



2021年4月21日

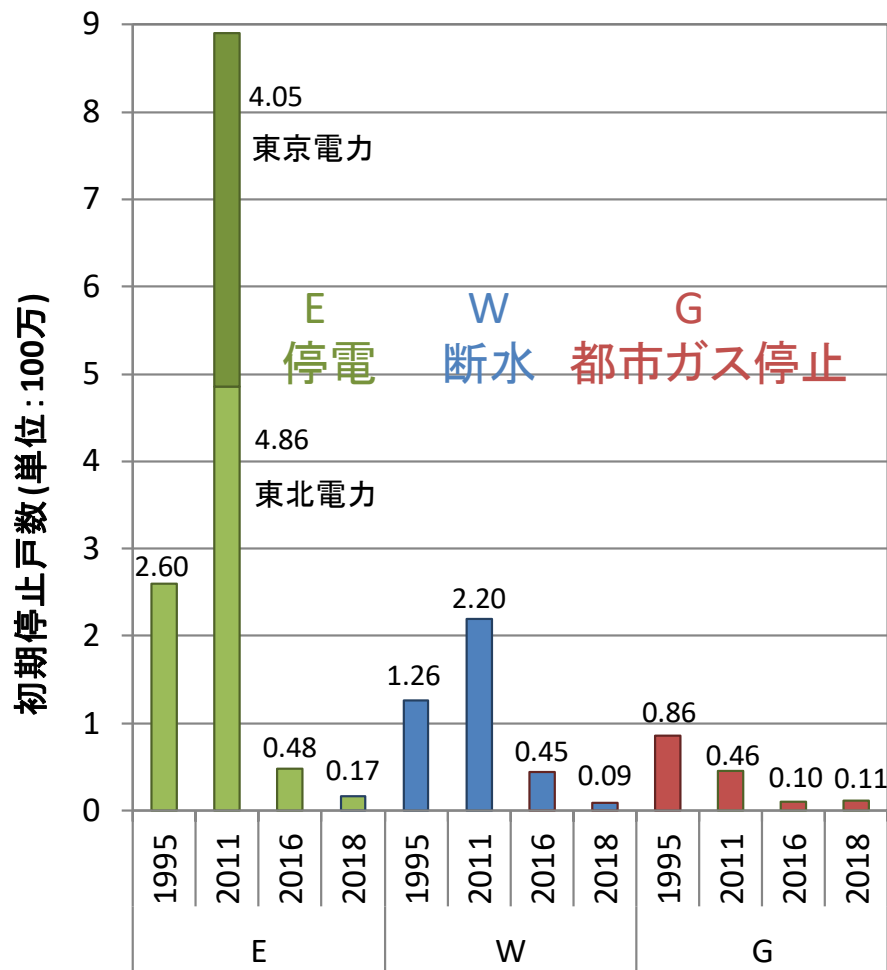
産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会
産業保安基本制度小委員会

電力・都市ガス供給システムの防災課題

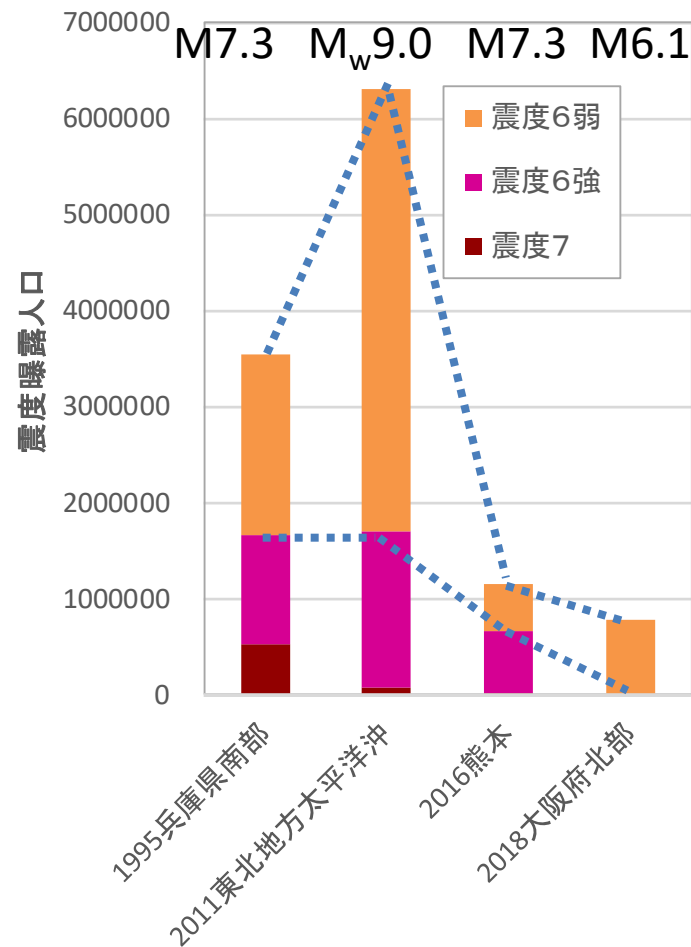
岐阜大学工学部社会基盤工学科
能島暢呂

- 供給系ライフラインの地震時停止戸数と復旧過程
- 電力供給システム
 - ✓ 電力供給力不足の問題
 - ✓ 復旧見込み情報のあり方
 - ✓ 応急復旧体制(高圧発電機車の例)
- 都市ガス供給システム
 - ✓ 復旧体制(復旧隊人数の例)
 - ✓ k-out-of-n遮断システムの特性

