Journal of Korea Spatial Information Society Vol.22, No.4 : 89-102, August 2014
http://dx.doi.org/10.12672/ksis.2014.22.4.089
ISSN 2287-9242(Print)
ISSN 2287-9250(Online)

지역기반 원격근무를 통한 출근 통행거리 저감이 CO_2 배출에 미치는 영향: 수도권 지역을 대상으로

Effects of Commuting Distance Reduction by Teleworking on Carbon Dioxide Emission: Focusing on the Seoul Metropolitan Area

강지한* · 오규식**

Jihan Kang · Kyushik Oh

요 약 우리나라에서 지역기반 원격근무센터의 설치와 운영은 시범적 초기단계로서, 재택근무에 대한 연구가 다소 이루어진 바 있지만, 지역기반에서 원격근무센터가 본격적으로 확대·보급되었을 때의 효과를 분석한 연구는 미비하다. 이에 본 연구에서 수도권 지역을 대상으로 원격근무센터의 설치를 통해 얻을 수 있는 출근 통행거리의 저감 효과를 네트워크를 기반으로 분석하고, 이를 통해 지역기반 원격근무센터의 CO_2 저감효과를 정량적으로 산출하였다. 분석결과, 지역기반 원격근무센터로 인한 총 CO_2 저감량은 1일 기준 911 톤(Ton)으로 나타났다. 이같은 분석 결과에 1년 근로일수(통계청)인 258일을 적용하면 연간 235,056톤(Ton)의 CO_2가 원격근무센터 설치에 의해 저감될 수 있다. 본 연구는 원격근무센터 설치를 통해 얻을 수 있는 환경적 효용을 정량적으로 산출함으로써 향후 원격근무센터의 효과적 입지를 위한 가이드라인으로 활용이 가능하며, 행정구역별 비교를 통해 원격근무센터 확대 실시에 있어 우선순위 결정에 도움을 줄 수 있을 것이다.

키워드 : 원격근무센터, CO_2 저감, 스마트워크

Abstract The establishment and operation of Region-based Teleworking Centers(RTC) in Korea is in the initial stage at the moment. Although some studies have been conducted on telecommuting at home, few studies have been performed on the effects of all-out expansion and diffusion of region-based Teleworking Centers. Therefore, this study analyzed the reduction effect of commuting distance which is possible to obtain from the establishment of Teleworking Centers, based on the network in the Seoul Metropolitan Area, Subsequently, quantitative reduction of the effects of CO_2 were calculated from region-based Teleworking Centers. The results of the analysis indicated that region-based Teleworking Centers could reduce a total of 911 tons of CO_2 per day. When applying these results to 258 working days per year (according to Statistics Korea), 235,056 tons of CO_2 can be reduced annually by the establishment of Teleworking Centers. With quantity on environmental utility to be obtained from the establishment of Teleworking Centers, this study can be utilized as a guideline for selecting effective locations of Teleworking Centers in the future. It can also be helpful in decisions to determine the priority of extending operations of Teleworking Centers through comparisons among administrative districts.

Keywords : Teleworking Center, CO_2 Reduction, Smart Work

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구 온난화에 의한 기후변화와 해수면 상승은 인간생활에 부정적 영향을 가중시키고 있으며, 이를 저감하기 위하여 지구 온난화의 주요 원인인 CO_2 감축에 대한 관심이 전 세계적 이슈로 대두되고 있다. 우리나라 정부도 세계적 흐름에 발맞추어 2020년까지 국가 온실가스를 2005년 대비 4%를 감축하기로 하였다. 이를 위해 저탄소 녹색도시를 위한 다양한 정책과 계획을 수립하고, 국가적 전략과제를 진행하고 있다.

최근 IT 기반 원격근무를 통해 출·퇴근 교통량을 감소시켜 저탄소 업무환경으로 변화시키는 대안이 부상하면서 정부는 2010년 “스마트워크”라는 이름 아래 원격근무를 통해 저탄소 녹색성장을 달성하기 위한 국가전략과제를 발표하였다. 이를 구현하기 위한 한

* Jihan Kang, Master’s Student, Department of Urban Planning, Hanyang University. sudal008@naver.com
** Kyushik Oh, Professor, Department of Urban Planning, Hanyang University. ksoh@hanyang.ac.kr (Corresponding Author)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

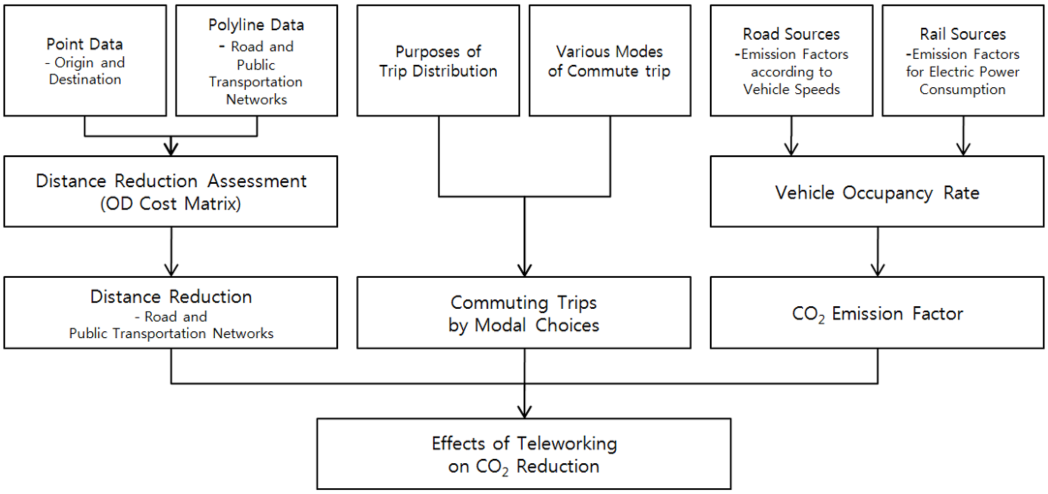


Figure 1. The Study Flow

가지 방안으로 스마트워크 센터, 즉 원격근무센터를 이용한 근무형태를 제시하였으며, 현재 공무원을 대상으로 서울을 포함한 수도권 13곳과 세종특별자치시 1곳, 총 14개의 스마트워크센터를 시범 운영 중에 있다. 2015년까지 센터의 수를 50개로 늘릴 계획으로 있으며 전 근로자의 30%가 스마트워크 환경에서 근무하는 것을 목표로 하고 있다.

정보통신기술이 지속적으로 발전함에 따라 인간 활동의 시간적, 공간적 제약을 완화시킴으로써 서로간의 정보 교류를 증진시키고 있으며, 사람들의 생활양식에도 변화를 가져오고 있다[13]. 또한, 이러한 변화가 원격근무라는 이름 아래, 차츰 근로방식에도 변화를 가져오고 있다. 원격근무센터를 활용한 근무형태를 통해 주거지와 직장이 보다 가까워지고, 불필요한 통근거리를 줄임으로써 교통체증 및 에너지 소비를 감소시킬 수 있어, 저탄소 도시 구현을 위한 효과적 대안이 될 수 있다.

아직까지 지역기반의 원격근무센터(이하 원격근무센터라 함) 설치와 운영은 시범적 초기단계이다. 안전행정부에서 추진하는 스마트워크센터와 일부 공기업과 대기업에서 자체적으로 소규모 원격근무센터 및 모바일 오피스를 운영하고 있다. 국내에서 재택근무에 대한 연구들은 다소 이루어졌으나, 원격근무센터가 본격적으로 확대·보급되었을 때의 효과를 분석한 연구는 미흡하다.

본 연구의 목적은 원격근무센터의 설치를 통해 얻을 수 있는 출근 통행거리 저감정도를 네트워크를 기반으로 분석하고 이를 통해 원격근무센터의 CO_2 저감효과를 정량적으로 산출하고자 한다.

본 연구의 세부 목표는 다음과 같다.

첫째, 원격근무에 대한 개념을 정립하고 원격근무에 따른 통근거리 감소와 환경적 효용에 대한 연구를 검토한다.

둘째, 사례연구를 통해 원격근무센터를 통해 감소시킬 수 있는 통행거리를 산정하고 CO_2 저감효과를 분석한다(Figure 1).

