

# 東日本大震災時の東北地域に対する 石油製品輸送実態の把握

山口裕通<sup>1</sup>・赤松隆<sup>2</sup>・長江剛志<sup>3</sup>・円山琢也<sup>4</sup>・金進英<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻（〒980-8577仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館）

E-mail:h-ymgc@cneas.tohoku.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東北大学教授 情報科学研究科（〒980-8579仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09）

E-mail:akamatsu@plan.civil.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学准教授 工学研究科（〒980-8579仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11）

E-mail:nagae@m.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 熊本大学准教授 政策創造研究教育センター（〒860-8555熊本市黒髪2-39-1）

E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学助教 情報科学研究科（〒980-8579仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09）

E-mail:kim.jinyoung@plan.civil.tohoku.ac.jp

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、石油精製施設や輸送施設・設備が広域で被災したために、関東・東北地方を中心に深刻な石油製品不足に陥った。特に東北地域では、唯一の製油所が被災したために、外部から必要な地域へ石油製品を輸送する必要に迫られた。本研究では、石油製品販売実績データと輸送データを用いて、発災後一ヶ月間の東北地域に対する石油製品輸送実態を定量的に把握した。その結果、東北地域では圧倒的な供給不足に陥っていたこと、さらに宮城県と福島県で特に深刻な石油製品不足に陥っており、発災後約3週目まで続いていたことが明らかになった。

**Key Words :** *Great East Japan Earthquake, oil shortage, oil logistics*

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、広範囲で深刻な石油製品不足に陥った。特に、石油精製施設や輸送拠点が被災した関東・東北地域では、ガソリンスタンド（以下、『GS』）が在庫切れとなったり、その前に長蛇の列が発生するなど石油製品が入手困難となった。その影響は、移動や暖房の利用が困難となるだけでなく、医者やバスの運転手の移動困難により公共サービスに支障をきたすなど、様々な分野に波及した。さらに、震災時に復旧救援活動のために活用されるべき交通機能も、燃料不足により大きな制約を受けたといえる。

東海・東南海・南海連動型地震といった将来の災害の時に、同様の事態に陥らないためにも、東日本大震災時の石油製品不足の全容を定量的に把握し、その際の知見を整理することは必要である。しかし、政府や石油業界の発表は、断片的な情報ばかりで、全容を定量的に把握できるような情報や分析結果はいまだ公開されていない。そのため、東日本大震災時の石油製品不足が生じた

原因や具体的な仕組みについて、社会的に共有されていない。

そこで、本論文は震災時の東北地域に対する石油製品輸送の大局的状況と各地での需給ギャップを把握することを目的とする。そのために、石油製品販売実績データと石油製品輸送データから、震災時の輸送体制と東北地域全体の需給ギャップをとらえる。さらに、石油製品配分モデルを用いて市町村ごとに需給ギャップを推計する。

本報告の分析の結果、東日本大震災における石油製品不足は供給量が圧倒的に不足したことが原因であることが示される。つまり、供給サイドの施策に関する検討が重要である。従来の報告で、消費サイドによる「買い溜め行動」の影響があったという分析<sup>1)</sup>もある。しかし、本研究での定量的な分析からはこれは副次的な問題にすぎないといえる。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2章では各データと本論文での分析対象について説明する。次に、3章では石油製品供給施設について説明したうえで、東

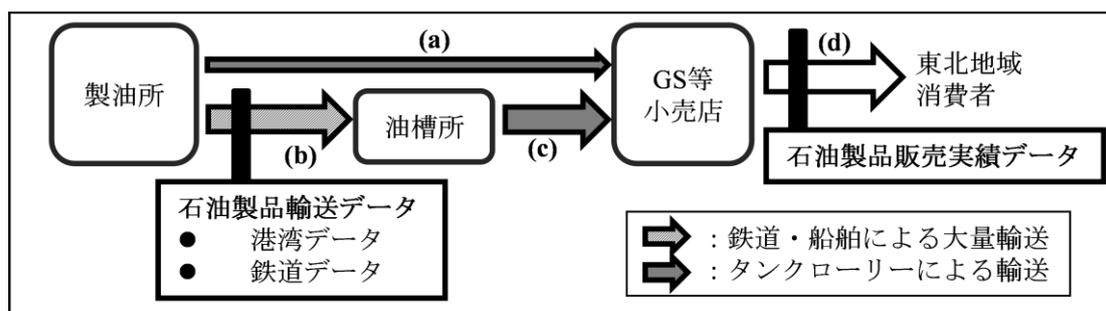


図-1. 石油製品の供給フローと収集データ

日本大震災によるその被災状況を整理する。4章では、販売実績データに基づいて、東日本大震災の影響を分析する。5章では、船舶と鉄道の輸送データに基づいて、発災前後の東北地域に対する石油製品輸送状況を分析する。6章では、販売実績データと輸送データに基づいて、発災後の東北地域の集計的需給ギャップを分析する。さらに7章では、販売実績データと輸送データを用いて、各配送拠点からの配分モデルから、発災後の地域別需給ギャップを推計する。

## 2. 収集データと分析対象

石油製品の供給フローを簡単に説明する。石油製品は製油所と呼ばれる工場で原油から精製される。そして、精製された石油製品は図-1のような流れで製油所から各地へ供給される。製油所からGS等小売店までの供給の流れは、大きく2パターンに分けられる。第1のパターンでは、製油所からタンクローリーによって直接GS等小売店へ供給される。そして、第2のパターンでは油槽所と呼ばれる輸送拠点を經由して供給される。このとき、製油所から油槽所までの輸送は主に船舶（タンカー）、油槽所が内陸に存在する場合は、鉄道（タンク車）による大量輸送が行われる。油槽所からGS等小売店へはタンクローリーによって供給される。

本論文では、石油製品販売実績データと石油製品輸送データを用いる。まず、石油製品販売実績データは、GS等小売店から消費者に販売された石油製品量が都道府県別月毎に分かるデータである。これは、経済産業省が資源・エネルギー統計<sup>2)</sup>としてまとめている。なお、このデータは図-1に示す供給フローの中では(d)の量に該当する。次に、石油製品輸送データは、東北対象地域の港湾における移出入データ（以下、『港湾データ』）と、東北地域向けの鉄道輸送量（以下、『鉄道データ』）の2種類からなる。港湾データは、東北地域各港湾で行われた移入の日時と量、積み込み港湾が分かるデータである。これは、国土交通省東北地方整備局から提供いただいた。鉄道データは、東北地域への鉄道による石油製

品輸送実績が日毎に把握できるデータである。これは、日本貨物鉄道株式会社の佐々木<sup>3)</sup>が示した数値を用いた。なお、これらの石油製品輸送データは図-1に示す供給フローの中では(b)の量に該当する。

本論文での分析対象油種および、対象地域は以下に示すとおりである。石油製品の中でも対象とする油種は、交通関係や一般家庭において燃料として利用される揮発油・軽油・灯油の3油種とする。ただし、本論文では3油種の合計量についての分析結果のみを報告する。油種毎の分析は追って報告する予定である。そして、対象地域は福島県を除く東北5県（青森・岩手・宮城・秋田・山形）とする。福島県については、原発事故の影響で多くの人が移動したことにより、震災時地域毎の需要量の推計が困難と予想されるため、本分析では除外した。

## 3. 石油製品供給施設

本章では、東北地域に対する石油製品供給に関わる製油所と油槽所の立地と東日本大震災による被災状況を示す。まず、日本全体で製油所の立地と被災状況を示す。次に、東北地域の主要な油槽所の立地と被災状況を示す。

### (1) 日本の製油所とその被災状況

日本の製油所の立地は、図-2に示すように大きく5つのエリアに分けられる。その中でも、製油所は瀬戸内海（西日本エリア）と東京湾（関東エリア）に集中していることが分かる。また、東北地域には仙台製油所1カ所しか存在しない。

