

一解 説一

米国および英国の気象サービスの動向

札幌管区気象台 古川 武彦

1 はじめに

天気予報を中心とした気象サービスは、世界気象機関の枠組みの下、現在百数十を越える国々で実施されており、その組織や運営形態は、それぞれの国の歴史や風土、社会経済体制により異なっている。近年、日本を始め各国で組織や運営形態の見直しが行われているが、なかでも米国は組織全体の近代化を主として技術的観点から、英国では運営形態の独立採算化を目指したもので、それぞれ趣が異なっている。ここでは両国における気象サービスの動向を中心に、その概要を述べてみたい。なお、このうち英国における記述については、全面的に気象庁の長坂昂一氏による1996年の調査レポートの引用や抜粋によった。記してお礼を述べる。

2 米国の気象サービス

米国気象局は、数年前から法律に基づいて、ドップラー気象レーダーや地上気象観測の全面的自動化などによるメソ現象の監視手段の抜本的強化と地方組織の再編成などを行い、気象サービスの高度化を目指す「気象サービスの近代化とそれに伴う組織の再編成 (Modernization and Associated Restructuring of the National Weather Service)」計画を段階的に進めている。現在、その計画実施の最終段階にあり、官署ごとにも新形態へ移行中である。この近代化の背景には、新技術の導入以外に、先進各国で行われている国家財政の建て直しと政府組織のリストラの米国版ともいえるべき、米国政府と議会の要請がある。

(1) 気象災害の特徴

米国の気象サービスの枠組みとその近代化計画の戦略を理解するためには、先ず自然災害の特徴を見ておく必要がある。米国の近年の気象災害は、年間平均で見ると犠牲者が約400人、負傷者が約3,000人規模であり、その主因は、落雷、トルネード、サンダーストームに伴う風、突発的出水や洪水である。土砂崩れやハリケーンに伴うものは非常に少ない。資産に対する損害は洪水およびハリケーンによるものが桁違いに大きい。年によるバラツキが非常に大きい。

トルネードは最も劇的な現象の一つで、米国全体の年間の平均発生数はおよそ1,000個である。また、トルネードや雷雨あらしを対象とする警戒 (watch) の回数は約500回、警報 (warning) は約7,500回に達してい

る。トルネードおよび洪水に伴う犠牲者の約半数が、車両や移動型住宅で占めているのは米国の大きな特徴である。米国において最も大きな人的・物的被害をもたらす気象は、激しい対流性のメソスケール現象に伴うものであり、我が国での最大の被害が大雨に伴う土砂崩れに起因するのに比べて大きな相違がある。

(2) 気象サービス組織の変遷

米国における気象サービスの開始は、1870年に陸軍の通信隊の中に気象サービスを整備することが議会で認められ、FORECAST と呼ばれるものが発表されたことに遡る。1890年に民生用としての気象局が農務省に誕生した。その後、気象局は1940年に商務省に移管され、軍は独立に気象センターを設立した。1967年に気象局 (Weather Bureau) は環境科学サービス庁 (ESSA: Environmental Science Services Administration) の傘下で National Weather Service と改称され、ESSA は1970年に現在の米国海洋大気庁 (NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration) になった。1988年にフライディ (Friday) が米国気象局 (NOAA/National Weather Service) の局長となり、以下に紹介する近代化8か年計画を発表し、実施に移して来たが、同局長は、予算案および米国気象局の将来計画の方向づけを巡って NOAA のベーカー長官と対立し、1997年6月末更迭された。

(3) 近代化計画の目標と戦略

気象サービスの近代化と組織の再編成 (以下、単に近代化という) は、気象学と水文学における革新的な科学技術に基づいて、シビアウェザーおよび洪水を対象に、よりタイムリーで正確な警報及び予報を提供することを目的としている。この近代化計画は、シビアストームやトルネード、洪水のような短時間で発生・発達する現象に対して、これまでは機器や技術の陳腐化により、迅速な観測や解析、情報の伝達が出来ず、しばしば現象が起こってしまってから警報を出さざるを得なかった大きな反省に基づいている。近代化によって社会に還元されるべき利便性が以下のように具体的に示されている。

- * 多くの死傷者が発生し財産に損害を与える、ハリケーンと冬季の嵐についての警報と予報の改善
- * 死者数が一番多い原因である突発的出水 (Flash Flood) に関しての、早期かつ信頼性のある警報
- * 雷雨あらしとトルネードについての、早期より信頼性のある正確な警報；トルネード警報については、現在は10分前発表が現業化されているのを30分前にリードタイムを上げる。
- * 人口の増加しつつある都市部、河川流域や沿岸域の住民に対する洪水警報の改善
- * シビアウェザーに対する誤った警報を無くし警報サービスに対する住民の信頼を確保
- * 10日先までの中期予報の改善とそれに伴う農業、交通、他の経済活動への貢献

この他、近代化を進めるべき大きな動機として、ここ2、30年における大気科学を中心に、特にメソスケール現象についての観測や知見が大幅に進んだこと、現在の観測機器類が旧式で陳腐化し人手を要するシステムで、気象レーダーなどは第2次大戦から派生した1940年代の技術に基づいたものであり、その保守の負担が大きいことも挙げられている。

近代化計画は次の二つの段階を経て達成される。

第1段階は、先進的な新しい観測システムの導入であり、その特徴はドップラーレーダー、ウィンドプロファイラー、自動地上気象観測システムの導入である。

第2段階は、先進的な情報処理、通信システムの導入であり、予報官の必要とする手段の提供と支援データの取得・集積、解析、解釈の高度化とシビアーストームを中心とした信頼性のある予報の提供である。これらは、必然的に従前の有人観測の自動化や気象サービスおよび組織の変革を伴う。

(4) 新しい観測・処理システムの導入

近代化計画で整備される新しい観測システムについて見てみよう。

「ドップラーレーダー」 近代化計画の最大の武器がこのドップラーレーダーと言っても過言ではない。これは次世代ドップラーレーダー (NEXRAD) として待望されたもので、業務上 WSR-88D と呼称される1988年仕様の気象レーダーである。この新レーダーが、後述する地方の新気象台に1台ずつ整備される。予報官はレーダーのドップラー機能により設置点から半径230km 以内の風の場の把握が可能になり、何よりも擾乱の“内部”を見ることが出来るようになったことのメリットは大きい。当然、擾乱の早期検出や特に擾乱の回転性(トルネードやメソサイクロン)の有無を見分けることが出来、これらは明らかにシビアーストームに対する警報などの迅速化につながる。ドップラーレーダーの監視・解析のメニューは数10項目にのぼる。気象局は、地方の予報官がドップラーレーダーを有効に使いこなすための全米の研修センターをオクラホマに設け、担当のすべての予報官に研修を課している。

