

自然災害による貨物鉄道線区の被災がもたらす社会的影響の分析

厲 国権* 角田 仁**

Analysis of the Social Impact Caused by Damage of Rail Freight Corridor from Natural Disasters

Guoquan LI Hitoshi TSUNODA

In recent years, the railway network has been damaged by natural disasters, and the rail freight corridor trends to be often unavailable for a long period. Since there are many transport countermeasures, such as business continuity plan (BCP) to be taken against the natural disasters, it is required to objectively evaluate the relevant impacts. In this paper, we systematically organize the transportation capacity structure in the railway line, to comparatively analyze the situations between the normal and disaster term. Finally, using a case study, the increase in volume of CO₂ emissions is discussed, as an example of social impact caused by the damaged freight corridor.

キーワード：自然災害，貨物鉄道の被災，BCP とする輸送対応策，輸送力低減量，社会的影響

1. はじめに

近年，自然災害によって鉄道路線が被災し，鉄道貨物輸送ルートが長期間不通となる事象が発生しており，その影響を客観的に評価することが求められている。そこで，本研究では貨物鉄道線区が不通になることによって社会経済に及ぼす影響を考察する。

本論文では，まず自然災害による貨物鉄道の被災について，災害時の事業継続計画（BCP）とすることが可能な輸送対応策を整理し，関連制約条件の分析結果を述べる。

次に，鉄道線区を考慮する輸送ネットワークにおける輸送 OD 表の設計による輸送力の指標を体系化したうえで，分析対象線区における平常時の輸送体系と災害時に採り得る輸送体系を比較し，それに基づく輸送力の低減について考察する。

そして，具体的なケーススタディとして，被災した鉄道線区における平常時と災害時の貨物輸送量を比較し，社会的な影響の分析結果を例示する。

2. 災害による貨物鉄道の被災

2.1 輸送ルートの長期間不通

自然災害により貨物鉄道輸送ルートが長期間不通となった 1990 年以降の主なケース^{1) 2)}を，表 1 に示す。

表 1 に示した線区は，鉄道貨物輸送ネットワークの重要な構成部分であるが，2014 年の土砂災害を除き，ほぼ 1 カ月以上にわたり線区不通となった。

貨物鉄道輸送ネットワークは，貨物鉄道事業者が所有する貨物駅および貨物駅と幹線鉄道をリンクする連絡線

* 信号・情報技術研究部

** 日本貨物鉄道株式会社

表 1 自然災害により線区が長期間不通となった事例

時期	災害状況	不通となった線区	不通期間
1991年	新小平駅水害	武蔵野線 新秋津駅～西国分寺駅間の線区	2カ月
1995年	阪神・淡路大震災	東海道・山陽線 住吉駅～六甲道駅間の線区	2カ月以上
2000年	有珠山噴火災害	室蘭線 長万部駅～東室蘭駅間の線区	3カ月以上
2004年	中越地震災害	上越線	2カ月以上
2007年	中越沖地震災害	信越本線 柿崎駅～柏崎駅間の線区	約2カ月
2011年	東日本大震災	東北線 仙台貨物ターミナル駅～ 盛岡貨物ターミナル駅間の線区	1カ月以上
		常磐線 泉駅～岩沼駅間の線区	9年間 (2020年3月14日に 旅客列車全線運転再開)
2014年	土砂災害	東海道線 由比駅～興津駅間の線区	10日間
2018年	西日本豪雨	山陽線 岡山駅～広島駅間の線区	3カ月以上

と，複数の旅客鉄道事業者と第三セクターが所有する幹線鉄道で構成される。貨物鉄道事業者は，第二種鉄道事業として幹線鉄道を利用して旅客列車運行の間で貨物列車を運行する。また，貨物列車には，車扱列車とコンテナ列車がある。車扱列車は，主に特定の線区を走行する石油列車などであるが，コンテナ列車は，全国の範囲で製造業の製造品をはじめ，国民の日常生活に関わる宅配便や農産品など，多種類の貨物を運ぶ。このため，いったん幹線鉄道のある線区が自然災害により貨物列車の運行不能となる場合は，被災した線区の輸送損害だけでなく，中長距離の貨物輸送を担っているコンテナ列車も運休になることで，広範囲の輸送影響を及ぼし，それによってもたらされる社会経済的な影響が相当に拡大すると考えられる。