次に、東日本大震災による製油所の被災状況をまとめる。まず、図-2で示すように、東北地域では唯一の仙台製油所が被災し長期間稼働停止した。つまり、この期間は石油製品全量を他地域から輸送せざるを得ない状況であった。日本全体では、仙台製油所以外に関東エリアで5カ所の製油所が被災により稼働を停止した。5カ所のうち、被害が少なかった3カ所は発災後数日で稼働を再開している。なお、被災により長期間稼働停止に追い込

また東北・関東エリア製油所3カ所の原油処理能力は、日本全体の13%程度である。

製油所の被災状況から、日本全体でみると石油製品量は不足していなかったと考えられる。その理由として2点挙げられる：1点目は日本の製油所は余剰能力を抱えていた<sup>49)</sup>ことである。2点目は石油製品備蓄の一部が放

出された<sup>6)</sup>ことである。このことから、日本全体でみると石油製品量と生産能力は十分に有していた。そして、東日本大震災時の石油製品不足は、被災による生産地域の空間的な変化に応じて輸送パターンを変更できなかったことが原因であったといえる。

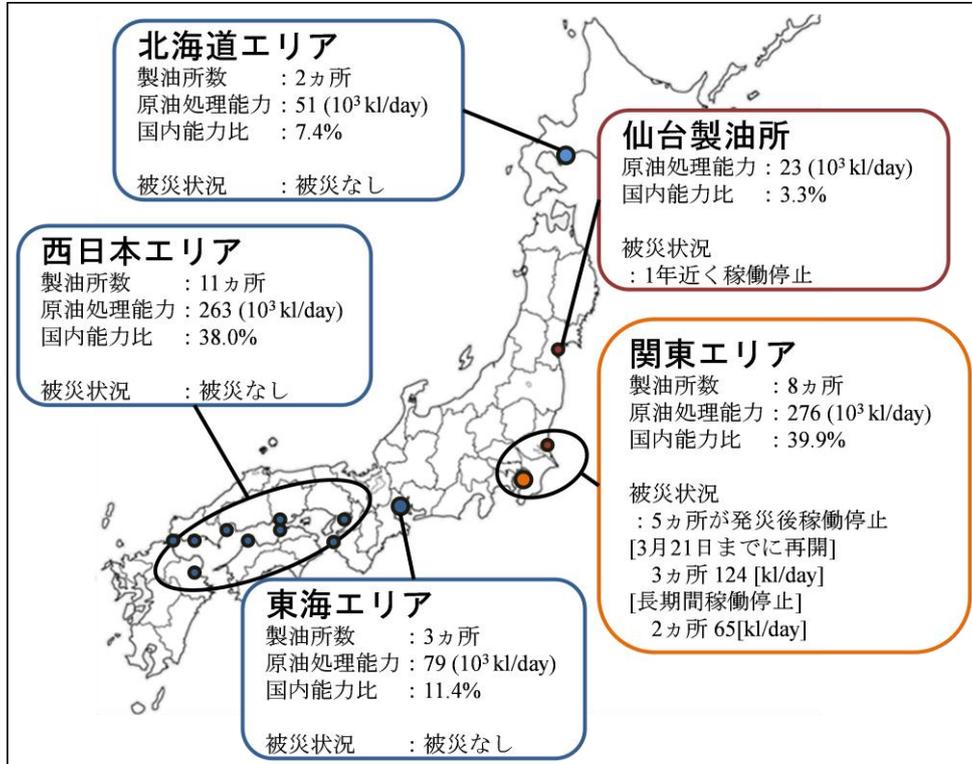


図-2. エリアごとの製油所数とその被災状況

石油元売り各社の発表を元に作成

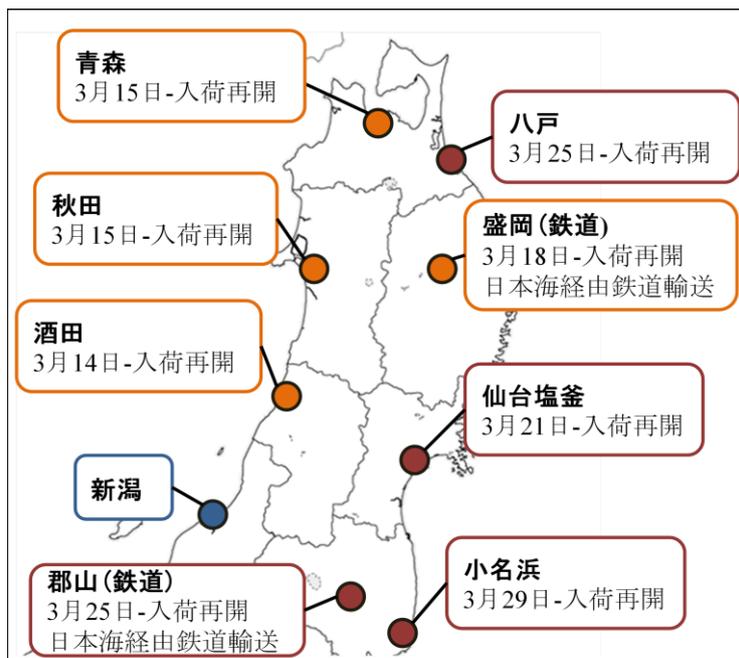


図-3. 東北地域の主要油槽所と入荷再開日

石油元売り各社の発表を元に作成

## (2) 東北地域の主要油槽所とその被災状況

通常時、製油所が1ヵ所しかない東北地方では、地域の油槽所を介して他地域で精製された石油製品を供給していた。東北地域の主要油槽所の立地を図-3に示す。盛岡と郡山にある油槽所以外は、石油製品を製油所から船舶で輸送するために港湾に立地している。内陸にある盛岡と郡山の油槽所に対しては製油所から鉄道を用いて輸送されている。

次に、東日本大震災による油槽所の被災状況を整理する。図-3に示す入荷再開日からわかるように、東北地域ではほぼすべての油槽所が発災後一時利用できなくなった。この期間は新潟等他の地域からタンクローリーで輸送するしかなかった。しかし、タンクローリーの容量・台数を考慮すると輸送できた量はごく僅かであったと考えられる。発災後3、4日たつと、日本海側の港湾に隣接する青森・秋田・酒田の油槽所が入荷を再開している。太平洋側の港湾に隣接する八戸・仙台塩釜・小名浜といった油槽所は、津波被害により入荷再開までに早くとも10日を要した。このことから、太平洋側に石油製品を供給するためには日本海側の油槽所から転送するしかない時期があったことが分かる。以上をまとめると、震災時の東北地域の石油製品供給施設の状況は以下の3つのphaseに分けられる：

- 1<sup>st</sup> phase：発災後約4日間。すべての油槽所が利用不可能な状態。
- 2<sup>nd</sup> phase：発災後約5日後から約10日後まで。太平洋側の油槽所は津波被災により利用できないが、日本海側の油槽所は利用可能な状態。
- 3<sup>rd</sup> phase：発災後約10日後以降。仙台製油所の被災によ

り依然生産はできないが、太平洋側の各油槽所も順次機能回復しつつある状態。

なお、図-3に記載している油槽所以外に、気仙沼市と釜石市にも油槽所は存在するが、それぞれの取扱量は主要な油槽所と比較して非常に少なく、さらに被災によりかなり長期間利用されていないために、本論文の分析対象から除外した。

## 4. 東北地域の石油製品販売実績

### (1) 通常時の石油製品販売の特徴

東北地方における石油製品販売量は、冬季に量が多く夏季は少ない。これは、暖房として利用される灯油の販売量が季節変動が大きいためである。そのため、東北地方では11月から4月にかけて石油製品の販売量が多い時期が続く。つまり、東日本大震災が発災した3月は石油製品需要が大きい時期であったといえる。

本論文では、東日本大震災の発災直前と直後のデータを比較しつつ分析を進める。つまり、2月と3月のデータで比較を行うことになるが、数年分の販売実績データから灯油、対象3油種合計の販売量は2月と3月で大差はない。よって、発災直前と直後で比較した差は震災による影響であるといえる（詳細は付録I参照）。

