

# 위성 자료를 활용한 북한 무역 지표 개발과 시사점<sup>1)</sup>

김다울 | 대외경제정책연구원 부연구위원 | dwk129@kiep.go.kr

## I. 배경

북한은 내부 정보에 대한 접근성이 가장 낮은 나라 중 하나이다. 최근 들어 위성 자료를 활용해 북한을 관찰하려는 시도가 늘어나고 있다. 야간조도를 통해 북한의 경제지표를 추정하거나, 고해상도 위성 이미지를 활용해 북한 주요 시설 동향을 관찰하는 것 등이다. 본 연구는 이러한 맥락에서 위성 자료를 활용해 북한의 무역부문을 관측하는 지표를 개발하고 분석한다. 북한의 여러 경제분야 중 무역은 거울 무역통계로 인해 가장 많은 데이터가 존재하는 분야이다. 따라서 위성 기반의 경제 지표 개발이 새롭게 시도되는 만큼 비견할 데이터가 있는 무역 부문에 대해 연구를 시도하였다.

‘지표’라는 말에서도 알 수 있듯이 본 연구는 연속적인 시계열을 가지는 경제 데이터를 생성하고자 한다. 보통 고해상도 위성영상의 경우 목표물을 세세하게 관측할 수 있는 반면에 관측하고자 하는 시설이 제한적이거나 주기적인 관측이 이루어지기 어렵다. 고해상도 위성자료를 기반으로 연속성을 가진 데이터를 만들기 위해서는 막대한 비용이 소모되는 것 또한 어려운 점이다. 경제학 분야에서 가장 많이 활용된 위성 자료인 야간조도의 경우 선진국에 비해 야간의 전력 사용이 드문 북한에 대해서는 적절하지 않다는 지적이 많이 이루어지기도 하였다. 본 연구에서는 연속성을 가지는 중해상도의 주간 위성 자료를 사용하여 북한의 무역부문에 대한 지표를 개발하고 분석하였다. 이하에서는 방법론과 개발된 지표의 추세를

1) 본 글은 대외경제정책연구원의 2025년 발간 예정 보고서 『위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구』의 일부를 바탕으로 했다. 위성 기반 무역 지표와 더불어 물류 및 시장 관련 지표에 관한 내용은 위 보고서를 참고하기를 바란다.

설명하고 북한의 무역 통계 및 관련 정책과의 비교를 통해 이를 평가한다.

## II. 위성 기반 무역 지표의 개발

위성 자료는 지리적 공간을 관측하는 만큼 관측 대상에 대한 지리적 식별이 중요하다. 무역과 직접적인 관련성이 높은 시설은 세관, 무역 철도역, 무역 항구이다. 본 연구에서는 이들 시설을 관측한 Sentinel-1 위성 자료를 활용하여 무역 지표를 생성한다. 세관의 경우 북중 접경지역의 신의주세관, 무산세관, 회령세관, 원정리세관, 해산세관 부지와 위 세관과 접한 중국 측 세관 부지를 관측 대상으로 한다. 무역철도역은 신의주청년역과 두만강역, 항만은 남포항을 관찰한다.

위성 원자료로부터 무역 지표를 생성하기 위한 방법론은 관측 대상 지역에서 물체의 변화가 이루어진 면적을 식별하는 것이다. 구체적으로 연속적인 두 촬영 시점 간 관측 지역 내 물체가 변화한 면적을 집계하는 것이다. 무역 혹은 물류는 필연적으로 차량, 화물 등 물체의 이동을 수반하므로 한 시점에 세관 내에 있던 물체가 다음 시점에 사라졌다면, 혹은 없었던 물체가 새로 생겨난다면 이는 무역활동을 대변한다고 할 수 있을 것이다. 세관과 기차역에 대해서는 이 물체 변화 탐지 방법을 적용하여 데이터를 생성하고 이를 세관 물류, 무역 철도역의 물류로 해석하였다. 한편, 해상 무역의 경우 대부분이 컨테이너에 실려 선박을 통해 운송되며 수출입 되기 전에 하역장을 거친다. 따라서 항만에 대해서는 물체 변화 탐지가 아니라 하역장 내 금속을 식별해 관측 지역 내 금속 면적의 비중을 구하는 방식으로 물류 지표를 생성하였다.

