

## □大規模停電のインフラへの影響

### ～2018年北海道胆振東部地震の事例から～

岐阜大学工学部社会基盤工学科 教授 能島暢呂

#### 1. はじめに

2018年北海道胆振東部地震は、9月6日午前3時7分頃に北海道胆振地方中東部の深さ37kmを震源として発生し、マグニチュードは6.7で、最大震度7を記録した。消防庁のまとめ<sup>1)</sup>によると、死者43人（うち厚真町36人、札幌市3人）、重傷者48人、軽傷者734人、住家被害は全壊469棟（うち厚真町224棟、札幌市97棟）、半壊1,660棟、一部破損13,849棟である。こうした被害の多くは、厚真町の大規模斜面崩壊や、札幌市清田区における造成盛土地盤の液状化によるものである。

一方、北海道内の電力系統全停電すなわち「ブラックアウト」により、ほぼ北海道全域に及ぶ295万戸の大規模停電が発生し、インフラ機能、災害対応、市民生活、産業経済などに大きな支障を与えた。本稿では、供給系ライフラインの機能的被害・復旧の概要と、大規模停電の発生と復旧の経緯<sup>2)~4)</sup>、ならびに、インフラへの影響<sup>4)</sup>についてまとめる。

#### 2. 供給系ライフラインの機能的被害と復旧の概要

図1は、供給系ライフラインの初期停止戸数について、5地震（阪神・淡路大震災、東日本大震災、熊本地震、大阪府北部の地震、北海道胆振東部地震）で比較したものである。各地震とも、停

電、断水、都市ガス停止の順に初期停止戸数が多い点で共通している（大阪府北部のみ断水と都市ガス停止が逆転）。北海道胆振東部地震における停電は約295万戸で東日本に次いで2番目、断水は約6万戸で5地震の中で最少であった。都市ガスについては、供給停止判断に至る強震動が観測されず、非常用発電設備により停電の影響も回避され、都市ガス停止はなかった。

北海道胆振東部地震の震度曝露人口を試算した結果、震度5弱以上が約206万人、5強以上が約

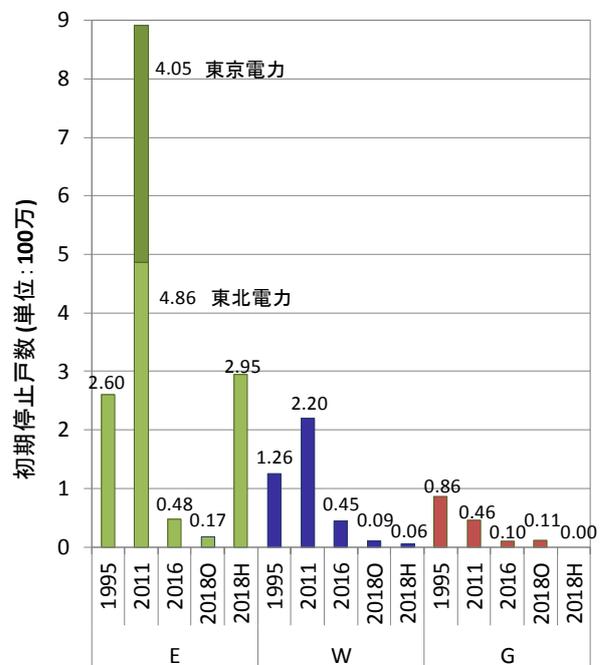


図1 停電(E)・断水(W)・都市ガス停止(G)の初期停止戸数の比較（阪神淡路:1995、東日本:2011、熊本:2016、大阪府北部:2018O、北海道胆振東部地震:2018H）

94万人、6弱以上が約7万人、6強以上が約2.4万人、震度7が約0.34万人であった。5地震で比較した図2に示すように、相対的に低い曝露レベルである。既往地震の分析によると、初期停止戸数との相関が高い震度曝露人口は、停電は震度5強以上、断水は震度6弱以上、都市ガス停止は震度6弱以上ないし6強以上である。この観点からみると、北海道胆振東部地震における停電戸数の多さは特異的である。

