

研究ノート

東日本大震災時の気象 - 主として仙台平野の場合 -

千葉 修^{1)*}・小林文明²⁾・金田昌樹³⁾

要 旨

平成23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震と津波の発生時の気象を概観し、特に東日本のアメダスデータや仙台管区気象台の気象データなどに基づき仙台平野に進入した大津波が大気を与えた影響を調べた。その結果、仙台湾から内陸沿岸部 (名取, 亶理) に吹走した南東風は「津波に伴う風」である可能性が高い。

キーワード: 津波に伴う風, 震災時の気象, 仙台平野, あおり風

1. はじめに

2011年3月11日の14時46分に発生した平成23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震 (マグニチュード9.0, 最大震度7) は大津波を発生させ主に東北地方の太平洋岸に大災害を引き起こした (警察庁によると9月10日現在, 死者19867人, 行方不明者4086人)。今回 (3月11日) の出来事は経験することがまれなことで, 地震・津波の事象のみならず当時の気象についても記録として残すことは意義深い。

このノートでは地震発生前後の気象を概観し, 主に仙台平野に進入した津波が大気を与えた影響を気象データの解析結果から報告する。

2. 大津波進入時 (3月11日) の気象

2.1 天気概況

地震当日 (3月11日) の9時の500hPa面 (図1) には寒気を伴った気圧の谷が北北東-南南西の方向, つまり沿海州から北九州にあり, その気圧の谷に先行する形の弱い気圧の谷がみられる。一方, 地上天気図 (図2) に目を転じると西高東低の冬型の気圧配置で12時に黄海にあった1026hPaの高気圧が東進し, さら

2011年3月11日9hr 500hPa

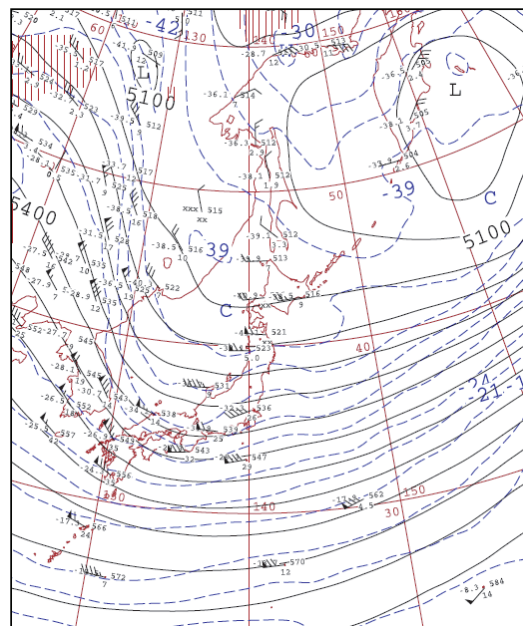


図1: 2011年3月11日9時の500hPa高層天気図 (気象庁提供)。

地上天気図 (2011年3月11日)

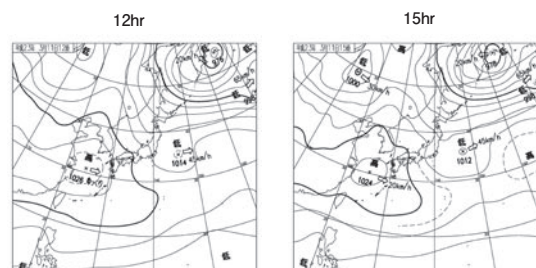


図2: 2011年3月11日12時と15時の地上天気図 (気象庁提供)。

2011年11月25日受領: 2012年2月29日受理

- 1) 高知大学名誉教授
〒373-0057 太田市本町57-15
- 2) 防衛大学校地球海洋学科
〒239-0811 横須賀市走水1丁目10
- 3) 気象庁予報部予報課
〒100-0004 東京都千代田区大手町1-3-4

* 連絡責任者 e-mail address: chiba.osamu@maroon.plala.or.jp

に三陸沖に1014hPaの低気圧がある。地震発生後の15時に低気圧は2hPa気圧が低下した。

図3に東北地方（青森，八戸，盛岡，宮古，大船渡，仙台，石巻，福島，小名浜，秋田，新庄，山形）と東日本にある各気象官署（水戸，館野（つくば），新潟，宇都宮，前橋，熊谷，秩父）の合計19地点の海面気圧の時間変化を示す。図2の地上天気図から東日本には西方向から高気圧（1026hPa）が接近しているのに海面気圧は8時頃から上昇せずに下降している。さらに地震発生約1時間前の13時48分に、その日の最低海面気圧（平均値として1011hPa）を示した。すなわち東日本の広領域は8時頃から18時頃まで気圧の谷の通過に伴う影響下にあり、そのような大気環境の中で津波の進入があった。

