

地震に伴う港湾機能停止による経済損失額の評価

Evaluation of Economic Loss due to Interruption of Port Function by Earthquake

○望月 智也¹, 松本 俊明¹, 中村 孝明¹, 濱田 政則²

Tomoya MOCHIZUKI¹, Toshiaki MATSUMOTO¹, Takaaki NAKAMURA¹
and Masanori HAMADA²

¹株式会社篠塚研究所

Shinozuka Research Institute

²早稲田大学

Waseda University

The purpose of this research is to estimate the extent of economic loss when port function interrupts due to earthquake damage. In this report, as a first step of its research purpose, we show the method of calculating production inducement amount when exports and imports using the input-output table are disrupted. In addition, case study are conducted on ports in Tokyo Bay, Ise Bay, Osaka Bay which are main use in Japan, and the production inducement amount are evaluated each ports.

Key Words : Earthquake Damage, Port Function, Economic Loss, Input-Output Table, Production Inducement Amount

1. はじめに

我国の輸出入依存度はGDP比15%前後であり、また大半は海上輸送である。このため地震により港湾機能が長期間停止すると、我国の経済活動に重篤な影響を与える。地震により港湾機能が停止する要因は、港湾施設の物理的被害のみならず、港湾へアプローチするインフラ施設やライフライン、生産工場の被災、さらに近接するコンビナート施設が被災し、危険物が港湾航路へ漏洩/拡散するケースも考えられる。

地震による経済損失は一般にストック被害（直接損失額）とフロー被害（間接損失額）に大別され、ストック被害については各種被害関数を帰して評価されるケースが多く、その簡便さからこの種の研究は多い。

一方のフロー被害については諸要因の影響が相互的であり、また労働市場の均衡や代替による消費者効用の維持も考えられ、評価は容易ではない。先行研究として応用一般均衡モデルを用いたライフライン機能途絶による経済被害の評価¹⁾、石油製品の供給停止による経済被害の評価²⁾などがあるが、代替弾力性³⁾の評価についての課題が指摘されている。

本研究は地震による物理的被害が港湾機能をどの程度停止させ、その結果、フロー被害はどの程度になるのかを評価することにある。本報は初段として主要港湾の輸出入による1日当りの生産誘発額を産業連関表を用いて評価する。産業連関分析は労働市場の制約や代替による消費者効用等が含まれないため、需要が増加すればそのまま供給も増加するといった、被災後の経済実体を反映するものではないが、応用一般均衡モデルの適用を視野に入れつつ、初段として産業連関表を採用した。内容は、生産誘発額の評価方法を示し、主要港湾の港湾統計および全国輸出入コンテナ貨物流動調査から、輸出入に関する統計データを整理する。これを産業連関表の各部門に再編した上で、対象とする各港湾の1日あたり生産誘発額を求める。

2. 輸出入による国内生産誘発額の評価

産業連関表を使い、輸出入による生産誘発額を求める。産業連関分析の基本となる需給バランス式を以下に示す。

$$\mathbf{AX} + \mathbf{F} - \mathbf{M} + \mathbf{E} = \mathbf{X} \quad [1]$$

ここに、

\mathbf{A} : 投入係数マトリクス

\mathbf{X} : 生産誘発額ベクトル

\mathbf{F} : 最終消費ベクトル

\mathbf{M} : 移輸入ベクトル

\mathbf{E} : 移輸出ベクトル

である。また、移輸入係数マトリクス $\hat{\mathbf{M}}$ を以下のように定義する。

$$m_i = \frac{M_i}{\sum_j a_{ij} X_j + F_i} \quad [2]$$

ここに、 m_i は $\hat{\mathbf{M}}$ の対角要素であり、 $\hat{\mathbf{M}}$ の非対角要素は0とする。[2]式の移輸入係数は、輸入品の投入比率は部門別中間需要、最終需要を問わず、全てにおいて同一であるとの仮定に基づいている。 a_{ij} は投入係数マトリクスの要素を表す。移輸入係数の定義から、以下の式を得る。

$$\hat{\mathbf{M}}(\mathbf{AX} + \mathbf{F}) = \mathbf{M} \quad [3]$$

[1]式に[3]式を適用すると、

$$\mathbf{AX} + \mathbf{F} - \hat{\mathbf{M}}(\mathbf{AX} + \mathbf{F}) + \mathbf{E} = \mathbf{X} \quad [4]$$

