

長期的な気温変動と温暖化

桂 重 樹*

Global Warming and long term fluctuation of temperature

Shigeki Katsura

Summary

Global Warming is a major concern for all the people in the world. To stop the increase of the temperature, it is necessary to reduce carbon dioxide emissions. We Japanese are trying hard to reduce carbon dioxide emissions but density of carbon dioxide is still increasing.

To clarify the change of temperature in Japan, temperature measured at 43 meteorological observation stations out of 81, which have recorded highest temperature after 1990, were analyzed. Monthly averaged minimum, maximum and average temperature since 1958 were approximated by least square method and gradient of regression line were obtained.

It is found that increase of minimum temperature in autumn and spring was significant compared to other seasons.

Keywords : Global Warming, temperature, resources of the people

1. 二酸化炭素排出の増大と気温変動

地球温暖化の問題は「不都合な真実」¹⁾を
発表したアル・ゴアがノーベル賞を受賞して
以来、より多くの人々の注目を浴びるよう
になった。1997年に締結された京都議定書
において、日本は1990年比で温室効果ガス
を2008年から2012年の間に5%削減しな
ければならないと定められているが、それ
を実行することはかなり難しい状況になっ
てきている。温室効果ガスは二酸化炭素
だけではなくメタン、亜酸化窒素、ハ
イドロフルオロカーボン、パーフルオ
ロカーボン類および六フッ化硫黄があ
り、必ずしも二酸化炭素だけ削減す
ればいいわけではないが、二酸化炭素は
排出される温室効果ガスの80%ほどを
占めて

いる。従って、二酸化炭素の排出を削減
することは、京都議定書の取り決めに
順守し、地球温暖化防止のためには必
ず実行しなければならないことであ
る。

地球温暖化に関してはIPCC、気候
変動に関する政府間パネルにより明
らかにされており、温室効果ガスの
排出を抑制して、温暖化を防止す
ることは人類共通の課題であるとい
える。しかし、一方で、温暖化より
も人類にとって重大な問題は食糧
問題であって、二酸化炭素の排出
増大は増大する地球の人口を賄
うための食糧増産に好都合である²⁾
、という意見もあるが、多くの支
持を集めるには至っていない。

京都議定書第3条で規定されている
約束期間である2008年が既に終
わろうとしている

*総合人間科学部 生活環境学科

現在、日本の温室効果ガス、特に二酸化炭素の排出量は減少どころか増加の一途をたどっている。全国の二酸化炭素の排出量は基準年11億44百万トンであったものが2003年で12%増、宮城県においては1572万1千トンが33.8%増となっている。

このような二酸化炭素の増大は気候変動にも影響を与えているといわれている。日常生活においても数十年前と比較すると気温や天候が変わってきていることが実感できる。そこで、日常生活において最も身近に感じることができる気温変動に着目してその変化を検討することとした。

大気中の二酸化炭素の測定は1958年から開始された。植物の生育による季節変動はあるものの、この当時315ppm前後だった二酸化炭素濃度は一貫して増加し続け、今では380ppm前後になっている。そこで、気温変動についても1958年からの変動を気象官署の観測結果に基づいて検討することとした。

2. 気温変動の分析

日本全国には2006年12月31日現在で81か所の気象官署が設けられている³⁾。これ以外には南極にある昭和基地も気象官署として登録されている。気温を観測している場所としてはこのほかにAMEDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) がある。降水量のみの観測を行っているところは約1300か所、気温・降水量・日照時間・風の4要素の観測を行っている観測所は全国に約800か所ある。しかし、これらAMEDASは1974年から運用が開始されているので古い観測記録がない。そこで、気象官署での記録を対象とした。

地球温暖化の問題に関しては1980年代半ばから真剣に議論されるようになった。そして、1985年、オーストラリアのフィラハで地球温暖化に関する初めての世界会議が開催

され、1988年に気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第1回の会合が開催されている。このように事実を考慮して、国内の気象官署は81か所あるが、その中で1990年以降に観測以来の最高気温を記録した気象官署42か所および地元仙台を加えた43か所の1958年から2007年までの月平均の気温の記録を分析対象とした。対象とした気象官署、その所在地の県名およびその位置を表1に示す。

