

日本の温暖化影響・適応策評価のための 気候・社会経済シナリオ

花崎 直太¹・高橋 潔²・肱岡 靖明²

¹国立環境研究所地球環境研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

²国立環境研究所社会環境システム研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

地球温暖化の影響は多岐にわたるため、日本への影響の全体像を評価し、効果的な適応策を検討するためには、学問分野を横断して専門的知見を集めることが重要である。将来の温暖化の影響を評価する方法として、まず将来の気候と社会経済を定量的に想定し、それらを入力条件として統計モデルあるいはプロセスモデルを利用し、検討対象ごとにシミュレーションを行うのが一般的である。ここで多くの検討対象について入力条件を揃えることができれば、ある将来の気候と社会経済の想定下における日本の影響と適応策を、総合的に捉えることができる。本稿では、先行事例や最新情報の精査を行い、温暖化影響・適応研究における日本の将来気候と社会経済の想定（シナリオ）について議論した。またこの議論に基づき、現在入手可能な情報を利用し、日本全域をカバーする時系列・メッシュ型のシナリオを開発した。

キーワード：気候変動，影響評価，シナリオ，適応

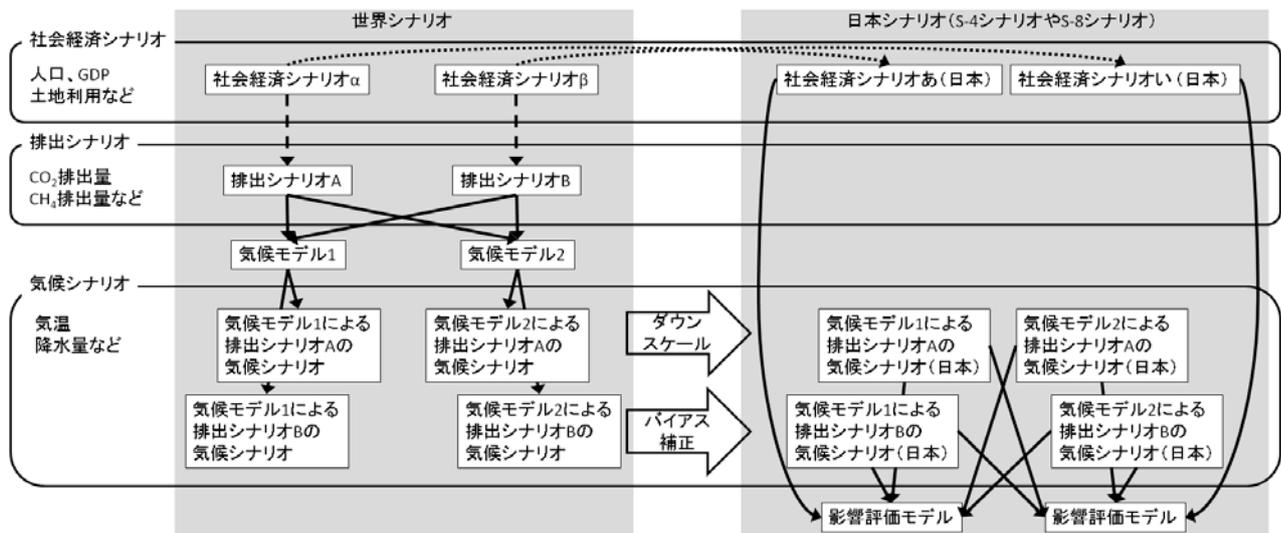
簡易表題：気候・社会経済シナリオ

25 1. はじめに

26
27 温暖化による気候変化は世界各地で観測されており、自然環境・人間社会への影響も顕在化しつつある¹⁾
28 ²⁾。強力な緩和策を推進しても温暖化を完全に防ぐことはできないため、温暖化の進行を監視し、影響を評
29 価し、適切に適応策を取ることが重要である^{3), 4)}。温暖化の影響は自然環境・人間社会のあらゆる分野に及
30 ぶため、日本の効果的な適応策立案のためには、分野を横断した科学的知見の集約が必要である^{5), 6)}。

31 環境省地球環境研究総合推進費(S-4) 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温
32 暖化影響の総合的評価に関する研究（以下、温暖化影響総合予測プロジェクト）は温暖化の日本への影響に
33 ついて、分野横断的な研究結果を報告した^{5), 6)}。温暖化影響総合予測プロジェクトは水資源、森林、農業、
34 沿岸、健康の5つの分野に関して、影響評価モデル（コンピュータプログラム）を利用したシミュレーショ
35 ンを行い、2031-2050年と2081-2100年の将来の2期間について、温暖化による日本全体の物理的影響を予測
36 した地図を示した⁵⁾。さらに、温暖化影響総合予測プロジェクトは物理的影響を経済的影響に換算する手法
37 を開発し、温暖化の程度に応じた（温室効果ガス濃度安定化レベル別の）被害額の試算を示した⁶⁾。このと
38 き、温暖化影響総合予測プロジェクトは、起こりうる将来を想定して全ての影響評価モデルに共通の入力デ
39 ータとして与え、シミュレーションの条件を揃えることによって、分野横断的な、包括的な影響評価を実施
40 できた。

41 本稿では起こりうる将来を想定したモデルへの入力データをシナリオと呼ぶ。特に、将来の社会・経済活
42 動に関するものを社会経済シナリオ、将来の温室効果ガスの排出量（濃度や放射強制力も含む）に関するも
43 のを排出シナリオ、将来の気候に関するものを気候シナリオと呼ぶことにする。また、世界を対象としたも
44 のを世界シナリオ、日本を対象としたものを日本シナリオ、特に温暖化影響総合予測プロジェクトで開発さ
45 れた日本シナリオをS-4シナリオと呼ぶ。これらの関係を図-1に示す。なお、排出シナリオは世界の気候シ
46 ナリオを作成する際に、気候モデルに与えるものである。日本の気候シナリオは基本的に世界の気候シナ
47 リオをダウンスケール・バイアス補正（後述）して利用するため、本稿において、日本の排出シナリオは登場
48 しない。
49



50
51 図-1 社会経済シナリオ、排出シナリオ、気候シナリオの関係。世界の社会経済シナリオα、β（図中に示
52 していないが2つ以上ありうる、以下同じ）と世界の排出シナリオA、Bはそれぞれ1対1対応している場
53 合もあるが（付録2）、していない場合もあり（付録3）、図中では点線で結ばれている。気候モデル1、
54 2はシナリオとは独立しており、世界の気候シナリオは排出シナリオと気候モデルの組み合わせの数だけ存
55 在しうる。日本の社会経済シナリオあ、いは世界シナリオα、βと対応して開発されうるが、本稿で示すもの
56 は独立している。日本の気候シナリオは世界シナリオをダウンスケール・バイアス補正して開発される。
57

58 温暖化影響総合予測プロジェクトは多くの成果を挙げたが、課題が残されている^{6), 7)}。それを受けて、新
59 たに環境省環境研究総合推進費(S-8) 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究プロジェクト（以下、
60 温暖化影響・適応総合研究プロジェクト）が発足した⁷⁾。この温暖化影響・適応総合研究プロジェクトが実
61 施すべき課題の一つに、S-4シナリオを改良・高度化したシナリオ（以下、S-8シナリオ）の開発があり、本
62 稿はこれについて報告する。なお、S-8シナリオは分野間で共通して利用することにより分野横断的な温暖
63 化影響評価を実施するための最小限のものであり、新規性や完全性を追求するものではない。S-8シナリオ
64 以外も併用して、より深く、多角的な評価を行うことが望ましい。

65 本稿で主に扱うのは温暖化影響総合予測プロジェクトという一つの研究グループが開発したシナリオとその改良のための議論である。ただし、前述した通り、このシナリオは多くの分野が共同利用することを念頭に開発される一般性の高いものである。特に、日本の温暖化の適応政策立案に不可欠な分野横断型の影響評価に必要なものであり、本誌で議論する次第である。

69 本稿の構成は以下のとおりである。まずS-4シナリオをレビューし(2.)、問題点を整理する(3.)。その後、最新の研究動向をレビューし(4.)、S-8シナリオに利用可能な知見を整理し(5.)、S-8シナリオを示す(6.)。最後に、今後の改良指針を示し、本稿をまとめる(7.)。

