

物流分野における地球温暖化問題への対応

二 村 真 理 子

- I 物流活動を取り巻く現状と直面する課題
- II 地球温暖化問題の現状
- III 運輸部門における排出削減策
- IV EU の国境炭素税の議論と企業の対応
- V 今後の物流分野の環境対応

I 物流活動を取り巻く現状と直面する課題

物流とは生産と消費の間の物理的な動きを指すものであり、物流サービスに対する需要は本源的需要を実現するための派生的需要という位置づけにある。すなわち、製品を売り利益を得ることが本源的な活動であるとすれば、物流はこれを達成するために派生的に発生する活動であるため、本源的活動の在り方に変化が生じればそれに応じた変化が必要とされるものである。

少子高齢社会を迎え、物流を取り巻く環境は大きく変化してきたが、さらに昨年来のコロナ禍において状況は大きく変化しつつある。これらの要因を列挙してみると以下の通りである。

- (1) 人口減少・少子高齢社会の到来
- (2) 単身世帯の増加、共働き家庭の増加（女性活躍）、働き方改革
- (3) EC 市場の拡大
- (4) 災害リスクの高まり
- (5) 地球環境問題・エネルギー制約
- (6) 社会資本の在り方 インフラ老朽化・首都圏3環状道路の整備
- (7) 地方創生
- (8) デジタルトランスフォーメーション政策
- (9) with コロナ時代の到来

(1) と (2) は人口動態・居住形態・生活実態の変化であり、物流活動に大きな影響を及ぼしている。人口減少、少子高齢社会の到来は生産年齢人口の減少を意味し、どの業界も例外なく労働力確保が問題とわれているが、特に物流業界では深刻であると言われる。例えばトラックドライバー不足については宅配事業の存続危機に見られるよう

に、きわめて深刻である。また、人口減少の影響は地方部における人口密度の低下や過疎化を進める結果となっており、商店の撤退による買い物弱者の発生、宅配などの配送効率の低下などの問題が生じている。また、単身世帯の増加、近年の女性活躍の結果として共働き家庭の増加により EC 市場の活用が進んでおり、近年、宅配需要が急増したが、ここにコロナ禍が拍車をかけることとなった¹。

ただし、このような状況を受け、宅配事業大手のヤマト HD の 2021 年 3 月期の連結決算は最終利益が前期比 2・5 倍の 567 億円で過去最高を記録しており、宅急便の取扱個数は初めて 20 億個を超えたという。なお、トラックドライバー不足については中長距離輸送の労働不足が特に深刻であり、労働条件の改善のための働き方改革や生産性向上、さらなる効率化が必要とされる。

(4) の災害リスクの高まりは、災害の頻発化、激甚化に伴う対応であり、メーカー企業がサプライチェーンを見直すきっかけともなっているが、特にコロナ禍においては国が補助による支援を行うなど、国内外の生産拠点や倉庫の分散などの動きがある。

(5) の地球環境問題やエネルギー制約も大きな制約となりつつある。2015 年に採択されたパリ協定は 2020 年以降の枠組みの取り決めであり、日本は 2030 年までに 2013 年比 26% 減、2050 年までに 80% 減（ただし基準年なし）と目標を定めた。しかし、菅首相により昨年、2050 年の目標を実質ゼロとすること、また今年 4 月の気候変動サミットにおいて 2030 年の目標を 46% 減とすることが表明されたことで、その対応が一気に進みつつある。

先日閣議決定された総合物流施策大綱においては、労働力不足、SDGs 対応への社会的気運、災害の激甚化、頻発化などへの対応が必要であり、DX の活用、そのための標準化の推進、一層の情報の活用などがその手段として提示されている。DX や AI 活用は手段であって目標にはならないとは思いますが、有力な手段であることは間違い無い。

さて、本稿では物流分野の環境対応についての整理を行うものとする。取扱い貨物量は外生的に決定されるため、主な環境対応策としては物流効率化や新技術の導入、普及が必要とされる。

