2018 年 3 月期

関西大学審査学位論文

南海トラフ巨大地震によるわが国の石油精製能力低下にともなう需給支障に関する研究

関西大学大学院

社会安全研究科

14D7504　橋冨彰吾

要旨

南海トラフ沿いでは、684 年の白鳳地震以来、歴史記録に残るだけでも 9 回の巨大地震を伴う活動が発生したとされている。これらの地震のうち、正平地震以降の地震は約 100~150 年間隔で発生している。昭和 21 年（1946）年 12 月 21 日に発生した昭和南海地震を最後に南海トラフ沿いでは巨大地震は発生していない。しかし、昭和東南海地震から既に 71 年経過し、次の南海トラフ沿いの巨大地震発生が近づきつつあると考えられている。

平成 23（2011）年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、当時ほとんど想定されていなかった M9 クラスの巨大地震が日本海溝沿いで発生し、地震の強い揺れと巨大な津波が東北地方の太平洋沿岸部を中心に各地を襲った。この地震・津波災害により、東北地方から関東地方の製油所が操業停止を余儀なくされた。特に、東北地方唯一の製油所は津波による被害が著しく、完全復旧までに 1 年間を要している。一方、東日本大震災は東北地方を中心に被害をもたらしたため、製油所が多く立地している関東から西の地域ではほとんど被害が無かった。そのため、燃料が被災地に届いたかどうかは別としても被災地向けに燃料を増産することができた。ところが、南海トラフ沿いで巨大地震が発生するとそのような、被災地外の製油所が被災地の燃料供給に対応できるとは考え難い。

本研究では、南海トラフ沿いの巨大地震について、M9 クラスの南海トラフ巨大地震と安政東海・安政南海地震のような 2 つの地震が時間差で発生するケースを想定し、それぞれの地震が発生した場合の国内の原油処理能力の推移を検討した。国内の原油処理能力は、前者のケースは強震動生成域 4 ケースと津波ケース 5 パターンの組み合わせ全 20 ケースについて原油処理能力の推移を推定した。そして、南海トラフ巨大地震が各月 1 日に発生した場合の原油処理能力不足量を推計した。その結果、中長期的には津波ケース④（四国沖に大すべり域＋超大すべり域）が発生した場合が最悪であると想定された。この結果は、国の被災想定で 32 万人が亡くなるとされた地震津波ケースとはまったく別の地震津波ケースであった。

後者は広域東海地震（東海・東南海地震）と南海地震が時間差で発生するもので、この時間差を変化させることで原油処理能力の推移がどのように変化するのか推定を行った。広域東海地震発生日を各月 1 日とし、南海地震発生日は広域東海地震発生当日、発生 15 日目、同 30 日目、同 60 日目、以降 30 日刻みで 990 日目までのケースの組み合わせ全 420 ケースを推定した。そして、被災後の原油処理能力が平常時の原油処理量に対して不足する日数（原油処理能力不足日数）と被災後の原油処理能力が推計期間中で最後に平常時の原油処理量を下回った日（原油処理能力不足最終日）を調べた。その結果、原油処理能力不足日数は、南海地震発生から 360～390 日目を境に傾向が異なることが分かった。また、原油処理能力最終不足日に関しては、南海地震発生日が同じケースの中では原油処理能力最終不足日が最も遅く訪れるケースは必ず推計期間の最終日であることが分かった。

また本論文では、南海トラフ沿いの巨大地震が時間差で連発するケースにおける時間差

の長さは南海トラフの東側の地震のマグニチュードで決まるという仮説を提案した。その仮説に基づいて、広域東海地震のマグニチュードごとの時間差を推定したうえで時間差に応じた原油処理能力不足日数と原油処理能力最終不足日を算出した。

目次

序論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.1
第１節　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.1
第２節　論文構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.2
第３節　用語等について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.2
（１）地震・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.2
（２）単位・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.2
（３）地方区分・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.3
（４）石油元売り会社・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.3
第１章　石油精製施設と歴史・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.5
第１節　製油所と石油の流通・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.5
（１）製油所・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.5
（２）製油所の分布傾向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.6
（３）流通経路・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.7
a）ガソリンの流通経路・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.7
b）空港等大規模な燃料消費施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.7
第２節　戦前までのわが国の石油利用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.9
第３節　第二次世界大戦と占領期―戦略資源としての石油、戦略目標としての製油所―
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.10
（１）戦争遂行能力と石油の位置付け・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.10
（２）本土空襲と製油所の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.11
（３）GHQ の占領統治政策における製油所の扱い・・・・・・・・・・・・・・・p.15
（４）製油所の操業再開後・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.15
第４節　戦後の日本の石油需要　―石油需要の増大と製油所の変遷―・・・・・・・p.16
第５節　２度の石油危機と石油備蓄・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.19
（１）石油危機・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.19
（２）わが国の石油備蓄・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.21
（３）東日本大震災と石油備蓄・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.21

第２章　東日本大震災による石油燃料の供給支障と製油所の被害・・・・・・・・・・p.23
第１節　製油所と自然災害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.23
（１）新潟地震・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.23
（２）阪神淡路大震災・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.24
（３）平成 11 年台風 18 号・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.25
（４）平成十勝沖地震・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.26

（５）第拾雄洋丸事件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.27
第２節　東日本大震災による石油燃料の供給支障・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.29
（１）東北地方太平洋沖地震・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.29
（２）製油所の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.30
（３）先行研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.31
（４）東日本大震災と原油処理能力の低下・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.33
（５）東日本震災で発生した課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.38

第３章　南海トラフ沿いの巨大地震の発生特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.39
第１節　南海トラフ沿いでこれまでに発生した地震・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.39
第２節　国が想定する南海トラフ巨大地震・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.43
第３節　南海トラフの巨大地震が時間差発生するケース　―マグニチュードと時間差の
関係性―・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.45
（１）広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係・・・・・・・・・・・・・・・・p.46
（２）南海地震のマグニチュードと時間差の関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.55
第４節　むすびに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.58

第４章　南海トラフ巨大地震による原油処理能力の低下・・・・・・・・・・・・・・・・p.60
第１節　推計対象と推計方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.60
（１）推計対象・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.60
a）ハザード・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.60
b）対象施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.60
（２）推計方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.60
第２節　推計結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.61
（１）国内原油処理能力の推移・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.61
（２）地方別原油処理能力の推移の特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.70
a）関東地方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.70
b）中部地方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.71
c）関西地方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.72
d）中国地方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.74
e）四国地方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.75
f）九州地方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.76
第３節　推定結果からみられる被害の特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.76

第５章　南海トラフ沿いの巨大地震が時間差発生した場合の原油処理能力の推移・・・p.77
第１節　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.77

第２節　推計方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.78
（１）原油処理能力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.78
（２）原油処理要求量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.79
（３）原油処理能力不足日数と原油処理能力最終不足日・・・・・・・・・・・・・p.80
第３節　推計結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.80
（１）原油処理能力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.80
（２）国内原油処理能力の推移・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.81
（３）原油処理能力不足日数と原油処理能力不足最終日の推移・・・・・・・・・p.82
a）原油処理能力不足日数・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.82
b）原油処理能力最終不足日・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.84
（４）広域東海地震発生から１年間の原油処理能力と年間原油処理量の差・・・・p.87
第４節　製品面での影響・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.87
第５節　広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係を用いた推計・・・・・・・p.90
第６節　本研究の成果の応用により期待されること・・・・・・・・・・・・・・・・p.92
第７節　むすびに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.94

結論・・p.95

謝辞・・p.97

参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.98

WEB サイト資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・p.100

序論

第１節　はじめに

南海トラフでは有史以来 M8 クラスの地震を伴う活動が少なくとも 9 回あったことが知られている。この南海トラフでは 100～150 年間隔で巨大な地震が発生している。最近の活動が昭和 19（1944）年～同 21（1946）年であり、既に 70 年以上経過している。そのため、100～150 年間隔であれば、次の南海トラフの巨大地震発生も近づきつつあると考えられている。

南海トラフで発生が懸念されている地震は、M8～M9 クラスの巨大地震であり、強い揺れと巨大な津波が西日本を中心に国内の広範囲で観測されると考えられている。関東地方から西の太平洋岸、瀬戸内海沿岸部には大都市や工業地帯、発電所や製油所、ガス工場など重要な施設が点在している。特に、製油所は国内で操業しているもののほとんどが関東から九州までの地域にあり、太平洋とつながる湾内や瀬戸内海沿岸部で操業している。そのため、南海トラフ沿いで巨大地震が発生すると製油所の多くは強い揺れと津波に遭遇することになる。

わが国の歴史上、国内の製油所が広範囲で破壊され供給支障が発生した事例はほとんどない。かろうじて、第二次世界大戦時の米軍による空襲被害ぐらいであろう。しかし、平成 23（2011）年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、国内で操業していた製油所 27 ヵ所中 6 ヵ所が操業を停止した。この 6 ヵ所の製油所は東北地方と関東地方に立地しているもので、中部地方以西の製油所と北海道の製油所は無事であった。そのため、被災直後からこれらの残存製油所が燃料供給を支えた。

南海トラフ巨大地震が発生すると東日本大震災と同じように、被災していない地方の製油所が被災地の分も供給するという方法は難しいと考えられる。これは日本国内の製油所の多くが南海トラフ沿いの巨大地震による影響を受ける立地となっているからである。国内の製油所が多数被災すると、単なる燃料の供給支障だけでは済まない大きな問題となる。製油所では石油化学工業において基礎にあたる物質エチレンの製造に必要なナフサを製造している。このナフサの供給が途絶えると、石油化学製品の多くが製造できなくなる恐れがある。そして、様々な分野で原材料や資材等が入手できず、産業そのものが大きなダメージを受けてしまう恐れがある。

本研究は南海トラフ沿いの巨大地震が発生した場合に製油所が被災しどのくらい原油処理能力が低下するのか、また、どのくらいの期間、平常時の処理量を処理できなくなるのかを推計することで、南海トラフ沿いの巨大地震がいかにこの国の石油供給にとって危険な存在かを明らかにする。なお、製油所復旧に必要な資機材や人材等の過不足による復旧期間の変動や備蓄の放出などは考慮されていない。1 度に多くの製油所や石油化学工場が同時に被災した場合、これらの復旧に必要な資機材や人員が満足に確保できるかは本研究では検討していない。そして、被災前と被災後では石油製品の需要には変化が生じる可能性

が十分にある。しかし、本研究ではその点についても触れておらず、あくまで平常時の需要を賄うことができるかという視点に立っている。したがって、本研究はあくまで基礎的な段階の研究である。

第 2 節　論文構成

本論文では､第 1 章でわが国における近代以降の石油と製油所の歴史について概観する。その中でも、第二次世界大戦の空襲被害については、東日本大震災以上の原油処理能力の低下（割合）であったため、詳しく記した。第 2 章では、まずわが国で発生した自然災害による製油所の被災について 4 つの事例を記した。また、自然災害ではないが南海トラフ巨大地震が発生すると再び発生しかねない事故事例も 1 件だけであるが取り上げた。東日本大震災時の製油所の被害と石油燃料の供給支障について、先行研究をもとに記述する。第 3 章では、南海地震と広域東海地震の間に生じる時間差について、地震マグニチュードと時間差の関係を解析した。第 4 章では、南海トラフ巨大地震が発生した場合の製油所の被害と原油処理能力の推移について、津波ケース基本 5 パターンと強震動生成域 4 ケースを組み合わせた 20 ケースについて分析した。第 5 章では南海トラフで南海地震と広域東海地震が発生した場合の製油所の被災と原油処理能力の推移について時間差の長さごとに分析した。

第 3 節　用語等について

（1）地震

本稿では「南海トラフ巨大地震」は M9 クラスの巨大地震で国の中央防災会議が想定の対象としているものを指し、「南海トラフ沿いの巨大地震」と呼称している場合は、南海トラフで発生する M8～9 の巨大地震を言い、東海地震、東南海地震、南海地震を包含している。「広域東海地震」と呼称している場合は、東海地震と東南海地震が連動した場合を指している。

この他、昭和東南海地震と昭和南海地震を一括りに表記する場合は「昭和地震」、安政東海地震と安政南海地震を一括りに表記する場合は「安政地震」とする。また、時間差で発生するような発生形態をとるものを「安政型」と称し、南海トラフ巨大地震のように東西が一斉に連動する発生形態をとるものを「宝永型」と称する。

（2）単位

原則として原油処理能力および原油処理量とこれらに付随する項目については BD（バレル/日）を用いた。また、製品については一般的にキロリットルが用いられていることから、キロリットルを使用した。なお、1 バレルは 0.159kl に相当する。バレル、トン、キロリットルの換算は**表 0-1** のとおりである。

表 0-1　単位換算表（原油）

	バレル	トン	キロリットル
バレル	1	0.135	0.159
トン	7.396	1	1.176
キロリットル	6.289	0.85	1

出所：石油連盟 WEB サイト，統計情報　換算係数一覧，（2017 年 7 月 24 日確認）
http://www.paj.gr.jp/statis/kansan/index.html.

（３）地方区分

地方区分は同じ地方区分名を用いていても、省や団体などによってその地方区分に所属する自治体が異なってくるという問題がある。本研究では、石油の販売に関するデータなどは経済産業省の各地方経済産業局および沖縄経済産業部の管轄区域に基づいたデータを中心に使用している。そのため、どの地方にどの自治体が属するのかは、各地方経済産業局および沖縄経済産業部の管轄区域とすることとした。各地方に属する都道府県を表 0-2 にまとめた。

表 0-2　地方区分

地方	都道府県	地方	都道府県
北海道	北海道	中国	岡山・広島・山口・鳥取・島根
東北	青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島	四国	徳島・香川・愛媛・高知
関東	茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・山梨・長野・新潟・静岡	九州	福岡・佐賀・長崎・熊本・大分・宮崎・鹿児島
中部	愛知・三重・岐阜・富山・石川	沖縄	沖縄
近畿	福井・滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山		

出所：経済産業省 WEB サイト，各地方経済産業局へのリンク，（2017 年 11 月 20 日確認）
http://www.meti.go.jp/network/data/b100001j.html.

（４）石油元売り会社

石油業界は再編が進んでおり、企業同士の提携や合併が相次いでいる。本論文では 2015 年 8 月末のデータを用いた。そのため、製油所の所属企業が JX 日鉱日石エネルギー（以降 JX）と東燃ゼネラルは別の扱いとなっている。しかし、平成 29（2017）年 4 月 1 日より、両社は経営統合し JXTG エネルギーとなった[1]。また、平成 28（2016）年 3 月に沖縄県中頭郡西原町の南西石油が石油精製業を廃止した。その後、南西石油は太陽石油の完全子会

[1] JXTG エネルギーWEB サイト（2017），JXTG ネルギー発足式における社長挨拶について，（2017 年 11 月 20 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease_jxtg/2017/20170403_01_1150234.html.

社となっている[2]。これらのことをここに記しておく。

[2] 南西石油株式会社 WEB サイト，沿革，（2017 年 11 月 20 日確認）
https://nanseisekiyu.co.jp/company/.

第 1 章　石油精製施設と歴史

第 1 節

（1）製油所

製油所は原油を蒸留し、ガソリンや石油化学工業の原料となるナフサ（粗製ガソリン）、灯油、軽油、重油、LPG などを精製する施設である。製油所内にはナフサなどの粗製燃料からガソリンや灯油、ジェット燃料といった国内の規格に合わせた製品を製造する装置、燃料としての質を向上させる装置、常圧蒸留装置では分離しにくい成分を分離するための減圧蒸留装置など多くの装置が設置されている（図 1-1）。図 1-1 は出光興産愛知製油所の工程図である。企業や製油所の別を問わず、製油所の工程図はどこもおおよそ似たようなものである。これらの装置群の中でも常圧蒸留装置の処理能力が各製油所の能力として表記されることが多い。日本では原油処理能力の表記はバレル/日（B/D）で表記される。

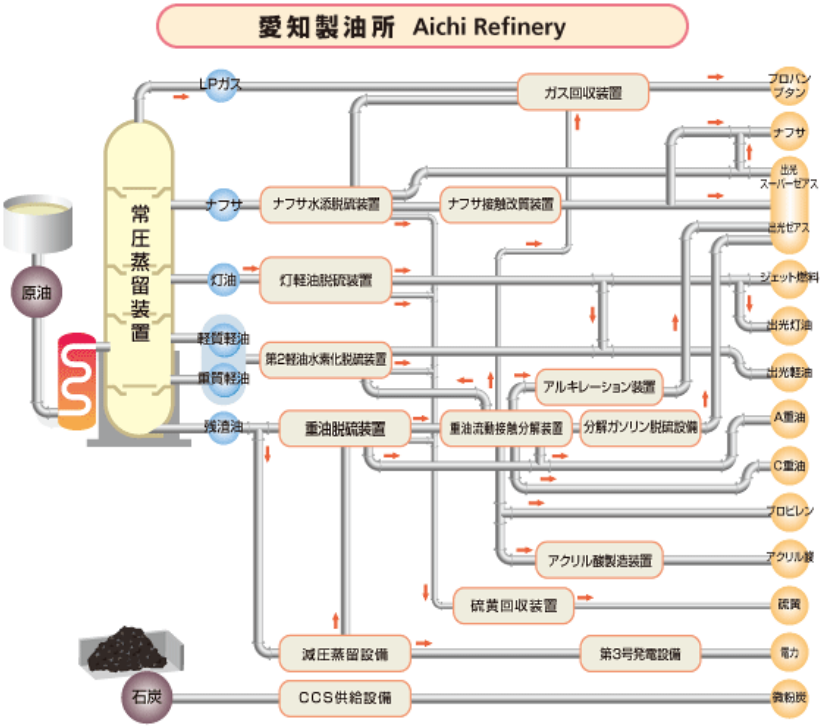

図 1-1　出光興産愛知製油所の生産工程

出所：出光興産 WEB サイト，愛知製油所 | 石油製品フロー，（2017 年 7 月 21 日確認）
http://www.idemitsu.co.jp/factory/aichi/process.html.

基本的に製油所が常圧蒸留装置を中心とした装置群で構成されることはいつの時代も変わらない。しかし、どういった油種の需要が多いかによって使用される原油の種類や設置される装置の規模は変化してくる。現代の日本では、ガソリンや灯油などの需要が非常に

多い。一方、B・C 重油などの重質油の需要は減少傾向にある。そのため、ガソリンや灯油など製造するための成分が多く含まれる軽質原油を用いることが多い。

（２）製油所の分布傾向

わが国の製油所の分布傾向は一定して、太平洋側の沿岸部を中心に設置されている。一時期、日本海側にも増加したが、平成 24（2012）年 12 月に帝石トッピング・プラント頸城製油所が最後の日本海側の製油所として閉鎖された[3]。日本海側の製油所は、新潟や秋田の油田で産出した原油を処理するためのものが多かった。本研究では、2015 年 8 月末の製油所の分布および原油処理能力に基づいている（図 1-2）。

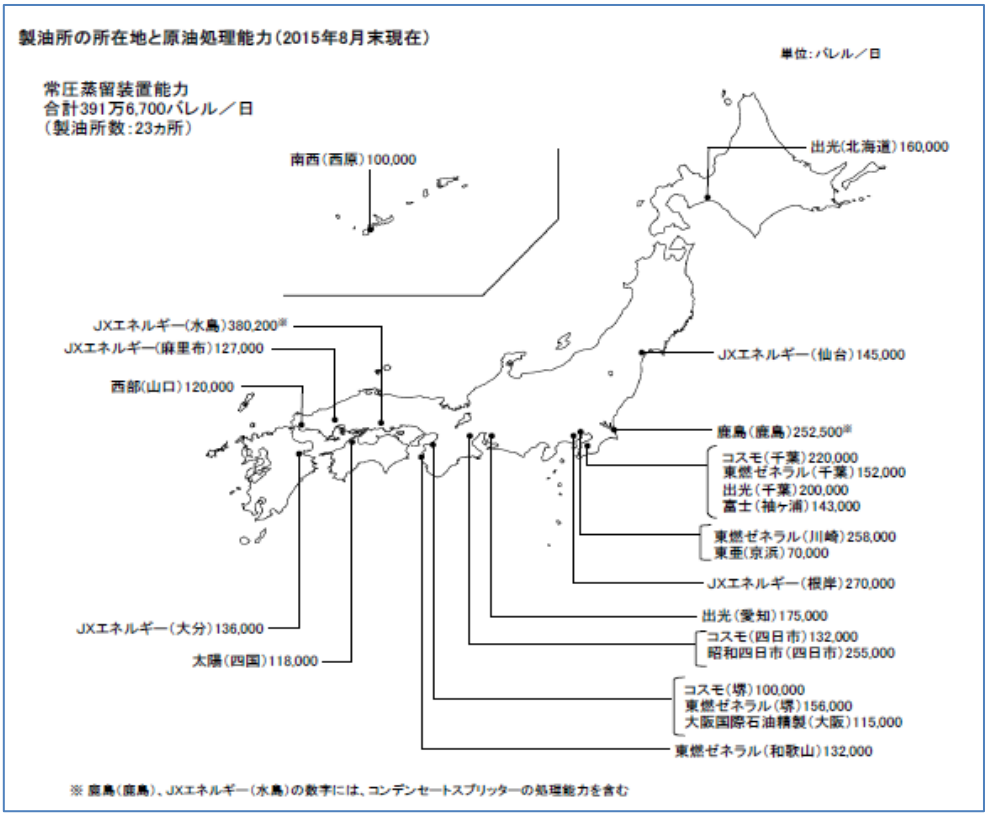

図 1-2　製油所の所在地と原油処理能力（2015 年 8 月末）

出所：石油連盟（2015），製油所の所在地と原油処理能力（2015 年 8 月末），（2017 年 7 月 21 日確認）http://www.paj.gr.jp/statis/statis/data/08/paj-8%E7%B2%BE%E8%A3%BD%E8%83%BD%E5%8A%9B%E4%B8%80%E8%A6%A7201508.pdf.

[3] 国際石油開発帝石株式会社 WEB サイト，帝石トッピング・プラント株式会社　頸城製油所における石油精製事業の終結について（お知らせ），（2017 年 7 月 21 日確認）http://www.inpex.co.jp/news/pdf/2012/20121122.pdf.

なお、現在では沖縄県中頭郡西原町の南西石油が石油精製業を廃止しており[4]、また、いくつかの製油所で原油処理能力が変更されている。

わが国では、石油産業、特に石油精製業が斜陽産業となってしまっている。斜陽産業のため移転や新設などをするような余裕もない。現状では毎年のように製油所の統廃合や原油処理能力の削減が行われている。しかし、斜陽産業であっても石油精製業は産業面からもエネルギー安全保障面からも必要な産業であり、わが国からなくすことはできないという特徴がある。

（３）流通経路

石油製品の流通経路は油種によって様々である。ここでは、一般人に最も身近なガソリンの流通経路と大量に燃料を消費する空港等施設の燃料供給について紹介したい。

a）ガソリンの流通経路

製油所で生産されたガソリンはそのほとんどが最終的にガソリンスタンドに送られて販売される。ガソリンは製油所から内航タンカーで臨海部の油槽所に送られる。油槽所は巨大なタンクをいくつも備えており、各種製品を貯留している。油槽所からはタンクローリーでガソリンスタンドに送られる。内陸部では、製油所や油槽所からタンクローリーや石油輸送列車で内陸油槽所に運ばれたうえでガソリンスタンドにタンクローリーで送られる。この他、製油所からタンクローリーで直接ガソリンスタンドに送る場所も増加している。

b）空港等大規模な燃料消費施設

空港では大量のジェット燃料を必要とする。そのような大量の燃料を消費する場所では上記のような細かな輸送形態ではなく、大量に一度に運び込める体制を整えている。そのため、羽田や中部国際空港、関西国際空港などは内航タンカーで直接運び込むように設備が整えられている。また、成田空港では千葉から専用のパイプラインで燃料が届けられている[5]。在日米軍の基地であり朝鮮国連軍後方司令部[6]が設置されている横田基地の場合、基地内にタンク車用の荷受施設があり、運用されている（**図 1-3**）。**図 1-3** は少し古い写真であるが、2017 年 11 月 25 日時点の Google の航空写真でも停車位置は異なるが運用されていることは分かる[7]。

---

[4] 南西石油株式会社 WEB サイト，前掲. 2016 年 3 月に廃止された。

[5] 成田空港給油施設株式会社 WEB サイト，航空燃料輸送システム，（2017 年 11 月 25 日確認）http://www.naaf.jp/business/transportation/

[6] 外務省 WEB サイト，朝鮮国連軍地位協定，（2017 年 11 月 25 日確認）.http://www.mofa.go.jp/mofaj/na/fa/page23_001541.html.

[7] Google Map,（2017 年 11 月 25 日確認） https://www.google.co.jp/maps/@35.7271353, 139.3490441，257m/data=!3m1!1e3.

図 1-3　在日米軍横田基地の航空写真　出所：Google Map をもとに筆者作成。

このほか、B・C 重油や原油を使用する石油火力発電所でもタンカー用のバースが備えられている（**図 1-4**）。

図 1-4　関西電力御坊火力発電所石油受入桟橋
出所：平成 26 年 9 月 26 日筆者撮影。

第 2 節　戦前までのわが国の石油利用

わが国は古来より石油を産出していた。これは主に自噴していたもので、時の天皇にも燃える水などとして献上されていた。しかし、このような自噴している石油が燃料として全国的に用いられることは無かった。産出地周辺では値段が安かったことから菜種油などの種油を買うことができない貧しい人たち灯火用に利用していた[8]。

石油精製が初めて行われたのは 1848 年のイギリスであり、化学者のジェームス・ヤングが現代の灯油に相当するランプ・オイルを製造し販売したのが始まりとされている[9]。

日本で石油が本格的に利用を開始されるのは江戸時代末期から明治時代に入ってからである。石油ランプがわが国に伝来した後、石油の需要は年々増加した[10]。**図 1-5** は明治元（1868）年から 20 年間の外国正規油輸入高の推移をグラフ化したものである。

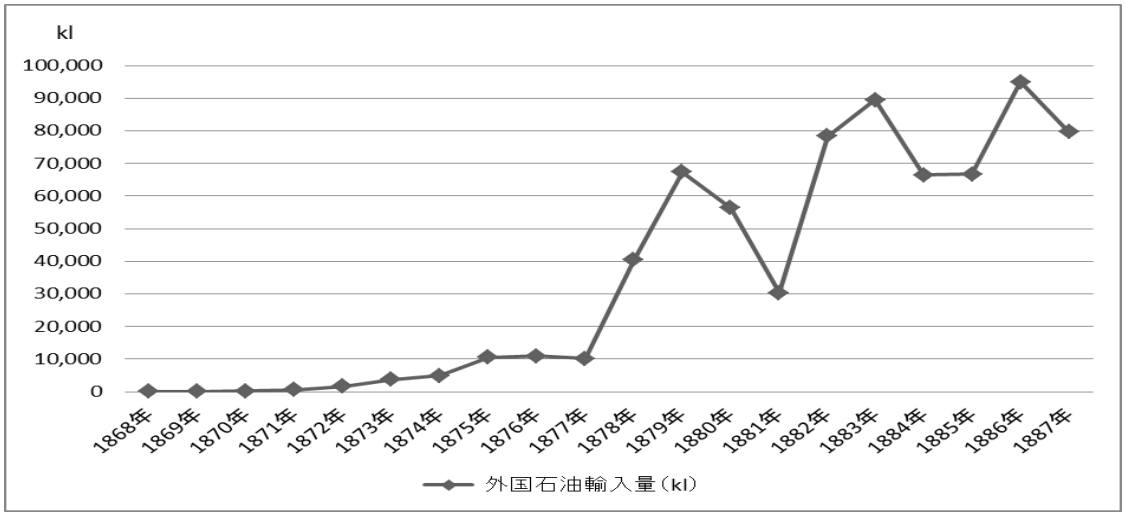

図 1-5　明治時代前半の外国石油輸入量の変化

出所：日本石史編集室編（1958），日本石油史，日本石油株式会社，p.139 をもとに筆者作成。

図 1-5 を見ると西南戦争のあった明治 10（1877）年を境に前半の 10 年と後半の 10 年で様相が大きく異なることが分かる。前半の 10 年間はゆっくりっと輸入量が増加していったのに対して、後半の 10 年間は急激な輸入量の増加となった。しかも、後半の 10 年間は、必ずしも増加一辺倒ではなく、増加と減少の波を伴うものであった。

その後も石油の利用は拡大した。日露戦争後の明治 41（1908）年に南北石油株式会社が神奈川県程ヶ谷で外国産原油を日本で初めて精製した[11]。外国産原油を輸入してガソリンや灯油を精製するスタイルは現代の石油元売り業界の姿そのものである。

---

[8] 日本石油史編集室編（1958），前掲書，p.137.
[9] 同上書，p.103.
[10] 同上書，pp.139-140.
[11] 同上書，p.281.

それから 10 年ほどした大正時代の中ごろには、ガソリンや重油の需要が大幅に増加した[12]。日本でもこの時代に自動車が市中で走るようになった[13]。もちろん、他の欧米諸国からすればごくわずかな台数であっただろうが、民間のガソリン需要が増加したことは間違いない（**図 1-6**）。

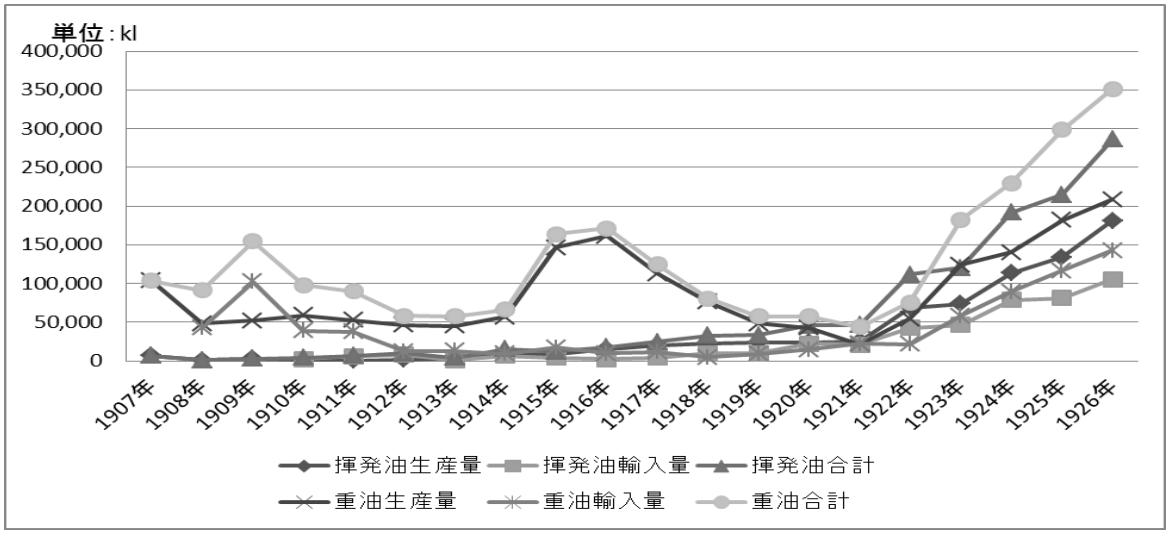

図 1-6　大正時代の揮発油（ガソリン）と重油の供給量

出所：日本石油史編集室編（1958），前掲書，p.281 中の表（石油製品供給高比較）をもとに筆者作成。

図 1-6 を見ると、第一次世界大戦中の大正 3（1914）年～大正 7（1918）年にかけて、重油の供給量が高まっている。大戦初期にはドイツが租借していた青島や南洋（パラオ諸島、トラック諸島（現チューク諸島）、マーシャル諸島など）を攻略した。また、地中海にもイギリスの要請により艦隊を派遣していた。このような軍事作戦では艦船が大量の重油を消費する。また、軍需産業でも消費したと考えられる。そのため、この時期に一時的に重油の供給量が増えたと考えられる。ガソリンの供給量が増えていないのも、日本ではまだ航空機が実戦兵器ではなかったこと、ガソリンを大量消費する自動車を使う戦いが無かったことなどが考えられる。わが国も英仏や独墺と同様の立場であれば、ガソリンの供給量が増えていた可能性はある。

第 3 節　第二次世界大戦と占領期―石戦略資源としての石油、戦略目標としての製油所―

（1）戦争遂行能力と石油の位置付け

近・現代の戦争を遂行する上で燃料は必須である。第二次世界大戦当時、戦車、艦船、航空機のほとんどが石油燃料を利用していた。如何に兵員や物資を前線や要所に迅速に展

[12] 日本石油史編集室編，前掲書，p.281.
[13] 同上書，p.281.

開するか、いかに制空権や制海権を確保するかが重要であった。

日本の場合、主要な石油の購入相手はアメリカであった。昭和 15（1940）年日本が援蒋ルート遮断を意図して北部仏印進駐を、翌年には南部仏印進駐を行った。アメリカは南部仏印進駐に対抗して対日石油禁輸を行った。この対日石油禁輸はわが国の戦争遂行能力に重大な支障をもたらすものであった。まだ、日本では一部の大正時代に建造された艦船などに重油石炭混焼缶搭載のものや石炭専焼缶搭載のものもあったが、ほとんど全ての艦船（特に第一線級のもの）が重油を燃料としていた。そのため、石油の確保は日本の軍備を使用可能なものとするために必要不可欠であった。また、航空機は例外なくガソリン燃料を用いており、戦車などの地上戦で用いる兵器のほとんど全てが動力源を石油燃料に頼っていた。そのため、燃料の途絶は国家や軍にとって余命宣告に等しいものであった。

日本では国際情勢が緊迫化する 1930 年代になると、人造石油の研究や工場建設が進められた。Cinii で「人造石油」と検索すると、1930 年代後半から 1940 年代前半に記事が集中していることが分かる（**表 1-1**）。

表 1-1　「人造石油」に関する論文の数

年	論文･記事数	年	論文･記事数	年	論文･記事数	年	論文･記事数	年	論文･記事数	年	論文･記事数
1920	0本	1930	0本	1940	2本	1950	4本	1960	0本	1970	0本
1921	1本	1931	0本	1941	0本	1951	2本	1961	0本	1971	1本
1922	0本	1932	1本	1942	5本	1952	0本	1962	0本	1972	2本
1923	4本	1933	1本	1943	1本	1953	0本	1963	0本	1973	0本
1924	2本	1934	1本	1944	2本	1954	0本	1964	0本	1974	0本
1925	0本	1935	0本	1945	1本	1955	0本	1965	0本	1975	0本
1926	0本	1936	1本	1946	1本	1956	0本	1966	0本	1976	1本
1927	0本	1937	5本	1947	0本	1957	0本	1967	0本	1977	0本
1928	0本	1938	1本	1948	1本	1958	0本	1968	1本	1978	0本
1929	0本	1939	1本	1949	1本	1959	0本	1969	0本	1979	0本
合計	7本	合計	11本	合計	14本	合計	6本	合計	1本	合計	4本

出所：Cinii の検索結果をもとに筆者作成。

（２）本土空襲と製油所の被害

本格的な本土空襲が始まったのは、昭和 19（1944）年からである。当初は、中華民国重慶政府の支配地域の航空基地から九州北部の工場を狙って B-29 が飛来するようになった。

昭和 19（1944）年、絶対国防圏の一角であるマリアナ諸島に米軍の大艦隊が来襲した。第一次大戦以降わが国の統治下にあったサイパンやテニアン、開戦直後に我が軍が占領したグアムは陥落し、当地の守備隊は玉砕し一般住民も軍と運命を共にした。

これらの島々に設営された航空基地から B-29 が日本本土に飛来するようになった。しかし、製油所が空襲に曝されることは無かった。

大東亜戦争開戦 3 周年を迎える前日の昭和 19 年 12 月 7 日 13 時 35 分、南海トラフの東側にあたる三重県の沖合で M7.9 の昭和東南海地震が発生した。名古屋市の三菱重工道徳工

場や半田市の中島飛行機山方工場など、重要な軍需工場が倒壊するなどの被害を受けた[14]。また、これらの軍需工場では勤労動員されていた学生も巻き込まれ犠牲者となった。この地震の直後の 12 月日には、B-29 約 80 機が名古屋地区に来襲した[15]。この空襲と地震の被害について航空機生産については昭和 20 年 2 月 6 日の部長会の席上で次長（後宮淳[16]か?）が昭和 20 年 1 月の航空機生産機数の目標不達成について、その影響は否定できないと発言したとされる[17]。

昭和東南海地震の震源域の最寄りの製油所に海軍第二燃料廠と大協石油（現コスモ石油）四日市製油所があった。海軍第二燃料廠は現在の昭和四日市石油株式会社四日市製油所とほぼ同じ場所で操業していた。昭和東南海地震による大きな被害は無かったようだが、地震により構内から避難したという証言が残されている[18]。しかし、設備そのものに大きな被害は無かったと考えられる。1961 年刊行の『四日市市史』によれば、住宅等の被害の他は、以下のように記されている。

“鉄道路線二か所、岸壁一か所が破壊され、石原産業(株)の大煙突は上部の三分の一（約四二メートル）の個所で折れ、臨海部一帯の工場内には、地割れ、泥酔の噴出などが生じたが、操業には差支えなかった。”

出所：四日市市役所（1961），四日市市史，四日市市役所，p.1672.

また、当時、南方からの原油の移送は困難を極め、かつ西日本の製油所に優先的に送られていたため[19]仮に全壊していても大勢には影響はなかったと考えられる。

この地震の後、四日市市は翌年 6 月 18 日から 7 月 28 日までに 6 回の空襲を受けている。最初の空襲は、6 月 18 日に四日市市の市街地を狙ったもので、B-29（35 機）が飛来している[20]。この空襲では海軍第二燃料廠には焼夷弾が敷地の端の方に落下している[21]。同年 6 月 22 日 6 機の B-29 が 4000 ポンド爆弾 17 発を投下し、15 発が製油所敷地内に着弾した[22] [23]。

---

14 総務省 WEB サイト，半田市における戦災の状況（愛知県），（2017 年 11 月 15 日確認）http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/daijinkanbou/sensai/situation/state/tokai_10.html.

15 軍事史学会編（1998），大本営陸軍部戦争指導班機密戦争日誌（下巻），錦正社，p.624.

16 後宮淳（うしろくじゅん/陸軍大将）陸軍参謀本部参謀次長

17 軍事史学会編，前掲書，p.662.

18 みえ防災・減災アーカイブ WEB サイト，昭和東南海地震体験手記昭和 19 年東南海地震体験手記（度会郡南伊勢町森下頴幸さん），（2017 年 7 月 14 日確認）http://midori.midimic.jp/saigaisyuki/01-004-000158.html.

19 United State Strategic Bombing Survey.Report of the Oil and Chemical Division, “Oil in Japan’s War”：奥田英雄・橋本啓子訳（1986），日本における戦争と石油，石油評論社 p.128.

20 四日市市役所，前掲書，p.1705.

21 United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* / 奥田英雄・橋本啓子訳, 前掲書, p.133.

22 *Ibid.* , / 同上書，p.132.