一方、運輸省の連邦航空局は空港専用の別の仕様の空港ドップラーレーダー (TDWR : Terminal Dopplar Weather Radar) を主要空港約50カ所に整備している。この TDWR は、航空機の離発着に危険を及ぼすダウンバーストと呼ばれる強烈な下降噴流を監視し、ダウンバースト自身や風の強いシアアの存在を、管制官がリアルタイムで直接パイロットに伝達し、警告を与えるシステムである。

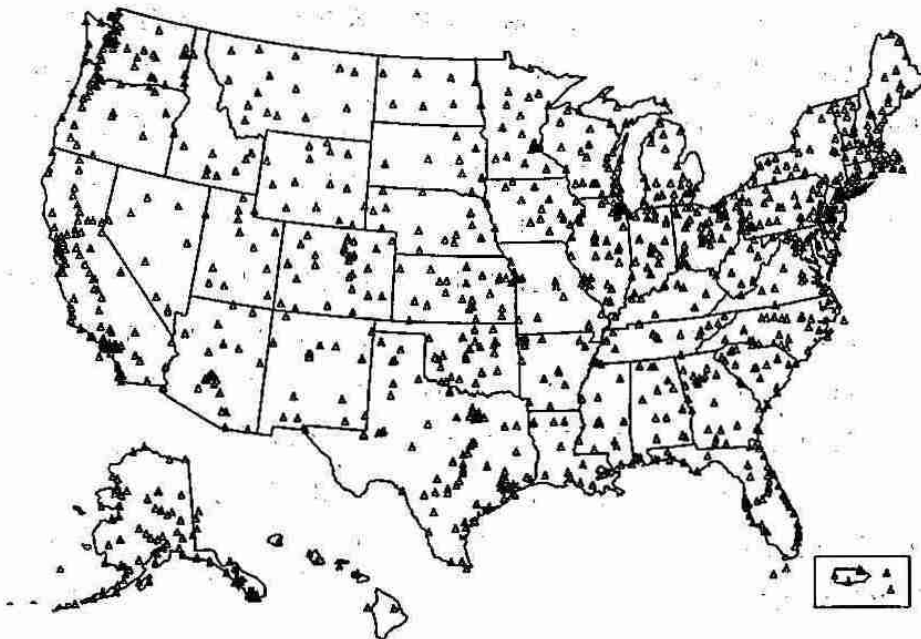
さて、NEXRAD 展開の全体計画では、降水強度の監視半径460km、ドップラー風の監視半径230km を持つ、ピーク出力750kw、波長10cm のドップラーレーダー161基 (海外領土などを含む) を設置する。展開年次と設置地域で注目されるのは、整備の優先順位をシビアーストームの発生地域と人間の居住地域から決めていることである。WSR-88D のデータは、誰でも電話回線を通じてパソコンでリアルタイムで入手が可能で、種々の接続業者が活躍しており、そのためのソフトもある。

「自動地上気象観測システム (ASOS : Automated Surface Observing System)」 米国における気象観測に対する基本的考え方は、気象局が観測機器・方法・研修などの標準を保持し、それに基づいて関係機関との協力をを行うことである。

気象局ではこれまでは約240カ所の気象施設で有人の地上気象観測が行われて来たが、人手による観測を情報処理の分野に投入する必要があるために、新たに全体で1,700カ所にのぼる ASOS を導入する。図は ASOS の展開図を示す。近代化計画では、気象局の有人の観測 (240カ所) と航空局の有人の観測 (約200カ所) 部分が、自動化され ASOS に移行されることになる。ASOS 整備の特徴は、3つの部局 (気象局、連邦航空局、海軍) の協同で行われていることと、設置地点が大部分空港である点である。ASOS の観測要素は、気温、気圧、風向・風速、雲量等で、表にその概要を示す。自動的に観測が行われ、データは気象台および空港の管制塔に直接に伝達される。また、コンピュータで作られた音声により、この天気情報が自動的にパイロット向けに放送される。(注) 日本のアメダスは約1,300地点で、このうち風向・風速、気温、日照時間、降水

ASOS (自動地上気象観測システム) 観測要素の仕様

要素	センサー	測定範囲	精度
雲高	レーザーシーロメータ	100~12,000フィート	±100フィートまたは5%のうち大
視程	前方散乱計	1/4~10マイル	1/4~11/4マイル: 10マイルで±2マイル
現在天気 降水強度	降水判別機	軽、中、重度の雨または雪、みぞれの検出	0.01または10%のうち大
着氷発生	振動体	1時間当たり0.01インチ以上の高まり	1時間当たり0.05インチの降水の場合99%
視程障害	露点湿度、視程計などから計算	霧、煙霧を通報	視程が7マイル以下の場合
周辺気温	抵抗温度計	-80° F ~ +130° F	0.9° F ~ 1.8° F
露点湿度	冷却された鏡	-30° F ~ +86° F	1.1° F ~ 7.9° F
気圧	圧力セル	16.9 Hg ~ 31.5Hg	±0.01 Hg
風向	矢羽	0 ~ 359°	±5° (5ノット以下)
風速	カップ型風速計	0 ~ 125ノット	2ノットまたは5のうち大
降水量	加熱型転倒ます	0 ~ 10インチ/時間	1時間合計で±0.02インチまたは4%のうち大



ASOS (自動地上気象観測システム) 展開図

量の4要素観測地点は、約800カ所で、他は降水量のみである。両国の比較には、米国の面積が日本の約25倍であることを考慮する必要がある。

観測要素と形態で特に注目されるのは、人手による目視観測についての戦略で、従来の目視種目の単なる自動化ではなく、新たな業務を睨んだ天気情報の選択や代替手段の追求がなされている点である。一番の特徴は、雲と視程の観測であろうか。雲の観測は、レーザー光線を使って雲底高度を計るシーロメータによる地上からの観測データと、気象衛星による宇宙からの観測データを併用して行っている。シーロメータは本来、約4,000m以下の、しかもポイントでの瞬間の情報で、航空機の離発着向けに開発された機器であるが、そのデータの時間平均により雲の空間的広がりに換算している。また、視程の観測は前方散乱計を利用しており、観測ポイントにおける散乱計から得られる大気混濁度と従来の人手によるものとの比較観測の結果から、アルゴリズムが作られている。その他、50センチ程度の狭い空間を過ぎる雨/雪により、その間の赤外線が減衰することを利用した雨雪判別強度計により、降水が雨か雪かの区別と、それらの強度が観測される。従前の人手による観測とASOSによる観測との相違点とデータの利用上の注意事項などのわかりやすいマニュアルが、航空関係者などに配布されている。なお、トルネードや雷雨あらしの常襲地域などでは、それらの現象を備考欄で通報するよう人的な配置が強化されている。

