

九州大学中央分析センター

49

センター
ニュース

平成7年7月

目 次

分析機器解説シリーズ(48)	1
温度可変赤外線分光分析	
中央分析センター装置利用状況	6
中央分析センター工学分室装置利用状況	8
装置利用経費表	10
お知らせ	12

1. はじめに

最近、顕微赤外線分光法が、微量、微小試料について非破壊、非接触で分析できることから重要な分析法の一つとして注目されている。この顕微赤外線分光法に更に示差走査熱量計 (Differential Scanning Calorimetry, DSC) を組み合わせることによって、微量物質の相転移や融解などの熱的变化に伴う化学構造変化を解析することができる。従来より、加熱しながら高分子の赤外線吸収スペクトルが測定されていたが、一定の昇温速度で連続的に測定された例はほとんど知られていない。この DSC と顕微赤外線分光を組み合わせた温度可変赤外線分光分析 (Variable Temperature FT-IR Spectroscopy) の応用例としては、加熱による構造変化を赤外スペクトルで連続的にモニターできるので、かなり広範囲の物性変化に用いられている。例えば、液晶 (固相から液晶相への転移に伴う構造変化)、導電性高分子 (キューリー点での構造変化)、共重合体高分子 (結晶化度及び融解過程における化学構造変化の追跡)、高分子結晶 (T_g 点及び融解点での構造変化)、医薬品 (加熱による分子構造変化) 等が挙げられる。

本稿では液晶性発現に伴う構造変化について温度可変赤外線分光分析を用いて行った研究例について紹介する。

2. 基本構成

温度可変赤外線分光分析法の基本構成を図 1 に示す。DSC セル (ホットステージ) を顕微鏡の XY ステージ上に設置し、試料を透過法にて測定する。WS (ワークステーション) から DSC コントロールユニットを制御し、セルの温度をコントロールする。干渉計からの Scan 毎のインターフェログラムとそのときの温度および DSC 値を WS に取り込み、測定後フーリエ変換して、IR スペクトルに変える。図 2 に加熱部の構成を示す。下方から赤外光が集光鏡で集められ、試料セル

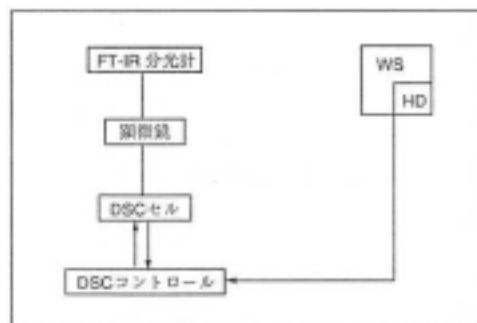


図 1. 温度可変赤外線分光計の構成

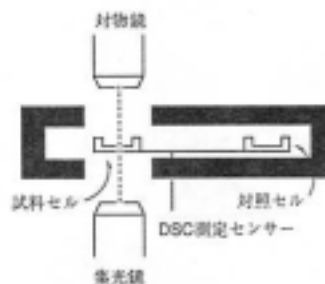


図 2. ホットステージの構成

を通過して対物鏡に集められる。DSC セルは赤外光を透過させるために KBr でできている。なお、DSC の原理については本分析機器解説シリーズ(44)に詳しく述べられているので省略する。

3. 応用例

3-1. 4-アルキル安息香酸

4-アルキル安息香酸や4-アルコキシ安息香酸が液晶性を示すことが知られている。4-アルコキシ安息香酸の結晶構造解析や粉末線回折から、分子間水素結合を介して二量体構造であることが明らかになっている。神らは¹⁾4-ヘキシル安息香酸(1)の三次元温度可変赤外スペクトルを70~170℃で測定した。そのスペクトルを図3に示す。1は結晶状態で1700cm⁻¹付近にカルボキシル基の吸収を示すので、二量体を形成しているが、液晶相に転移すると、1740cm⁻¹に単量体のカルボキシル基の吸収が出現し、温度の上昇とともにその強度は増加する。等方性液体になると、更にその強度は増加する。図4には800~1050cm⁻¹領域のスペクトルを示す。940cm⁻¹の吸収は二量体のカルボン酸のOH面外変角に基づく吸収であり、温度の上昇とともに、低波数側にシフトした。即ち、結晶相、液晶相、等方性液体へと相転移することにより水素結合は弱くなるが、液晶相で水素結合を介して二量体を形成していることが、IRスペクトルで観測できた。