停止戸数の解消過程および復旧率曲線（最大停止戸数を100%とした復旧率）を図2に示す。既

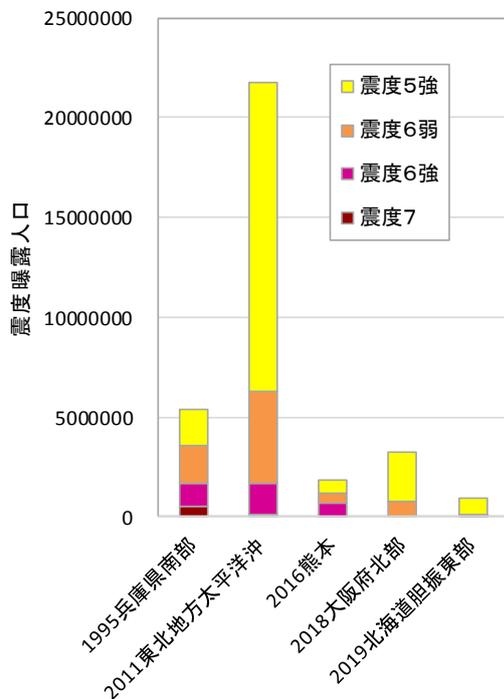


図2 震度曝露人口の比較

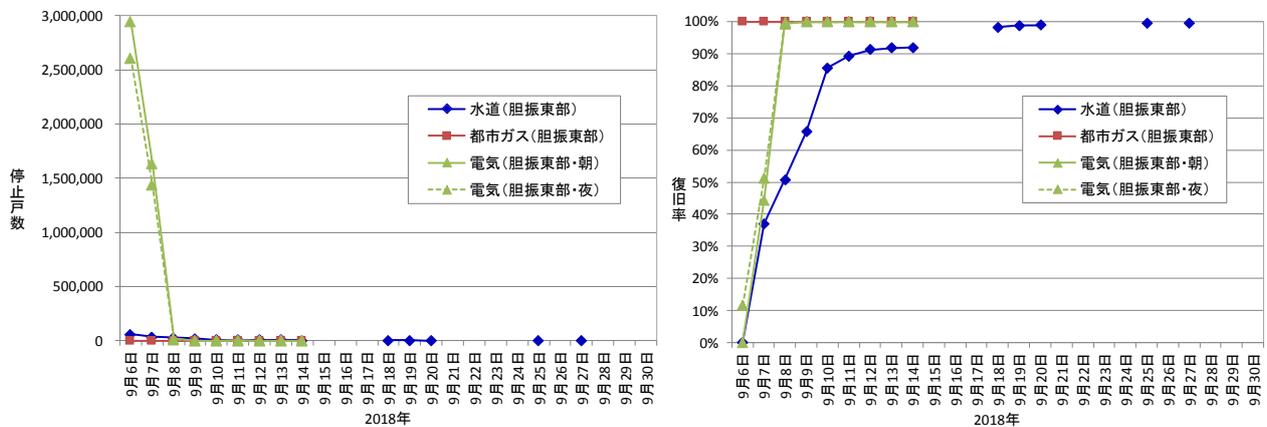


図3 停止戸数の解消過程（左）および復旧率曲線（右）の比較（停電は朝・夜の2系列を表示）

往地震においては、電気、水道、都市ガスの順に復旧が早い傾向が明確であった。大規模停電はほぼ全道に及んだものの、約45時間ではほぼ通電は完了した。復旧率曲線で比較すると、断水の復旧は後にずれ込んでおり、影響が停電より長期化したことがわかる。

