被服廠跡に生じた火災旋風の研究

相 馬 清 二*

Study on the Fire-Tornado at the Former Site of the Hifukusho (the Army Clothing Depot)

Seiji SOMA

Abstract

A violent fire-tornado has broken out at the former site of the Army Clothing Depot in combustion caused by the destructions of the Great Kanto Earthquake at 3.30 p.m. September 1, 1923. By this fire-tornado, about 40 thousand people have been burned to death in a moment. An interpretation that the fire-tornado has been caused by passage of a cold front has generally dominated academic circles in this field up to date. According to the detailed reexaminations, this interpretation included many inconsistencies. We could obtain recently the various data with respect to the fire-tornado which occurred in the last several years. From these data, it became clear that the fire-tornadoes often have occurred near a combustion area.

An example which was the most similar with the fire-tornado at the former site of the Army Clothing Depot was found out in the combustion of Wakayama City by an air raid on July 9, 1945. 748 persons have been burned to death by the fire-tornado in this city.

Finally, our study leads to the conclusion that the fire-tornado at the former site of the Army Clothing Depot was caused by the widespread great fire following the Great Kanto Earthquake. There was a cold front in northwestern direction of Tokyo, but it did not play the leading role for formation of the fire-tornado.

は し が き

大正12年9月1日、関東南部を襲ったマグニチュード7.9の大地震は首都東京をはじめ横浜、川崎の大都市に潰滅的な打撃を与えた。地震規模は必ずしもわが国最大なものではなかったが、人口のもつとも稠密な市街地帯に起こり、しかも大火災を誘発したため、世界の災害史上でも例を見ない大災害となった。火災は2日間にわたって燃え続け、東京だけでも50万戸のうち30万戸が灰燼に帰したといわれている。また、死者、行方不明合わせて10万人近くに達し、目を覆うような惨状が市内の各戸にくり上げられた。中でも、旧本所区(現在の隅田区)の陸軍被服廠跡では、その区画内だけで3万8千の避難民が、一瞬の間に焼きつくさるという大惨事があつた。このことは関東大震災の中でも象徴的な惨事として、いまなお多くの人々によって語り伝えられている。

* 気象研究所物理気象研究部

Physical Meteorology Laboratory, Meteorological Research Institute

Fig. 1 (a): Distribution of fire-tornadoes right after the Great Kanto Earthquake in Tokyo City on September 1st and 2nd, 1923. This chart was made on the basis of T. TERADA's report. Circle marks show the locations of fire-tornado occurrence.

Fig. 1 (b): Distribution of fire-tornadoes right after the Great Kanto Earthquake in Yokohama City on September 1, 1923. This chart was made on the basis of S. FUJIWARA's report. Circle marks show the locations of fire-tornado occurrence.

被服廠跡にこの惨事をもたらしたものは、烈風の中に火の粉を抱えこんだ竜巻であつたという。竜巻というのは、自然界の中でも、もつとも烈しい現象の一つで、それに伴う風速は 100m/s を越すことも稀ではない。しかし、その発生頻度は年間約 10 ケ位であつて、そう頻度の高いものではない。このような現象がどうしてあの時点で被服廠跡に発生したのか、これに対して、これ迄の研究では竜巻は不連続線の通過に伴つて発生したという解釈で片づけられていた。この解釈によると、あの惨事は大火災に、気象の極端な現象が偶然に重なつたために生じたということになる。果してこの解釈のままでよいのだろうか、関東大地震の再来が社会の大きな関心事となつている現在、この問題を再検討してみる必要があつた。

I. これ迄の研究の概要

1. 既往の調査および用語の問題

この異様な現象は学界でも注目され、東京大学教授寺田寅彦(1925)、中央气象台技師藤原咲平(1924)など当時の錚々たる学者によつて、惨事後ただちに調査が進められた。これらの調査結果は震災予防調査会報告第100号戊(大正14年3月発行)および関東大震災調査報告気象編(大正13年8月中央气象台発行)その他に詳細に報告されている。

