

바람길을 활용한 국가중요지역 안전대책 강구에 관한 연구

최기남*

요 약

기상상황은 고금을 통해 인간의 생활이나 병법의 중요한 요소로 생존전략의 핵심적 역할을 해왔다. 현대 도시의 과밀 집중현상은 여러 가지 문제를 야기하고 있으며, 고층화와 토지피복의 변화는 기상의 이상 현상을 일으키는 작용을 하고, 특히 도심지역의 바람길은 주변의 지배적인 기상여건과 다른 흐름이 나타나고 있다. 따라서 바람길은 도심지역에 위치한 국가 중요시설 등에 대한 위기관리를 위한 방어계획에 중요한 고려 요인이 될 수 있다. 특히 대기 중에 유출된 유독 물질의 유해성은 바람길이 핵심적인 변인이 된다. 본 논문은 도심지역의 바람길의 산출과 이를 통한 국가 중요시설 및 지역에 대한 위기관리에 유용성을 논의 하고, 방어계획의 수립에 활용하기 위한 방안을 도출하고자 하였다. 이는 화생방 테러리즘이나 폭력적 집회 시위에 대한 방어계획의 수립, 대형 사고나 자연재난 시 주민대피계획의 수립에 유용할 것으로 사료된다.

Study on security measures for protecting major national facilities using the wind corridor.

Choi, Kee-Nam*

ABSTRACT

How meteorological situations have affected human life for survival have been an important element of living or military strategy throughout history. In modern society, overcrowding of cities has brought about many problems. Moreover, high-rise buildings and land cover have been causing abnormal weather conditions. The wind corridor, especially in urban areas has been flowing differently from the dominant weather condition of the surroundings. Therefore, the wind corridor in urban areas can be a main component in protecting major national facilities in urban areas from damage. Especially the wind corridor is a main factor to derive harm from poisonous substances in air.

This paper seeks to find out the wind corridor in urban areas and the efficiency of that. In addition to that, it studies how to use the direction to protect major national facilities and areas from damage. It is considered that this study will be useful to make defence project, not only for preventing CBR(chemical, biological, and radiological) terrorism and violent assembly, but also for evacuation of people in case of big accidents or natural disasters.

Key words : wind corridor. wind field. urban climate. defence project. CBR(chemical, biological, and radiological) terrorism.

접수일(2011년 09월 30일), 수정일(1차: 2011년 10월 13일),
게재확정일(2011년 10월 14일)

* 세명대학교 경찰행정학과 교수/경호안전학 박사

1. 서 론

천문에 대한 해안과 자연(날씨)을 활용한 전쟁의 전략은 병법의 근본이며 지략가의 기본적 소양으로 전승의 관건이 된다. 또한 오늘날 기상정보는 인간의 생존과 행복한 삶의 추구에 직접적인 영향을 미치고 있으며, 생활안전에 핵심적 요소로 작용하고 있다.

현대의 거대도시 형성과 고층화 현상은 주변의 자연환경과 지형을 변화시켜 날씨의 이상 현상을 발생시키는 작용을 하며, 특히 도심의 바람의 흐름에 상당한 변화를 가져오고 있다 [1]. 대도시 지역의 인구집중과 건물의 고층화, 산업시설의 밀집과 교통 통신의 고도화, 에너지 사용의 급증 등은 많은 기후변화현상과 함께 이로 인한 기상의 역작용이 야기되어 여러 가지 문제를 발생시키고 있다.

도시의 밀집 고층화에 의해 발생하는 문제를 극복하기 위하여 도시기상의 변화에 대한 연구는 다방면으로 진행되었고, 도심의 기후에 계절이나 주야에 따라 주목할 만한 변화가 있다는 결과를 얻은 바 있다 [1]. 도심의 바람길은 고층화된 건물군을 중심으로 특별한 형성을 보인다. 이런 다양한 연구를 통해 산출된 기초자료는 주로 도시 건설과 쾌적한 도시환경 형성을 위한 도심구조를 설계하는데 주로 활용되고 있다.

기상정보는 편안한 생활을 위한 기본적인 생태여건의 구성에 활용되기도 하지만 때로는 기상상황이 인간 생존에 위협이 되기도 하고 이를 이용한 인간의 생명과 재산을 위협하는 수단으로, 또는 공격에 대한 방어 수단으로 활용되기도 한다. 따라서 도시형성으로 인한 지형의 변화는 도심 바람길에 현저한 변화로 나타나고, 이는 도시에 거주하는 시민들의 생활과 안전에 주요한 요인이 될 수 있을 뿐만 아니라 도심지역에 위치한 국가적 중요시설의 안전대책의 강구에 중요한 고려요인이 될 수 있다. 그러나 현재까지 환경부에서 제공하는 카리스(CARIS; Chemicals Accident Response Information System)에서 시민 생활안전에 일부 활용하고 있을 뿐이며, 대기의 오염을 이용한 안전을 위협하는 행위에 대한 대비, 즉 국가적 중요시설의 방어계획의 수립, 육외 대규모 행사 등에 국가안보상 치명적인 위협

를 가할 수 있는 화생방 Terrorism이나 인위적인 대형 화재, 사고로 인한 유독물질의 유출, 폭력적 시위 등으로 불가피한 화학가스의 사용 등에 대한 안전대책의 강구 등에 이를 활용하는 연구는 아직 이루어진 바가 부족한 편이다. 따라서 도심지역에 위치한 국가 중요시설의 위기관리를 위한 안전대책을 수립함에 있어 주변의 지형변화가 기상의 변화를 가져오고 특히 바람길의 특이한 형성이 위기관리에 중요한 고려요소를 인식하고, 주변의 변화된 기상에 대한 기초자료의 산출, 바람길의 형성에 대한 연구가 조속히 이루어져야 하겠다. 국가안보상 핵심지역과 중요행사가 집중되어 있는 거대도시 서울의 도심은 건물의 밀집 고층화 현상으로 기후의 변화현상이 뚜렷하고, 특히 바람의 흐름에 특별한 변화 가능성이 농후하다. 따라서 서울과 같이 밀집 고층화된 도심지역에 위치한 중요시설, 행사지역의 안전대책을 강구함에 있어 바람길의 산출과 이를 고려한 방어계획의 수립은 필수적인 요소라 할 수 있다.

