

標準物質等のスペクトルのデータベースの提供

報 告 書

2025 年 3 月 31 日

一般社団法人日本海事検定協会

(理化学分析センター)

目 次

	ページ
1. 調査の背景	2
2. 調査の目的	2
3. 調査の経過	3
4. 調査内容	
調査I スペクトルデータベース	5
調査II 各種データ解析のための基礎知識及び応用例	6
No.33 FAME 中のグリセリン濃度と固形不純物の関係	8
No.34 粗飼料中の腸管出血性大腸菌の汚染率の実態調査	11
No.35 液体アンモニア中の油溶物質の成分分析	15
No.36 ボイラにおけるスラッキング及びファウリングの原因物質について	21
調査III エネルギーの変遷～新燃料と従来燃料との比較～	25

1. 調査の目的

本調査の目的は、純物質に限らず複合物質を含めて私たちの身の回りにある物質（標準物質）の各種分析・試験データや解析データを公開することである。広く科学情報を提供することで分析化学の発展に資する。

2. 調査の背景

2-1 スペクトルデータベース及び各種データ解析のための基礎知識及び応用例

標準物質等の化学情報は分析化学においては極めて重要な化学情報であり、特に物質特定や異物鑑定等の調査においては必要不可欠である。しかし、私たちの周囲に存在する物質の種類は極めて多く、それらを対象としたデータを入手することは容易ではない。

一方、公開されたデータベースは、質的あるいは収集数が決して充分とは言えず、調査者はそれぞれの化学情報を有償で、あるいは標準物質を購入して測定しなくてはならないのが実情である。それは時間的にも経済的にも大きな負担となっていることは明らかであり、また、多くの公開情報が純物質に限ったスペクトルが多く、サンプルを処理して純物質を単離してからでないと活用することが出来ない。スペクトル等の公開については、現状、調査文献の中に散見されるものの、体系的に整理され、共通に利用できるデータベースは整備されていない。

スペクトルの活用については、必ずしも物質を特定するためのニーズばかりではなく、簡易的に特定物質の存在をチェックするような使い方も少なくない。そうしたニーズに応えるには、より多くのスペクトル情報が公開されることが望ましい。

さらに広範な利用形態に対応した機能を実現するため、化学物質のデータベース（DB）の仕様作成及び運用に関する調査を進め、学校法人、高校・大学の学生、あるいは分析化学に携わっている方々の活用を願うものである。

また、当会ではこれまでに多くのスペクトルを測定・公開してきたが、今年度は各種スペクトルデータ収集・解析及び分析手法の基礎知識と応用例についても紹介する。

2-2 エネルギーの変遷～新燃料と従来燃料との比較～

近年、化石燃料の枯渇への懸念から脱却が急務となり、また、地球温暖化をはじめとする気候変動が急速に進む中、カーボンニュートラルな特性からもバイオエネルギー、リサイクル燃料や持続可能なエネルギーの重要性が世界的に高まっている。当会ではこれら新エネルギーの性状分析やトラブル調査の相談、依頼が年々増加している。そこで、新エネルギーの性状や特徴を把握することは新エネルギー使用時のトラブルを未然に防ぐことに繋がる。長年、分析をしてきた従来エネルギー（化石燃料）と新エネルギーについて多方面からデータ比較やデータ解析を行うこととした。

3. 調査の経過

- 2011年度 化学情報 DB の構成設計，収集データ種目の決定とデータ収集
- 2012年度 収集データ種目の検討と化学情報 DB のデータ収集
- 2013年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2014年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2015年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2016年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2017年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2018年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2019年度 化学情報 DB のデータ収集および DB 高度化の可能性についての検討
- 2020年度 化学情報 DB のデータ収集およびスペクトル解析の基礎知識と応用例
- 2021年度 化学情報 DB のデータ収集およびスペクトル解析の基礎知識と応用例
- 2022年度 化学情報 DB のデータ収集およびスペクトル解析の基礎知識と応用例
- 2023年度 化学情報 DB のデータ収集およびスペクトル解析の基礎知識と応用例
- 2024年度 化学情報 DB のデータ収集およびデータ解析の基礎知識と応用例
新エネルギー関連テーマの検討
- 2025年度 (継続実施予定)

4. 実施内容

本年度の調査では，様々な装置を用いた各種データの収集・解析及び分析手法の検討及び基礎知識とその応用例を公開する。

調査 I スペクトルデータベース

本年度は 36 物質の染料物質（赤色，橙色，黄色，青色）について，pH 変化による色調変化観察，赤外線吸収スペクトル分析，紫外可視スペクトル分析，蛍光スペクトル分析，熱分解ガスクロマトグラフ-質量分析のデータを掲載した（合計 293 データ）。

化学分析をしていると有色物質による着色トラブルや染料成分の物質特定は依頼が後を絶たない。しかし，有色物質の特定は分離手法や濃縮量を考慮すると物質特定までは少々時間を要する。各種染料のスペクトルデータはぜひ有色物質定性の初期段階での絞り込みに役立ててもらいたい。

分析項目	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2024 年度
1. ラマンスペクトル分析	—	—	—	—	—	—	116	—	—
2. 赤外線吸収スペクトル分析（IR）	394	438	385	458	159	—	—	—	36
3. 熱重量-示差熱分析（TG-DTA）	91	68	56	100	116	100	—	—	—
4. 示差走査熱量分析（DSC）	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. 熱重量示差熱-質量分析 （TG-DTA-MS）	—	—	—	8	100	—	—	—	—
6. 熱分解ガスクロマトグラフ-質量分析 （Py-GC/MS）	—	—	—	—	—	19	—	—	35
7. 紫外-可視吸収スペクトル分析（UV-vis）	34	—	—	—	—	—	—	—	46
8. ガスクロマトグラフ分析（GC）	36	—	—	5	8	—	—	—	—
9. ガスクロマトグラフ分析質量分析（GC-MS）	—	—	—	—	—	—	—	123	—
10. X線回折（XRD）	9	109	—	—	—	75	—	—	—
11. 光学顕微鏡観察（OM）・外観観察	—	—	119	—	—	19	33	—	108
12. 蛍光スペクトル（FL）	—	—	—	—	—	—	—	—	68
合計（物質）	564	615	560	570	383	213	149	123	293
のべ 3,177 データ									

※ 本年度測定分は [青色数字](#)をクリックすると，スペクトルが参照できます。

調査Ⅱ 基礎知識と応用例

本年度は基礎知識と応用例として行った4テーマの調査成果を紹介する。

年度	No.	テーマ	概要
2012年度	1	炭化水素の赤外線吸収スペクトルの捉え方	有機物の基本である炭化水素の赤外線吸収スペクトルの見方及び炭化水素で構成された石油製品の赤外線吸収スペクトルの特徴を示す。
	2	グリコール化合物の赤外線吸収スペクトル	セロソルブ及びジエチレングリコール化合物の赤外線吸収スペクトルの特徴を示す。
	3	油脂の赤外線吸収スペクトル (赤外線吸収スペクトルと分子構造)	動植物油の赤外線吸収スペクトルの特徴及び脂肪酸組成との相関を調査する。
	4	繊維の熱分解ガスクロマトグラフィー	各種繊維の熱分解ガスクロマトグラムの紹介及び2種類の繊維が混在するときの熱分解ガスクロマトグラムの変化を調査する。
	5	芳香族のUVスペクトル	芳香族化合物のUVスペクトルの特徴及びそれらの僅かな違いを示す。
2013年度	6	フッ素樹脂の熱分解クロマトグラフィー	PTFEとフッ素樹脂の共重合体であるPFAを入手し、熱分解クロマトグラムの違い及び生成フラグメントについて解析した。
	7	アミノ酸のIRスペクトルの比較	アミノ酸のIRスペクトルの特徴及びそれらの僅かな違いを示す。
	8	糖類の構造と赤外線吸収スペクトル	単糖、二糖類及び糖アルコールの赤外線吸収スペクトルの違いについて考察する。
2014年度	9	エタノール中の酢酸定量におけるリン酸の影響	エタノールに含まれる微量な酢酸を分析する際に、リン酸酸性にすることがあるが、リン酸が触媒となりエステルを形成する可能性について検討する。
2015年度	10	誘導体化によるアミノ酸の組成推定 (GC×GC)	アミノ酸の組成推定の際の誘導体化と2本の極性の異なるカラムによる分離 (GC×GC) の可能性について検討する。
2016年度	11	熱分解 GC/MS (Py-GC/MS) 及び TG-GC/MS によるポリマーの分析	加熱発生ガスの分析手法である熱分解 GC/MS (Py-GC/MS) と TG-GC/MS でそれぞれポリマーを分析し、両分析法で得られる情報を比較する。
2017年度	12	ラマン分光光度計の基礎知識	ラマン分光光度計の基礎知識と概要
2018年度	13	GC×GCによる燃料油の分析検討	GC×GC-TOF/MSによる燃料油の分析手法を確立する。
2019年度	14	ポリアミド樹脂の詳細判別分析	ポリアミド樹脂 (ナイロン) の種類 (構造) を迅速で簡易的に判別する方法を確立する。
	15	有機酸塩の熱分解 GC/MS 分析	有機酸塩の熱分解生成物をデータベース化し、物質特定の手法を確立する。
2020年度	16	GC×GC-TOF/MS を用いた石油製品の分析	No.13に続き、製油所の異なる石油製品及び油種を集め、GC×GC-TOF/MS 分析を実施した。
	17	水分測定方法の比較	水分測定の手法は多岐に亘り、水分値は測定方法によって相違することは珍しくない。本テーマ、各種水分測定方法を整理し、その特徴をまとめた。
	18	重油抽出成分 (油分・アスファルテン・ワックス) の比較	国内外の重油の抽出成分について各種構成成分のスペクトルを比較した。

年度	No.	テーマ	概要
	19	ポリウレタン樹脂中のウレタン結合の加熱劣化	ポリウレタン樹脂の加熱による劣化挙動を赤外線吸収スペクトル分析により評価した。
2021 年度	20	「焦げ臭」の種類	火災などによって燃焼した焼残物から発生する「焦げ臭」の成分について調査した。
	21	大気環境中の飛来物に関する調査	大気環境中から飛来する物質を当会で開発した捕集デバイスで回収し、飛来物の種類や成分を調査した。
	22	低硫黄 C 重油のスラッジ生成要因	近年 LSC 重油に関するトラブルが報告されており、それらに関わる要因について調査した。
	23	海上流出油の組成変化	ラボスケールで海上流出油を作製し、それらの揮発・溶解による影響を GC 分析により調査した。
2022 年度	24	木質ペレットの強度評価の検討	様々な強度試験機を使用して木質ペレットの強度評価の検討を行った。
	25	ケミカル品の溶存酸素測定	隔膜法による各種ケミカル品の脱気及び曝気後の溶存酸素濃度を測定し、その有効性を判断した。
	26	国内外の飛来物の解析	国内外 87 地点の飛来物の測定結果から飛来物の種類、量などをグラフ化した。
2023 年度	27	飛来物の外観及び元素組成	国内外で捕集した飛来物について代表物質の外観形状と元素組成をまとめた。
	28	青色染料のスペクトル比較	青色染料の各種スペクトルデータを測定し、フィンガープリント法による同異性判定を試みた。
	29	石油製品の過酸化価と酸化安定度の相関性	A 重油、軽油、BDF の過酸化価、酸価、酸化安定度の測定を行い、相関性を調査した。
	30	液体アンモニアの蒸発残留物の成分分析	アンモニアの蒸発残分について成分分析を行った。
	31	飼料中におけるサルモネラ属菌の種特定調査	サルモネラ属菌が検出された飼料について、より詳細な検査を行い菌種特定した。
	32	電子基板に使用されている金属部品の元素分析	電子基板の各パーツの構成元素を卓上型蛍光 X 線分析 (XRF) と携帯型 X 線分析装置で測定し、結果を比較した。
2024 年度 (本年度)	33	FAME 中のグリセリン濃度と固形不純物の関係	FAME 中のグリセリン濃度と固形不純物量との関係性を、実験試料および市場流通試料の試験から調査した。
	34	粗飼料中の腸管出血性大腸菌の汚染率の実態調査	輸入粗飼料における腸管出血性大腸菌の汚染状況の実態調査と、産地別の汚染飼料のデータ集積を行った。
	35	液体アンモニア中の油溶物質の成分分析	液体アンモニア中の油溶成分について成分特定を行った。
	36	ボイラにおけるスラッキング及びファウリングの原因物質について	石炭灰中のアルカリ金属・硫黄含有率を産地ごとに比較した。また、X線回折法を用いて石炭灰の化学形態を調査し、腐食現象に関与している元素の新たな評価方法を検討した。

※ 経過年度のテーマは該当年度の公益報告書をご参照ください

FAME 中のグリセリン濃度と固形不純物の関係

1. 背景及び目的

自動車燃料混合用脂肪酸メチルエステル（FAME）の要求品質は JIS K 2390 に規定されており、その項目の一つに「固形不純物」がある。固形不純物量は、試料をフィルタろ過し、溶媒（ヘプタン）で洗浄、110℃で乾燥し、残留した残渣物量を測定する。固形不純物は、燃料フィルタの目詰まり、インジェクションノズルの閉塞、ニードルバルブの固着等を引き起こし、エンジン不具合の要因になる。

FAME は廃食油等の油脂とメタノールのエステル交換反応により製造され、反応副生物としてグリセリンが生成される。グリセリンは静置分離・温水洗浄により FAME と分離されるが、一部が油中に残留する場合もある。JIS K 2390 ではグリセリン濃度は、0.02 wt% 以下であることが求められている。

固形不純物測定は、基本的に試料中の微小な固形異物を対象としているが、グリセリンはヘプタンに溶解せず、110℃で揮散しないため試料中に残留したグリセリンも固形不純物として測定される可能性がある。

本調査では、FAME 中のグリセリン濃度と固形不純物量との関係性を、実験試料および当会で入手した市場流通試料の試験データを集積してから調査した。

2. 調査の概要

2.1 固形不純物測定

固形不純物測定は試験規格 EN 12662 に準じて実施した。（表 1）

表 1 固形不純物測定の概要

1. サンプル準備	60℃で2時間温め、よく振り混ぜて約 500mL（添加試料は 200mL）をガラス容器にとり、質量を記録する（サンプル加温①）。この容器を 30 分以上 40℃で静置する（サンプル加温②）。
2. フィルタ準備	ヘプタンで洗浄し、110℃で 45 分乾燥し、45 分放冷した後に秤量する。
3. ろ過	試料を全量減圧ろ過し、試料容器・ろ過筒・フィルタをヘプタンでよく洗浄する。 フィルタ：Whatman GF-F（ガラス繊維製）、直径 47mm、孔径 0.7μm
4. 乾燥・測定	110℃で 45 分乾燥し、45 分放冷した後に秤量し、固形不純物量 (mg/kg)を算出する。

2.2 グリセリン添加方法

- (1) FAME にグリセリンを段階的に添加し、それぞれの固形不純物測定を行った。（グリセリン濃度 0.020 wt%，0.050 wt%，0.100 wt%）
- (2) グリセリンはメタノールに溶解し FAME に添加した。なお、FAME は予め試験と同一のフィルタでろ過したものをを用いた。
- (3) 試料量は 200mL、洗浄ヘプタン量は 210mL（容器洗浄 25mL×3 回、ろ過筒洗浄 125mL、フィルタ洗浄 10mL）で統一して試験を行った。
- (4) 試験は各試料につき N=3 で実施した。

3. 実験結果

3.1 グリセリン添加試験

グリセリン添加試料の固形不純物測定の結果を表 2 及び図 1 に示す。

- グリセリン濃度が高いほど、フィルタに捕捉される（残留する）グリセリン量は増加する。
- グリセリン添加濃度が 0.050 wt% 及び 0.100 wt% では試験間のバラツキが大きい。これは、試料容器に付着したグリセリンがヘプタンで洗浄されず、ろ過されなかったことが原因と考えられる。（グリセリン濃度が高い場合、試験容器壁面に液滴が残留した。）

表 2 固形不純物測定結果

試料		固形不純物 (mg/kg)
グリセリン 添加量	試験回数	
0.00 wt%	1 回目	2.28
	2 回目	1.71
	3 回目	1.71
0.020 wt% (200 mg/kg)	1 回目	2.85
	2 回目	2.85
	3 回目	2.28
0.050 wt% (500 mg/kg)	1 回目	3.41
	2 回目	13.66
	3 回目	3.41
0.100 wt% (1000 mg/kg)	1 回目	43.26
	2 回目	33.01
	3 回目	18.21

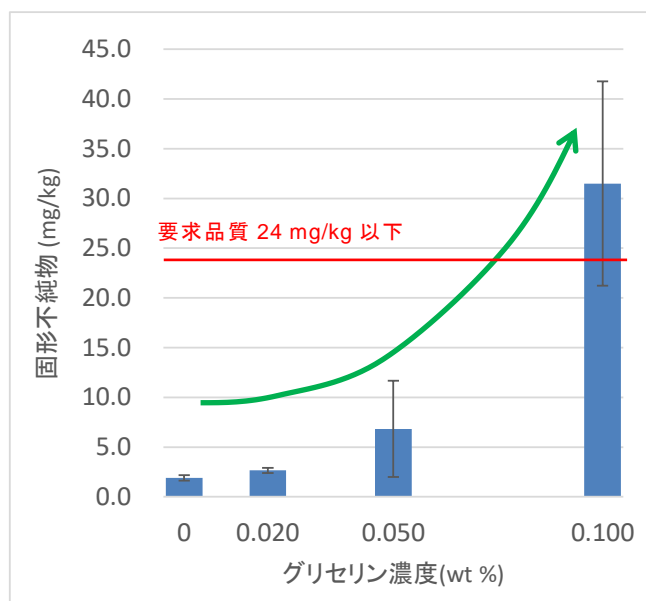


図 1 固形不純物量の結果

3.2 市場流通試料の試験データ

市場流通試料 33 サンプルについてグリセリン濃度と固形不純物の結果を図 2 にプロットした。また、FAME 中の不純物であるモノ・ジ・トリグリセリド濃度と固形不純物の結果も図 3 に示す。

- グリセリン濃度が 0.06 wt% 以下の試料は、グリセリン濃度が高いほど固形不純物が高い。グリセリン濃度が高い試料は、項目 3.1 で得られた考察のとおりろ過されていない可能性が考えられる。なお、詳細な解析のためには、フィルタ上の固形物及びグリセリン量の存在比を把握する必要がある。
- モノ・ジ・トリグリセリド濃度と固形不純物に相関は見られなかった。

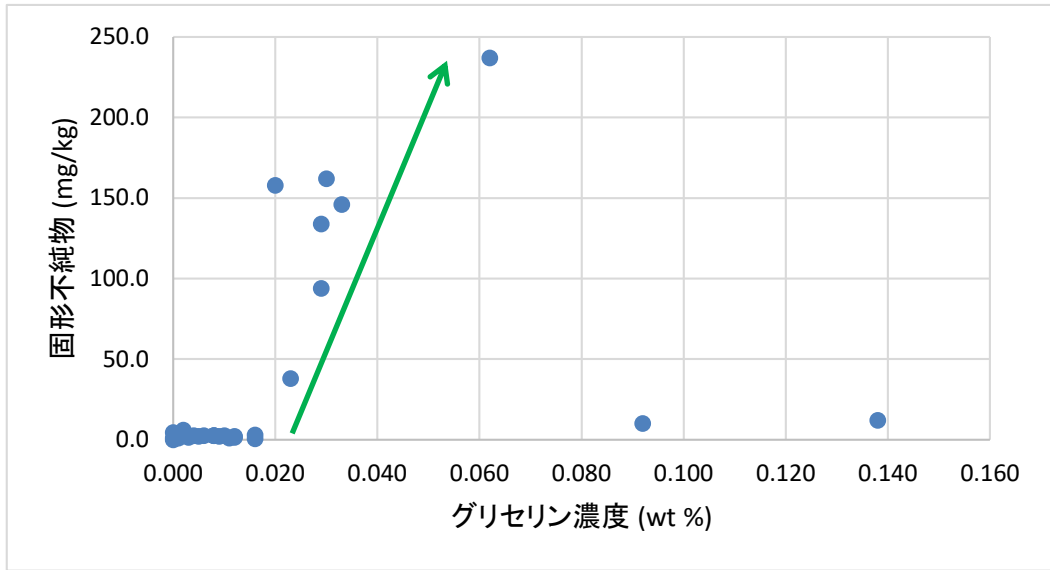


図2 市場流通試料の固形不純物量とグリセリン量の関係

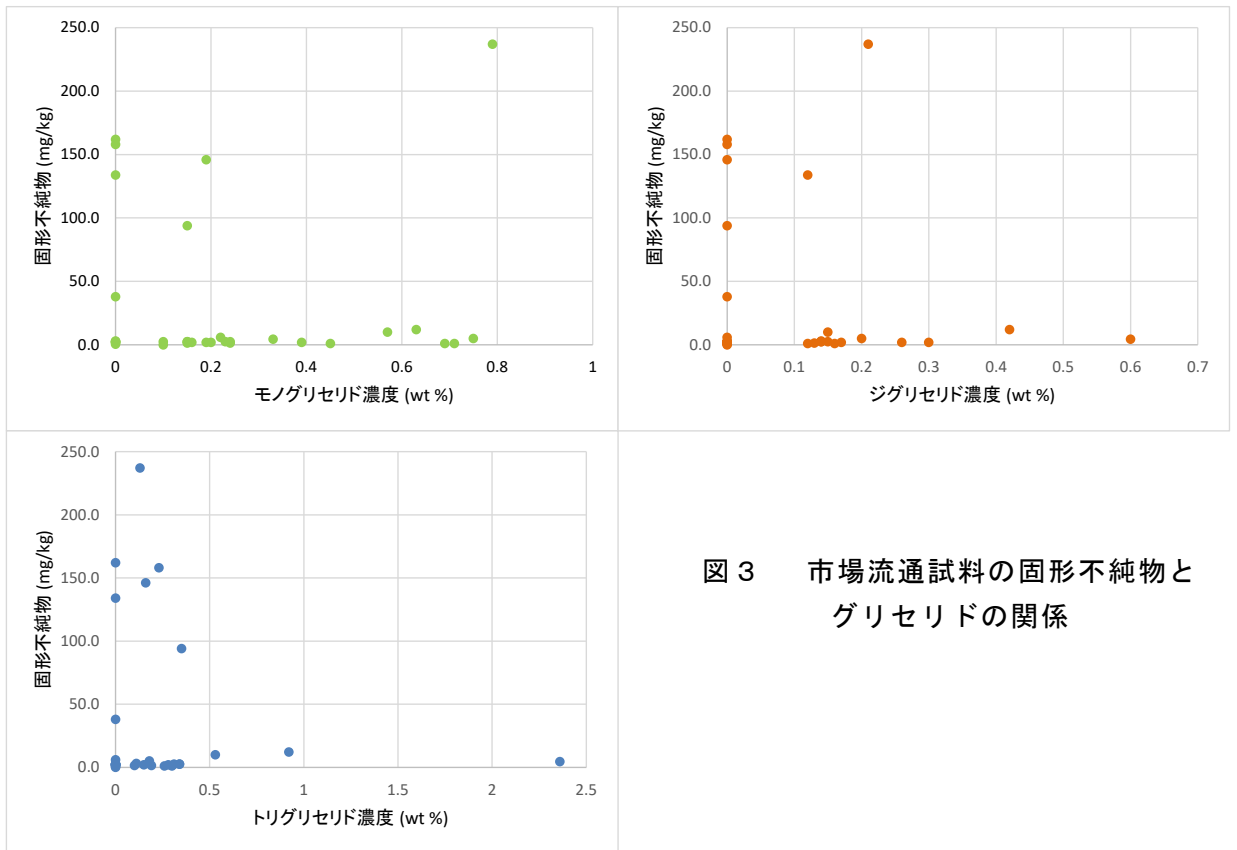


図3 市場流通試料の固形不純物とグリセリドの関係

4. まとめ

FAME 中のグリセリン濃度と「固形不純物」には相関が見られた。すなわち、グリセリン濃度が高い FAME ではグリセリンが固形分に加算される（プラスの誤差が生じる）。「固形不純物」として固形分のみを測定するためには、アルコール洗浄工程を増やすなど、試験方法の改善が必要と考える。

以上

粗飼料中の腸管出血性大腸菌の汚染率の実態調査

1. 目的

畜産利用の粗飼料においては、有害物質・有害細菌を含む飼料をつかうことによって有害畜産物が生産され、その結果食肉として人々が口にすることで危害が及ぶことが報告されている。有害物質としては、農薬、抗菌性物質、重金属が規制の対象として挙げられており、有害細菌としてはサルモネラ及び大腸菌が対象となっている。粗飼料中のサルモネラについては国内外で多くの知見があり、法令や制御に関するガイドラインが定められている。一方、大腸菌や中でも人に甚大な被害を及ぼす腸管出血性大腸菌についての知見は少なく、その実態はあまり調査されていない。

腸管出血性大腸菌は牛の糞便に高確率で存在していることから給餌飼料からの影響が大きいとの報告があるものの、当該菌が飼料中に存在することを示すデータが乏しい。本調査では、国内における粗飼料中の腸管出血性大腸菌の汚染率の実態調査と、国別の汚染飼料のデータ集積を目的とする。

2. 腸管出血性大腸菌とは

腸管出血性大腸菌は病原性を持つ大腸菌の一種であり、主に土壌や堆肥、ほ乳動物¹の腸管内に生息し、腸管内容物や糞便から多く検出される。ペロ毒素（Verotoxin：VT、または Shigatoxin：Stx と表記される）を産生することで定義され、ヒトが本菌に感染し発症した場合には、激しい腹痛や水溶性の下痢、血便など重篤な症状が現れる。100種類以上のO抗原による血清型によって分けられ、代表的なものとして「O157」、そのほかに「O26」や「O111」等が知られている。ヒトに対して発症させる菌数はわずか50個程度と考えられており、二次感染が起きやすく、抵抗力の弱い患者には致死的である。また、これらは強い酸抵抗性を示し胃酸の中でも生残するため、食品加工・提供において注意を要する危害菌である。

3. 対象試料

2024年7月～12月にかけて日本国内に輸入された大豆粕222検体を調査した。（表1）

表1 対象試料

飼料の種類	産地	検体数
大豆粕	中国	149
	韓国	4
	南米	9
	台湾	12
	ブラジル	48

¹ 家畜の中では特に牛

4. 検査方法

4-1 使用した試薬

- ① 緩衝ペプトン水
- ② mEC 培地
- ③ クロモアガーECC 培地
- ④ TaqMan Universal PCR Master Mix
- ⑤ VT 遺伝子検出用プライマー／プローブ

4-2 検査方法

飼料分析基準に準じた方法で菌の培養を行い、大腸菌が検出された試料について腸管出血性大腸菌を確認する VT 遺伝子確認試験を行った。

- (1) 試料 3 g を量りとり緩衝ペプトン 30 mL と混合，振り混ぜた後 35～37 °C で 18～24 時間培養したものを試料液とし，前増菌培養を行った。
- (2) 前増菌培養液 1 mL をノボビオシン加 mEC 培地 9mL に加え，振り混ぜた後，41～43 °C で 18～24 時間培養した選択増菌培養を行った。
- (3) 選択増菌培養液 0.1mL をクロモアガーECC 培地に塗抹し，35～37°C で 18～24 時間培養した。
- (4) 形成されたコロニーのうち青色を大腸菌，赤色のコロニーを大腸菌群，無色及び抑制されたものはその他の細菌と判定した。
- (5) 大腸菌が検出された検体の選択増菌培養液の一部から遠心分離で集菌し，アルカリ熱抽出法により DNA を抽出，PCR 法による VT 遺伝子検出を行った。

5. 検査結果

- 大豆粕 222 検体のうち大腸菌が検出されたものは 12 検体，5.4%であった。（表 2）
- そのうち，腸管出血性大腸菌の存在を示す VT 遺伝子が検出されたものは 0 検体であり，実施した大豆粕からの検出は認められなかった。
- 大腸菌の検出を地域別でみると南米産において 44.4%と検出率が高い。（表 3）
- 月別（輸入月）でみると気温の高い 9 月に検出数の偏りが認められた。（表 4）
- すなわち，細菌の保存には水分と一定の温度が必要であり，高温多湿な環境である夏場や，赤道に近い南米産の粗飼料では，比較的大腸菌の汚染リスクが高いといえる。

表 2 全体（合計 222 検体のうち）

項目	大腸菌（検体）	VT 遺伝子検出
陽性検体数（検体）	12	0
陽性率（%）	5.4	0

表 3 国別

国名/地域(合計数)	大腸菌		VT 遺伝子検出
	陽性検体数	陽性率(%)	
中国(149)	5	3.4	0
韓国(4)	0	0	0
南米(9)	4	44.4	0
台湾(12)	0	0	0
ブラジル(48)	3	6.3	0

表 4 月別

輸入月	大腸菌		VT 遺伝子検出
	陽性検体数	陽性率(%)	
7月	1	25.0	0
8月	0	0	0
9月	9	19.5	0
10月	1	2.0	0
11月	1	2.0	0
12月	0	0	0

6. まとめ

対象検体 222 検体のうち大豆粕の大腸菌陽性率は 5.4%、VT 遺伝子の陽性率は 0%で、大腸菌が検出されたとしても VT 遺伝子を持つ腸管出血性大腸菌は検出されなかった。

大豆粕をはじめ粗飼料製造の途中には、油分や有用成分を取り除いた絞り粕が原料として使用されるため、加熱・加圧工程が含まれていることが多い。飼料 GMP²により適正に管理されている環境であれば、腸管出血性大腸菌をはじめとする病原菌のリスクは比較的低いはずであるが、鼠族や昆虫類が侵入することによる保管上の管理不備による交差汚染によって、各種病原細菌を混入させる可能性は否定できない。

粗飼料の適切な給餌は家畜腸管内の腸内環境を整え、腸内細菌の正常化に寄与するとの調査結果がある。一方で、粗飼料に由来し国外由来の菌種が家畜体内に入ることによって腸内環境バランスの悪化や耐酸性の獲得など、家畜にとって不具合が生じる可能性も示唆されている。よって、飼料分析法による病原細菌の定期的な試験により病原菌の存在をモニタリングすることは重要である。

以上

² 飼料等の適正製造規範（GMP：Good Manufacturing Practice）、家畜の健康及び畜産物の安全性を確保するために制定された、飼料の品質と安全性の基準。

【参考文献】

- 1) 腸管出血性大腸菌 O26, O103, O111, O121, O145 及び O157 の検査法について
- 2) 飼料分析基準
- 3) 国立感染症調査所
- 4) 中澤宗生「粗飼料給与による牛の腸管出血性大腸菌 O157:H7 の保菌抑制の可能性」畜産の調査 56(4),470-474,2002

液体アンモニア中の油溶物質の成分分析

関連：2023 年度報告テーマ No.30

1. 背景および目的

アンモニアは、19 世紀末期にハーバー・ボッシュ法（HB 法）が開発されて以降、肥料に形を変えて人類の食糧生産を支えてきた。近年、船舶業界ではアンモニアは「新たな燃料」として注目されている。水素を作り出すための水素キャリアとして、あるいはアンモニアをそのまま燃焼させる燃料として使われようとしている。アンモニア燃料のガイドラインも発行されており、GHG 削減にアンモニアがどこまで寄与するのか気になるところである。

液体アンモニアの成分分析の項目の一つに油分測定がある。油分は、アンモニア分を蒸発乾固させ、残留物を四塩化炭素で抽出し、3.3~3.6 μm の波長の吸光度測定によって油分を算出している（赤外分光法）。この手法で用いる波長はほとんどの有機化合物に共通する CH 基の吸収帯であるため、実際のところその具体的な成分は不明である。そこで、本調査では現在デリバリーされている液体アンモニア中の油溶成分について成分分析を行う。

2. 分析試料

表 1 に示す 17 試料を分析対象とした。

表 1 分析対象試料

試料 No.	入手元	油分 (当会測定)	製造方法	試料 No.	入手元	油分 (当会測定)	製造方法
試料 A	国内	5 wt ppm	HB 法	試料 J	国内	40 wt ppm	HB 法
試料 B	国内	10 wt ppm	HB 法	試料 K	国内	5 wt ppm	HB 法
試料 C	海外（輸出国①）	1 wt ppm	HB 法	試料 L	国内	20 wt ppm	HB 法
試料 D	海外（輸出国②）	1 wt ppm	HB 法	試料 M	海外（輸出国③）	5 wt ppm	HB 法
試料 E	海外（輸出国③）	1 wt ppm	HB 法	試料 N	国内	5 wt ppm	HB 法
試料 F	国内	5 wt ppm	HB 法	試料 O	国内	1 wt ppm 未満	HB 法
試料 G	国内	5 wt ppm	HB 法	試料 P	海外（輸出国③）	1 wt ppm	HB 法
試料 H	国内	5 wt ppm	HB 法	試料 Q	国内	15 wt ppm	HB 法
試料 I	国内	5 wt ppm	HB 法	—	—	—	—

※対象試料は国内試薬メーカーから購入したものではない。ただし、詳細については公表できない。

3. 分析方法

液体アンモニア（純度 99.0 質量%以上）をガラス製のビーカーに充填・静置し、室温でアンモニアを蒸発させ残留物を得る。残留物を四塩化炭素に溶解し、赤外線吸収スペクトル分析（FT-IR）並びにガスクロマトグラフ分析（GC-FID）を行った。

4. 分析結果

17 試料について分析した結果を表 2 及び表 3 に示す。

表 2 分析結果まとめ

試料 No.	FT-IR	GC-FID ()内は推定した沸点範囲	結果
試料 A	鉱物油である。	潤滑油である。 (280°C～470°C)	分析したすべての試料で油溶成分は潤滑油である。
試料 B	主成分は鉱物油である。わずかにカルボン酸もしくはカルボニル化合物が含まれる。	潤滑油である。 (310°C～520°C)	
試料 C		潤滑油である。 (340°C～500°C)	
試料 D		潤滑油である。 (310°C～440°C)	
試料 E			
試料 F		潤滑油である。 (310°C～520°C)	
試料 G			
試料 H			
試料 I			
試料 J		潤滑油である。 (280°C～520°C)	
試料 K		潤滑油である。 (310°C～520°C)	
試料 L	潤滑油である。 (280°C～520°C)		
試料 M	主成分は鉱物油である。わずかに、カルボン酸、カルボニル化合物、エステル等が含まれる。	潤滑油である。 (310°C～500°C)	
試料 N			
試料 O		潤滑油である。 (340°C～470°C)	
試料 P		潤滑油である。 (310°C～500°C)	
試料 Q		潤滑油である。 (280°C～520°C)	

5. 総括

今回分析した 17 試料は入手元が国内外に関わらず、含有する油溶成分はすべて潤滑油であった。わずかに含まれるカルボン酸もしくはカルボニル化合物は潤滑油の添加剤や劣化生成物と考えられる。

以上

表3 分析結果一覧

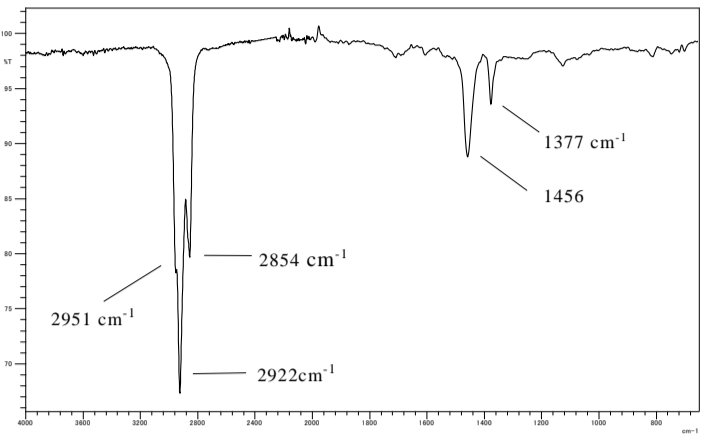
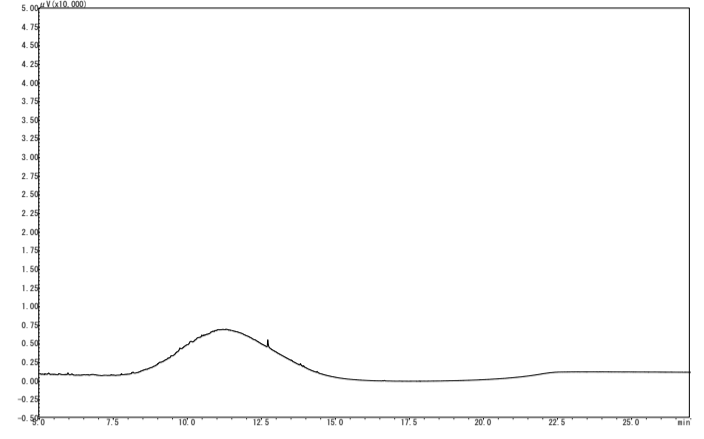
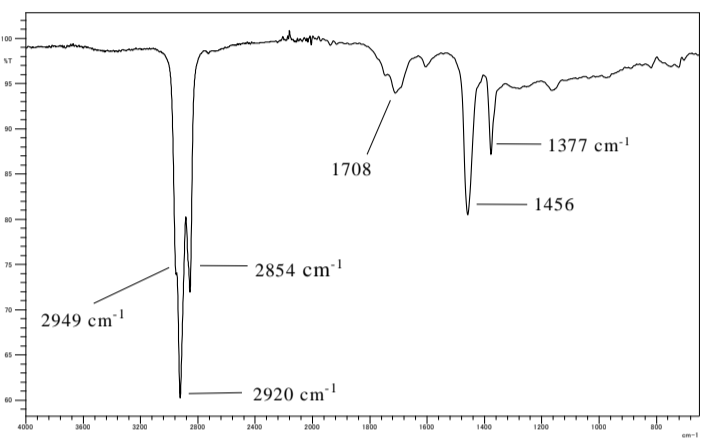
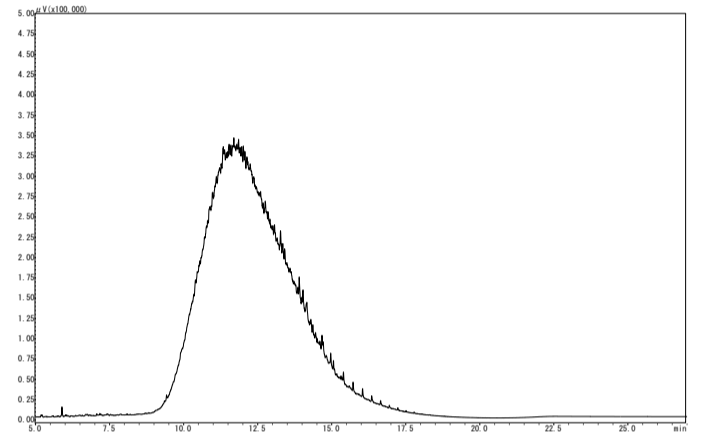
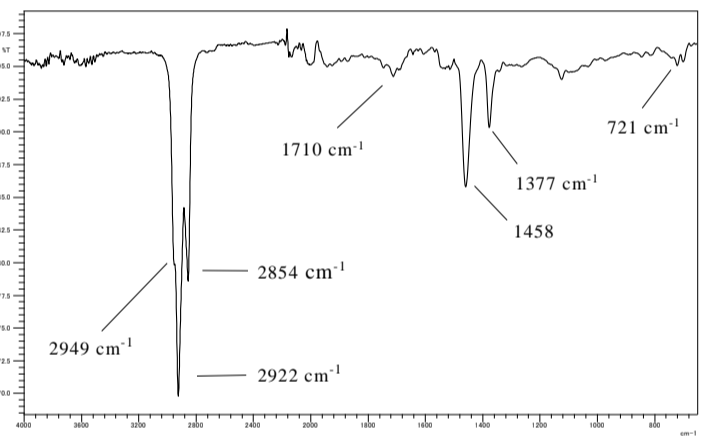
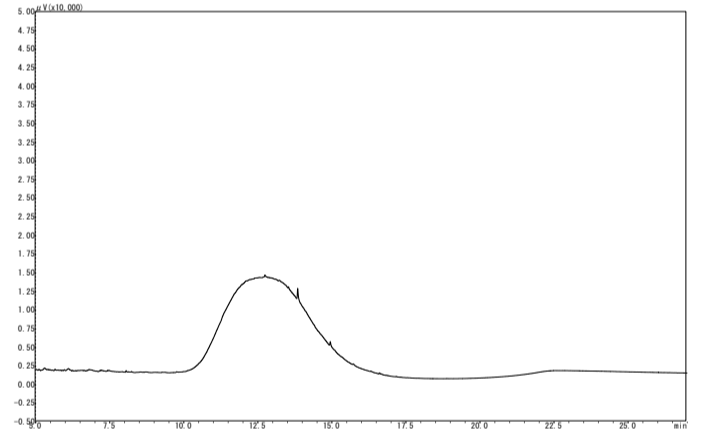
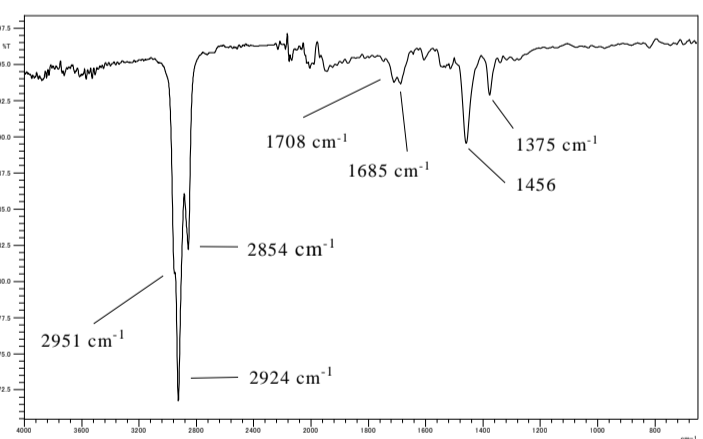
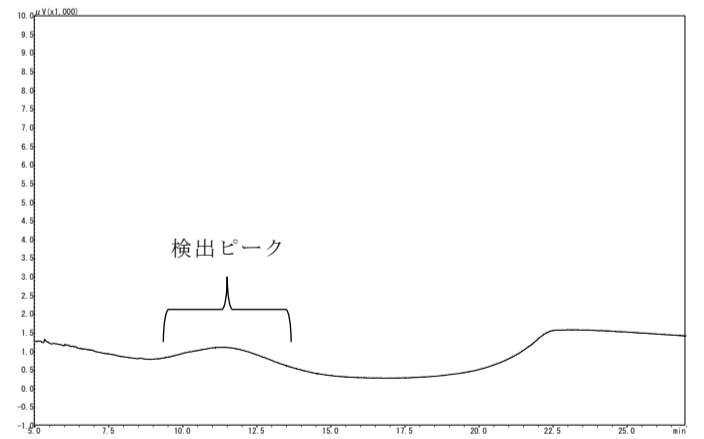
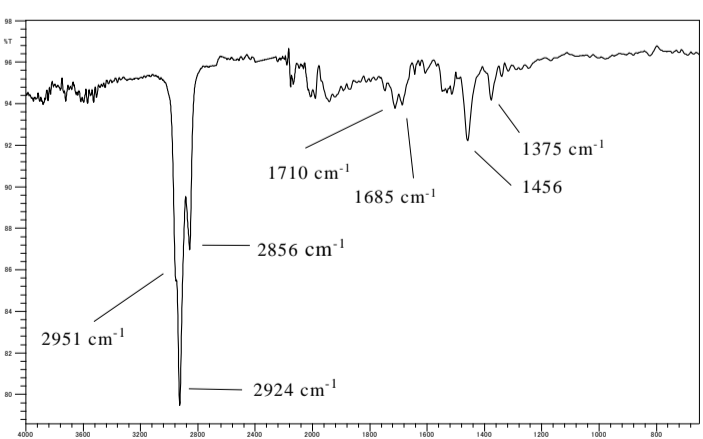
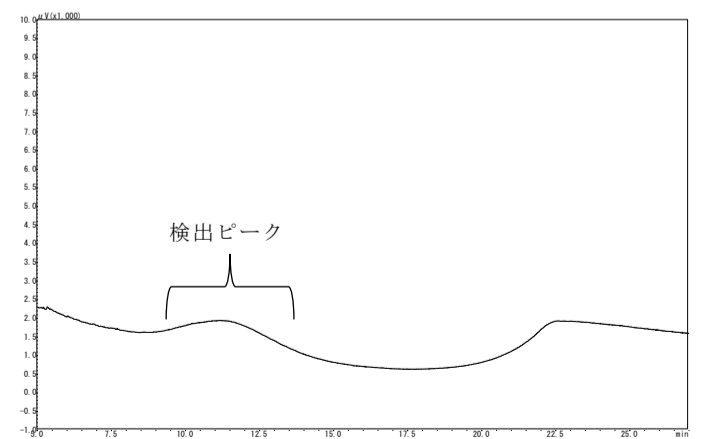
試料	赤外線吸収スペクトル (FT-IR)	ガスクロマトグラム (GC-FID)	コメント
試料 A			<p>【FT-IR】 鉱物油である。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 280~470°C</p>
試料 B			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である 沸点範囲 310~520°C</p>
試料 C			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 340°C~500°C</p>
試料 D			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310~440°C</p>
試料 E			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310~440°C</p>

表3 分析結果一覧 (つづき)

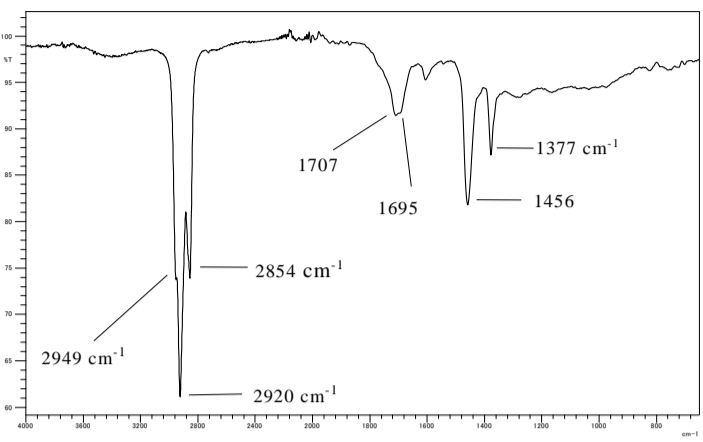
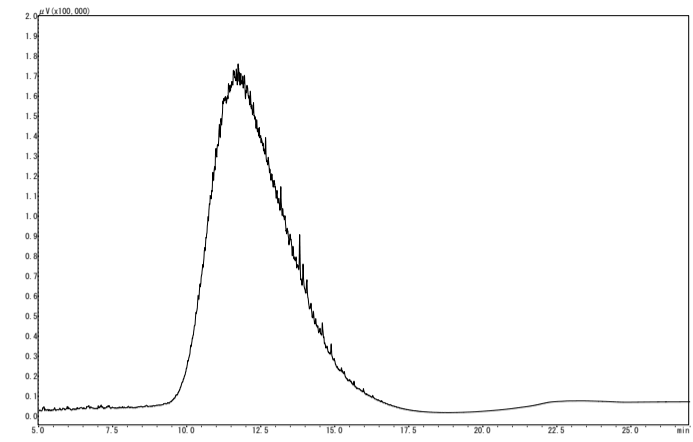
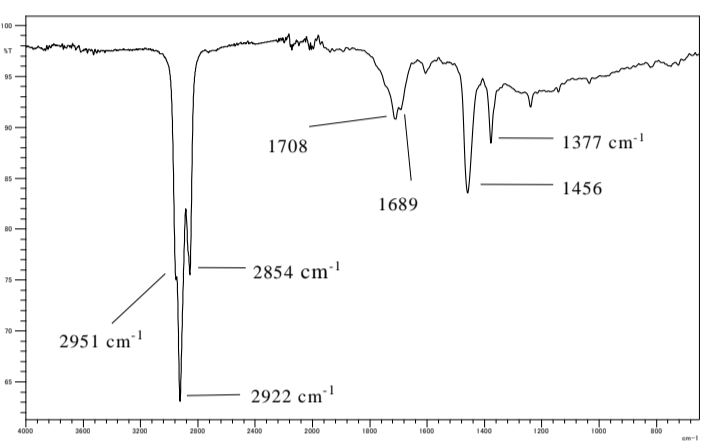
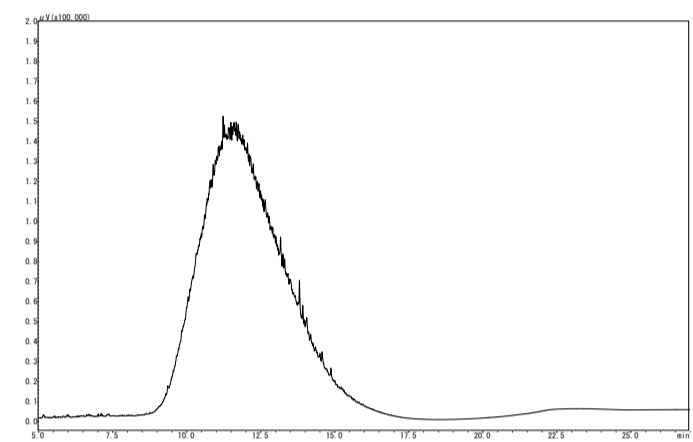
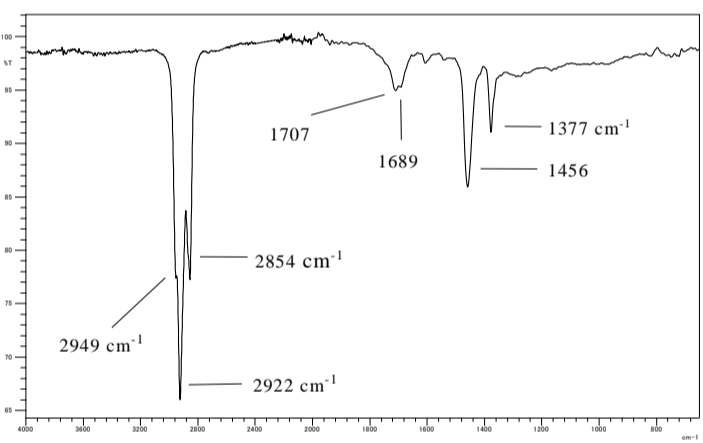
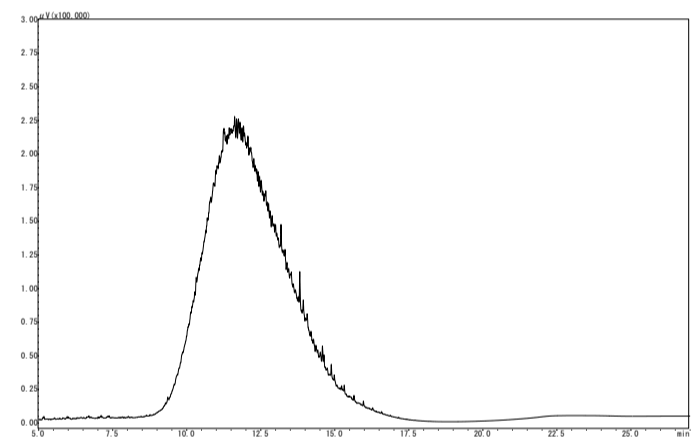
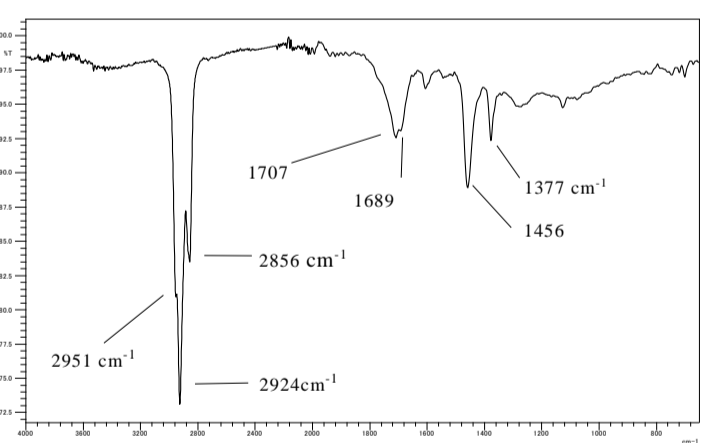
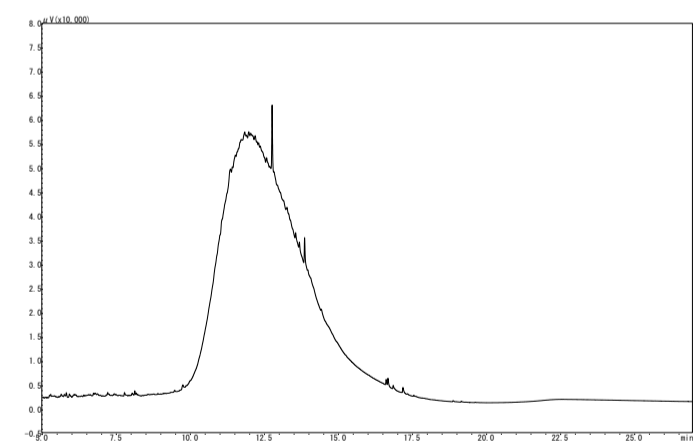
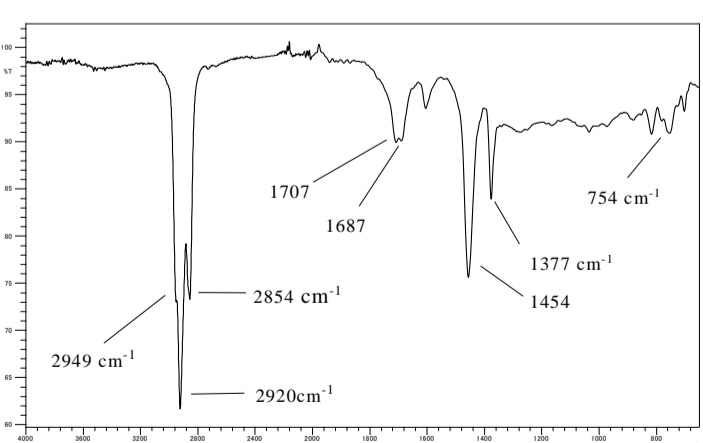
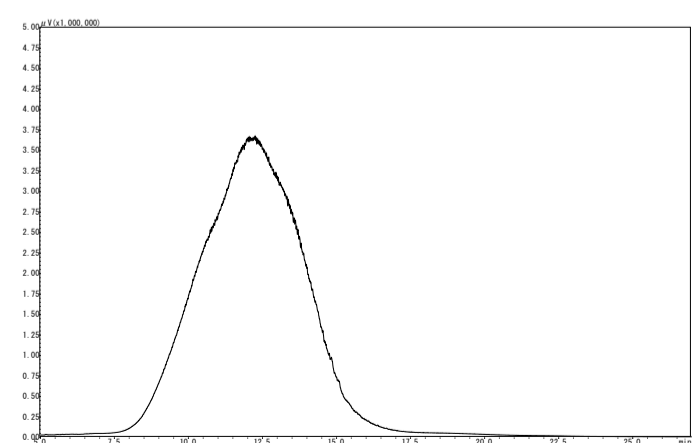
試料	赤外線吸収スペクトル	ガスクロマトグラム	コメント
試料 F			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～520℃</p>
試料 G			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～520℃の潤滑油</p>
試料 H			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～520℃</p>
試料 I			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～520℃</p>
試料 J			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GCの結果】 潤滑油である。 沸点範囲 280～520℃</p>

表3 分析結果一覧 (つづき)

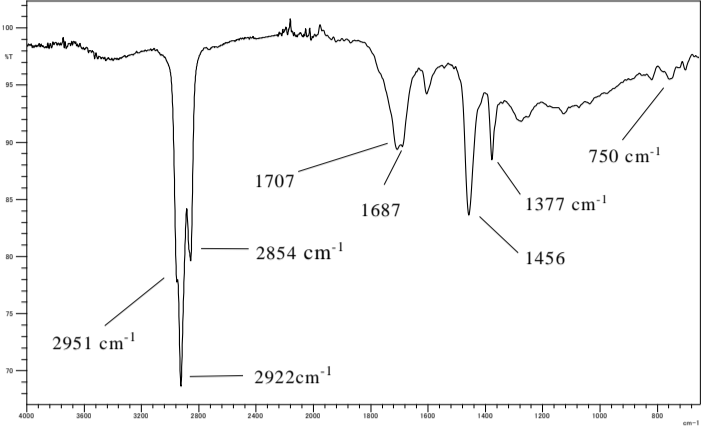
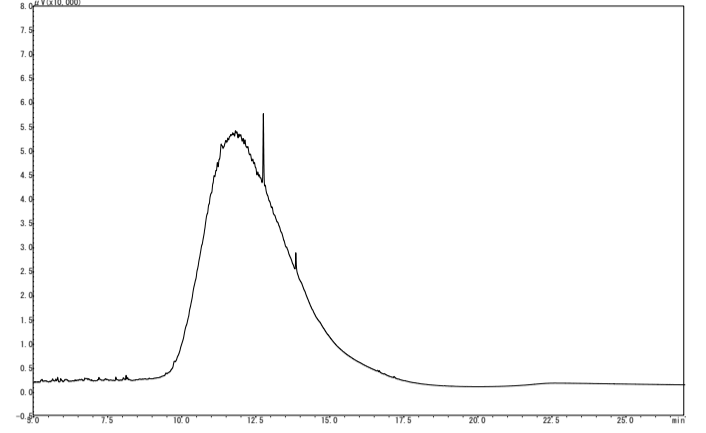
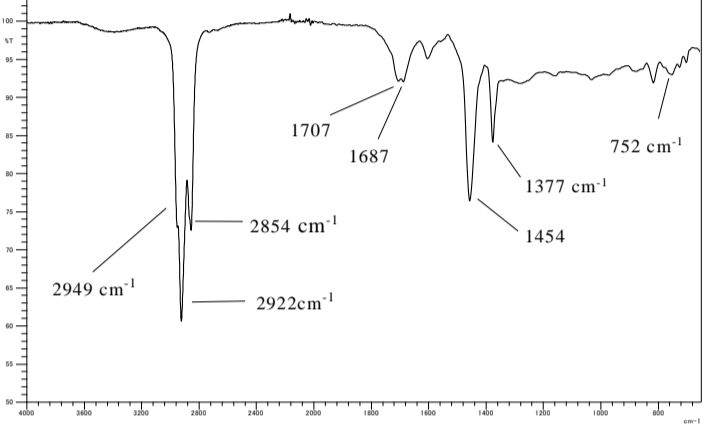
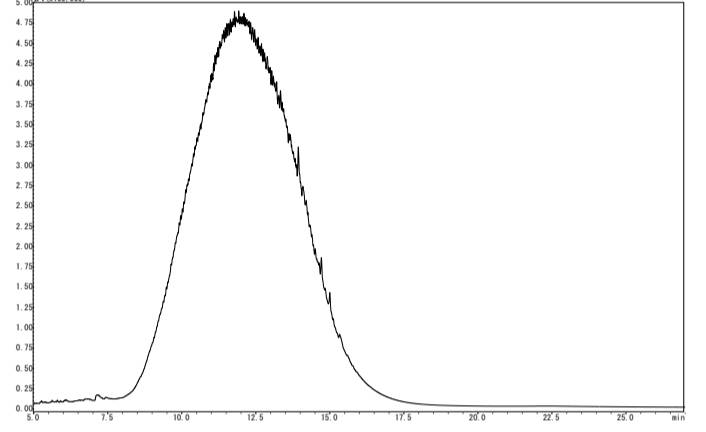
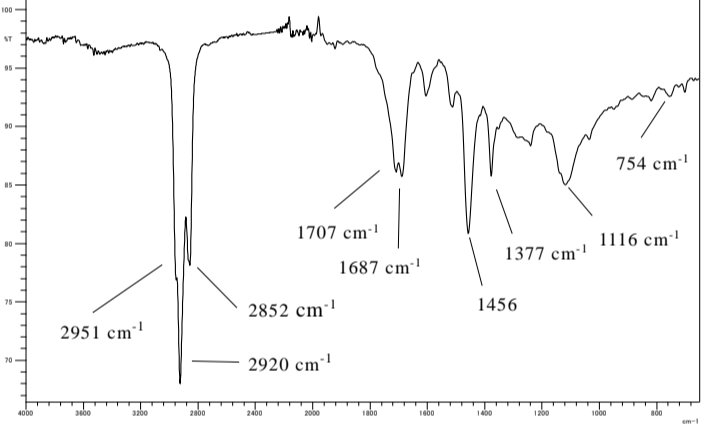
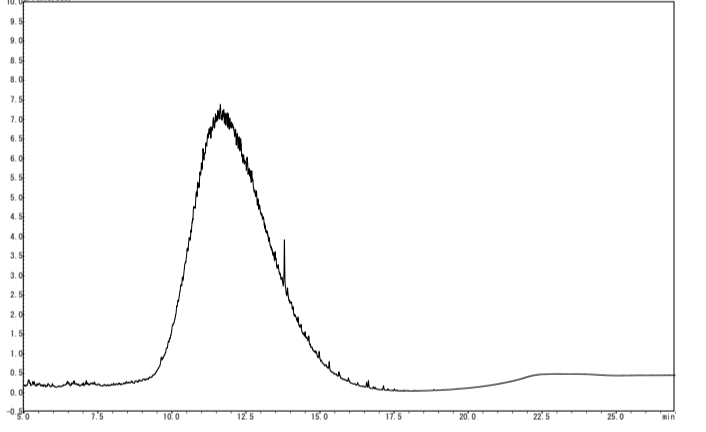
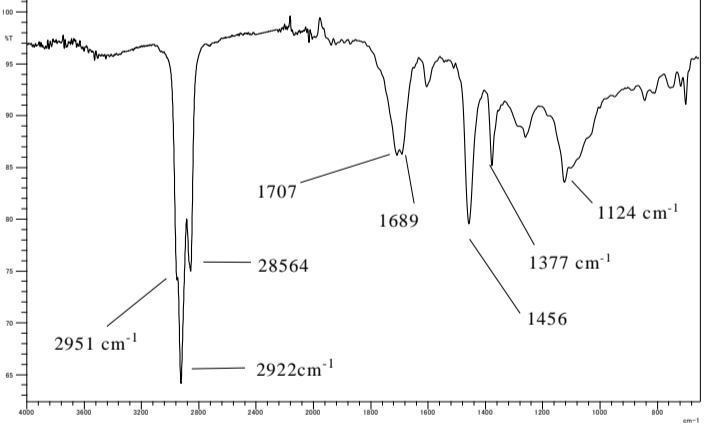
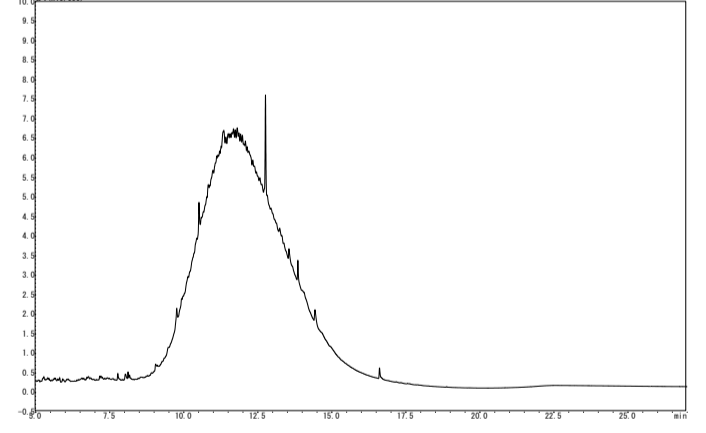
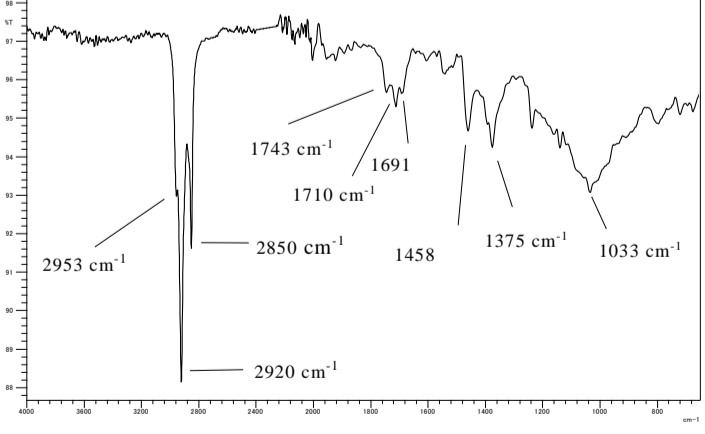
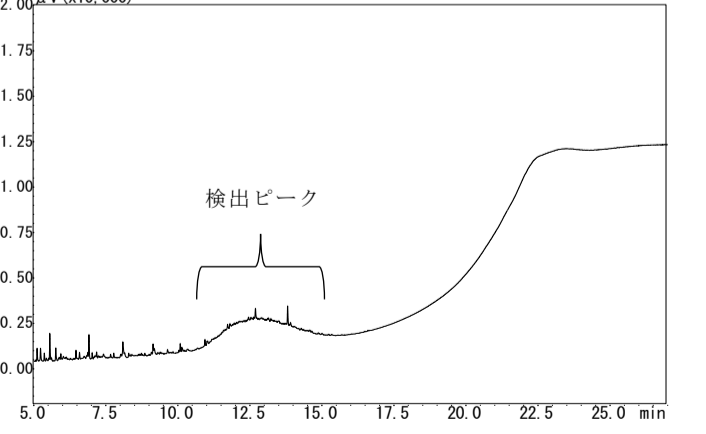
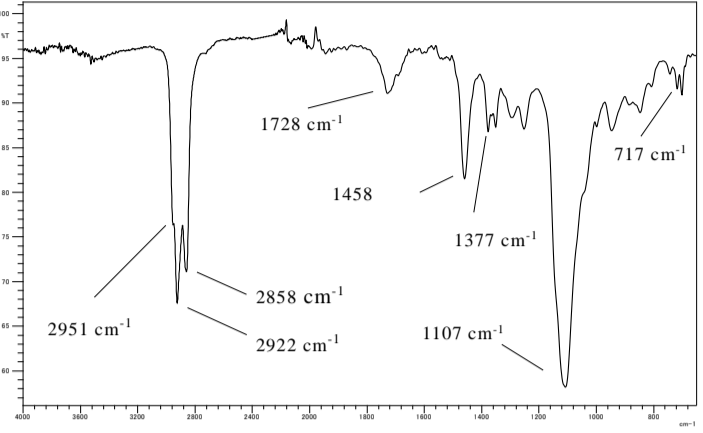
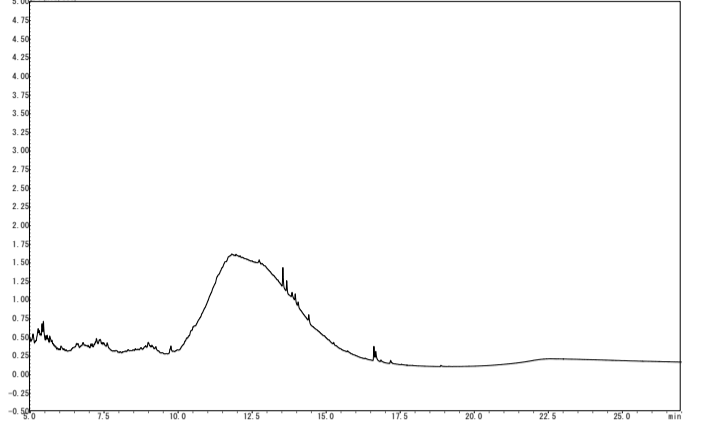
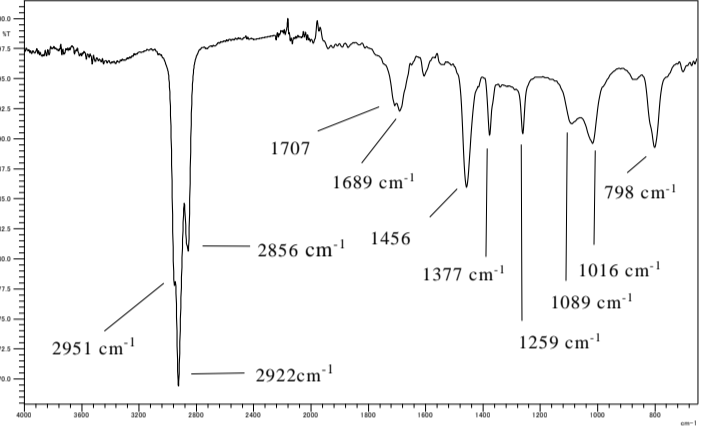
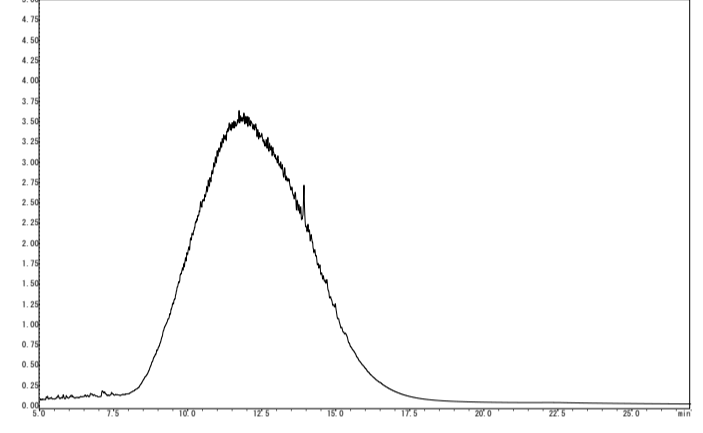
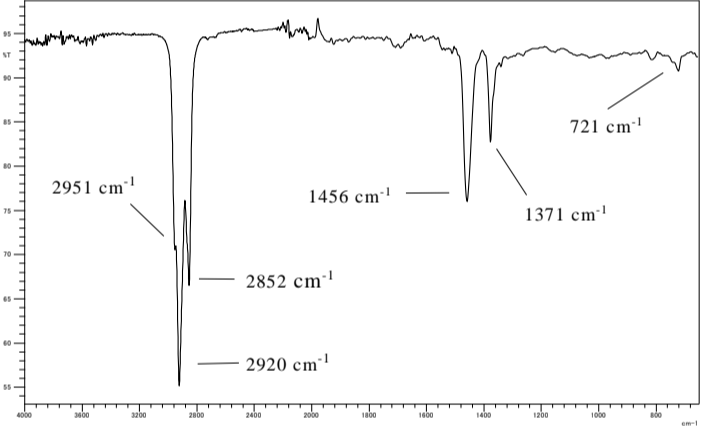
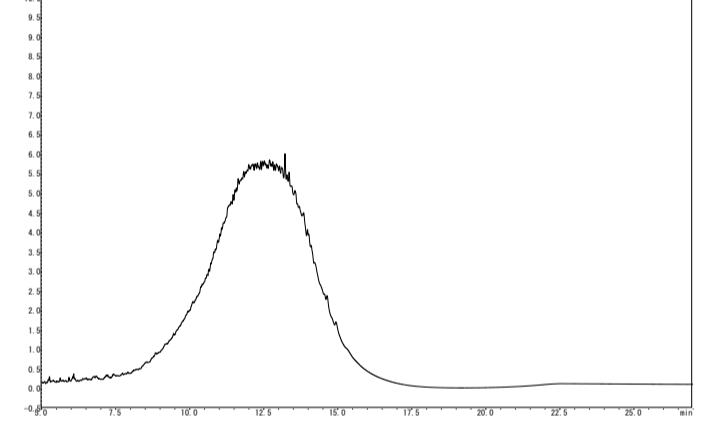
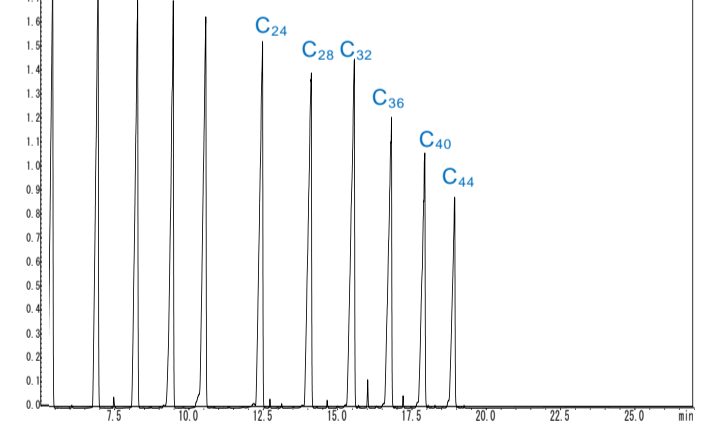
試料	赤外線吸収スペクトル (IR)	ガスクロマトグラム (GC)	コメント
試料 K			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニル化合物が含まれる</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～520°C</p>
試料 L			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸・カルボニルが含まれる。</p> <p>【GC-FID】 沸点範囲 = 280°C～520°C の潤滑油</p>
試料 M			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸, カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～500°C</p>
試料 N			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸, カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～500°C</p>
試料 O			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸, エステル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 340～470°C</p>

表3 分析結果一覧 (つづき)

試料	赤外線吸収スペクトル (IR)	ガスクロマトグラム (GC)	コメント
試料 P			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸，カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 310～500°C</p>
試料 Q			<p>【FT-IR】 主成分は鉱物油である。 わずかにカルボン酸，カルボニル化合物が含まれる。</p> <p>【GC-FID】 潤滑油である。 沸点範囲 280°C～520°C</p>
潤滑油			<p>【FT-IR】 潤滑油の吸収帯(cm⁻¹) 2951, 2920, 2852, 1456, 1377, 721</p> <p>【GC-FID】 櫛状のピーク (n-パラフィン) が無い，山なりのプロフィールを示す。</p>
炭素数分布	-		-

ボイラにおけるスラッキング及びファウリングの原因物質について

1. 目的

火力発電用ボイラでは様々な品位の石炭が使用されている。燃焼時に発生する灰は石炭に微量に含まれる金属元素等から構成されるが、その灰の種類によってはボイラに深刻な影響を及ぼす。特にスラッキングと呼ばれる炉壁への灰付着・堆積による障害や、ファウリングと呼ばれる過熱器管や再熱器管に付着・堆積する障害がある。付着灰に低溶融塩化合物（溶融灰）が含まれていると金属表面で高温腐食が発生したり、また、粘着した溶融灰により効率的な熱交換が妨げられる。

アルカリ金属の塩類は低融点であることが多いため、灰中のナトリウム及びカリウムが特に着目されるが、実際に生成する低溶融塩は「アルカリ硫酸塩（ $(\text{Na or K})_3\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ ）」であるという報告がある³。そこで、産地の異なる石炭の灰組成（ SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , SO_3 ）と灰の化学形態を調査した。

2. サンプル

サンプルはオーストラリア産、南アフリカ産、インドネシア産の3つの原産国（計 12 検体）の石炭を JIS M8812 法に準じて 815℃にて灰を作成した。（表 1）

表 1 サンプル概要

原産国	産地	検体数
オーストラリア産	New South Wales	6
	Queensland	2
南アフリカ	Mpumalanga	2
	Free State	1
インドネシア	Kalimantan	1

3. 分析結果

3-1 元素組成

各産地の石炭灰について蛍光 X 線分析法（XRF）の結果を図 1・表 2 に示す。石炭灰の主成分は SiO_2 及び Al_2O_3 であった。着目すべきアルカリ金属及び硫黄の傾向は下記のとおりである。

- (1) カリウムはオーストラリア産において含有量が多い。
- (2) ナトリウムは全体的にカリウムよりも含有量が少なく、不検出の検体もあるが、カリウムの含有量に比例しており、カリウムが多い検体はナトリウムも多く含まれている傾向がある。

³ 茂田潤一，知恵賢二郎：石炭焚ボイラにおける燃焼倍の付着挙動，IIC REVIEW, No.55, 2016/04, pp.21-29

(3) 硫黄の含有量はアルカリ金属と反比例しており、硫黄が多い場合はアルカリ金属の含有量が少なくなっている。(図2・3)

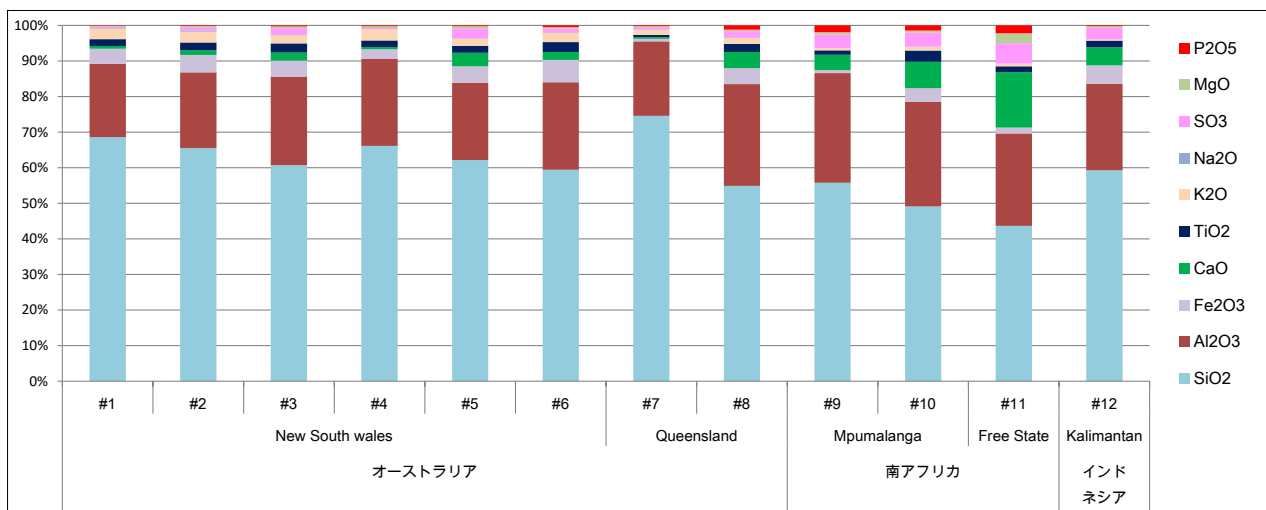


図1 元素分析結果

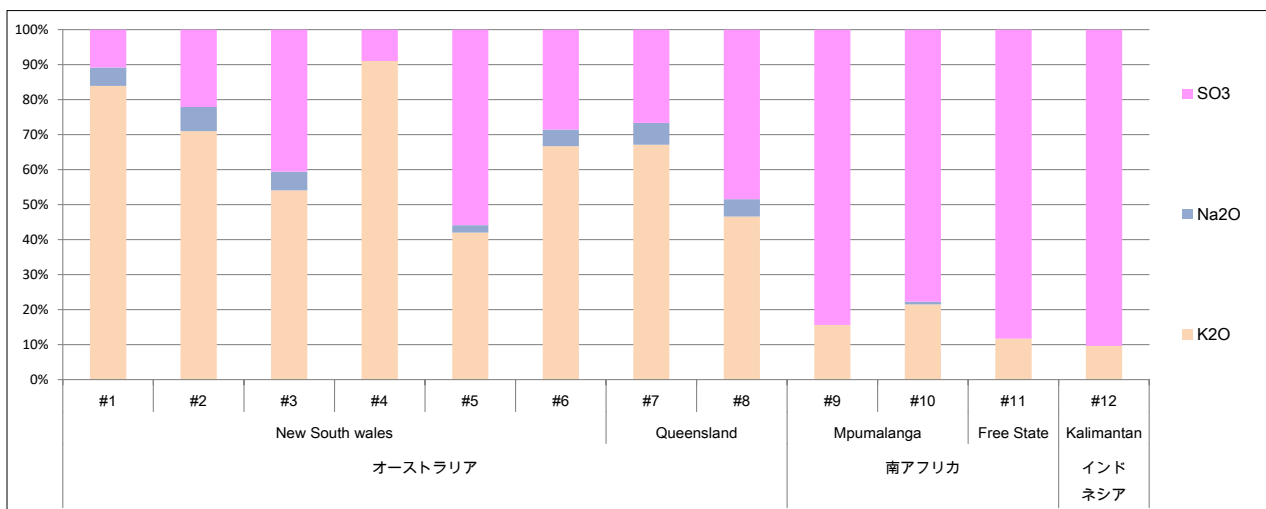


図2 元素分析結果（アルカリ金属と硫黄の関係）

表2 元素分析結果（XRF）

灰成分	オーストラリア						南アフリカ				インドネシア	
	New South wales						Queensland		Mpumalanga	Free State	Kalimantan	
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
SiO2	68.4	65.3	60.6	65.9	61.9	59.2	74.5	54.5	55.6	48.8	43.3	59.1
Al2O3	20.6	21.2	24.9	24.4	21.6	24.5	20.9	28.4	30.8	29.2	25.8	24.3
Fe2O3	4.2	4.9	4.5	2.6	4.6	6.3	0.7	4.5	0.8	3.9	1.6	5.1
CaO	0.8	1.3	2.3	0.6	3.8	2.2	0.4	4.5	4.3	7.4	15.4	5.1
TiO2	1.9	2.2	2.6	1.8	1.9	2.8	0.6	2.3	1.2	3.1	1.6	1.8
K2O	2.9	3.0	2.3	3.2	2.1	2.5	1.4	1.7	0.7	1.1	0.8	0.4
Na2O	0.2	0.3	0.2	—	0.1	0.2	0.1	0.2	—	—	—	—
SO3	0.4	0.9	1.7	0.3	2.8	1.1	0.6	1.7	3.8	3.9	5.7	3.3
MgO	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.6	0.6	2.8	0.4
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—	—
P2O5	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	1.2	1.9	1.5	2.2	0.2

