航空貨物輸送における多様化に関する一考察

竹林幹雄 [1]

[1] 正会員　神戸大学教授　大学院海事科学研究科（〒658－0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5－1－1）
E-mail:takebaya@kobe-u.ac.jp

本研究はネットゼロを念頭に置いた航空輸送のあり方について，Sea and Air などの多様な輸送方法に関する方法の可能性について検討するものである．ここでは SAF の供給や排出権取引の構造的な問題を指摘するとともに，マルチモーダル輸送への転換の必要性を，実例を挙げて説明した．さらに，数値計算による結果の考察の概略を示すとともに，その結果が高い環境への啓蒙の必要性を示唆するものであることを示した．

Key Words: *Net Zero*, *aviation network*, *Sea and Air*

1. はじめに

Net Zero 実現のための方策は，航空輸送だけではなく，輸送部門全てにおいて求められている．航空輸送では，よく知られているように CORSIA によってその具体的なマイルストーンが示され，まずは 2030 年にその達成度合いが測られようとしている．現時点では日本政府が主導的役割を担おうとしている Carbon-offset（排出権取引）をはじめいくつかの方法が提案されている．Carbon-offset はその名の通り，二酸化炭素産出分を応分の価格で取引するものであるが，その市場が十分に機能するのか（換言すればインフレを生じさせないか）など，不安材料も少なくない．

一方，代替燃料（Sustainable Air Fuel/SAF）はわが国でも大手商社などが製造に名乗りを上げており，2030 年に航空機燃料に対して 10%混入を実現する，というわが国の方針の実現に一役買っている．しかし，この方法についても大きな不安が伴う．すなわち，第 1 に供給量不安である．2023 年時点でも世界で SAF を商業的に生産できるレベルに達している生産拠点の数はわずかであり，2030 年までに稼働する予定であるものはかなりの数になるものの，本当に実現するかどうかは今のところ全くわからない．また，ほとんどの場合その原材料として廃食用油が考えられているが，廃食用油の回収方法（どのように十分な量の廃油を回収するのか）や，その価格の問題が常に大きな問題である．廃油による Bio-fuel は航空輸送に特化したものばかりではなく，他の交通機関にも当然ながら利用されうる．実際に利用されているものではバスや乗用車などが挙げられる．構造的にはトウモロコシなどから生産される Bio-fuel と構造的に同じためである．廃油や通常の穀物類などを利用した Bi-fuel 生産は原材料の獲得，輸送を含む生産コストなど超えるべき障壁は思う以上に高い．また，生産コストの問題を解決しなければ，10%混入した場合でも燃油コストは 20～30%は上昇することになる．生産規模の増大は十分な原材料供給が想定できなければ極めてリスクの高い事業になる．2030 年までは 7 年を切っており，十分な供給量を達成するというのは，かなり楽観的な見方ではないかと思われる．7 年間での転換は急激な転換とも言よう．

同様の問題は海運業界にもある．IMO は，指針そのものは CORISIA と同時期に提案しているものの，どのようにして行うべきか，という問いに対しては確定的なものは持ち合わせていない． ただし，大型輸送船としての LNG 船の投入やアンモニア利用など，航空輸送よりはまだ技術的なハードルは低いとはいえよう．

2. 多様な輸送方法の必要性

1 でも述べたように，燃料問題に直接答えることはこと輸送産業では難しいと言える．特に長距離国際輸送を含む国際輸送ではその削減方法は限られる．貨物輸送の場合，1km トンあたりの輸送では二酸化炭素排出が圧倒的に高い航空輸送利用を何らかの形で輸送転換する必要があると言える．

ひとつの方法が Rail and Air である．これはフィーダー輸送に当たる近距離輸送分を鉄道輸送に切り替え，All Air からの転換を図るものである．旅客輸送では 2010 年以降盛んに研究成果が発表されており，特に高速鉄道

（high-speed rail/HSR）との協調による輸送点間の効果について背後圏の拡大，社会厚生の改善など幾つもの重要な指摘がなされている（Jiang and Zhan, 2014; Takebayashi, 2014 など）．一方，貨物輸送に関しては，現在欧州や中東[1]などで一部実施はされているものの，研究レベルではあまり実績があるとは言えない．しかし，鉄道利用は，航空輸送と比較すれば明らかに二酸化炭素排出量は大幅に改善されるため，Net Zero 実現のための有益な方法のひとつとして今後は十分に検討に値するものと言える．

もう一つの方法としては海の利用である．いわゆる Sea and Air というマルチモーダル輸送法である．Sea and Air の歴史自体は今から 30 年以上も遡ることができるが，海上輸送の速度改善などにより，あまり利用されなくなった．しかし現在，様々な理由から Sea and Air の利用が徐々にではあるが進んできている．一番の理由は燃油費の高騰である．燃油費の影響は昨年の秋大会でも研究成果を一部報告しているため，ここでは割愛するが，航空貨物輸送の世界でも，高い All Air を避け，一部を海上輸送に転換する方法が実際に採られている．また，前述の UAE では Jubel Ali 港とドバイアルマクトゥーム国際空港（DWC）を直結したサービスを提供するなど，Sea and Air 推進を積極的に行っている．また，香港や仁川では戦略的に Sea and Air を進められる環境を整えているといえる．いずれも海上輸送との結節性は極めて良いという点が挙げられる．

