

32. 気象パターン解析法に基づいた 地球温暖化に伴う日本域での降水量変化の予測

A ESTIMATION OF CHANGE IN PRECIPITATION OVER JAPAN
BASED ON WEATHER PATTERN ANALYSIS.

寺川 陽^{*} ・ 渡辺明英^{**} ・ 藤兼雅和^{***}
Akira TERAOKA, Akihito WATANABE, Masakazu FUJIKANE

ABSTRACT; We estimated changes in precipitation due to climate change by applying the weather pattern analysis to weather-data based on M.R.I.-G.C.M.'s output under CO2*1 scenario and CO2*2 scenario. It was found that under CO2*2 scenario frequency of typhoon decreases and frequency of North pacific anticyclone increases in summer season. It was made clear that in Kanto area, Chubu area and Seinan outer belt annual precipitation decreases and in Hokkaido and To-hoku area annual precipitation increases little or does not change.

KEYWORD; Climate Change, Japan, Change in Precipitation, Weather Pattern Analysis.

1. はじめに

二酸化炭素等の温室効果気体の増加に起因した気候変化が引き起こされる可能性が指摘されている。この地球規模の気候変化に伴って、日本各地における降水量などが変化する可能性がある。これらの水循環の変化に対してあらかじめ有効な対策を検討しておくためには、その変化量をできるだけ定量的に予測する必要がある。地球規模の気候変化を把握するためには、一般にGCMと呼ばれる数値解析モデルが用いられる。しかし、GCMにおいては現行の計算機的能力等から格子網のサイズに制約が課せられるとともに、格子スケール以下の現象のパラメタリゼーションについても問題が残されている。そのため、GCMでは全地球的な現象については予測できても、地域的な降雨量を予測することは難しいとされている。格子スケールが小さいモデルをネスティングしても、GCM上では発達を十分に表せない台風等の影響を評価することができないという問題もある。本文では、過去の気圧配置型¹⁾等の気象パターンと降水量の関係²⁾について解析に基づいて、GCMによって計算された気候変化に伴う気象パターンの出現率の変化から地球温暖化時の降水量の変化を予測した結果について報告する。

2. 日本における気象パターンの特徴

日本域の気象パターンについては、吉野によって分類整理された表-1に示す気圧配置型を用いた。これは、天気予報などで天気の説明にしばしば用いられてきたものである。I型は冬季に多く現れる西高東低型である。V型は夏期に北太平洋高気圧が日本上空の大気を支配するものである。IV型は、停滞前線であり、夏期の梅雨がほとんどを占める。VI型は台風である。これらの気圧配置型は日本における典型的な気圧配置型である。II型は低気圧、III型は移動性高気圧であり、これらは年間を通じて現れるが、他の気圧配置型が現れにくい春と秋に相対的に多い。

^{*}建設省土木研究所河川部水文研究室 Hydrology Div., Public Works Research Inst., M.O.C., ^{**}広島大学工学部
地域環境講座 Civil and Environmental Engineering group, Hiroshima Univ., ^{***}建設省河川局防災海岸課, River
Bureau., M.O.C.

炭酸ガス濃度が現状と同様である場合と倍増した場合における各気象パターンの出現率を求めるため、気象研究所において解析されたGCM(MRI-GCM-I)の出力結果に基づいて、等気圧線及び等温線を描き、気圧配置や前線等を描き込んだ天気図を作成し、気象パターンの判別を行った。このGCM上では、台風の成長を十分表せないで、北太平洋の赤道付近で発生した熱帯低気圧の内、北上したものを台風と見なした。図-1は、炭酸ガス濃度現状時及び倍増時における各気象パターンの出現頻度の割合を表している。同時に、1976~1985年の10年間に実際に観測された気象パターンの出現頻度の年間平均値を示す。

図-1から、年間を通じてみるとV型を除いて大きな違いが生じていない。V型は、炭酸ガス濃度倍増時に大きく増大している。図-2(a)(b)(c)(d)は、それぞれ特定の季節に集中して現れるI型、IV型、V型、VI型の出現率の月別の変化を示している。これらの図から、炭酸ガス濃度の増大に伴って以下の現象が読みとれる。I型は、冬季の初めに減少し、終わりに増大している。停滞前線は5月、7月、9月に減少し、8