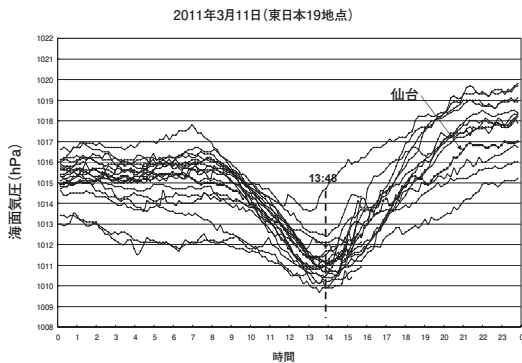


図3：2011年3月11日の東日本19地点の海面気圧の時間変化。

2.2 仙台平野への大津波

日本の太平洋三陸沖で発生した津波に関する多くの報道写真やビデオ映像には、水位を高め海水の塊りとして押し寄せ、ヘッド（先端部）を巻き上げて内陸に進入する津波の様子が映し出された。

仙台平野は約130kmに及ぶ円弧状の海岸線をもつ仙台湾の陸側にあたり平坦で標高の低い平地からなる。津波が仙台平野，特に仙台空港に押し寄せるさまは衝撃的であった。その津波の高さは平均9.1m（仙台空港周辺12m，仙台新港8m，仙台港7.2m）で，速さは（陸上で）約8m/s，そして最大進入距離は約6kmである（図4の国土地理院の浸水範囲概況図を参照のこと。陰影部分が津波による浸水域）。なお，仙台市は海岸から約108km，名取（仙台空港測候所）は約6.1km，亘理は約36kmである。

三陸沖のGPS波浪計（津波計）によると，[最大波到

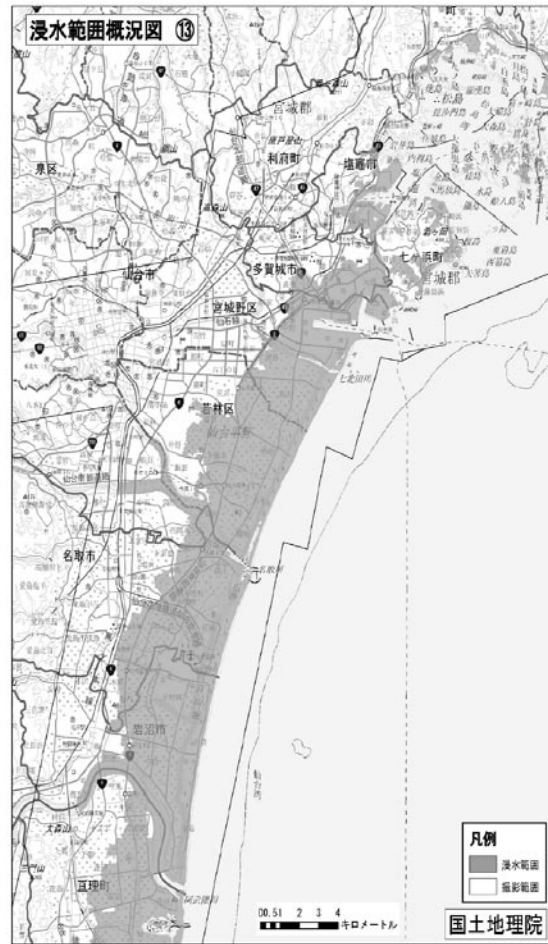


図4：津波による仙台平野の浸水概況図（国土地理院）。

達時刻，波高]は推定値であるが岩手県宮古付近では[14:55~15:10, 6~10m以上]，釜石付近で[14:55~15:10, 6~10m以上]，宮城県気仙沼広田湾付近で[14:59~15:10, 6~10m以上]であり，地震発生から8~24分で到達したとしている（日本気象協会，2011）。なお気象庁は津波の第1波について波形図を精査した結果，その観測時刻を3月11日14時台として，何分かは「不明」と発表した（2011年4月8日）。