Sea and Air の促進が上記の国・空港以外でも可能か，という点に関しては Ishihara et al. (2023)が犠牲量モデルを用いた詳細な分析を行っている．ここでは対北米輸出を対象として分析を行っているが，限られた条件下ではあるものの，転換が可能であることが示されている．

Sea and Air は Rail and Air と同じくもともとはコスト対策など別の目的で始まった輸送サービスであるが，Net Zero の時代となり，その促進の効果が大いに期待できるものである．

3. Sea and Air：Net Zero の要求に応えることができるのか

ここでは，Sea and Air 推進の効果について，簡単なモデル計算による検討を紹介する．本結果は本年 7 月に開催された ATRS 2023 in Kobe で紹介したものの一部であることを断っておく．なお，主たる結果は発表の際に紹介するため，ここではその概略のみ紹介することとする．

モデルは既発表の Bi-level モデルを用いた．ただし，荷主の経路選択行動においては昨年の秋大会での報告と同じく環境重視の傾向を示すパラメータを人為的に設定し，このパラメータに関する感度分析を行っている．

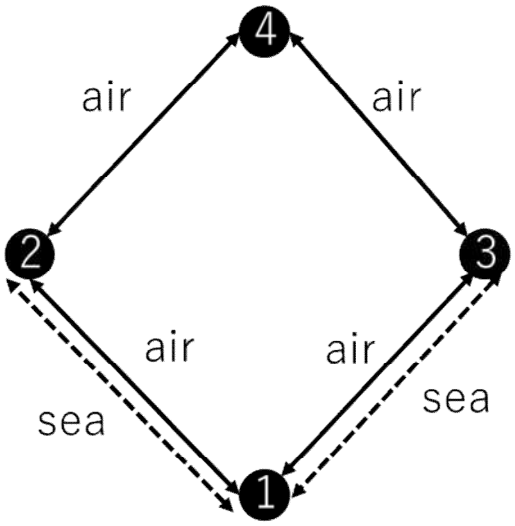


図-1 対象市場の構造

図-1 は対象とする市場の構造を単純に示したものである．1-4 は国際輸送であるが，All air による直送は行うことができないとしている．これは直送を行うほどの市場規模ではないものの，ある程度の需要が存在するという，地方都市やアジアの第 2 都市程度の規模の空港で一般的に見られる事象である．直送がないため，経由空港を利用したサービス，ないしは海上輸送をフィーダーとして利用することができるとしている．ただし，航空会社は 2 社であり，海上輸送は 1 社で行っているものとしている．

結果の概略としては次の通りである．二酸化炭素の排出量は，環境意識が高くなるにつれ長距離輸送，近距離輸送双方ともに改善される（すなわち海上輸送の利用割合が高くなる）と言うものであるが，近距離輸送の方がより効果が高くなるという結果を得た．

ただし，環境意識が現状よりもかなり高くなるように「啓蒙」する必要があり，この点が大きな課題であると指摘できる．

[1] 熱心に行っているのはアラビア半島にある国々である．UAE やサウジアラビアをはじめ，旅客を中心として鉄道全体への投資は大きくなっている．例えば JETRO によるプロジェクトリサーチ（2017）を参照のこと．

参考文献

1) IATA, 2021. Net-Zero carbon emission by 2050 (https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-10-04-03/).
2) Elementenergy, 2022. The role of aviation demand reduction in UK Decarbonisation, (http://aef.org.uk/uploads/2022/05/The-Role-of-Aviation-Demand-in-Decarbonisation-Full-Report.pdf).

3) Takebayashi, M., 2014. The Future Relations between Air and Rail Transport in the Island Country, Transportation Research A 62, 20-29.
4) Jiang, C., Zhang, A., 2014. Effects of high-speed rail and airline cooperation under hub airport capacity constraint. Transportation Research B 60, 33-49.
5) Ishihara, H., Ishiguro, K., Takebayashi, M., 2023. Feasibility Analysis of International Sea–Air Transport on the Export Cargo from East Asia to North America, Proc. of EASTS 2023 (Paper ID: 3325)

(2023. 10. 12 受付)

MULTIPLE WAY FOR SUSTAINABLE AIR CARGO TRANSPORT

Mikio TAKEBAYASHI

This paper discusses the necessity of multiple way for sustainable air cargo transport; especially, enhancing the multi-modal transport (sea and air/rail and air, for example) would be needed for progressing the Net Zero Policies. First, we pointed out the difficulty of sufficient production of SAF and efficiency of carbon-offset. Second, we explained the necessity of multi-modal cargo transport by showing some examples. Finally, we briefly showed the outline of our numerical computation and its results. The results suggested the workability of enhancing sea and air transport for reducing green house gases, but the problem is that the high enlightenment of climate change is required for obtaining the better results.