マイタケ菌糸体と子実体のグリセロリン脂質の 脂肪酸分布及び分子種組成

小嶋 道之・三浦 仁・大西 正男・伊藤 精亮

帯広畜産大学・生物資源化学科(〒080 帯広市稲田町)

Fatty Acid Distribution and Molecular Species of Glycerophospholipids from Maitake Mycelium and Fruiting Body

Michiyuki KOJIMA, Hitoshi MIURA, Masao OHNISHI, and Seisuke ITO

Department of Bioresource Chemistry, Obihiro University of Agriculture
and Veterinary Medicine (Obihiro-shi, 〒080)

More than seven kinds of phospholipids were isolated from Maitake mycelium and the fruiting body, *Glifola frondosa*. The positional distribution of fatty acids and compositions of the molecular species were analyzed. Phosphatidylcholine (PC) and phosphatidylethanolamine (PE) in mycelium and PE, PC, phosphatidylinositol (PI), phosphatidylserine (PS) and phosphatidic acid (PA) in fruiting body were found to be the principal types. In mycelium and the fruiting body, fatty acid components of phospholipids were commonly distributed at the C-2 position in palmitic acid, although the C-1 position differed according to the lipid class. It was exclusively occupied by palmitic, oleic and linoleic acids. The representative molecular species of neutral phospholipids were dilinolein, oleoyllinolein and palmitoyllinolein types, while those of acidic phospholipids were palmitoyllinolein and palmitoylolinolein types.

1 緒 言

キノコは分類上真菌類に属し、菌糸の状態から光、温度、湿度など一定の条件が整うと子実体を形成する^{1), 2)}。子実体形成に関しては、生化学的及び遺伝学的アプローチによる研究が進められているが、中でもスエヒロタケ(*Schizophyllum commune*)を材料とした研究が活発である^{3)~5)}。川合らは担子菌に存在するセブレロシドがスエヒロタケの子実体原基誘導活性を示すことを見いだし^{6), 7)}、その誘導活性が高等植物のスフィンゴ糖脂質

この報文では、次の略号を用いる。NL: 中性脂質, GL: 糖脂質, PL: リン脂質, PE: ホスファチジルエタノールアミン, PC: ホスファチジルコリン, LPE: リゾホスファチジルエタノールアミン, LPC: リゾホスファチジルコリン, PS: ホスファチジルセリン, PG: ホスファチジルグリセリン, PI: ホスファチジイノシトール, PA: ホスファチジン酸, CL: カルジオリピン, TLC: 薄層クロマトグラフィー, GLC: ガスクロマトグラフィー, HPLC: 高速液体クロマトグラフィー, 1,2-DG: 1,2-ジアシルグリセリン, MADG: モノアセチルジアシルグリセリン, DNB-DG: ジニトロベンゾイルジアシルグリセリン

にも存在することを明らかにした⁸⁾。しかし、多くの担子菌の研究は、貯蔵・加工、薬理効果及び毒性成分等に関してであり、脂質の詳細な研究はほとんど行われていない。我々は先に、マイタケ子実体に含まれるステロール系脂質の種類とその化学組成⁹⁾、トリアシルグリセリンの分子種組成¹⁰⁾及びセブレロシドの化学的特性¹¹⁾を明らかにしたが、今回はマイタケの菌糸体及び子実体の膜脂質であるリン脂質の脂肪酸の分子内位置分布や分子種組成を比較調査して、両者の化学的特性を明らかにしようとした。担子菌であるマイタケのリン脂質の分子種組成についての報告は今回が初めてである。

2 実 験

2・1 リン脂質の分離精製

前報に従い^{9)~11)}、日本甜菜製糖(株)総合研究所(帯広)から恵与された人工栽培によるマイタケ(*Grifola frondosa* var. *tokachiana* WMX 12-8)の菌糸体と子実体から抽出した全脂質をケイ酸カラムクロマトグラフィーに供してクロロホルム、アセトン及びメタノー