특히 2012년 봄 서울에서 개최예정인 세계핵안보정상회담은 주최담당 및 주요 행사지역이 고층화된 도심에서 진행되게 된다. 행사의 성격과 의제 등으로 범세계적인 관련단체와 계층 간의 이해관계가 상충되고 극렬한 집회 시위가 예상되고 있으며, 시위의 양상이나 기법이 다양하고, 경우에 따라 이를 관리하고 진압하기 위해 최루가스 등의 사용을 배제할 수 없다. 또한 50여 개국의 국가정상을 포함한 100여 개국이 넘는 각국대표단이 참석하게 됨으로 요인경호를 위한 각종 Terrorism에 관심이 집중되고 있다. 경호안전대책은 모든 위태상황을 가정하고 다방면의 각종 안전대책을 완벽하게 대비하지만, 특히 핵관련 대규모 국제행사임을 고려하여 재난이나 사고 또는 인위적인 방산 유독물질의 대기 중 유출, 화생방무기에 의한 Terror위협에 주목하고 대비해야한다. 이에 따른 주요행사장이나 시설지역의 위태요인에 대한 진단과 안전대책의 강구에 앞서 도심 바람길에 대한 연구를 통해 기초자료의 산출이 시급히 필요하며, 바람길 산출을 통해 얻은 기초자료를 활용한 안전대책 강구에 유용성과 현장적용에 대한 논의가 요구된다 하겠다.

본 연구는 바람길에 대한 이론을 살펴보고, 실제 바람길을 도출하여 기초자료를 산출하는 방법을 고찰하

였으며, 이를 활용한 중요시설, 지역의 방어와 위기관리 대책에 이를 활용하기 위한 논의를 통해, 도심지역에 위치한 국가중요지역의 위기관리를 위한 방어계획의 유용성을 검토하였다. 또한 2012년 서울 세계핵안보정상회담을 위한 중요시설, 지역의 안전대책에 이를 반영하기 위한 제언을 하고자 하였다. 연구범위는 기상여건에 주로 영향을 받게 되는 중요지역의 대기 중 유독물질에 의한 외부공격에 대비한 위기관리대책의 논의를 주요 대상으로 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 바람길의 개념

바람길이란 일정한 방향으로 바람이 불어가는 통로를 의미한다. 이는 풍향, 풍속, 기온, 기압, 고도에 대한 지형과 토지이용도에 따라 바람장이 형성되고 이의 연속된 흐름은 바람길을 형성한다. 도시화에 의한 지상여건의 변화는 바람길의 변화를 가져온다. 일반적으로 도시지역에서의 바람은 대기흐름에 저항이 되는 지형이나 고층건물 등에 접하게 되면 국지적으로 Downwash 현상과 Downdraft 현상이 나타나게 된다 [5]. 바람길을 따라 흐르는 기류는 주변지역의 지배적인 기상조건에 크게 영향을 받지 않는다 [2]. 따라서 초고층화, 에너지 사용의 집중, 토지피복의 변화 등이 형성된 현대 도심지역의 바람길은 일반적인 주변 기상과 다른 현상이 나타날 수 있다.

2.2 바람길의 산출 방법

바람장의 수치산출방식은 크게 prognostic model과 diagnostic model로 구분 할 수 있으며 [3], 세계적으로 여러 가지 관측기구와 과학적인 산출방식이 개발되어 특성에 따라 많은 산출모델이 사용되고 있다. 현재 우리나라 기상청은 기상레이더와 AWS(Automatic Weather System)의 자료를 분석 전국적인 바람의 방향과 세기 등을 판단하고 있다. 그러나 고층화된 도심지역은 지형 및 토지피복의 변화 등으로 기류의 이상 현

상이 나타나게 된다 [4]. 이런 이상 현상의 실제적 변화는 여러 곳에 풍향, 풍속 측정기구를 설치하여 관찰하여야 하나 보다 빠르고 간편한 방법으로 시뮬레이션을 통한 유체역학을 이용하여 바람길을 산출해 내는 방식이 개발되었다, 현재 우리 기상청이 사용하고 있는 도시지역의 국지적 바람길 산출모델은 2004년 국립 기상연구소와 서울대가 “국지기상특성진단 및 기상환경영향평가 기술개발연구과제”를 통해 개발 및 개선된 방법으로 산출하고 있으며, 산출결과를 실제 측정값과 시뮬레이션 값이 오차범위 내에 있음이 검증된 바 있다. 이 모델은 재규격화군 K-e 난류시뮬을 이용한 레이놀즈 평균 유동방정식모형을 기반으로 지면열 효과를 반영하여 수 m 고도의 해상도를 3차원 바람장으로 산출한다. 또한 수치적 방법으로 SIMPLE(semi-implicit method for pressure linked equation) 알고리즘을 이용한 유한체적법을 사용하여 바람길을 산출할 수 있다. 이는 주로 쾌적한 도시환경의 조성, 오염물질의 적체지역 배제, 청계천 복원 등을 통한 도시환경의 개선, 해안지역 고층아파트단지 건설시 도시환경 변화예측 등 도시설계에 활용하고 있다 [6]. 환경부의 CARIS(Chemicals Accident Response Information System)는 화학물질 사고 발생시 기상상태에 따른 유독물질 확산범위, 유독물질제거방법, 주민대피범위 등에 바람길 정보를 일부 활용하고 있다. 또한 산발발생시 발생할 수 있는 바람장의 변화 즉 와류현상이나 상승류의 발생 등 국지적인 강한 소용돌이가 유도되는 현상을 확인하는 데 활용되고 있다 [9].

2.3 바람길의 산출 실제

현재 검증된 국지적 도시 바람길 산출 모델은 국립 기상연구소 응용기상연구팀에서 개발한 모델이 사용되고 있다. 이 모델은 2004년 이후 국립기상연구소와 서울대가 ‘국지기상특성진단 및 기상환경영향평가 기술개발연구’과제 등을 통한 개발 및 개선된 모형으로 실제 측정값과 시뮬레이션 값이 차이가 오차범위 안에 있음이 검증된 모델이다.

이 모델을 사용하며 측정된 청계천 지역의 바람길 산출의 사례를 살펴보면 다음과 같다.