셋째, 분석 결과를 통해 원격근무센터의 도시계획적 함의를 도출하고, 기후변화와 지구 온난화를 완화하기 위한 하나의 방안으로서 원격근무의 효용을 규명한다.

1.2 연구의 범위

연구의 범위는 크게 공간적 범위, 시간적 범위, 내용적 범위로 구분한다.

공간적 범위는 행정구역 상 서울특별시와 인천광역시를 포함한 수도권 내 33개의 시·군을 대상으로 한다. 행정구역에 대한 현황은 기종점 통행량(O/D) 자료의 시점(2009년)을 대상으로 하며, 2009년 12월말 행정구역 상의 시·군 단위를 기준으로 한다(Figure 2).

시간적 범위는 자료 구득의 한계로 2009년을 대상으로 한다. 2009년 국가교통 수요조사 및 DB 구축사업 중 "전국 지역 간 여객 기종점 통행량(O/D) 보완조사(2009)"의 기종점 통행량을 기초로 본 연구를 진행한다.

본 연구에서 스마트워크의 형태는 원격근무센터에서의 근무로 한정한다. 비록 교통량 감소에 의한 직·간접적인 효과가 재택근무보다 적지만, 다음과 같은

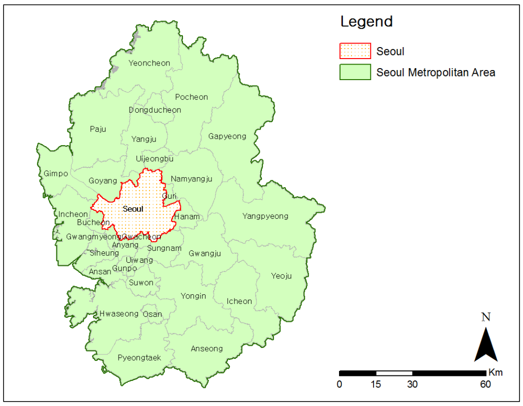


Figure 2. The Study Area

재택근무의 단점을 보완할 수 있다. 즉, 사람들을 직접 대면하는 공간이므로, 사회적 교류 및 전문적인 정보 교환의 장소[5]가 될 수 있으며, 서로 감시 하에 있기 때문에 근무 태만 등과 같은 부정적 행위를 방지할 수도 있기 때문이다.

2. 이론 고찰

2.1 정보통신기술의 발달과 도시 삶의 변화

정보통신기술(ICT)의 발달은 도시의 삶을 변화시켰다. 특히, 교통과 더불어 정보통신기술의 발달은 지속적으로 도시의 시공간적인 한계를 극복하게 하는 계기가 되었다[4]. 도시는 점차 확장되고 발달하였으며, '세계화' 또는 '지구촌'이라는 말이 빈번히 언급될 정도로 사람들이 생각하는 공간적인 물리적 거리가 확대되었고, 지리적으로 먼 거리일지라도 인터넷을 통해 정보를 쉽게 습득·전달하는 것이 가능하게 되었다.

산업사회에서는 조직 구성원들이 일을 하기 위해 직장에 출근해야 하였으며, 업무 수행이나 성과 창출을 위해 필요한 공간과 시간을 모두 충족할 수 있는 곳은 오로지 직장이라는 물리적인 공간이었다. 하지만 정보통신기술의 지속적 발전으로 지식근로자는 반드시 사무실에 출근하지 않아도 PC와 스마트폰과 같은 기기를 이용하여 인터넷이 연결되어 있는 곳이면 어디에서나 업무처리를 할 수 있게 되었다[24].

2.2 원격근무의 개념

원격근무라는 용어는 1950년대에 영국에서 처음 사용되었으며, 1970년대 원격통신 기술의 발전이 이루어지면서 새로운 근무형태로 실용화되기 시작하였다[14].

미국 캘리포니아대학 미래연구센터의 Nilles(1975)가 원격근무를 '하루의 왕복통근을 원격통신으로 대체하는 것'이라고 처음 정의를 하였으며, 1970년대 초 세계적인 석유파동이 일어나면서 전통적인 노동형태에서 발생한 경제적인 손해를 최소화하기 위해 매일 장거리를 출·퇴근하는 근로자의 비용을 줄이기 위한 방법으로 원격근무의 필요성이 제기되었다[1,2,14,23,28]. 민간부문이나 공공정책 입안자들 사이에서도 장거리 출퇴근자에게 원격근무를 실시함으로써 에너지 절약과 비용절감을 하고, 교통문제를 해결하기 위한 대안의 하나로 인식되기 시작하였다.

Nilles(1975)의 정의에서 확인할 수 있듯이 미국에서는 원격근무가 통근을 대체하는 개념으로부터 사용되었기 때문에 텔레커뮤팅(Telecommuting)이라는 용어로 사용하였으며, 유럽에서는 원격근무를 나타내는 의미로 텔레워킹(Teleworking)이라는 용어가 통용되기 시작하였다[14].

1980년대, 미래학자 앨빈 토플러는 새로운 미래 노동방식으로 '전자 주택(Electronic Cottage)'이라는 개념을 소개하면서 본격적으로 원격근무가 세상에 알려지기 시작하였다[28]. 앨빈 토플러는 '제 3의 물결'에서 첨단기기를 갖춘 전자주택 시대의 도래를 예고하였다. 통신기술과 전자기술이 점차 발전함에 따라 재택근무(Home-based Telecommuting)방식에서 점차 시간과 장소에 대한 유연성을 가지는 근무형태로 생각되기 시작하였다.

정보통신기술이 급속도로 발달하고 '노트북', '스마트폰'과 같은 개인 전자통신기기의 개발이 이루어지면서 이러한 기기를 이용하여 사무실 외부에서 이동중 회사업무를 하는 모바일(이동) 근무(Mobile Work) 개념도 통용되기 시작하였다. 이처럼 앞으로 기술이 발전함에 따라 원격근무의 유형, 방법도 다양해 질 것으로 전망된다.

2.3 원격근무의 기회와 한계

국내에서 기존의 원격근무에 대한 정책이나 연구의 대부분은 일하는 장소를 가정 내로 제한하는 재택근무로 한정하였다. 이는 아직까지 네트워크 환경과 IT 기술의 한계가 있으며, 전통적으로 대면하여 업무를 하는 것에 익숙해져 있어 새로운 변화를 수용하기에 어려움이 있었기 때문이다.

그러나 세계적으로 점차 네트워크 환경과 IT가 고도화되면서 미국·유럽·일본 등 선진국을 중심으로 원격근무가 활발하게 추진 중이다. 특히, 미국의 경우,

원격근무강화법(Telework Enhancement Act of 2010)이 채택 되었고, 2009년 기준, 재택 근무자수가 총 직장인 수의 23%에 달하였으며 공공분야 직원의 30% 이상이 원격근무를 시행하고 있다.

국내에도 IT 기반 원격근무가 출･퇴근 교통량 감소를 통한 저탄소 업무환경 전환의 대안으로 부상하면서 정부는 2010년, “스마트워크(Smart Work)”라는 이름 아래 원격근무를 통한 저탄소 녹색성장을 위한 국가전략과제를 발표하였다. ‘스마트워크’의 정의를 살펴보면 ‘시간과 장소에 얽매이지 않고 언제 어디서나 일할 수 있는 체제’를 의미하며 스마트워크센터(원격근무센터), 재택근무, 모바일 근무를 포함한다(스마트워크센터 홈페이지, http://www.worksmart.or.kr).

이 중 스마트워크센터에서의 원격근무는 기존의 사무실과 비슷한 환경을 가진 원격근무센터에서 기존의 사무실에 출근하지 않고 회사 업무를 수행하는 방식이라 할 수 있다.

2.4 관련 선행 연구

1970년대 이후, 원격근무는 조직과 사회의 다양한 문제를 해결하기 위한 하나의 전략으로 연구되기 시작하였다[1]. 원격근무에 대한 연구는 매우 다양한 분야에서 이루어지고 있으나 근본적으로 원격근무가 통행수요를 절감하는데 취지가 있으므로, 교통부문에서의 연구가 논의의 핵심이라 할 수 있다[12].