### (2) 販売実績から見る東日本大震災の影響

東日本大震災の影響を販売実績から見ていこう。表-1から、3月と4月は販売実績の前年比が大きく下がっていることが分かる。このうち、東日本大震災が発災した

表-1. 東北地域各県における販売実績の前年比(%)

	青森	岩手	宮城	秋田	山形	(福島)	対象5県計	6県計
2011年2月	118	101	104	102	110	107	107	107
2011年3月	86	74	64	88	82	65	77	74
2011年4月	84	90	82	96	94	81	88	86

表-2. 東北地域各県における3月発災後販売実績量の前年比較

	青森	岩手	宮城	秋田	山形	(福島)	対象5県計	6県計
[A]前年同期間販売量(10 <sup>3</sup> kl)	125	104	195	97	83	139	604	743
[B]3月発災後販売量(10 <sup>3</sup> kl)	99	64	92	79	61	68	395	463
前年比(%)	80	61	47	82	73	49	65	62

※1 表-2の導出方法

$$[A] = \frac{21}{31} [2010年3月販売実績], [B] = [2011年3月販売実績] - \frac{10}{31} [2010年3月販売実績]$$

2011年3月について、発災後の期間のみを取り上げる<sup>※</sup>と表-2のように示せる。

表-2から、発災後東北地域は非常に深刻な石油製品不足状況下にあったことが分かる。東北地域全体で見ると前年比で60%台まで落ち込んでいる。さらに、東北地域内でも地域差があり、特に深刻な宮城県と福島県では前年比の50%以下しか販売されていない。このように販売実績量が激減した理由は、震災による需要量の低下ではなく、供給量制約が原因と考えられる。このことについては、5章でより詳しく示される。表-2から読み取れる重要なポイントをまとめると以下の3点が挙げられる：

- 東北地域全体での販売量は前年比60%程度である。
- 宮城県・福島県の販売量は、前年比50%を下回る。
- 秋田県・青森県での販売量は、前年比80%以上。

なお、表-1と表-2で示す販売実績データには震災後の無償供与分は加えていない。なぜなら、それらは全体の輸送から見ると無視できる数量だからである。例えば、震災時には、石油連盟が東北3県に対してドラム缶2000本程度の無償供与<sup>8)</sup>を代表例として被災地に対して燃料の無償供与が行われた。しかし、これを一般的なドラム缶の大きさ(200リットル)を用いて換算すると、その全量は400(kl)程度である。このように、無償供与の量は全体から見ると僅かである。このことから、本論文では無償供与分は無視して分析を行う。

## 5. 東北地域への石油製品輸送

本章では、東北地域港湾の港湾データと鉄道データを利用して、東北地域に輸送された石油製品量について東日本大震災の影響を分析する。

### (1) 他地域製油所から東北地域への移出量

全国の製油所がある港湾（以下、『製油所港湾』）から東北地域向けに移出される石油製品量を見ていこう。表-3は発災前後1ヵ月（31日間）の東北地域向け製油所港湾移出量を製油所港湾の地域で集計した値を占める。図-4では、震災時の各エリアの東北地域向け週別移出量

<sup>※</sup> 表-3と図-4では、本論文の対象地域外である福島県の小名浜港向けの移出量は除外している。小名浜港への移出は、発災前後に関わらず関東からがほとんどであり、東北6県で見ると発災前の関東からのシェアはより大きくなる。また、発災後は小名浜港の入荷再開は3/29であり、3週目まではほとんど移入されていない。よって、図-4は小名浜港を考慮しても傾向に大差はない。

を示す。なお、これらの集計値には福島県の小名浜港向けの移出量は含んでいない<sup>※</sup>。

表-3から、発災前後で製油所港湾からの東北地域向け移出量が大きく変わっていることが分かる。まず、関東地域からの移出量は、発災前は過半数を占めていたが、発災後は大幅に減っている。これは、関東地域でも石油製品不足の状況にあり、東北地域に転送する余裕がなかったためであると考えられる。次に、北海道地域からの移出量は発災後に大幅に増えている。つまり、関東地域からの移出量減少分に対してを北海道地域からの移出量を増やしていたといえる。最後に、東海や西日本からの移出量だが、発災前後で増えているものの、全体量からすると僅かである。西日本から東北地域への輸送については、2011年3月17日の経済産業大臣の会見、およびそれ以降の経済産業省の発表<sup>9)</sup>で、西日本の製油所から約2万kl/dayのガソリン等を東北地方に転送すると発表されていた。しかし、表-3を見る限り、発表されたほどの量は西日本から転送されていない。表-3から読み取れる重要なポイントは以下の3点である：

- 発災前は、関東からの移出が過半数を占める。
- 発災後は、関東からの移出が大きく減り、北海道からの移出が過半数を占める。
- 西日本等からの転送はごく僅かである。

表-3. 製油所港湾からの東北地域向け移出量の発災前後1ヵ月比較

	北海道	関東	東海	西日本8港湾	その他	計
発災前(10 <sup>3</sup> kl)	237	389	20	42	44	733
発災後(10 <sup>3</sup> kl)	311	134	31	56	6	538
増加量(10 <sup>3</sup> kl)	74	-255	11	13	-38	-195

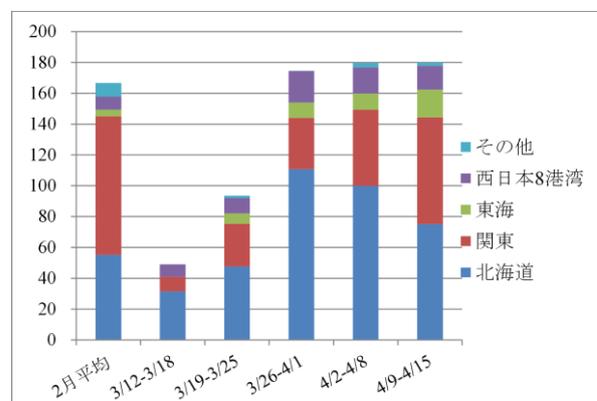


図-4. 発災後の東北地域向け石油製品移出量の推移(10<sup>3</sup>kl/week)

次に、図4から、発災後における製油所港湾からの東北地域向け移出量の推移を見よう。発災後2週間は全体の移出量が非常に少なく、深刻な石油製品不足に陥っていたと考えられる。ここでの移出量が少ない原因は、油槽所が被災していたことにより、東北地域内で受け入れ態勢が整っていなかったためであると考えられる。次に、移出量の内訳をみると、発災後34週目は北海道地域からの移出量が占める割合が特に大きい。このことから、発災後34週目は関東地域からの転送が困難で、この不足分を北海道からの転送で補っていたと考えられる。そして、関東地域からの移出量は5週目まで徐々に回復し続け、それに伴って北海道からの移出量が減っている。以上から、図4から読み取れる重要なポイントとして以下の3点が挙げられる：

- 発災後2週間は輸送総量が非常に少ない。
- 発災後3週目以降は輸送総量は安定しているが、大半が北海道からの移出が中心であった。
- 発災後5週目になり、関東からの移出が回復した。

なお、図4の見方については注意が必要である。発災後3週目以降は移出量が安定し、石油製品不足は一見解消しているように見える。しかし、この時点では1週目と2週目に解消されていない需要がまだ持ち越されていると考えられる。よって、発災後3週目ではまだ需要量に見合う供給が出来ていない可能性が高い。このことについては6章と7章で詳しく検討する。

## (2) 東北地域油槽所への石油製品移入量

図5に発災前である2011年2月の東北地域油槽所の移入量シェアを示す。ここでの「仙台製油所直接出荷」は仙台製油所から油槽所を介さずに直接GS等に出荷される分である。この仙台製油所直接出荷の正確な量は不明であるために、ここでは販売実績総量と移入総量の差としている。また、ここでの盛岡への移入量は仙台から鉄道で輸送されているものであり、仙台製油所の出荷として取り扱っている。

