

対馬の漁業者の経験知と近年の視程変化の気象解析による照応

石原 大樹¹・清野 聡子²・須崎 寛和³

¹学生会員 九州大学大学院工学府都市環境システム専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: 2TE15185T@s.kyushu-u.ac.jp

²正会員 九州大学大学院工学研究院環境社会部門准教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp

³正会員 九州大学大学院工学研究院附属循環型社会システム工学研究センター研究員 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: suzaki@civil.kyushu-u.ac.jp

長崎県対馬市は、大陸と日本の間に位置する漁業が盛んな島である。漁業者の伝統技術として「山たて」があるが、対馬において最近出来ない日が増えている。そこで本研究では、対馬の視程を解析しその長期変動を把握し、変化の要因について検討した。結論として、視程は悪化しており、変化の原因はPM_{2.5}等の越境汚染であると推定された。大気汚染により「山たて」が衰退していくことは、自然環境に対する漁師の経験知を失うことにつながり、漁場の保護や管理に将来影響を及ぼすと考えられる。

Key Words : Yanatate, visibility, Tsushima, transboundary pollution, empirical knowledge

1. はじめに

長崎県対馬は、九州北部と朝鮮半島の間に位置する島である(図-1)。対馬沿岸域では、対馬暖流と大陸沿岸水が交錯しているため、この海洋学的、地理的特徴が、優れた漁場の形成に貢献してきた。また、スルメイカ、クロマグロなど多くの回遊性魚介類の産卵場、餌場でもあり、北東アジアの海洋生物多様性の保全上重要な海域である。対馬市では近年、漁業者が参加しての海洋保護区の設定の検討が進んでいる。漁場の保護や管理は漁業者の経験と科学的知見を組み合わせることが必要である。

本研究は、対馬の現地調査で年配の漁業者が、「最近視程が悪くなって山たてが出来ない日が増えた」と訴えている情報を得て、視程悪化の原因究明とデータの1つとして視界の指標となる「視程」の経年変化を把握することおよび変化の要因について検討した。

「山たて」とは、二つの距離の異なる陸地形の見かけの位置関係を利用し、海上に居る自分の位置を把握する昔からの漁業者の伝統的な技術である(図-2)。

近年の大きな変化としてアジア諸国の経済活動の活発化による大気汚染が国境を越えて他国に影響を与える越境汚染がある。そこで、対馬の越境汚染に着目し、近年の視界不良の原因に関する調査を行った。



図-1 対馬と大陸の位置関係

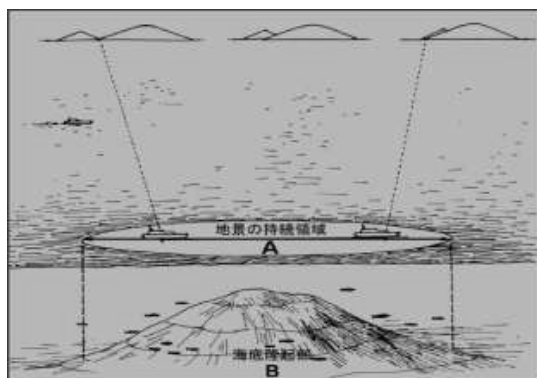


図-2 山たての模式図

表-1 漁業者への視程など環境変化に対するアンケート

	H.H	T.A	T.H	Y.T	Y.H	M.M	M.T	K.O	T.U	M.I
視程悪化: 季節(月)	春 黄砂の時期	3~6	3~6 冬	3~6 冬	3~5 冬	3~6 冬	2~春 夏	3~8	年中 3~6	夏
視程悪化: 年代(年前)	20	5~10	5~10	2~3	5~10	5~10	平成~	2~3	5	5~10
山たて: 距離(km)	20~25	5~10	5~6	10~20	3~4	5~20	約15	20	10	10
山たて: 気象条件	雨天時外		時化以外	ない	雨天時外	常に(GPS なし)		雨天時外	雨天時外	雨天時外
山たて: 時間帯	日の出	昼~夕方	朝~夕方	朝~夕方	朝~夕方	日の出~ 夕方	一日中	午前	朝, 夕方	夕方
視程悪化: 原因	黄砂 PM2.5	黄砂 PM2.5	黄砂 PM2.5	黄砂 PM2.5	PM2.5	黄砂 PM2.5	PM2.5	黄砂 PM2.5	黄砂 PM2.5	PM2.5
漁法	延縄	イカ釣り	刺し網 一本釣り	イカ釣り 一本釣り	一本釣り	一本釣り	複数	延縄	一本釣り	延縄 一本釣り
漁師暦(年)	50	45	62	57	48	67	50	40	35	30
漁場	東部	東部	東部	東部	西部	西部	北部	北部	北部	北部