表 1-2 は海軍第二燃料廠が被害を受けた空襲についてまとめたものである。特に、6 月 26 日及び 7 月 9 日の夜間空襲が激しく、この空襲によりこの製油所は壊滅した。

表 1-2　海軍第二燃料廠の主な空襲被害

日付	昼間/夜間	機種	機数	弾種	爆弾投下数	被弾
1945.6.18	夜間	B-29	35	焼夷弾	若干	若干
1945.6.22	昼間	B-29	6または9	4000Pd爆弾	17	15
1945.6.26	夜間	B-29	36	500Pd爆弾	891	約29%
1945.7.09	夜間	B-29	50	500Pd爆弾	875	

出所：United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* /奥田英雄・橋本啓子訳，前掲書，p.132.
四日市市役所，前掲書，pp.1704-1710.以上をもとに執筆者作成[24]。

このように、昭和東南海地震は航空機の増産には大きな抑制をもたらしたが、燃料の供給についてはそれほど大きな影響を与えなかった。一方、空襲による被害は深刻であった。空襲が始まる直前の昭和 19（1944）年には日本国内に 116,000BD の原油処理能力があった。しかし、昭和 20（1945）年には、17,050BD まで低下している（**表 1-3**）[25]。また、人造石油製造能力についても、3,300BD から 495BD まで低下している（**表 1-4**）[26]。日本本土に開戦時に有していた原油処理能力と人造石油製造能力のそれぞれ 85%は大戦終盤の本土空襲によって失われた[27]。

単体の製油所が被災する事故や自然災害は戦後も何度か発生している。自然災害については、次章でも述べるが、いずれにしてもわが国の歴史上、原油処理能力がここまで減じられてしまう出来事は無かった。

最後に製油所が空襲に曝されたのは、昭和 20（1945）年 8 月 14 日深夜から 8 月 15 日未明に行われた日本石油秋田製油所への空襲であった。100 ポンド及び 200 ポンド高性能爆弾合計 1,200 発以上が投下され、建物および装置群の 75%が破壊された[28]。

---

[23] 四日市市役所，前掲書，p.1705.では B-29　9 機来襲としている。

[24] 機数は四日市市役所，前掲書，pp.1704-1710 に、爆弾投下数及び被弾については United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* /奥田英雄・橋本啓子訳，前掲書，p.132 にそれぞれよる。

[25] United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* /奥田英雄・橋本啓子訳，前掲書，p.58 1-2-16 表.

[26] *Ibid.* , / 同上書，p.58 1-2-16 表.

[27] *Ibid.* , / 同上書，p.58 1-2-16 表.

[28] United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* / 奥田英雄・橋本啓子訳，前掲書，p.173.

表 1-3　国内製油所の空襲被害一覧

	企業	製油所	所在地	原油処理能力(B/D)	空襲被害
1	日本石油	柏崎	新潟県柏崎	1,500	無し
2		新潟	新潟県新潟	2,800	無し
3		秋田	秋田県土崎	4,500	有り
4		鶴見	神奈川県横浜	6,500	有り
5		横浜	神奈川県横浜	7,700	無し
6		関西	兵庫県尼崎	4,000	有り
7		下松	山口県下松	5,000	有り
8		北海道	北海道手稲	200	無し
9		東京	東京	1,600	無し
10	昭和石油	川崎	神奈川県川崎	4,700	有り
11		新潟	新潟県新潟	2,000	無し
12		関屋	新潟県新潟	350	無し
13		平沢	秋田県平沢	400	無し
14		海南	和歌山県海南	500	無し
15		東京	東京	400	無し
16	丸善石油	大阪	大阪市	450	無し
17		下津	和歌山県下津	3,250	有り
18		松山	愛媛県松山	2,000	無し
19		今福	長崎県今福	250	無し
20		横浜	神奈川県横浜	800	無し
21	日本鉱業	船川	秋田県船川港	3,500	無し
22	三菱石油	川崎	神奈川県川崎	4,000	有り
23		富島	宮崎県富島	0	無し
24	東亜燃料工業	和歌山	和歌山県椒村	8,000	有り
25		清水	静岡県袖師	2,500	無し
26	大協石油	四日市	三重県四日市	1,400	有り
27		新潟	新潟県新潟	350	無し
28		東京	東京	350	無し
29	興亜石油	麻里布	山口県岩国	5,000	有り
30		横浜	神奈川県横浜	700	無し
31	陸軍燃料廠	岩国	山口県岩国	6,300	有り
32	海軍燃料廠	第2海軍燃料廠	三重県四日市	25,000	有り
33		第3海軍燃料廠	山口県徳山	10,000	有り
			合計(B/D)	116,000	87,650

出所:United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* / 奥田英雄・橋本啓子訳, 前掲書, p.84 をもとに筆者作成。

表 1-4　国内人造石油工場の空襲被害一覧

	企業	工場	所在地	設計能力(B/D)	空襲被害
1	日本製鉄	輪西工場	北海道室蘭	150	無し
2	日産液体燃料	若松工場	九州若松	500	有り
3	帝国燃料工業	宇部工場	本州宇部	350	有り
4	東京ガス化学	横浜工場	本州横浜	125	無し
5	宇部興産株式会社	(宇部)	本州宇部	275	有り
6	日本油化工業	川崎工場	本州川崎	80	有り
7	〃	空知工場	北海道平岸	建設中	無し
8	東邦化学工業	名古屋工場	本州名古屋	500	有り
9	日本人造石油	尼ヵ崎工場	本州尼ヵ崎	4,000	有り
10	〃	大牟田工場	九州大牟田	700	有り
11	〃	滝川工場	北海道滝川	225	無し
			合計(B/D)	6,905	6,405

出所：United State Strategic Bombing Survey, *op.cit* / 奥田英雄・橋本啓子訳, 前掲書, p.84 をもとに筆者作成。

（３）GHQの占領統治政策における製油所と石油の扱い

昭和20（1945）年8月15日、昭和天皇の玉音放送により日本の敗戦が国民に伝えられた。その後も南樺太、千島列島や北方領土などでは労農赤軍と戦闘を続行していた。しかし、9月2日、東京湾上に停泊する米戦艦ミズーリにおいて日本の降伏文書調印式が行われた。この時、正式に日本は連合国に降伏した。

占領期、日本では連合国による直接統治ではなく、GHQが日本政府を通して統治を行う間接統治が行われた。GHQの管理下で、様々な制度の変更が行われた。財閥や国軍の解体、教育制度やその内容の変更、農地改革、教育の民主化など様々な施策が実施された。

GHQは、空襲の被害を受けた製油所の復興をほとんど認めず、戦災から生き残った製油所の利用のみ認めた。またその利用についても、原油の輸入は認めなかった。石油精製は戦時中に備蓄していた在庫の利用に限られ、それが尽きると国産油田地帯の製油所のみが操業していた。連合国側は、日本の石油精製能力を厳しく制限し、必用な石油製品は外国から購入するようにした（百武1950）。この点について、石油精製業と軍事が非常に密接な関係にあり、日本の非軍事化のためであったとされている。

当時のことについては、当時操業していた石油元売り各社の社史の中で触れられている。製油所の中には空襲被害を受けなかったものもあったが、そういった製油所も操業の再開ができない時代であった。

昭和24年（1949）年、ノエル調査団が来日しその報告は既存製油所の復旧および原油処理の再開であった[29]。昭和24（1949）年12月から昭和25（1950）年にかけて9ヵ所の製油所が操業を再開した[30]。

石油製品についても戦争の影響は非常に大きかった。終戦直後、国内の石油備蓄量がほとんど払底した状態となっており、民政にも重大な影響を及ぼそうとしていた。昭和20（1945）年10月13日に、日本の石油製品に関する覚書が出された[31]。米軍は民生用として石油製品の放出を行うようになる。石油製品は米軍が米軍の経費をもちいてニューヨークで買い付けており、日本側はまったくタッチすることができなかったとされている[32]。その結果、日本側の認識とン米側の認識にギャップがあった。そのため、必用のない油種が持ち込まれあるいは必要な油種が足りないという事態も発生した[33]。

（４）製油所の操業再開以降

ノエル調査団の報告以降、国内の製油所は順次生産を再開した。しかしながら、この時代の主力となるエネルギー源は石炭であった。石炭は石油とは異なり、国内各地で産出し

---

29 太陽石油60年史編集委員会編（2001），太陽石油六十年史，太陽石油株式会社，p.32.

30 東亜燃料工業株式会社（1971），東燃三十年史（上巻），東亜燃料工業株式会社，p.237,（第40表参照）

31 日本石油史編集室編，前掲書，p.444.

32 同上書，p.445.

33 同上書，p.445.

ていた。国は傾斜生産方式を採用し、石炭と鉄鋼分野に資源を集中させた。わが国では九州の筑豊炭田や北海道の夕張、釧路といった場所で石炭が大量に採掘されていた。これらの石炭は機関車や火力発電、製鉄所や製鋼所の燃料として大量に消費され、戦後の復興や朝鮮戦争特需を支えた。しかし、時間の経過とともに石炭から石油へとエネルギー源はシフトしていくこととなった。

第 4 節　戦後の日本の石油需要　―石油需要の増大と製油所の変遷―

戦後、日本の一次エネルギー源の主力は石炭であった。昭和 32（1957）年の時点では、一次エネルギー源の約 50%が石炭であった。また、水力についても約 20%あった。1950 年代は石炭を中心とし、そこに石油も使うという体制であった。その後、石炭が輸入重油と比べて価格が高く、経済効率が悪いという問題が生じた[34]。その結果、石炭から石油への転換が国によって押し進められた。

石炭から石油への転換が進められた結果、16 年後の昭和 48（1973）年には 1 次エネルギー供給の構成比で石油は 77.6%まで増加した。一方、石炭の構成比は減少の一途をたどり、同じ昭和 48（1973）年には 15.5%となり、その後も多少の増加を経つつも減少し続けた（**図 1-7**）。

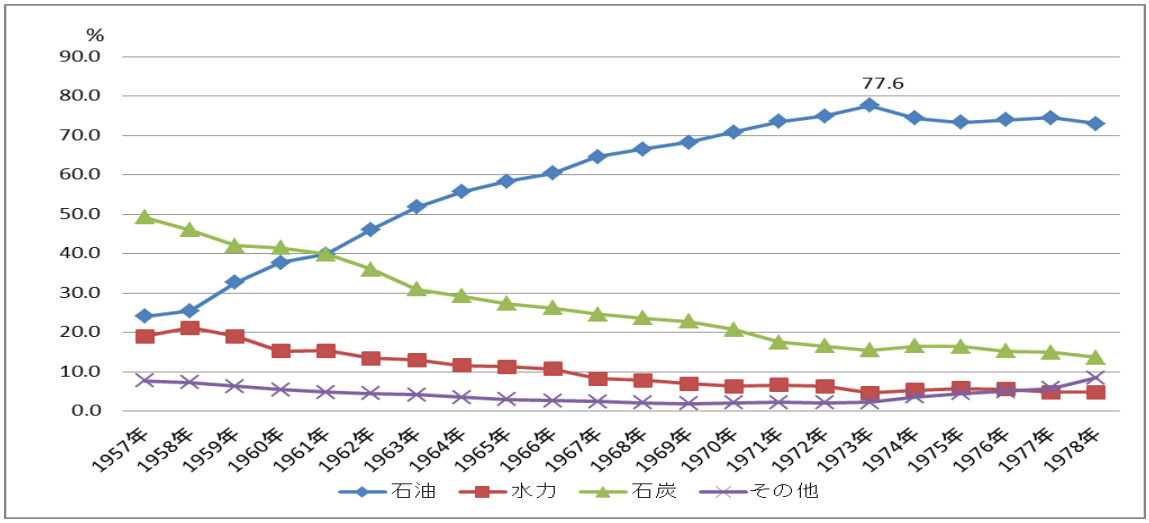

図 1-7　わが国における 1 次エネルギー供給の構成比

出所：大協石油社史編さん委員会（1980），前掲書，p.163 第 5-2 表をもとに筆者作成。

製油所の原油処理能力についてみると、昭和 37（1963）年時点で 1,350,000B/D で稼働

34　経済産業省 WEB サイト（2009），総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会（第 5 回）配付資料　クリーンコール部会参考資料集案，p.5-1（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90529b12j.pdf.

率が 59.4%であった。その後、稼働率も原油処理能力大幅に増加し、昭和 42 年から昭和 48 年まで稼働率は 80%を超えていた。昭和 49 年から稼働率は低下し始めたが、原油処理能力は昭和 50 年に最大となり、5,940,000B/D となった。その後、国内の原油処理能力は 5,000,000 B/D の前後で推移した（図 1-8）。

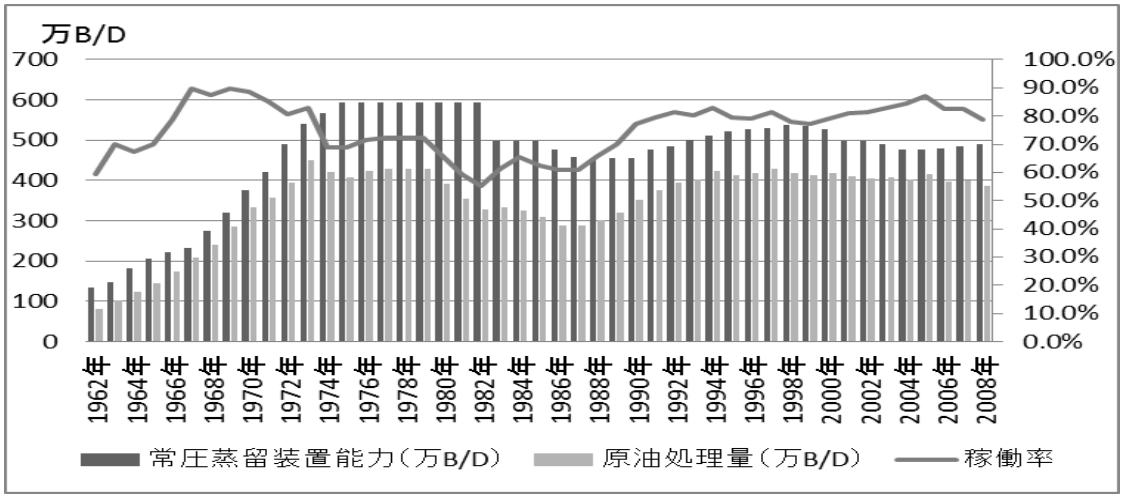

図 1-8　年別原油処理能力の推移

出所：経済産業省総合資源エネルギー調査会石油分科会（2010），「資料 3-1 石油精製に関する基礎資料」平成 22 年 4 月 9 日，p.6（2017 年 11 月 5 日確認）
http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100409a08j.pdf.

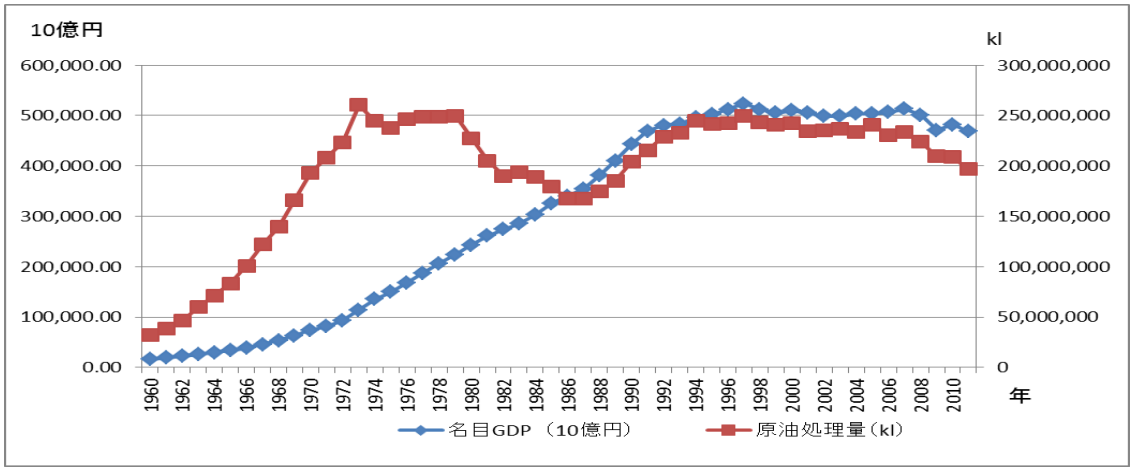

図 1-9　年別の名目 GDP（単位:10 億円）と年間原油処理量（kl）の推移

出所：内閣府 WEB サイト，長期経済統計　暦年統計　国民経済計算，（2018 年 1 月 13 日確認）http://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je15/h10_data01.html.
JXTG エネルギーWEB サイト，石油便覧　資料 40，（2018 年 1 月 13 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/binran/data/pdf/40.pdf.以上をもとに筆者作成。

図 1-9 は、昭和 35（1960）年から平成 23（2011）年までの名目 GDP と年間原油処理量（kl）の推移を示している。この図を見ると、昭和 48（1973）年までは、国内の原油処理量が急速に増加していったことが分かる。一方、名目 GDP も順調に伸びてこそいるが、原油処理量と全く同じような動き方をしているわけではない。原油処理量は昭和 48 年をピークに昭和 54 年まで同水準を維持した後、減少傾向に転じた。その間も名目 GDP は伸び続け平成の世に入ったあたりから同水準を維持することになった。原油処理量は昭和 61 年以降再び増加傾向に転じ、以後、名目 GDP と連動したかのような動きを示した。

平成 20（2008）年以降は、原油処理能力は削減傾向にある。それは石油製品の需要減少が大きな理由である。平成 20（2008）年にはガソリン価格が 160 円台まで急騰し、大きな社会問題となった。ガソリン価格の高騰はガソリン需要を押し下げた。

図 1-10 は、平成 16（2004）年～平成 25（2013）年までの 10 年間について年ごとの月別ガソリン販売量の推移を示したものである。この図を見ると、基本的にどの年も同じようにガソリンの販売量は推移していることが分かる。

平成 16（2008）年は他の年とは異なり、4 月にガソリン販売量が大幅に増加している。他の年の 4 月の販売量は各年の月別の販売量の中では比較的少ない部類に入る。2008 年だけこのような違いが生じた理由は、ガソリン税の暫定税率が期限切れを迎え一時的に販売価格が大幅に下がったためだと考えられる。

一方、平成 16（2008）年 8 月のガソリン販売価格は高騰していた。例年、ガソリンの販売量が増加しているのは 3 月、8 月、12 月である。平成 16（2008）年 8 月だけは例年とは違う結果となった。

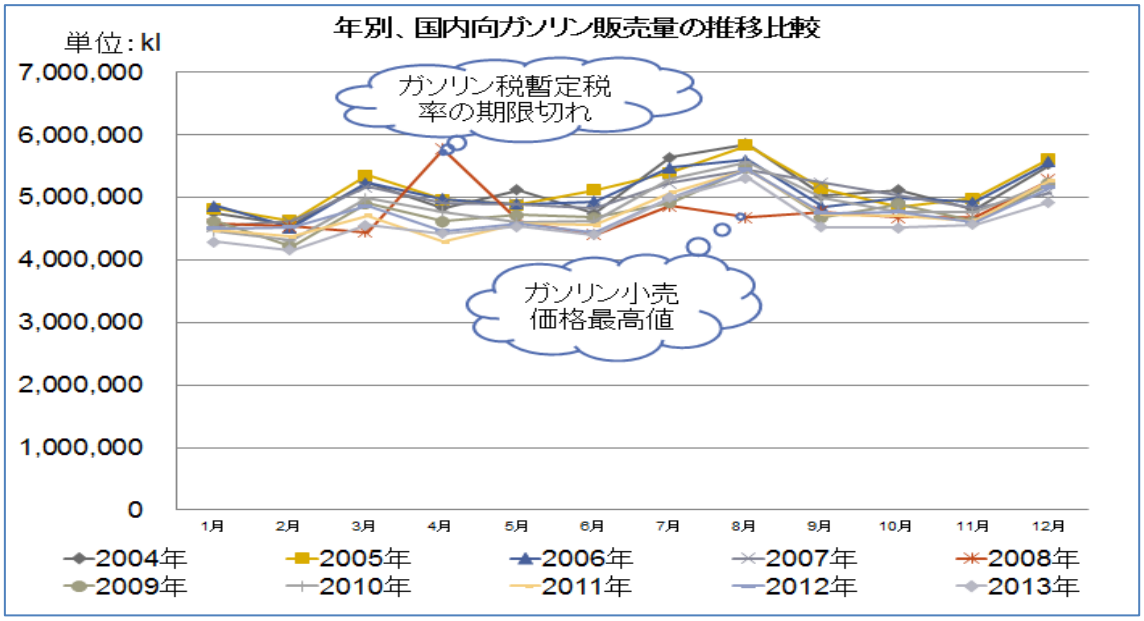

図 1-10　年別国内向ガソリン販売量の推移比較

出所：資源エネルギー庁（2005~2014），資源エネルギー統計年報をもとに筆者が作成。

このような年ごとの個別の変化はあるが、傾向として年を経るごとにガソリン販売量も減少しており、現在もその傾向は続いている。

第 5 節　2 度の石油危機と石油備蓄

近代国家にとって石油が極めて重要なことはこれまでに述べてきた通りである。石油の供給は、産油国で需要を十分に満たすだけの資源があれば普段から特に心配することではない。しかし、日本のようにその需要のほとんどを海外からの輸入に頼っている国にとって、石油資源の安定供給は極めて重要な問題である。

戦後、主な石油の輸入相手国となった産油国の多くは中東地域にある。この地域では第二次世界大戦後にイスラエルが建国されて以降、アラブ系の国々とイスラエルの対立によりたびたび戦乱に見舞われている。こういった地域情勢を背景として起こったのが第 1 次石油危機である。

（1）石油危機

第 1 次石油危機は、昭和 48（1973）年に発生した第 4 次中東戦争の際に産油国であった中東諸国がイスラエルを援助する国々（非友好国）に対して、原油生産の削減、石油の禁輸措置、公定価格の大幅値上げを実行したことに起因している[35]。この第 1 次石油危機について、石油便覧では以下のように述べられている。

「当時の日本は、景気が過熱状態でインフレーションが進行中であった。こうした時期に原油価格が高騰したことが、石油供給遮断による物不足への不安心理の増幅とも相まって、その後の物価上昇と日本経済の混乱を一層大きくした。」（出所 : JXTG エネルギーWEB サイト）

今日、我々が「オイルショック」と言う言葉から思い浮かべるトイレットペーパーを買い占める様子などは、「石油供給遮断による物不足への不安心理の増幅」によって招かれたともいえる[36]。

政府はこの問題に対処するべく、6 つの項目からなる「石油緊急対策要綱」を策定している[37]。また、この要綱から石油二法と呼ばれる 2 本の法律が制定された[38]。

---

35 JXTG エネルギーWEB サイト，石油便覧第 6 節石油危機（オイルショック）と石油高価格の時代，（2018 年 1 月 13 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/binran/part01/chapter02/section06.html.

36 備蓄計画部・備蓄業務部（1992），石油備蓄の必要性及びその歩み，石油の開発と備蓄‘92・12，pp.118-119（2018 年 1 月 13 日確認）では、「石油不足によるモノ不足からトイレットペーパー、洗剤等の買い占めが発生する等一種のパニック状態に陥ったり、（以下略）」と記されている。

37 JXTG エネルギーWEB サイト，前掲.

38 JXTG エネルギーWEB サイト，前掲.

この 2 本の法律とは石油需給適正化法と国民生活安定緊急措置法である。前者が石油精製業者と消費者を主な対象としており、石油製品の需給関係に関する法律である。この法律は「我が国への石油の大幅な供給不足が生ずる場合及び我が国における災害の発生により国内の石油の大幅な供給不足が生ずる場合において、国民生活の安定と国民経済の円滑な運営を図るため、石油の適正な供給を確保し、及び石油の使用を節減するための措置を講ずることにより、石油の需給を適正化することを目的とする。」と第 1 条に規定されている[39]。

また、後者の法律は高騰する物価に対処するもので、第 1 条で「この法律は、物価の高騰その他の我が国経済の異常な事態に対処するため、国民生活との関連性が高い物資及び国民経済上重要な物資の価格及び需給の調整等に関する緊急措置を定め、もつて国民生活の安定と国民経済の円滑な運営を確保することを目的とする。」と規定されている[40]。これらの法律は、いずれも現行法で現在も有効である。

石油備蓄が各国で推し進められるようになったのもこのころで、各国で 60 日分、90 日分という様に段階を追って備蓄増強がなされている[41]。

第 1 次石油危機から 5 年後の昭和 53（1978）年に当時有数の産油国であったイランで政変があった。イスラム革命と呼ばれるこの政変時に原油の生産がストップした。翌年に生産は再開されたが、テヘランで発生した米国大使館占拠に伴う対米原油輸出停止と報復のイランへの経済制裁により、再びイランの原油生産量が大幅に低下した[42]。更にイラン・イラク戦争も発生し、イラクの原油生産量も大幅に低下した。

ただし、第 1 次石油危機とは異なり、石油便覧では以下のように述べられている。

「サウジアラビア、メキシコ、北海等が増産したことに加えて、石油価格の高騰による消費節減、景気下降、石炭等への燃料転換により石油需要が大幅に減少したため、石油需給の混乱は比較的軽微で済んだ。」（出所：JXTG エネルギーWEB サイト）

以上のように第 2 次石油危機は、第 1 次石油危機ほど大きな問題と最終的には発展しなかったとされている。ただし、そこには上記のような周辺環境があったためであり、状況次第では第 1 次石油危機のような事態が繰り返されていた恐れも否定できない。

---

39 電子政府窓口 e-GOVWEB サイト, 石油需給適正化法 (昭和四十八年法律第百二十二号), （2018 年 1 月 13 日確認）
http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=348AC0000000122.

40 電子政府窓口 e-GOVWEB サイト，国民生活安定緊急措置法（昭和四十八年法律第百二十一号），（2018 年 1 月 13 日確認）
http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=348AC0000000121.

41 備蓄計画部・備蓄業務部，前掲，p.115.

42 JXTG エネルギーWEB サイト，前掲.

（２）わが国の石油備蓄

わが国にとって石油の安定供給は非常に大きな問題であった。これはわが国が太平洋戦争に向かい敗戦を迎えた一連の流れを見れば明らかである。戦後も、石油の 1 次エネルギー比率が上昇する中で、昭和 31（1957）年にスエズ動乱（第 2 次中東戦争）が発生した時点で石油の備蓄の必要性が一部の中で認識されていたとされている[43]。しかし本格的に備蓄増強が行われ始めたのは、第 1 次石油危機の発生した 2 年前であった[44]。備蓄量は第 1 次石油危機の影響を受けつつも増強され、第 2 次石油危機後の昭和 56（1981）年に 90 日分の備蓄をするようになった[45]。

わが国では現行の石油備蓄制度は国家備蓄と民間備蓄の 2 本立てである。備蓄主体をどうするかは国によっても異なり、民間備蓄のみとする国もあれば、国家備蓄のみとする国もある。半官半民の協会が主体となって備蓄を行う国もあり、この場合は協会方式などと呼ばれている。備蓄対象も様々であり、原油備蓄と製品備蓄がある。原油備蓄は長期間の保管に適しているが、そのままではほとんど使えず製油所で製品に加工する必要がある。一方、製品備蓄は、すぐに利用できる半面、長期の保管ができないという欠点がある。

わが国では、製品備蓄は民間備蓄が中心となっており、流通在庫と一体となって管理されている。一方、国家備蓄は原油備蓄が中心であった。緊急用の灯油の備蓄も行われていたが、ごく少ない量でしかなかった[46]。中東情勢の悪化など、わが国の外側で問題が発生したことによって石油の供給が遮断されるという想定のもとではこの方式でも十分であった。

（３）東日本大震災と石油備蓄

これまでに述べてきたように、東日本大震災以前のわが国では、専ら中東情勢の悪化などの外的要因による石油供給の途絶への対応策として石油備蓄が行われていた。例えば、平成 11（1999）年の石油備蓄・緊急対策小委員会報告書では、「地震」、「津波」、「災害」という文言は一度も出現しない。平成 17（2005）年の石油備蓄専門小委員会報告書では、石油コンビナート災害の観点から長周期地震動関係の記述がある。2 年前の平成 15（2003）年に十勝沖地震が発生し大規模なタンク火災が発生したため議題に上がったと考えられる。ただし、これはあくまで石油コンビナートを防御するための防災対策であって、巨大災害による石油の供給支障というものではない。

この報告書を KH-Coder を用いて、使用されている語句を抽出した。複合語を抽出すると、全部で 945 個の語句が抽出された。ほとんどの語句は 1~2 回の出現数であったが、一

---

43 備蓄計画部・備蓄業務部，前掲，p117.

44 同上，p.118.

45 同上，p.120.

46 経済産業省資源エネルギー庁 WEB サイト（2011），石油備蓄の現況（平成 23 年 4 月），（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl001/pdf/2011/stptrpl001_2011004.pdf.

番出現数が多かったものでは、71 回出現している。長周期地震動などの語句もあるが、それらは出現数が 1 回であった。上位 1~30 位の語句を一覧にした（**表 1-5**）。

表 1-5　KH-Coder を用いて石油備蓄専門小委員会報告書から抽出された名詞

順位	複合語	出現数	順位	複合語	出現数	順位	複合語	出現数
1	石油備蓄	71		アジア諸国	10	21	石油製品輸入	6
2	国家備蓄	39	12	輸入事業者	9		石油企業	6
3	民間備蓄	29		国際的	9		備蓄水準	6
4	石油備蓄政策	17		加盟国	9		量的確保	6
5	緊急時	14	15	登録制度	8		中長期的	6
6	基本的	13		諸情勢	8		機動性	6
	緊急事態	13	17	石油産業	7	26	湾岸戦争時	5
8	石油製品	12		可能性	7		確保等	5
9	産油国	11		90日分	7		供給途絶	5
10	安定供給	10		石油備蓄制度	7		重要性	5

注 1:出現数上位 30 個　出所：筆者作成。

表 1-5 を見ると、明らかに自然災害関係と分かる語句が一つもないことが分かる。一方、湾岸戦争は 5 回出現しているうえ、データ全体では六日間戦争と戦争後が各 1 回出現している。中東という語句を含むものも全部で 10 回も出現している。わが国は 2 度の石油危機を経験し、第二次世界大戦でも通商破壊による資源の供給途絶を経験した。このような経験をしているため、海外情勢の変化には非常に気を配っている。

わが国の石油備蓄体制は国外の情勢変化をにらんだものであり、国家備蓄についてはそのほとんどが原油である。平成 29 年 9 月末の時点では、約 3 億バレル（4,809 万 kl）の原油を備蓄している一方で、製品備蓄は約 900 万バレル（143 万 kl）しかない[47]。しかし、これでも、製品備蓄は大幅に増加しており、東日本大震災発生直前では、原油が約 3.1 億バレル（4,997 万 kl）あったのに対して、製品備蓄は約 80 万バレル（13 万 kl）しかなかった[48]。

東日本大震災を経験した後、これまでほぼ原油備蓄のみであった国家備蓄においても、製品備蓄を強化することになった。

47　経済産業省資源エネルギー庁 WEB サイト（2017），石油備蓄の現況（平成 29 年 11 月），（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl001/pdf/2017/171115oil.pdf.

48　経済産業省資源エネルギー庁 WEB サイト（2011），前掲.

第 2 章　東日本大震災による石油燃料の供給支障と製油所の被害

本章は最初に製油所が被災した自然災害について記述する。そのうえで、戦後最も多くの製油所が一度に被災した東日本大震災について、主に製油所の被災と言う観点から記述する。

第 1 節　製油所と自然災害

これまで、わが国では毎年のように自然災害が発生し、その都度、尊い人命を失い、様々な施設を破壊されてきた。製油所についても同様であり、戦後も、地震、津波、高潮などによる被害を受けてきた。本節では、製油所が被災した 4 つの災害について簡単ではあるが取り上げる。そして、今後南海トラフ沿いで巨大地震が発生した場合に起こりうる危険を示した人災の事例を 1 つ取り上げる。

（1）新潟地震

昭和 39（1964）年 6 月 16 日に新潟県を M7.5 の大地震が襲った。この地震は新潟地震と呼ばれ、大規模な製油所火災と各所に液状化現象が発生した。

新潟地震では臨海部と信濃川の旧河道などを中心に、液状化による被害が大きかった。津波と液状化現象で地下から吹き出す泥水が各所を水浸しにした。鉄筋コンクリート製の集合住宅は横倒しになった。また、昭和大橋が落下するなどした。この地震で死者 26 名、住家全壊 1,960、半壊 6,640、浸水 15,297 の被害が生じた。

当時新潟市内で操業していた昭和石油新潟製油所は、新旧二つの工場から構成されていた。旧工場は、敷地面積 18 万 4,800 ㎡、蒸溜装置、再精溜装置、洗滌装置、白土処理装置、LPG 充填設備、添加剤混合装置、ボイラー2 基、重軽質タンクで構成されており、新工場は敷地面積−32 万 2,300 ㎡、原油蒸溜装置 4 万 B/D、水素化処理装置 1 万 1,000B/D、接触改質装置 4,800B/D、水添脱硫装置 2,000B/D、原油タンク 18 万 kL5 基、製品タンク 4 万 7,500kL10 基で構成されていた[49]。原油処理能力は 4 万 B/D と現代の我が国の一般的な製油所よりも原油処理能力は小さかった。

消防庁（1965）によれば、この新旧二つの工場のうち、旧工場の方では製品タンクの引線パイプが破損し、そこからガソリンが漏洩した。漏洩したガソリンは高さ約 2m まで達する勢いで噴出し、破損した防油堤から外に漏れだしたとしている。またそれと同じくして、地震により、他のタンクでも満タンになっていた内容物が揺り動かされてタンクの蓋の隙間から漏洩した（スロッシング現象）としている。これらの漏洩物に引火し製油所は炎上した。このコンビナート火災は最終的に鎮火するまで約 2 週間を要した。

---

[49] 消防庁（1965），新潟地震　火災に関する研究　非常火災対策の調査報告書　昭和 39 年度，（確認 2017 年 10 月 29 日）
http://tsunami-dl.jp/document/144#section-2af59a846ec7369e10d23dd16947181b.

（２）阪神淡路大震災

平成 7（1995）年 1 月 17 日 5 時 46 分、明石海峡海底の地下 16 ㎞を震源とする M7.3 の大地震が発生した。淡路島から神戸市内を経て芦屋市・西宮市・宝塚市付近までの複数の活断層が活動したと見られ、淡路島の北淡町（現淡路市）では、地表面に断層が出現した。この地震は気象庁により平成 7 年兵庫県南部地震と命名され、その震災は阪神淡路大震災と呼称することが閣議決定された。津波は若干の海面変動が見られた程度であったが、断層直上には神戸市という大都市が広がっていた。そのため、多数の家屋が倒壊し、死者は 6,000 人を超えた。阪神淡路大震災はそれまでの最悪の死者数であった伊勢湾台風を抜き、戦後最悪の自然災害となった。

この地震では兵庫県と大阪府のそれぞれの沿岸部に立地していた製油所と油槽所が被害を受けた。製油所では主要装置の倒壊や火災などの被害は無かった[50]。**表 2-1** は、近畿通商産業局が調べ、財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター（1995）に掲載された阪神淡路大震災の製油所の被害と各地の震度をまとめたものである。なお、当時は震度計が現在のように細かく配置されていたわけでは無いのでほとんどが最寄りの気象台の震度である。

表 2-1　阪神淡路大震災被災製油所

精製会社	製油所名	所在地	被害状況	復旧状況	推定震度
出光興産	兵庫製油所	兵庫県姫路市	地震直後、自動シャットダウン　装置異常なし	17日から出荷再開	4
コスモ石油	堺製油所	大阪府堺市	軽油脱硫装置のセンターウォールのレンガが崩れ運転停止　その他装置は異常なし	17日から出荷再開	4
ゼネラル石油	堺製油所	大阪府堺市	水素発生装置・間接脱硫装置のみ自動シャットダウン その他異常なし	17日から出荷再開	4
興亜石油	大阪製油所	大阪府高石市	1. 自動シャットダウン　2. 石油・LPGタンクには異常なし 3. 硫黄タンク沈下　4. 硫酸タンクが傾斜下が漏れ・ヒビなし　5. 構内5ヶ所で液状化噴出　6. 消火配管10ヶ所損傷 7. ボイラー手動停止	18日から出荷再開	4

出所：財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター（1995），震災時における石油安定供給に関する調査報告書，p.3-1.

この表からも分かるように、そもそも阪神淡路大震災では不幸中の幸いであるが非常に強い揺れに見舞われた地域の外側に製油所が立地していた。そのため、その日のうちに、遅くとも翌日には出荷が再開されている。そして、被災翌日にはすべての製油所が機能を

[50] 財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター，前掲書，p.3-1.

回復したとしている[51]。油槽所についても同様で大半の油槽所はその日の内に出荷を再開している。

石油元売り各社は、大阪湾岸の製油所や油槽所からキャラバン隊を編成し被災地の SS に燃料を供給しに派遣していた。キャラバン隊は大阪・堺方面からパトカーの先導による元売り数社のタンクローリーで編成されたものである[52]。最初の 5 日間は、1 日 1 往復が困難な状況であったと記されていた[53]。財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター（1995）では、「今回の震災で、精油所・油槽所が残り、また、大阪が震災の影響を免れ、キャラバン隊がうまくいったのは、地理的等いろいろな面で幸運だったのだと思う。」との意見が第 3 回震災時における石油の安定供給検討委員会の意見交換で顧問から出されている[54]。

阪神淡路大震災では、燃料の生産に対して大きな問題は生じなかったが、SS への供給面では課題が残った。

（３）平成 11 年台風 18 号

平成 11（1999）年 9 月 19 日、沖縄の南海上で台風 18 号が発生した。この台風 18 号は同月 24 日午前 6 時ごろに熊本県北部に上陸し、3 時間後の午前 9 時ごろには山口県宇部市近辺に再上陸した 。熊本県宇土郡不知火町（現宇城市）では、高潮が発生し住民 12 人が亡くなった[55]。

この台風 18 号は山口県内にも暴風や高潮、竜巻による被害をもたらしている。西部石油山口製油所（山口県山陽小野田市）は、この高潮により構内が浸水した。山本（2001）の報告では、防潮堤の決壊と樋門の破壊により高潮浸水は助長されたとされ、この製油所は発電設備が冠水し正常な操業まで 1 ヶ月を要したとしている。山本ら（2001）は、当地での竜巻災害について報告している。その報告によれば、当時の小野田市内で発生した竜巻は、この製油所の北、山口東京理科大学体育館付近で発生し南南東―北北西の方向に進んだとしている。この竜巻発生地点と製油所の石油タンクまでの距離は 1200～1300m の距離であった。竜巻は製油所とは逆方向に進んだため、竜巻による製油所の被害は無かった。

仮に、竜巻が製油所の方に向かえば重大な事態が発生していたおそれがある。製油所には原油の他にガソリン、ナフサ、軽油などの燃料油、LPG などが大量に保管されている。竜巻でタンクや配管が破損すれば、そこからこれらの危険物が流出し、引火、爆発炎上してしまうことすらあり得た。高潮浸水のみの被害で済み、復旧が 1 ヶ月で済むような被害で済んだことがむしろ幸運であったとすら考えられる。

51　財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター，前掲書，p.3-1.
52　同上書，p.4-8.
53　同上書，p.4-8.
54　同上書，p.議-11.
55 熊本県不知火町（2002），不知火高潮災害誌，p.59.

