

戦略的な気候変動の影響観測・監視の  
ための方向性  
第2版

令和3年3月

気候変動の影響観測・監視の推進に向けた検討チーム



## 気候変動の影響観測・監視の推進に向けた検討チーム

座長・幹事以下五十音順

座長	横沢 正幸	早稲田大学 人間科学学術院 教授
幹事	西廣 淳	国立研究開発法人国立環境研究所 気候変動適応センター 気候変動影響観測・監視研究室 室長
委員	秋葉 道宏	国立保健医療科学院 生活環境研究部 部長
委員	天野 邦彦	国土交通省国土技術政策総合研究所 研究総務官 (令和2年7月20日まで)
	服部 敦	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 水防災システム研究官 (令和2年7月21日から)
委員	池上 貴志	国立大学法人東京農工大学 工学研究院 先端機械システム部門 准教授
委員	石郷岡 康史	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 大規模畑作研究領域気象情報利用グループグループ長
委員	大河原 望	気象庁気象研究所 気象予報研究部 第四研究室 室長
委員	岡 和孝	国立研究開発法人国立環境研究所 気候変動適応センター 気候変動適応戦略研究室 主任研究員
委員	角谷 拓	国立研究開発法人国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター 生物多様性評価・予測研究室 室長
委員	河合 弘泰	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 海洋水理研究領域 領域長
委員	木所 英昭	国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 管理部門 特任部長

委員	駒形 修	国立感染症研究所 昆虫医科学部 主任研究官
委員	小森 大輔	東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 水環境システム 学研究室 准教授
委員	杉浦 俊彦	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業 研究部門 生産・流通研究領域 園地環境ユニット ユニット長
委員	中尾 勝洋	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西 支所 主任研究員
委員	永島 達也	国立研究開発法人国立環境研究所 地域環境研究センター 大 気環境モデリング研究室 主任研究員
委員	野中 最子	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究 部門 家畜代謝栄養研究領域 精密栄養管理ユニット ユニッ ト長
委員	馬場 健司	東京都市大学 環境学部 環境経営システム学科 教授
委員	本城 慶多	埼玉県環境科学国際センター 温暖化対策担当 主任
委員	町田 敏暢	国立研究開発法人国立環境研究所 地球環境研究センター 大 気・海洋モニタリング推進室 室長
委員	森杉 雅史	名城大学 都市情報学部 都市情報学科 教授
委員	横山 天宗	SOMPO リスクマネジメント株式会社 コーポレート・リスク コンサルティング部 上席コンサルタント

(令和3年3月現在)

## (謝辞)

本書の作成にあたり、有識者として以下の方々にご協力をいただいた。この場を借りて深く御礼を申し上げたい。

### 〈 3.2.1 水環境 (特に水質) 〉

国立環境研究所 気候変動適応センター (気候変動適応戦略研究室)  
真砂佳史主任研究員

### 〈 3.3.3 沿岸生態系 〉

国立環境研究所 気候変動適応センター (気候変動影響観測・監視研究室)  
熊谷直喜研究員

### 〈 3.5.1 暑熱 〉

国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター  
小野雅司客員研究員

### 〈 3.5.3 大気汚染 〉

国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター エコチル調査コアセンター  
山崎新センター長

# 目次

第1章 はじめに .....	1
1.1 気候変動の影響観測・監視の推進に向けた検討チーム設置背景 .....	1
1.2 これまでの検討チーム活動 .....	1
1.3 本書の記載内容について .....	3
第2章 気候変動の観測・監視の取組の現状における課題と将来の方向性 .....	9
2.1 気候変動の観測・監視 .....	9
2.1.1 大気・陸面 .....	10
2.1.1.1 大気組成 .....	10
2.1.1.2 気象 .....	13
2.1.2 海洋 .....	17
第3章 気候変動の影響観測・監視の取組の現状における課題と将来の方向性 .....	20
3.1 農業、森林・林業、水産業 .....	20
3.1.1 農業（コメ以外の作物） .....	20
3.1.2 コメ生産 .....	24
3.1.3 果樹生産 .....	28
3.1.4 畜産 .....	31
3.1.5 森林・林業 .....	35
3.1.6 水産業 .....	39
3.2 水環境・水資源 .....	43
3.2.1 水環境（特に水質） .....	43
3.2.2 水資源 .....	48
3.3 自然生態系 .....	50
3.3.1 陸域生態系 .....	51
3.3.2 淡水生態系 .....	58
3.3.3 沿岸生態系 .....	62
3.3.4 海洋生態系 .....	67
3.3.5 生物季節 .....	71
3.3.6 分布個体群の変動 .....	72
3.4 自然災害・沿岸域 .....	74
3.4.1 河川 .....	74
3.4.2 土砂災害・流木災害 .....	77
3.4.3 沿岸 .....	80

3.5	健康	86
3.5.1	暑熱	86
3.5.2	感染症	89
3.5.3	大気汚染	94
3.6	産業・経済活動および国民生活・都市生活	98
3.6.1	産業・経済活動	98
3.6.1.1	産業・ビジネス全般	98
3.6.1.2	エネルギー	102
3.6.1.3	観光業	107
3.6.2	国民生活・都市生活	112
3.6.2.1	国民生活・コミュニケーション	112
3.6.2.2	地方自治体での取組	117
第4章	まとめ	121

## 第1章 はじめに

### 1.1 気候変動の影響観測・監視の推進に向けた検討チーム設置背景

「気候変動の影響への適応計画（平成27年11月27日閣議決定）」に基づき、中央環境審議会の気候変動影響評価等小委員会は、平成29年3月に「気候変動適応策を推進するための科学的知見と気候リスク情報に関する取組の方針」の中間とりまとめを行った。その中では、関係府省庁や関係研究機関が連携・協力し、気候変動及びその影響の観測・監視の取組について体系的に整理し、戦略的に取組を進めていくための考え方について、具体的な検討を進めることが適当であるとしている。

科学的知見に基づいた適応策を検討する際には、基礎情報としての長期的な観測・監視データが不可欠である。これら長期データの確保のためには、観測・監視の取組が、関係府省庁や関係研究機関の所管の枠を超えた連携・協力体制のもとで為される必要がある。そこで、これらの実現に向けた情報整理等を目的として地球観測連携拠点（温暖化分野）のもとに本検討チームが平成29年度に設置された。

### 1.2 これまでの検討チーム活動

#### 平成29年度～平成30年度（第1期）

各年度2回の会合が開催された。平成29年度は主要な論点を「観測・監視（モニタリング）の現状の整理」、「観測・監視についての課題のとりまとめ及び対応策案」の2点として、政府の適応計画7分野に準じた①農業、森林・林業、水産業、②水環境・水資源、③自然生態系、④自然災害・沿岸域、⑤健康、⑥産業・経済活動及び国民生活・都市生活、⑦大気・陸面・海洋観測の各分野における観測・監視の取組について、委員事前アンケートを行った上で、会合にて議論した。平成30年度は関連分野の専門家らに同様のアンケートを実施し、より広い範囲・項目の情報収集・共有が為された上で前年度の結果と合わせた検討を実施し、平成30年度末には本書の初版である「戦略的な気候変動の影響観測・監視のための方向性」を取りまとめ、平成31年3月の中央環境審議会気候変動影響評価等小委員会（第19回）にて報告が為された。

#### 令和元年度～令和2年度（第2期）

各年度2回程度の会合を開催。新規委員にご参画いただき体制を強化することで、より幅広い分野での議論を実施した。第1期に取りまとめた戦略的な気候変動の影響観測・監視のための方向性」をベースに、新たな分野における情報を追加するほか、今後の取組における優先度の検討を実施した。また、各観測項目が各分野にどのように貢献しているか、また、その可能性があるかを整理するために、「付表：各分野における観測の他分野との関連性」



を付録として作成した。

なお、検討に当たり、委員の人員数や専門分野に限りがあることから、極力広い分野を対象としてきたものの、本書のみで観測・監視の取組の全範囲をカバーできているわけではない点に留意が必要である。また、本書で整理した課題や方向性は本検討チームからの一提案であり、気候変動影響観測・監視の関係者への参考情報として、今後の気候変動影響観測・監視体制の充実・強化への一助となることを目的としている。

### 1.3 本書の記載内容について

本書では、気候変動及び気候変動により既に生じているもしくは今後生じうる影響の観測・監視につき、特に重要な分野の専門家に委員として参画いただき、観測・監視の実施・継続・拡充が特に必要な項目について取りまとめ、観測・監視の実施者や観測・監視データを用いて気候変動の影響予測や影響評価を実施する研究者、適応策等の検討を実施する関係者の参考となるような整理を行った。

本書の本論は「気候変動の観測・監視の取組の現状における課題と将来の方向性」(第2章)、「気候変動の影響観測・監視の取組の現状における課題と将来の方向性」(第3章)から成る。尚、第3章は政府の適応計画で整理されている7分野に準じた構成とした。

第2章における記述は分野ごとに以下のような構成となっている。

- ① 各分野における観測・監視の現状における課題について
- ② 各分野における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- ③ 各分野において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理(表)※2

また第3章における記述は分野ごとに以下のような構成となっている。

- ① 各分野における気候変動影響のストラクチャー (図) ※1
- ② 各分野における観測・監視の現状における課題について
- ③ 各分野における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- ④ 各分野において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理(表)※2

#### ※1 ①各分野における気候変動影響のストラクチャー (図)

気候変動がどのように各分野に影響を及ぼしているか分かりやすく示すために、気候変動影響の分野ごとに気候変動が個別の影響として現れるまでにどのような現象を引き起こしているかをフローとして示した図(ストラクチャー図)を整理した。

各分野のストラクチャー図は、委員のエキスパート・ジャッジで作成をしているが、根拠となる論文等がある場合は、ストラクチャー図下に注釈として記載している。

また、以下の方針で色分けをして視認性の向上に努めた。

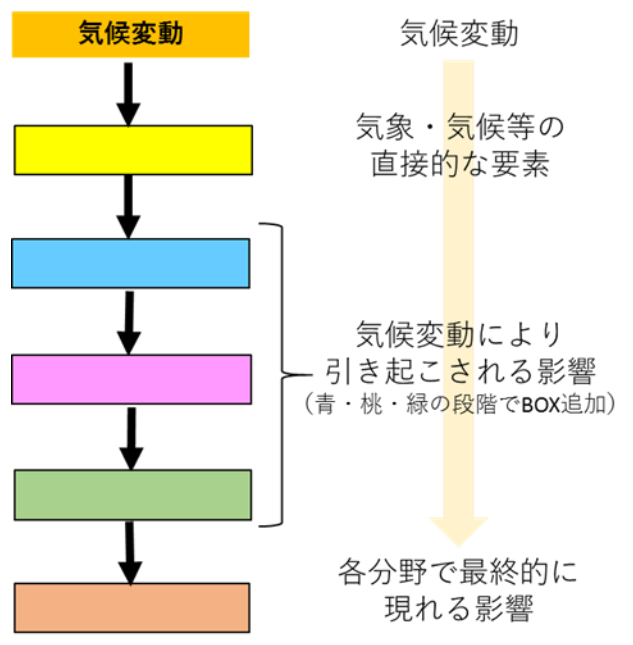


図 ストラクチャー図の色分け

※2 ④各分野において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理(表)

各観測項目に関する気候変動影響の「重大性」「緊急性」「確信度」の評価、及び各項目における観測の有無、観測の実施や拡充の必要性を踏まえ、優先度の整理を行った。なお、評価に当たっては、研究論文等の内容を踏まえるなど科学に基づいて行うことを原則としつつ、専門家判断（エキスパート・ジャッジ）により評価を行った。また、現状では評価が困難なケースは「現状では評価できない」とした。

なお、重大性、緊急性、確信度の評価については、「気候変動影響評価報告書（令和2年12月 環境省）」における評価を参考にした。ただし、各観測項目が複数の気候変動影響に関わる場合、最も深刻な影響に関する評価を採用した。

(各分野において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理例)

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度	課題カテゴリ	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
収量	現業	—	○ 3	●	▲	▲	中	B, C	解像度が粗い
河川流量	現業/研究	—	○ 3	●	●	▲	高	C	

\*「現業 / 研究」の区分は、「研究」(気候変動関連の研究とは限らない)を目的とする観測と、その他実施主体の事業またはその管理を主な目的として実施されている観測(「現業」)を指す。

<観測の有無、観測の実施や拡充の必要性について>

各観測項目について、観測そのものの有無や観測の実施、継続、時間解像度や空間解像度等の向上といった拡充に関する必要性について、以下の評価基準で判断する。

観測	評価	評価基準	
無	○	絶対に必要、今すぐ測るべき	
	△	観測が望ましい	
有	○	観測を継続する	
	○	1	時間解像度(頻度など)を高めるべき
		2	空間解像度(地点数、範囲など)を高めるべき
		3	データ状態やアクセス性(デジタル化、公開など)を改善すべき 他分野とのデータ共有や連携がなされるべき
△	観測の強化が望ましい		

<影響評価報告書における評価結果 重大性、緊急性、確信度について>

① **重大性**：影響の程度(エリア・期間)、影響が発生する可能性、影響の不可逆性(元の状態に回復することの困難さ)及び当該影響に対する持続的な脆弱性・曝露の規模の切り口をもとに、社会、経済、環境の観点で判断する。

#### 社会の観点

- ・ 人命の損失を伴う、もしくは健康面の負荷の程度が特に大きい。
- ・ 地域社会、文化的資産、コミュニティサービスへの影響の程度等が特に大きい。

### 経済の観点

- ・ 資産、インフラ、雇用機会の損失など、経済的損失の程度等が特に大きい。

### 環境の観点

- ・ 生物多様性や生態系サービスの損失の程度等が特に大きい

評価	評価基準
●	特に重大な影響が認められる
◆	影響が認められる
—	現状では評価できない

なお、気候変動影響評価報告書では一部の項目において、＜RCP2.6 及び 2°C 上昇相当＞及び＜RCP8.5 及び 4°C 上昇相当＞の 2 つの場合に分けて重大性が評価されているが、本書ではより影響が大きい方の評価を採用した。

- ② **緊急性**：影響の発現時期及び適応の着手・重要な意思決定が必要な時期に関して、双方の観点を加味し、どちらか緊急性が高いほうを採用する。

評価	評価基準
●	高い
▲	中程度
■	低い
—	現状では評価できない

- ③ **確信度**：IPCC 第 5 次評価報告書の確信度の考え方をある程度準用し、研究・報告のタイプ（モデル計算などに基づく定量的な予測／温度上昇度合いなどを指標とした予測／定性的な分析・推測）、見解の一致度の 2 つの観点で評価する。研究・報告の量そのものがかなり限定的（1～2 例）である場合は、その内容が合理的なものであるかどうかにより判断する。

評価	評価基準
●	高い
▲	中程度
■	低い
—	現状では評価できない

### <優先度>

以上に基づき、優先度が高い観測・監視項目を以下の判断基準で整理した。なお、確信度

については、観測データの不足が原因で低くなっている可能性があることから、優先度の判断には用いなかった。

### 優先度

高：重大性、緊急性がともに●、観測の評価が○、○または○

中：重大性、緊急性のいずれかが●、観測の評価が○、○または○

低：上記以外

### <課題カテゴリー>

観測・監視の取組における課題については、その課題の性質により下記 A)~J)に区分を行い、各分野にて特に重要と思われる観測項目について、課題がある場合は対応する課題カテゴリーを記載した。

- A) 技術的な制約等により観測が為されていない、もしくは観測の有無が不明
- B) 観測が為されているがデータの入手が困難、もしくは入手方法が不明
- C) 観測が為されておりデータも入手できるが研究への活用が困難  
(例：数値の読み込みが困難 など)
- D) 既存の観測において予算や人員等の不足により観測の継続が困難
- E) 過去に観測が実施されていたものの現在まで継続されていない
- F) 他分野・組織等とのデータ共有や連携が必要 □具体例を備考欄に記載
- G) 紙ベースのデータのデジタル化が必要
- H) 時間解像度の向上が必要
- I) 空間解像度の向上が必要
- J) 観測範囲の拡大が必要
- K) その他

#### ■ 観測システム等に係る課題：A, B, C

技術的な制約等により観測システム自体が存在していないことが挙げられた(A)。また、観測システムが存在することは認識されているものの、データが非公開もしくは実施主体のもとで眠ったままであることによりデータの入手が困難となっている場合や(B)、バイナリデータが入手可能であっても、データのユーザーによってはテキストデータでないことにより研究への導入が困難な場合がある。研究実施に制約を与え得ることが懸念されている(C)。

#### ■ 観測の継続性等に係る課題：D, E

既に実施されている観測でその重要性が認識されているながら、研究機関やプロジェクト

によって取得・整備されたデータは十分な引き継ぎがされないまま失われる懸念のほか、長期継続に必要な予算が確保されていない懸念がある。また、観測およびそのデータ解析に携わる人材の確保・維持が困難な場合が挙げられる (D)。また、過去に観測が実施されていながら、プロジェクト等の終了に伴い観測が終了しているケースもある (E)。

■ 観測データへのアクセスの利便性及び媒体に係る課題：F, G

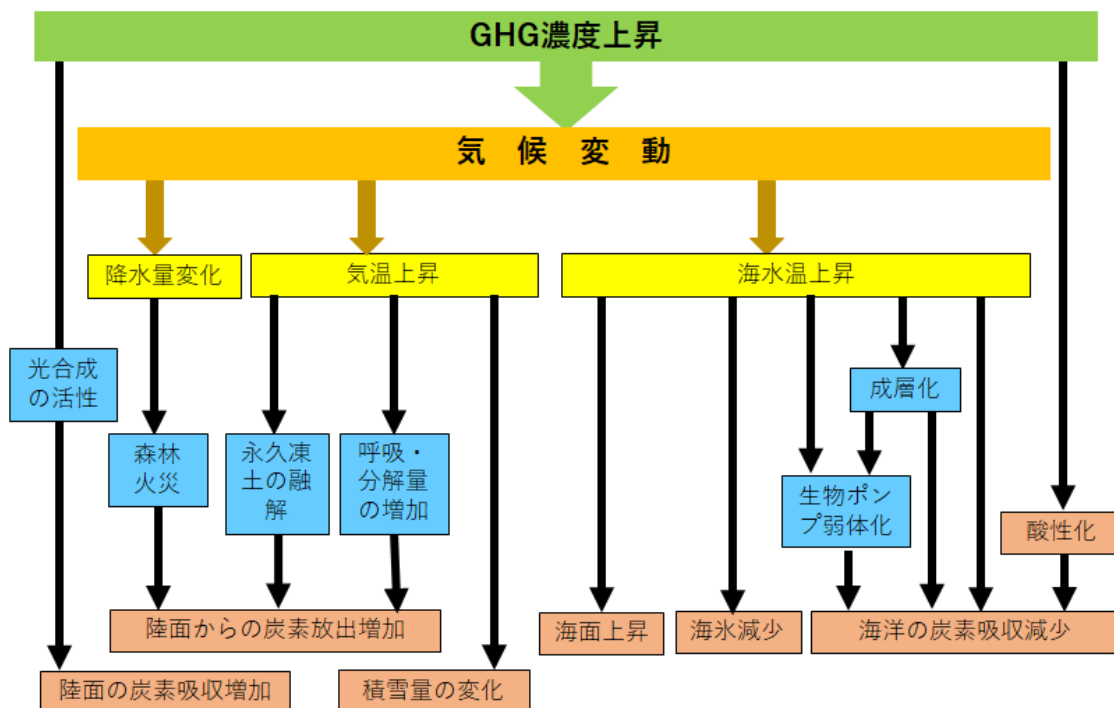
各機関・組織が保有している観測データや、研究を進める上で必要となる他分野の観測データへのアクセスに不自由がある点が挙げられており、解決に向けた組織間および分野間の連携、一元管理するプラットフォームの設置等が求められている (F)。また、紙ベースで保存されているデータ (過去の観測を含む) のデジタル化やデータベース化に向けた取組など (G)、データ利用の効率化に関する課題も挙げられている。

■ 観測の高度化に係る課題：H, I, J

研究の高度化に向けて観測の時間解像度の向上 (H) および空間解像度の向上 (I) が必要とされる場合や、特定のエリアのみで実施されている取組についてそのエリアの拡大・追加が必要とされている場合 (J) がある。

## 第2章 気候変動の観測・監視の取組の現状における課題と将来の方向性

### 2.1 気候変動の観測・監視



気候変動を監視するためには、気候の特性評価に決定的に寄与する要素を、地球規模で観測する必要がある。この実現に向けて、国連の関係機関などが連携して、大気・陸面・海洋の領域ごとに気候の監視に必要な観測要素を決定し、地球規模の気候観測システムを構築して観測を実施している。我が国においても、この国際的な枠組み等に基づき、大気・陸面・海洋の各領域において気候の監視に必要な要素の観測を実施している。また、これらの大気・陸面・海洋領域における観測要素は気候変動を評価する上で基礎的な要素であり、産業や水資源、生態系、自然災害、健康等の各分野における気候変動の影響監視にも利用されることが多い。



## 2.1.1 大気・陸面

### 2.1.1.1 大気組成

気候変動による陸上生態系や海洋の応答が炭素循環に及ぼす影響を把握するために必要な温室効果ガス（GHG）の観測には未だ多くの空白域が存在している（2.1.1.1①a）。より定量的な把握に必要な同位体、酸素などの観測データはさらに少ない（2.1.1.1①c）。衛星観測は全球をカバーできるが、観測精度などの課題が残っている（2.1.1.1①b）。二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）以外の GHG 観測や森林フラックス観測もさらなる充実が望まれている（2.1.1.1①d, e）。気候変動に対して脆弱な北極域や影響が懸念される森林火災からの GHG 発生の監視体制も不十分である（2.1.1.1①f）。データ利用の観点からは標準化と公開を促進する仕組みが必要である（2.1.1.1①g）。

#### ① 大気組成観測・監視の現状における課題について

- a. 気候変動による陸上生態系や海洋の応答が炭素循環に及ぼす影響を知るには大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）など温室効果ガス（GHG）濃度の分布や変動を知る必要があるが、アジア域、南米、アフリカ、シベリア等では観測が不足している。さらに、地上に比べると上空のデータは圧倒的に不足している。
- b. 近年人工衛星による GHG 観測が全球規模のデータ提供を可能にしているが、雲による観測妨害や観測精度、バイアス等の課題が存在している。
- c. 炭素循環解明のプロセスの理解につながる GHG の同位体や酸素濃度の高精度データは観測・監視の取組という意味では不足している。
- d. 陸上生態系の CO<sub>2</sub> 応答を直接的に観測するフラックス観測は地域的・植生分布的に大きな不均一がある。
- e. メタンなど CO<sub>2</sub> 以外の GHG は自然起源の発生源も多種にわたっており、気候変動の影響を受けたフラックスの変動が懸念されるが、濃度、同位体ともに観測データが十分でない。
- f. 気候変動に対して脆弱な永久凍土地帯を含む北極域では CO<sub>2</sub> やメタンの放出増加が予想されている。また気候変動による乾燥化で増える森林火災によってこれらのガスの放出が増えることも懸念されている。北極域や森林火災からの温室効果ガス監視体制も十分ではない。

- g. 観測に用いる標準スケールの違いやデータ品質の違いからデータの統合に支障が生じている。また、観測メタデータの整備や公開が不十分である。
  - h. 放射エネルギー収支や大気循環等の変化を通じて気候変動に影響を及ぼす大気中のエアロゾルやオゾン等のデータが不足している。
- ② 大気・陸面観測における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 国際連携のもとでアジア等観測空白域の観測インフラ整備及び観測体制の支援を行う。また、船舶や航空機を利用した観測の拡大が望まれる。
  - b. 観測値の確実な品質管理が為され、各国・各研究機関の観測値が比較可能な状態となる必要がある。国際度量衡機関等との協力により各機関間の GHG 濃度・同位体スケールの統一が求められる。
  - c. 研究ベースの観測データの提供を促進するためには、データを提供することでデータ提供者にメリットが得られるデータ公開の体制や、データセットの作成・品質管理を評価する仕組みが必要となる。

③ 大気組成観測において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
観測空白域におけるGHG濃度	研究	—	○ 1, 2	●	●	●	高	A, H, I, J	
GHG濃度の衛星観測	研究	—	○ 2	●	●	●	高	J, K	精度やバイアスの課題
同位体観測ならびにCO2以外のGHG観測	研究	—	○ 1, 2	●	●	●	高	H, I, J	
GHGのフラックス観測	研究	—	○ 1, 2	●	●	●	高	H, I, J	
永久凍土地帯や森林火災の監視	研究	—	○ 2	●	●	▲	高	A, J	
データの品質監視およびデータ公開の促進	研究	—	○ 3	—	—	—	—	K	データ品質
エアロゾルやオゾン等の観測	現業/研究	—	○ 2	●	●	●	高	A, I, J	研究の課題

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

### 2.1.1.2 気象

気象分野における気候変動の観測・監視については、地上および高層大気中の気温、水蒸気、風向風速、放射収支などが気候変動を評価する要素として必要な他、気候変動をより包括的に評価するために陸面領域の積雪等の要素も必要とされる。大気・海洋大循環のエネルギー源である日射量の高精度の観測が維持されており、地上観測については気象官署等における観測の蓄積があるが、湿度観測（2.1.1.2①d）、観測データ品質に影響を及ぼす観測環境等メタデータ（2.1.1.2①b②b）の改善が望まれる。気象官署以外を含め多くの観測が行われてきたが、古いものの多くは紙媒体等のまま保存されており、利用環境を向上させることが課題である（2.1.1.2①c, f②d）。研究目的で行われた観測についても気候変動監視に利用できるように体制の構築が求められる（2.1.1.2②f）。人間活動への影響の大きい、繰り返し間隔が長い顕著現象・目視によるしかない観測項目などについても過去の把握を進めるとともに監視技術の向上を図る必要がある（2.1.1.2①e②c）。気候変動監視を主な目的としていない観測にも、気候変動監視へ利用可能なものがあると考えられ、今後の継続性や過去データとの接続などの課題もあるが、利用について検討を進める必要がある（2.1.1.2①g, h②e, g）。大気全体の監視のためには高層のデータも重要であり、充実が望まれる（2.1.1.2①a②a）。

#### ① 気象観測・監視の現状における課題について

- a. 高層大気における、水蒸気（現状：ラジオゾンデによる高層気象観測）に関するデータが不足している。
- b. 過去の観測によると、気候変動は  $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 程度と小さいため、それらの検出のためには、高精度の長期観測データが必要となる。地上気象観測データは観測所・測器の置かれた環境に影響を受ける場合があり、設置環境（Siting）、曝露環境（exposure）や測器自体の問題が十分に議論されていない。測器や設置・曝露環境等、観測に関わる情報を示す観測メタデータを記録・保存していく必要がある。
- c. 過去からの気候変動の監視には、過去記録（紙面上の記録）のデータベース化が必要だが、時間とコストがかかるため進行が遅れている。気象官署の観測データについては、気象庁にて、観測開始以来の降水量時別値・日別値、気温日別値のデジタル化が完了し、公開を始めた。区内気象観測については、現在は気温観測値のデジタル化に向けた作業が進められているなどの例はあるが、まだ利用されていないデータは多くあり、データの発掘、リスト化、デジタル化、データベース化の作業を進める必要がある。

- d. 地上の湿度を観測している観測所は気温等に比べて少ない。さらに湿度の観測所の多くは都市にあり、都市化の影響が懸念されるため、非都市地点のデータが必要となる。
  - e. 気象災害を引き起こすような顕著現象など、人間活動への影響の大きい、測器観測の歴史と同程度以上に繰り返し間隔が長い現象、竜巻や雹など、現在も目視のみで観測される現象について、過去記録の掘り起こしが必要である。
  - f. 画像化されている多くの原簿等のデータについては、観測場所、日時、要素などの情報が付加されていないものも存在する。
  - g. 実況監視・短期予報への利用を主目的として行われている観測のデータを、気候監視用にも使うことについて認識の共有が重要である。
  - h. 降雨に関する観測としては、気象庁による観測の他に、国土交通省水管理・国土保全局による c-band レーダー雨量計や x-rain (x-bandMP、c-bandMP 統合) による観測が行われている。これらのレーダー雨量計の全国的な配備に伴い、近年では詳細なデータが得られているが、観測開始が比較的最近であり過去との比較ができない。
- ② 気象観測における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 気候の将来予測の精度向上のためには、高層に関する観測が重要であり、高層における定常的直接観測手段と、成層圏を観測するための高精度かつ低廉な湿度センサーの開発を進める。
  - b. 地上気象観測はこれまで長く行われ、今後も継続すべき、気候変動監視において最も基礎的かつ重要な観測である。観測データのみならず観測所設置環境や測器曝露情報に関する情報（メタデータ）の標準化と、効率的な取得方法の開発を進めるとともに、これらが観測値に及ぼす影響についても、知見を蓄積する。測器の種類・型式、運用方法（データのサンプリングや平均化方法など）、設置状況（雨量計の助炭など）、周辺環境、メンテナンス記録などについて、過去の情報の収録・整備と、今後の蓄積を進め、履歴が辿れるようにする。
  - c. 気象災害等の人間活動への影響を鑑み、測器観測の開始以前の情報の活用を進める。また、竜巻や雹など、現在も目視のみで観測される現象についても、過去記録の掘り起こしを進める。
  - d. 画像化されている一部の原簿等データについて、観測場所、日時、要素などの情報を付

加して整理を行い、データ利用を容易にするための方策を進める。

- e. 実況監視・短期予報への利用を主目的として行われている観測のデータを、気候監視用にも使うことについて、認識の共有を図る。
- f. 研究機関やプロジェクトによって取得・整備されたデータは、十分な引き継ぎがされないまま失われる懸念がある（例えば担当研究者の退職によってデータの管理者がいなくなり、所在不明になる等）。このようなデータを保存・共有する枠組みが望まれる。
- g. レーダー雨量計による観測の精度向上と長期継続により、気候変動の影響観測・監視に応用可能である。

③ 気象観測において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等		現業/ 研究	観測		影響評価報告書に おける評価結果			優先 度 ※1	課題 カテ ゴ リー ※2	備考	
			無	有	重大 性	緊急 性	確信 度				
大 気	地 上	気温	現業	—	○ 3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup>	
		降水量	現業	—	○ 3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup>	
		気圧	現業	—	○ 3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup>	
		地表面放射収 支	現業/ 研究	—	○ 3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup>	
		風向風速	現業	—	○ 3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup>	
		水蒸気	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup> , I	研究の課題
	高 層	気温	現業/ 研究	—	○ 2	●	●	●	高	I	研究の課題
		風向風速	現業/ 研究	—	○ 2	●	●	●	高	I	研究の課題
		水蒸気	現業/ 研究	—	○ 2	●	●	●	高	I	研究の課題
陸 面		積雪	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	●	●	高	G <sup>※3</sup> , I	研究の課題