2. 聞き取り調査

対馬市の北部、西部、東部で漁業歴平均 50 年の漁師の方々 10 人に聞き取り調査を行った。

調査方法として、対馬市阿須湾漁協組合長とは直接電話による聞き取り調査を行い、他 9 名の漁業者の方々とは、漁協を通じてアンケートを配布しそれに回答してもらい調査を行った。

質問項目は①「視程」が悪く感じる季節、②「視程」が悪くなってきた年、③「山たて」をする際の距離、④「山たて」をする際の気象条件、⑤「山たて」をする際の時間帯、⑥推定される「視程」が悪くなった原因の 6 点である。

聞き取り調査の結果はそれぞれ、①黄砂の時期、2 月から春にかけて、②約 5~10 年前、③10~20km、④雨天時以外、⑤朝方の日の出、昔は魚場を変えながら一日中、⑥黄砂、PM2.5 である(表-1)。

3. データ解析

視程解析の方法は①対馬の視程データの整理、

気象庁 web サイト (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) にて閲覧できる (「各種データ・資料」 > 「過去の気象データ検索」 > 「各観測地点の 1 時間ごとの値の「記事」欄) から対馬厳原の各データ (年、月、日、時刻、湿度、天気、視程) 1989 年 4 月~2013 年までの 25 年間を取得した。②聞き取り調査を基に視程解析

聞き取り調査の結果と視程悪化の原因として考えら

れる黄砂の時期を基に、3、4、5 月の 6 時に天気が雨、霧、雷電の時を除いて視程を 5km ごとに区切って解析した。なお、山たては 20km ほどの距離にある地形物を対象とするため、20km を境にしてデータを分割し、解析を行った(図-3、図-4)。③視程の長期変動

3、4、5 月の 25 年間の平均視程を平年値とし、と各年の 3、4、5 月の平均視程からの年平均の平年差およびその 3 年移動平均を算出した (図-5)。④霧、靄

霧、靄の条件である「視程 10km 未満、相対湿度 75% 以上」について各年の 3、4、5 月の積算時間を算出した (図-6)。⑤煙霧

煙霧の条件である「視程 10km 未満、相対湿度 75% 未満」での各年の 3、4、5 月の積算時間を算出した (図-7)。③と④、③と⑤を比較したところ、③と⑤の視程の長期変動と煙霧の各年の変化に関連性が見られたため、煙霧について調査することにした。

煙霧は、大気中における乾燥したエアロゾルの存在を示す、乾燥したエアロゾルとは、黄砂や PM2.5 などの人為起源のエアロゾル、または、風などによる塵や砂埃等である。ここで、視程悪化の要因として考えられるのは、前述した霧、靄か煙霧、そして、降水、黄砂、PM2.5 等の人為起源のエアロゾル、火山灰、海の飛沫、ローカルな発生源からの塵、砂埃等が考えられる。その中で、対馬に火山の噴火はなく、また、視程観測地点で海の飛沫や砂埃などローカルな自然現象で視程が 10km 未満になるとは考えにくい。したがって、煙霧と関わりあるのは、黄砂、PM2.5 等の人為起源のエアロゾルである。よって、黄砂と PM2.5 について調査した。

黄砂解析の方法は、①対馬における黄砂観測情報整理、気象庁 web サイトから 1990 年～2009 年までの対馬の目視観測による各年黄砂の観測日をまとめた。

②北部九州・中国地方における黄砂観測情報整理

気象庁 web サイトから 1990 年～2013 年までの北部九州（福岡・長崎・下関・大分・熊本）・中国地方（鳥取・松江・岡山・広島）において観測された各年黄砂の観測日を月ごとにまとめた。

①と②のグラフがきわめて近い結果だったため、対馬の黄砂の観測のデータとして北部九州（福岡，下関，大分，佐賀，熊本，長崎）・中国地方（鳥取，松江，岡山，広島）のデータ 25 年分を利用した（図-8）。

