

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1067

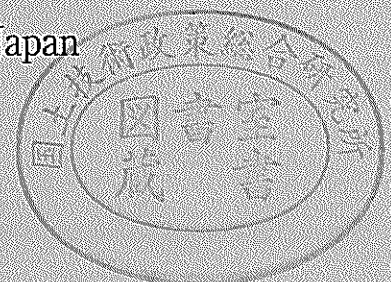
December 2003

コンテナターミナルにおける二酸化炭素排出
についての基礎的研究

酒 井 浩

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan



目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
2. 研究の基本方針	4
2.1 地球温暖化問題への取り組みの重要性	4
2.2 港湾における検討の意義	4
2.3 コンテナターミナルの特性	4
2.4 検討対象港湾の選定	5
2.5 排出源と検討範囲の設定	5
3. CO ₂ 排出量の算定方法	5
3.1 基本的な考え方	5
3.2 海上交通からの排出量の算定方法	5
3.3 ターミナルからの排出量の算定方法	6
3.4 陸上交通からの排出量の算定方法	6
3.5 ターミナルにおける電力消費の評価	6
4. 調査結果	7
4.1 ヒアリング調査結果等	7
4.2 CO ₂ 排出原単位	7
4.3 算出結果	7
5. 結 論	11
6. 今後の課題	11
謝辞	11
参考文献	11

Basic Analysis of Carbon Dioxide Emissions on Intermodal Container Transportation in Ports

Hiroshi SAKAI*

Synopsis

The globalization and the development of IT in the economic society in recent years promote the expansion of an international, interactive transportation. Therefore, the concentration of the cargo on the container terminal continues and the importance of ports in distribution increases further.

On the other hand, contributing to the decrease of the environmental burden and the construction of the recycling-based society is an important issue in the transportation field.

In this paper the method of calculating the carbon dioxide emission in the container terminal was examined. And the case study was executed for one of the major port in Japan and total carbon dioxide emissions were calculated. As a result, the amount of the carbon dioxide emission of an each transportation mode of the sea, land and the terminal became the same order value. Accordingly, it is thought that the carbon dioxide reduction measures in each transportation mode are effective of the sensitivity at the same level.

Key Words : global warming, sustainable development, environment of port, carbon dioxide emissions, container terminal, cargo handling equipment

* Head, Control Systems Division, Construction and Control Systems Department
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-46-8445062 Fax : +81-46-8440575 e-mail : sakai@pari.go.jp

コンテナターミナルにおける二酸化炭素排出 についての基礎的研究

酒井 浩*

要 旨

近年の経済社会におけるグローバル化とIT化は物流に対してスピード化とコスト削減を強く要求するとともに、国際分業をより一層進展させ、原材料から製品に至るまでの国際双方向輸送の拡大を促進している。そして、そのほとんどが港湾を通じた海上物流であることからコンテナターミナルへの貨物の集中が続き、物流における港湾の重要性はますます高くなっている。

一方、資源、環境が有限であることの認識の高まりや1997年の京都議定書の採択など地球規模での環境問題への取り組みの進展を背景として、物流分野においても環境負荷の低減と循環型社会の構築に貢献していくことが重要な課題となっている。

本論文では、コンテナターミナルにおけるCO₂の排出量の算出方法について検討するとともに、中核クラスの一つの港湾を対象港としてケーススタディを実施し、具体的な排出量を算出した。この結果、海上、陸上およびターミナルの各交通モードにおけるCO₂排出量は同程度のオーダーとなった。したがって、各交通モードに対するCO₂削減対策は全体の排出量に対して同程度の感度の効果が期待できると考えられる。

キーワード：地球温暖化、持続ある発展、港湾環境、二酸化炭素排出、コンテナターミナル、荷役機械

* 施工・制御技術部制御技術研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人 港湾空港技術研究所

電話：046-844-5062 Fax：046-844-0575 e-mail：sakai@pari.go.jp

1. まえがき

近年の経済社会におけるグローバル化の進展とIT化は世界規模での企業競争の激化を促し、物流の合理化に対する強い動機となっている。また、国民の価値観の多様化によって要求されるサービスの内容が広がっていることから、生産から消費までの一連の流れにおけるスピード化とコスト削減が要求されている。このような企業のグローバルな生産・物流システムの構築は、国際分業をより一層進展させ、原材料から製品に至るまで世界各国間で双方向輸送され、そのほとんどが港湾を通じた海上物流であることから、コンテナターミナルへの貨物の集中が続き、物流における港湾の重要性はますます高くなっている。

