

令和4年度地域経済産業活性化対策調査事業
(産業・経済活動における気候変動適応の取組モデル
創出に向けた調査事業)
報告書

日本エヌ・ユー・エス株式会社
令和5年3月

目次

1. 事業目的	1
2. 事業内容	1
2.1. 概要	1
2.2. 産業界における課題・リスク整理	2
2.2.1. ヒアリング調査	2
2.2.2. 産業界における課題・リスク	3
2.3. 科学的知見に基づく気候変動影響予測	5
2.3.1. ヒアリング調査	5
2.3.2. 文献調査	7
2.3.3. 気候変動影響予測	9
2.3.3.1. 予測手法の検討	9
2.3.3.2. 予測手法および結果	10
2.3.4. 気候変動影響予測結果についての産業界からの意見	15
2.3.5. 気候変動影響予測に関するまとめ	15
2.4. インパクトチェーンの整理	16
2.5. 気候変動適応策の検討に向けた提案	20
3. 参考資料	22

1. 事業目的

北海道周辺地域においては豊かな自然環境が育む水産物や農産物、積雪寒冷地特有の気象現象等の自然資本を資源とする食品製造業やレジャー関連業等の産業・経済活動が多く存在。それらが国内外から高く評価され、北海道内では特に高い競争力を有する産業群となっている。

一方、道内の自然資本の中には昨今の気候変動が要因とされる変化が生じている事象も多く、それらを資源とする食品製造事業者やレジャー関連事業者等に対して深刻な悪影響を及ぼしている事例もある。当該産業の持続的発展実現のためには、気候変動影響を消極的に受け入れてしまうのではなく、企業行動変革や新たな取組創出など積極的な気候変動影響への適応が求められるが、そうした事例は必ずしも多くはない。

政府では、気候変動への適応を推進すべく気候変動適応法を制定し、同法に基づき気候変動適応計画を策定。基本戦略の一つとして科学的知見に基づく適応推進を掲げているが、同計画で整理されている7分野のうち産業・経済活動分野については、研究事例が少ないため科学的知見の集積を図ることで事業者における適応取組や適応技術開発を促進することとしている。

こうした状況を踏まえ、本事業では、北海道内の自然資本を資源とする産業・経済活動の中から、経済的なインパクトが大きく、産業の裾野も広いホタテ産業を検討対象事例として、気候変動影響による産業界における課題整理・リスク検討を行うとともに、科学的知見に基づく気候変動影響予測をとりまとめることで、ホタテ産業における気候変動適応策の取組促進の一助とするとともに、産業・経済活動における気候変動適応の取組モデル創出に資することを目的とする。

2. 事業内容

2.1. 概要

本事業では、気候変動によるホタテ関連産業への影響について以下の3つの作業を行うとともに、これらの作業結果を踏まえて今後の検討の進め方について提案を行った。

- ① 産業界における課題・リスク整理
- ② 科学的知見に基づく気候変動影響予測
- ③ 気候変動影響によるホタテ産業へのリスクに関するインパクトチェーン¹の整理

¹ 「気候変動に対する「インパクトチェーン」(影響連鎖)は、気候変動の影響と対策を分かりやすく図示したものです。気候リスクとそれを構成する三要素(外力、暴露、脆弱性)を、ワークショップなどを通じて議論した上で特定し、影響関係を結びつけます。気候変動影響、地域の脆弱性、適応策を確実に対応付けることができます。」

出典：「適応策立案支援のための地域環境を考慮した多元的脆弱性評価手法の開発」国立環境研究所、株式会社 E-konzal (https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/db/pdf/end_presentation/2-1708.pdf)

2.2. 産業界における課題・リスク整理

2.2.1. ヒアリング調査

産業界における課題・リスク整理のためのヒアリング調査の実施概要を表 2-1、ヒアリング先の位置関係をに示す。

表 2-1 ヒアリング調査実施概要

ヒアリング先分類	実施日	
自治体	2022/11/7	-
漁業協同組合	2022/11/7	2023/2/17
加工事業	2022/11/8	2023/2/17
加工事業	2022/11/8	-
漁業協同組合	2022/11/9	2023/2/20
加工事業	2022/11/9	2023/2/21
漁業協同組合	2022/11/10	2023/2/21
自治体	2022/11/10	2023/2/22
物流事業 加工事業	2023/2/22	-

2.2.2. 産業界における課題・リスク

「2.2.1 ヒアリング調査」で得られた情報を参考に、気候変動によるホタテ産業界における課題・リスクについて下記にまとめる。

- 北海道オホーツク側沿岸に沿って流れる宗谷暖流は、日本海を北上する対馬暖流が宗谷海峡を越えて、南東に向かって流れる海流である。将来的に、対馬暖流の水温は上昇すると予想されていることから、オホーツク沿岸域の海水温も上昇すると思われるが、ホタテガイの生息域は水深 30～50m であるため、直接的な影響は少ないと思われる。
 - ただし、最大水深が約 20m しかないサロマ湖や、さらに水深の浅い能取湖については、水温上昇がホタテに与える影響が懸念される。
 - また、水温の上昇が引き金となり、植物プランクトンが異常発生する可能性が考えられる。閉鎖水域において、植物プランクトンが異常発生すると、貧酸素水塊が拡大する懸念が生じる。
 - 温暖化により雪解け水が増加した場合は、塩分濃度が低下する可能性がある。塩分濃度の低下はホタテガイの活力低下につながる。成長の悪化や品質の低下等の悪影響が心配されるが、不用意な人為的作業によって最悪の場合はへい死してしまう可能性もある。
 - 水温の上昇等により、沖合の漁場付近では春から夏にかけて、植物プランクトンが発生（ブルーム）すると、ホタテガイの成長が促進される（特に商品となる貝柱の部分）。ただし、夏場の高水温が長期化すると、ホタテガイの代謝が高くなりすぎて、餌を食べても貝柱が大きくなならない状況も考えられる。
- 流水が接岸する冬季（12 月～3 月）は休漁期となるため、ホタテガイは流水下で冬を越すことになるが、海表面は流水によって覆われているため、低気圧等による波浪の影響を受けない。しかしながら、海水温の上昇により流水の接岸量が減少、あるいは流水の厚さが薄くなると、波浪の影響が海底のホタテに波及する可能性が懸念される。また、サロマ湖や能取湖の場合には、湖面が凍結するため冬季に来襲する強風や波浪の影響を受けないで済んでいるが、湖面が凍結しない、あるいは湖面の氷が薄くなった場合には暴風等による被害が心配される。
- 流水の接岸量の減少はホタテガイの成長に対しても悪影響を与えられる。流水の底面あるいは流水内には、プランクトン（微細藻類）が取込まれているが、これらのプランクトンは海水温の上昇により、流水が溶けることで海水中に放出される。流水起源のプランクトンは、春から夏にかけてホタテガイが成長する上で不可欠な餌料生物となるため、流水の減少は非常に大きな負の影響をホタテガイに及ぼす可能性が考えられる。
- 将来的な気候変動により、台風の大型化や発生数の増加、あるいは低気圧の最低中心気圧の強度が強くなる等、気象事象による被害が激甚化する可能性が懸念されている。過去にも、2004 年に発生した低気圧による網走沖のホタテ被害や、2014 年に発生した爆弾低気圧による常呂沖でのホタテ被害等、気象事象による深刻な被害が報告されている。
 - 台風や低気圧による影響としては、放流種苗の中間育成施設の破壊や、漁船等の操業危機の破損