PM2.5、硫酸塩解析は、①PM2.5の実測データ取得

環境省 Web サイトから、2001 年 4 月～2011 年 3 月までの国設尾崎においての PM2.5 の実測データを取得した。（PM2.5 の実測データは対馬：2014 年一月～，福岡：2010 年～）このデータを整理したところ、観測年数が少なく、また、対馬から離れている場所で都会であるため、その地点から排出される PM2.5 の傾向が示されていたことから実測データは有効でないことが分かった。②SPRINTARS による予測データの取得

九州大学応用力学研究所の竹村俊彦教授の SPRINTARS（Spectral Radiation-Transport Model for Aerosol Species）のアーカイブ（<http://SPRINTARS.riam.kyushu-u.ac.jp/archivej.html>）から 1980 年～2013 年までの 35 年分の東アジアマップにおける PM2.5、硫酸塩の 4 月の月平均地表濃度を取得した③予測データの整理

SPRINTARS から取得した、画像を PM2.5 は対馬、上海、北海道の濃度を読み取りグラフ化し（図-9）、硫酸塩は、対馬、韓国、上海を読み取りグラフ化した（図-10）。硫酸塩は PM2.5 の人為起源エアロゾルにおける主要成分であり、PM2.5 に含まれる人為起源のエアロゾルの代表的な物質である。

