

# 気候変動に伴う石狩川流域への影響に関する検討

石狩川開発建設部 計画課 ○秩父 宏太郎  
熊木 朋子  
特定治水事業対策官 都築 一憲

地球温暖化に伴う気候変動の世界的影響は、経済・安全・健康等、多方面に渡り、その大きさも著しい。わが国でも国土交通省の設置する「気候変動に適応した治水対策小委員会」によって、防災及び国土保全の観点から、国内における適応策のあり方について審議されてきた。

本件は石狩川流域における気候変動に適応した治水・利水対策の方向性の検討に資するため、流域内の気象・水文観測データと、気象庁・気象研究所によって開発された気候変動モデルの計算結果を基に、今後の気候変動に伴う高水や低水管理へのリスクについて考察するものである。

キーワード：地球温暖化、気候変動、気候変動モデル、GCM20、RCM20

## 1. 背景

2007年に提出されたIPCC第4次評価報告書<sup>1)</sup>によれば、気候システムの温暖化に疑う余地はなく、20世紀半ば以降に観測された全世界平均気温の上昇のほとんどが、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高いと結論付けている。

その一方で、後述する温暖化ガス排出シナリオの基、気候変動モデルを用いた将来の予想も行っている。100年後の世界平均地上気温は温室効果ガスの排出が最も少ないシナリオ(B1)では1.8℃、排出の多いシナリオ(A2)では3.6℃の上昇という結果となっている(図-1)。降水量は、高緯度地域において増加する一方で、ほとんどの亜熱帯陸域においては減少する可能性が高いとしている(図-2)。また海面水位の上昇に関しては、熱膨張による上昇は温室効果ガス濃度が安定化した後も数世紀にわたり継続するため、避けられないものとし、その上昇率も観測された過去40年間のものを超える可能性が非常に高いと予測している。同報告書ではこうした気候変動

による沿岸域を中心とした洪水被害人口の増加や、洪水や渇水による利水への影響を懸念している。

こうした中、我が国でも激化する水関連災害からの減災のみならず、海岸侵食の防止を含めた国土保全の観点から、国が早期に適応策を立案する必要があると考え、国土交通省の社会資本整備審議会・河川分科会によって「気候変動に適応した治水対策小委員会」が2007年に設置され、その適応策のあり方が議論されてきた。2008年6月に提出された「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)」<sup>2)</sup>では「犠牲者ゼロ」を目標として、1)施設による適応策、2)地域づくりと一体となった適応策、3)危機管理対応を中心とした適応策、といったハードとソフトが一体となった適応策の内容が挙げられている。

このような背景にあって、北海道人口の5割を超える300万人以上の流域人口を抱えた石狩川流域において、この課題に早期から取り組み、その適応策を検討することは将来の北海道開発にとって資するところが大きい。

本件は、流域における今後の気候変動に適応した治水

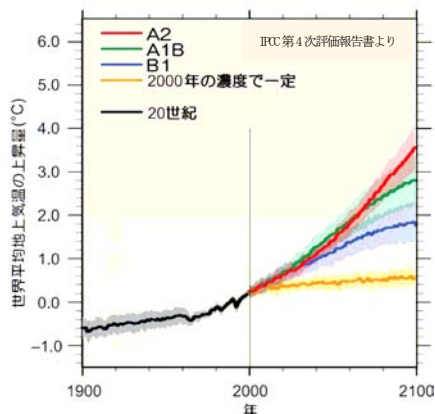


図-1 複数モデルによる地球平均地上気温の昇温の変化

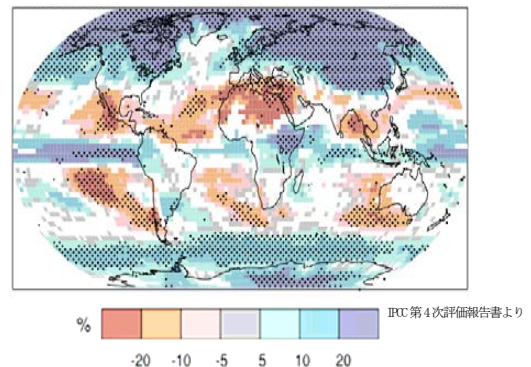


図-2 降水量の相対的变化(12月-2月の値)  
1980-1999を基準とする2090-2099を対象とした複数モデルの平均。  
排出シナリオはA1B。白色地域は欠損部分を示す。

