

2002年10月の台風0221号および10月7日に発生した突風による風災害調査

田村 幸雄^{*1} 松井 正宏^{*2} 吉田 昭仁^{*3} 小原 久典^{*4}

Reports on Damage to Buildings and Structures due to Typhoon 0221

Yukio Tamura^{*1} Masahiro Matsui^{*2} Akihito Yoshida^{*3} Hisanori Ohara^{*4}

Abstract : On October 1, 2002, Typhoon 0221 attacked the east of Japan and many structures were severely damaged. Damage to a transmission line tower in Ibaraki-prefecture and to buildings in Oshima Island were investigated. The collapse mechanism of the transmission line tower was studied. Extreme tornado-like gusts that occurred at Oshima-island 6 days after the typhoon passed were also studied. These gusts resulted in secondary damage caused by dispersion of members at the collapsed buildings. Some relevant meteorological data were collected and reported.

1. はじめに

平成 14 年 10 月 1 日、折から日本列島に接近中であつた台風 21 号は、関東地方より太平洋側を北上し、各地に多大な被害をもたらした。台風 21 号による被害は、消防庁の発表によると、死者 5 人、重軽傷者 88 人、全壊した建物 7 軒、半壊 11 軒、一部損壊 383 軒、床上・床下浸水 15557 軒であつた。¹⁾

また、2002 年 10 月 6 日から 7 日にかけて発達した温帯低気圧の東進に伴い、日本各地で突風災害が相次いだ。本報告では、それらの被害調査を行ない、鉄塔の倒壊メカニズムや突風による風災害の発生原因などについて報告する。

2. 調査概要

(茨城県潮来市)

調査年月日：2002 年 10 月 3 日～4 日

調査担当者：吉田昭仁、神田亮(日本大学助教授)

調査項目：

現地調査(被害状況確認および聞き込み調査)

潮来市役所：ヒアリング、情報収集

鹿島消防署：ヒアリング、情報収集

鹿島セントラルビル：ヒアリング、情報収集

(大島)

調査年月日：2002 年 10 月 10 日～11 日

調査担当者：松井正宏、小原久典

調査項目：

大島町役場：ヒアリング、情報収集

大島測候所：ヒアリング、情報収集

台風 21 号、突風被害地域：現地調査

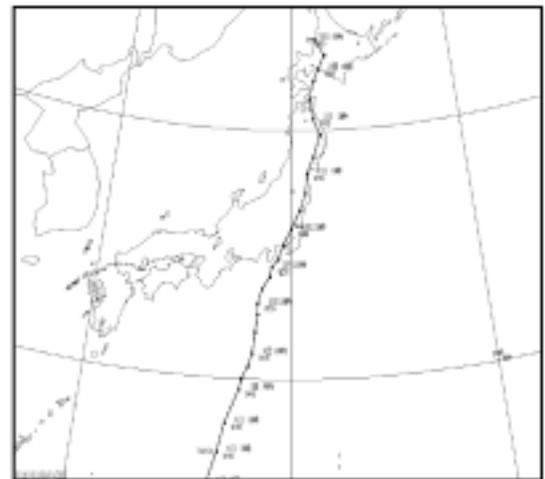


図 1 台風 0221 号経路図(気象庁 HP より)

*1 東京工芸大学工学部建築学科教授

*2 東京工芸大学工学部建築学科助教授

*3 東京工芸大学工学部建築学科助手

*4 ウィンディ(当時東京工芸大学大学院生)