供給系の初期(最大)停止戸数と震度曝露人口



1995: 阪神・淡路大震災
 2011: 東日本大震災
 2016: 熊本地震
 2018: 大阪府北部の地震

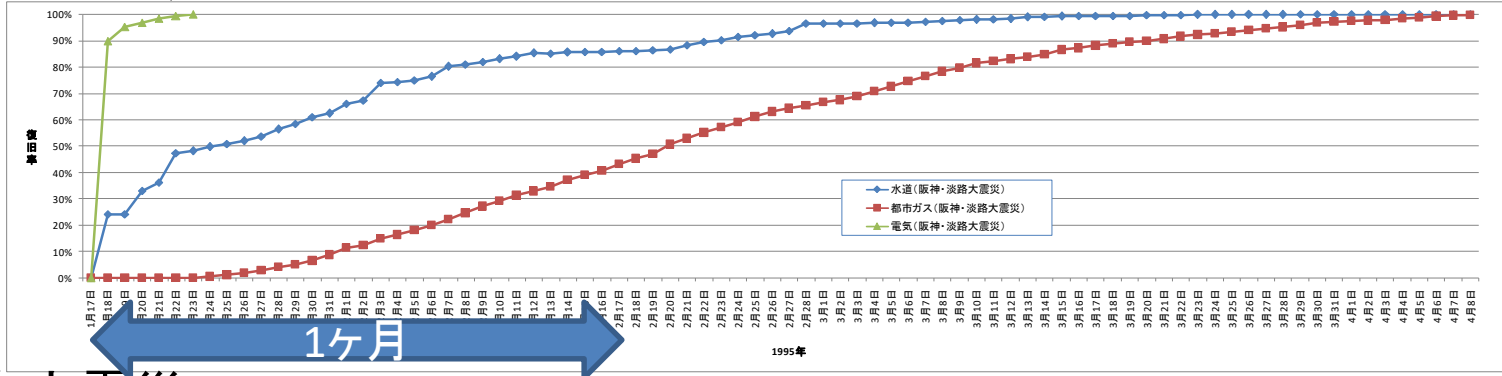


震度6弱以上 (or 6強以上) の震度曝露人口は初期停止戸数と高い相関
 (供給エリアが人口密集地域に集中する都市ガスについてはやや変則的)