ASOS データは部外のユーザーにも提供されており、その品質管理は測器の自己校正機能によるほか、数か所の気象中枢における広域的な品質のモニター、ワシントンの中枢での品質管理の三段構えとなっており、さらに部外の個々のユーザからの無料電話による苦情の受付機能を持っている。近代化ではASOSの導入により約240か所の地方の有人の気象官署は半数以上が無人化され、118か所に集約される。

「ドップラーウィンドプロファイラー」 米国およびカリブ海諸島には、現在約100か所のレーウインゾンデ観測サイトがある。それに加えて現在29か所にマイクロウェーブを利用して大気中の風を3次元的に測定するウィンドプロファイラーと呼ばれる測器が、中西部15州で導入のための評価が行われている。大気中の数センチ規模の小さな乱れが、相対的により大きなスケールの流れとともに存在していると仮定して、鉛直および斜め上空方向に発射される400メガ帯の電波のドップラー効果により、3次元で風を計るものである。約15km上空まで観測され、毎時データとして全米の気象官署へ送られ、予報の作成などに使われるほかワシントンの中枢などで数値予報モデルや実況監視に利用される。

「高度会話型気象処理システム」 地方の気象台における現在の情報処理システムは、1970年代に整備された各種作業の自動化を目指したミニコンシステムであるが、近代化計画でAWIPS (Advanced Weather Interactive Processing System) と呼ぶマン・マシン会話型の処理システムへと転換される。予報官は、このシステムを利用して、莫大な観測データや予測モデルからのデータ抽出・種々の気象要素との重ね合わせ・予報との照合を行い、最も意味のある情報を迅速に表示することが出来る。AWIPSを通じてワシントンの中枢と地方の警報及び予報を行う気象台とがリアルタイムでネットワーク接続される。さらにネットワークの一環として、AWIPSを通じてNOAAの種々の環境データが準リアルタイムで、NOAAデータのユーザや民間の気象及び水文サービスへ放送・配信される。定常的な情報やデータはAWIPSのNOAA-PORTと称される出口から、関係省庁や大学、民間気象事業者へ一方通行的に提供される。

(5) 近代化による新組織

「これまでの地方組織」 気象局全体の総人員数はおよそ4,500人である。近代化以前の地方組織は、州を単位としてその中に三つの階層の気象台が存在していた。これとは別に、州をまたいで水理専門の気象台がある。これら地方組織は全体で約280か所である。

地方の気象サービスの中核をなす官署は、州を基本として管轄する気象台(WSFO: Weather Service Forecast Office)で、観測のほか、一般気象、海上、航空、森林管理(火災など)に関する予報などのサービスを行っているほか、警報サービスを行っている。全米のほぼ各州に一つあり、総数は52か所で職員は30人規模である。次に、WSFOの傘のもとに、州内に数か所の測候所(WSO: Weather Service Office)があり、通常は自己の管轄地域に影響を及ぼす局地的なシビアストームについての警報サービスを行っている。全体で約200か所である。一部のWSOでは限定的な予報サービスなども行っている。大部分のWSOでは地上、高層、レーダデータの観測・収集に携わっている。このほかに全体で約20か所の別種の測候所(WSMO: Weather Service Meteorological Office)があり、役割はもっぱら気象観測の実施と通報で、一般予報や警報の任務はない。WSOやWSMOの1官署あたりの職員数は10名規模である。米国のこうした地方組織の階層構造は、担当している面積の大きさは別にして、奇しくも現在の日本の地方気象台、一部の測候所(観測以外に予報も行う)、その他の測候所(観測/解説が主)という構造と同じである。

水文・水理サービスは、13の河川予報センター(RFC: River Forecast Center)があり、州を超えて単一または複数の水系の洪水予報や河川の水理関連の予報が実施されている。このうちWSFOと同じ場所に立地しているのは半数以下で、一般気象サービスとの連携が問題となっていた。

「新しい地方組織」 さて、地方組織の再編成の基本戦略は、①州規模を新たに数区に区分し、その管轄域内の気象サービスを責任を持ってカバーする新しい気象台を設けること、②同時に、その実現のためにドップラーレーダなどを新規に導入すること、③さらに、上記の観測および限定的な予報や警報などを行っている官署の観測業務の自動化と上級官署への集約を行うことなどが、パッケージとなっている。すなわち新しい地方組織は、上記の52のWSFOと200か所以上のWSOの中から選ばれた合計118の官署に、それぞれドップラーレーダ(WSR-88)を付置して、新たに気象台(WFO: Weather Forecast Office; 以下、新気象台という)として、新しい管轄区域内の予報や警報などの全責任を持つ。残った他の有人の官署であるWSOとWSMOの観測の機能は、原則として自動化(閉鎖)され、地上気象観測部分は前述のASOSへ組み入れられる。この再編成により、地方組織はこれまでの三階層(WSFO、WSO、WSMO)から、WFOという単層構造になる。この再編成により、予報や警報を行う官署が約倍に増え、予報官の定数も増える。

いずれにしても約150か所に近い有人の官署が最終的には看板を下ろし消滅する。なお、トルネード常襲地域でASOSに組み込まれた官署の一部では、有人による測器の保守のほかトルネードに対する目視通報の責務が残される。

(6) 新気象台(WFO)の管轄区域と人員配置

新気象台は、州をさらに細分した管轄区域を対象に、気象衛星観測の傘のもと、それぞれ前述のドップラーレーダーを持ち、さらにASOSなどの新しい観測手段と国立環境予報センター(NCEP: National Centers

for Environmental Prediction) などからの種々の支援情報に基づいて、管轄区域内の予報・警報サービスについてのすべての権限と責任を持つ。

