

### 3. 황사 관측 및 조기경보를 위한 지역망의 구축

#### 3.1 개관

황사의 사회적 및 환경적 영향이 심각해짐에 따라 황사 관측 및 조기경보 능력 강화에 대한 관심도 크게 높아졌다. 동북아에서 황사의 영향을 주로 받는 나라는 국가기상기관을 통하여 황사 예측 및 조기경보 서비스를 제공해 왔다. 중국은 2001 년 황사 예보 및 강한 황사에 대한 조기경보 서비스를 제공하기 시작했다. 한국은 2002 년, 일본은 2004 년에 동일한 서비스를 시작했으며, 몽골의 기상기관도 현재 유사한 서비스 제공을 위해 노력 중이다.

4 개국은 분명한 목표 하에 효과적으로 운영되고 있는 세계 기상 기구(WMO) 네트워크의 회원국이다<sup>1</sup>. WMO 각 회원국 국가기상기관은 기상 관련 정보 및 자료를 국제적으로 자유롭고 제한 없이 공유하는데 합의해 왔다. 황사에 대한 관측과 조기경보를 위해서는 기상 정보 및 관련 서비스가 필수적임에도 불구하고, 현재 이러한 정보나 서비스는 황사처럼 복잡한 현상을 분석하고 예측하기에는 아직 크게 부족하다.

지역 차원의 황사 관측 및 조기경보망 구축이라는 관점에서 4 개국이 현재 운영하고 있는 황사 관측 프로그램을 검토해보면 다음과 같은 문제점들이 드러난다.

첫째, 황사에 대한 인식, 용어, 정의, 관측 방식, 현재의 능력, 수요 및 기대 등이 국가마다 각기 다르다. 예를 들어 각국은 황사에 대한 인식 차이가 있다. 황사가 발원하거나 황사 이동경로의 상부 지역에 위치하고 있는 국가들은 황사를 자연 재해 현상으로 보는 반면, 황사 이동경로의 하부 지역에 있는 국가들은 공중 보건과 관련된 대기질의 문제로 인식한다. 또한 관측 방식뿐만 아니라 황사 등급을 구분하는 기준에 따라 국가별로 황사의 정의가 다르다. 또한 수요와 기대도 국가별로 다르고, 심지어는 한 나라에서도 기관마다 차이가 존재한다. 따라서 지역 관측 및 조기경보망 구축을 위한 실현가능성 있는 계획은 단계별 접근 방법을 통해 다양한 요소를 최적화하고 탄력적으로 추진할 수 있도록 수립될 필요가 있다.

둘째, 황사와 관련하여 몇몇 양자간 협력이 이미 진행되고는 있지만, 이러한 사업은 일부 특정 분야 및 한 국가의 국내에 한정되어 있다. 게다가 현재 진행되고 있는 황사에 관한 양자간 협력은 학술적 연구에 초점이 맞추어져 있으며, 심각한 황사 재난피해에 대한 공중의 인식을 제고하는 운영수단으로는 설계되어 있지 않은 실정이다. 그리고 이러한 협력에 관한

<sup>1</sup> 세계기상기구는 UN 산하기관으로, 인류의 이익과 보호를 위한 기상학 및 수문학의 창달과 협력 촉진을 그 목적으로 하는 기관이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 WMO 는 관측소 연계망 구축, 신속한 정보 교류 체제의 개발 및 유지, 관측 및 자료의 표준화 등의 사업을 펼치고 있다.

### 3-2 동북아 황사 발생 방지 및 통제를 위한 지역 기본계획

합의에도 불구하고, 동북아지역의 황사 연구자들이 다른 기관으로부터 실시간 정보를 얻거나, 특히 국가간에 정보를 취득하는 것은 여전히 극복해야 할 과제로 남아 있다. 그런데 황사는 동북아 전역에 영향을 미치는 국가간 환경 문제이기 때문에 다자간 협력 체계를 통해 효과적으로 해결할 수 있는 문제로서 지역 관측 및 조기경보망 구축에 있어서도 역시 다자간 지역망을 구축하는 것이 필요하다.

셋째, 몽골은 황사의 주요 발원지 중 하나임에도 불구하고 이렇다 할 관측소를 운영하지 않고 있다. 또한 몽골의 기상 관측소는 대부분 황사와 직접 관련이 없다. 그러므로 동북아 차원에서 볼 때 몽골이 적절한 역량을 갖추도록 지원하는 것은 지역 관측망 수립, 특히 4 개국 간의 정보 공유에 있어 핵심적 과제이다.