供給系ライフラインの復旧率の震災間比較

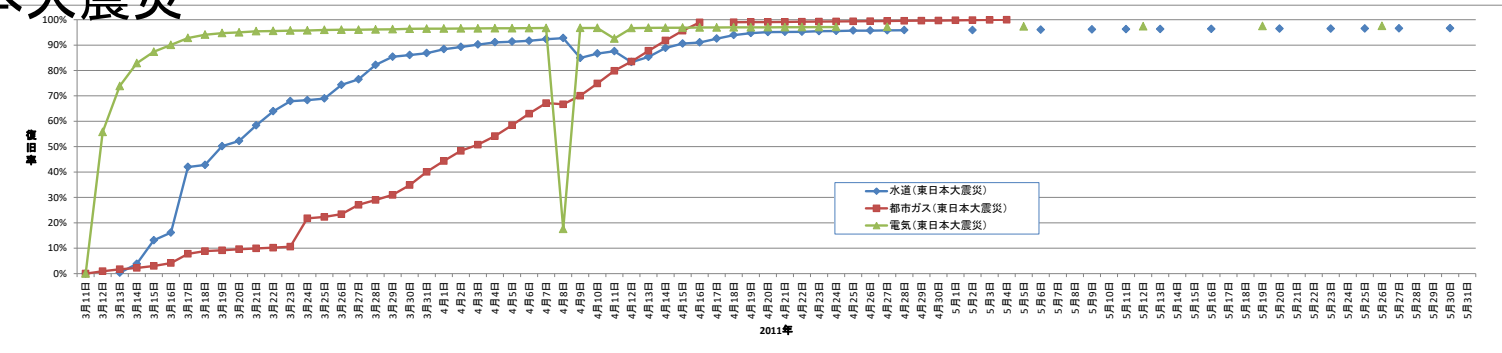
■1995年阪神・淡路大震災

停電: 260万戸
 断水: 126万戸
 ガス停止: 86万戸



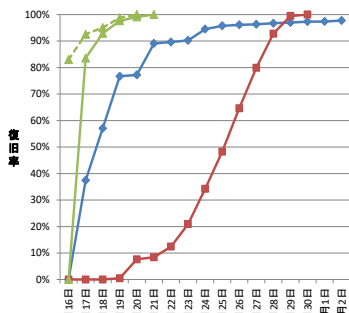
■2011年東日本大震災

停電: 891万戸
 断水: 220万戸
 ガス停止: 46万戸



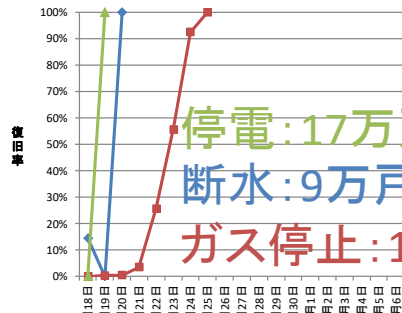
■2016年熊本地震

停電: 48万戸
 断水: 43万戸
 ガス停止: 10万戸



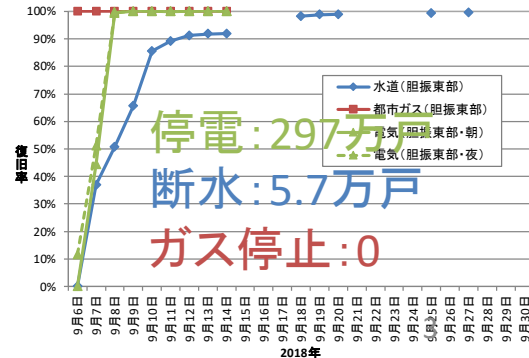
■2018年大阪府北部の地震

停電: 17万戸
 断水: 9万戸
 ガス停止: 11万戸

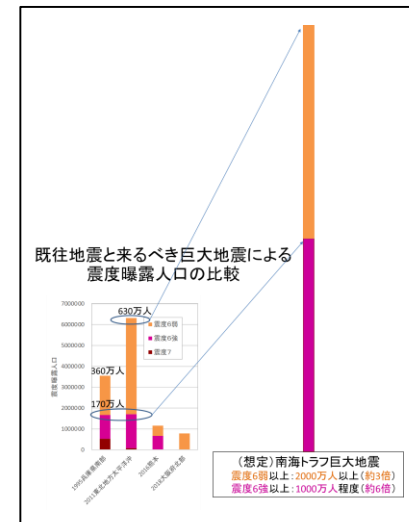
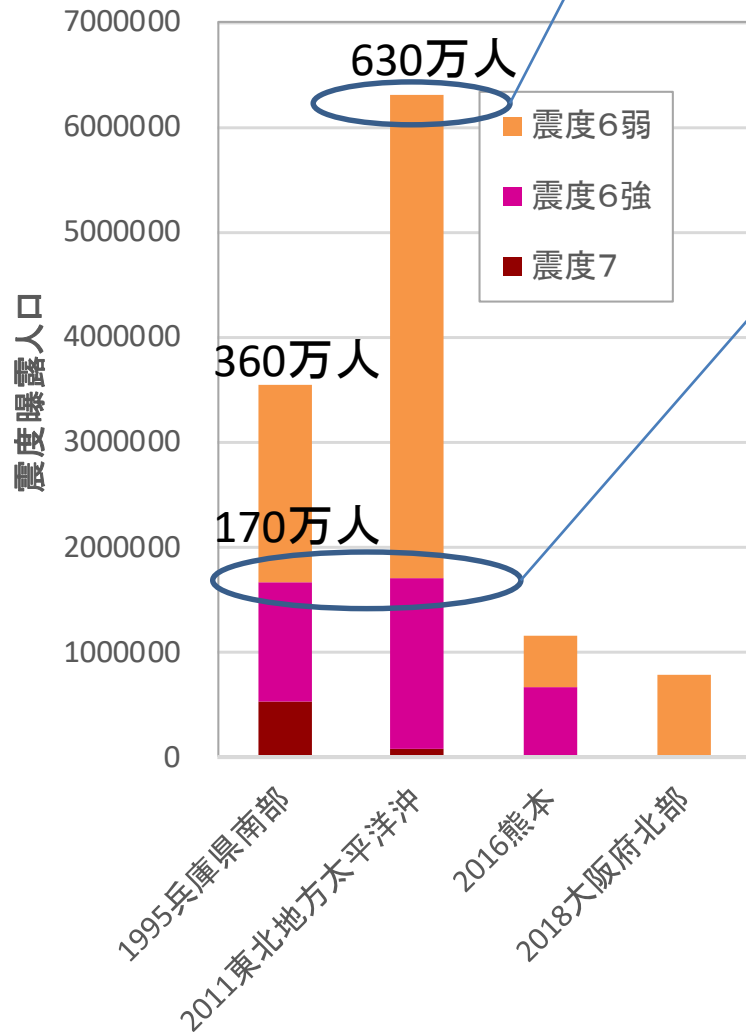


■2018年北海道胆振東部地震

停電: 297万戸
 断水: 5.7万戸
 ガス停止: 0



既往地震と来るべき巨大地震による 震度曝露人口の比較

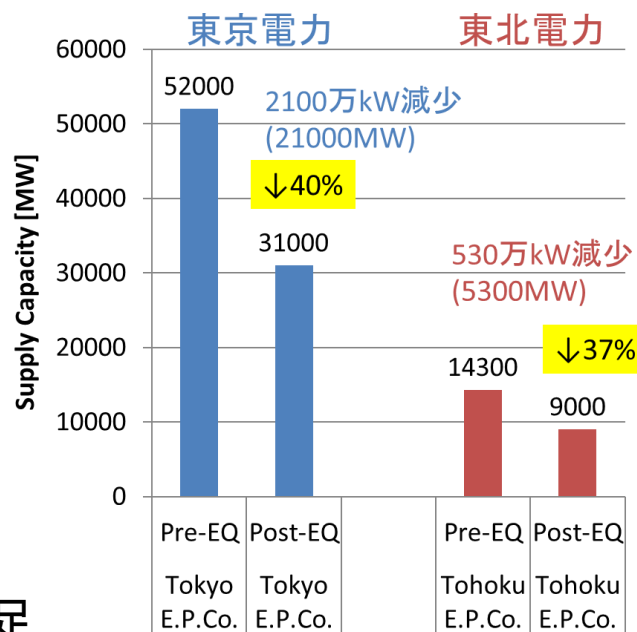


(想定)南海トラフ巨大地震
 震度6弱以上: 2000万人以上(約3倍)
 震度6強以上: 1000万人程度(約6倍)