「管轄区域」 従来の管轄区域の分割は、地勢や気候学的な観点から、例えば〇〇盆地、××山麓地方などとしていたが、新気象台は地方の行政の基本単位である郡(County)をいくつか束ねたものである。ちなみに新気象台はテキサス州などの大きな州では9か所、小さな州では1か所である。日本との比較でコロラド州をみると、人口は約300万人、東西約700km 南北約400km で州の西半分以上がロッキ山脈などに覆われ、また山麓や平原ではシビアストームが多く発生する地域であるが、この州一つで日本の東北地方がすっぽり入る位の大きさである。近代化では、この州全体をこれまでの6か所の官署組織から3か所の新気象台で受け持つ。新気象台の管轄区域で注目されるのは、相当の州で州境を越えて(日本で言えば、県をまたいで)設定されている点である。また、近代化計画では予報および警報が郡単位となったことから、相対的に郡の数が多く、また1郡あたりの面積が小さい中部から東部や太平洋側では、予報サービスがきめ細くなる。特に警報の運用では、人口が稠密で社会活動の活発な地域に重点が置かれているように見える。

「人員配置」 人員の標準的配置は、新気象台あたり23人をベースに、官署の管轄規模、予報の種類などに応じて増減が考慮されており、画一ではない。最大は32人、最低は18人となっている。13の新しい洪水/水理予報センター(RFC)は、全て適当な新気象台に併置されて、一般気象サービスとの連携が図られる。当然、洪水/水理予報センターが併置される所などでは予報官が多い。新気象台の人員配置の特徴は、予報官チームなどが配置されている官署数をこれまでの52官署から118官署へ拡大したことのほか、いくつかの新しい顔を持っている。

要員配置の一つの目玉は、各気象台に科学・運用官(SOO: Science and Operations Officer)といわれるスタッフを新しく設けたことである。その役割は、技術的統括とスタッフに対する科学的助言で、これは気象台の保有する全てのプロダクトを提供するサービスを行うに当たって、本来あるべき姿を追求した成果である。具体的には、研究面での新しい科学技術や技法に常に注目して、その成果を予報や警報サービスに実用化するための発議、主導、協同作業を行うことである。また、SOOには、近隣の大学との連携やスタッフに対する訓練及び専門能力の開発が期待されている。この他、これまで観測に従事していた技術者の予報官などへの職種転換を意識した、前述の新しい観測機器類の保守・管理ポストや種々の新しいデータの品質管理ポストの新設などが注目される。

近代化計画の遂行には、予報官のメソ現象に関する解析や予報能力の具備が最も重要で、またその背景として既存の予報官の大気物理学やレーダー気象学についての知識の向上、さらに新たに観測技術者から予報官への職種転換に際しての研修が必要とされている。このため気象局は、①現在の予報官に対する教育と研修、②実用的部門と研究部門との協同、③将来気象界に向かう大学の学生に対する教育および専門的知識の付与などを柱とするプログラムを提案し、これに応じてコロラド州ボルダにある国立大気科学研究所(NCAR: National Center for Atmospheric Research; 大学の共同利用施設)は、COMET(実用的気象、教育および研修のための協同プログラム)と呼ばれるパソコンを利用した自習/研修システムを開発した。ソフトはCD-ROM ベースで、大気科学やレーダーなど殆どあらゆる分野をカバーしており、各項目毎に第一線

の専門家による講義や写真・図表類がビデオで表示され、さらに各章の終わりごとに試験問題がある。受講者はクリックで答えると自動的に採点され、成績が悪いと、「あなたは第何章に戻り、再び勉強しなさい」などの助言がなされる。1課程あたりの学習時間は数時間程度である。COMETはNCAR所内での教室を利用した教育のほか、通信回線を介した遠隔地からの利用も可能である。もちろん単独機材としても使用できる。最近、外国機関での利用も促進されているようだ。気象局では、前述のオクラホマでの気象レーダーのような業務に直結した研修以外に、この研修プログラムも利用している。この他、特定の大学と連携した研修もなされている。

(7) 気象予報の支援および警報の体系

近代化後の基本的な支援の系列は、ワシントンの本局はじめ地方の数か所に置かれた支援センターと、実際に予報サービスを行う地方官署(新気象台)の二つの要素(階層)から成り立つ。新気象台は、以下に示すように支援センターからの種々の情報を基礎に、管轄域内の予報や警報などのサービスを行う。

「予報支援センターの役割と支援形態」ワシントンにある国立環境予報センター(NCEP)が、気象局が全国で行なう種々の予報サービスの支援的役割を果たしており、各センターの行政組織上の元締めとなっている。NCEPは、環境モデリングセンターを中心に、合計九つのセンターから成り立っている。各センターは、全球規模や総観規模の大気現象、トルネードなどのメソスケールの大気現象、ハリケーン、波浪など、現象の規模とそれらの社会への影響を考慮して、担当すべき対象(現象)を分担している。環境モデリングセンターは、日々の現業の核となっており、全球規模の14日以内の気象及び海洋の解析と予測、数値的気候予測を行い、他のセンターへの基礎情報の提供など中枢的役割を担っている。

各(支援)センターの名称や機能などは以下の通りである。●水文気象予測センター：7日間以内の水理気象、●ストーム予測センター：24時間以内の災害をもたらす気象、●航空気象センター：2日間以内の国際・国内航空のための気象、●熱帯予測センター：5日間以内の熱帯気象、●国立ハリケーンセンター：5日間以内のハリケーン、●海洋予測センター：5日間以内の波浪など、●気候予測センター：2週間・毎月・季節などの気候、●宇宙環境予測センター：3日間以内の宇宙気象。

これらのセンターは、それぞれ担当の現象の推移を監視し、今後の見通しや予報とその解釈についての検討、必要な警戒体制とその根拠などを、チャートや平文で作成し、地方の気象台や関係の支援センターに伝達して、個々の気象台の実際の子報や警報サービスを支援している。これらの情報は「検討(ディスカッション)」と総称され、種類、内容、形式、作成する場合の他の支援部局との協同の方法、例文などが気象局のオペレーションマニュアルに事細かに記載されている。「検討」は予報作業の上からはガイダンス(支援資料)に位置づけられる。地方の気象台での実際の子報サービスは、予報官がこれらのガイダンスや予報を基礎に、実況とモデルの相違の検出、予報則の適用などの科学的判断を行い、予報を行う(予報文の作成と提供)体系となっている。このほか予報の難しい局面では、支援センターが直接に当該の気象台と連絡を取る。注目すべきことは、これら「検討」の内容は基本的には気象局内部の専門家向けのものであるが、同時に連邦航空局、連邦非常時管理局などの関連省庁、さらに民間気象事業者などにも伝達されており、それぞれの責任者が「検討」についての科学的理解の上で意志決定が出来る仕組みとなっている。

