や生地に対する染料の染着性といった点から、郡内地域の水は先染め織物に適していると考えられる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、富士吉田市環境政策課、都留市産業・建設部水資源活用課、西桂町建設水道課、忍野村水道課、山中湖村建設水道課、鳴沢村振興課、富士河口湖町水道課、笛吹市公営企業部水道課の担当の方々には地下水採水にご協力頂きました。また、染色業者10社には地下水および染色用水の提供にご協力頂きました。地下水、湧水および表流水のバナジウム分析にあたっては山梨県環境科学研究所の長谷川達也部長にご協力を頂くとともに貴重な助言を頂きました。ここに感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 瀬子義幸, 長谷川達也: バナジウムウォーター—バナジウムを多く含む天然水は糖尿病に効くのか—, 水の特性と新しい利用技術 [農業・食品・医療分野への応用], 株式会社エヌ・ティー・エス, P.336-347 (2004)
- 2) 上垣良信, 渡辺誠, 尾形正岐, 小泉雅子, 長谷川達也: バナジウム媒染による繊維の濃黒色化に関する研究 (第2報), 山梨県富士工業技術センター平成 24 年度業務・研究報告, P.29-34 (2013)
- 3) 尾形正岐, 渡辺誠, 小林浩, 輿水達司: 染色用水の水質の比較, 山梨県富士工業技術センター平成 24 年度業務・研究報告, P.46-60 (2013)
- 4) 田瀬則雄, 李盛源: 硝酸性窒素による地下水汚染対策—優良事例の策定に向けて—, 日本水文科学会誌, 第 41 巻第 3 号, P.55-61 (2011)

## 画像処理に用いる照明の調整方法に関する研究（第2報）

古屋 雅章・中村 聖名・山田 博之・阿部 治・小谷 信司<sup>\*1</sup>

### Study on Adjustment Method of the Lighting used for Image Processing (2nd Report)

Masaaki FURUYA, Masana NAKAMURA, Hiroyuki YAMADA, Osamu ABE and Shinji KOTANI<sup>\*</sup>

#### 要 約

画像処理技術を応用した外観検査において、照明条件のパラメータである Red, Green, Blue の LED 照明の光強度および照明角度を独立に変更できるシステムを構築した。また各パラメータを独立に変化させた照明条件下において撮影したワーク画像に対して、対数スペクトルを解析することにより、外観検査に適した照明条件を自動出力するシステムの構築を行った。本システムの評価として、プラスチック成形品に対して照明条件を求め、傷および光沢ムラの2種類の不良品を撮像した。その結果、良好なコントラストが得られ本システムの有用性を確認することができた。

#### 1. 緒 言

検査工程の低コスト化および高速化のために、画像処理技術を応用した自動外観検査装置を導入するケースが多くなっており、それに付随する形で、適切な照明設定を行う技術への関心が高まっている。

画像処理技術には、画像の持つ濃淡値を基に算出される特徴量とその S/N 比を使用するが、照明の当て方次第で画像の持つ濃淡値は変化するため、外観検査に利用するためには、画像処理技術だけでなくライティング技術<sup>1,2)</sup>に関する技術も必要となる。そのためライティング技術に関する知識および経験を持たないユーザーが適切な照明を設定することは困難である。また、ライティング技術は検出したい不良に対して照明設定を行うため、あらかじめ生産時に発生する不良が既知でなければならない。よって外観不良の全品検査のように、想定外の不良に対しても検出しなければならない場合、照明調節に既存のライティング技術を適用することはできない。

著者らはこれまでに、検出したい不良（異物、キズ、ムラ、汚れ、凹凸等）とワークの持つ特徴（梨地、鏡面、形状、色、良品のバラツキ）をもとに照明条件を決定し、画像特徴量のコントラストを上げるように照明条件を調節する方法に着目し、RGB 光源の照明強度を独立に変化させた場合のコントラストを評価することにより照明条件の調整の自動化を検討した<sup>3,4)</sup>。

