

ライフラインシステム停止の影響と対策の方向性

—エネルギーおよび水を中心として—

横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授

佐土原 聡 Satoru Sadohara

1. はじめに

東日本大震災における原子力発電所の被災は、その被害の甚大さを露呈するとともに、今日の都市の最も基盤のライフラインであるエネルギーシステムの今後のあり方を私たちに問いかけた。気候変動・生態系の荒廃といった地球環境問題も深刻化する中、都市の巨大化、人口集中、高度技術の導入などの都市化が進展している。地震活動の活発化、地球環境問題の深刻化は災害リスクを高め、ライフライン機能停止機会が増大につながる。一方、都市化の進展はライフラインへの依存度を高め、その停止は、より深刻な影響をもたらす。

ライフラインの構造面の被害や対策は他に譲り、本稿では、水源の安定確保が懸念される水供給システムの状況、および深刻化するエネルギーライフライン停止の影響、今後の対策の方向性など、ライフラインをシステム面から論じる。

2. 過去のライフラインシステムの被害

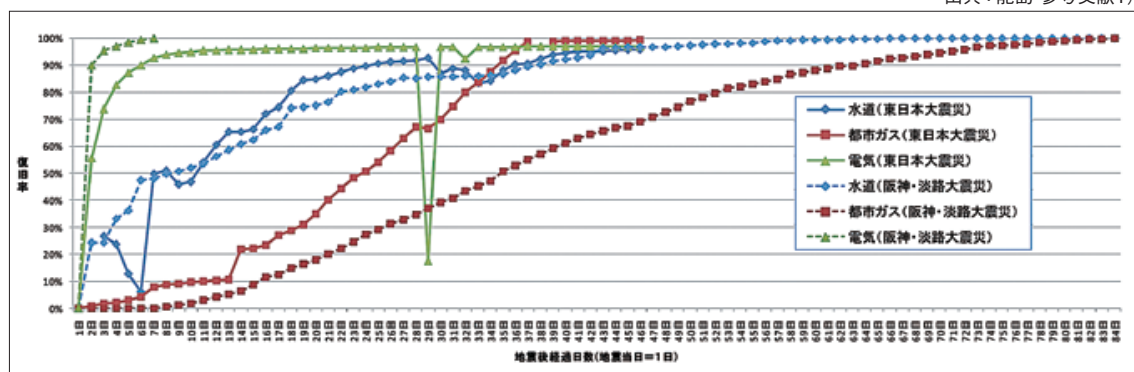
阪神・淡路大震災と東日本大震災のライフライン復旧曲線を図1に示す¹⁾。電力はおおむね数日で復旧し、水道は1カ月以上、ガスはそのあとという傾向になっている。今後、首都圏を襲う大地震では、復旧にこれらと同様、あるいはそれ以上の日数を要することを覚悟しておかなければならない。

3. 懸念される水源確保

首都圏は水源を山間地およびその周辺の地域の水源域に依存している。神奈川県は図2に示すように、相模川水系と酒匂川水系に依存しているが、その水源域の森林生態系が荒廃している。図3は神奈川県の水源の一部である丹沢の人工林での土壌流出の状況である。海外からの安価な木材の輸入で人工林が放棄

図1 阪神・淡路大震災と東日本大震災の電気・水道・都市ガスの復旧率の推移

出典：能島 参考文献1)



復旧率 = (延べ停止戸数 - 停止戸数) / 延べ停止戸数

図2 横浜市、川崎市の水源域



図3 人工林での土壌流出

大野晶子氏提供²⁾



され、シカの食害などの影響もあって林床植生^{※1}が失われ、土壌が露出し土壌流出が起きている²⁾。水源域のこのように荒廃した森林は地震や風水害に脆弱で、大地震が発生すると大規模な斜面崩壊を生じ、水源機能が失われる危険性が指摘されている³⁾。関東大震災時に神奈川県西部で発生した斜面崩壊(図4)は約1万9,980カ所、総面積58.5km²に達したという⁴⁾。これは、1968~1986年の18年間に豪雨で同地域に発生した斜面崩壊3,404カ所、総面積約8.8km²の6.6倍の面積に相当する膨大なものである⁴⁾。このような大規模な斜面崩壊が発生すれば、ダムがたちまち土砂で埋め尽くされ、大都市横浜や川崎の水供給が長期にわたって停止する可能性がある。