(8) 気象警報の体系

警報等の情報提供の基本的考え方は、種々の現象により社会が受ける影響の度合い、現象についての予報精度や発現までの経過時間、さらに、被害の回避のための事前準備などを考慮して、国民に対して段階的に警戒を喚起し、適切な対策を促すよう意図されている。これらは、「多段階方式」と言われ、具体的には、以下のような数段階（階層）から成りたっており、一般に、時間的にはこの順に発表される。

「見通し (Outlook)」：見通しは、災害を起こし得る気象や水象が発達するかも知れないことの指摘である。これは現象の襲来に備える対策に多大の準備時間を必要とする者に対して、情報を提供することにある。第1段階の情報と考えられる。

「警戒 (Watch)」：警戒は、災害を起こしうる気象や水象の来襲の危険性が明らかに増大したが、なおその発生や場所、時刻などがはっきりしない時に使用される。これは公衆が種々の計画を実行に移す際に、十分な準備時間が得られることを意図している。

「警報 (Warning)/注意報 (Advisory)」：警報は、生命や財産に脅威をもたらす条件下で使用され、一般に、災害を起こしうる気象や水象が、現に起きているか、切迫しているか、あるいは発生する確率が極めて高い時に、発表される。

「注意報」は明らかな不具合をもたらすか、または注意が実行されなければ生命や財産に脅威を与えかねない条件を対象とするものである。警報の次位と考えられる。

米国の警報はこのように実況的色彩が極めて強く、したがってハズレは少ない、むしろリードタイムが問題となる。また無視すればそれこそ命が危ない。

以上の段階のほかに、警戒や警報の期間中に、今後数時間内の気象および水象についての情報を伝える「短時間予報」や実況を主にした「NOW」と呼ばれる予報がある。さらに、警報等の発表状況、現況、必要な行動などの情報である「説明」がある。

警報等の対象となる現象と警戒の程度を見ると、特徴的なことは、予め警報現象と注意報現象が分けられており、したがってまず注意報、次いで警報という階層構造ではないことである。また、「警戒」段階は、ハリケーンやトルネードなどの最重要な警報現象にのみ設定されており、同じ警報でもブリザードや砂塵あらしなどにはないことである。

(注) 気象庁の警報・注意報の災害想定は、米国とほぼ同じであるが、運用面では異なり、大雨や大雪の場合、まず「注意報」を発表し、次いで現象の推移により「警報」となる場合が多い。また、警報や注意報に先だって「低気圧に関する情報」、さらに警報の期間中に「記録的短時間大雨情報」などの補完的「情報」も発表している。

次に、「見通し・警戒・警報」などの作成・発表官署は、対象となる現象に依存しており、前述の支援センターと地方の気象台が分担している。ちなみに、トルネードなどのシビアストームについての「警戒」はストーム予測センターで行い、個々の「警報」は当該の気象台である。また、冬季ストームの「見通し・警戒・警報」は各気象台の責任である。ハリケーンについては、国立ハリケーンセンターなどの支援センターが「警戒」を、気象台が「警報」などを行う。「短時間予報」や「説明」などは気象台の仕事である。

(9) 地方の新気象台 (WFO) のサービスと職務、勤務制

(一般向け予報/警報等)

・州 (State) 予報： 州域を対象とした48時間予報 (1日2回) と48時間以降5日先までの延長予報 (1日1回) (注) 複数の WFO のいずれかが州全体の主導権をとるかは未定とのこと。

・地方 (Zone) 予報： 郡を対象地域とする48時間先までの予報で、予報対象は、気象条件、降水の確率、最高・最低気温、風向・風速 (1日4回)。予報対象域の代表的な大きさは100km×100km であり、東部の地方などはより稠密である。なお、結果として複数の郡が同じ予報となる場合がある。

(注) 日本のこれに相当する予報は、いわゆる短期天気予報で地域的広がり、県をさらに1、2に細分したもので、1日3回発表である。

・地域 (Loca) 予報： 都市やその郊外地域を対象とした予報で、48時間の詳細な予報。予報要素は地方予報と同じで、地方予報に基づいて作成される。

「ナウ (NOW)」は、ドップラーレーダ観測などを武器とした近代化による新しい予報で、現象の開始時刻とともに、終止時刻が述べられているのが注目される。

・気象警報等： 一般には郡を対象に行う。

(火災予報) 5月初めから10月初めの間、午前および午後、総観的な概況、地方予報、延長予報 (2日—5日)、6日—10日の見通し、火災気象観測レポートなどを提供する。その他、関係庁からの要請に基づいて、野生動物の保護、薬剤散布、山焼きなどの目的のため、スポット的な情報提供を行う。

(航空気象サービス)

米国は、航空が車と並んで主要な交通手段であり、定時運航が強く要請され、特にビジネスマンからは15分程度の遅延に対してもクレームがつくほどの社会である。したがって各飛行場で航空機の離発着時などの気象を予測する飛行場予報、および航空路上での雷や乱気流の予想である空域予報が極めて重要である。また、近年、着陸態勢にある航空機がダウンバーストに巻き込まれて墜落する事故も発生している。このため航空局は、気象局、大学と連携して飛行場周辺のこうした擾乱の検出手段の整備 (前出の空港ドップラーレーダー (TDWR)、低層風観測網など) とパイロットに対する警報伝達体制の確立を目指している。米国では、前出のように航空気象センターが空域予報などの支援を行い、一般の各気象台が航空機のための飛行場予報も行っている。また、航空局の管制塔に対する情報提供を行っている。しかしながら、一般の気象台職員が直接に個々のパイロットに対してブリーフィング (気象状況説明) を行うことは禁止されており、ブリーフィングは航空局の担当となっている。ただし、特定の気象台では、ブリーフィングを行っている。

(注) 日本では、気象サービスの主務官庁は気象庁であり、予算は一般会計で支弁されている。ただし、航空気象サービスについては、航空測候所などの組織、庁舎、飛行場の気象測器整備など、全て空港整備特別会計により賄われている。また、ブリーフィングは航空気象官署の役割である。

