

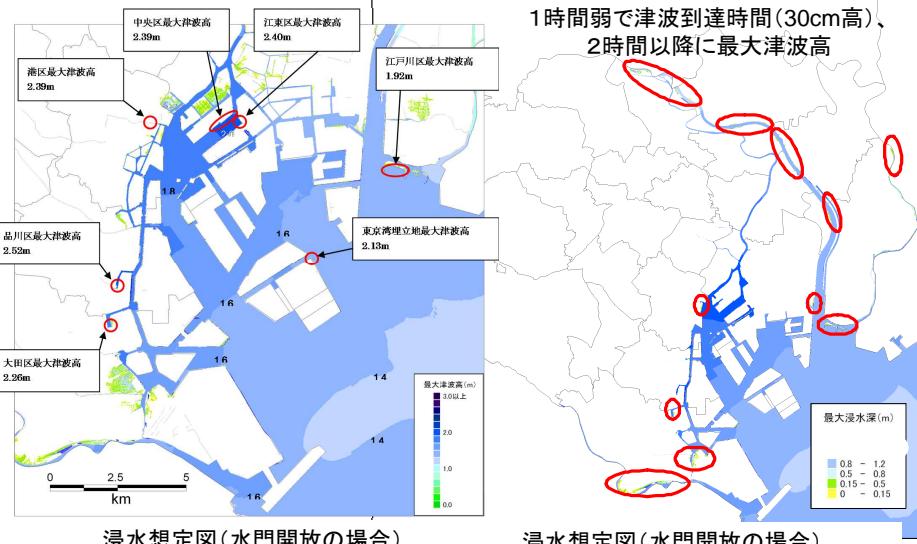
地震工学(第7回) 風水害(洪水・高潮)と対策



1947年カスリーン台風での葛飾区金町の市街地浸水(共同ニュース:47 News)

工学院大学
建築学部
まちづくり学科
久田嘉章

東京都被害想定による津波高及び津波浸水被害 (元禄型関東地震の場合)



→被害想定では人口統計データ上は、死者0。但し、河川敷の広域避難場所や地下街等の考慮無し

2013年9月4日 名古屋市の豪雨：市全域に避難準備情報 227万人、どこへ逃げるの？

- 概要：東海3県は4日夕、局地的な豪雨。名古屋市は北区の一部で約6100人に避難勧告が、全域に避難準備情報が出た。鉄道などの交通網は大幅に乱れ、帰宅ラッシュを直撃した（朝日新聞デジタル）。
- 市は全域に避難準備情報を出したが、何をすればいいのか分からず、何もしなかった市民が多くいた（モーニングバード）。

→100万人単位の避難は市(区)では無理。中途半端な避難計画は大問題



JR名古屋駅前(4日午後6時13分、朝日新聞)

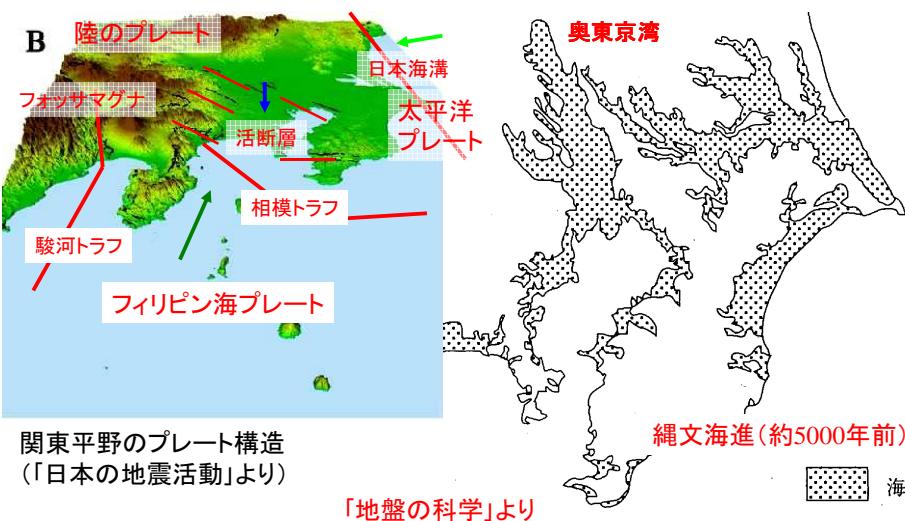


名古屋市中区(4日午後4時39分、毎日新聞)

概要：水害と対策

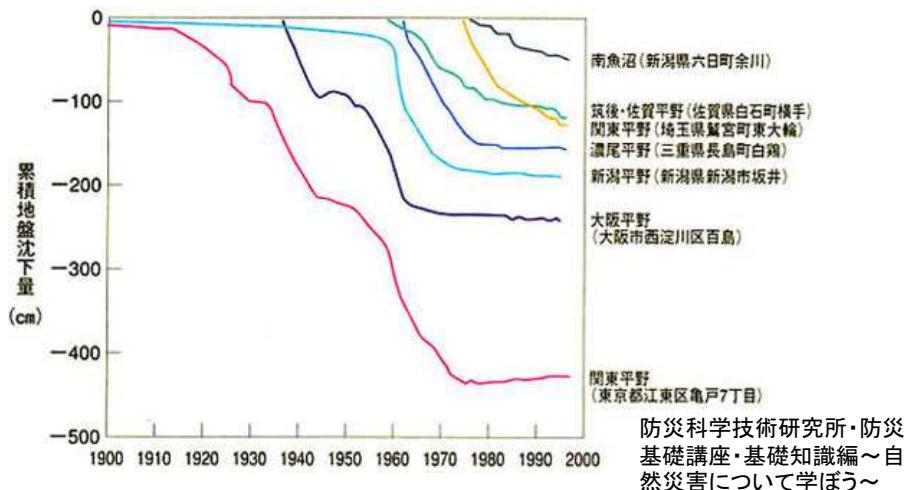
- 風水害：従来は土木対策が主流、但し、数百年に一度の水害では大災害。今後はリスクを許容し、建築・まち・市民レベルでの対策が必須。伝統的な対策も大いに参考に
- 大雨が主因：洪水・内水氾濫、斜面崩壊、土石流、地すべりなど
- 強風が主因：竜巻、高潮、高波など
- ここでは、都市に大きな影響を及ぼす可能性のある河川洪水・内水氾濫(都市型水害)と高潮を対象、成因と対策(土木、建築・まちづくり)を紹介する
- 洪水(河川洪水)：河川(外水)から水が溢れる。低地だけでなく、山地でも被害
- 内水氾濫(都市型水害)：下水処理能力の超える集中豪雨
- 高潮：海面水位上昇による低地浸水。洪水より膨大な水量