寺田寅彦教授は前述の報告書の中で、“旋風”は被服廠跡だけでなく、これ以外の地域でも発生し、9月1日から2日にかけて約100ケにも達したと述べている(第1図(a))。また、藤原咲平博士は、大地震後の火災によつて横浜にも30ケ近くの“旋風”が発生したと報告している(第1図(b))。ここで注意したいのは、両氏共に単に“旋風”という用語を用いていることである。現在での一般的な通念からすれば、他にいろいろな要因があつても、火災が主因となつて発生したものは火災旋風と呼ばれることになる。しか

2. これ迄の解釈

3. 不連続線説に対する渾疑

第二圖 (續)
九月二十六時

Figure 1 is a synoptic chart for September 1, 1923, at Taisho 12 Nen. The chart displays three rows of data over a 24-hour period (Time 6 to 22). The top row, labeled 'Cloud Amount', shows values: 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 7, 9, 6, 9, 3, 0, 0, 0, 0. The middle row, labeled 'Precipitation', shows values: 0, 13, 44, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0. The bottom row, labeled 'Weather Mark', shows symbols: a circle with a dot, a circle with a dot. The chart is titled '1. Sept. 1923 (TAISHO 12 NEN)'.

まず9月1日午後4時、埼玉県熊谷測候所の天気は晴であり、また、前橋測候所では雲量3で快晴に近い天気であつた。東京では、午後4時には、雲量6で晴であつた(第3図)。つまり、当時の天気図を風だけを念頭においてみた処では、不連続線の内容はかなりはつきりしているが、しかし、以上の天気、雲量の面から検討すると、雲量が極めて少なく、天気が良過ぎる感じがする。最近の研究によれば、大気の成層不安定が竜巻発生の基本条件であると云われている。そして成層が不安定であれば、必然的に雲は生じ易く、雨となる場合も多いのである。雲量が少ないというだけで、自然の竜巻の発生

を否定し去ることはできないが、この程度の不連続線を竜巻に結びつけることは無理であろう。

この天気、雲量、降水量等の資料は竜巻が Outer Rain Band に発生したとする説に対しては一層不利なものとなる。Outer Rain Band 内に竜巻が発生する率は確かに高い。しかし、その名が示すように、その

区域全般で雨が降っていることが多い。一例を挙げれば、昭和44年8月23日に関東中部から八丈島へかけて烈しい竜巻が殆ど同時刻に4ケも発生したことがあった。そのさいは、この地帯に細長く、しかも顕著な Outer Rain Band が形成されていた(第4図)。大正12年9月1日午後4時頃には不連続線はあったが、その近傍には雨らしい雨はなかった。

II. 被服廠跡の竜巻の実態

天気図あるいは気象条件に竜巻発生の原因を帰し得ないといすれば、他にそれを求めなければならない。しかし、それを追求する前に被服廠跡に生じた竜巻とは、一体どのようなものであったか、その実態を詳しく調べる必要がある。

1. 竜巻の強度(風速)

被服廠跡を襲った風がきわめて強烈なものであったことは、生き残った被災者の陳述からある程度推測できる。しかしそれだけでは風の量的な資料としては不充分である。幸いに、風による被害を示す写真が報告書の中に掲載されていたので、それから竜巻の風速を推算してみた。写真1の左は震災報告書の中に掲げられていたもので、直径30cm以上の樹木が引き裂かれるように切断されている。これとよく似た樹木の切断写真(写真1の(b)一筆者撮影)が昭和46年7月、埼玉県大宮市郊外の竜巻の被害地域において得られた。気象研究所の渡辺和夫(1971)が調査した処では、この竜巻の強度はF₃階

Fig. 4 An example of meteorological tornadoes which occurred in passage of an outer rain band.

