

도시기상 관측을 위한 메타데이터의 표준화

Standardization of Metadata for Urban Meteorological Observations

송윤영 · 채정훈 · 최민혁 · 박문수* · 최영진

기상기술개발원 차세대도시농림융합기상사업단

(2014년 8월 12일 접수, 2014년 10월 9일 수정, 2014년 11월 25일 채택)

Yunyoung Song, Jung-Hoon Chae, Min-Hyeok Choi,

Moon-Soo Park* and Young Jean Choi

*Weather Information Service Engine, Center for Atmospheric Science &
Earthquake Research*

(Received 12 August 2014, revised 9 October 2014, accepted 25 November 2014)

Abstract

The metadata for urban meteorological observation is standardized through comparison with those established at the World Meteorological Organization and the Korea Meteorological Administration to understand the surrounding environment around the sites exactly and maintain the networks and sites efficiently. It categorizes into metadata for an observational network and observational sites. The latter is again divided into the metadata for station general information, local scale information, micro scale information, and visual information in order to explain urban environment in detail. The metadata also contains the static information such as urban structure, surface cover, metabolism, communication, building density, roof type, moisture/heat sources, and traffic as well as the update information on the environment change, maintenance, replacement, and/or calibration of sensors. The standardized metadata for urban meteorological observation is applied to the Weather Information Service Engine (WISE) integrated meteorological sensor network and sites installed at Incheon area. It will be very useful for site manager as well as researchers in fields of urban meteorology, radiation, surface energy balance, anthropogenic heat, turbulence, heat storage, and boundary layer processes.

Key words : Metadata, Meteorological observation, Meteorological station, Standardization, Urban

*Corresponding author.

Tel : +82-70-4617-3769, E-mail : ngeograph2@gmail.com

1. 서 론

1.1 도시 기상

산업화 이후 도시화가 급속하게 진행되면서 세계 인구 중 50% 이상이(IMF, 2007), 우리나라 인구의 90% 이상이 도시 지역에 거주하고 있다(<http://www.city.go.kr>). 도시는 자연적인 지표와는 달리 콘크리트와 아스팔트와 같은 인공적인 불투수층 지표로 인해 도시 열섬, 돌발 홍수와 같은 극단적인 기상 현상이 빈번하게 나타나며(Oke, 1982), 상대적으로 많은 사람들이 그 영향을 받기 때문에 도시에서 기상 연구의 중요성이 증가하고 있다(Lee *et al.*, 2008; Grimmond, 2006; WMO, 2006; Jang and Kim, 1991).

도시에서 나타나는 기상을 보다 정확하게 이해하고자 다양한 집중 관측이 수행되었거나 진행 중에 있다. 예를 들면, 스위스의 바젤의 BUBBLE(Basel Urban Boundary Layer Experiment), 미국 오클라호마시의 OKC(Oklahoma City) Micronet, 일본 도쿄의 TOMACS(Tokyo Metropolitan Area Convention Study for Extreme Weather Resilient Cities), 중국 상하이의 SUIMON(Shanghai's Urban Integrated Meteorological Observation Network) 프로젝트 등이 있다(Tan *et al.*, 2014; Basara *et al.*, 2010; Rotach *et al.*, 2005). 우리나라의 차세대도시농림융합기상사업단(Weather Information Service Engine: WISE)에서도 도시 기상을 정확하게 이해하고, 방재, 도로, 에너지, 환경 등에 필요한 융합 기상 서비스를 개발하고자(Choi *et al.*, 2013), 인천 지역에 복합기상센서 관측망(Chae *et al.*, 2014)과 서울의 중랑과 광화문에 에너지 수지 및 에어러솔 라이다, 운고계 관측망을 구축하였으며(Kwon *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2014) 지속적으로 확장할 예정이다.

1.2 메타데이터와 기상

메타데이터는 메타(meta)와 데이터(data)가 조합된 것으로 데이터를 위한 데이터를 의미한다. 메타데이터는 방대한 자료를 구조적으로 정리하고 접근을 용이하게 하기 때문에 다양한 분야에서 각 분야의 특성에 맞게 구성 양식을 가지며, 자료의 통합과 효과적인 관리를 위해 내용과 형식을 표준화하는 추세이다. 예를 들어, 지리정보시스템 분야에서는 ISO 19115를 통해, 생물다양성 분야에서는 GBIF(Global Biodiversity

Information Facility)를 통해, 기상 분야에서는 세계기상기구(WMO: World Meteorological Organization)를 통해 표준화가 진행 중이다(Jeon, 2011; Jeon and Kim, 2010; Nam and Lee, 2010; Yoo, 2010; NRC, 2009; Ahn *et al.*, 2008; Lee and Kwak, 2007; NISO, 2004; Aguilar *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2003).

WMO에서는 관측소 설립과 운영 방안 및 관측 방법, 장비에 대한 전반적인 지침과 함께 메타데이터 작성을 위한 기본 사항을 제시하고 있는데, 여기에는 관측소 정보, 지리적 정보, 장비 정보, 관측소 연혁, 담당자 정보 작성 등을 제안하고 있다(WMO, 2011, 2010a, b, 2008, 2003). 특히, 농업 지역 관측소에서는 관측소의 주요 작물, 농업체계, 자연적 생산량에 대한 정보, 토양 유형, 토양 프로파일, 물리 상수 등을 추가적으로 기입하도록 권고하고 있다.

우리나라에서의 기상 관측은 기상청, 환경부, 지방자치단체, 한국수자원공사 등 각 기관 별로 목적에 따라 수행되고 있다. 그러나, 관측 환경이 통일되어 있지 않기 때문에 동일한 관측 변수라 하더라도 다른 기관에서 활용하기 어려움이 있었다(KMA, 2007). 이를 해결하기 위해 기상청에서는 관측업무의 표준화를 위한 기상관측표준화법을 2005년에 제정하였으며, 더 나아가 최적의 국가기상관측망 구축과 운영을 위한 기상 관측망에 대한 기준을 제시하고 메타데이터 작성을 권고하였다(KMA, 2012). 그 후 기상청에서는 “메타정보 조사 및 운영 매뉴얼”을 작성하여 기상청 자동기상관측장비에 대한 메타데이터 작성 항목뿐만 아니라 작성 방법과 순서를 상세히 제시하였으며(KMA, 2013), 기상기후정보통합웹 포털 아래 통합메타정보관리시스템을 구축하여 운영하고 있다(<http://oss.kma.go.kr>).