関東堆積盆地と縄文海進による 低湿地・軟弱地盤地域の形成

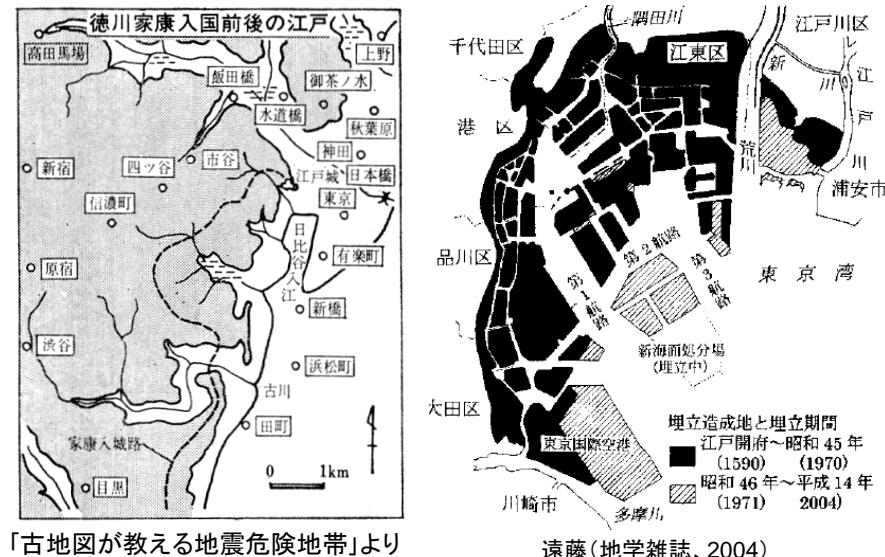


都市域の地盤沈下

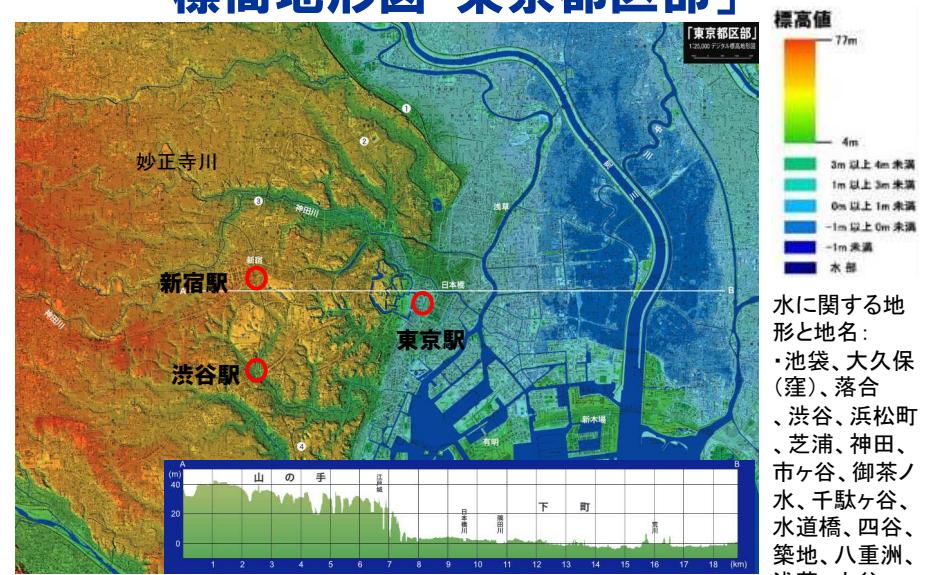
大量の地下水汲み上げにより、地表面が沈下。東京の江東低地では1910年代から始まり、揚水規制により1970年以降停止したが、最大マイナス4mを超える海面下の土地はそのまま残っている。現在、全国の主要な平野のほとんどで地盤沈下が認められている。



江戸時代以降の東京湾の埋め立て

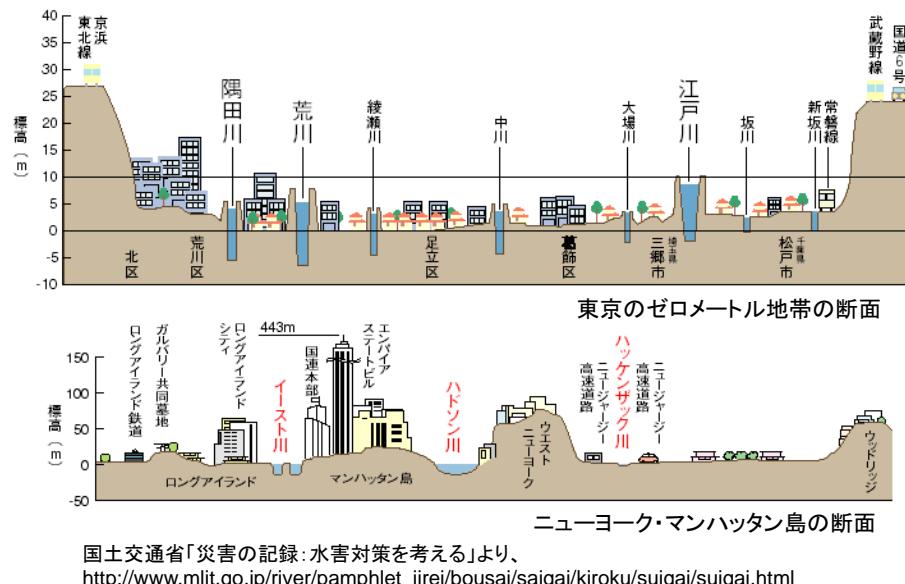


標高地形図「東京都区部」



国土地理院「デジタル標高地形図ってこんなにおもしろい！ 東京都区部編」より
<http://www.gsi.go.jp/kanto/kanto41001.html>

