

2019.07.01

サステナブル経営 レポート <第7号>

気候変動によるビジネスへの影響(農産物・海産物を例に)

【本号の概要】

- 2018年は、人為的な温暖化に起因した熱波が各地で観測され、身近な生活から企業まで様々な被害をもたらした。
- 特に、農産物・水産物を中心としたソフトコモディティ¹については、生産量の減少に関するニュースが散見された。
- 本論では、温度上昇が農産物・水産物に与えるインパクトを、天候デリバティブの設計などで一般的に用いられる簡単な統計分析を用いてモデルを作成し、2つの気候変動シナリオ下で、2050年にどの程度の影響が出るかを予測した。
- ソフトコモディティを例に紹介したが、簡単な分析により定量化し、企業として気候変動リスクをリスクマネジメントの観点で捉えることは、長期的な経営の上で重要である。

1. 猛暑が企業に与える影響

2018年を振り返ると、その気温の高さは異常であった。気象庁は、同年7月に、「命の危険がある暑さ。一つの災害として認識している。」と述べていた²が、実際、1946年の統計開始以来、東日本では史上最高(平年比+1.7℃)、西日本では史上2番目(平年比+1.1℃)の記録的高温が観測されている³。このことから、今年の熱波は異常であったといえよう。この猛暑は日本にとどまらず、米国、カナダ、オーストラリアなど世界各地で観測された。

気象研究所や国立環境研究所からなるグループによれば、2018年の熱波について、もし温暖化がなければこのような異常高温が発生する確率はほぼゼロであったという分析結果を示している。一方で、これまでの温暖化に起因して、今年の夏のような熱波が今後発生する確率は20%であるとしている。今年の熱波は気候変動が及ぼす影響が目に見えてわかる1つの事象であったということである⁴。

企業の業績については、夏場において、例年どおりの暑さであれば、プラスに働くといわれているが、実際に今年の猛暑が企業に与える影響はどうであったか。2018年8月の日本商工会議所の中小企業会員への調査結果によれば、猛暑による悪影響があると答えた企業は、(3,741社中)82.4%にのぼり、電気代の上昇・熱中症対策によるコスト増、従業員の労働時間の減少・労働生産性の悪化、製品・サービスの受注・売り上げ減少・客数減少を具体的な影響として挙げている⁵。企業の業績も暑さが度を超すと恩恵の影響が小さくなったり、悪影響を受けたりするということであろう。

今年の猛暑において、特に影響が大きかったのは、温度による農産物・海産物の生産への影響であ

¹ ソフトコモディティとは、化石燃料、鉱物資源などのハードコモディティに対する概念を指す。

² 『猛暑・多湿列島を襲う「一つの災害と認識」気象庁会見』、日本経済新聞、2018年7月23日(オンライン)、<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO3329191023072018EA1000/>、(最終アクセス日:2019年6月10日)

³ 『夏(6~8月)の天候』、気象庁、http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko180608_besshi.pdf、(最終アクセス日:2019年6月10日)

⁴ 『d4PDF 全球/領域版を用いた近年の豪雨や猛暑に地球温暖化が与える影響の評価』、今田、川瀬(2018)、d4PDFの現在と未来を考える研究会合、http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/20181010WS/Imada_Kawase.pdf、(最終アクセス日:2019年6月10日)

⁵ 『中小企業の業績、猛暑の影響「マイナス」8割に』、日刊工業新聞、2018年9月11日、(オンライン)、<https://newsswitch.jp/p/14385>、(最終アクセス日:2019年6月10日)

る。実際、家畜の大量死⁶や畑作物の腐敗⁷などのニュースが散見された。本レポートでは、農産物・海産物に焦点を当てて、猛暑による影響の事例を紹介し、生産量と気候条件との相関性を分析し、また気候変動がもたらす生産量への将来的な影響について予測を行った。ただし、ソフトコモディティの生産量への影響は必ずしも気温や水温だけでは説明できないこと、またあくまでビジネス向けの分析として、天候デリバティブの設計などで一般的に用いられる簡易的な直線回帰モデルを用いた結果であることに留意頂きたい。

