

応用気象学の発展に関する二、三の問題*

—わが国の応用気象学 100 年の歩み—

河村 武**

1. まえがき

日本気象学会創立 100 周年記念のレビューにふさわしく、わが国における応用気象学 100 年の歩みを要約することは、筆者の能力を越えている。元来、気象学自体が大気現象の記述・解明に物理学をはじめ他の基礎科学を応用するという性格を持ち、またその発展が天気予報や災害防止などの実用面に支えられてきたことにも関係して、応用気象学の定義や領域が必ずしも明確ではない。しかし、大方の同意を得られる応用気象学の研究分野としては、生気象学(生気候学)・水文気象学・大気汚染気象学・農業気象学などの他の学問との境界領域のほか、実用目的にそった気象学の応用に関するさまざまな問題、たとえば航空気象・気象災害・工業気象・交通気象や気象制御や人工降雨などが挙げられる。本報では、紙面の制約から内容を限定して、2、3の問題を述べることにした。

2. わが国における応用気象学の歩み

日本気象学会の前身である東京気象学会の創立は1882年のことであった。その後約100年間の応用気象学の発展を展望するために第1表を作った。当初から学会機関誌であった「気象集誌」を見ると、1880年代にすでに下野(1882):農芸気象, 山崎(1883):脚気と雨量, 武林:暑さ寒さも彼岸まで, 鈴木(1884):天気と夏季痢病, 河野(1889):雪と農事など日常生活に関係の深い問題が取り扱われている。さらに1890年代に入ると、森田(1891):信濃川洪水予報, 川口(1892):気象と稲作, 和田(1893):霜害予防法, 本年の旱魃などの本格的な応用気象学の問題が論じられるようになった。

このように応用気象の分野では、当初から広範囲の問

題が研究対象として取り上げられ、その多くは今日にいたるまで研究が続いている。しかし、社会の要請に対応して、主要な研究対象分野には時代による顕著な変遷が見られる。すなわち、まず農業気象の研究が盛んに行われ、これが昭和30年代の前半まで続いたこと、とくに北日本の著しい凶冷が契機となって研究活動が盛んになったことがわかる。1934年(昭和9年)、昭和30年代の前半の相次ぐ気象災害、とくに1959年(昭和34年)の伊勢湾台風がきっかけとなって気象災害の研究が盛んになった。またわが国の経済復興と相俟って発生した深刻な大気汚染が、やがて昭和30年代後半からの経済高度成長(昭和35年池田内閣所得倍増政策)とともに激化し、大気汚染に関する研究が急増した(奥田, 1982)。さらに70年代に入ると、環境問題とさらにそれに続く資源・エネルギー問題が脚光を浴び、またこれと関連して気候問題が再認識されている。

戦後1950年ごろから約10年間にわたって、経済復興のため水力発電が重視され、また水資源の有効利用が真剣に考えられた。これが水文気象の研究を促し、各地でスノーサーベや降水量分布、融雪・流出を含む水の循環、人工降雨などの研究が盛んに行われたが、やがて発電が火主水従へ政策転換されるに及んで、水文気象の研究は衰退した。

気象学の研究は、戦前においては中央気象台をはじめ気象官署で主として行われた。戦後になって大学や研究所の役割が次第に大きくなったが、気象学の研究者の所属が限定されていたために、70年代に入って若干拡大したものの、この傾向は依然として強い。しかし、応用気象学に限って見ると、いささか趣を異にしている。1893年に国立農業試験場が設立され、戦後の農林省農業技術研究所をはじめとする農林関係の研究所で農業気象の研究が進められた。大気汚染の研究も、近年は気象庁関係以外の機関で盛んに行われている。

* Some problems on development of applied meteorology in Japan—historical review—.

** Takeshi Kawamura, 筑波大学地球科学系.

第1表 応用気象年表.