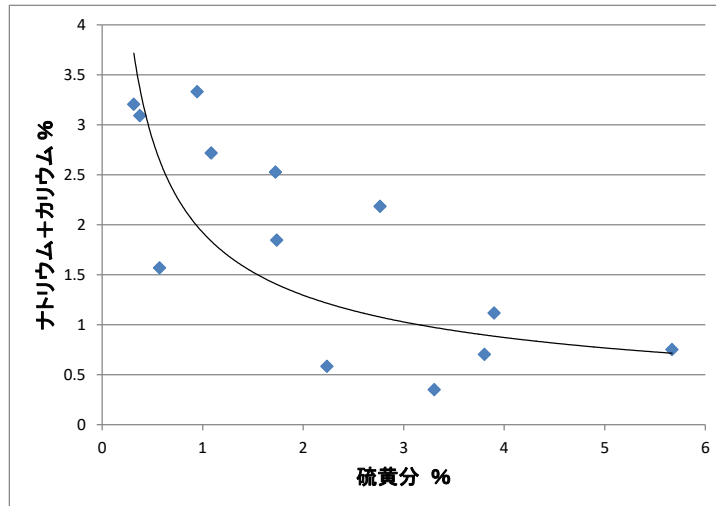


図3 アルカリ金属と硫黄の相関図

3-2 X線回折 (XRD) …… 表3, 巻末図参照

- (1) 前項の元素分析の結果から、各石炭灰の主成分は二酸化ケイ素と考えられたが、XRDにおいても「SiO₂」の回折線が強く出ており、二酸化ケイ素が主成分であることが確認された。
- (2) 今回実施したの石炭灰においては、SO₃が2%以上含まれる検体から、硫酸カルシウムが検出された。(オーストラリア産の#3, #4, 南アフリカ産すべて, インドネシア産すべて)
- (3) 各石炭灰には主成分としてAl₂O₃が含まれているはずであるが、感度の低い物質である為不検出となった可能性がある。
- (4) 二酸化ケイ素及び硫酸カルシウム以外に定性された物質を表3に示した。実際に生成すると言われる低溶解塩の「アルカリ硫酸塩 ((Na or K)₃Fe(SO₄)₃)」や、堆積灰や溶融灰から検出されることのあるK₃Na(SO₄)₂, CaSO₄, KCl 及び NaCl は、今回の分析サンプルからは検出されなかった。

表3 XRDによる検出化合物一覧

	原産国	産地	SiO ₂ ,	Fe ₂ O ₃	CaSO ₄	その他
#1	オーストラリア産	New South Wales	○			CaO(Al ₂ O ₃) ₂
#2			○			
#3			○	○	○	Na ₂ Mg(SO ₄)(H ₂ O) ₄
#4			○	○		
#5			○			
#6		○				
#7		Queensland	○	○		
#8		○	○	○	TiO ₂ ,	
#9	南アフリカ	Mpumalanga	○	○	○	
#10			○	○	○	
#11		Free State	○		○	Ca(OH) ₂ , CaFe ₃ O ₅
#12	インドネシア	Kalimantan	○	○	○	

4. まとめ

本事業によって明らかになった事柄は以下のとおりである。

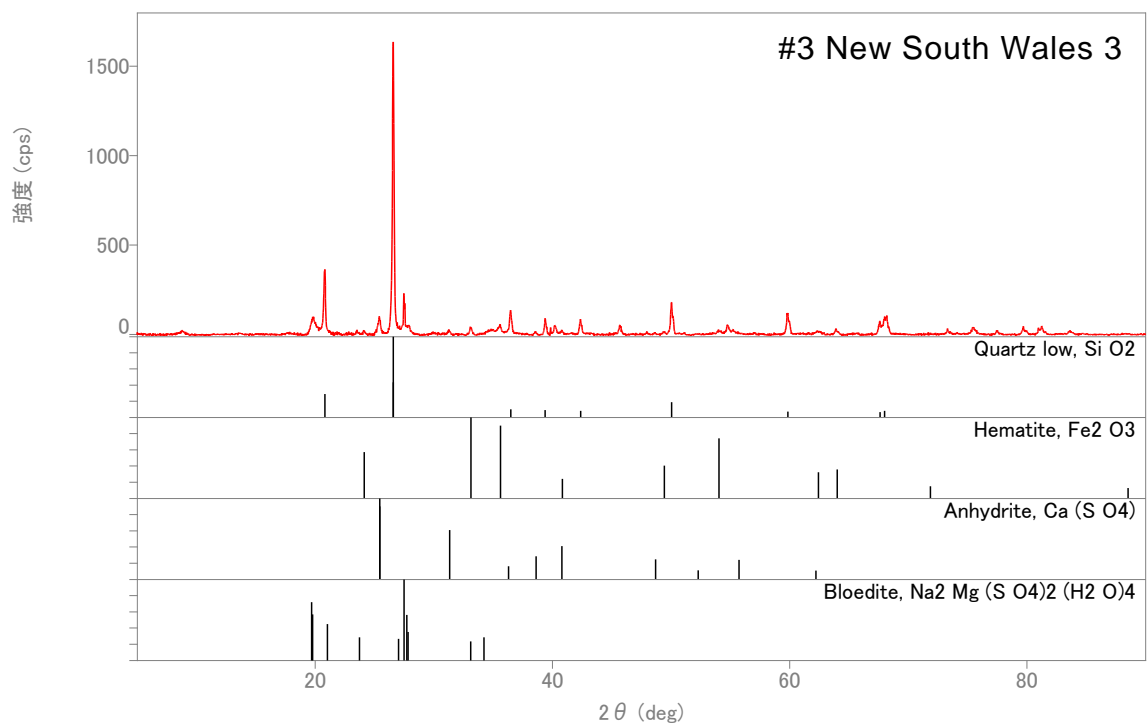
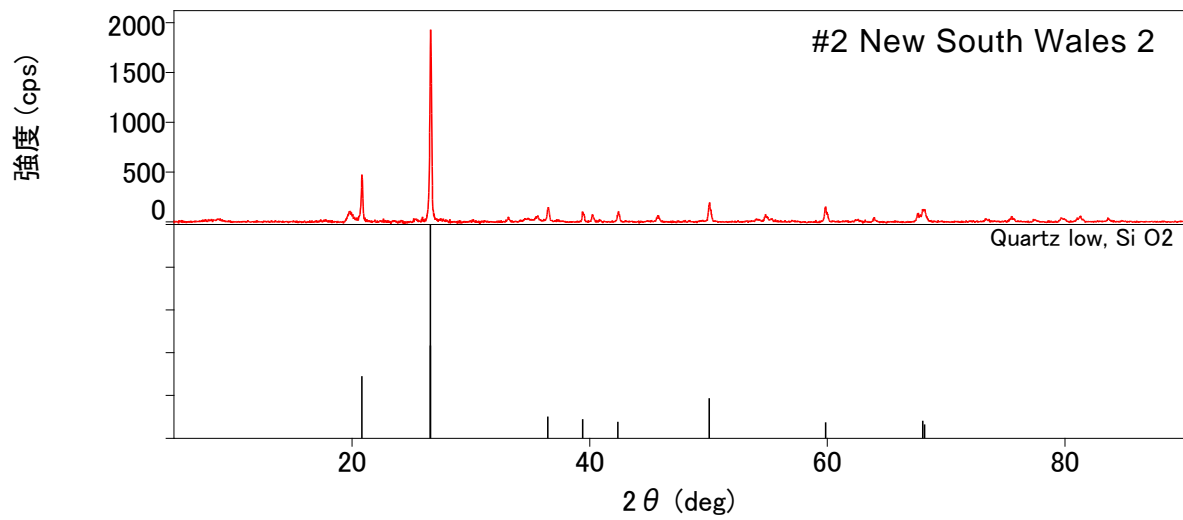
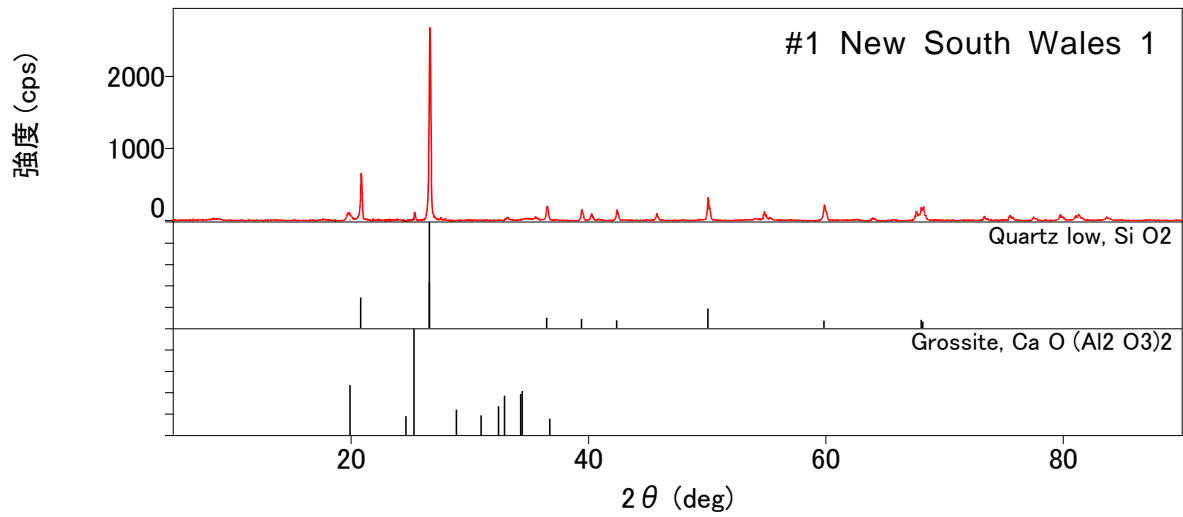
- (1) オーストラリア産，南アフリカ産，インドネシア産の3つの原産国において，オーストラリア産はアルカリ金属が高い傾向にあるが，硫黄の含有量が少ない。
- (2) 一方，南アフリカ産及びインドネシア産においてはアルカリ金属の含有量は少なく，硫黄の含有量が多い。
- (3) 灰組成においてアルカリ金属と硫黄の含有量は反比例関係にある。
- (4) 灰中の硫黄（as SO₃）は2%を超えると XRD によって検出が可能であり，硫酸カルシウムとして含有されている。
- (5) アルカリ金属化合物については含有量が少なく，今回のサンプルにおいては XRD で低溶融塩は検出されなかった。

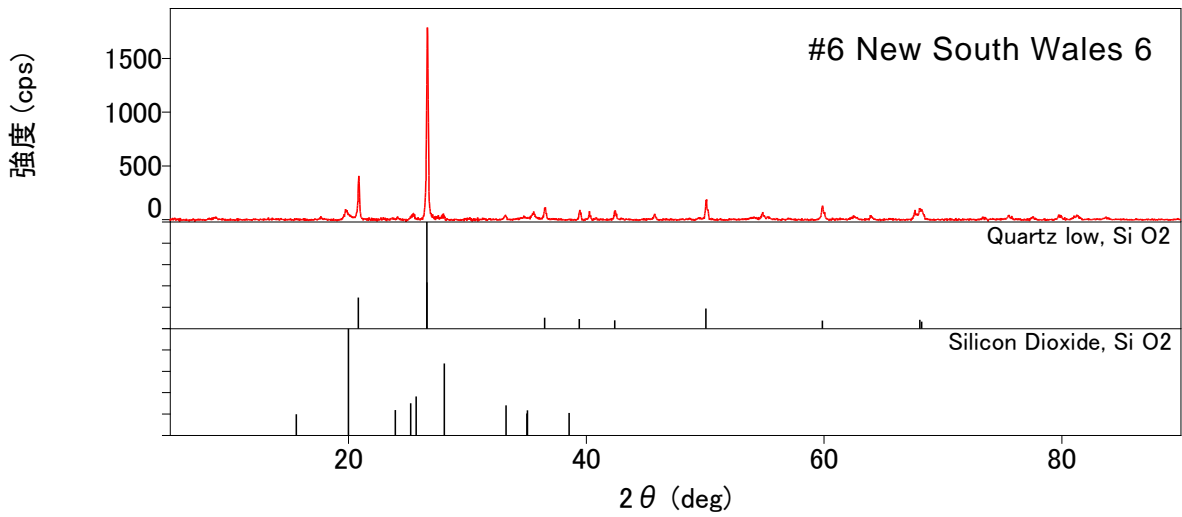
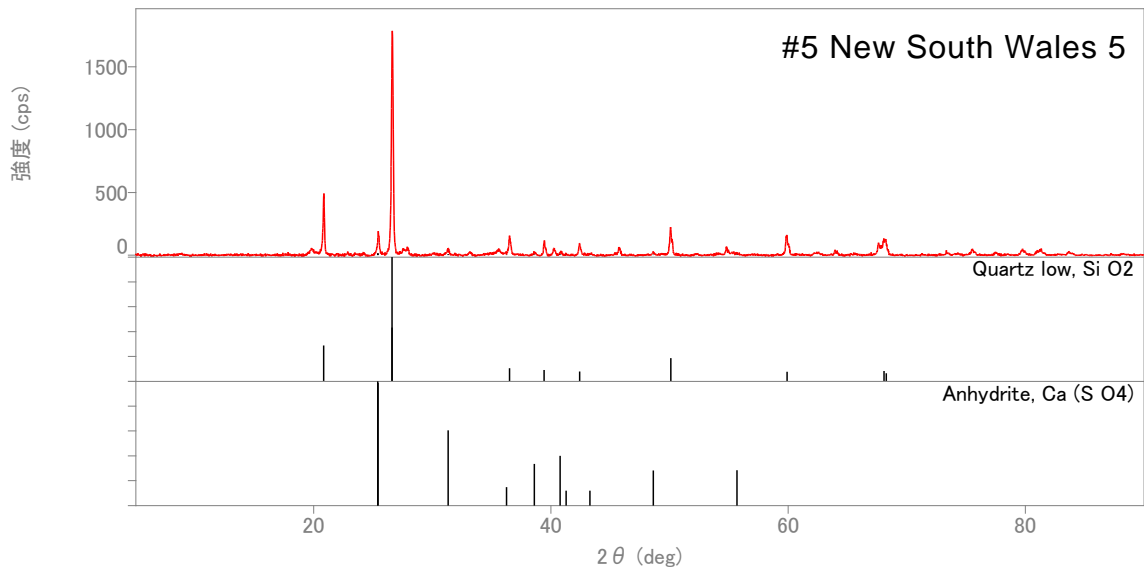
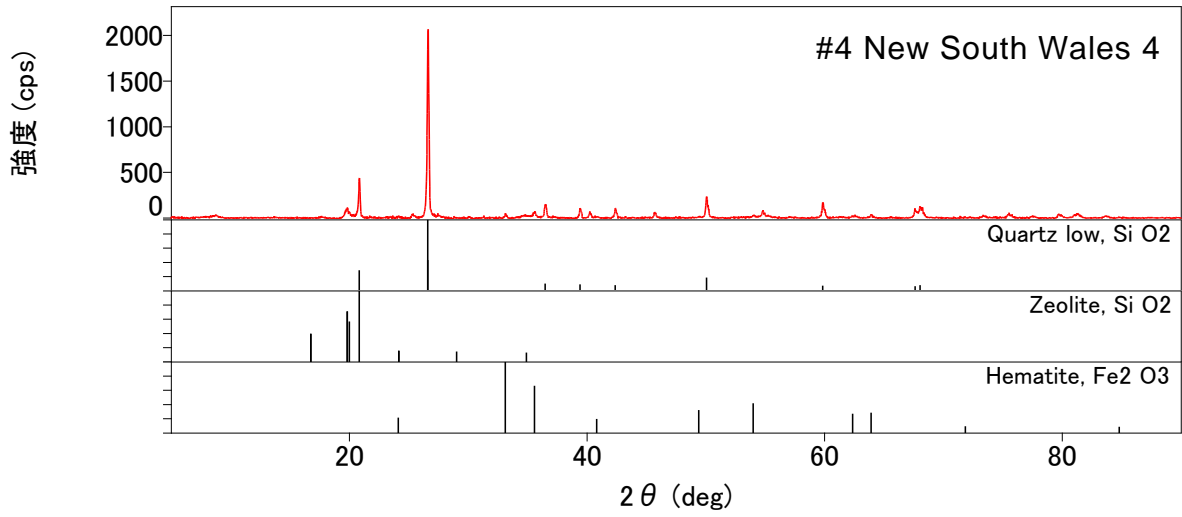
5. 今後の展望

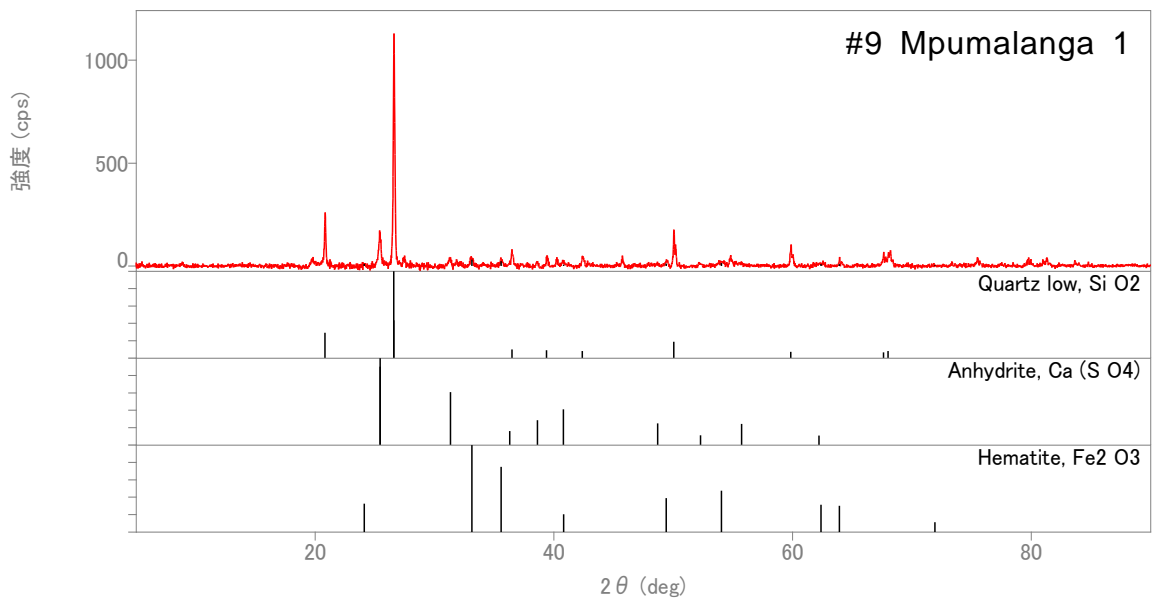
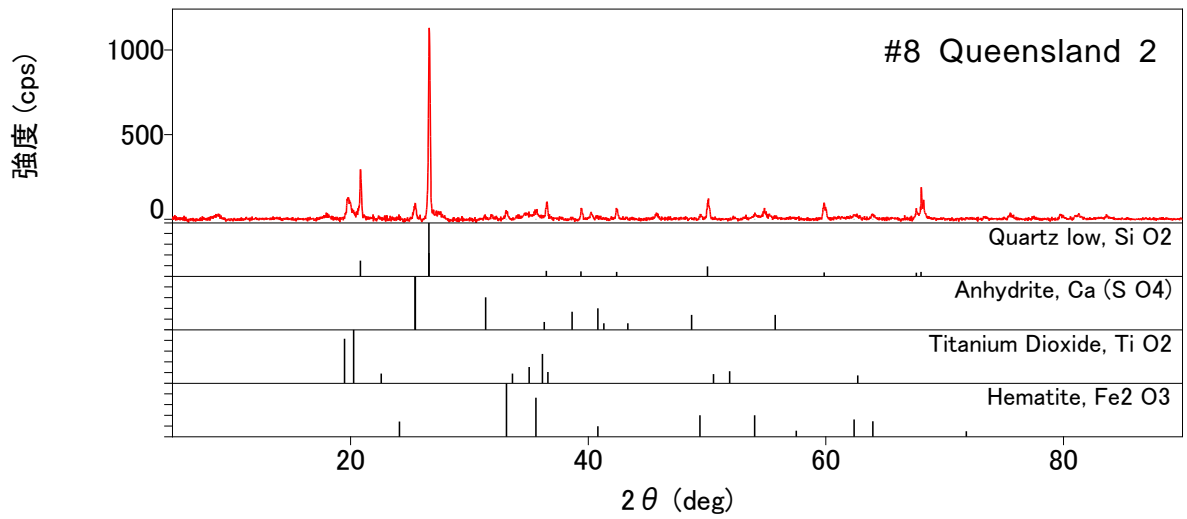
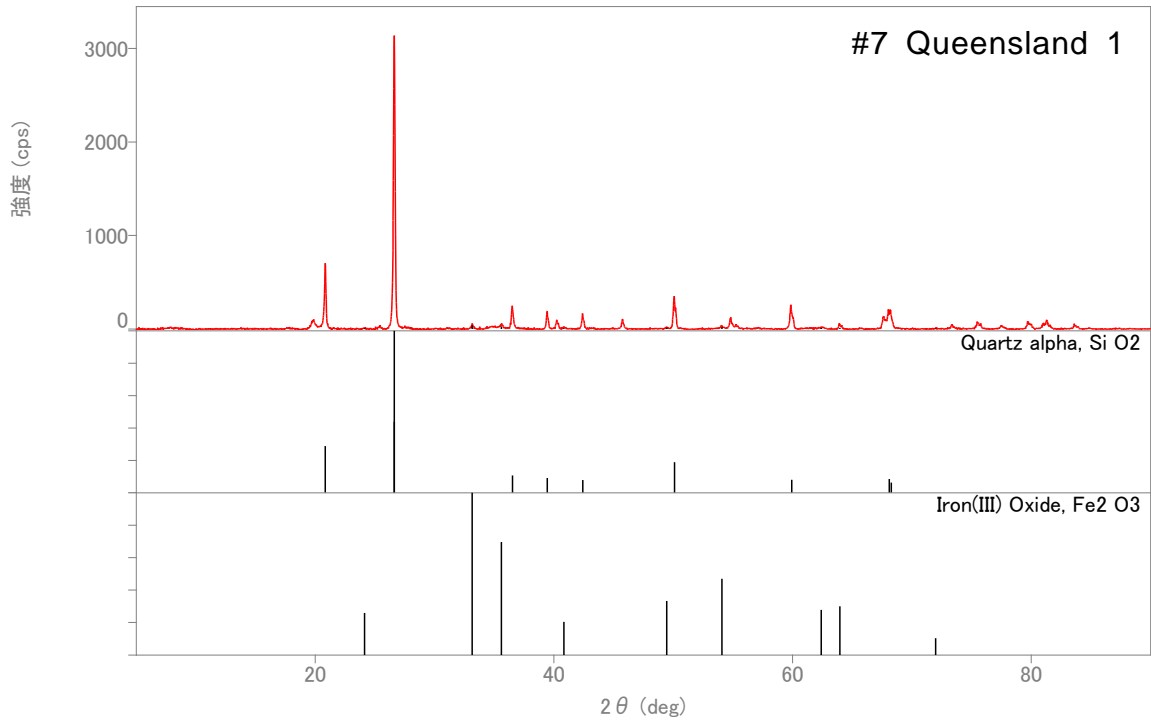
本事業で実施した分析サンプルにおいては，アルカリ金属と硫黄には相関がみられ，産地による傾向を把握することが出来た。しかしアルカリ金属の含有量が少なく，XRD では低溶融塩が検出されなかった。次年度以降もサンプル数を増やし，灰組成の産地別の傾向や形態分析を実施することとする。

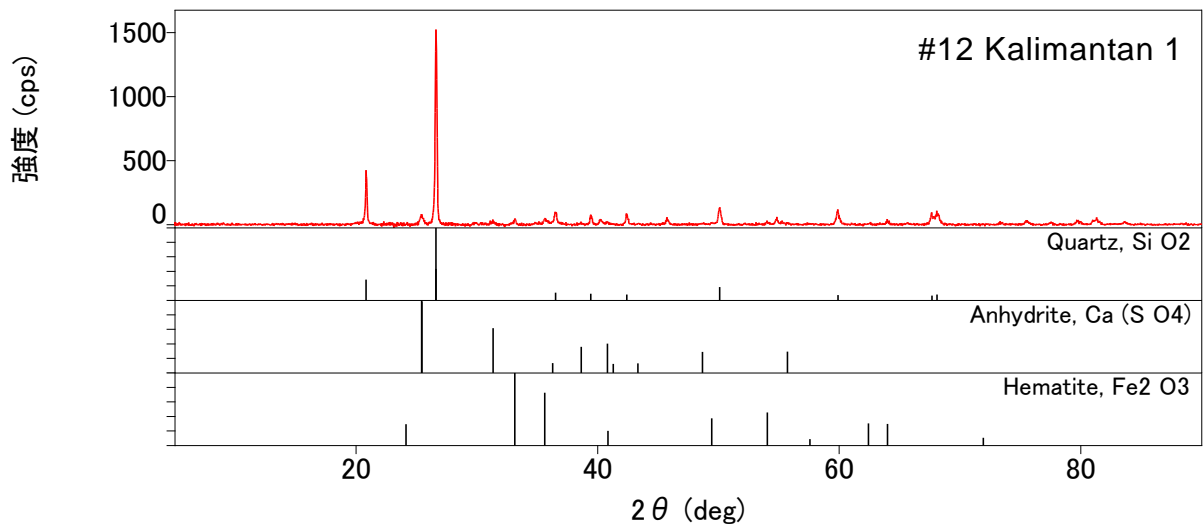
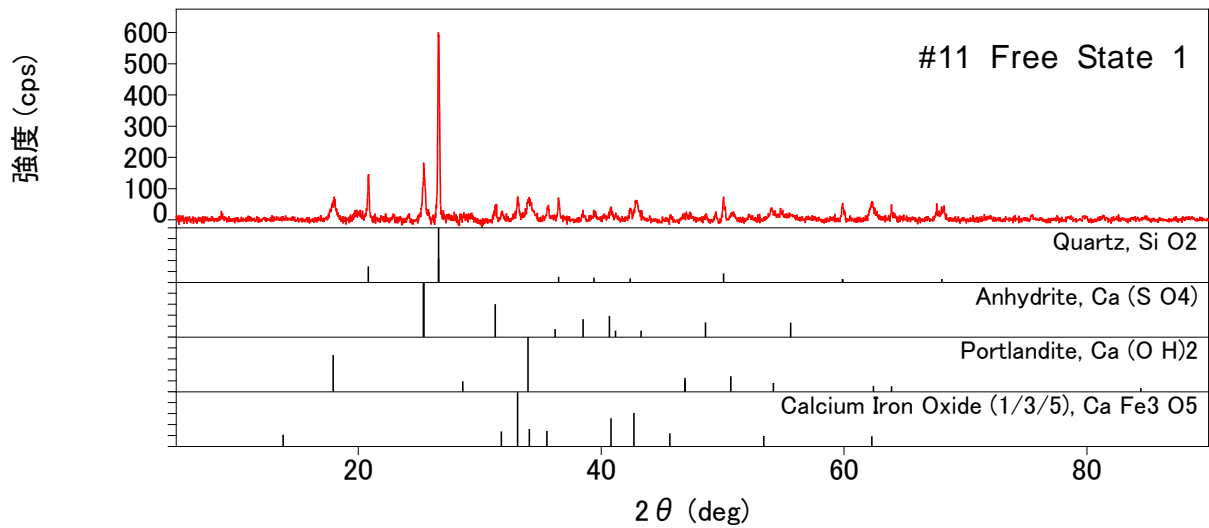
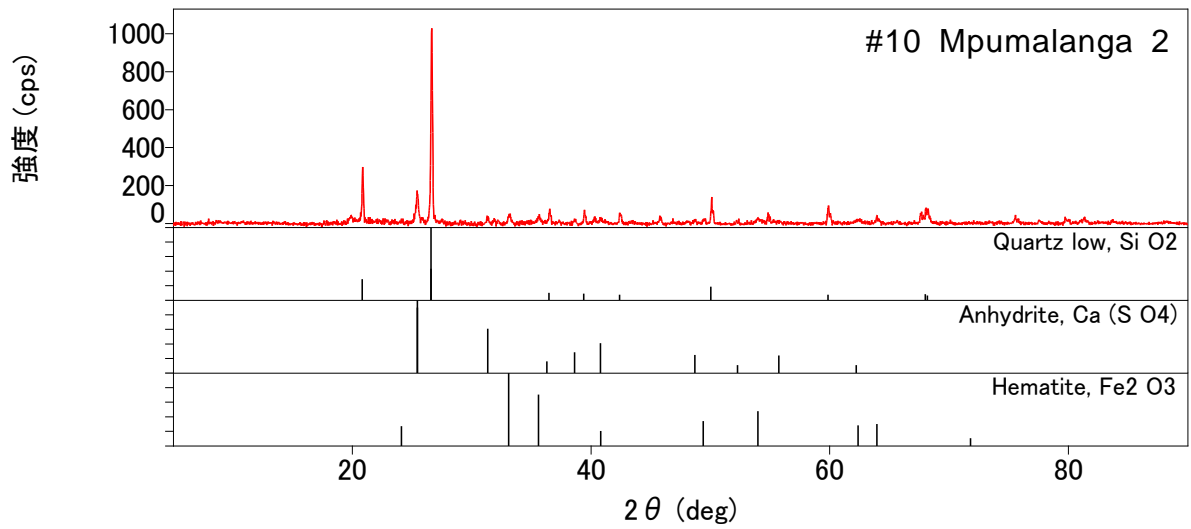
また，近年では石炭以外にもバイオマス燃料が用いられていることから石炭とは異なる形態の物質による被害も発生している。そのため，バイオマス燃焼灰においても検討を行う予定である。

以上









調査Ⅲ

エネルギーの変遷 ～従来燃料と新エネルギーのデータ比較～

1. 調査の概要

当会ではガソリン，灯油，軽油，重油，潤滑油といった石油製品から，原油・石炭・天然ガスなどの燃料全般，さらに，エタノール，グリセリン，アンモニアをはじめとするケミカル品の試験分析を JIS，ASTM，ISO，品確法はもとより国内外の様々な規格に対応し幅広く行っている。また，これら製品における輸送中のトラブル（着色・異物混入）や船舶燃料によるトラブルについても調査分析を行っている。

近年，化石燃料の枯渇への懸念及び地球温暖化をはじめとする気候変動が急速に進む中，バイオエネルギー，リサイクル燃料や持続可能なエネルギーへのエネルギーの変換の重要性が世界的に高まっている。エタノール混合ガソリン，脂肪酸メチルエステル（FAME）を混合したバイオディーゼル，HVO，SAF（持続可能な航空燃料），木質ペレットといったバイオ燃料，プラスチック熱分解油など様々な新しい燃料の依頼が年々増加している。

そこで，新エネルギーの性状や特徴を把握することで新エネルギー使用時のトラブルを未然に防ぐためにも，長年，分析に携わってきたきた従来エネルギー（化石燃料）と近年新しく登場してきた新エネルギーについて多方面からのデータ比較やデータ解析を行うこととした。

2. 従来エネルギー（化石燃料）と新エネルギーの比較データ

化石燃料と新エネルギーについて多方面から行ったデータ比較・解析結果を公開する。

年度	No.	テーマ	概要
2024 年度 (本年度)	1	石炭とバイオマス燃料の比較	従来燃料である石炭と新燃料であるバイオマス燃料(木質ペレットと PKS)について，性状や元素などを産地別に比較し，それぞれの特徴について調査した。
	2	作成中	作成中

石炭とバイオマス燃料の比較

1. 背景及び目的

石炭は長年にわたり国内産業にとって重要な役割を担ってきた化石燃料である。石炭は石油などの化石燃料に比べて安価で埋蔵量も多く発電や製鉄といったインフラ・基盤産業におけるエネルギー資源として広く利用されてきた。(表 1)

一方、石炭の利用は燃焼による大量の CO₂ 排出など環境負荷が大きく地球温暖化や環境問題などが懸念されており、日本をはじめ世界各国では脱炭素化やカーボンニュートラルに向けた様々な取り組みが進められている。その対策の一つが石炭代替燃料である固体バイオマス燃料の利用である。(表 2)

固体バイオマス燃料には木質ペレット、木質チップ、PKS (Palm Kernel Shell)、半炭化バイオマス(ブラックペレット)、あるいはリサイクル燃料である廃棄物を固形化した RDF (Refuse Deriverd Fuel)、RPF (Refuse derived paper and plastics densified Fuel) などがある(表 3)。既に火力発電などでは石炭との混合燃焼やバイオマス専焼が進められているが、バイオマス燃料にはコスト、品質、供給源や持続可能性などの面からも課題が多い。また、石炭とバイオマスでは品質や成分組成が異なることから、炉内でのスラッシング⁴やファウリング⁵などを含め、これまでにないトラブルが起きる可能性も否定できない。

そこで、本事業では従来燃料である石炭と新燃料であるバイオマス燃料(木質ペレットと PKS)について、性状や元素などを産地別に比較し、それぞれの特徴について調査した。

表 1 石炭の用途

分類	用途
一般炭	火力発電、一般産業のボイラ燃料、セメント製造用などに利用
原料炭	鉄鋼を作る際に用いられるコークスの原料

表 2 温室効果ガス削減の対策

対策	概要
石炭火力発電の効率化	最新のクリーンコール技術や、石炭ガスの利用による効率的な発電 排出された CO ₂ を分離・回収して地下へ貯留または再利用する CCUS ※
再生可能エネルギーの導入	太陽光発電、風力発電など、再生可能エネルギーの利用
石炭の代替燃料の利用	天然ガスやバイオマスなどのクリーン燃料への転換 アンモニアや水素など燃焼時に CO ₂ を排出しない燃料の活用

※ Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage

⁴ スラッシングとは炉内の伝熱表面に固形および溶融した石炭灰の粒子が付着・堆積する現象

⁵ ファウリングとは伝熱面(過熱器や再熱器)への灰の付着・固着する現象

表3 主な固体燃料の種類

	写真	概要
木質ペレット		木材や木材加工の際に出るおがくずを乾燥させ、圧縮成形したもの 長さは10~40mm程度、直径は6~8mmのものが多い 圧縮成形しているため輸送効率が良い 木質チップやPKSと比べると水分量は少ない
木質チップ		木材を細かく砕いてチップ状にしたものであり、大きさにはバラつきがある 木質ペレットと比べると軽くて密度が低い ため、輸送効率および発電効率は劣る 吸水性が高く水分量が全体の半分を占めるものもある
PKS		アブラヤシの種の殻でありパーマ油の製造過程で出る副産物 国内の発電所で利用しているPKSのほとんどをインドネシアおよびマレーシアから輸入しており供給にコストがかかる
ブラックペレット		木質ペレットを高温処理して燃焼効率を高くしたもの 水分量は通常の木質ペレットよりも低い 発熱量および密度が高く発電効率が良い 高温処理や乾燥などの工程が必要であり製造コストがかかる
RDF		一般ごみ（可燃ごみ）を原料として、圧縮成形などにより固形化したもの 原料がごみのため品質にばらつきがあり、異物が多いこともある
RPF		産業廃棄物（紙くずやプラスチックくず）を原料として、圧縮成形などにより固形化したもの 発熱量が高く、水分量も低い 産業廃棄物の量によって供給量が左右される
石炭（化石燃料）		長い時間をかけて植物が地中で炭化されたもの 発熱量および密度が高く発電効率が良い 燃焼時に二酸化炭素を多く排出するため国内での利用は減少している

2. 分析項目と取得データ数

本事業では石炭及びバイオマス燃料（PKS 及び木質ペレット）について表 4 に示した項目についてデータを取得した。各項目のデータ数は以下の通りである。

また、参考として石炭及びバイオマス燃料の輸入国の割合を記載した。（図 1～3）

表 4 比較項目及び取得データ数

項目	分類ごとのデータ数			合計
	石炭	PKS	木質ペレット	
1. 水分	147	287	284	718
2. 灰分	105	236	244	585
3. 発熱量	147	283	284	714
4. 窒素	89	65	175	329
5. 硫黄	97	196	230	523
6. 塩素	40	240	232	512
7. ナトリウム	23	238	226	487
8. カリウム	22	238	229	489

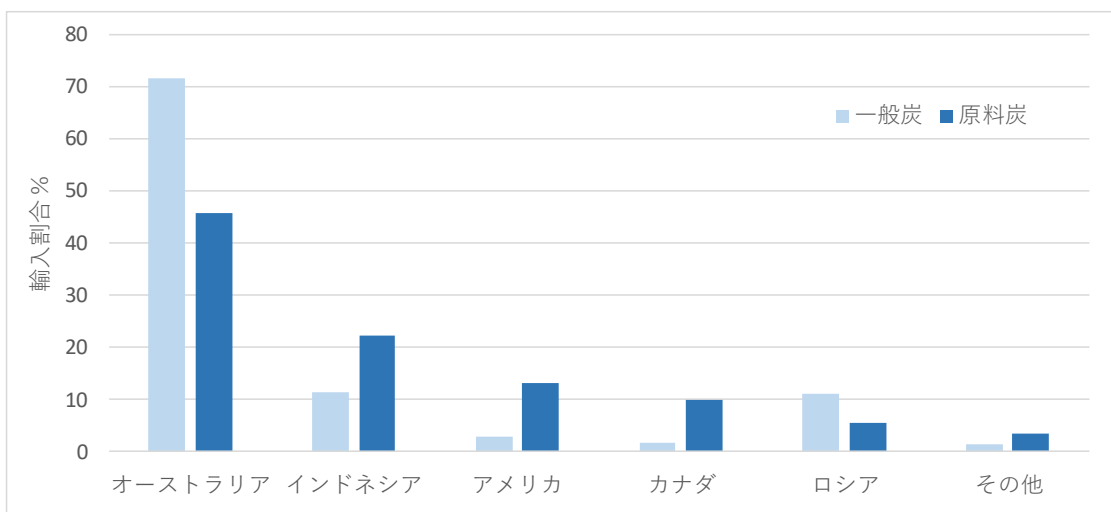


図 1 国内における石炭の輸入国

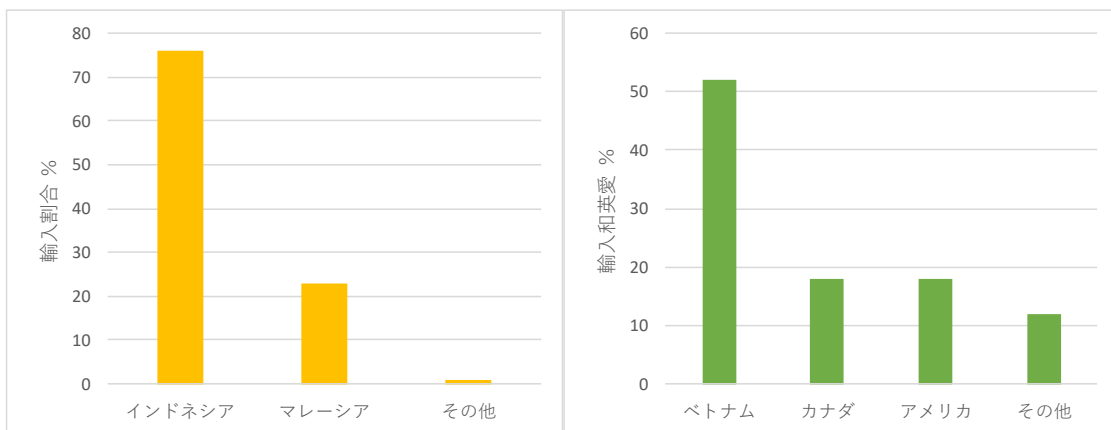


図 2 国内における PKS の輸入国 図 3 国内における木質ペレットの輸入国

3. 調査結果

石炭及びバイオマス燃料について項目ごとに産地別に比較した。(各図内に表記された産地不明は記載された国以外の地域という意味ではなく、記載国が含まれている場合がある)

3-1 水分

石炭及びバイオマス燃料について到着ベースの水分値を比較した。(図4)

- (1) 石炭の水分はアメリカが20%程度とやや多い傾向にあるが、その他の産地は10%前後である。
- (2) PKS はいずれの産地でも20%前後で、石炭や木質ペレットよりも平均して2倍程度多い。
- (3) 木質ペレットはいずれの産地でも水分が10%以下であり、他の燃料と比較しても少ない。
- (4) 水分は荷役時の天候や散水などによる影響がどの程度なのか判断できないが、水分は燃焼効率や発熱量に大きく影響し、貯蔵や輸送においても自然発火や腐敗、カビ繁殖などの原因となる。

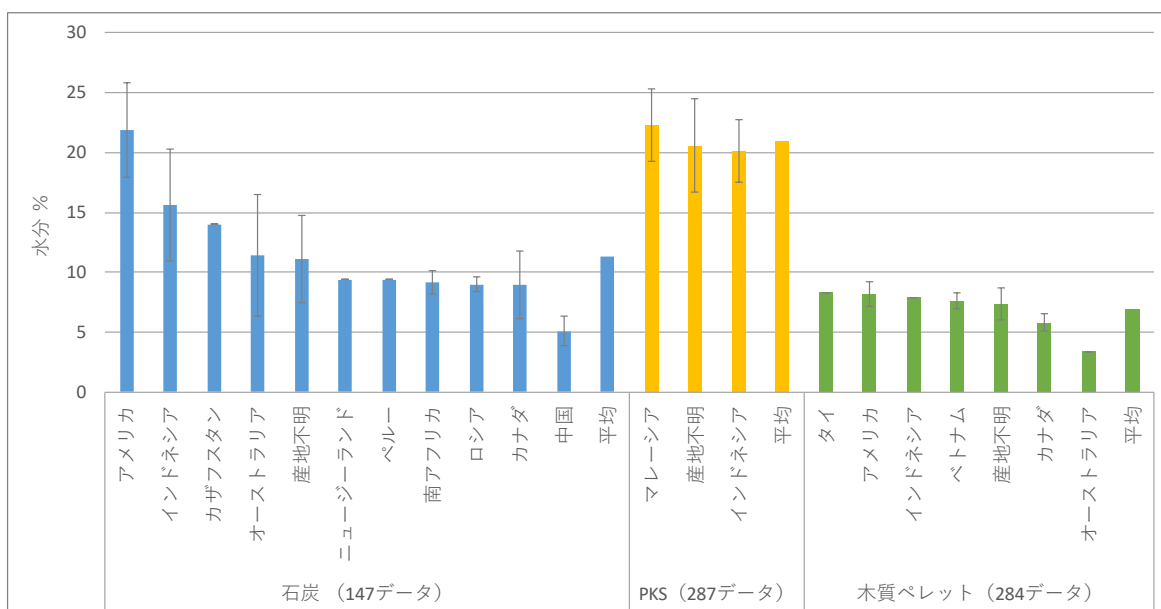


図4 各燃料の産地別の平均水分値 (到着ベース)

3-2 灰分

石炭及びバイオマス燃料について灰分を比較した。(図5)

- (1) 石炭の灰分は国別に多少のバラツキがあり、輸入量が最も多いオーストラリアは平均12%前後であり、全体平均よりも僅かに多い。
- (2) PKS 及び木質ペレットのバイオマス燃料は石炭に比べて1/3ほどと少なく、輸入国別に比較しても大差ない。バイオマス燃料は灰分だけでみれば取り扱いが容易な燃料といえる。
- (3) 灰分の量は多くなると発熱量が低下し、さらに燃焼中に粒子状物質や汚染物質が放出され排出ガスに影響を与える可能性がある。また、炉内にスラグが発生し、スラッキング、ファウリング、腐食などの原因となりメンテナンスコストが増加する可能性がある。ただし、これらのトラブルは灰の多寡だけでなく灰に含まれる元素組成(生成化合物)にも影響されるため、一概に灰分が多いという理由ですべてトラブルが起きるとは言えない。

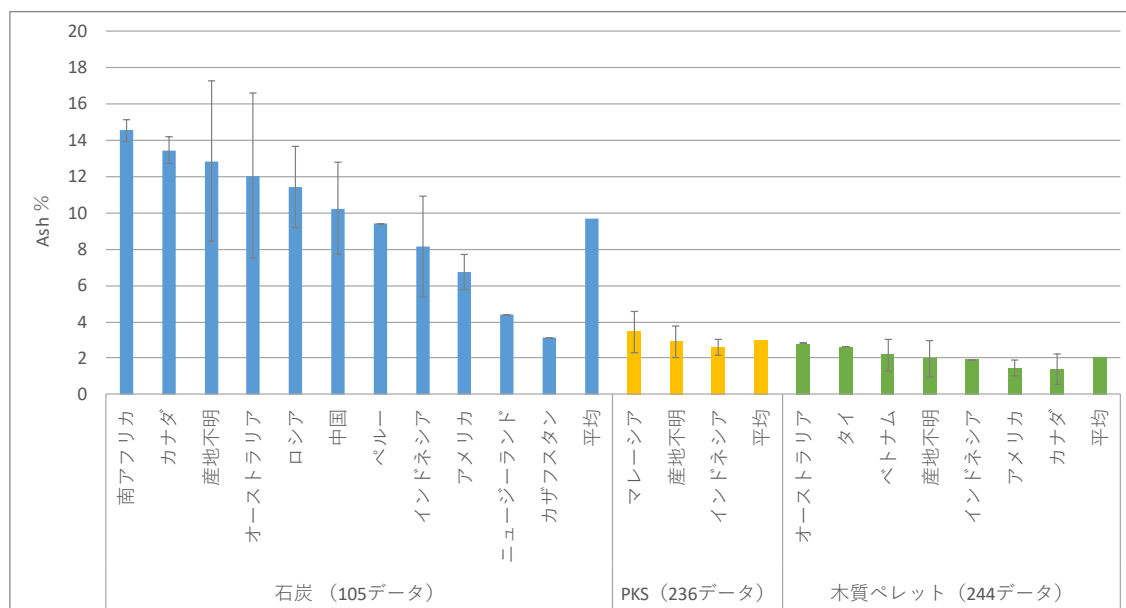


図5 各燃料の産地別の平均灰分（無水ベース）

3-3 真発熱量

石炭及びバイオマス燃料について発熱量を比較した。（図6）

- (1) 石炭の発熱量はいずれの輸入国でも 6000～7000 cal/g ほどでそれほど大差はない。
- (2) PKS 及び木質ペレットのバイオマス燃料は石炭に比べて発熱量が低い、輸入国別では大差ない。
- (3) バイオマス燃料は全体的に石炭よりも燃焼効率は劣るものの、カーボンニュートラルや温室効果ガスの削減という意味では導入メリットが大きい。

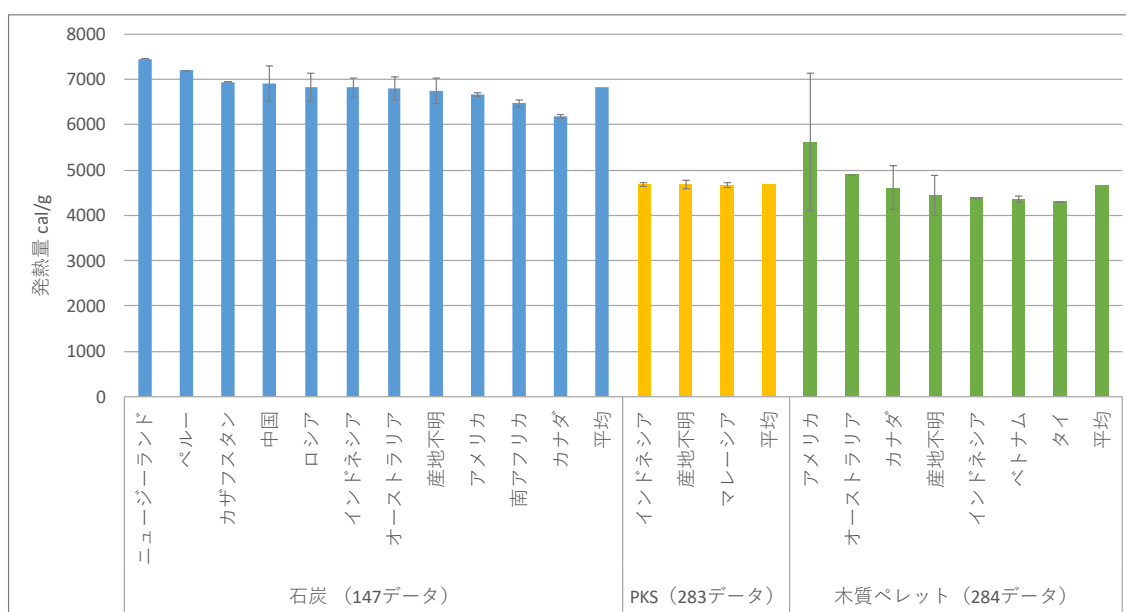


図6 各燃料の産地別の平均発熱量（無水ベース）

3-4 全硫黄及び窒素

石炭及びバイオマス燃料について硫黄分・窒素分を比較した。(図7・8)

- (1) 石炭の硫黄及び窒素はいずれの産地でもバイオマス燃料より多く含まれており、硫黄で10倍、窒素は5倍ほどバイオマス燃料より多い。
- (2) バイオマス燃料の硫黄分はいずれの産地でも0.1%以下、窒素も0.5%以下で石炭よりも少ない。
- (3) 硫黄および窒素が多く含まれると燃焼によって硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)が発生する。バイオマス燃料の利用は石炭に比べてそれらのガスの抑制につながり、腐食性の硫酸塩なども形成され難くなる等のメリットがある。

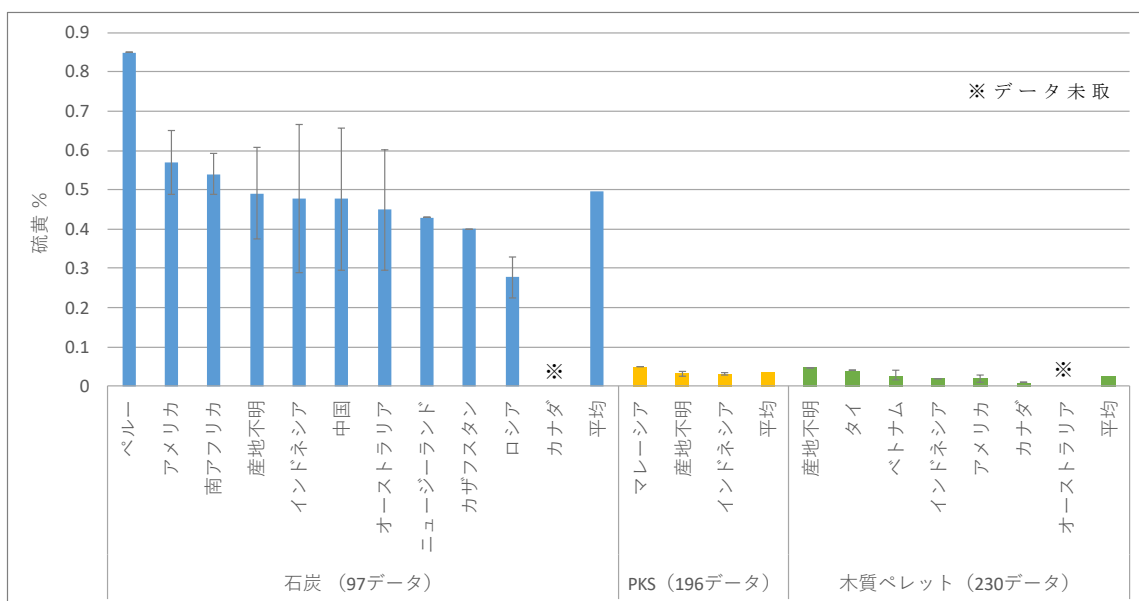


図7 各燃料の産地別の平均硫黄分(無水ベース)

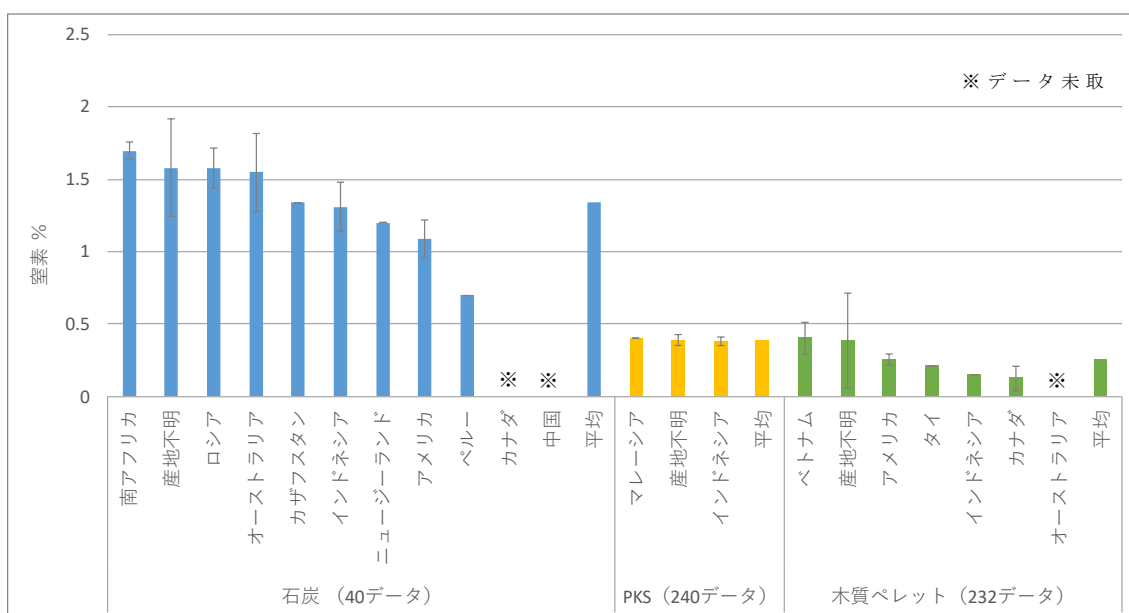


図8 各燃料の産地別の平均窒素分(無水ベース)

3-5 塩素

石炭及びバイオマス燃料について塩素分を比較した。(図9)

- (1) 石炭の塩素は一部で高い箇所が見られるものの、輸入量の多いオーストラリア、インドネシア、アメリカおよびロシアなどは平均的に 200 ppm 以下である。
- (2) 一方、バイオマス燃料の塩素は石炭よりも多い傾向にあり、産地によっても多少のバラツキがみられる。
- (3) 塩素が多く含まれると灰の融点を低下させ、炉内を汚染したり、伝熱管などに付着しやすくなる。また、アルカリと塩化物を形成し腐食などを促進させることがある。

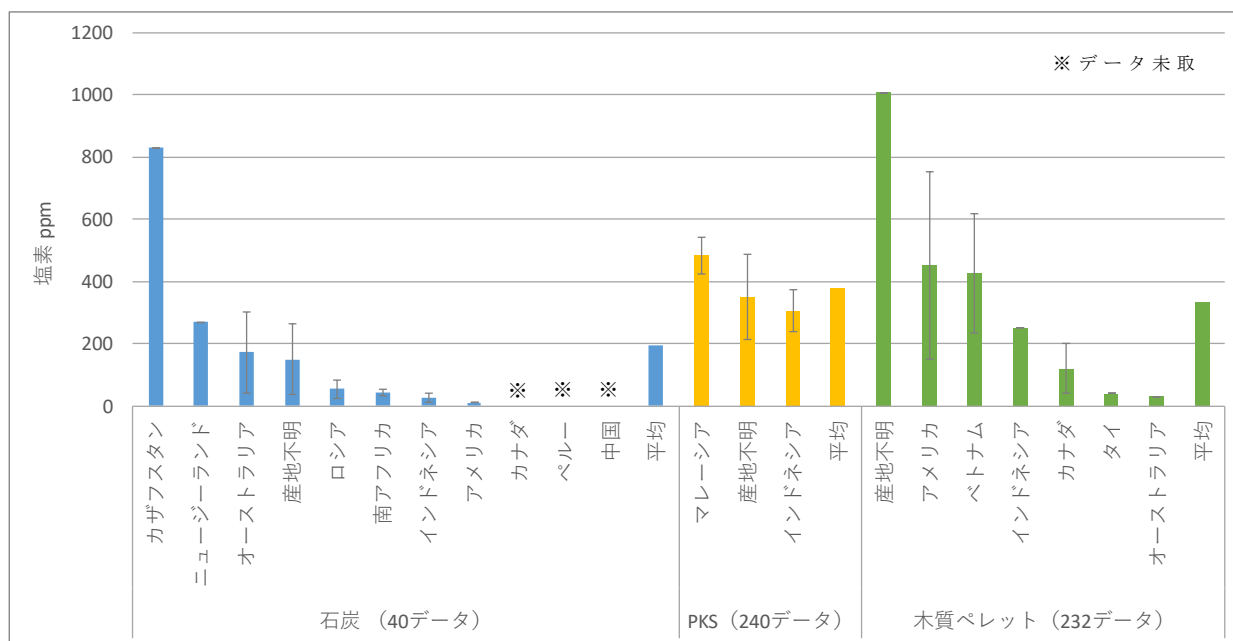


図9 各燃料の産地別の平均塩素分 (無水ベース)

3-6 ナトリウム・カリウム

石炭及びバイオマス燃料についてナトリウム・カリウムを比較した。(図10・11)

- (1) 石炭のナトリウムはロシアでやや高いもののその他の産地ではそれほど大差はない。カリウムも産地によって変動があり、オーストラリアおよびロシア産が僅かに他の産地より高い。
- (2) バイオマス燃料のナトリウムはPKSも木質ペレットも石炭より少ない傾向にある。一方、カリウムは双方とも石炭より高い。バイオマス燃料は植物由来のためカリウムは高くなる傾向にある。
- (3) アルカリ分は硫黄や塩素と低融点塩を形成する可能性があり、炉内の汚染、伝熱管への付着や腐食が問題になることがある。
- (4) 石炭の場合はスラッシング指標として塩基性成分 (Base) や塩基性成分/酸性成分 (Base/Acid) から予測可能な場合もあるが、バイオマス燃料は高アルカリのため石炭スラッシング指標からの予測が難しい。

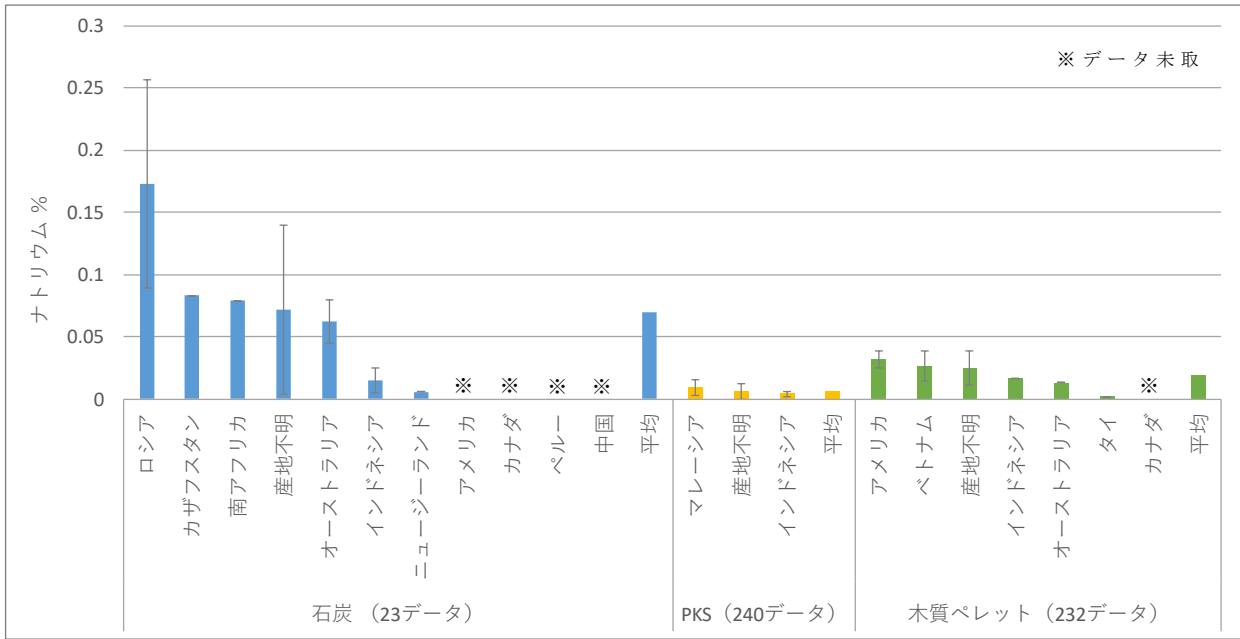


図 10 各燃料の産地別の平均ナトリウム分（無水ベース）

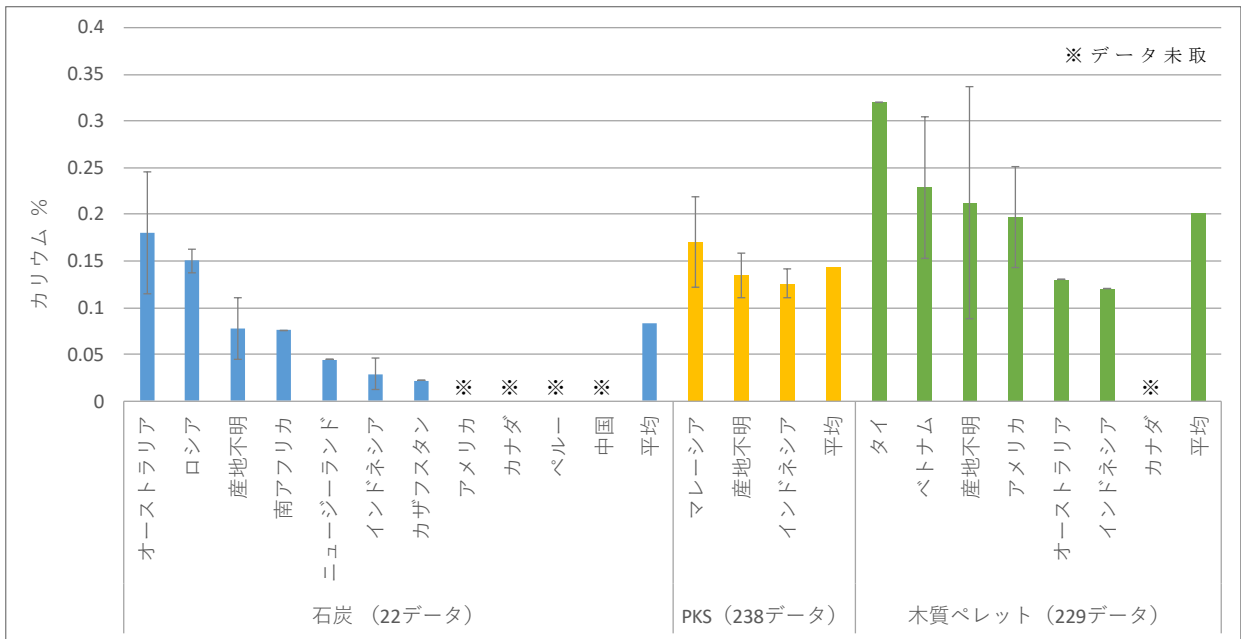


図 11 各燃料の産地別の平均カリウム分（無水ベース）

4. 総括

脱炭素化やカーボンニュートラルに向けた様々な取り組みが進められており、石炭代替燃料である固体バイオマス燃料の利用が注目されている。本年度は、石炭とバイオマス燃料を比較し、その結果から得られた特徴を下表に記載した。また、**図 12** はそれぞれ項目について燃料毎の全体平均を記載した。

石炭もバイオマス燃料もそれぞれにメリット及びデメリットがあるが、今後はカーボン排出ネットゼロに向けてバイオマス燃料の導入がさらに加速すると思われる。今年度は性状や元素に着目したが、次年度以降は灰組成や融点などについてもデータを蓄積したい。また、PKS や木質ペレットだけでなく、様々なバイオマス燃料についても取り組んでいく予定である。

表 5 各燃料の特徴

燃料	メリット	デメリット
石炭	<ul style="list-style-type: none"> ● 発熱量が高く燃焼効率が良い ● 埋蔵量が多くコストが安価 	<ul style="list-style-type: none"> ● 灰分が多く炉内のトラブル発生やメンテナンスコストが高い ● SO_x・NO_x の発生リスクが高い ● 腐食性の硫酸塩を形成 ● CO₂ 排出量が多い
バイオマス燃料	<ul style="list-style-type: none"> ● 灰分が少なく堆積物が少ない ● SO_x・NO_x の発生リスクが低い ● 硫酸塩が少ない ● 温室効果ガスの削減 	<ul style="list-style-type: none"> ● PKS は水分が多く燃焼効率が悪い ● 石炭より発熱量が低い ● 水分増による腐敗・自然発火のリスク ● アルカリ塩化物による腐食 ● 専焼用の設備や改造が必要

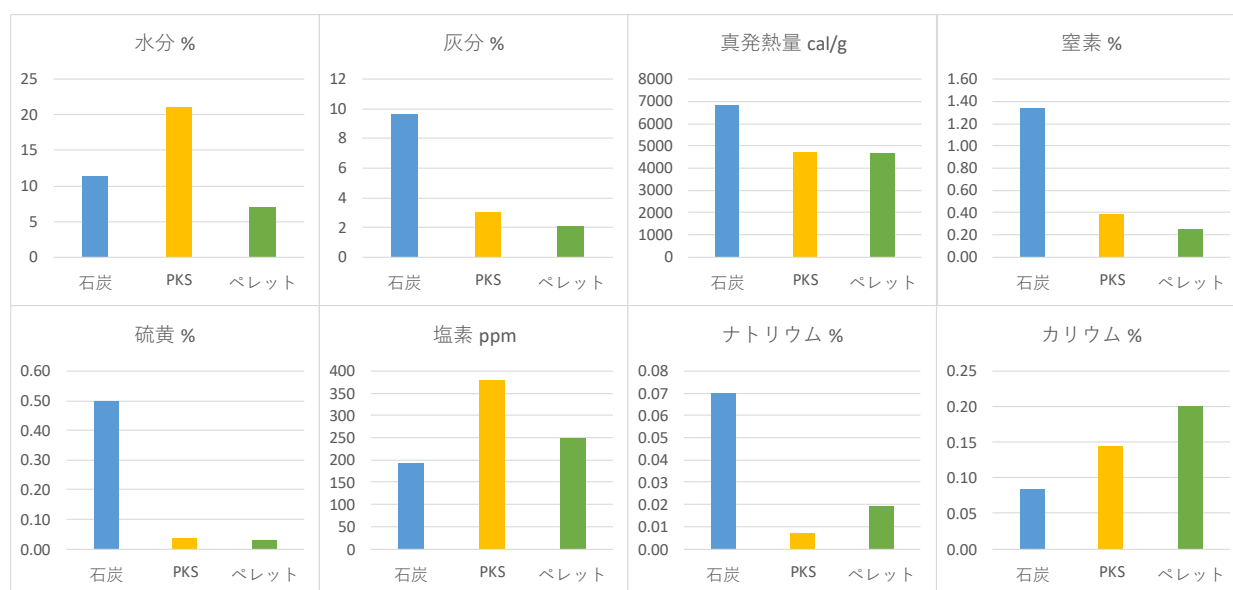


図 12 燃料毎の項目別全体平均値

表6 各固体燃料の国別平均データ

燃料	産地	水分 (%)	灰分 (%)	真発熱量 (cal/g)	窒素 (%)	硫黄 (%)	塩素 (ppm)	ナトリウム (%)	カリウム (%)
		到着ベース	無水ベース	無水ベース	無水ベース	無水ベース	無水ベース	無水ベース	無水ベース
石炭	アメリカ	21.85	6.75	6,680	1.090	0.570	10	-	-
	インドネシア	15.63	8.13	6,823	1.308	0.478	25	0.015	0.029
	オーストラリア	11.42	12.04	6,804	1.549	0.449	172	0.062	0.180
	カザフスタン	14.00	3.10	6,940	1.340	0.400	830	0.083	0.022
	カナダ	8.95	13.45	6,180	-	-	-	-	-
	ニュージーランド	9.40	4.40	7,450	1.200	0.430	270	0.006	0.044
	ペルー	9.40	9.40	7,200	0.700	0.850	-	-	-
	ロシア	9.00	11.44	6,831	1.577	0.277	54	0.173	0.150
	産地不明※	11.09	12.86	6,754	1.577	0.491	149	0.072	0.077
	中国	5.07	10.23	6,910	-	0.477	-	-	-
南アフリカ	9.11	14.55	6,469	1.698	0.540	43	0.079	0.076	
PKS	インドネシア	20.13	2.59	4,691	0.383	0.031	306	0.004	0.126
	マレーシア	22.28	3.44	4,668	0.400	0.050	484	0.009	0.170
	産地不明※	20.58	2.92	4,689	0.392	0.032	351	0.006	0.135
木質ペレット	アメリカ	8.18	1.48	5,624	0.252	0.020	450	0.032	0.197
	インドネシア	7.90	1.90	4,380	0.150	0.020	250	0.017	0.120
	オーストラリア	3.40	2.80	4,890	-	-	30	0.013	0.130
	カナダ	5.82	1.40	4,612	0.125	0.010	120	-	-
	タイ	8.30	2.60	4,300	0.210	0.040	40	0.002	0.320
	ベトナム	7.61	2.17	4,363	0.403	0.028	426	0.027	0.229
	産地不明※	7.36	1.97	4,446	0.387	0.049	434	0.025	0.213

※ 産地不明は記載した産地（国名）以外の地域という意味ではなく、表内に記載している産地も含まれている可能性がある。

エネルギーの変遷

～従来燃料と新エネルギーのデータ比較～

巻末資料

1. エネルギーシステム（エネルギーの流れ）

エネルギーシステムとは、エネルギーの採取から消費に至るまでの全体の流れを指す。自然界から得られるエネルギー資源を社会で使える形に変換・輸送し、最終的に生活や産業で使用する仕組みのことである。自然に存在しているエネルギー資源を「1次エネルギー」といい、それを利用しやすい形に変換したエネルギーを「2次エネルギー（最終消費エネルギー）」と呼ぶ。

1次エネルギーは表1の種類に分類される。つまり、まだ人々が直接使える形ではないことが多く、エネルギー変換（発電、精製及び熱供給など）が必要である。これらの1次エネルギーのうち、①エネルギー密度（発熱量）が高い、②利用しやすい、③コストが安い、条件を満たすものが大規模かつ大量に利用される。変換された2次エネルギーは、石油製品（重油・ガソリン・軽油・灯油・航空燃料）、石炭・コークス、電力、ガスである。

表1 1次エネルギーの種類

分類	種類	特徴	環境特性
① 化石エネルギー （化石燃料）	石炭	天然に産出する可燃性の黒色～褐色の固体。火力発電や鉄鋼原料として利用される。燃焼時のCO ₂ 排出が多い。	枯渇性 エネルギー
	石油（原油）	天然に産出する可燃性の油状の液体（原油）。原油は利用目的に合わせて精製され（石油製品）、主に輸送用燃料（ガソリン・軽油など）や工業材料（プラスチックなどの高分子製品）として利用される。	
	オイルサンド	粘性の高い重質な原油（ビットゥーメン）を含む砂や粘土が混じり合った天然の鉱物。ビットゥーメンを精製して石油製品を作る。	
	天然ガス	地中から産出される可燃性の気体を燃料として利用する。化石燃料のなかでは環境負荷が低いクリーンなエネルギーとされる。	
② 原子核エネルギー （核燃料）	原子力	ウラン、プルトニウムなどの放射性物質の原子核が分裂（核分裂反応）によって発生するエネルギーのこと。発電時にCO ₂ を排出しないが、放射性廃棄物の処理が課題。	
③ 自然エネルギー	水力	河川やダムの水の流れを使って水車（タービン）を回転させ発電する。天候に左右されにくく、安定性が高い。	再生可能 エネルギー
	地熱	地下の自然熱エネルギー（マグマの熱）で温められた熱水蒸気でタービンを回し発電する。日本は潜在的な資源が豊富である。	
	太陽光	太陽の光をソーラーパネルで直接電気、もしくは熱に変換する。天候に左右される。	
	風力	風の力で風車（タービン）を回転させ発電する。風の強弱で発電量が左右される。	
	波力	海の波の上下前後の運動を動力に変換し発電する。太陽光や風力と比べて天候による変化が少ない。	
④ 生物エネルギー	バイオマス	木材・農業廃棄物・家畜ふん尿などから得られる生物由来エネルギー。燃焼や発酵で利用。	

2. エネルギーの変遷

2-1 なぜ、エネルギーの変遷が必要なのか

近年、世界各国で台風・サイクロン・線状降水帯による豪雨が洪水被害や土砂災害をもたらす、異常高温による干ばつや森林火災、異常寒波をもたらす大雪などの気象災害が激甚化・頻発化している。我々にとっても異常気象が日常となると同時に、気候変動問題が人類や地球環境にとって差し迫った課題であることが国際的な共通認識となっている。

2015年12月に開催された気候変動枠組条約第21回締結会議（COP21）では、温室効果ガス（Greenhouse gas：GHG）排出を抑制することにより、[世界の平均気温の上昇を産業革命以前と比較し、2℃より十分低く保ち、さらに1.5℃以内に抑えるように努力する]というパリ協定が採択された。世界各国は温室効果ガスの低排出型の発展のための戦略を策定し、国別目標（国が決定する貢献、NDC：Nationally Determined Contribution）として5年毎に提出・更新する義務がある。

GHG排出量の中で、化石燃料（石炭・石油・天然ガス）を燃焼した際に発生するCO₂が占める割合は、世界で75%程度⁶であり非常に大きな比率を占めている。GHG排出の大幅削減を実現するうえで、エネルギー分野における対応が極めて重要である。この状況下、エネルギーシステムを化石燃料から再生可能エネルギーに移行するエネルギー転換が求められている。

なお、NDCには国際海運と国際航空の排出は含まれていない（国際間輸送を担っていることから、国別での削減対策の枠組みに当てはまらないとの理由）。その代わりに、これら分野はそれぞれの国際機関（海運分野→国際海事機関IMO、航空分野→国際民間航空機関ICAO）がルールを設定し対応を担当することになっている。

2-2 気候変動に対する国際的枠組み

1992年にブラジル・リオデジャネイロで開催された地球サミット（国連環境開発会議、UNCED：United Nations Conference on Environment and Development）において、地球温暖化問題対策に世界全体で取り組んでいくことを合意し、国際的な地球温暖化問題に対する国際的な枠組みを定めた環境条約「気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC：United Nations Framework Convention on Climate Change）」が結ばれた。同条約は、気候系に対して危険な人的環境を及ぼさない水準において、大気中の温室効果ガス濃度を安定化させることを究極の目標としている。その水準とは、①生態系が気候変動に自然に適応できる、②食糧の生産が脅かされない、③経済開発が持続可能な様態で進行することが出来る期間内で達成されるべきとしている。この気候変動枠組条約に基づき、毎年、気候変動枠組条約締結会議は開催されており、特に重要な枠組みが「京都議定書（COP3採択、2005年2月発効）」と「パリ協定（COP21採択、2016年11月発効）」である。

⁶ 2021年データ

2-3 京都議定書（1997年12月11日採択，2005年2月16日発効）

京都議定書とは、「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書（Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change）」のことであり，地球温暖化の主な原因とされる温室効果ガスの排出削減を目的として，1997年に日本の京都で採択された国際的な環境条約である。1992年に発効された国連気候変動枠組条約（UNFCCC）をもとに，より具体的な削減目標を定めたものである。

京都議定書は，2008年から2012年の「第一約束期間」において，先進国に対して法的拘束力のある温室効果ガスの削減義務を課した。対象となるガスは，二酸化炭素（CO₂）をはじめ，メタン（CH₄），一酸化二窒素（N₂O），ハイドロフルオロカーボン（HFCs），パーフルオロカーボン（PFCs），六フッ化硫黄（SF₆）の6種類である。

京都議定書は，初めて温室効果ガスの排出削減に法的拘束力を持たせた歴史的な国際合意であり，気候変動対策における国際協調の出発点として重要な意義を持っている。現在の気候変動枠組みに至るまでの道筋を作ったという点で，その役割は極めて大きなものであったと言われている。

2-4 パリ協定（2015年12月12日採択，2016年11月4日発効）

パリ協定の方針は，世界の平均気温の上昇を産業革命前と比べて2°Cより十分に抑え，さらに1.5°C未満に抑える努力をすることである。また，21世紀後半には，GHGの排出量と森林などによる吸収量を均衡させ，実質的な排出ゼロ（カーボンニュートラル）を目指すという長期的な目標も掲げられている。各国が自ら温室効果ガス削減目標（NDC＝国が決定する貢献）を自主的に設定し，5年ごとにその目標を見直し強化することが求められている。京都議定書では先進国だけが削減義務を負っていたが，パリ協定では先進国も途上国もすべての国が目標を持ち，参加する仕組みとなっている。また，先進国が途上国を支援するために資金や技術の提供を行うことも取り決められており，年間1,000億ドルを目標に支援が進められている。すなわち，パリ協定は「すべての国が参加する初の気候変動対策の国際協定」として歴史的に重要な意味を持ち，世界全体が連携して地球環境問題に取り組むための土台となっている。

日本はこのパリ協定に基づき，2030年までに2013年比で温室効果ガスを46%削減すること，さらに50%削減も視野に入れることを目標としている。加えて，2050年までにカーボンニュートラル（温室効果ガス排出の実質ゼロ）を達成することを掲げ，再生可能エネルギーの導入拡大，省エネ推進，水素社会の実現など，多方面での取り組みを進めている。

3. エネルギーの歴史

エネルギーの歴史は，人類の文明の発展と深く結びついており，人間は自然からエネルギーを得る方法を徐々に高度化・多様化させながら，社会や技術を発展させてきた。

最も初期のエネルギー源は，人類が薪などを使って火を利用し始めたことである（「第一次エネルギー革命」）。およそ50～100万年前，人は木を燃やして火を起し，調理や暖房，野生動物から身を守る手段として活用した。この「バイオマスエネルギー」は，長い間主要なエネルギー源であった。その後，人類が農耕や牧畜を始めると風や水の力を利用する技術が発展する。風車や水車は，農業や粉ひき，灌漑（かんがい）などに活用され，中世ヨーロッパでは重要な動力源となった。また，帆船による風力の活用は，長距離の貿易や輸送を可能にした。

18 世紀後半に産業革命が起こると、エネルギーの利用は大きく変化する。イギリスで石炭を燃料とした蒸気機関が登場し、工場や鉄道などの動力源として広く利用された。これにより人類は、自然エネルギーに頼らない大規模で安定した動力源を手に入れ、産業と都市の急速な発展が進んだ。（「第二次エネルギー革命」）

19 世紀末から 20 世紀にかけては、石油や天然ガスの利用が急速に拡大する。石炭よりも使い勝手がよく利用用途を拡大しやすい石油が自動車や飛行機などの交通機関のエネルギー源として欠かせない存在となった。（「第三次エネルギー革命（石油革命）」）また、20 世紀半ばには原子力エネルギーも登場し、石炭や石油に代わる新たなエネルギー源として期待された。

しかし、20 世紀後半以降、化石燃料の大量使用に伴う地球温暖化や環境破壊が深刻な問題となります。これにより、再び太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーが注目を集めるようになります。21 世紀に入ってから、温室効果ガスを抑えた持続可能なエネルギー社会の構築が国際的な課題となっており、脱炭素（カーボンニュートラル）に向けた技術革新や政策が進められている。

4. 従来エネルギーの特徴

4-1 石炭

4-1-1 石炭の起源

太古（6 億年前）の植物が何らかの原因によって地下に埋没し、長年にわたり地圧、地熱等による石炭化作用を受け、変質して化石となった可燃性固体物質である。

主成分はセルロース： $C_6H_{12}O_6$ 、リグニン：一環若しくは二環のベンゼン核が C 又は CH_2 などで繋がった高分子である。

炭素が約 80 %、水素が約 5-6 %、酸素が約 5-10 %、窒素が約 1 %、硫黄が約 0.1-1.0 % 程度であり、炭化の途中で混入した粘度鉱物なども含まれている。炭素、水素、酸素の割合は石炭の銘柄によってことなる。石炭の分子構造の例を図に示す。

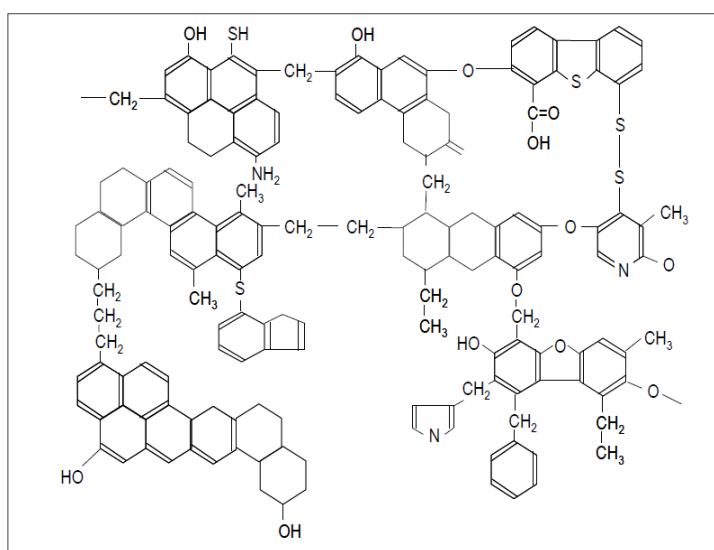


図 1 石炭の化学構造の例：瀝青炭

4-1-2 石炭の分類

石炭の分類には石炭化度による分類や乾留や燃焼の際の状況に基づく分類を示す。

(1) 石炭化度による分類

分類された名称ごとに炭素含有量を中心にまとめたものを表 2 に示す。

表 2 石炭化度による分類

炭化度	名称	説明
↑	無煙炭 anthracite	最も炭化度が進んだ石炭で、炭素含有量が 90%以上となっている。そのため燃焼時の煙や臭いが非常に少ない特徴がある。
	半無煙炭 semi anthracite	炭素含有量が 80%以上の石炭で、セメント生成用の燃料や、一部のボイラ用燃料に使用されている。 着火性能はやや劣りますが、発熱量は比較的高い特徴を持っている。
	瀝青炭・歴青炭 bituminous coal	炭素含有量が 83%~90%の石炭で、瀝青を含む比較的やわらかい特徴を持っている。 一般的に石炭というと歴青炭を指します。製鉄用のコークスの原料などに利用されている。
	亜瀝青炭・亜歴青炭 subbituminous coal	炭素含有量が 78%~83%の石炭で、水分を含んでいる。着火性能がよく熱量もあるため、電力用や産業用の微粉炭ボイラーの燃料に利用されている。
	褐炭 brown coal	炭素含有量が 70%~78%の石炭で炭化度は低く、水分や酸素を多く含んでいる。 石炭としての品質は低く練炭や豆炭の原料として利用されている。
	亜炭 lignite	炭素含有量が 70%以下の品質の悪い褐炭に付けられた名称です。あまり炭化しきってないものもあり、木の木片の組織が残っていることもある。 現在では燃料としては殆ど使用されておらず、土壌改良剤や、飼料などの添加物などに利用されている。
	泥炭 peat	泥状の炭で、草炭やPEAT（Peat）と呼ばれている。 主に沼地などで植物が分解されずに堆積していき炭化することで精製される。 工業用脱臭剤や園芸用土壌調整剤などに利用されている。

(2) JIS での石炭の分類

石炭化が進んだ石炭は燃料比と発熱量が高くなり、石炭化が進んでいない石炭は、燃料比と発熱量はともに低くなる。表 3 に JIS 石炭分類を示す。

(3) 一般的呼称

原料炭：コークスや石炭ガスの原料として高温乾留工業に使う粘結炭をいう。コークス用炭ともいう。石炭の性状による分類において、単味で乾留すると軟化熔融してコークスになる石炭を原料炭 (coking coal ; Kokskohle) ということがある。

