

自動車用燃料の多様化と国土強靱化

——災害対応のためのクリーンディーゼル車の
普及促進の必要性——

小 嶋 正 稔

は じ め に

東日本大震災において石油製品の不足は、支援物資の物流から避難にいたるまでさまざまな活動の障害となった。特にガソリン不足は、被災地に留まらず首都圏を含め広い範囲で国民生活に影響を与えた（みずほ情報総研、2012、55-56）。

東日本震災後、政府と石油業界は、被災地における燃料確保対策として、災害対応型中核給油所（中核 SS）、小口燃料配送拠点整備事業、燃料備蓄、災害対応車両・緊急支援車両の優先的燃料確保など災害対応を着実に進めている⁽¹⁾。しかし、ガソリンは製品特性から油槽・移送（輸送）・給油などに制約があることから、既存のインフラの枠を越えて、災害対策を機動的に、広範に、大規模に運用することは容易ではない。さらに災害時における石油製品流通のフォールト・トレランス（対障害性：fault tolerant）は、流通システムをいかに停止させずに機能を維持していくというフェイルソフト（fail soft）の視点から対応することが重要であり、この機能維持には、自動車用

(1) 阪神淡路大震災を踏まえて1996（平成8）年から災害対応型給油所普及事業が進められてきた。これらの災害対応型給油所は中核 SS に対し、一般災害対応型給油所として区分されている。

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小畷正稔）

燃料の大半をガソリンエンジン自動車に依存した状況では大きな限界がある。

今後発生が予想される南海トラフ巨大地震、首都直下型地震などへの対策には、自動車用燃料においてもガソリンを前提に対策するだけでなく、軽油を積極的に活用することによって複線的（dual-track disaster countermeasures）に、さらに次世代自動車を含めたパワートレインや各種災害対策が国土の強靱化へ収斂するという意味で複合的（multiple disaster countermeasures）に計画、実施される必要がある。

本稿は、東日本大震災から示された石油製品流通の課題を、自動車燃料ミックスの視点から検証することによって、クリーンディーゼル車（軽油）が、強靱な国土と経済システムの構築に資するものであることを示すものである。

1. 運輸部門のセキュリティ・インデックス

わが国の運輸部門の燃料は95%を石油に依存し、さらに自動車燃料では、ガソリンが走行距離ベースで85.4%、燃料消費量ベースで71%と大きな比率を占め、次いで軽油13.4%、LPG 1.2%、CNGは0.1%未満となっている。車種別保有台数では、乗用車の98%がガソリン車であり、ディーゼル（軽油）車は2%に過ぎない。軽油はバスで93%を占めているが、トラックでは27%に留まっている（図表1）。

欧米におけるディーゼル車比率をみると、欧州において自動車燃料の消費量が多い5カ国では、順にドイツ63.5%、フランス82.6%、英国で64.4%、イタリア73.7%、そしてスペインで81.1%といずれも大きな比率を占めているが（石油エネルギー技術センター、2015）⁽²⁾、米国でのディーゼル車の普及率はわが国よりさらに低く、2013年では新車販売台数の1%程度に留まっている⁽³⁾。

(2) ディーゼル比率が80%を越えているのは、主要5カ国以外ではルクセンブルク85.0%、ベルギー83.8%、リトアニア82.8%の3カ国である。

図表1 自動車保有台数とガソリン依存度の高さ

	ガソリン車	軽油車	ガソリン車比率	軽油車比率
トラック	10,667,802	3,923,693	73%	27%
バス	14,800	211,742	7%	93%
乗用車	39,090,676	730,367	98%	2%
軽四輪車	20,230,295	0	100%	0%
特殊用途車	1,669,679	1,130,809	100%	0%
合計	71,673,252	5,996,611	92%	8%
燃料消費量	4,937	2,013	71%	29%
走行距離数	54,857	8,609	86%	14%

資料：一般社団法人自動車工業会『自動車統計月報』, Vol.50, No.4, 2016年7月, p.10, 1-1
自動車月末保有台数より小寫集計。燃料消費量, 走行距離数は, 国土交通省『自動車燃料消費量統計月報』平成28年3月。自動車保有台数は2014(平成26)年3月末

注1: ガソリン車は軽油自動車以外で, LPG車, CNG車を含む。

注2: 軽四輪車は乗用車のみの数字で, トラック, 特殊車両の軽自動車はそれぞれに含む。

注3: 燃料消費量, 走行距離数はガソリンと軽油のみの比率。

資源エネルギー庁は, エネルギーセキュリティの評価指標(セキュリティ・インデックス: security index)を, 燃料の種類と調達国の分散に着目して燃料調達段階と燃料利用段階の2段階で提示している⁽⁴⁾。燃料利用段階は, 石油への依存度が産業部門で34%, 運輸部門において95%と高く, 電力への依

(3) BOSCH (2013) は2013年8月のプレスリリースで, 米国の総新車登録台数に占めるディーゼル車の割合は, 現在は1%程度にとどまっているが, ディーゼルモデルの種類が急速に増えつつあることから, 2018年までにディーゼルが小型乗用車市場で10%のシェアを獲得すると予測している。

(4) 資源・燃料部会石油天然ガス小委員会報告書(平成26年7月23日)は, 「燃料種や地政学的な調達先の分散, 各需要部門でのエネルギー利用の多様化の程度により, わが国のエネルギー需給構造の多層化, 全体的な安定性の度合いを定量的に評価できるような評価軸・フォーミュラをツールとして用意しておけば, エネルギーを取り巻く環境が様々に変化しても, それがエネルギーの安定供給にどのように影響を与えるのかを, またどのような政策がエネルギーセキュリティをどの程度高めるかを評価するかを評価する際の一つの参考指標として活用できる」としている。これを受けて平成26年12月25日には「エネルギーセキュリティの評価指標について」が示された。

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

存度が家庭部門，業務部門においてそれぞれ51%，44%と高くなっている。運輸部門ではさらにガソリンへの依存が突出しており（資源エネルギー庁，2014，3），災害時において取り扱いが難しいガソリンへの集中は，国土強靱化の視点からも自動車用燃料ミックスの見直しに早急に取り組まなくてはならないことを示している。

