

天気図から抽出した擾乱データセットを用いた近年の海岸災害と気象の関係 Investigation between Coastal Disaster and Meteorological phenomenon by the Typhoon and Depression Data-set Captured from Meteorologic Charts

野口賢二¹・福濱方哉²・竹内一浩³・山本 享⁴

Kenji NOGUCHI, Masaya FUKUHAMA, Kazuhiro Takechi and Takashi Yamamoto

We built tracking database of typhoons, depressions and kuroshio current. The data set was captured from meteorological charts and covers since 1915 to 2006. We analyzed of time series of number, duration time and minimum pressure of typhoons and depressions. The two main result are followings; first we find typhoon pressure has been reducing (strengthening) since 1915, second depressions are increased to move to southeast of Hokkaido on northwest pacific ocean. Adding, we re-analyzed wave climate archived data. The result shows some station indicate the wave climate becomes stronger.

1. はじめに

近年、30年程度の気象客観解析データや気候モデルを用いた将来予測計算による研究が行われている。一方、日本周辺の低気圧の特徴についてまとめたものとして増田ほか(1984)がある。しかし、100年規模の過去に遡り台風を含めた低気圧の変化を解析した事例はない。近年生じている大規模な海岸災害は、沿岸の海象を解析するだけでは説明が困難なものが増えている。例えば、2006年10月6日に房総半島から根室半島までに至り発生した災害や本年2月24日に富山で発生した災害は代表的なものである。これらの2つの災害は巨大低気圧が関係して生じている。日本周辺で発達する低気圧についての長期的な変化傾向に関しての定量的な検討を行うことは、災害の再起性を知る上で重要である。

本研究では、海象の変化を明らかにし、気候変動により生じている海象への影響を気象擾乱の変化を裏付けとして明らかにすることを目的としている。そこで、1915年～2006年の92年間の天気図から気象擾乱データセットを作成し、その利用可能性の検討と海岸災害をもたらす高波浪や異常潮位に関する解析を行った。

2. 海象の経年変化

気象が海象を形成するので海象は気象現象の積算結果と言える。そこで、本研究では日本周辺を海象を特徴付ける台風・低気圧の移動特性に従って区分した。台風の経路と日本列島の形状を考慮し、6つの領域に区分した(図-1)。南北に2つに区分する線として関東地方から中国地方を縦断する北緯35度線を用いた。東側として東北地方と伊豆諸島付近を通過する東経

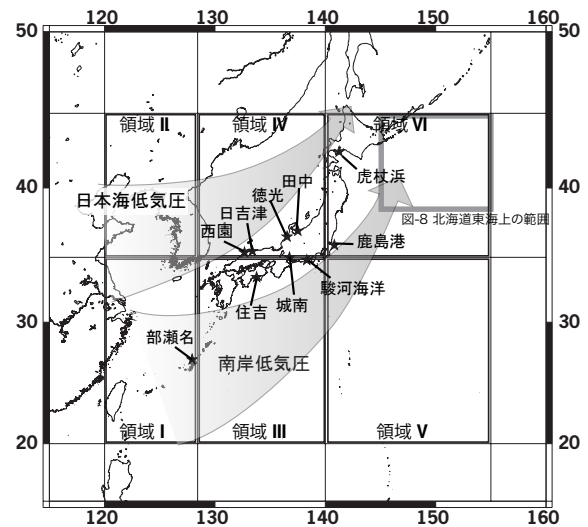


図-1 解析領域の区分と低気圧の経路

140度線を、西側を分けるものとして朝鮮半島から沖縄本島を通過する東経128度線により区分した。これにより縦の3列は台風の通過時期や経路の違いを反映でき、南北の2行により低気圧の経路を反映できる。

災害発生の再起性を検討する場合には年最大波高から再現の確率年を求める。しかし、これは気象環境が変化しないことを前提条件としており、その条件下で発生する確率を議論するためのものである。したがって、ある年の最大値を以てその年の波浪の概況を代表しているとは言い難い。そこで、気候変動による外力の変化を検証しようとする場合には工夫が必要となる。本研究では、長期間のデータが整っている海象統計の波高周期結合頻度表を用いることにした。これは、毎正時に観測した有義波を用いて整理されている。波浪の概況のパラメータとして、結合頻度表の閾値により選択される波高と周期の対についてそれぞれ一波とした時のエネルギーフラックス (H^2T として) を算出して頻度を乗じ、図-2に示すように選択された全ての対の値の総和をその年のエネルギーフラックスとした。閾値としては、波高、周期、エネルギーフラックスについて設定した。波高とエネルギーフラックスに

