

<文献紹介>山川修治・常盤勝美・渡来靖編集 『気候変動の事典』

SATO, Norihito / 佐藤, 典人

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

51

(開始ページ / Start Page)

83

(終了ページ / End Page)

86

(発行年 / Year)

2019-03-20

【文献紹介】

山川修治・常盤勝美・渡来 靖 編集 (2017年12月発刊)

『気候変動の事典』

朝倉書店, A5版・ハードカバー, 472p, 定価8500円(＋税)

平成最後の年、つまり2018年が去る12月に閉幕した。かの1年間の世相を象徴する漢字の選出が年末、話題に上った。2018年のそれは『災』と仄聞した。確かに、わが国で被った自然災害に限定して昨年の1年間を顧慮しても、手元の切抜きスクラップ帳を捲るまでもなく、即座に地震、集中豪雨、更には台風襲来に伴う暴風雨などに起因した惨状が脳裏に去来する。評者の関心分野である大気現象においても、暑さを表わす用語として「猛暑」や「酷暑」では事足りず、ついには「炎暑」なる言葉まで誕生した。加えて、暑さだけの表記では不公平? なのか、昨今では自然現象を包括する格好で「極端化」と言う字句までが、世間の耳目を引く状況へと転じている。

ところで、こうした日常、経験する天気現象の揺れを大きく逸脱する事柄に遭遇すると、巷間、すぐに「異常気象」と口にされがちである。しかし、周知のようにこれは30年間に1度程度の確率で発現する気象現象と定義されているので、安易にこの言葉を用いるべきではないと評者は考えている。それでも今日では、地球スケールでこの「異常」の言葉が喧しい。まさにその時機を得て、それを包含する形で、最新の研究成果を盛り込んだ「気候変動」に関する貴重な書籍が刊行されたので、評者自身の力量も弁えず、会員諸氏へその書籍の紹介をここに敢行した。

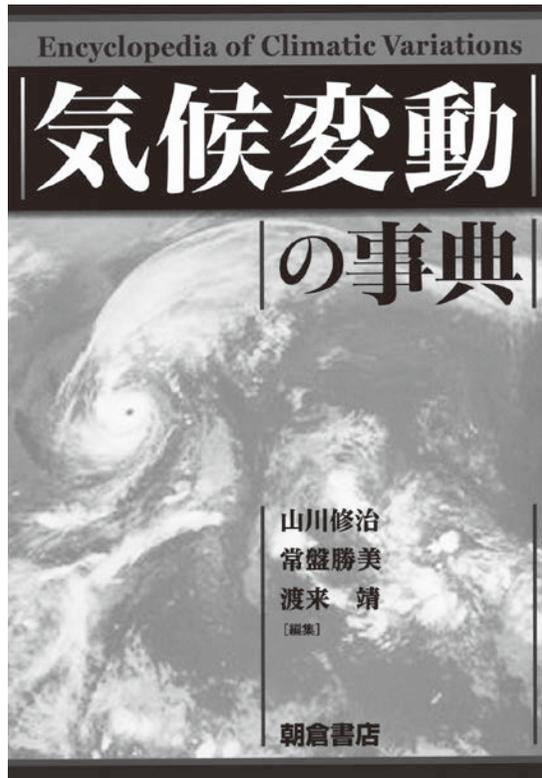
本書の骨子は、編集者たちが長らく主宰していた「気候影響・利用研究会」での活動を基軸に立案された。以下に示した本書の構成からも一目瞭然のように、その内容は多岐にわたり、個々の分野の研究者たち、総勢80余名が分担執筆に参画しているゆえに、上で記したように「貴重」と言える。なお、評者も同書の第Ⅵ章において『世界の気候区分の諸特性』

