

1.2 社会環境

1.2.1 柳州市の概要

(1) 地勢

柳州市は柳州市区、柳江県、および柳城県の3つの地区により構成されている。柳州市区は城中区、魚峰区、柳南区、柳北区、および郊区の5つの区により構成されている。郊区は、石碑坪、長塘、白露、黄村、柳東、羊角山、沙塘、および西鵝の8つの郷と洛埠、太陽村の2つの鎮により構成されている。

柳州市の旧街地は柳州駅を中心とした柳江の南西から発展し、U字型に市内を流れる柳江を挟んで対岸には新市街地が発達した。一方、工業区は柳江の北側や東側の河川沿いに発展した。この為、市街地は拡大と共に周辺の大規模重工業区と一体化し高密度に集積している。加えて、独特の桂林的な切り立った山に囲まれた地形であり、郊外の道路密度が低く、工業開発の場所には制約が生じてきている。

柳州の総面積は5,283km²であり、市区部は651km²ある。1993年の市区部の人口は80万人で、1989年から1993年の人口増加率は2.49%であり、郊県の農村部には86万人在住しており人口伸び率は2.06%と高い(表1.2.1および表1.2.2参照)。柳州市全市の人口密度は1,223人/km²と广西壮族自治区内では第1位の高密度である。現在のところ市区部の明確に線引きされた行政区界がなく、基礎データなどが有効に活用できないため、詳細わたる市区部の人口密度等を算定することが困難である。この為、目視による現地踏査を行い、建物の階数・建物密度・工場と住宅の別・部屋数等を目安として概略密度分布を算定したのが図1.2.1である。

表 1.2.1 柳州市の人口および世帯数

(単位：人口・戸数千)

地区名	1989			1990			1991			1992			1993			1989から1993		
	人口	戸数	世帯人数	人口	戸数	世帯人数	人口	戸数	世帯人数	人口	戸数	世帯人数	人口	戸数	世帯	人口伸び率	戸数伸び率	世帯人口伸び率
柳州	1,511	349	4.33	1,571	370	4.25	1,588	377	4.21	1,629	391	4.16	1,653	404	4.09	2.26	3.71	-1.30
柳州市全市	722	182	3.96	737	199	3.70	746	205	3.64	777	215	3.62	796	222	3.59	2.49	4.99	-2.95
城中区	75	20	3.74	72	21	3.44	74	21	3.44	79	23	3.48	81	23	3.49	1.84	3.65	-2.39
魚峰区	152	41	3.75	157	44	3.61	160	45	3.53	165	47	3.55	171	47	3.59	2.96	4.03	-1.74
柳南区	179	45	3.98	185	51	3.60	187	52	3.59	194	54	3.57	198	56	3.53	2.67	5.36	-3.60
柳北区	166	43	3.85	172	48	3.59	175	50	3.51	186	53	3.53	192	55	3.47	3.74	6.46	-2.30
市郊区	151	34	4.46	151	35	4.28	150	36	4.14	152	38	3.98	155	39	3.93	0.64	3.83	-3.73
黄村郷	5	1	4.46	5	1	4.28	5	1	4.14	5	1	3.98				n.a.	n.a.	n.a.
柳東郷	13	3	4.46	13	3	4.28	13	3	4.14	13	3	3.98	24	6	3.79	16.58	21.38	-3.73
羊角山郷	37	8	4.46	37	9	4.28	37	9	4.14	37	9	3.98	19	5	3.93	-15.33	-12.60	-3.73
西鵝郷	13	3	4.46	13	3	4.28	13	3	4.14	13	3	3.98	23	6	3.98	15.97	19.29	-3.73
太陽村鎮	9	2	4.46	9	2	4.28	9	2	4.14	9	2	3.98	16	4	3.73	15.60	20.87	-3.73
白露郷	3	1	4.46	3	1	4.28	3	1	4.14	3	1	3.98	4	1	3.36	-4.67	12.32	-3.73
長塘郷	15	3	4.46	15	3	4.28	15	4	4.14	15	4	3.98	28	7	4.01	16.39	20.02	-3.73
沙塘郷	14	3	4.46	14	3	4.28	14	3	4.14	14	4	3.98	18	4	4.16	6.61	8.44	-3.73
石碑坪郷	5	1	4.46	5	1	4.28	5	1	4.14	5	1	3.98	19	4	4.24	39.70	41.48	-3.73
洛埠鎮	37	8	4.46	37	9	4.28	37	9	4.14	37	9	3.98	4	1	3.39	-42.80	-38.76	-3.73
郊県	789	167	4.74	834	171	4.89	843	173	4.88	852	176	4.83	856	182	4.70	2.06	2.25	0.63
柳江県	443	90	4.92	466	93	5.01	471	93	5.04	479	96	4.97	483	101	4.80	2.18	2.31	0.37
柳城県	346	77	4.52	368	78	4.74	372	79	4.71	372	80	4.65	374	82	4.58	1.90	1.58	0.92

注：不足するデータは調査団が比例配分計算
 出所：广西壮族自治区城鎮村名簿 1990年
 全国分県市人口統計資料 1992年
 柳州市統計年鑑 各年
 柳州經濟統計年鑑 1994年

表 1.2.2 柳州市の人口密度 1993年

	面積 (Km ²)	人口 (万人)	人口密度 (人/Km ²)
柳州	5283.00	165.28	313
柳州市全市	651.00	79.64	1,223
柳北区	18.99	19.19	10,105
城中区	2.05	8.07	39,366
魚峰区	20.44	17.06	8,346
柳南区	22.70	19.84	8,740
市郊区	586.82	15.48	264
柳江県	2508.00	48.29	193
柳城県	2124.00	37.35	176

出所：柳州経済統計年鑑 1994

柳州市の1992年の国内生産総値は、50億元と广西壮族自治区最大の都市であり、1人当たりの国内生産は6,490元/年と北京市の平均と同じである。

柳州市の各次産業別構成による国内生産値は、第1次産業が1.2億元、第2次産業が31億元および第3次産業が19億元である。また構成比はそれぞれ3%、60%および37%であり、完全な工業都市である。1989年から1992年の産業別国内生産値の推移は、第1次産業が年率13%、第2次産業は年率15%に対し、第3次産業は年率19%でありサービス産業化が進んでいる。

1.2.2 柳州市の工業現況

柳州市は广西壮族自治区の工業集積地であり、中央政府による内陸部重工業化政策により発展した。1992年の独立核算工業企業の企業単位数は全体が705社であり、重工業に属する企業は360社と51%、軽工業企業は345社の49%を占める。工業総産値を比較してみると全体で110億元であり、重工業は70億元で63%を占め、軽工業は40億元の37%である。また、税引前利益は全体で14億元であり、重工業は9億元、軽工業は5億元である。このように、柳州市における工業は重工業が重要な役割を担い、大規模国営企業に頼るところが大きい（表1.2.3参照）。

業種類型別では、交通運輸設備製造業が22億元で第1位、機械工業14億元で第2位、黒色金属冶金および圧延加工業10億元、紡績業10億元、化学工業8億元、食品製造業7億元、有色金属冶金および圧延加工業6億元、建築材料およびその他非金属鉱物製品業5億元、煙草加工業5億元となっている。これらの内、食品製造業、煙草加工業、紡績業は税引き前利益がプラスではあるものの、多くの企業では税引き後利益がマイナスとなるなど、企業活力はあまりない。この為、新規設備への投資にも影響し、将来的な生産性、品質面での競争に影響を与える。

表 1.2.3 独立核算工業企業

単位：万元

類型	企業単位数 (社)	工業総産値	税引前利益	税引後利益
経済全	705	1,102,232	144,540	52,999
民間中央地方その他	219	952,962	130,563	46,561
集中その他	19	230,508	34,866	6,997
有企企有企	200	722,453	95,697	39,565
製業業製業	482	146,004	13,745	6,272
工業業工業業	3	2,977	170	120
工業業工業業	1	289	62	46
軽重	705	1,102,231	144,540	53,000
軽工業業	345	404,500	51,121	5,730
重工業業	360	697,731	93,419	47,270
工業大中小	705	1,102,232	144,540	52,999
規模企業業	26	551,631	101,875	37,708
大型企業業	72	359,687	28,070	8,854
中小企業業	607	190,914	14,595	6,437
業種	705	1,102,234	144,542	52,999
採掘業	2	48	-1	-2
黒色炭採掘業	12	3,241	424	331
褐色炭採掘業	4	2,405	135	105
非金属採掘業	14	695	80	58
採掘業	1	77	3	1
非金属採掘業	11	2,820	1,002	910
業種	55	72,454	2,966	-962
食品製造業	9	5,507	1,129	214
飲料製造業	1	47,356	18,205	-1,944
飼料製造業	4	13,984	215	215
繊維業	55	99,991	6,178	-78
縫製業	21	6,166	329	112
皮革業	6	3,289	56	-56
毛織業	16	12,420	561	186
家具業	10	2,260	94	6
紙業	30	26,376	2,480	862
印刷業	20	4,300	376	223
文教用品製造業	1	10	2	2
文具用品製造業	12	2,095	222	90
電力業	7	10,399	3,774	953
石油業	2	100	30	25
石炭業	3	1,248	7	-44
化学工業	40	82,216	17,397	6,604
医药工業	7	9,672	1,127	474
化学工業	1	5,495	591	343
化学工業	6	5,065	630	106
化学工業	38	18,173	2,456	1,880
化学工業	64	49,408	11,863	7,655
化学工業	10	101,882	24,128	8,167
化学工業	11	60,395	6,655	3,225
化学工業	44	13,811	1,386	539
化学工業	86	144,427	20,759	13,367
化学工業	37	222,608	14,764	8,704
化学工業	40	55,119	3,917	644
化学工業	12	9,409	180	-81
化学工業	7	6,533	278	64
化学工業	6	780	144	101

出所：柳州年鑑 1993年

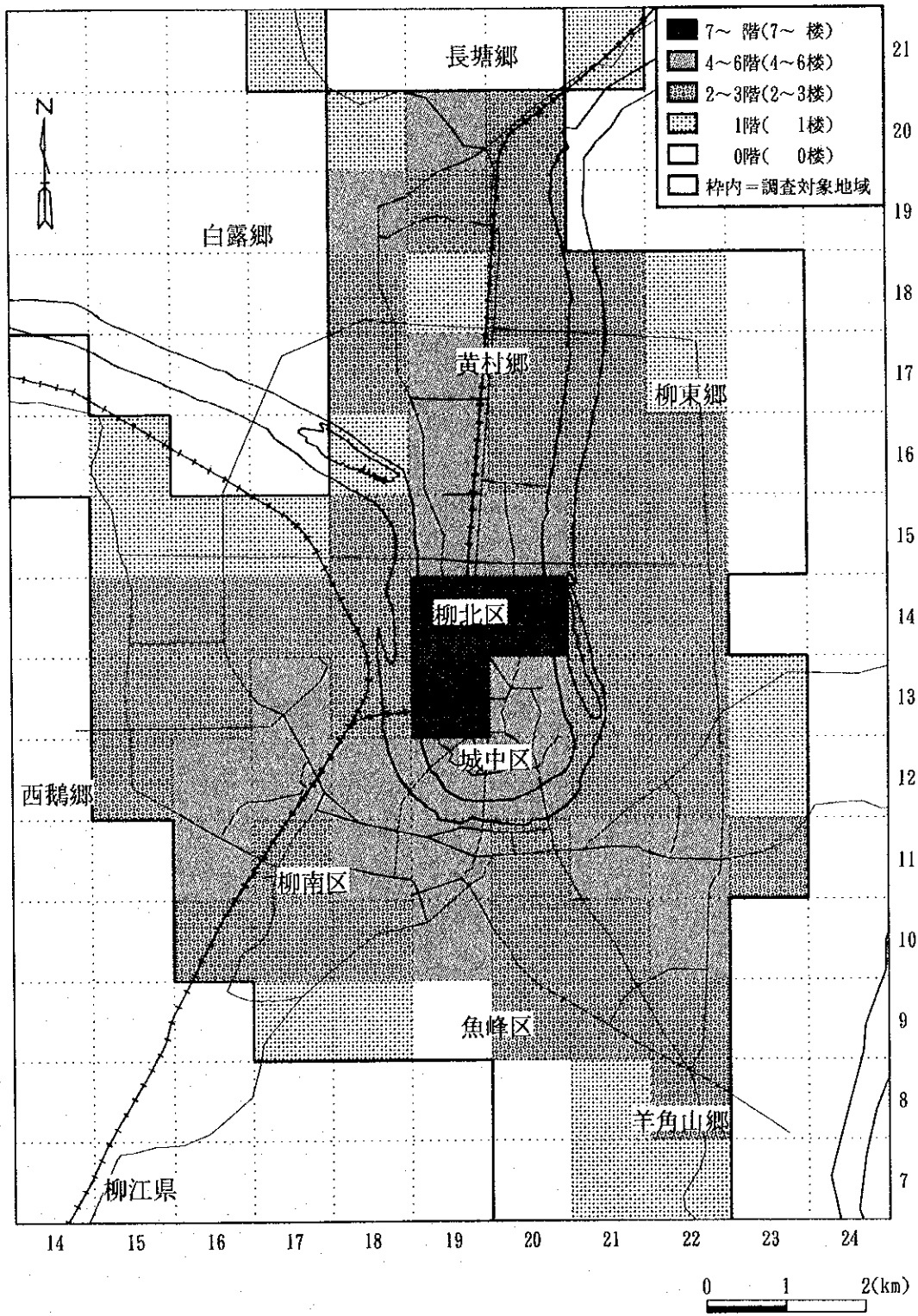


図 1.2.1 柳州市の建物概略密度分布図

柳州市区部の1993年の総産値伸び率の高い業種としては、表1.2.4に示すように、煤炭採掘業が100%と高い伸び率を示している。次に飼料工業が62%、有色金属鉱採選業が50%、交通運輸設備製造業が45%および化学繊維工業が29%の伸び率を示している。これらの高い伸び率は政策的な面が強く現れていると見られる。例えば、煤炭採選業は赤字でありながら製造を続けており、飼料工業は前表1.2.3に示すとおり税負担が課せられていない。

また、企業数が減少に向かったにも関わらず、総産値と企業産値が増加している工業として、食品製造業、縫製業、木材加工および竹藤棕草製品業、化学繊維工業、ゴム製品業、建材および其他非金属鉱物製品業、有色金属冶金精練および圧延加工業、金属製品業、機械工業があり、これらの企業は国策により合併したものと考えられる。

一方、完全衰退に向かっている業種としては、木材および竹材採選業、家具製造業、文教・体育用品製造業がある。元来、高級木材の産地であり、木工製品業の盛んだった柳州市も産業の世代交代が進んでいる。

企業数、総産値、および企業産値共に高く好調な業種としては、黑色金属鉱採選業、有色金属鉱採選業、建材および其他非金属鉱採選業、飲料製造業、飼料工業、工芸美術品製造業、化学工業、交通運輸設備製造業および其他工業がある。

1.2.3 柳州市のエネルギー消費状況

柳州市の種別エネルギー消費は、石炭が圧倒的に多い。工業での利用量が大半を占め、1991年の重工業が軽工業の5.6倍の1,964千tである。業種分類別では黑色金属冶金および圧延加工業が680千tと全体の29.4%を占め、ついで化学肥料工場が340千tと全体の14.7%、セメント製造業が308千tの13.3%となっている。電力生産業では292千tと12.6%を占めているが設備能力を現在の3.6万kWから43.6万kWに引き上げるため、今後石炭消費量の拡大が懸念される。その他製造業は比較的、石炭使用量が小さく数十千t程度である（表1.2.5参照）。

表 1.2.4 柳州市市区企業總產值

序号	行 業	1989		1990		1991		1992		1993		增C率(1988-1993)		備 考	企業總產值 字數應用方式	年平均 增分	
		企業 數 (社)	企業 產值 (萬元)	企業 數 (社)	企業 產值 (萬元)	企業 數 (社)	企業 產值 (萬元)	企業 數 (社)	企業 產值 (萬元)	企業 數 (社)	企業 產值 (萬元)	企業 數 (社)	企業 產值 (萬元)				企業 數 (社)
1	煤炭採運業	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	16	490	16	38	2	65	41.4	100.0	41.5	平均增分計算	24	
2	黑色金屬採運業	2	1,179	2	855	2	880	3	3,611	3	1,237	10.7	1.2	-8.6	平均增分計算	14	
3	有色金屬採運業	1	31	5	1,239	3	1,456	4	2,600	4	1,56	0.0	50.2	50.2	平均增分計算	31	
4	建築及其他非金屬採運業	4	360	90	482	4	482	5	1,078	5	1,686	34.3	47.1	9.6	平均增分計算	352	
5	建築及竹材採運業	2	2,040	2	2,438	2	1,550	2	996	2	n.a.	n.a.	n.a.	-8.9	-8.9	1993年數值	-107
6	木材採運業	1	2,040	1	2,168	1	2,865	2	3,165	2	3,220	3,220	14.6	14.6	14.6	完全增運一項不增	370
7	自來水生產和供熱業	53	46,108	48	42,688	44	51,317	39	49,228	35	32,475	928	-9.9	-8.4	-8.4	原長率不增	-3,408
8	食品採運業	11	7,390	12	8,444	11	6,001	9	6,645	8	11,002	1,488	12.7	22.0	22.0	增好品消費	1,128
9	飲料採運業	1	59,236	1	64,133	1	55,275	1	56,306	1	56,306	56,306	0.0	-1.3	-1.3	增好品消費	-767
10	煙草加工業	6	5,025	7	9,977	7	14,991	7	19,092	7	34,422	29.7	61.8	24.7	24.7	增好品消費	7,549
11	製糖業	56	113,522	62	128,425	60	113,742	54	117,460	54	117,255	1,893	2.6	0.8	-1.7	平均增分計算	988
12	麵粉業	27	8,342	25	8,668	23	8,326	20	8,874	20	6,416	214	2.7	-6.1	-8.5	1993年數值	-457
13	皮革及其製成品業	8	4,451	7	3,663	7	3,452	4	3,898	9	4,110	457	22.5	-2.0	-20.0	1993年數值	-483
14	木材加工及竹藤棕草製品業	4	14,111	7	13,926	6	15,341	5	14,448	5	25,534	1,702	17.0	16.0	-0.9	平均增分計算	2,856
15	家具採運業	9	4,305	478	3,297	6	2,926	6	2,873	13	3,591	276	9.6	-4.4	-12.8	1993年數值	-179
16	建築及採運業	24	34,250	25	32,759	27	30,796	24	31,038	29	32,459	1,119	4.8	-1.3	-5.9	1993年數值	-443
17	印刷業	17	3,665	18	4,109	20	4,901	18	4,941	24	6,220	249	10.1	14.1	3.6	平均增分計算	639
18	文教、體育用品採運業	3	687	3	1,127	3	1,914	7	2,241	2	590	295	-9.6	-3.7	6.6	1993年數值	-24
19	工藝美術品採運業	3	727	3	1,127	3	1,914	3	2,241	3	495	99	13.6	-9.2	-20.1	1993年數值	-58
20	電力、熱水生產和供熱業	3	8,231	3	7,251	3	9,446	3	10,449	3	11,191	3,730	0.0	7.7	7.7	平均增分計算	715
21	石油加工業	2	314	2	151	1	72	2	119	2	82	27	10.7	-28.6	-35.5	1993年數值	-58
22	煉焦、焦炭及製成品業	3	1,407	3	1,493	3	1,750	3	2,144	2	434	217	-9.6	-25.5	-17.5	1993年數值	-248
23	化學工業	29	42,725	33	55,825	32	63,741	27	85,318	40	88,302	2,208	8.4	19.9	10.6	平均增分計算	11,387
24	醫藥工業	6	9,997	5	6,174	5	6,016	5	11,729	6	7,237	1,206	0.0	1.0	1.0	平均增分計算	1,078
25	化學纖維工業	2	2,489	2	4,622	2	8,014	2	6,534	2	6,786	3,993	0.0	28.7	28.7	平均增分計算	691
26	紡織工業	8	5,361	8	5,351	7	5,531	7	6,104	8	5,825	728	0.0	-4.0	-4.0	平均增分計算	691
27	製糖及食品採運業	35	17,034	40	18,367	41	19,642	35	22,451	45	20,259	450	8.1	3.7	-4.0	平均增分計算	11,659
28	木材及非金屬採運業	49	33,317	49	34,914	45	43,307	47	55,845	89	80,052	899	16.1	24.4	-3.4	平均增分計算	27,053
29	有色金屬採運業及採運加工業	49	77,189	47	86,508	44	100,355	46	120,435	66	183,482	16,862	28.8	24.4	-3.4	平均增分計算	13,740
30	有色金屬採運業及採運加工業	10	41,093	14	51,434	13	61,928	10	71,002	10	96,051	5,336	3.0	23.6	20.1	平均增分計算	6,723
31	金屬製品業	47	16,906	47	16,996	47	20,351	43	25,047	65	43,698	672	8.4	27.0	17.1	平均增分計算	46,259
32	機械工業	115	127,053	107	107,451	98	114,732	117	175,366	131	307,089	2,344	3.3	25.9	21.9	平均增分計算	81,378
33	交通運輸設備採運業	48	61,259	46	90,773	46	186,617	48	269,626	68	419,769	6,173	9.1	45.3	33.2	平均增分計算	5,734
34	電力、熱水生產和供熱業	53	77,532	49	65,689	50	60,526	47	67,271	57	75,237	1,320	1.8	-0.7	-2.5	平均增分計算	704
35	電子及儀器設備採運業	1	5,389	1	5,872	1	6,987	1	11,187	1	9,566	736	4.3	10.6	6.1	平均增分計算	1,738
36	計算、計測儀器及其採運業	7	5,631	7	5,546	7	6,373	11	7,768	13	12,573	1,048	14.4	22.3	6.9	平均增分計算	442
37	其他工業	10	1,855	12	2,382	12	3,206	13	3,343	9	3,654	406	-2.6	18.0	21.2	平均增分計算	442
合 計		678	867,792	671	804,595	654	1,006,589	613	1,276,542	833	1,711,696	5.9	18.3	18.3			

出所：柳州市統計年鑑各年區社以上柳州經濟統計年鑑1994

表 1.2.5 市区生産用エネルギー消費量 1991年

業種	石炭 媒炭 (千) (t)	コークス 焦炭 (千) (t)	燃料油 (千) (t)	ガソリン 汽油 (千) (t)	クワン 煤油 (千) (t)	ディーゼル 柴油 (千) (t)	焦炉 焦炉 (千万) (m ³)	電力 (千万) (kWh)
総計	2,316	502	34	24	1	27	15	177
農、林、牧、漁、水 業、業、業、業、利 軽、重、業、業、業、業、業	3	0	0	0	0	0	0	0
計	2,312	502	34	13	1	19	15	176
業 業	348	3	1	4	1	5	0	58
業 業	1,964	499	33	8	0	14	15	118
工業 業	2,312	502	34	13	1	19	15	176
業 業	1	0	0	0	0	0	0	22
業 業	1	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	1	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	2,311	502	34	12	1	19	15	154
業 業	60	0	0	1	0	1	0	4
業 業	40	0	0	0	0	1	0	3
業 業	9	0	0	0	0	0	0	0
業 業	11	0	0	0	0	0	0	1
業 業	2	0	0	0	0	0	0	0
業 業	139	0	0	2	1	2	0	15
業 業	0	1	0	0	0	0	0	0
業 業	44	0	4	0	0	1	0	1
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	83	0	0	0	0	0	0	10
業 業	80	0	0	0	0	0	0	10
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	6	0	0	0	0	0	0	0
業 業	292	0	0	0	0	1	0	3
業 業	292	0	0	0	0	1	0	2
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	395	24	0	2	0	1	0	31
業 業	27	3	0	0	0	0	0	6
業 業	340	21	0	0	0	1	0	23
業 業	17	0	0	0	0	0	0	0
業 業	9	0	0	0	0	0	0	0
業 業	8	0	0	0	0	0	0	0
業 業	2	3	0	0	0	0	0	3
業 業	388	0	0	0	0	2	0	24
業 業	308	0	0	0	0	1	0	22
業 業	46	0	0	0	0	0	0	1
業 業	22	0	0	0	0	0	0	1
業 業	680	426	30	1	0	1	15	31
業 業	149	35	1	0	0	1	0	15
業 業	5	2	1	0	0	1	0	1
業 業	49	12	0	4	0	9	0	15
業 業	12	9	0	2	0	4	0	7
業 業	23	3	0	1	0	3	0	4
業 業	14	0	0	1	0	1	0	3
業 業	0	0	0	0	0	0	0	0
業 業	0	0	0	11	0	7	0	1
業 業	0	0	0	11	0	7	0	1
業 業	0	0	0	12	0	2	0	0
業 業	0	0	0	0	0	6	0	0
業 業	1	0	0	0	0	0	0	0

出所：柳州市統計年鑑 1992年

石炭の消費量の推移を示したものであるが、軽工業が石炭の使用量を減らしているのと同様に、重工業は年率11.1%の勢いで消費量を伸ばしている。これらの石炭は、合山鉱務所の供給する、品質のあまり良くない煤炭が主に利用されている。良質の石炭を産出する山西省の石炭は、地理的に遠く価格が高い為、あまり利用されていない。

電力の消費量は採掘業では自來水生産および供給業が22千万kWhを消費している。製造業では、黑色金属冶金および圧延加工業が31千万kWhと最大消費業種であり、化学肥料23千万kWh、セメント製造業22千万kWh、紡績業および有色金属冶金および圧延加工業が15千万kWhを消費している。

生産用エネルギーとしての原油および液化石油気の消費量は少ない。液化石油気は家庭用を中心として利用されており工業用の利用はごく限られている。現在の家庭用普及率20% (3.2万戸：11,010 t) を2000年時点で70から80%まで高める計画が進行している。将来的にも家庭利用が優先されており、余裕があれば工業用として供給される場合もあるとのことであるが、計画では工業用は2カ所しかない (図1.2.2参照)。

柳州市の1992年の総排気排放量は、272億Nm³であり、この内工業が占める割合は261億Nm³と95%が工業によるものである。また、廃気処理量は233億Nm³で85%が処理されている。この為現状の公害を打開するためには、工業廃気、商業廃気と民生用廃気の対策が必要となっている。

柳州市の全電気使用量は17億kWhであり、この内工業は88%を消費している。柳州電廠が増設工事の最中ということもあり、電力を大量消費する工場の一部は休業しているところもある。新設発電機は20万kWhの発電機が1994年中に1機完成し、1995年末には新たに同じ能力の発電機が設置される。現在ある1.2万kWhの発電機3台を合わせると43.6kWhとなり、電力不足が解消される。

1.2.4 柳州市の財政

柳州市の財政規模は1992年の全市収入をみると7.6億元である。そのうち市区部からの収入は6.9億元であり、財源の90%を柳州市街地域から得ている。工商税収は財源収支の84%の6.4億元を占め第1位であり、第2位は国営企業所得税0.9億元となっている (表1.2.6参照)。

財政支出面では、全市で4.9億元であり、市区部では3.9億元と80%を市街地に支出している。支出項目で大きいものは、社会保険支出と高教衛生事業費が0.9億元、第3位は城市維持費として0.6億元が支出されている。このように柳州市の財政は黒字であり、1992年時点では2.7億元のゆとりがある。

公害による財政支出は病院医療費、道路清掃費および産業・生活基盤に現れると考えられ、これらの支出は高教衛生事業費と城市維持費の一部から支出されている。

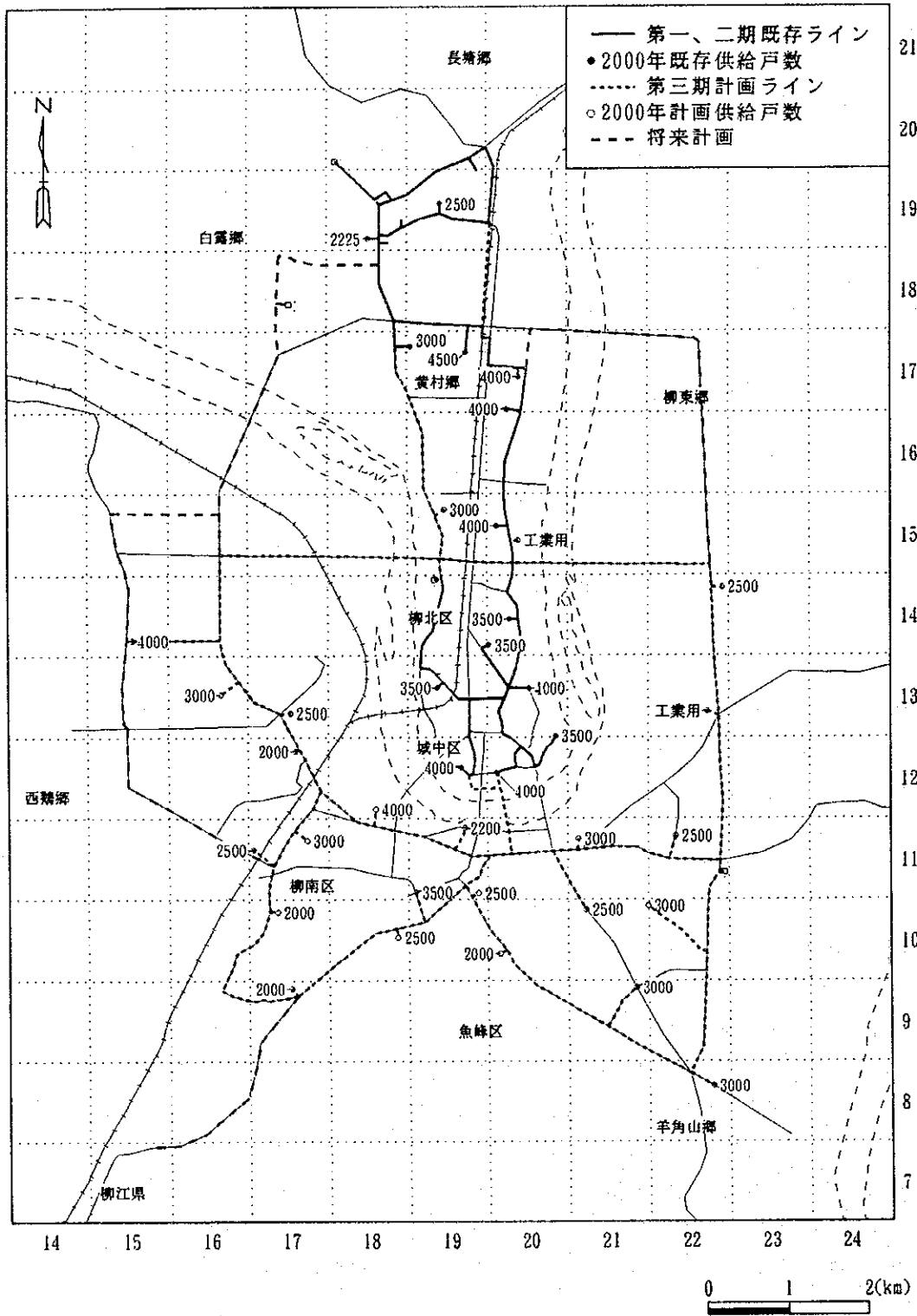


図 1.2.2 柳州市都市ガス供給計画図

表 1.2.6 柳州市全市財源收支 1992年

	全市 (萬元)	市區 (萬元)	市區割合 (%)
地方財政收入			
工商稅收	64,058	58,079	90.7
農牧業稅和耕地占用稅	1,012	209	20.6
國營企業所得稅	9,654	9,481	98.2
國營企業調節稅	383	365	95.4
國營企業上納利潤	574	484	84.3
國營企業計畫預定損失	-2,605	-2,318	89.0
專用款收入	1,095	890	81.3
其他收入	787	378	48.0
國營企業承包收入退庫	-5,742	-5,502	95.8
社會保險基金收入	7,146	6,653	93.1
合 計	76,361	68,719	90.0
地方財政支出			
基本建設支出	1,620	1,600	98.8
企業技術改造資金	451	407	90.4
科技三項費用	688	684	99.4
支援農業生產支出	2,965	2,097	70.7
農林水利氣象部門事業費	803	405	50.4
工業交通與部門事業費	393	376	95.7
商業部門事業費	4	3	76.9
城市維持費	6,496	6,362	97.9
城鎮青年就業經費	44	37	85.1
高教衛生事業費	9,167	5,989	65.3
科學事業費	213	201	94.4
其他部門事業費	1,025	756	73.8
慶弔和社會福利救濟費	582	338	58.1
國防支出	52	50	96.2
行政管理費	3,297	1,743	52.9
公檢法支出	1,987	1,498	75.4
價格手當貼支出	3,471	2,882	83.0
支援未開發地區支出	17	10	59.5
其他支出	4,675	3,790	81.1
專用款支出	1,099	890	81.0
社會保險支出	9,496	8,877	93.5
合 計	48,543	38,994	80.3

出所：柳州市環境保護局

1.2.5 開発動向

柳州市の7大プロジェクトには、新市街地を中心とした環状道路の建設と付随する橋梁建設、環状線上に位置する大学と高技術産業を主体とした河東開発区、旧空港跡地を利用した住宅地を含む無公害工業団地および新柳州国際空港（白蓮機場）が含まれる（表1.2.7および図1.2.3参照）。