（４）十勝沖地震

平成 15（2003）年 9 月 26 日早朝に十勝沖を震源とする M8.0 の巨大地震が発生した。この地震は気象庁によって平成 15 年十勝沖地震（平成十勝沖地震）と命名された。M8.0 の巨大地震であったが、死者は 2 人のみであった。彼らはいずれも地震発生時に河口付近で釣りをしていたところを津波に襲われた。十勝沖では以前に昭和 27（1952）年の十勝沖地震（昭和十勝沖地震 M8.2）が発生していた。それ以前には天保 14（1843）年に M7.5~M8.0 の地震が発生している[56]。

この十勝沖地震では出光興産北海道製油所（苫小牧市）の原油タンクとナフサタンクの各 1 基から出火した。これらのタンクは一度に出火したものではなかった。地震発災直後に原油タンク 1 基（許可容量：32,778kl 出火時残量：31,160kl）から出火した。この火災は、9 月 26 日 4 時 52 分に発見され、約 7 時間後の 12 時 09 分には鎮火した。その後、9 月 28 日になって、10 時 45 分頃にナフサタンク（許可容量:32,779kl 出火時残量:26,874kl）から出火した[57]。この火災は 9 月 30 日 6 時 55 分にようやく鎮火した。出火原因について総務省消防庁は以下のような見解を示している。

「やや長周期の地震動の影響により当該タンクの浮き屋根が火災の前日に油中に沈没したため、ナフサの揮発防止のために消火用の泡を放出してナフサの液面を密封していた。当日の強風により泡が押し流されて液面が露出し、揮発したナフサが可燃範囲（1.5vol%～7.6vol%）となっていた。着火源について種々検討したが、時間の経過とともに泡が消えて水溶液に戻り、この水滴がナフサ中を沈降する際、ナフサが帯電（沈降帯電）し、発生した電荷が液面上に取り残されている泡に蓄積され、この泡とタンク側板、あるいは、タンク側板と接触している泡との間で放電し、出火した可能性が残った。」（消防庁総務課 2003）

この二つ目の火災は、最初の火災よりも鎮火に時間を要した。最初の原油タンク火災が約 7 時間であったのに対して、ナフサタンク火災は約 44 時間を要している。座間（2006）がこの十勝沖地震による石油タンク群被害の特徴を分析し、その対策を提案している。この論文が提案した地域別の設計用スペクトルは、2005 年 4 月に施行された技術基準の改正の基になった。

---

56 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子（2013），日本被害地震総覧 599-2012，東京大学出版会，p.143 では M≒7.5、中央防災会議事務局（2006），中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」資料図表集，p.7 では M8.0（7.5？）としている。

57 消防庁総務課（2003），出光興産㈱北海道製油所屋外タンク貯蔵所火災の火災原因調査結果，消防の動き平成 16 年 8 月号，pp.10-11.（2017 年 10 月 5 日確認）http://www.fdma.go.jp/ugoki/h1608/05.pdf

（５）第拾雄洋丸事件

第十雄洋丸事件は自然災害によるものではないが、結果次第では東京湾沿岸が火の海となった恐れがある重大事件である。海難審判所 WEB サイト[58]によると事件の経過は以下のようになる。

第拾雄洋丸事件は昭和 49（1974）年 11 月 9 日 13 時 37 分頃に発生した船舶の衝突事故に端を発した事件である。第拾雄洋丸は総トン数 43,723 トンの大型 LNG・石油タンカーでサウジアラビアからライトナフサ 2 万 831 トン、プロパン 2 万 202 トン、ブタン 6,443 キロトンを輸送していた[59]。

この危険物を満載した大型タンカーと鋼材を満載し木更津を出発した貨物船パシフィック・アレスが中ノ瀬航路の北境界線の少し北方で衝突した。この衝突事故により、ナフサなどが引火し、事故現場周辺は火の海と化した。パシフィック・アレスも火災に巻き込まれ炎上した。この事故で、第拾雄洋丸は乗組員 5 名が死亡した。また、パシフィック・アレス側では、乗組員で助かったのは 1 名だけで、残り 28 名の全員が死亡した。

炎上する第拾雄洋丸（**図 2-1**）を消火しようと消防艇が駆け付けたが、結局消火することはできなかった。操船はできず漂流していた第拾雄洋丸はこのまま放置するのは危険であるとの判断により東京湾外に移され、そこで海上自衛隊の護衛艦による砲雷撃によって撃沈処分された。なお、別の文献では LPG やナフサ 4 万 7,000 トンとするものもある[60]。

---

58 海難審判所 WEB サイト，機船第拾雄洋丸機船パシフィック・アレス衝突事件，（2017 年 10 月 5 日確認）
http://www.mlit.go.jp/jmat/monoshiri/judai/40s/40s_10yuuyo_pacificalesu.htm.

59 同上.

60 日本海難防止協会（2008），燃える東京湾！／第拾雄洋丸、パシフィック・アレス，海と安全，2008・秋号，pp.20-21（2017 年 10 月 5 日確認）
http://nikkaibo.or.jp/pdf/538_2008.pdf.

図 2-1　炎上する第拾雄洋丸

出所 : 国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所 WEB サイト，過去の海難　航路付近での事故の発生状況，(2017 年 10 月 5 日確認) http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/sea-lane/index3.htm

この事件自体は、パシフィック・アレス側の不当運航により発生したものであると海難審判所は結論付けている[61]。また、東京湾外に炎上している船が引き出され、そこで撃沈処分されているため、東京湾岸のコンビナートへの被害などは無かった。しかし、このような炎上したタンカーが漂流する事態は南海トラフ沿いで巨大地震が発生した場合、太平洋沿岸に点在するコンビナートで十分に発生しうることである。東日本大震災では津波で大型漁船や遊覧船が市街地に打ち上げられたが、コンビナート地帯には多くの危険物を満載したタンカーや貨物船が停泊している。航路は限られており、また複数の船舶が一斉に逃げようとする。それらの船舶を管制する機関はまだなく、津波到達までに安全な沖の水域に全船舶が退避することは現状では困難である。

大阪湾や伊勢湾など石油コンビナートや油槽所、石油火力発電所などが展開している海岸部には多くのタンカーが航行または停泊している。これらが津波により漂流し、他の船舶や障害物と接触し破損すると、石油の流出や炎上の恐れがある。そのような事態が万が一発生すると、津波によって炎上しているタンカーが市街地に運ばれそこで大爆発を引き起こすような事態も否定できない。そのため、敢えて自然災害ではない本事例を取り上げた。

---

61 ただし、「雄洋丸船長の運航に関する職務上の過失もその一因をなすものである。」としている。海難審判所 WEB サイト，前掲.

第 2 節　東日本大震災による石油燃料の供給支障

（１）東北地方太平洋沖地震

平成 23（2011）年 3 月 11 日 14 時 46 分宮城県沖を震源とする Mw9.0 の巨大地震が発生した。気象庁はこの地震をその日の内に平成 23 年東北地方太平洋沖地震と命名し[62]、同年 4 月 1 日に当時の菅内閣がこの地震による災害を東日本大震災と命名した[63]。この巨大地震は我が国において近代的な地震観測が始まってから最大規模の地震であり、関東から東北地方の太平洋側の各地で震度 6 弱以上の揺れを観測した。宮城県栗原市では震度 7 を観測した。また、他の地域でも局所的に震度 7 相当の揺れであったと想定されている場所がある。震度 1 以上の揺れは日本国内のほとんどの地域で観測された。

この地震による津波は北海道から沖縄県までほとんどすべての日本の沿岸部で観測された。東北地方沿岸から茨城県の各地では八戸 4.2m 以上、宮古 8.5m 以上、金華山沖 5.8m、相馬 9.3m 以上、銚子 172cm の津波が観測された[64]。特に東北地方の太平洋岸では津波の被害が大きく検潮所すら破壊され、正確な津波の高さが不明な場所もあった。死者 1 万 9,533 人、行方不明者 2,585 人、負傷者 6,230 人という非常に大きな人的被害が発生した[65]。また、同年 4 月 7 日死者 4 人、同月 11 日死者 4 人、翌平成 24（2012）年 3 月 14 日死者 1 人、同年 12 月 7 日死者 1 人の余震被害が発生している[66]。死者・行方不明者数は、当時戦後最悪と言われていた阪神淡路大震災の死者・行方不明者数を大幅に更新し戦後最悪の災害となった。

気仙沼湾では重油タンクや漁船などが破壊された。それらから漏れ出した重油と漂流していたガレキや船舶が炎上し、大規模な海上火災となった。火災は市街地にも及び多くの家屋が焼け落ちた。地震と津波は東北地方沿岸にあった原子力発電所にも大きな被害を与え、福島第一原子力発電所が炉心溶融を起こし、放射性物質を大気中に放出してしまう大事故も引き起こした。東日本大震災は地震津波による巨大かつ広域にわたる広域災害であると同時に、福島第一原発の事故が同時に進行する複合災害[67]でもあった（関西大学社会安全学部 2012）。

---

62 気象庁（2011），平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃の三陸沖の地震について（第 2 報），（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/11c/201103111620.pdf

63 首相官邸 WEB サイト，菅内閣総理大臣記者会見（平成 23 年 4 月 1 日），（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.kantei.go.jp/jp/kan/statement/201104/01kaiken.html.

64 気象庁（2012），気象庁技術報告第 133 号，pp.94-99，（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2011_03_11_tohoku/tsunami_jp.pdf.

65 総務省消防庁災害対策本部（2017），平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震（東日大震災）について（第 155 報），p.4，（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/155.pdf.

66 同上，p.4.

67 河田惠昭（1995），都市大災害，近未来社，p.21 で河田は複合災害を「色々な複数の被災形態が同時進行，あるいは時間発展系で進む災害」と定義している。

（２）製油所の被害

東日本大震災発生当時、国内には 27 ヵ所の製油所が操業していた[68]。原油処理能力は 4516,424B/D あった。このうち、大阪国際石油精製大阪製油所（115,000B/D）は定期修理のため運転を休止していた[69]。

東北地方太平洋沖地震が発生すると強い揺れが東北から関東地方に分布する製油所に到達した。特に JX 仙台製油所[70]と鹿島石油鹿島製油所では、震度 6 弱以上の揺れに遭遇している。この二つの製油所は津波の被害も受けた。JX 仙台製油所は構内で津波浸水が発生した。その結果、多くの施設が破壊されたほか火災も発生している。JX 仙台製油所は、被害を復旧に 1 年の期間を要した[71]。鹿島石油鹿島製油所では、敷地の津波浸水こそほとんど無かった[72]ものの、原油受け入れ桟橋が津波による強い水流によって流失してしまった。その結果、操業再開には約 3 ヶ月を要した[73]。

東京湾沿岸に立地している製油所も震度 4 から 5 強の揺れに見舞われた。幸い津波の被害は無かったものの、強い揺れに遭遇したことから緊急停止し点検を行った製油所が複数あった。

東京湾沿岸部に立地する製油所の中で最も大きな被害が発生したのがコスモ石油千葉製油所である。この製油所では、LPG タンクが座屈し火災が発生した。火元はタンクの座屈によって破損したガス管であった。通常であれば配管に設置されている緊急遮断弁が地震発生時に作動し、破損部から漏洩するガスの量も少ない。火災が発生したとしても、供給元から寸断されるのですぐに燃料切れとなる。しかし、この製油所では緊急遮断弁が作動しないように固定していた[74]。そのため、地震発生後、火災が発生しても燃料となるガスの供給を遮断することができず、火災は拡大した。

座屈した LPG タンクは、被災当時、タンク内に空気を抜くために水が充填されていた。本来充填されている LPG よりも比重が重く、通常より大きな負荷がかかっていた。通常時は問題が無かったが、地震が発生したことにより、その負荷に耐えきれなくなり、タンク

---

68 石油連盟 WEB サイト(2011),製油所の所在地と原油処理能力(2011 年 1 月現在),(2017 年 7 月 20 日確認）http://www.paj.gr.jp/from_chairman/data/20110317_g.pdf.

69 永井裕久（2013），東日本大震災における製油所の被害と復旧，p.6.（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.jser.gr.jp/activity/JSER_report/nagai_130220.pdf.

70 現 JXTG 仙台製油所

71 JX 日鉱日石エネルギー株式会社仙台製油所（2012），うみねこ 41 号,（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.noe.jxtg-group.co.jp/company/about/gaiyou/jigyousho/sendai/local/pdf/umineko_41.pdf.

72 原口強・岩松暉（2011），東日本大震災津波詳細地図（下巻），古今書院，pp.104- 105.

73 日本経済新聞（2011），2011 年 6 月 4 日付 JX エネ、鹿島製油所で生産再開　東北向け供給も担う,（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.nikkei.com/article/DGXNASDD04017_U1A600C1TJC000/.

74 総合資源エネルギー調査会高圧ガス及び火薬類保安分科会高圧ガス部会（第 17 回）（2011），資料 9 コスモ石油（株）千葉製油所における火災・爆発事故について,（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.meti.go.jp/committee/summary/0001815/017_09_00.pdf.

を支える支柱が溶接固定されていたブレースによって破断した。これは、ブレースの先端がニッパーのような役目を果たし、支柱を切断したことによる。このLPGタンクへの水の充填という操作自体は点検などの際に広く行われている操作で、その操作自体が違法というわけではない。しかし、点検終了後に水をタンクに充填したまま放置するなど運用上の問題があった。また、緊急遮断弁を開放状態で固定していたことは、明らかな法令違反であり、同年6月30日に、経済産業省原子力安全・保安院長名でコスモ石油に対し厳重注意の処分が下されている[75]。

また、タンク群が爆発したことにより有害物質が大気中に放出され、黒い雨が降ったなどのデマがSNS上で一時的に流布するなど、タンクの爆発や燃料の供給支障とはすこし違う問題も発生している[76]。この、SNS 上でのデマの流布に関しては、荻上（2011）が詳しい。

この火災で、コスモ石油千葉製油所は発災箇所に設置されていたLPG タンク 17 基が破壊された。人的被害は重傷者1名、軽傷者5名の計6名であり幸いなことに死者は発生しなかった[77]。

東日本大震災の際に製油所で発生した災害は、地震・津波によるある意味での不可抗力の被害と、定められた通りに日頃から対応していれば防げた可能性のある被害に大別することができる。本研究では、現場が法令違反を犯しているという前提に立って、推計を行ったものではない。したがって、仮に被害が小さいと想定されている製油所で上記のような法令違反などが行われていると、第4章および第5章で述べる推計よりもさらに厳しい結果になる恐れがあることをあらかじめ付記しておく。

（３）先行研究

東日本大震災では、ガソリンスタンドに多くの車が並ぶ光景が全国に放送された。経済産業省では19日から、被災地への燃料供給に関してタンクローリーの投入状況などをWEBサイト上で公表していた[78]。

東日本大震災以降、この震災により被災地で発生した燃料の供給支障に関する研究が、赤松らの手によって行われた（赤松ら 2013a、2013b、2016）。赤松ら（2013a）では、石

---

[75] 経済産業省WEBサイト（2011），コスモ石油株式会社に対する行政処分等について，（2017年10月5日確認）http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2011/06/230630-5-1.pdf.

[76] 荻上チキ（2011），検証東日本大震災の流言・デマ，光文社，pp.30-49.

[77] コスモ石油（2011），千葉製油所の火災・爆発事故について，コーポレートレポート2011，pp.3-6（2017年10月5日確認）https://ceh.cosmo-oil.co.jp/csr/publish/sustain/pdf/2011/sus2011_all.pdf.

[78] 経済産業省WEBサイト（2011），東北地方（被災地）及び関東圏でのガソリン・軽油等の供給確保―緊急の供給確保措置と拡大輸送ルートの設定―，（2013年12月26日確認，2017年11月5日時点ではリンク切れ）http://www.meti.go.jp/earthquake/gasoline/oil0319.pdf.

油製品の輸送実態について着目し、東北地方の港湾の被災後の利用について分析している。この研究は、通常時と東日本大震災発災直後の石油製品供給施設の状況について整理した上で、石油製品販売実績データと輸送データから、震災時の東北地域への供給体制を定量的に把握した。そして、その結果から東日本大震災時の東北地方では、圧倒的な供給量不足による石油不足が発生していたことを指摘している。

赤松ら（2013b）は、東北地方の発災 1 ヶ月間の品種別石油製品の需給ギャップを分析した。そして、「(1) 発災後 2 週間の東北地域へのガソリン移入量は平常時需要量の約 1/3 に過ぎなかったこと、(2) 2 週間の供給不足により累積需要量が累積供給量を大幅に上回り、両者の差である待機需要が溜まったこと、(3)この待機需要が解消したのは発災後 4 週目となり、その結果、東北地域全体で約 1 週間分（平常時の日需要量換算）のガソリン需要が消失したこと、(4)需給ギャップの状況は太平洋側と日本海側地域で大きく異なり、宮城県・岩手県・山形県では非常に大きかったこと、」という 4 点を明らかにした（赤松ら 2013b）。

赤松ら（2016）では、ガソリン販売統計と港湾間の移出入統計を用いて東北地域における発災後 1 ヶ月間のガソリン需給ギャップを分析し，ガソリン不足の主要因が供給（輸送）戦略の失敗であったことを明らかにしている。その上で、東日本大震災においてどのようにすれば傷が小さく済んだかを検討している。また、大規模災害時に適当な価格統制を行うことは不可能であることを述べている。

赤松らの研究成果では一貫して、石油製品の供給不足は買い溜めやパニック行動が主たる原因ではないことを指摘している。

表 2-2　2011 年 1 月末国内製油所の一覧

地方	所属企業	製油所	原油処理能力（B/D）	原油処理能力の地域内合計（B/D）	地域原油処理能力（B/D）の国内原油処理能力に占める割合
北海道	出光	北海道製油所	140,000	320,000	7.1%
	JX	室蘭製油所	180,000		
東北	JX	仙台製油所	145,000	145,000	3.2%
関東	鹿島石油	鹿島製油所	252,500	1,802,224	39.9%
	コスモ石油	千葉製油所	220,000		
	極東石油	千葉製油所	175,000		
	出光	千葉製油所	220,000		
	富士石油	袖ヶ浦製油所	140,000		
	東燃ゼネラル	川崎製油所	335,000		
	東亜石油	京浜製油所	185,000		
	JX	根岸製油所	270,000		
	帝石ト	頸城製油所	4,724		
中部	出光	愛知製油所	160,000	495,000	11.0%
	コスモ石油	四日市製油所	125,000		
	昭和四日市	四日市	210,000		
近畿	コスモ石油	堺製油所	100,000	541,000	12.0%
	東燃ゼネラル	堺製油所	156,000		
	大阪国際石油精製	大阪製油所	115,000		
	東燃ゼネラル	和歌山製油所	170,000		
中国	JX	水島製油所	380,200	747,200	16.5%
	JX	麻里布製油所	127,000		
	西部石油	山口製油所	120,000		
	出光	徳山製油所	120,000		
四国	太陽石油	四国製油所	120,000	230,000	5.1%
	コスモ石油	坂出製油所	110,000		
九州	JX	大分製油所	136,000	136,000	3.0%
沖縄	南西石油	西原製油所	100,000	100,000	2.2%
合計			4,516,424	4,516,424	100.0%

出所：石油連盟（2011），製油所の所在と原油処理能力（2011 年 1 月末現在），
http://www.paj.gr.jp/from_chairman/data/20110317_g.pdf.をもとに筆者作成

（４）東日本大震災と原油処理能力の低下

東日本大震災発生時、全国に 27 ヵ所の製油所が操業しており、4,516,24B/D の原油処理能力があった。特に東京湾の湾岸部を中心に、関東地方だけでも 9 ヵ所 1,802,224B/D の原油処理能力があった。**表 2-2** は被災直前の国内製油所の一覧であり、**図 2-2** は東日本発生直前の製油所の国内分布図である。

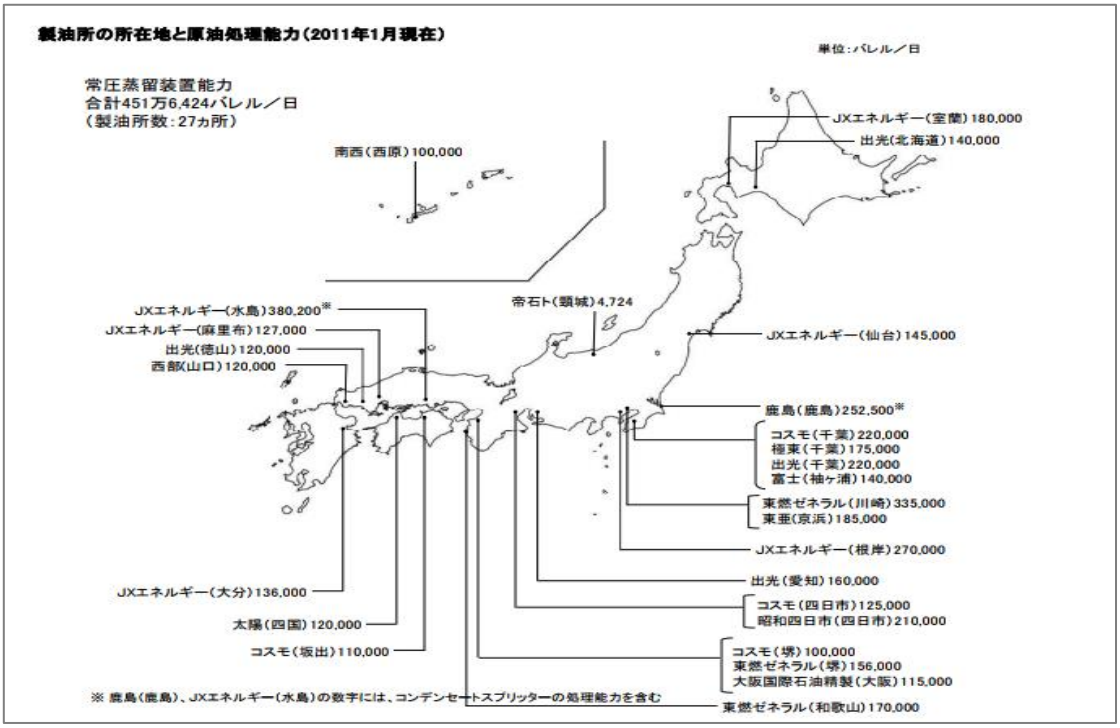

図 2-2　東日本大震災被災直前の製油所の分布

出所：石油連盟（2011），前掲.

また、この震災による製油所の被害とフル生産再開日について、石油元売り各社プレスリリース[79] [80] [81] [82] [83] [84]をもとに**表 2-3** にまとめた。

---

79 コスモ石油（2012），千葉製油所の常圧蒸留装置稼働に伴う稼働再開について，（2017 年 6 月 28 日確認）http://ceh.cosmo-oil.co.jp/information/120428/.

80 JX 日鉱日石エネルギー（2011），当社の石油製品供給体制について（第 5 報 3 月 21 日 10:30 現在／根岸製油所の生産（精製）装置の稼動再開），（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease/2010/20110321_01_0944355.html.

81 JX 日鉱日石エネルギー（2011），当社の石油製品供給体制について（第 15 報 4 月 12 日 10:30 現在），（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease/2011/20110412_01_0950261.html.

82 東燃ゼネラル（2011），地震による影響について，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.hd.jxtg-group.co.jp/newsrelease_tg/pdf/2011-03-14_1ja.pdf.

83 東燃ゼネラル（2011），東北地方太平洋沖地震による影響について，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease_tg/pdf/2011-03-16_1ja.pdf.

84 東燃ゼネラル（2011），東北地方太平洋沖地震による影響について第 6 報，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease_tg/pdf/2011-03-18_1ja.pdf.

表 2-3　東日本大震災により被災した製油所の一覧

	製油所	精製能力（B/D）	被災状況	フル生産再開	震度
1	JX仙台製油所	145,000	火災・津波	2012年3月9日	6弱
2	JX根岸製油所	270,000	被害軽微	2011年4月10日	4
3	鹿島石油鹿島製油所	252,500	損傷大（受け入れ桟橋の流出等）	2011年6月4日	5強
4	東燃ゼネラル・川崎製油所	335,000	被害なし	2011年3月18日	5強
5	コスモ石油千葉製油所	220,000	火災	2012年4月28日	5弱
6	極東石油千葉製油所	175,000	被害なし	2011年3月21日	5弱

出所：各社プレスリリースをもとに筆者作成。

東日本大震災時における、国内の原油処理能力、定期修理中の原油処理能力、稼働原油処理能力（定期修理中のものを除いた原油処理能力）、平常時の原油処理量、充足率を被災前日の 3 月 10 日から被災後 51 日目にあたる 4 月 30 日までの期間の推移を示す。国内の原油処理能力、定期修理中の原油処理能力、稼働原油処理能力（定期修理中のものを除いた原油処理能力）は、石油元売り各社や石油連盟 WEB サイト上のプレスリリースをもとに示した。原油処理能力は、国内の各製油所の原油処理能力を積算したものである。ここでは便宜上、一旦生産を停止した製油所は、フル生産を再開した時点で初めてカウントされる。そのため、例えば、JX 根岸製油所は生産再開自体は 3 月 21 日であるが、フル生産再開は 4 月 10 日であった。したがって、JX 根岸製油所の原油処理能力が反映されるのは、4 月 10 日からである。また、被災当時、定期修理のため生産を停止していた製油所があった。そのため、その製油所の分を除いた原油処理能力を稼働原油処理能力とし、本稿ではこれを推計の対象として用いた。平常時の原油処理量は、被災による原油処理量の増減は考慮せず、2010 年同時期と同じと仮定したうえで算出した。算出方法は、2010 年同月の原油処理量（kl/月）から一日当たりの平均原油処理量（kl/D）を算出し、これを B/D に換算し直したものである。充足率は平常時の原油処理量と稼働原油処理能力をもとに算出したものを用いた。充足率が 100%を下回った場合には、平常時の原油処理量と稼働原油処理能力の差を原油処理不足量（B/D）として算出した。なお、関東・東北の各地域別の推計と第 4 章及び第 5 章では定期修理中の製油所が無かったため、稼働原油処理能力は原油処理能力とした。

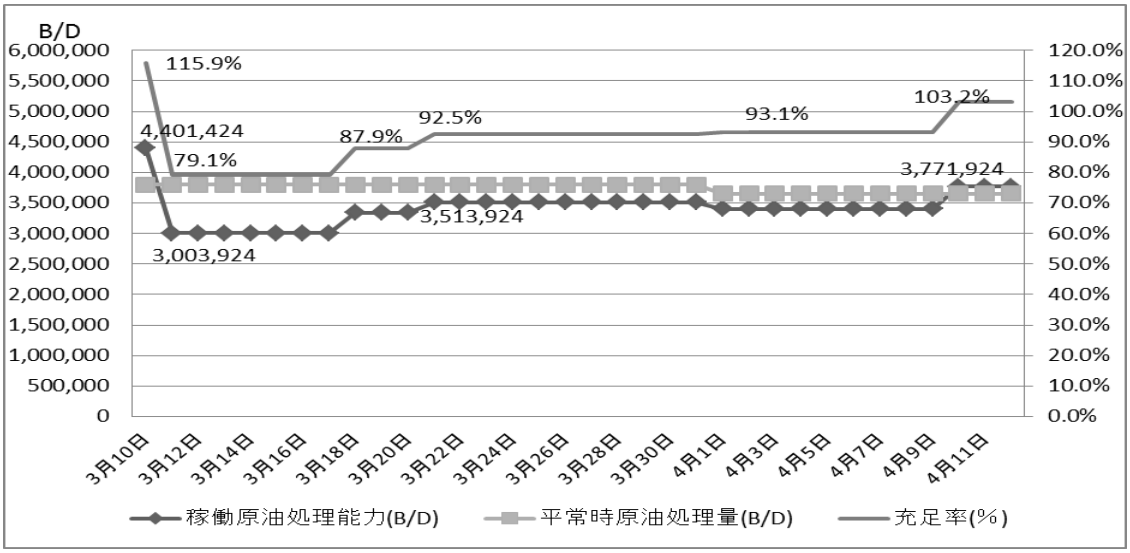

図 2-3　稼働原油処理能力（B/D）等の推移

図 2-3 は、2011 年 3 月 10 日から 2011 年 4 月 11 日までの期間において、稼働原油処理能力、平常時の原油処理量、充足率の推移を示したものである。被災前、稼働原油処理能力は 4,401,424B/D、充足率は 115.9%であった。これが被災直後には、稼働原油処理能力が 3,003,924B/D まで減少し、充足率も 79.1%まで落ち込み、約 797,000B/D の処理不足が発生した。3 月 18 日および 3 月 21 日に東燃ゼネラル川崎製油所と極東石油（現東燃ゼネラル）千葉製油所がフル生産を再開したので、稼働原油処理能力が 3,513,924B/D まで回復し、充足率も 92.5%まで回復している。しかし、これ以降、4 月 10 日の JX 根岸製油所のフル生産再開まで稼働原油処理能力は回復しなかった。また、4 月 10 日の根岸製油所フル生産再開以降も充足率は 103.2%であり、原油処理能力が平常時の原油処理量を処理する能力を確保されていたというのが実態であったと可能性がある。

次に、東日本大震災の被災地内における原油処理能力の推移等について推計を行った。算出対象、算出方法は国内全体の推計時のものを準用した。ただし、地方別の原油処理量（B/D）は公表されていなかった。そこで、まず、対象となる地方の原油処理能力がわが国全体の原油処理能力において、どの程度の比率を占めているのか、地方構成比を求め、これを前年同時期の原油処理量（kl/D）に乗じて、地方別原油処理量（kl/D）の推定値を算出し、B/D に換算し直したものを用いた。なお、東北地方、関東地方の製油所で、被災当時定期修理のため、生産を停止していたものは無かった。ここでは、関東地方についてのみ提示する。東北地方については、被災後 1 年間、原油処理能力 0B/D および充足率は 0%となった。

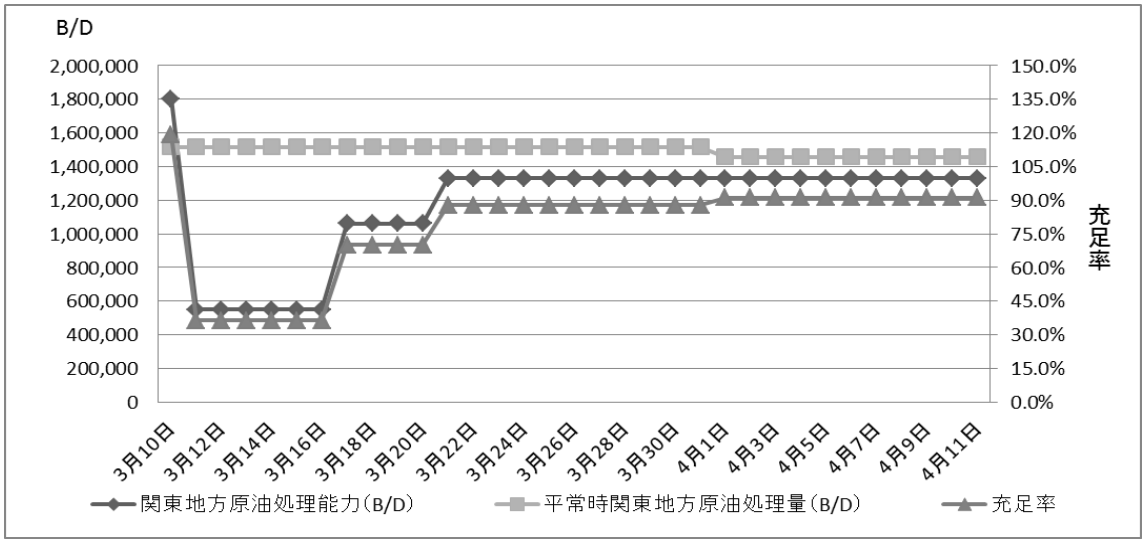

図 2-4　関東地方原油処理能力（B/D）等の推移

図 2-4 は、関東地方における 2011 年 3 月 10 日から 2011 年 4 月 11 日までの、原油処理能力、平常時原油処理量、充足率の推移を示したものである。被災前の関東地方には 9 ヵ所の製油所があり、**図 2-4** を見ると 1,802,224B/D の原油処理能力があった。充足率についても 119.0%あった。東日本大震災によって関東地方で操業していた 9 ヵ所の製油所のうち 5 ヵ所が操業を停止し、被災直後には原油処理能力が 549,724B/D まで低下した。充足率は 36.3%まで下落した。最大で一日当たり 965,377 バレルの原油処理量が不足していた。3 月 18 日および 3 月 21 日に東燃ゼネラル川崎製油所と極東石油千葉製油所がフル生産を再開したので、原油処理能力が 1,059,724B/D まで回復した。しかし、充足率は 69.9%で、いまだ約 30%の不足が生じていた。4 月 10 日に JX 根岸製油所がフル生産を再開し、原油処理能力が 1,329,724B/D まで回復した。しかし、4 月に入って原油処理量が減少したことを踏まえても、充足率は 91.2%であり、128,300 バレルの処理不足が発生していた。この処理不足は、製油所 1 ヵ所分に相当し、定期修理のために生産を停止していた大阪国際石油精製大阪製油所や、同じく定期修理のため生産を停止した JX 水島製油所の定期修理分を上回っている。

東北地方についても同様に推計した。**図 2-5** は、東北地方における 2011 年 3 月 10 日から 2011 年 4 月 11 日までの原油処理能力、平常時原油処理量、充足率の推移を示したものである。東北地方では製油所は今も当時も JX 仙台製油所（現 JXTG 仙台製油所）の 1 ヵ所しかない。東日本大震災が発生すると、強い揺れと津波、そして火災による被害よって操業できなくなった。そのため、原油処理能力は被災後長期間にわたって 0B/D となった。充足率も 0%であった。

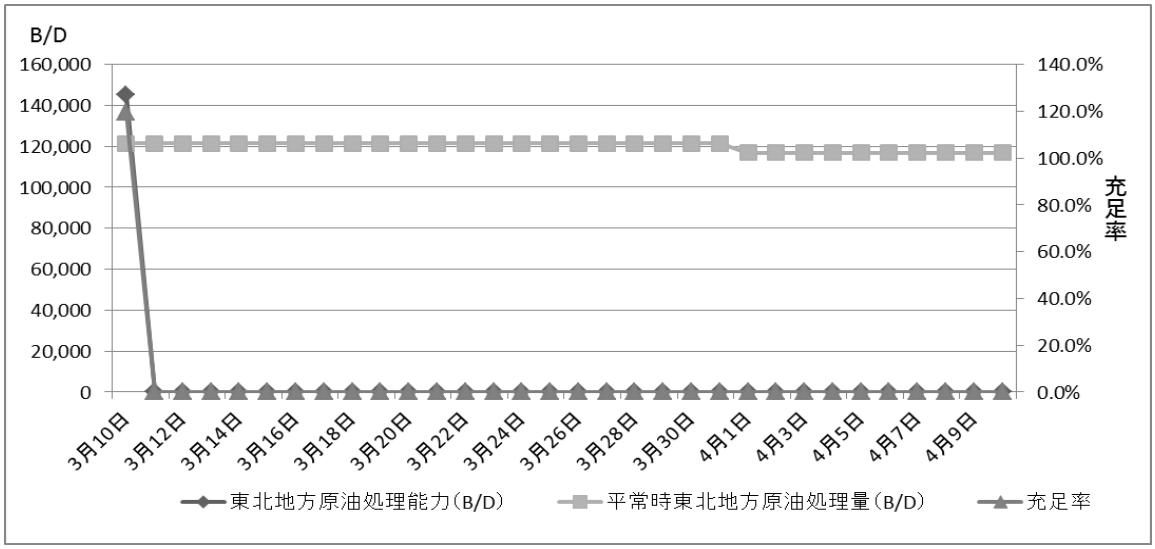

図 2-5　東北地方原油処理能力（B/D）等の推移

（５）東日本大震災で発生した課題

2.2(4)から、わが国全体では稼働原油処理能力は被災 1 ヶ月で、平常時の原油処理量を処理するだけの能力に回復があった。一方、被災地では原油処理能力が 1 ヶ月経過しても平常時の原油処理量を満たすことができない状態が続いた。関東地方では充足率が被災 1 ヶ月後に 91.2%まで回復したものの、128,300 バレルの処理能力不足が毎日発生していたと推定された。これは、比較的小規模な製油所 1 つ分に相当する規模であった。また、東北地方では、唯一の製油所が津波と火災で大きな被害を受けたため、被災後 1 年間、原油処理を行うことができなかった。関東および東北地方全体では、被災から 1 ヶ月後の時点で 245,234B/D の原油処理不足量が発生していたと推定された。原油処理能力の推移という観点からは、被災後長期に渡って原油処理能力が低下したことが課題となっていることが明らかとなった。

製油所の立地という観点から見ると、東北地方で唯一の製油所が太平洋側に面していたことが一つの問題であった。もちろん、単純に太平洋側には設置せず日本海側に設置すれば良いというものではない。安全保障上の問題や気候の問題などを考慮すれば、日本海側と太平洋側にそれぞれ設置しておくのが無難であった。しかし、製油所の統廃合の進み、2012 年 11 月に帝石トッピングプラント頸城製油所が廃止され、日本海側の製油所は全廃された。また、南海トラフ沿いの巨大地震ではほとんど直接被害が生じないであろう北海道の製油所も、東日本大震災時に出光興産北海道製油所と JX 室蘭製油所の 2 ヵ所あったものが出光興産北海道製油所の 1 ヵ所のみとなった。製油所を国内にどのように配置するかということは、国家の安全保障や災害時の燃料供給に密接に関わる問題である。この点については今後議論が必要であろう。

第 3 章　南海トラフの巨大地震の発生特性

本章では南海トラフで白鳳地震以降のこれまでに発生したと考えられているプレート境界型地震について記述する。次に、東日本大震災以降の我が国で注目されている南海トラフ巨大地震について記述する。そして、南海トラフの東側と西側が時間差で活動した事例をもとに東海地震や南海地震のマグニチュードと時間差について解析する。本章で扱う既知の地震の諸元等について特に注記等が無い限り、宇佐美らの『日本被害地震総覧 599-2012』に拠る。また、この章の内容は、橋冨・河田（2018）の内容の一部を大幅に加筆したものである。

