

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—

Supply limitation from the characteristic of oil products in the Great East Japan Earthquake

小 嶋 正 稔

1. はじめに
2. 製油所段階における不足要因
3. 油槽所の被災と配送の混乱
4. 配送制約とローリー運行の長距離化
5. 給油所（SS）の営業不能要因
6. まとめ

1. はじめに

東日本大震災から5年が経過し、震災後に発生した課題への分析はさまざまな視点から行われ、首都圏直下型地震や南海トラフ地震への具体的対策が着実に進められている。この膨大な分析の積み重ねは、物資単位、組織単位で詳細に行われ今後の災害対策の立案に活かされている。

東日本大震災において、石油製品（燃料油）の不足は、輸送停滞によるモノ不足、移動の制約を通して広範で深刻な影響を与えた。石油製品は、その影響の広さから震災対応のほぼ全ての分析において言及され、あらためて石油製品が社会の基盤物資として存在していることを示した。輸送用燃料であるガソリン・軽油の不足は啓開活動の制約となり、緊急援助物資の輸送の制約であり、被災者の移動の制約となった。暖房用・給湯用燃料である灯油は、発災場所が東北地方（寒冷地）で、しかも発災時期が暖房を必要とする3月であったことから、暖房用燃料（灯油）の不足は被災者の生命に直結した。さらに緊急時の発電機からボイラーまで使用されるA重油などは非常用電源の燃料であり、医療機関や医療設備の命綱とよばれた。石油製品の幅広い用途は、震災後の時間経過と共に油種ごとに影響の軽重を変えながら長く広く影響を与えた。すなわち石油製品不足は、結果的に全ての物資と活動の制約となった。それゆえに分析や論文の中には明らかに石油製品特性や流通制約を理解しないまま状況を解釈したり分析を行ったりするものがあり、あらためて石油製品の製品特性を踏まえて、東日本大震災における石油製品流通を検証し、災害対策を考察する必要がある。

本稿は石油製品不足の状況と原因を、サプライチェーンに沿って検証し、今後の災害対応への基礎を提供することを目的とする。

2. 製油所段階における不足要因

まず東日本大震災において石油製品が不足した原因を、サプライチェーンに沿

って考察する。石油製品の供給困難は、①製油所における精製機能、出荷機能、油槽機能の不能・停止、②港湾施設の機能不全による内航タンカーの着棧、荷下ろしの不能、③油槽所における入出荷、貯蔵機能の不能・停止、④タンクローリーの不足による輸送機能の制約、⑤給油所（ガソリンスタンド、以下 SS 略記する）の被災と在庫不足による営業不能などを原因とし、精製（生産）—転送—油槽—配送（移送・運搬）—販売までのサプライチェーンの全ての段階で起こった。まずはサプライチェーンの各段階における供給困難の状況と原因を明確にする。

震災直後、東北・関東の製油所は一斉に装置自動停止システムによって自動停止した^①。精製装置はひとたび停止すると、仮に装置に被害が無い場合でも、安全点検などに7日前後が必要となることから、製油所の生産再開には最低1週間が必要となる（資源エネルギー庁、2013、p.50）。

東日本大震災時の製油所の精製能力（常圧蒸留能力）は4,516千バレル/日であり、3月11日の震災後には、JX 仙台（145千バレル/日）、鹿島石油・鹿島（252.5千バレル/日）、コスモ石油・千葉（220千バレル/日）、極東石油・千葉（175千バレル/日）、東燃川崎（335千バレル/日）、JX 根岸（270千バレル/日）の6製油所（合計1397.5千バレル/日）が停止した。さらに大阪国際石油精製（115千バレル/日）が定期修理中だったことから、震災直後の稼働能力は3,004千バレル/日と一時的に平常時の精製能力の66.5%（定期修理を含む）まで低下した。

3月13日には極東千葉とJX 根岸が陸上出荷を再開し、3月18日には鹿島と東燃川崎が陸上出荷を再開した。さらに東燃川崎（被害無し）は17日から段階稼働し18日に全面稼働、JX 根岸（被害軽微）が21日に生産を再開したことから、供給能力は、一週間後には78%、10日後には85%まで回復し、震災前レベルの3,600千バレル/日程度（稼働率79.7%）まで回復した。

しかも製油所の生産が停止する中、陸上輸送機能の早期の再開が、石油製品供給の重要な初動対応（緊急時対応）となった。具体的にJX 根岸の貯油設備をみると、石油製品と半製品タンクが318基276万kl、タンクローリー積場が53基（159台/時）、タンク車積場49基（98車/時）、ドラム充填機17基（640本/時）あり、製油所における油槽所機能の大きさが分かる。また東日本大震災ではほぼ1年間の停止を余儀なくされたJX 仙台も、製品・半製品タンク87基（約190万kl）ローリー積場52基（燃料油は36基）、タンク車積場17基を有し、震災当時の東北地方の油槽所数22カ所、燃料油合計のタンク容量151.8万klと比べれば、製油所の油槽機能の重要性が分かる（資源エネルギー庁「石油設備調査2006年」）。それゆえ製油所の被災による能力減は、製油所の生産機能と油槽・出荷機能の2つの視点からみる必要がある^②。