3. 気象データの解析結果

使用データは主に地上天気図，高層天気図（気象庁），東日本各地のアメダスデータ，仙台管区気象台の気象データ（10秒値）で気象衛星可視画像（高知大学気象頁）をも参考にした。なおアメダスデータは各地方気象台と仙台管区気象台を除く気象官署では地震や津波による機器破損や電気通信網の遮断などにより地震発生から1時間程度（15:20~15:50）で欠測状態になっていた。つまり，（15:20~15:50）以降の

記録はない。

図5は仙台区気象台 (N38°16′, E140°54′, 標高39m) で観測された気象データ (各々, 現地気圧, 風向, 風速, 気温, 相対湿度の10秒値) の時間変化を示す。注目すべきは地震発生時刻A (14時46分) からB (15時10分) の期間の気象要素の顕著な変化である。すなわち風向は南南西 (SSW) からほぼ真反対の北東 (NE) へ変化し, この風向シフト中に風速は減少した。さらに気温は急降下し, 相対湿度は急増した。

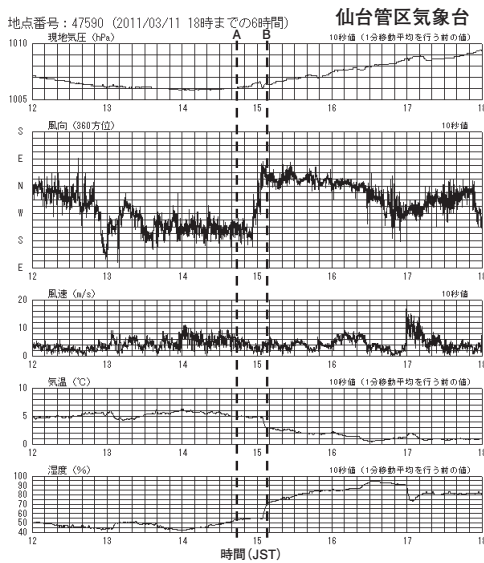


図5：2011年3月11日の仙台区気象台の気象記録 (10秒値)。AとBの破線は各々地震発生時刻と15時10分を示す。

そこでA～B間の気象データの詳細な変動を図6と図7に示す。いわばこの時間帯が仙台の風が南南西から北東にシフトする時間に相当する。図6で明白なのは最大瞬間風速が (C) 14時50分から (D) 15時3分

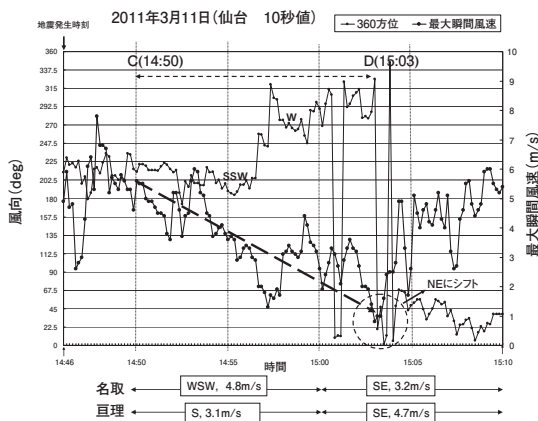


図6：図5のA～B間の10秒毎の風向と10秒内の最大瞬間風速の拡大図。

で約5.5m/sから約1m/sまで減少していることである。この減少の原因については後述する。なお図6の横軸の下に (C) 14時50分～15時10分までの名取と亶理の平均風向, 平均風速 (各10分値) を添えたが, いずれも風向が海側からの南東 (SE) 寄りであり平均風速が3.1～4.8m/sにある。

図7はC～D間の気温と相対湿度の変化を示す。名取と亶理の気温 (同図横軸の下) が4.6～5.2℃で, 仙台の気温4.8℃とほとんど変わらない。つまり, 名取や亶理の南東風は仙台の気温に大きな影響を与えない。そして相対湿度は名取と亶理に比較するデータが無いものの仙台の湿度変化がC～D間で僅少であることから気温と同様に, 3個所の湿度に大差がなかったと推定する。

