

兵庫県下の雷日数の長期変動

佐 橋 謙

Long Period Variation of Thunder Day in Hyogo Prefecture

Ken SAHASHI

Long period variations of thunder day at the four meteorological stations in Hyogo Prefecture, Toyooka, Himeji, Kobe and Sumoto are investigated in relation to the global warming. Among those four stations, the number of day suffered by thunder is increasing year by year after 1970 only at Toyooka. It is found that number of thunder is increasing in winter time at Toyooka. As Toyooka locates on the Japan Sea, if the sea surface temperature is warming, possibly the stability of the air layer near the sea surface becomes unstable under the condition of winter monsoon from cold Siberia and it might introduce increased number of thunder. Supporting our presumption, there is an evidence that the sea surface temperature near western Japan is warming after 1970.

Key words : thunder day, long period variation, Hyogo prefecture
雷日数、長期変動、兵庫県

1. 序 文

地球温暖化の問題が取り上げられるようになってから、もう約20年が経過した。今のままの状態で地球上に二酸化炭素が増加し続けると、100年後には地球全体の平均気温が数 上昇するという話である。最も正確な評価とされている IPCC 第3次評価報告書¹⁾によると、21世紀中の全球平均気温上昇は1.4~5.8 との予測であり、この予測値の幅は二酸化炭素の排出モデルや、気温上昇を計算する計算モデルの違いなどによるものである。また、この予測値は IPCC 第2次評価報告書²⁾での予測値1~3.5 よりも大きくなっていることにも注目すべきである。

ところで、そのような全球的気温上昇が生じたとして、それによって何が起るのかについては地球上に生きて行かなくてはならない我々としては、大いに気になることである。一番良く知られている現象は、

海水位の上昇であろう。これについては IPCC 第2次評価報告書²⁾において、2100年までに約50cm 上昇するとしている。また、日本にもマリア汚染域が広がるだろうとか、生態系にも大きな影響を与えるに違いないということも食糧生産能力と絡めて大きな問題を提起している。

地球温暖化という現象はまさに気象学の問題であるが、全球の平均気温が上昇するという以外に、それが起こることによっていままでとは違った気象現象が起こるといった可能性はないのだろうか。これについてももちろん各種の調査・研究がされており、中でも異常気象現象がいままで以上に頻発する可能性があることが、上に引用した二つの報告書でも指摘されている。これは事実としても部分的には検証されており、例えば2003年の冬(2月)には西南アジアで死者70人以上を出す大雨被害が発生し、ルーマニアでは平年値より5.5 も低い月平均気温を記録し、オーストラリ

受付 平成16年2月17日, 受理 平成16年3月15日
近畿福祉大学 〒679 2217 兵庫県神崎郡福崎町高岡1966 5

ア南部では月降水量が平年値の5倍以上であった。同年夏（8月）にはフランスで死者が1万人を超えるような高温が続いた。日本でも例外でなく、2003年2月には全国の11地点で月降水量の最小値を更新し、大島（東京都）では月間日照時間の最小値を更新し、同年8月には静岡（静岡県）、大島（東京都）、高松（香川県）で降水量の最大値を更新し、新庄（山形県）、大船渡（岩手県）、秋田（秋田県）、酒田（山形県）では日照時間の最小値を更新した。つまり、夏冬にかかわらず最小値や最大値が更新されるという事態が起こっているのである。月平均値の極値が更新されるということは、その性質からいってそう頻繁に起こるものではない。それが日本中のあちこちで、いろいろな気象要素について発生するということが異常でなくてなんであろう。

いま述べたような要素、つまり、気温、降水量、日照時間などは気象要素としては基本的なものであり、それらの値が変化することによって二次的効果として変化するものもあるはずである。例えば、ここで取り上げようとする発雷日数などがそれである。基本的には、雷は大気中の鉛直方向の不安定さが増大したときに発生する。日本で発生する雷について言えば、夏期に地表面が太陽放射によって強烈に熱せられたときなどが、その典型的な例である。地球温暖化によって地表面の熱せられ方が従来とは変わるのだろうか。移流を考えなくて良い場合なら、気温が上昇するのは地表面温度がまず上昇するのが順序である。従って、地球温暖化が進行すれば地表面温度も上昇することは十分考えられるが、雷の発生については対流圏中の大気気温鉛直勾配が直接の支配要因となるはずだから、地表面温度が上昇してもその影響が対流圏全体に及ぶのなら雷発生にはあまり関係がないということになる。地球温暖化の進行が対流圏内の気温鉛直分布にどんな影響を及ぼすのか、現時点ではそのようなシミュレーションが行われていないので明確でない。そこで、過去50年またはそれ以上の期間についての雷発生数が変化しているかどうかについて調査してみることにした。