マスタープランによる新しい開発地としては、ハイテク産業の受け皿である河東開発区、無公害型軽工業の受け皿である旧機場開発区、および公害型や流通産業用に陽和開発区がある。河東開発区は環状線の内側で北東に位置しており、大学を含む高技術開発区として開発している。柳州市の旧空港は、市街地の南西3kmに位置するが、現在は住区を含めた無公害産業地区に指定されており、土地造成と一部の建物の施工が行われている。このように環状線内側は、無公害産業の立地計画を進めており、内部に既存する公害工場の外部地域への移転も計画され出している。

陽和開発区は静藍大橋の完成により今後の開発が期待されている。特に公害企業の移転先として陽和開発区は風下に位置し、中心街から5kmと絶好の位置にある。

鉄鋼と亜鉛工場は柳州市を代表する大型産業・企業であるため、鉄鋼団地、亜鉛団地を独自に開発する計画である。鉄鋼団地は既存の工場の北西に新たに開発を行う計画である。亜鉛団地は柳江紙厂に向かう路沿いの柳江と挟まれた市街地から北東の地区に計画されている。柳州市内では開発可能な土地はまだ多数残されており工業開発は可能であるが、大気汚染を主体とした環境との調和を図り立地を決定する必要がある。

柳州市は广西壮族自治区の中でも最大の内陸型重工業を主体として発展してきており、この技術集積の上に立ち更なる発展をめざしている。柳州市のマスタープランを見る限り、柳州市あるいは广西壮族自治区の意気込みが窺える。しかしながら交通機関分担計画や道路ネットワーク計画、産業配置計画や環境計画に難があり、特にソフト面での考え方を強化する必要がある。この為、将来的には経済発展を損ねる要因になりかねず广西壮族自治区全体を考慮し、柳州市等も交えて地方レベルからの計画構築を行うことが必要である。

表 1.2.7 柳州市7大プロジェクト

項目	内容
1. 柳州市国際空港	1994年完成（投資規模4億元：400ha）
2. 旧柳州市空港跡地再開発	進行中（旧空港開発区：333ha）
3. 壺西橋（第四橋）	1994年8月完成
4. 新柳州市総合体育館	50%完成
5. 河東開発区	進行中
6. 橋梁計画	1995年完成予定
7. 柳州電厂増築計画	建設中

出所：調査団がヒアリング収集

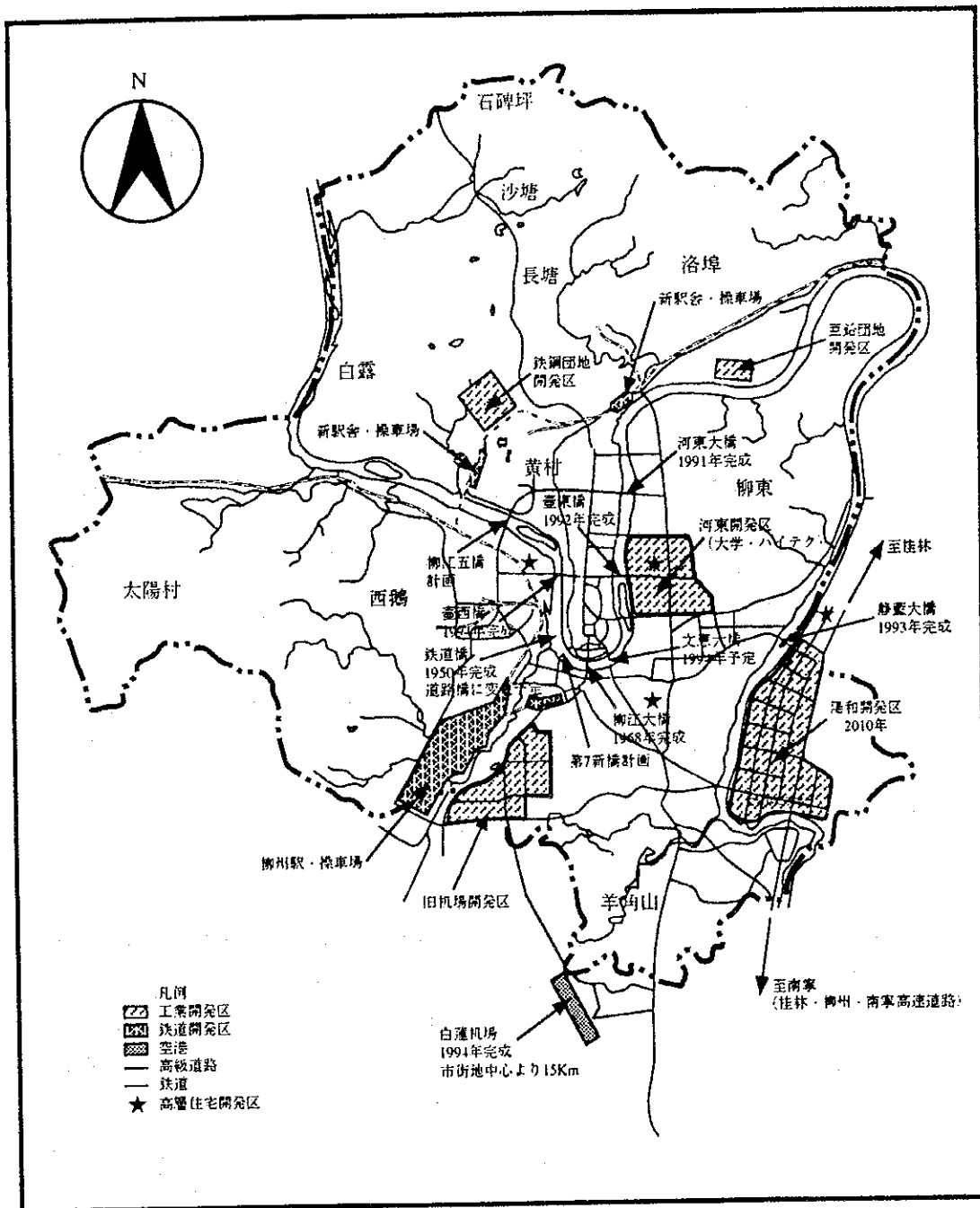


図 1.2.3 柳州市マスター・プラン

(1) 道路

柳州市は旧市街地の柳州駅を基点として発達し、新市街地は柳江の対岸に発達した。旧市街地と新市街地は柳江大橋によって結ばれており、通勤や商用の交通渋滞が絶えない。主な通勤機関がバスと自転車であるため、乗用車の橋の通行はナンバーにより規制されている。このため、大半の乗用車は4km北側に位置する壺東橋を利用している、1994年末に壺西橋が第5番目の橋として開通したため、交通渋滞は若干緩和した。交通渋滞緩和のために新たに柳州市マスタープランが作成されており、これによると合計17カ所の道路橋（1カ所は鉄道との併用橋）が計画されている。

広域道路網としては、桂林市から柳州市を通り南寧市を結ぶ自動車専用道路の建設が行われている。この道路は、自動車専用の1級国道であり、桂林市と柳州市および柳州市と南寧市間をそれぞれ2時間で結ぶこととなり、現在6時間かかっているものが大幅に短縮される。この道路は柳州市においては柳江の東側に位置する新たな陽和開発区の中を南北に貫き、この工業区内から柳州市内へと接続する形になっている。柳州市の南部や北部からの市街へのルート（バイパス道路）がなく、2橋のみで結ばれているため、新たな渋滞が予想される。

(2) 鉄道

U字型の懷に位置し、新市街地の中央を南北に縦断する鉄道も交通渋滞を引き起こしており、マスタープランでは新たな鉄道橋を柳江上流の北西の郊外に建設する計画である。鉄道ルートは新市街地の交通渋滞の回避のため市北部の鉄鋼団地から西に向かい、柳江を渡った後に南下して柳州駅に到達するルートが考えられている。このため、新たな鉄道・道路併用橋の計画があり、既存の鉄道橋は道路橋に用途変更される見込みである。

鉄道輸送そのものは許容量の限界に達しており複線化計画が求められるが、複線化計画はなく、逆に新鉄鋼団地内を通過する計画となっており、新たな鉄鋼の輸送増が懸念される。

(3) 空港

新柳州空港（白蓮機場）は市街地から南15kmの郊外に位置し、総投資額4億元をかけ1994年12月に完成した。柳州市の独特な山地形状から、飛行機の離発着は南北方向から行われるため、柳州駅操車場の上の、市街地より5km 西側を飛行することとなる。需要推定が成されておらず、飛行便数が決定されてはいないが騒音対策が必要になる可能性がある。

1.2.6 経済将来動向

現在の柳州市の経済発展は、1989年から1993年までの5年間で平均年率18.5%の急成長を示している。この成長率は昨今の社会・産業基盤の開発ブームにより誘導されたものであり、相対的に低い経済状態下からの開発であったことに起因する。しかしながら（社会主義市場）経済の解放、諸外国間での関税の自由化が始まれば、製造業の価格、品質、納期等の比較優位性を考慮した場合、急速な経済発展のためには先進各国の外資・技術の導入は必要不可欠のものである。

柳州市の経済発展は伸び率で見ると高い成長率を示している。更に今後工場稼働率の向上、生産性の向上、労働者生産性の向上、労働時間帯の見直し等の努力が現れ、新技術の導入、新規中小企業の参入（三資企業）等の企業活動が活発化すれば経済活動は継続的に伸びるものと予想される。特に柳州市は工業に特化しており、工場計画の場合は本格運

転に入るまで最低4、5年の期間を要する中期的な視点に立って計画が実施されている。このため工業活動にとっては、10年は比較的短い期間といえる。また、广西壮族自治区を代表する工業都市であるため自治区としても支援を惜しまないと考えられ、今後10年間はこの成長率を維持することも可能である。

1.2.7 柳州市の経済発展シナリオ

(1) 経済成長シナリオ

基本的には10年間の長期予測には全国の経済成長率、广西壮族自治区の経済成長率および柳州市の企業総産値である、13%、16%および18.5%の経済成長率を考慮する必要がある。これは柳州市の活動が广西壮族自治区や中国中央の活動と連動していることから考慮に値するものである。柳州市の18.5%という経済成長率の数値は過剰な経済発展ではあるが、中央政府の支援や自治区の支援があり、工業にとっての10年間であること、生産規模が比較的小さいこと、工場新設から工場本格操業まで4、5年を有すること等を考慮すれば不可能なものではないと考えた。

また、環境対策の安全サイドから見た成長率として、2005年までの柳州市全体の企業総産値の伸び率を毎年18.5%とし、個別業種の成長を考慮し割り振りを行った。ただし新規企業の参入を考慮せず、既存の個別企業毎の生産性の向上のみから判断する場合、既存設備や新規設備投資の面からの制約もあり既存工業毎の計画を更に考慮する必要がある。

2005年時点での柳州市企業総産値は18.5%で推移したものとして総産値を算出した。個別業種毎の各年度総産値は、政策的に導入される産業、将来性を見込める産業、衰退はするが小規模でも必要となる産業等を考慮し、個別産業毎に以下の3つの条件で推移するものと設定した。

1. 平均伸び率(%)で推移するもの
2. 生産額が毎年定額で増加するもの
3. 生産額が1993年値で推移するもの

個別業種への条件の適応は表中の該当部分を枠で囲い示した。(表1.2.8参照)

柳州市の経済成長率を2005年以降も18.5%で推移すると考えると超長期的には急激な経済発展を遂げてしまう。このため、推定に当たっては比較的初期に総産値が上がり、後半下がるよう設定した。この調整は平均伸び率を適応した企業の企業産値で調整することとし、1998年と2003年の5年毎に伸び率を押さえるよう、それぞれ伸び率の50%、70%に下がるように設定した。

石炭採掘業の場合は、1991年から1993年までの平均年率は100%の増加率を示しており、この率や増加額は適応できない。このため、石炭採掘業については石炭消費量の年平均伸び率を使用した。鉄鋼、発電等の大型個別工場で企業数の少ないものは生産額が異常に高

く現れてしまう傾向があるため、工場毎の将来生産計画や投資計画を把握し調整する必要がある。

経済発展シナリオの作成年度は1993年の価格を基準とし、2000年および2005年の総産値を予測する。ただし、今までのところデータに不足があり、今回は考察にとどめる。

柳州市経済発展シナリオのベースケースの作成に当たっては、中国全体の経済発展状況を考慮すること、广西壮族自治区の発展を考慮すること、柳州市の発展を考慮すること、および、柳州市内の大気汚染に多大な影響を与える業種の発展を考慮することが必要である。本計画調査の場合、個別企業の動向を主体として検討する必要があるものの、柳州市、广西壮族自治区および中国全体の発展の整合をも図ることが必要となる。

中国統計年鑑による中国全体の国民生産総値の伸び率は、1989年から1993年の間で平均年率13%である。广西壮族自治区は国民生産総値が低いながらも伸び率は16%と中国平均を上回る勢いを見せている。

一方、柳州市統計年鑑による柳州市市区部の製造業の平均伸び率は年率18.5%を示している。これを業種別にみると大きなばらつきが散見され、伸び率も桁違いに大きい。

これらの指標の相互関連を検討すると共に、業種別の伸び率が政策的に増産や減産を行った結果顕著に現れているものを調整する必要がある。この為、伸び率のみではなく、その他の方法として対前年度の生産高増加分を考慮したり、地区における最低限必要産業や生産必要量の確保を行うなど調整が必要と思われる。

また、都市開発や地理的条件を加味する必要性もある。広域経済圏を考慮した場合、中国における广西壮族自治区の立地条件や役割には変化が見えるものと予測される。これは广西壮族自治区の地理的条件により雲南省や貴州省などの内陸省市との連結、ベトナム等の隣国との交易により物資の集配地としての役割が重要視される等が考えられるためである。このことは成長の主役が第3次産業に移行していくことを意味する。

内陸都市での第2次産業の発展の限界が現れるものも出て、業種の構造転換が現れることも考えられる。また、より外貨獲得に優れた立地が模索され、外洋に面する北海、欽州、防城およびその後背地が第2次産業の発展の舞台に移行する可能性も検討する必要がある。

(2) 柳州市人口の将来推計

柳州市の行政区界は地図に落とした明確なものはない。また、工場敷地全体が行政区の飛び地扱いとなっているケースもあり行政区界の把握は難しいものとなっている。また、統計上存在した行政区が他に吸収合併されたり、行政区面積が変化したりと明確にできない。従って、メッシュ毎の人口密度の算出は概要までとした。

柳州市区の1989年から1993年までの5年間で2.49%の平均年伸び率を示している。1993年度の全市人口は約80万人であり、市区部では柳北区の3.74%が最大である。ただし柳北区の行政区界が明確でないことと区の面積が広がっているため、必ずしも人口密度の増加を意味しない。市郊区では柳東、西鵝で16%を記録しており、市街地近郊で人口集積が進んでいる。特に、柳東郷は河東開発区の開発が進んでおり将来的に大きな人口増加が起こる。羊角山郷は-15.33%であるが面積的に減少したものと思われる。城中区は面積2km²と狭いため人口増加は少ない。その他、市郊区の小規模市街地の太陽村鎮、石碑坪郷は主要幹線沿いのため人口増加率は高い。

夜間人口と昼間人口の差は、工場が敷地内に社宅、保育所、学校、病院等の福利厚生施設を持っていること、および通勤している者も通勤時間が最大で30分であるため、比較的变化が少なく一致していると思われる。

柳州経済統計年鑑によると、現状の人口密度は城中区が最も高く約4万人/km²、柳北区が1万人/km²、魚峰区と柳南区は約0.8万人/km²である。市郊区は264人/km²と極端に低い。柳東郷など柳州市街地近郊に人口が集中していると思われる。新しい高級高層住宅は河東開発区、壺西橋の西側、文惠大橋の南東側および静藍大橋の東側に開発が進んでいる。このためこの地区での人口密度は高くなることが予想される。市街地区では特に建築物の高層化が進行しつつあるが、データに見るように世帯人数は減少傾向にある。

人口の将来推計に当たっては定率で伸びるものと仮定し各年度の人口を求めた。ただし地区別人口推計においては城中区の面積が狭く人口の伸びに限界があるため、1998年以降の人口は一定とし、2005年時点の総人口を調節した(表1.2.9参照)。

人口密度の将来算定は、行政区界が明確でなくデータも不足しているため、現地踏査による観察・推測した資料も参考に決定する。城中区における人口集中は限界に達しており、魚峰区と柳南区については高密度化が進行している。柳北区は視察した限りにおいて工業区としての人口集積の限界に達していると思われる。魚峰区および柳南区の人口密度は工業区と商業区を合わせ持った機能を有することから柳北区と城中区の間位置するものと思われる。また、人口の集積は市街地周辺部に進行しており市街地周辺部での人口密度は柳南区、魚峰区で高くなることが予想される。従って、城中区は4万人/km²、柳南区および魚峰区は2.5万人/km²、柳北区は1万人/km²という結果を得た。

(3) 柳州市の将来像

柳州市の生産額予測は、本文中では柳州市内の業種別企業に当てはめるため、柳州市のみの成長率を扱ったが、ここでは中国全体の成長率である13%と、广西壮族自治区の成長率である16%も参考のために計算した。全国ベースの伸び率の場合は2005年時点で1993年度の4.3倍に達し、广西壮族自治区ベースでは5.9倍、柳州市ベースでは7.7倍に達する計算となる。また、その間の柳州市労働者人口は1.34倍となっている。このため、柳州市の労働

者生産性は、労働者数を全人口の62.2%と仮定すると1993年の1人当たり生産性をそれぞれ3.46万元、2005年には19.77万元と5.71倍の労働生産性を上げることが必要になる。しかしながら種々の生産性や制度の見直しを図り経済発展に尽くすならば可能であろう。(表1.2.10参照)

重工業の内陸化政策は原料立地型や消費地立地型等の経済的な利点があり、競争力に優れたものでない限り発展には限界があると考えられる必要がある。また、工業製品の品質、デザイン、価格等は外資導入に成功している他の沿海地域の工業に後れをとり、競争力に乏しいのが現状である。このためには中国全体、广西壮族自治区全体の中での位置づけから、柳州市の産業構造の再構築を図り育成していくことが必要である。

柳州市は製鉄所や亜鉛工場を主体とした数々の工場からの大気汚染に悩まされており、中国国内でも大気汚染の激しい地域である。この地域において更に汚染工場を増設、新設した場合、汚染が増加するか環境設備機器に対する大きな設備費や運転資金に大量の資金が導入されることとなり、競争力は更に低いものとなる。柳州市での基幹産業ではあるが、柳州市の位置づけを明確に理解し適材適所に再配置を行う英断が待たれる。

物流・流通面から見た場合、大量輸送機関である鉄道による原材料、石炭等の燃料、製品等の輸送には限界があり、道路輸送にも道路やトラックの台数や能力を見る限り限界がある。このため近年では長距離、大量輸送を考慮した船舶による輸送に切り替わりつつある。燃料や原材料を他の省市や海外の海路に求めるのであれば广西壮族自治区の場合は北海、防城、欽州の港湾都市やその hinterland が工業立地に適している。

广西壮族自治区はその地域的位置から、軽工業や流通加工を主体として貴州省、雲南省、四川省等の中国内陸省市と先進諸国との交流・公益拠点としての発展に可能性を見いだす必要がある。また、内陸省市を経由しラオスやミャンマーといった将来有望な国境貿易のための流通拠点としての、地域的利点を生かした発展を見いだす必要がある。

このような観点から、柳州市の産業は中国全体の産業政策、广西壮族自治区全体の産業政策や配置政策を考慮し、計画を立案する必要がある。この計画から柳州市のマスター・プランを構築する必要があり、現状のマスター・プランはこの点での考慮が必要と思われる。特に鉄鋼団地と亜鉛団地を原材料立地や物流拠点である沿海地区の工業地域に移転する等の産業転換を考慮する必要がある。

表 1.2.8 柳州市産業経済シナリオ

高シナリオ (ベース・ケース)
ファイル名: 柳州予測
4月20日作成

(単位: 万元)

番号	行 業	平均 年伸 び率 (%)	平均 年伸 び率 増分 (万元)	1993 (万元)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	備 考	
1	煤炭採掘業	6.4	24	65	69	74	78	83	86	89	92	94	98	100	102	104	開採業、平均伸び率・国家生産 開採業、平均伸び率 需要大・開採業、平均増分加算 需要大・開採業、平均増分加算 需要大・開採業、平均増分加算 地方で開採業、平均伸び率 平均増分加算 合弁化・1993年数値 嗜好品、平均伸び率 都市での特殊化現象・1993年数値 需要大・平均増分加算	
2	黑色金属採掘業	1.2	14	1237	1252	1267	1282	1297	1305	1313	1321	1329	1337	1348	1348	1354		
3	有色金属採掘業	50.2	31	156	2018	218	249	280	311	342	373	404	435	466	497	528		
4	建材及其他非金属製品業	47.1	332	1686	2018	2350	2682	3014	3346	3678	4010	4342	4674	5006	5338	5670		
5	木材及竹材採掘業	-8.9	-107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	木材及竹材供給業	14.6	370	3520	3890	4260	4630	5000	5370	5740	6110	6480	6850	7220	7590	7960		
7	食品製造業	-8.4	-3808	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475	32475		
8	食品製造業	12.7	1128	11902	13414	15117	17037	19201	20420	21717	23096	24562	26122	27383	28406	29762		
9	飲料製造業	-1.3	-767	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169	56169		
10	飼料工業	61.8	7349	34422	41771	49120	56469	63818	71167	78516	85865	93214	100563	107912	115261	122610		
11	紡績業	0.8	988	117355	118294	119240	120194	121156	121640	122127	122615	123106	123598	123944	124291	124639	平均伸び率 小型企業参入・1993年数値	
12	皮革毛皮及其製品業	-6.1	-457	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	6416	平均伸び率 小型企業参入・1993年数値	
13	木材加工及竹藤麻草製品業	-2.0	-85	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	平均増分加算	
14	家具製造業	16.0	2856	25534	28390	31246	34102	36958	39814	42670	45526	48382	51238	54094	56950	59806	平均増分加算 1993年数値 1993年数値 消費拡大期待	
15	家具製造業	-4.4	-179	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	3591	平均伸び率	
16	印刷業	-1.3	-443	37459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	32459	1993年数値・消費拡大期待	
17	印刷業	14.1	639	6220	7097	8098	9239	10452	11285	12081	12933	13845	14821	15552	16320	17125	平均伸び率	
18	文教科、体育用品製造業	-3.7	-24	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	1993年数値・消費拡大期待	
19	工艺美术品製造業	-9.2	-58	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	平均伸び率 小型企業参入・1993年数値	
20	電力、蒸気、熱水生産和供給業	7.7	715	11191	11906	12621	13336	14051	14766	15481	16196	16911	17626	18341	19056	19771	需要大・開採、平均増分加算	
21	石油加工業	-28.6	-58	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	新規企業参入・1993年数値	
22	煉炭、採気及煤製品業	-25.3	-434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	1993年数値 平均伸び率	
23	化学工業	19.9	11387	88302	99689	111076	122463	133850	145237	156624	168011	179398	190785	202172	213559	224946	平均伸び率	
24	医薬工業	1.0	67	7237	7509	7782	8055	8328	8601	8874	9147	9420	9693	9966	10239	10512	平均伸び率	
25	化学工業	38.7	1078	6786	8734	11240	14466	18618	21289	24344	27388	31833	36401	40057	44081	48509	需要大・平均伸び率	
26	ゴム製品業	4.0	211	5825	6058	6300	6552	6814	7091	7380	7672	7976	8291	8617	8954	9291	企業合併・平均伸び率	
27	塑料製品業	3.7	691	20259	21009	21786	22592	23428	23861	24303	24752	25210	25677	26009	26346	26687	平均伸び率	
28	建材及其他非金属製品業	24.4	11659	80052	99585	123883	154111	191714	23103	241346	270790	303826	340893	370003	401604	433901	需要大・平均伸び率	
29	黑色金属冶金精錬及圧延工業	24.4	27023	185482	230740	287040	357078	444205	498398	559202	627425	703971	789855	877409	950533	1009990	需要大・平均伸び率	
30	有色金属冶金精錬及圧延工業	23.6	13740	96051	118719	146727	181367	224169	250621	280194	313257	350222	391548	428890	488903	496808	需要大・平均伸び率	
31	金属製品業	27.0	6723	43698	55496	70481	89510	113678	129025	146443	166213	188651	214119	234554	256500	280739	有望業種・平均伸び率	
32	機械工業	25.9	46259	307089	386761	486761	612832	771556	871472	984328	1111798	1255776	1418399	1546977	1687210	1840156	有望業種・平均伸び率	
33	交通運輸設備製造業	45.3	81378	419769	569924	762200	1000996	1287678	1625037	2014543	2418537	2942024	3511024	4187024	4901118	5703230	有望業種・平均伸び率	
34	電気機械及器材製造業	-0.7	-574	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	75237	有望業種・1993年数値	
35	電子及通信設備製造業	10.6	794	95066	10580	11701	12942	14314	15872	17598	18531	19218	19931	20671	20671	20671	有望業種・平均伸び率	
36	計量、計測機器及其他製造業	22.3	1738	12573	15377	18806	22999	28128	31265	34751	38625	42952	47719	51444	55459	59787	有望業種・平均伸び率	
37	其他工業	18.0	442	3654	4096	4538	4980	5422	5864	6306	6748	7190	7632	8074	8516	8958	平均増分加算	
合 計		18.5	1711689	2114286	2649620	3368383	4341881	5018073	5818762	6769277	7960316	9249129	10384445	11675367	13145316	13145316	13149964 万元 18.52 %	定率のみ 70.0 % down

注: 1) 業種により年率増加、定率増分、1993年増分、1993年増分をベースとして算出
2) 成長率増分は建設増分の1993年から1998年までの年平均伸び率を使用
3) 木材および竹は1993年までの採掘されていたが市内での採掘はないものとした
出所: JICA 調査団

表 1.2.9 柳州市地区別人口予測

(単位：千人)

年 度	伸び率 (%)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
柳州市全市	2.49	796	816	836	857	878	900	923	946	969	993	1,018	1,043	1,069
城中区	1.84	81	82	84	86	87	89	89	89	89	89	89	89	89
魚峰区	2.96	171	176	181	187	192	198	204	210	216	222	229	236	243
柳南区	2.67	198	203	209	214	220	226	232	238	244	251	258	265	272
柳北区	3.74	192	199	207	214	222	231	239	248	258	267	277	288	298
市郊区	0.64	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167
市区別調整後全市	2.49	797	817	838	859	881	903	925	947	970	994	1,018	1,043	1,069

注：城中区は都市中心部に位置し、面積が狭く開発余地がないため、人口は1998年以降一定とした
 市区部においては、魚峰区および柳南区で開発建設が進行している
 市郊区においては、柳東の西側および羊角山の北東で開発が進んでいる

出所：JICA 調査団

表 1.2.10 柳州市将来予測

(単位：万元)

ケース	単位	伸び率 (%)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
生産額予測															
ケース1 (全国ベース)	万元	13.00	1,711,689	1,934,209	2,185,656	2,469,791	2,790,864	3,153,676	3,563,654	4,026,929	4,550,430	5,141,986	5,810,444	6,565,801	7,419,356
ケース2 (广西ベース)	万元	16.00	1,711,689	1,985,559	2,303,249	2,671,769	3,099,251	3,595,132	4,170,353	4,837,609	5,611,627	6,509,487	7,551,005	8,759,166	10,160,632
ケース3 (柳州ベース)	万元	18.50	1,711,689	2,028,351	2,403,596	2,848,262	3,375,190	3,999,600	4,739,527	5,616,339	6,655,362	7,886,604	9,345,625	11,074,566	13,123,361
(産業別調整)	万元		1,711,689	2,114,286	2,649,620	3,368,383	4,341,881	5,618,072	7,269,277	9,384,446	12,038,446	15,384,446	19,575,567	24,715,416	30,815,416
(生産額の差)	万元		0	85,935	246,024	520,121	966,691	1,018,472	1,079,235	1,152,938	1,244,954	1,362,525	1,508,821	1,681,001	1,881,001
人口の予測	千人	2.49	796	816	836	857	878	900	923	946	969	993	1,018	1,043	1,069
(市区別調整)	千人	2.49	796	817	838	859	881	903	925	947	970	994	1,018	1,043	1,069
(人口数の差)	千人		0	1	2	2	3	3	2	1	1	1	0	0	0

注：産業別調整は2005年時点で生産額が追いつき、その後生産額伸び率が落ちると仮定している
 出所：JICA 調査団

2. 気象

2.1 既存資料による現況

2.1.1 自然地理

柳州市は、广西壮族自治区の内陸中央に位置する自治区第2の都市で、区内最大の工業都市である。市中心部の東、北、西側はカルスト台地が溶出後に残った高さ200m程度の低い丘陵に囲まれ、南側はラップ状に開いた盆地である。市中央部を柳江がU字型に西から東へ流れている。

柳州市は、東経109度11分～31分、北緯24度17分～28分に位置し、市区面積（建成区）は約80km²で、標高は海拔88～120m程度である。

2.1.2 気候特徴

柳州市の長期平均気候値は、表2.1.1に示すとおりである。

表2.1.1 柳州市長期平均気候値

項目	月 間 平 均												年間 平均値
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
降水量 *1	39	58	94	145	232	254	210	208	71	84	62	46	1487
気温 *2	10.2	11.5	15.6	20.5	25.0	27.2	28.8	28.3	26.7	22.5	17.1	12.2	20.5
最高気温 *3	14.7	16.0	19.8	24.6	29.2	31.4	33.2	32.9	31.7	27.7	22.0	17.0	25.0
最低気温 *3	7.1	9.1	13.1	17.6	21.6	24.0	25.2	24.7	22.5	18.2	12.8	8.6	17.0
相対湿度 *4	73	77	80	80	80	80	77	79	73	70	72	72	76
平均風速 *5	1.7	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.7	1.2	1.4	1.6	1.5	1.6	1.6
日射時間 *6	87	67	66	82	132	151	218	209	210	171	143	114	1650

(注) *1: 単位 (mm) 対象年 1934-1985 年
 *2: (°C) 1951-1985 年
 *3: (°C) 1957-1980 年
 *4: (%) 1951-1985 年
 *5: (m/s) 不明
 *6: (時間数) 1957-1980 年

(1) 地上気温の特徴

1) 平均気温

柳州市は亜熱帯気候区に属し、1951年から1985年までの統計資料によると、年平均気温は20.5°Cと高く、7月の平均気温は28.8°Cと最も高く、1月は10.2°Cと最も低く、その高低差は18.6°Cとなっている。

2) 月平均の最高・最低温度

1957年～1980年までの資料によると、月平均最高気温は7月の33.2°C、最低気温は1月が7.1°Cである。

3) 気温較差

月平均気温の較差は、最大が10月の9.5°C、最小が3月の6.7°Cである。

(2) 降水量

1934年～1985年までの資料によると、年間降水量の長期平均値は1487mmで、このうち4月～8月までの雨期における降水量は年間降水量の70%を占めている。

対象期間の年間降水量の最小値は993mm（1984年）で、最大値は2026mm（1951年）である。

(3) 地上風向・風速

当該地域は、図2.1.1に示すとおり地形的な影響により南北風が卓越し、東西風の出現頻度は非常に少ない。4月～8月の間には、温暖・湿潤の海洋性気団に支配され、南系の風が多く、また9月～翌年の3月にかけては寒冷・乾燥の大陸性気団に支配され、北系の風が卓越する。平均風速をみると、静穏時（風速1m/s未満）の比率は、年間平均で39%、各月でも33%～49%と極めて高く、年平均風速は1.6m/sと比較的弱い。

(4) 気温の鉛直変化

柳州市では、1989年に中国環境科学研究院の協力のもと気象ドップラーレーダー及び低層ゾンデによる上層気象の観測を行っている（柳州市大気汚染総量控制与対策総報告、1991年10月、中国環境科学研究院、柳州市環保局共著、以下、「総報告」と称す）。

気象ドップラーレーダーの観測結果によると、晴天日によく見られる逆転層の形成は、夕方19時頃から発達し、深夜2時前後に最強となり高さ600m～700mに達するが、未明前後から次第に崩壊し午前8時～9時頃に消滅する。また、低層ゾンデによる秋期の観測結果では、接地逆転層の形成は18時～20時頃にみられ、深夜以降の逆転層は厚みは増すが、強さ（鉛直温度勾配）は弱まり、徐々に等温層に変わる。日の出とともに接地逆転層は下面から崩壊し、午前8時～12時の間に逆転層の高度は次第に上層へ移動する。

また混合層の経時変化は、午後8時から翌朝5時までの時間帯では放射冷却による接地逆転層が形成されているために存在しないが、午前8時前後から逆転層の上昇に伴い混合層が下層より発達し、逆転層が見られなくなる10時頃以降の混合層高度はさらに上昇し、12時頃のピーク時には最大1000mに達する。16時頃からは混合層が次第に中立状態に変わり、接地逆転が再び形成される18時頃には消滅する。