一方，自然災害による経済被害推計³⁾や新幹線の長期間不通による利用者損失の評価⁴⁾についてなされた研究はあるが，貨物鉄道線区が不通になった場合の社会的影響の考察については，著者らの知る限り研究例が見

られなかった。

本研究では、自然災害による貨物鉄道の長期間不通時に採り得る輸送対応策を整理したうえで、輸送の視点から社会的影響の分析を試みる。

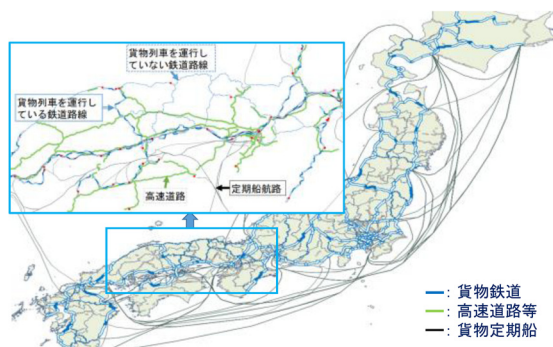


図1 貨物輸送ネットワーク

2.2 被災時の採り得る貨物輸送の対応策

平成18年2月20日に経済産業省から公開された「中小企業BCP策定運用指針」⁵⁾において、事業継続計画(Business Continuity Plan: BCP)とは、「自然災害や大火災等の緊急事態に備える企業の危機管理の新技术として、企業が自然災害、大火災、テロ攻撃などの緊急事態に遭遇した場合において、事業資産の損害を最小限にとどめつつ、中核となる事業の継続あるいは早期復旧を可能とするために、平常時に行うべき活動や緊急時における事業継続のための方法、手段などを取り決めておく計画」と定義されている。貨物鉄道事業は、中小企業ではないが、前述したように、近年の頻繁な災害に遭遇し、輸送ルートが長期間不通の状態となったケースが少なくなかった。これら輸送ルートの長期間不通は、貨物鉄道事業者だけでなく、鉄道を利用して商品輸送を行う荷主企業や利用運送事業者などの物流関係者そして国民生活にも大きな損害を及ぼす。それらの損害を最小限にするために、災害時の輸送事業継続計画においては、被災時の利用可能な輸送対応策ならびに代替輸送手段とそれらに関連制約条件を予め検討することが必要不可欠である。

図1は、鉄道・道路・船舶などを含む貨物輸送ネットワークの一例⁶⁾を示す。ある貨物線区が不通となった場合は、以下のような輸送対応策が考えられる。

(1) 迂回輸送

図1の拡大図に示すように、平常時に貨物列車を運行する幹線鉄道に対するバイパス線区がある場合は、平行線区を走行する列車本数の増発や列車組成車両数の拡大という迂回輸送が行われる。しかし、列車間合や設備の制約があり、応急的な列車増発や組成車両数拡大については、ハードルがかなり高いため容易ではないと考えられる。

また、多くの鉄道線区は、平常時には、貨物列車が運

行しないため、災害時の迂回輸送を行うために、インフラ施設を所有する事業者間の協調並びに協力が必要である。さらにはそれら線区の回復整備にかかる時間と、様々な技術的条件が異なる路線で運行する臨時貨物列車の機関車と機関士の確保などの課題がある。

さらに、迂回輸送のための拠点貨物駅に対しては、駅の貨物取扱能力(列車停車配線、荷役施設、コンテナ置き場スペース、トラック駐車スペース)、物流取扱能力(パニング、デバンニング)、関係作業員の確保(鉄道作業員、荷役作業員、物流作業員)、駅へのアクセス道路条件など、多くの課題を解決しなければならない。