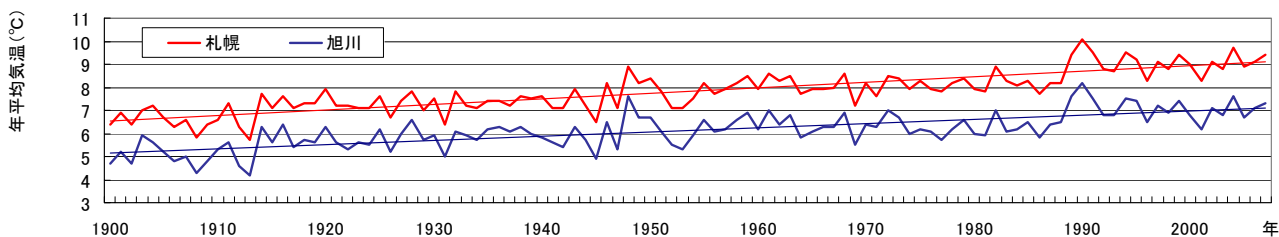


図-3 年平均気温の経年変化（札幌と旭川のデータ、直線はトレンドを示す）

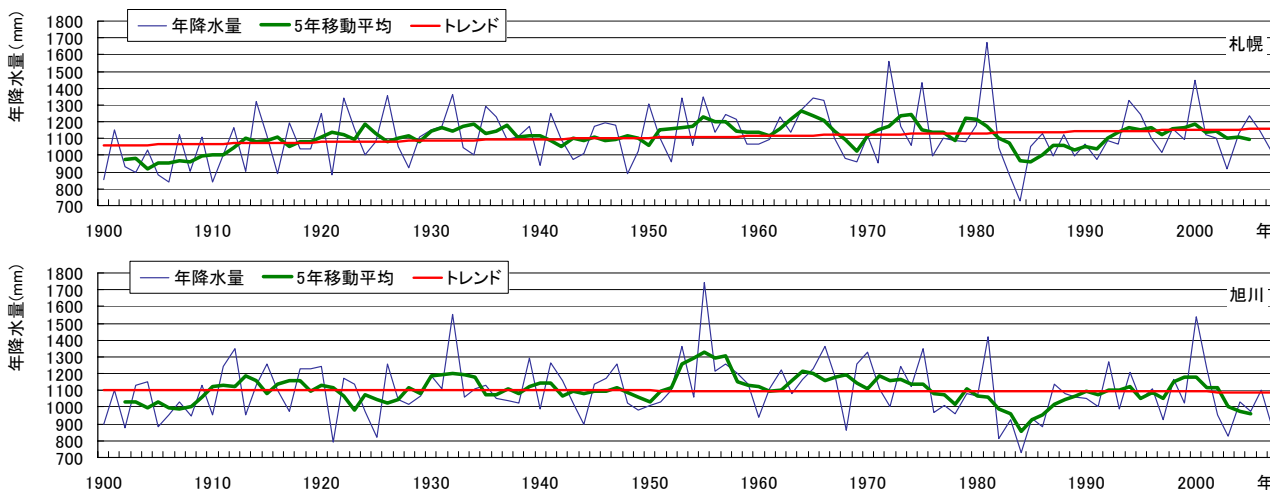


図-4 年降水量の経年変化（上：札幌、下：旭川）

利水対策の方向性の検討のため平成20年に設置された「石狩川における気候変動に適応した治水・利水対策検討」において検討された、流域における降水量等の観測結果と気候変動モデルによる将来の予測結果をとりまとめたものである。

## 2. 気象・水文観測データによる流域内の傾向

石狩川流域における気象庁による気象データと北海道開発局が観測した水文データから、その経年変化について議論を進める。用いた気象データは札幌管区気象台から提供されたものである。

