

台風19号による大規模停電の都市機能への被害波及に関する調査研究

東京大学生産技術研究所 立川 貴重
 東京大学生産技術研究所 目黒 公郎
 東京大学生産技術研究所 永田 茂
 東京大学生産技術研究所 片山 恒雄

近年、都市機能や日常生活は「電力」に大きく依存しているため、電力供給機能が失われた場合には、各方面で大きな影響を受ける。特に地震をはじめとする自然災害が都市を襲った場合、程度の差こそあれ、高い確率で停電が起こることが予想され、電力の途絶が都市生活へ及ぼす影響を検討しておくことが急務となっている。

ところで、1991年9月27日から28日にかけて、日本を縦断した台風19号は、広い暴風圏を持った典型的な「風台風」として、日本列島の西南部と北東部を中心に大きな被害を及ぼした。青森県のりんご被害、九州の森林被害などが台風通過後に大きな問題となったが、特に西南日本では、過去の災害でも例を見ない大規模な停電が発生した。停電の影響は710万戸に及び、これは全国の需要家の13%に当たる。一部の地域ではライフライン施設そのものにも被害が発生したが、都市機能に大きな影響を与えた主因は、電力供給の停止から波及したライフラインの機能的被害である。一般に自然災害に伴うライフラインの被害は、物的被害と機能的被害のカップリングの形で発生するが、台風19号の場合は、停電が他のライフラインに与える機能的被害波及を明確に示すものである。このような事例は非常に希であり、この機に被害の状況と関係機関の対応を調査しておくことは、今後の都市防災に多くの知見を与えるものと思われる。そこで我々は、広範囲かつ長時間の停電が発生し、他のライフラインへの被害波及が顕著であった広島市周辺を対象として、現地調査を行った。

調査対象は、主として電力、上水道、下水道、電気通信、都市ガス、交通、マスメディアなど、いわゆる都市のライフラインとした。広い意味での都市機能の被害に関する情報収集に努め、台風による強風、高潮、飛来物などによる施設の直接被害よりも、電気の供給がストップしたことによる影響に重点を置いて調査を実施し、関連資料を集めた。本論文は、調査結果をなるべく網羅的にまとめたものであり、広域かつ長期の停電が都市施設に与えた影響の「全体像」を示すことを目的としたものである。

台風19号による大規模停電の都市機能への被害波及に関する調査研究 ——広島地域における大規模停電の影響——

Reconnaissance Report of Chain-reaction of Function Damage due to Typhoon
Disaster in HIROSHIMA Area

目黒 公郎*・永田 茂**・立川 貴重**・片山 恒雄*
Kimiro MEGURO, Shigeru NAGATA, Takashige TATEKAWA and Tsuneo KATAYAMA

1. はじめに

1991年9月27日から28日にかけて日本列島を縦断した台風19号は、日本全土において史上最大規模の停電被害をもたらした。一部の地域ではライフライン施設自体にも被害が生じたが、主な被害は電力供給の停止から波及した機能的被害が、都市機能に大きな影響を与えたものである。

今回のように大規模かつ明確なライフライン間の機能的被害波及の事例は非常に少ないため、この機に被害の状況と関係機関の対応を調査しておくことは、今後の都市における地震防災の研究に対しても多くの知見を与えるものと考えられる。そこで、広範囲かつ長時間の停電が発生し、ほかのライフラインへの被害波及が顕著であった広島市周辺を対象として現地調査を行った。以下は、その調査結果の概要について報告するものである。なお、長崎地域における停電の影響については別に報告を用意している¹⁾。

2. 台風19号の概要

大型で非常に強い台風19号は、9月27日夕方から28日未明にかけ九州北部に上陸した後、山口県西部を通り中国地方の全域を暴風域に巻き込んで山陰沿岸を北東へ進んだ。広島市では、中国地方の過去最大瞬間風速49.0m/sを超える58.9m/sを27日19時13分に記録したのをはじめ、山口市、松江市などで観測史上最高の最大瞬間風速を記録した。この強風によって塩分をたっぷり含んだしぶきが吹き上げられ、沿岸部から40～50kmも離れた山間部にまで達したため、長時間停電の原因となる塩害が発生した。この強い風は台風が通り過ぎる27日22時頃まで続いた。

一方雨は、広島県山県郡加計町で降り始めから27日22時までの雨量で86mmを記録したが、全般的な傾向としては少なく、瞬間最大風速58.9m/sを観測した広島市でも8mmであった。雨量が比較的少なかったのは、台風の

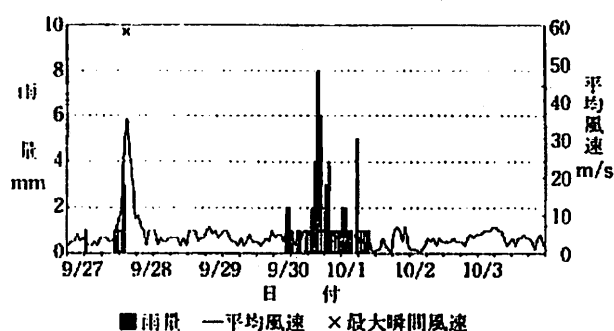


図1 広島気象台における最大風速と雨量の時間変化

移動速度が速かったことが主な原因と考えられる。広島市南区の宇品地区では、高潮と台風接近のために27日20時30分頃から海水が護岸を越え、民家が次々と床下浸水した。図1には、広島気象台で観測された最大風速と雨量の時間変化を示した。