(그림 1) 청계천주변의 구글어스 항공사진

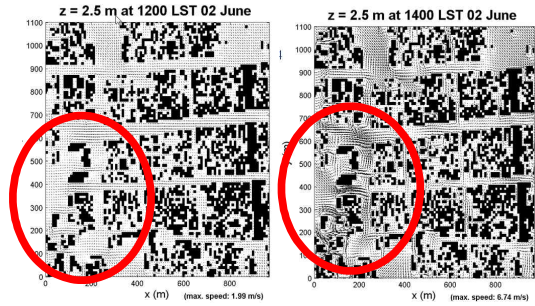
(그림1)은 청계천주변(37°32'04.87" N 126°59'16.08" E)의 항공사진이다. 이 지역의 CFD(Computational Fluid Dynamic; 전산유체역학) 초기 지형 자료는 다음과 같다.



(그림 2) 청계천주변의 CFD 초기 지형자료

*출처 : 국립기상연구소 발표자료

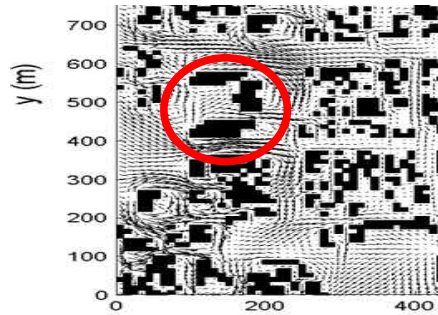
(그림2)의 초기 지형자료를 CFD_NIMR_SNU(계산 유체역학모형)기반으로 도시기상 빌딩풍을 시뮬레이션 하면 다음과 같은 값을 얻을 수 있다.



(그림 3) 도시바람길 시뮬레이션 결과

*출처 : 국립기상연구소 발표자료

(그림3)의 ○표시한 지역 빌딩주변의 바람길을 고층 건물지역과 저층건물지역로 구분하여 자세히 살펴보면 다음과 같다. 우선 고층지역의 바람길 부분은 (그림4)이고 이지역의 실제 건물 항공사진은 (그림5)이다. 초 고층건물이 ㄷ자 형태로 되어 있다.



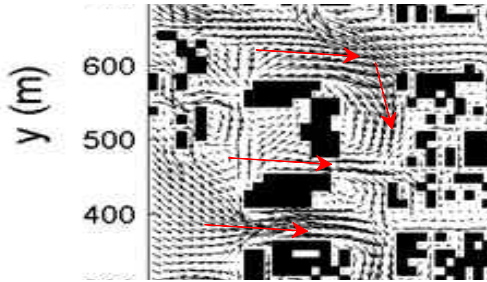
(그림 4) 고층지역 바람길

*출처 : 국립기상연구소 발표자료



(그림 5) 고층건물지역 항공사진

(그림 5)의 지역은 고층건축물이 3면으로 풍향의 순방향과 역방향으로 형성되어 있고 북쪽과 동쪽에 도로가 형성되어 있는 지형이다. 이 지역의 가로200m 세로200m부분을 바람길을 확대하여 보면 (그림6)과 같은 바람길을 볼 수 있다.

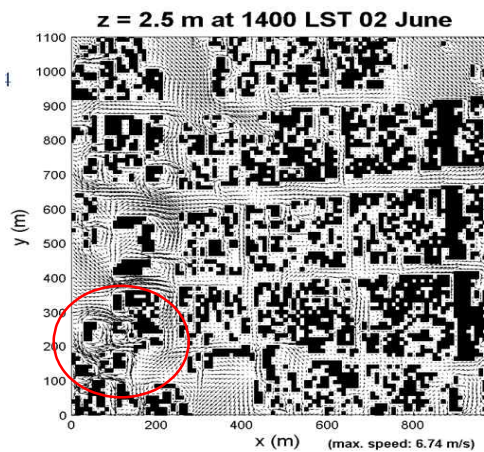


(그림 6) 고층지역의 바람길 확대

*출처 : 국립기상연구소 발표자료 확대

(그림 6)의 고층지역의 바람길 시뮬레이션 결과를 통하여 고층건축물과 도로로 인하여 건물외벽을 중심으로 강한 바람길이 형성되어 있으며, 건물의 동편은 남쪽으로는 바람길 꺾임현상을 볼 수 있고, 입구로의 약한 소용돌이 역풍을 볼 수 있다.

고층건축물지역이 아닌 저층건축물지역 주변의 바람길은 (그림 7)의 ○표시에서 자세히 볼 수 있다.



(그림 7) 저층건축물지역의 바람길 시뮬레이션 결과

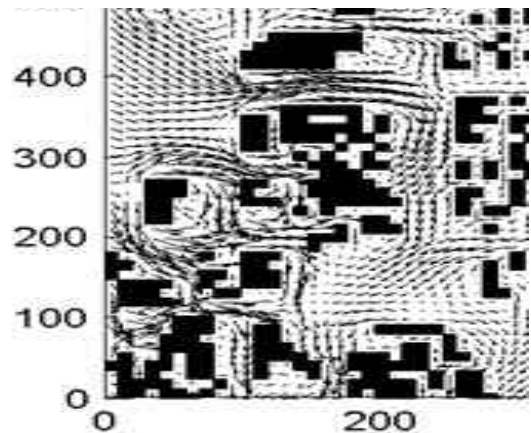
*출처 : 국립기상연구소 발표자료

(그림 7)의 저층건축물지역의 실제 항공사진은 (그림 8)이며 이 지역은 아래같이 동쪽으로 도로가 형성되어 있으며 저층 건축물이 운집하여 있는 형태이다.



(그림 8) 저층건축물지역의 항공사진

저층건축물지역의 바람길 시뮬레이션 결과부분을 확대하면 (그림 9)의 결과를 볼 수 있다. 건물로 인하여 특정지역에 강한 바람이 흐르는 것을 알 수 있다.



(그림 9) 저층건축물지역의 바람길 시뮬레이션 결과 확대

결론적으로 지역의 기상정보와 도심지역의 지형, 도시피복 등을 기초하여 국립기상연구소의 CFD_NIMR_SNU 기반 도시기상 빌딩풍 시뮬레이션을 이용하면 도

심지역의 바람길과 요구되는 200m×200m이내까지의 주요 건축물 주변의 3차원적 바람길을 산출해 낼 수 있으며, 도심지역의 바람길은 주변지역의 지배적인 풍향 풍속 등과 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 도심의 바람길은 주변의 건축물이나 토지피복의 여건에 따라 독특하게 형성되고, 풍향 풍속 기온 등을 포함하며, 이는 대기 중에 포함된 유해물질의 농도와 흐르는 방향, 확산속도, 침체구역 등을 판단하는 유용한 지식으로 활용될 수 있다.