73 2. S-4シナリオのレビュー

75 2.1 基本情報

76 S-4シナリオとは温暖化影響総合予測プロジェクトで利用された影響評価モデルの共通入力データである。影響評価モデルの入力データは気象・気候に関する気候シナリオと、土地利用・人口・資産等に関する社会経済シナリオに大別される。影響評価モデルは研究対象である日本全域を小領域に分割し、小領域毎にシミュレーションを実施するため、相応の水平分解能を持った分布型の入力データが必要である。また、影響評価モデルは系の時間発展を扱うものが多いため、相応の時間分解能を持った時系列の入力データが必要なものも多い。温暖化影響総合予測プロジェクトにおける影響評価モデルの入力データは付録1にまとめた。

82 入力データは影響評価モデルが読み取り可能な電子ファイルとして最終的に用意される。しかし、影響評価モデルごとに必要な要素・水平分解能・時間分解能・電子ファイルの書式が異なるため、温暖化影響総合予測プロジェクトが共通の電子ファイルを用意することは容易ではなかった。そこで、全ての影響評価モデルが共通に順守すべき規約を設定し、それに従って影響評価モデルごとに電子ファイルを用意する方法が取られた。

87 S-4シナリオの対象地域は日本全域であり、対象期間は1981-2000年を基準期間として、2031-2050年と2081-2100年の2期間であった。水平分解能と時間分解能は任意であった。世界シナリオはIntergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)第4次評価報告書用のものを用いた。この世界シナリオについては付録2にまとめた。

92 2.2 S-4気候シナリオ

93 温暖化影響総合予測プロジェクトは2つの気候予測情報を用いて気候シナリオを設定した⁵⁾。一つ目は、気象庁気象研究所が日本域を対象として開発した地域気候モデルRCM20による気候予測シミュレーション結果である^{8), 9)}。これは、同じく気象研究所が開発した全球気候モデルCGCM2(水平分解能約280km)にSpecial Report on Emissions Scenarios (SRES) A2排出シナリオ(付録2)を与えた気候予測シミュレーション結果を境界条件として日本域を力学的ダウンスケールしたものである。水平分解能は20kmであり、1981-2000年、2031-2050年、2081-2100年の3つの期間について情報が得られる⁸⁾。

99 二つ目は、国立大学法人東京大学気候システム研究センター、独立行政法人国立環境研究所、独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターが開発した全球気候モデルMIROC3.2 hiresに、SRES A1B排出シナリオを与えた気候予測シミュレーション結果である¹⁰⁾。水平分解能は約110 kmであり、1901-2100年の期間について情報が得られる。

103 2.1で述べたとおり、影響評価モデルに入力可能な電子ファイルの作成はそれぞれに委ねられた。多くのモデルは3次メッシュでシミュレーションを行ったが(付録1)、RCM20、MIROC3.2 hiresともに水平分解能が不十分であったため、それぞれが気候予測情報の空間内挿(ダウンスケール)を行った。また、気候予測情報には系統的な誤差が含まれており、その補正処理(バイアス補正)もそれぞれ行われた^{11), 12), 13)}。

108 2.3 S-4社会経済シナリオ

109 いくつかの影響評価モデルは気候シナリオの他に、人口密度、土地利用などの社会経済シナリオが必要である。しかし気候シナリオ以外については規約が定められず、シナリオを利用するかも含めてそれぞれに委ねられた。しかし、一部例外を除き、社会経済シナリオを独自に開発・利用した影響評価モデルはなく、社会経済情勢は基準期間から不変と仮定した影響評価が実施されることになった^{14), 15), 16)}。

114 3. S-4シナリオの問題点と考察

116 3.1 概要

117 S-4シナリオの問題点は、結論から述べると、①利用した気候シナリオがSRES A2排出シナリオに基づくRCM20とA1Bに基づくMIROC3.2 hiresだけで、排出シナリオおよび気候モデルによる不確実性が十分考慮できなかったこと(気候シナリオの問題1)、②ダウンスケール・バイアス補正についてはそれぞれにその選

120 択と実施が任され、影響評価モデル間の整合性が保たれなかったこと（気候シナリオの問題2）、③共通の
121 社会経済シナリオが設定されず、結果的にほとんどの影響評価モデルで社会経済情勢が基準期間から変化し
122 ないと仮定されたこと（社会経済シナリオの問題）である。以下ではそれぞれについて、詳しく見ていく。

124 3.2 気候シナリオの問題1：排出シナリオおよび気候モデルによる気候予測の不確実性

125 SRESの排出シナリオは、いずれも想定されたものであり、どれが起こりやすいかを論じることはできな
126 い。しかし、排出シナリオの違いによって、特に21世紀後期において、気候モデルの予測する気候変化の程
127 度は大きく異なる。例えば、SRESの排出シナリオの中では、B1シナリオが全球平均気温の上昇が最も小さ
128 く、A2シナリオが最も大きくなる¹⁾。よって、複数の排出シナリオに基づく気候予測情報を利用し、排出シ
129 ナリオによる影響評価結果の違いを示すことが重要である。

130 また、同じ排出シナリオを利用した場合にも、気候モデルの違いにより、気候予測情報は大きく異なるも
131 のとなる。例えば、SRES A1B排出シナリオを利用した場合、20世紀末から21世紀末までの100年間の全球平
132 均気温上昇は1.7～4.4℃（可能性が高い予測幅）と評価されている¹⁾。よって、一つの排出シナリオに対して、
133 複数の気候モデルによる気候予測情報を利用することも必要である。

134 S-4シナリオの場合、SRES A2排出シナリオに基づくRCM20、A1B排出シナリオに基づくMIROC3.2hiresの
135 2つの気候予測情報だけが利用され、1つの排出シナリオに対して複数の気候モデルによる予測の幅を検討
136 することも、1つの気候モデルに対して複数の気候シナリオによる予測の幅を検討することもできなかった。

137 排出シナリオおよび気候モデルの組み合わせは多い方が望ましいが、温暖化影響総合予測プロジェクトや
138 温暖化影響・適応総合研究プロジェクトのように複数の影響評価モデルが参加する研究プロジェクトにおい
139 ては、排出シナリオと気候モデルの組み合わせを、現実的にシミュレーションが実施可能な数に絞る必要も
140 ある。実際、温暖化影響総合予測プロジェクトでは研究資源の制約、すなわち複数の計算と解析を実施する
141 人的・時間的・計算機能力的余裕がなかったことから、必ずしも全ての影響評価モデルがRCM20と
142 MIROC3.2の両方の気候予測情報を用いて影響評価を行ったわけではなかった^{5),6)}。

144 3.3 気候シナリオの問題2：ダウンスケール・バイアス補正手法

145 温暖化影響総合予測プロジェクトにおいて多くの影響評価モデルが採用したダウンスケール手法は気候予
146 測情報を緯度経度直交座標系において線形補間するものであった^{11),12)}。この手法は実施が容易であるが、大
147 気の力学的・物理的過程や地形・土地被覆の影響を無視してしまうところなどに問題がある。この問題を解
148 決する有効な手法の一つとして地域気候モデルを用いた力学的ダウンスケーリング、すなわち気候モデルに
149 よる気候予測情報を境界条件とし、地域気候モデルを利用して検討対象地域の計算を再度実施することで時
150 空間詳細な結果を得ること、があるが、大型計算機と専門知識が必要で、各モデルが実施するのは全く現実
151 的でなかった。

152 次に、バイアス補正手法として多くの影響評価モデルが採用したのはスケーリング法¹³⁾と呼ばれる手法で
153 ある。これは、気候予測情報から得られる将来の気象要素の現状からの平均的な変化量や変化率を現在の観
154 測値に上乘せする方法であり、年・月単位の気候予測情報しか得られなくても実施可能である。しかし、平
155 均値のみ補正し、分散や極値を補正しないという問題がある。また、詳細設定に関して取り決めを行わな
156 かったため、バイアス補正実施後のシナリオの整合性に問題が生じた。