といった物理的な被害のほか、時化により休漁日数が増加することによる、年間水揚量の減少が考えられる。

- 一定以上の強風（4m 以上）が長時間継続して吹くと、しだいに波が高くなり、最終的には海底にも流れが発生すると考えられる。その結果、ホタテガイが海底の流れに抗えずに一ヵ所に吹き寄せられ、さらに砂に埋もれる等により大量へい死が発生すると思われる。
- 風と波との関係が明らかになっておらず、さらに海底の流れとホタテガイの大量へい死との関係も不明であることから、定量的な評価は難しいと思われるが、砂泥底の海域では特に注意が必要である。
- 海底に発生した流れにより、海底の形状が畝状になることが確認されている。ホタテガイは桁網漁船により漁獲されるが、海底が畝状になると、桁網が均等に海底を曳く事ができない。その結果、漁獲効率が大幅に落ち込むため、台風や低気圧の大型化や発生数が増加する場合には、ホタテ水揚量が減少するリスクが懸念事項となる。

- 上流部に牧草地が広がっている河川等では、台風や低気圧に伴う集中豪雨により、周辺から土砂が流れ込む可能性が高い。その結果、これらの河川の河口域沖合に陸泥が流入するため、ホタテガイが土砂に埋もれて大量へい死する被害が懸念される。ホタテガイは海底上に生息する二枚貝であるため、アサリ等の二枚貝とは異なり、海底に埋没すると抜け出す事が出来ずに窒息死すると思われる。

- 一般的に、洋上で桁網漁船によって漁獲されたホタテは、魚市場等を通して水産加工施設に運ばれ、ホタテ商品に加工された後、全国あるいは海外の最終消費地に搬送される。したがって、気候変動によるリスクは、ホタテが漁獲された後のサプライチェーンについても考慮する必要がある。

- 気候変動による気温の上昇は、桁網漁船で操業する漁業者だけでなく、魚市場や加工施設でホタテガイを扱う作業員に対しても、熱中症のリスクを生じさせる。
- 漁獲されたホタテガイは、桁網漁船上に引き上げられた後、水産加工施設に運ばれるまで野外にて取扱われる。気温の上昇は、野外で取扱われるホタテガイの品質を低下させるため、ホタテの商品価値が低下するリスクが考えられる。

- ホタテ産業における物流では、北海道内での移動だけでなく、道外あるいは海外に搬送する際にも、トラックによる陸送を伴う。台風や低気圧による集中豪雨あるいは大雪は、がけ崩れや雪崩等による陸路遮断を生じさせるだけでなく、高速道路の閉鎖、フェリーの欠航等、物流網が停滞するリスクに直結している。

- トラック業界をはじめとした運送業界は、慢性的な労働力不足という状態が続いており、物流網が停滞あるいは遮断されるリスクは、想像以上に大きいと思われる。
- 労働力不足は漁業者、加工業者、流通業者等、サプライチェーン全体が抱える問題となっており、気候変動によるリスクが更に深刻化する要因になっていると考えられる。

2.3. 科学的知見に基づく気候変動影響予測

2.3.1. ヒアリング調査

科学的知見に基づく気候変動影響予測のためのヒアリング調査の実施概要を表 2-2 にまとめる。また、ヒアリング調査で得られた情報を表 2-3 にまとめる。

表 2-2 科学的知見に基づく気候変動影響予測に関するヒアリング調査結果

実施日	ヒアリング先
2022/10/18	北海道立総合研究機構
2022/10/24	東京大学大学院
2022/11/25	北海道大学
2023/2/6	北海道大学

表 2-3 ヒアリング結果概要

- 底面流速は、水深が大きな要素となっているため、精度の良い計算を行うのであれば、Delft3d²を用いた将来予測が望ましい。
- オホーツクエリアでの大まかな傾向を見る程度の予測でよいのであれば、海上風を用いた定性的な評価も 1 つの成果となりうる。しかし、風と底面流速は水深によって変わるため、精度は低いものとなるだろう。
- 統計モデルによる予測も一案ではあるが、モデルの結果を深掘りする際に漁協ごとの細かいデータが必要となる可能性があり、データが入手できない可能性がある点に注意が必要である。
- ホタテの減少の原因として以下が想定される。原因により将来予測の整理方法も異なる。
 - ホタテの泳ぐ速さよりも早い流れにより流された。
 - 土砂が巻き上げられホタテが埋もれてしまい窒息する。
 - 底面流速が上昇し、低酸素状態となったことにより窒息する。
- 沿岸における流速を計算する場合は、宗谷暖流、ストークスドリフト、沿岸捕捉波（大陸棚に沿って沿岸を伝播し、急潮による定置網漁業への被害の主要因としても挙げられる）による影響が想定される。沿岸捕捉波を想定する場合は計算範囲をオホーツク海全体とした方が良い。
- 北海道大学の研究において、爆弾低気圧の検証がされているので、事例解析の際に参考にできるのではないかと。共有した論文³の図 7 などが参考になると思われる。後日同研究室の猿渡先生にヒアリングすると検証法について詳細が確認できるとと思われる。
- 過去事例だけにとらわれると起こりうる可能性を見逃してしまう恐れがある。実測は想定される現象の中でたまたま起きた 1 例に過ぎない。起きていないことを見逃さず、想定される事象について幅を持って検討するため、アンサンブル結果を用いるべきである。
- 爆弾低気圧発生がする冬季に発生する海面の結氷は考慮したほうが良い。海面の結氷は、波浪や

² オランダのデルフトにある水資源・水環境関連独立法人研究所 Deltares において開発・公開している 3 次元流動モデルである。

³ https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/74/2/74_I_1213/_pdf

底面流を抑制するだろう。今後結氷率は低下していくと想定され、爆弾低気圧と結氷率のコンビネーションと、気象条件の組み合わせパターンが現在と将来でどのように変化するか検討できると良い。

- 気象場の概要を整理するという意味で、まずは、合成風の風速のみに着目した気象場の定義で良いと思われる。
- 気象場の整理対象とする空間の妥当性については、2014年の様な強い低気圧に伴う風は局所的な現象ではない、という事象の背景に基づいているので、現在想定している対象空間で問題ないと考えられる。
- 将来、流氷がオホーツク海に現れないようなケースも考えられる。このような点も将来の検討課題として重要である。
- 北海道大学では、過去実験/2°C実験/4°C実験のそれぞれにおいて 5 km解像度にダウンスケーリングした爆弾低気圧トラッキングデータを作成しており、爆弾低気圧と併せて中心気圧、風速、風向き等の気象変数を用いた、より詳細な気象場の整理が可能なので、来年度以降の検討に利用検討してほしい。
- また、気象変数を空間場で整理するという気象場の整理方法も次年度以降検討してほしい。

2.3.2. 文献調査

科学的知見に基づく気候変動影響予測のための文献調査の実施概要を表 2-4 にまとめる。「2.3.1 ヒアリング調査」にて有識者から提案された予測手法に関連する文献、有識者から推薦のあった論文とその関連論文を対象にホタテガイと風・波動流速の関係に関する文献を調査した。