と予め指定されたテーマの拙稿で、末席を汚させて頂いた。さてその本書だが、次のような章の組み立てとなっている。

- 第Ⅰ章 多大な影響をもたらす異常気象・極端気象
- 第Ⅱ章 地球温暖化の実態
- 第Ⅲ章 地球温暖化など気候変化の諸影響
- 第Ⅳ章 大気・海洋相互作用からさぐる気候システム変動
- 第Ⅴ章 極域・雪氷圏からみた気候システム変動
- 第Ⅵ章 自然要因からさぐるグローバル気候システム変動
- 第Ⅶ章 歴史時代における気候環境変動
- 第Ⅷ章 数百～数千年スケールの気候環境変遷
- 第Ⅸ章 自然エネルギーの利活用
- 付 録 気候変動・気候災害に関する年表

紙幅に限りのある点も考慮しつつ、これから以降、本書の章立て順に、評者の関心に則って説明を試みたい。まず初めの第Ⅰ章で、近年、俄かに脚光を浴びる

ようになった「線状降水帯」に関わる内容が扱われている(18～25p)。思い起こせば、この語句は2014年8月下旬に発生した広島市北部の豪雨災害で社会を賑わした。これは同じような場所に、長時間にわたって大雨を降らせ、土砂崩れを誘発した。この時の衛星雲画像を対照すると、そのような降雨を招来した積乱雲が、次々に直線状に並んで出現し、帯状に強雨分布を発生させた。それは日向灘沖合から豊後水道を抜けて広島市付近に連なる雲の帯である。これに続いて、翌年の9月上旬、栃木県を中心とする北関東地方で記録的な大雨が生じて、その結果、鬼怒川の下流で堤防が決壊した。この時も異なる方向から流れ込む暖湿気流が収束し、足尾山地から那須連山へと続く



同一地域に長時間、激しい雨を降らせた。この多雨を、ゼミ合宿で塩原温泉に滞在して居て足止めを食らった評者は、身をもって実感した。期せずして“**豪雨、居座る**”との見出しが紙面を飾った。この時、線状降水帯と同時に、“**バックビルディング現象**”なる専門用語も併せてマスコミに登場した。

このような狭い範囲での長時間の集中豪雨に関わって、本章ではその豪雨を招く積乱雲の組織化に因り、線状降水帯が形成されると指摘している。その上で、その形態と内部構造から、その類いの大雨を、①. スコールライン型、②. バックビルディング型、および③. バックアンドサイドビルディング型の3タイプに分類して説明している。今後、これらのタイプを念頭に入れて、夏季の局地的な豪雨を注目したいけれど、かつて言明された台風接近に伴うレインバンド形成地域のように、線状降水帯の現出に地形要素などを反映した「**地域的偏在性**」が窺われないのだろうか？

日頃、前述したような予想を超える天気現象を見聞すると、その原因がすべて「地球温暖化」に帰結するのではないかと、やや短絡的な言及に終始する傾向を否定はできない、それに関連する**第II章**の内容に少し触れたい。放射収支的な観点から地球表面の変化に着目すると、全球の地表の平均気温の推移は、産業革命以降、上昇の一途を辿って来ている。しかしながら、ここ20年ほどの期間に限れば、昇温は判然とせず、むしろ停滞気味 (*hiatus*) にあると言われている。全天日射量の経年変化もそれに同調しており、しかも雲量の増減も調和的である。それゆえ、これらの事実が日最高気温を低下させ、2000年代には、気温上昇が抑制傾向を呈していると述べている (86~89p.)。

いわゆるこの「地球温暖化」に絡んで、わが国の生物季節にその兆候が認識されているか否かに興味及ぶ。それに関わる**第III章**の説明 (106~111p.) に拠れば、全国的な植物の指標として間々、使用されるサクラ (ソメイヨシノ/58地点) とイロハカエデ (51地点) に着目した場合、前者の開花は10年当たり1.0日の変化率で早まり、後者の紅葉日は10年当たり2.9日ほど逆に遅くなっている。これは、あくまで20世紀後半から開始した観測内容をもとに全国的に平均した姿である。わが国全土のスケールで捉えたこの知見を踏まえた上で、これらの現象に関わる地域的差異は窺えないだろうか？ 例えば、それはスケールダウンして沿岸部と内陸域との差、太平洋側と日本海側との対比、さらには南北に狭長な日本列島ゆえの、緯度的な遅速を含めた相違などが識別されないかの諸点である。確かに、本書でも一部、触れてはいるものの、地理的視点からそれへの一層の客観的な追究が期待される。