### 3.2 관측 지표의 선정

4 개국간 황사 관측 및 조기경보 지역망을 구축하려면 관측 지표 체계를 개발해야 한다. 공통의 황사 관측 지표 선정 작업은 현재 존재하거나 쉽게 입수할 수 있는 자료로부터 시작해야 한다. 이 과정에서 각국이 사용하고 있는 관측 기술 및 방법, 동북아 지역 차원의 장기적 관측 자료 현황, 특히 황사 발원 지역에서의 자료 현황 등을 고려에 넣어야 한다. 이와 함께 관측 지표 체계는 황사 관측 및 모델링 기술의 진보에 발맞추어 적응해 나갈 수 있도록 작성되어야 하며, 계속 증가하는 예보 및 조기경보 서비스 수요에 부응할 수 있어야 한다.

조기경보 서비스를 제공하려면 전반적으로 다음과 같은 기상 및 지표면 상태에 관한 자료 및 정보가 필요하다.

#### (가) 기상 관측 및 분석 정보

기본적으로 동북아에서 황사를 발생시키는 대기순환 분석을 위해 필요한 북반구의 기상 관측 자료

황사 발원 지역 및 황사 영향 지역의 상세 기상 관측 자료 (기압, 기온, 강우, 습도, 시정, 풍향, 풍속 등) 및 이러한 요소들의 3 차원 분포 현황

날씨 관측자료에 기초한 열역학 정보에 대한 진단 및 분석

다수의 기상 관측소에서 수집한 기상 예측 수치 자료

#### (나) 지리 정보 및 지표면 관측 정보

사막의 분포 및 토양 성분 정보 (분포, 입자 크기 등)

토지 사용 및 지표면 변화 관련 정보

적설을 비롯한 토양 수분 상태

## (다) 먼지 관련 측정 정보

수평 가시도를 포함한 대기의 광학적 특성 측정 결과 (투과율계 방식으로 측정), 광학적 깊이 및 크기 상태 (태양광 복사 및 태양 광도계로 측정), 수직 시정 및 수직 종단면도 (라이다(LIDAR)로 측정), 광산란 (광산란 측정기로 측정) 등 총부유물질(TSP), 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 등을 포함한 먼지의 질량 농도, 크기 상태 및 먼지 침적량 등 기상 관측 위성이 수집한 황사 관련 위성 관측 및 검색 자료

이 모든 정보가 황사 관측을 위한 지표를 구성하며, 현재 각국은 이러한 지표들을 서로 다른 방식으로 수집하고 활용한다. 예를 들어 황사의 발원지에서 비교적 멀리 있는 한국과 일본은 황사를 주로 대기 오염의 측면에서 보고 있으며, 따라서 TSP, PM<sub>10</sub>, 먼지 침적량 등 대기질 관련 지표를 중요시한다. 따라서 이들은 장거리에 걸쳐 대기질에 영향을 미칠 수 있는 황사현상을 탐지하고 관측하여 그 결과를 실시간으로 송신하는 LIDAR와 같은 장비와 기술을 개발하는데 많은 노력을 기울여 왔다. 한국은 또한 황사 현상에 대응하여 조기경보 체제에 바탕을 둔 PM<sub>10</sub> 농도 지표를 개발했다.

