

## 成蹊気象観測所における視程観測について\*

宮下 敦<sup>\*1</sup>・内田 信夫<sup>\*2</sup>・倉茂 好匡<sup>\*3</sup>・湯本 晋一<sup>\*4</sup>

### 1. はじめに

視程は地表付近の大気の混濁の程度を距離で表したもので、視程目標の形を識別できる最大距離を示し、その観測結果は交通機関の視程障害や大気汚染管理などの上で重要である(気象庁, 1988)。

筆者らは、東京郊外の武蔵野市から、1963年以来30年以上にわたって、定時(午前9時)に特定の視程目標が肉眼で見えるか見えないかを毎日記録してきた。その結果、東京の都心方向とその逆の方向の視程について従来知られていない経年変化を捉えることができた。

このような観測は、高価な装置が不要で、素人でも簡単にできるものである。また、都市部での大気汚染状況の変化について、単純な処理によって、定性的ではあるが、直感的に理解しやすいデータを得ることができる。視程観測について観測開始30年を経過したのを契機に、筆者らの方法とその観測結果を公表し、気象についての教育・普及に役立てる試みとして紹介したい。

### 2. 成蹊気象観測所での視程観測の経緯

成蹊気象観測所は、東京都武蔵野市の成蹊学園内にある観測施設で、東経139度34.5分、北緯35度42.5分、海拔56mに位置する(第1図)。

成蹊学園における気象観測は、尋常科理化教諭であった加藤藤吉氏が、1926年から当時の気象観測法に

準拠した観測を教育の一環として導入したことに始まる。その後、1942年(昭和17年)～1976年(昭和51年)までは、東京管区気象台の甲種補助観測所に指定され、「吉祥寺観測所」として観測を行うとともに、加藤氏の定年により1959年から「成蹊気象観測所」の名称で学園の組織として観測報告の発行を開始した(成蹊気象観測所, 1986)。1993年現在で観測開始から68年を経過している。

視程観測は、学園内の中学・高校校舎の移転に伴い、屋上からの見通しがよい建物ができたことをきっかけとして、都心方向と郊外方向の視程を比較する目的で1963年(昭和38年)に加藤氏によって始められた。観測開始当時は、大気汚染状況の把握をはっきり意識していたわけではなく、従来は行っていなかった視程観測を取り入れるのが目的であった。しかし、1973年の所謂オイルショックを契機として、視程が著しく改善されたことにより、大気汚染との関連が再認識され、視程観測の開始後20年の時点で報告がなされた(内田, 1983)。1993年末で観測開始から31年を経過し、延べ観測日数は1万日を超えている。

### 3. 視程観測の方法

地上気象観測法(気象庁, 1988)では、昼間の視程は「その方向の空を背景とした黒ずんだ目標を肉眼で認められる最大距離」と定義し、視程が方向によって違う場合は、各方向の中で最小のものを採用すると定めている。筆者らは、時間的な制約と視程目標の問題から、これとは異なる方法をとっており、特定の方向の視程目標が定時に見えたか見えないかのみを記録している。

視程観測は、毎日9時の定時観測の際に、成蹊高等学校高校ホームルーム棟屋上(地上高約25m)から肉眼で行っている。視程目標としては、1963年から、東

\* On the Visibility from the Seikei Observatory.

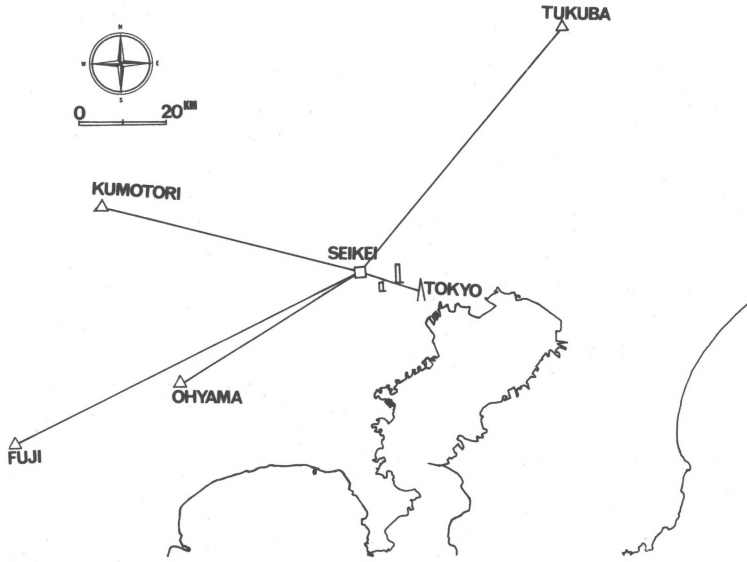
\*1 Atushi Miyashita, 成蹊気象観測所.