前々から評者は、地球温暖化を念頭に入れた気候変動の海洋生態系への影響に関心を寄せていた。その契機は、本書で分担執筆者の一人として名を連ねている川崎 (2009) の論考を目にした時であった。その点から、本章の138~141p. や166~171p. および172~177p. は、極めて示唆に富む言説と受容している。と

りわけ、小型浮魚の漁獲量の経年変化に対する解釈は、従来の「乱獲」による水産資源の枯渇という捉え方の図式に、異議を唱える指摘であった。それはつまり、地球規模の気候変動こそが上述の漁獲量の大変動を惹起させており、人為的な漁獲量の多寡にのみ起因するのでは無いという見解であった。そこから『**レジームシフト**』 (= 基本構造の変化) なる言葉が発せられた。この指し示す意味は、川崎 (前掲) の言を借りれば、大気~海洋~海洋生物で構成されるグローバルな地球表面の基本的枠組みが、数十年程度の規模で転換するという点にある。

その好例として、南米ペルー沖合で捕獲されるアンチョベータ (カタクチイワシ) が、水温上昇となるエルニーニョ時にその漁獲量を急減させる事実である。それに該当する年次は、1972/1973年、1982/1983年、1997/1998年などのエルニーニョ発生年である。一方、日本付近の海域で獲れるマイワシは、1930年代と1980年代が豊漁で、年間400万トンを超えていた。しかしその反面、年間1万トンに満たない時期もあった。このようなマイワシの大きな漁獲量の変化幅は、グローバル的に俯瞰すれば、上述のアンチョベータの漁獲量と逆相関を呈すると判明した。結果的に、今日では**太平洋十年振動 (PDO)** の値が正の期間に、日本近海のマイワシが豊かになり、それが負の時期には、ペルー沖のアンチョベータが繁栄している。

こうしてある期間を介在させつつ生起する大気~海洋間のレジームシフトに伴って海洋生態系の仕組みが変容し、それが、個々の大洋が隔絶されずに連なっている地球の海洋における魚種交代に繋がる構図と理解できる。したがって、この視座に立てば、たとえ遠隔海域の水温変動とは申せ、看過できない事象と言える。

そこで注目されるのが、**エルニーニョ・南方振動 (ENSO)** を典型とする大気~海洋システムに関わる気候変動であり、**第IV章**がそこに焦点を照射している。周知のように、これは赤道太平洋の東西における水温の対照性とウォーカー循環との結合である。つまり、赤道海域の西側の水温偏差が正となるラニーニャ現象と反対にその海域の東側の水温偏差が正となるエルニーニョ現象の発現で、それが地上気圧の高低を招く (例えば、178~183p.)。しかもこれらは、各々、原理的にプラスのフィードバック機能を作動させるはずであるけれど、現実には長期間にわたる南方振動指数の経年変化を見る限り、両者は数年間隔で正・負の変動を繰り返している。すなわち、実際には先のフィードバック機能が作用せず、双方が交互に生じている。したがって従来、“**何らかの原因により…**” 東風が強まってラニーニャへ転ずる、という類いの表現が多々、目についた。不勉強の評者の中では、常にその疑問が蟻りとして、だが頑迷なほどに頭の一隅を占めていた。当該する本章を一読して、その間のような一隅に光明が射したようにさえ感じている。何故ならば、かねて米国のMadden & Julian (1971) が検証した、30~60日間の周期で赤道域に沿って西方から東へ東進する擾乱 (= マッデン・ジュリアン振動:

MJO) とそれに関連する**西風バースト (WWB)** が、ENSOを誘発するトリガーと位置と付けられる可能性を内包しているからである (184~185p. 194~197p.). ちなみに、本学の大学院に修論を提出した鈴木 (2013) に依拠すれば、MJO 駆動の始点はインド洋の赤道域にあるとそこで論述されている。思えば、“世界の三大大洋” と称される中で、インド洋は他の2つの大洋と比べて異質である。それが南北両半球に跨った海洋ではなく、主に南半球を占有しているゆえである。それにまた、経度的に見てインド洋の北半球側にはインド大陸を経て“世界の屋根” と呼ばれる広大なヒマラヤ・チベット山塊 (平均標高約 5,500 m) が聳えており、その面からもインド洋赤道領域の様相が他の大洋とは異なっていると納得できる。それゆえ、水陸の比熱差を加味すれば、この経度帯が南北の温度差を拡大させやすい区域に相当し、MJO の始動域とする先の鈴木 (前掲) の説明には、たとえ定性的な言及にせよ強い興味を抱くに十分である。だからこそ、太平洋の熱帯赤道域におけるエルニーニョとラニーニャの不定期な数年間隔の交替が、その事象の終息も含めて、上述のMJOとWWBに誘起される現象として不動の確証を得るのかか、今後の研究の進展が大いに期待される。

話題を転ずるけれど、地球の大気大循環の再現実験装置として**回転水槽 (dish-pan)** を考案して実験を試みたのは、米・シカゴ大のFultz (1950) であった。この類いの実験結果は、地球の自転速度を概ね不変 (厳密にはそうでないけれど) と仮定すれば、対流圏大気の動向を支配する要因として、南北の温度差が大きな比重を占めると教示している。つまり、高緯度の極域と低緯度の赤道地域との間の気温差が、対流圏大気の循環、なかんずく、中緯度偏西風 (= **ロスビー循環**) の流れに大きな影響力を保持していると受け止められている。通常、中緯度の偏西風は、冬季の安定的な波数3と夏季の波数5~6との間で季節変化をしている。取りも直さず、この波動における気圧の尾根・谷は地上の高・低気圧の動態に繋がる。

ところが近年、北極海域の海水面積の経年的縮小が報じられてきている。雪氷面と海水面の**アルベド (反射能)** を対比するまでもなく、短波放射をより吸収しやすい海水面積の減少 (= オープンウォーター領域の拡張と表裏) は、北極域の気温上昇を物語る。かくして南北の気温差の変化が予測され、それが対流圏大気に如何なる影響を招来するのかが問われる。第V章の内容はその点からとても関心を集める。

わが国において、毎年、冬が近づくと、巷間、寒冬か暖冬かの話題が持ち上がる。当然、北極域の寒気が頻繁に極東地域に南下すれば寒い冬となる。その意味から、極域の寒気の挙動が鍵となろう。これに関わるのが近年、指摘されている**北極振動 (AO)** である。これは海面気圧偏差に対して主成分分析を施し、その第1成分に該当 (206~209p.) する北極域と中緯度とのシーソーの変動を指している。そこでは、北極域の気圧が低くて中緯度のそれが高い場合をAO・正と

し、逆の場合をAO・負としている。現状では、AOが正の際に北大西洋のアイスランド低気圧が発達し、その南方中緯度のアゾレス高気圧は増強する (**北大西洋振動: NAO**)。すなわち、南北の気圧傾度が増大して偏西風は強まる。反対に、AOの値が負の場合には、南北の気圧傾度が小さくなり、ロスビー循環が蛇行しがちとなる。これが冬季の波数3のパターンと共働し、極東、欧州、それに米国北東部が寒波に見舞われる傾向となる。したがって、北半球高緯度を見渡せば、AOに連関して、地理的に北極を挟んで対置する形の北太平洋と北大西洋との間で、NAOが同期する1つの**テレコネクション**が想定される。