1882	(明15)	東京気象学会創立 下野信之：農芸気象(集誌)	1947	(昭22)	鈴木清太郎教授還暦記念「農業と物理」 大後：日本農業気象図便覧，日本生物季節論 国立農業技術研究所農業気象研究部が開設
1888	(明21)	農学と気象の記事 官報(中央気象台)	1948	(昭23)	大後：農業気象通論，中原：季節現象
1890	(明23)		1949	(昭24)	船舶気象連絡会設置，日本積雪連合「雪と生活」発刊
1893	(明26)	国立農業試験場設立(稲の生育と収量に及ぼす気候の研究)	1950	(昭25)	北海道で防霧林の研究開始
1899	(明32)	中川源三郎：農業気象学	1951	(昭26)	人工降雨の実験
1906	(明39)	前田直吉：本邦の気候と東北地方の凶作(集誌)	1953	(昭28)	電力気象連絡会彙報第2集 水気象関係発刊 民間お天気会社発足
1912	(大元)	安藤広太郎：冷害の研究(集誌)	1955	(昭30)	雪氷学会設立，水稲冷害の文献的研究(農業気象学会) 火災学会「火災便覧」
	(大元)	稲垣乙丙：農芸物理気象学	1956	(昭31)	産業気象研究会 農業災害文献目録 気象観測技術資料第1号発行(応用気象統計)，国際生気象学会創立
1913	(大2)	国内20地点に林業試験場 北日本冷夏	1957	(昭32)	ジェット機時代の航空気象(日本気象学会と航空学会)，大気汚染シンポジウム
1914	(大3)	日立鉱山の煙の研究	1958	(昭33)	生気候に関するシンポジウム
1915	(大4)	安藤広太郎：東北凶冷論	1959	(昭34)	気象庁電計室発足 数値予報開始 伊勢湾台風(気象学会)台風と災害委員会 気象庁農業気象観測所展開 農業気象災害防止のサービス強化
1916	(大5)	稲垣乙丙：新農業気象学	1960	(昭35)	大気汚染研究全国協議会発足 防災の日 数値予報国際シンポジウム 伊勢湾台風懇談会
1917	(大6)	岩本周平：航空と気象(集誌)	1961	(昭36)	応用気象学講座(地人書館)刊行 高橋浩一郎：応用気象論，農業気象ハンドブック刊行
1922	(大11)	岡田武松：北海道米作と気象	1962	(昭37)	シンポジウム「気象災害」 気象研究ノート80周年記念応用気象学シリーズ 日本生気象学会発足
1923	(大12)	航空気象が中央気象台業務に加わる	1963	(昭38)	国立防災科学技術センター 観測原簿のマイクロフィルム化開始 火主水従の発電方式へ
1925	(大14)	中央気象台に農業気象掛	1964	(昭39)	防災ハンドブック刊行 大後・庄司：生活科学ハンドブック
1927	(昭2)	産業気象調査報告発刊	1965	(昭40)	大気汚染気象ハンドブック
1928	(昭3)	気象要覧に生物現象の記載	1966	(昭41)	共立出版 気象災害シリーズ刊行
1929	(昭4)	電力気象業務開始(中央気象台雷雨警報開始)	1967	(昭42)	大気汚染調査観測指針 刊行
1930	(昭5)	中央気象台農業気象掛を産業気象掛に改名	1968	(昭43)	公害対策基本法，WMO-WHO 都市気候シンポジウム 日本生気象学会「生気象学」刊行
1931	(昭6)	中央気象台「航空気象図」刊	1969	(昭44)	Boundary Layer Meteorology
1934	(昭9)	気象災害 災害科学 (東北凶冷，室戸台風，九州大旱魃が契機)	1970	(昭45)	環境問題表面化
1935	(昭10)	三陸沖台風による艦隊事故 「天気と気候」刊行			
1937	(昭12)	災害科学研究所開設 中央気象台に衛生気象掛が設けられた			
1939	(昭14)	雪氷協会設立(中谷・孫野：凍上の研究)			
1940	(昭15)	調査課(衛生気象掛)産業気象課			
1941	(昭16)	東北地方の冷害が契機 東北地方長期予報研究会 太平洋戦争			
1942	(昭17)	日本農業気象学会設立，中央気象台研究部応用気象研究室			
1943	(昭18)	増山：気象病の研究			
1944	(昭19)	農業気象1巻1号(荒川：東北地方の凶冷の統計的研究)			
1945	(昭20)	大後美保：農業気象総論			
1946	(昭21)	財団法人産業気象会「開拓地気象調査報告」 産業気象研究所の設立(藤原咲平) 中央気象台長期予報課・天気相談所設置 「応用気象」創刊(札幌)			

1971	(昭46)	ローマクラブレポート 人間生存特定研究 環境庁発足 SMIC 会議 伊藤：航空気象	1975 (昭50) 横山：環境アセスメント手法入門
1972	(昭47)	国連人間環境会議 気象庁大気環境調査開始	1976 (昭51) サンシャイン計画開始 (エネルギー資源 問題) 沼田：生態の事典
1973	(昭48)	生物環境調節ハンドブック 緒方：気候風土に対する適応, 伊藤：適 応のしくみ	1977 (昭52) 高橋：気候変動と食糧
1974	(昭49)	国立公害研究所発足, UNEP 発足 Agricultural Meteorology of Japan 斎藤：建築気候 新編農業気象ハンドブ ック	1978 (昭53) 羽生他 農業気象学, 市街地風の研究 1979 (昭54) 山本義一他：大気環境の科学, 刊行 福井・吉野：気候環境学概論 気象学ハンドブック (朝倉書店)
			1980 国際統計気候学会議
			1981 (昭55) 大気汚染学会発足
			(昭56) 笠井 和：気象医学刊行

応用気象の研究の発表の場としての学会が、日本気象学会に限られていないことも特色の一つである。当初は日本気象学会だけが学会活動の場であっても、次第にその分野の研究者の数がふえてくると、やがて独立の学会を設立する例も多い。日本農業気象学会 (1942)、雪氷学会 (1955)、日本生気象学会 (1962)、大気汚染研究協会 (1980) などはその例である。これらの中には、当初、同学の士が集って学会の前段階ともいべき組織を作り、基盤が十分に固まってから正式の学会に移行する例が多い。たとえば雪氷についてみると、平田徳太郎や黒田正夫によって1939年に雪氷に関する調査研究の促進と普及を目指して雪氷協会が作られ、機関誌「雪氷の研究」が刊行された。また大気汚染についてみると、伊東彊自らによって大気汚染研究全国協議会が組織されたのが1960年で、会員の連絡誌としての大気汚染ニュースと不定期刊行の学術誌「大気汚染研究」の出版と、研究発表のための大会の開催を続けてきた。こうして15年ないし20年の準備期間を経て正式に学会を名乗ることになったことは、注目すべきことの一つである。

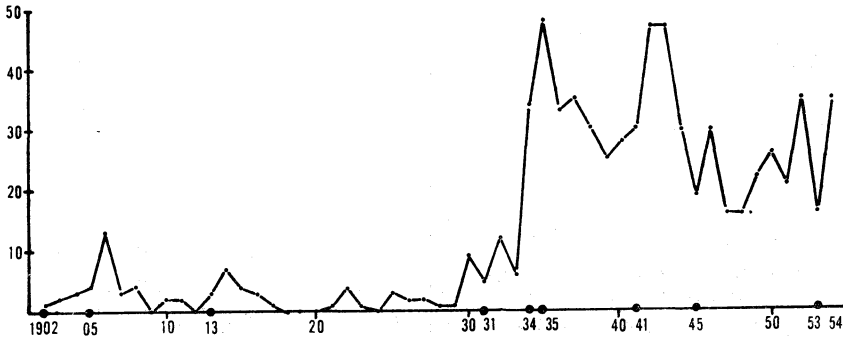
応用気象のうち、他の学問との境界領域にあるものが少なくない。このような場合に、他の学問との共通の土俵の上に立つ努力がなされることも少なくない。たとえば、風に関する研究を関係学会が一堂に会して発表する「風に関するシンポジウム」は、関係9学会の幹事持回りで毎年1回のことではあるが、1952年以来開催され、現在まで続いている。この会の出席メンバーが母体になって「構造物の耐風性に関するシンポジウム」が開かれたり、1978年には日本風工学研究会が設立され、機関誌「日本風工学研究会誌」を刊行するに至っている。

