

南海トラフ地震後の防災拠点におけるエネルギー確保に関する考察 —愛知県内での電力途絶を例にして—

A consideration on Ensuring Energy at Emergency Activity Bases
after the Nankai Trough Earthquake
-A case of the Power Disruption in Aichi Prefecture-

小沢 裕治¹, 橋富 彰吾¹, 飯阪 真也^{1,2}, 富田 孝史¹

Yuji OZAWA¹ and Shogo HASHITOMI¹ and Shinya IISAKA² and Takashi TOMITA¹

¹ 東海国立大学機構 名古屋大学 減災連携研究センター

Disaster Mitigation Research Center, Tokai National Higher Education and Research System Nagoya University

² ヒラオカ石油(株) EESS事業部

EESS Department, Hiraoka Oil Co., Ltd.

Local government offices and disaster base hospitals, which are important bases for lifesaving and disaster recovery activities, need to stockpile fuel for generators and water for 72 hours in case of lifelines are disrupted. However, at the time of Nankai Trough Earthquake, the Government assumes that it will take about one week to restore power in the affected areas. Therefore, we assessed the feasibility of fuel supply to keep generators running until power is restored, using important bases in Aichi Prefecture as an example using open data. Our results showed that fuel inventory was available for more than 30 days and that tank trucks needed to operate at about 88% of capacity. It also indicated roads restoration must be within 72 hours and the need for a plan to supply fuel to many bases in time.

Keywords: *Nankai Trough Earthquake, Disaster base hospital, Emergency generator, Disruption of lifelines, Emergency fuel supply*

1. はじめに

(1) 研究の背景

大規模災害後の救助活動、医療活動等の活動拠点となる自治体庁舎、災害拠点病院（以下、重要拠点）では、災害時のライフライン途絶を想定し、代替手段とその使用可能期間（備蓄量）が国によって定められている。例えば、電力確保のための非常用発電機の設置と燃料の備蓄、水の確保のための受水槽や井戸設備の設置等である。しかし、内閣府公表の南海トラフ巨大地震の被害想定（令和元年6月）¹⁾では、ライフラインの復旧所要期間は、前出の使用可能期間より長い。そのため、使用可能期間が終了する時点において、輸送能力を上回る供給要請が行われる可能性がある点、ライフライン復旧までの間に各拠点への供給が滞る可能性がある点が懸念として考えられる。さらに、南海トラフ地震の被害は、全割れの場合には、静岡県から宮崎県の広範囲で想定されている。多くの府県で隣接府県も被災することから、発災後の被災地外からの支援も滞ることが懸念される。

(2) 先行研究

南海トラフ地震をはじめ、ライフラインの途絶と供給側の復旧、需要側の事業継続、水や電源に関する研究は多数実施されている。例えば、一井 他（2019）²⁾は、非

常用燃料について、地震時の製油所等での石油タンクの安全性や、住宅向けの燃料配送に着目して現状と課題を提起している。また、上道 他（2018）³⁾は、非常用発電機として、常用兼用のコージェネレーションシステムを選定し、通常時のコストメリットにも寄与するための最適な設備構成を提案すると共に、設計支援ツールを開発している。主に前者は供給側の課題の明確化、後者は需要側における具体的な対策と投資回収効果の最適化に資する研究である。

一方、南海トラフ地震後は、広範囲に渡る被害に起因して被災地外からの支援までに期間を要する可能性がある。よって、例えば県単位等の地域内において、発災直後から数日の間に多数の地点で発生する需要に対し、地域内の在庫、輸送手段を利用して供給体制を確立するための方策策定に資する研究が必要である。

(3) 研究の目的

本研究では、南海トラフ地震後の愛知県内での電力途絶を例として、県内の重要拠点での代替手段となる非常用発電機を確実に駆動するための燃料確保を対象としている。公表データを用い、発災から電力復旧までの間の燃料の需要量、備蓄量、輸送手段の輸送可能容量について現状を試算し、充足度を評価すると共に、課題を明らかにすることを目的とした。

(4) 研究の方法

前述の目的を達成するため、公開データを用い、まず南海トラフ地震に起因するライフライン途絶期間と重要拠点での非常用発電機用燃料の備蓄量との差異を評価した(第2章)。さらに電力の代替手段としての非常用発電機の燃料の需要量(第3章)、燃料の供給元の被害予測と燃料の備蓄量(第4章)、輸送手段としてのタンクローリーの使用可能台数(第5章)を、それぞれ同様に公開データから試算し、最後に需要量と輸送力の現状評価(第6章)、および課題提言(第7章)を行った。

2. 重要拠点における備えと被害想定

(1) 重要拠点の備え

重要拠点におけるライフラインの代替手段は、自治体庁舎等に対しては内閣府により、大規模災害発生時における地方公共団体の業務継続の手引き⁴⁾、災害拠点病院に対しては厚生労働省より、災害拠点病院指定要件⁵⁾の中で定められている。なお、自治体庁舎向けは推奨、災害拠点病院向けは要件である。記載内容について、関連箇所を抜粋して表1に示す。

表1 ライフライン途絶時の代替手段に関わる要求事項

項目	自治体庁舎等(抜粋)	災害拠点病院
電力	人命救助の観点から重要な「72時間」は、外部からの供給なしで非常用電源を稼働可能とする措置が望ましい	通常時の6割程度の発電容量のある自家発電機等を保有し、3日分程度の備蓄燃料を確保
水	被災者用の備蓄物資とは別に、3日から1週間分の職員用の水・食料等の備蓄等	3日分の病院の機能を維持するための水を確保
通信	・インターネット(携帯メール等)の活用 ・災害時優先電話の増設 ・衛星携帯電話の導入	衛星電話を保有し、衛星回線インターネットが利用できる環境を整備すること。また、複数の通信手段を保有していることが望ましい。
ガス	(地方公共団体の実情に応じて検討)	自家発電機等の燃料として都市ガスを使用する場合は、非常時に切替え可能な他の電力系統等を有しておくこと