2.4.1 원격근무로 인한 통행거리 저감에 관한 연구

통행거리를 감소시키는 것은 다양한 편익을 발생시킨다. 교통 혼잡을 완화시키며, 대기오염을 감소시키고, 아울러 온실가스를 저감한다. 따라서 통행거리를 감소시키기 위해 공공 정책 및 계획 차원의 많은 연구가 도시 및 교통 분야에서 진행되고 있다.

초기에는 기술적인 제한과 변화에 대한 필요성을 느끼지 못하는 관리자의 무관심 때문에 원격근무의 보급이 매우 저조하였으나[1], 1990년대 중반부터 많은 나라들에서 원격근무에 종사하는 사람들의 수가 늘어나기 시작하였다[25]. 집과 직장 간 매일 반복되는 거리를 줄이는 것이 원격근무 도입의 주요한 동기였다. 원격근무를 통한 효과는 대상, 위치, 횟수, 방식에 따라 달라질 수 있지만, 대부분의 연구에서 원격근무로 인한 통근 통행거리 감소 효과는 긍정적으로 나타났다.

국내에서는 원격근무가 확대되고 정책의 사회적 영향에 대한 연구가 다양한 분야에서 수행되었으나, 통행수요의 대체 및 유발 가능성에 대한 논의는 부족하였다[11]. 국내 도시를 대상으로 한 실증연구로는 홍갑선(2003)[6], 김승남(2010)[10]의 연구가 있다. 이들의 연구에서는 Mokhtarian(1998)[22]이 제시한 재택근무 효과 추정식을 이용하여 수도권을 대상으로 재택근무로 인한 통근거리 감소효과를 산정하고 교통부문에 미치는 영향을 분석하였다.

2.4.2 원격근무로 인한 환경적 효용에 관한 연구

원격근무로 인한 통행거리의 감소는 에너지 소비와 대기오염물질 배출 감소에 영향을 준다[25]. 2011년 에너지통계[16]에 따르면 우리나라 에너지소비 중 수송이 19.1%를 차지한다. 또한 2010년 에너지 소비량 중 85%가 화석연료이기 때문에, 에너지소비 감소는 CO_2 저감과 밀접한 연관이 있다.

특히 미국 Davis 대학에서 캘리포니아의 원격근무에 관한 시범사업[1)]의 데이터를 가지고 연구를 활발히 진행하였다[7]. 대표적인 연구로 Koenig(1996)[15], Mokhtarian(1998)[22], Herderson(1996)[5]의 연구에서는 재택근무 전･후 감소된 통근거리를 통해 오염물질의 배출계수를 이용하여 대기오염 배출량을 산정하였다.

Dissanayake(2008)는 위계적 확률선택모형(Nested Logit Model)을 사용하여 방콕의 CBD와 위성도시간의 가구운행행태에 대한 분석을 실시하였다[3]. 이를 통해 저감되는 VKT(Vehicle Kilometers Traveled)를 계산하고, 대기오염 물질의 배출계수를 이용하여 대기오염 저감량을 산정하였다.

또한, 환경적 영향에 대한 가치를 경제적 가치로 산정하기 위한 노력도 있었다. Illegems(1999)은 재택근무로 인한 대기오염감소에 대한 가치를 재화가치로 환산하기 위한 식을 도출하였으며[8], Perez(2004)는 이러한 Illegems의 방법을 보완하여 재택근무 및 전자상거래에 의한 환경영향을 경제적 가치로 산정하였다[25].

이상 선행연구 검토 결과의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 원격근무의 도입은 통근거리 저감에 효과적인 것으로 나타났다. 우리나라 수도권은 Dissanayake (2008)의 연구 대상지인 BMR(Bangkok Metropolitan Area)과 비슷하게 빠르게 도시가 확장됨에 따라 도시 거주자들이 서울의 외곽에 입지하게 되었으며, 서울과 외곽 도시들 간의 통근 차량으로 출퇴근 시간에 심각한 교통체증 현상이 나타나고 있다[3]. 이러한 상황

1) California Neighbourhood Telecentre and Telewoking Project.

에 비추어 볼 때, 매일 반복되는 기존의 통근 대신 원격근무센터로 출퇴근 할 경우, 그에 따른 통근거리 감소와 관련 효과가 극대화 될 수 있으리라 판단된다[3].

둘째, 최근 정부의 주도 하에 2015년까지 원격근무를 통한 업무방식을 전체 고용자의 30%까지 확대하기 위한 적극적인 정책이 추진되고 있으나, 아직까지 원격근무가 확대·보급되었을 때의 효과를 정량적으로 분석한 연구는 미비하다.

마지막으로 해외 선행연구들에서 살펴본 바와 같이 원격근무가 통근거리를 감소시켜 CO_2 배출 저감에 효과가 있음을 증명했으나, 아직까지 국내의 연구에서는 CO_2 배출 저감에 대한 효과가 분석되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 시사점들을 고려하여 원격근무센터를 통한 CO_2 저감효과를 정량적으로 분석하고자 한다.

3. 분석방법

3.1 분석의 가정

본 연구에서는 기종점 자료의 존 간의 통행량을 이용하여 원격근무센터가 확대 보급되었을 시 통근거리 단축에 따른 CO_2 발생량 저감효과를 분석하기 위하여 다음의 가정들을 전제로 분석결과를 도출하고자 한다.

첫째, 거주자와 원격근무센터 간의 거리를 산정하기 위해 가상의 원격근무센터가 행정구역의 무게 중심점에 하나씩 위치한다고 가정한다. 이는 아직까지 원격근무센터의 입지에 대한 규정이나 법적 근거가 존재하지 않고, 초기 단계이기 때문에 구체적인 입지 기준이 없기 때문이다. 원격근무센터의 위치는 일반적으로 도로교통 및 대중교통이 편리하며, 주거지로부터의 접근이 쉬운 도심에 위치하여야 한다. 그런데 도심은 대부분 시가지 중심부에 형성되어 접근이 쉽고, 교통이 편리하기 때문에 가상의 원격근무센터를 행정구역의 중심점에 위치시키는 것이 적절하다고 판단된다.

둘째, 기존의 통근거리를 구하기 위해 도착점이 되는 서울의 행정구 중심에 근무지가 있다고 가정한다. 통행수요 추정에 일반적으로 사용되는 기종점 자료는 일정한 단위의 지역을 한 단위의 교통 존(Zone)으로 묶어, 존 간의 통행량으로 나타낸다. 또한 국토교통부 제 4차 교통시설 투자평가 지침에 나타난바와 같이, 통행 수요 조사시 존의 모든 유·출입은 존의 중심을 통해 다른 링크로 연결된다고 가정[21]함으로써, 통행 추정에 활용되는 기종점(O/D) 자료를 활용할 수 있다.

셋째, 원격근무센터가 위치함에 따라 기존의 거주지에서 근무지로 출근하던 사람들이 새로 생긴 인접한 원격근무센터로 출근한다고 가정한다. 기종점 자료는 표본을 통해 전수화 된 자료이므로 전체 통근 통행량으로 분석 후, 원격근무센터의 보급률에 따른 효과를 산정한다.

3.2 기종점 최소거리비용분석

본 연구는 미국 ESRI 사의 GIS 분석 소프트웨어인 ArcGIS의 OD Cost Matrix 모듈을 이용하여 기종점간의 최소거리비용분석을 수행하였다. OD Cost Matrix 모듈은 실제 네트워크를 기반으로 하여 다수의 출발지와 도착지가 존재할 때 비용(거리, 비용, 시간 등)이 최소화 되는 경로를 산정하여 각각의 출발지와 도착지간의 경로를 행렬(Matrix)로 표현해 주는 네트워크 분석 모듈 중 하나이다(Esri ArcGIS Help).

이 분석 모듈의 장점은 다수의 출발지와 도착지간의 실제 도로망이나 철도망과 같은 실제 네트워크 경로를 반영하여 최소비용(거리, 시간, 비용 등)경로를 빠르게 분석할 수 있는 것이다. 하나의 출발지와 하나의 도착지마다 최소거리, 최소시간, 최소비용 등을 속성 테이블의 필드에 산정하여 준다. 분석 결과는 직선으로 표현되지만 최소비용은 실제 네트워크를 따라 산정되며, 속성 테이블에서 확인이 가능하다(Figure 3).