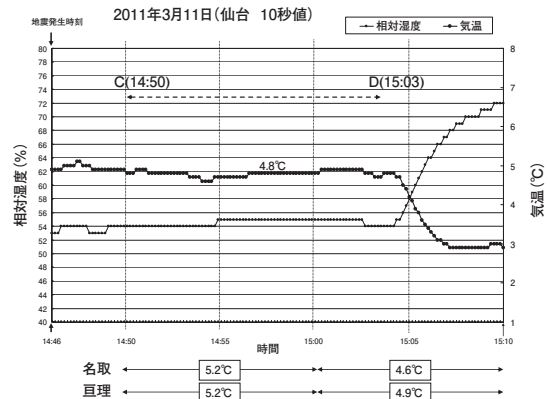


図7：図5のA～B間の10秒毎の相対湿度と気温の拡大図。

4. 考察

4.1 津波に伴う風

3月11日の東日本大震災以来, 津波に関する映像を頻繁にみる機会がある。その一つにNHKスペシャル「巨大津波 知られざる脅威」(宮古市の津波) があり, その視聴中に興味ある言葉, つまり「煽り (あおり) 風」を耳にした (なお「あおり風」は気象用語として使われていない)。宮古市田老町の約10mの防潮堤を超えて津波が進入する直前に軽トラックを運転中の男性が「あおり風」で操縦不能となったということが放映されていた。「あおり風」は津波到達直前におこる (強い風圧を伴う) 突風と理解されている (日本災害情報学会, 2006)。津波は大量の水塊であるが, その動きが周囲の地表風に影響を与えることは充分予

想される。ここで「津波に伴う風」とは津波に先行し、そして津波と連行する風を指す。

津波の襲来中の16時過ぎの天候について一仙台市民の仙台市南部の太白区泉崎付近での目撃談がある（鈴木禎史，私信）。それを時間順に述べると，①16時～16時10分：「乾いた桜吹雪のような大粒の雪」，「東から乾いた雪が突然吹雪く。乾いた雪とは，洋服や髪の毛を濡らさないような雪です。時間は1～2分。」②16時10分以後：「次第に空が暗くなり，みぞれまじりの雪が降り出す。」そして，「津波到達時，東の空から西へ，這うように雪が舞った。浜風に乗り雪が飛んでくるなんて仙台ではない。」と優勢な海側からの風（浜風）の存在をメモしている。

①～②に解釈を加えると「乾燥雪」はアラレ（あるいは雪片）で，おそらく，先行する雪雲からの降雪とみられる。「桜吹雪」という表現から雪雲からの粒子が下降したのではなく，雲底下の雪片が海からの風（浜風）によって内陸に運ばれた現象とみてとれる。そして雪雲本体からの降雪中に融解が進み，16時20分の仙台の気温1.5℃，相対湿度87%で，Matsuo and Sasyo (1980) の研究を参考にすればみぞれ状態になっていたと考えられる。

図8は宮城県のアメダス地点を主とした10分毎の風向・風速の空間分布図である（なおSは仙台，Nは名取，Wは亶理を示す）。14時50分まで仙台には南西風（破線矢印）が流入し，北西側からの気流（実線矢印）と拮抗している（図8a）。ところが15時～15時20分には名取・亶理の地域（破線の楕円）に海からの風（Sea-wind）があり（図8c, d），この状態はデータが欠測になる15時40分まで続いた。

図6と関連して，図9で名取と亶理の14時40分～15時10分まで（図8では(a)～(c)に対応）の1分毎の詳細なデータをみてみると，亶理では14時55分過ぎに南東（SE）風にシフトし，最大瞬間風速は約5 m/sのコンスタントな値を維持している。一方，名取では亶理より遅れて15時に南東（SE）風にシフトし最大瞬間風速は約4 m/sとなっている。亶理の方が風向シフトが速く，最大瞬間風速が強いのは名取より南に位置し海岸に近いためであろう。このように海からの南東風が亶理，名取付近に吹き込み，さらに仙台へ向かう南南西（SSW）の風にはほぼ横方向からあたることでC-D間の最大瞬間風速を減少させたとみてとれる。

