

東日本大震災における社会基盤施設の復旧・復興比較

Comparison of Restoration and Rehabilitation of Critical Infrastructures in the Great East Japan Earthquake Disaster

○能島 暢呂¹, 加藤 宏紀¹
Nobuoto NOJIMA and Hiroki KATO

¹岐阜大学工学部 社会基盤工学科
Department of Civil Engineering, Gifu University

Critical infrastructures suffered severe damage in the Great East Japan Earthquake Disaster. In previous studies, the authors have already reported the outline of damage and restoration of electric power, water, city gas supply systems, telecommunication systems and highway network systems. In this paper, to complete the entire critical infrastructure systems, emphases are placed on system performances of sewerage and various modes of transportations (railways, subways, buses, ferries and airlines). In addition, multiple restoration curves related to serviceability of various types of critical infrastructures are compared with the common time scale.

Keywords : The Great East Japan Earthquake Disaster, critical infrastructures, restoration curves

1. はじめに

東日本大震災ではあらゆる社会基盤施設が甚大な被害を受け、被災地内外に広域的・長期的な影響をもたらした。筆者らは既に、供給系ライフライン機能（電気・都市ガス・上水道）¹⁾および高速道路機能（自動車交通量）²⁾を対象として、被災状況を整理するとともに、復旧・復興の概況を報告した。しかし大規模災害時の重要インフラ防護の観点からは、これらの施設群を全体系として捉えて、相互依存性を考慮して考察を進めることが重要となる。そこで本研究では、既往の検討に下水道と各種交通機関を加えて、復旧・復興状況を整理する。また、水供給処理、エネルギー供給、通信、交通運輸の重要インフラの復旧曲線を横並びで比較する。

2. 東日本大震災による下水道施設の被害・復旧過程

(1) 分析対象データ

国土交通省公表の「災害情報 東日本大震災(総括)」³⁾（震災当日の第1報から2012年6月4日時点の第110報まで）に基づいて、下水道処理場とポンプ場の被災データを整理した。なお下水道施設の被害は、2011年3月12日の第7報以降に記載されており、6月以降は毎週1回、2012年1月以降は毎月1回の頻度で更新されている。

(2) 被災施設数の集計

東北地方の被災下水施設総数は、下水道処理場145箇所・ポンプ場112箇所であった。図1に下水道処理場およびポンプ場における被害状況の時系列を示す。区分は当初「機能停止」「施設損傷（応急対応）」「不明」であったが、復旧進展に伴って「施設損傷（ほぼ通常）」「正常に稼働」「応急対応中」が順次追加された。初期段階では被害状況の報告・集計が完全ではなくデータに空白がある。3月11日の欄には上記資料の4月14日以降に記載された初期被害データをプロットしている。「不明」については主に福島第一原子力発電所事故に関連する立ち入り制限に起因する。

震災直後の下水処理場（図1(a)）では「機能停止」と「施設損傷（応急対応）」がほとんどを占めている。「機能停止」の県別内訳は図2に示すように、宮城・岩手・福島・茨城の順に多い。4月14日に「施設損傷（応急対応）」が激減して約8割の施設がほぼ通常通りに処理可能となっているが、これは分類上の変更と見られる。一方、1年以上が経過した時点でも約20箇所で「機能停止」または「応急対応中」である。ポンプ場（図1(b)）は多数が「機能停止」となったものの、「施設損傷（応急対応）」の区分に転じたポンプ場が多く、応急対応による機能的回復が見取れる。

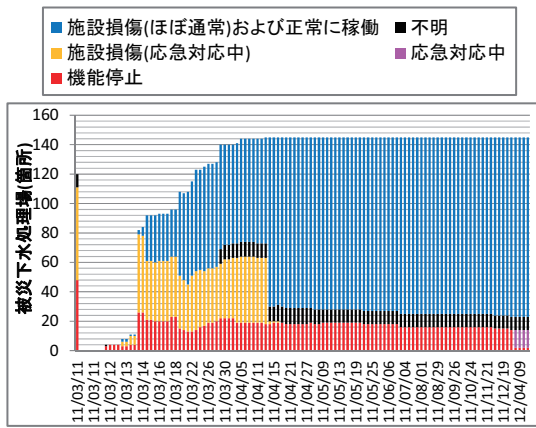
(3) 下水処理機能低下に関する評価

図1(a)より長期的に見た場合の下水処理場の被害率は、施設数ベースで20%程度である。本研究では平成18年度下水道統計⁴⁾の各被災施設のデータ（下水処理面積、下水処理人口、日平均処理水量、年間処理水量）を用いて概略的な影響評価を行った。