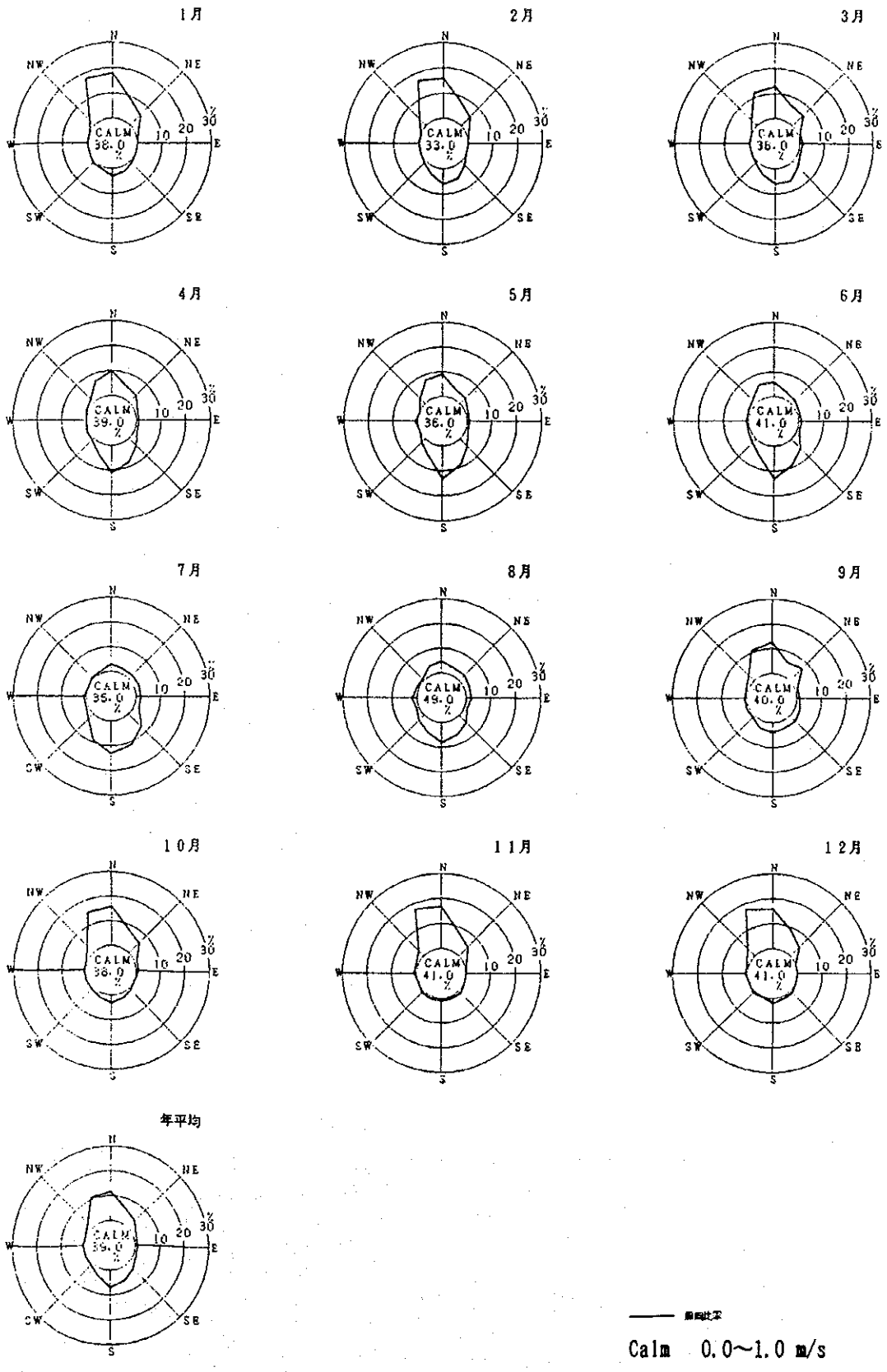


图2.1.1 长期平均风配图 (柳州气象台: 1955年~1987年)

2.2 地上気象

2.2.1 測定概要

地上気象の測定地点は、図2.2.1に示す10の測定局で、表2.2.1に示す気象測定項目を自動測定した。調査用機材は表2.2.2に示すとおりである。

測定データは、チャート記録紙に記録されるのと同時に、各測定局のデータロガーに10分間隔の積算値、また無線テレメータシステムを通じて中央局（柳州市環境監測站7階）に時間平均値がそれぞれ収録される。

なお、本調査では観測用資機材の輸送と設置時期に当たる1994年6月中旬から下旬にかけて柳州市を含む广西壮族自治区において100年ぶりの大洪水が発生したために、測定期間を当初の1994年7月より1ヵ月遅れの8月から1995年7月末日とし、この間の自動測定データ（1年分相当）を対象地域の気象、大気の統計解析に用いた。また電源事情による一部の欠測期間については「チャート記録紙」よりデータの読み取り補完を行った。

表2.2.1 地上気象の観測項目

測定局	設置高度 (m)	風向	風速	気温	湿度	放射収支量	日射量	測定局座標(m)		
								住所	MESH. ΔX	MESH. ΔY
①第九中学	18.5	○	○					勝利路 14号	19.424	17.241
②気象台	10.5 1.5	○	○	○	○	○	○	慶豊路 5号	19.651	15.875
③環保局	39.5	○	○					三中路 70号	20.420	14.266
④科技委	28.5	○	○					五一路 18号	19.885	13.194
⑤東門幼稚園	23.5	○	○					東台路 61号	20.654	12.666
⑥工人文化宮	21.5	○	○					魚峰路 55号	19.801	11.460
⑦南疆賓館	32.5	○	○					飛鵝路304号	18.020	12.086
⑧河西浄水場	10.5	○	○					磨灘路	17.918	15.873
⑨广西工学院	11.5 1.5	○	○	○	○			東環路	22.805	14.902
⑩第三職業高中	17.5	○	○					榮軍路231号	21.289	10.812
測定局計		10	10	2	2	1	1			

表2.2.2 地上気象測定用機材

項目	測定用機器
風向風速計	(風向センサー) Finland VAISALA WAV15A (風速センサー) Finland VAISALA WAA15A
温湿度計	(データ変換器) Hungary Weather Instrument MMS-200 (センサー) Finland VAISALA HMP35D (データ変換器) Hungary Weather Instrument MMS-400
日射計	英弘精機 MS-42
放射収支計	英弘精機 MF-42
無線テレメータシステム	(無線機及びモデムシステム) U.K. Megenta MP-1800 (アンテナ) Hungary Vescont Y-200, C-200 (ロガー) EPSON FR-751JY11

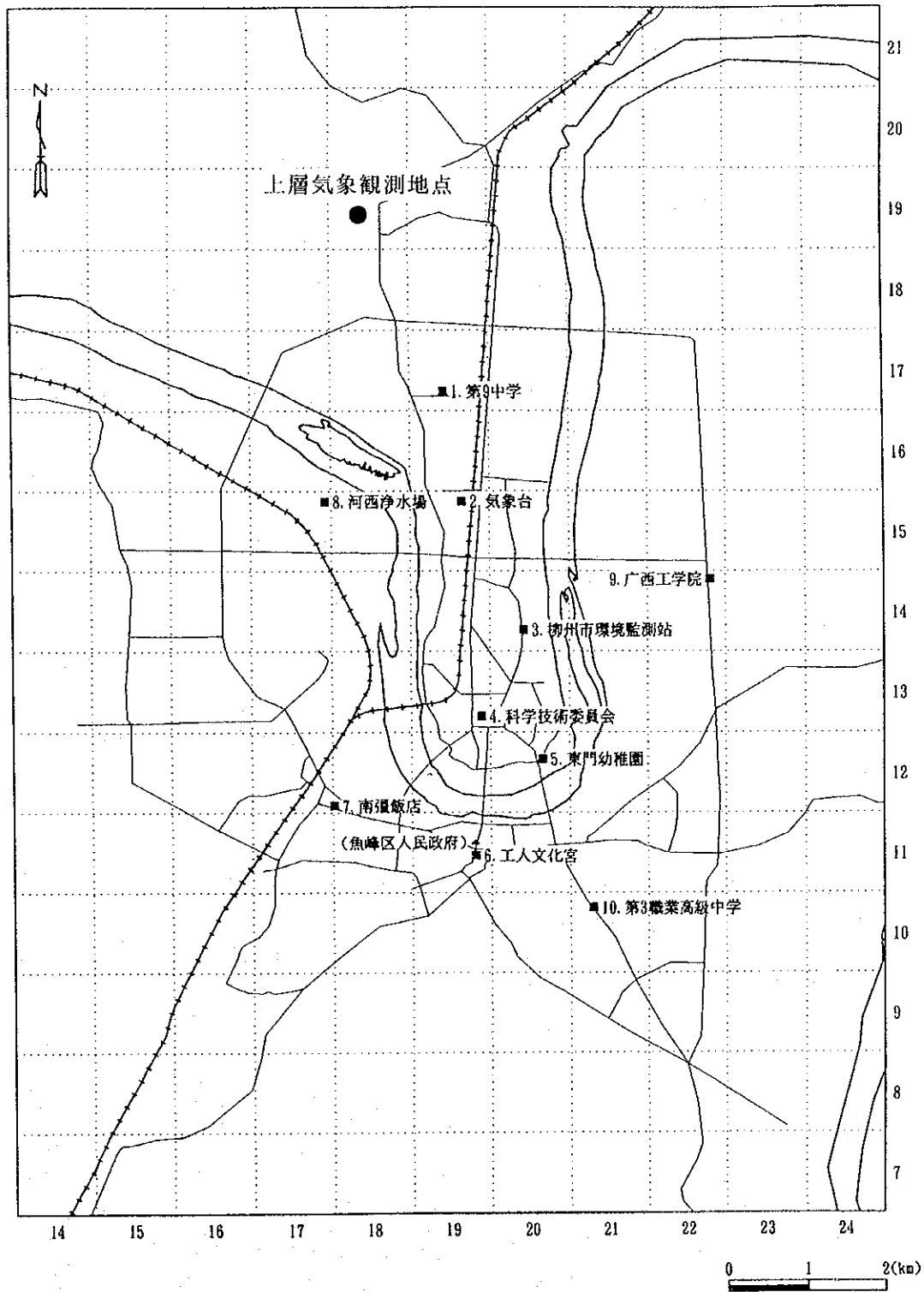


図2. 2. 1 地上気象の観測地点

2.2.2 測定結果

(1) 地上気温、湿度、日射量及び放射収支量の特徴

気象台における気温、湿度、日射量及び放射収支量の期別時刻別の変化は、図2.2.2に示すとおりである。なお、广西工学院における気温、湿度の測定結果は気象台とほぼ同様な傾向を示しており、その結果は「資料集」にまとめて示した。

1) 平均気温

年平均気温は、 20.8°C で、時間値の年間最高値は 42.1°C (7月31日15時)、最低値は 2.1°C (1月5日7時)であった。

月平均気温は、7月が 30.0°C と最も高く、1月が 9.5°C と最も低かった。

時刻別平均気温は、最高が午後3時頃、最低が朝7時頃に出現している。

2) 平均湿度

年平均湿度は、72%で、時間値の年間最高値は93%(8月1日7時等多数あり)、最低値は16%(3月4日16時)であった。

月平均湿度は、8月が81%と最も高く、7月が67%と最も低いが、年間を通じて多湿である。

時刻別平均湿度は、最高が午前7時、最低が午後3時に出現している。

3) 日射量

年平均日射量は、 $119.4\text{W}/\text{m}^2$ で、時間値の年間最高値は $996\text{W}/\text{m}^2$ (6月9日13時)であった。

月平均日射量は、7月が $206.6\text{W}/\text{m}^2$ と最も高く、1月が $60.8\text{W}/\text{m}^2$ と最も低かった。

4) 放射収支量

放射収支量の平均値は、昼間の「+」と夜間の「-」を平均した場合の数値であるが、年平均値は $60.0\text{W}/\text{m}^2$ で、時間値の年間最高値は $716\text{W}/\text{m}^2$ (6月9日13時)、最低値は $-118\text{W}/\text{m}^2$ (9月27日12時)であった。

月別平均値は、9月が $87.7\text{W}/\text{m}^2$ と最も高く、3月が $20.3\text{W}/\text{m}^2$ と最も低かった。

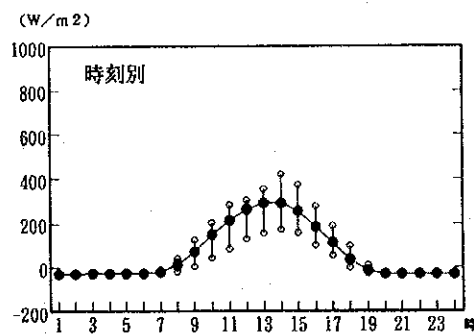
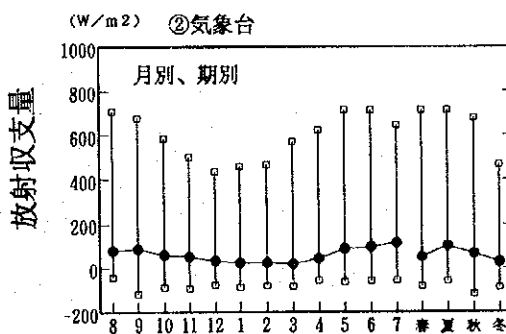
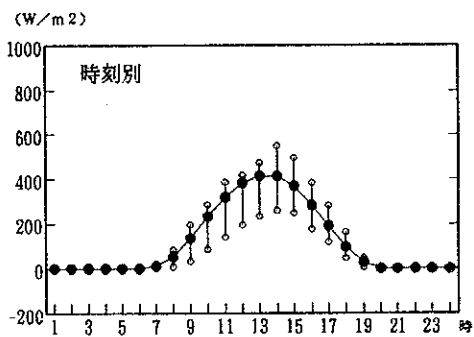
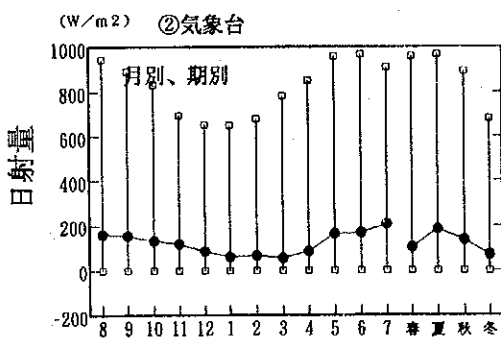
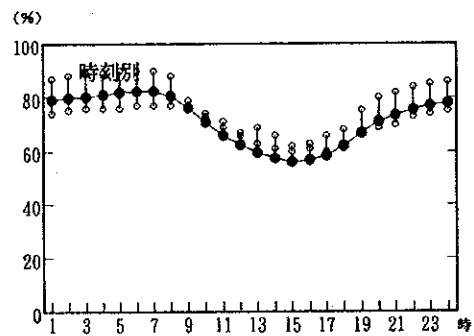
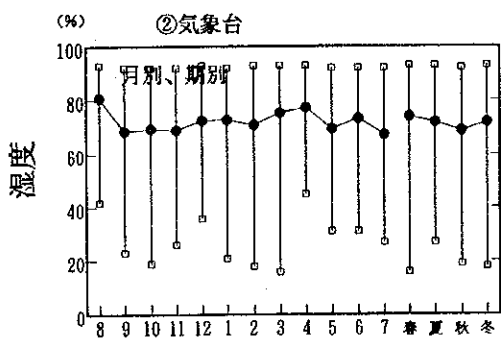
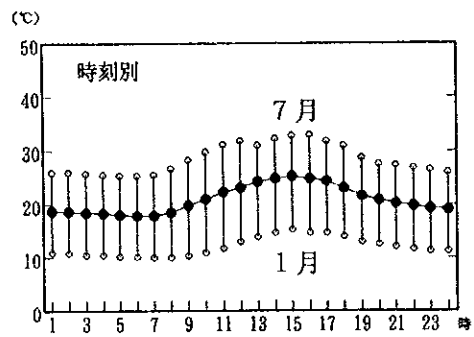
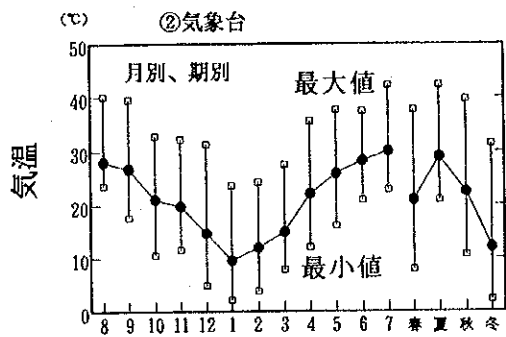


図2.2.2 気温、湿度、日射量及び放射収支量の変化(气象台)

(2) 地上風向・風速

1) 風配

地点別の年間風配図を図2.2.3に、また月別風配図（環保局）を図2.2.4にそれぞれ示した。その他の測定局の結果は「資料集」にまとめて示した。

当該地域は、地形の影響もあって南北風が卓越して、東西風の出現頻度は比較的少ない。しかし、第三職業高中では山系の影響、また河西浄水場では柳江の影響と思われる特徴が現れている。

卓越風向は、雨期の4月～8月では南風、乾期の9月～翌年3月では北風となっている。

静穏時（風速0.4m/s以下）の割合は、年平均で6～22%となっており、月別に見ると雨期と乾期の交代期に当たる3月や8月等にやや高い傾向がみられる。

年平均風速は、南疆賓館の2.3m/sを除けば2m/s以下と弱い。南疆賓館及び環保局では風速センサーの設置高度が30m以上と高いため平均風速が若干大きくなっているものと思われる。

2) 風向・風速の出現頻度

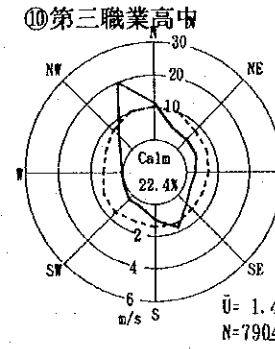
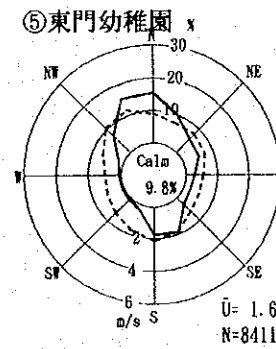
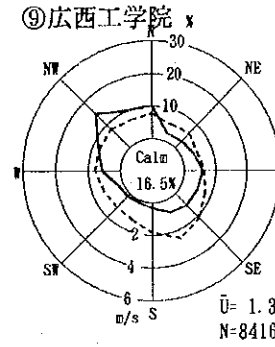
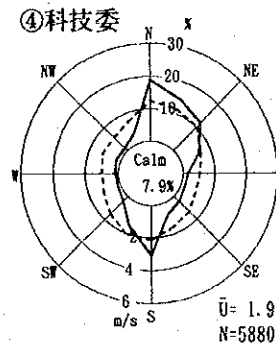
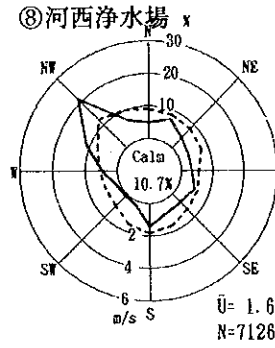
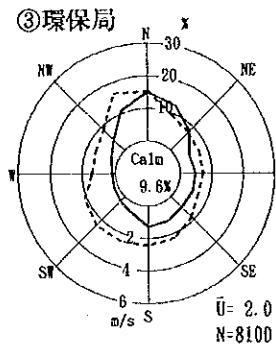
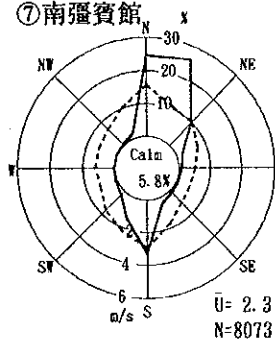
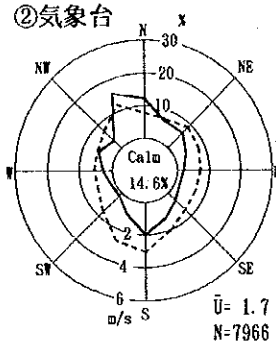
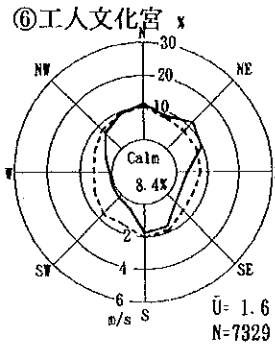
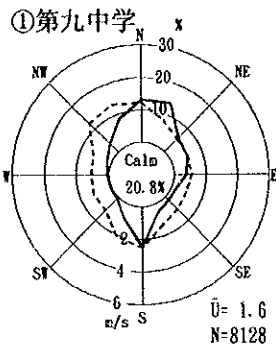
図2.2.5に風向・風速の出現頻度を示す。

風向では、東西方向の出現頻度が少なく、南北系風の出現頻度が高い。

風速では、1～2m/sの弱風時の出現頻度が最も多く、30～40%を占めている。このため、静穏時を含めた2m/s以下の風速の出現割合は70～80%となっている。

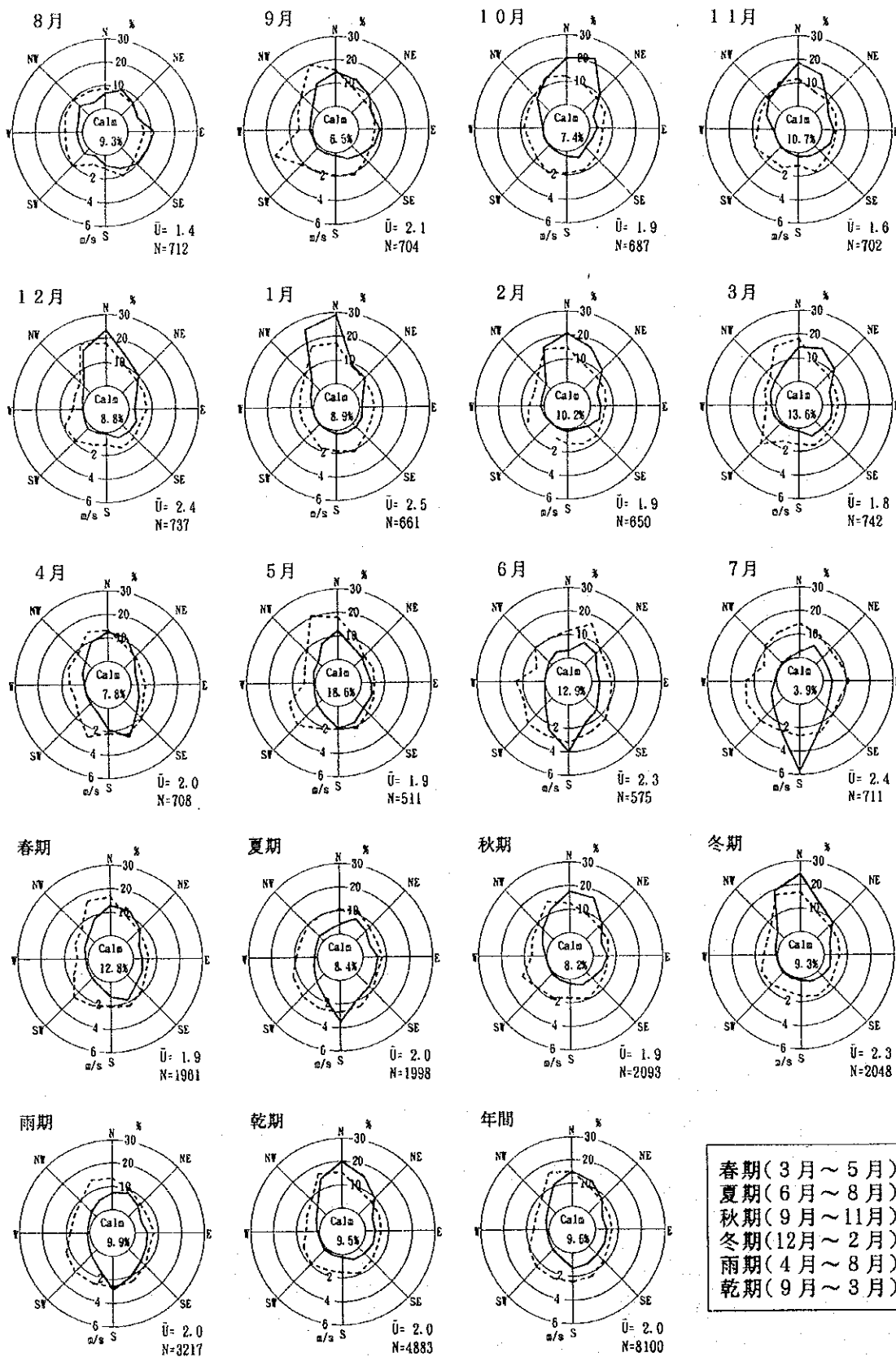
3) 風速の月別、時刻変化

図2.2.6に示すとおり、月平均風速は、季節の交代期に当たる8月、11月、3月にやや小さくなる傾向が見られた。時刻別平均風速は、昼間の10時から午後6時までやや高くなる「1山型」である。



—— 風向頻度
 - - - - 平均風速
 靜穩時とは風速0.4 m/s以下

図2.2.3 年間風配図



③環保局

—— 風向頻度
 - - - - 平均風速
 靜穩時とは風速0.4 m/s以下

圖2.2.4 月別風配圖(環保局)

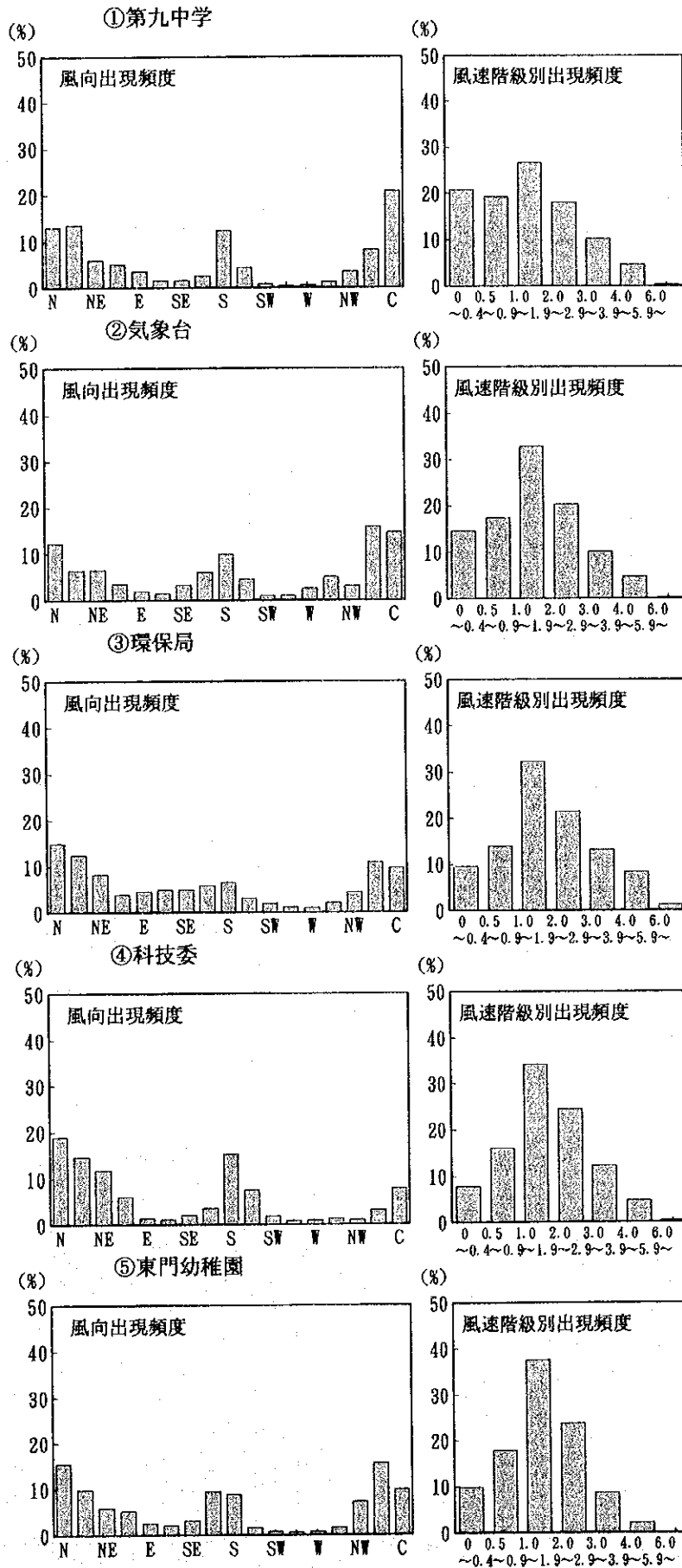


図2.2.5 風向・風速の出現頻度

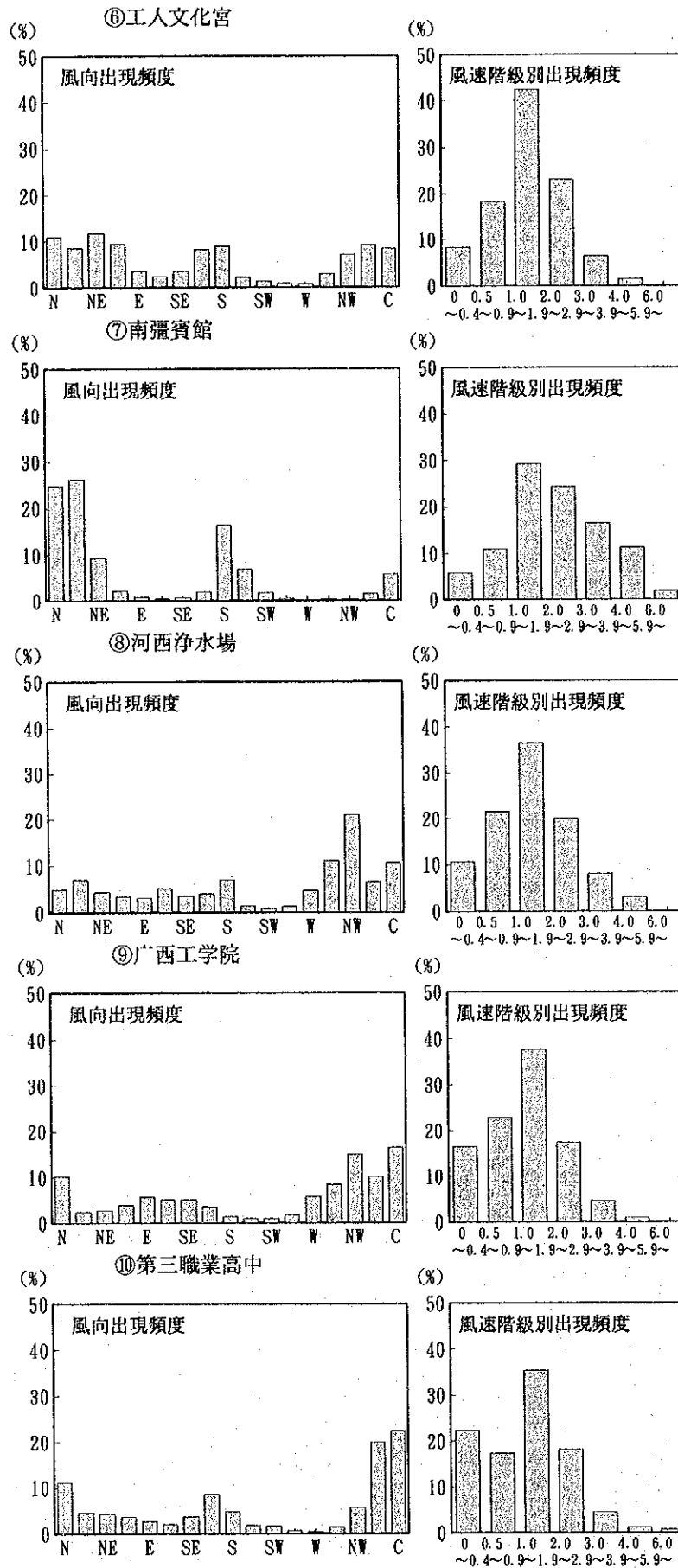


図2.2.5 風向・風速の出現頻度(続き)

