表題：気象・大気関連による被害の現状と対策技術について

建築生産における、酸性雨、集中豪雨の対策の現状と課題

工学研究科博士後期課程 平成 20 年度（9 月）入学
芦村昌士
学籍番号 087173X
システム創成工学専攻

1.概要

世界の緊急の課題として、地球温暖化問題がある。筆者は建築生産・建築使用に伴う CO2 排出量が大きいことから、岡研究室指導のもと、いかに、それを抑制すべきか、産業連関表分析手法等をもとに、その排出構造を研究している。

地球温暖化も気象・大気現象であり、関連災害の１つと、とらえることもできよう。温暖化問題は異常気象を誘発し、集中豪雨被害との因果関係も注目されている。また、酸性雨問題も地球温暖化に対して言われていると同様に、人間の現代的な生産活動と深い因果関係がある。これは、我々の文明の将来としても重要な課題である。

筆者は長谷部研究室の指導による履修の機会を得、この感を深くすることができた。長谷部研究室では、地球規模から、地域地形特性等を考慮した、様々なモデル、統計推計法を構築し、観測、実測データとともに、現象メカニズムの解明、影響度、予測手法を明確化、高度化させている。

筆者は社会人履修者として、建設会社に勤務している立場から、建築生産において、集酸性雨、集中豪雨などに、どのような問題があり、どう対処してきたのか、今後の課題は何かをレポートし、長谷部研究室の研究成果の重要性と発展への期待への考察の基礎とした。かつ企業人としてもその意識を活用し社会貢献の一助とする。

2.酸性雨と建築生産分野

2.1 酸性雨と建築分野の関係の難しさ

コンクリートの中性化、金属系屋根等の腐食など、基本的にはより強い酸性化傾向の酸性雨は、建築の耐久性にとってより大きな負荷となる。しかしながら、実際の建物の劣化部位の、主たる原因を酸性雨だと特定した判断の真偽を判定することは必ずしも容易ではない。何故ならば、コンクリートの中性化、金属系屋根等の腐食は、通常の気象条件でもある程度進み、通常よりも、著しい劣化が見られるときは、別の要因の可能性も低くないからである。

建築における、酸性雨の被害報告には、今のところ目立った被害はないというものと、

酸性雨傾向の進展とともに、顕在化してきたという報告が、混在している傾向にある。

2.2 建築生産における酸性雨の懸念

我が国においては、近年、中国の急激な経済成長に伴う、中国からの影響による酸性雨化の懸念が高まりつつある。一方で、我が国独自では、過去の高度成長期におけるような、高密度な酸性雨要因は、近年の環境行政の成果とあいまって、おさまりつつある。現在の中国からの影響は、ある程度遠方のものであり、距離による拡散希釈効果もあり、高度成長期の、かつての我が国における、工業地帯近辺、交通過密地点のような、酸性度がピークに達するような酸性雨化にはまだ至っていないとも言えるだろう。

実際、かつての我が国における、工業地帯近辺、交通過密地点のような地域では、建築における酸性雨被害が、現在よりも、ある程度の明らかさを持って、顕在化、顕在化しかかっていたとも思われる。

ゆえに、建築における酸性雨被害については、それが目立って顕在化するに、酸性雨の酸性強度に、ある種の閾値のようなものが、存在するとも思われる。しかるに、今後も酸性雨化要因が、日々、増大し続けると思われる中国の存在を鑑みるに、やがては、その影響が、我が国において、建築における被害の急速な顕在化の閾値を超える懸念も拭いきれない。

もし、そのような懸念が本当だとしたら、それはまず中国で、酸性雨による建築被害が顕在化してしかるべきかとも思われる。確かに、そのような面もあるし、それが皆無であることもなかろう。しかしながら、酸性雨要因の長期輸送に伴う、拡散希釈効果だけなく、酸性雨化のメカニズム起因の、要因発生地からの距離がある地点でこその、より強い酸性雨化の可能性も無視できない。それが、中国での要因の、日本の酸性雨化である可能性も小さくはない。

2.3 酸性雨研究の重要性

より望ましい、予防、対策の為にも、関係知見に基づく日本、中国の協調体制が欠かせない。それが、中国の将来にも、日本の将来にも、共通に望ましい結果を、もたらすと信じ得る。

取り返しのつかない、時点まで、問題を放置しておく訳にはいかない。それには、危険、危機的な兆候を正しくとらえる、酸性雨発生、広域の地球上、大気の水循環メカニズムの解明、それに基づくシミュレーション技術、それらを検証し、フィードッバクする優れた観測網、観測技術が必要となる。ゆえに、これまで、長谷部研究室で進められた研究の知見、および、今後も、強化、充実が予定されている、中国との共同研究、東華大学（上海）との共同研究等の成果が、日本における酸性雨の被害防止上も極めて重要だと期待されるのである。

現在の日本の建築、従来の方法で建設されるのならば、将来の日本の建築も、懸念される

酸性雨に対して、まったくもって、万全とは言えない。建築などの社会資本、社会ストックを維持する負荷が急激に増大してしまえば、都市、国家は衰え、場合によっては崩壊し、廃墟になるのを、ただ茫然と観ているしかないことにもなりかねない。酸性雨化を放置することは、潜在的にそうした危険がある。このままではどうなってしまうのか。どれほどの猶予があるのか、酸性雨問題に対する研究が重要である。

2.4 塗装・耐候皮膜と酸性雨

現在の我が国の建築の外装材では、金属屋根等、塗装などにより、防錆処理、耐候性処理を施しているものも少なくない。これは、必ずしも酸性雨を懸念してのことではなくて、屋根金属などの母材が、通常の降雨気候でも、やがては腐食、劣化するので、これを防ぐ為のものである。塗装等がこの機能を果たしている限り、降雨等に対する耐候負荷から金属等の母材は、半永久的に守られる。しかし、塗装などの保護被覆材は紫外線や、砂塵等により劣化、摩耗し、母材から剥離し、母材を露わにしてしまう。自らの寿命を犠牲にして、母材の寿命を守るのが、塗装、被覆材の使命でもある。ゆえに、母材の寿命を延ばす為には、塗装・被覆材は適時、更新、再塗装されるべきものである。

塗装・被覆材で守られている、建築をかたちづくる資材としての母材は社会資本、社会ストック、都市ストックでもある。万が一塗装・被覆材の更新、再塗装等に手が回らなくなったら、これらストックは急速に劣化し、都市等は崩壊過程に入ってしまうと言っても過言ではない。

一説による、ローマ帝国の滅亡の一因をも、我が国の少子化と合わせて、想起してしまう悪夢でもある。

塗装・被覆材の更新、再塗装等は必要欠くべからずものだが、これは社会資本、社会ストック、都市ストックを維持する為の負荷でもある。更新、再塗装等の必要サイクルが短くなること、すなわち、塗装・被覆材の寿命が短くなることは、社会資本、社会ストック、都市ストックを維持する為の負荷が増大することでもある。

先に、塗装などの保護被覆材は紫外線や、砂塵等により劣化、摩耗し、母材から剥離し、母材を露わにしてしまうと述べたが、野村[文献1)]らは、屋根材としてのめっき鋼板に施すアクリル塗装の耐久性に関する研究を行っており、酸性雨による塗膜劣化と腐食を考慮した試験も行っている。酸性雨サイクル腐食試験によるもので、実際の環境での耐久性を評価する目的で、沖縄県の具志頭村にて暴露試験も実施している。野村[文献1)]らの研究においては、酸性雨による劣化の影響を検証することが直接の目的ではないが、新塗装鋼板が優れた耐酸性雨性を示したことを検証しているので、間接的には酸性雨が塗膜劣化を早め得ることを示している。

2.5 美観景観維持としての塗装・耐候皮膜の寿命と酸性雨

塗装、耐候皮膜が、外装材としての母材の酸性雨等からの腐食、劣化を防ぐ能力を残存さ

ていても、その退色、光沢性を失うことから、建物の美観、街並みの景観を維持する能力を失い、更新、再塗装を余儀なくされることがある。このサイクルを酸性雨が短くしてしまうこともあるだろう。これも、酸性雨が社会資本、社会ストック、都市ストックの維持を脅かす要因にもなりえる。

2.6 建築用外装金属材料と酸性雨

一般の建築用外装用金属材料は、塗装、耐候被覆など、あるいはメッキなど、何らかの表面処理が施されていることが、ほとんどである。塗装など耐候被覆でも、酸性雨に対して万全ではないことは、先にも述べた通りである。デザイン上、建物の美観上やや特殊な例として、チタン板などが外装材として用いられることがある。チタン板は、酸性雨対策としても優れた耐食性があるとされているからでもある。

高橋[文献2)]は屋根や壁のどの外装材に使用されたチタンに孔食やすきま腐食などの局部腐食が発生した例はないとしながらも、長期間暴露されて表面色調が変わったケースがあると報告している。ここで、人工性雨溶液中の浸漬試験を行っている。この試験により、酸性雨等によりチタンが極微量溶解し、その溶出したチタンイオンが加水分解によって多孔質な TiO_2(あるいは $TiO_2 \cdot nH_2O$)となって表面に析出し、酸化被膜が成長、干渉作用によって起こると思われる変色を確認している。

これが、ただちに、チタン板の建物の外と内部を隔てる外装材の役割を、致命的に失わせるものではないので、先に述べた塗装等、被覆処理に守られていた母材が酸性雨等にさらされほどの破壊性、深刻性は低いが、やはり美装の為、選択採用されたチタン板の外装材としての美観が損なわれる経済的損失は大きい。基本的に、更新、再塗装等が必要ない、チタン板の優位性を損なう可能性があるのが、今後の酸性雨の酸性強度の増加懸念であって、高橋の指摘する通りである。