3. 台風 0221 による風災害被害調査

3.1 台風 0221 の概要

台風 21 号の 10 月 1 日 3 時から 2 日 9 時までの台風 21 号の経路図を図 1 に示す¹⁾。(図中の数字は日時および台風の中心気圧を示す。) 台風 21 号は、9 月 27 日 15 時ごろマリアナ諸島付近において発生し、その後、一度進路を西にとり、9 月 30 日 9 時ごろ沖ノ鳥島付近で北に進路を変えた。その時の中心気圧は、935hPa、最大風速 45m/s であり、その後、非常に強い勢力を保ったまま北上を続けた。そして、10 月 1 日正午には、八丈島の南南西 500km を北上していたが、夕刻には、大島の南南西 50km を通過した。10 月 1 日 20 時半ごろ、神奈川県川崎市付近に上陸(中心気圧は 965hPa、最大風速 35m/s)し、その後、関東地方、東北地方を縦断する進路を取り、10 月 2 日 0 時ごろ仙台市付近、同日 3 時ごろには、本州を通過し、津軽沖に出た。その後、同日 5 時には、北海道苫小牧に再上陸し、12 時には稚内市西の海上において温帯低気圧となった。今回の台風により、後述する送電用鉄塔は 10 月 1 日 21 ~ 22 時の間に倒壊したと思われるが、その時の台風の位置は、被害発生現場の西側約 40km 付近に中心を置き、中心気圧 965hPa、最大風速 35m/s という強い勢力を保っていた。台風は、中心より東側約 30 ~ 40km 地点

において最も風が強くなるといわれるが、茨城県潮来市で送電鉄塔が倒壊した現場はまさにその地点に該当する。

3.2 茨城県潮来市での被害調査

3.2.1 被害状況

台風 21 号による被害の中で最も深刻な被害を受けたと思われるのが、東京電力管内の送電設備である。東京電力の発表によると、茨城県鹿島市と潮来市周辺で、275kV の香取線の鉄塔 6 基が倒壊、1 基が折損、66kV の湖南線の鉄塔 1 基が倒壊、1 基が折損した。この鉄塔倒壊により、停電した延べ件数は 608,130 軒に達した。今回の台風被害の特徴は、大雨に起因するものよりも、強風に起因するものが目立った。それらは、住宅においては、屋根瓦の飛散、飛散物による窓ガラスの破損などである。また、住宅地やその周辺の植木が根こそぎ倒れ、ビニールハウスなどの農業施設でも、多くの被害が及んでいる。

これらの強風による被害の中で重大であったものは、送電施設への被害である。多くの住宅で、長時間の停電があり、また、切断された送電線により感電死するという事故も発生している。