津波は広域に渡る現象である。津波に先行する風のみならず連行する風を考えるならば，その連行部分は

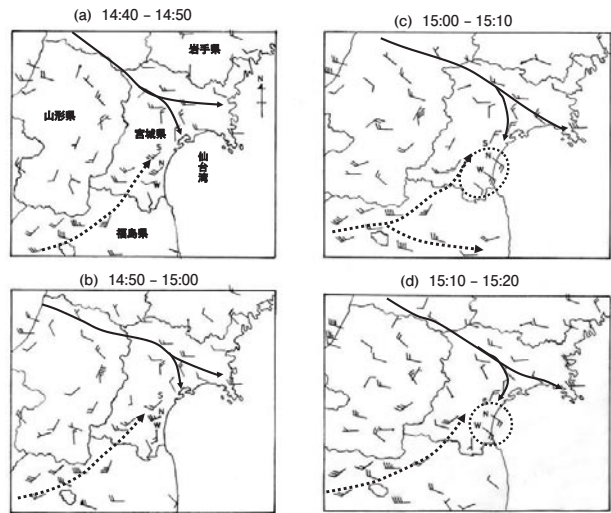
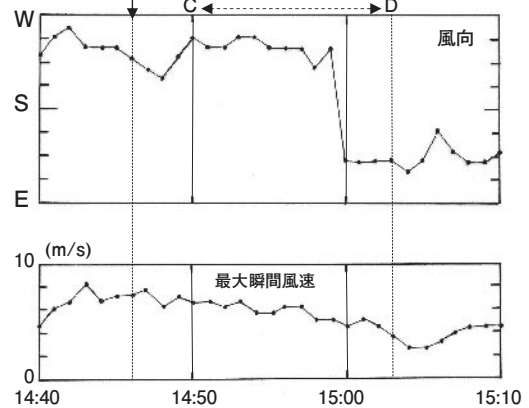


図8：2011年3月11日14時40分から15時20分までの10分毎の風向・風速の空間分布図。長矢羽が2 m/s，短矢羽が1 m/s，旗矢羽が10 m/s。Sは仙台，Nは名取，Wは亶理を示す。

(a) 名取 (1分値)



(b) 亶理 (1分値)

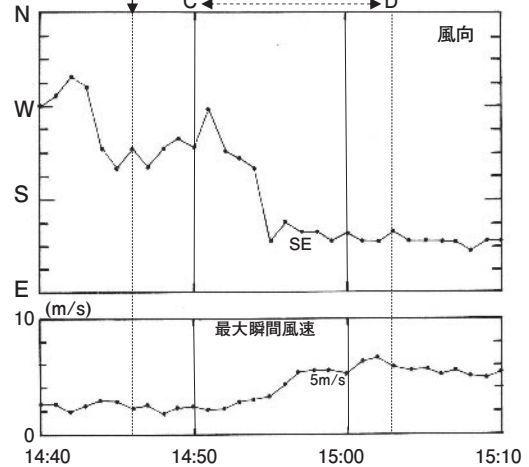


図9：2011年3月11日14時40分から15時10分までの(a)名取と(b)亶理の1分毎の風向と最大瞬間風速。下向き矢印は地震発生時刻。

津波の第1波に続く数波に及ぶのだから沖合いから内陸まで十分なスケールで吹走する風である。仙台平野への津波の進入時刻と名取と亶理の津波被害が甚大であったこと、津波進入直前の「あおり風」の可能性、そして目撃談ではあるが浜風（sea-wind）が優勢であったことなどを考慮すると、この海からの南東風は「津波に伴う風」である可能性が高い。

4.2 仙台の風向変化

風が横方向から力（気圧傾度力）を受けた例として、イギリス南部（海側）から進入した海風前線（フロント）が傾度風の影響により北への動きが阻まれ、時間が経つにつれてフロントが横方向にずれた事例がある。つまり局地風である海風を、メソスケールの傾度風が横方向に押したことによる（Simpson, 1994）。海風フロントの似たような動きを高知大学のソーダ観測からも報告されている（Chiba, 1997）。

そこで仙台の風に目をむけると、仙台に向かう南南西の風はメソスケールの風、そして浜風（Sea-wind）はそれよりスケールの小さい局地風であり、浜風が横方向から衝突しても南南西の風の方角を変えるほどでないが、その風速の減速に影響したと考えられる。その結果、北東風の流入が速まり仙台の風向は南南西→西→北東と時計回りに変化したが、それは局地風よりメソスケールの気象の影響を受けていると思われる。

冬型の季節風時、仙台平野に局所的に東風が吹くことを葛巻（1991）が1986年3月6日の事例とその数値実験から示している。それは仙台平野の東西風系に言及し、蔵王・愛宕山系の地形効果に因るとして東風の存在を主張している。しかし、2011年3月11日の場合、関東平野から仙台平野までの沿岸部には卓越した南西風があり、仙台平野の北西部の北寄りの風と拮抗していた。彼の研究はこの南西風を考慮していない。そして3月6日の東風が9～18時まで出現したという結果が3月11日の（15時以降の）場合と異なり、津波時に出現した南東風と同類とはみなせない。