본 연구에서 OD Cost Matrix 모듈은 네트워크를 기반으로 하여 다수의 출발점(Origin)과 다수의 도착점(Destination) 그리고 저항값(Impedance)을 이용하여 분석이 실시된다. 네트워크는 도로망과 버스노선과 철도망을 중첩한 대중교통망으로 구분하여 각각 분석

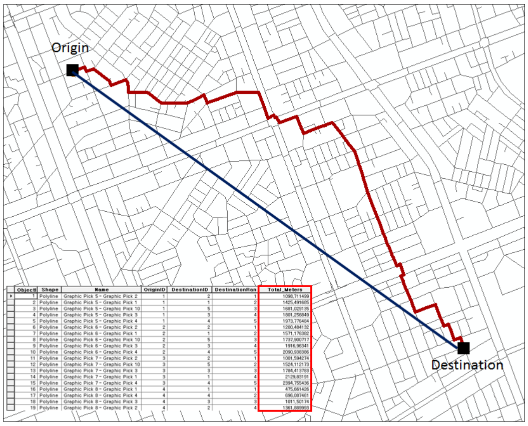


Figure 3. Characteristics of OD Cost Matrix Module (Example)

Table 1. GIS Data for OD Cost Matrix

Data	Elements for Analysis	Descriptions
Origin	Origin point for Network Analysis	Home
Destination	Destination points for Network Analysis	Existing Workplaces, Teleworking Centers
Network	Moving Routes	Road and Public Transportation Networks
Impedance	Costs for Moving	Cost(meters)

된다. 저항값은 구축된 네트워크의 각 연결(Link)마다 거리(Meter) 속성을 입력하여 최소거리비용분석을 실시하였다. 각각의 기점에서 종점까지 네트워크를 따라 거리의 합이 최소인 경로를 탐색하고, 최소거리를 산정할 수 있다(Table 1).

3.3 자료의 구축

본 연구를 수행하기 위해 주거 현황도의 점 자료, 네트워크 자료, 출근 통행의 교통수단 분담율 자료를 구축하였다(Table 2).

3.4 통행거리 저감 산정

기존의 통근거리인 주거에서 근무지까지의 거리에서 원격근무센터로의 거리인 주거에서 원격근무센터까지의 거리의 차를 구함으로써 원격근무센터로 인해 저감되는 통행거리를 산출한다. 이렇게 저감되는 거리를 원격근무센터로 설치에 인한 효과로 정의한다(Figure 4).

OD Cost Matrix 모듈을 사용하기 위해, 앞서 구축한 네트워크, 주거건물현황의 점 자료를 이용한다. 행정구역 별 주거건물현황 점 자료는 행정구역 내의 각각의 주거(집), 즉 출발점(기점)이 된다. 기존의 통근거리는 인천과 경기도의 각각의 주거에서 네트워크 경로를 따라 서울 행정구 중심 근무지(종점)로 출근한다고 가정하고 이를 산정한다(Figure 5).

원격근무센터로의 통근거리 산정도 (Figure 6)과 같이 각각의 주거(집)에서 행정구역 중심으로의 기종점 최소비용거리들의 평균값으로 산정한다.

기존의 평균 통근거리와 원격근무센터로의 통근거리의 차를 통해 저감되는 거리를 행정구역 별로 분석한다.

Table 2. Data for Analysis

Data	Sources	Descriptions
Residential Building (Home)	Census Map-Building (Statistics Korea, 2009)	Point Data from the Residential Building Map (Map Overlay)
	Land Cover Map (Ministry of Environment, 2009)	
Network	Road Network (The Korea Transport Institute)	Networks for Road Vehicle
	Rail Network (The Korea Transport Institute)	Networks for Public Transportation (Map Overlay)
	Bus Network (The Korea Transport Institute)	
Estimation Modal Split Rate for Commute Trips	Purposes of Trip Distribution (The Korea Transport Institute)	Travel Survey Data
	Modal Choices of Trip Distribution (The Korea Transport Institute)	

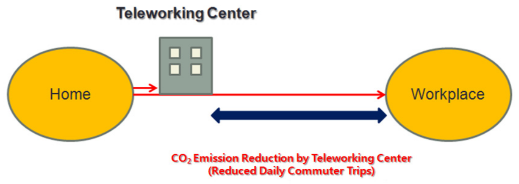


Figure 4. The Basic Concept of Teleworking Center

3.5 통행거리 저감에 따른 CO_2 배출량 산정

통행거리 저감에 따른 CO_2 저감량을 산정하기 위해서는 교통수단별 거리(km)당 CO_2 배출량(원단위)이 필요하다. IPCC Guideline(2006)[9]에서는 각 국가의 연구기관에서 개발한 배출계수를 우선적으로 적용하고, 미개발 배출계수는 IPCC 국제기준을 적용하여 산정하도록 권장하고 있다[21]. 따라서 본 연구에서는 국토해양부의 '제 4차 교통시설 투자평가지침(이하 투자평가지침)'[21] 상의 CO_2 배출량 계수를 적용하였다.

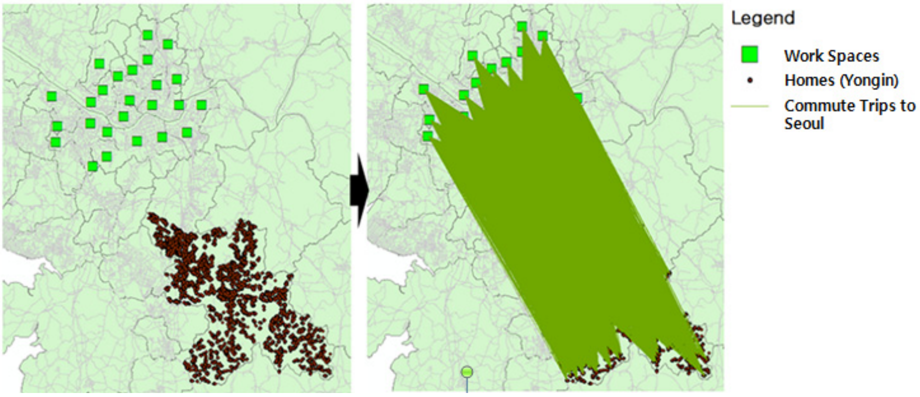


Figure 5. An Example of Estimating of Commute Distances

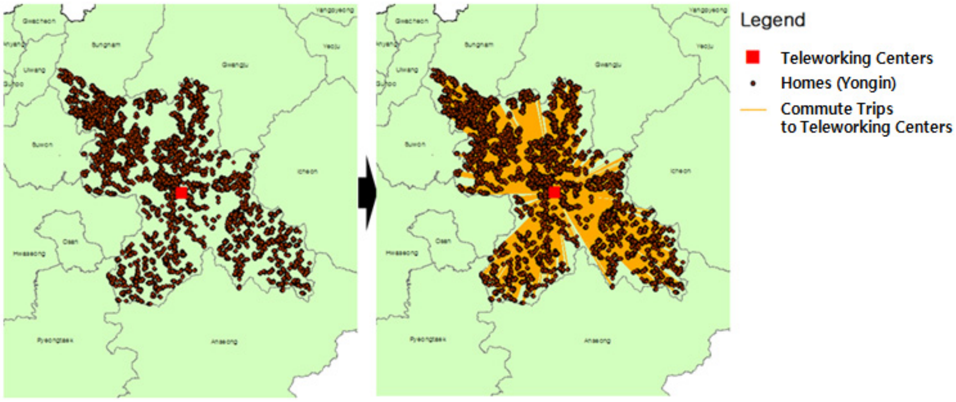


Figure 6. An Example of Estimating Distances from Homes to Teleworking Centers

3.5.1. 도로부문

속도별 배출계수를 통해 대상지의 승용차와 버스의 평균 속도와 재차인원을 반영하여 CO_2 배출계수를 산정한다. 투자평가지침에 나와 있는 승용차와 버스(대형승합차)의 속도별 CO_2 배출계수는 다음과 같다(Table 3).