図4 神奈川県西部で1923年関東地震により発生した斜面崩壊

出典：石川 参考文献4)



※1 林床植生
森林の地表面に育成する植物の集団。太陽光線が届きにくいので、そのような環境に適したのが見られる。

4. 深刻化するライフライン機能停止の影響

今日、建物の大規模化、高層化や地下空間の利用が進み、コンピュータの活用、さまざまな制御システムの導入で、電力をはじめとしたエネルギーに支えられる度合いが大きく、許容される供給停止時間も短くなっており、ライフラインが停止した場合の影響や被害は深刻である。また、交通や通信、上下水道などの都市インフラ機能の維持には多くの電力を要し、住宅内も電気で多くの機能が制御されている。以下に、電力を中心としたエネルギー供給停止による建物、および都市インフラへの影響を整理する。

(1) 建物への影響

建物の高層化、地下化、大規模化は、上下方向の移動、冷暖房、照明など、エネルギーへの依存を大きくしている。最近の大規模、高層建物は空調制御を容易にするために窓が開かない建物が多い。機密性が高く、建物内の機器からの発熱も大きいため、冷房が停止すると室内の温度や湿度が上がって、たちまち建物内に居られない状況になることも想定される。その上、大規模な建物は、窓からの自然採光が内部に届きにくく、昼間でも照明なしでの利用はむずかしい。また、停電によりエレベータ、給水ポンプが停止すれば、上下の移動、トイレの利用も困難になる。こうなると建物内にとどまることは困難である。都心地域で活動時間帯に大地震が発生すると、膨大な数の帰宅困難者が見込まれる。その対応の負担を少しでも軽減するには、被災後しばらくは建物内にとどまることが重要であるが、ライフライン機能が停止すれば階下に人が降りざるを得ず、帰宅困難者問題はより深刻となろう。電話が集中して自宅の状況がわからないと自宅にもどろうとする人の動きも加速

し、事態はさらに悪化する。建物の地下や都市内に存在する多くの地下空間では、照明が点灯しないことは致命的で、火災が発生すればその煙の制御を行うエネルギー供給の可否が人命を直接左右する。

次に、建物用途ごとにライフライン機能停止の影響を考えてみたい。災害時に最も重要な役割を果たす建物には官公庁や病院が挙げられる。官公庁は災害時に指令拠点の役割を担うので情報通信、照明、冷暖房、上下水機能が不可欠である。病院は、災害時に増えるけが人への対応が必要で、平常時より多くの対応に迫られる事態が想定される。そのため照明や冷暖房、上下水はもとより、人工呼吸器をはじめ、人命に関わる医療機器の電力確保、体力に問題を抱えた入院患者の冷暖房などの室内環境維持も不可欠である。

住宅では治安維持にも照明が重要で、冷蔵庫での食料保管、情報入手のためのテレビやラジオ、季節によっては冷暖房も必要である。建物が高層であれば、特に上下水が停止すると避難を余儀なくされる。また、最近の家電機器は電力で制御されているものが多く、例えば、湯沸かし器やストーブはガスや石油などの燃料、水が供給されていても停電時には使えない事態が起こる。**図5、6**は2012年2～3月に行った仙台市内の居住者へのインターネットアンケートの結果である⁵⁾。停電で最も困ったことでは、照明、暖房、風呂・シャワーが大きな割合を占めている。また、自宅から避難した理由には、余震や建物の安全性以外では、停電、断水、ガス供給停止が関係しているとの回答が多かった。このようにライフライン機能の停止がもたらす生活支障は大きく、避難理由にもなっている。

その他、金融機関などのオンラインシステムが停電で機能停止となれば、経済活動への影響は甚大で、また、商業施設においては、冷蔵・冷凍の食料品が停電で保管できなくなる

図5 東日本大震災の停電で困ったこと

出典：稲垣 参考文献5)

