

2020 산업통상자원부
ISTANS 논문경진대회

시계열모형을 활용한 대한민국 수소 정책 타당성 분석 및 시기별 정책 제언

Validity analysis of hydrogen policy in Korea and policy proposal
by period with using time series model

김동현(중앙대학교 석사 통계학과)
박현우(경기대학교 학사 무역학과)
최종욱(경기대학교 학사 응용통계학과)

2020.10.08

시계열모형을 활용한 대한민국 수소 정책 타당성 분석 및 시기별 정책 제언

Validity analysis of hydrogen policy in Korea and policy proposal
by period with using time series model

이 논문을 산업통상자원부 ISTANS 논문경진대회 논문으로
제출함

2020년 10월 8일

김동현(중앙대학교 석사 통계학과)
박현우(경기대학교 학사 무역학과)
최종욱(경기대학교 학사 응용통계학과)

목차

제1장 서론.....	1
1.1. 연구배경 및 목적.....	1
제2장 초기 대한민국 수소 정책 제언.....	3
2.1. 현황 파악 및 온실가스 多배출 기업 분석.....	3
2.2. 철강산업의 현황 및 제도 제언.....	6
2.3. 석유산업의 현황.....	8
2.4. 제도 개선을 통한 기대효과.....	9
제3장 중기 대한민국 수소 정책 방향.....	10
3.1. 수소경제위원회 안건 현황.....	10
3.2. 인천, 여수 지역의 수소 생태계 타당성 검증.....	11
3.3. 수소 생태계 기반 확장 구축을 위한 지역 제언.....	13
3.4. 전기차 대비 수소차의 강점.....	17
3.5. 지역별 충전 시간, 안정성, 대형차 변수 기준 시계열모형 분석 및 예측.....	30
3.6. 전기차, 수소차 벡터 시계열모형 분석 및 예측.....	50
제4장 후기 대한민국 수소 정책 방향.....	69
4.1. 통일 한반도 시대의 수소 역할.....	69
4.2. 통일 한반도 수소 정류장, ‘강원도’.....	70
제5장 결론.....	72
참고문헌.....	73
국문초록.....	75

표 목차

〈표 1〉 온실가스 배출 상위 20개 기업 목록.....	3
〈표 2〉 인천 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준).....	11
〈표 3〉 여수 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준).....	12
〈표 4〉 부산 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)	13
〈표 5〉 평택 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)	14
〈표 6〉 제주 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준).....	15
〈표 7〉 인천 영업용 자동차 현황 및 순위	18
〈표 8〉 여수 영업용 자동차 현황 및 순위	19
〈표 9〉 부산 영업용 자동차 현황 및 순위	19
〈표 10〉 평택 영업용 자동차 현황 및 순위	20
〈표 11〉 제주도 영업용 자동차 현황 및 순위	20
〈표 12〉 인천 관용 자동차 현황 및 순위	21
〈표 13〉 여수 관용 자동차 현황 및 순위	22
〈표 14〉 부산 관용 자동차 현황 및 순위	22
〈표 15〉 평택 관용 자동차 현황 및 순위	23
〈표 16〉 제주도 관용 자동차 현황 및 순위	23
〈표 17〉 인천 대형 자동차 현황 및 순위	24
〈표 18〉 여수 대형 자동차 현황 및 순위	25
〈표 19〉 부산 대형 자동차 현황 및 순위	25
〈표 20〉 평택 대형 자동차 현황 및 순위	26
〈표 21〉 제주도 대형 자동차 현황 및 순위	26
〈표 22〉 인천 목표 차량 현황 및 순위	27
〈표 23〉 여수 목표 차량 현황 및 순위	28
〈표 24〉 부산 목표 차량 현황 및 순위	28
〈표 25〉 평택 목표 차량 현황 및 순위	29
〈표 26〉 제주 목표 차량 현황 및 순위	29

그림 목차

<그림 1> 인천 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준).....	30
<그림 2> 여수 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준).....	31
<그림 3> 부산 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준).....	32
<그림 4> 평택 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준).....	33
<그림 5> 제주 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준).....	34
<그림 6> 인천 지역 예측 시계열그림(안정성 기준).....	35
<그림 7> 여수 지역 예측 시계열그림(안정성 기준).....	36
<그림 8> 부산 지역 예측 시계열그림(안정성 기준).....	37
<그림 9> 평택 지역 예측 시계열그림(안정성 기준).....	38
<그림 10> 제주 지역 예측 시계열그림(안정성 기준).....	39
<그림 11> 인천 지역 예측 시계열그림(대형차 기준).....	40
<그림 12> 여수 지역 예측 시계열그림(대형차 기준).....	41
<그림 13> 부산 지역 예측 시계열그림(대형차 기준).....	42
<그림 14> 평택 지역 예측 시계열그림(대형차 기준).....	43
<그림 15> 제주 지역 예측 시계열그림(대형차 기준).....	44
<그림 16> 인천 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준).....	45
<그림 17> 여수 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준).....	46
<그림 18> 부산 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준).....	47
<그림 19> 평택 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준).....	48
<그림 20> 제주 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준).....	49
<그림 21> 전기, 수소차 벡터 시계열 그림.....	51
<그림 22> 전기, 수소차 1차 차분 및 로그 변환 취한 벡터 시계열 그림.....	52
<그림 23> VAR 모형 차수 결정 R 결과.....	53
<그림 24> VAR(3) 모형 적합 R 결과(일부분).....	54
<그림 25> VAR(3) 적합 결과에서 유의하지 못한 변수 제거한 R 결과.....	55
<그림 26> 모형 적합 이후 잔차 검정 R 그래프.....	56
<그림 27> 전기차 -> 수소차 그랜저 인과성 확인한 R 결과.....	57
<그림 28> 수소차 -> 전기차 그랜저 인과성 확인한 R 결과.....	58
<그림 29> 공적분 VAR 모형 차수 결정 R 결과.....	59
<그림 30> 공적분 검정 결과(trace test).....	60
<그림 31> 공적분 검정 결과(maximum eigenvalue test).....	61

〈그림 32〉 전기차 향후 2년간의 예측값 R 결과.....	62
〈그림 33〉 수소차 향후 2년간의 예측값 R 결과.....	63
〈그림 34〉 전기, 수소차 벡터 시계열 그림(2년 예측값 포함).....	64
〈그림 35〉 전 세계 전기 자동차 재고.....	66
〈그림 36〉 중국의 신규 전기버스 등록 수(단위 : 천 대).....	67
〈그림 37〉 나라별 신규 전기버스 등록 수(단위 : 천 대).....	67

제1장 서론

1.1. 연구배경 및 목적

ISTANS 통계자료에 따르면, 우리나라의 자동차, 철강, 석유산업은 국내 40대 제조업에 속하며 대외수출에 많은 비중을 차지하고 있다. 2019년 대외 수출액 기준 자동차 산업은 66,898 백만 달러로 전체 40대 제조업 중 2위를 차지했으며, 석유화학과 석유정제는 50,104 백만 달러와 42,284 백만 달러로 각각 3위와 4위를 기록했으며, 철강산업은 25,191 백만 달러로 8위에 해당하여 우리나라 경제의 핵심임은 틀림없다.

하지만 2019년 12월 발병한 신종 코로나바이러스 감염증(COVID-19, 이하 코로나19)으로 많은 국가의 국경 봉쇄가 시작됐고, 이에 원자재 공급 감소와 소비자의 수요가 감소하며 국제무역에 악영향을 끼쳤다. 이에 우리나라의 지난 4월 경상수지는 9년 3개월 만에 31억 2000만 달러의 최대 적자를 기록했으며, 4, 5월 두 달 연속으로 수출이 20%대 감소했다. 특히 6월 하루 평균 수출액은 지난해(2019년) 대비 16% 감소 등 우리나라 무역 지표에 전방위적 적신호가 울리고 있다.

대내외적으로 안 좋은 상황이 지속됨에 따라 국내 굴지의 기업들이 시름에 잠겨있는데, 문재인 정부는 지난 7월 14일 ‘한국판 뉴딜 종합계획’을 발표함으로써 코로나19 이후 선도국가로의 도약을 위한 첫걸음을 내디뎠다. 특히, 그린뉴딜을 통해 수소를 적극적으로 활용하여 수소 경제, 저탄소 경제로 나아가겠다는 의지를 천명했다.

‘그린에너지’ 사업은 정부의 그린뉴딜 산업 중 두 번째 과제로, 석탄발전 중심의 온실가스 다배출 국가에서 신재생에너지 확산 및 다각화를 통한 저탄소·친환경 국가로의 도약을 목표로 하고 있다. 철강산업, 석유산업, 시멘트산업은 공정 과정에서 막대한 온실가스를 배출하는데, 그린에너지 사업에서 주요 투자사업 및 제도개선 안건 중 공정전환, 즉 ‘석탄발전 등 사업 축소’가 예상되는 위기지역 대상 신재생에너지 업종전환 지원’이 본 사업의 주 내용이라 할 수 있다.

‘친환경 미래 모빌리티’ 사업은 10가지 과제 중 가장 많은 사업비가 편성됐으며, 많은 일자리 창출이 예상되는 데이터 댐 사업과 비교해 지속 가능한 대규모 일자리 창출 사업이 될 것이라는 전망이 많고, 국민이 변화를 가시적으로 체감할 수 있는 사업이라는 점에서 전체 사업 중 가장 파급력과 확장성이 있는 사업이라 판단된다. 하지만 국내의 대표 자동차 기업인 현대자동차는 수소 자동차 기술 면에서 세계적인 선두를 달리고 있으나, 전기 자동차 분야는 최근 코나(Kona) 차종의 자연발화 문제가 존재하며, 이미 해당 분야에서 선두 주자인 테슬라 같은 해외 경쟁기업이 점유율을 많이 차지하고 있어 현대자동차는 전기자동차 분야에서는 시장점유율이 낮다.

한국형 뉴딜 종합계획은 우리나라가 선도국가로의 도약을 목표로 시행된다. 하지만 이번 계획에는 먼 미래에 북한과의 통일에 대비한 정책이 전무하다. 독일의 사례를 살펴보면, 동방정책을 통해 동독과의 통일대비를 굳건히 했다. 우리나라도 통일에 대비하기 위해 그린뉴딜 연장선상인 통일 정책의 일환으로 ‘그린 북방 정책’의 준비가 필요하다. 특히, 수소 관련 산업은 많은 부분에 있어 북한과의 협업 가능성이 높으므로, 해당 정책을 잘 준비한다면 앞으로 북한과의 경제 불균형을 해결함과 동시에 평화 한반도 정착에 큰 디딤돌이 될 것이다.

이에 본 논문은 정부의 정책과 기업의 현황 및 제도 분석을 통해 앞으로의 우리나라 그린뉴딜 정책의 방향성을 제시하고자 한다.

제2장 초기 대한민국 수소 정책 제언

2.1. 현황 파악 및 온실가스 다배출 기업 분석

우리나라의 주요 산업 중 큰 비중을 차지하는 철강과 석유산업은 국내 40대 제조업에 속하며 대외수출에서도 적지 않은 비중을 차지하고 있다. 하지만 이 두 산업은 공정 과정에서 막대한 온실가스를 배출한다는 공통점이 있다. 이는 통계수치로도 확인 가능한데, 환경부의 ‘2019년 업체별 명세서 주요정보’ 데이터에 따르면 포스코의 온실가스 배출량은 전체 업체 중 1위이다. 특히, 온실가스 배출량 상위 20개 업체를 보면 철강, 발전·에너지, 정유, 석유화학 등 2차 산업이 주를 이루고 있다.

순위	관장기관	관리업체	대상연도	지정구분	지정업종	온실가스 배출량 (tCO ₂)	에너지 사용량 (TJ)	검증 수행기관
1	환경부	주식회사 포스코	2019	업체	철강	81,481,198	417,908	(재)한국 품질재단
2	환경부	한국남동발전	2019	업체	발전· 에너지	53,399,748	601,592	대일 이엔씨 기술(주)
3	환경부	한국동서발전 주식회사	2019	업체	발전· 에너지	39,001,786	468,971	이큐에이 (주)
4	환경부	한국남부발전 주식회사	2019	업체	발전· 에너지	36,670,122	451,102	한국표준 협회
5	환경부	한국서부발전	2019	업체	발전· 에너지	34,673,737	415,196	(주)신화 엔지니어링 종합건축사 사무소
6	환경부	한국중부발전	2019	업체	발전· 에너지	34,269,302	410,230	로이드 인증원(주)
7	환경부	현대제철 주식회사	2019	업체	철강	22,245,165	134,384	로이드 인증원(주)
8	환경부	삼성전자 주식회사	2019	업체	반도체	11,131,587	161,123	(재)한국 품질재단
9	환경부	현대그린파워 주식회사	2019	업체	발전· 에너지	10,835,566	50,907	(주)한국 경영 인증원

10	환경부	쌍용양회공업 주식회사	2019	업체	시멘트	10,794,303	57,038	한국표준 협회
11	환경부	S-Oil(주)	2019	업체	정유	9,603,008	129,497	한국표준 협회
12	환경부	주식회사 엘지화학	2019	업체	석유 화학	8,517,502	160,018	한국표준 협회
13	환경부	지에스칼텍스 주식회사	2019	업체	정유	8,047,242	105,917	(재)한국 품질재단
14	환경부	에스케이 에너지 주식회사	2019	업체	정유	7,248,678	80,503	한국표준 협회
15	환경부	현대오일뱅크	2019	업체	정유	7,125,337	76,752	(재)한국 품질재단
16	환경부	삼표시멘트	2019	업체	시멘트	7,065,280	39,593	(재)한국 품질재단
17	환경부	롯데케미칼 주식회사	2019	업체	석유 화학	6,801,357	129,243	(재)한국 품질재단
18	산업 통상 자원부	(주)지에스 동해전력	2019	업체	발전 에너지	6,215,067	69,410	대일 이앤씨 기술(주)
19	환경부	엘지 디스플레이(주)	2019	업체	디스 플레이	5,885,435	62,776	(재)한국 품질재단
20	환경부	한국지역 난방공사	2019	업체	집단 에너지	5,635,192	110,824	대일 이앤씨 기술(주)

〈표 1〉 온실가스 배출 상위 20개 기업 목록

이렇게 공정 과정에서 배출되는 온실가스에는 미세먼지의 주요 원인인 질소산화물이 포함되어 있다. 질소산화물은 질소와 산소의 화합물로, 석유나 석탄의 연소로 인해 생기는 일산화질소(CO)나 이산화질소(NO₂)가 대기오염의 주원인이다. 이러한 질소산화물은 산성비를 유발하고 도시의 상공에 정체되어 하늘이 적갈색으로 보이게 한다. 특히, 인간에게는 폐 기능 저하, 기침, 호흡 촉진 등 호흡기에 치명적인 질병을 유발하기 때문에 그 심각성이 대두되고 있다.

철강 및 석유화학 산업에서는 온실가스를 배출하는 문제점뿐만 아니라 최근 대내외적으로 좋지 않은 상황이 또 다른 악순환으로 이어지고 있다. 코로나19로 인한 적신호는 철강과 석유화학을 주도하는 주요 대기업들의 통계에서도 확인할 수 있다. 자동차와 조선 등 전방산업의 침체로 인해 국내 최대 철강기업인 포스코는 올해 2분기 영업손실 1,085억을 기록했으며, 이는 포스코 창사 이후 첫 영업적자를 낸 것이다. 철강업계뿐만 아니라 석유화학과 정유업계도 상황이 좋지 않다. 코로나19로 인해 자동차 이동, 항공 수요가 줄어들다 보니 항공유, 휘발유, 경유 등의 소비가 크게 감소했다. 이로 인해 국제유가가 급락했으며 국내 기업인 SK 이노베이션은 지난 2분기 4,397억 원의 영업손실을 봤고, 에쓰오일 또한 1,643억 원의 영업손실액을 냈다. 정유업계는 적자로 인해 매달 내야 하는 유류세를 지난 4월 한 차례 유예받았으나, 항공업계의 불황으로 인해 밀린 유류세와 앞으로 납부해야 할 유류세마저도 빚으로 내야 하는 불확실한 상황이다.

이러한 상황 속에서 온실가스 배출을 감소시키고 침체된 경기상황을 돌파하기 위한 수단으로 ‘수소’가 주목받고 있다. 지난 7월에 발표한 문재인 정부의 한국판 뉴딜정책에서 수소 활용이 앞으로의 우리나라를 이끌 경쟁력이 되리라 판단, 대대적인 활용방안을 제시했다. 해당 정책에서는 우리나라가 수소 선도국가로 나아가기 위해서 갖춰야 할 요건을 설명하고 있으며, 이를 통해 친환경적이면서도 화석연료를 대체할 미래의 에너지를 확보하기 위한 방향을 말하고 있다.

2.2. 철강산업의 현황 및 제도 제언

먼저 수소 확보를 위해 여러 기업 중 포스코의 행보에 주목할 필요가 있음을 시사한다. 포스코는 앞서 언급했듯이 국내 최대의 철강기업임과 동시에 국내 최대 온실가스 배출 기업이다. 포스코는 1970년 창사 직후부터 현재까지 자체적으로 부생가스 발전소를 가동했다. 하지만 부생가스 발전소는 막대한 양의 온실가스를 배출할 수밖에 없는데, 포스코의 부생가스 발전소는 50여 년 동안 방지시설 면제 사업장으로 지정됐다. 즉, 얼마만큼 온실가스를 배출하는지와 상관없이 면제 사업장이라는 방패 뒤에서 끊임없이 온실가스를 내뿜었다는 것이다. 이로 인해 발전소에 대한 객관적인 유해가스 배출량 데이터가 없을 뿐만 아니라 포스코에서도 자가측정자료를 공개하지 않고 있어 얼마나 많은 양의 유해가스를 뿜어내는지 알 수 없다.

게다가 2019년 4월에는 포스코에너지 소유의 부생가스 발전소를 포스코가 합병함으로써 표면적으로는 경영의 효율을 추구한다고 하지만 그 실상을 들여다보면 온실가스 무상할당량을 취하려는 속내가 있다고 판단할 수 있다. 합병 이전에는 부생가스 발전소는 발전업으로 분류되어 온실가스 감축 목표치는 다른 산업에 비해 높게 책정됐었다. 하지만 포스코의 합병으로 인해 업종이 철강업으로 바뀌었고 이에 온실가스 감축 부담을 덜게 되었다. 그 결과, 포스코는 합병한 부생가스 발전소를 통해 온실가스 배출 효율을 높여 공정에서 발생하는 온실가스를 합법적으로 많이 배출하겠다는 의도를 엿볼 수 있다. 이는 탄소배출권 거래를 하지 않고 하나의 회사로 통합해 이전보다 많은 양의 온실가스를 배출하려는 일종의 편법으로 보여진다.

온실가스 감축을 실현하기 위해서는 환경부의 적극적인 개입과 규제가 필요하다. 실제로 최근 유럽에서는 탈(脫)석탄화를 통해 대체에너지로의 변환을 준비하고 있다. EU는 2050년까지 탄소 순 배출량 0을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 앞으로 10년 동안 최대 1조 유로를 투자하기로 했다. 세계 최대 정유사인 영국의 브리티시페트롤리엄(BP)은 코로나19가 끝나도 석유 수요가 급증하지 않을 것으로 보고 탈탄소 로드맵을 구상하고 있다. 이를 위해 BP는 저탄소 에너지 사업 투자를 10배 늘린다고 밝혔으며, 재생에너지 및 전기 에너지의 역할을 증대시킬 것이라 밝혔다.

위 사례뿐만 아니라 정부의 강한 규제에 의한 경제 문제로 자금조달에 어려움을 겪는 민간기업이 화석연료사업을 스스로 포기하는 사례가 유럽 내 빈번하게 발생하고 있으며, 화석연료 사용과 탄소 배출량을 줄이며 다른 대체에너지를 구상해 이용할 준비를 하고 있다. 유럽의 사례에서 볼 수 있듯이, 유럽 내 기업들은 환경을 생각하는 정부의 규제, 높은 원료가격, 영업이익을 내기 힘든 산업 구조 등으로 인하여 경제성이 뒤떨어지고 있으며, 이에 화석연료 사용을 줄여나가고 있다. 이는 그린뉴딜 정책을 발표한 우리나라에서도 적용할 수 있는 적절한 본보기가 될 수 있다.

마찬가지로 국내의 한국가스공사는 창사 37주년을 맞아 수소 기반 친환경 기업으로의 전환을 발표했다. 이는 화석연료 기반의 자원 개발에서 수소 기반 친환경 신에너지 사업으로의 전환을 의미한다. 이렇게 전통적 친환경 에너지인 LNG 사업뿐만 아니라 온실가스 배출이 많은 철강산업, 그중에서도 제철소에 이를 적용한다면 온실가스 저감은 물론이고 부생가스의 활용 다각화를 통해 부생수소로의 전환을 꾀할 수 있다. 이미 2위 철강기업인 현대제철은 제철소·수소공장이 한 곳에 연계되어 수소 클러스터를 구축해 원가절감을 이루고 있다. 따라서 환경부 측의 포스코 부생가스 발전소처럼 특혜를 받는 사업장의 면밀한 조사와 함께 이전보다 강력한 온실가스 규제를 만든다면, 기업 스스로 부생수소 발전을 할 수 있도록 유인할 수 있을 것으로 보이며, 정부는 수소발전 정착단계에서 필요한 보조금을 지원하는 등 국가와 기업이 수소로 하나 되어 ‘수소 경제’ 초기의 수소 확보에 힘써야 한다.

2.3. 석유산업의 현황

철강산업 못지않게 석유화학산업도 여전히 많은 온실가스를 배출하고 있다. 석유화학산업은 석유에서 추출된 나프타를 원료로 다른 산업에서 요구하는 다양한 원재료를 만들어 공급하는 산업이다. 공정 과정에서 탄소 성분이 부생유, 부생가스, 폐가스 등으로 변환되며, 이러한 부가물을 연료로 사용하거나 소각에 사용한다. 이때 막대한 이산화탄소가 발생해 온실가스를 배출하게 되는데 그 배출량이 <표 1>의 ‘온실가스 배출량’에서 볼 수 있듯이 양이 상당히 많은 것을 알 수 있다.

그렇다면 석유화학 기업들은 공정 과정 중에 발생하는 이산화탄소를 줄이기 위해 어떤 노력을 하는가? SK인천석유화학은 오염물질 배출 저감 시설을 추가로 설치하고 공정시설을 최적화하는 등 친환경 사업장 운영을 위해 500억 원을 투자했다. LG화학은 청정연료전환 청정개발체제(CDM)사업을 UN에 공식 등록함으로써 ‘UN 인증 온실가스 배출권(CER)’을 확보해 온실가스 배출량 저감을 위해 노력하고 있다.

이렇게 온실가스 배출을 줄이기 위한 석유화학 기업들의 노력은 물론이고 이제는 수소를 활용해 그린뉴딜에 한 발짝 다가서려는 움직임도 있다. SK에너지는 정부가 출범을 주도한 물류·수소업계 협의체 ‘수소 물류 얼라이언스(alliance)’를 통해 수소 사업을 진행할 예정이다. 특히, 군포 물류단지 등에 수소 화물차 충전소를 운영해 수소 화물차 시범사업을 벌일 계획이다. 현대오일뱅크는 자체 석유화학공장에서 발생하는 부생수소와 기존 주유소를 활용해 수소 충전소 시장을 선점하려고 한다. 2019년 5월 롯데케미칼과 합작 설립한 현대케미칼은 나프타 분해시설인 HPC 공장을 가동하기로 했다. 지금까지 정제 과정에서 발생하는 부생수소는 정유공장 자체에서 활용됐지만, HPC 공장이 완공되면 정유공장에서 필요로 하는 양보다 훨씬 많은 수소가 생산된다. 이렇게 남는 부생수소를 수소 충전소에서 적극 판매함으로써 수소의 활용도를 높이고 수소 보급을 보편화하려고 한다.