2. 気候変動による農産物・海産物への影響分析

本節では、気候変動による農産物・海産物への影響を分析し、生産量への影響の予測値を示す。生産量と気温（水温）に関する指標について、どの程度相関性があるかを示し、直線回帰モデルに基づき、生産量を気温（水温）に関する指標を用いて説明する関数を構成した。気候変動の予測について2013年のIPCC第5次報告書で扱っている2つのシナリオ（RCP8.5、RCP2.6⁸）で2050年で想定される平均気温（水温）上昇値を用いた。値の算出については、2050年における気候変動の影響を考慮したモデルは複数存在するため、それらの平均値を2050年の実測値としてみなし、分析を行った。

(1) ウシ

ウシについては、生乳および肉用牛の生産量への影響について分析を行った。国内については、日本の生乳の生産量が大きい地域を選定した。また、海外については、日本の牛肉輸入に占める割合の多い国の中で、生産量シェアが大きい地域から選定した。生乳については、北海道、牛肉についてはオーストラリア・クイーンズランド（QLD）州を調査対象とした。

猛暑によりウシが「夏バテ」する事例は多く存在する。例えば、2018年の夏の猛暑の影響で、暑さのために死んだり、乳が搾れなくなったりした乳用牛の数は、日本全国で573頭報告され、2010年7月の猛暑時の447頭をはるかに上回った⁹。また、同年の夏における肉用牛の出荷数についても、猛暑によるストレスや疲れにより、9月に減少していた¹⁰。猛暑によるウシの生育への影響は大きく、無視できない。

ウシには乳用牛と肉用牛が存在するが、乳用牛、肉用牛ともに、体温の急激な変化が生産量に影響するという研究結果がある¹¹。これを気候条件で表現すると、気温と湿度からなる不快指数や日照時間の長さが挙げられ、気候が原因のストレスによりウシのタンパク質、脂質、成長効率の諸条件に、負の影響を与えることがわかっている。また、放牧によるウシは牛舎のウシに比べ、ストレス耐性がある

⁶ 『群馬』猛暑で畜産業に打撃、衰弱死など 今後の影響も』、朝日新聞、2018年9月18日、（オンライン）、<https://www.asahi.com/articles/ASL9K43PRL9KUHNB001.html>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

⁷ 『猛暑、農業も被害 畑のレタス腐敗、キャベツ小さいまま』、朝日新聞、2018年7月24日、（オンライン）、<https://www.asahi.com/articles/ASL7S54RDL7SUTIL03S.html>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

⁸ RCPは、代表的濃度経路の略で、将来温室効果ガスをどのような濃度に安定させるかを数値で示している。今回用いる2つのシナリオの詳細は下記の通りである。

・RCP2.6（低位安定化シナリオ）：気温上昇を2℃に抑えることを想定

・RCP8.5（高位参照シナリオ）：政策的な緩和策を行わないことを想定

※参考文献：『異常気象レポート2014』、気象庁、

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate_change/2014/pdf/2014_2-1.pdf、（最終アクセス日：2019年6月10日）

⁹ 『牛も夏バテ、生乳の生産減 スーパーで牛乳特売減るかも』、朝日新聞、2018年8月31日、（オンライン）、<https://www.asahi.com/articles/ASL803QW2L8ZULFA022.html>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

¹⁰ 『18年10月の需給展望 牛肉』 棚替え進み肩ロースうす切りの販売増加、相場は季節的に上昇』、食品産業新聞社、2018年10月3日、（オンライン）、<https://www.ssnpc.jp/news/meat/2018/10/2018-1003-1240-14.html>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

¹¹ 下記を含む、複数の論文で、牛の不快指数と生産量に関する学術論文がある。

G. KeRoy Hahn (1985). "Weather and climate impacts on beef cattle"., *Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center*. 67.