一方、資源、環境が有限であることの認識の高まりや1997年の京都議定書の採択など地球規模での環境問題への取り組みの進展を背景として、物流分野においても環境負荷の低減と循環型社会の構築に貢献していくことが重要な課題となっている。すなわち、従来、物流においては経済性、効率性の追求が大きな目標の一つであったが、経済活動の拡大に伴って物流を地球環境にとって重要な要素としてとらえることが必要となってきた。

このような中で、物流の結節点である港湾においては効率性に関しては数多くの研究がなされているが、環境の面から分析したものは多いとは言えない。特に、国民生活や産業活動を支える国際物流の拠点として極めて大きな役割を担っているコンテナターミナルにおいては、今後は効率化だけではなく環境との調和を図っていくことがコンテナリゼーションの維持、発展に欠かせない観点となると考えられる。

このため、本論文ではコンテナターミナルにおけるCO₂の排出特性に関して分析するものである。

2. 研究の基本方針

2.1 地球温暖化問題への取り組みの重要性

環境問題として取り組むべき課題については温暖化の他に大気汚染問題、海洋汚染や水質汚濁、騒音問題などがあるが、このような中でとりわけ地球規模で大きな問題となっている地球温暖化問題への取り組みが喫緊の課題である。京都議定書では温室効果ガスとして二酸化炭素(CO₂)、一酸化二窒素(N₂O)、メタン(CH₄)、ハイドロフルオロカーボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PFC)、六フッ化硫黄(SF₆)の6種類の物質を対象とし、2008年から2012年までに先進国全体で1990年比5%以上削減する

との法的拘束力のある数値が定められており、このなかでわが国は6%の削減が求められている。わが国の温室効果ガスの排出総量は12億3700万トン(CO₂換算、2000年)であり、このうちCO₂の影響の占める割合が90%を越え、CO₂に関する対策が最も重要であることから、本論文では温室効果ガスのうち、CO₂を検討対象とした。

2.2 港湾における検討の意義

国土交通白書³⁾によれば、運輸部門におけるCO₂排出量は、1990年から2000年の間に約21%と急増しており、何も対策をとらなければ2010年の時点では1990年比で約4割も増加すると見込まれている。これを90年比17%増(ほぼ95年比と同レベル)に抑制することが求められている。このため、運輸部門においては2010年時点で約4,600万t-CO₂の二酸化炭素排出削減を図るための施策を推進することが必要とされている。

運輸部門におけるCO₂排出量については、これまで自動車、鉄道、船舶などの各交通モードにおける分析がなされ、外部環境への影響を低減する方法としては、各交通モード単体での取り組みおよびモードの転換などの観点から議論がなされてきた^{2)~10)}。

しかしながら、各交通モードは密接に関連しているため、一つのモードにおける対策は他のモードへ影響するとともに、互いにトレードオフの関係にあることもある。すなわち、合理的で総合的な対策を実施するためには、各モードの結節点における分析はきわめて重要であり、また効果的な対策を見出す糸口となる可能性が高い。

特に、港湾は海上輸送と陸上輸送の結節点であるため、物流の合理化に役割を果たすだけでなく環境問題への貢献についても期待される。しかしながら、港湾においては環境負荷を発生する複数の交通モードが複雑に関係し合っていることから、環境負荷の定量化ならびにその関係の分析は簡単ではない。これが港湾における環境に関する研究が進んでいない要因の一つとも考えられる。

したがって、本論文では、このような課題の解決に貢献することを目的として、港湾におけるCO₂の排出量について分析を行うものである。

2.3 コンテナターミナルの特性

コンテナターミナルはターミナル内での荷捌き作業の効率化のために荷役機械が数多く導入されており、港湾のなかではCO₂の排出量が多いターミナルであると考えられる。また、コンテナリゼーションは世界的に共通なシステムとして広がり、各国のターミナルは密接に関連しているため、地域的な事象が全世界へ影響する