158 3.4 社会経済シナリオの問題

159 将来の影響評価にあたっては、気候の変化だけではなく、それと同等、場合によってはより大きく社会経
160 済的情勢の変化が作用することがある。例えば、洪水モデル¹⁴⁾や高潮浸水モデル¹⁶⁾などでは、被害額推計に
161 あたり各メッシュの資産額などが入力データとして用いられるが、その規模が将来変化することは十分予想
162 されるものであり、それは被害推計額に直結する。しかし、温暖化影響総合予測プロジェクトにおいて共通
163 の社会経済シナリオは用意されなかった。温暖化影響総合予測プロジェクトの影響評価モデルの中では（付
164 録1を参照）、大気汚染リスクモデルを用いた研究のみが、将来の曝露人口の変化を考慮するため、先行研
165 究で作成された2つの人口シナリオを利用した¹⁷⁾。温暖化影響総合予測プロジェクトに限らず、従来の温暖
166 化影響研究においては社会経済的な条件について現状から変わらないとの仮定を置くケースが多かったが、
167 政策検討を支援するより現実的な情報であるためには、社会経済について現状維持を仮定するアプローチに
168 は限界がある。

170 4. 最新の研究動向のレビュー

171 以下では、S-4シナリオの問題解決に関連する最新の研究動向を取り上げる。4.1は世界シナリオ全体に、
172 4.2、4.3、4.4は気候シナリオに、4.5は社会経済シナリオに関連する動向である。なお、以下の現時点とは
173 2011年11月30日現在を指す。

175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229

4.1 SRES後継の世界シナリオ

現在、SRESの後継となる新しい世界シナリオの開発が進められている。この世界シナリオは、① Representative Concentration Pathways (RCPs)という代表的な濃度シナリオの作成、②RCPsを利用した気候予測シミュレーションによる気候シナリオの開発、③エネルギー・経済モデル等を利用した社会経済シナリオの開発（これは②と並行して実施する）、④②と③を統合した総合的な気候・社会経済シナリオの開発の4段階に分かれる。この世界シナリオの詳細については付録3にまとめた。

S-8シナリオの開発にあたり、このSRES後継の世界シナリオに準拠することが望ましいが、現時点では①のRCPs排出シナリオのみが完全に入手可能という状況であり、実現は不可能である。ただし、最近になって②のいくつかが入手可能になっている¹⁸⁾。

4.2 気候予測情報の精度評価

気候モデルの不確実性を考慮するためには、複数の気候モデルを利用した気候予測情報を利用し、影響評価結果の不確実性の幅を示すことが望ましい¹⁹⁾。しかし、CMIP3では排出シナリオによっては20を超える気候モデルによる気候予測情報が提供されており、影響評価モデルがその全てを利用しようとするれば、シミュレーションの数は膨大なものになってしまう。よって、入手可能な気候予測情報の中から、日本域の気象現象の信頼性が高い気候モデルを選択できることが望ましい。

気候モデル出力を客観的に評価する指標（以下、メトリクス）を利用し、研究目的に応じて気候モデルを選択する試みが行われている。例えば、Gleckler et al.はCMIP3の気候予測情報に関してメトリクスを開発し、気候モデルの信頼性の順位づけをおこなった²⁰⁾。また、日本における重要な気象現象（アジアモンスーン、春一番、台風など）の再現性に関するメトリクスを開発し、CMIP3の気候モデルに関する調査が行われている^{21), 22), 23)}。しかし、これらを横断した総合的な気候モデルの順位付けについては発表されていない。

4.3 日本域を対象とした高解像度気候予測情報

温暖化影響総合予測プロジェクト実施期間において、100km程度未満の水平分解能を持つ気候予測情報はRCM20とMIROC3.2hiresに限られていた。現時点で、日本全域を対象とした高分解能の気候予測情報が開発されつつある。環境省地球環境推進費(S-5)地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究プロジェクト（以下、気候シナリオ「実感」プロジェクト）では、MIROC3.2hiresを境界条件とし、NHRCM, NRAMS, TWRFの3つの領域気候モデルを利用した日本全域の力学的ダウンスケールが行われている²⁴⁾。いずれも水平分解能は20kmであり、2081-2100年の期間について気候予測情報が入手可能になる予定である。これらは全球気候モデルでは扱えない小規模な大気の運動や地形の効果に伴う気象現象を捉える事ができるため、温暖化影響総合予測プロジェクトで各モデルが採用した線形補間よりもダウンスケールの手法として優れている。他にも、水平分解能20km程度の全球大気モデルによる過去（1979-2003）および将来2期間（2015-2039, 2075-2099）の数値計算が行われているが²⁵⁾、現時点で結果は公開されておらず、利用可能な状況にない。

4.4 EU-WATCHプロジェクトにおける気候シナリオ

温暖化影響・適応総合研究プロジェクトと同様に、複数の影響評価モデルに対して共通のシナリオを与えた最近の事例の一つ挙げる。EU Water and Global Change（以下、EU-WATCH）は2007年2月から2011年7月にかけて行われた研究プロジェクトであり、地球温暖化をはじめとする人間活動が水循環や水利用に及ぼす影響を、小流域から全球まで、多角的に分析することを目的とした。この中で、全球水循環・水資源モデルの国際相互比較プロジェクトWaterMIPが実施された²⁶⁾。このサブプロジェクトには世界の11機関が参加し、全ての参加モデルに共通のシナリオを与えることにより、現在から将来にかけての地球の水循環をシミュレートし、結果を比較し、参加モデル間の差異の原因を明らかにしようとした。

このプロジェクトの共通シナリオの詳細は付録4に譲るとして、本稿と関連するポイントを挙げると次の3つになる。まず第一に、共通シナリオは開発が容易な第1版がまず用意され、その後大幅に改良された第2版ができたことである。共通シナリオは参加モデルの入力データであり、なければシミュレーションが実施できない。このため、プロジェクトの初期には研究を素早く開始することを目的とした暫定版が用意され、その後、最終的な解析や報告をするための決定版が用意されたことは参考になる。第二に、第1版では4つ（2つの排出シナリオについてそれぞれ2つの気候モデル）、第2版では6つ（2つの排出シナリオについてそれぞれ3つの気候モデル）の気候予測情報が利用されたことである。複数のモデルが参加する研究プロジェクトにおいて、多数のシミュレーションを要請しても、参加モデルが全てを実施できず、プロジェクトの目的が完遂できない事例は散見される。そこで、あらかじめシナリオの数を実現可能な数に限定してしまうという方針は参考になる。第3に、気候シナリオが電子ファイルで配布されたことである。これによって、参加モデルの作業量を軽減するとともに、シナリオの共通化の徹底にも貢献している。

230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284

4.5 日本域を対象とした人口・土地利用シナリオ

日本の将来人口予測は国立社会保障・人口問題研究所（以下、社人研）において行われている²⁷⁾。これは都道府県別に、2005-2035年の期間について、5年おきのものが入手可能である。環境省地球環境総合推進費(S-3) 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト（以下、脱温暖化2050プロジェクト）では、社人研の将来人口推計方法や推定値を参考に、2つの将来の社会想定における、2050年までの人口シナリオを開発した²⁸⁾。また、流域圏自然環境の多元的機能の劣化診断手法と健全性回復施策の効果評価のための統合モデルの開発プロジェクトでは、人口を説明変数とした淀川流域を対象とした土地利用モデルの開発が行われた²⁹⁾。

5. 最新の研究動向を踏まえた考察

以下では4.で得た情報をS-8シナリオにどのように活かせるかを考察する。S-8シナリオを開発するにあたり、SRES後継の世界シナリオ（付録3）に準拠することが望ましいが、2011年11月30日現在、十分に入手可能な状態にない。よって、現時点でシナリオを用意するには、SRES社会経済・排出シナリオとCMIP3気候シナリオを利用するしかない。ここで、EU-WATCHプロジェクトの事例を踏まえ、暫定シナリオを開発して研究を開始し、力学的ダウンスケールデータの公開、日本域メトリクスの公開、SRES後継の世界シナリオに対応した気候予測情報の公開などに合わせ、順次S-8シナリオを高度化していくことが妥当だと考えられる。