1.3 도시기상과 메타데이터

도시기상 관측의 경우 종관 기상 관측과 매우 다르기 때문에 WMO에서는 도시 관측소의 위치와 건물에 많은 도시에서 적합한 센서의 위치 및 높이 등에 관한 가이드라인을 제시하였으며(WMO, 2006), 도시 기상 연구자들은 도시의 열적 특성을 체계적으로 이해하기 위한 도시 기후대(urban climate zone) 구분을 제안하였다(Stewart, 2011; Oke, 2009, 2006, 2004).

도시에는 기온이나 바람에 영향을 주는 건물이나 도로와 같은 인공 구조물이 매우 많기 때문에 도시

Table 1. Comparison of metadata for meteorological observation operated in WMO (World Meteorological Organization), KMA (Korea Meteorological Administration), WISE (Weather Information Service Engine). The symbol of ‘’ indicates a ‘minimum requirement’.**

Classification	WMO	KMA	WISE
Station identifiers	Local code*	Station Number	—
	WMO code*	Standard Station Number	—
	Name and aliases*	Station Name	Station ID /Name, Alias
	Active, Closed	—	Status
	Beginning, End date	Start date, End date	Start date, End date
	Type of station	—	Type
	Responsible organization	Management Agency, Operating authority	Operating authority, Project partner
	Manual/AWS	Operation method	—
	Time zone	—	—
	Networks	—	Network ID/Name, Type, Offline dates, Areal extent, Spatial density, Number of stations, Contact information, Geomorphology, Network Map, Network History, Description
Geographical data	Additional elements	Operation cycle, Address, Building stories/area/areal extent, Station Image (Station Photographs/ Panoramic Photographs), Purpose of installation instruments, Station: width, length, location, Station stories, Post stone (Installation before/after)	LCZ, DRC, Frequency of visits, Station address, Building spaces/ density/stories/age/types/material /height, Station photograph (s), Panoramic photograph (s), Location, Street widths, Roof types/material, Additional Comments, Version, Moisture/ heat vents, Aspect ratio
	Latitude, Longitude*	Coordinate (WGS84)	Latitude, Longitude
	Elevation*	Altitude	Elevation
	Dates of relocation*	—	Relocation
	Topographical information	—	Geography, Terrain, Orography (Mountain)
	Method of deriving lat/long	—	—
	Resolution of lat/long	—	—
	Additional elements	GPS Measurement point/date/time	—
Local environment	Local land use, Land cover	—	Surface cover
	Instruments exposure	—	—
	Soil type	—	Material below cover
	Site condition	—	Irrigation, Urban fabric, Urban metabolism
	Photographs	Interior/exterior 8 direction photographs	Cardinal Photograph (s), Satellite photograph
	Site plans	Site plans, Sensor plans	Key, Sketch Map, Horizon Map
	Skyline diagrams	VR Panorama, Hemi view	Sky view factor/photographs
	Additional elements	—	Tree height/species, Water, Mountain, Traffic density

Table 1. Continued.

Classification	WMO	KMA	WISE
Station instrumentation and maintenance	Type of instruments	Instruments	Instruments, Enclosure name/latitude/longitude/elevation
	Instrument comparisons	—	—
	Start, end dates of instruments	Manufactured date, Installation date	—
	Condition of instruments	—	Mount type/location, Height of sensor (s)
	Instrument sheltering and mounting	—	—
	Type of recording	—	—
	Calibration results	—	—
	Special maintenance/Faults	—	Maintenance Log (Station/Instrument history)
	Modifications	—	—
	Barometer height	—	—
	Additional elements	Instrument Name, Model Name, Bar code, Manufacturer, S/N, Line type, Circuit number, Observation tower height (m), Service life, Purchasing method/ acquisition cost, Verification agency/ date/valid date/introduction date, Replacement time, Route of gathering observational data, Data format	Relocation, Enclosure Photograph, Power
		Sensor information Classification, Part name, Sensor turn/ status, Valid date (start/end), Manufacturer, Model name, Bar code, S/N, Manufactured date, Introduction date, Calibration date, Acquisition cost, Measurement method, Installation direction/height, Source area, Accuracy, Sample cycle, Operational frequency, Transmission output, Transmitter-receiver, Bandwidth, Receiver sensitivity, Variables	
Observing Practices	Observer information	Contact, E-mail, Phone/Mobile	Contact, E-mail, Phone/Mobile/Address
	Observer level of training	—	Variables
	List of observed elements	—	—
	Observing times	—	—
	Units used	—	—
	Observation instructions	—	—
	Routine maintenance operations	—	—
	Disposable items replacement	—	—
	Corrections made by observer	—	—
	Additional elements	—	Source areas
Data processing	Units*	—	—
	Special codes*	—	—

Table 1. Continued.

Classification	WMO	KMA	WISE
Data processing	Calculations*	—	—
	Algorithms*	—	—
	QC applied? (yes/no)*	—	—
	Other details on QC	—	—
	Homogenization applied? (yes/no)*	—	—
	Other details on homogenization	—	—
	Data recovery effort? (yes/no)*	—	—
	Other details on data recovery	—	—
	Treatment of redundant data	—	—
Historical events	Changes in the social, political and institutional environment	—	Additional Comments (Station changes/Remarks)
	Daylight savings dates	—	—
Communication	Signal transport/data transmission	Communication method	Technical information, Signal transport information
	General correspondence	—	—
	Additional elements	—	Communication Name/Type/Password/Owner, Backup, ICT contact/Phone/H.P/ E-mail

에서 관측된 기상 자료를 정확하게 해석하기 위해서는 관측 장비의 주변 환경과 설치 정보가 필요하다. 또한, 도시에서는 관측소 주변에 새로운 건물 또는 도로가 건설되는 등 주변 환경 변화가 극심한 경우가 많기 때문에 이에 대한 정보 역시 매우 필요한 실정이다.

도시에서의 기상 관측에 대한 메타데이터가 일부 연구자에 의해 제시되기는 하였지만 (Muller *et al.*, 2013), 국내에서는 이에 대한 표준화가 시행된 사례가 없는 실정이다.