一般炭：発電用ボイラーなどで使用する。主に発電及びセメントの製造などの燃料として用いる。特に発電のために用いる一般炭をスチームコール (steam coal) という。粘結性が弱く、水分及び灰分が少なく、揮発分が 20-25 % くらいの石炭が適している。

表3 JIS 石炭分類(JIS M1002 改)

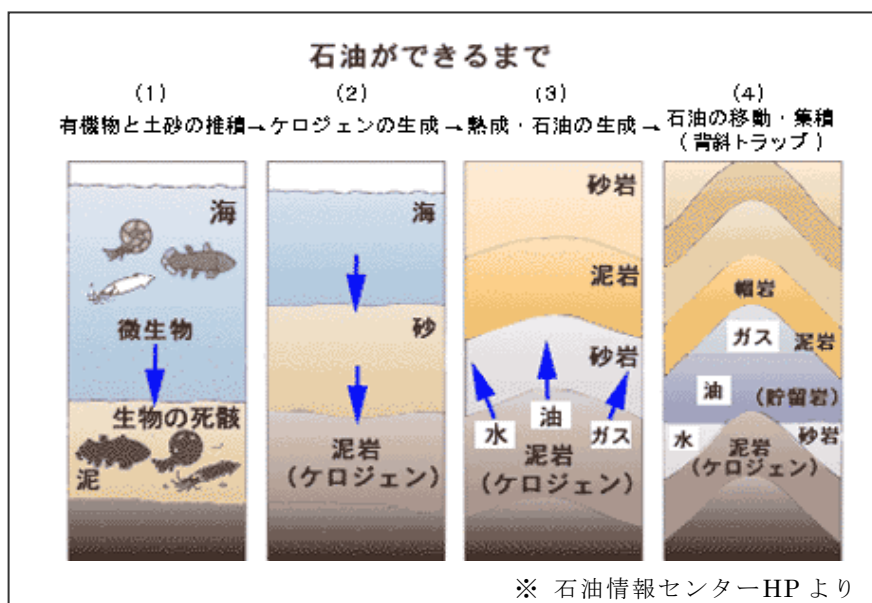
分類		発熱量 Q (kcal/kg)	燃料比	粘結性※	揮発分 (%)	炭素含有量 (%)
炭質	区分					
無煙炭	A1	-	4.0 以上	非粘結	0~10	>91
	A2				10~20	
瀝青炭	B1	$8,400 \leq Q$	1.5 以上	強粘結	20~40	87~91
	B2		1.5 未満		40~51	
	C	$8,100 \leq Q < 8,400$	-	粘結	40~50	83~87
亜瀝青炭	D	$7,800 \leq Q < 8,100$	-	弱粘結	43~50	80~83
	E	$7,300 \leq Q < 7,800$	-	非粘結	45~60	78~80
褐炭	F1	$6,800 \leq Q < 7,300$	-	非粘結	50~60	70~78
	F2	$5,800 \leq Q < 6,800$	-		50~60	<70

※粘結性とは石炭を乾留した時，軟化熔融状態(Plastic stage)において観測される性質の総称，これらの性質とは粘着性，流動性，膨張性などである。

4-2 石油

石油は地層から産出する液状の油で、鉱物資源（鉱油）である。主成分は炭化水素の混合物であり、他に硫黄・窒素・酸素化合物等を含んでいる。地層から採掘された油から、ガス、水、異物を除去して得られた油を「原油」という。

原油は、産地によって飽和炭化水素を主成分とするもの、脂環式炭化水素、芳香族炭化水素を多く含むものなど様々である。その他、副成分として原油には硫黄、窒素化合物が含まれる。原油を蒸留精製して、沸点範囲に応じて分留したのち、減圧蒸留、水素化分解、熱分解、接触分解、接触改良、アルキル化、脱水素、水素化処理、異性化、コーキング処理などいくつもの物理的・化学的処理を行い液化石油ガス（LNG）、ナフサ・ガソリン留分、ジェット燃料油・灯油留分、軽油留分、重油留分、潤滑油、アスファルト、硫黄を連産品として生産される。どの石油製品も炭化水素化合物の混合物であり、組成の違いにより、科学的な反応性も差異があるが、燃焼性が大きい（エネルギー密度が高い）ことは共通する性質である。



4-2-1 石油の起源

石油は、地下深くの多孔質や隙間がおおく泥や砂が堆積してできた岩石の地層「貯留含」に集積されている。貯留含の油層の下には地層水があり、油層の上にガス層（天然ガスと石油ガス）があり、さらにその上には石油やガスが逃げないように「帽岩」と呼ばれる緻密な岩石に覆われている。このような石油を集積している地層を「石油鉱床（油田）」と呼ぶ。

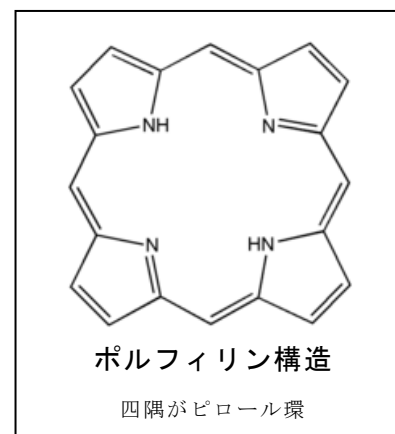
- 石油鉱床がどのようにして形成されてきたのか、まず、石油の成因として、
- ・有機（生物）起源説 ←有力
 - ・無機（非生物）起源説
- の両論が大別して主張されているが、現在ではほぼ有機起源説に統一されてきている。

(1) 有機起源説

有機起源説にもいくつかの説が言われているが、中でも「ケロジェン根源説」が有力となっている。ケロジェンとは、堆積岩中に存在する不溶性の固体有機物のことを指し、プランクトン、藻類、陸上植物などの生物の死骸が海底や湖底に堆積し分解された後、地中の温度・圧力の上昇により重合して再び巨大分子ができる。巨大分子化したケロジェンが地温の上昇により熱力学的不安定になり、低分子化する。これがケロジェン根源説による石油の生成である。ケロジェンは固体と言えるが、低分子化して液体になったものが油、さらに低分子のものが天然ガスである。一般的に天然ガスと液体を合わせて石油と呼ぶ。

石油中やケロジェン中にはポルフィリン化合物（生物が作り出す物質、図**）が含まれており、ケロジェン起源説を支持する証拠の一つとなっている。

ポルフィリン化合物とは、4つのピロール環（五員環の化合物）が縮環した大きな環状構造であり、構造の中心に金属イオン（例えば、鉄やマグネシウム）が配位される。中心の金属イオンに違いでポルフィリンの機能が決定されている。ポルフィリン化合物は、自然界で非常に重要な役割を果たしており、現在では生物学的、化学的にも高範囲に利用されている。



生物に含まれるポルフィリン化合物には次のようなものがある。

- ヘモグロビン（鉄）
殆どすべての脊椎動物と多くの無脊椎動物の赤血球に含まれる血色素。一般的に鉄を含む赤色素（プロトヘム）とアポタンパク質（グロビン）が結合した複合タンパク質である。
- ヘモバナジン（バナジウム）
ホヤの血液
- ヘモシアニン（銅）
軟体動物や節足動物（イカ、タコなど）の血液成分で血青素とも呼ばれる。イカ、タコなどの加工時にうっすら青みがかったりするのはそのせいである。
- クロロフィル（マグネシウム）
植物の葉緑素成分であり、光合成を担う成分である。

(2) 無機起源説

無機起源説では、生物の遺骸ではなく地球内部に存在する物質に石油の起源を求めている。元々はロシアの学者メンデレーエフが提唱し、東欧を中心に発展した学説である。地球内部の岩石が高圧・高温条件下で化学反応を起こすことにより、石油や天然ガスが生成すると唱えられている。これまでに地球の上部マントルに相当する高圧・高温状態を再現した実験から、炭化水素を生成した実証例も数多く報告されている。炭化水素は岩石よりも軽いので、地表へと染み出してくると考えられ、この無機起源説に基づけば、一度枯れた油井もしばらく放置すると再び原油産出が可能となる現象を説明することができる。

- Deep Impact Project による彗星表面の破壊／飛散物の解析 …… 炭化水素類の確認
<http://www.astroarts.co.jp/special/2005deepimpact/introduction-j.shtml> (ディープインパクト計画)
- 木星や土星の大気の主要な成分がメタンやアンモニア等の有機物であることは常識
http://www.engy-sqr.com/member_discusion/document/sekiyu-mukisetsu051001.htm
(無機起源説について)

4-2-2 非在来型資源

アメリカ発のシェール革命を筆頭に、近年、非在来型資源の開発が注目されている。在来型資源と非在来型資源の定義や分類については、必ずしも統一的な見解があるわけではないが、非在来型資源を簡単に説明すると「通常の油・ガス田以外から開発される石油・天然ガス」となり、古くから利用されてきた石油・天然ガス(=在来型資源)と区別される。近年の掘削技術の進歩や原油価格の高騰により、採算が取れる見通しとなったことから、現在では北アメリカ地域を中心に開発が進められている。

(1) シェールオイル (タイトオイル)

孔隙率、浸透率が共に低い(タイトな)頁岩層や砂岩層から生産される中質・軽質油。

(2) オイルサンド

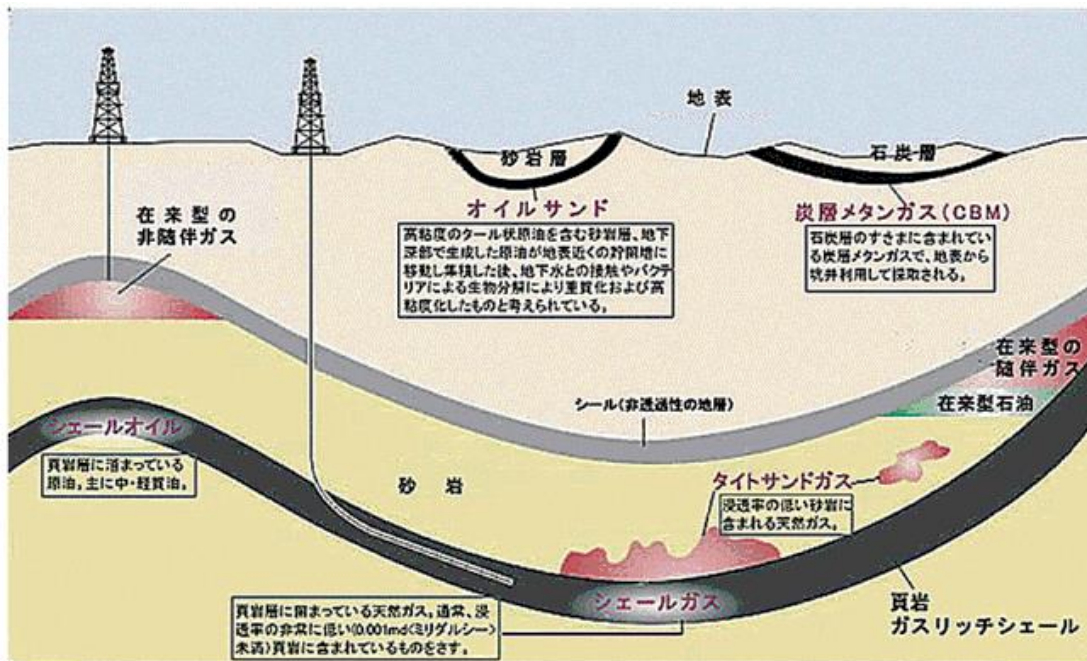
流動性のない高粘度のタール状原油を含む砂岩層。粘度低下の処理に追加費用がかかる。

(3) オイルシェール

ケロジンを多く含む頁岩。ケロジンを熱分解することで石油を取り出すことができる。

(4) 非在来型ガス資源

タイトサンドガス、シェールガス、コールベッドメタン(CBM)、メタンハイドレートなど。メタンハイドレートはメタン分子と水分子からなるクラスター状の固体物質で、日本近海にも相当量賦存している。



※ 各種資源の分布イメージ図 (経済産業省「エネルギー白書 2015」より)

世界的に更なるエネルギー需要が予想される中、膨大に賦存する非在来型資源の存在は、ますます重要性を帯びてくるであろう。しかしながら、非在来型資源は市場価格に対して非常にセンシティブであり、在来型に比べて採算コストが高いという点において、今後、非在来型の石油やガスの産出量が無尽蔵に増加していくというシナリオを容易に描くことは危険である。またこれらの資源の開発は陸上が主流であるため、環境問題化しやすいという側面も持つ。一方で、シェールガスにみられるように、技術革新、経験を積むことによる学習効果、そして、それらの技術の世界への波及ということを期待すれば、今後新たな可能性と道が開けると思われる。非在来型資源の開発はまだ始まったばかりであり、今後の展開と発展の行方に引き続き注目が集まる。

4-2-3 石油の精製

油田から採掘された石油は油井で水や異物が取り除かれて「原油」となる。その原油から様々な石油製品が生まれる。石油製品は「連産品」と言われ、同じ工程から複数の製品が必然的に生産される。石油製品として燃料油や潤滑油が最初に思い浮かぶが、ナフサ等の一部の製品は石油化学用原料としても使用される。

原油から生産される石油製品及び精製工程の概要を次頁に示す。原油は、まず常圧蒸留装置において、沸点の差により、ガス・LPG、ナフサ、灯油、軽油及び残油留分に分けられる。分離された留分は、水素化精製装置、接触改質装置、接触分解装置、脱硫装置等で処理された後、調合され石油製品となる。

(1) ガス・LPG

常圧蒸留装置、接触分解装置、接触改質装置等から発生するガスはいわゆるプロパンガス及びブタンガスとして利用される。また、製油所の燃料としても使用される他、水素化精製装置で使用する水素源としても使用される。

(2) ナフサ及びガソリン

常圧蒸留装置のナフサ留分は軽質ナフサと重質ナフサに分けられる。軽質ナフサは水素化精製装置で脱硫した後、ガソリンの基材及び石油化学用原料として使用される。重質ナフサは接触改質装置によりオクタン価を高めて接触改質ガソリン（リフォーメートガソリン）とした後、ガソリンの基材及び芳香族の石油化学用原料として利用される。また、流動接触分解装置（FCC）及びアルキレーション装置からもガソリン基材が製造される。

(3) 灯油、ジェット燃料及び軽油

常圧蒸留装置の灯油留分及び軽油留分を水素化装置で処理し、灯油及び軽油を製造する。ジェット燃料には灯油留分のみの灯油型とナフサ留分を含む沸点広範囲型がある。

(4) 重油

常圧蒸留の常圧残油、減圧残油、接触分解装置の軽油留分（LCO：ライトサイクルオイル）等を調合して重油が製造される。重油は粘度によりA、B及びC重油に分けられる。重油の需要減少に伴い、重質留分から軽質な基材を製造するために残油分解装置、流動接触分解装置等が利用されている。

(5) 船用燃料油

船用燃料油の排出規制としては海洋汚染防止条約（MARPOL条約）の改正によって低硫黄化が推進され、2020年以降は一般海域を航行する船舶に対して硫黄分0.50質量%以下の

VLSFO の使用が義務付けられた。以後、国内においても同様の燃料である「規制適合油」が使用されるようになった。

2024 年 5 月、ISO 8217 が大幅改訂され、燃料のカテゴリーが従来の 2 種類から 4 種類となった。

残渣燃料油の分類は低硫黄重油（ULSFO、VLSFO）、高硫黄重油（HSFO）の 2 種類となった。

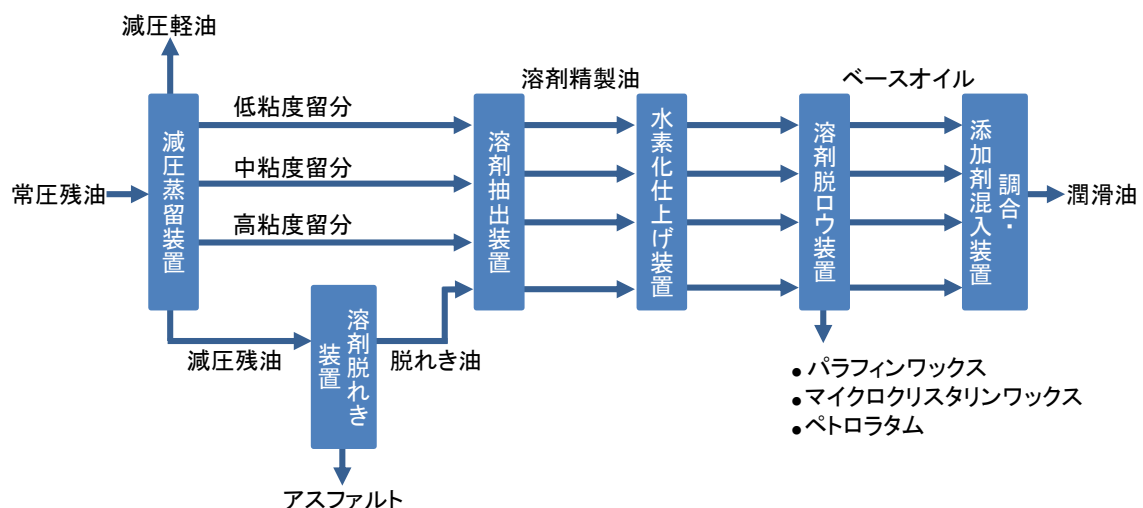
また、バイオ残渣燃料油（FAME、HVO 含有）が制定された。FAME 含有量は上限 7 容量%であったが、改訂により上限が撤廃されて最大 100%まで認められることになった。

新種燃料油の導入に伴いセジメント試験の規定が変更され、TSE、TSA、TSP が燃料油の種類に応じて適用される。

(6) 潤滑油

潤滑油の精製工程の概要を下図に示す。まず常圧残油を減圧蒸留装置により、粘度の異なる数種の潤滑油留分に分離する。減圧残油から溶剤脱れき装置でアスファルトを分離する。潤滑油留分は溶剤抽出装置によって粘度指数を向上させた後、水素化仕上げ装置で脱色、硫黄分の除去を行う。続いて、溶剤脱ロウ装置によって、低温で固体になりやすいパラフィンを取り除き低温流動性を改善する。このように精製したベースオイルを調合し、各種添加剤を加えて製品とする。

石油から精製した鉱物系ベースオイルの他、化学的に合成された合成油のベースオイルも存在する。



(7) ワックス

パラフィンワックス及びマイクロクリスタリンワックスは潤滑油製造工程で脱ロウにより分離された固形物を精製して製品とする。また、減圧蒸留の残渣油から分離精製した半固形状のワックスをペトロラタムと言う。

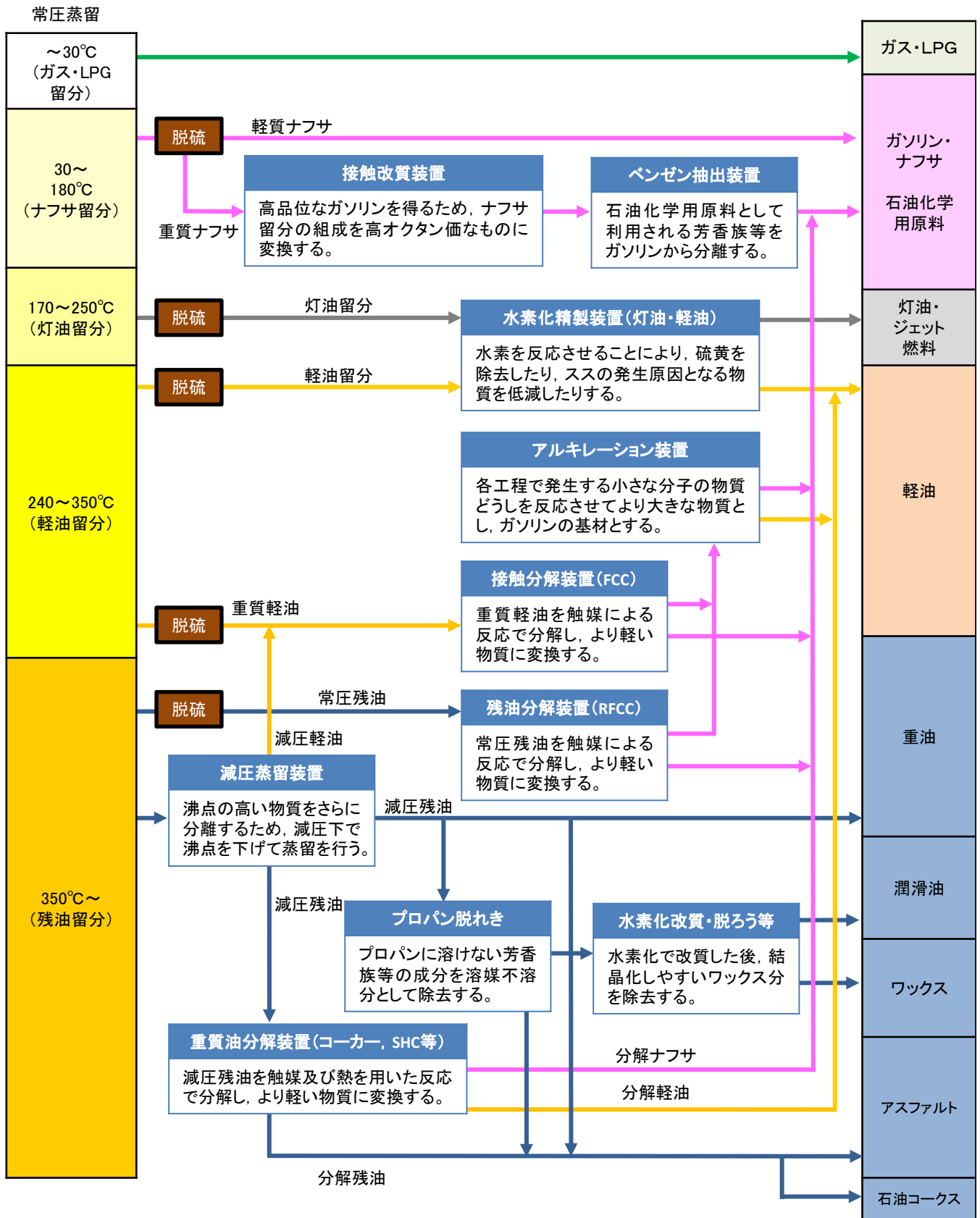
(8) アスファルト

減圧蒸留装置の残油や溶剤脱れき装置の残油を調合してストレートアスファルトを製造する。ストレートアスファルトを加熱し、空気を吹き込んで硬さを増したものをブローンアスファルトと言う。

(9) 硫黄

原油中に含まれる硫黄は水素化精製装置や接触分解装置等により硫化水素等となって分離（脱硫）され、硫黄回収装置へ運ばれる。そこでの化学反応により硫化水素は単体硫黄となり液状または固体状に成形されて製品となる。

石油の精製工程の概要



4-2-4 石油の構成成分

石油の主成分は炭素と水素からなる化合物の炭化水素の混合物（表4・表5）であり，構成する各元素の割合はほぼ次の通りである。

炭素	83-87 wt%	窒素	0.1-2 wt%
水素	10-14 wt%	酸素	0.1-1.5 wt%
硫黄	0.05-6 wt%	金属	0.001-0.1 wt%

含有する炭化水素，炭素数が常温で気体のC1～C4からC50以上まで広く分布しており，これら炭化水素の種類は大別して表**の5種類がある。

表4 石油の構成成分





炭化水素の種類			分子構造 ()		安定性
鎖状	飽和炭化水素	n-パラフィン (直鎖)	C-C-C-C-C ノルマル-ペンタン	C-C-C-C-C-C-C ノルマルヘプタン	高 (反応し難い)
		iso-パラフィン (分岐)	$\begin{array}{c} \text{C} & \text{C} \\ & \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{C} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{C} \end{array}$	高
	不飽和炭化水素	オレフィン	C=C-C-C 1-ブテン	C-C=C-C-C 2-ペンテン	低 (反応し易い)
環状	飽和炭化水素	ナフテン	シクロブタン 	シクロヘキサン 	高
	不飽和炭化水素	アロマ (芳香族)	ベンゼン 	トルエン 	中

表5 油の構成成分

分類	軽質		中質～315℃		重質	
	ナフサ・ガソリン		灯油・ジェット		重質 (軽油・重油)	
炭化水素	n-パラフィン	P	飽和分	S	飽和分	S
	iso-パラフィン	I			アロマ	A
	ナフテン	N			レジン	R
	オレフィン	O	オレフィン	O	アスファルテン	A
	アロマ	A	アロマ	A	キノリン可溶分	—
夾雑物	水・土砂・金属片・触媒・カビ					
添加剤	各種					

5. 新エネルギー（再生可能エネルギー）の特徴

5-1 バイオマスとは

バイオマス（bio-mass）は、もともと生体活動に伴って生成される動物、植物あるいは微生物を物量換算した有機物を意味している。エネルギー資源の分野では、一般的に「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源はいたもの」をバイオマスと呼んでいる。エネルギー資源として利用できるバイオマスには、以下のものがある。

このような生物有機体は太陽がある限り再生産されるリニューアブル資源（renewable resources）であり、地球上の物質循環系で計画的な利用を心掛ける限り持続可能である（sustainable）。また、バイオマスを燃やした際に発生する CO₂ は、植物が成長過程で光合成により大気中から吸収したものであり、全体としてみれば大気中の CO₂ の増減に影響を与えないカーボンニュートラルの性質をもつ。すなわち、化石燃料のように地球生態系の炭素バランスを崩すことがないといった大きなメリットがある。

バイオマスはそのままでは燃焼させてエネルギーを取り出し利用することはできないため、物理的、熱化学的、生物学的なエネルギー変換技術を用いて、固体燃料、気体燃料や液体燃料が製造される。

【エネルギー資源として利用できるバイオマス】

- 木質系 … 製材廃材（樹皮・おが屑・チップ・端材・小径木）、建設発生材料、林地残材、未利用樹、剪定枝
- 農業系 … 稲わら、もみ殻、麦わら、バガス⁷
- 家畜排泄物 … 牛、豚、鶏などの糞尿
- 食品廃棄物 … 廃食油、野菜くず、調理くず、食べ残し、賞味期限切れ食品



新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） バイオマスエネルギー地域自立システムの 導入要件・技術指

⁷ サトウキビの汁をしぼったあとの搾りかすのこと。

5-2 新エネルギーの種類と特徴

5-2-1 石炭代替燃料

(1) RDF (Refuse Derived Fuel／廃棄物固形燃料)

可燃性の一般廃棄物（紙くず・プラスチック・厨芥類など）を破砕・乾燥・圧縮して作られる燃料。家庭などから排出される厨芥類（台所で発生する生ごみなど）を含んでいることから、乾燥して水分を除去する必要がある。

(2) RPF (Refuse Paper & Plastic Fuel)

産業廃棄物として分別収集された古紙及びプラスチックを主原料とする固形燃料で、原料性質が一般廃棄物と比較して安定しているため、製造工程は RDF より単純で、製造コストも低く、低位発熱量も RDF より高い。

(3) PKS (Palm Kernel Shell／パームヤシ殻)

パーム油を採取した後に出る殻（副産物）を乾燥・破砕して利用するもので、マレーシアやインドネシアからの輸入される。発電所などで石炭との混焼に使用されている。

(4) 木質ペレット・木質チップ

間伐材や製材端材などを粉砕・乾燥・圧縮して固形化したもの。木質ペレットは燃焼効率が高く、木質チップは低コストである。

(5) トレファイドバイオマス（ブラックペレット）

木材などをトレファクション（乾留処理）して炭化させたものである。石炭に非常に近い性質を持ち、高エネルギー密度であり既存の石炭ボイラーで利用可能。水分量や吸湿性が低く輸送・貯蔵が容易である。

5-2-2 石油代替燃料

(1) バイオエタノール

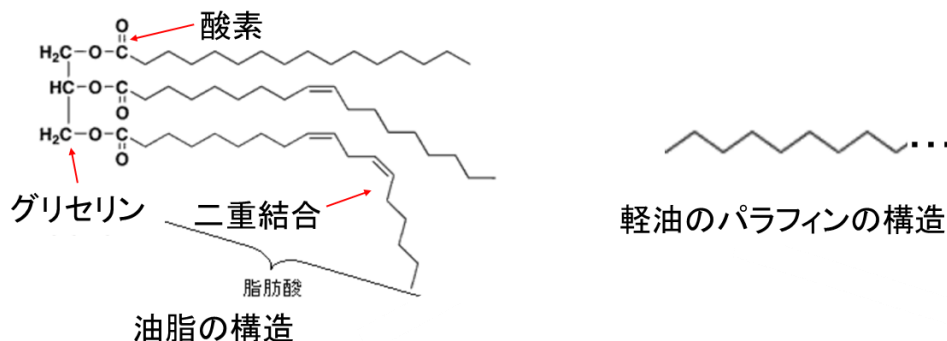
バイオエタノールとはトウモロコシやサトウキビ、最近では食料と競合しない木くず、稲藁などをアルコール発酵して得られるエタノールである。ガソリンと混合して使用され、混合比率によってガソリン 97%＋エタノール 20%は「E3 ガソリン」、ガソリン 80%＋エタノール 20%は「E20 ガソリン」という表記で流通している。現行のガソリン自動車に高濃度エタノールを燃料として使用すると、燃料油系に用いられる部品の腐食や膨潤などに影響を及ぼす可能性があり、ブラジルや欧州と比べて日本国内での普及は進んでいない。昨今、経済産業省は、E10 ガソリンの実用化に向けて 2028 年度から一部の地域で先行導入する方針を発表している。

一方で、食料として利用できる作物を原料にするため、食糧不足や穀物価格の高騰を引き起こす可能性や、大規模な農地確保による環境破壊が指摘されています。

(2) SVO (Straight Vegetable Oil)

SVO は、菜種・パーム・大豆・ジャトロファなどから抽出された純植物油や廃食油 (UCO) について、メチルエステル化処理や水素化処理を行わずそのまま使用する。製造段階における CO₂ 低減効果やコストでメリットを有する。一方、高粘度のため、通常のディーゼルエンジンでは燃焼効率が悪く、カーボン堆積などの不具合が出やすい。また、SVO の性状は原料の違いによって大きく変動するため品質にムラが発生しやすいこと、加熱により酸化・分

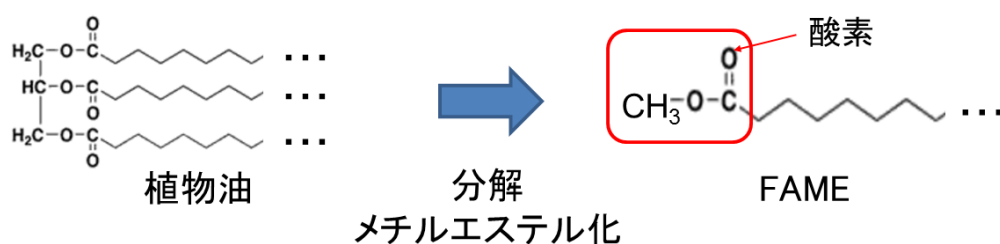
解・熱重合などの反応が起こりやすく、長期保管により燃料としての品質が低下しやすいことがデメリットである。そのため、燃料噴射ポンプや噴射ノズルに劣化物が付着する等の不具合が発生する可能性が懸念される。水分が多いと燃料システムの腐食や微生物が繁殖しやすいといった課題もある。



(3) FAME (Fatty Acid Methyl Ester)

植物油を分解・メチルエステル化した脂肪酸メチルエステルであり、主に植物油をメタノールとエステル化反応させる「アルカリ触媒法」で製造される。製造時の副産物としてグリセリンが生成する。

FAME は第一世代バイオディーゼルの燃料であり、FAME を 5 質量% 含む B5 軽油は公共バス等で使用されている。今後も酸化安定性や低温流動性の点で、航空機燃料として使用することは難しいことから、軽油や船用燃料のディーゼル機関での代替燃料として利用される。日本において製造される FAME は廃食油を原料にしたものが多く、船用燃料油用の FAME はジャトロファを原料とするものもある。



(4) HVO

HVO は、植物油・廃食油・動物性油脂から水素化精製法（水素化処理や水素化分解/異性化装置）によって精製した炭化水素であり、RDO（リニューアブル・ディーゼル・オイル）とも呼ばれる。FAMEと原料は同じであるが、水素添加により酸素がなくなるため、長期貯蔵に適しており、従来の軽油度同等に使用できる。

水素化処理は通常 2 段階のプロセスから構成され、1 段階目では油脂が脱酸素化され、二重結合が飽和して飽和炭化水素が生成される。この反応でプロパンが副次的に生成される。さらに第 2 段階目で低温流動性を改善する目的として、飽和炭化水素の水素化分解（クラッキング）と異性化が行われる。最終的に生成される製品は、HVO（ディーゼル留分）以外にもナフサなどの軽質分、ジェット燃料留分も連産される。



(5) GTL (Gas To Liquids)

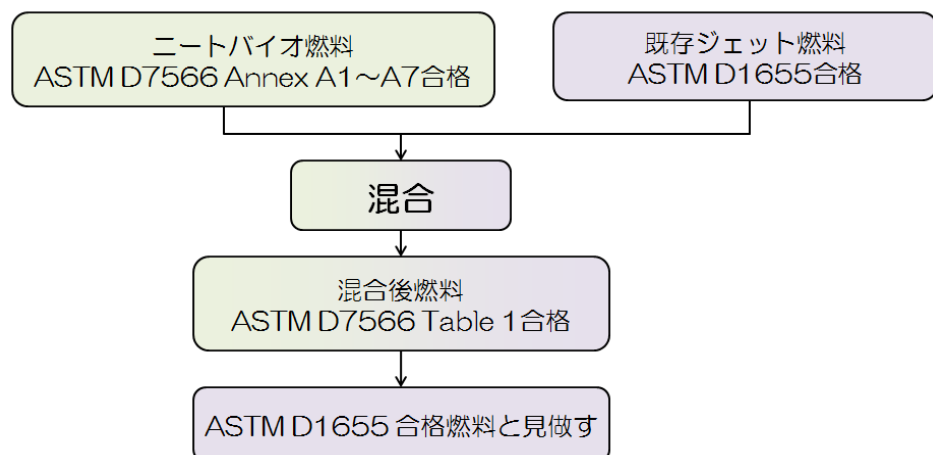
GTLはバイオ由来ではありませんが、天然ガス由来とのことで石油代替燃料に位置づけられています。メタンなどの天然ガスを原料に、20気圧、900℃という高温高压化でフィッシャートロプシュ反応を用いて気体を液体化した燃料である。

GTLはベンゼン環を含まない、飽和炭化水素であり燃焼性が良い。また、硫黄を含まないため、排気がきれいであるトンネル工事などに使う重機に良いとされ、現在、国内では公道を走らない重機用の燃料として販売されている。また、HVOと同様に変質しにくいので長期貯蔵が可能であり、非常用の発電機に良いとされている。

(6) 持続可能な航空燃料 (SAF : Sustainable Aviation Fuel)

持続可能な航空燃料 (SAF) あるいはバイオジェット燃料は、次世代バイオ燃料製造技術により製造された炭化水素燃料である。これまでのバイオ燃料と異なり、成分が従来燃料と類似しているため、品質要求の高いジェット燃料としても使用できる。製造方法は様々であるが、木質セルロースをガス化した上で炭化水素に合成する手法や、微細藻類由来の油脂を水素化する等の手法で炭化水素に転換する手法等がある。

品質規格はASTM D7566 (合成炭化水素を含む航空タービン燃料の品質規格) に規定されている。現在、D7566で承認された燃料は7種類あり、これらは既存のジェット燃料に混合して使用される。D7566の品質規格に合格した混合後燃料は、既存ジェット燃料の規格 (ASTM D1655) の合格品と同様に取り扱うことが出来る。混合は空港施設の下流では認められていないため、混合施設が必要である。



ASTM D7566 と従来燃料規格 D1655 との関係

表6 バイオジェット燃料の種類 ASTM D7566

附属書 No.	種類	概要	原料	従来燃料への混合上限
A1	FT-SPK	バイオマスガス化, Fischer-Tropsch 合成	木質, 都市ゴミ, セルロース系バイオマス等	50 vol%
A2	HEFA SPK	油脂および脂肪酸の水添	廃食油等の油脂	50 vol% ※
A3	SIP	糖由来合成イソパラフィン	バイオマス糖	10 vol% ※
A4	SPK/A	非化石由来の芳香族をアルキル化した合成ケロシン	非石油由来芳香族	50 vol% ※
A5	ATJ	バイオ原料をブタノールまたはエタノール転換後水添	バイオマス糖や都市ゴミ(衣料等)など	50 vol%
A6	CHJ	微細藻類および廃食油を水素化熱水分解	微細藻類および廃食油	50 vol%
A7	HC-HEFA SPK	微細藻類由来の炭化水素を水添	微細藻類抽出油	10 vol%
<u>A8</u>	<u>ATJ-A</u>	<u>C2~C5 アルコールを水素化(芳香族を含む)</u>	<u>バイオマス糖や都市ゴミ(衣料等)など</u>	<u>50 vol%</u>

※燃料の密度や芳香族含有率等の性状によっては、混合率が規定の上限未満に制限されることがある。

【参考資料】

- 石油技術協会誌, 第48巻 第3号 (2025)
- 石油製品のできるまで, 石油連盟
- 石油のおはなし その将来と技術/, 小西 誠一 著, 日本規格協会
- 石油学入門, 上原 益夫 著, 日刊工業新聞社
- 石油学入門 上原益夫 著, 日刊工業新聞社
- 再生可能エネルギーの仕組みと同行がよくわかる本, 今村雅人 著, 秀和システム
- 石油・天然ガスレビュー, 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構
- 国土交通白書 令和4年度(2022年)版, 令和2年度(2020年)版
- 環境省ウェブサイト
- IPCC 第6次評価報告書 (AR6, 2021年~)
- 国際エネルギー機関 (IEA)
- ぜんせき 全国石油商業組合連合会発行

おことわり

本レポートの内容は、すべてが一般社団法人日本海事検定協会としての見解を示すものではありません。正確な情報を記載するように進めてはおりますが、本調査の内容に誤認識がある可能性もあります。

染料スペクトルデータベース

目次

[測定物質（構造式）](#)

[溶剤への溶解性及びpHによる色調変化](#)

[赤外線吸収スペクトル分析（FT-IR）](#)

[蛍光スペクトル（FL）](#)

[紫外可視吸収スペクトル分析（UV-VIS）](#)

[熱分解-ガスクロマトグラフ質量分析（Pyro-GCMS）](#)

表1 測定物質

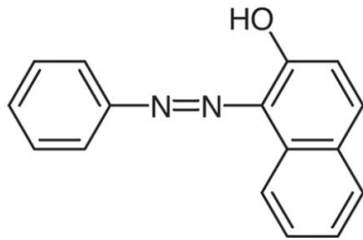
染料名称【別名】	染料分類	分析項目				
		溶解性	FT-IR	UV-vis	FL	Pyro-GC MS
黄色・橙色・赤色染料						
1. Sudan I 【Solvent Yellow 14／オイルオレンジ／スカーレット B／スダンエロー】	アゾ	○	○	○	○	○
2. Sudan II 【Oil Red XO／ソルベントオレンジ 7】	アゾ	○	○	○	○	○
3. Sudan III 【Solvent Red AS／ソルベントレッド 23】	アゾ	○	○	○	○	○
4. Sudan IV 【Oil Red／ソルベントレッド 24／スカーレットレッド】	アゾ	○	○	○	○	○
5. Oil Red O 【Solvent Red 27】	アゾ	○	○	○	○	○
6. Curcumin yellow (合成)	共役ジエン, ジケトン	○	○	○	○	○
7. Curcumin yellow (天然)	共役ジエン, ジケトン	○	○	○	○	○
8. Carminic Acid (Natural dye)	アントラキノン	○	○	○	○	○
9. チオインジゴ Thioindigo 【Fluorescent Red Dye／Vat Red 41】	インジゴ, 共役ジエン	○	○	○	○	○
10. Acid red 1【アミドナフトールレッド／アゾフロキシシン／ポンタシルカルミン／レッド 2G】	アゾ, -SO3Na	○	○	○	○	○
11. Acid red 9【シルクスカーレット】	アゾ, -SO3Na	○	○	○	○	○
12. Acid red 18【ニューコクシン／ボンソー4R／スカーレット 3R】	アゾ, -SO3Na	○	○	○	○	○
13. Acid red 26【Ponceau de Xylidine／Ponceau R】	アゾ, -SO3Na	○	○	○	○	○
14. Acid red 27【アマランス／アゾルビン S／ボルドーS／ナフトールレッド／ウールレッド 40F】	アゾ, -SO3Na	○	○	○	○	○
15. Acid red 52【アシッドレッド／スルホローダミン B／キシレンレッド】	キサントゲン, -SO3Na	○	○	○	○	○
16. Ethyl red【4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸】	アゾ	○	○	○	○	○
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran	キサントゲン	○	○	○		○
18. Liquid Orange SRF (混合品／燃料油用)	(pyro よりアゾと推測)	○	○	○	○	○
19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)	不明	○	○	○	○	○
20. メチルエロー【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】	アゾ	○	○	○	○	
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone	アントラキノン	○	○	○	○	○
22. 1-Aminoanthraquinone	アントラキノン	○	○	○	○	○
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone【Disperse Violet 17】	アントラキノン	○	○	○	○	○

表2 測定物質

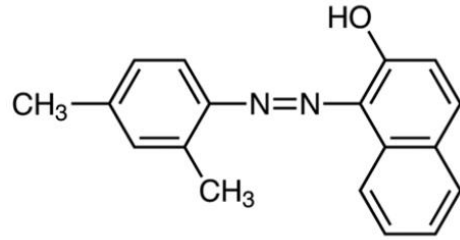
染料名称【別名】	染料分類	分析項目				
		溶解性	FT-IR	UV-vis	FL	Pyro-GC MS
青色染料						
1. キシレンシアノール FF【Acid Blue 147】	トリフェニルメタン	○	○	○	○	○
2. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83/アシッドシアニン 6B/アリザリニルピノール 5G/ソーラーシアニン 6B /クマシーブリリアントブルーR-250】	トリフェニルメタン	○	○	○	○	○
3. インジゴカルミン【Acid Blue 74】	インジゴイド	○	○	○	○	○
4. アシッドブルー 3 ナトリウム	トリフェニルメタン	○	○	○	○	○
5. Acid Blue 9【ブリリアントブルーFCF/エリオグラウシン A】	トリフェニルメタン	○	○	○	○	○
6. Acid Blue 119【アルカリブルー6B】	トリフェニルメタン	○	○	○	○	○
7. Acid Black 1【アミドブラック 10B/アミノシュワルツ 10B/バッファローブラック NBR /ナフトールブルーブラック】	アゾ	○	○	○	○	○
8. ブリリアントブルーG【Acid Blue90/クマシーブリリアントブルーG-250/CBB G-250】	トリフェニルメタン	○	○	○	○	○
9. Acid Blue 92【アシッドブルーA/アナゾレンナトリウム】	アゾ	○	○	○	○	○
10. Disperse Blue14【1,4-ビス（メチルアミノ）アントラキノン】	アントラキノン	○	○	○	○	○
11. 1,4-ジアミノアントラキノン	アントラキノン	○	○	○	○	○
12. 1,4-ビス（イソプロピルアミノ）アントラキノン	アントラキノン	○	○	○	○	○
13. キニザリンブルー（1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン）	アントラキノン	○	○	○	○	○

黄色・橙色・赤色染料

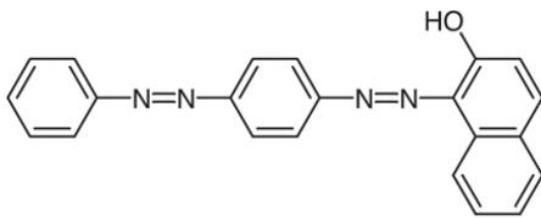
1. Sudan I (Solvent Yellow 14)



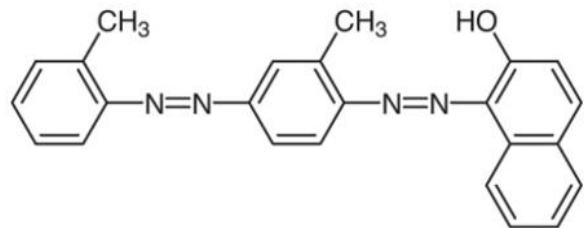
2. Sudan II (Oil Red XO)



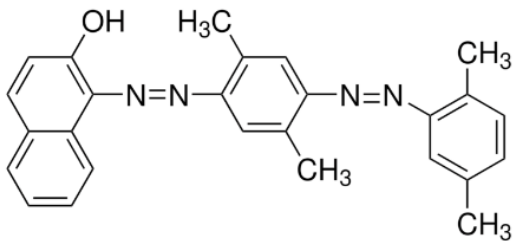
3. Sudan III (Solvent Red AS)



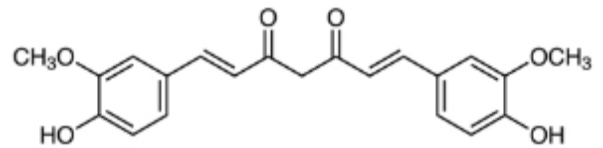
4. Sudan IV (Oil Red)



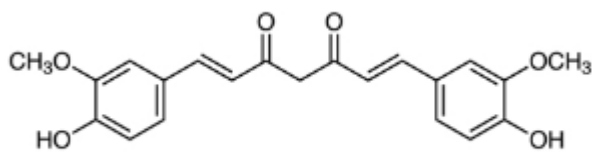
5. Oil Red O (Solvent Red 27)



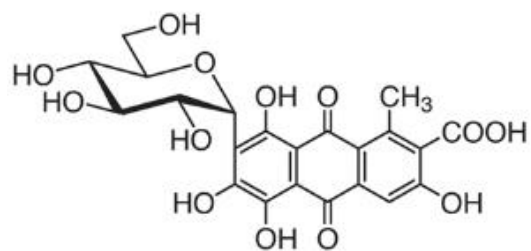
6. Curcumin yellow (合成)



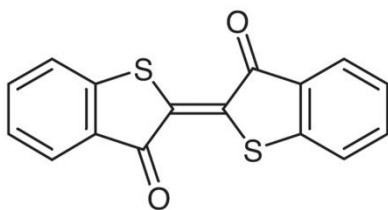
7. Curcumin yellow (天然)



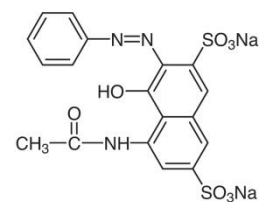
8. Carminic Acid (Natural dye)

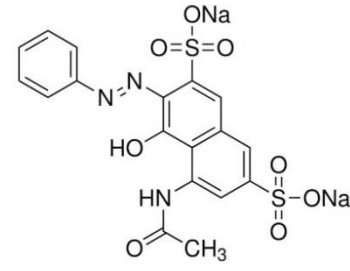
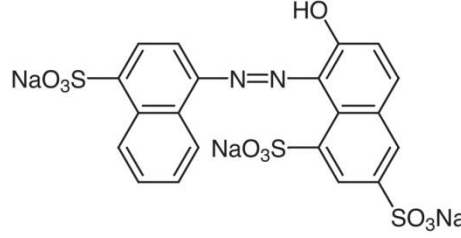
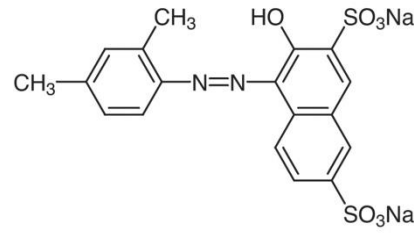
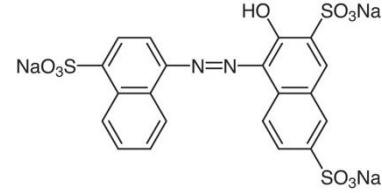
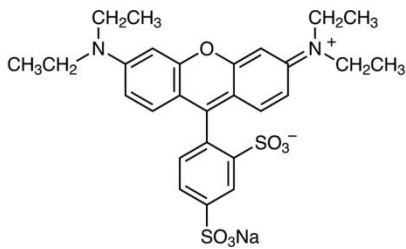
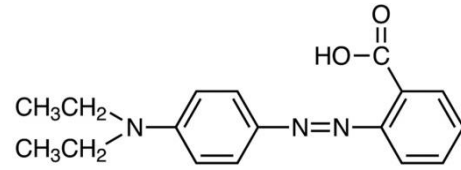
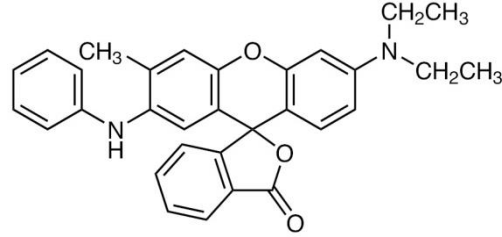
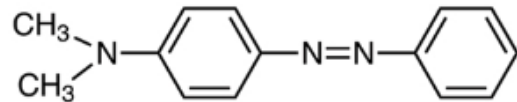


9. Thioindigo (Fluorescent Red Dye / Vat Red 41)

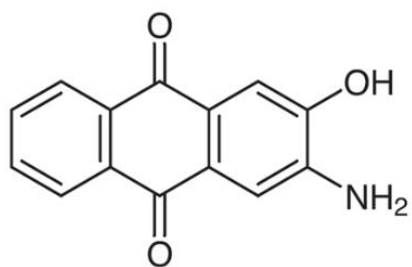


10. Acid red 1 (アミドナフトールレッド / アゾフロキシシン / ポンタシルカルミン / レッド 2G)

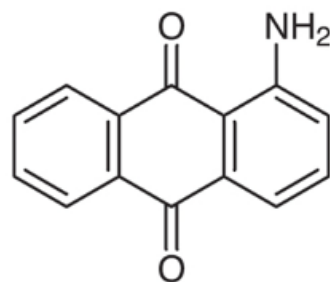


<p>11. Acid red 9 (シルクスカーレット)</p> 	<p>12. Acid red 18 (ニューコクシン/ポンソー4R/スカーレット 3R)</p> 
<p>13. Acid red 26 (Ponceau de Xylidine/Ponceau R)</p> 	<p>14. Acid red 27 (アマランス/アゾルビン S/ボルドーS/ナフトールレッド/ウールレッド 40F)</p> 
<p>15. Acid red 52 (アシッドレッド/スルホローダミン B/キシレンレッド)</p> 	<p>16. Ethyl red (4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸)</p> 
<p>17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran</p> 	<p>18. Liquid Orange SRF (混合品/燃料油用)</p> <p>物質構造不明</p>
<p>19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)</p> <p>物質構造不明</p>	<p>20. メチルエロー</p> 

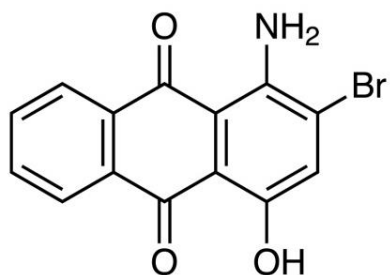
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone



22. 1-Aminoanthraquinone

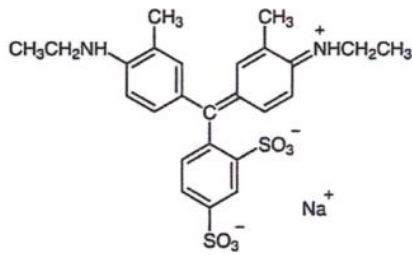


23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone

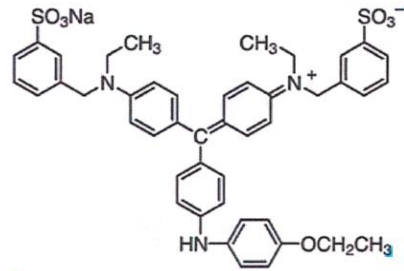


青色染料

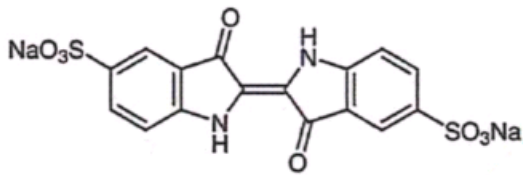
1. キシレンシアノール FF



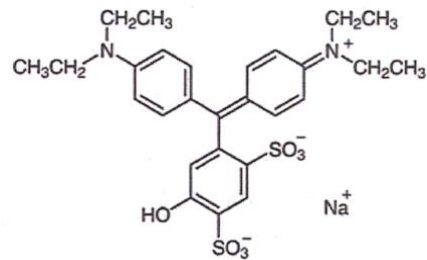
2. ブリリアントブルーR



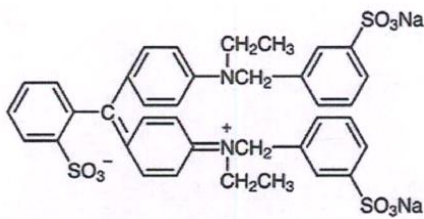
3. インジゴカルミン



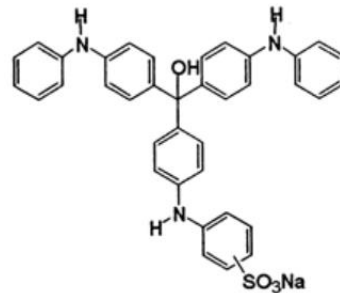
4. アシッドブルー 3 Na



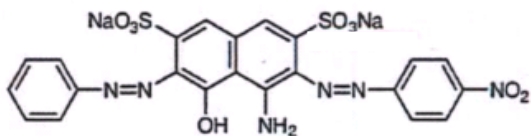
5. アシッドブルー 9



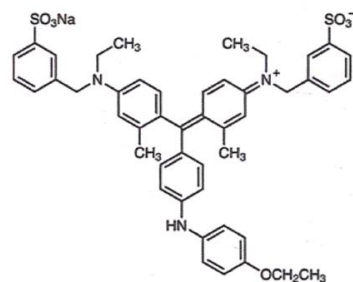
6. アシッドブルー 119



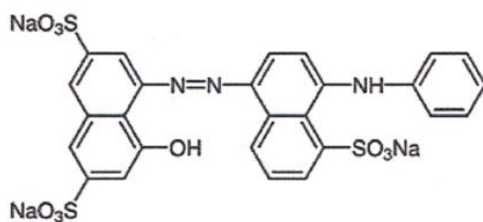
7. アシッドブラック 1



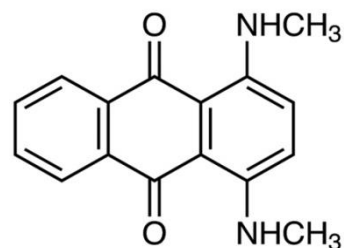
8. ブリリアントブルーG



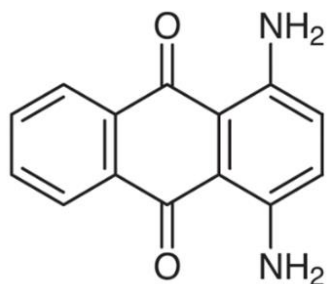
9. アシッドブルー 9 2



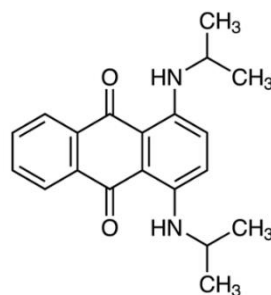
10. Disperse Blue 14



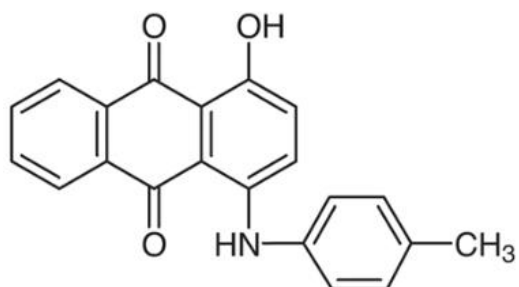
11. 1,4-Diaminoanthraquinone



12. 1,4-Bis(isopropyl amino)anthraquinone



13. Quinizarin Blue



染料

【赤系染料】

1. Sudan I 【Solvent Yellow 14／オイルオレンジ／スカーレット B／スダンエロー】
2. Sudan II 【Oil Red XO／ソルベントオレンジ 7】
3. Sudan III 【Solvent Red AS／ソルベントレッド 23】
4. Sudan IV 【Oil Red／ソルベントレッド 24／スカーレットレッド】
5. Oil Red O 【Solvent Red 27】
6. Curcumin yellow (合成)
7. Curcumin yellow (天然)
8. Carminic Acid (天然)
9. チオインジゴ Thioindigo 【Fluorescent Red Dye／Vat Red 41】
10. Acid red 1 【アミドナフトールレッド／アゾフロキシソ／ポンタシルカルミン／レッド 2G】
11. Acid red 9 【シルクスカーレット】
12. Acid red 18 【ニューコクシン／ポンソー4R／スカーレット 3R】
13. Acid red 26 【Ponceau de Xylidine／Ponceau R】
14. Acid red 27 【アマランス／アゾルビン S／ボルドーS／ナフトールレッド／ウールレッド 40F】
15. Acid red 52 【アシッドレッド／スルホローダミン B／キシレンレッド】
16. Ethyl red 【4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸】
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran
18. Liquid Orange SRF (混合品／燃料油用)
19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)
20. メチルエロー 【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone
22. 1-Aminoanthraquinone
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone 【Disperse Violet 17】

【青色染料】

1. キシレンシアノール FF 【Acid Blue 147】
2. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83／アシッドシアニン 6B／アリザリンルビノール 5G／ソーラーシアニン 6B／クマシーブリリアントブルーR-250】
3. インジゴカルミン 【Acid Blue 74】
4. アシッドブルー 3 ナトリウム
5. Acid Blue 9 【ブリリアントブルーFCF／エリオグラウシン A】
6. Acid Blue 119 【アルカリブルー6B】
7. Acid Black 1 【アミドブラック 10B／アミノシュワルツ 10B／バッファローブラック NBR／ナフトールブルーブラック】
8. ブリリアントブルーG 【Acid Blue 90／クマシーブリリアントブルーG-250／CBB G-250】
9. Acid Blue 92 【アシッドブルーA／アナゾレンナトリウム】
10. Disperse Blue 14 【1,4-ビス(メチルアミノ)アントラキノン】
11. 1,4-ジアミノアントラキノン
12. 1,4-ビス(イソプロピルアミノ)アントラキノン
13. キニザリンブルー (1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン)

【分析条件】

■ GC-MS

オープン

初期温度 : 40°C (3 min)
昇温速度 : 15°C/min
最高温度 : 320°C (3min)

注入口

モード : スプリット (25 : 1)
初期温度 : 320°C

カラム

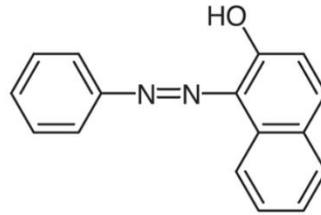
モデル番号 : DB-5MS (Agilent J & W 社製)
カラム長さ : 30 m
カラム内径 : 250.00 μ m
カラム膜厚 : 1.0 μ m
線速度 : 65 cm/sec

■ 熱分解装置

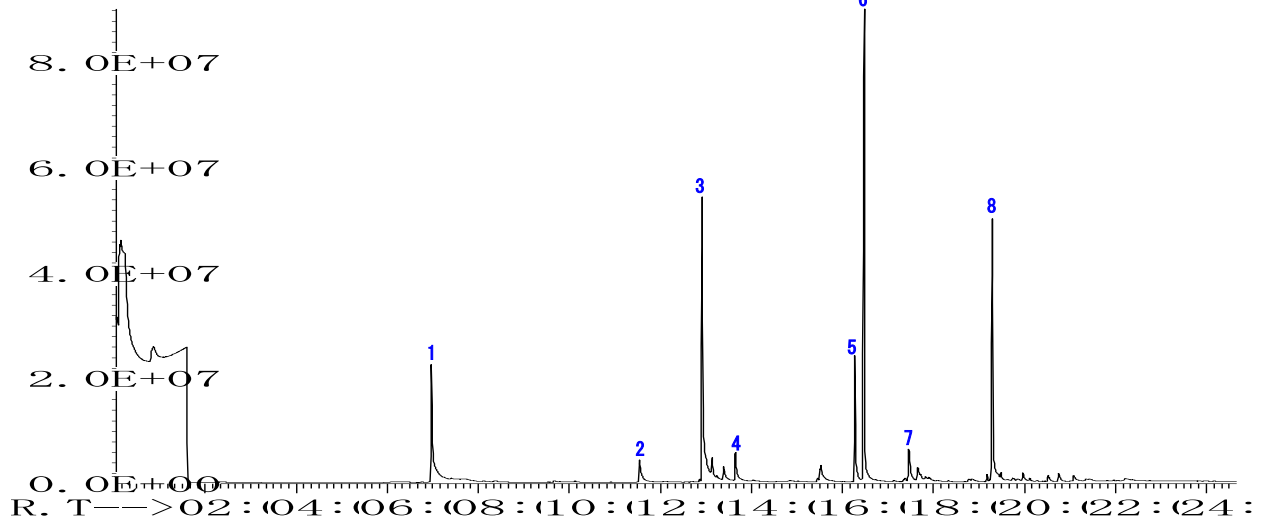
キュリーポイントインジェクター JCI-55 (日本分析工業会株式会社製)

熱分解温度 : 590°Cもしくは764°C (5 秒間)

Sudan I



: : 90263040 - 0

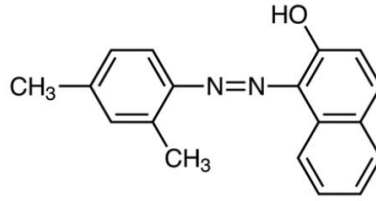


検出成分

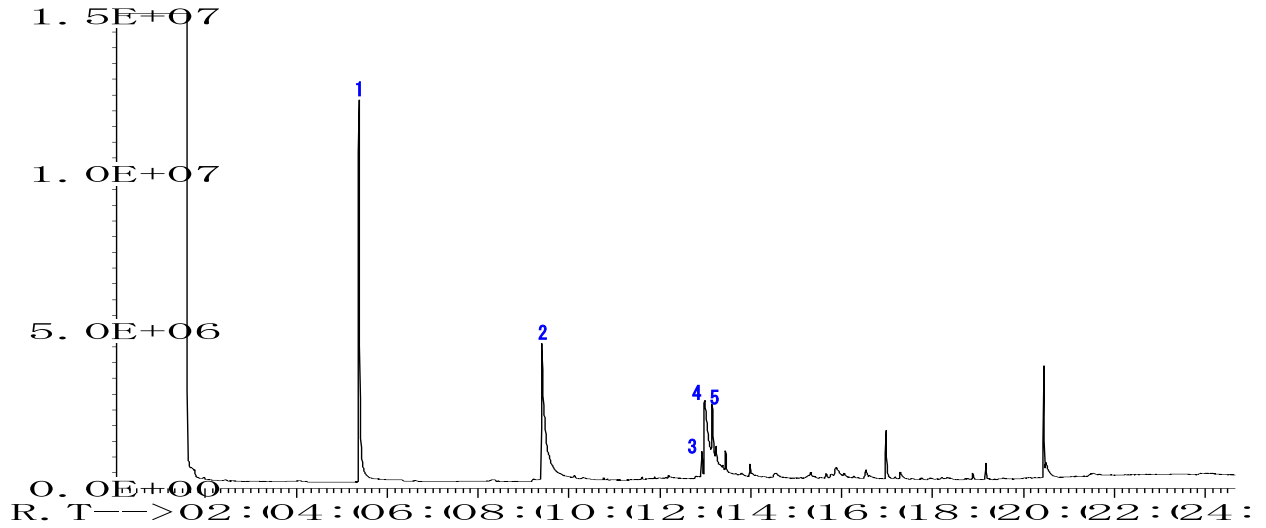
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	アニリン	62-53-3	
2	ビフェニル	92-52-4	
3	2-ナフトール	90-15-3	
4	ジフェニルアミン	122-39-4	
5	2-フェノキシナフタレン	19420-29-2	
6	1-フェノキシナフタレン (79)	3402-76-4	
7	ベンゾ[b]ナフト[2,3-d]フラン	243-42-5	
8	1-フェニルアゾ-2-ナフトール (試料原形)	842-07-9	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Sudan II



C : 15080771 - 0

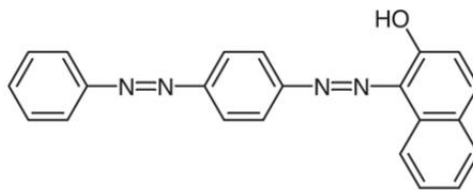


検出成分

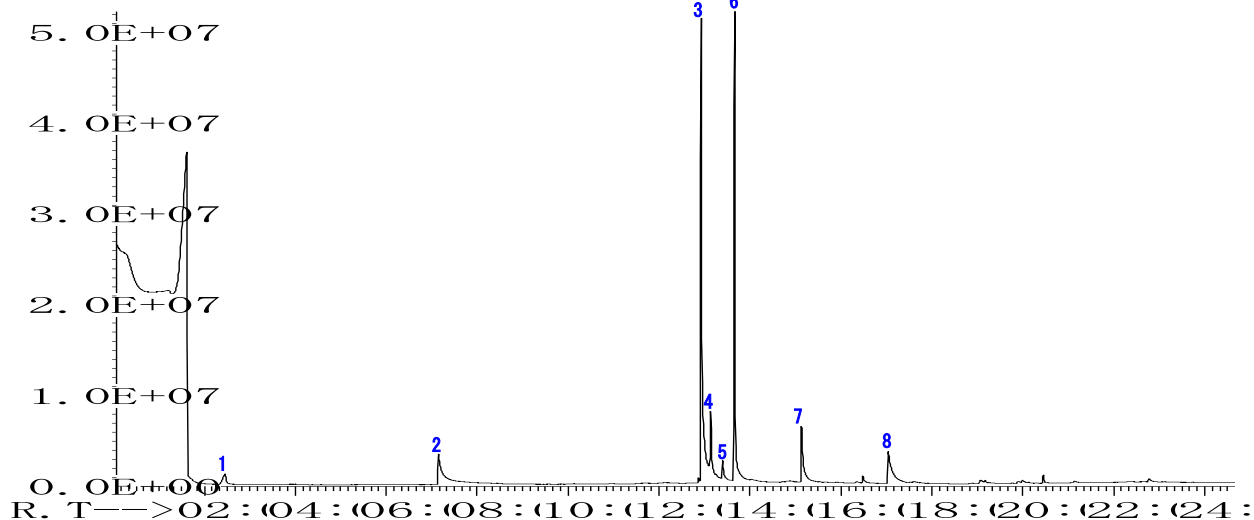
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	m-キシレン	108-38-3	
2	4-アミノ-o-キシレン (2,4-キシリジン)	95-68-1	
3	2,2',5,5'-テトラメチルビフェニル	3075-84-1	
4	2-ナフトール	135-19-3	
5	1-ナフチルイソシアネート	86-84-0	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Sudan III



C : 52292696 - 0

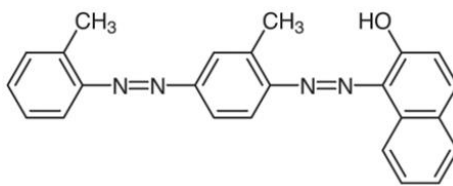


検出成分

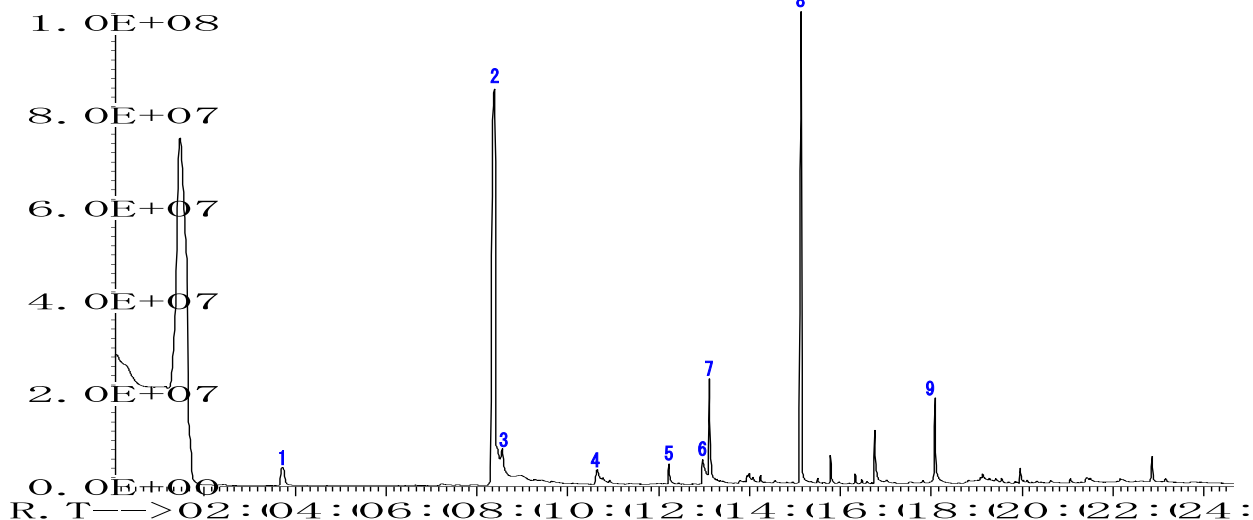
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	アニリン	62-53-3	
3	2-ナフトール	135-19-3	
4	1-ナフチルイソシアネート	86-84-0	
5	2-アミノビフェニル	90-41-5	
6	アゾベンゼン	286-67-5	
7	2-フェニル-2H-1,2,3- ベンゾトリアゾール	1916-72-9	
8	3-アミノアゾベンゼン	60-09-3	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Sudan IV



102396288 - 0

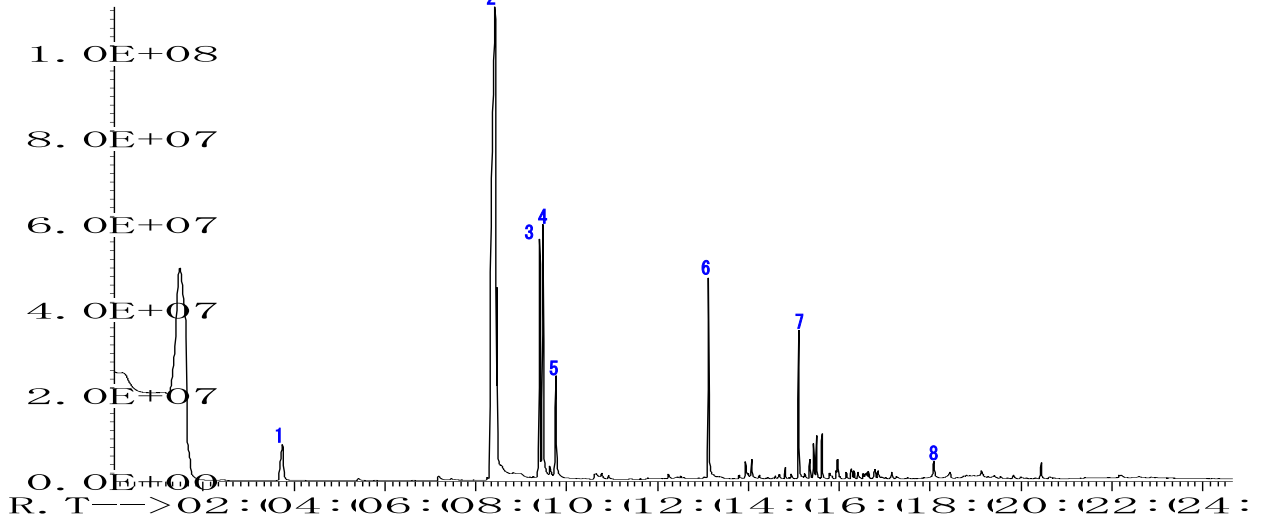
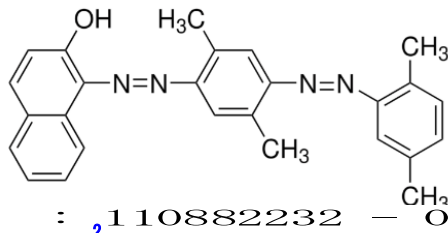


検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	トルエン	108-88-3	
2	2-メチルアニリン (o-トルイジン)	106-49-0	
3	3-メチルアニリン (m-トルイジン)	334-24-5	
4	2-アミノベンズニトリル (o-シアノアニリン)	1885-29-6	
5	2-メトキシナフタレン	155-06-5	
6	2-ナフトール	135-19-3	
7	1-ナフチルイソシアネート	86-84-0	
8	2,2'-アゾトルエン	584-90-7	
11	4-アミノ-3,2'-アゾトルエン	97-56-3	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Oil Red O

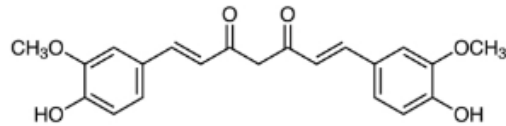


検出成分

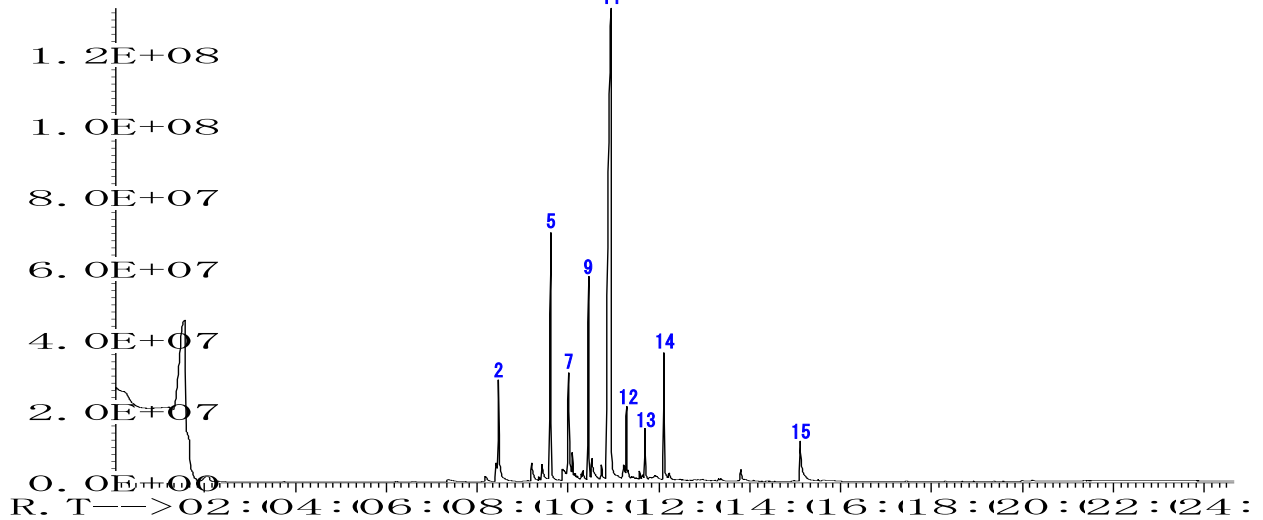
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	トルエン	108-88-3	
2	2-メチルアニリン (o-トルイジン)	106-49-0	
3	ジメチルアニリン (キシリジン)	95-68-1	
4		95-64-7	
5		95-78-3 等	
6	1-ナフチルイソシアネート	86-84-0	
7	2,2'-アゾトルエン	584-90-7	
8	4-アミノ-3,2'-アゾトルエン	97-56-3	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Curcumin Yellow (合成)



: 133264936 - 0

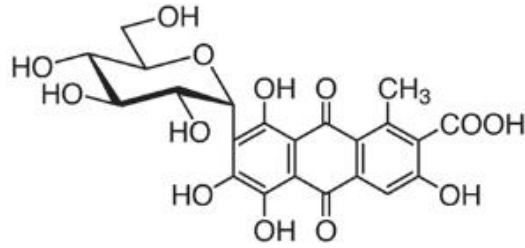


検出成分

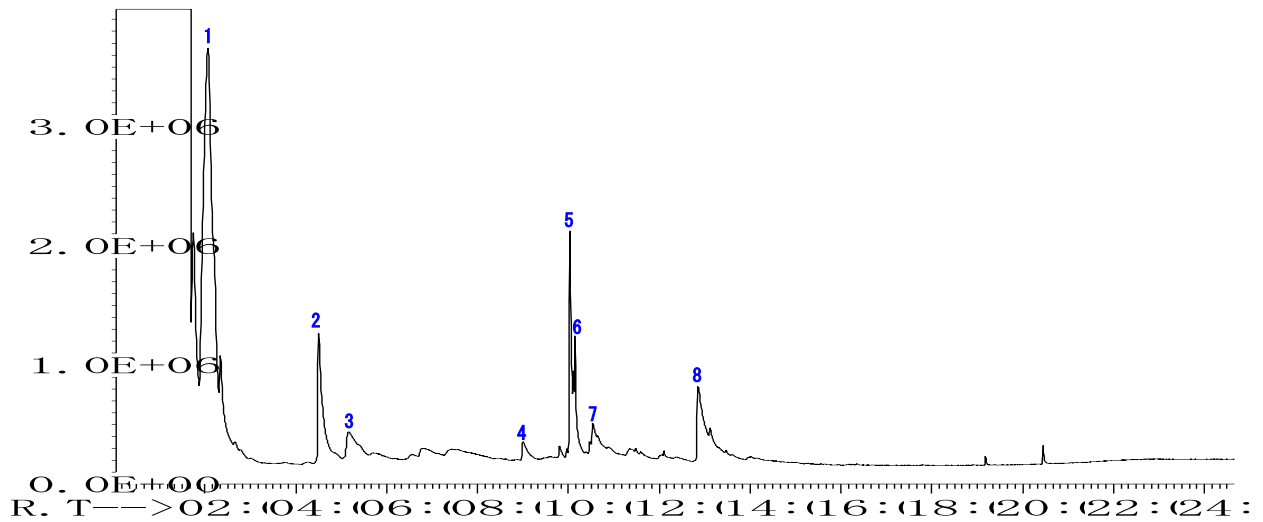
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
2	o-メトキシフェノール (グアイアコール)	90-05-1	
5	2-メトキシ-4-メチルフェノール (クレオソール)	93-51-6	
7	4-ビニルフェノール	2628-17-3	
9	4-エチル-2-メトキシフェノール (4-エチルグアイアコール)	2785-89-9	
11	2-メトキシ-4-ビニルフェノール (4-ビニルグアイアコール)	7786-61-0	
12	2-メトキシ-4-プロピルフェノール (4-プロピルグアイアコール)	2785-87-7	
13	4-アリル-2-メトキシフェノール (オイゲノール)	97-53-0	
14	トランス-2-メトキシ-4-(1-プロペニル)フェノール (トランス-イソオイゲノール)	97-54-1	
15	4-(4-ヒドロキシ-3-メトキシフェニル)-3-ブテン-2-オン	1080-12-2	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Carmic acid



: 3983180 - 0

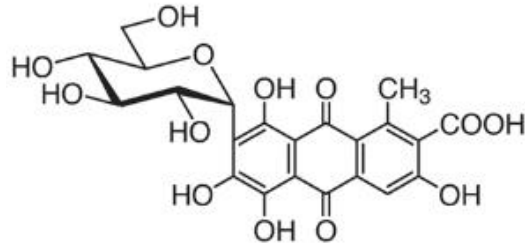


検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	酢酸	64-19-7	
2	2-(5H)-フラノン	623-49-4	
3	2-フランカルボキシアルデヒド (フルフラール)	98-01-1	
4	6,8-[3.2.1]oct-2-en-4-one (レボグルコセノン)	237-54-4	
5	1,4:3,6-Dianhydro- α -D-glucopyranose	98-14-8	
6	Methyl 3,6-anhydro- β -D-glucopyranoside	3056-46-0	
7	シス-1,2-シクロヘキサンジオール	1792-81-0	
8	1,6-Anhydro- β -D-glucopyranose (レボグルコサン)	498-07-7	

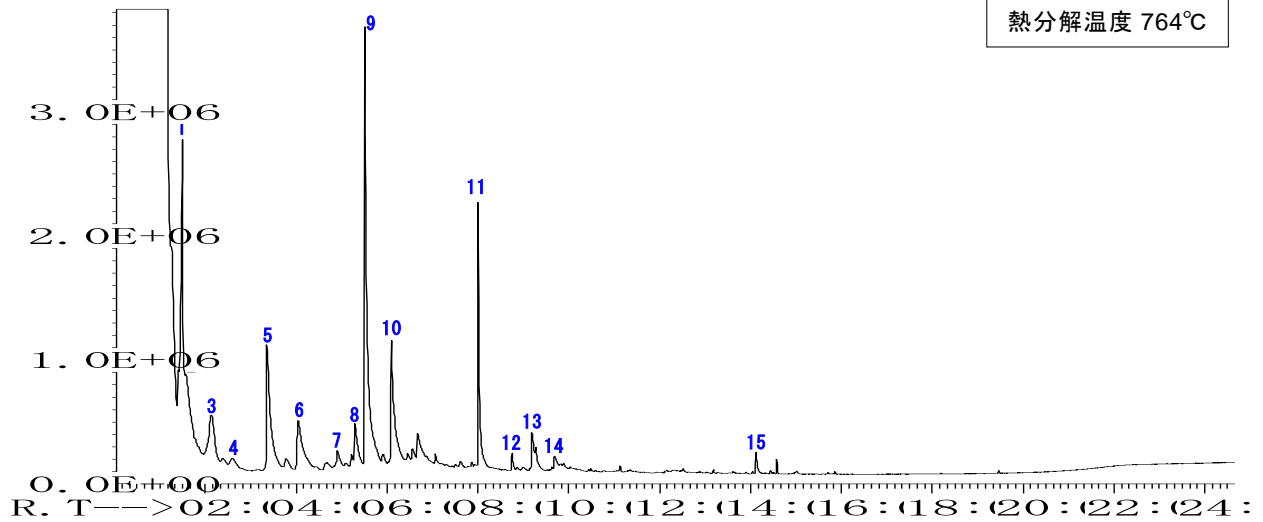
※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Carmic acid




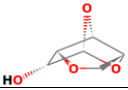

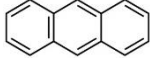
C : 3826624 - 0

熱分解温度 764°C



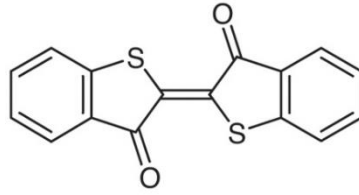
検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	酢酸	64-19-7	
2	ベンゼン	71-43-2	
3	無水酢酸	108-24-7	
4	トルエン	108-88-3	
5	2-(5H)-フラノン	623-49-4	
6	2-フランカルボキシアルデヒド (フルフラール)	98-01-1	
7	フェノール	108-95-2	
8	1-(2-フランイル)-エタノン (2-アセチルフラン)	1192-62-7	
9	ジヒドロ-3-メチレン-2(3H)-フラノン (α-メチレン-γ-ブチロラクトン)	547-65-9	
10	5-メチル-2-フランカルボキシアルデヒド (5-メチルフルフラール)	98-01-1	
11	6,8-[3.2.1]oct-2-en-4-one (レボグルコセノン)	237-54-4	