1 宅配便については再配達問題も大きな問題であったが、コロナ禍ではステイホームにより改善が見られたとの情報もある。

II 地球温暖化問題の現状

1. 京都議定書からパリ協定締結までの動き

「地球温暖化」とは、大気中の温室効果ガスの濃度が上昇した結果として地球全体の平均気温が上昇する現象をいう。温室効果ガスは排出の場所を問わず全世界で同じ温室効果を持つが、温暖化の影響については地域差があり国際的な枠組みでの取り組みが不可欠となる。地球温暖化への対応は1992年にリオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国際連合会議」において採択された「気候変動枠組条約」の下で行われており、1995年以降、ほぼ年に1度、締約国会議（COP）が開かれている。

現在の温暖化は産業革命の恩恵を受けて先に経済発展を遂げた先進国によって引き起こされたものと考えられている。この考え方は1992年の地球サミットにおいて採択されたりオ宣言の「共通だが差異ある責任」という文言に反映されており、1997年に採択された京都議定書ではこれを受けて、発展途上国が削減義務を負うことはなかった。しかし、多くの排出を行っている中国、インドなどの途上国の不参加は同枠組みの効果を極めて小さくするものであり、先進国の不平等感による反発も大きく、当時最大の排出国であったアメリカの京都議定書からの脱退を招く結果となった。アメリカ、中国の2大排出国の不参加によって京都議定書の対象とされた温室ガスの排出量は極めて限定的な水準にとどまったため、この枠組みは「不十分であった（WWF ジャパン）」との評価を受けている。

このような状況を打開するため、第1約束期間が終了するまでに全ての国が参加する「ポスト京都」の枠組みをめざして議論が行われたが途上国からの反対は根強く、結局、途上国が参加しないまま京都議定書の第2約束期間が開始することとなった。このような状況の中、日本は京都議定書の枠組みからの離脱を表明し、カナダ、ロシアなども不参加となった。

しかし異常気象が世界各地で実際に生じ、またその規模が年々大きくなるにつれ、各国に温室効果ガス削減の必要性が認識されるようになり、ようやく2015年の気候変動枠組条約第21回会議の「パリ協定」の採択を迎えることとなった。IPCC第5次評価報告書によれば1880年に比して地上気温は0.85度上昇したとされているが、2015年に採択されたパリ協定では世界の平均気温を産業革命以前の2度未満に抑え、平均気温上昇を1.5度未満とすることを目的とし、京都議定書の枠組みから脱退した先進国、また発展途上国も自ら排出削減の努力を行うこととなった。日本政府代表団は「COP 21の概要と評価」の中で同協定を「すべての国が参加し、公平かつ実効的な枠組み」であるとしており、途上国も参加する枠組みの開始によって地球温暖化対策は新たな段階に

入ったと言える。

先進国間では長期目標として2050年までに1990年比で80%の排出削減を掲げており、2015年にはこの目標を達成するための中期目標が各国から国連気候変動枠組条約事務局に提出された。日本は「日本の約束草案」において中期目標として2030年までに2013年度比で26%減、1990年比に換算すると約18%減とした。他国の状況を見るとEUは2030年までに1990年比40%減、米国は2025年までに2005年比で26~28%減など京都議定書とは異なり、目標とする年次だけでなく、削減目標についても各国が自ら決定している。また、中国は複数の指標を掲げているが、2030年までに2005年比でGDP当たり二酸化炭素排出量を60~65%減など、各国の実情に合った指標を提示する余地が与えられたことも、多くの国の参加を促す結果となったものと思われる。

その後、米国は2017年6月にパリ協定を離脱したが、バイデン大統領就任に伴い2021年2月に正式復帰し、2030年までに2005年比で50~52%削減することを表明している。地球温暖化対策は政権にとっての重点課題であり、今後は積極的に世界をリードしていく姿勢を示している。

2. 日本の二酸化炭素排出の現状

排出削減の対象とされる温室効果ガスとは「二酸化炭素」、「メタン」、「一酸化二窒素」、「ハイドロフルオロカーボン」、「パーフルオロカーボン」、「六フッ化硫黄」「三フッ化窒素」の7つの物質を指すが、現在の地球温暖化にもっとも寄与しているのは二酸化炭素であることが知られている。これは二酸化炭素は1単位当たりの温室効果は小さいもののこれまでに排出量が極めて多いため、本稿でも二酸化炭素の排出削減を議論するものとする。近年、船舶から排出される二酸化炭素を収集する対応が示されているが、まだ一般的とは言い難く限定的であるため、二酸化炭素の排出削減には化石燃料消費の削減が必要である。

