
大震災を生き延びる知恵

～ライフラインと建築設備の地震被害と対処～

東北工業大学建築学科
教授 渡辺浩文

1. ライフライン途絶とその影響(過去の被災例から)
2. 建築設備と都市設備
3. 建築設備の地震対策
4. 都市設備の地震対策
5. まとめ

ライフラインとは？

- ◆ 電気
- ◆ 水道
- ◆ ガス
- ◆ 情報通信
- ◆ 交通

都市に住まう私達が
生活する(生きていく)のに
必要不可欠の都市基盤施設

これらが大地震の際に
途絶してしまう...
この影響と対処は如何に？

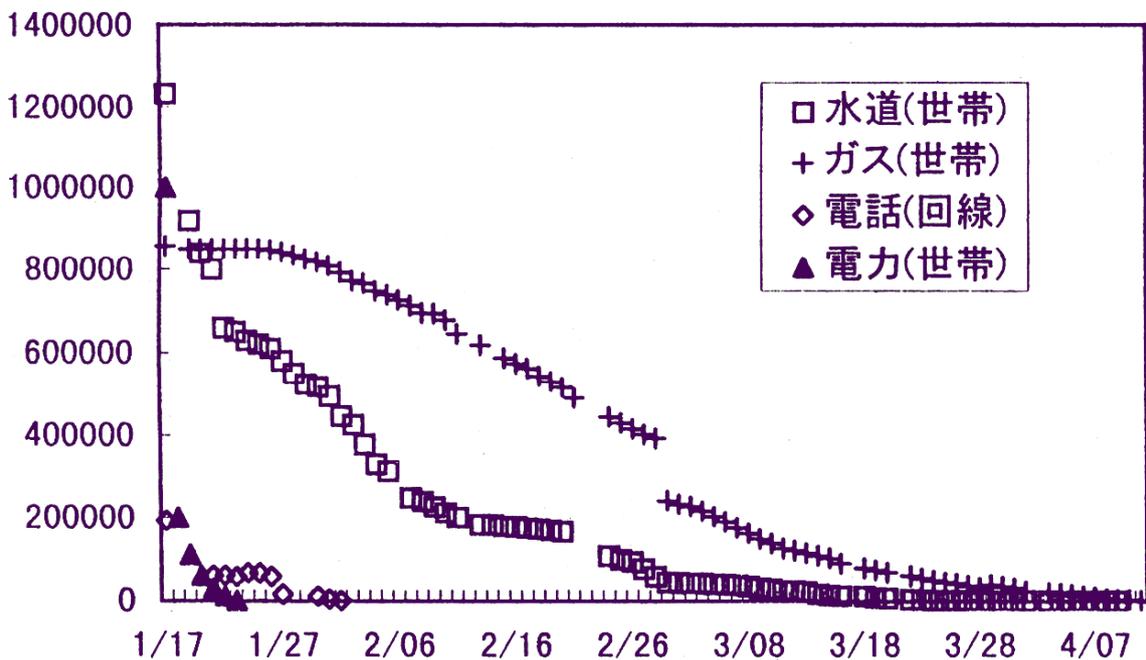
ライフライン途絶の影響

	途絶の具体的影響	流出フローによる二次災害
電力	温熱・光環境・動力および 情報サービス環境の悪化 社会活動の停止	漏電による火災、感電
ガス	温熱環境・調理・入浴 などのサービス環境の悪化 熱関連の生産活動の停止	爆発、火災、ガス中毒
上水	飲料水・雑用水・トイレ水の不足 防火能力の喪失 医療活動の阻害 復旧活動の支障（水圧テスト）	水害、復旧活動の妨げ
下水	汚物の滞留による衛生環境の悪化	飲料水に混入など衛生問題
情報	情報環境の悪化・不安の助長	デマによる不安助長
高速道路 ・鉄道	交通系の途絶 都市内道路に集中 救援・復旧作業の妨げ	交通渋滞

ライフラインの復旧日数

	発生年月	人的被害(人)		建物被害(棟)		ライフライン復旧日数(日)			
		死者・不明	負傷	全壊	半壊	電力	電話	水道	ガス
新潟地震	1964.6	38	386	1 087	7 456	5	20	90	180
宮城県沖地震	1978.6	28	6 335	1 183	5 574	2	—	11	27
日本海中部地震	1983.5	104	324	1 584	3 515	0.5	1	19	30
釧路沖地震	1993.1	1	932	19	113	1	1	4	22
阪神・淡路大震災	1995.1	5 504	41 527	93 162	108 055	6	14	60	90

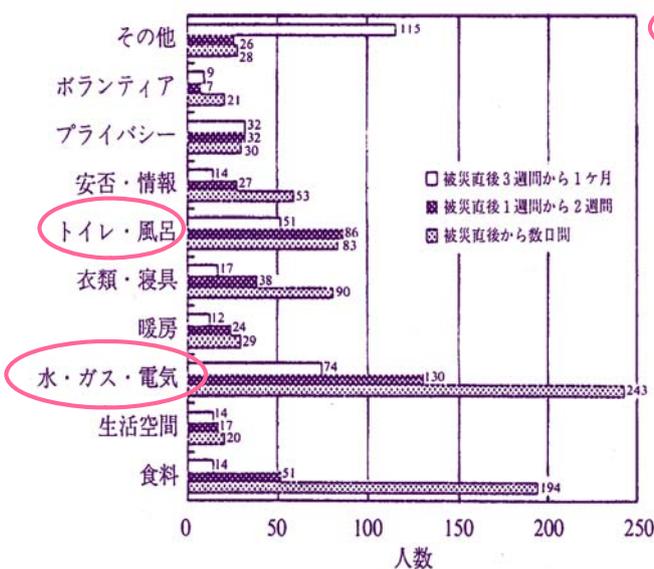
ライフラインの供給停止件数の推移 (阪神・淡路大震災)



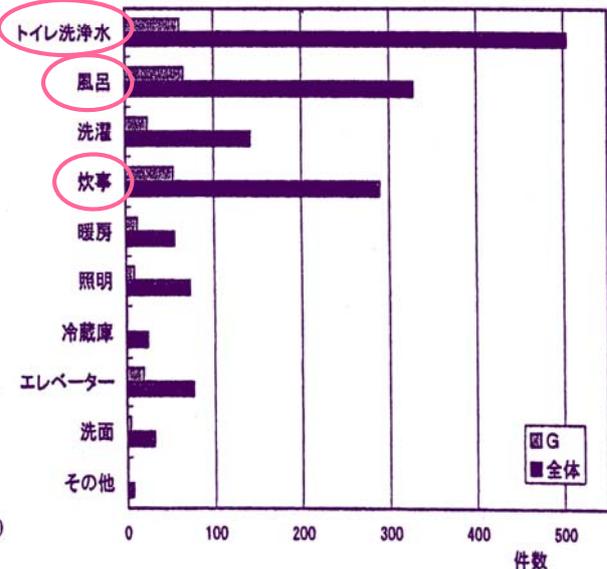
ライフライン途絶の影響

	途絶の具体的影響	流出フローによる二次災害
電力	温熱・光環境・動力および 情報サービス環境の悪化 社会活動の停止	漏電による火災、感電
ガス	温熱環境・調理・入浴 などのサービス環境の悪化 熱関連の生産活動の停止	爆発、火災、ガス中毒
上水	飲料水・雑用水・トイレ水の不足 防火能力の喪失 医療活動の阻害 復旧活動の支障（水圧テスト）	水害、復旧活動の妨げ
下水	汚物の滞留による衛生環境の悪化	飲料水に混入など衛生問題
情報	情報環境の悪化・不安の助長	デマによる不安助長
高速道路 ・鉄道	交通系の途絶 都市内道路に集中 救援・復旧作業の妨げ	交通渋滞

被災後の困難（阪神・淡路大震災被災者調査より）



戸建住宅の場合



集合住宅の場合

「水」の重要性

夫婦＋子供2人で1日に

飲用10リットル, 雑用40リットル 使用との報告あり。

(設計値は250リットル/人日)