### 3. 大規模停電の発生と復旧<sup>2)-4)</sup>

#### 3.1 ブラックアウトの発生

検証委員会の最終報告<sup>2)</sup>によると、ブラックアウトの主な原因は、地震時の出力308.7MWの48%を担っていた石炭火力の苫東厚真発電所1、2、4号機に生じた被害（N-3事故）と、送電線4回線の地絡事故（N-4事故）である。地震時に苫東厚真発電所の2号機と4号機がタービン振動を検知して自動停止し、周波数が低下したため約130万kWの負荷遮断が行われた（1回目）。また狩勝幹線など3線路4回線の送電線が地絡事故で停止し、道東・北見エリアが停電（約13万kW）した。その後、ボイラー管が損傷していた1号機の出力が低下（20万kW）して周波数が低下したため約16万kWの負荷遮断が行われた（2回目）。さらに1号機がドラム水位低下のため3時25分に停止し、周波数が急激に低下したため、約6万kWの負荷遮断（3回目）が行われたものの、周波数を回復できなかった。これにより火力3基(34

万 kW) が停止し、水力等も設備保護のため停止したことにより、道内の全供給力を喪失し、3時25分にブラックアウトに至った。この間、本州～北海道間で電力融通を行う北本連系設備は、最大受電量60万 kW まで潮流を増加させたものの、ブラックアウト回避には容量不足であった。

### 3.2 ブラックスタートとその後の供給力回復

系統全停電状態からの復旧は「ブラックスタート」と呼ばれ、一部の発電機から他の発電所に電力を供給しながら、徐々に発電機を起動させてゆく必要がある。検証委員会の最終報告<sup>2)</sup>によると、北海道電力でその機能を有するのは揚水式発電所であった。まず9月6日4時00分に見高発電所から系統復旧操作を開始したが、泊発電所の非常用電源からの切り替え作業時に異常電流が流れ、ブラックスタートに失敗した。2回目は新冠発電所から系統復旧操作が行われた。1回目の事故機器を回避しながら、13時35分の砂川3号機をはじめ、火力発電所への送電を優先して系統を順次拡大していった。北本連系設備は7日5時30分に受電を開始、24時には60万 kW フル受電となり供給力確保に貢献した。

一般負荷送電については、6日11時43分に開始され、火力・水力発電所の起動および北本連系設備の融通による供給力確保にあわせて順次増加された。図4に停電の解消過程<sup>3)</sup>を示す。地震発生

から約45時間後の8日0時13分には一般負荷送電が完了して北海道内のほぼ全域に供給を再開した。8日18時には約4,000戸、9日20時には約400戸(厚真町・安平町)を残すのみとなり、道路啓開に合わせて作業が進められ、10月4日に完全解消した。

供給力不足が続いた間は、節電協力として、9月8～14日には「節電目標20%」、15～18日には「需要減1割の確保に向けたできる限りの節電」、19日以降は「無理のない範囲で節電への協力」が呼びかけられた。

## 4. インフラへの影響

### 4.1 水道<sup>4,5)</sup>

北海道内で断水が生じた市町村の分布を図5に示す。断水の原因として停電以外の要因(基幹施設被害や管路被害などの物理的被害)を含む市町村は、震源近傍と札幌市などに限定される。これに対して停電に伴って生じた要因(浄水機能やポンプ機能のマヒ)のみを原因とする市町村は全道に広がっている。断水戸数の解消過程<sup>5)</sup>を図6に示す(地震直後はデータ欠損のため適宜補完して表示)。停電のみを原因とした断水(江別市など)は、電力復旧とともに解消したが、物理的被害を伴った断水(厚真町、安平町など)は、復旧までに相対的に長時間を要した。