日本の二酸化炭素排出総量は2008年のリーマンショックを受けて減少したものの、2009年度から2013年度までは明らかな増加を示した。この増加の背景については様々な要因が考えられ詳細な分析が必要ではあるが、少なくとも2011年度以降は東日本大震災以降の発電に要する化石燃料の増加が寄与したものと思われる。2013年度を境に二酸化炭素の排出総量は削減を続けており、最新の2019年度は2013年度比で約16%の削減、7種類の温室効果ガスの合計においても約14%の削減を達成している。なお、コロナ禍における経済活動の停滞により2020年度は大幅に削減が進んでいるものと想定される。

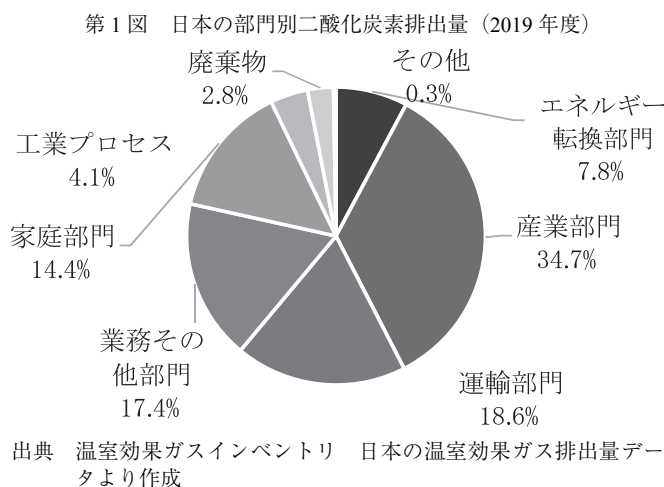
日本の排出削減は「地球温暖化対策計画」に従って部門別に対策が行われている。本稿が対象とする物流業からの排出は、倉庫内における電力消費などが「その他業務部

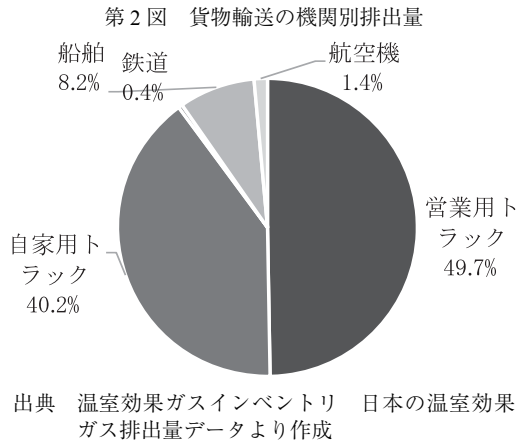
門」の運輸・郵便業に、また輸送については「運輸部門」とにそれぞれ分類されるが、ここでは後者について概観する。

運輸部門については日本の二酸化炭素排出に占める運輸部門の割合は18.6%（2019年度、図1参照）であり、2001年度以降排出量は減少傾向にある。主要な減少要因としては自動車の燃費改善が指摘されており、今後上昇要因があるとなれば航空機のジェット燃料消費の増加の影響が懸念される。2012年のピーチアビエーションのサービス開始にもみられるように、航空輸送についてはLCC参入による輸送需要の伸びが想定され、それに伴って燃料消費量の増加が見込まれる。航空事業者はバイオ燃料や水素エンジンの開発など、カーボンニュートラルに向けた取り組みを積極的に進めている。

運輸部門の排出のうち自動車からの排出は9割弱を占めている。また、旅客と貨物の排出割合は6:4であり、第2図に示した通り貨物輸送からの総排出量のうち約9割がトラックからの排出である。貨物輸送にとってラストワンマイルの輸送は自動車に依存する部分が多いが、一方で自動車は排出原単位が大きい交通機関として二酸化炭素削減政策の対象とされてきた。

これまでに達成した運輸部門の二酸化炭素排出の減少の要因として「地球温暖化対策計画」では1)自動車の燃費改善と2)貨物輸送における輸送量の減少を挙げている。ただし2)については景気の低迷による影響が大きく、経済状況が改善すればこの効果は期待できない。よって計画では追加的な対策として「自動車・道路交通流対策、・・・、物流の効率化など、統合的な対策を推進する」としつつも、やはり今後も乗用車、貨物自動車を問わず低公害車普及政策を強化することになるだろう。