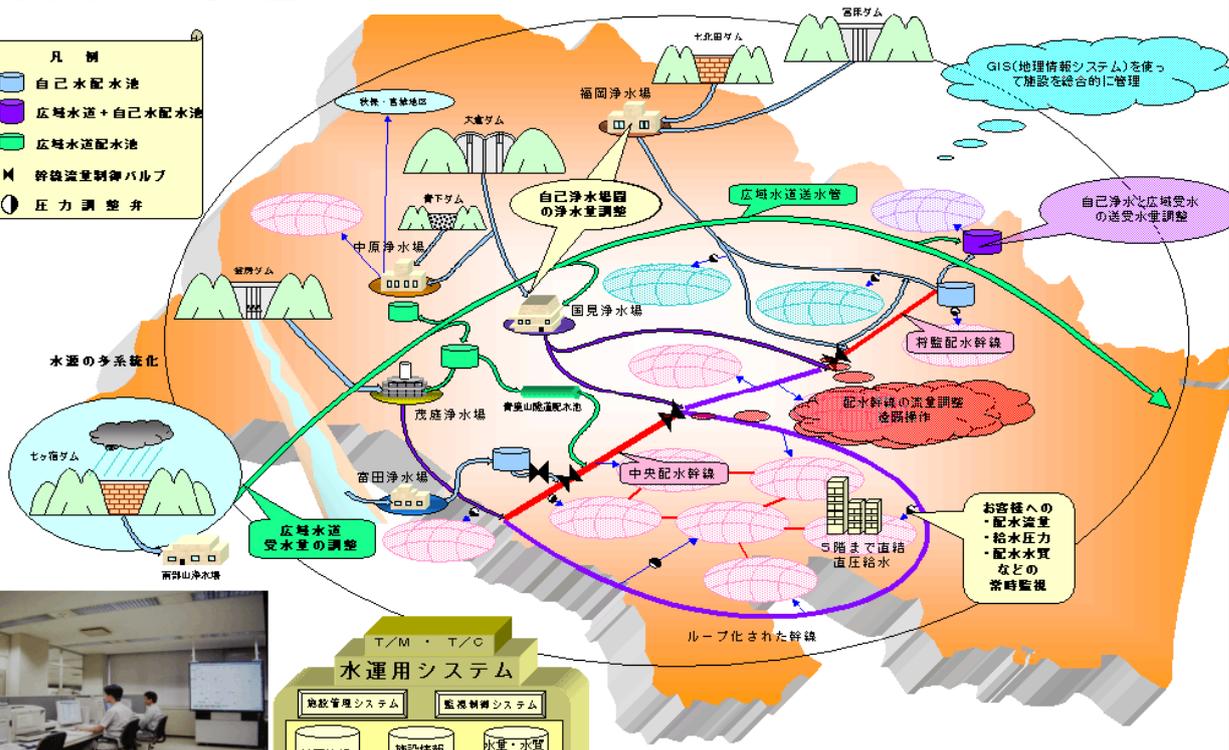
飲用・調理用・洗顔用の清浄な水の確保とともに
水洗便所用の雑用水が意外にも重要！

家・建物が無事でも給排水が不可のため
避難所生活をした人も多い。

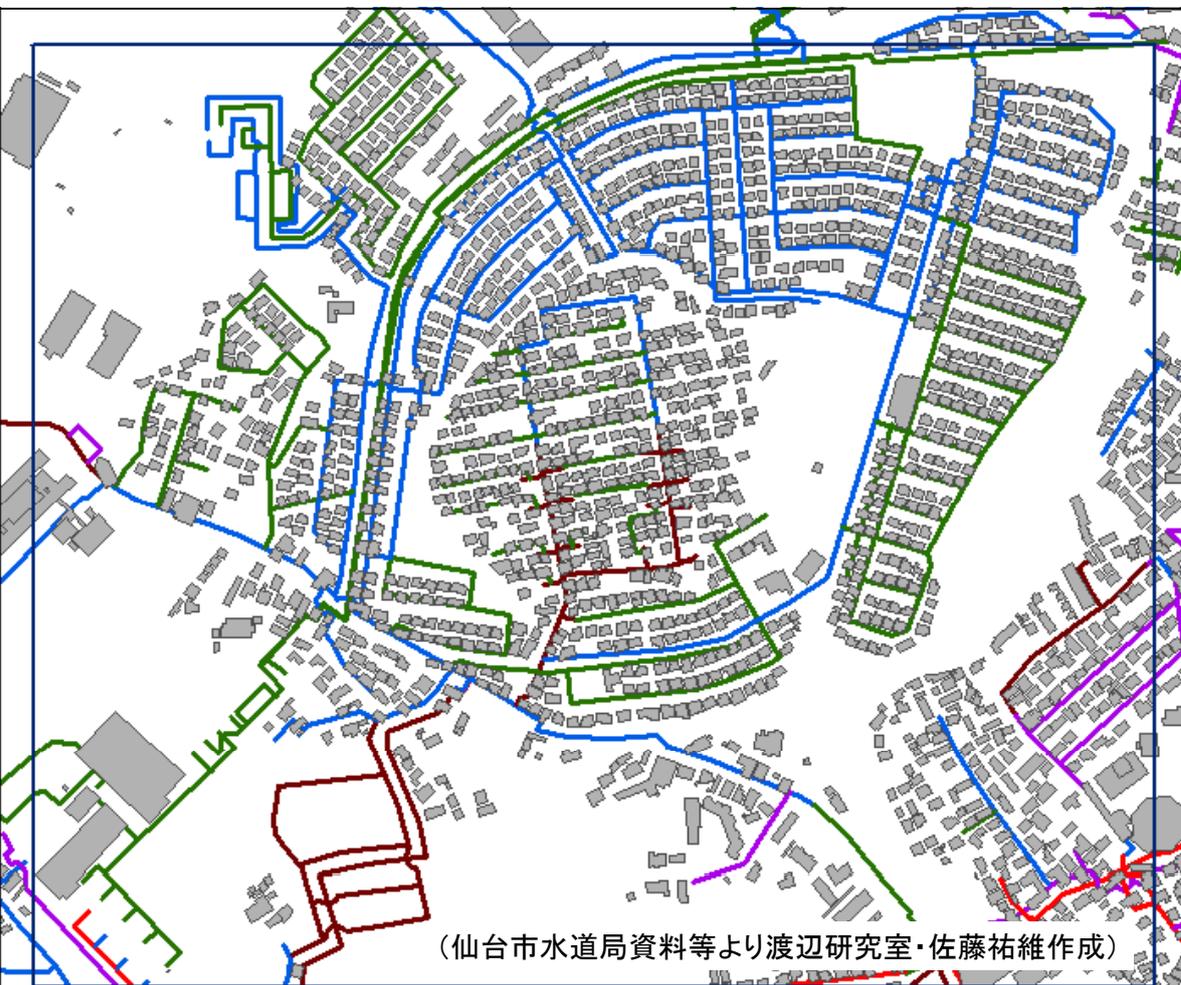
1. ライフライン途絶とその影響(過去の被災例から)
2. 建築設備と都市設備(給水系を中心として)
3. 建築設備の地震対策
4. 都市設備の地震対策
5. まとめ