参考文献4), 5)に基づき作成

表2 南海トラフ地震発生時の復旧(95%)予想日数(東海地方(静岡県・愛知県・三重県); 東海地方が大きく被災するケース)

項目	基本ケース	陸側ケース
電力	約1週間	約1週間
水(上水道)	約6週間	約7週間
通信(携帯電話)	数日間	約1週間
ガス ⁴⁾	約4週間	約6週間

参考文献1)に基づき作成

(2) 南海トラフ巨大地震による被害と復旧の見通し

南海トラフ巨大地震の被害は、内閣府により、強震動生成域の違いに基づく震度分布を2ケース、津波断層モ

デルによるすべり域の違いに基づく津波浸水深を4ケース設定することで、地方ごとに予測が行われている。ライフラインについては電力、水道等の種別ごとに停止件数と復旧予測日数が試算されており、関係する部分を抜粋して表2に示す。被害想定の中で、例えば他のライフラインと比べて復旧が最短の電力については、愛知県を含む東海地方では発災直後は約9割で停電、復旧予想日数(95%)は約1週間である。

(3) 重要拠点の備蓄と復旧の見通しとの差異

表1および表2の比較より、重要拠点の備蓄とライフラインの復旧見通し期間には差異があり、電力、水道の備蓄期間72時間(3日)に対し、南海トラフ巨大地震後の復旧予測日数は、たとえば最短の電力の場合は1週間である。この72時間は、阪神・淡路大震災時の救助者の生存率の推移⁶⁾から人命救助に特に重要な期間とされており、この期間は重要拠点に個別の備蓄を求めるが、南海トラフ地震によるライフラインの復旧見込みの日数を賄えるものにはなっていない。

3. 重要拠点の発電機用燃料の需要量

(1) 重要拠点の選定

自治体庁舎は、愛知県庁、愛知県の53の市町村役場⁷⁾、名古屋市役所、名古屋市内17の区役所⁸⁾のうち、中部版「くしの歯作戦」⁹⁾および名古屋市道路啓開計画¹⁰⁾で指定された計77拠点を対象とした。災害拠点病院は、愛知県ホームページ上の保健医療局健康医務部医務課「1. 災害拠点病院」¹¹⁾に記載の36病院に加え、災害医療活動拠として名古屋市道路啓開計画に含まれる1病院を含めた37病院を対象とした(以下、災害拠点病院の記載箇所と同様とする)⁽¹⁾。

(2) 非常用発電機に使用される燃料

重要拠点における非常用電源として、主にガスエンジン、ガスタービンを動力源とした非常用発電機が使用されている。また、その燃料にはA重油、軽油等の石油製品が使用されている¹²⁾。各油種の使用比率は2016年の消防庁による調査¹³⁾で概ね重油(通常A重油)79%、軽油12%、灯油9%である。

(3) 重要拠点における非常用発電機の想定発電容量

重要拠点における燃料消費量を求める前段として、想定発電容量を求めた。

a) 災害拠点病院における非常用発電機の想定発電容量

堀他(2016)¹⁴⁾における災害拠点病院の調査結果に基づき、式[1]の通り想定発電容量を算出した。

$$\begin{aligned} & \text{(災害拠点病院の想定発電容量)[W]} \\ & = 44.5 \times \text{(延床面積)[m}^2\text{]} \quad [1] \end{aligned}$$

なお、式[1]における延床面積に関して、30病院は各病院のホームページに記載のあった延床面積を使用し、延床面積が不明であった7病院については、全拠点で病床数を確認した後に、以下の手順で想定発電量を試算した。

- ・延床面積既知の30病院に対し延床面積を病床数で説明する単回帰式[2]を求めた(図1)。

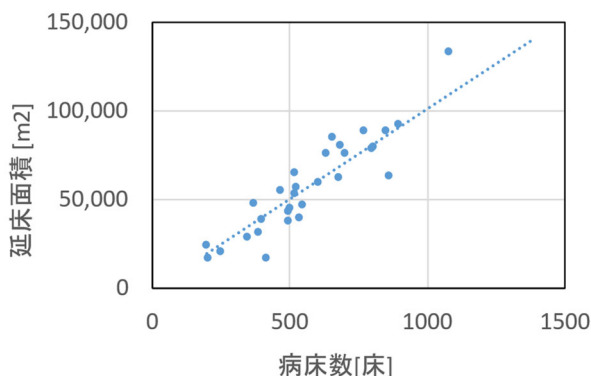


図1 災害拠点病院における病床数と延床面積（愛知県）

$$(\text{病院の想定延床面積})[\text{m}^2] = 101.71 \times (\text{病床数})[\text{床}] \quad [2]$$

・7病院に対し、式[2]より病床数から延床面積を計算後、式[1]により想定発電量を算出した。

b) 自治体庁舎における非常用発電機の想定発電容量

各自治体ホームページ掲載の公共施設白書、または公共施設等管理計画に記載の延床面積を使用し、以下の手順で想定発電量を試算した。

・「建築物エネルギー消費量調査報告」¹⁵⁾の事務所(n=192)での延床面積に対する契約電力の調査結果を用いて式[3]を求めた。なお、原単位については、加重平均値 45.2[W/m²]と単純平均値 50.2[W/m²]で差があった。本調査が様々な用途の事務所を対象としていることから、電力負荷が大きくなる単純平均値を採用した。

$$(\text{事務所の契約電力})[\text{W}] = 50.2 \times (\text{延床面積})[\text{m}^2] \quad [3]$$

・崔他(2013)¹⁶⁾による官公庁施設(n=61)と厚生医療施設(n=78)における契約電力に対する自家発電設備容量の調査結果に基づき、式[4]を求めた。

$$(\text{官公庁の自家発電設備容量})[\text{W}] = 0.604 \times (\text{契約電力})[\text{W}] \quad [4]$$