今回倒壊した鉄塔は、潮来市延方から神栖市鰯川にかけての約 2.5km に建設された鉄塔で、その高さは 39 ~ 94m を有し、このうちの 7 基が、60m 以

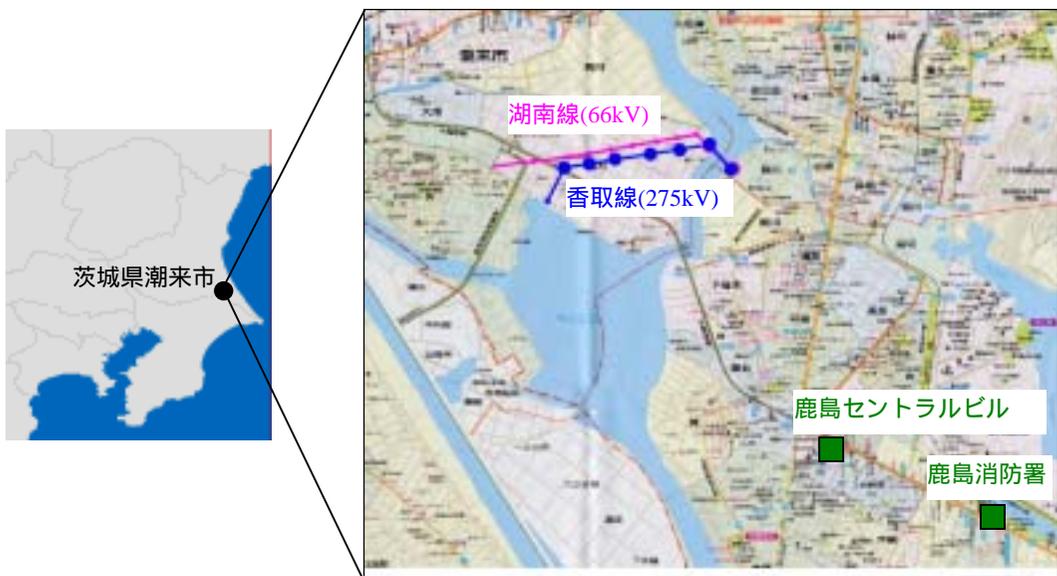
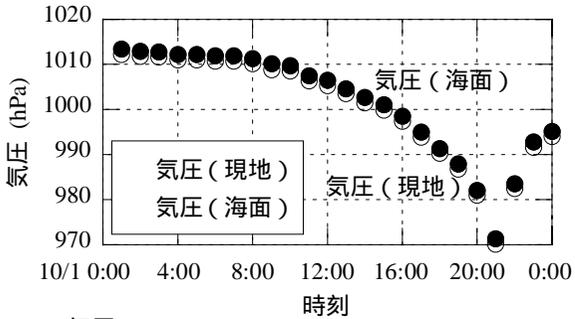
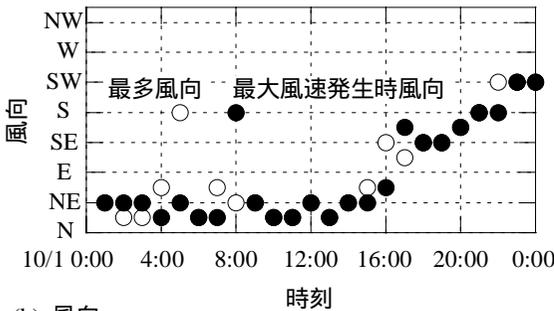


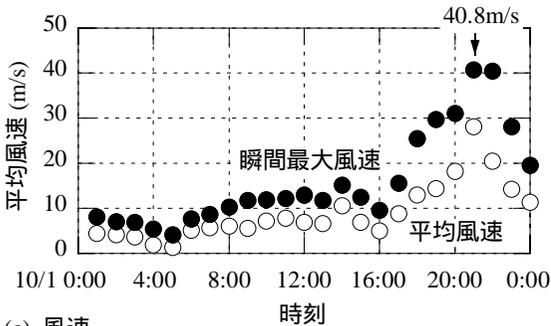
図 2 台風 0221 により倒壊した送電鉄塔および消防署の位置関係



(a) 気圧



(b) 風向



(c) 風速

図3 鹿島消防署で記録された気象データ

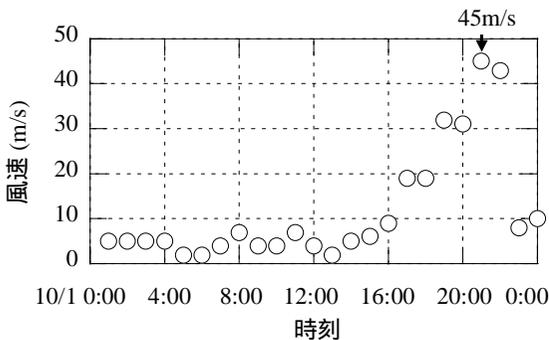


図4 鹿島セントラルビル頂部で計測された風速

上の高さであった。図2に調査を行った鉄塔の位置、その倒壊方向、及び鉄塔が折れ曲がった高さを示す。

送電用鉄塔の被害は、香取線(送電容量27.5万ボルト)では、鉄塔1基(19号)が折れ曲がり、鉄塔6基(20,21,22,23,24,25号)が倒壊した。また、湖南線(送電容量6万ボルト)では、鉄塔1基(22号)が折れ曲がり、鉄塔1基(23号)が倒壊し、合計9基の送電鉄塔が被害を受けた。

また、倒壊した鉄塔の破壊形式は、大きく分類して、2つに分けることができる。鉄塔の中途高さで折れ曲がっている鉄塔(写真1~4, 7~10)と基礎部から折れ曲がり倒れた22号鉄塔(写真5,6)である。