最後に、視程悪化の要因として降水がある。そこで、25 年分の対馬の各種データ 3，4，5 月の 6 時の雨，曇，晴，快晴の天気割合を算出した（図-11）。

3.1 解析結果

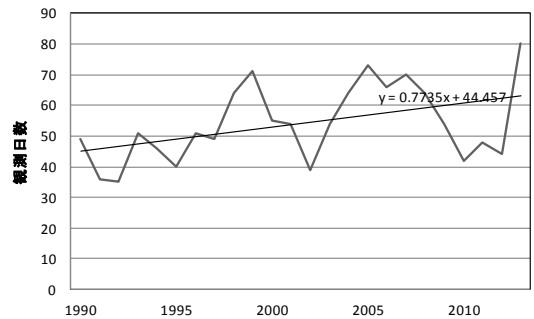


図-3 視程 20km 以下の観測日数

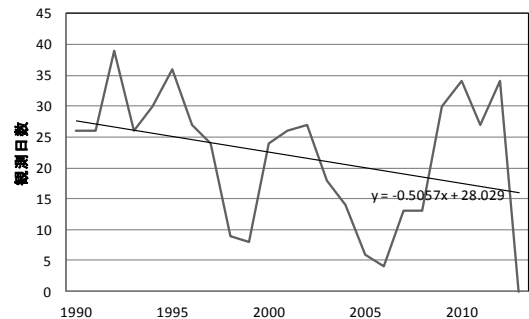


図-4 視程 20km 以上の観測日数

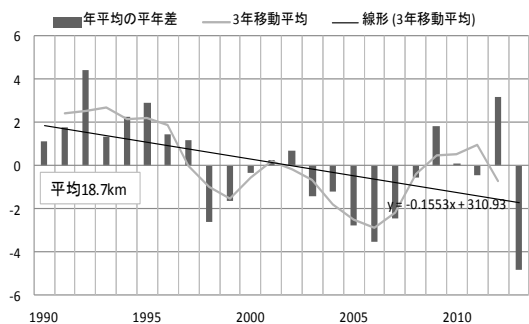


図-5 視程の長期変化

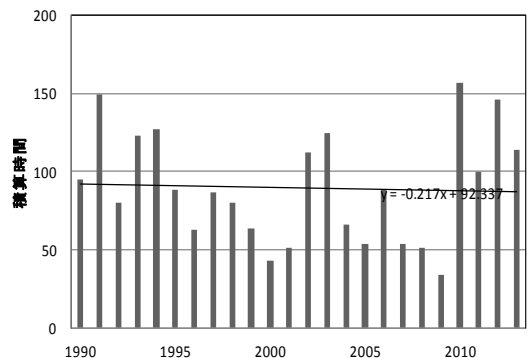


図-6 霧、靄の各年の積算時間

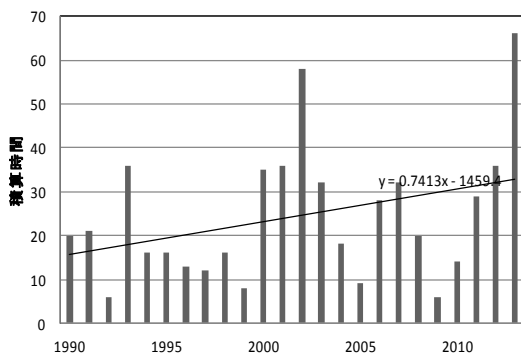


図-7 煙霧の各年積算時間

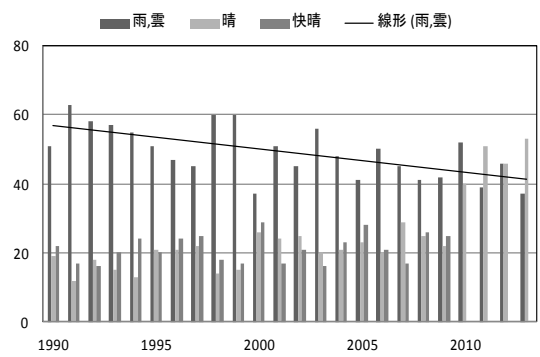


図-11 雨, 曇, 晴, 快晴の天気割合

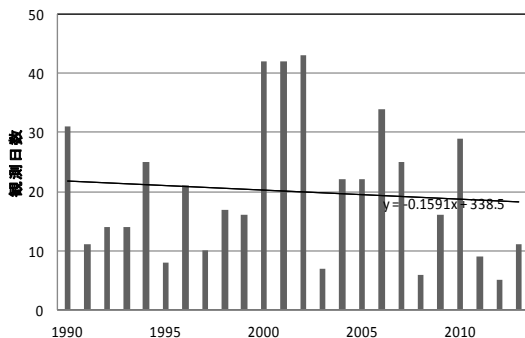


図-8 黄砂の各年観測日数

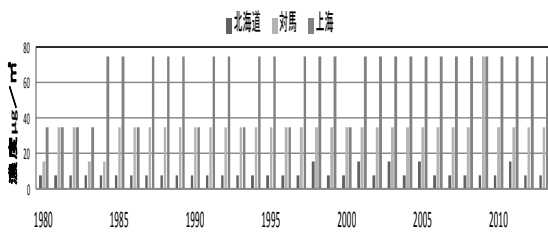


図-9 SPRINTARS のPM2.5 の4月平均地表濃度

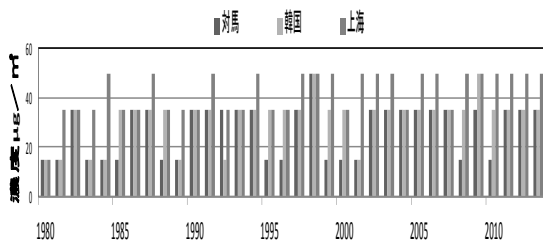


図-10 SPRINTARS の硫酸塩の4月平均地表濃度

視程は、1990 年代前半には、20km 以下の割合が 2000 年代より小さく、20km 以上の割合が大きかった。そして、視程 20km 以下の割合が長期的に増加しており、視程 20km 以上の割合が減少している (図-3、図-4)。

また、1990 年代に比べ、2000 年代と 2013 年は視程が非常に低くなっているのが読み取れる (図-5)。

以上より、実際に漁業者の昔に比べて最近では山たてが出来ない日が増えたという証言の科学的裏づけとなる。

霧、靄は増加もしておらず、視程の長期変化との相関係数は 0.1 程度で関連性は見られなかった (図-5、図-6)。

一方、視程は煙霧の増加に伴い減少している、実際に、視程の長期変化と煙霧の相関係数は 0.47 と中程度の相関関係が得られた (図-5、図-7)。

したがって、近年の視程悪化の原因は煙霧であると推定できる。また、このことに関して、ローカルな発生源からの塵や砂ぼこりが風によって舞い上がる自然現象によって視程が 10km 未満になるとは考えにくく、現代の日本で観測される煙霧のほとんどは黄砂と PM2.5 等の人為起源のエアロゾルが煙霧とみなされる。