表-1 気象パターン（気圧配置型）分類

I	西高東低	
II	気圧の谷 (低気圧)	a.北海道または樺太付近を東進
		b.日本海から北東に進む
		c.台湾から日本の太平洋岸を東～東北東に進む
		d.2つ玉、または日本海と太平洋
III	移動性 高気圧	a.日本の北東または北部を東進
		b.日本列島、主に本州上を進む
		c.帯状高気圧
		d.太平洋岸または南方を東進
IV	主として 停滞性の 前線	a.日本列島上をほぼ東西方向に走る
		b.太平洋岸または日本南方をほぼ東西方向に走る
V	南高北低	原則として北太平洋高気圧が日本列島を支配
VI	台風	a.南九州より南方の海上
		b.本州及びその沿岸地帯
		c.北日本

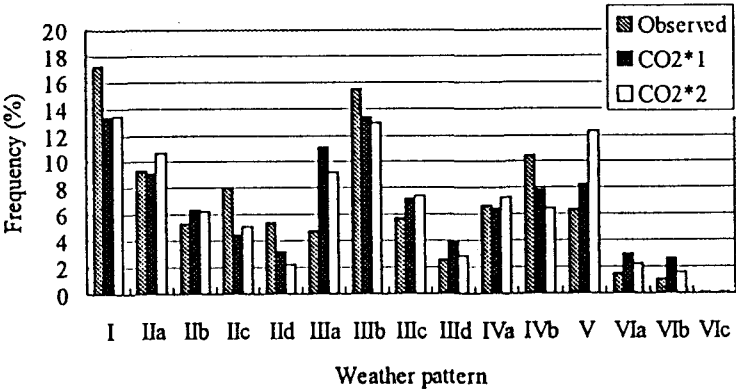


図-1 各気象パターンの年間平均出現頻度

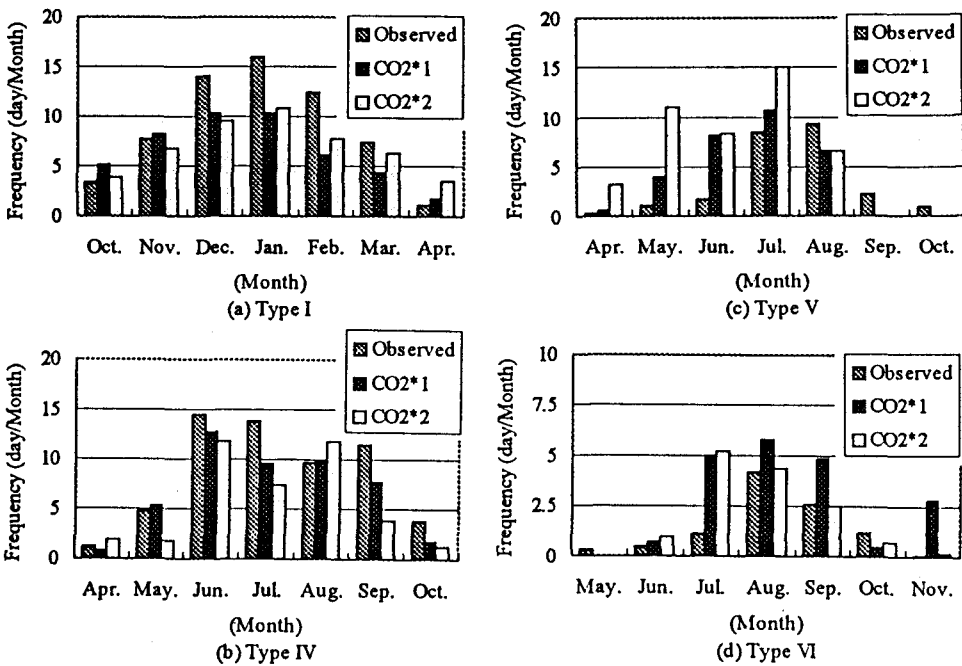


図-2 各シナリオ下での気象パターンの月別出現頻度

月に増大している。V型は、4月、5月と7月に増大している。台風は、全体的に減少傾向が見られ、特に8月、9月に減少している。

ただし、この結果の解釈にあたっては、GCMによる気象現象のモデル化の限界を考慮する必要がある。例えば、このGCMの解像度とモデル化の方法では、台風の元となる低気圧は発生しても台風になるまでの成長過程等を十分に表現できない。特に、日本に到来する台風に関して、過去の観測結果と炭酸ガス濃度通常時のものでは違っている。我々が知る得ることは、GCMが現状の大気現象を全体的にほぼ説明できるという前提にたって、解析条件の違いに応じた差の傾向は概ね正しいと仮定した上での推論である。

3. 気象パターンと降水量の関係

気象パターンと降水量の関係を調べるために、1961年～1985年の25年間に、気象庁気象官署で観測された日降水量について整理し、気象パターンとの関連を調べた。用いたデータは、気温や降水量等に基づいた日本の代表的な気候区分を代表するように選んだ15地点（図-3の黒丸で示した地点）で計測されたものである。