「職務階級と要請される能力」 気象台長はじめ予報官や技術者など各職種の責任範囲、必要な学歴や資格・経験、給与などが事細かく定められている。

気象台長には、個々の気象サービスに関する実質的な管理や職員の管理は勿論のこと、特に外部との積極

的な幅広い接触が要請されている。議会や州政府の議員とそのスタッフ、メディアの代表者、協同関係にある軍、航空局、非常時管理庁、環境保護庁などの省庁、州などの自治体、気象の影響を受ける重要な産業界が例示されている。また、学術社会、専門的な団体や市民グループも対象となっている。気象局のスポークスマンの側面が強調されている。「台長は、気象局の諸提案に対して、修正や付加を求めて反対を唱える人々からの極度の圧力にたびたび直面するだろうが、専門家精神と忍耐を持って当たるべし」と書かれているのは興味深い。気象台長には、気象及び水文業務に関連した理論と原理のマスターが必要で、一般的には大学の気象学コースの修士課程、または同等の経験が要請される。また、レーダー気象学についての基本的知識、日常業務で使用される種々のエレクトロニクスについての知識、計画の立案や人的管理についてのリーダーシップと知識などなど、非常に高度で広範な知識と能力が求められている。

一般の子報官（メテオロロジストなど）について見ると、要請される知識の守備範囲は極めて広く具体的である。①大気力学、メソ気象学、コンピューターによる客観解析・数値予報の利用を含む高度の理論気象学 ②予報現場における経験と訓練または数年間の予報経験と同等の高度な応用気象の知識 ③水文学および水理学のほか予報領域内の河川の諸特性の把握 ④飛行場予報 / 航空気象予報の作成、航空局のスタッフがパイロットへのブリーフィングを行うためのガイダンスの作成、航空局の管制塔や有人気球、グライダーなどの特殊な航空ユーザに対する助言 ⑤ハリケーン、沿岸の洪水を含む海上気象の高度な知識 ⑥農業気象、火災気象などの応用気象の知識、⑦気象局のオペレーショナルな手続きと、気象・洪水予報や特殊目的の製品に関係する種々のガイダンスに関する深い知識、⑧ドップラー気象レーダーの複雑な機能の解釈と利用などを含む、データ処理に関する複雑な電子機器類に関する知識 ⑨効果的な文章や話術などのコミュニケーション能力などが、列挙されている。上級の子報官は、予報当番チームのリーダーとして、1名の一般予報官と1名の水理気象技術者を率いて業務を推進し、当番中に起こるかもしれない応援者の手配や緊急事態に対応する優先業務の決定などの能力が求められる。

新気象台には、最低1人から数人の電子工学技術者と、1名の電子工学・システムアナリストが配置される。対象とするシステムは、ドップラー気象レーダ、高層観測システム、通信システム、ASOS、水理観測システムであり、これらの中から担当が割り当てられる。ちなみにASOS担当の技術者は約20か所を受け持つ。

「勤務制」 勤務制の原則は、1日24時間を0時—8時（早朝）、8時—16時（日勤）、16時—24時（深夜）の3つの勤務時間帯に区分し、通常5班または6班による交替勤務でカバーしている。予報官の交替勤務の基本ローテーション表に従って、ある1日を見ると、第1班が早朝を、第2班が昼間を、第3班が深夜を担当し、4、5班は明番や非現業勤務と言う具合である。特に、驚くべきことは同じ勤務が何日も連続することである。これを例えば第1班に着目して時間軸で見ると、日勤を連続で4日間続けた後に2日の休み、次の日から早朝勤務を連続で7日続けた後に3日の休みと言う具合である。この勤務制の利点は、担当予報官が1週間にわたって継続して現象をフォロー（予報とその検証）出来る点であろう。日本の気象庁の標準の現業勤務制は、日勤（8時台—16時台）、翌日が夜勤（16時台—8時台）、明番、休み、再び日勤と4日サイクルが基本であるのと比べ大きな違いがある。これらは午前0時の交代が可能な住環境や車社会と、聞き漏

らしたが、早朝勤務や深夜勤務を7日間連続するだけの体力との方が人体の適応能力上合理的とする考え方、およびこのような勤務制を許す社会的慣習に支えられた米国ならではのことと思われる。

次に各時間帯毎の人の配置を見る。いずれの時間帯も通常2人の予報官（総観気象担当とメソ気象担当）がカバーしている。昼間の時間帯にのみ、さらにシビアーストーム担当、火災気象担当、渉外担当が加わる。夜間はまた2人になる。

（注）近代化計画の標準配置表を見ると、この他に水理担当の予報官一人が付くように見える。

これらの配置は、社会活動の活発な昼間についての情報提供を重視するなど、業務の繁忙に応じた職員配置を当然視する米国流の現れであろう。さらに、予報官などの仕事の時間的密度についてみると、前記の種々の一般向け予報や警報、飛行場予報などとそれらの随時の修正、自己の気象台(WFO)の提供すべき「検討」の作成、ウェザーラジオ(後述)向けの対応などなど、カバーする仕事が多岐にわたり、また定型作業も頻度が高いため、仕事の時間的密度は極めて高い。

「気象情報の提供媒体」 気象情報の一般ユーザへの伝達媒体として注目すべきものは、各WFOが自ら放送するNOAAウェザーラジオ(NWR)であり、これは気象局の直営である。NWRは連邦政府の一員である気象局の正式な「声」であり、逆に視聴者からみると実質的に気象局または気象局のサービスそのものと認識されることから、最も重要な手段と道具に位置づけられている。NWRは、放送サイトから半径約60kmをカバーする160メガ帯のFMラジオで、24時間運用である。気象のほか、河川、海上の気象状況を一般および特殊なユーザグループに常時伝え、さらに警報や警戒事項を提供するのが目的である。これらは予報官の肉声によりテープに録音され、毎時に更新され、5分おきくらいに反復放送される。予報官は主要地点の気象などの実況をモニターし、適切な天気概況などを作成し、警報が出されている場合は当然それを最優先させる。トルネードや雷雨あらし、突発的出水などが発生している場合は、頻繁に更新される。ドライバー、キャンパー、スキーヤーや釣り人達にも適宜注意が喚起される。米国本土で約350か所に設置されており、トルネードや津波などに対する緊急警報用のシグナルの送信機能も持っている。このウェザーラジオと言う媒体は、広大な国土を持ち、車が主要な交通機関となっている米国ならではのシステムと考えられる。

