

令和元年5月20日現在

機関番号：82115

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01272

研究課題名(和文) 国際海運網におけるホットスポットの人為・自然災害リスク・マネジメント手法の開発

研究課題名(英文) Development of Natural and Man-made Disaster Risk Management Method for World Maritime Transport Network

研究代表者

赤倉 康寛 (Yasuhiro, Akakura)

国土技術政策総合研究所・港湾研究部・室長

研究者番号：70462629

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：地球規模のサプライチェーンが構築されている中で、国際海運網はゲートウェイとなる重要港湾や国際海峡・運河等のホットスポットに集中している。本研究では、これらのホットスポットの機能が一時的に停止または停滞した場合において、海上輸送がどのような影響を受けるかを事例(2014～15年米国西岸港湾混乱、2016年韓進海運破綻)を基に分析し、その結果としての輸送費増や貨物価値損失である直接被害に加え、SCGEによる波及効果を含めた総被害の評価方法を構築し、対応策の提案まで行った。さらに、主要な国際海峡・運河通航貨物の価値推計や、我が国バルク貨物輸入を例とした輸送経路全体のリスクアセスメントを行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

グローバル・サプライチェーンの途絶は、世界貿易・経済に甚大な影響を及ぼす可能性があるにもかかわらず、これまで、特に人為災害による影響は明らかになっていなかった。本研究は、事例における輸送日数増や代替経路を用いた貨物量を把握し、被害額を明らかにし、対応策も提案した。また、主要な国際海峡・運河で膨大な貨物が輸送されていることも明らかにした。これらの成果により、国際海運を利用する各荷主だけでなく、ホットスポットを管理・運営する組織や関連国、さらには国際社会に対して、ホットスポットのリスク対策の必要性を強く示すことができたことから、そのリスクマネジメントの推進に一定の学術的貢献があった。

研究成果の概要(英文)：World shipping network concentrates at major ports, straits and canals, which are called hot-spots, under the situation that the global supply chain substantially depends on the maritime transport. This study analyzed the influence of disruption of hot-spot's function on maritime transport by reviewing the 2014/15 U.S. West Coast port disruption and 2016 bankruptcy of Hanjin Shipping cases. Based on this analysis, the method for assessing the direct loss such as an increase of transport cost, damage on cargo etc, and the total loss including ripple effect by SCGE model were constructed, and also the countermeasures for disruption were suggested. Furthermore, an estimation of the cargo values through major international straits and canals, and a risk assessment for the whole transport route of Japanese bulk cargo import were carried out.

研究分野：国際物流、港湾BCP

キーワード：国際海運 大規模災害 コンテナ輸送 バルク輸送 代替経路 経済損失

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) レジリエントなグローバル・サプライチェーンの構築が急務

2011年の東日本大震災では、サプライチェーンの途絶が、全世界の産業に影響を及ぼし、長期に及び太平洋側港湾の機能停止は、その大きな要因の一つとなった。21世紀前半には、南海トラフ地震や首都直下地震、火山噴火等の巨大災害の発生可能性が指摘されている。また、米国西岸港湾では、2014年後半からの労使交渉による混乱によりコンテナ船の沖待ちが急増し、約9ヶ月にわたってコンテナ輸送を滞留させた。2015年8月には、天津新港で大規模な爆発事故が発生し、港湾機能の完全復旧には1ヶ月以上を要した。このような自然・人為災害によるサプライチェーンの途絶が経済社会へ及ぼす被害を出来る限り低減させるためには、レジリエントなグローバル・サプライチェーンの構築が急務である。

(2) 国際海運網のホットスポットのリスクの定量評価が不十分

国際海運網において、ゲートウェイ港湾や国際海峡・運河等は、船舶が集中するホットスポットである。これらのホットスポットのリスク評価に関する既往の研究では、一定期間の完全停止を仮定しており、輸送ルートの変化を精緻に追っていない等の大きな課題があった。

