자원·환경경제연구 제 24 권 제 3 호
Environmental and Resource Economics Review
Volume 24, Number 3, September 2015 : pp. 551~572
DOI: http://dx.doi.org/10.15266/KEREA.2015.24.3.551

제조업과 서비스 부문 기후 리스크 측정†

오 형 나*

요 약 : 지구 온난화와 그에 따라 발생빈도가 늘어난 이상기온 현상으로 인해 제조업과 서비스 업종에서 감당해야 할 기후위험 역시 증가하는 추세에 있다. 본 연구는 Pardo *et al*. (2002)이 이용한 간단한 실증모델 추정을 통해 품목별 기후리스크를 측정한다. 실증분석의 결과, 제조업 품목의 26.7%, 서비스 업종의 27.9%가 날씨여건에 따라 판매량이나 경영성과에 유의미한 변화를 경험하고 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 기후리스크, 기후민감업종, CDD, HDD

JEL 분류 : Q51, Q54

접수일(2015년 7월 22일), 수정일(2015년 9월 25일), 게재확정일(2015년 9월 30일)

†본 연구는 한국개발연구원이 수행한 '기후변화의 영향과 적응전략 (2013)'보고서의 한 장으로 데이터 및 연구비 지원을 받아 작성되었습니다.

* 경희대학교 국제대학 국제학과 부교수(e-mail: h2o@khu.ac.kr)

Measuring the Weather Risk in Manufacturing and Service Sectors in Korea

Hyungna Oh*

ABSTRACT : Given the presence of global warming, the economic impact of climate changes on output sales has been discussed in the literature, but rarely with empirical evidences. In this present study, a simple log-model was employed to identify the economic impacts of weather changes in manufacturing and service sectors in Korea. For this empirical exercise, weather variables including the CDD (cooling degree days) and HDD (heating degree days) were computed using the Korea's meteorological records covering the period 1970-2012. According to estimation results, 26.7% (144 over 539) and 27.9% (64 over 229) of the manufacturing and service sectors, respectively, are found to be weather-sensitive.

Keywords : Weather risk, CDD, HDD

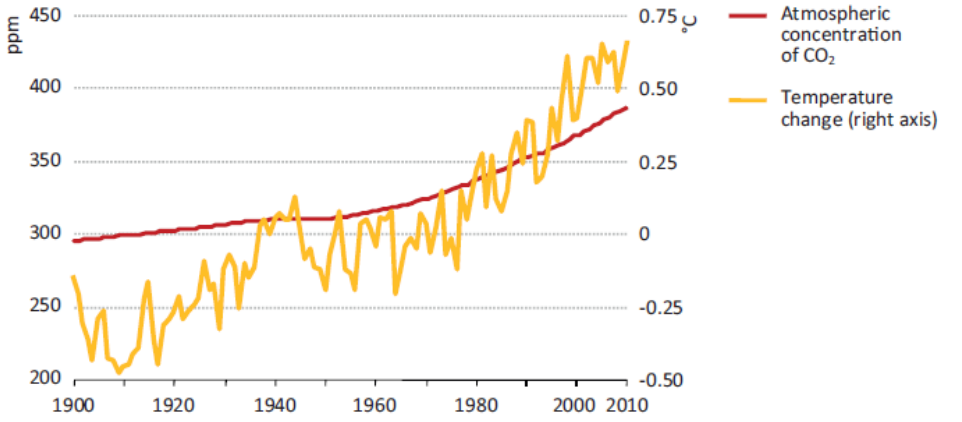
Received: July 22, 2015. Revised: September 25, 2015. Accepted: September 30, 2015.

* Associate Professor of Economics, College of International Studies, Kyung Hee University(e-mail: h2o@khu.ac.kr)

I. 서 론

지구온난화는 어느새 우리에게 친근한 주제다. <그림 1>에서 볼 수 있듯, CO_2 농도는 인류가 기후문제로 어려움을 겪기 시작하는 임계점으로 알려진 450 ppm에 근접하고 있다. 그 결과 2013년 현재 지구표면온도는 산업혁명 이전 시기에 비해 평균적으로 0.8°C 이상 증가한 것으로 보고되고 있으며 21세기 이내에 2.8°C에서 4.5°C까지 추가 상승할 것으로 예상되고 있다. 이러한 온난화현상은 기후리스크라는 범지구적 위기를 초래하고 있다.

〈그림 1〉 지구의 표면온도와 CO_2농도의 변화



자료: NASA(2013), IEA(2013)에서 인용.

지구온도가 상승하면서 최근 폭염과 혹한, 폭우, 폭설, 계절에 맞지 않는 이상기후 현상 등이 빈번하게 발생하고 있고, 이에 따라 경제적 손실의 발생가능성, 즉 기후리스크가 증가하는 추세에 있다(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). 명수정 외 (2010)의 연구에 의하면, 21세기 확실히 발생할 것으로 예상되는 이상기후 현상으로는 추운 낮과 밤의 감소, 열대일과 열대야 빈도 증가 등이며, 발생 가능성이 높은 이상 기후현상은 온파 및 열파의 빈도 증가 및 집중호우의 빈도와 강도 증가일 것이라고 한다. 끝으로 가뭄의 증가(물 부족 지역 증가), 강력한 열대성 저기

압활동 증가, 극단적 해수면 상승 현상 등이 발생가능성이 어느 정도 있는 이상기후 현상이다. 기후리스크(혹은 날씨리스크, weather risk)는 이와 같은 기후현상의 변동성으로 인해 발생한 경제주체들의 소득 또는 자산 가치 상의 위험을 지칭한다.

본 연구는 1970년대 이후 기상청의 기후데이터, 통계청이 제공하는 1970-2012년간의 '광공제조업 동향조사' 월간 자료, 2000-2012년간의 '업종별 서비스업(월별)생산지수'를 활용하여, 우리나라에서도 문헌에서 언급된 상품 및 서비스에 대한 기후리스크가 존재하는지 판별해보고자 한다. 서론 이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 해외 문헌에서 언급된 기후리스크의 종류와 기후민감 업종을 기술할 것이다. 이어 III장에서 기후리스크 측정에 범용적으로 사용되는 냉방일수(Cooling Degree Days, CDD)와 난방일수(Heating Degree Days, HDD)를 계산하고 본 연구에 이용된 설명변수의 기초통계를 정리한다. 제IV장에서는 계량모델을 소개하고 CDD와 HDD의 추정계수를 기준으로 기후리스크가 존재하는 품목을 식별한 후, 끝으로 V장에서 기후파생상품시장의 가능성에 대해 간략하게 논의한 후 본 연구를 정리한다.