1. 4 연구 목적

본 연구에서는 WMO와 KMA에서 작성된 종관 기상 관측에 대한 지침과 WMO에서 제시한 도시기상 관측을 위한 가이드라인을 비교 분석함으로써, 우리나라 도시기상 관측에 적합한 메타데이터를 표준화 하였으며, 이를 차세대도시농림융합기상사업단(WISE)에서 구축한 복합기상센서 관측망에 적용한 예를 제시하고자 한다.

2. 도시기상 관측을 위한 메타데이터

표 1은 WMO에서 제시한 메타데이터 기본 항목과 기상청(KMA) 메타데이터 항목과 도시기상 관측을 위한 메타데이터(WISE 메타데이터)의 항목을 비교한 것이다. 기상청 메타데이터는 크게 관측소, 장비와 센서 정보로 나뉘져 있고 세부 사항들은 WMO에서 제시한 요소를 따라 관측 지점의 세부 정보, 담당자 정보, 환경 정보 등을 담고 있다. 또한 주변 환경과 지리 정보 보다 관측 장비에 대한 정보를 많이 담고 있는데, 이는 메타데이터가 관측 장비 관리 위주로 작성되었기 때문이다. 예를 들어 센서 부품명, 제조사, 바코드 등 장비에 대한 세부 항목과 사진 촬영 방법, GPS 측정 방식까지 상세하게 설명 되어있으며, 또한 표석을 설치하여 관측 지점을 명확하게 표시하여 관리하고 있다.

WISE 메타데이터는 WMO에서 제시한 최소 필요 사항에 대한 내용들을 반영하였으며, WMO 도시기상 관측을 위한 가이드라인과 Muller *et al.* (2013)이 제시한 메타데이터를 바탕으로 구성하였다. 도시기상 연

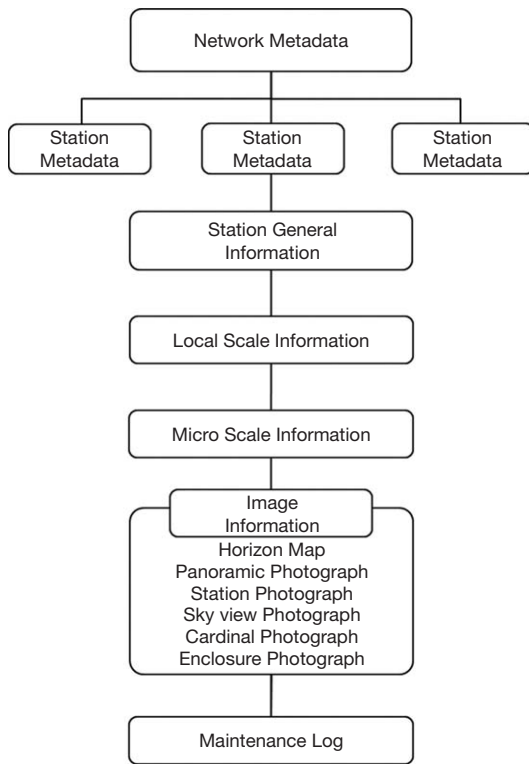


Fig. 1. The structure of the WISE metadata.

구 목적으로 작성되므로 관측소의 기본 정보뿐만 아니라 관측 변수에 영향을 끼치는 지리적 정보와 건물간격, 밀도, 재질이 건물 정보 등 주변 환경에 대하여 상세히 기록하였고, 바람의 흐름과 복사량에 영향을 미치는 산지/수역 분포와 함께 도시 기후대 구분 정보를 담고, 각 관측소마다 생산된 데이터가 무선으로 전송되기 때문에 통신 정보를 포함하고 있다. 반면에, WISE 메타데이터는 기상청 메타데이터처럼 장비 부품명이나 시리얼 번호와 같은 장비의 상세 항목은 작성하지 않지만, 센서의 종류와 설치 높이에 해당하는 정보는 제공하도록 하였다. 그리고 현재 계획된 관측망은 국내 도시 관측소에 국한되기 때문에 WMO 메타데이터에서 제시된 국가와 지역 구분 항목들(local code, WMO code, time zone)은 제외하였다.

Muller *et al.* (2013)이 제안한 메타데이터는 WISE 메타데이터와는 달리 관측망 운영, 전체 관측망(하위 관측망), 개별관측소, 개별 장비의 4부분으로 구분하고 있으며, 관측망 운영과 관리를 위한 정보를 따로 분

류하고 장비 모델, 정밀도, 제조사 등의 장비의 상세 정보를 포함하고 있다. 그러나, WISE 메타데이터는 도시 기상 데이터 분석에 필요한 관측 지점의 환경 정보까지만 포함하여 간소화하였다.

그림 1은 표 1에서 제시된 항목으로 구성된 WISE 메타데이터의 전체 구조를 나타낸 것이다. 먼저 장비에 따라 구분된 관측망(network) 메타데이터와 장소에 따라 구별되는 관측소(station) 메타데이터로 구성되어있으며, 관측소 메타데이터는 다시 규모에 따라 일반 정보(station general information), 국지규모 정보(local scale information), 미세규모 정보(micro scale information)로 나누고 관측소의 시각 정보(visual information)와 관리일지를 포함하고 있다.

2.1 관측망 메타데이터

관측망 메타데이터는 관측 장비 별로 작성되며 설치된 모든 관측 지점 정보를 일목요연하게 정리한 것으로 기록되는 세부 정보 항목은 표 2에 제시하였다. 기상청의 경우 자동기상관측장비에 국한되어 메타데이터가 작성되었기 때문에 관측망 메타데이터는 별도로 작성되어 있지 않다.