第 1 節　南海トラフ沿いでこれまでに発生した巨大地震

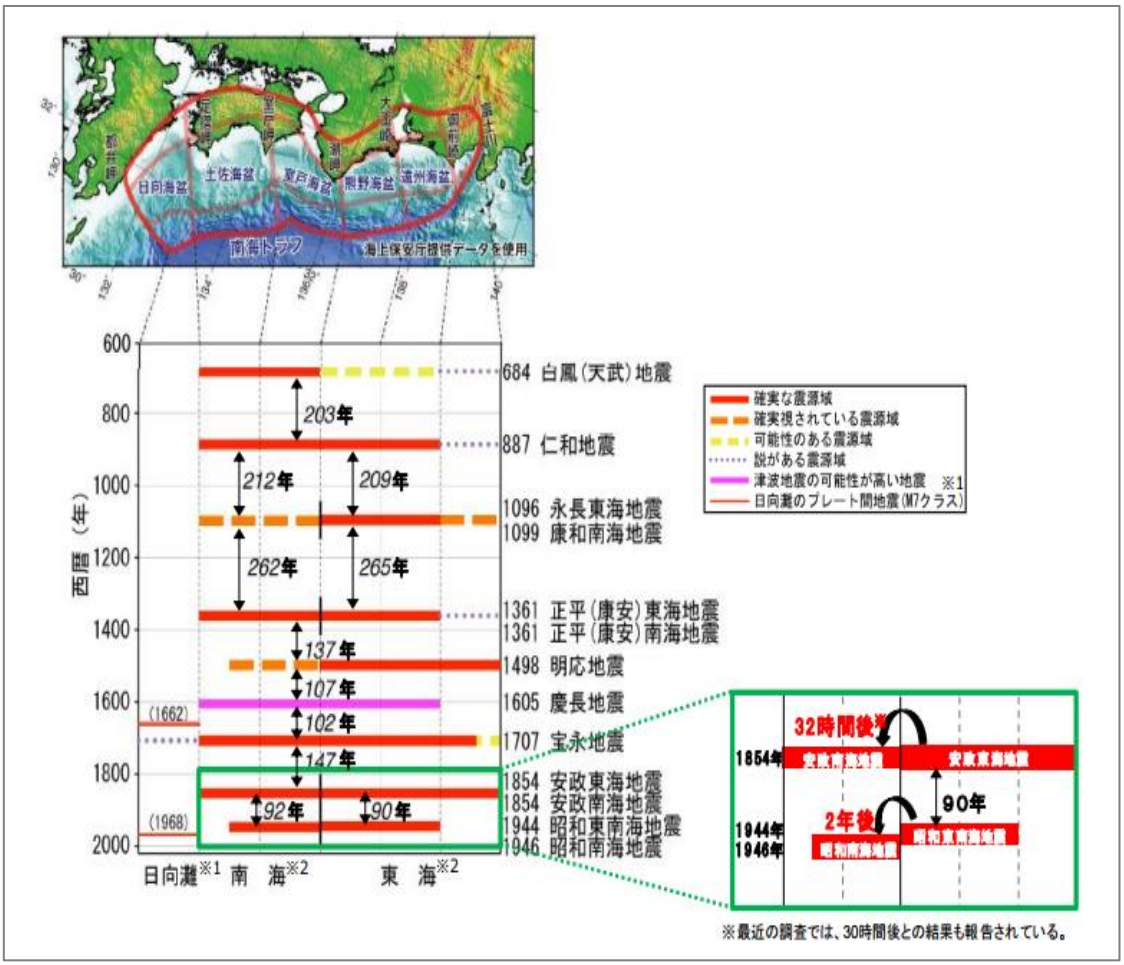

図 3-1　南海トラフ沿いで過去に発生した大規模地震の震源域の時空間分布

出所：中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ（2017a），南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について（報告），p.4.　図 1，（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio_ wg/pdf/h290926honbun.pdf

南海トラフではこれまでに 9 回の一連の活動が発生したと言われている（**図 3-1**）。南海トラフ沿いで発生した巨大地震は、直近のものは約 100～150 年間隔で発生している。一方、正平地震以前の古い地震は約 200 年間隔となっている。本節では、南海トラフで白鳳地震以降のこれまでに発生したと考えられているプレート境界型の巨大地震について簡単ではあるが記述する。

記録に残る最古のものは、天武天皇 13（684）年の白鳳地震である。この地震は日本書紀に記述されており、津波や地盤沈下、家屋の倒壊などが記されている。当時の人々がこの巨大地震に驚き混乱していた姿も記されている。

その後、仁和 3（887）年には仁和地震が発生した。この地震は M8.0～8.5 と言われている。仁和地震が発生した時代は、巨大地震や大噴火が発生した時代であった。東北地方では貞観 11（869）年に貞観地震が発生し巨大津波が沿岸各地を襲っている。また富士山も噴火した。その溶岩流の跡は、現在では青木ヶ原樹海となっている。

仁和地震から 209 年後の嘉保 3（1096）年に永長地震が発生した。この地震は東海・東南海地震に相当する地震であったと考えられている。永長地震は M8.0～8.5 程度であったと言われている。この 2 年 2 ヶ月後の承徳 3（1099）年には、康和地震が発生したとされている。康和地震による被害の記録はほとんどないが、津波で水没した荘園の代替地を宛がうように要請した文書が発見されている。ただし、この文書については疑いが出てきており、康和地震は南海地震ではないとする説もある（石橋 2016）[85]。

正平 16（1361）年に発生した正平地震は南海地震として発生したことは確実視されている。しかし、同時期に発生したと考えられる東海地震や東南海地震については、これまで資料がほとんど見つかっていなかった。しかし、奥野・奥野（2011）は伊勢神宮関連の史料から正平地震についてと同様の指摘をしている。

明応 7（1498）年に発生した明応地震は M8.2～8.4 とされ、房総半島から和歌山までの広い範囲で津波の記録が残っている。一方、和歌山以西では記録がほとんど残っておらず、

---

[85] 石橋（2016）では、反証とは言えないとしつつも、康和地震を南海地震とすることにいくつもの疑問があるとしている。疑問点は、（1）京都の地震が巨大地震的ではない点（2）康和南海地震が発生したとされる時期の公家の日記に南海地震が発生した後の余震と思われる記述が無い点、（3）史料から地震津波災害が窺われない点、であるとしている。そのうえで康和南海地震があったとされる根拠の紙背文書に対する疑義などから指摘されているものである。石橋（2016）において気象庁 WEB サイトを用いて、昭和南海地震後 18 日間に有感地震が京都で 11 回あったことを述べている。ただ、筆者が同サイトの震度データベース検索で確認したところ、その内容は有感地震の内訳をみると震度 2 が 3 回、震度 1 が 8 回であった。このことから、仮に康和地震が昭和南海地震と同規模程度で同様の余震傾向あったならば、仮に当時の公家の日記などに余震の記述が無かったとしても不思議ではない。また、奈良に被害があり河内平野や播磨平野での被害記述が被災直後に当地を通行した因幡守平時範の日記『時範記』に無い点についても、昭和南海地震の震度分布と比較すると、それほどおかしくは無いと考えられる。気象庁の観測震度は奈良が震度 5、大阪が震度 4 であった。よって本論文では康和地震は南海地震であったという説にのっとる。

実態は不明な点が多い。また、明応地震では東側の発生時刻しか明らかになっていない。そのため、本章の検討対象からはデータ不足によりこの明応地震は除外されている。

慶長 9（1605）年に慶長地震（M7.9）が発生した。南海トラフでは白鳳地震以来 9 回の活動が確認されているが、この慶長地震は揺れの被害が少なく津波の被害が非常に大きい津波地震であったと考えられている。ただし、この慶長地震についても不明な点が多く、南海トラフ沿いで発生した地震ではないとする説もある（松浦 2013 など）。ただ、仮に津波地震であった場合、強い揺れを伴わないことから、津波来襲の切迫性が住民に理解されにくい恐れがあり、津波による犠牲が拡大する危険性がある。南海トラフ沿いの地震防災上の脅威の一つである。

宝永 4（1707）年に発生した宝永地震は、南海トラフの広い範囲が一度に活動する巨大地震であった。地震の規模は宇佐美ら（2013）に基づいて M8.6 としている[86]。さらに、この地震の 49 日後には富士山が大噴火を起こしている。宝永地震の津波は各地で大きな被害を出した。

嘉永 7（1854）年、安政東海地震（M8.4）が発生しその 32 時間後に安政南海地震（M8.4）が発生している（土屋・河田 1986）。安政南海地震の津波は大坂の町中に達し、多数の被害を発生させた。当時の教訓を残した石碑が現在も大阪市内の千日前通り大正橋（浪速区幸町）に残されている（**図 3-2・図 3-3**）。

また、安政南海地震で被災した和歌山県の広村（現広川町）には、被災後に建造された堤防が現存している（**図 3-4・図 3-5**）。この堤防は濱口梧陵（1820～1885）の出資と指揮の下で住民たちによって築かれた。この堤防は、後の昭和南海地震において、津波を防ぎこの村からほとんど被害を出さなかった。

そして最後に南海トラフで巨大地震が発生したのが、昭和東南海地震及び昭和南海地震である。昭和 19（1944）年 12 月 7 日、東海道沖を震源とする M7.9 の地震が発生した。この地震による被害は各所で生じた。製油所の被害等については既に第 1 章で記述したが、この地震による津波と建物の倒壊などによる犠牲者は、人に達した。この地震は戦時中に日本の戦争遂行能力に大きく関わる地域を直撃した地震であったため、史料が終戦時に破棄され、あるいは調査が困難な状況であったことが知られる。また、報道管制の対象となり、報道にも様々な制約があった。倒壊または大破した工場に重要な軍需工場が含まれていたことから戦争遂行へ影響は大きかったと考えられる。

昭和 18（1943）年鳥取地震以降、昭和 21（1946）年昭和南海地震まで毎年 1000 人以上の死者が出る地震が発生した。このうち、昭和南海地震を除く地震は戦時下で発生した。この内、日本の戦争遂行に大きな影響を与えたのは昭和 17（1944）年の昭和東南海地震だけであったと考えられる。大本営陸軍部戦争指導班の業務日誌である『機密戦争日誌』には昭和東南海地震のみ登場する。鳥取地震、三河地震については特に触れられることは無

---

[86] 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子（2013），日本被害地震総覧 599-2012，東京大学出版会，p.81

図 3-2　大地震両川口津浪記（表）

図 3-3　大地震両川口津浪記（左面）

出所：図 3-2・図 3-3 ともに平成 29 年 4 月 24 日筆者撮影。

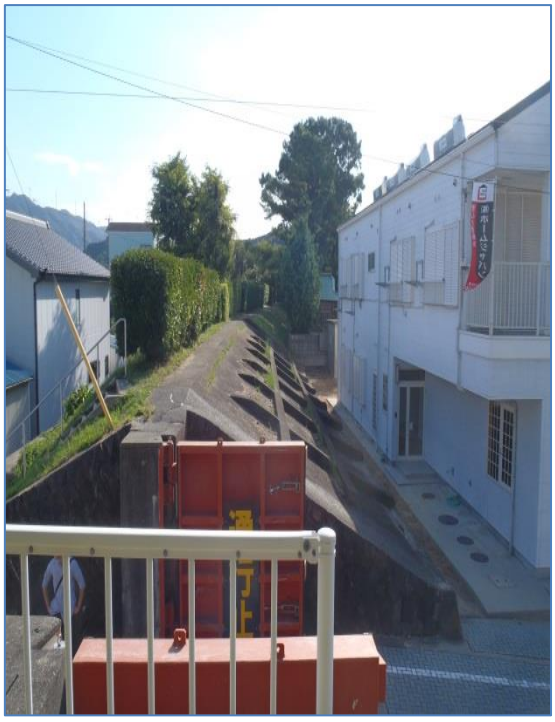

図 3-4　広村の堤防（堤防上から）

図 3-5　広村の堤防（堤防下から）

出所：図 3-4・図 3-5 ともに平成 26 年 9 月 26 日筆者撮影。

かった[87]。確かに昭和東南海地震についても空襲被害等記述に比べると記事の登場日数は微々たるものである。空襲被害については、B-29 来襲の記事が頻繁に登場している。しかし、他の地震と比較するとその扱いが異なることは明らかである。地震の記事は昭和 19 年 12 月 7 日、同 10 日、昭和 20 年 2 月 6 日の条で登場するが、このうち 12 月 7 日と同 10 日の記事は昭和東南海地震のことであることが明らかである。2 月 6 日の記事についても昭和東南海地震に関係した内容である[88]。このことは、昭和東南海地震が他の地震と異なり、大本営陸軍部戦争指導班が戦争遂行上の一時的にでも障害となると感じていたことを示している。

昭和東南海地震から 2 年後の昭和 21（1946）年 12 月に昭和南海地震（M8.0）が発生した。この地震では、津波が和歌山県から高知県にかけて襲来した。高知では地震により地盤が 70cm 沈下したあとに津波が襲来した。そのため、浦戸 1.79m、高知では 0.6m の津波であったにも関わらず、1,400 町歩[89]（約 13.88km^2）の浸水が生じたとされる[90]。和歌山県の下津（現海南市）では、丸善石油の重油タンクが 4m 津波によって移動した[91]。

この地震を最後に M8 クラスの巨大地震は、南海トラフ沿いでは発生していない。しかし、既に最後の活動から 70 年以上が過ぎ、南海トラフ沿いの巨大地震が 100～150 年間隔で活動していることを踏まえると、南海トラフの活動は近づいてきていると考えられる。

第 2 節　国が想定する南海トラフ沿いの巨大地震

東日本大震災ではそれまでの想定外の事態が発生し、大きな被害につながった。中央防災会議の南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループが 2012 年に出した第 1 次報告では、南海トラフ巨大地震とは「『南海トラフの巨大地震モデル検討会』において、科学的知見に基づき、南海トラフの巨大地震対策を検討する際に想定した最大クラスの地震・津波である。」としている[92]。

この南海トラフ巨大地震は震源域について、強い揺れを発生させる領域（強震動生成域）と巨大な津波を発生させる領域（大すべり域・超大すべり域）があるとしている。強震動生成域は基本・陸側・東側・西側の 4 ケースが考えられており、津波については大すべり

---

87 軍事史学会編（1998），大本営陸軍部戦争指導班機密戦争日誌（下巻），錦正社，p.423（昭和 18 年 9 月 10 日），pp.617- pp.618（昭和 19 年 12 月 7 日），p.649（昭和 20 年 1 月 13 日）の各条を参照

88 同上書，pp.617-pp.618（昭和 19 年 12 月 7 日），p.622（昭和 19 年 12 月 10 日），pp.662-pp.663（昭和 20 年 2 月 6 日）の各条を参照

89 1 町歩は約 9,917m^2

90 水路部（1948），昭和 21 年南海大地震報告津波編，水路要報増刊号，p.17，（2017 年 7 月 14 日確認）http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN5/siryouko/suiro-youhou/1.pdf.

91 同上書，p.15

92 中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（2012），南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告），p.1，（2017 年 10 月 19 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829_higai.pdf.

域や超大すべり域の位置などによって 11 ケースが想定されている。津波 11 ケースのうち、基本となる 5 ケースについては津波浸水予測図が中央防災会議 WEB サイトで公表されている。本研究で南海トラフ巨大地震を対象に推計を行う場合には、強震動生成域 4 ケースと津波は基本ケースとされる 5 ケースをハザードとして用いた（**表 3-1**）。

表 3-1　津波ケース①～⑤の内容

津波ケース	大すべり域と超大すべり域の分布
津波ケース①	駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース②	紀伊半島沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース③	紀伊半島沖～四国沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース④	四国沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース⑤	四国沖～九州沖に大すべり域＋超大すべり域

出所：中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフの巨大地震モデル検討会（2012），報道発表資料 1-1 南海トラフの巨大地震による津波高・震度分布等，　p.2（2015 年 11 月 5 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_1.pdf.をもとに筆者作成。

国の被害想定では、強震動生成域が基本と陸側、津波はケース①、ケース③、ケース④、ケース⑤を用いて想定している[93]。そして、国の被害想定では強震動生成域陸側かつ津波ケース①の地震が冬の深夜に発生した場合に最大で 32 万 1000 人～32 万 3000 人（風速 8m/s）が亡くなるとしている[94]。

南海トラフ巨大地震は、宝永地震の様に南海トラフの東側と西側が広範囲で一斉に活動するタイプの地震である。しかし、これまでに発生した南海トラフ沿いの地震活動を概観すると、**図 3-1** からも分かるように東側と西側の活動に時間差が生じているケースがいくつかあることが分かる。

平成 13（2001）年からの東海地震に関する専門調査会が設置され、翌平成 14（2002）年からは東海地震対策専門調査会が設置され、平成 15（2003）年に東海地震対策専門調査会が中央防災会議に報告をした[95]。東南海、南海地震等に関する専門調査会は省庁再編後の平成 13（2001）年 10 月から開催され、平成 15（2003）年まで開催されていた[96]。その後、東日本大震災を経験し、南海トラフ巨大地震に関する一連の検討会および調査部会などが

---

93 中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（2012），前掲書，pp.2-3.

94 同上書，p.21.

95 中央防災会議 WEB サイト，中央防災会議「東海地震対策専門調査会」について（2017 年 11 月 15 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/tokai/taisakusenmon/index.html.

96 中央防災会議 WEB サイト，東南海・南海地震等に関する専門調査会（2017 年 11 月 15 日確認）http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/index_nankai.html.

開催されている。

平成 28（2016）年 9 月から平成 29（2017）年 8 月まで開催された南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ（WG）では、これまで議論されていた M9 の巨大地震が発生するケースとは別に、4 つの異常な現象が発生した場合について議論された。この 4 つのケースを表にまとめた。

表 3-2　WG が想定する現象と社会状況のケース

番号	内容
ケース①	南海トラフの東側（駿河湾から東海地域、紀伊半島沖にかけての領域）で大規模地震が発生し、西側（紀伊半島沖から四国、日向灘にかけての領域）が割れ残った場合
ケース②	南海トラフで比較的規模の大きな地震※が発生した場合（※M8～9クラスの大規模地震が発生した場合に前震と考えられる規模の地震）
ケース③	2011年東北地方太平洋沖地震で先行して観測された現象が多種目で観測された場合
ケース④	東海地震の判定基準とされるような前兆滑りが見られた場合

出所：中央防災会議南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（2016），南海トラフの震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れたその評価，p.2，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tyosabukai_wg/pdf/h281013shiryo05.pdf をもとに筆者作成。

この WG では、ケース①とケース②については、「一定程度可能性の高さが認められる期間内に、避難等の応急的な対応を実施する意義がある」とした。一方、ケース 4 については、「行政機関が警戒態勢をとるなどの対応に活用できる」できるとしたが、ケース 3 については、「防災対応に活かす段階には達していない」とした[97]。

本章第 3 節で検討するのは、この WG が議論したケース①に相当する地震が発生した場合についてである。

第 3 節　南海トラフ沿いの巨大地震が時間差発生するケース
—マグニチュードと時間差の関係性—

南海トラフでは南海地震と東南海地震や広域東海地震が時間差で活動した事例が複数ある。直近では昭和地震や安政地震が該当する。これまで、これらの時間差で活動するタイプの地震に関して、その時間差がどのくらいの長さになるのかは分からなかった。少なく

97 中央防災会議 防災対策実行会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ（2017b），南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について（報告）【概要】，（2017 年 10 月 19 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio_wg/pdf/h290926gaiyo.pdf.

とも、過去の事例から「数日または数年」といった表現がなされることが多い。南海トラフで発生する巨大地震には、本章第 1 節で既に述べたように、南海トラフ東側と西側が連動して動く地震（宝永型）と東側と西側が別々に動く地震（安政型）がある。安政型で問題になるのは、東側の地震と西側の地震の間にどれくらいのタイムラグがあるのか予測できないことである。

そもそも、東側が活動した後に必ず西側が活動するという明確な理由はない。しかし、過去に発生したことが確実な 9 つの事例について、『南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について（報告）』中の図 1（本章中の**図 3-1**）をもとに検討すると、東側と西側が確実に動いたとされている事例が 5 つ、東西何れか片方が確実かつもう一方も確実視されている事例が 2 つある。9 つの事例のうち、白鳳地震のみが可能性のある震源域という扱いで東側の領域を扱っている。

仮に、東海・東南海地震が発生したとする。地震発生後、自衛隊や警察、消防、海上保安庁は、本来であれば救助活動に赴く。また、その他の各種団体、在日米軍も同様に救援活動を開始することになるであろう。ところが、南海地震が発生していない段階では、南海地震が発生する可能性を常に踏まえて行動しなければならない。それは被災地やその近傍にいる人であれば、派遣されている人もその地の住民も等しく受ける制約である。復旧復興も、南海地震で再び破壊される可能性を承知しておかなければならない。常に強い揺れや津波来襲に備えた行動を要求される。また、仮復旧後に短期間で南海地震が発生し破壊されてしまうと、その復旧工事はほとんどが無駄となる。このような無駄を防ぐためには、最初の地震から次の地震までの期間をある程度推定し、復旧後の利用期間や必要性などから意味のある復旧なのか吟味する必要がある。

現時点では、過去の活動例の中でタイムラグの長さがすでに確定している例は安政東海・南海地震と昭和東南海・南海地震の 2 例しかない。この 2 例はそれぞれ、32 時間と 2 年 1 ヶ月である。つまり、被災者や救援に向かう人たちに対して、南海地震は 2 日以内に起こるかもしれないし 2 年程先に起こるかもしれないので気を付けて下さい、と周知することになる。このような状態では、まともな対応は出来ないばかりか、被災者たちやこれから南海地震で大きな被害が生じると予想されている地域の人達を延々と怯えさせることになりかねない。数日間と数年間では警戒態勢を維持するために必要な社会の体力が大幅に異なってくる。広域東海地震が発生した段階で、割れ残った西側の南海地震が発生するまでにどのくらい時間があるのかをある程度推定する必要がある。本節では、広域東海地震と南海地震の規模（マグニチュード）と時間差の関係について検討した。

（1）広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係

Hori (2006)では、広域東海地震の規模が大きい場合と前回の活動までの期間が長い場合には、どちらも時間差が短くなる傾向があったことを指摘している。しかし、そこにどのような関係性があるのかまでは踏み込めていなかった。また、南海トラフ沿いの地震観測・

評価に基づく防災対応検討ワーキンググループの報告書において、M8 以上の地震 96 事例中、10 事例で同規模の地震が最初の地震の震源から 50～500km 以内の領域で 3 日以内に発生したことを報告している。ただし、これは震源間の距離のみでまとめられており、必ずしも南海トラフ沿いの巨大地震のようないわゆる双子地震のような地震を抽出したものではない。なかには無関係なものが含まれている可能性は十分にある。

この項では、広域東海地震のマグニチュードとその後の南海地震までの時間差について解析した。**図 3-6** は、宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震のマグニチュードと時間差の分布を示したものである。宝永地震は時間差がないので本来 h=0 になるのだが、対数グラフの性質上、h=1 となっている。A～E のそれぞれの地震は**表 3-3** にまとめた。

表 3-3 解析対象と参考とする地震の一覧

記号	地震名	発生日	マグニチュード（M）	時間差（h）	対となる南海地震
A	宝永地震	1707年10月28日	8.6	0	全域が一斉に活動
B	安政東海地震	1854年12月23日	8.4	32	安政南海地震（1854年12月24日：M8.4）
C	昭和東南海地震	1944年12月7日	7.9	17848	昭和南海地震（1946年12月21日：M8.0）
D	永長地震	1096年7月17日	8.0	19128	康和地震（1099年2月22日：M8.0～8.3）
E	南海トラフ巨大地震	将来発生の恐れ	9.0	0	全域が一斉に活動

出所：宇佐美ら，前掲書，p.47，p.48，p.80，p.157，p.170，p.336，p.341 のデータをもとに筆者作成。

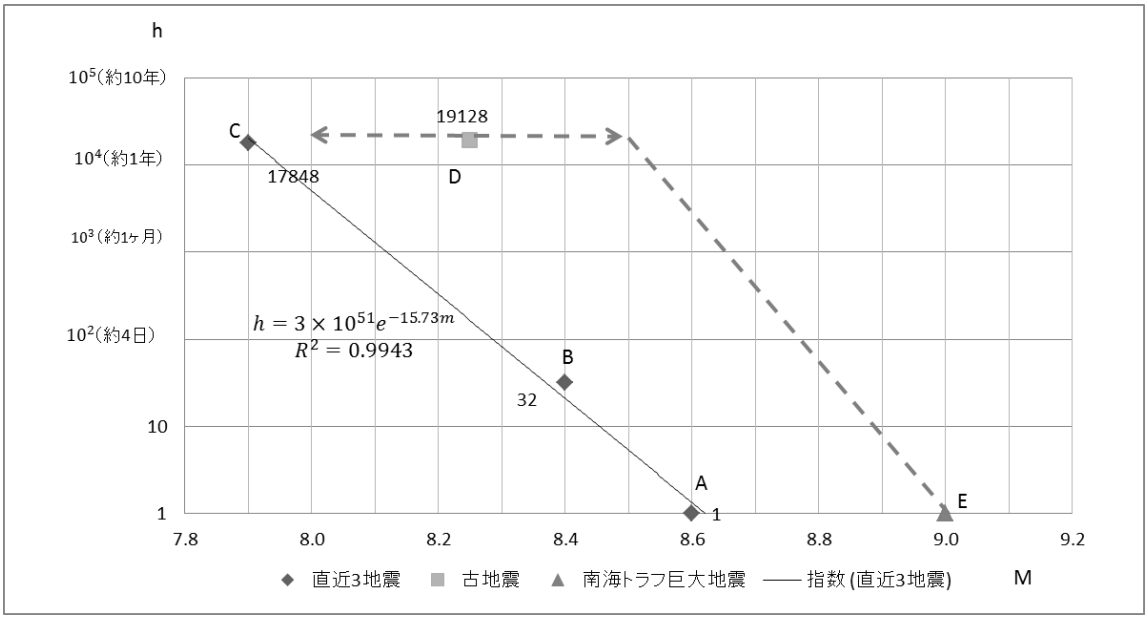

図 3-6　解析対象と参考とする地震のマグニチュードと時間差の分布

図 3-6 の A から C の各点は、直近に発生した地震のデータである。A～C は線形に並んでいることが分かる。この直線の回帰式は、以下の通りである。なお、式中の h は時間、m はマグニチュード、e は自然底数をそれぞれあらわす。

（式 1）

$$h = 3 \times 10^{51} e^{-13.37m}$$

R^2＝0.9943 となった。永長地震（番号 D）は M8.0～8.5 と非常に幅が広いが、M8.0 であれば比較的当てはまりは良い。また、本論文では採用しなかった「康和地震を除外し永長地震が東海地震と南海地震の連動型」と仮定し M8.5 ほどの規模があった場合も非常に当てはまりが良い。

次にこのような現象が他の領域でも見られるのか比較検討を行った。比較対象は択捉沖～十勝沖で発生したプレート境界型地震とした。発生日時や地震の規模（M）、領域区分は、中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」資料図表集に拠る（**図 3-7**）。

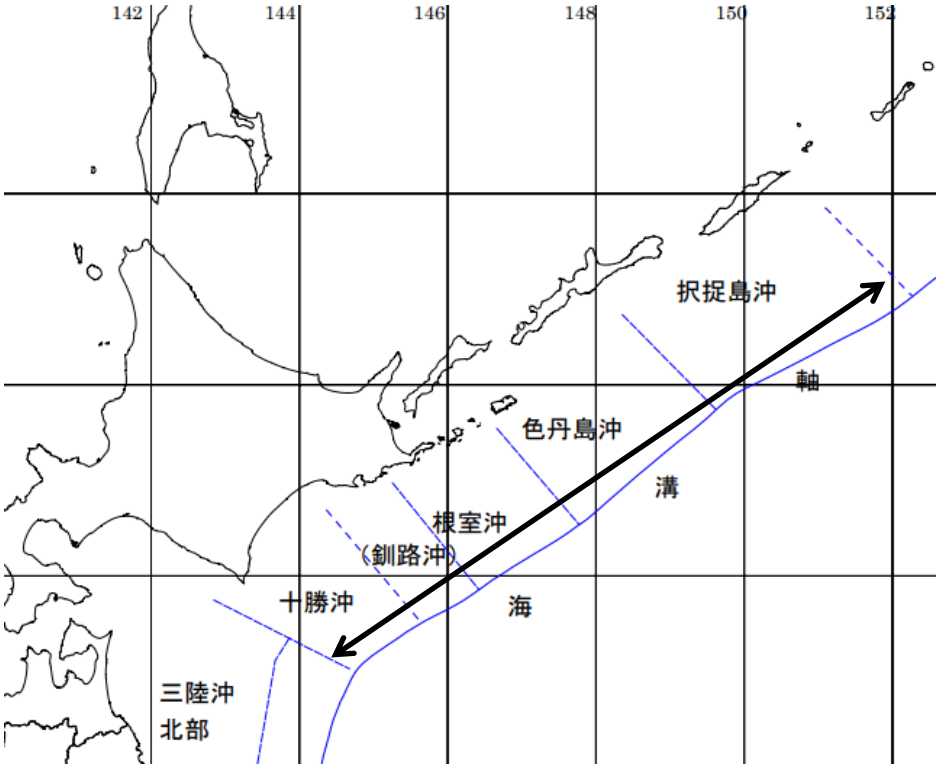

図 3-7　千島海溝沿いの領域区分

出所：中央防災会議事務局（2006），中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」資料図表集，p.2（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/nihonkaiko_chisimajishin/pdf/sankou1.pdf を一部加筆。

隣り合った領域で発生した 2 つのプレート境界地震について、先に発生した地震のマグニチュードと次の地震発生までの時間差をまとめた。対象領域は千島海溝沿いに北東の択捉沖から、色丹沖、根室沖、(釧路沖)、十勝沖の順に並んでいる。ただし、釧路沖については他の領域とすこし異なるとされているので除外している。比較対象とした事例は以下の**表 3-4** のとおりである。

表 3-4　択捉沖～十勝沖における隣接するプレート境界型地震の M と時間差 h について

震源域区分	地震名	発生日時	M	インターバル (時間:h)	インターバル (年・ヶ月・日)
択捉沖 ～ 色丹沖	1893年色丹島沖地震	1893年6月4日	7.7	221,448	29年3ヶ月4日
	1918年択捉島沖地震	1918年9月8日	8.0		
	1963年択捉島沖地震	1963年10月13日	8.1	51,112	5年10ヶ月9日
	1969年色丹島沖地震	1969年8月12日	7.8		
色丹沖 ～ 根室沖	1893年色丹島沖地震	1893年6月4日	7.7	7,008	9ヶ月19日
	1894年根室沖地震	1894年3月22日	7.9		
	1894年根室沖地震	1894年3月22日	7.9	660,864	75年4ヶ月21日
	1969年色丹島沖地震	1969年8月12日	7.8		
	1969年色丹島沖地震	1969年8月12日	7.8	33,607	3年10ヶ月
	1973年根室沖地震	1973年6月12日	7.4		
根室沖 ～ 十勝沖	1843年十勝沖地震	1843年4月25日	8.0	446,280	50年10ヶ月26日
	1894年根室沖地震	1894年3月22日	7.9		
	1894年根室沖地震	1894年3月22日	7.9	507,994	57年11ヶ月11日
	1952年十勝沖地震	1952年3月4日	8.2		
	1952年十勝沖地震	1952年3月4日	8.2	186,482	21年3ヶ月8日
	1973年根室沖地震	1973年6月12日	7.4		
	1973年根室沖地震	1973年6月12日	7.4	265,504	30年3ヶ月13日
	2003年十勝沖地震	2003年9月26日	8.0		

出所：中央防災会議事務局（2006），前掲書，p.7 をもとに筆者作成。

これら地震の地震間時間差と広域東海地震の直近 3 地震のデータを同じ図に示したものが**図 3-8** である。**図 3-8** からは、択捉沖～十勝沖のプレート境界地震においてマグニチュードと時間差の間に、マグニチュードが大きくなると時間差が長くなる傾向はみられたが、明確な関係性は認められなかった。広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係が明らかに択捉沖～十勝沖の地震のそれとは異なることが明らかになった。

南海トラフ沿いの巨大地震の活動は有史以来 9 回が確認されているが、記録の欠損などからすぐに利用できるデータが少なかった。そこで、これまでに発表された南海トラフ沿いの巨大地震のサイクルシミュレーションに関する論文から以下の**図 3-9** のような図を探

し、そこに記されている安政型の地震における東側の地震のマグニチュードと時間差および宝永型の地震とマグニチュードを抽出し図面にプロットした。

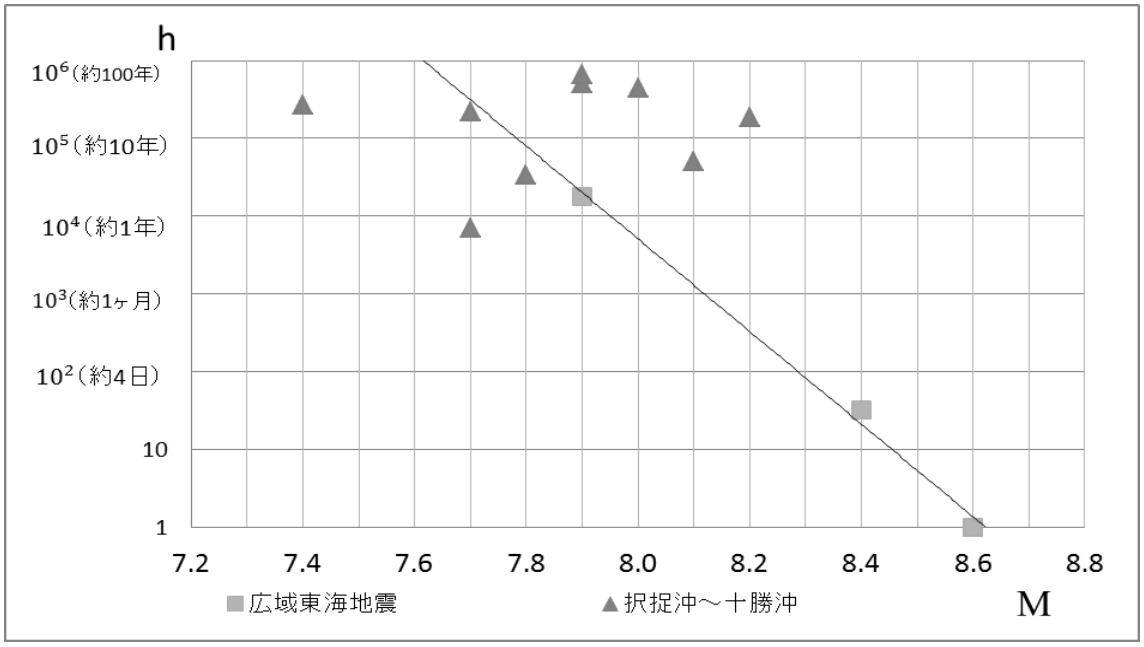

図 3-8　択捉沖～十勝沖のプレート境界型地震と広域東海地震のマグニチュード M と時間差 h の関係の比較

Hyodo・Hori・Kaneda 2016 Fig.7（**図 3-9**）を用いて説明する。この図には、4 つの活動が記載されている。1 回目の活動からは東側が Mw8.27 で 2 日後に西側が活動している。したがって Mw8.27 と時間差 48h（N(days)×24(h)）というサンプルになる。2 回目の活動は Mw8.68 で時間差は 0h である。ただし、h=0 では、対数グラフを作成できないので便宜的にここでは h=1 として扱っている。残りの 2 つの活動についても同様に扱った。なお、1 例だけであるが、南海地震が発生した後に広域東海地震が発生するケースが記載されていた。しかし今回の分析では、東側が動いた後に西側が動くという前提条件があるため、そのデータを除外している。そして、それらを対数グラフにまとめてプロットした結果が、**図 3-10** である。また、解析に用いた論文は**表 3-5** にまとめた。なお、サンプル例として示した Hyodo・Hori・Kaneda（2016）の Fig.7 は、最も説明しやすいサイズであったので用いたが、「シミュレーションした南海トラフ地震はマグニチュードの変動（Mw 8.7-8.4）と再来間隔（178-143 年）の 2 つが変動する地震として再現されると仮定」と論文中に記載されていた。そのため、シミュレーション開始時点であらかじめマグニチュードや再来間隔の範囲が決まっていると、その条件に結果が引きずられてしまう恐れがある。ゆえにここでは解析対象としては用いないこととしている。

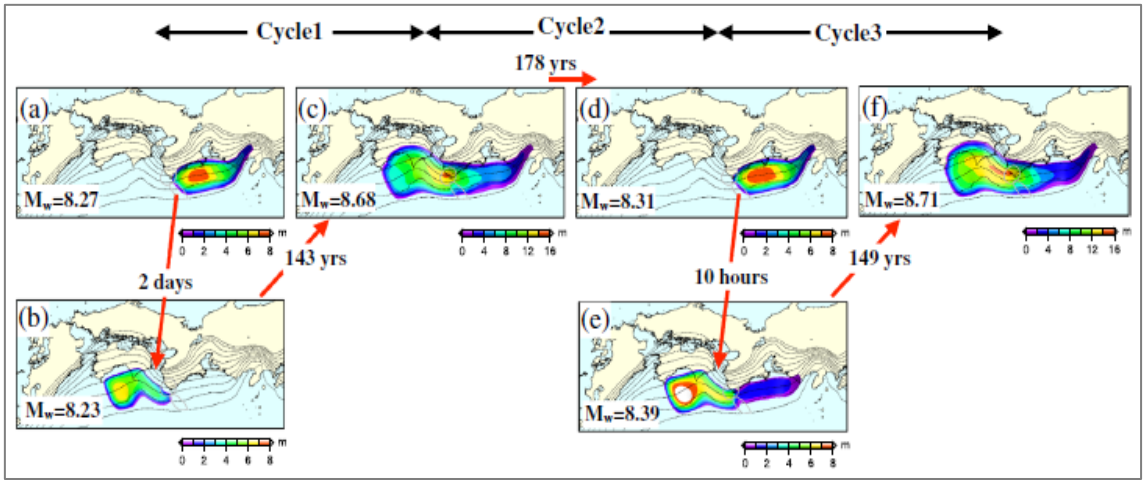

図 3-9　サンプル例　出所：Hyodo・Hori・Kaneda（2016）Fig.7

表 3-5　サンプル抽出元一覧

	著者	発行年	論題	掲載誌、巻、ページ
1	Takane Hori	2006	Mechanisms of separation of rupture area and variation in time interval and size of great earthquakes along the Nankai Trough, southwest Japan	Journal of the Earth Simulator Vol.5 pp.8-19
2	堀高峰	2009	プレート境界地震の規模と発生間隔変化のメカニズム	地震　第2輯第61巻　特集号, pp.391-402
3	兵藤守・堀高峰	2010	フィリピン海プレートの3次元形状が南海トラフ巨大地震発生に及ぼす影響	JAMSTEC Rep. Res. Dev., Volume 11, September 2010, pp.1-15

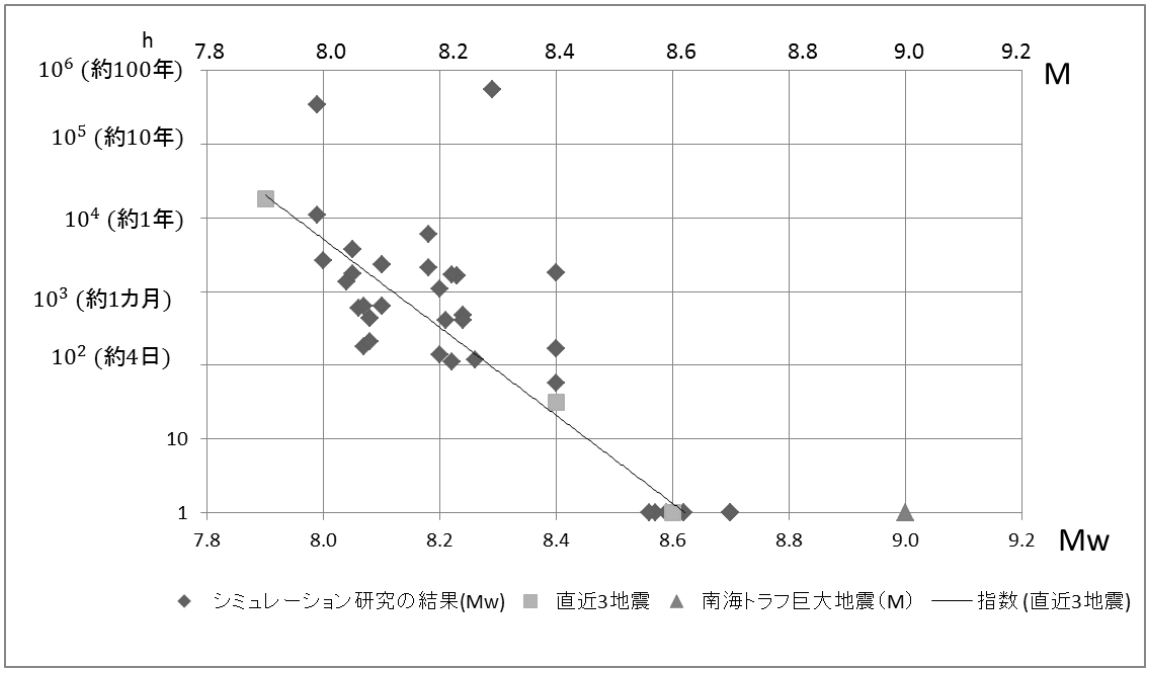

図 3-10　兵藤、堀の両氏のサイクルシミュレーションの結果から見る時間差 h の分布

図 3-10 を見ると、兵藤、堀の両氏がこれまでに発表した論文で公表した図表から抽出したサンプルが式 1 の直線上付近に分布しているように見える。また、h=1 の宝永型は M8.6 前後に分布になっている。