級のものであったという。因に、F₃階級の風速範囲は70.4~92.5m/sである。両写真の比較から、被服廠跡を襲った竜巻は大宮市郊外のものとほぼ同じ強度のものと考えて差し支えない。すなわち、被服廠跡では、竜巻によつて80m/s前後の烈風の吹いたことはほぼ間違いない。

2. 竜巻の形状

一般的な表現であるが、自然の竜巻は母雲からロート状に垂れ下がり、場合によってはその尖端が地面に接するという形状を呈する。被服廠跡の竜巻は一体どのような形状をしていたのであろうか、古い報告書によつてそれを調べてみた。

被服廠で38,000人が焼死したが、猛烈な風と火焰に苛まれながら、辛うじて助かった人は少くとも2,000人位はいた。この人達には目のあたりに竜巻と対峙していた一瞬があった筈である。また、大地震直後の混乱状態にあったとは云え、隅田川の対岸からこの現象を見ていた人も少なからずいたに違いない。わずか150mの川幅にすぎないので、竜巻の形状の観察はある程度可能であったように考えられる。

古い報告書の中から、竜巻の形状に関する陳述例を一、二抜粋してみよう。まず、被服廠跡の惨事に遭遇しながら、辛うじて難を免がれた近藤二郎氏の陳述によると『午後3時半頃と覚ゆる時、空一杯に高

Plate 1 (a): A tree torn off by the fire tornado. This was taken at the former site of the Army Clothing Depot right after the Great Kanto Earthquake.

Plate 1 (b): A tree torn off by the meteorological tornado. This was taken at the suburbs of Omiya City, near Tokyo on 7th July, 1971.

く煙の昇りくるを見たり、ようやくにして、天暗くなるに及んで、われも人も煙に巻かれおるにあらずやと不安を感じ、大丈夫かと語り合う間もなく、南方よりバリバリと大音響を立つると共に、強風来襲、火は点々と荷物につく……。』また、被服廠跡の南方約700mに位置する回向院広場から竜巻の状況を観察した川鍋健二氏の談話によると、『3時半頃北方にあたり、バリバリと何物かを打ちこわす大音響聞こゆ、その音次第に強く、これは津波と言ひ、火葉に火がつきたりと言ひ、何れも定かならず。その辺り墨を流せるごとき小山の高さにてうず巻き、その物凄さ言語に絶す……。』となつてゐる。

これらの陳述は、それぞれ被服廠跡の竜巻を部分的に表現しているに過ぎない。しかしながら、『空一杯に高く煙の昇りくるを見たり』あるいは『黒き小山の高さにてうず巻き』などの表現をつなぎ合わせて見ると、後述の火災旋風の実例によく似た形状ができあがる。また川鍋氏の陳述は、自然の竜巻が地面に接した場合の状況と極めてよく似ている。

3. 惨事の経過

東京大学中村清二教授による火災動態図を用いて、竜巻が発生した9月1日3時半～4時頃の火災延焼状況を見ると、その時点では、まだ東京全市が燃えていた訳ではなかつた。しかし、旧本所区においては、隅田川に沿つた被服廠跡の空地を残して、南北に約3,000m、東西に約1,600mの広大な地域が延焼していた。見方を変えれば、約70,000m²の被服廠跡の空地は、その何倍も広い火災地帯に囲まれていたのである。その空地に約40,000の避難民がひしめき合っていた。しかも、人々はその中で、安心して切つて食事したり、その夜をしのぐ準備をしていた。あるいは隅田川の満々たる水に何らかの信頼感を寄せてい

たのかも知れない。誰一人として、竜巻の来襲を予想したものはいなかった。

一大ごう音と共に竜巻が来襲し、群集の頭上と、持ち込んだ家財道具に火の粉をばらまいた。火は強風に煽られ、被服廠跡はたちまち火の海になった。竜巻が荒れ狂ったのは、わずか20分間と云われ、文字通り瞬時の間に38,000人の命運はつきたのである。隅田川の川面は烈しく波立っていて、障害にこそなれ惨事の軽減にはあまり役立たなかった。

被服廠跡の惨状の模様をいちいち羅列する訳にはいかないが、古い報告書の中に、火災旋風による被害の特徴を示す現象が目についたので、それを一つだけことにとりあげよう。

近藤二郎二氏の談によると、『火焰は地を低く這い廻った。人々は焰を飲んで倒れた……』また、『火傷もせず、無きずのまま助かったが、二、三日後に胸が痛いと言つて死んだ……』とある。似たような陳述はほかにも二、三みられる。中田金市博士編“火災”(1969)によれば、高温の煙による肺呼吸性の熱傷は、その死亡率がきわめて高いという(第1表)。このような熱傷では、第一段階として肺泡毛細管の破綻による呼吸不全、続いて肺水腫が主病変となつて、この時期を克服しても細菌性肺炎を引き起こして、そのほとんどが死亡するに至る。