1 正会員 国土技術政策総合研究所 海岸研究室 主任研究官

2 正会員 工修 国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所 所長
(元国土技術政策総合研究所 海岸研究室 室長)

3 理修(株)いであ 国土環境研究所

3 修(環)(株)いであ 環境コンサルタント統括事業本部

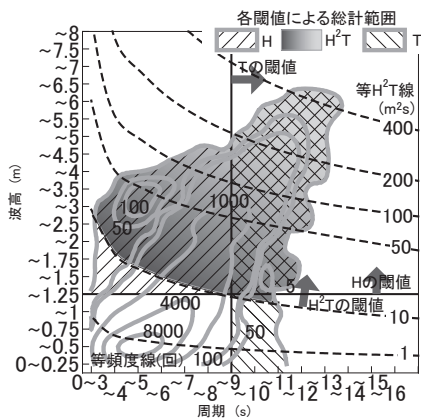


図-2 閾値設定の例 (徳光観測所)

については1990年から4年間のエネルギー平均波の波高またはエネルギーフラックスの平均値，周期はうねり性とされている8秒を閾値とした。

これによる経年変化を示したのが図-3である。日本海に面する徳光，西園の両観測所では，近年来襲する波浪エネルギーが増大していることがわかる。また，

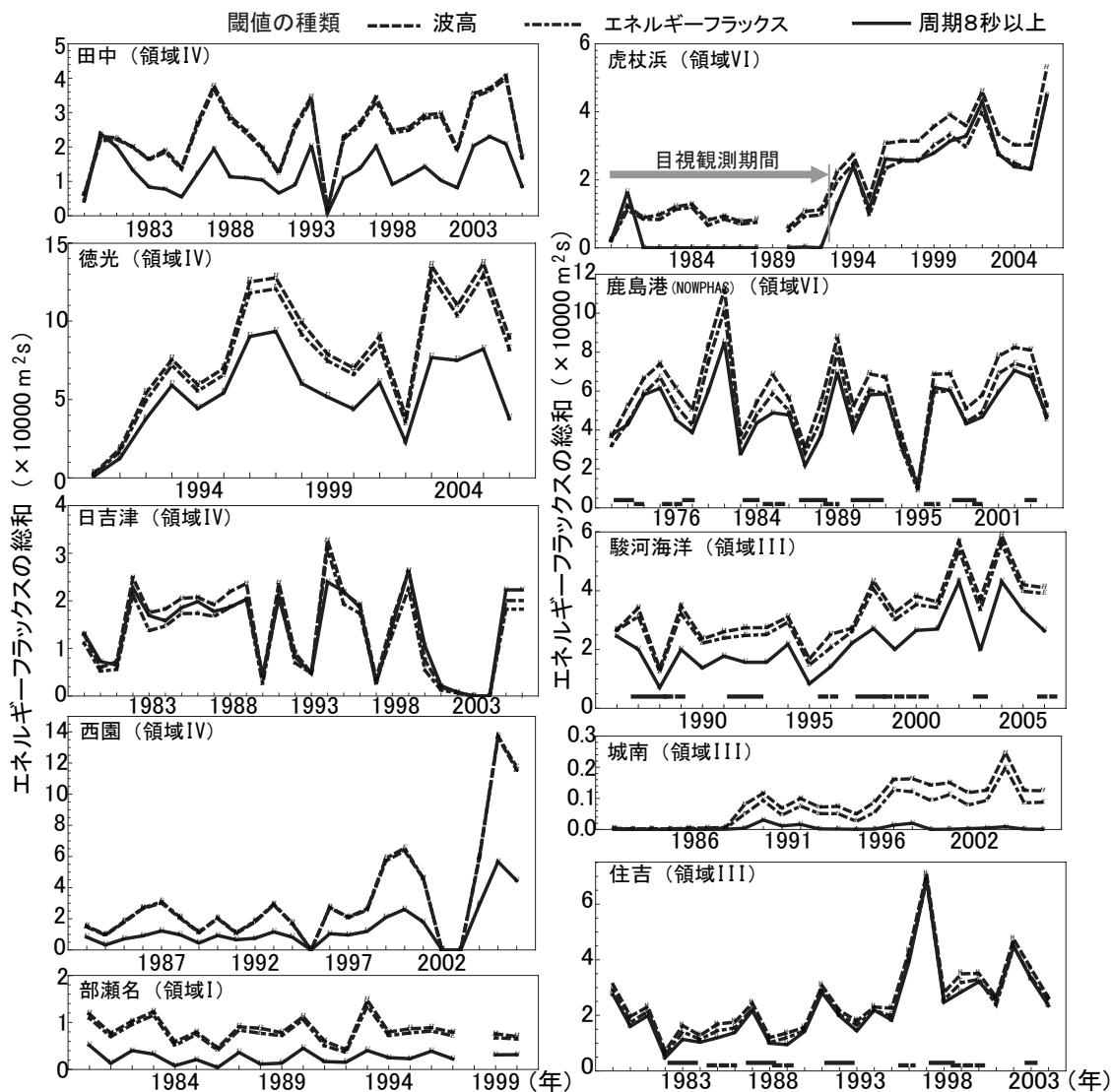


図-3 閾値設定による波浪の経年変化

田中観測所においても若干の増加傾向がうかがえる。一方，日吉津観測所では大きな変化が見られない。これは，徳光，西園の両観測所はともに西に開いた海岸に面するが，田中・日吉津の両観測所はそれぞれ能登半島と島根半島の遮蔽域となっており地形的な特徴による。領域IIIに位置する駿河海洋，城南，住吉の各観測所では，高波浪の来襲エネルギーが増大している。

3. 台風・低気圧の各領域での経年変化の状況

我が国では1883年より天気図が作成されているが，すべての天気図に緯度線と経度線が表記されるようになったのは1915年からである。そこで，1915年から2007年1月までの印刷天気図を収集し，北緯20度～北緯46度，東経122度～東経153度の範囲で中心気圧が990hPa以下となった台風を含む低気圧を抽出し，表記範囲にある中心気圧や位置のデータベースを作成した。なお，1951年以降の台風についてはベストトラックデータを使用した。中心気圧は1hPa単位，中