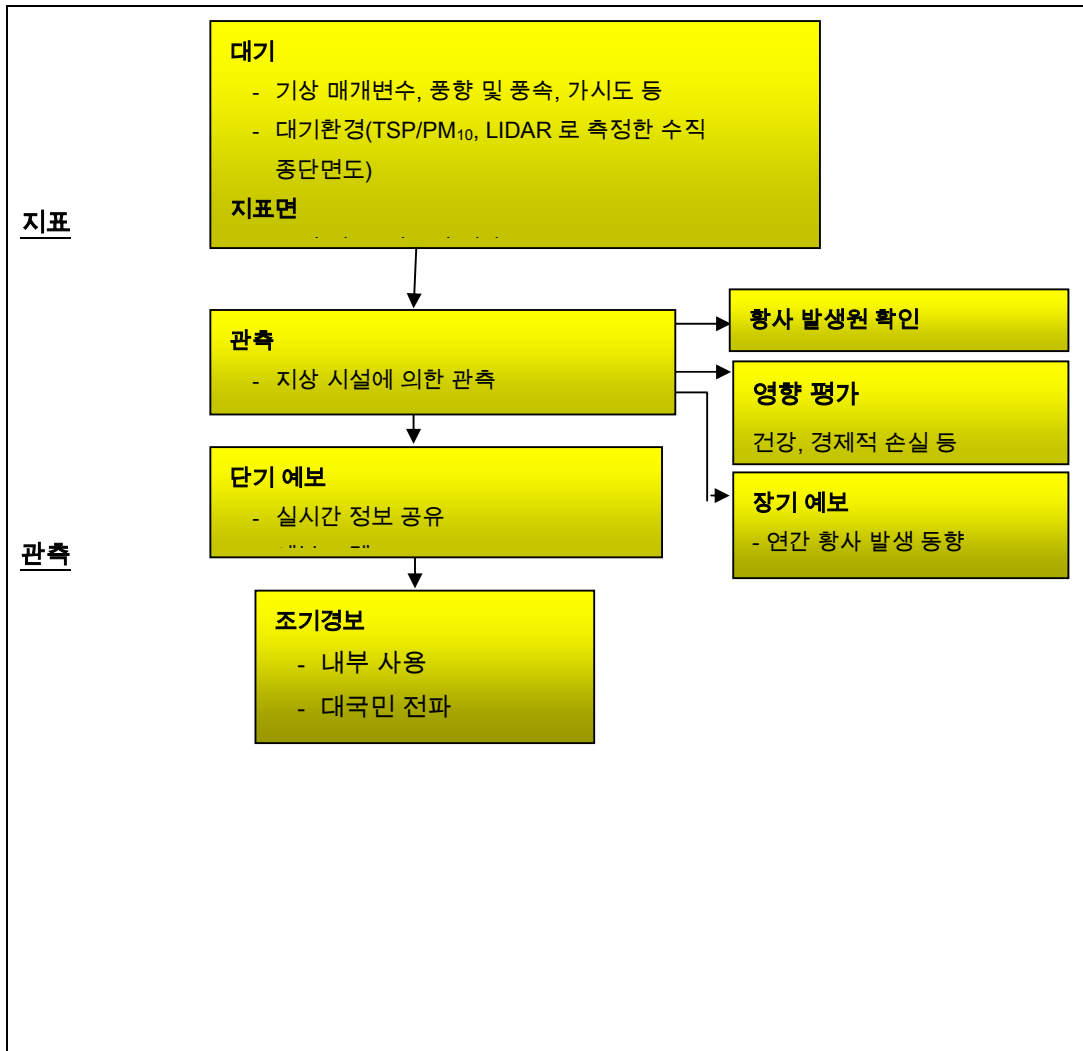
동북아에서 발생하는 황사의 대부분이 발원하는 있는 중국과 몽골에서는 황사의 유형 및 양국의 기상 관측 능력으로 인해 가시도라는 지표를 가장 널리 사용하고 있다. 두 나라 모두 일찍부터 황사와 관련한 기상 관측 자료를 수집해 왔으며 따라서 상당한 자료를 축적해 놓고 있다. 이러한 자료에 기초하여 중국은 황사의 특성과 주기성에 대한 연구분야에서 성과를 거두어 왔으며, 이를 바탕으로 하여 황사 현상의 모의 실험 및 모델링, 조기경보 서비스 등을 실시하고 있다.

### 3.3 공통 관측 지표

적절한 공통 관측 지표들을 결정하는 데 있어 어려운 점은 특히 초기 단계에서 지역망의 기술적 및 운영적 실현가능성을 손상하지 않으면서도 4 개국의 서로 다른 수요(또는 “선호”)를 적절히 수용하는 방안을 도출하는데 있다. 지역망에 속해 있는 나라들 상호간에 교류가 가능한 핵심 관측 지표로 선정되려면 다음과 같은 요건을 갖춰야 한다. (가) 4 개국이 각각 개발한 예보 모델과 모두 연관이 있을 것. 나) 이미 이용이 가능하거나 아니면 적어도 최소한의 투자로 이용이 가능해져야 할 것. 다) 동북아의 확인된 황사 이동경로에 따라 한 나라에서 다른 나라로 실시간으로 정보 전송이 가능할 것.

3-4 동북아 황사 발생 방지 및 통제를 위한 지역 기본계획

아래 표는 지역 관측망 구축을 향한 과정을 보여주고 있다.



지역 관측망의 목적은 조기경보를 위한 단기 예보에 초점을 맞추는 것으로 결정되었다. 장기예보 등 지역 관측망의 다른 목적은 지역망 확대의 수요에 따라 다음 단계에서 역점을 두어 진행하기로 합의하였다.

또한 각국의 전문가와 연구자들 사이의 광범위하고도 종합적인 토론을 통해 4 개국은 지역 망에서 효과적인 단기 예보를 위한 우선 관측 지표들에 대해 다음과 같이 합의하였다.

(a) 관측장비로 관측된 가시도

- (b) PM<sub>10</sub> (직경이 10 마이크로 미터 미만인 입자상 물질)
- (c) LIDAR 에 기반을 둔 관측 자료<sup>2</sup>. (광레이더가 측정된 먼지구름의 종단면도)

각국은 개별 관측 지표에 대해 서로 다른 중요도를 부여하고 있다. 그러나 이러한 차이에도 불구하고 4 개국은 지역망 구축에 필요한 공통 관측 지표들에 대해 위와 같은 합의에 도달하였다.

