資料2-3

将来降雨の予測モデルを活用した 気候変動の影響検討

(1)検討の前提となる条件

- (2)予測モデルの相関関係の分析
- (3)各地域における降雨の影響分析
- (4)近年の気温上昇が豪雨に及ぼしている影響

将来降雨の予測モデルを活用した気候変動の検討項目



将来の降雨量変化倍率を検討する上での、

前提となる考え方

(1)降雨特性が類似する地域分類(2)海面水温(SST)モデルによる分類

降雨特性の類似する地域分類

- 降雨量変化倍率の算出にあたり、降雨特性の類似する地域に分類
 想定最大規模降雨を設定した際に流域界で分割した地域区分を採用
 想定是大規模降雨を設定した際に流域界で分割した地域区分を採用
- 〕 想定最大規模降雨の算出にあたって、日本の降雨特性の類似性から区分した15地域ブロックに分割



想定最大外力降雨の設定(地域区分についての考え方)

- 〇地域区分にあたっては、既往の地域区分の事例を参考にするとともに、できるだけ客観的に分析できるように 数値的な分析を行うことにより設定した。
- 〇継続時間別の雨量を対象に、着目する2つの地域間の有意差をU検定により評価し、地域区分およびその境 界位置を設定した。



クリーガー曲線の地域区分

〇現在の地域別比流量図は、各ダム地点等における既往最大流量に関する昭和49年3月の調査データと、その後の昭和51年までの更新データを追加し、作成されたものである。









<参考>妥当性を検討したその他の地域区分

<u>地域区分②:地域別比流量図をもとに、同一性の割合が</u> 良好となるように修正した地域区分

地域区分③:気象庁・地方季節予報の予報区分



<地域別比流量図をもとに、同一性の割合が良好となるように修正した地域区分> 出典:国総研、気候変動適応研究本部:気候変動適応策に関する研究(中間報告)、国総研資料、第749号、平成25年8月 <気象庁・地方季節予報の予報区分>

出典:http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kisetsu_riyou/image/png/chihou_kubun.png

<参考>妥当性の検討方法

- それぞれの地域区分において、各地域内の統計的な同一性を検定し、統計的に同一とみなせるグリッドの割合 を算出。
- 地域区分①~③で同一性の割合にどのような違いが出るかを検討。
- なお、本検討において統計的に同一とは、「年最大雨量データが同一の確率密度分布に従う」ことをいう。
- 同一性の検定方法:ウィルコクソンの順位和検定
- 地域内の各グリッドの年最大雨量データについて、確率密度分布の同一性を検定する。



統計的に同一と見なせるグリッドの割合の算出例





エラーバーは、各地域の割合の最大・最小の幅を表す

<参考>妥当性の検討結果

- NHRCM20の出力結果を用いて、地域区分①~③それぞれの各地域において、各降雨継続時間における同一 性の検定を行い、統計的に同一と見なせるグリッドの割合の算出を行った。
- 地域区分①~③の間で大きな違いは見られず、同一性に着目した検討からは、特定の地域区分の適不適は確認されなかった。

○ 地域区分②及び③は水系を分断した地域区分となるところがあるため、今回の検討では地域区分①を用いた。

各地域平均の統計的に同一と見なせるグリッドの割合 現在気候、有意水準=5%

12時間

68.4

67.6

66.6

6時間

74.0

72.3

71.6

降雨継続時間

地域分割①

地域分割②

地域分割③

24 時間

619

62.5

62.6

48時間

57.9

60.6

59.1

72時間

56.1

58.0 55.5

各地域平均の統計的に同一と見なせるグリッドの割合 将来気候(4SST平均)、有意水準=5%

1	平均	降雨継続時間	6時間	12時間	24 時間	48時間	72時間	平均
	63.7	地域分割①	74.3	69.1	63.4	59.5	57.3	64.7
	64.2	地域分割②	73.2	69.1	64.6	61.2	58.6	65.3
	63.1	地域分割③	71.4	67.1	63.7	59.0	56.9	63.6