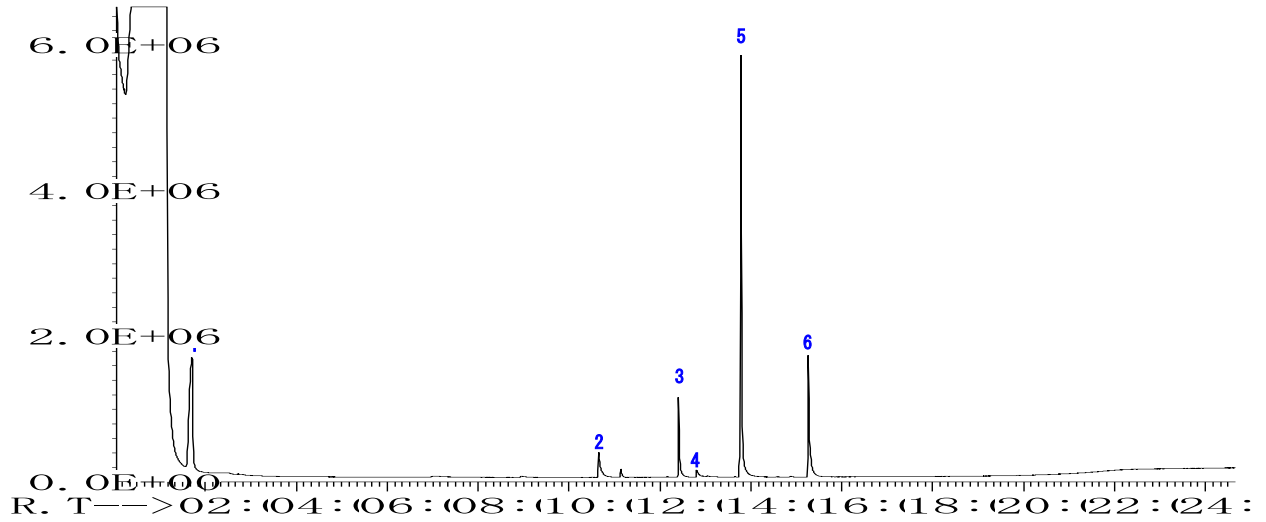
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
12	ナフタレン	379-70-1	
13	1,4:3,6-Dianhydro- α -D-glucopyranose	98-14-8	
14	シス-1,2-シクロヘキサンジオール	1792-81-0	
15	アントラセン	120-12-7	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり, 標準物質によって確認したものではない。

Thioindigo



C : 6525075 - 0

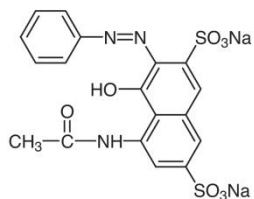


検出成分

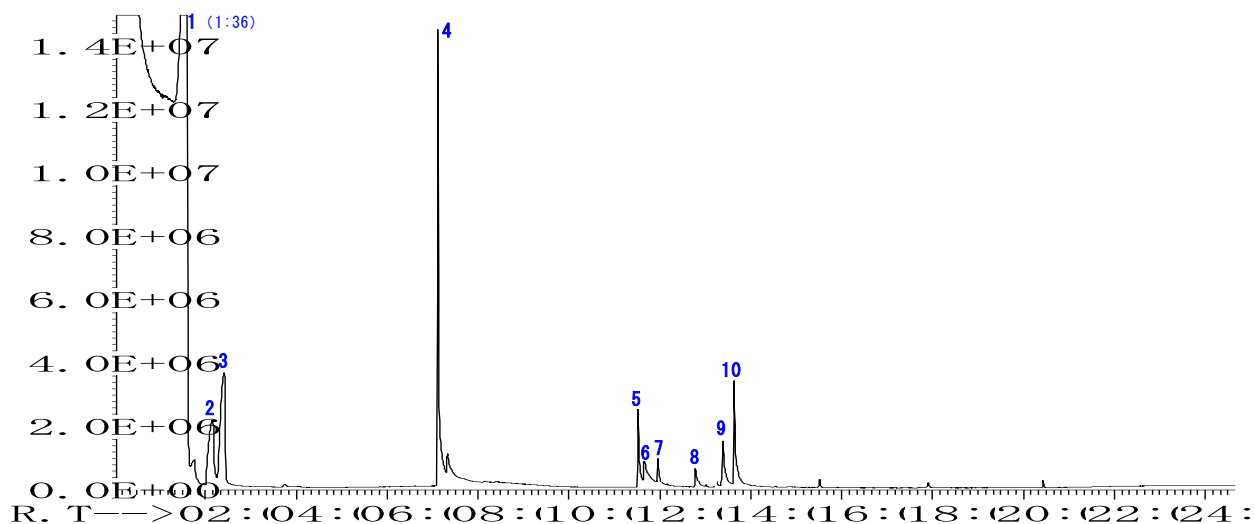
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	ビフェニル	92-52-4	
3	ジフェニルスルフィド	139-66-2	
4	ベンゾフェノン	119-61-9	
5	ジベンゾチオフェン	132-65-0	
6	チアントレン	92-85-3	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Acid red 1



C : 14978132 - O

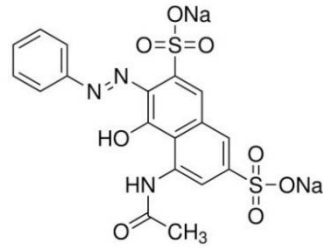


検出成分

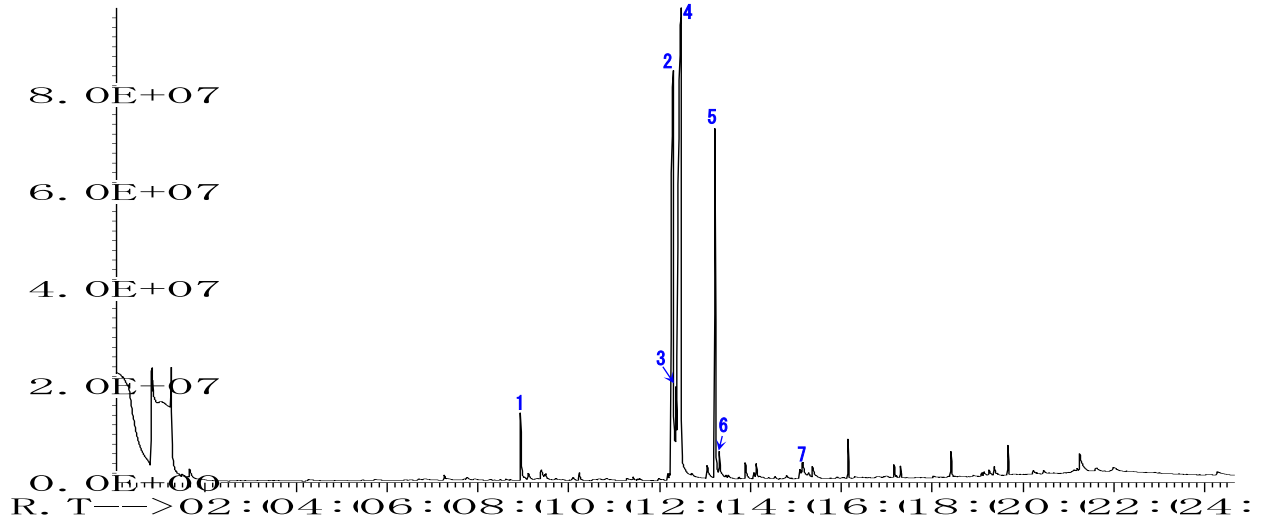
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	二酸化硫黄	7446-09-5	
2	酢酸	64-19-7	
3	ベンゼン	71-43-2	
4	アニリン	62-53-3	
5	ビフェニル	92-52-4	
6	アセトアニリド	103-84-4	
7	ジフェニルメタン	101-81-5	
8	o-ヒドロキシビフェニル	90-43-7	
9	o-アミノビフェニル	90-41-5	
10	ジフェニルアミン	122-39-4	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Acid red 9



C : 97975776 - 0

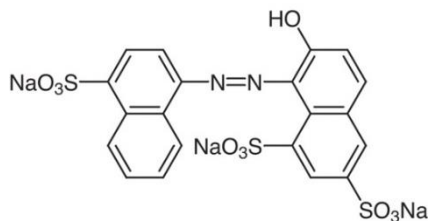


検出成分

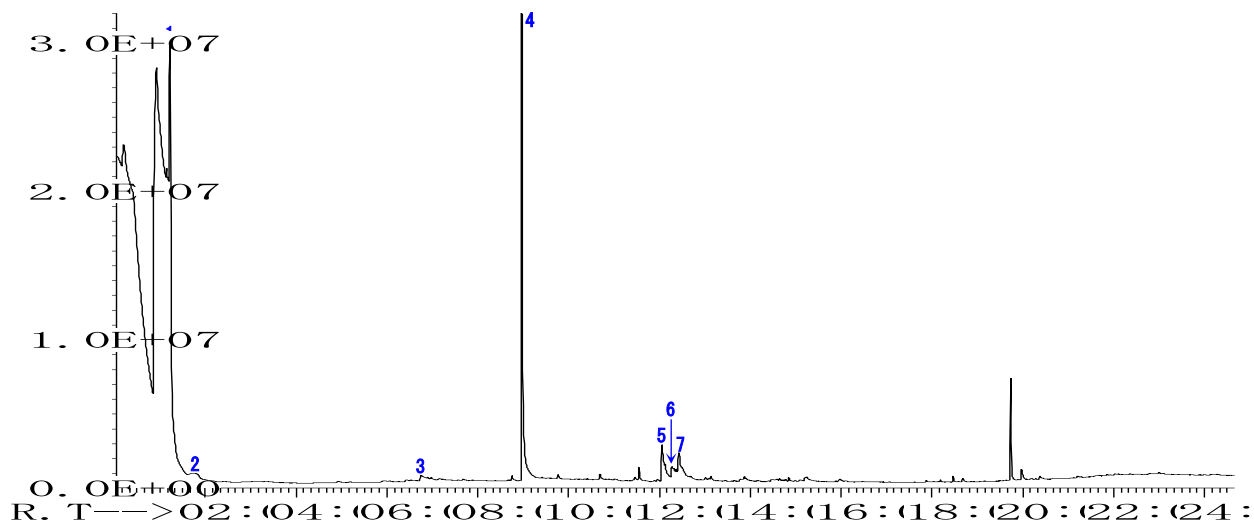
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ナフタレン	379-70-1	
2	1-ナフトール	90-15-3	
3	ジベンゾフラン	132-64-9	
4	1-ナフチルイソシアネート	86-84-0	
5	フェノキサジン	135-67-1	
6	ビフェニル-4-カルボキシアルデヒド	3218-36-8	
7	4-アセチルアミノビフェニル	4075-79-0	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Acid red 18



C : 32009888 - O

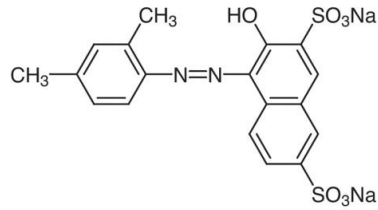


検出成分

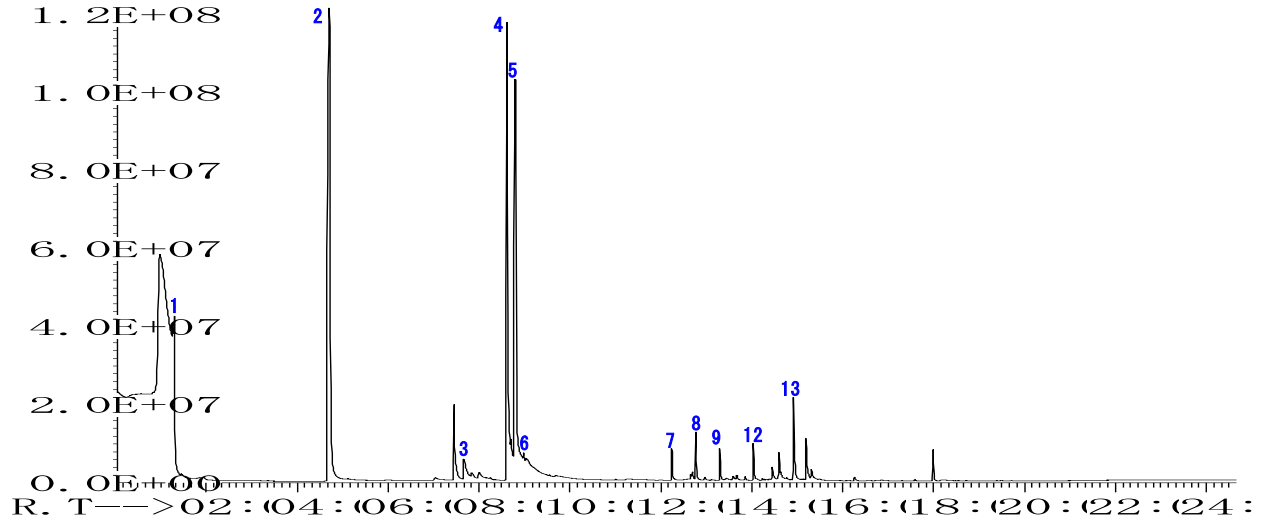
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	二酸化硫黄	7446-09-5	
2	ベンゼン	71-43-2	
3	イソシアノベンゼン	931-54-4	
4	ナフタレン	91-20-3	
5	1-イソシアノナフタレン	130-15-4	
6	2-ナフトール	135-19-3	
7	1-ナフチルアミン	134-32-7	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Acid red 26



: 121711584 - 0

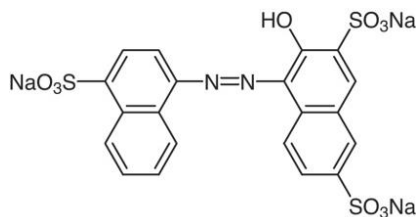


検出成分

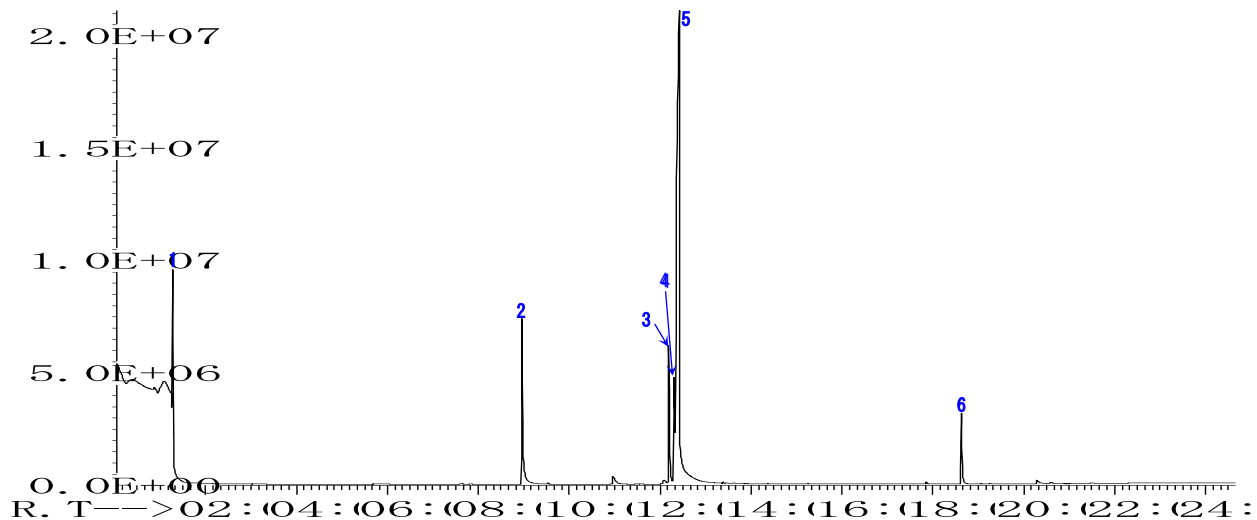
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	二酸化硫黄	7446-09-5	
2	m-キシレン	108-38-3	
3	o-クレゾール	95-48-7	
4	2,4-キシレノール	105-67-9	
5	2,4-キシリジン	95-68-1	
6	ナフタレン	91-20-3	
7	テトラメチルビフェニル	3075-84-1	
8		25570-05-29	
9		4920-95-0 等	
12	4,4'-Diamino-3,3'-dimethyldiphenylmethane	838-88-0	
13	ジ-(3,4-ジメチルフェニル)アミン	55389-75-8	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Acid red 27



: 21121450 - 0

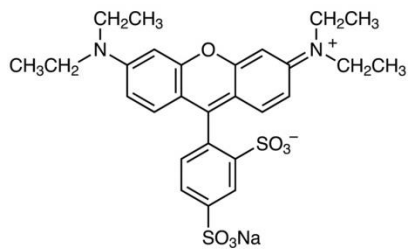


検出成分

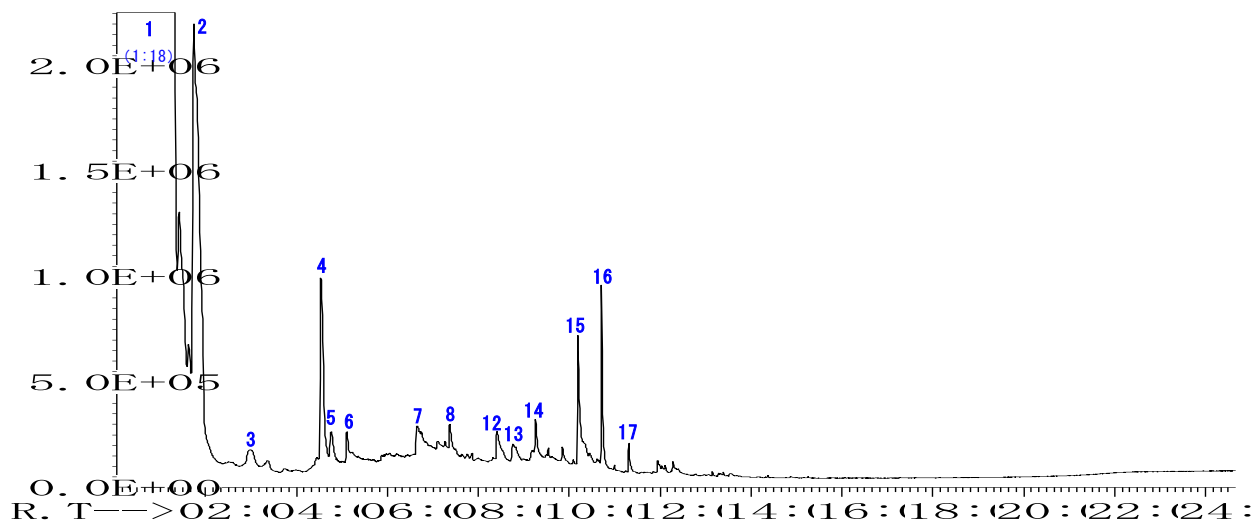
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	二酸化硫黄	7446-09-5	
2	ナフタレン	91-20-3	
3	1-ナフトール	334-16-3	
4	2-ナフトール	135-19-3	
5	1-ナフチルアミン	134-32-7	
6	1-(2-ナフチルオキシ)ナフタレン	611-49-4	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Acid red 52

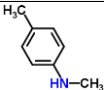
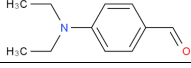
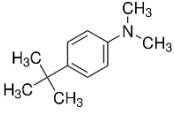


: 2253626 - 0



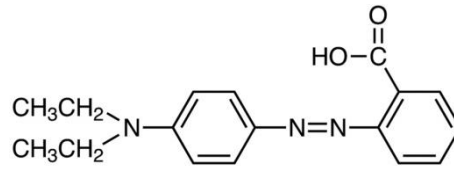
検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	二酸化硫黄	7446-09-5	
2	ベンゼン	71-43-2	
3	トルエン	108-88-3	
4	エチルベンゼン	100-41-4	
5	p-キシレン	106-42-3	
6	o-キシレン	95-47-6	
7	アニリン	62-53-3	
8	n-ブチルベンゼン	104-51-8	
12	N-エチルアニリン	103-69-5	
13	o-エチルアニリン	578-54-1	
14	N,N-ジエチルアニリン	91-66-7	

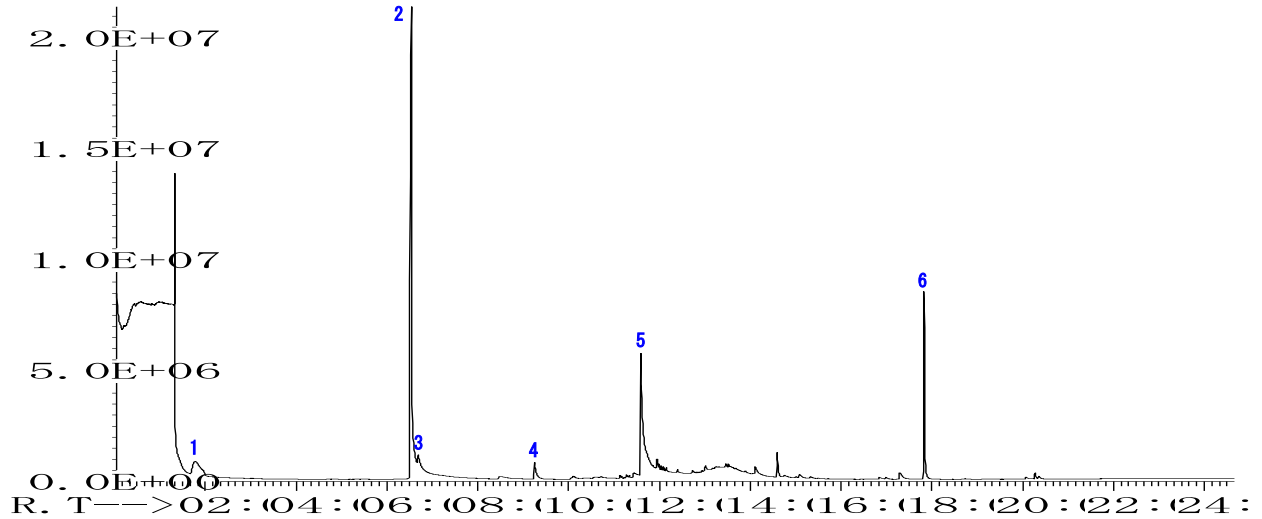
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
15	N,4-ジエチルアニリン	4960-26-3	
16	p-ジエチルアミノベンズアルデヒド	120-21-8	
17	p-tert-ブチル-N,N-ジメチルアニリン	2909-79-7	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Ethyl red



C : 21411662 - 0

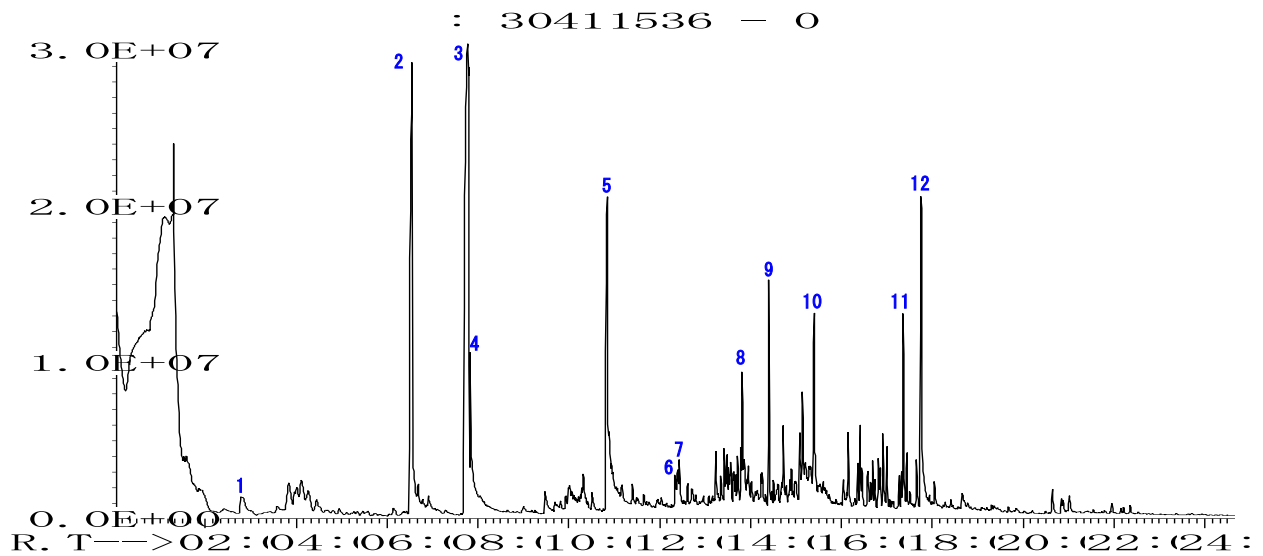


検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	アニリン	62-53-3	
3	イソシアノベンゼン	931-54-4	
4	N,N-ジエチルアニリン	91-66-7	
5	4-アミノ-N,N-ジエチルアニリン	93-05-0	
6	4-ジエチルアミノアゾベンゼン	42173-25-1	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

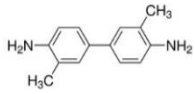
Liquid Orange SRF



※染料以外の含有成分やその分解物とみられる炭化水素が多い。

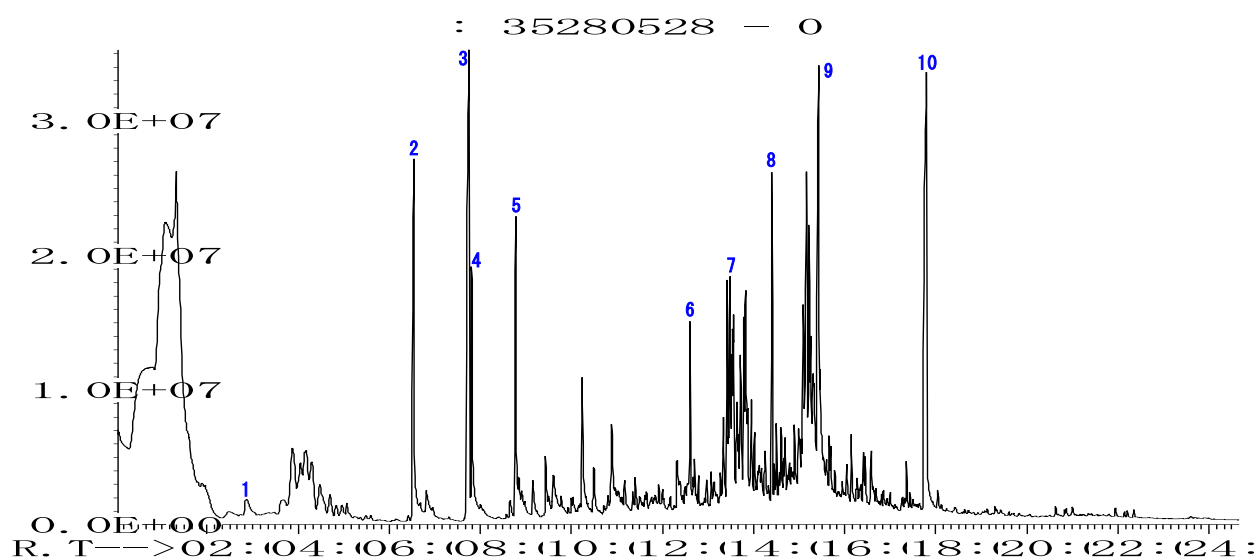
検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	トルエン	10-88-3	
2	アニリン	62-53-3	
3	2-メチルアニリン (o-トルイジン)	106-49-0	
4	3-メチルアニリン (m-トルイジン)	334-24-5	
5	2,5-ジアミノトルエン	95-70-5	
6	2-ナフトール	135-19-3	
7	1-ナフチルイソシアネート	86-84-0	
8	4-メチルアゾベンゼン	949-87-1	
9	2,2'-アゾトルエン	584-90-7	
10	Bis[4-メチルフェニル]アミン	620-93-9	
11	4-アミノ-3,2'-アゾトルエン	97-56-3	

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
12	3,3'-ジメチル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン (o-トリジン)	119-93-7	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

Oil Orange M Liquid



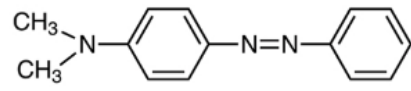
※染料以外の含有成分やその分解物とみられる炭化水素が多い。

検出成分

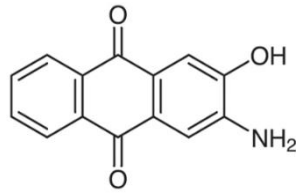
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	トルエン	10-88-3	
2	アニリン	62-53-3	
3	2-メチルアニリン (o-トルイジン)	106-49-0	
4	3-メチルアニリン (m-トルイジン)	334-24-5	
5	2,4-キシリジン	95-68-1	
6	3,3'-ジメチルビフェニル	612-75-9	
7	4-メチルアゾベンゼン	949-87-1	
8	2,2'-アゾトルエン	584-90-7	
9	Bis[4-メチルフェニル]アミン	620-93-9	
10	3,3'-ジメチル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン (o-トリジン)	119-93-7	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

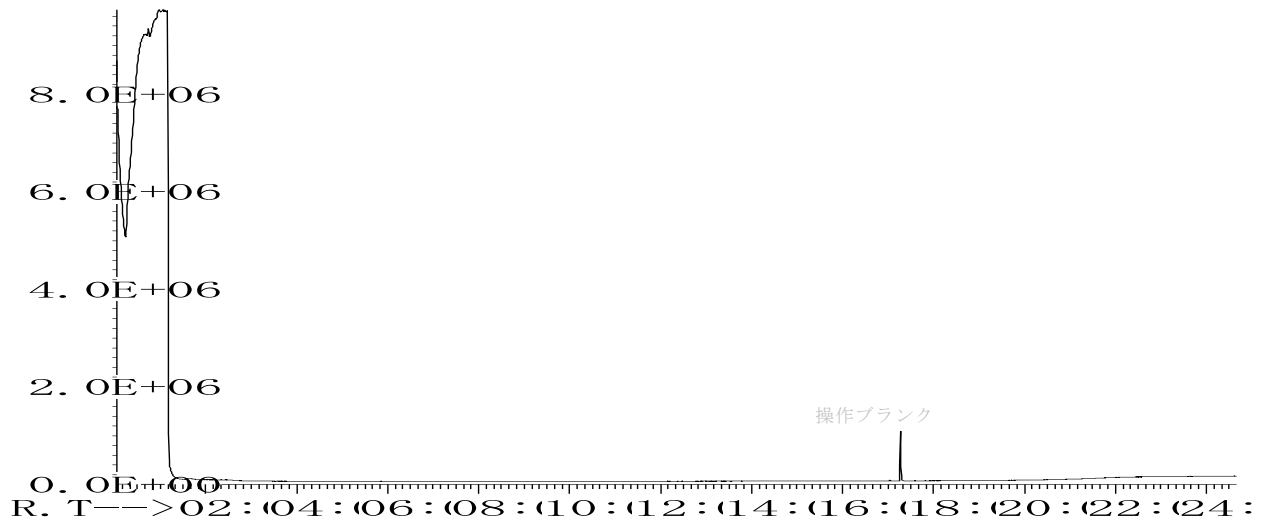
Methyl yellow



2-Amino-3-hydroxyanthraquinone



: 9729610 - 0

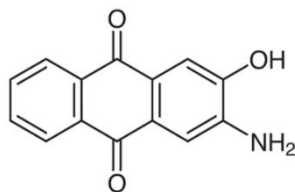


検出成分

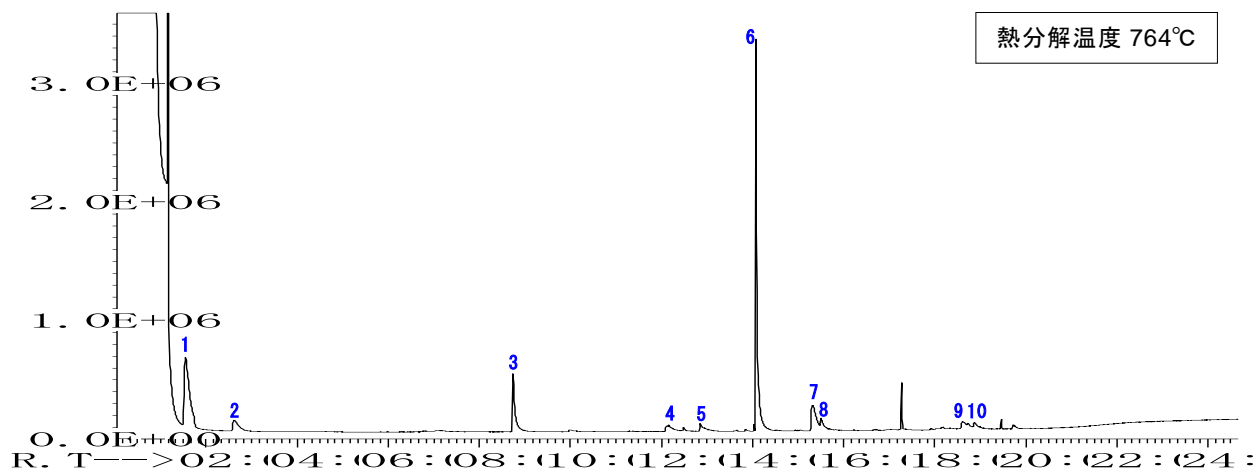
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
—	590°Cでは分解しない。	—	—

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。





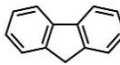
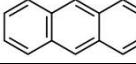
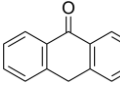
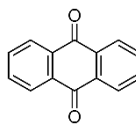
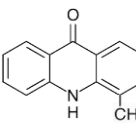
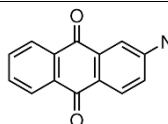
2-Amino-3-hydroxyanthraquinone



: 3592841 - O

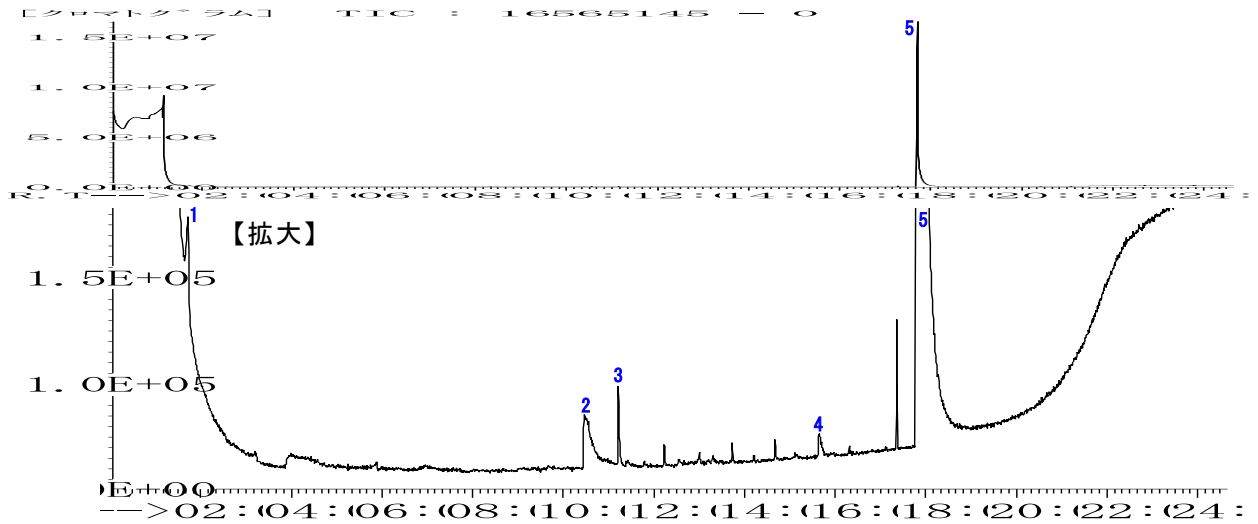
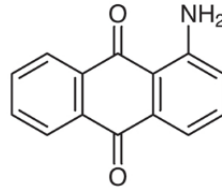


検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	トルエン	10-88-3	
3	ナフタレン	91-20-3	
4	1-ナフトール	334-16-3	
5	フルオレン	86-73-7	
6	アントラセン	120-12-7	
7	アントロン	90-44-8	
8	アントラキノン	84-65-1	
9	4-メチルアクリドン	23864-43-9	
10	2-アミノアントラキノン	117-79-3	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

1-Aminoanthraquinone

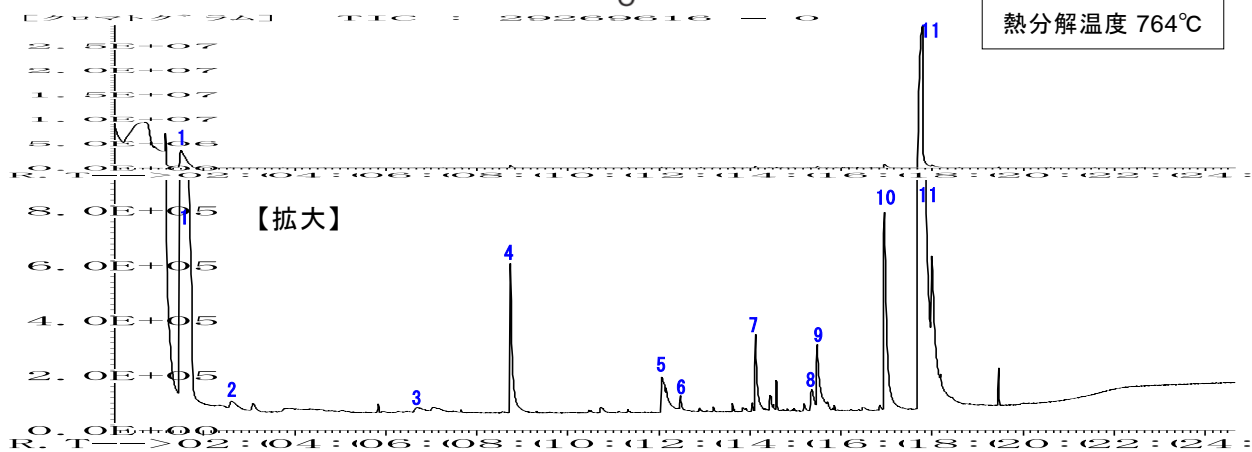
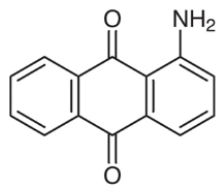


検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	無水フタル酸	85-44-9	
3	3-フェニル-2-プロペナル (シナムアルデヒド)	104-55-2	
4	アントラキノン	84-65-1	
5	1-アミノアントラキノン (試料原体)	82-45-1	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

1-Aminoanthraquinone

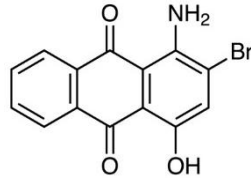


検出成分

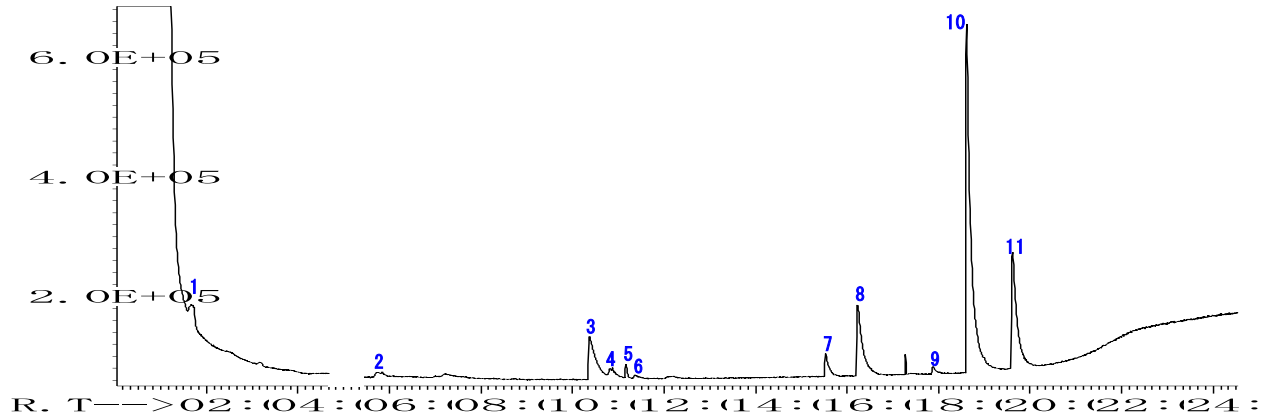
ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	トルエン	10-88-3	
3	イソシアノベンゼン	931-54-4	
4	ナフタレン	91-20-3	
5	1-ナフトール	334-16-3	
6	フルオレン	86-73-7	
7	アントラセン	120-12-7	
8	アントロン	90-44-8	
9	アントラキノン	84-65-1	
10	4-メチルアクリドン	23864-43-9	
11	1-アミノアントラキノン (試料原体)	117-79-3	

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。



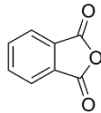
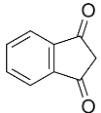
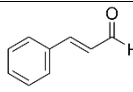
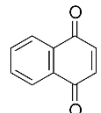
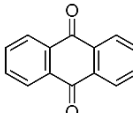
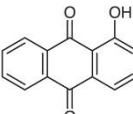
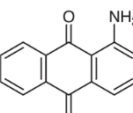
1-Amino-2-bromo-4-hydroxanthraquinone

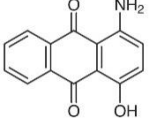
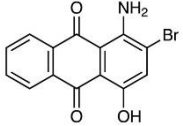


: 685222 - 49841



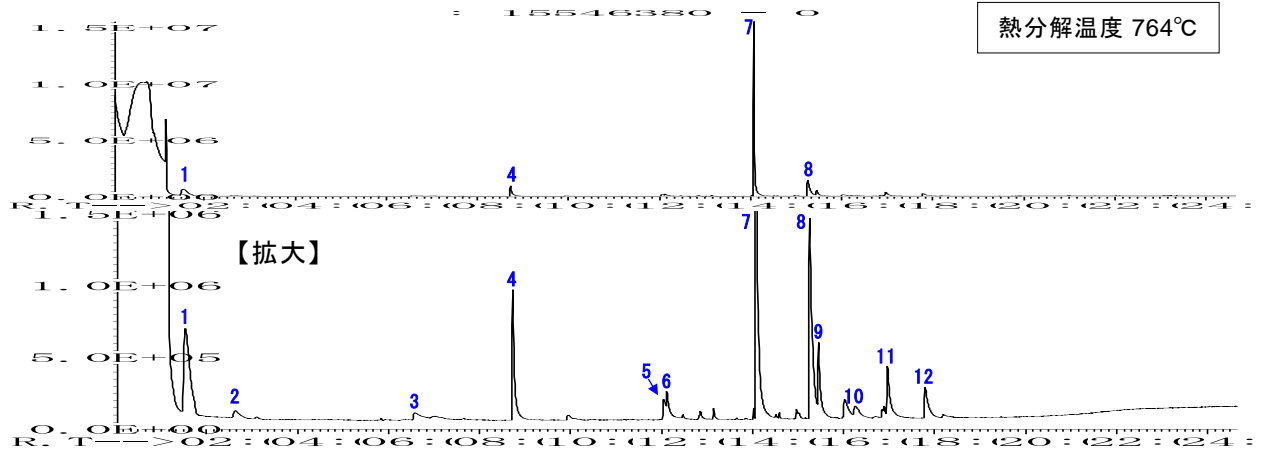
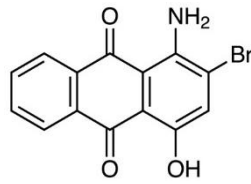
検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	ブロモベンゼン	10-88-3	
3	無水フタル酸	85-44-9	
4	1,3-インダンジオン	606-23-5	
5	3-フェニル-2-プロペナール (シナムアルデヒド)	104-55-2	
6	1,4-ナフトキノン	130-15-4	
7	アントラキノン	84-65-1	
8	1-ヒドロキシアントラキノン	129-43-1	
9	1-アミノアントラキノン	117-79-3	

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
10	1-アミノ-4-ヒドロキシアントラキノン	116-85-8	
11	1-アミノ-2-ブロモ-4-ヒドロキシアントラキノン (試料原体)	116-82-5	

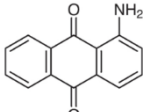
※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり、標準物質によって確認したものではない。

1-Amino-2-bromo-4-hydroxanthraquinone



検出成分

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
1	ベンゼン	71-43-2	
2	トルエン	10-88-3	
3	イソシアノベンゼン	931-54-4	
4	ナフタレン	91-20-3	
5	1-ナフトール	334-16-3	
6	1-イソシアノナフタレン	130-15-4	
7	アントラセン	120-12-7	
8	アントロン	90-44-8	
9	アントラキノン	84-65-1	
10	1-ヒドロキシアントラキノン	129-43-1	
11	4-メチルアクリドン	23864-43-9	

ピーク No.	検出成分	CAS No.	構造式
12	1-アミノアントラキノン	117-79-3	 <chem>Nc1ccc2c(c1)C(=O)c3ccccc3C2=O</chem>

※ 検出成分は GC-MS ライブラリーデータベース (Wiley) に基づいて定性したものであり, 標準物質によって確認したものではない。

染料

【赤系染料】

1. Sudan I 【Solvent Yellow 14／オイルオレンジ／スカーレット B／スダンエロー】
2. Sudan II 【Oil Red XO／ソルベントオレンジ 7】
3. Sudan III 【Solvent Red AS／ソルベントレッド 23】
4. Sudan IV 【Oil Red／ソルベントレッド 24／スカーレットレッド】
5. Oil Red O 【Solvent Red 27】
6. Curcumin yellow（合成）
7. Curcumin yellow（天然）
8. Carminic Acid（Natural dye）
9. チオインジゴ Thioindigo 【Fluorescent Red Dye／Vat Red 41】
10. Acid red 1 【アミドナフトールレッド／アゾフロキシソ／ポンタシルカルミン／レッド 2G】
11. Acid red 9 【シルクスカーレット】
12. Acid red 18 【ニューコクシン／ポンソー4R／スカーレット 3R】
13. Acid red 26 【Ponceau de Xylidine／Ponceau R】
14. Acid red 27 【アマランス／アゾルビン S／ボルドーS／ナフトールレッド／ウールレッド 40F】
15. Acid red 52 【アシッドレッド／スルホローダミン B／キシレンレッド】
16. Ethyl red 【4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸】
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran
18. Liquid Orange SRF（混合品／燃料油用）
19. Oil Orange M Liquid（燃料油用）
20. メチルエロー 【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone
22. 1-Aminoanthraquinone
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone 【Disperse Violet 17】

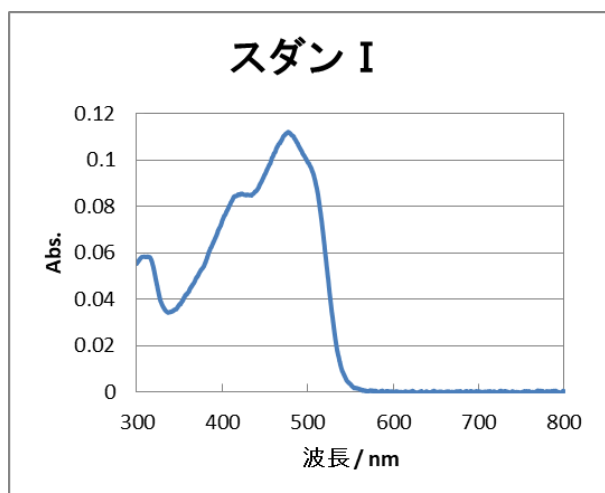
【青色染料】

1. キシレンシアノール FF 【Acid Blue 147】
2. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83／アシッドシアニン 6B／アリザリルビノール 5G／ソーラーシアニン 6B／クマシーブリリアントブルーR-250】
3. インジゴカルミン 【Acid Blue 74】
4. アシッドブルー 3 ナトリウム
5. Acid Blue 9 【ブリリアントブルーFCF／エリオグラウシン A】
6. Acid Blue 119 【アルカリブルー6B】
7. Acid Black 1 【アミドブラック 10B／アミノシュワルツ 10B／バッファローブラック NBR／ナフトールブルーブラック】
8. ブリリアントブルーG 【Acid Blue 90／クマシーブリリアントブルーG-250／CBB G-250】
9. Acid Blue 92 【アシッドブルーA／アナゾレンナトリウム】
10. Disperse Blue 14 【1,4-ビス（メチルアミノ）アントラキノン】
11. 1,4-ジアミノアントラキノン
12. 1,4-ビス（イソプロピルアミノ）アントラキノン
13. キニザリンブルー（1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン）

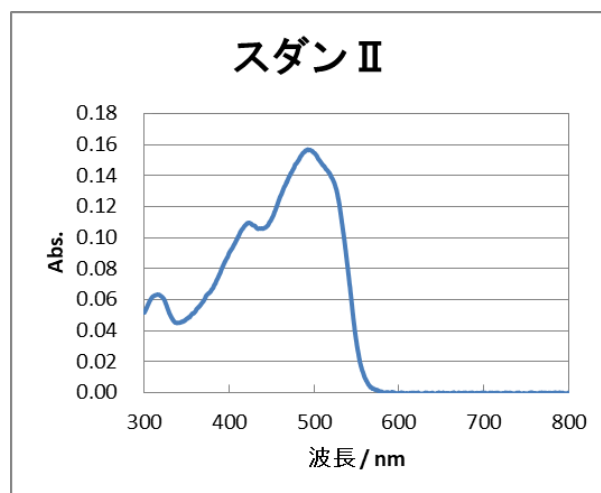
赤系染料

※溶媒：ヘキサン（緑曲線） エタノール（青曲線） 水（赤曲線）

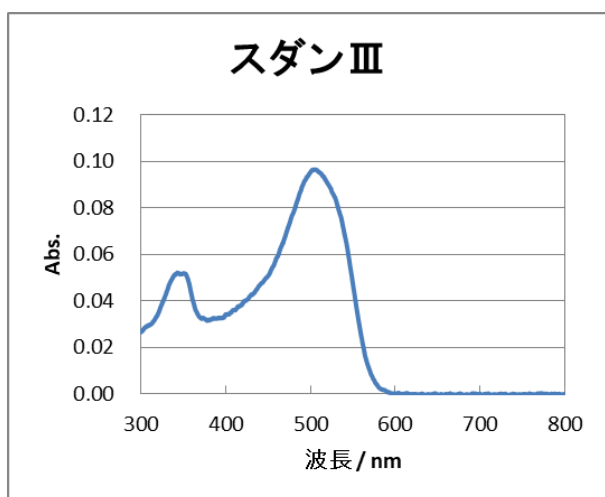
1. Sudan I (Solvent Yellow 14)



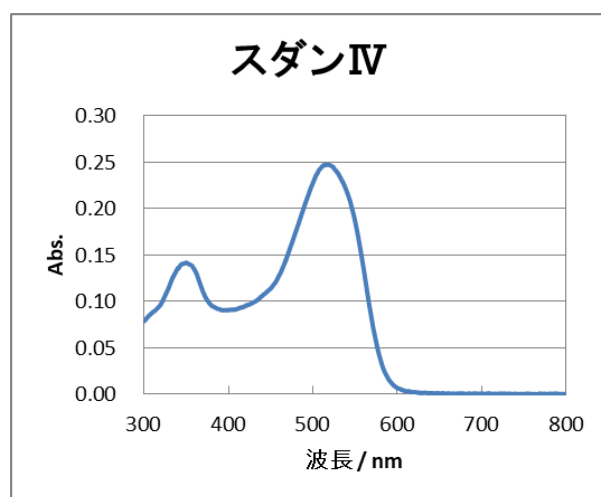
2. Sudan II (Oil Red XO)



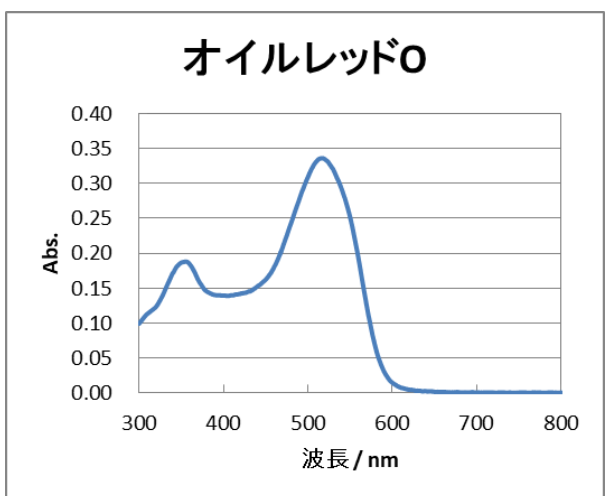
3. Sudan III (Solvent Red AS)



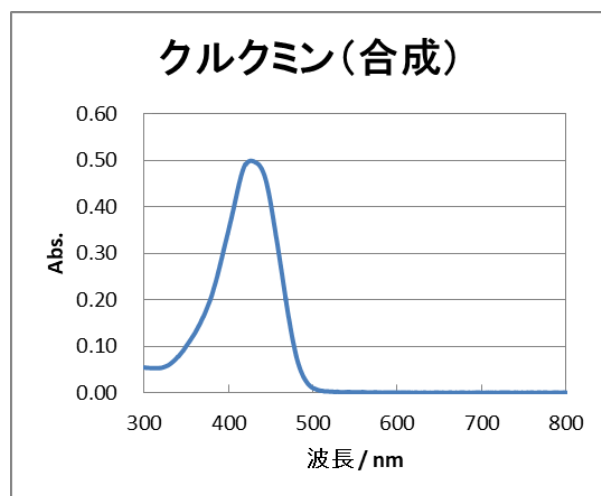
4. Sudan IV (Oil Red)



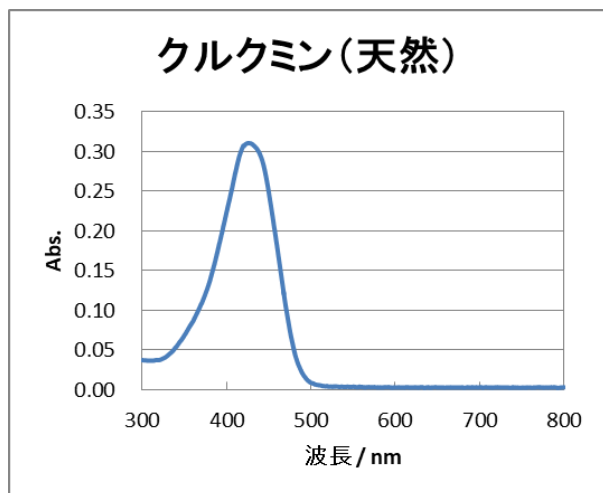
5. Oil Red O (Solvent Red 27)



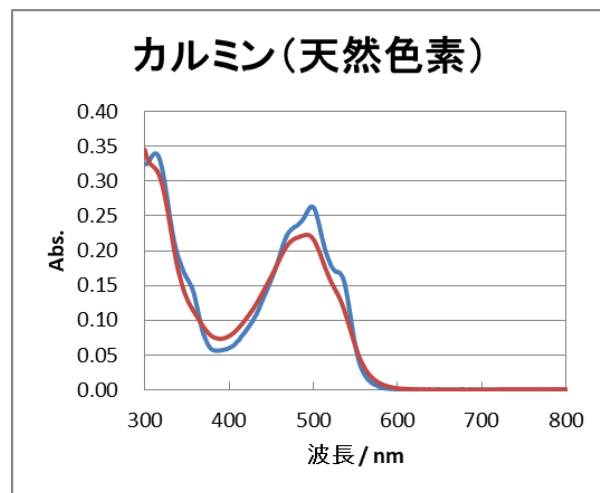
6. Curcumin yellow (合成)



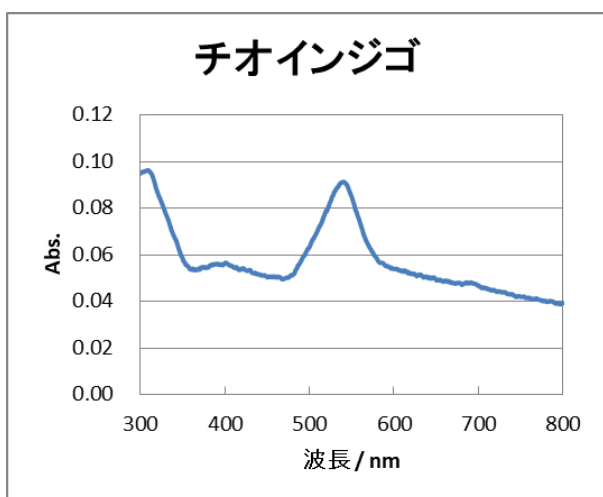
7. Curcumin yellow (天然)



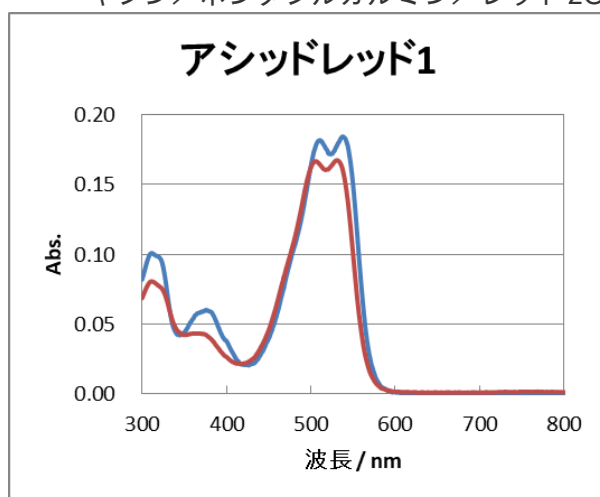
8. Carminic Acid (Natural dye)



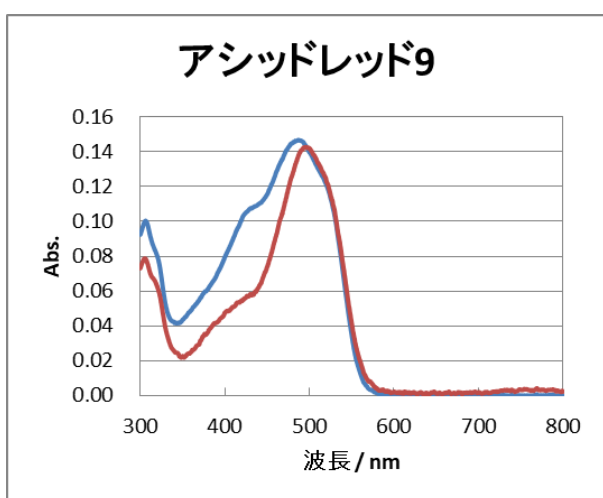
9. Thioindigo (Fluorescent Red Dye/Vat Red 41)



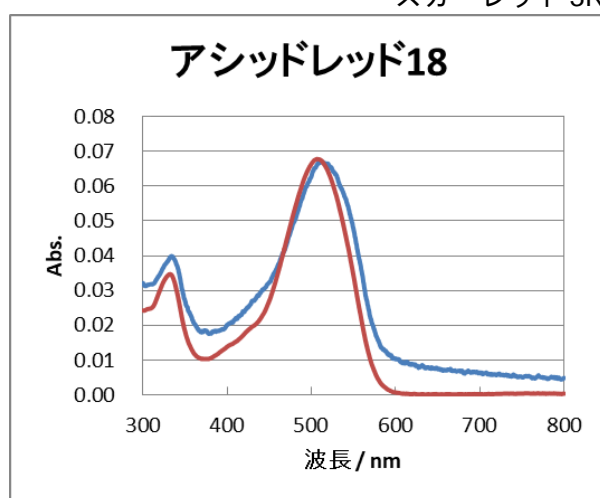
10. Acid red 1 (アミドナフトールレッド/アゾフロキシシン/ポンタシルカルミン/レッド2G)



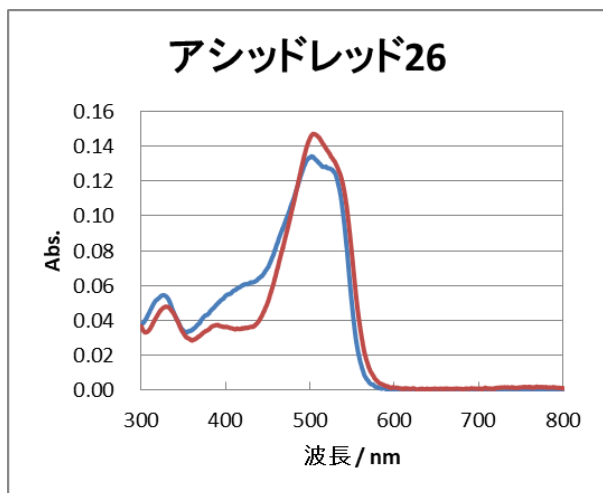
11. Acid red 9 (シルクスカーレット)



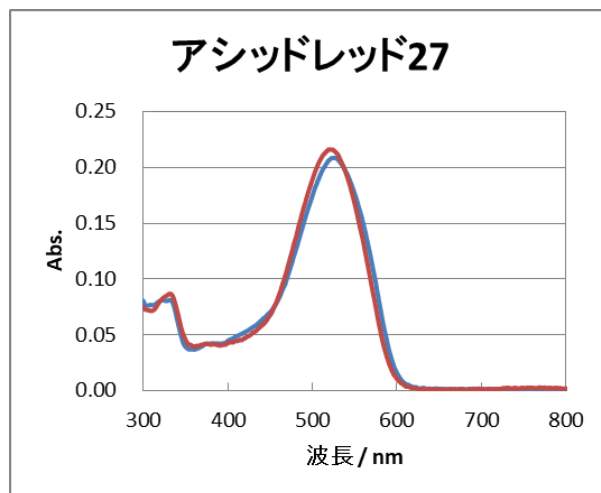
12. Acid red 18 (ニューコクシン/ポンソー4R/スカーレット3R)



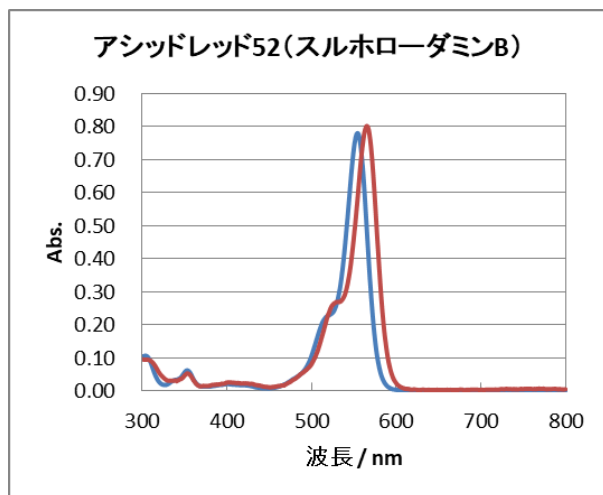
13. Acid red 26
(Ponceau de Xylidine / Ponceau R)



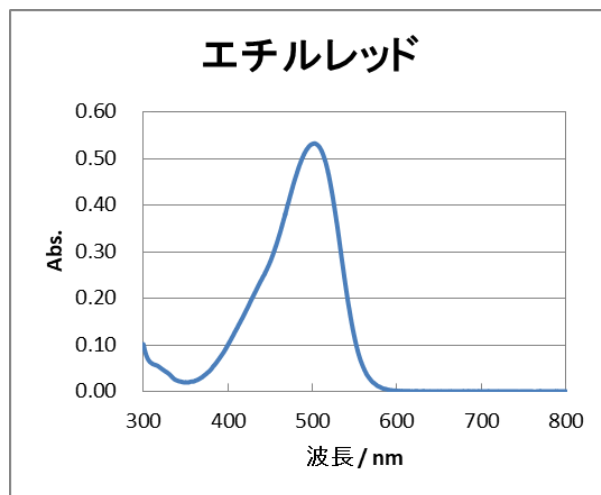
14. Acid red 27
(アマランス / アゾルビン S / ボルドー S / ナフトールレッド / ウールレッド 40F)



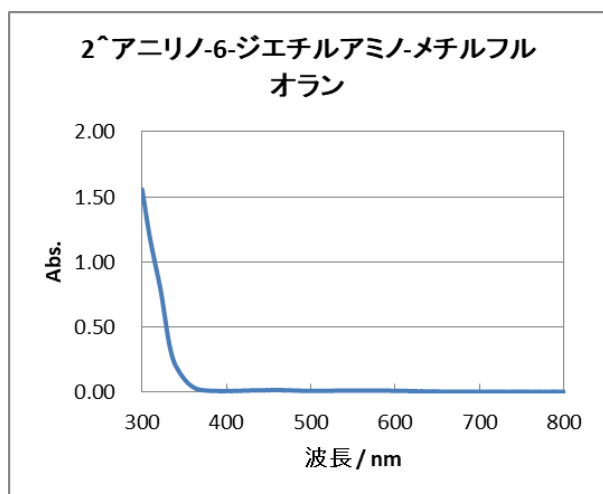
15. Acid red 52
(アシッドレッド / スルホローダミン B / キシレンレッド)



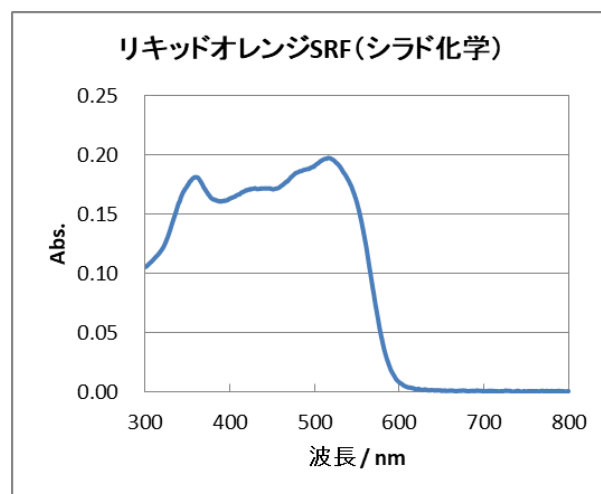
16. Ethyl red
(4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸)



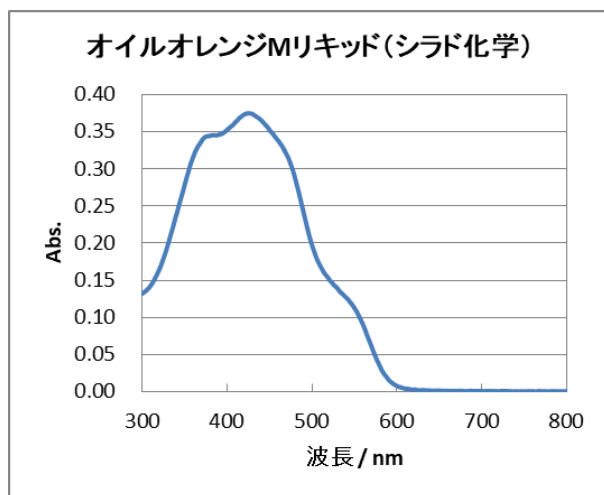
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran



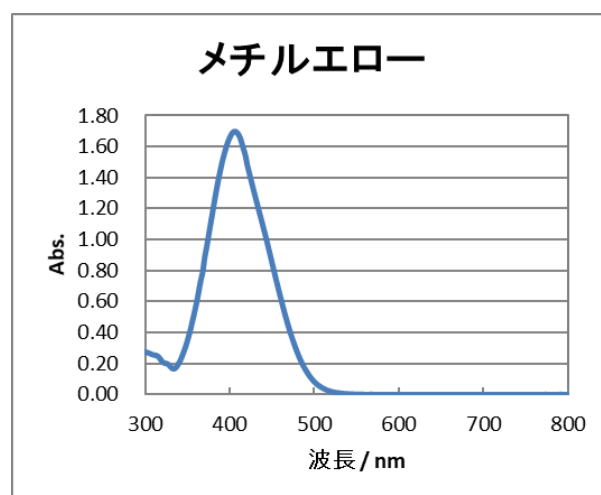
18. Liquid Orange SRF (混合品 / 燃料油用)



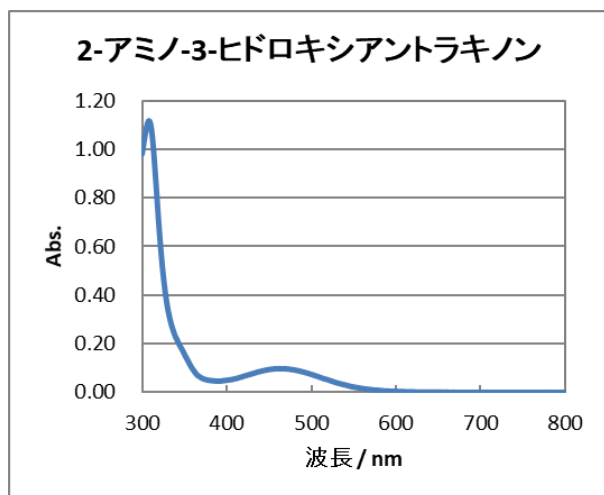
19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)



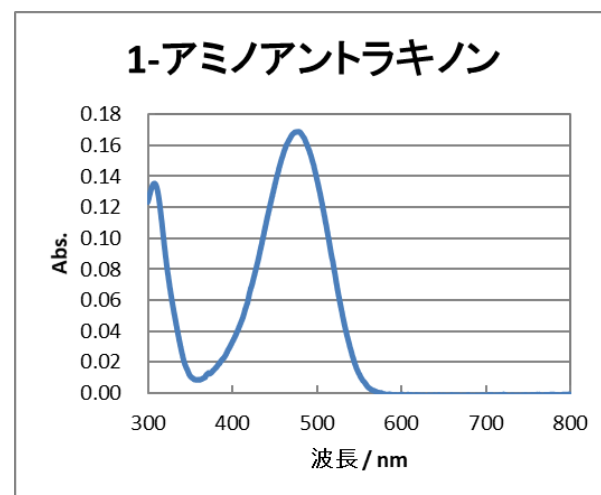
20. Methyl yellow



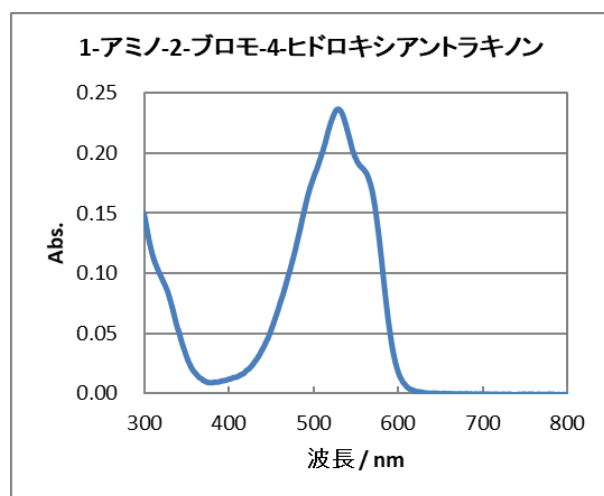
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone



22. 1-Aminoanthraquinone



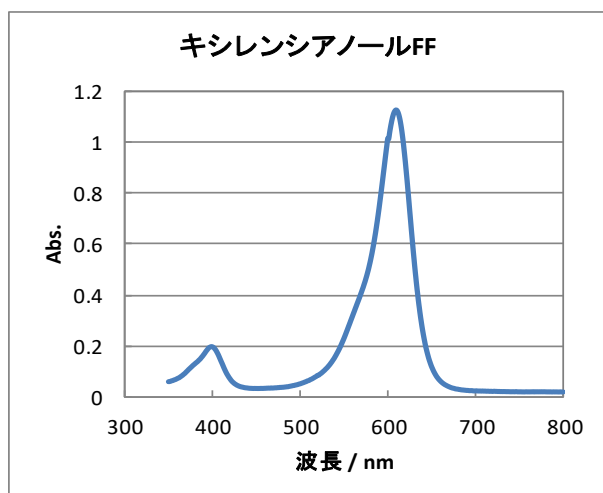
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone



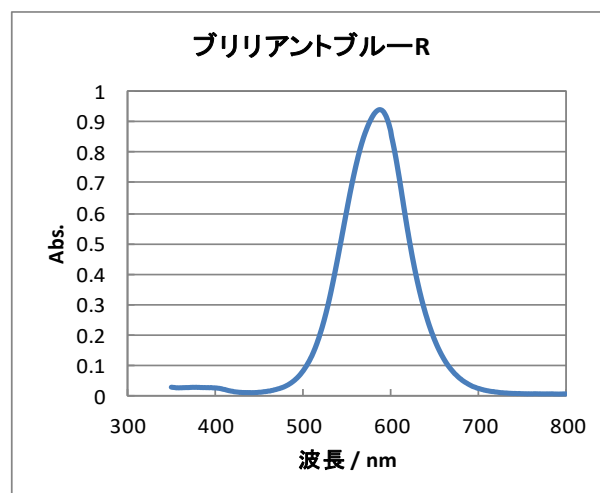
青色染料

※溶媒：ヘキサン（緑曲線） エタノール（青曲線） 水（赤曲線）

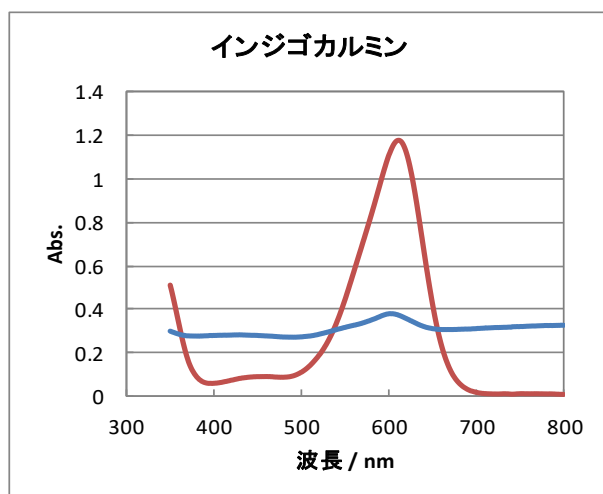
1. キシレンシアノール FF



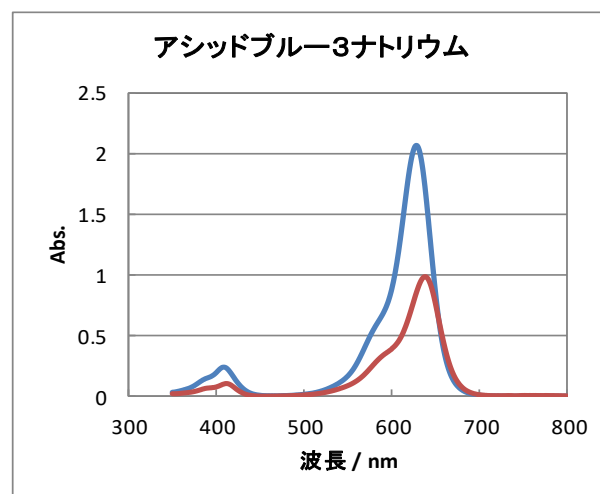
2. ブリリアントブルーR



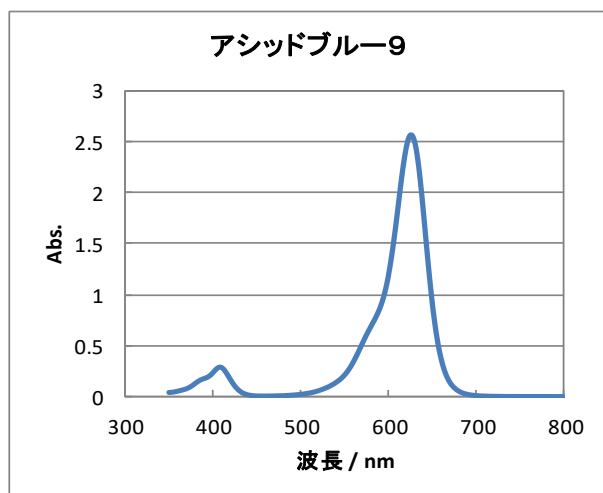
3. インジゴカルミン



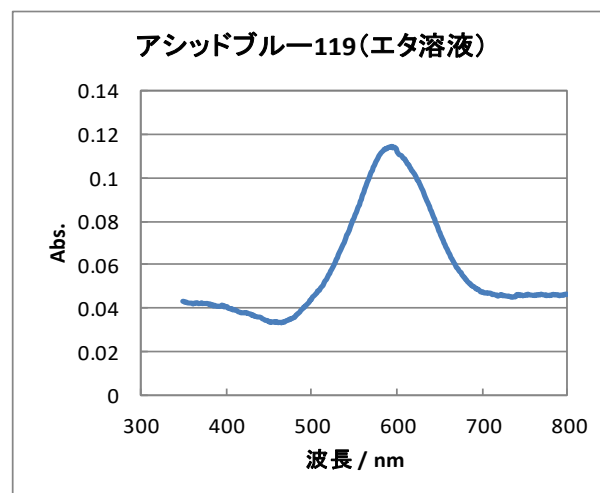
4. アシッドブルー3ナトリウム



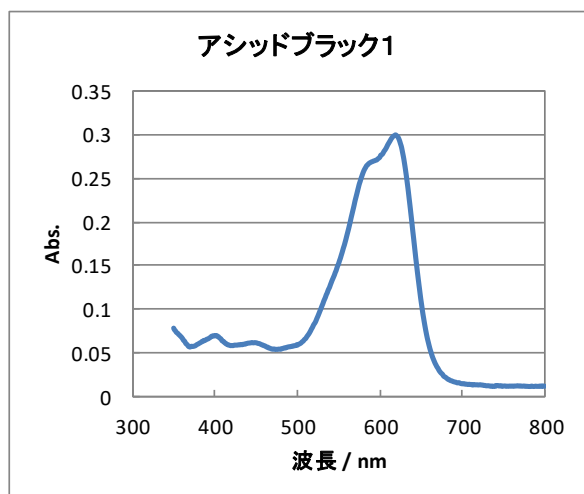
5. Acid Blue 9



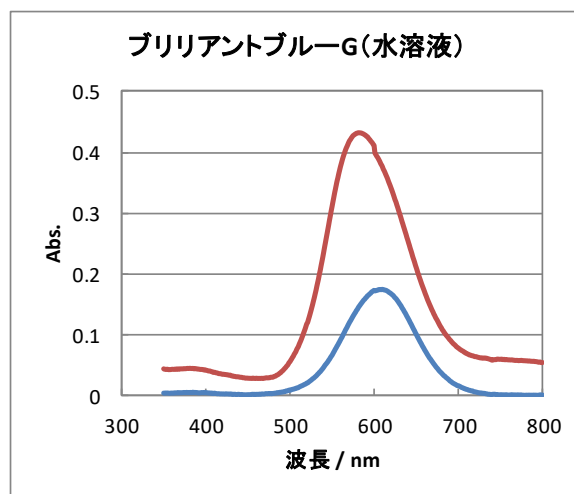
6. Acid Blue 119



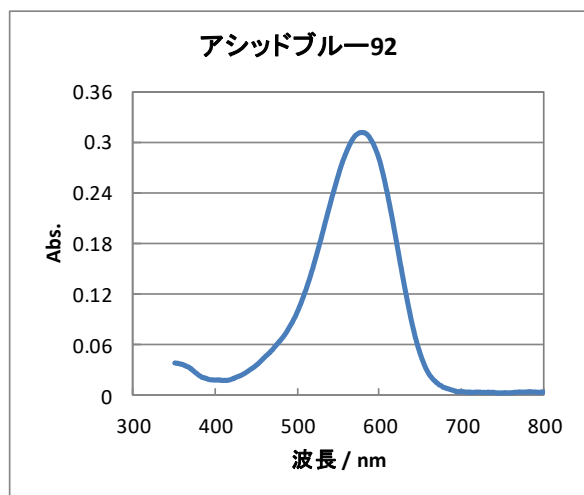
7. Acid Black 1



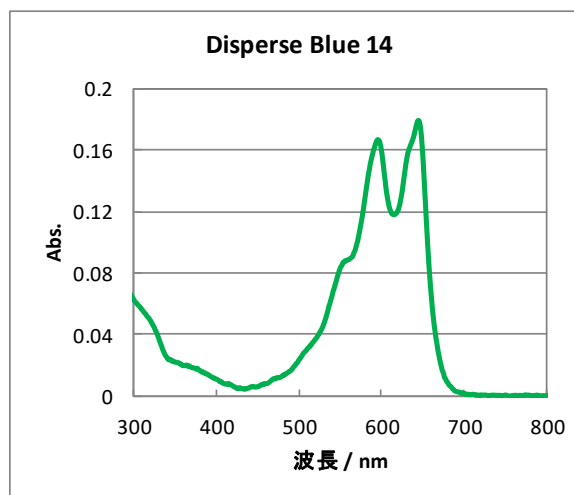
8. ブリリアントブルーG



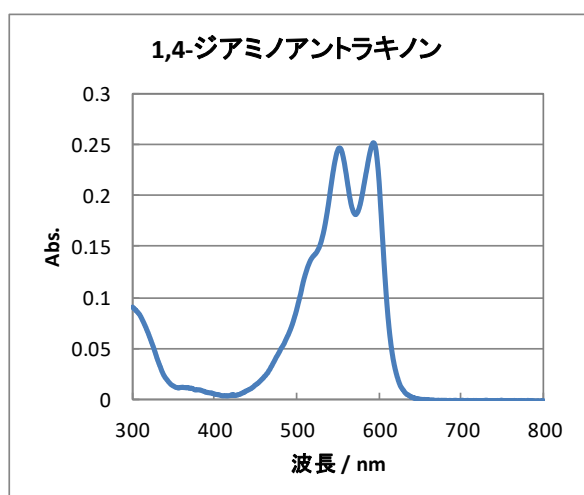
9. Acid Blue 92



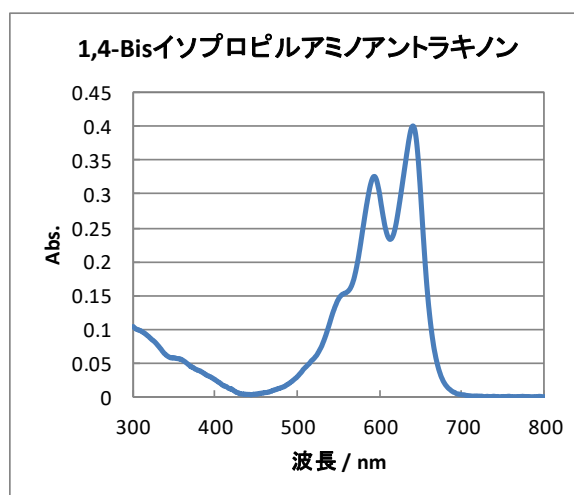
10. Disperse Blue14



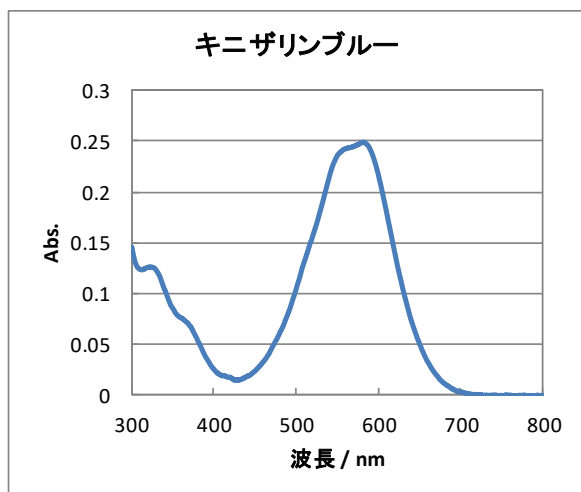
11. 1,4-ジアミノアントラキノン



12. 1,4-ビス(イソプロピルアミノ)アントラキノン



13. キニザリンブルー (1-ヒドロキシ-4-トルイジ
ノアントラキノン)