可能性があり、地球的規模の影響力を有するターミナルであるとも言える。さらに今後ともコンテナ貨物は増加し、物流の中心を担っていくと考えられることから環境問題への取り組みは必須である。また、コンテナターミナルにおいて検討することによって、物流の効率化と環境調和を両立できる手段が存在することを示すことができると考えられる。以上のことから、本論文では港湾のうち、コンテナターミナルに焦点を当て分析するものである。

2.4 検討対象港湾の選定

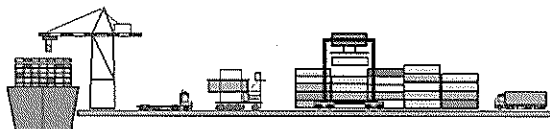
本論文では、わが国の港湾におけるコンテナターミナルの1年間の稼働に着目し、ターミナルから発生するCO₂排出量の算定を試みることによってコンテナターミナルにおけるCO₂の排出特性を分析する。検討対象港湾としては、港湾の持つ特性による影響も考慮して、ハブ的な機能が中心である中核港湾でなく、ゲートウェイ的な機能も併せ持つ中核港湾であり、ターミナル内の荷役方式として主流になりつつあるトランスファークレーン方式で、CO₂を排出量する方式であるタイヤマウント式を採用しているターミナルを選定した(以下、対象港)。なお、調査対象年度は平成12年度とした。

2.5 排出源と検討範囲の設定

コンテナターミナルにおいてCO₂の排出源として考えられる交通モードは図-1に示すように、海上交通、陸上交通、ターミナルの三つである。

このうち海上交通については、港湾への入出航時および停泊時におけるコンテナ船からの排出が考えられる。さらに、入出航時にコンテナ船が使用するタグボートからの排出量も検討する必要がある。

次に、ターミナルにおいてはヤード内荷役におけるそれぞれの機器からの排出が考えられる。対象港のヤード内荷役はトランスファークレーン方式であり、CO₂を排出する機械はトランスファークレーン、トラクターヘッド、トップリフター、フォークリフトである。なお、電力消費については第3章に詳述する。



海上交通	ターミナル	陸上交通
・コンテナ船	・トランスファークレーン	・コンテナトレーラ
・タグボート	・トラクターヘッド	
	・トップリフター	
	・フォークリフト	
	・電力消費	

図-1 検討の範囲

さらに、陸上交通については、港湾への実入りおよび空コンテナの搬入コンテナトレーラと搬出コンテナトレーラからの走行時、渋滞時の排出が考えられる。

なお、検討の範囲は海域については港湾区域内、陸域については臨港地区内とする。

3. CO₂ 排出量の算出方法

3.1 基本的な考え方

CO₂の排出については、燃料中の炭素が酸化された後にはほぼ100%排出されるため、燃焼状態に大きく左右されることはない¹²⁾。したがって、本論文では原則として燃料消費量に燃料の種類ごとのCO₂排出原単位を乗じることによってCO₂排出量を算出することとした。

3.2 海上交通からの排出量の算出方法

コンテナ船からの排出量については、入出港時における主機、補機ディーゼル機関並びに補助ボイラからの排出および停泊時における補機ディーゼル機関と補助ボイラからの排出を検討する必要がある。

一般に港湾に入港するコンテナ船は船社が異なるばかりでなく、定期船のほかに不定期船もあるなどのことから、燃料消費量の総量を直接的に知ることは困難である。このため、マクロ的な統計を利用した算定方法として、環境省監修の窒素酸化物総量規制マニュアル¹³⁾(以下、NO_xマニュアル)に沿って年間燃料消費量を算出する方法を用いた。

一般的に主機などの内燃機関の燃料消費量は運転時間、出力や負荷率の関数である。また定格出力や定格燃料消費量は船型の関数と考えることができる。すなわち、マニュアルで示されている算定式を一般化すれば、下式のように表せる。

$$W = \sum_j^n \sum_i^m \{ \alpha (P A_i)^\beta T_i d S_j K \}$$

$$P = \gamma X_j^\delta \quad (1)$$

ここで、

W : 年間燃料消費量[kg]