図-4は各地点での気象パターンに対する日降水量の期待値を示している。北海道と東北地方では、VIc型による降雨の期待値が高い。しかし、VIc型が現れることはまれである。北海道では前線による降水は少なく、東北では前線が日本上にあれば降水は生じている。関東地方では、多くの降水は台風・前線・低気圧に起因して生じており、これらの大きさに明瞭な違いは見られない。中部地方と西南外帯においても、降水は主に台風・前線・低気圧によって生じている。そこでの降水量の大きさは、関東地方よりも大きい。日本海側の地域の特徴として冬期にI型での降水があることが挙げられる。これは、多くの場合、降雪と考え

られる。金沢は特にI型での降水強度が大きく、年間に占める降水日数の割合も他の場所よりも多い。西南内帯では、台風による降水強度はそれほど大きくなく、前線による降水強度が他の場合と比べて大きい。

4. 擬似降雨シミュレーション

4.1 計算方法

観測データの気象パターン及びGCMの炭酸ガス濃度通常シナリオと炭酸ガス濃度倍増シナリオのもとでGCMの出力に基づく気象パターンについて、月別に日遷移確率行列を作成した。これを用いて、モンテカルロ法によって気象パターンの時系列データを200年間分作成した。

次に、日々の気象パターンに対し、確率的に降水の有無を判定する。降水が生じると判定された場合には、日降雨強度は、式(1)を用いて計算した。

$$R = R_{a,i} \{ -\ln(Rnd_1) \} (1 + Rnd_2) \quad (1)$$

ここに、 $R_{a,i}$: 場所a 気象パターンi に対する平均降水強度、 Rnd_1 : [0, 1]の一樣乱数、 Rnd_2 : [-1, 1]の一樣乱数である。式(1)は、その平均値が観測された平均降水量と概ね一致するようになっている。ここで、