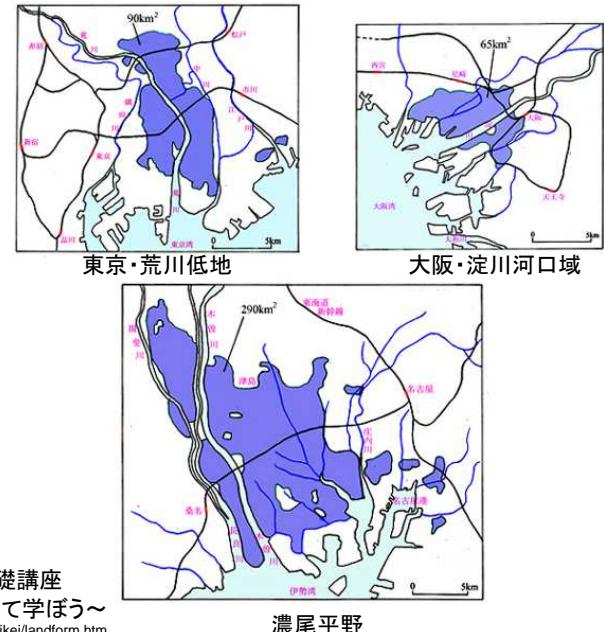
河川より低い日本の都市低地



3大都市のゼロメートル地帯

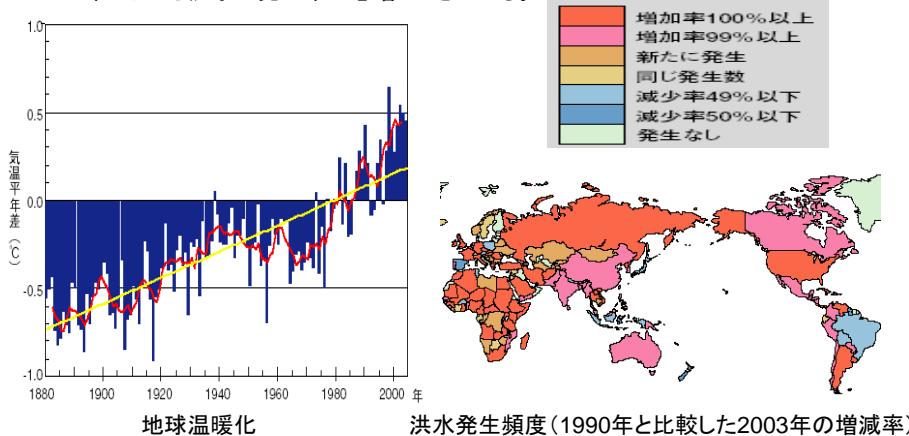
東京・荒川低地、大阪・淀川河口域、濃尾平野における標高ゼロメートル以下のお土地を、同じ縮尺の地図で示す。国土地理院の50mメッシュ数値地図により作成

防災科学技術研究所・防災基礎講座
基礎知識編～自然災害について学ぼう～
http://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza_kiso/chikei/landform.htm



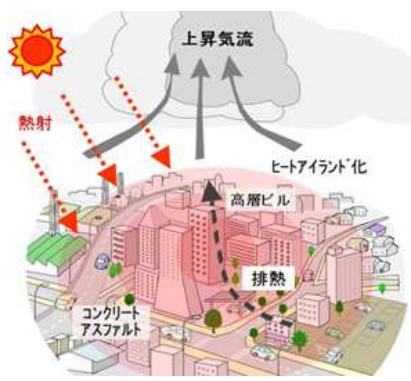
異常気象と世界で多発する水害

地球温暖化などで、80年代後半から洪水は急激に増大。2002年には過去最高の141件の発生をみた。そのうちアジアが約3分の1の48件を占める一方、アフリカや欧州などでは1993年ごろから洪水の発生率が急増してきている。



国土交通省「災害の記録:水害対策を考える」より、
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai.html

水害に脆弱化する大都市



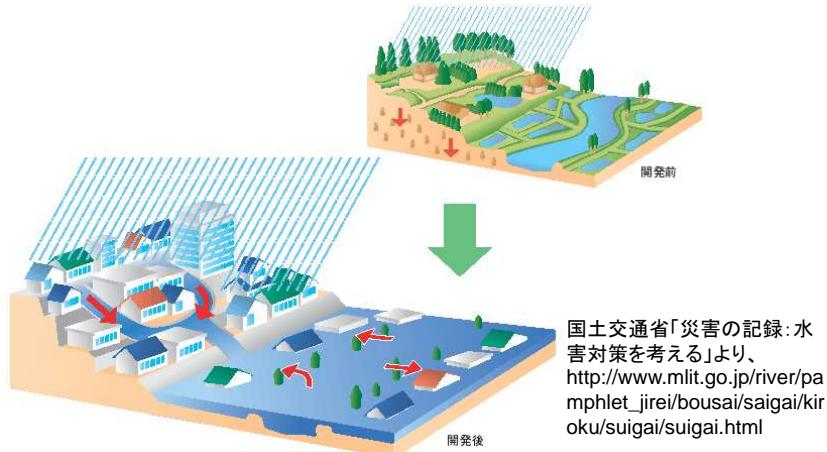
アスファルト舗装やコンクリートに覆われた面積が多く、夏期には、強い日射の影響により地表温度が上昇



<http://www.fm-tnbase.co.jp/disaster/index.html>

水害に脆弱化する大都市

近代の治水工事の進展により大規模な災害の発生は減少とともに、住民の水害・土砂災害に対する危機感も減少。土木施設は100年程度に一度の水害には耐える設計、1000年に一度の水害や、近年の異常気象による水害の発生は不可避。この間に増大した人口や資産の状況を考え合わせると、一旦災害が発生した際には甚大なものになる。



平野・山地での河川洪水と被害の様相

- 流れにより物体が受ける力は、流速の2乗と水深との積に比例
- 山地の谷底低地（盆地、扇状地など）での洪水は流速が早く、破壊力が大きい。
→ しばしば洪水や土石流で大災害が発生。
- 平野内は勾配が緩く、洪水は広く拡散、広大な領域で浸水被害。水深が浅く、低速度、破壊力は大きくな（人がゆっくり歩く程度で、避難もしやすい）。



微地形からみた液状化の可能性
日本建築学会・復旧・復興支援WG「液状化被害の基礎知識」
<http://news-sv.aij.or.jp/shien/s2/ekijouka/measure/>

河川洪水と内水氾濫

- ◆ **外水と内水**: 河川の水を外水、堤防で守られた内側の土地にある水を内水と呼ぶ
- ◆ **河川洪水**: 大雨などで河川が増水し、氾濫した水によって陸地が浸水する自然災害
- ◆ **内水氾濫（都市型水害）**: 集中豪雨などで下水の処理能力を超え、マンホールなどから水が溢れる災害。特に現代の大都市では、低湿地の宅地化、非浸透域（アスファルトなど）増加、地盤沈下、ヒートアイランド現象等に起因するゲリラ豪雨などで増加傾向にある

江戸初期の利根川水系の治水工事

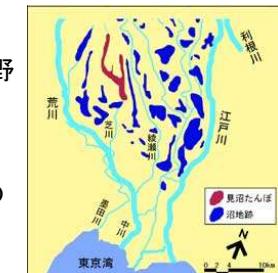


江戸初期における「利根川の東遷」と「荒川の西遷」

- 利根川（坂東太郎）や荒川（荒ぶる川）などの関東平野低地（埼玉県東部や東京低地）は洪水常襲地帯
- 「利根川の東遷」と「荒川の西遷」により、低地への水量を分散し、被害を軽減させる
- 低湿地に広大な穀倉地域と水利交通網が出現、後の 大江戸の繁栄に導く一因

沼見たんぼのHP:

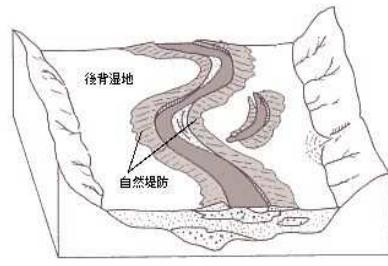
<http://www.minumatanbo-saitama.jp/outline/history.htm>