2. ガソリン依存による石油流通の脆弱性

石油製品流通の脆弱性の根源は危険物としての製品特性にある。しかし石油製品はあくまで燃料であり，製品特性は，使用するエンジンが求める性能に依存する。ガソリンエンジンは，圧縮した空気と気化器で気化したガソリンの混合気に点火することで動力を得るものであり，揮発性がきわめて重要である。それゆえガソリンの引火点はマイナス40°Cときわめて低く，電気的不良導体であるため，流動等の際に静電気を発生しやすい特性を持つ。そのため静電気による着火を防止するためには，金属製容器で貯蔵するとともに，地面に直接置くなど静電気の蓄積を防ぐ必要がある他，移し替え時には流動時の静電気の蓄積を防ぐため，ガソリンに適用した配管で行う必要であるなど詳細に決められ，危険物容器，ドラムポンプ等のアース，静電気安全靴，作業服，給油の流量速度まで詳細に防災対策が指示され，取り扱いも危険物取扱者免状保有者に限られている（消防庁，2013）。

このことから，ガソリンは，専用車両（石油タンクローリー）と危険物取扱者の資格を持ったドライバーがいなければ移送（輸送）することができない。そして移送できたとしても専用の油槽設備がなければ保管できない。仮に保管できたとしても，専用施設（機器）がないと給油できない燃料であり，専用車両と危険物取扱者の資格を持ったドライバー，油槽施設，給油施設の3つが揃わなければ，流通させることができず，製品が量的に確保されていた東日本震災時においても，この製品特性が大きな物流制約となった。

図表2 ガソリン・軽油・灯油の引火点と発火点

	引火点	発火点	危険物種別
ガソリン	-40°C	300°C	第一種石油類
軽油	45°C	250°C	第二種石油類
灯油	40°C	255°C	

注1：軽油の引火点は低温流動性にすぐれた、引火点をもっとも低い3号軽油。

注2：ガソリンの引火点は、消防庁（2013）「震災時等における被災地でのガソリン等の運搬、貯蔵及び取扱い上の留意事項」記載の引火点。

3. ガソリン（揮発油）の製品特性と3つの障害

ガソリンの物流は、油槽所（製油所の出荷設備）—タンクローリーによる移送（配送）—給油所（貯蔵・販売）を前提にする限りは他の油種と違いはないが、災害時においてこの3つの条件の一つでも揃わない場合には円滑な物流は困難となる。ここでは東日本大震災の発災時の状況を踏まえてタンクローリー、給油施設の二つの側面からみる。

油槽所からSSや需要家へはタンクローリー（消防法上の移動タンク貯蔵所）によって移送（配送）されるが、タンクローリーには積載量、運用、通行路などの規制・制約がある。積載量は消防法によって規定されているが、一連の規制緩和によってローリーの大型化が進み、大型化はローリー台数の減少をもたらした。東日本大震災時の配送機能を確認するために、東北地区のローリー台数（白油）とタンク容量を2006年と2010年で比較すると、ローリーの台数は25%減少していたが、逆にローリーのタンク容量は42%増加していた（資源エネルギー庁『石油設備調査、各年版』）。配送の合理化のために進められたローリーの大型化は、結果的に運行可能な配送経路を限定することになった。津波被災地域では、早期の啓開作戦（くしの歯作戦）によって車両の通行が確保されたが、大型ローリーが通行可能になるまでには啓開

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

レベルを上げる必要がある、第一次啓開がそのままタンクローリーの運行を保証するものではなかった（小寫，2016，39-40）。

さらに危険物を運搬するローリーには2人以上の運転要員（1名は危険物資格の保有者）が義務付けられており、この規制は、平成16年3月から走行距離から運転時間に基づく規定に改められた。この規定には、2人以上の運転要員の確保が不要な場合として、運転開始から4時間以内の運行か4時間後に合計30分以上の休憩する場合が示されたことから、人員生産性を高めるためにも、ローリーは油槽所を基点として一定の配送範囲内で油槽所とSSや荷下ろし地点を平均2～3回転することを前提に配車・運行計画が組まれている。

しかし震災による太平洋岸の油槽所の停止は、配送エリアのハブ（拠点）を消失させたことから、ローリーは長距離運行を余儀なくされた。最大の需要地である仙台市までもっとも近い酒田オイルターミナルでも、仙台市まで179km（往復358km）6時間の行程となるなど、日本海側の油槽所からの配送は、通常の3倍～6倍の運行時間を必要とし、ローリーは1日1往復の配送しかできず、しかも運転要員は2名を配置する必要があった。この長距離配送はローリー台数を実質上三分の一まで減少させる効果を持った。

2010（平成22）年3月時点において、東北地区の油槽所を拠点とする14kl以上のローリー台数は白油で623台、黒油で73台、合計696台あったが、津波等でおおよそ20%のローリー（約150台）が被災したため（石油連盟，2011年4月18日）⁽⁵⁾、被災直後に運行可能なローリーは550台まで減少していた。これを長距離輸送に使用したため、実質的なローリー台数は180台相当（約33%）となり、被災地区を網羅する配送は困難となった。

(5) 『ぜんせき新聞』（2012年1月1日）では、東北地区は、震災前には白油250台、A重油63台のローリーが、白油122台、A重油23台で半減する状況と記載され、1ヶ月後には白油333台、A重油62台に増強されたという記事がある。

東日本大震災では、本格的な油槽所の回復にはおよそ10日間（3月21日）を必要とした⁽⁶⁾。油槽所の再開前にも、石油各社によってタンクローリー198台が追加的に投入されたが、油槽所の再開はローリーの移送時間を短縮させ、支援投入効果は一挙に倍増した（小畷，2016）。

このように東日本大震災における石油製品の円滑な物流を妨げていた主な要因は、配送であった⁽⁷⁾。すなわち効率性を重視して作られた特定エリアへの配送を前提とした油槽所ネットワークは、災害時には決定的な制約要因となり、移送の遅れが結果的に、油槽所の製品受け入れ（転送）の制約となり、製油所の復旧や増産効果を直接、消費地まで届けられない状況を現出していたのである。