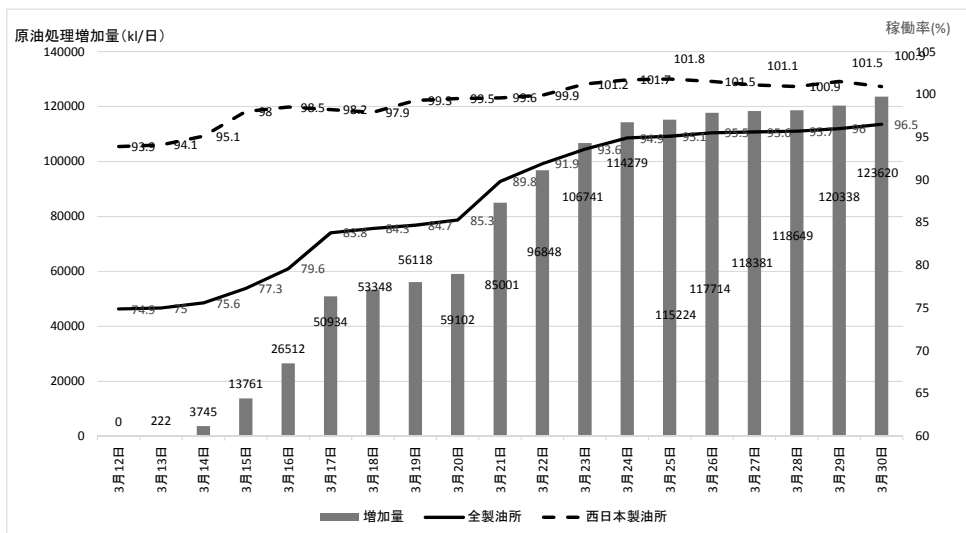
3月17日、政府は西日本の製油所の稼働率を上昇させることによって東北地方への追加的な燃料供給（2万kl/日の転送）を要請した。これは震災時の西日本製油所（13製油所、精製能力203万バレル/日）の20.7万kl/日を稼働率95%以上とすることによって、22.8万kl/日まで増産して2.1万kl/日の転送余力を生み出し、さらにJX 室蘭、出光北海道の増産により、東北地区の燃料油需要（3.75

万 kl/日) を補うことを意図したものであった。

西日本 13 製油所の稼働状況を見ると、3 月 11 日の 93.3% から徐々に稼働率をあげ、14 日には 95.1%、15 日には 98.0% まで上昇し 19 日以降に 99% 台とフル稼働となった。さらに JX 水島 (20 千バレル/日増強)、コスモ四日市 (50 千バレル/日増強)、コスモ坂出 (30 千バレル/日増強) で設備増強が行われ、23 日以降は 100% を越える稼働となった (図表 1) (3)。

その結果、西日本の 13 製油所の原油処理増量は、3 月 22 日以降は 2 万 kl を上回り、全製油所ベースでも震災前の 79.7% を 3 月 17 日に上回り、生産段階での不足はおよそ 1 週間で解消した。このことから、生産設備の停止は、長期にわたる石油製品不足の原因ではなかった。

また 2011 年と 2012 年のタンカーの年間産業圏の発着データを比較すると、2012 年では東北全体で 1,794 千 kl の入荷増となっており、その内訳は東東北が 1,436 千 kl (80.0%) の入荷増、北東北が 310 千 kl 入荷増 (17.3%)、西東北が 49 千 kl (2.7%) の入荷増となっており、仙台製油所の精製分を全国から補っている状況が分かる。東北への出荷地をみると、もっとも多いのが中京の 631 千 kl、北海道の 565 千 kl でこの両方で 67% を占めている。



注：3 月 11 日の実稼働能力 (定期修理中を除く設備能力) で稼働率を算定、増加量は原油処理の増加量。資料：石油連盟「2011 年 4 月 7 日」プレスリリースより作成。

図表 1 震災以降の油槽所の稼働状況と原油処理増加

一方、北海道では合計で 564 千 kl の着増であるが、発増も 1,155 千 kl あった。しかも北海道向けの出荷は、東関東発 186 千 kl 減、京浜葉発 94 千 kl 減、中京発 103 千 kl 減となり、東関東、京浜葉、中京からの転送受けを減らした上で増産して北海道の需要を賄い、さらに東北への転送拠点として重要な役割を果たしたことが分かる (図表 2) (4)。

東日本大震災の経験から製油所が出荷基地（油槽所）としての役割を維持するための課題として、①出荷設備の耐震補強、②非常用電源、③電気設備の防水対策、④ドラム缶出荷設備の維持強化、⑤元売間での出荷基地共同利用手順の明確化があげられた（田和、2012、p.13）。これに対し石油連盟は、石油元売精製業界内に関連した「東日本大震災時の混乱を踏まえた課題」（2014年6月23日）の中で具体的対応策として、①自家発電設備等の浸水被害による油槽所機能の低下に対しては、自家発電の整備、②ドラム缶供給に対してはドラム缶に対する給油設備の整備、ドラム缶油槽等に関する自衛隊との連携、③改正石油備蓄法の災害時石油供給連携計画及び系列BCPによる対応を整備するなど2014年6月までに主な対応を実施した。

図表2 2012年と2011年の発着数量の増減 【単位：千kl】

発地/着地	合計	北海道	北東北	東東北	西東北	東北計
合計	2,818	204	310	1,436	49	1,794
北海道	1,155	564	206	353	7	565
北東北	1	0	1	0	0	1
東東北	0	26	46	1	1	49
西東北	-3	-1	0	0	0	0
東関東	-506	-186	10	-64	18	-36
京浜葉	-526	-94	-156	499	-85	258
新潟	35	0	0	0	14	14
北陸	37	6	0	8	0	8
静岡	3	0	0	0	0	0
中京	1,517	-103	131	475	25	631
近畿	-353	-11	-8	-1	-7	-17
阪神	160	-12	14	-3	-6	6
山陽	378	-75	21	117	-8	129
山口	374	69	15	15	58	89
北四国	317	18	42	22	31	94
中九州	147	8	-10	14	-11	-7
沖縄	72	-6	0	0	0	0