次に、国の中央防災会議の南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会が平成 29(2017)年 8 月 25 日付で公表した『南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について（報告）』の別冊資料に掲載された、ケース①を検討するための統計処理に用いた地震データ及び条件設定から続発地震のマグニチュード（Mw）と時間差 h の関係について調べた。このデータは以下の条件のもとに収集された（**表 3-6**）。この分析に用いられた地震は 1900 年から 2016 年 6 月までに地球上で観測されたものを用いており、プレート境界型地震以外の地震も含まれている。解析の対象とした 38 事例は**表 3-7** にまとめた。

表 3-6　先発地震と続発地震の関係事例抽出条件

最初の大規模地震の条件	M≧8.0
続発地震の抽出条件	①50km ≦ ΔD ≦ 500 km ②-1.0 ≦ ΔM ≦ 1.0 ③ΔT ≦ 3 年（1095 日）

出所：中央防災会議南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（2017b），南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について（別冊）， p.51，（2017 年 10 月 19 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tyosabukai_wg/pdf/h290825bessatsu.pdf をもとに筆者作成。

表 3-7　時間差発生したケースの一覧

最初の地震							続発地震						差			
番号	年月日	時刻	緯度	経度	深さ	Mw	年月日	時刻	緯度	経度	深さ(km)	Mw	ΔM	ΔT(日)	地震	ΔD(km)
1	1905年7月9日	18:40	49.709	98.483	15	8.3	1905年7月23日	11:46	49.3699	96.61	15	8	-0.3	13.7	328.8	140
2	1914年5月26日	23:22	-1.829	136.943	15	8.1	1916年1月13日	15:18	-3.196	135.731	25	7.1	-1	596.7	14320.8	203
3	1917年5月2日	3:26	-31.08	-176.461	15	8.2	1919年4月17日	20:22	-30.418	-178.11	35	7.2	-1	715.7	17176.8	174
4	1917年6月26日	14:49	-14.739	-173.562	15	8	1919年4月30日	16:17	-18.352	-172.515	25	8.1	0.1	673.1	16154.4	417
5	1918年9月8日	2:16	46.737	150.653	15	8.1	1918年11月8日	13:38	44.893	151.896	15	7.8	-0.3	61.5	1476	227
6	1920年6月5日	13:21	23.688	121.954	20	8.2	1922年9月2日	4:16	24.218	121.937	20	7.6	-0.6	818.6	19646.4	59
7	1923年2月4日	1:01	54.418	160.25	15	8.4	1923年2月24日	16:34	55.466	163.237	15	7.4	-1	20.6	494.4	224
8	1923年9月1日	11:58	35.274	139.344	15	8.1	1923年9月2日	11:46	34.985	139.928	15	7.9	-0.2	1	24	62
9	1924年4月15日	1:20	6.625	126.167	15	8.1	1924年8月30日	12:04	8.892	126.937	15	7.2	-0.9	137.4	3297.6	266
10	1931年3月9日	12:49	40.582	142.472	35	8	1933年3月3日	2:30	39.093	144.684	15	8.5	0.5	724.6	17390.4	251
11	1932年6月3日	19:36	20.063	-103.454	15	8.1	1932年6月18日	19:12	19.235	-104.238	15	7.8	-0.3	15	360	123
12	1939年12月22日	6:00	0.084	122.601	35	8.1	1941年11月9日	8:37	0.731	122.835	35	7.4	-0.7	688.1	16514.4	77
13	1941年11月19日	1:46	32.126	131.996	35	8	1942年3月22日	8:20	29.17	130.87	25	7	-1	123.3	2959.2	346
14	1943年4月7日	1:07	-31.357	-71.503	35	8.1	1944年1月16日	1:16	-31.496	-68.491	15	7.2	-0.9	284.3	6823.2	286
15	1944年12月7日	13:35	33.73	136.2	15	8.1	1946年12月21日	4:19	33.123	135.905	15	8.3	0.2	743.6	17846.4	73
16	1960年3月21日	2:07	39.869	143.228	15	8	1961年1月16日	16:20	36.121	141.758	30	7.2	-0.8	301.6	7238.4	436
17	1960年5月21日	19:02	-37.824	-73.353	25	8.1	1960年11月1日	17:45	-38.467	-75.031	20	7.4	-0.7	163.9	3933.6	163
18	1963年10月13日	14:17	44.872	149.483	35	8.5	1963年10月20日	9:53	44.726	150.547	28	7.8	-0.7	6.8	163.2	86
19	1968年5月16日	9:49	40.86	143.435	30	8.2	1968年5月16日	19:39	41.43	142.864	25	7.9	-0.3	0.4	9.6	79
20	1971年7月14日	15:11	-5.524	153.85	40	8	1971年7月26日	10:23	-4.817	153.172	40	8.1	0.1	11.8	283.2	109
21	1976年8月17日	1:11	6.175	124.047	20	8	1976年8月17日	13:19	7.174	123.048	21	7.1	-0.9	0.5	12	157
22	1977年6月22日	21:08	-22.888	-175.708	55	8	1977年10月10日	20:53	-25.994	-175.402	14	7.3	-0.7	110	2640	347
23	1985年3月4日	7:47	-33.257	-71.858	35	8	1985年4月9日	10:57	-34.084	-71.551	45	7.1	-0.9	36.1	866.4	96
24	1985年9月19日	22:17	18.345	-102.386	20	8	1985年9月21日	10:37	17.821	-101.621	30	7.5	-0.5	1.5	36	100
25	1994年10月4日	22:23	43.851	147.167	30	8.3	1994年10月9日	16:55	43.911	147.82	35	7.3	-1	4.8	115.2	53
26	1995年7月30日	14:11	-23.349	-70.323	46	8	1997年1月23日	11:15	-22.034	-65.711	275	7.1	-0.9	542.9	13029.6	495
27	1995年10月10日	0:35	19.081	-104.177	40	8	1997年1月12日	5:28	18.117	-102.867	40	7.1	-0.9	460.2	11044.8	175
28	2000年11月16日	13:54	-4.011	152.254	30	8	2000年11月16日	16:42	-5.195	153.139	32	7.8	-0.2	0.1	2.4	164
29	2001年6月24日	5:33	-16.358	-73.482	32	8.4	2001年7月7日	18:38	-17.495	-71.757	10	7.6	-0.8	13.5	324	223
30	2004年12月23日	23:59	-49.769	161.445	10	8.1	2007年9月30日	14:23	-49.359	164.046	10	7.4	-0.7	1010.6	24254.4	193
31	2004年12月26日	9:58	3.331	95.952	30	9	2005年3月29日	1:09	2.092	97.154	30	8.6	-0.4	92.6	2222.4	192
32	2006年5月4日	0:26	-19.969	-174.265	15	8	2009年3月20日	3:17	-23.134	-174.581	40	7.6	-0.4	1051.1	25226.4	353
33	2006年11月15日	20:14	46.517	153.319	31	8.3	2007年1月13日	13:23	46.083	154.509	6	8.1	-0.2	58.7	1408.8	103
34	2007年4月2日	5:39	-8.389	157.092	15	8.1	2007年4月2日	5:47	-7.209	155.915	20	7.5	-0.6	0	1	184
35	2007年9月12日	20:10	-4.407	101.502	34	8.5	2007年9月13日	8:49	-2.572	100.761	35	7.9	-0.6	0.5	12	220
36	2009年10月8日	7:18	-12.607	166.309	40	8	2009年10月8日	8:13	-13.11	166.403	41	7.4	-0.6	0.04	1	57
37	2012年4月11日	17:38	2.278	98.051	20	8.6	2012年4月11日	19:43	0.754	92.42	20	8.3	-0.3	0.1	2.4	183
38	2014年4月2日	8:46	-19.61	-70.769	25	8.2	2014年4月3日	11:43	-20.571	-70.493	22	7.7	-0.5	1.1	26.4	111

出所：中央防災会議南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（2017b），前掲書，pp.51-54 をもとに筆者作成。

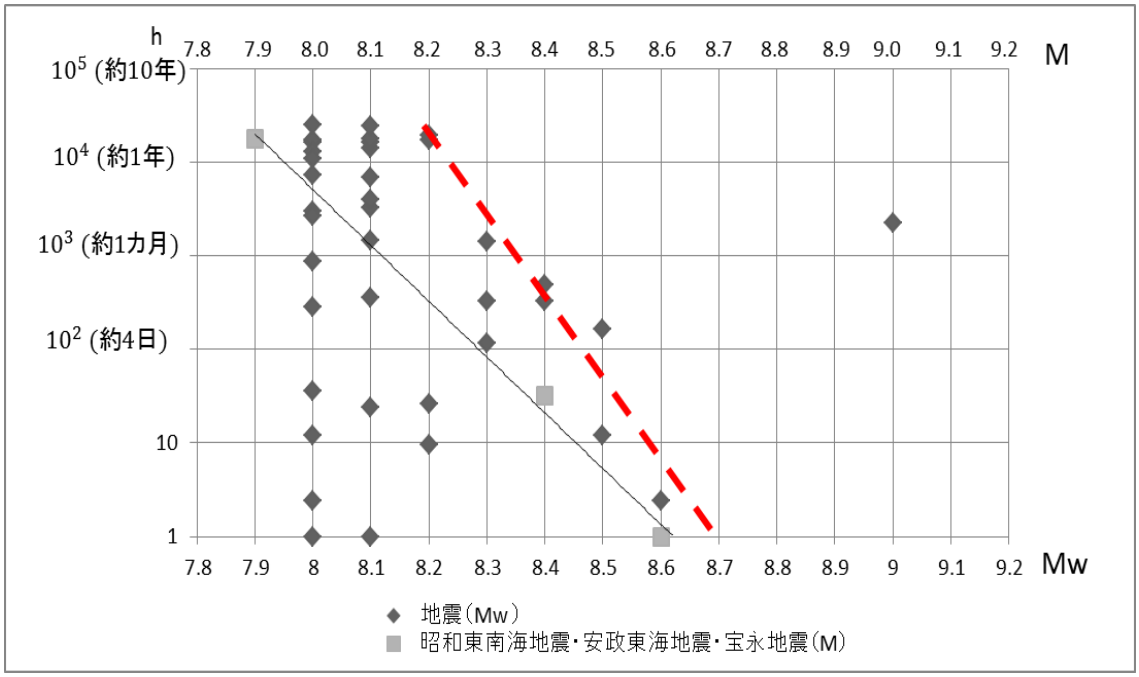

図 3-11　先発地震のマグニチュードと続発地震発生までの時間差 h の分布

後続地震を伴ったものをマグニチュードと時間差 h で片対数グラフ上にプロットした。その結果が次の**図 3-11** である。

この**図 3-11** を見ると、ほとんどの地震が一定の範囲内に収まっている。地震が集中して分布している領域と、空白域の境界はおおよそ一本の斜線で分つことができた。この斜線は、おおよそのものであるが、Mw が大きくなるほど h が小さくなるという傾向を明確に示している。また、図面は赤線を境に地震が分布しているエリアとほとんど分布していないエリアに分けることができる。これは、続発地震が発生する場合はこの赤線付近よりも早い時期に発生することを示している。なお、Mw9 に一つだけある点は、平成 16(2004) 年のスマトラ沖地震（インド洋大津波を引き起こした地震）を示している。

以上を踏まえ、式 1 を用いて M7.9～9.0 までの時間差を計算した。その結果が**表 3-8** である。M9.0～M8.7 であれば、全域が一度に活動すると推定された。広域東海地震が M8.6~M8.5 であれば南海地震は同日発生、M8.4 であれば被災翌日、M8.2 であれば半月後、M8.1 だと約 2 ヶ月後、M8.0 であれば 8 ヶ月後 M7.9 であれ南海地震は約 2 年 8 ヶ月後に発生すると推定された。ただし、非常にデータ数が少ない中での推定であるから、あくまで仮説の域を出ないものではある。

表 3-8　広域東海地震のマグニチュード別に推定された時間差

広域東海地震(M)	時間差(h)	南海地震発生日	広域東海地震(M)	時間差(h)	南海地震発生日
9.0	0.0	全域が活動	8.4	24	2日目
8.9	0.0	全域が活動	8.3	97	5日目
8.8	0.1	全域が活動	8.2	382	17日目
8.7	0.4	全域が活動	8.1	1,506	64日目
8.6	2	当日	8.0	5,946	249日目
8.5	6	当日	7.9	23,469	979日目

（２）南海地震のマグニチュードと時間差の関係

—南海地震のマグニチュードと時間差—

広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係についてこれまで見てきた。ここでは、南海地震のマグニチュードと時間差の関係について検討する。南海地震のマグニチュードと時間差 h の間に何らかの関係があると、歴史地震の分析などに利用できると考えられるからである。今回の解析対象は**表 3-9** の通りである。

表 3-9　解析対象と参考とする地震の一覧

記号	地震名	発生日	マグニチュード(M)	時間差(h)	対となる南海地震
A	宝永地震	1707年10月28日	8.6	0	全域が一斉に活動
B	安政南海地震	1854年12月24日	8.4	32	安政東海地震(1854年12月23　日:M8.4)
C	昭和南海地震	1944年12月21日	8	17848	昭和南海地震(1946年12月7日:M7.9)
D	康和地震	1099年2月22日	8.0～8.3	19128	永長地震(1096年7月17日:M8.0～8.5)
E	南海トラフ巨大地震	将来発生の恐れ	9.0	0	全域が一斉に活動

出所：宇佐美ら，前掲書，p.47，p.48，p.80，p.157，p.170，p.336，p.341 をもとに筆者作成。

広域東海地震の検討と同様に、南海地震のマグニチュードと時間差について解析した。その図が次の**図 3-12** である。南海地震についても広域東海地震と同様にその A~C の地震が線形に分布していることが分かる。また、康和地震を示す D についても、比較的当てはまりが良い。

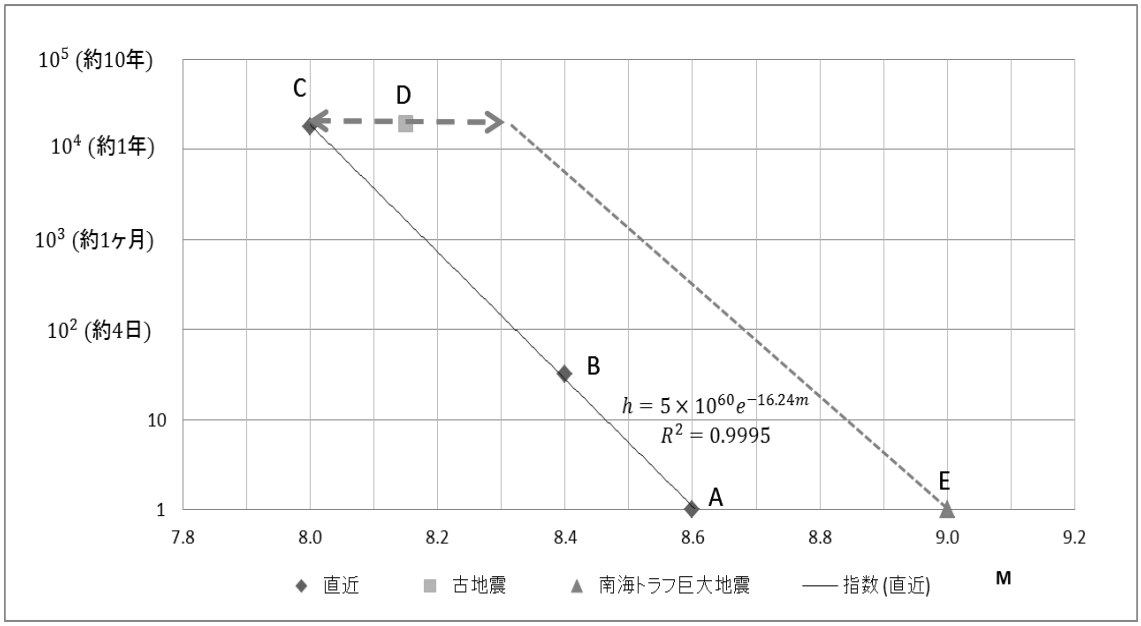

図 3-12　南海地震のマグニチュードと時間差 h の分布

（式 2）　$$h = 5 \times 10^{60} e^{-16.24m}$$

南海地震のマグニチュードと時間差 h との間にも広域東海地震と同様の関係があるように見える。そのため、南海地震と時間差についても広域東海地震とマグニチュードの関係と同様の方法で調べた。

まず、広域東海地震と同様にサイクルシミュレーションを論文中の図表から南海地震のマグニチュードと時間差を抜き出し、時間差については単位を時間（h）に変換した。それらのデータを片対数グラフ上にプロットした。その結果が以下の**図 3-13** である。

この結果を見ると、広域東海地震のマグニチュードと時間差 h のように、関係がありそうだということはできない。南海地震のマグニチュードと時間差 h の分布は 3 つほどのグループに分散しており、南海地震のマグニチュードが大きくなるほど時間差 h は一応小さくなる傾向があることが明らかになった。

次に、国の中央防災会議の南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会が平成 29(2017)年 8 月 25 日付で公表した『南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について（報告）』の別冊資料に掲載されたケース①を検討するための統計処理に用いた地震データ及び条件設定から続発地震のマグニチュード(Mw)と時間差 h の関係について調べた。その結果が**図 3-14** ある。

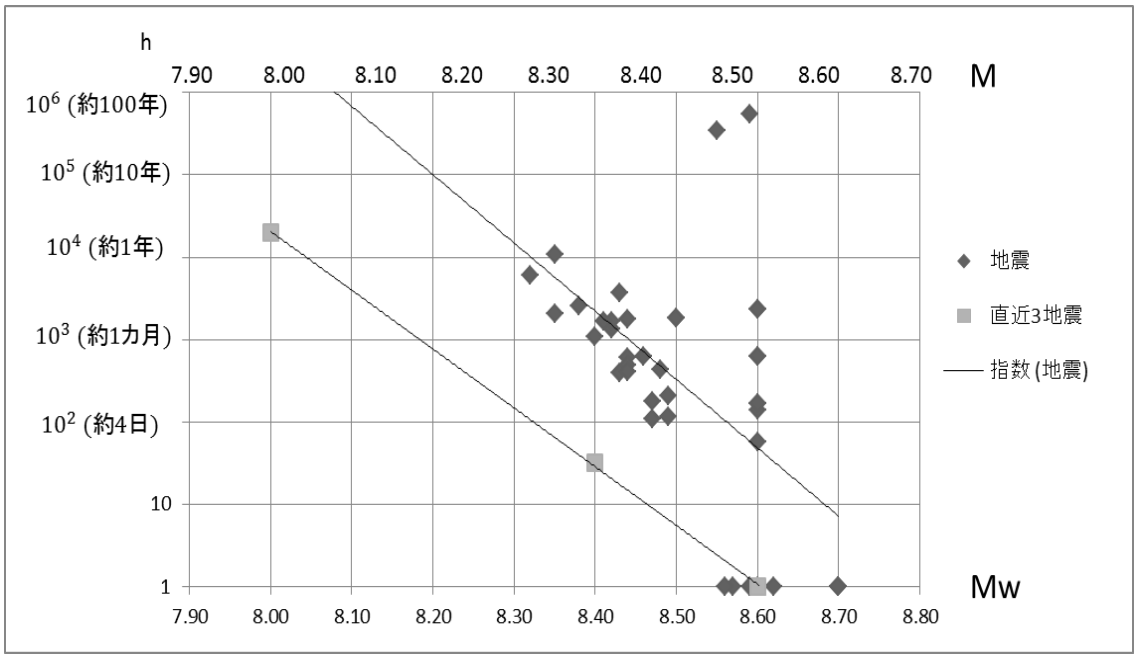

図 3-13　サイクルシミュレーションにおける南海地震のマグニチュードと時間差 h の分布

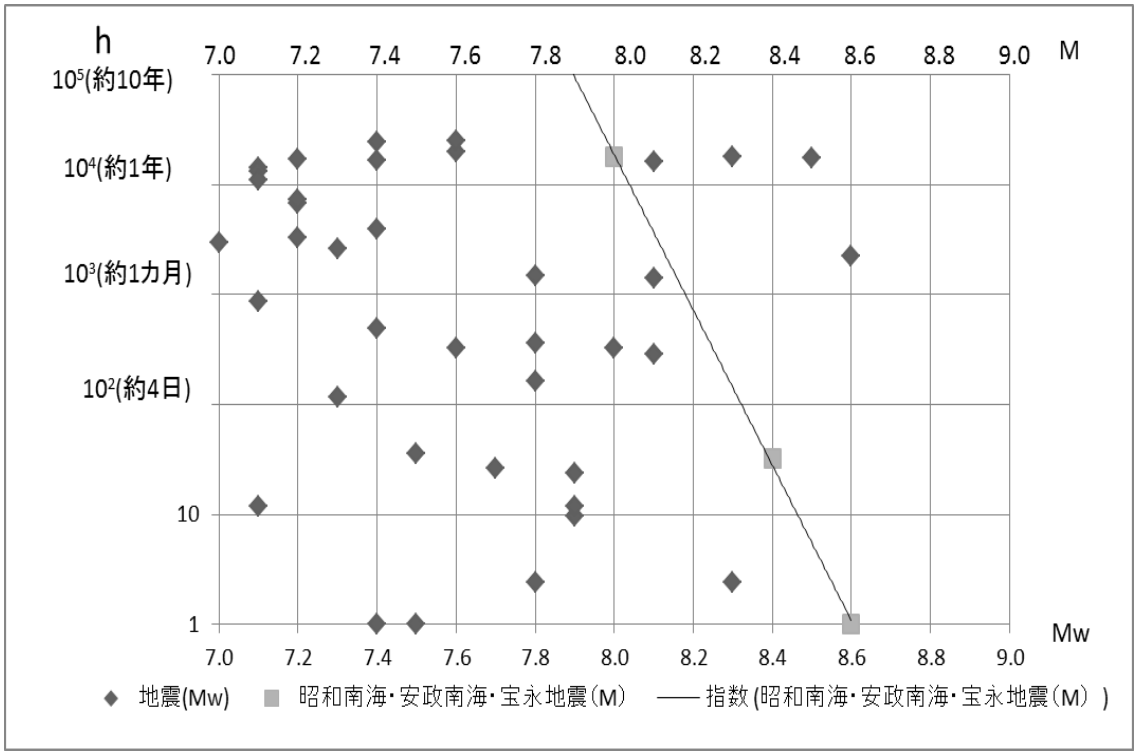

図 3-14　後発地震のマグニチュード(Mw)と時間差(h)の分布

一方、**図 3-14** を見ると後発地震の場合、あまり偏りなく分布していることが分かる。この**図 3-14** からは Mw が大きくなるほど地震のサンプル数が減る傾向がかろうじて見出せる

程度である。このことから、南海地震のマグニチュードと時間差の関係は他の領域の巨大地震とは異なる可能性がある。

第 4 節　むすびに

ここまで、広域東海地震と南海地震のそれぞれマグニチュードから、広域東海地震と南海地震の時間差 h が推定できるのか検討した。広域東海地震のマグニチュードと時間差 h については、ある程度推定できる可能性があることが分かった。これは 3 本の論文のシミュレーション結果をもとにした解析結果からもその傾向が見出せた。1900 年以降に発生した Mw8 以上の地震とその後発地震の関係を簡易に解析した結果からは、図面上の Mw8.0～8.7 の領域ではある線を境に多くの地震が分布していることが分かった。このことから、Mw 8.0 以上の地震の後に続発地震が発生する場合、マグニチュードごとに一定の時間が経過するまでに発生する傾向があることが明らかになった。

一方、南海地震のマグニチュードと時間差 h については、直近の南海地震のマグニチュードと時間差 h について、直近の広域東海地震と同様の傾向が示された。サイクルシミュレーション関連の先行研究が示した結果をもとに分析した結果も、広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係ほどではないにしても、同様の傾向が示された。一方、1900 年以降に発生した Mw8 以上の巨大地震に伴って発生した後発地震について分析したところ、マグニチュードと時間差 h の分布はあまり偏りのないものでばらばらに分布するものであった。このことから、南海地震のマグニチュードと時間差の関係は、他の領域とは異なる関係がある可能性がある。

今後の課題として、歴史地震のデータが少ないことは否定できない。このデータをどのように増やすかが重要な課題の 1 つである。今後の歴史地震の研究の進捗によっては、まったく別の結果が出てくる可能性も否定できない。サイクルシミュレーション論文の結果を基にした解析では、論文著者が特定の人物に偏っているという問題もある。また、サイクルシミュレーションの結果利用については設定条件と実際のプレート境界の条件に違いがあるため、必ずしも同じ結果になるとは限らないのではないかとの指摘があった。この指摘は、サイクルシミュレーションを行うにあたって、プレートの境界面の形状や地震発生の条件が実際の形状や条件よりもシンプルに設定されており、それゆえにマグニチュードが大きくなるほど時間差が短くなる傾向が出ている恐れがあるというものであった。

そして、1900 年から 2016 年 6 月までに地球上で観測された Mw8 以上の地震についての解析では、モーメントマグニチュードと時間差 h の関係についてしか検討していない。プレート境界地震以外のもの、例えばアウターライズ地震や内陸活断層地震なども含まれている可能性がある。そのため、今回の解析対象とした 38 の巨大地震と続発地震について相互の位置関係や震源の深さ、断層面の角度、断層の種類（正断層か逆断層か横ずれか）など様々な観点からの解析を行う必要がある。

本章で示した広域東海地震のマグニチュードと時間差 h の関係に関する内容は、仮説の

域を未だ出ないものである。したがって、今後は更なる分析を行い何かしらの成果を発表したい。

第 4 章　南海トラフ巨大地震による製油所の被災と原油処理能力の推移

本章では、南海トラフ巨大地震が発生した場合の原油処理能力の推移と不足を推計する。なお、本章は橋冨・河田（2016）の研究成果をもとに内容をもとに加筆し、必用に応じて順序を入れ替える等の修正をした。

第 1 節　推計対象と推計方法

（1）推計対象

a）ハザード

南海トラフ巨大地震には複数の地震シナリオが考えられている。国の想定では、地震については強震動生成域がどの場所に来るのかで、基本ケース、陸側ケース、東側ケース、西側ケースの 4 ケースがある。本章でもこの国の想定に則る。津波については、11 ケースが想定されている。それらの内、基本となる 5 パターンを本研究の対象とした（**表 4-1**）。

表 4-1　津波ケースの内容

津波ケース	大すべり域と超大すべり域の分布
津波ケース①	駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース②	紀伊半島沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース③	紀伊半島沖～四国沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース④	四国沖に大すべり域＋超大すべり域
津波ケース⑤	四国沖～九州沖に大すべり域＋超大すべり域

出所：中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフの巨大地震モデル検討会（2012），前掲，p.2 をもとに筆者作成。

b）対象施設

本章と次章では、2015 年 8 月時点での製油所の分布と原油処理能力を採用した。製油所は統廃合があり、また、原油処理能力についてもその変更が頻繁に行われている。2014～2015 年ごろは、比較的安定していたためこのデータを用いる。

（2）推計方法

推計方法は第 2 章で述べた東日本大震災時の製油所の被害と製油所のフル生産再開日をもとに設定した。東日本大震災における製油所の被害とフル生産再開までの日数等は既に述べたことではある。したがって、ここではごく簡単に述べる。

東日本大震災で緊急停止した製油所はであった。これらの製油所が立地する自治体の震度は 5 弱から 5 強であった。JX 根岸製油所は震度 4 であったが少しだけ損傷し 1 ヶ月を要している。国の被害想定も踏まえ、ここでは震度 5 弱～5 強は緊急停止のみとしフル生産再開を 11 日日とした。震度 6 弱以上の揺れに見舞われた製油所は JX 仙台製油所と鹿島石油

鹿島製油所である。この二つの製油所は津波の被害を同時に受けた。そのため、純粋に震度 6 弱以上の揺れによる被害のみの停止というものは無かった。そのため、震度 6 弱～7 は損傷有としてフル生産再開を 31 日目と仮定した。津波浸水による被害は JX 仙台製油所で発生している。この製油所は本格操業再開がほぼ 1 年後であった[98]。そのため、津波浸水が発生した場合はフル生産再開を 365 日目とした（**表 4-2**）。

表 4-2　フル生産再開日

ハザード	フル生産再開	ハザード	フル生産再開
震度5弱	11日目	震度7	31日目
震度5強	11日目	津波浸水有	1年後
震度6弱	31日目		
震度6強	31日目		

なお、火災が発生するとその規模にもよるが、コスモ石油千葉製油所を参考にするとやはり 1 年程度はかかると想定される。しかし、火災は震度や津波の大小ではかならずしも規定されない。それはコスモ石油千葉製油所の事例が物語っている。したがって、本研究では震度と津波浸水深のみに検討対象を特化している。中央防災会議防災対策推進会議（2012），南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編―津波断層モデルと津波高・浸水域等について―計算結果集（浸水図）ケース①~⑤による。

なお、国の被害想定では、180 ガル（おおよそ震度 5 強に相当）以上の揺れで緊急停止するものとしている[99]。

第 2 節　推計結果

（1）国内原油処理能力の推移

ここでは、我が国全体の原油処理能力が南海トラフ巨大地震の被災によってどのように推移するのか、被災前日から 31 日目までを推定する。**表 4-3** は 2015 年 8 月末時点での各製油所の原油処理能力と強震動生成域別の想定震度を、**表 4-4** は各製油所の津波浸水深を津波ケースごとにまとめたものである。

---

98 平成 24 年 3 月 9 日に再開した。出所:JX 日鉱日石エネルギー株式会社仙台製油所(2012)，前掲書.

99 中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（2013），南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）～施設等の被害～【被害の様相】，p.61（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130318_shiryo2_1.pdf.

表 4-3　製油所の想定震度一覧

地方	企業	製油所	原油処理能力 (B/D)	強震動生成域			
				基本	陸側	東側	西側
北海道	出光	北海道製油所	160,000	×	×	×	×
東北	JX	仙台製油所	145,000	×	×	×	×
関東	鹿島石油	鹿島製油所	252,500	震度4	震度4	震度4	震度4
	コスモ石油	千葉製油所	220,000	震度4	震度4	震度5弱	震度5弱
	極東石油	千葉製油所	152,000	震度4	震度4	震度5弱	震度5弱
	出光	千葉製油所	200,000	震度4	震度4	震度5弱	震度5弱
	富士石油	袖ヶ浦製油所	143,000	震度5弱	震度4	震度5弱	震度5弱
	東燃ゼネラル	川崎製油所	258,000	震度5強	震度5弱	震度5強	震度5弱
	東亜石油	京浜製油所	70,000	震度5強	震度5弱	震度5強	震度5弱
	JX	根岸製油所	270,000	震度5弱	震度5弱	震度5強	震度5弱
中部	出光	愛知製油所	175,000	震度6強	震度7	震度6強	震度6強
	コスモ石油	四日市製油所	132,000	震度6強	震度6強	震度6強	震度6強
	昭和四日市	四日市	255,000	震度6強	震度6強	震度6強	震度6強
関西	コスモ石油	堺製油所	100,000	震度6弱	震度6弱	震度6弱	震度6弱
	東燃ゼネラル	堺製油所	156,000	震度6弱	震度6弱	震度6弱	震度6弱
	大阪国際石油精製	大阪製油所	115,000	震度6弱	震度6弱	震度6弱	震度6弱
	東燃ゼネラル	和歌山製油所	132,000	震度6強	震度7	震度7	震度6強
中国	JX	水島製油所	380,200	震度6弱	震度6強	震度6弱	震度6弱
	JX	麻里布製油所	127,000	震度5強	震度6弱	震度5強	震度5強
	西部石油	山口製油所	120,000	震度4	震度5弱	震度5弱	震度4
四国	太陽石油	四国製油所	118,000	震度6弱	震度6強	震度6弱	震度6弱
九州	JX	大分製油所	136,000	震度6弱	震度6弱	震度6弱	震度6弱
沖縄	南西石油	西原製油所	100,000	×	×	×	×
全国	合計	23ヵ所	3,916,700				

出所:石油連盟(2015),前掲と中央防災会議南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012),報道発表資料 1-6 市町村別最大震度一覧表,（2015 年 11 月 5 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_6.pdf をもとに筆者作成。

表 4-4　製油所想定浸水深（単位：m）

地方	企業	製油所	津波ケース1	津波ケース2	津波ケース3	津波ケース4	津波ケース5
北海道	出光	北海道製油所	0	0	0	0	0
東北	JX	仙台製油所	0	0	0	0	0
関東	鹿島石油	鹿島製油所	0	0	0	0	0
	コスモ石油	千葉製油所	0	0	0	0	0
	極東石油	千葉製油所	0	0	0	0	0
	出光	千葉製油所	0	0	0	0	0
	富士石油	袖ヶ浦製油所	0	0	0	0	0
	東燃ゼネラル	川崎製油所	0	0	0	0	0
	東亜石油	京浜製油所	0.3	0.3	0	0	0
	JX	根岸製油所	0.3	0	0	0	0
中部	出光	愛知製油所	0	0	0	0	0
	コスモ石油	四日市製油所	0	0	0	0	0
	昭和四日市	四日市	0	0	0	0	0
関西	コスモ石油	堺製油所	0	0.3	0.3	1	0.3
	東燃ゼネラル	堺製油所	0.3	1	2	1	1
	大阪国際石油精製	大阪製油所	0	0.3	1	1	0.3
	東燃ゼネラル	和歌山製油所	1	2	2	1	1
中国	JX	水島製油所	0	0	0	0	0
	JX	麻里布製油所	0	0	0	0	0
	西部石油	山口製油所	0	0	0	0	0
四国	太陽石油	四国製油所	0	0	0	0	0
九州	JX	大分製油所	3	3	3	2	5
沖縄	南西石油	西原製油所	0	0	0	0	0
全国	合計	23ヵ所					

出所：中央防災会議防災対策推進会議（2012），南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編―津波断層モデルと津波高・浸水域等について―計算結果集（浸水図）ケース①~⑤（2015 年 11 月 5 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/casen.pdf(casen の n には 1 ~5)と石油連盟（2015），前掲をもとに筆者作成。

今回の想定の前提では、震度 5 強以下の製油所は津波浸水深が津波被害を考慮する水準に達していない。

被災直後から被災 11 日目までは、原油処理能力の推移が強震動生成域の違いによって支配される。一方、津波以外の影響が排除される 31 日目になると、初めて、津波ケースの違いによる影響が数字上に表れてくる。**表 4-5** は、津波ケースごと強震動生成域別の被災後の各時点における原油処理能力と原油処理能力残存率をまとめて一覧にしたものである。

表 4-5　津波ケースごと強震動生成域別の被災後の各時点における原油処理能力と原油処理能力残存率

原油処理能力(B/D)					原油処理能力残存率			
津波ケース①					津波ケース①			
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	3,916,700	3,916,700	3,916,700	3,916,700	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
被災直後	1,349,500	1,372,500	657,500	777,500	34.5%	35.0%	16.8%	19.9%
11日目	2,217,500	2,090,500	2,217,500	2,217,500	56.6%	53.4%	56.6%	56.6%
31日目	3,648,700	3,648,700	3,648,700	3,648,700	93.2%	93.2%	93.2%	93.2%
津波ケース②					津波ケース②			
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	3,916,700	3,916,700	3,916,700	3,916,700	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
被災直後	1,349,500	1,372,500	657,500	777,500	34.5%	35.0%	16.8%	19.9%
11日目	2,217,500	2,090,500	2,217,500	2,217,500	56.6%	53.4%	56.6%	56.6%
31日目	3,492,700	3,492,700	3,492,700	3,492,700	89.2%	89.2%	89.2%	89.2%
津波ケース③					津波ケース③			
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	3,916,700	3,916,700	3,916,700	3,916,700	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
被災直後	1,349,500	1,372,500	657,500	777,500	34.5%	35.0%	16.8%	19.9%
11日目	2,217,500	2,090,500	2,217,500	2,217,500	56.6%	53.4%	56.6%	56.6%
31日目	3,377,700	3,377,700	3,377,700	3,377,700	86.2%	86.2%	86.2%	86.2%
津波ケース④					津波ケース④			
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	3,916,700	3,916,700	3,916,700	3,916,700	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
被災直後	1,349,500	1,372,500	657,500	777,500	34.5%	35.0%	16.8%	19.9%
11日目	2,217,500	2,090,500	2,217,500	2,217,500	56.6%	53.4%	56.6%	56.6%
31日目	3,277,700	3,277,700	3,277,700	3,277,700	83.7%	83.7%	83.7%	83.7%
津波ケース⑤					津波ケース⑤			
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	3,916,700	3,916,700	3,916,700	3,916,700	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
被災直後	1,349,500	1,372,500	657,500	777,500	34.5%	35.0%	16.8%	19.9%
11日目	2,217,500	2,090,500	2,217,500	2,217,500	56.6%	53.4%	56.6%	56.6%
31日目	3,492,700	3,492,700	3,492,700	3,492,700	89.2%	89.2%	89.2%	89.2%

被災 30 日までは、強震動生成域のケースで原油処理能力やその残存率が変わることがわかる。それに対して、31 日目以降は津波ケースの違いによって原油処理能力やその残存率が変わることがわかる。

次に、原油処理能力の充足率を求める。まず、国内の月ごとの平常時原油処理量（B/D）

を求めた（**表 4-6**）。その結果、2 月が最も多く 3,714,488B/D、逆に 6 月が最も少なく、2,538,526B/D であった。そのため、ここでは 2 月と 6 月の平常時原油処理量を用いた。

以上をもとに、強震動生成域ごとの原油処理能力の推移を推定した。強震動生成域が東側ケースのみ結果を図として示す。

表 4-6　月別原油処理量（B/D）

2014年1月原油処理量(B/D)	2014年2月原油処理量(B/D)	2014年3月原油処理量(B/D)	2014年4月原油処理量(B/D)	2014年5月原油処理量(B/D)	2014年6月原油処理量(B/D)
3,708,184	3,714,488	3,598,564	3,344,643	2,959,801	2,538,526
2014年7月原油処理量(B/D)	2014年8月原油処理量(B/D)	2014年9月原油処理量(B/D)	2014年10月原油処理量(B/D)	2014年11月原油処理量(B/D)	2014年12月原油処理量(B/D)
3,118,932	3,306,212	3,283,370	3,013,263	3,302,445	3,510,624

出所：経済産業省資源エネルギー庁（2015），資源エネルギー統計年報をもとに筆者作成。

いずれの被災ケースにおいても、被災直後から 30 日目までは、平常時原油処理量を満たすことはできないと推定された。また、いずれの被災ケースにおいても、被災 1 ヶ月後の時点で 6 月の原油処理量は満たすことができた。しかし、2 月の原油処理量は満たすことができないと推定された（**図 4-1**）。