2. 研究の目的

本研究は、国際海運網におけるホットスポットである重要港湾・海峡・運河の災害リスクを定量的に評価し、そのマネジメント手法を開発するものである。具体的には、様々なタイプによるホットスポットの機能停止・低下が船舶運航や物流へ与えた影響を精緻に分析・評価し、その経済被害(直接・間接)を、国・地域別に評価することと、リスク回避・低減が必要な災害のシナリオ化に基づき、有効性の高いリスク・マネジメント計画を提案することである。

3. 研究の方法

(1) ホットスポットの機能停止・低下の状況分析

米国西岸港湾の混乱や韓進海運破綻など国際海運網のホットスポットの機能停止・低下による、実際の船舶運航の変更や、貨物流動の変化を把握し、その波及状況を分析する。

(2) ホットスポットの機能停止・低下の経済被害評価

ホットスポットの機能が停止・低下した場合の、経済主体別の経済被害(直接・間接)の評価手法を確立し、過去の災害へ適用して、経済被害の定量化を行う。

(3) 災害リスクに対応するマネジメント手法の提案

ホットスポットに関わる様々な人為・自然災害のリスクのシナリオ化により、輸送活動の脆弱性を評価し、これを回避するためのマネジメント計画を提案する。

4. 研究成果

(1) ホットスポットの機能停止・低下の状況分析

高度に発展した精緻なグローバル・サプライチェーンは、災害に対する脆弱性を有する。東日本大震災においては、日本からの自動車部品の供給停止が、アジアや北米を中心に、世界中の自動車生産の減少を招いた。2016年熊本地震においても、同様に北米での生産停止が発生した。これらの事実は、災害の被害がサプライチェーンを通して世界中に波及することに加え、部品生産の停止だけでなく、グローバル・サプライチェーンにおける輸送上の停滞においても同じ事態を招き得ることを示唆している。表-1は、港湾・海運機能の災害による停止・低下例をまとめたものである。多くのタイプの災害によって機能停止・低下が発生している。

表-1 災害による港湾・海運の機能停止・低下例

災害種別		災害例
自然災害	地震・津波	1995神戸, 2004Galle(Sri Lanka), 2010Talcahuano(Chile), 2011東日本太平洋側
	台風	2003釜山, 2005New Orleans(U.S.), 2008Yangon(Myanmar), 2012New York(U.S.), 2017Dominica/Puerto Rico/U.S.
人為災害	労働争議	2002U.S., 2003釜山, 2003EU, 2007深圳, 2008Cochin(India), 2010Chittagong(Bangladesh), 2014/15U.S., 2017Spain, 2017Jakarta(Indonesia)
	爆発事故	2010Mumbai(India), 2010大連, 2015Santos(Brazil), 2015天津
	ITシステム障害	2013New York(U.S.), 2017Maersk Terminal
	船社の破産	1986United States Lines, 2001朝陽商船, 2012三光汽船, 2015Global Maritime Investments, 2015第一中央汽船, 2016韓進海運
	政治情勢	1983-88タンカー戦争, 2017カタル

2014/15年の米国西岸港湾の労使交渉による混乱においては、2002年と異なり、港湾機能は完全には停止しなかったものの、約9ヶ月にわたって停滞した。その間の西岸港湾の荷役効率の低下を見たのが図-1、東京湾から西岸港湾への輸送日数の推移を見たのが図-2である。2014年末～2015年2月にかけて荷役効率が大きく低下し、2～3月の輸送日数が大幅に増加した。