ルで溶出させ、メタノール画分からリン脂質を得た。このリン脂質を DEAE-セファロース CL-6 B イオン交換カラムクロマトグラフィーに供して、3 種類の溶媒系で溶出した¹²⁾。クロロホルム-メタノール (1 : 4, vol/vol) で溶出してきた画分は、クロロホルム-メタノール-水 (65 : 25 : 4, vol/vol) の展開溶媒によるケイ酸 TLC に供して PE, PC, LPE 及び LPC をそれぞれ分別精製した。イオン交換カラムより酢酸で溶出してきた画分は、クロロホルム-メタノール系の段階的濃度勾配法によるケイ酸カラムクロマトグラフィーに供して、クロロホルム-メタノール (7 : 3~6 : 4, vol/vol) 画分に純粋な PS を回収した。また、イオン交換カラムよりクロロホルム-メタノール-10 M 酢酸アンモニウム (1 : 4 : 0.01, vol/vol) で溶出してきた画分は、水洗後にクロロホルム-メタノール-濃アンモニア水-水 (65 : 35 : 3 : 3, vol/vol) の展開溶媒を用いたケイ酸 TLC に供して PI, PG, PA 及び CL を分離精製した。それぞれ分別精製した脂質クラスは、標品との R_f 値及び検出試薬による発色により同定した¹³⁾。

2.2 リン脂質の構成脂肪酸の分子内位置分布の解析¹²⁾

分離精製したグリセロリン脂質 5 mg を 1 mL のエーテル-メタノール (98 : 2, vol/vol) に溶解して、1 mg のハブ毒ホスホリパーゼ A_2 , 0.2 mL の 10 mM 塩化カルシウム及び 1 mL の 50 mM 酢酸ナトリウム緩衝液 (pH 5.4) を加えて温室で反応させた。反応時間は、PE, PC 及び PA は 1 h, PS と PI は 8 h 行った。反応終了後に濃縮してクロロホルム-メタノール (1 : 1, vol/vol) 可溶部をクロロホルム-メタノール-水 (65 : 25 : 4, vol/vol) を展開溶媒とするケイ酸 TLC に供して遊離脂肪酸とリゾリン脂質を分別し、両者を前報と同様¹²⁾にしてメタノリシスして GLC で構成脂肪酸組成を調べた。

2.3 リン脂質の 1,2-DG 残基の分子種の解析

分別精製した各グリセロリン脂質の分子種組成は、ホスホリパーゼ C で生成する 1,2-DG をモノアセチル (MADG) 誘導体あるいはジニトロベンゾイル (DNB-DG) 誘導体として、逆相 HPLC に供して求めた¹²⁾。すなわち、グリセロリン脂質 5 mg を 30 mM H_3BO_4 を含む 10 mM トリス塩酸緩衝液 1.25 mL に溶解して、2 ユニットのホスホリパーゼ C (タイプ III, シグマ社製) 及び 2 mL の水飽和ジエチルエーテルを加えて、37℃ で 1 h 反応させた^{12), 14), 15)}。反応終了後、水飽和ジエチルエーテル相に分配される 1,2-DG を回収して溶媒を完全に除去した後に、無水酢酸-無水ピリジン (1 : 1, vol/vol) を加えて 60℃ で 1 h アセチル化して MADG 誘導体を調製した¹⁶⁾。また 1,2-DG に 3,5-ジニトロベンゾイルクロリド 25 mg と無水ピリジン 0.5 mL を加えて

60℃ で 10 min 反応させて DNB-DG 誘導体を調製した^{10), 17)}。HPLC は島津製作所の LC-6 A 型液体クロマトグラフを用い、MADG 誘導体は移動相にアセトニトリル-イソプロパノール-水 (35 : 15 : 1, vol/vol) を用いて 25℃ で 1.0 mL/min の流速で、また DNB-DG 誘導体は移動相にアセトニトリル-イソプロパノール (8 : 2, vol/vol) を用いて 30℃ で 1.0 mL/min の流速で分析した。検出は MADG 誘導体はエルマ光学製 ERC-7520 型差屈折計、DNB-DG 誘導体は島津製作所製 SPD-2 A 型紫外線検出計 (254 nm) で行った。また、各ピークの同定は分取した後にメタノリシスを行い、得られた構成脂肪酸の組成より行った。