(2) 代行輸送

① トラック代行輸送

図1の拡大図に示すように、貨物輸送ネットワークには、高速道路や国道などの多種類があり、トラック代行輸送は相対的に支障が少ないとみられるが、コンテナ輸送に適する大型トラック車両とトラックドライバーの手配難についての課題を考えなければならない。

② 船舶代行輸送

フェリー・RORO船(Roll-on/Roll-off Ship)そしてコンテナ船などの定期船航路は、図1に示すように多く設定されているが、船舶代行輸送は、あくまでも港間の輸送である。そのため、船舶の技術的条件、港と貨物駅間の輸送条件(道路、大型トラックとトラックドライバー)、港のコンテナ取扱条件(スペース、港運、荷役施設)などの制約がある。

(3) 荷主企業・利用運送事業者との輸送計画調整

貨物鉄道の側面からの迂回輸送や代行輸送などの対応策には、前述したようになり厳しい制約条件が存在するため、上記の対応策による輸送力は平常時の輸送力に比べて、はるかに小さいといえる。鉄道を利用している荷主企業や物流関係者などにとっては、やむを得ずトラック・船舶への転換や物流体制の見直しと出荷調整など、他の輸送手段への切替えを迫られる事態である。しかし、少子高齢化社会の進展に伴ってトラックドライバー不足が深刻化しており、荷主企業や物流関係者の輸送体制変更には、多くの困難があると考えられる。

3. 線区不通による輸送力低減量の推定

3.1 鉄道のブロック線区に基づく輸送力のOD表

鉄道輸送ODデータは、基本的には、始発駅(Origin)から到着駅(Destination)までの輸送量を記述したもので、統計的な単位時間における輸送人数、輸送トン数・件数、車両運行数などの発着量を表す。鉄道輸送のOD表は、こうした始発駅から到着駅までの枠組みの設定による駅間輸送をベースとする輸送量を記述する行列表である。また、鉄道路線をブロック線区に細分し、線区間

の輸送関係を反映したブロック線区に基づく輸送 OD 表の設計も行われている⁷⁾。

一方、鉄道輸送は、あくまでも列車ダイヤのもとで行われるので、鉄道路線における駅間の輸送力は、予め設定された列車ダイヤで決定されるともいえる。ここでは、OD 表の概念を利用して、ブロック線区に基づいた輸送力の OD 表の設計について試みる。

ブロック線区とは、図 2 に示すように、鉄道路線に配置される複数の鉄道駅を線区ごとにブロック化したものである。例えば、ブロック線区 A は、駅 A_{ai} ($ai=1, 2, \dots, an$) で、ブロック線区 B は、駅 B_{bi} ($bi=1, 2, \dots, bn$) で、ブロック線区 C は、駅 C_{ci} ($ci = 1, 2, \dots, cn$) で構成される。

ブロック線区 A とブロック線区 C は、鉄道路線における端末線区であり、ブロック線区 B は中間線区である。全路線を利用して輸送を行う場合は、ブロック線区 A とブロック線区 C は、出発線区と到着線区と見なされ、ブロック線区 B は、通過線区と位置づけられる。

図 2 に示したブロック線区に基づく輸送力の OD 表は、表 2 に示すように、以下の 9 つの子 OD 表で構成される。

(1) ブロック線区内で輸送を完結する子 OD 表

ブロック線区 A, B, C の各線区内で完結する輸送力を記述する OD 表としては、VAA ー子 OD 表, VBB ー子 OD 表, VCC ー子 OD 表である。