図-3は札幌と旭川の年平均気温の変化を示したものである。両地点とも変動はみられるものの観測期間を通して気温は上昇傾向にある。一方、流域内のアメダス観測所のデータも同様の傾向がみられ、流域全体で気温は上昇傾向にあるといえる。

一方、図-4は札幌と旭川における年降水量の変化を示したものである。変動がかなり大きいため、気温に比べて明確な傾向はみられないがトレンドでみれば札幌において100年間で8%程度の増加、旭川は概ね横ばいとなっている。

続いて、流域における融雪期の出水特性について議論を進める。紙面の都合上、利水等の人為的影響が少ない

上流部の金山ダムにおける観測データに着目する。

図-5は融雪流量の生起日変化であり、融雪流出の立ち上がり時期は早まる傾向にある一方で、ピーク時期に変化はない。またピーク時流量については増加傾向にあり（図-6）、融雪期全体の流量についても増加傾向にある（図-7）。その他の各観測点における融雪期の出水特性をまとめたものを表-1に示す。ほとんどの観測点で融雪出水の早期化が見られる一方で、ピーク時期が遅れる傾向にある観測点（伊納、石狩大橋）や、全体の流出量が減少している観測点（桂沢ダム）も存在している。

## 3. 気候変動モデルの概要

近年、地球温暖化に伴う気候変動を把握するため、気候変動モデルの研究が盛んである。IPCCではいくつかの社会的な遷移に伴う温暖化ガス排出シナリオ<sup>3)</sup>（SRESシナリオ）を想定し、今後の気候変動の予想を行っている。

本件では対象期間を50年、100年後とし、気象庁・気象研究所で開発された2つの気候変動モデルを用いて高水や低水管理へのリスクについて検討を行った。2つのモデルで用いられているSRESシナリオは、ともに経済発展を重視したシナリオ（A1B及びA2シナリオ）となっているが詳細については参考文献を参照されたい。

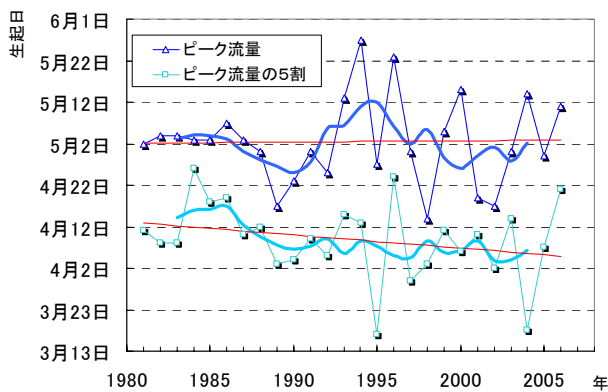


図-5 融雪流量の生起日変化  
(計測値と5年移動平均値及びトレンド)

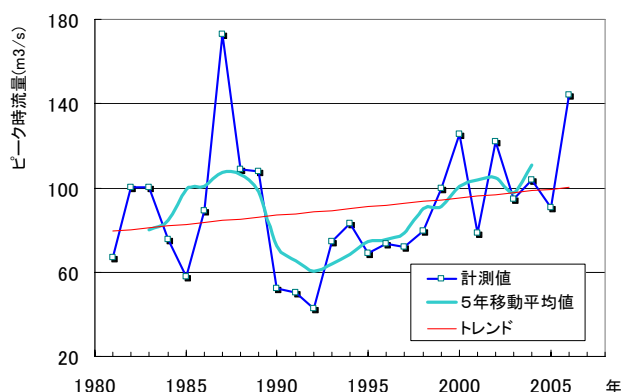


図-6 融雪期ピーク時流量の変化

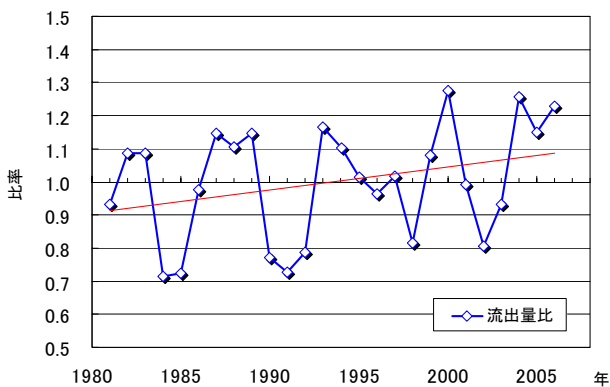


図-7 融雪期流量の変化  
(計測期間の平均に対する各年流量の比率)