気象学の応用分野では、研究者だけでなく利用者側が協力して研究組織を作り、研究会や研究会誌を刊行する

例も少なくない。もちろん上記の学会でも賛助会員として利用者が参加協力することが一般に行われているが、電力気象連絡会のように、機関誌「電力気象連絡会彙報 (昭和40年に「電力と気象」と改題)」を刊行し、気象業務だけでなく、雷・水文気象・人工降雨などの研究の推進に貢献をした例もある。

建築気候や気象医学のように、気象学と他の学問分野との境界領域で、研究が他の学問領域の研究者によって主として進められてきた場合には、研究発表が主に建築学会や公衆衛生学会、生気象学会など一般の気象学会員の目の届かぬところで行われている。最近では、他の学問分野から気象学本来の領域に迫る研究も散見するようになった。たとえば市街地風研究会 (1978) がまとめた「市街地風の研究」は、建築環境工学の視点から、市街地においてわれわれが常時接する風と建築物とに関連する諸現象について研究した成果をまとめたものである。その内容は、接地気層内の建物周辺気流の振舞い、風圧、熱伝達、局地汚染、汚染物質の輸送、都市気候としての風の動態などである。1970年代当初に日本気象学会が日本建築学会と共催で開いたシンポジウム (「気象研究ノート」第119号参照) の内容よりも、さらに気象学の領域に踏み込んでいることが注目される。この点は、ほとんど同時期に刊行された気象学側からのアプローチ、塩谷 (1979) 「強風の性質—構造物の耐風設計に関連して」と対比して読むと興味深い。

このように応用気象学の研究の最近の進歩をレビューするには、気象関係の学会誌や専門誌以外に周辺の文献を渉猟する必要があるので、今後、それぞれの分野について専門家によって「天気」誌上に解説が書かれることが望ましい。本稿では応用気象学のうち、筆者の比較的理解しやすい若干の領域について、第1表の内容を敷衍



第1図 年次別冷害文献出現頻度図 (小沢, 1955)

するだけにとどめ、さらに1、2の事項を付け加えて責を果たしたい。

なお応用気象全般については、近年刊行された「気象ハンドブック」を参照されたい。

3. 農業気象学の進歩

明治初年以來、久しく農業がわが国の産業の中で卓越した地位を占めていたため、農業気象に関する調査研究は、早くから数多く行われてきた。下野信之(1882)が穀物の成長と積算気温との関係を論じた研究が、その最初のものである。その後間もなく、中央気象台が官報に農業のための気象情報を発表するようになった。

わが国の農業の基本は、戦後の経済高度成長によって農政の一大転換が行われるまで、一貫して米の増産と安定供給にあった。1893年に早くも国立農業試験場が設けられ、稲の生育と収量に及ぼす気候の研究に着手したのもこの線に沿ったものであった。

日本農業気象学会創立30周年を記念して出版された *Agricultural Meteorology of Japan* (Mihara *et al.*, 1974) の中で、三原義秋と安藤隆夫が日本の農業気象学の歴史をレビューしている。それによると、日本の農業気象学の進歩は3期に分けることができる。

(1) 第1期 (1880~1920年代)

主として北日本の夏の冷害と長期予報の研究が行われた。

(2) 第2期 (1930~終戦まで)

気候条件と穀物の収量との関係が主に研究された。農業気象研究者の数が次第に増加し、1942年に日本農業気象学会が設立された。

(3) 第3期 (戦後~現在まで)

微気象学の様々な分野の研究が進歩した。これは日本

だけでなく、外国でも同様である。1960年代以後は、温室やビニールハウス、日除けなどを使って促成・抑制栽培が普及したため、これに関係した研究が多くなった。また中には、気象制御の研究などでこれまでの研究をはるかに越えたいろいろな研究が生れた。

やや詳しく見ると、第1期は、1900年代までは冷害防止の知識が全く欠如していたため冷害になす術がなかったが、1905年と6年の2年続きの冷害が契機になって、盛岡高等農林学校の教授 関豊太郎が冷夏は親潮の低い水温との関係に起因するとして長期予報を試みたのが最初である。その後、東北や北海道の凶冷に関する多くの研究が生まれ、岡田武松の梅雨と冷夏の関係論じた論文や、安藤広太郎の凶冷と太陽黒点数との関係を論じたもの、さらにわが国近海のみならず周極地方の海水温の調査の必要性を述べた論文が発表された。さらに霜害の研究などもこの時期に開始され、1907年には東大農学部にて農業物理学講座が開設され、稲垣乙丙が教授に就任した。1913年には農商務省が全国の20地点に林業試験場を開設した。

1914年から1930年までの17年間は、目立った農業災害が発生しなかったが、1931年の冷害が契機となって再び農業気象の研究が活発になった。とくに1934年の大凶冷以来、冷害に関する研究が激増した。第1図は、1902年以降1954年までの冷害に関する文献の数を調べたもので、横軸に黒丸印を付した年が北日本の冷害の発生年を示している。このように、ある事件を契機として急激に研究が活発化するのが応用気象の研究の一つの特徴である。

この時期の農業気象の研究の重要な柱に、前記の気候条件と穀物の収量との関係の調査がある。この研究は大後美保が中心となり、県別に月平均気温と米の収量の統計

的關係を求めた。その結果、北日本では夏季の気温が、西南日本では日照と降水量が重要であることが分った。同様の調査は、大麦・小麦・トウモロコシなどについてもまとめられた。