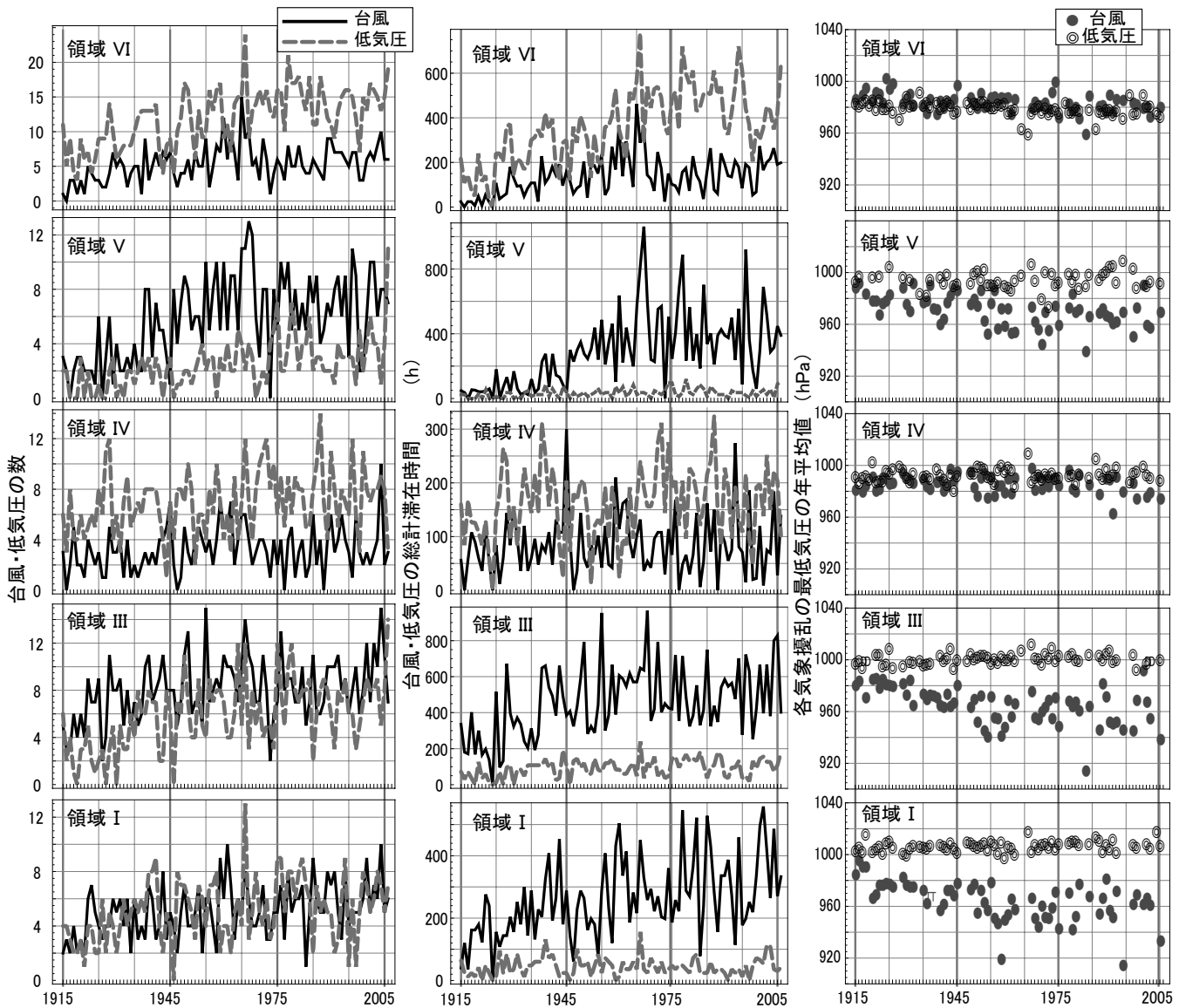


図-4 台風・低気圧の各領域での通過数（左）、滞在時間（中）、通過期間の最低気圧の年平均値（右）

心位置の緯度経度は1度単位とした。1958年8月以降は、現在の印刷天気図形式となっているが、低気圧や台風の中心位置や中心気圧が表示されたのは1965年11月からである。それ以前のものについては、閉じた等圧線の中心付近を中心位置とし、中心気圧は閉じた等圧線の一番低い等圧線の値とした。また、台風は天気図上や概況分に中心気圧が表記されている場合はその値を採用した。ただし、初期の天気図では、何mm Hg以下と表現されているので、その値を中心気圧とした。作成した低気圧データベースでは、1996年以降、天気図の時間間隔が6時間となっており、それ以前は12時間である。

このデータベースから図-1で区分した領域毎に台風・低気圧の通過数の経年変化（図-4左）とその通過した台風・低気圧が領域内に滞在した時間の年間総計を示した（図-4中）。また、各領域を通過する台風・

低気圧のその領域内での最低気圧を年毎に総和し平均をまとめた（図-4右）。変化も少なく日本への影響が無い領域IIは省略した。

台風の発生域に近い領域I, III, Vでは長期として見ると、近年は来襲数、滞在時間ともに安定している。しかし、図-2によると台風の影響を強く受ける領域IIIにある住吉観測所や駿河海洋観測所の来襲波浪エネルギーは上昇している。図-3の領域IIIを再度詳しく見ると海象観測期間である1979年以降を見ると台風数（左）は増加傾向にあり、通過台風の最低気圧の年平均値（右端）も大きな低下傾向にあり年々台風の勢力が強くなっていることを示している。さらに、1915年に比べ平均値で40hPa低下している。これが住吉、駿河両観測所の高波浪の増大として現れている可能性がある。