2.7 コンクリートと酸性雨

コンクリートが中性化によって耐力が落ち、劣化することは広く知られている。正しくは、特にというべきか、正確には鉄筋コンクリートにおいてこのことは重要である。中性化が問題となるのは、コンクリートがアルカリ性であることを期待されていることでもある。このコンクリートのアルカリ性によって、中の鉄筋が錆びることが防がれている。鉄筋コンクリートにおいて鉄筋が錆びることは、それが鉄鋼であることの、高い強度を利用できる断面積が損なわれること以上に、発生した錆びにより、コンクリートの中で鉄筋と錆びの占有体積が増え、鉄筋を拘束していた周りのコンクートを押し広げ、殆ど伸縮性がないコンクリートを中から押し広げ割ってしまう被害が深刻となる。すなわちコンクリートの中性化、鉄筋腐食による鉄筋コンクリートの爆裂現象を引き起こす。

その意味では、中性化はコンクリートの中にある鉄筋にまで達していなければ問題はない。鉄筋のまわりのコンクリートは、その高い圧縮強度において、鉄筋とともに、鉄筋のコン

クリートにはない高い引っ張り強度と協調して優れた構造体、構造材料となっているが、同時にそのアルカリ性質をもって鉄筋腐食を防ぐ、非常に優れた鉄筋の被覆材でもあるのだ。

コンクリートがアルカリ性を失っていくことは鉄筋に対する防錆能力を失い、コンクリートの爆裂につながるという意味で、重大な問題であるが、一般に鉄筋コンクリートは、容易には中性化が鉄筋まわりに達しないように、鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚が確保されている。中性化の進行状態は鉄筋コンクリートの劣化進行とも言え、母材を守る塗装層の劣化の進行に例えることもできるが、その進行具合は中性化試験を行わないと、ほとんど判らないという違いがある。塗装等なら、退色やはげ落ちなどである程度即座にわかる。コンクリートに関しては白化というやや見える形での現象も専門家の間では知られているが、それが生じる因果関係の特定も合わせて、その進行の兆候は経験豊富な専門家でないと判断できない。

ほとんど、見ただけでは判らないコンクリートの中性化ではあるが、まれに見られる、いわゆる、「コンクリートつらら」という現象をもって、見えるコンリートの中性化とか、それを酸性雨の脅威と結びつける向きもあるようだが、筆者はその可能性を否定しないものの、何分現時点では、まれに見る現象との範疇でもあり、学術的には特異な現象に対するメカニズムの興味かとも思う。

筆者も今回、あらためて関係参考図書、文献を復習してみたが、鉄筋コンクリートの爆裂に至るメカニズムは、相当に明確ではあるが、実際的な環境で、それが過度に促進されてしまう主原因の特定となると困難を伴う、複雑なメカニズムでもある。例えば鉄筋コンクリートに鉄筋にまで至る、ヘアークラックなどがあれば、毛細管現象によって、鉄筋が錆びる主要因の１つである水分が鉄筋にまで運ばれやすくなることは、容易に想像がつく。しかし、コンクリートには完全に中性化が進んでいない限り、その水分をアルカリ性にする作用がある。このような事情が爆裂の実際的過程の完全把握を難しくしていると思われる。

鉄筋コンクリートのコンクリートがアルカリ性であるからこそ健全と言えること、中性化は鉄筋コンクリートの劣化を意味することから、酸性雨は鉄筋コンクリートの脅威そのものだと考えてしまうことは、自然とも言えるのかも知れないが、このような事情で、2.1 節に述べた、「建築における、酸性雨の被害報告には、今のところ目立った被害はないというものと、酸性雨傾向の進展とともに、顕在化してきたという報告が、混在している傾向にある。」
と言ったことにも無関係ではないかも知れない。これがコンクリートに関する文献研究からの感触でもある。[文献３）４）]

しかし、この状態も、現在の日本では、中国起因の酸性雨化が進行中であるとの見方が、正しかったとしても、これを放置しておいた未来での酸性雨の酸性の強さから較べれば、まだ低いからかも知れず、コンクリートと酸性雨の関係は油断を許さない面もあると思わ

れる。

ひとたび、この鉄筋コンクリートでの問題が次々と顕在化することとなれば、たんなる外装材である金属系の外装母材が問題となる深刻さとは、ケタ違いの社会問題となる。まさに文明をゆるがすと言っても過言ではないだろう。

筆者は、今回、文献で特定することはできなかったが、関連することで、打ちあがった鉄筋コンクリートの水分供給としては、外気側から供給される水分より、より危険なのは、結露水など、室内側から供給される水分で、それは室内側が居住者の呼気や、火気使用により、室内空気の炭酸ガス濃度が高い為、結露水などの酸性度が高いからだという知見を見聞きした覚えがある。そうだとして、現在、我が国において、問題となりつつあるかも知れない酸性雨の性質はまだ、ちょうど、この室内側の結露水と拮抗しているのかも知れない。

2.8 銅板屋根等、銅板外装と酸性雨

我が国においては、銅板を屋根に葺くことは、古くからの神社仏閣の木造建築においても施されており、伝統の１つでもある。あるいは、明治時代にはいってからの西洋建築としても、銅葺の屋根は観られ、１００年以上の歴史ともなれば、これもまた我が国の歴史的文化遺産である。いずれにしても、葺いたばかりの光沢のある赤銅色の銅板ではなく、緑青がふいた銅板葺きが美しいものとして愛好されているかと思う。

銅板はこのように、金属製品の一種であるが、塗装など皮膜を施さず屋根などの外装材と使用される。

比較的、新しい建物で、外部の樋などの銅板製品に孔食が出て、酸性雨が原因と判断されている報告も散見するが、学術サイドではまだ、その因果関係は明確には研究されていない傾向がある。筆者はこうした、孔食被害の状態の詳細を把握できないでいるが、異種金属の接触等による電食が主原因であることも少なくなくないので、酸性雨が主因との判断も難しいところがある。その点、昔の神社仏閣や西洋建築は、銅製建材と接触するのは、木材や石材が多いとも思われ、銅板の異金属接触による電食は生じにくいかとも想像される。

その点、上瀧[文献６)]が報告しているように、近年、重要文化財などの銅板屋根の緑青が酸性雨で流されるトラブルが発生しているとのことが本当なら、重要な酸性雨の影響と言える。

歴史的建築の一生からすれば、貧しい筆者の見聞でしかないが、確かに昔にそのような話は聞いたことはないし、歴史的建築物も見た感じでも、そのような痕跡には記憶がない。近年で現れた現象であるとすれば、重要文化財建築の美観が著しく損なわれることは、悲しむべきことではあるが、まだ現段階の我が国の現状としては、銅板の緑青は酸性雨に関して比較的デリケートということにもなる。ただ、重要文化財建築等の銅板屋根の葺き替えは、昔の方が頻繁だったかも知れず、近年それが久しくなりがちなので、緑青が流され

る現象が起きているとの疑念を払拭する必要はある。同時に、人工酸性雨による緑青が流される実験試験研究も望まれるところである。付け加えるならば、上瀧[文献６)]は、特別な表面処理+陽極酸化発色を行ったチタン製屋根は、緑青色に非常に良く似ていて、耐食性が非常に優れているので、酸性雨対策としての代替材料になりえることを示唆している。

2.9　建築木材と酸性雨

木材の場合は、金属が腐食と言うに対して、腐朽ということになろうが、直観的にも、経験的、学識的にも、木材の腐朽は水分と密接な関係にあるものの、酸性雨の関係はあまりないとの認識が強いかと思う。実際、筆者の今回の文献調査でも、おおむね研究姿勢はこの前提かと思われる。したがって、木材自体は建材として酸性雨には強いと思って良さそうである。ところが、木材は別の意味で酸性雨と深い関わりがある。それは、酸性雨による森林の破壊がクローズアップされるからである。当然のことながら、これは木材の供給資源が失われるということで非常に大きな問題である。

たびたび言及するが、我が国の現段階では、まだ、「酸性雨の被害報告には、今のところ目立った被害はないというものと、酸性雨傾向の進展とともに、顕在化してきたという報告が、混在している傾向にある。」というのも建築との関連においてであって、森林破壊など生態系への酸性雨の影響、被害の顕在化の方がまず深刻である状況かと思える。

酸性雨に関して、生命にまつわる、生態系が受ける影響が、総体的にも、生物学的に生命体でない建築、基本的には無機物で構成される建築より、大きいのは直観的にも理解できる。酸性雨は、地球上の水循環にまつわるものであるが、森林などはその，水循環を体内に取り込んでいるのである。建築は、腐食など、表面で若干の化学的変化を起こし、時間をかけて犯され、やがては全体が無に帰すものの、短期的には、地球上の水循環で濡されることがあるに過ぎない。森林は、酸性雨が降りかかって葉が傷む以上に、酸性雨、すなわち酸性化物降下の結果として土壌、地下が犯され、生きにくい、恒常的な環境の変化にさらされてしまうのである。

森林の維持育成、木材利用のサイクルは、地球温暖化の防止策としても期待値が高いのは周知の通りである。建築分野でも木材の積極利用化が試み始められている。バオイオエネルギー資源としても期待されている。酸性雨はこの期待を打ち砕いてしまうかも知れない脅威である可能性が極めて高いと思われる。

2.10 建築シール材、防水材と酸性雨

建築用シール材、防止材は、建物への使用量として、体積的にも重量的にも、コンクリート、鉄骨と比べて極めて小さい。シール材は塗装と比べても施工面積は極めて小さい。これらの酸性雨との関係は、ほぼ塗装等と同じかと思われるが、その関係、報告文、研究例は少ない。しかしながら、強いていえば、塗装がその母材を主として保護するのに対して、シール材、防水材は、酸性雨等の侵入を防ぎ、その被害が部材構成内部で拡散、拡大

することを防ぐ役割を担うと思われる。シール材、防水材が酸性雨の侵入を許すと、酸性雨に犯されるものは、もともと外装材のような十分な防錆処理が施されているものではないので、ひとたびその影響を受ければ大きな被害となる可能性がある。その意味ではシール材、防水材は外装材として重要な部位材料でもある。建物の外皮性能はかなりの部分、シール材、防水施工で決まる面もある。