1931年ごろから農業気象の研究者が増加し、1942年には中央気象台産業気象課長であった大後と九州大学農学部農業物理学教授であった鈴木清太郎が中心になって、日本農業気象学会が設立された。当初の会員数は約500で、1943年から機関誌「農業気象」が発行された。これとは別に実用面では、長野県の農民、荻原豊治が保温折衷苗代の技術を開発した。この画期的な方法によって、米作期間が1ヵ月以上早くなり、収量も増加し、病虫害や災害に対する被害が減少した。

Rudolf Geigerの接地気層の気候の研究の影響を受けて、微気候ないし微気象の研究が、この頃からわが国でも盛んに行われるようになった。戦後の国土の荒廃から立ち直るため、当時の中央気象台長 藤原咲平は、気象学の研究に基づく食糧増産と農地開拓を目論んで、戦時中の産業報国会を改組した財団法人 産業気象会を作った。ここでは高冷地の積極的な開拓のための調査が行われ、その成果が開拓地気象調査報告として相次いで刊行された。また藤原は、海外から帰国する気象関係者の就職を兼ねて、各地に産業気象研究所を設立し、農業気象の研究と食糧の増産の一石二鳥の施策を推進した。この研究所は、藤原の気象界からの退陣と官庁の人員整理のために、全体構想が実現を見る前に相次いで閉鎖されてしまったが、微気象あるいは小気候の研究、生物季節の研究などが戦後間もない時期に一斉に花が開いた。とくに井上栄一の穂波の研究など乱流に関する一連の研究は、現在隆盛を続けている微気象や接地気層の熱収支・水収支、乱流輸送などの研究のさきがけをなすものであった。奥田(1982)は、最近25年の日本気象学会の大会研究発表に微気候関係の研究が少ないことを指摘しているが、これは、日本の気象界にこの種の研究が少ないのではなくて、発表の場として農業気象学会が主に選ばれていると解すべきであろう。

戦後、農業気象の研究は多様化した。上記の微気象や微気候のほか、気象災害の発生機構やその防止対策の研究も数多く発表された。野外観測や風洞実験による風害や雪害霜害などの研究、土壌侵食や防風林の研究、温室などの人工的な気候制御の研究など枚挙に暇がない。こうした研究の進歩の跡は、上記の30周年刊行物の総合報告の他、旧版と新版の農業気象ハンドブックや農業気

象学の教科書を読み比べても、その大要を知ることができる。

4. わが国における大気汚染気象の研究の変遷

気象学に関係する大気汚染の研究については、これまでに総合報告を書いたことがある(河村, 1972 a, 1972 b, 1974, 1977)。ここでは視点を変えて、第1表をさらに補足する形で、わが国における大気汚染気象の研究の発展の歴史を展望してみたい。

第1表に掲げたように、わが国の大気汚染の研究のさきがけとなる日立鉱山の煙の研究が、1914年に発表されている。日立・足尾・別子などの銅の製錬所の煙突から排出される煙による被害は明治時代から発生し、このような論文が生まれるに至った。大阪などの大都市でも、大正時代以後、工業活動が盛んになるにつれて煤煙による汚染が問題にされるようになったが、経済不況や戦争など社会環境の変遷とともに立ち消えになり、大きな社会問題となったのは戦後である。そこで、大気汚染気象に関する研究とその背景をまとめた年表を作った(第2表)。

これを見ると、戦前の1930年代に、戦後に大気汚染気象学で問題にされる研究テーマが先人によって取り上げられていることがわかる。大気汚染による日射や紫外線の減衰、大気中のエアロゾル、都市の降水の酸性度などの研究は、いずれも戦後の研究のさきがけをなすものである。

戦後のわが国の大気汚染は、朝鮮戦争を転機として急速に再建に向かった工業活動に伴う、石炭の燃焼によって発生する煤煙がまず問題になった。日本気象学会では伊東が1955年に「天気」誌上で取り上げたのが最初で、1957年には学会のシンポジウムが行われた。この頃の大気汚染は高さ数十メートル以下の煙突が汚染源となっているので、当初の研究は、低い1本の煙突から排出された煙の挙動を問題にする煙突の気象学(stack meteorology)が主要な研究テーマであった。他方では大気中での核爆発の影響が問題にされ、人工放射性塵埃の研究も行われた。煤煙による被害を防ぐための条例や法律が施行されて、集塵装置などの対策が進むとともに、燃料が石炭から石油への転換が進んだため、煤塵濃度は1960年代の初期に頂点に達して、以後次第に低下した。これに代って1960年代の後半には経済高度成長に伴う石油の消費量の急増が、大都市や工業都市に硫酸化物による高濃度汚染をもたらした。この時期には大規模コンビナートの建

設に伴う高煙突化が進み、次第に広域にわたる大気汚染が発生した。広域化する大気汚染の実態把握のため、航空機による地域汚染の調査が行われたり、コンビナート建設予定地の大気環境の事前調査が各地で行われるようになり、拡散実験が試みられた。こうして日本各地で硫黄酸化物による汚染が頂点に達したのが1960年代の終り頃であった。SO₂の研究も全盛時代を迎え、高煙突の煙の拡散を知るため、各地で拡散実験が行われた。高煙突の煙の上昇高度は300~400mにも達するため、低層ゾンデやパイバルによる観測が盛んになり、海陸風の研究や大気境界層の研究が1960年代の終り頃から急増した。日本気象学会の大会で大気境界層のセッションが設けられたのは1969年のことで、その後研究発表の数は急激に増加し、1970年代の後半からは大会発表数の1/3を大気境界層の研究が占めるようになった。