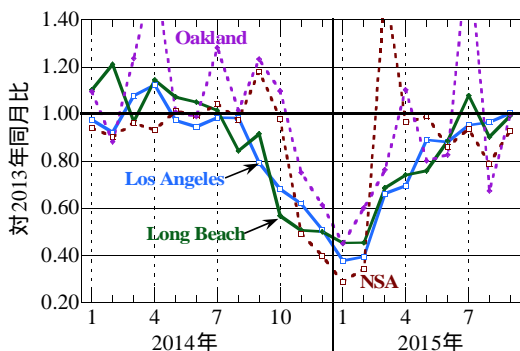


図-1 西岸港湾の荷役効率の推移

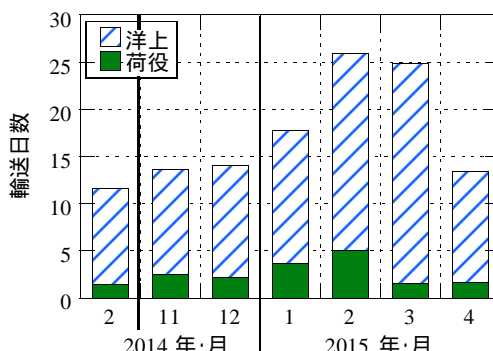


図-2 東京湾 西岸港湾の輸送日数の推移

米国西岸港湾が混乱した場合に、荷主は、輸送を取りやめる、東岸もしくは航空ルートにシフトする、遅延を前提で西岸ルートを使用するの3つの方法がある。実際に、それぞれの方法をどれだけ貨物量が選択したのかを、X-13ARIMAによるトレンド推計値との比較により定量化した。図-3がコンテナ量の変化(減少分が輸送取りやめ)、表-2が輸送取りやめとシフト量の推計結果である。東航では日本は航空シフト中心であったのに対し他国は東岸シフトが中心であり、西航では輸送取りやめが大量に発生していたことが判った。

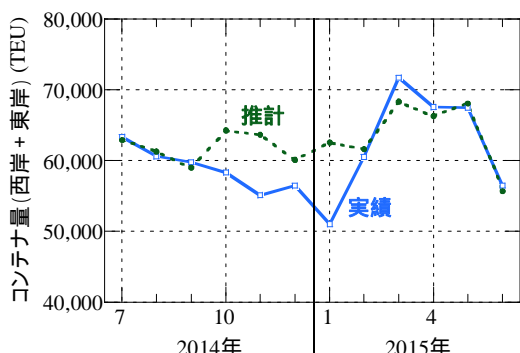


図-3 米国 日本コンテナ量のトレンドとの差

表-2 取りやめ・シフト量の推計結果

東航	日本	韓国	中国	台湾
	対米国			
輸送取りやめ	5.0	0.0	18.8	4.9
東岸シフト	0.9	17.2	179.2	4.9
航空シフト	9.8	1.1	8.5	0.9

西航	米国			
	対日本	対韓国	対中国	対台湾
輸送取りやめ	22.5	12.0	157.8	0.0
東岸シフト	10.7	19.8	44.8	18.7
航空シフト	3.6	0.3	2.2	0.5

単位: '000TEU

2016年8月末に破綻した韓進海運の影響について、運航していた97隻のコンテナ船の状況の推移を示したのが図-4、荷卸しが完了したコンテナ船の隻数を整理したのが図-5である。当初、入出港・荷役拒否や差し押さえを避けるための航海待機が大量に発生、少しずつ荷卸しを行ったが、全船の完了までは3ヶ月を要していた。また、荷卸しは必ずしも荷主と契約した仕向港ではなく、以降の輸送を同社では手配できず輸送が途中で停まった例も多かった。