今回被害を受けた湖南線は、1970年度、香取線は1972年度に設置され、設計では風速60m/sまで耐える設計であった。しかしながら、鉄塔倒壊直前の1日21時10分過ぎ、東京電力の調べでは、近直(鹿島線の鰐川延方地区対岸の第一番目)の鉄塔の高さ68mに設置された風速計において、最大瞬間風速、56.7m/sが観測された。

3.2.2 鉄塔の倒壊メカニズム

各鉄塔の倒壊のパターンは、22号鉄塔が基礎部から倒れたのに対し、その他の鉄塔は、鉄塔の中途高さで折れ曲がっている。また、一般に鉄塔は、送電線が張力を受けると送電線が破断する前に、鉄塔自身が倒壊する。すなわち、送電線の破断耐力のほうが鉄塔の耐力より高い。これらの基本的な事項から、これら鉄塔がすべて風外力だけで倒れたのではなく、何本かは他の鉄塔が倒れたことにより、引きずられて倒れたと考えるのが自然であろう。本報告書では、この鉄塔群の倒壊要因に関し、まず、倒壊メカニズムが他と異なる22号鉄塔に注目した。以下に、その特徴について示す。

4本の基礎は、それぞれが独立で、風上側基礎が約800mm浮き上がっていた。

鉄骨部材は、根元から折れ曲がっていた。

風下側足元の部材が破断していた。

これらの事実とそのときの気象条件を総合すると、次のような推測が可能である。倒壊現場付近において風速が、平均20m/sになった10月1日20時過ぎ、瞬間的には30~40m/s、あるいはそれ以上の風が吹いていたと考えられる。そのような状況



図5 倒壊した鉄塔の位置および倒壊方向

下で、風外力により、鉄塔基礎部分に引き抜き耐力を上回る力が作用した。まず、基礎が浮き上がり、耐力を失った。基礎の耐力低下により、4本の支柱の曲げモーメントは、一気に上昇し、脚部で曲げ耐力を超え、鉄塔が風下側へ転倒した。22号鉄塔以外の鉄塔は、いずれの鉄塔も足元から折れ曲がるのではなく、中途部分から折れ曲がり倒壊している。22号鉄塔の倒壊で、香取線内の22号鉄塔に近い鉄塔が引っ張られ、連鎖的に鉄塔が倒壊し、最後に20,25号鉄塔が倒壊したと思われる。これらの事実は、鉄塔の倒壊方向からも推測できる。22号鉄塔が南よりの風を受け、送電線に対して直角方向に倒れているが、両隣の21,23号鉄塔は22号鉄塔に引っ張られる方向に倒れ、そして、隣の24号鉄塔も同様な方向に倒れている。さらに、20,25号鉄塔は、21,24号鉄塔に引っ張られ、倒れた模様だが、倒れた方向は21号から24号までの鉄塔とは、反対側であった。この鉄塔群の送電線は、20号から25号までは、一直線に引っ張られているが、20号鉄塔及び25号鉄塔からは、それぞれ約 120° 、 135° の方向に変化している。このため、これらの鉄塔には、他の鉄塔とは異なる方向の力が作用したと思われる。

3.2.2 潮来市のその他の被害

潮来市では送電鉄塔以外にも物置の飛散、住宅屋根瓦の飛散、駐車場における被害などの様々な被害が見られた。その数例を写真11～20に示す。

写真11～13は、香取線21号鉄塔から約300m南

西側に位置する倉庫での被害であり、写真11,12のように2戸の物置が敷地外まで約10～15m飛ばされていた。また、写真13に示すように、倉庫の屋根材が飛散しており、外壁の一部が破損しているのがわかった。写真14は香取線24号鉄塔付近の住宅の屋根瓦の飛散状況である。写真15,16は鹿島セントラルビル(場所は図2参照)における被害状況である。強風で駐車場料金所の独立屋根が根元から折れ曲がっているのがわかる。写真16は鹿島セントラルビル屋上での室外機の転倒の様子である。写真17～19は潮来市内で見られた住宅の屋根の破損状況である。写真18に示す住宅は倒壊した鉄塔から約3km離れた大生地区にある住宅であり、屋根が野地板も含めて飛ばされていた。写真20は潮来駅前のロータリー内の時計の被害であり、かなりの強風が吹いていたと推測される。