### 3.4 황사 관측소 지역망

지역 관측망 구축의 목적은 효과적인 조기경보를 위하여 몽골과 중국 북부의 일부 성에 있는 황사의 발원지역에서부터(황해 및 북한 지역을 지나) 한국 및 일본에 이르는 지역에 걸쳐 관측소 체계를 갖추는 데 있다. 이러한 관측망을 이용하여 황사 이동경로의 하부 지역에 있는 나라들은 상부 지역의 관측소에서 전송된 데이터를 이용하여 상황 변화에 따른 적절한 예보를 할 수 있게 된다. 이러한 관측망은 상부 지역의 예보 담당자들에게도 도움이 된다. 왜냐하면 하부지역에서 전송된 피드백 자료를 이용해서 상부 지역에서 사용하는 단기 예보 방법의 정확성을 크게 제고할 수 있기 때문이다.

단기 예보 또는 조기경보에 유용한 실시간 자료는 3 가지의 공통 지표에 대한 관측 결과와 기본적인 기상관측 자료로부터 나온다. 이 네 가지의 자료 출처와 관측소의 지리적 중요도를 고려하여 다음과 같은 관측소의 등급체계가 제안되었다.

#### (a) A 급 지역망 관측소

A 급 관측소는 지리적 중요성(예를 들어 황사 발원지역에 위치)으로 인해 지역망에서 핵심 관측소로서의 역할을 수행한다. 핵심 관측소들은 네 가지의 자료를 실시간으로 측정할 능력을 갖추고 있거나 갖추 예정이다. 현재 이러한 기준에 부합하도록 모든 장비를 갖춘 관측소는 중국에 몇 군데가 있고 몽골에는 아직 없다. 가시도, PM<sub>10</sub>, LIDAR 등을 이용하여 A 급 관측소는 이동중인 황사의 공간적 분포와 수직 종단면도 관련 데이터를 실시간으로 제공한다. 원격 예보 센터에는 이러한 자료가 매우 중요하다. 왜냐하면 이러한 황사의 물리적 세부 사항을 이용해서 시뮬레이션을 하거나 조기경보를 할 수 있기 때문이다. 4 개국 상호간, 혹은 장비를 제대로 갖춘 관측소 사이의 실시간 정보 교환을 보장하는 것은 지역망에 있어서 핵심적인 사안이다.

<sup>2</sup> 2003 년 11 월 개최된 지역 황사 관측 및 조기경보망 워크샵에서 합의가 도출되었다.

(b) B급 지역망 관측소

B급 관측소는 PM<sub>10</sub> 현황을 관측하고 자료를 실시간으로 장거리 전송할 수 있음과 동시에 가시도 관측 자료도 보고할 수 있는 일반 관측소로 구성된다. B급 관측소의 중요한 특징은 PM<sub>10</sub> 같은 부유 입자를 측정할 수 있다는 데 있다(TSP는 일괄 샘플링 포집 방법으로 측정). PM<sub>10</sub> 자료는 대기질 측정에 있어서 필수적이다. B급 관측소에서 전송된 자료와 A급 관측소에서 전송된 자료는 원격 예보 센터에서 황사 현상에 대한 시뮬레이션 및 모델링을 하는데 있어서 핵심적이다. 왜냐하면 이러한 자료를 바탕으로 실시간 관측을 할 수 있기 때문이다. B급으로 지정된 지역망 내의 모든 관측소가 먼지 입자 농도를 측정할 능력을 갖춘 것은 아니다. 기존의 관측소를 개선하는 데는 시간이 필요하며, 특히 PM<sub>10</sub> 관측 능력이 없는 몽골의 관측소는 더욱 그러하다.

각국이 황사 지역망을 위해 제시한 관측소의 목록은 표 3.1에 나와 있다. 1 단계에 해당하는 지역망 관측소들은 모두 선정이 되었으나 한국과 일본이 제안한 2 단계의 관측소들은 양국 관련 당국의 확인절차가 아직 남아 있다. 중국의 경우 LIDAR를 갖추었거나 갖추 예정인 관측소가 황사 관측망에 포함될 것이지만, 이들 관측소의 참여 시점은 자원의 가용 정도와 관련 당사자들 간의 합의에 따라 결정될 것이다.

### 3.5 단계별 개발 계획

자금과 자원이 한정되어 있는 상황에서 단계별 개발계획을 수립하는 것은 매우 현실적이다. 그리고 각 단계에는 엄격한 경계가 있는 것이 아니므로 한 단계가 끝나야만 다음 단계를 시작할 수 있는 것도 아니다. 이를 달리 표현하면 각 단계의 활동을 가능한 한 빨리 실행하는 것이 가장 우선함을 인식한다는 뜻이다. 각 단계마다 해당 목표에 도달하기까지의 시간범위가 설정되어 있고, 장비의 개선, 능력 배양, 지역망 강화 등의 사업이 계속해서 진행된다. 세 개의 단계별 개발 계획은 다음과 같다.

