

浜岡原子力発電所の原子力災害対策重点区域の避難シミュレーションの結果について

静岡県危機管理部原子力安全対策課

1 概要

原子力災害対策重点区域（PAZ 及び UPZ：浜岡原子力発電所から 31km 圏内）に居住する住民（約 28 万世帯）が、浜岡原子力発電所からの距離 31km 圏外に自家用車で避難する場合に、「被ばくを可能な限り低減する。」・「避難に伴う住民の負担を可能な限り軽減する。」観点で有効な避難方法を求めるため、避難シミュレーションを実施した。

シミュレーションを実施した結果、1 時間おきに約 3,000 台ずつ計画的に避難させる方法が、避難時間をある程度抑えられ、かつ、走行時間を短縮できることが分かった。

2 シミュレーションの条件

(1) 避難車両台数 約 28 万台（31km 圏内：自家用車 1 台／世帯で避難と想定、避難時間に影響を与える 31km 圏外の約 9 万台も考慮しており、計約 37 万台のシミュレーションを実施）

(2) 使用する道路 国道、県道、主要市町道、東名・新東名高速道路
（地震・津波との複合災害時には、津波浸水区域の道路を使用不能と想定した。）

(3) 避難ケース等

- ・「原子力単独災害」と「地震・津波災害との複合災害」に分けて、「避難時間^{※1}（内訳：「PAZ 内から PAZ 外への避難時間」、「PAZ 内から UPZ 外への避難時間」、「UPZ 内から UPZ 外への避難時間」）」及び「各避難車両の走行時間^{※2}を算出した。
- ・米国における避難時間推計では、避難時間は一定の確率分布に従うものと仮定し、避難対象車両の 90%が避難を完了する時間を信頼区間とし、90%避難時間を採用しているため、本シミュレーションにおいても 90%値を算出し、主な値として取り扱った。

※1 本シミュレーションでは、全ての避難車両（約 28 万台）の避難時間は、「UPZ 内から UPZ 外への避難時間」と一致する。

※2 各避難車両の走行時間（以下「走行時間」という。）とは、全ての避難車両（約 28 万台）について、走行した時間を 1 台ずつ算出したもの。なお、走行時間は、自家用車を運転した時間と一致する。

① PAZ 優先避難

原子力災害対策指針に則って PAZ 内住民が先に UPZ 外に避難をし、その後、UPZ 内住民が避難をする 2 段階の避難についてシミュレーションを実施した。その際に、PAZ 内住民全員が避難を完了する前に、UPZ 内住民の一部あるいは全員が同時に自主避難を開始（影の避難）してしまうケースも実施した。

また、PAZ 優先避難における観光ピーク時や PAZ 内住民全員がバスで避難した場合等についてもシミュレーションを実施した。

表1 PAZ 優先避難シミュレーションの概要

避難ケース	概 要
PAZ 優先避難	<ul style="list-style-type: none"> PAZ 内の全避難車両が UPZ 外に避難した後、即、UPZ 内の避難車両が避難を開始したケース。 PAZ 内の全避難車両が避難を完了する前に、UPZ 内住民の一部又は全車両が同時に自主避難を開始してしまうケース。
観光ピーク	<ul style="list-style-type: none"> PAZ 優先避難のケースで、観光客が多く訪れる夏季に、観光客を含めて避難させたケース（観光客の車両台数を約 7,000 台と想定）。
PAZ 内バス避難	<ul style="list-style-type: none"> PAZ 優先避難のケースで、PAZ 内の全住民がバスで避難するケース。

② 多段階避難

①のケースでは、走行時間が長時間となったことから、走行時間をできるだけ短くする避難ケースとして、多段階避難のシミュレーションを実施した。

表2 多段階避難シミュレーションの概要

避難ケース	概 要
多段階避難 (走行時間最短型)	<ul style="list-style-type: none"> PAZ 優先避難(牧之原市全域含む)のケースで、走行時間をできる限り短くすることを最優先に、UPZ 内の避難車両を段階的に避難させたケース。 ただし、避難時間の目標値を 48 時間(2 日)以内とした。
多段階避難 (避難指示一定間隔型)	<ul style="list-style-type: none"> PAZ 優先避難(Ⅱ)のケースで、避難時間があまり長くないようにし、かつ、走行時間をできるだけ短くするように、UPZ 内の避難車両を段階的に避難させたケース。 なお、UPZ 内の避難指示は、市町ごと 1 時間おきに約 3,000 台ずつとした。