위 지표를 생성하기 위하여 활용한 위성자료는 Sentinel-1 위성이 관측한 자료이다. 이 위성은 유럽우주국이 운용하며 자체적인 레이더파를 보내 되돌아오는 파장을 관측하는 SAR 위성이기 때문에 기상환경에 구애받지 않고 주기적으로 데이터를 획득할 수 있다. Sentinel-1의 해상도는 10m가량이다. 1m급 이상의 고해상도 위성영상은 관측 지역에서 이동하는 물체의 종류까지 세부적으로 식별할 수 있을 것이다. 그러나 고해상도 위성영상을 활용해 연속적 시계열을 구축하려면 천문학적 비용이 소요될 뿐 아니라 현재까지는 북한지역을 경제지표를 생성할 수 있는 빈도의 주기로 관측한 고해상도 위성영상이 극히 드물다. Sentinel-1은 중해상도 위성영상에 속하는데, 관측 대상의 내용을 식별할 만큼 해상도가 높은 것은 아니지만 위 방법론을 통해 충분히 물류 이동에 대한 정보를 파악할 수 있으며, 전 세계를 6~12일마다

일정한 주기로 관측하기 때문에 시계열적 연속성을 가지며 관측 주기도 짧다. 이상의 지표는 미국의 위성 기반 데이터 제작 기업인 Spaceknow와 협력하여 제작하였다.

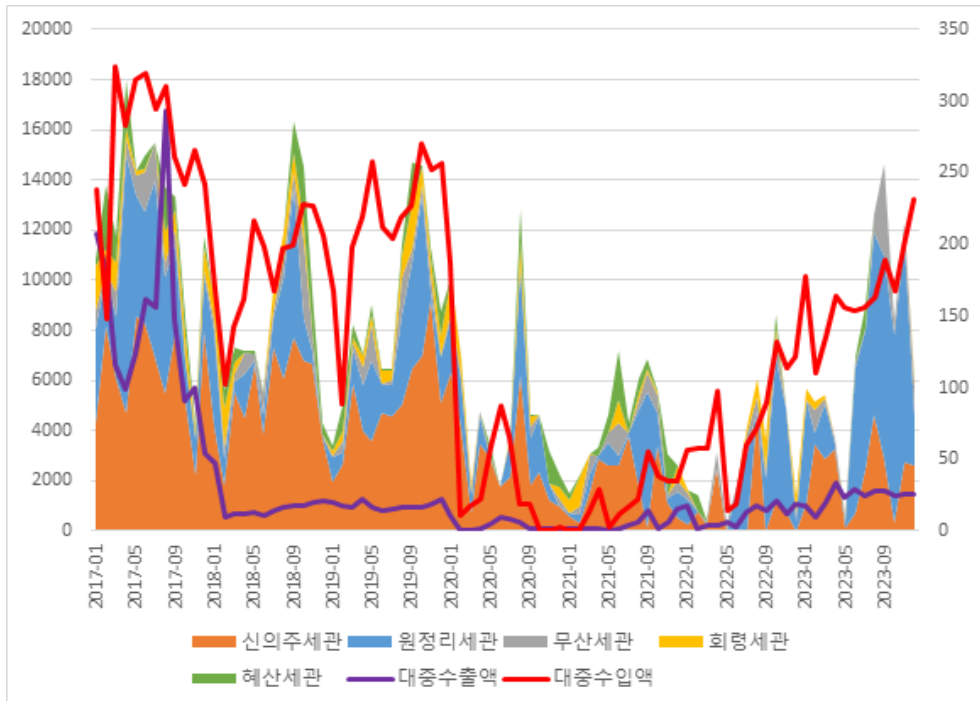
### III. 위성 기반 무역 지표 추세 및 특징

#### 1. 세관 물류 지표

[그림 1]은 각 세관에 대한 위성 자료 기반의 물류와 북한의 대중 수출입액을 나타낸 것이다. 전반적으로 세관 물류의 합계와 북한의 대중 수입액 추세가 상당히 유사한 것을 확인할 수 있다. 둘 간의 상관관계는 0.707로 통계적으로 유의할 뿐 아니라 매우 높은 수준을 보인다.

[그림 1] 북중 육로 세관 물류와 무역 추세

(단위: (좌)제곱미터, (우)백만달러)



자료: 최장호 외, 「위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구」, 대외경제정책연구원, 2025, p.64; 중국해관통계.