発災前の東北地域への石油製品供給体制の特徴を述べる。図5から分かることとして、第一に仙台エリアが東北地域への石油製品供給の一大拠点として機能していたことが挙げられる。仙台塩釜港の移入量と仙台製油所の出荷量を合わせると、全体の46%に達する。第二に、油槽所の中でも、酒田港への移入量他港湾と比較しても少ないことが挙げられる。このことから、酒田港の油槽所は施設規模が特に小さいと推測できる。以上から、図5から読み取れる重要なポイントは次の2点である：

- 全体の46%が仙台エリアを拠点として供給されている。
- 酒田港は他の港湾と比べて取扱量が少なく、施設規模

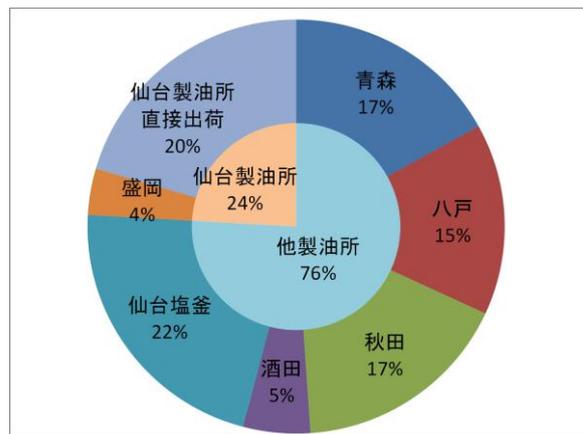


図5. 2011年2月東北地域各油槽所の石油製品移入量シェア

表4. 東北地域港湾における石油製品移入量の発災前後1ヵ月比較

	青森	八戸	秋田	酒田	仙台塩釜	(小名浜)	対象5港湾
発災前 (10 <sup>3</sup> kl)	160	173	164	39	197	122	733
発災後 (10 <sup>3</sup> kl)	143	54	175	47	119	32	538
増加量 (10 <sup>3</sup> kl)	-17	-119	11	8	-77	-90	-195

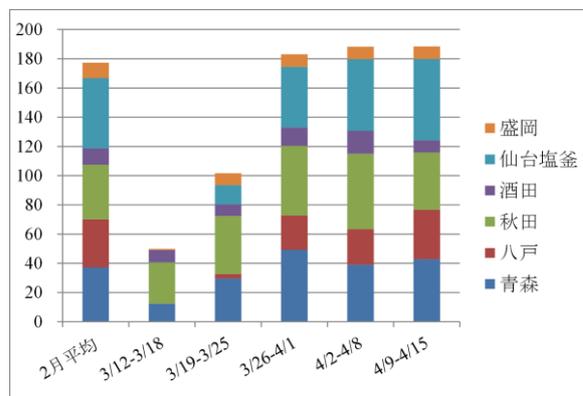


図6. 発災後の東北地域港湾における石油製品移入量の推移 (10<sup>3</sup>kl/week)

が特に小さいと推測できる。

次に、発災後の東北地域港湾の移入量を見ていこう。表4から津波被害をうけた八戸港や仙台塩釜港では大きく移入量が減っている。対して、日本海側の秋田港や酒田港には発災後に移入をしていない期間が数日あったにもかかわらず、発災前より多くを移入している。このことから、被災により長期間入荷できなかった太平洋側港湾の代わりに日本海側港湾に通常より多くの移入が行われたと推測できる。以上より、表4から読み取れる重要なポイントは次の2点である：

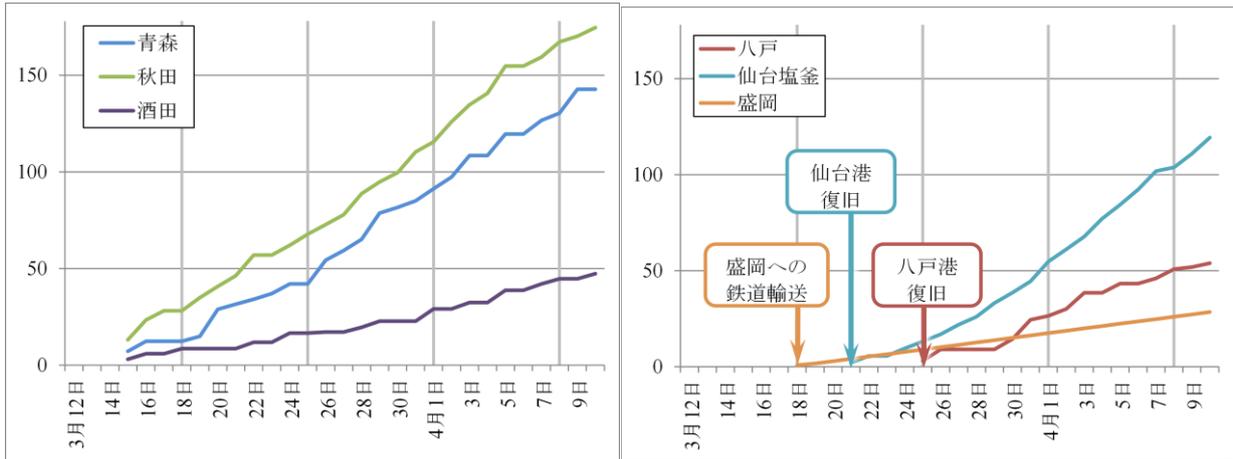


図-7. 東北地域各港湾（+盛岡貨物ターミナル）の累積移入量（ $10^3$ kl/week）

- 太平洋側の八戸港や仙台塩釜港では、発災前よから1/2～1/3程度に激減している。
- 日本海側の秋田港や酒田港では、発災前より僅かに移入量が増えている。

東北地域港湾における石油製品移入量の推移から分かることを整理する。図-6は発災後の東北地域各港湾への週毎移入量を示したもので、この全港湾合計量は、図-4に示した石油製品移出量の全製油所港湾の合計量に一致する。そして、図-7では東北地域各港湾の累積移入量を示す。日本海側の各港湾の累積移入量（図-7左）を見ると、ほぼ傾きが一定であることが分かる。つまり、日本海側港湾では移入再開から毎日ほぼ一定量が移入され続けたことが分かる。さらに、図-6から発災後2週目までは全体の移入量合計が非常に少ない。これらから、太平洋側にある仙台塩釜港と八戸港が復旧するまでは、東北地域に十分な石油製品を輸送できていなかったことが分かる。また、太平洋側の八戸港と仙台塩釜港の累積移入量（図-7右）を見ると、移入再開後も傾きが大きくなり続けている。つまり、移入再開時は限定的な復旧であり、復旧を進めるにしたがって移入量が増えていった様子が読み取れる。そして、鉄道による迂回輸送が行われた盛岡油槽所の移入量は、各港湾で移入された量と比較すると非常に小さく、港湾機能を代替できるほどの鉄道輸送はできなかったといえる。以上より、図-6と図-7から読み取れる重要なポイントは以下の4点である：

- 総移入量の回復は、発災後3週目以降となった。
- 日本海側各港湾には、発災後ほぼ同量が移入され続けている。
- 復旧後も、仙台塩釜港への移入量は増加し続けている。
- 盛岡への鉄道輸送は、船舶輸送と比べると非常に量が少ない。

## 6. 東北地域全体における集計的需給ギャップ

本章では石油製品輸送データと石油製品販売実績データを利用して、東北地域全体での石油製品の需給ギャップを分析する。

### (1) 東北地域全体での在庫放出量

発災後の石油製品販売量と東北地域への石油製品移入量の関係から東北地域全体の在庫放出量を考える。そのために、以下の恒等式：

$$\text{累積販売量} = \text{累積移入量} + \text{対象期間の在庫放出量} \quad (1)$$

を用いる。この式から、発災後から3月31日まで在庫放出量を算出できる。すなわち、累積販売量には3月発災後販売実績を、累積移入量には石油製品輸送データによる移入量を用いる。その結果、在庫放出量は92 ( $10^3$ kl)と求められる。これは、2010年3月の1日当たり販売実