③ 避難範囲限定避難

原子力単独災害時に、放射性物質の拡散範囲が風向きによって限定されることを想定して、避難範囲を限定した避難シミュレーションを実施した。

表3 避難範囲限定避難シミュレーションの概要

避難ケース	概 要
避難範囲限定避難	<ul style="list-style-type: none"> PAZ 優先避難のケースで、UPZ の避難範囲を北北東中心に 16 方位のうち 3 方位に限定した場合、同様に北中心、北北西中心、北西中心に避難範囲を限定したケース

3 避難シミュレーションの結果

以上の避難シミュレーションを実施した結果は別表のとおりである。

シミュレーションの結果																	
No.	災害想定	避難ケース	シミュレーションの条件				備考	P A Z 内から P A Z 外への避難時間*4				P A Z 内から U P Z 外への避難時間*5				各避難車両の走行時間*6	
			自家用車 避難割合	影の避難 割合*2 (%)	避難方法	道路 障害		90%直	(参考) 100%直	90%直	(参考) 100%直	90%直	(参考) 100%直	90%直	(参考) 100%直	平均直	90%直
			PAZ	UPZ													
①-T-1	単独災害	P A Z 優先避難 (2 段階避難)	100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間35分	4時間45分	4時間30分	6時間15分	2時間25分	33時間45分	4時間05分	11時間45分	27時間25分		
①-T-2			100%	20	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間30分	4時間40分	6時間15分	7時間20分	22時間00分	30時間30分	3時間35分	9時間30分	22時間55分		
①-T-3			100%	40	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間30分	4時間40分	10時間15分	12時間00分	22時間00分	29時間46分	3時間30分	8時間15分	17時間25分		
①-T-4			100%	60	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	4時間35分	6時間00分	13時間45分	16時間10分	23時間15分	29時間30分	3時間40分	8時間45分	17時間55分		
①-T-5			100%	80	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	7時間45分	9時間35分	17時間25分	20時間45分	25時間15分	29時間25分	4時間00分	11時間00分	23時間45分		
①-T-6			100%	100	一斉避難	無	10時間55分	13時間00分	19時間30分	25時間00分	20時間20分	29時間35分	4時間45分	13時間15分	29時間35分		
①-T-7			100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間30分	4時間45分	5時間30分	6時間50分	25時間10分	34時間20分	4時間05分	11時間45分	27時間20分		
①-T-8			0%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	0時間30分	0時間35分	1時間20分	1時間55分	20時間10分	29時間06分	4時間10分	11時間45分	27時間05分		
①-T-1	複合災害	P A Z バス避難	100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	5時間10分	6時間20分	5時間55分	7時間45分	28時間45分	7時間10分	19時間05分	29時間55分			
①-T-2			100%	20	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	5時間10分	6時間25分	7時間30分	8時間40分	24時間40分	6時間10分	15時間45分	23時間50分			
①-T-3			100%	40	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	5時間25分	6時間40分	10時間40分	13時間20分	24時間35分	33時間15分	6時間10分	14時間15分	17時間30分		
①-T-4			100%	60	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	6時間15分	7時間25分	13時間40分	16時間55分	23時間50分	33時間10分	6時間25分	15時間35分	19時間35分		
①-T-5			100%	80	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	9時間50分	11時間00分	16時間50分	20時間35分	24時間10分	32時間46分	7時間05分	18時間20分	24時間45分		
①-T-6			100%	100	一斉避難	有	13時間05分	14時間15分	20時間05分	24時間15分	21時間55分	32時間25分	8時間20分	21時間55分	30時間45分		
①-T-7			100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	5時間15分	6時間55分	6時間20分	8時間15分	29時間10分	40時間20分	7時間10分	19時間30分	30時間05分		
①-T-8			0%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	有	0時間40分	0時間50分	1時間40分	2時間15分	22時間50分	33時間30分	7時間20分	19時間30分	29時間15分		
②-T-1	単独災害	多段階避難 (走行時間最短期)	100%	0	多段階避難 (2 段階避難)	無	3時間35分	4時間45分	5時間40分	6時間45分	39時間25分	0時間50分	2時間40分	7時間40分			
②-T-2			100%	0	多段階避難	無	3時間35分	4時間45分	5時間40分	6時間45分	28時間00分	1時間35分	4時間45分	23時間45分			
②-T-3			100%	20	多段階避難 (避難指示 一定間隔型)	無	3時間35分	4時間45分	7時間20分	8時間25分	26時間00分	1時間30分	4時間00分	16時間45分			
②-T-4			100%	40	多段階避難	無	3時間35分	4時間45分	10時間30分	12時間00分	28時間25分	1時間55分	5時間30分	12時間10分			
②-T-1			複合災害	多段階避難 (走行時間最短期)	100%	0	多段階避難	有	5時間15分	6時間30分	6時間10分	7時間55分	46時間15分	1時間05分	2時間55分	7時間55分	
②-T-2					100%	0	多段階避難	有	5時間15分	6時間30分	6時間10分	7時間45分	29時間50分	2時間10分	5時間30分	24時間45分	
②-T-3					100%	20	多段階避難 (避難指示 一定間隔型)	有	5時間20分	6時間30分	8時間45分	10時間40分	28時間15分	33時間40分	2時間00分	18時間40分	
②-T-4					100%	40	多段階避難	有	5時間35分	6時間50分	11時間15分	14時間10分	30時間05分	34時間35分	2時間30分	14時間25分	
③-1	単独災害	避難範囲 限定避難	100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間35分	4時間45分	4時間30分	6時間15分	27時間05分	3時間55分	11時間30分	27時間25分			
③-2			100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間35分	4時間45分	4時間30分	6時間15分	26時間10分	3時間45分	10時間30分	27時間30分			
③-3			100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間35分	4時間45分	4時間30分	6時間15分	14時間20分	2時間45分	6時間45分	12時間10分			
③-4			100%	0	PAZ 優先避難 (2 段階避難)	無	3時間35分	4時間45分	4時間30分	6時間15分	18時間45分	23時間20分	3時間30分	17時間00分			

