

일산화탄소 단기 노출에 따른 순환계통 질환 위험과 진료비용 예측을 위한 IoT 활용 방안

이상호¹, 조광문^{2*}

¹목포대학교 스마트비즈니스학과 교수, ²목포대학교 전자상거래학과 교수

IoT Utilization for Predicting the Risk of Circulatory System Diseases and Medical Expenses Due to Short-term Carbon Monoxide Exposure

Sangho Lee¹, Kwangmoon Cho^{2*}

¹Professor, Dept. of Smart Business, Mokpo National University

²Professor, Dept. of Electronic Commerce, Mokpo National University

요약 본 연구는 2010년 1월부터 2018년 12월까지 일산화탄소의 12일 단기 노출에 따른 순환계통 질환 사망자 수의 영향관계를 분석하였고, 일산화탄소 농도 증가에 따른 미래의 순환계통 질환의 진료비용을 예측하였다. 한국환경공단의 대기환경정보(Airkorea)와 한국 통계청에서 자료를 추출하였고, 포아송 회귀분석과 ARIMA 개입 모형을 사용하여 분석하였다. 통계처리는 SPSS Ver. 21.0 프로그램을 이용하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 일산화탄소의 단기 노출에 따른 순환계통 질환 사망에 영향관계를 당일부터 이전 11일 전까지 분석한 결과는 이전 11일에서 가장 높은 영향력이 있는 것으로 나타났다. 둘째, 일산화탄소 농도 증가에 따라 미래의 순환계통 질환 진료비용은 2019년 예측값이 10,123 십억원으로 2018년 12월 말의 관측값 9,443십억원보다 높게 나타났다. 또한 월별로 정리해 보면 순환계통 질환 진료비용은 계절변동이 반영되어 1월 보다 12월로 갈수록 높아진다는 것을 알 수 있었다. 이러한 연구를 통하여 일산화탄소와 같은 대기오염물질 증가에 따른 선제적 대응을 위하여 IoT를 활용한 다양한 기기 및 장비를 보급함으로써 모든 국민의 건강한 삶을 위한 미래가 실현될 수 있을 것이다.

주제어 : 일산화탄소, 순환계통 질환, 진료비용, 포아송 회귀분석, ARIMA 개입 모형

Abstract This study analyzed the effect of the number of deaths of circulatory system diseases according to 12-day short-term exposure of carbon monoxide from January 2010 to December 2018, and predicted the future treatment cost of circulatory system diseases according to increased carbon monoxide concentration. Data were extracted from Air Korea of Korea Environment Corporation and Korea Statistical Office, and analyzed using Poisson regression analysis and ARIMA intervention model. For statistical processing, SPSS Ver. 21.0 program was used. The results of the study are as follows. First, as a result of analyzing the relationship between the impact of short-term carbon monoxide exposure on death of circulatory system diseases from the day to the previous 11 days, it was found that the previous 11 days had the highest impact. Second, with the increase in carbon monoxide concentration, the future circulatory system disease treatment cost was estimated at 10,123 billion won in 2019, higher than the observed value of 9,443 billion won at the end of December 2018. In addition, when summarized by month, it can be seen that the cost of treatment for circulatory diseases increases from January to December, reflecting seasonal fluctuations. Through such research, the future for a healthy life for all citizens can be realized by distributing various devices and equipment utilizing IoT to preemptively respond to the increase in air pollutants such as carbon monoxide.

Key Words : Carbon Monoxide, Circulatory System Disease, Medical Expenses, Poisson Regression Analysis, ARIMA Intervention Model

*교신저자 : 조광문(ckmoon@mokpo.ac.kr)

접수일 2020년 9월 29일 수정일 2020년 11월 21일 심사완료일 2020년 11월 24일

1. 서론

급속한 산업화에 의하여 환경오염이 심해지고 있고, 국가 간에 환경유해 물질의 이동이 용이해짐에 따라 국제기구를 중심으로 각 국가별로 환경기준을 농도는 5°C, 1기압이라는 가정 하에서 단위부피당 질량으로 나타내고 있지만 각각의 기준이 다소 차이가 있으며 환경유해물질에 대한 대책 또한 국제기구를 중심으로 수립되고 있지만 통일된 기준이 없는 상태이다[1]. 이러한 환경유해 물질과 생활습관, 유전적 소인, 개인 노출 요인 등으로 인하여 환경성질환이 발생하고 있지만 그 발생원인과 기전에 대한 명확한 규명이 불분명하여 치료와 예방 대책 수립에 어려움이 많다[2,3].

우리나라의 경우에는 환경성질환에 대한 구체적인 정의가 없지만 세계보건기구(WHO)에서는 주요 102가지 질환 중에서 심혈관질환, 만성폐쇄성폐질환, 하기도호흡기질환, 상기도호흡기질환, 천식, 신경정신질환, 중독 등의 85가지를 환경요인에 의한 질환으로 분류하고 있다[3,4]. 또한 미국 국립환경보건연구소(NIEHS)에서는 환경성질환의 원인을 물, 먼지, 공기, 화학물질, 금속 등의 26개 범주로 일상에서 접촉가능한 대부분의 물질이라 하였다[3,5,6].