3. 바람길의 국가중요지역에 대한 안전대책수립 시 활용의 유용성 검토

3.1 국가중요시설에 대한 위기관리

Webster's Third New International Dictionary에 의하면 사전적의미로 위기란 “중요한 변화가 절박하게 요구되는 불안정한 상태이거나 혹은 하나의 사건 또는 행동과정이 계속 진행되어야 하는지 아니면 수정 또는 종결되어야 하는지의 여부가 결정되는 순간으로서의 전환점”이라고 정의되고 있다 [10]. 또한 학술적 차원에서 이재은(2005)은 위기를 “자연현상이나 인간의 실수나 고의, 사회적 상황으로부터 피해를 받는 사회체계의 범위가 지역사회 이상이면서 체계의 존립이나 구성원의 생명·건강·재산에 위해를 가하는 사건이나 상황”이라고 정의하고 있다 [11]. 위기의 개념을 경호적인 측면으로 확장한 이두석은 경호위기는 국가사회나 특정조직의 체제유지 및 생존에 위협이 될 정도의 중대하고 심대하며, 국가적 경호활동은 한 개인의 생명이나 재산의 보호차원을 넘어 국가나 조직의 체제유지 및 생존을 결정하는 중차대한 과업이라고 하고 있다 [7]. 여기에서 경호란 요인의 신변보호중심의 호위와 특정지역방어의 경비를 포함하는 개념이다.

위기의 판단은 위협의 진단으로부터 시작된다. 인적, 물적, 지리적 위해요인으로 부터의 위협을 세부적으로 분석하고 이를 기초로 한 종합적인 안전판단에 근거하여야 한다. 위기의 속성으로 Dutton(1986)과 Mitchell(1986)은 중요성(importance)과 즉각성(immediacy), 불확실성(uncertainty)을 언급하고 세 요소 중 하나라도 높게 평가되면 위기라고 볼 수 있다고

하였다 [7]. 국가적 중요지역에 대한 위기는 대부분 세가지의 속성을 모두 포함하게 되며, 위기의 내용은 내적 원인과 외부의 공격으로 인한 위협으로 구분할 수 있다. 여기에는 내부의 재정 관리나 정책의 실패, 명성에 대한 결정적인 손상 등 내적인 요인에 의해 도래한 위협과 유해물질의 반입, 테러공격, 반대세력에 의한 점령이나 파괴시도, 재난이나 화재 등 대규모 사고 등 외부의 충격에 의한 위협으로 인한 위기 상황의 조성이 모두 포함된다. 본 연구에서는 외적인 물리적 위협으로부터의 위기를 위주로 하였으며, 바람길의 영향을 받는 외부로 부터의 위협은 대기 중에 포함된 유해물질에 의한 유해성이다. 따라서 국가 중요지역에 대한 외부로 부터의 위협에 대한 위기관리는 국가의 중요시설에 대해 대기를 통한 유해물질의 공격에 대한 방어대책이 될 것이다.

위기가 조성되고 그 유해성이 판단되면 이를 어떻게 관리할 것인가 하는 문제가 발생한다. 일반적으로 ‘위기 관리’라고 하면 위기를 예방하고 위기발생에 대비하여 대응태세를 유지하며, 위기발생시 즉각적인 대응을 통해 피해를 최소화하고 조기에 위기발생 이전의 상태를 회복한 후 재발 방지를 위한 일련의 활동을 의미한다 [11]. Petak(1985)은 정책집행과정을 위기관리과정으로 전환시켜 단계론적 위기관리 모형을 예방 혹은 완화(mitigation), 대비 혹은 준비(preparedness), 대응(response), 복구(recovery)의 4단계로 구분하여 설명하고 있다.

국가중요지역에 대한 외부의 물리적 공격에 대한 위기관리로서의 방어대책의 수립과 시행은 우선 평시 지역에 대한 기본적인 치안활동과 재난방지시스템에 의해 예상되는 위협의 진단과 순화활동을 통한 완화단계와 정보활동을 통한 구체적인 위협에 대한 위기로인한 사전 제거하는 조치가 될 것이다. 준비단계 시에는 평가된 위협에 대한 구체적인 방어대책의 수립을 통한 인원, 장비 시설, 동원 자원을 마련하고 방어전략에 따라 책임구역의 할당, 전술적 훈련과 필요장비의 운용, 협조체제의 유지 등을 시행하게 된다. 대응단계는 위기가 발생하고 사전 준비된 방어계획을 실행하는 단계이다. 위기 현장의 상황은 변화하고, 위협은 위기가 진행되면서 진화한다. 위기에 대한 관리는 위협에 대한 정확한 상황의 판단과 주변여건을 고려한 적절한 방어활

동을 효과적으로 시행하여야 한다. 여기에는 진행 중인 기상 변화에 대한 정보가 작용한다. 마지막의 복구단계는 일단의 위기가 지나간 후 피해의 확산을 방지하고, 현위기로 인한 피해를 원상복구하기 위한 노력과 위기의 재발에 대비하는 노력이다 [12]. 위기관리를 위한 방어계획의 수립과 시행단계에서 주요변인 중의 하나는 기상조건이며, 도심지역에 위치한 중요지역의 안전조치에는 주변지역의 지배적인 기상과 다르게 나타나는 바람길에 대한 정확한 산출이다. 특히 대기 중에 유출된 유해물질에 의해 조성된 위험에 대한 방어대책에는 바람길에 대한 정보가 위기관리의 성패를 좌우하는 핵심적인 요소가 될 것이다.

3.2 국가중요 지역의 안전대책 수립을 위한 위협의 진단

3.2.1 국가 중요지역이나 국제 행사장 주변의 화학생방무기에 의한 오염

국가 중요시설의 위기관리를 위한 방어계획의 수립은 구체적 위협에 대한 진단으로부터 시작해야 한다. 대기 중 유해물질을 이용한 테러리즘 위협의 첫째는 화학생방 무기에 의한 특정지역의 광범위한 지역 오염에 의한 위협이 될 것이다.