3. 広島市周辺のライフライン被害の概要と復旧の経過

3.1 電力システム

(1) 広島市の電力供給

広島、鳥取、岡山、島根、山口の中国5県の電力供給は、中国電力網によって行われている。広島市内への電力供給は広島営業所が管轄しており、'91年9月時点での管内の需要家総数は39万670戸、月間電力供給量はおおよそ4億1200万kwhである。

(2) 設備被害の概要

台風19号の通過時に発生した強風や飛来物の衝突、さらには塩害発生によって中国電力管内の送電設備・発電設備・配電設備に大きな被害が発生した。送電設備は、27日の台風接近にともなう強風のために鉄塔9基(220kV 2基, 110kV 6基, 66kV 1基)が倒壊したほか、送電線15回線(110kV 11回線, 66kV 3回線, 22kV 1回線)が断線した。発電・変電設備に関しては、変圧器の短絡事故が3件(220kV 1台, 110kV 2台)、母線事故が10件(110kV 8箇所, 66kV 2箇所)発生した。変圧器の事故の多くは、30日明け方から始まった塩害による短絡であり、母

*東京大学生産技術研究所 付属国際災害軽減工学研究センター

**東京大学生産技術研究所 第5部

線の切断などは台風通過時の強風によるものである。配電設備の被害としては、強風、飛来物の衝突などによる電柱の倒壊・折損、配電線の断線、柱上開閉器の損傷、塩害による柱上変圧器の損傷などが報告されており、広島県下では電柱倒壊1,170本、配電線切断1,120箇所、柱上開閉器損傷42基、柱上変圧器損傷335基などの被害が発生した。

広島市内を中心とする広島営業所管内でも、強風・飛来物により送配電設備を中心とした被害が発生したほか、ほぼ全域で塩害による被害が発生した。広島営業所の管内では、強風による電柱の折損・倒壊51本、高圧線の断線150箇所、変圧器不良90台、塩害による変圧器・機器不良213台、がいしとカットアウトの不良1,475個、変圧器ヒューズ切れ2,335箇所などの設備被害が発生した。さらに、市内では配電線や柱上トランスが破損して火を吹く事故が9月27日～10月1日の間に131件発生しており、消防署員が出動して消火に当たった。

(3) 大規模停電

今回の広範囲かつ長時間の停電は、2つの異なる原因による停電が連鎖的に発生したことによる。1つは、今回の台風が、観測史上最高の強風をとまっていたために、27日19時頃から深夜にかけて、史上最大規模の停電被害を発生させたことである。2つめは、30日早朝から起こった塩害を原因とする停電であり、塩害の発生地域が海岸から40～50kmも離れた内陸部にまで及ぶ広範囲なものであったことや、塩害の発生地域が徐々に広がったために、復旧に長時間を必要とする結果となった。

9月27日午後から深夜におよぶ強風のために、28日2時には中国電力管内の総需要家の40%にあたる約155万戸が停電した。この停電は、その後の復旧作業によって30日0時には約13万戸まで減少したが、30日未明からの降雨によって発生した塩害のために、同日6時には約66万戸が再び停電した。結局、最後まで停電が続いた山口県防府地区への電力供給が再開されたのは、10月4日16時であった。中国電力管内と広島県内の停電戸数の時間的変化を図2に示す。

広島市内とその周辺地域の停電戸数の時間変化は、図

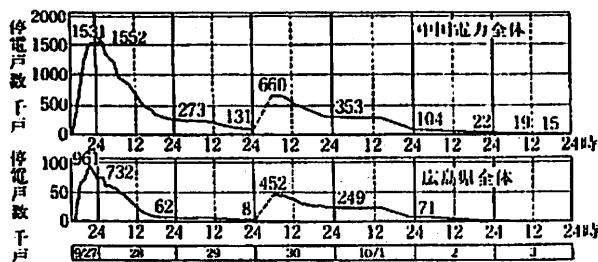


図2 中国電力管内および広島県内の停電戸数の時間変化 (中国電力提供の資料より)

3のようになる。27日21時には総需要家数の99%にあたる約39万戸、塩害の発生した30日6時には総需要家数の62%に相当する約24万戸が停電しており、この影響は10月2日20時まで続いた。

(4) 復旧と対応

中国電力の復旧の考え方は重要負荷優先送電であり、広島営業所管内での復旧作業の長期化が予測されたため、高圧発電機車2台と低圧発電機車4台を病院、上水道、老人ホームなどに配置した。以下では、広島営業所が行った対応を時系列的に整理する。