表 2-4 気候変動影響予測に関する文献調査結果

論文名	記載内容	URL
Loss of and damage to scallops due to storms in the Sea of Okhotsk	1988 年の事例では、平均風速 12m/s の北東から北西の風が吹き、翌日には有義波高 6m 以上の波が 1 日中続き、波の周期は 12 秒、海面上の流速は 1~2m/s に達し、水深 20m~50m のホタテガイ資源 30%が消失した。	https://www.semanticscholar.org/paper/Loss-of-and-damage-to-scallops-due-to-storms-in-the-Miyake-Matsuoka/46a2c5bd8e206511156ff864cfd52e8b4dcf9799
オホーツク海のホタテガイに被害を与えた 2004 年 1 月の大時化 蔵田・櫻井(2005)	気象条件 大時化の気象条件として、2004 年 1 月 14 日に網走で気圧が 983hpa まで低下し、風速 10m/s 以上の北あるいは北西の風が吹き続け、最大風速 17.4m/s を記録した。	https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/o7u1kr00000019dh.pdf
流動場でのホタテ貝の挙動に関する実験的研究 山下ら (1997)	流速 20cm/s 程度までの小さな流速下では、ホタテガイは自発的に移動し、その向きは下流方向に向いていることが分かった。また、それ以上の大きな流速下では、自発的な移動をやめ、流れ方向へと強制的に移動させられる。	https://www.jstage.jst.go.jp/article/prooe1986/13/0/13_0_321/_pdf
オホーツク海沿岸での地まきホタテの被害と流動特性 山下・東出 (2018)	2014 年 12 月の爆弾低気圧による常呂沖の地まき海区でのホタテガイ被害は、水深 45m 以浅で増加し、浅い海域ほど被害が大きく、ホタテ貝と底質の両者の移動がみられた。被害は最大底面波動流速だけでは説明できず、流動の継続時間、波動流速以外の流動としては、吹走流や宗谷暖流も考慮する必要がある。	https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/74/2/74_I_1213/_pdf/-char/ja

論文名	記載内容	URL
大量アンサンブルデータを用いた十勝川流域における 8, 9 月の大雨要因の将来変化の分析 星野・山田・Dzung Nguyen-Le(2019)	大量アンサンブル気候データ(d4PDF)を用いて、過去・2°C上昇時の気候における 8,9 月に発生した大雨の気象場と調査した。大雨発生時の気象場を主成分分析・自己組織化マップを用いた手法により台風を基準に分類し、各気象場の発生割合及び降雨の増加量を調べた。	https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/75/5/75_I_25/_pdf/-char/ja

2.3.3. 気候変動影響予測

2.3.3.1. 予測手法の検討

気候変動影響予測については、ヒアリング・文献調査結果を踏まえ、以下のように検討を行った。

- ヒアリングおよび文献調査結果を踏まえ、気候変動による極端現象の増加、それに伴う風速の上昇による波浪・流れの激化、ホタテへい死増加が懸念される、という連鎖は確認された。
 - ただし、どのような波浪・流れがどのようにホタテへい死に結びつくかのメカニズムは明確ではない。
 - さらに、波浪・流れとホタテへい死等の定量的な関係が明らかになったとは言えない。
 - 風に関しては、気候モデルの出力として様々なデータが既に利用可能である。
 - 波浪は風によって生成され、「波浪推算」として風速や吹送距離を用いて波の高さ（有義波高）を推測する手法は、一般によく知られている⁴。
 - 波浪・流れのモデル（Delft3D 等）を動作させ、かつ、その結果が妥当であることを示す労力は非常に大きい。
 - 波浪・流れのモデル（Delft3D 等）を動作させ、結果を得たとしても、波浪・流れとホタテへい死のメカニズム・定量的関係が明らかでないことから、これら結果を有効に活用することはできないわけではない。
- そこで、ホタテへい死をもたらすような強風に着目し、「2014 年度の爆弾低気圧時と同様の風」が、①将来どの程度の頻度で出現するのか？、②その際の地域的な広がりほどの程度か？という 2 点を得ることを目標に解析を進める。なお、本手法・目標についてはエラー！ 参照元が見つかりません。によって、今年度行う分析方法として適当であることが確認できた。
 - 頻度については相当程度十分な答えが得られると予想される（理由は後述）。
 - 地域的な広がりについては、十分な答えを得ることは難しいと予想される（理由は後述）。定性的な考察を行うために可能な範囲で整理を行う。
 - また、「2014 年度の爆弾低気圧時の風」という条件を設定する上で、波浪推算の基本的な考え方を踏まえ「沿岸に向かって吹く強風」の出現状況を整理することが妥当である。

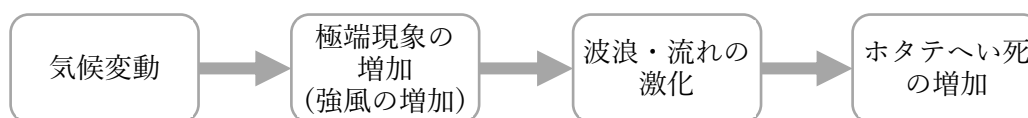


図 2-1 懸念される気候変動の影響の連鎖

注：他に水温上昇や流水減少等の影響も懸念される。

⁴ たとえば「有義波法による波浪推算 ―現業での利用を目的として―」（気象庁「測候時報」2011 年） <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p185.pdf>

2.3.3.2. 予測手法および結果

気候変動影響予測については、前節までの検討に基づき、以下のように行った。

- 予測手法の概要

2014 年に北海道オホーツク地域を通過した爆弾低気圧は、地まき養殖ホタテガイに甚大な被害を及ぼした。そこで、将来的なホタテガイへの影響を検討する際の参考資料を作成することを目的として、2014 年の爆弾低気圧が発生した時の気象と類似した状況が、将来どの程度の頻度で発生し得るかについて将来予測を行った。

- 2014 年爆弾低気圧発生時の気象整理

2014 年爆弾低気圧発生時のオホーツクエリアにおける気象を風向・風速により定義する。過去の気候を高精度に解析したデータ（JRA55）より、2014 年爆弾低気圧発生時の最大風速と風向を調べたところ、2014 年 12 月 18 日午前 3 時に最大風速 22.7m/s の北東風が発生していたことが確認された（図 2-2）。