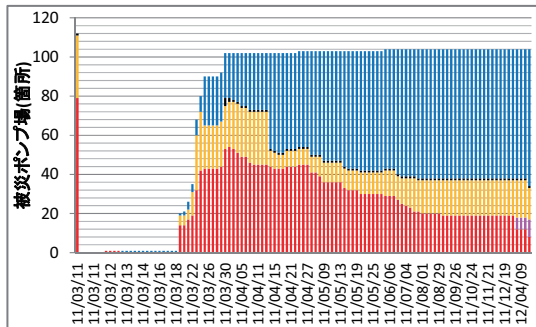
図1(a)の「機能停止」「施設損傷（応急対応）」「不明」「応急対応中」に該当する施設を「被災」とし、それ以外を「復旧」「非被災」として、岩手・宮城・福島・茨城の4県を対象に下水処理人口ベースで集計した結果を図3に示す。施設数ベースより被災率は高く約60%である。前述のように4月14日の分類上の変更があったものの、依然として約30%以上が未復旧である。これは太平洋沿岸部に立地する大規模な主要施設（宮城県南蒲生浄化センター、仙塩浄化センター、県南浄化センターなど）の津波被災による。

(4) 機能停止状態施設の処理状況

このように下水処理場が「機能停止」の状況下でも、上水道の復旧は進み、処理すべき汚水は発生した。その処理状況については、図4に示す通り、2011年4月1日以降について明らかにされている。内訳は「他処理場へ運搬・処理」「応急対応準備中」「別位置にて応急対応中」「応急対応中（沈殿+消毒など）」「流入汚水なし」「汚泥処理施設」の6種類である。



(a) 下水処理場



(b) ポンプ場

図1 被災下水施設数の時系列変化

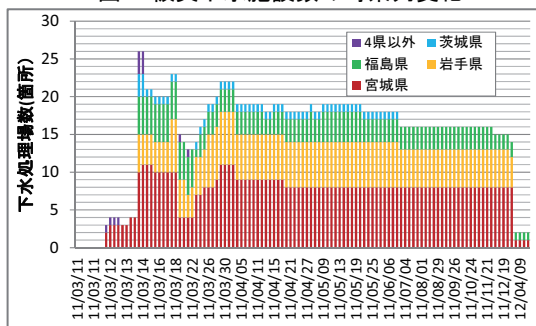


図2 「機能停止」の下水施設数の県別内訳

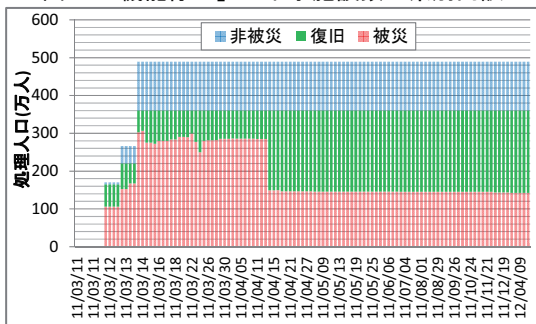


図3 下水処理場被害の機能評価 (処理人口ベース)

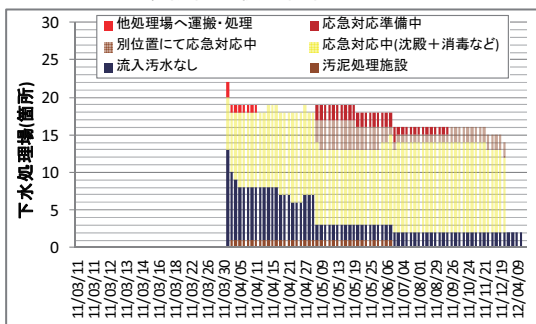


図4 「機能停止」の下水施設での処理状況

上水道・ポンプ場が未復旧のうちは、「流入汚水なし」が多くを占めていた。しかしそれらの復旧に伴って下水流入量が増加し、簡易的な処理（沈殿・消毒）での排水や、別位置での応急対応により排水せざるを得ない状況となった。具体例として、宮城県内の下水の7割を処理する南蒲生浄化センターでは、約3週間後に簡易処理（沈殿・消毒）、その後は生物処理が行われている。