우리나라는 산업화로 인한 화학공장, 정유공장 등의 산업시설 및 자동차 수의 증가로 인하여 공기 오염도가 악화됨으로써 환경성질환의 원인을 제공하는 물질과 접촉하게 되었다[7]. 더욱이 화석연료가 연소할 때 발생하는 탄산가스, 아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소 등의 매연 발생으로 대기에서 배출되는 탄화수소와 질소가스가 자외선의 영향을 받아 오존을 생성하게 되므로 공장과 자동차에서 발생하는 먼지의 양을 감소시켜 대기오염을 감소시켜야 한다는 중요성을 인식하게 되었다[8].

우리나라는 탄산가스, 아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소 등의 노출에 따른 대기오염에 관한 환경기준을 환경정책기본법에 따라 설정·운영하고 있으며 지역의 특수성을 고려하여 지방자치단체별 조례에 의해 환경기준을 별도로 설정하도록 되어 있지만 실제로 설정·운영하는 지방자치단체는 없는 실정이다[9].

더욱이 대기오염과 질환에 관한 연구는 세계 여러 나라에서 다양한 연구 설계와 통계적 방법으로 진행되고 있으며 공기 중에서 접촉되는 일산화탄소, 이산화질소 등의 대기오염으로 인한 사망은 호흡계통 질환과 순환계통 질환 등에 영향을 미치고 있다[10,11]. 이러한 환경성질환의 원인이 되는 일산화탄소, 이산화질소 등의 대기오염

물질과 건강에 관한 연구는 대기오염물질의 단기적 노출과 같은 일별 농도 변화에 따라 규명하는 급성효과 연구와 장기적 노출에 따라 규명하는 만성효과 연구로 분류된다[12]. 또한 일산화탄소와 같은 대기오염물질이 고농도에서 수 시간 또는 수 일 동안 단기적으로 노출될 경우에는 폐기능이 저하되고 심박동이 변화하며 신체 내 염증물질이 증가하여 인체 기능이 변화하게 된다. 특히 질환을 앓고 있는 경우에는 증세가 악화되어 의료이용이 증가하게 되거나 수명이 단축되어 사망에 이르게 된다[13]. 그러므로 대기오염물질에 대한 환경기준의 설정·운영을 통하여 대기오염물질에 노출됨에 따른 관련 질환 감소와 함께 의료이용을 감소시킬 수 있는 대책 마련이 시급하며 이에 대한 지속적인 연구도 필요한 시점이다.

일산화탄소에 중독이 되더라도 증상이 육안으로 뚜렷하게 나타나지 않는 경우가 많지만[14,15], 초기에는 두통, 구역, 구토 등이 가볍게 나타날 수 있고[14,16], 중독이 심해지는 경우에는 장기에 영향을 주게 되어 심근경색, 심부전, 심근 허혈 등의 심혈관계 독성과 실신, 경련, 의식 저하, 혼수 등의 급성 신경학적 독성이 4-6주 내에 발생하는 지연성 신경학적 독성이 중독의 대표적 증상이다[14,17,18]. 급성 일산화탄소 중독으로 인한 심혈관계 독성은 심장 조직의 저산소증에 대한 일산화탄소의 작용 및 자유산화기 작용 등에 의하여 심근수축력 감소 등이 나타날 수 있고[14,19], 급성 및 지연성신경학적 독성은 혈관의 염증반응과 면역반응, 산소의 결핍 등에 의해 유발될 수 있다[14,20].

일산화탄소는 색깔과 냄새로 구별하는데 어려움이 있기 때문에 사람이 미리 인지할 수 없고, 별도의 안전장치 및 응급처치 기준이 없어 사망에 이르게 한다[21].

그러므로 IoT를 활용하여 일산화탄소 농도를 측정하여 위험을 감지할 수 있는 접근 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한 IoT를 활용하여 심근경색, 심부전, 심근 허혈 등의 순환계통 질환의 일산화탄소 단기 노출과 장기 노출에 따른 급성효과와 만성효과를 감지하여 일산화탄소에 영향이 있는 질환을 감소시킴으로써 의료이용을 감소시킬 수 있는 대책 마련이 시급하다고 할 수 있다. 더욱이 대기환경물질을 실시간별로 관측하는 측정망이 전국 112개 시·군에 설치된 도시 측정망 333개, 국가배경농도 측정망 3개, 도로변 측정망 40개, 교외 측정망 22개로 제한되어 있기 때문에 대기오염에 대한 환경성질환을 선제적으로 예방하기 위해서는 IoT를 활용한 측정망 확대로 국민의 의료이용을 감소시킬 필요성이 있다.