(2) 隣接ブロック線区に跨って輸送を完結する子 OD 表

隣接ブロック線区を跨って完結する輸送力を表す OD 表は、以下のとおりである。

VAB ー子 OD 表は、ブロック線区 A から始発し、ブロック線区 B に到着する輸送力を記述するものである。

VBA ー子 OD 表は、ブロック線区 B から始発し、ブロック線区 A に到着する輸送力を記述するものである。

VBC ー子 OD 表は、ブロック線区 B から始発し、ブロック線区 C に到着する輸送力を記述するものである。

VCB ー子 OD 表は、ブロック線区 C から始発し、ブロック線区 B に到着する輸送力を記述するものである。

(3) ブロック線区を通過して輸送を完結する子 OD 表

VAC ー子 OD 表は、ブロック線区 A から始発し、ブロック線区 B を通過してブロック線区 C に到着する輸送力を記述するものである。

VCA ー子 OD 表は、ブロック線区 C から始発し、ブロック線区 B を通過して、ブロック線区 A に到着する輸送力を記述するものである。

ブロック線区に基づく輸送力の OD 表には、駅間の輸送力が記述されるとともに、ブロック線区間の輸送関係も詳細に明確化される。

また、図 2 に示した各ブロック線区に関連する輸送力の子 OD 表は、以下のとおりである。

- ① ブロック線区 A に関わる子 OD 表 : VAA, VAB,

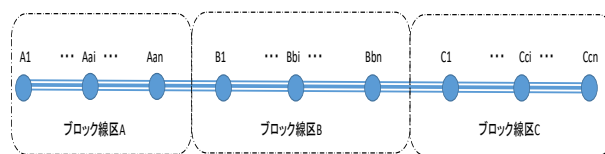


図 2 鉄道路線におけるブロック線区

表 2 ブロック線区に基づく輸送力の OD 表

線区と駅	ブロック線区A					線区Aの計	ブロック線区B					線区Bの計	ブロック線区C					線区Cの計	計					
	A1	A2	...	A _j	...		A _n	B1	B2	...	B _j		...	B _n	C1	C2	...			C _j	...	C _n		
ブロック線区A	A1					VAA						T(VAA)						T(VAC)						
	A2																							
	...																							
	A _j																							
	A _n																							
線区Aの計																								
ブロック線区B						VBA	B1					T(VBA)	B1					T(VBB)	B1					T(VBC)
線区Bの計																								
ブロック線区C						VCA						T(VCA)						T(VCC)						
線区Cの計																								
計																			TT(V)					

VAC, VBA, VCA

- ② ブロック線区 B に関わる子 OD 表 : VAB, VAC, VBA, VBB, VBC, VCA, VCB

- ③ ブロック線区 C に関わる子 OD 表 : VCA, VCB, VCC, VAC, VBC

以上のようなブロック線区に基づく輸送力の OD 表は、線区間の輸送関係などを反映するため、これらを用いることによりある線区が不通となったときの輸送力低減量について考察することが可能であると考えられる。

なお、線区数やブロック線区に属する駅数の構成については、固定されるものではなく、線区に対する分析の目的によって変更することができる。

3.2 線区不通による輸送力の低減量

(1) 輸送力の記述

図 2 に示した鉄道路線の輸送力は、表 2 に示したブロック線区に基づいた輸送力の OD 表により、次の式 (1) で計算することができる。

$$\begin{aligned}
 TT(V) = & T(VAA) + T(VAB) + T(VAC) \\
 & + T(VBA) + T(VBB) \\
 & + T(VBC) + T(VCA) \\
 & + T(VCB) + T(VCC)
 \end{aligned} \tag{1}$$

ここで、 $TT(V)$: 各種輸送力の合計

$T(VAA)$: 線区 A 内で輸送を完結する輸送力の計

$T(VAB)$: 線区 A から線区 B までの輸送力の計

$T(VAC)$: 線区 A から線区 B を通過する、線区 C まで

の輸送力の計

$T(VBA)$: 線区 B から線区 A までの輸送力の計

$T(VBB)$: 線区 B 内で輸送を完結する輸送力の計

$T(VBC)$: 線区 B から線区 C までの輸送力の計

$T(VCA)$: 線区 C から線区 B を通過する、線区 A までの輸送力の計

$T(VCB)$: 線区 C から線区 B までの輸送力の計

$T(VCC)$: 線区 C 内で輸送を完結する輸送力の計

なお、輸送力の単位は、トン/日またはコンテナ個数/日である。

同様に、ある鉄道線区の輸送力は、同線区に関わる各種輸送力を分析することによって計算することができる。一般には、鉄道線区に関わる輸送力は、線区内で完結する輸送力、隣接線区を跨がって完結する輸送力、隣接線区を通過して他の線区まで完結する輸送力、そして同線区を通過する輸送力などが含まれる。