最近、吉田³⁾は、日本全体の広領域を対象として大量の資料を処理し雷日数の地理的分布とその長期変化傾向を示す研究を発表した。吉田の研究の対象は、地理的領域は広いが当然のことながら狭い領域でどのような違いがあるかなどについての取り扱いは見られない。本報文では、狭い領域の中での違いを検出することを主目標としている。さらに、吉田は日本海側において、冬季に雷日数が多いことは述べているがその理

由については殆ど考察していない。本報ではそれについても、ありそうな原因について言及した。対象地域としては兵庫県を選んだ。その理由は、兵庫県は日本海から瀬戸内海（紀伊水道）にまでその範囲が広がり、本州を南北に横断する領域での変化が捉えられること、また、その中に50年以上の継続した雷発生の記録のある気象官署が4カ所存在することなどである。資料は神戸海洋気象台⁴⁾によった。

2. 兵庫県下の雷日数の年変化

ここでいう雷日数というのは、地上気象観測法⁵⁾による大気電気象で、雷電、電光および雷鳴を含むものとする。本報では豊岡、神戸、姫路および洲本の4気象官署の資料を使うことにした。このような、ある気象現象の長期変動を調べようとするとき、まずその現象を観測した気象官署がその期間中場所を変えなかったか、変えたとした場合その変化が問題の現象の観測結果に影響を与えない程度であったか、ということを含味する必要がある。気象庁⁶⁾の「要素別統計期間切断状況」の表によれば雷についての記載はなく、降水量については取り上げた4気象官署とも観測開始以後切断はない、とのことであるので各官署とも移転はあるが、降水関係の統計が切断されるほどの移動ではなく、従って雷現象についても切断はないと判断することにした。

図1に1931年から2000年までの70年間（姫路のみ1948年から2000年までの53年間）の4気象官署での雷の年合計日数の年変化を示す。一見して、1970年頃以降の豊岡における日数の増加が顕著である。試みに図1の1971年から2000年までの30年間の雷日数の年変化を示す折れ線を一次近似して、その直線の勾配すなわち1年間の平均雷日数増加率とでもいう値を求めると表1のようになった。姫路、洲本では減少傾向を示し、豊岡、神戸では両地点とも増加傾向であるが、その増加率は豊岡の方が神戸の1.5倍以上大きい。さらに豊岡での増加率が大きいことは、係数の誤差を考慮しても確かなことを示している。つまり、少なくとも兵庫県下では豊岡では明瞭に1971年以降で雷日数が増加しているのである。これはどういう理由によるのか。もし、地球温暖化によるのであれば、豊岡ではそ

表1 1971年以降の雷日数の増加率（日/年）

	豊岡	姫路	神戸	洲本
係数	0.77	-0.64	0.47	-0.96
係数の誤差	±0.18	±0.34	±0.33	±0.36

兵庫県下の雷日数の長期変動

の影響が強く現れ、他はその影響は小さいのか、ということになる。地球温暖化というような地球全体が問題になるような現象に、兵庫県の北部と南部とで違いがあるというのは考えにくい、図1と同じ変化傾向

