

우리나라 소지역 인구추계를 위한 방법론 비교 분석

조대현* · 이상일**

A Comparative Analysis of Methods for Small Area Population Projections in Korea

Daeheon Cho* · Sang-II Lee**

요약 : 최근 시군구와 같은 소지역 수준의 인구추계에 대한 관심이 증대하고 있음에도 불구하고 방법론적 연구는 매우 제한적이다. 따라서 본 연구의 주된 목적은 관찰 데이터를 이용해 다양한 소지역 인구추계 방법의 특성을 비교 분석하는 것이다. 이를 위해 선행연구에 대한 검토를 바탕으로 소지역 인구추계로 활용될 수 있는 주요 방법론을 선정하였다. 선정된 방법론을 대상으로 인구추계를 수행함에 있어 적용 가능한 세부 사항을 고려하여 20여 가지의 실행 방법으로 구분하였다. 각 방법에 대해 우리나라 시군구 단위로 2001-2010년의 데이터를 바탕으로 2020년까지의 인구를 추계하고, 그 결과를 분석하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 총인구를 대상으로 전반적인 추계 수행성을 비교한 결과 절충 할당법과 이지역 코호트-요인법이 상당히 유사한 정도로 가장 우수한 것으로 나타났다. 둘째, 추계 결과를 인구구조 및 시공간적 이질성의 측면에서 세부적으로 따져본 결과 다른 특성들도 드러났다. 대체로 이지역 코호트-요인법의 결과가 우수하였지만 0-4세, 25-34세 인구에 대한 오차는 상대적으로 크게 나타났다. 추계 기간이 짧은 단기 추계(5년)에서는 절충 할당법이 가장 우수했지만 추계 기간 증가에 따른 오차 증가 폭은 이지역 코호트-요인법이 가장 낮았다. 개별 시군구의 오차 간에 편차가 있는데, 10% 이상의 오차를 가진 시군구는 약 25%였다. 이들은 인구 이동의 시계열 변이가 크거나 추계기간 중 인구성장율이 달라진 경우가 많았다. 이 연구는 소지역 인구추계 방법의 경험적 근거를 제시하여 향후 수행될 다양한 소지역 인구추계에서 주요한 참고가 될 것으로 기대된다.

주요어 : 인구추계, 추세외삽법, 할당법, 순이동 코호트-요인법, 이지역 코호트-요인법

Abstract : Despite the recent increase in interest in population projections for small-areas such as si-gun-gu level units in South Korea, methodological studies on related matters are being conducted very limited. Therefore, the main objective of this study is to compare and analyze the characteristics of various methodological alternatives for small-area population projections using observation data. To this end, based on a review of previous studies on population projections for small areas, major methodologies were selected. In performing population projections for the selected methodologies, 20 execution-level methods are derived according to the applicable detailed plans or settings. For each method, population projections were performed targeting for year 2020 based on data from 2001-2010 at the si-gun-gu level in South Korea, and the results were analyzed. First, the compromise-share method and the biregional cohort-component method turned out to be almost equally superior in terms of the overall performance for the total population projection. Second, other characteristics were revealed when the estimation results were further examined in terms of population structure and spatio-temporal heterogeneity. The results of the biregional cohort-component method were excellent except for the population aged 0-4 and 25-34. In the short-term projections (5 years), the compromise-share method was the best,

*가톨릭관동대학교 지리교육과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography Education, Catholic Kwandong University, dhcho@gmail.com)

**서울대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Seoul National University, si_lee@snu.ac.kr)

but the increase in error due to the increase in the estimation period was the lowest in the biregional cohort-component method. Areas with an error of more than 10% accounted for about 25%. They often experienced a great migration pattern change or a serious fluctuation in population growth rate during the estimation period. This study is expected to be a major reference in conducting population projections for various small-areas by presenting an empirical basis for the small-area population projections.

Key Words : Population projection, Trend extrapolation method, Share method, Net migration cohort-component method, Biregional cohort-component method

I. 서론

전 세계의 총인구는 지속적으로 증가하고 있지만 국가 간에, 그리고 국가 내 지역 간에 그 양상은 상이하게 나타나고 있다. 우리나라의 시도 간에도 인구 증가와 감소 지역의 차이가 나타나고 있지만 시군, 혹은 시군구 단위로 살펴보면 상당히 이질적일 뿐만 아니라 지속적인 성격도 나타나고 있다(임석희, 2018; 최재현·박판기, 2020; 조대현, 2021). 더욱이 최근 인구 감소가 큰 지방을 중심으로 “지방소멸”에 대한 논의가 지속되면서(이상호, 2018; 고문익·김걸, 2021) 인구감소는 국가는 물론 지방정부의 주요 과제가 되고 있다.

이러한 상황 속에서 최근 시도 보다 하위에 해당하는 소지역 인구 변화에 대한 관심이 크게 증가하고 있는데, 특히 기초지방자치단체에 해당하는 시군구 수준의 미래 인구 변화가 주요 사안이 되고 있다. 관련하여 학술적인 면에서, 그리고 정책적인 면에서 소지역 인구추계에 대한 요구가 높아지고 실제 시도하는 사례도 늘고 있다. 인구가 지방정부의 핵심 정책 이슈로 부상한 것은 비교적 최근이지만 사실 그 전부터 계획이나 정책의 수립에 있어 주요 고려 사항이었다. 예를 들어 기초 지자체들은 수십년 전부터 도시기본계획과 같은 계획을 수립해오고 있는데, 이 과정에서 계획인구의 설정을 위해 나름의 방식으로 미래 인구를 추정해왔다. 하지만 주제에 따라 인구추계 방식이 다양할 뿐 아니라 추계 방법 자체의 한계 등으로 인해 인구가 과도하게 추정되는 등의 문제가 지적되어 왔는데, 최근까지도 그 이슈는 해소되지 않고 있다(김제국 등, 2006; 김영우·문영기, 2008; 박주석, 2020; 조진우, 2021).

각 지자체에서 이루어지는 지역 계획에서의 인구추계와는 별도로 최근 우리나라 통계청에서는 광역 지자체별 시군구 인구추계를 위한 시스템을 개발하여 보급한 바 있다(통계청, 2015; 2017). 이 시스템을 이용해 2016년 일부

시도에 대한 시범 추계가 이루어졌고, 2020년에는 모든 시도에 대한 시군구 단위 인구추계(2017~2037년)가 공표되었다. 이 시스템은 인구추계에서 널리 사용하는 코호트-요인법을 사용하되 통계청 시도추계의 토대 위에서 시군구 추계가 이루어지도록 하여 시도추계와의 정합성을 확보한다는 점이 눈에 띈다(통계청, 2015). 하지만 코호트별 출생, 사망, 인구이동의 변화 과정에 대한 가정 설정과 같은 인구추계 방법의 세부사항에 대해서는 충분히 알려지지 않았으며, 추계 결과에 대해서도 학술적인 검토가 거의 이루어지지 않고 있다.

정부와 같은 기관에서의 소지역 인구추계와 함께 학술적인 연구도 늘어나기 시작하였다. 소지역은 인구 변화의 가변성이 크기 때문에 인구추계를 위한 적절한 방법에 대한 탐구가 핵심적인 관심사가 되고 있다. 전 세계적으로는 개별적인 방법론을 특정 방식으로 적용하거나 기존의 방법을 개선, 혹은 신규 개발하는 연구들이 이어지고 있다(Wilson *et al.*, 2022). 나아가, 소지역 인구추계에 적용될 수 있는 방법들이 늘어나면서 추계방법들에 대한 종합적인 리뷰도 이루어지고 있는 상황이다(이상일·조대현, 2020; Swanson and Tayman, 2012; Smith *et al.*, 2013; Rayer, 2015; Wilson, 2015; Wilson *et al.*, 2022). 비교적 간단하여 수십년전부터 사용되기 시작한 비율법(Wilson *et al.*, 2022)에서부터 시작해 코호트-요인법, 절충법 등 다양한 방법을 통해 추계 모델의 성능을 비교, 분석하는 연구도 이어지고 있다.

이런 흐름에 비추어볼 때 국내에서의 소지역 인구추계 연구는 그 양이 미약할 뿐만 아니라 실제 적용에 있어 학술적 검토가 충분치 못하다. 앞서 서술한 것처럼 각 지자체에서 수행하는 추계는 실용적인 목적으로 수행되어 그 근거나 결과의 타당성에 대한 엄밀한 평가가 부족했다. 해외 선형연구에서는 추세외삽법의 정확도가 오히려 높다는 보고도 있지만 국내에서는 면밀한 검토 없이 특정 방법론

에 치중하는 모습도 보이고 있다. 최근 일부 연구(이상일·조대현, 2020)에서 소지역을 위한 여러 추세외삽법을 비교 분석한 연구가 있지만 경험 데이터를 통한 비교 분석이나 널리 이용되는 코호트-요인법 등과의 비교가 포함되지 않은 한계를 가지고 있다.

이와 같은 배경에서 이 연구의 주된 목적은 국내 소지역 인구추계에 적용될 수 있는 방법론을 비교 분석하는 것이다. 먼저 선행연구를 통해 소지역 인구추계의 연구 동향을 파악하고, 방법론의 측면에서 국내에 적용될 수 있는 주요 방법을 파악한다. 이어 선정된 방법을 실제 적용함에 있어 결과에 영향을 줄 수 있는 주요 요소를 고려하여 추계 실행 및 결과 분석을 위한 프레임워크를 제시한다. 다음으로 우리나라 전국 시군구를 대상으로 인구추계를 실행하고, 그 결과를 비교 분석하여 함의를 도출한다. 연구의 시간적 범위는 2001-2020년인데, 10년간(2001-2010)의 데이터를 바탕으로 추계 모델을 구성하고 이를 이용해 다음 10년간(2010-2020)의 인구 변화를 5년 단위로 추계하였다. 추계 결과는 관찰 데이터와의 비교를 통해 적합성과 특성을 분석하였다.

II. 선행연구

세계적으로 학술적인 면에서 소지역 인구추계에 대한 관심은 2000년대 들어 늘어가기 시작하였다. 특정한 계획의 수립이나 미래 변화 탐구를 위한 목적도 있었지만 많은 연구는 추계의 방법론에 초점이 있었다. 공간 단위의 수준이 낮아질수록 미래 인구의 추정에는 더 많은 가변성이 개입된다고 볼 수 있으므로 가장 큰 과제는 적절한 방법론의 정립, 혹은 상황에 맞는 방법론의 선정에 있다고 할 수 있다.