不確実性評価の観点から、S-8シナリオは複数の気候モデルと複数の排出シナリオを利用して作ることが望ましい。しかし、あまり多数の気候シナリオについて影響評価を実施するのは計算機資源の制約から現実的ではなく、EU-WATCHプロジェクトの事例を踏まえると、1～2程度の排出シナリオ、2～4程度の気候モデルを利用するのが妥当と考えられる。

日本全域の温暖化影響評価を実施する多くのモデルの空間分解能が3次メッシュであることから（付録1）、気候モデルによる気候予測情報のダウンスケールは必須である。現時点で入手可能な力学的ダウンスケールに基づく気候予測情報は、S-4シナリオでも用いられたRCM20（排出シナリオはA2、境界条件を与える気候モデルはMRI-CGCM2）のみであるが^{8), 9)}、気候シナリオ「実感」プロジェクトによってA1B排出シナリオのMIROC3.2hiresを境界条件とした複数の力学的ダウンスケールシナリオが公開予定である²⁴⁾。よって、時空間解像度の不足が問題となった時に整合性の高い力学的ダウンスケールの結果も利用できるという観点から、SRES A1B排出シナリオに基づくMIROC3.2hiresを選択することのメリットは大きい。また、MRI-CGCM2.3.2についても、力学的にダウンスケールされた気候予測情報は得られないものの、国内研究機関の気象研究所が開発するモデルであり、日本域に関する詳細な追加的情報が得られるメリットがある³⁰⁾。なお、S-4シナリオと同様に、RCM20（排出シナリオとしてA2を与えたMRI-CGCM2）を選択することも可能だが、得られる結果の差異を、気候モデルの違いと排出シナリオの違いに分離することが困難となるため、RCM20をS-8シナリオに利用すべきではないと判断した。

複数の排出シナリオを扱うことは重要であるが、研究資源の制約から、複数の気候シナリオと組み合わせで総当たりに取扱うことができないので、単一の排出シナリオに絞ることが望ましいと考える。

入手可能なSRES A1B排出シナリオに基づくCMIP3の気候予測情報から、MIROC3.2hiresとMRI-CGCM2.3.2以外にあと2つ程度の気候モデルを選択するにあたり、日本域の気象現象の信頼性の高いものを選ぶことができればよいが、前述した通り、その統合的なメトリクスの結果は公表されていない。そこで、Gleckler et al.による全球を対象としたメトリクスを利用するのが妥当と考えられる²⁰⁾。

バイアス補正も必須であるが、温暖化影響・適応総合研究プロジェクトに参加するモデルの入力データの要素、時間分解能の多様性を考えると（付録1）、温暖化影響・適応総合研究プロジェクトの全ての参加者のニーズを満たすダウンスケール済み・バイアス補正済みの気候シナリオを電子ファイルで用意することは困難である。しかし、基本となるものを一つ準備しておくのは、参照情報として有用だと考えられる。

21世紀中の日本の人口に関するシナリオとして、社人研が開発し、脱温暖化2050プロジェクトによって期間を延長されたものが入手可能である。ここで、社人研の人口シナリオは独自のアルゴリズムに基づいており、SRES A1B世界シナリオとは整合的でない。しかし、van Vuuren et al.は既存のシナリオに関する分析に基づき、人口・経済発展の将来性向と温室効果ガス排出の将来性向の間に明確な相関が無いことを見出した³¹⁾。このことから、どのような人口・経済発展の想定からも任意の温室効果ガス排出経路（つまり気候変化経路）が統合的に描き得るという趣旨の主張がなされつつある³¹⁾。これに従えば、気候シナリオはSRESに基づき、人口シナリオは社人研のアルゴリズムに基づくという組み合わせもあり得るということになる。

6. S-8シナリオの規約と具体的作成事例

285 以下ではこれまでの情報と考察を踏まえて、S-8シナリオの規約を示す。また、この規約に沿い、温暖化
286 影響・適応総合研究プロジェクトでの共通利用を想定して筆者らが作成したS-8シナリオの電子ファイルに
287 ついて、その作成手順を具体的に説明する。

288

289 6.1 基本情報

290 空間領域は日本全域とし、具体的には告示143号に基づく「標準地域メッシュ」を基準とする³²⁾。「標準
291 地域メッシュ」の範囲は北緯20度から46度まで、東経122度から東経154度までであるが、東端が南鳥島、南
292 端が沖ノ鳥島であり、居住人口が極めて小さいため、東端と南端をそれぞれ5度と4度ずつ切り取り、北緯24
293 度から46度まで、東経122度から東経149度までをS-8シナリオの対象領域とする。空間解像度は3次メッ
294 シュ（第3次地域区画）を基準とする。すなわち、緯度間隔30秒、経度間隔45秒（約1km×1kmに相当）である。

295 期間は1981-2000年を過去における基準期間とし、2031-2050年と2081-2100年を検討対象期間とする。こ
296 れはS-4シナリオと同一期間である。世界シナリオにはIPCC第4次評価報告書用に利用されたものを利用す
297 る。

298

299 6.2 気候シナリオ

300 気候予測情報として利用する排出シナリオはSRES A1Bシナリオとし、気候モデルはMIROC3.2hires（水平
301 分解能110km）、MRI-CGCM2.3.2（同280km）、GFDL CM2.1（同250km）、CSIRO MK3.0（同190km）の4
302 つとする。A1B排出シナリオとMIROC3.2hiresとMRI-CGCM2.3.2のモデルの選択に関する根拠は5.で述べた
303 とおりである。残る2つのモデルの選択については、Gleckler et al.のメトリクスとCMIP3気候予測情報にお
304 ける気候モデルの気温と降水の予測のばらつきを勘案して選定した（詳細は付録5を参照のこと）²⁰⁾。力学的
305 ダウンスケールされた予測情報が未公開であるため、MIROC3.2hiresについてもまずはCMIP3の気候予測
306 情報のみを用いる。時間分解能はいずれも月単位である。

307 基準期間の気候情報は独立行政法人農業環境技術研究所の「アメダスメッシュ化データ」を利用する³³⁾。

308 このデータは1979-2003年の期間について気象庁アメダスデータを逆距離加重で空間内挿したものである。
309 時間分解能は日であり、要素としては平均気温、最高気温、最低気温、降水量、日射量が入手可能である。

310 バイアス補正はスケーリング法¹³⁾を基本とする。スケーリング法は平均値のみ補正し、分散や極値を補正
311 しないという欠点があるが、今回のように気候予測情報が水平・時間分解能ともに低い場合にも適用可能で
312 ある利点がある。ただし、降雨や気温の極値に関する影響評価など、スケーリング法では問題が発生する場
313 合は適切なバイアス補正方法を選択する。

314 以上の規約に従い、筆者らは以下の方法で、S-8シナリオの電子ファイルを作成した。まず、農業環境技
315 術研究所の「アメダスメッシュ化データ」³³⁾を1981-2000年の期間について月単位で、3次メッシュの水平分
316 解能で取得した。要素は日最高気温・日最低気温・平均気温・降水量であった。次に、CMIP3の気候予測情
317 報の中で、A1B排出シナリオを利用したMIROC3.2hires、MRI-CGCM2.3.2、CSIRO MK3.0、GFDL CM2.1気
318 候モデルの情報を取得した。ただし、MRI-CGCM2.3.2とGFDL CM2.1については、最低気温と最高気温の情
319 報が得られなかった。期間は1981-2000年、2031-2050年、2081-2100年の3期間で月単位、領域は全球であ
320 った。このデータを線形補間によってダウンスケールし、3次メッシュの水平分解能情報を作成した。次に、
321 2031-2050年と2081-2100年のそれぞれの期間について、最高・最低・平均気温に関しては1981-2000年からの
322 変化量、降水量に関しては同期間からの変化率を、月別に求めた。最後に、スケーリング法¹³⁾によってバイ
323 アス補正を行った。すなわちアメダスメッシュ化データの1981-2000年の気温の時系列に、2031-2050年
324 （2081-2100年）平均の最高・最低・平均気温の変化量を月別に加えることにより、2031-2050年（2081-2100
325 年）の気温シナリオ（時系列）とした。同じく、降水量については変化率をかけることにより、降水量シナ
326 リオとした。