仙台市の水道

- 凡 例
- 自己水配水池
 - 広域水道+自己水配水池
 - 広域水道配水池
 - 幹線流量制御バルブ
 - 圧力調整弁

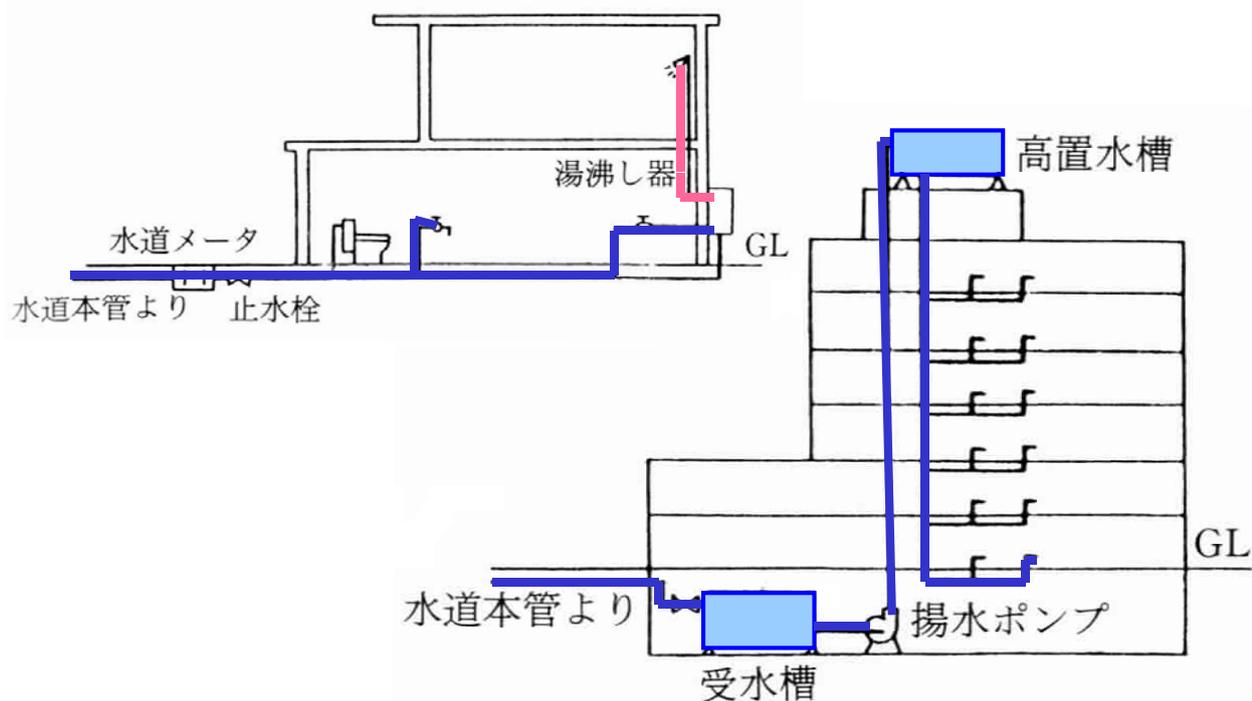


(仙台市水道局資料)



(仙台市水道局資料等より渡辺研究室・佐藤祐維作成)

建築給水設備の概要



Tohtech H.Watanabe

(給水系統図は「建築設備システムデザイン」より引用) 13

つまり給水障害は...

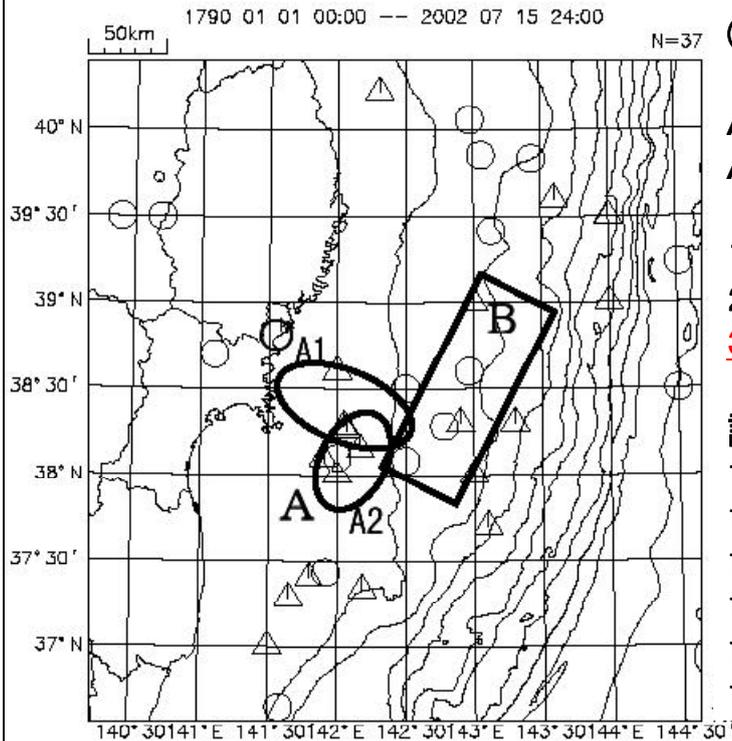
- 建築給水設備の損壊
- 上水道の損壊

により、発生する！

Tohtech H.Watanabe

14

地震調査委員会による宮城県沖地震の想定



(2003年6月1日を起点とした場合)

A領域単独 ⇒ M7.5前後
A・B領域連動 ⇒ M8.0前後

10年以内に発生する確率 ⇒ 39%
20年以内に発生する確率 ⇒ 88%
30年以内に発生する確率 ⇒ 99%

評価した地震

1793年2月17日	M8.2
1835年7月20日	M7.3
1861年10月21日	M7.4
1897年2月20日	M7.4
1936年11月3日	M7.4
1978年6月12日	M7.4

注：AはA1とA2を合わせた領域

1. ライフライン途絶とその影響(過去の被災例から)
2. 建築設備と都市設備(給水系を中心として)
3. **建築設備の地震対策(耐震点検のすすめ)**
4. 都市設備の地震対策
5. まとめ

既存の耐震設計・耐震診断に関する基準など

公共建築センター:

官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説平成8年版

日本建築センター: 日本建築設備耐震設計・施工指針

空気調和・衛生工学会: 建築設備の耐震設計施工法

建築保全センター:

官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説 平成8年版

日本建築設備・昇降機センター:

建築設備・昇降機耐震診断基準及び改修指針

日本建築学会:

非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領

日本建築学会:

学校施設の非構造部材等の耐震点検に関する調査研究

建物の非構造部材とは...

- ・外壁、内壁材、天井、サッシ
- ・照明器具
- ・袖看板
- ・屋上設置機器 などなど

建物設備とは...

- ・水槽
- ・屋内外設置機器
- ・空調吹出し口、換気口
- ・各種配管、ダクト などなど

大地震時に破損され、
人命に直接的危険を
及ぼす恐れあり！

特に病院・庁舎等の災害拠点施設で 建築設備が破損すると...

水が使えない
電が使えない
医療機器等が使えない

-
-
-

災害弱者が救護を求め

災害弱者を守るべき



**重要な拠点的建物が
いざという時に
役に立たない！**

建物の安全・安心は

構造耐震性だけでは不十分

非構造部材と建築設備の

耐震性能向上により

安全確保と機能維持が図られる

某特別養護老人ホーム設備耐震調査結果

- ・特別養護老人ホームC(築32年・2階建)
- ・ボイラー下部が直接固定されておらず、室外機下部のボルトが付いていないので、地震時に機器が転倒する恐れがある。また、全体的に設備機器の固定部分に不安が残る。(写真5、6)

ボルトで直接固定されていない



写真5 ボイラーの下部固定状況

固定がされていない



写真6 室外機下部固定状況

某マンション設備耐震調査結果

- ・Cマンション(築35年・8階建)
- ・高置水槽の固定がされておらず、施工あるいは設計の段階でボルトが入っていない可能性がある。また、全体的に設備機器や固定部分がさびており、強度に不安が残る。(写真5、6)

基礎部分がさびている



写真5 揚水ポンプ基礎状況

穴が開いていない



基礎がさびている。

写真6 高置水槽固定状況

某病院の設備耐震調査

・給湯設備

- ・ガスマルチ給湯器の床にアンカー無し架台を敷設し給湯器を固定することが望ましい。
- ・給湯器廻り配管は壁より支持ボルト、型鋼での支持が望ましい。
- ・給湯配管の配管架台が単純な独立おき基礎となっており、架台用基礎が望ましい。
- ・外壁立ち上がり給湯管の振れ止めと固定が必要。



写真-7 外壁部立ち上がり給湯管
給湯管の配管サポート間隔はOK。
サポート架台が貧弱と思われる。

某病院の設備耐震調査

・ガス設備

計量器の基礎が固定されていない。



写真-10 ガス計量器および基礎

・その他

機械室の医療ガスボンベの転倒防止無し。



写真-11 医療用ガスボンベ

某病院の設備耐震調査

・監視制御設備

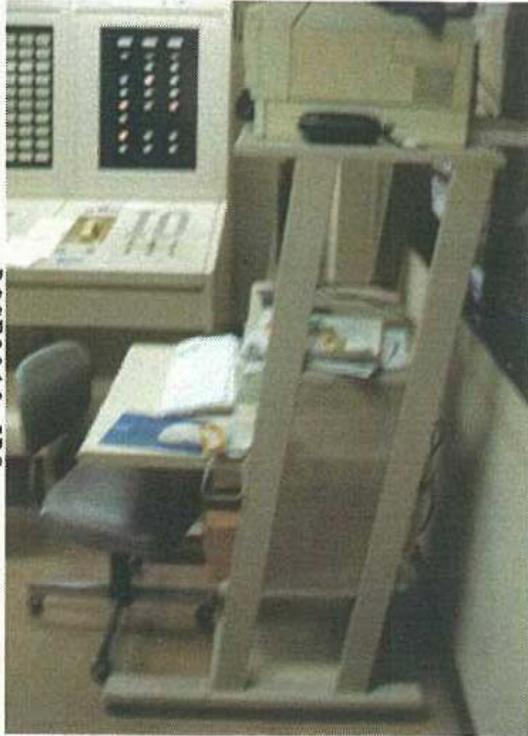


写真-14 OAデスク

・ナースコール設備



写真-15 棚置きモニター

(2004年度卒論田中亨君調査)