となり、 \mathbf{X} を求める式に展開する。

$$\begin{aligned} \mathbf{X}(\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}) &= (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E} \\ \mathbf{X} &= (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A})^{-1}((\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}) \end{aligned} \quad [5]$$

ここに、 \mathbf{I} は単位マトリクスである。[5]式より、国内の最終消費ベクトル \mathbf{F} と移輸出ベクトル \mathbf{E} による国内の生産誘発額 \mathbf{X} を求めることができる。移輸出による生産誘発額は最終消費ベクトル \mathbf{F} を省き以下となる。

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A})^{-1} \mathbf{E} \quad [6]$$

次に、[1]式を以下のように展開する。

$$\mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{F} = \mathbf{X} + \mathbf{M} - \mathbf{E} \quad [7]$$

[7]式を[3]式に代入する。

$$\hat{\mathbf{M}}(\mathbf{X} + \mathbf{M} - \mathbf{E}) = \mathbf{M} \quad [8]$$

そして、 \mathbf{X} を求める式に展開すると、

$$\mathbf{X} = \hat{\mathbf{M}}^{-1}(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{M} + \mathbf{E} \quad [9]$$

となる。[9]式の右辺第一項は、各部門の輸入による中間投資と最終需要への影響を表している。移輸出ベクトル \mathbf{E} を省くことで、国内の移輸入による生産誘発額は以下となる。

$$\mathbf{X} = \hat{\mathbf{M}}^{-1}(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{M} \quad [10]$$

輸出入による生産誘発額 x_F の合計は、[6]式と[10]式の内生産誘発額ベクトル \mathbf{X} の要素を総和し、以下のように求める。

$$x_F = \sum_{i=1}^n X_i \quad [11]$$

ここに、 n は産業連関表の部門数で、 X_i は生産誘発額ベクトルの要素を表す。

3. 移輸出入ベクトルの評価

産業連関表（平成 23 年度、総合大分類 37 部門）⁴⁾を用いる。なお、産業連関表には日本全国を対象としたものの他、地域産業連関表（経済産業省の各地域経済産業局が公表している全国を 9 地域に分割して作成した産業連関表、都道府県が作成した産業連関表、市町村が作成した産業連関表）がある。但し、地域産業連関表は、国内であっても地域が異なれば経済圏が異なると仮定するため、財やサービスの移動が地域の境を超える場合は、日本全国でみた輸出や輸入を個別に計上する必要がある。本研究では、輸出入による生産誘発額を地域差の境を超えて評価しようとしているため、日本全国を対象とした産業連関表を用いることとした。

産業連関表から、[6]式及び[10]式により生産誘発額が求められるが、[6]式では移輸出ベクトル \mathbf{E} が、[10]式では移輸入ベクトル \mathbf{M} が必要になる。これらについては、図 1 に示すように、地方自治体等が公開する港湾統計に記載される 81 品種別の輸出入量（トン）に、国土交通省が公開する全国輸出入コンテナ貨物流動調査結果（81 品種）⁵⁾に示されている輸出入単価（価格/トン）を乗じて求める。

本研究では産業連関表に基づき、国内の生産誘発額を算出するため、全国輸出入コンテナ貨物流動調査結果や港湾統計で分類されている 81 品種を、産業連関表の 37 部門に合わせて再編成（集約）する必要がある。37 部門への再編成には文献 6) と文献 7) を参考にした。再編成した結果を表 1 に示す。