940cm⁻¹の吸収は二量体のカルボン酸のOH面外変角に基づく吸収であり、温度の上昇とともに、低波数側にシフトした。即ち、結晶相、液晶相、等方性液体へと相転移することにより水素結合は弱くなるが、液晶相で水素結合を介して二量体を形成していることが、IRスペクトルで観測できた。

3-2. 異種分子間の水素結合型液晶

加藤らは²⁾4-アルコキシ安息香酸と非液晶の4,4'-ピピリジン(2)との分子間水素結合を利用して新しい水素結合性分子複合体液晶を構築した。4-ブトキシ安息香酸(3)は147~160℃でネマチック(N)相を示す。2:1複合体(4)は134~150℃でスメクチック(S)相、150~159℃でN

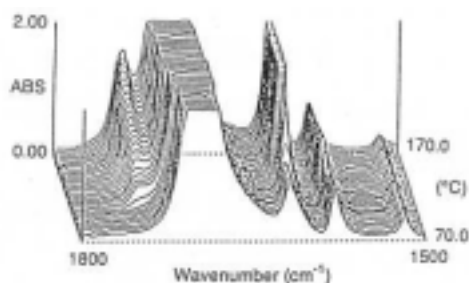


図3. 4-ヘキシル安息香酸(1)の三次元スペクトル (1500~1800cm⁻¹領域)

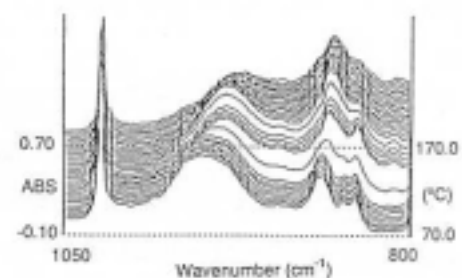


図4. 4-ヘキシル安息香酸(1)の三次元スペクトル (800~1050cm⁻¹領域)

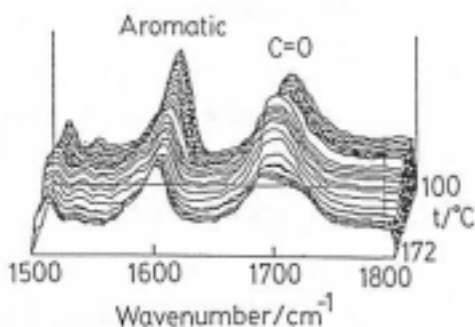


図5. 2:1複合体(4)の赤外スペクトル

相を示した。3 単独ではOH基の伸縮振動による幅広い吸収が 3000cm^{-1} 付近に観測される。しかし、複合体ではOH基の伸縮振動が 2450cm^{-1} および 1880cm^{-1} と低波数側にシフトし、3 と 2 の間に強い水素結合が存在することが示唆された。図 5 にカルボニル領域の FT - IR スペクトルを示す。 1697cm^{-1} に水素結合しているカルボニル基の吸収が見られる。等方性液体になる 160 付近では急激に水素結合が不安定になり、高波数側に単量体の吸収が現れている。従って、異種分子が水素結合を介して接続され、明確な構造を有した安定な液晶相を示す複合体を構築したことになる。

3 - 3 . トロポノイド液晶

非ベンゼン系化合物のトロポノイド化合物には、水素結合の受容部となり得るカルボニル基が存在するので、分子中に水酸基やアミノ基などの水素結合供与基を導入すれば、水素結合を介した集合系を形成できる。³⁾ 最初、5 - アルキルアミノ - 2 - (4 - アルコキシベンゾイオキシ) トロポン(5)を合成した。⁴⁾ は Sc 相のみを示し、図 6 に 5 ($R = R' = \text{C}_{12}\text{H}_{25}$) の温度可変 IR スペクトルを示す。