Tohtech H.Watanabe

25

では、どうするか？

地震被害の実態を踏まえた
重点箇所の耐震点検表を作成

「安全確保を要する建物」と
「安全確保と機能維持を要する建物」を
区分し、
それぞれのための耐震点検表を作成

Tohtech H.Watanabe

26

どのように点検を促すか？

⇒ 建築基準法 第12条に規定する
「**定期報告制度**」を活用

3年に一度の定期報告に設備等の耐震点検を付加



建物用途に応じて1回のみ、又は3年毎に点検実施

点検の流れ



点検表



参: 様式1



設備等地震被害防止ワーキンググループ

宮城県建築物等地震対策推進協議会に設置された組織の一つであり、**建築設備や非構造部材(落下物)などの地震被害防止方策を検討**

東北工業大学工学部建築学科 助教授 渡辺浩文(主査)

東北工業大学工学部建築学科 教授 田中礼治

東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科 教授 岡田誠之

東北工業大学工学部デザイン工学科 教授 石川善美

■行政団体

宮城県(建築宅地課, 設備室)

仙台市(住環境整備課, 建築指導課)

石巻市(建築指導課)

塩竈市(建築課)

大崎市(建築課)

■建築関係公益法人

(社)日本建築構造技術者協会東北支部

(社)建築設備技術者協会東北支部

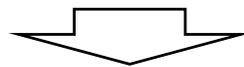
(社)空気調和・衛生工学会東北支部

(社)日本技術士会東北支部(衛生工学・環境・上下水道部会)

(社)電気設備学会東北支部

1. ライフライン途絶とその影響(過去の被災例から)
2. 建築設備と都市設備(給水系を中心として)
3. 建築設備の地震対策(耐震点検のすすめ)
4. 都市設備の地震対策(上水道途絶を前提として)
5. まとめ

- ・大規模地震の度にライフライン途絶が大きな影響を及ぼしている
- ・特に震災直後では、生命維持の為の飲料水が不可欠



水道事業の一環で整備が実施される(との思い込み)



建築分野にて為すべきことはないのか？
どこでなにをすれば良いのか？

⋮

まずは現状の把握 <… 研究目的

3. 研究対象地域

市街地を中心に、
東西15km、南北20kmを
研究対象地域とする。

[資料]

仙台市水道局：

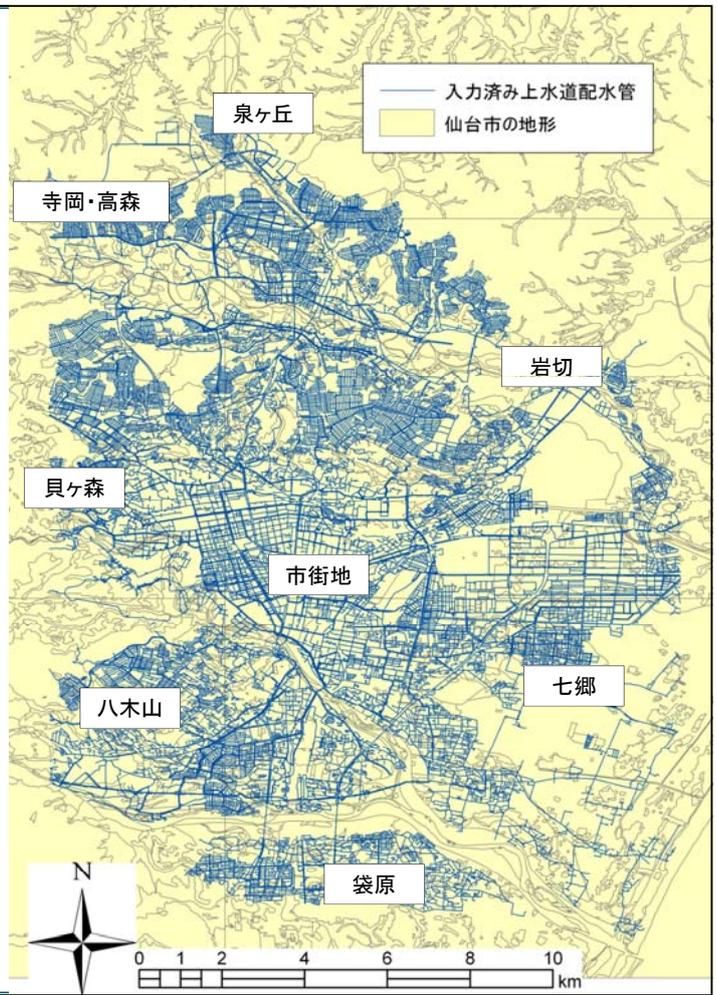
平成16年度版仙台市水道配水管管理図（縮尺1/10000）

平成19年度版仙台市水道配管管理図（縮尺1/5000）

国土地理院：

平成18年度3月1日発行の数値地図25000（土地条件）
（2008年度卒論橋内美穂子）

Tohtech H.Watanabe

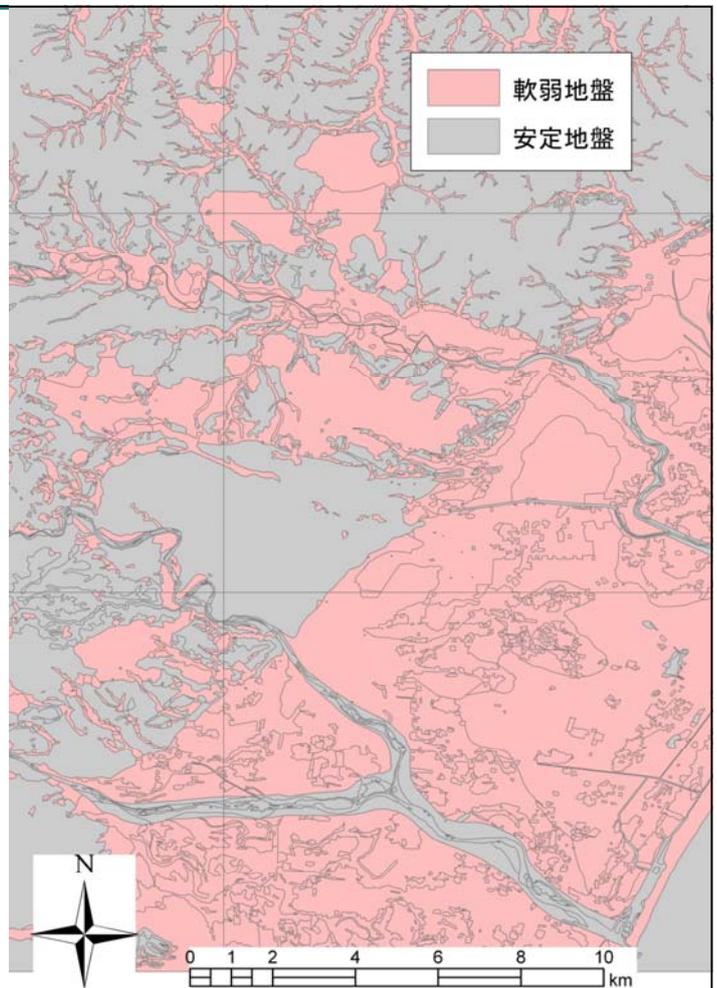


5. 軟弱地盤の特定

表1 仙台市の安定地盤と軟弱地盤の分類

	斜面	斜面(山地)
安定地盤	変形地	岩石、禿しゃ地・露岩
	台地・段丘	台地・段丘状の地形、洪積台地、岩石台地
	凹地・浅い谷	凹地・浅い谷
	頻水地形	高水敷、湿地・水草地、低水敷・浜、潮汐低地、水部
軟弱地盤	山麓蓄積地形	崖錐、麓斜面、土石流堆
	低地の微高地	扇状地、自然堤防、砂丘、砂堆
	低地の一般面	谷底平野・氾濫平野、海岸平地・三角州、後背低地、旧河道
	人口地形	平坦地、高い盛土地、盛土地、埋立地、干拓地、凹陥地、改変工事中