4. 軽油の活用による輸送制約の緩和

災害時のガソリンの移送（配送）・貯蔵・給油の制約を緩和できるのが軽油である。危険物の貯蔵・取扱の制限等を定めた消防法第十条は、指定数量以上の危険物は、貯蔵所以外の場所でこれを貯蔵したり、製造所、貯蔵所及び取扱所以外の場所で取り扱うことを禁止している。指定数量は、ガソリンが200ℓに対し、軽油は1,000ℓであり、通常のトラックでドラム缶5本（1,000ℓ）を運搬できることは、タンクローリーを失った状態ではきわめて有効である。これは石油の物流システムに障害が発生したときに全ての機能を停止させるのではなく、優先して供給すべき先へ機動的に、少しずつでも物流を確保するフォールト・トレラント設計（fault tolerant design）であり、

(6) 詳細は国土交通省（2014，7），小畷（2016）を参照のこと。

(7) これを震災直後の油槽所への入荷・出荷量から油槽機能の制約要因を確認すると、被害が軽微であった秋田・山形・新潟の油槽所では16日以降は石油製品の入荷が出荷を上回っており、石油製品の入荷は可能であっても配送（出荷）が制約要因となっていた。一方、青森・岩手では油槽所の機能回復の遅れから入荷不足が続いていた。

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

引火点が高く、危険物の中でも取扱が比較的容易な軽油だからこそ可能である。

また貯蔵においてもガソリンは40ℓ未満に対し軽油200ℓ未満であり、火災予防条令に従うことで市町村の許可のもとドラム缶を5本まで貯蔵することができる。また消防庁は「震災時等における危険物の仮貯蔵・仮取扱い等の安全対策及び手続きの運用について」を定め、危険物の仮貯蔵・仮取扱い等⁽⁸⁾を定めた。仮貯蔵・仮取扱いとは、消防法第10条第1項（危険物の貯蔵・取扱いの制限等）の末尾に「ただし、所轄消防長又は消防署長の承認を受けて指定数量以上の危険物を、十日以内の期間、仮に貯蔵し、又は取り扱う場合は、この限りでない」という但し書きを加え、ドラム缶からの給油や地下貯蔵タンクから手動ポンプ等を使用しての給油、避難所などで一時的に危険物の貯蔵・取扱いを可能にしたものである。

しかし運用計画（仮貯蔵・仮取扱い実施計画書）を見るとガソリンの取扱は、貯蔵場所と取扱場所に6メートルの隔離距離を取ること、通気性や日よけ、第5種消火設備、10型ABC粉末消火器3本、保有空き地の周辺のバリケートなどの危険物対策が詳細に定められている。同様の対策は軽油にもあるが、軽油の1,000ℓの場合には、保有空き地3メートル、ABC型分かつ消火器（10型）2本などかなり扱いが軽減されている（「東日本大震災を踏まえた危険物施設の地震・津波対策の推進について」（平成24年1月31日付け消防危険第28号）等）。

さらに災害時における軽油の優位性は、取り扱いの容易さに起因する支援

(8) 総務省消防庁において、「東日本大震災を踏まえた仮貯蔵・仮取扱い等の安全確保のあり方に係る検討会（平成24年度消防庁開催）」を経て「震災時等における危険物の仮貯蔵・仮取扱い等の安全対策及び手続きに係るガイドライン」が策定され、「震災時等における危険物の仮貯蔵・仮取扱い等の安全対策及び手続きについて（平成25年10月3日消防危険第364号、消防危険第171号消防庁国民保護・防災部防災課長、危険物保安室長通知）」で示した。

図表3 ガソリン・軽油に関する容器・運搬・貯蔵・販売制限

		運搬車両			乗用車		
	容器	金属製 容器	金属製 ドラム	プラスチック 製容器	金属製 容器	金属製 ドラム	プラスチック 製容器
容器制限	ガソリン	60ℓ 以下	250ℓ 以下	不可*	22ℓ 以下	不可	不可
	軽油			30ℓ 以下	60ℓ 以下	250ℓ 以下	30ℓ 以下
運搬制限	ガソリン	200ℓ 未満	指定数量以上を運搬するためには『危』の標識を車両の前後に掲げ、消火設備を備える等の措置が必要。ガソリンと軽油の数量を当該危険物の指定数量で除しその商の和が1以上になるときは、指定数量以上の運搬をしていると見なす。				
	軽油	1000ℓ 未満					
貯蔵制限	ガソリン	40ℓ 未満	指定数量の倍数が1/5未満、同時貯蔵は油種毎に計算したものの合計。1/5未満の場合には規制はないが、市町村の火災予防条例に従って消防機関に届け出。				
	軽油	200ℓ 未満					
	ガソリン	200ℓ 以上	貯蔵場所の構造や設備等について、消防法令の規制に従う(市町村等の許可)。また同時貯蔵の場合は指定数量の商の和が1以上の場合には消防法の対象となる。				
	軽油	1,000ℓ 以上					
販売制限	ガソリン	200ℓ 未満	給油設備を使って、1日あたり総量200ℓ以上を容器に入れることは不可、セルフスタンドで、利用客が自らガソリンを容器に入れることは不可				
	軽油	1000ℓ 未満					

* 福島県の「ガソリンや軽油の買いだめに関する防火安全上の注意事項」には10ℓ以下の記述がある。

出典：各種資料より小島作成

体制の構築の容易性にある。ここでいう支援体制は、災害復興段階の災害緊急対応期（発災から3日程度）における消防・警察・医療・救助の緊急車両、啓開活動、緊急物資輸送にあたる災害時緊急車両への燃料補給と発電用燃料における燃料調達の妨げにならないことを前提に構築するものであり、避難生活期など災害応急対応期以降における燃料の配給、補給、携行の可能性である。災害応急対応期の被災地においては、自動車用燃料だけでなくさまざまな燃料の需給は逼迫し、緊急車両以外は、現地での燃料の調達を前提とした支援は困難である。また緊急支援車両においても、ディーゼル車であれば軽油を携行しての支援も可能であり、実際に東日本大震災においては北海道電力が北海道エネルギー(株)のローリー（軽油ローリー）を帯同して支援に駆けつけたのはこの例である。