将来想定される最悪のケースの１つは、鉄骨造、外装カーテンウォールのシール材の不良に起因して、大量の酸性雨が一か所に集まる形で内部に侵入し、構造部材である鉄骨や鋼管コンクリート柱の局部を集中的に痛めてしまうことである。これを知らずに放置すると、やがてその建物における大災害にもなりかねない。

また、筆者はシール材部位が集中的に酸性雨にさらされ、あるいは酸性雨がそこに滞留することが多くなるケースも少なくないと思うので、シール材自体の耐酸性雨性も、より高いものが求められる潜在需要、将来需要はあるかと考える。

2.12 建築設備と酸性雨

現在のところ、学術サイドでは建築設備と酸性雨の関係研究報文は少ない。我が国においては屋外、屋上に設置する機器類の防錆化は、比較的よく進んでいると思える。屋外配管類のステンレス板ラッキング、樹脂系配管化の進展もある。しかし、今後、酸性雨の酸性強度が高まれば、その限りでないかも知れない。また予想される懸念材料としては、開放型冷却塔から侵入した酸性雨が、冷却配管系を内部から犯すことも考えられる。

2.13　酸性雨が建物の寿命を縮め、それがＣＯ２排出を増やし地球温暖化を悪化させる

もし今後、中国からの影響もあって、我が国における酸性雨の酸性強度が増加の一途をたどるとすれば、今以上に酸性雨の影響と疑われる建築に関するトラブル事例の顕在化が多くなり、それがある時点をもって爆発的に急増する可能性も否定できない。

大地震などの天災は、それが生じたときに、いきなり重大な様々な問題を各所にひき起こすが、酸性雨が建築に与える影響は、恒常的な状態の積算値の結果でもあるからである。個々の建物の履歴は固有のものであっても、酸性雨の酸性強度が増加の一途をたどっているとすれば、その状況は、我が国におかれている、全ての建築に共通な環境である。ゆえに、特に急激に酸性雨の酸性強度が上昇するという現象を伴わずに、ある時期、建築におけるトラブル事例が急激に増加するという事態も想定され得る。これは、我が国の都市文明を脅かす状況の幕開けともなりかねない。

酸性雨は建築など、社会資本、社会ストックの寿命を縮める。ゆえに、その状態でこれまでの都市規模を維持しようとすれば、建築の建設、使用、廃棄のサイクルを短周期にしなければならなくなる。冒頭にも述べたが、筆者の岡研究室での研究は、建築生産・建築使用に伴う CO2 排出量が大きいことに関連している。すなわち酸性雨問題は、人間活動が存在するが故に地球温暖化を推し進める結果をもたらしかねない。この点では、大地震対

応（建築の長寿命化）と似た課題でもある。

人類は、将来も容易には、起こるべく大地震を、人工的に封じ込めることは困難であろう。しかし、大地震が起こることは観念したとしても、さらに次におこる大地震は、さらに巨大になるということはない。今のところ地球上の大地震は、地球自体が壊れてしまうようなカタストロフの現象ではない。

酸性雨および地球温暖化の問題はそうではなくて、懸念増加を観念した場合、それゆえに原因はさらに悪化するカタストロフの過程である。ゆえに、多分に人間が関与していると思わる原因を抑える努力が不可欠である。

3. 集中豪雨と建築生産

3.1 集中豪雨と建築の現状

長谷部研究室の公開資料[文献 7]から

近年、局所的集中豪雨の多発や、水資源の偏在化による干ばつなど、地球温暖化に起因すると思われる異常気象災害が地球規模で深刻になりつつある。我が国おいても、毎年のように集中豪雨による被害が発生している。近年の温暖化傾向が継続・進展した場合、従来の安全基準で整備された都市社会システムにおいて豪雨による被害がさらに拡大するであろうことは容易に想像される。

とある。

正式な気象用語ではないが、我が国においては、マスコミなどでは「ゲリラ豪雨」として、その被害が報道されている。

関連して、東京の下水管工事現場で５人もの死者を出し、1999 年に東京・新宿西落合の自宅地下室で１名が死亡している。また福岡市でも地下街の店員が地下の店舗で逃げ後れて水死している。その他、多くの被害報道がなされている。

筆者は社会人履修者として、建設会社に勤務しており、従来の安全基準で整備された都市社会システムとしての、主に建築に関係してきた身でもある。そしてこれからも関係していく。今後、豪雨による被害がさらに拡大するであろうことが容易に想像される中で、それへの対応がどう考えられているのか、どう考えなければならないかの、基礎となる、主として建築関連の調査研究をまとめる。

3.2 集中豪雨の発生メカニズム解明の重要性

筆者は、長谷部研究室での履修の機会を得たが、同研究室での近年の集中豪雨の発生メカニズムの解明は同研究室の長年の研究成果の積み重ねであり、専門家と言えない者が、たやすく理解できるものでもない。同研究室のこの分野の特徴は、気候・気象シミュレーションにおいて、局所的ディールをある程度は簡略せざるを得ない、比較的地球規模のシ

ミュレーションから、それよりは、局部的な地形情報も加味した、シミュレーションを比較的シームレスに、あるときは連動して、あるときは切り離して、その分解能を適時、変えながらモデル化実行できる研究の積み重ねにあるかと思う。特に、酸性雨、集中豪雨などの地球上の水循環系において、知見の蓄積が他の追従を許さないかと思える。

特に、近年、問題となっている集中豪雨に関しては、ゲリラ豪雨とも呼ばれ、局所集中性がその特徴である。ここに同研究室のメカニズム解明への期待がある。

目標とされる、気象制御手法の達成は遠くないだろう。確かに集中豪雨の予測精度が劇的に向上し、より高度な警戒避難システムと連動し得たとしても、集中豪雨の発生を抑えられないのでは、都市社会システム、その建築システムの安全を完全に確保したとは言い切れない。

筆者は浅学の為、集中豪雨等に対する制御法の方向性を特定することはできないが、都市の排熱制御、アルベドーの改善、地表面透水性雨水浸透性、保湿性の改質、街区通風計画、あるいは、大気へ緊急的になんらかの物質を散布する等、様々な可能性が視野に入れられて研究されていくのかと思われる。

このような成果は、集中豪雨の発生を完全にゼロにするものでなくても、その発生頻度を統計確率論的にも減じられるだけでも、高い価値があると筆者は考える。

現実的に出来ることから、費用対効果的にも、トレードオフ的にも、着実に状況が好転していくことが期待される。

3.3 大局と局所現象 地球温暖化と集中豪雨異常気象

気候・気象シミュレーション、モデル化、専門家でないと理解しがたい面もある。筆者は、空気、水、２次元、３次元の流れのシミュレーションでも専門家からは、残念ながら遠い。

地球温暖化に起因すると思われる異常気象災害が地球規模で深刻になりつつある。我が国おいても、毎年のように集中豪雨による被害が発生している。

この集中豪雨は我が国ではゲリラ豪雨とも呼ばれるので、地球温暖化よりは、局所的で、統計確率的にもどこで発生するか判りにくいというイメージを抱かせる。

筆者のような非専門家としては、火にかけた水の入った「やかん」が地球全体、「やかん」の水の温度が上昇するのが地球温暖化というイメージを抱く。

勿論、温室効果と言われる、太陽と地球の放射熱収支、地球の放射断熱性、地球の大気の放射・吸収・透過における波長選択性のイメージで考える場合はまた別である。

ここで、「やかん」が煮立つ前に、ポコポコと泡が出始めるときが、局所的な異常気象のイメージである。比喩的に言えばこれまでになかった事象である。あるいは生じ始めた小さな気泡のイメージでも良い。局所的に、それまでになかったことが起きる。あちこちで起き始めるというイメージである。そこがどこで起きるかも判りにくい。これが完全な沸騰状態になってしまえば、乱雑さは最大となるが、どこでも似たようことが起きているという視点からすれば、またモデルの取りようによっては、理解しやすくもなる。

このポコポコや、小さな気泡の発生にも、なにか種と、条件があるのかも知れないという想像もつく。この異常気象の種を取り除くに相当するメカニズムの解明が、長谷部研究室の成果として期待されていると考える。

3.4 原因と結果 対策、対応のカスケード

集中豪雨などの異常気象は地球温暖化がその要因ではなかろうかと目されている。
地球温暖化は人間活動に伴う、主に化石燃料の燃焼に伴う大量のＣＯ２発生がその要因であると目されている。

また、人間活動に伴う、主に化石燃料の燃焼に伴う大量のＣＯ２発生およびその他の酸性化要因物質の排出が酸性雨の要因と目されている。
であれば、
A : 地球温暖化が人間活動の努力によって解決されれば、異常気象はなくなるから、異常気象。集中豪雨への対応は無駄なのだろうか。地球温暖化とほぼ同じ原因で生じる酸性雨問題もそうである。
あるいは
B : 地球温暖化対策をしばらくは、手つかずにしても、それが要因でおきる異常気象、集中豪雨、酸性雨被害の諸問題を解決する方が対策・対処する方が楽だし、判っているから、それでしのぐのが良かろうとの判断は正しいのだろうか。海面上昇問題もそうである。

この問題は、集中豪雨の問題に関しては、さらにカスケードする。すなわち
D : 今急いで、集中豪雨対策として、従来の安全基準で整備された都市社会システムを大きく変えるようなことを考えなくても、集中豪雨発生の要因は、制御できるだろうから、今は、避難誘導、行政指導、あるいは、必要に応じて土のうを積むなどで、しのげば良い。

筆者は、これらの考えは全て、今の現実対応としては、半分正しく、半分間違っていると考える。結局のところ、全ての方面から、今と将来の問題を解決していかなければならないのである。

3.5 外水氾濫と内水氾濫

水害には「外水氾濫」と「内水氾濫」がある。[文献９)] 都市部で生じやすいのが内水氾濫である。

河川の水が溢れて、発生するのが外水氾濫である。大量降雨、集中豪雨とかが、川上であり、あるいは、川上で大量の水が集水された場合、遠くの川下地域で、この外水氾濫が起きる場合がある。このとき川下流域では全く降雨がない場合も少なくないので注意が必要である。原因（川上)、結果（川下）として、相応の因果の時間遅れを伴うことは容易に想像がつく。ただし、川上、川下の因果に先入観が強いのも禁物で、支流川上、本流川下の場合、本流の水位が高い為、川上支流の洪水が流れにくくなり、川上支流域で、外水氾