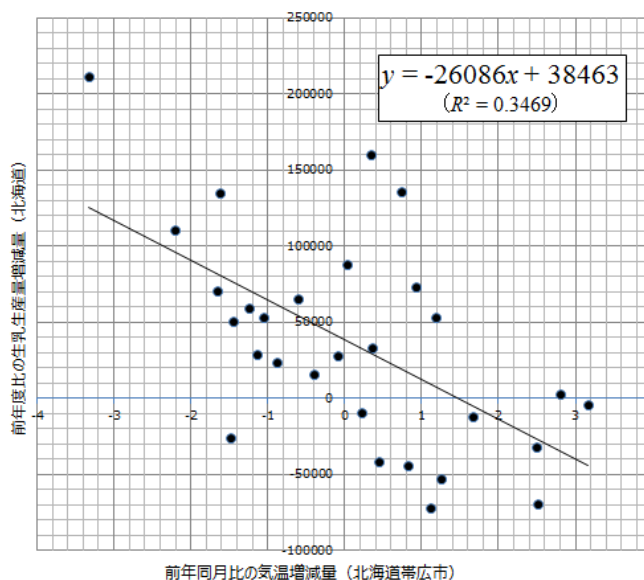
ることがわかっている¹²。

① 生乳（北海道）

日本における生乳の生産量は、2018年で728万トンであり、そのうち53.5%が北海道で生産されている¹³。また、北海道の主要な気象観測点のうち、牛の飼育数が最も多いのは帯広市である¹⁴。よって、帯広市の気候の変化が日本国内の生乳の生産に与えるインパクトが大きいという仮説のもと、北海道の生乳生産量と帯広市の気候との関係について検証を行った。

気温と生産量の相関は、中程度の負の相関があることがわかった。また、モデル式より、6月の平均気温の対比で、1℃上昇すると、生乳の年間生産量が26,086トン減少することがわかる。気候変動の影響により、北海道付近では、RCP8.5シナリオのもとで2050年の平均気温が現在¹⁵に比べて2.1℃上昇することが見込まれている。よって、RCP8.5のシナリオ下において、年間約55,000トン生産量が減少することが見込まれる。

気温と(生乳)生産増減量の関係 (1986~2018年度)



【図1】気温と（生乳）生産増減量の関係

② 肉牛（オーストラリア）

2017年度における日本の輸入の牛肉のうち、オーストラリアからの輸入量が29.7万トンと全体の52%のシェア¹⁶であるため、オーストラリア国内における生産の変化は、日本における牛肉の供給に影響するものと考えられる。また、オーストラリアの立場でも、日本向けの輸出は、オーストラリアにおける世界への輸出量の25%とシェア1位であり、牛肉生産量のおよそ7割を輸出向けに生産し

¹² D. L. Hill and E. Wall (2015). "Dairy cattle in a temperate climate: the effects weather on milk yield and composition depend on management." *Animal*

¹³ 『生乳および牛乳製品関連の基礎データ』、一般社団法人 Jミルク、
<http://www.j-milk.jp/gyokai/database/milk-kiso.html>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

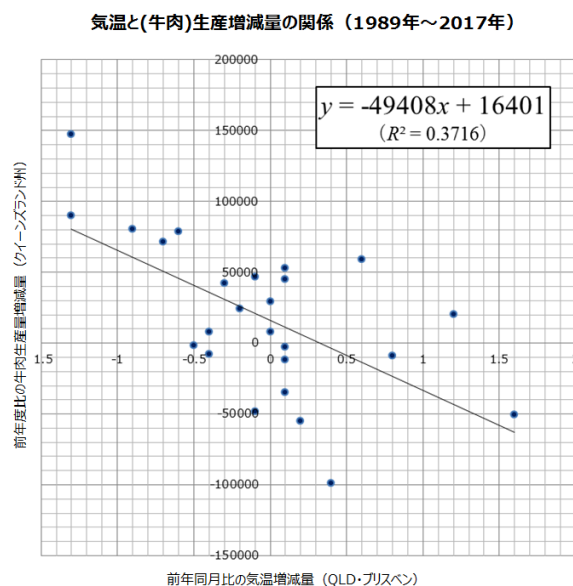
¹⁴ 独立行政法人 家畜改良センター、<https://www.id.nlbc.go.jp/data/toukei.html>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