구체적으로 살펴보면, 2017년 높은 수준을 보이던 수입이 2018년 1분기 일시적으로 급감 후 다시 증가, 2019년에 다시 급감하는 패턴이 세관 물류 지표에서도 나타난다. 또한 코로나19 팬데믹 직후 무역은 전무한 수준으로 감소하였다가 2020년 2~3분기에 일시적으로 무역이 재개된 후 다시 중단되는데, 세관 물류 지표에서도 2020년 7~8월 일시적으로 지표가 급증한다. 2021년 이후 대중 수입은 회복세를 보이다가 북한에 코로나19가 발생한 2022년 5~8월 급감한 후 다시 회복세를 이어갔다. 세관 물류 지표는 수입액보다 빨리 2021년 상반기에 빠른 증가세를 보였는데, 무역이 본격적으로 재개된 초창기이므로 물동량 대비 방역을 위한 통관에 많은 절차와 시간이 소요된 것으로 보인다. 한편, 2022년에는 세관 물류 지표가 1분기부터 낮은 수준을 보이는데 북한이 2022년 5~8월에 국내 코로나19 발생을 시인하였으나 내부적으로는 이보다 앞선 시점부터 국내 방역정책을 강화하였을 가능성이 있는 것으로 보인다.

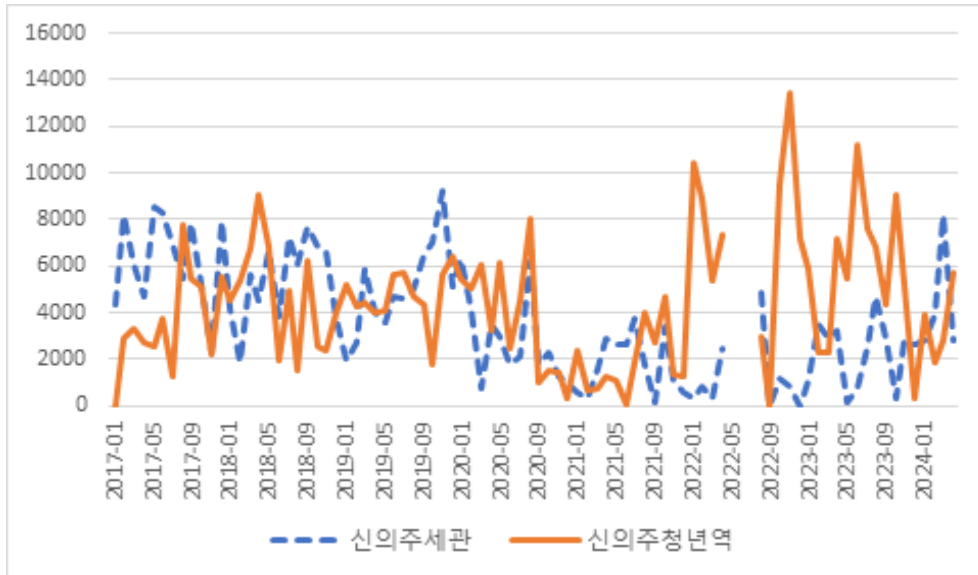
2022년 4분기부터 2023년에는 대중 수입액이 지속적이고 가파르게 회복세를 보인다. 이에 반해 세관 물류 지표는 등락을 반복하거나 비교적 더딘 회복세를 보이다가 2023년 하반기에 들어서야 급증한다. 그 원인은 북한이 코로나의 영향에서 회복해 가던 초창기에 북한의 무역 수단이 육로, 특히 도로교통보다는 해상이나 철도교통을 통해 이루어졌기 때문이라 할 수 있다.

[그림 2]는 신의주-단둥 구간의 육로 무역을 담당하는 신의주 세관과 철도 무역을 담당하는 신의주청년역에 대한 물류 지표이다. 2019년까지는 신의주세관과 신의주청년역 모두 유사한 물류 수준을 보여주다가 2020~21년 상반기에는 두 지표가 모두 하락한다. 이후 북한이 북·중 무역 재개를 본격화한 2022년에는 신의주세관의 물류는 뚜렷한 회복세를 보인다고 하기 어려우며 2023년 이후에야 확연한 증가세를 보인다. 또한 그 수준도 2023년까지는 과거에 미치지 못한다. 반면 철도 무역을 담당하는 신의주청년역 물류 지표는 2022년부터 급증하며 그 수준이 코로나19 이전에 비해 더 높다.