III 運輸部門における排出削減策

1. 自動車の排出削減に対する考え方

経済学の視点から理解をすれば二酸化炭素や汚染物質の排出は外部不経済の発生と捉えることが可能であり、根本的な解決法としてはピグー税による内部化が念頭に浮かぶ。日本で導入されている「地球温暖化対策のための税」はその課税対象が全ての化石燃料であり、いわゆる「炭素税」と理解することが出来るだろう。しかし実際に導入されている同税の税率は極めて低く、地球温暖化対策税のみで今後必要とされる二酸化炭素の削減を期待することは困難であり、さまざまな関連施策を用いることが必要であるものと思われる³。

例えば貨物自動車を想定した排出量の構成を分解してみると以下のようになる。

第1表 貨物自動車の二酸化炭素排出削減のための施策⁴

大方針	政策方針	施策例
①輸送需要の削減	輸送需要の抑制	燃料課税
	他の輸送機関への転換	燃料課税 交通機関転換コストの補助 モーダルシフトの努力の見える化 ⁵
②利用効率の向上	積載率の向上	燃料課税
③燃費効率の向上	自動車の性能向上	燃料課税 エコカーの優遇 環境負荷が大きい車への重課
	ドライバーの運転能力向上	燃料課税 運転技術向上の教育
④排出係数の引き下げ	使用エネルギーの変更	燃料課税 次世代自動車への補助

3 化石燃料の需要の価格弾力性は低いことが知られている。(二村 (1999) 参照のこと)

4 二村 (2006) の図を一部修正。

5 エコレールマークやエコシップマークなど、企業のモーダルシフトの努力を表示で明らかにするもの。

$$\begin{aligned}
 CO_2 &= \frac{D}{l \times e} \times unit \\
 &= \frac{w \times e}{l \times e} \times unit
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

CO_2 ：二酸化炭素排出量 D ：のべ輸送需要（t km） w ：輸送重量（t） d ：輸送距離（km）
 l ：積載量（t/台） e ：燃費効率（km/l） $unit$ ：排出係数（CO₂/l）

上記の構成要素より、自動車からの二酸化炭素排出削減についての4つの方針は第1表の第1列に示した通りである。

①は輸送需要そのものの抑制、またはモーダルシフトの促進が想定される。②は貨物自動車の積載率の向上に努めることを内容とし、③は自動車の性能を向上させること、自動車の運転能力の向上を内容とする。④はガソリン以外の排出係数の小さい燃料を用いること、などが考えられる。④に関連する情報として、イギリスで2030年までに新車販売におけるガソリン車とディーゼル車全廃、さらにハイブリッド車についても排出ゼロの規制をクリアした車以外は、新車販売が禁止されることが発表されている。着実に世界の潮流が化石燃料車から次世代自動車へと移りつつあり、日本においても電気自動車や水素自動車などの新たなエネルギーを用いた技術への移行が急がれる。

全ての政策方針に対して炭素税を含めた燃料課税は一定の効果を有する一方で、自動車購入時の補助は自動車単体の性能向上による削減を実現するものである⁶。

2 日本の二酸化炭素排出削減に関する政策

2.1 経済的手法を用いた環境性能車の普及促進

京都議定書採択後、欧米諸国では化石燃料課税の強化が多く見られたが、わが国では自動車の性能向上に主眼を置いた政策が導入された。2001年4月より自動車関係諸税のグリーン化政策を導入し、税込中立の下での自動車取得税、自動車重量税の調整が行われた。同政策は一定以上の環境性能を有する車を環境対応車とし、まずその購入に対して補助を行うことで、消費者が環境対応車を選択するようなインセンティブを与えるものであった。また、一定の車齢を越えた自動車については自動車重量税の重課を行うことで、新車への乗り換えを促す政策である。これに対し自動車メーカーは消費者が選択するであろう税負担の小さい低公害車の開発に力を入れるようになり、市場で販売される自動車全体の低公害化が進んだ。その後、同政策は2009年4月から一定以上の性能の中古車も対象とした「エコカー補助金」へ拡張されることとなった。