국내에서는 2000년대 중반 이상림·조영태(2005), 김태현 등(2006)이 시군구 수준의 장래인구추계를 시도한 이후 관련 연구가 산발적으로 이어지고 있다(이상일, 2014; 민성희 등, 2016). 하지만 전체적으로 연구의 수가 미미하며, 그 방법론 또한 비교적 제한적이다. 통계청에서 개발 보급한 시군구 장래인구추계시스템을 사용한 추계 및 이와 관련된 연구(정성호, 2019)를 포함, 국내에서 이루어진 연구에서는 해밀턴-페리 모형(이상림·조영태, 2005), 순이동 코호트-요인법(김태현 등, 2006)과 같이 코호트-요인법에 의존하는 연구가 주를 이루고 있다. 2010년대 들어서는 이지역, 혹은 다지역 코호트-요인법과 같이 소지역 추

계에도 적용가능한 코호트-요인법의 방법론적 진전에 대한 연구가 이루어졌다(조대현·이상일, 2011; 이상일·조대현, 2012). 비교적 최근의 심창섭 등(2019)의 연구 역시 코호트-요인법을 사용하되 권역(전국 37개) 단위로 추계 후 이를 시군구 단위로 배분하는 방법을 사용하였다. 하지만 아직까지 이런 연구들에서 추계 방법의 선정 시 경험적 근거를 명확히 한 연구는 드물다.

해외에서는 방법론의 측면에서 국내에 비해 비교적 다양한 연구가 수행되고 있다. 소지역 인구추계 방법은 일반적으로 그 성격에 따라 추세외삽법, 코호트-요인법, 구조모형법, 마이크로시뮬레이션 등으로 구분되며, 코호트-요인법은 다시 총이동 코호트-요인법, 순이동 코호트-요인법, 해밀턴-페리 모형 등으로 구분되어 왔다(이상일·조대현, 2020; Smith *et al.*, 2013). 최근 Wilson *et al.*(2022)은 2000년대 이후의 연구들에 대한 종합적인 리뷰를 통해 세부적인 기법들을 파악하였다. 그 결과 비율외삽법과 같은 추세외삽법, 단순 코호트-요인법(해밀턴-페리 모형), 절충법, 사회경제 변수 활용법, 주택기반 추계법, 다운스케일링법, 마이크로시뮬레이션, 머신러닝 등이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 머신러닝과 같이 다소 새로운 접근 방법도 시도되고 있지만 전통적인 방법을 개선하려는 연구도 이어지고 있다. 예를 들어 Hauer(2019)는 전통적인 해밀턴-페리 기법을 개선하기 위해 기존의 코호트별 인구변화율(CCRs: cohort change differences) 뿐만 아니라 코호트별 인구변화량(CCRs: cohort change differences)을 함께 사용하는 방안을 제시하였다.

소지역 인구추계와 관련하여 최근 시도되는 흐름 중의 하나는 세밀한 단위에 대한 인구추계도 시작되었다는 점이다(이보경, 2019; 최현정 등, 2019; Breidenbach *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2020). 우리나라 읍면동 단위를 대상으로 한 최현정 등(2019)을 제외하면 격자 기반의 인구추계가 많은데, 그 크기는 100m² 정도까지를 다루기도 하지만(Chen *et al.*, 2020) 대체로 1km² 내외가 많다. 격자기반의 추계는 상위 공간 단위로 추계된 인구 값을 보다 작은 격자 단위로 다운스케일링 함으로써 산출하기도 하지만, 각 격자에 간략한 코호트-요인법을 적용하여 산출하기도 한다(Wilson, 2022). 국내에서 수행된 연구(이보경, 2019)은 500m 크기의 셀 단위로 추정된 상주인구에 기반해 코호트-요인법을 적용하였지만 각 격자에 사용되는 출산율과 생존율이 시도 내에서는 동일하고, 특히 인구가동을 고려하지 못한 것이 한계로 지적된다. 우리나라 읍면동을 단위로

한 최현정 등(2019)의 연구는 시군 단위로 코호트-요인법을 적용하여 추계한 후 이를 읍면동 단위로 배분하는 모형인데, 이 과정에서 읍면동별 주택공급추정량을 산정하여 인구 증감과 연계하는 방식을 택하고 있다. 주택이 인구 변화와 상당한 관련성이 있지만 인구가 감소하는 도시에서도 주택은 증가할 수 있다는 점을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

이와 같은 방법론의 발전 과정 속에서 소지역 인구추계에 보다 적절한 방법을 파악하기 위한 비교 분석 연구 또한 수행되고 있다. 비교 분석의 대상으로는 추세외삽법과 코호트-요인법이 가장 널리 채택되어 왔다. 캐나다를 대상으로 한 분석에서 Hartt and Woudsma(2014)는 지방자치단체와 같은 소지역은 코호트-요인법과 같은 방법이 최선이 아닐 수 있음을 주장하면서, 상위 공간단위로 추계된 인구를 소지역 단위로 할당하는 방식이 최선이라 결론 내리고 있다. Wilson(2015)는 호주와 뉴질랜드 및 영국의 소지역을 대상으로 다양한 추세외삽법을 비교 평가하였는데 할당법이 가장 우수하지만, 그 중에서도 절충 할당법이 보다 나았다고 주장하였다. Christison(2021) 역시 영국의 소지역을 대상으로 과거-현재에 대한 인구추정과 미래에 대한 인구추계를 수행하며 여러 방법을 비교하였는데, 추정에 있어서는 코호트-요인법이 최선이 아니지만 추계에 있어서는 가장 우수함을 주장하였다. 한편 Wilson(2016)은 코호트-요인법에 초점을 두어 인구이동을 적용하는 방식을 달리해가며 그 성능을 비교 분석하였는데, 추세외삽법에 의한 총인구로 통제를 한 상황에서 이지역 코호트-요인법이 가장 오차가 작게 나타났음을 파악하였다. 이 연구의 초점이 코호트-요인법에 있긴 하지만 보다 정확한 추세외삽법(절충 할당법)에 의해 추계된 결과로 코호트-요인법의 결과를 통제를 하는 방안이 중요함을 주장하고 있다.

해외에서의 이런 경향에 비해 우리나라를 대상으로 한 연구는 상당히 미진하다. 이상일·조대현(2020)은 소지역 인구추계에 적용될 수 있는 방법을 정리한 후, 추세외삽법에 초점을 두어 11개 방법을 서울시 구 단위에 적용하여 비교하였다. 하지만 일부 구만을 대상으로 하고, 미래 인구 변화를 비교하는데 초점을 두고 있으며, 코호트-요인법 등 널리 알려진 방법론은 함께 다루지 않았다는 제한이 있다. 이들의 연구는 추계 기간이 길면 추계 방법들 간에 편차가 커지며, 따라서 절충적 접근 및 상위 공간 단위 등을 통한 통제의 필요성을 제안하였다.

III. 연구 방법

1. 인구추계 방법론

선행연구에서 살펴본 바와 같이 소지역 인구추계에는 다양한 방법이 사용될 수 있다. 본 연구에서는 선행연구들을 통해 상대적으로 우수한 평가를 받았거나 우리나라에서 주로 연구되었던 방법을 선정하여 시군구 수준의 추계에 얼마나 타당하게 적용될 수 있는지를 살펴보고자 한다. 구체적으로 선행연구에서 언급되었던 방법론 중 비율외삽법의 일종인 할당법(고정-할당법, 변이-할당법), 그리고 순이동 코호트-요인법 및 이지역 코호트-요인법을 비교 방법론으로 선정하였다. 이 방법들의 자세한 사항은 선행연구에서 쉽게 파악할 수 있으므로(조대현·이상일, 2011; 우해봉 등, 2016; 이상일·조대현, 2020; Smith *et al.*, 2013), 주요 방법론적 특성을 간략히 정리하면 다음과 같다.

1) 할당법

할당법은 기본적으로 하위 지역의 총인구가 상위 공간 단위 총인구에서 차지하는 비율을 활용한다. 예를 들어 A도에 속하는 B시의 인구를 추계하는 경우 먼저 기준 시점에서 B시의 인구가 A도에서 차지하는 비율을 산정한다. 이어 이 비율을 A도의 미래 인구에 적용해 B시의 인구를 추계한다. 이때 A도에 대한 미래 인구가 미리 주어져야 하는데, 우리나라 시도추계와 같이 상위 단위를 대상으로 한 공식적 추계인구를 활용할 수 있다.

할당법은 기준 시점에서의 비율을 미래 시점에 어떤 식으로 적용하는지에 따라 고정-할당법과 변이-할당법으로 구분할 수 있다. 고정-할당법은 추계 시작 시점의 소지역 인구 비율이 추계 목표 시점까지 변동 없이 유지될 것으로 가정하여 실행하는 방식이다. 따라서 미래 시점의 상위 공간단위 인구가 주어지면 그에 속한 하위 지역들의 인구는 이 고정적 비율을 통해 쉽게 산출된다. 그런데 이 비율이 시간의 흐름에 따라 변화할 수 있다는 주장이 가능한데, 이를 수용한 것이 변이-할당법이다. 즉 변이-할당법은 하위지역의 인구가 상위 공간 단위에서 차지하는 비율이 추계 기간에 걸쳐 달라지도록 하는데, 그 변화의 경향은 추계 시점 직전 기간으로부터 도출할 수 있다.

예를 들어 2000년에 한 시의 인구가 도 전체에서 차지하는 비중이 5%이고, 2010년에는 6%가 되었다면 10년간 1%가 증가한 것이다. 이 변화를 미래 추계 기간에도 적용하

는데, 추계시점으로부터 10년이 지난 2020년에는 1%가 더 증가한 7%가 될 것으로 가정하여 인구를 추계한다. 과거 10년간의 변화를 바탕으로 미래 5년간, 혹은 미래 20년간의 변화를 추정해야 할 수도 있는데 다른 조건이 없다면 선형적으로 적용하는 것이 합리적이다(이상일·조대현, 2020). 즉, 과거 10년간에 1%가 증가했다면 미래 5년간에는 0.5%, 미래 20년간에는 2%가 증가한 것으로 가정할 수 있다. 본 연구에서도 이 변화가 선형적임을 가정하여 사용하였지만 다양한 변이를 보일 수 있고, 이를 고려하기 위해서는 더 정교한 방법에 대한 연구가 필요하다.