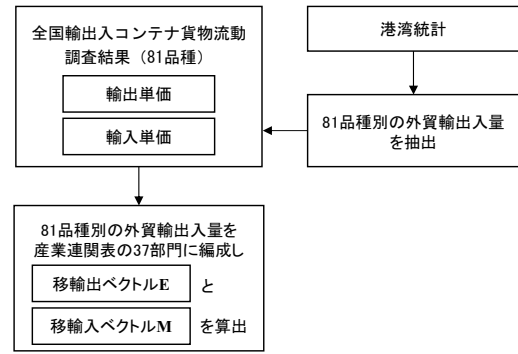


図 1 移輸出ベクトルと移輸入ベクトルの算出方法

表 1 産業連関表（37 部門）と 81 品種の対応表

No.	37 部門	81 品種
1	農林水産業	麦、米、とうもろこし、豆類、その他雑穀、野菜・果物、綿花、その他農産品、羊毛、その他畜産品、水産品、原木、樹脂類、薪炭
2	鉱業	石炭、鉄鉱石、金属鉱、砂利・砂、石材、原油、りん鉱石、石灰石、非金属鉱物、LNG
3	飲食料品	砂糖、製造食品、飲料、水、たばこ、その他食料工業品、動物性製造肥料
4	繊維製品	糸及び紡績半製品、その他繊維工業品、衣服・身用品・はきもの
5	パルプ・紙・木製品	製材、木材チップ、その他林産品、家具・家具部品、木製品、紙パルプ
6	化学製品	原塩、化学薬品、化学肥料、その他科学工業品
7	石油・石炭製品	重油、石油製品、LPG、その他石油製品、コークス、石炭製品
8	プラスチック・ゴム	その他日用品、ゴム製品
9	窯業・土石製品	陶磁器、セメント、ガラス類、窯業品
10	鉄鋼	鉄鋼、鋼材、金属くず
11	非金属	非金属
12	金属製品	金属製品
13	はん用機械	産業機械
15	業務用機械	測量・光学・医療用機械、事務用機器、その他機械
17	電気機械	電気機械
19	輸送機械	鉄道車両、完成自動車、その他輸送用車両、二輪自動車、自動車部品、その他輸送機械
20	その他の製造工業製品	がん具、文具・運動用品、その他製造工業品、再利用資材、輸送用機器、取合せ品
24	廃棄物処理	廃棄物、廃土砂
37	分類不明	分類不能のもの

上記の欠番の部門には該当する品種がない。

以上より、移輸出入ベクトル \mathbf{E} 、 \mathbf{M} が求められるため、輸出入による 1 日当りの生産誘発額が評価される。

4. 国内生産誘発額の評価

(1) 評価対象と諸条件

生産誘発額の評価は、東京湾（東京港、千葉港、横浜港、川崎港）、伊勢湾（名古屋港、四日市港）、及び大阪湾（神戸港、大阪港、堺泉北港）を対象に行った。また、移輸出入ベクトルを算出するための港湾統計は表 2 に示す情報を用いた。

表 2 各港で用いた港湾統計

対象湾	対象港	港湾統計
東京湾	東京港	平成 27 年東京港港勢（概報）…文献 8)
	千葉港	平成 26 年千葉県港湾統計年報…文献 9)
	横浜港	横浜港の 2016 年統計…文献 10)
	川崎港	川崎港統計年報（平成 27 年）…文献 11)
伊勢湾	名古屋港	名古屋港統計年報（平成 27 年）…文献 12)
	四日市港	平成 27 年四日市市港湾統計…文献 13)
大阪湾	神戸港	神戸港港湾統計（2015 年神戸港大観）…文献 14)
	大阪港	2015 年港湾統計（年報）…文献 15)
	堺泉北港	PORT NEWS（平成 27 年 大阪府営港湾の港勢）…文献 16)

なお、表 2 の堺泉北港の欄にある PORT NEWS¹⁶⁾については、輸出入量の多い上位 5 品種の輸出入量と、堺泉北港における総輸出入量しか記載されていないため、73 品種については、総輸出入量から上位 5 品種の輸出入量を差引いた値を均等に割り当てた。残りの 3 品種（廃棄物、廃土砂、分類不能のもの）については、港湾統計のデータとして与えられていない場合がほとんどであるため、輸出入量は 0 とした。