そして、黄砂は増加傾向がみられない (図-8)。

しかし、PM2.5 は大陸に近い対馬、上海は増加傾向を示しており遠い北海道では濃度は低いままである (図-9)。

さらに、PM2.5 の主要成分で人為起源のエアロゾルの影響を示す硫酸塩濃度は対馬、韓国、上海のいずれの地域でも 1990 年代よりも 2000 年代の方が濃度が高い傾向を示している (図-10)。

最後に、天気も雨や雲の割合は増加していないため、降水割合が増えたことが原因ではない (図-11)。

以上から、視程悪化の原因は、霧や雨等の天候の変化ではなく、大陸からの黄砂等の自然起源ではない人為起源のエアロゾルの越境汚染による可能性が高いと考えられる。

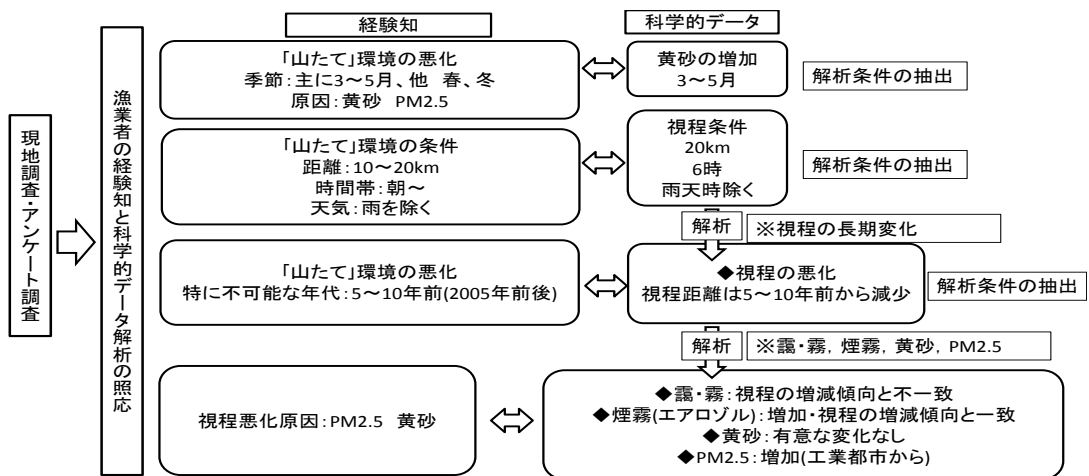


図-12 経験知と科学データの照応

4. 結論

漁業者のアンケートや現地調査から得た漁業者の経験知と解析を通じて得た科学的データの照応をしたところ、山たてを行っている漁業者の環境変化に対する意識は非常に高く、視程が悪くなってきている時期、視程悪化の原因の推定もおおよそ正しかった。（図-12）

5. 考察

山口・竹村(2011)の煙霧と黄砂の観測時間の経年変化の論文において、越境汚染による日本の各地域への影響の把握を目的として、日本におけるの煙霧と黄砂の積算観測時間の経年変化を調査している。

この研究により、日本の各地域の煙霧と黄砂の20年間の観測傾向が出ています。内容として、東京と大阪の観測時間は、先の4地域よりも非常に多いものの大気環境が改善している結果とは対照的に、大陸に近い那覇や長崎ではその地域が発生源ではないとみられる汚染物質によって大気環境が年々悪化している傾向がみられた。以上より、おおよそ2000年から現在にわたって、東アジアの大陸を起源とする大気汚染物質による越境汚染が、日本の広い範囲に影響を及ぼして大気環境を悪化させてきたと考えられるとしている。この研究において日本全体から越境汚染を調査している。本研究においては対照的に、対馬市という一地点から漁業者による経験値を基に越境汚染を把握しようとしている。結論として、同様の結果が得られた。

漁業者は、漁業を行うだけでなく、仕事場である海の状態を把握し、自然環境や生態系の情報や知見を社

会に提供する役割も担っている。「山たて」をしている

6. 結語

漁業者は環境変化に非常に敏感であり、大気汚染により「山たて」が衰退していくことは、自然環境に対する漁師の経験知を失うことにつながり、漁場の保護や管理に将来影響を及ぼすと考えられる。そして、このことは各地域の沿岸・海洋環境に基づく管理策・モニタリングが困難となり、今後の漁場・海洋保護区の問題が生じてくることが予測される。