테러에 사용될 수 있는 유해물질 중 생물학 무기라 함은 1975년 3월 29일 발효된 국제적 조약에 의해 개발, 생산, 저장이 금지된 탄저균, 천연두, 보툴리누스, 페스트, 야토병을 포함하는 생물학적 유해 병원균을 포함한 수십 여종의 신개발 생물학적 작용제를 들 수 있다. 생물학 무기는 다른 수단(화학무기, 핵, 폭탄 등)에 비해 비용이 저렴하다. 예를 들어 도심 1평방km를 파괴하는데 드는 비용이 비행기에 의한 폭탄 투하 시 2천 달러, 핵무기 사용 시 8백 달러, 화학 무기 사용 시 6백 달러에 비해 생물학 무기는 1달러면 가능하다는 것이다 [14]. 국방백서에 의하면 북한은 1960년대부터 전국의 8개시설로부터 화학무기를 생산해왔으며, 콜레라, 페스트, 탄저균 등의 생물학 작용제를 포함하고 있다. 맹독균인 탄저균이 인구밀도 1만 4500명/평방Km에 투하되면 인구 5000명-1만5000명이 사망할 수 있다. 현재 서울의 인구밀도는 1만 7240명/평방Km이다 [8]. 생물학 작용제는 에어로졸 상태로 대기 중 살포가 가능하고, 장기간 광범위한 지역의 활성화로 2차 3차 감염을

일으키는 인간의 생태계를 근본적으로 초토화하는 효과가 나타난다. 대기를 이용한 공중 살포는 공격자의 은폐 용이점이 있는 특징이 있다. 주요 생물학 작용제는 <표1> 과 같다.

<표 1> 주요 생물학 작용제[14]

종류	증상	테러방법	잠복기
탄저균	열성질환/감기증상	우편, 환기시설, 공중살포	1-8주
천연두	고열, 홍반, 수포, 통증	공중살포	7-19일
보툴리누스	식중독, 시각장애, 분비, 운동장애	공중살포, 음식, 식수시설	1-6일
페스트	오한, 발열	공중살포	1-6일
야토병	오한, 발열	공중살포	1-14일

화학무기란 세계1,2차대전을 통해 인마살상용으로 개발 사용된 대량살상이 가능한 무기로 넓은 의미로는 화염방사제, 연막소이제, 독가스, 발광발색제 등을 광범위하게 볼 수 있으나, 테러에 사용이 우려되는 화학무기로는 에덤자이트, 이페리토, 포스젠과 같은 독가스를 지칭한다. 화학 무기를 증상에 따라 분류하면 신경, 질식, 혈액, 수포작용제 등으로 나눌 수 있다. 모든 화학무기는 대기를 이용한 공중 살포가 주요 테러방법이다. 대기 중에 살포된 유해 화학물질은 바람길과 같이 전파된다. 주요 화학 작용제를 증상에 따라 분류하면 <표 2> 와 같다.

<표 2> 주요 화학작용제[14]

구분	종류	증상	보호/ 치료
신경작용제	타분, 사린, 소만, VX	동공축소, 경련, 방분, 방뇨	방독면, 보호의, MARK-1, 피부제독킷
질식작용제	포식젠	기침, 두통, 구토, 폐수증	방독면, 인공호흡, 휴식, 보온
혈액작용제	염화시아노겐, 청산가리	구토, 혼수, 진신경련, 호흡장애	방독면, 인공호흡
수포작용제	겨자, 루이사이트	시력상실, 피부발적, 수포형성	방독면, 보호의, 제독처리킷

도시지역에서 우려할 만한 심대한 위협으로 핵 및 방사능 물질을 이용한 테러의 양상이다. 일명 더러운 폭탄(Dirty Bomb)을 이용한 테러의 양상이다. 더러운 폭탄에 사용되는 방사능 물질은 구 소련권에서만 냉전 종식 후 수많은 핵발전용 물질이 방기되었고, 미국 등 기업과 연구소에서 최종 파기까지의 과정이 추적되지 않은 핵물질 함유기 및 부품만 1996년 이래 1,500건에 달한다. 국제원자력기구(IAEA)도 1993년 이래 핵 방사성물질의 밀수사례가 400건에 달한다고 밝힌 바 있다 [13]. 현재 국내에서 방사능 물질을 사용하고 있는 기관은 5,000개소에 달하며, 방사능 물질에 의한 테러는 없었으나, 우려할 만한 방사능 물질 사고는 년 2-3건씩 발생하고 있다.

핵 및 방사능 물질에 의한 테러가 발생할 수 있는 여건으로는 세계핵안보정상회담의 의제가 핵의 이용에 관한 문제로 관련단체의 참여한 대립을 가져올 것이며, 알카에다 등 국제테러조직의 핵물질 보유를 위한 핵 설계도의 입수 노력이나 핵 물리학자 접촉 등의 정보가 있으며, 이들의 홍보성 테러 가능성을 상정할 수 있다. 또한 북한의 핵문제가 논의될 것이며, 회담방해를 위한 자생적 테러를 가장한 핵물질 테러나 핵물질 방기 유언 비어를 날조하여 혼란을 야기할 가능성이 있다.

테러방법은 핵물질 운반수단에 충격을 가하여 사고를 가장한 유해성 물질 방기, 핵 물질 사용 기관에 대한 폭파 등으로 핵 유해 물질을 대기 중에 유출시키거나, 소위 더러운 폭탄을 사용한 테러이다. 이는 광범위한 지역의 오염을 야기하게 될 것이고, 바람길에 오염범위, 전파속도, 농도 등에 절대적인 변인이 될 것이다 [13].

3.2.2 과격 폭력집회시위에 의한 위기의 조성 및 집회시위의 관리

국가적 중요지역이나 국제회의장 등은 항상 국내외적 정세나 정책의 결정으로 인한 계층 간의 이해가 대립되는 경우 과격적 폭력 집회시위로 인하여 위기를 맞이할 수 있다. 근자에 진행된 대부분의 다자간 국제회의는 극렬한 집회시위 상황이 야기되었으며 이로 인해 막대한 사회비용과 국력의 손상을 불러온 바 있고 행사가 취소된 경우도 있다. 특히 내년 봄의 서울 세계핵안보정상회담은 어느 회담보다도 대립되는 현실적 문제

와 국제 관련단체의 반대로 극렬한 집회시위가 예상되고 있다. 대부분의 경우 집회시위의 현장은 시위대와 경찰의 대치 상황에서 타이어를 불태우거나, 연막을 이용하여 분위기를 고양시키기 위한 포퍼먼스가 행해지고, 분위기가 고조되면 시위 군중은 국가중요지역이나 회담장 등 핵심지역으로의 진출을 시도하게 되며 이를 차단하기위한 경찰의 와해 작전이 전개된다. 대립이 격화되면 불가피하게 최루가스가 사용되게 됨으로서 양자 간에 기상여건을 활용한 자신의 시도를 효과적으로 달성하기 위한 전략적 행동을 하게 된다.