- ※1 この地域の観光のピークは、夏の海水浴シーズンであったため、観光で訪れた海水浴客（御前崎海水浴場、静波海水浴場、さがらサンビーチ、浜当目海水浴場）の車両台数をそれぞれの海水浴場近傍の地域に増やし（計約7,000台増）、シミュレーションを実施した。
- ※2 影の避難割合とは、PAZ（5km圏）避難開始時に、自主的に避難を開始したUPZ（5～31km圏）内車両の割合。
- ※3 「PAZ内からPAZ外への避難時間」とは、PAZ内の避難車両がPAZ圏外に出た時間。その際の「90%値」とは、PAZ内の全避難車両の内、90%の車両がPAZ圏外に出た時間。「100%値」とは、PAZ内の全避難車両がPAZ圏外に出た時間。
- ※4 「PAZ内からUPZ外への避難時間」とは、PAZ内の避難車両がUPZ圏外に出た時間。その際の「90%値」とは、PAZ内の全避難車両の内、90%の車両がUPZ圏外に出た時間。「100%値」とは、PAZ内の全避難車両がUPZ圏外に出た時間。
- ※5 「UPZ内からUPZ外への避難時間」とは、UPZ内の避難車両がUPZ圏外に出た時間。その際の「90%値」とは、UPZ内の全避難車両の内、90%の車両がUPZ圏外に出た時間。「100%値」とは、UPZ内の全避難車両がUPZ圏外に出た時間。
なお、PAZ優先避難の際のUPZ内の避難車両の避難開始のタイミングは、PAZ内の全ての車両がUPZを出た時刻（別表の「PAZ内からUPZ外への避難時間（100%値）」）とした。
- ※6 「走行時間」とは、各避難車両が避難を開始してからUPZ（31km圏）外に出るまでの時間を1台ずつ算出した時間。平均値、90%値（走行時間の早い順から数えて90%目の台数の走行時間）、100%値（最も長い時間がかかった車両の走行時間）を算出している。
- ※7 走行時間において、90%値と100%値との比較で、100%値が特に大きくなる理由としては、UPZ圏（31km圏）に含まれる車両（約28万台）の90%が31km圏外に出た時点で、藤枝市の避難完了割合が70%弱となっており、全体として10%の渋滞を解消するのではなく、藤枝市に残存する30%強の渋滞を解消するために、時間を要しているためである。