한편, 세관의 물류에는 수입뿐 아니라 수출도 포함되는 것이 자연스러운데 세관 물류 지표의 합계와 수출액 간에는 뚜렷한 유사성이 보이지 않는다. 둘 간의 상관관계는 0.531로 낮지 않다. 그러나 이는 2018년 1분기의 급감, 2020년 이후의 변화 양상이 유사한 데 기인하는 것으로 보이며 2018~19에는 수출액과 세관 물류 지표가 상당한 괴리를 보인다. 그 원인으로는 여러 가지를 추론해 볼 수 있다. 먼저, 북한의 수출은 광산품 등의 소수 품목이 별크로 이루어지는 경우가 많아 수입에 비해 철도 및 해상 운송 비중이 높을 수 있다. 둘째, 특히 2018~19년에 비공식 무역 혹은 밀수가 이루어졌을 경우 위성 지표가 나타내는 실제 물류와

[그림 2] 신의주세관 및 신의주청년역 물류 추세

(단위: 제곱미터)



자료: 최장호 외, 「위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구」, 대외경제정책연구원, 2025, p.67.

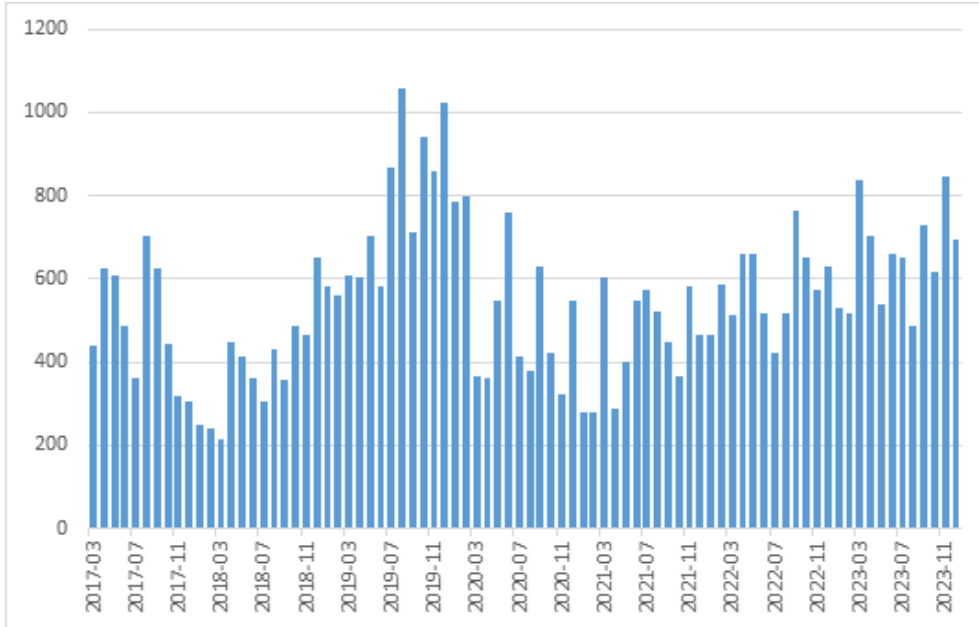
공식 통계 간의 괴리가 커질 수 있다. UN 안보리 전문가 패널 보고서에서도 북한의 석탄 밀수를 수차례 지적하였으며, 임가공품 밀수가 이루어졌다는 사실도 대북 전문 매체에 의해 보도된 바 있다.<sup>2)</sup>

[그림 3]은 북한의 주요 석탄 야적장에 대해 이상의 물체 변화 탐지 기법을 적용해 야적장 물류를 파악한 결과이다. 2017년에는 석탄 야적장 물류가 감소하다가 2018~19년에는 2017년을 넘어서는 수준까지 가파른 증가세를 보인다. 이후 2020년에는 코로나19 팬데믹으로 인해 급감하고 2021년 하반기부터 완만한 회복세를 보인다. 관건은 2018~19년의 야적장 물류 급증에 대한 설명이다. 만약 제재로 인해 수출되어야 할 무연탄 물량이 야적장에 쌓여있어 석탄 야적장 물류가 증가한 것이라면 2018년이 아니라 UN 안보리 결의안 2371호에 따라 석탄 수출이 금지되는 2017년 9월부터 야적장 물류가 증가해야 할 것이다. 실제로 대북 수출액은 이 시기에 급감한다. 그러나 석탄 야적장 물류는 2018년 5월부터 급증하기 시작한다. 따라서 수출 중단에 따른 대내 재고 축적이라는 설명은 부적절하다. 또한 앞서 설명한 바와 같이 이 방법론은 연이은 두 시점의 위성 이미지 간 물체의 변화를 파악하며, 물체의 감소와