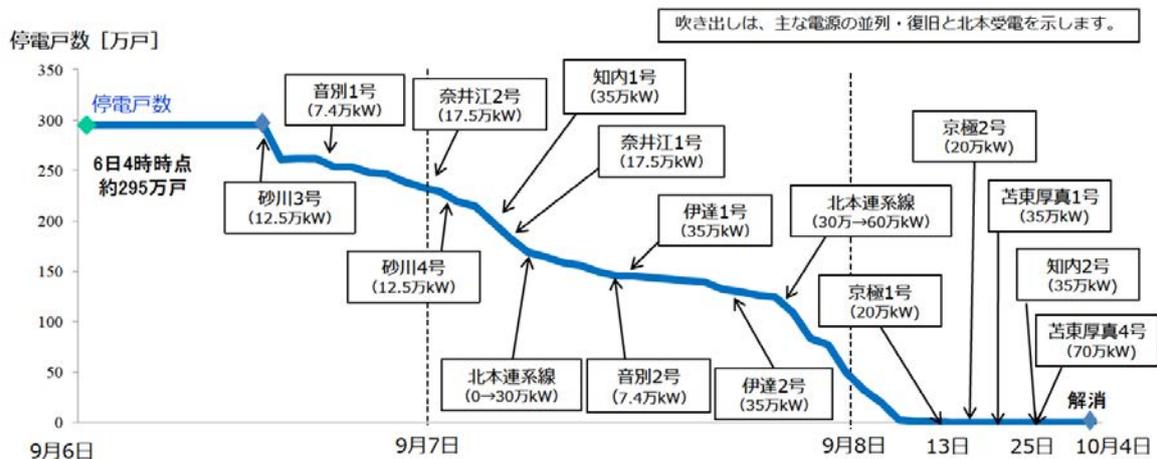


図4 停電の解消過程<sup>3)</sup>

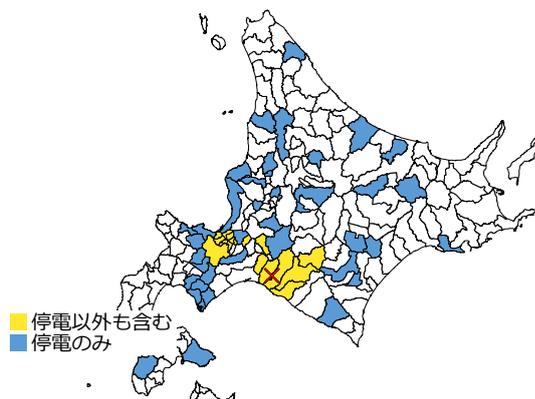


図5 断水が生じた市町村

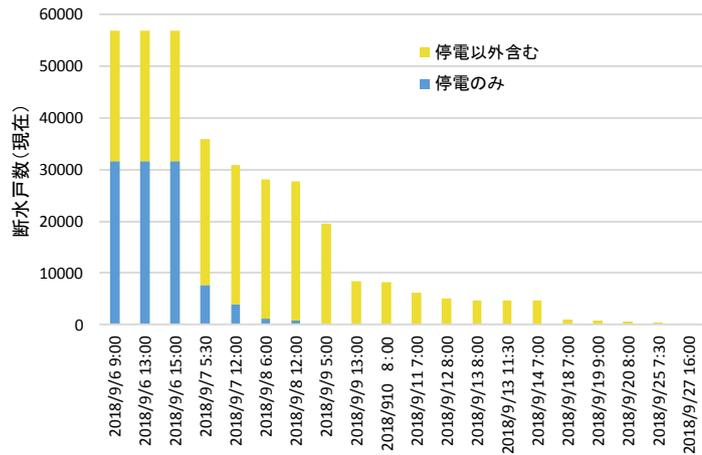


図6 断水戸数の解消過程 (文献5) より作成

#### 4.2 道路<sup>4),6-8)</sup>

北海道内の一般道路では、停電により道路照明が約40,000灯、トンネル照明238箇所、道路情報板の消灯、CCTVカメラ1,970基の映像の途絶などが発生した<sup>6)</sup>。また交通信号機が約13,000基で減灯したため、最大で約1,300人(9月6日)、完全復旧(9日7時50分)までの4日間で延べ約1,800人の警察官が交通整理に従事した<sup>7)</sup>。ただし停電のみを理由とした通行止めはなかった。

高速道路に関しては、NEXCO 東日本管内の総延長696.3kmの51%にあたる357.6kmで、安全点検のため通行止め措置がとられた。インターチェンジやトンネル等132箇所、自家発電設備への切替えが行われ、停電の直接的影響は回避された<sup>6)</sup>。しかし停電の長時間化により燃料確保と小口配送の面で限界に近い運用を強いられ、燃料枯渇の恐れも生じた。高速道路の施設被害は比較的軽微であり、地震当日17時05分に通行止めはすべて解消した。しかし一般道路の信号機の減灯は、通行止めが長引く一因となった。本線開通後においてもインターチェンジ3箇所において、接続交差点の混雑回避のため出口閉鎖の措置がとられ、その解除には警察の発電機接続や高速隊の手旗信号などの対応を要した<sup>8)</sup>。これは停電を介した交通システム間の影響波及といえる。