6 ロードプライシング等の政策導入による交通流の改善なども排出量に影響を与えるものであるが、地域を限定するために本稿では扱わない。

この政策によって日本の保有自動車の低公害化が進み、その結果、平均燃費が大幅に改善したことにより、二酸化炭素排出量も減少傾向に入りつつある。また、2009年4月～と2011年12月～の2回、エコカー補助金⁷が実施された。この政策は景気対策としての側面も有していたものと思われるが、当然ながら低公害車普及に貢献したものと思われる。更に2019年からは自動車取得税が廃止され、代わって環境性能に応じた「環境性能割」が導入された。

ガソリン税や軽油引取税とは別に「地球温暖化対策のための税」が2012年より導入され、化石燃料全てを対象とした課税が行われている。段階的に税率が引き上げられた結果、2016年4月より289円/CO₂tの課税が行われている。石油換算で760円/klと極めて低い税率であること、また化石燃料の輸入業者や精製業者といった流通の上流部分で課金が行われるために一般にはあまり知られていないようである。すなわち利用段階での削減のインセンティブはあまり期待できないかもしれないが年に2600億円以上の税収を生み出しており、この税収は省エネルギー対策や再生可能エネルギーの普及に対する補助として還流されることで二酸化炭素排出削減を実現している⁷。また現在、2050年のカーボンニュートラルに向けた議論の中でカーボンプライシングについて議論が行われており、課税強化の可能性が高い。

2.2 2030年/2050年に向けた政策

パリ協定を受けて策定された「地球温暖化対策計画」において、自動車単体対策は1)「次世代自動車の普及、燃費改善」と2)「バイオ燃料の供給体制整備促進」の2つの方向性が提示されている。これまでの自動車の関連施策は燃費改善によるところが大きかったものと思われるが、今後は次世代自動車の普及が課題とされている。次世代自動車とは「ハイブリッド自動車 (HV)、電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHV)、燃料電池自動車 (FCV)、クリーンディーゼル自動車 (CDV)、圧縮天然ガス自動車 (CNGV) 等」であるとされており、相対的に車両価格が高額で、ガソリンの他、電力や水素を動力源とするものである。なお、市場規模が乗用車に比べ小さく、開発および大量普及が進みにくいトラックについては次世代自動車の導入に向けて「初期需要の創出や、性能向上のための研究開発支援、効率的なインフラ整備等を進める」ことが明記された。そしてこの政策を進めるにあたってのインセンティブとなると同時に財源となるのが強化された炭素税ということになるのだろう。

しかし、日本で2050年のカーボンニュートラルが宣言されたことに加え、EUの積極的な排出削減政策を背景とした国境炭素税の議論が現実味を帯びたことで、国内企業

7 運輸部門においても、モーダルシフトを行う際に発生する費用の一部を補助するなどの施策が行われている。

からもエネルギー転換を前提とした輸送手段の確保に対する要請が高まっている。

IV EU の国境炭素税の議論と企業の対応

これまで気候変動枠組条約締約国会議において議論は国単位で行われており、その目標設定についても同様であった。しかし2019年、EUは2050年までのカーボンニュートラルの実現に向けて欧州グリーン・ニュー・ディールを提示し、2021年に製品の輸入価格に炭素含有量をより正確に反映するためWTOルールに整合した「炭素国境調整措置（Carbon border adjustment mechanism）」を提案することを表明した。この炭素国境調整措置とは各製品の炭素含有量を基礎とするものであり、その排出量の管理は製品を製造するメーカーが行うこととなる。これまでのグローバル調達動きを考えれば、複数の国の複数の部門に及ぶCO₂排出のサプライチェーン管理を行う必要が出てきたことになる。

EUは基本姿勢として温室効果ガスの排出削減に非情に積極的であり、2005年からは排出量取引制度（EU-ETS）を導入し、2021年1月から4期目に入ったところである。同制度はエネルギー消費の多い製鉄業、ガラス製造、製糸業などの一部の産業に対して適用され、さらにEU域内から域外を結ぶ航空分野、新たに海運に対しても適用することを表明した。なお、日本は国際海運への適用に対して反対を表明している。