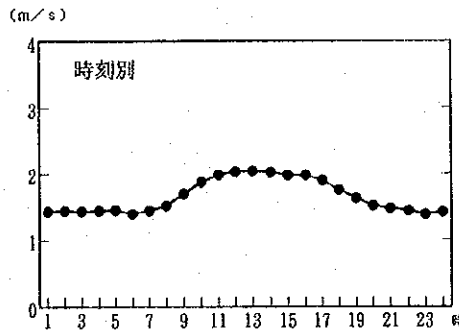
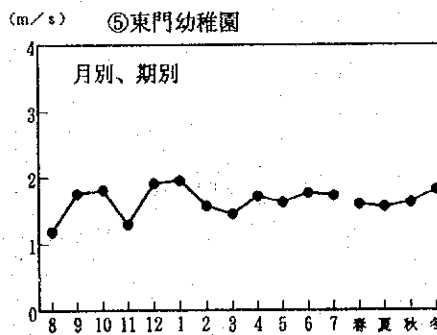
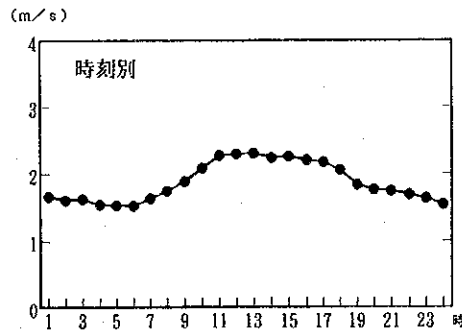
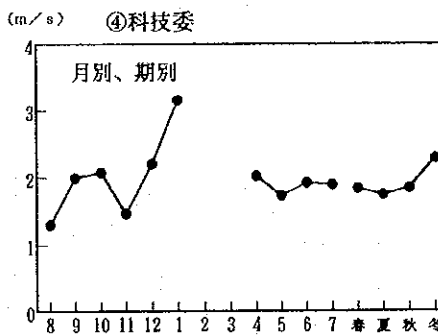
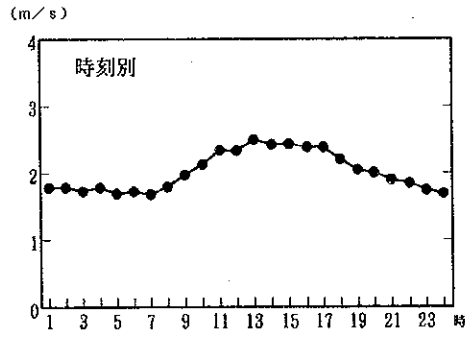
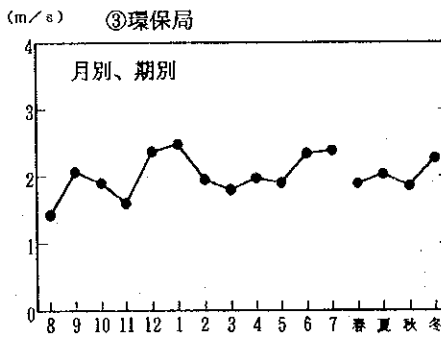
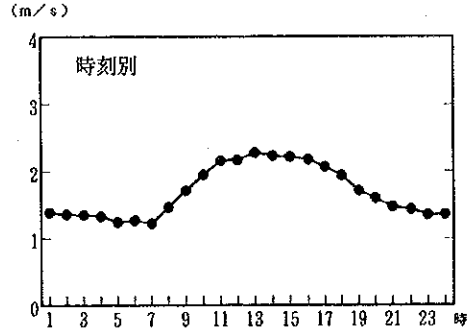
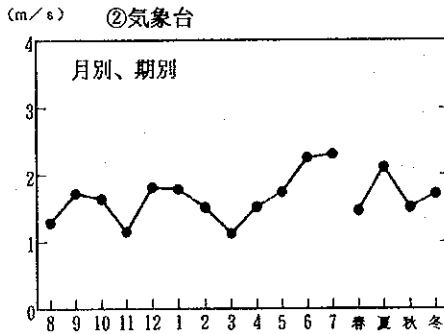
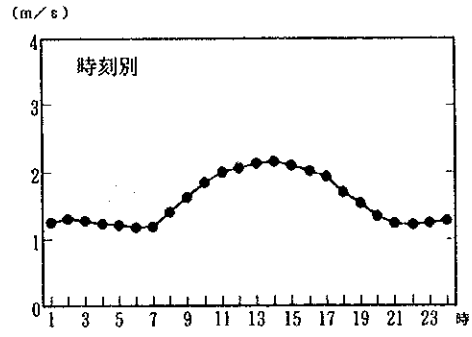
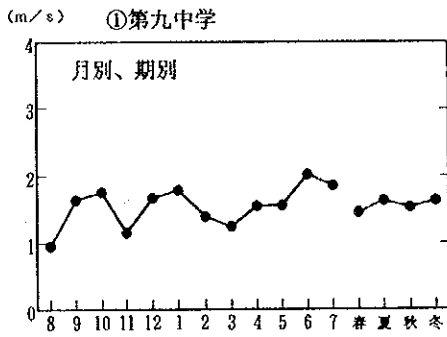


図2.2.6 風速の時刻変化

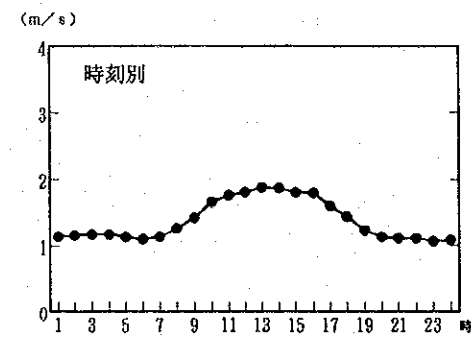
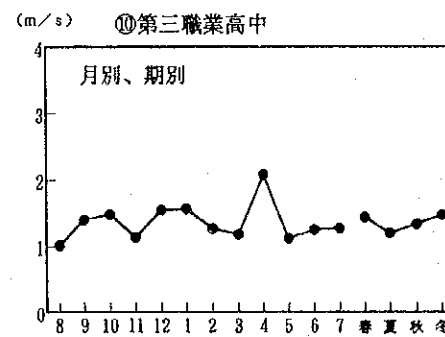
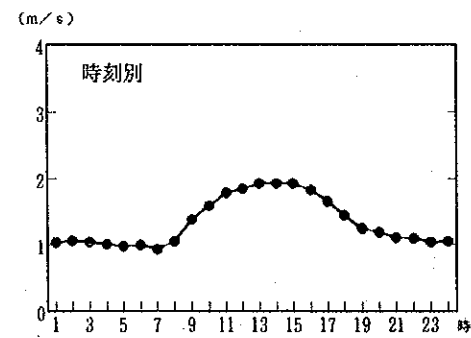
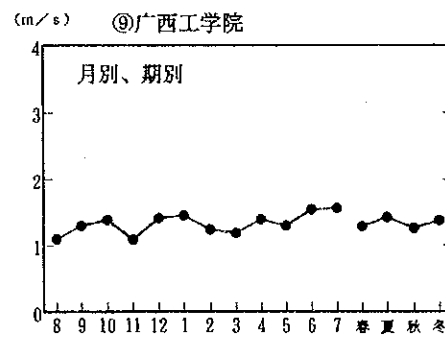
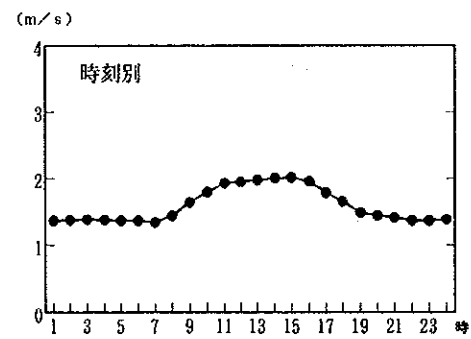
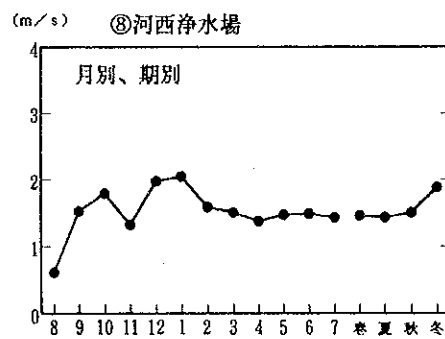
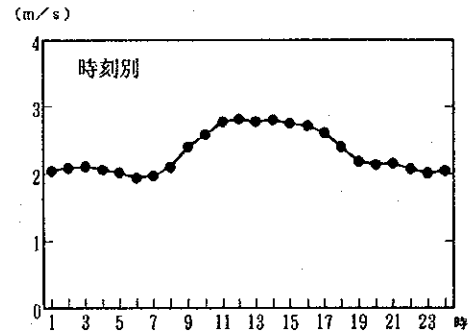
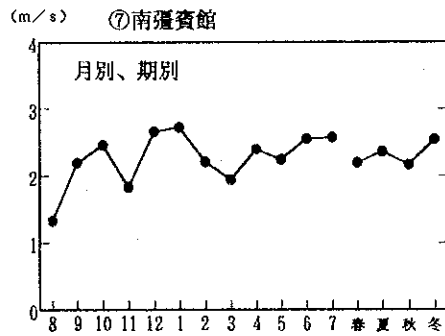
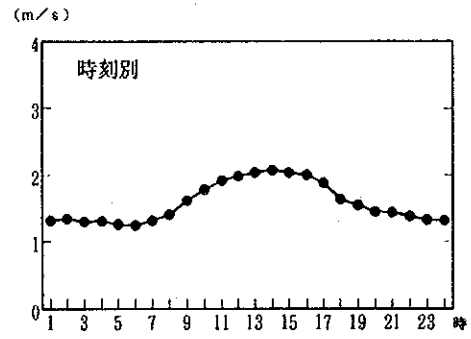
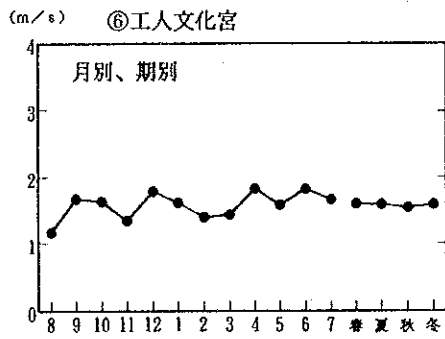


図2.2.6 風速の時刻変化(続き)

(3) 大気安定度の出現頻度

大気安定度は、大気混合の程度を表す指標で、大気汚染物質の拡散現象を評価する上で用いられる。本調査では、表2.2.3に示されるPasquill安定度階級分類表（11分類の日本式大気安定度分類表）に従い、日射量、放射収支量（気象台）と地点別風速により大気安定度を求め、期別、時間帯別にその出現頻度を集計した。

安定度階級Aは、風速が弱い真夏の晴れた昼の気象条件に対応する大気の強不安定、階級Gは、夜間の晴天・弱風時の気象条件に対応する大気の強安定状態を表している。階級Dは、風速が大きい時または曇りの気象条件に対応し、大気の中立状態を表しているが、安定度集計ではこの階級に出現頻度が集中する傾向があるため、これをさらに昼間中立（D_o）と夜間中立（D_n）に区分した。

大気安定度の出現頻度をみると、図2.2.7に示すとおり何れの局においても昼間中立（D_o）と夜間中立（D_n）及び夜間の強安定（G）の出現割合が20～30%と高い。また昼間における不安定（A～B）の割合も20%程度と高く、工場などの煙突からの影響が比較的近傍地域に現れる可能性が高いことを示している。

表2.2.3 Pasquill安定度階級分類表(原安委気象指針、1982)

風速(U) m/s	日射量(T) kW/m ²				放射収支量(Q) kW/m ²		
	T ≥ 0.60	0.60 > T ≥ 0.30	0.30 > T ≥ 0.15	0.15 > T	Q ≥ -0.020	-0.020 > Q ≥ -0.040	-0.040 > Q
U < 2	A	A - B	B	D	D	G	G
2 ≤ U < 3	A - B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B - C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C - D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

- (注) 1. 放射収支量は地上から上方へ向かう量を負とする。
 2. 日射量、放射収支量とも観測時前10分間の平均値をとる。
 3. 日中は日射量を用い、夜間は放射収支量を用いる。

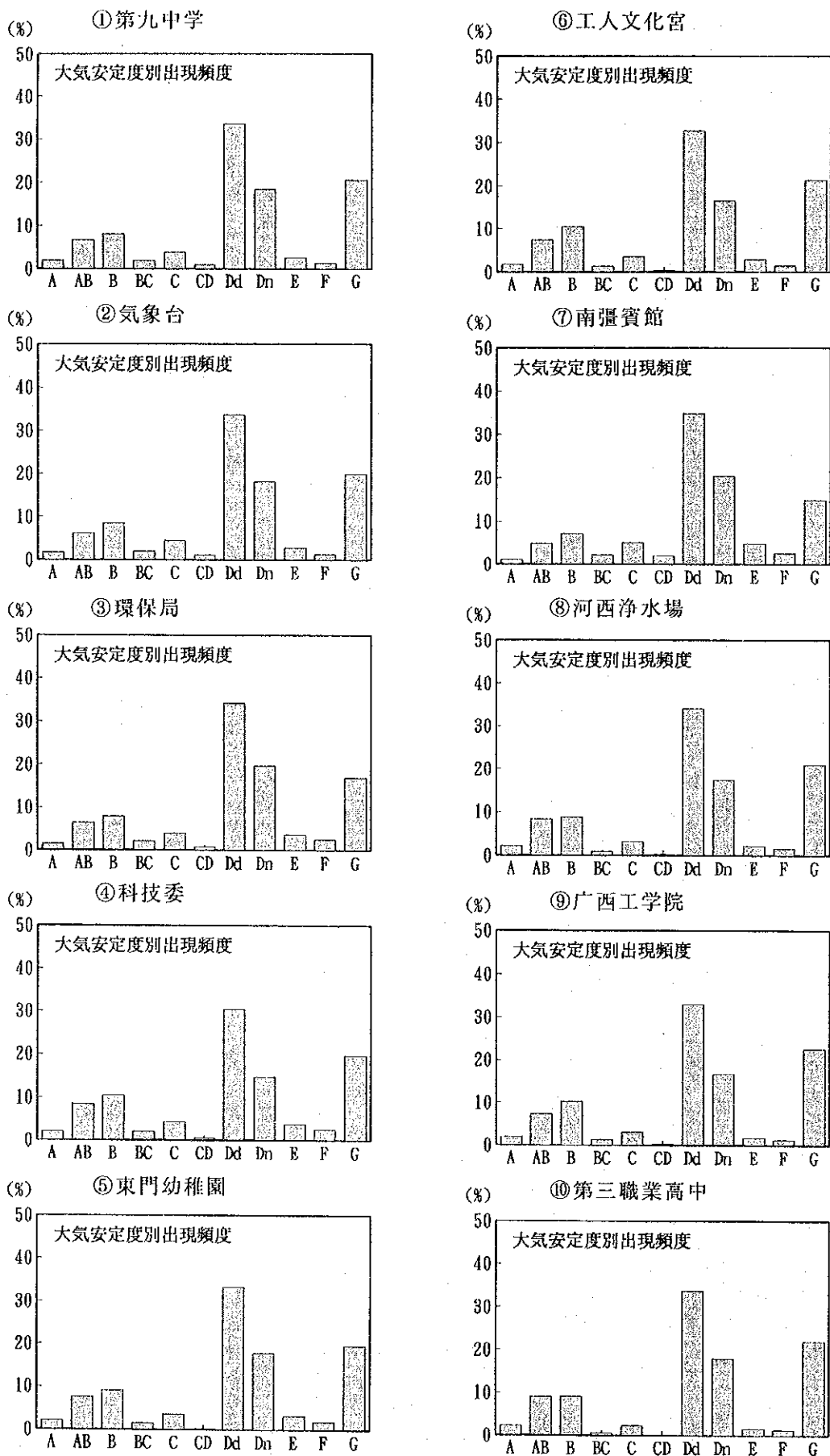


図2.2.7 大気安定度の出現頻度

(4) 風の類似度解析

地域の気象は、広域的には気圧の配置とともに山岳・平野や海洋・河川等の地理的な影響を受けているが、柳州市の場合は局地的に小丘や建物及び柳江等の影響により、測定地点ごとに異なった風系がみられる。これら異なる地点間の風の関連性について、地点間の風向及び風ベクトルから相関係数（近似的に、風向については両地点の風向のなす角度の余弦、風ベクトルについては両地点の単位風ベクトルの内積）を求めることにより、解析を行った。表2.2.4に地点間の風向及び風ベクトルの相関係数、また図2.2.8に風の類似度をクラスター分析により解析した結果を示した。

風向及び風ベクトルの相関係数は、何れの地点間においても0.4から0.9と高く、各測定局の風は局地的な影響を受けるものの、年間を通じてみると同一の変動パターンを示しているものと思われる。また相関係数が0.7以下のケースを見ると、河西浄水場及び广西工学院の2局は他の測定局とやや異なる風系を示すことが認められる。

類似度の解析結果、及び地域の地形と発生源分布、さらには測定局の配置関係等から、当該地域に係る環境大気のシミュレーションにおいては地域の気象拡散場を次の局地気象ブロックに分割することが妥当と考えられる。

- ①第九中学の風に代表される柳北工業区（气象台も同ブロック）
- ②广西工学院の風に代表される河東地区
- ③河西浄水場の風に代表される河西地区
- ④環保局の風に代表される市中心区（東門幼稚園も同ブロック）
- ⑤南疆賓館の風に代表される南西地区（科技委も同ブロック）
- ⑥工人文化宮の風に代表される柳南地区
- ⑦第三職業高中の風に代表される柳石路工業区

表2.2.4(1) 地点間風の相関係数(風向)

測定地点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
①第九中学		7471	7485	6840	7804	7119	7546	6635	7840	7404
②气象台	0.86		7358	6691	7663	6900	7753	6854	7736	7285
③環保局	0.86	0.87		6836	7765	7043	7477	6504	7789	7268
④科技委	0.88	0.85	0.89		7108	6506	6781	5987	7089	6691
⑤東門幼稚園	0.83	0.85	0.87	0.86		7346	7742	6870	8125	7642
⑥工人文化宮	0.81	0.82	0.84	0.86	0.80		7026	6327	7421	7037
⑦南疆賓館	0.85	0.82	0.84	0.91	0.83	0.83		6936	7850	7380
⑧河西淨水場	0.70	0.81	0.70	0.65	0.77	0.68	0.63		7011	6679
⑨广西工学院	0.50	0.57	0.55	0.49	0.68	0.50	0.43	0.73		7668
⑩第三職業高中	0.79	0.84	0.83	0.80	0.85	0.80	0.79	0.73	0.59	

(注) 上段数字はサンプル数。下段数字は相関係数。

表2.2.4(2) 地点間風の相関係数(風ベクトル)

測定地点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
①第九中学		6882	7008	5192	7398	6525	7107	6325	7299	6526
②气象台	0.92		6989	5192	7364	6370	7438	6542	7267	6423
③環保局	0.89	0.90		5231	7590	6588	7256	6325	7448	6518
④科技委	0.91	0.90	0.89		5577	4922	5278	4467	5452	4831
⑤東門幼稚園	0.89	0.90	0.89	0.87		6964	7623	6789	7860	6925
⑥工人文化宮	0.88	0.88	0.87	0.89	0.85		6623	5949	6876	6093
⑦南疆賓館	0.91	0.89	0.89	0.94	0.86	0.88		6812	7548	6650
⑧河西淨水場	0.79	0.83	0.76	0.70	0.85	0.75	0.70		6734	6020
⑨广西工学院	0.58	0.63	0.60	0.52	0.73	0.59	0.52	0.82		6856
⑩第三職業高中	0.87	0.89	0.88	0.84	0.90	0.86	0.86	0.81	0.67	

(注) 上段数字はサンプル数。下段数字は相関係数。

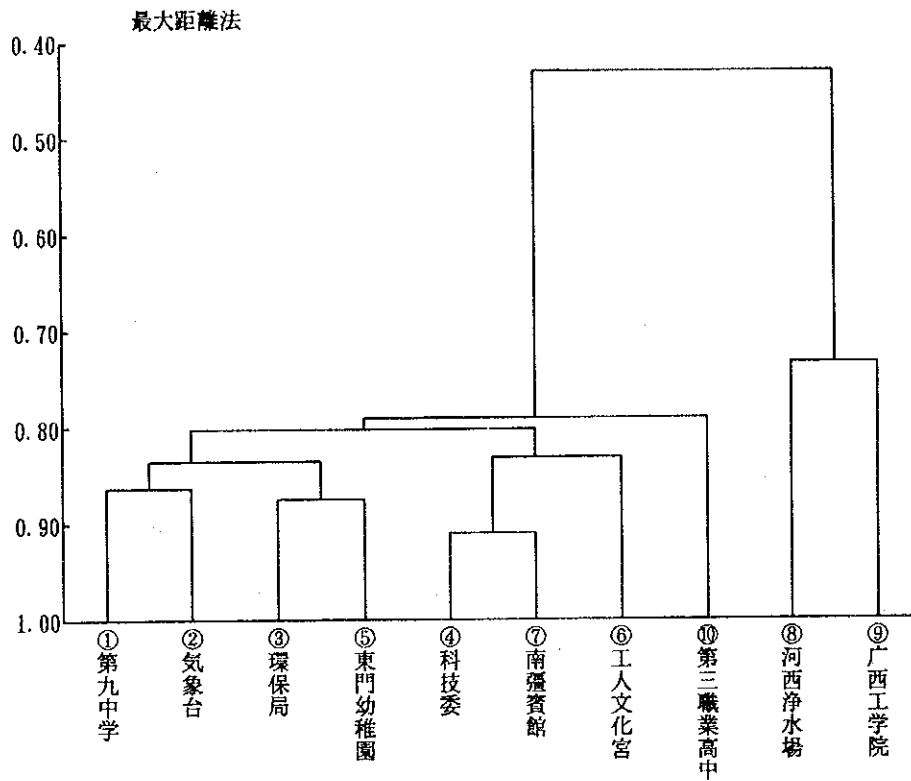


図2.2.8(1) 地点間風の類似度(風向)

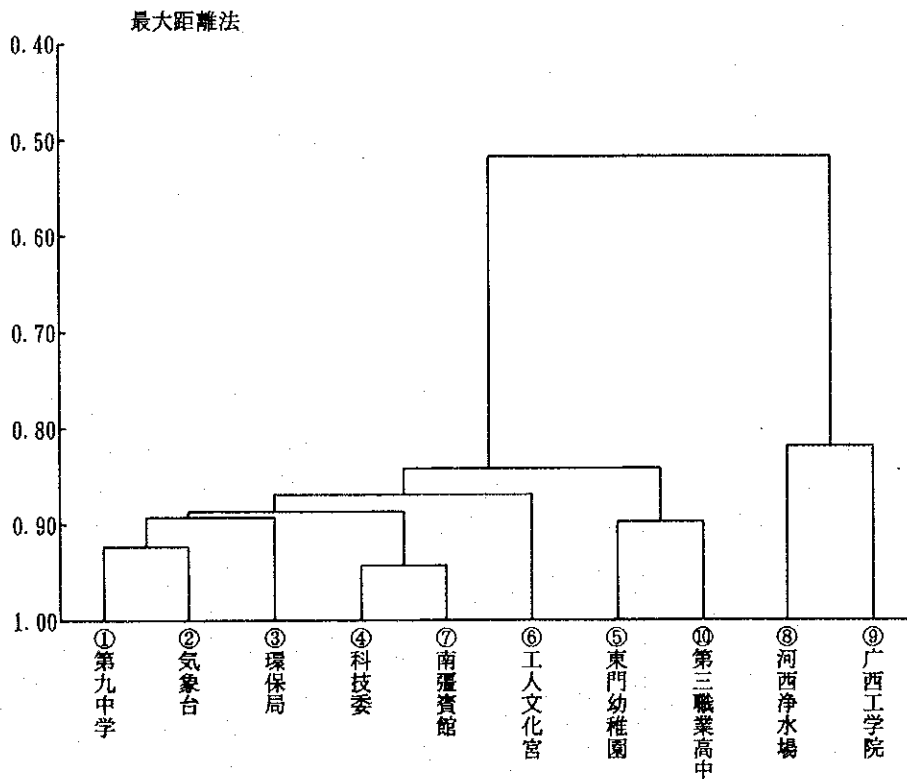


図2.2.8(2) 地点間風の類似度(風ベクトル)

2.3 上層気象

2.3.1 観測概要

(1) 観測地点

上層気象の観測は、表2.3.1に示す2地点で測風経緯儀を設置して観測を行った。このうち第1地点を低層ゾンデの放出地点とした。秋期観測期間中の1994年11月12日11時より測風の視程障害を避けるために第2観測地点を第2B観測地点に移動した。

表2.3.1 上層気象の観測地点

番号	観測地点名	住所
1	广西冶建昭務招待所	柳州市北雀路29号
2	柳州市発電所	柳州市北雀路
2B	广西冶建建設公司 压力容器製造工場	柳州市北雀路115号

(2) 観測方法

観測は、2地点に設置した経緯儀による測風観測及び低層ゾンデを利用した気温観測を地表から上空2000m程度まで行った。観測用機器は表2.3.2に示した。

表2.3.2 上層気象観測用機器

項目	観測用機器
測風観測 低層ゾンデ観測	測風経緯儀： CFJ-II型（中国製） 低層ゾンデ： 北京大学型（中国製） (レシーバ)： TK-II型（中国製）

(3) 観測期間

観測は、期別に年4回行い、観測期間中は原則的に1時より3時間ごとに風向、風速及び気温を観測した。

- ①第1回（夏期）： 1994年 8月 2日～ 8月 9日 （延べ8日間）
- ②第2回（秋期）： 1994年11月 8日～11月16日 （延べ9日間）
- ③第3回（冬期）： 1995年 2月18日～ 3月 3日 （延べ14日間）
- ④第4回（春期）： 1995年 6月 6日～ 6月13日 （延べ8日間）

2.3.2 観測結果

図2.3.1に上層気象観測結果の一例（1994年11月14日～15日、秋期）を示した。詳細な測定結果については「資料集」に示した。

(1) 気温の鉛直分布

下層気温は、日中の強い日射と夜間の放射冷却によって日変化が大きく、その傾向は秋期に特に顕著であった。

(2) 風の鉛直分布

風向は、図2.3.2に示すとおりで、卓越風向は下層では北系、上層では東南よりの風となっており、上層へ行くほど時計回りに変化する傾向がみられた。

風速は、図2.3.3に示すとおり地上から500mまでは接地境界層特有の増加傾向がみられたが、500mより上層では風速変化が比較的小さく、年平均風速は5 m/s、最大風速は12m/s程度であった。

一般に、接地層における風速の鉛直分布は、次式のべき乗法則が実測値とよく合うことが知られており、Pは安定度と地表面の起伏に関するパラメータである。

$$U_z = U_{10} (Z/Z_{10})^P$$

ここでは、 U_{10} は地上風、 Z_{10} は地上風（10m程度）を測定している高度である。

上層風より推定したP値を表2.3.3に示した。大気安定度別では不安定、中立、安定の順にP値が0.3から0.6までとなっており、平均的には0.45程度であった。

表2.3.3 大気安定度別P値の推定結果

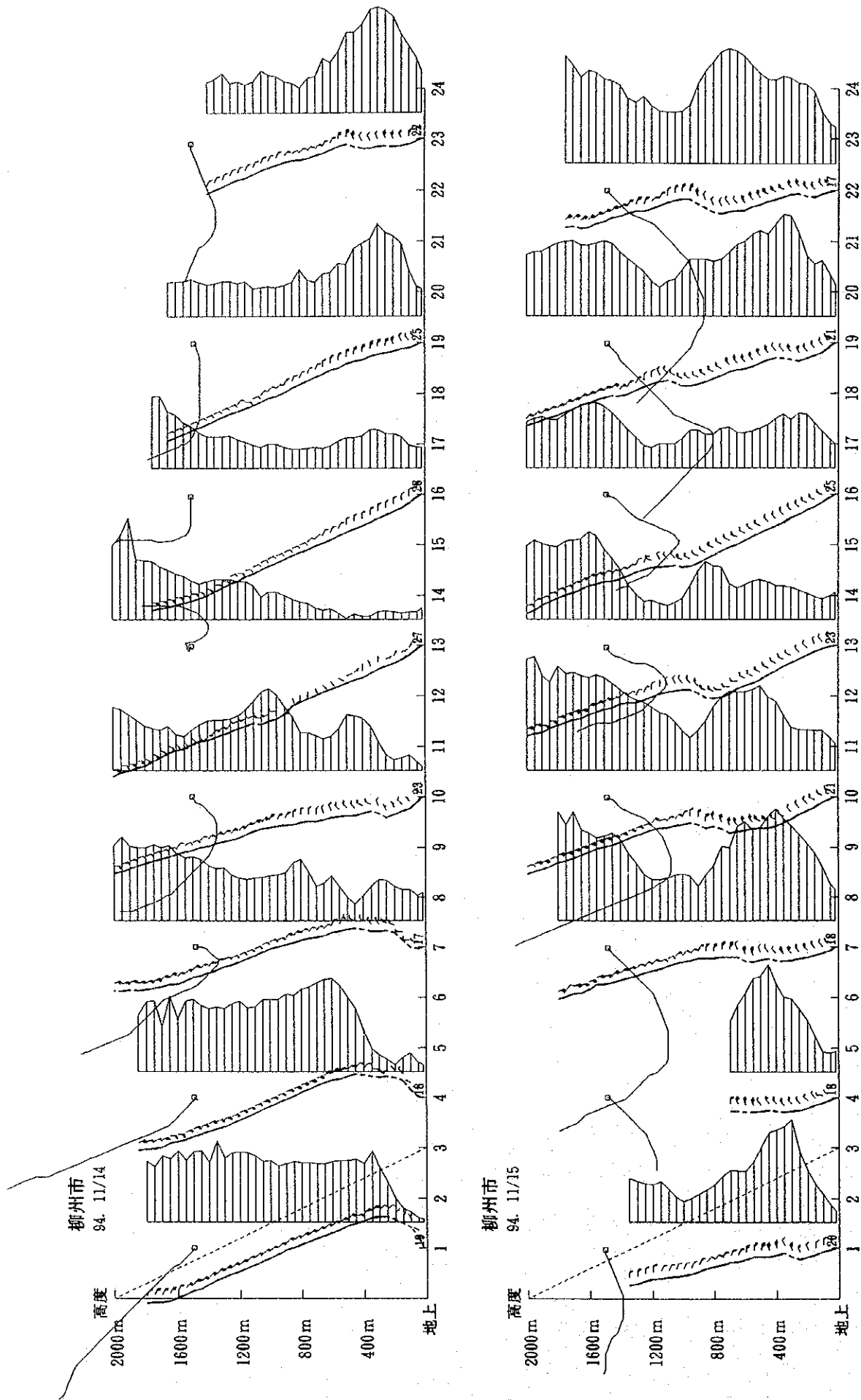
安定度区分 高さ	不安定 (A～C)	中立 (D)	安定 (E～G)	平均
50m	- (69)	- (125)	- (65)	- (265)
100m	0.35 (69)	0.51 (125)	0.61 (65)	0.49 (265)
150m	0.32 (69)	0.50 (124)	0.62 (65)	0.48 (264)
200m	0.32 (69)	0.50 (123)	0.60 (64)	0.47 (262)
250m	0.31 (68)	0.49 (122)	0.58 (63)	0.47 (258)
300m	0.32 (68)	0.49 (121)	0.55 (61)	0.46 (255)
350m	0.30 (64)	0.48 (121)	0.55 (60)	0.45 (250)
400m	0.30 (63)	0.47 (119)	0.54 (59)	0.44 (246)
450m	0.30 (61)	0.46 (117)	0.53 (59)	0.44 (242)
500m	0.31 (60)	0.45 (115)	0.52 (59)	0.43 (239)

(注) 括弧内はサンプル数。

(3) 逆転層の経時変化

本調査では、大気汚染物質の拡散に重要な接地逆転層に着目し、厚さ100m以上で気温の逆転強度が0.1度/100m以上の逆転層を抽出して、その高度の経時変化を解析した。

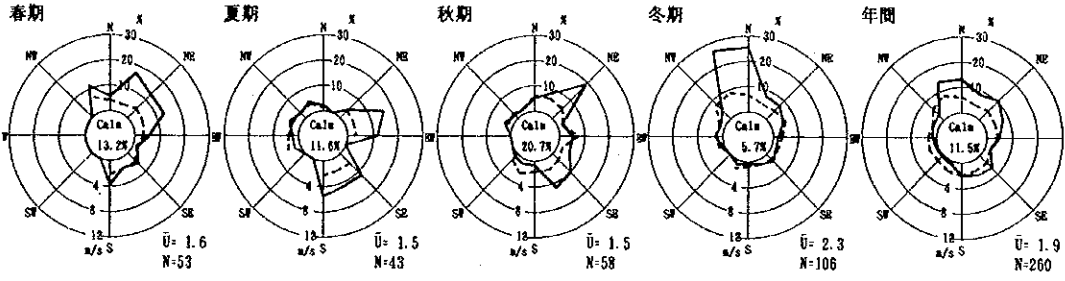
図2.3.4に示すとおり、何れの季節にも接地逆転層の形成が認められたが、秋期の頻度が比較的多かった。秋期における接地逆転層の発達は、午後8時頃から翌朝7時頃までの間に見られ、最も発達する朝7時頃には厚さが300m～400m程度に達する。7時以降では下面から逆転層が崩壊し、代わりに混合層が発達し、昼間の混合層の厚さは500m以上に達することがある。