北海道開発局では9月8～19日の間、道路照明を約2万灯消灯あるいは半数消灯して節電に協力し、NEXCO 東日本では、停電解消後においても通常の使用電力の約20%を節電した<sup>6)</sup>。

#### 4.3 鉄道<sup>4),9),10)</sup>

JR 北海道の路線施設の被害は千歳・石勝・室蘭・日高の4線のみであったが、停電により全区間で運休した。路線延長2,552kmのうち76.7%は非電化路線であるが、停電による駅舎・踏切・信号設備等の機能支障により運休した。運行再開に向けた手順<sup>9)</sup>については、まず線路・設備・構造物の点検と異常箇所の復旧作業が行われた。電力回復後、停電により鳴動継続となった踏切の復旧作業が行われ、運転再開区間すべての踏切動作の現地確認が行われた。JR 北海道における運休距離の推移を図7に示す<sup>10)</sup>。9月7日に運行再開したのは、北海道新幹線、快速エアポート、はこだてライナーなど輸送密度が高い路線である。その後の復旧ペースは遅く、運休が2週間以上続いているのは、輸送密度が低い路線が中心である。地震の直接的影響による JR 北海道の運休本数<sup>9)</sup>は6,471本(在来線6,432本、新幹線39本)で、多くは停電の影響によるものである。9月10～19日の間、電力需要が高まる時間帯を中心に節電協力が行われ、在来線で228本が運休した<sup>9)</sup>。

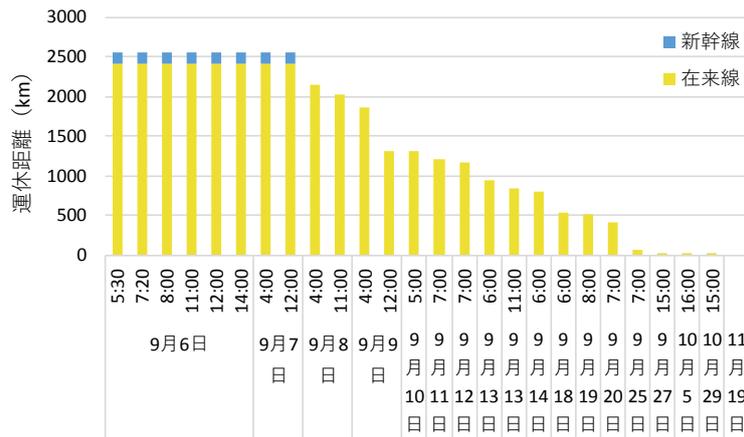


図7 JR北海道における運休距離の推移（文献10）に基づいて作成）

札幌市の地下鉄（南北・東西・東豊線の3線、48営業km）および路面電車（8.9営業km）においては、点検の結果、設備や線路等に異常がないこと確認されたものの、当日15時の時点で電力復旧の見込みが立たず、いずれも終日運休が決定された<sup>9)</sup>。地下鉄では地震当日1,000便が運休となり、9月7日12時46分には全線への送電が完了し、7日14時50分には全線の営業運転を再開した。路面電車では6日22時30分には電力が復旧したが、道路交通信号機の滅灯のため運休継続となり311便が運休した。7日8時30分に全信号が点灯して巡回開始し、10時51分には営業運転を再開した。9月10～19日の間、節電協力のため、平日10時～16時30分に1日あたり地下鉄で30便、路面電車では15便が減便された<sup>9)</sup>。

#### 4.4 通信<sup>4),11)</sup>

固定電話<sup>11)</sup>に関しては、土砂崩れによる中継伝送路断により胆振東部・日高地域において3.4万回線にサービス支障が生じた。当日午前中に仮復旧したものの、停電長期化による通信ビルの予備電源枯渇が懸念されたため、9月6日19時30分～8日8時まで計7回、サービス支障見込みが発表された。これは利用者の準備行動を促す災害情報提供の好例といえる<sup>4)</sup>。実際に7日19時現在で最大約14万回線のサービス支障が発生した。携帯電話