があるのか無いのかを気温について調べてみよう。その結果を図2に示す。

図に見られるように、4地点ともそのグラフを上下に移動すれば殆ど重なってしまうほどその変化は似て

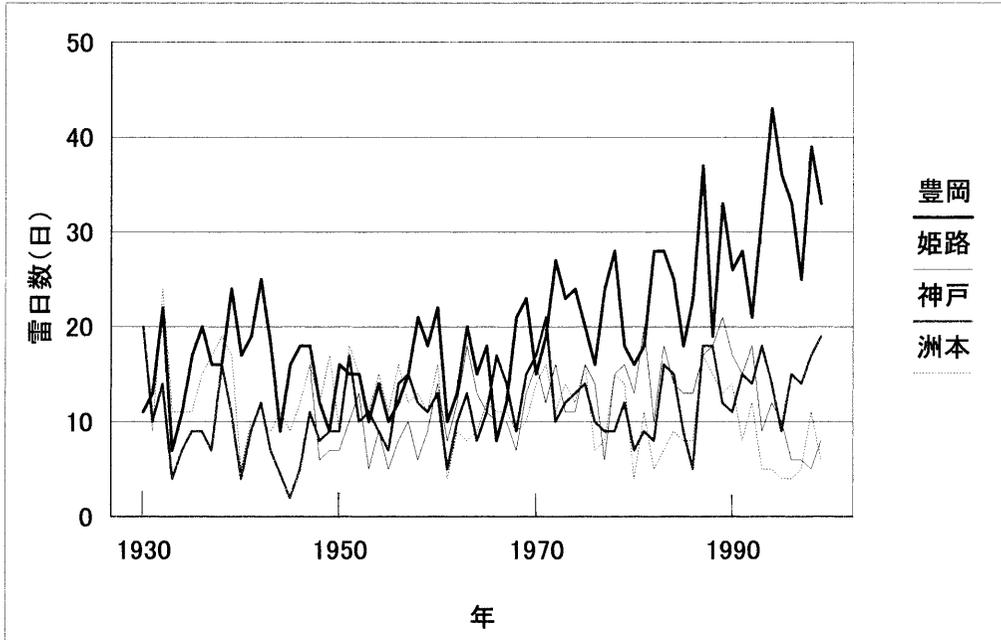


図1 年合計雷日数の変化(1931年~2000年)

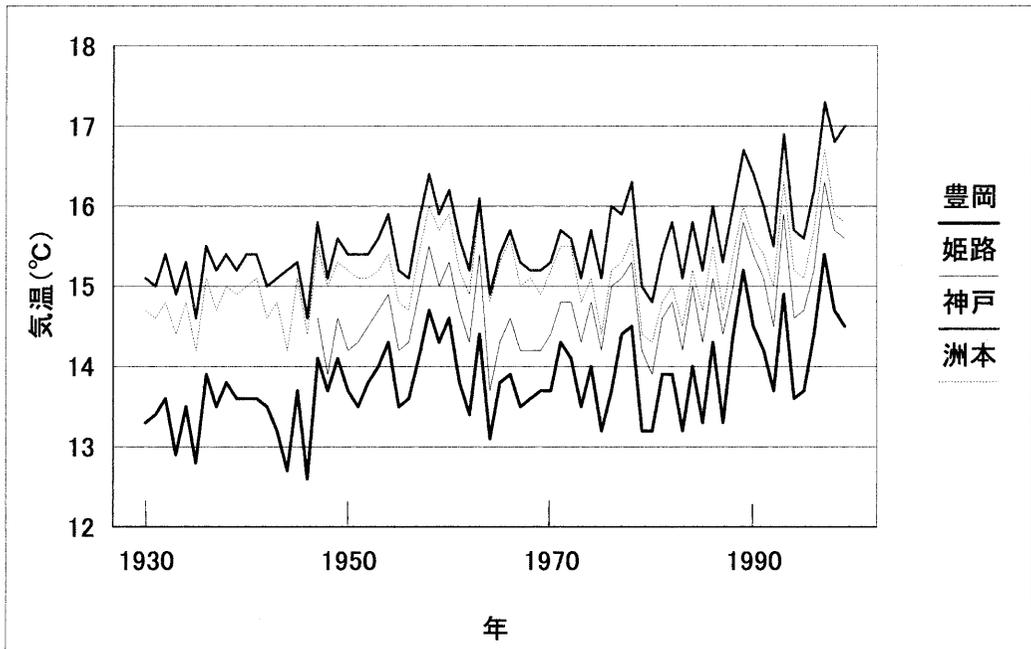


図2 年平均気温の変化(1931年~2000年)