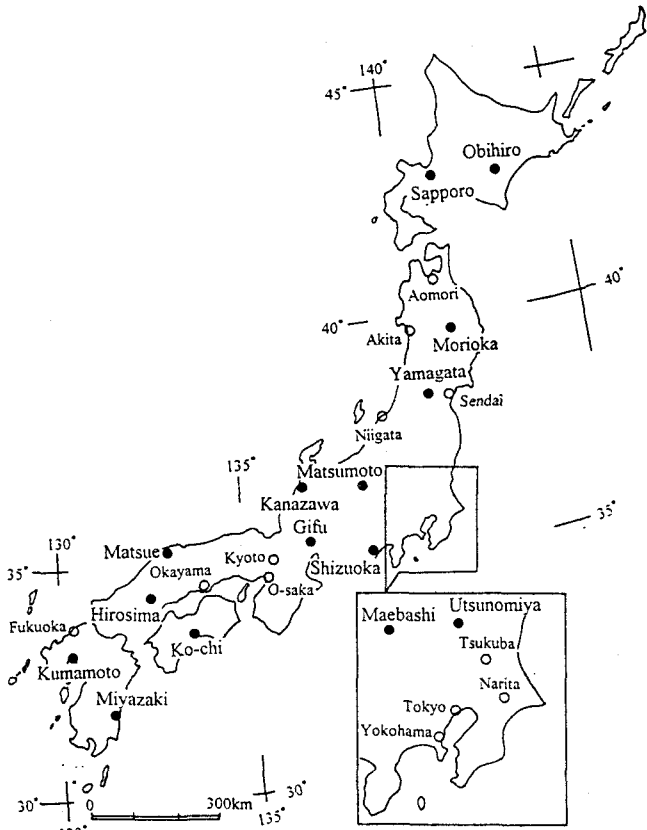


図-3 解析に用いたデータが観測された気象庁気象官署の位置

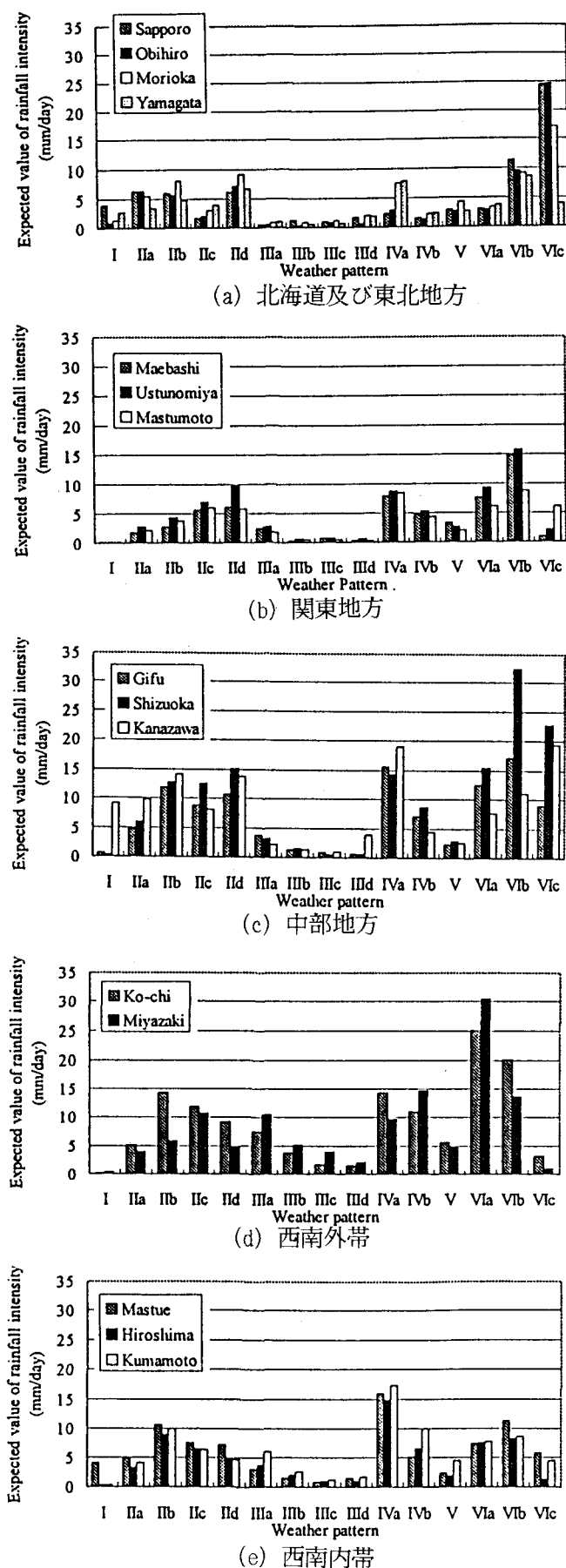


図-4 各気象パターンに対する日降水量の期待値

各気象パターンと降水量の関係は、季節や温度等の違いによって大きく変化しないと仮定している。各シナリオの200年間の時系列データに対して計算を行い、日降水量の時系列データを作成した。