여기에는 지형과 기후, 즉 국지적인 바람길의 정보가 성패를 가능하는 중요 요소로 작용할 수밖에 없다. 세계적인 다자간 정상회담 등 대규모 행사 시 야기되었던 집회 시위 양상과 진압작전을 요약하면 <표3> 과 같다.

<표 3> 주요 다자 간 국제회담 시 집회시위양상

구분	일 시 / 장소	시위 인원	시위대 요구	결과
		시위 형태	시위 성향	시위 단체
G20	2009.4 / 영국 런던	5,000명	"금융만우절" 도둑 은행가들 처벌하라	시위에 휩쓸린 시민 1명 사망/ 경찰 다수부상 / 전자총격기(Taser) 사용/최루가스 사용
	2009.9 / 미국 피츠버그	폭력적극일시위/유혈충돌 중 약2,000명(A.P.등인)	경찰과 유혈 충돌 극일시위대 분회담장 진입시도 금융가 해방구 형성	세계각국 원장시위대 참가(환경, 반세계화, 농민, 노동, NGO)
	2010.6 / 캐나다 토론토	김희 수만명 중 2인전부터 2천여명 경찰과 대치 시내지역 시위, 시위자 최소 1만명 추산	만년 자본주의 희망없다 녹색일자리 요구	음향대표 (Sonic cannon) 최루탄, 고무탄 등사용, 시위대 200여명 체포
ASEAN+3	2009.4 /태국과 타이	시위대 중 1,000여명	국내문제(아프직 총리퇴진)	회담장 난입/ 행사 취소
	2000.10 /한국 서울	10,000-20,000명	무장시위 회담장 난입/ 기물파손	국내 반정부 세력 확산 진 총리 추종세력
ASEM	2000.10 /한국 서울	10,000-20,000명	WTO 및 뉴라운드 출범 반대 신자유주의적 세계화 반대	경찰과 대치
	2000.10 /한국 서울	폭력시위/반정부, 반 WTO	"서울 행동의 날" 행사 후 시내에서 산발적 충돌 의국정상에 서한 전달하고자 회의장 진입 시도	ASEM2000민간포럼(대표 단명호), 민노총, 국내외 NGO, 대학생 단체

A P E C	2005.11 /한국 부산	15,000명	전쟁과 빈곤을 확대하는 APEC 반대/ 부시 체포 결의 열거발처지	시위장소 친형 경찰대치(10여명 부상)
	다중 과격 시위/ 충돌과 대치	죽봉과 쇠파이프를 들고 시위를 던지며 저지선(700m) 돌파시도/ 콘테이너, 물대포로 저지	국내 시민 단체 연합 홍콩 민중동맹, 일본 반전단체AWC, 미국반전단체ANSWER, 국제농민조직 비아삼페시나 등	
2007.9/ 호주 시드니	5,000여명	지구 온난화 반대 등 환경문제 반전과 인권회복 등	바리케이트 용 차벽 물대포차로 저지	
	다중시위 비교격 평화시위	5000여명의 시위대 회담장 앞 집결/ 각종포리먼스, 나체시위 등/ 극렬한 과격시위는 없었음	그린피스, 인권연합 STOP BUSH연합단체 등	
1999.11/ 미국 시애틀(각료 회의)	약20만명	반세계화	주지사 비상사태 선포 최후만 고무탄 사용 /600여명 구속/강경 진압 회의 무산/경제적 손실 2억달러 추산	
	과업을 포함한 과격 극렬시위	시내일선 극렬시위로 마비 대포단 이동불가능/ 호텔 고립 세계각국의 연대 투쟁 세계각지에서 동시 시위 영화(Battle Seattle)로 제작	전 세계적 노동, 환경, 인권단체, 반세계화 단체	
W T O	2003 /멕시코 칸쿤(각료 회의)	원장시위대15,000명	반세계화/ 농민 생존권	회의무산/국경봉쇄
	극렬무력 충돌 / 활북자살	세계 200여개 원장시위대 연합시위, 바리케이트, 세계시도 경찰과 충돌, 체류단 등 사용 한국원장시위(상여 등 동원 극렬 시위현장, 선두) 한국시위대 활북(이경애 한국농업경영인 연합회장) 사망	세계농민단체연합(200여개), 노동단체, 반세계화 단체 등	
2005.11 /홍콩	20여개국 100여단체, 5,000여명시위	반세계화/ 노동자, 농민 살리기	경찰대치 극렬시위자 1,150여명 연행 다수 구속(한국인 다수포함)	
	극렬시위/ 충돌 각종 포리먼스	세계 관연단체의 연합 원장시위로 불법 폭력 난무 한국 원정 폭력시위 1,500여명 (삼보일배, 회의장앞마다 뛰어들기, 경찰과 충돌 등) 한국시위대 600여명 경찰연행 11명 구속	한국민중투쟁단(농민, 노동자, 학생 등 포함) 세계원장시위대 총집결	

출처: 각종 언론보도와 행사관련 백서 요약 및 재구성

3.2.3 재난이나 인위적 사고에 의한 유독성 물질의 대기상 유출

「재난 및 안전관리 기본법」은 재난이라 함은 국민의 생명 신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로 규정하고 있으며 [15], 재난의 유형은 태풍, 홍수, 지진 등 자연현상에 의해 발생하는 경우와 가스폭발, 유해 화학물질 유출, 방사능 오염, 구조물 붕괴 등 인위적인 사고에 의한 경우가 있다 [16]. 도시화된 지역은 구조적으로 각종위해 가능물질의 보유, 업무상 사용이나 운반 등이 빈번하며, 대형화재나 구조물의 폭발 등 위험요소를 가지고 있다. 인위적으로 재난을 가정한 위해행위에는 대량살상이 가능한 취약적인 구조이다. 특히 재난이나 인위적인 사고로 인해 대기 중에

유독물질이 유포된다면 불특정다수의 시민에 대한 대형사고로 이어질 수 있을 것이다. 앞에서 언급한 바와 같이 도시지역은 핵 및 방사능 물질을 보유 사용하는 기관과 각종 유해가능 물질의 유통, 운반이 빈번하게 이루어지는 반면 유독성 물질의 관리가 적절하게 이루어지지 못하는 실정이다. 따라서 대기 상에 유독물질이 유포되는 상황으로는 자연재난에 의한 유독물질 보관 사용 장소의 훼손, 유통 운반 시 사고에 의한 대형유출 사태의 발생, 재난을 가장한 유독물질테러행위 등을 예상하고 위험요소를 진단해 보아야 한다. 또한 국제행사 시 폭력적 과격시위에 의한 무질서 상황이 화재, 파괴, 교통 등 대형사고를 유발할 가능성이 있다. 이는 도시기능의 마비현상과 중요국가기관 및 국제행사 핵심지역의 안전대책에 위기가 조성되고, 광범위한 지역의 시민을 대피시키는 등의 안전조치가 시행되어야 할 것이다. 이런 상황에서의 바람길은 유독물질의 흐름과 유독성의 농도를 결정하는 주요 변인이 되고, 안전대책의 핵심적인 고려요소가 될 것이다.