第1表 気道熱傷による死亡率

露出時間 (分)	呼気温度	死 亡 率 (%)		
		70°C	80°C	90°C
5		0	0	0
6		0	0	0
7		0	0	0
8		0	0	40
9		0	0	100
10		0	20	100
11		0	80	100
12		0	100	100
13		20	100	100
14		40	100	100
15		100	100	100

中田金市博士編“火災”より

被服廠跡の場合では、開放された野外での火災であり、しかも、烈風によつて焰は地面を舐め廻した。したがって焰を吸うことが比較的多かつたのではないかと考えられる。近時、ビル火災などの場合に、煙による窒息死の多いことが報じられているが、火災旋風による死亡経過はこれと若干異つた様相を呈する。

4. 竜巻の移動方向

竜巻がどのような移動方向を辿つたか。一見単純と思われる事柄であるが、これは被服廠跡の竜巻が気象条件のみによつて発生したのか、あるいは他の原因によるものかを定める重要なカギとなる。最近の研究によると、第2表に示されるように、不連続線の通過または台風の Outer Rain Band 内に生ずる竜巻は、大体において南象限から北象限に向かつて移動する。また、竜巻は一般流に流されて移動するため、地上の一般流とほぼ同じ方向を辿る。若干のずれがあるとしても、60度以上も方向がくい違うことはまずない。

さて、被服廠跡の竜巻の移動方向がどうであつたか、震災報告書を調べてみると、これに触れている陳述は案外多い。しかしながら、一般の人の陳述には、自分に吹き当る、いわば地上風向と竜巻系全体の移動方向とを混同していることが多い。藤原咲平博士はこのような混同を考慮して、陳述の取捨選択を行な

第2表 自然の竜巻の移動方向

竜巻の移動方向 と一般風 発生地区	竜 巻 の 移 動		その 付 近 の 地 上 風	
	方 向	速 度 (m/s)	風 向	風 速 (m/s)
猿 島 地 区 (1969. 8. 23)	S→N	24	SE	6~7
豊 橋 地 区 (1969. 12. 7)	SSW→NNE	10	SSE	8
大 宮 地 区 (1971. 1. 17)	SSW→NNE	8	SE	3~4
千 葉 地 区 (1971. 8. 31)	SSW→NNE	7	ESE	7
沖 縄 地 区 (1972. 9. 2)	S→N	—	WSW	7
平 均 (1955~1964)	SW→NE	—	—	—

い、かつ総合判断して竜巻系全体の移動方向をつぎのように推定した。

『以上の状況より判断すると、被服廠跡の惨劇の原因たる竜巻は、北番場町の南端にて急に激烈となり、そこより厩橋と被服廠跡の間、すなわち外手町、石原町、横網町をば瞬時に猛火に包み、被服廠跡に殺到したるものにして、恐らく番場町南端にて起りたる竜巻は厩橋をかすめ、川に沿うて横網町の安田邸付近に至り、東に巻き返し石原町にて数個合して、さらに北東より被服廠跡に戻り来たりしものならんか』この推定に基づいて竜巻の移動方向を図上で辿つてみると、ほぼ北東から南西に向かって移動したことになる。前述したように、自然の竜巻でこのような方向を辿つたものは、わが国では今までに観測されたことがない。さらに問題な点は、被服廠跡の竜巻は当時の地上風向と反対な方向を辿っていることである。震災当時、中央气象台および品川信号所の何れの観測でも、南寄りの風が吹いていた。このことは、被服廠跡の竜巻が自然の気象条件によつて発生したものとは著しく違つたものであることを示唆している。

III. 火災に伴う竜巻の実例

諸外国の災害史を調べてみても、数万の人を焼死せしめたという大規模な火災旋風の例は見当らない。しかし、火災原因を地震だけに限らないで、しかも小規模なものを含めて数えあげて見ると第二次大戦以後だけでもかなりの数に達する。