**1 단계(단기): 기존의 관측 능력에 의한 상호간의 정보교환**

1 단계에서는 제안된 관측소로 구성된 지역망이 확정되며(중국 25개소, 몽골 6개소 및 한국과 일본의 지정된 관측소), 실시간 정보 공유에 관한 조치가 완수된다. 단기 예보를 목적으로 하는 정보공유를 위해 분산형 네트워크가 선호된다. 각국의 우선 순위에 따라 단계별로 선정된 관측소에서 장비측정

가시도 값, PM<sub>10</sub> 데이터, LIDAR 등의 정보가 우선적으로 수집된다.

### **2 단계(중기): 관측 능력 강화**

2 단계에서는 관측소의 수를 확대하고(중국 18 개소, 몽골 12 개소 증설), 일부 관측소의 장비를 개선한다.

### **3 단계(장기): 예보 및 조기경보 능력 강화**

3 단계는 단기(조기경보) 및 장기(계절적) 예측 정보를 제공하기 위한 예보 방법(소프트웨어 개발, 교육 훈련, 능력 배양 등을 포함)의 개선에 중점을 둔다. 장기 예보는 지표면 관측 자료와 예측 모델 결과에 대한 검증에 크게 의존한다.

Table 3.1 황사 지역망을 위해 제안된 관측소

단계	국가	관측소	등급 <sup>1/</sup>	현재 장비 능력 <sup>2/</sup>					
				가시도	TSP	PM <sub>10</sub>	LIDAR	자동 측후 소	
Phase 1	중국 (상부지역 국가)	주추안	B		✓				
		민셴	B						
		게르무드	B						
		랍저우	B						
		인추안	B						
		허우마	B						
		다퉁	A						
		장자커우	B			✓			
		얼렌하오터	B			✓			
		후허하오터	A				✓	✓	
		네이멍 - 주리허	B						
		디엔장	B						
		난양	B						
		선양	B				✓		
		창춘	B				✓		
		베이징	A			✓	✓	✓	
		칭다오	B				✓		
		정저우	A						
		렌윈강	B						
		아커수	B						
	바옌누오얼공	A							
	싱즈	B							
	바이청	B							
	등강	B							
	수니터어우치	B							
	몽골 (상부지역 국가)	고비알타이 - 알타이	B					✓	
		도르노드 - 초이발산	B					✓	
		도르노고비 - 사인 산드	A					✓	
		옴노고비 -달란자드가드	A					✓	
		우브스 - 울란곰	B					✓	
		울란바토르	A					✓	
	일본 <sup>3/</sup> (하부지역 국가)	사포로	A		✓	✓	✓	✓	✓
		토야마	A	(	(	(	(	(	(
		츠쿠마	A	(	(	(	(	(	(
		후쿠에	A	(	(	(	(	(	(
		나가사키	A	(	(	(	(	(	(
미야코		A	(	(	(	(	(	(	
마츠에		A	(	(	(	(	(	(	
니가타, 마키		B	(	(	(	(	(	(	
타테야마(토야마)		B	✓	✓	✓		✓		
이누야마		B	✓	✓	✓		✓		
후쿠오카	B	✓	✓	✓		✓			
료리	B	✓			✓	✓			

1/ A 급 관측소에는 가시도 측정장치, PM<sub>10</sub> 측정장치, LIDAR 가 갖추어져 있어야 한다. B 급 관측소에는 가시도 측정장치, PM<sub>10</sub> 측정장치가 갖추어져 있어야 한다.

2/ ✓□는 장비가 구비된 상태, (✓)표는 2005 년 중 구비될 장비를 의미한다. 지역망용으로 현재 지정된 지표는 가시도, PM<sub>10</sub>, LIDAR 뿐임에 유의해야 한다. TSP 와 자동측후소(AWS)는 현재 측정 능력 여부를 보여주는 참고용이다.

3/ 일본의 관측소 수는 가까운 장래에 증가할 예정이다.

(표 3.1 계속)