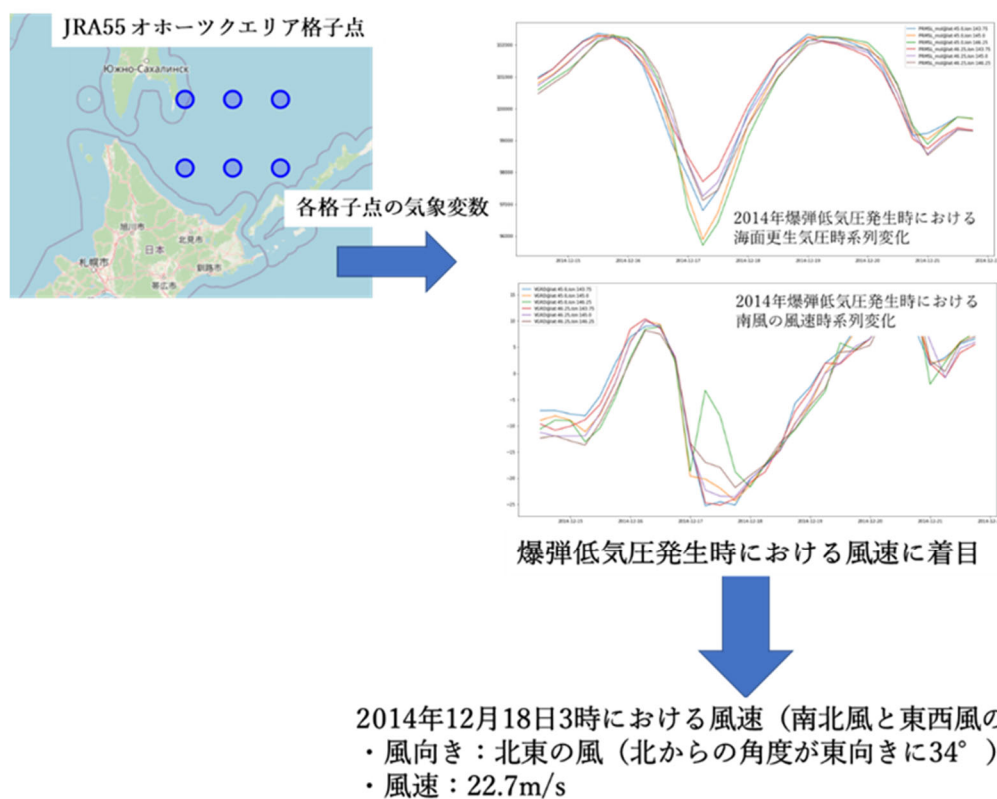


図 2-2 2014 年爆弾低気圧発生時の気象場

● 将来の気象データ解析

次に、気温が上昇した場合の気候変動シナリオを試算できるデータセット(d4PDF⁵)より、将来の気象データを取得し、北東風方向の風速の発生頻度を整理した。本件では産業革命以降 2℃上昇した気候を将来気候として想定し、d4PDF から取得したオホーツクエリアの気象シミュレーション約 3000 年分のデータより、風速データを取得した。また、現在の気候において発生し得る風についての情報も必要となるため、1950 年~2011 年の気候を想定したシミュレーションからも約 3000 年分の風速データを取得した。

図 2-3 では、現在および 2℃上昇時の、それぞれ約 3000 年分のデータから日最大風速を計算し、風速の階級ごとに 1 年間の平均的な発生日数を整理している。グラフのプラス側は、2014 年爆弾低気圧発生時と同じ北東風であり、マイナス側は南西風に該当する。棒グラフを見ると、プラス側とマイナス側で左右対称ではなく、プラス側（北東風）の発生頻度の方が、マイナス側よりも多い。また、北東風 0~2m/s の発生頻度が最も多く、2014 年爆弾低気圧発生時に観察された、22.7m/s 以上の風の発生確率は、現在および 2℃上昇時、どちらのケースにおいても 0.1%未満であった。図 2-3 の詳細な度数分布は、表 2-5 に整理した。

図 2-4 では 22.7m/s 以上の風が発生する日数をシミュレーション年ごとに集計し、整理した図である。図 2-4 を見ると、2014 年の爆弾低気圧発生時と同じ、22.7m/s 以上の風は 1 日も発生しない年が圧倒的に多いが、非常に稀にはあるが、4 日以上となる年も発生し得るとの結果を得ることができた。図 2-4 の詳細な度数分布は、表 2-6 に整理した。

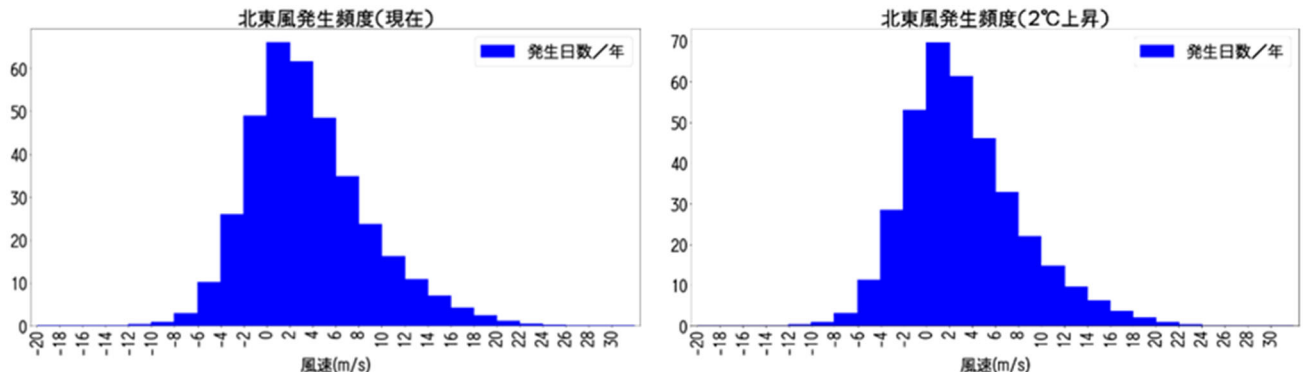


図 2-3 日最大風速の年間平均発生日数

注：風速の正値は風の北東風成分、負値は南西風成分を示す。

⁵ 本調査では、文部科学省による複数の学術研究プログラム（「創生」、「統合」、SI-CAT、DIAS）間連携および地球シミュレータにより作成された d4PDF を使用した。

表 2-5 日最大風速の年間発生頻度表

風速 (m/s)	平均年間発生日数	
	現在	2℃上昇
-20	0.00	0.00
-18	0.00	0.00
-16	0.01	0.01
-14	0.07	0.07
-12	0.25	0.27
-10	0.75	0.81
-8	2.79	2.94
-6	10.18	11.14
-4	25.95	28.43
-2	48.96	52.94
0	66.06	69.65
2	61.58	61.23
4	48.36	46.07
6	34.79	32.67
8	23.70	21.93
10	16.15	14.74
12	10.71	9.61
14	6.92	6.03
16	4.11	3.59
18	2.32	1.87
20	1.06	0.84
22	0.40	0.30
24	0.11	0.09
26	0.02	0.02
28	0.01	0.01
30	0.00	0.00

注：風速の正值は風の北東風成分、負値は南西風成分を示す。

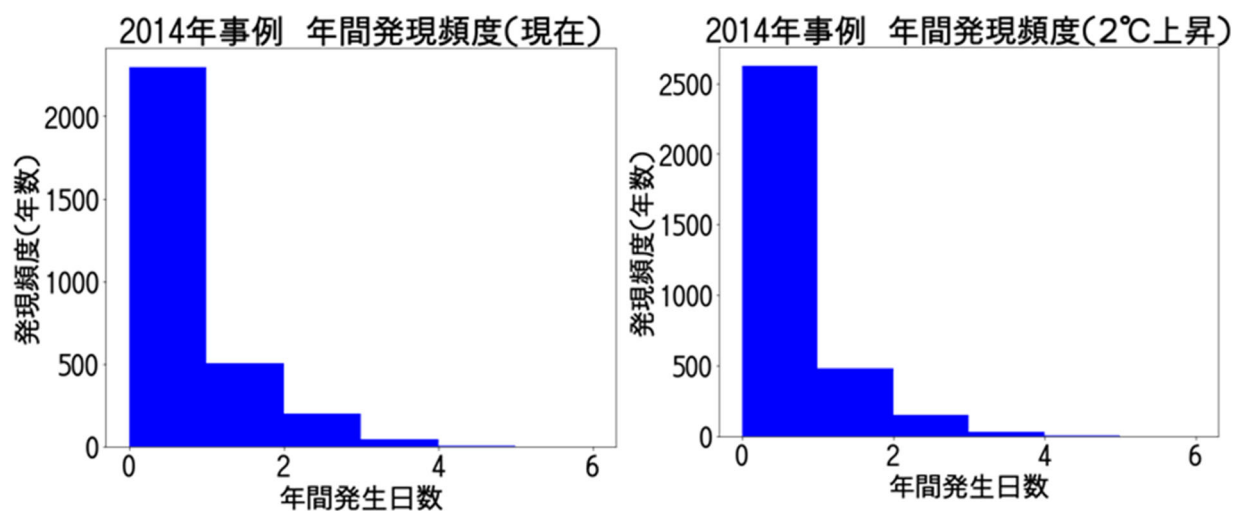


図 2-4 2014 事例 年間発生頻度

表 2-6 2014 年事例 年間発生日数

年間発生日数	頻度 (年数)	
	現在	2°C上昇
0	2299	2626
1	503	478
2	199	151
3	44	31
4	5	8
5	0	0

- 2014 年爆弾低気圧発生時と同様の気象場における風速分布

図 2-5 は 2014 年の爆弾低気圧発生時と同様の気象場における風の分布を示しているが、将来的に 2 度の上昇が生じた場合、オホーツクエリアで特に北東風が強い場合（約 29m/s）における、風速の空間分布を示している。オホーツク沿岸域では、北～北北東からの風が強くなることが予想されるが、特に網走から羅臼までの地域の風が強くなるような結果が得られた。