図表 4 災害復旧期と石油製品の流通

	災害緊急対応期	災害応急対応期	復興始動期
	発災から概ね3日間	概ね3日後から1週間	概ね1週間以降
①被災地域への対応	被災者の生命・身体の安全確保を最優先	被災者の生活再建支援	災害応急対策の実施
	救助・救急、医療、消防、警察など緊急対策車両。重点啓開活動車両。 避難者や帰宅困難者等の安全確保、避難所への物資供給支援 ライフライン施設の応急復旧、医療施設・医療体制の支援、放送事業者車両	啓開活動、救援物資輸送（被災地域全体の物資の供給確保）、がれき処理、廃棄物処理 二次災害防止活動への供給確保、保健衛生・防疫。遺体の埋火葬、広域避難の支援、応急仮設住宅の建設支援	業務体制の回復させながら通常業務を実施
	被災地域の混乱の回避	被災地域の秩序の回復	
③経済の安定	被災地域外で、被災地域の経済活動の停滞による重要物資の不足や価格高騰等の異常な事態に対処	被災地域外で、被災地域の経済活動の停滞の広域・長期化を回避する代替措置を支援	
	買占め防止等による物価の安定、電力供給の増強の要請、重要物資の増産等の要請、サプライチェーンの復旧支援	サプライチェーンの再構築の支援、停滞している物流、商流の再編支援	
④国民の生活基盤	被災地域に災害対応要員が派遣される中で、被災地域外での業務体制を再編し、国民生活との関連性の高い公共サービスを維持		
	消防・救急体制の確保、医療体制の確保、気象予報、警報、情報通信、放送の維持等		

資料：出典：政府業務継続計画（首都直下地震対策）の概要、第2章(1)首都直下地震発生時における対応②より抜粋、追記して作成

東日本大震災においては啓開用の重機の派遣を要請しても燃料の調達が困難で出動できない事例が少なからずあったが、ローリーに依存しないトラック輸送を含めた軽油の緊急時調達・配送体制の構築を整備する必要がある。支援者が被災地に入る場合でも、ディーゼル車を使用すればその支援活動範囲を一挙に拡げることができる。

災害応急対応期におけるディーゼル車化の効果を検証すると、仮にトラック等で支援者が1,000ℓの軽油を帯同すれば、10台のデミオ（SKYACTIV-D）を約40日稼働させることができることになる（図表6⁽⁹⁾）。またクリーンディー

(9) JC08 モード燃費の75%の平均燃費で1日の平均走行距離を50kmとすると、1日に必要な軽油の量は $50 \text{ km} \div (26.4 \text{ km/L} \times 0.75) \times 10 \text{ 台} = 25.3 \text{ L}$ となり、1,000ℓ

ゼル車を満タンにし、金属性容器で 100ℓ を携行すれば、神戸から東京へ 500km を走行し、または盛岡から東京（浦和）まで 500km を走行して 1ヶ月間の支援活動を行い、被災地で給油することなく、神戸や盛岡に戻ることができる。⁽¹⁰⁾ このことから運搬の容易性など軽油の取扱の容易さは、災害対応燃料としてきわめて有効である。

現在の緊急車両の燃料をみると、消防ポンプ車等は軽油が使用されているが、救急自動車、警察用車両にはガソリン車が多く、ガソリンは活動先での燃料調達が必要であり、支援活動の自立性を高めるためにも燃料（車両ミックス）の多様化を急ぐ必要がある（図表 5）。

4. 給油所（SS、ガソリンスタンド）の営業不能と 給油拠点の分散効果

4.1 災害時の SS 営業率の決定要因

災害直後の SS 営業率を決める主な要因は、停電、被災状況、在庫状況の 3 要素である。在庫状況は、製品の在庫量、供給（入荷、配送）状況と需要の集中によって決定される。

東日本大震災において SS の営業率を決めた要因を『平成23年度東日本大震災石油流通調査』（以降は『震災石油流通調査』と略記する）からみると、停電、前日の在庫、SS 休業日の 3 項目で営業率の 86% が説明できるとしている（みずほ情報総研，2011）。この中でもっとも大きな要因は、停電で、地域 1 「津波による全損地域および周辺地域」で 53%、地域 2 「地域 1 を除く東北被災 3 県内陸部（岩手、宮城、福島）」で 55%、地域 3 「その他東北 3 県（青森、秋田、山形）」で 68% と 50% を越え、関東（1 都 6 県：地域 4）

で稼働できる日数は、 $1,000L \div 25.3L = 39.4$ 日（マツダ㈱試算）となる。

(10) NEXCO 東日本の「ドラぶら」での計測結果、東京—神戸は東京インターから山陽自動車道神戸北までの距離 503.3 km

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

でも30%であった。停電は、製油所、油槽所からSSまで影響を与えたが、停電が主な休業要因であった期間は、発災からほぼ3日間の災害緊急対応期であった。⁽¹¹⁾しかし2016年3月時点でもSSにおける自家発電の設置比率は1割程度に留まっており、発災から災害対応緊急時の3日間はおよそ90%のSSは営業不能となる。このことから中核SSや災害対応型SSの認定には自家発電装置の設置が必要要件となっている。第二の要因は在庫不足であり、地域1（31%）、地域2（29%）、地域3（34%）、地域4（28%）ともほぼ横並びで大きな要因であった。被災地域ではこれに施設の被害が20%、従業員が確保できなかったが16%、その他12%となっている（小寫、2016）。

在庫不足は、すでに述べたように、太平洋岸の油槽所被害と日本海側からの長距離輸送によるローリーの配送によるもので21日まで続いた。SSは、通常は数日間の在庫を保有していることから、在庫による営業が可能であり、平常においては油槽所の操業とSSの営業率の相関は強くないが、災害時には入荷の有無が営業に直結することから、両者は強く相関した（小寫、2016）。

次にSSの被災であるが、全石連の調査（3月28日時点）によると、被災によって営業不可のSSは宮城県において26～30%、岩手県・茨城県・福島県において約19%であった。岩手・宮城県では津波による全壊地域、浸水被害が大きく、茨城県では一部破損の比率が、福島県では原発事故による停止が半数近くあった。1995年の阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）におけるSSの営業不能率は6.6%であり、東北地方太平洋沖地震の津波と原発を除く激震による被害は7.5%であった（上田・中西、2006）。