資料：国交省「港湾調査（流動表、表9(13)揮発油）2011年度、2012年度」より小嶋作成

注：港湾調査の揮発油をトン=1.388klで換算

3. 油槽所の被災と配送の混乱

油槽所（オイル・ターミナル）は石油製品の配送（移送、運搬）のもっとも重要な油槽・配送拠点である。油槽とは貯蔵機能であり、配送機能はタンクローリーによる移送とトラックによる運搬がある⁵⁾。

製油所から油槽所への効率的な転送には専用の船舶（タンカー、油送船）、タン

ク車（貨物車）が使用され、その輸送方法、輸送量、輸送時期、輸送単位を決めるのは、油槽所の立地（臨海、内陸）、油槽所の受入能力、出荷能力である。油槽所は精製・元売会社の他、商社や地域大手石油販売店も所有しており、商社・全農・大手石油業者の合計で 298 基 350 万 kl 以上の油槽能力がある⁶⁾。貯蔵する油種選択は地域の需要を反映し、タンクの割り当てや貯油量が決められる。

またこの他にも産業用（自社使用）の業者が専用の油槽所を所有している。青森県（青森地区と八戸地区）を例にとると、石油会社のタンク 106 基に加え、石油会社以外では東北電力、太平洋金属、漁連（漁船用 A 重油）が油槽所（タンク 17 基）を所有している。油種は北東北では灯油の比率が高く、ガソリンは 14.8% に留まっている（図表 3）。

配送の基礎となる油槽機能を果たすのは製油所と油槽所であり、東日本の唯一の JX 仙台は東北地区（78%）、北海道（8%）、関東（5%）等に出荷しているが、油種構成は、ガソリン 31%、灯油 13%、軽油 16% などであり、ガソリンの比率が高くなっている（永井、2013、p.12）⁷⁾。東日本大震災においては JX 仙台が長期停止したため、東北地区の 29 の油槽所が配送拠点となった（仙台製油所も 5 月 3 日より油槽所として機能した）。

東北地区の油槽所は 3 月 11 日には被災と停電によってほとんどの油槽所が停止した。震災直後、東日本で通常出荷が可能であったのは日本海側の新潟油槽所と出光秋田油槽所のみで、復電後にはこれに出光の青森、秋田、山形の油槽所が加わった。

図表 3 青森県の油槽機能

	油種	タンク数(基)	貯油数量(kl)	構成比
石油会社	ガソリン	22	46,918	14.8%
	灯油	25	117,659	37.2%
	軽油	19	54,293	17.2%
	A 重油	29	69,408	22.0%
	C 重油	1	990	0.3%
	ジェット燃料	10	26,777	8.5%
	合計	106	316,045	100.0%
全社合計	ガソリン	22	46,918	12.3%
	灯油	27	117,729	30.9%
	軽油	21	79,493	20.9%
	A 重油	35	100,542	26.4%
	C 重油	8	9,156	2.4%
	ジェット燃料	10	26,777	7.0%
	合計	123	380,614	100.0%

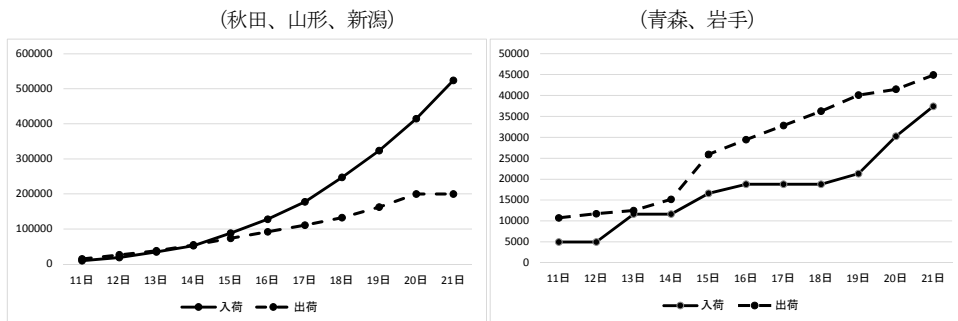
注：石油会社は、東西 OT（青森、八戸）、ジャパンオイルネットワーク、出光興産、JX、カメイの合計数字。全社には太平洋金属、東北電力、東北ポートサービス、全漁連の屋外油槽量を、添加剤タンクなどを除いて集計した。

資料：青森県石油コンビナート等防災本部（2013）より集計・作成

12日に郡山 OT（オイルターミナル：日本 OT⁽⁸⁾）が、13日に盛岡 OT が在庫の陸上出荷を再開し、14日には酒田（東西 OT⁽⁹⁾）が室蘭製油所からの転送受け入れで出荷を再開した。さらに 15日には青森油槽所（東西 OT）と秋田油槽所（JX）が JX 室蘭等からの転送を受けて出荷を再開したが、他方、被災により大きく毀損した東東北の油槽所群（八戸、釜石、気仙沼、塩釜、小名浜）の配送エリアは配送拠点を失った。特に大消費地仙台への配送を担う塩釜油槽所において、病院などの緊急対応先、消防など緊急車両向けに在庫出荷されたのは、震災 6 日後の 17 日になってからであった。