327

328 6.3 社会経済シナリオ：人口

329 基準期間の人口情報は2005年の国勢調査を利用する³⁴⁾。このデータは2005年の国勢調査に基づく日本の男
330 女別年齢5歳階級別人口を3次メッシュで示したものである。

331 将来シナリオについては、筆者らは以下に示す手順でS-8シナリオの電子ファイルを作成した。将来人口
332 予測は国立社会保障・人口問題研究所（以下、社人研）において行われている²⁷⁾。社人研の予測に利用され
333 た人口モデルは非公開であるが、同様のアルゴリズムを利用した人口モデルが別途開発されている²⁸⁾。この
334 モデルのパラメータを調整することにより、社人研の2035年までの中位推計と類似した推計ができることを
335 確認した。次にこのモデルを利用して、都道府県別、男女別、5歳階級別人口を2100年まで5年おきに求め、
336 それぞれの区分ごとに2005年比を2005年から2100年にかけて求めた。最後に、2005年の国勢調査の3次メッ
337 シュ人口³⁴⁾に、人口比をかけることにより、3次メッシュの人口データを開発した。

338 ここで、以下の不確実性に注意が必要である。まず、3次メッシュの人口分布は2005年の時点で固定して
339 しまうため、将来の人口の集中や移動については考慮できない。また、社人研は複数のシナリオを用意して

340 いるが、ここで利用したのは死亡中位・出生中位のシナリオ一つのみである。ここで、社人研の人口シナリ
341 オは2035年までのものであるが、本研究では時間外挿することにより2100年まで予測を延長している。この
342 外挿期間については、年齢構成や社会情勢を反映しておらず、不確実性がより大きくなっていると考えられ
343 る。
344

345 6.4 社会経済シナリオ：土地利用

346 基準期間のデータは国土数値情報土地利用3次メッシュ³⁵⁾を利用する。土地利用の区分は11種（森林、田、
347 その他の農用地、荒地、建物用地、幹線交通用地、その他用地、河川及び湖沼、海浜、海水面、ゴルフ場）
348 である。

349 将来シナリオについては、筆者らは以下に示す手順でS-8シナリオの電子ファイルを作成した。まず、人
350 口を説明変数とする土地利用モデル²⁸⁾を利用し、人口シナリオに対応する土地利用シナリオの開発を行った。
351 すなわち、2006年の土地利用分布を基準として³⁵⁾、6.3で求めた人口比に応じて、建物用地面積が変化するシ
352 ナリオを作成した。ここで、建物用地面積が増加する場合には、田、森林、荒地、その他用地面積が減少す
353 ると仮定し、建物用地が減少する場合には、荒地、その他用地を増加させ、全体の土地利用面積を一定に保
354 った。

355 ここで、以下の不確実性に注意が必要である。まず、土地利用シナリオは将来の人口にのみ基づいて決ま
356 っており、その他の因子は考慮されていない。また、人口シナリオの不確実性が全て土地利用シナリオに引
357 き継がれる構造になっている。さらに、その人口は将来の集中や移動について考慮されたものではない。
358

359 7. まとめと今後の課題

360
361 本稿は温暖化影響・適応総合研究プロジェクトに参加する多分野の影響評価モデルが共通利用するS-8シ
362 ナリオについて示した。このシナリオは、S-4シナリオと比較して、①4つの気候モデルによる気候シナリ
363 オの不確実性を考慮できる、②人口・土地利用シナリオが用意される、③規約に従った電子ファイルが用意
364 される、という点で進展がある。ただし、④排出シナリオによる気候シナリオの不確実性は考慮できない。
365 また、データ制約により、⑤IPCC第5次評価報告書に準拠した世界シナリオを利用していない、⑥気候モ
366 デル選択において日本域の気象現象メトリクスを使った信頼性情報を利用していない、⑦力学的ダウンスケ
367 ールしたデータを利用していない、という点では進展がない。これらについては、データが入手可能にな
368 った時点で反映し、シナリオを更新していくことが必要である。

369 なお、S-8シナリオは、多分野で共通して利用することにより、分野横断的な温暖化影響評価を実施する
370 ための最小限のものであり、新規性や完全性を追求するものではない。S-8シナリオ以外も併用して、より
371 深く、多角的な評価を行うことが望ましい。
372

373 **謝辞**：本研究は環境省環境研究総合推進費（S-8）の支援により実施された。原稿に対して、山本隆広氏、
374 申龍熙氏、須田英子氏から有益な助言を頂いた。ここに記して謝意を表する。
375

376 付録1 温暖化影響総合予測プロジェクトチームのモデルの入力データ

377
378 **表-1**に温暖化影響総合予測プロジェクトチームの主要な影響評価モデルの入力データを整理した⁹⁾。表-1
379 から、気候条件に関しては、最高・最低気温と降水が多くの影響評価モデルで利用されていることが分かる。
380 ただし、必要な時間分解能はまちまちであり、例えば最高・最低気温の場合、ブナ林分布適域モデルのよう
381 に月単位のものが必要なものもあれば、熱ストレス死亡リスクモデルや大気汚染リスクモデルのように日単
382 位のものが必要な場合もある。気候条件と併せ、地形・土地利用・人口密度・資産額などの空間情報も用い
383 られた。水平分解能について述べると、コメ収量モデルは県単位であるが、その他の分野では「標準地域メ
384 ヂッシュ」に従い、各メッシュ点について影響評価が行われた。メッシュの解像度は、人口・土地利用等デー
385 タの水平分解能に合わせ3次メッシュとする研究が大半を占めた。なお、表-1は、最も高い水平分解能を持
386 つ入力データを反映しており、入力データの中にはより低い水平分解能のものも含まれる。
387
388

表-1 温暖化影響総合予測プロジェクトの主要なモデルの入力データ

モデルと空間解像度	入力データと時間解像度 (気候)	入力データと時間解像度 (気候以外)
洪水モデル ¹⁴⁾ 3次メッシュ	極値降水量（註1） (再現期間30年・50年・100年)	標高 土地利用 土地利用別の被害額原単位
斜面崩壊発生確率モデル ¹⁵⁾	極値降水量	地質・地形（起伏量）

3次メッシュ	(再現期間 30年・50年)	土地利用 土地利用別の被害額原単位
ブナ林分布適域モデル ³⁶⁾ (註2) 3次メッシュ	平均気温 (月単位) 最低気温 (月単位) 降水量 (月単位)	樹種分布
コメ収量モデル ¹²⁾ 県別	最高気温 (日単位) 最低気温 (日単位) 日射量 (日単位)	
高潮浸水モデル ¹⁶⁾ 500m/3次メッシュ (註3)	海面上昇量 高潮偏差の将来変化率	部門別の資産額・生産額
熱ストレス死亡リスクモデル ³⁷⁾ 2.5'メッシュ	最高気温 (日単位)	人口密度
大気汚染リスクモデル ¹⁷⁾ 3次メッシュ	最高気温 (日単位) 地衡風 (註4) 風向・風速 (日単位)	人口密度

註1：x年に一度の確率で生じる大きな日降水量のこと

註2：チシマザサ、シラベなど他の種のモデルもある。

註3：部門別資産額の推計に用いられる地域メッシュ統計の解像度

註4：海面更正気圧の傾度から求めた風向と風速

付録2 IPCC第4次評価報告書で利用された世界シナリオ

IPCC第4次評価報告書で利用された世界シナリオを作成の手順に沿って概観する。まず、社会経済・排出シナリオが作成された³⁸⁾。このシナリオは報告書の名前(Special Report on Emissions Scenarios)からSRESと呼ばれる³⁹⁾。SRESでは、世界の発展方向を定性的に示した4つの叙事的シナリオ(「ストーリーライン」と呼ばれる)が作成された。4つのシナリオとは高成長社会シナリオ(A1)、多元化社会シナリオ(A2)、持続発展型社会シナリオ(B1)、地域共存型社会シナリオ(B2)である。いずれも今よりも一般的に豊かな将来世界を描いたものであるが、温暖化対策に関連する政策を含んでいない。ゆえに、全てなりゆきシナリオである。次に、4つの叙事的シナリオに対応する定量的な社会経済・排出シナリオを6つの研究機関がモデルを利用して作成した。この定量的なシナリオの対象期間は2000年から2100年までで、10年間隔でデータが作成された。また、データは4つの地域、すなわち①1990年時点でのOECD加盟国(OECD90)、②東欧・中欧諸国および旧ソ連諸国(REF)、③アジア(中東を除く)の発展途上国(ASIA)、④上記に含まれない、アフリカ、ラテンアメリカ、中東の発展途上国(ALM)について整備された。各叙事的シナリオについて、6つのモデルを代表する「マーカーシナリオ」が1つずつ選ばれた。