3.3 바람길을 활용한 안전대책수립에 대한 유용성 논의

3.3.1 화재방 Terrorism위협

국가적 중요지역이나 행사장에 대한 화재방 테러리즘은 내부 반입에 의한 살포와 공조시스템을 통한 확산, 그리고 외부 지역의 오염을 상정할 수 있다. 외부지역의 오염은 오염원의 위치와 대기 중의 확산 속도, 농도, 흐름 등이 바람길의 영향을 지배적으로 받게 된다. 즉 바람길은 공격자와 방어자의 시도의 성패에 핵심적인 요소로 작용하게 된다. 따라서 공격자는 공격의 방법을 선택하고 그시기를 판단함에 지역의 풍향, 풍속 등의 대기흐름을 고려하게 될 것이다. 방어자는 당시의 바람길을 활용하여 범행에 사용될 오염원의 위치와 시간을 판단할 수 있다. 이에 따른 예방조치로의 정확함 지점을 선정하여, 탐지시설과 장비를 운용하고 오염원의 설치에 취약지역에 대한 거부대책을 시행하게 될 것이다.

또한 공격시도를 조기에 탐지하게 되고, 유독물질의 이동과 농도를 예측함으로써 오염원의 위치파악과 원천제거, 위해목표시설의 외부차단, 인원의 대피, 유독물질의 제독 등 현장조치에 정확성 효율성을 증대시키게

될 것이다. 따라서 특정일시의 바람길에 따라 탐지장비의 설치와 탐지차량의 순찰지역과 범위를 결정하여야 하고, 오염원의 설치예상지역의 정확한 판단과 지역 내 건물의 옥상이나, 빈사무실 등 의심지역의 순찰, 확보 등을 통해 거부대책을 시행하여야 한다. 또한 테러 발생 시 차단하여야 할 지역 및 인원 대피계획을 수립 효과적으로 시행하여야 한다.

3.3.2 폭력적 집회시위의 관리

과격 폭력적 집회시위대의 국가중요시설이나 행사장소 등의 진입시도와 연막, 독성냄새 등에 의한 위기가 조성될 위험이 예상된다면, 방어계획이나 집회시위관리 계획에 바람길을 고려하여야 한다.

시위대의 예상 접근로를 판단하고 바람길을 고려하여 차단, 대치지점을 사전 선정하고, 대기 중 유독물질이 불리한 방향으로 흐르지 않도록 해야 한다. 따라서 주요 접근로에 따라 예상되는 기상여건 별 바람길을 산출하고 이를 고려한 대치지점을 선정하여 시위대의 차단, 유도 등 시위관리계획에 반영하여야 한다. 여기에는 집회 신고장소에 따라 진출로를 분석해야 하며, 시위대가 사용하게 될 시위 용품에 유해성의 포함유무를 분석해야 하고, 불가피하게 시위대의 해산조치를 위해 최루가스를 사용할 경우 최루가스가 역방향으로 흐르지 않을 지점과 시간의 판단이 포함되어야 한다.

3.3.3 재난이나 사고에 의한 유독물질의 대기 상 유출

재난이나 사고에 의해 대기 상에 유독물질이 유출되면 도시화된 지역은 지형의 특성과 인구의 밀집으로 피해가 확산되고 이에 대한 조치에 여러 가지 제한요소가 따르게 된다. 기상은 범죄자의 심리와 위해수단에도 많은 영향을 미친다.[17]

사전예방대책으로 공기 중에 유출될 경우 유독성이 있는 핵 및 방사능 물질을 포함한 유해물질의 보관 사용 등 취급기관의 과학과 사전안전 관리상태를 점검하고 보안 지도를 해야 한다. 또한 사고에 대비하여 바람길을 고려한 안전대책을 수립하고 시행하여야 한다.

유해물질의 유통과 이동을 감시하고 관리하여야 한다. 이는 이동수단, 이동로, 이동시간, 이동 시 안전조치 상태를 점검하고 필요시 적절한 통제가 이루어져야 한

다. 특히 국제행사장 주변의 유독물질의 이동은 바람길을 고려한 통제구역과 시간이 설정되고 감시되어야 한다. 대형화재로 인한 유독가스 발생 등에 대비 소방 순찰, 인접 취약건물의 확보, 진화대책이 준비되어야 한다.

도심지역의 대기 중에 유독가스가 방사되면 이로 인한 피해는 전적으로 국지적인 바람길의 영향을 받게 됨으로 도심지역에 위치한 국가적 중요지역이나 국제행사장 등의 안전대책 수립에는 필히 바람길이 구체적으로 반영되어야 한다. 이를 종합하면 <표4>와 같다.