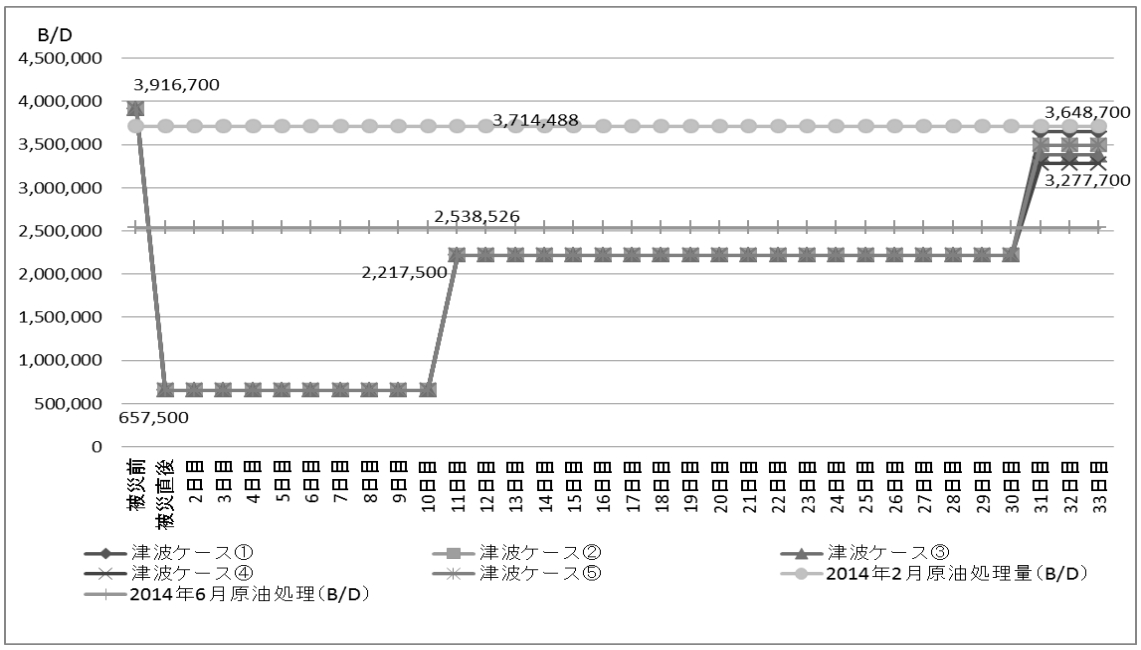

図 4-1　強震動生成域：東側　原油処理能力の推移

表 4-7　2 月と 6 月の被災後各時点での原油処理不足量（単位：B/D）

2月原油処理量に対する不足量					6月原油処理量に対する不足量				
津波ケース①					津波ケース①				
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側		強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	-202,212	-202,212	-202,212	-202,212	被災前	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174
被災直後	2,364,988	2,341,988	3,056,988	2,936,988	被災直後	1,189,026	1,166,026	1,881,026	1,761,026
11日目	1,496,988	1,623,988	1,496,988	1,496,988	11日目	321,026	448,026	321,026	321,026
31日目	65,788	65,788	65,788	65,788	31日目	-1,110,174	-1,110,174	-1,110,174	-1,110,174
津波ケース②					津波ケース②				
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側		強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	-202,212	-202,212	-202,212	-202,212	被災前	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174
被災直後	2,364,988	2,341,988	3,056,988	2,936,988	被災直後	1,189,026	1,166,026	1,881,026	1,761,026
11日目	1,496,988	1,623,988	1,496,988	1,496,988	11日目	321,026	448,026	321,026	321,026
31日目	221,788	221,788	221,788	221,788	31日目	-954,174	-954,174	-954,174	-954,174
津波ケース③					津波ケース③				
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側		強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	-202,212	-202,212	-202,212	-202,212	被災前	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174
被災直後	2,364,988	2,341,988	3,056,988	2,936,988	被災直後	1,189,026	1,166,026	1,881,026	1,761,026
11日目	1,496,988	1,623,988	1,496,988	1,496,988	11日目	321,026	448,026	321,026	321,026
31日目	336,788	336,788	336,788	336,788	31日目	-839,174	-839,174	-839,174	-839,174
津波ケース④					津波ケース④				
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側		強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	-202,212	-202,212	-202,212	-202,212	被災前	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174
被災直後	2,364,988	2,341,988	3,056,988	2,936,988	被災直後	1,189,026	1,166,026	1,881,026	1,761,026
11日目	1,496,988	1,623,988	1,496,988	1,496,988	11日目	321,026	448,026	321,026	321,026
31日目	436,788	436,788	436,788	436,788	31日目	-739,174	-739,174	-739,174	-739,174
津波ケース⑤					津波ケース⑤				
	強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側		強震動生成域基本	強震動生成域陸側	強震動生成域東側	強震動生成域西側
被災前	-202,212	-202,212	-202,212	-202,212	被災前	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174	-1,378,174
被災直後	2,364,988	2,341,988	3,056,988	2,936,988	被災直後	1,189,026	1,166,026	1,881,026	1,761,026
11日目	1,496,988	1,623,988	1,496,988	1,496,988	11日目	321,026	448,026	321,026	321,026
31日目	221,788	221,788	221,788	221,788	31日目	-954,174	-954,174	-954,174	-954,174

次に、2 月と 6 月の被災後各時点での原油処理不足量を求めた。被災直後の場合、強震動生成域東側が最も停止する製油所が多いため、原油処理不足量も 2 月が 3,056,988B/D、6 月が 1881,026B/D と最も多くなっている。逆に、強震動生成域が基本の場合、原油処理不足量は 2 月が 2,341,988B/D、6 月が 1,166,026B/D と最も少なかった。被災直後、各ケースの 2 月原油処理不足量（B/D）は同ケース 6 月原油処理不足量（B/D）の約 1.6～2 倍になることが明らかになった。被災 11 日目の場合、最も原油処理不足量が大きいのは強震動生成域陸側の場合で、2 月原油処理不足量は 1,623,988B/D、6 月原油処理不足量は 448,026B/D であった。2 月の原油処理不足量は 6 月のそれの 3.62 倍に達した。また、強震動生成域が陸側以外のケースの場合、2 月原油処理不足量は 1,496,988B/D、6 月原油処理

不足量は 321,026B/D であった。2 月の原油処理不足量は 6 月のそれの 4.66 倍になった。31 日目には、津波ケースごとに原油処理能力に変化が生じた。同様に原油処理不足量も違いが生じている。最も津波の被害が大きい津波ケース④の場合、2 月の原油処理量に対する原油処理能力の不足量は 436,788B/D であった。6 月は 739,174B/D の余裕が生じていた（**表 4-7**）。

次に充足率を求めた。2 月に発災した場合、充足率は被災直後に最悪の場合で 17.7%まで落ち込むと推定された。また、11 日目の時点でも 56.3%～59.7%であると推定された。この状態が 20 日続いた後、津波ケース①であれば 98.2%まで上昇すると推定された。しかし、津波ケース④であった場合、充足率は 88.2%までしか回復しないと推定された。一方、6 月に発災した場合、発災直後こそ、最悪の場合、25.9%まで充足率は低下すると推定されたが、11 日目には 82.4~87.4%まで回復し、31 日目にはすべてのケースにおいて充足率が 100%を超えると推定された。

南海トラフ巨大地震では最大約 32.3 万人の犠牲者が発生されると想定されているが、これは冬の深夜で風速 8m/s の時、強震動生成域陸側かつ津波ケース①が発生した場合だとしている 5)。したがって、2 月に発生したと仮定した場合、製油所の被災という観点からは、被災直後、原油処理能力は 1,372,500B/D まで低下し、充足率は 36.9%まで低下する。しかし 11 日目には、原油処理能力は 209,500B/D まで回復し、充足率も 56.3%に回復する。被災から 31 日目には、原油処理能力は 3,648,700B/D、充足率は 98.2%までそれぞれ回復すると推定された。原油処理不足量も、被災直後が 2341,988B/D、11 日目が 1,623,988B/D、31 日目が 221,788B/D であった。そのため、人的被害の最悪ケースと原油処理能力の低下が最悪のケースは同じハザードではないことが明らかになった。

次に、原油処理応力の不足日数と最終不足日について推計を行った。津波被害を受けた日から 365 日目に原油処理能力はすべて回復するため、被災から 365 日目まで推計した。

表は、津波パターン・強震動生成域別に南海トラフ巨大地震が各月の 1 日に発生したと仮定した場合のそれぞれのケースでの原油処理能力の不足日数の一覧である。

表 4-8　津波ケース・強震動生成域別、南海トラフ巨大地震発生日別の原油処理能力不足日数

津波ケース	強震動生成域	南海トラフ巨大地震発生日(x日)											
		1月1日	2月1日	3月1日	4月1日	5月1日	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日	10月1日	11月1日	12月1日
①	基本	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	陸側	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	東側	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	西側	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
②	基本	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
	陸側	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
	東側	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
	西側	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
③	基本	151	151	151	181	182	182	182	152	181	182	182	152
	陸側	151	151	151	181	182	182	182	152	181	182	182	152
	東側	151	151	151	181	182	182	182	152	181	182	182	152
	西側	151	151	151	181	182	182	182	152	181	182	182	152
④	基本	181	181	181	181	211	212	212	182	211	212	212	182
	陸側	181	181	181	181	211	212	212	182	211	212	212	182
	東側	181	181	181	181	211	212	212	182	211	212	212	182
	西側	181	181	181	181	211	212	212	182	211	212	212	182
⑤	基本	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
	陸側	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
	東側	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120
	西側	90	91	119	120	120	120	120	90	119	120	120	120

表 4-8 を見ると、津波ケースが同じ場合には、強震動生成域の別を問わず原油処理能力不足日数が同じになることが分かる。また、津波ケース①の原油処理能力不足日数が他の津波 4 ケースに比べて極端に少ないことが分かる。津波ケース①の原油処理能力不足日数は南海トラフ巨大地震発生日 12 ケース全てで 30 日である。一方、最も原油処理能力不足日数が多いケースである津波ケース④の場合、原油処理能力不足日数が 181（182）日になるケース（1～4 月、8 月、12 月）と 212（211）日になるケース（5～7 月、9～11 月）がある。

原油処理能力不足日数が最も少ないケースは津波ケース①である。次に少ないケースが津波ケース②と津波ケース⑤である。この二つのケースは実際には大きく被災する地域や津波浸水深などが異なるのだが、ここでは同じ結果になった。2 番目に原油処理能力不足日数が少ないとは言え、90（91）日のケース（1 月、2 月、8 月）と 120（119）日（3～7 月、9～12 月）で構成されており、原油処理能力不足日数は津波ケース①の場合の 3～4 倍と大幅に増えている。

津波ケース③の場合、原油処理能力不足日数は 151（152）日もしくは 181（182）日となっており、多い方は最も原油処理能力不足日数が多い津波ケース④の内の少ない方と同じ日数となっている。

すでに述べたことだが、南海トラフ巨大地震の被災想定において最大死者数が発生するとされているのは津波ケース①の場合である。ところが、今回の製油所の被災という観点

からの想定では 1 年というやや長期的な視点からも最も原油処理能力不足日数が少ないということから最も影響が小さいことが判明した。

最後に推計期間中で最後に原油処理能力が不足する日が南海トラフ巨大地震発生から何日目になるのかを推計した。その結果が、以下の**表 4-9** である。

表 4-9　津波ケース・強震動生成域別、南海トラフ巨大地震発生日別の原油処理能力最終不足日

津波ケース	強震動生成域	南海トラフ巨大地震発生日(x日目)											
		1月1日	2月1日	3月1日	4月1日	5月1日	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日	10月1日	11月1日	12月1日
①	基本	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	陸側	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	東側	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	西側	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
②	基本	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
	陸側	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
	東側	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
	西側	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
③	基本	364	364	364	364	335	304	274	243	364	335	304	274
	陸側	364	364	364	364	335	304	274	243	364	335	304	274
	東側	364	364	364	364	335	304	274	243	364	335	304	274
	西側	364	364	364	364	335	304	274	243	364	335	304	274
④	基本	364	364	364	364	364	334	304	273	364	335	304	274
	陸側	364	364	364	364	364	334	304	273	364	335	304	274
	東側	364	364	364	364	364	334	304	273	364	335	304	274
	西側	364	364	364	364	364	334	304	273	364	335	304	274
⑤	基本	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
	陸側	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
	東側	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274
	西側	243	364	364	334	304	273	243	212	364	335	304	274

この**表 4-9** から、2 月 1 日、3 月 1 日、9 月 1 日に津波ケース①以外の津波を伴う南海トラフ巨大地震が発生すると、原油処理能力の不足日が被災から約 1 年経過した時点でも発生することが分かった。

表 4-8 と**表 4-9** を合わせると、9 月 1 日に津波ケース④を伴う南海トラフ巨大地震が発生するシナリオが石油の供給支障と言う観点から危険だと明らかになった。

原油処理能力最終不足日が南海トラフ巨大地震発生から早ければ早いほど影響する期間は短いと言え、逆に南海トラフ巨大地震からかなりの期間を空けて原油処理能力不足最終日が来るケースは影響する期間が長いと言える。ただしどちらがよりマシなケースと言えるかは議論が必要である。

（３）地方別原油処理能力の推移の特徴

地方別の原油処理能力の推移および原油処理不足量、充足率を推定した。地方別の原油処理要求量は、各日の原油処理要求量に各地方の原油処理能力の構成比を乗じたものを用いた。**図 4-2** を見ると一目瞭然であるが、国内原油処理能力の 4 割が関東地方に集中している。そのため、関東地方の製油所の被害をいかに少なくし、迅速に増産体制に移行できるかが、南海トラフ巨大地震被災後の重要な点となる。

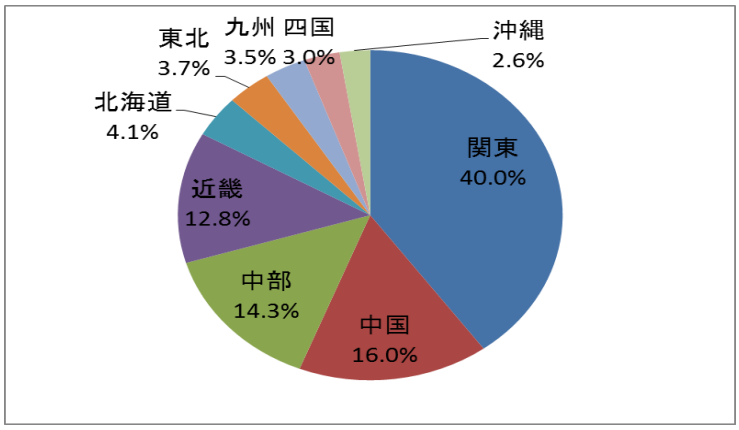

図 4-2　地方別原油処理能力の国内原油処理能力に占める割合
出所：石油連盟（2015），前掲をもとに筆者作成。

a）関東地方

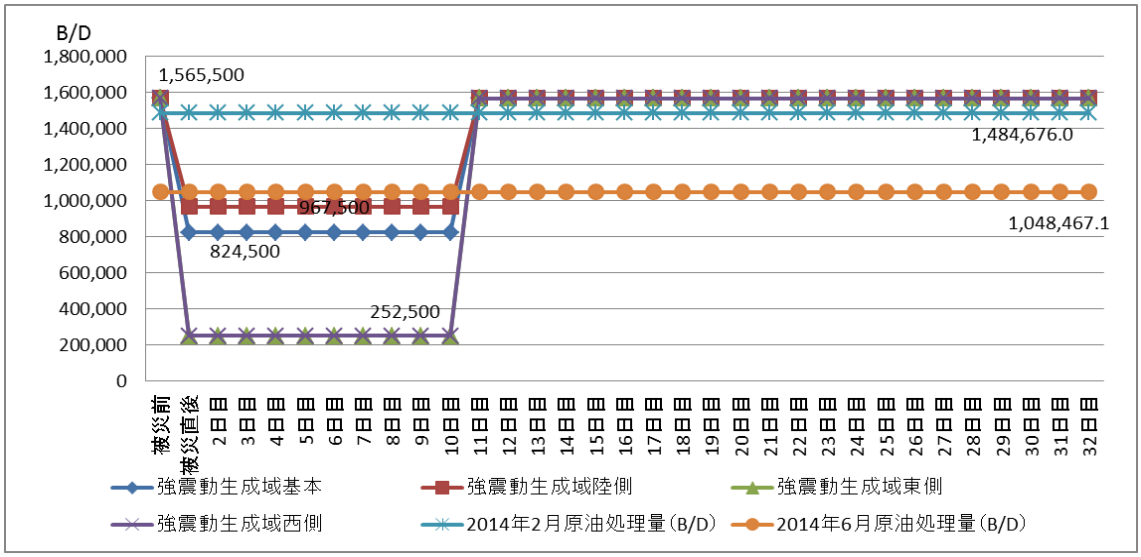

図 4-3　関東地方原油処理能力の推移

関東地方は、わが国で最も製油所の立地数が多く、また、原油処理能力が高い地域である。全国に 23 ヵ所ある製油所のうち、8 ヵ所が関東地方にあり、しかもその内の 7 ヵ所が

東京湾に面して建設されている。そのため、強震動生成域のケースによって、被災直後の原油処理能力やその地域内残存率は大きく変化する。一方で、震度 6 弱以上の強い揺れは想定されていなかった。また、津波の浸水はごく小規模であり、今回の想定では考慮しないレベルであった。そのため、後述の他の地域に比べて早い段階で原油処理能力は回復すると推定された（図 4-3）。

被災直後は、最大で 1,342,500B/D も原油処理能力が低下する。2 月と 6 月の各平常時原油処理量（B/D）に対しても、被災直後はいずれの強震動生成域ケースにおいても原油処理能力が下回る。一方で、全製油所があくまで緊急停止であるため、被災 11 日目には全ての製油所がフル生産を再開するとされた。そのため、全ての強震動生成域ケースにおいて、11 日目には、被災前の水準に回復した。

次に、被災直後の原油処理不足量（B/D）を算出した。その結果、原油処理不足量は、2 月に発生した場合、強震動生成域東側及び西側の時に最大 1,232,176B/D に達する。また、6 月に発生した場合でも、最大 795,967B/D になる。一方、強震動生成域が陸側であった場合、2 月の原油処理不足量は 517,176B/D であった。また、6 月の原油処理不足量の場合、80,967B/D であった。

最後に、2 月と 6 月の平常時原油処理量をもとに強震動生成域ごとの充足率を求めた。その結果、強震動生成域が陸側の場合、65.8%から 93.1%まで原油処理量を満たすことができるのに対し、強震動生成域が東側もしくは西側の場合、僅か 17%～24.1%しか満たすことができないことが明らかになった。

以上を踏まえると、関東地方にとって最悪の被災とは、強震動生成域が東側または西側のケースで、かつ 2 月に発生することであるということができる。

b）中部地方

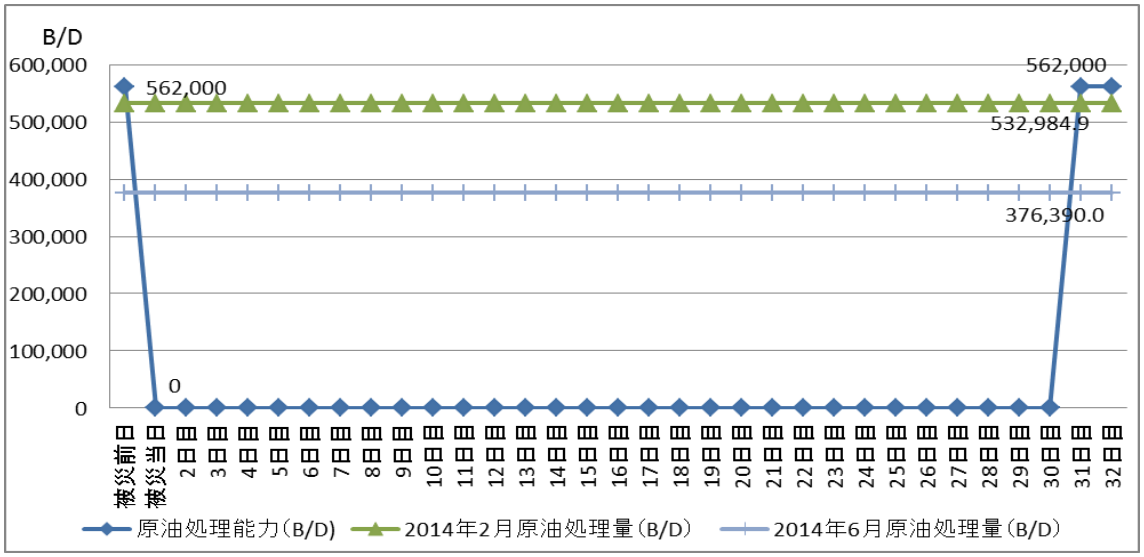

図 4-4　中部地方原油処理能力の推移

中部地方は、知多半島に出光興産愛知製油所、三重県四日市市に昭和四日市四日市製油所およびコスモ石油四日市製油所が操業している。中部地方の原油処理能力は合計で562,000B/D である。南海トラフ巨大地震が発生すると、震度 6 強から震度 7 の揺れに襲われると想定されている。津波については、少なくとも国の想定ではいずれの製油所も浸水しないとされている。したがって、被災後 31 日目にはフル生産を再開できるものと想定された（**図 4-4**）。

次に、充足率を算出した。中部地方は、津波ケースや強震度生成域のケースの別を問わず、製油所の被害は同じとなっている。そのため、被災ケースは省略した。2 月と 6 月の平常時原油処理量（B/D）をもとにしたそれぞれの充足率は、被災後 31 日目に製油所がフル生産を再開するまで 0%である。したがって、被災 30 日目までの原油処理能力の原油処理不足量は、2 月が 532,985B/D、6 月は 376,390B/D と想定された。

以上を踏まえると、中部地方における最悪の被災とは、原油処理量が最も多い 2 月に被災することであると言える。しかし、津波ケースや強震動生成域のケースは、少なくとも今回の想定では関係ないと言わざるを得ない。

c）関西地方

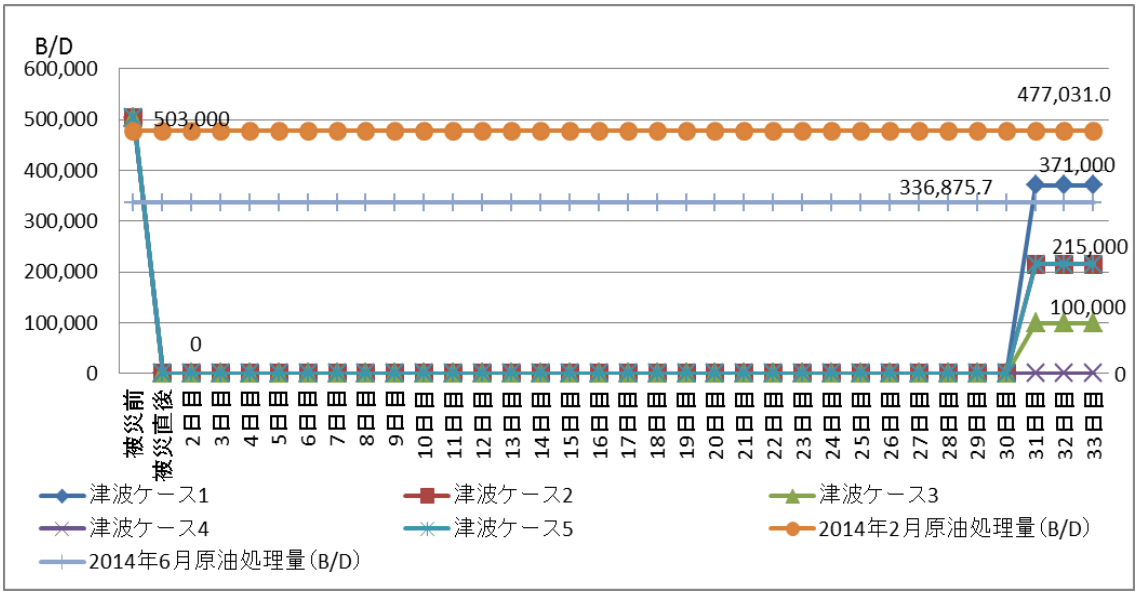

図 4-5　関西地方原油処理能力の推移

関西地方は、大阪府に 3 ヵ所、和歌山県に 1 ヵ所の計 4 ヵ所の製油所があり、全部で503,000B/D の原油処理能力がある。特に大阪府に立地する 3 ヵ所の製油所は、立地自治体こそ堺市と高石市に分かれるものの非常に近い位置にある。南海トラフ巨大地震が発生すると、4 ヵ所の製油所はそれぞれ震度 6 弱から震度 7 の揺れに襲われると想定されている。また、東燃ゼネラル和歌山製油所は、津波のケースに関わらず 1~2m の浸水が発生する。

大阪府下の 3 ヵ所の製油所については、津波ケースによって浸水の度合いに差が生じ、3 ヵ所すべてが津波浸水の被害を受けないケースからすべての製油所が津波浸水の被害を受けるケースまで生じた（**図 4-5**）。

以上を踏まえた被災前後の各時点での、原油処理能力と地域内残存率を算出した。その結果、被災 31 日目の時点で津波ケース④では残存率が 0%、また、津波ケース③においても、19.9%と壊滅状態となった。一方で、津波ケース①の場合、31 日目にはほとんどの製油所がフル生産を再開し、残存率は 73.8%まで回復する。

次に、2 月と 6 月の関西地方の平常時原油処理量（B/D）を推定した。その結果、2 月が 477,031B/D、6 月が 336,876B/D であった。以上を踏まえ、原油処理能力の被災後の推移を推定した。

被災後 30 日目までは、原油処理能力 0B/D の状態が、全ての地震・津波ケースで想定された。そのため、原油処理不足量は、2 月が 477,031B/D, 6 月が 336,876B/D であった。31 日目以降では、2 月の最大値は津波ケース④で 477,031B/D、最小値は津波ケース①の 106,031B/D であった。6 月は、津波ケース④で 336,876B/D、津波ケース①は平常時原油処理量を 34,124B/D 上回った。

次に、充足率を算出した。関西地方の製油所では、強震動生成域の別による被害の変化は被害想定の設定上無かった。したがって、津波ケースごとに 2 月と 6 月の充足率を算出した。その結果、津波ケース①の場合、最も原油処理量が少ない 6 月に発生すれば、被災後 31 日目には充足率が 100%を超える可能性がある。しかし、津波ケース④で津波が発生した場合、全ての製油所が浸水の被害を受けるため、操業の完全な再開には非常に長期間を要し、その間の充足率は 0%が続くこととなった。

以上を踏まえると、原油処理量の実数は 2 月が最大であるので、関西地方では 2 月に津波ケース④の南海トラフ巨大地震が発生することが、最悪のケースであると判断された。また、津波ケース①で 6 月に発生した場合は、被災後 31 日目には平常時の原油処理量を賄うことが可能であると判断された。また、津波ケースの別を問わず、1 ヶ月間地域内での石油製品の生産が不可能になることが示された。

d）中国地方

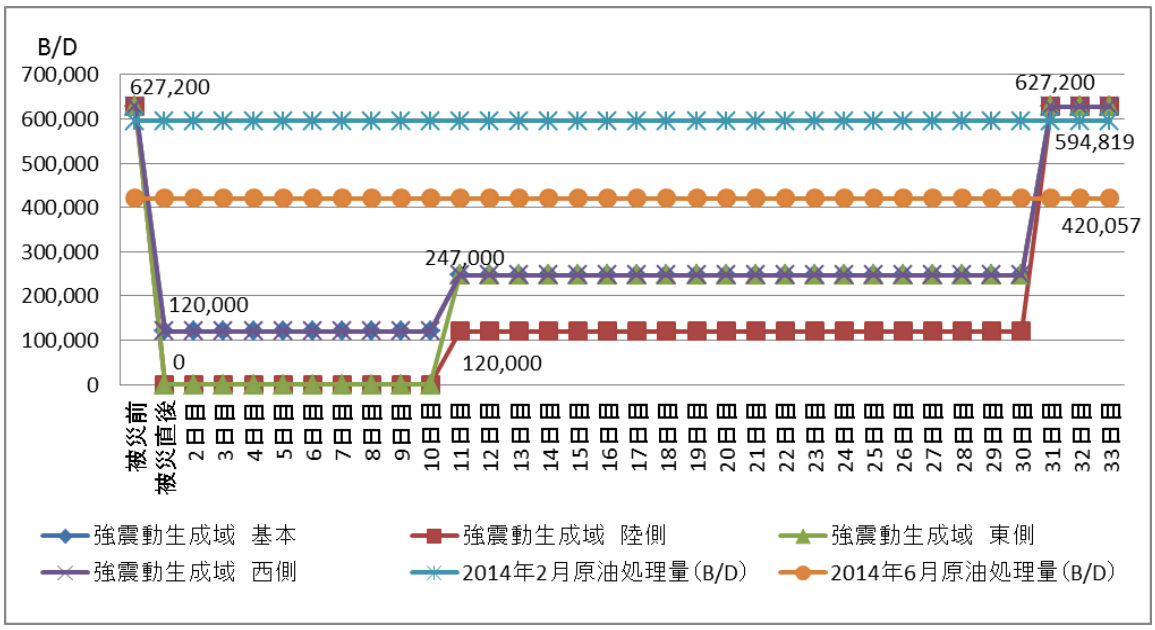

図 4-6　中国地方原油処理能力の推移

中国地方には製油所が 3 ヵ所ある。これらの製油所は、いずれも瀬戸内海側に立地しており、南海トラフ巨大地震が発生すると震度 4 から震度 6 強までの揺れに襲われる事が想定されている。津波浸水はいずれの製油所でも想定されていなかった。以上を踏まえ、原油処理能力の推移と地域内の原油処理能力残存率を算出した。今回、津波浸水は想定されていなかったので、ここでは、強震動生成域別に全ての想定を行う。

中国地方では、強震動生成域が基本または西側のケースの場合、被災直後も製油所が 1 ヵ所操業しており、原油処理能力の残存率が 19.1%となる。一方で、強震動生成域が陸側および東側となった場合、全ての製油所が生産を停止し残存率は 0%となる。また、強震動生成域が陸側以外の場合、11 日目に残存率が 39.4%に回復する。しかし、陸側であった場合、11 日目においても 19.1%しか回復しない。いずれの場合も、31 日目には、フル生産を再開していると推定された。

強震動生成域別に被災後の各時点における 2 月と 6 月の原油処理不足量と充足率を求めた。2 月と 6 月の平常時原油処理量（B/D）は、それぞれ、2 月が 594,819B/D、6 月が 420,057B/D であった。

まず、被災後の各時点における 2 月と 6 月の原油処理不足量（B/D）を求めた。その結果、被災直後の時点では、2 月の原油処理不足量は、最大が強震動生成域陸側および東側のケースで 594,819B/D、それ以外のケースはいずれも 474,819B/D であった。6 月の場合も、最大が強震動生成域陸側および東側のケースで 420,057B/D、それ以外のケースはいずれも 300,057B/D であった。また、被災 11 日目の段階では、2 月の原油処理不足量は、最大が強震動生成域陸側のケースで 474,819B/D、それ以外のケースはいずれも 347,819B/D であ

った。6 月の場合、最大が強震動生成域陸側のケースで 3057B/D、それ以外のケースはいずれも 173,057B/D であった。31 日目には原油処理不足量は解消されている。充足率は、被災後 11 日目でも 2 月の場合、最大 41.8%しか原油処理量を満たしておらず、強震動生成域が陸側であった場合、かろうじて原油処理量の 20%が確保できたに過ぎない。また、6 月に被災したとしても、原油処理量の約 60%しか確保できないことが明らかとなった。

e）四国地方

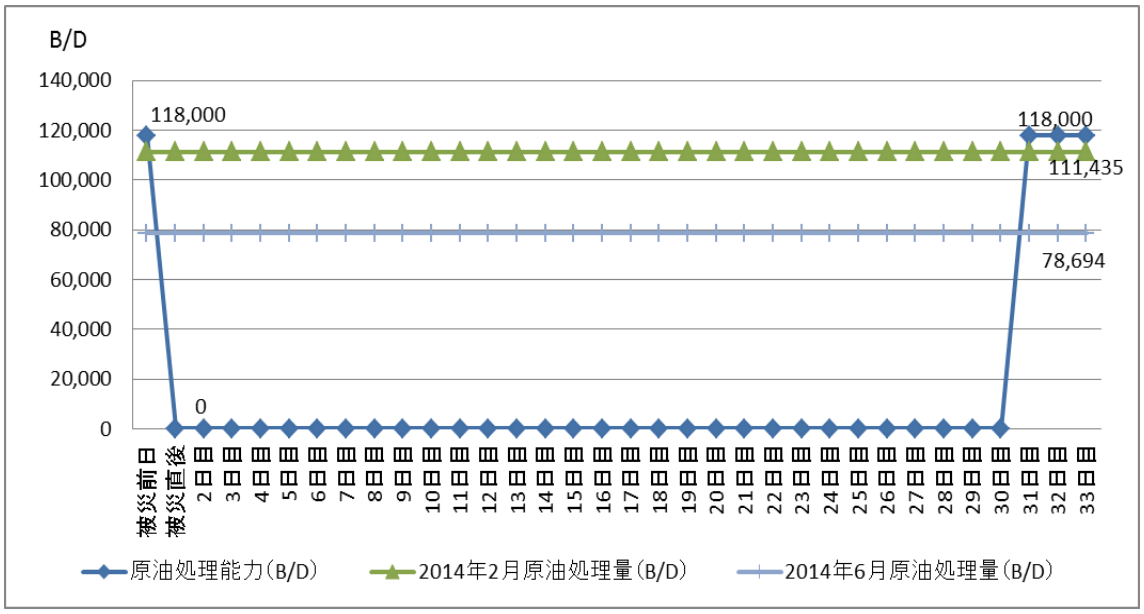

図 4-7　四国地方原油処理能力の推移

四国地方には、愛媛県今治市に太陽石油四国製油所の 1 ヵ所のみが操業しており、四国地方の原油処理能力は最大 118,000B/D である。東日本大震災発生時には、コスモ石油坂出製油所も操業していたが、2013 年 7 月 31 日を持って閉鎖され、オイルターミナル化された[100]。

南海トラフ巨大地震が発生すると、太陽石油四国製油所は震度 6 弱から震度 6 強の揺れに襲われると想定されている。一方、いずれの津波ケースでも津波の浸水は想定されなかった。そのため、20 ケースすべてのケースにおいて、原油処理能力および原油処理能力残存率の推移は同様の経過をたどるものと想定された。そのため、被災 31 日目にならないと原油処理は再開されず、原油処理不足量は被災 30 日目まで、2 月が 111,435B/D、6 月が 78,694B/D になると想定された（**図 4-7**）。

[100] コスモ石油 WEB サイト（2013），当社供給体制再構築の実施について，（2017 年 11 月 24 日確認）https://ceh.cosmo-oil.co.jp/press/p_130731/index.html.

f）九州地方

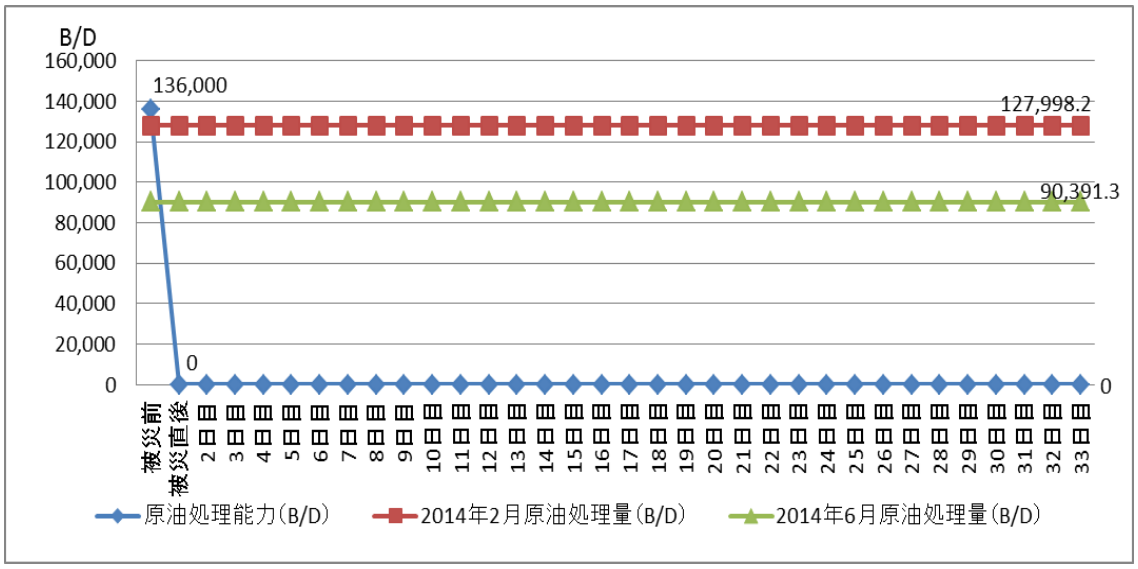

図 4-8　九州地方原油処理能力の推移

九州地方は、JX 大分製油所（136,000B/D）のみ操業している。南海トラフ巨大地震が発生すると、震度 6 弱の揺れに襲われると想定されている。また、津波浸水深も 2~5m に達すると想定されており、20 ケース全てにおいて 1 年間操業できないものとなった（**図 4-8**）。

そのため、九州地方の原油処理能力は南海トラフ巨大地震が発生すると、0B/D かつ充足率 0%となった。また、原油処理不足量は、2 月が 127,998B/D、6 月が 90,391B/D となった。

第 3 節　推定結果からみられる被害の特徴

南海トラフ巨大地震による原油処理能力の低下を我が国全体の視点から検討した場合、もっとも原油処理能力を大きく低下させるのは、強震動生成域が東側に来たケースである。しかし、長期的な影響という観点では、強震動生成域陸側かつ津波ケース④となった。

地方別にみると、関東地方は比較的早期に回復する。一方で、中部・関西・四国の各地方では、被災後 1 ヶ月にわたって原油処理能力が回復せず、九州地方に至っては 1 年間にわたると想定された。また、関西地方は特に津波ケースの違いが大きく影響しており、一番被害が少ない津波ケース①と最悪のケースである津波ケース④では、371,000B/D の差が発生している。

以上から、南海トラフ巨大地震は時間の経過や地域、何を以て最悪とするのかという考え方によって、どの地震ケースが最悪なのか変わってくることが明らかとなった。ただし、津波の被害については、今回の推定結果から津波ケース④の発生が最悪の被災シナリオだと言える。

第 5 章　南海トラフ沿いの巨大地震が時間差発生した場合の原油処理能力の推移

本章では南海トラフ沿いでM8.4の巨大地震が2つ時間差発生した場合の製油所の被災とそれによる原油処理能力の低下について推計を行った。また、原油処理能力不足日数と同最終不足日についても推計を行った。本章は橋冨・河田（2018）の研究成果をもとに内容を加筆した。

第 1 節　はじめに

南海トラフではこれまでに安政地震や昭和地震のように南海トラフの東側と西側が時間差で活動した事例がある。この時間差については第 3 章で既に述べたところである。本章では、広域東海地震発生日から何日目に南海地震が発生するのかによって、原油処理能力不足日数や同最終不足日がどのように変化するのかを明らかにした。また、原油処理能力の推移から各油種の生産量も原油処理量と得率を乗じて算出した。