写真1 香取線23号、24号鉄塔、25号鉄塔



写真 2 香取線 25号鉄塔



写真 6 香取線 22号鉄塔基部



写真 3 香取線 24号鉄塔



写真 7 香取線 21号鉄塔



写真 4 香取線 23号鉄塔



写真 5 香取線 22号鉄塔



写真 8 香取 20号鉄塔

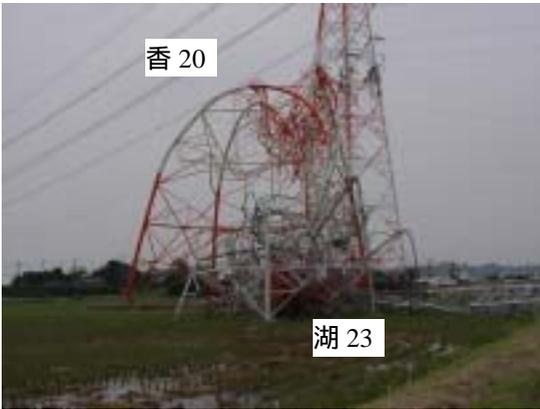


写真9 湖南線 23号鉄塔と香取線 20号鉄塔



写真12 香取線 21号鉄塔付近の物置の飛散



写真10 湖南線 22号鉄塔



写真13 香取線 21号鉄塔付近の工場屋根材の飛散



写真14 香取線 24号鉄塔付近の住宅屋根瓦の飛散



写真11 香取線 21号鉄塔付近の物置の飛散



写真15 鹿島セントラルビル駐車場の被害状況



写真 16 鹿島セントラルビル屋上での室外機の転倒



写真 20 潮来駅前時計の被害



写真 17 住宅屋根瓦の飛散 (住宅 A)



写真 18 住宅屋根材の飛散 (住宅 B)



写真 19 住宅屋根瓦の飛散 (住宅 C)

3.3 台風 21 号による大島町の被害

3.3.1 大島町の被害状況

図 6～8 に大島測候所における気圧、風向、風速の記録を示す。気圧の顕著な低下から、台風 21 号は、10 月 1 日 19 時頃最接近したと考えられる。大島測候所における 19 時の風速は 18.7m/s、風向 SE である。また、台風通過に伴い、風向が変化し、22 時頃再び風速が強くなり 22 時には風速 19.1m/s、風向 SW を記録した。また、同日の最大風速および最大瞬間風速はそれぞれ、20.7m/s(風向 SW)、45.7m/s(風向 SSE)であった。大島測候所は、島の西側に位置しており、西側からの風には敏感であるが、東よりの風は三原山の風下となっており、この影響を無視できない。従って、大島測候所の風速変化が島全体の風の様子を表わすとは限らない。

3.3.2 主な被害

大島は、西ないし南西の風の頻度が多く、これらの風による被害はあまり出ない。今回の台風 21 号は、北東より山(三原山)から吹き下ろす風で、多少被害が出た。

顕著な被害は三原山山頂西側付近の土産物店、茶屋に見られた。「御神火茶屋」は、平断面 6m×10m 程度の平家木造。腰壁以下を残し、上屋がすべて飛散した(写真 21)。被害発生当時風向は北東方向であったという。飛散した上屋は一体のまま、一棟越えて南西側に落下した。また、付近の建物には飛散物による被害が多数見られる(写真 22,23)。