9月27日21時に停電していた39万戸のうち33万戸は、変電所などの電源供給側の事故が原因であったが、中国電力職員を中心とした復旧作業により、22時には1変電所分の停電(約1万戸)を除いて電源供給側の事故は解消した。しかし、27万戸では配電系統の事故のために停電状態が続いた。28日には、広島営業所職員など合計220名が、電柱の折損・倒壊、高圧線の断線を補修して高圧幹線の復旧作業を行った。この作業により、同日24時には7,000戸を残して幹線の復旧がほぼ完了した。これにより電柱の折損・倒壊51箇所のうち80%程度の仮復旧と、高圧線の断線100箇所の復旧が完了した。29日には、他電力会社の応援を含めた275名によって、前日に残った電柱や低圧送電施設の補修を行った。この結果、同日23時には島しょ部の1,250戸を残して通電した。30日は早朝から発生した塩害のために、24万戸が再び停電した。このため、316名の人員を動員し、14台の消防車によるスパーサー・立体交差がいし・ケーブルヘッドの水洗作業と被害箇所の補修を行ったが、被害箇所が非常に多かったために21万戸が停電のまま残った。10月1日は、広島営業所管内を7地域に分割した復旧体制を組織し、総計495名が復旧に当たった。人海戦術により被害箇所の早期発見と幹線を優先した応急処置を行い、順次送電を行ったが、約6万戸は依然停電したまま残った。2日には、これまでで最大の931名の復旧人員により、損傷機器の取り替え、低圧配電機器の補修を行った。この結果同日19時50分には管内全域に対する電力供給が再開された。図3に

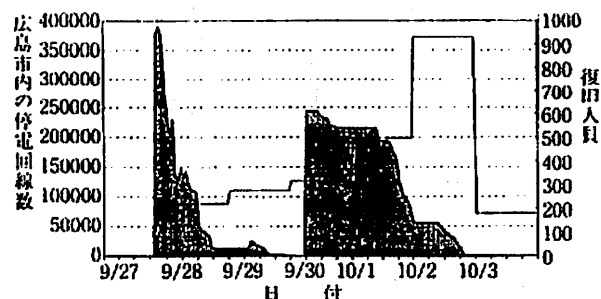


図3 広島市内の停電回線数 一復旧人員

図3 広島営業所管内の停電戸数と復旧人員の時間変化 (中国電力提供の資料より)

は、9月27日から10月3日までに復旧作業に動員された人数を日付ごとに示した。

一方、広島営業所が一般需要家や報道機関に対して行った対応は以下のものである。まず、一般需要家に対しては、広報車両(延べ209台)・防災無線・航空機などを利用して停電状況の広報を行った。また、営業所の代表電話を増設したほか、本店の電話交換業務を24時間受付体制にして、需要家からの問い合わせに対応した。なお、広島営業所への問い合わせ件数は、9月27日から10月3日にかけて3,054件にのぼり、中国電力への電話回線は一時的にふくそう状態にあった。このほかにも、9月28日、29日、10月1日にかけて中国全域の朝刊・夕刊に停電のおわびとお知らせを掲載したり、広島・山口のテレビ・ラジオを通して約1,000回の放送を行って停電の周知を計った。以上の広報活動に動員された要員は、延べ418人であった。

3.2 上水道システム

(1) 施設概要

広島市の上水道は明治31年8月に竣工し、わが国で5番目に創設された近代式水道である。現在、広島市水道局は広島市と安芸府中町・坂町への供給を行っており、その規模は、供給人口約106万人(普及率94%)、供給能力約65万 m^3 /日となっている。広島市の上水道は、太田川の表流水および日本海へ流れ下る江の川水系を水源としている。これらの水源から取水された水は、市内5箇所の浄水場で処理された後、市内に給水される。

市内への給水は、浄水場から自然流下によって配水されている地域とポンプを用いた揚水給水地域に分かれている。

(2) 上水道施設に対する停電の影響

9月27日の夕方から発生した停電のために、上水道施設もまた大きな影響を受けた。市内の牛田、緑井、高陽、府中の4浄水場では、27日の18時45分から19時41分にかけて停電が発生したため、非常用発電装置に切り替えて送水ポンプを運転した。4浄水場のうち牛田浄水場では約3時間半後に復電したが、府中浄水場では復旧までに約14時間を必要とした。一方、一部のポンプ所は、中国電力から2系統受電を行ったり、十数時間連続運転が可能でバッテリーや非常用発電機を設置して、調整池に一定量の貯水を確保していた。しかし、今回は停電期間が長期化したため、バッテリーが切れたり、発電機の燃料が不足するなどの問題が生じた。また、停電地域が広範囲であったために2系統のどちらからも受電できないといった問題も生じた。このため、28日には110箇所のポンプ所うちの41箇所、30日には57箇所のポンプ所が停止し、配水池の貯水がつきて断水を余儀なくされた。

(3) 断水の発生状況

広島市内の停電発生が27日19時頃からであるのに対し

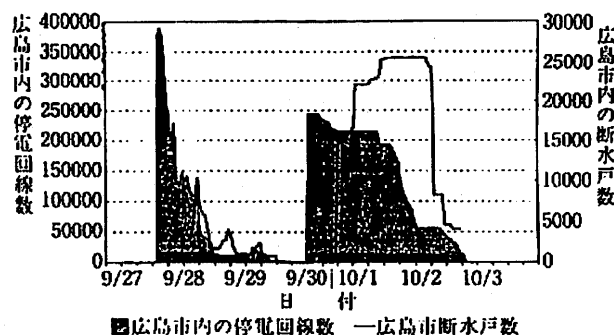


図4 広島市内の停電戸数と断水戸数の時間変化
(広島市水道局提供の資料より)