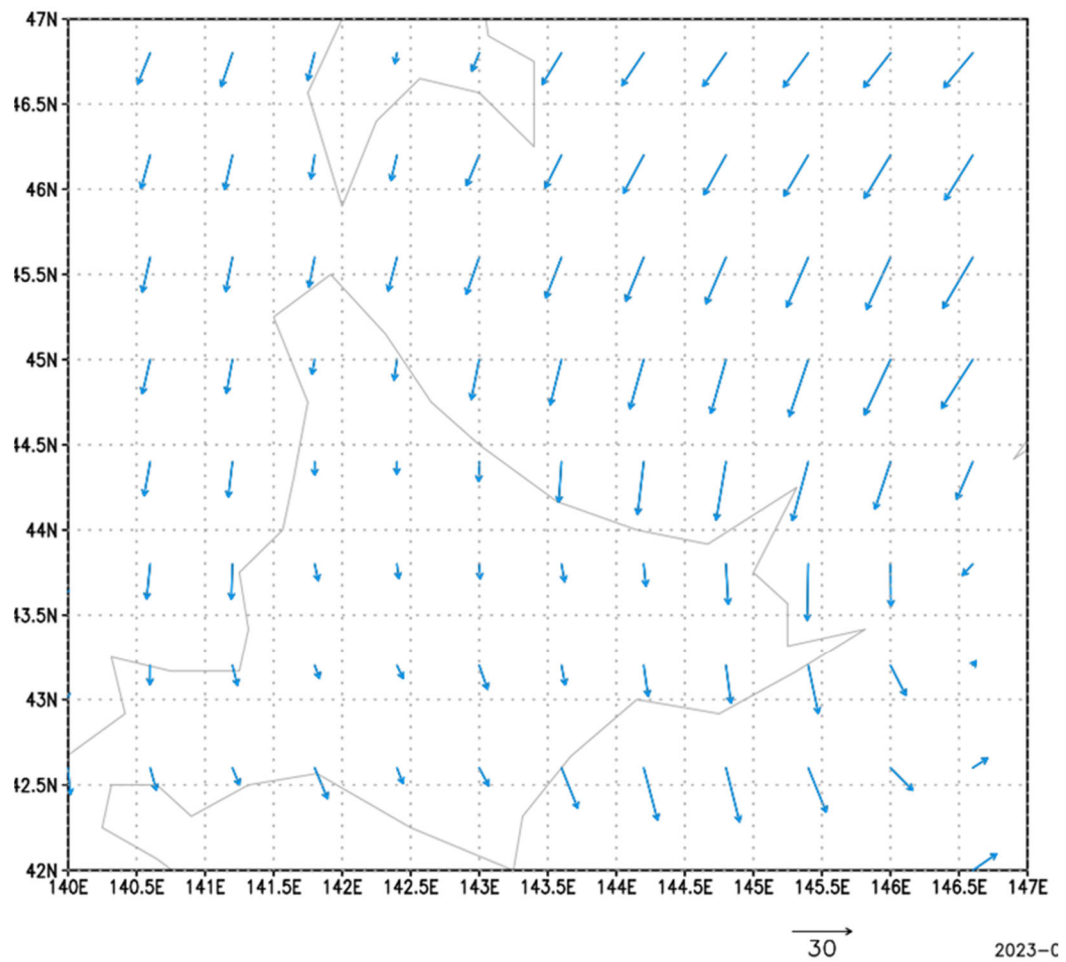


図 2-5 2014 年爆弾低気圧発生時と同様の気象場における風の分布

2.3.4. 気候変動影響予測結果についての産業界からの意見

「2.2.1 ヒアリング調査」で得られた、気候変動影響予測結果に対する産業界からのコメントを表 2-7 にまとめる。

表 2-7 シミュレーション結果に対する産業界からのコメント

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">● 風が強く吹けば波が高くなるが、継続することで波の影響が海底までに達する。従って「爆弾低気圧によるホタテガイへの被害の大きさ＝波×時間×底質」で表すことができると思う。● ホタテ産業への影響という意味では、風だけではなく、海水温、降雪量、流氷といった気象現象による影響を含めて、総合的に検討できると良い。● 爆弾低気圧が大潮の時と重なることで被害が大きくなったと考えられることから、爆弾低気圧によるホタテガイへの被害を検証するためには潮位も重要な要素である。 |
|--|

2.3.5. 気候変動影響予測に関するまとめ

波浪・流れがホタテガイのへい死に影響を与えられ、影響のメカニズムが明確になっておらず、波浪・流れの予測データを用いた将来のホタテのへい死について定量的に評価することは困難である。そのため、今年度の調査では、地まき養殖ホタテガイに甚大な被害を及ぼした 2014 年の爆弾低気圧による北東の強風に着目し、将来、同様の強風が生じる頻度を予測した。

d4PDF の現在・将来予測データを用いて上記の予測を実施し、現在と 2050 年時点（2℃上昇時）のどちらにおいても、2014 年の爆弾低気圧発生時と同様の強風の出現頻度は変わらず、出現確率は 0.1%未満という結果を得ることができた。

今年度行った解析は、オホーツクエリアの風速のみに着目し 2014 年の爆弾低気圧時の気象場の定義を行い、強風の出現頻度を整理したものであった。次年度以降では、オホーツクエリア内の各地点の風の東西成分、南北成分を解析に用い、空間情報も含めた気象場の定義を行うことで、2014 年の爆弾低気圧発生時の気象状況の詳細な分析を実施することが考えられる。これにより、現在および将来（2℃・4℃上昇時）における 2014 年の爆弾低気圧と類似気象の発生予測精度向上が期待できる。

2.4. インパクトチェーンの整理

インパクトチェーンは、気候変動外力による産業構造の影響・課題を繋げた「影響の連鎖」を示すものである。そこで、インパクトチェーンを作る際の基礎材料として、「2.2.1 ヒアリング調査」で得られた情報を元に、オホーツクエリアにおけるホタテ産業の全体像を作成した（図 2-6）。