\*2 Nobuo Uchida, 古屋学園.

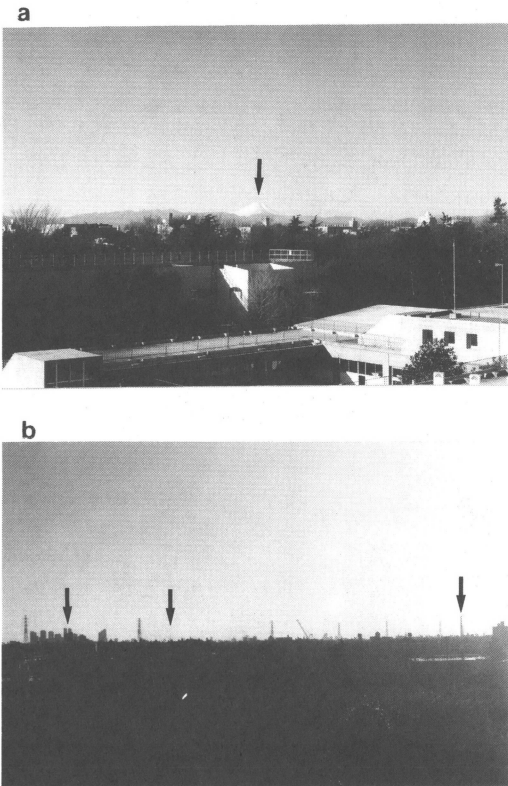
\*3 Yoshimasa Kurashige, 北海道大学環境科学研究科.

\*4 Shinichi Yumoto, 東京理科大学物理科.

© 1994 日本気象学会



第1図 成蹊気象観測所と各視程目標の位置関係。



第2図 各視程目標，1994年1月1日9時撮影。  
 a) 観測所から西方を望む。富士山(中央)と秩父連峰(手前)，b) 観測所から東方を望む。高井戸煙突(右)，東京タワー(中央)，新宿高層ビル群(左)。

南東約 17 km にある東京タワー，西方約 50 km にある秩父連峰および西南西約 83 km にある富士山の3つを，1987年以降はこれに加えて東方約 11 km の新宿高層ビル群と南東約 5 km の高井戸清掃工場の煙突を対象としている(第2図)。その他の方位については，適当な視程目標が設定できないことなどから観測を行っていない。なお，観測所北東方向には，ほぼ富士山と等距離のところにある筑波山があるが，これは非常に条件のよい場合にのみ年間数日見える程度なので，継続しての観測は行っていない。

東京近郊では，視程は通常午後に悪くなるため，条件のよい朝に観測している。しかし，同じ時刻でも太陽の方位や高度は季節によって変わるから，これによって背景の明るさは変化する。また，観測所より東方の目標は逆光となるため，西方の目標よりも見にくく，両者のデータを単純に比較することはできない。見え方は，はっきり形が視認できる場合からごくかすかに見える場合まで様々であり，野帳の段階ではこれをおある程度記録(例えば「かすかに見えた」など)をしているが，集計する場合にはこれを区別していない。

#### 4. 観測結果

各視程目標が，見えた日数を月および年単位で集計したものを第1表に，年単位で集計したものを第3A図に示す。

富士山の見えた回数は，観測開始後10年の平均は年

第1表 富士山・秩父連峰・東京タワーが見えた回数の経年変化(1963~1993).