(11) 東北電力によると11日には最大466万戸が停電したが、3日後（14日）には約80%が解消し、19日（8日後）には約94%が解消した。4月7日の余震後401万世帯が再び一時停電したが、翌日にはそれ以前の水準まで回復した（東北電力プレスリリース「東日本大震災後の当社の状況」,平成24年2月29日）。

図表5 緊急車両の緊急時必要燃料

緊急車両	保有台数 (千台)	年間 走行距離 (百万 km)	主な燃料	年間総燃料 消費量 (各数量単位)	7日分の 燃 料	14日分燃料	必要ローリー 台 数
救急自動車	6 ※1	116 ※5	ガソリン	38,667 kℓ ※5	742 kℓ	1,484 kℓ	106台
消防ポンプ 自動車	17 ※1	34 ※6	軽 油	34,000 kℓ ※6	652 kℓ	1,304 kℓ	93台
警察用車両	34 ※7	612 ※8	ガソリン	61,200 kℓ ※8	1,174 kℓ	2,348 kℓ	168台

- ※1：消防庁「消防白書」(平成25年版)
 - ※2：国土省「自動車輸送統計調査」(平成24年12月分)
 - ※3：日本自動車会議所「数字でみる自動車」(平成26年版)
 - ※4：国土省「自動車燃料消費量統計年報」(平成24年度分)。なお、主な燃料以外の燃料を利用する車両分については考慮していない。
 - ※5：救急自動車の燃費を 3km/ℓ (関東学園大学「太田市における救急サービスについて」(平成24年度)), 年間出動回数を約580万回 (消防庁「消防白書」(平成25年版)), 一回の出動距離を 20km と仮定し試算。
 - ※6：消防ポンプ自動車の燃費を 1km/ℓ (関東学園大学「太田市における救急サービスについて」(平成24年度)), 年間燃料消費量を約2,000ℓ/台 (海老名市「災害時における燃料備蓄計画」(平成24年11月)) と仮定し試算。
 - ※7：警察用車両数(白バイ含む)を約42,500台 (警察庁「警察白書」(平成25年版)), 白バイ数を約 8,500台 (警察用車両数に占める白バイの割合を約20% (警察庁「警察白書」(昭和51年版)) と仮定し試算。
 - ※8：警察用車両(白バイ除く)の燃費を 10km/ℓ, 年間走行距離を 18,000km (秋田県警 HP) と仮定し試算。
- 注：14日分燃料は7日分燃料を2倍したもの、ローリー台数は14kℓ積みローリーの必要台数
 出典：資源エネルギー庁資源・燃料部「運輸部門における燃料多様化」平成27年5月28日総合エネルギー調査会資料2

図表6 クリーンディーゼル車の走行可能距離

車種	デミオ XD	アクセラ SPORT XD	CX-5 XD	アテンザ XD	CX-3 XD	MINI CROSS- OVER D	VOLVO V40 D4 MD4204T
燃費(JC08 モード km/ℓ)	26.4	21.6	18.4	20	23	23.9	21.2
JC08 モードの75%	19.8	16.2	13.8	15.0	17.3	17.9	15.9
燃料タンク容量	44	51	56	62	48	44	62
燃料タンクの95%	41.8	48.45	53.2	58.9	45.6	41.8	58.9
満タン時走行可能 距離	828	785	734	884	787	749	937
100ℓ 携行走行可能 距離	2,808	2,405	2,114	2,384	2,512	2,542	2,527

- 注：全てクリーンディーゼル車、マツダはSKYACTIV-D、各社資料は燃費とタンク容量をカタログ数値。
 e 燃費 (<http://e-nenpi.com>) を参照に実走行として75%基準で再計算。タンク容量は5%残を想定。
 資料：マツダ提供資料およびMINIとVOLVOはHPカタログ(2016年8月時点)

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

2016年4月の熊本地震では、4月16日の震災直後に営業率が69%まで低下したが、翌17日に73%、18日に80%、そして本震後3日間（前震から5日間）で91%まで回復した。熊本地震においては停電、高速道路など配送ルートの通行不能や渋滞による配送の遅延、車上生活者、パニック買いなどの影響で需要が増大したことによる品薄状態の現出が起こったが、施設・装置に直接的な被害があったSSを除いてほぼ3日後には、営業を再開した。

このことから大規模災害時におけるSSの営業停止は、激震型で6.5～10%、津波被害が加わった場合には30%程度と想定できる。この被害想定は中核SS等でも同様であり、被害想定を前提とした供給対策を立案する必要がある。

燃料油の地下タンクは、激しい揺れによって「タンク内のスラッジやはがれたさびが燃料と混じって浮遊し、さらにローリーの荷下ろし等でスラッジやサビが拡散される。震災直後に給油をすればスラッジやサビが計量機のストレーナーに付着して目詰まりをおこし、給油が不能になる。あくまでタンクの状態やタンクのサイズ（容量）、タンク内のスラッジや錆の量、貯蔵油種（粘度・比重）によって、タンク底部に沈殿するまでの時間に違いはあるが、実務的には計量機のストレーナーを交換するまで、タンク内の分離状況に関係なく計量機の吐出不良が継続する。不良が発生した場合には、計量機のストレーナーの清掃・交換、またタンクを清掃し、スラッジやサビを除去し計量機とタンクを同時に清掃することでトラブルの発生を防止する必要がある（タツノ㈱へのヒアリング調査)」。また被災地域のSSの地下タンクの点検にはタンク1基約2時間を必要とすることから、検査員1名で1日1SSの検査しかできず、さらに地下タンクに海水が流入した場合にはタンク清掃などから40日程度が必要となり、被災地域SSの拠点の復旧計画は、これらの要因も加味して立案する必要がある（みずほ情報総研，2012，p.53）。

図表7 熊本地震におけるSSの営業率推移と被害状況等

	営業SS数	営業率	被害状況 (4月15日～4月25日)		依頼に対する対応	
			項目	比率(%)	項目	件数
4月15日	797	100%	計量機関係	35.3	修理交換	66
4月16日	548	69%	施設関係 (キャノピー, 防火塀)	29.4	点検	10
4月17日	578	73%	タンク関係	26.5	清掃	4
4月18日	636	80%	設備関係 (POS, コンプレッサー等)	8.8	6月以降対応予定	28
4月19日	723	91%			電話解決	28
4月20日	726	91%			契約に基づくタンク 検査	363
4月21日	727	91%				
4月22日	727	91%				
4月23日	727	91%				
4月24日	727	91%				