気象情報の民間への提供媒体で、もう一つ紹介しなければならないのは、民放テレビの「ウェザーチャンネル」である。手慣れた愛想の良い気象キャスターが登場し、常時、気象の実況や予報などの解説を行う。内容は、キー局の支援の下、グローバル/全米/複数の州/市規模など階層的に行われ、非常にわかりやすい。異常気象時には警報や警戒状況が織り込まれる。内容は頻繁に繰り返され、適宜更新されるから、ウェザーチャンネルをひねりさえすれば常に最新の気象情報がある感じである。適宜、トルネードの成り立ちや防災上の注意点などの啓蒙、解説も挟まれる。当然コマーシャルもある。

「非即時データの提供原則」 業務の優先度と関連して、気象台の行う過去の観測値などの非即時のデータ提供についての政策に触れておこう。まず、何人に対するもデータの複製(コピー)業務は、副次的である。また、非即時データについての電話による照会には応じないこと、また、非即時データの照会は来訪または郵送によることが原則となっている。

3 英国の気象サービス

先ず、英国の気象サービスの変遷を見てみよう。日本では江戸時代の末期に当たる1854年に、イギリスの当時の貿易省の中に「気象局」が創設されて以来、英国の気象サービスは約140年の歴史を持っている。その後、1914年に国防省の三軍がそれぞれに独自の気象業務の部局を新設し、1920年に至って、貿易省「気象局」は国防省の空軍のもとに統合された。これらの統合は、第1次世界大戦の勃発と関係があるように推察される。その後、1964年に国防省直属となった。1984年には「気象局」の中に、一般向けの気象サービス以外に個別的な気象サービスを担当する部局が生まれた。この動きはさらに加速され、1990年「気象局」は、「エクゼクティブ エージェンシー」と呼ばれる、人事管理や予算執行権限の局長への大幅委譲や運営経費の一部を営業活動収入で賄う機関に格付けされた。さらに、1996年からは「トレーディング ファンド」と呼ばれる、独立採算による運営形態に移行している。個別的な気象サービスと政府機関向けなどの気象サービスが殆どであるが、気象局の組織の大元が国防省であること、さらに民間的経営という意味で、英国の気象サービスの運営形態は、日本や米国などの他の主要国と根本的に異なっている。

(1) 職員数と官署数

英国は、日本と同様に周囲を海に囲まれており、国土の面積は24.4万平方 km と日本の約3分の2である。また、人口は約5,500万人で日本の約半分である。気象局の所掌業務は、日本と異なり、いわゆる気象サービスであり、地震・火山業務および海洋観測業務は別の機関の所掌である。英国気象局の過去2会計年度（4月から翌年3月まで）の職員数の内訳を以下に示す。

「職員数」	(1994年度)	(1993年度)
総数	2 3 9 8 (人)	2 5 0 2 (人)
基幹職員	1 9 5	1 9 7
科学官	1 7 1 1	1 7 8 8
技術職員	1 5 9	1 6 7
事務職員	3 0 7	3 2 0
現地雇用民間人	2 6	3 0

なお、「エクゼクティブ エージェンシー」から、1996年の「トレーディング ファンド」への移行に際して、組織の改革と早期退職者募集が行われ、約100人の削減が行われた。また1995年3月末の実員は、2,323人である。

「主要官署の配置状況」

中央組織 本部（ブラックネル）、気象研究所（レディング）

試験技術支援センター（ブラックネル）、気象図書館（ブラックネル）、保健施設（ブラックネル）、研究施設（カーデントン、ファンボラフ、レディング、ブラックネル）

地方組織

国防省兵たん所などの内の気象施設 5 6 カ所

気象・気候センター 2 0 カ所

空港観測所 20カ所

(うち9カ所は、気象・気候センターに併設)

高層観測所 13カ所(うち1カ所は空港観測所に併設)

保守技術センター 23カ所(併設)

(2) 業務の運営形態

英国気象局の運営は、上述のように、かつての国営から「エクゼクティブ エージェンシー」へ、さらに「トレーディング ファンド」へと独立採算制へと変わった。

まず、「エクゼクティブ エージェンシー」を見てみよう。これは、1987年にサッチャー政権の下で、効率的かつ経済的な行政運営を目指して導入された「ネクストステップ計画」に沿って、多くの現業部門に導入されたシステムであり、その特徴は、次に2点である。

- 一 予算の確保や業務遂行の最終責任者は当該国務大臣(気象局の場合は国防大臣)としながらも、日々の業務運営にかかわる予算執行と人事管理を含む業務上の権限と責任を当該機関の庁に大幅に委譲する。
- 一 業務遂行にとって不可欠な経常経費(コア経費と呼ばれる)を中心とした機関の運営経費を、政府支出予算と合わせて営業活動収入により支弁する。

ちなみに、1994年現在では、英国政府の公務員総数(約53万3千人(うち約4分の1は軍人))の約60%の職員が、総数156の「エクゼクティブ エージェンシー」において、主として現業的な行政任務に携わっている。

気象局の「エクゼクティブ エージェンシー」の予算の項目・構成は、次のようになっている。

(営業収入項目)

航空気象サービス

環境省からの委託業務/研究

個別商業サービスでは、

マスメディア、電力気象サービス、沿岸開発への気象サービス、航路気象サービス、陸上運輸への気象サービス、建設石灰、施工への気象サービス、気象鑑定・証明、環境行政への気象サービス、研修業務(教師、外国気象機関、民間業界など)

(支出項目)

人件費、庁舎費、現業運営費、商業・研究・管理費、国際機関分担金など

気象局の運営に関わる政府負担分は、支出総額から営業収入を差し引いたいわば赤字分が補填されることになる。ちなみに、1994年度会計で見ると、日本円に換算して、支出総額が約240億円、営業収入が約97億円、したがって、その差額分の143億円が総運営支出である。この他、資産売却や利息課税金があり、最終的な国からの支出(国防省政府支弁)は約155億円である。総支出240億円に占める営業収入の比率は、約40%である。

次に、1996年4月から実施されている「トレーディング・ファンド」についてみてみよう。

英国気象局は、「エグゼクティブ エージェンシー」のもとで、国内のみならず海外においても個別的な気象サービス提供事業の推進に努め、その収入は毎年増加を続けて来た。1995年度に入り、外部機関に委託して実施された財務調査の結果によると、英国気象局の事業活動は、これまでのように国防省からの直接的な予算配分を受けなくとも、気象情報を必要とする他の政府機関との契約による収入や、国内外の企業、機関への気象サービスに対する収入により、全ての業務運営が可能と診断された。それまでの「エグゼクティブ エージェンシー」環境での事業の運営状況と、いわゆる小さな政府を望む英国の政治社会情勢の影響もあり、英国政府は、1996年4月から「トレーディング・ファンド」へ移行したものである。

