2004年の気象災害

Wind disasters in 2004

小林文明*

Fumiaki KOBAYASHI

「強風災害の低減に向けて何ができるか?」というパネルディスカッションのテーマに対する議論の資となるべく、以下の3点に関して話題提供を行う。1) 気象災害が頻発した2004年の具体的事例を示し問題点を挙げる。2) 気候変動と気象災害について長期変動の中で近年の災害がどのような位置付けになるのかコメントする。3) 気象擾乱研究会の活動を紹介する。

1. 2004年に突風災害をもたらした気象現象

Table1は2004年にわが国で発生した主な気象災害(現象)のリストであり、主だったものだけでも年間を通じて20件近く発生したことがわかる。2004年の気象を振り返ると、6月に2個の台風が上陸して記録を更新してから、7月の猛暑、8月以降毎週のように台風の上陸が10月まで続いた。また、各地で局地的な豪雨や強風といった突発性の気象災害が頻発し、台風による死者は200人を超え、災害の面からも被害が突出した年となった。

2004年に上陸した台風は台風0404号(6月11日)から台風0423号(10月19日)まで10個に達し、これまでの記録6個(1990年, 1993年)を大きく上回った(Fig. 1)。平均的にみると、年間の台風発生数は26.7個、そのうち上陸個数は平均2.6個で約1割が上陸することになる。2004年の台風発生数は29個とほぼ平均であったが、10個の上陸個数は3割を越えた。

さらに、“超大型”や“最強”といった形容がなされたように、ひとたび台風が発生すると発達するケースが目立った。その結果、例えば台風0418号(Songda)では、広島で60m/s、札幌で50m/sの最大瞬間風速を記録するなど各地でこれまでの記録を更新する強風が観測され、甚大な被害が発生した。広島の厳島神社では1991年19号台風以来となる大規模な被害が生じたように、さまざまな構造物に被害が及んだ。

特に被害の顕著だった、台風0406号(Dianmu)、台風0416号(Chaba)、台風0418号、台風0422号(Ma-on)について上陸時の気象衛星写真(Fig. 2)とスケールの比較(Table2)を示す。通常、台風は日本上陸時には最盛期を過ぎ、勢力が衰える傾向にあるが、上記の台風は強い勢力を保ったまま上陸した。しかも、上陸時の気圧をみると上陸時期が遅くなるほど気圧値が下がっている。これは、9月、10月になっても日本周辺で台風発達の環境が整っていたことを示している。その結果、上陸時の最大風速は40m/sを超える強風が観測された。台風の水平スケールは、台風0416号、0418号とも強風半径600km、暴風半径300km程度と大型の台風であり、広範囲の被害を裏付けている。それに対して台風0422号は暴風半径150kmと水平スケールは相対的に小さいが、中心気圧の低下と45m/sに達する最大風速を有し、局所的に甚大な被害をもたらした。

* 防衛大学校地球海洋学科
Department of Geoscience, National Defense Academy

台風 0418 号の特徴は、1) 広範囲における強風被害、2) 各地で記録を更新する最大瞬間風速、3) 北海道における強風被害が挙げられる。広島市で 60m/s を超える最大瞬間風速を記録するなど、これまでの記録を更新する強風が観測された。広島の強風は台風の中心から約 200km 離れた場所に位置したように、多くの地点で台風の最大風速半径（暴風半径）内で強風が記録された。これに対して台風 0422 号は 0418 号に比べて暴風半径が半分程度というスケールを反映して、強風の継続時間は 1 時間程度と短かった（Fig. 3）。しかしながら、強風の立ち上がりが急であり、台風中心が通過

Fig. 1 2004 年日本に上陸した 10 個の台風経路
Path of ten typhoons landed at Japan in 2004

Fig. 2 GMS 赤外画像. 左上：2004.06.21 09JST. 右上 2004.08.30 09JST. 左下：2004.09.07 09JST. 右下：2004.10.09 17JST.
Satellite infrared images of T0406, T0416, T0418 and T0422