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 過去データやメタデータ等、必要に応じてデジタル化が必要

## 2.1.2 海洋

海洋分野における気候変動の観測・監視は、人工衛星、Argo フロート、海洋調査船、沿岸観測などで実施されている。海水温など比較的充実しているデータもあるが (2.1.2①a)、塩分、海面高度、海氷、二酸化炭素分圧、酸性度、植物プランクトンなど、精度や観測範囲が不足している項目が多く存在している (2.1.2①b, d, e, f, g, h)。未利用データの活用や計測標準の管理を含めたデータ品質の監視も課題である (2.1.2①i, j)。

### ① 海洋観測・監視の現状における課題について

- a. 海水温は気候変動の影響を監視する上で最も重要な観測項目である。現在では人工衛星による海面水温観測に加えて Argo フロートによって表層から水深 2000 m までの全球規模の観測網が構築されており、比較的充実したデータ取得が可能となっている。
- b. 海水中の塩分は人工衛星による海面観測では精度が不足しており、海洋調査船による現場観測や Argo フロートによる観測に頼っている。Argo フロートの寿命は約 5 年であり、長期的に観測を維持するための各国の予算確保が重要な課題となっている。
- c. 海洋貯熱量を監視するためには海水温の鉛直分布の長期観測が必要であり、これには Argo フロートが最も効果的である。Argo フロート観測の課題は前述の通りである。
- d. 海面高度の変動を監視するには、人工衛星による観測と沿岸に設置されている潮位計を使った観測方法とがある。衛星海面高度計によって海洋の広範囲にわたって高精度観測が可能となったが、衛星観測の時空間スケールよりも小さい現象が卓越する沿岸域では未だ不確実性が大きい。一方、潮位計観測は大きな変動の中からわずかな経年変動を抽出することが可能となっているが、地域的な不均衡が存在している。
- e. 海氷は人工衛星によってその面積の変動を精度良く把握できているが、海氷の厚みについては大きな不確実性が存在している。
- f. 海水中二酸化炭素分圧については観測が増えつつあるが、インド洋と南太平洋のデータが不足していることによって全球平均値の不確実性が改善されていない。Argo フロートの中でも pH などの計測が可能な Biogeochemical Argo が増えれば二酸化炭素分圧の推定が可能になるが、高額であることから導入に限界がある。
- g. 海洋酸性度については海水中二酸化炭素分圧と同義に推定が可能であるので、観測に対する課題は海水中二酸化炭素分圧と同様である。



- h. 海水中の植物プランクトンは温暖化の影響によってサイズや種類が変化し、結果として海洋表層から深層への炭素輸送効率（生物ポンプ）の弱体化が懸念されている。全球的な植物プランクトンの観測には人工衛星が使われているが、現場観測による検証データの取得時期や海域が限られているためにサンプリングバイアスが存在している。
  - i. 海洋開発等に伴うアセスメント事業などで得られながら、その後利用されていない海洋観測資料がある。
  - j. 特に海洋化学分野では観測データベースの構築によって各国機関の観測データについて集約が進みつつあり、観測実施機関や観測時期の違いによる比較可能性を確保するための計測標準の維持管理、計測標準を適切に使用した測定、データ処理、品質管理といった手法・手順を国際的に統一することが重要である。
- ② 海洋観測における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 海面高度の観測については潮位計観測の不足している地域への観測拡大が必要である。
  - b. 海氷観測においては厚みを検証するための無人潜水艇などを用いた検証観測の充実が必要である。
  - c. 海水中二酸化炭素分圧と酸性度については国際連携によるインド洋と南太平洋東部における観測の展開と **Biogeochemical Argo** 観測などの予算確保が必要である。
  - d. 人工衛星による植物プランクトン観測を有効にするためには、様々な海域での直接観測による検証が必要である。
  - e. Argo フロートを含めた観測網を長期的に維持する国際的な取組みを推進する必要がある。
  - f. 海洋調査船による現場観測は、海洋内部の微小な変化を正確に把握すると同時に、衛星センサーの検証として重要であり、引き続き推進する必要がある。
  - g. 海洋開発等に伴うアセスメント事業などさまざまな目的で得られながら埋もれた観測資料の発掘により、本周辺沿岸域における海洋環境変化に関する資料を充実させる。
  - h. 計測標準の維持管理、計測標準を適切に使用した測定、データ処理、品質管理といった

手法・手順の周知を図り、国際単位系（SI）にトレーサブルで不確かさが付与された、観測データが取得できるような取り組みを推進する。（日本海洋学会発行「海洋観測ガイドライン」が参考になる。）

③ 海洋観測において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
水温（貯熱量）・塩分・二酸化炭素分圧・酸性度	現業/研究	—	○ 1,2	●	●	●	高	D, H, I	
海面高度・海氷	現業/研究	—	○ 2	●	▲	●	中	J, K	精度向上が必要
植物プランクトン	研究	—	○ 1,2	●	▲	■	中	H, J, K	検証データの不足
未利用データの活用	現業	—	○ 3	—	—	—	—	C	
データの品質監視	研究	—	○ 3	—	—	—	—	K	データ品質

※1 p.7-8 参照

※2 p.6-7 参照

## 第3章 気候変動の影響観測・監視の取組の現状における課題と将来の方向性

### 3.1 農業、森林・林業、水産業

#### 3.1.1 農業（コメ以外の作物）

農業における気候変動影響の検出および将来の予測には作物ごとの最終収量のみならずフェノロジー（栽培暦、出穂時期、収穫時期）に関するデータが重要である。しかし、コメについては比較的整備されているものの、コメ以外の作物についてはほとんどない。

また一般に、基本的な気象要素と作物栽培状況をリアルタイムで観測する測器が全国に配置され、それらのネットワーク化が急務である。また、データ充実のために、紙媒体で保存されているケースが多い都道府県の保有する栽培試験データを解析に利用するために加工しデータベース化することが望ましい。その際、個人情報を含んでいるため、関係機関の協力が重要である。

コメ以外の主な作物として、ムギ類、ダイズをはじめとする豆類そして根菜類があげられるが、コメ同様に全国的な気候変動の影響監視に利用可能な観測データ等は整備されていない。ムギ、ダイズはイネの場合と同様の気象要素ならびにフェノロジーの観測データの整備が要求される。根菜類は地下部の物理的環境が生育・成長に影響するので、地温および土壌水分環境のモニタリングあるいはそれらの推定を可能にする気象要素データが必要となる。また、これもコメと共通するが、栽培管理の変化や栽培品種（およびその環境応答特性）の時系列変化データもモニタリングに役立つ。

野菜、とりわけ露地栽培の野菜は、栽培されている品目・品種が多様であり、また収穫までの栽培期間が水稻や果樹に比べると短く、1年中のどの時期でも日本中のどこかで栽培・収穫可能である。したがって全国的な影響評価は困難であり実際、研究例はほとんどないが、逆に地域を絞って栽培時期や栽培品目・品種の変化を定点観測することで気候変動の検出が可能になるかも知れない。さらに、全国的な販売・流通戦略の変化を表わすデータも利用可能性が高い。

#### ① 農業における気候変動影響のストラクチャー

(3.1.2以降の各章の図を参照)

#### ② 農業（コメ以外の作物）での観測・監視の現状における課題について

- a. コメと同様に、作物に対する影響評価においてはフェノロジーデータ（栽培暦、出穂時期、収穫時期）が重要であるが、現状では利用可能なデータが不足している。コメは比較的整備されているが他の作物はほとんどない。果樹や野菜などに関するデータも少ない。衛星観測データによる推定も利用可能な場合もあるが、詳細な個別作物について

の情報は得られない。

- b. 一般気象要素については、信頼性の高い長期・高密度（時間的・空間的）データが必要であるものの、とりわけ湿度や日射量のデータが不足している。湿度データは作物の生育・成長の推定精度向上に寄与し重要である。衛星観測データや気候モデル出力値も利用可能だが、信頼性が不十分であり、代替データとしての使用は難しい場合が多い。
  - c. 山岳域での風速や積雪量の高精度かつ高密度（時間的・空間的）な長期データは、施設も含めた野菜生産ならびに農業水資源量の評価において有益な情報である。
  - d. 作物生産における非常に短い時間スケールで起こる現象（受粉過程など）の高精度な予測のためには、少なくとも 1 時間単位での一般気象要素データが整備されることが必要である。
  - e. 一般気象要素であっても、時間的な解像度が高い観測データは多くは存在していない。近隣の蓄積された気象データとセットでうまく分析し、ターゲットとなるサイトのデータを時間的にダウンスケールする方法の開発が期待される。日射量や降水量の時間的なダウンスケールは農業だけでなく、防災、人間の健康被害の観点からも必須である。
  - f. 作物の生育・成長に最も関係する日射量の観測点は少なく、農耕地を中心としたなるべく多くの地点で日射量の観測が行われることが望ましい。
  - g. 都道府県の保有する栽培試験データは紙媒体で保存されているケースが多く、それらを解析に利用するための加工に時間と労力を要している。また、既存の統計資料については行政界別に集計されたものが多いため、行政界の変遷に伴う対象地域の特定作業が発生する。グリッドなどへのデータ変換が行われることが望ましい。
  - h. 茶や根菜類などでは土壌水分や地温が重要であるが、それらの直接測定あるいは十分な精度で推定することが可能でなく、生育・成長データと合わせて影響を評価できていない。
- ③ 農業（コメ以外の作物）における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 作物の栽培地帯に気象ステーション網を整備し、それに合わせてデジタルカメラを設置してのフェノロジー観測ができるようになることが望ましい。基本的な気象要素と作物栽培状況をリアルタイムで観測する測器が全国に配置され、それらがネットワーク化されることが理想的である。

- b. 過去のフェノロジーデータ及び一般気象データ（気温、降水量、日射量、湿度等）、生産量データ、施肥情報、灌漑情報等については、圃場スケールのデータセットが整備・公開されることが望ましい。
- c. 作物栽培地域の時系列変化の把握のためには作物別の栽培地域の分布データが必要となる。各地の農業試験場等で長期間にわたり蓄積されてきた作物別の栽培試験関連データの公開及び統合が為されると、関連研究に非常に有用である。各地の農業普及委員などが農家の生産情報を保有しているが、個人情報を含んでいるため、関係府省庁が取りまとめを実施することが妥当と思われる。
- d. 野菜の栽培期間は短いので、変化の検出力は高いことから、露地野菜の栽培産地における栽培時期ならびに栽培品目・品種の定点観測データはその場所での気候変動影響のモニタリングとして利用できる可能性がある。
- e. 茶や根菜類における影響と適応に向けて、土壌水分および地温の直接測定あるいは十分な精度での推定を可能にする気象観測の整備が望ましい。
- f. 流通・小売業界の協力を得て、全国的な販売・流通戦略の変化に関するデータの収集は有益である。

④ 農業にて重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
フェノロジー	現業	○	—	●	●	▲	高	B, C	
収量	現業	—	○ 3	●	●	▲	高	B, C	解像度が荒い
日射量	現業	—	○ 2	●	●	▲	高	E, J	必ずしも農耕地対象でない
湿度	現業	—	○ 2	●	●	▲	高	E, J	必ずしも農耕地対象でない
管理（施肥の種類と施用量、灌漑水等）	現業	—	○ 3	●	●	▲	高	B, C	
流通・販売戦略	現業	—	○ 3	●	●	▲	高	B, C	

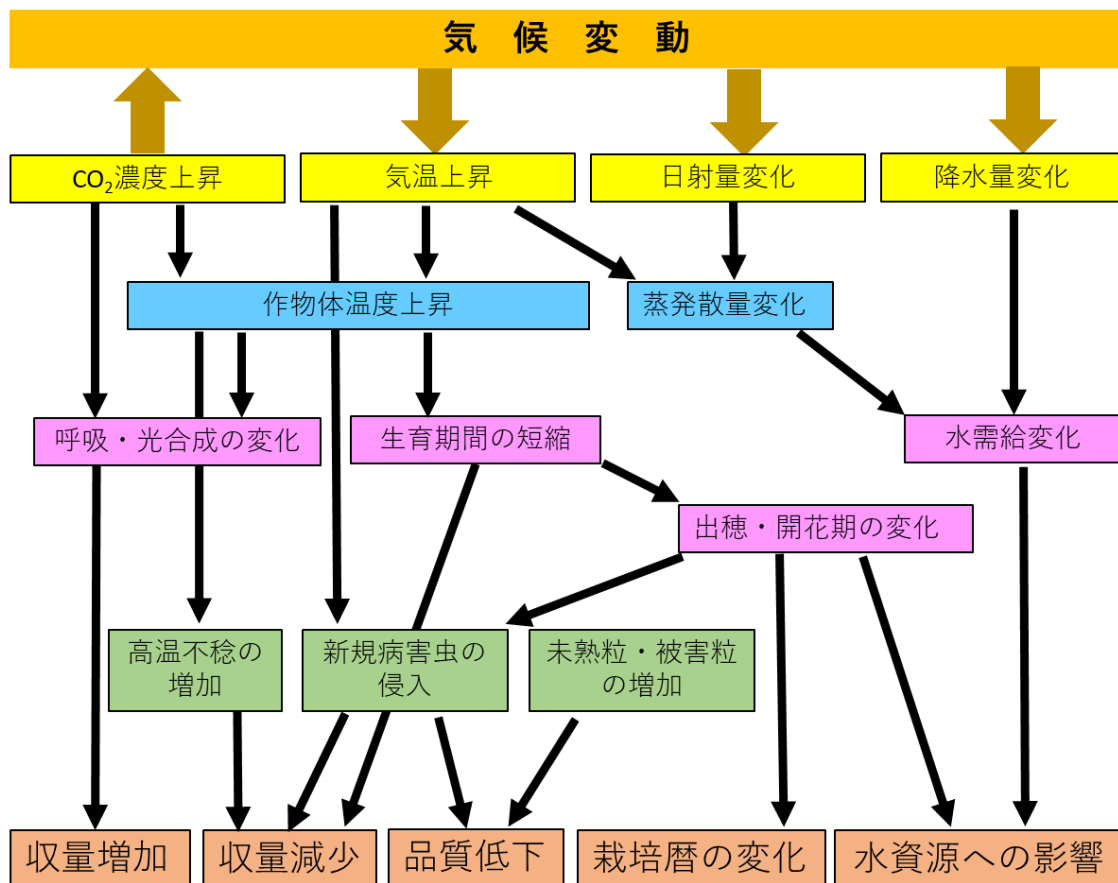
※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

### 3.1.2 コメ生産

コメの収量や品質は、地域や年々の気象条件のみならず品種や栽培条件によっても大きく影響を受けるため、気候変動によるコメ生産への影響を適切に評価するためには、影響評価の指標である収量や品質と併せて、栽培管理（品種、移植期、収穫期、水管理や肥培管理等）や発育段階（出穂・開花期、成熟期等）に関する情報が必要である。一方、気象観測データについては、都市化などの周辺観測環境の変化が無く、且つ水田地帯を代表できる環境での長期且つ均質な観測データが望ましい。そのため、未整備の過去の観測データや気象庁以外の機関で実施されている観測データの掘り起こしとデータベース化、また農耕地気候変動監視を目的とした今後の気象観測体制の確立と強化が必要不可欠である。

#### ① コメ生産における気候変動影響のストラクチャー



- ② コメ生産における観測・監視の現状における課題について
- a. コメ生産の影響評価の指標である、収量（単収）や品質（整粒、未熟粒、被害粒等）および栽培管理（品種、移植期、収穫期、水管理や肥培管理等）や発育段階（出穂・開花期、成熟期等）に関する地点ベースの情報は、農林水産省が実施する基準筆作況調査や都道府県が実施する奨励品種決定調査等により継続的に収集されているが、個人情報保護等の理由で機密性が高く、利用条件は厳しい。
  - b. 気候変動評価目的としては、上記地点ベースでの作況調査等を行政区画ごとに集計した年次統計資料が、農林水産省や各自治体から公表されており、これらを利用することが現実的である。各種年次統計資料は近年についてはデジタルデータが機関 HP で一部公開されているが、多くは紙媒体の冊子形式で保存されているためこのままでは解析に使用できないため、データのデジタル化に多大なコストと時間が必要である。
  - c. 気象観測データについては、都市化などの周辺観測環境の変化が無く、且つ水田地帯を代表できる環境での長期観測データが望ましいが、地上気象観測（官署）は都市や海岸付近近くに位置していることが多く水田環境の代表性に難があり、一方で地域気象観測（アメダス）は地点数が多く設置環境が水田環境を代表できる地点もあるが、観測開始時期が 1970 年代後半以降とやや短い。
  - d. 官署、アメダスとも、長期間移設や観測環境の変化が無く均質な観測データが得られる観測点が足りない。
  - e. アメダス観測点では、コメ影響評価に重要な湿度や日射量の観測を実施していない。また、日射量については官署でも実測を行っている地点は限定され、さらに近年は測候所の無人化（特別地域気象観測所への移行）に伴い、日射量観測地点数は減少している。
  - f. アメダス観測開始以前に全国で行われていた区内気象観測は、長期で高密度の気象情報が得られると期待されるが、デジタル化が殆ど進んでいない。
  - g. 気象観測は、気象庁以外の機関（他省庁、自治体、法人、民間企業等）でも実施されているが、これに関する具体的な情報は極めて少ない。



- ③ コメ生産における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 原データの形式では共有が難しい地点ベースの調査データ（基準筆作況調査データ、奨励品種決定調査データ等）については、項目を最小限に限定する、あるいはグリッド化する等、データを再構築した上で気候変動影響の監視に特化したデータセットとして公開されることが望ましい。
  - b. 国や自治体等で集約された年次統計資料（作物統計等）は、気候変動影響解析目的での使用を考慮し、市町村合併等による影響を極力排し、時系列的均質性が保証されたデータセットとして整備することが必要である。過去分や自治体保有の紙媒体データのデジタル化を進めることが望ましい。
  - c. 気象庁が実施する気象観測について、各地点の履歴や周辺観測環境の変遷を精査し、水田地帯の気候、気象監視に適した観測地点を抽出し、長期気候監視観測点として今後不変の条件で観測が継続できるような体制の構築が重要である。
  - d. 気象庁以外の機関で実施する観測地点の中にも、長期気候監視に適した地点が存在する。農研機構の幾つかの機関で実施する気象観測点においても、長期間にわたり都市化や周辺環境の変化が無く時系列的に均質な観測データが得られている。独自観測には多大な労力とコストがかかるため、関係機関の連携を図り、観測の継続を推進するための仕組みの構築が重要である。
  - e. 気象庁の観測点において、コメ生産の評価に重要な湿度や日射量の実測データの不足が課題となっているが、自治体や他省庁等で実施している独自観測によるデータで代用が可能であることが期待できる。気象庁以外の機関が独自に実施する気象観測に関する情報収集を行い、気候監視目的での利用を促進するための情報の共有化と関係機関の連携について検討する必要がある。

④ コメ生産において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
収量・品質	現業	—	○ 3	●	●	●	高	B,C	
発育段階	現業	—	○ 3	●	●	●	高	B,C	
栽培管理	現業	—	○ 3	●	●	●	高	B,C	
気象庁による一般気象要素	現業	—	○ 2	●	●	●	高	E,J	一部地点での日射量観測廃止
気象庁以外の機関による独自観測	現業	—	○ 3	●	●	●	高	B,C,D,E,F,G	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照



- ② 果樹生産における観測・監視の現状における課題について
- a. 栽培暦、開花期、収穫期、収量、品質、気象災害について、現状では利用可能なデータはほとんどない。
  - b. 各都道府県の調査（開花期、収穫期、品質）が有用なデータと思われるが、未公表もしくは利用条件が不明である。
  - c. 全国の推定をする場合に基礎となる樹種別の果樹園分布のデータがないため、どこで何が栽培されているかは市町村単位でしかわからない。
  - d. 果樹のような畑作物では土壌水分データが極めて重要であるが、信頼性が十分な観測値は得られない場合が多い。
  - e. 日焼けなど短い時間スケールで起こる現象の高精度な予測のためには、少なくとも1時間スケール程度の一般気象要素データが整備されることが必要である。
  - f. 日射量の観測点は少なく、農耕地を中心としたなるべく多くの地点で日射量の観測が行われることが望ましい。
- ③ 果樹生産における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 土壌水分の推定値のメッシュデータを整備する。
  - b. 樹種別の果樹園の分布データ（ポリゴン）を整備する。

④ 果樹生産において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
フェノロジー	研究	—	○ 3	●	●	●	高	B	
収量	現業	○	—	●	●	●	高	B	
品質	研究	—	○ 3	●	●	●	高	B	
気象災害	現業	—	○ 3	●	●	●	高	B	
樹種別果樹園分布	現業	○	—	●	●	●	高	A	
土壌水分	現業	○	—	—	—	—	高	A	※3

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

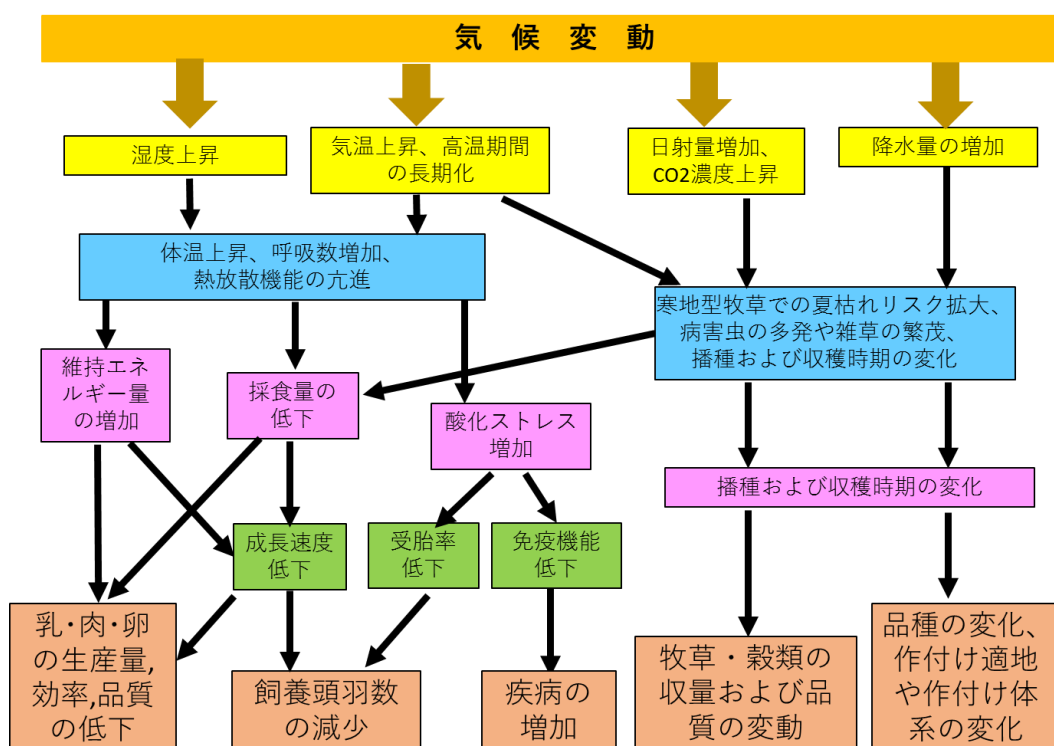
※3 影響評価報告書における評価がないため本書評価基準では優先度の評価不能となるが、重要性の高さによりエキスパートジャッジとして優先度を「高」とした。

### 3.1.4 畜産

家畜・家禽（以下、まとめて「家畜」と記す）は暑熱環境に非常に弱く、日本の現状の夏季においても生産性は低下しており（3.1.4②a）、気候変動により夏季における日平均気温の上昇や夏季における高温期間の延長が生じれば、さらなる生産性の低下が予測される。また高温による負の影響は、家畜の繁殖性や免疫にも影響を及ぼす上、飼料となる牧草や穀類の生育の妨げや品質の低下につながるため（3.1.4①）、安定した畜産物の供給を確保するには、気候変動の短期的および長期的な生産性の予測や、それらに対応するための対策技術が必要である（3.1.4③b）。

これまでに気候変動が家畜の生産性に及ぼす負の影響や将来の予測について公表されたデータは限られているが、過去に得られた気象要因と生産性への影響の解析、あるいは現状の夏季における気象要因と生産性への影響を解析することで、将来予測につなげることは可能と考えられる（3.1.4③b,d）。モニタリング項目としては、畜産業を営む地域における温度、湿度などの気象観測データの連続測定が重要であり、それら地域の夏季における生産性データ把握・収集が必要である（3.1.4②a③a,b,d）。

#### ① 畜産における気候変動影響のストラクチャー



- ② 畜産における観測・監視の現状における課題について
- a. 夏季暑熱が家畜に及ぼす負の影響は、昔から深刻な問題の1つと認識されている。家畜の生産性が低下する気象要因は、気温、湿度、風速などであるが、特に気温（高温）と湿度（高湿）の影響が大きい。地域ごとの気温についてはアメダスなどで数多くモニタリングされているが、湿度については未だ少ない。また、これらの気象観測データは都市部が中心であり、畜産を営む地域の気象状況とは異なっている場合もある
  - b. 家畜への高温環境による負の影響として、採食量、増体成績、生乳生産、産卵成績（産卵率、卵質）、繁殖性などの低下が挙げられるが、夏季において実際の畜産農家で気象データと生産性の変化を把握したデータは不足している。採食量や増体成績（体重）等の項目は、測定の手間や、体重計が必要になり、また、防疫の観点から畜舎内への立ち入りも制限されるため、畜産農家単位で把握することは困難であると予想される。
  - c. 国内の各地域において、畜種、経営規模、畜舎構造および飼養形態は異なる。また、西南暖地や本州の畜舎では、扇風機やミスト、屋根や壁の断熱材の使用、白色塗装などの暑熱対策を行っているところが多いため、全国的に統一された手法での影響観測や監視は難しい。
  - d. 家畜は育種改良により生産性は年々向上している反面、暑熱環境への適応力は低下している。また、日本の気候は南北で異なるが、その地域の気候に適した家畜が遺伝的に選抜されてきた可能性があり、同じ気象条件であっても、生産性への反応が異なる場合が観察されている。
  - e. 家畜・家禽の飼料である牧草や穀類等の温暖化による生産性低下は、飼料費の高騰に直結するため、飼料への負の影響の程度も把握した総合的な評価が必須である。
- ③ 畜産における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 家畜は高温時において、湿度による負の影響も受けるため、湿度測定地点の増加が望まれる。実情に即した気象観測データを得るには、畜舎内に温湿度計を個別に設置することも有用である。
  - b. 全国の公設試などで過去における生産性（採食量、増体成績、生乳生産、産卵成績（産卵率、卵質））や繁殖性などの記録と畜舎内温湿度データが保存されていれば、夏季の温湿度と生産性の低下の程度を解析することは可能である。
  - c. 家畜への高温環境による影響は、畜舎の暑熱対策を含めて評価することになる。

- d. 短期的には、夏季暑熱における気象条件と生産性への負の影響について、可能な限り新しいデータで評価し、標準的なモデル式を作成することが望まれる。長期的には、同じ温湿度の気象条件でも地域ごとに生産性への影響が変わることが懸念されるため、標準的なモデル式を各地域の畜産農家へ当てはめて精緻化した地域ごとの影響予測モデルを開発することが有用である。そのためには、生産性の指標となる項目の測定に協力可能な畜産農家の模索、畜舎内への温湿度計の設置、継続的なデータ保存、温湿度と生産データとのつきあわせなど、生産現場レベルでのモニタリング手法の開発も重要である。
  
- e. 過去の飼料生産等のデータは、公設試などでは保存されている可能性がある。



④ 畜産において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
気温/湿度	現業/研究	—	○ 2	●	●	●	高	J/ E, F	畜産地域 の観測データは少ない
生産性（乳、卵）	現業/研究	—	○ 3	●	●	▲	高	B, G / F	
生産性（体重）	研究	—	○ 3	●	●	▲	高	F	
生産性（体重）	現業	△	—	●	●	▲	中	A	※3
繁殖性	現業/研究	—	○ 3	●	●	▲	高	B, G / F	
生産性（牧草）	研究	—	○ 3	●	▲	▲	中	F	
生産性（牧草）	現業	△	—	●	▲	▲	中	A	※3