(2) 主要部門の輸出入額

全国輸出入コンテナ貨物流動調査結果と、表 2 に示した港湾統計から算出した部門別の輸出入額（移輸出入ベクトル）のうち、金額の多い主要 20 部門の 1 日当り

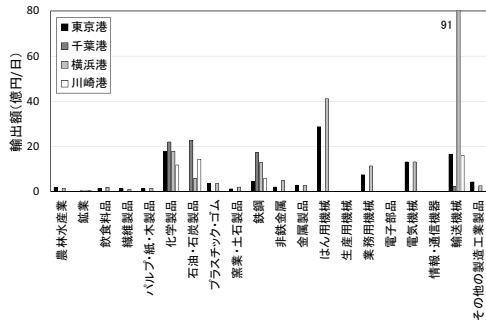


図 2 東京湾における主要 20 部門の輸出額

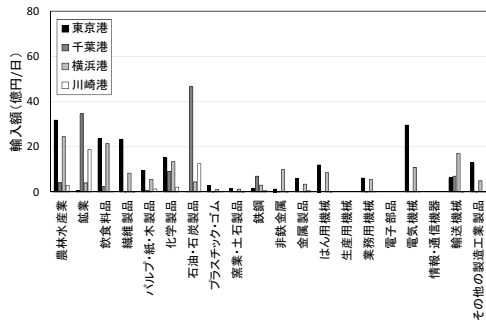


図 3 東京湾における主要 20 部門の輸入額

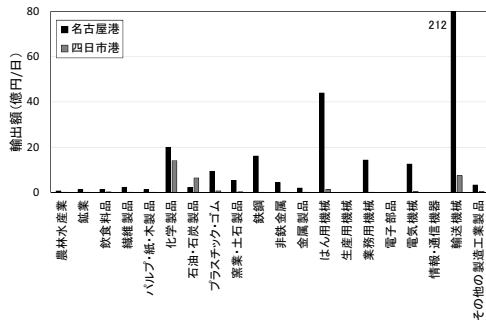


図 4 伊勢湾における主要 20 部門の輸出額

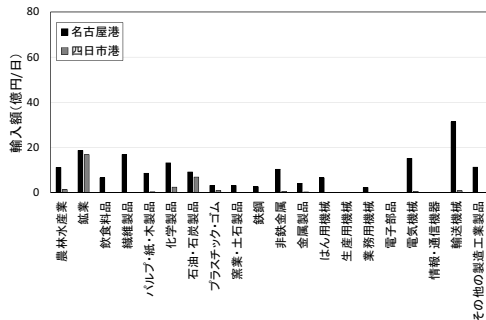


図 5 伊勢湾における主要 20 部門の輸入額

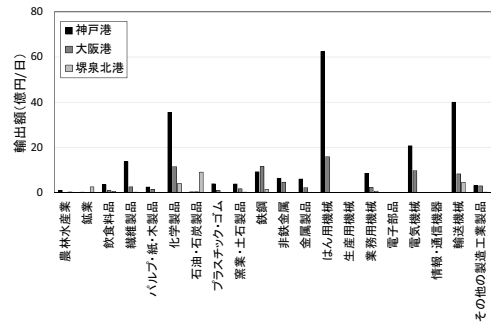


図 6 大阪湾における主要 20 部門の輸出額

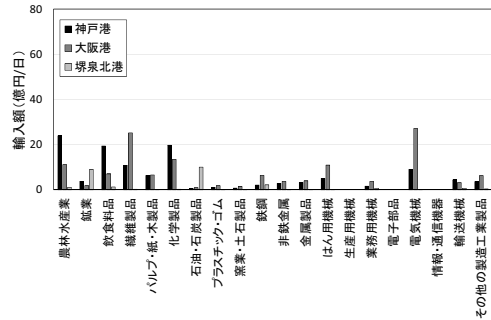


図 7 大阪湾における主要 20 部門の輸入額

の輸出入額を各湾で比較した結果を図 2～図 7 に示す。

主要 20 部門の輸出入額の算出結果より、東京湾に関しては、図 2 より、横浜港の輸送機械の輸出額が特に多く、次いで同港のはん用機械、電気機械、業務用機械と機械製品の輸出が多く、京浜工業地域に位置する工業港の特徴がでている。その他、東京港、千葉港、川崎港の輸出額に関しては、化学製品、石油・石炭製品、鉄鋼に比較的集中している。一方、図 3 より、輸入に関しては、商業港である東京港の農林水産業、飲食料品、繊維製品等の輸入額が多い。京葉工業地域で石油精製工場等が多い千葉港では、石油・石炭製品、鉱業等の輸入額が多いことが分かる。