2.4. 제도 개선을 통한 기대효과

지난 7월에 발표한 한국판 그린뉴딜의 수소경제위원회 안전에 따르면, 2023년(계획 초기)까지는 현재의 부생수소 생산량과 생산기지로 충분히 국내 수소 수요의 공급이 가능하다고 한다. 특히, 현시점에서 공급 가능한 부생수소 물량은 최대 약 2.6만 톤으로, 수요가 증가함에 따라 수송용으로 충분히 공급할 수 있다고 보고 있다. 그러나 2030년(초~중기)까지의 수요를 충당하기 위해 신규 수소 공급 창출이 필요하며, 이를 위해 해외에서 그린 수소 수입 추진을 계획하고 있고, SK석유화학 5만 톤과 제철소 등에서 30만 톤 이상을 추가 공급 가능하리라 전망하고 있다.

이렇듯 현재 부생수소 생산기업은 수소를 자체적으로 자가 연료로 사용하고 있으나, 이 과정에서 많은 양의 이산화탄소를 배출하고 있고, 일부 기업은 부생가스를 부생수소로 전환하려는 움직임을 보이긴 하지만 아직 미비한 것이 사실이다. 부생가스를 부생수소로 전환하는 것과 함께 발전용이 아닌 수송용으로 활용하기 위해서는 기존에 연료로 이용하던 부생가스를 다른 화석연료로 대체해야 한다는 한계점이 있다. 이 과정에서 화석연료를 사용하게 된다면, 추가적인 온실가스 배출이 예상되므로 그린뉴딜의 목적에 부합하지 않는다.

따라서, 특정 기업의 방지시설 면제 사업장과 같은 온실가스 배출 관련 규제를 재정비하고, 부생수소 등 신재생에너지로의 전환 촉진을 위해 정부의 보조금과 같은 지원이 필요하다고 판단된다. 이후 안정적인 수소공급을 통해 화석연료가 수소로의 완전한 대체가 이루어진다면, 유럽 사례를 넘어 기업 자체적으로 자연스러운 신재생에너지로의 전환이 이루어지는 선진사례가 될 것이다.

제3장 중기 대한민국 수소 정책 방향

3.1. 수소경제위원회 안건 현황

수소경제위원회의 안건에서는 지역별로 수소 정책 현황에 관해 설명하며 그 지역의 수소 정책에 맞춰 ‘수소 도시’를 구축하고자 한다. 해당 안건에서는 1) 수소 기업과 연구기관이 혁신을 창출하는 ‘수소 클러스터’, 2) 수소 신기술과 신사업을 실증할 수 있는 ‘규제자유특구’, 3) 생활형 수소 인프라를 보급하는 ‘수소 시범도시’ 등 총 세 가지 권역들이 조화를 이뤄 국내 수소 생태계를 육성하고자 한다. 이 권역들에는 인천, 울산, 전주, 충남, 강원 등 2차 산업이 기반인 지역들이 대부분을 차지하고 있다.

본 장에서는 안건에서 제시한 여러 지역 중 인천, 여수의 수소 생태계 타당성을 확인하고자 한다. 인천은 수소 생산을 전담하는 산업형 수소 클러스터 지역으로 선정되어 지역특화사업과의 연계를 강화하고자 한다. 여수는 현재 부생수소를 공급하는 지역으로, 향후 대량 수소 공급지를 목표로 하고 있다.

이 밖에도 언급되지 않은 지역 중에서, 수소를 이용해 새로운 인프라를 구축한다면 그 효과가 클 것으로 예상되는 지역을 새롭게 제안함으로써 수소 생태계 기반을 더욱 다양하게 구축할 수 있도록 도움을 주고자 한다.

3.2. 인천, 여수 지역의 수소 생태계 타당성 검증

본 절에서는 안전에서 제시한 인천, 여수의 수소 생태계에 대한 타당성을 검증하고자 한다. 3.2절과 3.3절에 나오는 표는 국토교통부 통계누리의 자동차등록현황보고(Total Registered Motor Vehicles)에 있는 자동차 등록 통계 엑셀 자료(2015.09~2020.06)를 활용하였다. 각 엑셀 파일에서 2번째 시트인 “통계표_시군구” 시트를 활용하였으며, 별도의 전처리 없이 해당 지역의 자동차 현황을 그대로 가지고 왔음을 명시하는 바이다.

(a) 인천

먼저, 안전에서 소개하는 인천 수소 클러스터에 대해 알아보도록 한다. 인천은 인천 SK석유화학, 인천 현대제철 등이 입지해 있어 2차 산업이 발달한 도시이다. 이에 수소 활용이 많을 수 있으므로 인천에 대한 수소 클러스터 계획은 적합하다고 할 수 있다. 또한, 여러 산업 단지들이 있어 많은 영업용 차량들이 쉽 없이 움직이는데, 그 숫자는 전국에서 순위권을 다룰 정도로 많다. 크기가 큰 차량일수록 수소차가 적합하기 때문에, 영업용 혹은 화물용 차량을 수소차로 점차 전환하면 수소 클러스터가 더욱 활성화될 것이다.

용도별 차종	관용	자가용	영업용	계
승용	1,535	1,100,942	313,241	1,415,718
승합	1,073	37,599	12,255	50,927
화물	1,339	159,613	30,574	91,526
특수	126	1,984	5,216	7,326
총계	4,073	1,300,138	361,286	1,665,497

〈표 2〉 인천 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)

(b) 여수

여수는 부생수소 공급망 구축이 예정돼있다. 여수의 GS칼텍스와 포스코가 운영하는 광양국가산업단지에서 안정적으로 공급할 수 있는 부생수소를 더욱 특화시켜 2025년까지 부생수소 공급 구역을 계획 중이다. 이를 실행하게 되면, 국내 3대 석유화학 공장인 포스코가 운영하는 제철소에서 생산되는 부생수소를 여수에서 바로 활용할 수 있게 될 것이다.

그러나 이후 3.4절에서 후술하겠지만, 여수의 자동차 관련 지표는 타 도시들과 비교하면 부족하다. 해당 지역은 부생수소 공급에 유리하다는 이유로 수소특화 도시에 선정되었으나, 자동차 관련 지표는 타 도시에 비해 부족하므로 여수 전체가 하나의 수소특화도시가 되기 위해서는 수소 자동차 인프라 구축뿐만 아니라 여타 산업에서 수소의 사용이 전제되어야 함을 시사하는 바이다.

용도별 차종	관용	자가용	영업용	계
승용	185	104,143	2,207	106,535
승합	145	3,871	704	4,720
화물	190	21,065	3,313	24,568
특수	16	250	797	1,063
총계	536	129,329	7,021	136,886

〈표 3〉 여수 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)

3.3. 수소 생태계 기반 확장 구축을 위한 지역 제안

본 절에서는 안전에서 언급되지 않은 지역을 추가로 제안하고자 한다.

(a) 부산

먼저 새로이 제안하는 지역 중 첫 번째는 ‘부산’이다. 부산은 국내 최대 항구인 부산항이 있는 도시로, 부산항은 2020년 1~5월 세계 컨테이너 항만 물동량 순위에서 4위를 차지할 정도로 규모가 큰 국제적인 항구이다. 그만큼 트레일러 같은 산업용 차량이 많이 있으며, 국내 무역 현황에 따라 그 규모는 더욱 커질 수 있다. 충전 시간이 짧고 대형차에 유리한 수소차의 특성상, 부산의 산업용 차량은 수소 자동차로 점차 대체가 가능할 것이다.

이뿐만 아니라 최근 현대자동차는 호주연방과학산업연구기구(CSIRO)와 기술 협력을 통해 호주의 수소를 국내로 대량 운송할 계획을 준비하고 있다. 호주 산 수소를 수입하게 된다면 자연스레 시설이 가장 잘 갖춰진 국내 최대 항구인 부산항이 적합할 것이므로, 부산의 수소 생태계 구축은 필수적이다. 게다가 최근 정부는 2040년까지 매년 수소 300만 톤을 처리할 수 있는 수소 전용 항만을 조성하기로 했는데 여기에 부산이 포함됐다. 수입하거나 생산한 수소를 안전하게 저장·유통하는 수소 전용 항만이 부산항에 들어서게 된다면, 기존의 무역은 물론이고 수소무역까지 그 파급효과가 엄청날 것이다.

차종 \ 용도별	관용	자가용	영업용	계
승용	1,681	1,089,974	79,000	1,170,655
승합	1,312	35,453	6,178	42,943
화물	1,648	151,750	33,664	187,062
특수	135	1,675	8,856	10,666
총계	4,776	1,278,852	127,698	1,411,326

〈표 4〉 부산 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)

(b) 평택

두 번째 지역은 ‘평택’이다. 우리나라는 GDP 대비 수출 비중이 2019년 기준 39.8%로 수출이 대다수를 차지한다. 그중에서도 대(對)중국 수출의존도는 2019년 기준 25%로, 다른 교역상대국들과 비교해서 매우 높은 편이다. 이런 점을 미루어 보아, 평택은 중국과 가까운 지역으로 평택항을 통해 중국과 수소 무역을 할 수 있으리라 예상된다. 평택항 또한 부산, 울산과 더불어 정부가 추진하는 수소전용 항만 예상 부지 중 하나이다. 여기에 더해 인근 당진의 현대제철 부생수소 발전소에서 생산되는 수소를 평택항을 통해서 중국에 수출할 수도 있으므로, 평택은 수소 도시로써 매력적으로 보인다.

용도별 차종	관용	자가용	영업용	계
승용	315	227,340	3,233	230,888
승합	178	8,545	1,626	10,349
화물	235	32,718	6,002	38,955
특수	21	380	847	1,248
총계	749	268,983	11,708	281,440

<표 5> 평택 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)

(c) 제주

세 번째 지역은 ‘제주’이다. 제주는 이후 3.4절에서 후술할 대형차·안정성·충전 시간이라는 세 가지 기준으로 봤을 때, 모든 기준에서 순위권을 차지하는 특별한 지역이다. 2차 산업이 발달되지 않아 특별한 공업지대가 없는 지역임에도 불구하고, 제주도는 관광 산업이 발달해 택시 등 영업용 차량이 많기 때문에, 충전 시간이 짧은 수소 자동차가 유리하다. 이뿐만 아니라, 최근 제주도는 기존의 풍력 발전소 외에도 해상 풍력 발전소를 운영하면서 탄소배출 제로를 목표로 하고 있다. 이러한 제주도에 수소 인프라가 구축되어 친환경 에너지와 시너지 효과를 낳게 된다면, 제주도는 선도적인 청정지역으로 거듭나게 될 것이다.

용도별 차종	관용	자가용	영업용	계
승용	862	286,887	217,738	505,487
승합	481	11,363	7,291	19,135
화물	1,042	75,672	3,662	80,376
특수	83	654	644	1,381
총계	2,468	374,576	229,335	606,379

<표 6> 제주 지역 등록 자동차 현황(2020.06 기준)

(d) 강원도

마지막 지역은 강원도다. 강원도는 북한과의 접경 지역으로, 향후 통일 한반도에서 중요한 역할을 차지할 것으로 전망된다. 특히, 수소 열차를 지금의 철도시스템에 접목시킨다면, 그 효과는 더욱 클 것으로 보인다. 현재 북한의 함경북도 지역에는 많은 양의 갈탄이 매장되어 있다. 갈탄은 수소 추출에 있어서 원료가 되는 지하자원으로, 수소공급이 원활하게 되기 위해서는 갈탄의 필요성이 더욱 부각된다. 이 갈탄의 공급을 위해서 남북한을 잇는 동해선 철도를 제안하는 바이다. 향후 통일이 되어 강원도의 철도를 이용해 북한의 자원과 남한의 기술이 만나 수소인프라를 구축한다면, 수소공급이 훨씬 수월해질 것이다.

해외로부터 비싼 비용을 지불해가며 수소를 수입하는 상황에서 벗어나 철도를 통해 온 민족이 하나되어 수소를 자급자족하게 된다면, 이는 인류 역사상 유례를 찾아보기 힘든 ‘에너지로 이룬 통일’이 될 것이다. 그 중심에는 강원도가 있으며, 강원도는 앞으로 통일 한반도에서 중추적인 역할을 할 수 있다고 판단된다.

강원도 지역의 자세한 내용은 4장에서 다루고자 하며, 이후 3.4절과 3.5절에서는 기존 안전에서 언급했던 인천, 여수 지역과 새롭게 제시한 부산, 평택, 제주 지역에 대하여 자동차 현황표와 일변량 시계열모형 분석을 통해 타당성을 검증하기로 한다. 3.6절에서는 전기차, 수소차 간의 상관성을 고려하여 벡터 시계열모형을 통해 통계적 분석을 진행하고자 한다.

3.4. 전기차 대비 수소차의 강점

가. 서론

현재, 수소차는 주행거리, 충전 시간 부분에서 전기차와 비교하면 큰 우위를 점하고 있었으나, 주행거리는 한국의 국토 규모를 고려했을 때 그 필요성이 절감되며, 전기차의 기술 발전으로 인해 비교우위가 퇴색되고 있다. 하지만 여전히 전기차 대비 수소차의 강점은 존재한다.

첫째로, ‘충전 시간’은 수소차의 큰 강점이다. 전기차는 고속 충전기를 이용한다 해도 완전 충전까지 15~30분이 소요되는 반면, 수소 전기차는 완전 충전까지 약 5분 정도 소요되기 때문이다.

둘째로, ‘안전성’ 또한 수소차의 큰 강점 중 하나다. 수소가 폭발하면 수소폭탄과 같은 강력한 위력을 가지는 것으로 오해하여 불안해하는 경우가 있는데, 이는 사실이 아니다. 수소차의 연료로 사용되는 수소(1H)는 수소폭탄에 사용되는 중수소(2H), 삼중수소(3H)와는 반응원리 및 개념이 다르다. 거기에 현재 시판된 유일한 수소 자동차인 넥쏘를 예로 들면, 국토교통부에서 제시하는 ‘자동차용 내압용기 안전에 관한 규정’에 따르기 위해 약 200여가지의 안정성 및 내구성 테스트를 진행하였기에 더욱 안전하다. 이에 반해 전기차는 전기차 공급이 활성화된 요즘에도 원인불명의 화재가 발생하고 있다.

마지막으로, ‘대형차’에서 수소 자동차는 전기 자동차에 비해 비교우위가 있다. 미국 에너지부와 컨설팅 업체 맥킨지(McKinsey)가 40톤 급 트럭의 구동계(파워트레인) 무게를 비교한 결과에 따르면, 디젤 엔진은 7.5톤, 전기차 배터리는 10톤인 반면, 수소차는 7톤이면 충분하다는 분석 결과가 있다. 즉, 대형 차량일수록 가격과 중량 측면에서 이득이 있음을 알 수 있다. 이에 본 절에서는 전기차 대비 수소차의 강점으로 ① 충전 시간, ② 안전성, ③ 대형차를 변수로 채택하고, 국토교통부에서 발표한 자동차 등록 통계자료를 활용, 수소 자동차로의 전환이 유리한 차종을 정의하여 각 변수별로 강점을 보이는 지역을 살펴보고자 한다.

나. 데이터 출처 및 전처리

3.4절에 나오는 모든 표는 국토교통부 통계누리의 자동차등록현황보고(Total Registered Motor Vehicles)에 있는 자동차 등록 통계 엑셀 자료(2015.09~2020.06)를 활용하였다. 각 엑셀 파일에서 2번째 시트인 “통계표_시군구” 시트를 활용하였으며, 데이터 전처리는 Python으로 진행하였음을 명시하는 바이다.

다. 첫 번째 변수 : 충전 시간

수소 자동차의 빠른 충전 시간은 ‘영업용 자동차’에 필수적인 요소다. 개인 자가용차는 주로 이용시간이 특정 시간대에 집중되어 있어 완속 충전으로도 충분히 운행할 수 있지만, 버스나 택시, 화물트럭과 같은 영업용 자동차에 긴 충전 시간은 매우 치명적이다. 따라서, 영업용 자동차는 수소차로의 대체 가능성이 농후하다고 판단된다. 영업용 자동차는 전체 표본의 수가 많으므로 순위에 큰 의미가 있는 것으로 보인다.

(a) 인천

인천은 전체 17개의 광역시도 중 영업용 자동차가 가장 많았으며, 계양구, 남동구, 강화군은 전국 250개의 시군구 중 각각 2, 3, 4위로 상위권이다.

인천(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
계양	196,716	2
남동	52,112	3
강화	44,390	4
부평	17,418	13
중	15,712	15
미추홀	11,511	26
서	11,029	28
연수	7,950	45
동	4,248	111
옹진	200	244
전체	361,286	1

<표 7> 인천 영업용 자동차 현황 및 순위

(b) 여수

전남 여수는 전국 250개의 시군구 중 62위로 영업용 자동차가 많았다.

전남(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
여수	7,021	62

〈표 8〉 여수 영업용 자동차 현황 및 순위

(c) 부산

부산은 전체 17개의 광역시도 중 6번째로 영업용 자동차의 대수가 많았으며, 수영구, 부산진구, 해운대구가 전국 250개의 시군구 중 6, 12, 20위로 상위권이다.

부산(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
수영	29,776	6
부산진	18,002	12
해운대	12,712	20
연제	9,538	33
남	8,361	42
금정	7,712	47
중	7,203	59
사하	6,792	66
사상	5,984	76
동	4,812	103
동래	3,922	121
강서	3,535	128
북	3,411	131
기장	2,490	149
영도	2,050	159
서	1,398	175
전체	127,698	6

〈표 9〉 부산 영업용 자동차 현황 및 순위

(d) 평택

경기도 평택은 전국 250개의 시군구 중 23위로 차량이 많은 편이다.

경기(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
평택	11,708	23

〈표 10〉 평택 영업용 자동차 현황 및 순위

(e) 제주

제주도는 전체 17개의 광역시도 중 3번째로 영업용 자동차가 많았으며, 제주시는 전국 250개의 시군구 중 1위로 상위권이다.

제주도(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
제주	227,422	1
서귀포	1,913	161
전체	229,335	3

〈표 11〉 제주도 영업용 자동차 현황 및 순위

라. 두 번째 변수 : 안정성

공무차량(관용차량)에 주로 포함된 응급차와 소방차는 생명과 직결되는 작업에 투입되기 때문에, 안정성은 필수요건 중 하나다. 더불어 정부의 보조금 지원에 따라 유동적으로 변화가 가능한 차량이다. 따라서, 관용차 또한 수소 자동차로의 전환이 유리한 차종으로 정의한다. 하지만 해당 차량의 종류는 전체 차량의 대수가 다른 기준에 비해 적기 때문에 순위에 큰 의미를 둘 수 없음을 명시한다.

(a) 인천

인천은 17개의 광역시도 중 10위로 관용차의 수가 많았고, 남동구는 전국 250개의 시군구 중 7위로 상위권이다.

인천(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
남동	858	7
중	683	21
서	436	60
미추홀	416	65
연수	400	74
부평	349	103
강화	341	108
계양	286	149
옹진	214	206
동	90	249
전체	4,073	10

〈표 12〉 인천 관용 자동차 현황 및 순위

(b) 여수

전남 여수는 전국 250개의 시군구 중 38위로 관용차량의 수가 많았다.

전남(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
여수	536	38

〈표 13〉 여수 관용 자동차 현황 및 순위

(c) 부산

부산은 17개의 광역시도 중 9위로 관용차량의 수가 많았고, 연제구는 전국 250개의 시군구 중 4위로 상위권이다.

부산(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
연제	955	4
부산진	379	89
해운대	322	122
강서	317	125
중	314	127
사상	287	148
금정	284	151
사하	269	158
기장	267	159
북	245	176
영도	239	183
남	228	192
동	189	224
동래	181	230
수영	165	234
서	135	244
전체	4,776	9

〈표 14〉 부산 관용 자동차 현황 및 순위

(d) 평택

평택은 전국 250개의 시군구 중 13위로 관용차량의 수가 많았다.

경기(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
평택	749	13

〈표 15〉 평택 관용 자동차 현황 및 순위

(e) 제주

제주도는 17개의 광역시도 중 13위로 그 순위는 낮았으나, 제주시는 2위, 서귀포시는 10위로 전국 250개의 시군구 중 관용 자동차가 많았다.

제주도(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
제주	1,650	2
서귀포	818	10
전체	2,468	13

〈표 16〉 제주도 관용 자동차 현황 및 순위

마. 세 번째 변수 : 대형차

자동차 등록 구분 3가지 중 가장 높은 비율을 차지하는 자가용은 소형차가 대부분이며, 배터리 기술이 많이 발전한 점을 고려하였을 때, 전기 자동차가 수소 자동차에 비해 유리하다. 하지만 승합차, 화물차, 특수차와 같은 대형차는 수소 자동차가 전기 자동차에 비해 비교우위를 가질 수 있다고 판단된다. 대형차의 전체 차량 대수 또한 영업용 자동차의 전체 차량 대수보다는 적지만, 관용차량의 전체 차량 대수보다는 비교적 많으므로 순위에 의미가 있는 것으로 보여진다.

(a) 인천

인천은 17개의 광역시도 중 7위로 대형차가 많았으며, 서구와 남구가 전국 250개의 시군구 중 8위와 11위로 대형차가 많았다.

인천(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
서	44,733	8
남동	42,362	11
부평	35,287	20
계양	32,862	26
미추홀	28,468	36
중	22,464	66
연수	19,188	93
강화	13,477	146
동	6,599	224
옹진	4,339	244
전체	249,779	7

〈표 17〉 인천 대형 자동차 현황 및 순위

(b) 여수

전남 여수는 전국 250개의 시군구 중 31위로 대형차가 많았다.

전남(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
여수	30,351	31

〈표 18〉 여수 대형 자동차 현황 및 순위

(c) 부산

부산은 전체 광역시도 중 8위로 대형차가 많았으며, 사상구와 부산진구가 전국 250개의 시군구 중 75위와 77위로, 부산지역에서 상위권인 시군구가 전국적으로 상위권에 위치하진 못했다.

부산(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
사상	20,927	75
부산진	20,678	77
해운대	20,523	81
사하	19,662	88
강서	19,455	90
남	18,856	97
금정	17,746	102
북	17,589	104
동래	15,418	126
기장	14,627	138
연제	14,488	141
수영	10,420	177
중	9,731	182
동	8,598	201
영도	6,136	227
서	5,817	230
전체	240,671	8

〈표 19〉 부산 대형 자동차 현황 및 순위

(d) 평택

평택은 전국 250개의 시군구 중 6위로 대형차의 대수가 많은 편임을 확인할 수 있다.

경기(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
평택	50,552	6

〈표 20〉 평택 대형 자동차 현황 및 순위

(e) 제주

제주도는 전체 17개의 광역시도 중 15번째로 대형차가 많았으며, 제주시와 서귀포시는 전국 250개의 시군구 중 2위 27위로 모두 상위권에 위치하였다.

제주도(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
제주	68,753	2
서귀포	32,139	27
전체	100,892	15

〈표 21〉 제주도 대형 자동차 현황 및 순위

마. 첫 번째~세 번째 변수 종합

수소 자동차로의 교체가 가장 농후하다 판단되는 차량을 엄선했다. 충전 시간, 안전성, 대형차 3가지 조건을 모두 만족하기 위해서, 1) 승합차에서 영업용과 관용차량에 해당되는 차종, 2) 화물차에서 영업용과 관용차량에 해당되는 차종, 3) 특수차에서 영업용과 관용차량에 해당되는 차종을 ‘목표 차량’이라 정의하는 바이다.

(a) 인천

인천은 전체 17개의 광역 시도 중 4위로 목표 차량이 많았으며, 중구, 서구, 계양구는 전국 250개의 시군구 중 2, 13, 14위로 상위권이다.

인천(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
중	11,735	2
서	7,060	13
계양	6,886	14
남동	6,016	22
미추홀	5,463	28
부평	4,209	49
연수	3,625	65
강화	3,241	80
동	2,075	131
옹진	273	245
전체	50,583	4

<표 22> 인천 목표 차량 현황 및 순위

(b) 여수

여수는 전국 250개의 시군구 중 34위로, 목표 차량이 많은 편임을 확인할 수 있다.

전남(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
여수	5,165	34

〈표 23〉 여수 목표 차량 현황 및 순위

(c) 부산

부산은 전체 17개의 광역시도 중 3위로 목표 차량의 대수가 많았으며, 중구와 남구가 전국 250개의 시군구 중 12위와 18위로 상위권이다.