5. まとめ

平成23（2011）年東北地方太平洋沖地震と津波の発生時の気象を仙台管区気象台の気象データなどに基づいて調べた。特に地震発生（14時46分）後、仙台平野での南南西から北東へのシフト中の気象要素（10秒

値）を詳細に検討した。その結果、名取および亶理方面に進入した津波の方向と同一の南東風が仙台に向かう南南西の風を弱め、そして15時3分以後、北東風の進入を促した（図10参照）。さらに15時5分以降の急激な風向変化や気温の急降下、相対湿度の急増は気圧の谷の通過によるものであり、仙台地方は寒気の吹き出しと降雪を伴った冬型の天気になった。

河北新報の記事（3月12日の「社説」）に『仙台は夕方からいったん吹雪状態になって・・・』とあり、これからも地震後の仙台地方の気象は厳しく、津波の被害にあわれて一晩屋外で耐えた被災者の困苦は想像にも及ばないことであった。

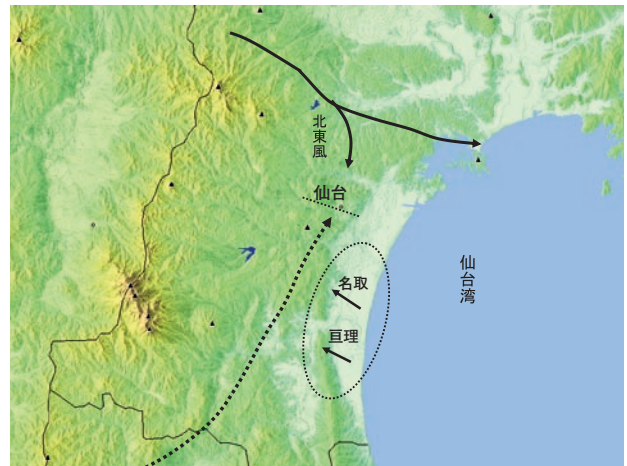


図10：2011年3月11日の海側からの南東風吹走時の仙台平野の風系の概念図。

謝辞

気象データ（10秒値）の提供を頂いた仙台管区気象台の藤村弘志台長と佐々木秀樹広報係長に御礼申し上げます。また木村龍治氏（東京大学名誉教授）からの示唆に富むコメントに感謝致します。

参考文献

- Chiba, O., 1997 : Variability of the sea-breeze front from sodar measurements. *Bound.-Layer Meteor.* 82: 165-174.
- 河北新報, 2011 : 「河北新報 特別縮刷版3.11東日本大震災1ヶ月の記録」, 224pp.
- 葛巻祐二, 1991 : 北西風場における仙台空港の局地的な東風について, *研究時報*, 43, 51-60.
- Matsuo, T. and Y.Sasyo, 1980 : Non-melting phenomena

of snow flakes observed in subsaturated air below freezing level. *J. Meteor. Soc. Japan* 59: 26-32.

日本気象協会, 2011:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波の概要(速報), 11pp.

日本災害情報学会, 2006:第5回災害情報勉強会(抄録), 津波による被害と対策, 2p.

Simpson, J.E.1994: Sea breeze and local wind. Cambridge Univ. Press, 234pp.

The weather at the time of the East Japan great earthquake disaster -Mainly in the case of Sendai plains-

Osamu Chiba^{1)*}, Fumiaki Kobayashi²⁾
and Masaki Kaneda³⁾

^{1)*}Honcho 57-15,Ohta, Gunma Prefecture
373-0057, Japan

²⁾Department of Geoscience, National Defense Academy,
Hashirimizu, Yokosuka, Japan

³⁾Japan Meteorological Agency, Forcast Department,
Forcast section, Chiyodaku Otemachi 1-3-4,
Tokyo, Japan

Abstract

To survey the weather at the time of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake occurred on 11 March,2011, meteorological data were used for analysis. In particular, we examined the influence that the massive tsunami that came in the Sendai plains gave the atmosphere, based on AMEDAS data of the East Japan in addition to the weather data at 10-second intervals of the Sendai district meteorological observatory. As a result, the southeastern wind blown in the coast of inland (Natori, Watari) from Sendai Bay is more likely to be wind with the tsunamis.

Key word:

Weather at the time of the earthquake disaster,
Wind with the tsunami,
Sendai plain,
Fanned wind “Aori kaze”