西暦	1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			合計						
	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー	富士山	秩父連峰	東京タワー							
1963	18	21	4	13	16	7	7	7	5	2	3	5	0	1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0	0	0	1	5	4	2	5	6	3	49	67	41						
1964	11	10	3	9	9	8	7	7	8	2	4	4	1	2	3	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4	4	15	2	3	6	40	42	70			
1965	5	5	15	3	5	14	4	4	5	19	7	1	1	4	4	8	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	7	8	3	2	2	3	3	22	37	77				
1966	8	13	10	2	4	5	3	4	5	3	2	2	3	3	5	1	0	0	4	0	1	3	0	0	0	0	0	1	2	4	4	3	5	3	7	8	3	26	43	53			
1967	15	17	4	7	8	2	5	5	3	2	2	3	5	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	2	3	6	6	9	40	47	34				
1968	12	14	5	7	7	4	3	5	6	3	2	2	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3	4	7	14	12	2	53	55	29				
1969	12	11	5	3	3	7	4	3	5	6	3	4	3	2	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	7	10	14	12	2	53	55	29						
1970	10	11	1	8	8	7	7	8	9	7	0	1	4	1	4	1	2	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0	6	8	3	9	11	4	46	56	32				
1971	13	16	7	10	12	4	7	8	8	7	0	3	4	2	2	2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	5	5	5	6	6	3	8	11	4	53	70	43			
1972	13	12	6	10	10	12	11	8	12	8	7	5	5	3	2	2	7	0	1	4	0	4	3	2	2	2	2	3	2	5	5	11	11	5	11	11	4	64	81	77			
1973	15	12	6	10	10	12	11	8	12	8	7	5	5	3	2	2	7	0	1	4	0	4	3	2	2	2	3	2	5	5	11	11	5	11	11	4	64	81	77				
1974	23	26	21	10	10	7	5	5	6	1	1	7	1	3	11	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	2	2	2	5	7	11	8	11	12	6	61	72	83					
1975	23	23	13	14	17	14	10	9	13	4	4	4	5	2	12	1	1	1	2	1	3	6	1	2	11	3	2	6	5	7	9	8	9	9	7	3	81	86	103				
1976	22	18	11	8	7	7	3	7	11	1	1	4	0	1	8	0	0	1	6	0	0	9	1	1	7	3	4	4	6	6	6	8	8	10	11	6	58	65	91				
1977	14	15	17	14	14	12	3	3	5	3	3	5	11	4	4	13	0	0	0	6	0	0	0	0	4	0	0	4	5	1	1	2	2	3	7	5	36	59	96				
1978	15	15	17	9	13	10	10	11	15	4	5	10	4	4	10	4	4	10	9	1	1	8	2	2	7	3	5	1	1	8	7	5	6	6	9	10	8	70	123				
1979	14	18	9	9	10	8	11	9	11	2	2	4	14	4	4	10	9	1	1	8	2	5	1	1	8	2	2	7	3	5	6	8	9	10	8	74	102	80					