各地域平均の統計的に同一と見なせるグリッドの割合 現在気候、有意水準=1%

各地域平均の統計的に同一と見なせるグリッドの割合 将来気候(4SST平均)、有意水準=1%

降雨継続時間	6時間	12時間	24 時間	48時間	72時間	平均	降雨継続時間	6時間	12時間	24 時間	48時間	72時間
地域分割①	84.6	81.4	76.6	71.8	70.0	76.9	地域分割①	85.1	81.5	76.6	72.6	70.5
地域分割②	83.4	79.3	75.6	72.7	70.8	76.4	地域分割②	85.1	81.2	77.9	75.3	73.0
地域分割③	83.4	79.6	75.1	72.3	68.1	75.7	地域分割③	83.1	79.2	75.8	72.7	70.7

平均 77.3 78.5 76.3

海面水温(SST)モデルにおける気温の変化と降雨量倍率の変化

○ SSTによって日本近海の海面水温の上昇度合いは異なり、気温や降雨量の変化も異なる。 ○ 異なるSSTによる結果をまとめて一つの集合と捉えると、河川計画に用いるような極値の評価にあたっては特 定のモデルに依存することとなるため、今回は、SSTごとに評価を行うことを基本とした。



海面水温ごとに評価する理由

○ 将来実験における降水量の変化については、SSTの影響が大きい。将来実験で5400データを1つのパターンとして計算する場合、極値では、あるSSTの結果が支配的となる可能性がある。
○ そこで、SSTごとに計算し、それらを平均することで、SSTごとの影響を考慮することが可能。



将来降雨の予測モデルの相関関係の分析

予測モデルの相関関係

〇治水計画の検討に活用できるd4PDF(20km)を解像度5kmにダウンスケーリングしたd4PDF(5km, SI-CAT)とd4PDF(5km, yamada)について、共通の解析エリアである筑後川流域で相関関係を分析。
〇 d4PDF(5km, SI-CAT)は、広範囲に予測が行われており、地域区分の九州北西部とその中の筑後川流域で解析エリアの相関関係が分析可能。

O d4PDF(5km, SI-CAT)とd4PDF(5km, yamada)の相関関係



将来降雨の予測モデルによる降水量の比較(筑後川流域)

〇筑後川流域でd4PDF(5km, SI-CAT)、d4PDF(5km, yamada)を用いて、現在気候に対する将来気候の100年 確率雨量の変化倍率を比較したところ、d4PDF(5km, SI-CAT)の結果はSSTによる変化倍率の幅が大きく、 d4PDF(5km, yamada)に比べて大きい傾向を示す。

Oこれはサンプル数が両モデルで異なること、地形の設定が違うことによる影響と推測される。



将来降雨の予測モデルによる降水量の比較(筑後川流域と九州北西部のDAD解析)

- d4PDF(5km,SI-CAT)を用いて、「降雨規模」と、「解析エリア」の選定方法による将来気候と現在気候による 積算雨量の変化倍率を比較。
- 九州北西部ブロックを解析エリアとした結果は、筑後川流域と比べてSSTの違いによる変動幅が小さいものの、変化倍率の平均値に大きな乖離はみられない。



14

将来降雨の予測モデルを活用した 各地域における降雨の影響分析

各地域区分における海面水温モデル毎の降雨量変化倍率

Od4PDF(5km)の100年確率雨量の変化倍率を、6つの海面水温モデルと15の地域特性により検証した 〇北海道北部、北海道南部等は他の地域に比べ高い傾向を示しており、海面水温モデルによる変化倍率の幅も 地域差がみられる。



※北海道はd4PDF(5km、vamada)、その他の地域はd4PDF(5km、SI-CAT)の100年確率雨量を用いた。

地域区分毎の流域面積と降雨量変化倍率の関係性

〇各地域区分のRCP8.5の降雨量変化倍率の平均値は、概ね1.5~1.0倍の範囲となった。



※北海道はd4PDF(5km、yamada)、その他の地域はd4PDF(5km、SI-CAT)の100年確率雨量を用いた。

全地域区分を対象としたDAD解析結果 100年確率雨量

Od4PDF(5km)を用いて、全地域区分を対象としたDAD解析を行った。 O各地域における降雨継続時間が12・24・48時間の降雨について、雨域面積の違いによる倍率の変化を整理した。倍率は海面水温6パターンによる結果の平均値を用いた。