※1 p.6-7 参照

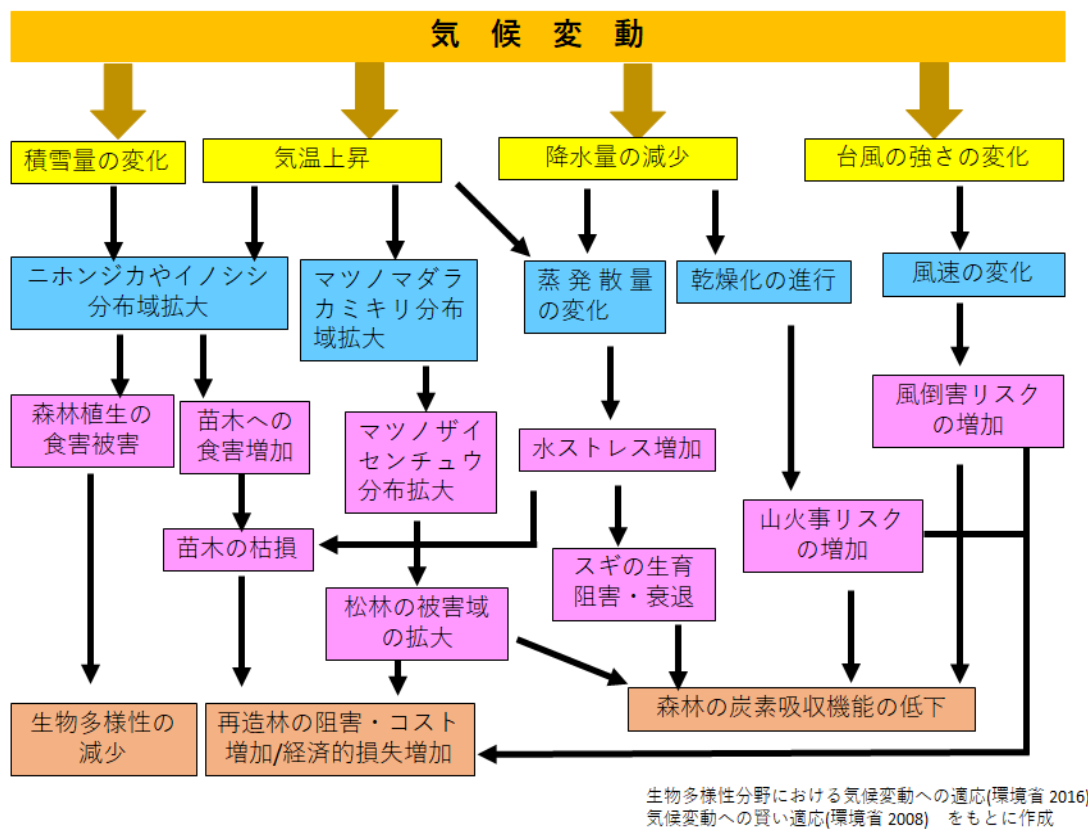
※2 p.7-8 参照

※3 本書評価基準では優先度が「低」となるが、エキスパートジャッジにより「中」とした。

### 3.1.5 森林・林業

森林分野における気候変動の影響把握には、樹木の成長や生残、分布が重要である。広くわが国の森林を対象とした影響把握は、環境省のモニタリングサイト1000や林野庁の森林生態系多様性基礎調査等の観測体制が整備されている(3.1.5②c, d)。また、森林変化の影響を効率的に観測するには、植生帯の移行域などの植生境界に焦点を絞るといった工夫が必要であろう(3.1.5②b)。一方で、林業を対象とした影響把握は、特に初期成長や成林に至る過程での被害発生等に関して基礎となる観測データが不足しており(3.1.5②a)、紙媒体や個別で管理されている情報を共有化する取り組みが不可欠である(3.1.5③e)。さらに、民間企業等が個別に実施する観測網との連携も検討が必要であろう(3.1.5③d)。

#### ① 森林・林業における気候変動影響のストラクチャー



#### ② 森林・林業での観測・監視の現状における課題について

- a. 森林・林業に対する温暖化影響の顕在化の状況把握及び予測のためには林業樹種（スギ、ヒノキ、カラマツ）に関する観測が重要となるが、苗木の生残や風倒木の状況など、基礎となる観測データが現状では不足しており、個体レベルでの生理的応答に関

する研究にとどまっている。

- b. 今後、全国レベルでの温暖化の影響把握には、各地での統一的な基準での調査区の設定と継続調査が検討される必要がある。分布変化については、地域的な違いや生物種ごとの応答の違い（同じ生物でも地域によって反応が異なると予想される）が想定され、全国複数の場所で網羅的に行うことが重要である。これまでの研究から植生帯の移行域（例：常緑樹から落葉樹へと変わる暖温帯から冷温帯）で変化が見られることが指摘されている。例えば、森林総研を中心としたチームでは、筑波山（茨城県）、狩場山（北海道）、ニセコ山系（北海道）において、温暖化に伴う植生や植物種の分布変化把握のための植生モニタリングを実施している。これらの調査は各山塊に標高ごとの永久調査区を複数設け、継続的な調査により分布変化を捉えようとするもので、温暖化に伴う生物種の分布変化を検出する事を目的としている。このように、分布変化を捉える上では、このような移行帯を含むような標高傾度に沿ってモニタリングサイトを設置し、動植物が時系列でどのように推移していくか（もし、過去のデータがあれば、"どう推移してきたか"を比較）を観測することが必要であろう。
  - c. 肥大成長特性の把握には環境省によるモニタリングサイト1000や林野庁による森林生物多様性基礎調査における毎木調査結果が活用可能である。一方、観測精度が一定ではなく、測定間隔も年ごとであるなど、気温変化の季節性等のより詳細な変化の観測や影響を明らかにするには十分でない。
  - d. 森林植生の変化については、林野庁による森林生態系多様性基礎調査が十分に利用可能と思われる。4 km グリットの定点で観測される全国規模のシステムティックな調査であり、天然林も観測の対象とされている上に QA/QC も為され信頼性も高い。さらに、松枯れやナラ枯れによる枯損が疑われる個体の有無、シカ等による食害などについても調査項目があるため、これら被害状況の観測データとしての活用も可能である。
- ③ 森林・林業における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 樹種ごとの肥大成長特性の時系列データを広域及び多地点で得られることが望ましく、自記型デンドロメーターの導入がデータ精度及び時間解像度の高度化と観測労力の低減に貢献する可能性がある。この様なデータは、樹種別の年輪生長量やフェノロジーの空間変化データを用いたプロセスベースモデリングを介して、気候変動影響の定量的な把握につなげることが可能である。
  - b. 松枯れ・ナラ枯れ被害木の分布・量などについて、林野庁や自治体が保有するデータが全国的・統一的なデータベースに整理されることが望まれる。

- c. 主に人工林における森林被害の発生状況については、森林保険の支払いデータが活用可能と思われる。森林（造林地）に対し、何らかの被害（風倒害、林野火災など）あった場合に補償金を支払う制度であり、この支払いに関するデータと過去の気象イベントについてメタ解析を行うことで、気候変動と森林被害の関係性について定量的な解析が可能だと思われる。（過去のデータに関してはデジタル化されておらず、解析ができていない。）
- d. 環境省の観測システム（はなこさん）の継続と同時に、民間企業の取組（携帯基地局における気象条件及び花粉飛散量の観測）との連携を図る。特に継続性に課題はあるものの、営利目的データを気候変動影響研究へ利用できる仕組みの構築が重要である。
- e. 林業分野における気候変動に対する適応策に関する意識の向上が必要である。森林や植生への気候変動影響はゆっくりと長期にわたり現れるものも多いため、森林生態系多様性基礎調査を代表とする森林植生調査の長期継続とそのため予算確保が必要となる。森林・林業分野における気候変動に対する適応策に関する意識の向上とともに、上記調査と学会との協働などによるデータの有効活用と、公開度や知名度の向上が進むことが望ましい。

④ 森林・林業にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/ 研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題 カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
雄花及び花粉飛散量の観測	現業	—	○ 2	●	●	▲	高	J	※3
植栽後の苗木の生残、風倒木等の被害木、被害状況の観測	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	●	▲	高	F, J	※4
樹種ごとの肥大成長の観測	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	●	▲	高	F, J	※5

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 飛散花粉は広く観測されており、飛散予測は一般企業などを含めて行われている。一方、着果段階での雄花生産量の把握に関する観測手法や実施体制、さらに、翌春の飛散予測、温暖化を考慮した将来予測等に関する研究は十分でない。

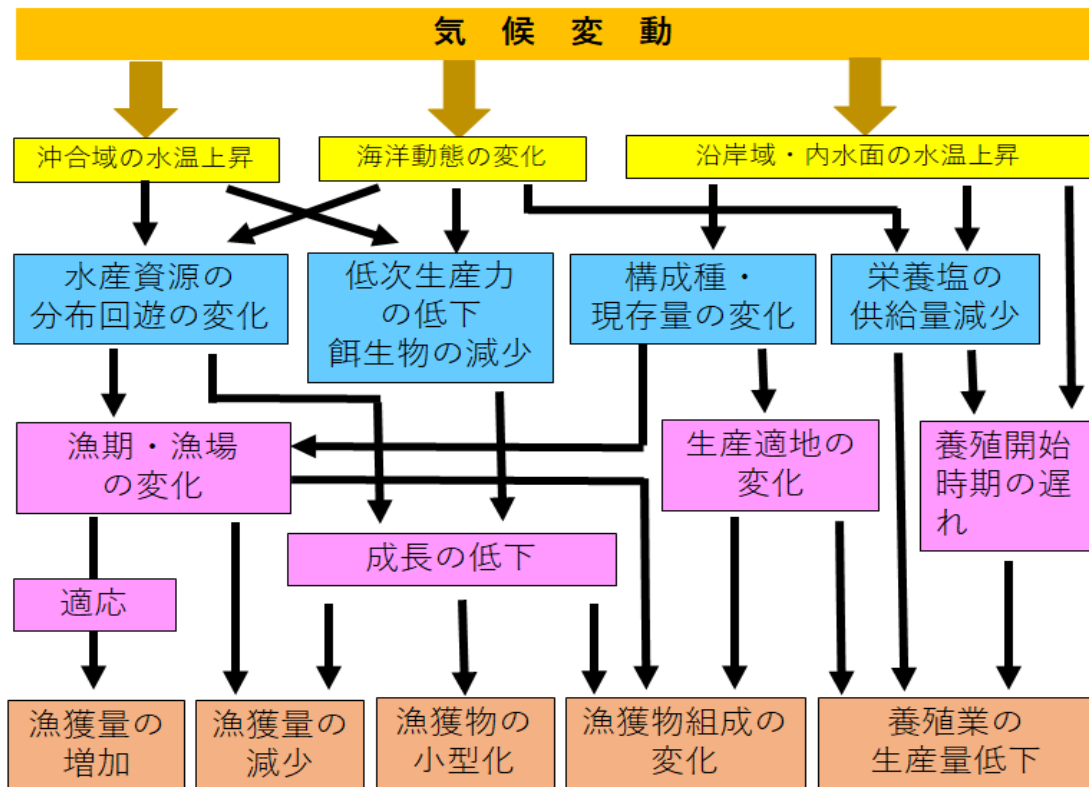
※4 毎年大小の被害が出ているが、網羅的な観測はなされていない。人工林については、被害木に対する森林保険の支払いデータ等が(過去も含めて)活用可能だろう。また、衛星画像や航空機等によるセンシングも検討の対象となり得る。

※5 この様なデータは、気候変動影響の定量的な把握につながるため重要である。既にいくつかの事業(モニタリングサイト 1000 や森林生物多様性基礎調査)において観測が行われているが、観測精度等に課題がある。自記型デンドロメーター等の導入がデータ精度及び時間解像度の高度化と観測労力の低減に貢献する可能性がある。

### 3.1.6 水産業

水産業への気候変動による影響は、適水温に応じた水産資源の分布・回遊域の変化、及び海洋の生産構造の変化によって、各地の漁獲物組成や魚体サイズの変化として生じる。水産資源のモニタリングは水産資源の評価・管理を目的として比較的充実しているのに対し、影響メカニズムの解明・把握に必要な沖合域の低次生産、沿岸域の藻場・海藻群落の監視は継続基盤が弱い状況にある（3.1.6②a, d）。今後、気候変動の影響を意識して水産資源のモニタリングを実施することに加え、影響メカニズムの解明・把握に必要な海洋生態系情報の観測体制の基盤強化と関連する研究機関の連携体制の構築が重要かつ急務である（2.1.2②d, e, 3.1.6③a, d, 3.3.3③d, 3.3.4③a, d）。

#### ① 水産業における気候変動影響のストラクチャー



- ② 水産業での観測・監視の現状における課題について
- a. 水産資源のモニタリングは水産資源の評価・管理を目的として水産庁の事業を中心に実施されており、漁獲統計（漁獲量、漁場位置）など数量的データを基に温暖化の影響を把握することが可能な体制となっている。なお、情報通信技術（ICT）を活用した漁船操業時における水温等の環境データの入手・活用が進む一方、国の統計情報としての漁獲データ（漁獲量、漁獲努力量）の簡素化・対象種の削減が進められており、今後の気候変動の影響を把握する際に支障をきたすおそれがある。
  - b. 水産資源の変動や漁場位置の変化との関連を解析する目的で水温（特に表面水温）データも沿岸域を中心に継続的にモニタリングがされている。水温は水産業以外にもニーズが多いことから、モニタリング体制もかなり充実している。ただし、各沿岸域の海洋観測データ（水温・塩分・流れ）についても長期データベースは少なく、かつ公開されていない場合もある。これらのデータベースの有効利用を計ることも重要である。
  - c. 気候変動による水産資源への影響（資源量の変化、体サイズの変化）メカニズムを把握する上で、餌環境は重要な情報である。しかし、主要な餌生物となる、植物プランクトンや藻類などの低次生産、餌料生物としての動物プランクトン類やその他微小な動物類のデータはモニタリング体制が弱く、情報が不足がちな状況にある。特に、外洋と中深層のデータは入手困難である。そのため、気候変動による水産資源への影響メカニズム過程を、基礎生産・餌生物の変化を介して解析するのが困難となっている
  - d. 沿岸域の藻場は、アワビ、イセエビ等の漁場として重要であることに加え、幼稚魚の成育場としての機能もある。そのため、藻場の変化は沿岸域で漁獲される魚種組成および漁獲量に大きな影響を与える。しかし、藻場の分布域、構成種、現存量などを広域にモニタリングしている事例は少なく、時系列的な変化が把握されているのは局所的な事例がほとんどである。
  - e. ノリ・ホタテ貝をはじめとする養殖業への気候変動の影響は、高水温による養殖開始期の遅れや死亡率の増加による経済的損失として各地で報告されている。そのため、養殖場付近の水温や栄養塩類の連続観測が各地で実施されるようになり、観測結果を用いた適応策の開発が進められている。

- ③ 水産業における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 水産資源の変動は、気候変動以外の数年スケールから数十年スケールまでの周期的な変動も関与する。そのため、気候変動の影響として抽出するには、最低でも数十年間のモニタリングが必要となる。短期的成果にとらわれない観測体制の構築が不可欠である。
  - b. 水産資源の評価・管理に関する調査においても温暖化を意識した調査計画（精度や頻度、調査項目）が、気候変動の影響を効果的に把握していく上で重要となる。特に気候変動による分布域の変化、漁期・漁場の変化による地域経済への影響把握が可能な監視体制の構築が望まれる。
  - c. 水産資源と海洋環境のデータは、分離して管理される傾向にある。生物情報と海洋情報を一元的に管理し、結合して利用することが、気候変動の影響把握に大きく貢献すると考える。国や自治体の公的研究機関の枠組みを超えた環境・生物モニタリング体制とネットワークの構築が望まれる。
  - d. 水産資源への影響把握に加えて、気候変動の影響メカニズムを解析するには餌料環境（プランクトン）のモニタリング体制強化も必要である。調査船によるモニタリング体制の強化に加えて、貨物船等も活用した外洋域における通年の動物プランクトンモニタリング網の構築、垂表層のクロロフィルも観測可能な Bio Argo フロートや水中グライダーを展開させる等の観測の効率化や広域・高解像度化も重要である（2.1.2 海洋参照）。
  - e. 環境省のモニタリングサイト 1000 等で実施されてきた沿岸生物相調査を引き続き継続していくことで、沿岸生物の変動を監視できる可能性がある。さらに現行のモニタリングサイト 1000 で把握されたデータと周辺海域の漁獲データを用いて解析することで、気候変動が与える生物多様性と水産業への影響を同時に把握することが期待される。自然生態系に関連したモニタリングと水産業に関するモニタリングを相互活用していく体制が重要である。
  - f. 藻場や海草の分布把握手法として、衛星画像などの解析による藻場分布の状況把握技術の開発が急速に進んでおり、その応用や精度向上が効率的な藻場や海草の分布域把握に有効である。



- g. 養殖場における連続監視体制の強化が必要であることに加え、高水温による影響過程に関する知見の充実、観測結果を効率的に適応策に結び付ける技術開発が今後の課題である。

④ 水産業にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
水産資源量 / 漁獲量	現業	—	○ 2,3	●	●	▲	高	F, I	気候変動の影響を意識したモニタリングが望まれる
海水温	現業	—	○ 1,2,3	●	●	●	高	F, H, J	中深層にも拡大※3
生物生産 (餌生物 / プランクトン)	現業	—	○ 1,2	●	●	■	高	D, H, I, J	外洋、中深層が特に不足※4
海洋動態 / 栄養塩供給	研究	—	○ 1,2,3	●	●	■	高	B, H, I, J	※4
藻場・海藻群落	研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	D, E, F, I	網羅的・継続的な観測事例は少ない※5

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 「海水温」の確信度は2.1.2 海洋に合わせて「○」とした。

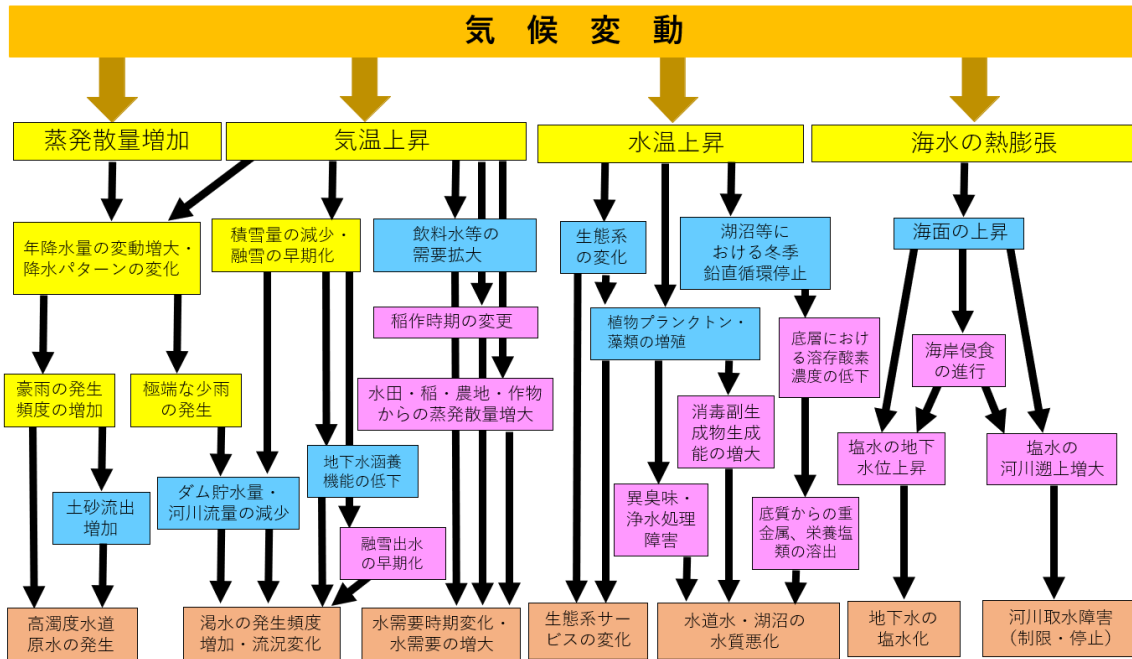
※4 「生物生産」及びその背景となる海洋動態/栄養塩供給は、影響評価報告書の「海洋生態系」を参考に評価した。ただし、水産業としての緊急性は海洋生態系と異なり、「○」と評価した。

※5 藻場・海藻群落の観測は3.3.3 沿岸生態系と同様「有」。重大性と確信度は影響評価報告書の「沿岸生態系」を参考に評価したが、水産業としての緊急性は「○」、優先度は「高」と評価した。

### 3.2 水環境・水資源

※水環境・水資源分野に関連する項目は密接に関連することから、3.2.1 および3.2.2 をともに水環境・水資源として表記するが、3.2.1 では水環境（特に水質）について、3.2.2 では水資源に係る内容について記載した。

水環境・水資源分野における気候変動影響のストラクチャー



#### 3.2.1 水環境（特に水質）

気候変動による気温（水温）の上昇や降雨パターンの変化は、渇水や水質の悪化等のリスクを増大させる。水資源を直接利用する水供給システムへの影響の把握のため、全国レベルでの水源流域ごとの水量と水質と浄水処理障害の状況をリアルタイムで観測することが急務である（3.2.1②など）。特にダム貯水池等においては、植物プランクトンの異常増殖が懸念されることから、植物プランクトンの属種名、個体数、かび臭原因物質産生の有無等のデータベース化が求められる（3.2.1②a、③aなど）。これらは、水源流域内の関連機関が連携して実施することが重要である（3.2.1③）。

① 水環境（特に水質）における気候変動影響のストラクチャー

P43 参照

② 水環境（特に水質）での観測・監視の現状における課題について

- a. 気温（水温）の上昇は、湖沼等の閉鎖性水域において植物プランクトンの発生確率や発生量の増加を引き起こすと考えられる。特にダム貯水池における植物プランクトンの異常増殖は、水道水の異臭味や浄水場におけるろ過閉塞・漏出等の生物障害、消毒副生成物の生成能の増大を引き起こすことが知られている。このため、閉鎖性水域における水質観測・監視を引き続き行うとともに、水源流域内における植物プランクトン、かび臭原因物質濃度、有機物量、消毒副生成物生成能等について、気候変動の影響の観点からの観測・監視が求められる。
- b. 湖沼等の閉鎖性水域において、冬季の水温上昇により表層と底層の水の循環が停止する事例が報告されている。これにより、底層の溶存酸素濃度が低下し生態系に影響を与えるのに加え、底質からの栄養塩や重金属等の溶出を促進することから、水質悪化および生態系への影響の原因となる。このため、水温の監視や各水域における循環停止にいたる条件の検討等が求められる。
- c. 豪雨や巨大台風の頻発化・激甚化は、河川・湖沼等の濁度上昇の頻度や程度を増大させる。水道原水の濁度上昇により浄水場の処理能力を超えた場合、浄水場の機能が停止する恐れがあるため、適切に取水停止等の措置をとる必要がある。このため、水源流域内の濁度の連続的な観測・監視を実施することが求められる。
- d. 海面上昇や巨大台風の襲来等による高潮、また濁水等により、河口域では塩水が遡上することが懸念される。これにより、河口域の浄水場の取水施設では海水が混入する恐れがあるほか、地下水の塩分上昇を引き起こす可能性もある。水道原水に海水が混入し、浄水処理への影響が生じる場合、取水停止等の措置をとる必要がある。このため、河口域における河川水や地下水の利用地点での電気伝導率の連続的な観測・監視を実施すること等が求められる。
- e. 豪雨や巨大台風も含め、降雨時には河川水中の病原微生物や化学物質の濃度が変動するが、気候変動の影響により降水パターンが変化することで、その変動はより大きくなる恐れがある。このとき、雨天時合流式下水道越流水の頻度の増加、それにとまなう水質への影響も懸念される。このため、気候変動の影響の評価には、このような降雨時の変動も含めて、病原微生物や化学物質を対象とした観測・監視の実施が求められる。

- f. 気候変動による水質への影響を見るには、全国レベルでの長期に亘る継続的な水質の観測・監視、および各機関が行う水質測定データの統合・データベース化が必要となる。例えば、水道事業体は水道原水中の水質基準項目等について定期的に水質試験を実施している。試験結果は、規模が大きい上水道事業・用水供給事業では、(公社)日本水道協会がデータベース化を行っている。一方、規模が小さい簡易水道事業では、データベース化は行われていない。

③ 水環境（特に水質）における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 湖沼等の閉鎖性水域の水質データ（有機物濃度、栄養塩濃度、植物プランクトン、かび臭原因物質濃度、消毒副生成物生成能等）は、気候変動による影響を評価する目的で実施しているわけではないため、その観点での全国レベルかつ高密度の観測・監視、およびそのデータベース化が必要となる。植物プランクトンによる異臭味障害（特にかび臭）への対応においては、植物プランクトンの属種名・個体数、かび臭原因物質産生の有無等の詳細情報、および関係機関が共通して利用できるように植物プランクトンの表記統一が必要となる。また、水質項目によっては衛星画像データも活用できると考えられ、その情報の収集も望まれる。
- b. 河川・湖沼等の濁度や河口域における河川水や地下水の利用地点等の電気伝導率については、自動水質計器による連続監視が有効である。取水地点や水道原水については、水道事業体が自動水質計器を設置している場合には、そのデータが利用できる。気候変動の影響を評価する上で、設置が必要と考えられる地点については、関係機関と協議の上、新たに設置を行う必要がある。また、調査地点での他の水質情報、水量情報、土壌浸透性、蒸発散量のリモートセンシング情報も集積し、全国統一のデータベース化の作成が望まれる。
- c. 豪雨や巨大台風も含めた、降雨時の河川水中の病原微生物（クリプトスポリジウム、ジアルジア、ウイルス等）や化学物質濃度の変動については研究レベルで一部評価されている。しかし、気候変動の影響を評価するには、全国レベルかつ高密度の観測・監視、およびそのデータベース化が必要となる。雨天時合流式下水道越流水の場合、越流水およびその下流域の観測が必要となる。
- d. 全国の水道事業体が行っている水道原水での水質試験結果（病原微生物や化学物質を対象に独自で行っている調査結果を含む）、および関連情報について、デジタルデータとして集積し、データベース化を行っていく必要がある。規模が大きい水道事

業体については、(公社)日本水道協会によりデータベース化された情報を利用できるが、規模が小さい水道事業者については、データの収集が必要となる。また、水道原水で自動水質計器を設置している場合は、そのデータについても収集、データベース化が望まれる。

- e. 水環境における気候変動の影響を検出することを目的に含められるよう、水質環境基準および水質監視体制を必要に応じて見直し、また水質の観測・監視の強化を図ることが望まれる。特に気候変動の影響を受けると予想される項目については、研究および現業の両面での水質データの取得・解析・情報共有が重要である。
- f. 観測・監視を行っていく上で、以下のような各機関で連携し、情報共有しながら進めていくことが望ましい。
  - ・ 河川管理者(国、都道府県)、水道事業者(都府県、市町村)等、ダム管理者(国、都道府県、水資源機構等)、その他流域で定期的に水質調査をしている事業者。
  - ・ 環境行政、河川行政、水道行政、下水道行政、農林水産行政(国、都道府県、市町村)。
  - ・ 国(国立研究開発法人含む)および地方衛生研究所・地方環境研究所、保健所、水道事業者等が参集する流域協議会、水資源機構、(公社)日本水道協会、全国簡易水道協議会。

④ 水環境（特に水質）において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
ダム貯水池：植物プランクトン、かび臭原因物質濃度、有機物量、消毒副生成物生成能	現業/研究	—	○ 3	●	▲	▲	中	F	※3
水源流域：濁度（自動水質計器）	現業	—	○ 3	●	▲	▲	中	A, F	※4
河口域の浄水場の取水地点：電気伝導率（自動水質計器）	現業	—	○ 2,3	◆	▲	■	低	A, F	※5
降雨時の河川、雨天時合流式下水道越流水：病原微生物、化学物質	研究	○		◆	▲	■	低	A, F	※6
全国レベルでの水道原水：水道水質基準項目等、その他項目（病原微生物、化学物質）	現業	—	○ 3	●	▲	▲	中	G, F	※7

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 一部データは存在しているが、不足している。国土交通省、地方公共団体、水道事業者、水資源機構等の関連機関との連携が必要。

※4 一部データは存在しているが、不足している。国土交通省、地方公共団体、水道事業者等の関連機関との連携が必要。

※5 国土交通省、地方公共団体、水道事業者等の関連機関との連携が必要。

※6 国土交通省、農林水産省、地方公共団体、水道事業者との連携が必要。

※7 データベース化が必要となる。厚生労働省、地方公共団体、水道事業者との連携が必要。

### 3.2.2 水資源

水資源に対する気候変動による影響は多岐にわたるが、降雨パターンや降雪・融雪パターンの変化による河川流況の変化が予測される。また、河川により運ばれる土砂など濁度も水環境に大きく影響する。このため、水資源に対する気候変動による影響を評価するためには、河川流量や濁度の観測・監視が必須である（3.2.2②a,b,c,d）。現状の観測態勢は、管理目的での実務的観測・監視が中心であり、気候変動影響を監視するという目的に使用するためには、工夫が必要である（3.2.2②a,c）。

#### ① 水資源の気候変動影響のストラクチャー

p.43 参照

#### ② 水資源での観測・監視の現状における課題について

- a. 気候変動による水資源への影響を知る上では、河川・湖沼における水位・流量データや地下水位データが利用可能である。通常これらデータは、管理目的で取得されており、国土交通省が実施している観測結果については、水文水質データベースとして公開されている。水文水質データベースに含まれていない他機関による観測データについて、メタデータ化できると影響評価に役立つと考えられる。
- b. 上記の対象外の河川における流量データが不足している。
- c. 河川水系全体の変容や変動がわかる程度の時空間分解能で観測されることが望ましい。
- d. 気候変動により、水資源に影響する河川水質の変化が生じると考えられる。気温上昇に伴う水温上昇、降雨強度の増加に伴う濁りの増加、海面上昇に伴う河口部での塩分濃度上昇などによる影響が懸念される。これらの影響を意識した観測・監視が実施されることが望ましい。

- ③ 水資源における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 国、地方自治体、インフラ関係組織、農業関係組織などが有する気象・水文情報について、所管の枠を超えたデータの整理と公開を通じたデータ共有・連携が望まれる。その際には平均値のみでなく、社会影響が大きい両極値（最大値・最小値）も求めることにも重点を置くべきである。これらは相当量のデータ蓄積が見込まれるため、統一化により使用可能となれば、気候変動の影響観測・監視に応用が可能となる。
  - b. 水循環の変化に伴う水環境の変化の把握のためには、水質定期採水調査の結果が活用可能である。例えば、国土交通省水文水質データベースを利用することで、過去の河川水量・水質データが入手可能である。
  - c. 目的によって観測データの質が違うので、使用機器や測定位置など観測条件を明確にするよう注意が必要である。長期観測になるので出来るだけ安価で簡単な観測・監視がなされると良い。技術力のある民間企業の参画も望まれる。

④ 水資源にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
河川流量	現業 / 研究	—	○ 3	●	●	●	高	C	
河川・湖沼の水温・濁度・塩分濃度	現業 / 研究	—	○ 1,2	●	●	●	高	B,H,I	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照



