海上気象値を用いた水蒸気フラックスの推定と冬季北日本の降水量

Estimation of air moisture flux over the Japan Sea and spatial distribution
of monthly precipitation during winter in North Japan

山田啓一*, 松井雅也**

By Keiichi YAMADA and Masaya MATSUI

To estimate air moisture flux (Ms), 400 points meteorological data at the surface of the Japan Sea are analysed on the assumption of adiabatic change. The wind field at the upper-layer (900,850,800hPa) was obtained from thermal wind.

Estimated Ms is nearly close to air moisture income (Ma) culculated by aerological data. The air moisture balance δM is high correspondance to the monthly precipitation amount. Spatial distribution of Ms over the Japan Sea is clarified and Ms is significantly affected by the sea surface temperature.

Keywords : air moisture flux, meteorological data, monthly precipitation

1. はじめに

冬季の北日本は世界的に降水量の多い地域であるが、詳しくみると空間分布が明瞭であり、年による変動も大きく、このことが社会的に重大な影響を与えている。これらの現象の背景には、シベリア高気圧と日本海の海面温度によって形成される気団の変質過程が指摘されている¹⁾。

著者らは、高層気象データの使用による北日本の水蒸気フラックスと冬季月降水量の関係を検討し水蒸気流入量(Ma)の空間変動と垂直分布の特性を示した²⁾。高層気象データは、300kmスケールであるが、より小スケールでの水蒸気フラックスについての検討が必要である。

本研究では、対象期間を20年間(1967~1986年)として、日本海上約400点の海上気象値より水蒸気流入量(Ms)を推定し、その形成過程と冬季月降水量との関係を検討した。

2. 対象地域および観測所

対象地域は、図-1に示す日本海(15メッシュの観測域)および北日本である。高層気象観測所は、日本海側に沿う4地点および太平洋側に沿う2地点(館野、仙台)とした。また、地上観測所数は北海道198地

* 正会員 工博 法政大学教授 工学部土木工学科

(〒184 東京都小金井市梶野町3-7-2)

** 学生会員 法政大学大学院 工学研究科建設工学専攻

(〒181 東京都三鷹市下連雀4-21-2)

—20—

風速の算定は、海面風速 (u_0, v_0) を与え、以下のように求める。地衡風は各高度において気圧傾度に対応して吹いているが、各高度における気圧分布は気温の空間分布にしたがって異なる。よって、異なった高度における地衡風は気温分布の影響を受けて一般的に等しくない。渦度方程式と状態方程式、静力学の式の使用により、以下に温度風の式を示す⁴⁾。

$$\frac{u}{T} = \frac{u_0}{T_0} - \frac{g}{2\omega \sin \theta} \int_{z_0}^z \frac{1}{T^2} \frac{\partial T}{\partial y} dz \quad (3)$$

$$\frac{v}{T} = \frac{v_0}{T_0} + \frac{g}{2\omega \sin \theta} \int_{z_0}^z \frac{1}{T^2} \frac{\partial T}{\partial x} dz \quad (4)$$

ここに、 u, v : 風速の東西成分、南北成分 (m/s)、 T : 気温 (K)

ω : 角速度 ($2\pi/24h$)、 θ : 緯度

また $\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}$: 東西成分、南北成分の気温傾度

約 400 点の海上気象値より、各層の温度場を (2) 式より求め、分布図を作成する。これに基づき 100 km メッシュを基本に風速場を (3)、(4) 式より求めて、各層の水蒸気フラックス M_s を算出した。

各点、各層での水蒸気フラックスは、海上の各点の値だけで決定されることは、理論上あり得ないが、海上風速、風向は大気の影響を強く受けていること、月平均値という“準定常状態”でかつ低層の範囲内では、海上気温は海水温と大気との熱交換の結果と考えれば、近似的に適用可能と考えられる。今後、詳細な検討が必要であると思われる。

4. 実測値 M_a と推定値 M_s との比較

輪島、秋田、札幌、稚内の 4 点付近の M_a と約 400 地点の海上気象値より各層の混合比、風速の分布図を求めて得た M_s との関係を図-2 に示す。 M_a は稚内、札幌、秋田、輪島の順に大きくなり、 M_s とよく一致している。なお、一部誤差が大きいのは、海上値の観測日数が 15 日以下となる時であった。大陸側のウラジオストックでの M_a とその近傍での M_s との対応もほぼ確認されている。本来、大陸側での M_a の垂直分布も関係してくるものと考えられるが、月平均値という時間単位を考慮すると日本海上での水蒸気フラックスの形成過程が間接的に海上気象値に反映してくるものと判断される。

以上のことより、冬季北日本の月降水量の時空間分布を議論するために、他地域についても海上気象値を適用することにした。

図-2 水蒸気流入量の実測値と推定値の対応

5. 水蒸気収支と冬季月降水量

高層気象観測所の輪島と館野のデータを用いて、水蒸気収支を計算し、冬季降水量との関係が検討されている⁵⁾。卓越風向が輪島－館野方向のWNWに近いたときは、ほぼ良い推定が可能となる。しかし、風向が異なったり他の地域での水蒸気収支の計算は、高層気象データのみでは実行できない。