しかし、キズ、ムラ、凹凸、梨地といった特徴は光源の照射角度によってコントラストが変化するため、照明角度についての検討も行う必要があると考えられる。ま

た、コントラストの評価に画像の微分値および SIFT 特徴量を用いたが、微分値は統計ノイズによって値が大きく変動した。SIFT 特徴量も同様に、DoG の高周波成分から算出される特徴量に統計ノイズが付加されるため、表面に凹凸があるワークのコントラスト評価には不向きであった。

そこで本報では、取得される画像が持っている画質を最適化するように照明を自動調節するシステムの構築を試みた。これまでの照明強度の調整に加え、照射角度を調整する機能を設け、画像の持つ対数スペクトルを解析することにより、統計ノイズを考慮したコントラスト評価を行うシステムを構築した。さらには、良品のみを用いて設定された照明条件のもとで、既知でない不良の検出が可能かどうかの検証を行い、システムの有用性を確認した。

#### 2. システム構成

基本システムの概要および外観を、図 1 および図 2 にそれぞれ示す。本システムは、一台の PC とマイコンをコントローラとして照明用電源を制御し、RGB の各 LED の光量をそれぞれ任意に調整できる。また図 3 に示すように、3 軸ロボットに搭載した RC サーボ回転軸上にファイバー照明のヘッドを固定することにより、照射角度を任意に調整することが可能となっている。任意の照明条件で USB カメラを用いた撮像を行い、測定ワーク画像を PC に取り込み、解析するシステムである。

3 軸ロボットは(株)オリジナルマインド製 3 軸ロボットキットを、サーボ回転軸は(株)タミヤ製 TP-S3003 を使用した。コントローラとしての PC は SONY 製 VAIO を、マ

\* 国立大学法人山梨大学

アイコンは ARM 社製 mbed を使用した。ファイバー照明はシーシーエス(株)製 HLV2-3M-RGB-3W を、USB カメラは(株)マイクロビジョン製 MCM-4302LED を使用した。また、画像処理には OpenCV2.2、数値数式処理には R を用いた。