관측망 메타데이터는 상단에 작성일자, 작성자, 문서버전을 포함하여 관측망 일반 정보(network general information), 규모 정보(network size information), 지도(network map), 관측망 이력(network history)의 4가지로 구분하였다(그림 2). 관측망 일반 정보에는 관측망 이름, ID, 관측변수, 담당자 정보 등의 기본 사항을 기입하였고, 관측망 규모 정보에는 관측망의 공간 범위 및 밀도, 지형 정보 등의 관측망의 지리 정보와 더불어 관측소의 개수를 기록하였다. 관측망 지도는 장비가 설치된 모든 지점을 한번에 담을 수 있는 지도에 관측소가 모두 표현되도록 하였다. 관측망 이력에는 관측망 설립 및 운영 프로그램의 갱신, 관측망의 수정 사항 등을 수시로 작성하도록 하였다. 관측망 메타데이터 작성 목록은 맨 처음에 한 번만 작성하면 될 항목에는 'O'로, 수시로 변경 가능한 항목에는 'R'로 표시하였다(표 2).

그림 2는 관측망 메타데이터를 WISE 복합기상센서 관측망에 적용한 예를 나타낸 것이다. 복합기상센서 관측망은 인천 지역 도시의 집중 관측을 위해서 설치된 것으로 인천 지역의 드림파크 승마장, 드림파크 골프장, 계양 양궁장, 십정 경기장, 송의 축구장 5개소에 설치되어 있음을 알 수 있다(Chac *et al.*, 2014). 관

Date: 2013.10.21.	Observer: Chae **** *	Version: 2013_1.0
-------------------	-----------------------	-------------------

NETWORK METADATA

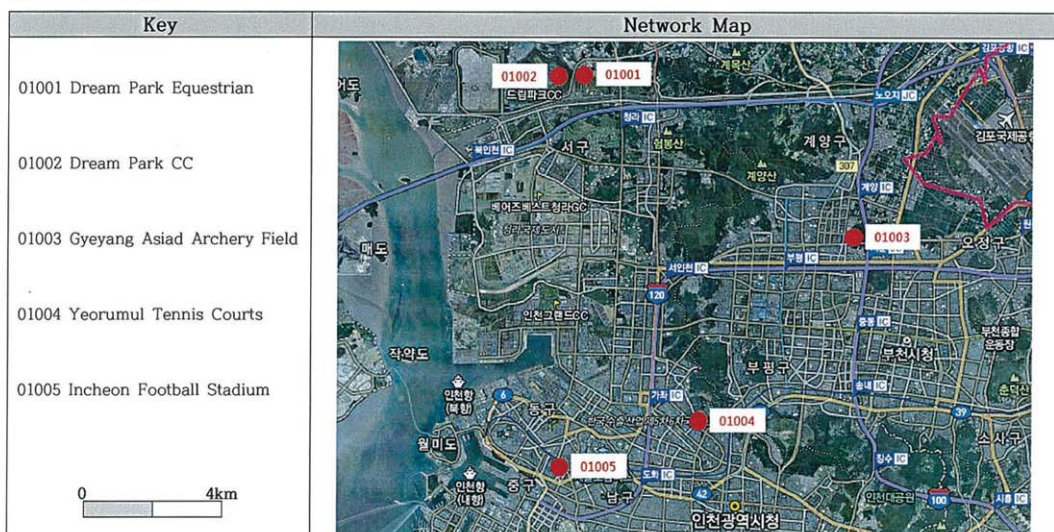
Network General Information

Network ID: 01	Name: Integrated meteorological sensor network	Type: meteorological
Operating authority: WISE		Project partner: Incheon AG organizing committee
Variables: Temperature, Humidity, Wind, Pressure, Rainfall		
Description: Pilot observations		
Contact: Park **** *	Phone: 070-****-****	
Mobile: 010-****-****	E-mail: nge****@gmail.com	
Address: 434, World Cup buk-ro, Mapo-gu, Seoul, SEOUL 121-835 Rep. of KOREA		
Start date: 2013.10.18.	End date: none	Offline dates: none

Network Size Information

Areal extent: City (130 km ²)	Spatial density: 4 (#/100km ²)	Number of stations: 5
Geomorphology: Mountain, Sea, River, Plain	Orography: N/A	
Geography: City, Farmland, Forest, Grassland, Water		

Network Map



Network History

Date	Description
13/10/18	Equipment build-up start
14/02/05	Observation start (01001)
14/11/29	Observation start (01002)
13/12/11	Observation start (01003)
13/11/27	Observation start (01004)
13/12/23	Observation start (01005)

Fig. 2. An example of the WISE network metadata on the integrated meteorological sensor network.

Table 2. Contents of the network metadata for urban meteorological observation are listed. The 'R' and 'O' in recording time column indicate 'as required' and 'once', respectively.

Network Metadata		
Classification	Contents	Time
General information	Date	R
	Observer	R
	Version	R
	Network ID	O
	Network name	O
	Network type	O
	Operating authority	O
	Project partner	R
	Variables	R
	Description	O
	Network contact	R
	Contact phone/Mobile	R
	Contact e-mail	R
	Contact address	R
	Start date	O
Network size	End date	O
	Offline dates	R
	Areal extent	R
	Spatial density	R
	Number of stations	R
	Geomorphology	R
	Orography	R
Network map	Geography data	R
	Key	R
Network history	Network map	R
	Date	R
	Description	R

측망 일반정보에는 복합기상센서 관측망 ID와 함께 장비에서 관측되는 기온, 습도, 바람 등의 변수 정보와 작성자 및 담당자의 정보가 담겨 있으며 관측 시작일이 기입되어 있다. 또한 관측망 규모 정보에는 모든 관측소를 포함하는 규모의 실제 크기, 공간 밀도 정보와 산, 바다, 강, 평지의 지리적 요소에 대한 주변 정보를 간략하게 담고 있으며, 관측망 지도에서는 5개 각 관측 지점이 코드 형식으로 지도 위에 표시되어 있다.

2.2 관측소 메타데이터

관측소 메타데이터는 장비가 설치된 하나의 관측 지점에 대한 상세 정보를 기록한 것으로 관측망에 포

함된 관측소의 수만큼 작성된다. 예를 들어, 복합기상센서 관측망은 인천의 5개소에 설치되었기 때문에 5개의 관측소 메타데이터를 작성하였다.

관측소 메타데이터는 상단에 작성일자, 작성자, 문서버전, 관측망 ID를 기록하고(그림 3) 규모에 따라 일반 정보, 지역규모 정보, 미세규모 정보로 세분화하였으며, 시각 정보를 추가하였다.