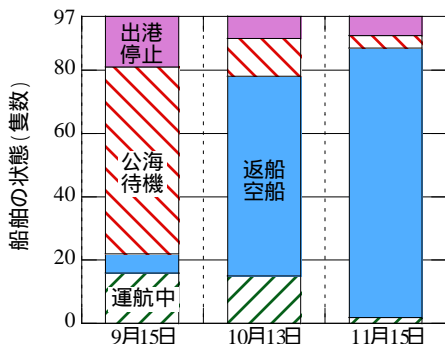


図-4 運航コンテナ船の状態の推移

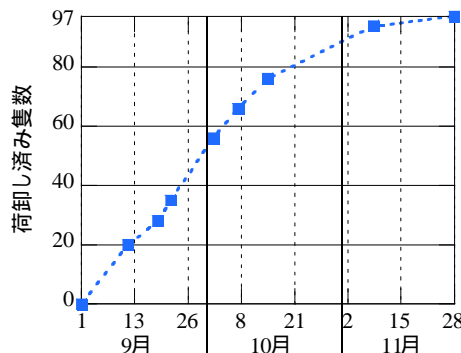


図-5 荷卸しが完了したコンテナ船隻数の推移

(2) ホットスポットの機能停止・低下の経済被害評価

2014/15年の米国西岸港湾の混乱では、荷主等への直接被害として、輸送取りやめによる貨物価値減、シフトによる輸送コスト増及び西岸港湾での貨物滞留による輸送コスト増及び貨物価値減の3つが考えられる。については、輸送が出来ないことにより市場を失った貨物もあれば、国内や世界の他地域へ転売できたものもあるため、貨物価値損失率を推計するこ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

とは困難である。そこで、便宜上、平均的には価値が半減したとして、輸送を取りやめた貨物量に掛け合わせて算定した。については、シフトによる運賃及び輸送日数の差に、当該貨物量を掛け合わせたが、東岸ルートへシフトした一部貨物は、輸送時間増を考慮してもマイナスの損失（便益）となった場合があり、これについては損失がなかったものとして扱った。については、輸送日数が大幅に増加したピーク時の生鮮食料品については全損失したとみなした。

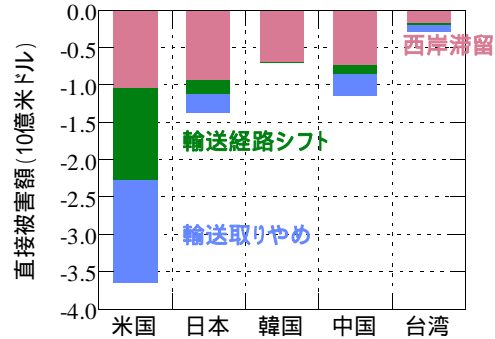


図-6 直接損失額の国別推計結果

直接損失額の推計結果が図-6である。損失は、現時点では輸入者が主要輸送の危険を負担する契約が主流であることを踏まえて、基本的には輸入国に計上したが、輸送取りやめは輸送に至っていないので、輸出国に計上した。世界全体の直接損失額は72億ドル、最も損失額が大きかったのは米国で、日本は貨物価値が高く、航空シフトが多く、また、米国からの生鮮食料品の量も多かったため、直接損失額は中国より大きくなっていった。

さらに、この直接損失を、関税率の増加に換算して、波及効果を含めた全損失額を推計した。貨物価値の損失や運賃の増加については、当該全貨物の損失額より直接関税率を算定し、輸送時間の増加については、Minor<sup>1)</sup>による時間コストの関税率換算（表-3）を用いて、国別に関税率に換算した。その結果を用い、SCGE（空間的応用一般均衡）モデルの一つで、関税率変化の経済影響算定に定評のあるGTAP（Global Trade Analysis Project）を使用し、世界経済への影響を算定した。その結果が図-7である。世界全体での損失額は、103～124億ドルと推計された。損失はやはり米国経済が最大で、次いで中国、日本であった。

表-3 時間コストの関税率換算

国・地域	東航 (米国向け)	西航 (米国出し)
日本	0.840-1.160	0.585-0.950
韓国	0.760-1.075	0.585-1.075
中国	0.670-0.935	0.635-0.930
香港	0.670-0.935	0.680-0.895
台湾	0.635-0.860	0.450-1.060
その他世界	0.700-1.080	0.720-0.980