表-1 融雪期の出水特性の変化

観測点	河川名	立ち上がり時期	ピーク時期	ピーク流量	流出量全体
伊納	石狩川(上流)	早まる傾向	遅れ傾向	増加	増加
石狩大橋	石狩川(下流)	早まる傾向	遅れ傾向	変化なし	変化なし
多度志	雨竜川	早まる傾向	変化なし	増加	減少
金山ダム	空知川	早まる傾向	変化なし	増加	増加
赤平	空知川	早まる傾向	遅れ傾向	減少	減少
桂沢ダム	幾春別川	変化なし	変化なし	変化なし	減少
西川向	幾春別川	早まる傾向	遅れ傾向	減少	増加
円山	夕張川	早まる傾向	遅れ傾向	変化なし	増加
石山	豊平川	早まる傾向	遅れ傾向	変化なし	増加

### (1) GCM20

GCM20<sup>9)</sup>は気象庁・気象研究所によって開発された地球全域を計算領域とする全球気候モデル(Global Climate Model; GCM)である。降雨時間分布が提供されているため高水への検討に適している。水平解像度は約20km、格子点は石狩川流域で46であり、鉛直層数は60層である。存在するデータは現況20年(1979~1998)の再現結果と100年後20年(2080~2099)の予測結果であるため、50年後の検討を行うにあたっては後述するRCM20の予測結果を用いてGCM20の100年後の予測結果を補正した。設定シナリオは高成長型社会となるA1Bシナリオである。

### (2) RCM20

RCM20<sup>9)</sup>は気象庁・気象研究所によって開発された日本周辺を計算領域とする地域気候モデル(Regional Climate Model; RCM)である。前述のGCM20にはない、降雪量や積雪量といった気象要素が提供されているため低水管理へのリスクに関して検討が可能である。水平解像度は約20km、格子点は石狩川流域で32あり、鉛直層数は36層である。側面境界条件はアジア域気候モデルである。存在するデータは現況20年(1981~2000)の再現結果と50年後(2031~2051)及び100年後20年(2081~2100)の予測結果であり、結果は全て日単位で出力される。設定シナリ

オは多元化社会を想定したA2シナリオである。

## 4. 気候変動モデルによる予想結果

図-8に、RCM20による石狩川流域における100年後の月別平均気温の予測結果を示す。現況再現結果に対し、各月で気温は上昇し、年平均気温は3.0℃の上昇と試算されている(北海道全域では3.1℃の上昇)。

一方、図-9は石狩川流域における100年後の月別平均降水量の予測結果である。GCM20、RCM20ともに現況再現結果より増加傾向にあり、増加率は北海道全域の増加率よりも大きい。

加えてGCM20によれば流域における100年後の年最大日降水量の20年平均値と現況再現結果の20年平均値との比は中央値で概ね1.32倍となり、北海道全域の予測結果である1.24倍よりも大きく、これは全国的にも大きい(図-10)。

一方、降雪に関して100年後の月別平均降雪量は石狩川流域において、1,2月を除いた各月で現況再現結果より減少となり(図-11)、想定される積雪期間の10月から5月までの間で1日平均あたり0.5mm減少する結果となっ

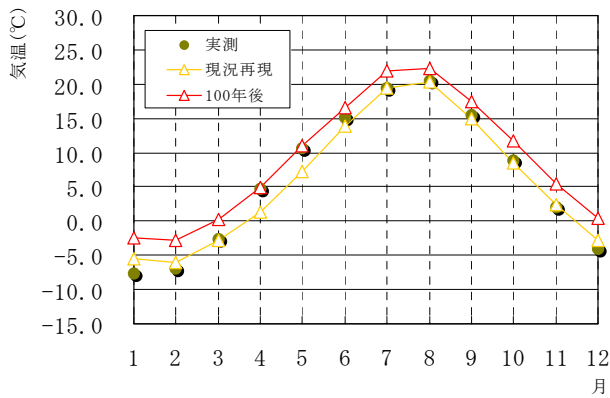


図-8 RCM20による月別平均気温の計算結果  
(現況及び100年後)