(2) 被災した線区における輸送力の低減

ここでは、ブロック線区 B を分析対象とする、同線区に関わる各種輸送力の子 OD 表を用いて、線区 B が不通となったときの各輸送対応策を実施した時の線区輸送力の低減について検討する。

- ① VAA, VCC は、輸送力が維持できるブロック線区 A とブロック線区 C に対応するので、線区 A と線区 C の中で折返し運行を行う。
- ② VAB, VBA, VBC, VCB に対しては、ブロック線区 A とブロック線区 B における拠点貨物駅の集配トラック輸送範囲の拡大とトラック代行輸送を実施する。
- ③ VBB に対しては、トラック代行輸送を実施する。
- ④ VAC と VCA に対しては、ブロック線区 A, C の中で折返し貨物列車とトラック代行との結合による協力輸送、中長距離のトラック代行輸送と船舶代行輸送を実施する。
- ⑤ ブロック線区 B のバイパス線区が鉄道ネットワークにある場合は、平行線区における臨時列車増発や列車組成車両数拡大による迂回輸送を行う。
- ⑥ ブロック線区 B のバイパス線区がない場合は、普段貨物列車が運行していない第二種鉄道事業線区の回復整備による迂回輸送を行う。
- ⑦ 上記の輸送対応策を同時に実施する。

以上のいずれかの輸送対応策を施行するには、一定の手配時間が必要であるため、ブロック線区 B の被災による線区の輸送力は、平常状態に回復するまでに、段階的に拡大すると考えられる。すなわち、ブロック線区 B における災害時の輸送力は、図 3 に示すように、事業継続計画とする各輸送対応策に基づいた輸送力の合計である。

そこで、被災したブロック線区 B における輸送力の低減量は、次の式 (2) に示すように、平常時の輸送力と

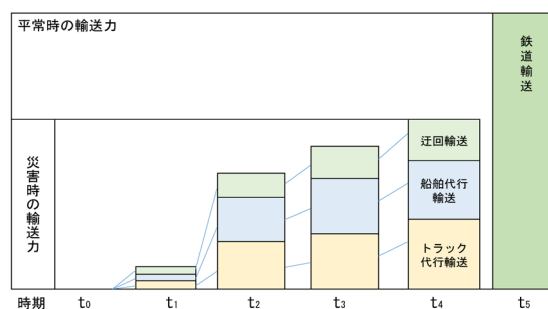


図 3 平常時と災害時の貨物鉄道の輸送力

比較して計算することができる。

$$\Delta TT^{(B)}(V) = \sum_{i=0} (t_i(TT^{(B)}(V) - TT_i^{(B)}(V))) \quad (2)$$

ここで、 $\Delta TT^{(B)}(V)$: 被災したブロック線区 B における輸送力の低減量。

t_i : 災害時における輸送対応策 (i) の実施期間 (日数)。

$TT^{(B)}(V)$: ブロック線区 B における平常時の輸送力 (トン/日またはコンテナ個数/日)。

$TT_i^{(B)}(V)$: 輸送対応策 (i) の実施期間 (t_i) における災害時の輸送力 (トン/日またはコンテナ個数/日)。

また、 $TT^{(B)}(V)$ は、次の式 (3) に示すように、ブロック線区 B に関わる各種輸送力の和である。

$$TT^{(B)}(V) = T(VAB) + T(VAC) + T(VBA) + T(VBB) + T(VBC) + T(VCA) + T(VCB) \quad (3)$$

$TT_i^{(B)}(V)$ は、ブロック線区 B が不通となったとき、代行輸送や迂回輸送などの輸送対応策 (i) による輸送力の合計であり、次の式 (4) で表わされる。

$$TT_i^{(B)}(V) = T^{(i)}(VST) + T^{(i)}(VSS) + T^{(i)}(VBR) \quad (4)$$

ここで、 $T^{(i)}(VST)$: 輸送対応策 (i) の実施期間 (t_i) におけるトラック代行の輸送力 (トン/日またはコンテナ個数/日)