資料：(上表) 営業SS数は経済産業省の「被害・対応状況」より小寫集計、修理依頼件数は、タツノ㈱のとりまとめSS被害調査。「契約に基づくタンク検査」とは、複数の石油販売企業と弊社間の保守契約で「震度5以上の地震が発生した場合、自社系列給油所のタンクを検査する」という規定がある。

4.2 災害対応型給油所

国は石油備蓄法を改正し、全国的な防災・減災の観点から、地域における石油製品サプライチェーンの災害対応能力強化が重要という認識のもと、災害時に地域の石油製品供給の拠点となる、自家発電設備や大型タンク等を備えた災害対応型中核給油所(中核SS)等の整備を進めている⁽¹²⁾。中核SSの要件は①高速道路のサービスエリアSS、②警察、消防署から概ね半径1km以内で、ガソリンタンクが30kl以上かつ4レーン(同時給油4台)以上、自家発電設備(6kw以上)、情報通信機器を3種以上、可搬式ポンプの配備、③上記の基準を満たすSSがない市区町村にあるガソリンタンク20kl以上のSSで、災害が発生時に営業継続が可能であることをその地域の石油商業組合が認定したものである。中核SSは現在1,674カ所あるが、政府は警察、消防署につき1SSを整備する方針で整備している⁽¹³⁾。

(12) 備蓄法は販売業者に対しても、SSの給油に係る設備の状況を届けることを義務づけた。同時に地域における情報収集の拠点として各石商が明確に位置づけられたが、実効性、管理システムについては依然課題となっている。

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

また（一般型）災害対応型給油所は、災害時に営業継続（燃料供給）するSSであり、①警察・消防等の緊急車両へ優先的に燃料を供給する、②近隣の被災者等のために飲料水等の集積地として、施設等を提供する、③被災地の被災状況に関する各種情報の発信地として機能する。そのために①発電設備（太陽光発電設備、内燃機関発電設備）、②給水設備（貯水設備、井戸設備）を備えているSSであるが、全国で289カ所に留まっている⁽¹⁴⁾。

これ以外にも小口燃料拠点として、自家発電装置、情報伝達設備補助、地下タンク増強に加え配送用ローリー導入する拠点として476カ所が整備され、周辺SS早期再開支援拠点整備として携行缶、自家発電設備、可搬式ポンプ等の複数常備を行う拠点も整備している。

しかし中核と一般を合計しても災害対応型SSは1,993カ所に留まっており、原則的に緊急車両と公用車のみへの対応が限界で有り、一般車両への給油を予定していない。そのため経産省は、2017年から自家発電装置を設置し、災害時に営業する住民拠点SS（全国8千カ所）の整備を開始した。

東日本大震災においては3月27日から4月26日の31日間、合計9市町村で仮設のミニSS（給油所）が開設された。ミニSSは経産省と消防が協力し、ガソリン供給が困難な地区の避難所等にドラム缶で給油する仮設SSである。

(13) 政府は①自家用発電設備（6KW以上）、②情報伝達設備の設置、③可搬式ポンプ、④貯水設備、⑤地下・地上タンクの新増設・大型化に2/3の補助を行う。

(14) 災害対応型給油所数は2014（平成26）年10月時点。災害対応型SSの設備は、①太陽電池発電設備（災害時に蓄電池に蓄えられた電気で給油所の機能を維持する）、②内燃機関発電設備（災害による停電時でも、安定した電力を供給できるか10kw未満の緊急用発電機（小出力発電設備）を所有する）、③貯水設備（災害で水道水の供給がストップした場合でも、給油所の運営ができるように、生活用水を貯水できる（浄水装置の併設可）、④井戸設備（自家発電機能がついた井戸設備で地下水をくみ上げることにより、災害時でも生活用水を確保できる（浄水装置の併設可）、⑤緊急用可搬式ポンプ（災害によって停電が起これ、計量機が稼働できない場合でも、簡易に手回しで地下タンクからくみ上げることができる。軽量で移動性に優れている）を備えた給油所である。

ミニ SS は、全ての給油所が被災し給油施設を失った陸前高田、大槌、南三陸において、被災者を対象に給油券2000枚を配布する方式で陸前高田市から開始された。3月27日～29日、4月9日～11日は陸前高田、30日～4月1日は釜石、4月1日～4月7日が大槌町で、述べ7,774台の被災者の車両へ給油を実施した。ミニ SS の給油実績は期間合計で9,191台であり、このうち84.6%が被災者への支援であった。それ以外は基本的に警察・消防・公用車への給油が大半であったが、一部ではボランティアへの給油も行った。資源エネルギー庁石油精製備蓄課課長補佐は、ミニ SS に関する経過報告において「タンクローリーで被災地に油を持っていったとしてもタンクローリーから油を移す先がないという状況だったのです。タンクローリーから自動車に直接注ぐことはできませんので、ドラム缶にガソリンを詰め込み、自衛隊に要請して届けてもらいました。ドラム缶から車に直接給油するということは実際、安全上の基準など難しいことが多く、簡単な話のように聞こえますが、いろいろな条件を関係省庁とも調整しながら乗り越えていって実現した（石油基地自治体協議会役員会及び第34回総会（平成23年7月12日）」と述べており、作業が容易でなかった状況を示している。このミニ SS は4月12日に昭和シェルが陸前高田仮 SS の運営を再開し、さらに4月22日にエクソンモービルがコンテナ方式の仮設スタンド（20kl のコンテナスタンド）を開設するまで続けられた。

ミニ SS に代表される給油の困難性は、あくまでガソリンを対象にしたものであり、軽油においてははるかに柔軟に給油拠点を設置することが可能である。その典型例が2016年4月の熊本震災における停電対応における高圧発電機車への燃料供給体制であった。熊本震災では4月16日の本震によって高森分岐線周辺の土砂崩れが発生して送電線が使用不可能になった。1時間後には最大で76.6千戸で停電が発生し、翌17日の16時から高圧電源機車による応急送電が実施された。この応急送電は4月28日の発電機車の取り外しまで

