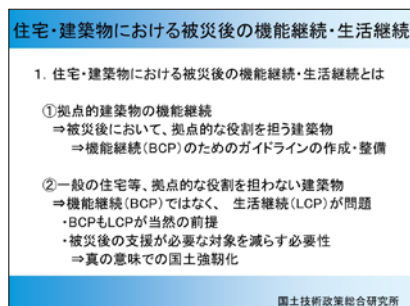
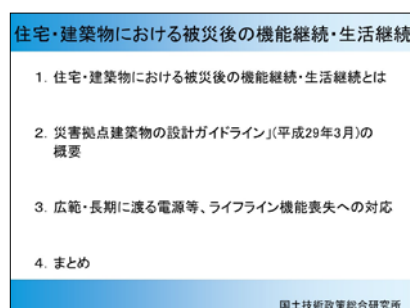
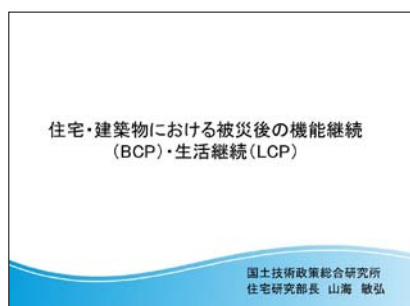


5.2 住宅・建築物における被災後の機能継続（BCP）・生活継続（LCP）

（国土技術政策総合研究所 住宅研究部長 山海敏弘）



ただいま御紹介いただきました住宅研究部長の山海です。本日は住宅・建築物における被災後の機能継続・生活継続についてお話しをさせていただきます。

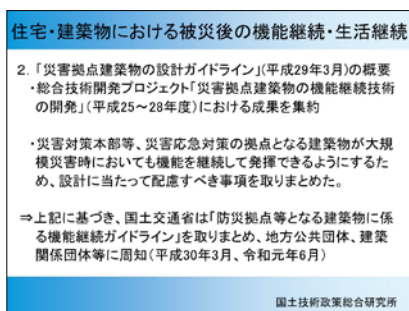
まず被災後の機能継続・生活継続というのはどのような概念かということをお説明した上で、国総研の研究成果である「災害拠点建築物の設計ガイドライン」の概要についてざっくり御説明をさせていただき、その上で、これは個人的見解ということになりますが、広域・長期にわたる電源、ライフラインなどの機能喪失への対応に関する基本的な考え方、今後の技術的展開に関して、お話しをさせていただきます。

まず、被災後における機能継続・生活継続ということについて、ご説明します。機能継続というのは一般的に重要な機能を持っている建物、拠点的な建物についてよく言われることでして、被災後において指揮監督を行う、支援を行うような役割を担う拠点的な建物に関しては、機能の継続はどうしても必要だということです。拠点的な建物の機能

継続については、ある程度確実性が求められますので、現在実際に、機能継続のためのガイドラインなどが作成、整備をされているという状況にあります。

それに対して、拠点的な建物ではない一般の住宅とか普通のビルのような建物に関しては、実のところ被災後の機能継続が強く求められるわけでありませんが、避難する必要がない程度の生活継続、これが非常に大きな課題となるわけです。BCPというのはビジネス・コンティニュイティ・プランの略で、機能継続計画ですが、これに対してLCPは、ライフ・コンティニュイティ・プラン、生活継続計画ということになります。自明のことですが、このBCPというのものも、LCPが当然の前提となります。更に都市域全体での防災性能というものを考えますと、被災後支援が必要な建物・住宅が余りにも増

えると、いずれにせよ被災後の救援計画、支援計画は破綻してしまいますので、支援が必要となる対象を十分に減らしていくという事は非常に重要です。真の意味での国土強靱化を図る上では、一般の建物や住宅のLCPというものが実は主戦場である、というふうにも考えられます。