伊勢湾に関しては、図 4、図 5 より、輸出額及び輸入額のどちらについても、四日市港に比べて名古屋港の金額が多く、特に図 4 をみると輸送機械の輸出額が多い。名古屋港は輸入に比べて輸出が多い港であり、また自動車産業が盛んなことから、輸送機械の多くは自動車関連の輸出であることが推察される。四日市港に関しては、名古屋港に比べて輸出額および輸入額ともに名古屋港に比べて少ないものの、輸出で化学製品、石油・石炭製品等が多く、また、輸入に関しては鉱業、石油・石炭製品等が多いことから、四日市コンビナートが隣接する工業港であることが分かる。

大阪湾に関しては、図 6、図 7 より、相対的に輸出額に関しては神戸港が多く、輸入額に関しては大阪港が多い傾向がみえる。神戸港に関しては、はん用機械、輸送機械、化学製品といった工業製品の輸出額が特に多い。商業や工業が集積する大阪港では、電気製品、繊維製品、化学製品、農林水産業等の輸入額が多いことが分かる。

(3) 国内生産誘発額の評価

産業連関表及び図 2～図 7 の結果に基づき評価した図 8 は、輸出による 1 日当りの生産誘発額を、図 9 は輸入による 1 日当りの生産誘発額をそれぞれ示す。比較のため、各図には対象とした 3 つの湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）の各港の評価結果を全て記載した。また、両図には

各港の輸出入総額も併記している。

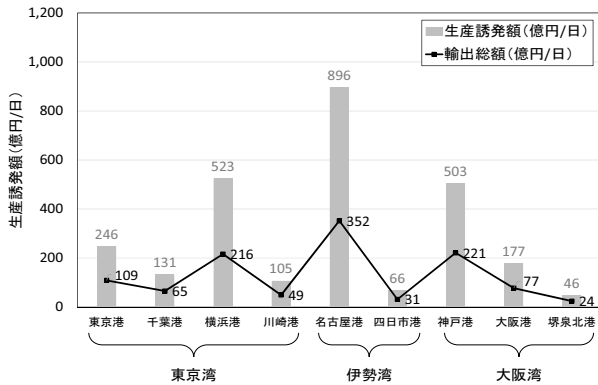


図 8 輸出による 1 日当りの生産誘発額の評価結果

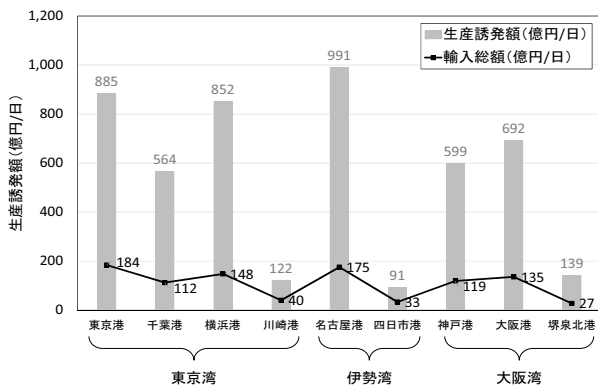


図 9 輸入による 1 日当りの生産誘発額の評価結果

図 8 より、輸出による 1 日当りの生産誘発額は名古屋港が 896 億円/日と最も多く、次いで横浜港が 523 億円/日、神戸港が 503 億円/日となっている。この 3 港については、いずれも輸送機械やはん用機械等の機械製品の輸出額が多い港であり、これらの部門に属する品目の影響で輸出に関する需要や消費が誘発され、その結果生産誘発額が多くなったと思われる。なお、生産誘発額は概ね総輸出額の 2 倍～2.5 倍前後となった。

一方、図 9 より、輸入による 1 日当りの生産誘発額は、背後経済圏の規模と比例して、総じて東京湾が最も多く、次いで大阪湾、伊勢湾の順となっている。港別にみると、名古屋港が 991 億円/日と突出している。また、輸入による生産誘発額は全体的に、輸出による生産誘発額よりも多く、その金額も総輸入額の概ね 3 倍～6 倍前後になっている。輸出入額を示した図 2～図 7 に戻ると、輸入による生産誘発額が特に多い名古屋港、東京港、横浜港、大阪港に関しては、部門間の輸入額に偏りが少ない。この結果、輸入に関する需要や消費が様々な産業へ波及して誘発され、生産誘発額も輸出のそれに比べて多くなったと推察される。