過去70年余りの冬季のAOの経年変化に着目すると、1988~1989年に正の最大値 (2.67) を、2009~2010年に負の最大値 (-3.39) を各々示している。前者は極東の日本付近に暖冬を招来し、後者は逆に寒冬を招く。だが実際には、前者こそ日本付近で一致したけれど、後者の年次には、多くの中緯度が寒冬であったのにも拘わらず極東のみがそれほど寒冷にならなかった。この辺に大気現象の複雑さが推知される。それでも21世紀に入って、前述の北極海の海水面積が縮減し、負のAOが卓越してきた結果、北半球中緯度が寒波に見舞われやすい様相を呈している。その観点から、北極海の海水が融解して海水面の露出面積が増加することは、既述のようにアルベドが低下し、益々、極域の温度上昇を促進しがちとなって、いわゆる“**アイス・アルベド・フィードバック**” が容易に予見される (214~218p.) ので、一層、大気~海洋システムの錯綜ぶりが窺われる。

ところで、気温を典型とする地球の気候変化は人類がこの惑星に登場する前から生起している。よって、人為的影響が関与しない自然的な要素の中にもその原因の存在が類推される。その視点から検討を加えているのが第VI章である。最初に天文学的要因の1つとして認知されている“**ミランコビッチ・サイクル**” に説明を割いている (258~265p.)。これは、第四紀の水期・間氷期のサイクルに日射量の変動がほぼ符合する実態を踏まえ、地球の公転軌道や自転軸の歳差などの変化がその背景に在るとする説である。ここではこの理論の妥当性やその後の研究の進展、および将来的な見通しを述べている。

また、17世紀以降の太陽の観測結果から、太陽表面の黒点数が変化する周期とそれに歩調を合わせる地球の気温変動の応答が検出された。つまり、黒点数が多いと地球気温が上昇し、反対にその数が減少すると地球気温が低下する事実、および黒点数の増減に11年周期、ないしその倍数である22年周期が識別された。これに関わって、とくに広く認識されているのは、**マウンダー極小期 (1645~1715年)** であり、黒点数が極度に減少した結果、世界的な天候不順に陥った。今ではその時期を『小氷期』と称している。こうして太陽の黒点数を指標とする太陽活動の活発・不活発が、地球の気候変化に深く関与しているとの理解が長く続いた。

しかし、このような捉え方は、あくまで現在の太陽、ないし太陽系を念頭に置いた場合の解釈である。そこで視野を太陽系外に転じ、銀河系における超新星爆発に起因して宇宙から飛来する銀河宇宙線（GCR）の量が、太陽磁場に影響を被って量的に変化する仕組みに踏み込んでいる（266～269p）。これに関連する記述は、第Ⅶ章でも紹介されている（330～335p）。つまり、太陽磁場のシールド効果に因って、太陽活動が活発な際（黒点数が多い）には、地球などに到達するGCRが減少し、逆にその活動が弱い場合（黒点数が少ない）には、地球に進入するGCRが増える。仮にこのGCRが増加すれば、地球の対流圏大気のイオン化を助長して、雲の凝結核として振る舞うエアロゾルの生成を促し（GCRと凝結核は正比例）、とりわけ対流圏低層の雲量が増える。よって、それは地球温度の低下という影響を招く構図になる。この一連の過程が「イオン誘起核生成説」である。既述のように、このGCRが着目される以前には、黒点数を指標とする太陽活動の盛衰と地球気温の高低との関連性が支持され、一定の理解を得てきた。一見、現象論的に双方は矛盾しないものの、黒点数の増減が直接一義的に地球の気温を支配するのではなく、地球に飛び込むGCRの飛来量が太陽磁場に制御されるという機構の構築なので、その素因を太陽系外に求めた点に要諦がある。それでも、デンマークのSvensmark *et al.* (1997) が唱えたこの説による地球気温への影響の度合は小さいと本章で指摘している。ゆえに、この視点に立つこれからの研究の動向を大いに注視したいものである。