国総研では平成25年から28年度までの間、「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」という総合技術開発プロジェクトを実施し、その成果物を「災害拠点建築物の設計ガイドライン」として公表しています。このガイドラインは、災害対策本部など、拠点となる建築物が大規模地震後においても機能を継続して発揮できるようにするため、設計に当たって配慮すべき事項を取りまとめた。

上記に基づき、国土交通省は「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」を取りまとめ、地方公共団体、建築関係団体等に周知（平成30年3月、令和元年6月）設計に当たっての配慮すべき事項をまとめたものであります。このガイドラインは研究成果として公表したのですが、この研究成果を踏まえて国土交通省は、総務省、消防庁、文部科学省等と連携して委員会を設置し、「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」をとりまとめ、平成30年に新築版、令和元年には既存対応版を地方公共団体、建築関係の団体あて、周知したところでした。



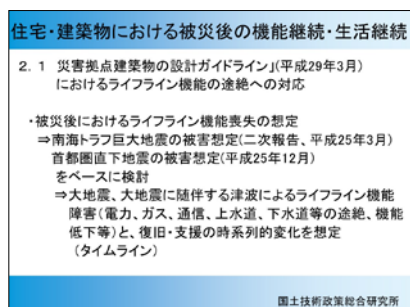
上記の総プロでは、基本的に地震、津波を主なる対象として、拠点となる建物の被災後の機能継続実現を目的として、既往の知見・技術を基盤としつつ、不足していた技術を補い、機能継続技術を構築しました。

資料の右下に記載されていますが、この総プロでは、建築設備の機能継続技術の検討というのが入っており、これはほかの技術と少し性格が異なります。具体的には、ライフラインの途絶後から復旧に至るタイムラインを想定した機能継続の実現を主たる課題にしています。「災害拠点建築物の設計ガイドライン」の構成は、こちらのパワーポイントに示したとおりとなっております。



資料の右下に記載されていますが、この総プロでは、建築設備の機能継続技術の検討というのが入っており、これは津波によってある程度被害を受けるということを想定して、それに対抗するための設計を行ったという事例になっています。ここで具体的に

示されているのは、津波によって水にやられる高さというものを想定した上で、その高さに対応して建築物の構造体、浸水部位、水から守る部位を分別した上で、設備の計画・設計を考える、ということです。設備の計画・設計においては、津波に伴ってライフラインが途絶したという現象に対して想定される期間、機能継続できる計画を立てる、この計画に基づき、設備設計上、必要となる物を貯める、電力などのライフラインが途絶したときにそれらの機能を代替する設備を実装することとしており、被災後の円滑な運用を実現するためのソフト面の対策も併せて検討する、という構成になっています。



ここで何を想定してこのような対策を記述しているかということですが、基本的には南海トラフ巨大地震の被害想定（2次報告）や、首都圏直下地震の被害想定をベースとしています。これらの災害に伴うライフライン機能の障害に関しては、タイムライン、時系列的な変化を想定して検

討を行いました。



こちらにその検討例の一つを示します。これは地震によって電力、通信、上水、雑用水、それからその周辺道路のアクセスというものがどうなっているのかということ想定した上で、建物・設備の計画を立てていく、というものです。そしてその計画も、ライフラインが途絶した場合に、

建物だけで頑張って何とかするというところだけを考えているわけではなくて、被災後のある程度時間がたつたところで補給がやってくる、その補給をうまく取り入れることができるような建物・設備の構造にしておくなど、そういったことまで視野に入れ、検討しました。



こちらは地震と地震に伴う津波を想定したタイムラインになります。この場合、建物の周辺地域はカストロフィックにやられるという想定になっていますので、基本的に被災後、建物の中ででき得る限りの機能継続を行うが、避難・避難支援活動が終了した段階で建物は一旦機能停止し、その後復旧の過程に入るといったようなタイムラインになっ