中川流域の池沼跡分布図

江戸時代の洪水対策

- ◆ 関東流：自然堤防を活用するなど敢えて高く造らず、河川幅を広くとり緩やかに蛇行させ、溢水する箇所には遊水池（後背湿地など浸水を許容する地域）を設ける
- ◆ 紀州流：河川を直線化し強固な連続堤防によって流路を固定、「遊水池は設けず代わりに氾濫原を新田として開発。洪水は起こりにくくなるが、起こると大災害。また定期的に浚渫工事が必要。
- ◆ 破堤（堤防決壊）は両岸のどちらかで一方で発生など、洪水は被害地域を制御可能→重要地（江戸城）側を守るため、反対側の堤防を低くする

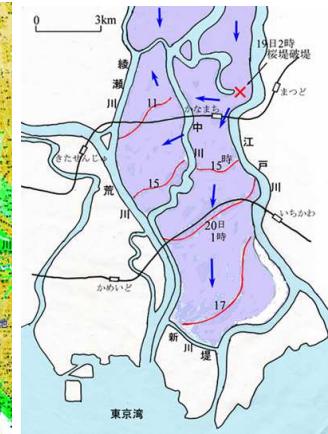
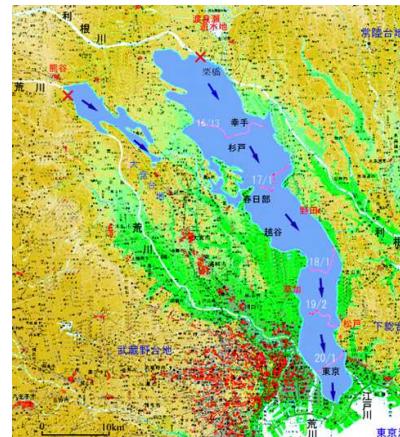


自然堤防と後背湿地

<http://www.city.sano.lg.jp/komoku/kankyou/emap/shizenteibou.html>

1947年カスリーン台風による洪水

- ・群馬・栃木県では土石流や河川の氾濫で、1,100名以上の死者・行方不明者
- ・関東南部では利根川と荒川の堤防が決壊し、4日後に東京湾に到達。埼玉・東京で多くの家屋が浸水した。この破堤洪水による被害は、死者58人（埼玉51人、東京7人）、流失・全壊家屋600戸、浸水家屋145,520戸（内東京105,500戸）

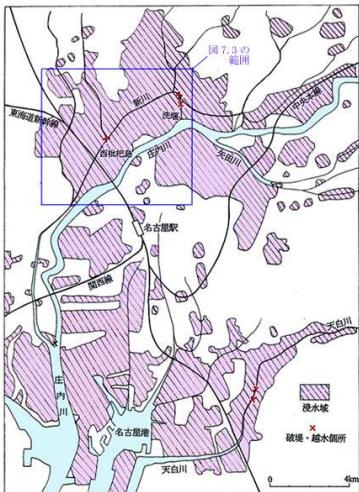


荒川沿いの地域
は海面下の土地
で、湛水期間は
半月を超えた

防災科学技術研究所
「防災基礎講座・
災害事例編」より
http://dil.bosai.go.jp/workshop/02kouza_jirei/firstpage/index.html

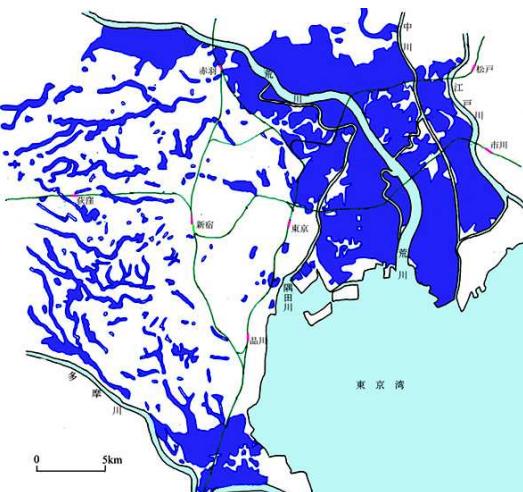
1947年の利根川・荒川破堤による氾濫域 東京における利根川洪水の進行

内水氾濫（都市型災害）



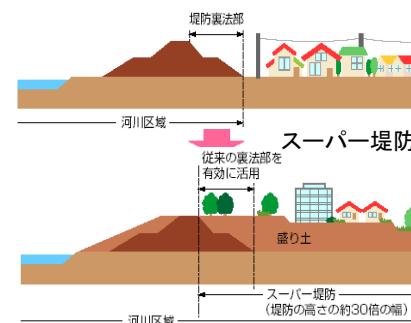
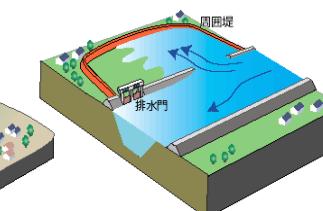
2000年9月東海地方の豪雨による名古屋市内水氾濫（市内で38,815棟浸水）

http://dil.bosai.go.jp/workshop/02kouza_jirei/s07naisui/naisuihanran.htm



1958年狩野川台風で、荒川・江戸川・多摩川低地市内の浸水域（市内で38,815棟浸水）

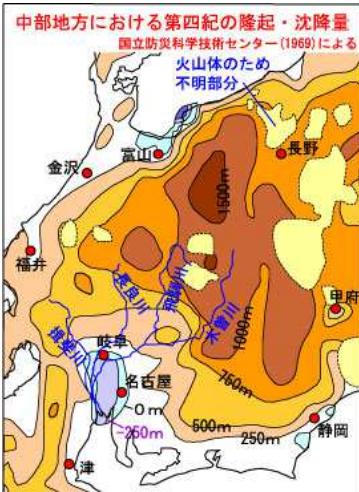
現代の土木技術による洪水対策



地下河川と
地下調節池
(首都圏外郭
放水路)

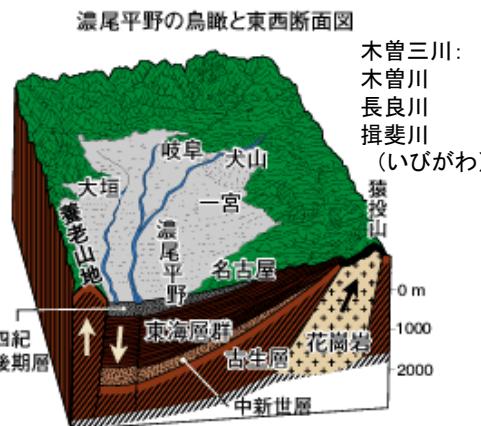
国土交通省「災害の記録：水害対策を考える」より、
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai.html
膨大な国費投入→メンテ困難、公助任せ・水防意識の低下、一度被害が起ると巨大災害→自助・共助による減災、建築・まちづくり対策