太平洋岸の掃海（航路啓開）は津波注意報解除の翌朝（14日）から宮古、釜石、仙台塩釜港（仙台港区）を優先して開始された。これによって釜石では 15日、宮古では 17日、仙台港区で 18日に航行規制が解除されタンカーの入港が可能になり⁽¹⁰⁾、塩釜では 21日から入荷が開始され、油槽機能が再開した。

震災直後の油槽所への入荷・出荷量から機能を制約した要因をみると、被害が軽微であった秋田・山形・新潟の油槽所では 16日以降は入荷が出荷を上回っており、配送が制約要因であり、入荷が出荷を下回っている青森・岩手では油槽所の機能回復作業が継続し、入荷不足が続いていたことが分かる。



資料：みずほ情報総研（2011）より作成

図表 4 震災後油槽所の入荷・出荷量（単位：kl）

4. 配送制約とローリー運行の長距離化

ここでは震災後の石油流通の最大の制約要因と配送機能についてみる。

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）によって配送（移送）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⁽¹¹⁾。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、台数は 25%減少しているが、20kl 以上のセミトレーナー型は 1,798 台から 3,161 台まで 76%増加したことからタンク容量は逆に 42%増加した（『石油設備調査 [各年版]』）。

配送の合理化のために急速に進められたローリーの大型化は、同時に運行可能

な配送経路を限定することになった。

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あらためられた。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⁽¹²⁾、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、運行計画が組まれることとなった。

しかし震災による東東北の油槽所の停止は、ローリーの長距離輸送を余儀なくした。日本海側に立地し、仙台市までもっとも近い酒田オイルターミナルからでも、179km（往復358km）6時間の行程となることから、日本海側からの配送は、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。このことから、この長距離配送はローリー台数を実質上三分の1まで減少させる効果を持った⁽¹³⁾。（図表6）

平成22年3月の東北地区の油槽所から通常配送する14kl以上のローリー台数は白油で623台、黒油73台で合計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）、被災直後では運行可能なローリーは550台まで減少していた⁽¹⁴⁾。これを長距離輸送に使用すれば、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⁽¹⁵⁾。

図表5 東北地区におけるローリー台数

平成22年3月	台数					容量(kl)	平成18年3月	台数					容量(kl)	
	10kl未満	10kl以上～15kl未満	15kl以上～20kl未満	20kl以上	合計			10kl未満	10kl以上～15kl未満	15kl以上～20kl未満	20kl以上	合計		
白油	青森	0	13	52	91	156	2,868	青森	30	38	49	118	235	3,808
	岩手				20	35	591	岩手	31	49	33	22	135	1,804
	宮城	14	25	83	172	294	5,303	宮城	35	95	97	217	444	7,461
	秋田		10		51	86	1,583	秋田	7	36	15	58	116	1,954
	山形	0	6	6	13	25	454	山形	17	11	7	16	51	640
	福島			35	69	112	2,079	福島	16	31	35	73	155	2,569
	計	20	65	207	416	708	12,878	計	136	260	236	504	1,136	18,236
全国合計	187	412	1,558	3,161	5,318	97,871	全国計	322	1,161	1,798	3,828	7,109	125,886	
黒油	青森	0	18	20	0	38	576	青森	9	58	13	1	81	1,080
	岩手							岩手	12	30	1	0	43	472
	宮城		27	34		67	989	宮城	14	115	58	1	188	2,640
	秋田	0			0			秋田	1	29	4	0	34	471
	山形		10		0	12	158	山形	5	13	1	0	19	212
	福島		17	9		31	474	福島	3	45	13	3	64	911
	計	7		73		171	2,535	計	44	290	90	5	429	5,786
全国合計	77	730	644	50	1,501	22,073	全国計	183	1,667	827	78	2,755	39,090	

出典：資源エネルギー庁『石油設備調査（各年版）』より作成

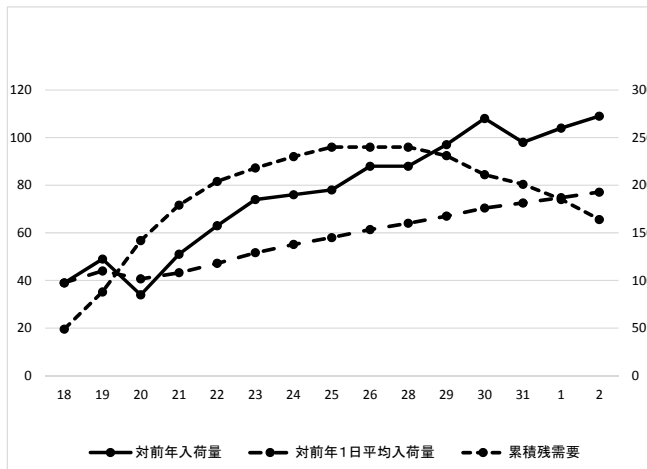
津波被災地域では、くしの歯作戦⁽¹⁶⁾によって車両の通行が早期に確保されたが、大型ローリーが通行可能になるまでにはさらに啓開レベルを上げる必要があり、第一次啓開がそのまま石油ローリーの運行を保障するものではなかった。

それゆえ東東北の油槽所の再開が決定的に重要であったのである。塩釜では、3月17日に出光が塩釜油槽所から緊急先への限定的在庫出荷を開始、18日に在庫出荷、20日にエクソンモービルが在庫出荷と共同利用を開始した。迅速な掃海によって被災10日目、21日という早期に出光のタンカーが入港したことによって、一部の油槽所が復旧した。