図3 軟弱地盤と安定地盤



[資料]国土地理院

:数値地図25000(土地条件), 2006.3.1

:土地条件図, 地形分類と災害等の関係

(2008年度卒論橋内美穂子)

Tohtech H.Watanabe

6. 被害が予測される上水道配水管の特定

上水道配水管情報は、仙台市水道局からお借りした平成16年度版仙台市水道配水管管理図(縮尺1/10000)、平成19年度版仙台市水道配管管理図(縮尺1/5000)をもとに、GIS上で管径、管種、施工時期を上水道配水管1本1本入力し、GISデータを作成した。

これまでの上水道配水管被害の実態より、危険管を下記の通りとした。

- ①管径による危険管: 管径100mm以下の配水管
- ②管種による危険管: 硬質塩化ビニル管、鋳鉄管
- ③老朽管: 布設後40年以上の配水管(法耐用年数)

7. 地盤による危険管の扱い

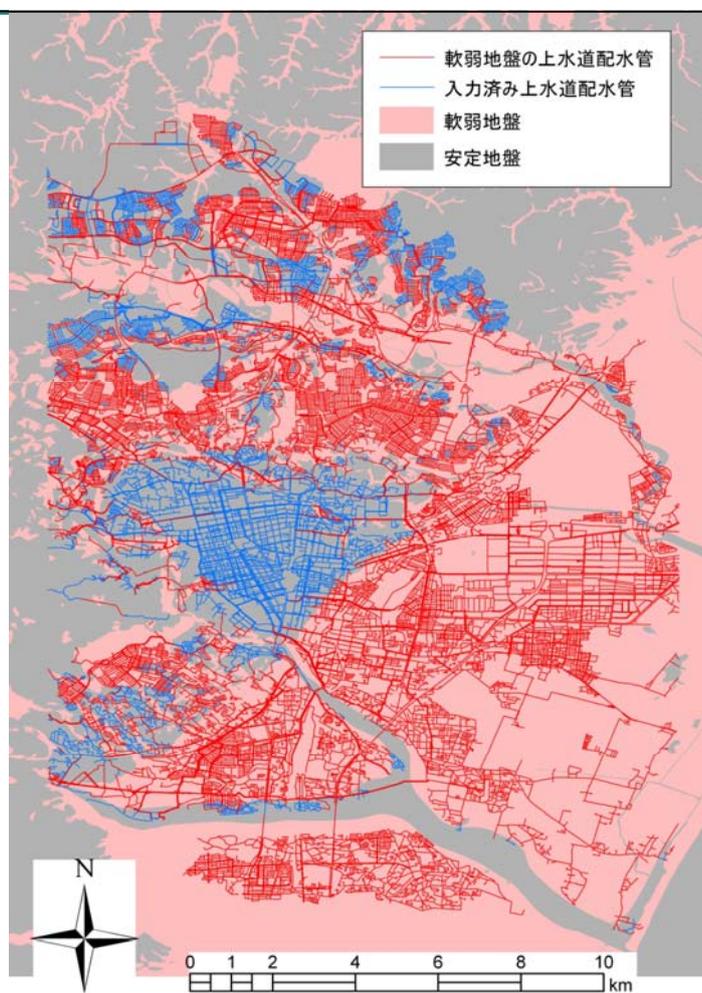
過去の大地震時の被害実態

- ・軟弱地盤上:
上水道配水管の被害多発
- ・安定地盤上:
危険管でも被害が少なかった



軟弱地盤上の危険管のみに着目

図7 軟弱地盤上の危険管



4.災害拠点施設の調査

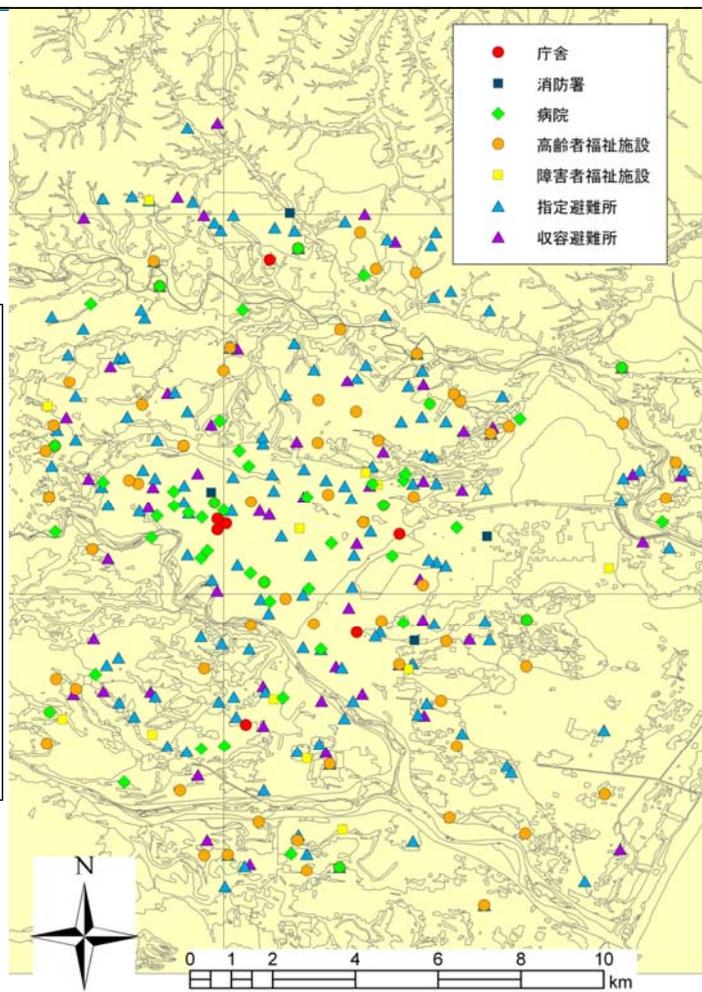
本研究では、以下の7種の施設を
災害拠点施設とする。

- ・庁舎
- ・消防署
- ・病床数20以上の病院
- ・指定避難所
(公立の小・中学校、一部の高校)
- ・収容避難所
(コミュニティーセンター)
- ・高齢者福祉施設
- ・障害者福祉施設

図2 研究対象災害拠点施設分布

(2008年度卒論橋内美穂子)