4 考察

(1) PAZ 優先避難(PAZ 圏内の住民が避難した後、UPZ 圏内の住民が避難を開始する場合)

- ・PAZ 圏内住民全員の避難を待たずに UPZ 圏内の住民が自主的に避難を開始してしまう割合(これを「影の避難割合」という。)を0%、20%、40%、60%、80%、100%と分けてシミュレーションした結果、100%(全員が一斉に避難する)の場合に最も避難時間が短くなり、統計的な信頼値である全住民の90%が避難を完了する割合(「90%値」という。)で見ると、単独災害の場合 20時間20分、複合災害の場合 21時間55分であった。
- ・しかし、一斉避難を実施した場合、逆に走行時間が単独災害の場合 13時間15分、複合災害で 21時間55分と長くなり、走行中に被ばくの影響を大きく受けてしまう結果となった。

(2) 多段階避難(避難車両を1時間おきに約3,000台ずつにする場合)

- ・無秩序に避難を実施してしまうと走行時間が長くなるため、走行時間が短くなるようUPZ内の避難車両が1時間おきに約3,000台ずつ避難を行う避難方法でシミュレーションを実施した。
- ・その結果、影の避難割合が20%の場合に、避難時間を抑制しながら、かつ、走行時間を短時間に抑えることができ、90%値で単独災害の場合、避難時間が 26時間00分、走行時間が 4時間00分、複合災害の場合、避難時間が 28時間15分、走行時間が 5時間30分であった。
- ・なお、避難時間を概ね2日以内として、走行時間が最短となるよう避難の指示を細分化した場合、走行時間は90%値で単独災害の場合 2時間00分、複合災害の場合 2時間30分だった。但し、この方法は、市町ごとに複雑な避難指示を出さなければならず、現実的な方法ではない。

(3) 避難範囲限定避難

- ・西方向に避難範囲が限定された場合は、避難時間及び走行時間が短くなるが、東方向に避難範囲が限定された場合は、避難時間及び走行時間は全方向の場合とほぼ変わらなかった。
- ・その理由として、東方面への避難は、静岡市に通じる道路の本数が少ないことなどで、渋滞が発生しやすいと考えられる。一方、西方向への避難は、天竜川を渡る必要はあるが、浜松市に通じる道路が静岡市に通じる道路と比べて多いことなどから、早く渋滞が解消されると考えられる。

5 課題

避難シミュレーションに基づき、実効性のある避難を実現するためには、下表の課題がある。

No.	分類	概要
1	シミュレーションの条件を検討することにより抽出された課題	<ul style="list-style-type: none">地震、津波による道路被害への対策東名、新東名高速道路の避難車両の通行自家用車を持たない世帯や災害時要援護者のためのバス等の避難手段の確保
2	多段階避難の実施における課題	<ul style="list-style-type: none">地区単位での避難指示の決定避難指示、渋滞や放射線の測定状況の避難者への伝達行政の指示による屋内退避、避難開始についての住民の理解在宅の災害時要援護者への配慮
3	スクリーニングにおける課題	<ul style="list-style-type: none">スクリーニングポイントの確保円滑なスクリーニング、除染の実施
4	避難計画全般に関する課題	<ul style="list-style-type: none">複合災害を考慮した避難先の確保病院、社会福祉施設からの避難方法学校、事業所からの避難の考え方津波で避難している住民の避難の考え方避難対象区域での地震、津波の被災者の救出、救助

6 今後の取組

- (1) 様々なパターンでシミュレーションを実施した結果、1時間おきに約3,000台ずつ計画的に避難させる方法が、避難時間をある程度抑えられ、かつ、走行時間を短縮できることから、今後、関係市町と連携し、実行可能な体制を整備していく。
- (2) また、5の課題への対応策を国、関係市町及び防災関係機関等と検討し、策定中の避難計画に反映していく。

參考資料

【参考 1】避難時間 90%値

避難対象車両の 90%が半径 31 km 圏外へ離脱するまでの所要時間。100%避難時間は、全ての避難車両が半径 31 km 圏外へ離脱完了するまでに要する時間であるのに対し、90%避難時間は、全避難車両台数の 90%が半径 31 km 圏外へ離脱する時間を表す。(図 1 を参照。)

なお、米国における避難時間推計では、避難時間は一定の確率分布に従うものと仮定し、避難対象車両の 90%が避難を完了する時間を信頼区間とし、90%避難時間を採用している。