図表6 油槽所から仙台市内までの移送距離

発	着	距離(km)	所要時間
東西 OT 酒田	仙台市役所	179	3:00
東西 OT 秋田	仙台市役所	255.1	3:33
東西 OT 青森	仙台市役所	351.4	4:43
東西 OT 新潟	仙台市役所	283.3	3:50
盛岡 OT	仙台市役所	172.7	2:27
郡山 OT	仙台市役所	125.3	1:54
塩釜	仙台市役所	17.9	0:36
JX 仙台	仙台市役所	18.2	0:37
JX 仙台	白石市役所	60.6	1:10
JX 仙台	鳴子温泉	76.3	1:47

資料：地図マピオン、ドライブマップによる走行距離と時間を使用



注：1.入荷量は昨年比(%)、2.対前年一日平均入荷量は18日からその日までの入荷量比(%)の平均、3.累積残需要は、被災3県内陸部の需要は87.7%と全損地区は79.9%であり需要をまかなえなかった量から12%を減じて、一日あたる翌日に持ち越した量。この中には車の流出(30万台)によって失われた需要である4.4%を含む。

資料：東北経済産業局(2011、p.7)

図表7 大震災発生後の東北地域への石油製品出荷量推移

また盛岡 OT、郡山 OT の内陸油槽所には日本海ルート経由（日本海沿岸路線と磐越西線）で転送され、石油タンク車が重要な役割を果たした。盛岡 OT へは 3 月 18 日から 4 月 19 日の間に 36,849kl、郡山 OT へは 3 月 25 日から 4 月 14 日まで 19,892kl の合計 56,741kl が輸送された（国土交通省、2014、p.7）⁽¹⁷⁾。

このように本格的な油槽所の回復には 3 月 21 日までおよそ 10 日間を必要とした。この油槽所の稼働前にもタンクローリー198 台の投入が行われていたが、油槽所の再開からはローリーの移送時間の短縮によって投入効果は倍増した（石油連盟プレスリリース「ローリーの追加投入の状況について」、2011 年 4 月 1 日）。

大震災発生後の東北地区への石油製品出荷量（東北への入荷量）の推移を見ると、入荷量は 3 月 21 日以降に急速に回復したが、1 日あたりの入荷量が対前年水準に戻ったのが 3 月 30 日であった。これに震災による車両の喪失量の 12%を加味すれば、対前年水準に戻ったのが 3 月 26 日であり、その後は累積残高が徐々に減少しているが、4 月 2 日時点でも依然大きな需要残が確認できる。

石油製品は危険物であり、大量に貯蔵するためには、油槽施設の入出荷が前提となる。すなわち特定エリアを賄う油槽所の停止は、効率的な配送の制約要因となることから、油槽所を早期に復旧・稼働させなくては、SS などへの配送に障害が発生し、配送の遅れが、転送の制約となり、製油所の復旧や増産効果を消費地まで届けられない状況が現出していた。

5. 給油所（SS）の営業不能要因

震災直後の SS 営業率を決めたのは、停電、被災状況、在庫状況である。在庫状況は、製品の在庫、供給（入荷、配送）状況と需要の集中によって決定される。

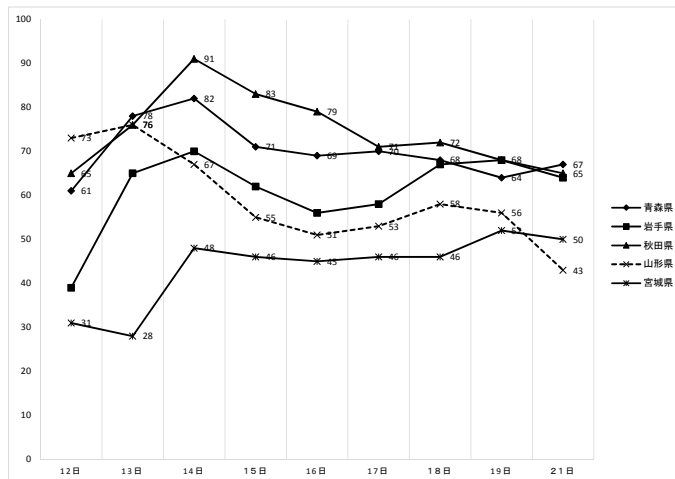
SS の営業率を決めた要因を『平成 23 年度東日本大震災石油流通調査』（以降は『震災石油流通調査』と略記する）からみると、停電、前日の在庫、SS 休業日の 3 項目で営業率の 86%が説明できるとしている（みずほ情報総研、2011）。この中でもっとも大きな要因は、停電で、地域 1「津波による全損地域および周辺地域」53%、地域 2「地域 1 を除く東北被災 3 県内陸部（岩手、宮城、福島県）」55%、地域 3「その他東北 3 県（青森、秋田、山形）」68%において 50%を越え、関東関東（1 都 6 県：地域 4）でも 30%であった。

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。

最大の要因である停電については、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のは、発災から 3 日間である。東北電力によると 11 日には最大 466 万戸が停電したが、3 日後の 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）。このことから停電は発災から 3 日間の災害対応緊急期における休業要因であった。