・式[3]と式[4]より、自治体庁舎の床面積から式[5]を導出した。なお、式[4]の自家発電設備容量は、式[5]における想定発電電力と同義である。

$$(\text{自治体庁舎の想定発電容量})[\text{kW}] = 30.3 \times (\text{延床面積})[\text{m}^2] / 1,000 \quad [5]$$

表3 愛知県内の自治体庁舎77箇所および災害拠点病院37箇所（災害医療活動拠点1箇所含む）の想定発電容量（中部版「くしの歯作戦」の区分地区ごとに集計）

No	中部版「くしの歯作戦」の地域区分	自治体庁舎				災害拠点病院					合計		
		市町村庁舎数	延床面積	想定合計発電容量	想定燃料消費量	病院数	合計病床数	合計床面積	想定合計発電容量	想定燃料消費量	拠点数	想定合計発電容量	想定燃料消費量
		箇所	千m ²	kW	kL/d	箇所	床	千m ²	kW	kL/d	箇所	kW	kL/d
1	田原	1	8.0	300	2.0	1	388	31	1,400	9.4	2	1,700	11.4
2	豊橋	2	83.6	2,600	17.4	2	1,365	107.8	4,800	32.1	4	7,400	49.6
3	蒲郡	1	19.8	700	4.7	0	0	0.0	0	0.0	1	700	4.7
4	幸田	1	8.8	300	2.0	1 ⁽¹⁾	400	38.8	1,800	11.4	2	2,100	13.4
5	西尾	1	19.6	600	4.0	1	372	47.6	2,200	14.1	2	2,800	18.1
6	碧南	2	42.1	1,300	8.7	1	771	88.2	4,000	26.1	3	5,300	34.8
7	刈谷	3	43.1	1,400	9.4	1	704	75.5	3,400	22.8	4	4,800	32.1
8	大府	2	21.1	700	4.7	0	0	0.0	0	0.0	2	700	4.7
9	半田	2	21.6	700	4.7	1	499	37.8	1,700	11.4	3	2,400	16.1
10	武豊	1	6.7	300	2.0	0	0	0.0	0	0.0	1	300	2.0
11	美浜	1	4.2	200	1.3	1	199	20.2	1,000	6.0	2	1,200	7.4
12	南知多	1	3.3	100	0.7	0	0	0.0	0	0.0	1	100	0.7
13	常滑	1	9.7	300	2.0	0	0	0.0	0	0.0	1	300	2.0
14	知多	2	29.7	900	6.0	1	468	54.7	2,500	16.1	3	3,400	22.1
15	一宮	2	50.1	1,600	10.7	3	1,223	119.7	5,400	35.5	5	7,000	46.2
16	江南	6	58.2	1,800	12.1	1	684	80.1	3,600	24.1	7	5,400	36.2
17	春日井	6	97.7	3,000	20.1	4	2,605	278.7	12,500	83.7	10	15,500	103.8
18	名古屋市周辺	29	385.8	11,700	78.3	12 ⁽¹⁾	9,030	885.1	39,400	263.2	41	51,100	341.5
19	豊田	1	67.3	2,100	14.1	1	527	57.1	2,600	16.7	2	4,700	30.8
20	豊田2	2	70.5	2,200	14.7	1	606	59.0	2,700	17.4	3	4,900	32.1
21	岡崎	1	70.5	2,200	14.7	2	680	61.7	2,800	18.1	3	5,000	32.8
22	新城	1	11.4	400	2.7	1	199	23.8	1,100	7.4	2	1,500	10.0
-	その他	8	72.3	2,200	14.7	2	892	68.2	3,100	20.8	10	5,300	35.5
愛知県合計		77	1,205	37,600	252	37 ⁽¹⁾	21,612	2,135	96,000	643	114	133,600	888

(4) 重要拠点における非常用発電機の想定燃料消費量

重要拠点の想定発電容量から、想定燃料消費量を算出した。内発協ニュース¹²⁾を参考に、発電効率はディーゼル機関の最低値、発熱量はA重油の数値を用い、式[6]により算出した。

$$\begin{aligned} & \text{(想定燃料消費量)[L]} \\ & = \text{(想定発電容量)[kW]} \times 3.6 / 0.33 / 39.1 \text{ [MJ/L]} \quad [6] \end{aligned}$$

その結果、表3に示す通り、非常用発電機用の想定燃料消費量は、自治体庁舎は77箇所の合計が252kL/日。災害拠点病院では37箇所の合計が643kL/日と求まる。

なお、表中の地域区分は、中部版「くしの歯作戦」に合わせた。

4 発災時の中部地域内の石油製品の在庫量

(1) 愛知県および隣接県での石油製品の製造

A重油、軽油等の原料である原油は、国内に民間備蓄、国家備蓄を含めて232日分の備蓄がある(2023年5月末時点)¹⁷⁾。しかし、震災により製油所が被災して操業を停止した場合は、石油会社等が所有する油種ごとのタンク在庫分のみが供給源となる。なお、東日本大震災において、発災後は津波や火災の影響により、関東から東北の製油所9か所のうち、6か所で操業が停止し、完全復旧に1週間から最長1年を要している¹⁸⁾。

南海トラフ地震時に東海地方の製油所が操業停止した場合、油種ごとに在庫を放出するか、他地域で操業している製油所からの搬送が必要である。なお、東海地方には、表4に示す3か所の製油所があり¹⁹⁾、原油処理能力は合計で約79,500 kL/日(501,000バレル/日)で、全国比の14.5%に相当する(2022年3月末)。

橋富、河田(2016)²⁰⁾は、東日本大震災後の実績に基づき、南海トラフ地震時の被害を検討している。その結果、東海地方の3か所の製油所は表5に示す通り、いずれも1か月程度の操業停止を想定している。ただし、これら3箇所の製油所は、いずれも沿岸部に位置しているが、浸水深さは0mであり津波被害は見込まれていない。以上より、製油所としての機能は1か月間停止、油槽所としての機能は継続できると仮定する。