18

気温と飽和水蒸気量の関係

○気温と飽和水蒸気圧の関係(テテン式)によると、RCP2.6に対する日本の出水期における飽和水蒸気圧の上昇 は7%~9%程度となっている。

〇現在気候の気温が低い地域ほど、飽和水蒸気圧の増加率が高い傾向にある。

30.2hPa

25.3 ** 1

32.3hPa

札幌

東京

福岡

飽和水蒸気圧

飽和水蒸気圧

平均気温(6月~10月)



32.6hPa(+8%)

26.6^{×2}

34.8hPa(+8%)

39.2hPa(+30%)

29.5^{×3}

41.2hPa(+28%)

※4:NHRCMの基準期間(1984~2004年)の平均値と d4PDF過去実験の対象期間(1951~2010年)の平均 値の差分 気候変動による地域別の温度変化の状況

〇飽和水蒸気量の評価のため、NHRCM20の地域ごとの気温変化量を使い、テテンの式に基づいて算出。 〇なお、d4PDFとの比較を行うためには、気温変化の基準年が異なることから、気象庁の日本の年平均気温偏差 をもとに、気温変化の基準年の補正を行った。

(C)	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本日本日本日本	西日本 太平洋側	沖縄・ 奄美
RCP2.6	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9
	(0.5~1.7)	(0.5~1.9)	(0.5~2.0)	(0.5~1.8)	(0.4~1.8)	(0.5~1.7)	(0.5~1.7)	(0.4~1.3)
RCP4.5	2.0	2.2	2.3	2.0	1.9	1.9	1.9	1.6
	(1.3~2.7)	(1.5~3.0)	(1.5~3.0)	(1.2~2.8)	(1.1~2.7)	(1.2~2.6)	(1.1~2.6)	(1.1~2.2)
RCP6.0	2.6	2.7	2.8	2.5	2.5	2.4	2.4	2.0
	(1.6~3.6)	(1.6~3.8)	(1.6~3.9)	(1.5~3.5)	(1.6~3.4)	(1.5~3.3)	(1.5~3.3)	(1.3~2.7)
RCP8.5	4.4	4.8	4.9	4.3	4.2	4.0	4.0	3.3
	(3.4~5.4)	(3.7~5.9)	(3.8~6.0)	(3.3~5.4)	(3.2~5.3)	(3.1~4.9)	(3.0~4.9)	(2.5~ <mark>4</mark> .0)

表:年平均気温について、地域別の将来変化、年々変動及びケース間のばらつきを考慮した不確実性の幅(90%範囲) 20世紀末頃(1984~2004年)に対する21世紀末(2080~2100年)の変化

気温変化量の補正

NHRCM20による

地域ごとの気温変化量



NHRCMの基準期間(1984~2004年) 平均値:-0.006°C

d4PDFの対象期間(1951~2010年) 平均値:-0.239℃

d4PDFの対象期間とNHRCMの基準期間の気温差は0.233℃

地域区分毎の降雨継続時間と降雨量変化倍率の関係性

〇各地域における降雨継続時間毎(1h,2h,3h,6h,12h,24h,48h,72h)、雨域面積400kmの100年確率雨量の変化倍 率を算出。



※北海道はd4PDF(5km, yamada)、その他の地域はd4PDF(5km, SI-CAT)を用いた。海面水温6パターンの平均値を点で示し、幅はエラーバーで示す。

<参考>1級河川の基準地点上流面積と降雨継続時間の関係

〇 1級河川の河川整備基本方針における、基準地点上流面積と対象降雨の降雨継続時間との関係を表した。 概ねの傾向は、400km2までは6~12時間、400km2以上は12時間以上が採用されている。



将来降雨の予測データを活用した変化倍率の算出(換算値の検討)