豊岡

洲本

豊岡(月別)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	年合計回数
1931				1	1	4	3	2					11
1932				1		4	1	1	5		1		13
1933						2	3	4	2	1	1	1	22
1934						2		2	1	1			7
1935			1			1	1	3	1	4	1		11
1936				1		2		1		4			17
1937						4	3	2	2	2		1	20
1938						2	3	3	1	1	4		16
1939			1	1		1	5	6	2				16
1940		1	1	1		1	3	3	3	2		4	24
1941				2	2		3	6	1	2	1		17
1942	1					1	2	6	4	2	1	1	19
1943	3	1	1			1	4	1	5	2			25
1944	2	1		2	1	4	1	6	1				18
1945		1	1	1		1	1	1	1		4		9
1946			2	1	2	3	3	1	1			3	16
1947					1	3	4	2	1				18
1948			1	1	1		1	3	1		1		18
1949	1	1	2	2	1		1	1	4				12
1950						4		3	1				9
1951		2		1		3	4	1		2	3		16
1952	2	1		1	5	2	2	3			1		15
1953		1			1	4	2	2					15
1954	1			1		4	1	2		1			10
1955					5	3	1	4	1				14
1956	1	2				3	2	2					10
1957					1	3	1	4			3		12
1958		1				2	5	6			1		15
1959	1		1			4	2	4	4				21
1960	1	1	1	1	2	1	2	4	4		2		18
1961	1					2	3	5	5	2	1	3	22
1962	4		1		1	1	3	1					10
1963	3	2				1	5	2					13
1964				1	1	2		4	1		1		20
1965	2		2	1	1	3	3	2		1			15
1966	2		2			1	4	4	2	1	2		18
1967				1	1	3	2	1		1			8
1968				1		3	1	5	1				12
1969					3	3	2	2	1	1	2		21
1970	1	1	2			4	1	2	2	4			23
1971		1				4	1	1	1	1			15
1972	1		1		1	2	4	2	1	1	2	4	19
1973		1		1		4	1	2			5	5	27
1974	1		1	1	2	3	5	2	4		2	3	23
1975	3	2		1	4	3	4	3	4				24
1976	2			1	1	1	4	1	1	2	2		20
1977				1	1	1	3	1	4	1	5		16
1978	2	2	2			2	4	2	2	1	1		24
1979	1	2	2	4	4	2	6	3	2	1	1		28
1980	3			2	2	2	2	2	1	1	4		18
1981		1		1	2	3	4	1	1	2	2		16
1982	2		1	1	2	4	3	1	2	1			18
1983	2	2	1	1	2	2	3	5	5				28
1984	2			2	3	3	2	2	2	3			28
1985	1	1	1		1		1	4	1	2	3		25
1986	2					4	1	1	2	2			18
1987		2		1	1	4			1	2	3		23
1988	2	1		1	4	4	4	2	2	5	2		37
1989		1		3	2	1	2	6	1	2	1		19
1990	6			5	1	1	5	5	3	2	1	4	33
1991	2	4		1	4			1	2	1	1	3	26
1992	2	3		1	3	2	4	3	1	4	2	4	28
1993				5	1	1	3	4	1	2	4		21
1994	2	4			1	1	1	1	2	2	3		32
1995	4		3		1	1		2					43
1996	4		2	2	3	1	3	1	4	1			36
1997	4	6		6	2	2	6	3	1	3			33
1998	1	1	2	1		5	6	4	2	2	3		25
1999	4	1	1	1	2	1	2	5	6	2	2	6	39
2000	2		4	2	5		4	4	1	1		2	33