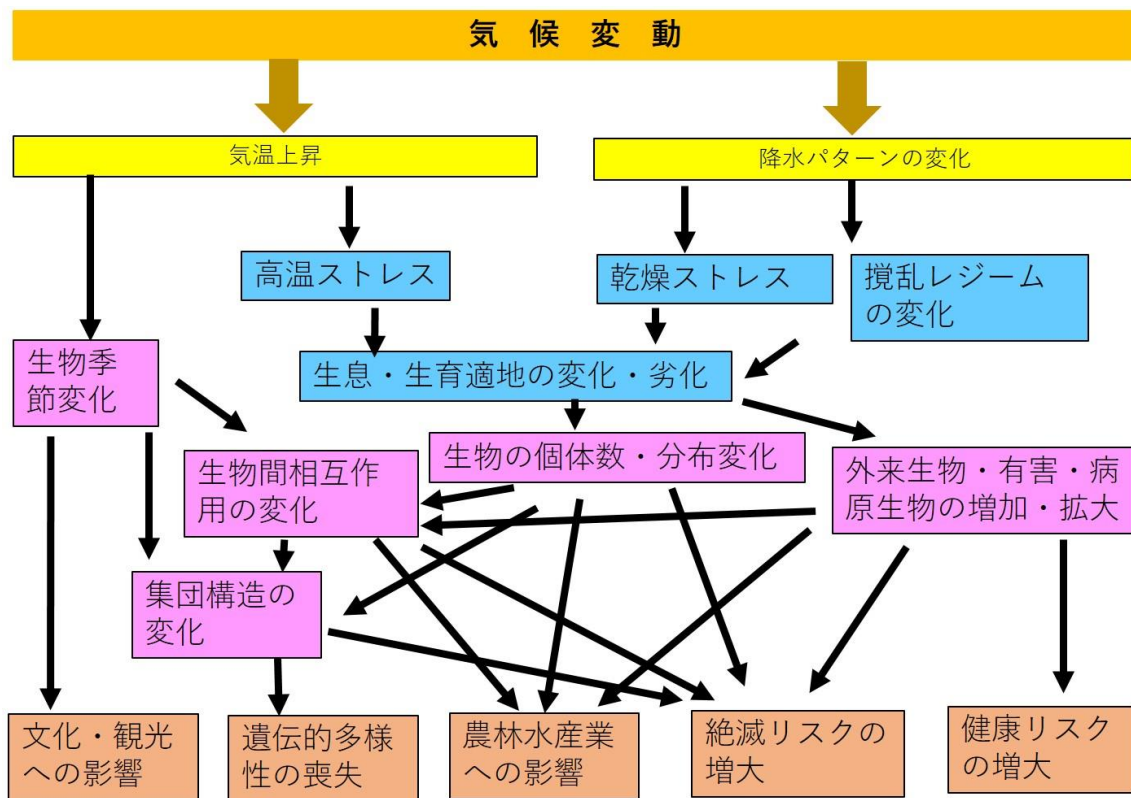
### 3.3 自然生態系

(自然生態系全般)

生態系の気候変動影響観測・監視においては、遺伝子（遺伝的多様性等）、個体（フェノロジー等）、個体群（分布や個体数等）、生物群集（生物間相互作用等）、生態系（物質生産、フロー等）の各レベルにおいて、それぞれの状態の時間変化を長期的に観測する必要がある。個体および個体群レベルについては既存の観測があるものの、時間解像度と継続性の観点でより強化が必要である（3.3.1②a, 3.3.1③k, l, n, 3.3.2②d, 3.3.3③a, 3.3.4②a, d, 3.3.4③a, b, 3.3.5③a）。また、さまざまな主体・期間・場所で行われている観測が統合されておらず、全国スケールで多数の分類群を対象とした観測・監視を行うためには、データの統合や調査主体間の協力体制の確立が欠かせない（3.3.1②b, d, 3.3.1③a, c, d, 3.3.2②e, 3.3.2③d）。

一方で、遺伝的多様性や生物群集（特に送粉共生系等を含む生物間相互作用）の観測は系統的に実施されているものが無く早急な観測体制の立ち上げが必要である（3.3.1②e）。

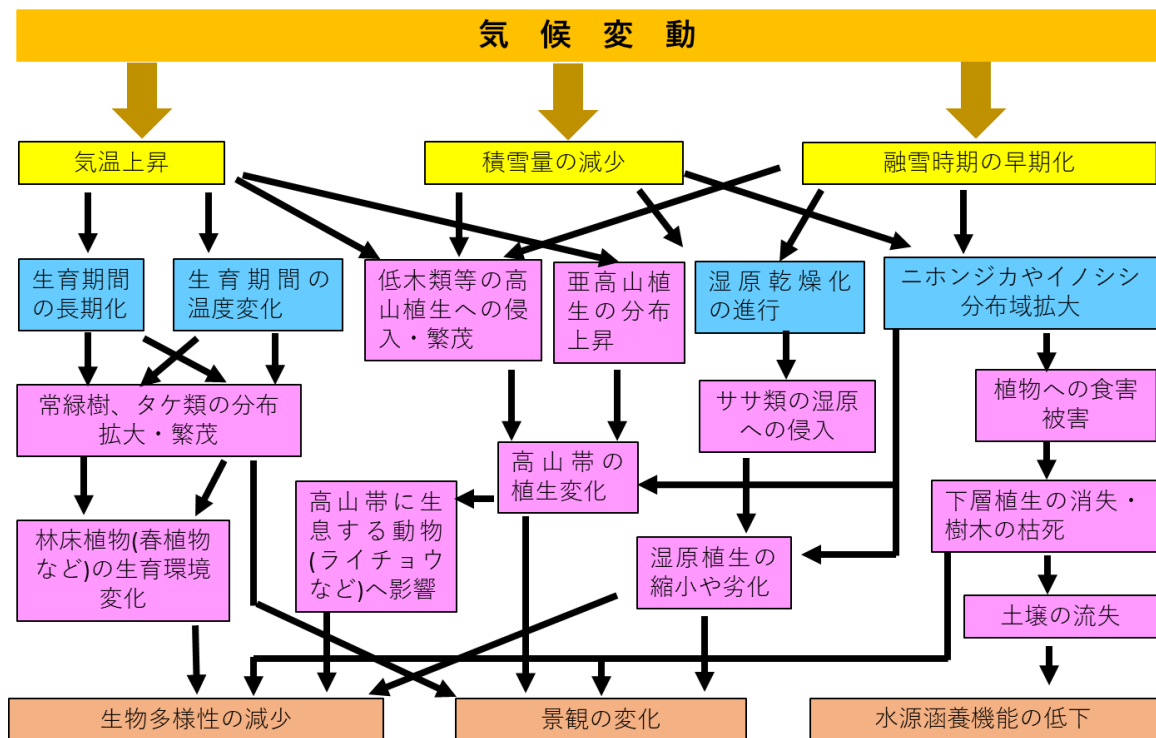
自然生態系分野における気候変動影響のストラクチャー



### 3.3.1 陸域生態系

陸域生態系における気候変動の影響把握では、環境省のモニタリングサイト1000において主に動植物の変化が広域で観測されている。また、林野庁の森林生態系多様性基礎調査等において森林植生等の変化が広域で観測されている。しかしながら、いずれの観測体制においても気候変動を十分に想定した観測項目や体制となっていないなどの課題があるため、調査項目の見直しや、各観測網の連携等について検討が必要である。(3.3.1②b, d③k, l, n など)。また、高山生態系では、影響が特に危惧されるが、気候観測を含む生物種のモニタリング体制は十分でない(3.3.1②g, h, i, j, k など)。同様に、生物間相互作用や遺伝的多様性・遺伝構造を対象とした観測体制は存在しておらず、早急な対応が必要である(3.3.1②e)。影響把握の体制には、既存の観測体制の拡充や見直し(3.3.1②d など)、新たなセンシング技術の活用(3.3.1③b, g など)、市民との共同(3.3.1③h など)、既存の調査資料の電子化(3.3.1②g) など、改善や工夫の余地が多分にあり引き続き検討が必要である。

#### ① 陸域生態系における気候変動影響のストラクチャー



生物多様性分野における気候変動への適応(環境省2016)  
 温暖化が生物多様性と生態系に及ぼす影響(中静透2009)  
 気候変動への賢い適応(環境省2008)をもとに作成

② 陸域生態系での観測・監視の現状における課題について

- a. 影響評価研究の基礎データは自然環境保全基礎調査（緑の国勢調査）における種の多様性調査だが、近年は更新が停止している。上記調査は高密度（1 km メッシュ）の調査区画が設定されているが、公開データは 10 km メッシュであり、自治体の施策に使用する以外の用途で利用できない等の制約がある。
- b. 絶滅危惧種は特に環境の変化に弱いため、影響観測・監視の指標として重要である。環境省や地方自治体によるレッドリストの作成・更新のため、生物分類群ごとに定期的なデータ収集、評価を行っているが、気候変動影響評価の文脈での活用はなされていない。
- c. 鳥類については、環境省と（公財）山階鳥類研究所によるバンディング調査データは長い蓄積がある市民データで、気候変動の影響評価にも利用可能かもしれない
- d. 環境省モニタリングサイト 1000 においては、様々な生態系と対象で観測が実施されているが、気候変動影響観測・監視に活用が必ずしも主目的に組み込まれていない。
- e. 遺伝子レベル（遺伝的多様性等）や生物群集レベル（送粉共生系等の生物間相互作用）の観測は系統的な取り組みが存在しておらず、早急な立ち上げが必要である。
- f. 温度条件の制約が強い系（陸域生態系では特に高山生態系）では、すでに影響が顕在化しており、とくに重点的な観測・監視を実施する必要がある。

（以下、特に高山・森林生態系に関する課題について）

- g. 高山・亜高山帯の生態系は、温暖化に対する脆弱性が高い。高山のモニタリング箇所は全国 6 か所に限定されている。高山帯へのイノシシやシカの侵入による食害、中型哺乳類（テンなど）によるライチョウの捕食等が問題となっており鳥獣害関連モニタリングの優先度が高い。
- h. シカの分布拡大は温暖化による積雪パターンの変化が一因と考えられており、実際、高標高域に急速に拡大している。しかし、モニタリングサイト 1000 の高山帯の調査項目にシカに関する項目はなく、見直しが必要である。さらに、可能であれば予防的な防鹿柵を設置し、植生被害の違いを観測するといった取り組みが必要と考えられる。

- i. 高山帯、山岳域はアメダスの観測地点が極端に少なく、日本の気象観測データにバイアスが生じている。このため高標高域における気象観測システムの整備が急務である。また、多くの森林が存在する中山間地域においても長期的な気象観測データは少なく、標高 1000 m 以上の地域は現在も観測地点数が少ない。積雪深は高山生態系の様々な側面に影響する重要項目であり、長期的な観測が必要だが、厳しい環境での正確な測定を続けるための技術的改善が必要である。
- j. 気象、積雪・融雪パターン、植生、開花フェノロジー、主要訪花昆虫の活動、ニホンジカの行動圏や食害といった重要項目の観測を、各山域で標高傾度に沿った複数の点でモニタリング地点を設け、経時観測することが有効である。しかし、現在は離散的・断片的な観測しか行われていない。また、モニタリングサイト 1000 の高山帯調査では人員・予算などの不足により、地点数および各地点での観測項目が不十分な状態にとどまっている。調査を担当する人員の高齢化も進みつつあり、継続的な体制の構築が今後の課題となる。
- k. 気候変動影響評価には長期の時系列観測が必要であるが、現在の観測は将来的なモニタリングの継続を目的にしているものが多く、過去データの発掘が質的・量的にも乏しい。過去から現在にかけての気候変動で起こった変化（分布、種組成、フェノロジー、成長量等）の検出・報告が不足している。
- l. 垂直分布変化の検出が必要である。そのためには、過去に調査が行われた場所の再調査が有効であるため、文献のレビューと生物分布情報のデータベース化、重要な地点の再調査が望まれる。
- m. 国立公園のモニタリングはとりわけ重要だが、個別の調査報告書があるだけでは活用されない。Data paper としての出版など、広く利活用が可能な形で公表することが望まれる。
- n. 草本種は木本種に比べ、分布データの整備が遅れている。乾性草原・湿性草原とも基本的なデータ整備やモニタリングネットワークの構築が必要である。
- o. 起こりうる生態系の変化の直接的な観と同時に、変化することで生じる経済的なインパクトについても集計することで気候変動が生態系サービスに及ぼす影響を観測できる可能性がある。

- p. 各自治体が色々なデータを取っているが、現状では十分な連携がとれておらず、同一自治体内で同じデータをとっていた場合でも統合がなされていない。各自治体はデータを取ることにエフォートを費やしているが、そのデータの整理等にはあまり費やしていない印象がある。都道府県では調査を担当する人材及び予算が不足している。

③ 陸域生態系における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 既存観測を温暖化モニタリングとして位置づけ、高山帯・亜高山帯での気象観測の拡充（測器の開発、観測方法の効率化、予算拡充及び人材育成等）を進めることが望まれる。省庁間や自治体間でのデータ共有や、環境省が提供している気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）等での情報提供の促進も有効と考えられる。
- b. 山小屋、ダム、現場建設事務所などの協力によるデータ収集を検討する。また、全国の主要登山口に GPS と連動した気象データロガーを設置し、地元の山岳会など、信頼できる登山者に装置を持って登山してもらい、下山後に回収し、データを吸い上げるシステムを確立するなど、新たなセンシング技術を活用した新たなモニタリングシステムについても検討されるべきである。
- c. 気象観測については、現況の観測データの質を変えずに継続していけるかが重要である。気象データも含め、各種データの収集・整理を一元的に実施する機関等があると、自治体のように職員が少ない機関においてもさまざまな情報発信が容易になると思われる。
- d. シカやイノシシの侵入については、省庁間や自治体間で独自に実施されている、センサーカメラ等を用いた観測情報の共有化により、観測コストの低減が望まれる。また、野生動物は、ダニ等による感染症媒介動物種の運搬とも関連するため、健康衛生に関わる分野との連携も検討する必要がある。
- e. 気候変動の影響観測のために活用可能と思われる取組・手段等
- ・ ライブカメラや車載カメラなどによるフェノロジー観測
  - ・ 携帯電話の GPS 情報を利用した来客数変動
  - ・ 過去の植生景観を記録した写真（現状との比較から気候変動影響を考察）
  - ・ SNS データを元にした生態系サービス利用者の動向
  - ・ 人の量・流れに関するデータ（訪問者数、交通量等）

- f. 気候変動の影響観測のために活用可能と思われる市民参加型観測等について
- ・ 観測者による質・精度の揺らぎが生じるため、観測者情報（タグ程度で良いので）もあると、解析の際のバイアス除去に役立つ。
  - ・ 生物の目撃情報に関しては、報告書、パークレンジャーなどが発行しているニュースレターなどの情報も活用できる。今後、市民データを集めるツールの検討も有効である。
  - ・ 非営利団体、地方環境研究所（長野県環境保全研究所など）により、全国各地のセミの抜け殻情報を収集し、年次報告書にまとめる取組が実施されている。
  - ・ 河川流量、水温（河川や湖沼）、花粉など自治体がモニタリングとして実施してきたデータ。鉄道情報システムの紅葉季節情報や、各地の観光名所における桜の開花日・満開日に関する情報、自治体等にある植物園などでの開花情報などの生物季節情報。長野県の諏訪湖の御神渡りの記録など各地の湖沼の結氷に関する情報。
  - ・ 東北大学・山形大学のマルハナバチ国勢調査の活用。
  - ・ 長野県では『ライチョウサポーターズ』養成事業を行っており、多くの市民からデータが寄せられつつある。
- g. 影響評価研究の基礎データは自然環境保全基礎調査（緑の国勢調査）における種の多様性調査は標準化された全国スケールの広域調査として、他に代替しがたいものであり、5～10年に一度の頻度でも良いので、実施が望ましい。その際、過去のように多数の種を網羅的に対象とするのではなく、指標種を選定する等で調査コストの節約も可能である。また、気候変動影響評価の目的にデータを活用できるようあらかじめ各調査主体・期間との調整が必要である。
- h. 環境省レッドリスト更新のタイミングで、絶滅危惧種の分布および個体数に関する最新の現地観測を行うようにする。維管束植物の評価において行われている方法は他の分類群でも参考にできる。また、その際収集されるデータを、気候変動影響評価の目的に活用できるようあらかじめ各調査主体・機関との調整を行う。
- i. 個体群レベルの観測は、気候変動以外の要因を統計的に区別するため、高頻度（理想的には毎年）のモニタリングが望ましい。効率的な観測のため、過去の記録が充実している場所を選定したモニタリングや、自動録音や自動撮影など自動的に生物出現頻度データが得られる仕組みを整備していくことが必要と考えられる。
- j. 環境省モニタリングサイト 1000 については、気候変動影響観測・監視への活用を明確に位置付けたうえで、そのための調査方法の最適化を行う。森林生態系については、調査地点の戦略的な配置や地点数数の充実化、里地里山については、調査手法の標準

化、調査頻度、調査地点の戦略的な配置や地点数の充実化、現地の気象等の環境条件を合わせて観測する等の点で改善が必要となる。

- k. 気候変動の文脈で活用されずに埋もれているデータは多い。また今後は、複数の生物群を同時に考慮した気候変動影響評価や影響予測が重要になる。参加型調査や自治体、「いきものログ」のような web データベースを含め、研究・現業で行われている多様な生物モニタリング情報の横断的な活用を目標とし、まずはデータのスペックを整理したメタデータベースや、各生態系・生物群のデータベースへのポータルサイトを構築する必要がある。
- l. 遺伝子レベル(遺伝的多様性等)や生物群集レベル(送粉共生系等の生物間相互作用)の観測体制を確立するために、関連する研究者・研究機関を中心に議論・ネットワーク化を開始する。

④ 陸域生態系にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
生物種分布データ（自然環境保全基礎調査）	現業	—	○	●	●	●	高	D, E	※3
希少種の分布データ（レッドリストの基礎調査）	現業	—	○ 2	●	●	●	高	F, J	※4
生物相調査（環境省モニタリングサイト1000：森林、高山、里地里山）	現業	—	○ 2	●	●	●	高	D, J	※5
遺伝子レベルでの系統的観測	—	—	○ 3	●	●	●	高	B	
高山・亜高山域モニタリング	研究	—	○ 2	●	●	▲	高	D, I	※6
鳥獣害情報	研究	—	○ 3	●	●	■	高	F	※7
メタデータベース・ポータルサイトの整備	現業	—	—	—	—	—	—	F, G	※8

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 更新の遅れの問題を解決し、継続する必要がある。

※4 情報管理を徹底した上で、気候変動影響評価にも使用できる形を整える必要がある。

※5 今後の継続が重要。気候等の現地環境条件の測定も必要。

※6 イノシシ、シカ、テンの侵入などに対する緊急モニタリングが必要。現状では地点が不足。

※7 省庁間、自治体間の分布情報、被害状況の共有化が必要。シカやイノシシの分布拡大に伴う感染症拡大の懸念もあり、緊急性が高い。

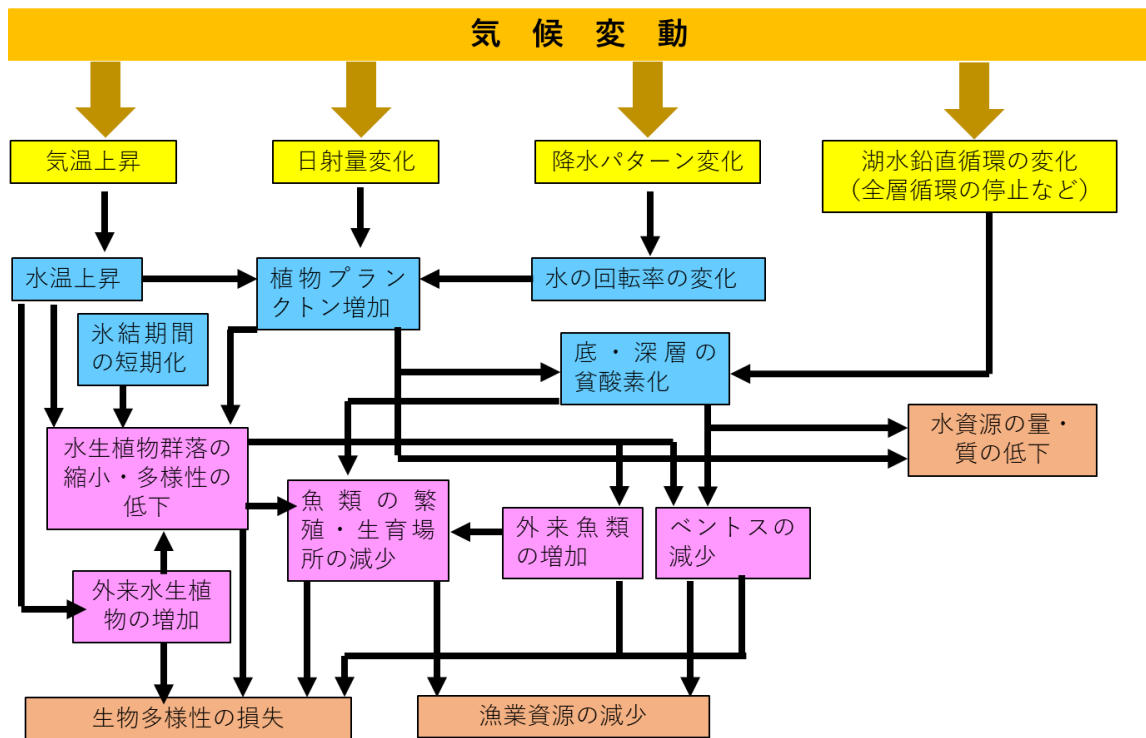
※8 多岐にわたる生物データを横断的に活用するための連携と情報整理・可視化が必要。



### 3.3.2 淡水生態系

河川や湖沼を含む陸水生態系では、水温上昇やそれに伴う貧酸素水塊の拡大・長期化、集中豪雨による攪乱パターンの変化や流域負荷の増大等を通じて、生態系に大きな影響が及ぶことが懸念されている。おもに魚類や植物・動物プランクトンを対象とした個体群レベルの観測が実施されている。しかし、気候変動の影響検出という観点からは、観測の時間解像度や観測地点数が十分とは言えない(3.3.2②b,c,d,e,f)。今後は、絶滅リスク評価や内水面漁業等の異なる目的で実施されている観測に、気候変動影響評価という観点を統合する必要がある(3.3.2②c,e③a,b,c)。また、過去様々な場所・スケールで行われてきた生態系観測データを統合し、再観測を戦略的に計画する必要がある。環境DNAを活用した陸水域における生物分布調査手法の標準化や得られた情報の統合、観測への活用の仕組みづくりを進める必要がある(3.3.2③d)。

#### ① 淡水生態系(特に湖沼を想定)における気候変動影響のストラクチャー



生物多様性分野における気候変動への適応(環境省 2016)  
 温暖化が生物多様性と生態系に及ぼす影響(中静透 2009)  
 気候変動への賢い適応(環境省 2008) をもとに作成

② 淡水生態系での観測・監視の現状における課題について

- a. 一級河川では河川水辺の国勢調査によりおおよそ5年ごとに魚類の分布調査が実施されている。
- b. 二級河川等では自治体によっては魚類分布調査データがあるものの継続的な広域観測は存在しない。
- c. 湖沼では、環境省モニタリング1000、日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）、地方環境研究所、内水面試験場等、大学等研究機関等、で、魚類の分布・個体数、植物・動物プランクトンの個体数・密度の観測が実施されているが、調査方法、調査対象、調査手法の点で標準化されていない。また、観測データが統合されておらず、全国スケールでの解析・評価は困難である。
- d. ため池には多くの絶滅危惧種が生息・生育するホットスポットが多いものの、継続的な観測が実施されていない。近年、気候変動適応（防災）とも関連し、ため池の廃止の検討が進められており、緊急のモニタリングが必要である。
- e. 陸水域において環境省および地方自治体のレッドリスト更新のために収集される観測データは、気候変動影響評価にも活用できる可能性があるが、データのアクセスや統合に制約がある。
- f. 過去に実施された湿地を含む陸水生態系の観測情報は全国的に存在しているが、データの統合化・データベース化が十分にされていない。

③ 淡水生態系における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 河川については、気候変動影響評価という目的を念頭に、一級河川から中小河川も含めた観測網の整備が必要となる。最初のステップとしては、既存の調査間の調整やギャップの整理等が考えられる。環境DNAによる魚類分布調査など最新の調査手法を活用する。
- b. 湖沼については、調査主体・調査間で調査項目・手法の標準化を図る必要がある。また、気候変動影響評価に活用するため、データ共有のポリシーについても調整の上、見直し・策定を行う。河川同様、環境DNA等の最新の調査手法の導入を進める。
- c. 漁獲データを活用する場合は、出漁の数や漁法などを活用して資源量を推定することが望ましい。そのようなデータも残せる体制を検討する。

- d. ため池を対象とした、長期観測を立ち上げるため関係者・期間が議論・ネットワーク化を開始する。
- e. 環境 DNA を用いた陸水生態系の観測は今後一層展開すると考えられるが、取得された DNA 分布情報を統合・データベース化するためのプラットフォームが必要である。
- f. 生態系の動態に影響をおよぼす環境要因（水温や水質等）の高頻度観測データの取得を進める。例えば、秒・分単位のブイ観測（水温や水質等）の設置、ブイ観測ネットワークの構築が必要である。ブイ観測はリアルタイムでデータを得られるため、湖沼生態系のレジームシフトの予測などにも活用が期待されている。また、2009 年前後で更新がとまっている公共用水域水質調査のデータ整備と公開を進める

④ 淡水生態系において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
ため池の生物相・環境	研究	○	—	●	▲	■	中	A, F	※3
魚類、水生昆虫、無脊椎動物、水生植物分布・個体数等	現業	—	○ 2,3	●	▲	■	中	B, F, I	※4
漁獲対象種の漁獲量・個体数、漁獲努力量	現業	—	○ 3	●	▲	■	中	B, G, F	※5

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 気候変動適応（防災）とも関連し、ため池の廃止の検討が進められており、緊急のモニタリングが必要である。

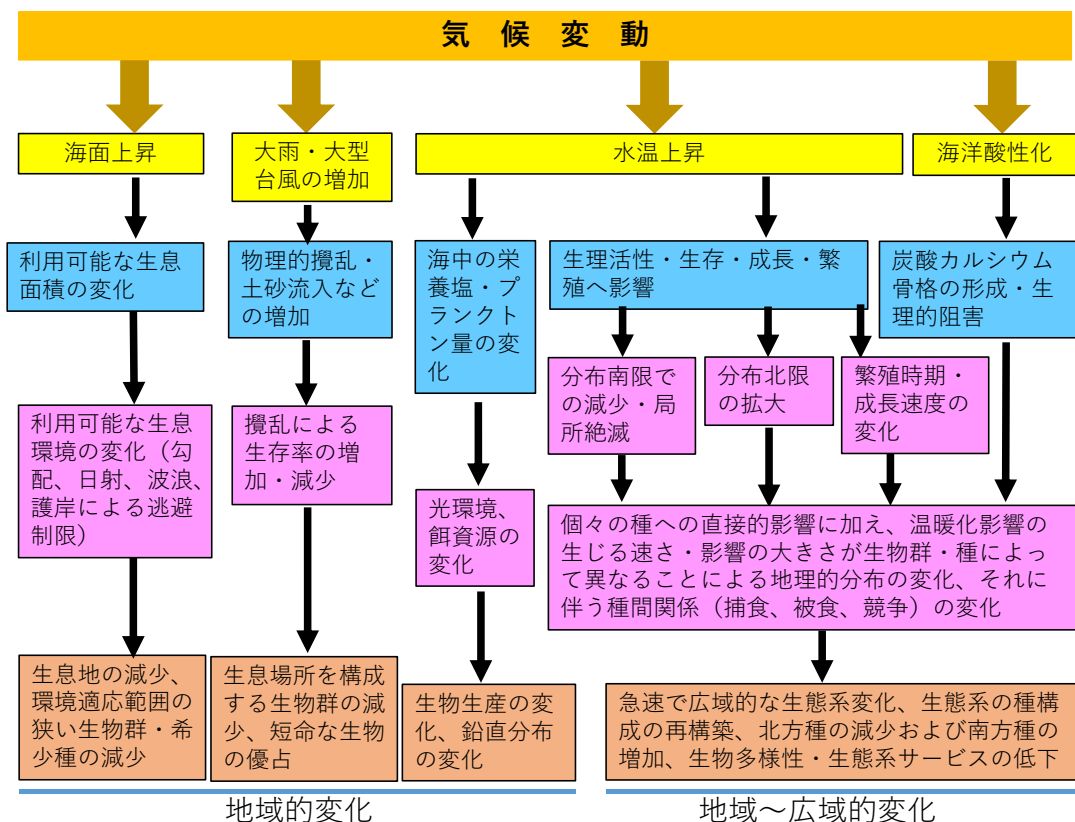
※4 気候変動観測・監視という用途にもデータを利用できるようにする必要。

※5 資源量や水質データのデジタル化が必要。気候変動影響の観測・監視の目的での利用が可能になるような連携が必要

### 3.3.3 沿岸生態系

沿岸生態系（藻場、アマモ場、磯、干潟、砂礫浜、サンゴ群集など）における気候変動による影響把握には、定期的な全国規模の分布調査データが必要だが（3.3.3②c, d）、2000年代以降は網羅的な調査は行われておらず（ただしサンゴ群集については他の沿岸生態系よりも充実）（3.3.3②c, d）、個別の小規模な調査（環境省調査、地方自治体や個人研究の調査）による断片的な記録を継ぎ合わせるしかない状況である（3.3.3②b）。沿岸生態系を構成する主要な生物群の在・不在記録については、環境省推進費 S9 事業などにより記録の収集・データベース化が進められた（3.3.3②e）。しかし、生態系サービス評価に関わる現存量データの整備や、種同定の困難な種のデータ整備は遅れており（3.3.3②a, b, d）、関連各機関（とくに環境省系と水産庁系、地方自治体）による調査記録の発掘・整備・公開を進めつつ、全国規模の生態系調査を再び行うことが重要と考える（3.3.3③a, c, d）。

#### ① 沿岸生態系における気候変動影響のストラクチャー



② 沿岸生態系での観測・監視の現状における課題について

a. 調査対象：

気候変動影響のモニタリングは生態系基盤の構成要素（藻場、磯、干潟、サンゴ群集）に限られており、それらの生態系に生息する生物（底生生物）の多く（大型の貝類、十脚甲殻類、棘皮動物、以外）についてのモニタリングが不足している。

b. 調査精度：

対象種の地理的分布とその気候変動変化を捉える目的ならば、地点毎の在・不在を確認するだけでも最低限使用可能な記録になる（例：“〇〇県の海藻相”といった記載的な文献）。

c. 調査媒体：

沿岸生態系の大規模なモニタリングは、環境省事業（自然環境保全基礎調査、モニタリングサイト 1000 など）、国土交通省事業（海岸保全事業に伴う環境調査、海辺の生物国勢調査）、水産庁事業（1970 年代末の西海区水研の西日本一斉藻場・干潟調査）、各県の水産試験場、大学などの研究グループによって実施されている。

d. 過去～現在の主要な調査：

潮間帯の生物相については、第 2・3 回自然環境保全基礎調査によって各県で 2 ヶ所を対象として、1970 年代末から 1980 年代にかけて調査が行われた。海藻藻場、海草藻場、干潟、サンゴ群集については、第 4 回自然環境保全基礎調査によって全県を対象に網羅的な調査が行われた（調査：1980 年代末～1990 年代初頭）。種同定や調査精度は不十分であるものの、これに匹敵する規模の調査はその後行われておらず（ごく粗い、第 5 回調査の“場”の分布調査を除く）、過去の状態を知る上で貴重な調査である。海藻藻場、海草藻場、干潟については、1970 年代末の西海区水研の西日本一斉藻場・干潟調査によっても網羅的に調査されており、西日本についてはこれも有用な調査である。海藻藻場については、個人研究による地域の海藻相が数多く出版されてきたが、その数は減少の一途を辿っており、2000 年代以降はごく限られている。サンゴ群集については、環境省モニタリングサイト 1000 のほか、沖縄県の事業、国立環境研究所の調査等によって現在においても広範囲の分布変化や白化などの温暖化影響を捉える調査が継続されており、温帯域については依然未調査域が残っているものの、他の沿岸生態系と比べるとかなりよい状況にある。また、岩礁性潮間帯については、北海道大学・野田隆史研究室、同大・仲岡雅裕研究室、瀬戸内水研・堀正和研究室、鹿児島大学・山本智子研究室などにより 10 年を超える、国内 6 地域・150 コドラートによる調査が継続されており、調査データを用いた論文も多数出版されている。

e. データベースの整備状況：

国内の海藻藻場を形成する主要海藻 63 種（コンブ類・ホンダワラ類。ただし北海道にのみ出現するコンブ類を除く）の 1887-2014（主に 1950 以降）の在・不在記録については、文科省創生プロジェクトの元で Kumagai et al. (2016)<sup>1</sup>により収集・整備し、ダーウィンコアフォーマットに成形し公開済みである。さらに海藻の現存量についても、環境省推進費 S15 プロジェクトの元で整備を進めている。北海道のコンブ類の在・不在記録については、環境省推進費 S9 の元で、北海道大学・仲岡雅裕研究室主導で整備、アマモ場は東大大気海洋研・小松輝久研究室（現：横浜商科大学）主導で整備されたが、それぞれの現況は未確認である。サンゴ群集についても同プロジェクトで国立環境研究所 山野博哉グループにより整備されたが、種の整備に問題を残しており、整備を続行している。

③ 沿岸生態系における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 沿岸生態系の気候変動影響を検出するための調査として、環境省モニタリングサイト 1000 が行われており、上述の通りサンゴ群集については目的に合致したスケールで調査が実施されている（種構成の情報がないという問題はあるものの）。一方、その他の沿岸域（海藻藻場、アマモ場、磯、干潟）については、調査地点における点の時間的変化を検出するように設計されており、主要な温暖化影響（地理的分布変化）を捉えられるように設計されておらず、現状ではそれらの変化を検出するのに必要なデータ量の 5%にも満たない。サンゴ調査のように広域の変化を簡易的な調査でカバーする調査を追加あるいは再設計する必要があると考える。理想的には、環境省自然環境保全基礎調査第 4 回（藻場、サンゴ群集、干潟）と同等の調査地点数・カバー率の調査が 10～20 年に一度程度で行われているとよい。
- b. 気候変動影響の調査は必ずしも同一調査地点でデータ欠損がなく実施する必要はなく、また厳密な調査精度も必ずしも必要としない。現在では、統計学的手法、データ取り扱い技術が大きく発展したことにより、調査精度による観察誤差を考慮した統計手法や、時空間が不揃いな調査データを統合した統計解析によって温暖化影響を検出・解析することが可能になっている（例：Kumagai et al., 2018<sup>2</sup>, Kumagai et al., 2018<sup>3</sup>）。

---

<sup>1</sup> Kumagai, N. H., Yamano, H., Fujii, M., Yamanaka, Y. (2016). Habitat-forming seaweeds in Japan (fucoids and temperate kelps). *Ecological Research*, **31**(6), 759-759.