(i) 1961年6月、フランスの雲物理学者 J. DESSENS (1962) がピレネー山麓の高原地帯で、熱気流によつて積雲を作る実験を行なつた。かなり大がかりな実験で $125 \times 125 (m^2)$ の広い範囲に48本の石油パーナを据え、これをいつせいに燃やして熱気流を作つた。燃焼面積が広いため、焰と黒煙が壮大に拡がつた。その際、まったく予期しないことに、燃焼域の風下に竜巻が発生した(写真2の(a))。写真に示された処によると、燃焼域から 525m 離れた風下に、直径 10m、高さ 200m にも達する竜巻が形成された。注意して観察したところ、竜巻はその後もしばしば発生したという。

(ii) また、1967年の秋、米国のアイダホ州に総面積50,000エーカーに及ぶ大規模な山火事が発生した。その山火事を拡大したのは、竜巻がつぎからつぎへと発生し、それが火の粉を風下へ運んで点火したためと報告されている(第5図)。

(iii) わが国でも火災の周辺で竜巻が発生した記録がある。昭和40年5月北海道室蘭港において、ノルウェーの大型タンカー (56,000t) が接岸に失敗して船腹に大穴をあけた。そこから流出した原油に火がついて大火災になつたことがある。その際にも、風下に顕著な竜巻が発生した(写真3)。

(iv) 昭和21年12月21日、南海沖大地震 (マグニチュード8.1) のさいに、和歌山県新宮市に火災が発生

Plate 2 (a): Artificial fire-tornado made accidentally in the lee of a large scale fire plume at the outdoor (by J. DESSENS, 1961).

Plate 2 (b): Vortex column like a fire-tornado in laboratory (by S. SOMA, 1973).

Fig. 5 Sketch of Sundance Fire flow model.

Plate 3 Fire-tornado which occurred in the lee of a burning tanker (56,000 t) near Muroran Port in Hokkaido, 1965. (Provided by Hokkaido Newspaper)

し、市街地の25%、2,612戸が焼失する大火となった。火災は朝出火し、夕方まで続いたが、その日の午後に竜巻が発生したという報告がある(奥田穰, 1973)。竜巻はそれ程強いものではなかったが、それでも量(重さ約 22 kg)を舞いあげる強い風速を伴っていた。

IV. 和歌山市の火災による竜巻

前述に較べてはるかに大規模な竜巻が第二次大戦の空襲による大火災の際に発生している。昭和20年7月9日の真夜中、米爆撃機B29による空襲は和歌山市を猛火に包み、その68%を焼失させた。その際、市の中心部にあたる旧県庁跡の空地に激しい竜巻が起こり、748名を焼死させた。焼死者の数は被服廠跡の惨事には遠く及ばないが、この数は当夜の空襲による全死者の6割強の高率にいたっており、竜巻による惨事の恐ろしさを示している。

和歌山市戦災史(1956)から、当時の惨状の一部を収録してみよう。『焼夷弾により大火災が起つてから30~40分経った頃、物凄い火災旋風が市内各所に起つた。この中で最も凄烈な竜巻は旧県庁跡の南方約200mの電車通りに巻きおこり、北に向け進んだ。火焰はフィゴで吹かれた火のように白熱して横になびいた。お濠端の松並木は全部折れ飛んだ。どこかの自動車は土堤をのり越えて濠の中へ飛び込み、また灼熱したトタン板や、太さ一抱えもあるような木材が20~30mも高く舞い上がった……』。

これとは別に旧県庁跡から約1,500m 西南西の方向にあたる湊鼠島でも、同夜火災旋風が発生している。『この島の海軍木材集積場には、約10万本という大量の木材が積み重ねられていたが、それに火がついて大部分が焼失した。旋風に吹きあげられて、無数の焼けた材木が赤い小さい箸棒のように冲天高く舞い上がった。これが乱れとんで、築地橋辺りに避難した人々を驚かせた……』。和歌山測候所の観測によれば、当夜10時には東北東2.5m/s の弱い風であった。

竜巻発生時刻にもつとも近い7月9日18時の天気図を参照した処、和歌山市周辺一帯は天気快晴で、不連続線その他、自然の竜巻が発生するような気象条件は何も見い出されなかった(第6図)。戦災史には、竜巻がもたらした風速は30m/s 位と書かれているが、松並木の折損、木材の飛散状況から推定すると、実際にはこれよりはるかに強い風ではなかったかと考えられる。