서울로 유입되는 승용차 속도에 대한 자료는 수도권교통본부의 ‘수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구(2009)’에서 서울 진·출입 축별 주요지점의 통행속도를 분석한 자료를 활용하였다[20]. 이와 함께 2010년 수도권 가구통행실태조사에서 조사된 승용차 재차인원 1.22명/대를 적용하였다. 버스의 경우, ‘대중교통의 육성 및 이용 촉진에 관한 법률’ 제16조에 의거하여 대중교통의 육성·지원을 위한 정책의 효과적인 수립에 필요한 기초자료를 교통안전공단에서 조사·제공하고 있다. 이에 2009년 ‘대중교통현황조사결과보고서’[19]에 따라 수도권의 출근시간대 주요 버스노선의 평균속도와 버스혼잡도 분석결과를 활용하였다(Table 4).

Table 3. CO_2 Emission Factors in terms of Speed (Passenger Car, Bus)

Vehicle Type	Speeds(Km/h)	CO_2(g/Km)
Passenger Car	10	347.390
	20	232.035
	30	183.245
	40	154.986
	50	136.103
	60	122.396
Bus	10	2014.002
	20	1478.223
	30	1202.375
	40	1039.371
	50	936.514
	60	870.555

Reference: Korea Rail Network Authority(2010)[18]

Table 4. Expected CO_2 Emission in terms of Distance

Vehicle Type	Average Speed (km/h)	Passenger Occupancy (passengers)	CO_2 Emission in terms of Distance (g/km·passenger)
Passenger Car	26.4	1.22	161.80
Bus	22.7	20.45	57.63

3.5.2. 철도부문

철도부문의 경우, 공신력 있는 기관에서 개발한 모형 또는 관련 문헌을 검토하여 합리적인 범위 내에서 적용할 수 있다. 본 연구는 국제기준 TIER3를 적용하여 CO_2 배출량을 산정하였다[21]. 수도권 대부분의 철도는 전기를 에너지원으로 사용한다(경의선, 경원선(1호선) 일부 제외). 전기를 에너지원으로 하는 철도의 경우, 운행과정에서는 CO_2를 배출하지는 않으나 발전과정에서 CO_2가 배출되기 때문에 발전부문의 배출계수를 고려하여 CO_2 배출량을 산출하였다[27]. 철도통계연보[17]에 따르면 2009년 수도권 철도의 전력 사용량은 884,261MWh이고, 이를 통해 CO_2 배출량을 산출하면 연간 657,448Ton의 CO_2가 배출되는 것으로 나타난다. 이를 수도권 철도의 연간 총 열차거리 (∑열차*운행거리)로 나누는데, 2009년 연간 총 열차거리는 31,362,230.5km로서 이를 통해 열차 한 대당 CO_2 배출량을 구할 수 있다. 열차 한대 당 재차인원은 통계청의 도시철도(지하철) 혼잡도를 활용하여 열차 한 대당 10량으로 가정하고 원단위를 도출하였다(Table 5).

4. 분석결과

4.1 원격근무센터로 인한 통행저감거리

앞서 설명한 분석방법과 과정에 의한 분석결과는 다음과 같다(Table 6, Figure 7).

도로망을 통해 분석된 기존의 출근 통행거리는 18.70km(과천시)에서 76.26km(여주시)로 대상지 내에서 약 58km 정도의 차이를 보이고 있으며, 평균은 41.23km로 산정되었다. 대중교통망을 통한 기존 출근 통행 거리는 20.23km(광명시)에서 79.36km(여주시)로 비슷한 차이를 보이고 있으며, 평균은 43.10km로 도로망 보다 다소 먼 것으로 분석되었다.

또한, 주거(집)에서 원격근무센터로의 거리로 도로망에 의한 거리는 평균 8.73km, 대중교통망에 의한 거리는 평균 9.30km로 도로망보다는 대중교통망에 의한 결과가 0.57km 정도 멀게 산정되었다. 행정구역 별로 살펴보면 도로망과 대중교통망 모두 가평군이 가장 멀게 나타났다(도로망 21.05km, 대중교통망, 22.19km). 이는 센터를 행정구역의 중심점에 위치시켜 행정구역의 크기와 형태의 영향을 많이 받았기 때문이다.

앞서 분석한 기존의 출근 통행거리와 원격근무센터로의 거리의 차에 의해 원격근무센터 설치에 의한 통행저감거리를 산정하였다. 도로망에 의한 거리는 평균 32.50km, 대중교통망에 의한 거리 평균 33.80km에 비해 약 4%로 정도 증가 하였으며, 각 행정구역별로 평균 약 1.3km, 전체 합산 거리는 41km의 차이가 나타났다. 원격근무센터 설치에 의한 통행저감거리는 도로망, 대중교통망 모두 여주시, 안성시, 평택시 순으로 모두 수도권 경계에 위치한다. 이렇게 기존의 통근거리가 먼 도시가 높게 산정된 이유는 새롭게 위치시킨 원격근무센터로의 거리 대비 기존의 통근거리가 상대적으로 커서 이로 인한 영향을 더 많이 받기 때문인 것으로 판단된다.

4.2 원격근무센터로 인한 CO_2 저감량

앞서 분석된 원격근무센터로 인한 통행저감거리를 기초로 CO_2를 얼마나 저감할 수 있는지 분석하였다. 일반적으로 원격근무센터로 인한 통행저감거리가 멀수록 보다 많은 CO_2가 발생하지만, 이는 행정구역별 출근 통행량의 차이와 교통수단 분담율에 의해서도 영향을 받게 된다.

따라서 각 행정구역별 출근 통행량(Figure 8)과 교통수단 분담율을 고려하여 앞서 분석된 원격근무센터로 인해 저감되는 행정구역별 CO_2 저감량을 추정하였다. 서울과 인접한 지역은 상대적으로 출근 통행량이

Table 5. Expected CO_2 in terms of Distance(Subway)

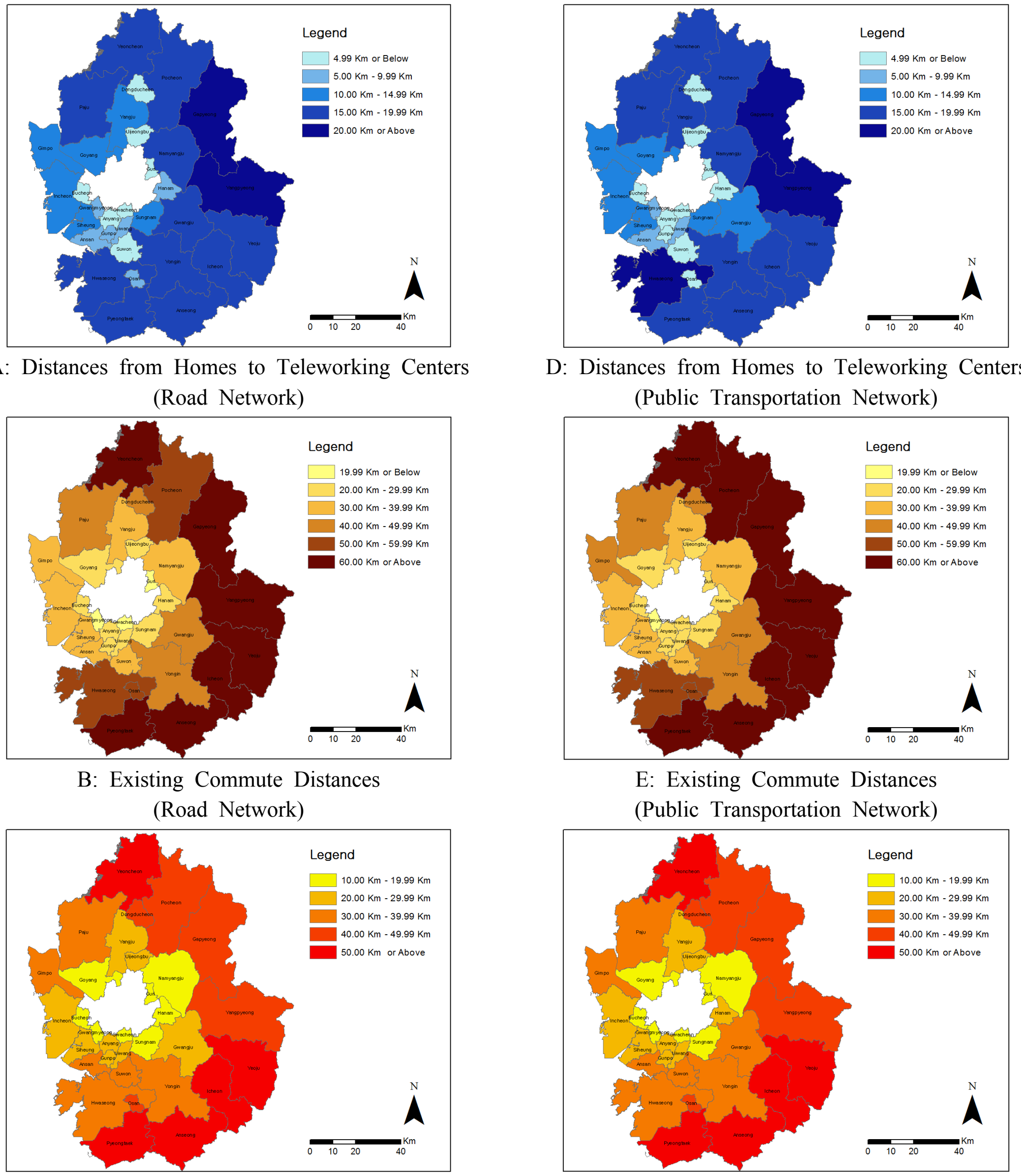
Electric Power Consumption of Subway in Seoul Metropolitan Area (MWh)	Train Kilometers of Subway in Seoul Metropolitan Area (∑Car×Distance(km))	Passenger Occupancy (Passengers in a Car)	Carbon Emission According to Distance (g/km·passenger)
884,261	31,362,230.5	264	7.94