スペクトルを見ると、 3400cm^{-1} 付近のNH領域、 $1700 \sim 1730\text{cm}^{-1}$ のエステルカルボニル基領域、 $1400 \sim 1600\text{cm}^{-1}$ のトロポンカルボニル基と炭素 - 炭素二重結合領域が大きく変化している。これはNH基とトロポンカルボニル基間で水素結合していることを示唆している。構造的に分子内水素結合は不可能なので、分子間水素結合である。NH吸収は結晶状態では 3387cm^{-1} に、液晶状態では 3287cm^{-1} に現われている。液晶状態の $1400 \sim 1450\text{cm}^{-1}$ 領域の吸収強度は増すが、 1483cm^{-1} の吸収は弱くなる。このスペクトル変化は分子間水素結合が結晶状態より液晶状態で強いことを示している。

一方、エステルカルボニル基の吸収が液晶状態で高波数側に移動した。これはNH基やトロポンカルボニル基の吸収が液晶状態で低波数側に移動するのと対照的である。従って、液晶状態ではNH基とエステルカルボニル基間の水素結合が弱くなり、トロポンカルボニル基との水素結合が強くなることを意味している。以上のスペクトル変化から、図 7 のような液晶状態で分子間

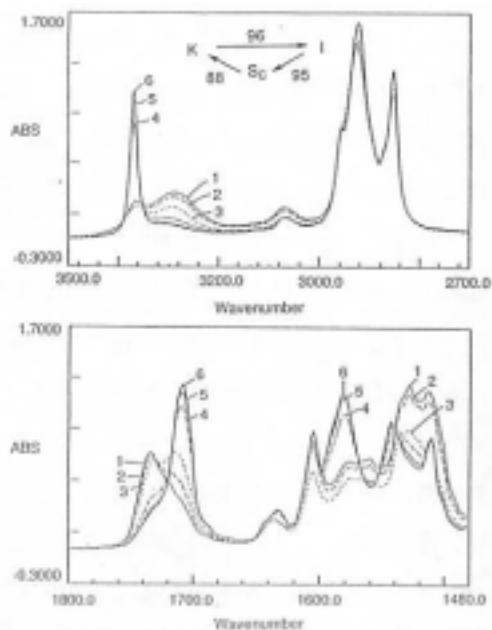


図 6. 5 ($R = R' = \text{C}_{12}\text{H}_{25}$) の赤外スペクトル
[曲線 1 : 100°C 、曲線 2 : 95°C 、曲線 3 : 90°C 、
曲線 4 : 85°C 、曲線 5 : 80°C 、曲線 6 : 75°C]

水素結合の関与した“Folded Model”と“Extended Model”のうち、Sc相のみを発現することから、層に対して傾いた“Extended Model”をとると考えられる。

次に、水素結合する部位を2位のペンゾイルオキシ基上に持つ4-(アルキルアミノベンゾイルオキシ)-5-アルコキシトロポン(6)を合成した。⁵⁾この場合も、発現する液晶相はSc相のみであった。図8の6 ($R = C_{14}H_{29}$ 、 $R' = C_{12}H_{26}$)の昇温時のスペクトルを見ると、結晶状態と液晶状態のスペクトルにはほとんど変化がなく、NH基の吸収が 3320cm^{-1} に、トロポンカルボニル基の吸収が 1578cm^{-1} に、エステルカルボニル基の吸収が 1738cm^{-1} に現われた。等方性液体になると、 3377cm^{-1} と 1731cm^{-1} にNH吸収とエステルカルボニル基の吸収が移動した。同時に、 1578cm^{-1} のトロポンカルボニル基の吸収が消失して、 1609cm^{-1} の炭素-炭素二重結合の吸収と融合し、幅広い吸収になった。エステルカルボニル基の鋭い 1738cm^{-1} の吸収が 1726cm^{-1} の