さて、EUは域内における厳しい措置に対するカーボン・リーケージの発生を問題視している。すなわちEU-ETSを適用したことからEU域内から規制の緩い外国へ生産拠点を移転する企業の存在、もしくは炭素排出量の多い輸入品に対してEUの製品が競争力を失う事態を回避するために、国境での調整メカニズム（carbon border adjustment mechanism）が必要であると主張している。この調整メカニズムとは輸入品の価格がより正確に炭素排出を反映するようにするための手段であり、複数の手法が提示されているものの、意見聴取の結果、国境炭素税の賦課が有力であるようだ。

同制度が適用される場合には、日本の企業にとっては輸出製品のサプライチェーンにおける総二酸化炭素排出量の把握が必要となり、まず統一ルールに基づいた二酸化炭素排出量の計測方法が定められる必要がある。

一方でこのような動きに対し、企業サイドにもサプライチェーン単位での脱炭素化の対応が始まっている。2020年7月にAppleは、2030年までにサプライチェーンの100%カーボンニュートラル達成する目標を提示した。同社はすでに温室効果ガスの排出ではカーボンニュートラルを達成しているが、計画よりも20年早く総合的なカーボンフットプリントのネットゼロを達成するというものである。

実際、Appleのみならず、世界的にグリーン・サプライチェーン・マネジメントへ

の注目が増しており、この動きは我々にいくつかの示唆を与えるものである。まず第1に輸出企業は製品ごとに信頼のおける二酸化炭素排出量のデータを算出する必要があるということである。生産のグローバル化が進展しサプライチェーンが長くなれば、メーカー自ら捕捉するのも難しくなる場所であり、ここでは環境対応のための3PLの活躍が期待される。また、二酸化炭素排出量に対する課税はおそらくEU—ETSの価格を何らかの形で反映することになり、現状で二酸化炭素1トン5000円ほどの高値がついていることから、これは企業によっては大変な負担になるだろうということである。

さて、このような動きを受け、日本の企業においても同様にサプライチェーン単位でのカーボンフットプリントの議論が開始されており、炭素税の課税強化への支持、二酸化炭素排出削減のさらなる努力の必要性が示されている。輸送関連ではエネルギーインフラの整備に対する要望が出されており、次世代トラックの導入において電気自動車導入のためのカーボンフリーな電力の安定供給、またさらに燃料電池車導入のための水素サプライチェーンの構築などが望まれている。

V 今後の物流分野の環境対応

本稿では物流関連活動のうち運輸部門における対応、その中でも特に貨物自動車に対する緩和策について概観した。実際、物流活動では倉庫においても電力消費を通じて二酸化炭素排出を発生させているが、物流拠点への政策的対応としては低炭素技術の導入や太陽光パネル設置などに対する補助が行われており、またその他の方法をとることも難しいため、特に議論は行わなかった。これまでの自動車関連の地球温暖化対策は税制の調整によりメーカーの性能向上の努力を引き出したことで順調なCO₂排出削減を実現してきた。今後パリ協定の下、日本においても再び地道な削減努力が続けられることとなるだろう。物流活動は派生的な性質を有するため、排出削減のためには輸送の効率化と同時に新技術の開発、導入を進める必要がある。物流コストの上昇を出来るだけ抑えるためにも、従来から用いられてきたインセンティブメカニズムを使用した排出削減に努めることが望ましい。

また、EUの国境炭素税の導入検討を機に日本においても本格的な炭素税や排出量取引が導入される可能性が出てきた。グローバルなグリーン・サプライチェーン・マネジメントに国内活動が組み入れられることは、諸外国の政策の刺激を間接的に受けることを意味する。グローバル企業の活動を円滑に行うための国内対応が急がれる。

参考文献

(1) 日本語文献

環境省 HP 「地球温暖化対策計画」

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/onntaikeikaku-zentaiban.pdf> (2021/06/25)

国土交通省 HP 「物流政策大綱」

https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/butsuryu_03100.html

国立研究開発法人 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリ HP

<http://www.nies.go.jp/gio/aboutghg/index.html> (2021/06/25)

二村真理子 (2006) 『環境制約下の交通政策』一橋大学博士学位論文.

二村真理子 (2018) 「自動車関係税政のグリーン化の車両選択への影響」日本交通学会第77回研究報告会予稿.

(2) 外国語文献

Hamilton Pozo (2021) *Supply Chain, Operation and Managements*, LAMBERT. European Commission “A European Green Deal”

A European Green Deal | European Commission (europa.eu) (2021/06/28)