II. 기후리스크의 종류와 기후민감 업종

이기형(2004)에 따르면 미국 기업의 70% 이상이 기후리스크에 의해 영향을 받는 것으로 조사될 정도로 기후리스크에 노출된 업계의 범위는 넓다. 직접적인 영향 정도만 따져도 미국 경제의 20%가 날씨상황에 의해 좌우된다고 한다(시카고 현물거래소, 2005). 전 세계 기후데이터를 이용하여 기후변화와 관련된 리스크지수를 계산한 Romilly (2007)는 전세계를 11개의 지역군으로 나눈 후 월간 기후데이터와 GARCH 모델을 이용하여 지역별 기후리스크를 측정하고 지수화를 통해 기후리스크가 큰 지역을 추출하였다. 기후 평균값의 변화보다 분산(variance)의 변화가 중요하게 고려된 그의 지수값에 따르면, 캐나다와 중앙아시아의 기후리스크가 매우 높은 것으로 평가되었다[1].

1) 한국이 속한 동북아시아는 평가대상에서 빠져 있으며 근접한 중국의 위험도가 4위로 측정되었다.

우리나라도 예외는 아니다. 기상청(2008) 발표에 의하면, 1900년 이후 우리나라 6개 도시의 평균기온은 1.5℃ 상승하였는데 이는 지구 평균기온 상승분의 2배에 해당한다. 그 결과 봄과 여름이 길어지고 겨울이 짧아지고 있다. 명수정 외(2010)가 정리한 온도 이외의 기후지표 변화를 살펴보면, 전반적으로 강수일수는 감소하는 가운데 총강수량이 증가하면서, 가뭄기간이 길어지고 집중호우 또는 홍수 빈도가 높아지고 자연재해의 발생 가능성이 증가하는 추이를 보이고 있다. 주변 해역의 해수면은 1964년에서 2006년 사이 연평균 1.9mm씩 상승하고 있는데 이는 전 세계 평균값 보다 약간 높은 정도이다. 일강수량 극값의 증가와 함께 연간 최대 순간 풍속, 즉 태풍의 강도가 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 그 결과 국내 기상재해 관련 연평균 손해규모가 계속 증가하고 있는데, 그 규모는 화재와 자동차사고로 인한 손해규모와 비슷한 수준이다[2)]

기후리스크가 작동하는 방식과 정도는 산업별로 다르다. <표 1>은 산업별로 발생할 수 있는 잠재적 기후위험을 정리한 것이다. 예를 들어, 전력업체의 수익은 온도에 따라 전력수요가 기대치를 초과하거나 미달하면서 급변할 수 있다. 한편, 수력발

〈표 1〉 잠재적 기후위험의 예

산업 부문	기후 위험
에너지	에너지 소비의 증가/감소
헤지펀드	변동성이 큰 시장에서의 이윤
농업	곡물 수확량, 운송, 저장, 병충해
해안	폭풍 발생 빈도 증가
보험	보험금 지급 요구 증가
엔터테인먼트	공연 연기, 방문객 감소
소매업	날씨 민감한 상품의 소비 감소
건설	공사 기간 연장
교통	예산 초과, 공기연장
제조업	수요 감소, 원재료 비용 인상
정부	재정악화

출처: 시카고 현물거래소(2011).

2) 80년대 3,400억 원대에서 90년대에는 6,000억 원대로 증가했다(이기형, 2004).

전소의 경우 강수량이나 강설량이 적으면 발전량이 줄어들면서 공급측 리스크도 발생한다. 농산물 수확량은 기온, 강수량, 일조량, 습도, 강설량 등 기후조건에 따라 크게 달라지며, 어업의 경우 폭풍으로 인해 어획량이 심각하게 줄어들 수 있다. 제조업 분야에서도 날씨에 따라 상품 수요가 감소하거나, 천연재료들의 가격이 상승할 위험이 존재한다.

서비스업의 경우, 엔터테인먼트 산업은 날씨가 좋지 않으면 야외 행사가 연기되거나 찾는 고객이 줄어 손해를 입을 수 있으며, 스키 · 리조트업은 적설량에 따라 수익이 변동한다(Tang and Jang, 2011). 날씨에 민감한 상품들의 수요가 증감하면서 이차적으로 소매상 역시 기후변동에 따른 리스크를 경험하게 된다. 교통부문에서는 날씨로 인해 운행이 지연되거나 불가능하게 될 위험이 있으며, 건설부문은 춥거나 비가 오는 날에 인부들이 야외에서 일을 할 수 없으면, 공사기간이 지연되어 손해를 볼 수 있다. 정부부문의 경우 날씨로 인해 재해가 발생하면 관련 지출이 늘어나 예산이 부족하게 될 위험이 있다. 자동차 고장수리업체는 날씨가 춥고 눈이 내려 빙판길이 된 경우 차량 구조에 소요되는 비용이 증가한다. 이처럼 기후변동에 따라 취급하는 상품 또는 서비스의 수요 또는 공급에 차질이 생기면서 해당 업계의 수익이 임계치 이상으로 변동하면 해당기업은 기후 리스크를 경험하게 되는 것이다. Müller and Grandi (2000)는 발전을 포함한 전력관련 업종, 맥주생산, 고급 양장점, 아이스크림 생산업자, 건축자재 생산업자, 스포츠 용품 생산업자 등이, Turvey and Kong (2010)은 농업이, Scott (2003)은 관광이, Fukushima *et al*. (2002), Shih *et al*. (2009)과 Tang and Jang (2011)은 스키관련 업종이 기후리스크가 높은 대표적인 업종이라고 언급한 바 있다[3].

본 논문의 III장 이하에서는 우리나라의 출하량 및 경영지표와 기후지표를 이용하여 기후리스크가 통계적으로 유의미한 업종이 무엇인가에 대해 국내 최초로 식별작업을 실시할 것이다.