부산(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
중	7,238	12
남	6,562	18
금정	4,588	41
연제	3,951	54
동	3,666	61
부산진	3,434	72
사상	3,138	83
해운대	3,014	91
강서	2,785	100
사하	2,648	110
수영	2,598	113
동래	2,365	121
북	2,087	130
기장	1,793	139
서	1,100	177
영도	826	190
전체	51,793	3

〈표 24〉 부산 목표 차량 현황 및 순위

(d) 평택

평택은 전국 250개의 시군구 중 5위로 목표 차량의 대수가 많았다.

경기(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
평택	8,909	5

〈표 25〉 평택 목표 차량 현황 및 순위

(e) 제주

제주도는 전체 17개의 광역시도 중 16위로 목표 차량의 대수가 많았으며, 제주시가 전국 250개의 시군구 중 1위로 목표 차량의 대수가 가장 많음을 알 수 있다.

제주도(시군구)	전체 차량 대수	전국 시군구 순위
제주	11,850	1
서귀포	1,353	162
전체	13,203	16

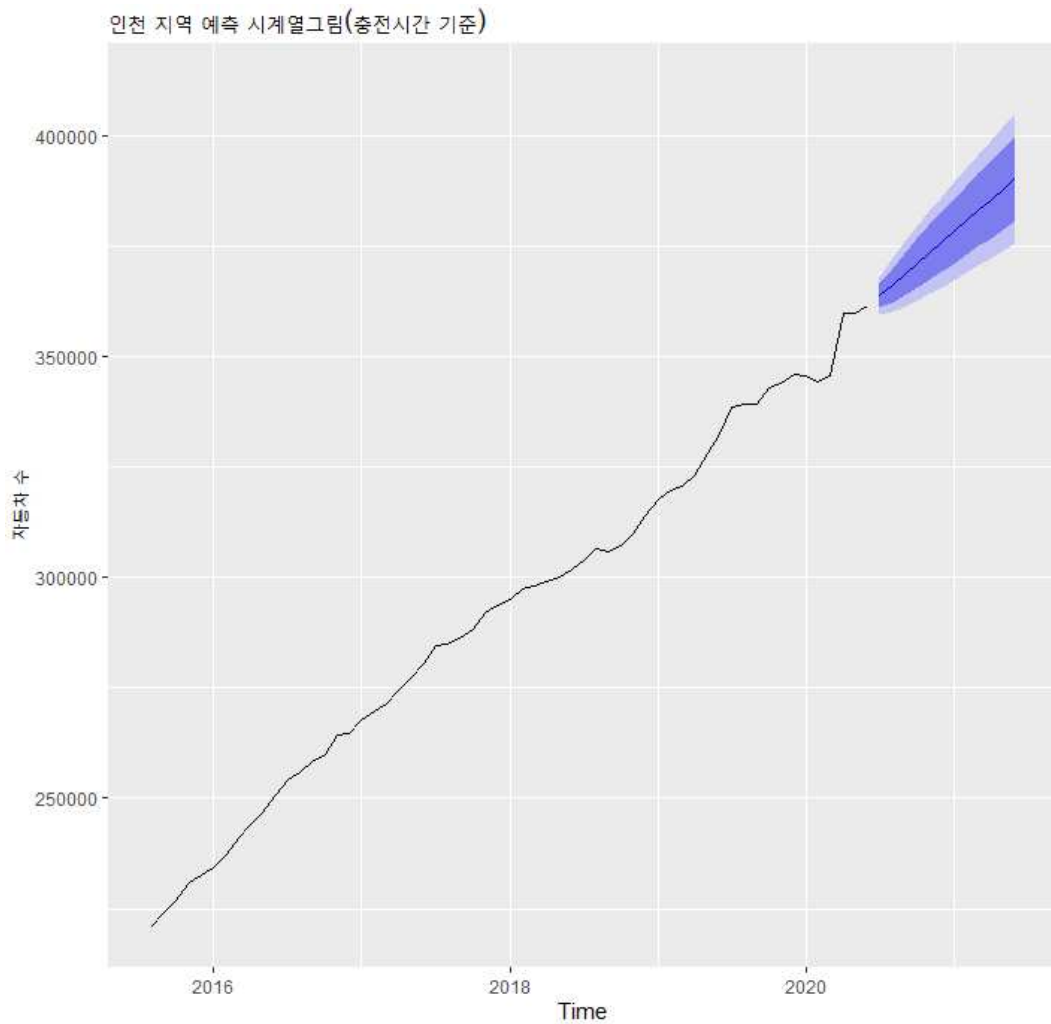
〈표 26〉 제주 목표 차량 현황 및 순위

3.5. 지역별 충전 시간, 안정성, 대형차 변수 기준 시계열모형 분석 및 예측

가. ‘충전 시간’ 변수 기준 지역별 시계열모형 예측

앞서 3.4절에서 다른 변수를 토대로 향후 1년간의 차량 대수를 예측하고자 한다. 충전 시간 변수 기준으로는 ‘영업용 차량’의 대수를 예측할 수 있다.

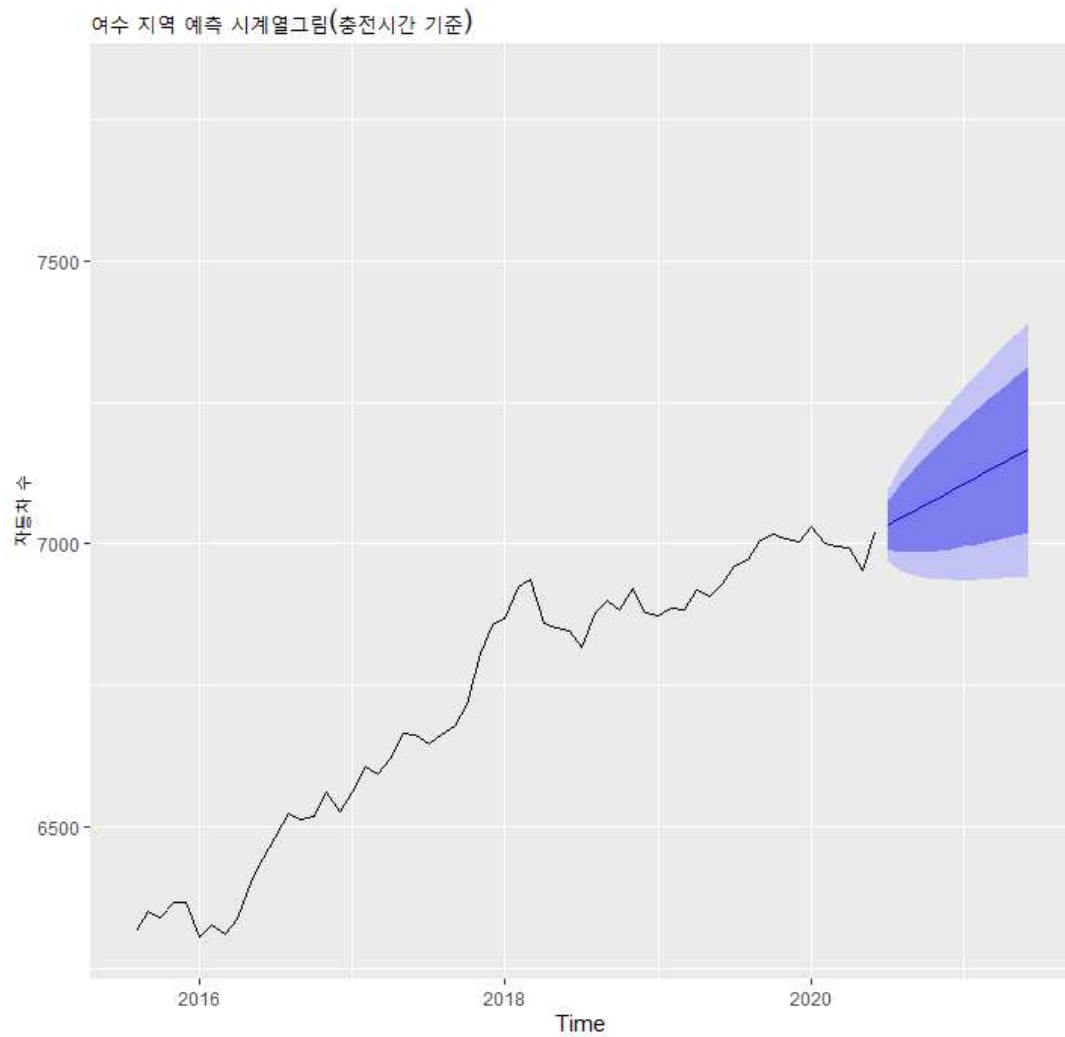
(a) 인천



<그림 1> 인천 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준)

인천 지역은 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 인천 지역은 향후 1년간 영업용 차량 대수가 계속 증가할 수 있을 것으로 보인다.

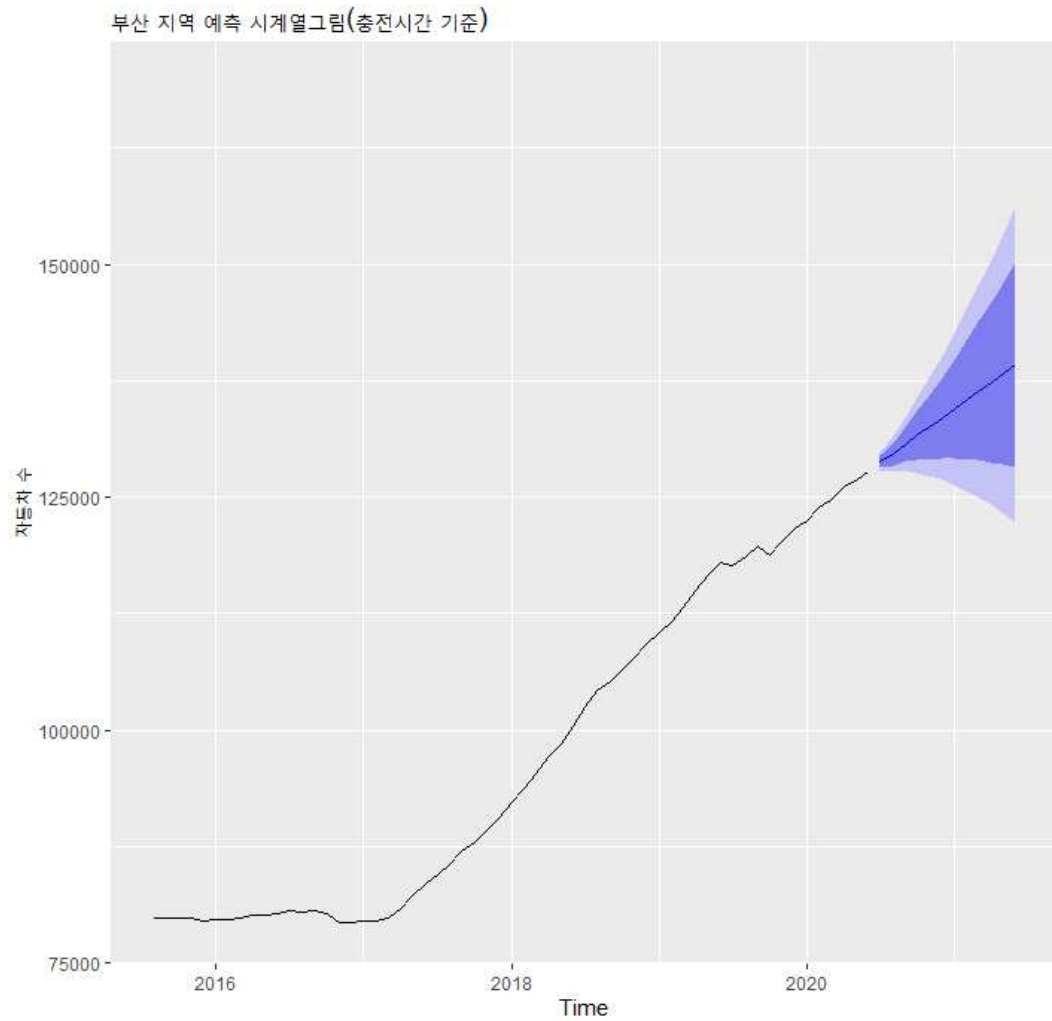
(b) 여수



<그림 2> 여수 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준)

여수 지역도 마찬가지로 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 영업용 차량의 대수가 증가할 수 있을 것으로 보인다.

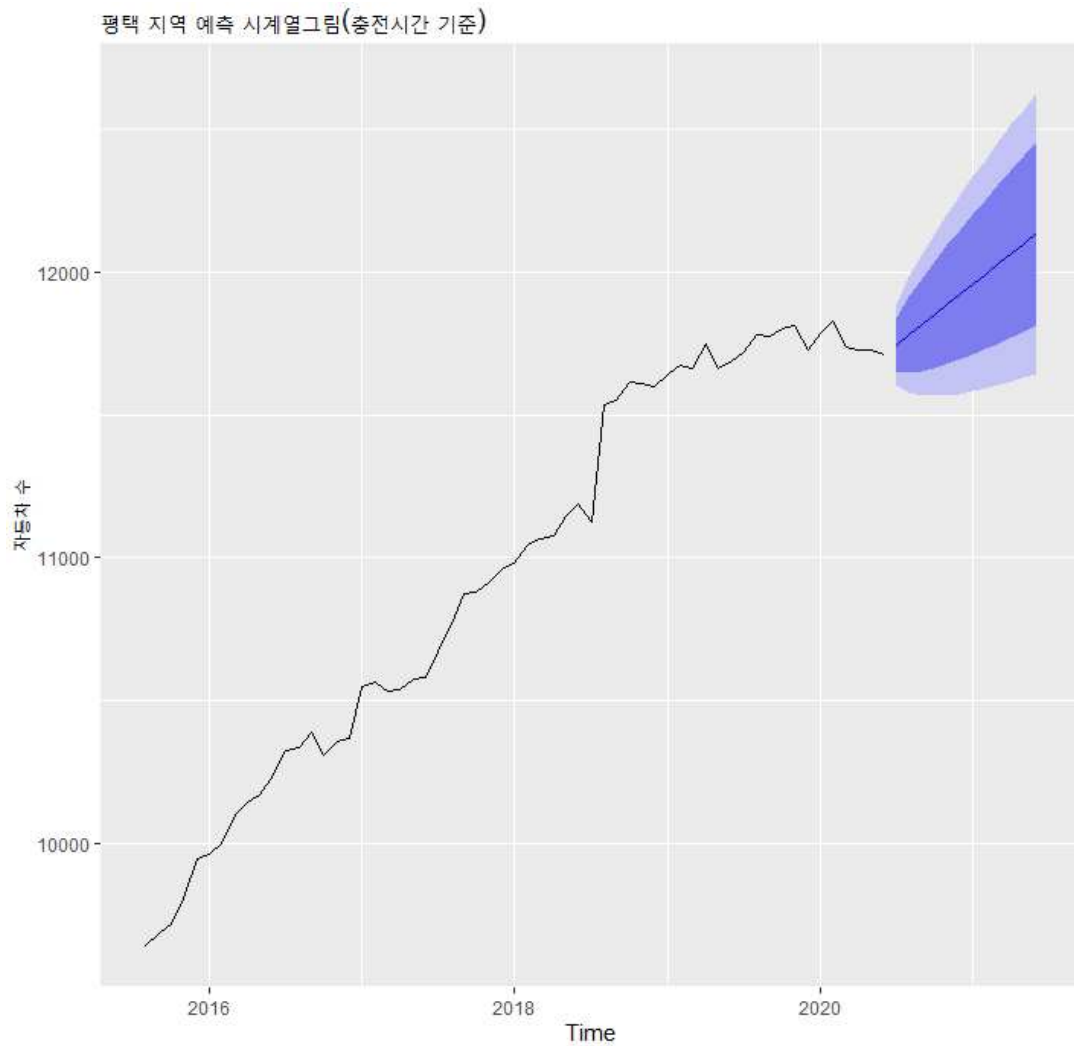
(c) 부산



<그림 3> 부산 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준)

부산 지역은 ARIMA(2,2,1) 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 영업용 차량의 대수가 증가할 수 있을 것으로 보인다.

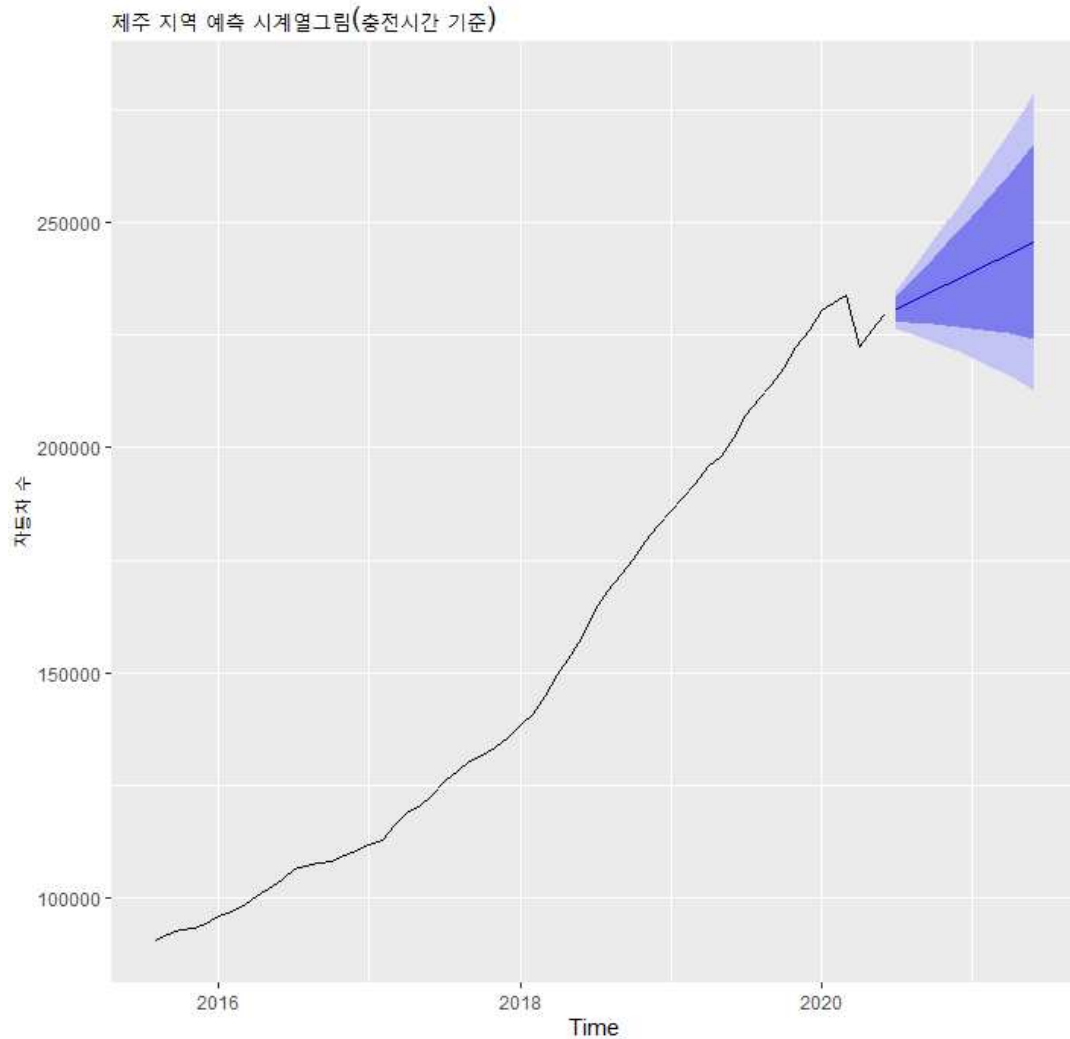
(d) 평택



<그림 4> 평택 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준)

평택 지역은 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 영업용 차량의 대수가 증가할 수 있을 것으로 보인다.

(e) 제주



<그림 5> 제주 지역 예측 시계열그림(충전 시간 기준)

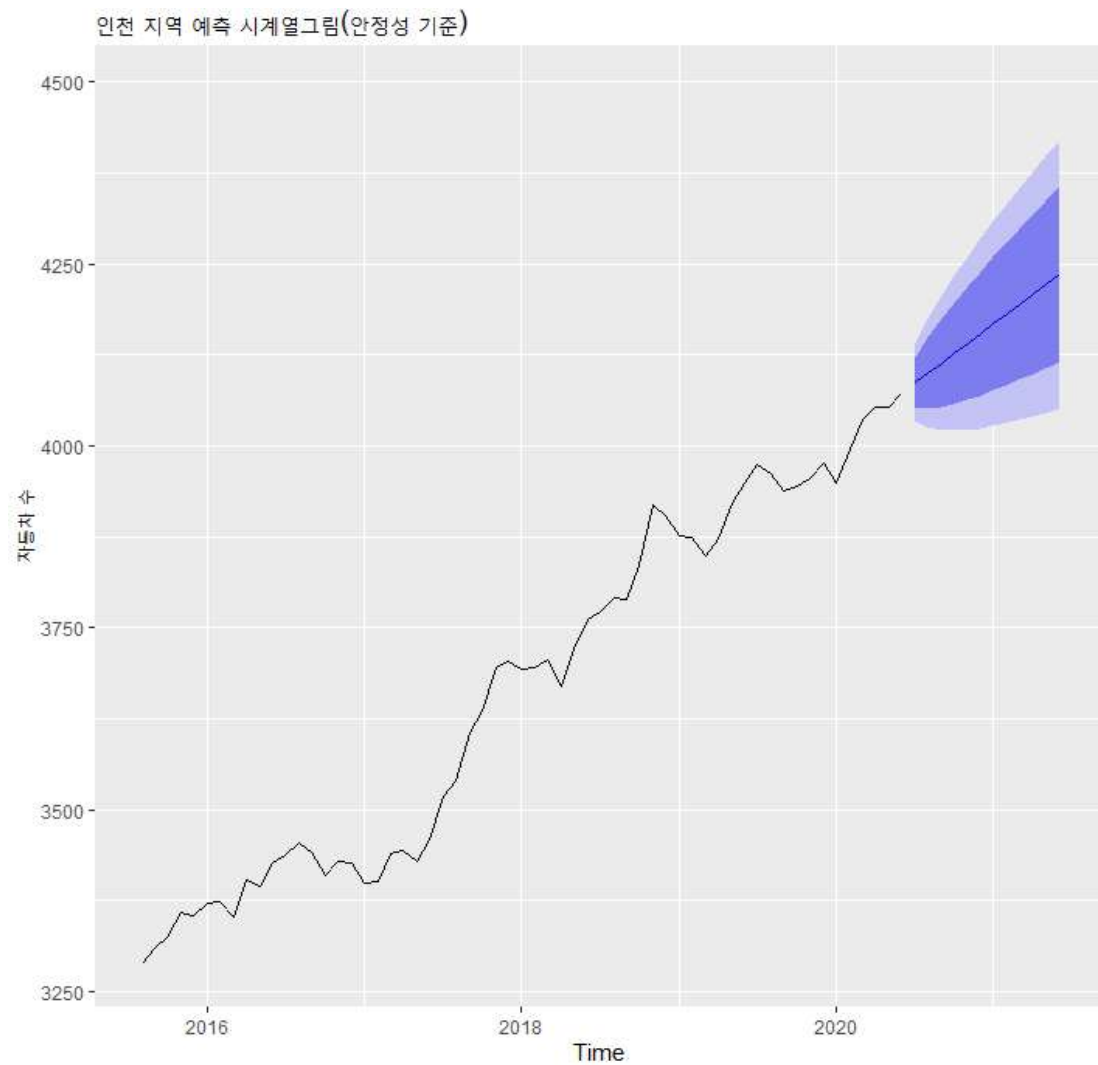
제주 지역은 ARIMA(0,2,1) 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 영업용 차량의 대수가 증가할 수 있을 것으로 보인다.

충전 시간 기준으로는 모든 지역에서 향후 1년간 영업용 차량의 대수가 증가할 수 있을 것으로 보이며, ‘영업용 차량’은 전체 표본의 수가 많으므로 본 시계열 분석은 타당한 것으로 보인다.