一方、図-2における徳光観測所や田中観測所の増

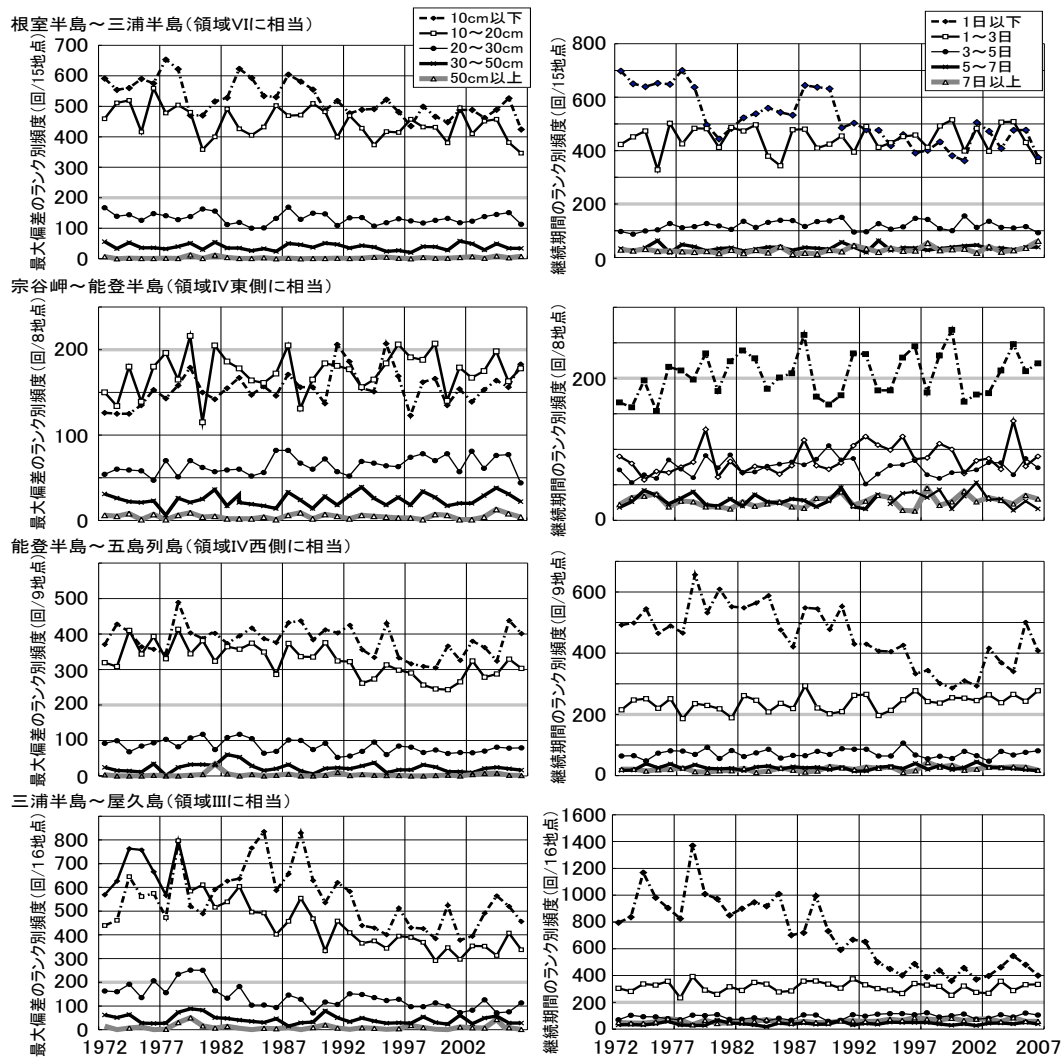


図-5 異常潮位の偏差階級別頻度 (左) と継続日数階級別頻度 (右)

加傾向の原因は、図-3の領域IVから想定できない。しかし、領域VIにおいて低気圧が来襲数、滞在時間ともに増加傾向にあり、2008年2月24日に生じたような大型の南岸低気圧と付随して生じる気圧の谷が強化している可能性を示唆している。

4. 異常潮位発生状況の経年変化

日本沿岸域の検潮所（気象庁、海上保安庁、国土地理院）の潮位データを収集し毎正時潮位データを用いて潮位偏差を算定し、毎正時の電子データを整理した。ここで異常潮位の定義を「正の潮位偏差」とし、「正の潮位偏差」が生じてから「負の潮位偏差」となる期間までを一つのイベントとして「異常潮位」として取り扱い、その継続期間、期間内の平均偏差、期間内の最大偏差を「異常潮位イベント」の属性として整理した。なお、潮位偏差算定時の誤差による影響を除くため、継続期間が5時間以下または期間最大偏差が5cm以下の小さな規模の偏差として棄却した。また、既往