した後 40m/s を超える突風が観測されているように、中心付近の強風構造が顕著であった。伊豆半島や横浜市金沢区の突風被害も台風中心通過時に発生した。

Table 1 2004 年の強風災害をもたらした大気擾乱リスト
List of strong wind in 2004

日	原因（大気擾乱）	被害地域・状況
01. 14	発達した低気圧	札幌で31.3m/s
02. 05	冬型の気圧配置	柏崎で竜巻発生
02. 09	冬型の気圧配置	深浦沖（青森）で竜巻発生
03. 06	日本海上で発達した低気圧	北陸で強風被害. 金沢で32.8m/s
03. 31	発達した低気圧	盛岡で強風被害
04. 27	発達した低気圧の通過	全国的に強風
06. 11	台風4号	高知に上陸. 室戸市で39.1m/s
06. 21	台風6号	高知に上陸. 室戸市で57.1m/s
06. 27	梅雨前線上で発達した雲クラスター	佐賀で竜巻被害
06. 29	熱雷	栃木県小川町で突風被害
07. 21	熱雷（猛暑）	小田原で突風被害
07. 31	台風10号	高知に上陸. 室戸岬で60.9m/s
08. 19	台風15号	対馬で48.7 m/s, 翌20日秋田市で41.1m/s
08. 30	台風16号	九州に上陸. 室戸岬で58.3m/s. 翌31日輪島で41m/s
09. 07	台風18号	長崎に上陸. 広島市で60.2m/s, 翌8日札幌で50m/s
09. 08	台風からのびたレインバンド	富士市で竜巻発生.
09. 29	台風21号	鹿児島に上陸. 豊橋市, 相良町（静岡）で突風被害
10. 09	台風22号	熱海市で63.3m/s. 伊東市, 横浜市で突風被害
10. 20	台風23号	高知に上陸. 室戸岬で60m/s
10. 22	寒冷前線	門別町（北海道）で竜巻発生.
12. 05	低気圧（台風27号）通過	全国的に強風. 千葉市で47.8m/s

Table 2 台風 0406 号, 0416 号, 0418 号, 0422 号の上陸時の
スケール比較

Comparison of four-typhoon scale

	Pressure (hPa)	Rsdius of strong wind and (storm wind) (km)	Maximum wind (m/s)
T0406	965	560 (150)	35
T0416	950	600 (260)	40
T0418	945	560 (310)	40
T0422	940	410 (150)	45

YOKOHAMA (2004.10.9)

Fig. 3 2004 年 10 月 9 日横浜地方気象台における最大瞬間風速の時系列

Time sequence of maximum instantaneous wind speed
at Yokohama on October 9, 2004

台風 0422 号による伊東市（宇佐美）と横浜市（金沢区）で発生した強風被害について述べる。台風は 10 月 9 日 16 時に伊豆半島に上陸し（950 hPa），17 時には三浦半島上陸直前に 960 hPa を示し，18 時には東京湾から千葉に再上陸し 975 hPa を観測した。伊東市，横浜市いずれの地域も台風の中心付近が通過した際に強風が発生しており，伊東市近傍の網代測候所では風速の極値記録を更新する，63.3 m/s の最大瞬間風速が記録された。宇佐美地区では 1000 棟以上の住家が被害を受けたが，最も被害の大きい場所は宮川流域に集中していた。被害状況から推定された風向は，主として東風であったが一部西風，南東風と推定された場所もあった¹⁾。

横浜市金沢区の被害は海岸付近の極めて限られた場所が発生した（Fig. 4）。被害は駐車場の普通車，トラック数十台に集中し（Fig. 4 下），駐車場周辺では比較

的軽微な被害が認められた（Fig. 4 上●印）。駐車場内における車の位置と推定された移動方向（矢印）をみると，東風と北風が存在したことが推測された²⁾。横浜ヘリポート（八景島，被害現場から 1km 程度南）では，17 時 20 分に最大 79 ノット（39.5m/s）を観測し，このとき風向が南から北に急変した。横浜地方気象台（被害域から 10 数 km 北）では，17 時 22 分に 39.9m/s の最大瞬間風速を記録し（Fig. 3），気圧の最低を記録した時刻と一致した。羽田空港のドップラーレーダーでは被害発生場所上空に風のシアーと数 km スケールのメソサイクロン（低気圧性循環）が確認されたが，突風をもたらした原因が竜巻（あるいはダウンバースト）であったか議論は難しい³⁾。また，台風中心付近通過に伴う，非常に強い風のシアー（風の収束）により被害が生じた可能性も考えられるが，台風内部の微細構造（fine structure）は十分に理解されていない。