濫が起きることがある。

都市部の下水設備の排水能力と関係が深いのが 内水氾濫である。都市型災害としての集中豪雨被害との関連も深い。下水設備の排水能力に余力があっても、最終放流先の河川の水位が高くて危険な場合、排水ポンプの運転を見合わせるなど、やむなく内水氾濫が生じることもある。

3.3 従来の水害に対する建物の安全基準等

近年の集中豪雨、ゲリラ豪雨の都市型水害がクローズアップされる前の安全基準的な考え方をまとめる。幸いなことに筆者の手元には、そうした時代の給排水設備設計の関連図書、地下室設計施工の参考書が残っている。

ただし、筆者の記憶では、建築では、少なくとも、地上部分については、水害の対応は基本的には注目されていなかった。基本的には、床下浸水が起こり得るような土地では、通常の建築の建設は推奨しないという前提かと考える。同一敷地内でも、わざわざくぼんだところに建物は建てない。

地下部分の設計においても、基本的には、地上部１階で床下浸水が生じるような想定は基本的にはなされていない。基本的には地下水位の斟酌までと記憶する。

従来、建物設計で水害と言えば、それは主に漏水事故予防策であって、特に電気室、電算室等をその害から守ることに主眼が置かれていた。

よもや、建物の中で、浴槽、プール以外で水死事故が起きるなど想定外であったと言えよう。

ただし、建築許可、開発許可等において、所轄下水道局、下水課等の協議、指導は従来よりあった。敷地内の降雨を公共下水に放流することが許されると共に、敷地内の雨水浸透能力の確保を求められることはあった。結果、浸透桝、浸透管、浸透トレンチ、浸透舗装が採択されることもある。これは、当時、急速に市街化進み、下水道インフラが追いついていない郊外において多いケースであったと思われる。

地下室に関してはまず、安全上のデメリットとして、水害（浸水、浮上）文献９）p 18があげられている。また、地下室の開口面するドライエリアの道路側の防水障壁の高さは、道路のあふれ面より 10cm 以上が望ましいとされている。文献９）p 199

雨水の排水ポンプの容量計算では、ドライエリに降る雨の量に基づき、0.1m/（h・㎡）の値が使われ、道路のあふれ面から１０ｃｍ以上高さのドライエリア障壁があれば、雨水は流れ込んでこない前提である。文献９）p 204

3.4 集中豪雨と地下室　行政の動き

集中豪雨、ゲリラ豪雨の被害が近年も多発していると思われるが、地下室での水死事故は、その後１０年間近くはないようである。このような人身事故が後を絶たないという状況ではないことは喜ばしいことではある。集中豪雨時に早めに地下室から避難できている

のかと思われる。 実際、地下室の浸水事例自体は、近年も頻繁に報告されている。

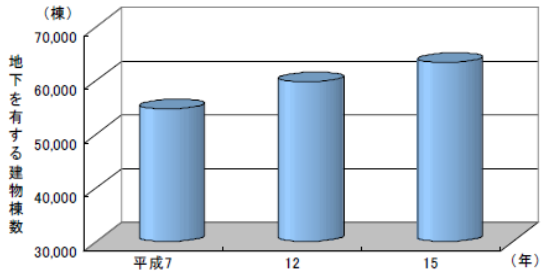
行政的には、法令規規制化的には、現在のところ地下室の仕様等に関する目立った確定的な動きはないようである。地下室、地下空間管理者への監理体制強化の動きは早くからあり、人身事故予防には、それなりの効果があったと思われる。

毎日新聞の 2009 年１０月 28 日の東京朝刊付けの記事を観ると、2005 年９月の都内の集中豪雨で、地下空間計約 3 万 6700 平方メートルが浸水被害を受けたとある。今後も少なくとも、集中豪雨による地下空間、地下室の経済被害、経済損失の拡大には油断を許さないものがありそうだ。

2007 年８月には、東京都が「 東京都豪雨対策基本方針」を策定、公示[文献 10)] している。

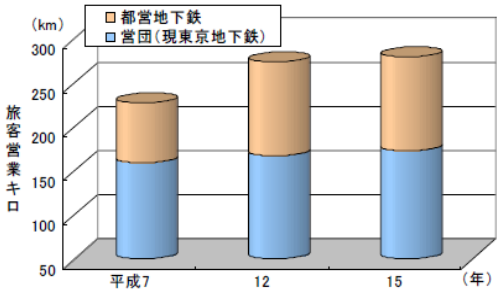
この関連資料はかなり充実していると思われる。ここで東京都は都内では、地下街、地下鉄、地下を有する建物を、水害に対して脆弱な施設として、それが増加しているとしている。（図表１）

図表１ 東京都資料[文献 10)]



出典:東京都総務局「東京都統計年鑑」

図 1-9 都内の地下を有する建物棟数



出典:東京都総務局「東京都統計年鑑」

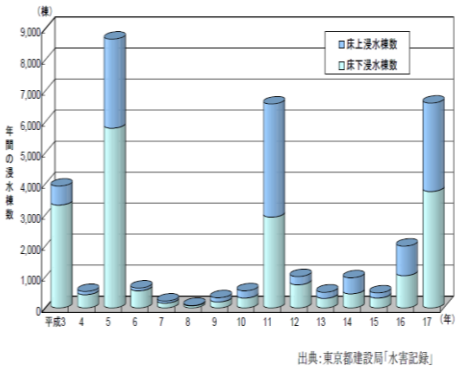
図 1-10 都内の地下鉄延長の伸び

この「 東京都豪雨対策基本方針」を受けて、2008 年９月に「東京都地下空間浸水対策ガイドライン －地下空間を水害から守るために－」が策定、公示[文献 11)] されている。

この資料では、民間の集中豪雨に対する地下室の物理的な望ましい仕様、安全に対する考え方示されており、筆者は相当に有用であると考えている。しかし、現段階では、やや行政からのアドバイス、情報提供的とも認識される。

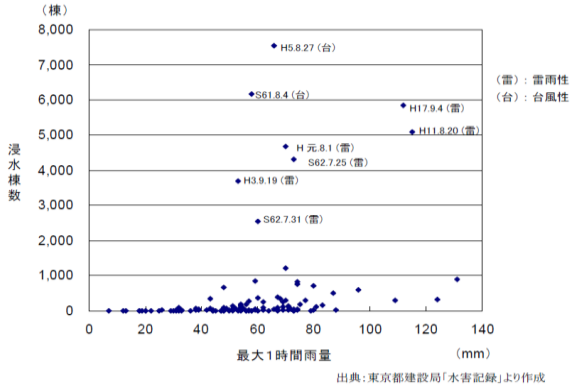
東京都の次の資料も有用な知見である。

図表２ 東京都資料[文献 10)] [11)]



出典:東京都建設局「水害記録」

図 1-13　近年の浸水棟数の変化



出典：東京都建設局「水害記録」より作成

図 1-14　水害発生時の最大 1 時間雨量と浸水棟数の関係（昭和 61 年～平成 17 年）

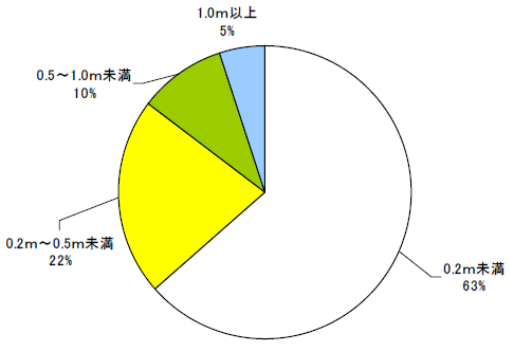


図 6　東京都の浸水高さ別地下室棟数割合

出典：都都市整備局「東京都都市計画基礎調査」平成 13･14 年
都建設局河川部「浸水予想区域図(東海豪雨)」平成 18 年 3 月公表
河川流域を対象に集計

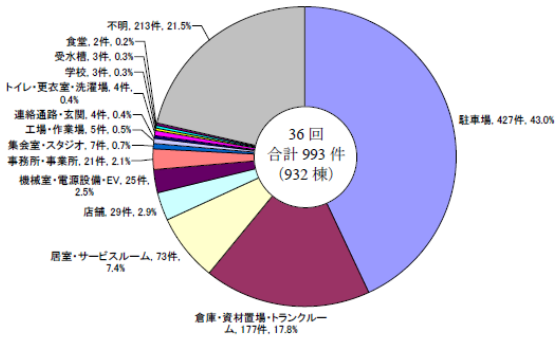


図 7　地下空間一般資産被害の
地下利用形態別割合（平成 11 年～17 年）

出典：都建設局河川部「水害記録」平成 11～17 年

図表２で電雨性とあるのは、ほぼ集中豪雨、ゲリラ豪雨の類と考えてさしつかえないと言える。

また、ここで東京都は、神田川による年平均浸水棟数は 800 棟、年平均被害額は 30 億円を超えると報告し、この地域の特性として、市街化が進み、雨水の流出が短時間に集中しやすい、資産・人口、浸水に脆弱な地下空間が集中していることをあげており、集中豪雨による地下空間、地下室の浸水被害による経済損失の大きさがうかがえる。

筆者の見たところ、現時点では、行政的には地下室の建設、使用に関して、新たな物理的な仕様規定の動きは見られない。集中豪雨時の地下室の危険性の理解周知、早期の地下室からの避難からの監視監理体制のソフト面からの対策に比重が置かれているのが現状である。

行政の基本姿勢としては、今後ともしばらくは、地下室が集中豪雨によって浸水することによる、大きな経済損失を被る可能性を完全に防ぐことは、不可能であること認めていると思われる。

無論、行政は可能な限り、集中豪雨によっても内水氾濫が起きにくい、都市インフラの整備、計画を加速している。しかし、それは段階的にしか達成できないものであり、特に地下鉄施設などの公共施設、あるいは既に大型の地下街が存在している地区、地下を保有するビルが集中している地区で、内水氾濫等を生じさせない、都市インフラ整備が優先される傾向にある。