$T^{(i)}(VSS)$: 輸送対応策 (i) の実施期間 (t_i) における船舶代行の輸送力 (トン/日またはコンテナ個数/日)

$T^{(i)}(VBR)$: 輸送対応策 (i) の実施期間 (t_i) におけるバイパス線区や回復整備などによる迂回列車の輸送力 (トン/日またはコンテナ個数/日)

4. 社会的影響の分析

現在の鉄道輸送においてはコンテナ輸送が主流となっており、製造品貨物の割合が全体の 60% 以上、国民生活に関わる貨物 (食料工業品、宅配便、紙製品そして農産品など) の割合が全体の 50% 以上を占めている。このため貨物鉄道線区が長期間不通となった場合は、生産活動、

国民の日常生活に大きな影響を及ぼすと考えられる。

以下では、2018年の西日本豪雨による鉄道線区の被災がもたらした社会的影響について考察する。

4.1 定性的分析

(1) 国内総生産 (GDP) への影響

図1の拡大図と図4に示した線区Bが豪雨災害によって被災し、100日間不通となった。この期間には、同線区を通過するコンテナ列車が運行不能となり、貨物鉄道の輸送量が3割強失われた。一方、同期間における実質国内総生産 (GDP) は前期比年率で2.4%減⁸⁾のマイナス成長となることがわかった。線区Bの長期間不通による貨物鉄道の輸送量低減がGDPのマイナス成長に影響した可能性は否定できないと考えられる。

(2) 物流の流通体系への影響

先行調査研究⁹⁾によると、線区Bの主な輸送品目としては、上下方面とも宅配貨物や食料工業品、工業製品が多いほか、上り方面では農産品、紙製品など、下り方面では雑誌書籍や自動車部品などが多くなっている。

工業品については、線区Bが不通となった期間に、同線区の西側にあるKS地域の出荷指数が4.2%減少と他の指標と比較して大きく落ち込んでおり、特に電子部品・デバイス工業、食料品工業（飲料水等）、印刷業等が前年同月比で大きくマイナスとなった¹⁰⁾。これらの製造品は、いずれも線区Bの主要輸送品目であるから同線区の不通との関連性が十分にあると考えられる。

農産品については、KS地域産野菜を、線区Bの東側にあるKT地域へ出荷する流通体系への影響が生じた。線区Bの不通期間において、KT地域のある市場では、KS地域産野菜の入荷数量および売上額が減少したとともに、同市場の野菜入荷総量が前年比マイナス、売上額が前年比プラスとなった¹¹⁾。結果として、「品薄、価格上昇の両方を感じた」消費者が物価モニター全体の3割を超え、品目別では野菜、ミネラルウォーターなどが多くなっている¹²⁾。KS地域産野菜は線区Bの主な輸送品目の一つである。このことから上り方面貨物列車の運行不能による野菜の入荷減少そして値上がりにつながる可能性が判明した。

(3) 輸送体系への影響

線区Bの長期間不通に伴い、平常時に同線区を通過している鉄道貨物輸送の一部は、鉄道事業のBCPによる迂回輸送や代行輸送で行うが、残りの大部分の貨物輸送は、荷主企業や物流関係者による代替輸送手段で対応される。このため荷主側において出荷先や出荷時期の調整という出荷調整を行う必要がある。