て、佐伯区の高台などで断水が発生し始めたのは、図4のように翌日28日の7時前後からであり、時間遅れが生じている。この傾向は、塩害による停電が発生した30日に関しても同様であり、約12時間程度の時間差を置いて断水が発生している。これは、配水池や需要家側の受水槽に蓄えられた水が、供給調節の役割を果たしたためであり、断水が発生するまでの時間差は配水池の容量と供給世帯数などに依存している。また、ピーク時の停電戸数は、強風を原因とした第1次の停電の方が30日以降の停電より多かったのに対して、断水戸数は逆に後者の方が多くなっている。これは第1次の停電が短時間であったのに対して、30日以降の停電は長期間に及んだために、配水池による給水調節機能が働かなかったことに関連していると考えられる。

今回の停電では、上述のような時間的な特徴のほか、地域的な特徴も見られた。図5には区ごとの断水戸数の時間変化を表示しているが、9月30日夕方からの西区の断水戸数の多さが顕著に現れている。西区の場合、高台地域に山田第一、第二団地などの集合住宅や住宅団地を抱えていることに加え、浄水場から最終調整池に至るまでにポンプ所で揚水を行う必要があるため、停電にともなって大規模な断水が発生した。揚水の必要のなかった中区などでは送配水は行われていたが、停電により高架水槽への揚水が停止したため、一部の建物で断水が発生した。

(4) 被害への対応と復旧状況

9月27日19時頃から4浄水場が停電となったが、各浄水場では備え付けの非常用発電装置により送水ポンプを運転した。水道局は翌28日7時に災害対策本部を設置するとともに、415名(応急給水担当150名)を動員して、断水した12地区の約1万戸(ピーク時)に対する応急給水、広報活動および復旧作業に当たった。応急給水では、給水車7台、ポリ容器1,280個を使用した。翌29日にも200名が対応に当たり、このうち85名の人員と給水車18台、ポリ容器761個を用いて3地区の約1,400戸に対する応急給水が行われた。この結果、29日17時に全市で復旧が完

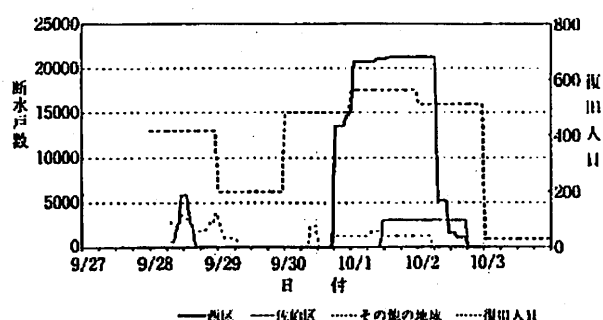


図5 広島市水道局の対応人員
(広島市水道局提供の資料より)

了した。

9月30日にはポンプ所110箇所のうち57箇所が、停電で再停止したため、480名の人員が対応に当たった。このうち180名は、給水車20台とポリ容器2,600個を用いて、5地区の約1万6500戸に対して応急給水を行った。翌10月1日14時には、断水戸数が12地区の約2万5500戸と増加したため、560名のうち200名を動員して給水活動を強化した。特に中区・南区および西区では公園と学校施設に応急給水拠点を設けて、給水活動を行った。10月2日も断水地区は12地区の約2万5500戸であり、510名の復旧人員(応急給水担当は190名)、給水車20台、ポリ容器2,000個を用いて対応に当たった。10月3日に入り、復旧地域の拡大にともなって断水は1地区400戸まで減じたため、午後12時災害対策本部は解散した。図5には、復旧作業や応急給水にあたった対応人員数の日変化を示した。

今回、広島市水道局は積極的に広報活動を展開したが、9月30日の断水発生以前に行った「断水発生の警戒広報」では、住民が一斉に水を貯め始めたため、地区によっては断水を早める結果となった。これは、今後の災害時の広報活動のあり方に、多くの課題を残した。

今回の台風では、機能損失に直接つながる施設被害は2件の送水管破損以外はなく、復旧は復電に大きく依存した。このため水道局では中国電力と頻りに連絡を取り、復電の情報収集に努めたとのことである。

(5) 今後の課題

台風19号による上水道の被害は、設備の被害よりも、停電に伴う機能的損失によるものが大きい。各配水池や調整池はある程度の貯水と電源を保持していたが、今回のような広範囲かつ長時間に及ぶ停電に対しては、充分に対応できなかった。

停電時にも給水が続けるためには、浄水機能とともに揚送水機能、水をどこでポンプアップするかといったことが、大きな問題となる。対応策としては断水戸数の多かった西区の己斐高地区ポンプ場のように、間接的ではあっても多くの世帯を抱える施設を重要視して、施設に

十分な非常用電源をもたせることが重要であると考え。つまり、送水の拠点となる施設を特に強化するということである。また、複数の施設から受水できるなどの措置をとり、システム自体の信頼性を高めることが大切である。今回の被害は停電を原因とする機能的なものがほとんどで、地中埋設管の破損は島しょ部での送水管破損だけであったが、地震時のことも考慮に入れた上で、システムや設備の対応策を立てる必要がある。