話<sup>11)</sup>に関しては、基地局の予備電源枯渇により最大約6,500基地局で停波した（6日21時現在、大手3社計）。通信事業者は資材（移動電源車、ポータブル発電機、車載・過搬型基地局、燃料など）や人員を道外からも調達して支障エリアの応急復旧にあたった。一方、北海道電力からの通電・停電地域に関する情報提供が遅れたため、発電機持ち込み等によるサービス早期復旧が阻害され<sup>11)</sup>、災害情報伝達の面で解決を残した<sup>4)</sup>。

## 5. おわりに

本稿で示した大規模停電の発生・解消過程と、停電が及ぼしたインフラへの影響については、土木学会による被害調査報告書<sup>4)</sup>に詳しいので参照されたい。

大規模停電の教訓として、発電所の地理的集中、発電形態の集中、電力調整容量不足などの問題が挙げられる。北海道電力では石狩湾新港発電所の1号機（56.94万kW）が2019年2月27日に営業運転を開始し、新北本連系設備（30万kW）も2019年3月28日に運転を開始した<sup>12)</sup>。地震前に稼働していればブラックアウトを回避できた可能性もある。電力事業者としては、分散性・多様性・多重性・自律性などの観点から電力供給網の強靱化を推進するとともに、時々刻々と変化する停電状況

や復旧見込み情報を適切に提供する体制を構築することが望まれる。

インフラ事業者を含む需要家としては、停電の影響の緩和策を強化してレジリエンス向上を図ることが課題である。予備電源が有効であった例も多いが、燃料枯渇、燃料調達・運搬困難の例や、復電後の影響解消まで長時間を要した例も多数ある。停電が長期化すると影響がさらに顕在化することが懸念される。

折しも、2019年台風15号により大規模停電が発生してきわめて長期化した。その後の台風19号もインフラ全体に甚大な被害をもたらした。地震と台風とでは被害形態は異なるものの共通課題も多い。これらの災害で得られた教訓を社会全体で共有し、次の災害に備える必要がある。

#### 謝辞

被害調査にあたっては、多くの方々にヒアリングにご協力いただくとともに、貴重な資料をご提供いただきました。末筆ながら関係各位に深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 消防庁応急対策室：平成30年北海道胆振東部地震による被害及び消防機関等の対応状況（第35報）、2019年8月20日。
- 2) 平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会：最終報告、電力広域運営推進機関、2018年12月19日。
- 3) 北海道電力：北海道胆振東部地震に伴う設備被害および復旧対応について、産業構造審議会、保安・消費生活用製品安全分科会、第17回電力安全小委員会 資料1、2018年10月15日。
- 4) 土木学会地震工学委員会・地震被害調査小委員会 2018年北海道胆振東部地震被害調査報告書編集部会：2018年北海道胆振東部地震被害調査報告書、2019年9月。
- 5) 厚生労働省：平成30年北海道胆振東部地震による被害状況等について。[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/newpage\\_00018.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/newpage_00018.html)
- 6) 国土交通省：道路の耐災害性強化に向けた有識者会議、第1回配布資料、近年の主な災害で得られた教訓と課題、2018年11月19日。
- 7) 北海道警察：災害対策本部員会議資料「北海道胆振東部地震における道警察の災害警備活動、2018年9月9日。
- 8) NEXCO 東日本・北海道開発局による提供資料。
- 9) JR 北海道・札幌市交通局による提供資料。
- 10) 国土交通省：北海道胆振東部地震による被害状況等について（第1報～第28報）、2018。
- 11) 総務省北海道総合通信局：平成30年北海道胆振東部地震・ブラックアウト 通信・放送の被害状況と当局の対応、2019年1月21日。
- 12) 北海道電力：プレスリリース「石狩湾新港発電所1号機の営業運転開始について」、2019年2月27日、「新北海道本州間連系設備の運転開始について」、2019年3月28日。