할당법은 상·하위 공간 단위에 대한 시기별 총인구만 주어지면 추계가 가능하므로 비교적 간단하지만 상위 공간 단위의 미래 인구가 미리 주어져야 한다는 점은 제한 사항이 될 수 있다. 또한 총인구를 추계하는 데는 문제가 없지만 성별·연령별 인구, 즉 인구구조는 알 수 없다는 한계를 가진다. 이를 만회하기 위해 아예 다른 방법론을 택할 수도 있지만 성별·연령층별로 할당법을 실행하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 즉, 상·하위 공간 단위에 대해 성별·연령층별 데이터를 구득할 수 있다면, 하위 단위의 성별·연령층별 인구가 상위 단위에서 차지하는 비중을 통해 미래 인구를 추정해 볼 수 있다. 우리나라에서는 시도 추계에서 성별·연령층별 인구가 공개되므로 이런 방법을 적용해 볼 수 있는데, 본 연구에서는 총인구 방식의 할당법을 위주로 하되 비교를 위해 성별·연령층별 할당법을 함께 시도해 보았다.

2) 코호트-요인법

코호트-요인법의 원리는 할당법에 비하면 훨씬 정교하다. 직전 시점의 인구에 출생, 사망, 이동이라는 인구변동요인의 결과를 반영해 다음 시점의 인구가 결정되기 때문이다. 더욱이 이들 인구변동요인이 집단의 특성에 따라 상이함을 고려 코호트별로 인구 변화를 산정하게 되므로 그 복잡성은 크게 증가한다. 본 연구에서는 데이터 구득 가능성을 고려하여 성별·5세별(0-4세-85세 이상) 단위의 코호트를 설정하였다. 이 코호트별로 출생아수, 생존자수, 이동자수를 산출하는 과정이 핵심인데, 이는 각 집단별 인구에 3요인의 발생률을 적용함으로써 이루어진다. 예를 들어 2010년에서 시작해 2015년의 인구를 추계한다면 시점의 인구에 연평균 출산율, 사망률(혹은 생존율), 전입 및 전출률을 5년에 걸쳐 적용해 인구변동 결과를 산출할 수 있다.

따라서 코호트-요인법에서는 코호트별 인구변동요인의 값이 어떻게 설정되느냐가 추계 결과에 큰 영향을 미치게 된다. 기준 시점의 값은 경험 데이터로부터 주어지겠지만 미래에 대해서는 기대치 혹은 가정치가 요구된다. 이를 위해 시점의 수준을 변동 없이 그대로 유지하는 불변시나리오에서부터 지수모형과 같은 추세외삽법, 혹은 보다 복잡한 모델을 통해 설정하는 방안이 개발되어 있다(우혜봉 등, 2016). 본 분석에서는 방법론적 비교에 초점을 두므로 비교적 간단한 방법을 적용하며 이는 후술한다. 출산력이나 사망력을 나타내는 지표에 대해서도 정교한 방법들이 있지만 본 연구에서는 소지역 추계의 실행 용이성을 높이기 위해 성별·연령층별 출산율과 사망률을 활용하였고, 이는 통계청 추계 등과 비교함에 있어 주의를 요하는 부분이다.

코호트-요인법은 인구가동을 처리하는 방식에 따라 세분되는데, 여기에서는 순이동 코호트-요인법과 이지역 코호트-요인법만을 다룬다. 두 코호트-요인법은 기본 원리가 같지만 인구가동을 다루는 방식에서 큰 차이가 있다. 순이동 코호트-요인법은 주어진 지역의 이동을 순이동율을 통해서만 산출하지만, 이지역 코호트-요인법은 대상 지역과 나머지 전 지역 간에 상호 전출(관심지역에서 여타 전지역으로의 전출, 여타 전지역에서 관심지역으로의 전출)을 분리해 산출한다(조대현·이상일, 2011). 즉, 이지역 코호트-요인법은 기준 지역의 인구와 그 지역에서 여타 전지역으로의 전출률, 그리고 여타 전지역의 인구와 기준 지역으로의 전출률을 통해 상호 간 이동 인구를 산정할 수 있다.

인구 이동은 본래적으로 출발지·목적지 쌍에 대해 일어나지만 순이동 코호트-요인법은 기준 지역에만 초점을 두게 되므로 이지역 코호트-요인법에 비해 단순하고 실행용이성도 좋다. 하지만 순이동 코호트-요인법은 논리적인 결함으로 인해 인구추계의 결과에 오류를 가져온다는 단점을 가지고 있다. 예를 들어 A지역의 추계과정에서 순이동율을 사용하면 전입자와 전출자의 규모가 모두 A지역의 인구에 의존하여 산출되지만 논리적으로 보자면 전입자의 규모는 A로 향하는 출발지의 인구 규모에 의존하여 산출되어야 한다. 이런 결함을 가진 상태로 목표 시점까지 추계를 반복하게 되면 결과적으로 출생 및 사망이 전혀 없이도 총인구가 증가하거나 전입·전출이 과도하게 발생할 수 있다(조대현·이상일, 2011; 이상일·조대현, 2012; Isserman, 1993).

따라서 이를 해결하기 위해 지역간 인구가동 모델을 택할 필요가 있고, 이지역 코호트-요인법은 전체 지역이 두

하위 지역으로 구분되는 경우 적용할 수 있는 방법이다. 그런데, 어느 한 지역만의 인구를 추계하는 것이 아니라 여러 지역을 동시에 추계한다면 이지역이 아니라 모든 지역 쌍만큼의 다지역간 인구이동을 처리할 수 있는 모델이 요구되는데(이상일·조대현, 2012) 지역의 수가 많다면 너무 복잡해 실행용이성이 떨어진다. 따라서 여기에서는 이 지역 인구이동에 초점을 두고자 하는데, 전 시군구를 동시에 추계하고자 하는 본 연구의 입장에서 보자면 개별 시군구마다 이지역(해당 시군구-여타 전지역)간 인구이동을 병렬적으로 처리하는 방식이라 할 수 있다. 즉, 각 시군구마다 이지역 코호트-요인법을 적용해 다음 시기 인구를 산출하는데, 이 인구를 합산한 전국 인구에서 각 지역의 인구를 제외하면 다음 시기에 투입될 여타 전지역 인구가 된다.

그런데 이렇게 되면 인구이동에 대한 가정을 적용하는 과정에서 문제가 발생할 수 있다. 명확히 하자면 각 대상 지역과 나머지 전지역 간의 상호 전출을 통해 인구이동을 산출하는 원리 자체라기보다는 각 지역에 대한 인구이동 가정을 동시에 설정하는 과정 상에서의 문제라고 할 수 있다. 예를 들어 어떤 시군구에서 전출(혹은 전입)이 더 많아지는 것으로 가정하면 이는 다른 시군구로의 전입(혹은 전출)이 증가한다는 것이므로 서로 연관된 모든 시군구의 인구이동 가정에 자동적으로 반영되어야 한다. 즉, 인구이동에 의해 서로 연관된 지역들은 가정 설정 과정에서도 서로 연관되어야 하지만 이지역 방식의 가정 설정에서는 각 지역의 입장만을 고려할 수 있다. 결과적으로 순이동 코호트-요인법에 비해 그 정도는 약하지만, 전국 시군구에서 전출한 전출자수의 총합계와 전국 시군구로 전입해온 총전입자의 합계가 불일치는 문제가 생길 수 있다. 그런데 병렬적 이지역 인구이동 모델에서는 전입과 전출이 구분되어 산출되므로 전 시군구에서의 전출자 총계와 전입자의 총계가 일치되도록 조정할 수 있고, 본 연구에서는 이를 적용하여 실행하였다.

2. 비교 분석의 틀과 방법

지금까지 비교 분석에 사용될 추계 방법론의 주요 원리와 내역을 살펴보았다. 그런데 인구추계 과정에는 각 방법론을 실제로 적용함에 있어 여러 설정 및 선택 사항들이 있다. 시·공간적인 범위와 단위까지도 비교 대상으로 고려할 수 있지만 이 연구에서는 이를 고정하여 방법론적 특성에 집중하였다. 시간적인 범위는 관찰 데이터가 존재하는

시기를 대상으로 추계를 적용, 결과를 비교하기 위해 2001-2020년으로 한정한다. 추계의 기준 시점은 2010년으로 2001-2010년의 경험 데이터를 활용해 추계 모델을 구성하고, 이를 이용해 2020년까지의 인구를 5년 간격으로 추계한다. 공간 범위와 단위는 전국 시군구(229개)인데, 추계 기간 중 신설되어 특수성이 있는 세종시는 결과 분석에서 제외한다.

시·공간적 범위와 단위를 제외하고 추계 방법을 적용함에 있어 결과에 영향을 줄 수 있는 부가적인 설정 사항들을 정리하여 세부적인 추계 실행 방법으로 구분하였다. 먼저, 소위 '통제' 장치의 적용 여부를 고려하였는데, 소지역 인구 변화의 가변성으로 인해 상위 공간단위의 인구를 하위 단위 인구추계에서 통제 장치로 활용할 수 있다는 것이다. 예를 들어, 별도의 고려없이 개별 시군구 단위로 추계를 하고 이를 시도별로 합산하면 그 인구는 시도 인구와 일치하지 않고, 각 시군구의 실제 인구와의 오차도 커질 수 있다. 따라서 각 시군구 추계의 합이 시도 인구와 정합성을 갖도록 하면 추계의 타당성을 더 높일 수 있다는 주장이 가능한데, 선행연구들에서도 제안된 사항이다. 본 연구에서 사용할 할당법은 상위 공간단위(예: 시도) 인구를 하위 단위로 할당하는 방식이므로 자체적으로 '통제'된다고 볼 수 있다. 하지만 순이동 코호트-요인법과 이지역 코호트-요인법은 그러한 통제 장치를 가지고 있지 않으므로 이를 별도로 고려할 필요가 있다. 본 연구에서의 통제 방식은 후술한다.

코호트-요인법의 경우 추계 기간 동안 인구변동요인에 대한 가정을 적용하는 방식(시나리오 설정 방식)을 고려할 수 있다. 출생, 사망, 인구이동의 수준이 추계 기간 동안 어떻게 변화해 갈 것인지 가정해야 하는데, 이론적으로는 무한대에 가까운 시나리오가 가능하다. 이 연구에서는 추계시점 이전의 경험 데이터를 이용한 추세를 외삽(연장)하여 설정하는 방법과, 추계시점에서의 수준을 그대로 유지하도록 설정하는 크게 두 가지 방식으로만 구분하여 적용한다. 할당법에 있어서도 추계시점에서의 상황(각 하위 단위의 인구가 상위 단위에서 차지하는 비율)만을 참조하여 할당을 한다면 고정-할당법이 되고, 하위 단위의 인구 비율이 변화해가는 과정을 고려하면 변이-할당법으로 구분되는 것과 유사한 방식이다. 추세 연장형 가정을 위해 추계시점 기준 직전 10년의 데이터를 활용하였는데, 출생과 사망은 비교적 그 변화방향이 지속성이 있어 연평균 변화량을 사용하였다. 하지만 더 가변적이고, 추계 결과에도 큰 영향을 미치는 인구이동의 경우 보다 체계적인 추세

외삽법을 사용하였는데, 시간의 흐름에 따라 변화가 안정화되도록 하는 로그 모형을 적용하였다.