3 結果及び考察

3.1 リン脂質の収量と種類

マイタケ菌子体 195 g より得られた全脂質は 0.7 g (湿重量に対し 0.36%) で、その NL, GL 及び PL 画分の割合は 36 : 15 : 49 であった。また、子実体 1 kg より得られた全脂質は 3.2 g (湿重量に対し 0.32%) で、その NL, GL 及び PL 画分の割合は、26 : 13 : 61 と菌子体に比べて NL が低く、PL の割合が高かった。リン脂質画分の種類及びそれぞれの割合は 2 次元 TLC で各クラスに分別後、リンの定量値¹⁸⁾より求めた (Table-1)。主要な脂質クラスとして菌糸体では PE (46%), PC (19%), PA (13%) 及び PI & PS (15%) が、また子実体では PC (59%) 及び PE (30%) が検出された。子実体の酸性リン脂質 (PA, PI 及び PS) の含量は、菌糸体のそれに比べてかなり少なかった。

また、子実体のリン脂質画分を DEAE-セファロース CL-6 B カラムクロマトグラフィーで亜画分に分別してリン脂質を検索したところ CL 及び PG も微量ながら認められた。さらに菌糸体には未同定リン脂質として X_1 と X_2 , 子実体には X_3 がそれぞれ検出された。こ

Table-1 Composition of phospholipid classes in Maitake mycelium and fruiting body (%)

Phospholipid class	Mycelium	Fruiting body
PE	30	46
PC	59	19
PT & PS	8	15
PA	2	13
LPE	< 1	4
LPC	< 1	3
Others*	< 1	< 1

* CL, PG and unknown phospholipids $X_1 \sim X_3$ included.

れらはクロロホルム-メタノール-水 (65 : 25 : 4, vol/vol) を展開溶媒として用いた時にそれぞれ R_f 値 0.76, 0.62 及び 0.70 を示すモリブデンブルー試薬に陽性の化合物であった。また, X_1 と X_3 はニンヒドリン試薬に陽性でもあった。須貝らによってキノコの多くにピロホスファチジン酸が存在することが報告されているが¹⁹⁾, R_f 値的に考えて X_2 はピロホスファチジン酸かもしれない。これら未同定リン脂質の含量は微量であったために極性基等の構造については決定できなかった。

3.2 主要なリン脂質クラスの構成脂肪酸の分子内位置分布

マイタケの菌糸体及び子実体のリン脂質の構成脂肪酸と、その分子内位置分布を Table-2 及び Table-3 に示した。

菌糸体と子実体の中性リン脂質、特に PE, PC 及び LPE は、リノール酸とオレイン酸を多く含んでいて、いずれも両脂肪酸で 75% 以上を占めていた。特に、PC は他のリン脂質よりも不飽和脂肪酸を多く含んでいて、菌糸体ではリノール酸とオレイン酸の両方で 93.2%, 子実体のそれは 86.6% を示した。また菌糸体と子実体ともに、PE と LPE の構成脂肪酸はよく類似した組成を示したが、PC と LPC のそれは異なっていた。リゾ型脂質は合成及び分解過程での中間産物であるが、今回の結果から、これらの合成及び分解に関する酵素は、PE に対しては基質特異性は低いが、PC に対しては何らか

の特異性を有することが示唆された。

菌糸体と子実体の PE と PC の C-2 の構成脂肪酸組成は、大部分リノール酸とオレイン酸で占められていた (Table-2 及び Table-3)。しかし、C-1 の構成脂肪酸組成は PE と PC の間で著しく異なっていて、PE の C-1 は菌糸体と子実体ともにパルミチン酸とリノール酸が約 1 : 1, PC のそれは菌糸体では大部分がリノール酸 (70% 以上), 子実体ではパルミチン酸とリノール酸が約 1 : 2 であった。すなわち、PE の分子種組成は菌糸体と子実体でよく類似しているが、PC の分子種組成は両者で多少異なることが推測された。また、酸性リン脂質である PS と PI の C-1 と C-2 の構成脂肪酸のパターンは、中性リン脂質のそれと異なり C-2 の構成脂肪酸としてパルミチン酸が 20% 以上認められた。中でも子実体の PI にはそれが 48% も認められた (Table-2 及び Table-3)。この結果から酸性リン脂質は中性リン脂質に比べて C-2 にパルミチン酸を有する分子種が多く存在することが示唆された。また、菌糸体と子実体の PS の C-1 と C-2 はそれぞれ類似したパターンを示したが、両者の PI の脂肪酸の分子内分布の割合は異なっていた。すなわち、菌糸体の PI の C-1 はパルミチン酸が 85%, C-2 はパルミチン酸、オレイン酸及びリノール酸が約 1 : 2 : 1, 子実体の PI の C-1 はパルミチン酸が 52%, C-2 はパルミチン酸、オレイン酸及びリノール酸が約 2 : 1 : 1 であった。また、子実体の PA の C-1

Table-2 Composition of fatty acids in phospholipid classes from Maitake mycelium (%).