1970年代に入ると、硫黄酸化物の高濃度汚染は次第に減少したが、これに代って光化学オキシダント、窒素酸化物の汚染が主役となった。環境の70年代と言われたように、環境問題が世界的に脚光を浴び、国内では環境庁や気象庁大気汚染気象センター、地方自治体の公害監視センターや公害研究所など多くの公害関係機関が誕生し、これらの機関に勤務する気象関係者の数が急増した。汚染は広域化し、また大気汚染対策により都市や工場地帯など高濃度汚染の発生日数は次第に減少したが、汚染源の排出総量は必ずしも減少しないため、総量規制などの対策が実施されるようになり、この裏付けとなる汚染物質の拡散シミュレーションの研究が盛んになった。また他方では、酸性雨が問題となり、汚染物質の長距離輸送と変質除去の過程の研究が最近とり上げられている。70年代に入って、大気汚染の発生を防ぐために、環境アセスメントを実施する傾向が強くなり、そのための大規模なプロジェクトが大規模総合開発予定地域で相次いで行われた。気象庁では西瀬戸・むつ小川原・秋田湾・南関東などの諸地域で、大気環境調査が実施された。この種の大規模プロジェクトは、米国でもMETROMEX, RAPS, STATEなどが中西部のSt. Louisを中心に実施され、その観測資料をもとにした研究が相次いで、*Journal of Atmospheric Science* や *Journal of Applied Meteorology* などの学会誌に発表されている。わが国の大気環境調査は米国のそれよりも行政調査的色彩が強いが、南関東大気環境調査の資料を解析した研究の一部は本誌にも数編の論文として発表されている。このように、応用気象の調査が逆に気象学本来の大気境界層の研

究の発達を促したことは注目すべきことである。

大気汚染の問題はさらにグローバル・スケールにまで発展し、近年の気候変化の研究の隆盛を招く契機となったことは周知のとおりである。

第2表には、研究テーマだけでなく、関連した学会活動や行政、事件などを記載してある。大気汚染の諸分野の研究者が集って作った大気汚染研究全国協議会は、1960年の設立当初 会員数は僅か35名に過ぎなかったが、今日では3,000人に及ぶ大世帯となり、1980年からは大気汚染研究協会と改称し、大会を大気汚染学会と呼ぶことになった。学会・研究会の欄の右側に記入した数字は毎年大会における研究発表数で、当初40題程度であったが、70年代に入って急増し現在は当初の約10倍である。気象関係の研究は、そのうちの約1/6を占めている。

5. 生気象の研究

当初に触れたように、生気象に関する研究がわが国で初めて取り上げられたのは明治初年のことであり、その後も散発的に論文が「気象集誌」に発表されている。しかし、戦前の気象界を支配していた中央気象台の業務に正式に組み入れられたのは、比較的新しいことである。生物季節に関する研究は、明治時代から行われている(石田, 1910)。しかし、中央気象台の業務として「気象集誌」や「気象要覧」に観測資料が掲載されるようになったのは、1928年(昭和3年)以後である。また正規の組織としては、中央気象台に産業気象掛が設けられたのが最初で(1930年)、その後1937年に衛生気象掛が設けられた。組織の改変に伴って多少の曲折はあるが、産業気象と衛生気象の二つにまたがって生気象に関する業務が戦後まで続けられてきた。応用気象に関する研究が中央気象台の組織の上に明確にあらわれたのは1942年のことで、中央気象台研究部の6研究室の一つとして成立した。この中心的な役割を果たしたのは増山元三郎らで、戦後1946年2月衛生気象研究室が設置され、気象研究所の応用気象研究部に引き継がれることになる。衛生気象業務と研究の成立の過程については、神山(1976)に詳しく書かれている。その後1950年代の終り頃までが中央気象台で衛生気象が隆盛を極めた時代で、増山・神山らが、気象の変化が人体に及ぼす影響を研究し、とくに戦後に統計学とりわけ推計学の理論を気象に応用して、因果関係の究明が必ずしも容易ではないこの分野の研究を推進した。その後、気象研究所応用気象研究部の研究の重点が大気汚染やエアロゾル・凝結核などに推移した影響や、研究者の

第2表 大気汚染気象年表.

研究テーマ	学会・研究会等	行政(東京)	備考
1932 関口 颯吉：東京都内の塵埃と日射量の減衰 1938 伊東 彈子：大阪市及びその付近で観測された煙粒子 1938 和 達 清 夫：大阪における煤煙粒子 1939 三宅 泰雄：東京丸の内付近の空気を汚染する物質 1939 三宅 泰雄：雨水の化学 1939 福井 英一郎：本邦の大都市の紫外線分布	1957 日本気象学会 大気汚染シンポジウム	1949 工場公害防止条例 1955 ばい煙防止条例 大気汚染観測開始	
1955 伊東 強自：都市大気汚染の問題(天気) 1957 矢野 直：空気の人工放射性塵埃 1958 佐々木 芳治：煙突の気象学	1960 大気汚染研究全国協議会 1961 大気汚染測定ハンドブック 1962 大気汚染測定ハンドブック 1963 大気汚染と気象 1964 大気汚染の予報 1965 スモッグの航空機調査(地域汚染) 1966 SO ₂ 高濃度汚染予報 1967 高煙突拡散(小石浜臨海工業地帯) 1968 SO ₂ の研究全盛, 自動車排ガス, ライダー, 高煙突 1969 海陸風の研究	1962 ばい煙規制法 1967 気象庁大気汚染調査 観測指針 公害対策基本法 大気汚染防止法 東京府公害防止条例 東京市公害防止条例 1969 気象庁：大気汚染気象予報	降下ばい煙ピーク WMO-WHO 都市気候シンポジウム SO ₂ ピーク Boundary Layer Meteor. 刊行
1970 大気境界層の飛行機観測 1971 オキダシントン, ソーダによる観測 1972 気象学会で大気汚染の研究増加, 拡散モデル, 変質, ヒートアイランドの研究 APMS 1973 境界層の数値シミュレーション, パックグラウンド汚染 1974 局地汚染, AMTEX, 汚染シミュレーション, 環境アセスメント 1975 森口：総量規制の算定方程式 1976 大気境界層の構造, 局地予報と大気汚染を組み合わせ入れた数値シミュレーション 1977 気候変動と大気汚染, グローバル問題	1970 米国 METROMEX 210 1971 人間生存特定研究 211 1972 米国 RAPS 272 1973 333 1974 451 1975 336 1976 米国 STATE 354 1977 環境科学特別研究 387 1978 398 1979 389 1980 大気汚染学会 414	1971 気象庁大気汚染気象センター・環境庁発足 西瀬戸大気環境調査開始 1972 小川原大気環境調査開始 1973 秋田湾大気環境調査開始 1974 南関東大気環境調査開始 1975 国立公害研究所発足 環境庁総量規制 マニフェス 気象庁 大気汚染気象予報指針 1976 大気汚染気象予報指針	杉並区立正高校事件(1970) SMIC 会議(1971) 国連人間環境会議(1972) UNEP モニタリング会議(1974) 関東地方酸性雨 Climatic Change 刊行(1978) 世界気候会議(1979) Jour. Climatology (1981)
1978 広域拡散	1980 大気汚染学会		