データ:文献<sup>1)</sup>より

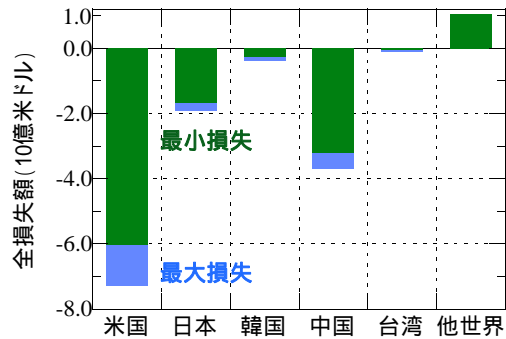


図-7 全損失額の国別推計結果

2016年の韓進海運破綻においては、前述のとおり、全コンテナ船からの荷卸しに約3ヶ月がかかり、仕向港へはさらに輸送を要していた場合も多かったことから、積載コンテナ貨物は、ほぼ全損失したものと推察される。航路別のコンテナ積載状況より、消席率を設定して貨物の総価値＝損失を推計した結果が表-4である。コンテナ貨物の単位価値は、米国貿易統計とPIERSデータより算定した。全世界で110～128億ドルの損失があったと見られ、その半分は韓国を中心とした東アジア、1/4が北米と推計された。

表-4 韓進海運輸送コンテナの総価値

設定消席率	60%	70%
全世界計	11.0	12.8
東アジア	5.6	6.5
南ア・中東	1.0	1.2
欧州	1.1	1.3
アフリカ	0.0	0.0
北米	2.9	3.4
中南米	0.2	0.2
オセアニア	0.1	0.1

単位:10億ドル

さらに、世界の主要な国際海峡・運河について、その機能停止・低下時の経済被害の規模を推察するため、通航船を特定した上で、その積載貨物の価値を推計した結果が、表-5である。貨物の荷姿・品種別では、ホルムズ海峡を除いてコンテナ貨物が全体の2/3を超えており、マラッカ海峡は世界の全海運貨物の1/3以上が通過していることが判った。なお、機能停止・低下時の経済被害は、影響を受ける貨物の価値の大きさに加えて、代替経路の長さも関係する。

表-5 世界の主要国際海峡・運河の通航船の積載貨物価値及び世界シェア（2017年）

海峡 運河	通航船の積載貨物価値(千億米ドル)							世界海運 シェア	世界貿易 シェア
	コンテナ	バルク	石油類	ガス	自動車	その他	合計		
マラッカ	22.3	1.6	5.0	0.4	2.3	0.3	31.9	35%	18%
ホルムズ	6.8	0.4	5.8	0.7	0.7	0.1	14.6	16%	8%
スエズ	10.4	0.2	0.9	0.1	0.8	0.1	12.4	13%	7%
パナマ	2.5	0.2	0.2	0.1	0.7	0.1	3.7	4%	2%

(3) 災害リスクに対応するマネジメント手法の提案

荷主が国際海運網のホットスポットの機能停止・低下に備える方法として、まずは、保険の適用が考えられるが、通常海上保険では、いかなる遅延も免責事項である。貨物の破損がなければ、遅延により事実上貨物が無価値となっても、海上保険は適用されない。

2014/15年の米国西岸港湾の混乱では、日本の自動車メーカーは航空シフト中心(図-8)であったが輸送の遅れで減産を強いられたのに対し、韓国のメーカーは東岸シフトにより対応し(図-9)、生産には影響がなかった。このことは、災害リスクに備える上で、経路の多重化が有効であることを示している。平常時、日本メーカーはほとんど西岸港湾のみを利用していたのに対し、韓国メーカーは西岸港湾だけでなく東岸港湾を利用しており、混乱時にシフトが容易であったと考えられる。ただし、平常時に複数の経路を確保することが輸送効率を大きく低下させる場合には、経路の多重化は難しい。日本の自動車メーカーは2002年の西岸港湾の混乱(ロックアウト)を経てルートは変えていなく、それだけ西岸港湾の輸送効率が高いと推察される。