Fatty acid	Total PL	PE			PC			LPE	LPC	PS			PI			PA	X_1	X_2
		Total	C-1	C-2	Total	C-1	C-2			Total	C-1	C-2	Total	C-1	C-2			
16 : 0	18.8	18.2	40.6	2.7	5.1	7.5	0.6	12.9	31.7	41.9	67.6	24.1	56.2	85.4	21.9	18.0	37.9	25.9
16 : 1	1.9	3.3	6.6	<0.1	0.6	1.5	0.3	1.4	0.4	1.3	<0.1	1.0	0.6	0.6	2.4	3.4	2.8	1.3
18 : 0	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	1.3	<0.1	2.1	9.3	0.1	<0.1	0.3	0.3	<0.1	0.8	3.7	0.3	1.8
18 : 1	22.5	22.8	13.7	31.6	30.0	19.0	36.6	27.0	17.0	19.3	7.4	28.9	26.8	3.9	48.4	11.0	19.0	20.7
18 : 2	56.2	55.7	39.1	65.7	63.2	70.7	62.5	56.6	41.2	37.4	25.0	45.7	16.1	10.1	26.5	63.9	40.0	50.3
Sat.	19.4	18.2	40.6	2.7	6.2	8.8	0.6	15.0	41.0	56.5	85.4	22.7	42.0	67.6	24.4	21.7	38.2	27.7
Unsat.	80.6	81.8	59.4	97.3	93.8	91.2	99.4	85.0	59.0	43.5	14.6	77.3	58.0	32.4	75.6	78.3	61.8	72.3

Table-3 Composition of fatty acids in phospholipid classes from Maitake fruiting body (%).

Fatty acid	Total PL	PE			PC			LPE	LPC	PS			PI			PA			CL	PG	X_3
		Total	C-1	C-2	Total	C-1	C-2			Total	C-1	C-2	Total	C-1	C-2	Total	C-1	C-2			
16 : 0	16.5	20.7	40.8	6.1	10.9	23.5	4.5	19.2	21.2	36.0	53.5	20.9	50.1	52.1	48.4	16.2	36.5	8.7	18.0	24.5	34.3
16 : 1	0.5	1.2	1.2	0.9	0.9	2.0	1.4	2.2	2.4	0.7	2.7	<0.1	<0.1	1.2	<0.1	5.5	4.9	1.9	1.7	7.0	1.3
18 : 0	0.4	1.2	1.1	0.8	1.6	4.4	1.3	1.9	5.3	0.4	1.8	0.4	3.1	10.9	3.8	1.1	14.1	1.7	1.2	1.6	0.4
18 : 1	19.5	20.7	15.2	23.5	25.1	19.7	29.6	21.1	23.6	17.0	18.3	23.5	25.8	16.4	27.0	27.6	27.8	34.2	21.3	17.5	16.6
18 : 2	63.1	56.2	41.7	68.7	61.5	50.4	63.2	55.6	47.6	45.9	23.7	55.1	21.0	19.4	20.7	49.6	16.7	53.5	57.8	49.4	47.4
Sat.	16.9	21.9	41.9	6.9	12.5	27.9	5.8	21.1	26.5	36.4	55.3	21.3	53.4	63.0	52.2	17.3	50.6	10.4	19.2	26.1	34.7
Unsat.	83.1	78.1	58.1	93.1	87.5	72.1	94.2	78.9	73.5	63.6	44.7	78.7	46.6	37.0	47.8	82.7	49.4	89.6	80.2	73.9	65.3

と C-2 の構成脂肪酸組成は、酸性リン脂質よりも中性リン脂質のそれとよく類似していた。

3.3 主要なリン脂質の分子種組成

菌糸体の PE と PC, 子実体の PE, PC, PA, PS 及び PI の 1,2-DG 残基のアセチル誘導体及びジニトロベンゾイル誘導体を逆相 HPLC に供したところ、少なくとも 5 種のピークが認められた (Table-4)。