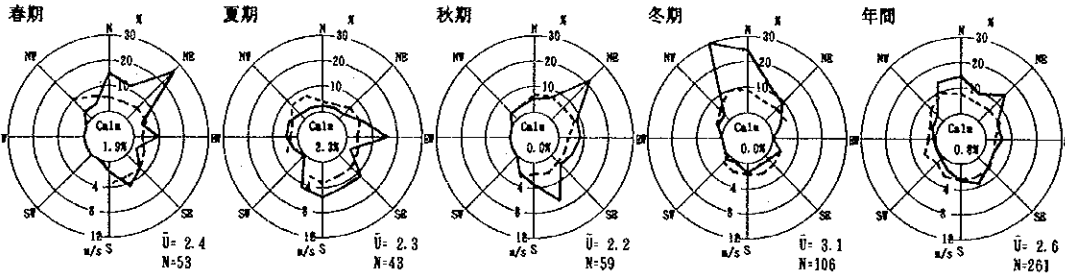
- - - 乾燥断熱減率線
 — 気温 (成線は逆転層)
 / / / 層別風速
 — 風の進行ベクトル

図2.3.1 気温・風の鉛直分布

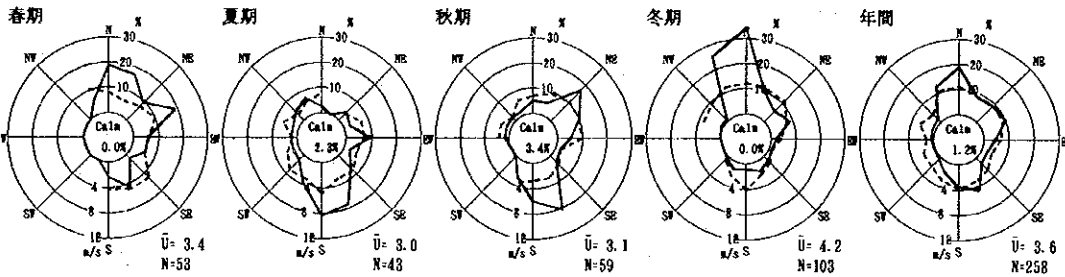
① 50 m



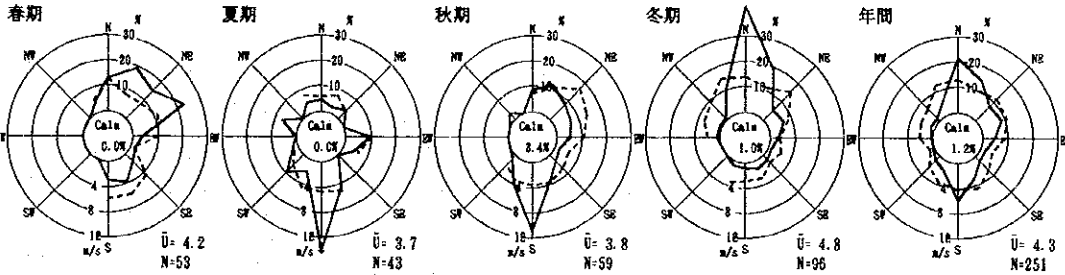
② 100 m



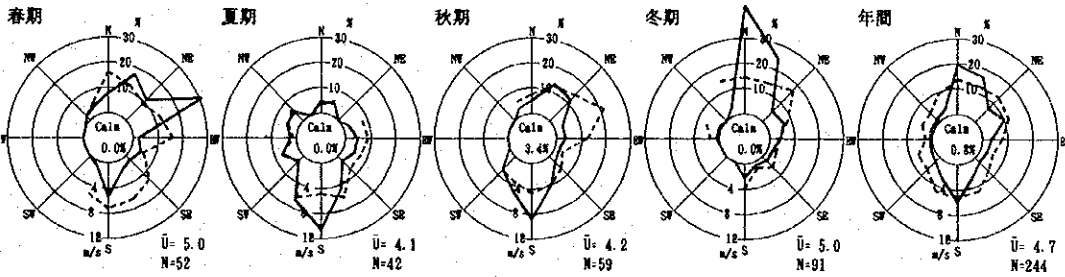
③ 200 m



④ 300 m



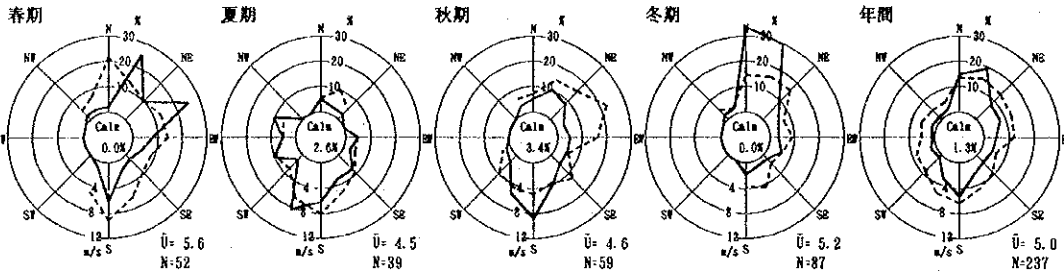
⑤ 400 m



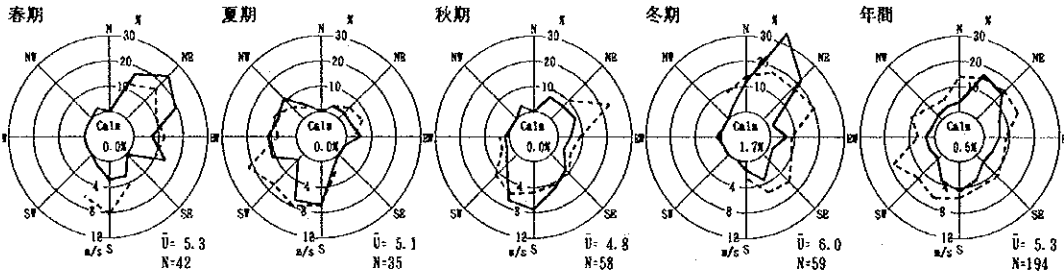
—— 風向頻度
 - - - - 平均風速
 静穏時とは風速0.4 m/s以下

図2.3.2 上層風配図

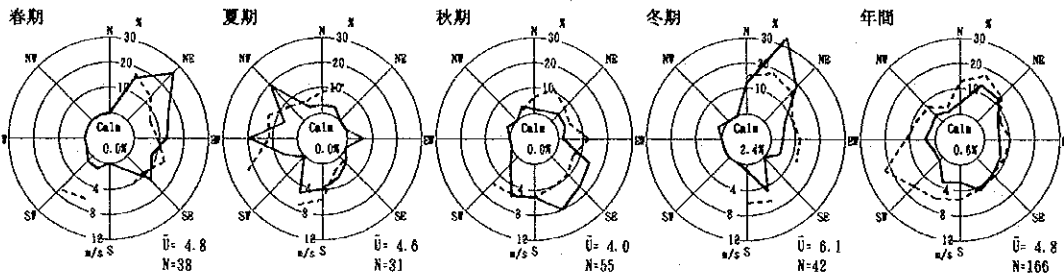
⑥ 500 m



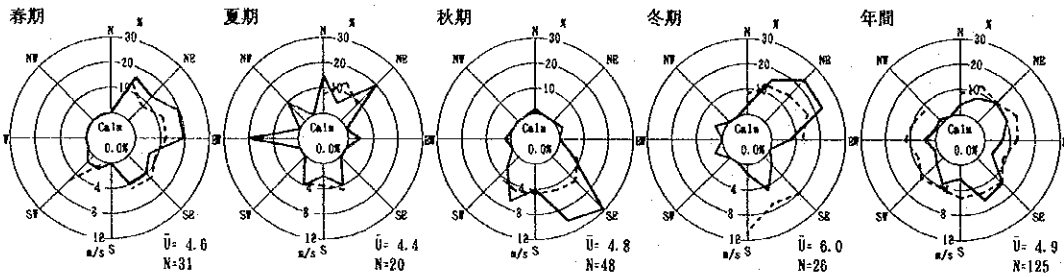
⑦ 750 m



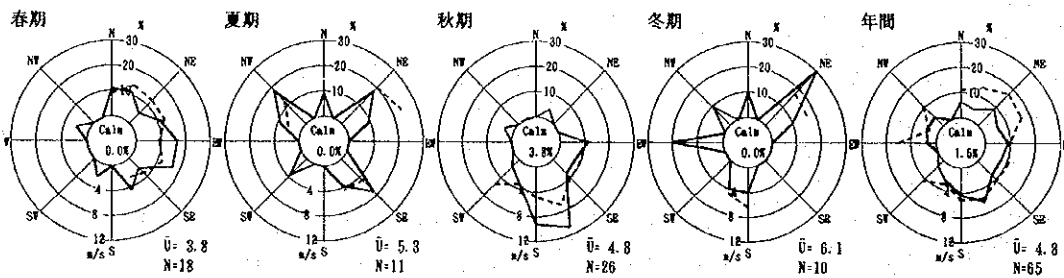
⑧ 1000 m



⑨ 1500 m



⑩ 2000 m



—— 風向頻度
 - - - - 平均風速
 静穏時とは風速 0.4 m/s 以下

図 2.3.2 上層風配図(続き)

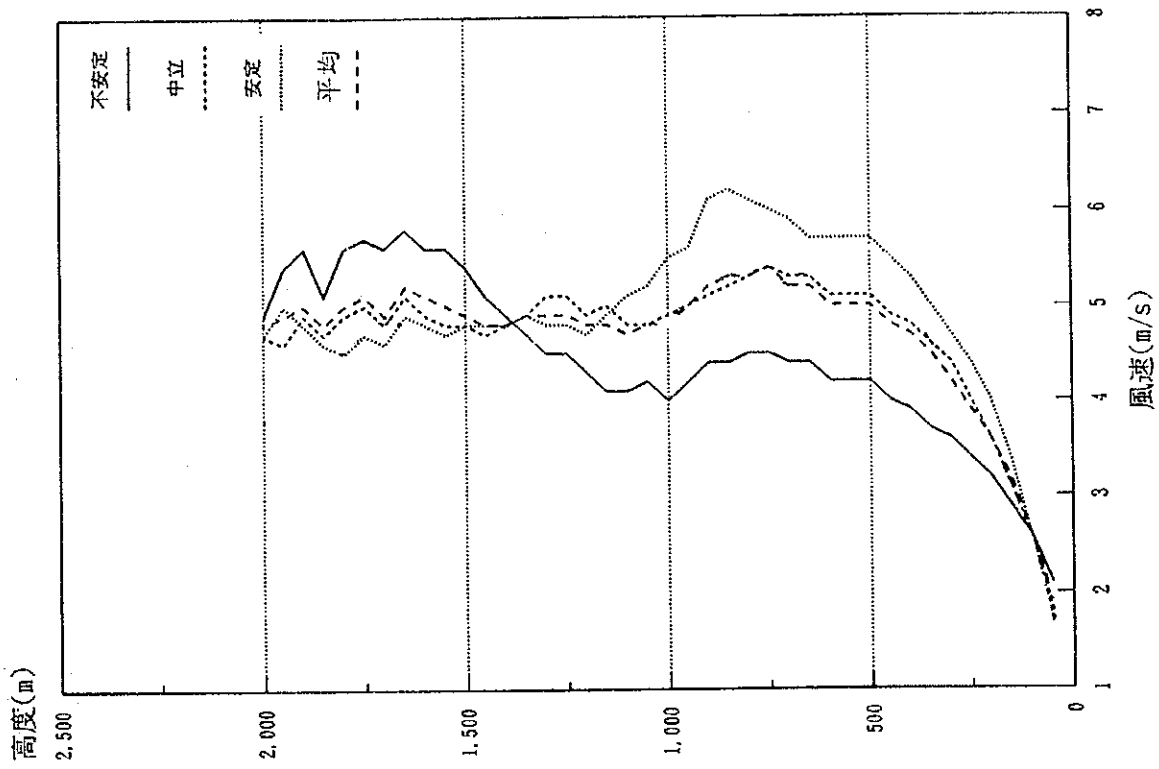


図2.3.3(2) 風速の鉛直変化(大気安定度別)

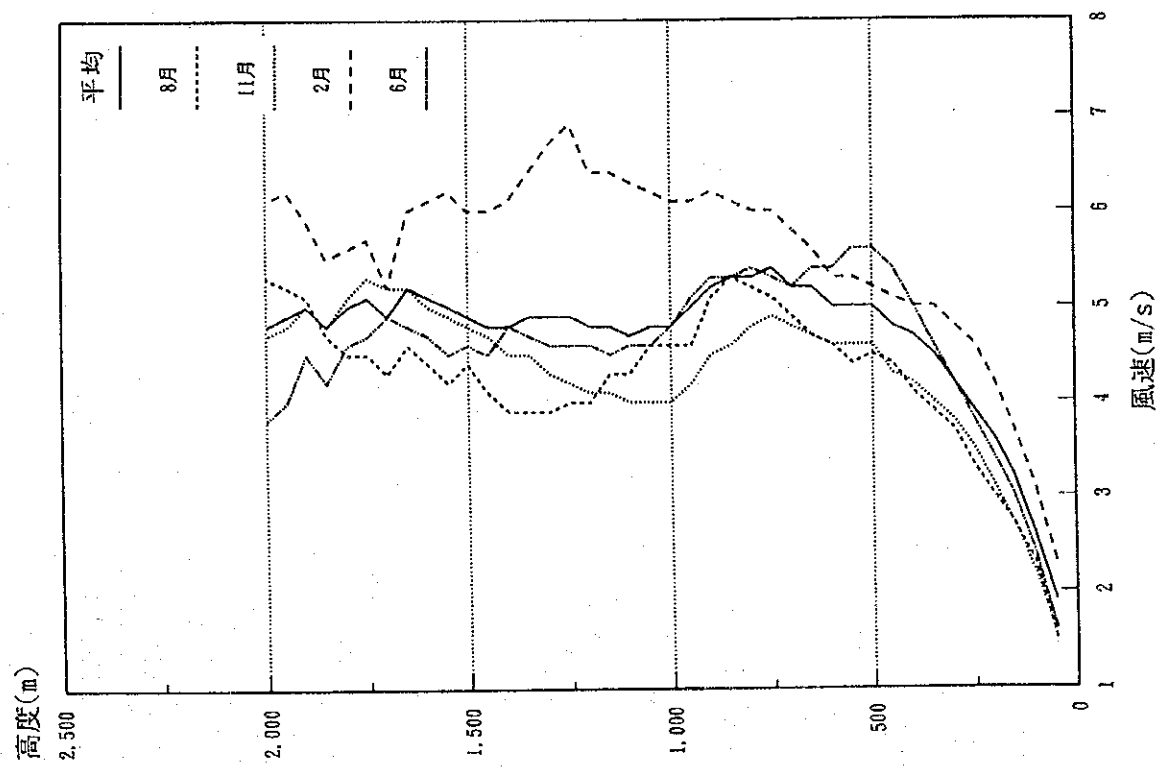


図2.3.3(1) 風速の鉛直変化(期別)

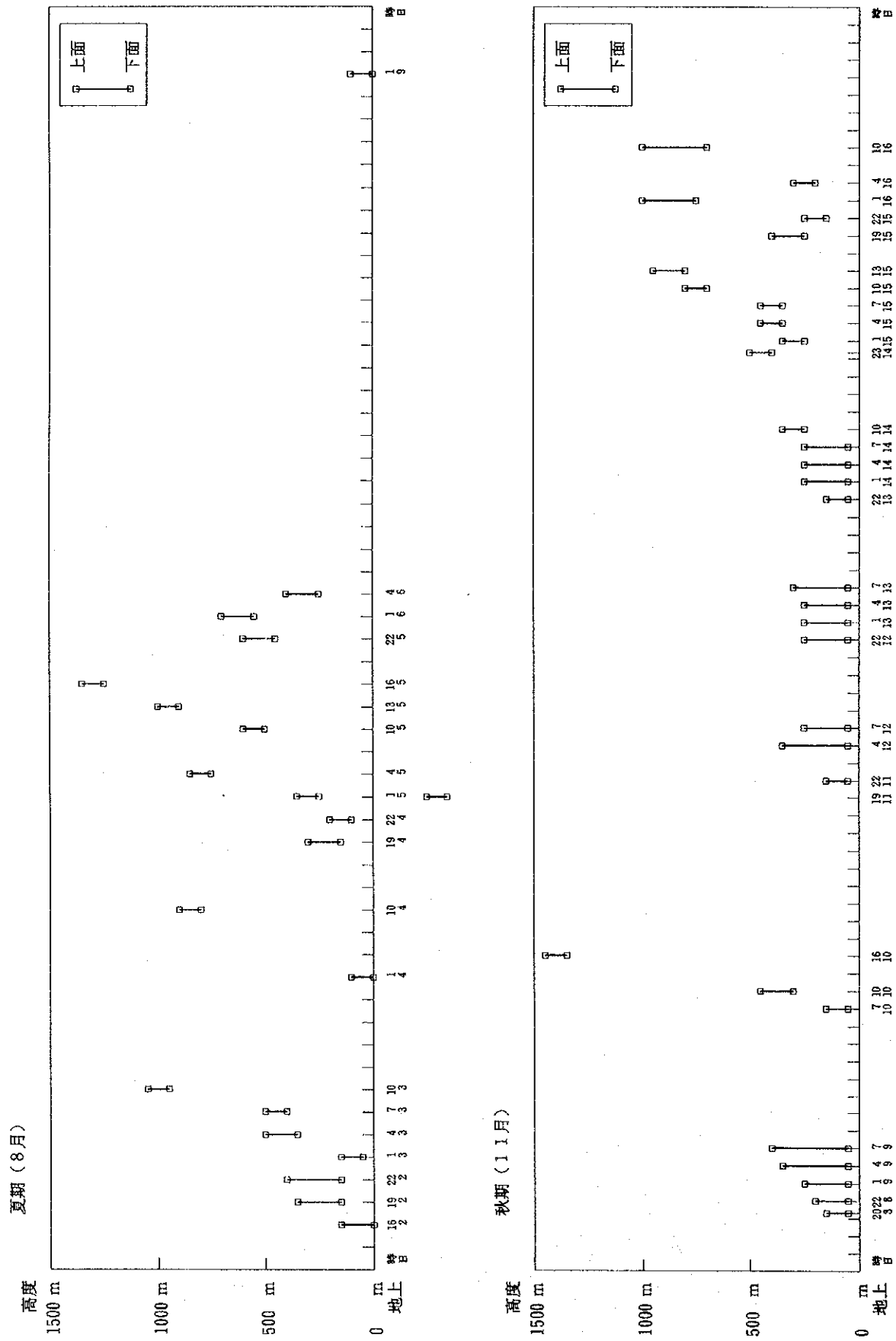


図2.3.4 逆転層高度の経時変化

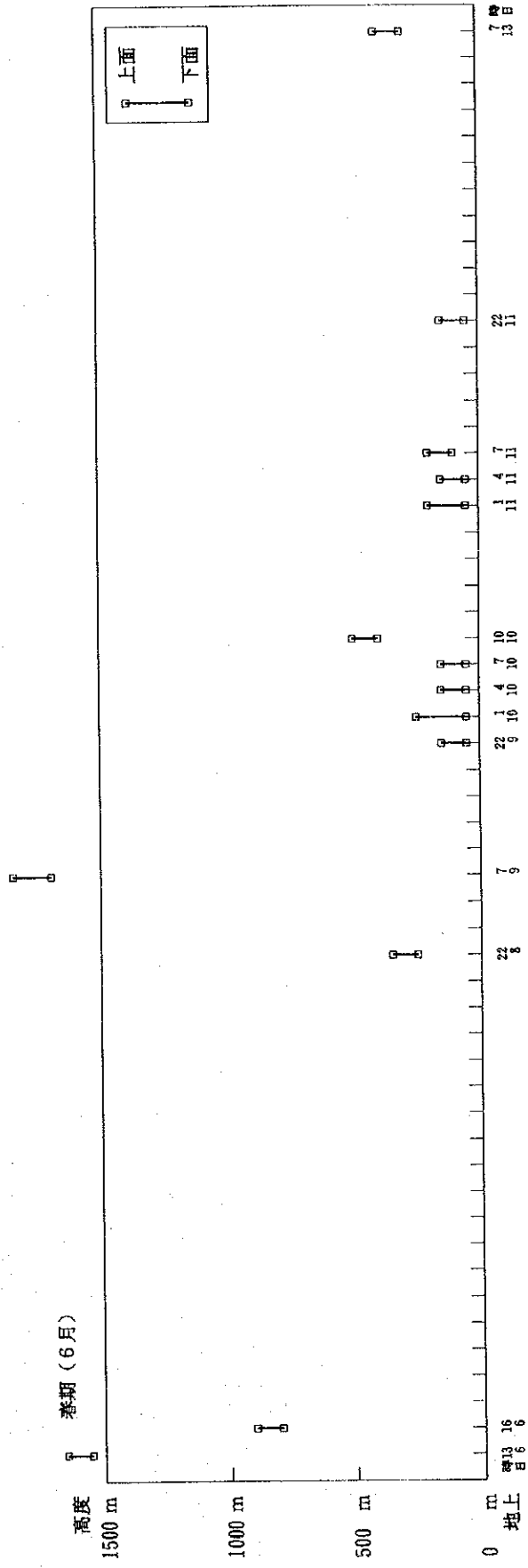
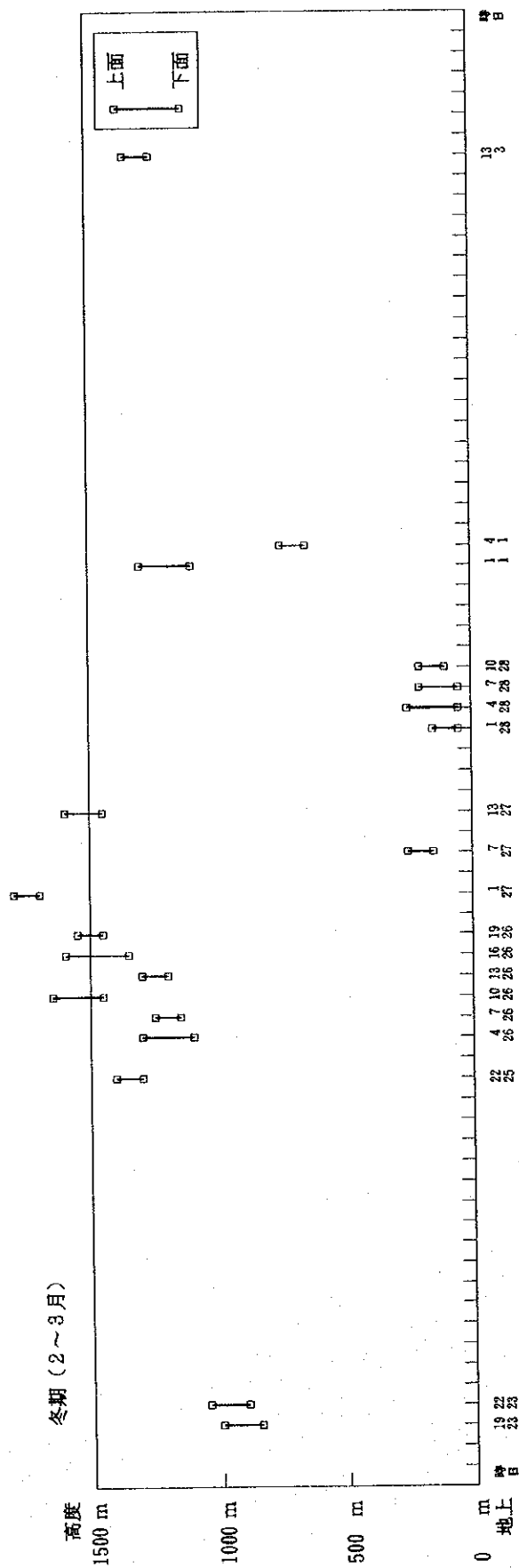


図2.3.4 逆転層高度の経時変化(続き)

(4) 逆転層の出現頻度

接地逆転層及び上層逆転層（基準高度を400mとした場合）の出現頻度を表2.3.4に示した。

接地逆転層の出現頻度は、秋期の夜間に最も多く5割近くにも達しており、次に多いのが春期で3割程度となっているが、冬期では1割未満とそれほど高くない。

接地逆転層を含めた下層逆転層の出現頻度は秋期の夜間で6割、次いで夏期で5割であった。

上層逆転層の出現頻度は、夏期の夜間に多く2～3割であった。

昼夜間の比較では、夜間の発生割合が3倍程度多い。

逆転層の出現頻度が最も高い時間区分は、秋期と夏期の夜間における高度400m以下の下層に見られ、その頻度は5～6割で、特に秋期の夜間に発生する接地逆転層の割合は5割であった。

表2.3.4(1) 逆転層の出現頻度(接地逆転層)

区 分		観測頻度	逆転なし	逆転あり
夏期	昼間	100% (29)	96.6% (28)	3.4% (1)
	夜間	100% (14)	78.6% (11)	21.4% (3)
	全日	100% (43)	90.7% (39)	9.3% (4)
秋期	昼間	100% (25)	100.0% (25)	0% (0)
	夜間	100% (34)	50.0% (17)	50.0% (17)
	全日	100% (59)	71.2% (42)	28.8% (17)
冬期	昼間	100% (40)	100.0% (40)	0% (0)
	夜間	100% (66)	95.5% (63)	4.5% (3)
	全日	100% (106)	97.2% (103)	2.8% (3)
春期	昼間	100% (33)	97.0% (32)	3.0% (1)
	夜間	100% (19)	68.4% (13)	31.6% (6)
	全日	100% (52)	86.5% (45)	13.5% (7)
全期	昼間	100% (127)	98.1% (125)	1.6% (2)
	夜間	100% (133)	78.2% (104)	21.8% (29)
	全日	100% (260)	88.1% (229)	12.0% (31)

- (注) 1. 括弧内は、サンプル数。
 2. 夏期(6～8月): 観測日 1994年 8月 2日～ 8月 9日 (昼:7時～19時)
 秋期(9～11月): 1994年11月 8日～11月16日 (昼:8時～17時)
 冬期(12～2月): 1995年 2月18日～ 3月 4日 (昼:8時～18時)
 春期(3～5月): 1995年 6月 6日～ 6月13日 (昼:6時～20時)
 3. 気温変化が 0.1°C/100m以上で、かつ逆転層の厚さが100m以上の場合を逆転層とした。但し、特異点は含まない。

表2.3.4(2) 逆転層の出現頻度(基準高度：400m)

区分	観測頻度	逆転なし	下層逆転	上層逆転	全層逆転	
夏期	昼間	100% (29)	82.8% (24)	10.3% (3)	6.9% (2)	0% (0)
	夜間	100% (14)	21.4% (3)	50.0% (7)	21.4% (3)	7.1% (1)
	全日	100% (43)	62.8% (27)	23.3% (10)	11.6% (5)	2.3% (1)
秋期	昼間	100% (25)	84.0% (21)	4.0% (1)	8.0% (2)	4.0% (1)
	夜間	100% (34)	26.5% (9)	61.8% (21)	5.9% (2)	5.9% (2)
	全日	100% (59)	50.8% (30)	37.3% (22)	6.8% (4)	5.1% (3)
冬期	昼間	100% (40)	95.0% (38)	2.5% (1)	2.5% (1)	0% (0)
	夜間	100% (66)	92.4% (61)	6.1% (4)	1.5% (1)	0% (0)
	全日	100% (106)	93.4% (99)	4.7% (5)	1.9% (2)	0% (0)
春期	昼間	100% (33)	87.9% (29)	9.1% (3)	3.0% (1)	0% (0)
	夜間	100% (19)	63.2% (12)	36.8% (7)	0% (0)	0% (0)
	全日	100% (52)	78.8% (41)	19.2% (10)	1.9% (1)	0% (0)
全期	昼間	100% (127)	88.2% (112)	6.3% (8)	4.7% (6)	0.8% (1)
	夜間	100% (133)	63.9% (85)	29.3% (39)	4.5% (6)	2.3% (3)
	全日	100% (260)	75.8% (197)	18.1% (47)	4.6% (12)	1.5% (4)

まとめ：

本調査及び従来の知見による柳州市気象条件の特徴は以下のとおりである。

- ①柳州市は、亜熱帯気候区に属し、年平均気温は20.8℃、年平均湿度は72%と高温多湿である。4月から8月までの雨期は温暖・湿潤の海洋性気団、9月から翌3月までの乾期は寒冷・乾燥の大陸性気団に支配される。
- ②周辺地形の影響により南北風が卓越するが、平均風速は2m/s程度と弱い。大気安定度の出現率は中立状態が最も多く、夜間の強安定及び昼間の不安定も一定の比率で出現している。
- ③秋期、及び夏期と冬期の夜間から早朝にかけて、放射冷却による接地逆転層が形成されることが多く、そのほとんどは翌日の午前中に崩壊する。

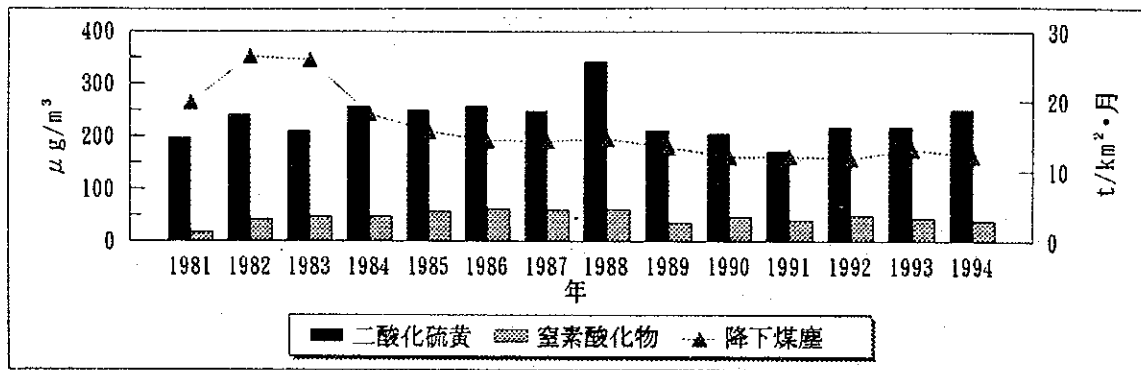
3. 大気質濃度

3.1 既存資料による現況

3.1.1 経年・季節変化

柳州市では、1981年より大気中の二酸化硫黄、窒素酸化物の経年変化を年4期、毎期5日、毎日4回の年80サンプル測定しており、その結果を図3.1.1に示す。それによると、二酸化硫黄は、1988年の $0.34\text{mg}/\text{m}^3$ を除けば $0.17\sim 0.26\text{mg}/\text{m}^3$ の範囲内で推移しているが、柳州市に適用されている国家2級基準（年平均値で $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ ）を大きく超過している。また窒素酸化物については、近年減少傾向にあり、年平均値を環境基準の日平均値の半分程度と仮定して現状に適用すると、辛うじて同2級基準をクリアしている。降下煤塵についてみると、1982年の $26.39\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{月}$ をピークに減少傾向にあり、近年では $12\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{月}$ 程度の値で推移している。

また「総報告」によると、二酸化硫黄の季節変化は、図3.1.2に示すとおり春期と冬期に濃度が高く、夏期に低く、秋期はその中間にある。



(注) 二酸化硫黄、窒素酸化物は左目盛り、降下煤塵は右目盛り。

図3.1.1 二酸化硫黄、窒素酸化物の経年変化

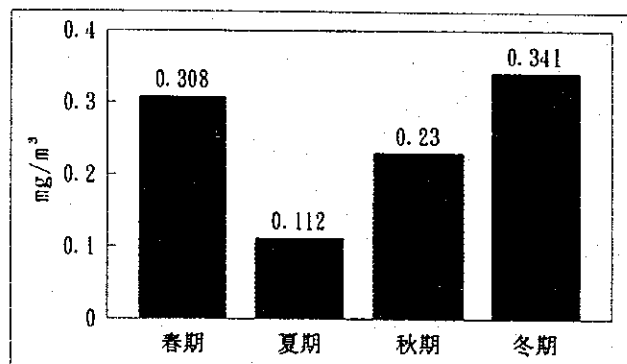


図3.1.2 二酸化硫黄の季節変化

3.1.2 地上分布

「総報告」に示される1989年の集中観測によると、二酸化硫黄 (SO_2) 及び総浮遊粒子状物質 (TSP) の濃度分布は図3.1.3に示すとおりで、両者の水平分布の特徴は基本的に一致しており、主な発生源が同じであることが示唆される。

高濃度の分布域は、北部に位置する柳州発電所を中心とする柳北工業区、南東の柳石路工業区及び両者の中間に当たる河北中心区の3つに認められ、その成因には周辺に大きな発生源が存在すること、南北風が卓越すること及び地形的な効果が指摘されている。