また、同資料の中に、自動車が吹き飛ばされたという記述があるが、最近における強風と自動車被害の研究を参照すると、30m/s の風速では、自動車が土堤をのり越ええることはできないようである。

V. 震災時の雲

中央気象台の古い観測原簿によると、9月1日16時には積乱雲が観測されていた。被服廠跡上空にも、この種の雲がかかっていたことはほぼ間違いない。震災報告書の中の『小雨がパラついてきたので、雨戸やむしろで雨覆いの準備とした』という記事はこれを裏付けるものであろう。気象台の原簿には、単に積乱雲とだけしか書かれていないが、この時の雲は極めて異様な形をした積乱雲であったようである。この雲は多くの人の注目を引き、震災報告書の中にもこれに関する記事は多い。その中から、寺田寅彦教授による雲の描写をここに引用しよう。

『9月1日午後3時半頃、著者は駒込曙町の自宅の縁側に立つて、東南の空に発達する顕著な積雲を眺めていた。雲の表面は一見して普通の積雲と違った特徴を示していた。すなわち、表面の粒状突起が細く、きわめて鮮明であつて、その肌合いは丁度先年桜島噴火のときの噴煙の写真を思い出させた。それが青く澄んだ晴れた空に盛り上がっている状況は、未だかつて見たこともない光景であつた……。ちなみに、被服廠跡は駒込曙町の位置からすれば、丁度東南の方向に当たっている。したがって、この異様な積雲が被服廠跡上空にあつたものと考えることができる。

震災資料の中に、原田三夫氏が撮った積乱雲の写真が挿入されている(写真4)。この雲が被服廠跡の上空にかかっていたものかどうかは明らかでない。しかし、その異様な形状は寺田寅彦教授の描写そのままのような感じがする。筆者の気象観測の経験から推しても、この雲の容貌は確かに異常である。単に異常というだけでなく、巨大なエネルギーが爆発したような迫力を感じさせる雲である。この雲の形成に、湿

Fig. 6 Weather chart at 6 p.m. on the day when Wakayama City was burned by an air-raid. There was no front around the Wakayama district, and the weather was fine over a wide area around this district. The fire-tornado occurred under this weather condition.

Plate 4 Gigantic cumulonimbus in the sky over Tokyo right after the Great Kanto Earthquake (taken by M. HARADA). The former site of the Army Clothing Depot seems to have been covered by such a cumulonimbus at that time of fire-tornado occurrence.

潤な小笠原気団と不連続線付近の成層不安定が若干寄与していたかも知れない。しかし、その主要原因は、広域大火災によって生じた大気の成層不安定エネルギーにあるとした方が、むしろ自然であろう。

VI. 実験的研究

火災域の周辺に竜巻の発生する事例はかなり多く見い出されたが、どうして竜巻が形成されるのか、その具体的なメカニズムはまだ明らかではない。竜巻発生当時の気象その他の資料によつて、このメカニズムを研究することは、竜巻発生環境の特殊性からいつて實際上不可能に近い。このため、著者は次善の策と考えられる実験的手法によつて、この研究を行なうことにした。実験はまだ充分でなく、定性的な結果を得たに過ぎない。中間報告的な段階であるが、ここにそれを述べよう。

1. 実験装置

まず、実験装置を簡単に説明しよう。この主要部分は、地表になぞらえた直径 2m の円型の金属基盤と、水平ならびに鉛直何れの方角にも任意の風速分布を与え得る風洞から成つている（写真5）。金属基盤の下部には深さ 25cm 直径 2m の水槽が取り付けられており、槽内の水は加熱されるようになってい

Plate 5 Apparatus for the experimental study of a fire-tornado. Vortex column like fire-tornado are made on the round copper table.