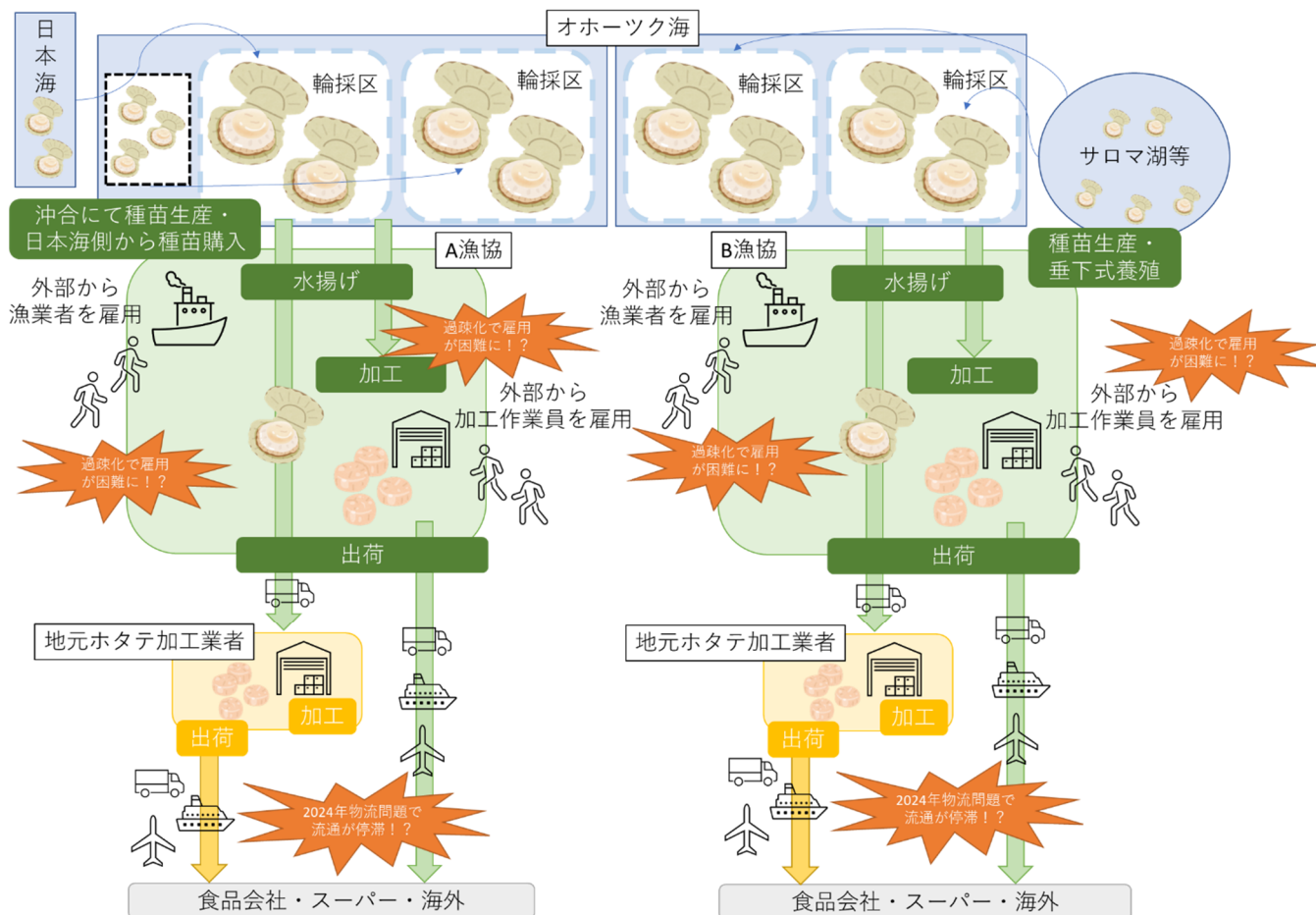


図 2-6 オホーツクホタテ産業の概観

A 漁協：他の地域からも放流稚貝を調達している漁協。

B 漁協：放流稚貝の大半を自己調達している漁協。

本業務は、産業・経済活動における気候変動適応の取り組みモデルに資することを目的としており、本調査自体が産業・経済活動における気候変動適応のモデルケースの一つとなるように、アクションプラン策定までの取組フロー作成を念頭に置いて進めている。

気候変動外力から産業構造の影響・課題への連鎖を整理したインパクトチェーンは、今後、アクションプランを策定する際、様々な背景を持つ利害関係者や有識者と、影響の連鎖について情報を共有し、議論するために有用と考えられる。

本業務においては、当初、既存の情報より、図 2-7 に示すインパクトチェーン（第 1 案）を仮定し、「2.2 産業界における課題・リスク整理」および「2.3 科学的知見に基づく気候変動影響予測」を通じて得られた知見より、インパクトチェーンを再整理した（図 2-8）。

これらインパクトチェーンについては、さらに様々な利害関係者・有識者との議論を経て内容を磨くべきものであり、また、特に重要な連鎖については、定量性をもって議論できるよう情報を整理することが望ましいものである。

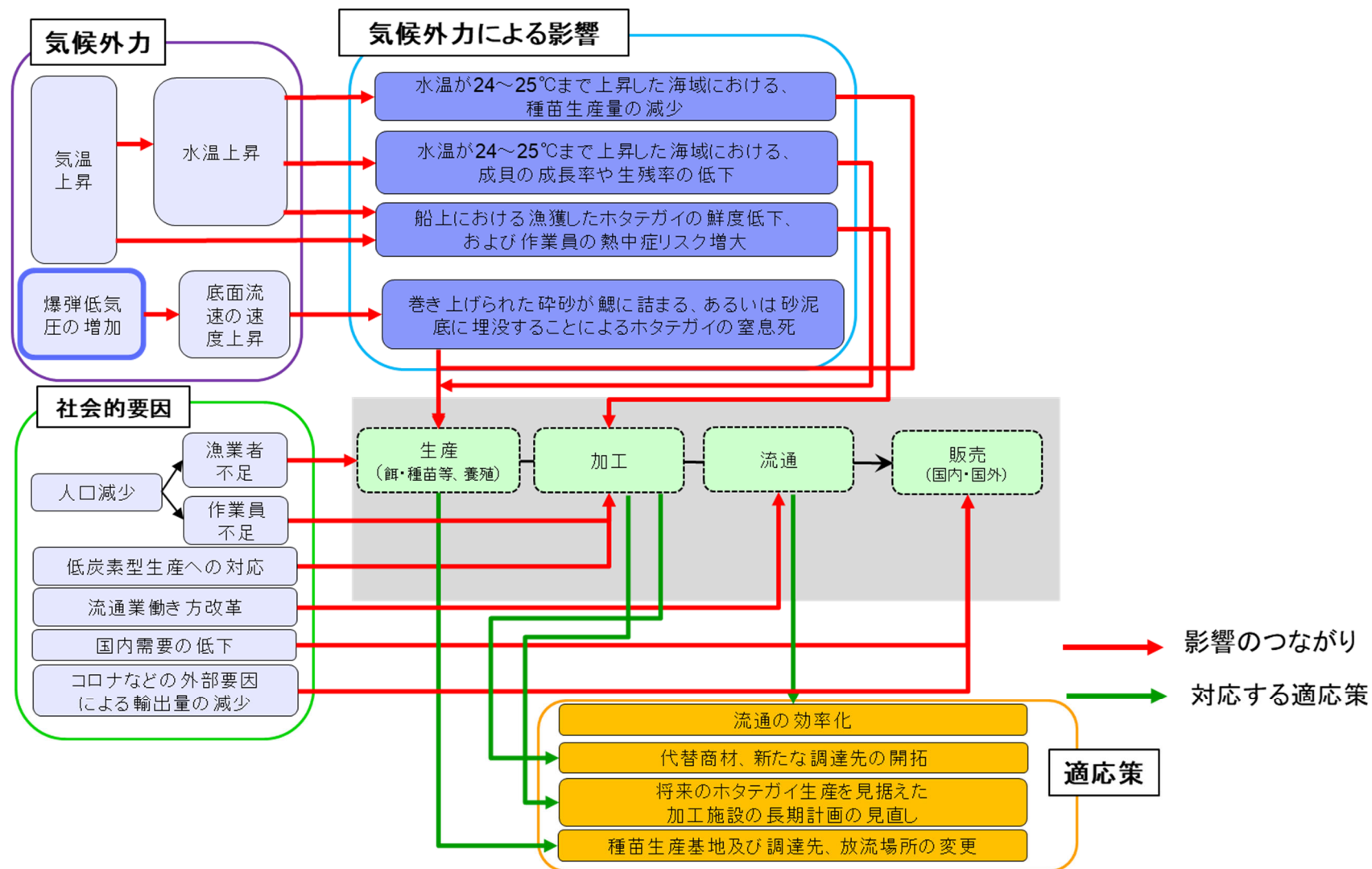


図 2-7 気候変動影響によるホタテ産業へのリスクに関するインパクトチェーン (第1案)