すなわち、英国気象局の「トレーディング・ファンド」とは、従来からの個別情報提供サービスによる収入に加えて、気象局が気象情報サービスを受ける種々の政府機関（国防省を含む）と独自に契約して、情報サービスの対価としての収入を取得し、これらの収入源をもとに、全気象サービス業務を遂行するものである。

「トレーディング・ファンド」は、以下の特徴を持っている。

- 一 全ての業務活動経費を計数化し、その収支を明確にする（トレーディング）。
- 一 毎年の予算および事業計画について、政府及び国会の事前承認を必要とする。
- 一 所属機関である国防省からの政府予算による直接的な財政支弁はない。
- 一 気象局の所有する動産及び不動産の総評価価格の7%分の収益を、毎年取得する義務がある。
- 一 経営目標が不達成時は、その債務を翌年に持ち越す

この他、「トレーディング・ファンド」には、以下のような自立機能や権限が賦与されている。

- 一 職員の定数の変更を含む人事管理（職員の国家公務員の身分は不動）
- 一 独立経理責任（外部金融機関からの資金の借入れ、部外への投資、予算の繰り越し）
- 一 情報提供価格の需要者との折衝による決定
- 一 調査研究活動の受託
- 一 その他の営利活動（研修活動など）

この中でも、毎年7%の収益取得の義務付けは、「トレーディング・ファンド」の最大の特徴の一つである。このように利潤を一定に限定する規定は、気象局の運営目標を数量的に明確にすることに加えて、気象局が設備や技術開発へ過剰な投資を行うのを防ぐのに役立っている。また、政府現業業務の民間への移管の歯止めと、国内での民間企業による気象サービス活動との共存を可能とする論拠とも考えられる。

（3）英国気象局の業務遂行の見通し

英国気象局の「トレーディング・ファンド」への移行は、サッチャー政権下の行政改革施策の一環に位置づけられ、その完遂に力が注がれているが、その前途は必ずしも明るくないようだ。特に、財政基盤の全てを、気象サービスの対価として取得する必要があるため、その機能の構築が不可欠である。

先ず、以下に例示する広範な政府組織といかに合理的なサービス料金の契約締結を行うかが問題である。

- 一 所属上部機関である国防省との気象情報提供契約

- 航空気象情報のために運輸省
- 一般社会への基本的な気象情報のために厚生省
- 農業気象情報のために農林省
- 教育活動用気象情報のために文部省

さらに、内外の同業者との競争のもとでの陸海運業界、電力業界、マスディアをはじめとする個別気象サービス提供業務のさらなる拡大等には多大の困難が予想される。ちなみに、個別気象情報サービスの要望分野は極めて広く、5万件規模に達している。その90%は一件あたり日本円で約3,400円以下の小口が占めており、残りの10%は、40-50カ国に及ぶ海外の顧客を対象としたものである。当然、このような顧客管理や市場の開拓に多大の手数のかかる個別気象サービス事業の推進には、前途には多くの困難が見込まれる。

余談になるが、昨年筆者が本庁にいた時、ハント英国気象局長官が予報現業施設も視察されたが、当時南海上にあった台風を見ながら、「英国の発表している台風の進路予報を気象庁ではどのように使っているか、この台風は我々のモデルでは、東京の東を北上する筈だ」とコメントがあり、さらに、使っていないとの当方の返事に、長官の帰国後早々に資料が送付されて来たのには、社長ばりの企業家精神を感じた次第である。

我々の関心があるのは、個別気象サービスの今後の伸びであるが、特段に有力な民間気象サービス企業が存在していない英国でも、純粋に民間との契約による個別気象サービスからの事業収入は、全予算額のほぼ20%止まりと見られているようだ。

このような独立採算性を前面に押し出した業務運営システムは、現業部門でのさらなる合理化、研究調査活動への投資の抑制、WMOを中心とした国際協同・貢献への姿勢の抑制などが懸念されるが、これらについては従前以上の努力を続けるとしている。「トレーディング ファンド」への移行についての職員の受け止め方は、自分たちから希望した訳ではないが、英国におけるここ15年内外の政治や社会環境を考慮すれば、これ以外に選択肢が見い出せないとされているようだ。

4 あ と が き

米国の近代化計画の推移は、今後の我が国の気象サービスのあり方を考える際にも示唆に富む事柄も多いと思われる。米国の動向については、近く「天気」の解説でより包括的に紹介する予定であるので参考にさせていただきたい。筆者は、昨年の10月末に米国の中西部から西海岸を訪れ、テレビや新聞での気象情報に接しながら1週間に渡ってドライブし、途中コロラド州のデンバー気象台や近代化で新気象台に改組される同州のグランドジャンクション気象台などを訪れ、先に述べた AWIPS 処理システムや ASOS などを見学した。近代化計画は順調に推移しているように感じたが、米国議会では財政赤字の削減策が大きな課題となっており、特に最近では気象局に対する予算の削減などが行われ、著名な学者や気象関係者が NOAA に削減の見直しを求めているなどの動きがあり、今後計画の手直などがあること、近代化計画が技術論のみでは進まない点に留意する必要がある。ちなみに、米国気象局では過去3年間で予算額を10%削減、人員を200名整理したとのことである。そして、冒頭に述べたように今後の方針をめぐる対立からフラディ局長の更迭にまで及んでいる。

英国の気象サービスに関連して、最近の政府の「行政改革会議」では、英国の行政システムにヒントを得たいわゆる「エージェンシー」などが議論されているが、気象庁の行っている気象サービスに限って言えば、日本の歴史や社会全体の風土を見るとき、その導入は余りにもギャップが大きいと言わざるを得ない。

参 考 文 献

Friday, E. W, 1994 : The modernization and associated restructuring of the national weather service : an overview, Bull. Amer. Meteor. Soc., 75, 43-52.

NOAA/NWS, 1985 : Operations of the national weather service.

NOAA, 1992 : National implementation plan for the modernization and associated restructuring of the national weather service, fiscal year 1992, annual update.

NWS, 1995 : National weather service operational manual.