인구변동요인의 가정 설정과 관련된 추가적인 고려사항은 추계시점에서의 인구변동요인 값을 어떻게 결정하느냐이다. 최근의 변화 양상을 반영하기 위해 추계시점 바로 직전 년도의 값을 사용할 수 있다. 하지만 인구변동요인의 연간 변화가 있다는 점을 고려해보면 수년간의 값을 평균한 값으로 사용해야 한다는 주장도 가능하다. 따라서 본 추계에서는 시점의 인구변동요인 값으로 추계시점 기준 최근 1년의 값을 사용하는 경우와 최근 3년 평균 값을 사용하는 경우로 구분해 실행하였다.

끝으로, 할당법과 같은 추세외삽법의 경우 코호트-요인법에 비해 정교함이 낮기 때문에 각 개별 추계 보다는 복수개의 추계를 절충하는 방법이 우수하다는 선행 연구를 고려할 때 절충 여부도 고려사항이다. 절충 방식은 여러 가지가 있겠지만 이 연구에서는 고정-할당법과 변이-할당법에 의한 결과를 평균하는 방식을 택하였다.

이상의 내용으로 본 연구에서 비교 분석할 추계 실행 방식은 다음과 같이 세분화된다(표 1). 할당법은 모두 6종(고정-할당법, 변이-할당법, 고정-할당법과 변이-할당법의 평균 3종을 각기 총인구와 성별-연령층별 인구에 적용), 순이동 코호트-요인법 및 이지역 코호트-요인법 각 8종(시도 인구를 통제하는 방식과 미통제 방식 각각에 대해 다음 4종 적용: 인구변동요인 시점 값에 최근 1년 값 사용-추계 기간내 불변, 최근 1년 값 사용-추세변동, 최근 3년 평균값 사용-추계기간내 불변, 최근 3년 평균값 사용-추세변동)으로 모두 22종에 해당한다.

추계방법에 따라 요구되는 데이터가 다를 수 있지만 가

장 상세한 데이터(매년의 성별-연령별 인구 및 출생, 사망, 이동 통계)를 요구하는 이지역-코호트-요인법을 고려하여 기준인구로는 주민등록연앙인구를 사용한다. 코호트-요인법의 출산, 사망, 및 인구이동에 대한 가정 설정 과정에서도 주민등록연앙인구를 위험인구로 사용한다. 시군구 단위 추계 결과를 통제하기 위한 인구로는 추계시점 당시 미래에 해당하는 시도 추계 인구를 사용한다. 그런데, 시도 추계는 주기적으로 이루어지고 있으므로 여러 시기에 생산된 자료가 공존하는데, 추계시점을 기준으로 최근접한 시기의 자료를 활용한다. 예를 들어 추계 시작 시점이 2010년이면 2015년 시도 추계 인구가 통제용으로 필요하고, 이 자료는 2010년 기준 시도추계 상의 2015년 인구를 활용함을 의미한다.

그런데, 여기서 고려할 점은 기준인구로 사용할 주민등록연앙인구와 통계청에 수행된 추계 인구 간에 편차가 존재한다는 점이다. 예를 들어 2015년 기준 시도 추계 상의 서울시 인구는 9,941,162명이지만 주민등록연앙인구로는 9,907,155명이다. 따라서 이 차이를 고려해야 하는데, 여기에서는 두 자료의 편차율(예를 들어 서울시 전체 주민등록인구는 추계인구의 99.66%)이 미래에도 지속될 것으로 가정하여 추계인구를 보정한 조정추계인구를 산출하여 사용하였다. 이 조정추계인구를 통해 코호트-요인법의 추계 결과를 통제하는 과정은 가장 단순하게 적용한다. 특정 시도내의 시군구별 추계인구 총합과 조정추계인구를 비교해 편차(비율)가 발생하면, 그 비율만큼 각 시군구의 추계인구에 보정하는 방식이다. 예를 들어 목표 시점 시군구 추계인구의 합산이 100이고, 조정추계인구가 90이라면 각 시군구 추계 인구에 편차 비율(90/100=0.9)을 공통

표 1. 비교 분석을 위한 소지역 인구추계 실행 방안

추계 방법	할당법	순이동 코호트-요인법	이지역 코호트-요인법
상위 단위 통제 여부	• 통제(시도 추계인구)	• 미통제 • 통제(시도 추계인구)	• 미통제 • 통제(시도 추계인구)
절충법 적용 여부	• 적용(고정 할당법과 변이 할당법의 평균)	• 미적용	• 미적용
요인의 변화 여부	• 미적용(고정-할당법): 하위 단위의 인구가 상위 단위에서 차지하는 비율 고정 • 적용(변이-할당법): 하위 단위의 인구가 상위 단위에서 차지하는 비율 변화(과거 10년 간의 추세 연장하여 변화)	• 미적용(추계시점의 출산율, 사망률, 이동을 고정) • 적용(추계시점의 출산율, 사망률, 이동을 과거 10년간의 추세 연장하여 변화)	• 미적용(추계시점의 출산율, 사망률, 이동을 고정) • 적용(추계시점의 출산율, 사망률, 이동을 과거 10년간의 추세 연장하여 변화)
추계시점 요인의 값	• 추계시점의 값	• 추계시점 최근 1년의 값 • 추계시점 최근 3년 평균 값	• 추계시점 최근 1년의 값 • 추계시점 최근 3년 평균 값

적으로 곱하는 방식이다. 이상의 모든 자료는 국가통계포털(주민등록인구현황, 인구동향조사, 국내이동통계, 장래인구추계)에서 내려 받아 사용하였다.

이상과 같은 추계 과정을 거쳐서 나온 결과는 다음과 같은 방식으로 검토하였다. 먼저 추계 결과가 전반적으로 얼마나 타당한지를 살펴보기 위해 총인구에 대해 추계 결과와 관찰 데이터(실제 주민인구)간의 편차를 측정하였다. 즉, 시군구별 총인구에 대해 전국 '평균 오차'를 측정하였는데, 시군구간 인구가 상당히 다름을 고려하여 오차의 절대 크기 보다도 '인구 수 대비 오차(백분위 오차)'를 살펴보았다. 각 시군구별 백분위 오차(PE: percentage error)를 측정한 후 절대 값을 구하고 이를 모든 시군구에 대해 평균하면 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)가 측정된다. 평균이 이상치의 값에 영향을 많이 받음을 고려해보면 중앙값을 사용할 필요성이 있으며, 따라서 본 연구에서는 MAPE와 MedAPE(Median Absolute Percentage Error)를 함께 사용하였다. 이 지표들은 선행연구들에서도 널리 사용되고 있다.

평균적인 오차의 수준을 살펴본 후 연령층이나 추계 기간, 지역 등 여러 면에서의 변이도 추계 방법의 특성으로 살펴보았다. 먼저, 연령별 인구가 산출되므로 연령대별 오차의 분포를 파악하였다. 이어 추계 기간의 길이에 따른 변화도 살펴보았는데, 장기간을 추계한다면 추계시점에서 멀어질수록 안정적이면서 타당한 결과가 산출되는 것이 중요할 것이다. 끝으로 오차의 지리적 변이를 시군구 단위로 살펴보았다. 이는 개별 시군구의 입장에서 적절한 추계 방식이 무엇인지에 대한 시사를 제공하거나, 오차에 영향을 주는 요인을 분석함으로써 방법론 자체를 개선하는데 기여할 수 있다.

IV. 시군구 추계 결과 검토

1. 총인구에 대한 오차 비교 분석

전술한 바와 같이 모두 22종의 실행 방법을 통해 2010년을 추계시점으로 2020년까지 5년 단위로 인구를 추계하였다. 이 방법들의 전반적인 타당성을 비교하기 위해 총인구를 중심으로 각 시군구별 추계 결과가 실제 인구와 얼마나 다른지 살펴보았다. 5년 단위 추계이므로 2015년의 인구와 2020년의 인구가 산출되었는데, 2020년 인구를 위주로

살펴보았다. 전국 시군구의 평균적인 오차를 살펴보기 위해 MAPE, MedAPE를 함께 사용하였는데, 세종시는 제외하여 총 228개 시군구가 분석 대상이 된다.

주요 결과는 다음과 같다(표 2). MAPE는 고정-할당법과 변이-할당법을 평균한 절충 할당법에서 가장 우수하며, MedAPE는 이지역 코호트-요인법(인구변동요인 추계시점의 값은 시점 기준 최근1년이고 추계기간 동안 추세를 따라 변동하는 시나리오)이었다. 총인구를 직접 추계하는 할당법은 각 시군구의 인구구조(성별-연령별 인구)를 알 수 없으므로 성별-연령별 인구를 산출하는 방법만 비교한다면 전체적으로 이지역 코호트-요인법이 가장 우수한 결과를 산출한 것으로 판단된다. 전체 방법들의 MAPE는 6.8~13.4(평균 9.2)로 가장 우수한 방법과 가장 열등한 방법 간에는 두 배 가량 차이가 나타났다.

총인구를 사용하는 할당법에서 절충 할당법이 매우 우수하고, 적어도 순이동 코호트-요인법에 비해서는 전혀 뒤처지지 않는다는 점은 코호트-요인법의 대중성을 고려할 때 상당히 주목할 만한 결과로 볼 수 있다. 선행연구에서 이미 살펴본 바와 같이 절충 할당법의 우수성은 해외에서도 이미 지적된 바가 있어 추계의 간편성을 고려하면 소지역 추계 방법으로서의 활용도가 높을 것으로 생각한다. 총인구를 할당하는 방식과 마찬가지로 성별-연령별 할당법에 있어서도 절충 할당법이 더 우수해 인구구조가 요구되는 추계에서도 활용 가능할 것으로 판단된다.