3.3.3 役場に届けられた被害の特徴

この台風による大島町役場への被害届出は約 80 件であり、大きな被害は、前出の三原山山頂付近での被害である。その他の被害は、元町、差木地地区

で発生しているが、そのほとんどは、トタンのめくれ、倒木等である。倒木による被害は、電話線の切断、道路通行不能等を引き起こしている。また、届出被害約80件中、風以外の要因によるものはおもに流水によるものであるが、5件程度で比較的少ない。

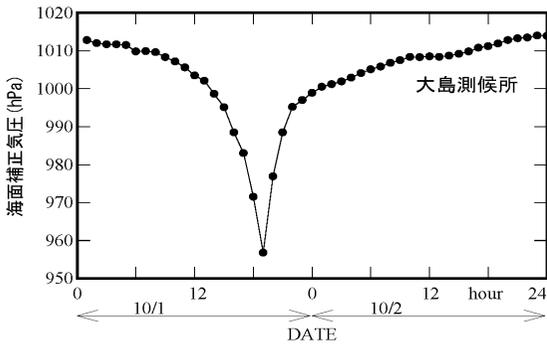


図6 台風0221号通過時の気圧変化(大島測候所)

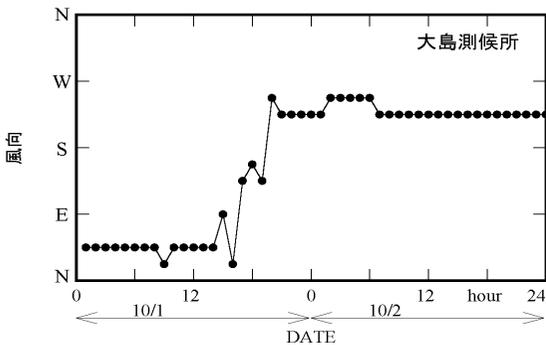


図7 台風0221号通過時の風向変化(大島測候所)

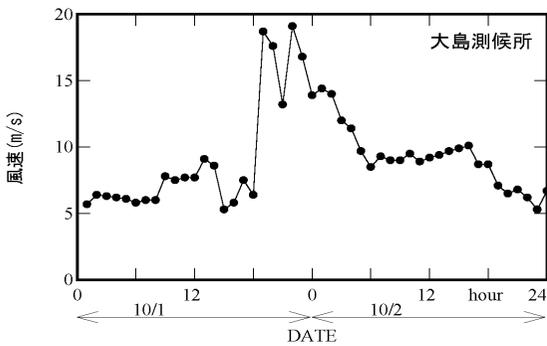


図8 台風0221号通過時の風速変化(大島測候所)



写真21 上屋が吹き飛ばされた御神火茶屋



写真22 展望台北東面の窓ガラスの被害



写真23 北東側 屋根、庇の被害

4 10月7日の突風による被害

4.1 突風発生時の大島の風況

突風が発生したのは、現地居住者の証言から10月7日3時頃と推察される。その当時の大島測候所における風速は、8~9m/s程度である。大島測候所における風速は、その後、徐々に大きくなり、同日8時には13.5m/sとなっている。このことから測候所の風速計は直接突風をとらえてはいない。

当時の気温と、気圧の変化は、5時頃に現れている。気圧が4時から6時にかけて、約2hPa低下し、その後元に回復した。また気温は、2時から7時にかけて2.5度上昇し、10時には2時頃の気温に戻っている。このことから、この時間帯になんらかの擾乱を伴う前線等が通過したと考えられる。

今回の突風は竜巻とみられ、藤田スケールでF1とされているが、F2に近い強さである。

4.2 突風による被害

図10に今回の突風発生地点付近の拡大図を示す。突風被害が発生したのは、万立海岸から碇石浜を結ぶ約2kmの直線上、幅100m程度である。この地域は島の市街地(元町)からははずれ、観光宿泊施設や人家が点在し、森林、農地などが多くの面積を占めている。

特に顕著な被害は、(A)万立地区の被害および(B)新開地区の農業施設の被害である。

4.2.1 万立地区の被害(A)