4.2 シミュレーション結果

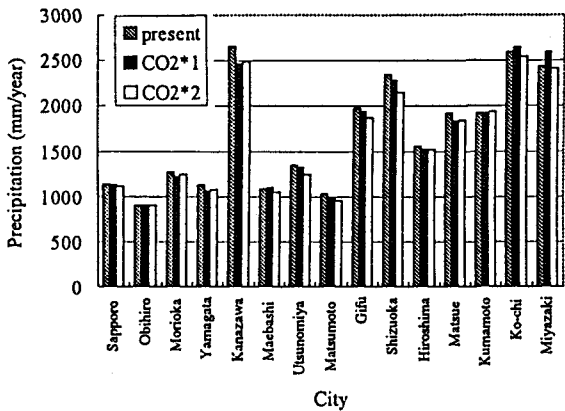
先に示した15地点において、炭酸ガス濃度現状、炭酸ガス濃度倍増、及び過去の気象パターンに基づく3つのシナリオについて降雨日系列データを求めた結果を年間降水量の形で示したものが図-5である。これによると、炭酸ガス濃度の倍増に起因した年間降水量の変化はそれほど大きいものではないことがわかる。図-6は、図-5における年間降水量の差を取ったものである。これより、関東地方・中部地方及び西南外帯では降水量が低下し、一方、北海道、東北地方、西南内帯では降水量は1%~2%増加しているか、ごくわずかに減少している。

これらの降水量の変化は、気象パターンの出現率の変化に起因している。図-7は、盛岡、静岡、高知における気候変化に伴う気象パターン毎の年間降水量の差を示したものである。炭酸ガス濃度の増加に伴い、一般的に、V型と前線(IVa型)による降水量は増加し、日本にくる台風の数に減少に伴って、台風に起因した降水量が減っている。盛岡では、静岡や高知と比べて、台風に起因した降水量の減少の割合が小さい。前線とV型の場合における降水量の増加は場所によってそれほど変わっていない。盛岡でのこれらの和は台風による降水量の減少と同程度か多少大きい程度である。また、低気圧時の降水量は全体的に増加傾向にあり、高気圧時の降水量は減少傾向にある。

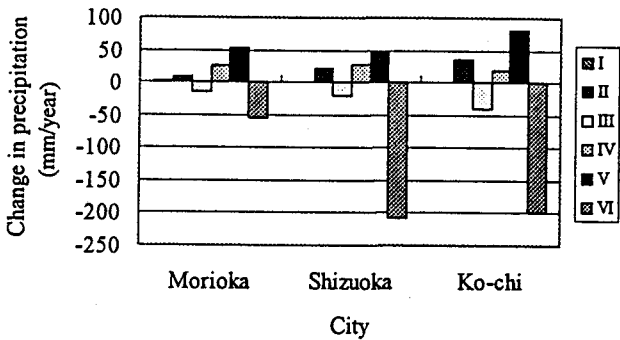
図-6と図-7の比較から明らかなように、炭酸ガス濃度現状シナリオの条件下で、台風による降水量が大きい場所で、炭酸ガス濃度増加時に年間降水量が減少している。逆に、炭酸ガス濃度通常シナリオの条件下で、台風による降水量が元々少ない場所では、炭酸ガス増加時においても降水量はそれほど減少しない。したがって、平均年間降水量の増減に台風が与える影響が非常に大きいことがわかる。ただし、これは平均値であるから、実際には年毎に日本にくる台風の数によって大きな変動が生じることが予想される。図-8は、気候変化に起因した大雨の発生頻度の変化を示している。図-6と比較すると変化のパターンがほぼ同様である。すなわち、大雨の頻度は、関東地方、中部

地方、西南外帯で減少している。

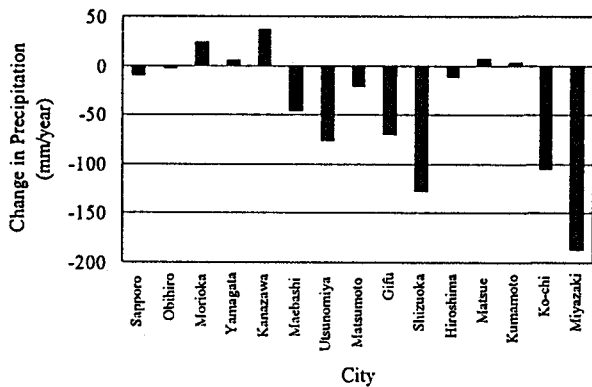
これまで示してきたように、これらの大雨の頻度の変化は日本にくる台風の数の変化に起因すると考えられる。ただし、冬期に大雪の降る金沢は他の地域と多少傾向が異なる。以上のことから、台風が降雨量の変化に与える影響は非常に大きく、気候変化に伴う降水量の変化を精度良く知るためには、気候変化に伴う台風の規模や挙動の変化についての予測が重要であることがわかる。