<sup>2</sup> Kumagai, N. H., Yamano, H., Sango-Map-Project C. (2018). High-resolution modeling of thermal thresholds and environmental influences on coral bleaching for local and regional reef management. *PeerJ*, **6**, e4382.

<sup>3</sup> Kumagai, N. H., García Molinos, J., Yamano, H., Takao, S., Fujii, M., Yamanaka, Y. (2018). Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115**(36), 8990-8995.

- c. 沿岸域の調査記録については、公の調査以外（環境アセスなど）にも未公開の調査記録が眠っていると考えられ、これらを発掘・収集・整備することで、温暖化影響検出に貢献が可能と予想する。
- d. その他、沿岸域の調査については、国土交通省、環境省、水産庁、各都道府県など、各自で調査が行われているが、相互連携により調査記録の集約・整備・公開（近年は学術論文文化するためには、データの公開が前提となる）を進めていただくよう強く要望する。
- e. データフォーマットについては、環境省事業などによって整備された場合、近年はダーウィンコアフォーマットなどの世界基準が採用されるので、発見済みの記録については問題になっていないと考えているが、未発見のデータについてはこの限りではない。



④ 沿岸生態系において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
海藻藻場	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	B, C, E, F, H, I, J	種同定に専門技術を要する
海草藻場 (アマモ場)	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	E, F, H, I, J	
岩礁性潮間帯 (磯)	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	C, H, I, J	種同定に専門技術を要する
干潟	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	C, E, H, I, J	種同定に専門技術を要する
砂礫浜	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	C, D, E, F, H, I, J	種同定に専門技術を要する
サンゴ群集	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	●	高	C, E, H, I, J	種同定に専門技術を要する
底生生物（以上の生態系に生息する生物群）	現業/研究	—	○ 1,2,3	●	●	▲	高	A, B, G, H, I, J	種同定に専門技術を要する

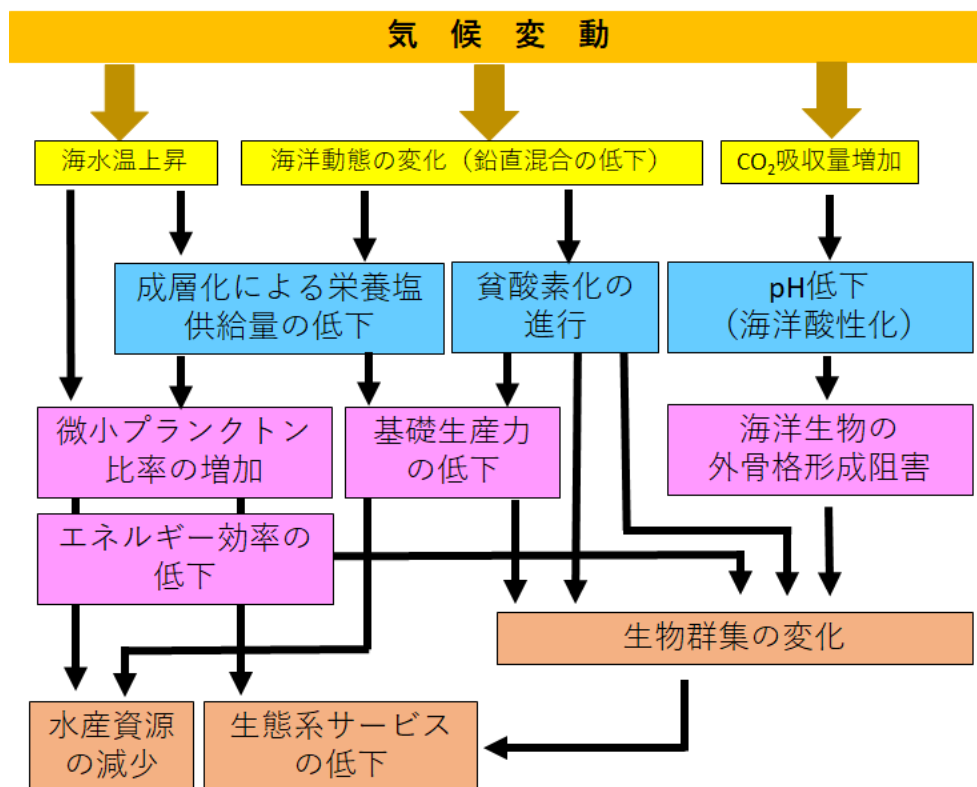
※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

### 3.3.4 海洋生態系

海洋生態系は水産業や観光業等の生態系サービスを通じて我々の生活にも影響を与える。海洋生態系分野における気候変動の影響は、主に水温上昇に伴う群集構造の変化、基礎生産の変化に伴う現存量や体サイズの変化に加え、海洋酸性化による生物の死亡率の上昇として生じることが想定されており、その把握には広域かつ多岐にわたる観測項目が必要となる。しかし、海洋生態系は漁業活動や環境汚染等の影響も受けることから、気候変動の影響のみを抽出するのは困難なのが現状である(3.3.4②g)。そのため、海洋生態系に関連する研究機関や水産業界との連携強化、無人観測プラットフォームを用いた観測の広域、高解像度化、さらに環境 DNA・定量 PCR 等の新たな分析手法を用いた効率的かつ網羅的な観測が必要となる (2.1.2②d, e, 3.1.6③a, d, 3.3.3③d, 3.3.4③b, f)。

#### ① 海洋生態系における気候変動影響のストラクチャー



② 海洋生態系での観測・監視の現状における課題について

- a. 温暖化に伴って深層からの栄養塩の供給量が低下し、生物生産が低下すると考えられている。現在 Argo フロート等を用いて、全球規模で水温の観測が行われているものの、気候変動の影響を検出できるほどにはデータが蓄積されていない。そのため、気候変動による海洋の基礎生産への影響メカニズムを把握・検証するのが困難な状態にある。
- b. 海洋の pH（酸性度）の変化が海洋生物に与える影響は研究室での実験や数値モデルを用いた研究では報告されているものの、観測結果に基づくものはほとんどない。pH は植物等の生物活動等によって、一日の間で大きく変化することに加え、海洋生物は個々の海域における pH の日間最低値に応答する。そのため、各日の pH 最低値を検出できるような時間頻度での監視が必要となる。
- c. 現時点の日本周辺水域において、気候変動に伴う貧酸素化の影響は顕著に現れていないものの、将来的にその影響が顕在化する可能性がある。特に底生生物・中深層の生物への影響が懸念されることから、底層・中深層における溶存酸素濃度の継続的なモニタリング体制の強化が必要である。
- d. 海洋の一次生産力を指標するクロロフィル a 量は、人工衛星での観測によって海表面については十分な時空間分解能で得られている。しかし、海洋亜表層クロロフィル極大層におけるクロロフィル濃度のデータは十分に得られていない。特に亜熱帯域の生産力は海洋表層よりも亜表層クロロフィル極大層で維持されているため、情報不足が深刻である。
- e. 動物プランクトンは海洋生態系における重要な構成種である。熱帯・亜熱帯水域では比較的小さなプランクトン、寒帯・亜寒帯水域では大型の動物プランクトンが分布し、基礎生産者から高次捕食者への橋渡しをしている。これらの生産構造の面的な情報を増やすことが気候変動による海洋生態系への影響を把握する上で重要となる。しかし、沿岸・浅海域と比較して、外洋・中深層の動物プランクトンデータは不足しているのが現状である。
- f. 生物量が豊富であるものの、経済的に利用価値の低いクラゲ・サルパ等の浮遊性生物、中深層のマイクロネクトン類、および深海生物に関する個体群動態、群集構造、生態系への影響については現時点では観測が困難であり、ほとんどモニタリングの対象となっていない。
- g. 海洋生態系は、気候変動以外にも漁業活動や汚染等の影響もあり、それぞれの要因を

分離して評価するのが困難である。

- ③ 海洋生態系における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 海洋生態系と関連した物理環境の監視には、各地の公的機関で実施されている海洋モニタリング（浅海・沿岸定線観測）や沿岸・沖合定線調査等の海洋観測結果の効率的な利用を促進させることが要望される。また、高精度な観測機器を安価に使いやすく普及させることも有用である。
  - b. 調査船を用いた海洋観測には多大な経費と労力、時間が必要となることから、空間解像度は大きく制限される。そのため、Argo フロートや水中グライダー等の無人観測プラットフォームを利用することが海洋環境の時空間解像度の向上のために有効である。
  - c. 酸性度（pH）の変化については、各地で行われている観測結果を一元化し、影響評価を進めることが望ましい。なお、pH 観測は環境省が「水質汚濁防止法に基づく測定計画」において沿岸域でも実施している。この観測では海洋環境の監視用としては精度が足りないが、データの一部を海洋酸性化の監視用に転用できる可能性はある。
  - d. 海洋の低次生態系の主要構成種であるプランクトンは、種によって生態系内の機能が異なる。そのため、気候変動による海洋生態系の変化、および変化のメカニズムを明らかにするには、種レベルでの観測データが必要となる。海洋の低次生態系の変化は水産資源等の食料供給へも影響を与えることから、長期的な視点での監視体制が重要となり、そのための人材確保や調査体制の強化が望まれる。
  - e. 海洋生態系への影響に関するデータは、研究機関等による調査データに加えて水産業の漁獲統計（漁獲量、漁場位置）からも得られる。海洋生態系への監視には、研究・調査機関と産業が連携した監視体制の構築も効果的である。
  - f. 実用性については今後の検証が必要であるものの、新たな観測項目として、環境 DNA ・定量 PCR のグリッドサーベイが有効な可能性がある。環境 DNA による種同定、および定量 PCR による個別種の DNA 量のモニタリングを実施することで、現状では把握が困難な中深層や深海の群集構造の時空間変化を、効果的かつ網羅的に把握可能になることが期待される。

④ 海洋生態系において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/ 研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
海水温分布	現業	—	○ 1,2	●	●	●	高	F, H, J	※3
海洋動態	現業	—	○	●	●	●	高	F, H, I, J	
pH	研究	—	○ 1,2,3	●	●	●	高	C, F, H, I	
基礎生産	研究	—	○ 1,2,3	●	▲	■	高	B, F, H, J	※4
表層域の群集構造	現業/ 研究	—	○ 1,2	●	▲	■	中	F, H, I	※5
中深層の群集構造	現業/ 研究	—	○ 1,2,3	—	—	—	中	B, F, H, I	※6
深海域	研究	△		—	—	—	—	A	※7

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 現業の観測を中深層にも拡大

※4 人工衛星で観測可能な表面以外はデータ不足であり、重大性が高いため優先度を「高」とした。

※5 水産資源等の経済的価値のある分類群以外は、注目度が低い

※6 水産資源等の経済的価値のある分類群以外は特にデータ不足しているが、今後重要になると考えられるため優先度を「中」とした。

※7 基本的に知見が乏しい。

### 3.3.5 生物季節

① 生物季節における気候変動影響のストラクチャー

p.50 参照（自然生態系全般）

② 生物季節での観測・監視の現状における課題について

- a. 気象庁が生物季節観測を実施している。また、環境省で生物季節の変化を把握するためのモニタリング等の調査を実施している。
- b. 生物季節は、数 10 年の期間における数日程度での変化の検出が必要なため、それが可能となる頻度の観測が必要であり、広域で継続的な観測を行うことが困難。

③ 生物季節における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 既存の観測やモニタリング等の効率的なデータ収集のため、自動撮影カメラやリモートセンシング技術等を活用した自動観測技術・システムの開発・確立を進める。

④ 生物季節において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
植物の開花時期	現業/研究	—	○ 1,2	◆	●	●	高	H, J	※3
植物の展葉時期	研究	—	○ 1,2	◆	●	●	高	H, J	※3
pollinator（花粉媒介者）の発生時期	研究	—	○ 1,2	◆	●	●	中	H, J	
生物季節観測	現業	—	○	◆	●	●	高	F	※4

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 気象庁による生物季節観測は対象が見直されるため注意が必要。影響も認められているため、観測の優先度は高い。

※4 気象庁が継続してきた生物季節観測のデータの蓄積を継続・発展させる体制が必要。エキスパートジャッジにより観測の優先度を「高」とした。

### 3.3.6 分布個体群の変動

#### ① 分布個体群の変動における気候変動影響のストラクチャー

p.50 参照（自然生態系全般）

#### ② 分布個体群の変動での観測・監視の現状における課題について

- a. 昆虫類などは気候変動に対して敏感に分布域を変化させる可能性があるが、昆虫類のデータが限られている。
  - b. 高山・亜高山帯の生態系は、温暖化に対する生物分布変化が大きく起こることが予測されるが、高山のモニタリング箇所は全国 6 か所に限定されている。
  - c. シカの分布拡大は温暖化による積雪パターンの変化が一因と考えられており、実際、高標高域に急速に拡大している。しかし、環境省モニタリングサイト 1000 の高山帯の調査項目にシカに関する項目はない。また、有害鳥獣については、鳥獣分野に限って言えば、広域を対象とした多個体の野生鳥獣に対する GPS テレメトリデータが不足しており、気候変動に伴う季節的な利用域の変化を明らかにするうえで制約になっている。
  - d. 気候変動による外来生物の分布変化の観測・リスク評価が必要。
- #### ③ 分布個体群の変動における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. リモートセンシング等を活用した広域的なモニタリング技術の確立を進める。
  - b. 大型鳥獣については、GPS 等を活用した個体追跡データの拡充を進める。

④ 分布個体群の変動において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
高山・亜高山生態系の生物分布	現業/研究	—	○ 2	●	●	●	高	J	
有害鳥獣の分布	現業	—	○ 3	●	●	●	高	F, G	
外来生物の分布	現業/研究	—	○ 1,2	●	●	▲	高	H, I, J	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照



## 3.4 自然災害・沿岸域

### 3.4.1 河川

日本においては、気候変動による影響として、豪雨の頻度や強度が共に増大することが予測されている。このため、河川に関わる自然災害として、洪水氾濫による被害の増加が懸念される。通常、洪水氾濫は、上流から到達した河川流量が、その場所の河川の流下能力を上回った地点で発生（外水氾濫）する。このため、洪水氾濫を起こしうる豪雨規模を超過する降雨の頻度や強度がどの程度増加するのかを予測すると共に、予測された状況への対処を準備する必要がある。また、2017年7月九州北部豪雨、2018年7月豪雨においてみられた様に、山地河川においては、豪雨により生じた土砂崩れが河道の埋塞をもたらすことで、洪水被害を助長する複合的な災害影響となる恐れがある。

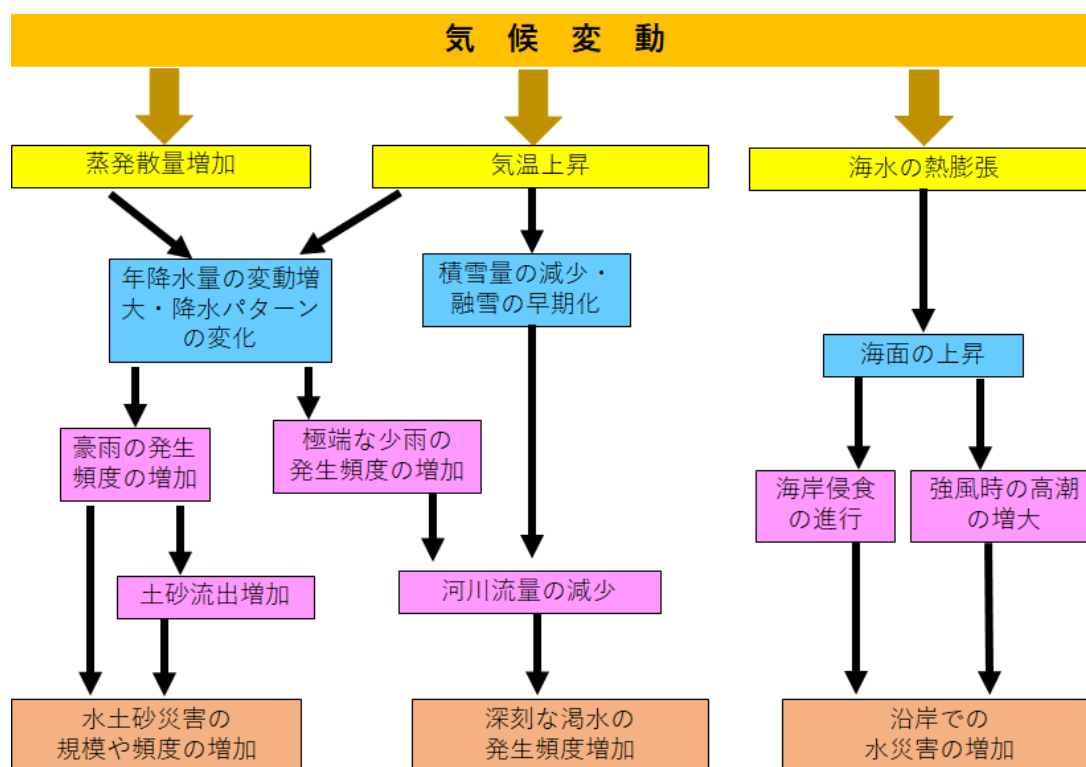
また、都市域において降雨は、下水道や排水路、ポンプ施設によって河川へと排水される。しかし、これらの施設の排水能力を超えるような豪雨が降ったり、排水先の川の水位が高かったりした場合、排水できずに家や道路、田畑が浸水（内水氾濫）する都市型水害が多発している。例えば水害統計調査より、2006年から2013年における一般資産被害額に占める内水氾濫による被害額の割合が、全国では42.0%、東京都で63.0%、愛知県で85.0%、大阪府で96.5%となっている。（中口ら、2018）<sup>4</sup>。2000年9月東海水害や2005年の首都圏での水害など、水害に対して脆弱な地域に人口や経済活動の集積が進んできたため、一度の水害による被害額の大きさが防災上の課題となっている。また近年、都市など狭い範囲で短時間に降る猛烈な降雨の予測は非常に困難である。

上記に鑑みて、河川に関わる自然災害への気候変動の影響観測・監視には、降雨状況、流域特性（土壌水分、土地被覆、土地利用）、流量、河道状況の観測・監視が必須であるとともに（3.4.1②a,b）、山地河川においては、豪雨に伴う崩壊土砂量の観測が重要である（3.4.1②c）。また、外水氾濫および内水氾濫の観測が重要である（3.4.1②d）。

---

<sup>4</sup> 中口 幸太, 小森 大輔, 井上 亮, 風間 聡 (2018). 「大阪市における内水氾濫頻発区域の分布とその特性」『水文・水資源学会誌』, 31(1), 9-16.

① 河川における気候変動影響のストラクチャー



② 河川での観測・監視の現状における課題について

- a. 河川では所管（都道府県等の地方自治体、もしくは国土交通省等）による管理目的に応じた水位・流量等の観測が主であり、国土交通省による観測については水文水質データベースにより全国のデータが閲覧できる。
- b. 上記の対象外の河川における流量データや河道測量データが不足している。
- c. 山地河道における流砂量観測は、現在、一部の流域で実施されているが、全国的に主要な流域が網羅されておらず、気候変動に対する流砂量の応答の評価を十分におこなうことが難しい。
- d. 外水氾濫および内水氾濫の観測データとして、水害区域面積や被災家屋棟数、一般資産被害額など被害状況が市区町村単位でとりまとめられている水害統計が挙げられる。

③ 河川における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 所管の枠を超えた全国の河川データの統合及び流量（水位）観測の拡充が望まれる。例えば水位観測については、全国各地に導入が進められている危険管理型水位計（「『水防災意識社会』の再構築に向けた緊急行動計画」（[https://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/pdf/koudoukeikaku\\_190129.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/pdf/koudoukeikaku_190129.pdf)）において、国管理河川で約 3,000 箇所、都道府県管理河川で約 5,800 箇所に設置することが位置づけられている）による観測データを、研究に活用できる形で蓄積されていくことが望ましい。
- b. 河道形状の測量・データベース化を進める。航空レーザー等による河川測量のさらなる促進が望まれる。
- c. 山地河道における流砂観測のさらなる拡充、データベース化が望まれる。

④ 河川において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
河川流量	現業/研究	—	○ 3	●	●	●	高	C	
小河道測量	現業/研究	—	○ 3	●	●	●	高	A, B, J	
流出土砂量	研究	—	○ 2	●	●	●	高	A, J	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

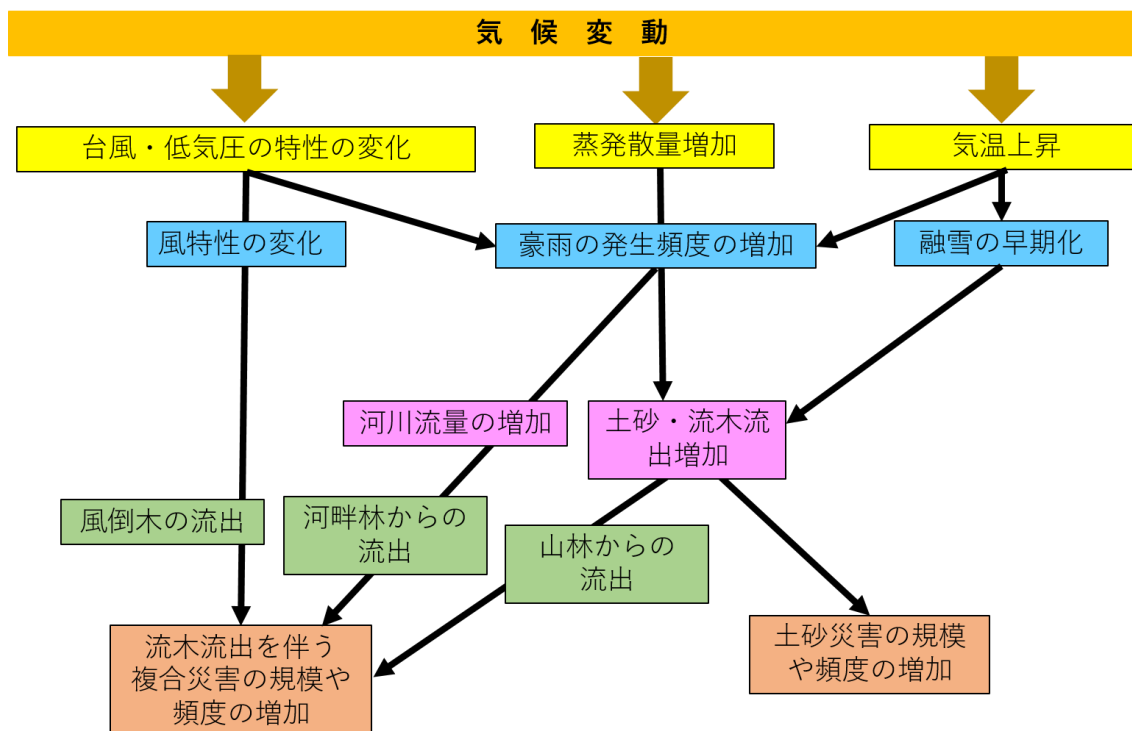
### 3.4.2 土砂災害・流木災害

崖崩れや地すべり、土石流によって、人命や資産が失われる**土砂災害**は、その突発性から、人の命が失われる可能性が高い災害の一つである。昭和 30 年代に入ると、治水工事がある程度水準に達したことにより、単独で死者が 1000 人前後にのぼるような風水害は起きていない。従来の河川からの氾濫（外水氾濫）に代わって土砂災害が風水害の主役になり、昭和 40 年代以降の風水害による人的被害は、それら土砂災害での死傷者が大半を占めている。例えば、2013 年 10 月台風 26 号による伊豆大島の土砂災害や、2014 年 8 月豪雨による広島市の土砂災害では壊滅的被害が生じた。気候変動に伴う集中豪雨による被害が目立ち、豪雨のたびに山崩れ・崖崩れや土石流が生じて、それに伴う災害が繰り返されている。

拡大造林政策以降、森林蓄積量は年々増加しており着実に樹木が生育している。さらに近年は上述した気候変動に伴う時空間的に集中した豪雨の頻発が重なり、2014 年広島土砂災害、2016 年北海道・東北豪雨災害、2017 年九州北部豪雨災害、2018 年西日本豪雨災害、2019 年台風 19 号豪雨災害において、大規模な流木流出を伴う水害や土砂災害による甚大な複合災害被害が発生したことは記憶に新しい。

上記に鑑みて、土砂災害・流木災害への気候変動の影響観測・監視には、降雨状況、流域特性（土壌水分、土地被覆、土地利用等）とともに、土砂災害・流木災害の観測・監視が重要である（②a, b, c, d）。

#### ① 土砂災害・流木災害における気候変動影響のストラクチャー



## 参考文献

- 1) 沖大幹（監修），村上道夫，田中幸夫，中村晋一郎，前川美湖：水の日本地図 -水が映す人と自然-，朝日新聞出版，2012.
- 2) 国土交通省：ダム貯水池流木対策の手引き（案），2018. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichiryubokutaisakutebikiH30.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichiryubokutaisakutebikiH30.pdf)
- 3) 林野庁：森林資源の現況，（平成 29 年 3 月 31 日現在）  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/attach/pdf/2-1.pdf>
- 4) 小森大輔：流木の一連のプロセスに基づく，ダム貯水池に流出する流木量の推計．電力土木，2019.
- 5) 虫明功臣（監修），太田猛彦（監修）：ダムと緑のダム -狂暴化する水災害に挑む流域マネジメント-，2019.