表1. 気象官署とその位置

	気象官署名	都道府県名	緯度		経度	
			度	分	度	分
1	札幌	北海道	43	3.5	141	19.7
2	函館	北海道	41	48.9	140	45.2
3	網走	北海道	44	1.0	144	16.7
4	青森	青森	40	49.3	140	46.1
5	仙台	宮城	38	15.7	140	53.8
6	小名浜	福島	36	56.8	140	54.2
7	水戸	栃木	36	22.8	140	28
8	宇都宮	茨城	36	32.9	139	52.1
9	前橋	群馬	36	24.3	139	3.6
10	熊谷	埼玉	36	9.0	139	22.8
11	東京	東京	35	41.4	139	45.6
12	大島	東京	34	44.9	139	21.7
13	高田	新潟	37	6.3	138	14.8
14	富山	富山	36	42.5	137	12.1
15	輪島	石川	37	23.5	136	53.7
16	甲府	山梨	35	40.0	138	33.2
17	長野	長野	36	39.7	138	11.5
18	岐阜	岐阜	35	24.0	136	45.7
19	高山	岐阜	36	9.3	137	15.2
20	静岡	静岡	34	58.5	138	24.2
21	浜松	愛知	34	42.5	137	43.1
22	津	三重	34	44.0	136	31.2
23	尾鷲	静岡	34	4.2	136	11.6
24	京都	京都	35	0.9	135	43.9
25	大阪	大阪	34	40.9	135	31.1
26	神戸	兵庫	34	41.8	135	12.7
27	奈良	奈良	34	41.6	135	49.6
28	和歌山	和歌山	34	13.7	135	9.8
29	鳥取	鳥取	35	29.2	134	14.2
30	松江	島根	35	27.4	133	3.9
31	浜田	奈良	34	53.8	132	4.2
32	西郷	島根	36	12.2	133	20
33	岡山	岡山	34	39.6	133	55
34	広島	広島	34	23.9	132	27.7
35	徳島	徳島	34	4.0	134	34.4
36	高松	高知	34	19.0	134	3.2
37	松山	愛媛	33	50.6	132	46.6
38	福岡	福岡	33	34.9	130	22.5
39	佐賀	佐賀	33	15.9	130	18.3
40	長崎	長崎	32	44.0	129	52
41	福江	長崎	32	41.6	128	49.6
42	熊本	熊本	32	48.8	130	42.4
43	那覇	沖縄	26	12.4	127	41.1

気象庁のホームページ⁴⁾より43の気象官署の1958年からの各年および毎月の平均気温、最高気温、最低気温のデータを収集した。ただし、1994年に最高気温を記録した福江は1962年以前のデータがないので、1963年以降のデータのみで分析を行った。

これらのデータを用いて、50年にわたる毎月の平均気温、最高気温、最低気温の変化を最小二乗法により直線で近似し、その勾配を算出した。

気温の上昇はIPCCの報告などにより明らかにされている。この上昇は二酸化炭素その排出の増加、すなわち、人口増加や経済活動の活発化など人間の様々な活動に起因していると考えられることができるので、国勢調査結果⁵⁾に基づく人口の伸び率と各気温の勾配を比較した。また、新民力総合指数⁶⁾との比較も行った。

民力とは、生産・消費・文化・暮らしなどの分野にわたって国民が持っているエネルギー、と定義されている。総合指数はそれぞれ6つの指標から構成される基本指数、産業活動指数、消費指数、文化指数および暮らし指数の5つの指数から構成されている。従来の民力指数は4分野であったが、これに暮らしの分野が加えられ5分野、30の指標を加味して算出される指数が新民力総合指数である。

気温の変動要因としては気圧配置や太陽の活動など自然に起因する要素が大きく作用することは言うまでもない。しかし、この50年の間に我が国は高度成長期を経て産業構造や生活水準が大きく変化した。自動車の保有台数をとってみても、昭和41年に812万台だったものが平成19年には7923万台とほぼ10倍になっている。このような例をとっても、人間の活動が気温変動に影響を少なからず及ぼしていると考えられるので新民力総合指数との比較を行った。

3. 結果

3.1 気温の変化

仙台における50年間の平均気温の変化を図1に示す。50年という期間であっても、平均気温がわずかずつではあるが高くなってきていることがこの図から読み取れる。例えば、10月の平均気温は、1980年代半ばまでは15度を下回ることが多かったが、1990年代に入ってから15度を下回ったのは4回しかない。また、1月、2月の気温の変化を見ても同様のことが言える。