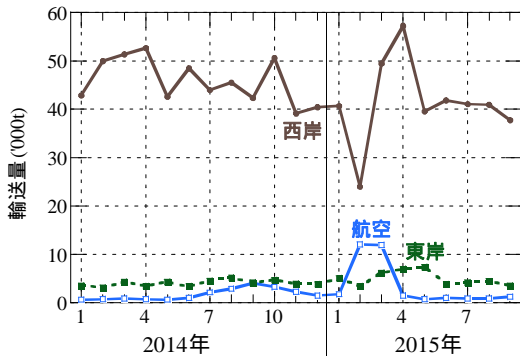


図-8 日本の自動車部品輸出の経路の推移

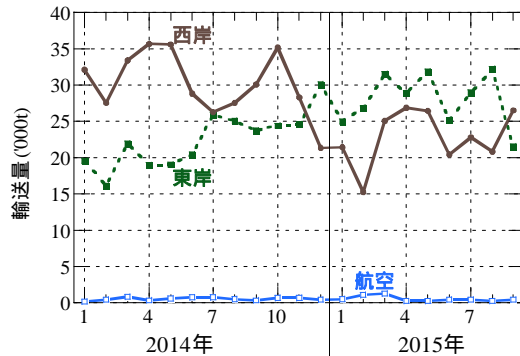


図-9 韓国の自動車部品輸出の経路の推移

我が国へのバルク貨物(石油、鉄鉱石、石炭、穀物等)の輸入を経路全体で俯瞰した場合、輸送途絶のリスクは、原産国での生産・輸出停止、輸送途上での輸送停止及び国内の輸入停止の3つに大別される。では地域紛争やテロ、倒産や爆発事故等による生産停止や輸出港湾の機能停止、ではテロや海難事故等による国際海運網のホットスポットの機能停止や輸送を担う船社の倒産、では巨大地震・津波や爆発事故等による港湾機能の停止が想定される。これらの影響度及び対策をまとめたのが、表-6である。

表-6 バルク貨物輸入におけるリスクの発生箇所、影響度及び対策

発生箇所	影響度の大きさ	想定される対策
原産国 (生産・輸出)	原産国が特定の国・地域に大きく依存している場合に、影響度が大きい	多様な調達先の確保: 進められていないが容易ではない
輸送途上 (海峡・運河)	依存率が大きい場合で、かつ、代替ルートの能力が小さい場合に、影響度が大きい	在庫量の確保: 石油及びどうもるこしは備蓄制度あり
国内 (輸入)	同時被災する輸入港の割合が多いほど、影響度も大きくなる	代替ルートの確保: 採算がとれないルートは維持できない
		輸入港・工場の強靱化・分散化: 分散化は品種により困難

原産国では、調達先の多様化が容易ではない場合、在庫量の確保が主となる。過去に大きな途絶のあった石油や飼料穀物については、国家備蓄制度が整えられてきている。物質の性質上、現状では備蓄量が非常に少ないLNGについては、輸入LNGを国内の枯渇ガス田に地下貯蔵する検討が進められている他、シェールガスによる調達先の多様化も進められている。輸送途上のリスクも在庫確保が基本となると考えられる。代替ルートが確保できるかどうかと、その経路の長さは、輸送途絶の可能性と兼ね合わせて、在庫量をどこまで増やすかとの判断と関係する。船社の倒産については、コンテナ輸送では、韓進海運破綻を受けて、The Allianceが独立した信託ファンドを設立し、アライアンス構成船社が倒産した場合はファンド資金を活用して仕向港までの輸送を継続する制度を整えており、同様の制度が他のアライアンスや船種へと拡大することが期待される。国内については、輸入港で耐震強化やBCP策定等の強靱化が進められているものの、分散化については、東日本大震災後に需要が増加してきた一般炭やLNGは可能性があるが、需要が減少傾向の石油では製油所の集約化が進んでおり困難度が高い。

<引用文献>

1) Minor J. P.: Time as a Barrier to Trade: A GTAP Database of ad valorem Trade Time Costs, ImpactEcon, 2013.