Fig. 4 2004 年 10 月 9 日横浜市金沢区で発生した突風災害の被害マップ

Damage map of Yokohama

次に 2004 年に発生した竜巻について述べる。6 月 27 日に佐賀市から鳥栖市にかけて発生した竜巻（以後佐賀竜巻と呼ぶ）は梅雨前線内で発生した。6 月下旬から前線活動が活発になり，24 日から 27 日にかけて九州北部から山口県にかけて断続的に激しい雨が続いた。この梅雨前線上で発生したメソスケール低気圧に伴って竜巻が発生した。気象衛星による雲画像をみると，東シナ海から九州北部にかけて発達した雲バンドが確認できる（Fig. 5）。図中みられる先細りした雲パターンは“にんじん状”雲（テーパーリングクラウド⁴⁾）と

呼ばれ、豪雨、突風、雷、雹などシビアな気象現象を伴うことで知られている。実際、2002 年 10 月 6 日から 7 日にかけて各地で竜巻をもたらした低気圧もこのテーパリングクラウドを伴っていた⁵⁾。

佐賀竜巻の地上被害は佐賀市から鳥栖市にかけてライン状に確認され、複数の竜巻が発生したことが考えられる。佐賀市の竜巻に注目すると、地上の被害域から竜巻は東から北東方向に向きを変えながら進行した⁶⁾。テーパリングクラウド内で発達した 1 つの積乱雲と地上の竜巻との時間関係をみると、積乱雲の強エコー域が確認されなくなった時、すなわち積乱雲の最盛期から衰弱期にかけて竜巻が発生した⁷⁾。このような積乱雲のライフサイクルにおける竜巻の発生は、積乱雲の最盛期以降にメソサイクロン（竜巻低気圧）が形成される事例がしばしばドップラーレーダーにより観測されている。ただし、佐賀竜巻の構造は、漏斗雲、親雲内とも観測データがなく詳細な議論はできない。

Fig. 5 佐賀竜巻発生時の衛星写真 (2004.6.27 07JST)
Satellite image at Saga tornado

Table 3 佐賀竜巻と茂原竜巻の比較
Comparison between Saga tornado and Mobara tornado

	Saga-tornado	Mobara-tornado
Life time	7 min	7 min
F scale	F2 (57-64 m/s)	F3 (> 78m/s)
P-scale (width)	200 m	500 m
P-scale (length)	8 km	6.5 km
Moving speed	18 m/s	16 m/s
Number of damage	300	262
Other tornadoes	○	○

佐賀竜巻と 1990 年 12 月 11 日に千葉県で発生した茂原竜巻⁸⁾を比較すると、F スケールは佐賀竜巻が 1 ランク小さく、被害幅 (P スケール) も狭い。しかしながら、佐賀竜巻の寿命、被害の長さ (P スケール)、住宅の被害個数などは茂原竜巻のそれとほぼ同様のスケールを有していたことがわかり、佐賀竜巻の被害はわが国で発生した竜巻被害の上位に入ることがわかる (Table 3)。

台風に伴う竜巻に関しては、台風中心からかなり離れた場所でも被害が報告された。富士市竜巻 (9 月 8 日) は北海道西方にあった台風 0418 号の中心から南南西にのびたレインバンド上で発生した。また台風 0421 号の接近に伴い、豊橋市突風 (9 月 29 日)、静岡県相良町突風 (9 月 29 日) が報告されている。北海道門別町竜巻 (10 月 22 日) は台風 0423 号が温帯低気圧化した後、低気圧からのびる寒冷前線に伴って発生した。一般に台風に伴う竜巻は台風の進行方向の北東象限で発生しやすいといわれているが、これらの事例をみると台風に伴う積乱雲の分布 (レインバンド) や地形の影響など複雑な発生要因が示唆される。