ています。

住宅・建築物における被災後の機能継続・生活継続	
3. 広範・長期に渡る電源等、ライフライン機能喪失への対応	
3.1 基本的考え方	
(1) 拠点的建築物については、力技による対応が可能	
⇒力技：非常用設備の整備、備蓄の強化、復旧支援の強化	
(2) 非拠点的建築物（一般の住宅等）については、力技は困難	
避難が必要な住宅・建築物を減らす（歩留まりを上げること）により、都市・建築物におけるライフライン機能喪失後の生活継続性の向上を目指す。	
⇒ライフラインへの依存性を低減する仕組みの必要性	
⇒既存の建築ストックに適用可能な方法の必要性	
(3) 各種災害におけるライフライン機能障害、復旧支援に関するタイムラインの明確化が必要（曖昧さを前提とした確率的な評価が必要）	
国土技術政策総合研究所	

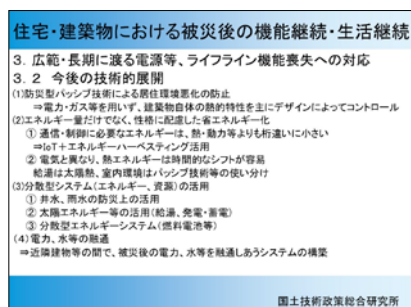
このような形でガイドラインは構成されているわけですが、このような拠点的な建物に対する対応方法は、要するに「力技」による対応、ということになります。ここで「力技」というのは、非常用の設備を強化する、備蓄を強化する、復旧支援のネットワークを強化するというような

ことであり、確実な機能継続が必要である以上、普段は使わない、普段はお荷物でしかない設備などであっても、力づくで設置していくという方向性でシステムが出来上がっている、ということです。

そうしますと、この「力技」という基本的な性格に実は本質的に弱点があるわけですし、非拠点的な建物、特に一般の住宅については、このガイドラインをそのまま適用するということは現実的に困難だ、ということです。さらに言えば、都市域全体での防災性能を向上させる必要がある、という視点から見ると、確定的に特定の建物や住宅を大丈夫にしなければならぬわけでもなくて、実は面的な意味で避難・支援が必要となる建物や住宅を減らす、歩留まりを上げるというレベルの対応というのが妥当と考えられます。このようなコンセプトに基づき、都市・建築物におけるライフライン機能喪失時の生活継続性を面的に向上させるというような方向性が妥当なのではないかと考えられます。

こういったことを実現するためには、まず非常にベーシックな問題として、ライフラインへの依存性をある程度低減する仕組みというのが必須となります。例えば、令和元年に発生した広域・長期間に亘る停電について考えてみると、おそらく昭和30年代的な生活をしていた場合、それほど甚大な被害をもたらすことはなかった、という話だったかもしれません。現在の生活は、電気にもものすごく依存しています。例えば郊外であれば、ガスも都市ガスではなくプロパンであり、ライフラインの状態とは関係なくプロパンガスは使用可能なわけですが、現在の給湯器（瞬間湯沸器）は、ガスがあっても電気がないと動かない仕組みとなっているため、電気がないことがいろんなところに波及してしまうという構造となっています。このような事柄も含めて電気に対する依存性を何とか低減することを考えてやらないと、せつかく目の前にあるエネルギーや資源もうまく使えないということになります。また、これからの都市・住宅ストックについては、それほど大規模な更新とか新築が行われるわけではありませぬので、既存のものにうまく使える、既存ストックへ適用できるような方法というのがどうしても必要になる、という点も重要です。

現在公開されている「災害拠点建築物の設計ガイドライン」などにおいて、何が不足しているのかという観点から見てみたいと思います。まずブラックアウト等による電源の広域・長期にわたる喪失、内水氾濫など浸水による電源被害等については、現段階では、災害における機能障害とか復旧に関するタイムラインというのがあまり明確化されておらず、建物・設備の設計・計画を行う上での前提条件が未整理である、という点は明らかです。こういったタイムラインを考える上では、確定的な議論をするのはそもそも困難ですから、曖昧さを前提とした確率的な評価というものがどうしても必要になると考えられます。