이러한 이유로 본 연구의 목적은 먼저 일산화탄소 단

기 노출에 따른 순환계통 질환의 사망위험을 분석하고, 일산화탄소 노출에 따른 의료이용 비용의 변화량을 분석하고자 한다. 다음으로 일산화탄소와 IoT에 관한 선행연구를 중심으로 일산화탄소의 노출에서 IoT를 활용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 선행연구

2.1 포아송 회귀분석

본 연구는 우리나라 전체 인구집단에서 순환계통 질환으로 하루에 발생하는 사망자가 드물고 발생단위도 숫자로서 항상 양의 정수이므로 포아송 분포(poisson distribution)를 따른다. 특히 인구집단의 순환계통 질환 사망자수는 계절변동과 추세변동을 가질 수 있으므로 일산화탄소 노출 농도와 사망자수를 살펴봄에 있어서 교란요인이 발생할 수 있다. 그러므로 계절 및 시간의 변동요인을 통제하여 분석할 수 있는 처리방법이 필요하다[9,22].

계절변동을 제거하는 방안은 일산화탄소 노출과 순환계통 질환에 적용할 수 있도록 유연성을 가져야 하므로 일산화탄소 노출이 순환계통 질환에 영향을 미치는 방식이 선형적이거나 가변적 상황에서도 영향을 효과적으로 통제할 수 있는 방안으로 적용되어야 한다. 이러한 방안으로 사용되는 분석방법이 General Additive Model(GAM)이다. 이처럼 포아송 회귀분석은 General Additive Model의 변수들을 통제하면서 분석을 가능하게 할 수 있다[9,23].

2.2 ARIMA 개입 모형

본 연구에서 특정기간의 정보를 다른 시기로 일반화시키기 위해서는 비정상시계열 자료를 정상시계열 자료로 변환하거나 차분(difference) 과정을 수행해줌으로써 정상성(stationarity)을 갖도록 해야 한다[24].

본 연구에서는 Box & Jenkins[25]의 방법론을 정리하여 시간영역의 대표적인 시계열 분석론인 ARIMA를 정립하였다[26,27]. 시간영역에서 이용되는 시계열 모형은 A.R(Auto Regression: 자동회귀)과 M.A(Moving Average: 이동평균)가 있다[26].

ARIMA 모델의 적용 사례로는 입원, 외래별 수진율 등의 예측을 통해 의료보험 진료비 안정화 방안을 위하여 건강진료비와 건강진료일수를 예측하였고[28], 지역

의 자동모니터링 시스템을 이용하여 시간에 따라 연속 측정된 대기질 자료를 이용하여 오존농도를 예측하였으며[26], 아동·청소년의 키, 몸무게, BMI 자료를 이용하여 평균제곱근오차(RMSE)를 고려한 최적 모형으로 예측값을 제시한 것 등이 있다[29].

2.3 공기 중 오염과 사물인터넷에 관한 연구

공기 중의 오염이나 먼지 등을 측정하고 이를 활용하여 제어하고 응용하는 사물인터넷의 적용 사례로는 다음과 같은 것들이 있다.

캠핑장에서 사용하는 IoT 무드등을 활용하여 사용자의 안전을 책임지고 일산화탄소 감지 센서를 부착하여 일산화탄소 중독을 예방할 수 있는 기술을 연구하였으며 일산화탄소 농도 측정과 함께 위험 감지 기능으로 보호자에게 위험을 알리는 기능을 제공하였다[21].

실내 공기오염 중 인체에 영향을 가장 많이 미치는 이산화탄소에서 발생하는 휘발성 유기화합물을 측정할 수 있는 실내 공기오염 측정 시스템을 제안하였고 두 가지 시료의 실험을 통해 실내 공기 상태 변화를 어플리케이션으로 확인하였으며 외부 대기 상태와 내부 대기 상태를 디바이스로 비교할 수 있도록 시각화함으로써 편의성을 증대시키도록 하였다[30].

임상에서 이산화염소 가스의 유용성을 평가하기 위하여 임상에 있는 근무자가 병원 내에서 감염을 일으키는 미생물의 존재를 인식함으로써 환자 치료에 도움이 되도록 활용하였고, 감염된 미생물을 억제하는데 기조가 되도록 하였다[31].

내장형 공기청정기에 미세먼지를 감지할 수 있는 솔루션을 제안하여 홈 네트워크와의 편의성을 높여줄 수 있고, 기체분석을 통하여 건강을 관리할 수 있는 헬스체크 솔루션을 제안하였다[32].

3. 연구 방법

3.1 자료 수집

우리나라 전국 지역을 대상으로 2010년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 일산화탄소의 12월 단기 노출에 따른 순환계통 질환자의 사망자 수에 따른 영향관계와 일산화탄소 농도 증가에 따른 미래의 순환계통 질환자의 진료비용을 예측하였다.

본 연구에서 사용되는 일산화탄소 농도는 한국환경공

단 홈페이지의 대기환경정보(Airkorea) 페이지에서 자료를 추출하였다. 순환계통 질환의 사망자수와 진료비는 한국 통계청에서 자료를 추출하여 활용하였다. 순환계통 질환 분류는 국제질병분류 I00-I99의 자료를 사용하였으며, 그 내용은 <Table 1>과 같다[33].