<표 4> 위험상황에 대한 바람길의 활용 유용성

위험 종류	야기될 수 있는 상황	활용의 유용성
Terrorism 발생	국가중요지역, 행사지역에 대한 화생방 공격	화생방 감지장비, 시설의 배치지점 판단 화생방 감지차량 순찰 지역, 시간 판단 대피로 선정, 피해확산 방지
	주요시설(지하철 등)에 유독물질 반입, 살포에 의한 오염	취약지역 판단 사전 감시, 확보 시설내의 공조시설/ 공기의 흐름 예측과 대피로 판단 테러 시 오염원천 판단 제거 주민대피 방향, 대피로 선정
폭력적 공격 집회 시위	시위 중 타이어 등 방화로 매연, 유독가스 발생	바람길에 따른 시위대와 대치지점 판단
	행사장 주변의 건물점거 등을 통한 연막사용 포퍼민스	집회시위대 유도 그린피스 등 시위세력 점거 가능지점 예측/ 건물옥상 등 사전확보 최루가스 사용 장소 시간 판단
대형사고 재난발생	도심지역의 대형 화재 발생	행사시 화재 등 사고 예방활동 인접취약건물, 지역 판단, 감시활동 강화 시민 대피 등 통제계획 수립
	취급시설의 사고로 인한 유독 물질 방출	행사시 유독물질 운반 차량의 통제 지역 설정
	유독 물질 운반 차량의 진북 등으로 유독가스 방출	천계지변에 의한 유독가스 방출
	천계지변에 의한 유독가스 방출	시민 대피계획의 수립

4. 결론 및 제언

도시의 밀집 고층화는 주변의 기상 변화에 변화를 가져온다. 특히 고층화된 도심의 바람길은 주변의 지배적인 기상과는 다른 현상이 나타난다. 따라서 대도시 도심지역의 국가적 중요지역의 위기관리를 위한 방어대책을 수립함에 있어, 대기상의 유해물질에 의한 위해성에 대하여 핵심지역에 대한 국지적인 바람길의 산출과 이의 활용은 유용성이 있다고 판단된다.

특히 내년 봄 개최예정인 서울 세계핵안보정상회담의 주요 행사장이 거대도시 서울의 도심지역에 위치하게 됨에 따라 핵심지역의 정확한 바람길의 산출과 예상 위해상황에 대한 안전대책의 수립에 활용방안이 연구되어야 한다.

이를 근거로 한 도심지역에 위치한 국가적 중요지역 및 서울 세계핵안보정상회담의 주요 행사장의 안전대책을 수립함에 바람길을 활용하기 위한 방안을 제언한다면 다음과 같다.

첫째 행사시기의 축적된 기상정보(풍향, 풍속, 기온, 기압 등)를 확보하여야 한다(기상청 통계 활용).

다년간 축적된 기상자료를 분석하여 지정된 일시의 기상에 대하여 가능한 정확한 예상치를 산출하고, 예측되는 기상의 경우의 수를 순위별로 구분하여 입력자료를 추출한다.

둘째 요구되는 특정지역에 대한 정확한 지형자료가 확보되어야 한다. 이는 국립지리원이나 서울시의 도시계획을 위해 최근 촬영된 항공사진이 가장 정확한 자료이다. 토지피복의 자료를 위해 현장답사도 필요하다.

셋째 중요지역 및 행사장에 대해 예상되는 기상 및 지형자료를 CFD_NIMR_SNU(계산유체역학모형) 모델을 기반으로 바람길을 산출한다.

넷째 국가중요지역이나 행사장 등 요구되는 장소에 대한 대기오염을 통한 위협을 평가하고, 발생할 수 있는 상황을 예측하여야 한다.

다섯째 산출된 바람길을 활용한 핵심지역 예상 위협에 대한 유용성의 검토하여 위기관리를 위한 방어계획에 활용방안을 도출한다. 여기에는 예방대책과 상황조치, 사후관리대책을 포함하여 논의하여야 한다.

마지막으로 도출된 방안을 현장 경호경비관련 부서에 제공하여 방어대책의 수립에 반영하여야 한다 등이

다

또한 바람길(바람환)의 산출은 국가중요시설이나 대통령 취임식 등의 옥외행사의 안전활동, 원전 등 유독물질 사용장소의 사고 시 지역주민 소산 등의 위기관리 대책 수립에 유용할 것이다.

참고문헌

- [1] 신동훈 외4인, '친환경도시계획을 위한 도시기후지도 작성에 관한 연구', 서울 도시연구 제12권 제1호, PPI-16,2011.
- [2] 서안선, '바람길을 고려한 아파트단지 계획', 한양대학교대학원 석사학위논문, 2009.
- [3] 서경석 외5명, '복잡한 지형상에서 대기확산 수치모델링',경성대학교 논문집, pp568-572, 2004.
- [4] 도우곤 외2인, '부산지역 바람장의 실시간 모니터링 프로그램 개발(1)', 부산광역시 보건환경연구원보 제13권(II), pp5-16, 2003.
- [5] 송지한, 이회관, 'CFD(전산유체역학)모델링을 이용한 아파트 바람장 및 대기오염 분포 특성에 관한 연구', 대한 환경공학회 춘계학술발표회 논문집, p p480-485, 2005.
- [6] 정창원, '해안도시의 바람길계획을 위한 하천공간의 열적 효과', 산업기술연구원논문집 제8권 제1호
- [7] 이두석, 『경호학 개론』, 도서출판 진영사, 2011
- [8] 한국일보, "한 미 화생방 테러대비 지난 5월 첫극비 훈련", 2011. 9.18.
- [9] 구해정 외3인, '계산유체역학모형 CFD_NIMR_SNU를 이용한 국지적으로 가열된 산악지역의 상세 바람 흐름 모사 -화왕산 산불 사례-', 한국농림기상학회지 제1권 제4호, pp 192-205, 2009.
- [10] 이재은, '국가위기관리의 학문적 체계화의 의의와 필요성', 한국위기관리논집 1(1), pp 2-3, 2005.
- [11] 서상열, '要人테러의 위기관리 사례분석 및 발전 방향에 관한 고찰', 한국경호경비학회지 제14권, p p 238-239, 2007.
- [12] 김창호·이광렬, '위기관리단계별 생물테러 관리체계에 관한 연구', 한국경호경비학회지 제13권, p

- 119, 2007.
- [13] 이성일, “21세기 테러리즘 전망과 대응방향”, 2003년도 국방대학교 안보과정 논문, pp 70, 국방대학교, 2003.
- [14] 최진태, 『테러리즘의 이론과 실제』, 도서출판 대영문화사, pp 178-196, 2006.
- [15] 「재난 및 안전관리 기본법」, 일부개정 2010년 6월 8일, 법률 제10347호.
- [16] 박성수, ‘교정시설의 효과적인 재난관리 방안’, 한국공안행정학회회보, 제20권 제1호, pp 49-80, 2011.
- [17] 이선제, ‘G20서울정상회담과 경호기상정보생산을 위한 기상청의 역할’, 기상총, 기상기술정책지 제12호, p 99, 2010.

[저자소개]



최기남 (Choi, Kee-Nam)

1979년 2월 (학사)

2000년 8월 (석사)

2005년 2월 (박사)

email : cknam1@yahoo.co.kr.