2.2.1 일반정보 메타데이터

관측소 메타데이터의 가장 큰 규모로 기록되는 관측소 일반 정보는 장비 설치 지점의 위도, 경도, 고도 등 관측망 메타데이터에서 기록된 기본 정보와 함께 관측소 지도 정보, 현재 운영 상태, 지형 정보, 세부 장비명 등을 기입하고, 지점의 통신 정보(station communication information)를 포함하여 데이터 전송 타입과 통신 담당자의 정보를 기록하도록 하였다.

관측소 지도 정보에는 관측소 주변의 대략적인 지리 정보를 한눈에 볼 수 있도록 4km×4km의 수평 규모의 스케치 지도를 넣었고, 추가 설명(additional comments) 항목에는 특이 사항이나 관측소 주변의 환경 변화 등을 기록하도록 하였다. 상세한 입력 항목은 표 3에 제시하였다.

그림 3은 복합기상센서가 설치된 인천의 5개소 중에서 드림파크 골프장(ID: 01002)에 적용한 관측소 일반정보 메타데이터의 예를 나타낸 것이다. 그림 2에서 제시되었던 WISE 복합기상센서 관측망의 메타데이터에서 01002로 표시된 드림파크 골프장 지점의 위도, 경도를 비롯하여 주변 환경에 대한 구체적인 정보를 기록하도록 하였다. 즉, 드림파크 골프장은 도시 주변에 위치하고 있으며 세부 장비로는 복합기상센서, 풍향계, 풍속계, 우량계가 설치되어 있음을 알 수 있다. 자료는 무선 통신의 CDMA 형식으로 전송되고 있으며, 지도에서처럼 관측 지점 주변은 공원과 도시, 산업지역, 강이 위치하고 있음을 알 수 있다.

2.2.2 국지규모 정보 메타데이터

관측소 국지규모 정보 메타데이터는 관측소 일반 정보 메타데이터에서 나타난 지도 규모에 비해 10배 확대된 스케치 지도를 넣어 관측소 주변 건물의 구조와 근접 환경에 대한 정보를 담을 수 있도록 하였다. 관측소 주변의 도시 특성을 나타내기 위해서 거칠기 길이에 따라 8단계로 분류된 DRC(Davenport Roughness Class)와 건물의 형태와 밀도, 지표면 상태에 따

Network ID: 01	Date: 2013.10.21.	Observer: Chae **** *	Version: 2013_1.0
----------------	-------------------	-----------------------	-------------------

STATION METADATA

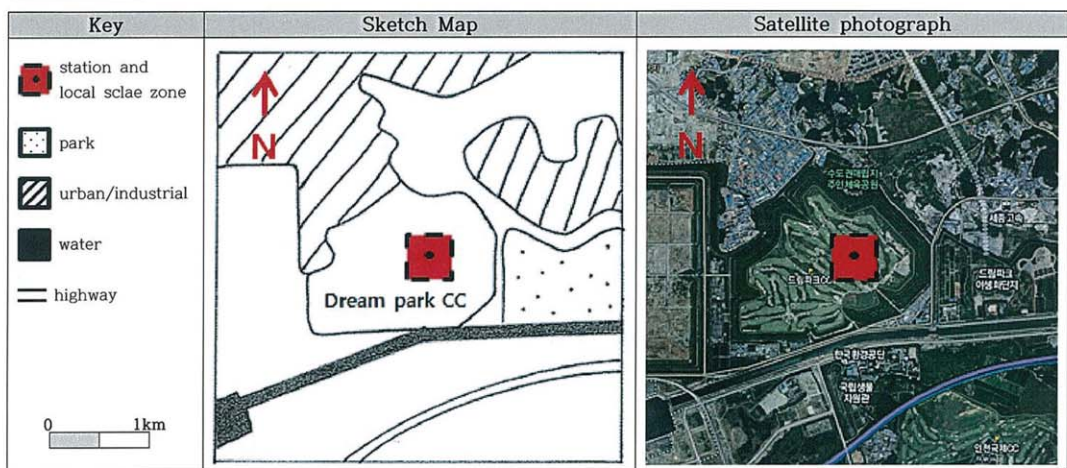
Station General Information

Station ID: 01002	Name: Dream park CC	Type: meteorological
Alias(s): DPCC	Status: Active	Location: Urban fringe
Latitude: 37.5778° N	Longitude: 126.6374° E	Elevation: 36 m
Variables: Temperature, Humidity, Pressure, Wind, Rainfall		Orographic: ridge
Instruments: Integrated meteorological sensor, Wind vane, Anemometer, Rain gauge		Power: mains
Contact: Jung **** *	Phone: 070-****-****	
Mobile: 010-****-****	E-mail: zh****@gmail.com	
Station address: 61, Geowol-ro, Seo-gu, Incheon, SEOUL 404-706 Rep. of KOREA		
Start date: 2013.10.18.	Stop date: -	Frequency of visits: 1

Station Communication Information

Name: Dream park CC	Type: Wireless	Owner: SKT
Password: N/A	Backup: Serial port	
Signal Transport information: CDMA	Technical information: -	
ICT contact: Kwon **** *	Phone: 070-****-****	
Mobile: 010-****-****	E-mail: tae****@gmail.com	

Station Map



Additional Comments (Station changes / Remarks)

14/11/29 Observation start
 14/03/12 Data inspection
 14/04/24 Communication disruption : rebooting

Fig. 3. The WISE station general information metadata on the Dream Park CC.

Table 3. Contents of the station general information metadata for urban meteorological observation are listed. The 'R', 'O', and 'A' in recording time column indicate 'as required', 'once', and 'annually', respectively.

Station Metadata		
Classification	Contents	Time
General information	Network ID	O
	Date	R
	Observer	R
	Version	R
	Station ID	O
	Station name	O
	Station type	O
	Station alias(s)	R
	Status	R
	Location	A
	Latitude	R
	Longitude	R
	Elevation	R
	Variables	R
	Orography	A
	Instruments	R
	Power	R
	Station contact	R
	Contact phone/mobile	R
	Contact e-mail	R
	Station address	R
	Start date	R
	Stop date	R
	Frequency of visits	A
	Communications name	R
	Communications type	R
	Communications network owner	R
	Communications password	R
	Communications backup	R
	Signal transport information	R
	Technical information	R
	ICT contact	R
	Contact phone/mobile	R
	Contact E-mail	R
Station Map	Key	R
	Sketch map	R
	Satellite photograph	R
Additional comments		R

라 분류된 도시 기후대 분류인 LCZ (Local Climate Zone)를 기록하였다 (Stewart and Oke, 2012; Davenport *et al.*, 2000).