これら代替輸送手段については、いずれもトラックや船舶などに集中するため、鉄道線区の不通がトラックや船舶の輸送増加につながり、トラックドライバー

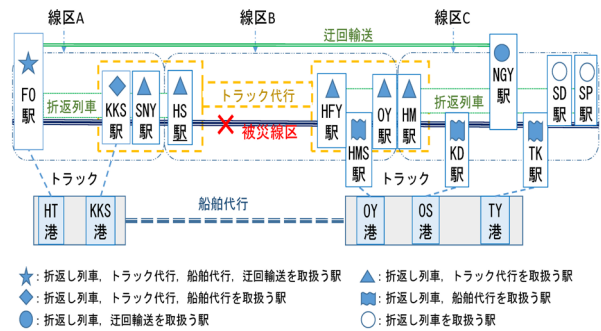


図4 線区Bの不通期間における貨物鉄道の対応策

手配難に加え逆モーダルシフトが発生したと推測される^{9) 13)}。

4.2 定量的分析

ここでは、前章で述べたブロック線区概念を用いて、図4に示すように、被災した線区Bの西側を線区A、同東側を線区Cとする。線区Bの長期間不通による社会的影響の指標の一つとして、二酸化炭素 (CO₂) 排出量という環境負荷の増加を分析する。

平常時では、全国で平日1日当たり約400本のコンテナ列車が運行しているが、線区Bを通過するコンテナ貨物列車（往復）本数は、72本/日で、平日1日の輸送トン数は、約35千トン/日である。これは、全国の1日当たり約9万トンの輸送量の3割強に相当する。

線区Bが不通となった100日間では、4,359本コンテナ貨物列車が運転休止となった。この期間において、貨物鉄道のBCPとしての輸送対応策は、図4に示すように、まず線区Aと線区Cにおける折返列車を運行するとともに、トラックや船舶と連携した代行輸送によるコンテナ輸送体制を構築した。そして、被災した線区Bや道路などの復旧状況に合わせて、図5に示すように輸送力を順次拡大のうえ最大で平常時の約26%の輸送力を確保した。さらに、普段貨物列車が運行していない線区が所有している旅客鉄道など、関係者の協調および協力により迂回線路が回復整備され、NGY駅～FO駅間に迂回列車を運行した。これらの迂回列車は経路線区の設定の制約などにより、平常時の輸送力の1%程度であるが、

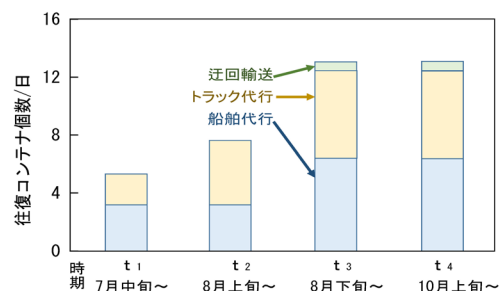


図5 線区Bにおける災害時の輸送力

法令などにより輸送方法が制限される貨物品目（各種危険品）の輸送需要に対応した。

以上のように、平常時に線区Bを通過する鉄道貨物の大部分は、ほかの代替輸送手段で対応することが避けられない。鉄道輸送は営業用トラック輸送に比べCO₂排出量が約1/11と環境負荷が低く¹⁴⁾、線区Bの不通期間に代替輸送を行うことは、環境負荷の増加につながると考えられる。このため、2018年の西日本豪雨による線区Bの被災による環境負荷（CO₂排出量）の増加がどれだけにあるかについて、平常時と災害時の鉄道貨物の輸送を比較して試算してみる。

図6は、平常時と災害時における鉄道貨物の輸送の概念図を示す。この概念図では、平常時には貨物鉄道の輸送力で輸送される貨物が、災害時には、貨物鉄道事業の輸送対応策による輸送力と、代替輸送および荷主の出荷調整によって対応されることを示す。