3) 본 연구와 마찬가지로 이들 연구에서도 대표적인 기후변수인 CDD와 HDD(III장에서 설명)가 설명변수로 사용된 바 있다.

III. 분석자료: 기후지표, 품목별·업종별 판매량 또는 생산지수

1. 품목별·업종별 판매량 또는 생산지수

실증분석을 위해 다양한 데이터가 이용되었다. 첫 번째 자료원은 통계청의 '광공제조업 동향조사'다. 해당 조사는 1970년 이후(2012년을 기준으로) 613개 주요 광공업 제품의 월별·품목별 (총)생산량, (총)출하량, (총)재고량, 수출량과 내수판매량 정보를 제공하고 있다. 연도별로 조사하는 항목과 가중치가 달라지는데 본 연구에서는 품목별로 모델을 추정하기 때문에 가중치에 대한 조정을 하지 않았다. 단, 품목별 패널데이터를 만들기 위해 신분류를 기준으로 품목을 메칭시켰으며 이 과정에서 관측오차가 발생할 수 있었음을 밝혀둔다. 이 조사가 이용된 가장 큰 이유는 경영지표가 이질적인 품목이 포함되어 있어 물량으로 표시되기 어려운 일부 예외품목을 제외하고 금액기준이 아닌 물량기준으로 제시되기 때문이다. 즉, 품목의 가격상승에 따른 효과를 제거하고 기후의 생산량 및 출하량에 대한 영향을 평가할 수 있다는 측면에서 '동향조사'는 장점을 가지고 있다. 물론 기후파생상품의 가치를 정할 때는 기후변화에 따른 공급 및 수요량의 변화가 야기한 가격효과를 동시에 고려할 수 있다는 측면에서 물량데이터가 아닌 금액기준 데이터가 가진 강점이 존재하는 것은 사실이다. 그러나 기후변화에 따른 판매량(출하량)의 변화가 가장 기저가 되는 효과임을 고려할 때 '동향조사'의 강점이 우선하여 본 연구에서는 '광공업사업체 총조사' 대신 '광공제조업 동향조사'를 이용하였다. 613개 품목 중 일부는 조사가 중단되었거나 최근에 조사를 시작하여 분석을 위한 자유도가 충분히 확보되지 못해 분석에서 제외되었다. 그 결과 품목당 관측치가 160개 이상인 539개 품목의 출하량이 분석에 이용되었다.

한편, 서비스산업의 경우 '물량' 자료가 아닌 '매출액' 데이터나 '생산지수' 만 제공됨에 따라 광공업과 동일한 분석을 시도할 수는 없었다. 본 연구에서는 '매출액' 대신, 2000년 1월부터 2013년 12월 기간의 229개 서비스업종에 대한 월별 '불변가격 생산지수(통계청의 <업종별 서비스업 생산지수>, 2010 = 100)'를 이용하여 기후조건과 서비스업의 경영성과 간의 정량적 관계 분석을 시도하였다. 이외에 소비의

소득효과를 보정하기 위해 한국은행 경제통계시스템의 분기별 실질GNI를 해당하는 월에 적용하여 사용하였다(<표 2>에 기초통계량 제시). <표 2>에 종속변수에 대한 기초통계는 제시되지 않고 있는데, 이는 분석품목의 수가 제조업 539개 품목, 서비스 부문 229개 업종으로 매우 많아 이들에 대한 기초통계를 제시하기도 어려울 뿐만 아니라, 본 연구의 목적이 개별 품목의 정확한 기후리스크 추정보다는 제조업과 서비스업에서 기후리스크가 통계적으로 유의미하다고 볼 수 있는 품목수와 포괄범위를 밝히는 데 있기 때문이다.

2. 기후지표

경제주체가 처한 기후리스크가 상이함에 따라 그들이 이용하는 기후지표 역시 온도일 지표(Degree Day indices), 강우량, 강설량(snowfall), 서리, 허리케인 등으로 다양하다. 이 중 자주 대표적인 기후지표는 온도를 이용한 Degree Day indices(DD)[4]인 CDD(Cooling Degree Days)와 HDD(Heating Degree Days)로, 기후파생상품 거래량의 98-99%가 이들 온도지표를 사용한다(Garman, Blanco and Erickson, 2000). DD 중 HDD는 특정한 날의 기온이 기준 기온보다 낮아 난방이 필요한 날수와 기온이 낮은 정도를 반영하며, CDD는 기온이 기준 기온보다 높아 냉방이 필요한 날을 계산한 것이다.

$$HDD = \sum_{i}^{N_d} z_i, \;\; z_i = \max(T_0 - T_i, 0) \tag{1}$$

$$CDD = \sum_{i}^{N_d} z_i, \;\; z_i = \max(T_i - T_0, 0) \tag{2}$$

(1)과 (2)에서 T_i는 i 일의 평균온도, T_0는 기준 온도, N_d는 CDD와 HDD를 측정하는 기간을 뜻한다. CDD와 HDD의 계산에는 기상청 데이터가 이용되었다. 기상

4) 이외의 기온지표로 평균 기온 지표, 누적 평균 기온 지표, 이벤트 지표 등이 있다.

청은 다양한 측정단위로 1970년 이후 전국 300개 이상의 유무인 관측소에서 측정한 기후관련 변수데이터를 제공하고 있다. 기상청 데이터에 포함된 변수 중 기온관련 변수는 관측소별 일 평균온도, 일 최고/최저온도, 이슬점 온도, 최저초상온도, 0.5m ~ 5m에서의 지중온도 등이다. 강수량 또는 습도와 관련된 변수로는 일강수량, 최심신적설, 평균습도, 최고/최저습도, 소형증발량, 대형증발량을 들 수 있다. 이외에 기상청은 폭풍과 같은 이상기후를 나타낼 뿐 아니라 체감온도 및 체감습도에 영향을 미치는 풍속 관련변수(최대풍속, 최대순간 풍향, 최대 순간풍속)와 일조량 관련 변수(일일조, 일일사량, 전운량 등)를 제공하고 있다.