震災直後からの SS 営業率をみると、復電したのち被害の軽微であった山形、

秋田、青森では60%を越え、在庫出荷中は秋田では91%、青森でも一時は82%まで回復した。しかし製品入荷（配送）が遅れることで、在庫不足が生じ、秋田では21日までに65%、青森でも67%まで緩やかに低下していった。もっとも大きく低下していったのが、山形で76%から20日の日曜日には43%まで低下し、福島を除く東北5県で最低となった。東北経済産業局は16日における宮城県のSSの稼働率を2.8%と発表するなど、きわめて深刻な状況を発信したが、これはあくまで電話調査による結果であり、電話の応答の無かったSSをそのまま「稼働無し」と集計したために起きた誤謬で『震災石油流通調査』と大きな乖離があった。ここで電話応答数を母数として開業率を再計算すると3月16日の2.8%は44%となり、震災製品流通調査の営業率45%と近似した結果となった。被災地隣接の山形の営業率の低下は、被災地に隣接することで需要が急速に伸びたこと、製品出荷が被災地を優先された結果、需要に供給が追いつかなかった結果であった。



【資料】『平成23年度東日本大震災石油製品流通調査事業』より作成

図表8 SSの営業率

図表9 宮城県の発災後のSSの稼働状況

	3月16日	3月17日	3月18日	3月19日	3月22日
応答有り	45	68	99	116	126
営業中	20	33	37	59	77
稼働率	2.8%	4.7%	5.3%	8.4%	11.0%
緊急車のみ	16	26	31	45	43
(修正)営業率	44%	49%	37%	51%	61%
石油製品流通調査	45%	46%	46%	50%	—

注：東北経済産業局が、宮城県内の登録SS702店舗を対象に電話による調査を行ったもの。沿岸部の調査困難なSSを除く。修正営業率は、応答有りを母集団にした営業率、石油製品流通調査はアンケート結果。資料：村井嘉浩（2011、p.15）、「平成23年度東日本大震災石油製品流通調査事業」。

在庫不足は、すでに油槽所の項で述べたように、東東北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。油槽所の出荷率と SS の営業率を『震災石油流通調査』からみると、被害の大きかった塩釜油槽所では強い相関 ($y=3.630x-1.618$, $R^2=0.780$) があり、早期に回復した秋田油槽所では相関が弱くなっている ($y=1.307x-0.175$, $R^2=0.317$)。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、平常においては両者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、油槽所の営業率と SS の営業率は強い関係を持った。

次に SS の被災であるが、3 月 28 日の全石連の調査によると、被災によって営業していない 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 (図表 10)。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る。これを阪神淡路大震災における SS の営業不能率 6.6%と比較すると、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%であり、激震型 6.5~7.5%、津波被害を加えると 30%という被害が想定できる (上田・中西、2006)。

4 ヶ月後 (7 月 11 日) の復旧状況を見ると、岩手、宮城では津波被害以外の SS はすでに復旧したが、茨城県では一部破損や計量機不良 20% (36SS) が残された。福島原発事故による停止も 64SS から 34SS まで減少し、95%の SS が営業を再開した。

また被災した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 1 SS 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、地域 SS の拠点の復旧計画は、これらを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 10 SS の被災状況 (3 月 28 日)

	青森県	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	栃木県	千葉県	計
組合員総 SS 数	492	487	538	728	1079	623	1022	4969
全壊	0	73	37-42	7	1	0	1	183-188
浸水	2	10	48-51	10	15	0	9	94-97
一部破壊・計量機不良等	0	9	55-67	40-50	188	36	23	351-373
原発事故による停止								64
合計	2	92	140-160	121-131	204	36	33	628-658
被害率 (閉業率)	0.4%	18.9%	26~30%	17~18%	18.9%	5.8%	3.2%	13.0%
閉業率 (7 月 11 日)	0	70	63	60	38	2	5	238
(津波)		70	63	11	0	0	5	149
(原発事故)				34				34

資料：全国石油商業組合連合会 (2011、p.2) を一部加工

図表 11 SS の被災状況（阪神淡路大震災）

兵庫県給油所数	1,607	
被災地給油所数	869	
被災給油所数（阪神間，淡路等）	579	
被害状況	被害給油所数	比率
建物全壊	0	0
建物半壊等	9	1.0%
建物破損亀裂	242	27.8%
キャノピー落下	10	1.2%
キャノピー破損等	116	13.3%
防火塀倒壊半壊	68	7.8%
防火塀破損等	295	33.9%
地下タンク破損	0	0
土間隆起陥没	83	9.6%
洗車機倒壊破損	52	6.0%
火災	0	0
営業不能率	57.5	6.6%

資料：上田・中西（2006）

6. まとめ

本稿は東日本大震災において石油製品が不足した最大の原因を石油製品の特性に基づいて示したものである。東日本大震災の被災地においては、広範に深刻なモノ不足が発生していたが、その原因は「輸送停滞による不足」によるモノ不足と「商品そのものの不足」があり、ほとんどの品物は輸送停滞によって引き起こされており、その主要因は燃料（石油製品）不足によるものであった⁽¹⁸⁾。

東北地方太平洋沖地震は、津波と激震の2面から石油製品のサプライチェーンを破壊し、特に津波は東東北の沿岸に立地する油槽所をことごとく不能にした。この配送拠点の喪失が、配送効率を追求したテリトリー配送システムの弱点を表面化させた。西日本の製油所の稼働率のアップと設備増強も、転送先の油槽能力の制約によって直ちに成果に繋げることができなかった。すなわち遠距離に位置する油槽所からの配送は、ローリーによる能力を4分の1以下に低下させ、配送限界が出荷限界に、出荷限界が入荷制約になることで、サプライチェーンの機能を低下させたのである。