南海トラフ巨大地震が発生した場合、わが国の石油供給が大きな影響を受ける。橋冨・河田（2016）によって強震動生成域と津波ケースの組み合わせから原油処理能力の推移について明らかにしている。一方、時間差で発生するケースについては、橋冨・河田（2016）では一切触れられていない。南海トラフ巨大地震が発生し製油所が被災した場合の中長期的な経済への影響を推計した研究もすでにある（山﨑ら 2016）。南海トラフにおける巨大地震の時間差発生とその問題や損失については、照本・鈴木らの一連の研究（照本 2007、2008、2010）などがある。

照本ら（2007）では、時間差発生に着目して問題の構造を示し、かつ、様々な課題に遭遇することを示した。照本ら（2008）では、和歌山県田辺市を事例として調査し、東海・東南海地震と南海地震が時間差発生した場合について 5 つの課題が存在することを指摘した。具体的には「1．時間差発生によって生じることが予測される問題の関連構造と対応課題のフローの作成、2．施設の復旧に関する問題と対応課題、3．住民の暮らしと社会活動に関する問題と対応課題、4．経済活動の制限に関する問題と対応課題、5．行政機関の災害対応関連業務に関する課題」（照本ら 2008, pp.424-426）としている。照本ら（2010）では、時間差の期間が長引けば長引くほどより深刻な問題になることは想起できるとした。

また、東海・東南海・南海地震を対象にした社会基盤施設に対する考察もすでに行われている（陳ら 2010）。陳ら（2010）では時間差発生について、「連動発生した場合[101]、大阪と名古屋付近にて震度 6 弱以上となる地域が拡大する。その暴露人口は、地震が 3 ヶ月以上の時間差発生となるときに揺れを 2 度経験する人口をダブルカウントする場合よりも多くなる。震度 5 弱以上では、3 ヶ月以上の時間差発生となる場合のほうが、暴露人口は多くなる。」（陳ら 2010,p.378）と指摘している。

[101] ここでは連動発生とは宝永型の地震を指している。

南海トラフ沿いで時間差を伴う巨大地震の連続発生が現実に発生した場合の問題点等については、これらの研究が既に報告している。本章では、製油所の被災による原油処理能力の低下に特化して検討する。

第 2 節　推計方法

基本的な推計方法は第 4 章と同じであるが、推計期間は大きく異なる。第 4 章では推計期間を発災から 365 日目までとしたが、本章では推計期間を広域東海地震発生後の南海地震発生から 365 日目とした。そのため、南海地震の発生日によって最長 1354 日目まで推計した。**図 5-1** は、原油処理能力の推計期間を模式的に表したものである。

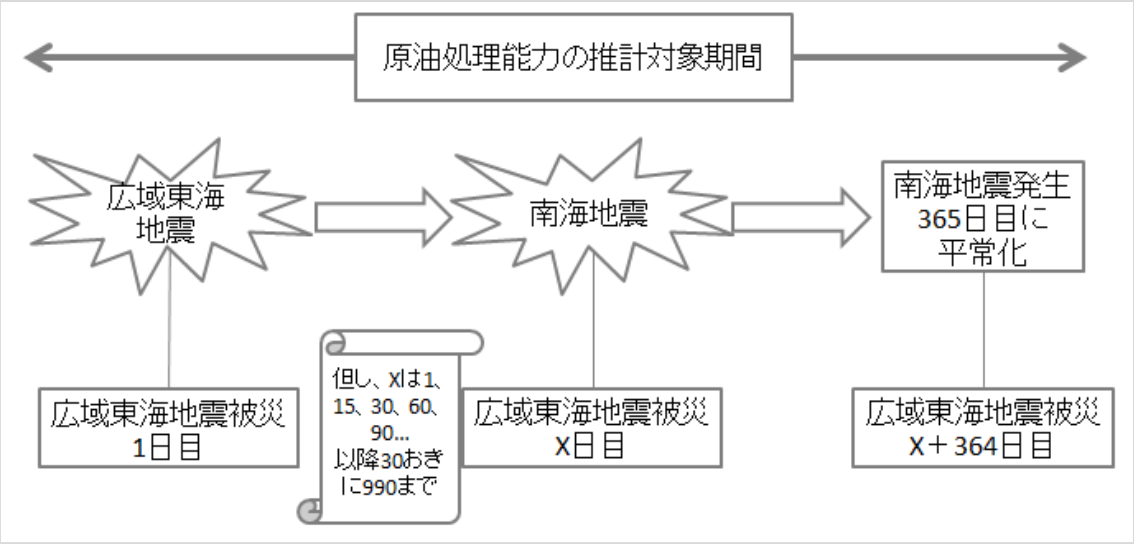

図 5-1　原油処理能力の推計対象期間

（1）原油処理能力

各製油所の原油処理能力、製油所が受けるハザードと停止する期間は、第 4 章の条件と同じである。国内の原油処理能力は 2015 年 8 月末のものを用いた。各製油所の原油処理能力と想定されるハザード、フル生産再開日を一覧にまとめたものが**表 5-1** である。被災後の各日の原油処理能力は、稼働している製油所の原油処理能力を積算したものである。なお、推計するにあたって、定期修理などの被災前からの運転休止は考慮していない。

表 5-1　製油所へのハザードとフル生産再開日の一覧

地方	企業	製油所	所在地	原油処理能力	フル生産再開日		ハザード	
					南海地震	広域東海地震	南海地震	広域東海地震
北海道	出光	北海道製油所	北海道室蘭市	160,000				
東北	JX	仙台製油所	宮城県仙台市宮城野区	145,000				
関東	鹿島石油	鹿島製油所	茨城県神栖市	252,500				
	コスモ石油	千葉製油所	千葉県市原市	220,000				4
	極東石油	千葉製油所	千葉県市原市	152,000				4
	出光	千葉製油所	千葉県市原市	200,000				4
	富士石油	袖ヶ浦製油所	千葉県袖ケ浦市	143,000				4
	東燃ゼネラル	川崎製油所	神奈川県川崎市川崎区	258,000		11日目		5弱
	東亜石油	京浜製油所	神奈川県川崎市川崎区	70,000		11日目		5弱
	JX	根岸製油所	神奈川県横浜市磯子区	270,000		11日目		5弱
中部	出光	愛知製油所	愛知県知多市	175,000		31日目	4	6弱
	コスモ石油	四日市製油所	三重県四日市市	132,000	11日目	1年	5弱	6強/津波
	昭和四日市	四日市	三重県四日市市	255,000	11日目	1年	5弱	6強/津波
近畿	コスモ石油	堺製油所	大阪府堺市西区	100,000	1年	11日目	5強/津波	5強
	東燃ゼネラル	堺製油所	大阪府堺市西区	156,000	1年	11日目	5強/津波	5強
	大阪国際石油精製	大阪製油所	大阪府高石市	115,000	1年	11日目	5強/津波	5強
	東燃ゼネラル	和歌山製油所	和歌山県有田市	132,000	1年		6弱/津波	4
中国	JX	水島製油所	岡山県倉敷市	380,200	11日目		5弱	
	JX	麻里布製油所	山口県玖珂郡和木町	127,000	11日目		5弱	
	西部石油	山口製油所	山口県山陽小野田市	120,000			4	
四国	太陽石油	四国製油所	愛媛県今治市	118,000	11日目		5強	
九州	JX	大分製油所	大分県大分市	136,000	11日目		5強	
沖縄	南西石油	西原製油所	沖縄県西原町	100,000				
合計				3,916,700				

出所：石油連盟（2015），前掲および中央防災会議事務局（2003b），東南海、南海地震に関する報告図表集，p.10，p.12，p.27，p.31，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/9/pdf/zuhyou_2-2.pdf をもとに筆者作成。

（２）原油処理要求量

1 日当たりの原油処理要求量は 2015 年の各月の原油処理量（kl/月）をそれぞれの月の日数で割り、算出した 1 日当たりの原油処理量を kl/D から B/D に換算し直したものを用いた（表 5-2）。

表 5-2　月別平常時原油処理量

	月別原油処理量（kl）	日数	1日平均原油処理量（B/D）
1月	17,574,033	31	3,565,261
2月	16,080,690	28	3,611,838
3月	16,757,262	31	3,399,562
4月	15,939,148	30	3,341,377
5月	14,802,495	31	3,002,996
6月	12,724,871	30	2,667,557
7月	15,656,642	31	3,176,278
8月	17,229,614	31	3,495,388
9月	15,315,398	30	3,210,618
10月	14,997,522	31	3,042,562
11月	15,206,281	30	3,187,743
12月	16,757,728	31	3,399,656

出所：経済産業省資源エネルギー庁（2015～2016），資源エネルギー統計年報をもとに筆者作成。

（３）原油処理能力不足日数と原油処理能力最終不足日

第 2 節（１）で求めた推計期間中の全ての日における国内原油処理能力と、第 2 節（２）で求めた毎日の国内原油処理要求量を比較し、国内原油処理能力が国内原油処理要求量を下回る日を原油処理能力不足日とした。そして、推計期間中の原油処理能力不足日の日数と最終日をそれぞれ原油処理能力不足日数および原油処理能力最終不足日とした。

第 3 節　推計結果

（１）国内原油処理能力

今回の推計で広域東海地震と南海地震が別々に発生した場合の原油処理能力は、広域東海地震被災直後が 2,385,700B/D、南海地震被災直後が 2,265,500B/D と推定された。また、ほぼ同時に発生した場合、1,492,500B/D となった。31 日目には、広域東海地震のみであれば 3,529,700B/D、南海地震のみであれば、3,413,700B/D まで回復する。原油処理能力の残存率は、被災直後の残存率が、広域東海地震が 60.9%、南海地震が 57.8%となった。東日本大震災被災直後の原油処理能力が 69.1%であり、広域東海地震、南海地震ともに原油処理能力残存率が東日本大震災よりも下回っている。ほぼ同時発生となると原油処理能力残存率が 38.1％まで大幅に低下している。一方、31 日目には広域東海地震単独の場合で 90.1%まで回復している。また、南海地震の場合も 87.2%まで回復している（表 5-3）。

表 5-3　被災後原油処理能力と残存率

	南海地震	広域東海地震	ほぼ同時発生
	原油処理能力(B/D)		
当日	2,265,500	2,385,700	1,492,500
11日目	3,413,700	3,354,700	2,851,700
31日目	3,413,700	3,529,700	3,026,700
	原油処理能力残存率		
当日	57.8%	60.9%	38.1%
11日目	87.2%	85.7%	72.8%
31日目	87.2%	90.1%	77.3%

南海地震が広域東海地震発生 31 日目以降に発生した場合、広域東海地震による津波浸水の被害で減じられた原油処理能力からさらに南海地震により被災した原油処理能力を差し引くことになる。基本的に 1 年目に原油処理能力の不足は発生するが、2 年目あるいは 3 年目においても原油処理能力の不足が発生する。2 年目、3 年目に不足日が発生するケースは、南海地震発生直後と 1 月、2 月と 8 月であった。1 月、2 月、8 月は原油処理要求量が多いからである。年間の要求量は、1 月、2 月と 8 月にピークが来ており、この時期になると原油処理量が足りなくなっていた。このことから、広域東海地震と南海地震が時間差で発生した場合、少なくとも南海地震発生から 1 年間は原油処理能力の不足が発生する恐れがある。

（２）国内原油処理能力の推移

国内原油処理能力の推移を広域東海地震発生日（毎月 1 日全 12 ケース）と南海地震発生日（広域東海地震発生当日、15 日目、30 日目、60 日目、以降 30 おき 990 日目までの 35 ケース）を組み合わせた 420 ケースを推計した。

国内の原油処理能力は、広域東海地震が発生すると大きく低下する。その後、11 日目に震度 5 弱および 5 強の地域に立地している製油所はフル生産を再開するため、原油処理能力も回復する。その後、31 日目に震度 6 弱の地域に立地する製油所で津波浸水の製油所がフル生産を再開する。365 日目に津波浸水の被害を受けた製油所もすべてフル生産を再開する。原油処理能力の推移をグラフ化したものが、図 5-2 である。この図は 12 月 1 日に広域東海地震が発生した場合の原油処理能力の推移を示している。すべてのケースを表示すると図が見にくいものとなるため、推計した南海地震の発生日は 35 ケース中の 8 ケースに限定している。

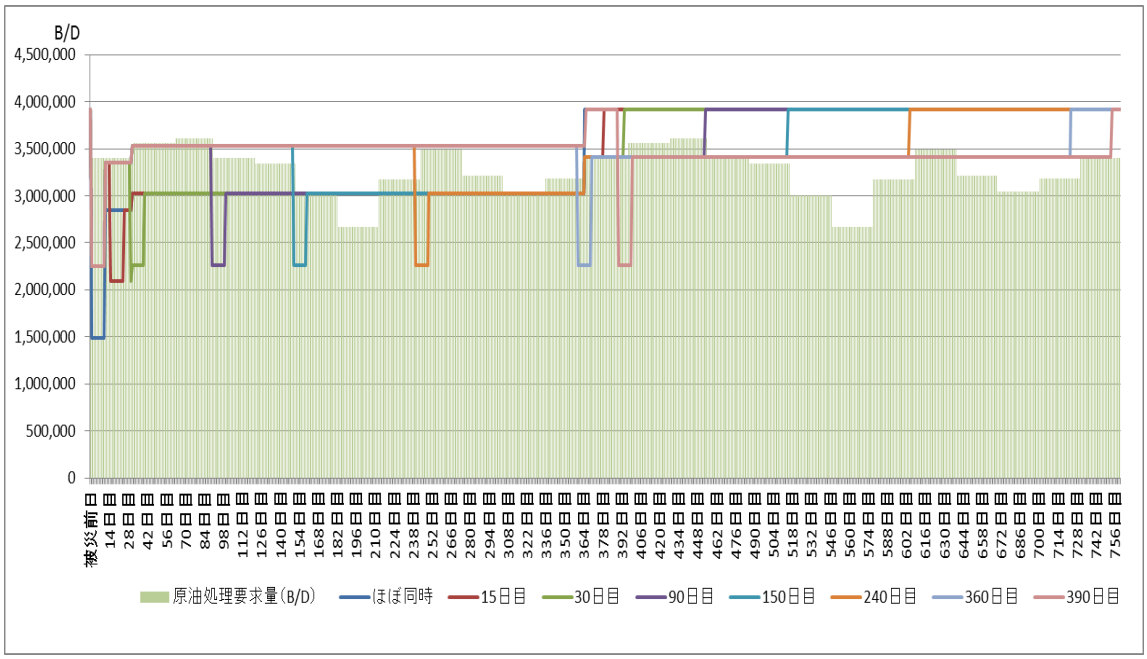

図 5-2　原油処理能力の推移

（３）原油処理能力不足日数と原油処理能力不足最終日の推移

原油処理能力の不足日数と不足発生最終日の最多（最遅）、最少（最速）、平均の分布から回帰式を導き出した。なお、回帰式は散布図に最も当てはまりの良いものである。また、式中の x はすべて南海地震発生日（x 日目）である。

a）原油処理能力不足日数

原油処理能力不足日数 420 ケースのうち、南海地震発生日別の原油処理能力不足日数が最も多かったケース（最多不足日数）は 43 ケースあった。この内、22 ケースは 12 月 1 日に広域東海地震が発生するケースであった。次に多かったのが 8 月 1 日に広域東海地震が発生するケースで、15 ケースあった。南海地震発生日が広域東海地震発生 390 日目の区間において、広域東海地震発生日が同じ場合の原油処理能力不足日数の最大日数と最少日数の差が大きいケースでは 140 日を超えていた。

図 5-3 は、広域東海地震発生後に南海地震が発生するまでの期間別の原油処理能力不足日数の最多日数、最少日数、平均日数の推移を示したものである。同日発生から 990 日目発生までの間、全てのケースの不足日数が最大不足日数と最少不足日数の線で囲まれた範囲に収まる。原油処理能力の不足日数は、津波浸水の場合の停止期間を 365 日と設定しているため,それと整合する値となり、その最大停止期間に従う。

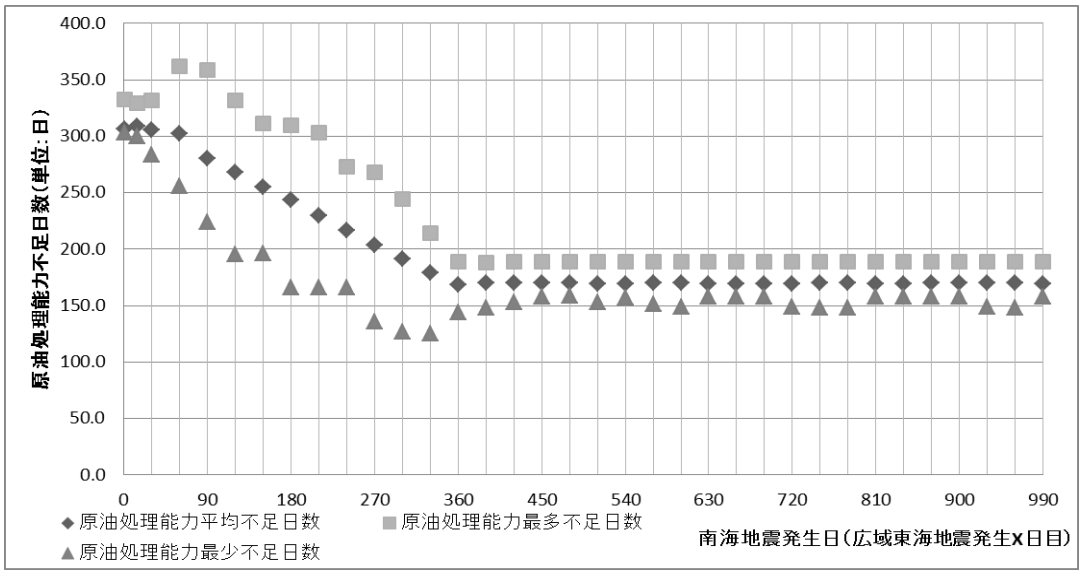

図 5-3　原油処理能力不足日数の分布（全期間）

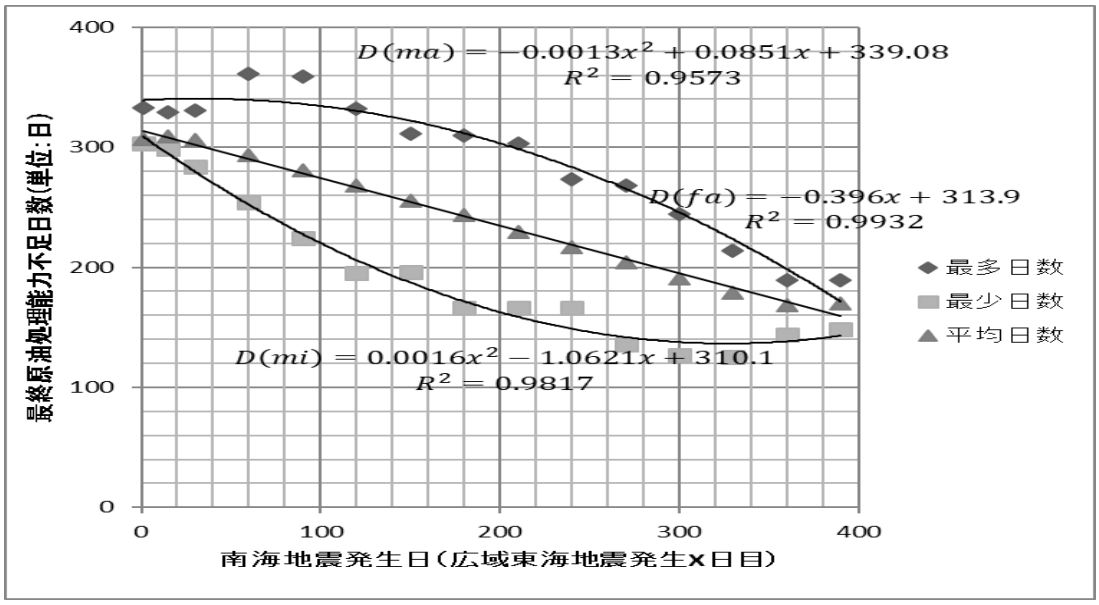

図 5-4　原油処理能力不足日数の分布（390 日目まで）

このことを踏まえ、南海地震が広域東海地震発生 390 日目までの区間を拡大したものが**図 5-4** である。平均不足日数は、30 日目から 360 日目まで線形に推移している。平均不足日数を D(a)、南海地震発生日（x 日目）を x とした場合、以下の回帰式(1)が導き出された。

$$D(a) = -0.42x + 293.35 \qquad (1)$$

この回帰式を 30 日目から 360 日目まで 30 日おきに当てはめた。この計算結果から全て

において 23～26 日過小に算出される傾向があり、その平均日数は、24.85 日であった。そのため、回帰式(2)に 24.85 を足して修正した。

$$D(a) = -0.42x + 293.35 + 24.85$$
$$D(a) = -0.42x + 318.2 \qquad (2)$$

回帰式(2)を用いた場合の 30 日目から 360 日目まで 30 日おきに当てはめた。その結果、誤差は 2 日以内に収まっており、ほぼ無視できる範囲となった。回帰式(2)を用いることで、被災時期を問わない平均的な原油処理量の不足日数が容易に算出できるようになった。回帰式(2)はあくまで平均日数を算出するものである。したがって、回帰式(2)で算出された日数よりも最初の地震の発生した時期によっては、不足する日数は多くなる場合も少なくなる場合もある。

今回の推計結果の分布から、最大不足日数は回帰式(3)で、また最少不足日数の推移は回帰式(4)で表すことができた。なお、最大不足日数は D(ma)、最少不足日数は D(mi)とした。そして、当日から 390 日目までの区間の平均日数 D(fa)の推移を求める回帰式(5)も求めた。

$$D(ma) = -0.0013x^2 + 0.0851x + 339.08 \quad (3)$$

$$D(mi) = 0.0016x^2 - 1.0621x + 310.1 \qquad (4)$$

$$D(fa) = -0.396x + 313.9 \qquad (5)$$

それぞれの数式に各推計日を当て嵌めて求めた。不足日数はほとんどのケースですべてが連続したものではなかった。数日から数十日、あるいは 100 日程度のかたまりが推計対象の期間内でいくつか生じている。最初の地震発生直後と 2 度目の地震発生直後は必ず、原油処理能力の不足が発生している。しかし、それ以外の時期でも発生しており、その時期は原油処理能量が増加する 12 月～3 月頃に多い。原油処理量の増加に対して、津波による被害で長期間の停止を余儀なくされたことによる原油処理能力の低下が原因となっている。

b）原油処理能力最終不足日

次に、原油処理能力の不足する最終日（原油処理能力最終不足日）について検討する。各ケースの原油処理能力の不足が最後に発生する日は、広域東海地震発生の何日目にあたるのかまとめ、そこから、各ケースの最終不足日が最も遅く訪れるケースと逆に最も早く訪れるケース、各ケースの平均最終不足日がそれぞれ広域東海地震発生から何日目になっているのかをまとめ、その散布図を作成した（**図 5-5**）。

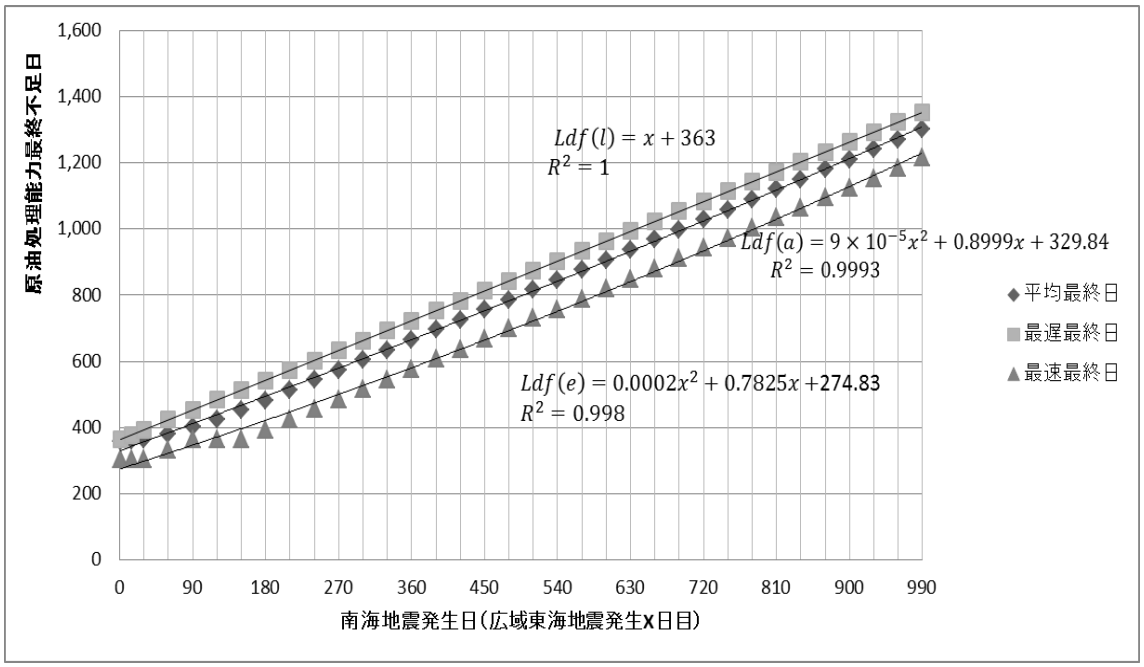

図 5-5 原油処理能力最終不足日の分布（全期間）

原油処理能力不足最終日が最も遅く訪れるケースは線形に推移し、全て推計期間最終日の前日であった。特に、1 月、2 月、8 月の期間中に推計期間が終了する場合、必ず原油処理能力不足最終日が推計期間最終日の前日であった。これは南海地震の津波被害によって低下した国内原油処理能力が 1 月､2 月､8 月の原油処理要求量を下回っているためである。そのため、この時期に推計期間の終わりが来ると、津波の被害が回復し被災前の原油処理能力の戻る推計期間最終日の前日までは原油処理能力が不足することになった。平均最終日、最速最終日の何れも一見すると線形に見えなくもない。しかし、a）と同じように同日発生から広域東海地震被災 390 日目発生までの区間に限定すると異なってくる（**図 5-6**）。

不足最終日が最も遅くに訪れるケースは、線形に分布していることが分かる。これは、990 日目までのものと全く変わらない。一方、平均最終日と最速最終日が訪れるケースは曲線を描くように分布している。このことから､それぞれの分布をについて最遅最終日 *Ldfh(l)*、平均最終日 *Ldfh(a)*、最速最終日 *Ldfh(e)*の順にそれぞれの回帰式(6)～(8)を導き出した。

$$Ldfh(l) = x + 363 \qquad (6)$$

$$Ldfh(a) = 0.0008x^2 + 0.6146x + 347.1 \qquad (7)$$

$$Ldfh(e) = 0.0011x^2 + 0.3617x + 301.78 \qquad (8)$$

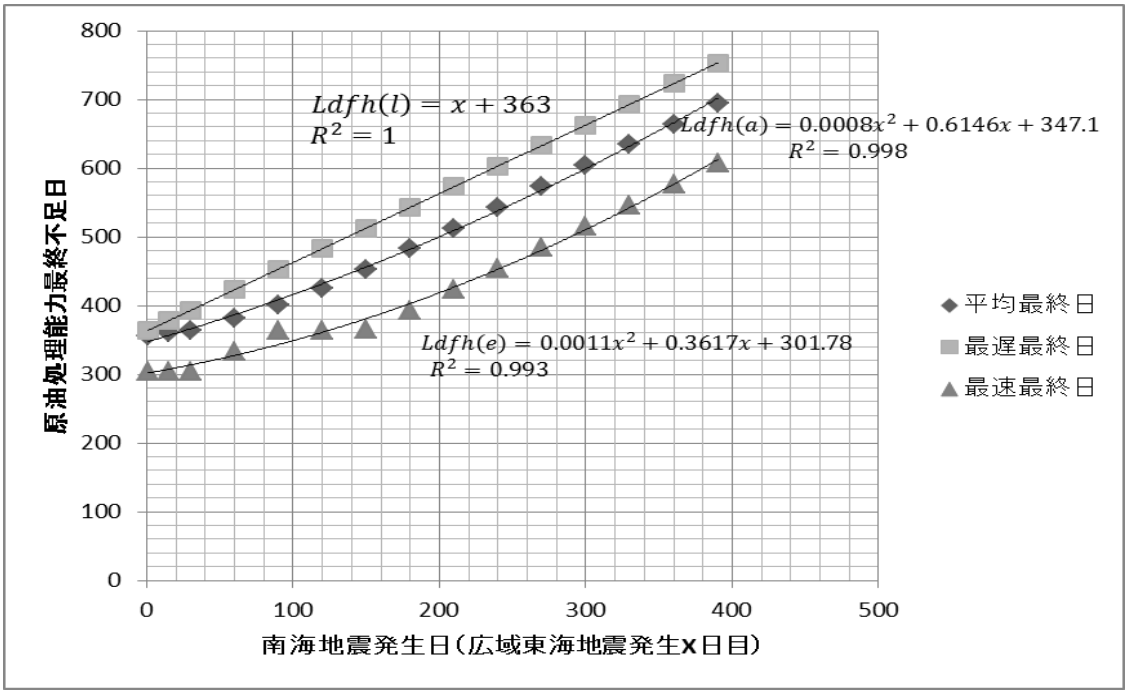

図 5-6　原油処理能力最終不足日の分布（同日～390 日目）

この式を用いて 1 から 390 まで、30 刻みで計算した結果、最遅日についてはほぼ回帰式(6)に当てはめ計算した結果と推計されていた結果は一致した。一方、最速日では 20 日、平均日で 10 日ほどの誤差が生じた。

次に 390 日目から 990 日目までの区間に絞って最遅最終日、平均最終日、最速最終日の分布図を作成した。いずれも線形に分布していた。最遅最終日 *Ldlh(l)*、平均最終日 *Ldlh(a)*、最速最終日 *Ldlh(e)*の各回帰式は以下の通りである。

$$Ldlh(l) = x + 363 \tag{9}$$

$$Ldlh(a) = 1.0104x + 300.9 \tag{10}$$

$$Ldlh(e) = 1.0133x + 212.27 \tag{11}$$

最後に同日発生から広域東海地震発生 990 日目までの全てのケースから求めた。回帰式は最遅最終日 *Ldf(l)*、平均最終日 *Ldf(a)*、最速最終日 *Ldf(e)*の順にそれぞれの回帰式(12)～(14)である。

$$Ldf(l) = x + 363 \tag{12}$$

$$Ldf(a) = 9 \times 10^{-5}x^2 + 0.8999x + 329.84 \qquad (13)$$

$$Ldf(e) = 0.0002x^2 + 0.7825x + 274.83 \qquad (14)$$

（４）広域東海地震発生から１年間の原油処理能力と年間原油処理量の差

原油処理能力不足日数の推定結果から１月１日～12 月１日までの各ケースにおいて 12 月１日に広域東海地震が発生するケースが最も原油処理能力不足日数が多くなることが多いことが分かった。今回推計対象とした広域東海地震の発生日と南海地震発生日の組み合わせケースは全部で 420 通りあった。そのうち、広域東海地震発生日が 12 月１日かつ南海地震が広域東海地震発生当日から 390 日目までに発生する推計ケースは全部で 15 ケースであった。この 15 ケースのうち 9 ケースが、他の広域東海地震発生日のケースと比較して原油処理能力不足日数の最も多いケースであった。

この結果を踏まえ、12 月１日に広域東海地震発生した場合、発生から１年間（翌年 11 月 30 日）までの期間でどれだけ原油処理量が不足するか積算した。この結果から、年間の原油処理能力が不足するのは 12 月１日の広域東海地震発生後 210 日目（翌年６月 28 日）から 240 日目（翌年７月 28 日）までの間に南海地震が発生した場合であることが分かった。図面を作成し回帰式(15)を導き出した。被災後１年間の原油処理能力の不足量は *Co(g)*とした。

$$Co(g) = 4.9705x - 1060.7 \qquad (15)$$

この回帰式(16)を用いて計算した結果、年間の原油処理能力が不足するのは広域東海地震発生 213 日目（翌年７月１日）までに南海地震が発生した場合であることが分かった。
この広域東海地震発生１日目から 213 日目までの期間に南海地震が発生した場合、残存する原油処理能力では１年間の原油処理要求量を賄うことができない。したがって、原油処理能力がその日の原油処理要求量を上回っている日に貯金を作ったとしても、１年間という期間を区切って検討すると、被災後１年間トータルの原油処理量は必要とされる原油処理量に対して不足することが示された。逆に、214 日目以降に発生すると被災後１年間トータルの原油処理量は必要とされる原油処理量を上回ると推計された。

第４節　製品面での影響

石油製品の生産力は原油処理能力と各製油所の装置能力によって決まる。一定期間に処理された原油の量と同期間に生産された各油種の量には一定の関係性がある。ここでは、2014~2015 年の原油処理量と各油種の生産量から油種ごとの得率を算出した。この得率を用いて、広域東海地震発生後の各油種の生産量が発災から１年間の期間で、南海地震の発生日別に推計を行った。各油種の得率は**表 5-4** にまとめた。なお、月ごとに算出すると油

種や季節によって得率は変動することもある。

表 5-4　油種別得率

油種	得率
ガソリン	28.3%
ナフサ	9.7%
灯油	8.9%
ジェット燃料	8.1%
軽油	21.7%
A重油	7.2%
B・C重油	11.2%
合計	95.1%

平常時の各油種の生産量は、各油種の生産量＝年間原油処理量(kl)×得率として表すことができる。被災後の各油種の生産量は、被災後の毎日の原油処理能力の積算値×得率で各油種の被災後の生産量を算出した。その分布を示したものが図 5-7 である。

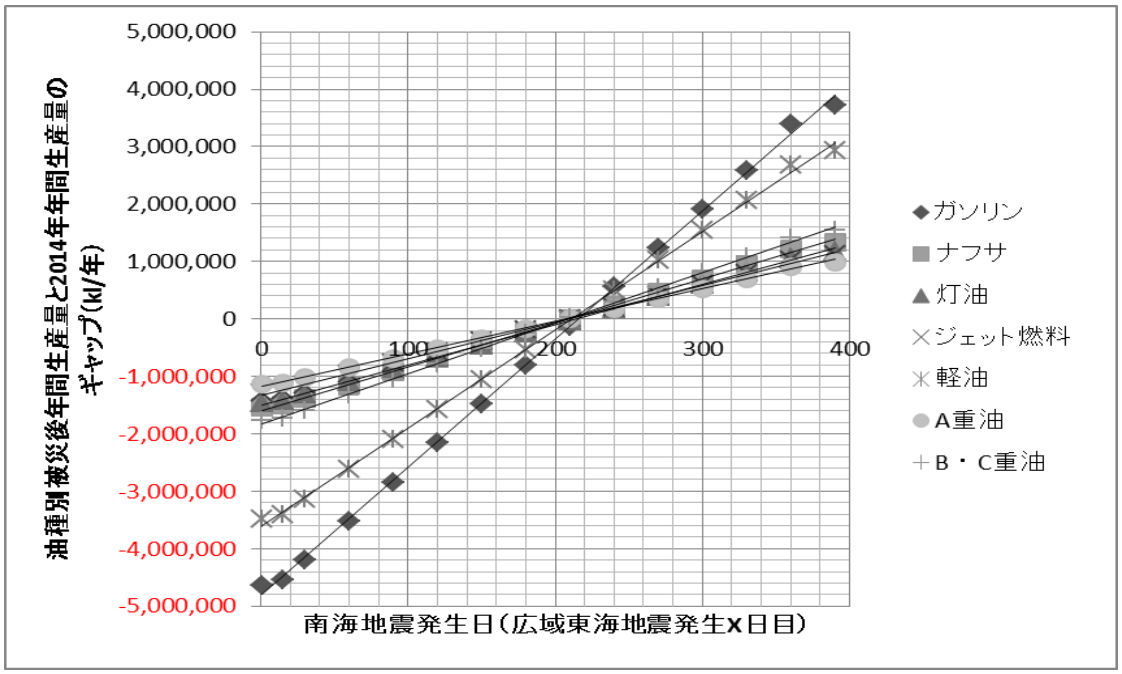

図 5-7　被災後の油種別年間生産量と 2014 年の年間生産量の差の分布

ガソリン、ナフサ、灯油、ジェット燃料、軽油、A 重油、B・C 重油についての推計を行った。全ての油種が最初の地震から 180 日目または 210 日目までに次の地震が発生すると、最初の地震発生から 1 年間のトータルの各油種生産量が平常時の年間生産量を下回ることが推計された。各油種別の被災ケースごとの需給ギャップをまとめたグラフが図 5-7 である。図 5-7 から 12 月 1 日広域東海地震発生後 1 年間の各油種の年間需給ギャップ量が南海地震発生日によってどのように変化するのか回帰式を求めた。なお、ガソリン需給ギャッ

プ量 Ga(g)、ナフサ需給ギャップ量 Na(g)、灯油需給ギャップ量 Ke(g)、ジェット燃料需給ギャップ量 Je(g)、軽油需給ギャップ量 Di(g)、A 重油需給ギャップ量 HOA(g)、B・C 重油需給ギャップ量 HOBC(g)とそれぞれいた。また、x は南海トラフ発生日を指す。**図 5-7** に回帰式を表示すると見づらいので以下に掲載する。

$$Ga(g) = 22363x - 5 \times 10^6 \qquad (16)$$

$$Na(g) = 7665.2x - 2 \times 10^6 \qquad (17)$$

$$Ke(g) = 7033x - 2 \times 10^6 \qquad (18)$$

$$Je(g) = 6400.8x - 10^6 \qquad (19)$$

$$Di(g) = 17148x - 4 \times 10^6 \qquad (20)$$

$$HOA(g) = 5689.6x - 10^6 \qquad (21)$$

$$HOBC(g) = 8850.5x - 2 \times 10^6 \qquad (22)$$

図 5-7 を見ると得率の高い製品ほど南海地震の発生時期によって 2014 年の年間生産量との間に生じる正負のギャップが大きく異なることが分かる。ガソリンなどの得率の高い製品は、広域東海地震と南海地震の間隔が短いほど不足量が非常に大きくなる。しかし、少しでも間隔が空けば空くほど余裕は生じやすくなっている。

一方、得率の低い A 重油などの製品は、広域東海地震と南海地震の間隔が短いほど不足量が大きくなるが、ガソリンなどの様に極端に不足量が大きくなる訳ではない。しかし、少し間隔が延びたとしても、状況があまり変わらないということも言える。このことから広域東海地震と南海地震の間隔が延びれば延びるほど影響が小さいことが明らかになった。ガソリン、ナフサ、灯油、ジェット燃料、軽油、A 重油、B・C 重油についての推計結果をもとに回帰式を導き出した。この油種別回帰式を用いて計算した。得率と原油処理能力を掛け合わせて算出した結果は 30 日刻みのデータであるから、30 日間のどこかに製品の生産力が年間生産量を上回る日がある。しかし、油種別の回帰式で計算した結果は必ずしもそのようにはならなかった。ガソリンと軽油のみがその範囲であり、他のものは範囲の外側で前後した（**表 5-5**）。

表 5-5　回帰式を用いた推計結果

	ｶﾞｿﾘﾝ	ﾅﾌｻ	灯油	ｼﾞｪｯﾄ燃料	軽油	A重油	B･C重油
原油処理能力と得率から予想された日	210日目～240日目	180日目～210日目	210日目～240日目	180日目～210日目	210日目～240日目	180日目～210日目	180日目～210日目
回帰式計算結果	223日目	260日目	284日目	156日目	233日目	174日目	224日目

回帰式(16)～(22)による推計結果を踏まえると、広域東海地震発生から 156 日目までに南海地震が発生すると、広域東海地震発生から 1 年間生産する製品が年間生産量を下回る。一方、広域東海地震発生から 284 日目以降に南海地震が発生すると、広域東海地震発生から 1 年間生産する製品が年間生産量を上回る結果となった。