地震時の電力供給力低下による需給アンバランス

東日本大震災における地震前後の供給力比較

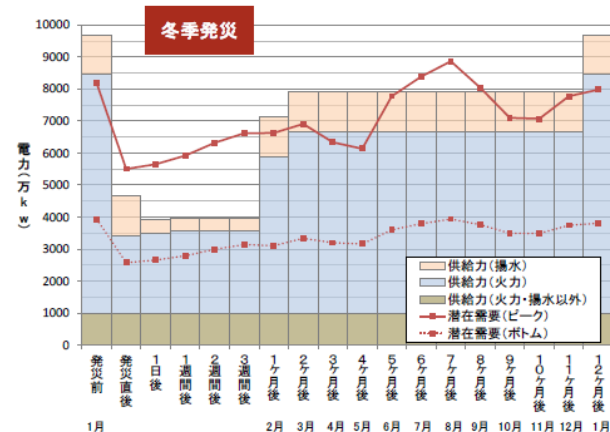
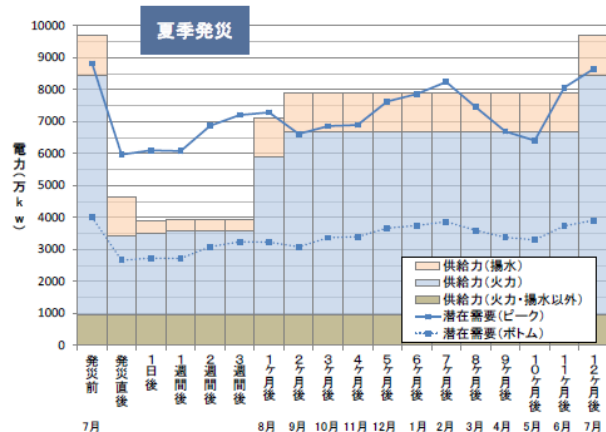
経済産業省WG報告(2012.3)に基づいて作成



揚水発電が見込めても1300~3300万kW不足

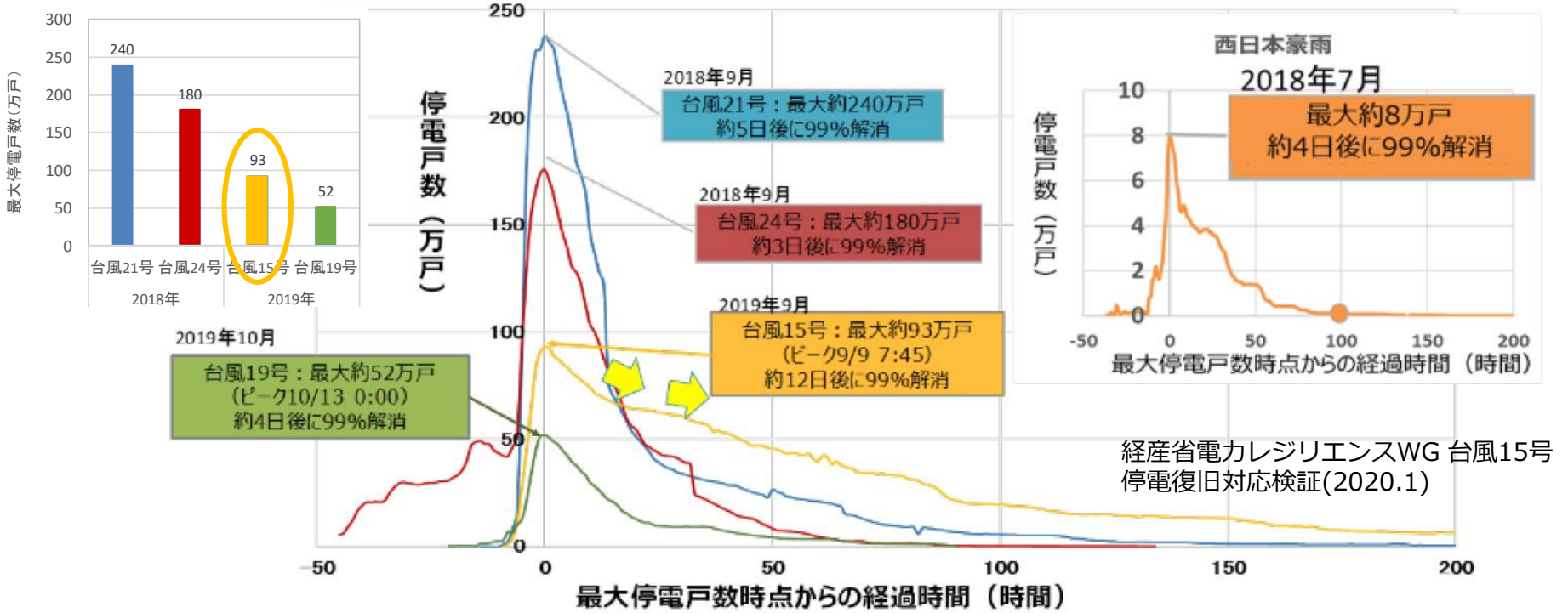
南海トラフ巨大地震

- ◆ 東海・東南海・南海三連動地震とほぼ同様傾向。ただし、地震・津波による被害が大きい分、東海・東南海・南海三連動地震と比べて復旧が遅れる発電所がいくつか存在するため、半年後の供給力に差が生じる。
- ◆ 揚水発電が見込めるケースにおいて、夏発災の場合、発災後1か月間にわたって、ピーク時の潜在需要に対して、6社計で1,300~3,300万kWの供給力が不足する可能性がある。



被災の全体像を踏まえた復旧見込みの重要性

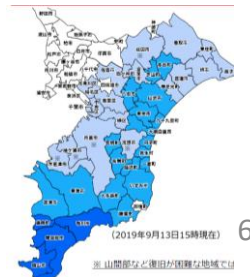
2018-2019年台風災害による停電戸数の推移と 2019年台風15号における復旧見込み