Table 6. Average Distance Reduction by Teleworking

Unit: km

	Passenger Car(Road Network)			Bus, Subway(Public Transportation Network)		
	A	B	C	D	E	F
Gapyeong	21.05	62.04	40.99	22.19	63.43	41.24
Goyang	7.49	25.90	18.41	8.47	27.33	18.85
Gwacheon	2.64	18.70	16.07	2.27	20.70	18.43
Gwangmyeong	4.53	19.01	14.48	5.16	20.23	15.07
Gwangju	13.99	40.20	26.21	10.80	41.61	30.81
Guri	2.14	18.83	16.69	2.60	20.57	17.97
Gunpo	4.56	27.31	22.75	3.71	28.09	24.38
Gimpo	9.48	39.77	30.29	9.88	41.57	31.69
Namyangju	11.68	30.59	18.90	15.46	32.02	16.56
Dongducheon	3.04	45.87	42.82	3.45	48.28	44.83
Bucheon	3.34	22.60	19.26	3.57	23.53	19.96
Sungnam	8.71	24.95	16.24	8.74	26.58	17.84
Suwon	3.26	36.96	33.70	3.75	37.88	34.13
Siheung	7.50	30.96	23.45	8.74	32.46	23.72
Ansan	4.29	35.65	31.36	4.48	37.31	32.83
Ansung	11.96	75.75	63.78	14.01	79.21	65.20
Anyang	3.28	23.53	20.25	3.73	24.52	20.80
Yangju	9.65	36.73	27.08	12.22	39.93	27.71
Yangpyeong	20.89	61.12	40.23	18.28	62.92	44.64
YeoJu	11.69	76.26	64.58	12.72	79.36	66.65
Yeoncheon	11.79	64.66	52.87	12.59	69.78	57.20
Osan	3.80	50.77	46.97	3.37	51.56	48.19
Yongin	12.70	48.40	35.70	13.05	49.27	36.22
Uiwang	5.22	27.94	22.71	5.96	28.78	22.82
Uijeongbu	3.57	26.49	22.93	3.82	29.12	25.31
Icheon	14.42	69.02	54.60	15.62	71.55	55.93
Paju	11.59	42.93	31.34	12.67	45.30	32.63
Pyeongtaek	11.04	67.83	56.79	11.71	71.24	59.53
Pocheon	14.41	58.43	44.02	15.03	60.09	45.06
Hanam	3.97	23.77	19.81	4.13	25.23	21.11
Hwaseong	15.18	53.50	38.32	17.36	55.41	38.06
Incheon	6.48	33.02	26.55	8.10	34.37	26.27
Sum	279.34	1319.49	1040.15	297.64	1379.23	1081.64
Average	8.73	41.23	32.50	9.30	43.10	33.80
Standard Deviation	5.16	17.50	14.34	5.33	18.06	14.84
Max	21.05	76.26	64.58	22.19	79.36	66.65
Min	2.14	18.70	14.48	2.27	20.23	15.07

A: Distance from Home to Teleworking Centers(Road Network)
B: Existing Commute Distance(Road Network)
C: Distance Reduction by Teleworking(Road Network, C=B-A)
D: Distance from Home to Teleworking Centers(Public Transportation Network)
E: Existing Commute Distance(Public Transportation Network)
F: Distance Reduction by Teleworking (Public Transportation Network, F=E-D)



Passenger Car(Road Network) | Bus, Subway(Public Transportation Network)

A: Distances from Homes to Teleworking Centers (Road Network)

D: Distances from Homes to Teleworking Centers (Public Transportation Network)

B: Existing Commute Distances (Road Network)

E: Existing Commute Distances (Public Transportation Network)

C: Distance Reduction by Teleworking (Road Network, C=B-A)

F: Distance Reduction by Teleworking (Public Transportation Network, F=E-D)

Figure 7. Distance Reduction by Teleworking

많지만 출근 거리가 가깝고, 서울에서 먼 지역은 이와 반대로 출근 통행량은 적지만, 원격근무센터로 인한 효과가 극대화 될 수 있다.

또한 앞서 살펴본 바와 같이 버스와 도시철도(지하철)의 거리 당 CO_2 배출량이 승용차의 거리 당 CO_2 배출량 보다 적으므로 행정구역의 대중교통 분담율을 반영된 결과를 도출하였다. 분석의 결과는 다음과 같다.

원격근무센터로 인한 CO_2 저감량은 대부분 서울로의 출근 통행량이 많은 지역에서 높게 나타났으며, 서울로의 출근 통행량이 비슷한 지역 중에는 서울로의 대중교통(버스, 지하철)으로의 접근이 어렵고, 서울에서의 거리가 먼 지역일수록 높게 나타났다. 원격근무센터의 CO_2 저감효과가 가장 높은 지역은 용인시로 서울로의 출근통행량은 고양시의 절반 정도이지만 원

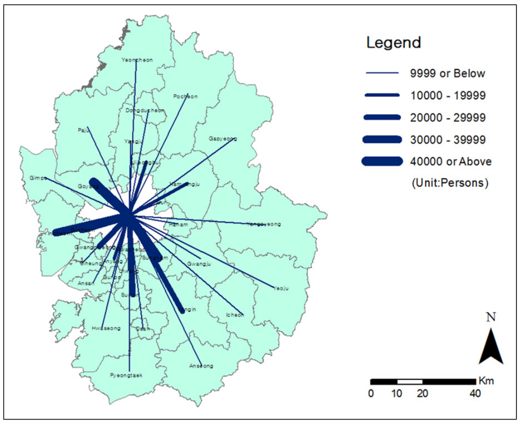


Figure 8. Amount of Daily Commute Trips to Seoul

격근무센터로 인한 저감거리가 약 2배로 비슷한 효과를 나타났다. 지역 별 CO_2 저감량의 결과는 원격근무센터에 대한 CO_2 저감 효과를 구체적 수치로 보여줌으로써 원격근무센터의 보급을 확대 실시할 경우 우선순위 결정을 위한 지표가 될 수 있다.

원격근무센터로 인한 총 CO_2 저감량은 1일 기준 911톤(Ton)으로 분석되었다(Table 7, Figure 9).