図表 8 ミニ SS の給油台数

	陸前高田	大槌	南三陸	釜石	東松山	女川	石巻	新地町	飯館村	合計
3月27日～29日	1,835	0	0	0	50	0	0	0	0	1,885
30日～4月1日	0	200	76	1,508	50	15	30	16	1	1,896
2日～4日	0	1,096	47	0	0	18	30	16	2	1,209
5日～7日	0	1,253	39	0	0	20	210	0	4	1,526
8日～10日	1,299	0	55	0	0	15	138	0	4	1,511
11日～14日	583	0	95	0	0	20	70	0	6	774
15日～17日	32		67			20	68		3	190
18日21日	49	0	71	0	0	21	57	0	2	200
合計	3,798	2,549	450	1,508	100	129	603	32	22	9,191
被災者向け	3,717	2,549	0	1,508	0	0	0	0	0	7,774
ボランティア含	0	0	0	0	0	0	427	0	0	427

注：被災者向けは給油対象者が被災者のみ記載されたもの。ボランティア含むは、ボランティアを含む給油で49台以上の実績があったものだけ集計。石巻でのボランティアを含む給油台数は合計で457台、期間合計の603台の76%に該当する。

資料：資源エネルギー庁の広報資料「仮設ミニ SS の実施状況」を小嶋が集計

続けられ、九州電力46台⁽¹⁵⁾、他電力会社の応援102台（110台）合計148台が稼働するという大規模な臨時供給網であった。⁽¹⁶⁾この供給網を支えたのが、軽油の臨時集積拠点と電源車へのパトロール給油である。経済産業省からの要請に基づき中核 SS や小口燃料拠点への燃料供給を石油連盟や全国石油商業組合連合会が行った。そして石油連盟とともに大きな役割を果たしたのが緊急時のパトロール給油のネットワークを持つ平野石油(株)、シューワ(株)、三和エナジーなどの緊急時対応体制を持つ巡回給油機能を持つ業者ネットワークであった。熊本震災において、高圧発電機車に供給された量は、石油連盟が51.2kℓ（ドラム換算256本）、平野石油159kℓ（795本）、シューワ約100kℓ

(15) () 内の台数は予備台数を含む出動台数。

(16) 中村浩（2002）「自然災害発生直後の給油体制に関する一考察」熊本大学空間情報デザイン研究所論文には、1999年9月における台風で送電鉄橋が倒壊などにより4日間合計で高圧発電機車70台が出動し、この電源車へのパトロール給油の状況が示されている。当時は、八代石油基地からも出荷ができなかったことから、九州電力の取引先から供給され、現地の販売業者が電源車への給油を行った。この中で中村はこの一連の対応に石油商業組合が一切関与していないことをあげ、石油供給業者への自覚を促していた。

(500本)、三和エネジー (78kl) 等であった。⁽¹⁷⁾このような柔軟な供給体制はガソリン (揮発油) では困難であり、軽油の災害時における優位性を十分に発揮したものとなった。⁽¹⁸⁾

このことは広く分散した避難所などへの燃料供給でも同様であり、東日本大震災の1週間後に設営されていた避難所2,182か所へ仮に各ドラム1本 (200ℓ) 配布できればディーゼル車2台がほぼ1か月 (28日, 1日50kmの走行) 活動でき、緊急患者の配送や緊急連絡、緊急物資の配送に重要な役割を担うことができる。⁽¹⁹⁾

ま と め

本稿は、自動車燃料としての軽油の災害対応燃料としての有効性を示したものである。これはそのままディーゼル車が、災害発生時に地域の住民の貴重な移動手段、物資輸送手段として、さらに企業のBCPにとって貴重な資源となることを示している。

乗用車のディーゼル比率は1996年に10.9%まで販売台数を伸ばしたが、
「①NOx重視の規制体系と燃費の悪化、②自動車税と軽油引取税の改正 (1989-1993年)、③特石法の廃止に伴うガソリンと軽油の価格差の縮小 (1996年)、④年間平均走行距離の短さ、⑤ディーゼル乗用車の排出ガス規制の強化、⑥自動車NOx法の制定とその改正、その他の要因として⑦大気汚染訴

(17) 石油連盟の数量は、石油連盟のセミナー資料 (7月12日前橋)、平野石油の数量は、リスク対策.com (2016)、シユーフの数量は、九州電力への「熊本地震 災害出動報告書」、三和エナジーはヒアリング調査による (ガソリンを含む)。これ以外にも全石連小口配送実績 (軽油) が452ℓある。

(18) 熊本震災は、再び燃料供給体制の現場のマネジメント力を問われる結果となった。この課題については引き続き検討する必要がある。

(19) これを機能させるためにはドラム缶の調達、ドラム缶充填機、配達用トラックが必要である。しかも現在ではディーゼル車そのものが少数で有り現実的ではなく、あくまで方向性と可能性を示したものである。JX根岸製油所にはドラム缶充填機17基あり、1時間で640本の充填が可能である (JX根岸石油所装置構成より)。

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

訟、東京都「ディーゼル車 NO 作戦」などによって、2002年には0.1%まで低下した（経産省，2005，8-12）。この結果，自動車メーカーのディーゼルエンジン設定車種が2002年3月末の24車種から2004年3月末には10車種まで削減され，さらに減少に拍車を掛けた。逆に欧州では，「ディーゼルエンジンの高性能化，ユーザーにとってのコストメリット，CO₂ 制約」によって1990年に約11%であったものが，2003年までに約45%まで急伸した。これはディーゼルエンジンの技術革新である新燃料油噴射システム「コモンレール」によって粒子状物質（PM）や窒素酸化物（NOX）などの排出量をおさえ，可変ターボチャージャーによるダウンサイジングによって環境に優しく，強いトルクによるパワフルさが認められた結果であった。しかも走行距離が長く，長く車を使う欧州では，税金を含めた燃費の良さは，車両価格の高さを十分に吸収するコストメリットを消費者に提供した（経済産業省 2005，13-22）。