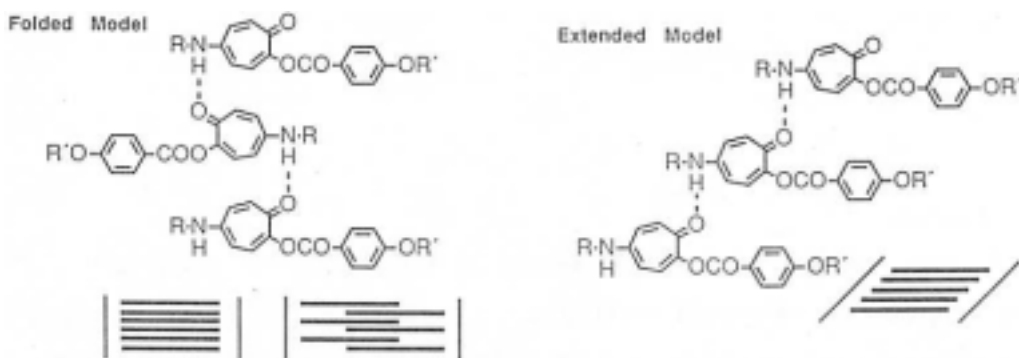


図7. 分子配列モデル

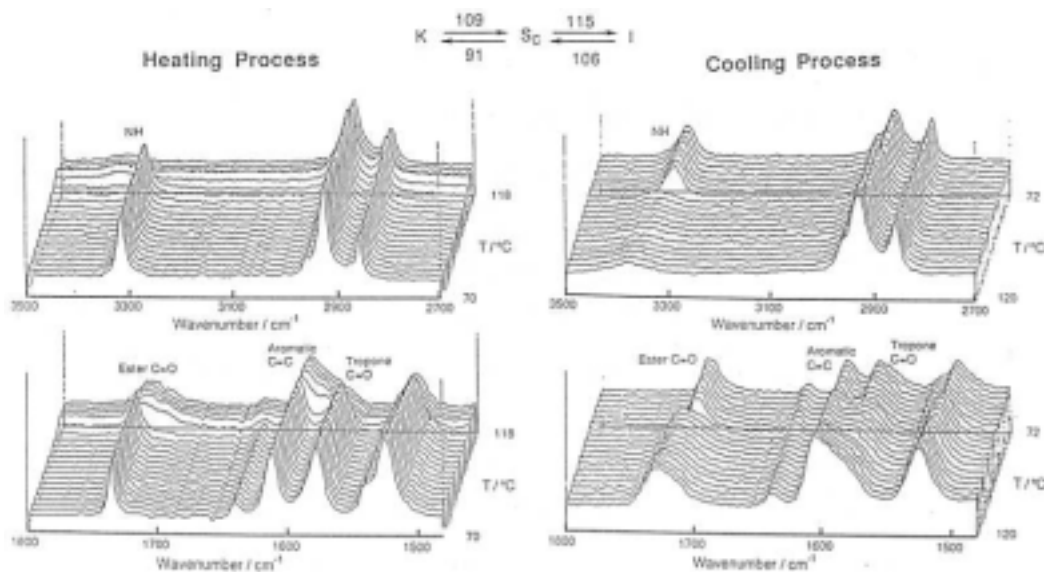


図8. 6 ($R = C_{14}H_{29}$ 、 $R' = C_{12}H_{25}$)の赤外スペクトル

幅広い吸収に変わった。即ち、結晶状態と液晶状態でNH基とトロポンカルボニル基が強く水素結合しているが、等方性液体になると水素結合が弱くなり、NH基が 57cm^{-1} 、トロポンカルボニル基が $20\sim 30\text{cm}^{-1}$ 程高波数側に移動したと理解できる。

一方、等方性液体から降温すると、結晶状態でNH基が 3380cm^{-1} に約 40cm^{-1} 、エステルカルボニル基が 1730cm^{-1} から 1718cm^{-1} と 1713cm^{-1} に $12\sim 17\text{cm}^{-1}$ 、トロポンカルボニル基が 1607cm^{-1} から 1584cm^{-1} に約 20cm^{-1} 程低波数側に移動した。これらのシフト値から結晶状態と液晶状態で、NH基とトロポンカルボニル基間に水素結合が関与していることが示唆された。この結果、6の場合も5で推定したように、層に対して傾いた“Extended Model”をとると考えられる。