つまり、水の温度を調整することによつて、金属基盤上における気層の不安定度がいろいろ変えられるようになってい

2. 円型燃焼域の実験

最初に、金属基盤上に市街地燃焼域をもつとも単純化した円型燃焼板を置いて実験を行なつた。燃焼板は厚さ 10mm、直径 600mm のガラスウールから成つたものであり、それに燃料としてエチルアルコールをしみ込ませてある。これに点火した後、側面の風洞から風を送り、燃焼域周辺の気流がどのように変化するかを観察した。

まず、風洞ファンをとめて、風を全く与えない実験では、燃焼域周辺の気流は、燃焼域に向かつて収斂するだけで、特に変わった気流現象は見られない。つぎに、風洞ファンの回転数を最大にし

て、強い風(約5 m/s)を送ると、火焰は横になびく。しかし、周辺の気流には取りたてて述べる程の変化は見られなかった。最後に、風速を徐々に下げて、適度な風速(ここでは約1 m/s)を与えると、燃烧域の風下に竜巻状の渦柱の立ち上がるのが観察された(写真2(b))。この渦柱は直径数cm、高さ1m位で、一般流に流されてゆつくり燃烧域から遠ざかつていった。風速条件を適当に保てば、この渦柱はつぎからつぎへと形成された。

この現象は形成条件から云つて、フランスのDESSENSが野外の火災実験で見出した竜巻と本質的に同じものと考えられる。渦柱が全体として焰の方向に傾く傾向があるが、この点もDESSENSの野外実験での竜巻とよく似ている。

3. 逆L字型燃烧域

被服廠跡周辺における市街地延焼形状を極端に単純化すると、英語の大文字Lを肉厚にして、左右反転した形と見做すことができる。この延焼形状が竜巻発生の一つの条件ではないだろうかとの想定から、これに似た形状の燃烧板について前述と同様の実験を行なつてみた。形状が非対称なので、風速条件とは別に、風向きもいろいろと変えて実験を行なつた。結果的には、被服廠跡に竜巻が発生した場合と似たような風向条件にすると、丁度、被服廠跡の空地に対応する位置に、顕著な竜巻状の渦柱が見られた(写真6(a)(b))、(第7図)。この渦柱は円型燃烧板上で形成されたものとは異なつて、一般風に流されることはなく、大体において空地に相当する位置で回転していた。風洞からの送風条件にもよるが、一般風に逆らつて進むこともあつた。燃烧域の面積が倍加されたためと思われるが、円型燃烧板の場合よりも、この方が渦柱の規模が大きく、かつ強烈なものであつた。詳細に観察すると、烈しく回転している渦柱は、右側の長方形燃烧板上の焰を吸い込んで、焰を横になびかせることがあり、また、渦柱がこの燃烧板へ入り込んで火焰の竜巻とでも称すべき火柱を形成することがあつた。

VII. 地震火災の特徴と竜巻

これらの実験結果は、被服廠跡に生じた竜巻が広域大火災によるという解釈に、一つの裏付けを

Plate 6 (a): Vortex column like a fire-tornado obtained by the burning area model of reversed "L" type. Vortex column can be seen on upper left. This picture was taken from above.

Plate 6 (b): Side view of whirl flames which generated by the movement of vortex column into the burning area.

Fig. 7 Relative position between the site of vortex column and the burning area in the case when the most remarkable vortex column generated.

与えるものである。しかしながら、これと断定するには、まだ検討すべき問題がいくつか残されている。その中で、もつとも問題だと思われるものは、これまでに、大火と称せられるものが何回かあったにも拘らず、そのさい必ずしも竜巻が起っていないことである。被服廠跡の竜巻が広域大火災によるとするならば、この疑問に一応答えておかなければならない。しかし、この問題はむずかしく、これに具体的に答えるためには、長い研究日時を要するであろう。ただ一つ考えられることは、大火にもいろいろの種類があつて、竜巻の伴ない易いものと、そうでないものがあるということである。

過去の大火の資料を当つて見ると、大多数は強風がその主因となつてゐる。昭和9年3月21日函館市の大半を焼失させた大火の際は、最大 22.0 m/s の烈風が吹いてゐた。また、昭和15年1月15日静岡市の大火では 9.2m/s の風速であり、決して弱いものではなかつた。古い資料であるが、江戸の三大大火と称せられる大火は、何れも強風が主要原因となつてゐた。これらに共通していることは、出火点が一つであつたことである。一点から出火した火災が強風に煽られて、広域大火災に発展していった。このさいの焼失区域を見ると、線状に伸びているのが特徴である(第8図)。