P : 主機、補機ディーゼル機関の場合は定格出力[PS]
補助ボイラの場合は定格燃料消費量[kg/h]

A_i : ある運転モードにおける負荷率

T_i : ある運転モードの運転時間[h]

d : 運転基数

- S_j : 年間入港隻数
- K : 入港と出港
- X_j : 平均総トン数
- i : ある運転モード
- m : 運転モードの数
- j : 航路の種類
- n : 航路の種類数 (内航と外航)
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: パラメータ

具体的な算出手順は、図-2に示すように港湾統計から外航船と内航船の別に年間入出港コンテナ船の平均総トン数を算出し、これから主機ディーゼル機関、補機ディーゼル機関および補助ボイラの定格出力や定格燃料消費量を推定する。さらに停泊時と入出港時について機関などの負荷状態とその運転継続時間から負荷状態別の燃料消費量を算出し、これらを基に入港から出港までの間の燃料消費量を合計し、1隻あたりの燃料消費量を算出する。そして、これを入港隻数倍することによって年間消費量を算出するものである。算出に当たって必要となるそれぞれの機関の負荷状態などに関するデータについてはNOxマニュアルの設定値やヒアリング調査結果などによる。調査結果の詳細は第4章に記載する。なお、使用燃料はC重油とA重油と考えられるが、各船における使用割合が不明であるため、本論文ではC重油を用いているものとして算出した。タグボートについては、対象港における全タグボートの年間燃料消費量ならびにタグボートを利用した船種ごとの隻数をヒアリング調査した。どの船種においてもタグボートの利用形態(利用するタグボートの馬力と隻数、利用時間、負荷率の変化、出航時の利用の有無など)が同じであると仮定し、タグボートを利用した船舶数の比率を用いてコンテナ船に関するタグボートの燃料使用量を算出した。なお、使用燃料はA重油である。

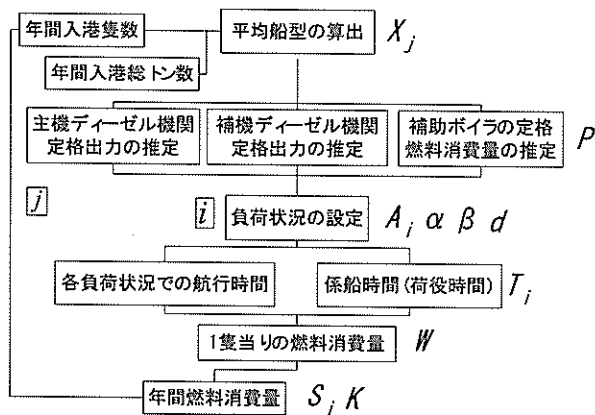


図-2 海上交通における算出手順

3.3 ターミナルからの排出量の算出方法

対象港のターミナルにおいてCO₂を排出する荷役機械であるトランスファークレーン、トラクターヘッド、トップリフター、フォークリフトの燃料消費量に関する調査結果¹⁴⁾に基づいて算出した。なお、使用燃料は軽油である。

3.4 陸上交通からの排出量の算出方法

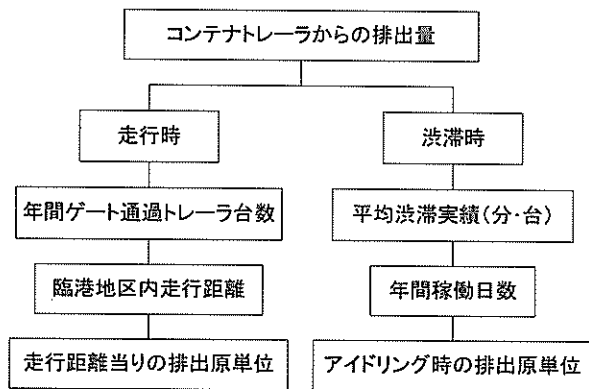
対象港には種々の会社に所属するコンテナトレーラが入り出するため、コンテナトレーラの年間燃料消費量の総計を知ることは困難である。このため、ゲートを通じたコンテナ個数から、トレーラの台数を推定し、これから排出量を算出することとした。すなわち、ゲートを通じた実入りおよび空コンテナの年間総個数をヒアリング調査し、これを走行したコンテナトレーラの総台数とみなし、図-3に示すように、走行時についてはコンテナトレーラ台数と臨港地区内の走行距離からCO₂排出量を算出した。また、渋滞時についてはヒアリングによって、述べ渋滞台数・時間および年間稼働日数(ゲート作業日数)の実態を調査し、その結果から算出した。