본 연구에서는 '동향조사'의 관측주기(월)와 일치시키기 위해 기상청으로부터 일 단위(daily) 데이터를 제공받아 (1)과 (2)의 방식으로 월별 CDD와 HDD값을 계산하였다. 기상청 데이터에 포함된 300개 이상의 관측소 중 일부는 무인관측소로 비교적 최근에 인구가 저밀한 지역에 설치되었는데 무인관측소가 설치된 지역의 온도나 습도는 유인관측소가 설치된 지역과 상당히 다르다. 이에 따른 편이를 제거하기 위해 모델추정은 1973년 또는 그 이전에 설치된 관측소에서 측정된 기후데이터만을 이용하여 진행하였다. 기준온도 T_0 값으로는 유럽에서 이용되는 기준온도인 섭씨 18도를 이용하였다. 이외에 습도지표, 강우량지표, 강설량지표는 일평균값의 월평균값을 사용하였다.

기후변수의 기간별 기초통계는 <표 2>에 정리되어 있으며, <그림 2>는 위와 같은 방식으로 계산된 1972년과 2012년의 월별 HDD와 CDD값[5]을 표시한 것이다. 먼저 HDD의 변화를 살펴보자. HDD는 11월과 12월, 그리고 1월에서 3월까지 높은 수치를 보이고 있는데 1980년대 이후HDD의 변화는 미미한 수준에 불과하다. CDD의 경우 6월에서 9월까지 높은 수치를 보이는데 시간이 지남에 따라 월에 상관없이 그 수치가 증가하고 있어 우리나라에서도 온난화현상이 진행되는 것을 보여주고 있다.

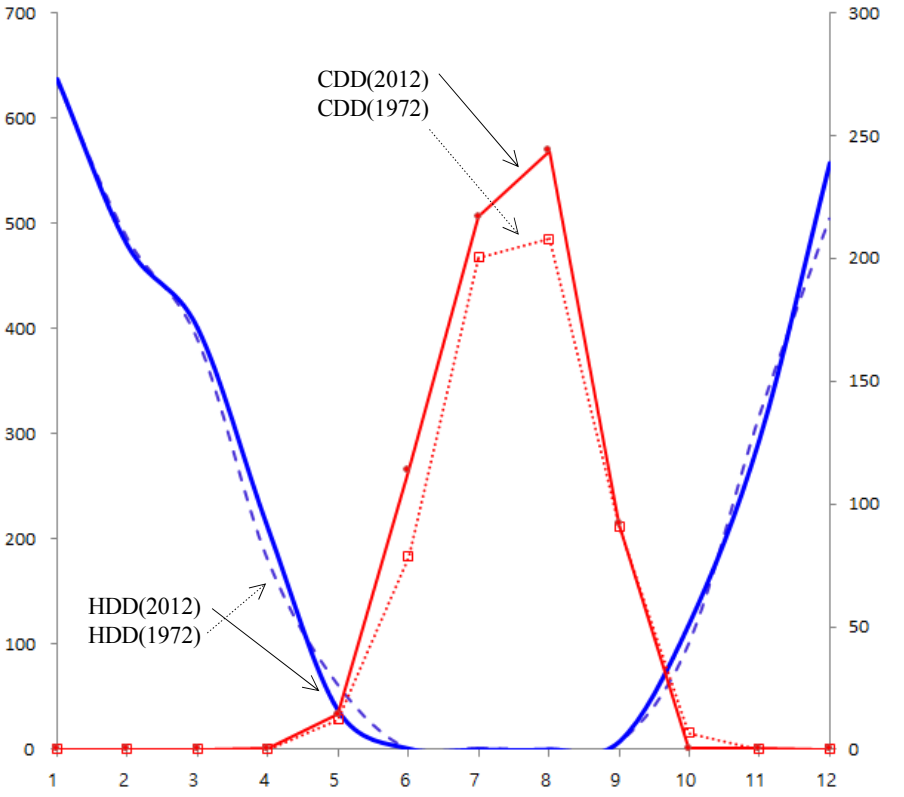
5) 일반적으로 기후파생상품에 대한 계약은 복수의 월을 대상으로 맺어지는데, 예를 들어 HDD는 그 값이 0보다 커지는 차가운 달인 11월부터 3월까지의 기간을 대상으로 계약하는 것이 일반적이다. <표 2>에 제시된 HDD나 CDD 수치는 일의 기온을 기준으로 일의 HDD와 CDD를 계산한 후 이를 월단위로 합산한 것의 평균값이다. 이러한 HDD나 CDD 기간은 기후파생상품의 가치를 결정할 때 사용하는 기간에 비해 짧다. HDD를 예로 들 경우 HDD의 연간합이 11월에서 3월까지의 HDD와 유사하다고 가정할 때 계약에 이용되는 HDD 평균값은 91.26*12=1,095와 유사한 수준에서 결정될 것이다.

〈표 2〉 설명변수의 기초통계

기간	변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
전체	일평균기온(℃)	12.38	9.02	-4.75	27.71
	일 최고기온(℃)	17.77	8.81	0.41	32.88
	일 최저기온(℃)	7.72	9.37	-9.91	23.61
	평균습도(%)	70.03	7.27	52.26	85.87
	월평균HDD(℃)	83.71	15.39	29.47	97.33
	월평균CDD(℃)	19.32	4.19	6.60	25.48
	실질GNI(십억원)	123,635	82,096	16,763	273,178
1979~81	평균기온(℃)	11.81	9.12	-4.72	25.60
	최고기온(℃)	17.31	8.88	1.04	29.78
	최저기온(℃)	7.00	9.48	-9.91	22.23
	평균습도(%)	71.80	6.43	63.35	84.70
	월평균HDD(℃)	91.97	6.26	83.32	97.33
	월평균CDD(℃)	17.75	2.19	14.69	19.32
	실질GNI(십억원)	41,042	1,647	38,050	43,335
1999~01	평균기온(℃)	12.55	9.17	-1.85	25.35
	최고기온(℃)	18.06	8.97	2.87	30.25
	최저기온(℃)	7.80	9.61	-6.28	21.89
	평균습도(%)	65.86	7.94	53.31	79.46
	월평균HDD(℃)	86.67	2.11	83.76	88.52
	월평균CDD(℃)	21.22	0.83	20.30	22.29
	실질GNI(십억원)	178,964	7,122	166,141	187,371
2010~12	평균기온(℃)	12.31	9.78	-4.75	26.58
	최고기온(℃)	17.46	9.61	0.41	30.76
	최저기온(℃)	7.84	10.23	-9.69	23.61
	평균습도(%)	67.67	8.49	52.26	82.27
	HDD(℃)	91.26	0.77	90.55	92.32
	CDD(℃)	22.94	1.38	21.43	24.74
	실질GNI(십억원)	254,821	4,516	247,572	262,175

주: 일 평균기온과 일평균 습도는 각 관측소에서 8회 관측값(03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24시)을 산술평균한 값의 통계치를 의미. 1973년부터 있어 왔던 관측소의 자료만을 사용.
출처: 기상청 자료를 이용하여 계산.