なお、中部版「くしの歯作戦」において、愛知県内の製油所・油槽所として、出光興産(株)愛知事業所、ENEOS(株)名古屋第1油槽所、同第2油槽所の3箇所が災害時の物資緊急輸送拠点として指定されている。

表4 南海トラフ地震後の製油所の被害想定(東海地方)

都道府県	製油所	原油処理能力 [kL/日(バレル/日)]	全国比 [%]
愛知県	出光興産 愛知事業所	25,400 (160,000)	4.6
三重県	コスモ石油 四日市製油所	13,600 (86,000)	2.5
	昭和四日市石油 四日市製油所	40,500 (255,000)	7.4
東海地方合計 (静岡県、岐阜県は無し)		79,500 (501,000)	14.5

参考文献19)に基づき作成

表5 南海トラフ地震後の製油所の被害想定(東海地方)

製油所	想定震度 (強振動生成域別)		想定浸水深[m]	フル生産再開[日]
	基本	陸側		
出光興産 愛知事業所	6強	7	0	31
コスモ石油 四日市製油所	6強	6強	0	31
昭和四日市石油 四日市製油所	6強	6強	0	31

参考文献20)に基づき作成

(2) 愛知県内の石油製品の在庫量

次に、災害時に製油所が操業停止した場合のA重油等の油種別在庫量が公表されている²¹⁾。しかし、県単位等地域別の数値は公表されていないため、公表されている情報の範囲で、愛知県内の在庫量を試算した。

a) 愛知県内のA重油販売量の全国比

石油連盟の都道府県別石油製品販売実績²²⁾より、表6に2020年度から2022年度までの年度別のA重油販売量を全国、中部地方、愛知県の別に示す。全国の販売量に対する中部地方の販売量の比率は9.6~10.1%、愛知県の比率は4.5~4.7%であった。

b) 地域ごとの貯油設備の全国比

全国および地方ごとの貯油設備調査²³⁾(2022年3月時点)における、A重油の結果を表7に示す。中部地方の貯油設備の容量の比率10.1%は、2022年度の販売量の比率と一致しており、推計に使用できる可能性を見出した。ただし、関東、九州等、両者の差が大きい地域もある。

c) 貯油容量に対する在庫、販売、生産の比率(全国)

貯油設備の調査²³⁾、および石油統計-統計表²¹⁾に基づき、2022年度の全国のA重油の在庫量、販売量、生産量および生産量と在庫量の和について、月末の値と全国の

表6 A重油の販売量および対全国比率

年度	全国	中部地方		愛知県	
	[千kL]	[千kL]	比率	[千kL]	比率
2020	10,202	982	9.6%	456	4.5%
2021	10,505	1,043	9.9%	481	4.6%
2022	11,129	1,119	10.1%	523	4.7%
合計	31,835	3,144	9.9%	1,460	4.6%

参考文献20)に基づき作成

表7 地方ごとの貯油設備と販売量の比較(A重油)
(2022年度)

	貯油設備容量		販売量	
	[千kL]	全国比	[千kL]	全国比
東北	269.6	12.5%	1,376	12.4%
関東	480.8	22.2%	3,088	27.7%
中部	217.6	10.1%	1,119	10.1%
近畿	226.2	10.5%	835	7.5%
中国	285.8	13.2%	1,229	11.0%
四国	98.1	4.5%	487	4.4%
九州	252.7	11.7%	1,732	15.6%
全国	2,161		11,129	

参考文献22), 23)に基づき作成

表8 全国の貯油施設の容量に対する在庫量，および愛知県での想定在庫量，使用可能日数（A重油；月末）

	在庫量		販売量		生産量		生産+在庫		愛知県 想定在庫	重要拠点 使用 可能日数
	[千 kL]	(貯油 容量比)	[千 kL]	割合	[千 kL]	割合	[千 kL]	(貯油 容量比)	[千 kL]	[日]
2022年4月	704	32.6%	790	36.6%	843	39.0%	1,548	71.6%	32.3	36.4
5月	733	33.9%	733	33.9%	762	35.3%	1,495	69.2%	33.6	37.9
6月	689	31.9%	744	34.4%	676	31.3%	1,365	63.2%	31.6	35.6
7月	673	31.1%	753	34.9%	724	33.5%	1,396	64.6%	30.8	34.7
8月	688	31.8%	755	34.9%	752	34.8%	1,440	66.6%	31.5	35.5
9月	699	32.3%	729	33.7%	751	34.8%	1,450	67.1%	32.0	36.1
10月	745	34.5%	807	37.3%	855	39.5%	1,600	74.0%	34.2	38.5
11月	784	36.3%	895	41.4%	951	44.0%	1,735	80.3%	36.0	40.5
12月	687	31.8%	1,131	52.3%	1,020	47.2%	1,707	79.0%	31.5	35.5
2023年1月	703	32.5%	1,027	47.5%	1,079	49.9%	1,783	82.5%	32.2	36.3
2月	699	32.3%	1,042	48.2%	1,027	47.5%	1,725	79.8%	32.1	36.1
3月	699	32.3%	1,014	46.9%	1,001	46.3%	1,699	78.6%	32.1	36.1
年平均	709	32.8%	868	40.2%	870	40.3%	1,579	73.0%	32.5	36.6

参考文献21)に基づき作成

貯油設備の容量に対する比率を求めた結果を表8に示す。以下に、判明した事項を記載する。

- ・貯油設備容量に対する比率は，在庫量で31.1～49.9%，生産量と在庫の和で63.2～82.5%となった。
- ・12月から3月は，月販売量が年平均の868千kLに対して1,014(+17%)から1,131千kL(+30%)と増加したが，生産量も年平均870千kLに対し1,001(+15%)から1,079千kL(+17%)と増量しており，在庫量は年平均709千kLに対し687(-3%)から703千kL(-1%)と同等である。