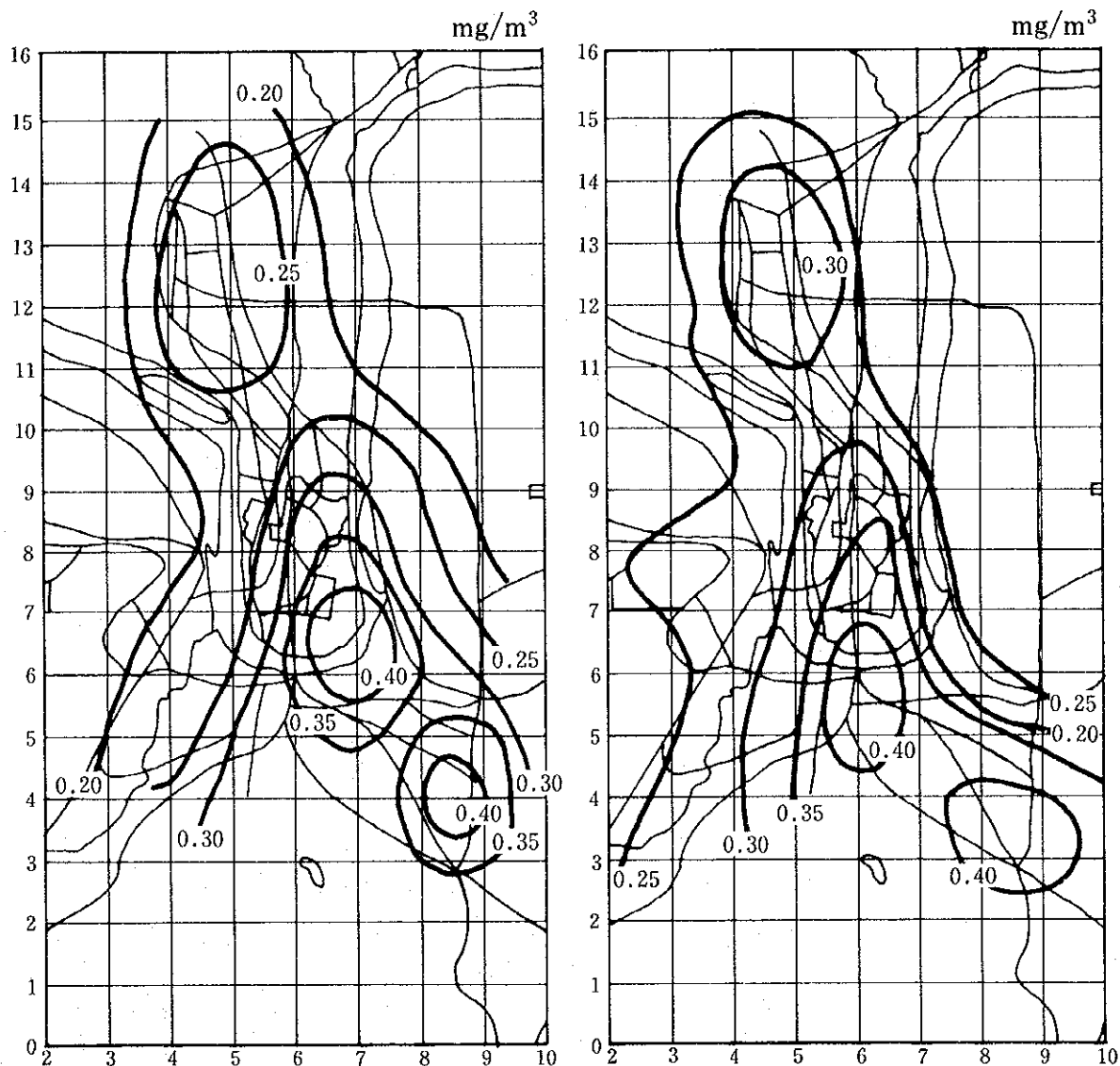


図3.1.3(1) 二酸化硫黄(SO_2)の地域濃度分布

図3.1.3(2) 総浮遊粒子状物質(TSP)の地域濃度分布

3.2 大気質濃度

3.2.1 測定概要

(1) 測定地点・項目

常時大気観測は、図3.2.1に示す市内10地点においてJICA提供の資機材を設置し、表3.2.1に示すSO₂、SPM、NO_x等延べ10項目について1994年8月より1年間測定を実施した。

表3.2.1 大気質の測定項目

測定局	設置高度 (m)	二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化窒素	二酸化窒素	一酸化炭素	オゾン	総炭化水素	非メタン	メタン	浮遊粒子状物質	項目計
		SO ₂	NO _x	NO	NO ₂	CO	O ₃	THC	NMHC	CH ₄	SPM	
①第九中学	12.5	○										1
②气象台	4.5 5.5	○	○	○	○						○	5
③環保局	11.0 12.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
④科技委	19.0	○										1
⑤東門幼稚園	7.0 8.0	○	○	○	○						○	5
⑥工人文化宮	4.5	○	○	○	○	○		○	○	○	○	9
⑦南疆賓館	16.5	○										1
⑧河西浄水場	2.0	○										1
⑨广西工学院	6.0	○										1
⑩第三職業高中	12.0 13.0	○	○	○	○		○				○	6
測定局計		10	5	5	5	2	2	2	2	2	5	40

(2) 測定方法

各測定地点における機器構成は表3.2.1に示したとおりであるが、測定項目ごとの測定方法は表3.2.2に示したとおりである。自動測器による測定結果は、「チャート記録紙」に出力されるのと同時にパソコンによる大気質及び気象データの一括収集が行われており、データロガーに10分毎の積算値、また柳州市環保局に設置されている中央局に無線テレメータシステムを通じ1時間平均値を転送し、保管されている。

表3.2.2 大気質の測定方法

測定項目	測定方式	局数	型式	製造会社
SO ₂	紫外線蛍光法方式による自動計測器	10	ML9850	Monitor Labs
NO _x	化学発光法方式による自動計測器	5	ML9841	Monitor Labs
CO	赤外線吸収法方式による自動計測器	2	ML9830	Monitor Labs
HC	F I D法方式による自動計測器	2	1030A	MSA/Baseline
SPM	β線吸収法方式による自動計測器	5	DUB32	電気化学計器株式会社
O ₃	紫外線吸収法方式による自動計測器	2	ML9810	Monitor Labs

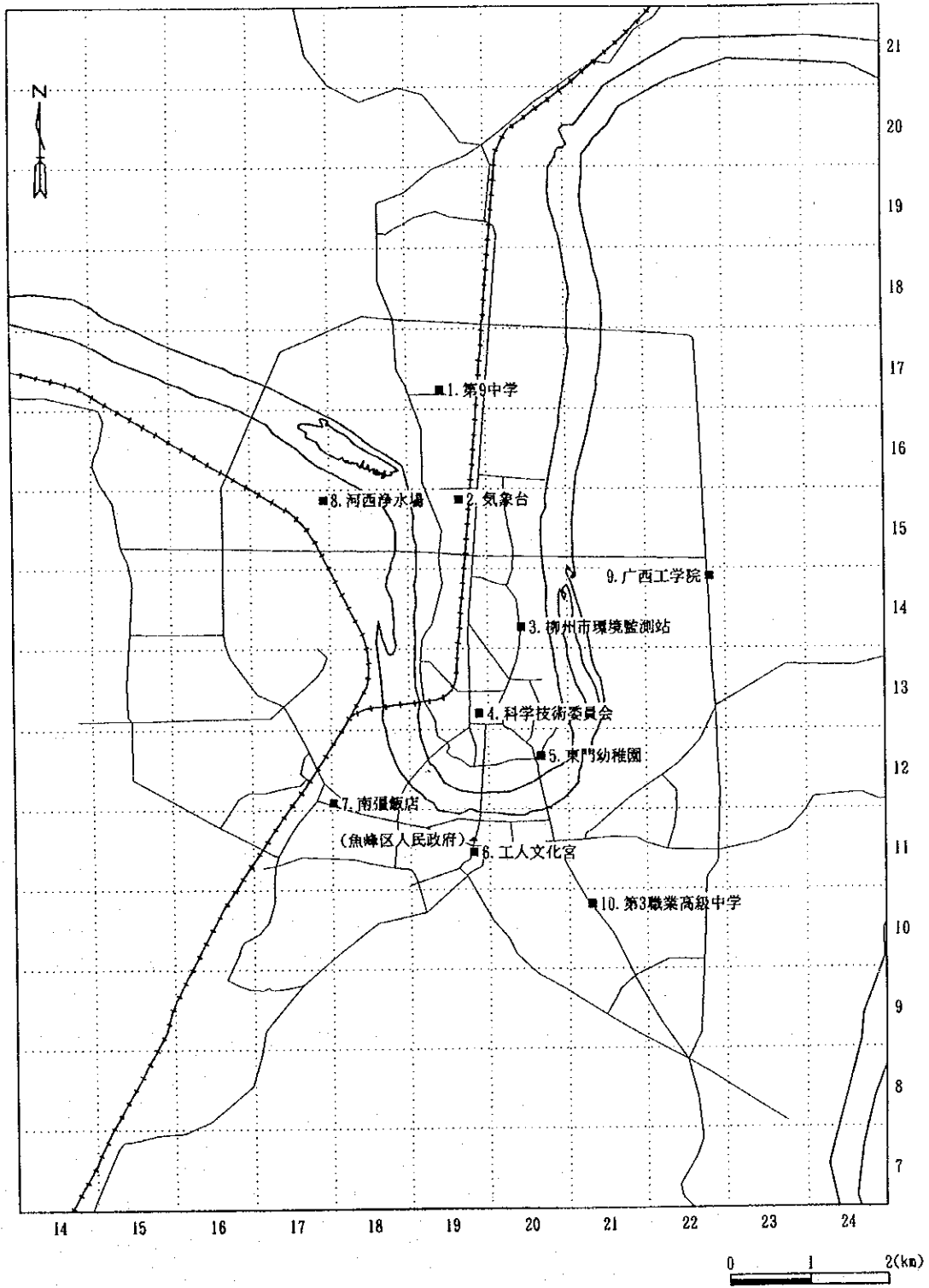


図3.2.1 環境大気の測定地点

3.2.2 測定結果

(1) データの品質管理

2.2.1節で述べた理由から、異常データについては以下の方法によりデータのスクリーニングを行った。

- ①測定レンジをオーバーしたデータを欠測値とした。
- ②停電または機器のメンテ時のデータを欠測値とした。
- ③停電またはメンテ前後の一部のデータについては、明らかに自動測定器の不安定によるものと思われるデータがみられたため、同一局における環境大気データ等の経時変化、または同時刻における他の測定局のデータ等を比較検討することにより処理した。

なお、一部の欠測値については「チャート記録紙」よりデータの補完を行った。「チャート記録紙」データから自動測定データへの変換に当たっては両者の相関関係（「資料集」参照）を確認した後に実施した。

図3.2.2に処理後の累積頻度分布（環保局）を示した。二酸化硫黄についてみると時間最高値が $2071 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、日平均値が $543 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また浮遊粒子状物質についてみると時間最高値が $732 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、日平均値が $364 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

従来調査結果では時間値についてはほぼ対数正規分布、また日平均値についてはむしろ正規分布やワイブル分布に近い分布型を示す例が多いとされているが、本調査の結果をみると、何れも対数正規分布に近いものであった。

(2) 環境濃度の解析

1) 環境基準の達成状況

柳州市は、現在国家大気2級基準適用都市として指定されており、環境基準に指定されている汚染物質は、総浮遊粒子状物質(TSP)、浮遊粒子状物質(SPM)、二酸化硫黄(SO_2)、窒素酸化物(NO_x)、一酸化炭素(CO)、光化学オキシダント(O_3)の6項目となっている。各汚染物質に対する評価時間スケールは、日平均値の年平均、日平均値、1時間値及び任意時1回値の4種類で区分されているが、このうち任意時1回値の評価については、現在柳州市を含め多くの都市で実施されている80回/年の採取・分析方法を想定されたものであるため、本調査のような連続の自動測定結果には適用しないこととした。

柳州市における国家大気2級基準の達成状況を表3.2.3、また環境大気の測定概況を表3.2.4に示した。

③ 環保局

▲ : 日平均值

□ : 1時間值

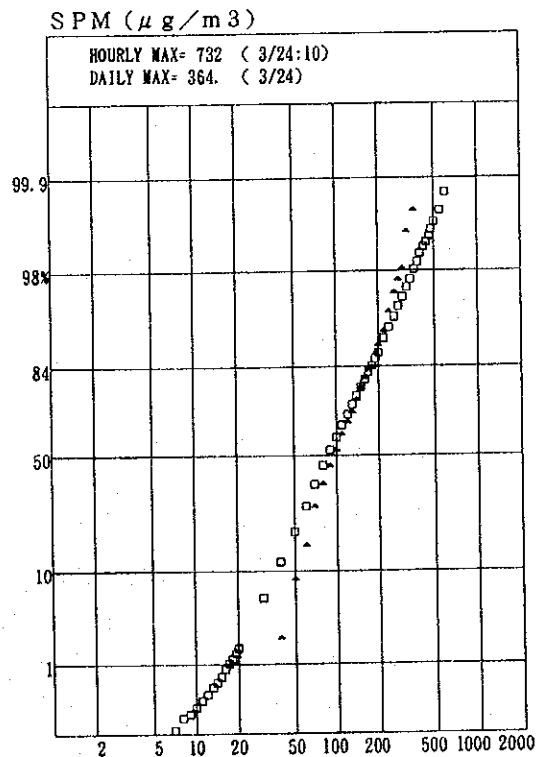
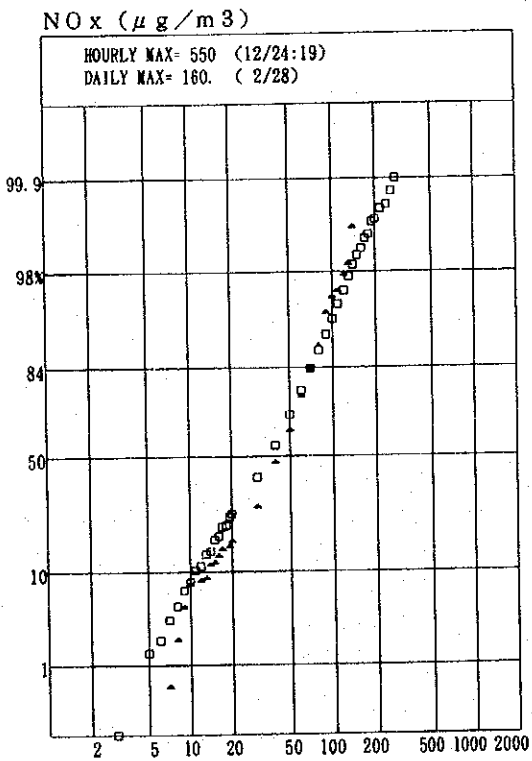
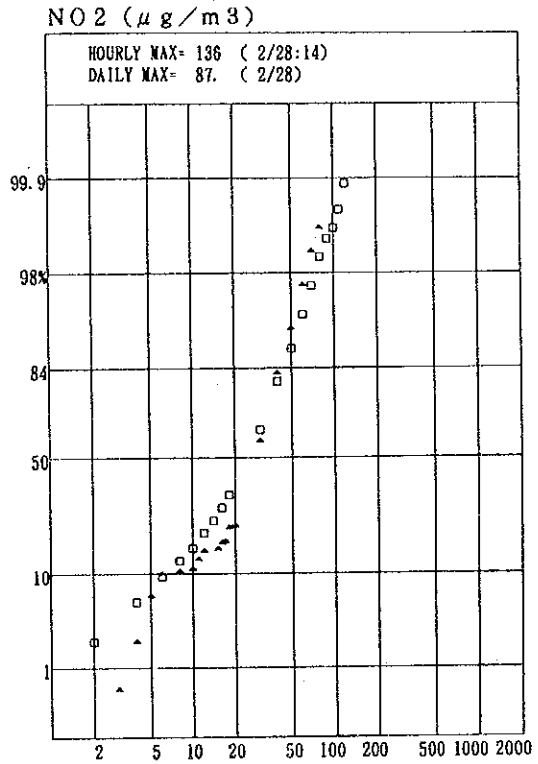
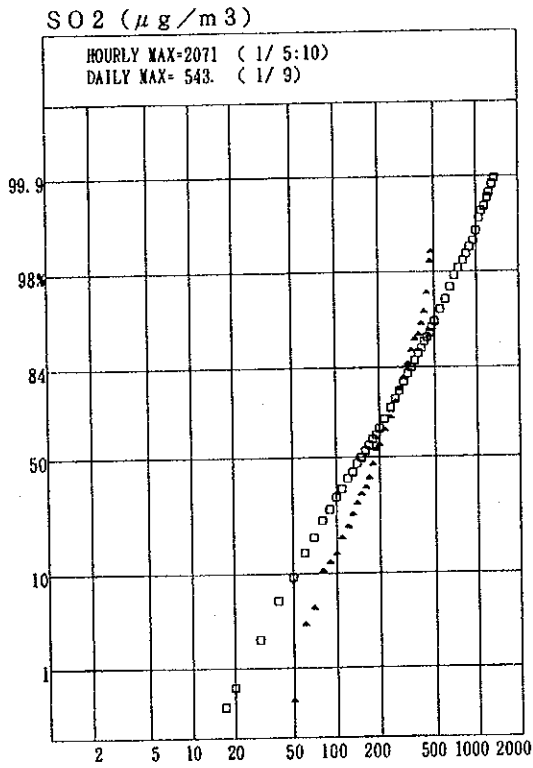


圖3.2.2 累積頻度分布(環保局)

① 二氧化硫黄(SO₂)

年平均値は、全10局において環境基準(60 μg/m³)が未達成である。

日平均値についてみると、環境基準の超過率は最も高い東門幼稚園では73.2%、最も低い广西工学院では23.6%となっている。

② 浮遊粒子状物質(SPM)

全5地点において日平均値の超過率が22~30%となっている。

③ 窒素酸化物(NO_x)

NO_xについては有効測定日数が少ないが、ほぼ環境基準を達成している。

④ 一酸化炭素(CO)

日平均値の超過率は、環保局では1.6%と少ないが、工人文化宮では15.4%と高い。

⑤ 光化学オキシダント(O₃)

環保局及び第三職業高中とも時間値の環境基準をほぼ達成している。

⑥ 総浮遊粒子状物質(TSP)

各測定局とも環境基準の超過率が3割以上となっている。

表3.2.3 環境基準の達成状況(超過率%)

項目	SO ₂ mg/m ³		SPM mg/m ³	NO _x mg/m ³	CO mg/m ³	O ₃ mg/m ³	TSP mg/m ³
	年平均値	日平均値	日平均値	日平均値	日平均値	時間値	日平均値
評価区分 基準濃度	0.06	0.15	0.15	0.10	4.00	0.16	0.30
① 第九中学	×	44.9%					
② 气象台	×	66.8%	25.2%	1.6%			62%
③ 環保局	×	64.9%	21.9%	6.3%	1.6%	0.0%	8%
④ 科技委	×	57.0%					
⑤ 東門幼稚園	×	73.2%	29.8%	9.6%			38%
⑥ 工人文化宮	×	69.3%	29.6%	-	15.4%		85%
⑦ 南疆賓館	×	54.8%					
⑧ 河西浄水場	×	29.2%					
⑨ 广西工学院	×	23.6%					
⑩ 第三職業高中	×	63.1%	27.3%	1.8%		1.5%	15%

- (注) 1. 二氧化硫黄(SO₂)、浮遊粒子状物質(SPM)、窒素酸化物(NO_x)及び一酸化炭素(CO)については任意一回値の評価基準が規定されているが、測定方法の違いにより本調査では評価しないこととした。
2. NO_xは有効測定時間数及び有効測定日数とも少なく、参考値として併記した。
3. 総浮遊粒子状物質(TSP)は、補足調査によるものである。

表3.2.4 環境大気の測定概況

	測定項目	年平均値	日平均値の 98%値	1時間値の 最高値	測定 時間数
①第九中学	SO ₂ (μg/m ³)	173	474	2317	7174
②気象台	SO ₂ (μg/m ³)	221	534	2748	7102
	NO _x (μg/m ³)	44	92	404	3097
	SPM(μg/m ³)	122	314	933	8224
③環保局	SO ₂ (μg/m ³)	205	450	2071	6611
	NO _x (μg/m ³)	44	117	550	4985
	SPM(μg/m ³)	112	292	732	7949
	CO (mg/m ³)	1.9	4.2	12.4	7829
	O ₃ (μg/m ³)	20	-	141	3900
	NMHC (mg/m ³)	0.46	-	1.96	1647
	CH ₄ (mg/m ³)	1.39	-	2.93	1648
THC(mg/m ³)	1.85	-	4.13	1640	
④科技委	SO ₂ (μg/m ³)	198	503	1727	6693
⑤東門幼稚園	SO ₂ (μg/m ³)	285	815	2485	6938
	NO _x (μg/m ³)	34	128	352	3376
	SPM(μg/m ³)	130	343	999	8395
⑥工人文化宮	SO ₂ (μg/m ³)	214	527	2359	6491
	NO _x (μg/m ³)	24	31	205	1878
	SPM(μg/m ³)	133	347	996	7446
	CO (mg/m ³)	3.1	6.3	12.4	6592
⑦南疆賓館	SO ₂ (μg/m ³)	194	768	1742	5247
⑧河西浄水場	SO ₂ (μg/m ³)	121	348	1476	6510
⑨广西工学院	SO ₂ (μg/m ³)	102	242	1438	5882
⑩第三職業高中	SO ₂ (μg/m ³)	223	628	2617	7398
	NO _x (μg/m ³)	33	90	431	2855
	SPM(μg/m ³)	125	342	956	8119
	O ₃ (μg/m ³)	42	-	165	4561

(注)1. 集計期間は1994年8月より1995年7月までの1年間である。

2. 一部の測定項目では1994年6月の大洪水による電源事情等の悪化のため、測定時間数が年平均値の算出目安である6000時間/年を下回るものがあることから、極端にデータ数が少ない項目は評価の際に注意が必要である。

2)年間測定結果

各測定局における1994年8月から1995年7月までの1年間の測定結果は「資料集」にまとめて示した。その概要は次のとおりである。

①二酸化硫黄(SO₂)

年平均値は、10局平均で194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高の東門幼稚園では285 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低の广西工学院では102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。

日平均値の年間98%値は、242 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (广西工学院)から815 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (東門幼稚園)であった。

時間値の最高値は、1438 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (广西工学院)から2748 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (气象台)であった。

②浮遊粒子状物質(SPM)

年平均値は、5局平均で124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高の工人文化宮では133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低の環保局では112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。

日平均値の年間98%値は、292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (環保局)から347 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (工人文化宮)であった。

時間値の最高値は、732 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (環保局)から999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (東門幼稚園)であった。

③窒素酸化物(NO_x)

年平均値は、5局平均で36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高の气象台と環保局では44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低の工人文化宮では24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。

日平均値の年間98%値は、31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (工人文化宮)から128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (東門幼稚園)であった。

時間値の最高値は、205 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (工人文化宮)から555 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (環保局)であった。

④一酸化炭素(CO)

年平均値は、環保局では1.9 mg/m^3 、工人文化宮では3.1 mg/m^3 であった。

日平均値の年間98%値は、環保局で4.2 mg/m^3 、工人文化宮で6.3 mg/m^3 であった。

時間値の年間最高値は、環保局、工人文化宮とも12.4 mg/m^3 であった。

⑤光化学オキシダント(O₃)

年平均値(昼間)は、環保局で20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、第三職業高中で42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

時間値の年間最高値は、環保局で141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、第三職業高中で165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

⑥メタン(CH₄)、非メタン炭化水素(NMHC)及び全炭化水素(THC)

環保局におけるメタン、非メタン炭化水素及び全炭化水素の年平均値は、それぞれ1.39 mg/m^3 、0.46 mg/m^3 、1.85 mg/m^3 であった。

時間値の年間最高値は、それぞれ2.93 mg/m^3 、1.96 mg/m^3 、4.13 mg/m^3 であった。

3)月別・時刻別・曜日別変化

月別・時刻別の平均濃度の変化パターンは、図3.2.3に示すとおりである。

①二酸化硫黄(SO₂)

月別には地点間のバラツキがある。これは後述するように柳州市の高濃度は主に静穏時に発生するため、年間を通じて高濃度の発生が出現しているためと推測される。地点別にみると、市中央部から比較的離れている河西浄水場及び广西工学院がやや低い。

曜日別には、各測定局とも明確な差異はほとんどみられない。

時刻別では、朝方と夜間に高い2山型のパターンが多く、朝方のピークは6時頃から急激に上がり、10時頃に最大となってから午後3時頃までに急激に減少する特徴がみられた。これは、「生産活動」や「生活活動」等に伴う燃料使用の変化パターンを反映した発生源の時間的な変化に加えて、接地逆転層の発達、崩壊に伴う大気の上下混合による気象的な要因が加味されるものと推測される。

②浮遊粒子状物質(SPM)

月別には、7月に低く11月に高い傾向を示す測定局が多い。秋期から冬期にかけて濃度が高いパターンは、逆転層の発達など気象条件に伴う季節的な大気汚染の状況を示すものと考えられる。

時刻別には、SO₂と同様朝方と夜間の2山型のパターンが認められた。また夜間のピークがSO₂に比べて高いことから、一次粒子の影響に加えてガスから生成する2次粒子の影響が加味される可能性があると思われる。

③窒素酸化物(NO_x)

SO₂と同じ2山型の時刻変化パターンが多い。二酸化硫黄、浮遊粒子状物質及び窒素酸化物の時刻別変化パターンから、柳州市における大気汚染の構造には低煙源からの寄与が大きいものと考えられる。

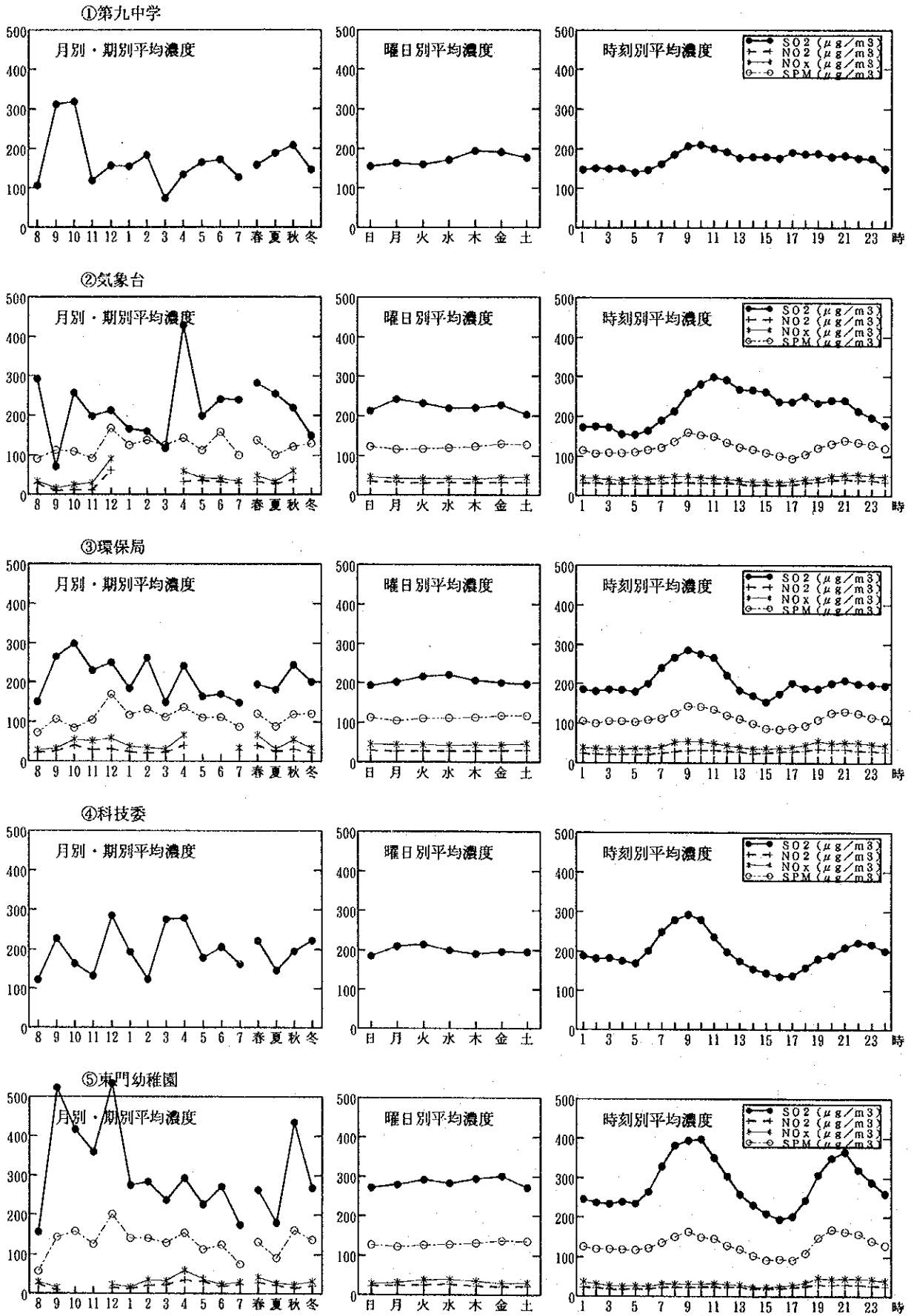


図3.2.3 時間区分別環境濃度の変化

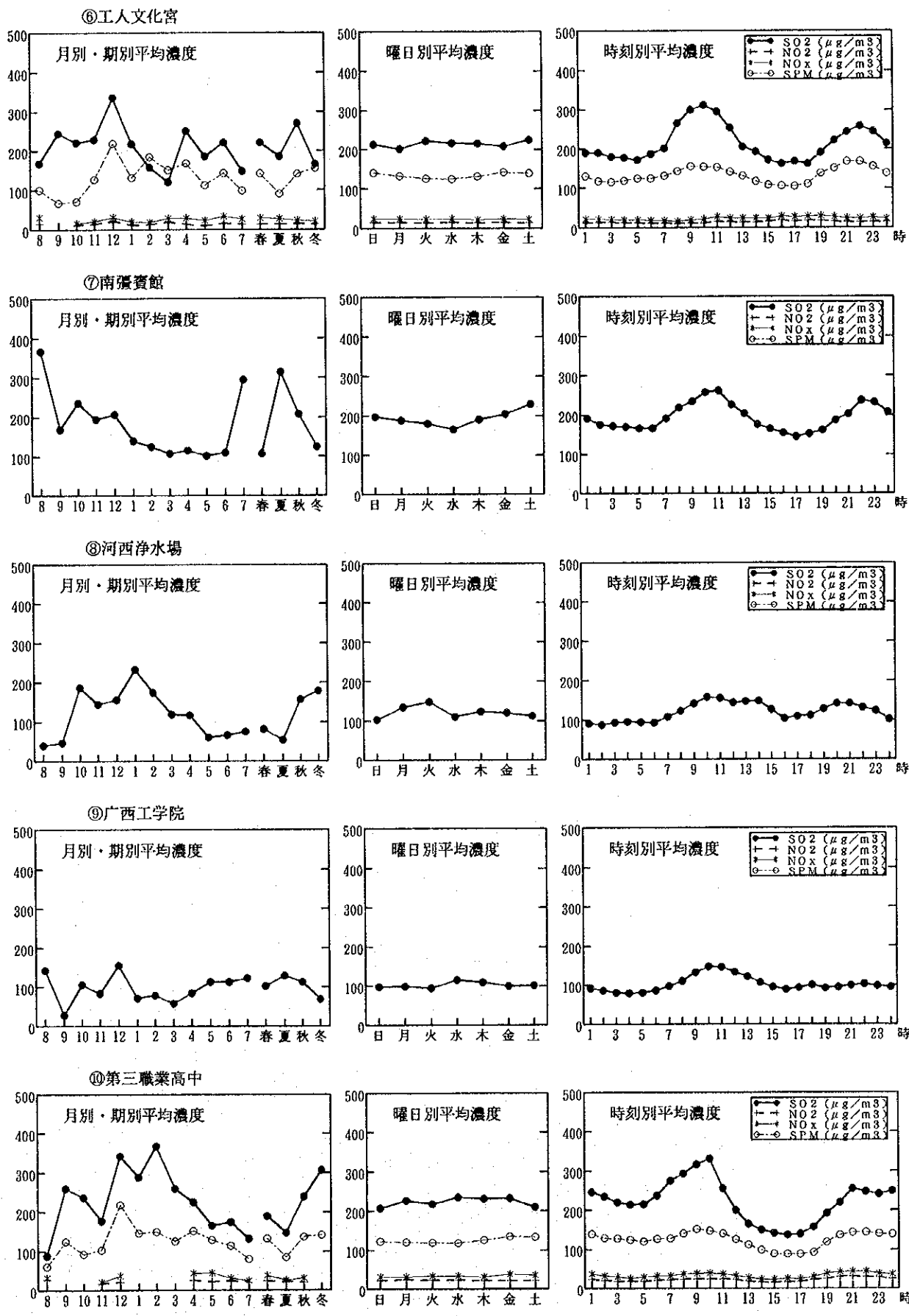


図3.2.3 時間区別環境濃度の変化(続き)

4)測定局間の相関関係

表3.2.5にSO₂及びSPMの測定局間の相関関係を示す。

SO₂については市中心部に位置する環保局、科技委、東門幼稚園及び工人文化宮等の間に相関が比較的に高い。

SPMについては全5局の間に0.6~0.8とSO₂に比べ相関が高く、当該地域で広域的に認められる変動パターンとして土壌起源や道路の巻き上げ粉塵等の寄与があるものと考えられる。