東京電力HD Webサイト公表資料より引用

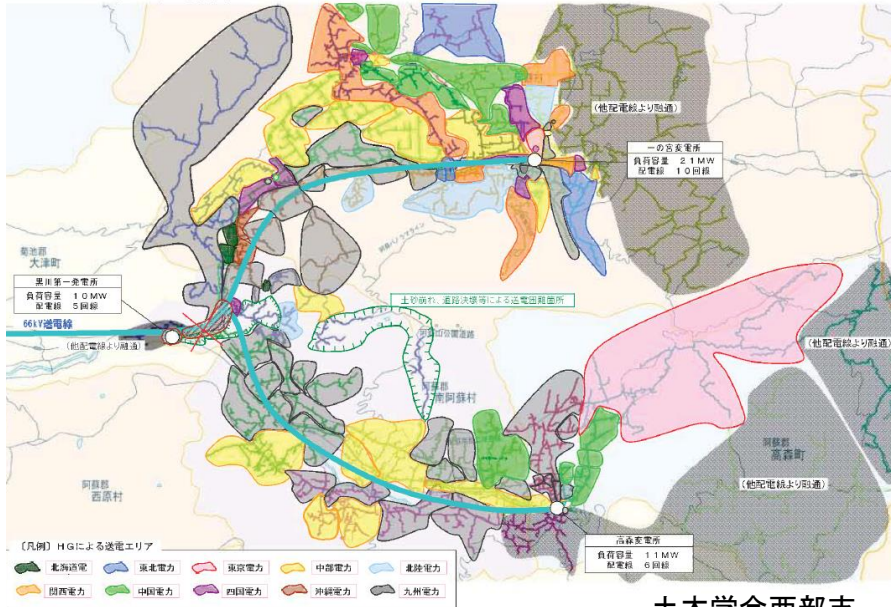
- ① 9/10 17:00 「今夜中に停電軒数が12万軒まで縮小見込み、残りも明日中の復旧を目指す」
- ② 9/11 8:00 「本日中にすべての停電が解消する見通しは立っておりません」
- ③ 9/11 18:30 「本日中に約40万軒まで縮小する見込み」
- ④ 9/13 18:00 「千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ」公表の方針
- ⑤ 9/14 23:00 地区単位での停電軒数と復旧見込みの分類を公表
- ⑥ 9/24 19:00 ほぼ100%、翌日以降も復旧作業継続する復旧困難箇所を公表

□：停電なし、復旧済み
 ■：3日以内におおむね復旧見込み
 ■：1週間以内におおむね復旧見込み
 ■：2週間以内におおむね復旧見込み



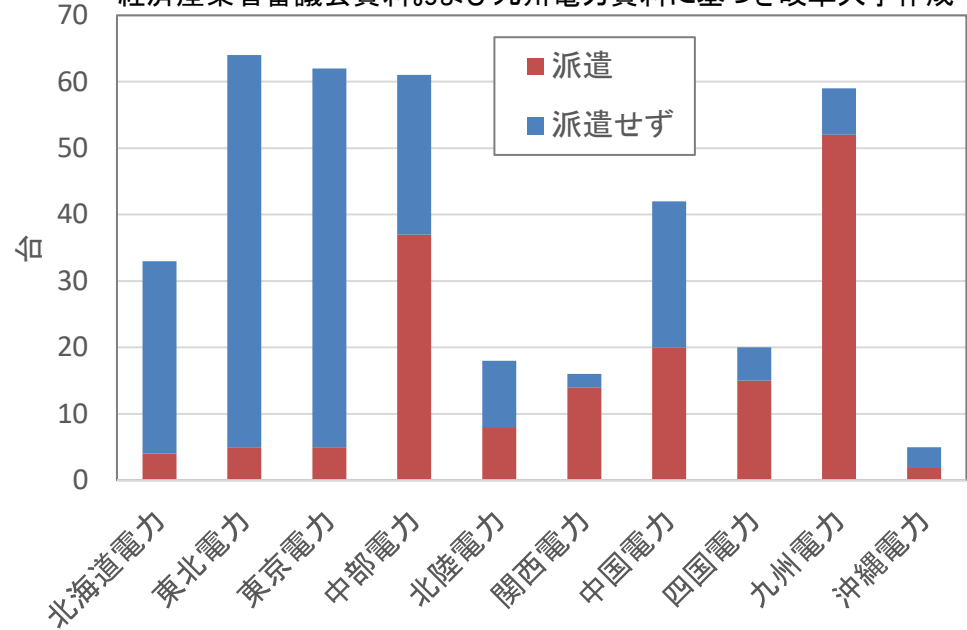
最後の手段としての高圧発電機車による応急送電 (2016年熊本地震における阿蘇地方の停電対応)