3.3 下水道

(1) 事業概況

広島市公共下水道は、単独公共下水道の千田・江波・大洲・旭町の各処理区と、流域関連公共下水道の太田川処理区と瀬野川処理区に分かれている。平成元年度のデータでは、すべての処理区を合計した処理面積は5,280 ha、処理人口は約58万人(地域内普及率54.2%)となっている。単独公共下水道の各処理区は合流式(旭町の一部は分流式)であり、それぞれ下水処理場がある。平成元年度の日平均の下水処理量は、4浄水場の合計で21万7920m³となっている。なお、太田川処理区には西部浄化センター、瀬野川処理区には東部浄化センターがある。

(2) 設備被害の状況

広島市下水道局の所管施設の被害としては、市内の下水処理場などで、屋根・窓ガラス・フェンスなどの建物被害や埋立地沖に設置してある手動ゲートが落下して吐け口を閉塞する被害が発生したが、緊急を要するものから順次応急措置を行った。また停電時に各処理場およびポンプ場では非常用発電装置に切り換えて運転操作を続けたが、そのうち2箇所のポンプ場では浸水によって塩水が燃料タンクに混ざるなどして発電機が故障し、リースの発電機によって対応した。

(3) 停電の影響と対応

各処理場やポンプ場では、非常用電源設備に切り替えて処理を継続したため、汚水処理機能の低下による住民への被害は発生していない。特に、最大の処理能力を持つ千田下水処理場では、通常と変わらない処理が行えるだけの電力容量を持つ非常用発電装置(写真1)を備えており、燃料も約1.5日分の備蓄があった。そのうえ、2系統の特別高圧受電を行っていたため、短時間で停電が解消した。また、宇品など広島湾沿岸の停電地域では、27日19時から翌28日の3時頃にかけて異常な高潮による海水の流入があったが、22箇所の雨水ポンプ場を非常用発電機で運転し、排水作業を行った。

なお、今回の台風が「風台風」であり雨量が少なかったこと、長期間の断水が発生したために処理水量が少なかったことなども下水処理にとっては幸いしたと考えられる。

(4) 今後の対策

台風19号の影響によって、汚水処理を停止するなどの

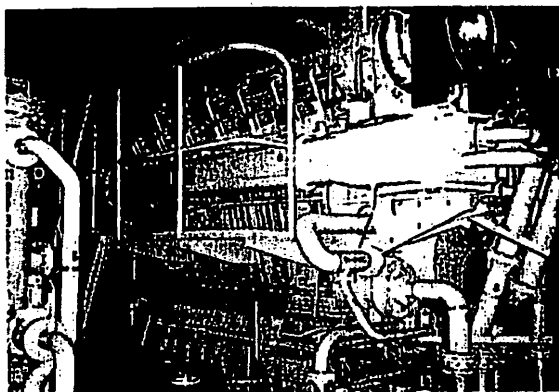


写真1 千田下水処理場の非常用予備発電装置
(1,500kVA×2)

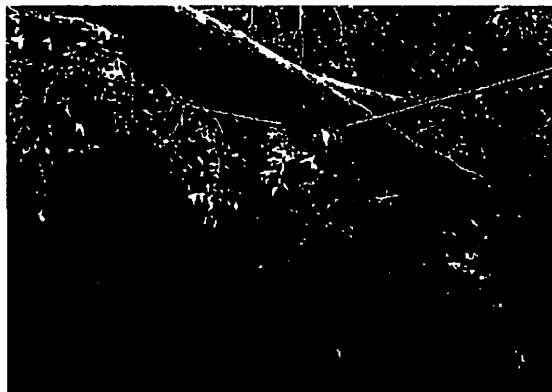


写真3 ケーブルの被害状況 (NTT広島提供資料より)



写真2 電柱の折損被害の状況 (NTT広島提供資料より)

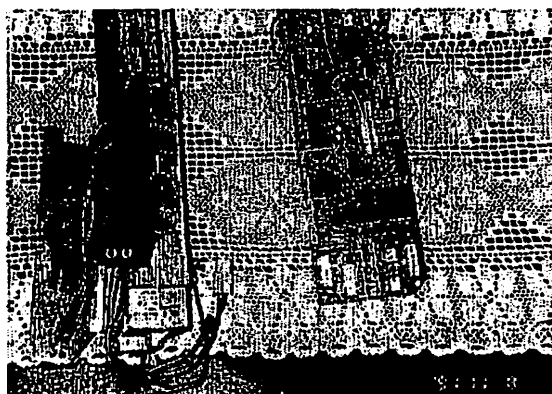


写真4 電装基盤の損傷状況

下水処理施設の機能被害は発生しなかった。これは、各処理場が自家発電や2系統の高圧電力受電のシステムなどを保有し、電源確保に十分な配慮をしていたためである。しかし、台風19号は幸いにして風台風であり、台風到来時の雨量が少なかったこと、長期にわたる断水によって、処理水量が少なかったことを忘れてはいけない。そういった意味で大雨をともなった台風や、断水を生じない場合を想定しなければならないし、広島市は地形的にも太田川の堆積した三角州上に市の中心部が位置しているため、高潮や雨水による浸水に対し、十分な注意を払う必要がある。