万立海岸から約200m内陸に位置する地域で宿泊施設的全壊が見られた(写真24,25)。この被害によって発生した飛散物が北北東に落下した。飛散物は宿泊施設の屋根に使用されていたビニルトタンや、畳で、その最大飛散距離はおおよそ500mにも達した。この施設の宿泊者は無事であったが、当時、畳が巻き上げられた後に壁面が破損し、畳等が遮ることによりガラスの破片からの被害を免れたという。この宿泊施設の屋根は完全に飛散しており、畳は屋根と共に吸い上げられて飛散したと考えることができる。また、この宿泊施設に隣接する母家の被害は、玄関の窓ガラスが飛散物により破損することが先行した。屋根面には、風上の宿泊施設からの飛散物による擦過痕がのこされていた(写真26)。飛来物衝突の跡は壁面等に見られたが大きな被害にはつながない。この母家の構造は在来構法で、スレ

ートの瓦が飛散したり軒裏等に被害が発生した。しかし、屋根板が飛散する等の被害は出ていない。また、ここの住人は当時耳に圧力を感じたと述べている。

大きな被害を生じた宿泊施設(図7)から上述の母家を挟んで位置する住宅では、屋根瓦の被害が見られた(写真27)。また、被害を生じた宿泊施設から南西寄りの林の樹木に転倒等の被害が見られた。さらに約30m北西寄りの宿泊施設には、写真24の宿泊使節側(南側)の屋根のみスレート瓦が飛散する被害が生じている(写真28)。その宿泊施設に隣接する住宅ではベランダのビニルトタン底が飛散した。

この地点から、さらに北東約200mの位置で、倉庫が浮き上がり北西側に傾くという被害も見られた(写真29)。この倉庫に被害が発生した地点では、風上に当たる宿泊施設(写真24)からの飛散物が多く飛来した。

4.2.2 新開地区の被害(B)

万立の宿泊施設的全壊被害地点から北北東に1.5kmの新開地域で農業施設(ビニルハウス)と樹木(樺)の倒木被害が見られた(写真30~32)。農機具等比較的重量の大きな物が格納されたビニルハウスは、頂部と、側面の一部に引きちぎられたような被害が見られる(写真30)。その他のビニルハウスは、隣接する樹木の転倒により骨組が損傷を受けている(写真31)。樺は根元から引き倒されるような転倒状況である(写真32)。

突風の影響が見られたのはこの付近ではこの地点に集中しており、隣接する林等では、樹木に被害が見られない。

4.3 被害の特徴、その他の気象情報

4.3.1 被害の間欠的発生

大島測候所では、突風発生直後の調査でこの突風はフジタスケールF1の竜巻であるとした[1][2]。顕著な被害は、万立の宿泊施設付近と、新開の農業施設の2箇所であり、その間は倒木等の被害は若干有るが、突風の影響は大きくない。

4.3.2 その他の気象情報

突風による被害地域は、大島空港まで500-600mと比較的接近している。図11、図12に突風発生と思われる時刻付近での大島空港分室での風向、風速と大気圧の変化を示す。竜巻発生当時、大島測候所大島空港分室では、3:10に瞬間最大風速23m/s、同

時刻風速 18.0m/s を記録した。気圧は、風速が高い時刻に2分程度先立って、約4hPa 急激に低下した。また、最低気圧発生 13 分前には風速 19m/s の極大値を記録している。



図9 突風発生位置

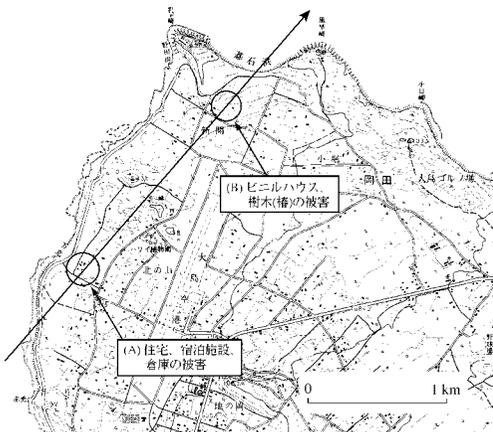


図10 突風発生位置 (図9の一部を拡大)