応急送電状況



高圧発電機車保有台数と 熊本県への派遣状況

経済産業省審議会資料および九州電力資料に基づき岐阜大学作成



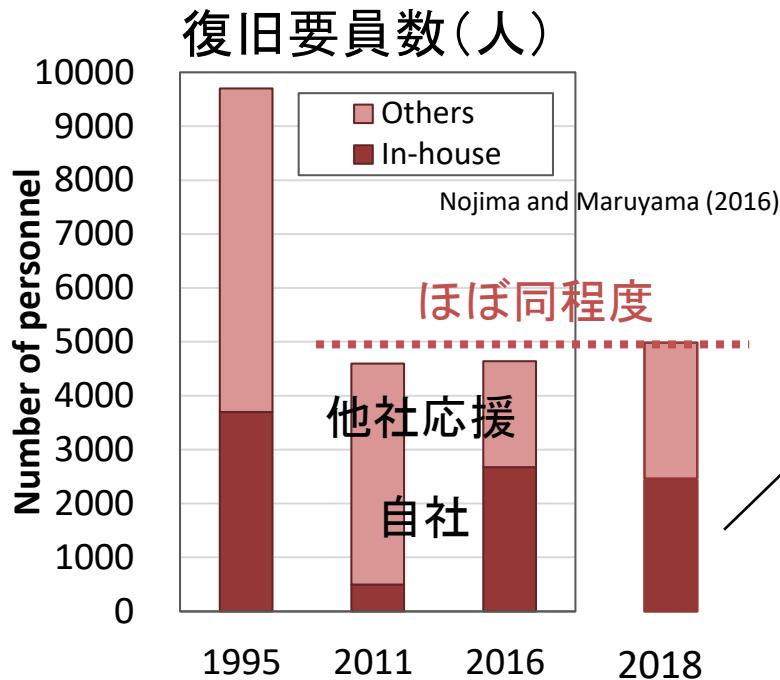
土木学会西部支部 熊本地震報告会 九州電力資料より引用

全国380台のうち162台(約43%)を派遣
東日本大震災：220台(約58%)

南海トラフ巨大地震では絶対的不足の懸念

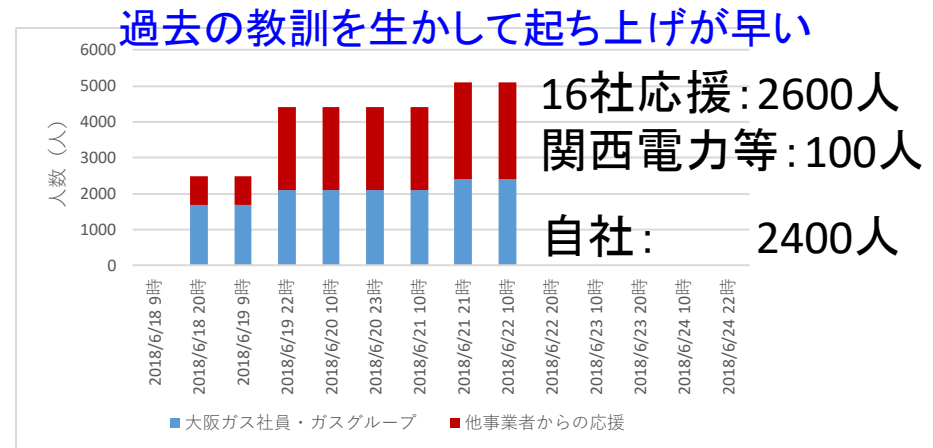


都市ガスの復旧体制と代替供給



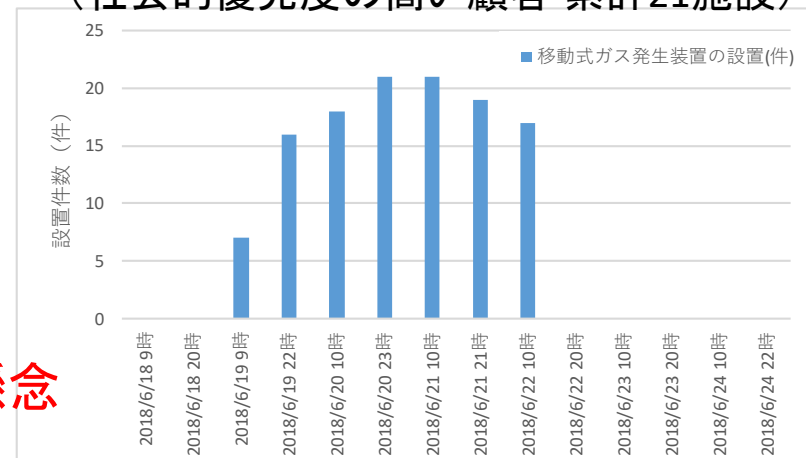
2018年大阪府北部の地震における復旧隊・復旧応援隊の人数の推移

(減少過程の詳細は不明)



移動式ガス発生装置の設置

(社会的優先度の高い顧客 累計21施設)