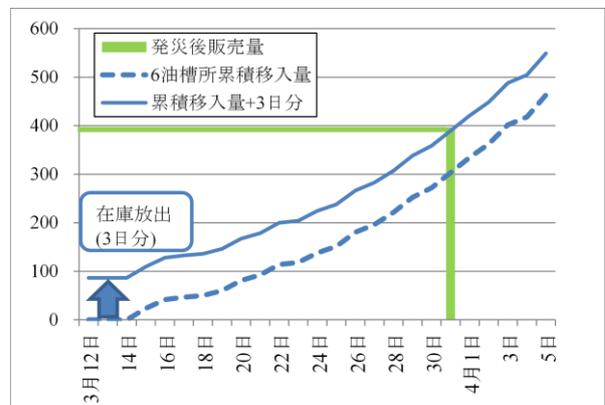


図-8. 販売実績と油槽所累積移入量の比較（ $10^3$ kl）

績で換算すると、およそ3日分となる。

## (2) 東北地域全体での集計的需給ギャップ

供給量が実際の需要量を満たしているかを東北地域全体で確認する。供給量は、石油製品輸送データの移入量にさらに3日分の在庫量を考慮する。ここでの、累積潜在需要量を、一日当たりの潜在的な需要量（以下、『潜在日需要量』）の累積量と定義する、潜在日需要量は昨年同月の平均販売実績と同量であるとする。図-9に累積潜在需要量と累積供給量（累積移入量+在庫3日分）を示す。まず、発災直後3日間は潜在需要量に応じて在庫が供給されたと考えられる。在庫がすべて放出された後は、移入量に応じて供給がなされるとしている。

仮に累積潜在需要量が実現していたとすると、図-9から供給量は不足し続けることになる。しかし、現実にはおそくとも4月中にGSの行列や在庫切れの状態は解消されている<sup>7)</sup>。このことから、潜在需要量として想定した中には、消費者が最終的に消費をあきらめた分（以下では、『消失需要』とする）が含まれていたはずである。この消失需要量は、図-9での累積潜在需要量と累積供給量（累積移入量+在庫3日分）の差に相当し、その量は累積日需要量の7日分である。なお、この量は表-2で示している発災後と前年の販売量の差に等しいことが確認できる。

消失需要量を考慮すると、実際に実現した累積需要曲線は累積潜在需要曲線より下にあると考えられる。ここで、4月1日に供給不足が解消したとという仮定を置いて累積需要曲線を描くと図-10に示すようになる。この累積需要曲線では、消費者は潜在需要の30%をあきらめている状態が続く。ここでの、累積需要曲線と累積潜在需要曲線の差が消失需要量である。

さらに、累積需要曲線と累積供給曲線のギャップについて見ていこう。図-11は図-10の一部を拡大したものである。このギャップが石油製品購入のための“待ち行列”であり、図-11に示すように待ち時間と待機需要量を把握することができる。GSに発生した行列は、この“待ち行列”と待機需要の一部が顕在化した現象といえる。

以上を踏まえると、図-10から、発災後2週目から3週目にかけてかなり供給不足の状況に陥っていたことが分かる。ただし、実際に供給不足が解消された時期は、東北地域内でも日本海側と太平洋側で大きく異なると考えられる。よって現実には起こった需給ギャップを見るには、より細かい地区別に需給ギャップを見る必要がある。

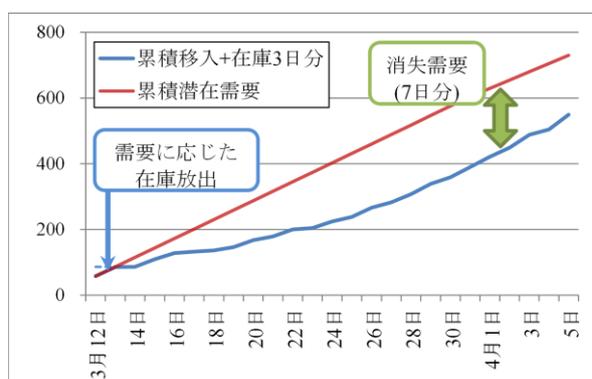


図-9. 在庫放出を考慮した累積供給量と累積潜在需要量の比較 (10<sup>3</sup>kl)

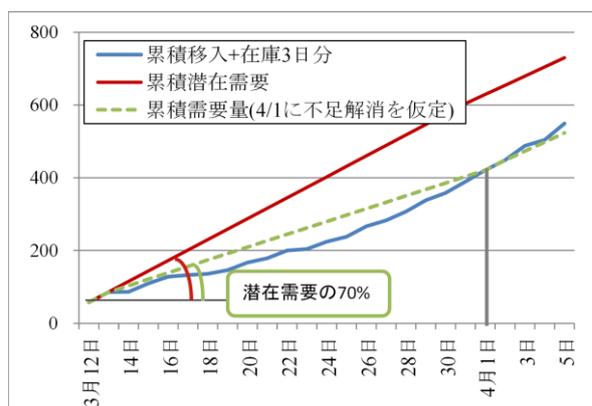


図-10. 震災時の累積需要量 (10<sup>3</sup>kl)

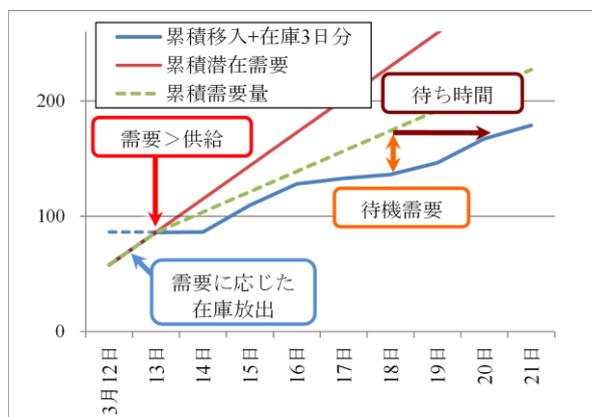


図-11. 震災時の待ち行列[図-10 拡大版] (10<sup>3</sup>kl)

## 7. 東北地域内の地区別需給ギャップの推定

本章では、東北地域内のエリアごとに需給ギャップを推定する。震災時に、日本海側の油槽所は早く復旧したが、太平洋側の油槽所は津波被災したことにより長期間利用できなかった。そのことにより、東北地域の中でも空間的に偏ったエリアで特に深刻な石油製品不足が発生していたと予想できる。そこで、油槽所から東北地域内各市町村への石油製品供給量を石油製品配分モデルを用いて推定し、より細かい地域ごとの需給ギャップを把握

する。

なお、本論文では現時点での石油製品配分モデルと推計結果を掲載するが、推計方法は現在改良中である。より正確な報告は、今後報告する。

### (1) 石油製品配分モデル

油槽所から市町村への石油製品供給量を推定するための石油製品配分モデルを説明する。まず、本分析で用いることのできる石油製品輸送に関するデータは：

- ・ 県別の3月販売実績、
- ・ 各油槽所への日毎移入量、
- ・ 市町村別潜在日需要量（2010年県別月毎販売実績を人口と日数で案分）、

の3つである。このデータを用いて、各油槽所から東北地域内市町村への石油製品輸送量を導出しなくてはならない。そこで、本論文では以下に示す2つの条件：

- ① 潜在需要量を上回らない範囲内で、できるだけ多くの石油製品を供給する。
- ② 油槽所から各市町村への供給に要する総コスト(所要時間)が最小になるように各油槽所から配分する。

に基づいた線形計画モデル（以下、『石油製品配分モデル』とよぶ）を用いて、石油製品不足状況の大筋をつかむ。これらの条件は、現実の配分でも満たされていると考えられる条件といえる。まず、①はここでの潜在需要が2010年の実現値であり、特に震災時は供給不足に見舞われていたために明らかである。また、②についても、元売り各社間でのバーター取引<sup>9</sup>等の物流効率化が行われており、現実にも全体の輸送コスト最小化が図られていると考えられる。このモデルの詳細については、赤松らの報告書<sup>10)11)</sup>を参照していただきたい。