<Table 1> Diseases of the Circulatory System by Classification Number

Classification No	Name of Disease
I00-I02	Acute rheumatic fever
I05-I09	Chronic rheumatic heart disease
I10	Essential (primary) hyper-tension
I11-I15	Other hypertensive diseases
I21-I22	Acute myocardial infarction
I20, I23-I25	Other ischaemic heart diseases
I26	Pulmonary embolism
I44-I49	Conduction disorders and cardiac arrhythmias
I50	Heart failure
I27-I43, I51-I52	Other heart diseases
I60-I62	Intracranial haemorrhage
I63	Cerebral infarction
I64	Stroke, not specified as haemorrhage or infarction
I65-I69	Other cerebrovascular diseases
I70	Atherosclerosis
I73	Other peripheral vascular diseases
I74	Arterial embolism and throm-bosis
I71-I72, I77-I79	Other diseases of arteries, arterioles and capillaries
I80-I82	Phlebitis, thrombophlebitis, venous embolism and thrombosis
I83	Varicose veins of lower extremities
I84	Haemorrhoids
I85-I99	Other diseases of the circulatory system

3.2 조사 도구

일산화탄소 농도는 전국 112개 시·군에 설치된 도시 측정망 333개, 국가배경농도 측정망 3개, 도로변 측정망 40개, 교외 측정망 22개에서 24시간동안 관측되는 일산화탄소 농도를 일평균 대표값으로 변환한 값으로 하였다.

단기 노출 대표값은 배현주[10]가 연구한 12일 동안 누적된 평균값을 대표값으로 사용하였으며 2018년 12월 31일을 기준으로 12월 20일까지의 누적된 평균값을 대표값으로 사용하였다. 또한 ARIMA 개입 모형에 사용하는 일산화탄소 농도는 2010년 1월부터 2018년 12월까지의 24시간 동안의 시간대별 대표값을 일별 대표값으로 변환하고, 다시 월별 대표값으로 보정하여 108개월 동안

의 대표값을 사용하였다.

순환계통 질환은 국제 질병번호로 분류된 질병명을 이용하여 순환계통 질환의 사망자수를 일별 비사고 사망자수로 분류하였고, 순환계통 질환 진료비용은 순환계통 질환의 자료로 구축하였다.

본 연구에 사용되는 일산화탄소, 순환계통 질환 사망자수, 순환계통 질환 진료비용의 2010년 1월부터 2018년 12월까지 시계열 자료는 <Table 2>와 같이 제시하였다.

<Table 2> Carbon Monoxide, Circulatory System Death, Medical Expense Time Series Analysis Results

Year	Carbon Monoxide Concentration (ppm)	Circulatory System Disease Death (persons)	Circulatory System Disease Treatment Cost (Billion won)
2010	.5386	56,118	5,839
2011	.5255	56,877	6,136
2012	.5210	57,181	6,375
2013	.5336	57,814	6,106
2014	.5217	59,543	7,111
2015	.5163	59,543	7,615
2016	.4969	60,388	7,987
2017	.4882	61,266	8,707
2018	.4699	62,947	9,443

3.3 연구 가설

본 연구의 목적인 일산화탄소의 12일 동안 단기 노출에 따른 순환계통 질환의 사망위험을 검증하고, 108개월 동안의 일산화탄소 농도 증가에 따른 진료비용을 예측하고자 다음과 같은 가설을 제시하였다.

- 가설 1. 일산화탄소의 단기 노출에 따른 순환계통 질환 사망위험은 기간에 따라 차이가 있을 것이다.
- 가설 2. 일산화탄소 농도 증가에 따라 순환계통 질환 진료비용은 증가할 것이다.

3.4 분석 방법

본 연구의 분석은 일산화탄소 단기 노출에 따른 순환계통 질환에 관한 선행연구를 통하여 연구방법을 설계한 후에 분석방법을 설정하였다. 분석에 사용되는 자료를 한국환경공단 대기환경정보(Airkorea), 한국 통계청에서 2010년 1월부터 2018년 12월까지의 자료를 추출하였고, 분석방법은 포아송 회귀분석과 ARIMA 개입 모형을 사용하여 분석하였다.

첫째, 일산화탄소 단기 노출 기간은 배현주[10]의 연구와 같이 2018년 12월 31일을 기준으로 이전 11일 동

안의 일산화탄소 노출 값인 일별 누계값을 대표값으로 선정하여 순환계통 질환 사망에 대한 유의성을 검증하고자 포아송 회귀분석을 실시하였다.

둘째, 일산화탄소 농도 증가에 따른 순환계통 질환 진료비용을 예측하기 위하여 2010년부터 2018년까지 108개월의 평균값 농도인 .512ppm을 대표값으로 ARIMA 개입 모형에 개입시켜 2019년 1월부터 12월까지의 진료비용을 예측하였다.

통계처리는 SPSS Ver. 21.0 프로그램을 이용하여 분석하였고, 유의수준은 95% 미만으로 하였다.

4. 분석 결과

4.1 일산화탄소 단기 노출과 순환계통 질환 위험

일산화탄소의 단기 노출에 따른 사망발생 위험의 관계를 검증하기 위하여 2018년 12월 31일을 기준으로 12월 31일인 당일(lag=0)부터 12월 20일인 11일 전(lag=11)까지의 일산화탄소 단기 노출과 순환계통 질환 사망과 관련성이 제일 높은 기간을 선정하였다.