染料

【赤系染料】

1. Sudan I 【Solvent Yellow 14／オイルオレンジ／スカーレット B／スダンエロー】
2. Sudan II 【Oil Red XO／ソルベントオレンジ 7】
3. Sudan III 【Solvent Red AS／ソルベントレッド 23】
4. Sudan IV 【Oil Red／ソルベントレッド 24／スカーレットレッド】
5. Oil Red O 【Solvent Red 27】
6. Curcumin yellow（合成）
7. Curcumin yellow（天然）
8. Carminic Acid（Natural dye）
9. チオインジゴ Thioindigo 【Fluorescent Red Dye／Vat Red 41】
10. Acid red 1 【アミドナフトールレッド／アゾフロキシシン／ポンタシルカルミン／レッド 2G】
11. Acid red 9 【シルクスカーレット】
12. Acid red 18 【ニューコクシン／ポンソー4R／スカーレット 3R】
13. Acid red 26 【Ponceau de Xylidine／Ponceau R】
14. Acid red 27 【アマランス／アゾルビン S／ボルドーS／ナフトールレッド／ウールレッド 40F】
15. Acid red 52 【アシッドレッド／スルホローダミン B／キシレンレッド】
16. Ethyl red 【4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸】
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran
18. Liquid Orange SRF（混合品／燃料油用）
19. Oil Orange M Liquid（燃料油用）
20. メチルエロー 【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone
22. 1-Aminoanthraquinone
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone 【Disperse Violet 17】

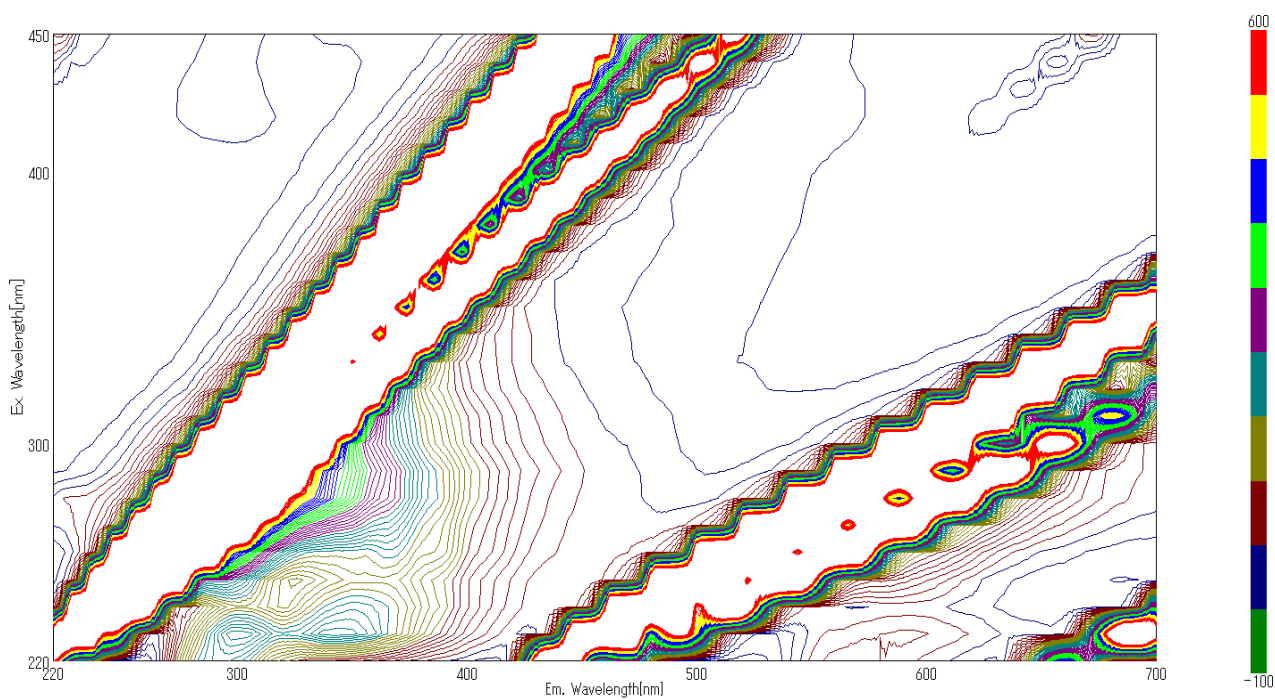
【青色染料】

24. キシレンシアノール FF 【Acid Blue 147】
25. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83／アシッドシアニン 6B／アリザリンルビノール 5G／ソーラーシアニン 6B／クマシーブリリアントブルーR-250】
26. インジゴカルミン 【Acid Blue 74】
27. アシッドブルー 3 ナトリウム
28. Acid Blue 9 【ブリリアントブルーFCF／エリオグラウシン A】
29. Acid Blue 119 【アルカリブルー6B】
30. Acid Black 1 【アミドブラック 10B／アミノシュワルツ 10B／バッファローブラック NBR／ナフトールブルーブラック】
31. ブリリアントブルーG 【Acid Blue 90／クマシーブリリアントブルーG-250／CBB G-250】
32. Acid Blue 92 【アシッドブルーA／アナゾレンナトリウム】
33. Disperse Blue 14 【1,4-ビス（メチルアミノ）アントラキノン】
34. 1,4-ジアミノアントラキノン
35. 1,4-ビス（イソプロピルアミノ）アントラキノン
36. キニザリンブルー（1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン）