濃尾平野の地形と水害



中部地方の第四紀の隆起・沈降
岐阜大学・小井土研・花こう岩

<http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/html/KYO/chisitsu/kakougan/granite-%EF%BC%AE%EF%BD%8F%EF%BD%82%EF%BD%89.html>



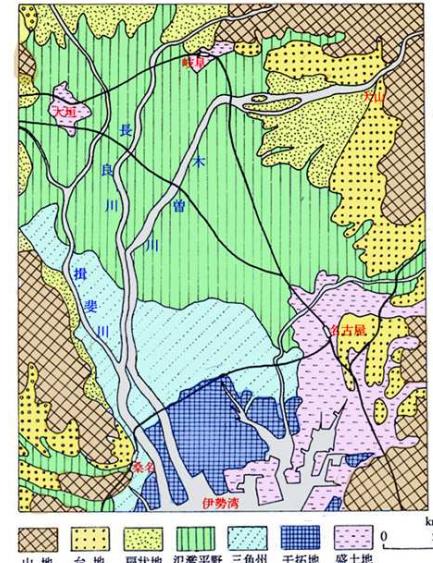
濃尾平野の地殻変動と3大河川

濃尾用水拾余話HPより
<http://suido-ishizue.jp/nihon/12/02.html>

濃尾平野の微地形

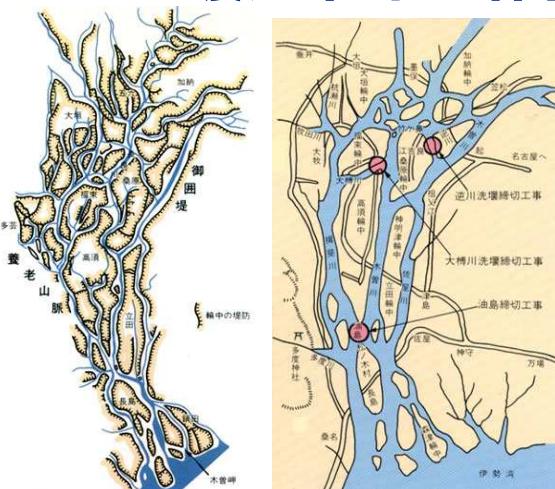


古代の名古屋台と名古屋城

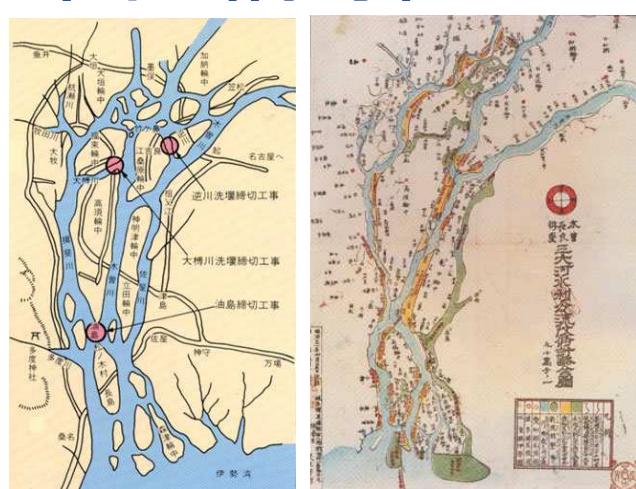


濃尾平野の3大河川と微地形分類
防災科学技術研究所・防災基礎講座
基礎知識編～自然災害について学ぼう～
http://dii.bosai.go.jp/workshop/01kouza_kiso/manabou/index.html

濃尾平野の治水対策



御囲堤(おかいづみ)と輪中(わじゅう)：「美濃の諸堤は御囲堤より低きこと三尺たるべし」



宝暦治水：江戸中期の宝暦4年(1754年)江戸幕府は、薩摩藩に木曽三川の分流を目的とする治水工事

明治改修：木曽三川の完全分流
オランダ流の治水工事
独立行政法人水資源機構
http://www.water.go.jp/chubu/nagara/21_yakuwei/rekishi.html

輪中(わじゅう)による水害対策



明治末期における輪中の分布

防災科学技術研究所・防災基礎講座
基礎知識編～災害はどこでどのように起きているか～
http://dii.bosai.go.jp/workshop/02kouza_jirei/s02noubi/kisokuzui.htm



輪中の水屋(海津町萱野)
低地の人々の暮らし
<https://sis-tem.crdc.gifu-u.ac.jp/edsoftol/it/wajuu/sumai-index.html>



上げ舟(養老町下笠)

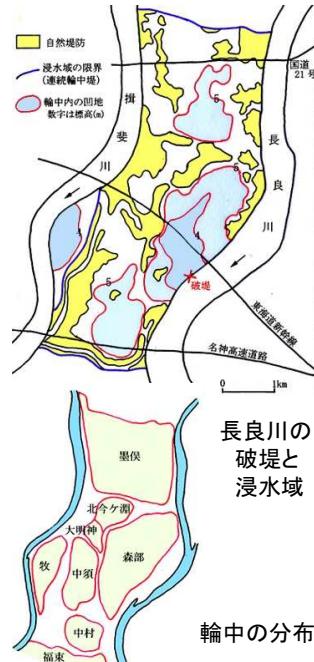
- ・輪中：堤防で囲まれた水防共同体・集落
- ・輪中堤が破堤しても他の輪中は守られる
- ・堤防を守るために、各輪中では水防組が作られ、明治以降も水害予防組合として存続
- ・水屋(みずや)などの避難所・備蓄倉庫
- ・上げ舟など水害への様々な対策実施
- ・輪中内での結束力は強かったが、一般に他の輪中とは険悪なことも（自分の堤防を守った方が勝ち組）

1976年長良川の洪水

・1976年の長良川では、12日朝に堤防にクラックが発見。堤防のり面の崩壩を防ぐ杭打ち作業が水防団によって実施。10時25分決壩が始まり、破堤口は80mに拡大。流入した氾濫水は直面する輪中の凹地を満たし、自然堤防の低所を越えて浸水域を拡大。下流方向では、破堤地点から2kmのところにある輪中堤で浸水が停止。浸水域は上流側に拡大し、破堤地点の上流5kmまでの、揖斐川と長良川とに囲まれる地域が最大3mの深さに水没。

・多数の輪中堤は戦後の土地改良事業や道路整備によって取り壊された。しかし、南の輪之内町との間に残されていた福東輪中堤は役割を果たし、下流域への氾濫拡大を防いだ。この輪中堤は県道によって2箇所カットされていたが、水防団や地元住民による土嚢積みで防いだ。氾濫水が到達したのは破堤から5時間後。