石油製品、特にガソリンについては、自衛隊などのドラム運搬を例外として、危険物資格の保有者の運転手によって、専用のローリーによる移送に限られること、移送したガソリンは、専用施設がなければ荷下ろしし、油槽（貯蔵）することができないこと、そして油槽したガソリンを、安全に給油するためには専用の施設が必要であるという製品(物流)特性が、円滑な供給の障害となった。さらに専用施設であるSSの被災は、ローリーと同時に多数の配送先を消失させた。

在庫不足による SS の営業率の低下、営業時間の短縮は需要集中を生み出し、待ち行列を長くすることで不安促進要因となったが、配送効率が最優先される緊急対応期に限って言えば、多段階荷下しよりも緊急重点 SS を設定し効率的な配送を行うことは、ガソリン流通対応としては有効であった⁽¹⁹⁾。

東日本大震災から得られた課題の多くは、首都直下型や南海トラフなどの対策の形で、すでに実行されている対策が少なくない。しかし最大の原因となった配送システムの強靱化への対策は、油槽所の震災対応配置や重点 SS の拠点配置などを含めて多くの課題が残っている。さらに自動車用燃料も、取り扱いに多くの制約を持つガソリンから、災害に強い軽油や電気自動車への移行による車両の多様化も緩やかながら進んではいるが、環境問題に対してセキュリティの視点からの取り組みは遅々としており、警察・消防車両、公用車のディーゼル化なども同時に進める必要がある。

本稿は油槽所・配送システムが東日本大震災の供給不足の主原因であることを示したのみで、災害と燃料油供給の課題の考察の多くの部分を残した。特に震災直後からのエネルギーの供給体制の時系列分析、車両の多様化の進展の必要性、そして需要の集中（購買の前倒し）については続稿にて考察することとする。

【注】

- (1) JX の根岸製油所では、「製油・動力装置は、地震計に連動した装置自動停止システムにより、一定規模以上の地震（製油装置：震度 5 強以上、動力装置：震度 6 弱以上）が発生した場合には、安全に自動停止」する仕組みとなっている（新日本石油精製、2009）。
- (2) JX 仙台製油所は、3 月 11 日に被災、稼働停止したが、5 月 3 日に暫定出荷設備（9 レーン）による一部製品の陸上出荷を再開、7 月 28 日復旧計画を発表、9 月～10 月に冬場の供給に向けた出荷体制整備としてレーンを増強・備蓄増強を実施、2012 年 1 月 14 日に装置の試運転再開した後、3 月 9 日に本格的に再開した。2012 年 2 月段階の 37 レーンは 2012 年秋までに 52 レーンに増強された（2012 年 3 月 9 日 JX 日鉱日石エネルギー、プレスリリース）。
- (3) 関東圏へ 3 日間で西日本の製油所の製品在庫を 5 万 kl 取り崩して転送した（3 月 17 日の経産大臣記者会見資料）。
- (4) 山口・長江・赤松・大澤（2014）は「広域的な対応については『西日本をはじめとする他地域から東北地域へ 1 日あたり 20×103kl の石油製品を転送する』と発表したのみで、その具体的な方法については明確にせず、私企業の voluntary な活動に任せていた。その結果、西日本から東北地域へ転送された石油製品は、1 ヶ月でたった 5.6 万 kl しか転送されなかった」としているが、配送システムの効率性を考慮すれば、西日本からの直接転送よりも北海道を経由した転送は効率的である。さらに転送数量については制約が多い時期であり、期間的にはタイムラグを考慮して評価する必要がある。
- (5) これ以外にも千葉ターミナル～新東京国際までの航空燃料のパイプラインがある。
- (6) 主な油槽所、ターミナルは、総合商社が 195 基、2,140,959kl、全農・大手が 103 基、359,280kl、商社・大手総合計で 298 基、3,500,239kl となる（月刊ガソリンスタンド社、2015、pp.64-65）。