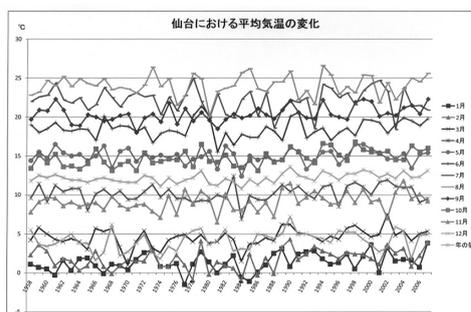


図1. 仙台における平均気温の変化

この変化が二酸化炭素の排出の増大と無関係に自然に生ずる温度変化である可能性もある。しかし、氷床コアのデータから分析して算出した気温に関するIPCCの報告によれば、ここ数十年の間に地球の平均気温が確実に上昇していることが示されている。ここに示した仙台の50年間にわたる平均気温の変化はまさにそれに呼応したものであることができる。

そこで、この間の気温の変化を直線で近似し、その勾配を算出した。勾配の各月の値を図2に示す。これによると、対象とした地点で多少の差はあるものの、全体の傾向として7月の値は小さく、10月と3月が高くなる傾向があることがわかる。7月は幾つかの地点で負の値になっている。すなわち、7月の平

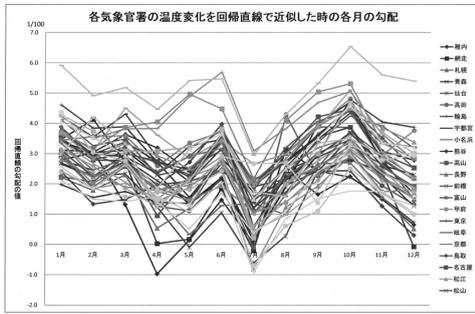


図2. 各月の平均気温の勾配

表2. 勾配の最大値を示した月とその数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値	
平均気温	5	2				2			1	2	30			2
最高気温	9	2	2	2		12			3	3	11			
最低気温	12	1			1	6		1	1	22				

表3. 勾配の最小値を示した月とその数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値
平均気温				3	4		33						6
最高気温			1	2	4		15	1			3		18
最低気温				12	1		28						3

均気温はこの50年の間でほとんど変わっていないか逆に低くなっていることを示している。しかし、全体としてはすべての月において平均気温は上昇傾向にあり、特に秋口から冬場にかけての気温の上昇幅が大きいということがいえる。これは、住宅や建物の暖房の普及、人口増加、核家族化などによる世帯数の増加と暖房の普及がおおきな影響を与えていると考えられる。

表2に平均気温に加えて最高気温、最低気温の変化の勾配が最大の値を示した月、すなわち気温の上昇が最も大きい月とその気象官署の数を示す。また、表3にその値が最小であった月とその気象官署の数を示す。これによると、最も気温の上昇が大きいのは10月と1月に多いことがわかる。また、7月、12月は気温の上昇幅が小さいということがわかる。すなわち、温暖化、気温が上昇しているといっても、年間を通じて万遍なく暖かくなっているわけではない。秋から冬にかけての気温の上昇幅が大きく、夏、特に7月はあ

まり気温が上昇していないということがいえる。

ここで対象とした気象官署以外も含めて観測史上の最低気温を記録した年をみると、1980年以降に観測史上の最低気温を記録したのは12か所あるが、1990年以降となると、1996年に大島で-4度を記録したのみである。このことから、冬場の気温の上昇が大きいことが理解できる。

3.2 年間を通じた気温の上昇

年間の平均気温の50年間にわたる変化を気象官署ごとに直線で近似してその勾配を求めた。その勾配の値を基準として降順に並べたものを表4に示す。表中の勾配の値は100倍した値である。

年の値の勾配が大きいところは南に位置する気象官署が目立っている。しかし、気象官署の標高が各地点で異なっており、南に位置する気象官署でも標高が高ければ気温は低下する。一般に地上10kmまでは、1kmごとに気温は6℃低下するといわれている。そこで、気象官署の緯度を気象官署が設置されている標高を基に補正した。

対象とした気象官署の中で最南端である那覇の緯度と最北端である網走の緯度の差を求めると、17度11.4分となる。気温の平年値の値から、緯度差1度あたりの気温の差を算出し、高度100mにつき気温低下を0.6℃として緯度差1度に相当する標高差を160.5mと算出した。この値をもとに各気象官署の標高から緯度を補正し、年の値の勾配との相関を求めた。結果を図3に示す。相関係数は補正前が-0.187だったものが補正後には-0.201となり負の相関性がわずかながら強くなった。相関係数は-0.201とあまり相関性があるとは言えないが、図に示すように緯度が高いところほど年の値の勾配が小さい傾向がある。これは、年間を通じた気温の上昇は緯度の低いところにおいてより顕著に表れているということが出来る。