¹⁵ 1986~2018年の平均値

¹⁶ 独立行政法人 農畜産業振興機構、https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_000073.html、（最終アクセス日：2019年6月10日）

ていることから¹⁷、オーストラリアの総生産量に対して、約 18%が日本の輸出向けの牛肉であると考えられる。オーストラリア国内では、クイーンズランド（QLD）州での生産シェアが高く、同州の主要な気象観測点のうち、牛の飼育数が最も多いのはブリスベンである¹⁶。よって、ブリスベンの気候の変化がオーストラリア国内の牛肉の生産に与えるインパクトが大きいという仮説のもと、オーストラリア・QLD 州の牛肉生産量とブリスベンの気候との関係について検証を行った。

気温と生産量の相関は、中程度の負の相関があることがわかった。また、モデル式より、10月の平均気温の対比で、1°C上昇すると、肉牛の年間生産量が 49,408 トン減少することがわかる。気候変動の影響により、ブリスベン付近では、RCP8.5 シナリオのもとで 2050 年の平均気温が現在¹⁸に比べて 1.9°C 上昇することが見込まれている。よって、RCP8.5 のシナリオ下において、年間約 94,000 トン生産量が減少することが見込まれる。オーストラリアの牛肉の輸出構成比に変化がないとすれば、日本向けの牛肉の輸出量は 17,000 トン程度減少することとなる。また、RCP2.6 シナリオの下でも、平均気温が 1.2°C 上昇することが見込まれるため、日本向けの牛肉輸出量は 11,000 トン程度減少することが見込まれる。



【図 2】 気温と（牛肉）生産増減量の関係

(2) 養殖海産物

水温の上昇により、養殖海産物の発育が阻害された、もしくは、大量へい死が発生したとされる事例は多く存在する。例えば、広島県のカキ養殖において、1979年、1994年、2001年、2002年にカキの大量へい死が発生した。2002年のへい死では各漁業組合別に4割から最大9割がへい死した。これに関し、大量へい死の年は高水温傾向の年であり、水温の上昇が影響していると考えられている¹⁹。また、青森県の陸奥湾では2011年に異常高水温に見舞われ、養殖中のホタテガイの約70%がへい死し、地区によっては99%がへい死する事態が発生した²⁰。これらの事例より、水温上昇による養殖海産物への影響は大きく、無視できないといえる。よって、カキ・ホタテガイについて、気候変動による影響の分析を行った。

¹⁷ MLA (Meat & Livestock Australia) Fast Facts - Australia's beef industry 2017.

¹⁸ 1989～2017年の平均値

¹⁹ 『養殖マガキの大量へい死と水温、降水量との関係』、赤繁・平田他 (2006)、広水技セ研報 2006 1: 9-13

²⁰ 『猛暑時のホタテガイへい死率を低減できる養殖生産技術の開発』、吉田(2015)、全国水産試験場長会、<http://www.fishexp.hro.or.jp/cont/jochokai/award/hioc3b0000001e0a-att/H27gyouseki01.pdf>、(最終アクセス日：2019年6月10日)