熱雷に伴う竜巻も報告された。夏季日射による地表面加熱に加えて上空に寒気が侵入すると大気状態の不安定度が強くなり大規模な雷雲が発生しやすい。2004 年夏季も例えば、6 月 28 日～30 日、7 月 24 日～27 日、8 月 6 日～10 日の期間、強い地表面加熱と寒冷渦などの上空寒気が相まって大規模な雷雨が各地で観測された。栃木県小川町突風 (6 月 29 日) はこのような環境下で発生した積乱雲に伴う突風であった。小田原突風 (7 月 21 日) は関東地方で記録的な猛暑 (20 日都心 39.5℃、市原 40.2℃、21 日甲府 40.5℃) を観測した日の現象であり、強い日射により発達した積乱雲 (熱雷) に伴って発生した突風であった。いずれの突風も発達した積乱雲に伴っており、竜巻またはダウンバーストの可能性が高い。

2004 年に発生した主な強風被害の原因は台風、低気圧 (温帯低気圧、寒冷低気圧、冬型を含む)、前線 (寒冷前線、停滞前線)、熱雷に大別される (Table 1)。発生時期は暖候期だけでなく、冬季や春秋でも発達した低気圧に伴い強風災害が発生しており、1 年を通じて頻発したといえる。また、昨年 (2005 年) の年末に発生した北日本の突風災害 (本誌解説を参照) をみても、冬季日本海上で発生する積乱雲 (雪雲) に伴う竜巻等中小規模擾乱にも実態や構造は不明な点が多く残されている。

以上のように、突風災害の調査研究の観点からその課題や問題点を以下に纏める。

1) 現象の理解：

上述したように、台風内部の微細構造や竜巻・ダウンバーストの構造は観測的にも解析事例が少なく不明のままである。学際的な立場で中小規模擾乱の観測データを蓄積する必要がある。例えば、ドップラーレーダーを用いた観測などを独自に行い、発生実態（場所や頻度）を明らかにし、その構造を議論できるようにする。米国とわが国とではスケールや構造が異なるため、両者の違いを明らかにすることを念頭に置くべきである。

2) 災害調査の必要性：

突風災害調査に対する本学会の果たす役割は大きいと考えられる。ただ、現地調査はマンパワーを要する研究であり、人材、研究資金の両面でより手厚いサポートが必要である。特に人材面では興味のある若い研究者を育てる必要性を感じる。

3) 概念モデルの共有：

研究結果を一部の専門家に留めずに、概念モデルを広く共有するための広報・教育活動が必要である。例えば、ダウンバーストでもそのモデルが頭に入って初めて、パイロットは離着陸時のヘッド（機首）の動きからその存在を察知できる。また、横須賀竜巻の現地調査時に住民が話していた、「先週の台風には備えたけど低気圧（による竜巻）は寝耳に水だった」という言葉が印象的である。

2. 気候変動と災害

例えば、2004年の台風上陸頻発が多かった理由は太平洋高気圧の勢力や位置である程度説明はできて、どうして2004年なのか、今後はどうなるのかはわからない。台風、豪雨など近年増加傾向にあるという指摘もあるが、より長い時間スケールで議論する必要がある。しかしながら、気象データが存在するのは百年未満であるため、数10年単位の“気候変動”を議論するのは無理であり、年々変動や10年変動を議論することになる。

Fig. 6は1951年からのわが国における上陸台風個数の変化である。2004年の10個は突出した値であるが、顕著な経年変化傾向はみられない。強いて挙げれば、1990年以前は最大5個以下であったものが1990年以降6個や10個という値を記録するようになった。強風の統計量は難しいのでシビアーストームのパラメータ

として、豪雨と雷日数に着目してその頻度を示す。

Fig. 7はアメダスで観測された時間降水量100mm/h以上を記録した頻度を示す。1995年以降は10年平均値で4回/年を越えるのに、それ以前は2回強である。また都市の気候を議論する材料として首都圏における雷日数の経年変化をFig. 8に示す。1950年までは年々の変動幅が大きく15日を越える年も観測されたが、1960年代から1980年代にかけて相対的に変動幅が小さかったことがわかる。しかしながら、1990年以降再び変動幅が大きくなり、20日を越える極値も観測されている。

Fig. 6 日本に上陸した台風個数の経年変化
Number of landed typhoons from 1951 to 2004

Fig. 7 アメダス地点における100mm/h以上豪雨の発生頻度
Frequency of heavy rainfall from 1975 to 2004

Fig. 8 東京（◆）と横浜（■）における雷日数の経年変化
Number of lightning day at Tokyo and Yokohama from 1931 to 2001