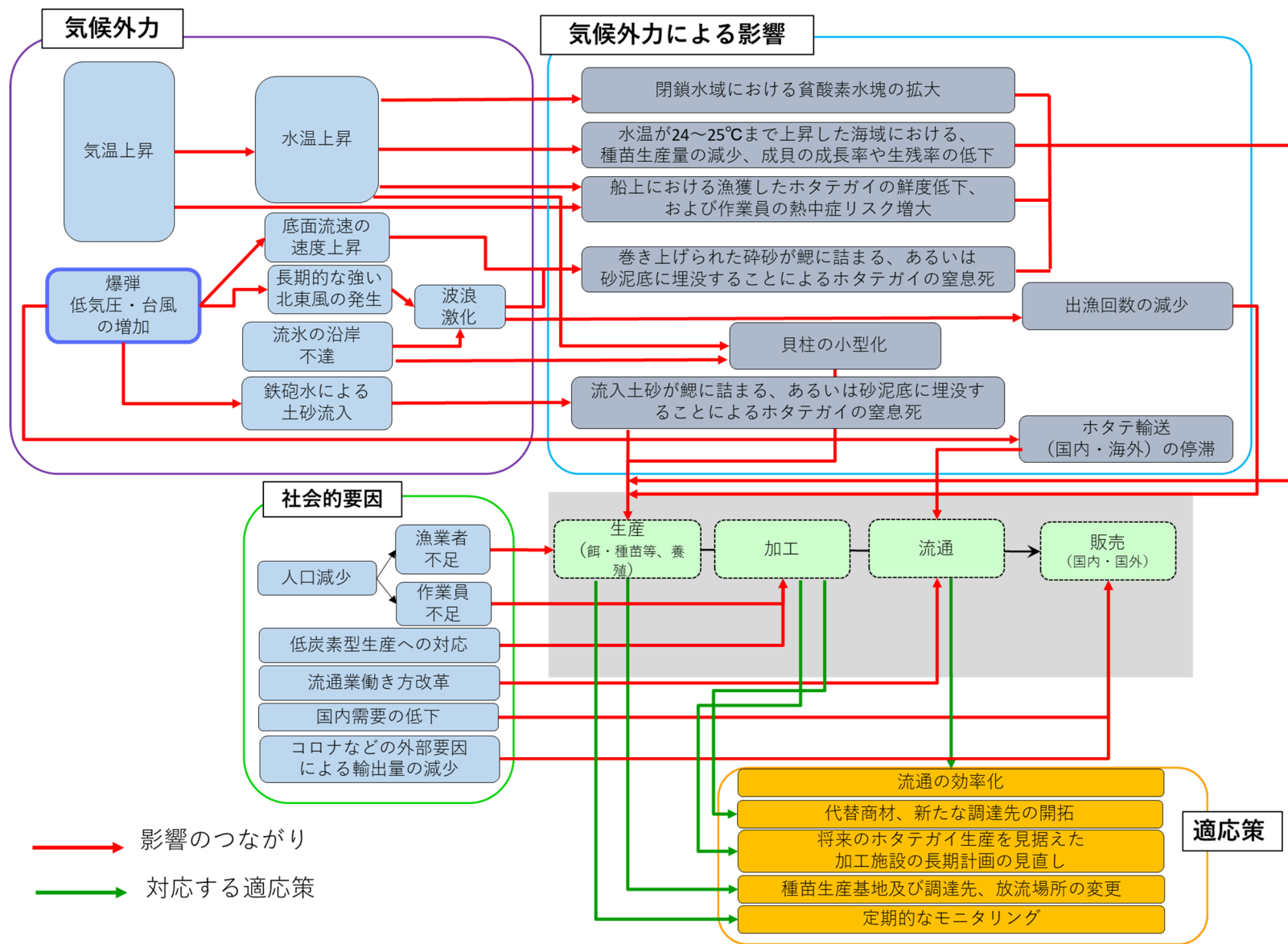


図 2-8 気候変動影響によるホタテ産業へのリスクに関するインパクトチェーン（第2案）

2.5. 気候変動適応策の検討に向けた提案

今後ホタテ産業における気候変動適応策の検討を進めるにあたっての取組に向け、以下のように提案する。

- サプライチェーンおよびインパクトチェーンの内容の充実化
 - 本業務で作成したインパクトチェーンは概要としては問題ないと考えられるものの、サプライチェーンについて具体的な情報が明らかになってはおらず、さらに具体的な地域で検討することが必要である。
 - 本業務ですでにインパクトチェーン（第2案）を作成しているが、一方で、地域の関係者がワークショップなどで一同に会し、議論しつつインパクトチェーンを作成することも、気候変動への適応についての理解を深める点や新たな要因の抽出のためには重要であり、このようなインパクトチェーン作成ワークショップを行うことも考えられる。
- 風によるホタテ産業への影響に関する検討
 - 風力や風向等に関するシミュレーション結果が、時化による出漁数の変化、あるいは年間のホタテ水揚量の変化等の将来予測に利用できないか検討を行う。
- ホタテ産業に影響を与える、風以外の気象現象に関する検討
 - 水温上昇、台風時の鉄砲水、天候による出漁回数への影響等、今年度新たに抽出された気候変動影響について情報収集を行い、将来予測に利用できないか検討を行う。

【留意事項】

なお、これらの検討を北海道ないしオホーツク海沿岸すべてで行うことは簡単ではないため、まず、限られた地域を対象に試行的に取り組むことが適当である。これら取組を行う地域としては、①気候変動影響について懸念を持っていること、②様々な立場の関係者から協力が得られること、③オホーツク地域全体で参考となるような取り組みが可能であること、等の条件を満たすことが望ましいと考えられる。

また、本業務で行っている気候変動の影響と適応の科学的・社会的両側面からの検討について、フロー化すると図 2-9 のようになる。インパクトチェーンを媒介とすることで、気候変動の影響・適応について、科学・社会双方の立場からのコミュニケーションが円滑化することが期待される。