### ② 土砂災害・流木災害での観測・監視の現状における課題について

- a. 土砂流出および流木流出の観測が困難である。特に、斜面崩壊が発生した場合に正確な崩壊規模を把握するための詳細な地形データが全国の山地で整備されていない。
- b. ダムにおける流出土砂量（堆砂量）および流出流木量は、管理目的の実務的なモニタリングが主であり、ダムによる所管（農業用、電力用、都道府県等の地方自治体、もしくは国土交通省等）の違いから、全国統一のデータベースや精度の高い観測手法が確立されておらず、流出量情報が統合的に保存されていない。
- c. 土砂災害・流木災害が発生する山地における雨量、積雪量の観測密度が不十分であり、土砂災害・流木災害の誘因に関する経年変化等の評価が困難である。

### ③ 土砂災害・流木災害における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 斜面崩壊箇所の観測では、衛星データや UAV（無人航空機）を活用し、AI を用いて自動抽出するなど、日本全域において観測・監視、データベース化が望まれる。崩壊後に再度測量を行うことで正確に崩壊規模を把握するために、全国の山地で詳細な地形データの整備が必要である。
- b. ダムにおける堆砂量および流出流木量の観測では、所管の枠を超えた全国のデータの統合、および UAV（無人航空機）などを活用した精度の高い観測手法の開発・共通化を進めることが望まれる。その際には平均値のみでなく、災害に関わる極値（最大値）を求められるように重点を置くことが望まれる。

c. 山地における雨量、積雪量観測密度を充実させることが望まれる。

④ 土砂災害・流木災害において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
斜面崩壊箇所	現業/研究	—	○ 2,3	●	●	●	高	F, J, K	※3
ダムにおける堆砂量	現業	—	○ 1,3	●	●	●	高	B, H	
ダムにおける流出流木量	現業	—	○ 1,3	●	●	●	高	B, H	
山地における雨量、積雪量	現業	—	○ 2	●	●	●	高	D, I, J	

※1 p.6-7 参照

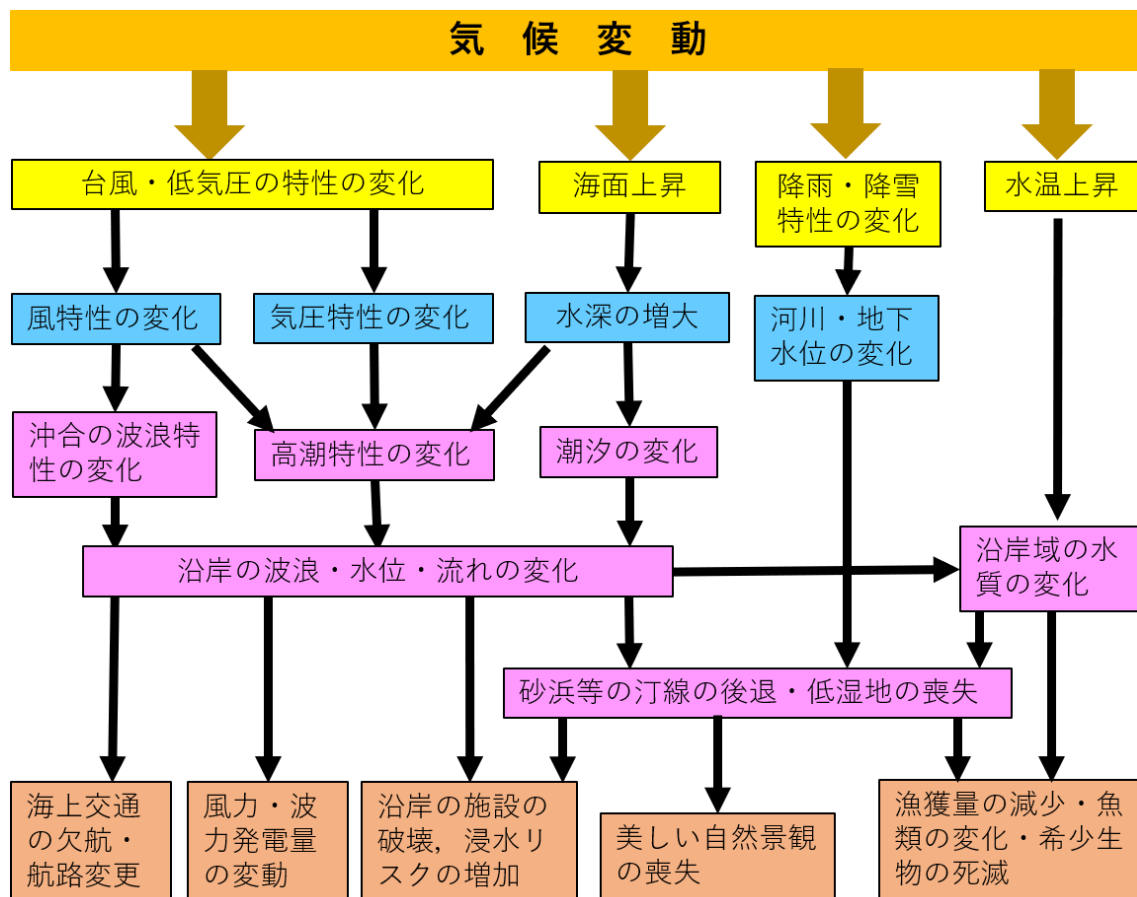
※2 p.7-8 参照

※3 斜面崩壊は災害現場（人間生活圏）だけでなく、むしろ自然環境圏にて多く発生しており、それらをモニタリングすることが重要である。

### 3.4.3 沿岸

沿岸の基本的な物理量のうち、潮位と波浪については、観測地点の配置が全国または各地方の平均的な特徴を知るために概ね十分なレベルにあり、統計処理したデータを Web で公開する機関も多い (3.4.3②a, b, c, d, e, f)。今後は、台風時のピークを確実に捉えるための施設維持・改良や技術開発、様々な機関の観測データの共有をさらに進める必要がある (3.4.3②g③a, c, d, e, f)。内湾の海水流動については、現象の空間的な変化を考えれば、潮位や波浪に比べて観測地点が不足しており、特に内湾全体の状態を大きく左右する湾口での観測を充実させる必要がある (3.4.3②l, m③h)。海岸の地形については、航空写真や現地測量に頼っていた古い観測データは限られているが、今後はドローン等の機器によって多くの地点で観測データが蓄積されていくものと期待している (3.4.3②o)。海岸の地形には波浪等の自然現象だけでなく人間活動も大きく影響しており、周辺の人工構造物の変遷も合わせて考察する必要がある (3.4.3②q③i)。

#### ① 沿岸における気候変動影響のストラクチャー



参考：土木学会海岸工学委員会地球環境問題研究小委員会編(1994)，地球温暖化の沿岸影響－海面上昇・気候変動の実態・影響・対応戦略，p.4, 117.

## ② 沿岸での観測・監視の現状における課題について

### 潮位

- a. 水管理・国土保全局、港湾局、国土地理院、気象庁、海上保安庁、自治体が、それぞれの目的、方法で、潮位を観測している。気象庁の HP では、国の観測所を中心に全国で約 200 ヶ所の一週間前までの潮位のグラフ、気象庁の地点の 20 年前までの毎時潮位の数表が閲覧可能である。自治体等にも、各機関の HP で数日前までの潮位を閲覧できるものがある。
- b. 観測地点数は、全国または各地方の平均的な特徴を知るという目的に対しては概ね十分。過去の観測基準面の管理が不十分であったために、平均海面水位のトレンドを検出できない地点もある。検潮所の移設や周辺地形の著しい変化によって、過去と同じ台風が来襲しても全く同じ潮位が観測されるとは限らなくなり、高潮偏差のトレンドの検討で注意を要する地点もある。
- c. 港湾局、国土地理院、気象庁、海上保安庁が定常観測をしている約 200 地点の毎時潮位を、日本海洋データセンター JODC が集約して HP で公開している。
- d. 気象庁や日本海洋データセンターが HP で公表している潮位・潮位偏差のデータは 1 時間毎のものであり、その間に生じるピーク値はダウンロードできない。高潮の解析に用いる潮位偏差のデータの間隔はできるだけ短く、粗くても 10 分毎が望ましい。また、台風と高潮の特性を合わせて解析することもあり、台風のベストトラックが解析されている 1951 年からのデータが整理されていると有難い。

### 波浪

- e. 水管理・国土保全局、港湾局や気象庁がそれぞれの目的で定常観測をしており、一部の機関でデータを HP に公開している。
- f. 観測地点数は、全国または各地方の平均的な特徴を知るという目的に対しては概ね十分。
- g. 波浪も潮位も、年平均値だけでなく台風時等の極値も重要だが、台風等の到来時にオーバーレンジやセンサーエラー等によってピーク付近が欠測することもあり、そのことが極値のトレンドの検出を難しくしている。
- h. 有義波は最も基本的なデータとして求められている。最高波等の細かなデータは、



観測方法の制約で求められない、あるいは積極的に公開していない場合もある。

- i. 港湾局の GPS 波浪計（海岸から 10～20 km）よりも外洋の定点で定常的な波浪観測は実施されていない。瀬戸内海等の内湾では、複雑な地形の影響による波浪の空間的な変化を把握できるほど密な観測はなされていない。外洋（特に熱帯・亜熱帯域）の波浪観測は、極軌道衛星や漂流ブイに頼らざるを得ないが、数は非常に少なく、台風の高波等を漏れなく捕捉できる状況にはない。
- j. 波浪と潮位、海上風等を同一地点で観測していないため相互作用の解析が難しい。また、ある海岸に対して対応する地点（例えば、潮位は海岸、波浪と風は陸上地形の影響がない程度に離れた沖合）でも観測していないため、沿岸災害の評価には使にくい。
- k. 各地方の特定の地域の波浪や潮位の特徴まで知ることを目的とした場合には、現在の観測網は地点数が十分ではなく地点の分布も均一ではない。そのため、例えば、ある台風によって東京湾の中央部のどこかで発生した最大の波高や沿岸のどこかで発生した最高の潮位を把握できない。すなわち、波浪も潮位も空間的に変動の大きな現象でありながら、限られた固定点での観測が多く、面的な観測はほとんど実施されていない。

#### 内湾の海水流動

- l. 沿岸の流れ・水質のうち、水温等の基本要素については、ブイなどによる定点観測網が整備されつつあるが、まだ観測地点の数は少なく空間的な分布も粗である。空間的な変化の大きさを考えると、特に内湾と外海との境界（湾口付近）で不足している。
- m. 水温、塩分、pH、流速、溶存酸素、栄養塩、高次を含む生物量等については、全国の各地域の状況をくまなく把握できるほどの地点はないが、様々な機関が定常観測を実施して、そのデータをそれぞれの HP で公開している。
- n. 長期にわたる定常観測ではないもの（例えば、ある工事から事後までのモニタリング）をアーカイブするシステムがほとんど無い。

#### 海岸地形

- o. 砂浜（汀線位置）の観測データについて、昔は数少ない測量図面や航空写真に頼っていたが、今後は衛星・航空機・ドローンによって取得しやすくなる。

- p. 全国的な海岸地形の長期変化を観測・記録するための組織・予算は十分ではない。地形・海浜流などの観測地点の増加が望まれる。海岸侵食のデータは沿岸災害の変化を理解する上で必要。
- q. 気候変動による自然現象の変化だけでなく、社会への影響まで評価するためには、防波堤・堤防等の高さ・位置（陸地の浸水を左右する条件）や海岸近くの地盤高・人口・資産（浸水したときの被害）に関するデータも必要である。

#### その他

- r. 海氷（特に厚さ）は大気の温度や波浪の発生域などにも影響するため、観測が必要である。

#### ③ 沿岸における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 多くの機関で観測された潮位のデータを一元化して参照できるデータプラットフォームの構築が望まれる。
- b. 気候変動の影響に特化して潮位・波浪観測を行う場合は、将来の防波堤・埋立地の建設等による周辺地形の変化の影響を受けにくい場所を選ぶ。何らかの事情で観測地点を移設する場合、数年間の併行観測か数値計算によって相関解析を行う必要がある。
- c. 観測データの共有化が進められているものの、観測の目的や測器の仕様などに違いがあり、できる限り規格を統一化して多目的な観測を行う。
- d. 波浪・潮位については、台風時等のピーク（極値）の今後の欠測を減らすために観測機器の信頼性や精度を高めると同時に、過去の欠測を数値計算で補完すると良い。その一方で、内湾の流速と水質については、波浪・潮位よりも正確な補完が困難であるため、観測地点の増加が望まれる。
- e. 観測の地点や要素の追加だけでなく、既存の観測機器のメンテナンスも十分に行ってデータの品質を保つ必要がある。
- f. 海上の係留ブイなど測器の種類によっては、様々な構造・形状・大きさのものが使われており、中には気候変動による微小なトレンドの検出が困難なものもある。測器の特性を新品の状態ではもちろん、使用開始後の経年変化もモニタできるとよい。例えば、貝の付着や係留チェーンの摩耗によっても、ブイの喫水（ブイで観測する海面の高さ）は変化する。

- g. 波浪・潮位は、それぞれ年変動が不規則かつ大きく、気候変動の影響を検出するためには、同一の精度・時間間隔で長期間の観測が為されるべき。気温、水温、溶存酸素量、生物指標は、それに加えて複雑な相互作用もあるため、これらを総合的に観測する体制が構築されると良い。
- h. 様々な機関の海洋レーダーによる表層流分布、港湾内の維持浚渫の際に計測した水深分布、港湾局が東京湾・伊勢湾・大阪湾の環境モニタリングで取得した毎時の水質・水温・流速等、様々なデータを一元化することで、内湾環境の研究への活用が促進される。
- i. 気候変動の影響を総合的に評価するために必要な情報・取組など
  - ・ 防波堤・堤防等の防護施設の設計上の高さ、海岸線や構造物の周辺の地形の経年変化、海岸近くの地盤高・人口・資産（浸水したときの被害のポテンシャル）の経年変化のデータベースを構築すると良い。
  - ・ 同じ要素を複数の機関で観測している場合は、データのフォーマットを揃え、一元的に管理するプラットフォームを構築すると良い。

④沿岸にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
波浪	現業	—	○ 2	●	●	●	高	I	
潮位	現業	—	○ 2,3	●	●	●	高	C, F, I	※3
内湾の海水流動 (流速・水質)	現業	—	○ 2,3	◆	▲	▲	低	F, I	※3
海岸地形 (特に 砂浜の汀線)	現業	—	○ 1,2,3	●	▲	●	中	H, F, I	※3

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

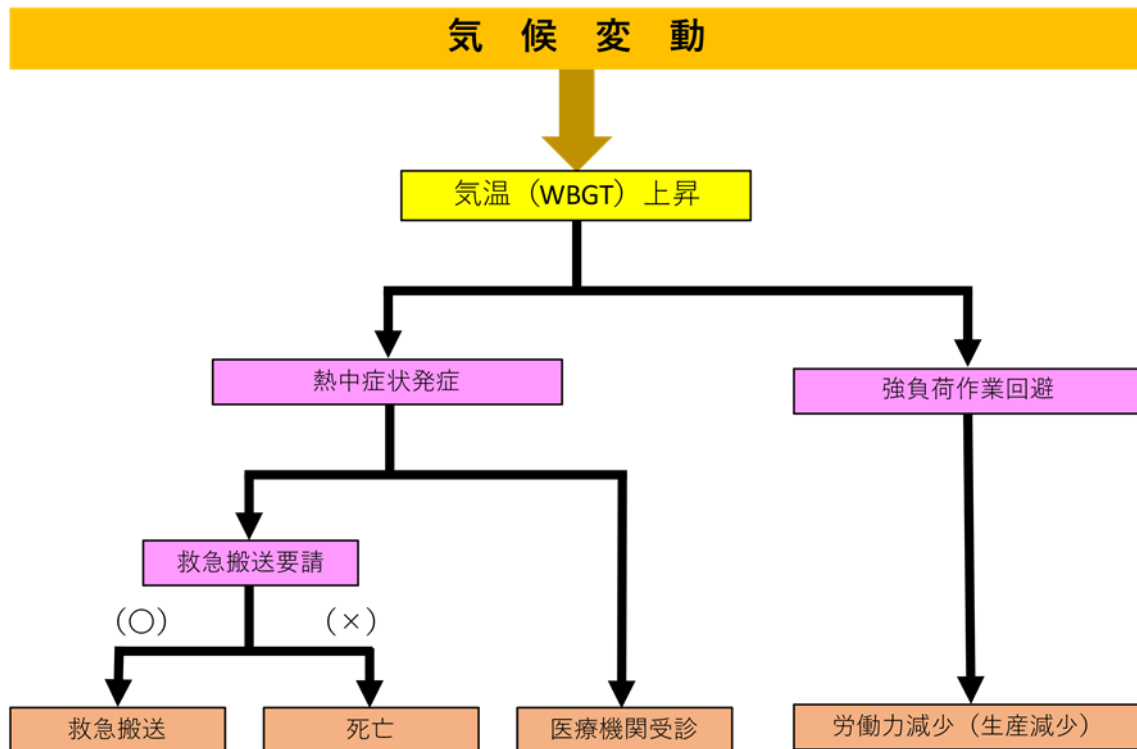
※3 国県等が得たデータの統一的な整理

### 3.5 健康

#### 3.5.1 暑熱

暑熱環境分野においては、精度の高い観測・監視体制の構築と予測精度の向上に加えて、予防情報の迅速・適切な提供と、適応策の評価が必要である。救急搬送熱中症患者を例にとれば、救急搬送者数には高温日の出現日数が大きく関係していることは間違いないが、マスク等で取り上げられることによる救急車利用の増加なども考えられる。一方で、政府や自治体等が実施する様々な対策（環境省による「熱中症予防情報」など）について、その効果の評価は十分には行われていない。また、新たな対応の展開（気象庁・環境省による熱中症警戒アラートなど）と併せて、その効果についての検証作業が重要である。

##### ① 暑熱における気候変動影響のストラクチャー



② 暑熱での観測・監視の現状における課題について

- a. 救急搬送データ、死亡データ等の利用は可能であるが、気象条件との関連を解析するにあたって、対象者の行動が把握できれば、より精度の高い解析が可能になると考えられる。ただし、対象者の行動履歴を収集することは、消防署等の通常の業務範囲を超えるため、非常に難しいと思われる。
- b. 可能な対応策としては、1) 救急搬送熱中症患者を対象に、スマホの位置情報システムを活用した発症前の行動履歴・暑熱環境曝露を推定、2) 夏季イベント会場等における熱中症（救急搬送）患者情報とイベント会場の暑熱環境推定、等が考えられる。
- c. 逆転の発想で、スマホの位置情報システム情報と衛星観測等による暑熱環境データベースを作成し、それに対応可能な救急搬送熱中症患者データベースを構築することも検討の余地があると考えられる。なお、救急搬送熱中症患者からの行動履歴聞き取りによる暑熱環境曝露推定は、実施が困難なことに加え、定性的な解析に止まると思われる。

※現状においても、日別、時刻別、発生場所別の救急搬送データ、死亡データの解析により気温、WBGT との関連性の解析は可能である。

③ 暑熱における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 熱中症発症に関連する気象要因について、系統的な検討を行うことが必要だと考えられる。現状は、個別研究成果に基づいて、気象要因の絞り込み（日最高気温、日最高 WBGT など）が行われている。熱中症予防情報の発令といった観点からは非常に重要であるが、将来予測を行うにあたっては、日別の予測が必要なのか、月別の予測で十分なのではないか、といった検討が必要である。
- b. 政府、自治体等が実施している予防策について、その整理と適正な評価が必要である。

④ 暑熱にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
気象データ	現業	—	○ 1,2	●	●	●	高	H, I, J, F	※3
救急搬送データ	現業	—	○ 2	●	●	●	高	I	個人情報への留意が必要
死亡データ	現業	—	○ 2,3	●	●	●	高	B, J	※4
診療報酬明細書(レセプト)	現業/研究	—	○ 3	●	●	●	高	B	個人情報への留意が必要
患者の行動履歴(行動履歴)	研究	○	—	●	●	●	高	A	入手が困難
患者の行動履歴(位置情報履歴)	研究	○	—	●	●	●	高	A	スマホ等利用、個人情報に留意が必要

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

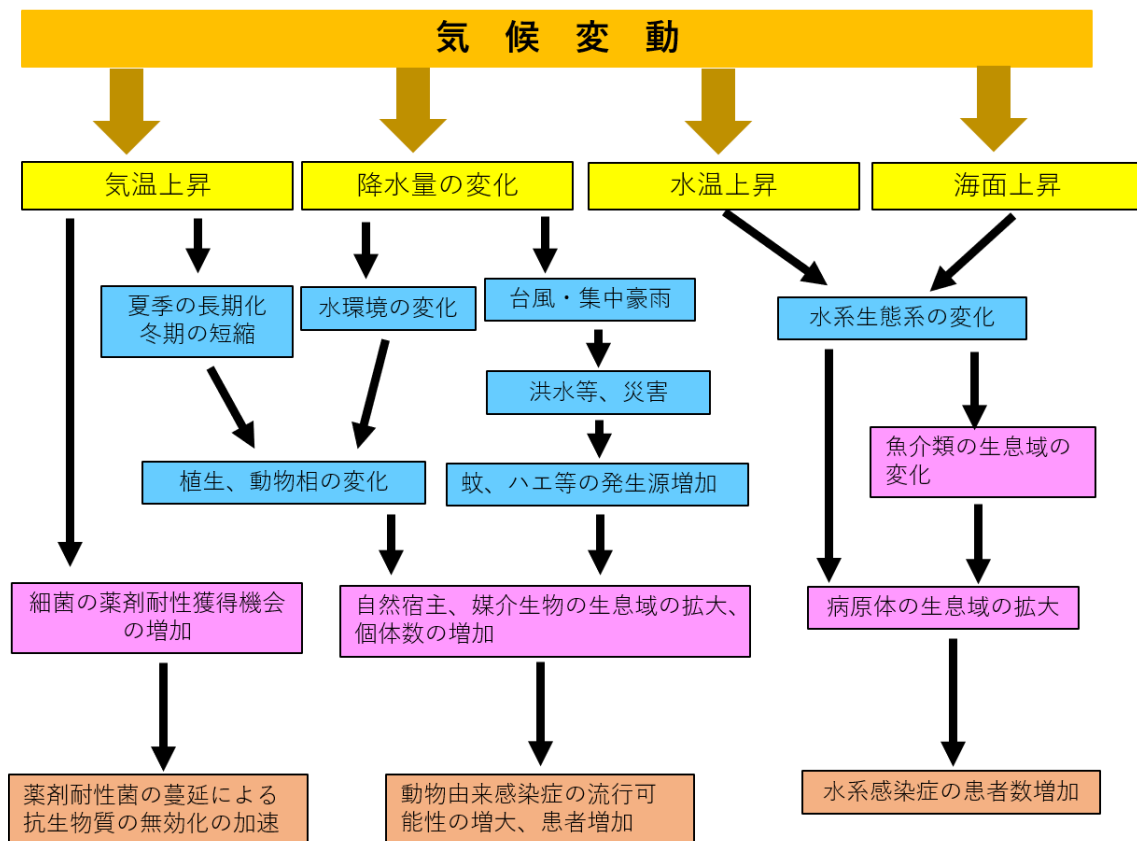
※3 研究ベースではなく実業務利用(ウェアラブル端末への送信) ※熱中症予防情報

※4 個人情報への留意が必要、データの作成(公表)までに時間がかかる(ほぼ1年後)

### 3.5.2 感染症

日本における感染症は、公衆衛生の向上、医学の進歩により、患者数は大きく減少した。しかし、根絶されると思われた感染症の再興、また新興感染症も発生し、さらなる対策が必要である(3.5.2②a)。特に気温の上昇による生態系の変化が起きた場合はこれまでの知見が通用しないことも想定される(3.5.2②c, h)ことから、これまでの疫学情報に加えて、今後は媒介者である野生動物、人の移動や物流等の多用なデータを活用(3.5.2②b, e, f, h, i)し、対策にあたる必要がある。なお、感染症と気候変動の関係については研究事例に限られ不確実性を伴う要素も多いことから、気温の上昇と感染症の発生リスクの変化の関係等について、科学的知見の集積に努めることも併せて必要である。

#### ① 感染症における気候変動影響のストラクチャー





② 感染症での観測・監視の現状における課題について

- a. 気候変動が感染症の流行に影響を与えているということは、国際的な認識となっている<sup>5</sup>。
- b. 感染症と気候変動の関係については研究事例が限られ不確実性を伴う要素も多いことから、今後気候変動による気温の上昇等が予測されていることも踏まえ、気温の上昇と感染症の発生リスクの変化の関係等について科学的知見の集積に努めることが必要である。
- c. これまで流行が日本国内でみられなかったあるいは稀であった病原体が、気候変動の影響で生態系に変化が及ぶ結果、流行が起きる可能性がある。侵入してくる病原体は一種の外来種であり、日本の生態系には存在しなかったものであることから、生態系内で抑制が働かず一度侵入してしまうと大きく広がる可能性が否定できない。
- d. 既知の感染症の流行域が広がる可能性もある。水系感染症のビブリオ・バルフィニカス感染症の流行は、気温上昇により海水温が上昇し従来はほとんど見られなかった北海道や東北地方での感染が起こっており、北限が上昇している。また、デング熱媒介蚊であるヒトスジシマカは、この約半世紀の間に、生息域の北限が北関東から青森まで上昇している。
- e. 薬剤耐性菌は日本を含めた世界各国がアクションプランを作成し、対策を進めているところであるが、容易ではない。薬剤耐性菌は動物や環境と関連が指摘されており、さらなる調査研究が必要である<sup>6</sup>。
- f. 感染症においては感染症発生動向調査や病原微生物検出情報の共有等がすでに実施されている。21世紀に入って以降も、チクングニア熱、ジカ熱、重症熱性血小板減少症候群（SFTS）が追加されたように、調査対象は今後も増加することが予想される。したがって、既存の調査や情報共有の更なる充実が求められる。
- g. 感染症の監視に関しては、病原体だけでなく媒介動物に関する監視も必要である。今後、進行するかもしれない気候変動の影響を評価するためには、まず病原体やその媒介動物

---

<sup>5</sup> (例) WHO の The 1.5 Health Report には、“There is strong evidence that changing weather patterns associated with climate change are shifting the geographic range, seasonality, and intensity of transmission of selected climate-sensitive infectious diseases, with increases and decreases projected with additional warming.”と記されている。

<sup>6</sup> MacFadden らは、米国を対象とした研究で気温が高いことは病原菌の薬剤耐性獲得機会を助長している可能性があることから、現行の薬剤耐性菌のリスクの評価は、気候変動による温暖化が進む現行の状態の下では低く見積もられている可能性を指摘している (DOI: [10.1038/s41558-018-0161-6](https://doi.org/10.1038/s41558-018-0161-6))

を含めて、現状の基礎的な知見を得る必要がある。しかし、それを行う専門家を直ちに十分に確保することは現状では難しい。

- h. 現在、人獣共通感染症の対策を進める上でワンヘルス<sup>7</sup>が重要視され、このアプローチに基づく対策が進められつつある。ワンヘルスの特徴の一つは、野生動物の重要性に言及したことである。野生動物を含め自然生態系の病原体を監視することは、気候変動の影響を評価する上でも、またワンヘルスの概念の基に感染症対策を行う上でも重要ではあるが、文部科学省の報告書<sup>8</sup>は、それを担当する人材は十分ではないことを示している。
- i. 調査研究等の実施者としては、大学、公的機関の研究者、地方自治体の衛生担当者等が考えられる。しかし、現行の感染症の監視体制では、特に衛生害虫をはじめとする野外の媒介動物の監視や対策を継続的に行うことは困難であることを日本学術会議は提言している<sup>9</sup>。十分な監視体制が継続的になされない場合、対応が遅くなり感染症がより広がる可能性が否定できない。
- j. 気候変動による感染症への影響を評価するためには、病原体および媒介生物に関して、その野外における生態について知る必要がある。多くの病原体、媒介生物<sup>10</sup>では、その基本的な性質<sup>11</sup>が十分に判明していない場合も多く<sup>12</sup>、既存の対策と連携をとりつつ、気候変動の影響を監視・評価する必要がある。
- k. 感染症の野外調査では、媒介生物を調査することになるが、その対象は、大型哺乳類から節足動物（昆虫・ダニ類）まで非常に多くの生物種を含む。そのため、例えばデング熱対策のために媒介蚊であるヒトスジシマカを調査するような因果関係が明確で、よく調査が行われている生物を除き、調査対象種やその調査方法をどのようにするか画一的な方法がないため、観測法の標準化を進める必要がある。
- l. 多くの生物種では調査で捕獲した生物の種を形態分類し同定できる専門家の数が限られており、専門家でも種の同定には莫大な労力と時間がかかる<sup>13</sup>。形態分類のできる人材や標本の長期保管ができる体制が必要である。

<sup>7</sup> (引用元) The Manhattan Principles on "One World, One Health", 2004, <http://www.oneworldonehealth.org/>

<sup>8</sup> 文部科学省「感染症研究の今後の在り方に関する検討会」報告書, 2016

<sup>9</sup> 日本学術会議提言「衛生害虫による被害の抑制をめざす衛生動物学の教育研究の強化」, 2019

<sup>10</sup> 日本脳炎、デング熱、SFTSのような比較的研究が行われているものも含む

<sup>11</sup> 感染性、宿主・寄主生物、温度・湿度耐性等の物理的耐性など

<sup>12</sup> 研究対象が病原体となることから、研究は安全性や倫理性を確保して行う必要があるため、実施が難しい研究もある

<sup>13</sup> DNA バーコーディング法のような形態分類にかわる手法も開発されているが現時点では完全な代用にはならない。

- m. たとえば、野生のイノシシは疾病媒介動物であるとともに食害は農業や自然の植生への影響が深刻化（2.4.1 陸域生態系）している。このように複数の分野にまたがる対象に関しては内容を精査した上で、調査の一本化や結果の共有をより進め、効率化を図ることが望ましい。
  - n. 現行の法制度では、感染症の対策は自治体に依るところが大きい。過去、現在ともに多くの感染症の初期の流行は局地的に起こっている。国あるいは他の自治体との連携を含め、各自治体が必要時に適切な対応がとれるような体制を構築する必要がある。
- ③ 感染症における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 感染症においては感染症発生动向調査や病原微生物検出情報の共有がすでに行われているが、それらをさらに充実させる必要がある。
  - b. 感染症を媒介する節足動物、哺乳類等に関しては、その生態や分布に関する情報が明らかに不足している。それらを実施する人材の不足も顕著であることから、人材育成を含め、長期的視野に立った計画が必要である。さらに、効率化のため関連分野との連携をはかることが望ましい。
  - c. 感染症の対策は自治体に依るところが大きい。自然環境や都市環境は各自治体に異なることから、各自治体が必要時に適切な対応がとれるように監視体制を構築、維持していく必要がある。

④ 感染症にて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
病原体の地理的分布	研究	○	—	—	—	—	—	A	
媒介生物の地理的分布	研究	○	—	●	●	▲	高	E	※3
感染症患者数 (輸入感染症含む)	現業	—	○ 3	●	●	▲	高	C	感染症法 ※4に依る
人口分布、人口移動 (海外旅行者・帰国者含む)	研究	—	○ 3	●	●	▲	高	C	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