표 4는 국지 규모 정보 메타데이터의 기입 항목을

Table 4. Contents of the station local-scale information metadata for urban meteorological observation are listed. The 'R', 'O', 'A', 'H', 'D', 'W', and 'S' in recording time column indicate 'as required', 'once', 'annually', 'hourly', 'daily', 'weekly', and 'seasonal', respectively.

Station Metadata		
Classification	Contents	Time
Local scale	DRC	A
	LCZ	A
	Relocation	R
	Surface cover	A
	Urban fabric	A
	Urban metabolism	A
	Building spaces	A
	Building density	A
	Tree height	S
	Tree species	S
	Water	A
	Mountain	A
	Terrain	A
	Aspect ratio	A
	Street widths	A
	Traffic density	D,W,H
	Building stories	A
	Building age	A
	Building types	A
	Building material	A
	Roof types	A
	Roof material	A
Local scale map	Key	A
	Sketch map	A
Additional comments		R

나타낸 것이다. 관측소를 중심으로 400 m × 400 m 범위 내의 나지, 농지, 수역 등에 대한 지표 피복의 구성비와 근접한 수역의 크기, 열원, 수증기원과 오염원에 대한 정보를 기록하고, 도시 구조 재료, 건물 사이의 거리, 밀도, 건물의 유형과 재질 등에 대한 정보를 기입하여 주변 환경이 관측 자료에 미치는 영향을 이해할 수 있도록 하였다.

그림 4는 복합기상센서가 설치된 드림파크골프장 (01002)에 대한 국지 규모 정보 메타데이터의 예를 나타낸 것이다. 드림파크골프장의 특성은 DRC가 N-3, E-3, S-3, W-3로 4방위 모두 개방형 초지로 이루어져 있고 (Davenport *et al.*, 2000), LCZ는 9B로 주변 건물형태는 저밀도, 저층 건물로 이루어져 있으며 토지 위의 나무는 흩어져 있는 정도로 산재되어 있다

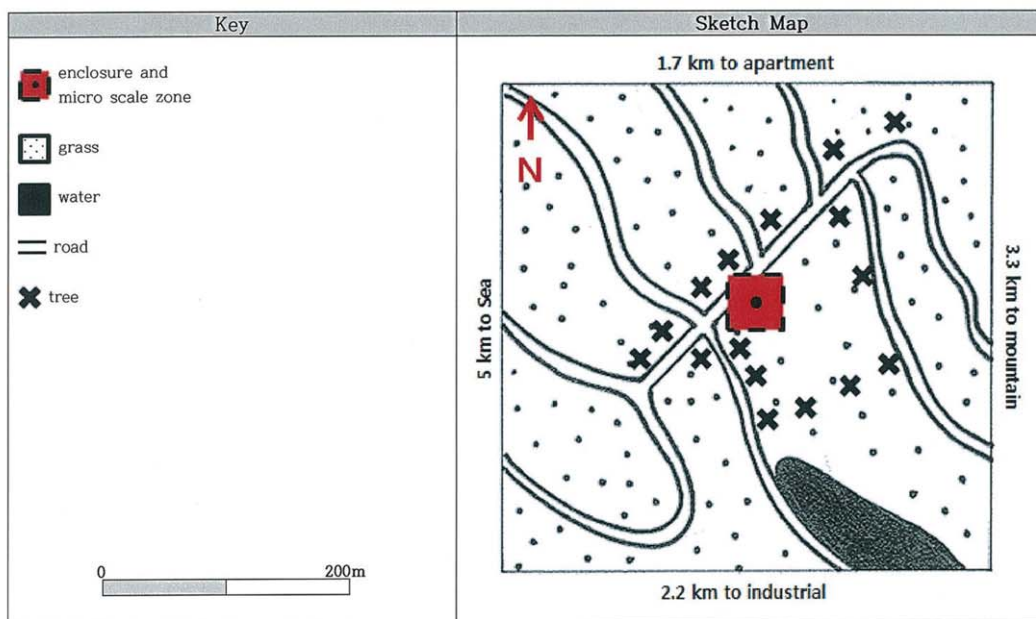
Network ID: 01	Date: 2013.10.21.	Observer: Chae **** *	Version: 2013_1.0
----------------	-------------------	-----------------------	-------------------

STATION METADATA

Local Scale Information

DRC: N-3, E-3, S-3, W-3	LCZ: LCZ-9B	Relocation: N/A
Surface cover: Built 3 % / Vegetated 85 % / Water 12 %		
Urban fabric: grass, water	Urban metabolism: water	
Building spaces: more than 400 m	Building density: low	
Tree height: 10 m	Tree species: deciduous tree	
Water: 150 m, 5,600 m ²	Mountain: none	
Terrain: plat	Aspect ratio: not yet analysed	
Street widths: 5 m	Traffic density: none	
Building stories: 1	Building age: new	
Building type: one-story building	Building material: concrete	
Roof type: sloping & flat roof	Roof material: concrete	

Local Scale Map



Additional Comments (Station changes / Remarks)

There have been no changes

Fig. 4. The WISE station local-scale information metadata on the Dream Park CC.

(Stewart and Oke, 2012). 또한 지표의 피복 비율 정보에서 초목이 85%를 차지하고 있고, 관측소 주변은 잔디로 둘러 쌓여 있으며, 산지 없이 평평한 지면과 낮은 건물들로 구성됨을 알 수 있다. 스케치 지도를 통하여 관측소 주변의 초원 형태와 나무의 위치를 알 수 있고, 도로의 방향을 확인할 수 있다. 지도의 4방향의 끝에는 인접 지형과 떨어진 거리를 간략하게 설명하였는데, 서쪽으로 5 km 떨어진 지점에 바다가 있으며, 동쪽으로 3.3 km 떨어진 지점에 산이 있음을 나타낸다.

