

Cold-Air Damming

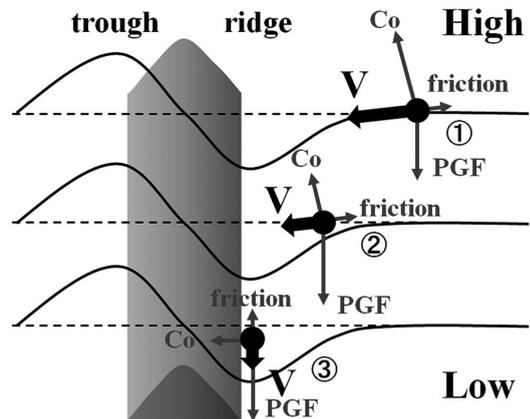
荒木 健太郎*

「Cold-Air Damming (以下, CAD と表記する)」は, 南北に連なる山地を西側に持つ海岸平野部で, 気圧のリッジと北寄りの風を伴う冷氣が強化されることを指す. CAD を直訳すると「冷氣のせき止め」であるが, この現象は一言で片付けられるようなものではなく, 総観スケール・メソスケールの力学や熱力学が関係しており, 降水現象にも大きな影響を与えている. 本稿では, CAD のメカニズム, 発生環境場等について概観する.

CAD はアメリカ東部で南北に連なる Appalachian 山脈の東側の海岸平野部で北に高気圧, 南に低気圧があるときに発生する事が知られており, アメリカ東海岸での沿岸前線形成や大雨・大雪の原因として認識されている (Baker 1970 ; Markowski and Richardson 2010). また, CAD は同様な地理的特徴を持つ世界の各地域でも発生することが知られている (Bailey *et al.* 2003).

まず, 北半球で南北に連なる山地があり, 等圧線が東西にのびるように北に高気圧, 南に低気圧がある状況を考える (第 1 図). このとき, 大気は安定な状態であると仮定する. 気圧傾度力・コリオリ力・摩擦力が釣り合う地衡風平衡にある空気塊 (第 1 図①) が東から山地の斜面に達すると, 断熱冷却と質量保存により西向きの運動量が減少し (Smith 1982), 北向きのコリオリ力が小さくなることで南向きの気圧傾度力が相対的に大きくなり (第 1 図②), 空気塊の動きは南向きに転向される. すると非地衡風成分の北風が強まり, コリオリ力は空気塊に対して山地 (空気塊から見て右側) に向かって働くため, 空気塊は山地斜面にト

ラップされて同じ場所での空気の総質量が増大し, 気圧が上がることでリッジが形成される (第 1 図③). 風下の山地西側でも同様に非地衡風成分の北風が強まるが, 山地とは逆の方向にコリオリ力が働くため, 気圧が下がってトラフが形成される. このとき, 北の高気圧が冷たく安定な空気塊で形成されていれば, 北風の非地衡風による寒気移流が起これ, 静的安定度が增大して静力学的に気圧が上がるため, トラフは弱まる一方でリッジは強化される. このようにリッジと北寄りの風を伴う冷氣が強化されることを CAD と呼んでいる. CAD は山地に向かうコリオリ力が非地衡風成分の北風をなす空気塊に働くことが重要なので, 山地の西側ではなく東側で発生する. CAD の厚さは 1 km 以下であることが多く, リッジの幅はロスビー変形半径すなわち 100 km のオーダーである. CAD は山地の東側で等圧線が U 字型になることが特徴 (第 2 図) で, 固体降水の環境場として重要な役割を果たしてい

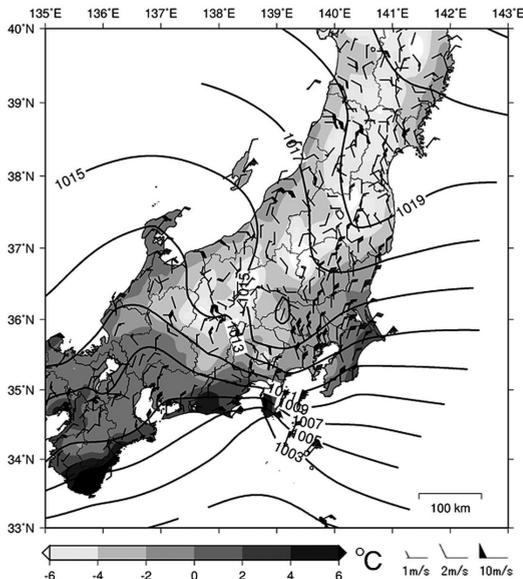


第 1 図 Cold-Air Damming の模式図. V は風, Co はコリオリ力, PGF は気圧傾度力を表す.