第Ⅶ章では、前章より更に短いスケールでの気候環境の変遷に焦点を当てている（342～347p。第Ⅳ章の162～165p.にも関係）。その中で、海水準変化に絡む数千年間隔で生起するイベントとして、北米やグリーンランドの氷床崩壊とその北大西洋への流出を述べている。敢えて申すまでもなく、この出来事は気温の高低を投影している。思い起こせば、1980年代の初め、当時、ゲッチンゲン大学・院生であったHeinrich（独）が北大西洋の海底堆積物中に特異な層序（有孔虫類の甲殻を含有する地層とそれの欠如する地層との複数の互層）を見出したことに、この研究の淵源がある。北大西洋の海底にかような堆積物を形成した“**Heinrich event**”（MacAyeal:1993）と称される事柄は、ラブラドル海から北大西洋の海域に、ある周期をもって氷床や巨大氷山の流出が、数回、繰り返して伸長した事変を物語っていた。これがBroecker（米）やRahmstorf（独）の描いた世界の大洋の表層水と深層水を連結する「**海洋コンベヤーベルト**」の、北大西洋における暖流（湾流→北大西洋海流）沈み込みの位置的変位の端緒として特定された。つまり、氷期の氷床拡大に伴って密度の軽い真水が海面を覆った時期には、熱運搬役を担う北大西洋海流の沈降域がバミューダ諸島付近まで後退し、より北方海域まで熱が輸送され得ない。その結果、偏西風の風下に位置する欧州は寒冷に

なると予想できる。もちろん、その逆は北大西洋海流の北上で欧州が温和と推定するのに難くない。それでも最近、この定説への反論が示され、暖流の北上は阻止されないとの異論も含めて、先行き不透明の感が強まっている。

次に、樹木年輪（おもに年輪幅と年輪密度を扱う樹木年代学）を根拠に気候変動を探る研究を本章で扱っている（348～351p）。この分野は、20世紀当初、米国のDouglassやFrittsなどによって確立された。当然ながら樹木が長期間にわたって生育している地域の環境復元に有効と評価される一方、樹木の欠落する砂漠や極地などのそれには援用できない。それでもこの手法は、樹木成長期の気温や降水量の状況を再現するのに効果的と言える。

ここまで気候変動、および気候変化（この用語の定義、および両者の厳密な使い分けが本書で言明されている：300～309p.）に的を当てて多くの研究内容を本書では扱っている。承知のように、近年の地球温暖化において、産業革命以降の化石燃料の大量消費がその人為的主因として挙げられている。ならば、現代社会を支えるエネルギー源として、化石燃料に代替可能な資源の有無とその持続性が問われよう。その意味を踏まえて第Ⅸ章では、自然エネルギーの活用に紙数を割いている。会員各位が即座に想起するように、太陽、風、地熱、海洋、バイオマスなどが列挙されよう。しかし、太陽や風、地熱などは必要条件を備えた場所が限定される。かくて当面、天然ガス、水素、メタンハイドレード、それにバイオマスで賄うかと、評者は予見するけれども、果たしてどうであろうか？

本書では多数の図表は勿論、カラーの口絵を併用して内容の適切な説述に努めている。それでも全球スケールの図や長期間の経年変化グラフなどの縮小印刷には限度が伴い、意図通りに適正に読み取れない懸念を覚えた。加えて本書のページ数の多さを勘案し、本書の版サイズをA5版でなくB5版に大きくと思った。とは申せ、本書の内容は極めて示唆に富み、巻末に提示された「気候変動・気候災害に関する年表」と併せて、非常に有意義な書籍である点に変わりはない。会員諸氏には、是非、本書の一読を薦めたい。

参考文献

- 川崎 健 2009. 『イワシと気候変動』. 岩波書店.
- 鈴木 悠 2013. 大気・海洋相互作用における熱帯大気東西循環の位相に関する気候学的研究. 2012年度・法政大学大学院地理学専攻修士論文（未公表）.
- Fultz 1950. Experimental studies of a polar vortex I. Tellus, 2, 137-149.
- MacAyeal 1993. A low-order model of the Heinrich event cycle. Paleoclimatology, 8, 767-773.
- Madden & Julian 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. J. Atmospheric Sciences, 28, 702-708.
- Svensmark *et al.* 1997. Variation of cosmic ray and global cloud coverage: A missing link in solar-climate relationship. J. Atmos. Terr. Phys., 59, 1225-1232.

【佐藤 典人】