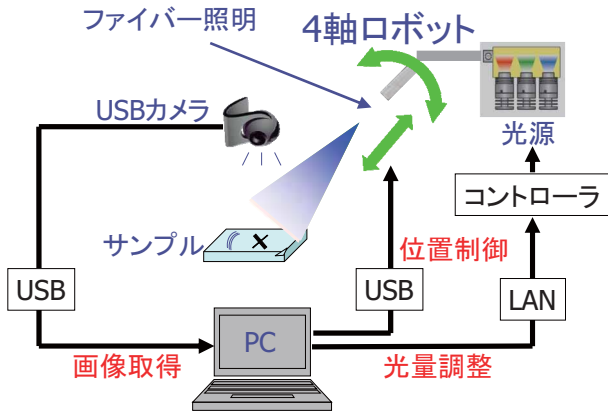


図1 システム構成

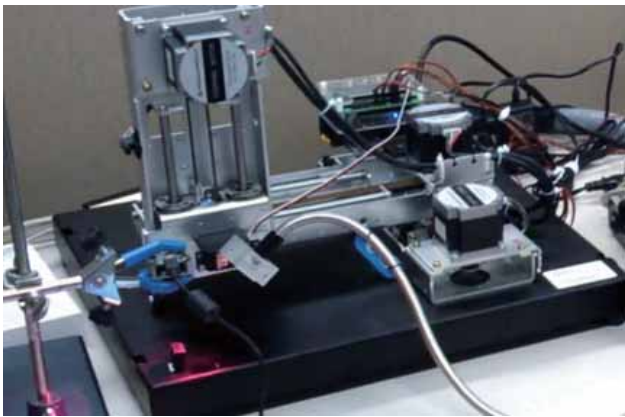


図2 システム外観

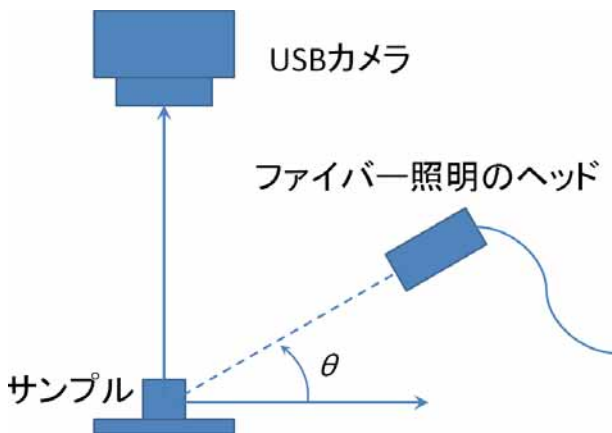


図3 照射角度

### 3. 方法

#### 3-1 画像の取り込み

RGB 各 LED の印加電圧を 0V, 1V, 2V, 3V, 4V, 5V の 6 段階、図 3 に示すファイバー照明のサンプルに対する角度  $\theta$  を 30deg, 45deg, 60deg の 3 段階に変化させ、648 (6×6×6×3) 通りの画像を取り込んだ。

#### 3-2 対数スペクトル解析

フーリエスペクトルを用いた画質評価は、様々な画像応用機器の画質評価に用いられている。例えば、焦点ズレにより発生したボケ量をフーリエスペクトルのもつ勾配情報を用いて評価し、高コントラスト画像に変換する手法<sup>5)</sup>や、放射線撮像装置におけるウィナーズスペクトル(粒状度評価におけるパワースペクトルの別称)を用いた統計ノイズの強度評価<sup>6)</sup>などがある。

本研究ではこれら先行研究と同様に、フーリエスペクトルを用いてコントラスト値およびノイズ量の評価を行った。

フーリエスペクトルの算出方法は、取得画像をグレースケール画像に変換し、前処理としてハミング窓を用いたデータ切片の連続化を行い、続いて二次元フーリエ変換後、得られた二次元スペクトル画像を一次元スペクトルに変換し、その勾配に着目した。比較のためグラフ両軸は対数で表示している。

#### 3-3 コントラスト値およびノイズ量の数値化

事前の実験として、コントラスト変化および統計ノイズ付加に対するスペクトルの変化を観察した。

コントラスト変化に対するスペクトルの変化を観察するために、図 4(a)に示すテストパターンに対して、図 4(b)および(c)に示す平滑化処理を行い、コントラストを低下させた場合のスペクトルを比較した。その結果、図 5 に示すように、平滑化処理によるコントラストの低下に伴い高周波成分が低下し、テストパターンが本来持っていた波形が変形していることがわかった。

また、統計ノイズ付加に対するスペクトルの変化を観察するために、図 4(a)に示すテストパターンに対して、図 4(d)および(e)に示す統計ノイズ付加を行った場合のスペクトルを比較した。統計ノイズにはホワイトノイズを使用し、テストパターン 1 ピクセル当たり任意の確率で画素値を反転することで生成した。ピクセル値を変更する確率を増減することでノイズ量の調節が可能である。その結果、図 6 に示すように、ノイズ量が増加するとスペクトルの高周波成分が増加し、テストパターンが本来持っていた波形が変形していることがわかった。



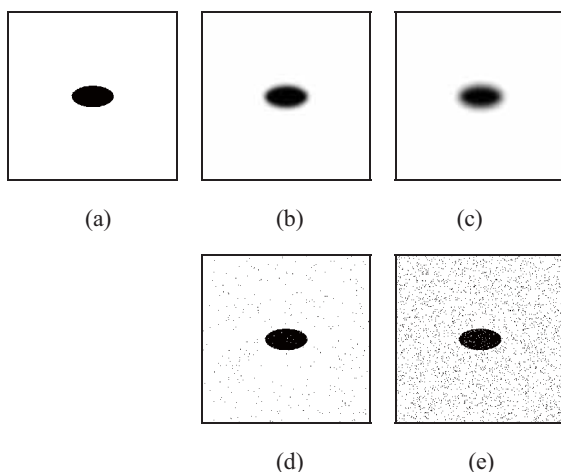


図4 スペクトルの比較に用いる画像 (a)処理なし, (b)平滑化 31×31pixel, (c) 平滑化 51×51pixel, (d)ノイズ付加 5%, (e)ノイズ付加 10%