코호트-요인법 가운데는 이지역 코호트-요인법이 뚜렷하게 우세를 보이고 있다. 코호트-요인법을 적용함에 있어 시도 인구를 통제하는 경우와 그렇지 않은 경우를 비교해보면 추계 기간이 그렇게 길지 않아 명확하지 않지만 통제하는 경우가 약간 더 우수하게 나타나고 있다. 인구변동요인의 가정이 추계기간 동안 불변하도록 고정하는 것과 그렇지 않은 편 간에는 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다. 순이동 코호트-요인법에서는 불변 시나리오가 더 우수한 것으로 나타나고 있지만 이지역 코호트-요인법의 경우 MAPE와 MedAPE를 종합할 때 두 방식에 차이가 없거나 추세를 따라 변화하도록 하는 시나리오가 약간 더 우수한 것으로 볼 수 있다. 이처럼 다소 엇갈린 결과는 코호트-요인법을 사용한 인구추계에 있어 인구변동요인을 고정하는 방식을 하나의 시나리오로 채택해야 할 필요성을 보여 준다. 또한, 이지역 코호트-요인법에 있어서도 추세에 따라 변화하도록 하는 것이 고정하는 것에 비해 지배적으로 더 우수하지 않은 결과를 보였는데, 이는 일반적인 관행이나

표 2. 시군구별 총인구에서의 평균적 오차

구분		MAPE	MedAPE	표준편차			
할당법	전체인구 할당	고정 할당법	10.4	8.1	8.9		
		변이 할당법(2000-2010 참조)	9.6	6.9	8.9		
		고정 할당법과 변이 할당법 평균	6.8	4.8	7.6		
	성별·연령별 할당	고정 할당법	13.4	12.2	10.1		
		변이 할당법(2000-2010 참조)	9.3	7.1	9.0		
		고정 할당법과 변이 할당법 평균	7.4	5.1	7.6		
순이동 코호트- 요인법	시도인구 미통계	인구 변동요인 기준시점 최근 1년	인구변동요인 고정	10.5	6.9	13.5	
			인구변동요인 변동	11.2	7.2	14.1	
		인구변동요인 기준시점 최근 3년 평균	인구변동요인 고정	10.0	6.9	10.4	
			인구변동요인 변동	10.8	6.9	12.0	
	시도인구 통계	인구변동요인 기준시점 최근 1년	인구변동요인 고정	10.3	6.5	12.6	
			인구변동요인 변동	11.2	6.9	13.7	
		인구변동요인 기준시점 최근 3년 평균	인구변동요인 고정	9.7	6.4	10.3	
			인구변동요인 변동	10.8	6.4	12.1	
	이지역 코호트 요인법	시도인구 미통계	인구 변동요인 기준시점 최근 1년	인구변동요인 고정	7.6	5.2	8.2
				인구변동요인 변동	7.4	4.5	8.5
			인구변동요인 기준시점 최근 3년 평균	인구변동요인 고정	7.8	6.3	7.5
				인구변동요인 변동	7.6	5.5	7.8
시도인구 통계		인구 변동요인 기준시점 최근 1년	인구변동요인 고정	7.3	4.6	8.5	
			인구변동요인 변동	7.4	4.3	8.7	
		인구변동요인 기준시점 최근 3년 평균	인구변동요인 고정	7.6	5.6	7.7	
			인구변동요인 변동	7.7	5.4	7.8	

주) 음영은 각 방법에서 상대적으로 우수한 결과를 나타낸 것임.

기대와는 다소 다른 결과라 할 수 있으며 그 요인과 개선 방안에 대해서는 추수 세밀한 연구를 필요로 한다.

순이동 코호트-요인법의 오차가 가장 크게 나타나고 인구변동요인을 불변하는 편이 더 우수한 것은 순이동 코호트-요인법의 특성을 반영하는 것으로 판단된다. 전술한 것처럼 순이동 코호트-요인법은 출생 및 사망의 변화 없이도 인구와 이동규모의 증가를 가져올 가능성이 크다(조대현·이상일, 2011; Isserman, 1993). 즉, 순이동 코호트-요인법은 음의 순이동이 지배적으로 확대되는 상황이 아니 고서는 존재하지 않아야 할 인구 증가가 상당하기 때문에, 2010년대 중반까지 우리나라 인구가 동 양상을 고려하면 이동을 불변 시나리오가 보다 현실 인구에 가까운 결과로 이어진다고 볼 수 있다. 2000~2015년까지 전국 시군구 순이동을 살펴보면 양의 순이동을 기록하는 시군구의 수가 62개에서 101개로 증가하였을 뿐만 아니라 음의 순이동을 기록하는 시군구의 순이동률 평균이 -1.8에서 -1.12로 감소하여 많은 시군구에서 인구가 개선되는 추세

이다. 따라서 이 추세를 반영한 시나리오 설정시 순이동 코호트-요인법에서는 인구의 증가 폭이 더욱 확대되면서 오차가 늘어난 것으로 판단된다.

소지역 인구변동요인들의 가변성은 추계시점의 인구변동요인 값으로 최근 3년과 같이 복수 해의 값을 평균해 사용할 근거가 될 수 있지만 실제 추계 결과는 다소 엇갈리게 나타났다. 순이동 코호트-요인법의 경우 최근 3년 평균을 시점의 값으로 설정한 것이 조금 더 우수하지만, 이지역 코호트-요인법의 경우는 최근 1년의 값을 설정하는 것이 조금 더 우수하였다. 이에 출산율의 변화가 영향을 준 것으로 보이는데, 우리나라 출산율은 하락 추세지만 2010~2012년간 다소 상승하게 된다(전국 합계출산율 기준으로 2008년 1.192, 2009년 1.149, 2010년 1.226, 2011년 1.244, 2012년 1.297). 그래서 추계시점을 기준으로 최근 3년의 출산율이 최근 1년에 비해 더 낮은 반면 사망율은 최근 3년 평균이 조금 더 높아 자연증가 폭이 상대적으로 작았다. 이것이 인구이동과 결합되면서 순이동 코호트-요인

법과 이지역 코호트-요인법 간에 다소 차이를 만들어낸 것으로 파악된다.

상기에서 관찰 데이터와의 비교를 통해 오차가 어느 정도인지 파악하였는데, 주요 선행연구의 결과와도 비교하여 살펴보았다. 물론 각 연구마다 실험 조건이 상이하기 때문에 절대적인 비교는 어렵지만 본 연구의 방식이 어느 정도 수준인지 가능하는 데 참조가 될 것으로 판단된다. 먼저, 호주와 영국에 대해 여러 기법을 비교한 Wilson (2015)의 연구에서는 10년 기간의 추계에서 최선의 결과에 해당하는 MedAPE가 4.6으로 나타났다. 캐나다를 대상으로 한 여러 추계 결과를 비교한 Hartt and Woudsma (2014)는 단기간 추계에서 약 4%가량의 MAPE가 나타났으며, 영국을 대상으로 한 연구에서 Christison(2021)은 5년 기간 추계에서 코호트-요인법이 2.91의 MAPE를 나타낸 것으로 보고하였다. 호주를 대상으로 비교적 긴 10년 및 20년간의 추계에서 여러 방법을 비교한 Wilson(2016)의 연구에는 10년 단위에서 가장 좋은 결과의 MAPE가 5.6, MedAPE는 3.6으로 나타났다.

2. 인구추계 결과에서의 이질성

지금까지 시군구별 추계 결과 중 총인구를 대상으로 전국 평균적인 양상을 살펴보았는데, 성별-연령별 인구 집단에 따라, 추계 기간에 따라, 시군구의 특성에 따라 얼마나 이질적인 것인지도 주목할 필요가 있다. 먼저 인구구조에 따른 이질성을 보기 위해 연령층별 오차의 분포 양상을 비교하였다(그림 1). 전체적으로 연령대가 높아지면서 오차 또한 낮아지는 경향이 뚜렷해서 50-70대까지에서의 오차에 비해 그 이하 연령층은 평균적으로 2배 이상의 오차를 나타냈다. 연령층 가운데는 특히 0-4세와 25-34세에서의 오차가 매우 큰데 이는 선행연구와도 유사한 결과이다(Wilson, 2016). 0-4세인구는 출생, 사망, 이동 모두 고려해야 하는 어려움을, 젊은 층의 경우는 인구 이동의 가변성을 반영하는 것으로 보인다. 추후 출산율과 함께 인구의 이동에 대한 세밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 추계 방식에서 시도 인구조 통제를 하는 방식 보다는 그렇지 않은 경우에서 연령층별 오차는 더 작게 나타나고 있다. 이는 통계 방식에 있어서 인구구조의 고려가 필요함을 시사한다. 인구구조에 이어 추계 기간의 길이에 따른 변화도 살펴