- 阪神・淡路大震災: 9700人
- 東日本大震災: 4600人
- 熊本地震: 4600人
- 大阪府北部の地震: 5100人

南海トラフ巨大地震では絶対的不足の懸念

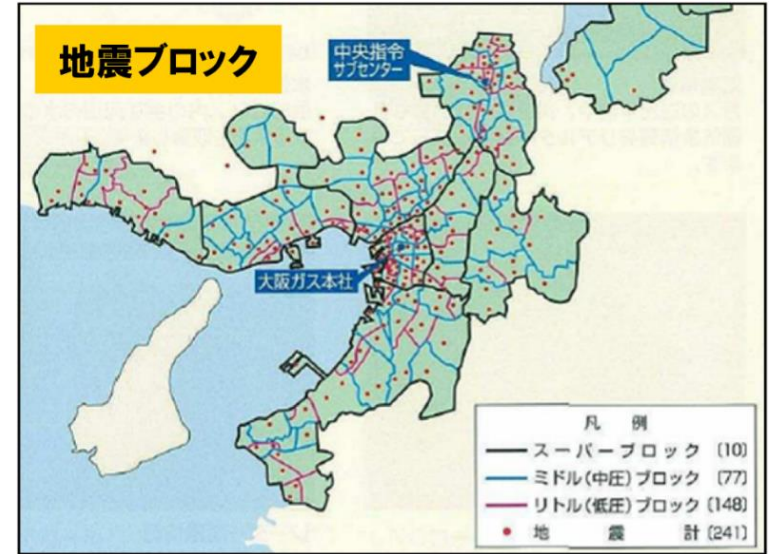
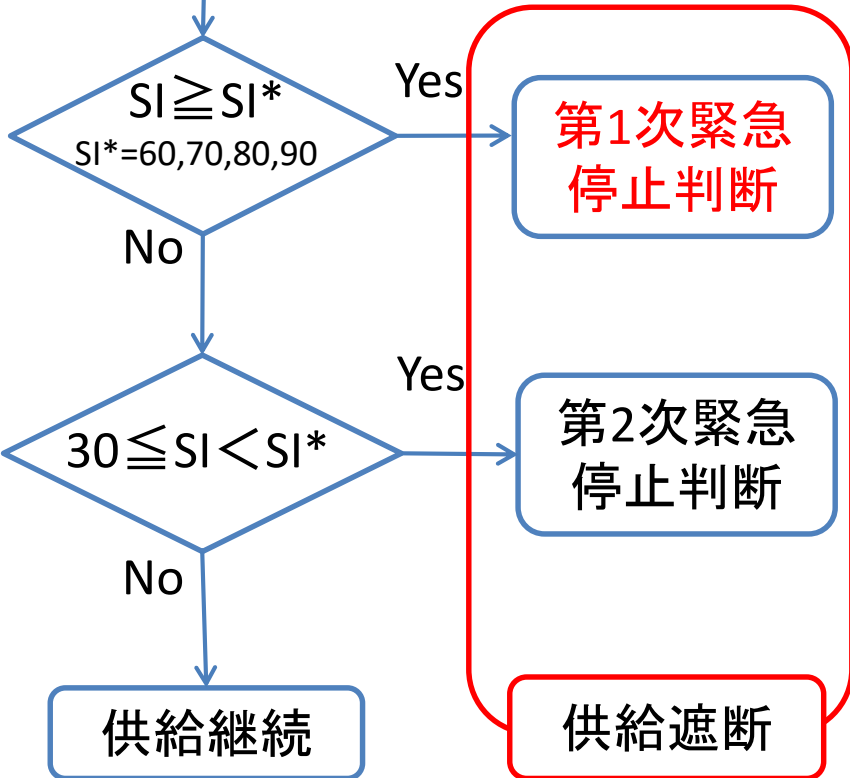
都市ガスの緊急停止判断

SIセンサ



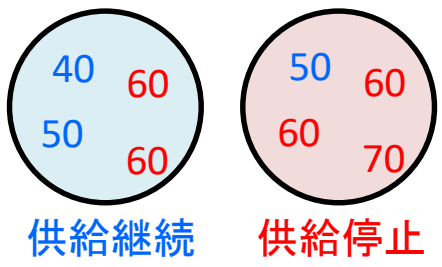
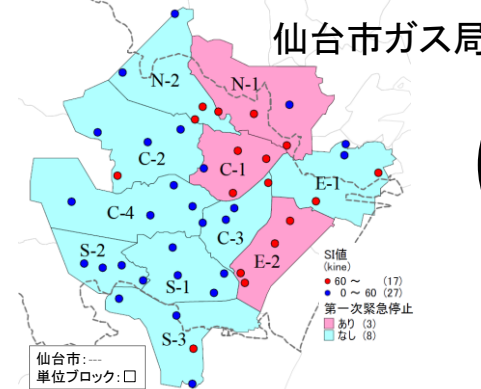
東京ガス
HPより

地震発生



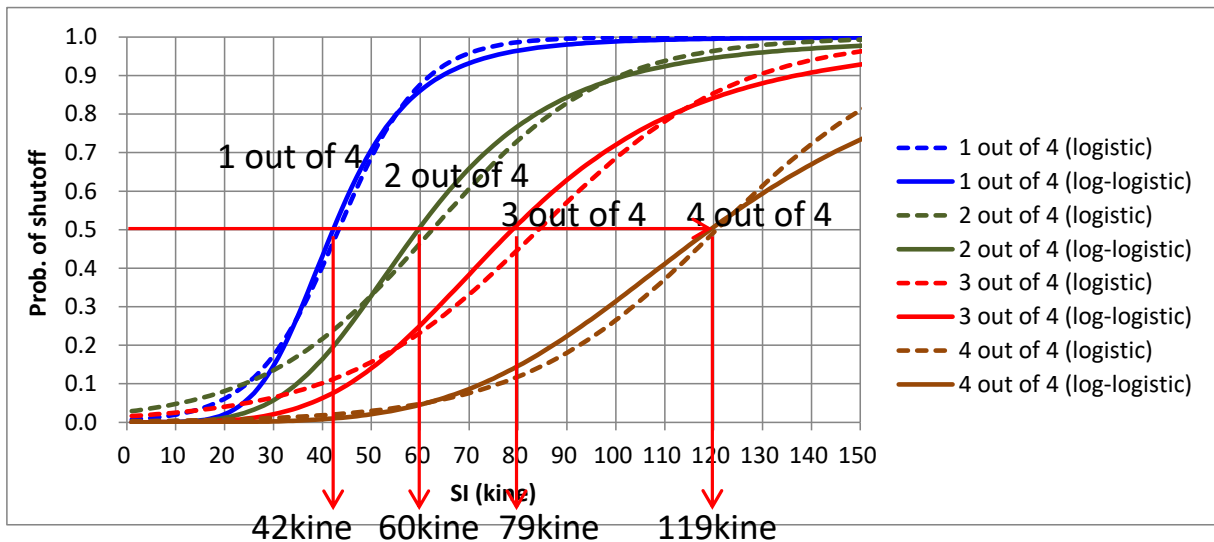
リトルブロック159個, 地震計258基
平均1.62基/リトルブロック(2016年3月)

k-out-of-n遮断システム (能島・加藤, 2015)



k-out-of-n 遮断システムの遮断確率

仮想的なk-out-of-4遮断システム(仙台市ガス局・東日本大震災データに基づく)