※4

※4 Criteria for Development of Evacuation Time Estimate Studies (避難時間評価研究の開発のための基準)

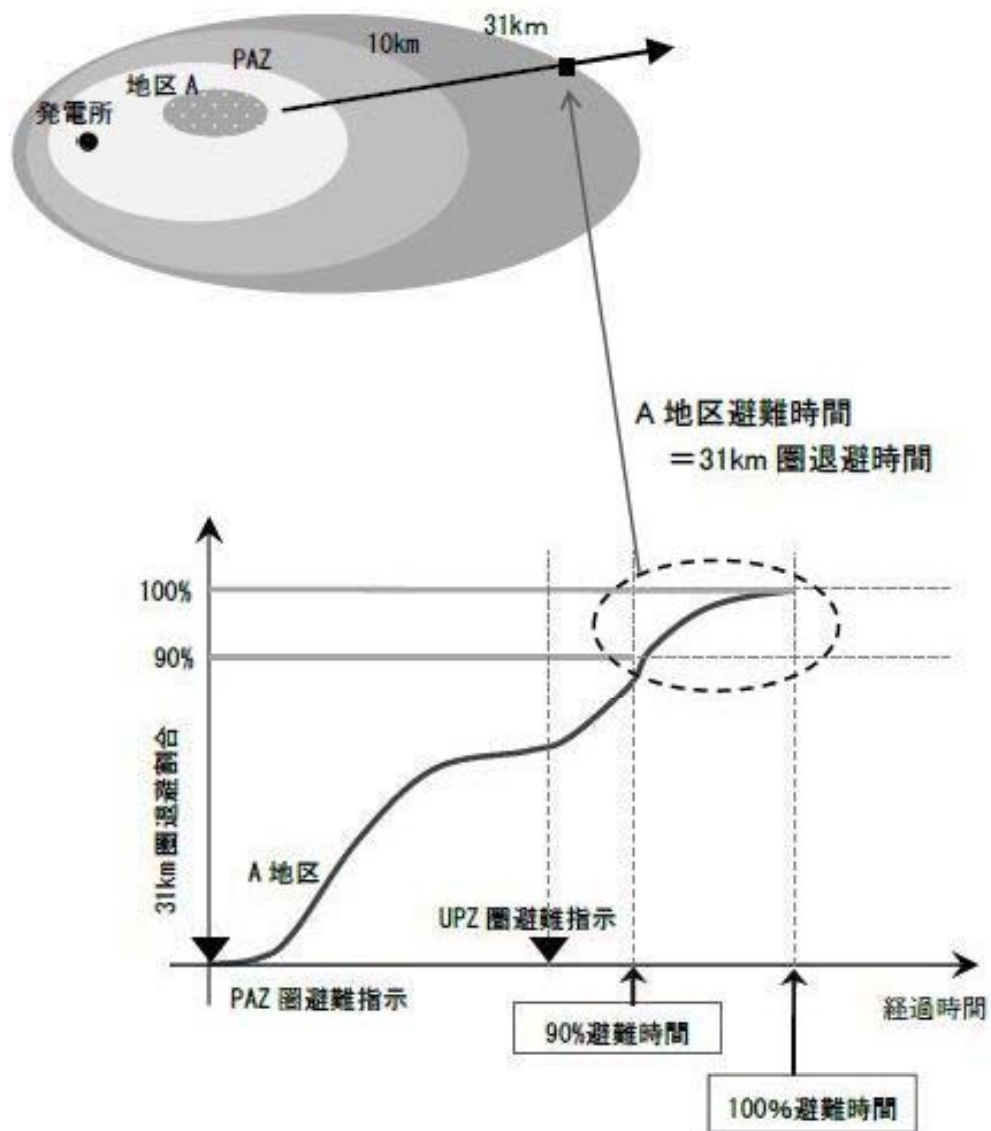


図 1 避難時間の考え方

【参考2】多段階避難（避難指示一定間隔型）シミュレーションの条件

- 避難指示のタイミングは一定の間隔（1時間毎）に発出する。
- 避難を開始した市町の避難指示は連続的に発出する。
- 避難指示の範囲は、試行解析等による検討の結果、約3,000世帯（避難車両約3,000台）程度となるよう細分化する。
- 細分化は、各市町内で行うものとし、市町をまたがった細分化はしない。図2に細分化のイメージ図を示す。
- 避難開始スケジュールは、走行時間を短縮するための試行解析等による検討の結果、図3のとおりとした。