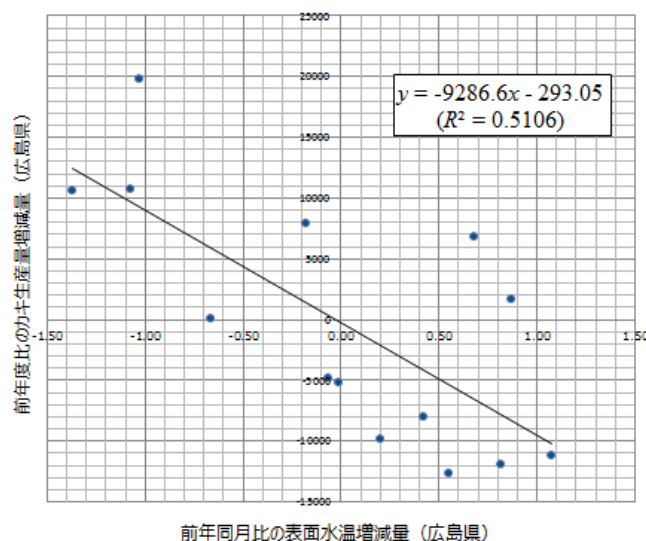
① カキ（広島県）

カキは、比較的浅い水深で養殖されている。カキ養殖と高温の関係については、夏の高温水下で、産卵を繰り返して産卵期が長期化し、活力の低下をもたらして、身が大きくなならない²¹、もしくは、へい死するリスクが高まる²²といった研究がある。

日本におけるカキ養殖の生産量は、2017年では1,738百トンであり、そのうちの約60%が広島県で生産されている²³。よって、広島県の気候の変化が日本国内のカキ養殖の生産量にあたるインパクトが大きいという仮説のもと、広島県のカキ生産量と広島沖の海水温の関係について、検証を行った。

カキ養殖の生産量と水温（表面水温）についてはやや強い負の相関がある。回帰分析のモデルによれば、前後2年の平均水温の対比で、1℃上昇すると、カキ養殖の生産量が9,286トン減少することになる。気候変動の影響により、広島県付近では、2050年において、RCP8.5シナリオ下で7～8月の平均表面水温が最大1.09℃上昇することが見込まれている。よって、RCP8.5シナリオ下の2050年において、約10,000トン生産量が減少することになる。これは2017年の広島のカキ生産量（103,500トン）の約1割にあたる。また、RCP2.6シナリオ下で、平均表面水温が現在²⁴に比べて0.84℃上昇することが見込まれているため、生産量は、約8,000トン程度減少する可能性がある。

水温と(カキ) 生産増減量の関係 (2003～2017年)



【図3】カキ（養殖）の生産量と気温に関する回帰分析の結果

② ホタテガイ（青森県）

ホタテガイは、10～30m程度の水深で養殖が行われている。メカニズムはあまり明確にされていないが、高水温期には摂餌能力が低下し、消費エネルギーが獲得エネルギーを上回るため、最終的にエネルギー不足によりへい死するとした研究もある¹⁸。

日本におけるホタテガイ養殖の生産量は、2017年では135,100トンであり、そのうちの約60%が青

²¹ 『平成25年度水産白書』、水産庁、<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h25/attach/pdf/25suisan1-2-2.pdf>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

²² 『二枚貝漁場における問題点と環境改善技術』、水産庁、<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kenkyu/pdf/pdf/3-1.pdf>、（最終アクセス日：2019年6月10日）

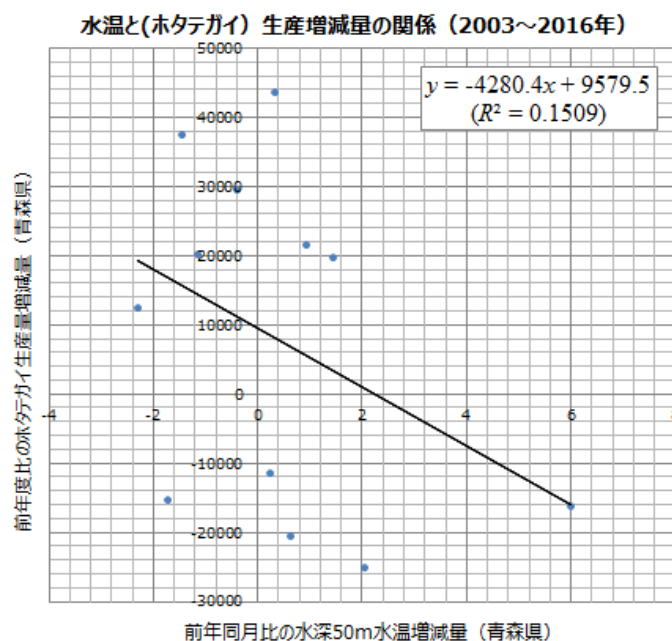
²³ 『海面漁業生産統計調査』、農林水産省、http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html、（最終アクセス日：2019年6月10日）