일산화탄소 일별 노출량을 누적된 평균값을 대표값으로 적용하여 순환계통 질환 사망의 영향력을 나타내는 Exp(B)가 12일의 기간 중에 가장 높은 시점과 다른 시점의 영향력 차이를 분석하였다.

일산화탄소(CO) 단기 12일 노출과 순환계통 질환 사망에 대한 영향 관계의 모형 검정 결과는 <Table 3>과 같이 모형의 유의성 검증 결과에서 가능도 비 카이제곱(likelihood ratio chi-square)이 745.813(p=.000)으로 모형이 적합한 것으로 나타났다.

파라미터 예측값(B)은 당일(lag=0)이 -.217, 1일전(lag=1)이 -.282, 2일전(lag=2)이 -.279, 3일전(lag=3)이 -.387, 4일전(lag=4)이 -.375, 5일전(lag=5)이 -.359, 6일전(lag=6)이 -.400, 7일전(lag=7)이 -.306, 8일전(lag=8)이 -.328, 9일전(lag=9)이 -.262, 10일전(lag=10)이 -.240과 같이 나타났다. 모두 11일전(lag=11) 시점과 비교하여 영향력이 낮은 것으로 나타났다.

즉, 11일전(lag=11) 시점에서 Exp(B)가 1.000으로 사망발생 위험이 제일 높게 나타난 것으로 확인되었다. 이때 일산화탄소 평균 농도는 .901ppm으로 나타났다. 단기 12일 동안의 일산화탄소 노출은 순환계통 질환 사망에는 모든 시점에서 유의한 영향력이 있는 것으로 나타났다, 11일전(lag=11) 시점은 다른 시점보다 높게 나타났다.

사망발생 위험이 제일 낮은 6일전(lag=6)의 Exp(B)가 .670으로 사망발생 위험이 제일 높은 11일전(lag=11)과 비교하여 .670배 낮게 사망 위험이 발생한다고 할 수 있다. 일산화탄소 단기 노출기간이 길수록 순환계통 질환 사망 발생 위험이 높아진다고 할 수 있다.

<Table 3> Model Test Results

Category	Statistic	p
likelihood ratio chi-square	745.813	.000

<Table 4> Results of Short-Term Exposure to Carbon Monoxide and Risk of Death from Circulatory Diseases

Day	Carbon Monoxide Concentration (ppm)	B	Wald chi-square	p	Exp(B)
lag=0	.661	-.217	145.672	.000	.805
lag=1	.662	-.282	237.890	.000	.754
lag=2	.454	-.279	232.596	.000	.757
lag=3	.587	-.387	421.610	.000	.679
lag=4	.394	-.375	397.512	.000	.687
lag=5	.384	-.359	367.381	.000	.699
lag=6	.628	-.400	446.517	.000	.670
lag=7	.617	-.306	275.853	.000	.736
lag=8	.391	-.328	312.144	.000	.721
lag=9	.859	-.262	207.113	.000	.770
lag=10	1.071	-.240	176.663	.000	.786
lag=11	.901	0	176.663	.000	1

* Set to 0 because it is a duplicate parameter

4.2 일산화탄소 노출과 순환계통 질환 진료비 예측

일산화탄소 노출에 따른 순환계통 질환 미래의 진료비용을 예측하고자 최적의 ARIMA 모형에 순환계통 질환 사망위험에 영향력 있는 기간의 일산화탄소 농도값을 변수로 추가하였다. 일산화탄소의 농도값은 계절변동을 고려하여 108개월 동안의 일산화탄소 농도의 평균값인 .512ppm을 대표값으로 하여 변수를 추가하였다.

일산화탄소 농도의 대표값 보다 상승된 농도의 개월은 1로 개입하고, 하락한 개월의 농도는 0으로 개입하여 2010년 1월부터 2018년 12월까지 개입하였다.

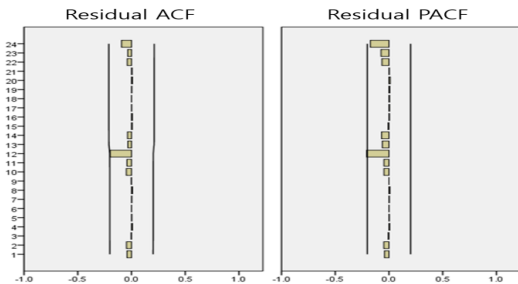
미래 예측값은 파라미터 값의 검정을 통하여 ARIMA 모형을 만족하는지를 잔차 ACF, 잔차 PACF의 스파이크(spike) 도출 검정과 백색잡음을 검증하여 독립을 확인하였다. ARIMA 모형에서 Ljung-Box는 <Table 5>와 같이 유의확률(p=.996)이 .05보다 높게 나타나서 백색잡음으로부터 독립성을 확보하였고, ARIMA 모형의 유의확률(p=.000)이 .05보다 낮게 나타나서 백색잡음으로부터

터 독립되었다. 또한 [Fig. 1]의 잔차 ACF와 잔차 PACF 점검은 스파이크(spike)가 없어 모형을 만족하였다.