次に、電源、ライフラインの機能喪失への対応に関してですが、幾つか考えられるポイントがあります。まず、電源とかライフラインに対する依存性を下げるという意味で非常に重要なのが(1)の防災型パッシブ技術による居住環境悪化の防止というものです。ある意味では非常に伝統

的な技術ではありますが、日射、通風、建物の蓄熱性など建物の熱特性を主にデザインによってコントロールして、電気やガスを用いなくても室内環境が極端に悪化しないようにするというようなことについて、特に災害時における有用性を含めて、更に検討が必要です。残念なことに、現在の省エネルギー性能評価では、こういったパッシブ型の技術を中途半端に入れると、性能的にマイナス側にカウントされたりしまったりするというような問題もありますが、こういった点も含めて、技術的に克服することはできないかということです。

それから、エネルギーの量だけではなくて、エネルギーの性格に配慮した省エネルギー化・設備設計を考える必要があるということです。まず、わかりやすいことから言いますと、例えば住宅で非常に大きなエネルギーがいるといいましても、通信や制御に必要なエネルギーというのは大きくても数W程度と非常に小さいが長時間継続する必要があるのに対して、冷暖房や給湯に必要なエネルギーは桁外れに大きなものとなり、例えばCO₂ヒートポンプでは3kWもの電力を必要としますが、必要となる時間は比較的短時間です。このような性格の異なるエネルギーについては、エネルギーの性格に適した対応を考えるのが妥当です。

非常に小さい電力があれば運用を継続できる制御だけでも生かしておくというのであれば、最近発達の著しい非常に省電力化の進んだIoTとエネルギーハーベスティング技術を上手く組み合わせれば、ライフラインからのエネルギー供給とは無関係に機能継続で

きるシステムを組むことも想定できます。 エネルギーハーベスティングとは、「環境発電」のことで、微弱な光、振動、音、温度変化などを使って発電する技術ですが、IoTの技術的進展によって、マイクロチップや通信に必要な電力が飛躍的に僅少なものとなったことにより、注目を集めている技術です。例えば現在の防災用自家発電装置は、停電した瞬間に起動し、燃料を使い果たした時点で停止してしまうため、電力の長期に渡る途絶への対応性が低い、という問題があります。監視・制御系統をエネルギーハーベスティングに任せ、大きな電力が必要となったときだけ、発電機を発停させるシステムを構築できれば、電力の長期に渡る途絶への対応性を飛躍的に向上させることが可能となります。

それから2番目。電気でお湯をつくるということは、もともと非常に合理性が乏しいわけですが、例えば太陽熱温水器でお昼につくっておいたお湯を保温しておけば、夜使うことができる、エネルギーの時間的なシフトが簡単にできる、ということです。電気と同じことをやろうと思っても大容量の蓄電池が必要になったりします。給湯は太陽熱、室内環境はパッシブ技術の有効活用、それから監視・制御と通信はエネルギーハーベスティングとする等、適材適所の対応を図ることにより、ライフラインへの依存性は相当下げられることができると考えられます。

その上で、(3)にある分散型のシステムを活用を考えます。水、太陽エネルギー、それから燃料電池等の分散エネルギーと書いてありますが、燃料電池というのはまだメジャーではありません。太陽電池はお天気左右されるシステムなので、災害後の活用を実現するためには高価な蓄電池が必須となるため、その低価格化が鍵となります。一方、現実的問題として、日本で一番メジャーな分散型エネルギーシステムは、やはりプロパンガスということになります。実は供給量自体は、プロパンガスの方が都市ガスよりも多いので、いざというときも含めて、サプライチェーンが完成しているという点も非常に大きなアドバンテージです。プロパンガスボンベに保存されているガスは、基本的に劣化しない等、劣化しやすい油類と比較して保存性が高い、という点も特徴の一つです。