2.2.3 미세규모 정보 메타데이터

미세규모 정보 메타데이터는 국지규모 정보를 관측소를 중심으로 10배를 확대한 40 m × 40 m 영역의 스케치 지도를 넣을 수 있도록 하였으며 기입 항목을 표 5에 제시하였다. 미세규모 정보는 실제 설치된 장

Table 5. Contents of the station micro-scale information metadata for urban meteorological observation are listed. The 'R', 'O', 'A', 'H', 'D', 'W', and 'S' in recording time column indicate 'as required', 'once', 'annually', 'hourly', 'daily', 'weekly', and 'seasonal', respectively.

Station Metadata		
Classification	Contents	Time
Micro scale	Enclosure name	R
	Relocation	R
	Enclosure latitude	R
	Enclosure longitude	R
	Enclosure elevation	R
	Mount type	R
	Mount location	R
	Height of sensor(s)	R
	Surface cover	S
	Material below cover	S
	Building type	A
	Building heights	A
	Tree height	S
	Aspect ratio	S
	Terrain	A
	SVF	S
	Traffic density	W,D,H
	Irrigation	S
	Moisture/heat vents	S
	Source areas	S
Micro scale map	Key	A
	Sketch map	A
Additional comments		R

비 구도의 가장 작은 범위이므로 장비 설치 위치와 높이, 설치 유형을 비롯하여 장비의 관측 범위를 기록하였다. 또한 설치된 장비 주변에 수증기원, 열원, 오염원 여부를 기록하도록 하여 관측 자료에 직접 영향을 미칠 수 있는 가장 근접한 외부 영향을 파악할 수 있도록 하였다. 스케치 지도에서는 실제 설치된 장비의 근접 환경을 나타내고, 추가 설명 항목을 통해 관측소의 변화와 특이 사항을 기록하도록 하였다.

그림 5는 복합기상센서가 설치된 드림파크골프장(01002)에 대한 미세 규모 정보의 관측소 메타데이터의 예를 나타낸 것이다. 즉, 복합기상센서는 타워 형태로 옥상에 설치되어 있다. 옥상 바닥으로부터 복합기상센서는 2 m 높이에, 풍향계는 7 m, 풍속계는 7 m, 우량계는 1.5 m 위치에 각각 설치되어 있음을 알 수 있다. 또한, 센서 바로 아래의 바닥 면은 콘크리트로 구성되어 있으며, 장비가 설치된 관측소는 1층 건물이며 높이는 3 m임을 나타낸다. 장비로부터 매우 가까운 지점에는 수분이나 열 배출원이 없는 것으로 나타나며, 지도처럼 관측소 건물의 형태는 원형을 이루고 옥상 위는 큰 모양으로 경사진 지붕이 있다. 건물 바로 앞에 도로가 있으나 교통량이 거의 없으므로 도시 관측소에서 큰 영향을 미치는 차량의 효과는 낮을 것으로 판단된다.

2.2.4 관측소 시각 정보

공간 규모를 좁혀가면서 작성된 관측소 메타데이터는 상세 주변 환경 정보와 지도를 포함하고 위에서 내려다 본 수평적인 위치의 정보를 제공하지만 입체적인 정보를 파악하기 하기 어렵다. 이를 위하여 관측자 또는 센서의 입장에서 바라보는 공간적인 환경 정보에 대하여 시각정보 메타데이터로 제시하였다. 여기에는 파노라마 전경 사진과 센서 입장에서 바라본 방위별 주변 사진과 고도각별 장애물 정보를 제시하였다. 이를 통해 구체적으로 어떤 장애물이 어떤 위치에서 관측에 영향을 미치는지 이해할 수 있다. 복합기상센서 관측소의 경우 수평 지도를 보면 사방으로 나무의 평균 높이가 10 m 정도로 이루어져 일사에 큰 장애요소가 되지 않는 것을 확인할 수 있으며(그림 6) 관측 장비의 외부 8방향 사진을 통해 관측소 주변 환경을 센서 또는 관측탑의 높이에서 이해할 수 있도록 하였고(그림 7), 장비의 구성 사진과 관리 일지를 통해 관리 이력을 남기도록 하였다(그림 8).

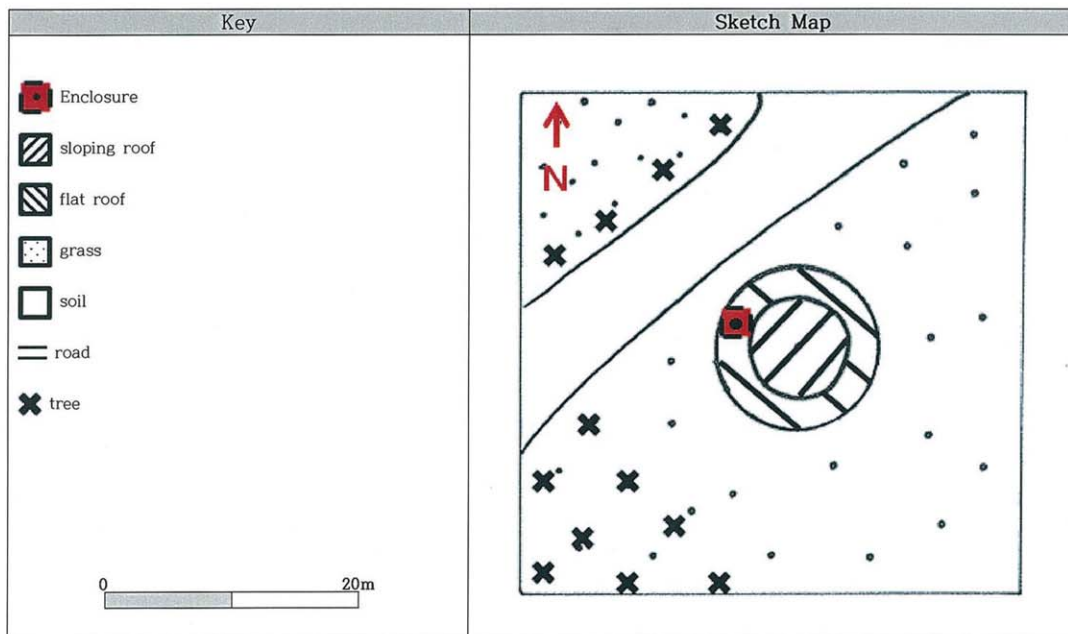
Network ID: 01	Date: 2013.10.21.	Observer: Chae **** *	Version: 2013_1.0
----------------	-------------------	-----------------------	-------------------