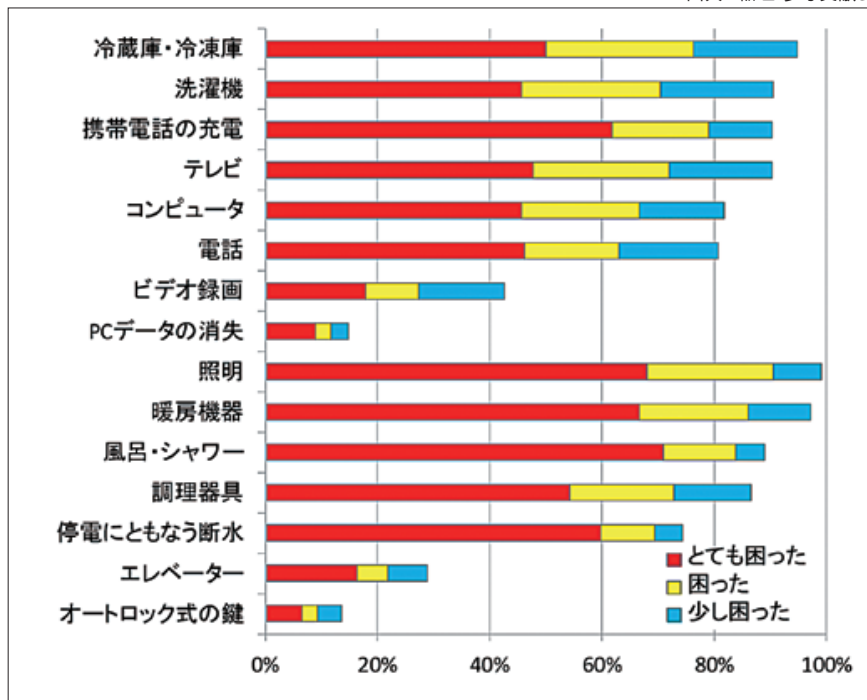
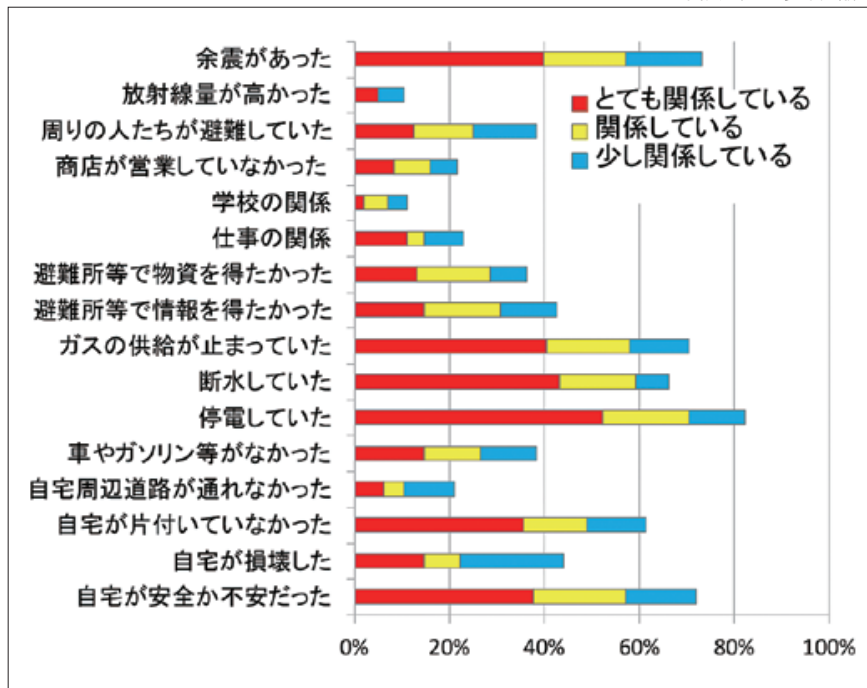


図6 東日本大震災後、自宅から避難した理由

出典：稲垣 参考文献5)