3. 各種交通機関（鉄道・地下鉄・バス・フェリー・航空）の輸送人員

本研究では、国土交通省東北運輸局まとめによる「東北地方における運輸の動き」⁹⁾に基づいて、東北6県（青森・岩手・秋田・宮城・福島・山形）の各種交通機関（鉄道・地下鉄、バス、ハイヤー・タクシー、フェリー、航空（国際線）、航空（国内線）について記載された輸送人員のデータ化を行った。ここではその一部を図5に示す。対象期間を2011年4月～2012年3月として、横軸は1月～12月の表示とした（2012年は図示省略）。2001年（灰色）から2011年（赤色）まで年代を追って寒色系から暖色系で表示している。

以下、主として2011年の変動を個別に見る。2011年3月のデータについては、震災の影響は3月11～31日に現れているため、3月の輸送人員が前年比でX%とすれば、震災後の実質的な前年比は $(3X-100)/2$ (%)で与えられることに注意されたい（例えばX=60%なら実質40%）。

(a) JR東日本（在来線）：2011年3月は前年比66%（実質49%）、4月は前年比67%となっている。5～12月は不通区間の解消によって回復傾向にあるが、前年比で平均92%にとどまっておき、残存する不通区間の影響と考えられる。

(b) 仙台市交通局（地下鉄）：輸送人員は年々減少傾向にあったが、2011年3月は前年比74%（実質62%）となり、4月も前年比66%にとどまった。5月以降は前年並みとなり、都市機能の回復を示唆している。

(c) 乗合バス（6県7社）：3月に前年比78%（実質68%）に落ち込み、5月以降には前年並みに回復した。

(d) 高速バス（6県8社）：3月14日に緊急通行車両として高速バスが通行可能となったため、3月は前年比98%（実質96%）と落ち込みはほとんどない。4月には前年比123%と増加に転じており、鉄道復旧までの代替交通手段として機能した。5月以降は鉄道の復旧が進み、前年比平均98%に戻った。なお2001年4月～2008年3月分は集計区分の相違により図示していない。

(e) 八戸港、(f) 仙台港：毎年8月のピークは夏季休暇の一次的需要と思われる。八戸港では被災によりフェリーが運休となり、7月10日の運航再開まで輸送人員ゼロが続いた。仙台港でも3月に前年比28%（実質0%）となったが、5月以降は前年比平均113%に増加した。

(g) 仙台空港（国内線）：仙台空港は津波被災のため地震後閉鎖されたが、被災から4日後には緊急用ヘリの離発着、5日後には米軍機による緊急物資輸送が開始された⁶⁾。しかし大量旅客輸送には至らず、3月は前年比26%（実質0%）である。民間旅客機は4月13日に臨時便が運航可能となり、7月25日に定期便が再開、10月1日には仙台空港アクセス鉄道が全線運行再開した⁶⁾。これにより輸送人員は増加し、12月には前年の水準まで戻っている。

(h) 山形空港（国内線）：山形空港では、3月に前年比435%、4月には531%となり、新幹線や高速道路の代替機能を果たした。しかし4月29日の東北新幹線全線開通等を受けて、5月以降は平均90%にとどまった。