1980	17	23	13	17	20	18	8	11	13	1	7	9	5	6	8	0	1	2	0	1	3	0	0	2	0	4	5	6	11	11	4	6	7	3	15	17	10	75	108	97			
1981	18	26	20	8	9	10	4	6	10	8	6	13	3	5	5	9	0	0	3	2	3	7	3	7	3	5	12	3	6	8	6	8	9	4	6	7	15	15	9	74	98	116	
1982	20	20	14	11	14	13	4	10	13	2	8	11	5	13	6	8	8	0	0	7	2	0	1	5	1	3	7	3	8	8	8	8	7	10	12	8	68	87	117				
1983	20	24	15	14	15	12	9	7	12	7	4	7	3	2	9	1	4	5	0	1	7	4	2	1	2	11	0	2	4	6	10	5	9	8	10	14	10	87	109	117			
1984	20	24	15	14	15	12	9	7	12	7	4	7	3	2	9	1	4	5	0	1	7	4	2	1	2	11	0	2	4	6	10	5	9	8	10	14	10	87	109	117			
1985	16	23	18	13	13	11	1	2	2	4	4	10	2	5	10	0	0	3	1	2	4	1	3	19	0	5	8	8	13	14	6	18	19	9	75	99	110						
1986	17	21	19	14	18	12	7	10	12	4	4	8	13	1	6	12	1	3	8	0	1	4	4	6	13	3	6	7	10	12	6	12	13	16	11	77	117	136					
1987	17	22	16	10	13	13	3	3	10	3	3	9	9	0	4	7	0	0	6	8	0	2	2	3	10	1	7	13	1	3	10	7	14	11	10	13	3	57	102	125			
1988	14	20	14	8	7	12	8	7	12	3	2	8	5	6	12	4	3	7	0	0	12	1	1	12	1	1	4	6	6	14	12	8	20	24	14	89	118	129					
1989	11	12	14	11	11	11	14	10	17	6	8	12	16	2	6	4	6	10	0	1	12	1	6	13	10	1	5	13	3	7	12	7	8	10	15	16	73	98	155				
1990	17	21	21	1	3	6	8	10	14	4	7	11	3	6	13	0	3	11	0	1	6	1	8	16	1	5	10	4	9	12	5	7	5	15	16	15	58	96	140				
1991	23	24	18	21	18	17	3	5	8	3	3	8	2	3	13	0	0	5	0	3	2	0	0	5	0	2	6	0	4	7	8	10	7	13	9	67	85	106					
1992	15	20	14	11	12	13	4	5	9	8	7	12	9	10	12	0	1	5	0	2	1	5	18	6	9	18	6	8	9	7	8	8	12	12	12	77	87	128					
1993	23	26	21	21	20	18	12	13	19	8	12	16	8	7	18	2	6	12	2	6	13	4	8	19	6	9	18	8	14	15	13	16	15	20	24	16	90	118	158				
最高	5	5	1	1	3	2	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最低	15	130	60	74	85	65	58	67	74	17	32	45	15	17	40	6	10	24	0	7	18	3	7	30	8	15	24	21	34	37	42	55	44	71	85	31	430	544	482				
10ヶ年合計	295	330	199	186	209	174	125	151	183	48	73	130	40	54	141	12	25	75	3	18	80	12	24	101	27	51	87	63	81	109	104	138	114	189	208	100	1104	1372	1493				
90ヶ年合計	465	539	341	313	359	302	193	232	280	85	128	230	71	102	250	23	53	144	5	35	136	27	61	227	41	99	179	104	169	214	182	245	198	626	373	207	635	2384	2737				