단계	국가	관측소	등급 <sup>1)</sup>	현재 장비 능력 <sup>2)</sup>				
				가시도	TSP	PM <sub>10</sub>	LIDAR	자동 측후 소
단계 1	한국 (하부지역 국가)	인천 - 인천	A				✓	✓
		충청남도 - 광덕산	B		✓	✓		✓
		인천 - 백령도	B		(	(		(
		서울 - 관악산	B		(	(		(
		충청남도 - 안면도	A		(	(	(	(
		충청북도 - 추풍령	B		(	(		(
		전라북도 - 군산	B		✓	✓	✓	✓
		광주시 - 광주	B		✓	✓		✓
		전라남도 - 흑산도	B		✓	✓		✓
		제주도 - 고산	B		✓	✓		✓
		인천 - 강화	A		✓	✓	✓	✓
		충청남도 - 천안	B		✓	✓		✓
단계 2 <sup>2)</sup>	중국 (상부지역 국가)	신장 - 허텐	B		✓			✓
		신장 - 하미	B		✓			✓
		신장 - 카스	B		✓			✓
		신장 - 우루무치	A			✓		✓
		신장 - 뤼창	B					✓
		네이멍 - 어지마치	A					✓
		네이멍 - 시린하오터	B					✓
		네이멍 - 츠핑	B			✓		✓
		네이멍 - 우란하오터	B					✓
		네이멍 - 하이러얼	B					✓
		칭하이 - 시닝	B			✓		✓
		칭하이 - 와리관	A					✓
		간수 - 장예	A		✓			✓
		간수 - 시핑	B					
	산둥 - 지난	B			✓		✓	
	랴오닝 - 단둥	B			✓		✓	
	장수 - 난징	B			✓		✓	
	지린 - 투먼	B	✓				✓	
	몽골 (상부지역 국가)	바안홍고르 - 바안홍고르	B					✓
		고비알타이 - 토로이	B					
		도르노고비 - 후브수굴	B					
고비습베르 - 초이르		B					✓	
둔드고비 - 만달고비		B					✓	
오보르항가이 - 아르바이헤르		B					✓	

### 3-10 동북아 황사 발생 방지 및 통제를 위한 지역 기본계획

	움노고비 - 사이한	B					
	움노고비 - 구르반테스	B					
	움노고비 - 한보그드	B					
	수흐바타르 - 바룬우르트	B					✓
	호브드 - 제레그	B					
	자브한 - 두르불진	B					

- 1/ A 급 관측소에는 가시도 측정장치, PM<sub>10</sub> 측정장치, LIDAR 가 갖추어져 있어야 한다. B 급 관측소에는 가시도 측정장치, PM<sub>10</sub> 측정장치가 갖추어져 있어야 한다.
- 2/ ✓표는 장비가 구비된 상태, (✓)는 2005년 중 구비될 장비를 의미한다. 지역망용으로 현재 지정된 지표는 가시도, PM<sub>10</sub>, LIDAR 뿐임에 유의해야 한다. TSP 와 자동측후소(AWS)는 현재 측정 능력 여부를 보여주는 참고용이다.

### 3.6 조직의 구성

전체적으로 볼 때 황사의 관측, 예보, 조기경보를 위한 지역망을 구축하려면 중국, 일본, 한국, 몽골 등 4 개국 국가 차원뿐만 아니라 동북아 지역 차원에서도 기본적인 조직을 도입해야 한다. 국가 차원에서 보면 각국의 기상청과 환경부는 황사 관련 자료를 실시간 기준으로 전달하고 공유할 수 있는 국가 전담기관을 선정하여야 한다. 기상청 이외의 각 기관들과의 협력도 강화해야 한다. 동북아 지역차원에서는 분산형 조직 구조가 바람직하다. 이러한 분산형 구조가 갖춰지면 각국의 국가 전담 기관의 조정 및 감독 하에서 공식적인 정보 교환 및 공유 체계에 지역 내의 다양한 이해 당사자들의 참여할 수 있기 때문이다.

황사 관측 및 조기경보와 관련하여 4 개국의 현재 상황을 검토한 결과, 한국과 일본 같은 황사 이동경로의 하부 지역에 위치한 국가들이 더 우수한 황사 관측 및 조기경보 인프라와 능력을 갖추고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 이들 국가에서의 지역망 구축은 예보와 조기경보 데이터의 공유를 강화하기 위한 국가 및 지역 차원의 조직 정비를 필요로 한다. 반면 황사 이동경로의 상부 지역에 위치한 국가인 중국과 몽골은 대부분의 황사가 발원되고 발생하는 지역이다. 그리고 이들 국가(특히 몽골)의 황사관측 및 조기경보의 인프라와 능력은 매우 불충분하다. 그러므로 황사 발생 방지 및 통제를 위한 동북아 황사 지역망 개발 계획의 시작단계에서는 이들 두 나라의 관측 및 조기경보 능력 배양과 관측망 개선에 중점을 두고 있다.

### 3.7 실행 계획

지역망이 신속하게 가동되고 기능을 잘 발휘하는 것은 각국 조정 담당자들의 역량과 이들과 회원국, 파트너, 기타 이해 당사자 및 지역 차원의 지원 시스템(UNEP, UNESCAP 포함) 등 여러 당사자 상호간의 효율적인 소통에 달려 있다. 지역망의 가동은 또한 각국의 관련 기관들의 효율적인 사업계획 수립과 관련한 노력에도 달려 있다. 이와 관련하여 황사 지역망 실행 계획에 들어갈 핵심 요소들이 박스 3.1 에 제시되어 있으며, 표 3.2 에는 앞서 말한 지역망의 단계별 개발 계획 실행을 위한 권고 사업과 이에 상응하는 각국의 행동 계획이 정리되어 있다.