3.5 ターミナルにおける電力消費の評価

一般に、CO₂の排出量の評価に当たっては、直接排出されたCO₂だけでなく、電力消費による間接的なCO₂排出の責任についての取り扱いに関する問題がある。すなわち、電力を発電する際の燃料消費によって排出されたCO₂排出の責任を最終需要者が負うべきであるというものである。

本論文が検討の対象としている範囲で電力を消費している施設としては、ターミナルの主要な荷役機械であるコンテナクレーン、リーファーコンテナ電源並びに照明灯や管理棟などのターミナル施設における使用がある。コンテナターミナルで使用される荷役機械には、電力を使用するものと燃料を使用するものがあり、ターミナルで採用した荷役システムに応じて、組み合わせられて使用される。環境影響について適正な評価を行うためには、燃料消費型の荷役機械だけでなく、電力消費型の荷役機械に関しても、所定の排出量を分担させる必要がある。

平成15年7月に環境省から公表された「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン(試案)」¹⁵⁾では、事業者によるエネルギー管理の重要性と削減効果などの観点から、電気の使用に伴う間接排出として、発電の際に発生する温室効果ガスについても排出量算出の対象に含めることとされている。このような情勢も踏まえて、本論文では、発電に伴うCO₂の排出量も検討の対象とする。



図一 陸上交通における算出手順

4. 調査結果

4.1 ヒアリング調査結果等

第3章に示した算出方法によってCO₂の排出量を算出するためには、対象港における稼働状況を示すいくつかの数値とパラメータを設定する必要がある。このため、対象港のターミナルオペレータやタグボート運航会社にヒアリング調査を行うとともに、港湾統計や各種文献を調査した。その結果を表一に示す。また、算定式中のパラメータについては、表二に示すように設定した。入出港時については、運転モードはNO_xマニュアルのタグボート使用による入港の場合の代表的な運転パターンに従い、主機ディーゼル機関の A_i 、 T_i を決定した。なお、港湾区域の境界からターミナルまでの運航時間はヒアリング調査から30分～1時間程度であり、NO_xマニュアルの運転パターンを用いても大きな差はないと考えられる。また出港時も同様な消費量と考えた。補機ディーゼル機関および補助ボイラについては、 T_i は主機の運転パターンの設定に合わせ、 A_i および d はNO_xマニュアルの設定に基づいた。停泊時については、補機ディーゼル機関および補助ボイラとも A_i 、 T_i および d はNO_xマニュアルの設定に基づいた。また、ヒアリング調査から荷役作業が終了すると同時に出港し、必要以上に停泊することはほとんどないとのことから、停泊時間はすべて荷役時間として設定した。また、平均的な停泊時間は6時間とのことであった。そのほかのパラメータについては、NO_xマニュアルに示されたコンテナ船の場合の数値を採用した。これらに基づき、式(1)によってコンテナ船における燃料消費量を算出した結果を表三に示す。

4.2 CO₂ 排出原単位

一般的にCO₂排出量は熱量ベースの燃料消費量に排

出係数を乗じて求められる。ただし、この場合の発熱量は総発熱量である。

排出係数については、これまで1994年に出された「気候変動に関する国際連合枠組条約に基づく日本国報告書」¹⁶⁾において公表された数値が用いられてきたが、1998年10月に制定された「地球温暖化対策の推進に関する法律」および1999年4月の「同施行令」に基づき、平成12年および平成14年に新たな検討結果に基づく排出係数が公表された。しかしながら、前述の環境省のガイドラインにおいても、燃料の燃焼については従前と同じ取り扱いとなっており、本論文でもこれにならうこととする。

一方、発熱量については、平成13年3月に資源エネルギー庁が改訂した値¹⁷⁾を用いる。前述の環境省のガイドラインでもこの値を採用している。ところで、燃料消費量は通常、体積の単位で計量されることが多いため、本論文でのCO₂排出原単位は熱量換算係数と排出係数を乗じたものとする。ただし、C重油については重量ベースの値を用いた¹²⁾。なお、二酸化炭素量の表示はCO₂ベースとする。