5. 結語

本報は地震により港湾機能が停止した場合にどの程度のフロー被害(間接損失額)が発生するのかを推定することを念頭におき、その初段として、主要 3 港湾(東京湾、伊勢湾、大阪湾)の輸出入による 1 日当りの生産誘発額を産業連関分析を用いて評価した。評価の結果、輸出については、主に輸送機械等の機械産業が盛んな名古屋港、横浜港、神戸港で生産誘発額が多くなる結果とな

った。一方、輸入については、総じて商業港として盛んな港を持つ東京湾、大阪湾で、また、部門間の輸入額に偏りが少ない名古屋港、東京港、横浜港、大阪港で生産誘発額が多くなる結果が得られた。次のステップでは、この結果を活用し、主要港湾が地震により機能停止した場合のフロー被害の評価を行いたい。なお、本報の評価結果は、輸入品の投入比率は部門別中間需要、最終需要を問わず、全てにおいて同一であると仮定していること、また、輸入品に備蓄があると思われるが不明なため、それを考慮していないことに留意されたい。

参考文献

- 1) 多々納裕一, 土屋哲, 梶谷義雄: ライフラインの機能損傷が及ぼす経済被害の計量化に関する研究, 京都大学防災研究所年報 第 50 号 B, PP.143-154, 平成 19 年 4 月.
- 2) 山崎雅人, 小池淳司, 曾根好徳: 南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害推計: 多地域応用一般均衡モデルによる分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画額), Vol.72, No.5 (土木計画研究・論文集第 33 巻), I_111-I_121, 2016.
- 3) 小池淳司, 伊藤佳祐, 中尾拓也: 地域間交易の代替弾力性の推定, 土木学会論文主 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画額研究・論文集第 29 巻), I_55-I_61, 2012.
- 4) 総務省: 平成 23 年(2011 年)産業連関表(確報)結果の概要, 平成 27 年 6 月 16 日.
- 5) 国土交通省: 平成 25 年度 全国輸出入コンテナ貨物流動調査結果について, http://www.mlit.go.jp/report/press/port03_hh_000018.html
- 6) 総務省: 平成 23 年(2011 年)産業連関表(一総合解説編一), 第 3 部 産業連関表で用いる部門分類表及び部門別概念・定義・範囲, http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/011index.htm
- 7) 国土交通省: 港湾調査に用いる品種コード(81 品種), <http://www.mlit.go.jp/k-toukei/kowan/hinmoku.html>
- 8) 東京都港湾局: 平成 27 年の東京港港勢(概報), <http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/yakuwari/toukei/>
- 9) 千葉県: 平成 26 年千葉県港湾統計年報, <https://www.pref.chiba.lg.jp/kouwan/toukeidata/kouwan/h26-nenpou/index.html>
- 10) 横浜市港湾局: 横浜港の 2016 年統計, <http://www.city.yokohama.lg.jp/kowan/basicinfo/statistics/an16index.html>
- 11) 川崎市: 川崎港統計年報(平成 27 年), <http://www.city.kawasaki.jp/580/page/0000082256.html>
- 12) 名古屋港: 名古屋港統計年報(平成 27 年), <http://www.port-of-nagoya.jp/toukei/nen27.htm>
- 13) 四日市港管理組合: 四日市港統計 2016 年速報(平成 28 年), P36, 2017.3.
- 14) 神戸港港湾統計 情報提供: 2015 年神戸港大観, <https://edi.port.city.kobe.jp/MinatoWebTokei/tokeiindex.htm>
- 15) 大阪市: 港湾統計(年報), <http://www.city.osaka.lg.jp/port/page/0000067066.html>
- 16) 大阪市: PORT NEWS(平成 27 年 大阪府営港湾の港勢(堺泉北・阪南・深日・尾崎・泉州・泉佐野港)(速報値)), <http://www.osakaprefports.jp/friendship/pdf/113/010.pdf>