#### 박스 3.1 황사 지역망 실행 계획의 핵심 요소들

- (a) 다양한 정보 기술과 위성 기술을 결합하여 지역, 준지역, 국가 차원에서 황사 관련 활동(조기경보 포함)의 평가와 관측을 수행하는 데 필요한 기본틀 개발
- (b) 첨단 정보통신 기술을 이용하여 각국의 데이터 베이스와 지역 및 준 지역 차원의 데이터 베이스 사이를 긴밀히 연결할 수 있도록 각국의 황사 지역망 국가 담당 기관에 지원 제공
- (c) 사막화 방지를 포함한 황사 관련 과학 정보의 공동 수집 및 데이터 베이스 구축 활동을 위한 지역 차원의 기본틀 개발
- (d) 데이터를 사용 가능한 형태로 분석 및 해석하는 데 필요한 프로그램 작성
- (e) 지역망 수집 정보 이용 및 정책 결정자 및 관련 사용자(피해지역 주민 포함)에게 수집된 정보의 전달 시스템 활용 촉진
- (f) 국가차원에서 능력 배양을 위한 훈련 및 연구 계획 개발.

이 행동 계획은 4 개국의 과학자들 및 행정 담당자들과 가진 토론 결과를 바탕으로 작성되었다. 계획의 일부 항목에는 실행시한이 있고, 시한 없이 계속해서 실행하는 항목들도 있다. 또한 일부 항목은 상당한 조직 개편을 요구하는 것도 있으나 여타 항목은 비교적 용이하게 실행할 수 있다.

표 3.2 황사 지역망 개발 계획

단계	권고 사업	실행 계획
----	-------	-------

3-12 동북아 황사 발생 방지 및 통제를 위한 지역 기본계획

<b>1 단계</b> (6 - 12 개월.)	단기 예보를 위한 실시간 자료 공유 체계 구축	(a) 각국의 국가 황사 관측망 내에 국가 담당 지점/기관 확정. (b) 관측소를 A 급과 B 급으로 구분한 관측소 체계에 대한 합의 도출 및 장비 개선 및 자료 전송능력 향상 비용 산출(필요할 경우). (c) 각국의 지역망 참여 기관 사이의 연계를 관리하는 공통 지침 개발, 황사 지역망의 획득정보 활용 범위 설정. 모든 지역망 참여 기관에 황사 관측 및 평가 관련 정보를 국가 담당 기관에 전달 책임 부여. (d) 황사 지역망 기술의 구축과 관련한 전 지역 차원의 기술 워크숍 개최를 통해 기술 활용 방안 합의. (e) 데이터베이스의 분야별 유형과 양식을 결정하고, 메타 데이터베이스에서 동일한 기준과 형식으로 교환될 황사 관측과 조기경보 정보의 내용과 형식을 정하기 위한 각 참가국의 데이터베이스 조사 실시 (f) 정보 교환과 기호 비교를 위한 아시아 지역 워크숍 조직 및 워크숍 참가자의 중국과 몽골 관측소 현장과 황사 발원지에 대한 직접 방문 및 고찰 실시 추진
	과학기술 교류 및 협력 강화	(a) 황사의 관측, 평가, 조기경보에 관한 지식과 경험의 교류 촉진을 위한 국제 심포지엄 개최 (b) 황사 관측 모델링 분야에서 앞선 국가 선정 및 지역망 관련 업무 담당자를 대상으로 한 견학 조직. 견학 참가자들은 지역망과 관련된 사람이어야 함. (c) 소요자원이 확보되는 대로 교육 훈련, 전문가의 파견, 기타 활동 등 능력배양 사업(이 사업은 3 단계에도 포함되어 있음) 실시.
<b>2 단계</b> (3 년)	지역 관측망 확대	(a) 국내 및 국제(양자 및 다자간)기관, 민간부문의 가용자원 발굴. 자금 모집 및 분배 체계와 방법(예: 신탁, 재단 등) 방법 고안. (b) 새로운 관측장비 설치를 통한 신설 관측소 확보 및 기존설비의 개선으로 지역망 확대
<b>3 단계</b> (3 - 5 년)	능력 배양	(a) 4 개국, 특히 몽골의 예보 기술 및 모델링 능력 강화. (b) 국가 차원의 황사 관련 활동 지원을 위한 인프라 및 관련 시설 개선 (훈련 과정 개설, 견학, 매뉴얼 제작 등). (c) 각국 황사 관련 센터 사이에 네트워크 소통의 효율성 제고 및 데이터 관리 역량을 향상. 관련 활동은 다음과 같은 것들이 있음. i) 웹서버의 응답 속도와 정보 처리 용량 개선 ii) 데이터 베이스 서버의 저장 용량 확장 및 온라인 연결성 개선 iii) 해당 기관이 전국 네트워크의 일상적인 운영을 담당하는데 필요한 관련기관으로부터의 허가 취득

황사의 재해를 미리 방지하는 데 있어 황사 발원 지역의 예보 및 조기경보 시스템은 중요한 역할을 한다. 반면 황사 이동경로의 하부지역에 위치한 국가들은 황사가 대기질에 미치는 영향을 평가해야 한다. 따라서 한국과 일본에서는 예보 및 조기경보 시스템과 아울러 황사 발생 기간 중 또는 발생 후의 PM<sub>10</sub> 농도와 침적량을 예측하는 시스템을 개발 시행하여야 한다.