〈그림 2〉 HDD와 CDD의 변화



출처: 기상청 기후데이터를 이용하여 계산.

IV. 분석 모델 및 추정 결과

1. 분석 모델

본 논문에서는 기후변수 중 CDD, HDD, 그리고 습도를 설명변수[6]로 사용하여

6) 광공업품목을 분석한 모델과 동일하게 기후변수 이외에 실질GNI(rGNI), 트렌드 변수 (T), 월 더미 (monthly dummies, $\mu_{month,i}$)가 설명변수로 이용되었다.

계량분석을 실시하였다. 분석모델은 스페인의 전력판매량이 기후변수(CDD와 HDD로 표현)에 의해 설명되는 것을 보여준 Pardo *et al*. (2002)의 모델을 기본으로 다음과 같이 설정하였다.

$$y_{i,t} = \mu_i + \delta_i T + \mu_{month,i} + \theta_i rGNI_t + \alpha_i HDD_t + \beta_i CDD_t + \gamma_i H_t + e_{i,t} \quad (3)$$

여기서 $e_{i,t} = \sum_{k=1}^{12} \rho_k e_{i,t-k} + v_{i,t}$

모델 (3)에서 $y_{i,t}$는 제조업의 경우 t시기 품목 i의 월별 · 품목별 출하량의 로그값, 서비스업의 경우 업종별 생산지수이다. HDD_t, CDD_t, 그리고 H_t는 각각 해당 시기의 HDD, CDD, 습도지표 등 기후요인을 나타낸다. 각 품목 출하량은 국민소득이 변함에 따라, 시간흐름에 따른 소비자선호의 변화에 따라, 계절성 등에 의해 영향을 받게 된다. 실질GNI(rGNI), 트렌드 변수(T), 월 더미(monthly dummies, $\mu_{month,i}$는 품목 또는 업종 i의 생산활동에 월별 특징이 미친 영향의 정도를 추정한다)는 각각 소득효과, 트랜드 효과, 계절효과를 제거하고 기후변수들이 종속변수에 미친 영향을 추정하기 위해 모델에 포함되었다. 소비자들의 1달 전 또는 1년 전 과거의 경험은 그들의 소비에 영향을 미치게 된다. 즉, $y_{i,t}$가 설명변수의 현재값뿐만 아니라 과거값, 그리고 자체 과거값(lag dependent variables)에 영향을 받게 된다는 것이다. Pardo *et al*. (2002)은 이러한 경우 lag dependent variables을 모델에 포함시키는 대신 잔차항의 lag값들을 포함시키는 것을 권고한 바 있다. 잔차항의 동학구조는 품목별로 상이하겠으나 분석의 단순화를 위해 본 연구에서는 모든 품목에 대해 k=12를 적용하였다.

모델추정을 위해 SAS의 Autoreg procedure가 이용되었다. 전체적으로 습도변수에 유의미한 변화를 보이는 품목은 거의 발견되지 않았으며 CDD와 HDD 등 DD의 변화에 따른 생산활동의 변화는 상당수의 품목에서 발견되었다. <표 3>~<표 6>은 539개의 광공업 품목에 대한 추정결과 CDD와 HDD의 계수추정값이 통계적으로 0과 다른 품목만을 정리한 것이다. <표 3>과 <표 4>는 HDD의 계수추정값이 0보다

큰 품목(온도가 낮아질수록 판매량이 증가하는 것을 의미)과 0보다 작은 품목(온도가 낮아질수록 판매량이 감소하는 것을 의미)을 정리한 것이다. <표 5>와 <표 6>은 CDD의 계수추정값이 0보다 큰 품목(온도가 높아질수록 판매량이 증가하는 것을 의미)과 0보다 작은 품목(온도가 높아질수록 판매량이 감소하는 것을 의미)를 정리한 것이다. <표 7>~<표 10>은 마찬가지 방식으로 서비스업종에 대한 추정결과를 정리한 것이다.

2. 분석결과: 제조업 부문의 기후리스크

539개 품목 중 144개 품목의 출하량이 기후변화에 의해 영향을 받는 것으로 분석되었다. 이는 조사대상이 되었던 전체 품목의 26.7%에 해당하는 것으로 광공업 제품의 상당부분이 기후리스크에 노출되어 있다는 것을 의미한다. 에너지 및 에너지 관련 품목(가스, 화력전기, 수력전기, 연탄, 기름보일러)과 동계 운전에 대비한 자동차 타이어의 출하량이 HDD와 뚜렷한 양의 상관관계를 갖는 품목에 포함되어 있었다(<표 3>). HDD와 음의 상관관계를 갖는 품목은 생수, 과당, 과당음료, 탄산음류, 유산균 발효유, 아이스크림 등 여름철 식음류와 냉장고나 냉각탑 등 냉방 관련 기기가 포함되어 있다.

CDD와 양의 상관관계를 보인 품목은 냉방기구(패키지형 에어컨, 룸 에어콘), 냉장고, 전력(화력), 아이스크림, 생수 및 음료(과즙음료, 유산균 발효유), 과당 등인 것으로 나타났다(<표 5> 참조). 한편, 소주, 라면류, 냉동물고기, 기름보일러, 연탄 등은 날씨가 더워지면서 CDD가 증가하면 출하량이 감소하는 품목으로 조사되었다. 이외에 기후에 의해 영향을 받는 130여개 품목의 공통점을 발견하기는 쉽지 않다. 다만, 기후변화의 영향이 광공업의 다양한 부문에 걸쳐 고루 나타나고 있다는 것 정도로의 해석만이 가능하다.