それから、このパワーポイントでは書き漏らしておりますけれども、(4)番目もあります。(4)番目として何があるかというと、資源とエネルギーの融通です。電力の自由化などにより、実は戸建ての住宅、集団になっている住宅等でも、電気のやりとりをやるのが可能になってきました。防災用の電気を建物間でやりとりする、融通するということがやりますと、面的な意味で防災性の水準を上げることができる可能性があります。これは水についても同様です。水も飲み水は難しいんですけども、雑用水に関しては割とハー

ドルは低くて、やればすぐにできるということになるかと思えます。

住宅・建築物における被災後の機能継続・生活継続
4. まとめ
(1) 拠点的建築物については、大地震、大地震に随伴する津波を想定した機能継続のためのガイドラインが国土交通省等から公開されているが、ブラックアウトや洪水への対応については、検討が不十分
(2) また、拠点的ではない一般の住宅・建築物については、力技による対応を主眼とする上記ガイドラインを適用することは困難
(3) 一般の住宅・建築物における被災後の居住継続性能を向上させ、真の国土強靱化を実現するためには、(1)防災型パッシブ技術、(2)エネルギーの性格に配慮した省エネ技術、(3)分散型システム、(4)エネルギー・水を近隣建築物・街区で融通する技術等に関する技術開発が重要
国土技術政策総合研究所

まとめに入らせていただきます。拠点的な建物に対しては大地震、大地震に随伴する津波を想定したガイドラインが国交省からも公開されていますが、ブラックアウト等に伴う長期・広域な停電に対する対応については、この種の災害に対するタイムラインの設定や、確率的な観点も含めた評価をどうするかということ等、検討が不十分です。

それから、この(1)のガイドラインに関しては拠点的ではない一般の建物・住宅について適応するのは非常に困難です。ガイドラインでは、普段使わない設備にお金と手間を力いっぱいかける「力技」による対応を主眼としていることによります。こういった方法を取る限り、それほどお金をかけられない建物・住宅での対策を実現することは困難です。

普段使うことができるシステム、普段も役に立つシステムを防災時にも活用するというような視点を持ってシステムの構築する必要がある、と考えられます。

それから、(3)についてです。一般の建物・住宅における被災後の生活継続性能を向上させるということは、どういう意味があるかという点についてですが、これは、避難や被災後の支援が必要となる相手先が減ることであり、それ自体が都市全体の安全性を大きく向上させるという意味を持つわけです。これこそ真の国土強靱化にふさわしい対応技術と考えられます。

また、現在の省エネの評価技術では、何もかも合算して合計したkWhの多寡を評価していますが、建物・住宅における被災後の機能継続・居住継続を実現する上では、①防災型のパッシブ技術によって室内環境を建物の熱的性能をコントロールすることによって対応する技術を中心に据える、②小容量長時間、大容量短時間、タイムシフトの容易さ等、エネルギーの性格に適応したエネルギー技術を活用する等、エネルギー関連技術の適材適所を実現する必要があります。

分散型のシステムについては、燃料電池コジェネのような先端的技術、コスト的な問題を解決する必要がある太陽電池だけでなく、当たり前前に設置されているプロパンガスも視野に入れ、うまく活用できる方法を考える必要があります。

それから4番目に、エネルギーと水の融通ということも重要です。電力の融通に関しては、近年様々な規制緩和が行われ、制度上は戸建ての住宅間での融通も可能となりました。現時点ではハードルは低くありませんが、今後の展開が期待されるところです。

一方、都市域に存在するビルの中で、防災用のシステムを共用しながらネットワークを作り、相互に水・エネルギー融通するシステムについては、現行法令上許容される範囲でも技術的には様々な展開が可能であり、現行法令を緩和すれば、更に有用なシステムを構築することも期待できますので、これに関しては積極的な技術開発が重要になってくるのだろうと考えています。

以上、駆け足となってしまいましたが、御清聴ありがとうございました。