### (2) 通常時データによる予備解析

#### (a) 通常時の配分エリア推定

石油製品配分モデルを用いて、2011年2月のデータから通常時の石油製品配分を推定した。各油槽所の配送エリアを図-12に示す。なお、ここでの仙台塩釜港には仙台製油所の直接出荷量も含んでいる。

#### (b) 通常エリアを用いた予備解析

震災後の供給量推定に向けた予備解析として、図-12を用いて通常時と震災後の輸送の違いを予測する。具体的には、震災後油槽所に移入された石油製品を、図-12の配送エリア通りに各市町村に配分した場合の累積供給量と、実現値である販売実績量を比較する。そして、その県毎の累積供給量と震災後販売実績に示した図が図-13と図-14である。

図-13に示す青森、岩手、秋田の3県では、通常時配分の累積供給量が販売推定量を上回っている。このこと

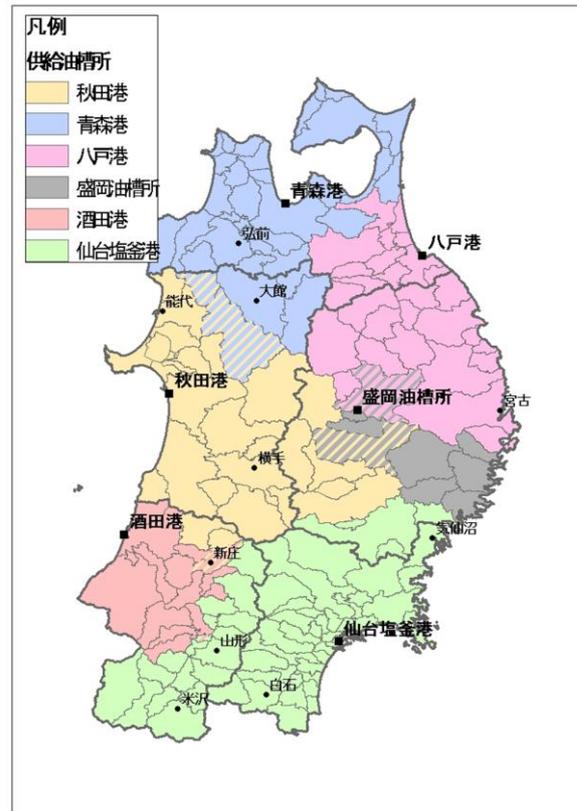


図-12. 通常時の推定配送エリア

注) 仙台塩釜港には、仙台製油所直接出荷分を含む

から、県からは通常の配送エリア外へ油槽所から供給が行われたことが分かる。次に、図-14に示す宮城、山形の2県では、通常時配分の累積供給量が販売実績を下回っている。このことから、宮城県と山形県では他県の油槽所から通常時と異なる輸送により石油製品が供給されることが分かる。また、宮城県では累積潜在需要量と累積供給量の乖離が大きく、他県の油槽所からの転送を特に必要としていたといえる。

### (3) 震災時の市町村別石油製品配分推定

本節では、1週間毎に油槽所から各市町村への配分パターンを決めると仮定して、震災時の配分を石油製品配分モデルを用いて推定する。震災時の推定では、石油製品配分モデルに追加で二つの効果を導入する。一つは、不足していない市町村への配分量を削減し、削減分を不足している地域に配分する効果であり、もう一つが未解消需要の一部をあきらめるという効果である。そして、それぞれのパラメータを累積供給量と推定販売量の差が最小となるように推定した。詳細な推定方法については赤松らの報告書<sup>10)11)</sup>を参照していただきたい。

なお、このモデルの結果を示すに当たり、留意すべき点がある。それは、石油製品供給量が不足している場合は、②の条件により、一部の市町村に全く供給されないという極端な結果になってしまう点である。現実の配分

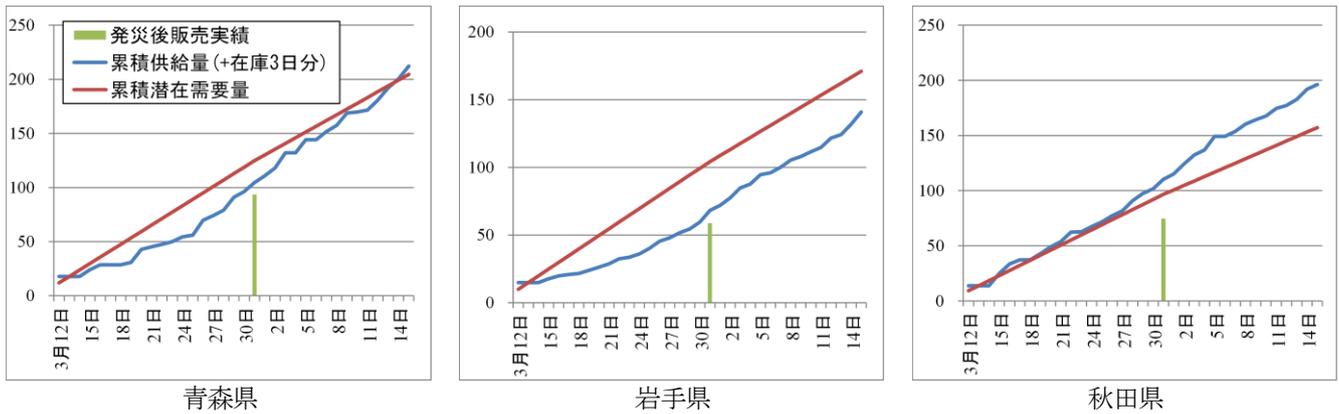


図-13. 通常時配分比による震災時県別需給累積図(A) (10<sup>3</sup>kl)

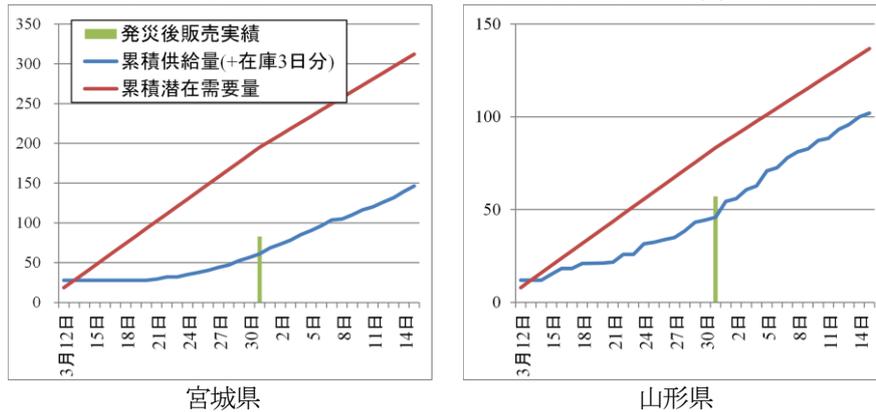


図-14. 通常時配分比による震災時県別需給累積図(B) (10<sup>3</sup>kl)

では、そのような市町村発生しないよう配慮して配分が行われたと考えられる。よって、本モデルでは各市町村単位で需給ギャップをとらえるほどの精度は期待できない。しかし、県別の販売実績に基づいてモデルを構築するため、県単位のレベルで供給不足を大筋でとらえるには、十分有用な結果であると考えられる。

各週における市町村の推定供給率（各週における供給量/需要量）を図-15に示す。図-15から、震災後2週間は東北地域全域で石油製品不足に見舞われ、5週目にかけて供給不足が解消されてゆく様子が分かる。ここで、もっとも石油製品不足となるのは、在庫が尽きてかつまだ太平洋側港湾が復旧していない震災後2週目となっている。3週目になるとかなり改善されるが、宮城県では供給困難な状況が続いたことが分かる。

推定結果が妥当であるかを検討するために、ガソリンスタンド営業情報と比較を行う。ここでは、ガソリンスタンドの営業情報として、図16に示すネット上の口コミ情報サイト<sup>7)</sup>に投稿されたガソリンスタンドの営業情報を用いる。図16で示されている状況を順に追っていくと、まず2週目後半では東北地域全域で在庫切れか給油制限の状態となっている。次に、3週目後半では仙台近辺の多くは依然給油制限をしているが、仙台近辺以外はほぼ通常営業を行っている。そして、4週目後半になると仙台近辺も含めて東北全体でほとんどが通常営業に