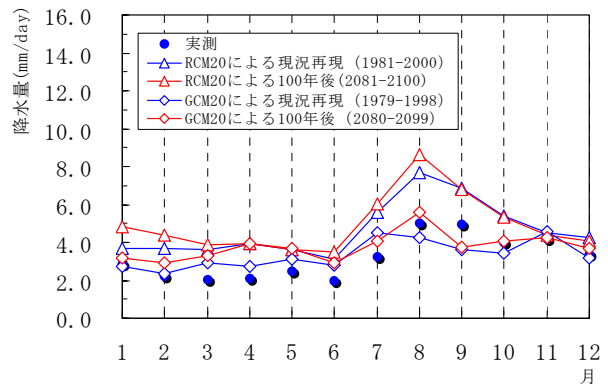


図-9 月別平均降水量の計算結果 (現況及び100年後)

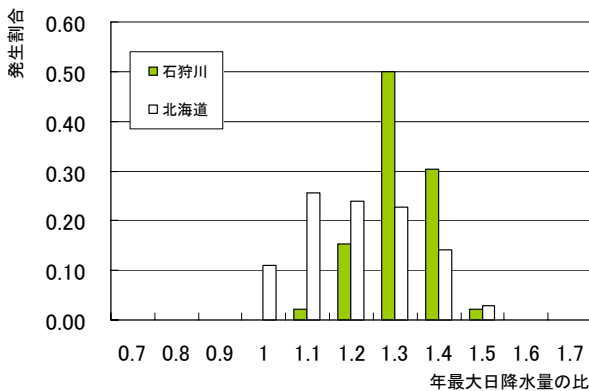


図-10 GCM20による年最大日降水量の変化  
(現況再現結果20年平均に対する100年後の20年平均値)

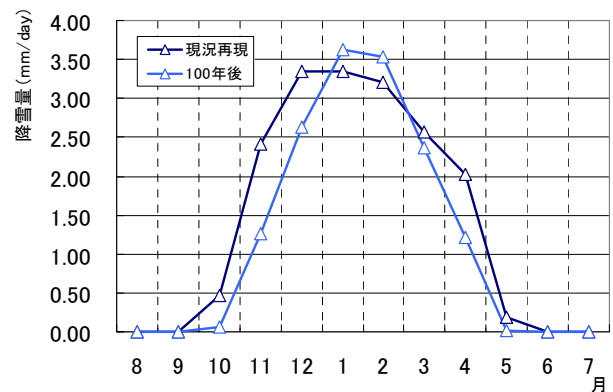


図-11 RCM20による月別平均降雪量の変化

ている。これは北海道の0.3mmより大きい減少である。同様に積雪量も減少傾向にあり (図-12)、石狩川では上記積雪期間において月平均50mmの減少であり、減少比率は北海道全域のものよりも大きい。

以上の結果より、50年後、100年後ともに、降水量は増加する傾向にあり、高水に対するリスクは増加すると考えられる。一方、低水管理に関しては、積雪量の減少量が相対的に大きい石狩川上流、空知川、豊平川において、融雪出水の早期化等により夏に少雨の場合にそのリスクが増大すると考えられる。