분석 결과에 1년 근로일수(통계청)인 258일을 적용하면 연간 235,056톤(TonCO_2)의 CO_2가 원격근무센터로 인해 저감될 수 있다(한 달 21.5일(통계청)× 12개월=258일). 이는 제4차 교통시설 투자평가 지침(국토해양부, 2011)의 편익산정 기준에 따르면 2009년 기준

Table 7. Daily Commute Trips to Seoul and CO_2 Emission Reduction by Teleworking

	CO_2 Emission(Before) (kg/day)	CO_2 Emission(After) (kg/day)	CO_2 Emission Reduction(kg/day)	Ratio of the CO_2 Emission Reduction(%)
Gapyeong	10,192	3,474	6,718	66
Goyang	155,304	45,295	110,009	71
Gwacheon	22,753	3,140	19,613	86
Gwangmyeong	36,144	8,758	27,386	76
Gwangju	28,232	9,550	18,682	66
Guri	16,223	1,924	14,299	88
Gunpo	9,724	1,560	8,164	84
Gimpo	45,336	10,802	34,534	76
Namyangju	47,011	19,101	27,910	59
Dongducheon	5,524	372	5,152	93
Bucheon	67,808	10,065	57,743	85
Sungnam	100,245	34,599	65,646	65
Suwon	79,467	7,157	72,310	91
Siheung	26,728	6,527	20,201	76
Ansan	23,411	2,825	20,586	88
Ansung	8,961	1,494	7,467	83
Anyang	21,290	3,073	18,217	86
Yangju	11,432	3,080	8,352	73
Yangpyeong	11,028	3,692	7,336	67
YeoJu	11,425	1,773	9,652	84
Yeoncheon	4,452	812	3,640	82
Osan	6,529	473	6,056	93
Yongin	149,405	39,260	110,145	74
Uiwang	4,445	856	3,589	81
Uijeongbu	33,602	4,512	29,090	87
Icheon	24,903	5,236	19,667	79
Paju	24,252	6,601	17,651	73
Pyeongtaek	19,962	3,266	16,696	84
Pocheon	34,707	8,574	26,133	75
Hanam	19,752	3,282	16,470	83
Hwaseong	13,617	3,950	9,667	71
Incheon	115,288	23,050	92,238	80
Total	1,189,154	278,133	911,021	77

CO_2 1톤(Ton)당 161,400원으로 연간 379억원의 가치를 가진다[21]. 또한 박은진(2009)[26]에 따르면 가로수 1그루당 평균적으로 34.6kg/CO_2/tree/yr의 CO_2를 흡수하므로 이를 평균 가로수 CO_2 흡수량으로 산정하면 약 6,793,526그루의 가로수가 1년간 흡수하는 양과 같은 효과를 지닌다.

하지만 현재 초기단계이기 때문에 원격근무센터에 의한 근무형태가 보다 다양한 직종으로 확대되고, 이와 같은 유연한 근무형태의 보급이 늘어난다면 CO_2 저감 효과는 더욱 증가될 것으로 예상된다(Figure 10).

4.3 교통수단 분담율에 따른 CO_2 배출 저감량

마지막으로 시나리오 분석을 통해 교통수단 분담율의 변화에 따른 CO_2 배출 저감량을 살펴보았다. 이를 위해 원격근무센터로 인해 저감되는 통근거리를 이용하여 대중교통 없이 승용차만을 이용할 때와 대중교통만을 이용할 때의 결과를 비교 분석하였다. 또한, 이러한 시나리오에 따른 결과를 현재 교통수단 분담율에 의해 산정된 분석 값과 비교하였다(Table 8, Figure 11).

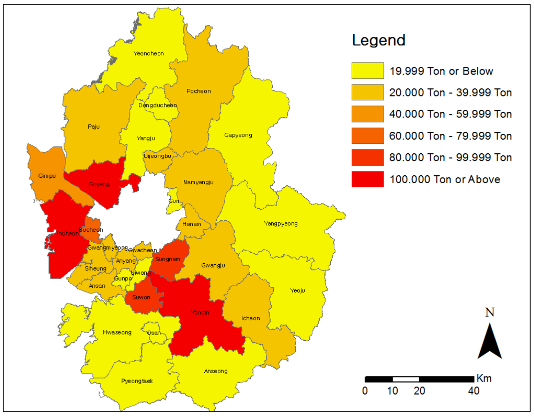


Figure 9. CO_2 Emission Reduction by Teleworking (Current Use)

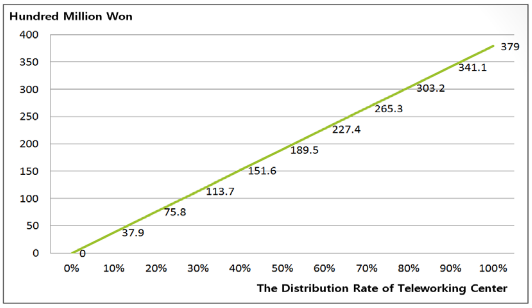


Figure 10. Effects of Teleworking by Distribution Rate (One Center per Region)

분석 결과, 모든 통행수단이 승용차만일 경우 원격근무센터 설치에 따라 하루 1,509톤(Ton)이 저감 되었으며, 대중교통만 이용할 때 하루 320톤의 CO_2 배출을 저감하는 것으로 나타났다. 이는 대중교통 분담율이 늘어날수록 원격근무센터로 인한 CO_2 배출 저감량은 감소되는 결과를 보인다. 즉, 대중교통으로 인한 CO_2 배출이 상대적으로 자동차를 이용하는 것보다 적으므로 전체적인 CO_2 배출량이 감소되는 것이다.

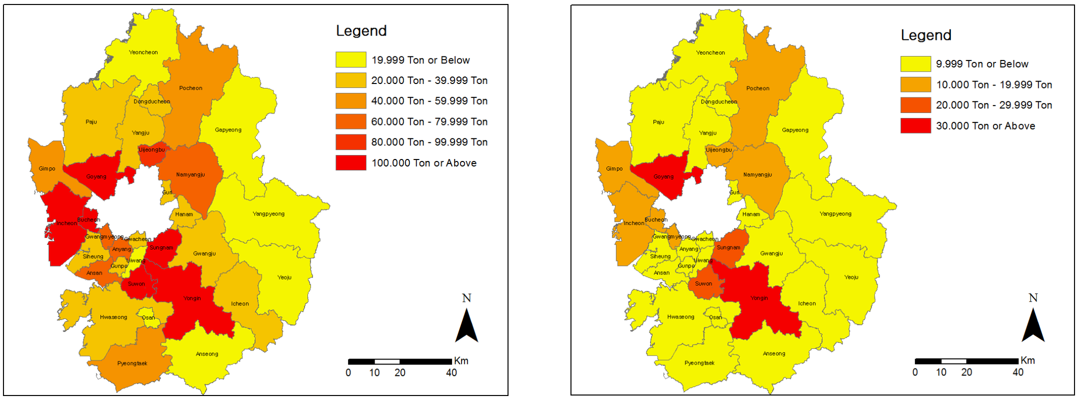
이는 원격근무센터 도입과 함께 대중교통 이용 증진이 CO_2 저감에 기여함을 보여주는 결과로서, 원격근무센터 설치와 함께 CO_2를 감축하기 위한 중요한 방안으로 대중교통 이용 활성화가 필요함을 나타낸다.

5. 토론 및 결론

해수면 상승과 평균기온 상승 등으로 기후가 변화함에 따라 우리나라 뿐 만 아니라 전 세계적으로 CO_2 저감을 위한 노력과 관심이 증대되고 있다. 우리나라도 스마트워크라는 이름 아래 원격근무를 통해 저탄소 녹색성장을 달성하기 위한 국가전략과제를 제시하였다. 원격근무센터는 시범적 초기 단계로서 아직까지 원격근무센터에 대한 효과 분석이 미흡하였다. 이에 본 연구에서는 수도권을 대상으로 하여 가상의 원격근무센터를 위치시켜, 현 시점에서의 기종점 통행량을 활용하여 원격근무센터 운영에 따른 CO_2 저감에 대한 효과를 분석하였다.