나. ‘안정성’ 변수 기준 지역별 시계열모형 예측

안정성 변수 기준으로는 ‘공무차량(관용차량)’의 대수를 예측할 수 있다.

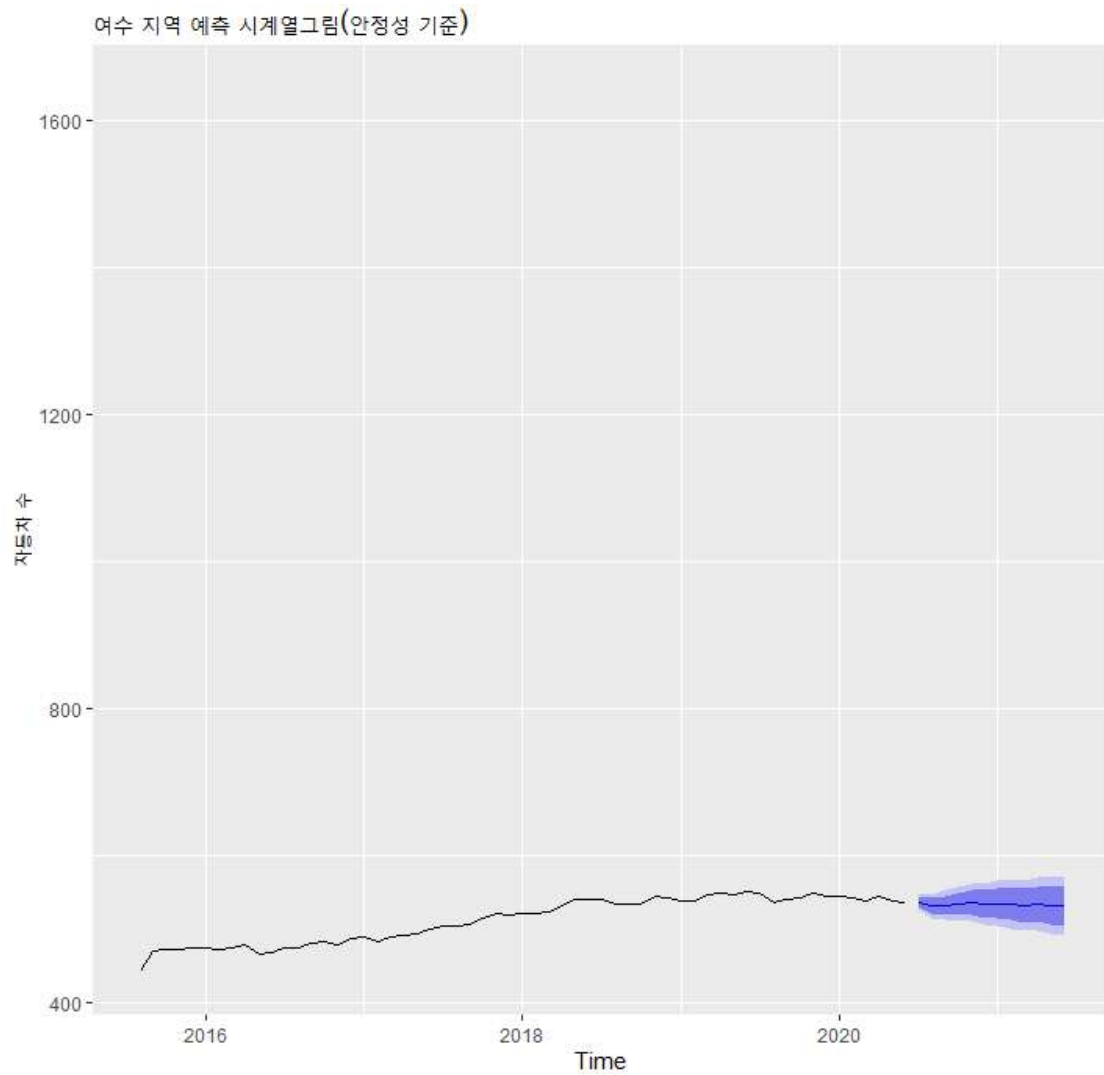
(a) 인천



〈그림 6〉 인천 지역 예측 시계열그림(안정성 기준)

인천 지역은 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 관용차량의 대수가 증가할 수 있을 것으로 보인다.

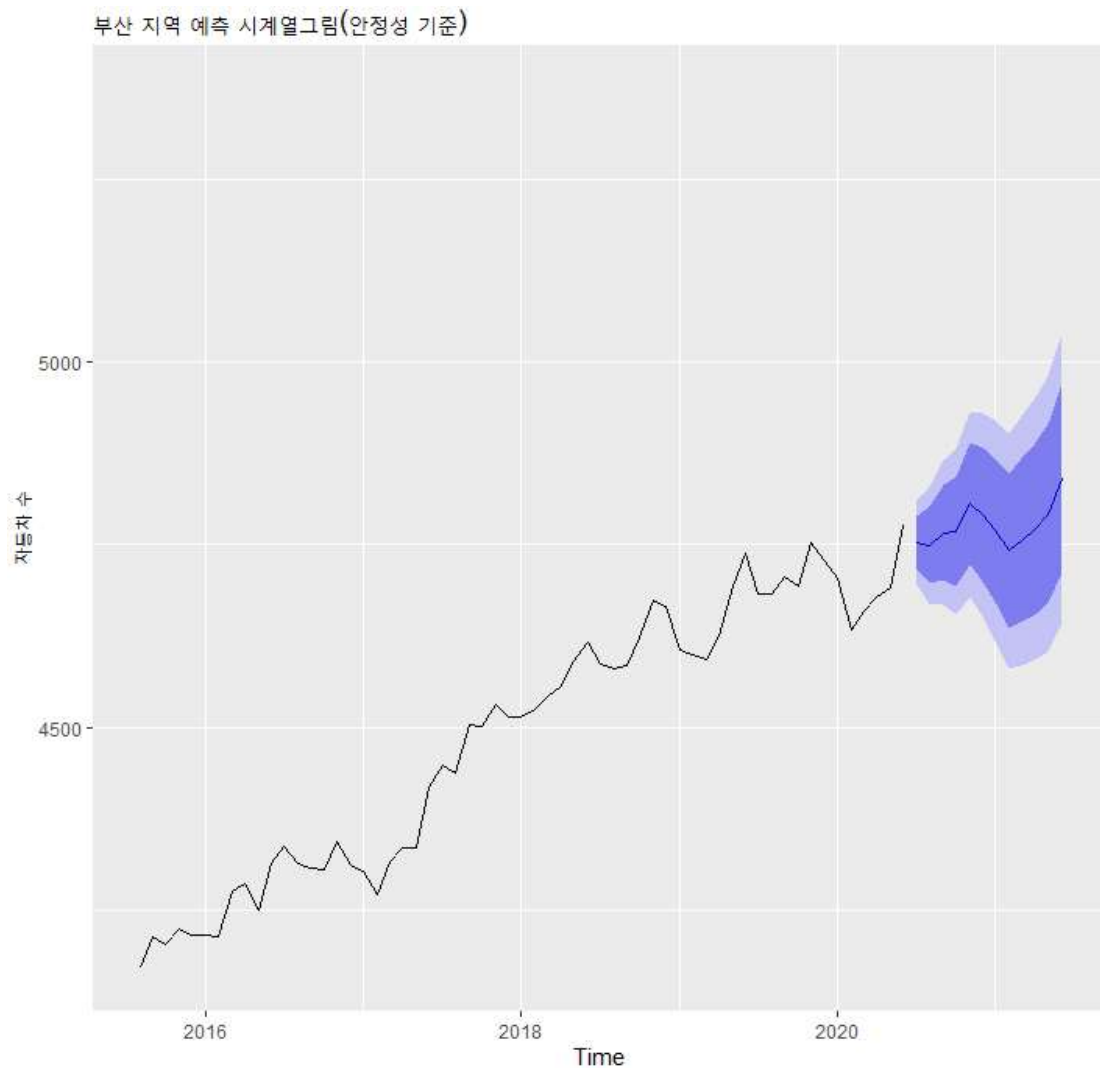
(b) 여수



<그림 7> 여수 지역 예측 시계열그림(안정성 기준)

여수 지역은 $ARIMA(0,1,0)(1,0,0)[12]$ 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 관용 차량의 대수는 아주 서서히 감소할 것으로 보인다.

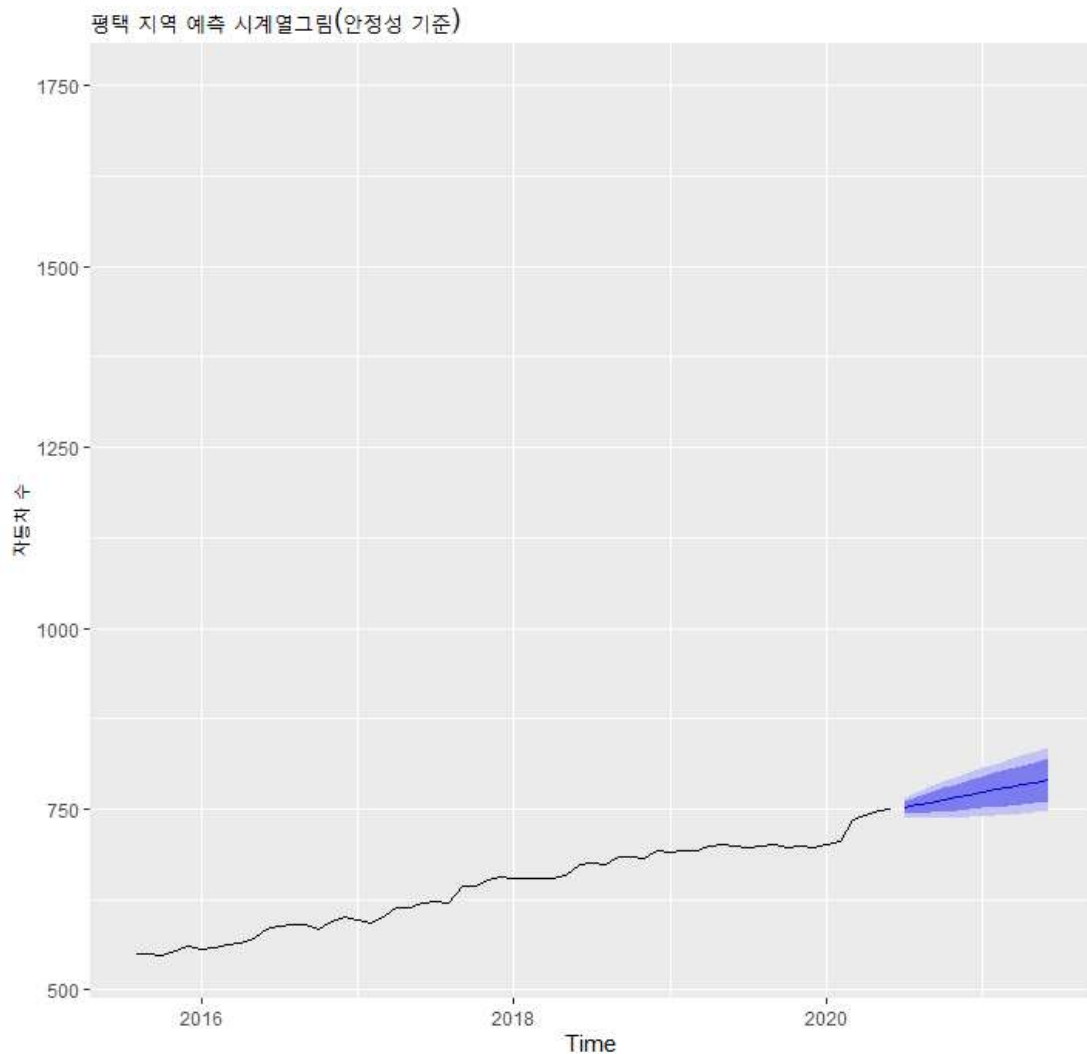
(c) 부산



<그림 8> 부산 지역 예측 시계열그림(안정성 기준)

부산 지역은 $ARIMA(0,1,0)(1,0,1)[12]$ 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 관용 차량의 대수는 증가한 후에 잠시 감소하다가 다시 반등할 수 있을 것으로 보인다.

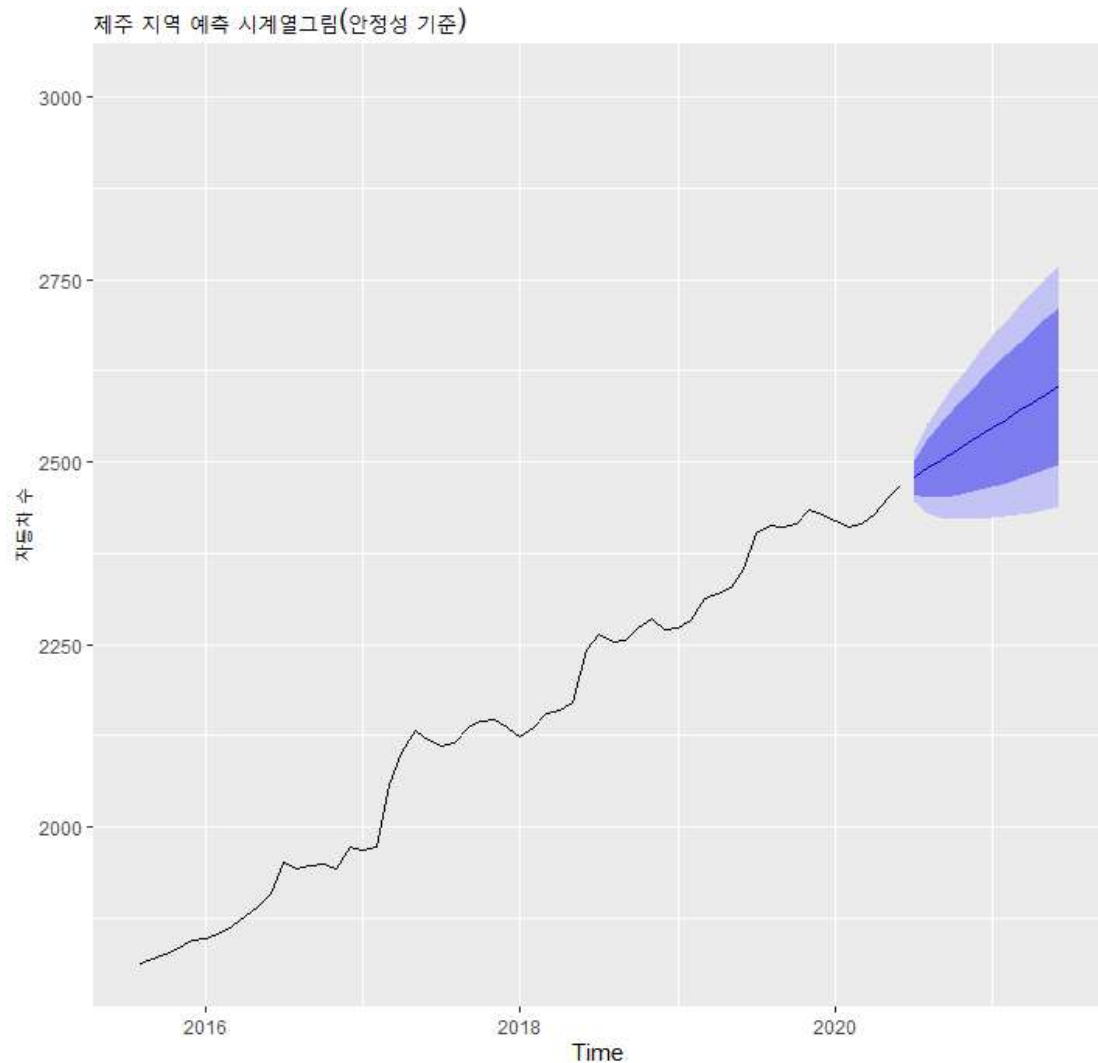
(d) 평택



<그림 9> 평택 지역 예측 시계열그림(안정성 기준)

평택 지역은 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 관용 차량의 대수는 서서히 증가할 수 있을 것으로 보인다.

(e) 제주



〈그림 10〉 제주 지역 예측 시계열그림(안정성 기준)

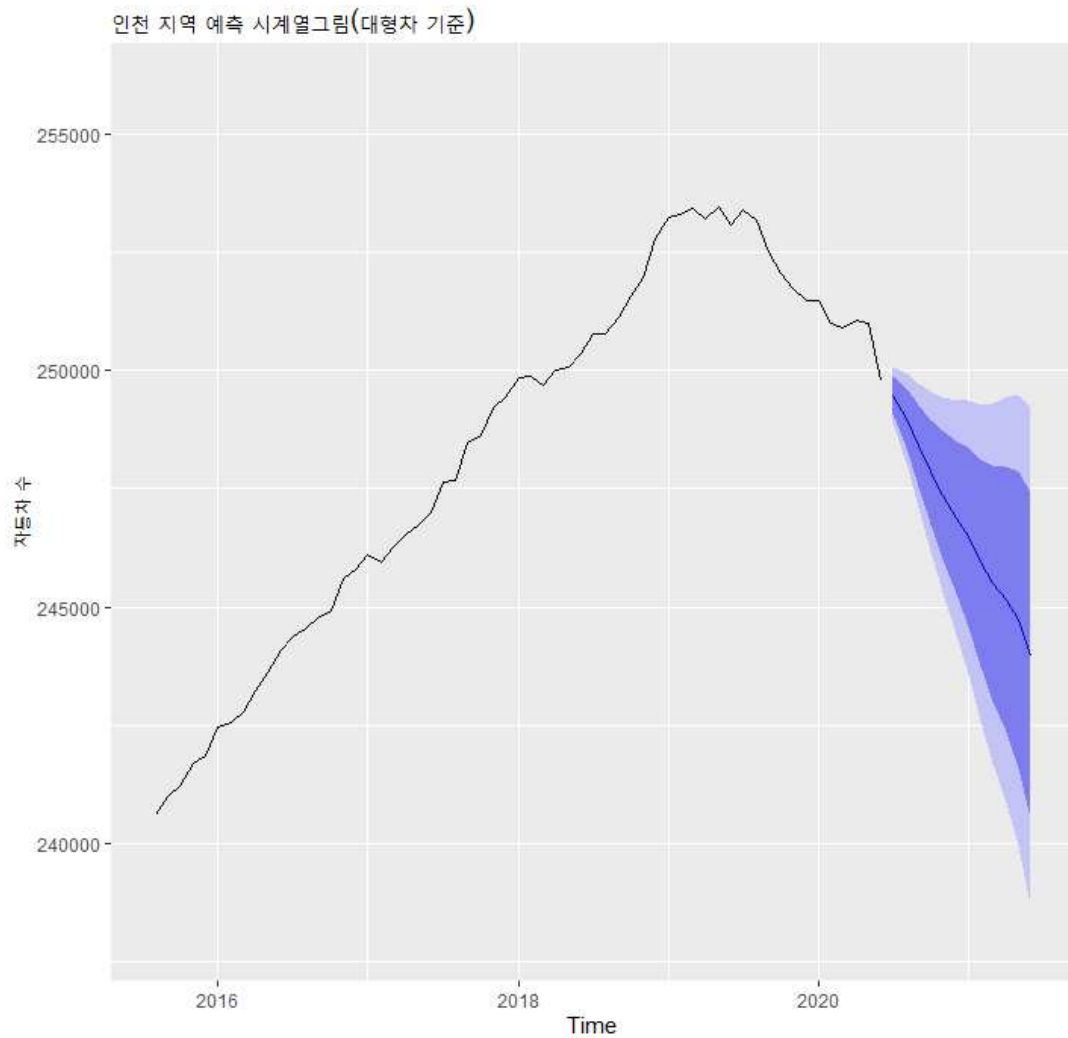
제주 지역은 ARIMA(0,1,1) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 관용 차량의 대수는 꾸준히 증가할 수 있을 것으로 보인다.

안정성 기준으로는 여수 지역을 제외한 나머지 지역에서 전반적으로 증가하는 추세를 확인할 수 있었다. 관용차량은 전체 차량의 대수가 다른 기준(충전 시간, 대형차 등)에 비해 적으므로 시계열모형에 큰 의미를 둘 수 없으며, 단순 참고용으로만 사용해야 함을 시사하는 바이다.

다. ‘대형차’ 변수 기준 지역별 시계열모형 예측

대형차 변수 기준으로는 ‘대형차량’의 대수를 예측할 수 있다.

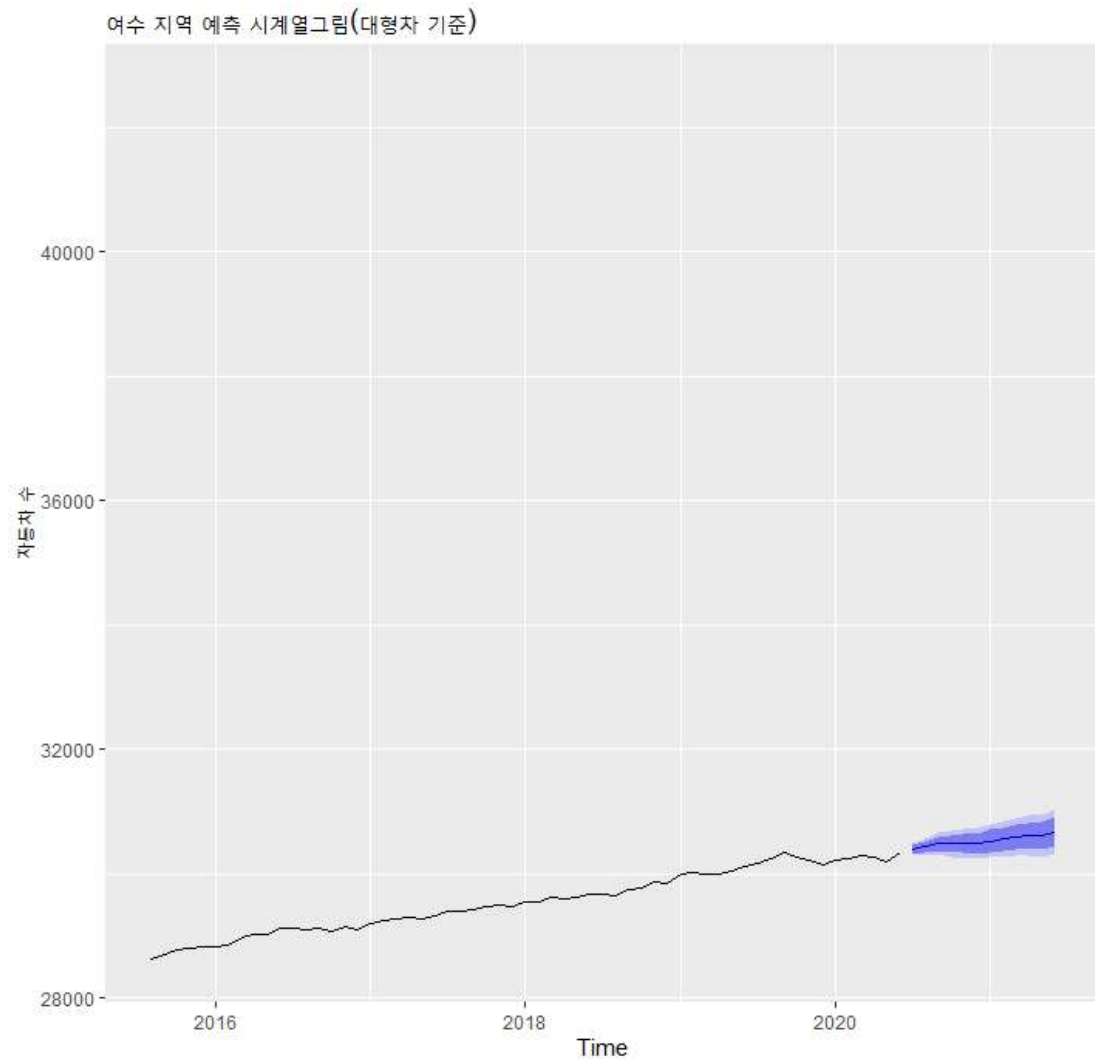
(a) 인천



〈그림 11〉 인천 지역 예측 시계열그림(대형차 기준)

인천 지역은 $ARIMA(0,2,1)(1,0,0)$ [12] 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 대형차량의 대수는 계속 감소할 것으로 보인다.