第 5 節　広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係を用いた推計

第 3 章で明らかにした広域東海地震のマグニチュードと時間差の関係に関する回帰式(1)と本章第 3 節（3）a）および同 b）で明らかにした原油処理能力の不足日数と不足最終日の最多（最遅）、平均、最少（最速）の各日数（日目）に関する回帰式(3)～(5)及び(12)～(14)を用いて広域東海地震のマグニチュード別の原油処理能力の不足日数と不足最終日の最多（最遅）、平均、最少（最速）の各日数（日目）を推計した（表 5-6）。

表 5-6　広域東海地震のマグニチュード別、原油処理能力不足日数および原油処理能力最終不足日

広域東海地震(M)	南海地震発生日(x日目)	最多不足日数	平均不足日数	最少不足日数	最遅最終不足日	平均最終不足日	最速最終不足日
9.0	全域が活動する宝永型のため本研究の対象外						
8.9							
8.8							
8.7							
8.6	1	339	314	309	364	331	276
8.5	1	339	314	309	364	331	276
8.4	2	339	313	308	365	332	276
8.3	5	339	312	305	368	334	279
8.2	17	340	307	293	380	345	288
8.1	64	339	289	249	427	388	326
8.0	249	280	215	145	612	559	482
7.9	979	189	170	148～158	1342	1297	1233

表 5-6 から広域東海地震が M8.5～8.2 までの場合、その時間差は 1 ヶ月以内と想定され、それぞれのマグニチュードで広域東海地震が発生した場合の原油処理能力の不足日数と不足最終日の最多（最遅）、平均、最少（最速）の各日数（日目）はほとんどが変わらなかった。

一方、M8.1 のケースと M8.0、M7.9 のケースでは南海地震発生までの間隔が大きく開くため、原油処理能力不足日数と原油処理能力不足最終日は M8.2 以上のケースに比べて変化している。特に原油処理能力の最終不足日が大きく変化する結果になった。

図 5-8 および**図 5-9** は、この**表 5-6** に掲載したデータの**図 5-3** および**図 5-5** の図面上におけるおよその位置とマグニチュードを示したものである。なお、M8.4～M9.0 までを掲載すると図が見難いものになってしまうので省略した。M8.0～M8.3 の広域東海地震が発生した場合、**図 5-8** および**図 5-9** のそれぞれのマグニチュードの線上に原油処理能力の不足日数と不足最終日の最多（最遅）、平均、最少（最速）の各日数（日目）の推計結果は分布する。なお、**図 5-8** 及び**図 5-9** では、M8.3 以上を書き加えると図が非常に見づらいため割愛してある。

広域東海地震のマグニチュードが 8.2 以上の場合、大きくなったからと言って極端に時間差が変わるわけではない。一方、広域東海地震が M8.2 以下の場合、マグニチュードが 0.1 異なるだけで大幅に時間差が変化する。時間差が大幅に変化するので、それと連動して原油処理能力不足日数や原油処理能力最終不足日の各項目も大幅に変化することが分かる。

ただし、広域東海地震のマグニチュードが変わると実際の被害の内容も変わってくる可能性があるので、その点に注意が必要である。本節では被害内容の変化などは一切考慮していない。

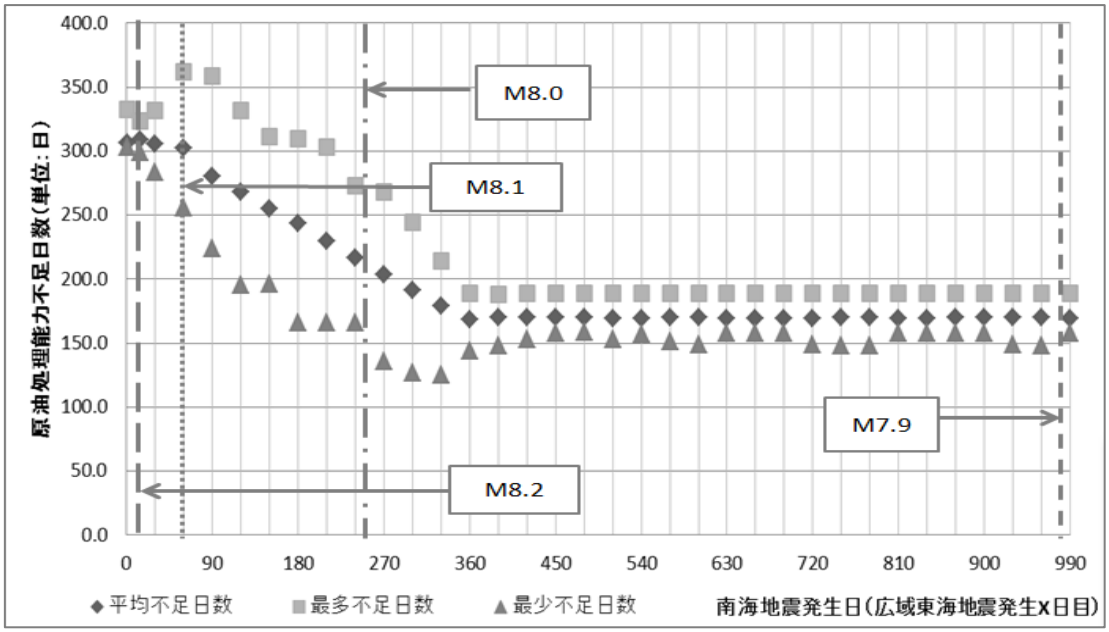

図 5-8　原油処理能力不足日数と広域東海地震マグニチュード別南海地震発生時期の分布

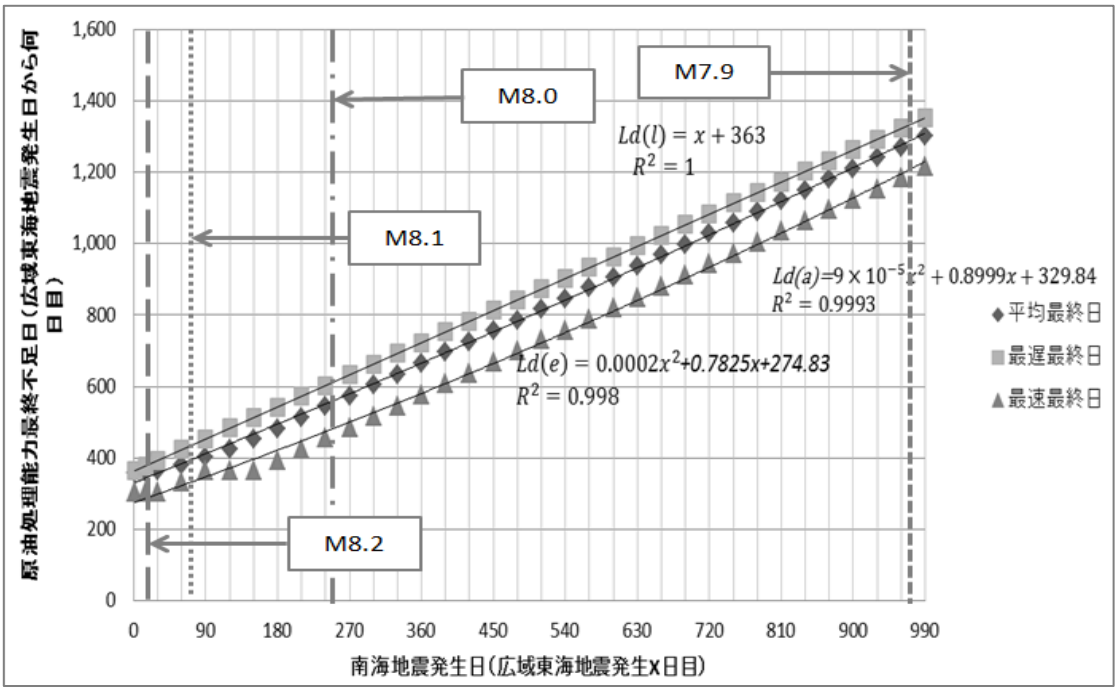

図 5-9　原油処理能力最終不足日と広域東海地震マグニチュード別南海地震発生時期の分布

第 6 節　本研究の成果の応用により期待されること

第 3 章では南海トラフ沿いの巨大地震が発生した場合、そのマグニチュードに応じて時間差が変化し片対数グラフ上で線形に分布している可能性があることを明らかにした。第 4 章と第 5 章第 1 節～第 5 節では南海トラフ沿いで巨大地震が発生した場合の製油所の被災に起因する原油処理能力についてどのくらいの期間にわたって不足するのか明らかにしてきた。本節では、第 3 章から第 5 章第 1 節～第 5 節で明らかにしたことを踏まえ、この研究成果の利用により期待されることを記述する。

本研究の成果は、被災前と被災後の両方で活用することができる。被災前については、これから発生する恐れのある災害について、最低でもこのくらいの原油処理能力の低下が見込まれるという研究結果である。

第 4 章の研究成果は、南海トラフ巨大地震の発生前発生後ともに利用できる。南海トラフ巨大地震が発生する以前であれば、今回推計した結果をもとに、製油所とその関連施設の地震・津波対策を強化の優先順位を決める。つまり、津波被害の無いような場所の製油所では、被災しても緊急停止のみで設備等には被害が出ないよう対策する。仮に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる製油所が緊急停止のみで済むようになれば、それだけで本推計上は 20 日も早く燃料の生産を再開できるようになる。あるいは、ある地方の製油所について、「この製油所は南海トラフ巨大地震が発生すると被害をほとんど受けないのだから、残しておかなければならない。」という議論ができる。

被災後であれば、「今後の原油処理能力はこのように推移していくだろうから、これだけ

製品が足りなくなる」ということが分かる。この結果を踏まえた対応策を実行することで、被害の程度を小さくすることができる。本研究成果により発生した時期と地震・津波ケースが分かれば、決して最悪の被災シナリオではないにしても、原油処理能力がどのように推移し、どの程度の日数分原油処理能力が足りなくなるのか判断できるようになった。原油処理能力が足りない日数などが明らかになれば、おのずと重点的に輸入などによって外部から石油製品を国内に持ち込まなければならない日数が明らかになる。また、原油処理能力の最終不足日もいつまで燃料の生産力が不足するのかの目安になる。

本章では、南海トラフの東側半分と西側半分が時間差で活動するケースについて原油処理能力の推移を推定した。本章の推計結果は第 4 章の推計結果を用いることから期待されること以外にも、利用できる面がある。

広域東海地震と南海地震が別々に活動すると、その時間差の長さによって同じ日に広域東海地震が発生したとしても、原油処理能力不足日数や原油処理能力最終不足日には大きな差が生じる。広域東海地震発災後、南海地震が発生するまでの日数を数え、南海地震発生後にその結果を本章で明らかにした各式の x に代入すれば、原油処理能力不足日数や原油処理能力最終不足日の最多（最遅）、平均、最少（最速）が推定できる。同様に原油処理能力の最終不足日も最悪ケースと一番軽微なケース、平均的なケースが明らかになる。

原油処理能力の復旧状況が本研究の仮定と同じであった場合、被災後数カ月単位で日数を経ると、原油処理能力が原油処理要求量を上回る時期が必ず訪れる。しかし、それは石油製品の需要に季節変動があり、たまたま需要の少ない時期に差し掛かっているからである。そしてその後、再び原油処理要求量が原油処理能力を上回る時期が来る。したがって、本当に原油処理能力の不足が解消されたかは、先に述べた原油処理能力不足日数や原油処理能力最終不足日の最多（最遅）、平均、最少（最速）の推定結果と比較して判断しなければならない。

さらに、広域東海地震発生後で南海地震が発生する前であっても、本論文の第 3 章で示した式を用いることで、広域東海地震のマグニチュードから時間差の長さが推定でき、その結果を前述のように本章で明らかにした各式の x に代入すれば、南海地震発生前に原油処理能力不足日数や原油処理能力最終不足日の最多（最遅）、平均、最少（最速）が推計できる。本章第 5 節では、広域東海地震のマグニチュード別の推計を行ったので、第 5 節も参照してほしい。なお、第 3 章で示した式は非常にデータが少ない条件のもとで導き出されたものであることは、使用上留意しておかなければならない。また、広域東海地震のマグニチュードが変わると実際の被害の内容も変わってくる可能性があるので、その点に注意が必要である。本研究ではマグニチュードの変化による被害内容の変化などは一切考慮していない。

第 7 節　むすびに

本章では、南海トラフ沿いの東側と西側で時間差を空けて巨大地震が発生した場合に、原油処理能力がどのように推移するのか推定を行った。そして、時間差によって原油処理能力が平常時の同時期の原油処理量に対して不足する日数（原油処理能力不足日数）や推計期間中で最後に原油処理能力が不足する日（原油処理能力最終不足日）がどのように変化するのかを解析した。その結果、原油処理能力不足日数は時間差が 360~390 日目を境として最初の 1 年間と 2 年目でその傾向に大きな違いが生じた。広域東海地震被災 1 年目は、何日目に南海地震が発生するかによって原油処理能力不足日数は大きく異なることが明らかになった。それは、広域東海地震の津波被害が解消される以前に南海地震が発生してしまうためである。一方、1 年以上経過するとまた、原油処理能力最終不足日に関しては、南海地震発生日が同じケースの中では原油処理能力最終不足日が最も遅く訪れるケースは必ず推計期間の最終日であることが分かった。また、原油処理能力不足日数と同最終不足日について、最多（最遅）、平均、最少（最速）の各ケースについて、その分布から回帰式を求めることができた。

以上の本章で明らかにしてきたことと第 3 章及び第 4 章で明らかにしたことを実践ではどのように使うことができるのかを第 6 節で記述した。

結論

本研究では第 1 章でわが国の石油供給の歴史について簡単に述べた。その中で、昭和 16（1941）年 12 月 8 日～昭和 20（1945）年 8 月 15 日まで続いた太平洋戦争と激烈を極めた戦争のさなかに発生した昭和東南海地震と空襲による製油所の被災について取り上げた。戦争と自然災害は一見すると別物に見える。しかし、重要施設の破壊という観点から見ると、空襲であれ地震・津波であれ、破壊されることに変わりはない。太平洋戦争では、空襲によって原油処理能力の 85%が失われた。

わが国は地震大国であり、毎年のように大きな地震が発生している。そのわが国をしても、国内の原油処理能力が大幅に下げられてしまう災害はほとんどなかった。そして、その数少ない事例が、平成 23（2011）年 3 月 11 日に発生した東日本大震災であり、太平洋戦争末期の本土空襲であった。太平洋戦争では燃料が無く、全てが焼け落ち本当に苦労したという様子を国民の多くがイメージできる。南海トラフ巨大地震が発生すれば、被災直後に国内の原油処理能力が被災前の 16.8%になる恐れがあることを第 4 章で明らかにした。これは空襲被害に匹敵する。

第 2 章では、前半部にわが国で発生した自然災害と製油所の被害について記述した。取り上げたほとんどの災害は特定の製油所が 1 ヵ所だけ被害を受けるというものであった。また、自然災害ではないが第拾雄洋丸事件についても記述した。これは、南海トラフ巨大地震などが発生すれば、同様の事案が発生する恐れがあるため、あえて取り上げた。

後半部では東日本大震災について、主に原油処理能力の推移という観点から記述した。東日本大震災では、輸送網の寸断が石油製品の供給支障に大きく寄与していたとされている。しかし、東日本大震災発生直後には原油処理能力も大幅に低下していた。関東地方や東北地方では域内の原油処理要求量を満たす原油処理能力の復旧に時間がかかっていたが明らかになった。

第 3 章では、広域東海地震のマグニチュードと南海地震発生までの時間差について一つの仮説を立てた。この仮説は広域東海地震のマグニチュードが大きくなるほど時間差が短くなるというもので、その関係は片対数グラフ上で線形になるというものである。本章では、まず直近の 3 地震（宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震）が線形に分布していることを指摘した。その上で、1900 年以降に発生した Mw8 以上の巨大地震と続発地震についても同様の解析を行った。その結果、M8.8 以上では続発地震を伴う地震は一つだけであった。また、続発地震のマグニチュードと時間差については関係がないと判断された。

第 4 章では、南海トラフ巨大地震（M9 クラス）が発生した場合の原油処理能力の推移を国内全体と関東・中部・関西・中国・四国・九州の 6 地方について明らかにした。強震動生成域が東側の地震が発生すると、わが国の原油処理能力は被災前の 16.8%まで低下する。これは、第 1 章で紹介した第二次世界大戦の空襲被害に匹敵する残存率である。また、地方ごとに最悪となる津波ケースや強震動生成域ケースはことなり、人的被害が最悪となっ

たケースと原油処理能力の不足について最悪と想定されたケースも違うものであった。

第 5 章では、広域東海地震発生から南海地震発生までの間隔の変化が原油処理能力の過不足にどのように影響を与えるのか推計した。その結果、原油処理能力不足日数については、広域東海地震が 12 月 1 日に発生するケース中に、原油処理能力不足日数の最多日数になるケースが最も多かった。間隔が約 1 年を超過するかしないかで大きく異なることが明らかになった。間隔が 1 年以上であれば、間隔の長さに関わらず、原油処理能力不足日数の最多日数、平均日数、最少日数はそれぞれほとんど変わらないことが明らかになった。一方、間隔が 1 年以内の場合、間隔の長さによって最多日数、平均日数、最少日数は大きく異なる上、最多日数と最少日数の差も 140 日以上生じるケースがあることが明らかになった。原油処理能力の最終不足日については、最遅最終日が必ず推計期間最終日の前日になることが明らかになった。これらを踏まえ、原油処理能力不足日数と原油処理能力最終不足日について、それぞれ最多日数（最遅最終日）、平均日数（平均最終日）、最少日数（最速最終日）を広域東海地震発生後に南海地震が x 日目に発生したのか分かれば、その x を用いてそれぞれの項目を推計する回帰式を導き出した。

さらに原油処理能力から各種燃料油の生産力を推計したところ、広域東海地震発生 180 日目よりも以前に南海地震が発生した場合、広域東海地震発生から 1 年間の総需要と総生産量に負のギャップが生じることが推計された。

しかし、今回の研究では製油所の被害についてごく基本的な事項しか反映できていない。例えば、全ての製油所は海に面しており津波による海底地形の変化は場所によっては 2 度発生する恐れがある。当然、その影響は設備の被害とは別である。施設は無傷でも航路が埋没しタンカーが入港できなければ原油を運び込むことができない。また、製油所は多くが石油化学工場（例えばエチレンセンター）などと一緒に立地し、石油コンビナートを形成していることが多い。したがって、製油所が被災するとこれらの化学工場も同時に被災する。多くの施設が同時に被災した場合に、他の施設と復旧に必要な資機材や人材を取り合うこととなり、順調に復旧できるのかについて現段階では未知数である。さらに言えば、製油所の被災は輸送網の破壊を伴うと想定される。タンクローリーの流出や道路網の通行支障、鉄道網の損壊、航路埋没や桟橋・タンカーの流出など、いくつもの被害項目が考えられる。これらの事象についても、今後の研究課題として真剣に取り組みたい。

今回推計された原油処理能力不足日数や同最終不足日などは、必ずしも最悪の被災シナリオとはならず、むしろ被災想定の基礎の部分と言える。この基礎の部分に、さらにさまざまな追加の事象・条件が付与されて初めて最悪の被災シナリオと言うことができよう。

そして、広域東海地震のマグニチュードから推定した時間差を用いた原油処理能力不足日数と原油処理能力最終不足日の推計では、マグニチュードが異なれば当然のことながら被害の様相は異なったものになると考えられるが、本研究ではそこには触れられなかった。このような点については今後の研究課題としたい。

謝辞

河田惠昭教授とは2012年2月の博士前期課程入学試験の面接試験で初めてお会いしました。私は河田教授の著書である『津波災害』（岩波新書）を拝読し、その内容からか何かに引き寄せられるように受験しました。2012年4月の入学以来、気が付けば6年にもわたって指導を賜りました。河田教授はこれまでの豊富な知識と経験を惜しみなく私や河田ゼミの先輩・後輩たち伝授されました。河田教授が伝授された知識や経験は、単に博士論文のための研究に止まらず、様々なところで素晴らしい影響を与えました。河田教授の知識や経験談に刺激されたことで新しいアイディアが思い浮かび研究に生かすことができました。河田教授の惜しみないご指導ご鞭撻に対して、ここで伏して御礼申し上げたいと思います。今後も河田教授のご指導ご鞭撻を賜れますよう伏してお願い申し上げたいと思います。

小澤守教授並びに安部誠治教授には、日頃より様々な事を教えていただきました。単に研究のことだけではなく、世の中のことや若いころの経験談など、面白くも参考になるような話ばかりでした。またこの度は副査にもなっていただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。今後もご指導ご鞭撻を賜れますよう伏してお願い申し上げたいと思います。

既に修了し社会へと発たれた、あるいはこれから社会へと発たんとしている河田ゼミの先輩方並びに後輩方にあっては、決して出来の良い後輩あるいは先輩ではなかったにもかかわらず、日頃より私に大変良くして頂きました。時に研究内容について議論し、あるいは文献資料の情報交換をし、その結果、一人のみでする研究よりも研究は大いに進みました。ここに伏して御礼申し上げます。

参考文献

赤松隆・山口裕通・長江剛志・稲村肇（2013a），東日本大震災後の東北地域における石油製品不足と石油製品輸送実態の把握，季刊・運輸政策研究，Vol.15，pp.31-41.

赤松隆・大澤実・長江剛志・山口裕通（2013b），3.11 震災時の東北地域で生じたガソリン需給ギャップの時空間分析，土木学会論文集 D3，Vol.69，No.2，pp.187-205.

赤松隆・大澤実・長江剛志・山口裕通（2016），巨大災害時のガソリン不足に対する戦略とその社会経済評価:東日本大震災における実証分析, 土木学会論文集 D3, Vol.72, No.5, pp.I_1-I_19.

石橋克彦（2016），1099 年承徳(康和)南海地震は存在せず，1096 年嘉保(永長)地震が「南海トラフ全域破壊型」だった可能性―土佐地震記事を含む『兼仲卿記』紙背の官宣旨案の考察―，歴史地震，第 31 号，pp.81- 88.

宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子（2013），日本被害地震総覧 599-2012，東京大学出版会.

荻上チキ（2011），検証東日本大震災の流言・デマ，光文社.

河田惠昭（1995），都市大災害，近未来社.

河田惠昭・土屋義人（1987），大阪における高潮・津波災害の変遷，都市防災シンポジウム講演集，土木学会，pp.73-78.

関西大学社会安全学部編（2012），検証東日本大震災，ミネルヴァ書房.

軍事史学会編（1998），大本営陸軍部戦争指導班機密戦争日誌（下巻），錦正社.

座間信作(2006), 2003 年十勝沖地震に見る石油タンク被害の特徴と対策, 物理探査, Vol.59, No.4，pp.353-362.

大協石油社史編さん委員会（1980），大協石油四十年史，大協石油株式会社.

太陽石油 60 年史編集委員会編（2001），太陽石油六十年史，太陽石油株式会社.

陳海立・牧紀男・林春男（2010），将来人口減少を考慮した東海・東南海・南海地震の地域暴露特性―将来暴露人口と社会基盤施設に対する基礎考察―，自然災害科学，Vol.29，No.3，pp.365-380.

土屋義人・河田惠昭（1986），大阪における安政南海道津波の復元（１）―氾濫災害について―，京都大学防災研究所年報，第 29 号，B-2，pp.763-794.

照本清峰・鈴木進吾・須原寛・田畑博史・中嶋宏之・紅谷昇平・吉川忠寛・稲垣景子・牧紀男・林能成・木村玲欧・大野淳・林春男・河田惠昭（2007），　来たる東海・東南海・南海地震の時間差発生における問題の構造，　地域安全学会論文集，No.9，pp.137-146.

照本清峰・鈴木進吾・吉川忠寛・稲垣景子・紅谷昇平・田畑博史・大野淳（2008），東海・東南海・南海地震の時間差発生のために生じる問題の重大性と対策の必要性―和歌山

県田辺市を事例に―，地域安全学会論文集，No.10，pp.417-426.
照本清峰・鈴木進吾・紅谷昇平（2010），東海・東南海・南海地震の時間差発生のために生じる損失に関する基礎的考察，地域安全学会論文集，No.12，pp.53-60.
東亜燃料工業株式会社（1971），東燃三十年史（上巻・下巻），東亜燃料工業株式会社.
西晴樹（2004），北海道苫小牧市において発生したタンク火災について，安全工学，Vol.43，No.1，pp.54-55.
日本石油株式会社編（1958），日本石油史，日本石油株式会社.
橋冨彰吾・河田惠昭（2016），南海トラフ巨大地震による製油所の被災～製油所の被災と原油処理能力の低下～，災害情報，14 号，pp.154-163.
橋冨彰吾・河田惠昭（2018），広域東海地震と南海地震の時間差発生による原油処理能力低下と燃料生産量の不足について，災害情報，16-1 号，掲載決定.
原口強・岩松暉（2011），東日本大震災津波詳細地図（下巻），株式会社古今書院.
備蓄計画部・備蓄業務部（1992），石油備蓄の必要性及びその歩み，石油の開発と備蓄，‘92・12，pp.114-123.
百武寛（1950），太平洋岸製油所再開に際して―昭和 24 年 10 月 8 日第 247 回例会講演―，燃料協会誌，Vol. 29，No.7-8，pp.183-192.
兵藤守・堀高峰（2010），フィリピン海プレートの 3 次元形状が南海トラフ巨大地震発生に及ぼす影響，JAMSTEC Rep. Res. Dev.，Volume 11，September 2010，pp.1-15.
堀高峰（2009），プレート境界地震の規模と発生間隔変化のメカニズム，地震　第 2 輯，第 61 巻，特集号，pp.391-402.
松浦律子（2013），1605 年慶長地震は南海トラフの地震か？，歴史地震，第 29 号(2014)，p.263.
山﨑雅人・小池淳司・曽根好徳（2016），南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害推計：多地域応用一般均衡モデルによる分析，土木学会論文集 D3　（土木計画学），Vol.72，No.5，pp. I _111- I _121.
山本哲郎（2001），台風 9918 号による山口県西部地方の高潮災害に関する調査，自然災害科学，Vol.20，No.1，pp.31-42.
山本晴彦・丸山敬・岩谷潔・鈴木賢士・早川誠而（2001），1999 年台風 18 号の通過時に発生した山口県小野田市の竜巻災害，自然災害科学，Vol.19，No.4，pp.453-463.
United State Strategic Bombing Survey.Report of the Oil and Chemical Division，“Oil in Japan’s War”：奥田英雄・橋本啓子訳（1986），日本における戦争と石油，石油評論社.
四日市市役所（1961），四日市市史，四日市市役所.

WEB サイト資料

一般財団法人石油エネルギー技術センター（2013），平成 24 年石油産業体制等調査研究石油製品備蓄に関する調査報告書，（2017 年 11 月 29 日確認）
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2013fy/E002818.pdf.

奥野真行・奥野香里（2011），伊勢神宮外宮の被害と 1361 年康安地震，日本地球惑星科学連合 2011 年大会講演要旨，SSS035-11.
http://www2.jpgu.org/meeting/2011/yokou/SSS035-11.pdf.

外務省 WEB サイト，朝鮮国連軍地位協定，（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.mofa.go.jp/mofaj/na/fa/page23_001541.html.

気象庁（2013），付録 5「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」による各地の震度，平成 24 年 12 月 地震・火山月報（防災編），（2015 年 11 月 5 日確認）
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/monthly/201212/201212nen_furoku_5.pdf.

気象庁 WEB サイト，震度データベース検索，（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php.

Google Map，（2017 年 11 月 25 日確認）
https://www.google.co.jp/maps/@35.7271353,139.3490441,257m/data=!3m1!1e3.

経済産業省 WEB サイト，各地方経済産業局へのリンク，（2017 年 11 月 20 日確認）
http://www.meti.go.jp/network/data/b100001j.html.

経済産業省 WEB サイト（2009），総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会（第 5 回）配付資料 6　クリーンコール部会参考資料集案，（2017 年 11 月 25 日確認）http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90529b12j.pdf.

経済産業省 WEB サイト（2010），総合資源エネルギー調査会石油分科会「資料 3-1 石油精製に関する基礎資料」，（2017 年 11 月 5 日確認）
http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100409a08j.pdf.

経済産業省 WEB サイト（2011），東北地方（被災地）及び関東圏でのガソリン・軽油等の供給確保―緊急の供給確保措置と拡大輸送ルートの設定－，（2013 年 12 月 26 日確認，2017 年 11 月 5 日時点ではリンク切れ）
http://www.meti.go.jp/earthquake/gasoline/oil0319.pdf.

経済産業省資源エネルギー庁（2004~2010），資源エネルギー統計年報.
http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/archives/pdf/(n)/sigen-energy_(n).pdf.
ただし、(n)は H16～H22。

経済産業省資源エネルギー庁（2010~2012），資源エネルギー統計年報，

http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/resourceData/07_shigen/nenpo/01_sekiyu/h2dhhpe(n)k.xls.
ただし、(n)は 2011~2012。
経済産業省資源エネルギー庁（2013~2016），資源エネルギー統計年報，
http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekiyuka/xls/h2dhhpe(n)k.xlsx.
ただし、(n)は 2013～2016。
経済産業省資源エネルギー庁（2011），石油備蓄の現況（平成 23 年 4 月），（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl001/pdf/2011/stptrpl001_2011004.pdf.
経済産業省資源エネルギー庁（2017），石油備蓄の現況（平成 29 年 11 月），（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl001/pdf/2017/171115oil.pdf.
経済産業省石油審議会石油部会石油備蓄専門小委員会（2005），石油備蓄専門小委員会報告書（案），（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g51006a04j.pdf.
経済産業省総合資源エネルギー調査会石油分科会（2010），「資料 3-1 石油精製に関する基礎資料」平成 22 年 4 月 9 日，p.6（2017 年 11 月 5 日確認）
http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100409a08j.pdf.
国際石油開発帝石株式会社（2012），帝石トッピング・プラント株式会社　頸城製油所における石油精製事業の終結について（お知らせ），（2017 年 7 月 21 日確認）
http://www.inpex.co.jp/news/pdf/2012/20121122.pdf.
国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所 WEB サイト，過去の海難，（2017 年 10 月 29 日確認）http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/sea-lane/index3.htm.
コスモ石油（2011），千葉製油所の火災・爆発事故について，コーポレートレポート 2011，（2017 年 10 月 5 日確認）
https://ceh.cosmo-oil.co.jp/csr/publish/sustain/pdf/2011/sus2011_all.pdf.
コスモ石油 WEB サイト（2012），千葉製油所の常圧蒸留装置稼働に伴う稼働再開について，（2015 年 11 月 5 日確認）http://ceh.cosmo-oil.co.jp/information/120428/.
コスモ石油 WEB サイト（2013），当社供給体制再構築の実施について，（2017 年 11 月 24 日確認）https://ceh.cosmo-oil.co.jp/press/p_130731/index.html
コスモ石油 WEB サイト（2014），坂出物流基地移行式開催について，（2017 年 11 月 24 日確認）https://ceh.cosmo-oil.co.jp/press/p_140306/index.html.
財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター（1995），震災時における石油安定供給に関する調査報告書，

http://www.lib.kobe-u.ac.jp/directory/eqb/book/11-31/index.html
消防庁（1965），新潟地震　火災に関する研究　非常火災対策の調査報告書　昭和 39 年度，（2017 年 10 月 29 日確認）
http://tsunami-dl.jp/document/144#section-2af59a846ec7369e10d23dd16947181b.
消防庁総務課（2003），出光興産㈱北海道製油所屋外タンク貯蔵所火災の火災原因調査結果，消防の動き，平成 16 年 8 月号，pp.10-11（2017 年 1 1 月 13 日確認）
http://www.fdma.go.jp/ugoki/h1608/05.pdf.
JXTG エネルギーWEB サイト（2017），JXTG ネルギー発足式における社長挨拶について，（2017 年 11 月 20 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease_jxtg/2017/20170403_01_1150234.html.
JXTG エネルギーWEB サイト，石油便覧　第 6 節　石油危機（オイルショック）と石油高価格の時代，（2018 年 1 月 13 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/binran/part01/chapter02/section06.html.
JXTG エネルギーWEB サイト，石油便覧　資料 40，（2018 年 1 月 13 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/binran/data/pdf/40.pdf.
JXTG エネルギーWEB サイト，室蘭製造所沿革，（2017 年 11 月 24 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/company/about/gaiyou/jigyousho/muroran/refinery/history/index.html.
JX 日鉱日石エネルギーWEB サイト（2011），当社の石油製品供給体制について（第 5 報 3 月 21 日 10:30 現在／根岸製油所の生産（精製）装置の稼動再開），（2017 年 6 月 28 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease/2010/20110321_01_0944355.html.
JX 日鉱日石エネルギーWEB サイト（2011），当社の石油製品供給体制について（第 15 報 4 月 12 日 10:30 現在），（2017 年 6 月 28 日確認）
http://www.noe.jxtg-group.co.jp/newsrelease/2011/20110412_01_0950261.html.
水路部（1948），昭和 21 年南海大地震報告津波編，水路要報増刊号，（2017 年 7 月 14 日確認）http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN5/siryouko/suiro-youhou/1.pdf.
石油連盟 WEB サイト，統計情報 換算係数一覧，（2017 年 7 月 24 日確認）
http://www.paj.gr.jp/statis/kansan/index.html.
石油連盟（2011），製油所の所在地と原油処理能力（2011 年 1 月現在），（2015 年 11 月 5 日確認）http://www.paj.gr.jp/from_chairman/data/20110317_g.pdf.
石油連盟（2015），製油所の所在地と原油処理能力（2015 年 8 月末現在），（2017 年 11 月 19 日確認）
http://www.paj.gr.jp/statis/statis/data/08/paj-8%E7%B2%BE%E8%A3%BD%E8%83%BD%E5%8A%9B%E4%B8%80%E8%A6%A7201508.pdf.
総務省 WEB サイト，半田市における戦災の状況（愛知県），（2017 年 11 月 15 日確認）

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/daijinkanbou/sensai/situation/state/tokai_10.html.
Takane Hori,2006, Mechanisms of separation of rupture area and variation in time interval and size of great earthquakes along the Nankai Trough, southwest Japan,Journal of the Earth Simulator,Vol.5,pp.8-19 http://www.jamstec.go.jp/esc/publication/journal/jes_vol.5/pdf/JES5_22-Hori.pdf.
中央防災会議事務局（2003a），中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」（第 14 回）議事録，（2017 年 6 月 28 日確認） http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/14/pdf/tonankai_gijiroku14.pdf.
中央防災会議事務局（2006），中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」資料図表集，（2017 年 10 月 19 日確認） http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/nihonkaiko_chisimajishin/pdf/sankou1.pdf.
中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」（2003a），東南海、南海地震の被害想定について，（2017 年 6 月 28 日確認） http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/9/pdf/haifu_2-2.pdf.
中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」（2003b），東南海、南海地震に関する報告　図表集，（2017 年 6 月 28 日確認） http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/9/pdf/zuhyou_2-2.pdf.
中央防災会議南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（2016），資料 5 南海トラフの震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れたその評価，（2017 年 6 月 28 日確認） http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tyosabukai_wg/pdf/h281013shiryo05.pdf.
中央防災会議南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（2017a），南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について，（2017 年 10 月 19 日確認） http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tyosabukai_wg/pdf/h290825honbun.pdf.
中央防災会議南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（2017b），南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について（別冊），（2017 年 10 月 19 日確認） http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tyosabukai_wg/pdf/h290825bessatsu.pdf.
中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」（2006），日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告， http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/nihonkaiko_chisimajishin/pdf/houkokusiryou2.pdf.
中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ（2017a），南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあ

り方について（報告），（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio_wg/pdf/h290926honbun.pdf.
中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ（2017b），南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について（報告）【概要】，（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio_wg/pdf/h290926gaiyo.pdf.
中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（2012），南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告），（2017 年 10 月 19 日確認）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20120829_higai.pdf.
中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（2013），南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）～施設等の被害～【被害の様相】，（2017 年 10 月 19 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130318_shiryo2_1.pdf.
中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフの巨大地震モデル検討会（2012），報道発表資料 1-1 南海トラフの巨大地震による津波高・震度分布等，（2015 年 11 月 5 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_1.pdf.
中央防災会議防災対策推進会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（2012），報道発表資料 1－6 市町村別最大震度一覧表，（2015 年 11 月 5 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_6.pdf.
中央防災会議防災対策推進会議（2012），南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編―津波断層モデルと津波高・浸水域等について―計算結果集（浸水図）ケース①~⑤（2015 年 11 月 5 日確認）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/casen.pdf(casen の n には 1 ~5).
通商産業省石油審議会石油部会石油備蓄・緊急時対策小委員会（1999），石油備蓄・緊急時対策小委員会報告書，（2017 年 11 月 25 日確認）
http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g90802bj.pdf.
電子政府窓口 e-GOVWEB サイト，国民生活安定緊急措置法（昭和四十八年法律第百二十一号），（2018 年 1 月 13 日確認）
http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=348AC0000000121.
電子政府窓口 e-GOVWEB サイト，石油需給適正化法（昭和四十八年法律第百二十二号），（2018 年 1 月 13 日確認）
http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=348AC0000000122.
東燃ゼネラル（2011），地震による影響について，（2017 年 6 月 28 日確認）
http://www.hd.jxtg-group.co.jp/newsrelease_tg/pdf/2011-03-14_1ja.pdf.

東燃ゼネラル（2011），東北地方太平洋沖地震による影響について，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.hd.jxtg-group.co.jp/newsrelease_tg/pdf/2011-03-16_1ja.pdf.
東燃ゼネラル（2011），東北地方太平洋沖地震による影響について第 6 報，（2017 年 6 月 28 日確認）http://www.hd.jxtg-group.co.jp/newsrelease_tg/pdf/2011-03-18_ 1ja.pdf.
内閣府 WEB サイト，長期経済統計　暦年統計　国民経済計算，http://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je15/h10_data01.html
成田空港給油施設株式会社 WEB サイト，航空燃料輸送システム，（2017 年 11 月 25 日確認）http://www.naaf.jp/business/transportation/.
南西石油株式会社 WEB サイト，沿革，（2017 年 11 月 20 日確認）https://nanseisekiyu.co.jp/company/.
日本海難防止協会（2008），燃える東京湾！／第拾雄洋丸、パシフィック・アレス，海と安全，2008・秋号，pp.20-21（2017 年 10 月 5 日確認）http://nikkaibo.or.jp/pdf/538_2008.pdf.
日本経済新聞 WEB サイト（2011），2011 年 6 月 4 日付 JX エネ、鹿島製油所で生産再開 東北向け供給も担う，（2017 年 7 月 20 日確認）http://www.nikkei.com/article/DGXNASDD04017_U1A600C1TJC000/.
Mamoru Hyodo,Takane Hori, Yoshiyuki Kaneda,2016, A possible scenario for earlier occurrence of the next Nankai earthquake due to triggering by an earthquake at Hyuga-nada, off southwest Japan, Earth, Planets and Space (2016)68:6,　pp.1-17 https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-016-0384-6.
みえ防災・減災アーカイブ WEB サイト，昭和東南海地震体験手記 昭和 19 年東南海地震体験手記（度会郡南伊勢町森下頴幸さん），（2017 年 7 月 14 日確認）http://midori.midimic.jp/saigaisyuki/01-004-000158.html.