そこで、館野、仙台の高層気象観測所を流出側として、風向を考慮した上で海上気象値からの水蒸気流入量 M_s を用いて求めた水蒸気収支 δM と冬季月降水量 P の関係を図-3に示す。これによると、両者はほぼ一致しており、冬季月降水量 P の時空間分布は月平均値を用いた水蒸気収支により推定できることが示された。なお、地上降水量は風向軸に対し、幅100 kmの地域の地点数の算術平均を用いた。

6. 水蒸気流入量の日本海上での時空間変化

水蒸気収支を用いることより冬季月降水量の時空間分布を推定できることは述べたが、水蒸気流出量の変動幅より水蒸気流入量の変動幅の方が大きい事実を考慮すると、日本海上での水蒸気フラックスの形成過程がとりわけ重要視されねばならない。 M_s の算定にあたっては、3・2)で述べたように水蒸気フラックスの連続式は、直接的には考慮されていない。図-2に示すように、各点での水蒸気フラックスは、実測値にほぼ近い値を示している。そこで、水蒸気フラックスの連続性について吟味するため、流線軸に沿って M_s の変化を示すと図-4のようである。流下方向に沿って水蒸気フラックスは増大し、日本海上での供給状態をよく再現している。秋田と高田を比較すると、大陸側より200 km以内では、ほぼ同等であるが日本海中央から急変し、列島側では大きな差が現れている。また、高田付近では、N方向よりW方向へと風向は大きく変化する。N系とW系での高田においての M_s には、差はないが形成過程には大きな違いが認められる。風系が異なることは、水蒸気フラックスの補給源が異なることを意味している。同図において流下方向に対しての M_s の差、 δM_s は、降水量が無視できれば、当該区間の日本海上での蒸発散にほぼ等しいはずである。

図-3 水蒸気収支と冬季月降水量の関係

図-4 水蒸気フラックスの形成過程

図-5 水蒸気フラックスの増加と蒸発量

いま、Jacobsの式より蒸発量を算定し δM_s との関係を図-5に示す。また、図-4に対応した高田の m_i の垂直分布を図-6に示す。同図によれば、N系では上層の水蒸気フラックスが大きく、W系では下層で大きい。また、W系での風速は、N系に比較してやや小さい

図-6 水蒸気流入量の垂直分布

図-7 水蒸気フラックスの空間分布 (1972年)

が、混合比が大きく、その大半は日本海側の平野部で降雪となっている。図-7は、前述に関係する水蒸気フラックスの空間分布の1例であるが、その値や方向はかなり変化が大きい。新潟を中心とした北陸豪雪地帯で M_s は大きくなっている。山陰地方での M_s も大きい。米子での M_a も同様であるが、全体に気温が高く、しかし、飽和度は小さく列島上での降水はさほど大きくない。

風系は、全体にはNW系であるが、地域による差が認められ、地理因子^{6) 7)}による小スケールの降水分布にもその効果が考慮されるべきである。

7. まとめ

海上気象値を境界条件として、冬季1カ月平均値を用いて水蒸気フラックス M_s を推定した。 M_s およびその空間分布は、高層気象データの月平均値 M_a とほぼ一致しており冬季においては月平均値という準定常状態での取り扱いが可能であることを示した。

また、 M_s を用いた水蒸気収支 δM と冬季月降水量 P は、よく対応し M_s を用いることより冬季月降水量の時空間分布の推定が可能であることが示された。

高田付近を中心とする M_s の分布とその流入構造が示され、冬季北日本の降水量の空間分布構造が検討された。

比較的安定した季節風下での水蒸気フラックスの算定を念頭において議論したが、水平方向の移流効果、運動学的な取り扱いからの検討により、本方法の適用条件が示される。また、気圧場の変化および海流の状態と海上気象値との関係も重要課題であると考えられる。

【参考文献】

- 1) S. Manabe : On the Modification of Air-mass over the Japan Sea when the Outburst of Air Predominates, Journ. Met. Soc. Japan, Vol. 35, No. 6, 1957
- 2) 山田啓一、松井雅也 : 冬季降水量と水蒸気流入量, 水文・水資源学会1993年研究発表会要旨集 pp222-pp223
- 3) 二宮洸三 : 雨とメソシステム pp20-pp26, 1981
- 4) 山本義一 : 気象学概論 pp86-pp96, 1989
- 5) 木下武雄 : 水蒸気の収束と河川の流出, 水文・水資源学会1989年研究発表会要旨集 pp227-pp230
- 6) Keiichi Yamada : Estimation of monthly precipitation amount by geographycal factors and meteorological variables, IAHS Publ. no. 193, 1990
- 7) 山田啓一 : 冬季月降水量の地理因子による推定, 水文・水資源学会1989年研究発表会要旨集 pp167-pp170

【参考資料】

- 1) 1967～1986年1月, AEROLOGICAL DATA OF JAPAN, 気象庁
- 2) 1967～1986年1月, 北太平洋気候図, 気象庁