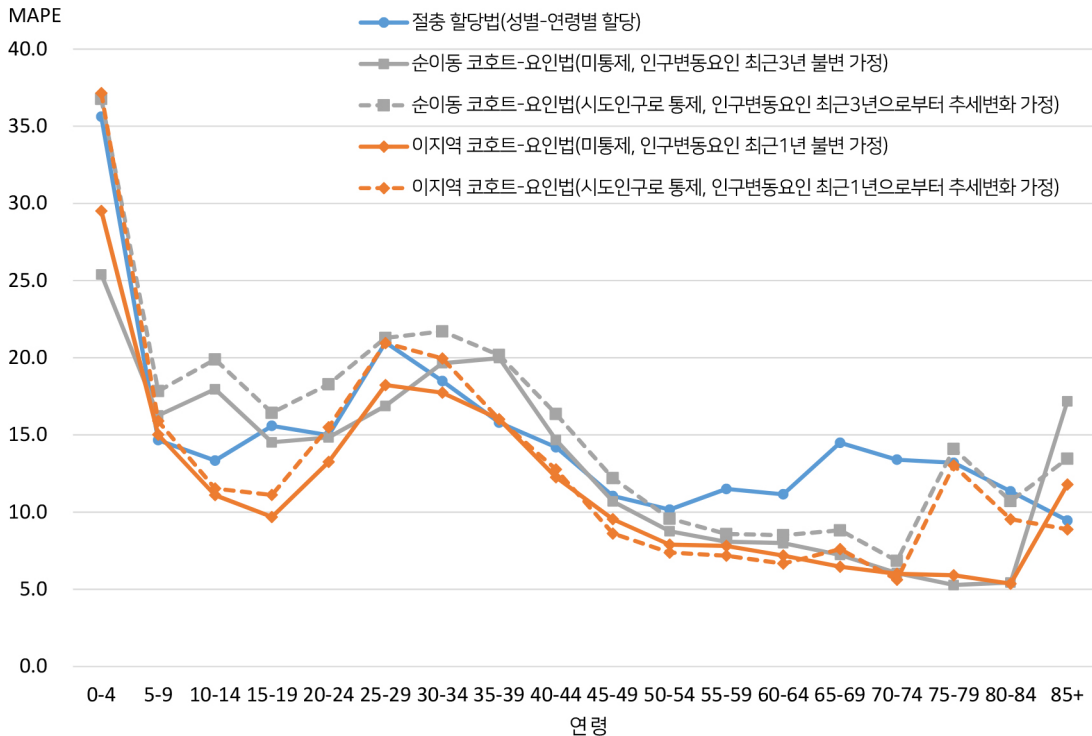


그림 1. 소지역 인구추계 방식의 연령층별 MAPE

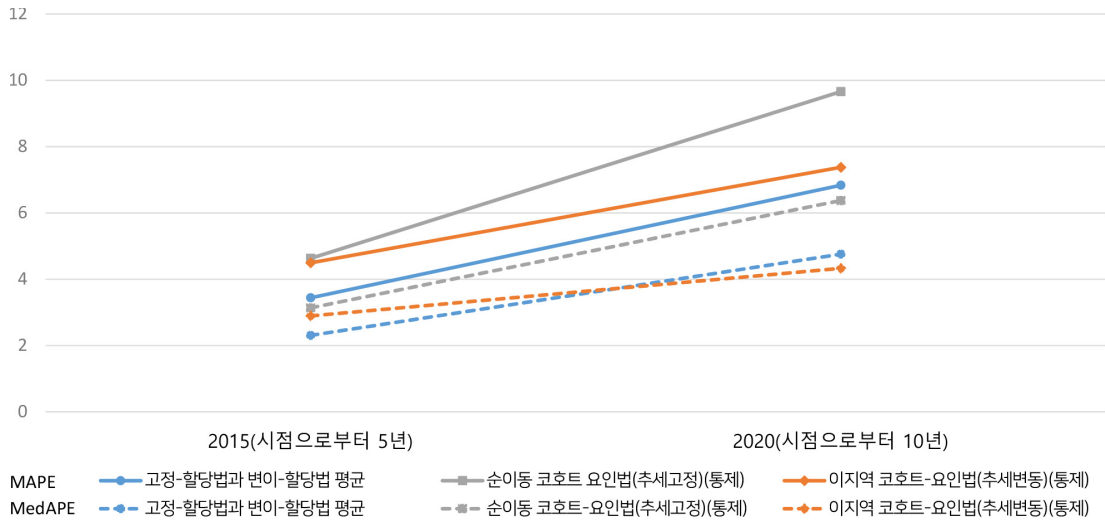


그림 2. 추계 기간에 따른 오차의 변화

보았다. 추계 기간이 길어지면 불확실성이 더 커지게 되고, 오차도 커질 것은 자연스러운 과정으로 볼 수 있는데 선행연구도 이를 보여준다(Wilson, 2016). 특히 추세를 외삽하는 경우 방법 간 차이가 점차 커질 수 있어(이상일·조대현, 2020) 추계 기간에 따른 비교가 필요하다. 2010년 시점에서 5년 후인 2015년의 결과에 대해 대표 방법들에 대해 오차를 파악한 결과 MAPE는 3.4~4.4%, MedAPE는 2.3~2.9 사이를 나타냈다(그림 2). 그런데 2020년까지 추계 기간이 두 배가 되면서 오차도 커지는데, 순이동 코호트-요인법(시도인구 통제, 인구변동요인 시점 값 최근3년 평균 및 불변)의 MAPE 증가 폭이 가장 커서 약 2.1배로 늘어났다. 반면에 이지역 코호트-요인법(시도인구 통제, 인구변동요인 시점 값 최근 1년 및 추세변동)은 1.6배 가량 증가해 시간의 흐름에 따른 오차 증가 면에서 가장 우수하였다. MedAPE에서도 순이동 코호트-요인법, 그리고 절충 할당법이 2배 이상 늘어난 반면 이지역 코호트-요인법은 1.5배 증가하는데 그쳤다. 이런 변화로 2020년 결과에서 이지역 코호트-요인법의 MedAPE가 가장 낮았으며, 동일 추세가 지속된다면 향후 MAPE도 가장 우수할 가능성이 있다. 이는 추계 기간이 비교적 긴 추계의 경우 이지역 코호트-요인법의 사용 근거가 되지만 본 연구에서의 전체 추계 기간이 짧아 지속적인 모니터링이 요구된다.

마지막으로는 오차 분포의 지리적 변이를 살펴보았다. 세종시를 제외한 228개 시군구를 대상으로 2020년의 추계 결과에 대한 오차 크기 분포를 3가지 주요 추계 방법(고정-

할당법과 변이-할당법 평균, 순이동 코호트-요인법(추계 시점 변동요인 값 최근3년 평균, 불변)(통제), 이지역 코호트-요인법(추계시점 변동요인 최근 1년, 추세변화)(통제)에 대해 비교해 보았다. 먼저 전국 시군구의 오차 크기별 분포를 살펴본 결과는 다음과 같다(그림 3). 절충 할당법에서의 54%, 이지역 코호트-요인법에서의 55% 정도의 시군구는 PE 5% 미만의 우수한 결과를 보였지만 10여개의 시군구는 20% 이상의 오차를 기록하고 있어 일부 시군구에는 타당도가 높지 않았다. 이를 시도별로 살펴보면 인천, 경기도는 세 방식 모두 평균적인 PE가 높게 나타나고 있다(그림 4). 순이동 코호트-요인법의 오차는 전국 평균도 높지만 변이 또한 가장 큰데, 광주나 울산에서 다른 두 방법과의 차이가 더 두드러진다.

지역 간 특성을 조금 더 구체적으로 살펴보기 위해 과대 추계 및 과소 추계가 이루어지는 시군구가 얼마나 되는지를 파악해보았다(표 3, 그림 5). 과소 추계의 절대적인 기준은 없지만 본 연구에서의 전체 평균을 고려해 10%를 그 기준으로 삼았다. 추계의 논리 상 추계에서 설정한 가정보다 실제 인구가 더 많이 증가한 곳은 과소 추계되고, 그 반대의 경우 과대 추계가 된다. 특히 인구 이동에 있어 다양한 유형이 있을 수 있는데, 관찰 데이터에서의 가변성이 워낙 커서 추세가 명확하지 않은 경우, 혹은 과거 일정한 추세가 있었지만 실제로는 추세와는 반대 방향으로 변화하는 경우, 추세보다 보다 더 심화, 혹은 완화되는 경우 등에 오차가 발생할 수 있다.

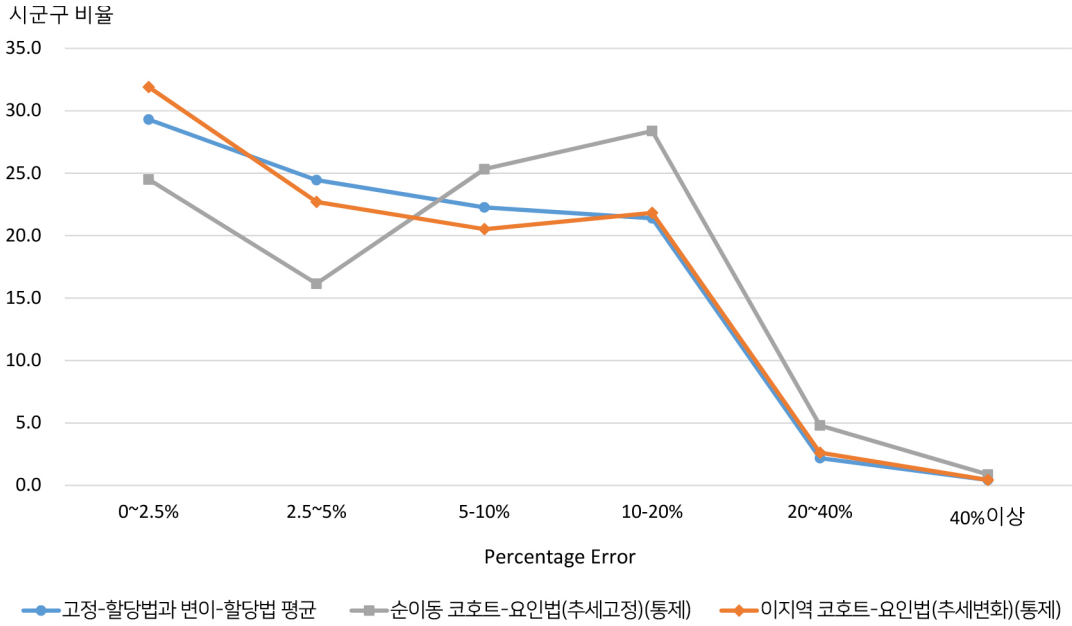


그림 3. 오차 크기별 시군구 비율

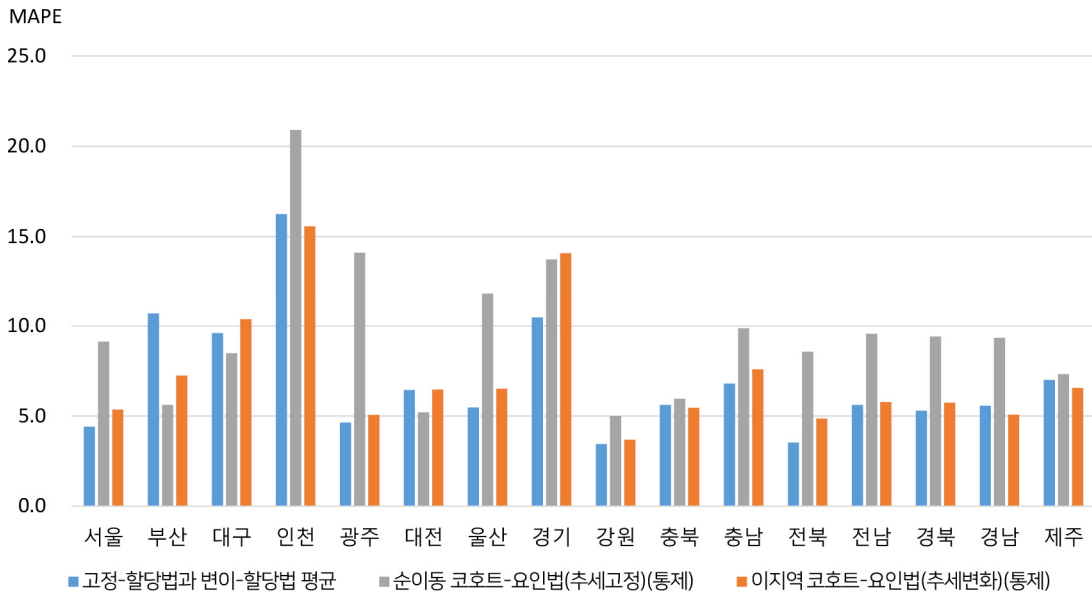


그림 4. 시도별 MAPE 비교

방법에 따라 좀 다르지만 대략 전국 시군구 중 25% 가량이 과소 혹은 과대 추계가 되는 것으로 나타났는데 평균 오차가 가장 컸던 순이동 코호트-요인법에서 그 수가 가장 많았다. 과소 추계 수와 과대 추계 수는 방법에 따라 다소 엇갈렸는데, 절충 할당법은 과소 추계가 약간 더 많았던 반

면 순이동 코호트-요인법은 그 수가 같았고, 이지역 코호트-요인법은 과대 추계가 더 많았다. 지역 가운데는 경기도가 가장 많았으며, 그 외 인천, 서울, 충남, 경북 등에 산재하고 있었다. 서울, 인천, 울산, 강원, 충남, 전남 등은 과대 추계에 해당하는 경우가 과소 추계에 비해 더 많았다.