- (7) これ以外ではA重油11%、C重油10%、LPG12%、化学品2%、その他4%となっている。数字は2011年度。
- (8) 日本OTは、1965年に石油製品の物流合理化を目的として、国鉄（現在のJR貨物）と石油元売各社（出光、キグナス、コスモ、JX、昭和シェル、東燃）が共同出資して設立した。内陸7ヶ所と臨海に1ヶ所の合計8ヶ所の油槽所を持ち、製油所から約900両のタンク車で鉄道輸送、油槽、出荷を行っている。タンク車輸送の80%を占め平成23年度では731万klを輸送した。
- (9) 東西OTは、1970年に三菱石油と丸善石油の2社による設立した油槽所運営専門会社（現在の株主はJXとコスモ石油）で全国23油槽所を運営（2015年12月2日現在）。
- (10) 2番目に啓開されたのは塩釜港区17日開始20日解除、小名浜18日開始18日解除、19日開始は八戸（同日解除）、と大船渡（22日解除）、20日は久慈（同日解除）、石巻（23日解除）の啓開が開始された。
- (11) 1971年の消防法改正で14kl積みタンクローリーが認められ、1978年の法改正によって20kl積みのセミトレーラー型、1993年11月の道路法・車両制限令、そして1994年3月の消防法の改正によって総重量と総容量がさらに拡大され、24kl～28kl積みのセミトレーラー型の超大型タンクローリーが認められた。さらに2003年の車両制限および保安基準の緩和によって24kl、30kl積みで全長と車軸間隔を短縮した超短尺ローリーが認められた。
- (12) 「運転開始後4時間以内又は運転開始から4時間後に合計30分以上の休憩等を確保することにより、運転を中断しなければならない。この場合において、10分に満たない運転の中断は、運転時間に含むものである」（消防危第35号、平成16年3月23日）。
- (13) シューワの中井正隆BCP事業部長は、「震災当時には道路状況がきわめて注意を要する状況であり4時間の配送は事実上困難で、シューワでは2時間を一つの目安としていた」としている（小島のヒアリング、2015年12月10日）。
- (14) 『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」としている。
- (15) 山口・長江・赤松・大沢〔2014, p.15〕はガソリン不足の軽減と経済効果に関する論文の中で、「具体的には、これらの3港湾に対して、ガソリン受入が再開してから1～2週間以内にわたり、連続して平常時の2.6倍のガソリンを転送できたならば、経済損失を半分から3分の1に減少させられることを明らかにした。そして、こうしたガソリン転送戦略の実現に必要な費用と経済効果を試算し、前者は高々2～3億円でしかないのに対して、後者は1500～2500億円にのぼることを示した」としているが、この前提には転送量が全て配送可能であることを前提としている。しかし仮にその数量を、もっとも近距離にある酒田油槽所からすべてが配送されたとしても、必要なローリー台数は、通常の2.6倍×4倍=10.4倍であり、青森、秋田、山形の3県のローリー台数160台であれば、1,664台、宮城県のローリー台数の400台を基準とすれば4,160台となり、3県基準で全国のローリー台数の3,161台の52.6%を集結させることを意味し、宮城県台数基準であれば全国の全ローリーでも不可能な数字となる。
- (16) 「くしの歯作戦」とは、地震による大津波で激甚な被害を受けた東北地方沿岸部への、

救援路確保のための国土交通省東北地方整備局による道路啓開作戦。「くしの歯作戦」は大きく3ステップから成っており、第1ステップとして、被害が比較的小さかった東北地方内陸部を南北に通る東北道、国道4号の縦軸を確保し、第2ステップは、その縦軸からくしの歯状に東西に走る、被災地救援へ向けた16本のルートを確認するものであり、第3ステップは、沿岸部を南北に走る国道45号のラインを確認することであった。なお、「くしの歯作戦」が立案されたのは発災当日の3月11日夜であり、翌日12日朝から作業を開始して、その日だけで16ルートあるうちの11ルートを確保、14日までに14ルートを確保、15日に15ルートを確保するという驚異的早さで啓開が完了されている。また、3つ目のステップである国道45号啓開に関しても、18日までに97%が通行可能となり、その段階で道路啓開は概ね終了となっていた(夏山・藤井、2012、pp.1-3)。

- (17) 輸送時間と輸送距離からいえば、郡山OTが有用だが、郡山OTは、19基の合計貯蔵容量は14,840klと比較的小規模の油槽所であった。
- (18) 関谷(2011)は燃料油の不足とともに不足が解消したものと解消しなかったものに区分し、後者を商品そのものの不足とした。
- (19) 3月18日の石油連盟のプレスリリースには「政府指定の緊急重点SS(東北:207ヶ所、関東:187ヶ所)への優先燃料供給を開始」が記載されているが、緊急重点SSを活用することは配送効率化の側面からも重要である。

【参考文献】

- 青森県石油コンビナート等防災本部(2013)『青森県石油コンビナート等防災計画』(平成25年3月)。
- 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。
- 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)合同会合資料。
- 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。
- 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(各年)『石油設備調査』資源・燃料部 政策課 統計班。
- 新日本石油精製(2009)「地域の皆様へー根岸製油所からのお知らせ」(第110号)2009年7月24日。
- 関谷直也(2011)「東日本大震災におけるガソリン・物流の課題」「資源・燃料政策に関する有識者との意見交換会 災害時における石油・ガスの安定供給(第2回) - 配付資料4」。
- 全国石油商業組合連合会(2011)「東日本大震災における石油販売業界の対応と提言」(「資源・燃料政策に関する有識者との意見交換会 資料3-1」平成23年11月15日)。
- 田和健二(2012)「石油業界の地震・津波への対応」平成24年6月、石油連盟。
- 東北経済産業局(2011)「産業復興アクションプラン東北」平成23年7月。

夏山英樹・藤井聡（2012）「東日本大震災における『くしの歯作戦』についての物語描写研究」
土木計画学研究・講演集，CD-ROM，45，2012。

みずほ情報総研（2011）「平成 23 年度東日本大震災石油流通調査事業報告書」（資源エネルギー
庁委託調査）平成 23 年 12 月。

山口裕通・長江剛志・赤松隆・大澤実（2014）「東日本大震災時の東北地域のガソリン不足の軽
減方策とその経済効果の推計」，土木計画学研究・講演集 49, 309（CD-ROM）。

（参考 URL）

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。

田和健二（2012）「石油業界の地震・津波への対応」平成 24 年 6 月、石油連盟。
<http://www.mlit.go.jp/common/>（2015 年 8 月 26 日アクセス）。

村井嘉浩（2011）「被災の状況と復興計画」、立命館大学、全国知事・市長リレー講義資料
2011 年 10 月 25 日、[http://www.ritsumei.ac.jp/liberal/chiji/2011/20111025/
20111025miyagikenn.pdf](http://www.ritsumei.ac.jp/liberal/chiji/2011/20111025/20111025miyagikenn.pdf)（2015 年 10 月 10 日アクセス）。

（2016 年 1 月 4 日受理）