Table 8. CO_2 Reduction by Teleworking in terms of the Change of Modal Choice Rates

	Passenger Car Use Only	Current Use	Public Transportation Use Only
The Ratio of Public Transportation Use	0 %	50 % (mean value)	100 %
CO_2 Reduction by Teleworking	1,509 Ton daily	911 Ton daily	320 Ton daily
Descriptions	Passenger Car 100%, Road Networks	Current Modal Choice Rates	Public Transportation 100%, Public Transportation Networks



(a) Passenger Car Use Only (b) Public Transportation Use Only

Figure 11. CO_2 Reduction by Teleworking in terms of the Change of Modal Choice Rates

본 연구의 결과로 서울을 제외한 경기도권 행정구역(시·군) 당 하나의 원격근무센터로 인한 총 CO_2 저감량은 1일 기준 총 911톤(Ton)으로 분석되었다. 이에 1년 근로일수(통계청)인 258일을 적용해보면 연간 235,056톤의 CO_2를 원격근무센터로 인해 저감될 수 있다. 이를 재화 가치로 환산하면 연간 약 379억 원의 가치를 지닌다.

또한 교통 분담율에 따른 시나리오 분석을 통해 행정구역 별 대중교통 분담율이 높을수록 CO_2 저감 효과는 더 크게 나타났다. 즉, 효과적인 CO_2 감축을 위해 원격근무센터의 설치와 함께 대중교통 이용증진이 병행하여 이루어져야 한다고 판단된다.

본 연구는 가상의 원격근무센터 설치에 의해 얻을 수 있는 환경적 효용을 정량적으로 산출함으로써 향후 원격근무센터의 효과적 입지를 위한 가이드라인으로 활용이 가능하다. 이를 통한 원격근무센터 확대 보급의 우선순위 결정을 위한 지표 및 기초자료로도 활용 가능하다. 또한 전 세계적으로 온실가스 저감에 대한 관심이 증대되고 있으므로 CO_2 저감을 위한 도시적 차원의 대응책으로써 기후변화 대응을 위한 정책적 기반의 기초 자료로 활용될 수 있다.

한편, 본 연구는 다수의 가정을 기반으로 가상의 원격근무센터 설치에 대한 분석이 진행되어 정확한 CO_2 배출 감소 결과라 보기 어렵다. 교통량과 도로의 위계에 따른 속도, 환승 정보 등 결과에 영향을 미치는 변수들이 다양하게 고려되지 못하였고, 많은 가정들에 기초한 분석 결과이므로 연구 결과의 정확성에 있어 한계를 가지고 있다. 또한 O/D조사는 통행목적을 출근, 업무, 귀가, 통학, 쇼핑, 여가, 친지방문 등으로만 구분하고 있는 바, 퇴근통행량을 정확하게 파악할 수 없기 때문에 출근 통행량에 대해서만 분석을 실시했다. 만약 퇴근 통행량에 대한 분석이 가능하다면 보다 큰 효과를 기대할 수 있다. 더불어 서울로의 출근만이 아니라 수도권 내 다른 도시들 간의 출근 통행량까지 고려한다면 그 효과는 더욱 증가하리라 예상된다.

그러나 본 연구의 초점은 가상의 원격근무센터가 확장 보급되었을 때의 효과 및 가능성을 잠정적으로 도출하기 위함이다. 추후 시범사업에 참여한 사람들의 다양한 특성과 정보를 활용하고, 결과에 영향을 줄 수 있는 보다 많은 변수들을 고려한다면 더욱 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다.

References

[1] Bailey, D. E; Kurland, N. B. 2002, A Review of Telework Research: Findings, New Directions, and Lessons for the Study of Modern Work. Journal of Organizational Behavior, 18(4):480-488.

[2] Cho, S. H. 1998, Characteristics of Telecommuting and Changes of Travel Demand, Applied Geography, 21:85-114.

[3] Dissanayake, D; Morikawa, T. 2008, Impact assesment of satellite centre based telecommuting on travel and air quality in developing countries by exploring the link between travel behaviour and urban form, Transportation Research Part A: Polcy and Practice 42(6):883-894.

[4] Ha, W. G; Choi, M. S. 2012, The Direction of the Progress and the Scheme of Reorganization of the AToN-based Hyper-connected Infrastructure. Electronics and Telecommunications Research Institute,

27(6):182-196.

[5] Henderson, D. K; Mokhtarian, P. L. 1996, Impacts of Center-Based Telecommuting on Travel and Emission: Analysis of the Puget Sound Demonstration Project, Transportation Research Part D: Transport and Environment 1(1):29-45.

[6] Hong, K. S; Lee, S. H. 2003, Potential Demand for Telecommuting in Seoul Metropolitan Area, KSCE Journal of Civil Engineering, 23(5-D):605-613.

[7] Hopkinson, P; James, P. 1999, The environmental impact of teleworking, Proceedings Telework 99 Conference, Aarhus, Denmark, September 22-24: 187-195.

[8] Illegems, V; Verbeke, A; S'Jegers, R. 1999, Teleworking a multipurpose policy tool, Proceedings of Telework 99 Conference, Aarhus, Denmark, September 22-24:172-187.

[9] IPCC, 2006, Guideline for National Greenhouse Gas Inventories.

[10] Kim, S. N; An, K. H. 2010, Estimating the Travel-related Impacts of Home-based Telecommuting-Focused on the Vehicle Kilometers Traveled(VKT) in Seoul Metropolitan Area, Journal of Korea Planners Association, 45(7):147-164.

[11] Kim, S. N; An, K. H. 2011, Home-based Telecommuting and Cities: A Synthetic Literature Review and a Framework for Future Research, The Korea Spatial Planning Review, 70:111-138.

[12] Kim, S. N; An, K. H. 2011, The Relationship between Home-based Telecommuting and Residential Location-Focused on the Salaried Workers in the Seoul Metropolitan Area, Journal of Korea Planners Association, 46(7):37-55.

[13] Kim, S. W. 2001, Impacts of Home-Based Telecommuting on the Commuting Patterns and Urban Spatial Structure, Journal of Korea Planners Association, 36(6):41-55.

[14] Kim, Y. O; Jung, G. N; An, S. Y. 2002, Current State of Teleworking and Policy Issues at the Enterprise, Korea Women's Development Institute.

[15] Koenig, B. E; Henderson, D. K; Mokhtarian, P. L. 1996, The Travel and Emissions Impact of Telecommuting for the State of California Telecommuting Pilot Project, Transportation Research Part C: Emerging Technologies 4(1):13-32.

[16] Korea Energy Economics Institute, 2012, Yearbook of Energy Statistics 2011.

[17] Korea Rail Network Authority, 2010, Statistical yearbook of Railway 2009.

[18] Korea Rail Network Authority, 2010, Study of Revision about Railroad Investment Evaluation Handbook.

[19] Korea Transportation Safety Authority, 2010, The Resulting Report of Public Transportation Investigation.

[20] Metropolitan Transportation Authority, 2009, Study on Transport Demand Forecasting and Response measures for the Seoul Metropolitan Area.

[21] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011, The Preparation of the 4th, A Study on the Transportation Facility Investment Evaluation Guidelines.

[22] Mokhtarian, P. L. 1998, A Synthetic Approach to Estimating the Impacts of Telecommuting on Travel, Urban Studies, 35(2):215-241.

[23] Nilles, J. 1975, Telecommuniting and Organizational Decentralization IEEE Transactions on Communications 23(10):1142-1147.

[24] Oh, I. G. 2012, SMARTWORK: The Revolution of Work and Work Space, Sung An Dang Press.

[25] Perez, M. P; Sanchez, A. M; Carnicer, M. P. L; Jimenez, M. J. V. 2004, The environmental impacts of teleworking-A model of urban analysis and a case study, Management of Environmental Quality: An International Journal 15(6):656-671.

[26] Park, E. J; Kang, K. Y. 2009, Quantification of CO_2 Uptake by Urban trees and Greenspace Management for C Sequestration, Gyeonggi Research Institute.

[27] Seoul Development Institute, 2009, Basic Research on Carbon Emissions management for the transport sector in Seoul.

[28] Shim, I. S; Han, H. S. 2004, The Trend of Telecommuting through the IT and Its Critical Observation: Focusing on State Government of Germany, Journal of Korean Association For Local Government Studies, 16(1):369-385.

논문접수 : 2014.7.8
수 정 일 : 2014.8.29
심사완료 : 2014.8.31