表3.2.5 測定局間の相関係数

測定地点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
①第九中学										
②气象台	0.360		0.756		0.700	0.602				0.646
③環保局	0.335	0.263			0.814	0.731				0.766
④科技委	0.239	0.287	0.577							
⑤東門幼稚園	0.314	0.239	0.581	0.649		0.687				0.794
⑥工人文化宮	0.295	0.296	0.495	0.576	0.566					0.741
⑦南疆賓館	0.093	0.147	0.192	0.197	0.195	0.223				
⑧河西浄水場	0.223	0.205	0.239	0.318	0.272	0.260	0.143			
⑨广西工学院	0.453	0.342	0.350	0.267	0.374	0.403	0.248	0.170		
⑩第三職業高中	0.176	0.130	0.450	0.482	0.495	0.394	0.130	0.211	0.177	

(注) 左下は二酸化硫黄(SO₂)、右上は浮遊粒子状物質(SPM)の相関係数を示す。

5)測定項目間の相関関係

表3.2.6に環保局における環境大気及び気象関連の測定項目間の相関関係を示す。

項目別に見ると、SO₂、SPM及びNO_xの間に比較的高い相関がみられたが、これらの項目とO₃及び風速の間には負の相関関係が認められた。

表3.2.6 測定項目間の相関係数(環保局)

測定項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
①SO ₂								
②SPM	0.624							
③NO _x	0.444	0.625						
④NO ₂	0.422	0.531	0.860					
⑤NO	0.362	0.569	0.902	0.555				
⑥CO	0.444	0.682	0.630	0.511	0.600			
⑦O ₃	-0.071	-0.082	-0.051	-0.012	-0.093	-0.184		
⑧風速	-0.249	-0.405	-0.319	-0.289	-0.276	-0.336	0.045	

(3) 気象条件と環境濃度の関係

気象区分別平均濃度の変化パターンは、図3.2.4に示すとおりである。

1) 風向・風速別平均濃度

① 二酸化硫黄

風向別にみると、平均風速の小さく、出現頻度も少ない東西風向時に高くなることがみられるが、これは逆にみると卓越する南北風が止むときの弱風時に高濃度が出現することを意味する。

風速別には、カーム時の濃度が最も高く、風速の強さに反比例して濃度が低下する測定局がほとんどである。しかし、第九中学校、气象台、河西浄水場及び工人文化宮のように風速が大きい時濃度が高くなるケースもみられた。

② 浮遊粒子状物質

風向別、風速別ともSO₂に近い変化パターンが認められる。

③ 窒素酸化物

風向別、風速別ともSO₂に近い変化パターンが認められる。

2) 大気安定度別平均濃度

① 二酸化硫黄

全体的には、A～Bの昼間の「不安定」時と、F、Gの夜間の「強安定」時及びCD、Dの昼間の「中立」時に高い濃度が現れている。

② 浮遊粒子状物質

二酸化硫黄と同様な傾向が認められる。

③ 窒素酸化物

二酸化硫黄と同様な傾向が認められる。

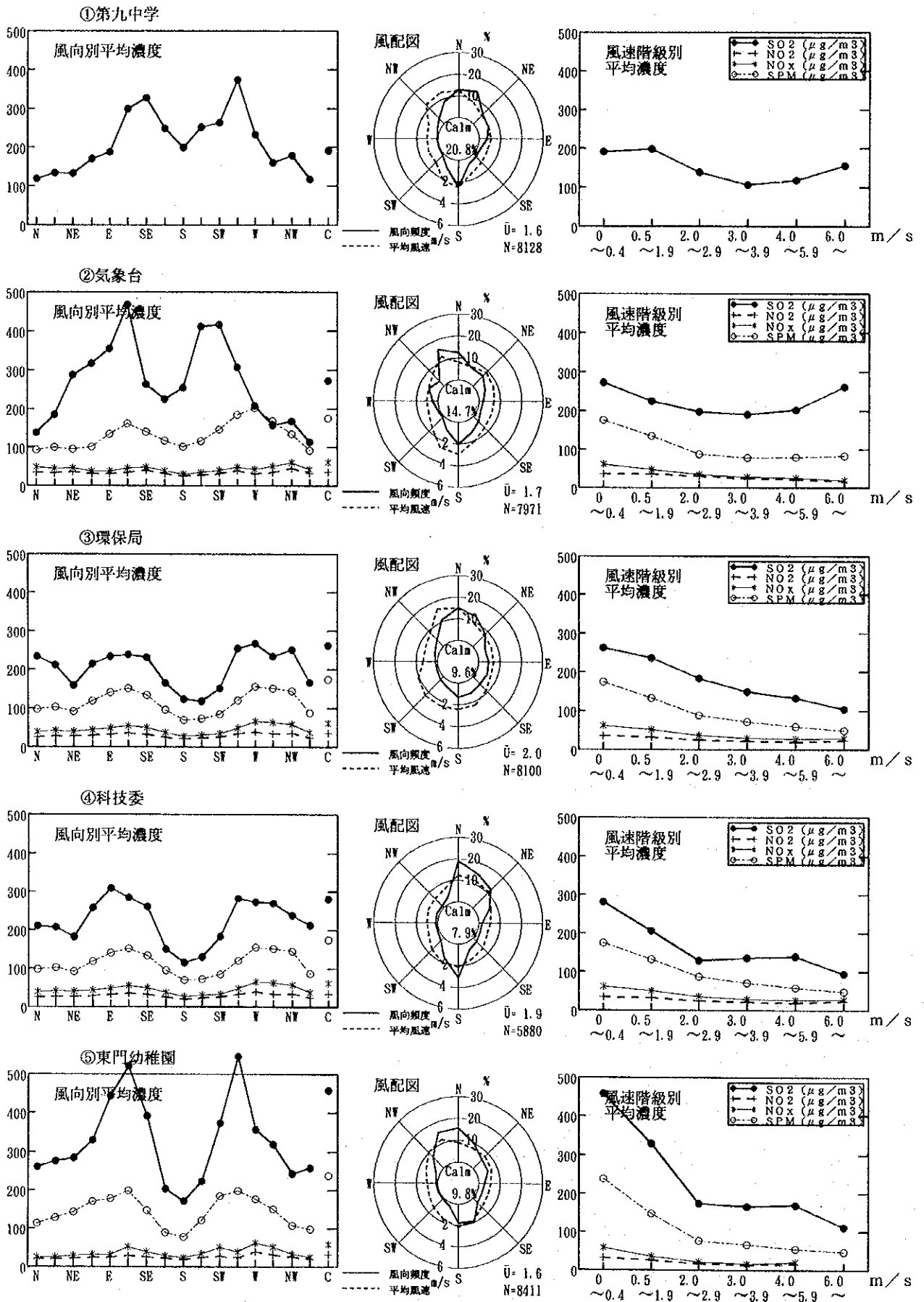


図3.2.4 気象区別環境濃度の変化

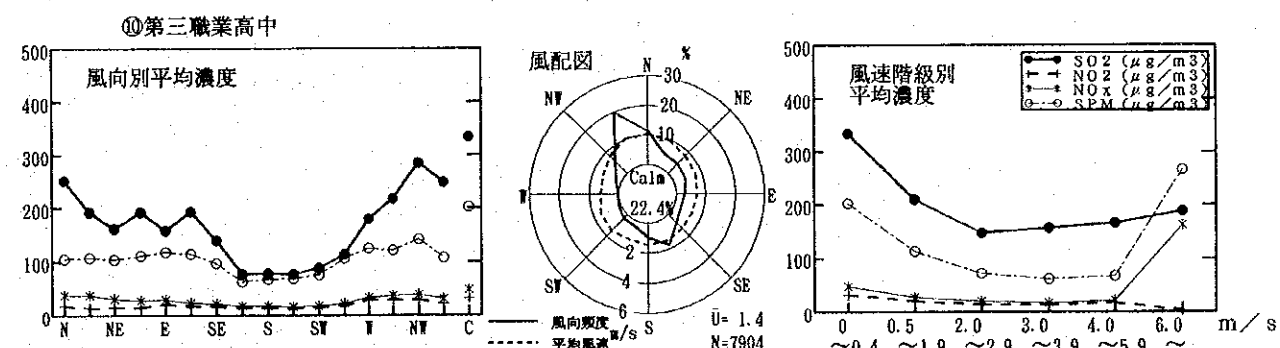
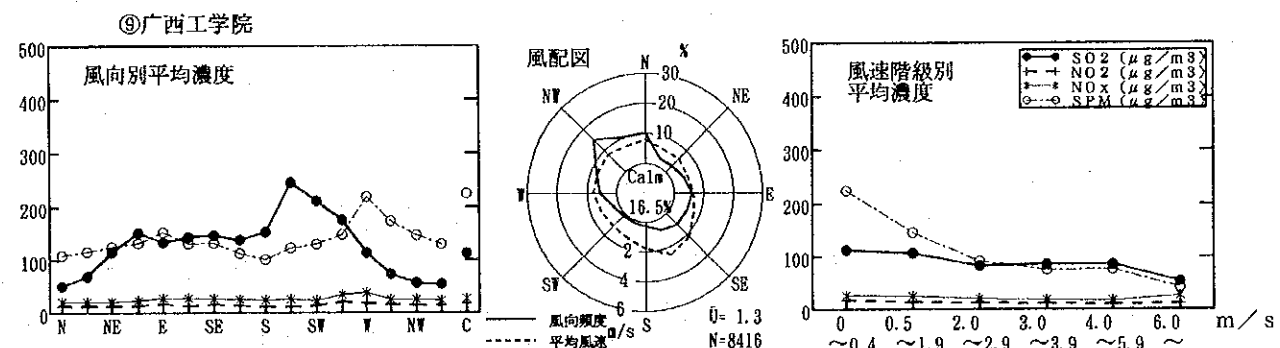
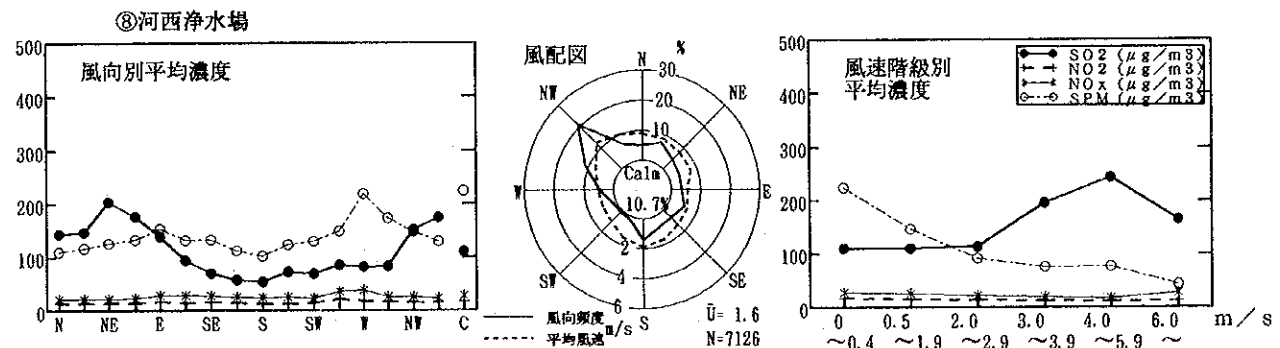
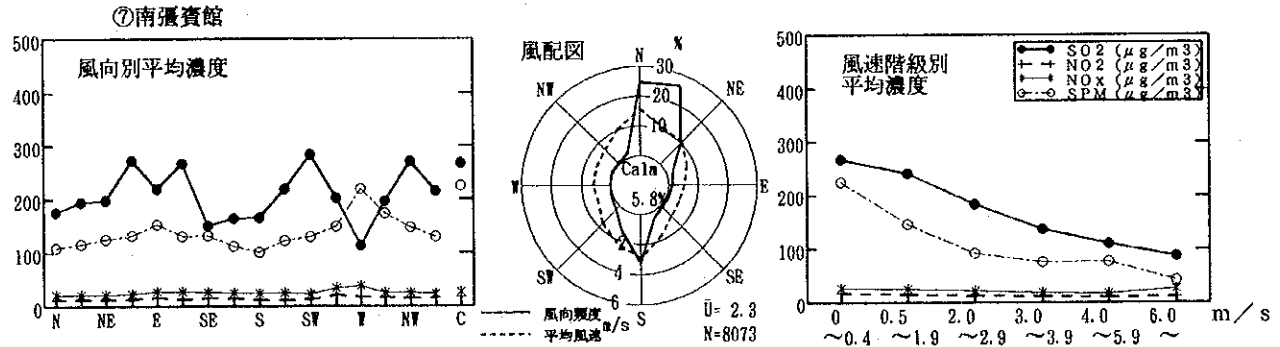
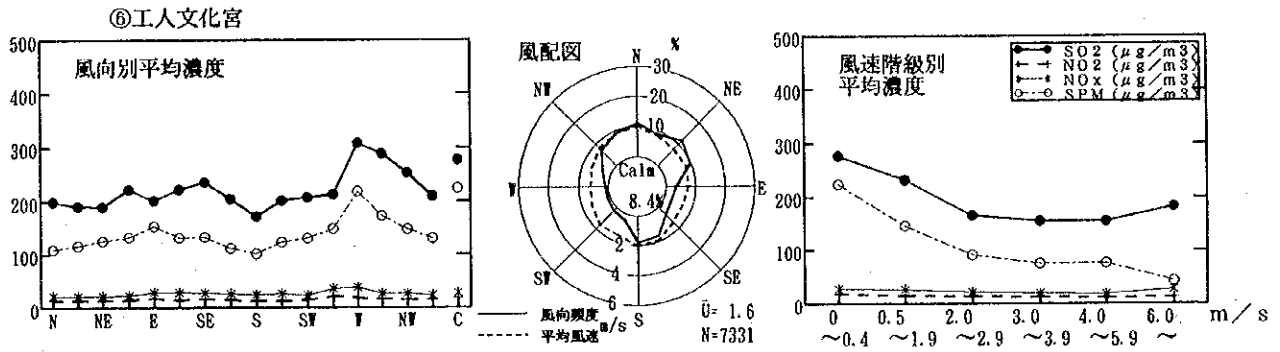


図3.2.4 気象区別環境濃度の変化(続き)

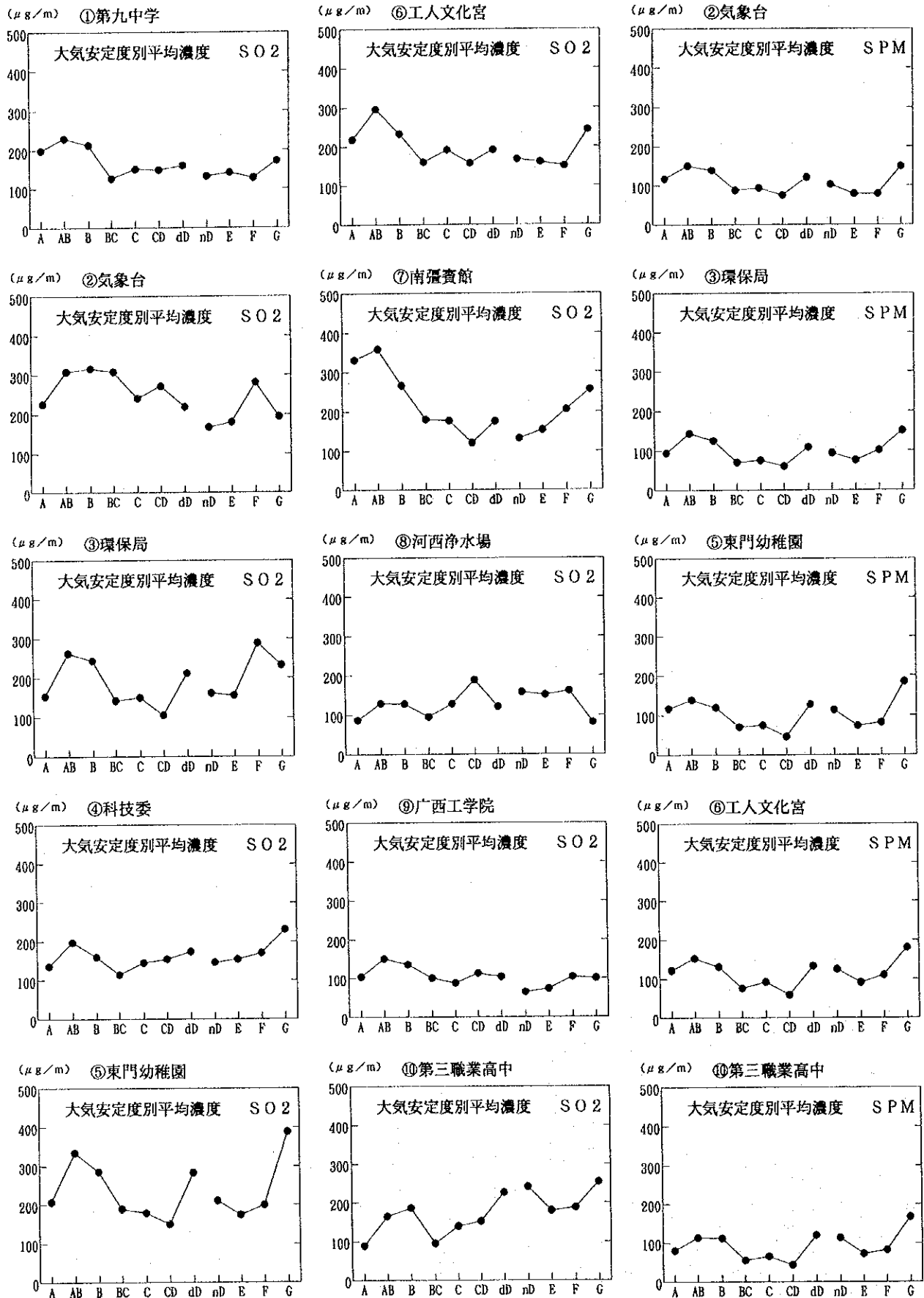


図3.2.4 気象区分別環境濃度の変化(続き)

(4) 高濃度条件の解析

二酸化硫黄(SO₂)及び浮遊粒子状物質(SPM)については、1時間値の年間98%値以上のもの(年間を通じて1時間値の各データを低いものから高いものへ並べた場合、低いほうから98%に相当するもの及びこれより高いものをいう。)を高濃度と定義し、各測定局におけるその出現頻度を調べた。高濃度となる閾値については、測定局毎にそれぞれ異なり、SO₂について見ると最高の東門幼稚園では1187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低の广西工学院では363 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、またSPMでは最高の東門幼稚園で471 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低の環保局で360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。

1) 月別・時刻・曜日別の高濃度出現頻度

測定局別の月別・時刻別高濃度の出現頻度は、図3.2.5に示すとおりである。

SO₂は、各月とも高濃度の出現がみられるが、このうち特に秋期と冬期に出現頻度が高い。時刻別には昼間の9時から12時までに集中しているが、一部の地点では夜間にも出現している。前述の上層気象の観測結果により秋期と冬期では夜間の放射冷却による逆転層の出現頻度が多いことから、昼間の逆転層の崩壊時間帯に乱流型の高濃度汚染が発生しているものと思われる。

SPMは、期別には秋期と冬期に、時刻別には昼間と夜間の2山型の高濃度の出現傾向がみられるが、SO₂に比べその傾向がより明りょうである。

2) 風向・風速・大気安定度別の高濃度出現頻度

風向・風速・大気安定度別の高濃度出現頻度は、図3.2.6に示すとおりである。

SO₂は、風速が2 m/s以下の弱風時、大気安定度区分がA～Bの不安定時に高濃度の出現頻度が高い。風向別にみると第九中学と广西工学院は南風時、气象台は東風時、環保局と河西浄水場は北東風時、第三職業高中は北西及び南西時等、何れも測定局の風上方向に大きな発生源があり、その影響によるものと思われる。

SPMは、SO₂とほぼ同様な傾向を示し、風向については特定の発生源が存在する風向に高い出現頻度が認められた。

3) 高濃度出現時のケーススタディ

SO₂高濃度の出現状況については、さらに広域長期間(環保局が98%値高濃度の時刻に着目し他の測定局で少なくとも5局以上が同じく98%値高濃度となる時間帯が2日以上持続した場合)を抽出して解析した。抽出された3ケースは、次のとおりで、このうち1994年秋期(11月)の環境大気の様子は図3.2.7に示すとおりである。

- ①1994年11月11日10時～14日12時
- ②1995年1月4日20時～10日13時
- ③1995年3月18日18時～24日24時

3ケースの共通的特徴は、SO₂が500～1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、SPMが1000～1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にも達している。出現期間は、北風が卓越する乾期(9月～3月)で、出現前後は卓越する北風が2 m/s以上吹いているが、期間中は風向が不定で風速が1 m/s以下の静穏時に近い状態がかつ晴天日であった。期間中の高濃度は、日出から正午までの間に濃度が急激に上昇し、正午から午後の間は一時的に低下するが、午後の遅い時間帯から再び上昇する経時変化が認められた。

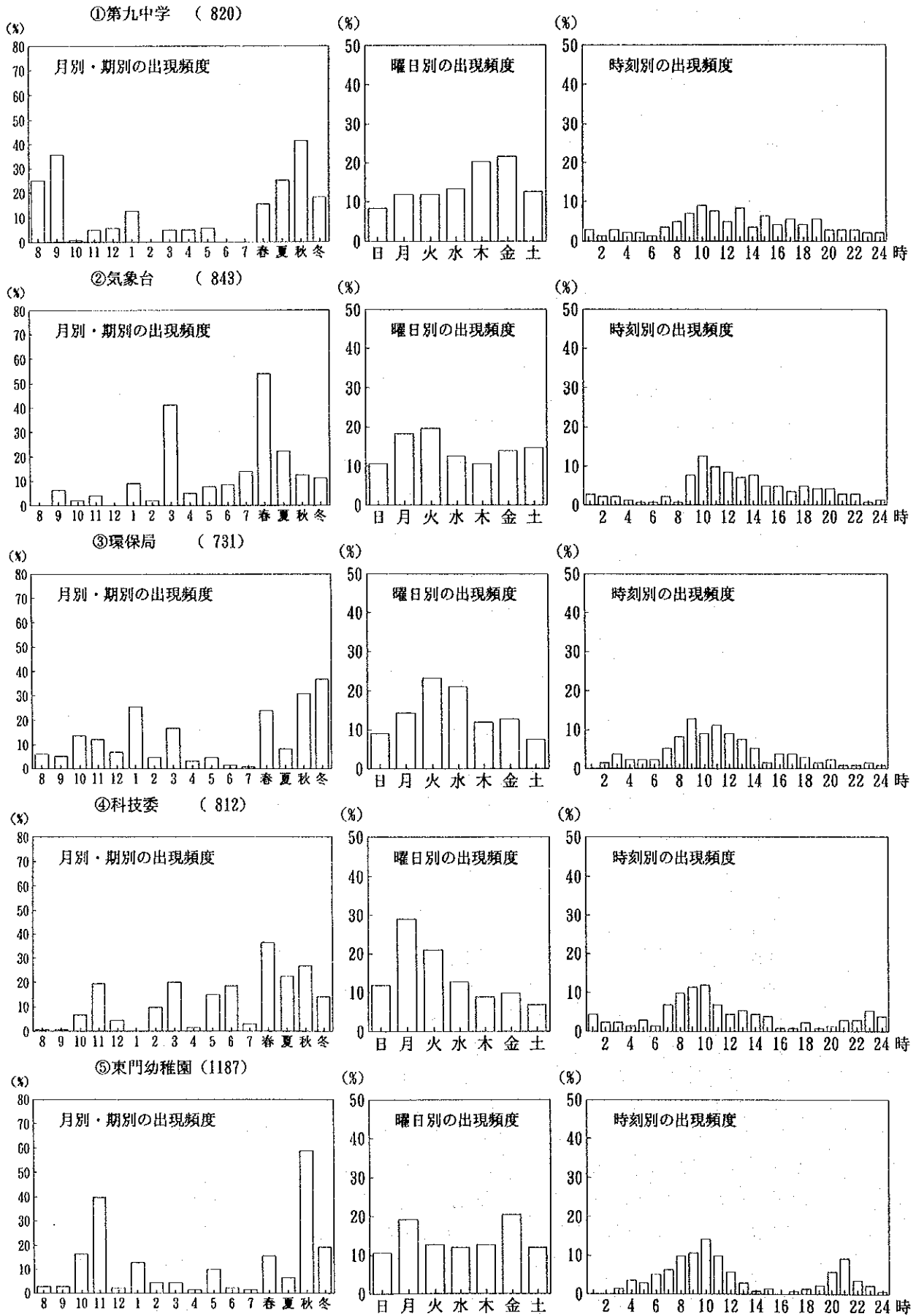


図3.2.5(1) 時間区分別年間98%値高濃度の出現状況(SO₂)

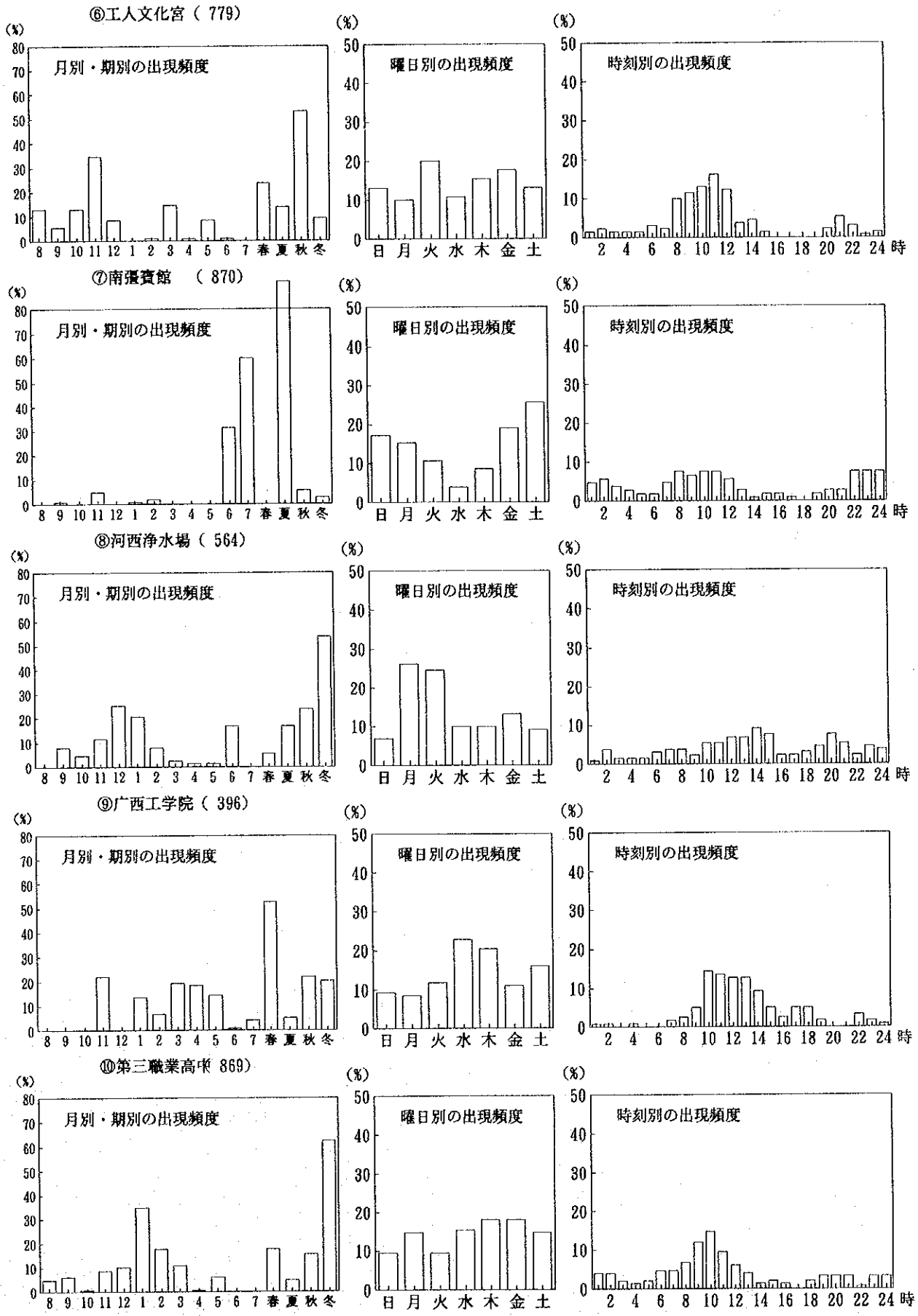


図3.2.5(1) 時間区分別年間98%値高濃度の出現状況(SO₂、続き)

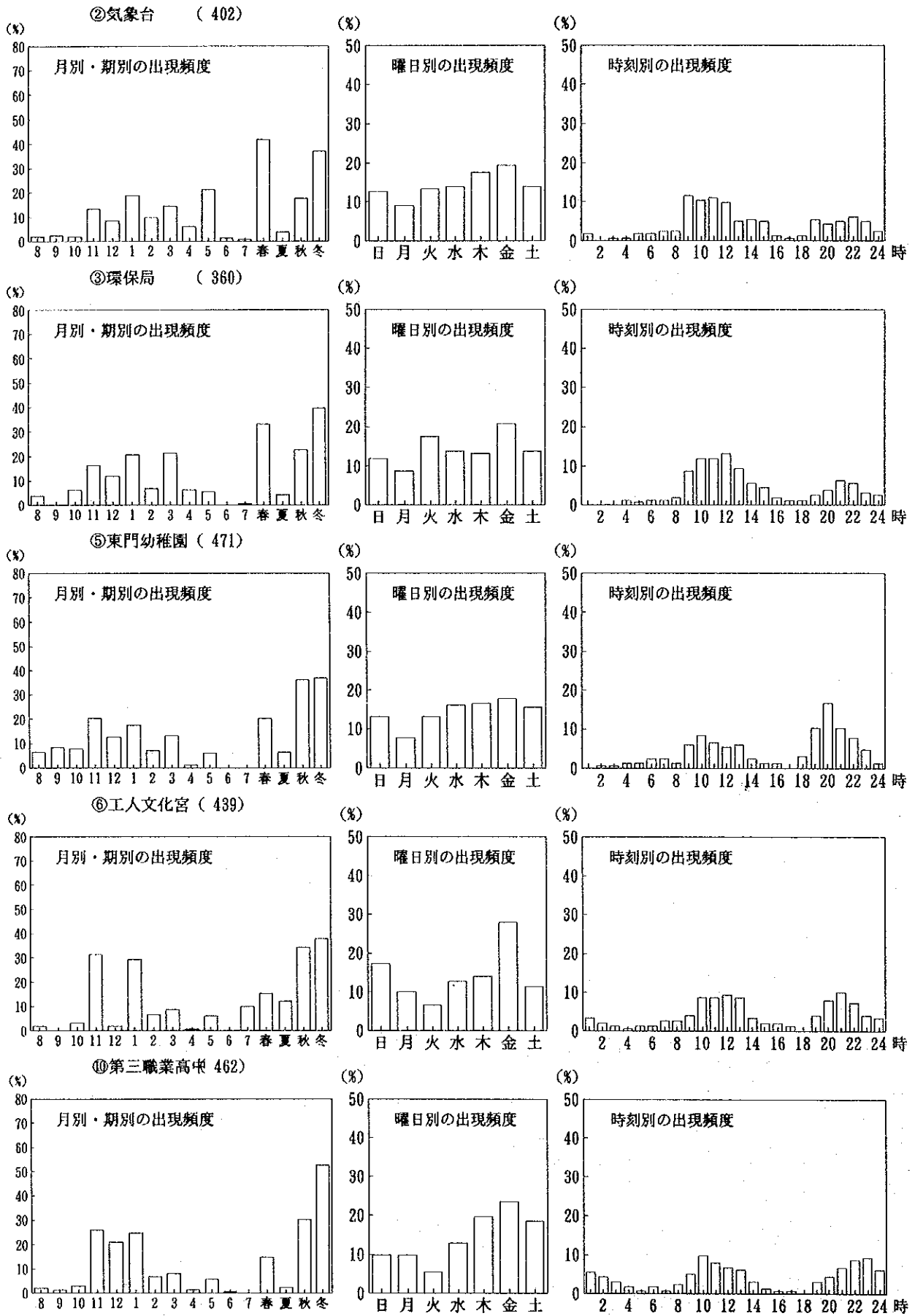


図3.2.5(2) 時間区別年間98%値高濃度の出現状況(SPM)