3.4 電気通信

(1) 広島地域の概要

NTT広島の営業区域は、広島市内、可部、五日市の3地域からなり、'91年9月の時点で65万6427回線の加入者がある。このうち広島市内には、全体の約80%にあたる52万3900回線の加入者が集中している。広島市内の電話サービスエリアは、大州・西・南・中・海田・安古市・宇品の7つの地域に分けられており、合計23の交換局がある。

(2) 設備被害の概要

広島市の中心部では27日夕方から28日未明にかけて強い風が吹き荒れたため、風圧や飛来物によって電柱の折損・傾斜、ケーブルの断線などの被害が53件発生した。このような電柱・ケーブルの被害は、広島市北部の可部地域で89件、西部の五日市廿日市で50件程度発生している。広島市の中心部とその周辺部で発生した電柱・ケーブルの被害状況を写真2、3に示した。また、今回の台風では、通電直後の異常電圧によって、留守番電話や多機能電話の故障が多数発生している。なお、局間を結ぶ主要ケーブルの被害は発生していない。

(3) 電話の不通やふくそう

電気通信関係の機能的被害としては、電話の不通やふくそうなどが報告されている。多くの交換局で長時間の停電が発生したが、非常用発電機を用いて交換機や関連設備に電力供給を行い、機能の確保に努めた。このように交換局の機能が確保されていたことから、電話の不通の原因としては、電柱の折損・倒壊、ケーブルの切断、電話機の故障があげられ、被害発生数の累積件数は図6のようであった。

また、広島市内への通話に関しては、一時的にふくそう状態が発生した。特に、停電に関する問い合わせが、

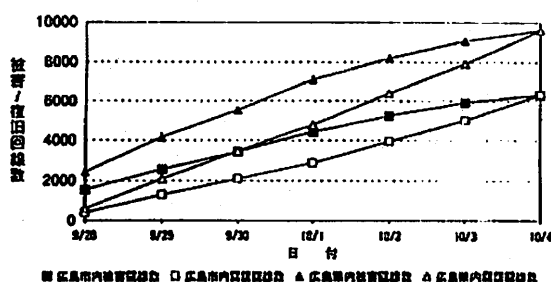


図 6 被害回線数と復旧回線数
(広島市消防局提供の資料より)

中国各地から広島市内の中国電力本社に殺到したため、市内の一部地域では電話が非常にかかりにくい状態になった。

(4) 復旧と対応

設備被害の復旧作業は、9月28日の深夜1時から開始され、10月4日までにほぼ仮復旧が完了している。この間に投入された復旧人員は1日あたり4,703人であり、累積の復旧回線数は、図6に示すとおりである。9月28日から10月4日にかけての応急復旧では、ケーブルの小さな破損まで発見して、補修することが非常に困難であったために、我々が被害調査を行った11月初旬でも復旧作業が進められていた。

(5) 今後の課題

交換局の電力は非常用発電機によって供給されたために電話交換局の機能は確保された。したがって、電柱やケーブルの補修が完了した地域から随時通話が可能となり、影響を最小限にとどめることができた。しかし一方では、非常用発電機の燃料を確保することが困難な状況にあったことも事実であり、今後は非常用電源の質・量の充実を図りつつ、非常時の燃料確保などソフト面の充実を進めて行く必要がある。

3.5 都市ガス

(1) 都市ガスシステムの概要

広島市の都市ガス製造・供給および販売は、広島ガス㈱が行っている。広島ガス㈱は、明治42年に設立された中国地方最初のガス事業者であり、現在の需要家数は約35万戸で全国ガス事業者246社の中で7番目の規模となっている。また、1年当りのガスの販売量は、全国で8番目の約14億 m^3 である。広島ガス㈱の都市ガス供給地域は、広島市内を中心とした地区、呉市を中心とした地区、尾道市・三原市を中心とする備後地区に及んでおり、中圧・低圧の分支導管の総延長は3,021km、普及率は全世帯の78.0%に達している。

広島市内には平成3年6月現在29万442戸(普及率87.9%)の需要家があり、年間2億7500万 m^3 のガスを供給している。広島市の都市ガスは、海田工場(最大で194万 m^3 /日のガス製造能力を有する)で製造され、市内3カ

所に設置されたガスホルダーに蓄積された後、口径250~400mmの導管を経由して供給されている。

(2) 停電による都市ガスの機能的被害

今回の台風で発生した大規模停電により、都市ガス施設にもいくつか間接的な影響が発生している。

生産設備では、広島市周辺に供給するガスを製造している海田工場、尾道市・三原市に供給するガスを製造している尾道工場で停電の影響が見られている。海田工場では27日18時53分から28日5時17分にかけて保安用電源が停止し、27日19時から28日3時にかけて常用線受電に瞬間停電、停電、電圧不安定などが発生した。このため、27日19時45分~20時49分には低圧サイクリック式の油ガスプラント(石油系原料を改質して都市ガスを製造する設備)が停止した。また、常用・予備線の停電に伴って、油ガスプラントが27日20時07分~20時49分、21時15分~21時40分、28日1時13分~1時25分にかけて停止した。また、尾道工場では、27日の21時~21時40分、23時35分~3時に常用・予備線が停電した。このため、27日の21時~23時15分と27日23時35分から28日6時30分にかけて製造が停止した。30日の未明から発生した塩害による停電では、海田工場が30日8時20分~8時50分、17時~19時20分、10月1日7時45分~9時にわたって停電し、製造に一部支障をきたした。