ところで、海上交通およびコンテナターミナルからの排出量については、燃料消費量とCO₂排出原単位を乗じて算出する方法を採用するが、陸上交通からの排出量については、港湾周辺におけるコンテナトレーラの渋滞による環境問題が重要な課題となっているため、コンテナトレーラの走行状態を反映した排出量を算出するために、走行速度と走行距離で示される原単位を用いた¹⁸⁾。また、渋滞時の原単位としては、アイドリング時における単位時間当たりの排出量に関する実験値を用いた¹⁹⁾。表一に本論文で用いたCO₂排出原単位を示す。

4.3 算出結果

表一および表三に示す各交通モードにおける燃料消費量と表四に示すCO₂排出原単位から年間排出量を算出した結果を表五に示す。また、各交通モードからの排出量の割合を図一に示す。

この結果によれば、対象港全体ではCO₂の排出量は約1万7千トンとなった。このうち、各交通モードからの寄与の程度は、海上交通からの排出量が最も多く、全体の58%を占めており、ついでターミナルからの排出量が26%、陸上交通からの排出量が16%となった。

さらに、海上交通と陸上交通の結節点としての港湾の機能、すなわち荷役作業(コンテナの積替機能)という作業区分に着目し、ターミナルからの排出量にタグボートからの排出量を加えた結果を図二に示す。図から、荷役作業については全体の排出量の1/3程度となることがわかる。

表-1 調査結果一覧表

外航船*		
隻数	総トン数の合計	平均総トン数
870	20,298,831	23,300
内航船*		
隻数	総トン数の合計	平均総トン数
265	286,139	1,100
入出港時におけるコンテナ船主機ディーゼル機関の負荷状況**		
ハーフ		25 min.
デッドスロー		25 min.
平均停泊時間****		
6 h		
ヤード内荷役機械とタグボートの燃料消費量		
トランスファークレーン***		677,070 lit. (軽油)
トラクターヘッド***		228,882 lit. (軽油)
トップリフター***		237,420 lit. (軽油)
フォークリフト***		4,313 lit. (軽油)
タグボート****		391,033 lit. (A重油)
ターミナルにおける消費電力量***		
コンテナクレーン		904,705 kWh
リーファー電源		2,286,139 kWh
ターミナル施設		707,458 kWh
トレーラの稼働状況****		
トレーラ台数		470,567
港内走行距離		2 km
平均走行速度		40 km/h
平均渋滞延べ時間台数		3,750 min./day
年間ゲート作業日数		300 day

* 出典：対象港の港湾統計

** 出典：参考文献 13)

*** 出典：参考文献 14)

**** 出典：ヒアリング調査

表-2 パラメータと変数の設定

入出港時			
パラメータと変数	主機ディーゼル機関	補機ディーゼル機関	補助ボイラ
α^*	0.21	0.17	1.00
β^*	0.95	0.98	1.00
γ^*	1.90	4.14	0.26
δ^*	0.97	0.60	0.67
i	1 : ハーフ 2 : デッドスロー	1 : 入出港時	
A_1^*	0.32	0.42	0.48
A_2^*	0.09	0.42	0.48
T_1	25/60 h (表-1 参照)	(25+25)/60 h (表-1 参照)	
T_2	25/60 h (表-1 参照)	-	-
d^*	1		
K	2 (入港と出港)		
停泊時			
パラメータと変数	主機ディーゼル機関	補機ディーゼル機関	補助ボイラ
α^*	-	0.17	1.00
β^*	-	0.98	1.00
γ^*	-	4.13	0.26
δ^*	-	0.60	0.67
i	-	1	
A_1^*	-	0.42	0.48
T_1	-	6 h (表-1 参照)	
d^*	-	1	
K	-	1	
共通のパラメータと変数			
パラメータと変数	主機ディーゼル機関	補機ディーゼル機関	補助ボイラ
j	1 : 外航, 2 : 内航		
S_1	870 (表-1 参照)		
S_2	265 (表-1 参照)		
X_1	23,300 (表-1 参照)		
X_2	1,100 (表-1 参照)		