わが国のクリーンディーゼル車も，ガソリン車との比較で燃費が24.4%すぐれ，年間の燃料消費量も19.6%少ない⁽²⁰⁾。さらに車から排出されるCO₂も10.8%少なく，CO₂排出量という環境性能（エコロジー）からも見直されて⁽²¹⁾いる。さらに軽油の精製過程でも製油所から排出されるCO₂は56.8%も少ないことから，ディーゼルの評価の見直しも進んでいる。

また軽油の取り扱いの容易さは，燃料の安定供給に天候の影響を受けやすい，離島など供給不安地域における供給の安定にも有用である。離島に燃料

(20) 月間走行距離（410km）でディーゼル車のデミオ XD（15.53ℓ×113.9円で1,769円）とガソリン車のヴィッツ（19.34ℓ×135.4円で2,619円）を比較するとヴィッツは48%も高くなっている。

ガソリン・軽油価格は石油情報センター（2015年9月24日）全国平均軽油とガソリン価格。

(21) ガソリン車1.8ATとディーゼル車2.0ATとプリウスAT1.5の比較，ガソリン，ディーゼル，ハイブリッド乗用車の総合比較（三菱総合研究所「ディーゼル乗用車の経済分析，ガソリン車・ハイブリッド車との比較」）これ以外にも環境問題として揮発油のVOC（揮発性有機化合物）問題への解決にもなる。

を運搬する旅客フェリーでは、1航海当たり800ℓ(200ℓドラム缶4本分)、LPガスは700kg以下(20kgボンベ15本分)規制があり、両者の混載は禁止されており、その運搬コストの高さは、離島のガソリン価格の高さに直結している。仮に軽油を活用すれば、軽油用タンクローリーがフェリーに乗船可能であり、輸送コストと量の不安を改善することができ、供給不安地域の自動車用燃料の安定供給にクリーンディーゼルの普及は有用な選択肢である。

以上のことから国土と経済の強靱化に欠かせない運輸部門の災害対応力の向上のためには、燃料ミックスの改善が必須であり、そのためには軽油とクリーンディーゼル車(軽油車)の活用をさらに積極的に進めるべきである。そしてミニSSでみたように被災者救済の観点からの活用は必須であるとしても、災害時に重要な役割を果たすことを期待される県・市町村の公用車、警察車両、救急車両など、地域を災害から守り、支える機関は、まず自らの車両ミックスの改善によって災害対応力の強化を進める必要がある。同様に企業においてもBCPの観点から、適切な車両ミックスの実現に取り組む必要がある。

参 考 文 献

- 上田恭平・中西一嘉(2006)「都市災害に備えた給油所の地域防災力に関する研究」『日本建築学会近畿支部研究報告集. 計画系』(46), 597-600, 2006-05-23。
- 経済産業省(2005)『クリーンディーゼル乗用車の普及・将来見通しに関する検討会報告書』, クリーンディーゼル乗用車の普及・将来見通しに関する検討会, 平成17年4月。
- 月刊ガソリンスタンド社(各年版)『SS実用統計資料』。
- 国土交通省(2014)「災害時の物資輸送網の確保及び物資輸送に関する国土交通省の取組について」総合資源エネルギー調査会, 資源・燃料分科会(第6回)・石油・天然ガス小委員会(第4回)合同会料。
- 小畠正稔(2016)『災害時における石油製品特性がもたらす供給制約—東日本大震災における石油流通』, 『経営論集』(東洋大学)87号, 2016年3月。
- 資源エネルギー庁(各年)『石油設備調査』資源・燃料部 政策課 統計班。
- 資源エネルギー庁(2011)「東日本大震災における石油供給について」平成23年10月4日, 資源エネルギー調査会資料。

自動車用燃料の多様化と国土強靱化（小寫正稔）

資源エネルギー庁（2013）「石油の緊急時供給体制に係る現状と課題」，資源エネルギー調査，資料3-1。

資源エネルギー庁（2014）「エネルギーセキュリティの評価指標について」総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会，第11回配布資料3，平成26年12月25日。

資源エネルギー庁（2015）「運輸部門における燃料多様化」総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会，第12回配付資料2，平成27年5月28日。

石油エネルギー技術センター（2015）「欧州のバイオディーゼル燃料の最新動向」，『JPEC レポート』，2015年度第24回，平成27年12月25日。

みずほ情報総研（2012）『平成23年度石油産業体制等調査研究（平成23年度東日本大震災石油製品流通調査事業）』調査報告書，平成24年2月，みずほ情報総研株式会社環境・資源エネルギー部。

三菱総合研究所（2015）『平成26年度石油産業体制等調査研究（化石燃料を中心としたエネルギー安全保障評価調査）報告書』2015年2月。

資源エネルギー調査会，資源・燃料分科会（第6回）・石油・天然ガス小委員会（第4回）合同会合資料。

参考 URL（アクセス日の無いものは2016年8月25日アクセス）

BOSCH（2013）「中国から米国までのディーゼル市場の概況」，2013年8月 Press release

<http://www.bosch.co.jp/jp/press/pdf/group-1309-14-release.pdf>

消防庁（2013）「東北地方太平洋沖地震における被災地でのガソリン等の運搬，貯蔵及び取扱い上の留意事項」（平成23年3月17日更新版）。

http://www.soumu.go.jp/menkyotsuu/important/kinkyu02_000053.html

政府業務継続計画（首都直下地震対策）の概要 <https://bosaijapan.jp/library/>

石油連盟（各年）石油連盟会長定例記者会見資料 <http://www.paj.gr.jp/>，震災関係の記者会見資料として3月17日，3月22日，4月1日，4月7日，4月18日に配布された資料を参考にした。

東北電力（2012）「東日本大震災後の当社の状況」平成24年2月29日。

<https://www.tohoku-epco.co.jp/news/press/>

JX エネルギー，会社情報，根岸製油所製油所紹介装置構成。

http://www.noe.jx-group.co.jp/company/about/gaiyou/jigyousho/negishi/refinery/e71_coabgajinere_setsubi.html。

石油基地自治体協議会役員会及び第34回総会（平成23年7月12日）

<https://www.mayors.or.jp/member/keizai/kyougikai/sekiyu/documents/>