総じて，平常時のA重油の月末在庫量は，設備の受入余力を保ちつつ，ほぼ一定に保たれていることが分かった。なお，表8は記載の項目以外に輸出入等のデータを省略しているため，販売量と生産量の差と在庫量の増減が一致しない月がある。

d) 愛知県内のA重油想定在庫量

以上により，愛知県内のA重油在庫量は，全国の在庫に対する販売量の全国比と同等と仮定し，式[7]を求めた。

$$(\text{愛知県在庫量})[\text{kL}] = (\text{全国在庫量})[\text{kL}] \times 0.046 \quad [7]$$

計算の結果，表8右側に示す通り，2022年度の月末時点の在庫で30.8～36.0千kLであった。

(3) 愛知県内の重要拠点での使用可能日数

愛知県内のA重油の想定在庫量，および表3による重要拠点での燃料消費量から算出した使用可能日数を表8に併せて示す。結果，電力供給途絶時における愛知県内の重要拠点の非常用発電機に対する使用可能日数は34.7～40.5日分である。ただし，この値は発災時の在庫量が4.(2)d)に示す範囲にあるとして算出したものであり，日々の変動を考慮していない。これについては，7.(2)で後述する。

5. 重要拠点に向けた輸送力

(1) 南海トラフ地震後の道路啓開計画

愛知県を含む中部地方の太平洋側3県では，南海トラフ地震後の道路復旧に向け，第3章で既出の中部版「くしの歯作戦」，さらに名古屋市ではこれを補完するための「名古屋市道路啓開計画」を制定している。この中で，重要拠点である自治体庁舎，災害拠点病院に対しては，人命救助のための拠点であることから，表9に示す通り優先的に道路啓開を行い，緊急輸送用車両の通行を可能とすることが定められている。中部版「くしの歯作戦」におけるSTEP1からSTEP3の目的を表9に付記すると共に，図2に具体的なルートを示す。本作戦では南海トラフ地震による津波被害を想定しており，発災当日は被災地域外からの支援を可能とするため高速道路，主要幹線

表9 人命救助のための救護ルート確保へのステップ（中部版くしの歯作戦）

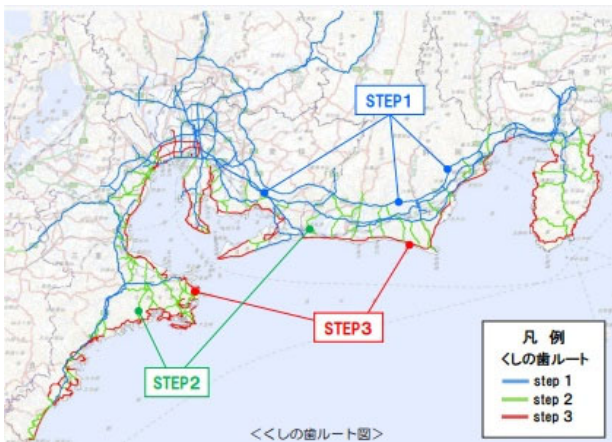
STEP	目的	選定ルート	令和元年 当時目標
STEP1	広域支援 ルートの 確保	○全ての高速道路，都市高速， 国直轄国道（浸水地域を除く） ○ダブルネットワーク確保，緊急 交通路指定（発災時に一般車両 の通行の禁止・制限を行う路線 と区間）	24 時間
STEP2	被災地 アクセス ルートの 道路啓開	○沿岸沿いの地域の道路啓開を 迅速に行うため，「STEP1」， 「STEP3」の候補ルート及び 重要拠点等を効率的に結び比較 的耐震性の高いルートを選定 (STEP1の候補ルートから各市町 村へ最低1ルート選定)	48 時間
STEP3	沿岸沿い ルートの 道路啓開	○沿岸ルート等，被害が甚大で 孤立の危険性が高いエリアを 通るルートを選定	72 時間

参考文献9)に基づき作成

表 10 国内および愛知県内のタンクローリー所有数

地域	車種	第二石油類 (灯油, 軽油)						第三石油類 (A 重油)					
		自家用	営業用	計	構成比	想定平均輸送容量	想定輸送可能量	自家用	営業用	計	構成比	想定平均輸送容量	想定輸送可能量
		台	台	台		kL/台	千 kL	台	台	台		kL/台	千 kL
全国	小型車	13,089	103	13,192	32.3%	5	66.0	752	21	773	14.4%	5	3.9
	タンク車	23,567	3,040	26,607	65.2%	15	399.1	2,886	1,549	4,435	82.3%	15	66.5
	セミトレーラー	44	967	1,011	2.5%	20	20.2	18	160	178	3.3%	20	3.6
	計	36,700	4,110	40,810	—	—	485.3	3,656	1,730	5,386	—	—	74.0
愛知県	小型車	4	28	32	2.8%	5	0.2	-	5	5	2.5%	5	0.0
	タンク車	613	191	804	70.5%	15	12.1	94	89	183	91.5%	15	2.7
	セミトレーラー	304	1	305	26.7%	20	6.1	12	-	12	6.0%	20	0.2
	計	921	220	1,141	—	16.1	18.3	106	94	200	—	15.1	3.0

参考文献 24) に基づき作成



出典) 参考文献 9) より引用

図 2 中部版「くしの歯作戦」ルート図

道路等の「広域支援ルート」を啓開する STEP 1, 2 日目は STEP 1 で啓開された主要道路から被災地に向かう道路を「被災地アクセラルート」として啓開する STEP 2, 次いで沿岸ルート, および人命救助, 緊急物資輸送を行うためのアクセスルートを確保する STEP 3 の 3 段階で構成されている。