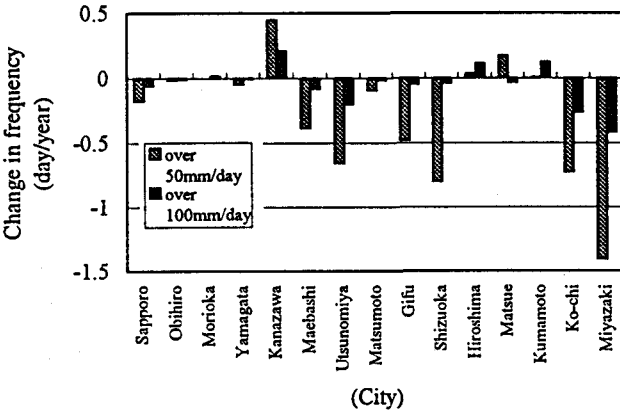
図－５ 各都市における各シナリオ下での年間降水量



図－７ 各気象パターン毎の年間降水量の変化

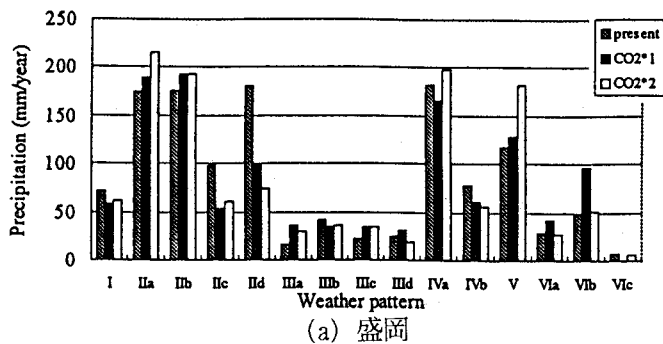


図－６ 各都市における気候変化に伴う年間降水量の変化

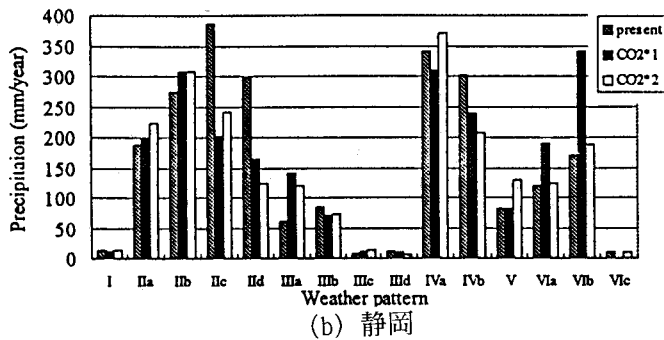


図－８ 気候変化に伴う大雨の頻度の変化

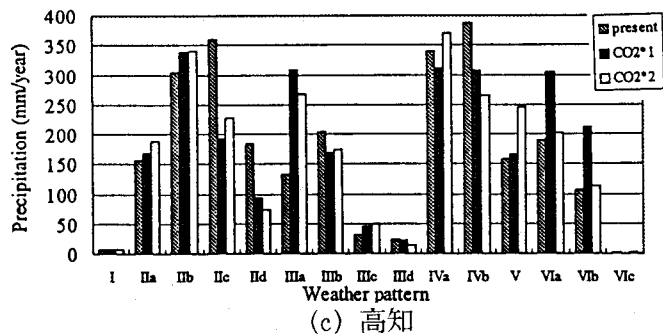
盛岡、静岡、高知における年間降水量の気象パターン別降水量を図－９に、同じく月別降水量を図－１０に示す。図－９から、盛岡では IIc, IId, VIb型を除いて観測シナリオと炭酸ガス濃度現状シナリオにおける降水量はほぼ一致しており、炭酸ガス濃度の変化に伴って V型が増えている。一方、静岡と高知においては、炭酸ガス濃度現状シナリオの IIc, IId, IV型の降水量が観測シナリオに比べて小さくなっており、VI型の降水量が炭酸ガス濃度の増加に伴って減少していることが分かる。図－１０を見ると、盛岡ではシナリオ間の差は小さく、V型の増大に起因して炭酸ガス倍增シナリオの５月において降水量が若干増えている。静岡と高知では低気圧と前線の降水量が観測シナリオと炭酸ガス濃度現状とで異なっているため、５月、６月の降水量が異なっている。また、盛岡は年間を通じて降水量の差は小さいが、静岡と高知では夏期に降水量が多く、炭酸ガス濃度による違いは晩夏～秋にかけて生じていることが見てとれる。