表 4. 平均気温の年の値の勾配 (× 100)

平均気温	平年値	年の値の勾配
鳥取	14.6	6.949
小名浜	13.1	6.166
岡山	15.8	5.114
広島	16.1	4.069
高松	15.8	3.902
甲府	14.3	3.438
大島	15.8	3.400
津	15.5	3.260
東京	15.9	3.215
神戸	16.5	3.182
福岡	16.6	3.181
名古屋	15.4	3.165
熊本	16.5	3.155
熊谷	14.6	3.128
宇都宮	13.4	3.103
岐阜	15.5	3.043
大阪	16.5	3.016
松山	16.1	2.792
福江	16.5	2.738
徳島	16.2	2.697
前橋	14.2	2.692
札幌	8.5	2.681
那覇	22.7	2.659
高山	10.6	2.655
京都	15.6	2.512
青森	10.1	2.510
浜松	16	2.453
尾鷲	15.9	2.281
富山	13.7	2.229
和歌山	16.4	2.150
奈良	14.6	2.143
佐賀	16.1	2.104
長崎	16.9	2.016
静岡	16.3	1.988
松江	14.6	1.890
網走	6.2	1.883
高田	13.3	1.787
長野	11.7	1.690
水戸	13.4	1.644
仙台	12.1	1.604
輪島	13.2	1.590
浜田	15.2	1.448
稚内	6.6	1.406
西郷	14	1.309

3.3 人口の伸びとの相関

我が国の人口は第二次世界大戦が終了した年に昭和15年の国勢調査時の人口と比較してわずかに減少し、7200万人を下回ったが、それ以来一貫して増大し続け、平成17年には1億2700万人余りになった。このような人口増大が経済活動の活発化などを通して気

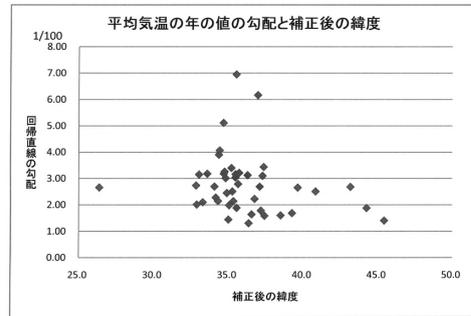


図 3. 平均気温の年の値の勾配と補正後の緯度

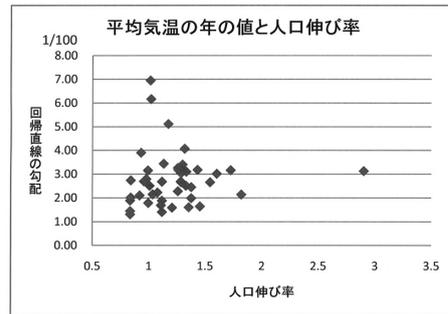


図 4. 平均気温の年の値と人口伸び率

温変動に影響を与えているものと考え、人口の伸び率と気温変動との間の相関性について調べた。

各気象官署で測定された気温が空間的にどの程度の範囲の気温を代表しているかを正確に定義することは困難である。そこで、ここでは便宜的に各気象官署が位置している都道府県の、ここで対象とした分析期間の開始年である1958年に最も近い国勢調査実施年である1960年(昭和35年)の人口を基準とした時の伸び率と平均気温、最高気温、最低気温のそれぞれの年の値の回帰直線の勾配との相関性を調べた。

散布図を平均気温の場合について図4に示す。人口の伸び率が增大するにつれて、勾配が大きくなる傾向、すなわち、人口の伸びが大きいところほど気温が増大する傾向がみられるが、相関係数は0.05とほとんど相関性がないことを示している。最高気温の場合の

相関係数は-0.01、最低気温の場合は0.177と、3つの気温の中では最低気温の変動が最も人口の伸びと相関性が強かった。

このように、人口の伸びとはあまり強い相関性を示さなかったが、これは、各気象官署で測定された気温の値がその県の気温を代表しているとは言えないにもかかわらず、人口の伸びとして県の人口を用いたところに原因があると考えられることができる。しかし、相関係数は0.177とあまり大きくなかったものの、平均気温、最高気温および最低気温の中では最低気温と人口との相関性が最も高いことが明らかになった。