<Table 5> Carbon Monoxide and Circulatory Disease Medical Expenses Prediction ARIMA Model Results

	Predicted Estimate	SE	t	p
Constant	-.047	.503	-.093	.926
Difference	1			
Seasonal difference	1			
MA, Season	.815	.178	4.574	.000
Intervention	1.099	.790	1.391	.168

Ljung-Box Q(18)=5.471(p=.996), R-square=.989



[Fig. 1] White Noise Identification Result of Residual

일산화탄소 증가에 따른 순환계통 질환 진료비용을 예측하기 위한 ARIMA 모형은 (0,1,0)(1,1,0)으로 <Table 6>과 같이 나타났다.

<Table 6> Result of Estimation of Circulatory Disease Treatment Cost According to Carbon Monoxide Increase

Category	Circulatory System Disease Treatment Cost (Billion won)		
	Predicted Estimate	UCL	LCL
January 2019	832	851	813
February 2019	837	863	810
March 2019	840	872	807
April 2019	841	879	804
May 2019	842	884	800
June 2019	843	889	797
July 2019	844	894	794
August 2019	845	898	792
September 2019	846	902	790
October 2019	847	906	788
November 2019	851	914	789
December 2019	855	921	790
Total Medical Expenses in 2019	10,123	10,673	9,574

Model Type=ARIMA(0,1,0)(1,1,0)

일산화탄소 농도 증가에 따라 미래의 순환계통 질환 진료비용 발생은 2019년 예측값이 10,123십억원으로 2018년 12월 말의 관측값 9,443십억원보다 높게 나타났다. 또한 월별로 정리해 보면 순환계통 질환 진료비용은 계절변동이 반영되어 1월 보다 12월로 갈수록 높아진다는 것을 알 수 있었다.

5. IoT 기반 활용 방안

본 연구에서 나타난 결과와 일산화탄소와 IoT에 관한 선행연구를 중심으로 일산화탄소 노출을 저감시키고 순환계통 질환을 예방하기 위하여 IoT를 활용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 일산화탄소를 저감시키고 환경성 질환으로부터 선제적으로 예방하기 위해서는 대기오염이 높게 발생하는 지역을 ‘대기오염 핫스팟’ 지역으로 선정하여 IoT를 활용하여 대기오염을 점검함으로써 국민의 안전한 생활을 담보할 수 있는 공간을 마련해야 할 것이다. 세계보건기구(WHO)는 ‘2019년 건강을 위협하는 10대 요인’ 중에서 첫 번째가 ‘대기오염과 온난화’라고 하였다. 매년 대기오염으로 조기 사망하는 사람이 증가하는 추세에서 우리나라도 IoT를 활용하여 WHO 연평균 권고 기준으로 대기오염을 감소시킨다면 많은 경제적 편익이 있다. 그러므로 일산화탄소 노출이 많은 지역에 IoT를 활용하여 ‘대기오염 핫스팟’ 과 같은 점검시설을 설치한다면 일산화탄소 저감을 자발적으로 유도할 수 있을 것이다.

둘째, 대기오염 노출과 순환계통의 신체활동을 적용한 운동관리 및 건강관리 웨어러블의 개발로 IoT에 기반한 신체 활동의 관리 범위도 확대되어야 할 것이다. 또한 웨어러블 디바이스의 종류도 순환계통 질환에 연동될 수 있도록 확대하여 신체활동에 적합하게 다양화 되어야 할 것이다. 최근에는 과학기술의 발전과 다양한 사물인터넷의 보급으로 이동거리, 칼로리 소모량, 걸을 수 등의 운동 정보와 체온, 맥박, 수면 등의 신체정보를 동시에 수집하여 운동관리 외에도 목표 달성에 따른 다양한 보상을 제공하는 서비스가 제공되고 있는 실정이고, 웨어러블 디바이스의 종류가 의류, 모자, 신발 등으로 다양해지면서 운동 및 측정의 범위가 확대되고 있다. 하지만 아직은 일산화탄소와 같은 대기오염물질 노출 농도와 순환계통 질환 등과 같은 신체활동 및 건강관리에 대한 범위에는 제한적이라 할 수 있다.

6. 결론

본 연구는 2010년 1월부터 2018년 12월까지 일산화탄소의 12일 단기 노출에 따른 순환계통 질환의 사망자 수와의 영향관계를 포아송 회귀분석을 통하여 분석하였고, 일산화탄소 농도 증가에 따른 미래의 순환계통 질환의 진료비용을 ARIMA 개입 모형으로 예측하였다.

연구 결과를 다음과 같이 제시하였다.

첫째, 일산화탄소의 단기 노출에 따른 순환계통 질환 사망의 영향관계를 당일부터 이전 11일 전까지 분석한 결과는 이전 11일에서 가장 높은 영향력이 있는 것으로 나타났다. 사망발생 위험이 제일 낮은 6일전(lag=6)의 $Exp(B)$ 가 .670으로 사망발생 위험이 제일 높은 11일전(lag=11)과 비교하여 .670배 낮게 사망 위험이 발생한다고 할 수 있다. 일산화탄소 단기 노출기간이 길수록 순환계통 질환 사망 발생 위험이 높아진다고 할 수 있다.