2) 「자유아시아방송」, 「북 무역회사, 밀수로 금수제품 전달」, 2017. 10. 10([https://www.rfa.org/korean/in\\_focus/ne-ms-10102017083903.html](https://www.rfa.org/korean/in_focus/ne-ms-10102017083903.html), 접속일: 2024. 12. 1).

[그림 3] 석탄 야적장 물류 추세

(단위: 제곱미터)



자료: 최장호 외, 「위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구」, 대외경제정책연구원, 2025, p.66.

증가를 모두 포함한다. 따라서 2018~19년 야적장에 석탄의 반입 및 반출이 활발하였음을 의미한다. 무연탄이 대규모로 북한 내에서만 소비된 것이 아니라면 무연탄 밀수가 이루어졌음을 합리적으로 추론할 수 있다. 2018~19년 세관 물류 지표와 북한의 대중 수출 통계 간의 괴리는 일정 부분 밀수가 영향을 미친 것으로 보인다.

## 2. 무역항 물류 지표

코로나19 팬데믹 이후 무역 회복 과정에서 북한은 일차적으로 관리와 통제가 용이하고 인적 왕래 및 접촉이 적은 해상 무역을 재개하였다. 선행연구에 따르면 북한 해상 무역에서 남포항이 차지하는 비중은 28.9%이다.<sup>3)</sup> 그런데 코로나19 이후 무역규모가 극히 축소된 상황에서 무역을 재개할 때에는 지리적으로 중국과 가까운 남포항이 중심적 역할을 차지하였을 것으로 추측된다.

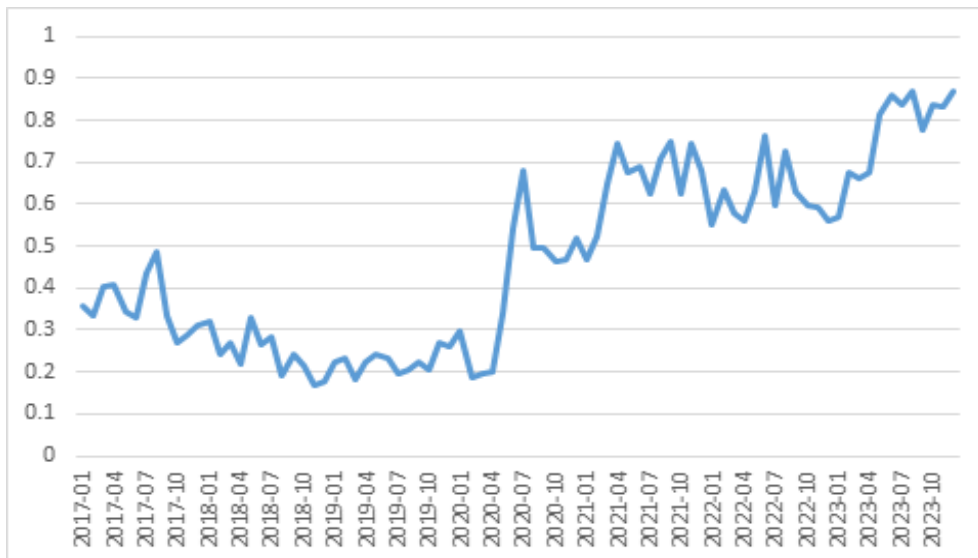
3) 산업은행, 『북한의 산업 I』, 2020, p.214.

[그림 4]는 위성 기반의 남포항 물류 지표이다. 앞서 설명한 바와 같이 항만 하역장에 대한 물류 지표는 컨테이너를 보다 잘 반영할 수 있도록 금속 탐지 방식을 이용해 제작하였다. 데이터를 살펴보면 2017~19년에 남포항 물류 지표는 하락하는 추세를 보이다가 2020년 5월 이후 급격히 증가한다. 2020년 4월 이전까지 남포항 하역장의 20~40%가량의 면적에서만 금속 물체가 관측되었으나 점차 증가하여 2023년 8월에는 87%로 최대치를 기록하였다.