이처럼 전력과 에너지 상품의 출하량이 기후변화에 따른 영향이 큰 것으로 나타나 기후파생상품이 도입될 경우 해외에서와 마찬가지로 국내에서도 에너지 관련 기업이 잠재적 수요자가 될 것이라는 점이 확인되었다.

〈표 3〉 출하량 기준 HDD와 양의 상관관계가 있는 품목

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$
가스업	0.0263	도료	0.0155	금속박지	0.0220
전기업(수력)	0.0550	전기업(화력)	0.0091	기름보일러	0.0395
봉강	0.0227	연탄	0.0232	포장 및 충진기	0.0600
자동차타이어	0.0171	선철	0.0450	형광전구	0.0122
전화교환기	0.0621	철망	0.0218	분유	0.0091
카본블랙	0.0147	용접봉	0.0099	슬랩	0.0247
와이어로프	0.0128	합성섬유직물	0.0097	드럼관	0.0099
변압기	0.0274	고무호스	0.0127	연승 및 섬유로프	0.0068
소모직물	0.0297	연괴	0.0338		
강관	0.0164	알루미늄제 가정용품	0.0103		
쇠못	0.0214	빵 및 케이크	0.0081		
		칼라브라운관	0.0942		
		PVC수지	0.0104		
		안경테	0.0157		
		살균제	0.0538		
		두부	0.0222		
		단추	0.0178		
		가소제	0.0182		

〈표 4〉 출하량 기준 HDD와 부의 상관관계가 있는 품목

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$
유산균발효유	-0.0114	부정형내화물	-0.0158	탄산음료	-0.0152
과당	-0.0224	위생용 도기제품	-0.0295	금속패널제품	-0.0176
동판 및 띠	-0.0252	의료처치기구	-0.0186	초음파세척기	-0.0627
공업용 접착제	-0.0408	폴리우레탄	-0.0128	조향장치	-0.0177
병마개	-0.0139	스타킹	-0.0121	규석	-0.0156
식관	-0.0133	콘크리트벽면	-0.0276	형광등	-0.0158
마가린	-0.0199	플라스틱장판 및 벽지	-0.0130	플라스틱자동차 부품	-0.0219
석고판제품	-0.0196	직물포대	-0.0180	아연괴	-0.0159
가공합판	-0.0238	모래	-0.0414	금괴	-0.0247
레미콘	-0.0652	폐놀수지	-0.0217	개인위생용솔	-0.0185
냉각탑	-0.1076	백상지	-0.0088	기성보통외의	-0.0178
침대	-0.0225	배전반	-0.0391	항공기부품민수용	-0.0274
모터사이클부품	-0.0382	화강암	-0.0251	카펫	-0.0169
공업용재봉기	-0.0306	스텐레스제싱크 상판	-0.0182	육상금속구조물	-0.0221
생수	-0.0164	엘리베이터	-0.0262	건축용강화플라스틱제품	-0.0235
대형냉장고	-0.0489	건전지	-0.0134	발전기	-0.0278
아이스크림류	-0.0241	소형트럭	-0.0198	고밀도폴리에틸렌	-0.0137
전분	-0.0298	과즙음료	-0.0204	경유	-0.0065
시유	-0.0136			석유아스팔트	-0.0188
				카프로락탐	-0.0265
				일간신문	-0.0024
				판지	-0.0100
				장식장	-0.0198
				서적	-0.0263

〈표 5〉 출하량 기준 CDD와 양의 상관관계가 있는 품목

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$
아이스크림류	0.0679	혼합음료	0.0446	냉연강대	0.0149
(패키지형)에어컨	0.2523	유산균발효유	0.0117	타포린	0.0186
전기업(화력)	0.0431	유리장섬유	0.0276	스위치	0.0327
생수	0.0318	산업용 및 상업용 냉장고	0.0941	과산화수소	0.0178
과즙음료	0.0364	알루미늄판 및 띠	0.0262	과당	0.0230
솔벤트	0.0411	저울	0.0566	박엽지	0.0166
		이앙기	0.3153	나동선	0.0330
		(룸)에어컨	0.0706	칫솔	0.0279
		속도계	0.0383	축전지	0.0158
		콘크리트전주 및 파일	0.0259	석회석	0.0237
		중질지	0.0236	가공합판	0.0276
				전류전압공급기	0.0474
				훼라이트코아	0.0241
				경운기	0.0885
				크라프트지	0.0134
				형광전구	0.0223
				ABS수지	0.0154

〈표 6〉 출하량 기준 CDD와 부의 상관관계가 있는 품목

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$
마가린	-0.0332	자동차타이어	-0.0189	냉동물고기	-0.0385
라면류	-0.0205	직물포대	-0.0371	설탕과자	-0.0228
소주	-0.0236	콜탈핏치	-0.1076	의료처치기구	-0.0228
소시지	-0.0220	경강선	-0.0331	합금철	-0.0211
쇼팅	-0.0274	화장품	-0.0356	배전반	-0.0630
콜타르	-0.0302	기름보일러	-0.0678	동판 및 띠	-0.0196
공작용수공구	-0.0633	연탄	-0.0456	타이어코드지	-0.0130
		판유리	-0.0343	산업용보일러	-0.0453
				금괴	-0.0560
				해상금속구조물	-0.0585
				담배	-0.0189
				알루미늄샷시바	-0.0256
				온도조절기구	-0.0263
				조향장치	-0.0284
				페놀동박적층판	-0.0673

3. 분석결과: 서비스 부문의 기후리스크

229개 서비스업의 27.9%에 해당하는 64개 품목의 생산지수가 기온변수에 영향을 받는 것으로 분석되었다. 광공업제품을 대상으로 한 분석에서 에너지 제품이 HDD와 강한 양의 상관관계를 가졌듯이 가정용연료 소매업이 HDD와 강한 양의 상관관계를 보였다. 백화점을 포함하여 대형소매업과, 자동차 수리 및 세차업이나 손해보험업 등 날씨가 추워지면 발생할 수 있는 사건과 사고와 관련된 서비스업종에서 HDD와 유의미한 양의 상관관계가 관찰되었다(<표 7> 참조). 다양한 서비스업종의 생산지수가 HDD와 음의 상관관계를 보였는데 서구에서와 유사하게 골프장을 포함한 스포츠 서비스업종에서 뚜렷한 음의 상관관계가 발견되었다(<표 8> 참조).