* 出典：参考文献 13)

表-3 コンテナ船における燃料消費量

(単位; kg/年)

運航状況	主機ディーゼル機関	補機ディーゼル機関	補助ボイラ	合計
入出港時	1,327,000	164,000	158,000	1,649,000
停泊時	-	594,000	567,000	1,161,000
合計	1,327,000	758,000	725,000	2,810,000

表-4 CO₂ 排出原単位

CO ₂ 排出原単位	
軽油 (荷役機械)	2.623 kg-CO ₂ /lit. *
A 重油 (タグボート)	2.710 kg-CO ₂ /lit. *
C 重油 (コンテナ船)	3.109 kg-CO ₂ /kg **
トレーラに関する CO ₂ 排出原単位	
走行時	1.4 kg-CO ₂ /km per truck ***
渋滞時	0.155 kg-CO ₂ /min. per truck ****
電力消費に関する CO ₂ 排出原単位	
電力消費	0.378 kg-CO ₂ /kWh *****

*出典：参考文献 15), 16), 17), 20) **出典：参考文献 12) ***出典：参考文献 18)
 ****出典：参考文献 19) *****出典：参考文献 15)

表-5 CO₂ 排出量(単位; t-CO₂/年)

交通モード		発生源		稼動状況等	
海上交通	9,797	コンテナ船	8,737	入出港時	5,127
				停泊時	3,610
		タグボート	1,060	曳船作業	1,060
ターミナル	4,483	燃料消費	3,010	荷役時	3,010
		電力消費	1,473	コンテナクレーン	342
				ターミナル施設	1,132
陸上交通	2,809	トレーラ	2,809	走行時	2,635
				渋滞時	174
合計		17,089			

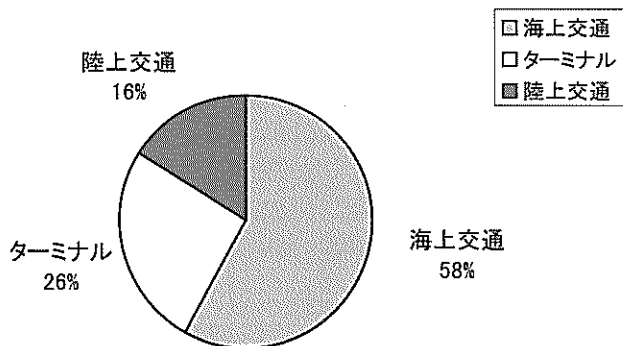


図-4 CO₂ 排出量の割合

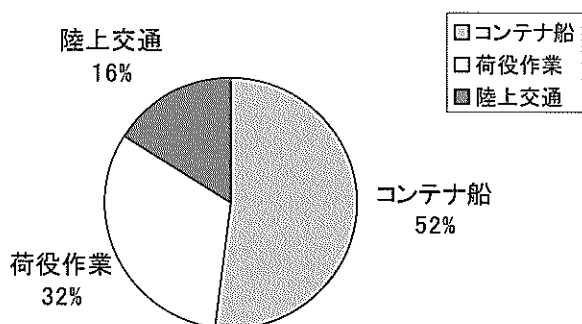


図-5 CO₂ 排出量の割合

5. 結論

本論文では、コンテナターミナルにおけるCO₂の排出量の算出方法について検討するとともに、中核クラスの一つの港湾を対象港としてケーススタディを実施し、具体的な排出量を算出した。この結果、ターミナルからの排出量は全体の約1/4で、海上、陸上およびターミナルの各交通モードにおけるCO₂排出量は同程度のオーダーとなった。

したがって、各交通モードに対するCO₂削減対策は全体の排出量に対して同程度の感度の効果が期待できると考えられる。

6. 今後の課題

本論文で検討の対象とした港湾は、ゲートウェイ機能を有する中核港湾であったため、ハブ港湾での分析結果はこれと異なるかもしれない。なぜならば、ハブ港湾ではターミナルでの荷役作業やタグボート作業の比率がゲートウェイ港湾に比較して多いと考えられるからである。このように、港湾機能の違いによる排出特性の分析を行う必要がある。すなわち、港湾の特性や配置などの観点から環境と効率性について検討することも必要であると考えられる。