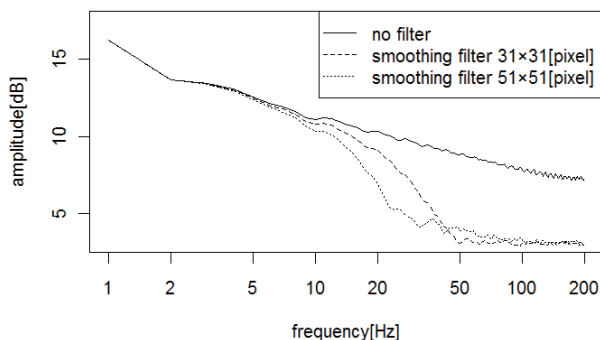


図5 コントラスト低下によるスペクトル変化

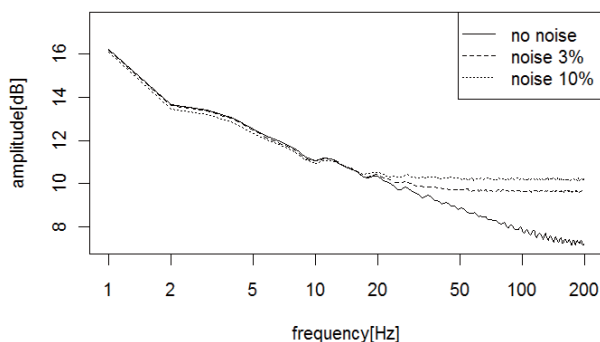


図6 統計ノイズ付加によるスペクトル変化

## 4. 評価

### 4-1 評価方法

画像取得に使用するサンプル部品は、前報<sup>9)</sup>と同じく、図7に示すウレタン系熱可塑性エラストマー材(大日精化工業(株)製レザミン P-4597)を射出成形機(ファナック(株)製 ROBOSHOT  $\alpha$ -30C)を用いて成形した部品を使用した。本部品はガス付着による外観不良が発生しやす

いが、目視による不良の発見が困難なサンプルである<sup>7)</sup>。このサンプルの良品画像のみを用いて照明条件を求め、得られた照明条件下において傷および光沢ムラの2種類の不良品を撮像し、不良品のもつ特徴が得られているかの確認を行った。



図7 評価に用いたサンプル

3-3章で述べた事前実験を踏まえると、コントラストが低い、もしくはノイズ量が多い画像は直線性が失われていくことが分かる。よってサンプルの良品画像のみを用いて照明条件を求める方法として、対数スペクトルに対して直線近似を行い、近似直線算出後の残差平方和を直線性を表す数値として利用した。近似直線算出後の残差平方和が最小となる照明条件を最適な照明条件として評価した。

### 4-2 結果

実験で得られた対数スペクトルおよびその近似直線の例を図8に、各照明条件の近似直線算出後の残差平方和の上位8位を表1にそれぞれ示す。最適な照明条件は、ファイバー照明のサンプルに対する角度 $\theta$ が30deg、各LEDの印加電圧がRed:5V, Green:0V, Blue:1Vであった。この最適な照明条件において取り込んだ不良品画像を図9に示す。また比較のため、一般的な工場照明下での観察イメージ、および最適でない照明条件下での撮影画像もあわせて図9に示す。最適な照明条件下での撮影画像では、傷および光沢ムラといった不良品の特徴に対して良好なコントラストが得られた。

## 5. 結言

照明条件のパラメータであるRed, Green, BlueのLED照明の光強度および照明角度を独立に変更することができるシステムを構築した。また各パラメータを独立に変化させた照明条件下において撮影したワーク画像に対して、対数スペクトルを解析することにより、外観検査に適した最適な照明条件を自動出力するシステムの構築を行った。本システムの検証として、プラスチック成形品に対して照明条件を求め、傷および光沢ムラの2種類の不良品を撮像した。その結果、良好なコントラストが得られ本システムの有用性を確認することができた。