Tohtech H.Watanabe



8.上水道配水管の損壊により 被害が予測される 災害拠点施設

〔抽出方法〕

軟弱地盤上の危険管より生成させた50mバッファゾーン
に重なった施設を抽出

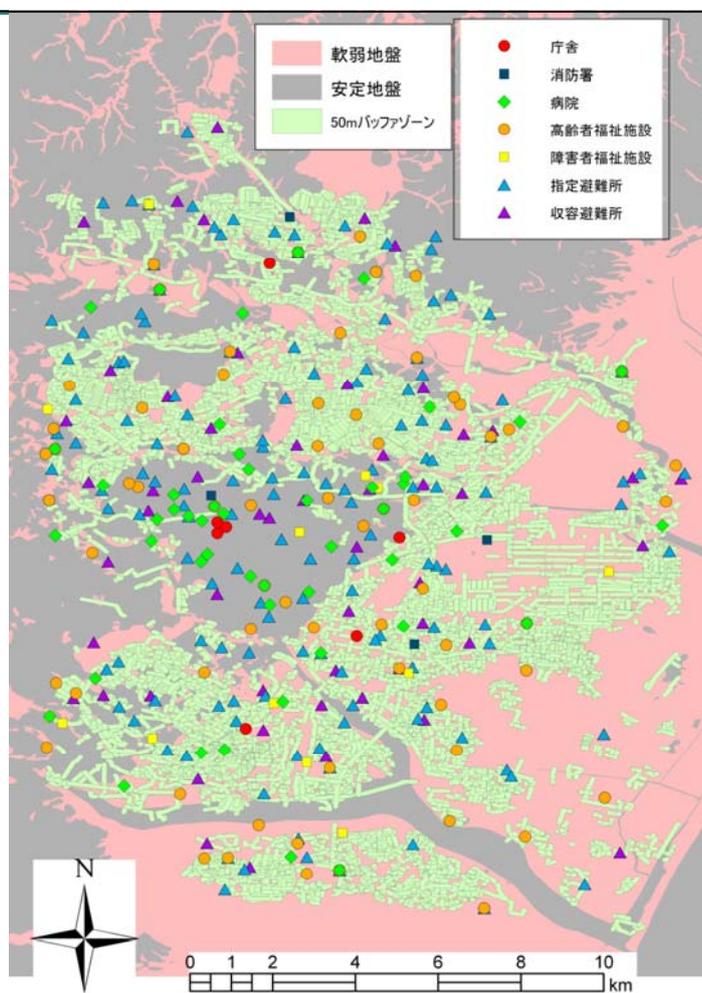


被害が予測される
災害拠点施設

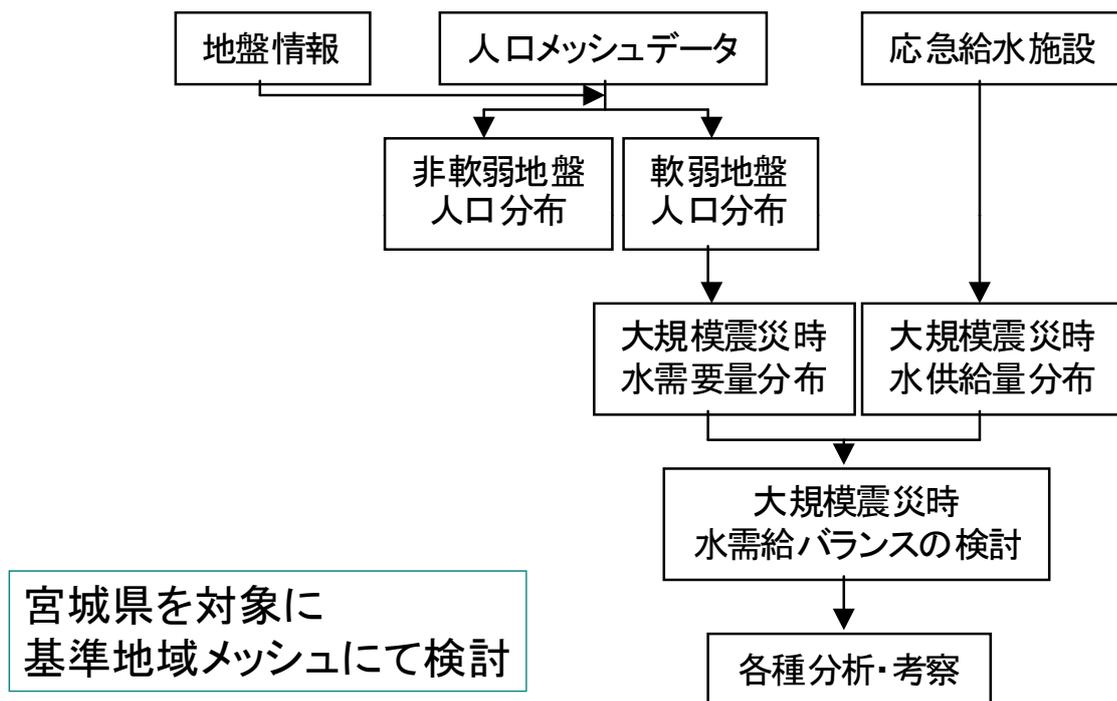
図8 50mのバッファゾーンと
災害拠点施設

(2008年度卒論橋内美穂子)