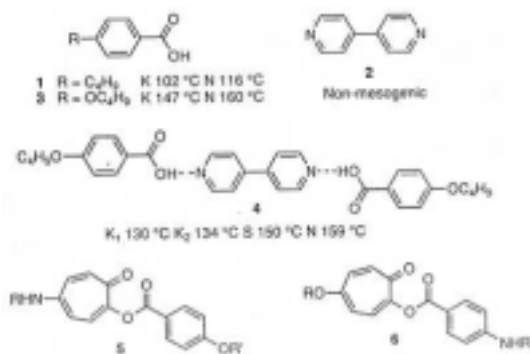


図9

4. おわりに

このように、DSC と FT - IR スペクトルを組み合わせることによって、液晶性発現時における分子の配列に関して重要な情報を比較的簡便な方法で得ることができる。この方法は結晶状態や中間相を直接分析できるので、物性発現と構造の関係を研究するうえで、有用な分析法である。

5. 参考文献

1. 神ちひろ、第52回分析化学討論会要旨
2. T. Kato, P. G. Wilson, A. Fujishima, J. M. J. Frechet, Chem. Lett., 1990, 2003.
3. 森 章、竹下 齊、有機合成化学協会誌、53、197 (1995)。
4. A. Mori, R. Nimura, H. Takeshita, Chem. Lett., 1991, 77.
5. A. Mori, R. Nimura, M. Isobe, H. Takeshita, Chem. Lett., 1992, 859.

中央分析センター装置利用状況

(平成6年1月～12月)

	装置名・利用者	経費	件数	時間	備考
1	高周波2極スパッタ装置				
	総理工材開 (森永研)	82,000	82	423	
	" (村岡研)	36,000	36	223	
	" 工ネ変 (田中研)	13,000	13	85	
	機能研 (本田研)	6,000	6	36	
2	真空蒸着装置				
	総理工材開 (森永研)	23,000	46	59	
	" 工ネ変 (益田研)	9,100	13	23	
	理学部・化学 (前田研)	9,300	13	16	
3	雰囲気中液体急冷装置				
	総理工材開 (森永研)	23,000	41	181	
	" (沖研)	4,000	10	41	
4	セイコー熱分析装置				
	総理工材開 (森永研)	34,500	69	127	
	" (斎藤研)	29,450	37	46	
	総理工材開 (沖研)	4,600	18	21	
	" 工ネ変 (神田研)	12,150	18	42	
	" 熱工ネ (本田研)	12,000	24	32	
	機能研 (尾添研)	30,850	33	209	
5	超高压物性測定装置				
	総理工材開 (沖研)	10,200	35	45	
6	集中法粉末 線回折計				
	総理工材開 (斎藤研)	5,000	22	36	
	機能研 (尾添研)	29,000	59	63	
	理学部・物理学 (阿知波研)	53,000	13	53日	
7	4軸型自動 線回折計				
	機能研 (田代研)	200,000	2	8日	
	理学部・物理学 (上地研)	140,000	2	14日	
	" (阿知波研)	80,000	3	24日	

	装置名・利用者	経費	件数	時間	備考
	工学部・応用物質化学（新海研）	280,000	2		
	工学部・化学環境工学教室（今任研）	140,000	1	6日	
8	ラウエカメラ				
	理学部・物理学（岡崎研）	600	3	8	
	“（青峰研）	800	4	34	
	工学部・応用理学教室（甲斐研）	400	2	9	
	機能研（尾添研）	18,200	41	258	
9	超電導核磁気共鳴装置				
	機能研（竹下研）	30,500	38	1,396	
	“（田代研）	11,500			
	薬学郡・製薬化学（前田研）	8,000	36		
	総理工材開（斎藤研）	2,000	2	7	
10	核磁気共鳴吸収装置 FX100				
	総理工材開（斎藤研）	9,000	3	3	
11	島津 線回折計				
	総理工材開（斎藤研）	1,000	2	3	
12	蛍光 線回折計				
	総理工材開（森永研）	1,000	1	2	
	“・工ネ変（清水研）	3,000	3	3	
	工学部・化機工（若林研）	10,000	10	8	
	“ 超高压電子顕微鏡室	1,000	1	2	
13	レーザー粒径解析装置				
	総理工材開（荒井研）	9,000	3	21	
	“（森永研）	9,000	3	12	