43日で、1965年には年22日まで低下したが、1973年のオイルショックを期に急増し、以降年70日前後で推移している。ちなみに最もよく見えたのは、1984年で年90日であった。秩父連峰の見えた回数についてもほぼ同様の傾向を示すが、1980年頃を境に年100日前後まで増加している。

東京タワーの見えた回数は、観測開始後10年の平均は年69日、1969年には年29日まで低下し、距離で約3~4倍遠い秩父連峰や富士山よりも見えにくくなった。しかし、1972年頃を境に増加傾向に転じて年100日を超え、漸増して1993年には年159日に達した。

また、見える日数は季節によって大きく変化する(第4図)。観測所から西方の視程目標については、風が強く大気が乾燥した冬季が見える回数が多く、1月に極大となる。逆に湿度の高い夏季は少なく、7月は台風の通過後など月数日見える程度で、1か月間まったく見えない場合も珍しくない。観測所から東方(都心方向)の視程目標は、距離に近いこともあって、西方の目標ほど季節による差は大きくないが、やはり夏季は少なくなっている。また、1月や12月は、より遠い富士山や秩父連峰が、東京タワーよりも見える回数が多いことがしばしばある。

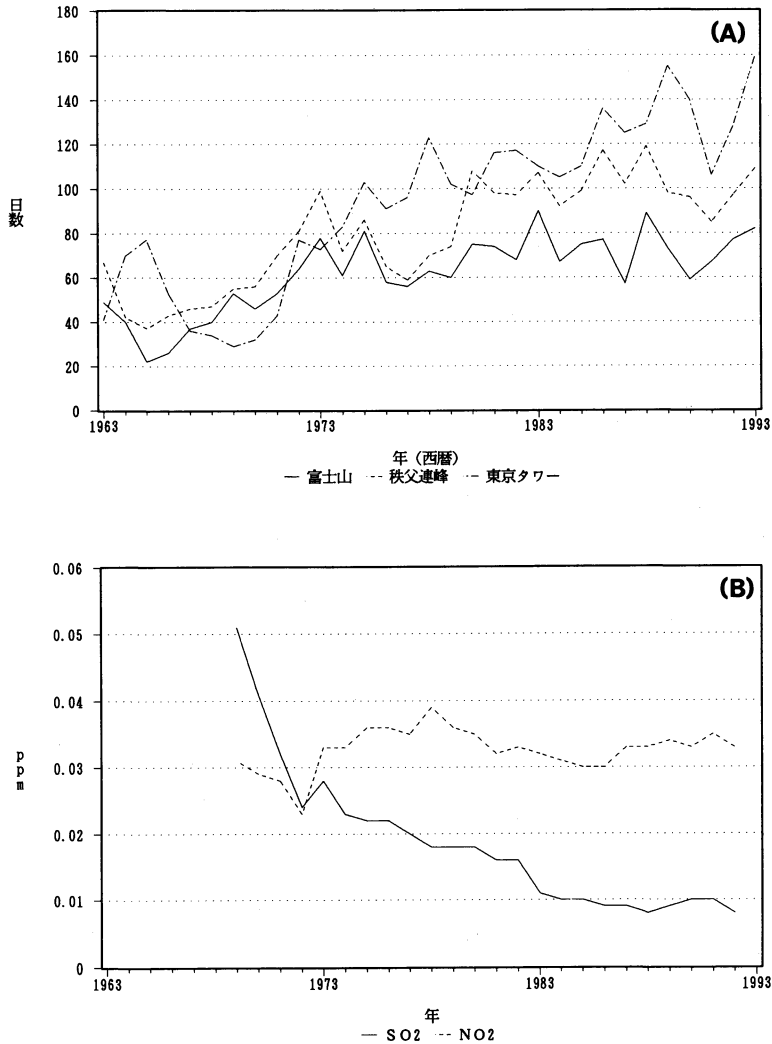
5. 視程と大気汚染状況の関係

視程は、大気汚染に関係のない霧やもやなど他の気象条件の影響を最も強く受ける。また、富士山の場合、

非常に視程がよくても、地形性の雲に被われ山体が見えなければ、この観測法の場合、見えた日としてはカウントされない。また、一般に雲がなく天気の良い日に遠くまで見ることが多いが、雲底から下層で風が強く拡散がよいときには、曇っていても視程がよいこともある。逆に接地逆転層があり、地表付近が煙霧で覆われていても、高度が高ければ視程が良い場合もあり、同方向にある秩父連峰が見えなくても富士山山頂が観測されることもごくまれにある。従って、このデータを用いて日々の大気汚染状況を比較することはできない。

しかし、月または年単位で集計していくと、1日毎の気象条件の差は相殺されてしまい、全体的な傾向として大気汚染の変化の状況を示すことができる。ただし、この場合も暖冬や空梅雨などの気象条件の変化の影響を取り去ることはできないから、数日単位の差を議論することはできない。

そうした前提の上でデータの経年変化を見ると、すべての視程目標で見られる1973年を境とした回復は、オイルショックを境としたSO<sub>2</sub>や浮遊粉塵量の減少(Komeiji et al., 1990)と非常によく一致しており、原因がSO<sub>2</sub>や浮遊粉塵量についての汚染状況の改善の影響が大きいと考えられる(第3B図)。そこで、見えた回数が大きく変化するその他のケースも、大気汚染状況の変化に原因を求めることが可能であろう。例えば1980年頃の富士山や秩父連峰についての視程の回