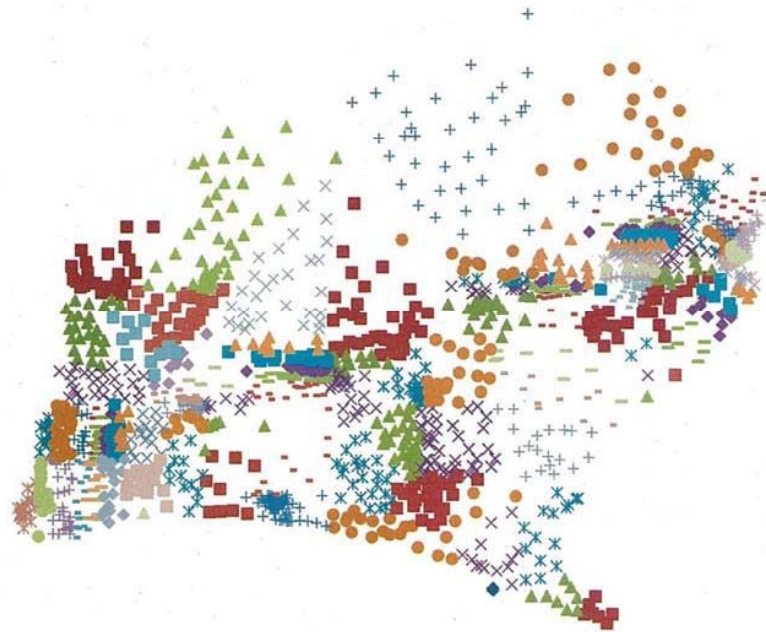


図2 細分化のイメージ図

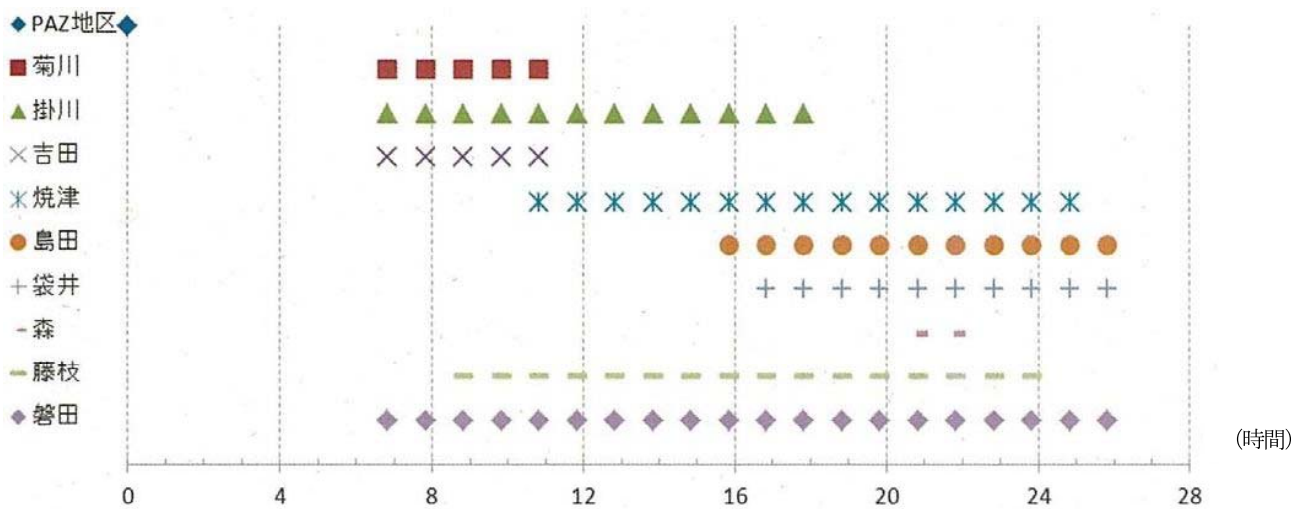


図3 多段階避難（避難指示一定間隔型）避難開始スケジュール

【参考3】多段階避難（走行時間最短型）のシミュレーションの条件

- 避難指示の範囲は、試行解析等による検討の結果、約 3,000 世帯（避難車両約 3,000 台）程度となるよう細分化する。（参考2と同じ。）
- 細分化は、各市町内で行うものとし、市町をまたがった細分化はしない。（参考2と同じ。）
- 避難指示のタイミングを1時間毎にする、避難を開始した市町は連続的に避難するという条件はつかない。
- 避難開始スケジュールは、走行時間を短縮するための試行解析等による検討の結果、図4及び5のとおりとした。