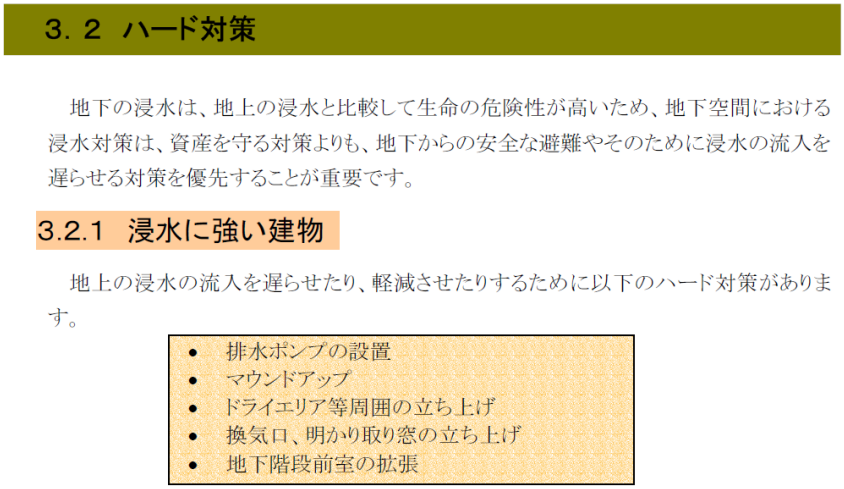
今後の異常気象による、集中豪雨の発生形態も予測し難い面も大きく、行政としても、ある特定の地域に限ったとしても、地下利用の完全な安全宣言は出し難い状況である。

3.4 集中豪雨と地下室　行政の地下室の災害抑制、安全への考え方とアドバイス仕様。

「 東京都豪雨対策基本方針」[文献 10)] を受けて、2008 年９月に策定、公示された「東京都地下空間浸水対策ガイドライン　- 地下空間を水害から守るために - 」[文献 11)] では
民間の集中豪雨に対する地下室の物理的な望ましい仕様、安全に対する考え方示されており、筆者は相当に有用であると考えている。

実際に民間の地下空間の設計、建設、維持管理に関与する者は、この情報を充分に役立て、地下空間の所有者にも、十分な理解を得、説明責任を果たせることが望ましい。
今回は筆者が、建設会社に勤務する社会人履修者であることから、主にハード面からどのような方策があるのか、どんな留意点があるかの視点で情報をピックアップした。

図表３東京都資料[文献 11)]



３．２　ハード対策

地下の浸水は、地上の浸水と比較して生命の危険性が高いため、地下空間における浸水対策は、資産を守る対策よりも、地下からの安全な避難やそのために浸水の流入を遅らせる対策を優先することが重要です。

3.2.1　浸水に強い建物

地上の浸水の流入を遅らせたり、軽減させたりするために以下のハード対策があります。

- 排水ポンプの設置
- マウンドアップ
- ドライエリア等周囲の立ち上げ
- 換気口、明かり取り窓の立ち上げ
- 地下階段前室の拡張

具体的に図表３の内容が、あげられており、排水ポンプ以外は、従来の一般的な地下室の設計施工思想には必ずしも見られなかったものである。

図表 4 東京都資料[文献 11)]

①受配電盤等電気設備の耐水化　地下街等　中小ビル等

受配電設備が地下にある場合には、防水板の設置や電気盤や発電・蓄電設備等電気設備のかさ上げ、排水設備の強化などで耐水性を高めるか、浸水の被害を受けにくい場所への設置が必要です(図 29)。また、発電機などの電気系統には、漏電遮断装置とアース接地による漏電防止、非常用照明装置や避難誘導灯は浸水時に消えないようにすることが重要です。

近年は、電話やLAN、インターネット等に利用される通信用ケーブルルートも多くなり、同様に耐水化が必要と考えられます。

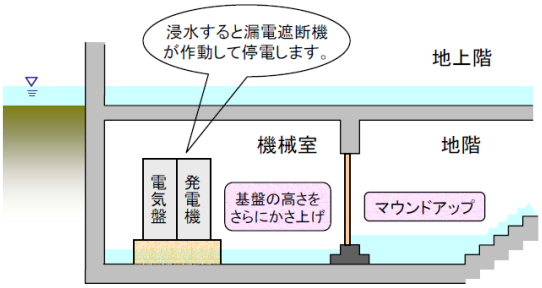
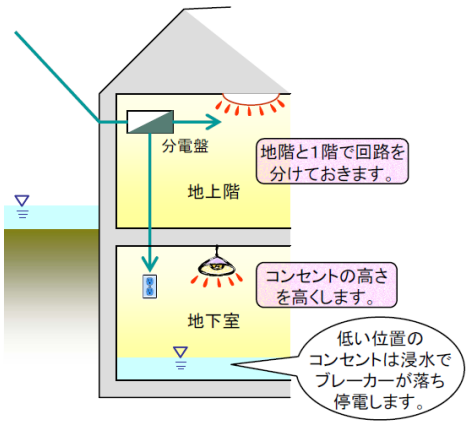


図 29　地下の電気設備の耐水化、漏電対策

②漏電対策の強化　個人住宅

通常床上 30cm 程度に設置される一般的なコンセントは浸水時に漏電する危険があります。浸水時及び復旧時を想定し、コンセントを壁の高い位置に設置し、分電盤を地階と地上階に分けておく等の工夫が効果的です(図 30)。



図表４ のような配慮も重要と、筆者も考える。筆者は、集中豪雨時に過度に電気供給で働く機器の助けを期待するのは望ましくないと考えるが、非常時の排水ポンプ、非常灯の電源確保の為にも、可能な限りの配慮がなされるべきである。一般にエレベータを避難で頼るのは望ましくないとされている。

次に、図表３で示した内容を具体的に見ていく。

図表 5 東京都資料[文献 11)]

①排水ポンプの設置　中小ビル等　個人住宅

下水道からの逆流防止対策や地下室浸水の排水のために、排水ポンプの設置が必要です(図 21)。また、逆流防止弁の設置や流入水を排水溝等で地下貯留槽に導きポンプ排水することも、浸水の軽減や浸水からの復旧に対し効果的です。

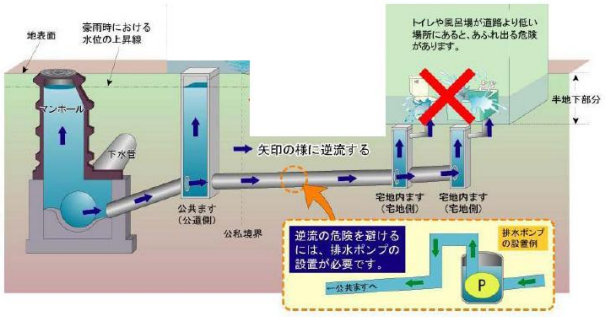


図 21　排水ポンプの設置

出典:都下水道局ホームページ

【排水ポンプの設置義務について】

（東京都下水道条例施行規程）

第五条　地下室その他下水の自然流下が充分でない場所における排水は、ポンプ施設を設けてしなければならない。

２　前項のポンプ施設は、下水が逆流しないような構造のものでなければならない。

従来は地下室、半地下室の排水設備でも、下水本管が直接利用できるであれば、多くの設計者は、排水ポンプは故障もするし、維持管理に手間がかかることを配慮して、その設置を躊躇する傾向があったが、集中豪雨、ゲリラ豪雨時の内水氾濫を考えると、その設計思想も危険であるとの認識に達している。明らかに従来の考え方[文献９)]とは違ってきている。筆者も日常の排水ポンプ故障時の不便よりも、集中豪雨、ゲリラ豪雨時に可能な限り資産を守る手立ての方が重要だと考える。

図表 6 東京都資料[文献 11)]

②マウンドアップ　地下街等　中小ビル等　個人住宅

出入口の階段をかさ上げし、道路面等周囲より高くすることで、地下空間への浸水を防止することや遅らせることができます（写真 10）。

この対策は、すべての建物で有効ですが、段差が大きいと高齢者や障害者がつまずくなどの事故も発生するので、混雑する場所では注意が必要です。そのため、バリアフリー対策としてスロープを設置する対応もあります。

写真 10　地下街出入口のマウンドアップ
（渋谷地下街）

図表 6 東京都資料[文献 11)]

③ドライエリア等周囲の立ち上げ　中小ビル等　個人住宅

ドライエリアの立ち上り壁が低いと上端全体から浸水するため、大きな被害となります。壁の上端を全面にわたり立ち上げて浸水を防ぎます。また、必要に応じて避難のためにタラップ等の設置が必要です（図 22）。

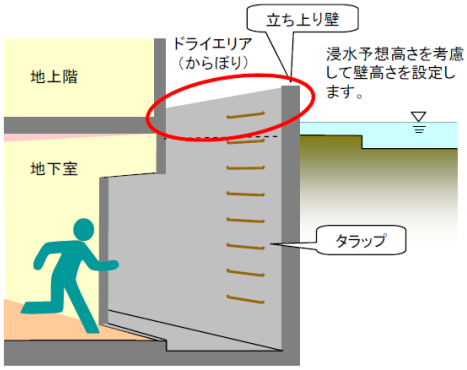


図 22　ドライエリアの立ち上げ

従来の一般的な地下室の設計思想では、道路面より上の内水氾濫等による、敷地浸水をほとんど想定していなかった。

図表 7 東京都資料[文献 11)]

④換気口、明かり取り窓の立ち上げ　地下街等　中小ビル等　個人住宅

地下空間に通じる換気口、明かり取りの窓を地上から高くして浸水を防ぎます（写真 11、図 23）。遠隔操作等により閉鎖できる構造もあります。

写真 11　排気口の立ち上げ（新宿京王モール）

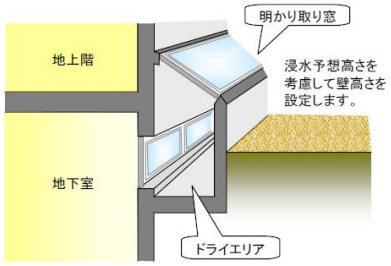


図 23　明かり取り窓の立ち上げ

図表 8 東京都資料[文献 11)]