戻っている。この流れは、推定結果である図-15から読み取れる状況はほぼ一致しており、推定結果は大筋では妥当な結果だといえる。

次に、各油槽所からの週毎配送エリアを図-17に示す。震災後2週目までは日本海側の港湾を拠点として広域輸送が行われた。そして、3週目と4週目では全体での供給量は足りているが、宮城県や山形県、岩手県南部に青森港や秋田港から長距離輸送を行う必要があり、これらの地域に対しては依然輸送困難であったと考えられる。そして、5週目にはかなり通常時配送圏である図-12に近い形に戻っていることが分かる。

## 8. おわりに

本論文では、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。その中で、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製品不足が発生していたことが確認された。また、石油製品配分モデルを用いた分析から、東北地域内でも空間的に不足に偏りがあり、特に宮城県では震災後3週目まで石油製品不足が続いていたことを明らかにした。

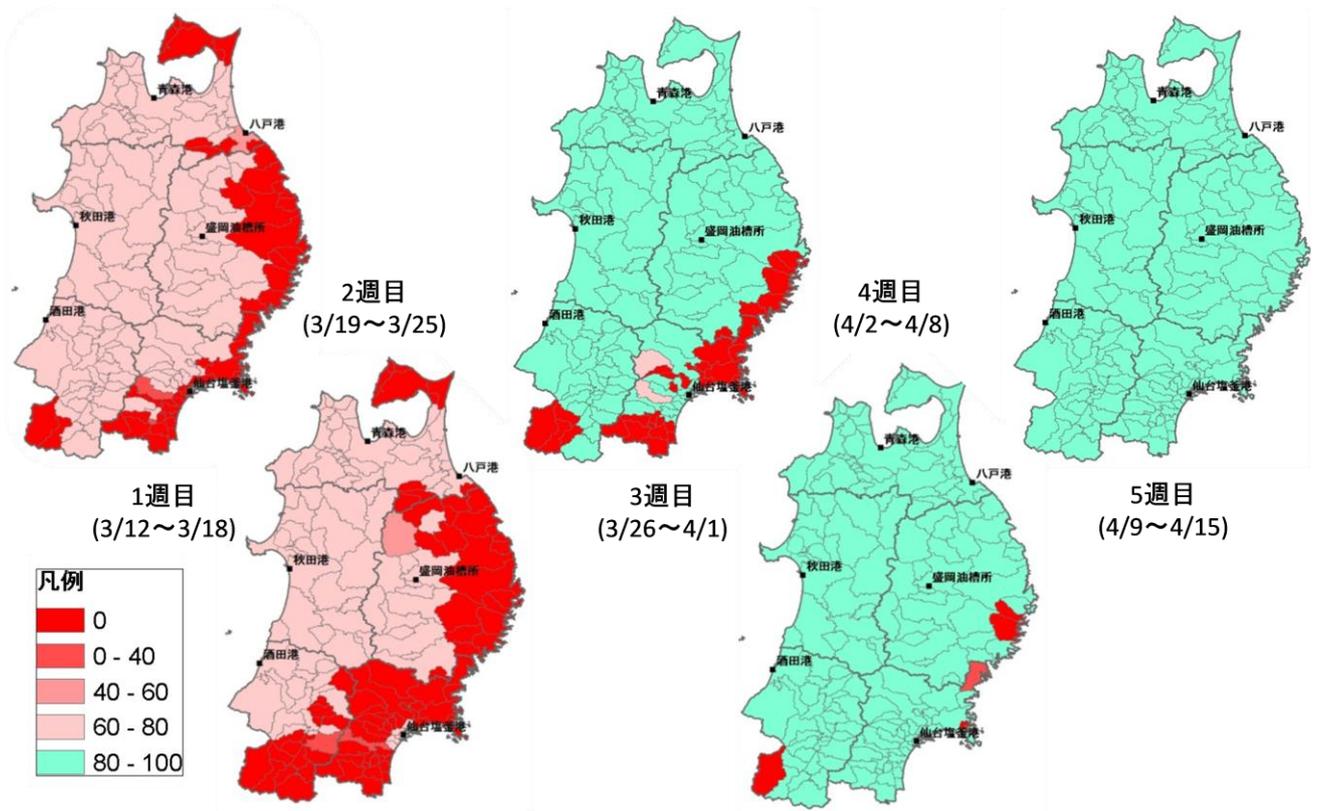


図-15. 発災後の石油製品推定供給率

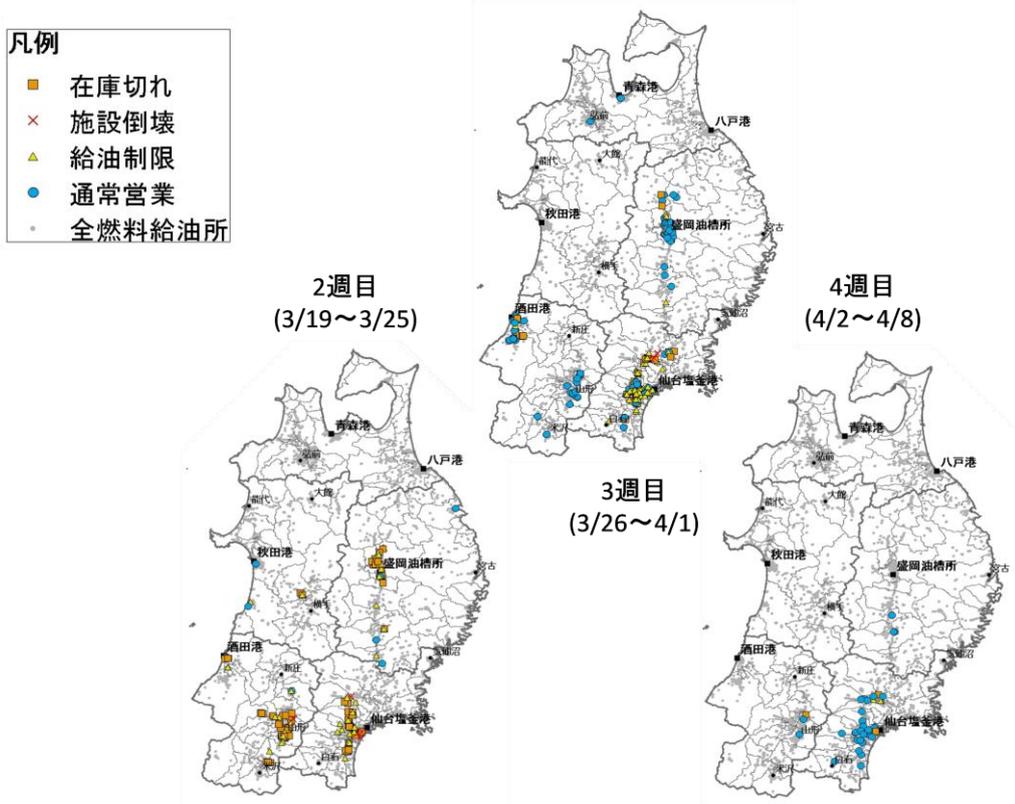


図 16. ガソリンスタンドロコミ情報

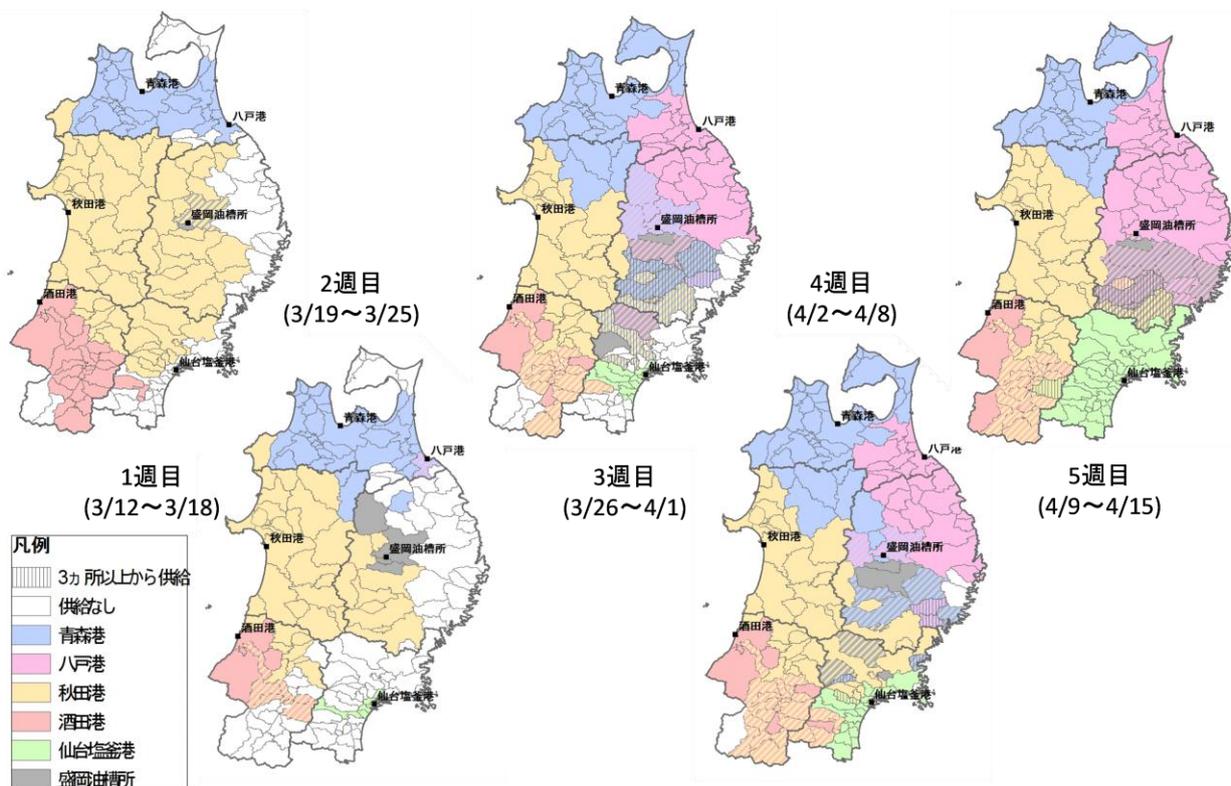


図-17. 発災後の各油槽所推定供給エリア

今後は、東日本震災時の緊急輸送における課題の整理とボトルネックの特定をする必要がある。具体的には、施設制約や油種別の分析を行う予定である。その上で、将来の災害に向けて、効率的な緊急石油輸送オペレーションの在り方や、施設計画について検討する予定である。

**謝辞：**本論文で用いた東北地域港湾の移出入データは、国土交通省東北地方整備局より提供いただいたものである。なお、データ取得の際に東北工業大学の稲村肇教授に大変お世話になりました。ここに記して感謝の意を表する。

#### 付録 I 通常時石油製品販売量の特徴

図-18に東北対象5県の月間石油製品販売総量を油種別に4年分記す。東北地域の石油製品販売量は、非常に季節変動が大きいことが分かる。油種別に見ると揮発油と軽油は季節変動が小さいが、冬季に暖房に利用される灯油の季節変動が非常に大きく、夏と冬で10倍近い差がある。東日本大震災が発災した3月は、灯油の販売量が依然多く、年間を通して石油製品販売量が多い月となっている。前後の月を見ると2月はほぼ似た傾向といえる

が、4月になると灯油販売量が減少し始める。この図からも、2011年3月は過去3年間と比較して石油製品販売量が大きく落ち込んでいることが分かる。