防災科学技術研究所・防災基礎講座
基礎知識編～災害はどこでどのように起きているか～
http://dil.bosai.go.jp/workshop/02kouza_jirei/s02noubi/kisokouzui.htm



高潮とは

○台風などで、海面の高さ(潮位)が長時間、高く盛り上がる現象

○高潮の成因

1. 低気圧による吸い上げ:
→1hPa気圧が下がると海面は1cm上昇例: 1気圧は1013 hPa、913hPaで約1mの海面上昇

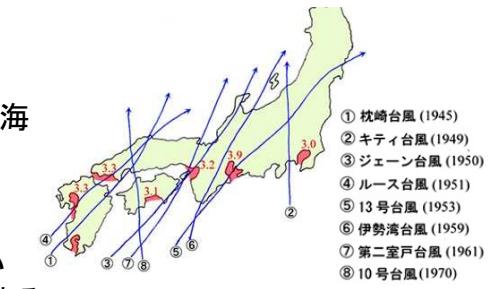
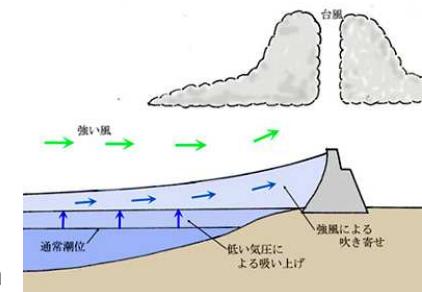
2. 強風による吹き寄せ効果

海水が集中する湾奥、遠浅の海岸で特に大きくなる(数m)

3. 満潮

○大被害発生の条件

台風の風は進行右側で大きい
→南に開いた湾の西側に通過する場合(伊勢湾・東京湾・大阪湾等)



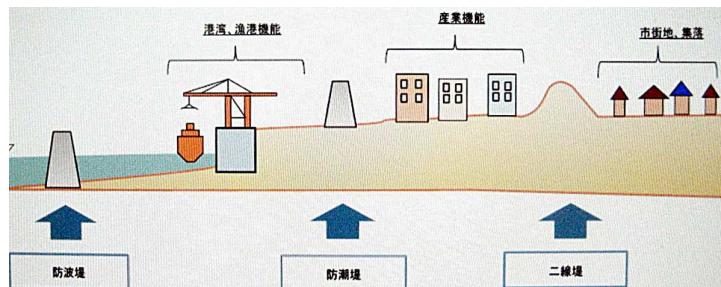
防災科学技術研究所・防災基礎講座
基礎知識編～自然災害について学ぼう～
http://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza_kiso/manabou/index.html

防潮堤と防波堤

・高潮・高波・津波から陸域を守る施設
・防波堤: 陸地から離れた海中に位置する
・防潮堤: 両側あるいは片側が陸地にある構造物。河川堤防に対して海岸堤防とも呼ばれる
・二線堤: 本堤背後に築造される堤防。
控え堤、二番堤ともいう



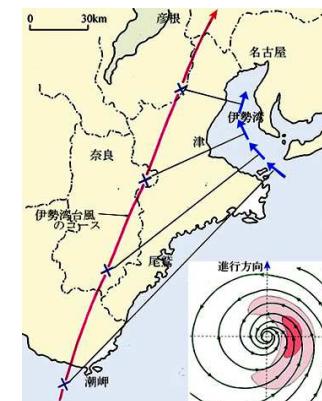
岩手県普代村太田名部地区



生涯一設計士・
佐々木繁の日々
http://blog.livedoor.jp/shyougaiisekisei2581/archives/cat_50039151.html

1959年伊勢湾台風による高潮災害

◆ 1959年9月26日18時に潮岬付近に上陸、21時過ぎに名古屋西方を通過(夜間が速やかな避難の阻害要因)



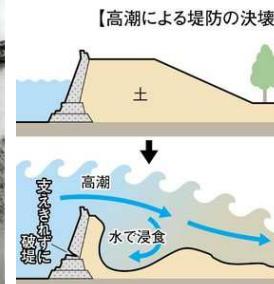
伊勢湾台風による伊勢湾の吹き寄せ効果



最大潮位

防災科学技術研究所・防災基礎講座 基礎知識編～災害はどこでどのように起きているか～

1959年伊勢湾台風による高潮災害

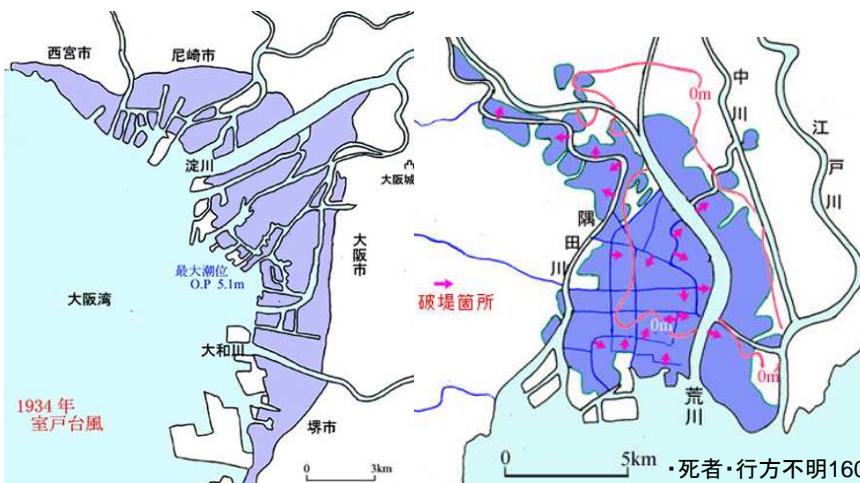


伊勢湾台風の後、国は海岸や河口部に原則高さ7・5メートルの堤防を整備した。堤防の幅を広げ、全面をコンクリートで覆う。壁面の傾斜を緩やかにして波の勢いをかわす。伊勢湾台風の再来にも耐えられるという

中日新聞・勢湾台風－濁流の記憶50年(2009)

愛知県「伊勢湾台風災害復興誌」によ <http://www.chunichi.co.jp/article/feature/isewan/list/200907/index.html>
ると、流木による死者は1500人余