바람직한 시스템을 구축하려면 교육 훈련을 비롯한 능력 배양 활동이 포함되어야 한다. 따라서 능력 배양 사업은 동북아 황사 지역망 개발의 모든 단계에 걸쳐 추진해야 할 지속적인 활동이다. 이러한 활동에는 훈련, 경험을 공유하는 워크샵, 관측 현장 방문 등이 있다. 지역망을 통한 자료 및 의견의 상호 교류는 이 지역망의 중요한 요소 중 하나이며, 이 중에서도 상호 방문은 핵심적이다. 왜냐하면 인간 대 인간의 교류를 대체할만한 것은 없기 때문이다.

### 3.8 예상 비용

앞에서 언급한 바와 같이, 지역망의 물리적 개발은 중국과 몽골에 관측소를 개발하고 기존 관측소를 개선하는 사업에 초점을 맞춘다. 표 3.3은 이 두 나라에서 제안된 단계별 관측소 개발과 이에 따른 잠정적인 비용에 관한 사항들을 보여주고 있다.

Table 3.3 중국과 몽골의 관측소 개발 관련 예상 비용

국가	단계 1	관측소 수	권장 활동	예상 비용 (천달러)
중국	1	초기 25	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 담당 기관 설립 및 선정 관측소 네트워크 통합</li> <li>선정된 관측소의 가시도, TSP, PM<sub>10</sub>, LIDAR 등의 하드웨어와 소프트웨어 구매 및 설치</li> <li>커뮤니케이션 네트워크 개선</li> </ul>	4,916.90
	2	추가 18	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측소 네트워크 확대</li> <li>하드웨어와 소프트웨어 구매 및 설치</li> </ul>	3,260.10
	3		<ul style="list-style-type: none"> <li>원격 센서 이용 장기 황사 예보 능력 확보 (연간 동향)</li> </ul>	3,130.00
몽골	1	초기 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 담당 기관 설립 및 선정 관측소 네트워크 통합</li> <li>선정 관측소의 AWS, TSP, PM<sub>10</sub>, 가시도 센서, 토양 수분 센서, LIDAR 등 구매 및 설치</li> <li>지상 관측소 구축</li> <li>커뮤니케이션 장비/네트워크 구축 및 개선</li> </ul>	8,340.95
	2	추가 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측소 네트워크 확대</li> <li>AWS, 가시도 센서, 토양 수분 센서 및 PM<sub>10</sub> 구매 및 설치</li> </ul>	1,611.60
	3		<ul style="list-style-type: none"> <li>원격 센서 이용 황사 모델링, 시뮬레이션 및 예보 능력 배양</li> </ul>	1,923.80

1 1 단계 - 단기, 2 단계 - 중기, 3 단계 - 장기

### 3.9 다른 지역 및 국제기구와의 협력

황사는 국가간 환경문제이기 때문에 정부간 협약이 체결될 수 있음은 당연하다. 황사 대응 지역망과 담당기관의 주요 임무 중 하나는 지역망 건설 활동을 상호 조정하고 특정 분야에 대한 기술지원 및 지도를 제공하는 것이다. 황사의 방지와 통제에 있어서 과학 기술이 수행하는 역할의 중요성을 제고하는 계획을 수립하는 한편, 특히 조기경보체계와 관련하여 각국의 전통적인 지식과 현대 과학 기술을 접목해야 한다.

황사 방지 및 통제를 위한 지역망이 출범하면 국제사회는 동북아 황사에 대응하기 위한 실질적인 과학 협력의 기회를 얻을 것이다. 관심을 가지고 있거나 영향력이 있는 선진국의 각 기관들은 국제, 지역, 준 지역 차원의 기관들과 함께 좀더 긴밀하고 효과적으로 공동 사업을 지역망의 기본틀 안에서 수행해 나갈 수 있을 것이다. 기존의 WMO 네트워크 및 동아시아 산성비 관측망, 그리고 현재 4 개국이 황사 방지 및 통제와 관련하여 기여하고 있는 사례 등을 참고할 수도 있다. 이러한 연계를 더욱 강화하고 확대함으로써 호주와 기타 관련국들을 포함한 아태지역 전체, 그리고 미국, 중앙아시아와도 협력기회가 열릴 것이다. 동북아 대기 오염물질의 국가간 장거리 이동에 관한 기존 네트워크 및 사업과의 협력 관계도 계속 유지할 필요가 있다.