今後は、どのような分野においてもCO₂の排出量について同じベースで評価できることが求められるようになると思われる。このため、港湾における算出について精度を向上させるとともに、適切で確実な算出方法を明確にする必要があると考える。

(2003年9月9日受付)

謝辞

本研究を進めるに当たって、東京商船大学渡邊豊助教授に適切なご指導をいただいたことに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 平成15年版国土交通白書, 平成15年, pp.294-304.
- 2) 川村雅彦; 東京圏の物流構造と環境負荷に関する一考察, 土木学会環境システム研究, vol. 22, pp. 255-260.
- 3) 八島弘倫, 松本亨, 井村秀文; 国際物流にともなうエネルギー消費量及びCO₂排出量の評価, 土木学会環境システム研究, vol.25, pp. 303-309.
- 4) 谷口栄一, 則武通彦, 山田忠史, 泉谷透; 物流ターミナルの最適規模および配置の決定法に関する研究, 土木学会論文集, 583/IV-38, pp. 71-81.
- 5) 石井克尚, 谷口栄一; 環境・防災を考慮した広域物流拠点整備に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, 第4部, pp. 300-301.
- 6) 山田忠史, 則武通彦, 谷口栄一, 多賀慎; 物流ターミナルの最適配置計画への多目的計画法の適用, 土木学会論文集, 632/IV-45, pp.41-50.
- 7) 長南政宏, 松崎浩憲; 物流構造の変化によるコスト・環境負荷の削減効果-北陸地域を例として-, 土木学会土木計画学研究・講演集, 23(1), pp.387-390.

- 8) 山邊茂之, 杉浦宣徳, 杉本剛, 唐澤豊, 佐藤馨一; ロジスティクスにおける大気汚染拡散に関する基礎的研究, 土木学会土木計画学研究・講演集, 24(2), pp.217-220.
- 9) 安田孝志, 牧野忠広; 輸出入コンテナ貨物の国内輸送の内航船へのシフトによる CO₂ 削減効果, 日本沿岸域会議論文集, No.13, pp.179-187.
- 10) 秋田直也, 小谷通泰; 阪神臨海部における外貿コンテナトラックの流動実態と沿道環境改善方策の導入上の課題, 日本沿岸域会議論文集, No.14, pp.37-49.
- 11) 内田賢悦, 佐藤馨一, 唐澤豊; 貨物鉄道システムを用いたグリーンロジスティクスの実現化方策に関する研究, 日本物流学会会誌, No.7, pp.98-107.
- 12) (財)シップ・アンド・オーシャン財団; 船舶排ガスの地球環境への防止技術の調査報告書, 平成11年, pp.11-22.
- 13) 公害研究対策センター窒素酸化物検討委員会; 窒素酸化物総量規制マニュアル [新版], 公害研究対策センター, 平成12年, pp.151-161.
- 14) 港湾荷役システム調査研究委員会; コンテナターミナルにおける荷役機械のライフサイクル・アセスメント (LCA) 調査報告第一報, (社)港湾荷役機械システム協会, 平成15年, pp.41-47.
- 15) 環境省; 事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン (試案), 平成15年.
- 16) 日本国政府; 気候変動に関する国際連合枠組条約に基づく日本国報告書, 1994.
- 17) 資源エネルギー庁; エネルギー源別発熱量表の改訂について, 平成13年.
- 18) 港湾投資の社会経済効果に関する調査委員会編; 港湾投資の評価に関するガイドライン1999, (財)港湾空間高度化センター, 平成14年, pp.2-2-43.
- 19) 岩崎雅昭他; 港湾コンテナターミナル ITS ノンストップゲートシステムの開発, 石川島播磨技報, Vol. 43, No.3, 2003. pp.86-91.
- 20) (財)日本エネルギー経済研究所編; 図解エネルギー・経済データの読み方入門, (財)省エネルギーセンター2001, pp.47-53.

港湾空港技術研究所資料 No.1067

2003.12

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL.046(844)5040 URL.<http://www.pari.go.jp/>

印刷所 ニッセイエプロ株式会社

Copyright © (2003) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。