²⁴ 2003～2017年の平均値

森県で生産されている²¹。よって、青森県の気候の変化が日本国内のホタテガイ養殖の生産量にあたるインパクトが大きいという仮説のもと、青森のホタテ生産量と青森沖の海水温の関係について、検証を行った。

ホタテガイ養殖の生産量と水温（表層水温）については弱い負の相関がある。回帰分析のモデルによれば、水深 50mにおける平均表層水温の対比で、1℃上昇すると、カキ養殖の生産量が 4,280 トン減少するという結果となった。

青森県（平内町）付近の水深 50mにおける表層水温については、2つの気候変動シナリオ下での影響による平均水温の上昇は確認できなかった。しかしながら、表面水温をみてみると、同地域で長期的には水温が現在よりも 2℃上昇し、25℃程度になるという研究もある²⁵。既述のとおり、23～25℃がへい死のリスクとされていることから、特に水深の浅いエリアでの養殖を中心として、将来的に気候変動による生産量への負の影響が生じる可能性は否定できない。



【図4】水温と（ホタテガイ）生産量増減量の関係

3. 気候リスクと対策

本レポートでは、気候変動より変化が見込まれる気候条件の変化により生産量が減少しうる品目を選定し、気候条件と生産量間の相関性を調べ、単純な生産量へのインパクトを予測した。今回取り上げた海産物・農産品はどれも温度の上昇が負の影響を受けるものであった。気候変動の影響により、気候条件が大きく変化することで、異常気象による損害を負う可能性が高くなることがわかる。また本分析は気候変動を考慮した将来気候における平均的な気温（水温）の年について、影響を検討したが、気候の毎年の変動を考慮すれば、より過酷な条件の年も多いことに留意する必要がある。

農業・漁業分野は、気候変動による気候条件の変化のなかで生産を維持していくためには、気候リスクを軽減・回避すること、いわゆるリスクマネジメントが必要となってくる。天候によるリスクを軽減するための政策のひとつとして、ハードの整備（ため池の改修、排水施設の整備、地すべりの防止など）やソフトの整備（農地災害の予測、ハザードマップの整備）などを地域とのつながりにおいて管理することが考えられるが、これは政府や自治体、地域の共助に依存する部分が多い。1つの

²⁵ 『温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測（温暖化影響特集）—（農林水産業への影響）』 桑原・明田他（2006）、地球環境、11(1): 49-57

事業者単位で気候に関するリスクマネジメントをすることを考えると、リスクコントロールの面では、気候変動による影響に耐えうる品種への改良が考えられ、リスクファイナンスの面では、天候デリバティブなどによるリスク転嫁や手元資金の留保が考えられる。事業者の長年の経験の中で、例えば、「猛暑により牛乳の売り上げが減少する」傾向があることがわかっており、分析の結果、高い相関が見られるのであれば、気温を指標とした天候デリバティブによるリスクファイナンスは事業者として対応していくための有用な手段となる。(いくつかの保険会社などは天候データに関する知見を持ち、相関分析などのサービスを提供している。)

謝意：本調査にあたりアドバイス、ご協力をいただいた三井住友海上火災保険株式会社金融ソリューション部 ART チーム、MSI Guaranteed Weather 社のご関係者の皆様に感謝申し上げます。

MS&AD インターリスク総研株式会社 リスクマネジメント第三部
上席コンサルタント 寺田 祐/コンサルタント 西野 拓哉

Appendix. データ分析の方法論について

本節では、本論で分析したデータの取り扱いについて補足する。冒頭でも述べたが、ソフトコモディティの生産量への影響は必ずしも気温や水温だけでは説明できないことに留意する必要がある。