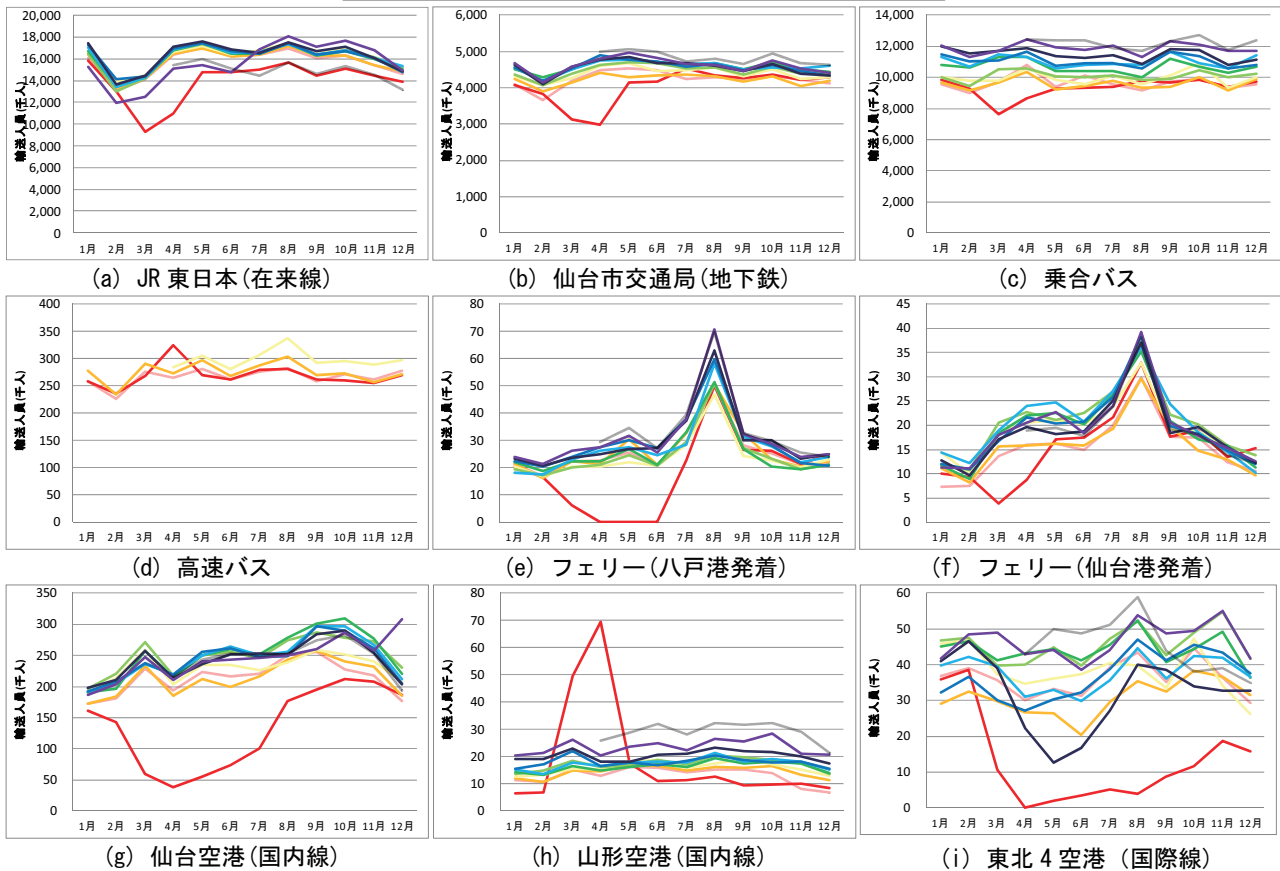
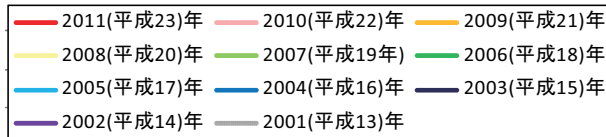


図5 各種交通機関における輸送人員の時系列比較(単位:千人)

(i) 4空港(青森・秋田・仙台・福島)(国際線): 3月は前年比30%(実質0%), その後も東北発着の国際線需要は低迷を続け、11月によりやく50%を超えた。

4. 社会基盤施設の復旧曲線の比較

各種の重要社会基盤施設の復旧曲線を横並びで比較する。対象期間を2011年3月11日(地震当日)~2011年5月31日(地震から1~82日目)とした。復旧曲線は、「復旧率」=「各指標の最大被害数を100%として各時間断面で復旧した割合」としてその時間的推移を表現したものである。結果を図6に示す。以下、それぞれ扱う復旧指標と対象範囲内の最大被害数(括弧内の数値)を示して考察する。