次に、SRESを利用して気候シナリオが作成された。このシナリオはプロジェクトの名前(Coupled Model Intercomparison Project Phase 3)からCMIP3と呼ばれる⁴⁰⁾。CMIP3では、SRESで開発されたマーカーシナリオの濃度シナリオを全球気候モデルの入力値として気候予測シミュレーションが行われ、気温や降水量をはじめとする様々な要素の時空間分布が計算され、21世紀中の気候変化の見通しが示された。示された見通しはSRESのシナリオ毎に整理され、複数のモデルによる結果の幅も示された⁴¹⁾。

付録3 IPCC第5次評価報告書に向けて準備されている世界シナリオ

IPCC第5次評価報告書(AR5)に向けて新しい世界シナリオが開発されている。従来のSRES世界シナリオの開発では、様々な社会経済状況に基づき温室効果ガス排出経路を算定し、それを入力データとして気候変化を推計して、最後に気候変化の自然環境や社会経済への影響を評価する手順が採られていた。この方法は、温暖化メカニズムの因果関係に沿った手順であるが、シナリオ開発を完結させるには時間がかかる。よって、気候変化の社会経済へのフィードバックなどを考慮し、排出経路・気候変化・温暖化影響を統合的に評価することが難しい。

そこで、IPCC第5次評価報告書で利用される世界シナリオは、まず放射強制力シナリオを開発し、それに基づいて社会経済シナリオと気候シナリオを並行して開発する手順が採用された⁴²⁾。これによって、シナリオ開発にかかる時間を短縮することが可能になる。この放射強制力シナリオはRCPs(Representative Con-

425 centration Pathways) と呼ばれ、これまでに出版された排出シナリオを元にして開発された。大気中への温室
426 効果ガス排出による放射強制力増加を長期安定化させるレベルとして、 $+2.6\text{W/m}^2$ 、 $+4.5\text{W/m}^2$ 、 $+6.0\text{W/m}^2$ 、
427 $+8.5\text{W/m}^2$ の4つが選択された^{42), 43), 44)}。例えば、 $+2.6\text{W/m}^2$ 安定化の場合、産業革命以前の大気と比較して、
428 放射強制力が 2.6W/m^2 増加した状態で2100年以降の大気を安定化させることを指す。この安定化レベルを実現
429 する2000年から2100年までの排出シナリオは無数にあるが、その一例がRCPとして提供されているのであ
430 る。 $+2.6\text{W/m}^2$ に安定化させるシナリオは、これまでに出版された排出シナリオの中から下位10%の値であり、
431 $+8.5\text{W/m}^2$ に安定化させるシナリオは上位10%の値となっている。これらの間の安定化レベルとして、
432 $+4.5\text{W/m}^2$ 、 $+6.0\text{W/m}^2$ の2つが選ばれた。これらのシナリオは、放射強制力に対応して、RCP2.6、RCP4.5、
433 RCP6.0、RCP8.5と呼ばれ、それぞれ、Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)のIMAGEモデル^{45), 46)}、Pacific
434 Northwest National Laboratory (PNL)のGCAMモデル^{47), 48)}、国立環境研究所のAIMモデル^{49), 50)}、International
435 Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)のMESSAGEモデル^{51), 52)}のシナリオが採用された。

436 RCPsの対象期間は2000年から2100年までで、10年間隔で様々な温室効果ガス種の排出・濃度・放射強制
437 力シナリオが公開されている。排出シナリオに関しては、5つの地域、すなわち①1990年時点でのOECD
438 加盟国(OECD90)、②東欧・中欧諸国および旧ソ連諸国(REF)、③アジア(中東を除く)の発展途上国(ASIA)、
439 ④中東およびアフリカ(MAF)、⑤ラテンアメリカ(LAM)についてのデータと水平分解能 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ の分布デー
440 タが示されている。

441 現在、RCPsを入力データとした気候シナリオが開発されている。この作業はWCRPの結合モデリング作業
442 部会(WGCM)が中心となり、5カ年計画として取り組まれており、CMIP5(Coupled Model Intercomparison
443 Project Phase 5)と呼ばれている⁵³⁾。

444 RCPsには、温暖化による影響評価で重要な社会経済シナリオが付与されていない。そこで、緩和策・適
445 応策の策定状況を考慮した社会経済シナリオとしてSSPs(Shared Socioeconomic Pathways: 共通社会経済経
446 路)が開発されることとなった^{31), 54)}。SSPsは、グローバル化、人口、環境、制度、技術の5つの要素を考慮
447 し、気候政策を考慮しないなりゆきシナリオである。ただし、SSPsとRCPsは独立しており、1対1に対応
448 するものではない。

450 付録4 EU-WATCH WaterMIPシナリオ

451 以下ではEU-WATCH WaterMIPプロジェクトにおける世界シナリオ、すなわち全球水文モデルを用いて温
452 暖化影響評価をするための共通入力データについて述べる。世界シナリオは2007年に第1版が、2010年に第
453 2版が作成された。第1版の気候シナリオは予備検討用に作成された比較的簡易なものである⁵⁵⁾。まず、排
454 出シナリオはSRES A1BとB1の2種類、全球気候モデルはHadCM3とECHAM5の2種類、組み合わせとして
455 は4つである。これらの気候予測情報は線形補間され、 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ にダウンスケールされた。バイアス補正の
456 手法はスケーリング法¹³⁾が指定された。すなわち、観測に基づく全球気候データの1961-1990の月単位デー
457 タに、気温に関しては気候予測情報の変化量(2071-2100の月平均気温から1961-1990のそれを引いたもの)を
458 加え、降水量に関しては変化率(2071-2100の月平均降水量の1961-1990のそれに対する比)を掛ける手法で
459 ある。この作業は参加者が各自で実施した。用意された気候予測情報の時間解像度は月単位であり、それよ
460 り細かい時間内挿は必要に応じて参加者が実施した。この他に必要な入力データの準備は参加者に任されて
461 いた。このため、参加者によって海陸分布が異なるなど、整合性に問題が生じた⁵⁵⁾。

462 第2版の気候シナリオはプロジェクトの最終的な報告用に作成された洗練されたものである。排出シナリ
463 オはSRES A2とB1の2種類、全球気候モデルはECHAM5、CNRM-CM3、IPSL-CM4の3種類、組み合わせとし
464 ては6つである。気温と降水についてバイアス補正が行われ、それ以外の気圧、風速、放射、湿度に関して
465 は気候モデルの出力値がそのまま利用された。バイアス補正の手法は累積密度関数法¹³⁾の一種で、過去のあ
466 る期間において気象変数の頻度分布および大きさが過去の観測と一致するようモデルの出力を変換する関数
467 を作成し、それを気候予測情報に適用するものである^{56), 57)}。これは月単位の変化量だけを現在気候に加える
468 スケーリング法と比較して、頻度分布変化も補正できるという利点がある。水平分解能と時間分解能はそれ
469 ぞれ $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 、日単位である。地理情報については、海陸分布と河道網が共通化されたが、その他につい
470 ては参加者が各自用意することになった。