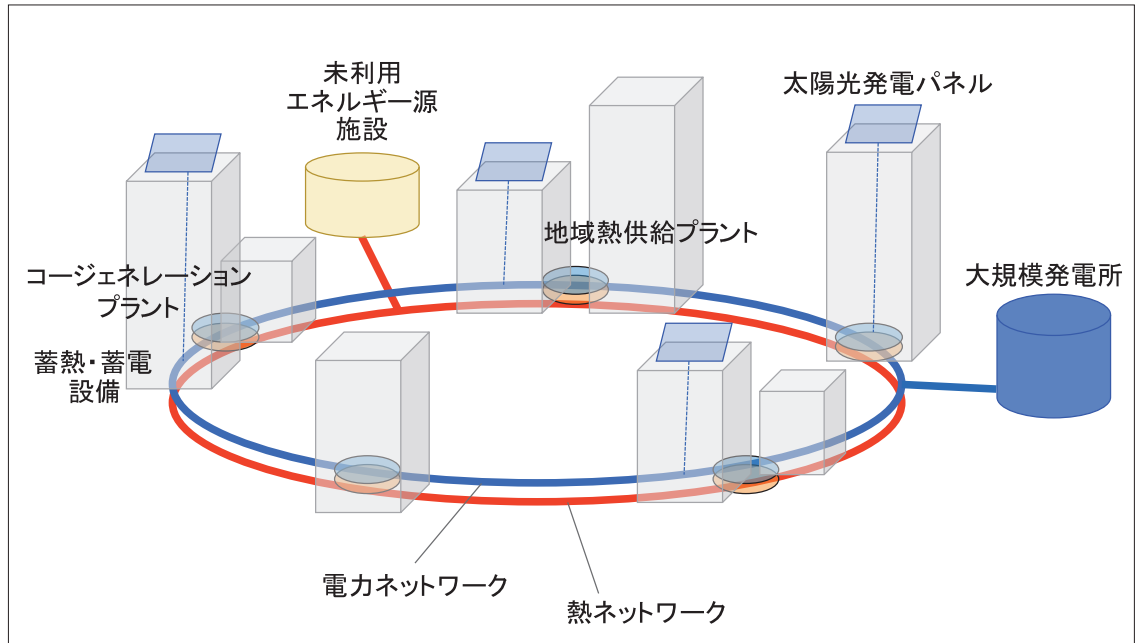
などの問題も生じる。

(2) 都市インフラへの影響

交通や通信、上下水道などの都市インフラへの影響も大きい。その要因として、都市インフラが相互に関係していることが挙げられる。交通機能に関しては、電力供給が停止すれば

電力で動いている鉄道のマヒはもちろんのこと、道路の信号停止によって車の渋滞や事故にもつながる。東日本大震災では、工場の操業停止や輸送困難など、ガソリンのサプライチェーンの支障から、車による輸送が困難になる事態も生じた。稼働に多くの電力を必要とする上下水道施設、およびガス供給、情報

図7 自立分散型電源の連携による環境、防災に対応した地域エネルギーシステムのイメージ



通信施設にも機能維持には電力が不可欠である。電力は他のライフライン機能を維持する基盤的なライフラインである。

5. 今後の対策の方向性

今後の対策の方向性を考える上で重要となるのは、日常の地球環境問題と非常時の災害への総合的な取り組みである。

先に述べた水源地の災害脆弱性への対応は次のとおりである。森林再生、健全な森づくりという日頃からの環境対策で水源地域の災害リスクを低減しながら、都市の水供給施設の耐震性向上、被災後の施設の早期復旧対策を行い、また水の消費量を削減する節水、雨水利用、中水道の導入などをこれまで以上に進め、災害に強い水供給の基盤をつくる。神奈川県では森林再生に関して、すでに水源環境税で水源涵養機能回復に向けた総合的な施策を実施しているが、それをさらに促進していく必要がある。