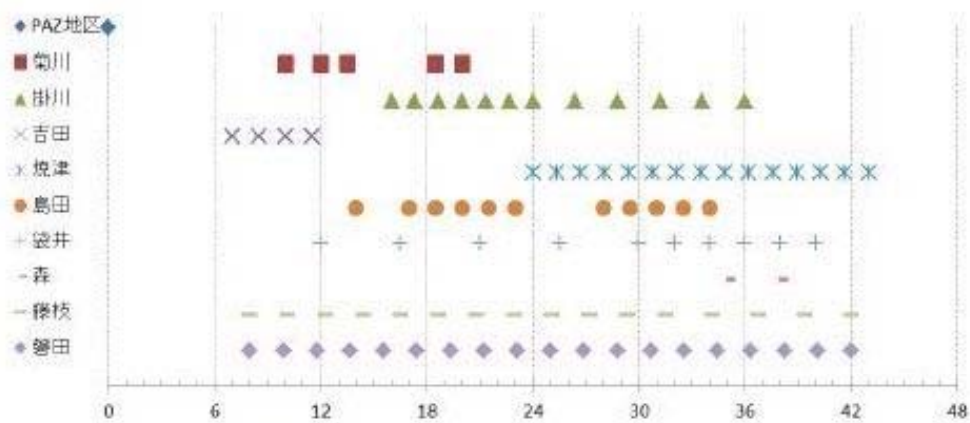


図4 多段階避難（走行時間最短型）単独災害想定 避難開始スケジュール

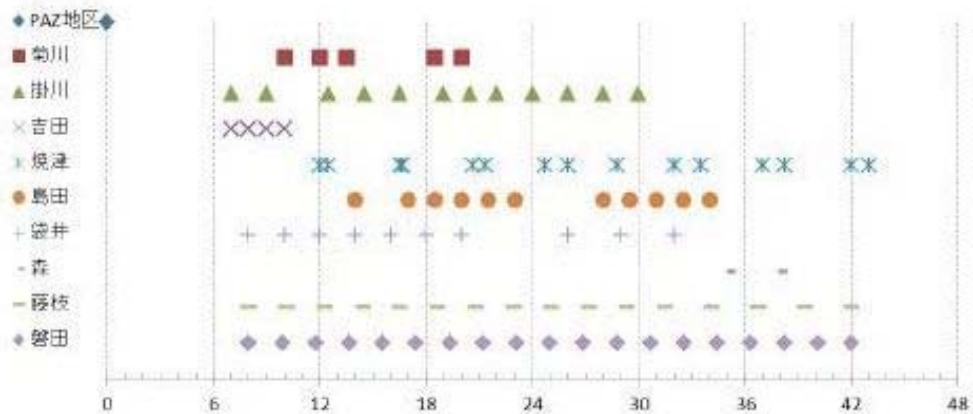


図5 多段階避難（走行時間最短型）複合災害想定 避難開始スケジュール