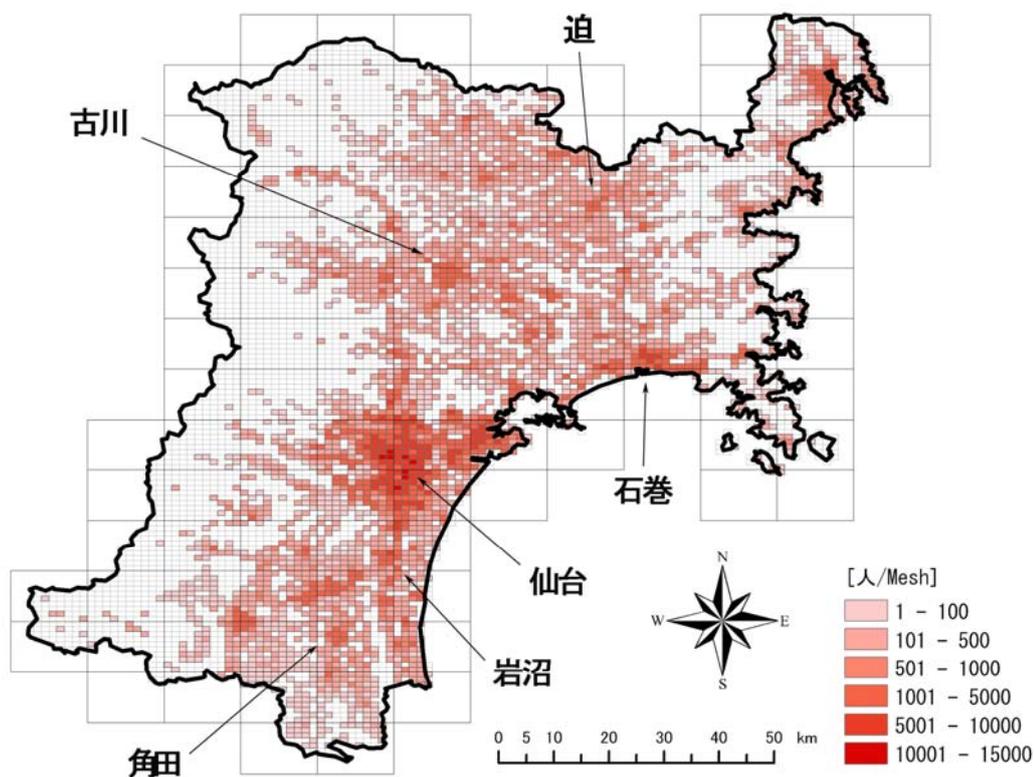
Tohtech H.Watanabe



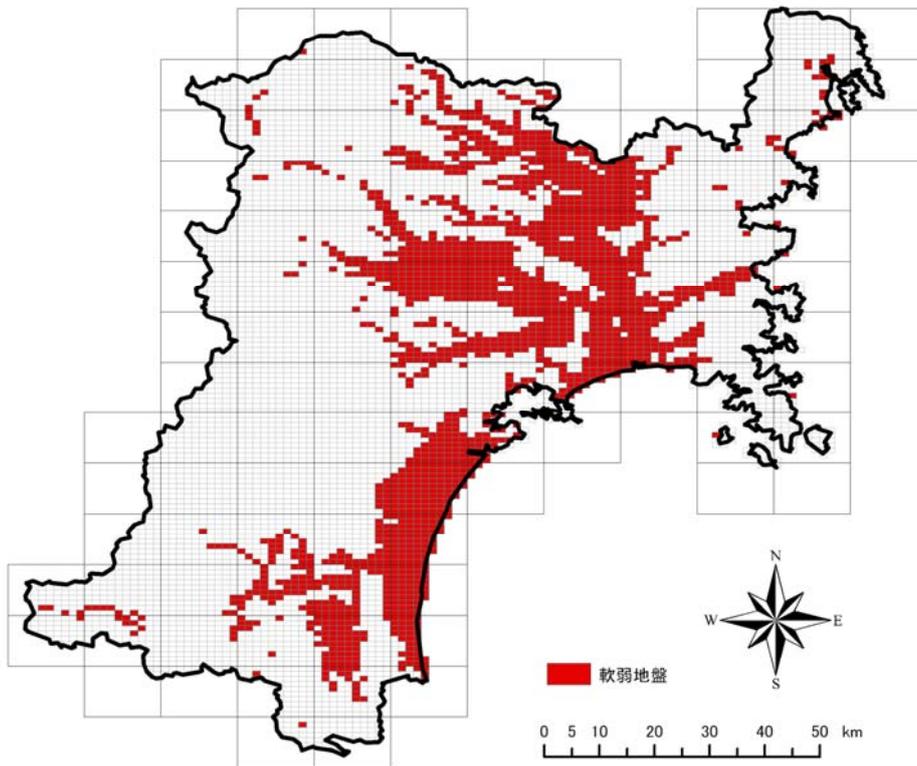
宮城県における飲料水の需給分布に関する検討



研究フロー図

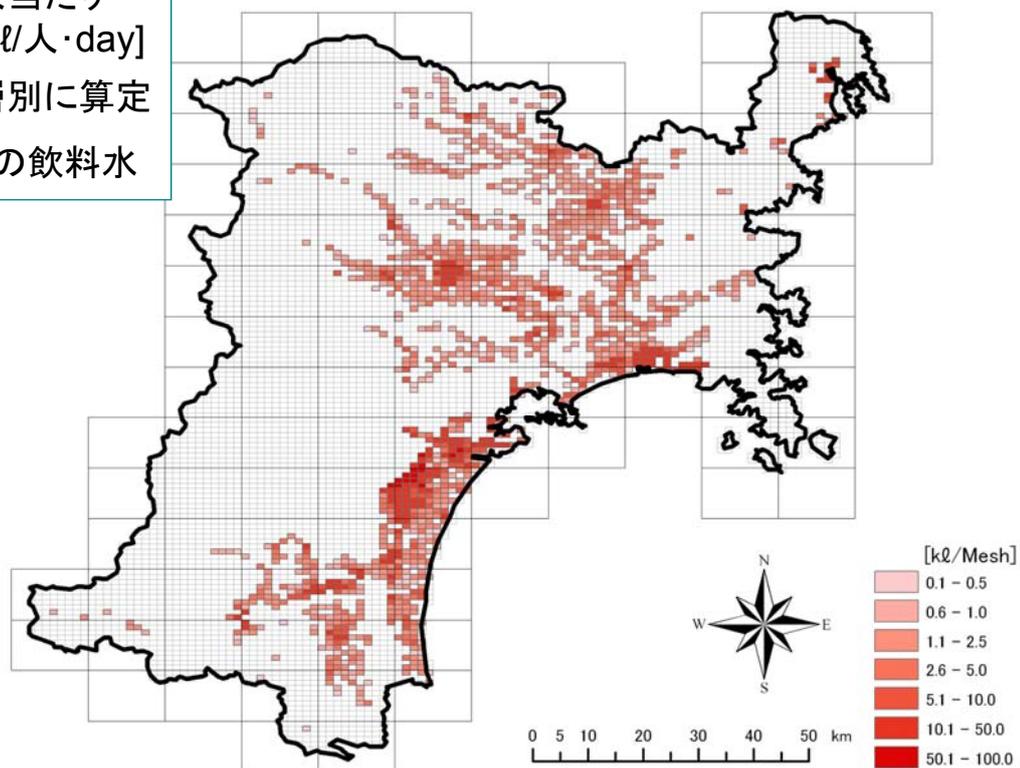


居住人口分布 (平成12年度国勢調査資料より作成)



軟弱地盤の分布(日本の地形・地盤デジタルマップより作成)

- ・成人一人当たり
2.3[l/人・day]
- ・年齢階層別に算定
- ・3日間分の飲料水



軟弱地盤上の飲料水需要量の分布

表 1 宮城県内の応急給水施設

応急給水施設	箇所数	総貯水量[m ³]
応急給水栓	20	—
緊急遮断弁付配水所	41	191,960
非常用飲料水貯水槽	16	1,800
浄化装置付きプール	15	1,650
防火水槽	16	486
地下水槽	1	100