(2) 輸送に用いる車両

a) 国内および愛知県内のタンクローリー保有数

非常用発電機の燃料として使用比率の高い A 重油, および軽油について, 運搬に必要なタンクローリーの愛知県内での保有台数を全国, 愛知県別に調査した。軽油は第二石油類, A 重油は第三石油類に分類され, 各々で使用できるタンクローリーが異なる。国土交通省による自動車保有車両数の調査結果²⁴⁾ から, 用途別に自家用, 営業用, 車種別に小型車, タンク車, タンクセミトレーラー (以下, セミトレーラー) から 2022 年 3 月末時点での車両台数を確認した。表 10 に示す通り, 愛知県内では, 第二石油類用 1,141 台, 第三石油類用 200 台を保有している。

b) タンクローリーの輸送能力の推定

タンクローリー 1 台当たりの平均輸送容量は, 前出の自動車保有車両数の調査結果, および資源・エネルギー庁

による都道府県別タンクローリー数の調査結果 (2018 年 3 月末)²⁵⁾ を併用して推定した。前者に記載の第三石油類用途の車両の全国構成比, 後者に記載の黒油用⁽²⁾ タンクローリーの全国構成比を比較した結果, 前者の小型車 (構成比 14.4%) を後者の 10kL 未満 (同 13.2%), タンク車 (構成比 82.3%) を 10kL 以上~15kL 未満, および 15kL 以上~20kL 未満の合計 (同, 計 82.8%), セミトレーラー (構成比 3.3%) を 20kL 以上 (同 4.0%) と区分することが適切と判断し, 表 11 に示す通り, 想定平均輸送容量をそれぞれ 5kL/台, 15kL/台, 20kL/台と設定した。さらに, 保有車両数を乗じて想定輸送可能量を算出した。その結果, 愛知県内では, 想定平均輸送容量は第二石油類で 16.1kL/台, 第三石油類で 15.1kL/台, 想定輸送可能量は, 第二石油類で 18,300kL, 第三石油類で 3,000kL であった。

表 11 都道府県別タンクローリー数 (集計表)
(平成 30 年 3 月; 資源・エネルギー庁)

地域	容量	黒油 ⁽²⁾	構成比	想定平均輸送容量
		台		
全国	10 kL 未満	136	13.2%	5
	10 kL 以上~15 kL 未満	400	82.8%	15
	15 kL 以上~20 kL 未満	452		
	20 kL 以上	41	4.0%	20
	計	1,029		-
愛知県	10 kL 未満	-	-	5
	10 kL 以上~15 kL 未満	不明	不明	15
	15 kL 以上~20 kL 未満	27		
	20 kL 以上	-	-	20
	計	40		-

参考文献 25) に基づき作成

6. 重要拠点の燃料需要に対する在庫量、輸送力の評価

(1) 重要拠点の燃料消費量と在庫量

表 3 に示す通り、電力途絶による非常用発電機の想定燃料消費量は、愛知県内の自治体庁舎 77 箇所（3.3kL/(日・箇所)）、災害拠点病院 37 箇所（17.4kL/(日・箇所)）、合計 888kL/日である。また、式 7 の通り、愛知県内の A 重油の在庫量は、全国の在庫の約 4.6%であると想定し、2022 年度は各月 30.8~36.0 千 kL であった。これは、全重要拠点における非常用発電機の想定燃料消費量の 34.7~40.5 日分である。

以上より、重要拠点での備蓄要件の 72 時間分を除いても、南海トラフ地震による被害想定での電力復旧期間の 1 週間分を上回っていることが分かった。

(2) 重要拠点への必要供給量と輸送力

タンクローリー 1 台での単純平均に基づく輸送可能な燃料は、A 重油では表 10 の通り 15.1kL であり、これは自治体庁舎の平均燃料消費量 3.3kL/(日・箇所)の 4.1 日分、災害拠点病院 17.4kL/(日・箇所)の 20.8 時間分となる。

燃料等の 72 時間（3 日）分の備蓄量を使い切る前に、中部版「くしの歯作戦」に基づいて道路啓開され、愛知県内のタンクローリーを使用して製油所・油槽所から重要拠点へ燃料を輸送する場合、重要拠点での電力途絶時の要件である 72 時間（3 日）分の燃料を輸送する場合の試算結果を表 12 に示す。自治体庁舎全 77 箇所向けには 50.0 回、災害拠点病院 37 箇所向けに 125.7 回の輸送が必要であることが分かった。実際の走行距離、交通状況にも依存するが、これは愛知県内のタンクローリー 200 台に対し 88%に相当する稼働である。

以上により、重要拠点への燃料搬送のための輸送力を確保できるタンクローリーを物的に所有していることが分かった。

表 12 道路啓開後のタンクローリー必要稼働数

	拠点数	燃料 使用量	1 日分 輸送	3 日分 輸送
	箇所	kL/日/箇所	回	回
自治体庁舎	77	3.3	16.7	50.0
災害拠点病院	37	17.4	42.6	125.7

7. 重要拠点への燃料供給に向けた課題と対策

(1) 被害想定と重要拠点での備え

本報では、内閣府の南海トラフ地震に伴うライフライン被害想定に基づき、電力の復旧期間を 1 週間とした。重要拠点の備蓄は、人命救助のための特に重要な期間として内閣府の手引き、災害拠点病院指定要件で定められている 72 時間（3 日）とした。なお、72 時間以上の備蓄は、重要拠点ごとの個別判断による。

中部版「くしの歯」作戦、および名古屋市道路啓開計画に基づく製油所・油槽所と重要拠点間のタンクローリーの通行を、72 時間以内に可能とすることが必須である。

なお、重要拠点向けの搬送車両は、災害時に緊急輸送車両として優先的に通行できるが、所轄の警察署への事前届出²⁶⁾を行うことが定められており、災害時に直ちに

緊急走行を行うため、通常時に届出を完了しておく必要がある。

(2) 燃料の在庫

愛知県内の A 重油の製油所・油槽所での在庫量について、公表データとして得られた 2022 年度の月末値に基づいて試算した。その結果、南海トラフ地震の被害想定での停電期間 1 週間に対し、愛知県内の全重要拠点における非常用発電機の消費燃料の 34.7~40.5 日分であった。表 8 の通り、平常時は販売量に応じて生産量を増減させて在庫量をほぼ同等としている傾向が見られるため、日ごとの在庫量の最小値も月末在庫量に対して大きく減少することはないと考えられるが、実態については今後精査が必要である。なお、A 重油の販売時に使用できるタンクローリーの 1 稼働当りの輸送可能量の合計は全国で 74.0 千 kL、愛知県で 3.0 千 kL（表 10）と試算した。これは月末在庫量の 9.4~11.0%であり、重要拠点における燃料需要の 3.3~4.5 日分に相当する。