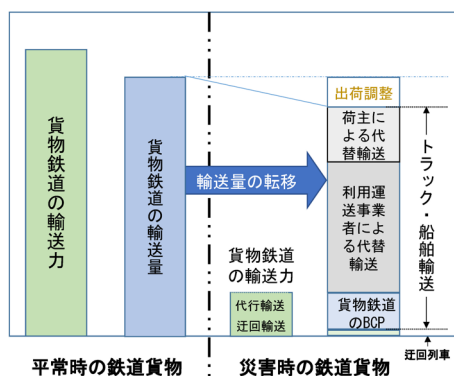


図6 平常時と災害時の鉄道貨物の輸送

そこで、線区Bに対する分析においては、まず、平常時の平日1日当たり輸送量（約35千トン）における曜日波動を考慮し、同線区不通となった100日間の日ごとの鉄道貨物の量を推定する。次に、図4と図5に示す貨物鉄道の輸送対応策（代行・迂回輸送）に、荷主企業や利用運送事業者などによる代替輸送を加えて各輸送手段の輸送量を算出する。この計算結果をベースに、線区Bを通過する貨物がコンテナ列車で輸送される場合とトラック・船舶そして迂回列車で輸送される場合とのCO₂排出量比較^{15) 16)}を行い、環境負荷の増加量を算出する。

結果としては、線区Bの不通期間におけるCO₂排出量が約20万トン増加したことが判明した。なお、この計算において、トラック輸送のCO₂排出量は、線区Bの不通区間のみを走行することを前提として計算したが、実際には、トラック輸送がもっと長い距離を走る部分があると推測できるので、実態は今回算出したCO₂排出増加量よりも多い可能性があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、自然災害によって鉄道線区が不通となった場合に、貨物鉄道の輸送対応策や代替輸送手段などを検討するとともに、災害時の輸送力低減量について、ブロック線区概念を用いて輸送力のOD表の設計により分析した。また、ケーススタディにより、被災した線区の不通期間に生じた社会的影響に関する定性的および定量的分析を行い、CO₂排出量という環境負荷の増加が小さくなかったことを確認した。今後は、社会基盤インフラの維持と強靱化を念頭におき、貨物鉄道輸送に関する研究開発をさらに進めていきたいと考えている。

謝辞：本研究のケース分析にあたり、日本貨物鉄道株式会社の石川尚承様から多大なご助力を頂いた。ここで心から感謝する。

文 献

- 1) 和田哲郎：鉄道貨物輸送の災害対応，JR gazette, pp.29-32, 2020
- 2) 日本貨物鉄道株式会社：JR 貨物データ，
<https://www.jrfreight.co.jp/about> (参照日：2020年2月26日)
- 3) 高橋頭博，安藤朝夫，文世一：阪神・淡路大震災による経済被害推計，土木計画学研究・論文集，No.14, pp.149-156, 1997
- 4) 浅見均：東海道新幹線の長期不通時における利用者損失の評価，土木計画学研究・論文集，No.18, pp.729-735, 2001
- 5) 経済産業省：中小企業BCP策定運用指針，平成18年
- 6) 属国権：貨物駅の駅勢圏の定量的な解析手法の開発，鉄道総研報告，Vol.32, No.12, pp.35-40, 2018
- 7) 属国権：線区をベースとする輸送OD表の設計とそれに基づく輸送指標の体系化に関する研究，第61回土木計画学研究全国大会講演論文集，No.61, 2020
- 8) 日本政策投資銀行：DBJ Monthly Overview 2019/5, 2019
- 9) 石川尚承，角田仁：自然災害による鉄道貨物輸送ルートへの不通に伴う社会的影響に関する一考察，第71回2019年度土木学会中国支部研究発表会，2019
- 10) 経済産業省九州経済産業局：九州地域の鉱工業動向（平成30年11月速報），2019
- 11) 東京都中央卸売市場：市場統計情報（月報・年報），2018
- 12) 消費者庁：平成30年8月物価モニター調査結果（速報），2018
- 13) 石川尚承，角田仁：西日本豪雨による山陽線の不通に伴う貨物輸送の環境負荷に関する一考察，令和元年度土木学会全国大会，2019
- 14) 国土交通省：2016年度運輸部門における二酸化炭素排出量，2019
- 15) 属国権：鉄道貨物輸送による物流費用・環境負荷低減効果の評価手法，鉄道総研報告，Vol.24, No.10, pp.29-34, 2010
- 16) 国土交通省：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル（2012年改訂版），2012