(1) 水供給処理施設

- ・上水道: 供給停止世帯数(約191万世帯)¹⁾
- ・下水道: 処理支障人口(図3より約360万人)^{3), 4)}

上水道・下水道は都市の水循環を担い、本来は一体的に機能すべきものであるが、東日本大震災では、両者の復旧進捗の相違が顕著であった。

上水道は2011年4月の余震・誘発地震による変動もあったが、41日で復旧率が95%に達した。残り5%については津波被害甚大地域が多く、被害が長期化しているものの、全般的には復旧は早かったといえる。一方、下水道については、2.でも見たように、大規模な下水処理施設が津波で被災したことにより復旧に時間を要している。復旧率は20%程度で推移した後、分類上の変更によ

りみかけの復旧率は上がったものの、約60%にとどまっている。この間、簡易処理等の措置によって汚水を排水せざるを得ない状況が続いている。

(2) エネルギー供給施設

- ・電気: 供給停止世帯数(約891万世帯)¹⁾
- ・都市ガス: 供給停止世帯数(約46万世帯)¹⁾

電気は7日間で95%が復旧し、迅速であったが、余震・誘発地震の影響で55%まで再度落ち込んだ。また残る部分で長期間を要しているのは上水道と同様である。一方、都市ガスについては、津波甚大地域を除く復旧対象地域内に限定しても、95%復旧に36日を要している。

(3) 通信施設

- ・固定電話: り障回線数(約147万回線)¹⁾
- ・携帯電話: 停止無線局・基地局数(14,186箇所)¹⁾

携帯電話については、3社(NTTドコモ, KDDI(au), ソフトバンクモバイル)の合計、固定電話については、NTT東日本の加入電話, ISDN, フレッツ光の回線数の合計である。双方とも震災当日よりも翌日以降に被害件数が急増している。95%復旧には、それぞれ26日、46日を要している。携帯電話では余震の影響が表れているが、ほとんどが停電の影響であったと考えられる。