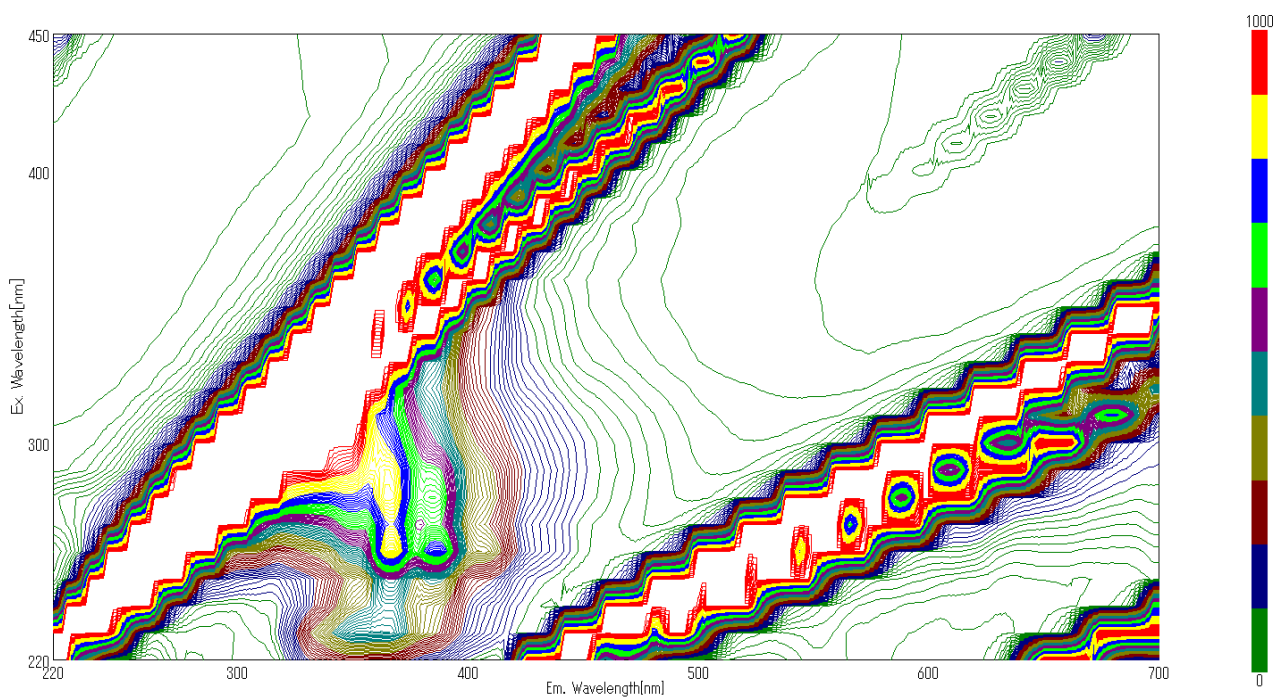
赤系染料

1. Sudan I (Solvent Yellow 14)

1-1. 溶媒：エタノール

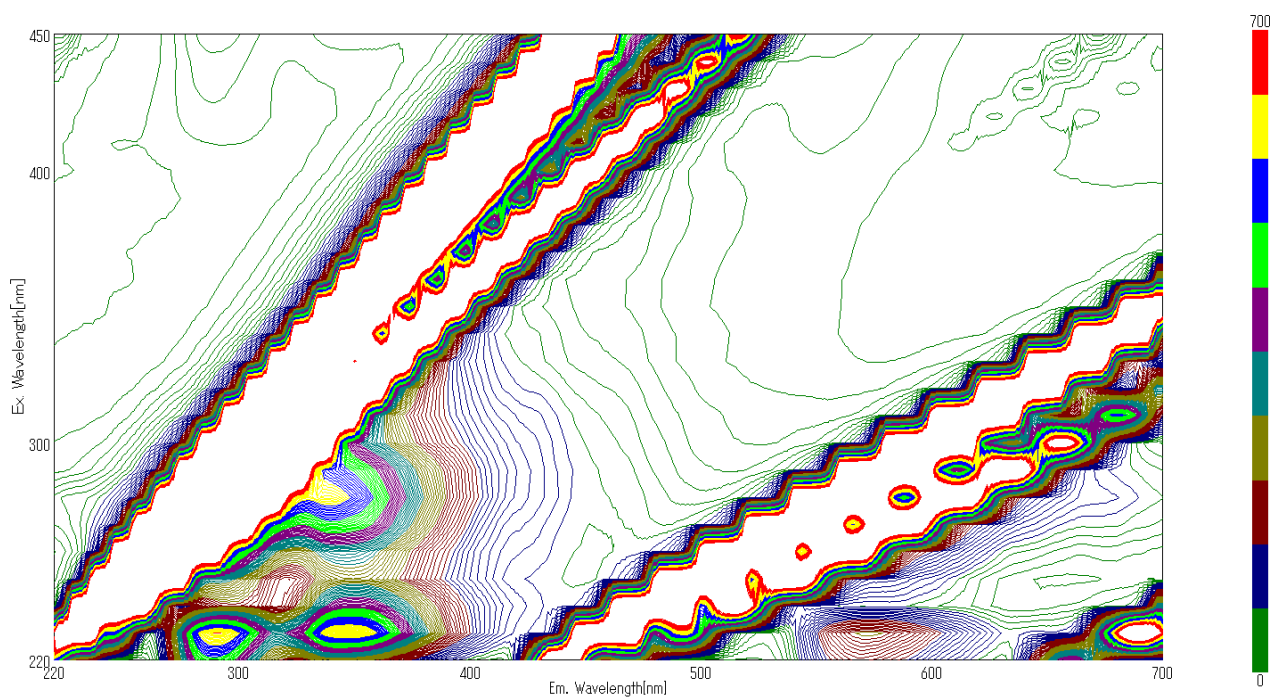


1-2. 溶媒：ヘキサン

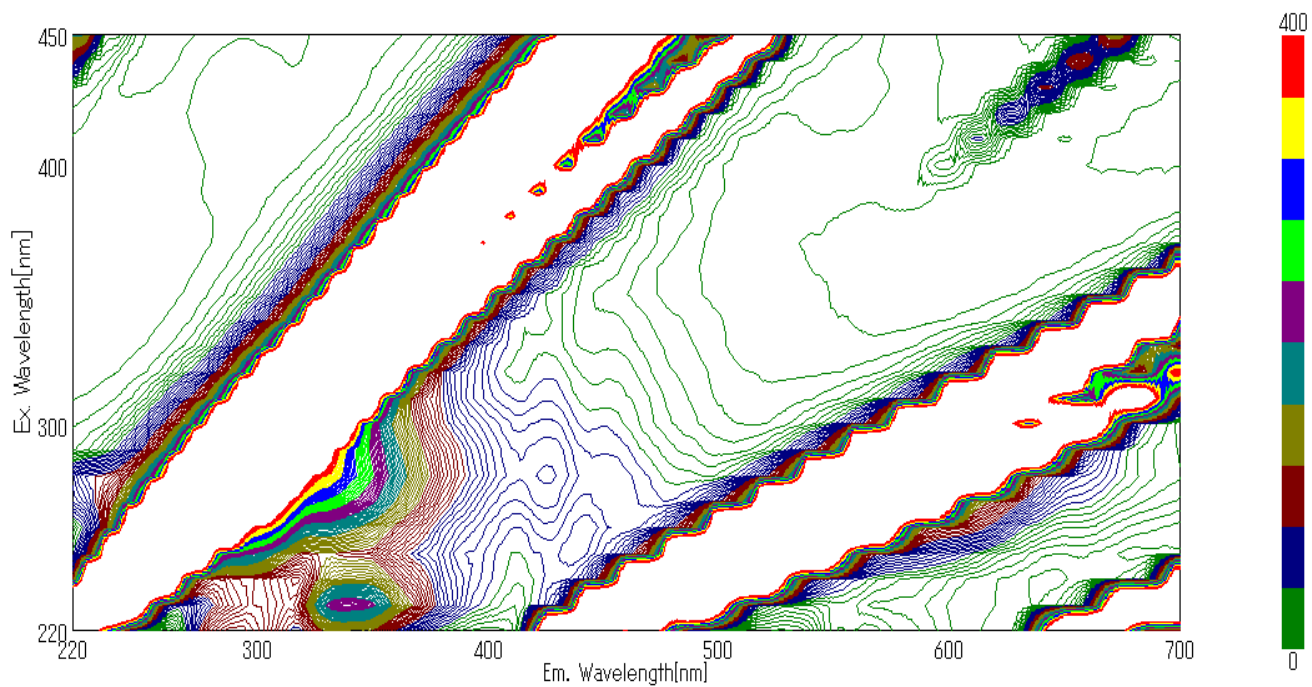


2. Sudan II (Oil Red XO)

2-1. 溶媒：エタノール

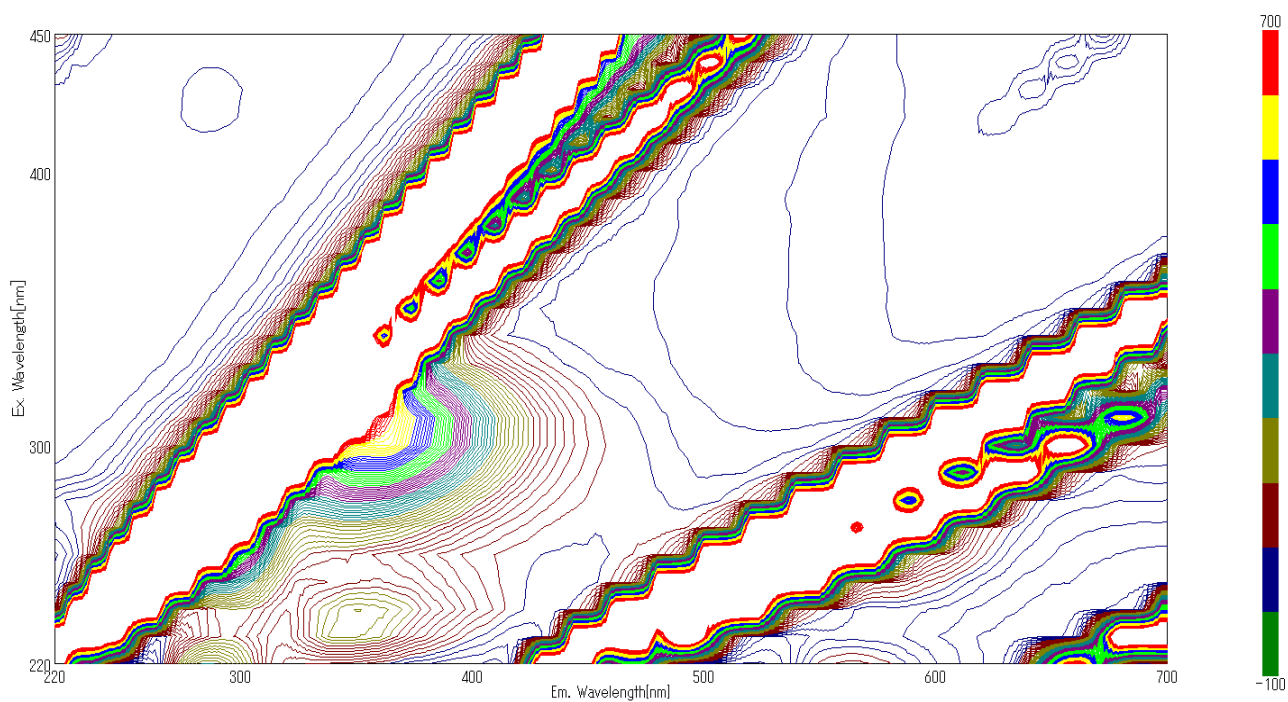


2-2. 溶媒：ヘキサン

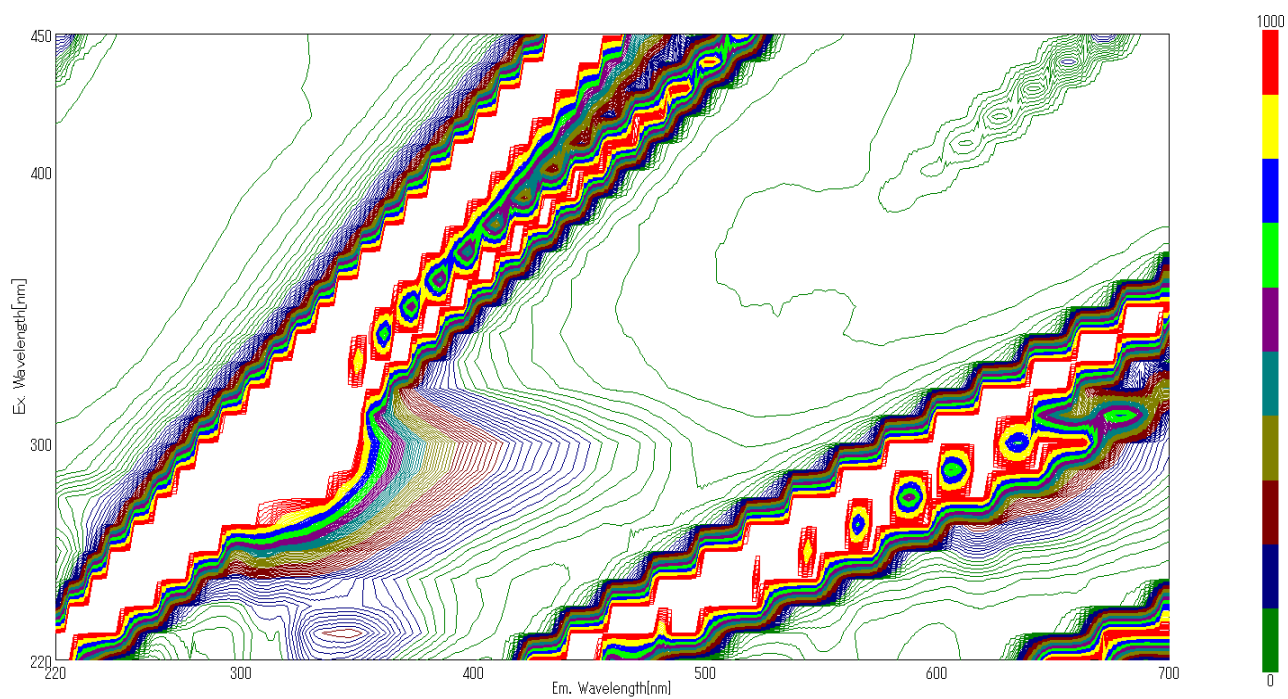


3. SudanⅢ (Solvent Red AS)

3-1. 溶媒：エタノール

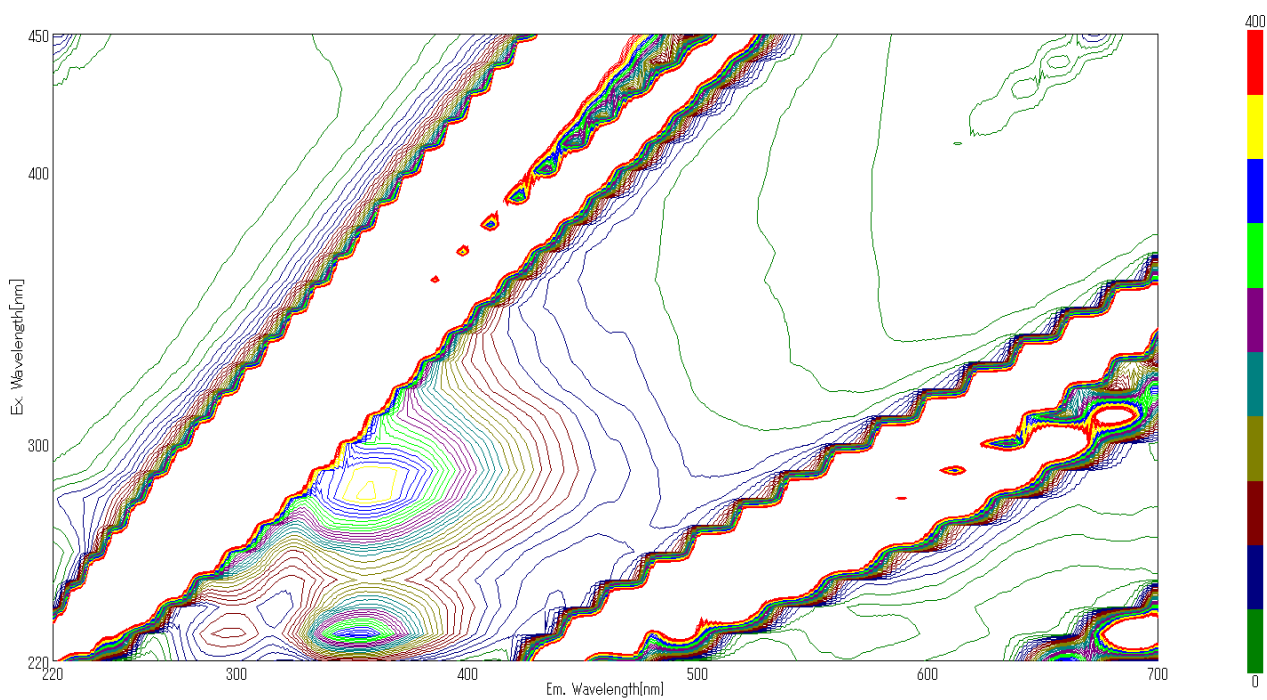


3-2. 溶媒：ヘキサン

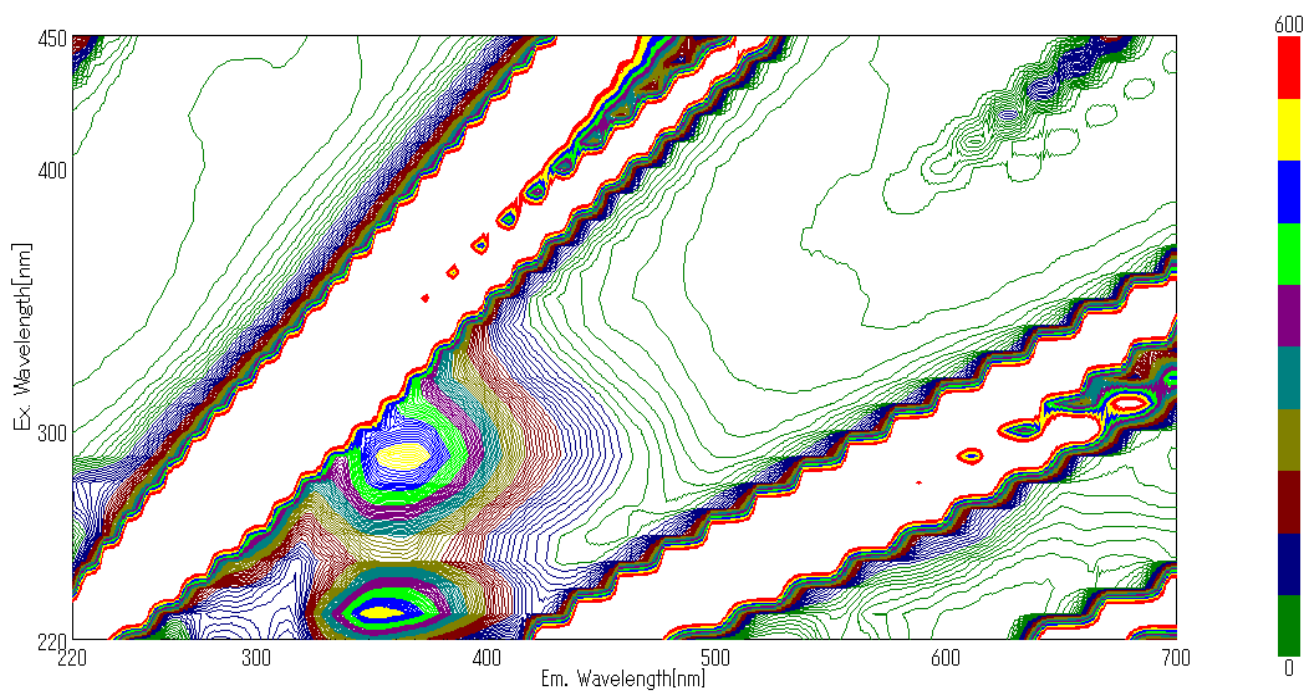


4. SudanIV (Oil Red)

4-1. 溶媒：エタノール

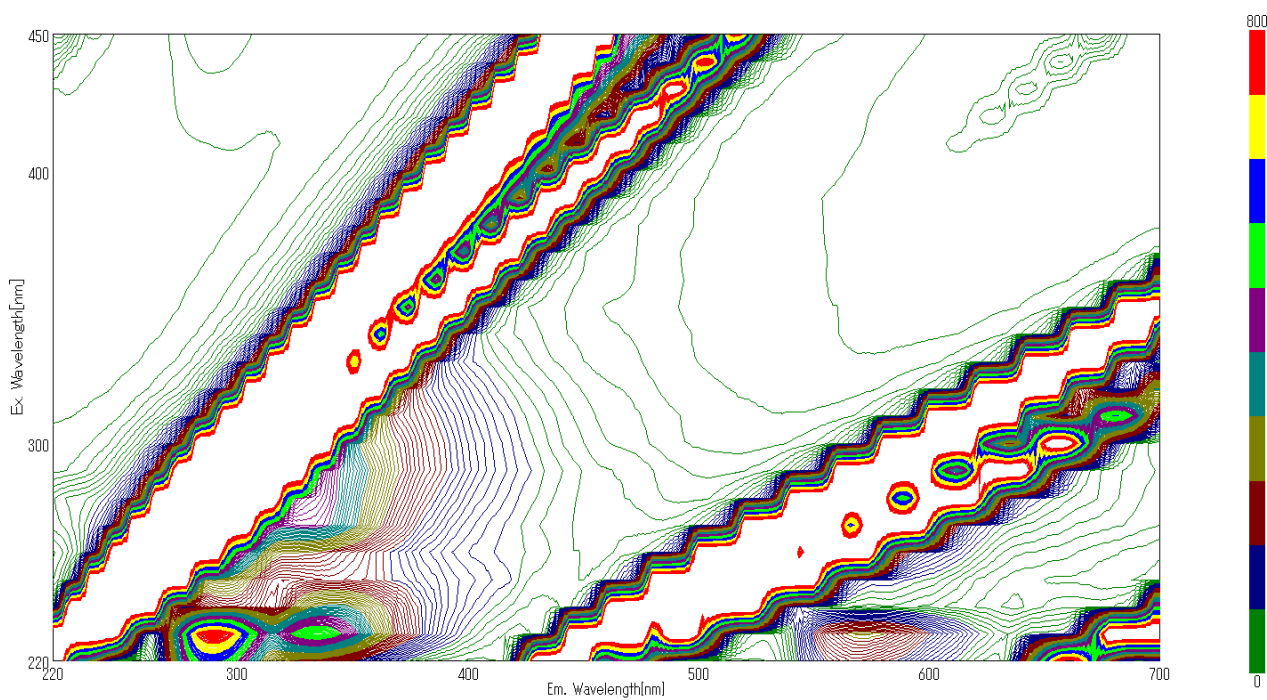


4-2. 溶媒：ヘキサン

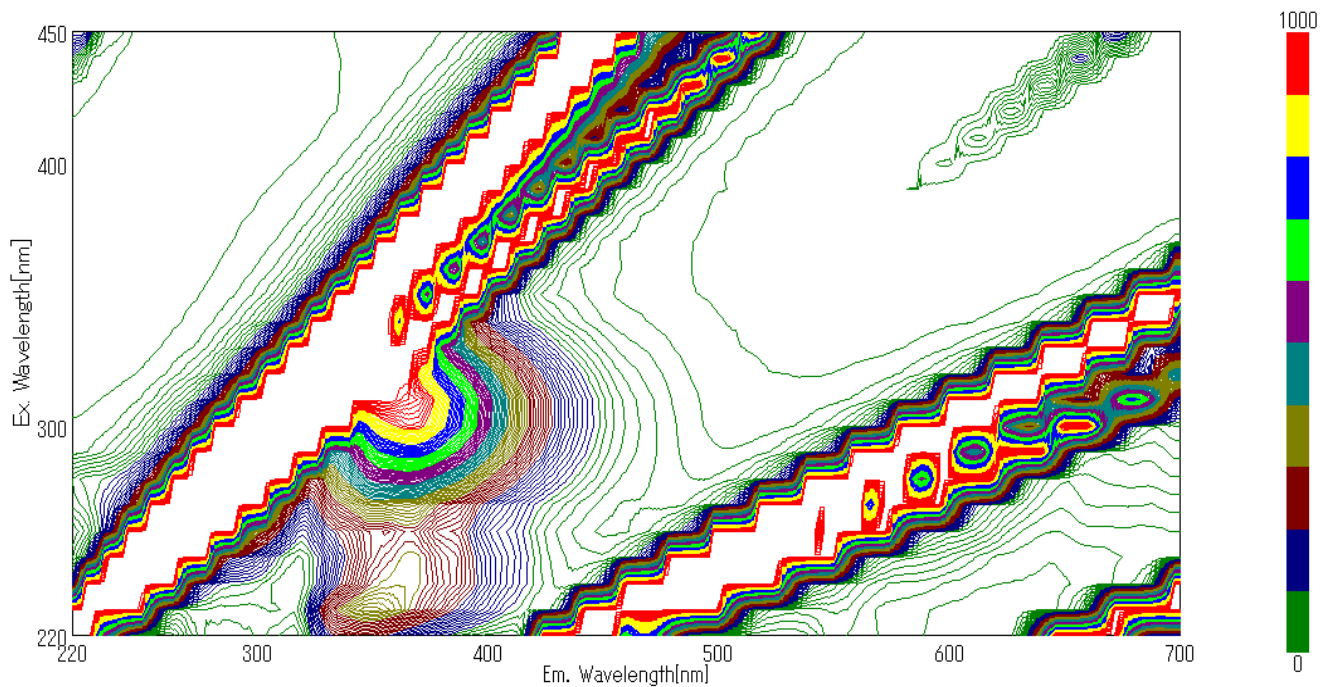


5. Oil Red O (Solvent Red 27)

5-1. 溶媒：エタノール

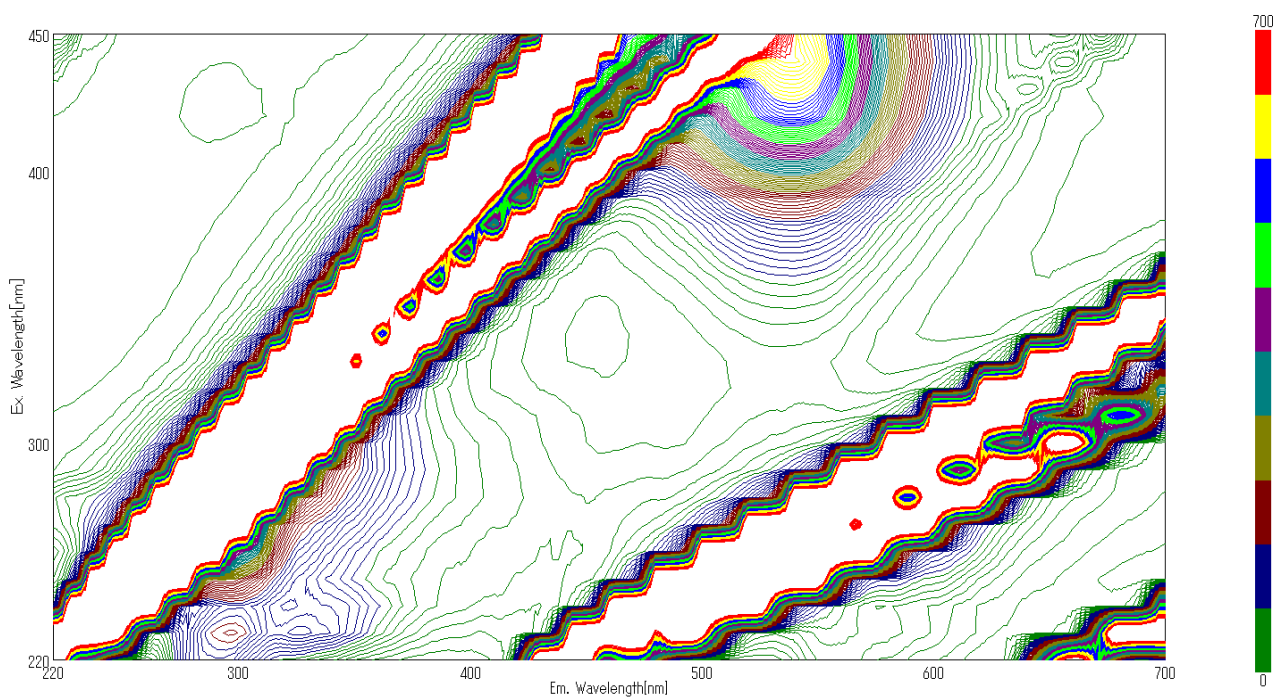


5-2. 溶媒：ヘキサン



6. Curcumin yellow (合成)

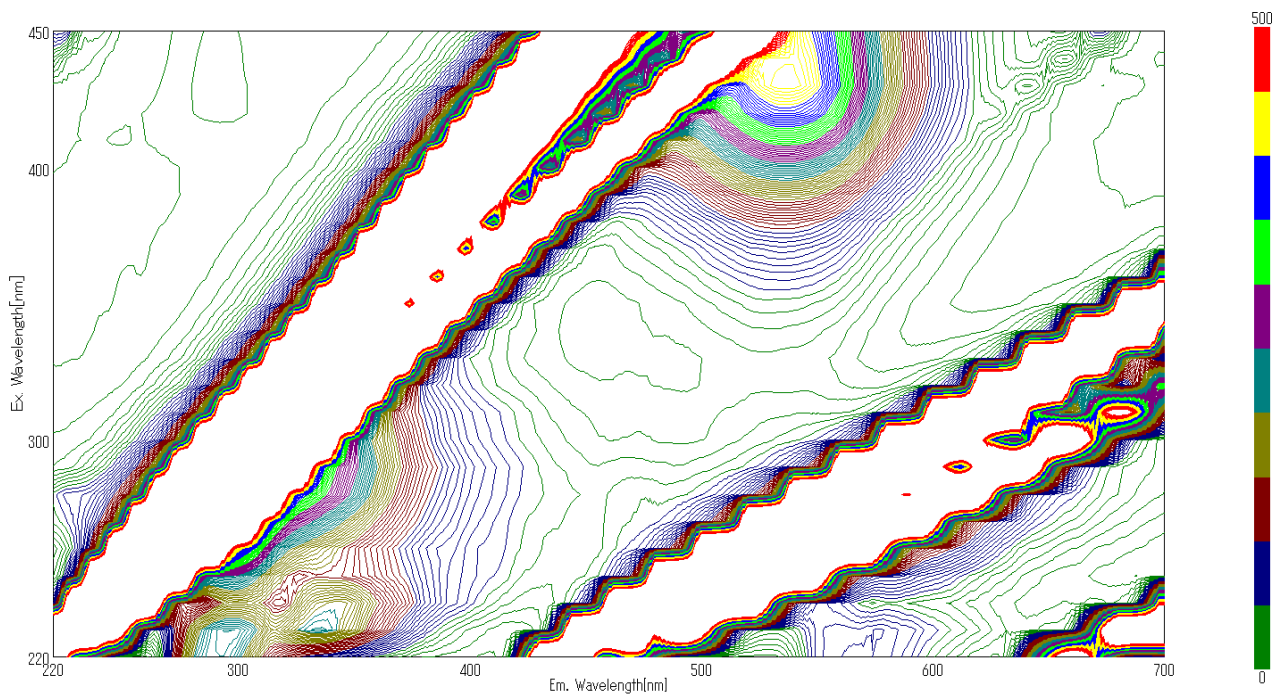
6-1. 溶媒：エタノール



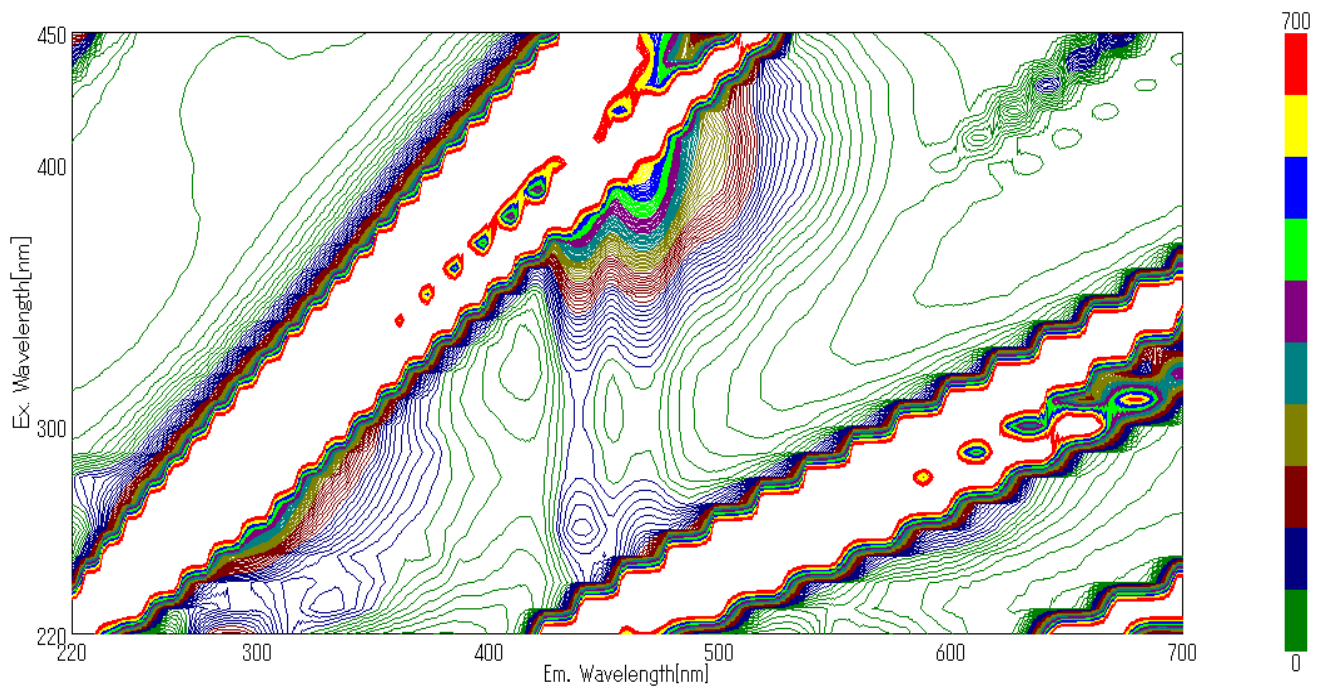
6-2. 溶媒：ヘキサン

7. Curcumin yellow (天然)

7-1. 溶媒：エタノール

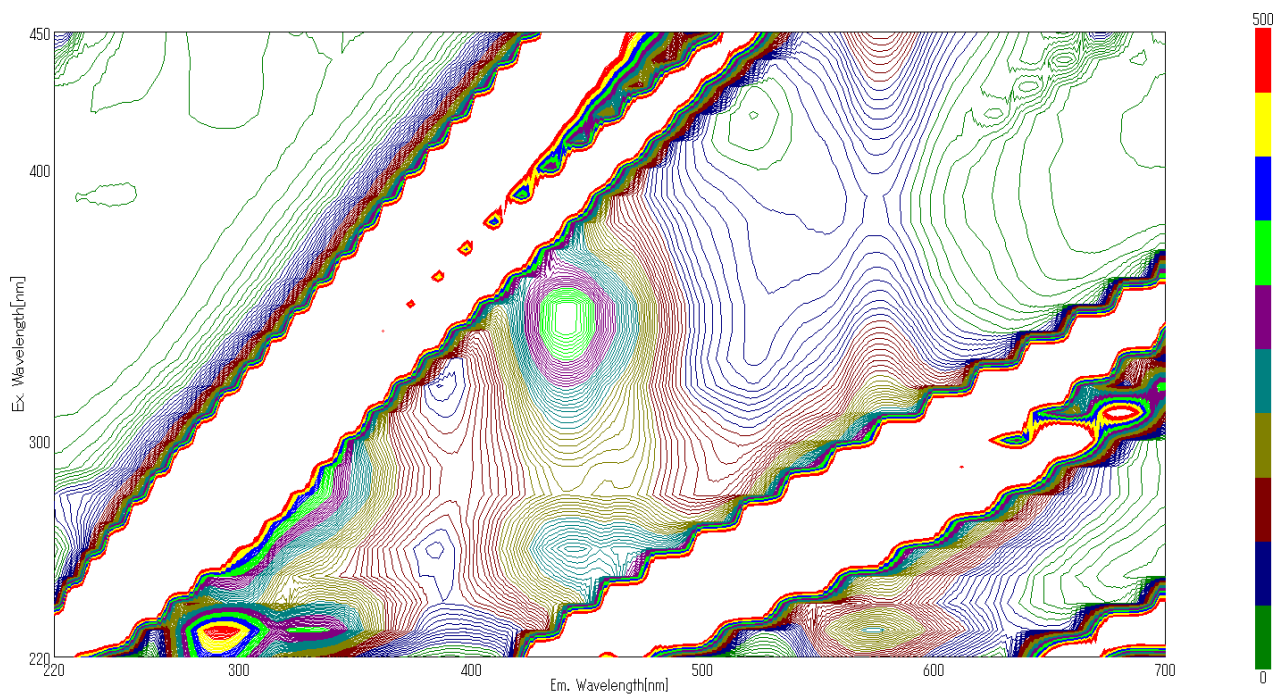


7-2. 溶媒：ヘキサン ※難溶

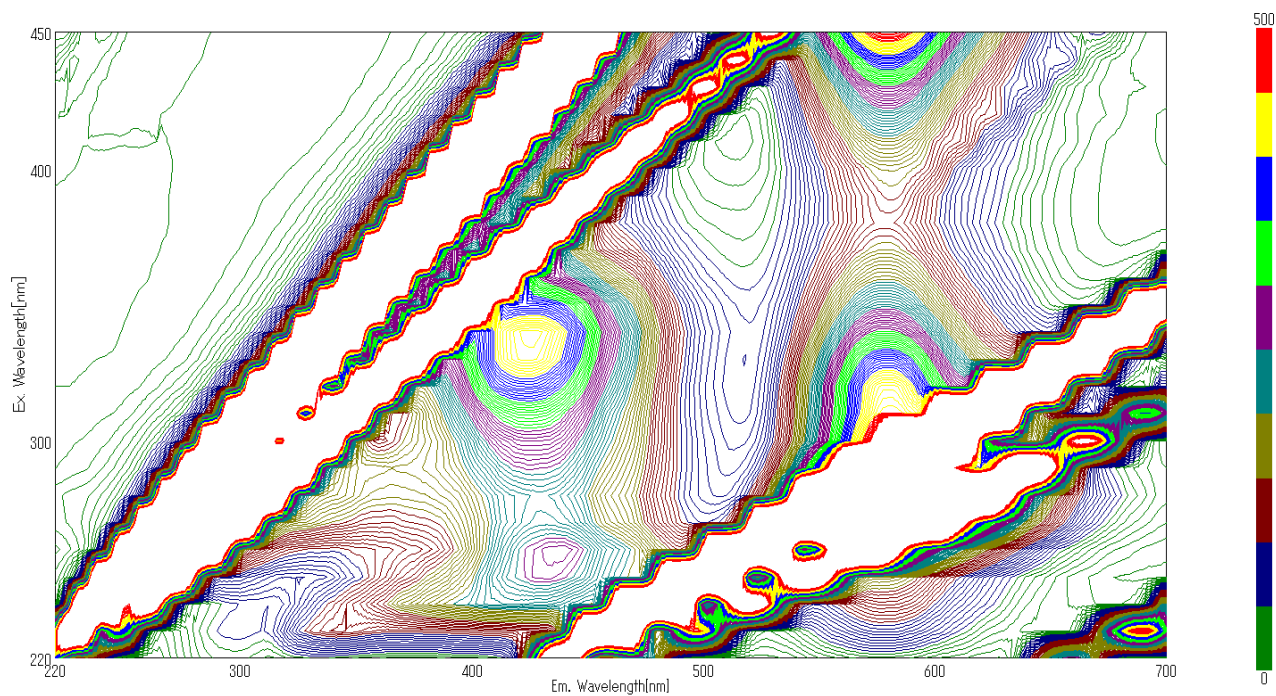


8. Carminic Acid (天然)

8-1. 溶媒：エタノール

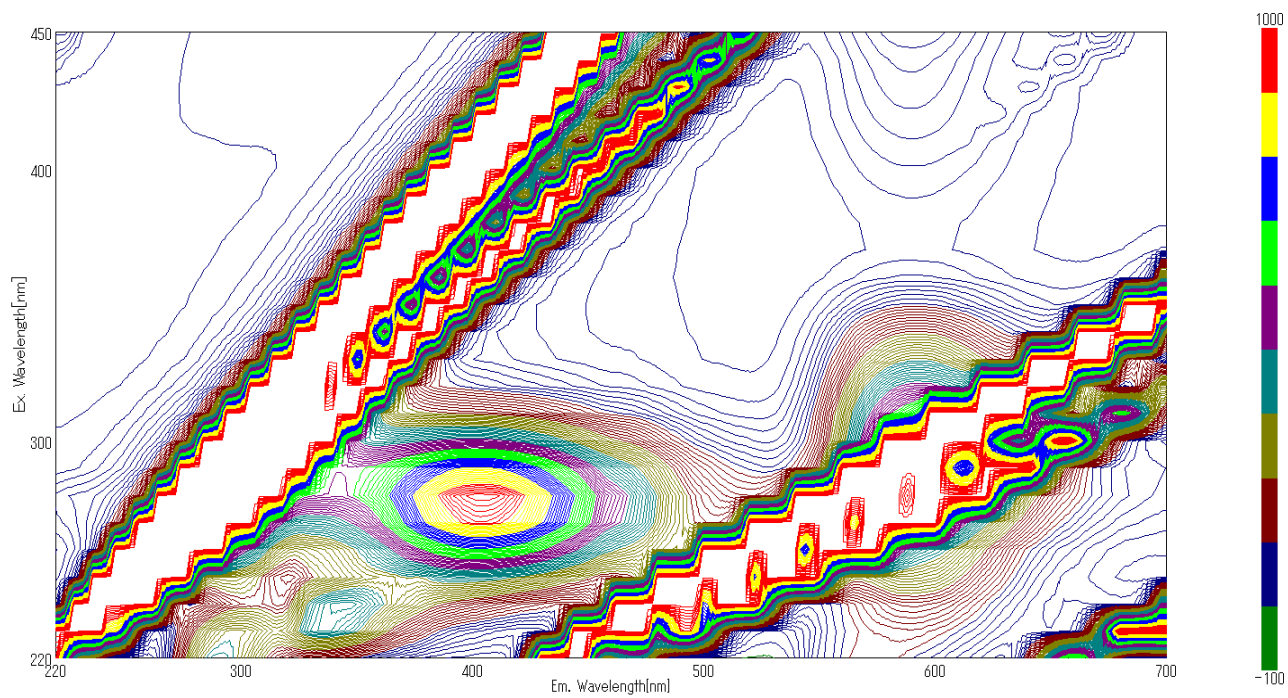


8-2. 溶媒：純水

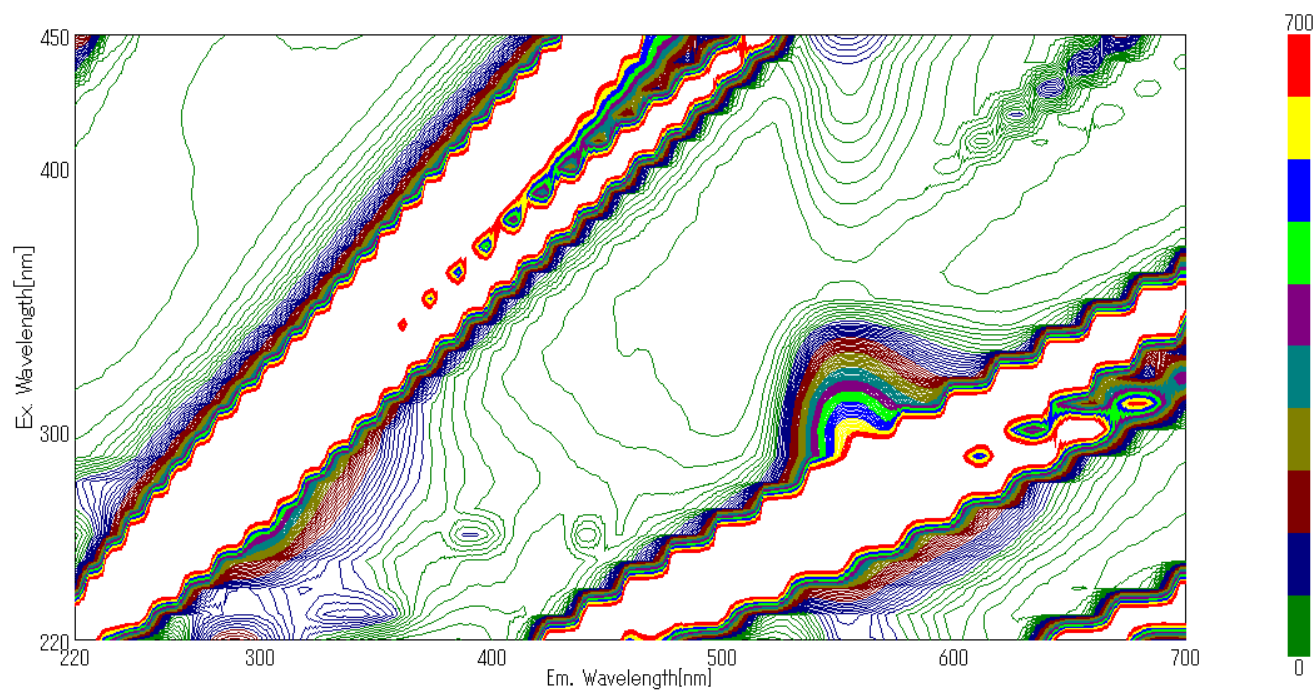


9. Thioindigo (Fluorescent Red Dye/Vat Red 41)

9-1. 溶媒：エタノール

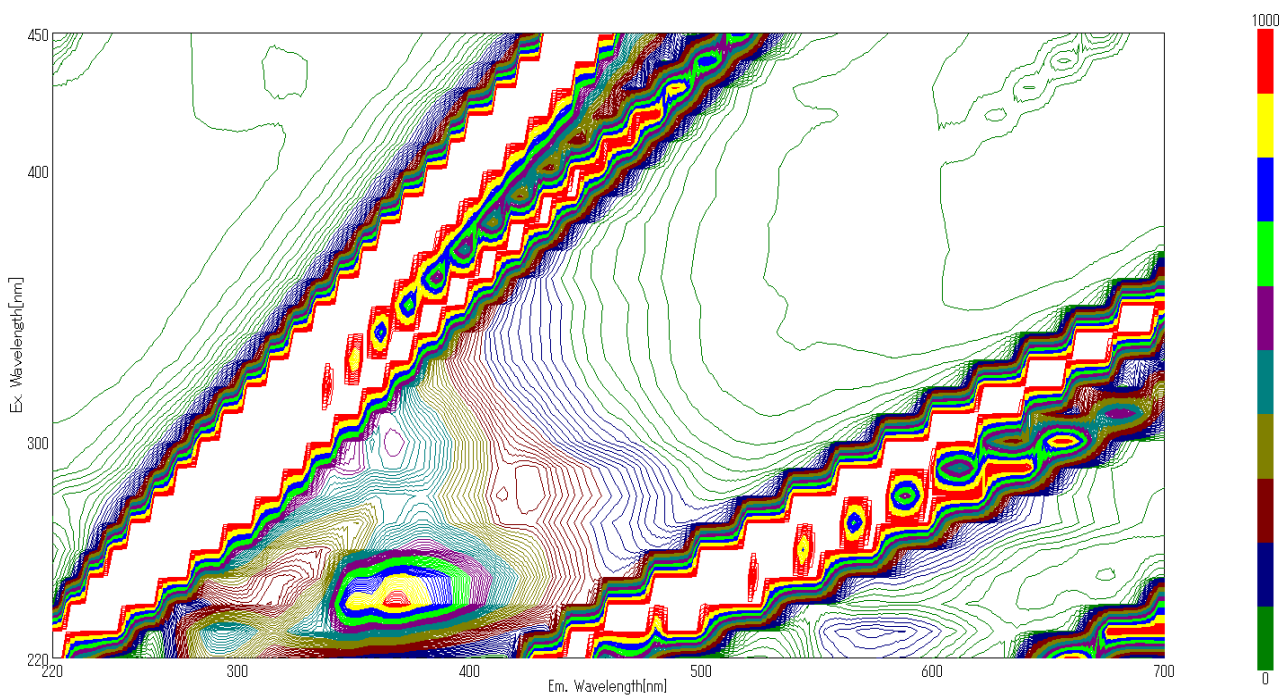


9-2. 溶媒：ヘキサン ※難溶

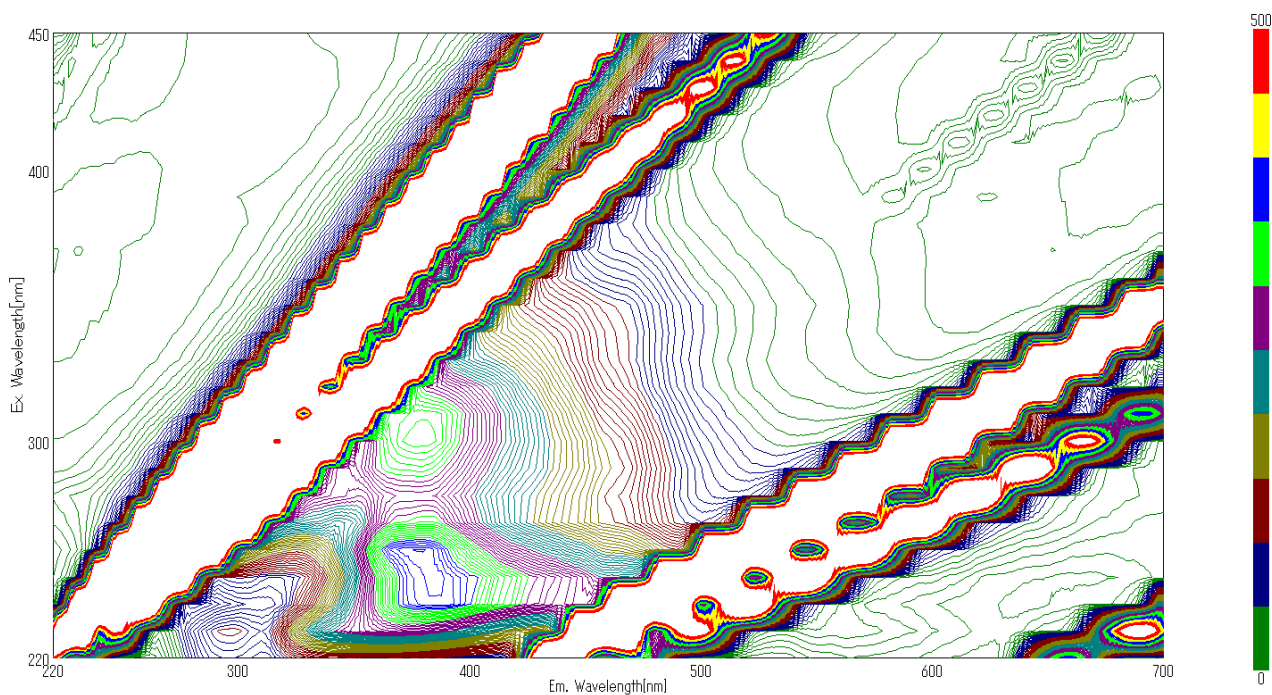


10. Acid red 1 (アミドナフトールレッド/アゾフロキシシン/ポンタシルカルミン/レッド 2G)

10-1. 溶媒 : エタノール

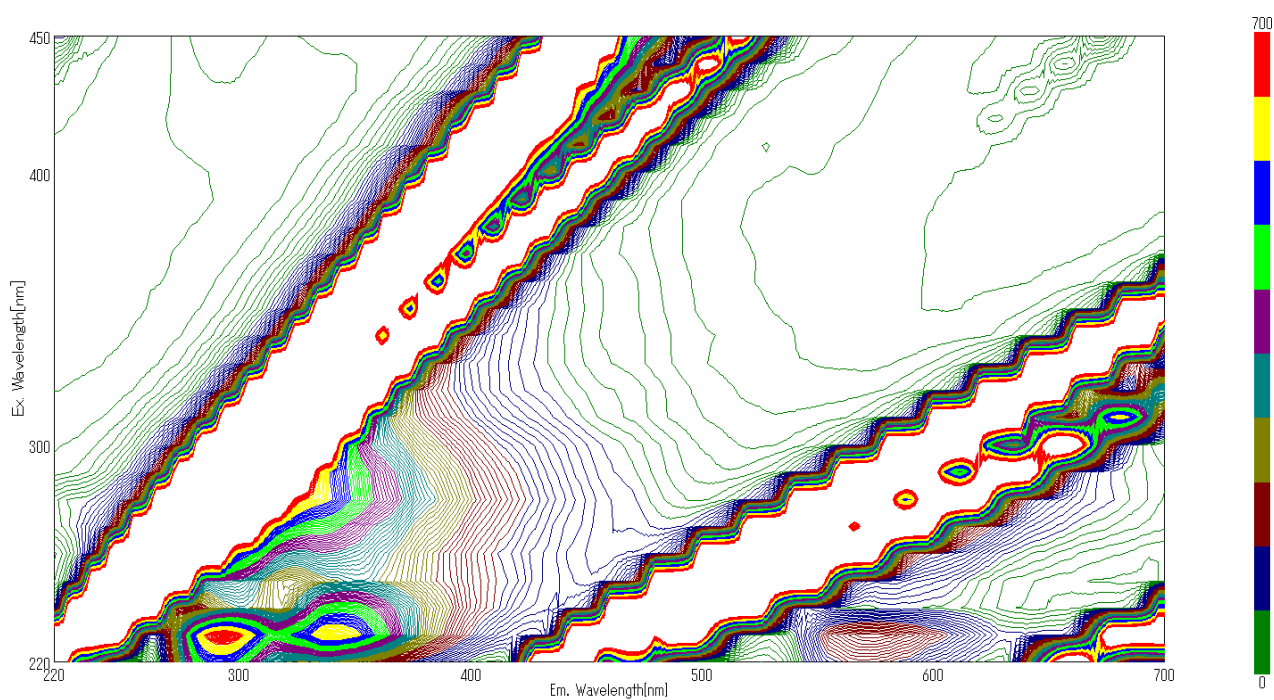


10-2. 溶媒 : 純水

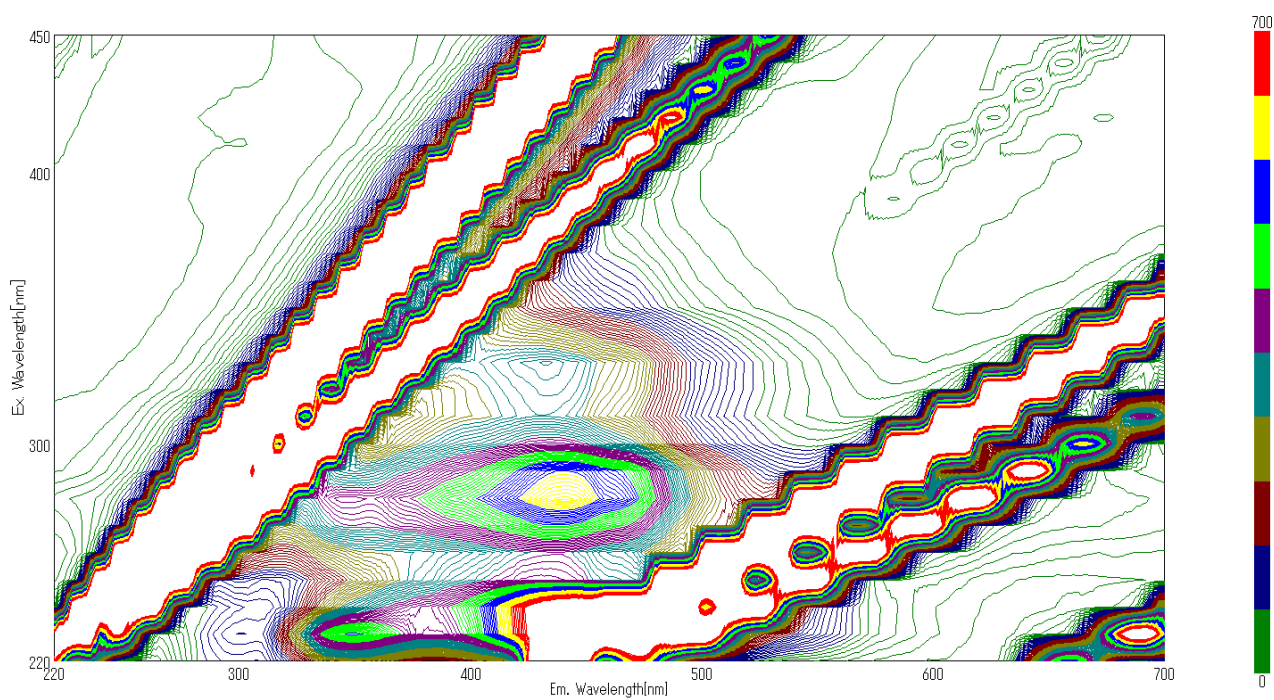


11. Acid red 9 (シルクスカーレット)

11-1. 溶媒：エタノール

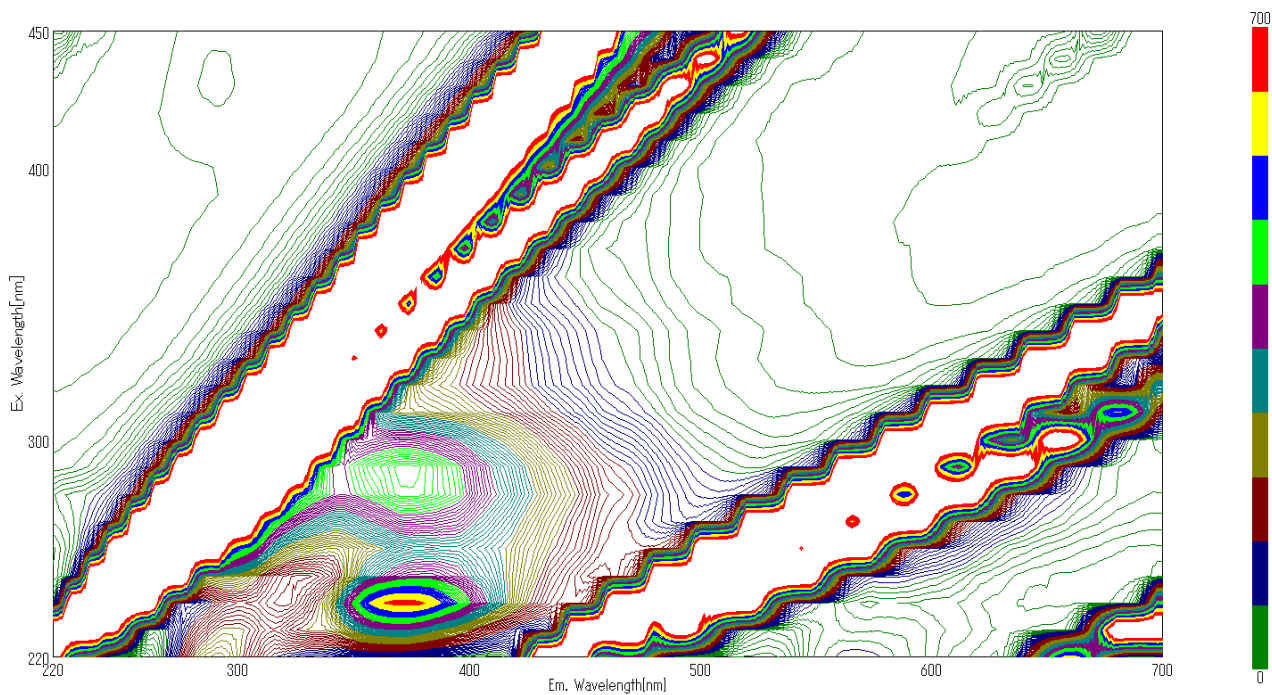


11-2. 溶媒：純水

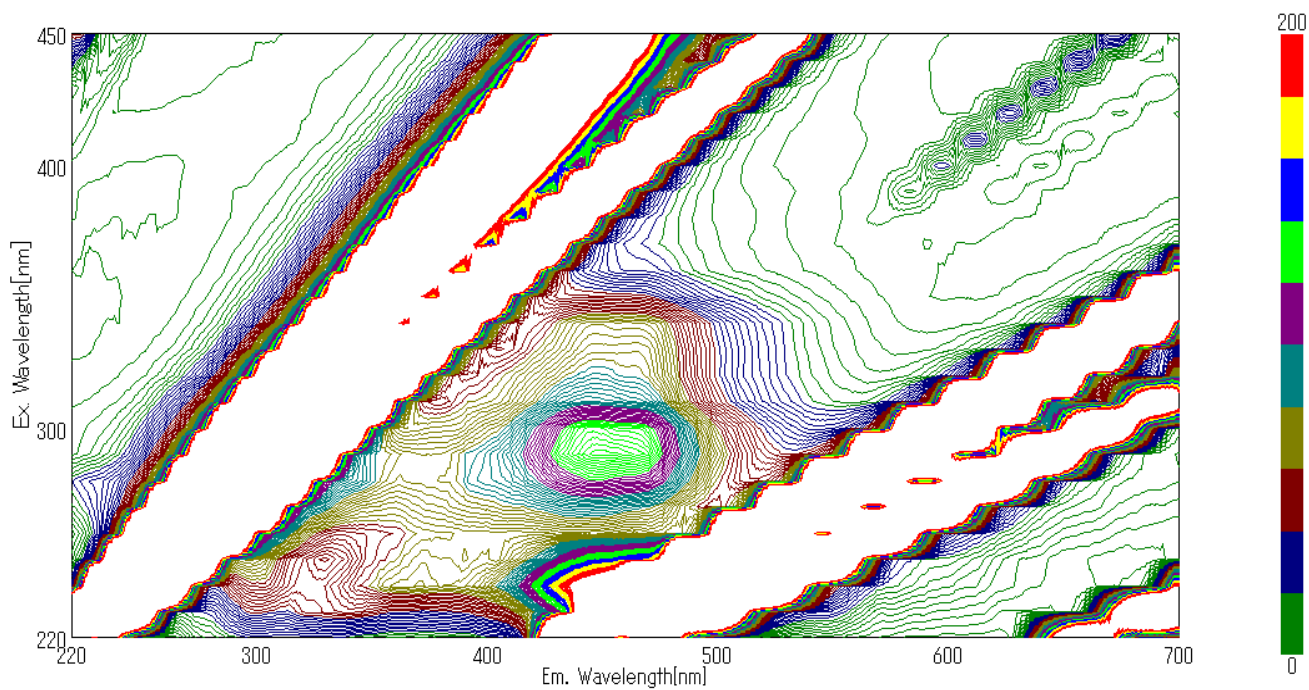


12. Acid red 18 (ニューコクシン/ポンソー4R/スカーレット 3R)

12-1. 溶媒：エタノール

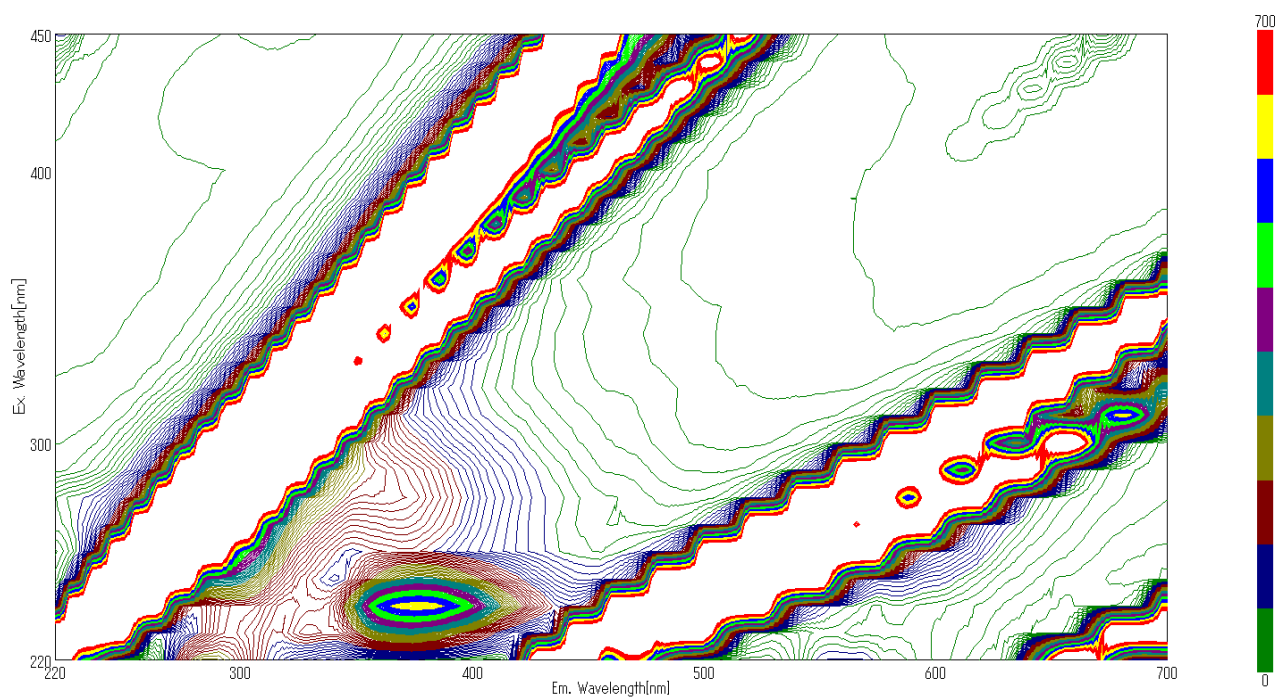


12-2. 溶媒：純水

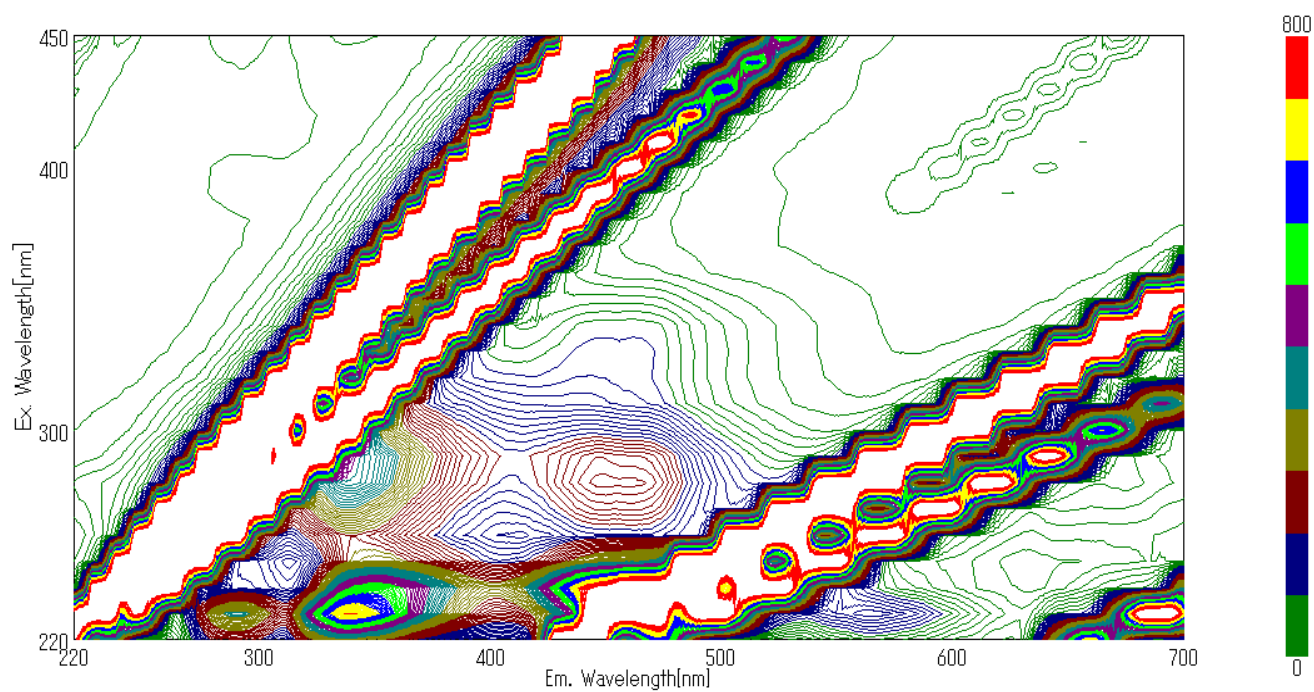


13. Acid red 26 (Ponceau de Xylidine/Ponceau R)

13-1. 溶媒：エタノール

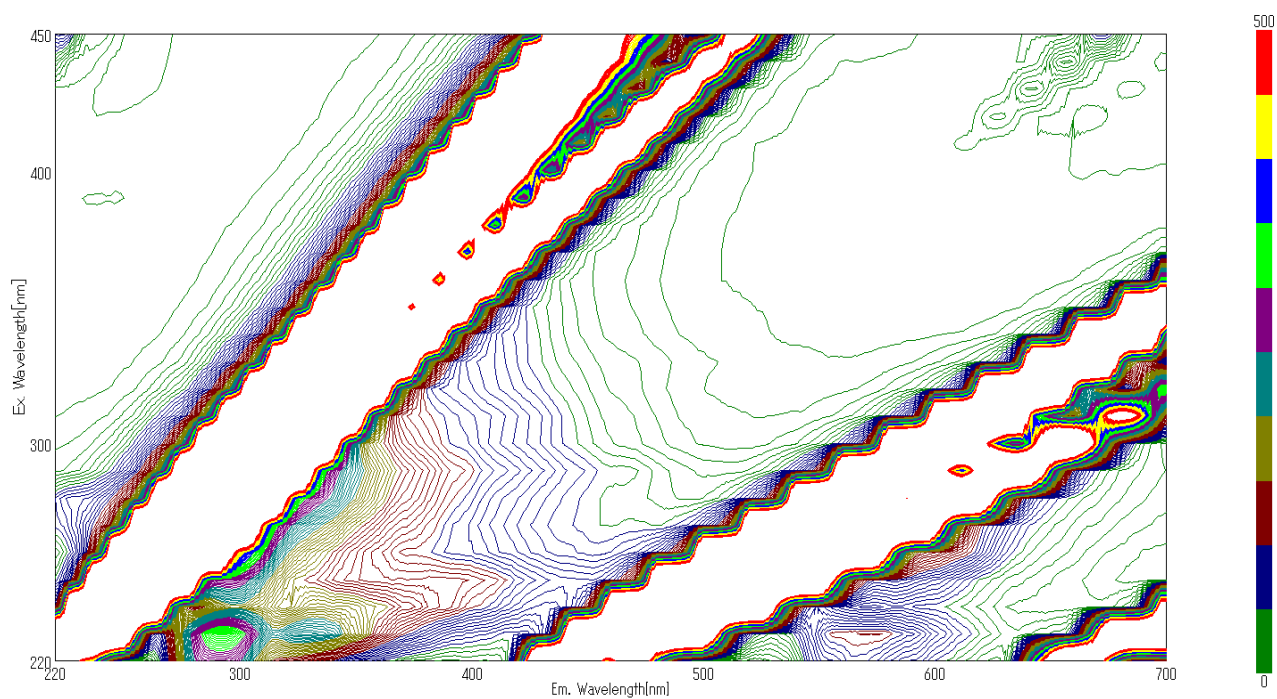


13-2. 溶媒：純水

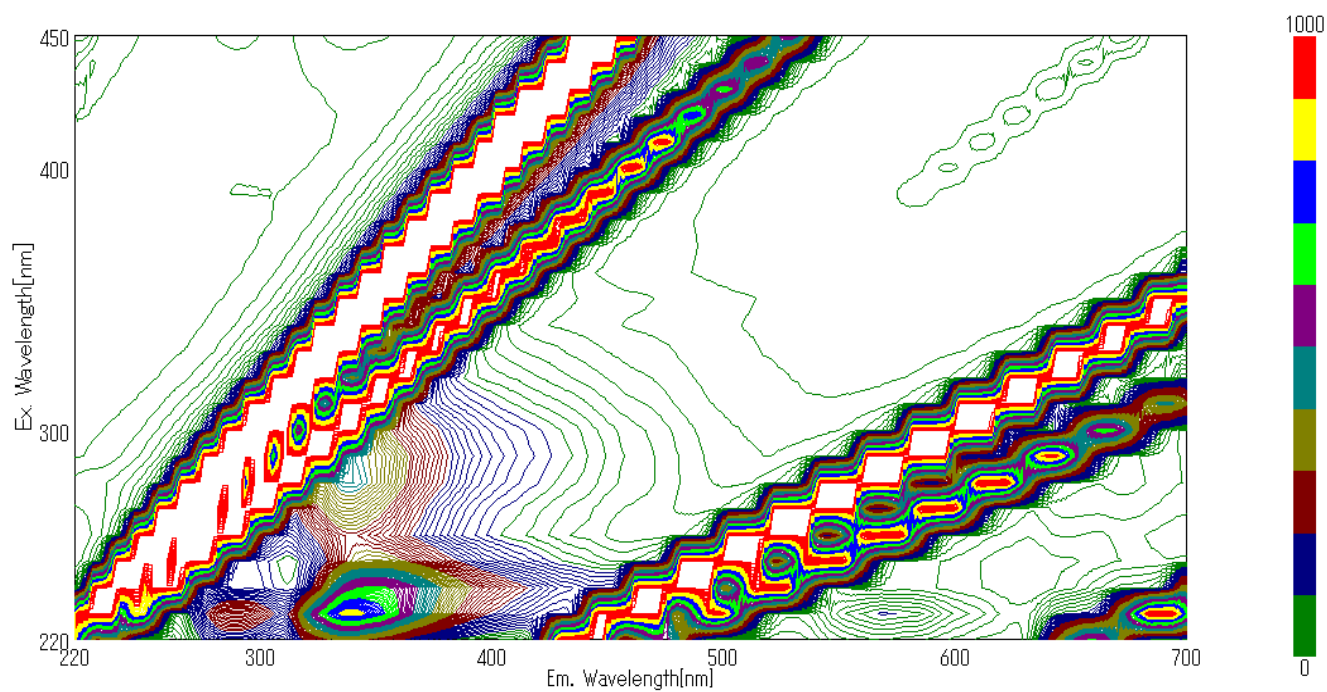


14. Acid red 27 (アマランス/アゾルビン S/ボルドーS/ナフトールレッド/ウールレッド 40F)

14-1. 溶媒：エタノール

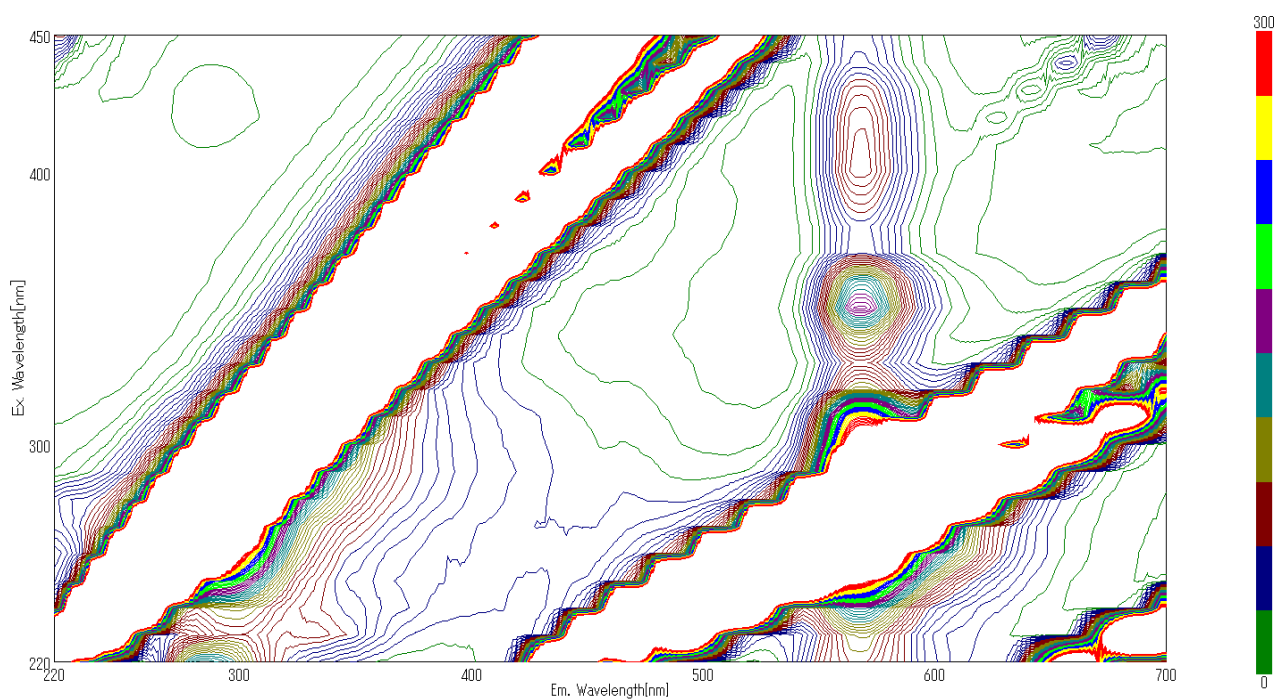


14-2. 溶媒：純水

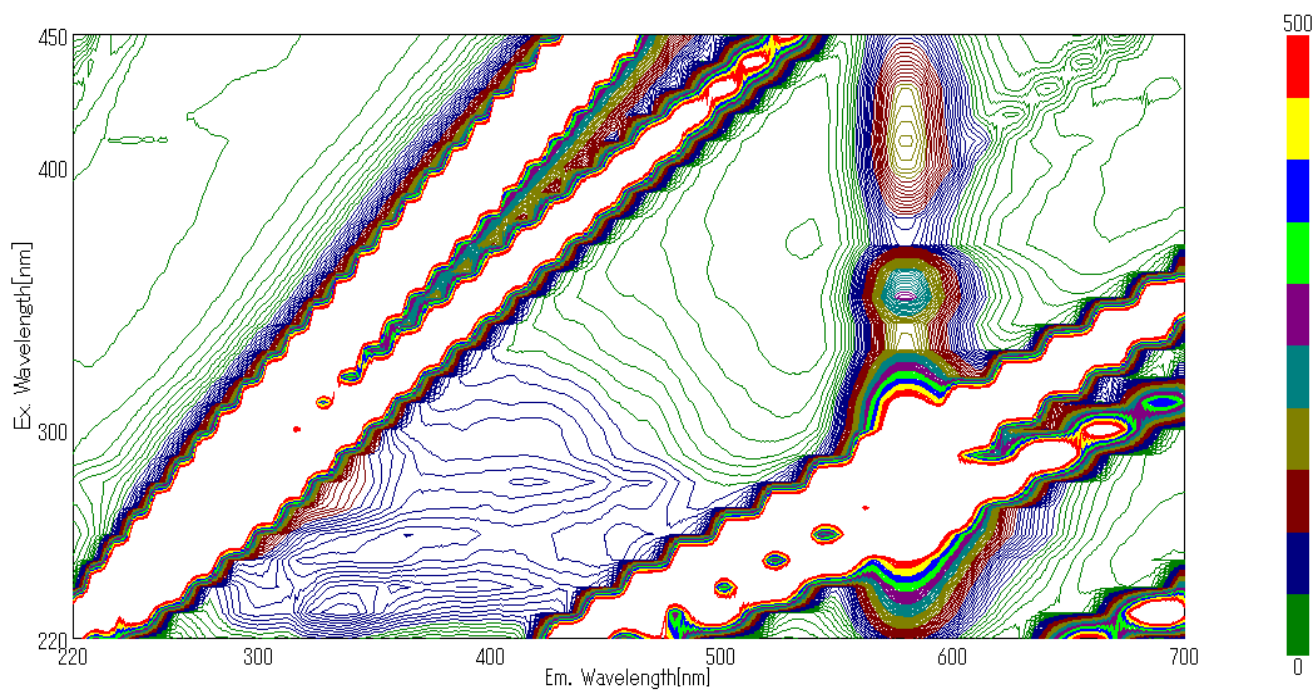


15. Acid red 52 (アシッドレッド/スルホローダミン B/キシレンレッド)

15-1. 溶媒：エタノール

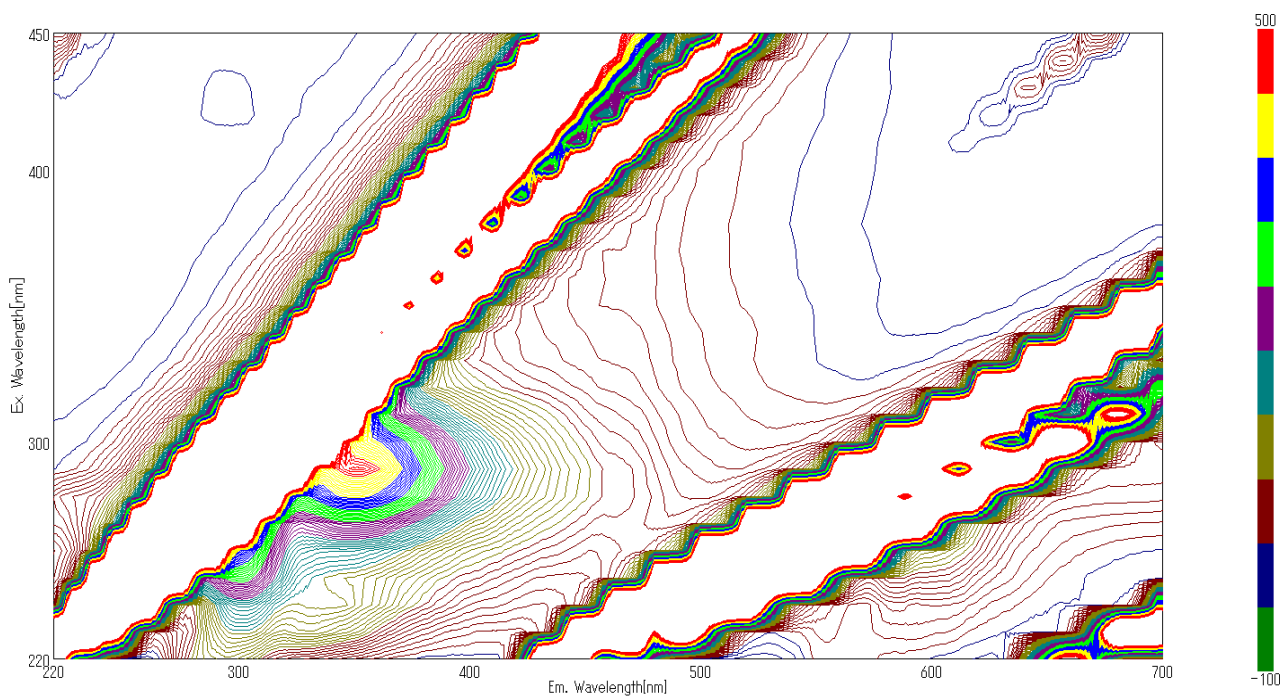


15-2. 溶媒：純水

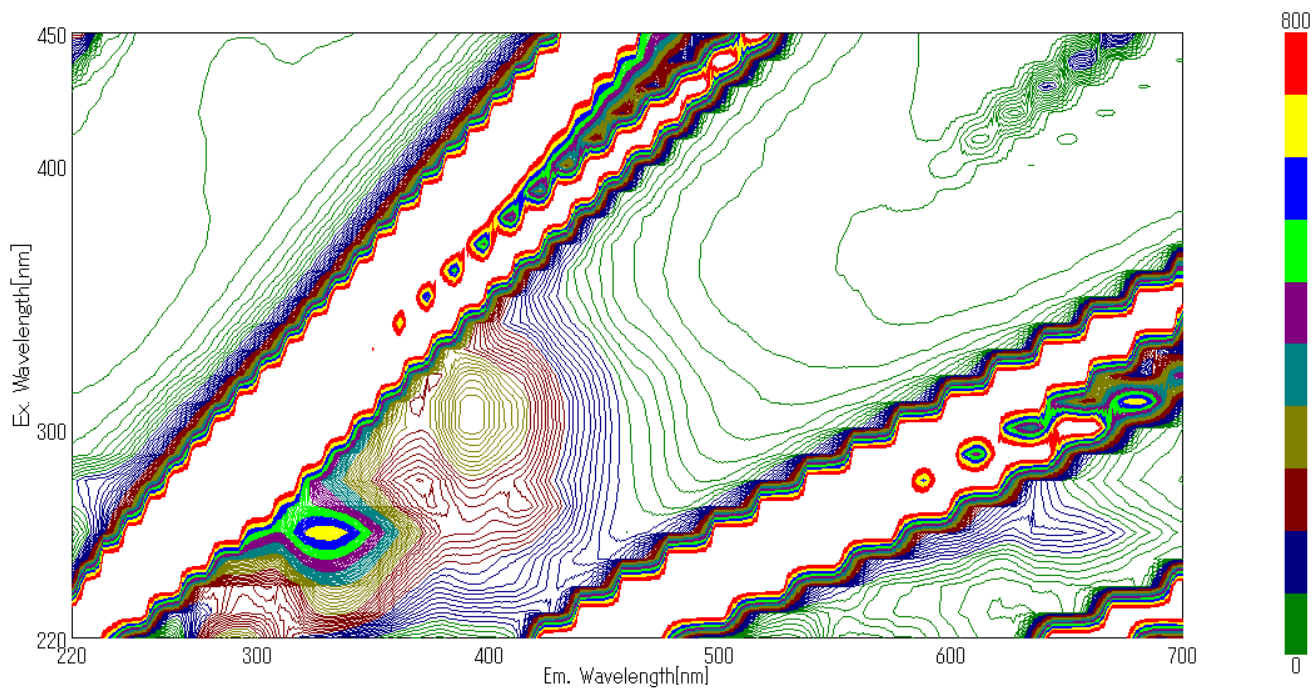


16. Ethylred (4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸)

16-1. 溶媒：エタノール



16-2. 溶媒：ヘキサン



17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran

※保留（ヘキサンに難溶，水に不溶，エタノールには徐々に溶解する。）

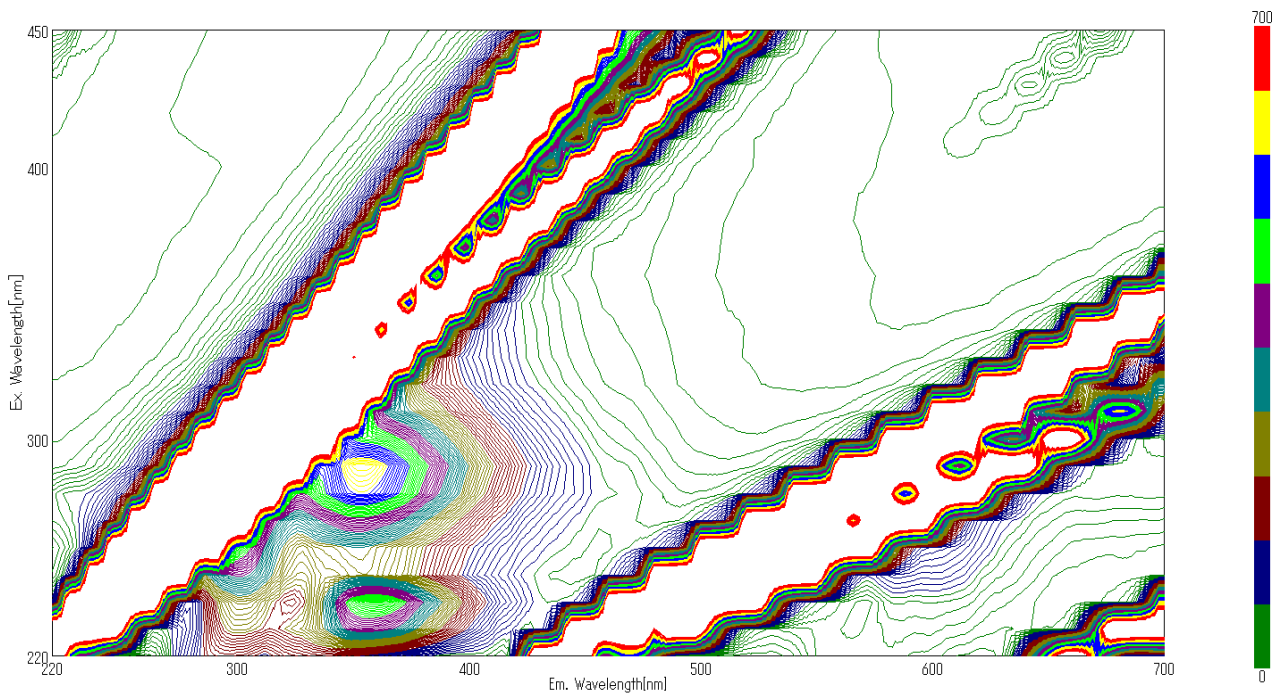
17-1. 溶媒：エタノール

17-2. 溶媒：純水

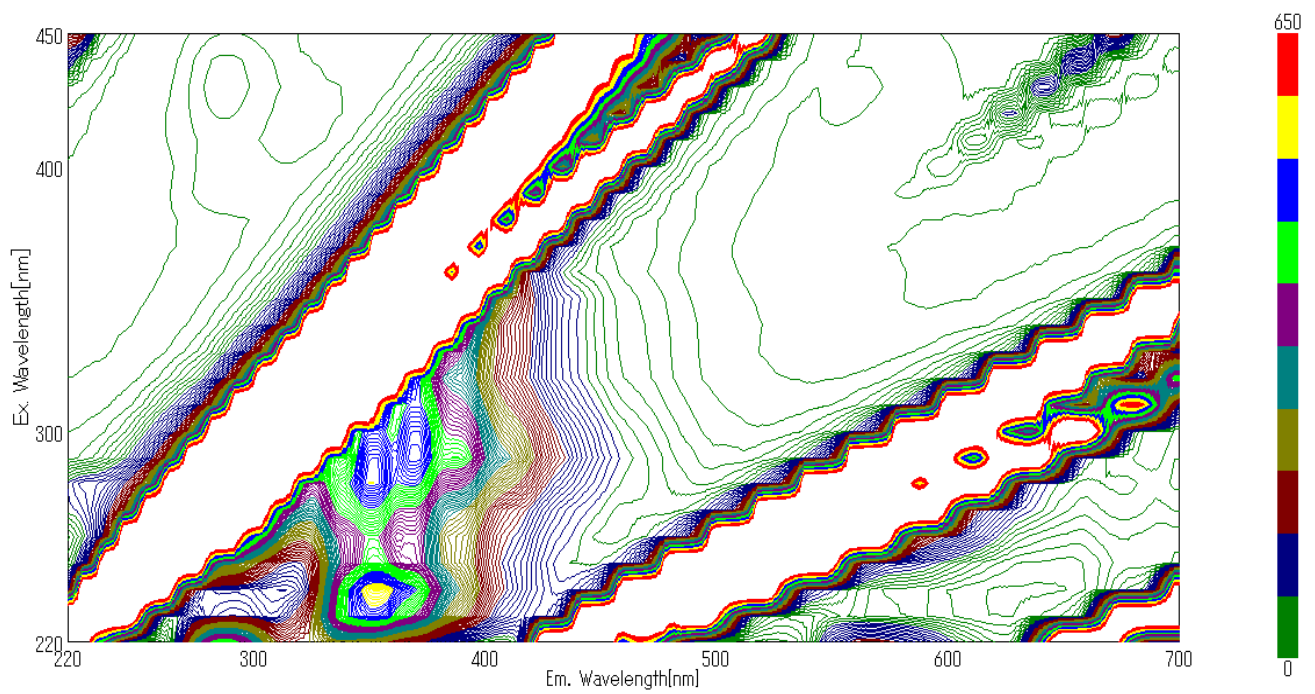
17-3. 溶媒：ヘキサン

18. Liquid Orange SRF (混合品／燃料油用)

18-1. 溶媒：エタノール

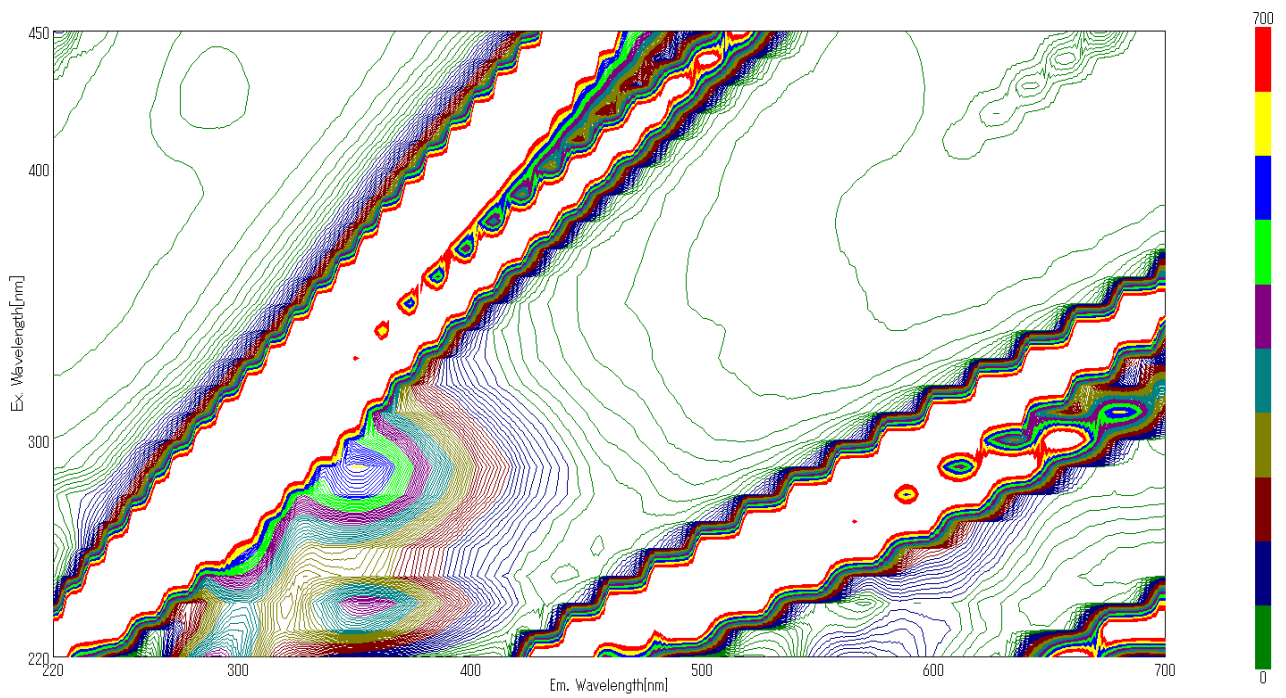


18-2. 溶媒：ヘキサン

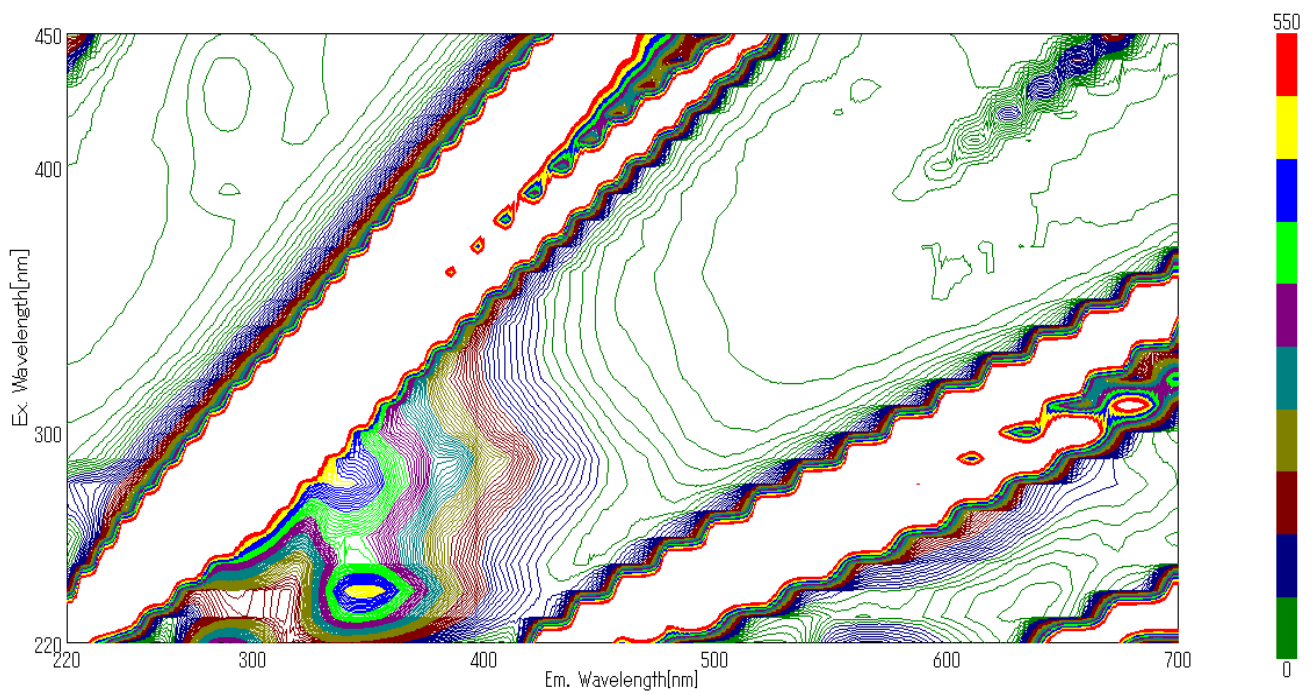


19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)

19-1. 溶媒：エタノール

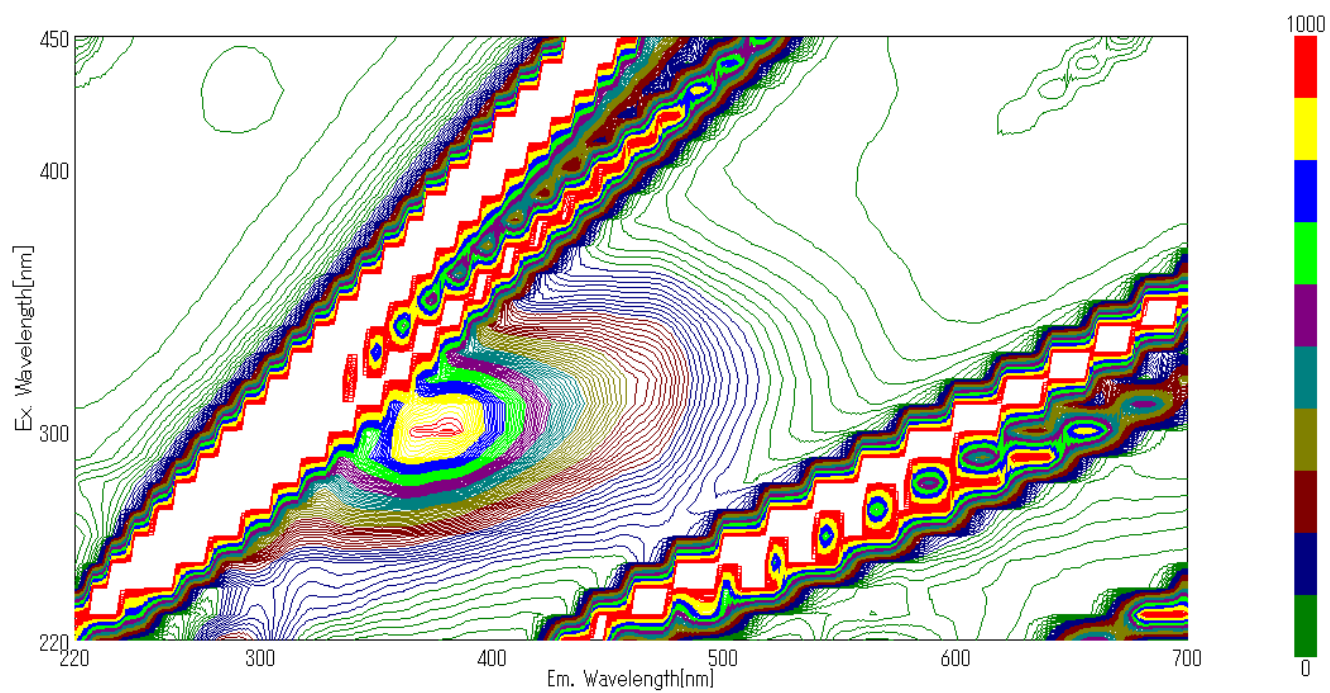


19-2. 溶媒：ヘキサン

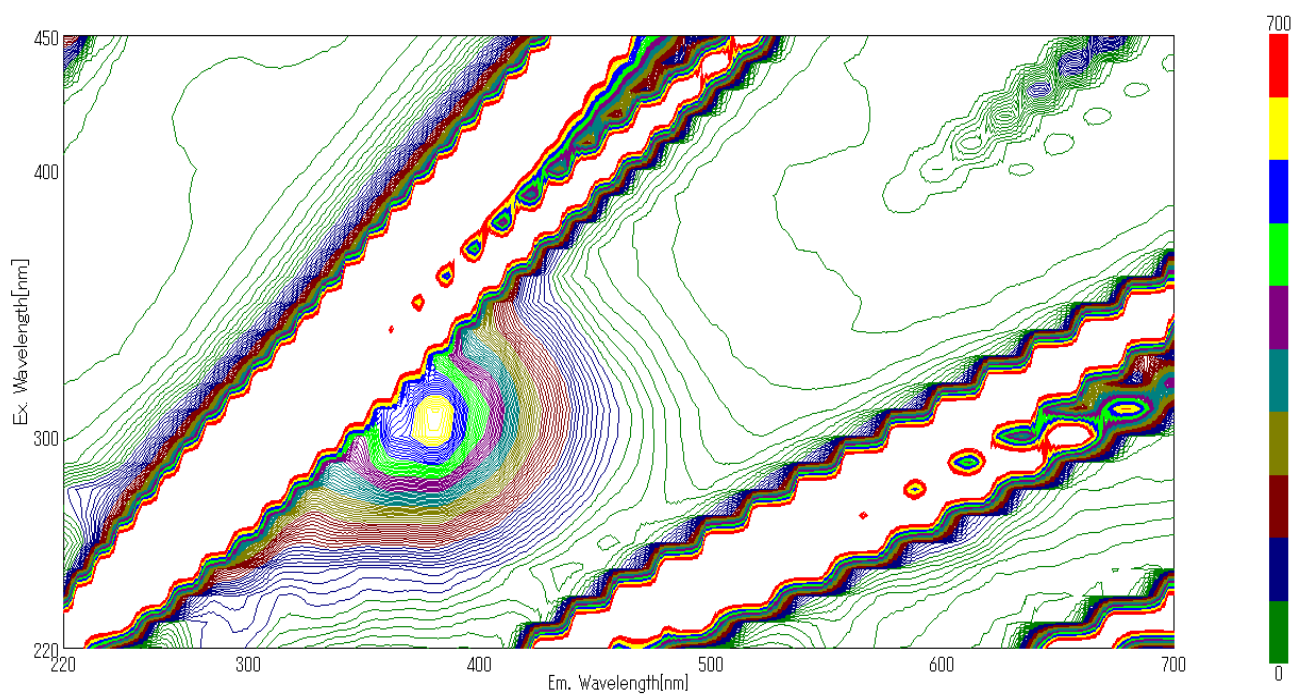


20. メチルエロー

20-1. 溶媒：エタノール

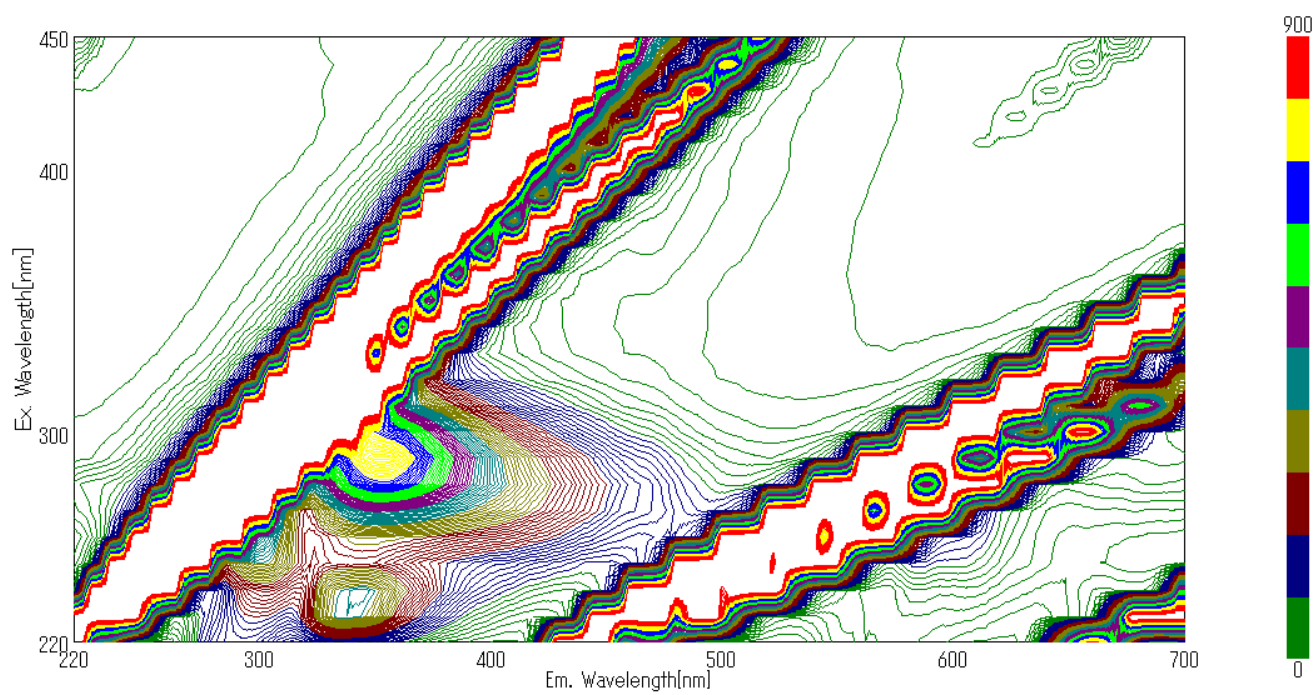


20-2. 溶媒：ヘキサン



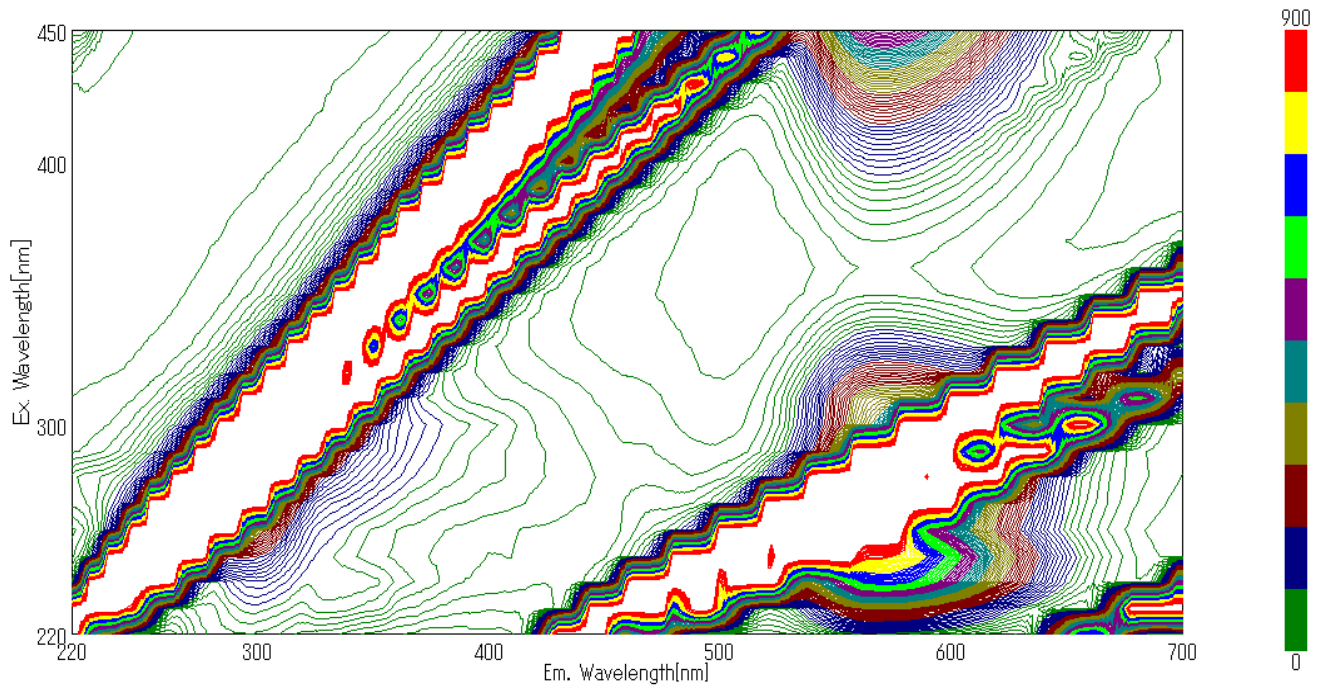
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone

21-1. 溶媒：エタノール

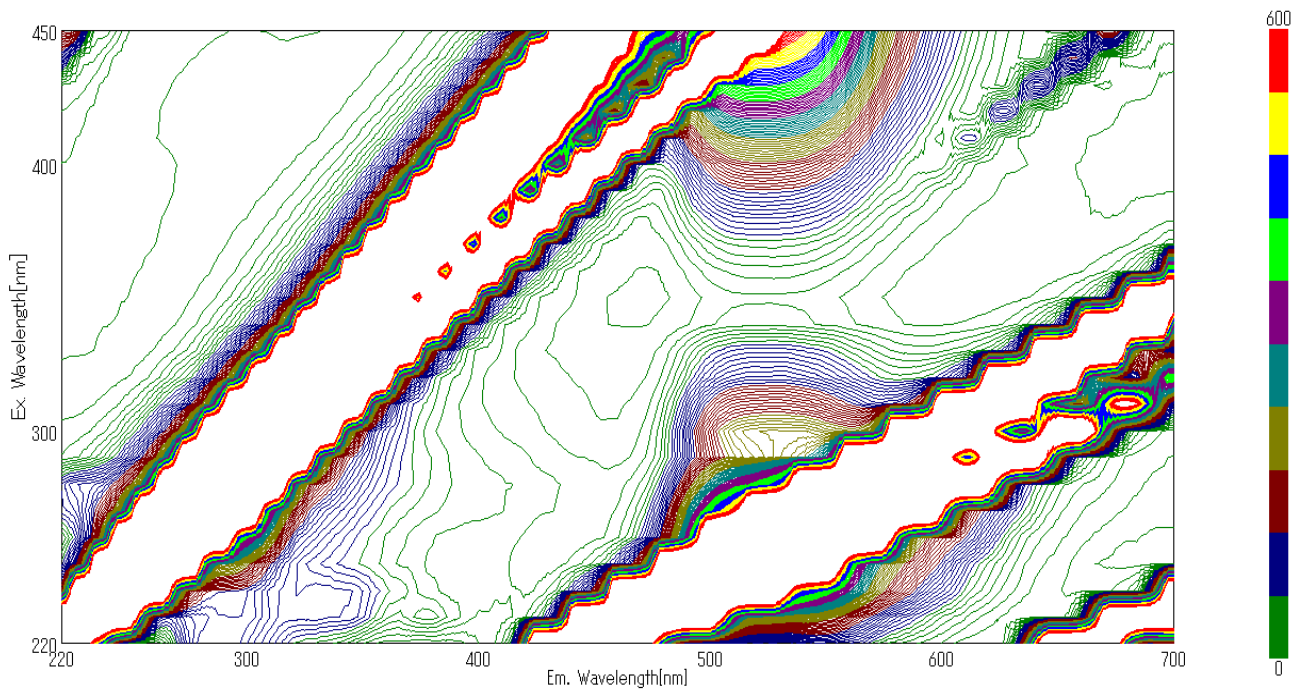


22. 1-Aminoanthraquinone

22-1. 溶媒：エタノール

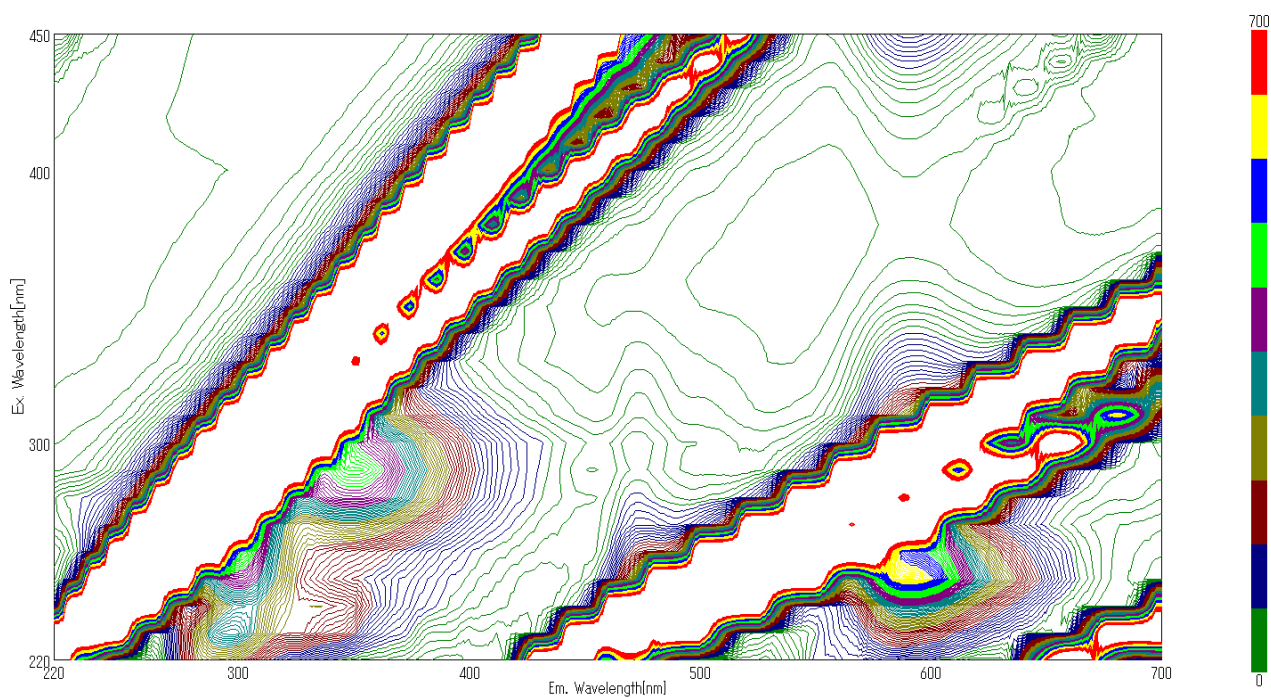


22-2. 溶媒：ヘキサン ※微溶

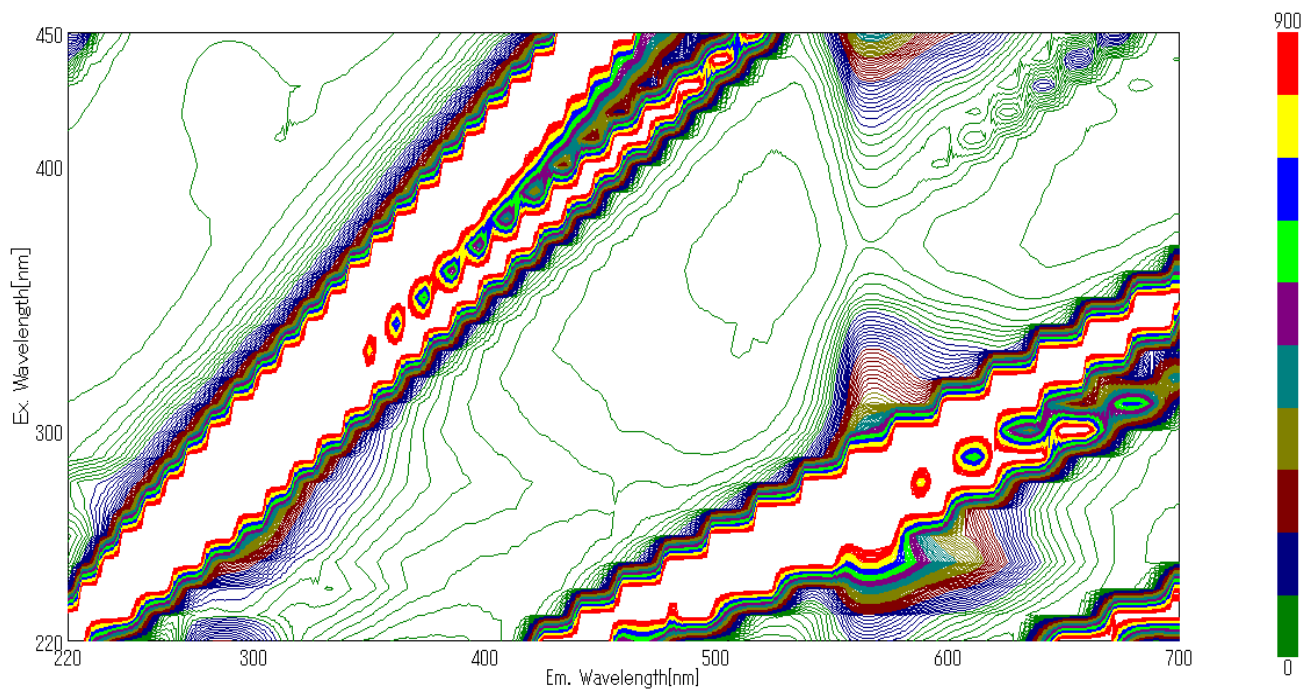


23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone

23-1. 溶媒：エタノール



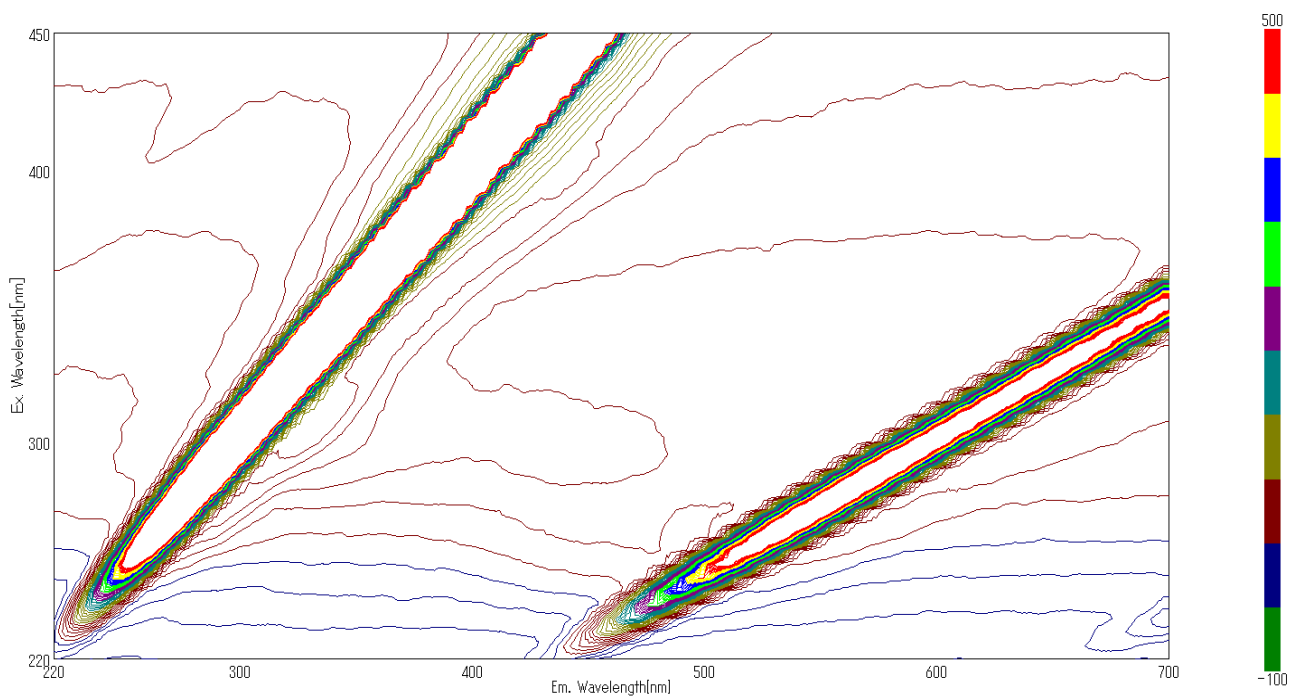
23-2. 溶媒：ヘキサン ※微溶



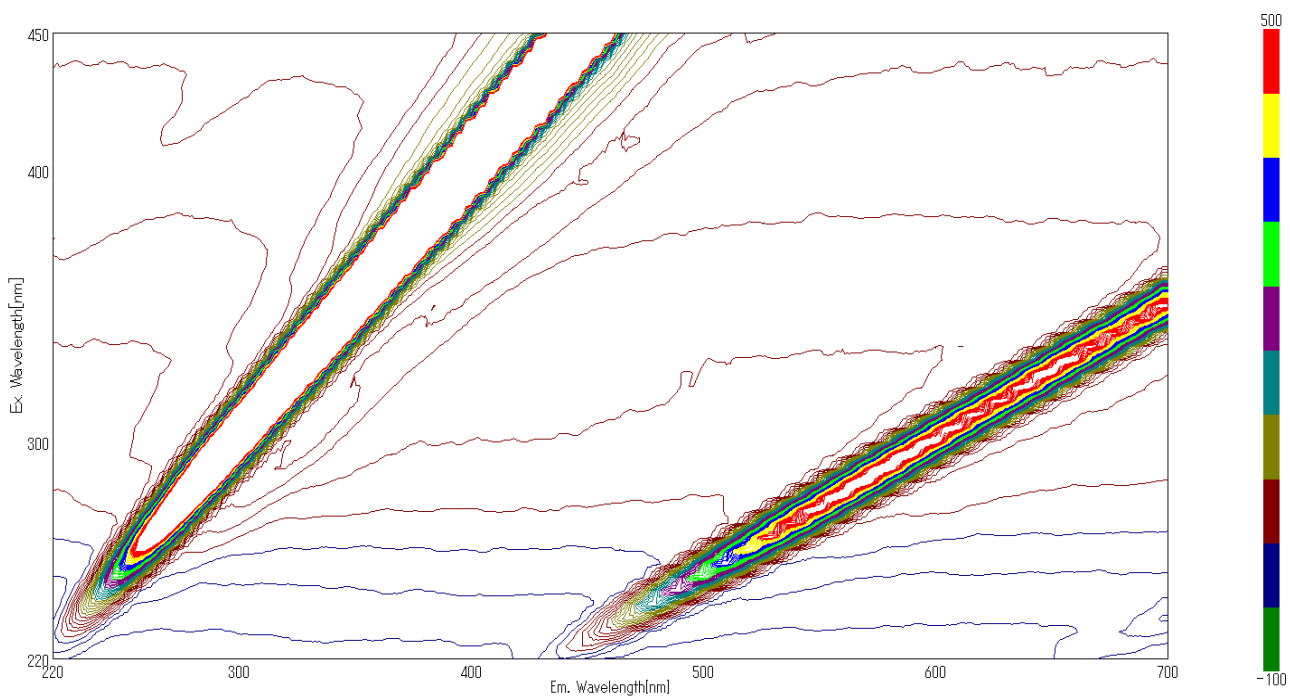
青色染料

1. キシレンシアノール FF

1-1. 溶媒：エタノール

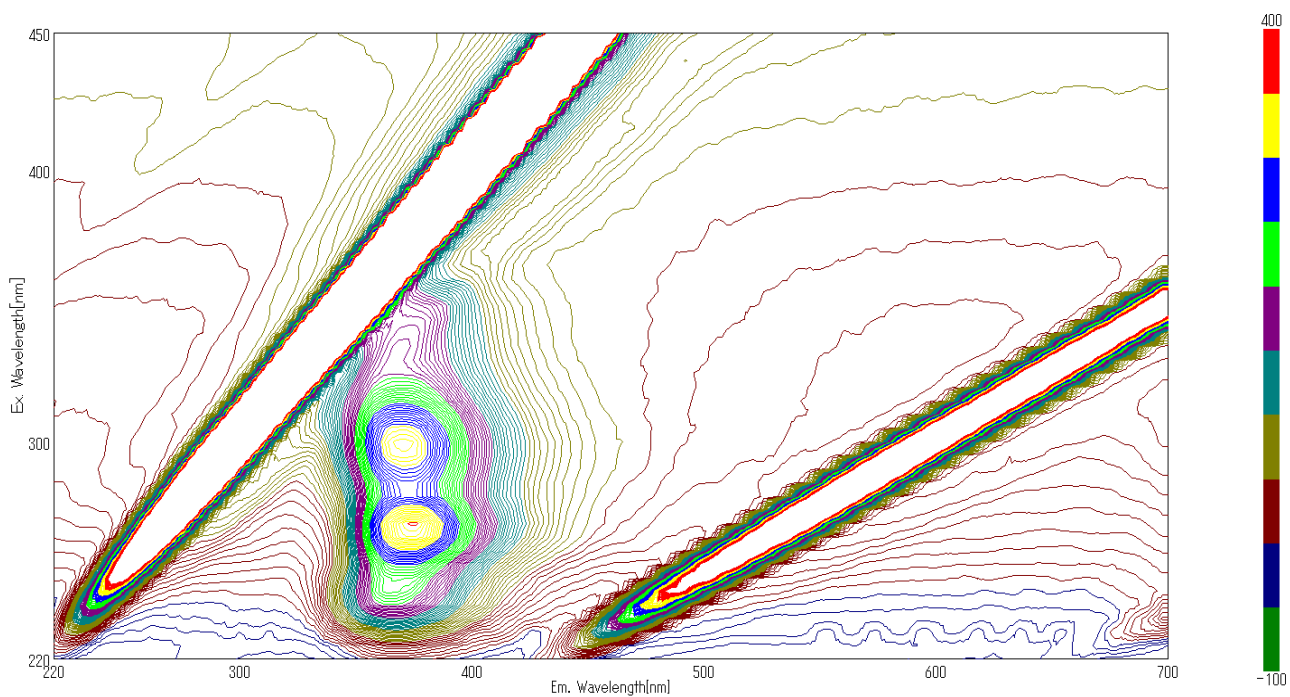


1-2. 溶媒：純水

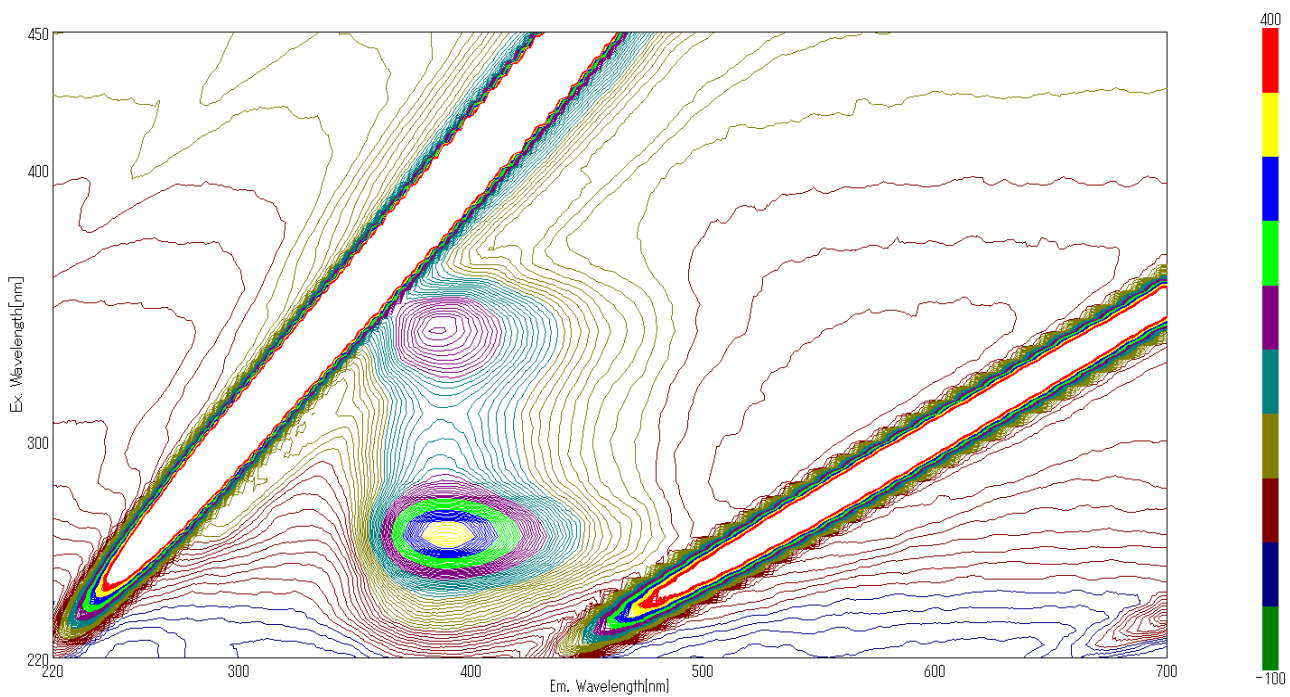


2. ブリリアントブルーR

2-1. 溶媒：エタノール

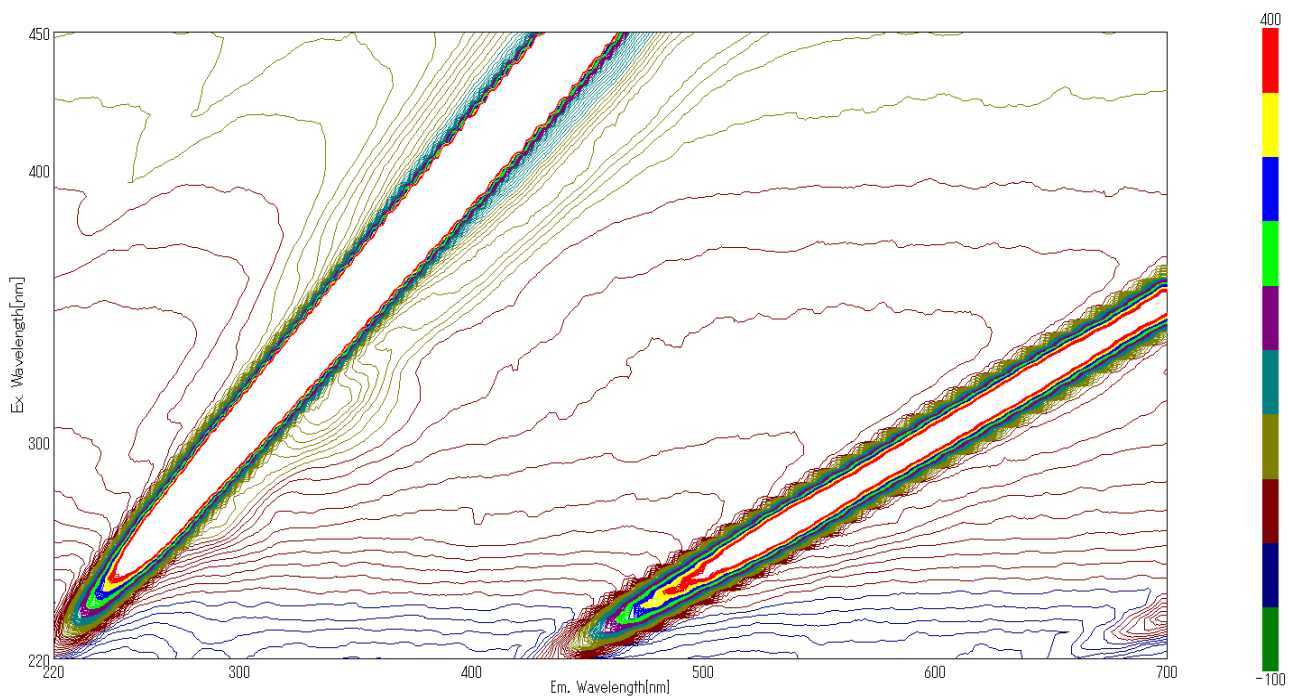


2-2. 溶媒：純水

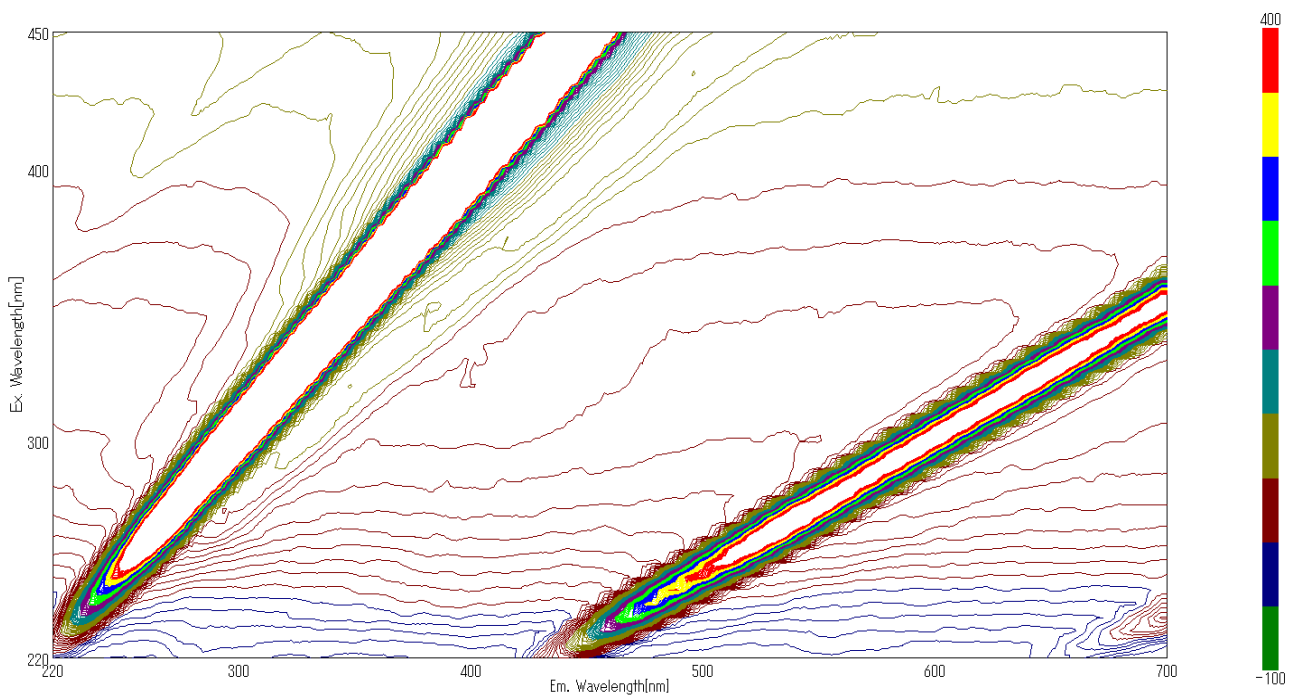


3. インジゴカルミン

3-1. 溶媒：エタノール

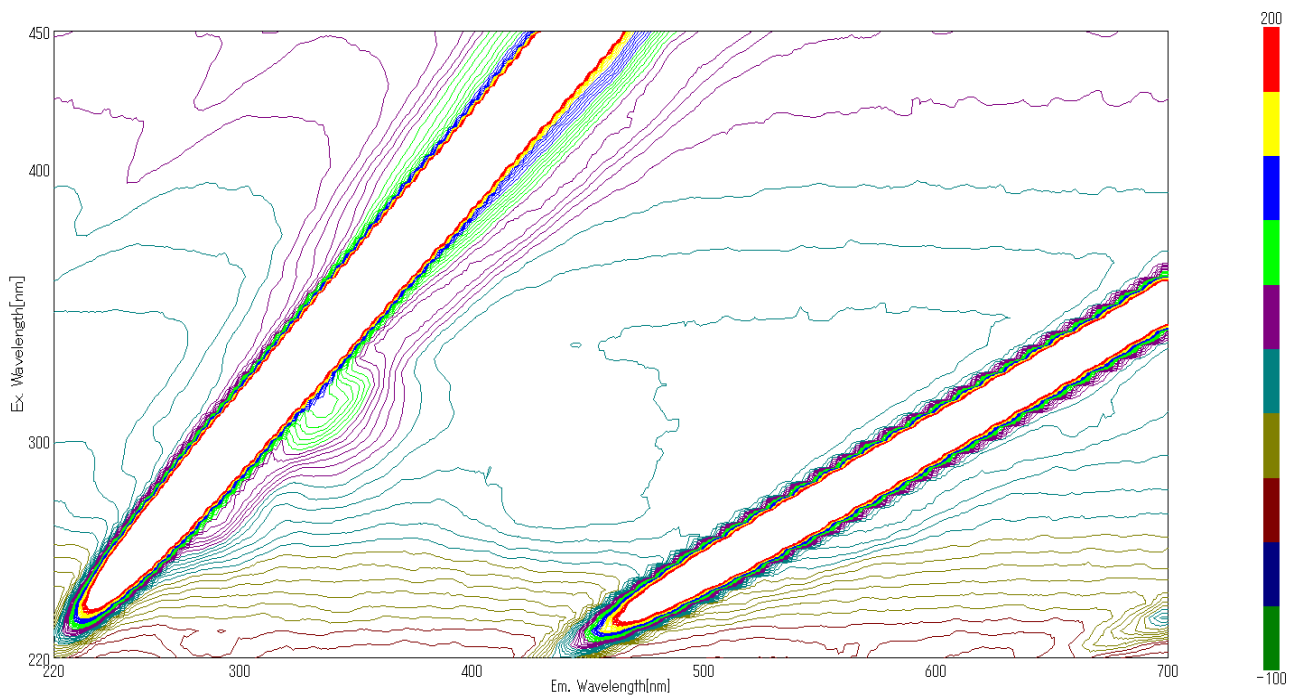


3-2. 溶媒：純水

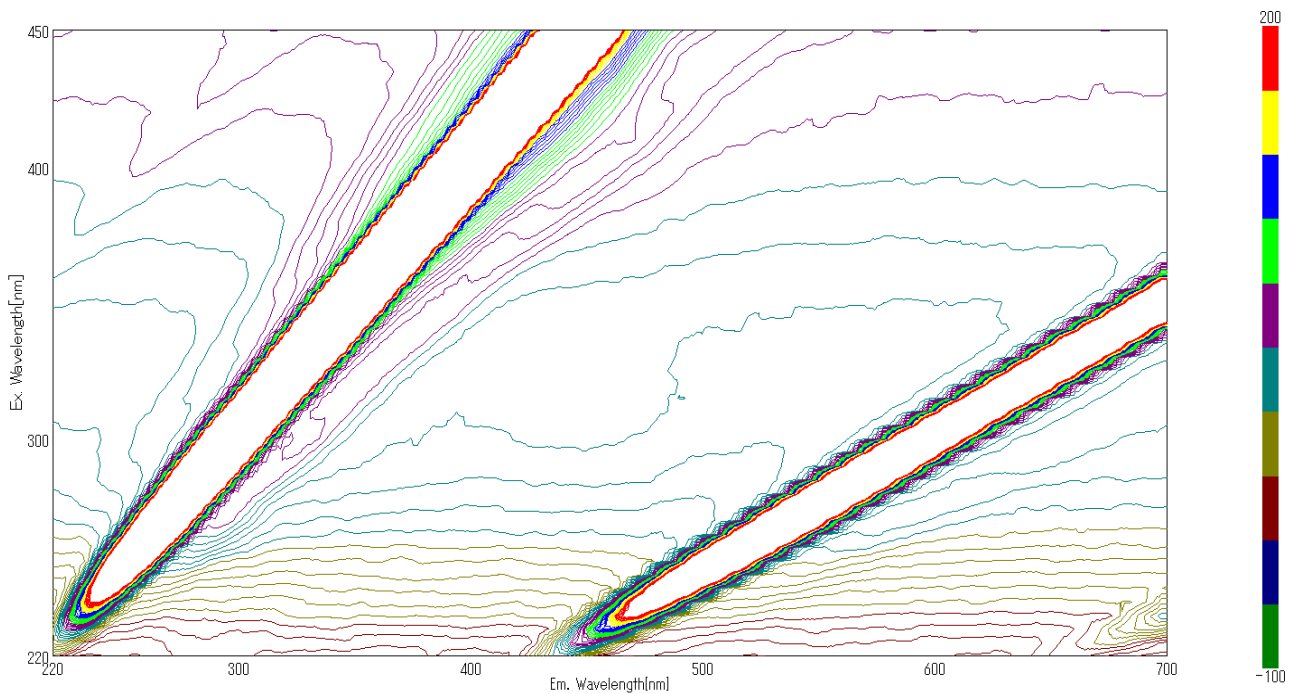


4. アシッドブルー3ナトリウム

4-1. 溶媒：エタノール

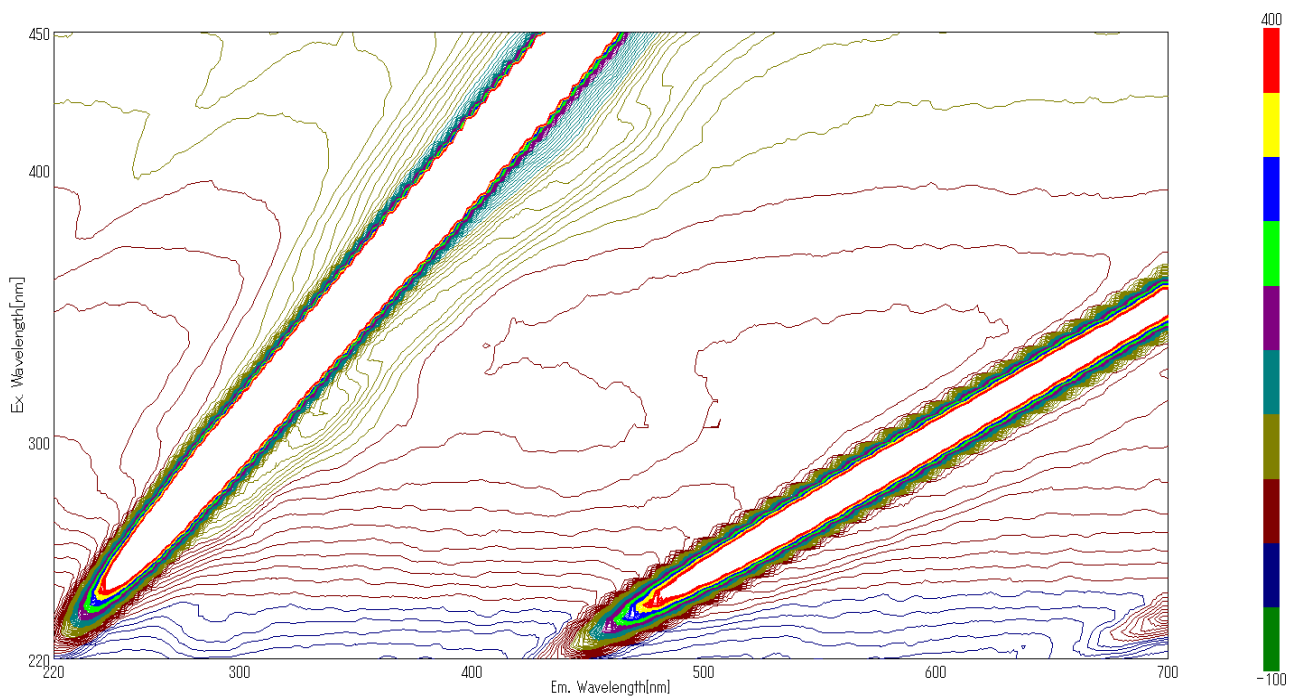


4-2. 溶媒：水

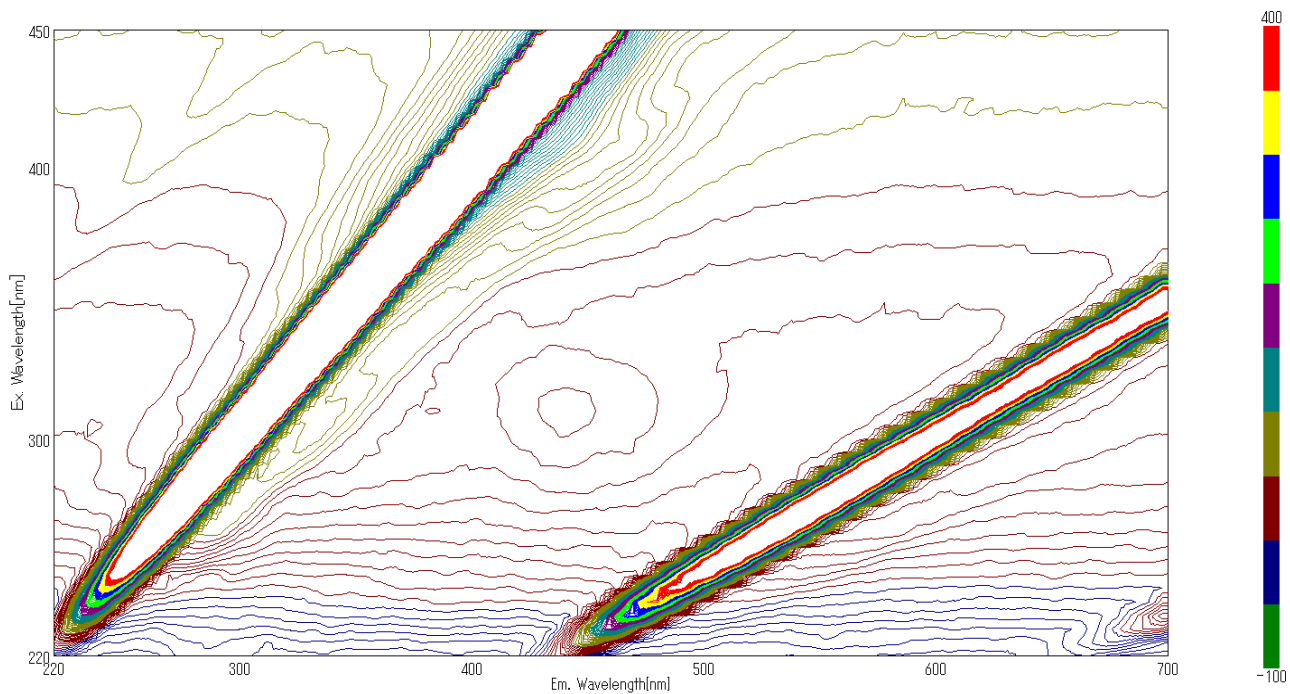


5. アシッドブルー9

5-1. 溶媒：エタノール

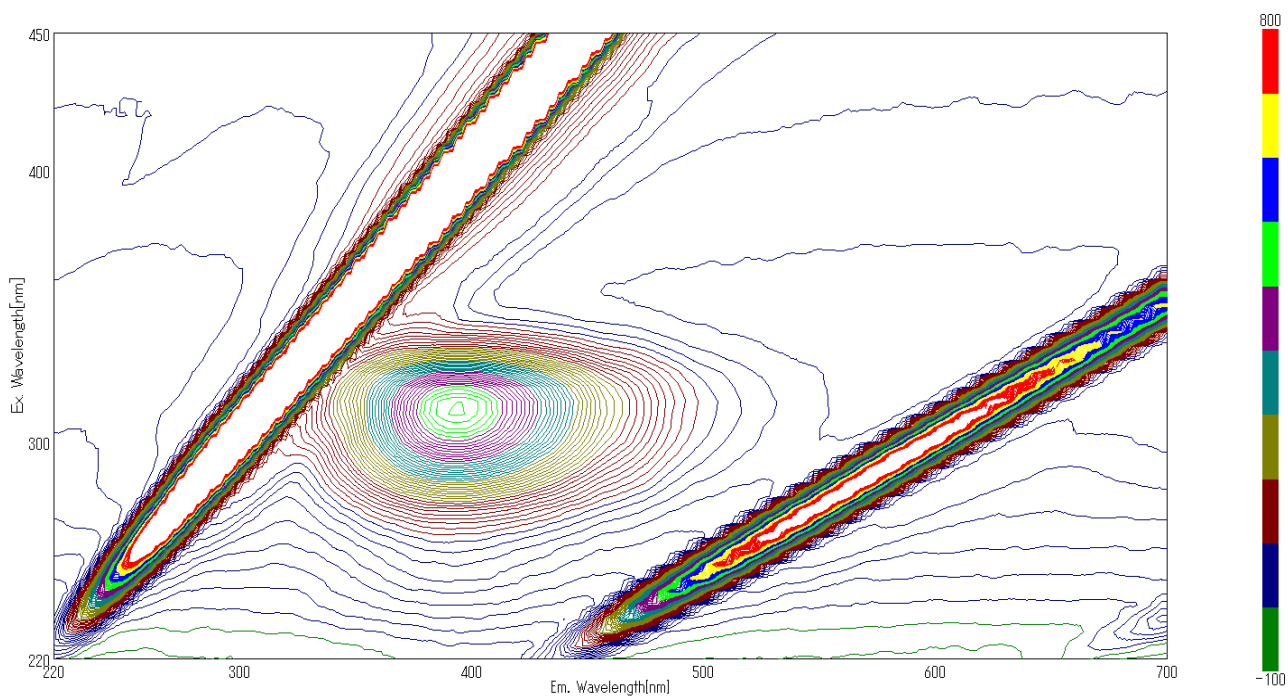


5-2. 溶媒：水

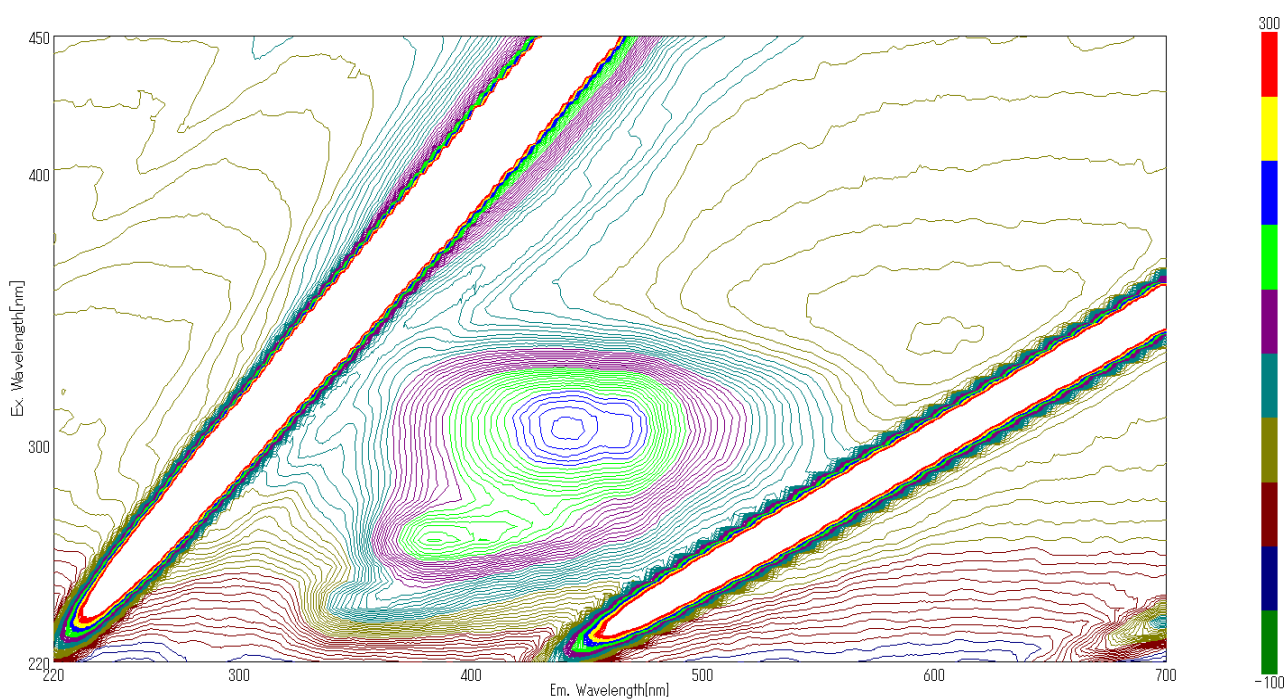


6. アシッドブルー-119

6-1. 溶媒：エタノール

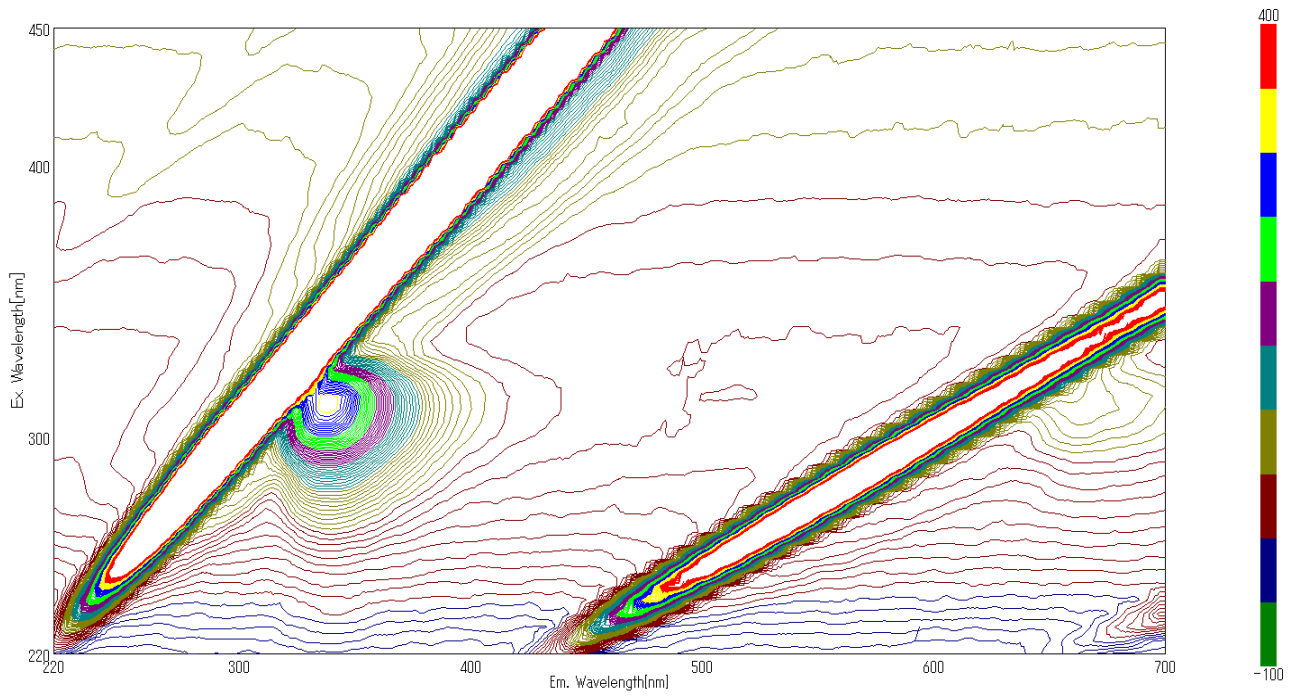


6-2. 溶媒：水

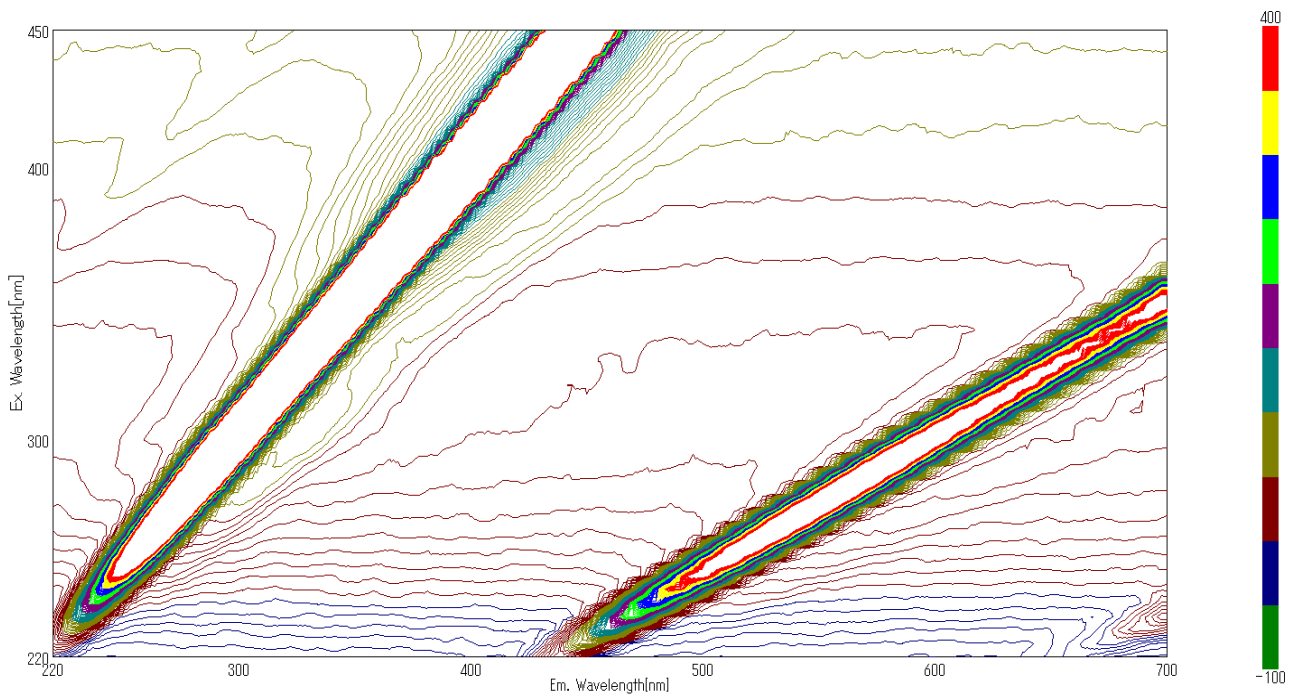


7. アシッドブラック 1

7-1. 溶媒：エタノール

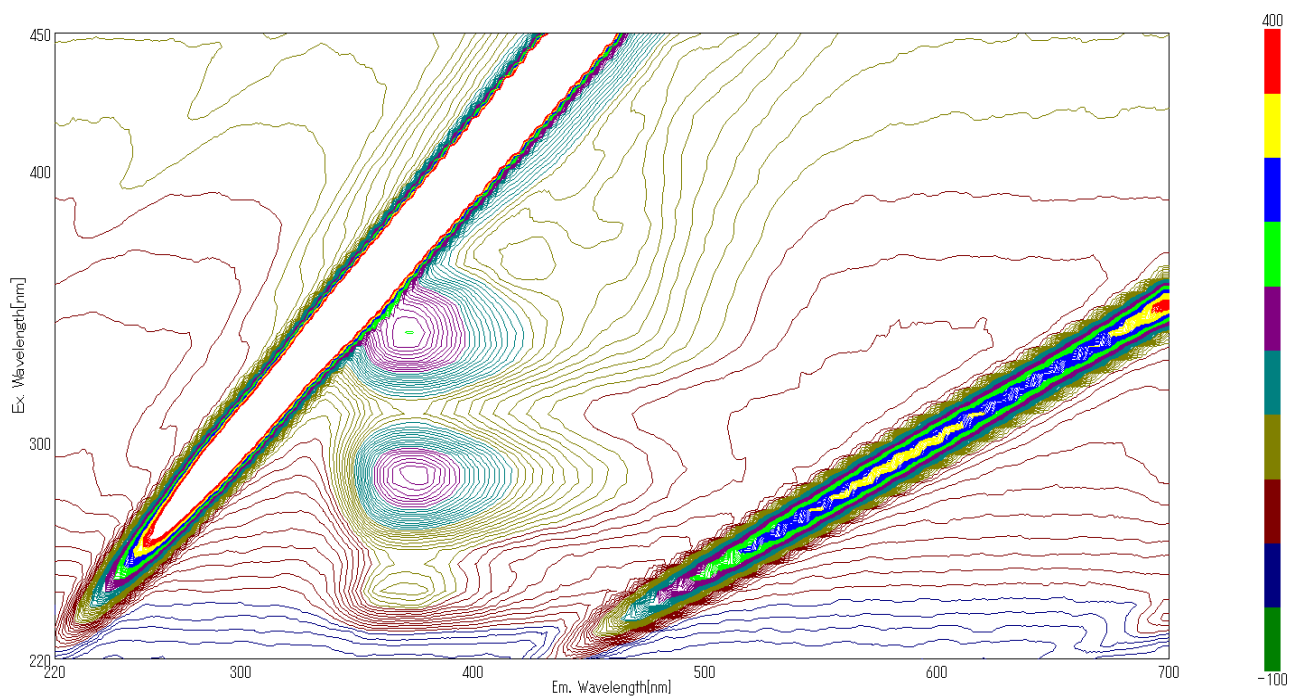


7-2. 溶媒：水

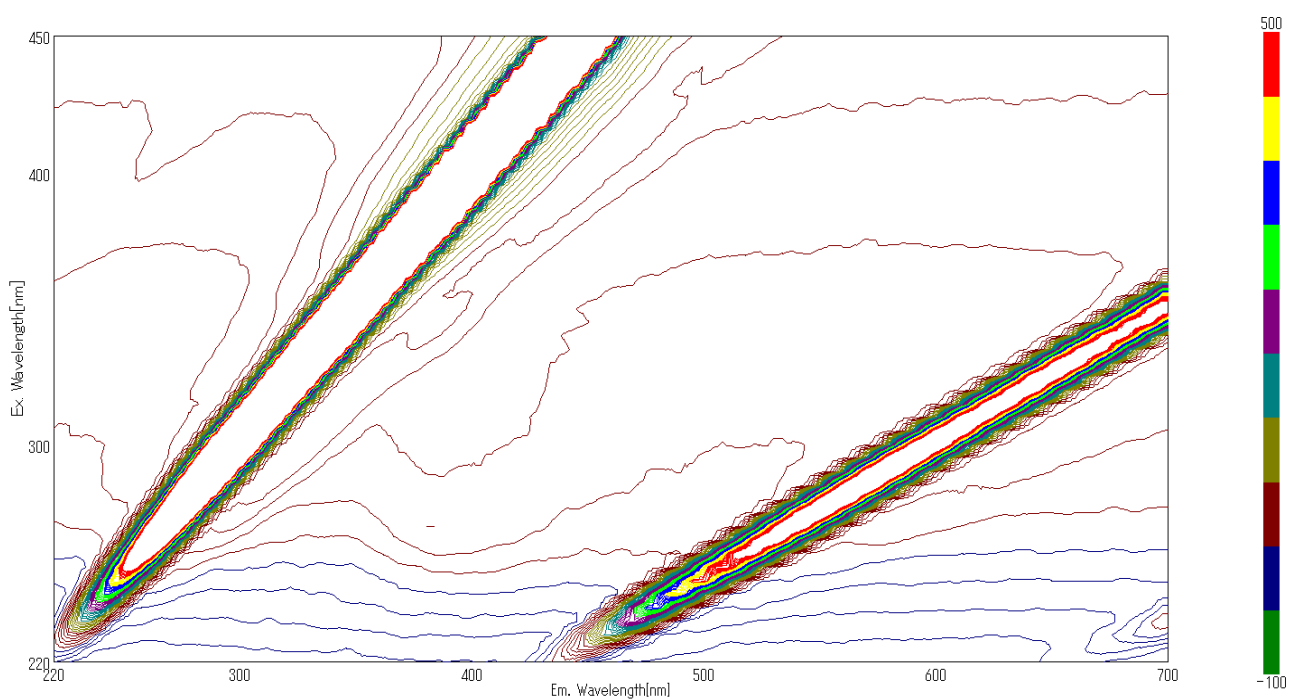


8. ブリリアントブルー-G

8-1. 溶媒：エタノール

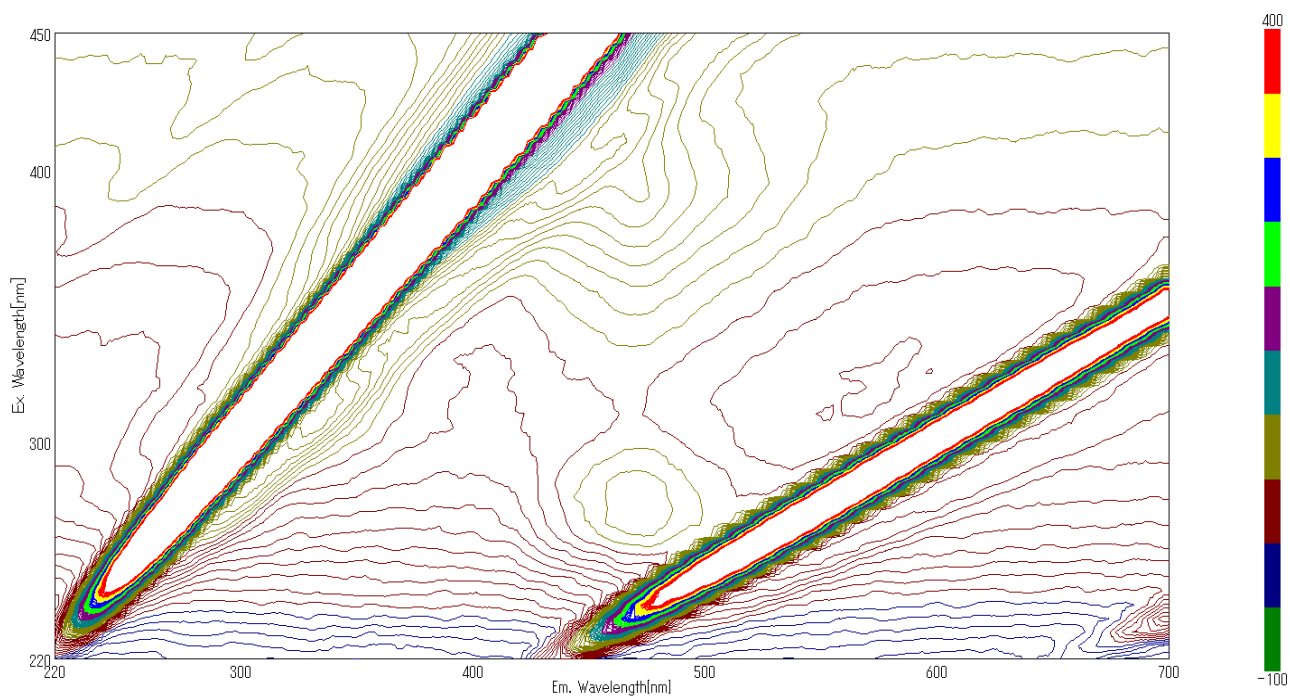


8-2. 溶媒：水

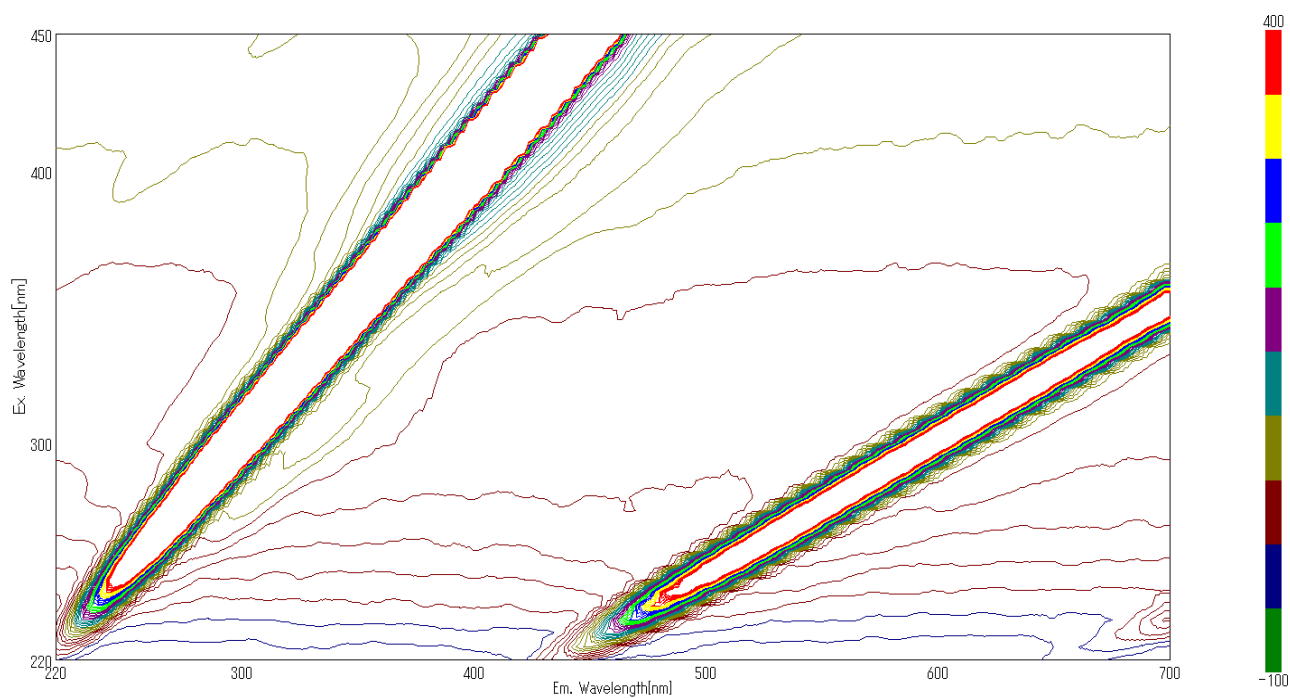


9. アシッドブルー-92

9-1. 溶媒：エタノール

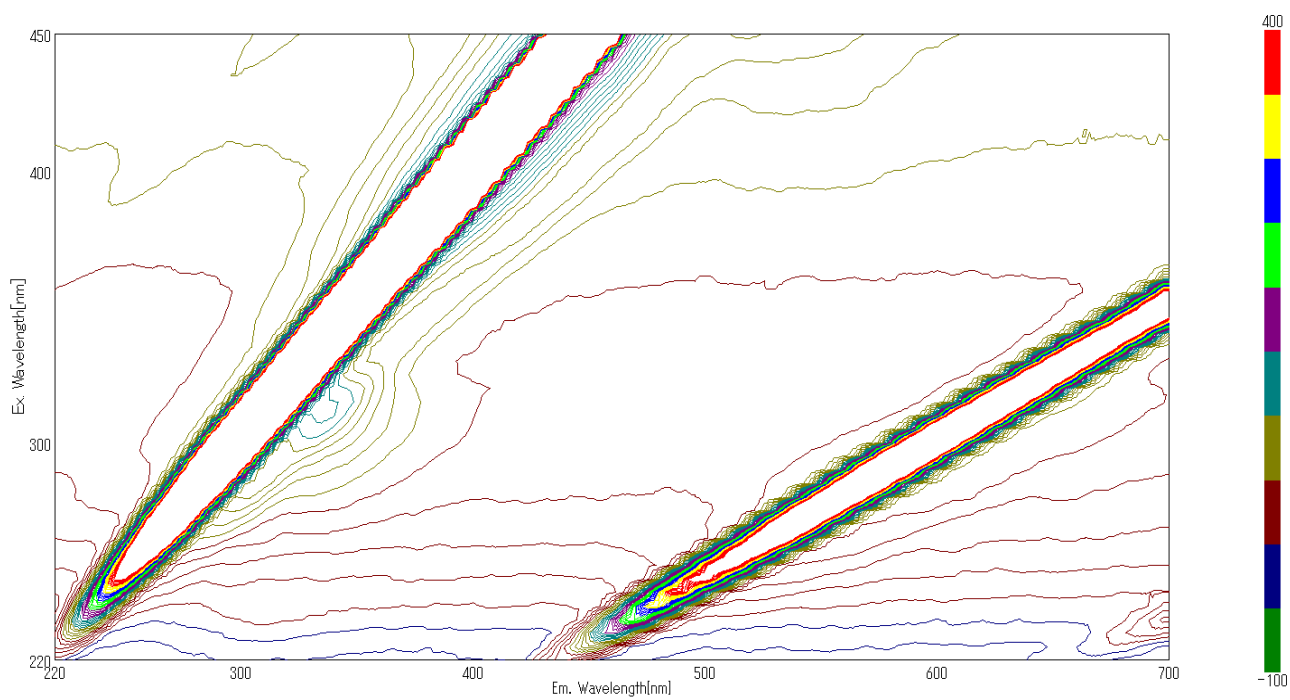


9-2. 溶媒：水

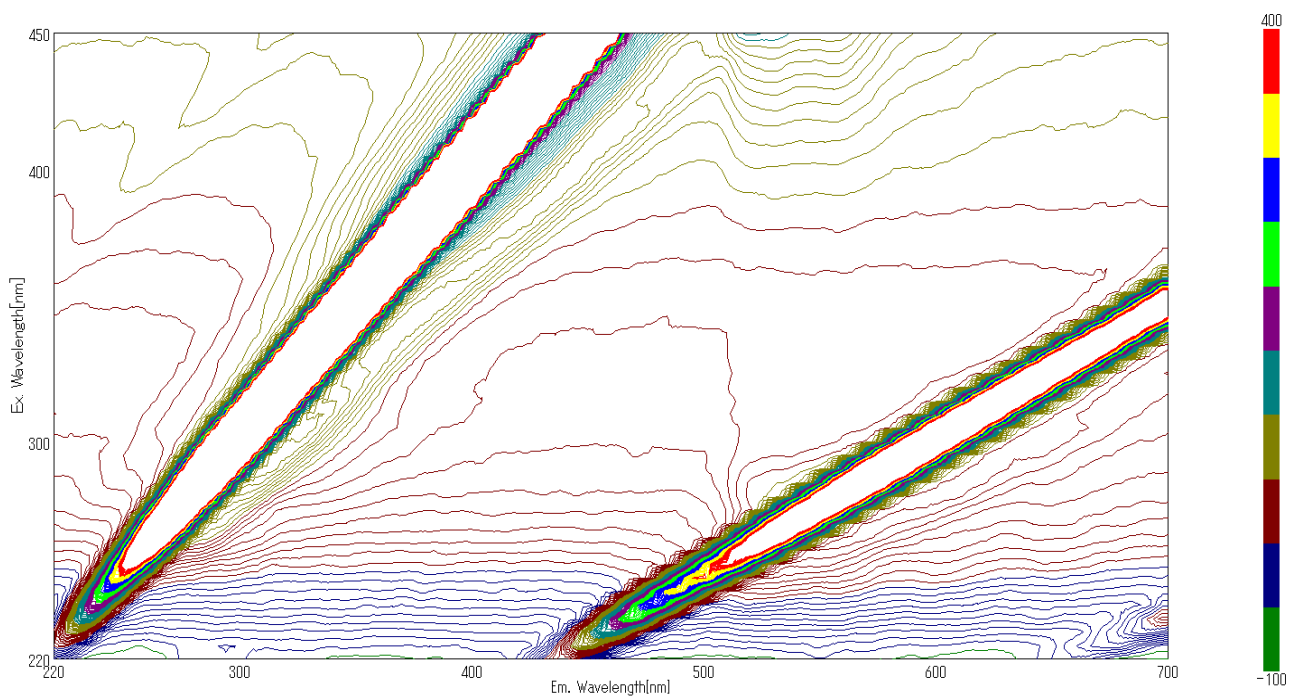


10. Disperse Blue 14

10-1. 溶媒：エタノール

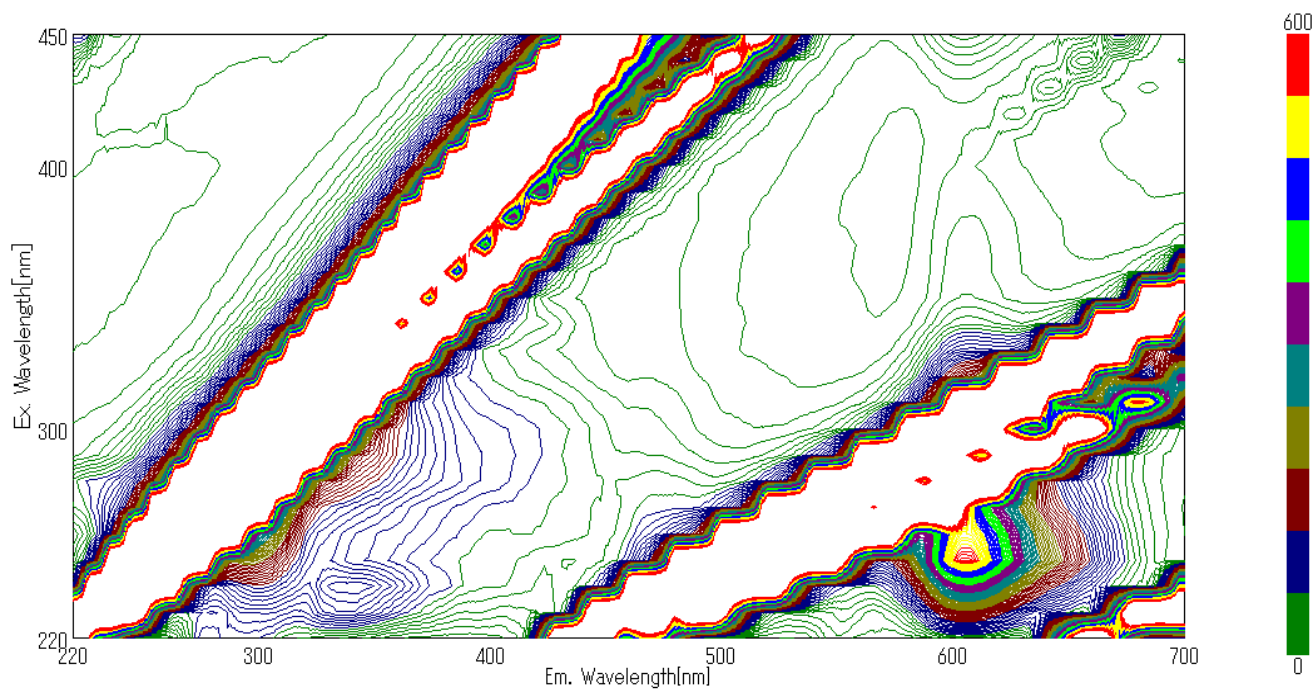


10-2. 溶媒：ヘキサン ※微溶

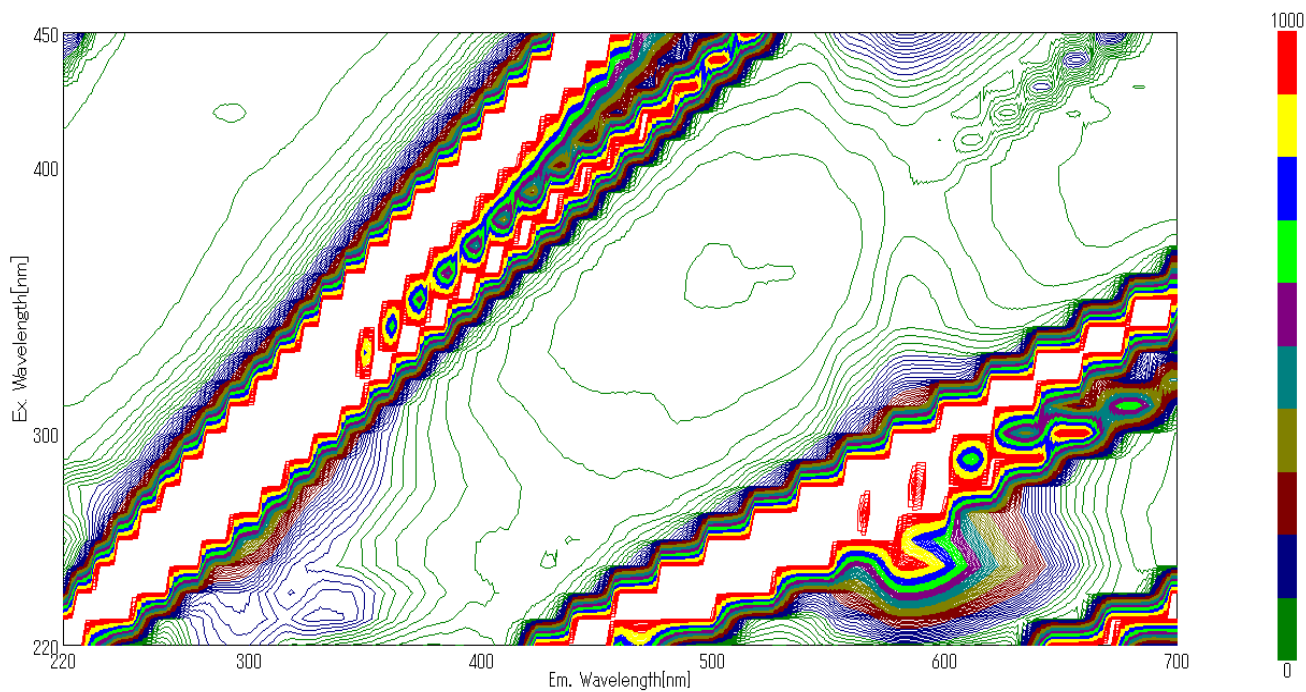


11. 1,4-Diaminoanthraquinone

11-1. 7 溶媒 : エタノール

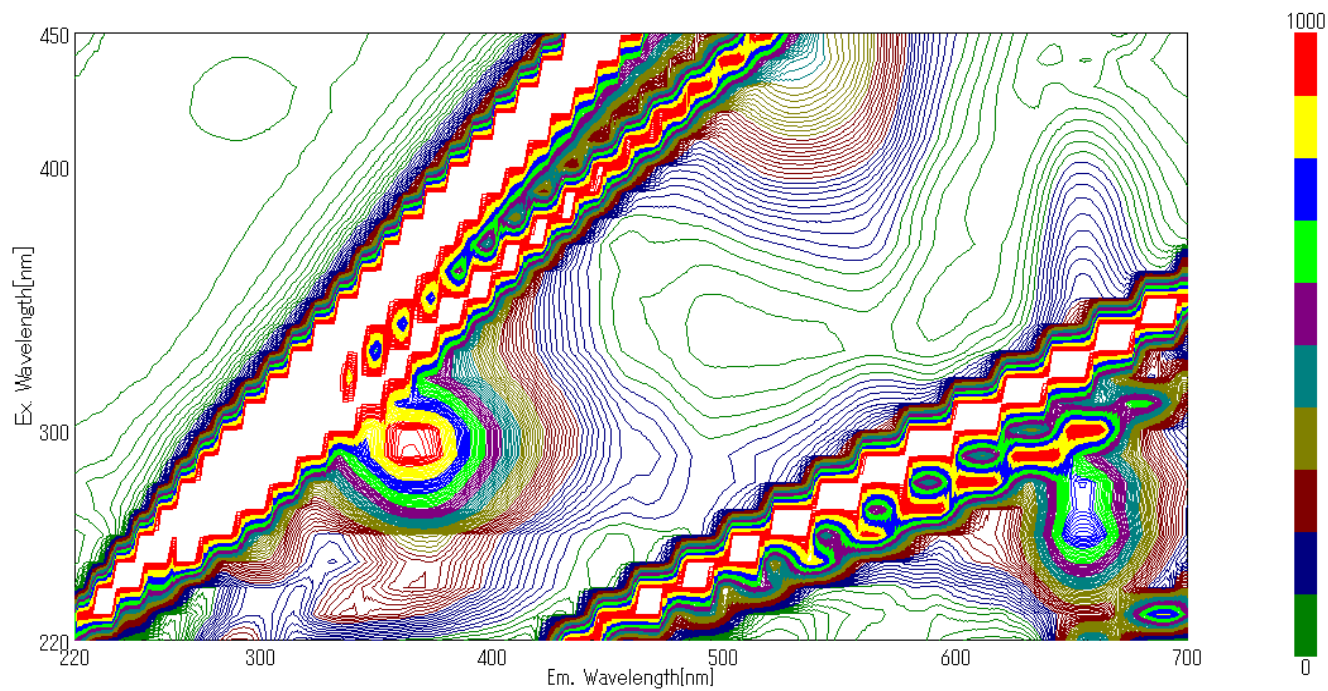


11-2. 溶媒 : ヘキサン ※微溶

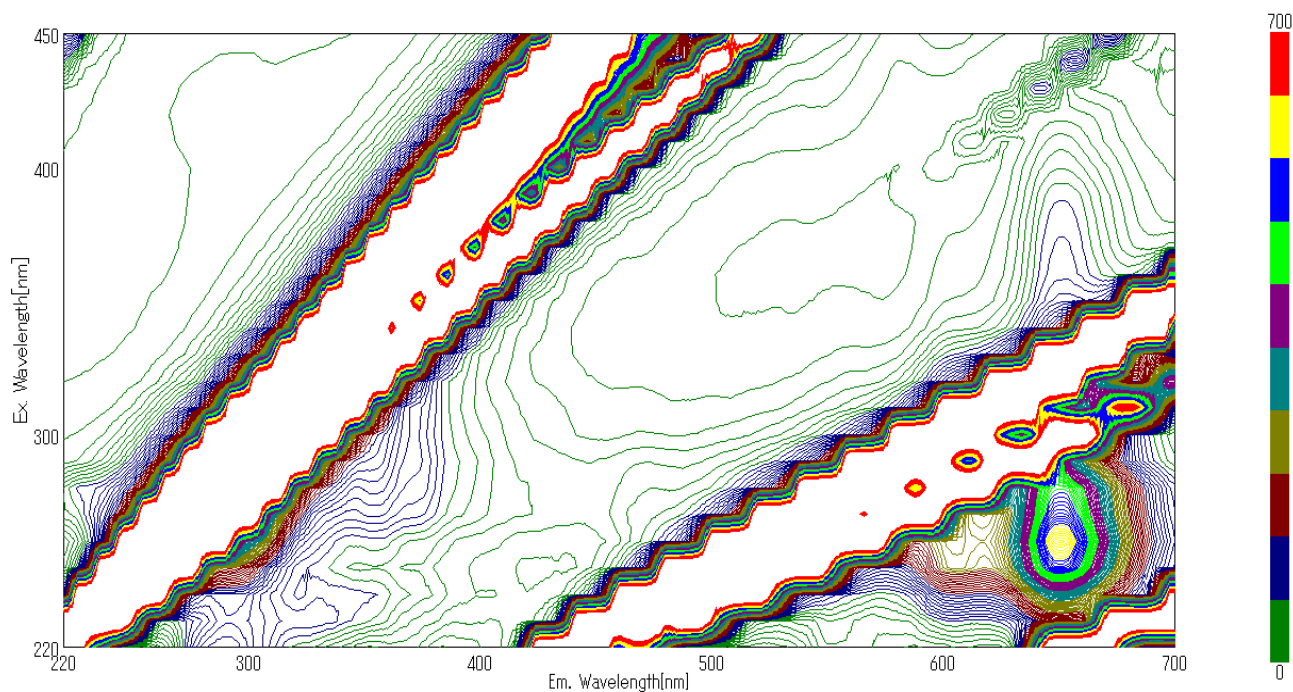


12. 1,4-Bis(isopropyl amino)anthraquinone

12-1. 溶媒：エタノール

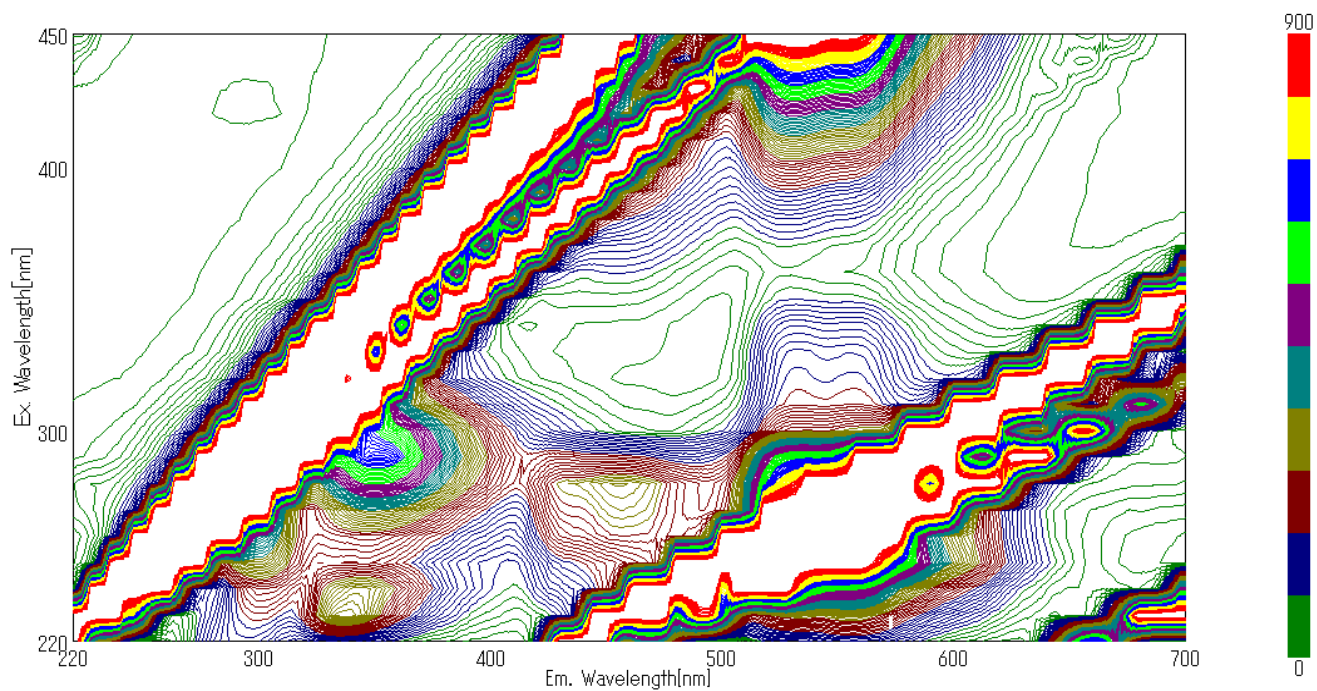


12-2. 溶媒：ヘキサン

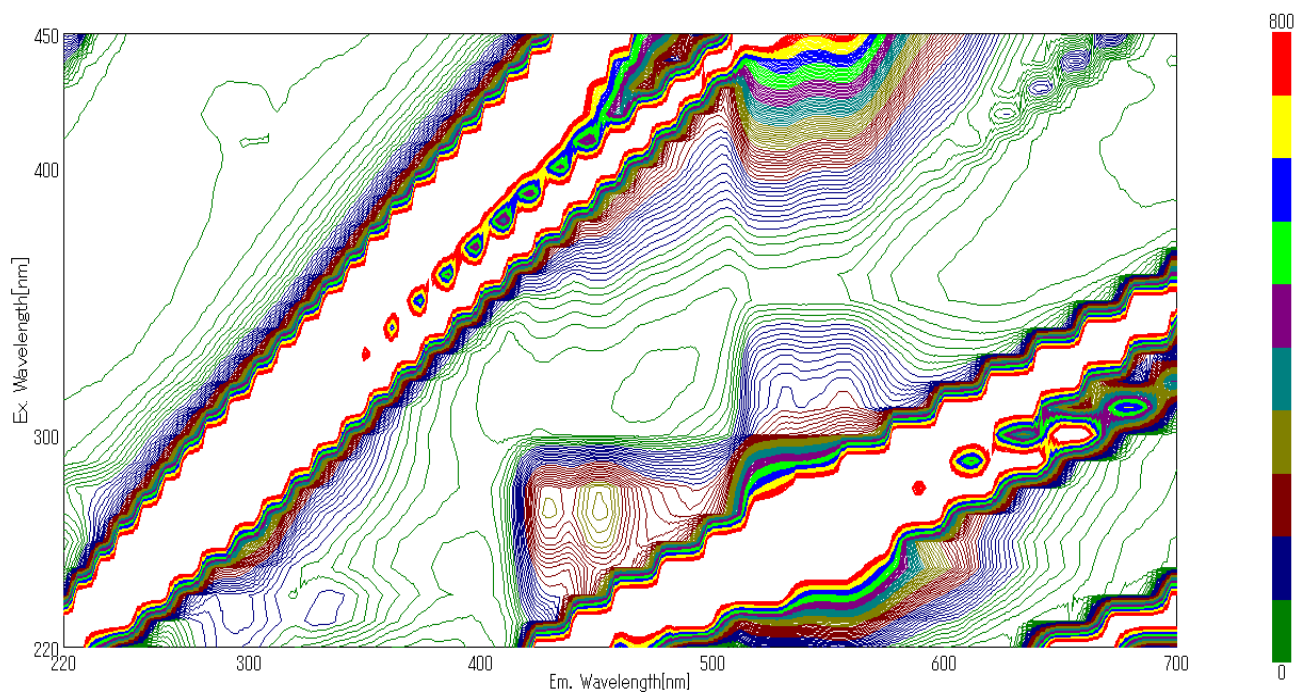


13. Quinizarin Blue

13-1. 溶媒：エタノール



13-2. 溶媒：ヘキサン



染料

【赤系染料】

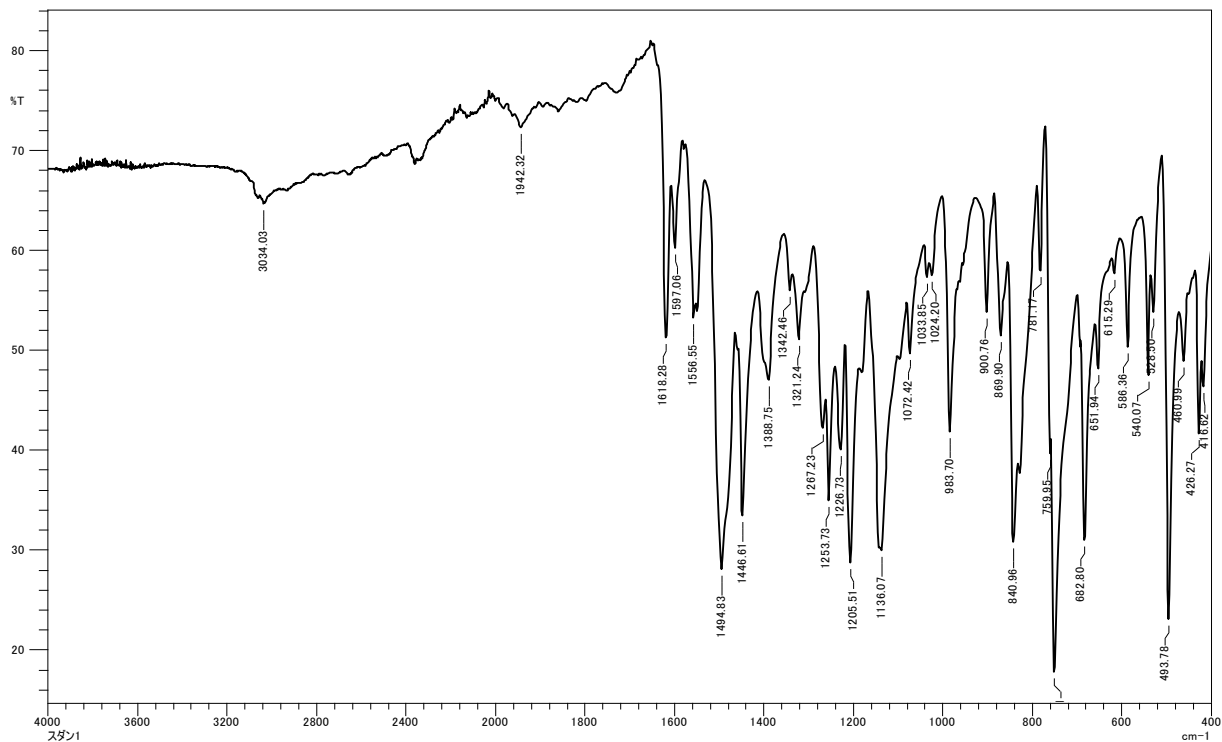
1. Sudan I 【Solvent Yellow 14／オイルオレンジ／スカーレット B／スダンエロー】
2. Sudan II 【Oil Red XO／ソルベントオレンジ 7】
3. Sudan III 【Solvent Red AS／ソルベントレッド 23】
4. Sudan IV 【Oil Red／ソルベントレッド 24／スカーレットレッド】
5. Oil Red O 【Solvent Red 27】
6. Curcumin yellow（合成）
7. Curcumin yellow（天然）
8. Carminic Acid（Natural dye）
9. チオインジゴ Thioindigo 【Fluorescent Red Dye／Vat Red 41】
10. Acid red 1 【アミドナフトールレッド／アゾフロキシシン／ポンタシルカルミン／レッド 2G】
11. Acid red 9 【シルクスカーレット】
12. Acid red 18 【ニューコクシン／ポンソー4R／スカーレット 3R】
13. Acid red 26 【Ponceau de Xylidine／Ponceau R】
14. Acid red 27 【アマランス／アゾルビン S／ボルドーS／ナフトールレッド／ウールレッド 40F】
15. Acid red 52 【アシッドレッド／スルホローダミン B／キシレンレッド】
16. Ethyl red 【4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸】
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran
18. Liquid Orange SRF（混合品／燃料油用）
19. Oil Orange M Liquid（燃料油用）
20. メチルエロー 【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone
22. 1-Aminoanthraquinone
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone 【Disperse Violet 17】

【青色染料】

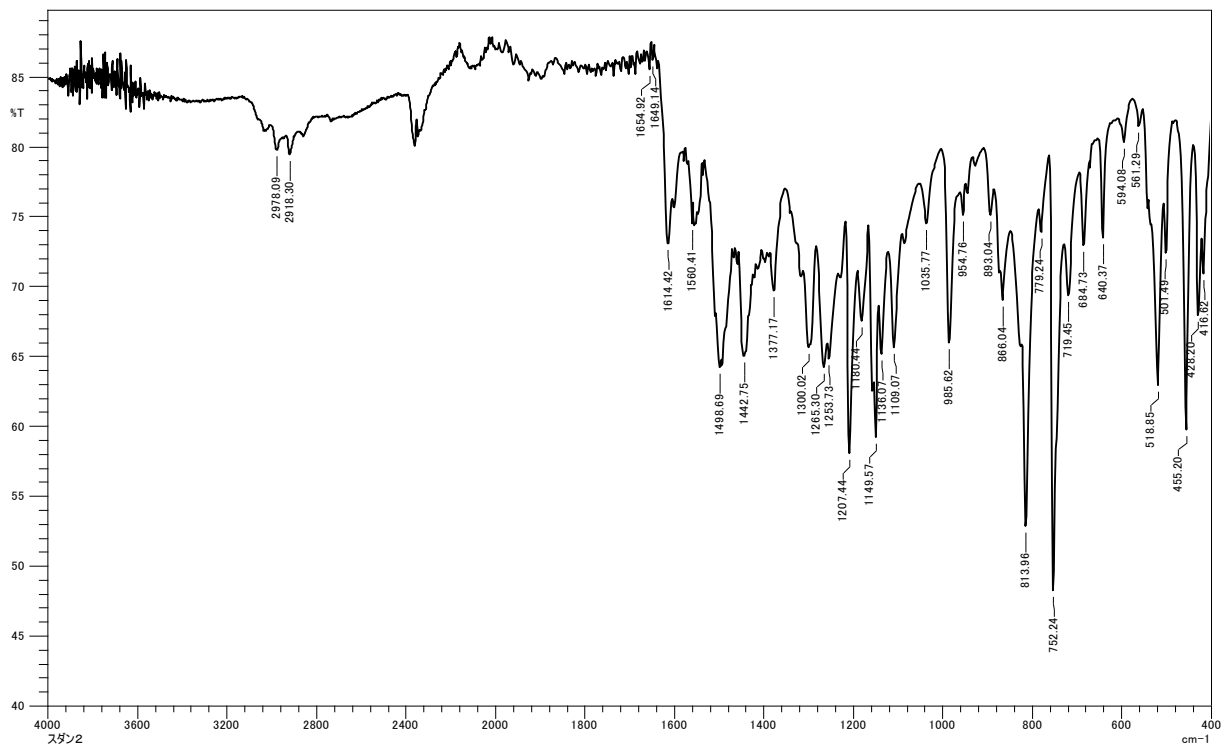
1. キシレンシアノール FF 【Acid Blue 147】
2. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83／アシッドシアニン 6B／アリザリンルビノール 5G／ソーラーシアニン 6B／クマシーブリリアントブルーR-250】
3. インジゴカルミン 【Acid Blue 74】
4. アシッドブルー 3 ナトリウム
5. Acid Blue 9 【ブリリアントブルーFCF／エリオグラウシン A】
6. Acid Blue 119 【アルカリブルー6B】
7. Acid Black 1 【アミドブラック 10B／アミノシュワルツ 10B／バッファローブラック NBR／ナフトールブルーブラック】
8. ブリリアントブルーG 【Acid Blue 90／クマシーブリリアントブルーG-250／CBB G-250】
9. Acid Blue 92 【アシッドブルーA／アナゾレンナトリウム】
10. Disperse Blue 14 【1,4-ビス（メチルアミノ）アントラキノン】
11. 1,4-ジアミノアントラキノン
12. 1,4-ビス（イソプロピルアミノ）アントラキノン
13. キニザリンブルー（1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン）

赤系染料

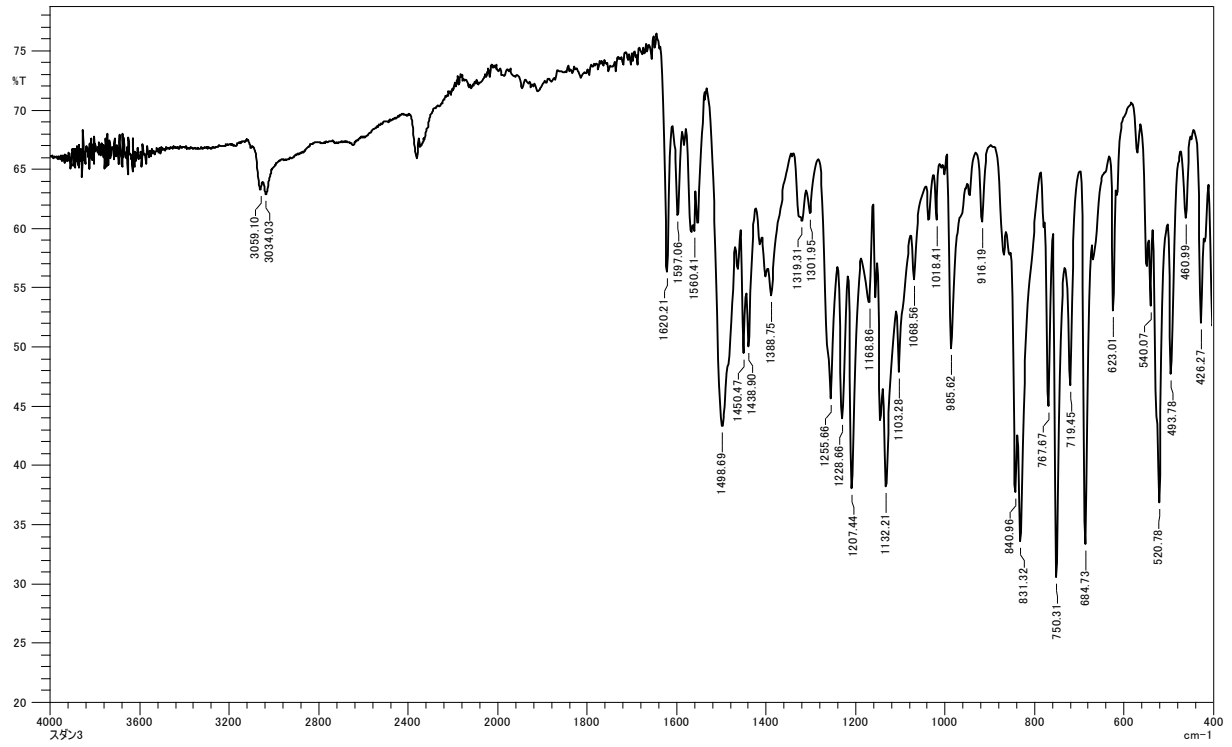
1. Sudan I (Solvent Yellow 14)



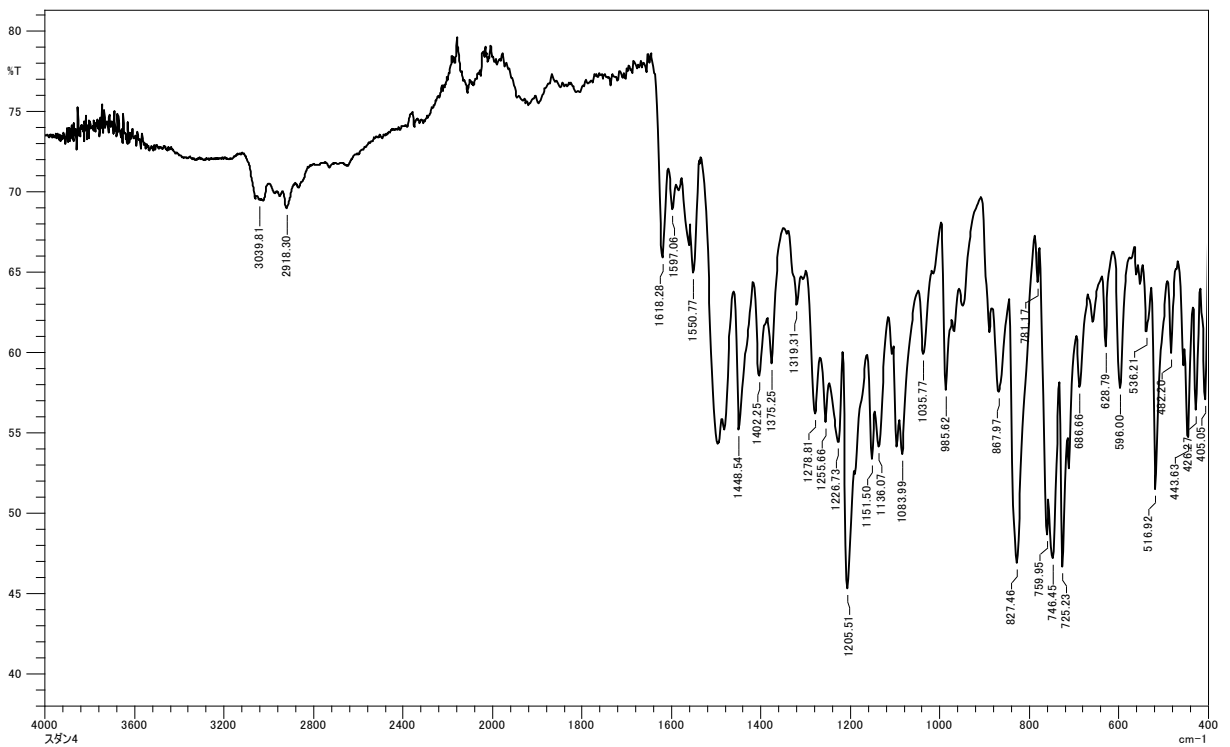
2. Sudan II (Oil Red XO)



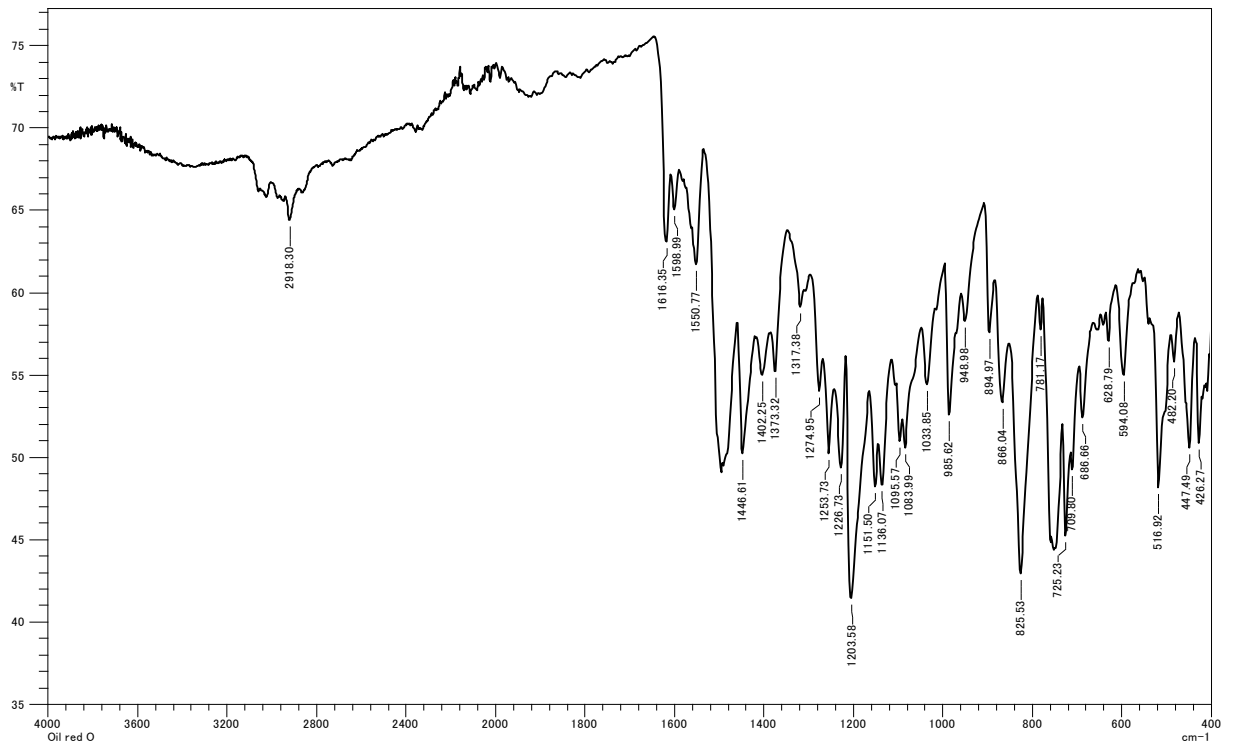
3. Sudan III (Solvent Red AS)



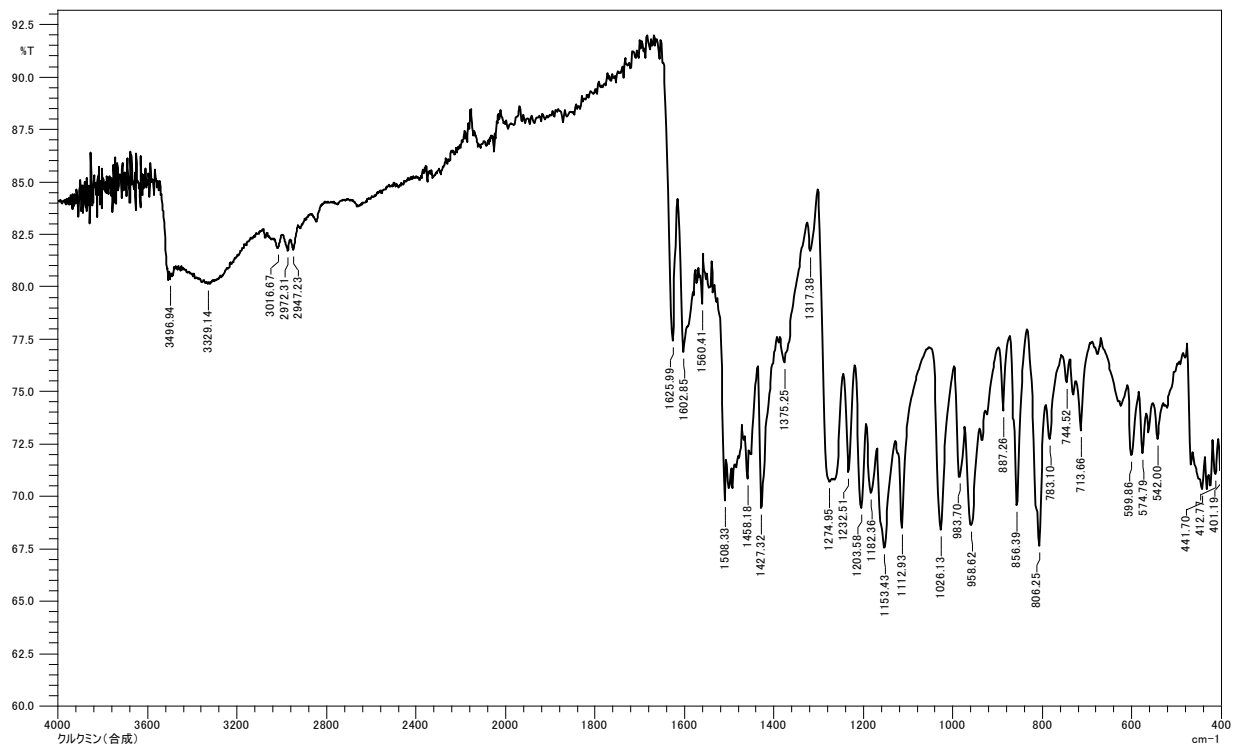
4. Sudan IV (Oil Red)



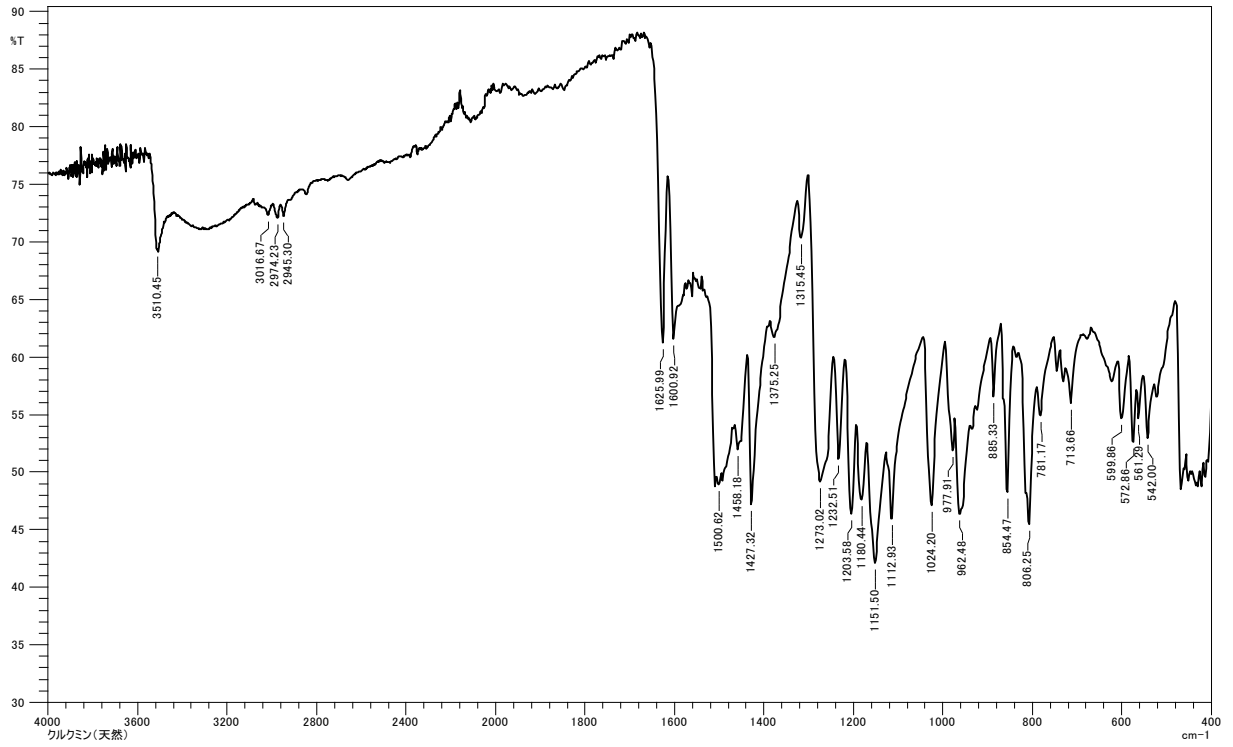
5. Oil Red O (Solvent Red 27)



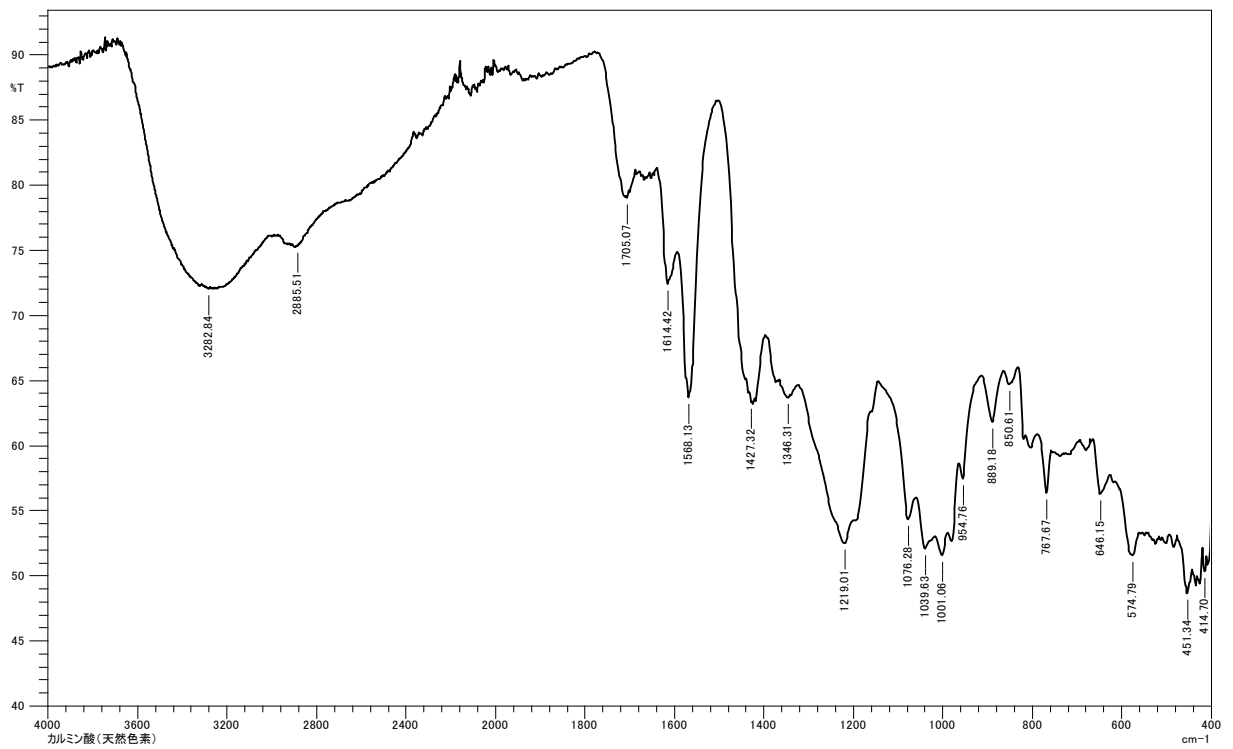
6. Curcumin yellow (合成)



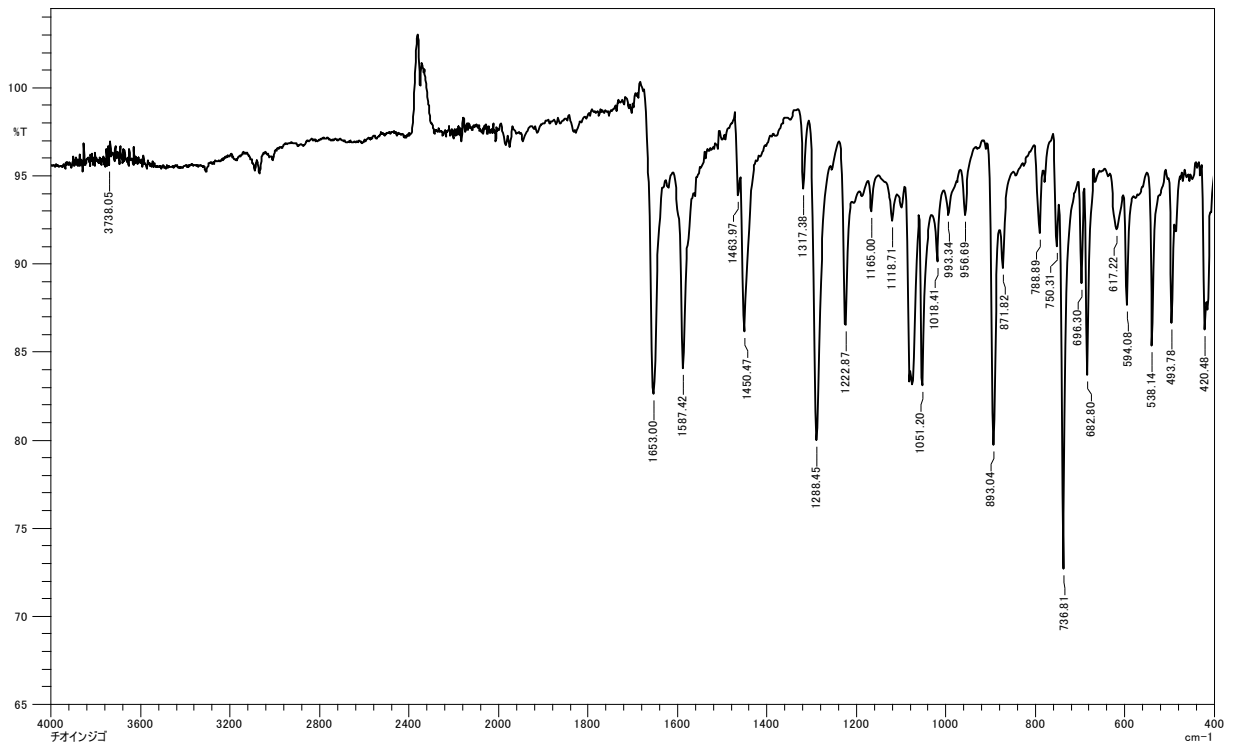
7. Curcumin yellow (天然)



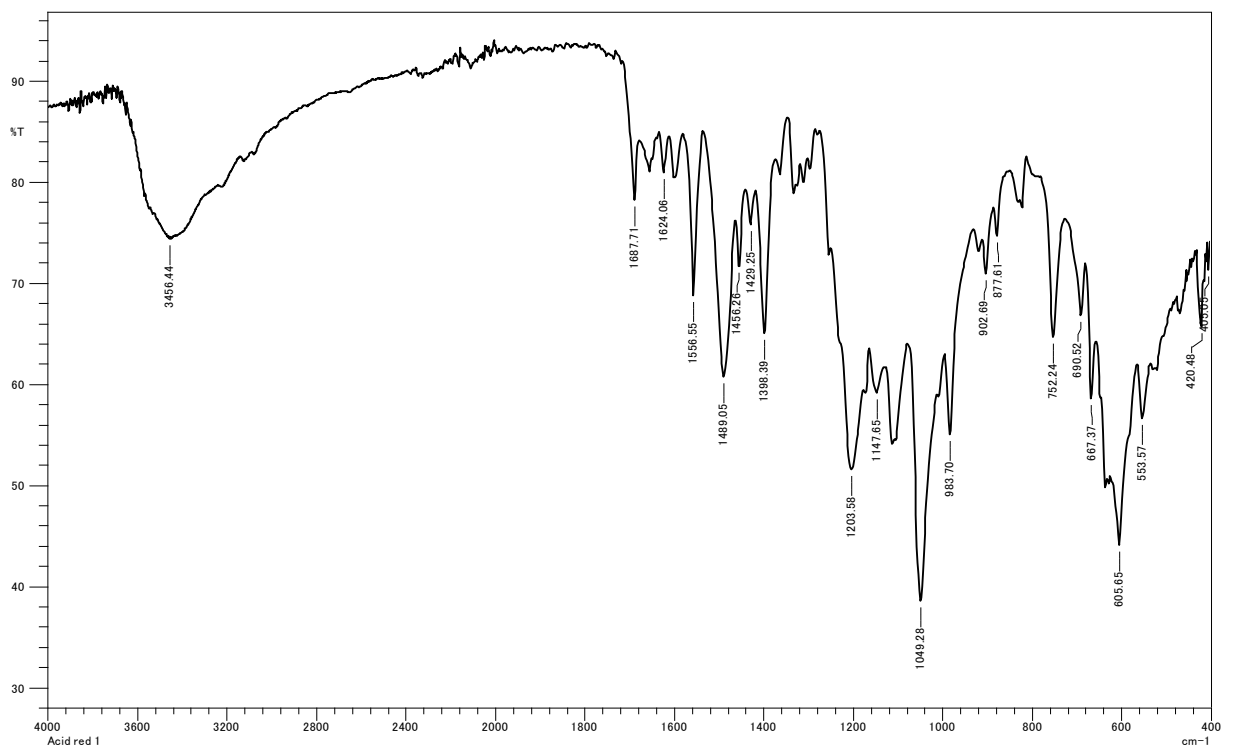
8. Carminic Acid (天然)



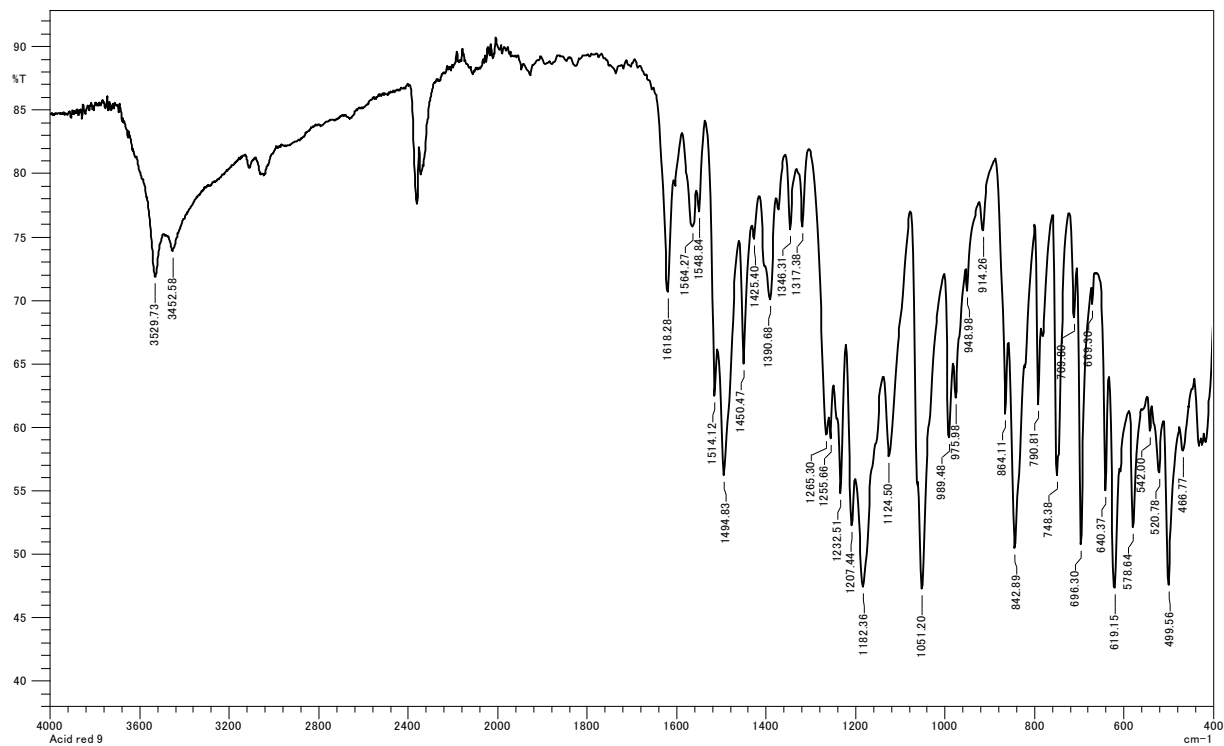
9. Thioindigo (Fluorescent Red Dye/Vat Red 41)



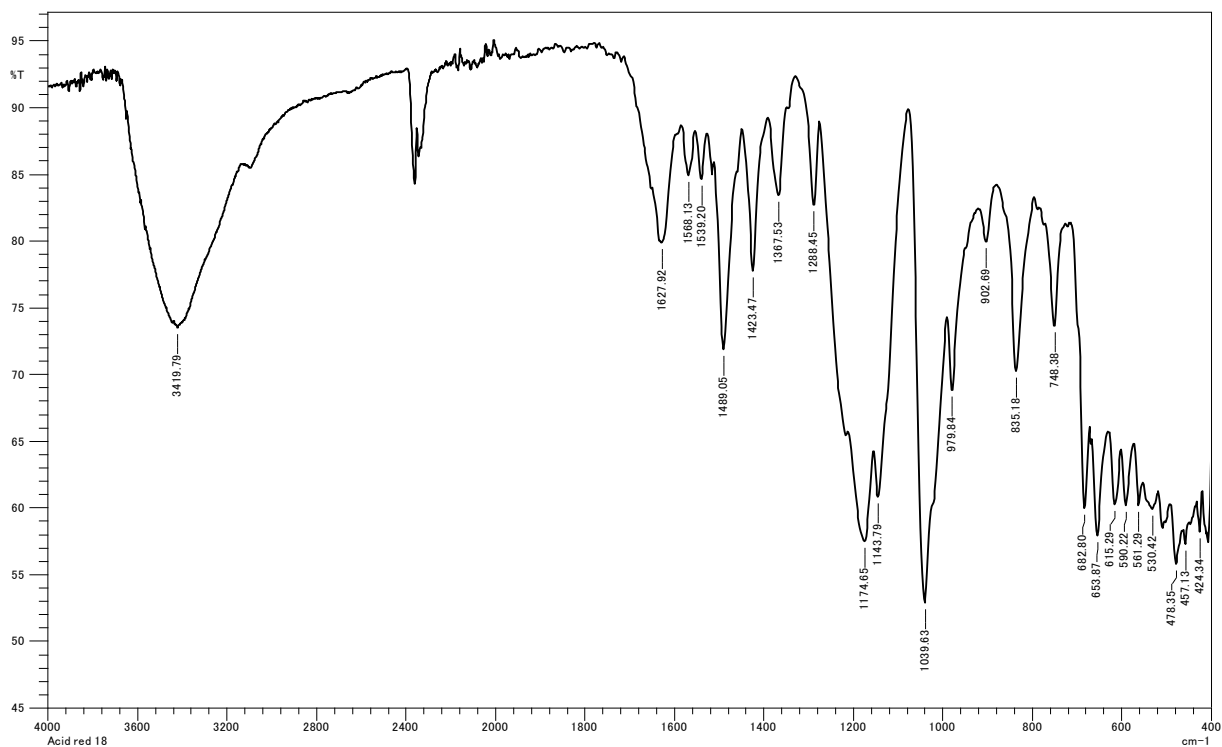
10. Acid red 1 (アミドナフトールレッド/アゾフロキシシン/ボンタシルカルミン/レッド 2G)



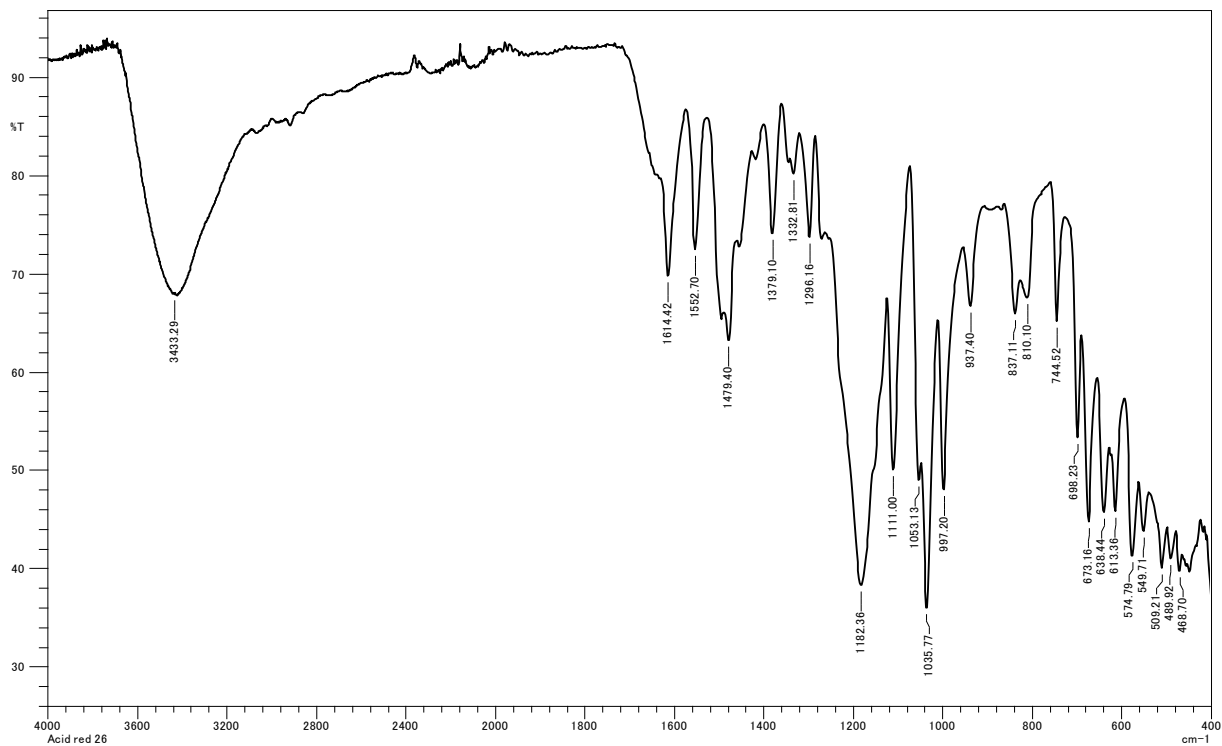
11. Acid red 9 (シルクスカラレット)



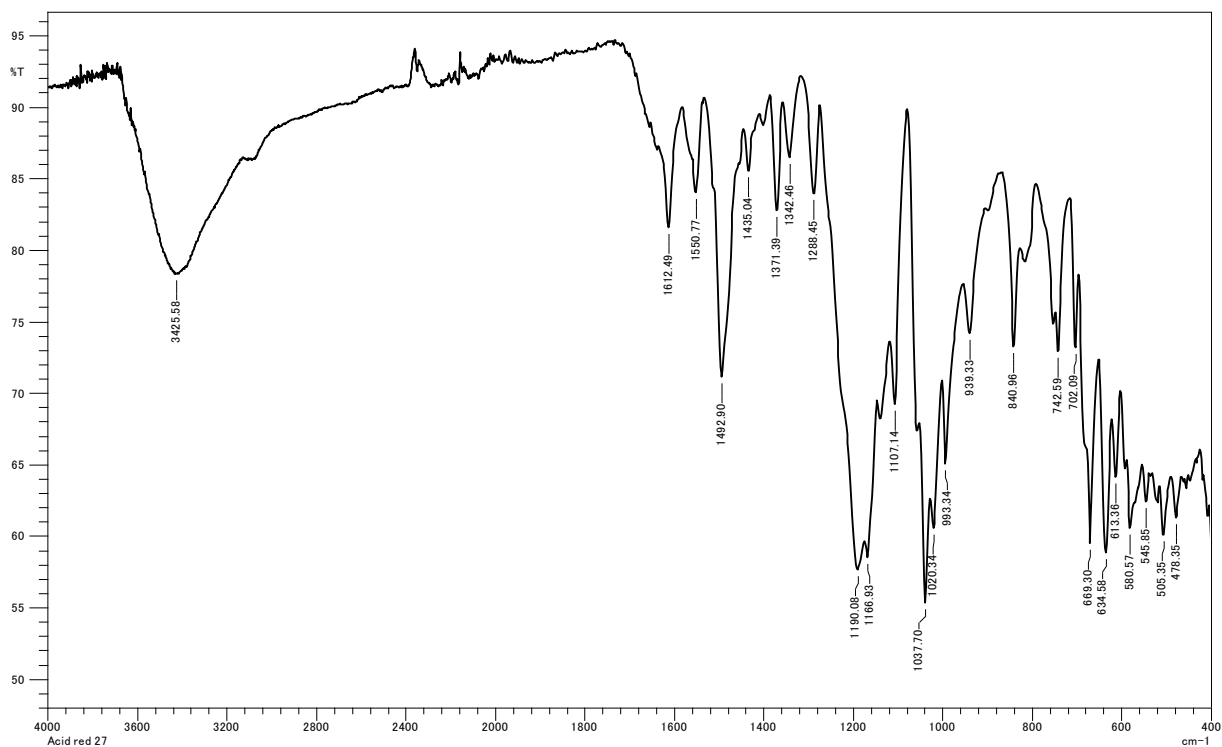
12. Acid red 18 (ニューコクシン/ポンソー4R/スカーレット 3R)



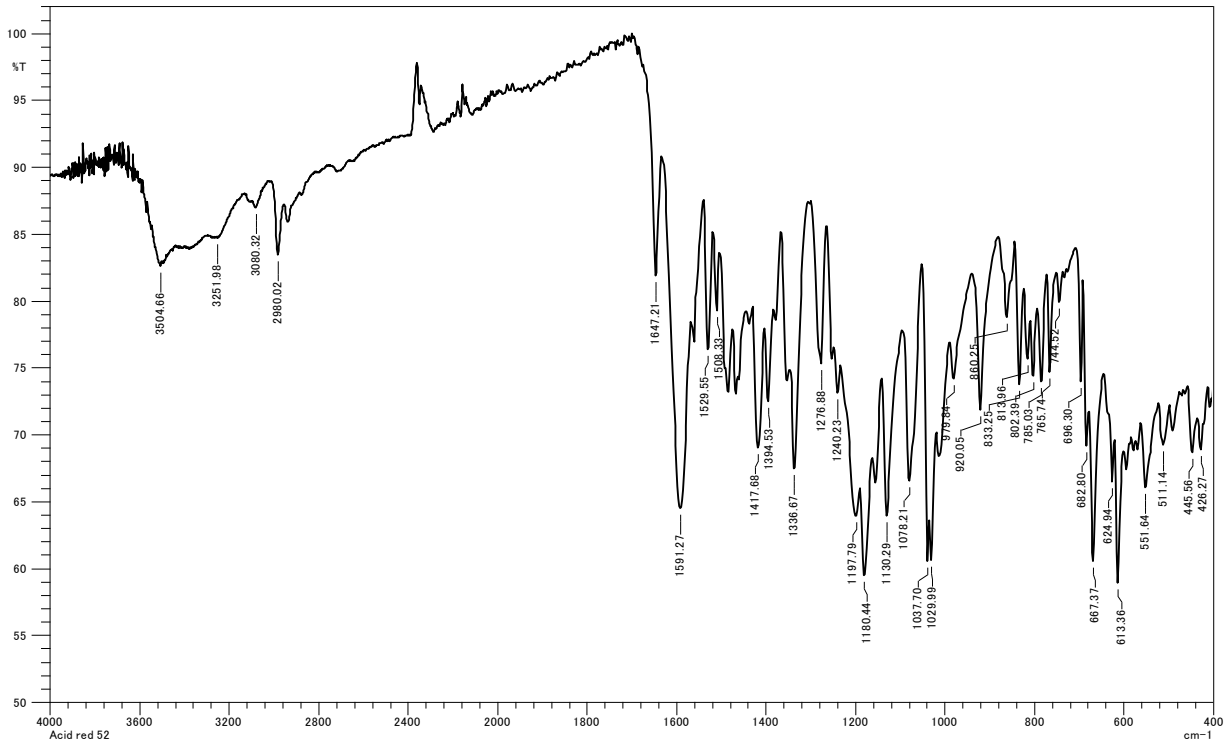
13. Acid red 26 (Ponceau de Xylidine/Ponceau R)