製造段階で停電の影響が発生したように、停電による一般需要家への供給支障も発生している。広島市内で都市ガスの供給支障が発生した地域と時間は、停電のそれと対応しており、ガスの供給過程で電力を使用しているための影響が顕著に現れた結果となった。さらに、今回の停電で特徴的であったことは、復電に伴って発生した異常電流のために、一般需要家の給湯器や風呂釜の部品に損傷が生じたことである。具体的には、給湯器や風呂釜内のヒューズ・漏電ブレーカー・電源トランス・電装基盤・ファンモニター・電磁弁などが損傷を受けており、特に電装基盤は写真4のように黒く焼け焦げていた。広島市内を管轄する支店ごとに被害件数をまとめたものを図7に示した。

(3) 被害への対応と復旧状況

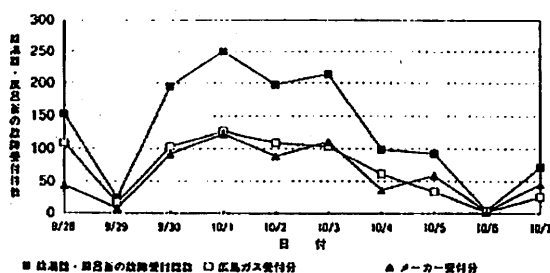


図 7 広島市内のガス給湯器・風呂釜の被害状況
(広島ガス㈱提供の資料より)

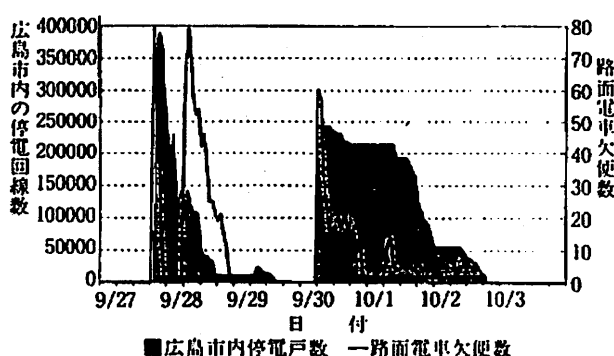


図8 広島市内の停電戸数と路線電車の欠便数
(広島電鉄提供資料より)

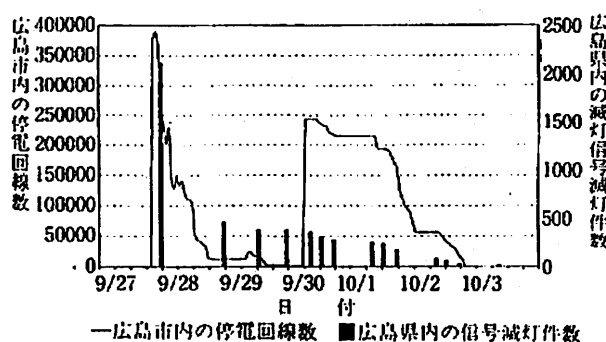


図9 広島市内の停電戸数と減灯信号機の基数の時刻歴変化

まず、一部の都市ガス製造プラントは非常用発電機によって運転され、製造を継続した。非常用発電機の運転時間は27日20時07分から10月2日16時22分までの116時間15分にわっており、この間、発電機の燃料を随時補給して運転を継続した。

3.6 交通システム

(1) 路面電車

広島市内の路面電車は広島電鉄によって運営されており、市内を8系統の路線でカバーしている。平日の総運行便数は、864便であり、広島市民の足として貴重な役割を担っている。

27日の夕方から接近した台風によって路面電車の運行ダイヤは大幅に乱れた。27日17時前後からは、市内で強風が吹き荒れたため、その影響で運行がかなり困難な状況になった。これに加え、中国電力からの路面電車の運行用高圧電力の供給が停止したため、27日21時の時点で44両が路線上で立ち往生することとなり、この状態は28日5時40分の復電まで続いた。電車の運行に用いる特別高圧電力の供給は、上述のように比較的早い時期に再開されたが、路線の信号用に用いている一般商用電力の供給が市内各地で停止していたため、間引き運転などの形で運行再開となった。この信号用電力の供給停止は、その後に発生した塩害による影響も含めると、最も長い場所では10月2日14時まで続き、運行に大きな影響を与えた。広島市の路面電車の欠便数の時間変化を図8に示した。

(2) 路線バス

広島市内の路線バスは、広島電鉄と広島バスが運行している。今回の台風の影響による路線バスの運行状態は、以下のようであった。

広島電鉄	9月27日	650便中の57系統120便が運休
	28日	261便中の33系統86便が運休
	29日	15便中の5系統11便が運休
広島交通	9月27日	9系統98便が運休
	28日	7系統68.5便が運休

29日 2系統2便が運休

これらの運休の原因には2つの原因が考えられる。1つは27日の強風による運転の停止であり、もう1方は28日以降の市内の停電に伴う交通信号の乱れによる交通マヒである。