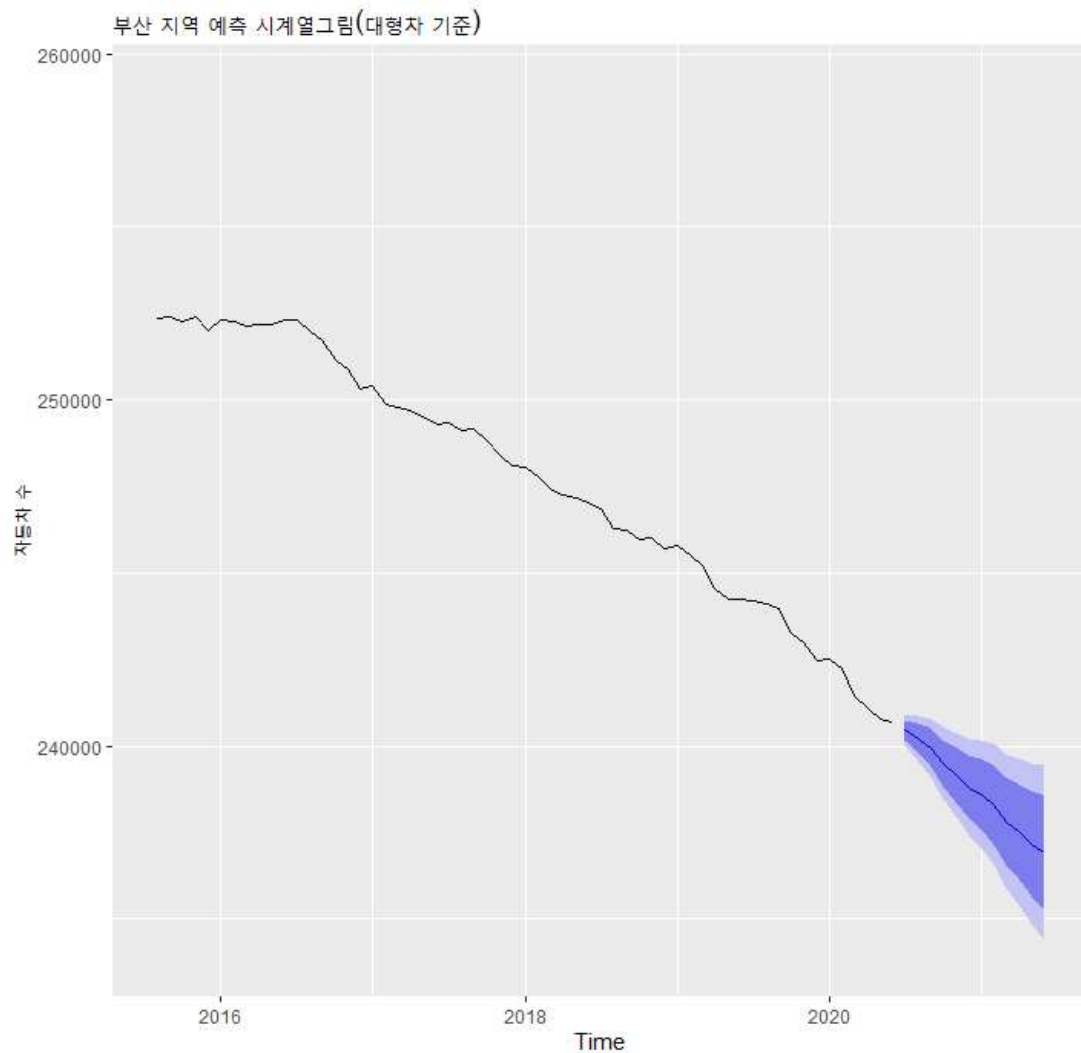
(b) 여수



<그림 12> 여수 지역 예측 시계열그림(대형차 기준)

여수 지역은 $ARIMA(0,1,0)(1,0,0)[12]$ with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 대형차량의 대수는 서서히 증가할 것으로 보인다.

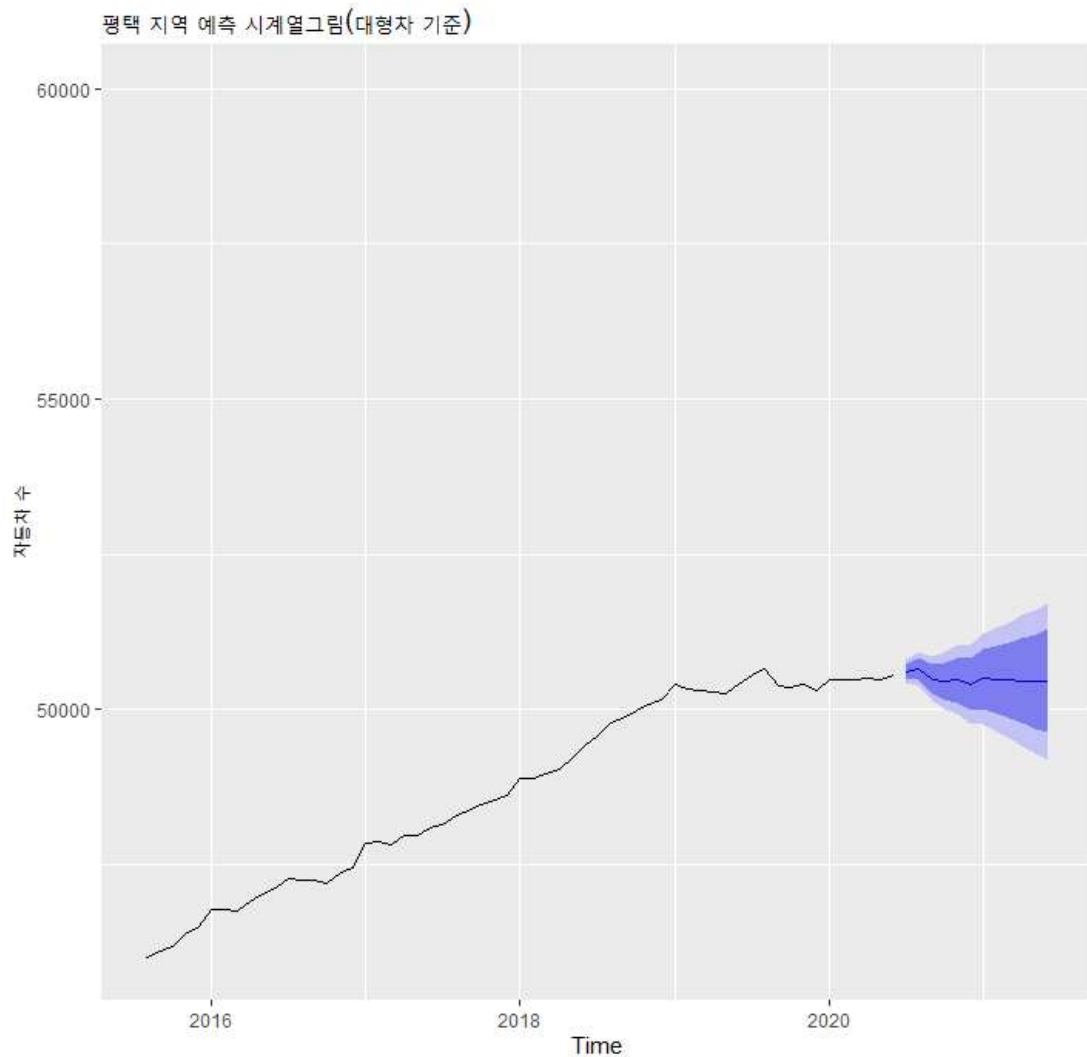
(c) 부산



<그림 13> 부산 지역 예측 시계열그림(대형차 기준)

부산 지역은 $ARIMA(0,2,1)(1,0,0)[12]$ 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 대형 차량의 대수는 계속 감소할 것으로 보인다.

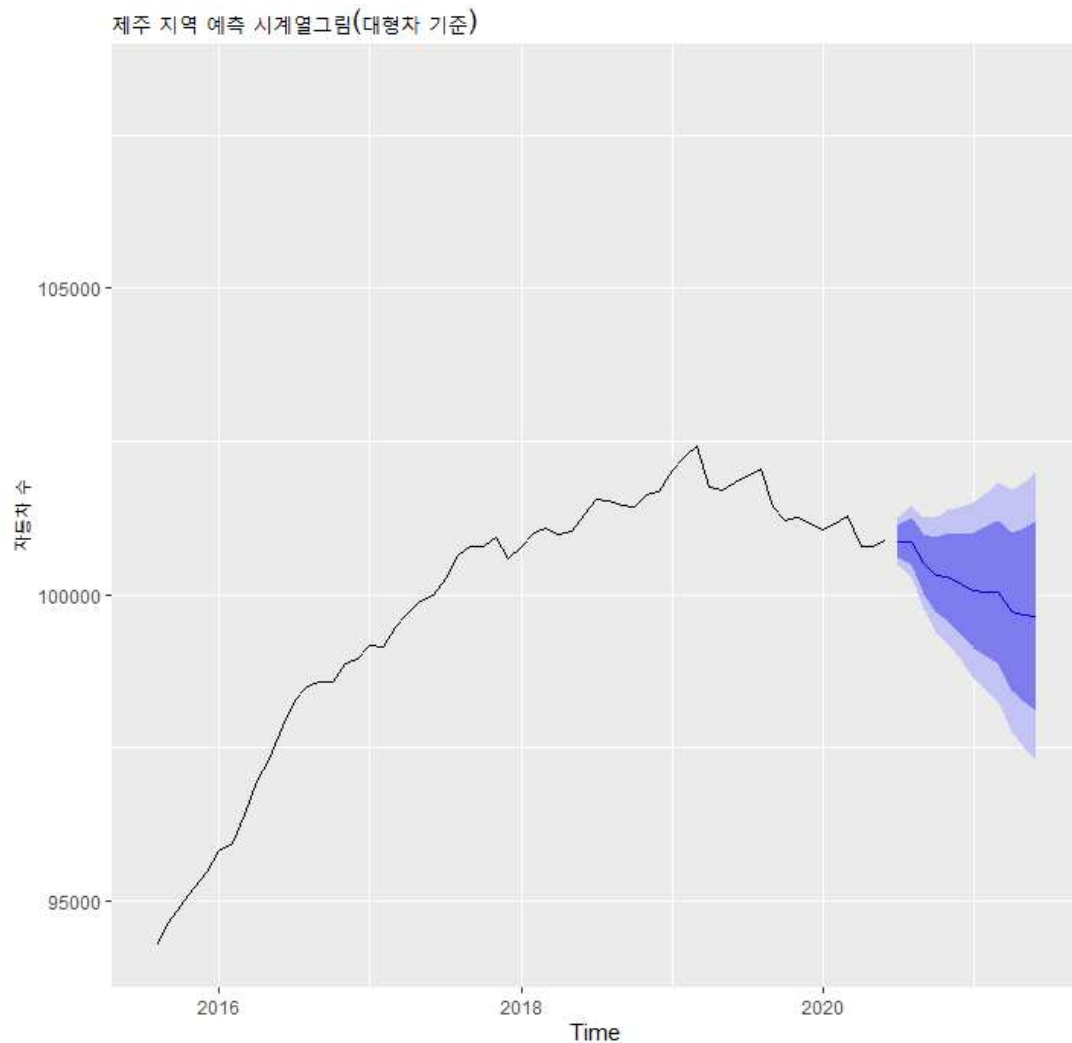
(d) 평택



<그림 14> 평택 지역 예측 시계열그림(대형차 기준)

평택 지역은 $ARIMA(0,2,1)(1,0,0)[12]$ 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 대형 차량의 대수는 증가나 감소가 아닌 2020년의 추세를 유지할 수 있을 것으로 보인다.

(e) 제주



<그림 15> 제주 지역 예측 시계열그림(대형차 기준)

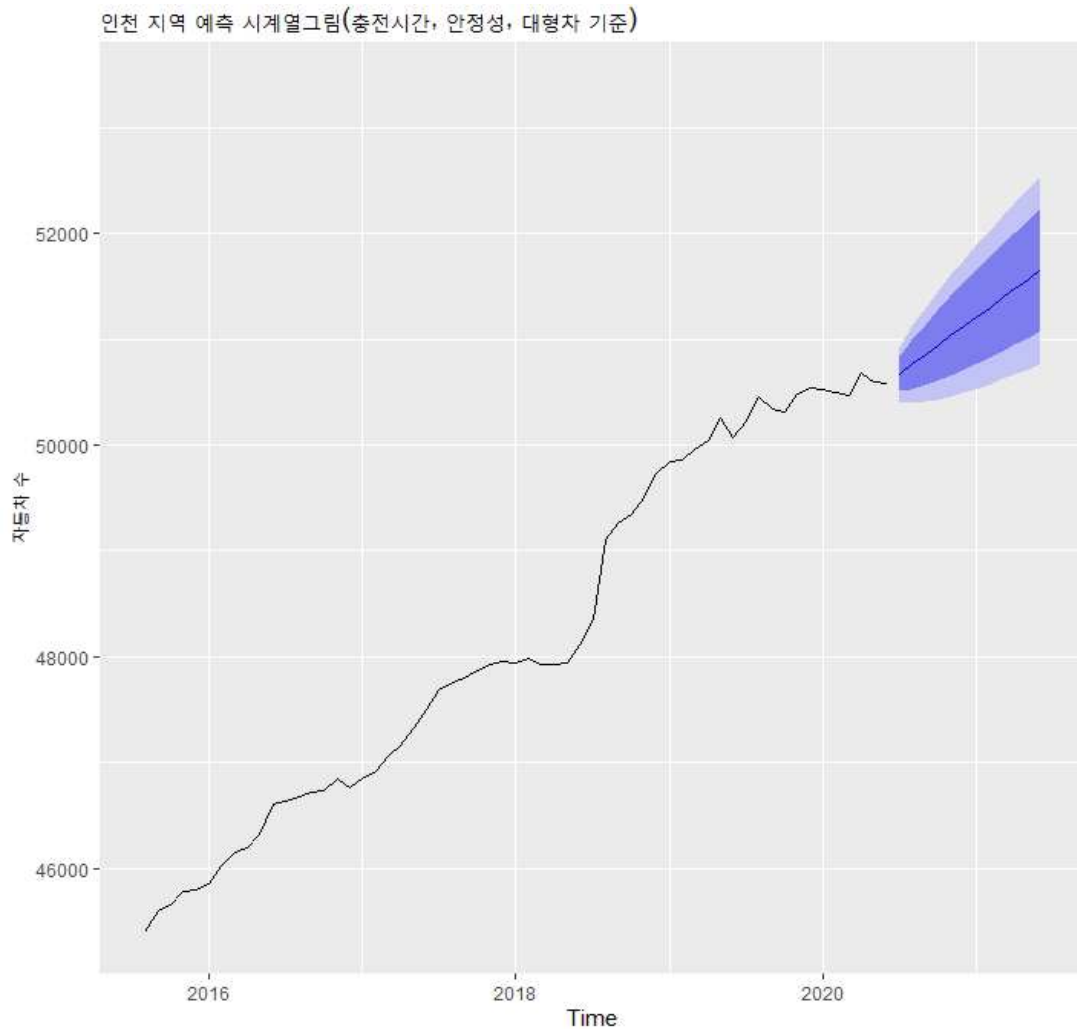
제주 지역은 $ARIMA(0,2,1)(1,0,0)[12]$ 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 대형 차량의 대수는 감소할 것으로 보인다.

대형차 기준으로는 여수 지역은 서서히 증가하고, 평택 지역은 추세를 유지할 수 있는 반면, 나머지 지역은 모두 감소하는 추세를 확인할 수 있었다. 대형차의 전체 표본 수는 영업용 차량보다는 적지만, 관용차량보다는 비교적 많으므로 시계열모형 예측은 타당한 것으로 보인다.

라. 3가지 변수 모두 고려한 지역별 시계열모형 예측

충전 시간, 안정성, 대형차 3가지 변수를 모두 만족하는 차량은 앞서 ‘3.4 절 - 바. 첫 번째~세 번째 변수 종합’에서 언급한 ‘목표 차량’이며, 해당 차량의 대수를 예측할 수 있다.

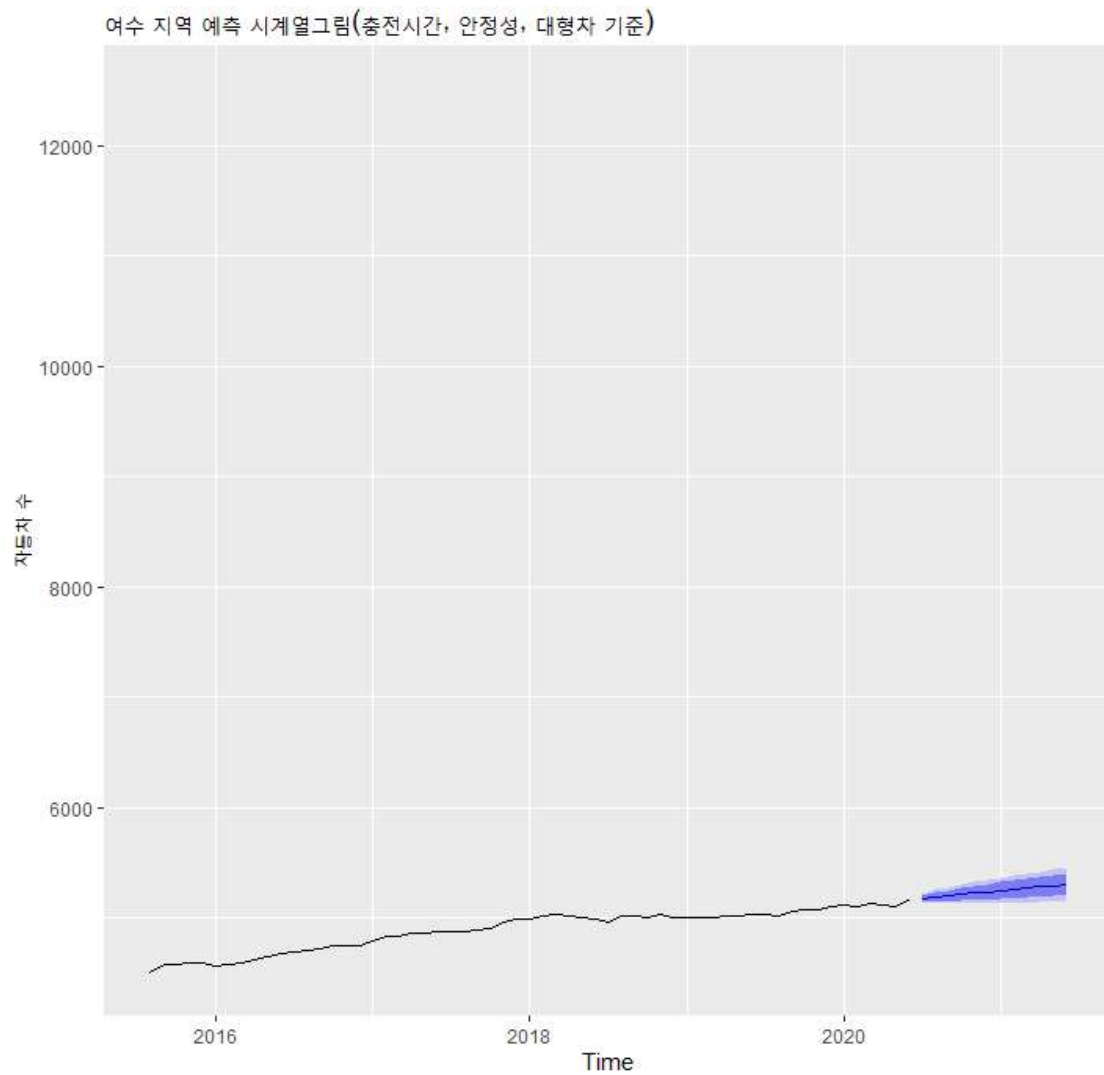
(a) 인천



<그림 16> 인천 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준)

인천 지역은 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 목표 차량의 대수는 계속 증가할 수 있을 것으로 보인다.

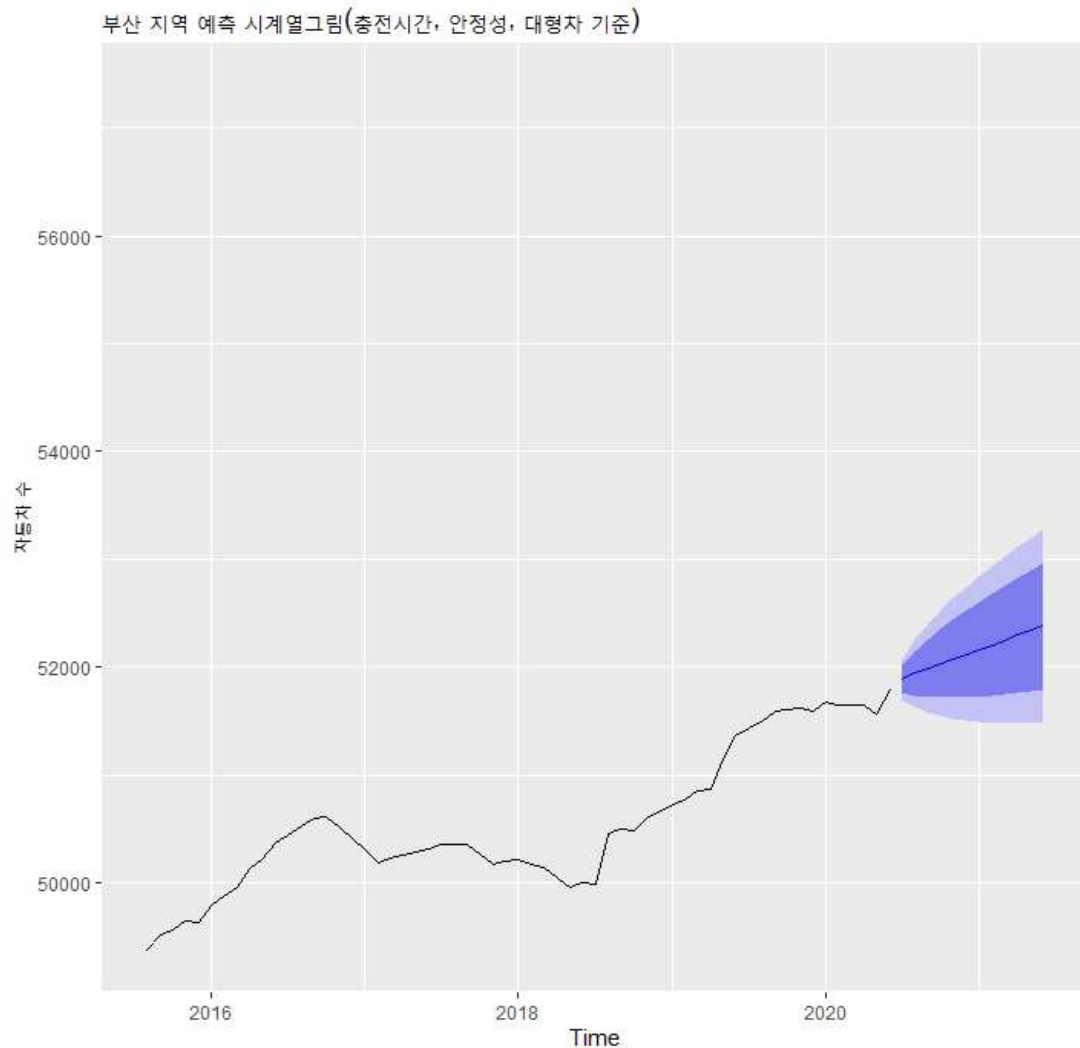
(b) 여수



<그림 17> 여수 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준)

여수 지역은 ARIMA(0,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 목표 차량의 대수는 서서히 증가할 수 있을 것으로 보인다.