気候変動に関しては現在多くの論文が出され活発に議論されているので、その詳細、文献等はここでは言及しないことにする。最後に顕著な経年変化を示すパラメータを Fig. 9 に示す。図はわが国の冬季（12月～2月）における雷日数の変化であり、ここ 70 年間で3倍以上増加している。この結果は、冬季日本周辺において対流活動が活発になっていることを示唆しており、強風災害の増加にも結びつく。

Fig. 9 冬季の雷日数の経年変化（全国平均）。■と▲はそれぞれ 10 年平均値、30 年平均値を示す。
Number of lightning day in winter

3. 気象擾乱研究会

本研究会は、台風や竜巻など中小規模の気象擾乱について最新の成果を勉強する目的で、昨年度から 2 年間の期限付きで発足した。「風災害研究会」が主として実際の被害調査を行う目的の常設研究会であるのに対して、「気象擾乱研究会」は理学的立場から気象現象のメカニズムを学ぶ勉強会である。すなわち、現在まで何が分かっているかが不明なのかを理論、観測、数値計算の立場から学ぶ場である。近年、強風災害が多発していることもあり、中小規模気象現象に対する学会としてのアプローチのひとつと理解される。

本学会では、最終的には“風工学への寄与”を求められるが、本研究会を通じて中小規模現象に対して風工学会として何をすべきか、風工学にとって必要なデータは何か、などの一端が見えてくれば目的を達したのではないだろうか。

最後にこれまでの講演題目と今後の予定を記す。本年度も、雲解像モデル、室内実験、局地モデルなどの演題で年 4 回程度の講演会を予定している。

第 1 回 ガストフロントの構造（講演）
防大ドップラーレーダー（見学）

第 2 回 台風 0418 号による巖島の強風シミュレーション（講演）
第 3 回 気象庁・気象研の数値モデル（講演）
気象研ドップラーレーダー（講演・見学）
第 4 回 雲解像モデル（講演）
第 5 回 室内実験による再現（講演）
第 6 回 局地気象モデルによる風予測（講演）
(第 3 回以降は予定)

参加は会員の有無を問わず自由ですので、興味ある方は幹事の木村吉郎先生 (kimura@civil.kyutech.ac.jp) までご連絡ください。

参考文献

- 1) 松井正宏, 田村幸雄, 奥田泰雄, 喜々津仁蜜, 台風 0422 号による伊東市宇佐美における強風被害, 2004 年の強風災害に関する調査報告書, 日本風工学会風災害研究会, 2005, pp. 81-93.
- 2) 小林文明, 鈴木菊男, 台風 0422 号による横浜市での強風災害, 2004 年の強風災害に関する調査報告書, 日本風工学会風災害研究会, 2005, pp. 95-98.
- 3) 益子渉, 山内洋, 関東南部に強風被害をもたらした台風 0422 号のコア域の微細構造, 台風被害の軽減に関する総合討論会講演集 (京都大学防災研究所), 2005.
- 4) 猪川元興, 加藤一靖, 中島忍, 1978 年 4 月 6 日, 「ひまわり」の画像にみられた「にんじん」状雲パターン, 天気, 27, 1980, pp. 219-224.
- 5) 小林文明, 友清衣利子, 前田潤滋, 石田伸幸, 河井宏充, 八木知己, 松井正宏, 田村幸雄, 小原久典, 藤田博之, 野村卓史, 2002 年 10 月 6 日から 7 日にかけて日本各地で発生した突風災害, 日本風工学会誌, 94, 2003, pp. 51-56.
- 6) 前田潤滋, 友清衣利子, 2004 年 6 月 27 日佐賀県で発生した竜巻被害, 2004 年の強風災害に関する調査報告書, 日本風工学会風災害研究会, 2005, pp. 21-30.
- 7) 佐賀地方気象台: 平成 16 年 6 月 27 日に佐賀市から鳥栖市西部にかけて発生した突風, 災害時気象資料, 2004.
- 8) 気象庁: 平成 2 (1990) 年 12 月 11 日千葉県内で発生した竜巻等調査報告, 気象庁技術報告, 1993, 200p.