473 付録5 S-8気候シナリオの気候モデルの選択

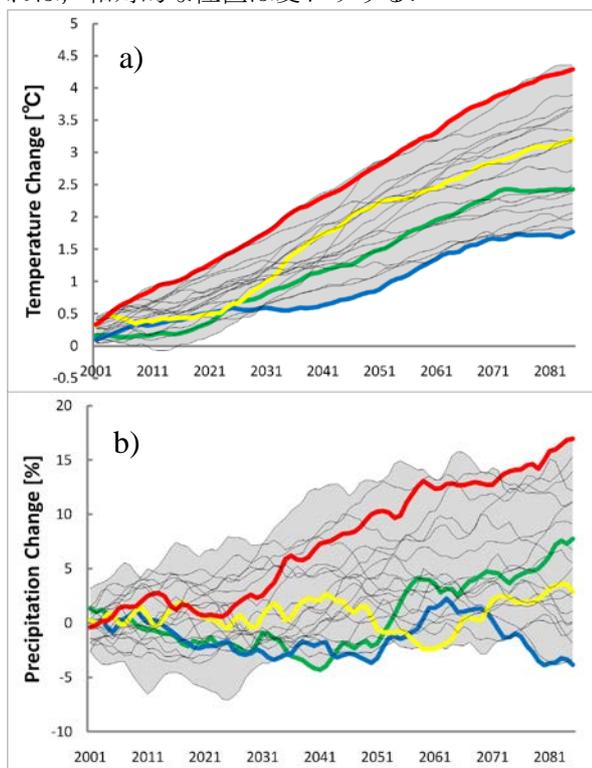
474 475 Gleckler et al.はCMIP3に参加した22モデルによる20世紀再現実験結果に関して、過去の気候値の再現性能
476 を測る26種類のメトリクスを算定し、その平均値をMCPI(Model Climate Performance Index; モデル気候再
477 現性能指標)と呼んで、メトリクスの総合値として示した²⁰⁾。メトリクスは北半球と南半球に分けて示され
478 ているが、S-8の研究対象が日本である以上、北半球のメトリクスのみを参照した。Gleckler et al.は評価対象
479 の気候要素の選択や総合化の際の重みづけに恣意性があることから、総合値のみを用いることに対して懸念

480 を述べている²⁰⁾。そのため、総合値の上位2モデルを選択するのではなく、総合値の上位半分にある10の全
481 球気候モデルを候補としてまず採用した。

482 次に、付録4と同じ方法を用いて、各全球気候モデルの気温の変化量と降水量の変化率を求めた。ここで
483 利用したのは日本の陸地に対応するメッシュのみである。ここで、21の全ての全球気候モデルに関して、
484 2001-2085年の各年について、20年移動平均を求めた。

485 気温と降水量の結果をそれぞれ図-2aと図-2bに示す。気温の変化を見ると、MIROC3.2hiresは変化が最も
486 大きいモデルの一つであり、MRI-CGCM2.3.2は全体の幅の下から1/3程度に位置するモデルの一つであるこ
487 とが分かる。降水の変化をみると、MIROC3.2hiresは、少なくとも21世紀後半において、変化が最も大きい
488 モデルの一つであり、MRI-CGCM2.3.2はやはり全体の幅の下から1/3程度に位置するモデルの一つであるこ
489 とが分かる。ここで、Gleckler et al.のメトリクスの上位10のモデルにおいて、CSIRO MK3.0は気温と降水量
490 変化ともに最も変化が小さく、GFDL CM2.1は気温変化が全体の幅の上から1/3程度に位置するモデルである
491 (ただし、降水量変化については全体の幅の下から1/3程度にあるモデルである)。よって、MIROC3.2と
492 MRI-CGCM2.3.2にCSIRO MK3.0とGFDL CM2.1を加えることにより、気温と降水量については、CMIP3による
493 気候予測情報の幅を捉えることができると考えられる。

494 ここで、以下の点については注意が必要である。まず、利用したメトリクスは北半球についてのものであ
495 り、日本の気象についてのメトリクスではない。また、図-2で示された各モデルの相対的な位置はあくまで
496 日本全域の平均値に関するものであり、かつ20年移動平均の年平均値である。地域性や季節性などを考慮す
497 れば、相対的な位置は変わりうる。



498

499 図-2 SRES A1B排出シナリオに基づく21の全球気候モデルの日本域の気候予測情報。a)1981-2000年を基準
500 期間とした気温変化の20年移動平均。b)降水量変化率の20年移動平均。赤はMIROC3.2hires, 黄はGFDL
501 CM2.1, 緑はMRI-CGCM2.3.2, 青はCSIRO MK3.0, 黒はその他のモデルである。
502

503

504 参考文献

- 505 1) IPCC (2007a) Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment re-
506 port of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- 507 2) 文部科学省, 気象庁, 環境省(2009)温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」。
508 65pp.
- 509 3) IPCC(2007b) Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth as-
510 sessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 511 4) 環境省地球温暖化影響・適応研究委員会(2008)気候変動への賢い適応ー地球温暖化影響・適応研究委員会報告書ー。
512 340pp.
- 513 5) 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2008)地球温暖化「日本への影響」ー最新の科学的知見ー。94pp.
- 514 6) 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2009)地球温暖化「日本への影響」ー長期的な気候安定化レベルと影響リ
515 スク評価ー。38pp.

- 516 7) 環境省, S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究. <http://www.env.go.jp/houdou/gazou/12772/s-8.pdf>, (参
517 照 2011-8-31) .
- 518 8) 気象庁(2004)気候統一シナリオ第2版.
- 519 9) 気象庁(2005)地球温暖化予測情報 第6巻.
- 520 10) K-1 model developers (2004) K-1 coupled GCM (MIROC) description. Center for Climate System Research (CCSR), Universi-
521 ty of Tokyo; National Institute for Environmental Studies (NIES); Frontier Research Center for Global Change (FRCGC) , 34pp.
- 522 11) 田中信行, 中園悦子, 津山幾太郎, 松井哲哉(2009)温暖化の日本産針葉樹 10 種の潜在生育域への影響予測. 地球環
523 境, 14, 2, 153-164.
- 524 12) 横沢正幸, 飯泉仁之直, 岡田将誌(2009)気候変化がわが国におけるコメ収量変動に及ぼす影響の広域評価. 地球環
525 境, 14, 2, 199-206.
- 526 13) 飯泉仁之直, 西森基貴, 石郷岡康史, 横沢正幸(2010)統計的ダウンスケーリングによる気候変化シナリオ作成入門.
527 農業気象, 66, 131-143.
- 528 14) 風間聡, 佐藤歩, 川越清樹(2009)温暖化による洪水氾濫とその適応策. 地球環境, 14, 2, 135-141.
- 529 15) 川越清樹, 風間聡(2009)温暖化に対する土砂災害の影響評価. 地球環境, 14, 2, 143-152.
- 530 16) 鈴木武(2009)三大湾および西日本における地球温暖化による高潮被害の予測. 地球環境, 14, 231-236.
- 531 17) 田村憲治, 松本幸雄, 佐々木寛介, 椿貴博, (2009)地球温暖化と大気汚染: 光化学オキシダント濃度への影響と超過
532 死亡リスク. 地球環境, 14, 2, 271-277.
- 533 18) CMIP5, CMIP5 - Coupled model intercomparison project phase 5 – Overview, <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>, (accessed
534 2011-8-31)
- 535 19) Stocker et al (2010) Meeting report of the Intergovernmental Panel on Climate Change expert meeting on assessing and combin-
536 ing multi model climate projections. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland,
537 117pp. <https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/meetings/boulder/boulder.html>, (accessed 2011-08-31)
- 538 20) Gleckler, P. J. et al.(2008) Performance metrics for climate models. *J. Geophys. Res.*, 113, D6, D06104.
- 539 21) Inoue, T. and Ueda, H.(2009) Evaluation for the seasonal evolution of the summer monsoon over the Asian and western North
540 Pacific sector in the WCRP CMIP3 multi-model Experiments. *J. Meteorol. Soc. Jpn*, 87, 3, 539-560.
- 541 22) Nishii, K. et al. (2009) Reproducibility and future projection of the midwinter storm-track activity over the Far East in the
542 CMIP3 climate models in relation to “Haru-Ichiban” over Japan. *J. Meteorol. Soc. Jpn*, 87, 3, 581-588.
- 543 23) Yokoi, S. et al. (2009) Tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific simulated in medium-resolution
544 coupled general circulation models. *Clim. Dyn.*, .33, .5, 665-683.
- 545 24) Iizumi, T. et al. (2011) Evaluation and intercomparison of downscaled daily precipitation indices over Japan in present-day
546 climate: Strengths and weaknesses of dynamical and bias correction-type statistical downscaling methods. *J. Geophys.*
547 *Res.*, .116, .D1, D01111.
- 548 25) Kitoh, A. et al. (2009) Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmos-
549 pheric models in the KAKUSHIN Program: Results of preliminary experiments. *Hydrological Research Letters*, 3, 49-53.
- 550 26) Haddeland, I. et al. (2011) Multi-model estimate of the global water balance: Setup and first results. *J. Hydromet.*, in press,
551 10.1175/2011JHM1324.1.
- 552 27) 国立社会保障・人口問題研究所(2007)日本の都道府県別将来推計人口 (平成 19 年 5 月推計) -平成 17 (2005) ~47
553 (2035) 年-. 厚生統計協会, 217pp.
- 554 28) 脱温暖化 2050 プロジェクト(2007)2050 日本低炭素社会シナリオ: 温室効果ガス 70%削減可能性検討. 19pp.
- 555 29) 加賀昭和(2007)流域圏自然環境の多元的機能の劣化診断手法と健全性回復施策の効果評価のための統合モデルの開
556 発. 環境技術開発等推進事業 (自然共生型流域圏・都市再生技術研究) 研究開発成果報告書, 293pp.
- 557 30) 気象庁(2008)地球温暖化予測情報 第7巻.
- 558 31) van Vuuren, D., et al.(2011) Developing new scenarios as a common thread for future climate research. Working Paper for
559 “Joint IPCC Workshop of Working Group III and II on socioeconomic scenarios for climate change impact and response as-
560 sessments (WoSES)”, <http://www.ipcc-wg3.de/meetings/expert-meetings-and-workshops/WoSES>, (accessed 2011-8-31).
- 561 32) 行政管理庁(1973)統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュ・コード. 昭和 48 年 7 月 12 日行政管理庁
562 告示第 143 号.
- 563 33) 清野 聡(1993)アメダスデータのメッシュ化について. 農業気象, 48, 4, 379-383.
- 564 34) 総務省(2007)平成 17 年国勢調査. <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/index.htm> ,
- 565 35) 国土交通省国土計画局(2007)国土数値情報 (土地利用 3 次メッシュ) 製品仕様書第 1.1 版. 23,
566 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/product_spec/KS-PS-L03-a-v1_1.pdf, (参照 2011-8-31) .
- 567 36) 松井哲哉, 田中信行, 八木橋勉, 小南裕志, 津山幾太郎, 高橋潔(2009)温暖化にともなうブナ林の適域の変化予測
568 と影響評価. 地球環境, 14, 165-174.
- 569 37) 本田靖, 高橋潔(2009)熱ストレスの健康影響. 地球環境 14, 2, 257-262.
- 570 38) 環境省地球環境局(2001)4 つの社会・経済シナリオについて. 温室効果ガス排出削減シナリオ策定調査報告書,
571 150pp.
- 572 39) Nakicenovic, N. and Swart, R.(2000) Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the In-
573 tergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- 574 40) Meehl, G.A. et al. (2007) The WCRP CMIP3 multimodel dataset: A new era in climate change research. *B. Am. Meteorol. Soc.*,
575 88, 9, 1383-1394.