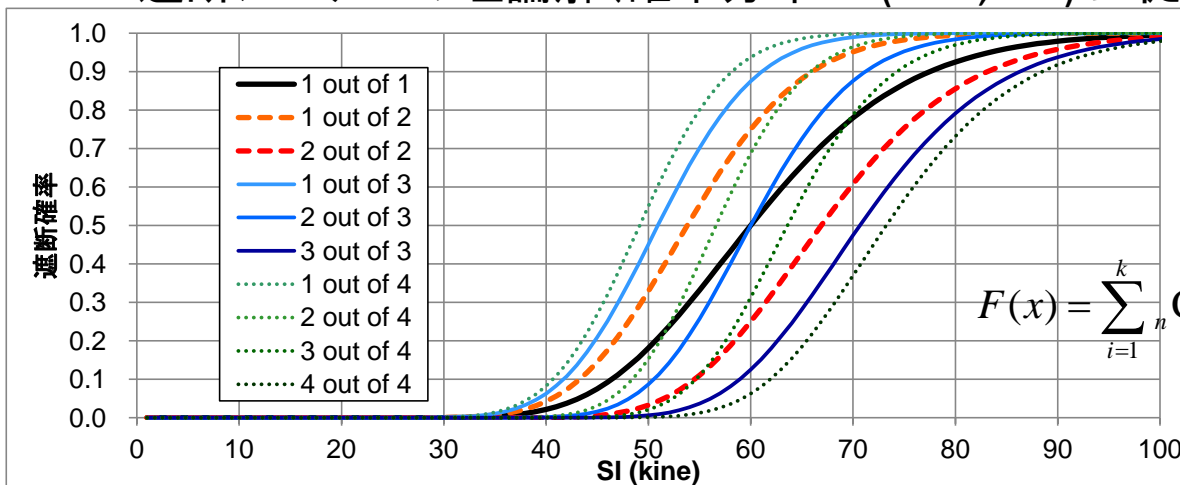
(能島・加藤, 2015)

遮断されやすい ←



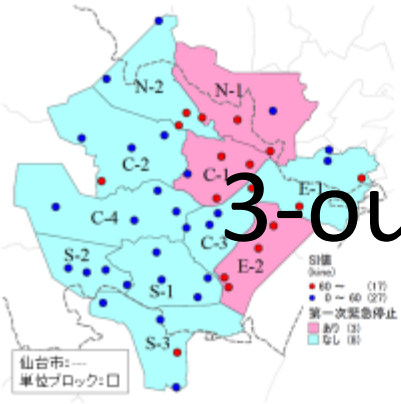
→ 遮断されにくい

k-out-of-n遮断システムの理論解(確率分布 LN(ln60, 0.2) に従うセンサー群)



$$F(x) = \sum_{i=1}^k C_i P(x)^i \{1 - P(x)\}^{n-i}$$

仙台市ガス局の地震観測体制と観測値 (2011年東北地方太平洋沖地震)



No	地震計設置場所	単位ブロック	区画	都市ガス供給人口(万人)	
1	東詰原地	N-1	51	25	新田原 0-3 100
2	宮ノ口	N-1	82	24	鹿野町 0-3 53
3	旗ヶ丘A	N-1	12	27	宮城野JRP 0-3 54
4	宮城野下	N-1	89	28	清水小郷A 0-3 31
5	泉中央	N-2	88	29	木更 0-4 45
6	岩手野地A	N-2	87	30	錦町公園 0-4 40
7	泉野地	N-2	55	31	東北大工学部 0-4 48
8	泉野地	N-2	51	32	藤生西 0-4 49
9	厚岸	48	33	慶山八丁目 3-1 49	
10	中野三丁目	41	34	千代大橋 3-1 33	
11	北野地	51	35	東沢 3-1 36	
12	東野地	51	36	東山 3-1 30	
13	東野地	52	37	岩野橋南 3-2 39	
14	中野地	52	38	岩野橋一丁目 3-2 35	
15	泉野	52	39	太白町地 3-2 36	
16	上板田	52	87	40	東七宮南地 3-2 37
17	車町野地	0-1	85	41	柳川南 3-3 30
18	旗ヶ丘東	0-1	83	42	田島 3-3 89
19	旗ヶ丘西	0-1	121	43	東沢町 3-3 54
20	旗ヶ丘一丁目	0-1	36	44	旗本地区 3-3 51
21	加茂一丁目	0-2	49		
22	高島	0-2	80		
23	山手町住宅	0-2	47		
24	旗ヶ丘学校	0-2	59		

3-out-of-4

単位ブロックと地震観測に基づく第1次緊急停止の有無

各ブロックの情報と地震観測地点の観測SI値

(能島・加藤, 2015)

1. 西部ガス熊本支社管内の観測SI値



2-out-of-2

大阪府北部地震における都市ガスの停止状況



1-out-of-2

北海道胆振東部地震における都市ガスの対応



1-out-of-1 (?)

2-out-of-3 (?)

地震時システム遮断の判断の合理化

- 供給停止・継続判断におけるトレードオフ
 - ✓ 供給停止による安全性確保 vs.
 - ✓ 供給継続による機能性確保

	施設被害大	施設被害小
停止判断	○ True Positive	× False Positive (空振り)
継続判断	× False Negative (見逃し)	○ True Negative

- 施設耐震レベル向上 ⇒ 遮断基準値を高く設定可能 ◎
- 地震動モニタリングによる遮断システムでは、k-out-of-n遮断システムとしての特性把握が重要