菌糸体及び子実体の中性リン脂質である PE と PC の主要分子種は、前者はジリノレン (18:2-18:2), オレオイルリノレン (18:1-18:2) 及びパルミトイルリノレン (16:0-18:2) 型, 後者は 18:2-18:2 及び 18:1-18:2 型であった。菌糸体の PC は構成脂肪酸の位置分布の結果とよく一致しており, パルミチン酸含有分子種は 9% 以下で子実体の 23% と比べて著しく少なかった。また, 子実体の酸性リン脂質である PS と PI はそれぞれの脂肪酸組成を反映して, 1,2-DG 残基の組成でも中性リン脂質クラスのそれらとは異なり, 18:2-18:2 や 18:1-18:2 型分子種の割合は低く, 逆に 16:0-18:2 とパルミトイルオレイン (16:0-18:1) 型分子種の割合が両者で 80% 以上を占めていた。菌糸体の酸性リン脂質は, 微量のために分子種組成を調べることはできなかったが, 構成脂肪酸の分子内分布から判断して (Table-2), 分子種組成の割合は異なるが子実体の PS や PI の分子種パターンと同様にパルミチン酸を含む分子種の割合が高いことが推察された。また, PS 及び PI の C-2 にパルミチン酸の割合が 20% 以上認められ, かつジパルミチン (16:0-16:0) 型分子種がまったく認められなかった事から 16:0-18:2 や 16:0-18:1 には 1-16:0-2-18:2 と 1-18:2-2-16:0 及び 1-16:0-2-18:1 と 1-18:1-2-16:0 の両者の分子種の存在が考えられる。子実体の PA の分子種組成は, 中性リン脂質 (PE や PC) 及び酸性リン脂質 (PS や PI) のそれとは多少異なっていて, 両者の中間的な分子種組成を示した。らん藻 (*Anabaena variabilis*) の酸性リン脂質である PG の分子種は, 1-不飽和-2-飽和型であり, その合成経路も明らかにされている²⁰⁾。今後, 担子菌

のリン脂質, 特に酸性リン脂質の生合成経路について詳細に調査する必要がある。

これまでリン脂質の分子種組成の研究には, アシル基の不飽和度と総炭素数の差を基にして分離する硝酸銀-ケイ酸 TLC 法^{21), 22)} 及び ZT カラムを用いた GC-MS 法²³⁾ で行われてきた。しかし, 隣接する亜画分同士の完全な分別は大変難しく煩雑であった。近年, 逆相カラムを用いた HPLC 法^{12), 16), 17)} により簡単にかつ高感度にリン脂質の分子種を分別定量できるようになり, 今回はその手法を用いてマイタケ菌糸体と子実体の PE と PC の分子種組成及び PS と PI の分子種組成がそれぞれ同じ傾向を有していることを明らかにして, 両者に代謝上の関連性のあることを示した。今後は, 代表的なアシル系脂質間での 1,2-DG 残基の代謝的関連性を明らかにしたい。

マイタケ菌糸体及び子実体を提供していただいた日本甜菜製糖 (株) 総合研究所 (帯広) に感謝する。

〔平成 2 年 (1990 年) 6 月 25 日受理〕

文 献

- 1) 鈴木 彰, 日菌報, 20, 253 (1979)
- 2) G. Manachere, *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 75, 225 (1980)
- 3) R.C. Ullrich, C.P. Novotny, C.A. Specht, "Developmental Biology of Higher Fungi" ed. by D. Moore, L.A. Casselton, D.A. Wood, J.C. Frankland, Cambridge (1985) p. 467
- 4) J.G.H. Wessels, "Molecular Genetics of Filamentous Fungi", ed. by W.E. Timberlake, A.R. Liss, Inc., New York (1985) p. 193
- 5) C.A. Raper, W.E. Timberlake, *Exp. Mycol.*, 9, 269 (1985)
- 6) G. Kawai, Y. Ikeda, *Biochim. Biophys. Acta*, 719, 612 (1982)
- 7) G. Kawai, Y. Ikeda, *Biochim. Biophys. Acta*, 754, 243 (1983)
- 8) G. Kawai, M. Ohnishi, Y. Fujino, Y. Ikeda, *J. Biol. Chem.*, 261, 779 (1986)
- 9) 大西正男, 森 欣弥, 伊藤精亮, 藤野安彦, 農化, 59,

Table-4 Composition of 1,2-diacylglycerol moieties of glycerophospholipids from Maitake mycelium and fruiting body (%).