【参考4】単独災害想定と複合災害想定の道路網の比較

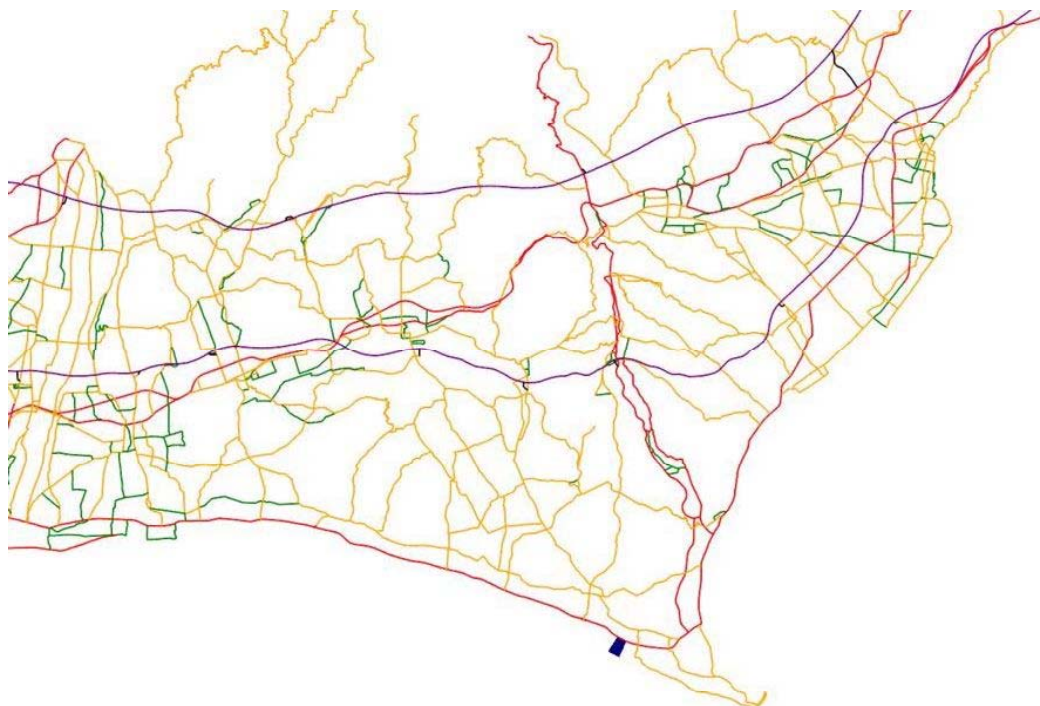


図6 単独災害想定¹⁾の道路網

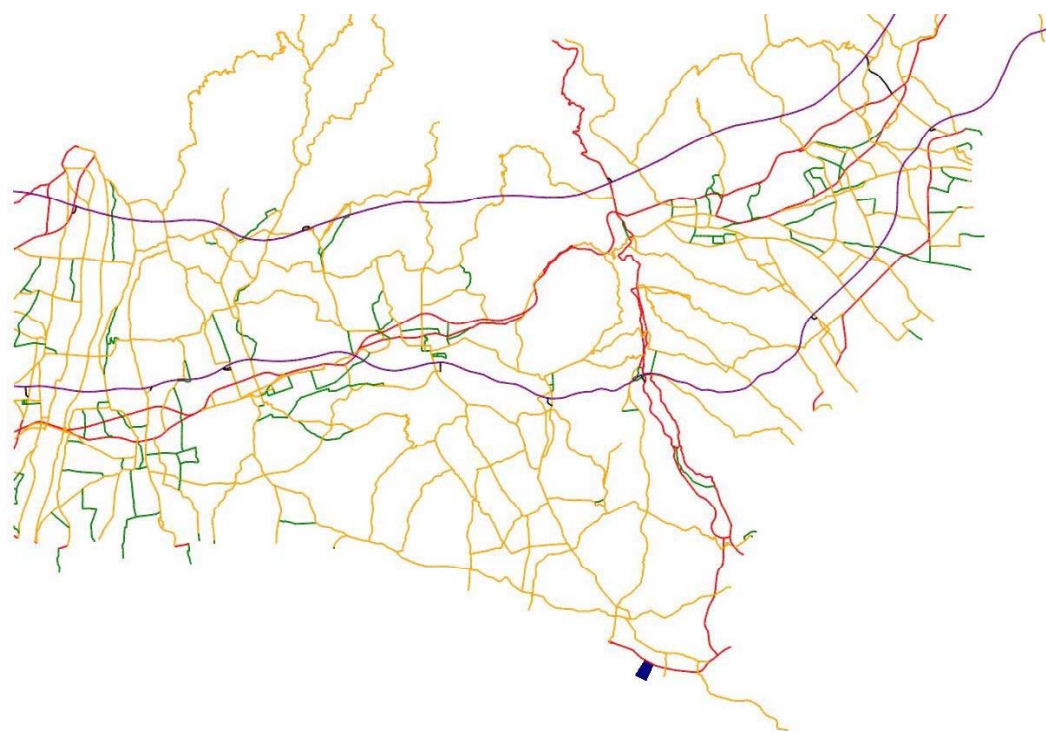


図7 複合災害想定²⁾の道路網