#### 参考資料

- 1) 戒能一成：「東日本大震災の国内エネルギー需給への短期的影響—2011年3月のエネルギー需給変化の観察・分析—」，経済産業研究所HP Special Report ([http://www.rieti.go.jp/jp/special/special\\_report/047.html](http://www.rieti.go.jp/jp/special/special_report/047.html))，2011
- 2) 経済産業省：「生産動態統計調査 資源・エネルギー統計」
- 3) 佐々木康真：「被災地に向けた石油製品輸送について」運輸と経済，第71巻第8号，pp.109-112，2011
- 4) 石油連盟：「今日の石油産業2012」，石油連盟HP (<http://www.paj.gr.jp/status/>)，2012
- 5) JX日鉱日石エネルギー：「石油便覧」JX日鉱日石エネルギーHP (<http://www.no.e.jx-group.co.jp/binran/>)
- 6) 経済産業省：「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」，経済産業省HP，2011
- 7) gogoGS「災害時ガソリン情報」 (<http://saigai.gogo.gs/>)
- 8) 石油連盟：「東日本大震災への石油業界の対応状況」，石油連盟HP ([http://www.paj.gr.jp/paj\\_info/](http://www.paj.gr.jp/paj_info/))，2011年4月18日
- 9) 公正取引委員会事務総局：「ガソリンの流通実態に関する調査報告書」，2004
- 10) 赤松隆，山口裕通：「震災後のガソリン輸送に関する調査研究」，東北大学ロジスティクス調査団中間報告書，2012
- 11) 赤松隆：「東日本大震災時の東北地域に対する石油製品輸送実態の把握」RIETI workingpaper，2012

(2012.5.7 受付)

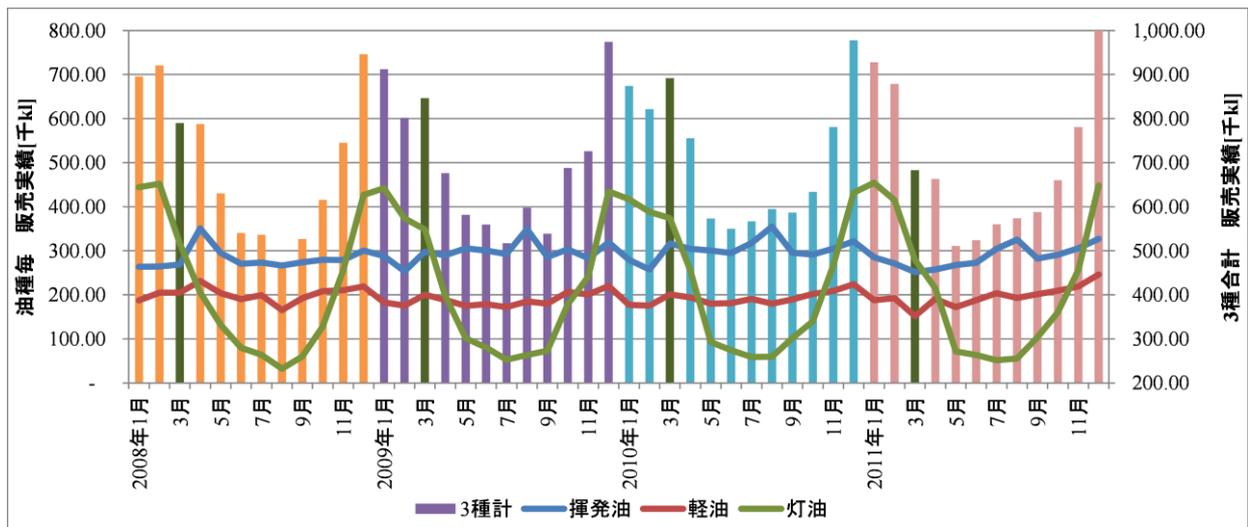


図-18. 東北対象5県の石油製品販売実績

QUANTITATIVE ANALYSIS OF PETROLEUM TRANSPORTATION INTO TOHOKU REGION AT THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE

Hiromichi YAMAGUCHI, Takashi AKAMATSU, Takeshi NAGAE,  
Takuya MARUYAMA and JinYoung KIM