⑤地下階段前室の拡張　中小ビル等

地下階段の前室を大きくすると、一時的に水を貯留し、地下空間での浸水深の上昇速度を遅くすることができます（図 24）。

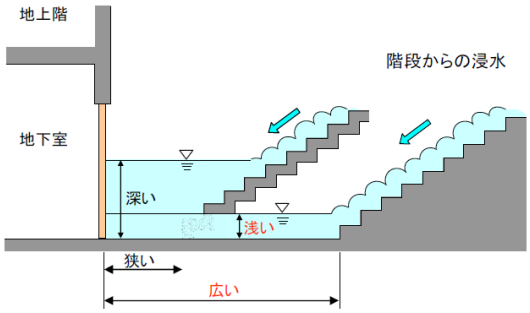


図 24　地下階段前室の拡張

【地下居室設置のための法的基準】

（建築基準法　第29条）
住宅の地下に居室を設ける場合には、国の定めた基準に適合する以下のいずれかの条件を満たす必要があります。

- からぼり（ドライエリア）等に面する開口部が設けられていること。
- 換気設備が設けられていること。
- 湿度を調節する設備が設けられていること。

図表 9 東京都資料[文献 11)]

3.2.2 安全に避難できる建物

（1） 避難路の確保

避難路の確保は、地下空間の容量が小さく、水位が急速に上昇し避難が困難になるおそれのある中小ビル等や個人住宅の地下室で特に重要です。

①2方向以上の避難路の確保 中小ビル等 個人住宅

建物の利用目的や一定規模面積以上の建物については、避難路となる複数の階段が義務付けられていますが、浸水への危険性が高い区域では小規模建物にも緊急脱出口を設置していく必要があります。

- 建物の上階や安全な地上に向けた浸水流入口と重ならない避難階段（内部階段等）（図 25）
- 避難用ハッチ（緊急用脱出装置）（図 26）
- ドライエリアの脱出用タラップ（図 27）

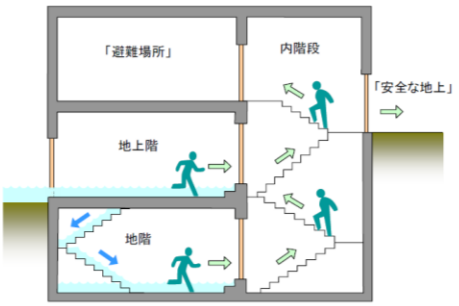


図 25 内部階段による避難路

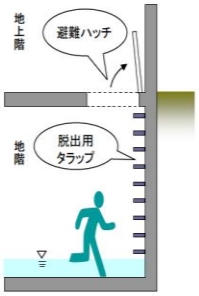


図 26 避難用ハッチ

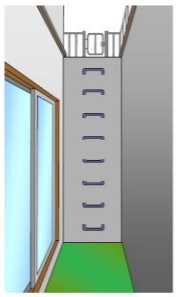


図 27 ドライエリアの脱出用タラップ

②避難路が1つの場合　中小ビル等　個人住宅

浸水流入時にも避難できる階段構造にする必要があります(排水溝の拡幅等)。

また、水流で体勢が崩されないよう階段・廊下等に手摺りを設置することも有効です。

③水圧で閉鎖されないドアの設置　中小ビル等　個人住宅

浸水位が上がると外開きドアだけでなく、内開きドアも水圧で開かなくなるので、浸水を流入させるドア改造が有効であり、早期の危険感知の効果もあります(図 28)。

また、地下室に浸水して外開きドアが水圧で開けることができない場合でも、内開き可能な外開き扉等とすることも効果的です。

図 28　水圧で閉鎖されないドアの設置

また、マウンドアップの他、いくつかの止水方策が示されていので参考になる。

図表 10 東京都資料[文献 11)]

操作方法	格納場所から防水板を運搬し、設置箇所にセットし金具の締め付け等により止水	床面に収納された防水板を起こすことにより止水 水道水圧やスプリングアシストの使用、ハンドル操作等により簡単にセットできるものもある。
適した場所	多くの場所で設置可能	防水高さの低い場所や防水間口が比較的狭い場所等
写真	（地下鉄出入口の例；高さ35cmを2段） （ビルの出入口に取り付ける、軽くて設置が簡単なものもある。）	 （地下鉄出入口；エレベーターの前）

通常のドアのように防水板の扉を旋回させ閉鎖し、金具の締め付け等により止水	通常の引き戸のように防水板の扉をスライドさせ、金具の締め付け等により止水	浸水センサーで検知し自動的に起立させて止水 シート状のものはバネの働きにより上昇
防水板の扉と開閉のためのスペースがとれる場所等 階段やスロープ等段付の開口部等	戸袋設置のための十分なスペースがとれる場所等	防水板設置箇所の周囲に収納する場所がない場合等 重量車両が通行するときや地盤が軟弱な場所等
 （片扉のタイプ） （通常時） （両扉のタイプ）　（止水状態）	 （地下駐車場出入口）	 （シート式;保管場所を必要としない。畳んだシートを引揚げて固定するだけで設置できる。） （通常時） （止水状態）

操作方法	レバー操作等により、床面に収納された防水板が自動的に立ち上がり止水 電気・水道・空気圧縮機等を動力としているものや、浸水した水の浮力を利用しているものもある。 浸水検知装置の併用で完全自動化	通常のドアのように扉を旋回させ閉鎖し、金具（ハンドル等）の締め付け等により止水
適した場所	夜間無人となるビル、重要機械室、OA機器室等 防水高さが高い場所や間口の広い出入口等	地下出入口・機械室出入口等や水密性が必要な独立した部屋等
写真	 （通常時） （止水状態）	 （扉のハンドルを回すだけで、高い水密性を実現し止水できる。）

筆者も建設会社に勤務する企業人として、間接的にでも、実際に民間の地下空間の設計、建設、維持管理に関与する機会があれば、これらの情報を正しく理解し、充分に役立て、地下空間の所有者にも、十分な理解を得、説明責任を果たせるよう努力する必要があるだろう。

それには、建物の地下空間に、どのように内水氾濫の水が侵入して災害をもたらすのか、謙虚な姿勢で熟考、研究し続ける必要もある。そのうえでも東京都は参考になり得る資料をいくつか提供しているのでで、これを示す。

図表 11 東京都資料[文献 11)]

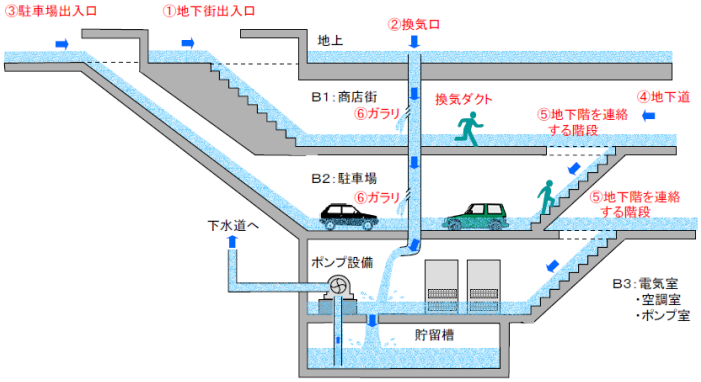
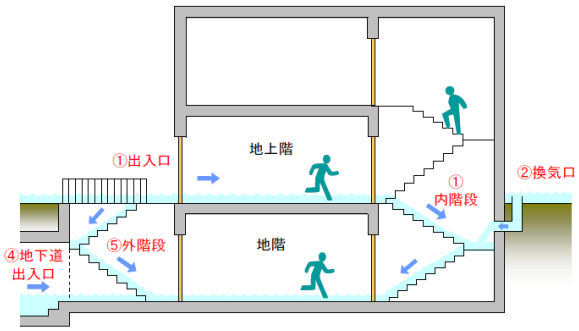


図 10 地下街等の浸水流入口

①地上に設けられた地下への階段等の出入口
②吸排気のための換気口
③地下駐車場出入口
④地下道等でつながっているビル等の出入口
⑤外階段やドライエリアの明かり取り窓等
⑥半地下構造等における建物内部の排水口（対策設備が未設置の場合は、下水道管から下水が逆流し溢れ出すことがあります。）

【地下室】



【半地下室】

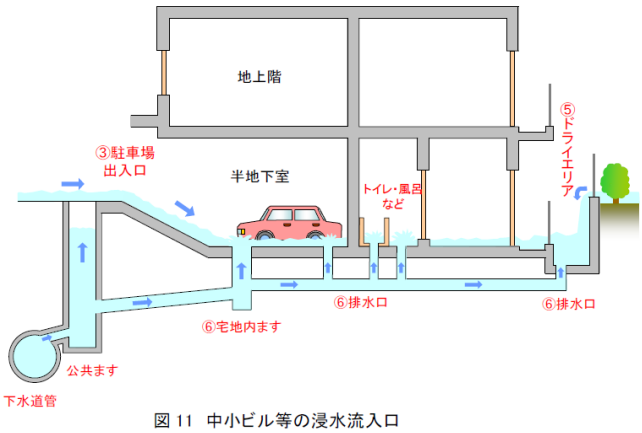


図 11　中小ビル等の浸水流入口

個人住宅

個人住宅への浸水流入口として次の箇所が挙げられます(図 12)。

① 中小ビル等の場合と同様に、外階段、ドライエリアや換気口

② 半地下建物の場合等、風呂やトイレ、洗濯機など建物内部の排水口(対策設備が未設置の場合は、下水道管から下水が逆流し溢れ出すことがあります。)

図 12　個人住宅の浸水流入口

まとめ

今回の、長谷部研究室指導の履修により、いくつかの点を学習し、若干の考察をする機会を得た。筆者の感想としては、酸性雨問題は、地上から建築をはじめとする、これまでの我が国の都市文明を脅かすものであり、地球温暖化と関係した異常気象とも目されている近年の集中豪雨、ゲリラ豪雨は、地下からも建築を含む、これまでの我が国の都市文明を脅かすものであることが理解できた。