표 3. 시도별 과소 추계 및 과대 추계 시군구 수

시도	시군구 수	과소 추계			과대 추계		
		고정-할당법과 변이-할당법 평균	순이동 코호트- 요인법	이지역 코호트- 요인법	고정-할당법과 변이-할당법 평균	순이동 코호트- 요인법	이지역 코호트- 요인법
서울	25	1	3	1	1	6	5
부산	16	2	1	1	1	1	1
대구	8	2	1	1	0	2	1
인천	10	3	3	3	4	5	3
광주	5	0	2	1	0	1	0
대전	5	0	0	0	0	0	2
울산	5	0	1	0	1	2	1
경기	31	7	9	7	5	6	10
강원	18	0	0	0	1	3	2
충북	11	2	2	2	0	0	0
충남	15	1	2	1	2	2	5
전북	14	0	3	0	0	1	1
전남	22	1	2	1	2	3	3
경북	23	1	5	1	2	3	2
경남	18	2	4	1	0	4	1
제주	2	1	1	0	0	0	0
계	228	23	39	20	19	39	37

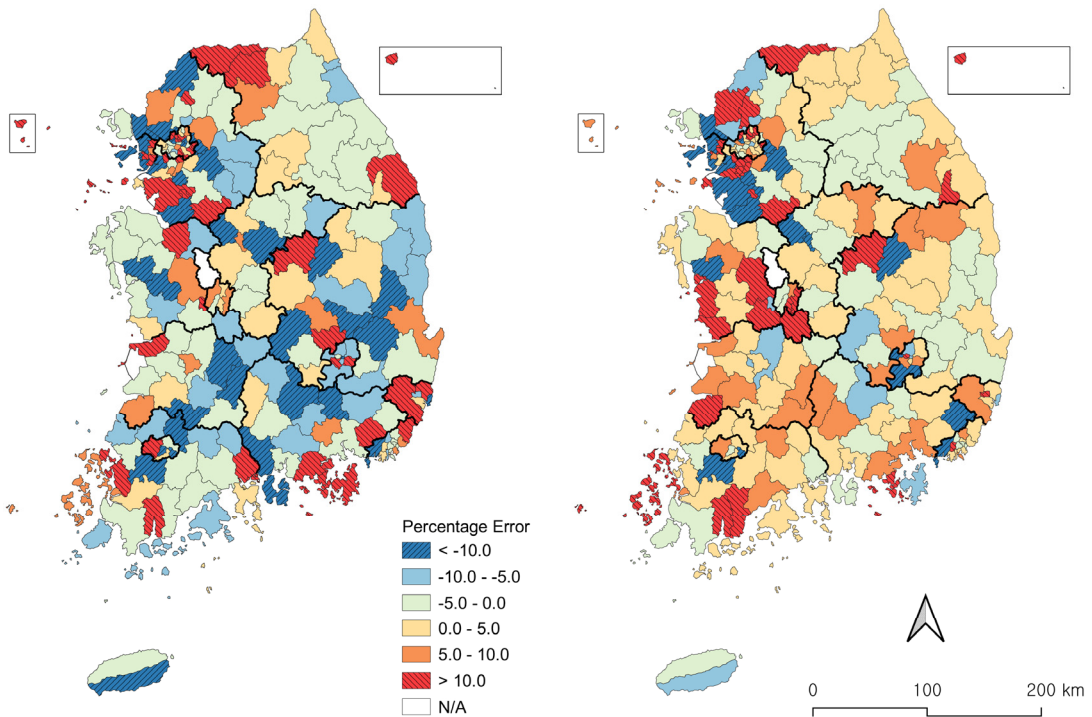


그림 5. 순이동 코호트-요인법(좌)과 이지역 코호트-요인법(우)의 오차 분포 비교

시군구 수준에서 오차 분포의 특성을 조금 더 세밀하게 살펴보았다. 세 방법 간 오차 분포에 연관성이 있는지를 파악하기 위해 상관관계를 분석하였다. 그 결과 세 방법 상호 간에 Pearson's r 은 0.44~0.64 정도로 비교적 양의 상관성이 상당하였는데, 순이동 코호트-요인법의 오차 분포와 나머지 두 분포 간에는 관련성이 상대적으로 낮았다. 지도(그림 5)에서 확인할 수 있듯이 이지역 코호트-요인법은 실제 보다 추계의 값이 더 큰 경우가 많고, 순이동 코호트-요인법은 실제 보다 추계의 값이 작은 경우가 더 많은 것으로 나타났다. 대체로 지리적으로 근접하면 오차의 수준도 유사하게 나타나고 있지만 10% 이상의 과대, 과소지역을 살펴보면 군집을 강하게 형성하기 보다는 전국적으로 산재해 있는 모습이다. 부산 강서구, 인천 중구, 인천 연수구, 경기 평택시, 하남시, 김포시, 광주시, 충북 진천군, 충남 홍성군, 전남 나주시, 경북 예천군은 3 방법 모두에서 과소 추계가 된 곳인데 대체로 인구의 증가가 매우 많았던 곳이다. 홍성, 나주, 예천 등은 2010년 이후 인구 증가 추세로 반전된 경우에 해당한다. 이에 반해 인천 동구 및 계양구, 경기 과천시, 전남 강진군, 경북 울릉군은 과대 추계가 이루어졌는데 인구가 증가하는 곳은 아니어서 인구의 감소가 더 빠른 속도로 진행된 것으로 파악된다.

이와 같은 오차의 분포, 특히 과대 추계 및 과소 추계가 발생한 곳은 공통의 특성을 가질 것으로 생각된다. 여기에서는 예비적으로 기초 데이터인 인구 규모, 인구 변화율, 인구가동의 특성을 살펴보았다(표 4). 인구 규모의 경우 인구가 작은 곳일수록 가변성이 커 오차에도 영향을 줄 것으로 생각했으나 예비 분석에서는 규모에 따른 뚜렷한 경향성을 파악하지 못하였다. 나머지 지표들을 보면 순이동

률의 표준 편차(각 시군구별 2001~2010년까지 순이동률의 표준편차)가 상대적으로 더 크며, 2010년을 기점으로 인구 성장율과 순이동율에 변화가 나타나고 있다. 과대 추계가 되는 곳은 인구가 과거에 비해 감소하거나 추세 대비 덜 성장하는 경우로 인구가 이동이 더 부정적으로 변화하였기 때문으로 판단된다. 반대로 과소 추계가 된 곳은 인구 성장이 추세 대비 더 많이 이루어진 곳으로 인구가 이동이 더 긍정적으로 변화한 곳이다. 하지만 이는 결론론적인 해석이며 추계에서의 시사점을 얻기 위해서는 오차의 분포 요인에 대한 세밀한 연구가 필요하다. 해외의 경우 시군구 오차 분포에 소득 수준과 같은 사회경제적 변수도 관련되어 있다는 보고도 있는 만큼(Christison, 2020) 다양한 변인을 탐구할 필요가 있다.

V. 결론

인구는 최근에 우리나라 정책의 주요 이슈가 되었지만 역사 이래로 (인문)지리적 현상과 변화, 그리고 경제, 사회, 정치 등 수많은 의사결정에서의 핵심 요인이었다. 인구에 대한 관심은 항상 있어 왔지만 인구가 어떻게 변화해 왔는지를 설명하는 것에 비하면 앞으로 어떻게 변화해 갈 것인지를 이야기하는 것은 지난한 과제임에 틀림이 없다. 예측이라는 용어 보다는 추계라는 용어를 택해 적어도 수십년 간 반복적으로 행해오고 있을 뿐만 아니라 새로운 방법을 개발하거나 기존의 방법을 개선하기 위해 지속적으로 연구해오고 있다는 점은 이를 잘 방증한다. 특히 본 연구에서 다룬 소지역에 대한 인구추계는 그 어려움으로 인

표 4. 과대 및 과소 추계지역의 인구 특성

구분		순이동률 표준편차 (2000-2010)	인구성장율 (2000-2010)	인구성장율 (2010-2020)	순이동율 (2000-2010)	순이동율 (2010-2020)
절충 할당법	과대	0,019	4,91	-10,73	-0,49	-1,17
	과소	0,021	16,08	39,40	1,03	2,49
	보통	0,015	-2,16	-2,51	-0,54	-0,17
순이동 코호트- 요인법	과대	0,023	15,75	3,49	0,32	-0,03
	과소	0,022	-2,00	14,15	-0,24	0,91
	보통	0,013	-3,29	-3,30	-0,60	-0,22
이지역 코호트- 요인법	과대	0,019	2,47	-6,51	-0,33	-0,79
	과소	0,022	20,34	38,82	1,06	2,32
	보통	0,015	-2,66	-2,00	-0,56	-0,09

해 더 많은 관심과 연구가 필요하다.

이 연구는 국내에서 지방 정부 등을 중심으로 특정 방식의 소지역 인구추계가 실행되고 있지만 그 세부 과정이나 결과는 면밀한 학술적 검토가 충분하지 않다는 문제 인식을 배경으로 한다. 이에 선행연구 검토를 중심으로 국내 소지역 인구추계에 활용될 수 있는 주요 방법들을 선정하고, 세부 실행 방안에 따른 타당성을 비교 분석하고자 하였다. 이 연구의 가장 중요한 방향은 아직 오지 않은 미래를 대상으로 인구추계를 하고 그 결과를 살피는 것이 아니라 이미 관찰 데이터가 존재하는 과거의 일정 시기를 대상으로 인구추계를 적용해 얼마나 타당한 결과를 산출하는지를 파악한다는 것이다.