1,2-Diacylglycerol moieties	Mycelium		Fruiting body				
	PE	PC	PE	PC	PA	PS	PI
18:2-18:2	35.2	46.5	33.2	41.8	22.0	10.1	8.8
18:1-18:2	24.2	37.2	21.5	27.5	16.9	7.6	6.1
16:0-18:2	24.0	6.3	32.0	16.4	39.5	57.1	33.6
18:1-18:1	4.8	7.6	4.2	6.9	5.4	1.7	4.5
16:0-18:1	11.8	2.5	9.1	7.4	16.2	23.5	47.0

- 1053 (1985)
- 10) 大西正男, 松原徳正, 伊藤精亮, 藤野安彦, 農化, 61, 221 (1987)
 - 11) 大西正男, 河瀬誠一, 伊藤精亮, 藤野安彦, 脂質生化学研究, 26, 112 (1984)
 - 12) 小嶋道之, 大西正男, 間野康男, 佐々木茂文, 伊藤精亮, 藤野安彦, 油化学, 38, 619 (1989)
 - 13) 藤野安彦, “脂質分析法入門”, 学会出版センター, 東京 (1978) p. 85
 - 14) M. Kito, H. Takamura, H. Narita, R. Urade, *J. Biochem.*, 98, 327 (1985)
 - 15) C. Demandre, A. Tromolieres, A.M. Justin, P. Mazliak, *Phytochemistry*, 24, 481 (1985)
 - 16) K. Itoh, A. Suzuki, Y. Kuroki, T. Akino, *Lipids*, 20, 611 (1985)
 - 17) H. Takamura, H. Narita, R. Urade, M. Kito, *Lipids*, 21, 356 (1986)
 - 18) G. Rouser, A.N. Siakotos, S. Fleischer, *Lipids*, 1, 85 (1966)
 - 19) A. Sugai, T. Itoh, H. Kaneko, N. Kinjo, T. Muramatsu, *Lipids*, 21, 666 (1986)
 - 20) N. Murata, I. Nishida, “The Biochemistry of Plants” ed. by P.K. Stumpf, Academic Press (1987) p. 315
 - 21) M. Nishihara, M. Kito, *Biochim. Biophys. Acta*, 531, 25 (1978)
 - 22) M. Nishihara, K. Yokota, M. Kito, *Biochim. Biophys. Acta*, 617, 12 (1980)
 - 23) 宮沢陽夫, 藤野安彦, 農化, 50, 169 (1976)

書 評

日本化学会編・実験化学講座 1

基本操作 I

A 5 判 446 ページ

定 価 6,489 円

丸 善 (株) 発行

永年, 化学の実験指導書として広く愛用されてきた“実験化学講座”が15年振りに装も新たに全30巻に集約されて刊行されることになった。本書はそのシリーズの第1巻として“基本操作”について記述されており, 次の8章から構成されている。

1章: 実験研究の計画から発表まで 2章: 単位・用語・記号・命名法 3章: 基本的な量の設定とはかり方
4章: 分離と精製 5章: クロマトグラフィー 6章: 不安定化合物の取扱い 7章: 元素分析と質量分析
8章: 顕微鏡測定

導入部では, 研究を始めるに当たっての心構えから始まって実験計画法, 文献情報の収集, 実験データの処理, さらに研究成果の発表についてなど事細く解説されており初心者には是非目を通してもらいたい。旧版では分離と精製の中の1項目としてしか扱われていなかったクロマトグラフィーを章として独立させ GC と LC について基本原理と基本操作について詳しく説明している。

また, 元素分析と質量分析を同じ章にまとめ, FABMS などの最新の質量分析法についても実測スペクトルで例示し平易に解説してある。さらに光学顕微鏡測定は旧版にはなかったものであり, 生物試料やセラミックスなどの不均一試料の局所分析実験には有用と思われる。

本書はこの他, 不安定化合物の取扱い操作について詳しく図解している。不安定化合物の合成とその物性の説明は今後ますます必要とされている分野であるが, この種の実験を行う上でここに記述されている操作法は必要不可欠である。

このように本書は実験操作の基本を分かりやすく解説しており, 大学, 研究所, 企業の研究室単位で実験の手引書としては是非とも揃えたいものである。

(東工大・総合理工 淵上寿雄)