I. データ分析の方法

複雑なモデル（多項式モデル、重回帰モデル）も考えられるが、今回は、気候変動における単純な影響度を分析することを目的としているため、単回帰分析による分析を行った。相関係数は2つの変数がどの程度の強さの関係性を持つかどうかを表す指標で、1に近づけば近づくほど、その結びつきは強いことがわかり、幾何学的には、直線の関係で表せるか否かの度合いを表わしたものと読み替えることもできる。本報告では、相関係数を基準に下記の判断している。

【表 I-1】 相関係数とその解釈について

相関係数（絶対値）	2変数間の相関に関する説明
0.8 ~ 1.0	強い相関がみられる
0.6 ~ 0.8	やや強い相関がみられる
0.4 ~ 0.6	中程度の相関がみられる
0.2 ~ 0.4	弱い相関がみられる
0.0 ~ 0.2	相関はない

相関係数については、扱う対象、研究分野によって、判断にばらつきがあり、上記の基準が必ずしも他のデータ分析における解釈とは合致しないことに留意する。

II. 分析に用いたデータ

本報告では、公的なデータソースの経年データに基づき、データの分析を行った。それぞれの節で用いたデータについては、下記の通りである。

2. (1) - ① ウシー生乳

目的変数	北海道における生乳の生産量（1986年度～2018年度、前年比増減） （データソース）農林水産省／牛乳乳製品統計調査／長期累年 https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500225&tstat=000001015114&cycle=0&year=20170&month=0&tclass1=000001037133
説明変数	北海道帯広市における6月の平均気温（1986年度～2018年度、前年比増減） （データソース）気象庁／各種データ・資料／過去の気象データ検索 https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php

なお、1989年～1990年、1990年～1991年、2006年～2007年は外れ値として、分析の対象から外した。

2. (1) - ② ウシー牛肉

目的変数	オーストラリアQLD州における牛肉の生産量（1989年度～2017年度、前年比増減） （データソース）Australian Bureau of Statistics／Red Meat Produced - Beef: All series (tonnes) http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/7218.0.55.001Dec%202018?OpenDocument
説明変数	QLD州・ブリスベンにおける10月の平均気温（1989年度～2017年度、前年比増減） （データソース）気象庁／世界の天候データツール（ClimatView 月統計値） http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/climatview/frame.php

なお、1997～1998年、2005年～2006年、2015年～2016年は外れ値として、分析の対象から外した。

2. (2) - ① カキ

目的変数	広島県におけるカキ養殖の生産量（2003年～2017年、前年比増減） （データソース）農林水産省／統計情報／分野別分類/水産業海面/漁業生産統計調査 http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html
説明変数	広島県（豊後水道北部のデータ代用）の7～8月の平均表面水温（2003年～2017年、前年比増減） （データソース）気象庁／大阪管区気象台／豊後水道北部 https://www.jma-net.go.jp/osaka/kaiyo/sst/txt/area519.txt

なお、外れ値は存在しなかった。

2. (2) - ② ホタテガイ

目的変数	青森県におけるホタテガイ養殖の生産量（2003年～2016年、前年比増減） （データソース）農林水産省／統計情報／分野別分類/水産業海面/漁業生産統計調査 http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html
説明変数	青森県平内町付近の水深50mにおける9月の平均表層水温（2003年～2016年、前年比増減） （データソース）気象庁から過去の表層水温データを購入取得 https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_subt.html

なお、2011年は外れ値として、分析の対象から外した。

MS&ADインターリスク総研株式会社は、MS&ADインシュアランスグループのリスク関連サービス事業会社として、リスクマネジメントに関するコンサルティングおよび広範な分野での調査研究を行っています。

環境・CSRに関するリスクマネジメント・コンサルティングを実施しております。

コンサルティングに関するお問い合わせ・お申込み等は、下記の弊社お問合せ先、またはあいおいニッセイ同和損保、三井住友海上の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先：MS&ADインターリスク総研㈱

リスクマネジメント第三部 サステナビリティグループ

TEL.03-5296-8913 <http://www.irric.co.jp/>

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。

また、本誌は、読者の方々に対して企業のCSR活動等に役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製／Copyright MS&ADインターリスク総研 2019