医学関係部門への流出等の影響もあって、気象学会の中では、籾山の季節病の研究(1981)や根本順吉の喘息と気象の関係の研究などが発表されたが、一般には研究発表が散発的になった。1962年の生気象学会の設立とともに、発表の場が同学会や公衆衛生学会に移った。筆者はその後の衛生気象ないしは気象医学の研究のレビューを行うに足る知識を持ち合せていないが、総合報告としては、生気象学会編(1968):生気象学に1960年代までの成果の要約が、またごく最近までの知見は、笠井 和編(1980):気象医学にまとめられている。ちなみに外国の総合報告としては、やや古いものでは Büttner (1961)が、最近のものとしては Fach (1981)が、これに対応するものの一つである。

人間以外の他の生物とくに植物を対象とする生気象の分野については、前に報告した生物季節(河村, 1982)以外に、植物の環境としての気象・気候を取り扱う植物生態学の分野がある。これについては農業気象学会の研究発表の中で一部取り扱われている他、植物生態学の研究があるが、ここでは省略したい。

日本生気象学会は最近の会員数が450名程度で、日本生気象学会誌は、年会の研究発表の要旨を中心に年に1~2冊刊行され、気象関係の会員は十数名にすぎない。

ついでに外国の生気候学の研究について触れておく。外国においてもこの分野の研究は、JAS や JAM, Q.J.R.M.S., Tellus などの気象学専門の学会誌には余り掲載されない。この分野の専門の学会として、国際生気象学会(International Society of Biometeorology (ISB))が1956年に創立された。ISBは1957年以来、学会誌として International Journal of Bioclimatology and Meteorology を刊行している他、1957年以来3年毎に国際会議を世界各国で順に開催している。次回(第10回)の会議は、1984年7月26日から30日まで東京で開催される予定で、組織委員長 菊池正一順天堂大学教授、事務局長 吉野正敏筑波大学教授らが中心になって準備が進められている。

ISBの成立の経緯や学会活動の状況は、Tromp(1976)の学会創立20周年記念報告にまとめられている。それに従って簡単に概要を述べる。1955年、オランダのライデン(Leiden)に設立された Biometeorological Research Center が重要な役割を演じた。

1950年代前半ごろは、世界的にみてもまだ一般の人々に環境問題に対する関心がなく、生気象学の研究者は孤立している状況であった。ところが、1955年人体の健康や

病学に対する天気や気象の影響をいろいろな面から研究する目的で、Biometeorological Research Center がオランダのライデン(Leiden)に設立された。これを契機として、ドイツの気象局に所属する Medical-meteorological Research Station の長であった H. Ungeheuer と Tromp が相談して、動植物や人間に対する物理的な環境の影響に関する研究を重点的に力づけるための組織を作り、国際的な機関誌を刊行することにした。こうして1956年に International Society of Bioclimatology and Biometeorology が設立された。ドイツ語やフランス語を話す会員は Bioclimatology という名称を使うが、他の大多数の会員は Bioclimatology を含めて Biometeorology を使うところから、1961年に会の名称を International Society of Biometeorology に改訂し、間もなく WMO にもこの名称が受理され、今日に至っている。会員は1956年には6か国の50名にすぎなかったが、1973年には51か国の550名に発展した。この年の主な国の会員数は、米国157、西独41、日本38、フランス36、英国32、カナダ20、イスラエル16、オランダ14などである。

会員は、気象学の他、医学、生物学、建築学、農学、林学など多分野にわたっているが、わが国の気象関係者は、神山、籾山、吉野ら数名にすぎない。研究分野も多岐にわたっているが、ちなみに1976年度時 ISB の研究活動のためにおかれていた研究グループは次のとおりである。

1. 動物と人間に及ぼす寒暑の影響
2. 人間の健康と病気に対する気象・気候の影響
3. 動物の病気に対する気象・気候の影響
 - ④ 家畜の病気と気候の関係
 - ⑤ 熱帯気候のもとでの動物の再生産
4. 植物と樹木に対する気象・気候の影響
 - ④ 高緯度海洋地域における穀物生産
 - ⑤ 砂(sand binding)と砂漠植物
 - ⑥ 植物気候改変
5. 生態学的気候誌
6. 植物 pathogens と動物病原菌からの穀物保護に対する天気・気候の影響
7. 天然の電場、磁場、電磁場に対する生物学的影響
8. イオン化した空気、電氣的エネロゾルの生物学的影響
9. 建築・都市・工学の生気象学
10. 物理・化学・生物学的変動現象
11. 環境変動にとくに関係した生物学的リズム