## 5 . 主な発表論文等

### [ 雑誌論文 ] (計 5 件)

赤倉康寛, 小野憲司: 国際海峡・運河の封鎖が世界の海上物流に及ぼす影響の基礎的分析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読あり, Vol.75, No.2, 2019. (掲載決定)

Yasuhiro AKAKURA, Tomoko SASAKI, Kenji ONO and Tomihiko WATANABE: An Assessment of the Impacts on the International Container Transport and the World Economy Resulting from the 2014/15 U.S. West Coast Port Disruption, Journal of Integrated Disaster Risk Management, 査読あり, Vol.8, No.1, pp.1-21, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.5595/idrim.2018.0295>

赤倉康寛, 佐々木友子, 小野憲司, 渡部富博: 港湾・海運における人為災害による国際海上コンテナ輸送への影響の把握・分析, 国土技術政策総合研究所報告, 査読なし, No.60, pp.1-19, 2018.

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/rpn/rpn0060.htm>

赤倉康寛, 佐々木友子, 小野憲司, 渡部富博: 米国西岸港湾の労使交渉に伴う混乱の東アジア - 米国間海上コンテナ輸送への影響による損失額試算, 日本物流学会誌, 査読あり, No.25, pp.103-110, 2017.

赤倉康寛, 小野憲司: 米国西岸港湾の混乱による国際海上コンテナ輸送への影響に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読あり, Vol.72, No.2, pp.1\_1105-1\_1110, 2016.

DOI: [https://doi.org/10.2208/jscejoe.72.1\\_1105](https://doi.org/10.2208/jscejoe.72.1_1105)

### [ 学会発表 ] (計 6 件)

Yasuhiro AKAKURA and Kenji ONO: Basic Impact Analysis of Maritime Global Critical Infrastructure Disruption Caused by Disasters on the Global Trade and Economy, IDRIM2018 Conference, 2018年10月, Sydney (Australia)

赤倉康寛, 小野憲司: 我が国のバルク貨物輸入の途絶可能性に関する基礎的研究, 日本沿岸域学会第31回研究討論会, 2018年7月, 横浜市

Yasuhiro AKAKURA and Kenji ONO: Economic Loss Assessment of Port Stagnation Due to Disasters -Case Study of 2014/15 U.S. West Coast Ports Disruption-, 2017年10月, Reykjavik (Iceland)

赤倉康寛: 韓進海運破綻による世界コンテナ流動への影響分析, 第55回土木計画学研究発表会, 2017年6月, 松山市

Yasuhiro AKAKURA and Kenji ONO: A Possible Risk Reduction of Negative Impact of Port Blockade by Disasters on the Global Trade and Economy -Case Study of U.S. West Coast Ports Disruption-, 2016年10月, Isfahan (Iran)

赤倉康寛, 佐々木友子, 小野憲司: 米国西岸港湾の労使交渉に伴う東アジア - 米国間国際海上コンテナ輸送への影響分析, 日本物流学会全国大会, 2016年9月, 札幌市

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 小野 憲司

ローマ字氏名: (ONO, Kenji)

所属研究機関名: 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

部局名: 港湾技術研究所

職名: 客員研究員

研究者番号: 10641235

研究分担者氏名: 渡部 富博

ローマ字氏名: (WATANABE, Tomihiko)

所属研究機関名: 京都大学

部局名: 経営管理研究部

職名: 特定教授

研究者番号: 10356040

研究分担者氏名: 佐々木 友子

ローマ字氏名: (SASAKI, Tomoko)

所属研究機関名: 国土技術政策総合研究所

部局名: 港湾研究部

職名: 主任研究官

研究者番号: 20642010