코로나19 팬데믹 초기인 2020년 5~7월에 일시적으로 해상을 통한 북·중 무역이 재개된 후 다시 중단된 것으로 알려졌는데 남포항 물류 지표에서도 2020년 5~7월에 물류가 급증했다가 2020년 8월 다시 급감한다. 이후 2021년 4월에 급증하는데, 이때부터 다시 북·중 무역이 재개되어 회복세를 보이게 된다. 한편 북·중 무역액은 북한에 코로나19가 발생한 2022년 5~8월에 급감하는 데 반해 남포항 물류 지표는 뚜렷한 감소세를 보이지 않는다. 그 원인으로는 중무역액은 줄었지만 이 시기 단둥지역에도 코로나19가 발생하여 육로 무역이 중단되면서 해상을 통한 무역이 이를 일부 대신하였기 때문으로 보인다.

북한은 코로나19 이후 무역을 재개하는 과정에서 일차적으로 해상 무역을 재개하였으며, 그 이후 육상 무역은 인적 왕래가 더 적고 관리통제가 용이한 철도교통을 실시하고 육상 무역은 소극적으로 허용하였다. 이는 대북 전문 매체의 보도를 통해 확인되는 내용이며 무역통계를 통해서만 해상, 철도, 도로 무역을 구분하기는 어렵다. 그런데 위성 기반의 무역

[그림 4] 남포항 물류 추세



자료: 최장호 외, 「위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구」, 대외경제정책연구원, 2025, p.66.

관련 시설에 대한 물류 지표 추세를 살펴본 결과에서도 이와 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 본 연구에서 개발한 위성 기반 무역 지표가 실제 정책적 상황 및 무역통계와 일치성이 높으며, 북한 내부 상황을 평가하는데 유효한 수단으로 활용될 수 있음을 보여준다.

### 3. 북·러 무역 관련 물류 지표

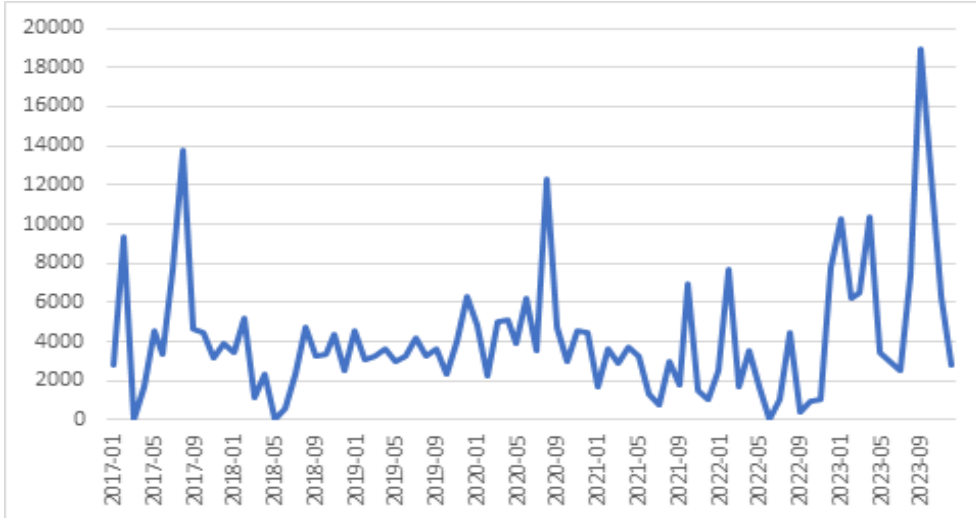
2023년 김정은 위원장의 방러와 북·러 정상회담 이후 북·러 간 관계가 급격히 가까워지고 있다. 그러나 북·러 간 교류 상황을 알 수 있는 데이터는 부재한 상황이다. UN Comtrade에 러시아가 발표하는 북한과의 무역 통계가 존재하지만 2022년 이후에는 통계가 존재하지 않아 최근 북·러 관계가 긴밀화되는 상황에서의 교역 내용은 알기 어렵다. 최근 두 국가의 물적 교류가 러시아-우크라이나 전쟁에 관련된 무기 등 공인되거나 공개되지 않는 품목을 중심으로 이루어지고 있으며 양국 모두 UN 제재 대상이라는 점에서 불법적 무역의 가능성이 높은 상황이다.