大阪・東京の高潮災害

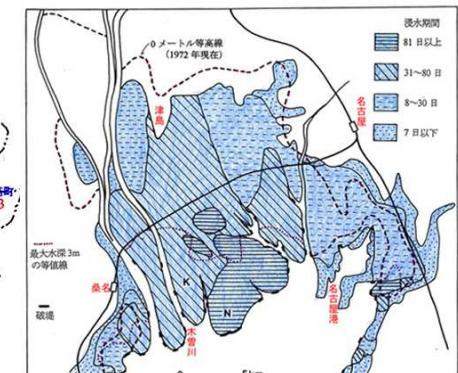


死者・不明約3000人、大阪市内の木造学校の16%が倒壊し、教員・生徒の死者は約800名

1948年キティ台風の東京の浸水域 防災科学技術研究所・防災基礎講座 基礎知識編～災害の危険性をどう評価するか

1959年伊勢湾台風による高潮災害

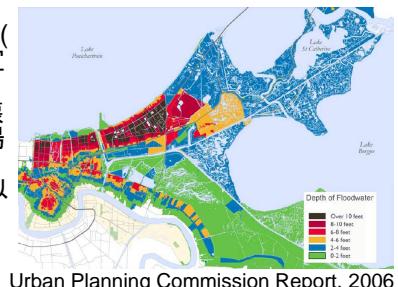
- ◆ 死者5,040人、うち伊勢湾沿岸の高潮被災市区町村における死者数は4,080人で全体の8割以上
 - ◆ この震災を契機に災害対策基本法が制定



防災科学技術研究所・防災基礎講座 基礎知識編～災害はどこでどのように起きているか～

2005年ハリケーン・カトリーナによる ニューオリンズ市の高潮被害

- ◆ 2005年8月23日にハリケーン発生、8月28日(日)にカテゴリー5に発達、大統領非常事態宣言、市に強制避難命令を発動
 - ◆ 8月29日(月)の早朝に上陸、高潮で堤防決壊、ゼロメートル地帯である市の8割が水没。場所により6mの浸水が発生。
 - ◆ ピーク時には100万人以上が避難、27万人以上がシェルター生活。250万世帯が被災、約53万人が家を失った。死者は約2000人、犠牲者の約7割は61歳以上、多くは孤立した家屋などで衰弱死
 - ◆ 市・州・連邦政府の対応が遅れ、200名以上の警察官も職務放棄し、無政府状態に。各地で略奪・暴力行為が発生。治安維持のため、50,000名近い州兵を投入。
 - ◆ 1年経過後も、約48万人だった人口は22万人に激減。浸水家屋が放置されたままの地域が大半。

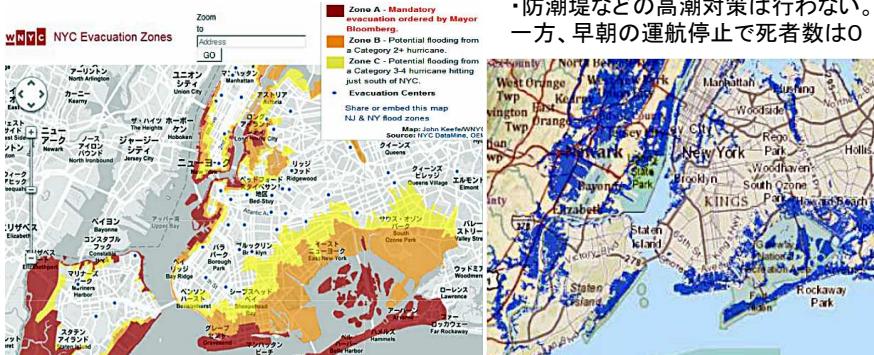


ハリケーン・カトリーナにおける事後の非常事態 対応に関する調査、自治体国際化協会

<http://www.clair.or.jp/j/forum/series/pdf/44.pdf>

2012年ハリケーン・サンディによる ニューヨーク市の高潮被害と避難計画

- 死者：アメリカ全土及びカナダ132名（うち、43名がNY市内）
- 避難者：沿岸部で数十万人に避難指示（NY市は37.5万人に避難指示）
- 東部一帯で800万世帯・事業所が停電、地下鉄・地下駅・地下道に大規模浸水、市内全ての公共交通の運航停止、



NY市でのハリケーンハザードマップと避難計画

実際の浸水領域

国土交通省・ハリケーン・サンディの被害概要及び調査団の派遣について

http://www.mlit.go.jp/river/shinshikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/bunkakai/dai49kai/dai49kai_siryou6.pdf

気象警報等と、とるべき行動

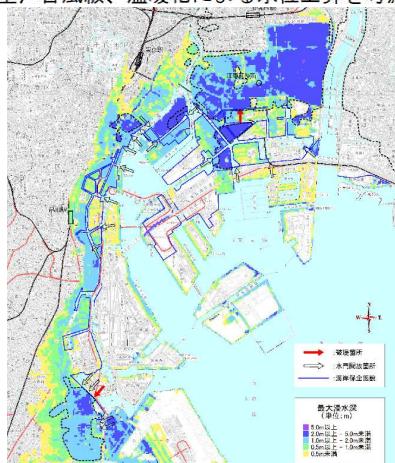
気象警報等の種類							
大雨		暴風	高潮	波浪	暴風雪	大雪	
(土砂災害)	(浸水害)						
特別警報 (重大な災害の 起こるおそれが 審しく大きい)	大雨 特別警報 (土砂災害)	大雨 特別警報 (浸水害)	暴風 特別警報	高潮 特別警報	波浪 特別警報	暴風雪 特別警報	大雪 特別警報
警報 (重大な災害の 起こるおそれ)	大雨 警報 (土砂災害)	大雨 警報 (浸水害)	暴風 警報	高潮 警報	波浪 警報	暴風雪 警報	大雪 警報
注意報 (災害の起こる おそれ)	大雨 注意報	強風 注意報	高潮 注意報	波浪 注意報	風雪 注意報	大雪 注意報	

市町村の対応

住民の行動

高潮: 東京港の高潮被害想定(湾岸低地)

東京港等: シナリオF 全水門開放及びゼロメートル地帯で破堤、
室戸台風級、温暖化による水位上昇を考慮 (+0.6m)

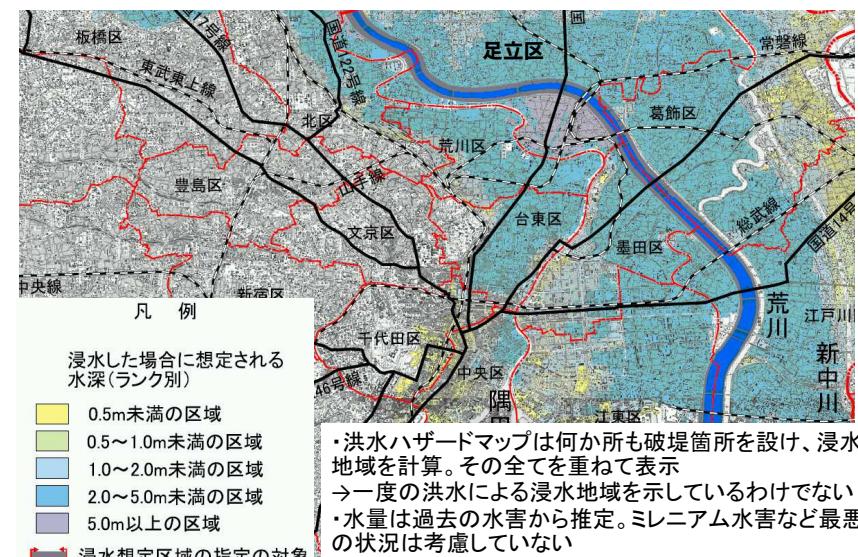


国土交通省(ゼロメートル地帯の高潮対策検討会)
→ハリケーン・カトーナによるニューオリンズ市の被害
(破堤により市の80%水没、死者1200名、100万人避難)