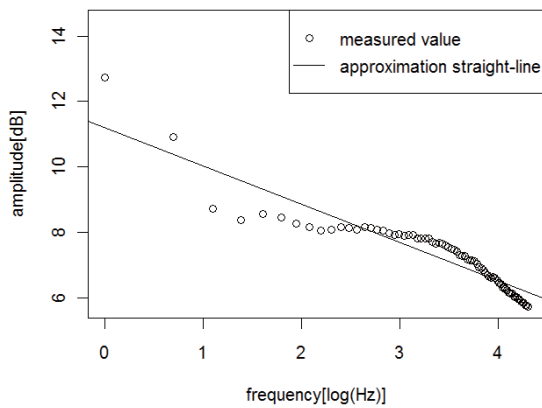
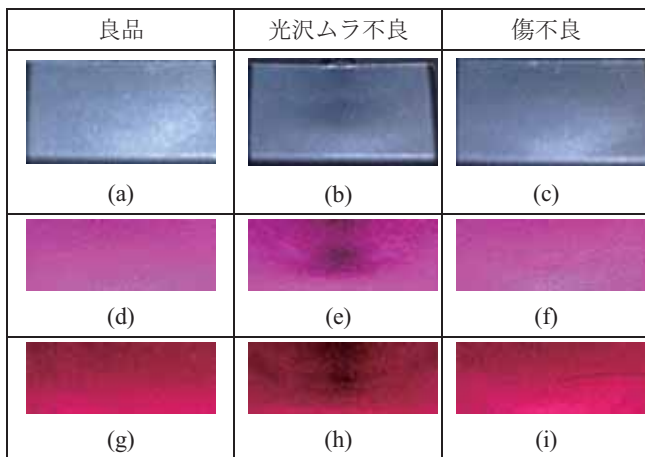


図8 取得した対数スペクトルおよび1次近似直線の例 (照明角度 30deg, 各 LED の印加電圧 Red:5V, Green:5V, Blue:5V の場合)

表1 近似直線算出後の残差平方和 (上位8位)

$\theta$ [deg]	R[V]	G[V]	B[V]	approximate error
30	5	0	1	12.5357
45	2	0	0	12.5369
30	5	0	0	12.6757
30	4	0	1	12.9488
30	4	0	0	13.1907
30	0	0	1	13.3227
45	3	0	0	13.5224
45	0	0	3	14.0162



(a)(b)(c):一般的な工場照明下での観察イメージ  
 (d)(e)(f): 比較のために最適でない照明条件 (照明角度 60deg, 各 LED の印加電圧 Red:3V, Green:0V, Blue:2V) で撮影した画像  
 (d)(e)(f): システムにより推定された最適照明条件 (照明角度 30deg, 各 LED の印加電圧 Red:5V, Green:0V, Blue:1V) で撮影した画像

図9 照明条件による不良特徴の違い

## 参考文献

- 1) 増村茂樹：マシンビジョンライティング基礎編第3版，日本インダストリアルイメージング協会 (2010)
- 2) 増村茂樹：マシンビジョンライティング 応用編第1版，日本インダストリアルイメージング協会 (2010)
- 3) 古屋雅章，吉村千秋，山田博之，阿部治，布施嘉裕，小谷信司，渡辺寛望：画像処理に用いる照明の調整方法に関する研究，動的画像処理実用化ワークショップ DIA2013, P.272-275 (2013)
- 4) 寺澤章裕，山田博之，阿部治，西村通喜：プラスチック射出成形におけるガス成分付着による外観不良対策の研究(第1報)，山梨県富士工業技術センター平成23年度業務・研究報告, P.66-71 (2012)
- 5) 坂野盛彦，末竹規哲，内野英治：焦点ずれ PSF の推定とその画像復元への応用，ファジィシンポジウム講演論文集, Vol.21, P.564-569 (2005)
- 6) 杜下淳次，藤田広志，大塚昭義，上田克彦，藤川津義，山内秀一，西原貞光，橋田昌弘，神崎竜二，金井一美，田中貞人，中西敬：コンピュータドラジオグラフィの基礎的な物理特性，日本放射線技術學會雑誌, Vol.46(6), P.824-830 (1990)
- 7) 古屋雅章，吉村千秋，山田博之，阿部治，布施嘉裕，小谷信司，渡辺寛望：画像処理に用いる照明の調整方法に関する研究，山梨県富士工業技術センター平成24年度業務・研究報告, P.73-76 (2013)