이러한 이유는 일산화탄소 단기 노출은 단기간에 노출된 양이 누적되는 기간이 장기간 지속될수록 그 영향이 크다고 사료된다. 대기오염 물질은 계절에 따른 변동이 크기 때문에 대기오염 노출에 관한 연구는 대기오염 장기 노출 연구 보다는 단기 노출 연구가 더욱 적절하다고 사료된다[10]. 이와 같은 일산화탄소의 노출이 고농도에서 오랜 시간 동안 노출될 경우에는 신체 염증물질이 증가하여 인체 기능이 변화될 수 있다[11].

둘째, 일산화탄소 농도 증가에 따라 미래의 순환계통 질환 진료비용 발생은 2019년 예측값이 10,123십억원으로 2018년 12월 말의 관측값 9,443십억원보다 높게 나타났다. 또한 월별로 정리해 보면 순환계통 질환 진료비용은 계절변동이 반영되어 1월 보다 12월로 갈수록 높아진다는 것을 알 수 있었다.

선행연구에서 일산화탄소 배출량 간의 전환계수를 추정하여 배출량에 따른 건강편익을 추정할 결과는 일산화탄소를 1톤씩 줄이는 경우 105.6천원의 편익이 발생한다고 하였고, 공기 중의 일산화탄소의 농도를 1ppb 낮추면 6.8억원의 편익이 발생한다고 하였다[34].

이러한 연구 결과를 기반으로 일산화탄소 농도 증가에 따른 순환계통 질환의 예방을 위하여 IoT를 활용한 대기오염 핫스팟 지역 관리와 신체활동의 관리 범위가 확대된 웨어러블의 개발을 제안하였다.

이와 같은 연구를 통하여 일산화탄소와 같은 대기오염 물질 증가에 따른 선제적 대응을 위하여 IoT를 활용한 다양한 디바이스의 보급으로 모든 국민의 건강한 삶을 위한 미래가 실현되기를 기대한다.

REFERENCES

- [1] J.H.Jeong, "The Policy Direction on Environment Diseases and Environmental Risk of Children Health," Health and Welfare Forum, Vol.2009, No.6, pp.100-111, 2009.
- [2] National Institute of Environmental Research, Air Environment Annual Report 2016, 2017.
- [3] H.J.Seo and H.S.Lee, "How Air Pollutants Influence on Environmental Diseases? : Focused on Seoul Metropolitan Area," Seoul Studies, Vol.20, No.3, pp.39-59, 2019.
- [4] World Health Organization, Preventing Disease through Healthy Environments, 2006.
- [5] H.J.Bae, "A Study on the Spatial Distribution of Health Effects by Climate Change and Air Pollution," Korea Environment Institute, 2011.
- [6] National Institute of Environmental Health Science, Environmental Diseases from A to Z, 2007.
- [7] I.J.Yoon and S.Y.Han, "Analysis of the Relationship between GRDP and Environmental Pollution: Application of Environmental Kuznets Curve," The Journal of Korean Policy Studies, Vol.10, No.1, pp.249-263, 2010.
- [8] D.C.Shin, "Air Pollution and Health," Health News, Vol.18, No.6, pp.28-33, 1994.
- [9] B.S.Kim, "Association of Health Status with Air Pollutants through Time-Series Analysis in an Industrial Complexes Morbidity and Mortality," Dongguk University Graduate School, Doctoral Dissertation, 2017.
- [10] H.J.Bae, "A Framework for Estimating the Long-term Health Effects of Air Pollution," Korea Environment Institute, Vol.2014, pp.1-103, 2014.
- [11] World Health Organization, Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease, Geneva: WHO Press, 2016.
- [12] H.Kim and J.T.Lee, "Epidemiologic Methods and Study Designs for Investigating Adverse Health Effects of Ambient Air Pollution," Journal of Preventive Medicine and Public Health, Vol.34 No.2, pp.119-126, 2001.
- [13] D.M.Peak, "Health Effects Due to Air Pollution," Journal of the Korean Industrial Nursing Association, Vol.8 No.2, pp.10-18, 2001.
- [14] J.S.Park, S.L.Shin, Y.H.Seo and H.M.Jung, "The Risk Factors of Acute Cardiovascular and Neurological Toxicity in Acute CO Poisoning Patients and Epidemiologic Features of Exposure Routes," Journal of The Korean Society of Clinical Toxicology, Vol.18, No.1, pp.34-41, 2020.
- [15] J.Varon, P.E.Marik, R.E.Fromm Jr. and A.Gueler, "Carbon Monoxide Poisoning: a Review for Clinicians," The Journal of Emergency Medicine, Vol.17, No.1, pp.87-93, 1999.

[16] J.A.Raub, M.Mathieu-Nolf, N.B.Hampson and S.R.Thom, "Carbon Monoxide Poisoning - a Public Health Perspective," *Toxicology*, Vol.145, No.1, pp.1-14, 2000.