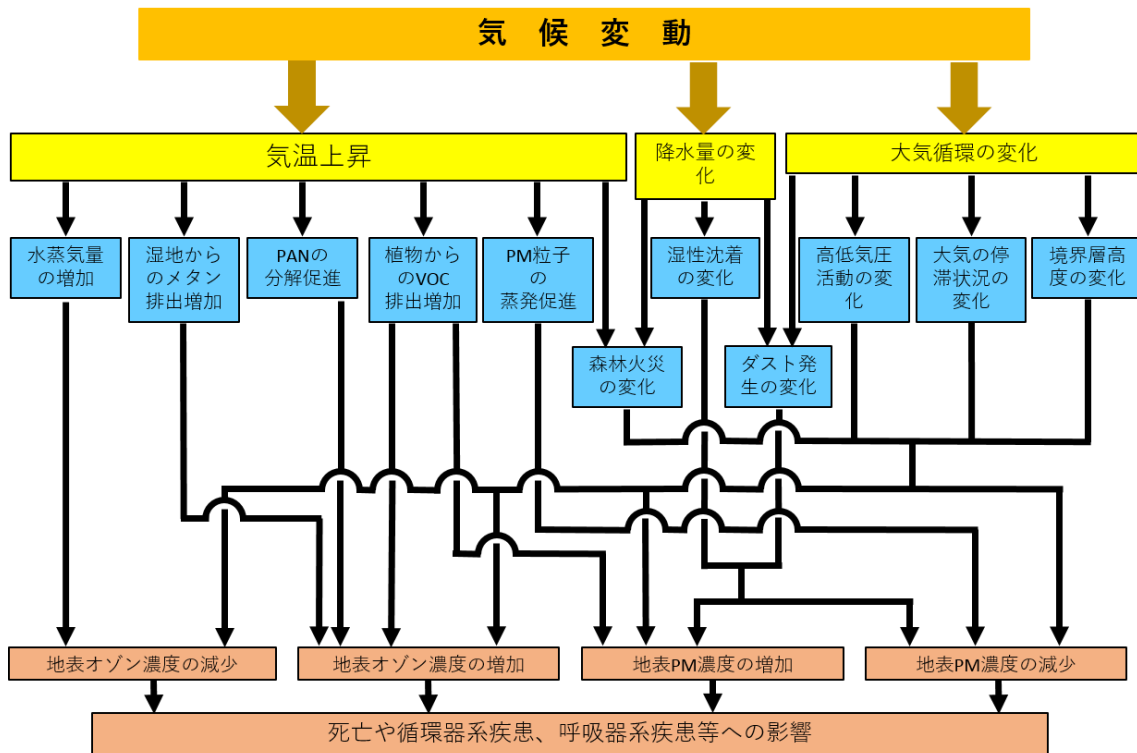
※3 昆虫を例にとれば、農業害虫、衛生害虫（媒介生物）、外来種等様々な面をもつが、それぞれに担当官庁が異なるため、研究費や事業費の用途による制限から調査に制限がある場合がある（ある場所に生息する昆虫全般を調査したいが、研究費の性格上特定の種しか調査できない等）。したがって、気候変動の影響調査にあたっては、各分野が連携し効率的に調査を進めることが必要である。

※4 感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律

### 3.5.3 大気汚染

気候変動による大気汚染の変化とその健康影響を把握するためには、①気候変動→大気汚染、②大気汚染→健康影響の両方に関する知見の集積が必要である。日本における大気汚染物質の状況は、大気汚染防止法に基づき全国の1,800を超える観測点で常時監視が行われている。過去数10年（中には50年超）の長期間にわたって監視を続けている地点も多数あり、その間の気候変動と大気汚染変化の関連を解析できる可能性はある（注：この期間では同時に大気汚染物質の排出量が大幅に減少しており、その影響を分離した上で長期的な気候変動による大気汚染への影響を評価することは容易ではない）が、観測地点の分布や観測項目（特に粒子状物質）には不十分な点がある（3.5.3②a, b, c, d）。一方、大気汚染物質への曝露による人の健康影響に関しては、個人曝露状況の把握が可能になるとより精度の高い影響評価に繋がると考えられる（3.5.3②e）

#### ① 大気汚染における気候変動影響のストラクチャー



② 大気汚染での観測・監視の現状における課題について

- a. 大気汚染物質の常時監視を行っている測定局の分布は、その設置の目的から人口の比較的多い地域に分布しており、地域的にみると北海道、東北、北陸、山陰、離島等では観測地点数が少ない。気候変動が日本の大気質全般（この場合、大気汚染の少ない遠隔地での大気質も考慮に入れる）に与える影響を監視する目的のためには、現状の常時監視局の配置は明らかに不十分である。
- b. 常時監視されているガス状の大気汚染物質に関して、主要なもの（光化学オキシダント、窒素酸化物、二酸化硫黄、一酸化炭素）は押さえられている。ただし、非メタン炭化水素（NMHC）は全量の観測となっており、成分毎の観測があるとなお良い。特に気候変動の影響が大きいと考えられる植物由来の炭化水素であるイソプレンやテルペン類の観測の重要性が高い。
- c. 微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）に関しては、PM<sub>2.5</sub>の全量に関する観測地点は増加してきた（現状 1000 観測点規模）ものの、PM<sub>2.5</sub>の成分別の観測は、観測地点数と観測時間の双方の面でまだ少ない。PM<sub>2.5</sub>を成分別に連続観測している地点は全国で 10 地点程度と限られており、各季節で 10 日程度の集中的な観測が行われている地点が百数十地点というのが現状である。
- d. 気候変動による大気汚染物質の変化を見るには、気象要素と大気汚染物質の測定が同地点で同時に行われているのが理想的であるが、現状ではそれが可能な測定点は限られている。気象要素に関しては、近隣の气象台やアメダスデータを用いることも可能であるが、必ずしも必要な気象要素の観測データが近い範囲で全て揃うわけではない。
- e. 大気汚染物質への暴露による健康影響をより正確に見積もるには、大気汚染物質の個人曝露データを利用することが重要と思われる。近年、個人の曝露状況を記録可能な比較的ポータブルで安価な PM<sub>2.5</sub> センサーなどが開発されてきており、個人曝露データの収集可能性は高まっている。
- f. 気候の変化による健康への影響解明のために、疫学研究的には全国的な循環器疾患や呼吸器疾患等の情報を長期的に追跡できる仕組みが必要だが、現状ではそのような仕組みがない。

③ 大気汚染における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 大気汚染物質濃度の測定局については、空白地帯をなくすことが重要である。北海道

や主な離島など、できるだけ密に測定局を設けることで、土地利用等を説明変数とした回帰モデル式による個人曝露量を推計する際の精度が上がるのではないかと思われる。

- b. 大気汚染の少ない遠隔地における観測データに関しては、東アジア酸性雨ネットワーク (EANET) による観測データや地方環境研究所による独自の観測データなどの掘り起こしを進めて活用する。また、大気汚染物質の常時監視の目的の中に気候変動による影響の監視という視点を盛り込むことによって、常時監視局の設置を促すような可能性に関して検討を行う。
- c. NMHC や  $PM_{2.5}$  の成分別データについて、カバーする地域と観測時間の両面で十分とは言えない状況を改善するためには、運用が容易で低廉な観測機器の開発を進めることが重要であるが、これは一朝一夕に成し遂げられることではないので、まずは、数値モデルとの連携などを通して最適な観測場所の選定に関する検討を進めることが必要と考えられる。
- d. 大気汚染物質に対する個人曝露データの取得に関しては、測定に用いるセンサーの選定やその特徴の把握など技術面の課題に加えて、取得された観測データに関する個人情報等の取り扱いの課題などが想定されるため、まずは研究ベースで様々な課題の洗い出しと検討を進めることが必要と考えられる。
- e. 気候変動による健康影響を捉える指標として全国的な循環器疾患や呼吸器疾患等の疾患情報を登録し、性別、年齢、生活習慣等の個人情報と連携させたビッグデータとして疫学的研究に使えるような仕組みが必要と思われる。

④ 大気汚染において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/ 研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題 カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
大気汚染物質濃度（測定局）	現業	—	○ 1,2	◆	▲	▲	低	A, H, I, J	※3
大気汚染物質濃度（個人曝露量）	研究	△	—	◆	▲	▲	低	A	個人情報等への留意が必要
気象要素	現業	—	○ 2	◆	▲	▲	低	J	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 観測対象物質により異なるが、一般的に確実性はあまり高くないと思われる。



## 3.6 産業・経済活動および国民生活・都市生活

### 3.6.1 産業・経済活動

#### 3.6.1.1 産業・ビジネス全般

産業・ビジネスへの気候変動による影響として、自然災害の増大、水資源の減少、原材料調達への影響、従業員の健康への影響、売上機会の損失等が挙げられる。

自然災害の増大に関して、気候変動により増大すると予測されている豪雨や洪水、台風等の自然災害は、製造業・非製造業問わず、幅広い業種に影響を及ぼす。具体的には、自然災害の増大は、工場・店舗・事務所等の施設や、トラック・鉄道・飛行機・船舶等による物流、電気・ガス・水等の社会インフラに対して、大きな被害をもたらす。また、こうした自然災害は、融資先や投資先の企業の業績へ影響を及ぼし、保険金支払い額の増大を招くため、銀行・証券・保険といった金融業にとっても大きな脅威といえる。他にも、原材料や製品の輸送のし易さの観点から、沿岸部に工場やプラントを設置している企業は多いが、気候変動によって海面上昇が進み、高潮等の自然災害による被害が増大する。

水資源の減少に関して、気候変動による水資源の減少は、原料に水を使用する飲料・食品関連の企業以外でも、生産工程で水利用が重要となる製造業全般に大きな影響を与える可能性がある。グローバル化が進み、海外での生産活動が加速化しているなか、アジアやアフリカ等の地域では、人口増加や水質汚染等により水不足が深刻な社会問題となっており、気候変動により、状況が更に悪化する可能性がある

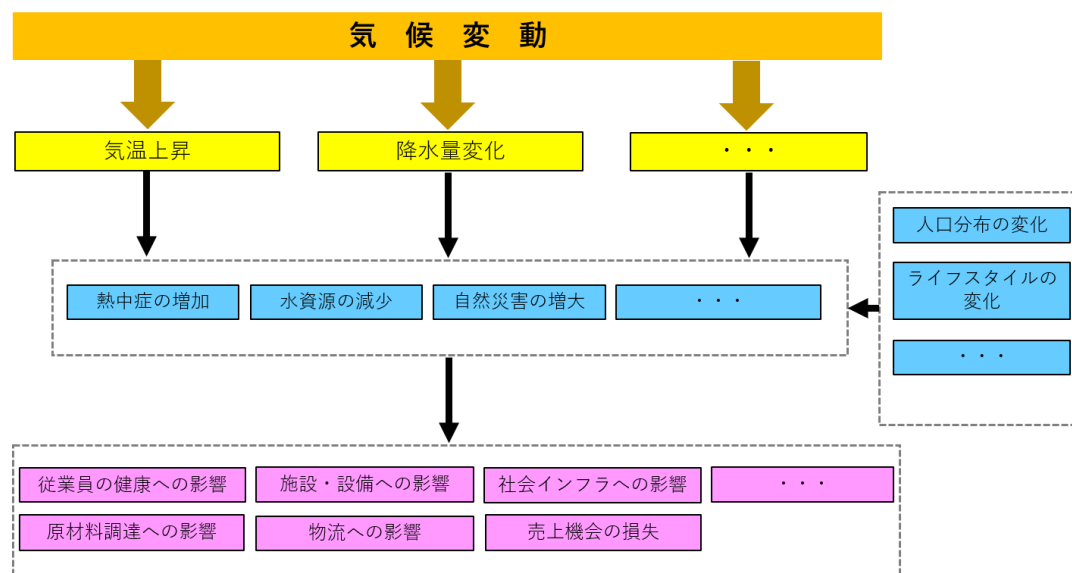
原材料調達への影響に関して、気候変動等による自然生態系の変化により影響を受ける産業として、農産物・水産物をもとに食料品を製造する食品業、パルプや木材等の木材資源を利用する製紙業や建設業、原材料を調達する商社、観光業等が挙げられる。気候変動による農作物の収量や品質の低下、栽培適地の変化等といった現象は、既に日本においても多くの事例が確認されている

従業員への健康への影響に関して、気候変動による猛暑の増加、熱中症による死亡リスクの増加、熱帯性の感染症の増加等が挙げられる。日本においては、1990年以降、夏場の熱中症の患者数が増加しているが、こうした状況を踏まえ、屋外で活動する作業員が多い建設会社等では、清涼感のある作業着の開発や休憩時間の拡大といった熱中症対策に力を入れている。また、気候変動等により、従来日本には生息していなかった害虫が上陸する、害虫の活動期間が従前より延びる、といった影響が出始めている。そのため殺虫剤メーカーでは、南方性の害虫の駆除剤の開発に取り組んでいる。

最後に、売上機会の損失に関して、猛暑や暖冬による需要パターン変動に伴う売上への影響、季節感の消失や自然景観の変化による観光業への影響等が挙げられる。暖冬になると、家電量販店の暖房器具の売上が減少し、暖房のための電気・ガス等のエネルギー需要が減少

する。他にも、雪不足等によるスキー場の稼働率低下等、観光業への影響が懸念されている。

### ① 産業・ビジネスにおける気候変動影響のストラクチャー



### ② 産業・ビジネスでの観測・監視の現状における課題について

- a. 産業全般の経済活動を測る包括的な指標として GDP がある。しかしながら、GDP は、気候変動だけでなく、様々な社会的な要因が関係してくる。産業全般への気候変動の影響を抽出して観測していくには、更なる研究が必要である。
- b. 個々の各ビジネスへの気候変動による影響を測るには、ビジネスの特性を考慮する必要がある。気候変動による影響として、自然災害の増大、水資源の減少、原材料調達への影響、従業員の健康への影響、売上機会の損失が挙げられるが、業種・業態・事業活動の地域等によって、どの影響を大きく受けるか異なってくる。そのため、エネルギー業、観光業といった業種毎に研究を積み重ねていくことが重要である。こうした研究を進めていくには、様々な業種の企業との連携が必要である。

### ③ 産業・ビジネスにおける課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 気候変動が経済活動に影響を及ぼしつつあるなか、G20 財務相・中央銀行総裁会議は、国際金融に関する監督等の役割を担う金融安定理事会に対し、気候変動が金融セクターに及ぼす影響について検討するよう要請した。要請を受け、金融安定理事会では、2015 年 12 月に「気候関連財務情報開示タスクフォース (TCFD)」を設置した。TCFD では、気候変動がもたらすリスクや機会の財務的影響について企業が分析し開示することを促すため、情報開示に関する任意のガイダンスを策定している。TCFD には、世

界の数百に及ぶ企業や団体が賛同しており、日本からも、金融機関やメーカー、サービス業等の多数の企業が賛同している。

- b. TCFD では、投資家等が財務上の意思決定を行うため、気候変動関連ではどのようなリスクや機会があるのか、またそうしたリスクや機会が事業にどのように影響するかについての分析や開示を求めている。そのため、TCFD に賛同している企業は、2℃シナリオ、4℃シナリオといったシナリオに基づき分析を行い、その結果を開示し始めている。
- c. TCFD を契機に、気候変動による財務への影響を分析している企業が増えている。様々な業種の企業が分析に取り組み始めているため、そうした企業と連携し、業種毎に気候変動の影響に関する研究を積み重ねていくことが重要である
- d. 企業が気候変動による財務への影響を分析するには、自然災害による被害額等の金銭的な情報が重要となる。そのため、「自然災害・沿岸域」「水環境・水資源」「農業、森林・林業、水産業」「自然生態系」「健康」等の各分野で観測項目を定めていく際には、気象・気候等の直接的な要素の変化に留まらず、そうした変化による被害額等の金額を示していくことが期待される。

④ 産業・ビジネスにおいて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/ 研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題 カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
自然災害による被害額	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	●	●	高	B,C,F, I,J	※3
地域別の水ストレス	現業/ 研究	—	○ 1,2,3	●	●	●	高	B,C,H, I	※4
食料資源の供給量	現業	—	○ 2,3	●	●	●	高	B,C,F, I	
木材資源の供給量	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	●	▲	高	F,J	
熱中症による救急搬送者数	現業	—	○ 3	●	●	●	高	C, F	※5

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 国土交通省による水害被害額の統計、損害保険協会による自然災害での支払額の統計等。

※4 世界資源研究所等。

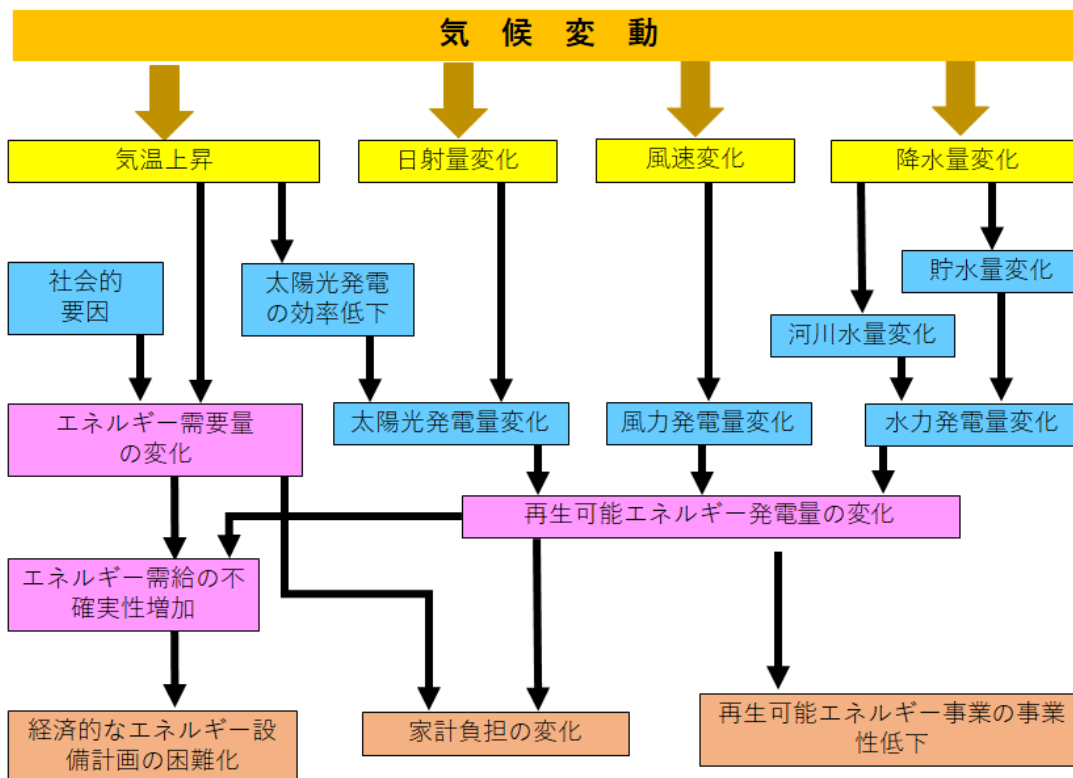
※5 総務省消防庁による熱中症による救急搬送人員の調査。

### 3.6.1.2 エネルギー

気候変動によるエネルギー需給への影響は、太陽光、風力、水力等の気象条件の影響を受ける発電量の変化と、主に気温の変化によるエネルギー需要量の変化が挙げられる。これらは電力供給の安定性や再生可能エネルギー事業者の事業性、家計負担の変化などに影響を及ぼす恐れがある。これらの影響を把握するには、関連する気象要素およびエネルギー需要量の観測、計測が必要不可欠である（3.6.1.2②a, f, l, m, n）。

日射量や太陽光・風力発電量は、空間解像度の高いデータの蓄積が課題であり、衛星観測データや発電事業者の発電実績データを収集、管理、活用するシステムの構築が期待される（3.6.1.2②b, c, d, i, j④a, b, d, e）。エネルギー消費量に関しては、個人情報保護の担保を大前提としたスマートメーター等の計測データの収集や活用が望まれるところ、エネルギー需要量の変化から気候変動による影響をいかに抽出するかという点が課題である（3.6.1.2④c）。

#### ① エネルギーにおける気候変動影響のストラクチャー



## ② エネルギーでの観測・監視の現状における課題について

### 気象データ

- a. 太陽光発電、風力発電に影響のある気温・日射量・風況情報が重要である。
- b. 気象庁による観測では、全国約 800 ヶ所のアメダスにおいては日照時間が観測されているが、全天日射量については全国 48 地点の気象官署に限定されている。また、平地の日射観測データに比べ、標高の高い地域の日射データが非常に少ない。
- c. 電気事業連合会により、全国約 300 地点で日射観測が行われているものの、送配電事業者が独自に計測している全天日射量の観測については、少なくとも各送配電事業者が需給運用に利用している点数での継続的観測が必要である。

### 太陽光発電

- d. 発電電力量の時系列データは、送配電事業者ごとに推計値の時系列データが公開されているが、その推計方法が公開されていない。また、リアルタイムでは入手できない。
- e. 出力抑制指令による制御量も踏まえた発電量の把握が必要となる。
- f. 太陽光発電の発電電力量データの時間分解能は、衛星観測データの 2.5 分程度が整備されると電力の需給解析等に利用できると考えられる。
- g. 自家消費率については、FIT 制度に依存しないシステムや蓄電池の併設、デマンドレスポンス等の活用など、様々な需要形態が存在する中で、自家消費率の観測、推計が難しくなる。

### 太陽光発電（FIT 制度）

- h. 太陽光発電の導入量は、現在 FIT 制度における統計値があり、エネルギー統計（太陽光発電の導入量や発電電力量など）に利用されているが、FIT を利用しないシステム（公共・産業用などの完全な自家消費）については現在でも把握できていない。今後、FIT 制度の終了案件（2019 年以降）や FIT 制度を利用しない導入形態の増加が予想されることから、導入量、導入箇所、導入形態についての観測・監視方法、公開方法の検討や送配電事業者における接続量などの活用が望まれる。導入箇所や形態については、FIT 制度の事業計画認定情報や定期報告データにより把握ができる。これらについて空間解像度の高いデータ公開が望まれる。
- i. 大規模太陽光発電所の発電量データは事業者の運転状況も示すデータのため、そのま

ま公開することは難しいと考えられる。また、住宅用太陽光発電設備、中規模の発電設備では、計測されていない、または計測されていてもインターネットに接続されていないケースがある。

- j. 風力発電に重要となる風速の観測データは、地形の影響を受けるため、アメダスや気象官署ではなく実際に設置されている地点のデータが必要である。各風力発電所で風速は計測されているものの公開されているものは少ない。
- k. 再生可能エネルギー熱利用の実測データが無い。再生可能エネルギー熱利用とされる、太陽熱やバイオマスは供給となるが、地中熱や雪氷熱などは省エネルギーとなるため、統計上の整理が為されていない。
- l. 電力需要量のデータは供給エリア全体などの広域の時系列データは公開されているが、需要家側における再生可能エネルギーや、電気自動車、急速充電ステーションなどの普及による新たな電力消費の増減が生じる将来を見据え、配電網の容量と関連がある小さなエリア単位での時系列データの把握が重要であり、公開されることが望ましい。
- m. ガス等の利用による需要家ごとの熱エネルギー需要量については、時刻別などの時間解像度の高いデータが不足している。太陽熱・地中熱等の再生可能エネルギー利用拡大に活かせることや、熱供給設備の電化による電力消費量増加を把握できること、生活スタイルの変遷を捉えることができるなどの観点から、熱需要量そのものを計測する仕組みが必要である。
- n. 気候変動による気温の変化等のエネルギー需要への影響を分析するには、経済活動の発展や衰退の影響の小さい、需要家単位における電力・熱のエネルギー需要量を把握し、統計処理を施した上で公開されることが望ましい。また、これらを長期的に観測し続けるシステムが必要である。

### ③ エネルギーにおける課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

#### 気象データ

- a. 日射量の網羅的把握のためには、過去の衛星画像と今後の「ひまわり8号」の衛星画像から日射量を推計し、そのデータを蓄積させることが有用である。様々な事業者が保有する日射量データが公開され、利用可能となることが望まれる。
- b. 風速の網羅的把握のためには、気象庁の気象予測モデル精度が向上し、局所的な風速の時間解像度の高い時系列データが利用可能となることが望まれる。また、様々

な事業者が保有する風車設置場所での風速データが公開され、利用可能となることが望まれる。

#### 太陽光発電関連

- c. 住宅用など需要家に設置されている太陽光発電の発電電力量そのものを把握するためには、スマートメーターの他に、HEMS 等により、自家消費電力量も合わせて把握する必要がある。
- d. 大規模太陽光発電の発電電力量の把握には、遠隔出力制御装置のデータが活用可能と考えられる。現在は単方向通信ではあるが、実績データは制御サーバー側に PUT 可能な状況である。ただし、リアルタイム性はないため、今後、双方向通信によるデータ活用が期待される。
- e. 発電量の情報は、事業者であれば事業の運転状況を表してしまうため、公開は困難であるものの、エリアで集約した形など個々の事業者を特定できない形で公開されることが望まれる。

#### エネルギー需要関連

- f. 電力やガスに関するスマートメーターのデータ、民間のモニタリング会社が計測している発電量データ及び HEMS、BEMS 等のエネルギーマネジメントのデータを、個人情報保護の観点から個人を特定できないよう集約、統計などの処理をした上で開示され、それらを利用できる仕組みの構築が望まれる。



④ エネルギーにおいて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
日射量	研究	—	○ 2,3	◆	■	▲	低	B, I	
風速	研究	—	○ 2,3	◆	■	▲	低	B, I	
電力需要量	研究	—	○ 2,3	◆	■	▲	低	B, I	
熱需要量	研究	—	○ 2,3	◆	■	▲	低	B, I	
太陽光発電設備量	研究	—	○ 2	◆	■	▲	低	I	

※1 p.6-7 参照

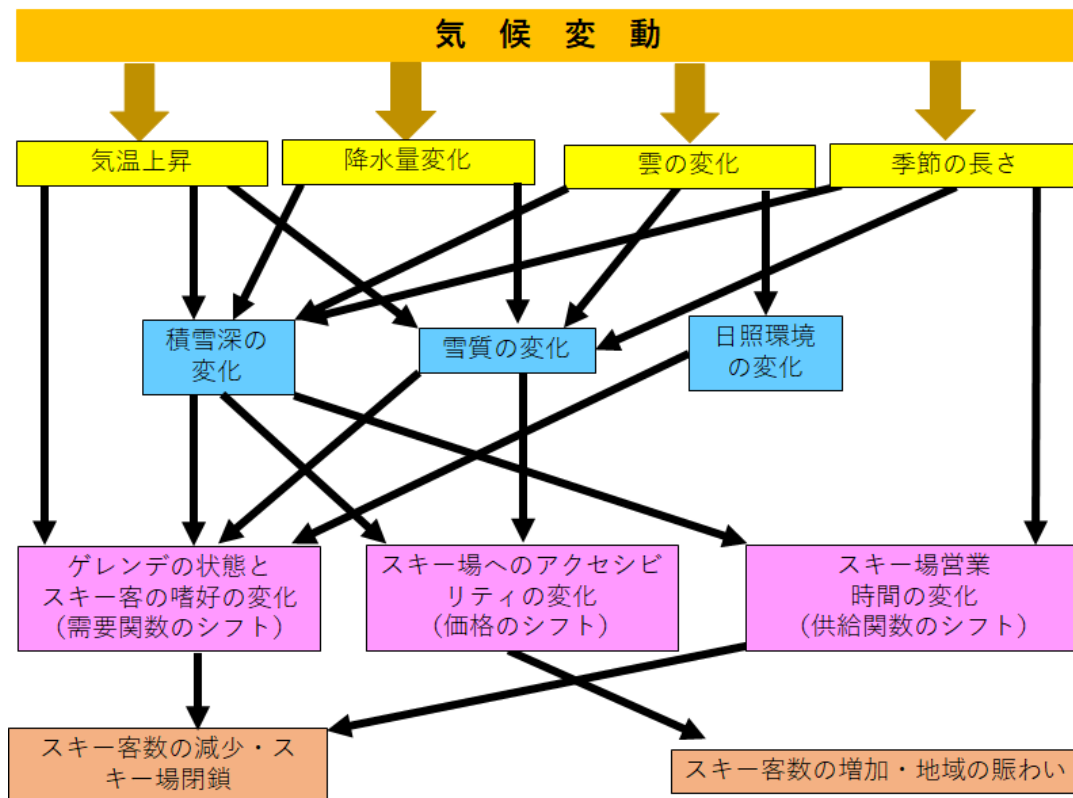
※2 p.7-8 参照

### 3.6.1.3 観光業

観光分野において気候変動による観光客数への影響、経済的影響、延いては砂浜消失に対する養浜事業など具体的な適応策の効果を評価するためには、交通に関連するもの、気象など現地の観光資源に関連するデータがとりわけ重要となる（3.6.1.3②a, b, c）。これらには主に国土交通省などの提供する情報が有用ではあるが、体系的な整理がなされているとは言い難く、質・量共に不十分である（3.6.1.3②d, e, f, g, i）。

データ充実のためには、研究以外には用いないことを前提に国や自治体によって事業者への協力を要請すること、自治体は既存の情報源について整理し閲覧しやすくし、必要ならば一次加工を施し広く公表することが望ましい（3.6.1.3④a, b, c, d, e, f, g, h）。

#### ① 観光業における気候変動影響のストラクチャー



- ② 観光業での観測・監視の現状における課題について
- a. 気候変動による観光資源の変化、観光資源の変化にともなう観光行動の変化、あるいは気候変動による直接的な観光行動の変化といったいくつかの側面での議論が必要である。
  - b. 観光地の経済に係る影響評価のためには、訪問客数・訪問頻度・気象変数・砂浜面積等の様々な情報が必要である。観光地の特性情報、交通費用や交通時間なども不足している。
  - c. 海水浴場（砂浜）やスキー場（雪山）など、気候変動によりレクリエーション資源（観光資源）の変化が見込まれる地域への訪問客数（観光客数）が必要である。訪問客数についてはトリップの発地点ごと（居住地域別）に集計された値（OD 交通量）が必要となる。
  - d. 観光や交通に係る基礎統計情報としては、国土交通省の「パーソントリップ (PT) 調査」や、観光庁の「旅行・観光消費動向調査」が活用可能である。しかし、これだけでは必要な情報はまかなえないため、現状では独自にアンケート調査を行うなどデータの補完作業が必要となっている。
  - e. メッシュ単位ではなく、観光地単位での砂浜面積や積雪深等の情報が必要となる。砂浜面積データは大学等の推計値を使用しているものの、厳密な値を把握できていないのが現状である。積雪深は、AMeDAS とともに気象官署等における地上気象観測が活用可能（全国約 300 ヶ所）であり、国土交通省や地方自治体等の機関による調査も有用である（国の防災情報でも活用されている）。しかしながら、観測点が不足するため、各地のスキー場が独自に公表するデータなどで補完しているのが現状である。
  - f. 下の①論文や③論文で見ると、近くの AMeDAS データとスキー場で計測される実際の積雪深とは異なり、少なくとも標高や斜面等の補正を行う必要がある。長野県では独自に算出した補正係数を Excel データで供与している。  
<https://www.pref.nagano.lg.jp/kenchiku/infra/kensetsu/kakunin/kijunchi.html>
  - g. 砂浜面積は、国や都道府県の調査やインフラ関連の調査により、独自データが蓄積されている。
  - h. 気候変動の影響を受ける観光資源、特に自然資源の状態を観測することが必要となるため、(1) 天然資源への影響把握のための植生調査 (2) 観光地における土地利用変化