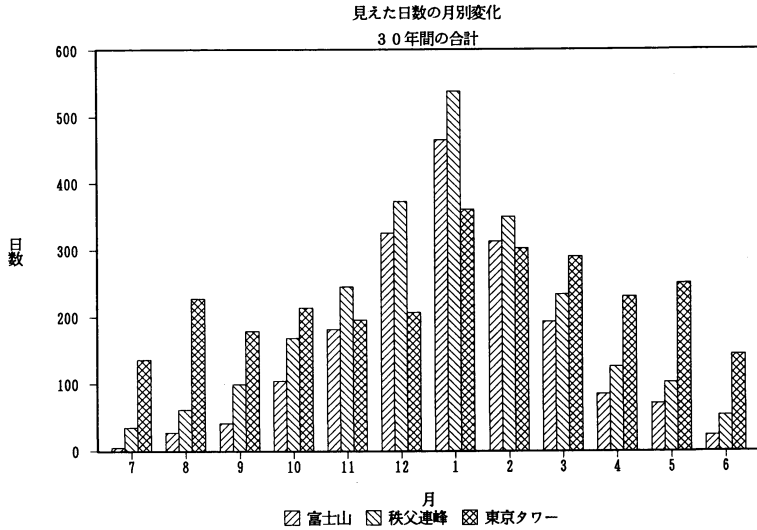


第3図 A：富士山・秩父連峰・東京タワーが見えた回数の経年変化（1963～1993）。B：大気汚染状況の経年変化，東京都環境保全局による東京区部のデータ（東京都環境保全局，1993）。

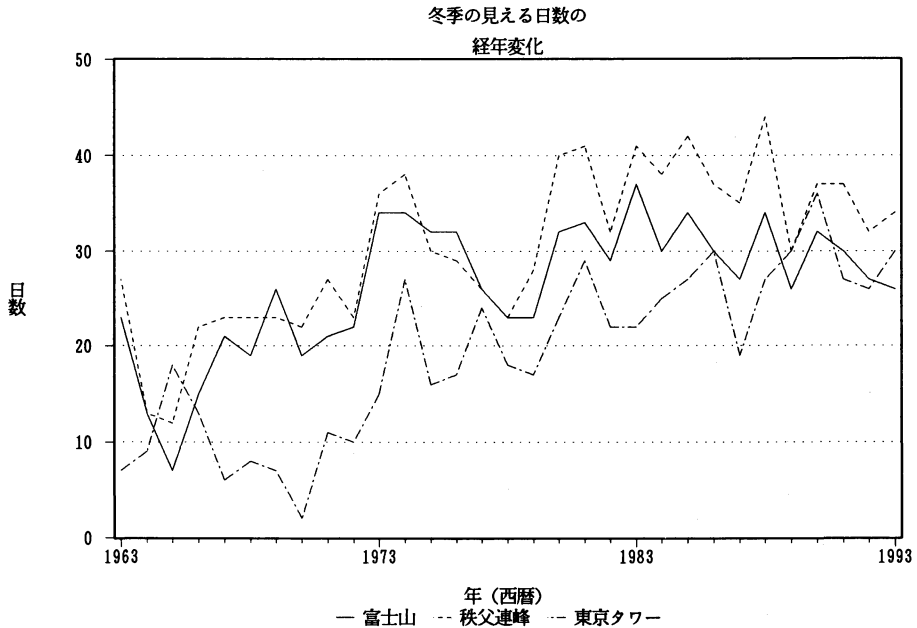
復は，同時期のSO<sub>2</sub>の減少によく対応しているように見える。

また，前述したように視程には異方性があり，また目標の大きさによっても見える回数には差が生じるので，都心方向とその逆の方向の視程と単純な比較はできない。しかし，冬季においては東京タワーの見える回数は，富士山のそれより少なくなる傾向がある。これは，冬季に風が強く晴れた条件で接地逆転層が発生することが多いのに加え，初冬の関東地方では東京湾上に局地不連続線が発生し，これに伴って都心近傍の大気汚染が悪化するという現象（水野ほか，1993）

などに対応するものだろう。しかし1月と12月の見える回数の経年変化（第5図）を見ると，この傾向は近年解消されつつあることが判る。この時期の見える回数は，東京タワーのそれが富士山を上回るようになり，都心方向の視程が次第に回復する傾向が認められる。1980年以降は都心部の浮遊粉塵量やSO<sub>2</sub>量などの汚染状況が著しく改善されているわけではないから，この回復は汚染のみの状況変化に対応したものではないと筆者らは考えている。都心部の視程を左右するその他の原因としては，乾燥化や，ヒートアイランド循環のエリアの拡大などの可能性が挙げられるだろう。



第4図 各視程目標が見えた回数の月毎の変化。



第5図 冬季(12月と1月)における富士山・秩父連峰・東京タワーが見えた回数の経年変化(1963~1993)。

こうした視程の回復がどの程度まで進むかは予想することが難しいが、一つの手かかりとして過去の観測記録がある。例えば、明治初期に日本に招かれたアメリカ人科学教師 Veeder が1877年12月～翌1878年10月までに、東京本郷から午前7時と午後1時30分の2回、富士山を含む5つの山が見えた回数を記録している