また、IBC でこれまでに取り上げられてきた主要なトピックスは次のようなものがある。生気象・生気候教育、植物学的生気象学、気象と昆虫の飛翔、生体に及ぼす気候刺激、気象病、熱帯気候の生体への影響（適応）、気候順化、建築気候、高山病、高々度の生体への気候刺激、生気候分布、感染症の世界的に見た分布と気候環境の影響、医学気象予報、人体生理に及ぼす気象気候の影響、周期的な気象変化と生体のリズム、生物圏の熱収支、大気中への生物微粒子の拡散、大気環境に及ぼす植物・昆虫・家畜・人間の影響、極端な気候・気象状態に対する植物・動物・人間の外的防御、開発途上国の生気象学の問題、年齢の関数としてみた気象ストレスに対する植物・動物・人間の反応、老化と気象ストレス、気象ストレスに対する tolerance としての種の差、動物および人間の再生過程に及ぼす気象の影響、砂漠および熱帯地域の開発途上国の気象環境の予測、人口密度と移住・振舞に及ぼす気象と気候の影響、生気象の生物学的リズム、動物・人間の生気象学の遠隔測定、極端な気象的・物理的的刺激、生気象学と人類、温度影響と快適気候、熱と死亡率、動物の健康と食糧生産に及ぼす気象の影響、動物の病気に対する抵抗性。

学会誌に掲載されている論文の中に、気象学会の一般会員に親しみやすい内容のものも含まれている。最近掲載された都市気候の論文では、都市域内で人体の熱収支を計算している (Tüller, 1982)。方法は都市表面における熱収支の計算と本質的には同じであるが、日射の建物による遮蔽を考慮するため、sky-view factor (建物による天空の遮蔽率) を導入したモデルを使って、都市内の人間の居住環境を評価しようという視点が興味深い。

9. 応用気象学の研究の今後の課題

これまでは主として気象学と他の学問との境界領域の研究について述べてきたので、最後に実用目的のための気象学の応用に関する問題に触れたい。

最近わが国で国際統計気候学会議が開かれ、応用気象学に関係の深い討議がされた (Ikeda et al., 1980)。これに関連して、気象・気候資料の利用に関して一言述べることとする。従来、わが国では実用目的に利用する気象・気候資料は、気象観測値をそのまま写すか、気候表に掲載された気候値を使うのが一般に行われてきた方法である。たとえば、近頃流行の地域開発のための環境アセスメントの報告書でも、気候表の転写がなされているだけで、単なるアクセサリーに終わっている例がほとんどで

第3表 応用気候の問題解決のための因子の組合せ。

因子	典型的な例
1 地点, 単純な時系列 1 気候要素	雹害に対する保険 風害の確率
1 地点, 単純な時系列 多気候要素	衣服, 建築計画仕様 最適利用飛行場の建設 工場, 家屋の建設地点の選択
1 地点, 複雑な時間関係 1 気候要素	道路融雪のヒーティングシステムのデザイン 霜に弱い果樹に対する霜害の評価 日射を防ぐ窓ガラス, プラインドの設計
1 地点, 複雑な時間関係 多気候要素	気象の影響による材質の劣化 灌漑施設の設計 特定地点の大気汚染の制御
多地点, 単純な時系列 1 気候要素	リージョナルスケール, ナショナルスケールの傘や雨靴などの配布とマーケティング 雷のような突然の気象事象による大地域の電力需要
多地点, 単純な時系列 多気候要素	大地域の地域マッピング 天気予報のシノプティック気候 (客観予報)
多地点, 複雑な時間関係 1 気候要素	広域の雨の分布型降水型による可能最大洪水流出量 複雑な地形をもった広い地域の霜害アセスメント
多地点, 複雑な時間関係 多気候要素	気候に関係した土地利用 大地域の山火事 気象状態に適応した最適航空機運行計画 都市の大気汚染制御

ある。このような気候診断のための気候資料の取り扱い方については、最近まとめたのでここでは省略するが (河村, 1982)、要は、気候表のような出来合いの資料にのみ依存するのではなくて、目的に合った資料を既存の観測資料から作り出すことが必要である。わが国では、比較的の多そう問題に対する応用気象統計を、観測技術資料として気象庁から刊行している。これを活用することが大切なことは言うまでもないが、これが事足りるのは、ごく限られた一部の問題にすぎない。

第3表は、Mather (1961) による応用気候統計の枠組みの例である。この事例に挙げた問題に対処するには、地点（地域）、気候要素、時間（時系列）の組合せを作り、過去の気候観測資料を目的にそってコンピュータにより統計処理をしなければならない。そのためには、磁気テープやディスクなどに収録された気候観測資料を利用者が使える態勢を作ることが重要である。

最後に今後の応用気象学の課題について言及する。広範囲にわたるこの分野の課題は数多くあるが、1982年6月ジュネーブで開かれたWMO第34回執行委員会報告の中で、世界気候計画(WCP)に関し、科学技術諮問委員会(STAC)と気候応用気象委員会(CCAM)が世界気候利用計画(WCAP)における最終目標の詳細について決めた優先順位表は次のとおりで、今後の応用気象学の研究の課題を示すものとして注目される。

I. 食糧問題

1. 確立した方法の国内食糧問題への応用（地域内の食糧生産ポテンシャル、穀物の生産性のポテンシャル、実用的な応用）
2. 食糧活動用の気候利用検索システム(CARS)の設置
3. 食糧生産の損失（病害虫・気象災害）を減少させるための農業気象の利用

II. 水資源

1. 水文データを用いた気候変動の調査（気候変動の視点からの長期間の水文データの解析）
2. 水循環のモデリング（気候-水文結合モデル）
3. 水資源系の運用に対する気候予報・情報の活用（水力・灌漑・食糧生産・水調節に対する応用）
4. 気候変動に関係した水河の消長の評価
5. 気候変動の水資源に対する敏感度（異なる地域の大量地についての敏感度の比較）

III. エネルギー

1. 太陽・風エネルギーのアセスメントのための最新の方法論
2. 日射と風のデータの補間法の開発
3. 衛星を利用した太陽・風エネルギーの評価
4. エネルギー用の気候利用検索システム(CARS)の設置

7. あとがき

日本気象学会 100 年史（河村，1982）に掲載した、当学会会員の所属構成の変遷を示す表を見ると、70年代に

入ってから会社や民間研究機関に所属する会員数が激増している。大学や研究所に所属する会員も、気象学教室などの気象学専門分野以外の周辺の学際領域の会員の増加が目立つ。このような状況を考えると、米国気象学会の機関誌と比べて応用気象学の記事が少ない現状を脱却して、応用気象学の解説をより多く「天気」に掲載したり、「気象研究ノート」に収録するなどの方策を講じ、応用気象学の研究の推進を図る必要がある。