Oこれまでにd4PDF(5km)により求めたRCP8.5(4℃上昇相当)に基づく地域区分毎の降雨量変化倍率を、2℃ 上昇相当のRCP2.6へ変換するため、「21世紀末における日本の気候(環境省・気象庁)」の年上位5%降水イ ベントの日降水量の変化率を用いて換算値を算出する。

〇年上位5%の降水イベントによる日降水量の変化率

表上位5%の降水イベントによる日降水量の変化

	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側
RCP2.6	10.3 (7.9~14.5)	7.8 (5.2~9.4)	11.3 (9.2~12.8)	8.5 (7.4~10.6)	10.9 (7.4~14.6)	7.5 (3.5~14.6)	12.4 (7.3~18.9)
RCP4.5	13.2 (8.0~16.0)	13.0 (9.0~15.5)	16.4 (6.8~24.5)	11.1 (8.8~14.4)	12.7 (8.1~15.3)	12.6 (7.6~16.9)	12.7 (8.6~15.9)
RCP6.0	16.0 (14.8~18.2)	18.1 (16.5~19.0)	18.2 (16.7~19.5)	19.0 (15.7~22.4)	14.7 (13.0~16.2)	13.2 (9.2~18.6)	16.5 (14.1~19.0)
RCP8.5	25.5 (18.8~35.8)	28.9 (18.0~38.9)	25.7 (13.6~37.5)	29.9 (23.8~38.3)	22.4 (15.3~36.0)	24.0 (16.7~30.3)	27.2 (18.8~38.6)

※RCP2.6、4.6、6.0(3ケース)、RCP8.5(9ケース)における将来気候の予測(2080~2100年平均)と現在気候(1984~2004年平均)の変化率を示す ※各シナリオにおける全ケースの平均値、括弧内に平均値が最小のケースと最大のケース(年々変動等を含めた不確実性の幅ではない)を示す

出典:日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について(お知らせ)【環境省、気象庁】

(http://www.env.go.jp/press/19034.html)より

近年の気温上昇が豪雨に及ぼしている影響

近年の気温上昇が豪雨に及ぼしている影響(平成30年7月豪雨)

○ 気象庁気象研究所では、地球温暖化と豪雨の関係について、温暖化による気温の長期的な上昇傾向とともに、 大気中の水蒸気量も長期的に増加傾向にあることや<u>気温が1度上昇すると水蒸気量が7%程度増加</u>すること から、気温の上昇が平成30年7月豪雨に与えた影響を定量的に評価した。

○ 気象庁55 年長期再解析(JRA-55)からの再現実験と近年の気温上昇を引いた感度実験との差により、平成30 年7月豪雨の陸域の総降水量は、約6.5%増と試算された。



気温上昇が近年の豪雨に及ぼす影響(筑後川流域における計画規模降水量の変化)

〇1951年から2010年までの60年間のデータのうち、10年を一単位として50摂動を与え、500年分のデータから 計画規模降水量を5年おきに算出。

○直近10年(2001~2010年)の値が過去60年の変動幅の上位に位置している。



26

近年の気温上昇が豪雨に及ぼす影響(各水系における計画規模降水量の変化)

Od4PDF(20km)の現在気候を用いて、水系毎の計画規模降雨の発生割合を比較 Oほとんどの水系で直近10年(2001~2010年)の値が過去60年(1951~2010年)の変動幅の上位に位置 O直近10年の全国平均値は1.04



予測される気温の変化量

〇日本の年平均気温偏差の10年平均値とNHRCM20による年平均気温の将来予測結果をもとに各年の気温変化量を算出。

Od4PDF過去実験の対象期間から、現在はすでに約0.69℃上昇していると推測される。



予測される降雨量の変化倍率

Od4PDFによる2℃程度気温が上昇した場合の降雨量変化倍率は、下記のとおり試算されている。 (北海道北部、北海道南部、九州北西部:1.15倍、その他の地域:1.1倍) Od4PDFによる降雨量変化倍率と、気温変化量をもとに、各年の降雨量変化倍率を算出。



29