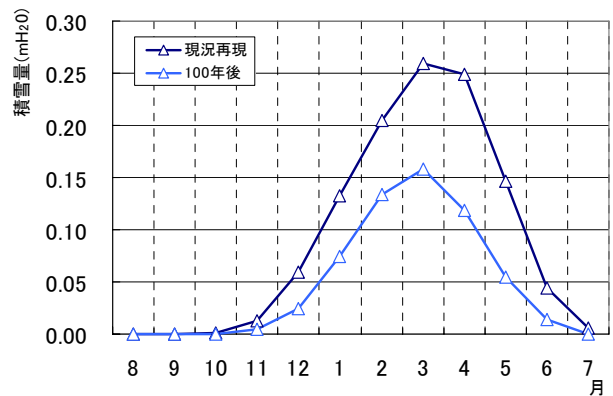


図-12 RCM20による月別平均積雪量の変化

## 5. まとめと考察

本件では、石狩川流域における気象・水文観測データと気候変動モデルの予測結果から、今後の地球温暖化に伴う気候変動の影響について考察を行った。

降水量に関して、日本では北海道や西日本の一部を除く多くの地点において減少しており、全体での長期的傾向は減少にある一方で、年ごとの変動は過去に比べて大きくなっている<sup>9)</sup>。しかしながら、2章で述べたように石

狩川流域において札幌等では増加傾向もみられることから、流域における今後の変化を予測する際には全国の傾向に加えて、局所的な傾向を把握する必要がある。

本件では概ね次のようなことが分かった。

- ・ 観測データによれば過去100年で流域全体の気温は上昇傾向にあり、気候変動モデルによる100年後の予想結果でも増加傾向となる。
- ・ 観測データによる降水量に明確な傾向は見られないものの、気候変動モデルにおける100年後の月別平



均降水量と年最大日降水量は現況再現結果より増加する結果となっている。またそのときの石狩川流域における増加率は北海道全域に比べ大きい。

- ・ 観測データからは融雪出水の早期化傾向がみられる一方で、将来の降雪量・積雪量に関する予測では現在よりも概ね減少する結果となっている。またそのときの石狩川流域における減少率は北海道全域に比べて大きい。
- ・ 将来、気候変動モデルによって予想された降水量の増加とともに高水へのリスクは増加する一方で、低水管理の面では融雪期の早期化により、仮に年変動で夏に少雨の場合にそのリスクが高まる可能性がある。

以上のように気候変動モデルを用いて将来の高水・低水管理に対する検討を行った。しかしながら気象現象に関しては依然として未解明なプロセスが存在し、不確定な要素も多く存在している。また計算機における能力の限界から、現状では集中豪雨等に対する十分な分解能を持ったモデルは存在していないほか、降水量に対する予測においては気温に対するものよりも一般的にモデル間のばらつきが大きいといった問題がある。気候変動モデルを用いた将来の予想を行う際はこれらのことに留意して行う必要がある。

以上のことを踏まえ、引き続き流域における気象・水文データの観測を行い、流域における傾向を把握していくとともに、今後は降水量などの気象要素の予測に加えて、その変化に影響を受ける流量や水位といった物理量

に対しても予測を行っていく必要がある。今後の流域の発展のため、気候変動に伴う流域への影響を考察し、それに適応した治水・利水対策の方向性について考察を行っていくことが望まれる。

#### 参考文献

- 1) IPCC: IPCC fourth assessment report, Climate Change 2007, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>, 2007.11.
- 2) 水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）, [http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/gaiyou/ikouhendou/pdf/toshin.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/ikouhendou/pdf/toshin.pdf), 2008. 6.
- 3) IPCC: Special Report on Emission Scenarios, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/special-reports.htm>, 2000.
- 4) 気象研究所 他：高精度・高分解能気候モデルの開発 平成18年度研究成果報告書, [http://www.kakushin21.jp/kyousei/k041open/seika/report/RR2002\\_k4\\_H18report.pdf](http://www.kakushin21.jp/kyousei/k041open/seika/report/RR2002_k4_H18report.pdf), 2007. 3.
- 5) Kurihara, K., K. Ishihara, H. Sasaki, Y. Fukuyama, H. Saitou, I. Takayabu, K. Murazaki, Y. Sato, S. Yukimoto and A. Noda.; Projection of climatic change over Japan due to global warming by High-Resolution Regional Climate Model in MRI. SOLA, 1, 97-100, 2005.
- 6) 気象庁：20世紀の日本の気候, 1.3.2 日本の降水量, [http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/20th/1\\_3\\_2.htm](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/20th/1_3_2.htm) 2002. 3.