3.4 民力指数との相関

人々が活発に活動をすればそれに伴って熱が発生する。長期にわたって活発な活動が行われれば、気温も上昇すると考えられる。そこで、生産・消費・文化・暮らしなどの分野にわたって国民が持っているエネルギーを一つの指数としてあらわすことが考えられる。このような観点から、地域のエネルギーを表す指数として民力指数⁶⁾が算出されている。2007年にはそれまでの基本・産業活動・消費・文化の4分野に加えて暮らしの分野が追加され、5分野、30の指標から新民力指数が算出されている。

各指数が取り入れている指標は下記のとおりである。

基本指数

人口、世帯数、民営総事業所数、県民所得、国税徴収決定税額、地方税収入額

産業活動指数

農業産出額、林業産出額、水産業、工場総数、工業製品年間出荷額、就業者総数

消費指数

商店年間販売額、電灯年間使用量、預貯金残高総額

文化指数

教育費総額、書籍雑誌年間小売販売額、新聞頒布数、図書館数、開通加入電話数、郵便物引受数

暮らし指数

コンビニエンスストア数、保育所数、公民館数、都市公園面積、病院数、刑法犯認知件数

上記の要素を加味して算出される新民力指数は、行政組織に基づいて825の都市圏区と110エリアについて算出されている。すなわち、我が国の行政組織は1都1道2府43県、東京都の23の特別区および17の政令指定都市と765の市、827の町と195の村から構成されている。新民力指数は全国の市と東京都23区の805区域に加え、市の存在しない町村のみの20地区の合計825の都市圏および地方圏107エリアに東京、大阪、名古屋の大都市狭域3エリアを加えた110エリアで算出されている。

気象官署で観測された気温がどれだけの範囲の人工的な影響を受けているかは定かではない。人口の伸び率の場合には気象官署が位置する県のデータを採用したが、新民力指数に関しては気象官署が位置する場所を含む都市圏域の新民力指数を採用した。例えば、仙台市の気象官署は宮城野区に位置しているが、仙台都市圏の新民力指数は仙台市、村田町、川崎町、松島町、利府町、大和町、大郷町、富谷町および大衡村を含む値として算出され、仙台市のみの場合の新民力指数704.2に対して831と約18%大きな値となっている。

この都市圏でのまともには行政組織の単位よりは、より現実的な人間の活動範囲を包含している。従って、気温変動に対しても少なからずの影響を与えていると考えられるので、気象官署が位置する場所を含む都市圏における新民力指数と平均気温、最高気温、最低気温の年の値との相関性を調べた。

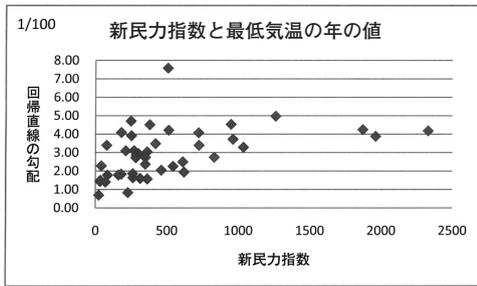


図5. 新民力指数と最低気温の年の値

対象とした気象官署がある都市圏の新民力指数を「民力」⁶⁾から求めた。東京の新民力指数は名古屋1960.8、大阪2330.4と比較すると、政治、経済の機能が集中し、それに伴って人口も集中しているために、7798と突出している。そこで、東京のデータを除いた最低気温の年の値との散布図の例を図5に示した。また、平均気温、最高気温および最低気温の年の値と新民力指数との相関係数を求めたところそれぞれ0.122、-0.147、0.456となった。これらの結果より、最低気温と新民力指数の相関性が最も大きいことがわかる。すなわち、このことから、気温の上昇は最低気温の上昇という形で表れており、それは人間の活動が活発なところほど大きい傾向があるということがわかった。

3.5 今後の気温

温室効果ガスの中で最も比率の大きい二酸化炭素の排出量の削減を図ろうとしているが現時点においてはその成果は見られない。2050年までに排出量を現在と比較して半減ないし先進国においては8割近く削減しよう、といった目標は掲げられているが⁷⁾実現の目途は立っていない。仮に排出量が半減したとしても大気中の二酸化炭素濃度は減少しない。

このような状況を考えると、少なくとも2050年までは現在と同じか、それ以上のペースで温度が上昇すると考えることは極めて妥

当である。そこで、ここで求められた平均気温の年の値の回帰直線の勾配を用いて2050年の平均気温を推定した。また、併せて1971年から2000年までの平均値との比較を行い、結果を表5に示した。