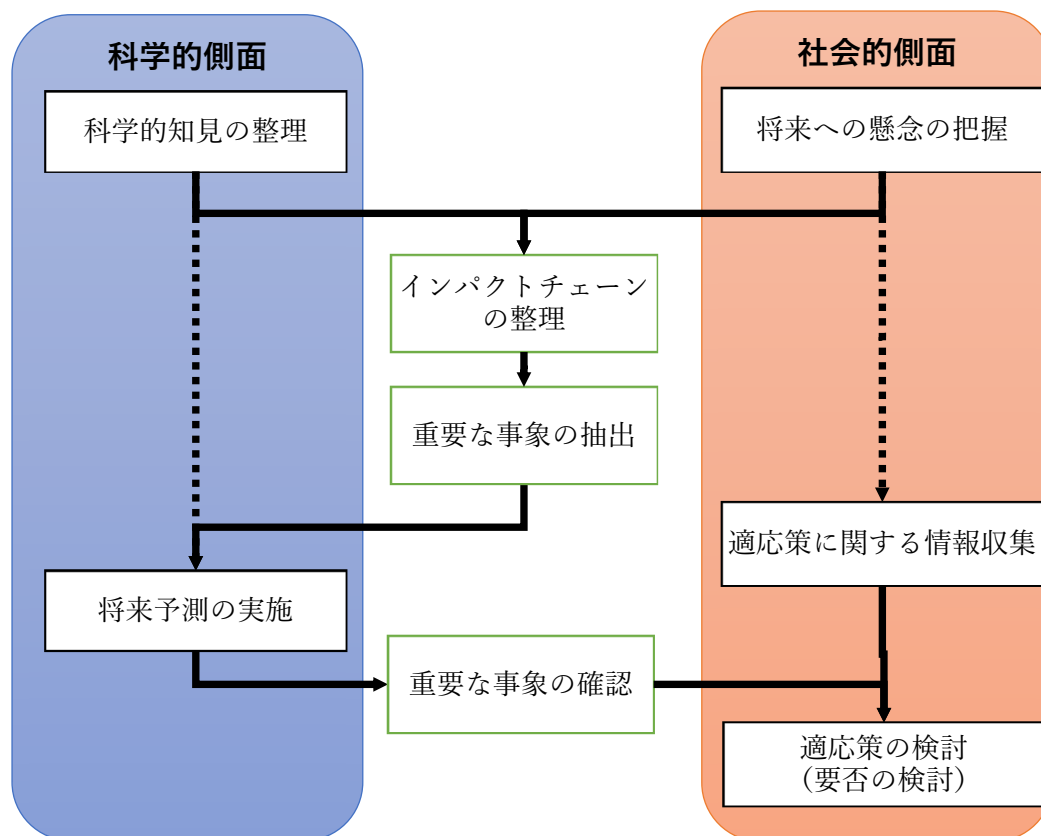


図 2-9 インパクトチェーンを媒介とする科学・社会両側面からの適応策の検討イメージ

注：現実には、本図のような一経路で検討が進むわけではなく、様々な段階を行き来が生じたり、あるいは、全体の経路がPDCAとして繰り返されるものと考えられる。

3. 参考資料

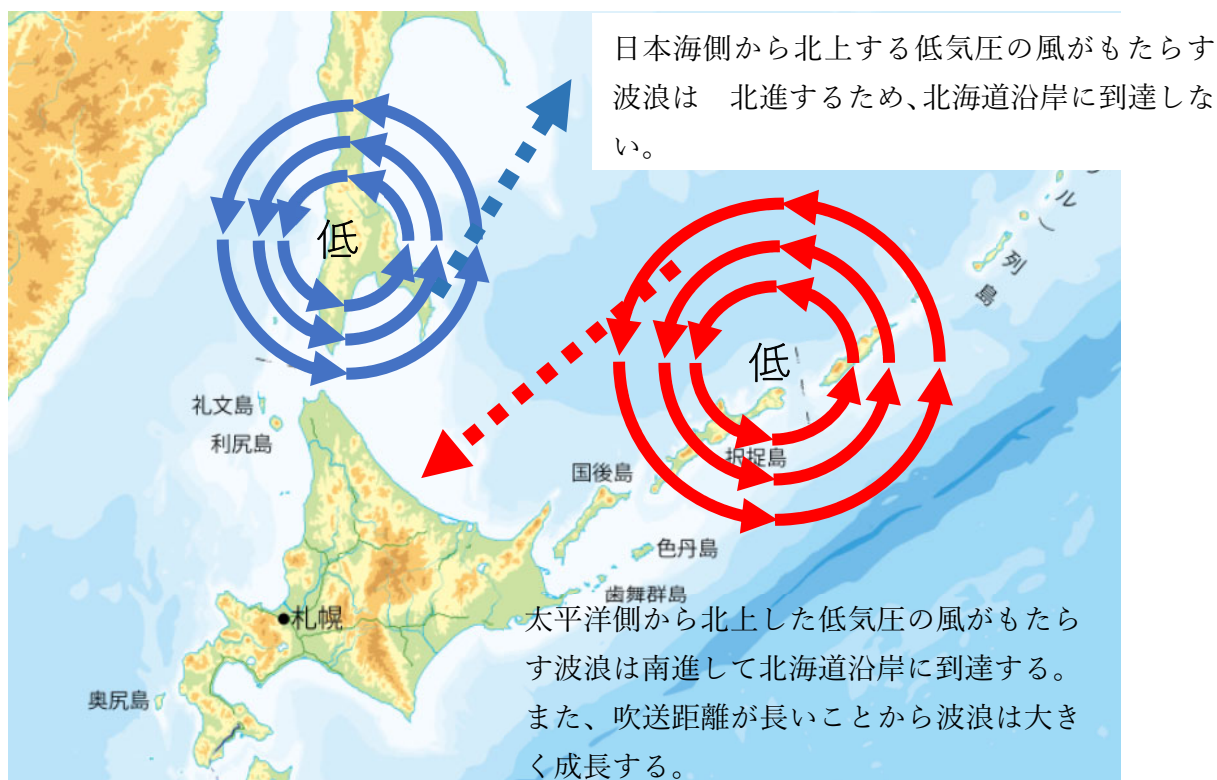


図 3-1 低気圧の位置による波浪への影響（イメージ）

注：実線は風、破線は波の進行方向を示す。

地図出典：国土地理院「地理院タイル」

参考：気象庁「有義波法による波浪推算 ―現業での利用を目的として―」（測候時報 2011）

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p185.pdf>

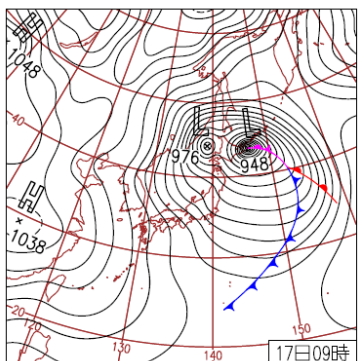
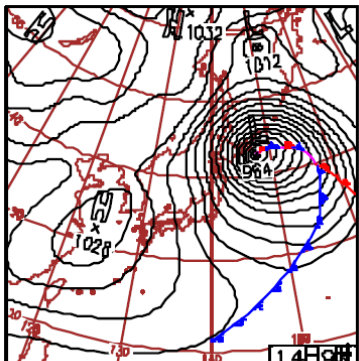
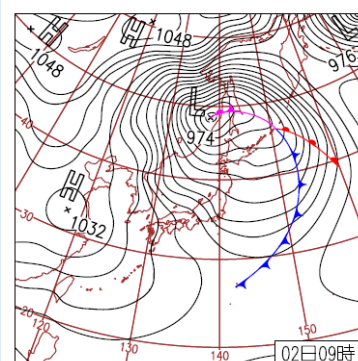
ホタテへい死ケース		非へい死ケース
 17日(水)低気圧948hPaまで発達 全国的に非常に強い風、大しけ。北海道根室市弥栄町で最大瞬間風速39.9m/s、根室地方で高潮災害。福島県松枝岐で日降雪量97cm。宮崎、大阪など西日本中心に10地点で初雪。	 14日(水)北日本 大荒れ 千島付近で猛烈に発達した低気圧により北日本を中心に大荒れの天気。札幌で最大瞬間風速31.4m/s、北海道北見市で日降雪量53cm。北海道の空港では240便が欠航。	 2日(火)北日本は大荒れ 強い冬型気圧配置で北日本や北陸を中心に暴風雪や高波。北海道八雲町熊石で最大風速19.6m/s、史上1位。福岡、鳥取、新潟など8地点で初雪。滋賀・比良山、伊吹山で初冠雪。
2014年12月17日	2004年1月14日	2014年12月2日
爆弾低気圧が太平洋側を北上		爆弾低気圧が日本海側を北上

図 3-2 北海道と低気圧の位置関係の実例

出典：気象庁「日々の天気図」 <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>