광공업품목에서 냉장고나 에어컨이 CDD와 통계적으로 유의미한 양의 상관관계를 가졌던 것을 반영하여, 가전제품 소매업 역시 CDD와 강한 양의 상관관계를 보였다. 이외에 자동차관련 서비스와 다양한 운송관련 서비스업종의 생산지수가 CDD와 분명한 양의 상관관계를 보였다(<표 9> 참조). 반면, CDD와 음의 상관관계를 가진 11개의 서비스업종 간의 눈에 띄는 공통점은 발견되지 않았다. 다만 골프장 운영업, 경기장 운영업, 스포츠 서비스업 등 야외활동(outdoor activity)과 관련된 서비스업종의 생산지수가 폭염빈도가 높아짐에 따라 낮아진다는 점이 확인되었다(<표 10> 참조).

〈표 7〉 불변생산지수 기준 HDD와 양의 상관관계가 있는 서비스업종

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$
가정용연료소매업	7.0266	갬블링 · 배팅업	1.6232	신발가방제품소매업	1.2005
화학물질 · 관련도매업	5.1356	광고업	1.2127	중고등학교	0.4502
백화점	1.4236	유원지 · 기타오락 관련서비스업	1.0805	서적 · 문구용품소매업	0.0064
대형종합소매업	0.8075	투자기관	0.9645		
		자동차종합수리업	0.8309		
		자동차전문수리업	0.6904		
		세탁업	0.6589		
		자동차 · 모터사이클수리 · 세차업	0.6138		
		손해 · 보증보험업	0.5262		
		종합소매업	0.5166		

〈표 8〉 불변생산지수 기준 HDD와 음의 상관관계가 있는 서비스업종

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{HDD}}$
인문 · 사회과학R&D업	-4.6776	공학연구개발업	-2.4624	철도화물운송업	-0.8342
골프장운영업	-3.7437	화초 · 기타상품소매업	-1.7690	주방 · 가정용품소매업	-0.8135
스포츠서비스업	-2.2053	DB · 온라인정보제공업	-1.2932	컴퓨터 · 통신기기소매업	-0.8123
건물 · 산업설비청소 · 방제서비스업	-0.7986	운송장비업	-1.1522	사업시설관리 · 지원서비스업	-0.2341
개인 · 가정용품임대업	-0.7293	건축자재 · 철물도매업	-1.0917	의원	-0.1979
체인화편의점	-0.4758	음료 및 담배도매업	-0.7467	폐기물수집운반 · 처리 및 원료재생업	-0.0090
컴퓨터 및 통신장비도매업	-0.0184	신문잡지 · 정간물출판업	-0.6186	기타음식점업	-0.0048
		병원	-0.2736		
		포털 · 기타인터넷 정보 매개서비스업	-0.0243		
		정보서비스업	-0.0184		

〈표 9〉 불변생산지수 기준 CDD와 양의 상관관계가 있는 서비스업종

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$
가전제품소매업	4.4232	영화 · 비디오물상영업	4.4586	자동차종합수리업	1.3137
		개인 · 가정용품수리업	3.1207	자동차 · 모터사이클 수리세차업	1.0492
		정보통신장비소매업	1.8507	여객 · 화물자동차 터미널운영업	0.8137
		기타종합소매업	1.7197	하수처리업	1.5363
		육상운송지원서비스업	1.0851	외항운송업	1.2170
		도로관련시설운영업	1.0748	수상운송업	1.1931
				음식료품위주종합소매업	0.9691
				기타운송관련서비스업	0.5638
				창고 · 운송관련서비스업	0.4700

〈표 10〉 불변생산지수 기준 CDD와 음의 상관관계가 있는 서비스업종

신뢰수준: 99%		신뢰수준: 95%		신뢰수준: 90%	
품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$	품목	$\widehat{\beta_{CDD}}$
학원	-1.7795	스포츠서비스업	-2.3208	엔지니어링서비스업	-3.7576
기타교육기관	-1.4926	주방용품 · 기타가정용품소매업	-1.9040	건축자재 · 철물도매업	-1.6810
				도시철도운송업	-1.2028
				초등교육기관	-0.5385
				부동산중개 및 감정평가업	-2.8857
				골프장운영업	-2.2171
				식료품도매업	-1.2490

V. 요약 및 결론

최근 온난화나 빈발하는 이상기온 현상에 의해 직접적 손실을 불러오는 기후관련 재해뿐만 아니라 일상적이며 간접적인 손실을 불러오는 기후리스크 역시 증가하는 추세에 있다. 본 연구는 간단한 선형모델을 이용하여 제조업 품목과 서비스업종의 기후리스크 추정을 시도하였다. 실증분석에는 1970년대 이후 기상청의 기후데이터, 통계청이 제공하는 1970-2012년간의 '광공제조업 동향조사' 월간 자료, 2000-2012년간의 '업종별 서비스업(월별)생산지수' 등이 이용되었다.

분석결과, 광공업 부문 539개 품목의 26.7%에 해당하는 144개 품목이 기온여건에 따라 판매량에 유의미한 변화를 겪고 있는 것으로 나타났다. 서비스업종의 경우 전체 229개 업종 중 28.9%에 해당하는 64개 업종에서 기온변화에 따른 경영성과 변화가 발견되었다. 이는 온난화와 이상기온현상이 증가함에 따라 국내 제조업체와 서비스업계가 감당해야 할 기후리스크가 증가할 것이라는 예상을 가능하게 한다.

기후리스크를 줄이기 위해서는 개인차원의 노력만으로는 부족하다. 서구사회의 경우 기후 관련 보험이나 파생상품을 통한, 즉 금융시장을 통한, 리스크 헤징이 확산되는 추세에 있다. 우선 기후관련 보험을 통한 리스크 관리를 생각해 볼 수 있다. 하지만 현재 우리나라 기상재해관련 보험은 임의가입이 원칙이기 때문에, 고위험군

의 가입률이 증가하여 보험료가 올라가고 그로 인해 저위험군의 가입률은 감소하는 이른바 역선택의 문제가 존재하며 국가가 관리하는 정책보험의 경우 재정적 문제가 야기될 수 있다.