中央分析センター工学分室装置利用状況

(平成6年1～12月)

セ ン タ ー 機 器 名	件 数	時 間
超伝導核磁気共鳴吸収装置	597	1,343
I C P 質量分析装置	154	471.5
X線回折計	2,153	1,800
走査型電子顕微鏡	354	358
フーリエ変換赤外分光光度計	235	164
高速液体クロマトグラフ	91	359
熱分析システム	86	356.5
熱 天 秤	23	171
マイクロフォトメーター	182	143
表面張力測定装置	114	202
画像解析処理装置	19	45
金属顕微鏡	14	15
インピーダンス測定装置	48	158
材料試験機	461	26
カールフィッシャ水分計	183	86
イオンコーティング装置	14	8
ガラスキャピラリー作成装置	30	2

登 録 機 器 名	管 理	件 数	時 間
超伝導核磁気共鳴吸収装置 (AC-250P)	人工酵素化学	2,230	1,386
超伝導核磁気共鳴吸収装置 (AMX500)	人工酵素化学	1,686	1,638
質量分析計	人工酵素化学	17	187
ピコ秒蛍光寿命測定装置	人工酵素化学	26	144
円二色分散計	分子機能設計学	77(79)	567(400)
シンクログラフ	分子システム設計学	645	198
核磁気共鳴吸収装置 (R-24B)	分子情報システム学	199	100
走査型電子顕微鏡	応用無機化学	127	345
イオンコーティング装置	応用無機化学	190	49
核磁気共鳴吸収装置 (R-600)	応用有機化学	1,635	411

登録機器名	管理	件数	時間
ガスクロマトグラフ質量分析計	応用有機化学	62	36
精密天秤	応用有機化学	246	42
高速比表面・細孔分布測定装置	機能物質工学	115	780
超高分解能走査型電子顕微鏡	機能物質工学	390	1,220
高速比表面積・細孔分布測定装置	機能物質工学	30	300
示差走査熱量計	機能物質工学	279	501
透過型電子顕微鏡	機能材料工学	143	608
X線構造解析装置	機能材料工学	80	136
分光けい光光度計	応用分析化学	85	275
核磁気共鳴吸収装置(R-90H)	化学環境工学	142	71
円二色分散計	電子・4	0(5)	0(4)
発光分析装置	材工・2	8	11

()は外部利用

中央分析センター（筑紫地区）装置利用経費表

No.	装置名	利用経費(円)				備考
		A		B		
		1件当り	1時間当り	1件当り	1時間当り	
1	*エスカスキャンニングオージェ表面分析装置	4,000	3,000			件数 + 時間
2	蛍光X線分析装置			1,000		
3	エネルギー分散型X線回折計	2,000		1,000		件数又は日
4	*4軸型自動X線回折計	10,000				1日
5	島津X線回折計			500		
6	集中法粉末X線回折計	2,000	2,000	1,000	1,000	
7	Weissenberg カメラ	2,000		1,000		
8	X線小角散乱装置			4,000		
9	*質量分析計 (JEOL-01SG-2 型)	(1) LM(m/e < 800) 5,000 (2) LM(m/e 800) 10,000 (3) GC-LM 8,000 (4) HM 8,000 (5) GC-HM 15,000				LMの解析はm/e 1500 データ解析の場合は以下の 経費を加算 2,000円/ピーク 2,000円/ピーク 5,000円/ピーク
10	電子スピン共鳴装置	1,500		500		
11	*超伝導核磁気共鳴装置	2,000	6,000			1件は20分以内、 20分増すごとに2,000円追加
12	核磁気共鳴吸収装置 (JNM-PHX60 型)			500		
13	*核磁気共鳴吸収装置 (JNM-FX-100 型)		3,000			試料は依頼者が調整
14	*多核種用FT型NMR (JNM-FX-100 型)		3,000			試料は依頼者が調整
15	レーザー粒径解析装置			3,000		チャート1枚
16	分光蛍光光度計				300	
17	フーリエ変換赤外分光時計			5,000		+100円/チャート
18	*原子吸光・炎光発光・分光分析装置		1,200			原子吸光は光源が限られる
19	*C, H, N 元素分析計	550 900 350				C, H C, H, N N
20	*電子式精密自動天秤	300				
21	超高压物性測定装置			10,000	1,000	1件は2週間以内
22	示差走査熱量計			1,000 1,500	500 1,000	標準型 低温型
23	双子型恒温壁熱量計				800	
24	メスパワー分光分析装置			5,000		件数又は日
25	光散乱光度計			3,000		
26	汎用型滴定記録装置			500		
27	雰囲気中液体急冷装置			5,000		ノズル持参
28	ラウエカメラ			200		
29	高周波2極スパッタ装置	2,000		1,000		
30	ラバープレス	1,000		500		1回
31	*水銀圧入式ポロシメーター	1,000				
32	熱分析装置			500		