エネルギーシステムに関しては、供給施設の耐震性を高めること、施設の早期復旧対策はもちろんであるが、ここでは特に需要サイ

ドの対策の方向性について論じる。重要施設や建物、およびそれらが集中している地区・地域では災害時にも業務や機能の継続をめざしたBCP（事業継続計画）、DCP（地域継続計画）の策定、実現が重要である。それらの実現には供給が途絶えにくい供給ルートの多重化とともに、自立型のライフラインシステム、エネルギーに関しては自立電源システムの導入が不可欠である。そのためには自立分散電源の設置が必要である。自立分散電源は、日常から稼働し、そのまま非常時に移行できれば、普段、使われない非常用発電設備よりも供給信頼性が高い。日常から分散電源をうまく活用するには、発電とともに発生する排熱の有効利用が不可欠である。そこで熱供給網を整備し、日常からの環境・エネルギー対策として排熱利用を行うコージェネレーションとし、災害時には自立電源として機能する、地球環境対策と防災対策の双方に資するシステムとする。さらに、相互に隣接する設備同士を連携することで供給信頼性をより高め、できるだけ再生可能エネルギーや未利用エネルギーも組み込む（図7）。エネルギー源は石油系の燃料を貯蔵することも考えられるが、地

※2
中圧ガス管
ガス製造工場にて高圧・中圧で送出されたガスは、整圧器により減圧され、低圧にて供給するのが一般的だが、工場、病院などガス消費量が多いものは中圧にて供給される。中圧ガス導管の耐震性は高く、大地震にも十分耐えられる構造となっている。

震時にも供給が途絶えないことが審査で保証される中圧ガス管^{※1}に接続することで災害時にもガス供給を確保できる。

東京の六本木ヒルズでは、100%の電源を自前で確保できる常用自家発電コージェネレーションを持っており、東日本大震災でも電力供給が途絶えることがなく、その心配もなかった上、東京電力に4000~6000kwの電力を供給していた。当震災前は、このようなエネルギーシステムが必要との認識は低く事業性も厳しいと言われていたが、震災後、一変した。六本木ヒルズのように再開発地域などの特定の供給地点における需要に応じて電気を供給する事業は特定電気事業と呼ばれ、域内需要を100%まかなうことが義務づけられていたが、2011年8月の電気事業法改正により、「50%以上」に緩和されたことも、経済性を向上させ、推進を後押ししている。なお、2012年12月の低炭素まちづくり法の施行により、都市計画的にも建物単体を超えた複数の建物や地域を対象に低炭素のエネルギーシステムの推進が図られるようになった。

一方、密度があまり高くない、地域的な取り組みに適さない地域では、建物や機器レベルでの対策が重要である。太陽エネルギーなどの地産地消のエネルギーを導入すれば、いざという時にそのエネルギーが利用できる。また、経済産業省の補助事業で、災害時に停電になっても蓄電池に切り替わることで給湯が可能な自立防災型高効率給湯器が開発され、補助事業による普及促進が始まっている。

今後、エネルギー面のスマートシティの動きが加速していくが、さまざまなモニタリングや制御が進むと、そのための電気の供給信頼性の要求レベルがますます高くなる。国際的にも展開できるような、地震国日本ならではのライフラインシステムの構築が求められている。

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，pp.97-100，2011.
- 2) 佐土原聡編：時空間情報プラットフォーム，木平勇吉：第7章 水源森林生態系とその保全再生－森林生態，東京大学出版会，pp.79-80，2010.
- 3) 佐土原聡編：時空間情報プラットフォーム，有馬真，石川正弘：第6章 地質・水循環と水源地の地球科学的リスクー地球科学，京大学出版会，pp.69-71，2010.
- 4) 石川正弘：複合化する自然環境問題と変貌する首都圏の地震災害リスクー丹沢山地の斜面崩壊の事例，地震と調査，3，pp.20-25，2008.
- 5) 稲垣景子・佐土原聡：ライフライン途絶が生活行動に与える影響調査－東日本大震災を対象として，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.917-918，2012.

さどはら ● さとる

1985年早稲田大学大学院理工学研究科博士課程単位取得満期退学。1986年工学博士。1988年より横浜国立大学に勤務。2000年より同大学大学院教授。専門は都市環境工学。エネルギー、防災、生態系、GIS（地理情報システム）の活用などの視点から総合的な環境都市づくりを研究。2013年日本建築学会賞（論文）受賞。
http://er-web.jmk.ynu.ac.jp/html/SADOHARA_Satoru/ja.html
<http://future-cities.ynu.ac.jp/>