- 576 41) Moss, R.H. et al.(2010) The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756.
- 577 42) Hibbard, K. et al.(2007) A strategy for climate change stabilization experiments. *Eos*, .88, .217-219-221.
- 578 43) Moss, R. H. et al. (2008) Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies.
- 579 IPCC Expert Meeting Report, IPCC, Geneva, <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios.pdf>, (ac-
- 580 cessed 2011-8-31).
- 581 44) van Vuuren, D. P. et al. (2008) Work plan for data exchange between the integrated assessment and climate modeling communi-
- 582 ty in support of phase-0 of scenario analysis for climate change assessment (representative community pathways).
- 583 http://www.aimes.ucar.edu/docs/RCP_handshake.pdf, (accessed 2011-8-31).
- 584 45) van Vuuren, D. P. et al..(2006): Long-term multigas scenarios to stabilise radiative forcing — Exploring costs and benefits
- 585 within an integrated assessment framework. Multigas mitigation and climate policy. *Energy J.*, 3, 201–234.
- 586 46) van Vuuren, D. P. et al.(2007) Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies
- 587 and costs. *Clim. Change*, 81, 119–159.
- 588 47) Clarke, L. et al.(2007) Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations, Sub-report 2.1A of synthesis
- 589 and assessment product 2.1. US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Depart-
- 590 ment of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington DC, 154,
- 591 <http://www.climate-science.gov/Library/sap/sap2-1/finalreport/default.htm>, (accessed 2011-8-31).
- 592 48) Smith, S. J. and Wigley, T. M. L.(2006): Multi-gas forcing stabilization with the MiniCAM. Multigas mitigation and climate
- 593 policy. *Energy J.*, 3, 373–391.
- 594 49) Fujino, J. et al. (2006) Multigas mitigation analysis on stabilization scenarios using AIM global model. Multigas mitigation and
- 595 climate policy. *Energy J.* 3, 343–354.
- 596 50) Hijioka, Y. et al.(2008) Global GHG emissions scenarios under GHG concentration stabilization targets. *J. Glob. Environ. Eng.*,
- 597 13, 97–108.
- 598 51) Rao, S. and Riahi, K. (2006) The role of non-CO2 greenhouse gases in climate change mitigation: Long-term scenarios for the
- 599 21st century. Multigas mitigation and climate policy. *Energy J.*, 3, 177–200.
- 600 52) Riahi, K., Gruebler, A. & Nakicenovic, N. (2007) Scenarios of long-term socio-economic and environmental development un-
- 601 der climate stabilization. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 74, 887–935.
- 602 53) WCRP (2008) CMIP5: Preparing climate simulations and projections for the Fifth IPCC Assessment Report. WCRP news,
- 603 http://www.wmo.int/pages/prog/wcrp/documents/WCRPnews_20081015.pdf, (accessed 2011-8-31).
- 604 54) Kriegler, E. et al. (2010) Socio-economic scenario development for climate change analysis. Working Paper for “Joint IPCC
- 605 Workshop of Working Group III and II on socioeconomic scenarios for climate change impact and response assessments
- 606 (WoSES)”. <http://www.ipcc-wg3.de/meetings/expert-meetings-and-workshops/WoSES>, (accessed 2011-8-31).
- 607 55) Voß, F. et al. (2008) First results from intercomparison of surface water availability modules. WATCH Technical Report, 19pp.
- 608 56) Piani, C. et al. (2010) Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theoretical and*
- 609 *Applied Climatology*, 99, 1, 187-192.
- 610 57) Piani, C., et al. (2010) Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of
- 611 hydrological models. *J. Hydrol.*, 395, 3-4, 199-215.
- 612

613 CLIMATE AND SOCIOECONOMIC SCENARIOS FOR CLIMATE CHANGE IMPACT AND
614 ADAPTATION ASSESSMENTS IN JAPAN

615 Naota HANASAKI¹, Kiyoshi TAKAHASHI² and Yasuaki HIJIOKA²

617 ¹ Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

618 ² Center for Social and Environmental Systems Research, National Institute for Environmental Studies

619
620
621 In order to assess the overall impacts of climate change on a nation and investigate effective adaptation measures, it
622 is important to collect scientific understanding beyond academic disciplines, because impacts of climate change emerge
623 every aspect of the society. Modeling is a widely accepted method to assess future climate change impacts: develop
624 climate and socio-economic environment assumptions in the future (scenarios), run statistical or process based models
625 using the scenarios, and simulate the future situation for each subject and discipline. If a large number of modelers con-
626 duct simulations using a set of common scenarios, one can obtain a multi-disciplinary national perspective of climate
627 change impacts and potential adaptation strategy. In this study, climatic and socioeconomic scenarios for Japan were
628 discussed for climate change impact assessment and adaptation measures investigation by reviewing earlier literatures
629 and latest research activities. A set of scenarios were developed covering the whole Japan, utilizing available informa-
630 tion.

631 Key Words: Climate change, impact assessment, scenario, adaptation
632