のモニタリング、が必要となるが、(1)、(2)ともに定期的な更新がなされていないようであり、既存調査（植生調査、土地利用調査）の定期的な実施が必要である。

- i. 下の②論文や④論文で見ると、砂浜に対しては養浜事業という具体的なインフラ整備事業が適応策に該当するものとみなし、その便益の算定を試みている。しかし、養浜事業が都道府県の管轄なのか国なのかによって情報管理されている所がバラバラであり、その情報入手が甚だ困難であった。同事業の情報の系統的整理が望まれる。

### ③ 観光業における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 観光地でのヒアリングによるデータ収集を実施。国土交通省による「パーソントリップ（PT）調査」や、観光庁による「旅行・観光消費動向調査」の充実と共に、これらが関係府省庁連携のもとで統一的に利用可能となると良い。

⇒②論文と④論文の内容が該当する。これらでは最終的に各都道府県を発生・集中ノードとする OD 交通量データを元にして訪問需要関数を推計し、砂浜面積に対する砂浜訪問需要の感度をとる。将来的にはスキーなど冬山リクリエーション価値の算定についても同様なことを行いたい。よって、これら細目目的別の OD 交通量の推計を行って公表していただきたい。

- b. 全国幹線旅客純流動データは、国内の純流動トリップを捉えたデータであるが、5年に一度規模の調査かつ秋期に実施された調査にもとづくため、観測されていない時期、年の補完が期待される。特に、同調査の構成要素である道路交通センサデータを常時観測データ（ETC2.0 データ等）で補完する方法論の構築が期待される。
- c. 訪問客数データは個々の民間事業者によって観測されているはずなので、民間事業者から（自治体等を経由して）国への報告を要請していただきたい。スキーや流氷見物等、冬季観光の自然資源が気候変動によって時期が変化したり、期間が変動することによって、参加者数、参加率、来訪者数に大きく影響するものと考えられる（③論文によって論証済）。現時点で訪問客数データが解析に適する位入手できたのは長野県のものであるものの、スキー場ごとではなく、各エリア（長野県内で9つ）で集計された月別値のみであった。私企業の情報なのでという理由ならば、自治体によって長野県同様、エリアで集計し、秘匿性を高めるべくデータ編纂を図ることが望ましい。
- d. 各スキー場における人工降雪機、人工造雪機などの導入実績や稼働状況の情報について、民間事業者から（自治体等を経由して）国への報告を要請していただきたい。スキー場における温暖化適応策（あるいはその行政的な支援策）の一つとして効果分析

を図るための材料となる。

- e. 各地のスキー場における観測データの収集・統合・編纂を進めるべき。各スキー場で気象条件の実観測データが得られるならば、下の①論文や③論文のような解析手法がそのままデータに適用できる。
- f. 近くの AMeDAS データとスキー場で計測される積雪深の実際の値とは異なり、そのまま①論文や③論文のような解析手法を適用するのは適切でない可能性が高い。その場合は標高や斜面等の補正を行う必要があるため、長野県以外の各自治体でもその補正係数に該当するものを算出し、公表してほしい。
- g. 気候変動により変化が見込まれるレクリエーション資源（砂浜面積、積雪深など）の将来推計値が活用できるようになるとよい。

⇒SI-CAT では GCM と RCP シナリオの任意の組み合わせについて、各分野で将来推計を行い、現在ではメンバー内、将来的には自治体などに、より広範囲な情報公開をする予定である。

- h. 計測方法やフォーマットの統一が為され、一元化して利用可能となることが望まれる。

参考文献：

- ①：太田原望海，大西暁生，佐藤嘉展，佐尾博志，森杉雅史：地球温暖化による積雪量の変化がスキー場の営業に及ぼす影響—富山県を対象として—，土木学会論文集 G（環境），Vol.70，No.5，pp. I\_21-I\_29，2014.
- ②：佐尾博志，供田豪，森龍太，森杉雅史，大野栄治，中畠一憲，坂本直樹：砂浜侵食に伴うレクリエーション価値の損失と適応政策の効果の推計，土木学会論文集 G（環境），Vol.73，No.5，I\_191-I\_199，2017。（（社）土木学会 地球環境委員会 平成 29 年度 地球環境論文賞 受賞）
- ③：供田豪，森龍太，森杉雅史，大野栄治，中畠一憲，坂本直樹：近年のスキー場来客数の慢性的な減少と気候変動に関する統計的解析，土木学会論文集 G（環境），Vol.74，No.5，pp. I\_21-I\_29，2018.
- ④：中畠一憲，坂本直樹，大野栄治，森杉雅史，森龍太：気候変動による砂浜侵食に関する適応策の費用便益分析，土木学会論文集 G（環境），Vol.74，No.5，pp. I\_21-I\_29，2018.
- ⑤：供田豪，森杉雅史，大野栄治：スキー場の経済的価値と温暖化による被害の推計，土木学会論文集 G（環境），Vol.75，No.5，pp. I\_57-I\_64，2019.

④ 観光業において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/ 研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題 カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
観光地の客数	現業	—	○ 1,3	●	▲	●	中	B, E, H	
細目目的別OD 交通量	現業/ 研究	—	○ 3	●	▲	●	中	D, F	※3
自然及び物理条件の現状値あるいは推計値	現業/ 研究	—	○ 3	●	▲	●	中	F	※4
観光地における 気温・降水量・ 積雪深・日照時間	現業	—	○ 2,3	●	▲	●	中	A, B, D, I	
上記気象情報が 得られず、近辺 観測器データを用いる場合の補 正係数	現業/ 研究	—	○ 2,3	●	▲	●	中	D, F, I	※5
自然及び物理条件の将来推計値	研究	—	○ 3	●	▲	●	中	D, F	※6
人工降雪機、人工造雪機などの導入実績や稼働状況	現業	—	○ 3	●	▲	●	中	A, B	

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 現状では研究費でコンサルタンツへ作成依頼

※4 現状では SI-CAT の他の研究班から物理的推計値を入手

※5 長野県のみ積雪深の高低差補正係数表を公表

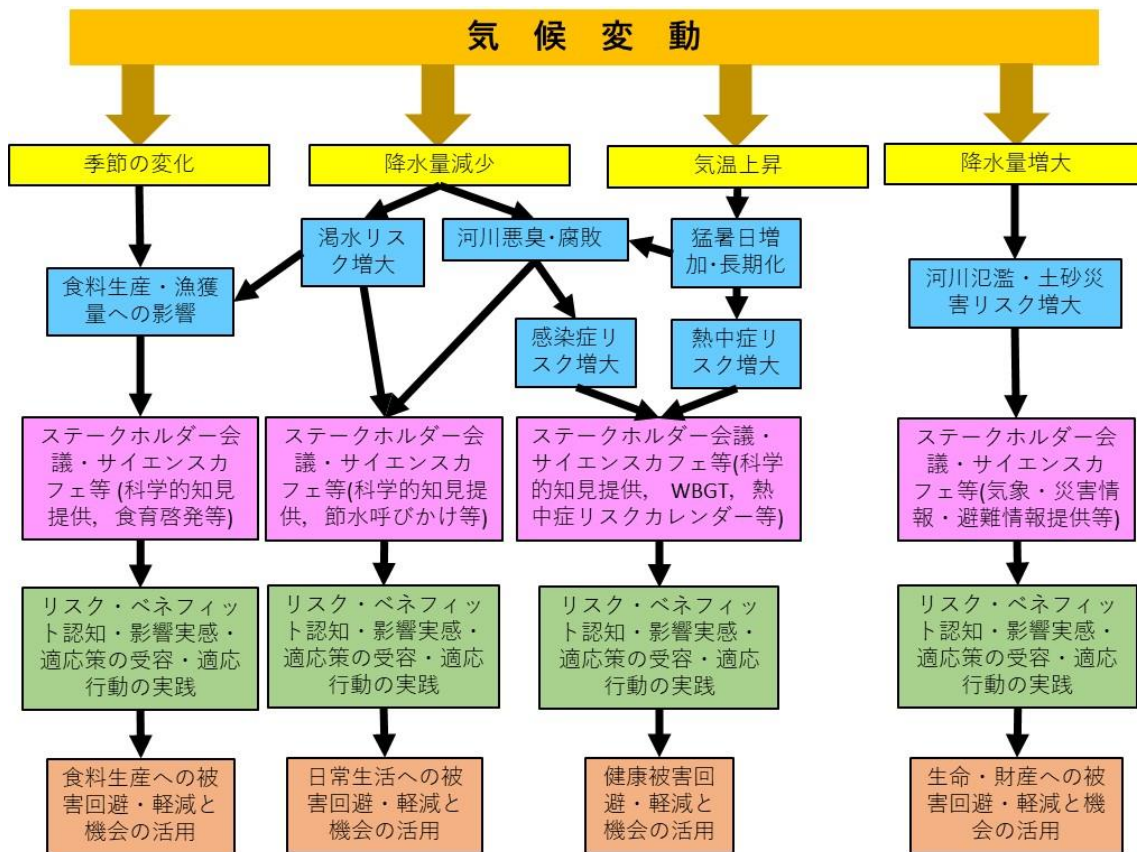
※6 現状では SI-CAT の他の研究班から物理的将来推計値を入手

### 3.6.2 国民生活・都市生活

#### 3.6.2.1 国民生活・コミュニケーション

生活者としての影響については、コミュニケーションまで対象に含めると、これまでの節で記述されてきた各分野での影響が、コミュニケーション(リスクコミュニケーション、サイエンスコミュニケーション、ステークホルダー会議など)を通じて、どのようなリスクやベネフィットとして自身の生活に降りかかると認知され、その結果として適応策を受容したり、適応行動を実施したり、影響観測や監視のために生活者として関与・寄与したりして、その結果として被害を回避・軽減、或いは機会を活用する、というフレームで捉える必要がある。したがって、本項では、以下のように、自然現象のストラクチャーだけではなく、社会的・心理的な要素までも含めたストラクチャーとする必要がある。

#### ① 国民生活・コミュニケーションにおける気候変動影響のストラクチャー



#### ② 国民生活・コミュニケーションでの観測・監視の現状における課題について

- a. 気候変動影響に係わる科学的知見の活用状況：生活者にとって最も身近と考えられる、

地方自治体による地域適応計画等、地域適応センターが提供する情報において、科学的知見がどのように活用されているのか、情報提供のコンテンツがどのように作られているのか等に関するデータベースを構築したり、統一的な指標等により評価したりすることにより、地域間での相違を把握する必要があると考えられる。

- b. コミュニケーション活動の設計・実施頻度：ステークホルダー会議やサイエンスカフェ等のコミュニケーション活動が、どのように設計されて、どれくらいの頻度で開催され、その結果が適応計画の立案にどのように活用されたのか等も含めて、コミュニケーション活動の質と量を把握する必要がある。
- c. リスク認知・気候変動実感・適応行動の実践：各地域、各分野における気候変動実感やリスク・ベネフィットを生活者がどのように認知しているか、そして適応策を受容したり、適応行動を実施したりしているかについて、定期的な世論調査等で把握する必要がある。
- d. 市民参加モニタリングによるデータ収集：生活者が気候変動実感やリスク認知を得るには、実際に身の回りで起こっている変化(初雪の時期、スパイクタイヤに変えた時期、蟬の初鳴きの時期、桜の開花時期などの生物季節)に係わる情報を市民と専門家と共有する仕組みは長野県等では試みられているが、参加者の確保やモチベーション維持、データの質的保証等課題も多いようである(浜田他、2011)。このようなモニタリング体制の仕組みづくりも必要と考えられる。

③ 国民生活・コミュニケーションにおける課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性

- a. 気候変動影響に係わる科学的知見の活用状況：現状では、地方自治体による地域適応計画においてどのように気候モデルや影響評価の科学的知見が活用されているのか、計画書から構築したデータベースを元に横断的な分析を行っている例がある(Baba et al., 2017; 馬場他, 2018; 馬場他, 2020 等)。今後はさらに地域適応計画が更新され、地域適応センターからの情報提供が増えていく中で、データベースを充実させたり、コンテンツを評価する指標を設定したりすることで、地域間の相違を知ることにより相互学習が進むと計画立案の質的向上につながると考えられる。
- b. コミュニケーション活動の設計・実施頻度：現状では、各地域でのステークホルダー会議やサイエンスカフェ等のコミュニケーション活動が、どのように設計されて、どれくらいの頻度で開催され、その結果が適応計画の立案にどのように活用されたのか等につ



いては、個別事例の研究は報告されているものの(馬場他, 2016; 岩見他, 2017; Iwami et al., 2020 等)、これらを横断的にメタ分析するほどの情報が蓄積されていない。ポストコロナ時代においてコミュニケーション活動大きく変容していく過程にあり、市民と専門家が熟議を行うオンライン上で行う試みもすでに実施されている(例えば、馬場他, 2019)。今後は、地域適応センター等で実施する幅広いコミュニケーション活動の事例を蓄積して、コミュニケーション活動の質と量を把握することにより、日本型 CBA(Community Based Adaptation)を定式化させていくことが肝要である。

- c. リスク認知・気候変動実感・適応行動の実践：現状では、内閣府による世論調査(2016)や、各自治体による世論調査(例えば、神奈川県, 2018)、そして個別の研究として実施したアンケート調査の結果(例えば、馬場他, 2011; Baba et al., 2019; 小杉他, 2020 等)が数多く公表されている。今後はある程度統一された設問により各地域気候変動適応センター等で実施したものが定期的に公表されていけば、適応策や気候リスクの認知、適応策や適応行動の受容や変容の地域間での相違、時系列での比較が可能となる。
- d. 民参加モニタリングによるデータ収集：このような取り組みは市民科学的アプローチとも呼ばれ、生態系の分野などを中心に蓄積が進んでおり、DIAS(データ統合・解析システム)に「いきモニ」で実装されたり、環境省で連綿とモニタリングサイト 1000 が実施されたりしている。生物季節をはじめとする対象を選定して、例えば、市民が SNS やネットにアップし、ウェブ GIS 等で共有するような仕組みにより、気候変動実感やリスク認知をより効果的に得ることが可能となる。

参考文献：

1. Baba K., Matsuura M., Kudo T., Watanabe S., Kawakubo S., Chujo A., Tanaka H., and Tanaka M., Climate Change Adaptation Strategies of Local Governments in Japan, Oxford Research Encyclopedia of Climate Science, 1~16, 2017.
2. 馬場健司、工藤泰子、渡邊茂、永田裕、田中博春、田中充：地方自治体における気候変動適応技術へのニーズの分析と気候変動リスクアセスメント手法の開発、土木学会論文集 G(環境)、74(5)、I\_405~I\_416、2018.
3. 馬場健司、小楠智子、工藤泰子、吉川実、大西弘毅、目黒直樹、岩見麻子、田中充：地方自治体の気候変動適応計画における科学的知見の活用に関する分析、土木学会論文集 G(環境)、76(5)、I\_233 - I\_242、2020.
4. 馬場健司、土井美奈子、田中充：気候変動適応策の実装化を目指した叙事的シナリオの開発ー農業分野におけるコミュニティ主導型ボトムアップアプローチと専門家デルファイ調査によるトップダウンアプローチの統合ー、地球環境、21(2)、113~128、2016.
5. 岩見麻子、馬場健司：岐阜県長良川流域の社会・気候変動をめぐるステークホルダーの関心事項の可視化の試み、環境情報科学 学術研究論文集、31、29~34、2017.
6. Iwami, A., Matsui, T., Kimura, M., Baba, K. and Tanaka, M., Organizing the Challenges Faced by Municipalities while Formulating Climate Change Adaptation Plans, Sustainability 12(3) 2020.
7. 内閣府：平成 28 年度地球温暖化対策に関する世論調査、2016.
8. 神奈川県：地球温暖化と省エネ行動に関するアンケートの集計結果、2018.
9. 馬場健司、杉本卓也、窪田ひろみ、肱岡靖明、田中充：市民の気候変動適応策への態

度形成の規定因—気候変動リスクと施策ベネフィット認知、手続き的公正感と信頼感の影響—、土木学会論文集 G(環境)、67(6)、II\_405～II\_413、2011.

10. Baba K. and Tanaka M., Attitudes of Farmers and Rural Area Residents Toward Climate Change Adaptation Measures: Their Preferences and Determinants of Their Attitudes, *Climate*, 7(5) 71-81, 2019.
11. 小杉素子、馬場健司、田中充：地球温暖化リスクに対する日本人の態度変化、土木学会論文集 G(環境)、76(5)、I\_167 - I\_176、2020. 馬場健司、岩見麻子、天沼絵理：オンライン熟議実験を用いた防災分野の気候変動適応策を巡るステークホルダーの態度変容分析、土木学会論文集 G(環境) 75(5)
12. II\_151 - II\_159 2019.
13. 浜田崇、陸斉：市民参加型調査による温暖化モニタリングの実践と課題、長野県環境保全研究所研究報告、7：27-32、2011.
14. 環境省：モニタリングサイト1000 第3期とりまとめ報告書、2019.

④ 国民生活・コミュニケーションにおいて特に重要と思われる観測項目の課題・優先度の整理

重要な観測項目等	現業/研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度※1	課題カテゴリー※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
地域適応計画の策定状況、計画における科学的知見の活用度状況	現業/研究	—	△	—	—	—	—	K	
コミュニケーション活動の実施状況	現業/研究	—	△	—	—	—	—	K	
適応策の認知度や理解度、リスク認知・気候変動実感の状況	現業/研究	—	△	—	—	—	—	K	
市民参加モニタリングの実施状況(参加人数、アップ情報数等)	現業/研究	—	△	—	—	—	—	K	
生物季節	現業	—	○	◆	●	●	高	F,H, J	※3

※1 p.6-7 参照

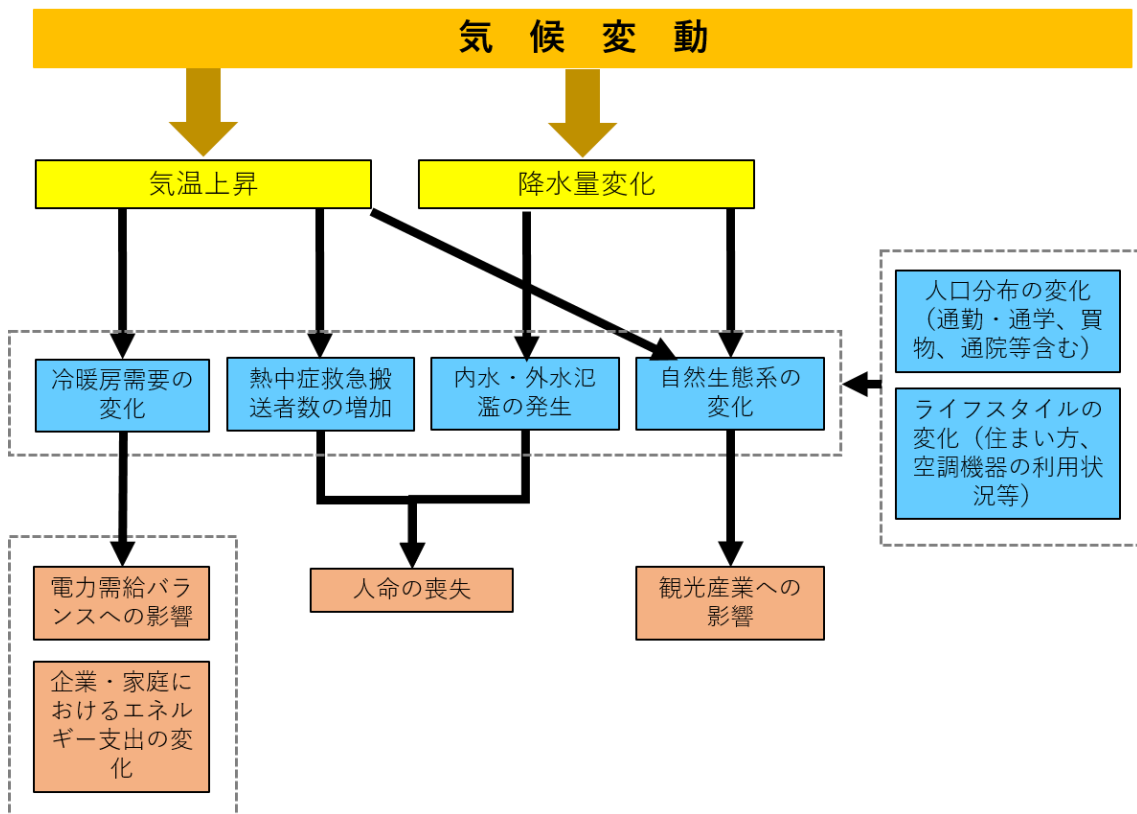
※2 p.7-8 参照

※3 生物季節の各項目の評価は本報告書「3.3.5 生物季節」を参考にした。

### 3.6.2.2 地方自治体での取組

地方自治体の取組では、時間・空間解像度の高い社会経済データの整備と、自治体間でデータを共有するシステムの構築が急務である。気候変動の影響評価を行う場合、気候シナリオに加えて、人口分布やエネルギー需要、ライフスタイルに関する想定（社会経済シナリオ）が必要となる。気候シナリオの高解像度化が急速に進む一方で、地域の影響評価に耐えうる社会経済シナリオの開発は十分に進んでいない。原因のひとつは高解像度な社会経済データの不足である。地方自治体の取組においては、政府統計の活用をいっそう推進するとともに、民間企業が提供しているビッグデータやインターネット調査サービスを積極的に利用する方向性が望ましい。また、自治体を取りまとめている社会経済データ（例：熱中症救急搬送者数）のうち、公開可能なものを国立環境研究所の A-PLAT や地域気候変動適応センターの WEB サイトに掲載することで、気候変動適応研究の進展が期待される。公開するデータについては仕様を統一し、利用者の利便性に配慮する必要がある。

#### ① 地方自治体での取組における気候変動影響のストラクチャー



- ② 地方自治体での取組での観測・監視の現状における課題について
- a. 熱中症や内水・外水氾濫のリスク評価を行う場合、対象地域の人口分布を正確に把握する必要がある。特に、昼間人口と夜間人口の差が著しい都市とその郊外については、常住人口の分布ではなく、通勤・通学や買物、通院による移動を考慮した人口分布の利用が望ましい。国勢調査は5年おきに市区町村別の昼間人口を集計しているが、通勤・通学以外の非定常的な移動を考慮しておらず、季節や曜日、時間帯による人口分布の違いを見ることもできない。より詳細な移動人口データはパーソントリップ調査で収集されているが、地域によって実施状況に差があり、調査周期が比較的長い（東京都市圏では10年おき）、必ずしも直近のデータを入手できるわけではない。
  - b. 個人のスマートフォンから収集した位置情報に基づいて実際の人口分布を推計するサービスを複数の民間企業が提供している。こうしたサービスでは、時間帯別から年間まで多様な時間スケールにおける平均的な人口分布を1 km以下の空間解像度で推計しており、熱中症や内水・外水氾濫のリスク評価に有用である。ただし、いずれのサービスも有料であるため、計画的な利用が求められる。
  - c. 熱中症救急搬送者数は、地方自治体の消防本部が把握しており、日時や住所、年齢、性別、傷病程度といった情報を含む高解像度データが存在する。しかし、救急搬送者数データが熱中症対策の検討において十分に活用されているとは言いがたい。プライバシーへの配慮から、地方自治体は集計量のみをWebサイトに掲載しており、外部の研究機関は高解像度データに直接アクセスすることができない。また、救急搬送者数データの仕様は必ずしも統一されておらず、消防本部によって異なっている。
  - d. 気候変動に伴う気温上昇は、冷房・暖房需要の変化を通じて、地域の電力需給バランスや企業・家庭のエネルギー支出に影響を与える（3.6.1.2①）。地方自治体では、電気・ガス事業者から提供される市町村別のデータや、資源エネルギー庁が作成する都道府県別エネルギー消費統計を用いて、域内エネルギー需要の把握に取り組んできた。しかし、電力・ガスの小売完全自由化に伴って事業者からのデータ提供が停止される事態が生じており、域内エネルギー需要の把握が困難になっている。都道府県別エネルギー消費統計は、47都道府県における部門別エネルギー需要の推計値を提供しているが、市町村別のデータが得られないことに加えて、当該年度のデータが公開されるまで2年から3年のタイムラグが生じるという難点がある。

- e. 熱中症予防の普及啓発にあたって、中心的なターゲット層である高齢者が屋内でどのような暑熱環境に置かれているかを把握する必要がある。世帯属性に加えてエアコンの使用時間や設定温度に関するデータがあると望ましい。これらのデータは、環境省「家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査」を通じて入手可能である。ただし、全国を対象とする標本調査であるため、地域のライフスタイルを詳細に把握したい場合は、郵送によるアンケート調査や民間企業が提供するインターネット調査サービスを活用し、地方自治体が独自にデータ収集を行う必要がある。
- ③ 地方自治体での取組における課題解決に向けた戦略的な観測・監視のための方向性
- a. 人口分布については、民間企業が収集しているビッグデータを積極的に活用する方向性が望ましい。
  - b. 熱中症救急搬送者数については、プライバシーへの配慮が不可欠であるものの、地方自治体が保有する高解像度データを国立環境研究所の A-PLAT や地域気候変動適応センターの Web サイトを通じて外部の研究機関と共有し、具体的な熱中症対策につなげていくことが望ましい。また、地方自治体は救急搬送者数データの仕様を統一し、利便性の向上に努めていくことが望ましい。
  - c. ライフスタイル（例：世帯属性、エアコンの使用時間と設定温度）に関する地域別データが得られる環境省「家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査」については、今後も定期的実施してもらいたい。地方自治体においても、郵送によるアンケート調査や民間企業が提供するインターネット調査サービスを活用し、空間解像度の高いデータを収集することが望ましい。
  - d. 気候変動により生じる影響は地域によって異なる。このため対象とする地域で危惧される影響を特定の上、その影響に関連するデータの収集も必要となる。

④ 地方自治体での取組において特に重要と思われる観測項目の課題・優先度

重要な観測項目等	現業/ 研究	観測		影響評価報告書における評価結果			優先度 ※1	課題カテゴリー ※2	備考
		無	有	重大性	緊急性	確信度			
人口分布	現業	—	○ 1,2,3	—	—	—	—	B, H, I	※3
熱中症による救急搬送者数	現業	—	○ 3	●	●	●	高	C, F	※4
エネルギー需要	現業	—	○ 1,2,3	◆	■	▲	低	B, H, I	※5
ライフスタイル (例：世帯属性、エアコンの使用時間、設定温度)	現業	—	○ 2,3	●	●	●	高	F, I	※6

※1 p.6-7 参照

※2 p.7-8 参照

※3 通勤・通学、買物、通院による移動を考慮した人口分布が望ましい。民間企業が有料でデータの提供を行っている。

※4 高解像度データが存在するものの、熱中症対策の検討において十分に活用されているとは言いがたい。データの仕様が消防本部によって異なる。

※5 電力・ガスの小売完全自由化以降、高解像度データへのアクセスが困難な状況が続いている。

※6 熱中症予防の普及啓発と関連。環境省「家庭部門のCO2排出実態統計調査」のデータが利用可能。

## 第4章 まとめ

一部が顕在化しつつある気候変動やその影響に対して、国や地域において適応を図っていくためには、その対策を科学的な見地に立って検討していくことが求められる。適応策検討に当たっては気候変動やその影響に関するメカニズムの解明や将来予測、影響評価が必要となってくる。これらの基礎情報となるのが、気候変動やその影響に関する長期的な観測・監視データであり、適応を推進していくためには長期データを確保する体制が不可欠と言える。

2017年に設置した「気候変動の影響観測・監視の推進に向けた検討チーム」では、気候変動やその影響に関する様々な分野の専門家によって、アンケートや検討チームでの議論を踏まえて、観測・監視の現状や課題について整理を行ってきた。

第1期（2017～2018年度）では、分野別に、観測・監視の実施状況・必要性を把握した。第2期（2019～2020年度）では、11名の委員に新たに加わっていただき、前期で十分にカバーできなかった分野（コメ、果樹、畜産、暑熱、土砂災害、大気汚染、地方公共団体、産業、国民生活等）を含むより幅広い分野での気候変動影響の観測・監視の現状把握及び課題整理を進めるとともに、観測・監視の実施/拡充の優先度について検討した。

気候変動の影響観測・監視の現状において全分野に共通して、技術的制約により観測がされていないといった観測システム等に関する課題や、既存の観測における予算・人員等の不足といった観測の継続性に関する課題、分野・組織間の連携が必要といった観測データの管理・共有に関する課題、時間分解能・空間分解能の向上といった観測の高度化に係る課題が挙げられた。

また、各分野の重要な観測項目等について、課題の性質ごとにデータが不足している要因をカテゴリーに分けるとともに、各観測項目に関する気候変動影響の「重大性」、「緊急性」、「確信度」の評価、及び各項目における観測の有無、観測の実施や拡充の必要性を踏まえ、専門家判断（エキスパートジャッジ）で優先度の評価を実施している。今後観測体制の構築や観測データの整備を検討する上での参考となれば幸いである。第2、3章では、各観測分野の現状・課題と合わせて、今後の方向性についても専門家による検討を行っていただいた。観測が実施されてこなかった項目については、新たに観測体制を構築することが提言されている一方で、過去のアナログデータのデジタル化や、様々な主体や方法で観測されたデータを例えばデータベースとして整理することや、これまで公開されていなかったデータの活用（オープンソース化）といった、新たな観測を実施しない方法についても多くの提言があったところである。第3次気候変動影響評価（2025年）やその後を見据えて、重要性や実現可能性を勘案し、戦略的に観測体制や観測データの整備を進めていくことが強く望まれる。