月別合計回数 77 62 40 47 90 125 243 285 156 60 83 133 1401

洲本(月別)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	年合計回数
1931			2	2	2	2	4	2				1	20
1932			1		2		2	2		1	1		9
1933			2	1		3	2	3				1	24
1934					2	1	3	3	2				11
1935				1		2	3	2	3				11
1936		1			2		3	2	3				17
1937						2	6	5	2	1			15
1938						2	4	5	5	1			17
1939			1	2	2	1	4	4	4		1		19
1940	1					1	6		1			1	17
1941			1			1	1	1	1				5
1942						1	3	2	4				19
1943						3	4	2	1				10
1944				1		1	4	3		1			9
1945						2	2	3	3				10
1946			1	1	1	1	1	3			2		10
1947	1					1	4	6	1				12
1948	1					1	4	3	3				12
1949	1		2	1		1	3	3	3	1			12
1950			2	1	1	1	3	2	2			1	17
1951		2		1		4	2						9
1952			2	2		1	4	3	6	2			18
1953	1					3	1	6	4		1		15
1954						1	4	3	3				11
1955		1		2	3	2	2	3	2				15
1956		1				3	2	2	2	1			11
1957						4	4	3	3		1	1	16
1958						2	2	2	4		2		12
1959				2	1	2	2	2	1	1			13
1960				2	1	2	3	3	3				11
1961				1		1	5	3	2	4	1		16
1962				1		1	1	1	1				8
1963						2	2	5					9
1964						2	3	1		2			8
1965			1		1	2	3	1		1			9
1966	1		2		1	1	2	3	2		2		12
1967				2	2	4	2	1					11
1968		1		1		2	2	3	1		1		11
1969					3	1		3	3	1	1		9
1970						2	3	3		1	1		10
1971						2	2	3					14
1972	1	2			1	1	3	1	4	1	1		16
1973				1		1	1	4	4	1	1		11
1974	1				1	1	1	3	3				14
1975		1	1		1	1	1	3	2	1	1		12
1976				1	2	2	4	3	2	2	2		16
1977						1	3	2	2			1	7
1978	1			1		2	2	2	2				8
1979				3	2	1	4	3					15
1980				1	3	5	3	2					14
1981					1	2	1						4
1982	1			1		2	4			1	2		11
1983						1	1	3					5
1984				2		3	2	2	2	3			7
1985		1	1			3	1	3		1			9
1986			1			1	5	3	1				8
1987						3	3	3	2				8
1988	1		1		2	2	3	2			1		17
1989	1	1			2	2	1	2	4		2		13
1990					1	2	2	2	2	6	2		15
1991		1			4	1	1	1		1			14
1992				1	3	2	2	2	2				14
1993				1		1	1	4	1		3		10
1994						2	2	2	1				7
1995				1		1		2				1	4
1996						1	1	2				1	5
1997						1	1	1	1				4
1998				1		1		2	1	1			5
1999		1	2		1	1	1	3	3				11
2000				2		2	1	1	1	1	1		6

月別合計回数 11 10 20 32 51 81 181 197 132 39 24 15 793

図3の濃淡の凡例

濃淡	雷日数の範囲
なし	— 2
（点状）	3 — 4
（斜線）	5 — 6
（縦線）	7 — 8
（黒）	9 以上

図3 豊岡と洲本の月別雷日数の経

おり、図1のように豊岡だけが他の地点と異なった変化を示すということは見られない。4地点とも1980年頃から気温の上昇傾向が顕著になっていることから、これら4地点では地球温暖化という見地からは同じ現象が起こっていると見てよさそうである。従って、図1に見られた豊岡での雷日数の増加は、地球温暖化による直接的影響ではなさそうである。では、豊岡だけの雷日数の増加はどう説明出来るのであろうか。

3. 豊岡と洲本の雷発生の季節変化

前節最後に提起した疑問点の解答を得るための手掛かりとして、雷日数の多い豊岡とそれの比較的少ない洲本での雷発生の頻度が季節によってどう違うかを調べてみた。調査対象にした70年間(約25550日)のうち、豊岡での雷日数は1401日、洲本では793日であった。年間を通じると、豊岡では約18日に1回、洲本では約32日に1回の発雷があるということである。図3は、縦軸に上から下へ年を、横軸に左から右へ1月から12月へと月をとり、それらの座標面上に各年毎の各月の雷の発生日数を記入したものに、雷発生日数によって色の濃淡をつけたもので、色が濃いほど発生日数が多いようになっている。図3左側が豊岡を、図3右側が洲本を示している。

豊岡と洲本を比較すると、次のようなことが分かる。

- (1) 一見して豊岡は洲本よりも黒い部分が多い。これは、前述の通り豊岡で期間を通じての雷日数が多いから当然である。
- (2) 洲本では図の左右の幅の中央寄りに黒い部分が集中しており、また、図の下の方が黒い部分が少ない。このことは、洲本では雷は夏期に集中し、冬季は元来雷が少ないことと、1965年以降は夏期も減少していることを示している。
- (3) 豊岡は、特に図の下半分では黒い部分が中央寄りのみでなく左右にも広がっている。これは、豊岡では1970年以降では冬季の発雷が増加していることを示している。