(3) タンクローリーによる燃料の輸送

愛知県内の重要拠点における非常用発電機の燃料輸送は、重要拠点と製油所・油槽所間の道路啓開が 72 時間以内に完了していることが不可欠の条件である。併せて、重要拠点では、発災後 72 時間に近づいた頃に燃料の需要が集中することが懸念される。

よって、発災後の重要拠点に向けた燃料輸送について、道路の啓開状況に応じた輸送計画、さらに発災後に重要拠点での備蓄量を把握して、輸送計画を調整できる仕組みを策定しておく必要がある。

8. おわりに

南海トラフ地震発生時の人命救助、復旧に向けた活動の確実な実施に資する研究の一環として、発災後のエネルギー確保に関する調査、検討を実施した。本報では、愛知県内の電力途絶を例に、自治体庁舎、災害拠点病院における非常用発電機の燃料を円滑に供給するため、消費量、在庫量、輸送手段について現状、および課題を明らかにした。

(1) 被害想定と重要拠点での備え

a) 重要拠点での備蓄と被害想定との差異

ライフライン途絶を想定し、電力については非常用発電機の設置ならびに 72 時間分の燃料備蓄が要件となっているが、南海トラフ地震の被害想定では復旧まで 1 週間程度を要する。

b) 非常用発電機用燃料の需要と在庫量

非常用発電機の燃料として約 79%の拠点で使用されている A 重油について、愛知県内の重要拠点での消費量と製油所・油槽所等での在庫量を定量化した。発災により、愛知県および隣接県の 3 か所の製油所は 1 か月程度の生産停止が想定されるが、重要拠点での非常用発電機での需要に対し、30 日以上以上の在庫を有していることを確認した。

c) 重要拠点への燃料の輸送

愛知県内に、A 重油の輸送に使用できる第三石油類用のタンクローリーが約 200 台保有していることを確認し、その輸送能力は合計で約 3,000kL 分と試算した。また、全重要拠点に向けて非常用発電機 72 時間（3 日分）の輸

送を行う場合、88%の稼働が必要との結果を得た。

d) 道路啓開計画

製油所・油槽所等から重要拠点に向けた道路は、中部版「くしの歯作戦」、名古屋市道路啓開計画の「人命救助のための拠点アクセスルート」として、発災後72時間以内に啓開され、緊急輸送車両が通行できることが必要であることを確認した。

(2) 他地域、電力以外への適用

本報では愛知県内における電力の途絶を例としたが、公表データを用いた調査に基づく考察の枠組みは他の地域、エネルギーの場合にも適用可能である。

(3) 今後の検討課題

a) 復旧期間が想定と異なる場合の方策

本研究では、内閣府の被害想定に基づき、電力を例に復旧期間を1週間、また、中部版「くしの歯作戦」および名古屋市道路啓開計画による、72時間以内にすべての重要拠点に向けての燃料輸送が可能となることを想定した。しかし、2011年3月11日に発生した東日本大震災では、沿岸部から離れた東北道、国道4号は翌3月12日には緊急輸送道路としての利用ができるまでに啓開されたが、沿岸部に近い国道6号、国道45号の啓開は1週間後の3月18日(97%)であった²⁷⁾。よって、今後道路啓開が遅延した場合の方策、およびライフライン途絶期間が延伸した場合の他地域からの受援も含めた検討を行う。

b) 輸送力を確保するための措置

タンクローリーは、道路交通法上の大型車両、消防法上の危険物取扱施設であり、大型(1種、2種)等の車両に伴った運転免許、および危険物取扱者の資格が必要である²⁸⁾。さらに、ポンプ操作、ホース接続等の技能の習熟も必要であり、タンクローリーのドライバーは、通常時でも運転、操作できる人材に限られている。

総じて、タンクローリーによる確実な輸送のため、運用計画には発災後のドライバーの安否確認、確保について検討を行う。

c) 重要拠点に向けた燃料輸送計画

製油所・油槽所等から重要拠点までの燃料輸送について、発災からの時間経過、供給元から個別重要拠点までの距離や時間、さらにドライバー、タンクローリー、道路啓開の状況に応じた計画を策定する。

d) 燃料在庫量の更なる精査

本報での試算は、公表データとして、月末時点の在庫量に基づいて実施した。通常時の日ごとの在庫量は、製造、受入、出荷等により増減するため、石油元売会社、販売会社へのヒアリングなどの実態調査による精査を行う。

e) 発災時のエネルギー確保のための方策検討

総じて、南海トラフ地震後の人命救助、復旧段階での関連死の防止、事業活動の早期再開に資するため、エネルギーの種類、配置、輸送について検討を進めていく。

補注

(1) 愛知県内の災害拠点病院数について

中部版「くしの歯作戦」(令和5年5月改訂版)には、令和4年4月に災害拠点病院の指定を受けた「藤田医科大学 岡崎医療センター」が未反映であったため、当該病院の位置が地図内に

含まれる地域のうち、暫定で幸田地域に加えて検討した。

(参考)

<https://okazaki.fujita-hu.ac.jp/about/base-hospital/dts2c90000002961.html>

(最終閲覧日:2023年8月6日)

また、名古屋市では、「名古屋市道路啓開計画」を含む防災計画において、災害医療活動拠点として「名古屋市立大学附属みどり市民病院」が含まれている。よって、本報告では災害拠点病院36箇所、本病院も加えた37病院で検討した。

(2) 石油製品の「黒油」について

石油業界では燃料を色相により大別して白油、黒油と呼ぶことがあり、重油類には残留炭素分を含んだ残渣油が調査されており、色相が茶褐色または黒っぽいことから黒油と呼ばれる。