(渡辺, 1969)。それによれば、現在から110年ほど前には10か月間で1日のうち少なくとも1回富士山が見えた回数は82日であったとされている。この観測では富士山が見える回数が最も多い冬季の観測値がないので、これを補間すると年100日前後の回数が期待できる(渡辺, 1969)。江戸後期から明治初期にかけても東京

は大都市であったから、この数字は完全に自然な状態を示したものではないが、それでも現在よりもかなり高いといえる。富士山の見える回数は少なくともあと年30日後は増加させることが可能であろう。

## 6. 教育面での視程の利用

最後に、視程観測の気象教育上の意義について触れて置きたい。

視程観測以外に混濁の程度を定性的に表す方法としては、湖沼の水の濁度を示す透明度がある。水の透明度は、汚濁の原因物質の量を定量的に示すものではないが、測定が簡便で結果が理解しやすいためによく普及しているであろう。同様に、視程のデータも、「大気汚染物質が何 ppm 含まれている」という定量的表現よりも、「この空気は濁っているから汚れている」という方が定性的ではあるが、大気汚染を直感的に表現するのに優れている。また、測定の原理も簡単であり、特殊な器具も必要ないので、小学生から大人まで簡単に観察をすることができる(例えば、東京都教育庁, 1993)。

筆者らの経験では、視程測定の原因や理由を話した上で、富士山や東京タワーの見える回数が年を追ってどのように変化したか尋ねると、「年を追って回数が減っているであろう」という子供が多い。これは、「環境は年々悪くなっている」という思いこみに基づいている。こうした背景の1つには、環境の悪化のみを重視して取り上げる報道機関のスタンスの問題があると思われる。

子どもにとっては、身の回りの自然について観察をして、その体験に基づいて情報の内容を的確かつ客観的に判断する能力を身につけることが大切である。視程観測の体験は、そうした教材の一つとして有効であると考えられる。

## 謝辞

成蹊気象観測所の業務を続けるにあたっては大変多くの方々のご援助を頂いた。とくに、視程観測におい

て実際に観測に従事されたのは実験助手の方々であり、今回のデータはこれらの方々の成果であって、本稿の執筆者はデータの取りまとめをしただけに過ぎない。それらの方々は、上村 喬(気象庁)、高橋 賢、小原美枝子、高橋信一、栗原(大滝)啓子、池本 清(都立松が谷高校)、長江真司、小松範明(山形県立鶴岡高校)、川井和彦(多摩六都科学館)、村野浩之(都立神津高校)、伊藤雅典(富士通)である(括弧内は現職)。そのご家族のご援助に対する感謝とあわせて、記してお礼申し上げます。

成蹊学園の関係者には、観測を続けるにあたって種々のご援助頂いた。元気象観測所所長である大後美保博士、元所員であった竹内丑雄博士には、観測に関しご助言を頂いた。本校OB塚本治弘氏にはデータの解釈に関してご議論を頂いた。また、匿名の査読者の方々には、丁寧なご指導を頂いた。以上の方々に感謝致します。

## 参考文献

- 気象庁, 1988: 地上気象観測法, 日本気象協会, 175-178.
- Komeiji, T., Aoki, K., Koyama, I., Okita, T., 1990: Trend of air quantity and atmospheric deposition in Tokyo, *Atmospheric Environment*, 24 A, 2099-2103.
- 東京都教育庁, 1993: 環境と公害, 東京都教育委員会, 6-7.
- 東京都環境保全局, 1993: 大気汚染常時測定局結果報告一経年報一, 東京都, 3-53.
- 成蹊気象観測所, 1986: 60箇年気象観測報告, 成蹊学園, 1-150.
- 水野建樹, 近藤裕昭, 吉門 洋, 1993: 東京湾上を横切って形成される局地不連続線の構造と成因についての考察—大気汚染とのかかわり—, *天気*, 40, 171-180.
- 内田信夫, 1983: 富士山と東京タワーの見える日, *PPM*, 14, 2-7.
- 渡辺正雄, 1969: 東京から富士山の見える年間日数—90年前と現在, *測候時報*, 36, 199-202.