* Kentaro ARAKI, 気象庁気象研究所.

araki@mri-jma.go.jp

© 2015 日本気象学会



第2図 関東平野で Cold-Air Damming が発生していた2014年2月8日12時(日本時間)の地上気象観測結果。塗分けはアメダスの気温(°C)、等値線は気象官署と特別地域気象観測所の海面気圧(hPa)、矢羽はアメダスの風を表す。

る (Bailey *et al.* 2003)。

また、CADの形成・強化には、上記のような空気塊の断熱変化を伴う力学だけでなく、降水粒子の相変化に伴う非断熱過程も重要である (Bell and Bosart 1988; Fritsch *et al.* 1992)。下層の空気が乾燥している状況での降水粒子の蒸発・融解・昇華による冷却や、雲による短波放射の遮へい等によって地上気温が下がって高気圧が強化され、北寄りの非地衡風が強化されてCADは強まる。

Bailey *et al.* (2003) はアメリカ東部の Appalachian 山脈東側で発生するCADについて、1984~1995年の地上気象観測網とNCEP-NCAR再解析値を用いて環境場の統計解析を行っている。彼らはCADを総観スケールの強制力が支配的なもの(Classical)、降水粒子の相変化による非断熱冷却が支配的なもの(In-Situ)、それら両方が関わるもの(Hybrid)に主分類し、それらの寄与の程度によってCADを6種類に細分した。全CADの発生数は夏季に少なく、暖候期の終わりに多かったが、強いCADは冬季から早春に多かった。いずれのCADも対象地域の北に中心がある高気圧が東進しており、In-Situ

とHybridでは南西から低気圧が接近していた。また、強いCADでは、亜熱帯ジェットと寒帯前線ジェットストリーク(coupled jet structure)が存在し、下層の南寄りの湿った暖気移流が明瞭だった。亜熱帯ジェットストリークの東側の出口(exit)での非地衡風の鉛直循環は対象地域の南側での下層の南寄りの非地衡風を強め、逆に寒帯前線ジェットストリークの西側の入り口(entrance)での非地衡風の鉛直循環は対象地域の北側の北寄りの非地衡風を強める(Uccellini and Kocin 1987)。このようなジェットの力学効果が高気圧からの北寄りの風を強め、CADを強化していることが知られている。

CADは沿岸前線と同時に発生する事が多いことが経験的に知られていたが、Appel *et al.* (2005)によるCarolinaでの沿岸前線とその環境場の統計解析により、CADを伴わずに発生する沿岸前線も多く存在することが明らかになった。一方、Appel *et al.* (2005)の陸上型の沿岸前線と、Bailey *et al.* (2003)のHybridとIn-SituタイプのCADの総観スケールの発生環境場はほぼ同じである。荒木(2015)で紹介した沿岸前線の先行研究とあわせて、アメリカ東海岸での大雪・大雨におけるCAD・沿岸前線の役割や環境場については体系的に理解されつつある状況である。

日本国内でのCADについては、Fujibe (1990)が関東平野の沿岸前線の気候学的特徴を議論する際に言及しており、中部山岳を西側に持つ関東平野では地理的にCADが発生しやすい環境であるといえる。また、CADについて言及はしていないものの、それに近い現象を取り扱った報告はいくつかあり、それらは大雨や降雪時の関東平野における寒気移流や降水粒子の相変化に伴う非断熱冷却による大気下層の低温化(山本 1984; 富山 2001; 気象庁 2013)、沿岸前線の形成に注目している(気象庁 2014)。日本国内で発生するCADについては、総観・メソスケールでのCADの発生環境場、降水への影響、気候学的特徴、関東平野以外の発生地帯など、未解明な点が多く、今後の研究に期待される。さらにCADは大雪、大雨、地上気温の予測において重要な現象であるが、CADの正確な予測のためには数値予報モデルの初期値の改善、高解像度化だけでなく、地表面、境界層、雲物理などの物理過程の高度化が必要である。

参 考 文 献

- Appel, K. W., A. J. Riordan and T. A. Holley, 2005: An objective climatology of Carolina coastal fronts. *Wea. Forecasting*, **20**, 439-455.
- 荒木健太郎, 2015: 沿岸前線. *天気*, **62**, 541-543.
- Bailey, C. M., G. Hartfield, G. M. Lackmann, K. Keeter and S. Sharp, 2003: An objective climatology, classification scheme, and assessment of sensible weather impacts for Appalachian cold-air damming. *Wea. Forecasting*, **18**, 641-661.
- Baker, D. G., 1970: A study of high pressure ridges to the east of the Appalachian Mountains. Ph. D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, 127pp.
- Bell, G. D. and L. F. Bosart, 1988: Appalachian cold-air damming. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 137-161.
- Fritsch, J. M., J. Kopolka and P. A. Hirschberg, 1992: The effects of subcloud-layer diabatic processes on cold air damming. *J. Atmos. Sci.*, **49**, 49-70.
- Fujibe, F., 1990: Climatology of the coastal front in the Kanto Plain. *Pap. Meteor. Geophys.*, **41**, 105-128.
- 気象庁予報部, 2013: 平成25年度数値予報研修テキスト. 気象庁予報部, 71-89.
- 気象庁予報部, 2014: 平成26年度数値予報研修テキスト. 気象庁予報部, 118-144.
- Markowski, P. and Y. Richardson, 2010: *Mesoscale Meteorology in Midlatitudes*. John Wiley & Sons Ltd., 346-351.
- Smith, R. B., 1982: Synoptic observations and theory of orographically disturbed wind and pressure. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 60-70.
- 富山芳幸, 2001: 関東地方の降雪にかかわる気温急降下—1999年2月11日の事例解析—. *天気*, **48**, 811-822.
- Uccellini, L. W. and P. J. Kocin, 1987: The interaction of jet streak circulations during heavy snow events along the east coast of the United States. *Wea. Forecasting*, **2**, 289-308.
- 山本 晃, 1984: 関東平野の雪一雨と雪の境目—. *研究時報*, **36**, 131-149.