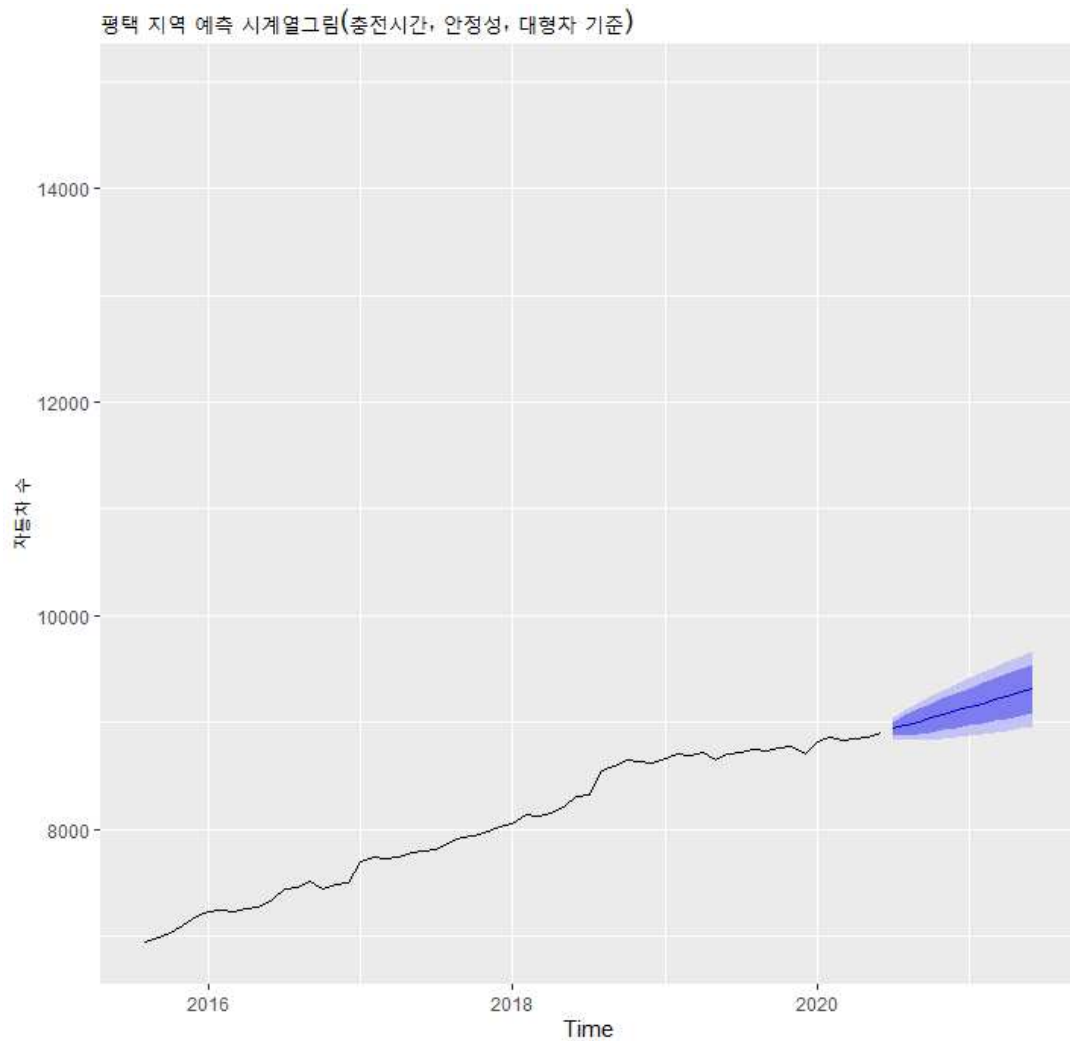
(c) 부산



<그림 18> 부산 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준)

부산 지역은 ARIMA(1,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 목표 차량의 대수는 꾸준히 증가할 수 있을 것으로 보인다.

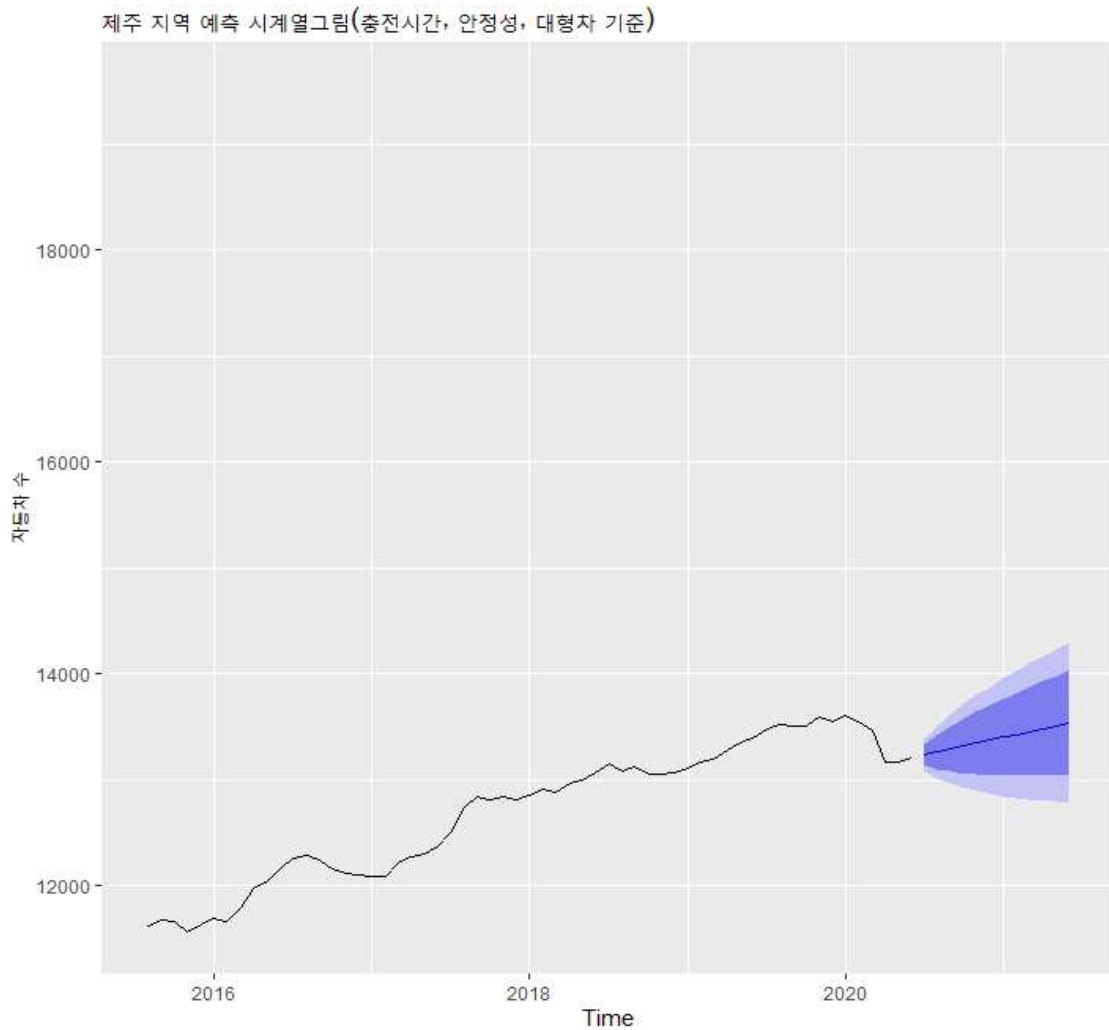
(d) 평택



<그림 19> 평택 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준)

평택 지역은 $ARIMA(0,1,0)$ with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 목표 차량의 대수는 서서히 증가할 것으로 보인다.

(e) 제주



<그림 20> 제주 지역 예측 시계열그림(충전 시간, 안정성, 대형차 기준)

제주 지역은 ARIMA(1,1,0) with drift 모델로 적합하였으며, 향후 1년간 목표 차량의 대수는 서서히 증가할 수 있을 것으로 보인다.

예측 결과, 계속 증가하는 추세임을 확인할 수 있었다. 3가지 변수를 모두 고려한 시계열 분석에서는 표본 수가 비록 적으나, 해당 표본들은 수소 자동 차량의 전환이 큰 위험요소 없이 가능한 차종들이다. 5개의 지역에서 모든 예측 시계열이 상승 곡선을 그리고 있으므로, 해당 지역들은 ‘수소 시범 도시’로 충분히 운영할 수 있을 것으로 보인다.

3.6. 전기차, 수소차 벡터 시계열모형 분석 및 예측

가. 벡터 시계열모형에 대한 설명

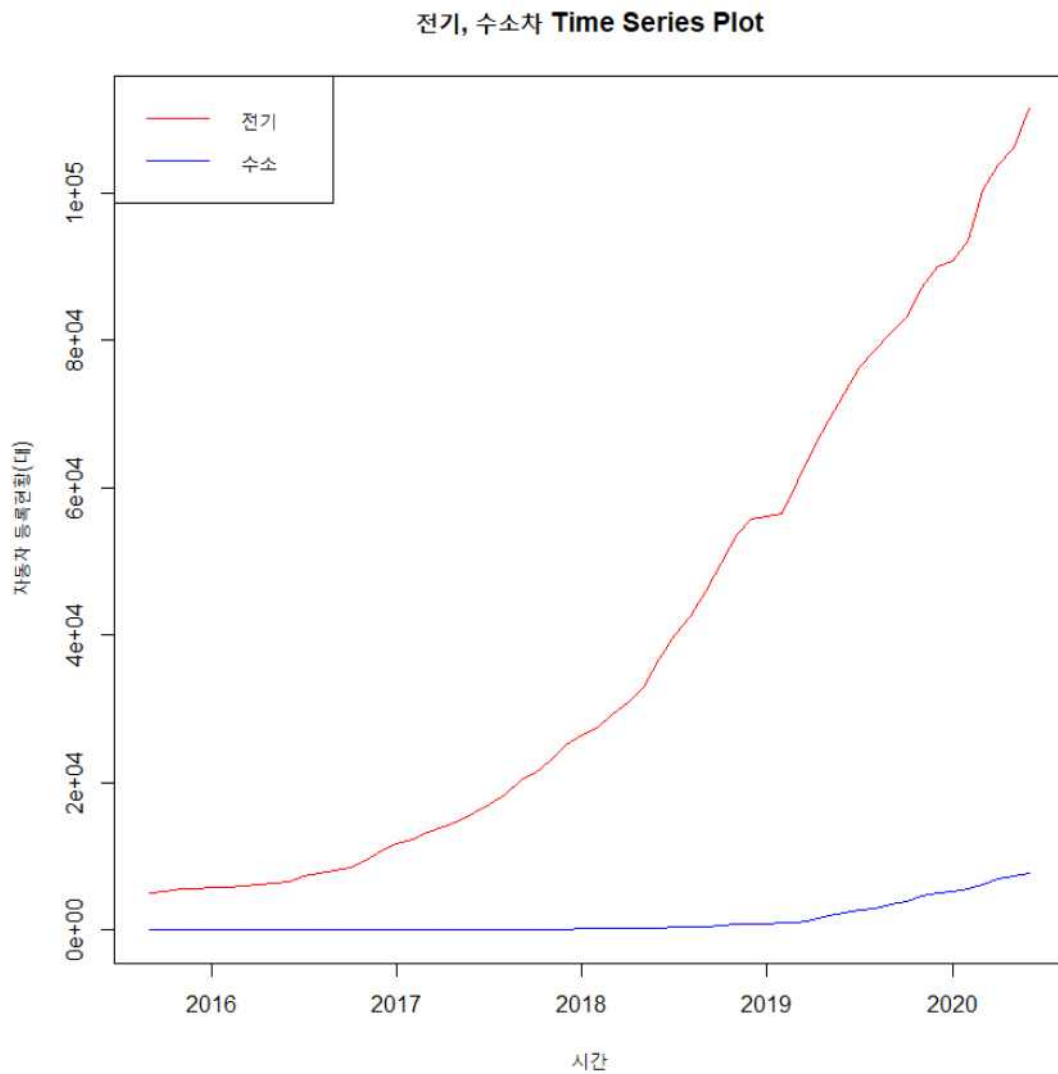
기존 시계열 분석에서 ARIMA 모형(AutoRegressive Integrated Moving Average Model)은 일변량(univariate) 시계열 자료를 설명하는 데 적합한 모형이다. 이 외에도 여러 개의 입력 시계열과 한 개의 출력 시계열 간의 입출력 관계를 다룰 수 있는 ‘전이함수모형’, 주요 관심 대상인 종속변수와 연관이 되는 여러 개의 독립변수들 간의 관계에 초점을 두는 ‘자기회귀오차모형’도 있다. 그러나 해당 모형들은 모두 피드백(feedback)을 다룰 수 없거나 특정한 형태의 오차모형만 사용할 수 있다는 제약점을 가지고 있다. 여기서 ‘피드백’이란, 입력 시계열과 출력 시계열이 서로 영향을 미치는지 확인할 수 있는 지표로, ‘피드백 관계가 있다’는 것은 입력 시계열과 출력 시계열이 서로 영향을 미친다는 것을 의미한다. 이에, 피드백 관계를 설명해 줄 수 있는 벡터 시계열모형(vector time series model)을 통해 전기차와 수소차의 데이터를 분석하였다. ‘벡터 시계열모형’이란, 여러 개의 시계열 변수들을 동시에 고려하는 모형이며, 여러 변수들의 동적인 특성과 상호작용을 분석할 수 있다는 특징이 있다.

나. 데이터 출처 및 전처리

국토교통부 통계누리의 자동차등록현황보고(Total Registered Motor Vehicles)에 있는 자동차 등록 통계 엑셀 자료(2015.09~ 2020.06)를 활용하였다. 사업용, 비사업용을 따지지 않고 월별로 전기차, 수소차 소계 데이터를 뽑기 위해 각 엑셀 파일의 10번째 시트인 “연료별_등록현황”을 사용하였으며, 데이터 전처리는 모두 R로 진행하였음을 명시하는 바이다.

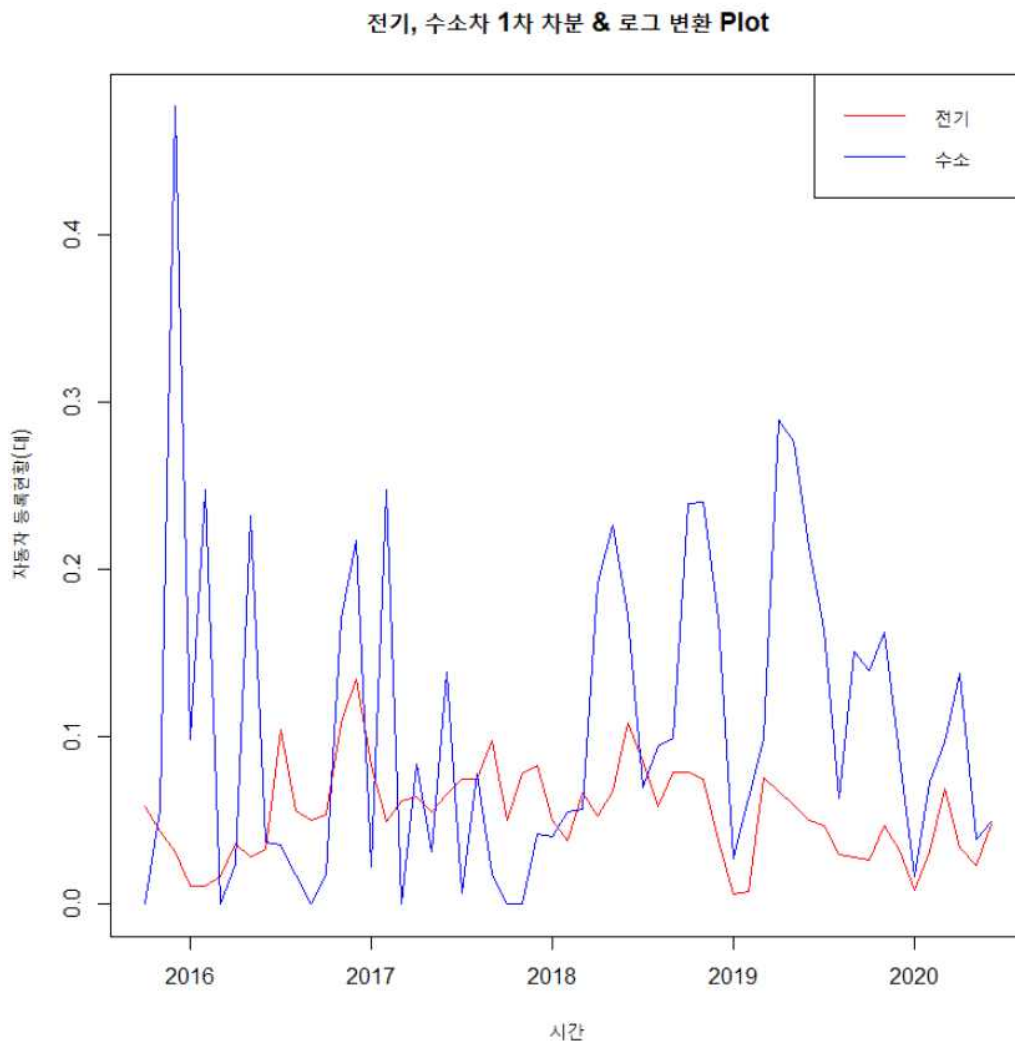
다. 벡터 시계열모형 분석

우선, 전기차와 수소차의 데이터를 벡터 형태로 만들어 시계열 그림을 그려 보았다. <그림 21>을 살펴보면 전기차와 수소차 모두 증가하는 추세이지만, 전기차는 상당히 가파르게 올라가는 추세이며, 수소차는 천천히 증가하다가 2019년부터 조금씩 오르는 추세를 보이고 있다.



<그림 21> 전기, 수소차 벡터 시계열 그림

〈그림 21〉을 보면 전기차와 수소차 데이터 모두 평균과 분산이 일정하지 못한 ‘비정상 시계열’임을 알 수 있다. 이에 따라, 분산이 안정화될 수 있도록 ‘로그 변환’을 취해주었고, 정상성을 지닐 수 있도록 ‘1차 비계절 차분’을 취해주었다. 그 결과로 〈그림 22〉를 살펴보면, 대체적으로 평균과 분산이 일정한 형태가 된 것으로 보아 정상 시계열을 만족한 것으로 보인다. 이처럼 변환된 시계열을 토대로 VAR 모형(Vector AR model)을 적합하고자 한다.



〈그림 22〉 전기, 수소차 1차 차분 및 로그 변환 취한 벡터 시계열 그림

```
> VARselect(ld_car, lag.max = 7, type = "const")
$selection
AIC(n)  HQ(n)  SC(n) FPE(n)
   3      1      1      3

$criteria
      1      2      3      4      5      6      7
AIC(n) -1.236488e+01 -1.234714e+01 -1.239848e+01 -1.228458e+01 -1.224645e+01 -1.214803e+01 -1.220256e+01
HQ(n)   -1.227750e+01 -1.220152e+01 -1.219460e+01 -1.202246e+01 -1.192608e+01 -1.176941e+01 -1.176569e+01
SC(n)   -1.213543e+01 -1.196473e+01 -1.186311e+01 -1.159625e+01 -1.140516e+01 -1.115378e+01 -1.105534e+01
FPE(n)   4.267055e-06  4.347993e-06  4.140174e-06  4.659289e-06  4.872893e-06  5.429865e-06  5.212363e-06
```

〈그림 23〉 VAR 모형 차수 결정 R 결과

VAR 모형을 적합시키기 위해 VARselect() 함수를 통해 차수는 어느 정도가 적당한지 R로 확인해본 결과, 〈그림 23〉을 보면 정보통계량 AIC(Akaike's Information Criteria)에 따라 VAR(3)이 적당한 것으로 나타났다. 모수 절약의 원칙에 따라, HQ, SC에 나온대로 VAR(1)을 택할 수 있겠으나, 1개 모수로는 해당 시계열을 잘 설명해주지 못할 것으로 보여 차수 3을 택하였다.

```
> fit <- VAR(ld_car, p = 3, type = "const")
> summary(fit)
```

VAR Estimation Results:

```
=====
Endogenous variables: elec, hydro
Deterministic variables: const
Sample size: 54
Log Likelihood: 195.179
Roots of the characteristic polynomial:
0.7926 0.6188 0.6188 0.591 0.5598 0.5598
Call:
VAR(y = ld_car, p = 3, type = "const")
```

Estimation results for equation elec:

```
=====
elec = elec.l1 + hydro.l1 + elec.l2 + hydro.l2 + elec.l3 + hydro.l3 + const
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
elec.l1	0.58184	0.13600	4.278	9.18e-05 ***
hydro.l1	-0.02227	0.03170	-0.702	0.485841
elec.l2	-0.27686	0.15648	-1.769	0.083332 .
hydro.l2	-0.04649	0.03203	-1.451	0.153301
elec.l3	0.24481	0.13358	1.833	0.073193 .
hydro.l3	-0.06015	0.03234	-1.860	0.069140 .
const	0.03906	0.01037	3.765	0.000463 ***

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.02226 on 47 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.4487,    Adjusted R-squared: 0.3783
F-statistic: 6.375 on 6 and 47 DF,  p-value: 5.817e-05
```

Estimation results for equation hydro:

```
=====
hydro = elec.l1 + hydro.l1 + elec.l2 + hydro.l2 + elec.l3 + hydro.l3 + const
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
elec.l1	0.55589	0.50368	1.104	0.2754
hydro.l1	0.17520	0.11738	1.493	0.1422
elec.l2	-0.44882	0.57952	-0.774	0.4425
hydro.l2	0.21654	0.11862	1.826	0.0743 .
elec.l3	-0.34224	0.49471	-0.692	0.4925
hydro.l3	-0.14548	0.11977	-1.215	0.2305
const	0.08884	0.03842	2.312	0.0252 *

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

<그림 24> VAR(3) 모형 적합 R 결과(일부분)

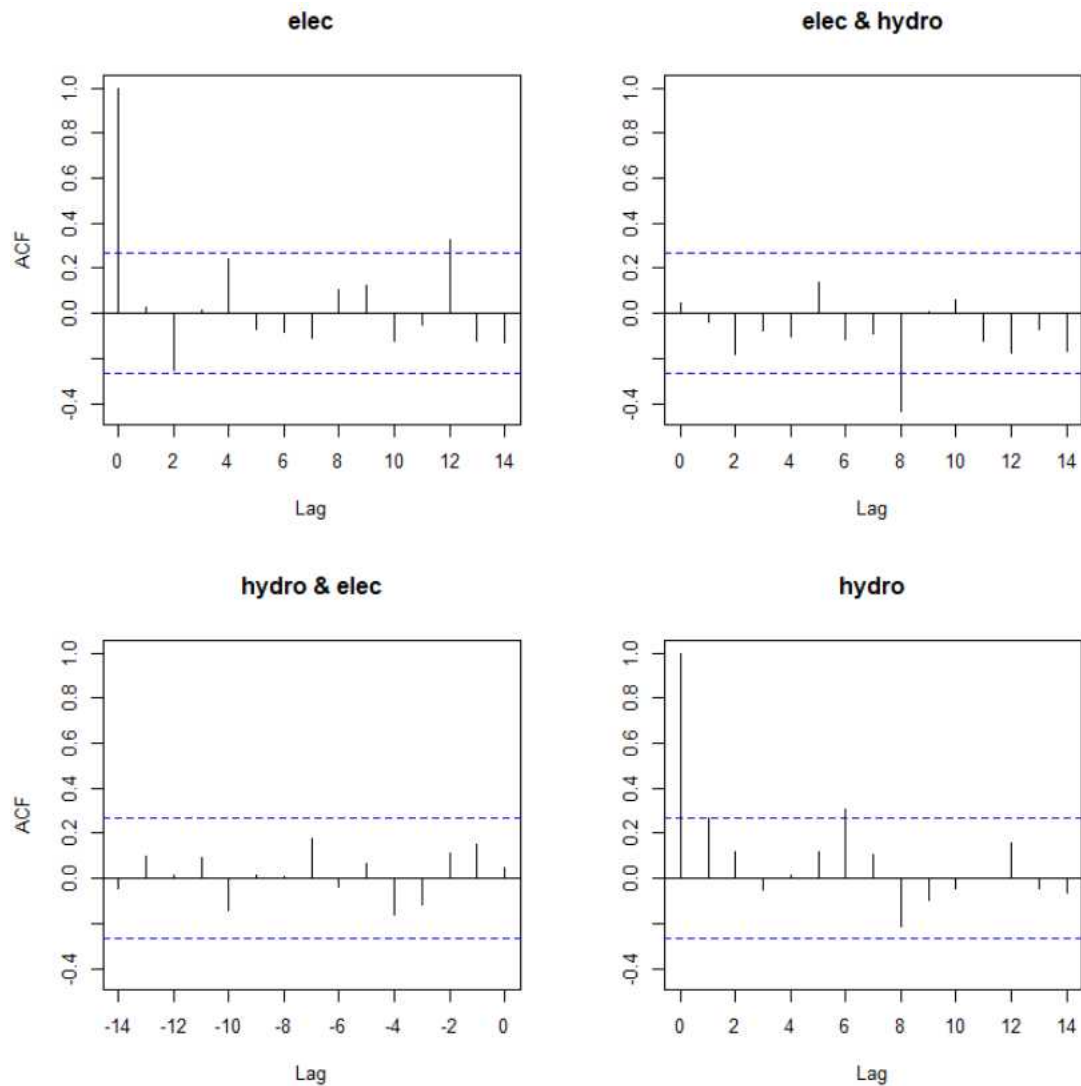
<그림 24>는 VAR(3)으로 적합해본 결과 중 일부분이다. 차수 3으로 적합해본 결과, 각각의 ‘Estimation result for equation’ 부분을 보면 차수 3까지 고려한 변수들의 계수 추정값(Estimate 부분)과 p-value(유의확률, $\Pr(> |t|)$ 부분)가 출력된 것을 볼 수 있다. p-value(유의확률)는 보통 유의수준(significance level) 5%로 판단하는데, <그림 24>에서 보면 대부분의 변수들이 유의수준 5%에서 유의하지 못한 것으로 나타났다. 유의하지 못한 변수들이 상당히 많으므로 해당 변수들은 모두 제거하고 모델링을 다시 해보았다.