(3) 道路交通管制システムの被害状況

広島県下には、交通信号機が3,075基(うち広島市内1,052基)、道路標識が20万2632本(うち広島市内6万4905本)設置されている。これらの交通信号機・道路標識の中で、台風19号の強風によって折れ曲がり方向ずれを生じたりしたものは、交通信号機で1,341基(うち広島市内410基)、道路標識で4,423本(うち広島市内548本)であった。また、停電による交通信号機の減灯は、27日の深夜にピークとなり、その数は広島県内で約2,000基(全信号機の約65%)にのぼった。減灯した信号機の本数は、図9に示すように29日までは順調に減少したが、30日からは塩害による停電の影響を受け、だらだらと長く続く結果となった。

被害への対応としては広島県警察本部が、台風19号の接近に伴って、27日の午前11時に警備対策本部を設置し、同日午後7時に交通対策室(交通対策部長が室長)を設置して対策に当たった。交通対策室では、日常的な業務を行う最小限の人員を除いて、台風19号の被害対策に従事した。被害対策の主な業務は、被害状況把握と信号機が作動しない交差点での交通整理であるが、交通対策室では30日の74人(被害調査)、588人(交通整理)を最高に、9月27日～10月3日の7日間で、それぞれ422人、2286人の人員を配置した。

交通整理を行う交差点の選択は、幹線道路の主要交差点を中心に、交通量や道幅などを考慮して行った。また一部の信号機では、発電機による電源を用いて運転を再開した。広島県警察本部所有の5台と、信号機の保守委託業者から借用した10台の合わせて15台の発電機を用い、時間による交通量の変化や復電による信号機の減灯回復を考慮しながら対応した。

広島県警察本部交通対策室では、台風による被害状況

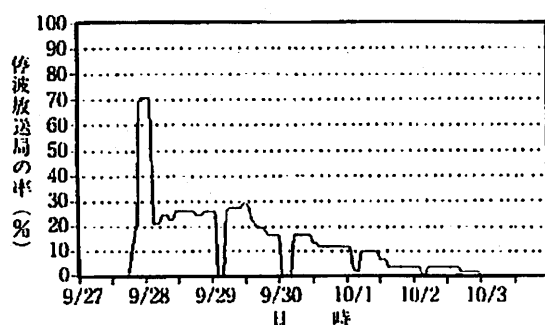


図10 中継局の停波状況の時刻歴変化

や注意事項などの交通情報を、NHKラジオ、日本交通情報センター、路側通信システム、案内板などを利用して広報した。この広報によって、警察署への苦情電話や大きな混乱は起こらなかった。

(3) 今後の対策

先にも述べたように台風19号による主な道路交通施設の被害は、強風による信号機や標識の破損と停電による信号機の減灯である。信号機や標識などのすべての交通施設を、風速50m/sを超える風に耐えうるほど丈夫にするのは現実的ではないが、停電を原因とする減灯に対しては、現状よりも信頼性の高いシステムを検討すべきではないだろうか。

たとえば、重要度の高い交差点への発動発電機を常設した信号機の設置や、多系統からの受電可能なシステムを構築するなどの対策が有効であろう。「塩害」への対策としては、配電装置の地下埋設化が効果的であるが、この場合は地震時の対応にも十分配慮することが大切である。

3.7 放送機関の被害

強風と大規模停電を引き起こした台風19号は、報道機関にも大きな影響を与えた。広島地区には、FMを除く2つのラジオ放送局と5つのテレビ放送局がある。通信施設の構造被害としては、ラジオ放送では、1放送局の受信世帯数約150万戸の主幹局で送信空中線副導線の支線接触によって3時間52分の停波が生じた。テレビ放送に関しては、非常用発電機の故障(2社)と双ループアンテナ破損(1社)の被害があった。機能被害としては、上位中継局の停波と停電を原因とする下位中継局の停波

が多く発生した。図10に、広島地区内の1テレビ放送局の停波の時刻歴変化を示す。停波は塩害等による長期停電の影響を受けて、最大100時間以上続いた。主要中継局は、自家発電機またはバッテリーの予備電源を有しているが、これらは、数時間程度の工事による停電を想定したものであり、今回のような長期停電には対応できなかったことが停波被害につながったと考えられる。

4. おわりに

本報告では、1991年9月の台風19号による広島地区を中心とした都市ライフライン被害の現地調査結果を速報した。

近年、都市機能や日常生活は「電力」に大きく依存しているため、災害発生に伴う電力供給機能の損失は、各方面に大きな影響を与える。台風19号によって発生した広域かつ長時間の停電は、過去の地震災害時でも例を見ないほどの大規模なものであり、今後の災害発生時において、電力がほかの都市機能や日常生活に与える影響の波及形態や程度を具体的に知るための貴重な資料となった。

今後は、これらのデータを定性的・定量的に分析することによって、災害時のライフライン相互の被害波及の構造と、影響の度合を定量化し、都市の被害予測や防災計画の立案の際の資料を提示していきたいと考えている。

(1992年1月21日受理)

謝 辞

今回の調査に心よく御協力いただいた中国電力㈱、広島市水道局、広島市下水道局、広島ガス㈱、NTT広島支店、広島電鉄㈱、中国新聞㈱、報道機関各社の皆様に深く感謝致します。また被害調査やデータ処理等で協力していただいた中央大学卒論生中里弘幸君に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 山崎・原田・目黒・永田・立川・片山：台風19号による長崎市の停電と都市機能被害、生産研究、44巻、4号、1992。