(4) 鉄道交通施設

- ・新幹線: 運休区間延長(989.6km)⁸⁾
- ・在来幹線: 運休区間延長(1011.9km)⁸⁾

新幹線については、東北新幹線⁹⁾(3月15日の東京~那須塩原間で運転再開後、4月21日に東京~仙台で再開、4月29日全線再開)、秋田新幹線、山形新幹線の合計で

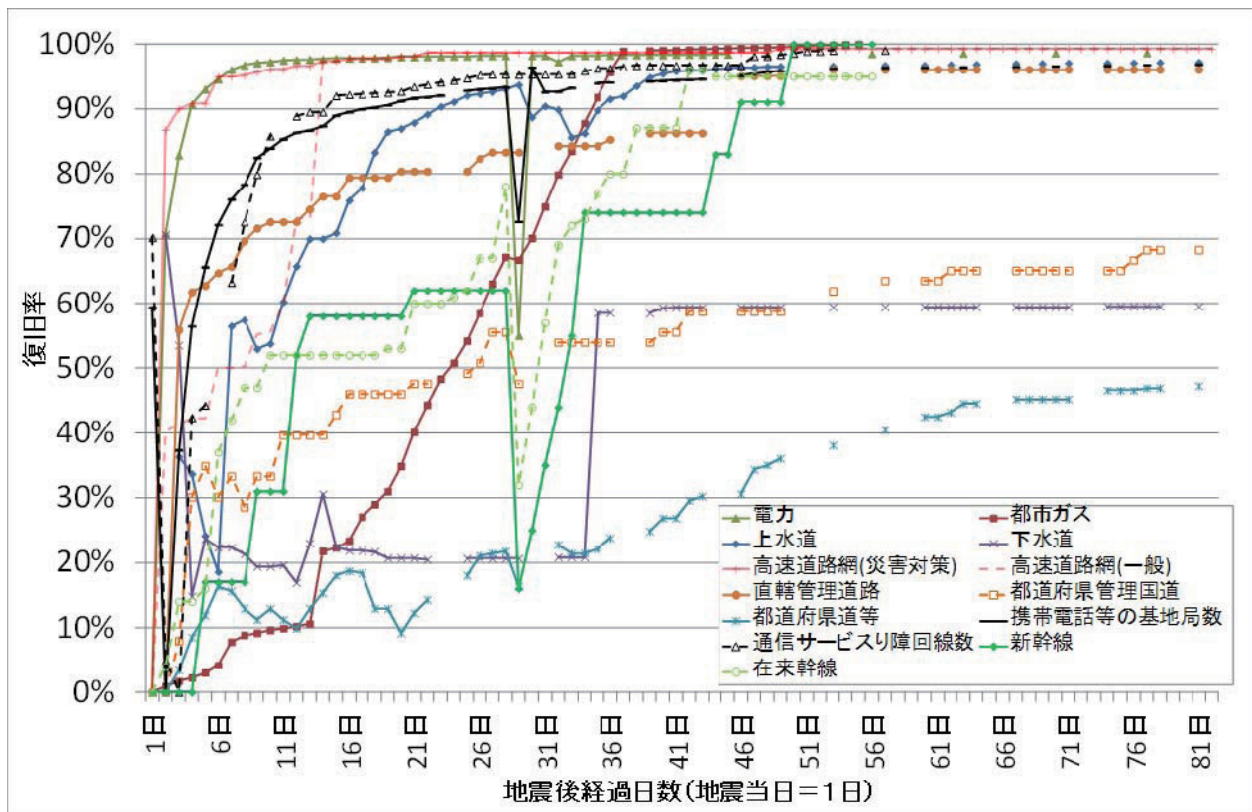


図6 各種の重要社会基盤施設の復旧曲線

示している。いずれも余震や誘発地震でも一時運休している。

在来幹線については、東北本線（4月21日全線再開）、常磐線（原発規制区間を除く）、その他の合計で示している。幹線のみ限定しているため、新幹線と同等程度の復旧進捗となっているが、沿岸部の在来線については、復旧に時間を要するケースが多かった。

(5) 道路交通施設

- ・ 高速道路（災害対策利用および一般利用）：
通行止め延長（2232.3km）²⁾
- ・ 直轄管理道路：通行止め区間数（102区間）³⁾
- ・ 都道府県管理国道：通行止め区間数（63区間）³⁾
- ・ 都道府県道等：通行止め区間数（294区間）³⁾

高速道路網の復旧にあたっては緊急交通車両が優先され、95%復旧は災害対策利用では6日、一般利用では14日で達成している。詳しくは文献²⁾を参照されたい。一方、一般道については、直轄管理道路、都道府県管理国道、都道府県道等の順に、末端網になるほど復旧に時間を要しており、復旧優先度の差が現れている。

5. おわりに

本研究では、東日本大震災における下水道施設の被害・災害対応・復旧状況および各種交通機関による輸送人員の時系列変化について整理した。また重要インフラ施設を総合的に捉えるという観点から、復旧曲線を横並びで比較した。広域的な被災地全体を対象としたマクロ指標を用いたものであるが、復旧・復興状況を並列的に扱うことで、複数インフラの復旧プロセスが占める時間的位置を概略的に把握することができた。今後は、地震・津波による複合的被災状況下での重要インフラの脆弱性とレジリエンスについて、さらに検討を進める方針である。

参考文献

- 1) 能島暢呂：東日本大震災における供給系・通信系ライフラインの復旧概況，地域安全学会梗概集，No.28，2011.5，pp.97-100.
- 2) 能島暢呂・加藤 宏紀：東日本大震災における高速道路自動車交通量の時空間的分析，地域安全学会梗概集，No.30，2012.6，pp.29-32.
- 3) 国土交通省：災害情報東日本大震災（総括），2011.3.11（第1報）～2012.6.4（第110報），http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_110311.html
- 4) (社)日本下水道協会：平成18年度版下水道統計第63号，2008.
- 5) 国土交通省東北運輸局：国土交通省東北運輸局HP，業務紹介，東北地方における運輸の動き，<http://www.tb.mlit.go.jp/tohoku/ks/ks-sub11.htm>
- 6) 佐藤清二：東日本大震災と空港の研究課題，2011.12，<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/kouenkai2011/happyou/09.pdf>
- 7) NEXCO 東日本管理事業本部：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震高速道路の被災状況と復旧対応（スライド資料），2011.9.2.
- 8) 国土交通省：交通関係の復旧状況（PDF資料），<http://www.mlit.go.jp/>，随時更新.
- 9) 金子雄一郎・兵藤哲朗：東日本大震災による交通システムの機能被害の発生状況と復旧について，都市計画，第291巻，pp.82-86.