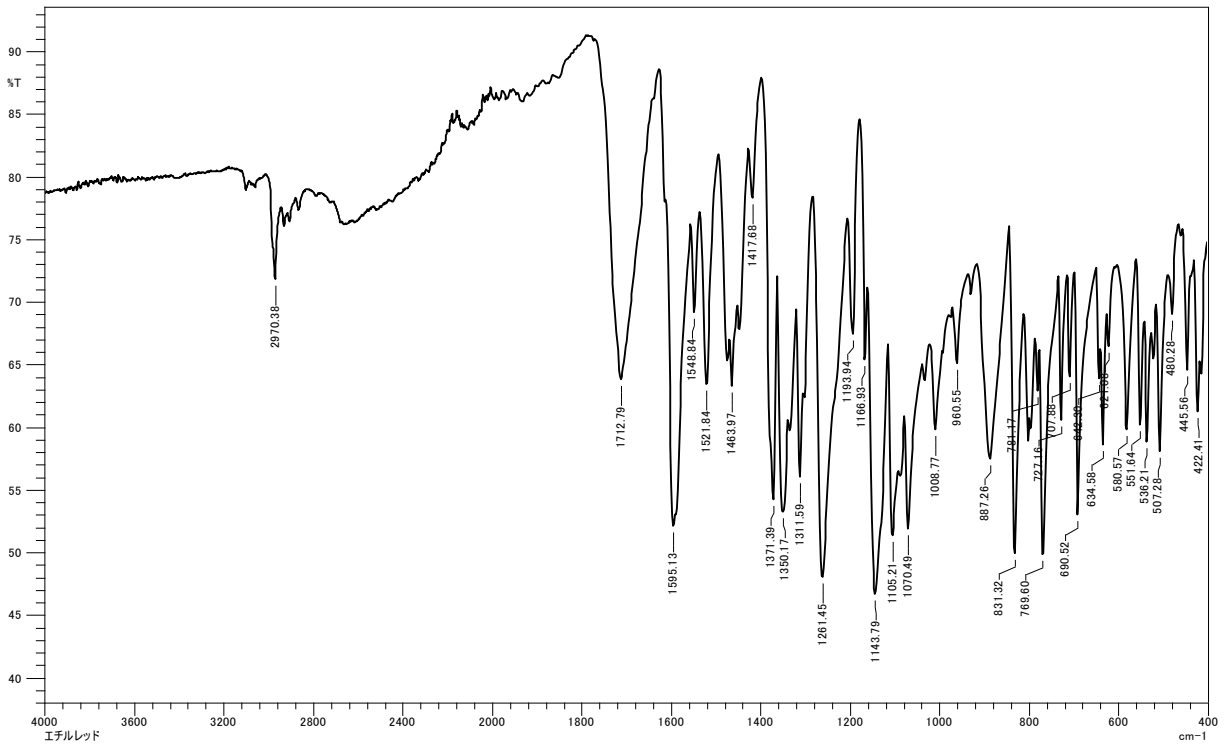
14. Acid red 27 (アマランス/アゾルビン S/ボルドーS/ナフトールレッド/ウールレッド 40F)



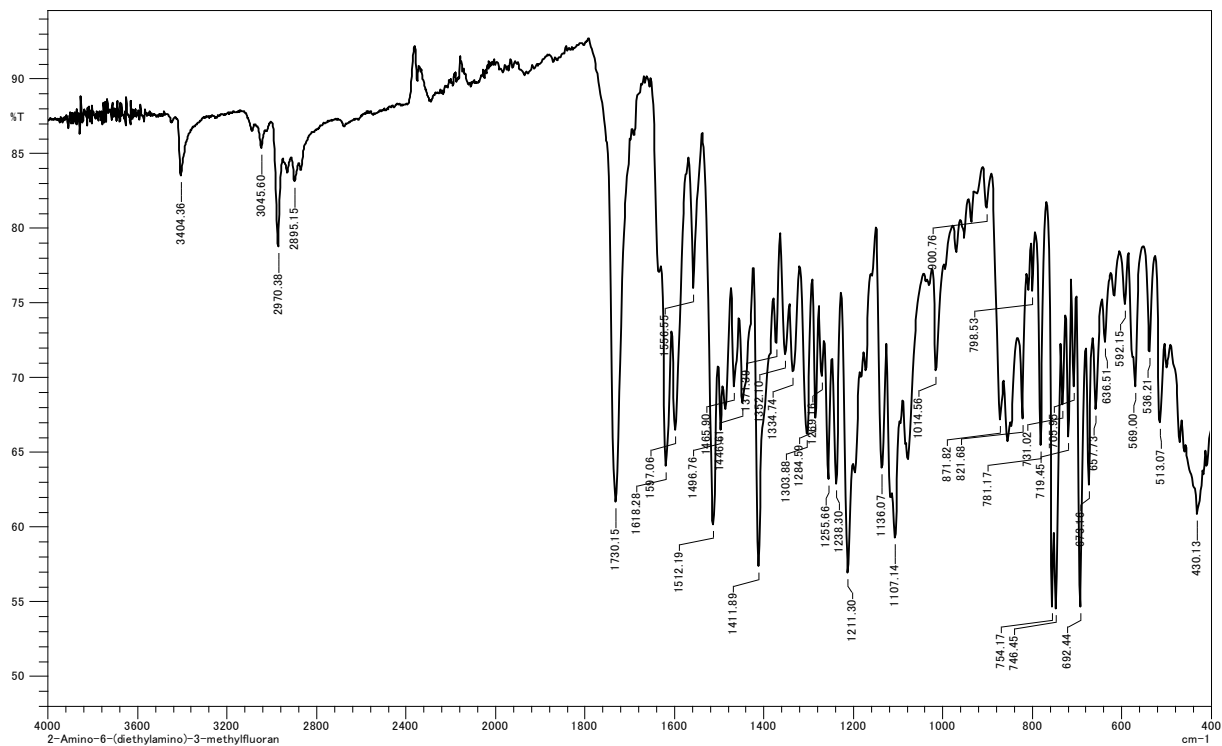
15. Acid red 52 (アシッドレッド/スルホローダミン B/キシレンレッド)



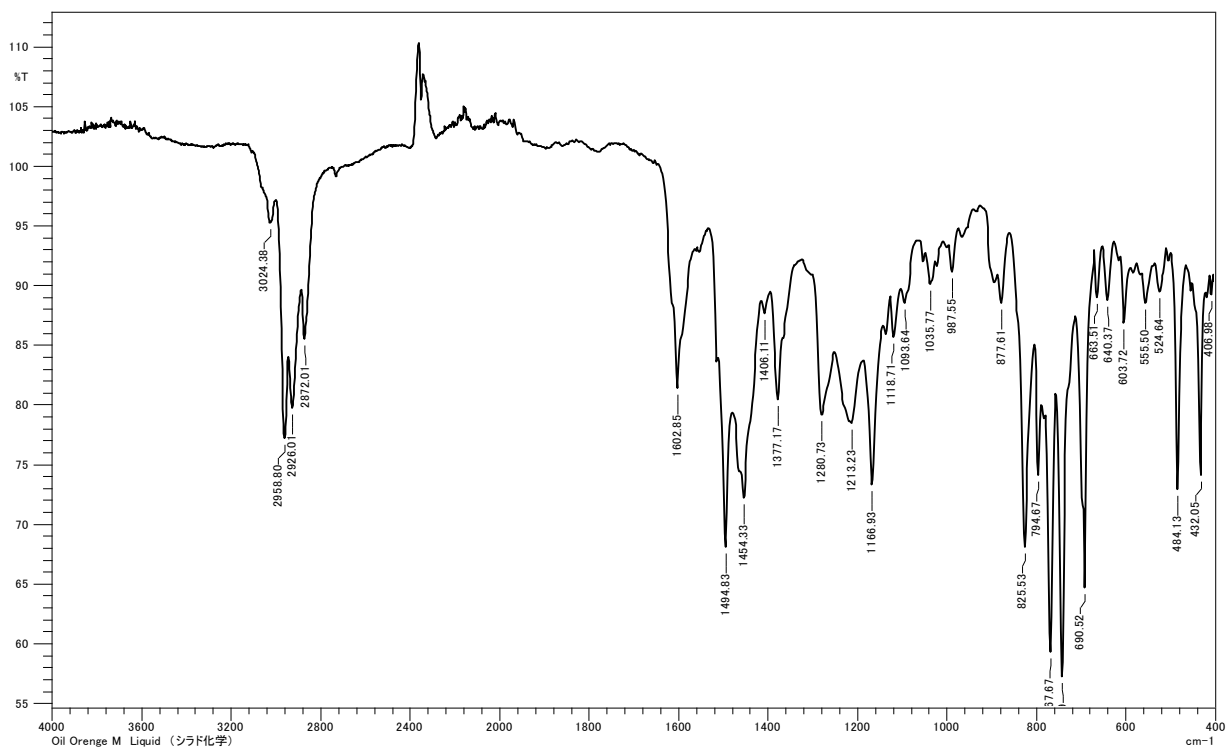
16. Ethyl red (4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸)



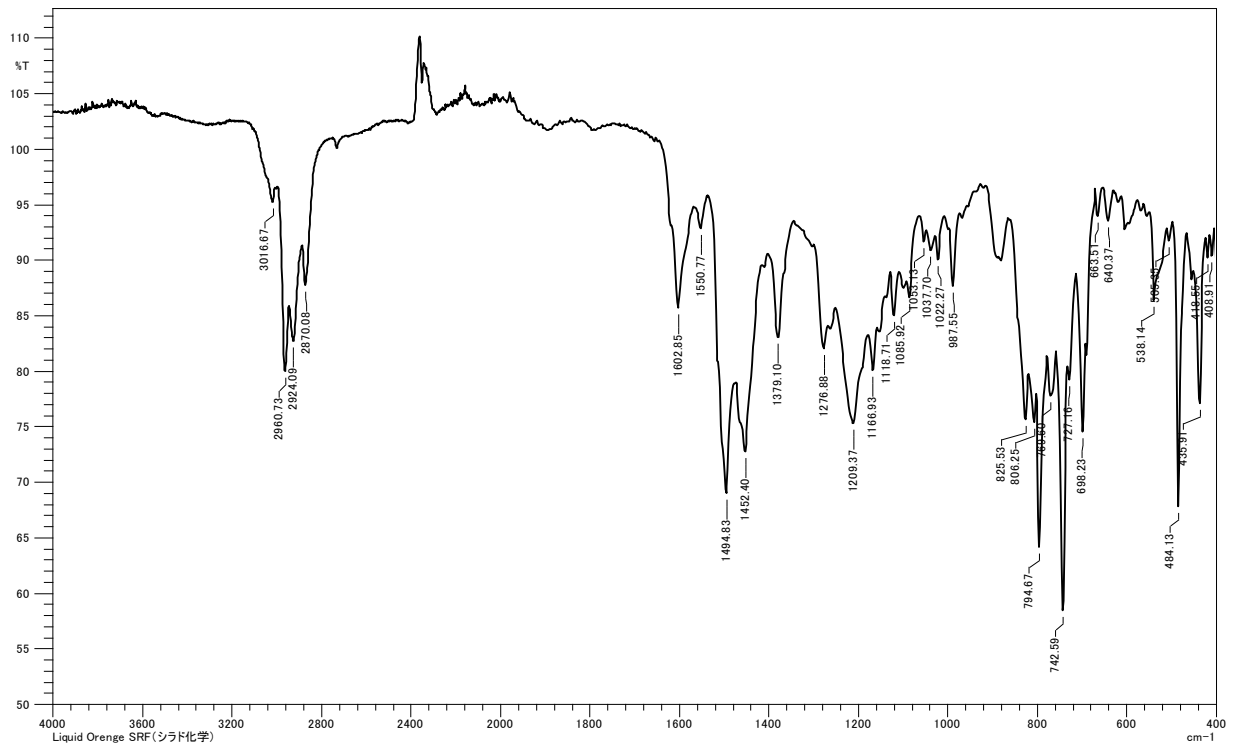
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran



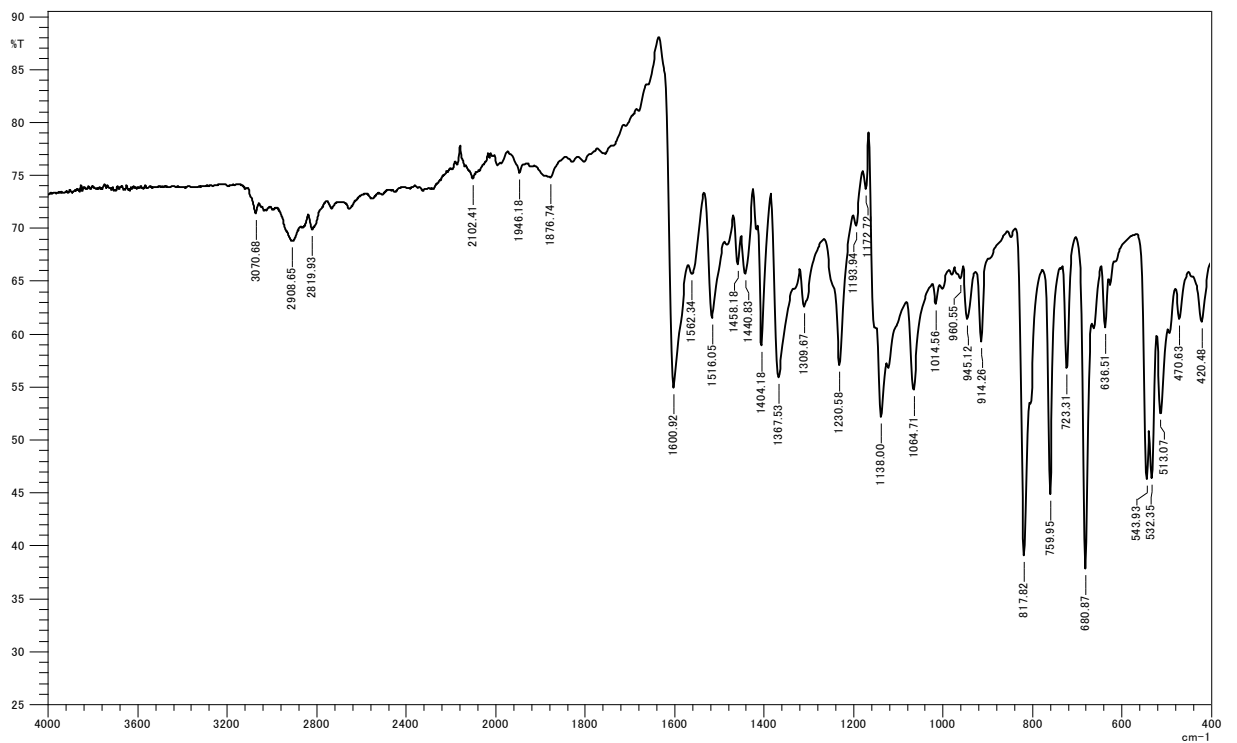
18. Liquid Orange SRF (混合品／燃料油用)



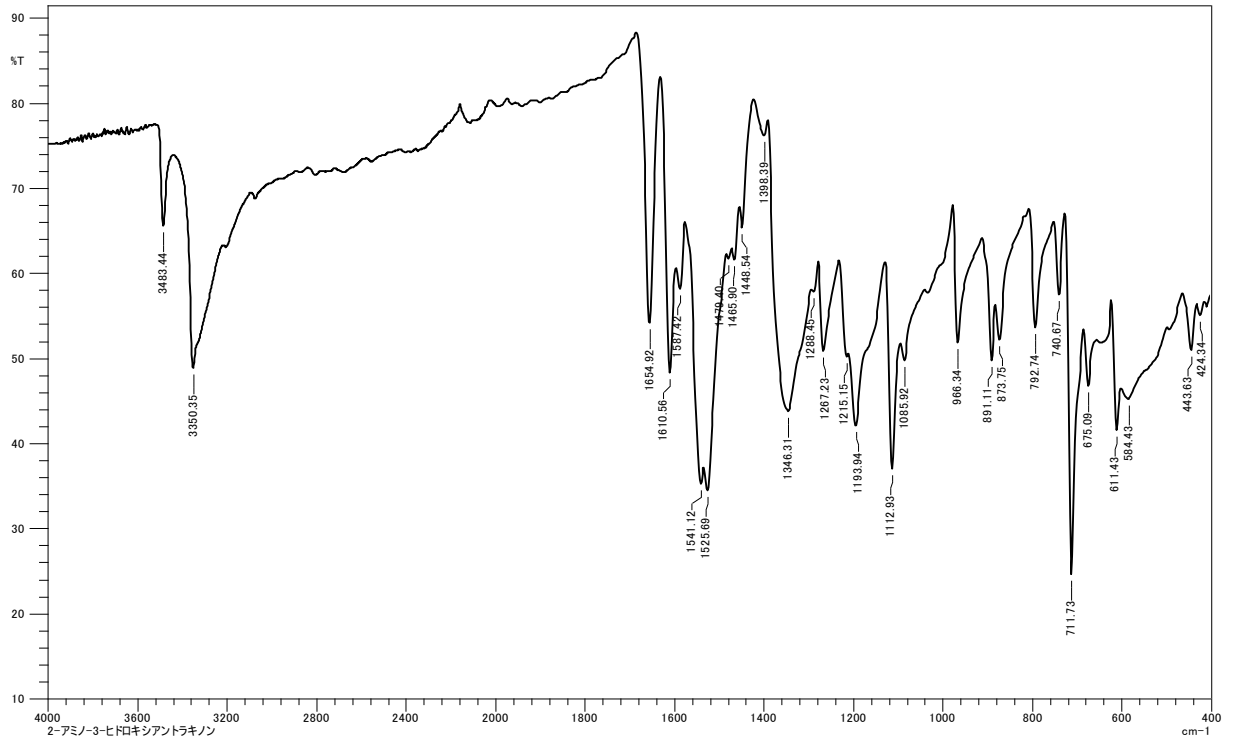
19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)



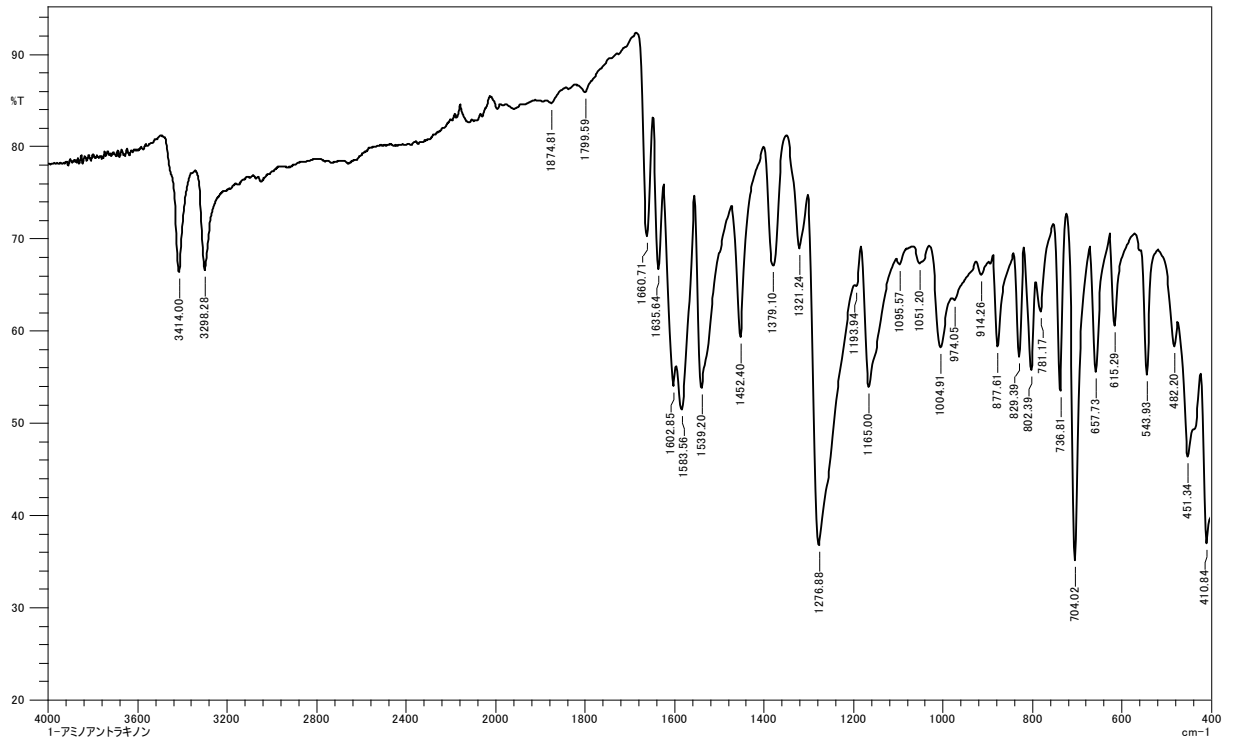
20. メチルエロー【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】



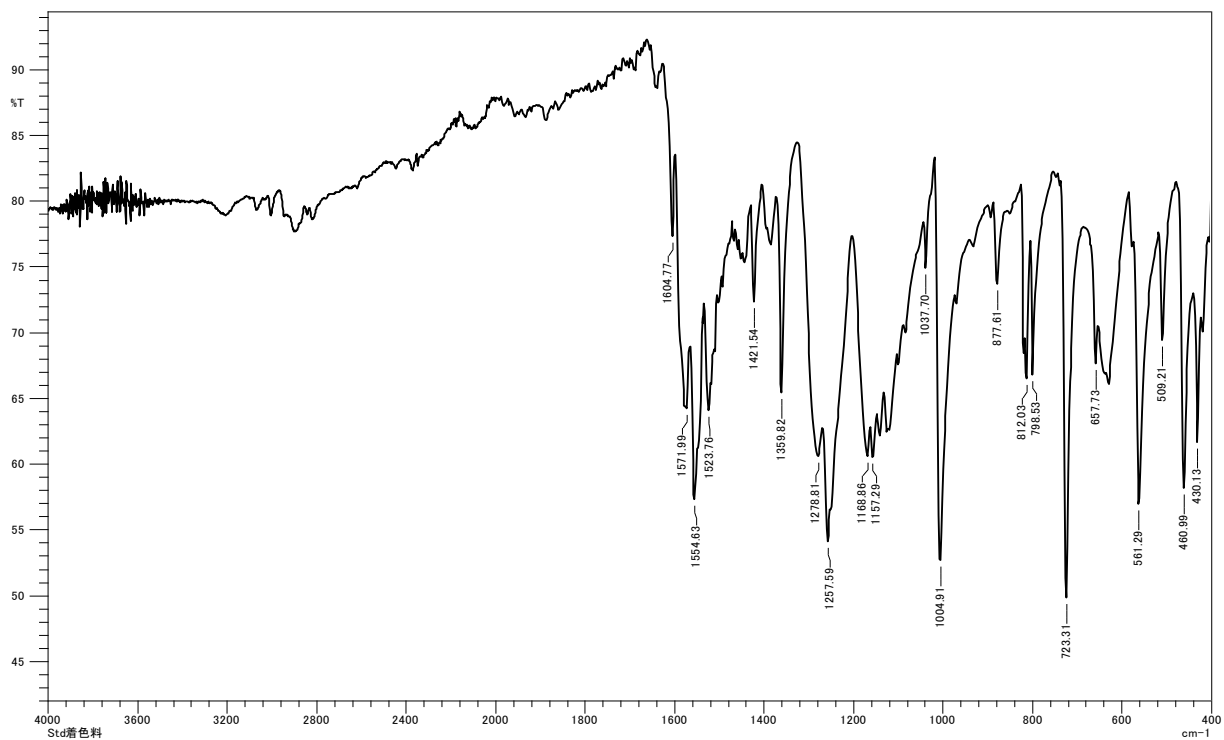
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone



22. 1-Aminoanthraquinone

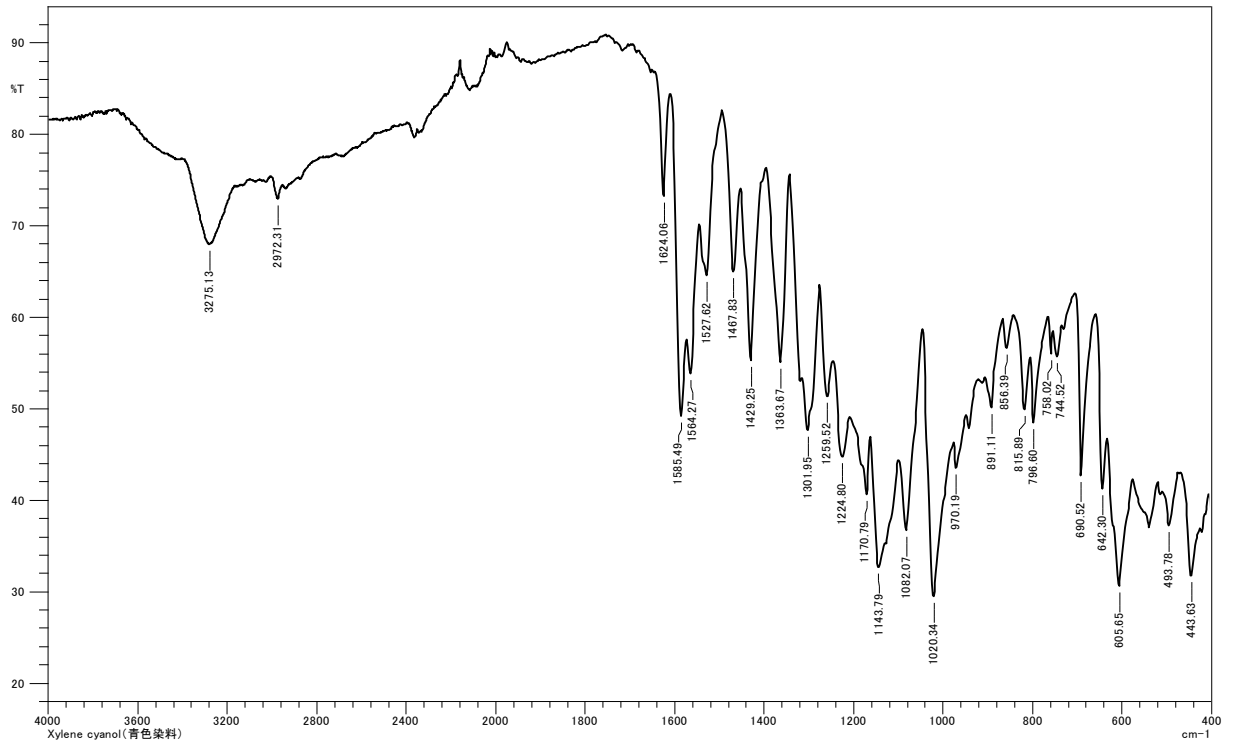


23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone 【Disperse Violet 17】

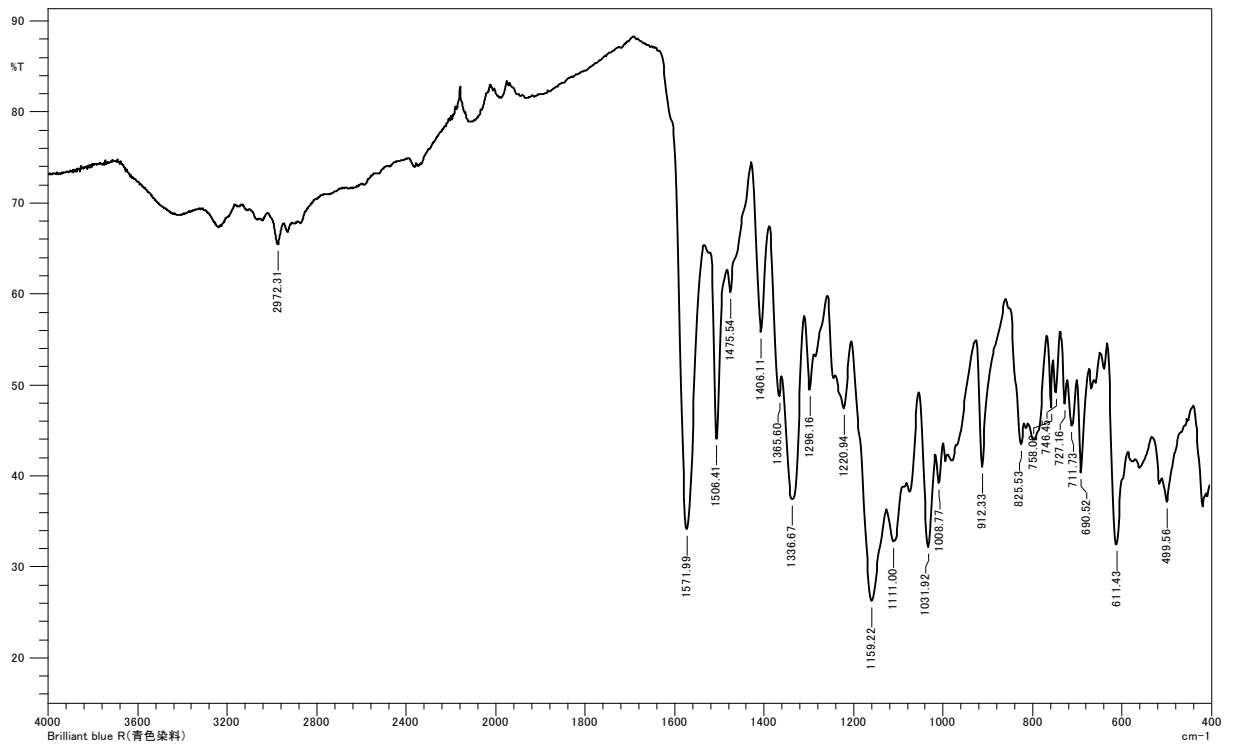


青色染料

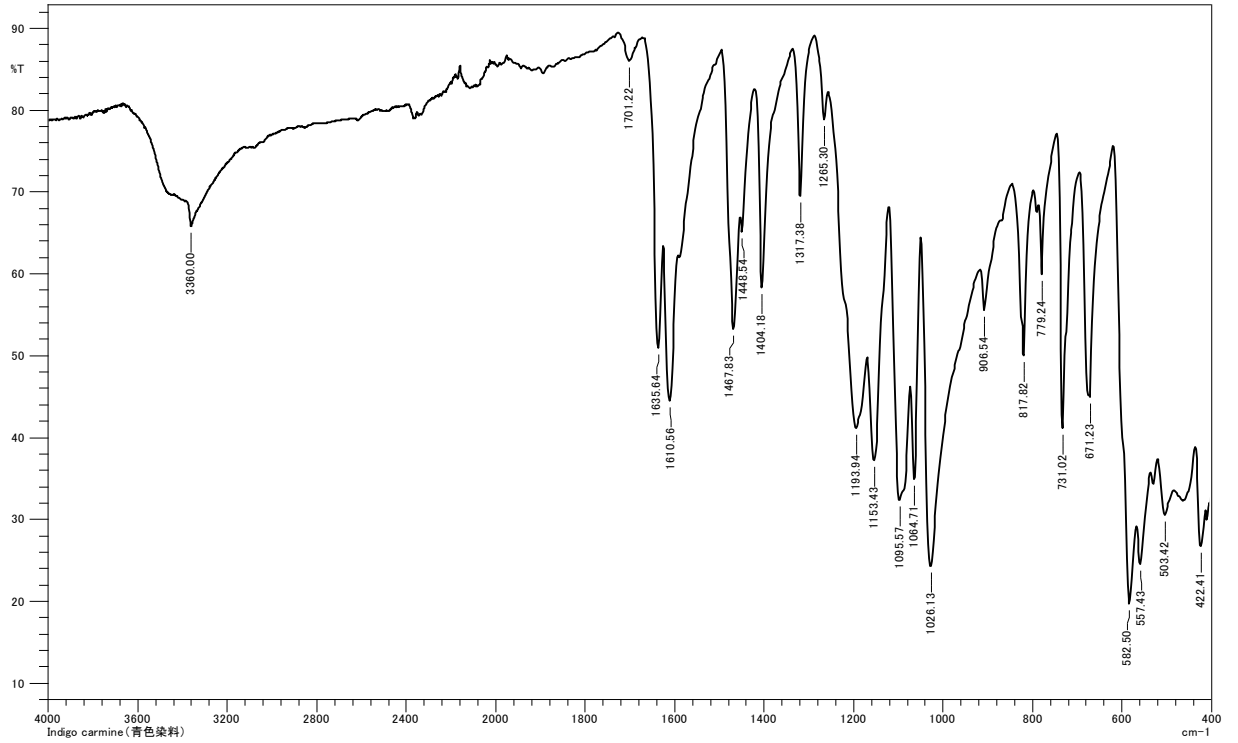
24. キシレンシアノール FF 【Acid Blue 147】



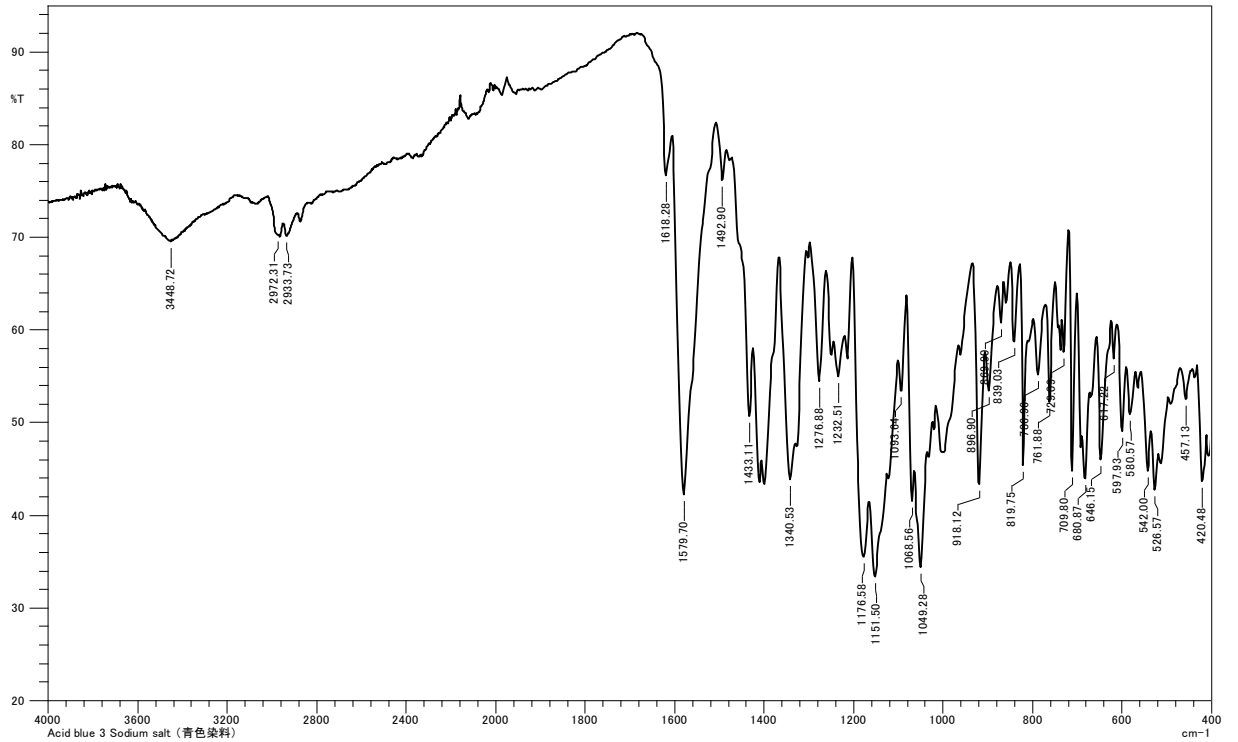
25. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83/アシッドシアニン 6B/アリザリニルビノール 5G/ソーラシアニン 6B/クマシーブリリアントブルーR-250】



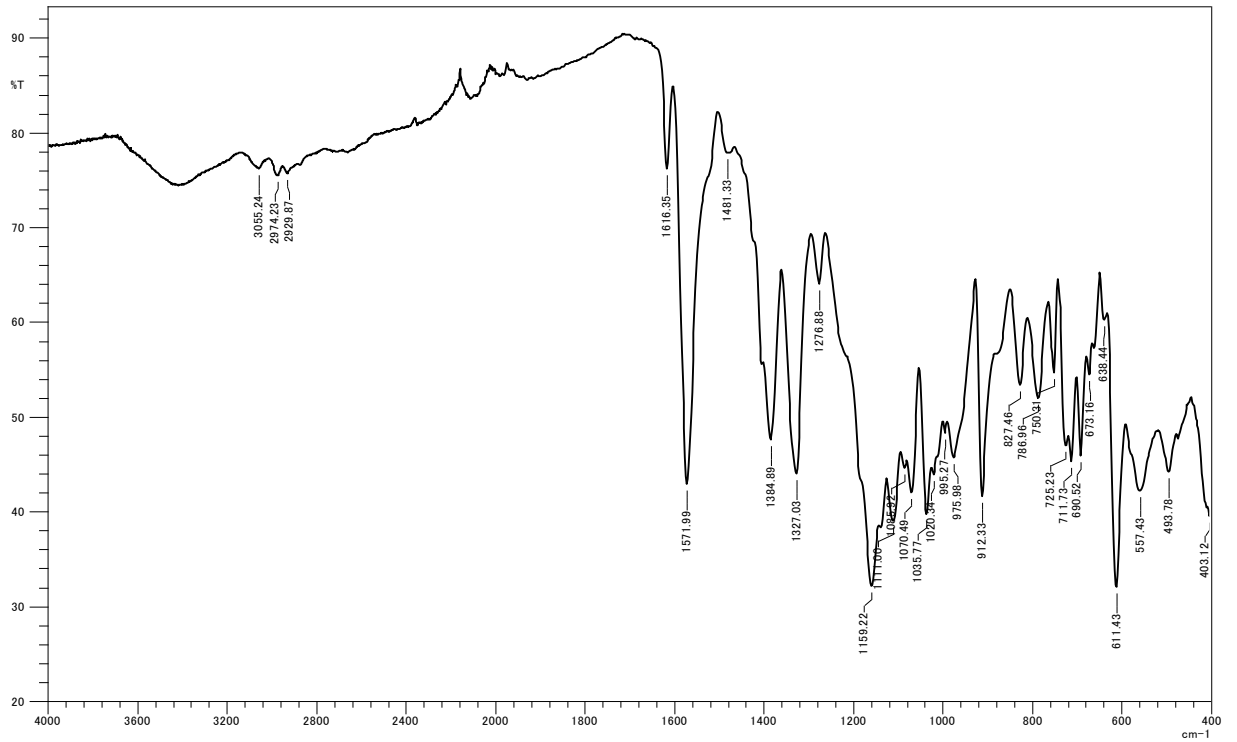
26. インジゴカルミン 【Acid Blue 74】



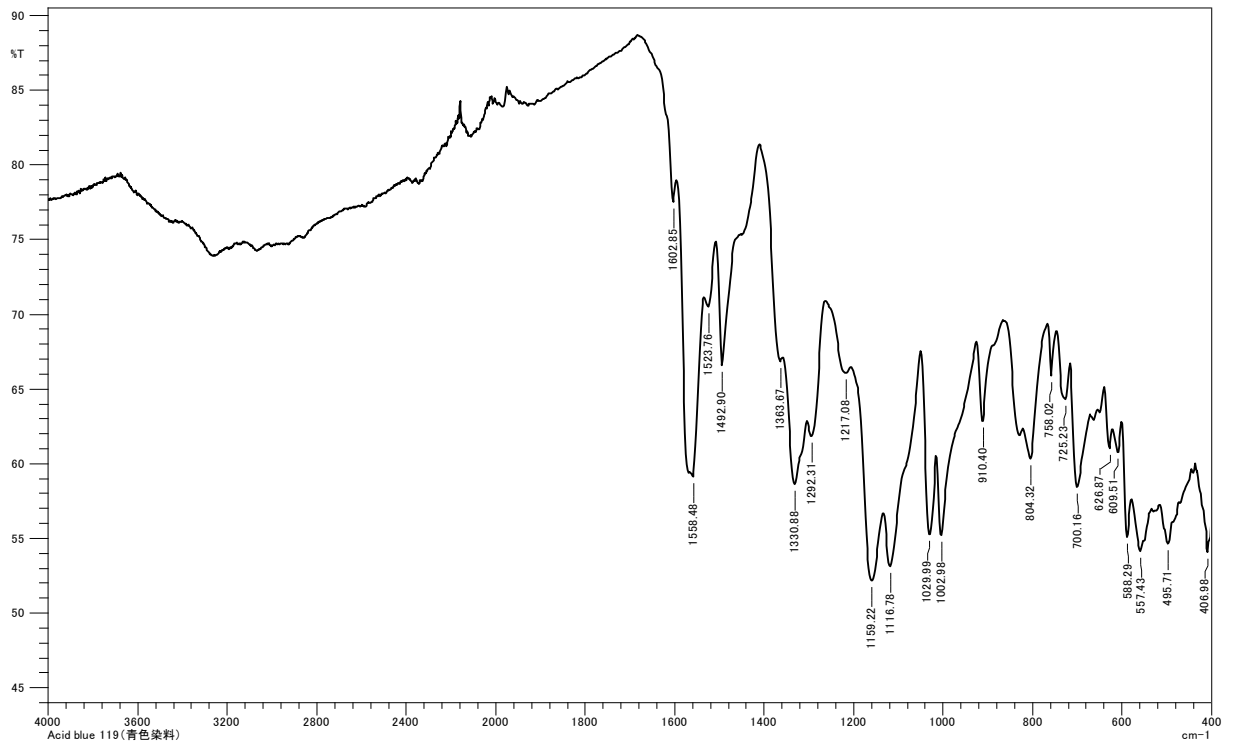
27. アシッドブルー３ナトリウム



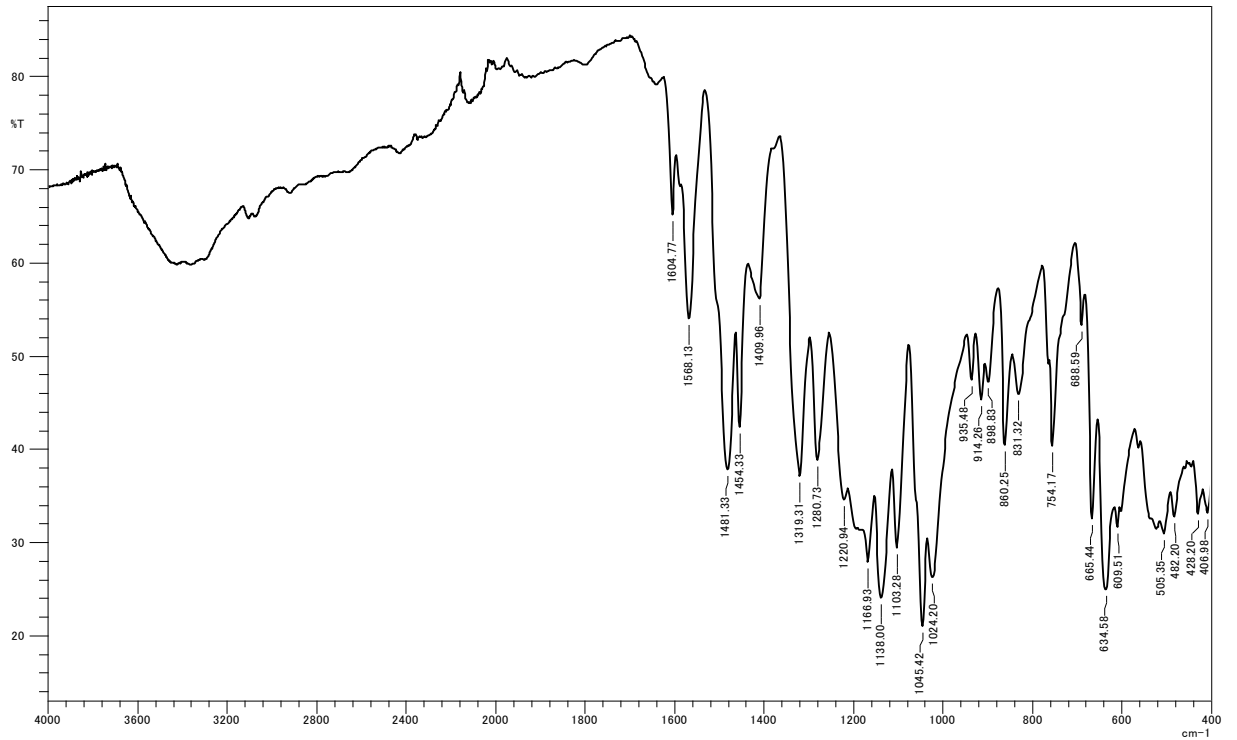
28. Acid Blue 9 【ブリリアントブルーFCF／エリオグラウシン A】



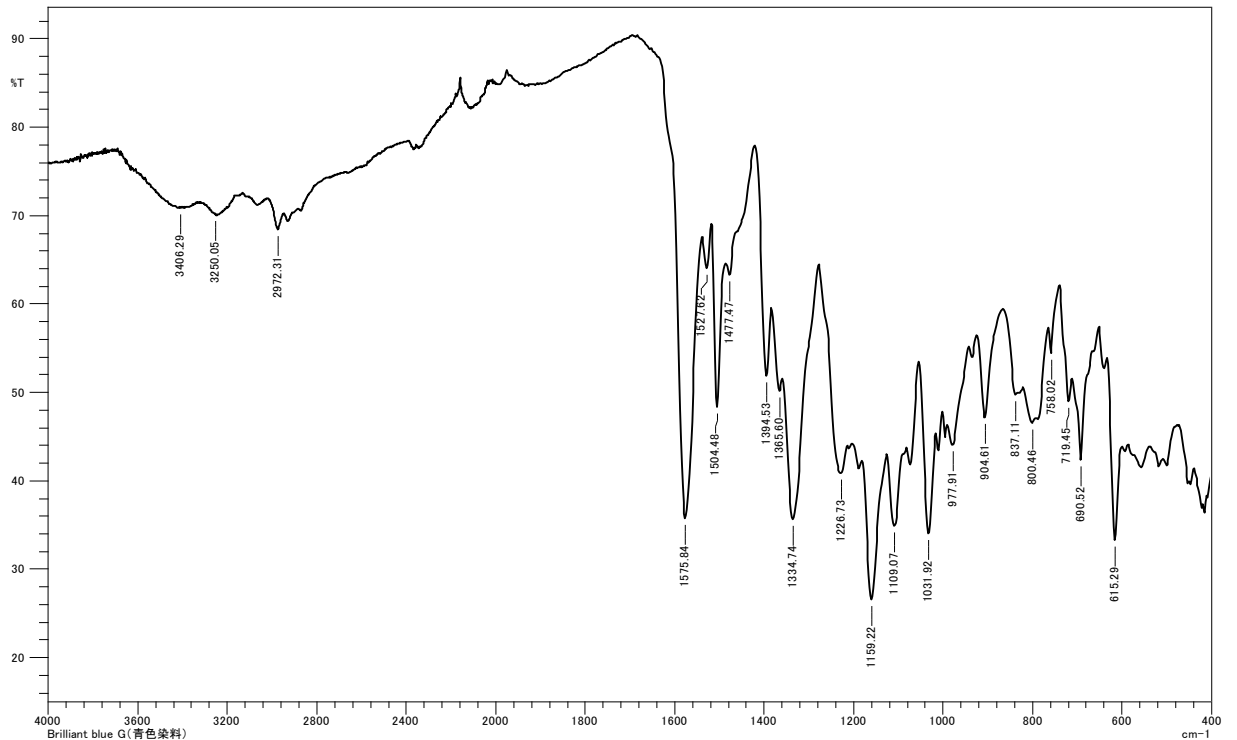
29. Acid Blue 119 【アルカリブルー-6B】



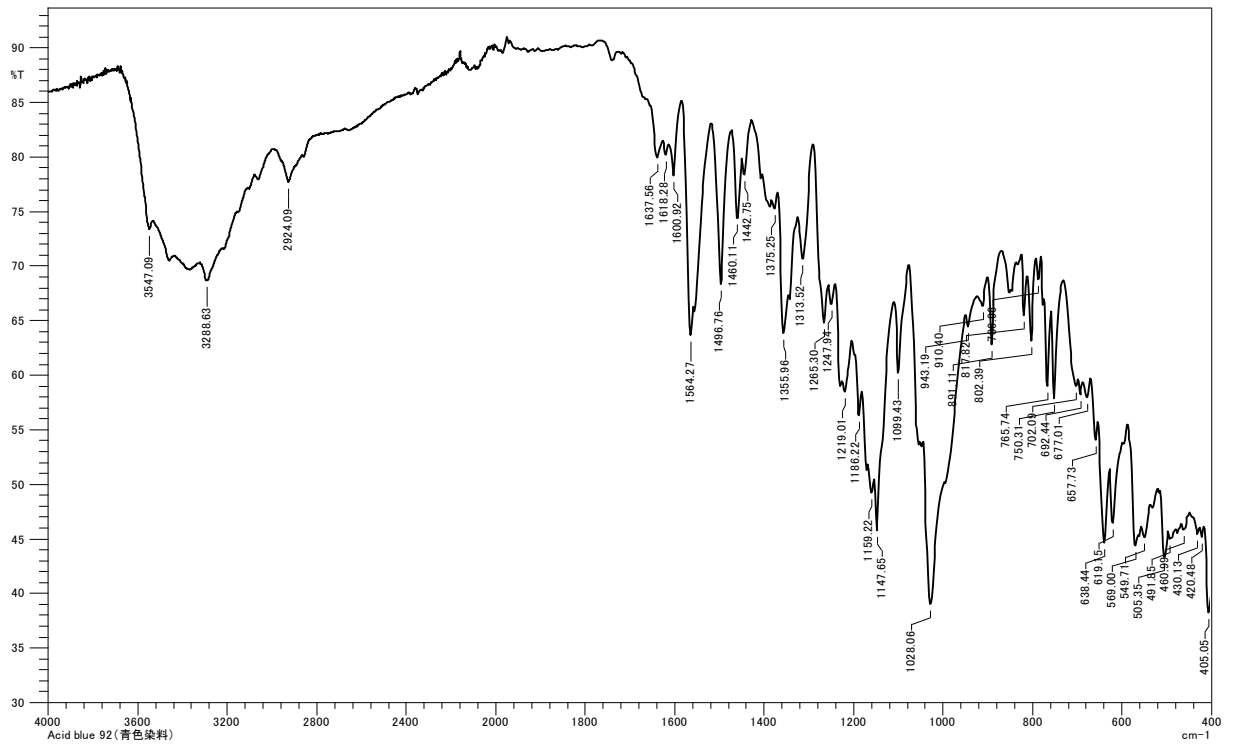
30. Acid Black 1 【アミドブラック 10B／アミノシュワルツ 10B／バッファローブラック NBR／ナフトールブルーブラック】



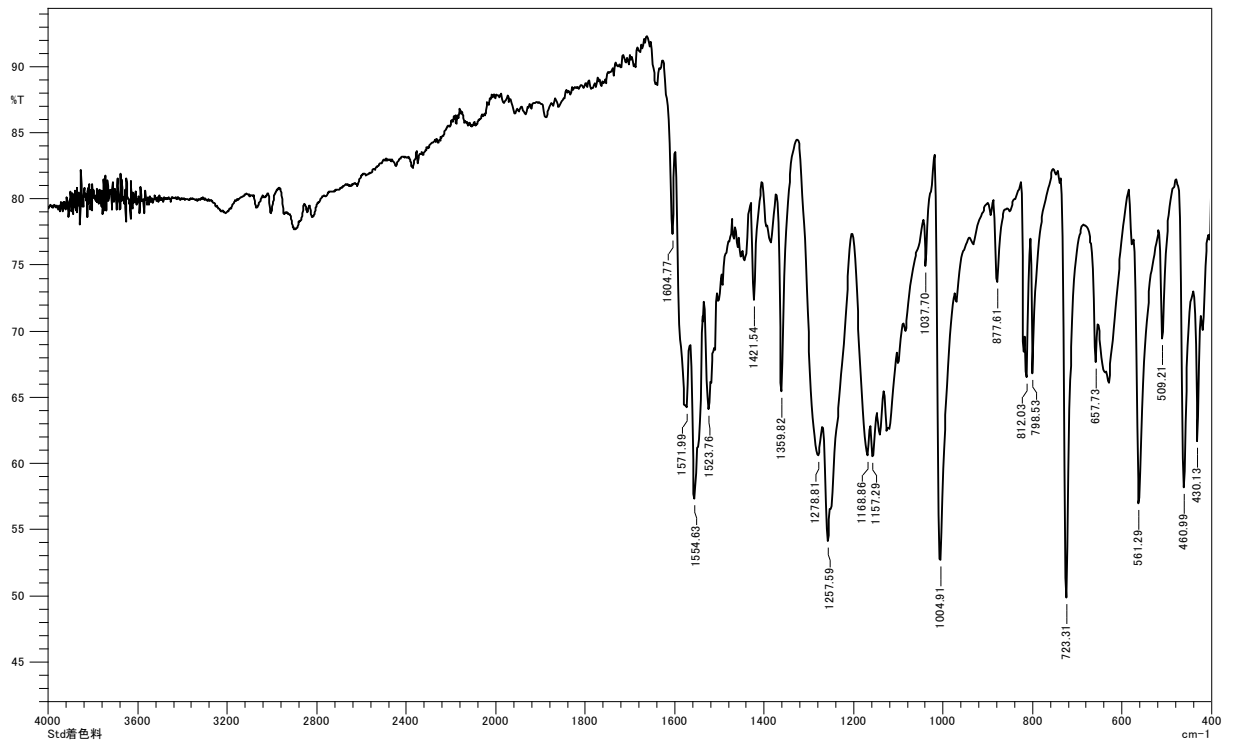
31. ブリリアントブルー-G 【Acid Blue90／クマシーブリリアントブルー-G-250／CBB G-250】



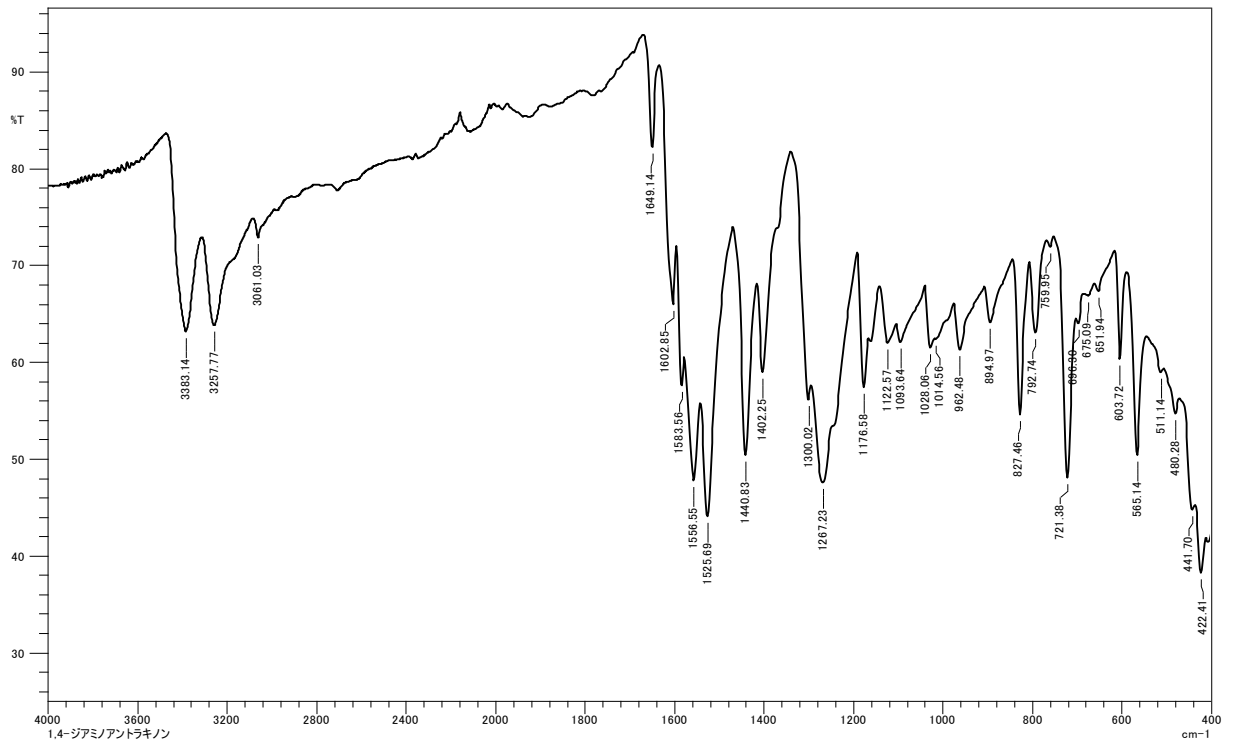
32. Acid Blue 92 【アシッドブルーA/アナゾレンナトリウム】



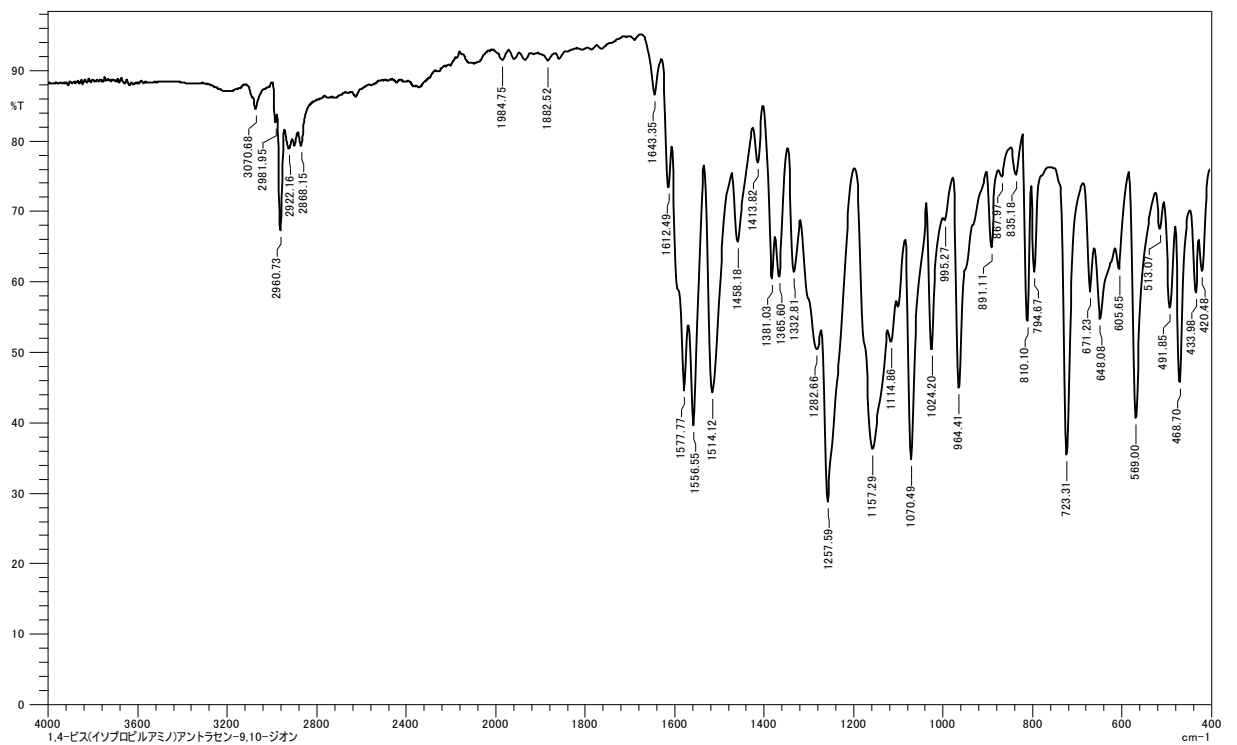
33. Disperse Blue14 【1,4-ビス（メチルアミノ）アントラキノン】



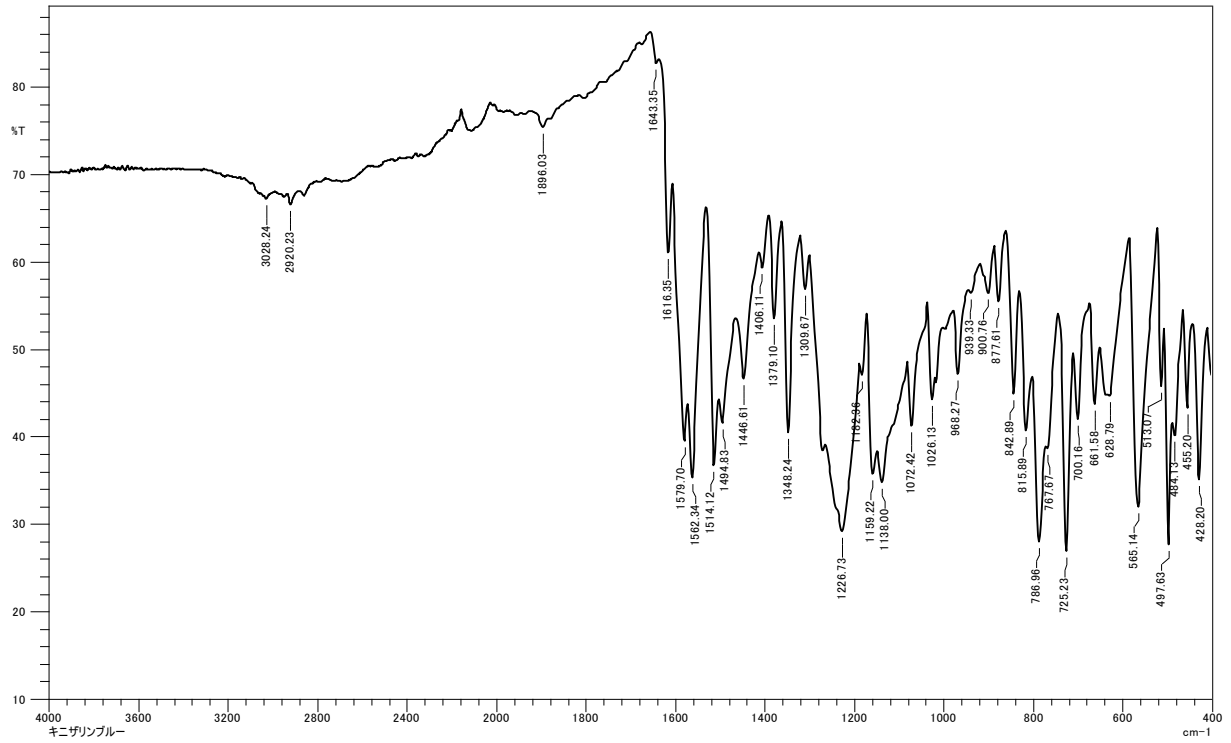
34. 1,4-ジアミノアントラキノン



35. 1,4-ビス(イソプロピルアミノ)アントラキノン



36. キニザリンブルー (1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン)



【赤系染料】

1. Sudan I 【Solvent Yellow 14／オイルオレンジ／スカーレット B／スダンエロー】
2. Sudan II 【Oil Red XO／ソルベントオレンジ7】
3. Sudan III 【Solvent Red AS／ソルベントレッド 23】
4. Sudan IV 【Oil Red／ソルベントレッド 24／スカーレットレッド】
5. Oil Red O 【Solvent Red 27】
6. Curcumin yellow (合成)
7. Curcumin yellow (天然)
8. Carminic Acid (天然)
9. チオインジゴ Thioindigo 【Fluorescent Red Dye／Vat Red 41】
10. Acid red 1 【アミドナフトールレッド／アゾフロキシシン／ポンタシルカルミン／レッド 2G】
11. Acid red 9 【シルクスカーレット】
12. Acid red 18 【ニューコクシン／ポンソー4R／スカーレット 3R】
13. Acid red 26 【Ponceau de Xylidine／Ponceau R】
14. Acid red 27 【アマランス／アゾルビン S／ボルドーS／ナフトールレッド／ウールレッド 40F】
15. Acid red 52 【アシッドレッド／スルホローダミン B／キシレンレッド】
16. Ethyl red 【4-(ジエチルアミノ)アゾベンゼン-2'-カルボン酸】
17. 2'-Anilino-6'-(diethylamino)-3'-methylfluoran
18. Liquid Orange SRF (混合品／燃料油用)
19. Oil Orange M Liquid (燃料油用)
20. メチルエロー 【バターエロー／ソルベントエロー／ジメチルエロー】
21. 2-Amino-3-hydroxyanthraquinone
22. 1-Aminoanthraquinone
23. 1-Amino-2-bromo-4-hydroxyanthraquinone 【Disperse Violet 17】

写真1 エタノール溶液性（各色素をエタノールに溶解させたもの）

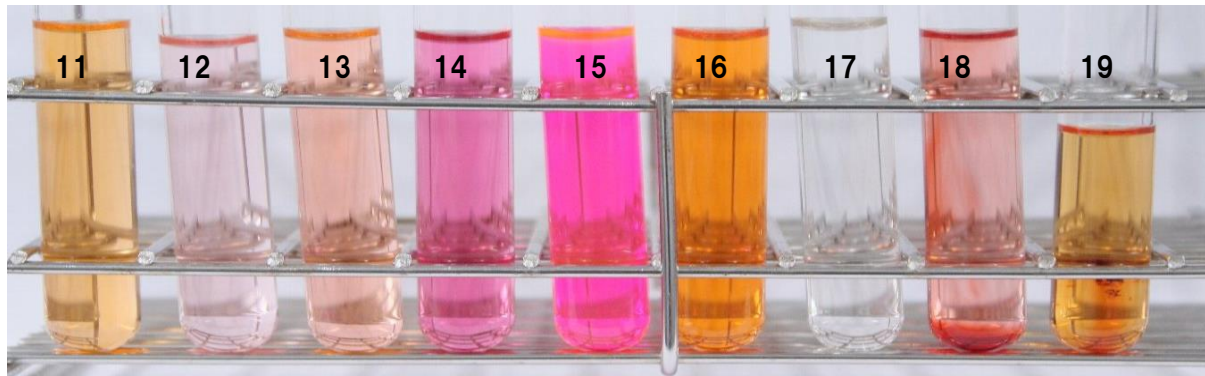
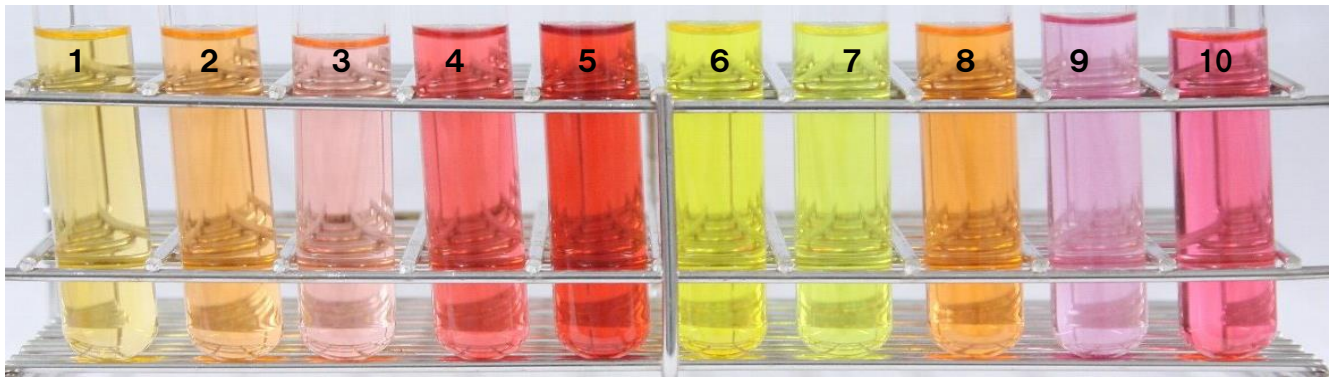


写真2 水溶液性（各色素を水に溶解させたもの）

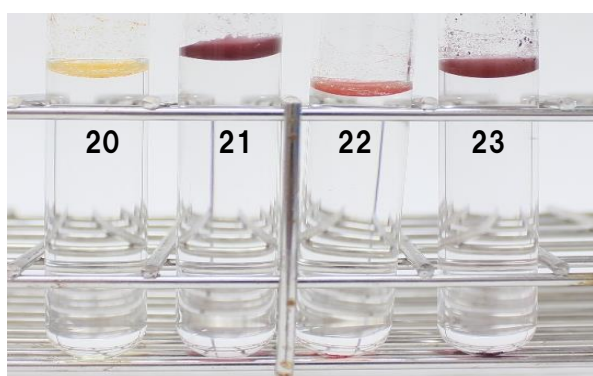
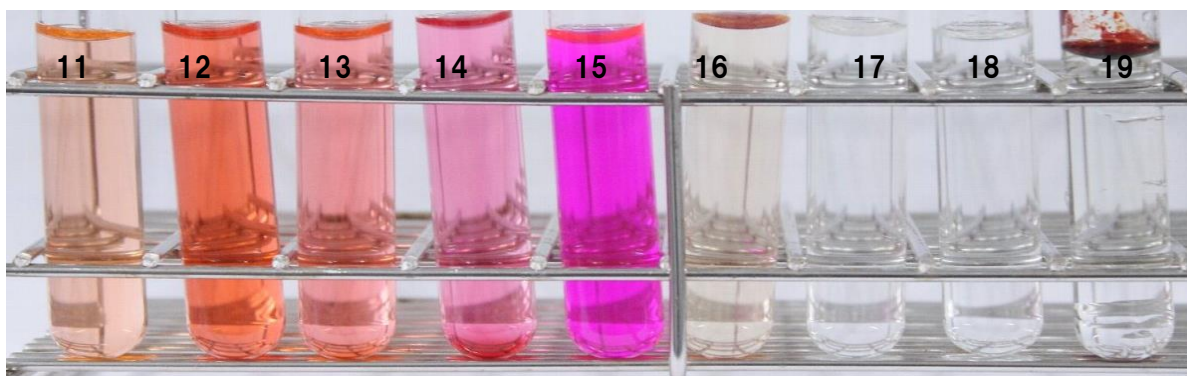
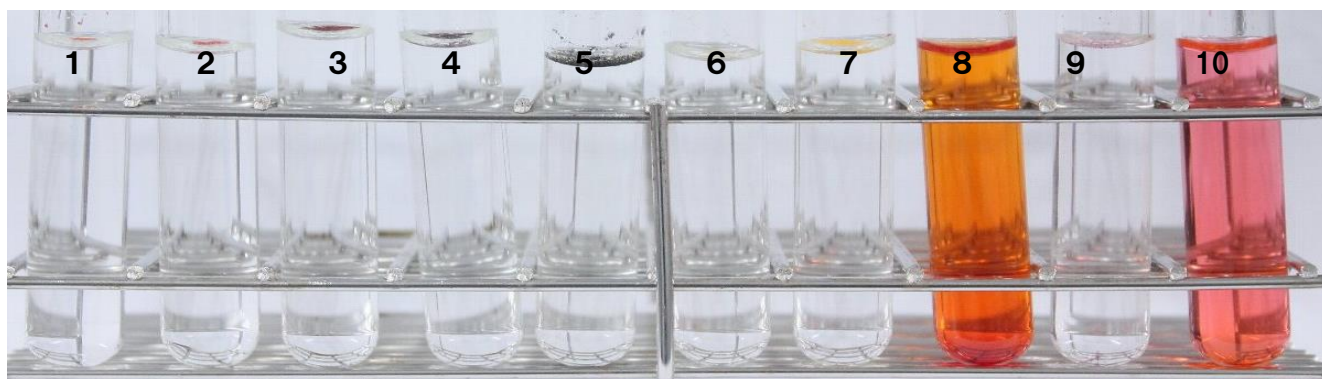
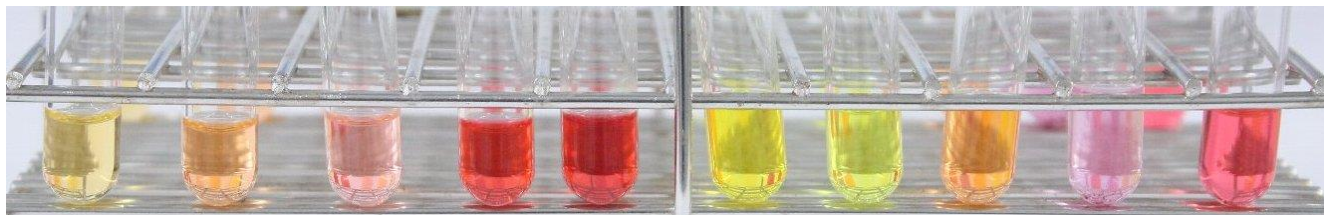
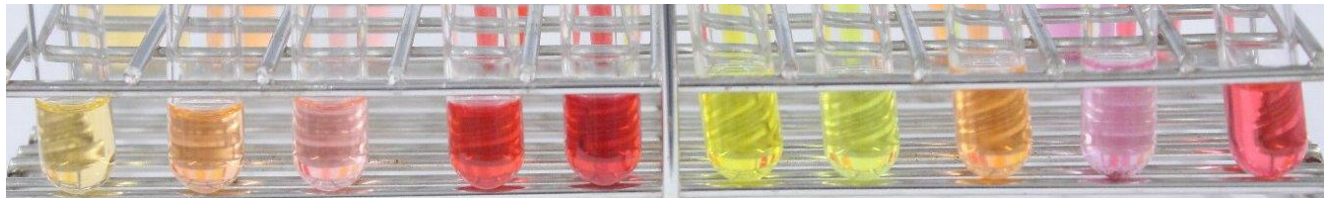


写真3 エタノール溶液に酸・アルカリを添加した際の色調の変化

無添加



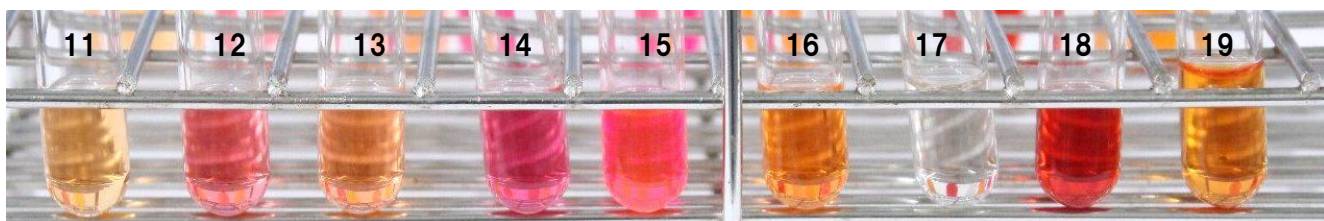
塩酸添加：いずれも色調に変化なし



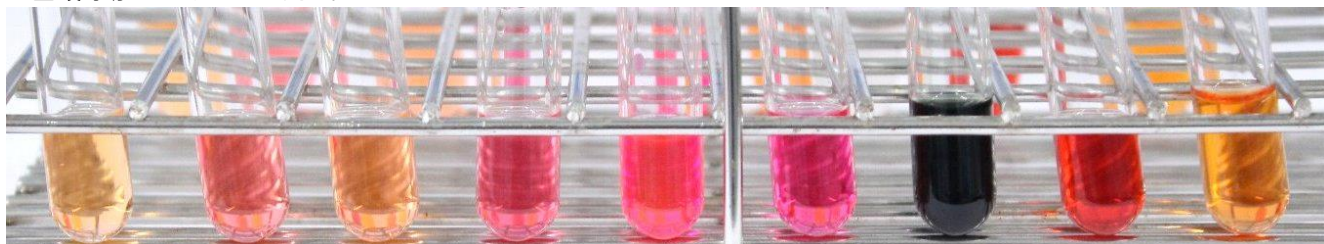
NaOH 添加：濁る色素なども含め、全てで色調変化あり



無添加



塩酸添加：いずれも色調に変化なし



NaOH 添加：濁る色素なども含め、全てで色調変化あり

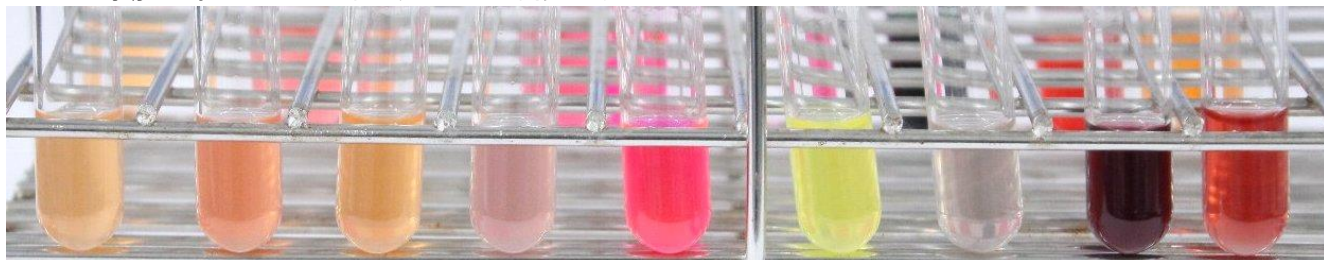
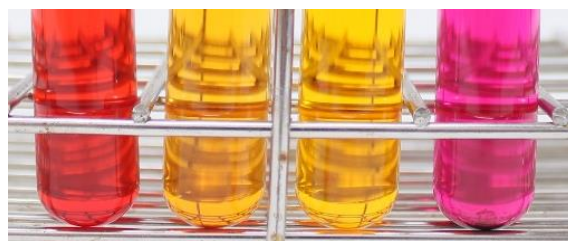


写真3 つづき エタノール溶液に酸・アルカリを添加した際の色調の変化

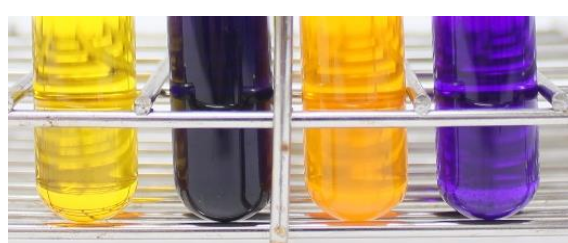
無添加



塩酸添加



NaOH 添加

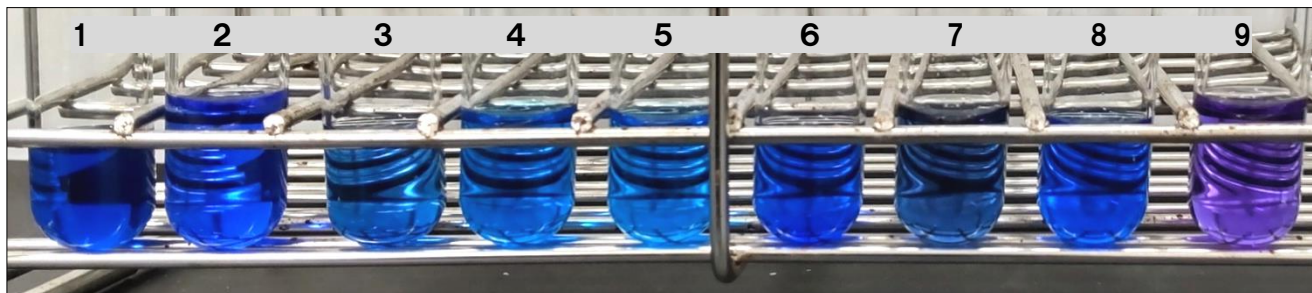


【青色染料】

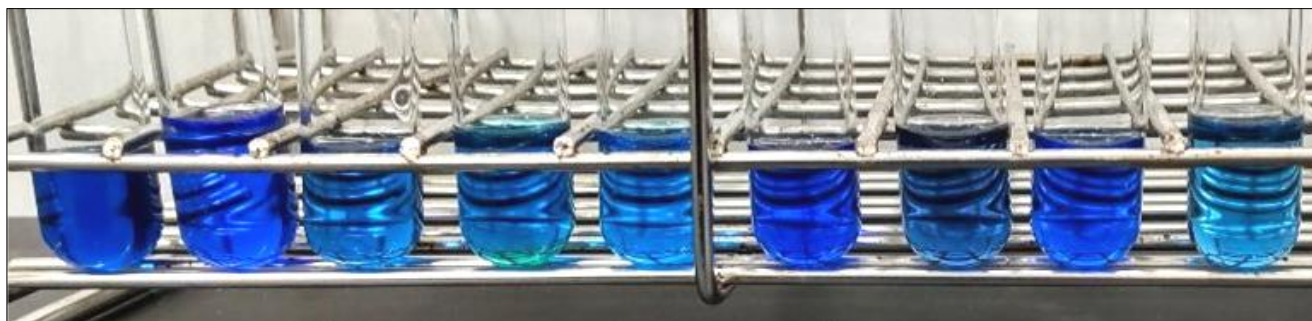
1. キシレンシアノール FF 【Acid Blue 147】
2. ブリリアントブルーR 【Acid Blue 83／アシッドシアニン 6B／アリザリルピノール 5G／ソーラーシアニン 6B／クマシーブリリアントブルーR-250】
3. インジゴカルミン 【Acid Blue 74】
4. アシッドブルー 3 ナトリウム
5. Acid Blue 9 【ブリリアントブルーFCF／エリオグラウシン A】
6. Acid Blue 119 【アルカリブルー6B】
7. Acid Black 1 【アミドブラック 10B／アミノシュワルツ 10B／バッファローブラック NBR／ナフトールブルーブラック】
8. ブリリアントブルーG 【Acid Blue90／クマシーブリリアントブルーG-250／CBB G-250】
9. Acid Blue 92 【アシッドブルーA／アナゾレンナトリウム】
10. Disperse Blue14 【1,4-ビス（メチルアミノ）アントラキノン】
11. 1,4-ジアミノアントラキノン
12. 1,4-ビス（イソプロピルアミノ）アントラキノン
13. キニザリンブルー（1-ヒドロキシ-4-トルイジノアントラキノン）

写真4 エタノール溶液に酸・アルカリを添加した際の色調の変化

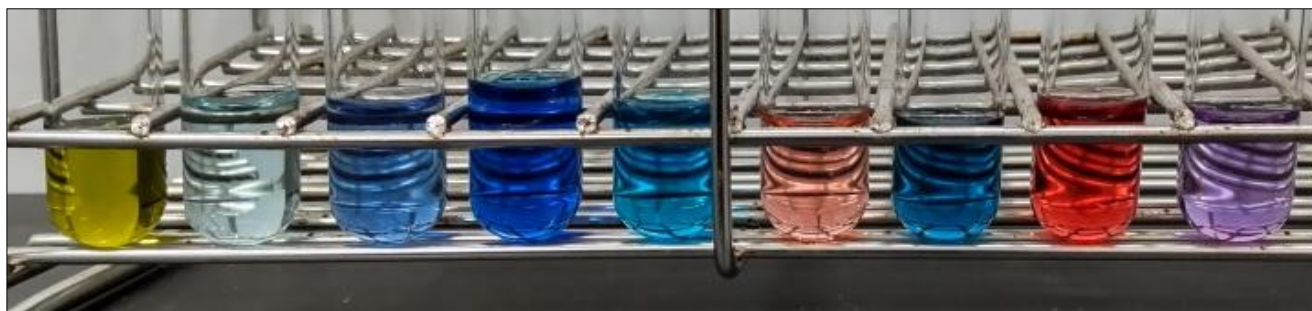
無添加



塩酸添加



塩酸添加



無添加



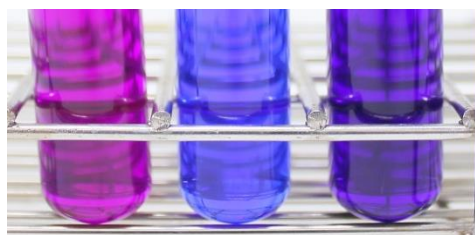
塩酸添加



塩酸添加



11



12



13