두만강역은 러시아와 가장 가까이 위치한 기차역으로 두만강역에서 북·러 우정의 다리로 불리는 철교를 지나 하산역으로 이어지는 기차 노선이 존재한다. 2023년 9월 김정은 위원장의 방러 시에도 이 경로를 통해 이동하였으며, 북·러 간 기차를 이용한 물류의 상당 부분이 두만강역을 거치게 된다. [그림 5]는 두만강역의 물류 지표 추세를 보여준다. 이에 따르면 두만강역의 물류는 일시적 급등을 제외하고는 2019년 이후 2022년까지 감소하는 추세를 보여왔다. 그런데 2022년 12월 두만강역 물류가 급증한 후 높은 수준이 유지되고 있으며, 북·러 정상회담이 이루어진 2023년 9월을 전후해서는 전례 없이 높은 수준으로 물류 지표가 증가하였다.

미국 CSIS에 따르면 코로나19 이후 두만강역 시설이 확충되고 있으며 두만강역과 하산역에서 관측되는 열차가 증가하고 있으며, 특히 북·러 정상회담을 전후해서는 전례없이 많은 규모의 철도차량 운행이 관측되었다.<sup>4)</sup> 본 연구에서 개발한 두만강 물류 지표 역시 이러한 보도와 유사한 경향을 보여줄 뿐 아니라 양국 간 교류 확대의 조짐이 북·러 정상회담 훨씬 이전인 2022년 12월부터 관측되고 있음을 발견하였다. 본 연구의 물류 지표를 통해 북·러 간 교류의 내용을 파악하기는 어렵지만 북·러 간 교류에 대한 정보 자체가 희박한 상황에서 전반적인 북·러 교역 동향을 관측할 수 있을 것으로 기대된다. 더욱이 기존에는 고해상도

<sup>4)</sup> Joseph S. Bermudez Jr., Victor Cha and Jennifer Jun, "Dramatic Increase in DPRK-Russia Border Rail Traffic After Kim-Putin Summit," Beyond Parallel, 2023. 10. 6 (<https://beyondparallel.csis.org/dramatic-increase-in-dprk-russia-border-rail-traffic-after-kim-putin-summit/>, 접속일: 2024. 9. 30).

[그림 5] 두만강역 물류 추세



자료: 최장호 외, 「위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구」, 대외경제정책연구원, 2025, p.68.

위성영상을 사람이 일일이 확인하여 높은 비용과 시간을 소모해 물류 동향을 파악하였던 것에 비해 본 지표를 사용하면 훨씬 용이하게 물류 흐름을 관찰할 수 있다.

#### IV. 맺음말

이상에서는 세관, 무역항, 주요 무역 철도역 등 무역 관련 시설에 대해 위성 자료를 활용하여 북한 무역 관련 지표를 생성하고 그 추세를 살펴보았다. 물류는 물체의 이동을 수반한다는 점에서 관측 지역의 위성 이미지를 시점 간 비교하여 물체 이동이 탐지된 면적을 집계하였으며, 항구에 대해서는 컨테이너 등을 추적하기 위해 금속 면적을 탐지하였다.

위성 기반의 경제 지표는 최근 들어 새롭게 개발되고 있는데, 아직 정립된 방법론이나 공인된 통계가 아니기 때문에 그 유효성에 대한 검증이 필요하다. 그러나 북한을 대상으로 할 경우 그 유효성을 평가할 만한 현실의 데이터가 존재하지 않는다. 따라서 획득할 수 있는 제한적인 데이터와 정보에 기반하여 위성 기반 지표를 평가할 수밖에 없다. 본 연구에서 개발한 위성 기반 무역 지표는 북한의 현실에 대해 어느 정도의 설명력을 갖고 있는 것으로 보인다. 북·중 접경지역의 세관 물류는 북한의 대중 무역, 특히 대중 수출과 높은 상관관계를

보였다. 무역 운송 수단에 있어서도 코로나19 이후 무역 회복 과정에서 해상 무역과 철도 무역을 적극 활용하였다는 점이 무역항 물류, 무역 철도역 물류를 통해 확인되었다. 북·러 무역의 경우 북·러 관계가 급격히 진전된 2023년 이후 두만강역 물류가 급증하여 관련 정황과 데이터의 추세가 일치하였다.