の異常潮位に関する研究（下野ら（2004）、板橋・日比野（2005）、吉岡ら（2005）など）では、短い時間スケールで生じる潮位偏差を「高潮」として区別するために、1日～2日の移動平均処理や気圧補正によるデータの前処理を行なっている。しかし、これらの処理を行なうと、沿岸域災害において実質的に問題となる気象擾乱による潮位偏差の成分が除去されてしまう。そのため、本研究では気圧補正は行なわない潮位偏差データを用いて、上述の「異常潮位イベント」を整理し、「気象擾乱によらない異常潮位」と「気象擾乱による異常潮位」を区別せずに検討した。

図-5には海域（概ね先の領域に相当）の異常潮位の大きさに関する長期トレンドを示す。最大偏差の頻度と異常潮位の継続日数のどちらも同様な傾向を示している。潮位に黒潮が影響を与えるのは領域IIIに相当する三浦半島～屋久島にかけた沿岸である。他の地域では概ね気象擾乱に呼応して生じていることが多い。特に領域IVの東側となる宗谷岬～能登半島にか

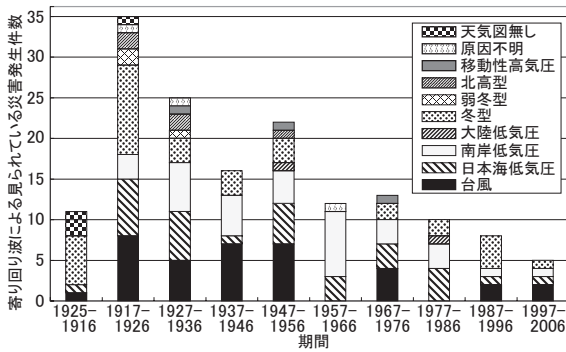


図-6 寄り回り波の発生気象擾乱の頻度

けては、他の沿岸では近年に向けて全般的に減少傾向なのに比較して偏差、日数ともに微増している階級がある。また、根室半島～三浦半島では、近年に7日以上にわたる異常潮位が増している。

5. 寄り回り波とされる被災と気象擾乱の関係

「寄り回り波」(寄り廻り波)は、たらいの中の水を揺り動かすように富山湾沿岸に被害を及ぼすことに由来すると言われている(富山県,2007)。つまり、富山湾内の各所で局所的な越波被害が生じる災害形態のことを指す。多くの場合、冬季風浪等の気象擾乱が抜けた後の緩んだ天気によって日本海北部で長いフェッチの風が発達する気圧配置となり、これにより周期が長い波が生じ来襲する。また、2008年2月24日の寄り回り波が原因と考えられる異常な波浪の発達には、エネルギー輸送の非線形性が強く働いていると考えられている(高野,2008)。これは、低気圧通過後も強い気圧の谷が残り強風が長時間吹き続けた結果である。

このような現象の再起性を調べるために先述のデータベースを活用する。気圧の谷をデータベース化することは困難であるが、多くの場合は低気圧を伴っており、低気圧による整理を試みた。富山県土木部河川課は定期的に寄り回り波の発生と被害について取りまとめている(富山県,2007)。寄り回り波が生じたときされる時の気象擾乱をデータセットから抽出した。気象擾乱毎の発生件数を10年毎にまとめたのが図-6である。発生を誘引する気象擾乱は特に定まっていないことが分かる。実数として年々被害が減少しているのは、この調査が被害件数の把握を目的としているため海岸保全事業が進むにつれ被害が減少したと考えられる。図-7には、寄り回り波による被害事例から波高・周期が記載されているもの、また対応付けができるものを用いて経年変化を示したものである。傾向は特に存在しないものの、2月24日の災害時の波高・周期は共に他のものと比較してが高かったことを示している。ここで、日本海北部に気圧の谷が生じる可能性として北