これらのことから、1970年前後から雷発生に関して何らかの変化が生じているように見える。そこで、1930年代での雷日数の月別平年値と、1970年代のそれとを豊岡、洲本両観測点で比較してみた。図4に結果を示す。豊岡では、夏期7月の1970年代の平年値の増加と、11月から2月の間の冬季の増加が著しい。豊岡では冬季にも雷日数が極大値を持つことは1930年代でも見られるが、1970年代にはそれが顕著に増加した。それに対して洲本では、夏期7月、8月の70年代の減少が著しい。すなわち、豊岡のように冬季にも雷が多いのは少なくとも兵庫県では日本海側だけで、南よりの方はそのような現象が見られないのである。

一般的に言えば、日本海側で冬季に雷が多いことは

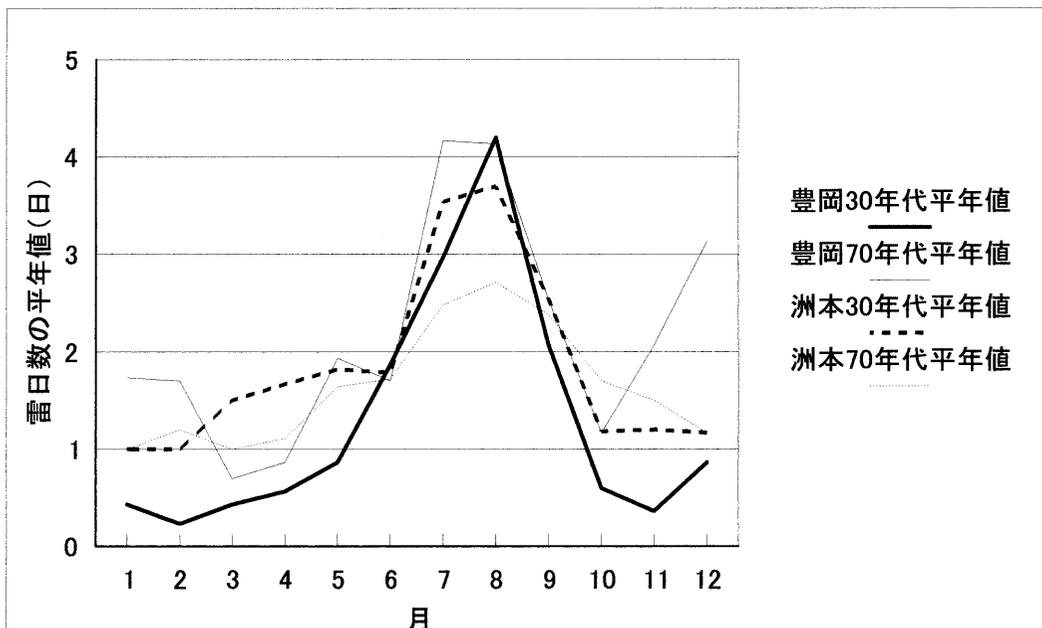


図4 豊岡と洲本の雷日数の月別平年値の変化

良く知られており、シベリア大陸からの寒気の吹き出しが日本列島の日本海側近くを北上する対馬暖流の上を吹送するとき、熱と水蒸気を獲得して不安定となり、強烈な鉛直混合を引き起こすことによって発生すると言われている。だとすれば、もしその対馬暖流を構成する海水の温度がある時期以後上昇したと考えたと、それ以前よりも雷日数が増加しても不思議でない。

4. 日本海の兵庫県沖の冬季の海水温度の長期変化

前節で、もし日本海の兵庫県沖での海水温が上昇傾向にあるのなら、図3(a)のような豊岡での冬季の雷日数の増加、ひいては図1の豊岡での1970年代からの雷日数の増加が説明出来ることを述べた。実際に海水温度はどうなっているであろうか。海水温度の資料は最近では衛星経路の資料が豊富になってきているが、これはここ十年そこそこのことで本報で扱っている長期変動を考察するための資料にはならない。衛星による資料の他の海水温度資料としては、船による移動観測または海岸の固定観測による資料がある。船による資料は断片的であるとか、海岸の観測資料は海岸であることによる影響がどの程度含まれるのか、などの問題を含んでいるが、最近岩崎など⁷⁾が過去35年間の日本近海の海面水温の変化を取り扱っている。