본 연구는 두 가지 점에서 큰 의의가 있다. 먼저, 북한 무역에 대한 새로운 정보 제공이다. 북한의 무역은 거울통계를 활용해 그 어떤 경제분야보다도 정보를 얻기 쉬운 분야이다. 그럼에도 무역통계는 무역의 운송수단, 무역이 주로 발생하는 지역 혹은 시설 등에 대한 세부 정보는 제공하기 어렵다. 위성 기반의 무역 지표를 통해서도 도로 열차, 선박 등의 운송수단이나 세관별 혹은 기차역이나 항만별 분석이 가능하여 더욱 세부적인 분석이 가능하다. 또한 무역통계에는 누락된 비공식 무역이나 밀수까지 포함하여 관측할 수 있다. 다만 위성 기반의 무역통계는 정확한 무역 물량을 나타내는 것은 아니므로 무역통계와 보완적으로 활용될 경우 북한 무역에 대한 분석을 보다 풍부히 할 수 있을 것이다. 둘째로 본 방법론의 확장 가능성이다. 본고에서는 무역 시설을 대상으로 위성 기반 지표를 생성하고 분석하였으나 해당 방법론을 시장, 물류 시설, 기업 등으로 확장할 경우 현재 정보가 극히 제한된 북한 내부 상황을 보다 객관적으로 파악할 수 있을 것으로 보인다.<sup>5)</sup>

그러나 아직 위성 기반 경제 지표가 개선되고 발전되어야 할 점도 많다. 물체 변화 탐지 기법은 그 대상이 되는 물체가 무엇인지는 식별하지 못한다. 따라서 측정오차가 포함될 수 있다. 일례로 세관 시설에 보수나 수리가 이루어져 건설 자재 및 차량 이동이 많은 경우 세관 물류 지표는 증가할 것이며, 이는 무역의 증가가 아님에도 무역이 증가한 것으로 해석될 수 있다. 이러한 측정오차를 개선하거나 보완할 수 있는 다른 방법론의 발굴이 필요하다. 또한 위성 기반 경제 지표의 유효성에 대해 더욱 엄밀한 검증이 필요하다. 북한에 대해서는 비교할 수 있는 현실의 데이터가 부재하기 때문에 이를 실증적으로 평가하기는 어려웠지만, 북한과 환경이 최대한 유사하면서도 현실의 데이터가 존재하는 다른 국가에 대해 본 지표의 유효성을 확인하는 것이 필요할 것이다. 북한은 공개된 자료가 극히 제한적이므로 새로운 데이터 생성의 부가가치가 크다. 위성 기반 지표는 북한의 다양한 영역에 대한 새로운 사실을 보여줄 수 있을 것으로 기대되며, 이상의 한계가 보완될 경우 더 신뢰성 높은 분석이 가능할 것이다.

<sup>5)</sup> 본고는 최강호 외, 『위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구』, 대외경제정책연구원, 2025의 일부 내용을 기반으로 한 것으로 이외 물류, 시장 등에 대한 위성 기반 지표는 해당 보고서를 참고하기를 바란다.

## 참고문헌

산업은행, 『북한의 산업 I』, 2020.

『자유아시아방송』, 「북 무역회사, 밀수로 금수제품 전달」, 2017. 10. 10([https://www.rfa.org/korean/in\\_focus/ne-ms-10102017083903.html](https://www.rfa.org/korean/in_focus/ne-ms-10102017083903.html), 접속일: 2024. 12. 1).

중국해관통계(<http://stats.customs.gov.cn/indexEn>, 접속일: 2024. 8. 2).

최장호 외, 『위성자료를 활용한 북한 소비시장 변화와 무역에 관한 연구』, 대외경제정책연구원, 2025(발간예정).

Joseph S. Bermudez Jr., Victor Cha and Jennifer Jun, “Dramatic Increase in DPRK–Russia Border Rail Traffic After Kim–Putin Summit,” *Beyond Parallel*, 2023. 10. 6(<https://beyondparallel.csis.org/dramatic-increase-in-dprk-russia-border-rail-traffic-after-kim-putin-summit/>, 접속일: 2024. 9. 30).