```
> fit2 <- restrict(fit, method = "ser")
> round(Bcoef(fit2), 2)
```

	elec.l1	hydro.l1	elec.l2	hydro.l2	elec.l3	hydro.l3	const
elec	0.49	0	0	0	0	-0.07	0.04
hydro	0.00	0	0	0	0	0.00	0.10

<그림 25> VAR(3) 적합 결과에서 유의하지 못한 변수 제거한 R 결과

유의하지 못한 변수를 모두 제거하고 VAR(3)을 재적합한 결과는 <그림 25>와 같다. 유의하지 못한 변수들은 모두 0으로 처리된 것을 확인할 수 있다. 이제 모형을 적합하였으니, 다음으로는 잔차(residuals)를 확인해보고자 한다.



〈그림 26〉 모형 적합 이후 잔차 검정 R 그래프

〈그림 26〉은 VAR(3)으로 모형 적합한 이후에 잔차 검정을 그래프로 나타낸 그림이다. 일부 시차(lag)에서 백색잡음(White Noise)을 만족하지 못한 것도 보이지만, 대부분의 시차에서 파란선 안에 들어가는 것으로 보인다. 여기서 파란선은 2 standard error line을 의미한다. 따라서, 잔차는 백색잡음(White Noise)을 따르는 것으로 판단되며, VAR(3) 모형은 잘 적합된 것으로 보인다.

다음으로는 그랜저 인과성(Granger-Causality)을 살펴보았다. ‘그랜저 인과성’이란, 원인과 결과를 의미하는 것이 아니며, 단지 예측력 측면에서 설명변수의 역할을 할 수 있는지를 따지는 것이다. 예를 들어, 시계열 z_{1t} 와 z_{2t} 가 있다고 하자. z_{1t} 와 z_{2t} 는 서로 원인과 결과를 의미하지 않으며, z_{1t} 가 z_{2t} 의 설명변수 역할을 할 수 있는지, 그 역도 성립하는지 따지는 것이다. 또한, 동행상관관계도 살펴보았다. ‘동행상관관계’란 동시다발적인 것을 의미하며, 시차 없이 서로가 서로에게 영향을 주는 것을 의미한다.

```
> # (1) cause : elec
> causality(fit2, cause = "elec")
$Granger

Granger causality H0: elec do not Granger-cause hydro

data: VAR object fit2
F-Test = 0.87702, df1 = 3, df2 = 94, p-value = 0.456

$Instant

H0: No instantaneous causality between: elec and hydro

data: VAR object fit2
Chi-squared = 0.12876, df = 1, p-value = 0.7197
```

<그림 27> 전기차 -> 수소차 그랜저 인과성 확인한 R 결과

전기차가 수소차에 그랜저 인과성을 지니고 있는지 확인한 결과, <그림 27>에서 \$Granger를 살펴보면 p-value(유의확률)가 크게 나와서 H0(영가설; null hypothesis)를 기각할 수 없다. 따라서, 전기차는 수소차에 그랜저 인과성을 가지지 않는 것으로 보여진다. 즉, 전기차는 수소차의 설명변수 역할을 할 수 없다는 의미이다.

다음으로 동행상관관계를 살펴보았다. <그림 27>에서 \$Instant를 살펴보면 p-value가 크게 나와서 H0를 기각할 수 없다. 따라서, 전기차와 수소차는 서로 관련이 있는 것으로 보여진다.


```
> # (2) cause : hydro
> causality(fit2, cause = "hydro")
$Granger
```

Granger causality H0: hydro do not Granger-cause elec

```
data: VAR object fit2
F-Test = 2.5822, df1 = 3, df2 = 94, p-value = 0.05799
```

```
$Instant
```

H0: No instantaneous causality between: hydro and elec

```
data: VAR object fit2
Chi-squared = 0.12876, df = 1, p-value = 0.7197
```

<그림 28> 수소차 -> 전기차 그랜저 인과성 확인한 R 결과

이번엔 반대로 수소차가 전기차에 그랜저 인과성을 지니고 있는지 확인해 보았다. <그림 28>에서 \$Granger를 살펴보면 유의수준 5%에서 살펴봤을 때 p-value가 유의수준보다 크므로 H0를 기각할 수 없다. 따라서, 수소차는 전기차에 그랜저 인과성을 가지지 않는 것으로 보여진다. 즉, 수소차는 전기차의 설명변수 역할을 할 수 없다는 의미이다.

마찬가지로 여기서도 동행상관관계를 살펴보았다. <그림 28>에서 \$Instant를 살펴보면 p-value가 크게 나와서 H0를 기각할 수 없다. 따라서, 전기차와 수소차는 서로 관련이 있는 것으로 보여진다.

<그림 27>에 나온 결과와 <그림 28>에 나온 결과를 종합적으로 살펴보면, 전기차와 수소차는 서로 피드백 관계(feedback)가 있다는 것을 알 수 있었다. 피드백 관계란 앞서도 언급하였듯이 입력 시계열과 출력 시계열이 서로 영향을 미친다는 의미이다. 이를 통해 서로 특별한 관계가 있다고 보이므로, 차분된 벡터 시계열모형의 적합은 바람직하지 않다고 판단된다. 시계열을 차분하면 비정상 벡터 시계열 사이에 존재하는 특별한 관계를 찾을 수 없게 된다는 특징이 있다. 이에 따라, 원 시계열(original time series)의 비정상성을 수용할 수 있는 모형인 ‘공적분 VAR 모형’을 적합하고자 한다.

라. 공적분 VAR 모형 적합

차분에 의한 변화율(rates of change)보다 원자료 또는 로그 변환된 자료에 관심이 있다면, 원시계열의 비정상성을 수용할 수 있는 모형이 필요한 경우가 있다. 단위근을 갖는 시계열 자료의 경우에는 차분을 통해 정상화한 후 벡터 시계열 모형을 적합하는 것이 일반적이지만, 비정상 벡터 시계열 자료들 사이에 특별한 관계가 존재하는 경우에는 차분된 벡터 시계열 모형의 적합이 바람직하지 않은 경우가 있다. 이때 사용할 수 있는 분석이 ‘공적분 분석(cointegration analysis)’이다.

앞서 벡터 시계열 모형을 분석하면서 전기차와 수소차는 서로 특별한 관계가 있다고 보여, 공적분 VAR 모형을 적합해 원 시계열의 비정상성을 수용해 주고자 한다.

```
> VARselect(cardata, lag.max = 5, type = "const")
$selection
AIC(n)  HQ(n)  SC(n) FPE(n)
      5      5      3      5

$criteria
      1      2      3      4      5
AIC(n) 2.362816e+01 2.349881e+01 2.317882e+01 2.314264e+01 2.298657e+01
HQ(n)  2.371393e+01 2.364177e+01 2.337896e+01 2.339997e+01 2.330108e+01
SC(n)  2.385121e+01 2.387056e+01 2.369927e+01 2.381180e+01 2.380443e+01
FPE(n) 1.826767e+10 1.606541e+10 1.168908e+10 1.131380e+10 9.733237e+09
```

〈그림 29〉 공적분 VAR 모형 차수 결정 R 결과

공적분 VAR 모형을 적합하기 위해 VARselect() 함수를 다시 사용하였다. 차수는 어느 정도가 적당한지 R로 확인해본 결과, 〈그림 29〉를 보면 정보통계량 AIC는 VAR(5)가 적당한 것으로 나타났다. 〈그림 23〉에서 나온 결과와는 다른 양상임을 알 수 있다. 이는 〈그림 23〉에서는 비정상성을 차분하여 정상성으로 바꿨기 때문에 차수가 전반적으로 작게 나온 것이며, 〈그림 29〉는 원 데이터를 그대로 적합한 것이므로 차수가 높게 나온 것이다. 여기서는 모수 절약의 원칙에 따라, SC에 나온대로 VAR(3) 모형을 적합하고자 한다.

```

> ## 3. Cointegration Tests(trace and max. eig. tests)
> ## 3-1. Trace test
> ctest1 <- ca.jo(cardata, type = c("trace"), ecdet = c("none"), K = 3)
> summary(ctest1)

#####
# Johansen-Procedure #
#####

Test type: trace statistic , with linear trend

Eigenvalues (lambda):
[1] 0.518521693 0.001933782

Values of teststatistic and critical values of test:

      test 10pct  5pct  1pct
r <= 1 |   0.11  6.50  8.18 11.65
r = 0  |  40.31 15.66 17.95 23.52

Eigenvectors, normalised to first column:
(These are the cointegration relations)

      elec.l3  hydro.l3
elec.l3  1.0000000  1.00000
hydro.l3  0.7658625 -23.33603

Weights W:
(This is the loading matrix)

      elec.l3  hydro.l3
elec.d  0.054036496  0.0016272603
hydro.d  0.005014297 -0.0002328636

```

〈그림 30〉 공적분 검정 결과(trace test)

〈그림 30〉은 공적분 검정 중 trace test에 대한 결과이다. ‘공적분 검정’이란 공적분의 존재 유무를 따지는 검정이다. 위 그림에서 ‘Test type: trace statistic, with linear trend’의 의미는 원시계열(original time series)이 선형 추세(linear trend)를 가지고 있다는 의미이다.

‘Values of test statistic and critical values of test’ 부분을 확인해보자. $r = 0$ 일 때, 검정통계량 = 40.31이며, 유의수준 5%에서의 기각치(critical value) = 17.95로 $40.31 > 17.95$ 가 성립한다. 이에 따라, H_0 (영가설; null hypothesis)를 기각할 수 있다. 따라서, 공적분이 존재한다고 보여지며, 공적분 계수 = 1을 고려할 수 있을 것으로 보인다. 다음은 $r = 1$ 일 때의 검정 결과를 확인해보자. 검정통계량 = 0.11 > 유의수준 5%에서의 기각치 = 8.18이 성립하지 않으므로 H_0 를 기각할 수 없다. 따라서, 더 이상의 공적분은 존재하지 않는 것으로 판단되며, 공적분 계수 = 1로 삼을 수 있을 것으로 보인다.

```

> ctest2 <- ca.jo(cardata, type = c("eigen"), ecdet = c("none"), K = 3)
> summary(ctest2)

#####
# Johansen-Procedure #
#####

Test type: maximal eigenvalue statistic (lambda max) , with linear trend

Eigenvalues (lambda):
[1] 0.518521693 0.001933782

Values of teststatistic and critical values of test:

      test 10pct  5pct  1pct
r <= 1 |  0.11  6.50  8.18 11.65
r = 0  | 40.20 12.91 14.90 19.19

Eigenvectors, normalised to first column:
(These are the cointegration relations)

      elec.l3  hydro.l3
elec.l3 1.0000000  1.00000
hydro.l3 0.7658625 -23.33603

Weights w:
(This is the loading matrix)

      elec.l3  hydro.l3
elec.d 0.054036496  0.0016272603
hydro.d 0.005014297 -0.0002328636

```

〈그림 31〉 공적분 검정 결과(maximum eigenvalue test)

〈그림 31〉은 공적분 검정 중 maximum eigenvalue test에 대한 결과이다. 〈그림 30〉의 결과와 유사하게, ‘Test type: maximal eigenvalue statistic(lambda max), with linear trend’의 의미는 원시계열(original time series)이 선형 추세(linear trend)를 가지고 있다는 의미이다.

‘Values of test statistic and critical values of test’ 부분을 확인해보자. $r = 0$ 일 때, 검정통계량 = 40.20이며, 유의수준 5%에서의 기각치(critical value) = 14.90로 $40.20 > 14.90$ 이 성립하므로 H_0 를 기각할 수 있다. 따라서, 여기에서도 마찬가지로 공적분이 존재한다고 보여지며, 공적분 계수 = 1을 고려할 수 있다. 다음은 $r = 1$ 일 때의 검정 결과를 확인해보자. 검정통계량 = 0.11 > 유의수준 5%에서의 기각치 = 8.18이 성립하지 않으므로, H_0 를 기각할 수 없다. 따라서, 더 이상의 공적분은 존재하지 않는 것으로 판단되며, 공적분 계수 = 1로 삼을 수 있을 것으로 보인다.

trace test와 maximum eigenvalue test를 모두 실행한 결과, 공적분 계수 = 1로 삼으면 될 것으로 보인다. 해당 계수를 1로 설정해놓고, 벡터 오차수정 모형(vector error correction model)을 적합하여 2020년 7월부터 2년간의 데이터를 예측해보았다.

```
> pred <- predict(vec2var(ctest1, r = 1), n.ahead = 24, ci = 0.95)
> pred
$elec
      fcst      lower      upper      CI
[1,] 117738.8 116085.2 119392.3 1653.563
[2,] 123388.3 120445.2 126331.4 2943.108
[3,] 127907.2 124053.5 131760.9 3853.743
[4,] 132684.2 128101.7 137266.7 4582.495
[5,] 138457.9 133151.1 143764.7 5306.799
[6,] 144674.9 138546.0 150803.7 6128.843
[7,] 150664.4 143693.4 157635.5 6971.025
[8,] 156539.1 148789.0 164289.3 7750.173
[9,] 162786.8 154304.9 171268.6 8481.881
[10,] 169540.6 160324.9 178756.3 9215.716
[11,] 176555.0 166583.5 186526.6 9971.580
[12,] 183663.3 172933.9 194392.6 10729.344
[13,] 190970.6 179496.4 202444.9 11474.219
[14,] 198638.5 186423.2 210853.9 12215.352
[15,] 206676.4 193708.3 219644.5 12968.110
[16,] 214999.3 201263.3 228735.3 13735.994
[17,] 223582.7 209069.3 238096.2 14513.435
[18,] 232486.7 217187.9 247785.4 15298.728
[19,] 241765.8 225668.9 257862.7 16096.884
[20,] 251419.4 234506.3 268332.5 16913.115
[21,] 261429.3 243680.8 279177.7 17748.438
[22,] 271806.2 253204.1 290408.2 18602.033
[23,] 282584.2 263109.3 302059.2 19474.939
[24,] 293788.7 273418.7 314158.7 20370.015
```

〈그림 32〉 전기차 향후 2년간의 예측값 R 결과

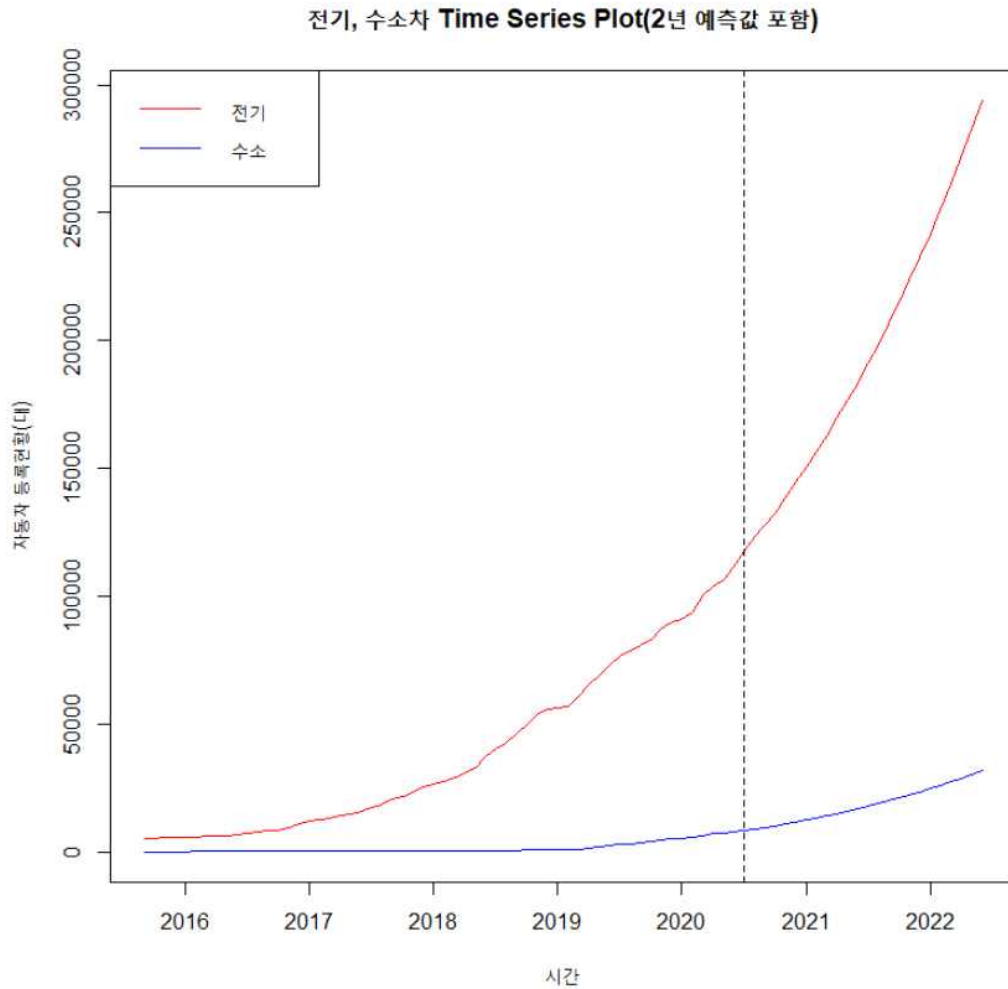