遠藤(地学雑誌、2004)

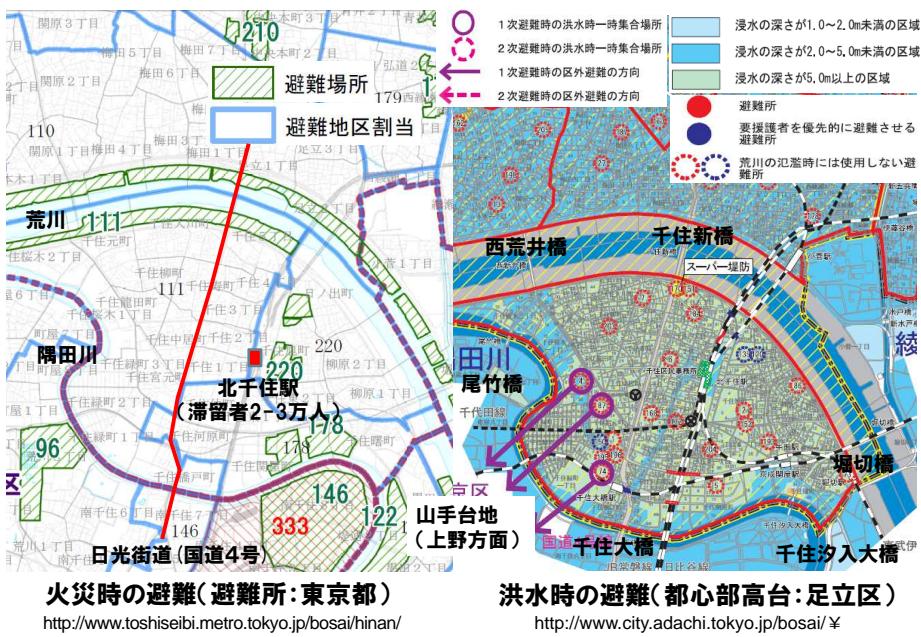
洪水ハザードマップの例: 荒川水系



国土交通省関東地方整備局 http://www.ktr.mlit.go.jp/arajo/arajo_index038.html

- 洪水ハザードマップは何か所も破堤箇所を設け、浸水地域を計算。その全てを重ねて表示
→一度の洪水による浸水地域を示しているわけではない
- 水量は過去の水害から推定。ミレニアム水害など最悪の状況は考慮していない
- 近年の治水対策(地下貯水等)を全て反映していない

震災と水害の避難計画(東京都足立区・北千住地域)



自然災害リスクを防ぐか、許容するか?



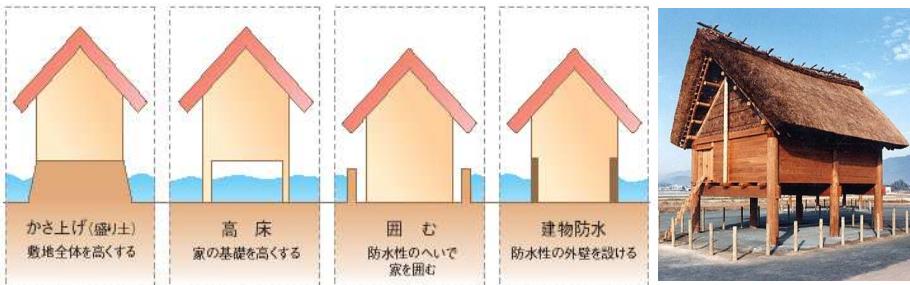
岩手県普代村の高さ15mの防潮堤(東日本大震災で村を守った)→震災復旧で各地で建設中
建設は国費だが、メンテは自治体。今後1000年維持できる!?

獣師のつぶやき <http://platinum-room.seesaa.net/>

マンハッタンビーチ(ロサンゼルス)
 →自然には手を加えない。海に近いほど高い地価。幼少から海に慣れ、怖さを知り、リスクは受入る。
 非常時には避難する

<http://mooks.exblog.jp/1240231>

建物の水害対策



- ・水害から自宅を守る際、被害が増加する「床上浸水」の防止が重要。
- ・過去の水害に関する情報や行政機関が提供するハザードマップなどをもとに、床を高くしたり、ピロティー構造によることによって、水害時の被害軽減が可能。また、既設住宅では災害時の二階の有効活用や災害用の脱出用として屋根に外部への出口を設けることも有効。

国土交通省:浸水の予防・人命を守る家づくり
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai_4-1-3.html



桂離宮と洪水対策



桂垣による流速の低減効果

桂垣:生垣の一つ。桂離宮に造られているためこの名がある。自生の竹を用いた垣で、30cm間隔に1本ずつ垣の高さよりさらに突き出させ、45°に外方へ折り曲げて横木に取り付けたもの。



高床(ピロティー)による水害対策

OMソーラー・新建工舎の家づくり
<http://shinkensya.exblog.jp/6135423/>

京都観光Navi <http://kanko.city.kyoto.lg.jp>

土木から建物・まちづくり・ランドスケープデザインへ 国による防災から市民防災へ



都市・まちの緑化(排水吸収だけでなく、ヒートアイランドの抑制など)

<http://had0.big.ous.ac.jp/plantsdic/angiospermae/dicotyledoneae/choripetalae/vitaceae/tsuta/tsuta2.htm>



防火水槽(水害対策にも役立つ！？)

<http://www.boukasuisou.jp/>



採水口



雨水タンク(水害抑制だけでなく、節水や災害時のトイレ・飲料水など)

<http://www.arigatoo.cc/39h/hd1/hd1-2.htm>



箱庭(都市型狭小住宅でも)

<http://ltd.sakura.ne.jp/garden/build.htm>



親水(日頃から河川に親しむ)
曳舟川親水公園(葛飾区)

課題3

- ◆ 地名: 身近にある、気になる地形・地質に関連ある地名の由来を調べよ
- ◆ 水害: 津波・洪水・高潮・内水氾濫の違いを一言で説明せよ
- ◆ 水害の調査: 身近にある地域の水害の履歴・ハザードマップを調べよ
- ◆ 水害対策: 仮に水害(洪水・高潮・内水氾濫など)が生じた場合、そのような対策を行えるか、平常時と非常時に分けて説明せよ
- ◆ 提出: 来週の授業開始時、A4レポート