表5. 2050年の予想平均気温

	1971年から2000年までの平均値	2050年の推定気温	上昇幅
札幌	8.5	10.3	1.8
函館	8.8	10.4	1.6
網走	6.2	7.5	1.3
青森	10.1	11.7	1.6
仙台	12.1	13.2	1.1
小名浜	13.1	17.3	4.2
水戸	13.4	14.6	1.2
宇都宮	13.4	15.5	2.1
前橋	14.2	16.0	1.8
熊谷	14.6	16.7	2.1
東京	15.9	18.1	2.2
大島	15.8	17.6	1.8
高田	13.3	14.6	1.3
富山	13.7	15.3	1.6
輪島	13.2	14.3	1.1
甲府	14.3	16.6	2.3
長野	11.7	12.8	1.1
岐阜	15.5	17.5	2.0
高山	10.6	12.5	1.9
静岡	16.3	17.7	1.4
浜松	16.0	17.6	1.6
津	15.5	17.7	2.2
尾鷲	15.9	17.4	1.5
京都	15.6	17.3	1.7
大阪	16.5	18.6	2.1
神戸	16.5	18.1	1.6
奈良	14.6	16.1	1.5
和歌山	16.4	17.8	1.4
鳥取	14.6	15.9	1.3
松江	14.6	15.9	1.3
浜田	15.2	16.3	1.1
西郷	14.0	15.0	1.0
岡山	15.8	18.9	3.1
広島	16.1	18.3	2.2
徳島	16.2	18.0	1.8
高松	15.8	18.4	2.6
松山	16.1	18.0	1.9
福岡	16.6	18.7	2.1
佐賀	16.1	17.7	1.6
長崎	16.9	18.3	1.4
福江	16.5	18.4	1.9
熊本	16.5	18.7	2.2
那覇	22.7	24.5	1.8
平均			1.78

これによると、最も平均気温が上昇するのは小名浜で4.2度上昇する。最も小さい西郷でも、1度上昇する。仙台は1.1度と比較的
上昇幅は小さい。43地点の平均値では1.78度
上昇するという結果になった。この値はこれ
までに公表されている値⁷⁾と比較しても
妥当な値である。

このような気温の上昇は、ここで行った分析によると主として冬場の気温の上昇という形になってあらわれる。従って、身近なところで考えれば暖房エネルギーが節約できるといったプラスの面もないわけではない。しかし、世界的に見れば、永久凍土や氷河の融解、これに伴う海面上昇、海面温度の上昇による気圧配置の変化やそれに伴う異常気象の発生、水害や干ばつの発生など人類の存続にとって憂慮しなければならないことが多発する要因となっている。

4. まとめ

1997年12月11日、京都国際会館で第3回気候変動枠組条約締約国会議が開催され、気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書が締結され地球温暖化と温室効果ガスの関係が広く知られるようになった。そして、映画「不都合な真実」が第79回アカデミー賞最優秀長編ドキュメンタリー賞を受賞して以来、少なくとも我が国においては地球温暖化問題が多くの人々の関心事となった。

しかし、一口に温暖化といっても年間を通して平均的な気温が上昇しているわけではない。夏も昔と比較して暑くはなっているが、冷夏と感じられるときもたびたび発生する。また、仙台で冬に雨が降る、ということは40年近く前には考えられなかったことだが、最近では頻発するようになった。そこで、1990年以降に観測史上の最高気温を記録した43の気象官署の1958年以降の気温を分析した。その結果、冬場から春先にかけて平均気温が

上昇していること、気温の上昇は地域のエネルギーを表す指標として算出されている新電力指数と最低気温の変化が最も相関性があることが明らかになった。

我が国の温暖化を一口で言うならば、秋から春先にかけて、新電力指数の高いところで最低気温の上昇という形で表れていることが特徴であるということが出来る。

文 献

1. アル・ゴア 不都合な真実 地球温暖化の危機 ランダムハウス講談社 2007年1月
2. 武田邦彦 食糧がなくなる!本当に危ない環境問題 地球温暖化よりもっと深刻な現実 朝日新聞出版 2008年8月
3. 理科年表 第81冊 丸善 2007年11月 pp.86-87
4. 国土交通省 気象庁ホームページ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 2008年7月
5. 総務省統計局 国勢調査 2008年7月
6. 2007年 民力 朝日新聞社編 2007年9月 p.76
7. 山本 良一 温暖化地獄 ダイアモンド社 2007年10月 p.105