```

$hydro
      fcst      lower      upper      CI
[1,]  8359.188  8171.884  8546.493  187.3046
[2,]  9031.745  8707.253  9356.237  324.4918
[3,]  9595.115  9191.329  9998.900  403.7853
[4,] 10154.911  9697.476 10612.347  457.4356
[5,] 10832.387 10316.872 11347.901  515.5141
[6,] 11601.799 11020.569 12183.030  581.2304
[7,] 12377.085 11734.777 13019.393  642.3078
[8,] 13141.256 12451.423 13831.089  689.8328
[9,] 13943.714 13214.337 14673.091  729.3766
[10,] 14815.737 14047.492 15583.982  768.2445
[11,] 15739.433 14931.560 16547.307  807.8734
[12,] 16689.503 15844.517 17534.488  844.9851
[13,] 17669.307 16791.322 18547.291  877.9847
[14,] 18698.226 17789.137 19607.315  909.0890
[15,] 19783.689 18842.704 20724.674  940.9849
[16,] 20918.351 19944.098 21892.604  974.2529
[17,] 22096.843 21088.731 23104.955 1008.1119
[18,] 23324.102 22281.499 24366.705 1042.6025
[19,] 24607.912 23528.922 25686.903 1078.9904
[20,] 25950.690 24832.165 27069.214 1118.5247
[21,] 27351.041 26189.403 28512.680 1161.6386
[22,] 28809.627 27601.225 30018.028 1208.4014
[23,] 30330.443 29071.201 31589.685 1259.2420
[24,] 31917.591 30602.649 33232.532 1314.9415

```

〈그림 33〉 수소차 향후 2년간의 예측값 R 결과

〈그림 32〉와 〈그림 33〉에서 1번째 열을 보면 fcst라고 적혀있는데, 이는 forecast의 약자로, 예측값을 나타내는 열을 의미한다. 전기차와 수소차 모두 향후 2년 동안의 예측값은 계속 증가하는 것으로 결과가 나왔다. 좀 더 직관적으로 살펴보기 위해 그래프를 그려보았다.



〈그림 34〉 전기, 수소차 벡터 시계열 그림(2년 예측값 포함)

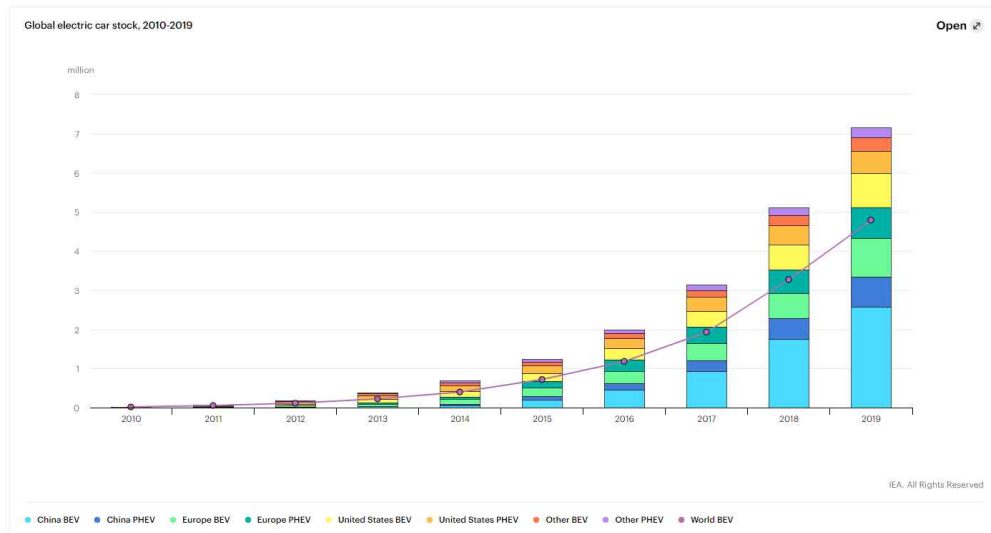
〈그림 34〉는 앞서 〈그림 32〉와 〈그림 33〉에서 본 예측값 부분(fsct 부분)을 기존 데이터와 결합하여 시각화한 것이다. 점선을 기준으로 왼쪽은 기존 데이터이며, 오른쪽 부분이 2020년 7월부터의 예측값이다. 앞서 설명하였듯이, 전기차와 수소차는 서로 영향을 주고받는 상관관계가 존재하며, 해당 관계를 유지한 채로 전기차와 수소차는 앞으로도 꾸준히 증가할 것으로 보인다. 전기차는 정부에서 주는 보조금 정책으로 꾸준히 크게 증가했으며, 앞으로도 계속 그럴 것으로 보인다. 반면 수소차도 같이 보조금 정책을 펼쳤으나 상당히 더디게 증가하였으며, 전기차와의 상관관계를 고려했을 때, 앞으로 증가세는 유지할 수 있을 것으로 보인다.

본 벡터 시계열 분석은 어디까지나 기존 데이터를 가지고 활용한 예측에 불과하다. 전기차와 수소차의 상관관계에 의해 수소차도 계속 증가하는 것으로 예측되었다고는 하지만, 수소차에 추가적인 보조금 지원 정책을 펼치지 않는다면 <그림 34>에서 보여진 것처럼 수소차 대수는 서서히 증가할 것이며, 이는 현 정부의 2030년까지 수소차 85만대를 공급하겠다는 계획과는 맞지 않다.

이에 전기차와 수소차의 상관관계와 수소차의 부족한 증가세를 고려했을 때, 전기차의 보조금 지원이 수소차의 상승에 영향을 끼칠 수 있겠으나, 이와 더불어 수소차에도 추가적인 보조금 지원이 필요하다고 제시하는 바이다. 전기차는 세계적으로 빠르게 증가하고 있다. 보조금 지원 정책의 효과도 있겠지만, 전기차 대수 증가는 세계적인 추세로 보인다.

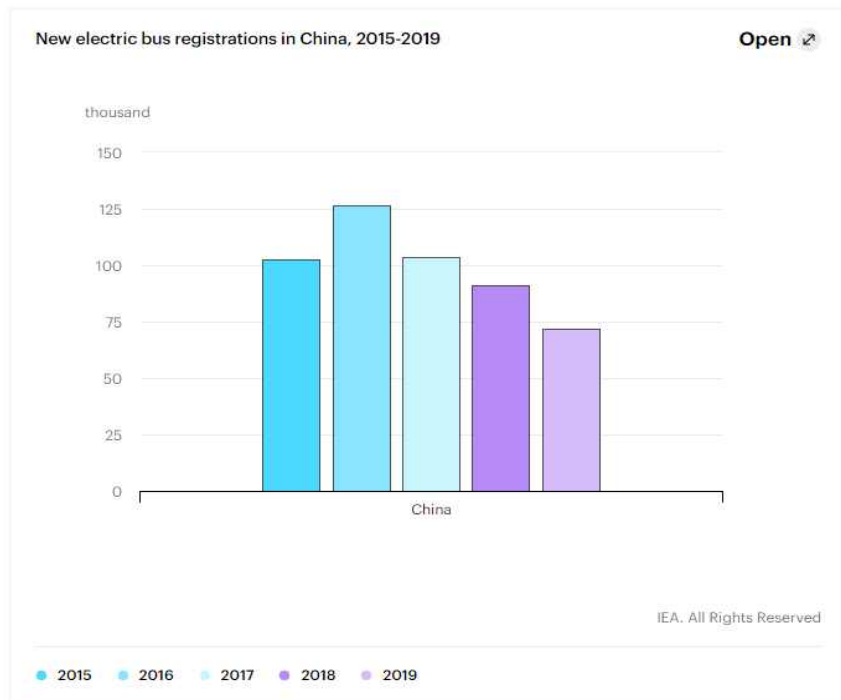
마. 전 세계 전기차 수요와의 비교 및 수소차 정책 제언

본 절에서는 세계 전기차 추세 그래프를 바탕으로 전기차와 수소차 정책의 방향성에 대해 논의하고자 한다.

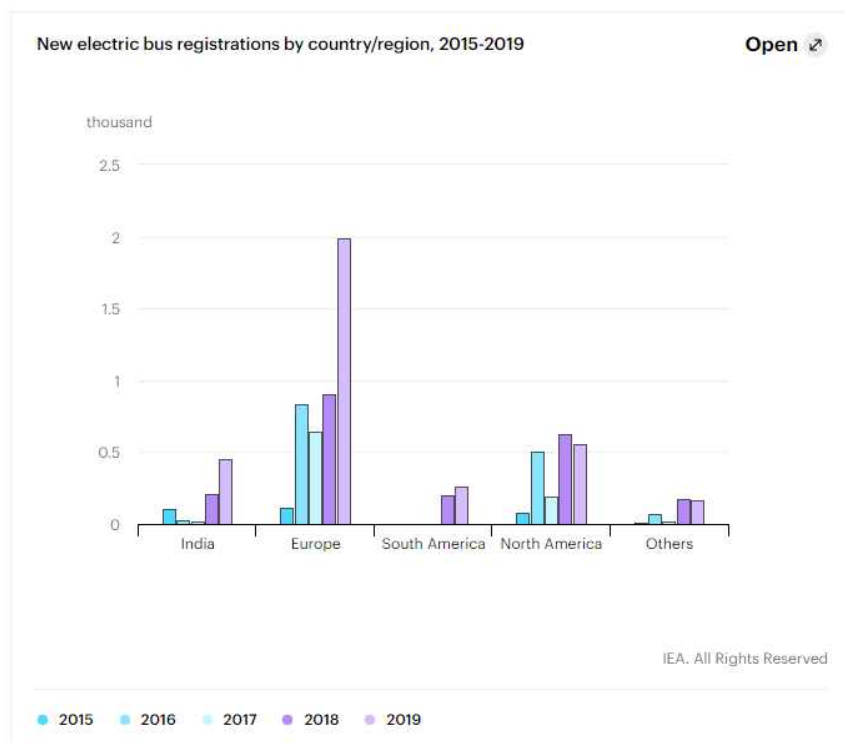


〈그림 35〉 전 세계 전기 자동차 재고

IEA(International Energy Agency)에 따르면, 2019년 전 세계 전기차 판매량이 210만 대를 돌파하며 이미 기록적인 해를 보낸 2018년을 넘어섰다고 한다. 2019년 세계 자동차 판매량 2.6%, 글로벌 자동차 재고량 1%를 차지한 전기차는 2018년 대비 40% 증가했다. 2륜 및 3륜, 버스, 트럭의 전기화 기술이 진전되고, 전기차 시장이 커지면서 전기차가 크게 확대되고 있다.



〈그림 36〉 중국의 신규 전기버스 등록 수(단위 : 천 대)



〈그림 37〉 나라별 신규 전기버스 등록 수(단위 : 천 대)

약 50만 대의 전기 버스가 유통되고 있으며, 그중 대부분은 중국에 있다. <그림 36>을 보면 2016년부터 점진적인 보조금 지급 중단과 전체 버스 시장 감소로 2019년 신규 등록 건수는 2018년에 비해 줄었지만, 중국 내 다수의 시내 중심지의 버스 시장이 거의 또는 완전히 전기화돼 대기 질 향상에 기여하고 있다고 한다. 비슷한 대기 질 우려로 인해, 버스 전기화는 다른 많은 지역에서도 자리를 잡고 있다. 칠레의 산티아고는 중국 이외의 지역에서 가장 큰 전기 도시 버스 시장이 있는 곳이다.

위 근거 자료를 토대로, 중국은 보조금을 지급함에 따라 특정 버스 수요가 옮겨간다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 전기차는 전기 수요를 늘린다는 관점에서, 궁극적으로 친환경적인 자동차라고 보기에는 다소 무리가 있다고 판단된다. 우리나라에서는 그린뉴딜 정책에 맞게 전기차보다는 수소차의 수요를 늘릴 수 있도록 하는 것이 올바른 방향으로 나아가는 것이라고 판단된다. 현재 현대자동차의 친환경차 기술이 전 세계적으로 주목받고 있다. 해당 회사는 하이브리드, 플러그인 하이브리드, 전기차, 수소전기차 등 4개 타입의 친환경차를 2025년까지 38종 이상으로 늘린다는 계획을 가지고 있으며, 차세대 친환경차 시장을 선도하겠다는 포부를 밝힌 바 있다. 이에 맞춰 수소차를 개발한다면, 국내 수소 수요는 증가할 수 있을 것으로 보인다.

국내 기업의 수소차 개발과 함께 정부의 추가적인 수소차 보조금 지원 제도가 수반이 된다면, 내수 활성화를 통해 기업의 경쟁력 강화에 도움이 될 것이고, 더 나아가 우리나라의 수소 영토 확장에 큰 힘이 될 것으로 보인다.

제4장 후기 대한민국 수소 정책 방향

4.1. 통일 한반도 시대의 수소 역할

수소경제 안전에서는 외교·경제·기술적 타당성을 조사해 실제 사업성과 기술성을 실증·검토하여 한국형 해외 수소 공급망을 구축한다고 한다. 수소 공급이 활성화되기 위해서는 수소 생산 단가를 낮추는 것이 중요하다. 생산 단가를 낮추기 위해 적합한 것이 석탄이다. 특히, 석탄 중에서도 발열량이 낮아 화석연료로 잘 쓰이지 않는 ‘갈탄’을 가스화하여 생긴 합성가스를 이용해 고순도 수소를 만들 수 있다. 갈탄에서 추출 가능한 개질(추출) 수소는 수전해 수소에 비해 가격 경쟁력을 가지고 있다. 추출 과정에서 이산화탄소가 발생한다는 단점이 있으나, 수소를 생산하는 현존 기술 중에서 가장 생산 단가가 낮은 방법이기 때문에, 초기~중기의 수소 생태계 정착 과정에서의 개질 수소 수입 및 생산시설 증축이 필수적이다.

다시 말하자면, 수소사회 초반에 원활한 수소공급과 수소 원가절감을 위해 수입 수소 비중을 늘린다는 것이다. 일본은 호주와의 협력을 통해 호주에 매장된 갈탄을 수소화하여 액화수소 공급망 프로젝트를 상당 부분 진척시켰으며, 우리나라 또한 2019년 9월 24일 호주와의 ‘한-호주 수소협력 의향서’를 체결하는 등 글로벌 수소 경제 협력을 추진하고 있다. 하지만 주요국 국제 수소공급 체인망 구축과 비교 시, 우리나라의 국제협력 수준은 초기 단계이며 중장기 전략이 부실하다.

호주, 러시아 등 해외 수소 수입은 장거리 운송비용으로 인해 절대적인 비용 증가를 피할 수 없다. 이에 본 장에서는 해외로부터 수소 공급비용을 줄이기 위해 ‘남북 수소공급시스템’을 제안하는 바이다. 2018년 북한의 석탄 생산량은 1,808만 톤으로 우리나라의 120만 톤 대비 15.1배 수준으로 나타났다. 이 수치는 유엔의 대북제재에도 불구하고 집계된 수치이기에, 실제로는 그 생산량이 더 많을 것으로 예상된다.

북한과의 협력은 통일 이전의 경제 격차를 줄일 수 있으며, 향후 통일 비용을 완화할 수 있다. 더 나아가 북한의 자원과 남한의 기술이 결합하여 수소경제가 완성된다면, 분단된 국가의 기술교류를 통한 통일의 첫 사례가 될 것이다.

4.2. 통일 한반도 수소 정류장, ‘강원도’

수소 경제 안전에서 강원도는 삼척을 제외하고 수소 관련 사업의 역할을 담당하고 있지 않다. 수소 경제 인프라의 기본이 되는 수소 충전소는 2020년 6월 기준으로 강원도 내에 단 한 곳도 없으며, 이후 2030년이 되어서야 차차 증설될 예정이지만, 타 지역에 비해 수소 경제에서 소외되고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 강원도 지역이 수소를 직접적으로 활용할 수 있는 산업이 입주해 있지 않기 때문이다. 하지만 최근 사업이 확정된 동해북부선 철도와 함께, 북한과의 협업은 강원도가 우리나라 수소 경제에서의 영향력을 늘리는 방안이 될 것이다.

최근 남북관계 급랭에도 불구하고, 정부는 당초 9월로 예상됐던 기본계획을 3개월 앞당겨 건설에 차질이 우려됐던 동해북부선 강릉~제진 구간 착공이 가시화됐다. 이에 건설 중인 동해중부선을 비롯해 한반도와 북한, 유라시아를 잇는 동해선 철도 건설이 진행될 전망이다. 동해북부선 철도는 남강릉부터 제진을 잇는 110.9km에 이르는 선로로, 2조 8,520억 원을 들여 단선 전철로 건설할 계획이다. 하지만 남한 철도는 2만 5,000볼트 교류를 사용하고 북한 철도는 3,000볼트 직류 전압을 사용하기 때문에, 남북 철도 연결을 가정하에 양쪽 전압을 모두 사용할 수 있도록 열차를 개량하거나 북한의 모든 선로에 대한 전력 인프라 교체가 필요하다.

하지만 수도권 지하철 절연구간의 사례를 보면, 열차의 설비 변경 없이 관성을 이용해 구간을 통과하거나 서울 지하철 4호선 선바위~남태령 구간처럼 관성을 이용하기 힘든 구간은 아예 운행하지 않는 등 기존 열차의 설비 변경에 기술, 경제적 한계가 있어 보인다. 또한, 북한의 모든 선로에 대한 철도 전력 인프라 교체는 일반지역이 1km당 24억 3,000만 원, 도시지역이 1km당 29억 1,000만 원에 이르기 때문에 천문학적 비용이 예상된다.

구축되어 있는 철도를 사용하며 비용 절감을 위해서는 수소 열차의 활용이 필수적이다. 현재 운행되고 있는 열차 중 디젤전기철도차량은 전철화되어 있지 않은 철로에서 운행이 가능하다. 하지만 전기철도차량에 비해 이산화탄소 배출량이 높아 국내 철도 분야 오염물질 배출의 주원인이다. 수소연료전지철도차량도 전철화되어 있지 않은 철로에서 운행이 가능한데, 디젤전기철도차량은 물론 전기철도차량과 비교해도 탄소 배출량이 적다. 한국교통안전공단 등의 발표에 따르면, 전기철도차량을 수소연료전지철도차량으로 대체하는 경우에 탄소 배출량을 13.7% 줄일 수 있고, 디젤전기철도차량을 해당 철도차량으로 대체하면 51.9%까지 낮출 수 있다.

이런 다양한 강점 때문에 수소 열차로의 전환은 이미 세계적인 추세이다. 중국, 일본, 유럽 등 대다수 국가는 몇 년 전부터 수소 열차 개발을 진행 중이며, 이미 상업 운행 중인 곳도 있다. 우리나라 역시 국토교통부 연구개발 사업의 일환으로, 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 한국철도기술연구원과 우진산전 등에서 수소 연료전지 하이브리드 철도차량 개발에 착수했다.

동해선 건설이 완공되면 한반도 동해안을 종단하는 철도망을 구축하여 남북교류협력 촉진과 북방정책의 시발점이 될 것이다. 더욱이 과정에 있어 수소 열차의 기술 발전은 초기 인프라 확충에 유효유가 되어줄 것이다. 수소 열차를 이용한 북한의 풍부한 지하자원 수입은 우리나라의 원자재 수입비용을 절감할 뿐만 아니라, 북한의 경제성장에 도움이 되어 통일 비용도 절감할 것이다. 구체적으로 개질 수소 생산을 위한 ‘갈탄’은 함북 남부탄전, 북부탄전 그리고 아오지 탄광이 대표적이며, 해당 지역들은 강원도 환동해권 철도망에 포함된다. 더불어 ‘철광석’ 또한 함경남도 지역에 대부분 분포하고 있어, 국내 최대 철강기업인 포스코가 위치한 포항과의 직접적인 연결이 가능해진다. 이는 비단 북한에 경제적 이윤을 가져다줄 뿐만 아니라 우리나라의 원자재 비용 절감 효과가 있기 때문에, 수소 경제의 기반 마련과 앞으로의 ‘에너지로 이룬 통일’에 초석이 될 것이다.

제5장 결론

본 논문에서는 정부가 발표한 수소 정책을 살펴보았으며, 그 타당성을 일변량 및 벡터 시계열모형과 공적분 VAR 모형 분석을 통하여 확인하였다. 수소경제위원회 안전에서 다룬 인천과 여수에 대한 타당성을 충전시간, 안정성, 대형차라는 변수를 바탕으로 분석해봤을 때, 인천은 수소 클러스터로 적합할 것이며, 여수는 타 산업과의 연계를 통해 더 보완해나갈 필요가 있다는 결과를 도출했다. 또한, 정부 부처의 통계자료를 기반으로 한 예측을 통해 수소 도시에 적합한 지역으로 부산, 평택, 제주를 새롭게 제안했다. 이 밖에도 통일을 바라보며 북한과의 수소 활용 협업을 이룬다면, 강원도 지역을 통해 미래의 한반도는 수소로 하나 될 수 있음을 확인하였다.

하지만 본 논문에서 분석한 결과와 새롭게 제안한 정책은 오직 수소 자동차라는 기준만 적용했을 때 도출된 것이기 때문에, 앞으로의 국내 수소 산업 현황에 따라 추가로 보완해야 할 필요가 있다고 판단된다. 이뿐만 아니라 국내 수소 산업은 이제 막 시작한 도입기이기에, ISTANS에서도 현재 수소를 산업으로 보고 있지 않아 충분한 데이터를 확보하기 어려웠다. 필자는 다른 분야의 데이터를 활용해 나름의 분석 결과를 도출하였으나, 수소에 대한 직접적인 통계가 부족했다는 한계점이 있었음을 시사하는 바이다.

그럼에도 불구하고, 우리나라의 수소 정책은 세계적인 추세로 미루어보아 국가 경쟁력을 키우기 위해 필수적이며, 화석연료를 사용하지 않고 탈탄소화를 실현하여 우리 다음 세대에게 더 나은 미래를 물려주기 위한 첫걸음이라고 할 수 있다.

참고문헌

- 장원석. (2020.6.5.). “-31억 2000만 달러” . 중앙경제, B4면.
- 허정원. (2020.6.2.). “수출 두 달 연속 20%대 감소, 자동차는 반토막” . 중앙경제, B1면.
- 김태운 & 김도년. (2020.6.23.). “6월 하루 평균 수출액 16% 감소” . 중앙경제, B4면.
- 최민경 & 안정준. (2020.7.22.). “포스코 본업 철강, 20년만에 첫 분기 적자” . 머니투데이, 11면.
- 남지원. (2020.7.29.). “불황 터널 못 빠져나오는 정유업계... SK이노베이션 2분 기 적자 4397억원” . 경향비즈,
http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?art_id=202007291106001
- 김성은. (2020.7.24.). “에쓰오일, 2Q 영업손실 1643억원... 적자지속” . 머니투데이, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2020072409370497051>
- 김성은. (2020.7.28.). “사면초가 정유업계” . 머니투데이, 1면.
- 구태우. (2020.6.3.). “포스코의 부생발전 합병 노림수, ‘온실가스 비용’ ” . 더벨,
<https://www.thebell.co.kr/free/Content/ArticleView.asp?key=202006011112410800104143&svccode=04>
- 남혜정. (2020.7.30.). “석탄사업 접는 유럽.. “14개국 2030년까지 탈석탄완료” ” . 카카오톡 #뉴스, <https://v.kakao.com/v/20200730060129550>
- 김성은. (2020.9.16.). “BP ‘석유시대 종말’ 선언 ‘탈 탄소’ 선택 아닌 생존” . 머니투데이, 1면.
- 민동훈. (2020.8.20.). “가스공사 37주년 “수소 기반 친환경기업 전환” ” . 머니투데이, 4면.
- 안정준. (2020.7.15.). “순도 99.999% 수소 생산 . . . “전세계 ‘넥쏘’ 100% 충전가능” ” . 머니투데이, 5면.
- 김기범. (2019.7.14.). “SK인천석유화학, 에너지 효율화·온실가스 감축에 500억원 추가 투자” . 시사오늘(시사ON),
<http://www.sisaon.co.kr/news/articleView.html?idxno=97280>
- 연구조사본부. (2009.7.6.). “LG화학, CDM사업 유엔 등록” . 한국석유화학협회,
http://www.kpia.or.kr/index.php/bbs/view/id/1469/page/144/term_id/6/per_page/9/v_mode/user

- 최민경. (2020.9.11.). “현대오일뱅크 ‘그린뉴딜’ 시동 . . .
“수소충전소 10년내 180곳” ” . 머니투데이, 11면.
- 김훈남. (2020.5.15.). “2040 수소 전용항만 만든다 부산·울산·평택
‘물밀’ 경쟁” . 머니투데이, 1면.
- 곽성일. (2020.6.25.). “동해선 철도 건설 차질없이 진행된다... 북부선
강릉~제진 구간 착공” . 경북일보,
<https://www.kyongbuk.co.kr/news/articleView.html?idxno=2044572>
- 임정환. (2020.6.19.). “ ‘수소열차’ 착착 ... 내년 시제열차-2022년
일반열차-2025 고속열차 완성” . 뉴데일리 경제,
<http://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2019/06/19/20190619000009.html>
- 송해영. (2018.8.1.). “국내, 수소열차 등장하나 . . . 2021년 시범운행” .
월간수소경제, <https://www.h2news.kr/mobile/article.html?no=6884>
- 조신섭 & 손영숙 & 성병찬. (2019). SAS/ETS와 R을 이용한 시계열분석
5판. 율곡출판사.
- Montgomery, Douglas C. & Jennings, Cheryl L. & Kulah. (2008).
Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Wiley.
- Global EV Outlook 2020 Technology report. (2020.6.). IEA,
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>

국문초록

시계열모형을 활용한

대한민국 수소 정책 타당성 분석 및 시기별 정책 제언

김동현(중앙대학교 석사 통계학과)

박현우(경기대학교 학사 무역학과)

최종욱(경기대학교 학사 응용통계학과)

본 연구의 목적은 2020년 7월 14일에 발표한 ‘한국판 뉴딜 종합계획’ 중 그린뉴딜 정책의 추진 방향을 시기별로 제언하기 위함에 있으며, ‘수소’를 중심으로 서술하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위해, 가장 먼저 수소경제위원회 안전에서 언급한 지역(인천, 여수)의 수소 생태계 타당성을 확인하였다. 이후, 본 논문에서 추가로 부산, 평택, 제주 3개의 지역을 정책과 지리 등 다양한 변수들을 근거로 선정하였고, 이도 마찬가지로 수소 생태계 타당성을 확인하였다. 확인 방법론은 국토교통부 통계누리의 자동차등록현황보고 데이터를 기반으로 한 ‘일변량 및 벡터 시계열모형 분석 및 예측’을 채택하였다. 검증 결과, 본 연구에서 선정한 전기차 대비 수소차의 강점 3가지(충전 시간, 안정성, 대형차)를 동시에 고려했을 때, 5개 지역(인천, 여수, 부산, 평택, 제주) 모두 수소 자동차로의 전환이 가능한 지역임을 확인하였다. 또한, 전기차와 수소차는 서로 상관관계를 가지고 있어 전기차와 수소차 모두 꾸준히 수요가 증가할 것으로 예측되었으나, 수소차에 추가적인 보조금 지원 정책을 추진한다면 수소차 수요는 더 크게 증가할 수 있을 것으로 보인다.

타당성 확인 후, 해당 결과를 토대로 초기, 중기, 후기별로 수소경제의 방향성을 제시하였다. 초기에는 특정 기업(포스코 등)의 온실가스 배출 관련 규제를 제정비해야 하며, 정부의 보조금 지원 등을 통하여 부생수소의 적극적인 확보를 이루어 ‘초기 수소 경제’의 기반을 다질 필요가 있다. 중기에는 국내 기업의 수소차 개발과 함께 정부의 추가적인 수소차 보조금 지원 제도를 도입할 필요가 있다고 판단되며, 해당 제도가 수반이 된다면 내수 활성화를 통한 기업의 경쟁력 강화에 도움이 될 것으로 보인다. 마지막으로 후기에는 미래에 있을 통일 한반도 시대를 대비하기 위해 ‘남북 수소공급시스템’을 구축해야 하며, 해당 시스템 구축을 통해 북한과 협력하여 통일 이전의 경제 격차를 줄임과 동시에 통일 비용을 완화할 수 있을 것으로 보인다. 그 중심에는 수소 열차의 활용이 가능한 강원도가 있다는 것을 본 논문에서 시사하였다.

결론적으로, 본 논문에서 제시한 시기별 정책을 실현한다면 경제, 환경, 통일을 모두 잡을 수 있을 것이며, 다음 세대에게 더 좋은 미래의 한반도를 물려줄 수 있음과 동시에 수소 선진국으로 나아가는 밑거름이 될 것이다.

주제어 : 수소, 그린뉴딜, 통일