写真24 全壊した宿泊施設



写真25 宿泊施設の窓ガラス, サッシ被害
宿泊施設の外壁に残る飛散物衝突跡



写真26 宿泊施設からの飛散物によって隣接する住宅の屋根に発生した被害



写真 27 隣接する家屋の屋根瓦の被害



写真 30 ビニルハウスの被害

写真 28 スレート瓦が片面のみ剥がれる被害壁，
窓には飛散物衝突跡がみられる

写真 31 倒壊した樹木(樁)によるビニルハウスの被害

写真 29 宿泊施設から東約 200m の場所で倉庫が
傾き家屋に寄り掛かった。調査時点では倉庫は撤去
されていた。(基礎のコンクリートが残る)写真 32 樹木(樁)の被害状況：倒壊後，後始末の
ため切断されている。

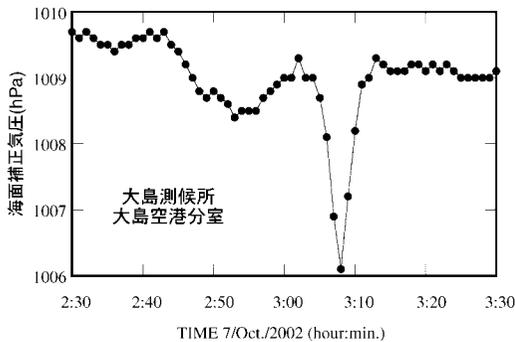


図 11 大島空港分室での気圧の変化

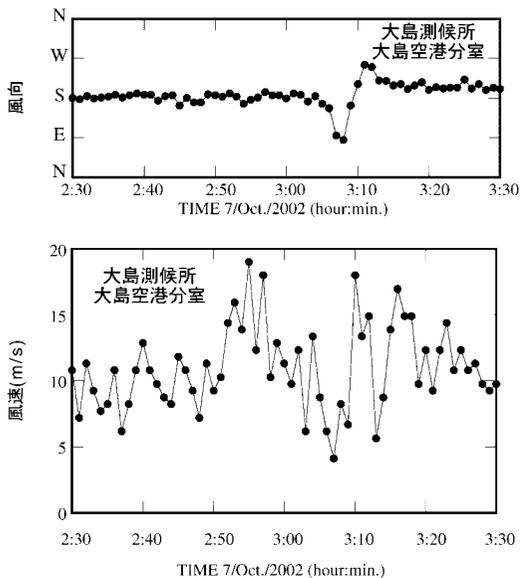


図 12 大島空港分室での風向，風速の変化

5. まとめ

以上、2002年10月1日に大島町、潮来市における台風0221号による風災害被害調査および2002年10月7日に大島町で発生した竜巻による被害調査に関して報告を行なった。台風21号は関東地方に上陸した台風として戦後最大級と言われ、しかも移動速度は非常に速かった。その結果として、報告したように各地で多大な被害をもたらした。

また、このような風災害調査はデータの蓄積が非常に重要となるため、今後も継続して調査を行っていく予定である。

謝辞

調査を行なうにあたり、鹿島消防署の皆様、行方南部消防署 石崎秀樹氏、大島町役場総務課 植松 隆氏、大島測候所 加治屋秋美氏に御協力頂きました。ここに記して御礼申し上げます。なお、潮来市被害調査に関しては、日本大学生産工学部神田亮研究室と共同で行ったものである。

参考文献

- 1) 気象庁、災害発生時の気象資料、http://tokyo-jma.go.jp/sub_index/bosai/disaster/
- 2) FUJITA, T.T., Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol.38, No.8, 1981, pp.1511-1534