□ 通年
 ■ 高濃度時

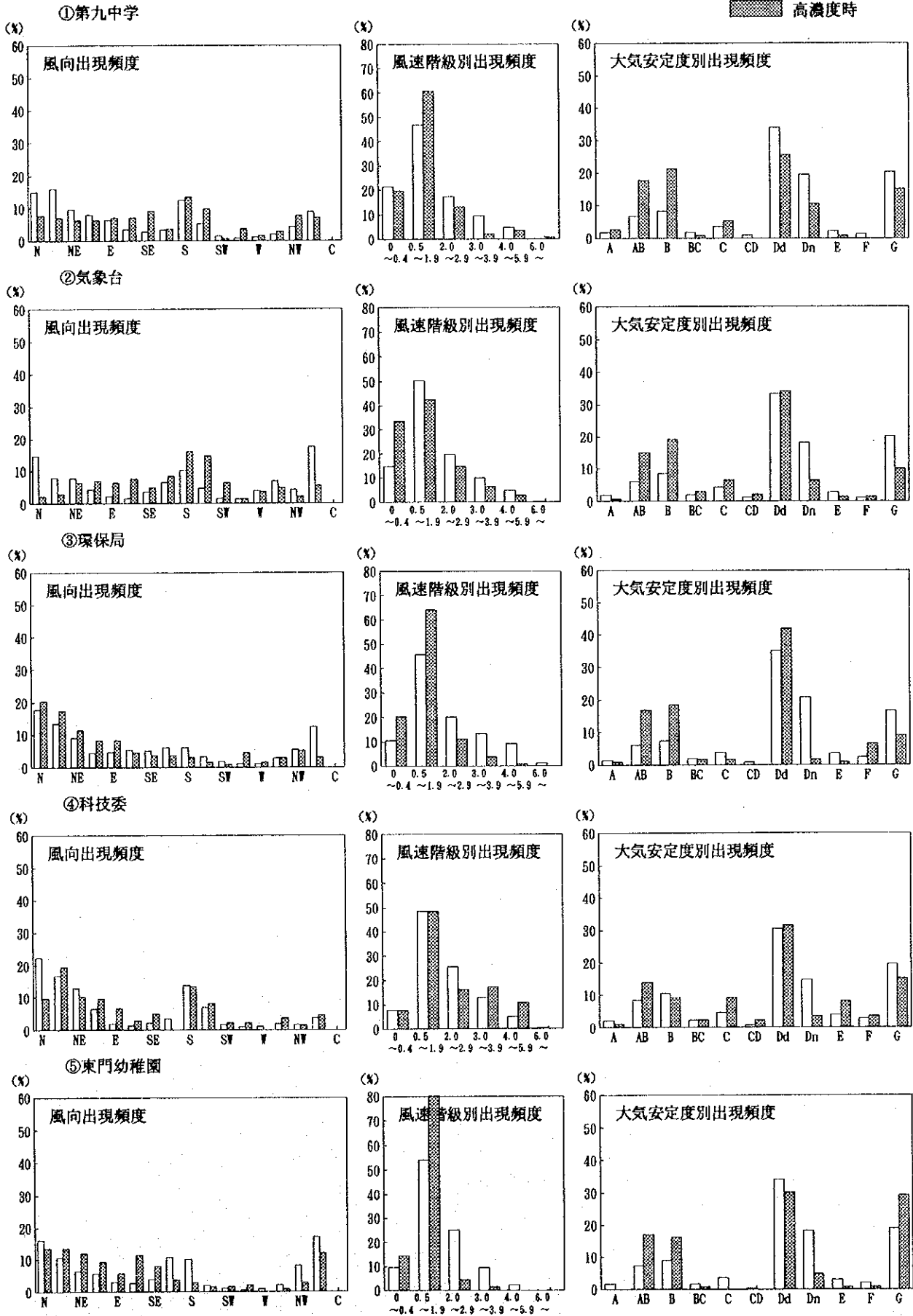


図3.2.6(1) 氣象区別年間98%値高濃度の出現状況(SO₂)

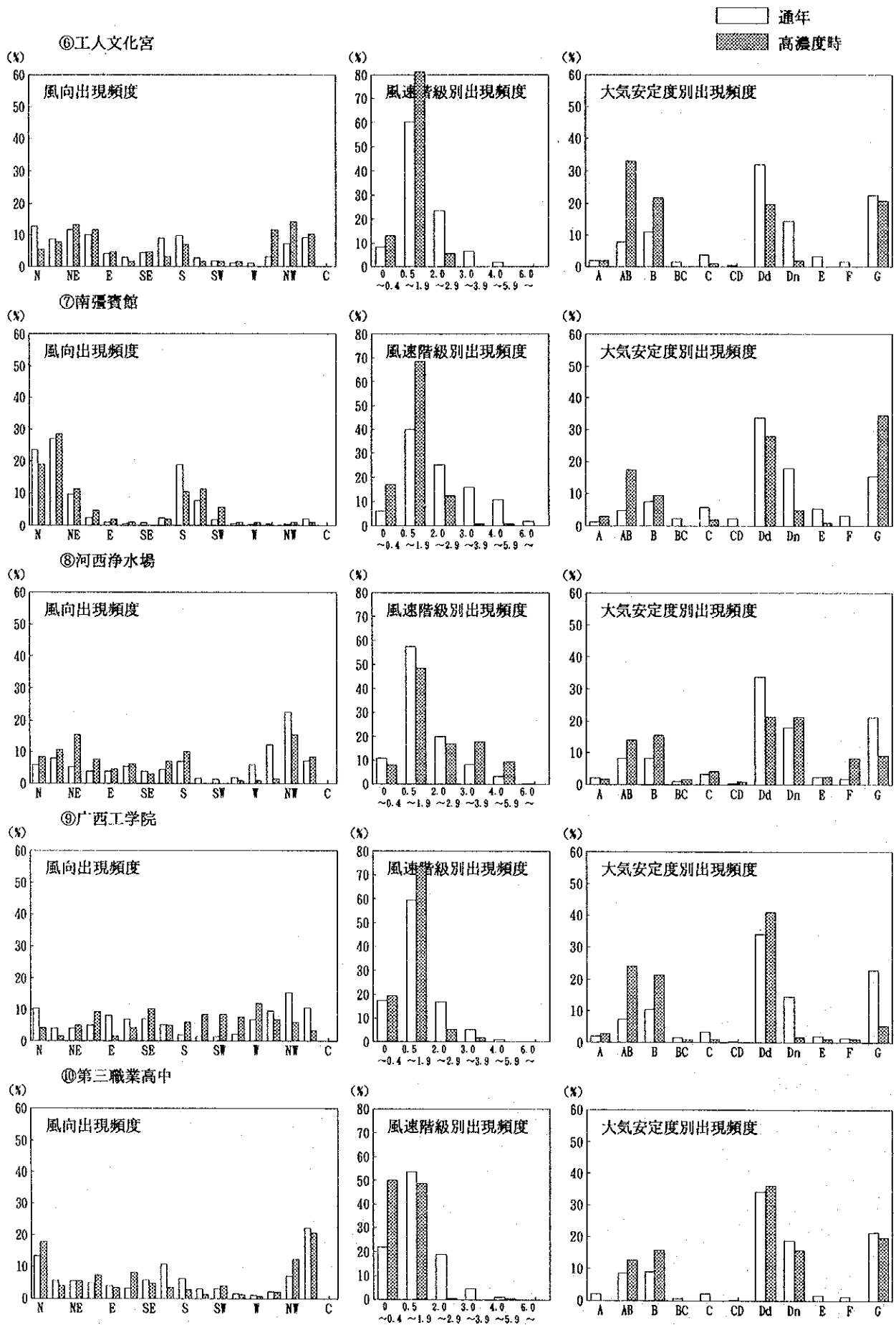


図3.2.6(1) 氣象区別年間98%値高濃度の出現状況(SO₂、続き)

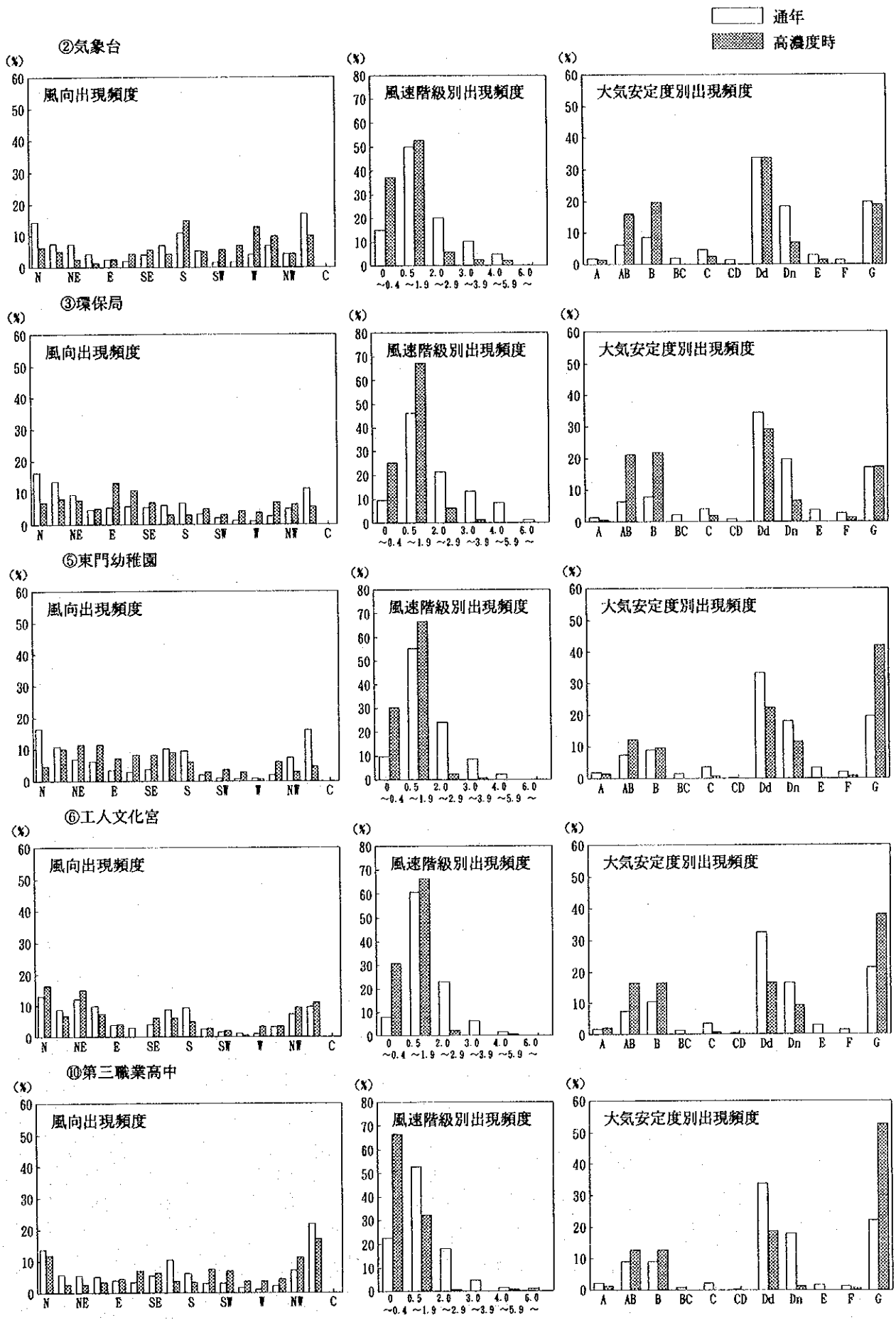


図3.2.6(2) 気象区分別年間98%値高濃度の出現状況(SPM)

1994年11月

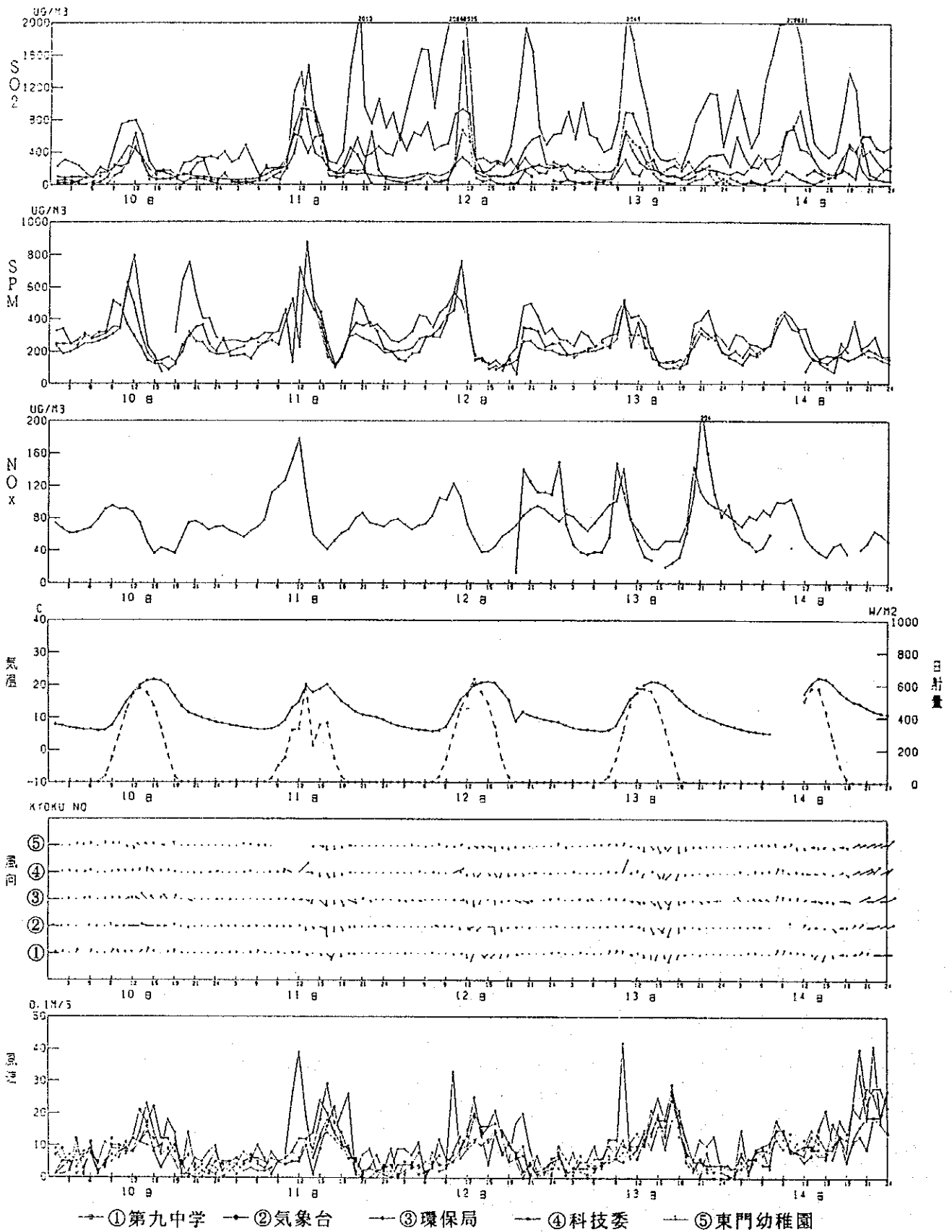


図3.2.7 広域長期高濃度出現時の気象状況

1994年11月

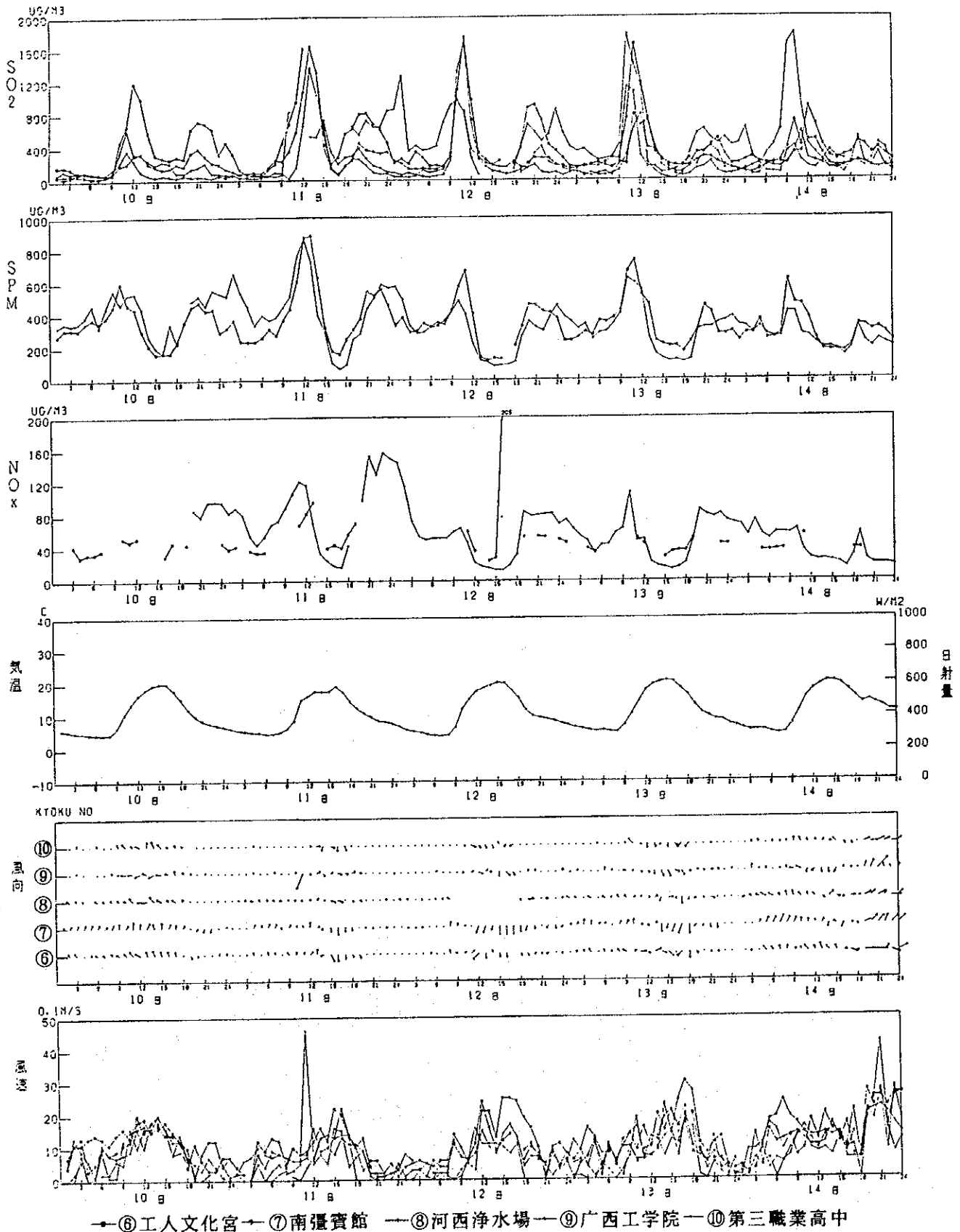


図3.2.7 広域長期高濃度出現時の気象状況(続き)

3.3 補足調査

常時監視を行っている大気質監視局の濃度測定データを補完するために、重金属濃度などの測定分析を下記の仕様で行った。

表 3.3.1 大気質濃度補足調査方法

測定項目	測定方法	分析方法	測定回数	測定地点
① 総浮遊粒子	ハイネリウム エアサンプラー	重量法	1回/月 (1日)	気象台、環保局、東門幼稚園、 工人文化宮、第3職業高中
② 水銀	銀アマルガム法	原子吸光法	1回/月	環保局
③ 重金属	①の資料 を利用	原子吸光法	1回/月	気象台、環保局、東門幼稚園、 工人文化宮、第3職業高中
④ 粒径分布	アソガーセン エアサンプラー	重量法	1回/月	気象台、環保局
⑤ フッ素	中容量	イソクロマトグラフ法	1回/月	第九中、環保局

(注) サンプルング時間: 1日から2日程度

重金属: 粉塵量、Ni, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr, V, Cu

(1) 総浮遊粒子 (TSP)

5局の測定結果によると、期間平均値は0.21から0.56mg/m³になっており、このうち工人文化宮が最も濃度が高く、環保局が最も低い濃度となっている。

環境基準(2級、日平均値: 0.3mg/m³)の達成状況は、各局いずれも未達成となっており、特に気象台と工人文化宮において基準値を超えた割合が多くなっている。また、濃度の最大は工人文化宮において1.21mg/m³が出現しており、環境基準の2級・1回値(1.0mg/m³)を超過している。月別にみると全局的に11月に高く、次いで12月となっている。

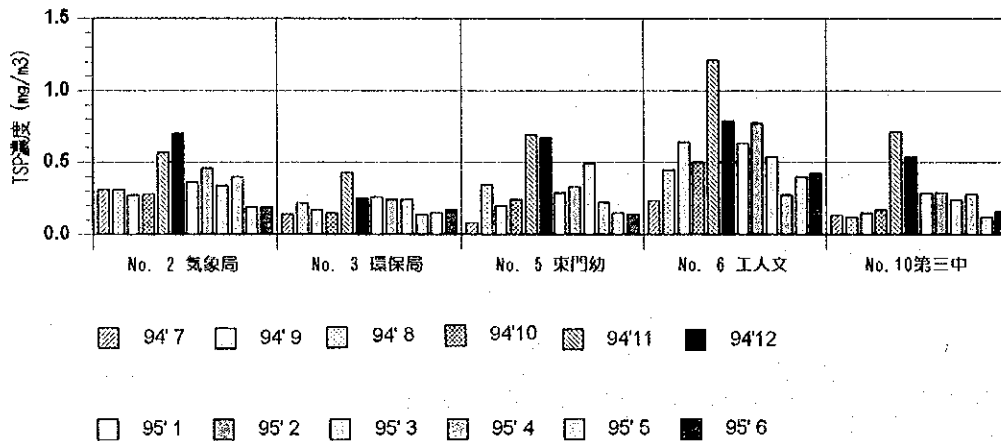


図 3.3.1 TSP濃度月変化

(2) 水銀

環保局地点の月毎の測定分析結果によると、 $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から $13.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3月)と高い濃度が出現しているが、WHOのガイドライン(Environmental Health Criteria)の一般環境値 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) と比べると低い値となっている。

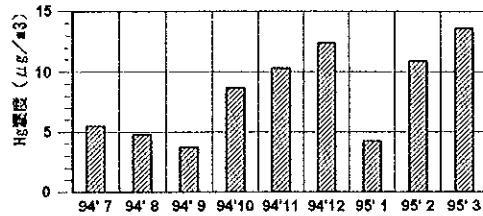


図 3.3.2 水銀濃度月変化 (環保局)

(3) 重金属

総浮遊粒子濃度の測定分析のために採取した資料を用いて、重金属濃度を分析した結果を基に、地点別に期間平均 ('94.7-'95.7)したものを、下表に示す。

表 3.3.1 重金属平均濃度分析結果 単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

測定地点	Ni	Mn	Fe	Pb	Cd	Cr	V	Cu
气象台	0.024	2.01	9.3	0.84	0.052	0.020	0.11	0.70
環保局	0.018	0.40	5.9	0.57	0.050	0.016	0.11	1.05
東門幼稚園	0.026	0.59	9.4	0.57	0.040	0.020	0.11	0.32
工人文化宮	0.034	0.79	14.8	0.64	0.040	0.027	0.12	0.31
第3職業中	0.025	0.45	6.9	0.62	0.064	0.016	0.12	0.28
地点平均値	0.025	0.85	9.3	0.65	0.049	0.020	0.11	0.53
参考 (既存資料)								
柳州(1988秋)	0.068	0.58	9.1	0.94	0.139	0.179	0.06	0.15
大牟田(1975)	0.004	0.02	0.8	0.14		0.004	0.01	0.02
川崎(1975)	0.018	0.11	1.7	0.36		0.030	0.03	0.28
(1992)	0.010	0.03	0.9	0.09		0.013	0.08	0.04
札幌(1975)	0.003	0.02	0.7	0.11		0.005	0.01	0.04
(92)	0.003	0.01	0.4	0.02		0.003	0.00	0.03
大阪平均(85)	0.024	0.12	3.8	0.15	0.004	0.020	0.02	0.17

注: 資料採取の際の対象最大粒径が異なっている。

浮遊粉塵そのものの濃度が高いことが原因して、重金属全体に濃度が高くなっており、特に Mn, Fe, V, Cu が高い。地点別にみると、气象台で Mn、環保局で Cu、工人文化宮で Fe, Mn と Cr が相対的に濃度が高くなっている。工人文化宮の Cr の濃度が高くなっているのは、通常月では最大でも $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度レベルであるところ、'95.1に $0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と非常に高い濃度が測定分析されている為である。

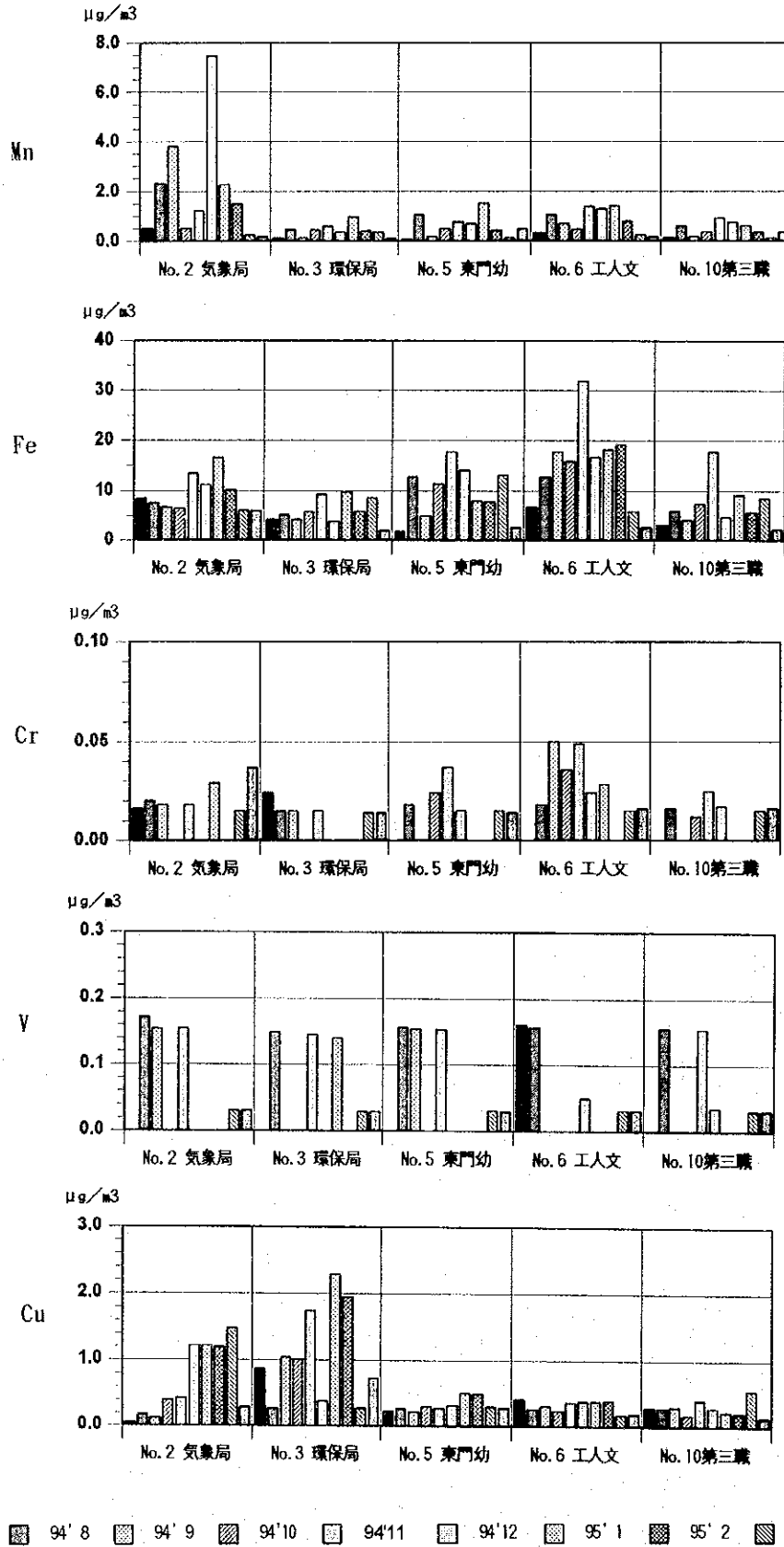


图 3.3.3 重金属浓度月变化

(4) 粒径分布

2 μm 以下の粒径の粉塵重量をみると、气象台、環保局とも過半(51%, 52%)を占めており、11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上は約6%と少ないものとなっている。特に、環保局では2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下が3月で72%、4月で64%、また气象台では12月に66%、1月に65%と非常に高い割合を示している。

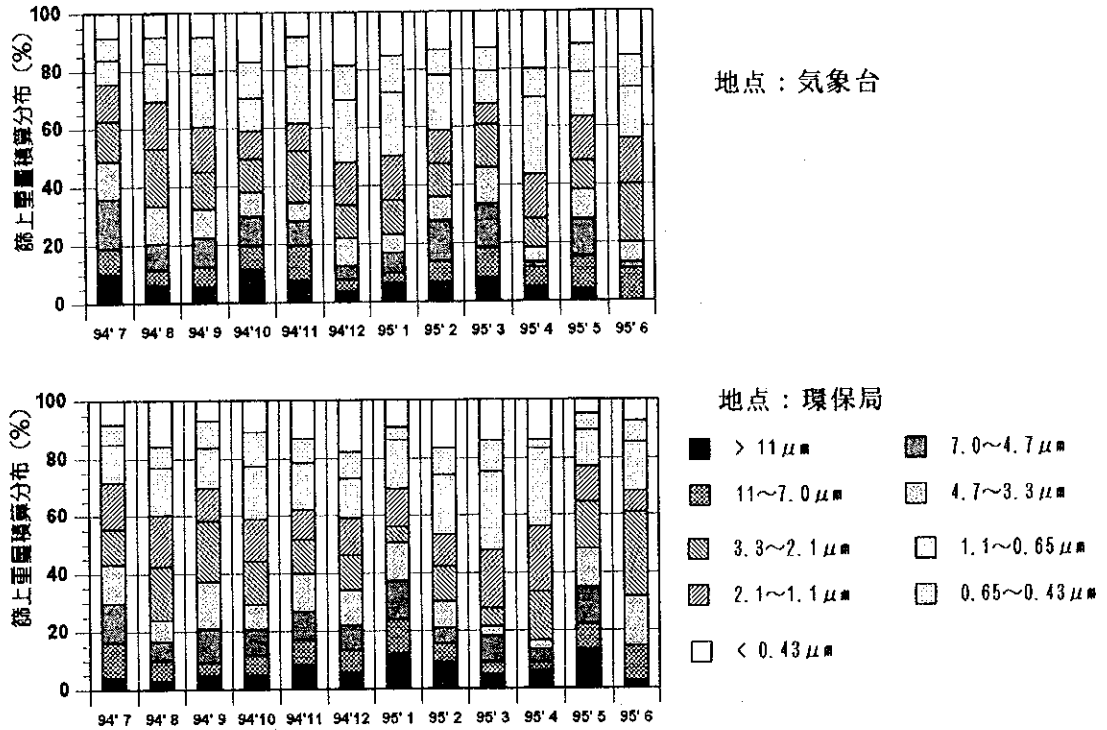


図 3.3.4 浮遊粒子粒径分布

(5) フッ素

第九中学局、環保局地点での測定分析結果(日平均値)によると、フッ素(フッ素酸化物: as HF)濃度は3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から9.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、大気環境についての世銀のガイドラインに示されている値(年平均: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 8時間最大: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)と比べると、やや低い濃度であるが自然界の濃度レベル(0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)と比べると高い濃度となっている。

両地点の平均濃度は、それぞれ4.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とほぼ同程度の濃度となっており、地点間の濃度の違いはない。

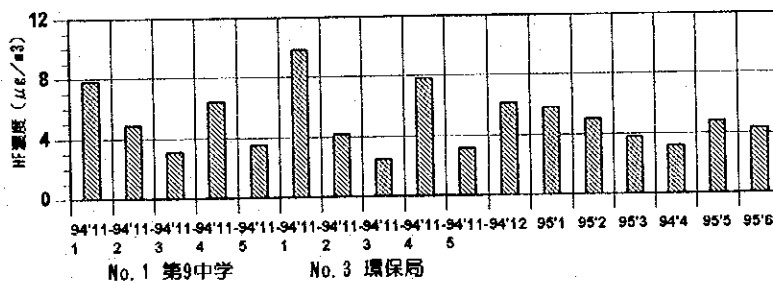


図 3.3.5 フッ素濃度

まとめ：

本調査及び従来の見解による柳州市環境大気の特徴は以下のとおりである。

- ① 二酸化硫黄の経年変化を中国側の調査結果からみると、年平均値は、近年では $0.17 \sim 0.26 \text{mg/m}^3$ の範囲で推移し、1994年では 0.251mg/m^3 と国家大気2級基準(0.06mg/m^3)の約4倍となっている。
一方、本格調査団による常時測定結果(1994年8月～1995年7月の1年間)をみると、二酸化硫黄の期間平均値は、環保局で 0.205mg/m^3 、全10局の平均で 0.194mg/m^3 と環境基準の3倍程度となっている。何れの測定結果も、柳州市が二酸化硫黄による深刻な大気汚染に直面していることを示している。
- ② 大気汚染物質の地域分布は、市北部の柳北工業区、南西の柳石路工業区及び河北中心区の3つの高濃度域が認められるが、いずれも周辺に大きな発生源が存在し、地形的影響を受ける風の分布と関連がある。
- ③ 大気汚染物質は、期別には秋期と冬期に濃度が高く、時刻別には朝方と夜間の2山型パターンを示す。風速別にはカーム時に濃度が最も高く、大気安定度別には中立状態及び昼間の不安定や夜間の強安定に高い濃度が認められる。
- ④ 高濃度日は、秋期と冬期の風速の弱い日に午前9時から正午までの接地逆転層の形成と崩壊に係る時間帯に出現する傾向がみられる。