また、酸性雨問題は、化石燃料を燃焼させることにかかわる、人間活動と関係が深いとも目されており、原因の抑制においては、地球温暖化問題とは兄弟のようにも感じられた。

そして、地球温暖化に伴う異常気象として目される、近年の集中豪雨、ゲリラ豪雨は、地球温暖化問題と親子のような関係にも感じられる。脅威において、親に劣らない子供でもある。筆者は岡研究指導において、建築生産部門における、温室効果ガスの排出構造を研究中であるが、今回の学習は非常に良い、問題意識の連携になったと感じている。

社会人、企業人としても、この得られた利点を生かして、社会貢献の一助としていきたいと考えている。

参考文献

1)　野村、黒沢、他：ハルス - アクリル塗装 Zn-11%AI-3%Mg-Si 合金めっき鋼板の屋根材としての耐久性、日本建築学会北海道支部研究報告集 No.76、2003 年 6 月 pp.17-20

2）高橋：建材用途向けチタン板の開発、軽金属 第 55 巻 第１２号（2005）、637-641

3）岸本、鉾井他：コンクリート壁体の中性化反応に及ぼす酸性雨の影響、平成 13 年度 日本建築学会近畿支部研究報告集 4041

4）槇島 田中他:超高性能コンクリートの耐久性に関する研究 その９ 酸性雨に対する抵抗性の評価 日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）2000 年 9 月 1390

5）稲熊 ：林業活性化の課題 ~路網整備と木の徹底的な利用の促進、立法と調査 2010.1 No.300 pp120-130

6）上瀧 ：チタン材料の特性と加工・溶接技術、J.Vac.Soc.Jpn.(真空) (April1,2006)

7）長谷部研究室：●社会基盤 宇都宮大学大学院工学研究科 長谷部・鈴木（善）研究室、首都圏北部４大学紹介 Au Vol.1　pp. 193

8)戸田：短時間豪雨と都市水害、2009 予防時報 237 pp.22-27

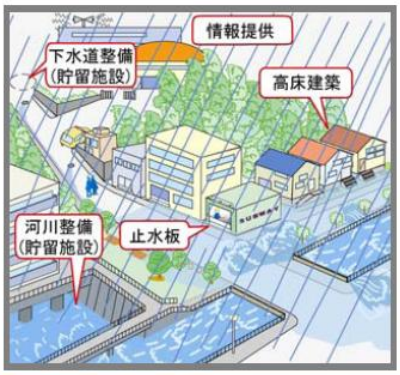
9）東方 ：地下室設計施工研究会：地下室設計・施工マニュアル、新日本法規 平成 17 年 3 月

10）東京都豪雨対策基本方針

11）東京都地下空間浸水対策ガイドライン - 地下空間を水害から守るために -

東京都参考資料集[文献 10)]

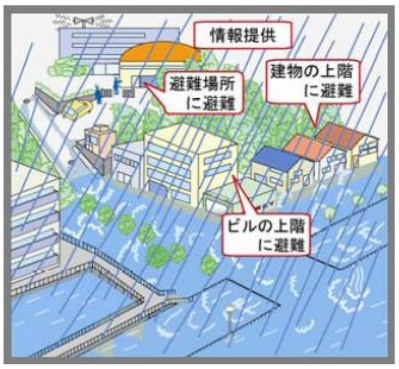
基準２：床上浸水等防止（仮称）



出水時も必要不可欠な都市機能を確保するとともに、水害による財産被害を軽減するために設定する水準。

この基準を目安として、河川や下水道の能力を超えて溢れた場合でも、地下鉄や地下街などへの浸水を防止することや、床上浸水を防止することを目指す。

基準３：生命安全（仮称）



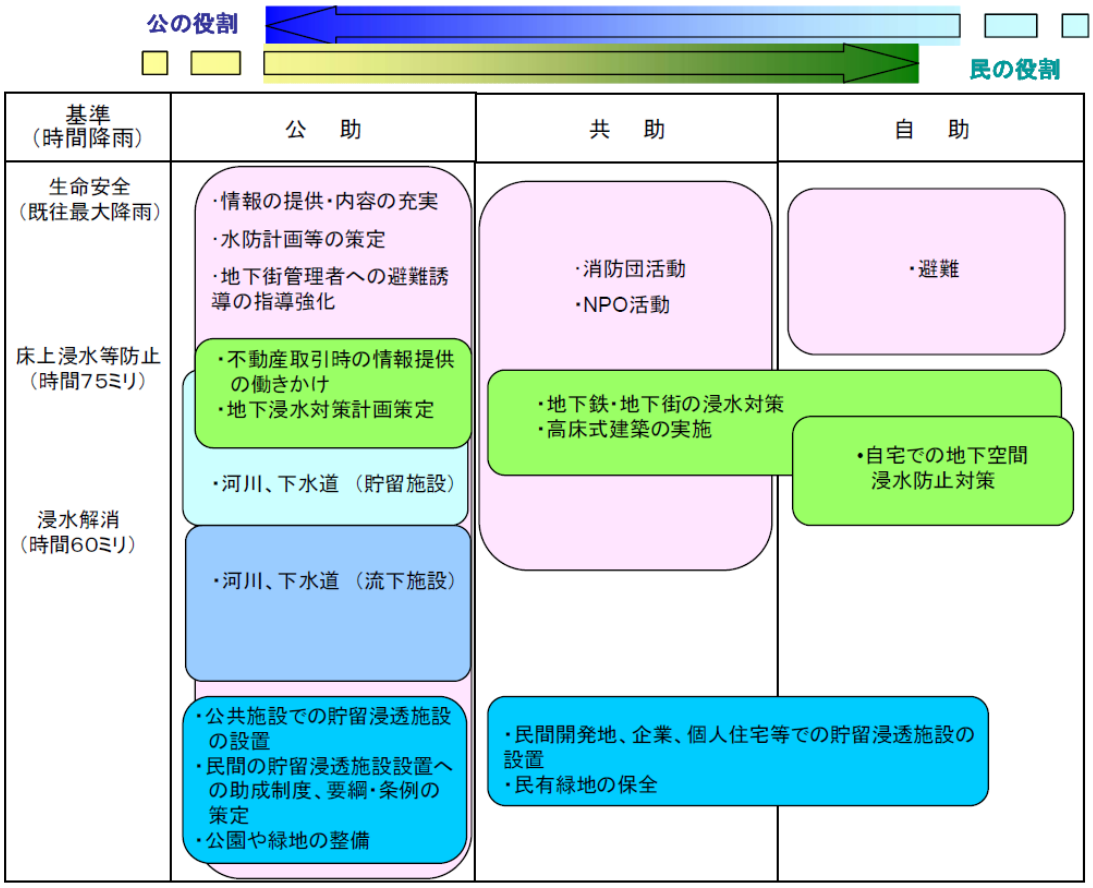
水害から都民の生命身体を守るために設定する基準。

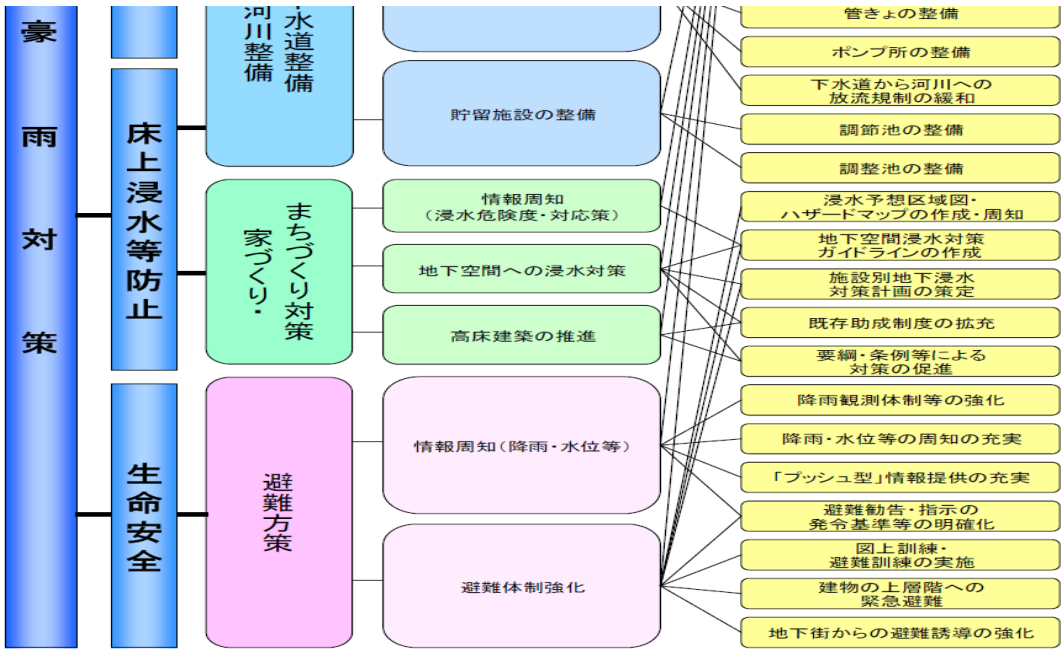
洪水情報の的確な提供や、適切な避難体制の構築などにより、生命の安全確保を目指す。