이에 따라 우리나라에도 외국처럼 기후파생상품 시장을 개설하자는 의견이 제기되어 왔다. 기후파생상품은 파생상품의 일종으로, 특정지역에서 일정기간 동안의 기상정보를 바탕으로 사전에 계산된 지수와 실제 관측치를 근거로 계약을 통해 날씨 변동으로 인한 위험을 분산하는 금융상품이다. 기후파생상품은 보험과 같은 단체협약이 아니고 개인 또는 법인 간에 개별적으로 이루어지는 계약이므로, 개인의 위험태도에 따라 달라지는 다양한 수요를 충족시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한, 기후지수에 대한 기대치에 따라 가격이 형성되고, 보다 많은 피해보상을 받기위해서는 보다 많은 파생상품을 구입해야 하는 특성을 가지고 있어 보험제도가 가진 역선택의 문제점이 상대적으로 적다.

이러한 장점에도 불구하고 국내 기후파생상품시장에 대한 전망은 밝지 않다. 관련법이 갖추어져 있지 않다는 것도 문제지만(고동원, 2006; 김홍기, 2007과 2013), 가장 큰 걸림돌은 기후상품의 최대 수요자가 될 것으로 예상되는 전력산업의 가격결정 및 비용보전 방식이다. 현재처럼 전력가격이 시장논리보다는, 규제당국이 발생한 비용을 보전해 주는 방식으로 결정되는 경우 발전사나 송배전사가 따로 기후파생상품을 활용하여 리스크를 헤징할 유인이 거의 없기 때문이다.

이외에 기후파생상품시장의 활성화를 위해서는 공정하며 유용한 기후정보가 제공되어야 한다. 기후정보에는 시장 참가자들이 이용할 수 있는 HDD나 CDD와 같은 기후관련 지수(weather index)의 과거치와 예상치, 이들 기후지수와 사업자의 매출이나 자산가치 변동 간의 상관계수, 그리고 이를 근거로 한 품목별 기후리스크의 정도 등이 포함된다. 만약 이들 기후정보와 관련된 불확실성이 기후불확실성보다 클 경우 기후파생상품에 대한 수요가 매우 제한적인 수준에서 형성되면서 리스크헤징 수단으로서의 의미를 상실하게 될 것이다.

본 연구는 품목에 상관없이 공통의 간단한 로그선형 모델을 이용하여 제조업과 서비스업계가 처한 기후리스크의 정도를 추정해보았다. 그러나 공통의 모델을 적용함에 따라 품목이나 업종별 특성을 반영한 추정결과를 제시하지 못하게 되었다. 따

라서 기후지수(CDD, HDD 등)에 대한 예측과 함께, 품목별 · 업종별 특징을 반영한 보다 정치한 기후리스크의 수량화와 기후파생상품의 가치추정 등이 후속연구의 과제로 남겨져 있다.

[References]

1. 고동원, "보험회사의 파생금융상품 거래규제에 관한 법적 연구",「상사법연구」, 제25권, 제1호, 2006, pp. 151~177.
2. 기상청,「기후변화의 이해와 기후변화 시나리오 활용(I)」, 2008.
3. 김홍기, "파생상품과 도박규제",「비교사법」, 제14권, 제1호, 통권 제36호, 2007, pp. 531~562.
4. 김홍기, "날씨파생상품의 도입 및 운용방안에 관한 연구",「증권법연구」, 제13권, 제3호, 2013, pp. 165~196.
5. 명수정 · 김지영 · 신상희 · 안병옥,「기후변화 적응강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 II」, 한국환경정책평가연구원, 2010.
6. 소방방재청,「2012 재해연보」, 소방방재청, 서울, 2013.
7. 시카고 현물거래소(Chicago Mercantile Exchange), An Introduction to CME Weather Products, 2005.
8. 시카고 현물거래소(Chicago Mercantile Exchange), The Weather Derivatives Markets at CME Group: A Brief History, 2011.
9. 이기형,「대체적 위험전가시장의 동향 및 시사점」, 보험개발원, 2014.
10. Fukushima, T., M. Kureha, N. Ozaki, Y. Fujimori, and H. Harasawa, "Influences of air temperature change on leisure industries—case study on ski activities," Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Vol. 7, No. 2, 2002, pp. 173~189.
11. Garman, M., C. Blanco, and R. Erickson, Weather Derivatives: Instruments and Pricing Issues, 2000 Financial Engineering Associates, 2000.
12. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007 Synthesis Report. IPCC Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change,

Valencia, Spain, 2007.
13. International Energy Agency, Redrawing the Energy-Climate Map, Paris. France, 2013.
14. Müller, A. and M. Grandi, “Weather Derivatives: A Risk Management Tool for Weather-sensitive Industries false,” Geneva Papers on Risk & Insurance, Vol. 25, No. 2, 2000, pp. 273~287.
15. Romilly, P, “Business and Climate Change Risk,” Journal of International Business Studies, Vol. 38, No. 3, 2007, pp. 474~480.
16. Scott, D., Climate change and tourism in the mountain regions of North America, The 1st International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, Tunisia, 2003.
17. Shih, C., S. Nicholls, and D. F. Holecek, “Impact of weather on downhill ski lift ticket sales,“ Journal of Travel Research, Vol. 47, No. 3, 2009, pp. 359~372.
18. Tang, C. and S. Jang, “Weather risk management in ski resorts: Financial hedging and geographical diversification,” International Journal of Hospitality Management, Vol. 30, 2011, pp. 301~311.
19. The CME Group, The Weather Derivatives Markets at CME Group: A Brief History. http://www.cmegroup.com/education/files/Weather_Derivatives_Markets_at_CME_Group.pdf, 2011.
20. Turvey, C. and R. Kong, “Weather risk and the viability of weather insurance in China,” China Agricultural Economic Review, Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 5~24.
21. Weather Products, 2013. 11. 06. CME group website, http://www.cmegroup.com/trading/weather.