[17] D.Satran, C.R.Henry, C.A.dkinson, C.I.Nicholson, Y.Bracha and T.D.Henry, "Cardiovascular Manifestations of Moderate to Severe Carbon Monoxide Poisoning," *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.45, No.9, pp.1413-1516, 2005.

[18] B.W.Jasper, R.O.Hopkins, H.V.Duker and L.K.Weaver, "Affective Outcome Following Carbon Monoxide Poisoning: a Prospective Longitudinal Study," *Cognitive and Behavioral Neurology: Official Journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology*, Vol.18, No.2, pp.127-134, 2005.

[19] C.Gandini, A.F.Castoldi, S.M.Candura, C.Locatelli, R.Butera, S.Priori and L.Manzo, "Carbon Monoxide Cardiotoxicity," *Journal of Toxicology-Clinical Toxicology*, Vol.39, No.1, pp.35-44, 2001.

[20] D.Gorman, H.Y.Lin and C.Williams, "Early Evidence of a Regulated Response to Hypoxaemia in Sheep that Preserves the Brain Cortex," *Neuroscience Letters*, Vol.394, No.2, pp.174-178, 2006.

[21] I.C.Moon, G.G.Kim, W.S.Park, J.H.Bak and J.T.Seong, "Development of a Mood Lamp for Detection and Prevention of Carbon Monoxide Poisoning," *The Institute of Electronics and Information Engineers Academic Conference*, Vol.2020, No.8, pp.2297-2299, 2020.

[22] F.Laden, J.Schwartz, F.E.Speizer and D.W.Dockery, "Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality: Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol.173, No.6, pp.667-672, 2006.

[23] T.J.Hastie and R.J.Tibshirani, *Generalized Additive Models*, London: Chapman and Hall, 1990.

[24] D.H.Jin, "Study of Forecasting the Effluent Quality for Small Sewage Treatment Facilities using ARIMA Model," *Transportation of Korea University Graduate School, Doctoral Dissertation*, 2020.

[25] G.E.P.Box and G.M.Jenkins, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 2nd ed., San Francisco: Holden-Day, 1976.

[26] H.J.Jung, "Development of the Stochastic Models to Forecast Atmospheric Ozone Concentration using ARIMA, Transfer Function and Artificial Neural Networks," *Seoul National University Graduate School, Doctoral Dissertation*, 2005.

[27] G.E.P.Box, G.M.Jenkins and G.C.Reinsel, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 3rd ed., Prentice-Hall International, Inc, 1994.

[28] K.P.Jang, S.Kam and J.Y.Park, "Trend and Forecast of the Medical Care Utilization Rate, the Medical Expense per Case and the Treatment Days per Case in Medical Insurance Program for Employees by ARIMA Model," *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, Vol.24, No.3, pp.441-458, 1991.

[29] J.S.Chae and J.K.Song, "Long Term Estimation for the Body Size and BMI of Korean Children & Youth using ARIMA Model," *Korean Journal of Sport Science*, Vol.27 No.3, pp.530-542, 2016.

[30] U.T.Kim, Y.C.Kim and S.Y.Kwak, "IoT based Indoor Air Quality Monitoring System," *The Korea Contents Society*, Vol.16 No.2, pp.143-151, 2016.

[31] S.Y.Jung, "Usefulness of Chlorine Dioxide to Airborne Bacteria at a Hospital using Biological Information," *Journal of The Korea Internet of Things Society*, Vol.6 No.2, pp.19-24, 2020.

[32] H.T.Yang, J.S.Oh and K.H.Lee, "A Study on Health Check Solution using Indoor Air Purifier," *Journal of The Korea Internet of Things Society*, Vol.3 No.1, pp.25-32, 2017.

[33] I.S.Ohn, "Time-varying Coefficient Model with an Application to Health Risk Assessment of High Temperature and Air Pollution," *Seoul National University Graduate School, Doctoral Dissertation*, 2014.

[34] Y.S.Cho and Y.H.Sonn, "Estimation of the Health Benefits for Improving Air Quality," *Applied Economy*, Vol.6 No.1, pp.133-150, 2004.

이 상 호(Sangho Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 목포대학교 금융보험학과 금융전공(경영학박사)
- 2015년 4월 ~ 2018년 3월 : 송원대학교 인재개발원 산학협력중점교수
- 현재 : 목포대학교 스마트비즈니스학과 산학협력중점교수

<관심분야>

사물인터넷, 금융상품, 부동산금융, 국제금융, 금융제도, 서비즈마케팅

조 광 문(Kwangmoon Cho)

[종신회원]



- 1995년 8월 : 고려대학교 전산학과(이학박사)
- 1995년 9월 ~ 2000년 2월 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원
- 2000년 3월 ~ 2005년 2월 : 백석대학교 정보통신학부 교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 목포대학교 전자상거래학과 교수

<관심분야>

사물인터넷, 통신 소프트웨어, 전자상거래, 콘텐츠 유통, 모바일 콘텐츠, 웹 서비스