(1) 上記経費表中、A欄は担当オペレーターに依頼、B欄は依頼者が装置を利用した場合の経費を示します。

(2) 上記経費表中の*印は、担当オペレーターが操作する装置で依頼者は操作できません。

(3) 利用時間は1時間単位で計算します。

中央分析センター工学分室（箱崎地区）

No.	装置名	利用経費(円)				備考
		A		B		
		1件当り	1時間当り	1件当り	1時間当り	
1	核磁気共鳴吸収装置(R-24B)	1,000			700	
2	核磁気共鳴吸収装置(R-600)	2,000				
3	核磁気共鳴吸収装置(R-90H)	1,000		700		
4	超伝導核磁気共鳴吸収装置 (JNM-GSX400) *	1,000				通常測定料金 1,000 円 加算料金(温度変化1点につき 昇温:400円 低温:500円 長時間測定 1,000 円)
5	超伝導核磁気共鳴吸収装置 (Bruker AC-250P)	2,000				長時間測定 3,500 円 温度変化 400 円/点(高温) 1,000 円/点(低温)
6	超伝導核磁気共鳴吸収装置 (Bruker AMX500)	2,000				通常測定料金 2,000 円 (1件は20分以内,20分増 す毎に2,000円加算)
7	ガスクロマトグラフ質量分析計	3,000		1,000		チャート2m以上の場合は A:1,000円/m, B:500円/mを加算
8	質量分析計(M-2500)	15,000	5,000			
9	誘導結合プラズマ質量分析装置 *	2,000 から			2,000	但しこれは溶液導入に限る レーザー,ETV導入は1時間 につき500円加算する
10	金属中水素分析装置 *	600		300		校正 A:1,000円/回 B:600円/回
11	X線回折計 *	1,500			500	
12	X線構造解析装置	6,000 4,000		3,000 2,000		イメージングプレート 小角X線散乱
13	走査型電子顕微鏡(ABT-32) *	1,000			500	フィルム代は別料金
14	走査型電子顕微鏡(MSM-6)	2,000		1,000		200円/写真1枚
15	超高分解能走査型電子顕微鏡	20,000				
16	透過型電子顕微鏡	4,000				
17	イオンコーティング装置 *				200	
18	イオンコーティング装置		200			
19	金属顕微鏡 *				100	フィルムは各自持参
20	フーリエ変換赤外分光光度計 *	1,500 2,500			500 1,000	Nujol法 KBr法 溶液去 ATR法 注1件につき1時間の 測定時間が1時間を 超える場合は1時間 につき1件とみなし て件数を加算する
21	分光けい光光度計	700			300	
22	ピコ秒蛍光寿命測定装置		1,000			
23	円二色分散計				500	
24	発光分析装置	1,000				
25	熱分析システム *					
26	示差走査熱量計	1,000			500	
27	双子型恒温壁熱量計 *	3,000			500	
28	高速液体クロマトグラフ *				400	
29	シンクログラフ *				100	チャート1m当り100円
30	シンクログラフ				100	シンクロットは利用者負担
31	マイクロフォトメーター *			50		チャート100円/mを加算
32	表面張力測定装置 *		600		300	
33	インピーダンス測定装置 *				100	
34	高速比表面積・細孔分布測定装置				1,000	
35	精密天秤	300			100	
36	カールフィッシャ水分計 *	500 1,000			300 500	直接測定 気化装置使用
37	プラズマデポジション装置				1,000	
38	イオンシニング装置	2,000				
39	ガラスキャピラリー作成装置 *				250	
40	電気炉 *				150	
41	材料試験機 *	2,000			500	
42	画像処理解析装置 *				1,000	