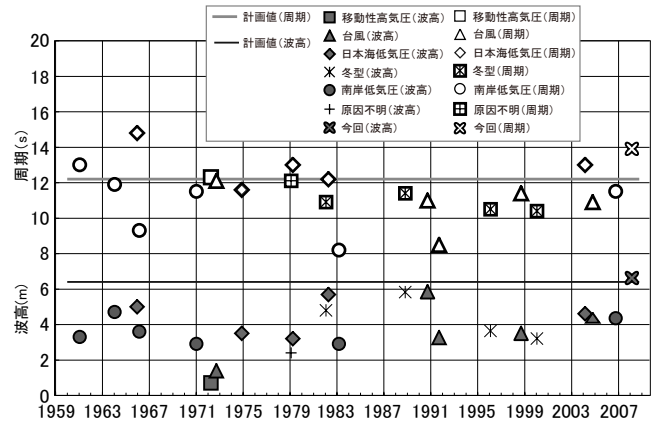


図-7 被害寄り回り波の波高周期と原因気象擾乱

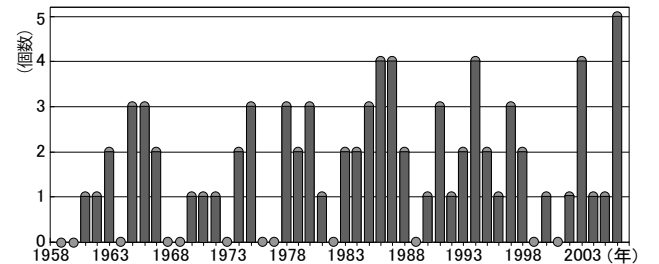


図-8 北海道東海上で980hPa以下で停滞する低気圧の個数

海道東海上で停滞する大型の低気圧の個数の経年変化を調べた(図-8)。数量に大きな変化は無いものの集中する傾向があることが分かる。

6. まとめ

- (1) 気象擾乱データセットは海岸災害の再起性を検討する上で海象観測以前に遡った発生原因の解明に可能性あることが示された。
- (2) 異常潮位の傾向は太平洋岸・日本海側を問わず災害リスクが高まる状況があることが示された。
- (3) 日本付近における低気圧の強さは、大きな変化はない。一方で、関東地方から北海道南東方で停滞・発達する低気圧は数・時間ともに、1915-2006年の期間で増加傾向を示している。

参考文献

板橋直樹・日比野忠史(2005):黒潮流路の変動と異常潮位の発生特性, 海岸工学論文集, 第52巻, pp.356-360.
 高野洋雄(2008):第2回高波発生メカニズム共有に関するWG, 気象庁配布資料(平成20年4月17日), 国土交通省.
 下野隆司・仲井圭二・永井春生・松本英雄・渡邊和重・磯部雅彦(2004):全国沿岸域における異常潮位の広域的出現特性, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.1221-1225.
 富山県土木部河川課(2007):河川海岸便覧, pp.67-84.
 増田善信・今井博子(1984):日本付近の低気圧の統計, 気象研究所技術報告, 第10号, 23p.

修正意見（受理論文の著者への意見・コメント）：

査読者A

1) 図の多くがカラーになっています。論文はモノクロになりますので、モノクロにしても分かるように修正して下さい。

→修正いたしました

また、図5, 6 及び7 は凡例が小さく解りにくいので、大きくして下さい。

→修正いたしました

2) 寄り回り波の被害に関する内容が、アブストラクトとは異なっています。しかしながら、海岸災害においては重要な一項目ですので、再検討をお願いします。特に、図6 に関して、寄り回り波の定義も不明です。この項の最初のところで「低気圧が・・・」により寄り回り波の定義をしていると思われたのですが、図6 に示した結果により気象擾乱と関係は認められないという内容になっているので、寄り回り波とは何かの説明が必要です。さらに、最後の所の「先の高波が・・・」の文章が良く分かりませんので、再検討をお願いします。

→修正・加筆いたしました

3) 図2 を使った議論のところは再検討をお願いします。図2 の縦軸はエネルギーフラックスとなっており、それと波高や周期との関係が解りません。

→単位を間違えていました修正いたしました。閾値設定の説明の図を加えました。

4) p3.左7～9 行目で、高波浪と台風の相関性を指摘していますが、図2 と図3 では変化傾向に差がありますので、このような推論ができた理由の追加説明をお願いします。

→加筆いたしました

査読者B

1) 図-5, 6, 7 判例が解読できません。

→修正いたしました

査読者C

1) 英語のタイトルが日本語に対応していない。

→修正いたしました

2) 研究目的が明示されていない。

→加筆いたしました

3) エネルギーフラックスの定義が必要。どこに検査面を取ったかなど。エネルギーフラックスの単位が通常のもの異なるので説明が必要。

→修正・加筆いたしました

4) 寄り回り波の定義や判定基準が示されていない。

→加筆いたしました