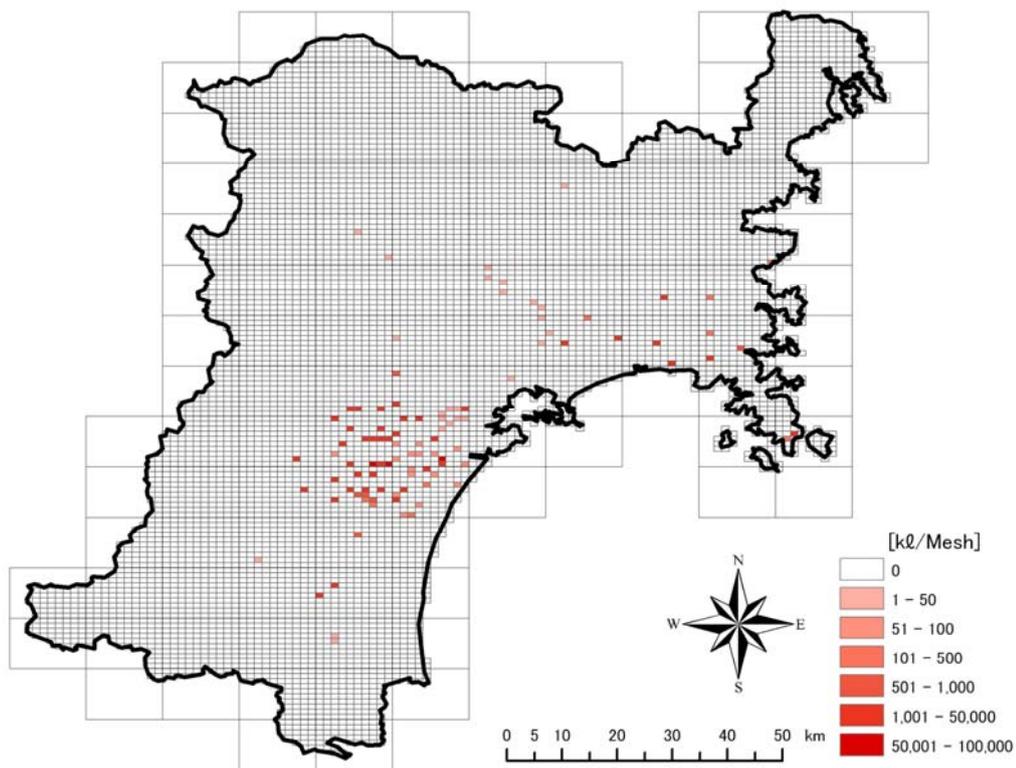


図3 飲料水供給量の分布

供給水量に余裕がある場合には、
 周囲メッシュにも水供給できるとし
 ている

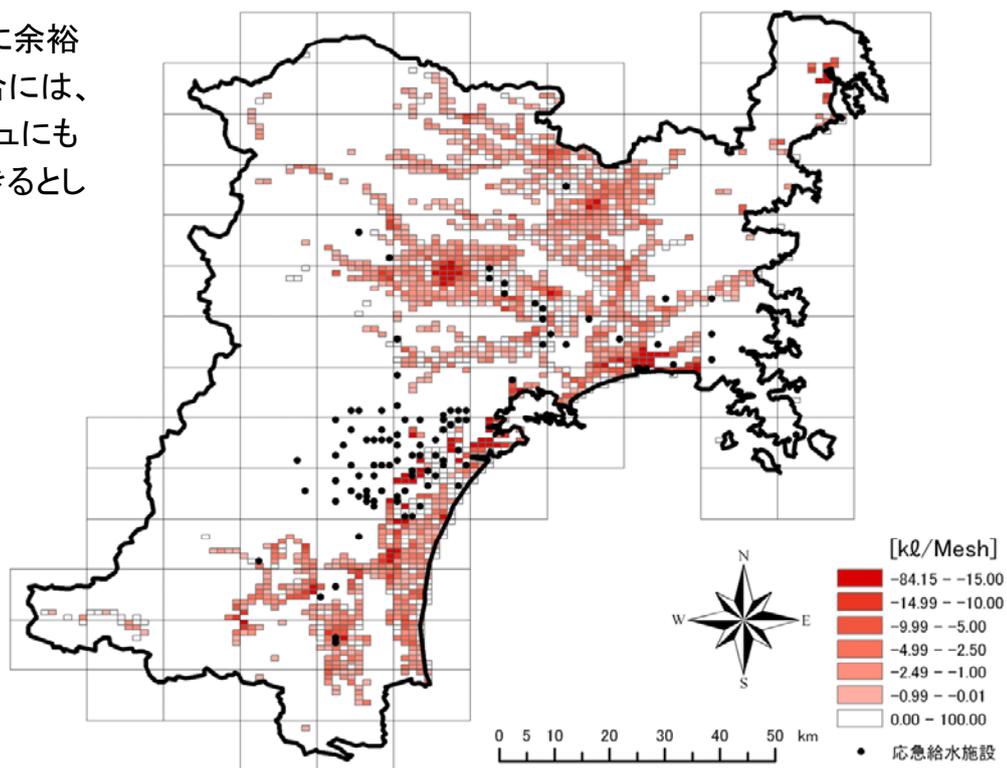
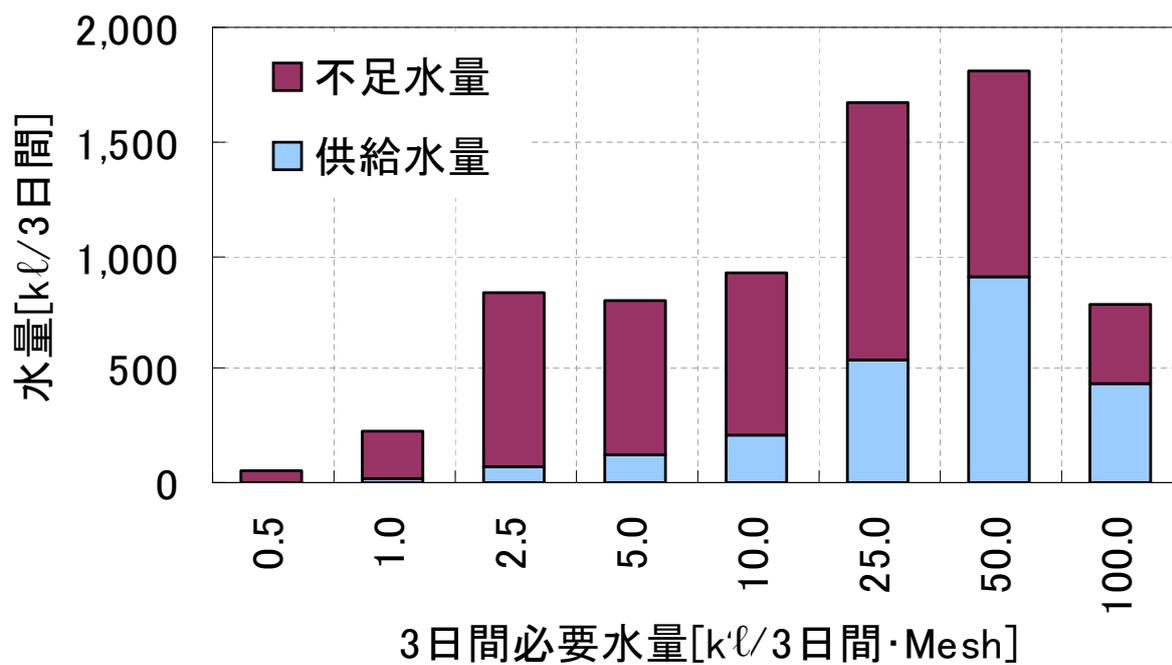
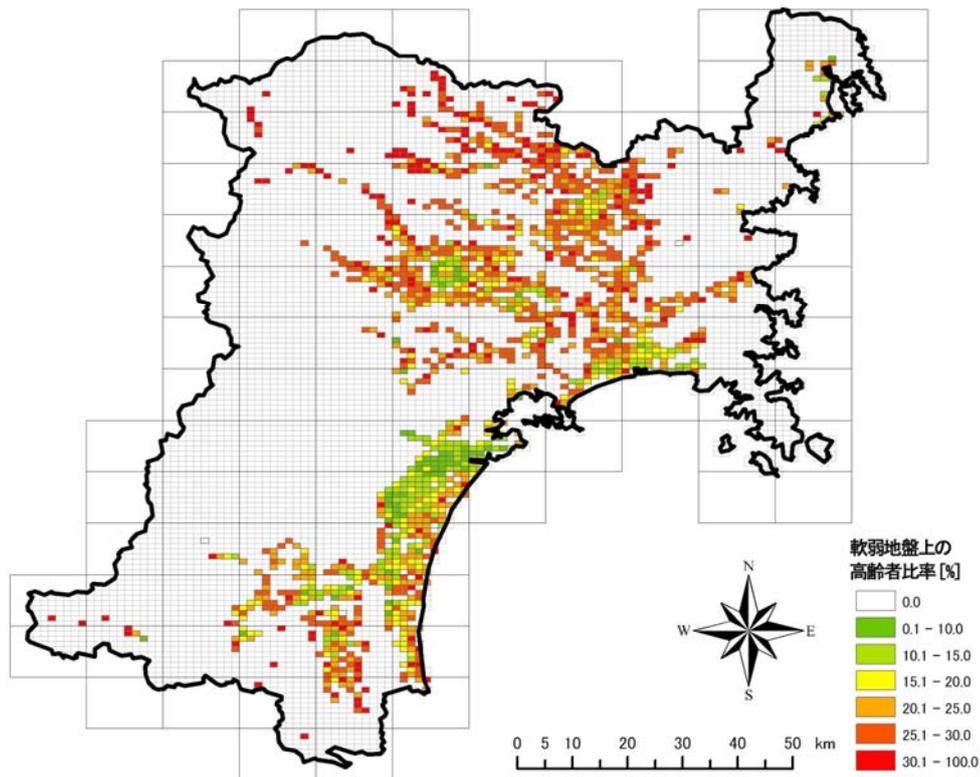


図5 飲料水不足量の分布



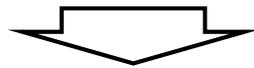
3日間必要水量階級別供給水量・不足水量



軟弱地盤メッシュの高齢者人口比率分布

1. ライフライン途絶とその影響（過去の被災例から）
2. 建築設備と都市設備（給水系を中心として）
3. 建築設備の地震対策（耐震点検のすすめ）
4. 都市設備の地震対策（上水道途絶を前提として）
5. まとめ
（大規模震災時の水確保 ～生き延びる知恵～）

関係機関および行政(特に仙台市)は
ライフライン地震対策に力を入れている



しかしながら、

- ①ライフライン地震対策は完備していない。
- ②建築設備の地震対策は特に古い建物で懸念あり。
- ③低人口密度地域では(ほとんど全く)対策がとられていない。



従って(残念ながら現状では)、
私たち個々人の地震への備えが極めて重要！
町内・近隣・地域での相互扶助の取り組みが必要！

飲用水の確保と使用

- ◆ ペットボトル購入(一人一日3リットル×3日間)
- ◆ 給水車(但し震災発生より4日後から)
- ◆ マンションの高置水槽残留水を公平に分配
- ◆ 飲用・洗顔に限定
- ◆ 洗顔後・洗濯後の水も雑用水として再利用
- ◆ 食器類も洗わずに済む様に紙皿・ラップを使用

雑用水の確保と使用

- ◆ 主には便所洗浄水として必要
- ◆ 洗顔水・洗濯用水の再利用
- ◆ 近所の川・池・プール等の水を汲み置く

- ◆ 排泄物は紙等に包んでの廃棄も一法
- ◆ 便所のロータンクに水を半分(約7.5リットル)入れて使用(実用上問題無かったとの報告あり)

- ◆ マンション高層階では水の運搬も大変
(エレベータ停止時)

その他いろいろ踏まえて...

- ◆ 阪神・淡路大地震の折、亡くなった方の大多数は地震直後の約15分間に集中(高齢者と20歳前後の若者)
 - ほとんどが建物崩壊による犠牲
 - 特に(耐震基準適用前の)古い建物だから既存建築物の耐震性能向上が急務
- ◆ 被災後の特に2日間は基本的に都市は機能停止に陥る
 - 生き延びる備え
 - デマや風説に惑わされない
- ◆ 地震・火災・津波などなど

緊急時のエネルギー源(採暖, 炊事)

- ◆ 採暖・調理には何らかのエネルギー源が必要
- ◆ 採暖に電気カーペットや電気コタツ等が有効
石油ストーブも有効
- ◆ 炊事にはカセットコンロ, ホットプレート,
電子レンジが有効
- ◆ 風呂は銭湯や知人の家での利用が多い

災害弱者の支援

- ◆ 負傷者・病弱者・高齢者の支援は不可欠
- ◆ 救援物資は送り方に注意する(判別を容易に)
- ◆ ボランティア活動は、できることをできる範囲で

ご静聴ありがとうございました。