- (1) 上記経費表中、A欄は担当オペレーターに依頼、B欄は依頼者が装置を利用した場合の経費を示します。
- (2) 上記経費表中の 印は、担当オペレーターが操作する装置で依頼者は操作できません。
- (3) 上記経費表中の*印は、センター所管装置を示します。
- (4) 利用時間は1時間単位で計算します。

お 知 ら せ

新規センター所管装置

1. 装置名：日本分光製 フーリエ変換赤外分光光度計 (FT/IR - 700)

設置場所：中央分析センター工学分室 217 号室

装置の仕様：前号参照

利用料金：以下の通り

(1) 基本料金

通常測定 (透過法) 1 時間当たり 500 円

(2) 特殊測定加算料金

a) 付属品による測定 1 時間につき 500 円加算

ATR 用プリズムは各自で準備 (各メーカーのカタログ有り。問い合わせ下さい。)

b) 顕微赤外測定

・透過・反射法 1 時間につき 500 円加算

・顕微 ATR、顕微 RAS 1 時間につき 1000 円加算

2. 装置名：薄膜測定システム及び左ゴニオメータ

設置場所：中央分析センター工学分室 120B 号室

装置の仕様：既設の島津 線回折装置 (D-DI) に接続し、試料表面の薄膜の回折パターンを母材の影響がなく測定できる付属装置

入射スリット 0.1、0.15、0.3、0.6mm

モノクロメータ 結晶；グラフィイト

回転試料台 試料面内回転；360° 任意角度固定可能

試料固定 ; 吸着による固定及び専用試料ホルダによるネジ止め

回転速度 ; 60 / 72rpm (50 / 60Hz)

試料の大きさ；4 インチ

試料厚さ ; 10mm 以下

試料重量 ; 300g 以下

試料面位置調整 +2mm ~ -12mm (マイクロメータヘッドによる)

バルク用試料ホルダ 10mm × 10mm × 10mm 用

50mm × 10mm 用

線入射角 10° 以下

利用料金 : 1 時間あたり 500 円

3. 装置名 : Digital Instruments 製 走査型プローブ顕微鏡システム

設置場所 : 中央分析センター工学分室 117 号室

装置の仕様 : 大型サンプル SPM 観測システム (D3000)

ノイズレベル ; 0.5 RMS 以下

マイクロスコープ ; - Y スキャン領域 90 μm、Z スキャン領域 6 μm

サンプルサイズ ; 最大 150mm 径、最大 12.7mm 厚

モータ駆動位置決めステージ ; 観察可能領域 125mm × 100mm

光学顕微鏡 ; 13 インチカラーモニタ上での倍率 410 ~ 1845 倍

探針の観察 ; スキャン中のカンチレバーとサンプルは、光学顕微鏡
を通してリアルタイムで真上から常に観察可能

NANOSCOPE aSPM コントロールステーション

コンピュータ ; Inte1486、32bit、66MHz

12MB RAM、240MB ハードディスク

5.25 インチ及び 3.5 インチフロッピードライブ

光磁気ディスクユニット

X 軸、Y 軸電圧 ; ± 220V / 16 ビット分解能

スケールリング / 16 ビット分解能

オフセット / 16 ビット分解能

Z 軸電圧 ; ± 220V / 16 ビット分解能

走査スピード ; 0.1Hz ~ 244Hz

フィードバック ; デジタル方式

ゲイン ; 比例、積分、ルックアヘッド・ゲイン

利用料金 : 1 時間あたり 1500 円

カンチレバーは原則として利用者で用意 (価格表有り。問い合わせ下さい)