비교를 위한 인구추계 방법론으로는 추세외삽법의 일종인 할당법(고정-할당법, 변이-할당법), 그리고 순이동 코호트-요인법 및 이지역 코호트-요인법을 선정하였다. 이지역 코호트-요인법의 경우 전국 시군구의 인구를 동시에 추계하기 위해 시군구마다 이지역 코호트-요인법을 병렬적으로 수행하는 방안을 모색하였다. 이어 이 방법론들을 실행함에 있어 추계 결과에 영향을 줄 수 있는 세부 사항을 파악하였는데, 소지역 보다 상위 공간단위의 인구를 이용한 통계 적용 여부, 코호트-요인법의 경우 인구변동요인에 대한 초기값 설정 및 미래 변화 가정 설정, 할당법의 경우 절충법의 적용 여부 등이 그것이다. 이를 모두 고려하여 소지역 인구추계에 활용될 수 있는 방법으로 총 22종 실행 방안을 정의하고, 전국 시군구에 대해 2001-2010년의 데이터를 바탕으로 2020년까지의 인구를 5년 단위로 추계하였다.

추계 결과에 대한 비교 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 총인구를 대상으로 추계 결과의 전반적인 타당성을 비교한 결과, 절충 할당법과 이지역 코호트-요인법이 상당히 유사한 정도로 가장 우수한 것으로 드러났다. 절충 할당법은 고정-할당법과 변이-할당법의 결과를 평균하는 방식을 사용하였는데, 추계의 단순함에 비해 그 결과가 상당히 우수했다는 점은 주목할만하다. 할당법은 소지역의 총인구를 직접 추계하므로 성별-연령층별 인구구조에 접근하기 어렵다는 한계가 있지만 대안적으로 성별-연령층별 할당법도 활용 가능할 것으로 판단된다. 코호트-요인법 중에서는 이지역 코호트-요인법이 뚜렷하게 우세하였다. 이지역 코호트-요인법에서는 인구변동요인의 초기 값으로 시점 기준 최근 1년의 값을 사용하고 시도 추계인구로 통계를 한 방식에서 조금 더 우수한 결과를 보였다.

둘째, 추계 결과를 인구구조 및 시공간적 이질성의 측면에서 세부적으로 따져본 결과 다른 특성들도 드러났다. 대체로 이지역 코호트-요인법의 결과가 우수하였지만 0-4세, 25-34세 인구에 대한 오차는 상대적으로 크게 나타났다. 추계 기간이 짧은 단기 추계(5년)에서는 절충 할당법이 가장 우수했지만 추계 기간 증가에 따른 오차 증가 폭은 이지역 코호트-요인법이 가장 낮았다. 개별 시군구의 오차 간에 편차가 있는데, 10% 이상의 오차를 가진 시군구는 약 25%로 경기 및 인천에 상대적으로 많았다. 이들은 대체로 인구 이동의 시계열 패턴에서 변이가 크거나 추계기간 중 인구성장율이 달라진 경우에 해당하였다.

본 연구에서의 한계와 과제도 있는데, 무엇보다 추계 기간이 짧아 결과의 타당성을 충분히 살펴볼지 못했음을 지적할 수 있다. 이는 가용 데이터의 제한으로 불가피했지만 향후 데이터의 축적이 이루어지면 장기 추계에서 발생 가능한 오차의 양상을 더 파악할 필요가 있다. 다음으로는 모든 추계 방법에서 인구구조나 지역에 따른 이질성이 상당했지만 그 요인을 충분히 파악하지 못했다는 점이며, 후속 연구에서 심도 있게 다루어질 필요가 있다. 관련하여 시도 인구를 통한 통제 방식이나 인구변동요인에 대한 가정 설정 등에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 예를 들어 추세외삽을 통한 인구변동요인의 가정 설정에 대해서는 비록 총인구이긴 했지만 과거 패턴이 복잡한 경우 ARIMA 모형의 장점이 있다는 선행연구(이상일·조대현, 2020)를 참조할 만하다. 하지만 이런 과제에도 불구하고 본 연구의 가장 큰 가치는 관찰 데이터를 바탕으로 주요 소지역 인구 추계 방법에 대한 타당성을 경험적으로 분석하였다는 점이다. 나아가 이 연구는 향후 진행될 여러 소지역 인구추계에서 주요 참고가 될 것이라는 점에서 기대되는 바가 크다.

참고문헌

- 고문의·김걸, 2021, “한국 지방소멸위험의 공간분포 변화 분석,” 한국지도학회지, 21(1), 65-74. <http://dx.doi.org/10.16879/jkca.2021.21.1.065>
- 김영우·문영기, 2008, “도시기본계획상 토지이용계획 수립의 한계와 개선방안,” 국토연구, 58, 95-114. <http://dx.doi.org/10.15793/kspr.2008.58..006>
- 김제국·안수민·박성구·좌승희, 2006, 「도시기본계획 인가지표의 설정실태와 관리방안에 관한 연구: 경기도

- 시군 도시기본계획을 중심으로, 경기개발연구원. 김태현·김동희·정구현, 2006, “코호트 요인법을 이용한 시군구별 장래인구추계,” 통계연구, 11(2), 1-39.
- 민성희·변필성·김선희·차은혜·이철호·안용진, 2016, 「국토계획 수립지원을 위한 인구분석 방법 연구」, 국토연구원.
- 박주석, 2020, “도시기본계획 인구지표와 통계인구 비교 분석,” 한국농공학회지, 62(3), 40-45.
- 심창섭·김오석·한지현·송슬기·나건수·김기환, 2019, 「출산·고령화를 고려한 폭염 노출위험인구 전망 및 지역별 대응전략」, 한국환경정책·평가연구원.
- 우혜봉·양지윤·조성호·안형석, 2016, 「인구추계 방법론의 현황과 평가」, 한국보건사회연구원.
- 이보경, 2019, 「2040년 장래인구 분포 전망 연구」, 국토연구원.
- 이상림·조영태, 2005, “H-P 기법을 이용한 기초자치단체의 장래인구추계,” 한국인구학, 28(1), 149-172.
- 이상일, 2014, 「시나리오 기반의 시군구 단위 인구추계 모형 개발」, 국토연구원.
- 이상일·조대현, 2012, “지역간 인구이동의 예측을 통한 우리 나라 시도별 장래 인구 추계: 다지역 코호트-요인법의 적용,” 대한지리학회지, 47(1), 98-120.
- 이상일·조대현, 2020, “우리나라 소지역 인구 추계를 위한 방법론 연구: 추세의삽법을 중심으로,” 지리교육논집, 64, 1-19.
- 이상호, 2018, 「한국의 지방소멸 2018」, 한국고용정보원.
- 임석희, 2018, “인구감소도시의 유형과 지리적 특성 분석,” 국토지리학회지, 52(1), 65-84.
- 조대현, 2021, “우리나라 도시 축소인구 요인 및 특성 분석,” 한국도시지리학회지, 24(1), 29-44. <http://dx.doi.org/10.21189/JKUGS.24.1.3>
- 조대현·이상일, 2011, “이지역 코호트-요인법을 이용한 부산광역시 장래 인구 추계,” 대한지리학회지, 46(2), 212-232.
- 조진우, 2021, “도시기본계획에서 인구추정의 적정성 확보 방안 연구,” 토지공법연구, 96, 75-102. <http://dx.doi.org/10.30933/KPLLR.2021.96.075>
- 최재현·박판기, 2020, “한국 축소도시의 지역적 특성과 도시정책의 방향,” 한국도시지리학회지, 23(2), 1-13. <http://dx.doi.org/10.21189/JKUGS.23.2.1>
- 최현정·최석환·홍성조, 2019, “읍면동 단위 장래인구 추계모형 개발에 관한 연구,” 부동산분석, 5(3), 67-87. <http://dx.doi.org/10.30902/jrea.2019.5.3.67>
- 통계청, 2015, 보도자료: 시군구 장래인구추계 프로그램 개발 및 보급.
- 통계청, 2017, 보도자료: 시군구 장래인구추계 프로그램 개편 및 지자체 보급.
- Breidenbach, P., Kaeding, M., and Schaffner, S., 2019, Population projection for Germany 2015-2050 on grid level (RWI-GEO-GRID-POP-Forecast), *Journal of Economics and Statistics*, 239(4), 733-745. <http://doi.org/10.1515/jbnst-2017-0149>
- Chen, Y., Li, X., Huang, K., Luo, M., and Gao, M., 2020, High-resolution gridded population projections for China under the shared socioeconomic pathways, *Earth's Future*, 8(6), e2020EF001491. <http://doi.org/10.1029/2020EF001491>
- Christison, S., 2021, Evaluating small area population estimates and projection for sub-council areas in Scotland, Ph. D. Dissertation, The University of Edinburgh.
- Hart, M.D. and Woudsma, C.G., 2014, How many and how do we know: Assessing population projection methods in Ontario, Canada, *Canadian Journal of Urban Research*, 23(1), 83-97.
- Hauer, M.E., 2019, Population projections for US counties by age, sex, and race controlled to shared socioeconomic pathway, *Scientific Data*, 6(1), 1-15. <http://doi.org/10.1038/sdata.2019.5>
- Isserman, A.M., 1993, The right people, the right rates: making population estimates and forecasts with an interregional cohort-component model, *Journal of the American Planning Association*, 59(1), 45-64. <http://doi.org/10.1080/01944369308975844>
- Rayer, S., 2015, Demographic Techniques: Small-area estimates and projections, in Wright, J.D. ed., *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (2nd ed.), 162-169, Waltham: Elsevier.
- Smith, S.K., Tayman, J., and Swanson, D.A., 2013, *A Practitioner's Guide to State and Local Population Projections*, Dordrecht: Springer.
- Swanson, D.A. and Tayman, J., 2012, *Subnational*

- Population Estimates*, New York: Springer.
- Wilson, T., 2015, New evaluations of simple models for small area population forecasts, *Population, Space and Place*, 21(4), 335-353. <http://doi.org/10.1002/psp.1847>
- Wilson, T., 2016, Evaluation of alternative cohort-component models for local area population forecasts, *Population Research and Policy Review*, 35(2), 241-261. <http://doi.org/10.1007/s11113-015-9380-y>
- Wilson, T., Grossman, I., Alexander, M., Rees, P., and Temple, J., 2022, Methods for small area population forecasts: State-of-the-art and research needs, *Population Research and Policy Review*, 41, 865-898. <http://doi.org/10.1007/s11113-021-09671-6>
- 국가통계포털, [http://kosis.kr\(2022.8 검색\)](http://kosis.kr(2022.8 검색))

교신: 조대현, 25601, 강원도 강릉시 범일로 579번길 24, 가톨릭관동대학교 사범대학 지리교육과(이메일: dhncho@gmail.com)

Correspondence: Department of Geography Education, College of Education Catholic Kwandong University, 24, Beomil-ro 579 beon-gil, Gangneung-si, Gangwon-do, 25601, Republic of Korea (Email: dhncho@gmail.com)

투 고 일: 2022년 8월 1일

심사완료일: 2022년 8월 13일

투고확정일: 2022년 8월 19일