本稿では本文中に引用した少数の文献を末尾に列挙するのにとどめたので、その他の文献は、本誌に掲載された続気象学入門講座で挙げた文献（河村，1980）あるいは「気象学ハンドブック」の付録文献表（「気象ハンドブック」編集委員会編，1979）で補っていただければ幸いである。

文 献

- Buttner, K. J.K., 1951: Physical aspects of human bioclimatology, *Compendium of meteorology*, 1112-1125.
- Flach, E., 1981: Human bioclimatology In. Landsberg, H.E. ed. *General climatology*, 3, 1-176.
- 福井英一郎, 吉野正敏 編, 1979: 気象環境学概論, 東京大学出版会, 259 p.
- Ikedda, S., E. Suzuki, E. Uchida, M.M. Yoshino, ed., 1980: *Statistical climatology*, Elsevier, 388 p.
- 石田雅生, 1910: 桜の開花期と気温との関係, *気象集誌*, 29, 132-138.
- 笠井 和 編, 1980: 気象医学, 金原出版, 202 p.
- 神山恵三, 1976: 衛生気象, *天気*, 23, 85-87.
- 川口為造, 1892: 気象と稲作との関係, *気象集誌*, 7, 329-336.
- 河村 武, 1972 a: 大気汚染気象の動向とその背景, *天気*, 19, 467-483.
- , 1972 b: 日本の都市における大気汚染, *地理学評論*, 45, 231-245.
- , 1974: わが国における大気汚染気象の最近の動向, *地学雑誌*, 83, 172-181.
- , 1977: 大気汚染, *気象研究ノート*, 128, 285-301.
- , 1982 a: 日本気象学会 100 年史, *天気*, 29, 299-306.
- , 1982 b: 地域環境総合診断のための大気環境の取扱い方の問題点, *環境科学研究報告集*, B 123, 38-45.
- , 1982 c: 季節現象の観測と気候の解明への応用, *天気*, 29, 559-574.
- 気象研究所, 1977: 気象研究所三十年史, 161 p.
- 気象庁, 1975: 気象百年史.
- 気象ハンドブック編集委員会, 1979: 気象ハンドブック, 朝倉書店, 686 p.

- 河野常吉, 1889: 雪と農事との関係, 気象集誌, 2, 91-94.
- Landsberg, H. and W.C. Jacobs, 1951: Applied climatology Compendium of Meteorology, 976-992.
- ed., 1981: General climatology 3, Elsevier Sci. Pub. Co., 408 p.
- Mather, J.R., 1974: Climatology fundamentals and applications, McGraw-Hill, 412 p.
- Mihara, Y., and T. Ando, 1974: Background and history of agricultural meteorology in Japan, In. Mihara, Y. ed. Agricultural Meteorology of Japan, Univ. Tokyo Press, 1-10.
- 靱山政子, 1981: 疾病・死亡率の季節変化に関する研究, 天気, 28, 823-833.
- 森田己貴太, 1891: 信濃川洪水の予報, 気象集誌, 1, 19-28.
- 日本農業気象学会, 1955: 水稲冷害の文献的研究, 217 p.
- 奥田 稷, 1982: 日本気象学会100年史, 天気, 29, 307-310.
- 産業気象研究会 編, 1956: 農業災害文献集, 産業気象研究会, 182 p.
- 塩谷正雄, 1979: 強風の性質—構造物の耐風設計に関連して, 開発社, 193 p.
- 市街地風研究会, 1978: 市街地風の研究, オーム社, 184 p.
- 下野信之, 1882: 農芸気象, 気象集誌, 5, 21-26; 6, 17-25.
- 鈴木重行, 1884: 天気と夏季痢病の関係, 気象集誌, 1, 19-22.
- 日本生気象学会編, 1968: 生気象学, 紀伊国屋書店, 998 p.
- 武林貞次郎, 1883: 暑さ寒さも彼岸まで, 気象集誌, 11, 12-17.
- Tüller, 1975: The energy budget of man, Variations with aspect in downtown urban environment, Int. J. Biometeor., 19, 2-13.
- Tromp. S.W., 1976: The twentieth anniversary of the International Society of Biometeorology 1 January 1956-1 January 1976, Int. J. Biometeor., 20, 71-79.
- 和田雄治, 1893: 霜害予防法, 気象集誌, 4, 128-133.
- , 1893: 本年の早越冬, 気象集誌, 9, 370-376.
- 山崎光太郎, 1883: 脚気と雨量, 気象集誌, 10, 8-11.
- Yoshino, M.M., 1974: Agricultural climatology in Japan, In Mihara, Y. ed. Agricultural meteorology of Japan, Univ. Tokyo Press, 11-40.

“日本気象学会創立100周年記念レビュー”編集後記

標記のレビューについては、執筆者の方々はもとより会員各位に大変お世話をおかけしました。振り返って見て、とにかく立派なシリーズとなったと感慨にたえません。

この計画が立てられてから、まず会員の皆様の希望はどこにあるかと思い、アンケートを募集しました（「天気」28巻2号にその結果を報告）。そしてそれを参考に各執筆者を決め、原稿を依頼しました。アンケートの要望が多岐にわたるため、各執筆者はどのように内容をまとめるか大変苦労されたと思います。また予定したテーマのうち総観気象、大気物理・化学（その2）は掲載できなくて残念でしたし、予定した順序通りに必ずしもゆかなかったことはありますが、幅の広い気象学の発展の概観につき、その主要なところをレビューできたと思っています。

編集部として至らぬところは重々反省していますし、この種のレビューはこれだけで終わるのでなく、今後も続くべきことですから、たえず先を見つめて我々は歩みたいものです。どうも皆様有難うございました。

（内田英治）