(a) 盛岡

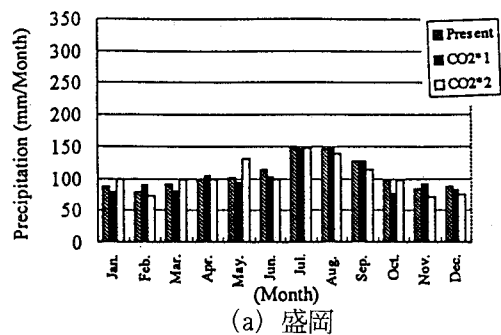


(b) 静岡

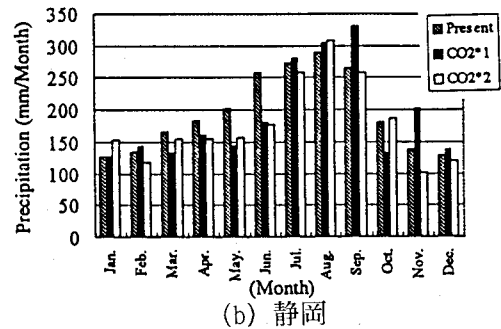


(c) 高知

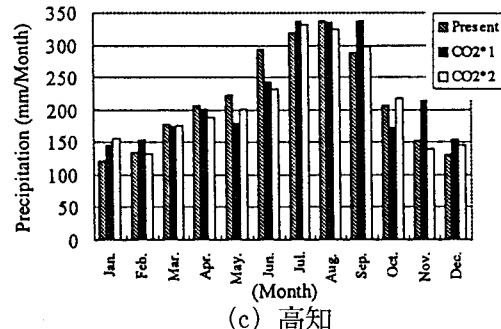
図-9 各シナリオ下での各気象パターン毎の年間降水量



(a) 盛岡



(b) 静岡



(c) 高知

図-10 各シナリオ下での月降水量

5. まとめ

気象パターン解析法をMRI-GCMの出力結果に適用し、地球温暖化に伴う日本域での降水量の変化について検討を行った。主な結果は、以下のように整理できる。

- 1) MRI-GCMの出力結果に基づく気象パターン分析によれば、気候変化に伴って夏の典型的なV型が増え、来襲する台風は減少する傾向が見られた。
- 2) 関東地方、中部地方、西南外帯では年間降水量が減少し、平均的には大雨も減少することが示された。
- 3) 降雨量の大きな変化は、主に日本に來襲する台風の数の減少に起因して生じている。

ただし、以上の推論は、GCMによる気象現象のモデル化に限界があること及び将来の温暖化時においても気象パターンと降水量の関係の変化は小さいという仮定の下でのものであることに留意する必要がある。

本研究にあたり、その手法を教示頂いた米国地質調査所マッケイブ氏、MRI-GCMの出力データを提供して頂いた気象庁時岡氏（元気象研究所）、GCMアウトプットに基づく気圧配置型分類にあたって指導・助言を頂いた農業環境研究所の山川氏に、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉野正敏：気候学，1978。
- 2) L.E.Hay, G.J.McCabe Jr, D.M. Wolock and M.A.Ayers : Simulation of precipitation by weather pattern analysis., Water Res. Res., Vol.27-4, pp.493-501, 1991.