しかし、震災時の火災はこれらと全く異なつた延焼形状を示す。すなわち、出火点が数多くあつて、広い面積にわたつてそれらが同時に燃えあがり、広域大火災となつてゐる。和歌山市の空襲火災も、これと同じ延焼形状であつた。大別すると大火災には、強風のため、線状に延焼地帯が伸びて大火になる場合と、同時多発火災によつて広く大火に発展する場合の二種類あることになる。広い地域が焼失する点で結果的には同じであるが、大火に発展するプロセスが異なる。そして竜巻が発生するのは後者の場合に多いと考えられる。

なお、広域の同時多発火災でも、竜巻現象が見られなかつた注目すべき例が一つある。昭和20年3月10日夜、現在の隅田区一帯が空襲によつて、関東大震災を上回るほどの大火災になつた。そのさいに竜巻が発生したという記録も見当たらないし、風聞も聞かない。充分調べた訳ではないので、断定的なことは述べられないが、竜巻が発生しなかつたのは、当夜、平均風速 12.5m/s の強風が吹きつづつてゐたためと考えられる。少なくとも、円型燃焼板による火災実験からの推測ではそうなる。因に、被服廠跡で竜巻が発生した時の風速は、品川予警報信号所の観測では、南々東 4~5 m/s であつた。和歌山市の空襲火災で竜巻が発生した時も、風速は 2~3m/s 程度の風であつた。円型燃焼板の実験の項で、適度な風速の場合に竜巻が発生するという表現を用いたが、自然風の場合に、これに相当する風速は2つのような値であろう。

VIII. むすび

以上述べた処から、被服廠跡を襲つた竜巻は大地震に伴つて発生し広域大火災が主因となつて生じたも

のと考えられる。不連続線の存在は竜巻発生補助的な役割を演じたかも知れないが、主因と呼ばれるほどのものではなかった。この意味からすれば、被服廠跡を襲った強風現象は、やはり、火災旋風と称せられるべきものであろう。火災旋風の発生に同時多発の広域大火災という条件が決定的に重要であることは、和歌山市の事例が明白に証明している。これに次いで火災旋風の要因になるものは風速が適度であること、大気成層が不安定であること等である。また、火災の延焼形状も火災旋風発生の大きな要因である。とりわけ、周辺が広範囲に火災域で取り囲まれた処では、火災旋風発生の可能性は大きい。

火災旋風の重要な特徴は火災域周辺に強風と火の粉をもたらすことである。これによって、火災の延焼域は急速に拡大され、場合によっては、その場を一瞬の間に火の海と化すことがある。

資料を当たて見ると、大規模な火災旋風の起こった例は外国にも二、三みられる。しかしながら、火災旋風が発生して、一瞬の間に数百人あるいは数万人が焼死したという例はわが国だけにしか見られない。その理由はいろいろ考えられるが、要は、避難民の密集した広場に火災旋風が発生したためである。

本研究には、林 陽生氏の協力を得た。付記して謝意を表す。

文 献

- 中央气象台編(1924): 関東大震災調査報告(気象編). pp. 1-61.
 DESSENS, J. (1962): Man-made tornadoes, *Nature*, Jan. 6, Vol. 193, pp. 13-14.
 藤原咲平(1925): 横浜の旋風. 震災予防調査会報告, 第100号戊, pp. 275-280.
 LEE, S. L. (1972): Fire research. *Applied Mechanics Review*, May, Vol. 25, No. 5, pp. 503-509.
 中田金市編(1969): 火災. 共立出版社, p. 626.
 奥田 穰(1973): Private communication による.
 寺田寅彦(1925): 大正12年9月1日, 2日の旋風について. 震災予防調査会報告, 第100号戊, pp. 185-227.
 和歌山市役所(1956): 和歌山市戦災史. pp. 30-40.

(1975年4月9日受理)

Fig. 8 An example of the greatest fire in the Tokugawa period, the fire broke out at one point and spread in a long and narrow pattern toward the lee because of being fanned by high wind.