彼等は、地球温暖化がらみの海水位の上昇を議論するに際し、海水温度の変化も考慮するため日本近海の海面水温の資料を蒐集し、東経137°を境にして西日本と東日本に分割して1965年から1998年までの間での海岸から100km以内の日本近海での海水表面温度の変化を求めた。それによると、西日本側では10年に約0.6の上昇傾向、東日本では1年に10年に約0.1の低下傾向が認められたということである。東経137°というと能登半島から志摩半島を結ぶ線である。岩崎らがこの線を境にしたのは、日本の海岸での海面水位の上昇・下降がこの線を境にして西側で上昇、東側では下降というように区別出来たからであるという。なぜ、この線を境にして海水温の長期変動の傾向が逆になるのかということの説明はいささか困難であるが、岩崎らの解析が正しければ事実としてこうなっていることは受け入れなければならないだろう。

筆者が対象としている地域は、岩崎らのいう西日本の領域に含まれる。従って兵庫県の面する日本海は、上述の通り海面温度は1965年以降は10年に約0.6上昇しつつあるということになり、海面温度が上昇したから雷日数が増えたのではないかとの推定が定性的に

は可能となる。また、岩崎らは海面温度の季節による違いについては全く言及していない。岩崎らの資料を季節別に再処理すれば、冬季は特に上昇傾向が強いというようなことが見られるかも知れないが不明である。さらに、岩崎の資料では1965年以降は海面温度が低下傾向を示す領域で、吉田の解析結果で新潟や秋田で冬季に1960年以降で雷日数の増加傾向が示されていることは、他の理由を見付けねばならないことになる。

4. 結 論

兵庫県内の4カ所の気象官署の雷日数を統計的に処理をして、日本海に面した豊岡では1960年頃から雷日数が顕著に増加しつつあること、その他の姫路、神戸、洲本ではそのような増加は見られず、変化なしか、むしろ減少気味であることが示された。

この豊岡での雷日数の増加は1960年以降の冬季の豊岡での雷日数の増加が寄与していること、洲本での雷日数の減少は1960年以降の夏季の洲本での雷日数の減少が寄与していることも分かった。このような増加や減少が、どのようなメカニズムによって起こるのが次の興味の対象である。冬季の豊岡の増加は、岩崎らの日本周辺の海水温度の長期変動の解析結果の一部から、西部日本海の日本列島沿いの海水温度の上昇傾向が示されていることを考慮すると、そのことが地球温暖化によるのかどうかは別としても冬季のシベリアからの吹き出しの気層の不安定さが増して、雷日数を押し上げているのかも知れない。

いずれにしても、雷現象は防災面からあるいは電力の安定輸送面から重要であり、今後も温暖化が強化されるにつれて増加するのかなど、注目する必要がある。

本報文は、筆者が2002年11月16日に日本気象学会関西支部会（於岡山）で発表したものに加筆したものである。

引用文献

- 1) 気象庁・環境省・経済産業省監修：IPCC 地球温暖化第三次レポート - 気候変化2001 - . 中央法規、東京、2002 .
- 2) 気象庁：地球温暖化の実態と見通し . 大蔵省印刷局、東京、1996 .
- 3) 吉田 弘：日本列島における雷日数の地理的分布とその長期的傾向 . 天気、49、4、279 - 285、2004 .

兵庫県下の雷日数の長期変動

- 4) 神戸海洋気象台：兵庫県の気象．財団法人日本気象協会、東京、2001．
- 5) 気象庁：地上気象観測法．財団法人日本気象協会、東京、1988．
- 6) 気象庁：地上気象観測統計指針．気象庁、東京、1990．
- 7) 岩崎伸一、松浦知徳、渡部勲：地殻変動を除去した長期海水位変動と海面水温の関係 - 本州沿岸海域 - ．海の研究、11、5、529 - 542、2002．