謝辞

調査にあたっては、対馬市、上対馬市漁業協同組合、阿須湾漁業協同組合のご協力をいただいた。環境省環境研究推進費 S-13、漁港漁場漁村総合研究所助成のご支援をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 二井昭佳・斉藤潮(2007)：動的視点による地形の持続性について https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/63/2/63_2_182/_pdf
- 2) 気象庁：各種データ・資料 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>
- 3) 気象庁：気象観測の手引き http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/tebiki.pdf
- 4) 環境省：(PM2.5)に関する情報 <http://www.env.go.jp/air/osn/pm/info.html>
- 5) 竹村俊彦：SPRINTARS（九州大学応用力学研究所）アーカイブ <http://SPRINTARS.riam.kyushu-u.ac.jp/archive.html>
- 6) 国立環境研究所：硫酸塩エアロゾルは PM2.5 主要構

- 成粒子. <http://kobe-haricure.net/health/so4-gazou.html>
- 7) 山口慶人・竹村俊彦(2011): 煙霧と黄砂の観測時間の経年変化 http://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2011/2011_11_0029.pdf
 - 8) 清野聡子: 世界の海につながる島の「地域知」—海洋保護区と地域振興しま(離島センター機関誌), Vol.58, No.233, pp36-49, 2013
 - 9) 対馬市海洋保護区の委員会報告
 - 10) 対馬観光物産協会(2011): つしま百科. 381 pp. 昭和堂
 - 11) Takemura, T., H. Okamoto, Y. Maruyama, A. Numaguti, A. Higurashi, and T. Nakajima, (2000): Global three-dimensional simulation of aerosol optical thickness distribution of various origins. *Journal of Geophysical Research*, 105, 17853-17873.
 - 12) Takemura, T., T. Nakajima, O. Dubovik, B. N. Holben, and S. Kinne, (2002): Single-scattering albedo and radiative forcing of various aerosol species with a global three-dimensional model. *Journal of Climate*, 15, 333-352.
 - 13) Takemura, T., T. Nozawa, S. Emori, T. Y. Nakajima, and T. Nakajima, (2005): Simulation of climate response to aerosol direct and indirect effects with aerosol transport-radiation model. *Journal of Geophysical Research*, 110, (2015.8.28受付)

CORRESPONDENCE BETWEEN THE EMPIRICAL KNOWLEDGE OF FISHERMAN AND CHANGES IN VISIBILITY, TSUSHIMA ISLAND, NAGASAKI, JAPAN

Daiki ISHIHARA, Satoquo SEINO and Hirokazu SUZAKI

Tsushima Island is situated closer to the Eurasian Continent than it is Kyushu in southern Japan. Also, because of its north-south geographical position between the East China Sea and Japan Sea there are abundant fishing grounds around Tsushima, and the island is important for the conservation of marine biodiversity. The establishment of Marine Protected Areas in Tsushima is now being discussed in multi-sectoral forums. To protect and manage the fishery grounds and marine biodiversity, it is necessary to combine fishermen's experience and scientific knowledge. Preliminary research has determined that visibility in Tsushima is getting worse. The fisherman can no longer use traditional fishery techniques for determining their position while at sea (yamatake), and this knowledge is now becoming obsolete. In recent years, trans-boundary air pollution has been occurring frequently all over Japan, caused by the increase of economic activity in neighboring countries of Asia. Tsushima's geographical position makes it particularly vulnerable to the air pollution influx from the Eurasian Continent. This study investigated several subjects, as follows: (1) changes in the ability to determine location at sea (yamatake), determined by questioning fishermen, (2) analysis of long-term variation in visibility, (3) analysis of long-term variation in airborne yellow sand and PM2.5 as indicators of decreasing visibility, (4) analysis of changes in weather conditions. As a result, we found that visibility clearly decreased from the 1990s to the 2000s. PM2.5 levels showed an increasing trend, although levels of yellow sand did not show a clear trend. Similarly the incidence of rain and cloudy days failed to show significant trends. Therefore, it appears that the decrease in visibility in Tsushima was caused not simply by changes in the weather, but by environmental pollution caused by anthropogenic substances. Further research comparing scientific data with fishermen's empirical knowledge is required to protect the fishery grounds.