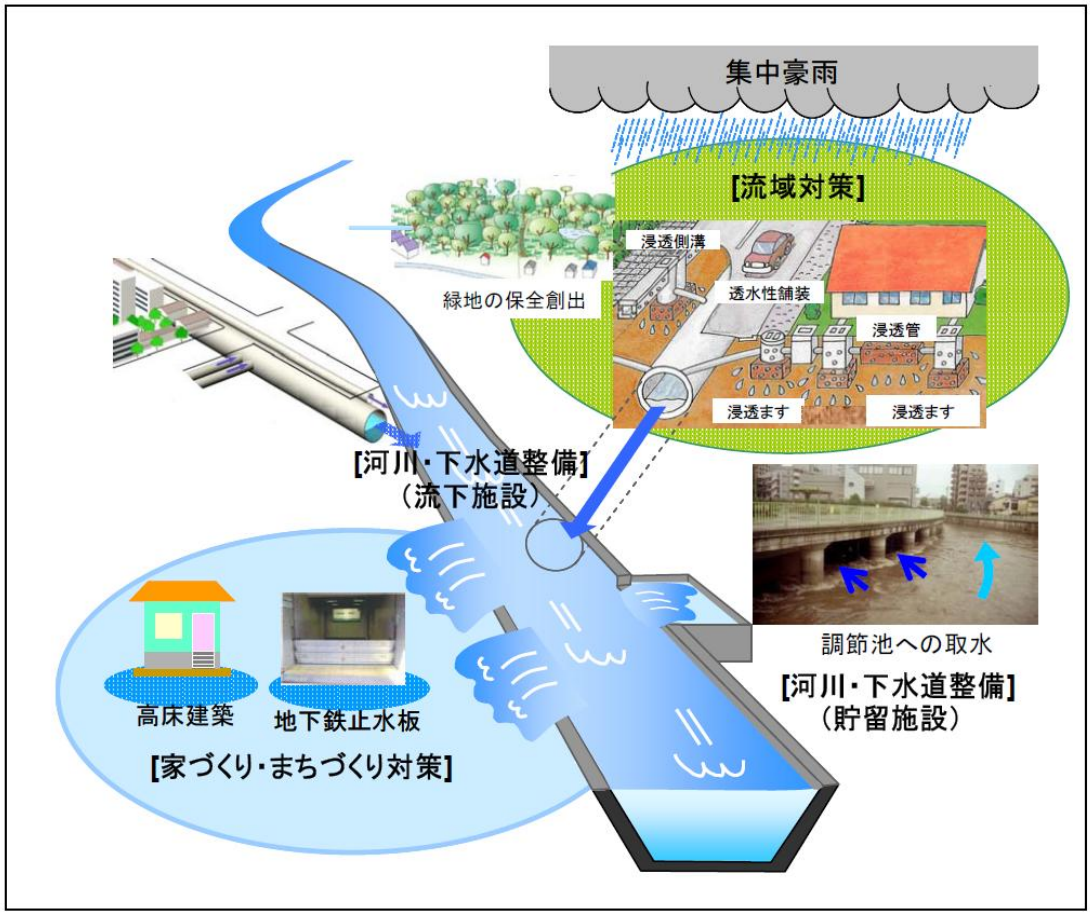
「民」の役割（自助、共助：自治会、NPO、企業、個人等）

「民」は、まず自らの住む地域の治水水準向上のため、共助として、そして住民の責務として、水害を直接受けない高台にすむ方々を含め、浸透ますの設置などの流域対策などに取り組むようにしていきます。さらに、消防団活動など、地域における浸水被害の拡大を防ぐ取り組みに参加するようにしていきます。

また、自助としては、自らの生命財産を守るため、沿川に住む方々など浸水危険度が高いエリアにおいて建築時に高床建築とすることや地下浸水対策を実施するようにしていきます。また、自らの生命身体を守るため、豪雨等の情報を適時把握し、適切に避難するようにしていきます。


公の役割
民の役割
基準
（時間降雨）
公　助
共　助
自　助
生命安全
（既往最大降雨）
床上浸水等防止
（時間75ミリ）
浸水解消
（時間60ミリ）
・情報の提供・内容の充実
・水防計画等の策定
・地下街管理者への避難誘導の指導強化
・消防団活動
・NPO活動
・避難
・不動産取引時の情報提供の働きかけ
・地下浸水対策計画策定
・地下鉄・地下街の浸水対策
・高床式建築の実施
・自宅での地下空間浸水防止対策
・河川、下水道（貯留施設）
・河川、下水道（流下施設）
・公共施設での貯留浸透施設の設置
・民間の貯留浸透施設設置への助成制度、要綱・条例の策定
・公園や緑地の整備
・民間開発地、企業、個人住宅等での貯留浸透施設の設置
・民有緑地の保全


豪雨対策
床上浸水等防止
生命安全
河川整備
水道整備
まちづくり対策
家づくり・
避難方策
貯留施設の整備
情報周知（浸水危険度・対応策）
地下空間への浸水対策
高床建築の推進
情報周知（降雨・水位等）
避難体制強化
管きょの整備
ポンプ所の整備
下水道から河川への放流規制の緩和
調節池の整備
調整池の整備
浸水予想区域図・ハザードマップの作成・周知
地下空間浸水対策ガイドラインの作成
施設別地下浸水対策計画の策定
既存助成制度の拡充
要綱・条例等による対策の促進
降雨観測体制等の強化
降雨・水位等の周知の充実
「プッシュ型」情報提供の充実
避難勧告・指示の発令基準等の明確化
図上訓練・避難訓練の実施
建物の上層階への緊急避難
地下街からの避難誘導の強化



エリア別豪雨対策計画の策定等を通じた流域対策の強化

エリア別の豪雨対策計画の策定などを通じ、一定の条件を満たす開発行為などに対し、区市町村と連携し、概ね下記の数値を基準として、浸透ますや貯留槽など貯留浸透施設の設置を強く働きかけていきます。

対象行為：敷地面積５００ｍ²以上の開発行為や建築行為等
対 策 量：対策促進流域　　６００ｍ³／ｈａ
　　その他の流域　　５００ｍ³／ｈａ
指導方法：区市町村の要綱、条例等に基づく指導

個人住宅への浸透ます設置助成

個人住宅への浸透施設設置を促進するため、豪雨による浸水被害が頻発している流域を対象に、区市の助成額の一部を都が補助していきます。

対象地域：神田川、石神井川など浸水被害が頻発している流域
対象行為：敷地面積５００ｍ²未満の個人住宅への浸透ます等の設置
助成方法：区市の実施する助成額の一部を補助

「東京都版地下空間浸水対策ガイドライン」の策定

主な対象施設　：　①地下街・地下鉄
②個人住宅やビル等に設置される地下室

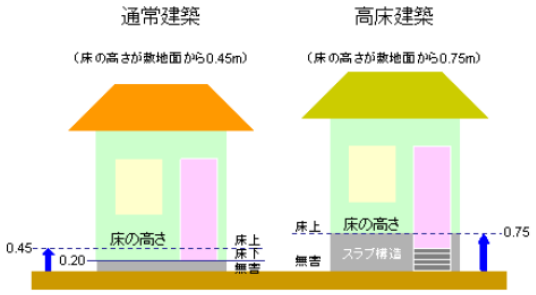
主　な　内　容　：　①浸水危険度の提示（河川整備、下水道整備、流域対策が完了時に時間７５ミリ降雨が降った場合の浸水深の提示）
②浸水危険度や施設特性に応じた防水板の設置、ポンプの設置など対策メニューの提示

「施設別地下浸水対策計画」の策定

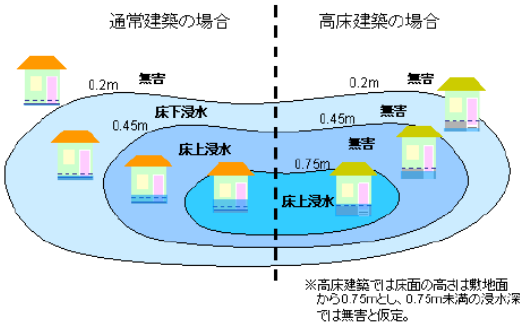
主な対象施設　：　大規模地下街・地下鉄
策　定　主　体　：　東京都、区市（水防団体）、地下空間各管理者　　等
主　な　内　容　：　時間７５ミリ降雨時の浸水解消方策
既往最大降雨時の生命安全確保策（確実な避難方策）　等

高床建築の効果（神田川流域を事例にして）

神田川流域において浸水が予想されているエリアの建築物が、すべて床高 75cm の高床建築物と仮定すると、床上浸水被害が、約 2,200 棟から 1,000 棟減少することが予想されます。



※通常建築では水深0.20mから床下浸水、0.45mから床上浸水となるが、高床建築では0.75mまで浸水被害を受けない。



※高床建築では床面の高さは敷地面から0.75mとし、0.75m未満の浸水深では無害と仮定。

※神田川流域全体に時間 75 ミリ降雨が降った場合のシミュレーション計算結果。
実際に高床建築物にするためには、都市計画の規制や、バリアフリー対策などを考慮する必要があります。

1）情報提供の充実

- 洪水ハザードマップや浸水予想区域図の存在を知らない人が多いため、周知方法の見直しを行っていきます。また、降雨状況や河川および下水道幹線水位の情報提供の充実に加え、過去の河川位置や浸水実績等についても情報提供をしていきます。
- 環境学習などを活用して学びの場を設け、こどもに水害の危険性や日頃の備えについて、意識向上を図っていきます。
- 気象庁や近隣県市、研究機関などと連携して降雨観測態勢を強化し、河川水位の予測情報や精度の高い局地的豪雨発生情報等を早期に提供していきます。提供にあたっては、わかりやすい表現で、自助や早期の避難行動を促進します。
- 自宅や職場以外で豪雨が発生した場合、特に、地下にいる人は降雨状況が分からず、自身の危険性を十分認識できません。そのため、関係機関や区市町村と連携して、携帯端末に浸水の危険性に関する情報の自動送信や、事業所への防災行政無線を配備して情報の発信など、自らが求めなくても適切な情報が届くよう、行政から「プッシュ型」の情報提供を進めていきます。

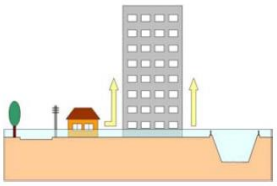


図 4-10
上階への避難のイメージ

写真 4-8
区市町などと連携した図上訓練

2）避難体制の確立

- 区市町村が作成する地域防災計画などの見直しにより、避難勧告・指示の発令基準や方法を明確化するとともに、地震や火災など他の災害による避難体制や行動と