(参考)

(独)エネルギー・金属鉱物資源機構;石油・天然ガス資源情報、用語一覧、白油・黒油。

<https://oilgas-info.jogmec.go.jp/termlist/1000652/1000725.html>

(2023年8月6日最終閲覧)

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学技術試験研究委託事業「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」によって実施されました。また、独立行政法人国際協力機構の西川智氏には、事業継続に関わることご指導を頂きましたことに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 内閣府策統括官(防災担当):南海トラフ巨大地震の被害想定について(施設等の被害)【定量的な被害量】、第1章、2019。
- 2) 一井康二、奥村与志弘、伊藤大輔:災害時の非常用燃料供給における課題抽出、社会安全学研究 No.12, pp.21-30, 2022。
- 3) 上道茜、八木正彰、山崎由大、金子成彦:経済性・環境性・レジリエンス性を考慮した分散型電源機器導入量決定のための多目的最適化ツールの開発、エネルギー・資源学会論文誌、Vol.39 No.6, pp.6-18, 2018。
- 4) 内閣府(防災担当):大規模災害発生時における地方公共団体の業務継続の手引き、pp.25, 61-70, 2023。
- 5) 厚生労働省医政局長:災害拠点病院指定要件の一部改正について、各都道府県知事への通達、2023。
- 6) 国土交通省 近畿地方整備局:阪神・淡路大震災の経験に学ぶ震災時における社会基盤のあり方について、国土交通省 近畿地方整備局ホームページ、pp.9-28, 2002。
<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daijishinsai/1.html>
(最終閲覧日:2023年8月6日)
- 7) 愛知県;愛知県ホームページ、愛知県内市町村の公共施設等総合管理計画について、公共施設等総合管理計画一覧市町村(政令市を除く)、各市町村ホームページ。
※以下の URL より各市町村のリンクを閲覧、または記載の市町村の URL を検索して確認
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/shichoson/28kokyosogokanrikeika-ku.html>
(最終閲覧日:2023年8月6日)
- 8) 名古屋市:名古屋市公共施設白書(第2版)資料編 施設カルテ【一般施設】、pp.283-291, 2017。

- 9) 中部地方幹線道路協議会：中部版「くしの歯作戦」（令和 5 年 5 月改訂版）【道路啓開オペレーション計画】，2023.
- 10) 名古屋市：道路啓開について，名古屋市道路啓開サポートマップ，名古屋市ホームページ，
www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/page/0000092697.html
(最終閲覧日：2023 年 8 月 6 日)
- 11) 愛知県；愛知県ホームページ，保健医療局健康医務部医務課「1. 災害拠点病院」，pp.10-1 - 10-2, 2022.
https://www.pref.aichi.jp/bousai/boukei/fuzoku/04fuzoku/22_fuzoku_u_10.pdf
(最終閲覧日：2023 年 8 月 6 日)
- 12) (一社)日本内燃力発電設備協会；災害時における非常用自家発電設備の稼働状況とその計画，設置，保守管理上の留意点，内発協ニュース，pp.9-20, 2020.
- 13) 総務省消防庁；災害時非常用電源設備に係る実態調査の結果，災害時非常用電源設備の強化等に係る危険物施設の安全対策のあり方に関する検討会，第 2 回，資料 2-1, 2016.
- 14) 堀英祐，井上友理，関野正人，長谷見雄二；災害時医療に係る医療機器負荷特性に関する調査研究，日本建築学会環境系論文集 第 81 巻第 725 号，pp.625-632, 2016.
- 15) (一社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会；建築物エネルギー消費量調査報告【第 45 報】 調査期間（2021 年 4 月～2022 年 3 月），pp.26, 2023.
- 16) 崔錦丹，佐土原智，吉田聡，稲垣景子；東京都における自立分散型電源の導入拠点の構築に関する研究，地域安全学会論文集，Vol.19, pp.39-49, 2013.
- 17) 資源エネルギー庁；石油備蓄の現況（令和 5 年 5 月末），集計結果又は推計結果，統計表一覧，2023.
- 18) 赤松隆，山口裕通，長江剛志，稲村肇；東日本大震災後の東北地域における石油製品不足と輸送実態の把握，運輸政策研究，Vol.16, No.1, pp.31-41, 2013.
- 19) 石油連盟；製油所の所在地と原油処理能力(2022 年 3 月末現在)，統計資料リスト，2022.
- 20) 橋富彰吾，河田恵昭；南海トラフ巨大地震による石油燃料の供給支障～製油所の原油処理能力の低下～，災害情報，No.14, pp.154-163, 2016.
- 21) 経済産業省；I 時系列表，石油統計 統計表一覧 確報（資源・エネルギー統計（石油））(1) 時系列表，2021-2023.
- 22) 石油連盟；都道府県別販売実績(2023 年 7 月末現在)，統計資料リスト，2023.
- 23) 経済産業省；局別貯油設備（集計表）令和 2 年 3 月末時点，石油設備調査，2020.
- 24) (一財)自動車検査登録情報協会；形状別 自動車保有車両数（監修・国土交通省自動車局），pp.4-5・140-141, 2022.
- 25) 資源エネルギー庁；都道府県別タンクローリー数（集計表），調査の結果(石油設備調査) 統計表一覧，2018.
- 26) 愛知県警察；警察行政手続サイト（緊急通行車両事前届出・規制除外車両事前届出），愛知県警察ホームページ，緊急通行車両等事前届出，2022.
- 27) 東北地方整備局；震災伝承館 年表，東北地方整備局 ホームページ 東日本大震災 経緯。
<http://infra-archive311.jp/history.html>
(最終閲覧日：2023 年 8 月 6 日)
- 28) 国土交通省；自動車運送事業者が事業用自動車の運転者に対して行う一般的な指導及び監督の実施マニュアル《第 2 編 本編：一般的な指導及び監督指針の解説》トラック事業者編，pp.49-55, 2023.

(原稿受付 2023.8.26)

(登載決定 2024.1.20)