STATION METADATA

Micro Scale Information

Enclosure name: Integrated meteorological sensor		Relocation: N/A	
Enclosure latitude: 37.5778° N	Enclosure longitude: 126.6374° E		Enclosure elevation: 1.5 m
Mount type: tower		Mount location: rooftop	
Height of sensor(s): Integrated meteorological sensor (2m), Wind vane (7m), Anemometer (7m), Rain gauge (1.5m)			
Surface cover(Below Sensor): concrete		Material below cover: soil	
Building type: 1 stories	Building heights: 3 m		Tree height: 10 m
Aspect ratio: not yet analysed	Terrain: plat		SVF: -
Traffic density: low		Irrigation: none	
Moisture/heat vents: none		Source areas: -	

Micro Scale Map



Additional Comments (Station changes / Remarks)

There have been no changes

Fig. 5. The WISE station micro-scale information metadata on the Dream Park CC.

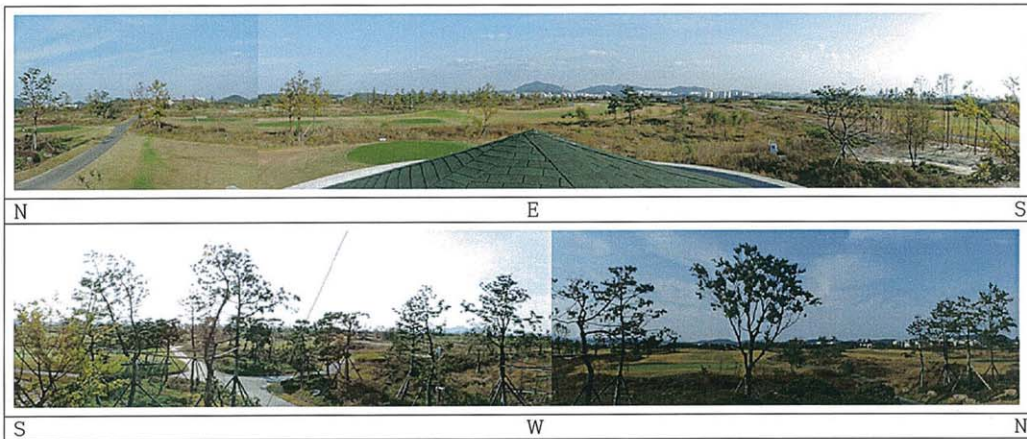
Network ID: 01	Date: 2013.10.21.	Observer: Chae **** *	Version: 2013_1.0
----------------	-------------------	-----------------------	-------------------

STATION METADATA

Horizon Map

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		
0°																	
L(m)	30	60	50	39000				18		18	31	24	20	17	12	53000	32
H(m)	10	10	10					10		12	10	10	10	10	10	190	10
L/H	3	6	5					1.8		1.5	3.1	2.4	2.0	1.7	1.2	278.9	3.2
Note	tree	tree	tree	Mt.				tree		tree	tree	tree	tree	tree	tree	Mt.	tree

Panoramic Photograph(s)



Station Photograph(s)



Sky View Photograph(s) (with fish eye lens)

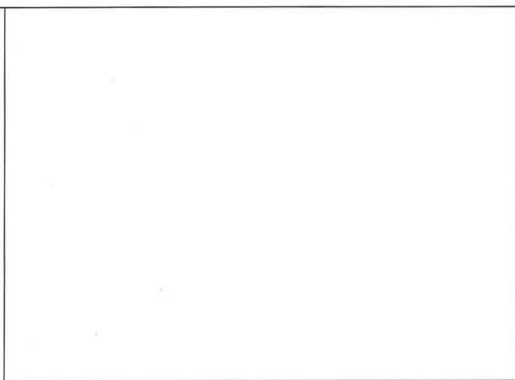


Fig. 6. The WISE station visual information metadata sheet (I) including horizontal map, panoramic photographs, station photographs on the Dream Park CC.

Network ID: 01	Date: 2013.10.21.	Observer: Chae **** *	Version: 2013_1.0
----------------	-------------------	-----------------------	-------------------

STATION METADATA

Cardinal Photograph(s)

Fig. 7. The WISE station visual information sheet (II) including cardinal photographs on the Dream Park CC.

3. 요약 및 결론

이상에서 WMO와 KMA의 기상관측을 위한 메타데이터와 WMO 도시기상 관측을 위한 가이드라인을 바탕으로 도시기상 관측을 위한 메타데이터를 표준화하였으며, 이를 WISE에서 구축한 복합기상센서 관측망과 드림파크골프장 관측소에 적용한 예를 제시하였다. 본 연구를 통해 표준화한 메타데이터는 WISE에서 구축한 에너지수지 관측망, 에어러솔 라이다와 온도 관측망에도 적용하여 작성하였다.

도시기상관측을 위한 메타데이터는 크게 관측망 메타데이터와 관측소 메타데이터로 구성하였고, 이 중에서 관측망 메타데이터는 장비에 따라 분류한 것으로 같은 장비가 설치된 모든 위치에 대한 지점 정보와 관측 변수, 담당자 정보를 포함한다. 관측소 메타데이터는 장비가 설치된 지점에 따라 분류된 것으로 일반 정보, 국지규모 정보, 미세규모 정보의 3가지 규모 정보와 시각 정보로 구성되도록 하였다. 관측소 일반 정보는 관측소에 대한 기본 정보와 운영상태, 통신 정보 등을 포함하며, 10배 확대된 국지규모 정보는 도시 특성 분류 기준에 의한 도시 정보를 포함하고 있다. 가장 작은 규모인 미세규모 정보는 장비의 설치 위치, 유형, 방식에 대한 정보뿐 아니라 장비에 직접 영향을 미칠 수 있는 외부 환경을 포함한다. 시각 정보는 파노라마 사진, 8방위 사진, 스케치 지도 등을 포함하여 사용자가 관측 지점의 모든 환경 조건을 이해할 수 있도록 하였다. 메타데이터는 관측 환경이 바뀔 때마다 정보를 갱신함으로써 관측 환경의 변화가 기상 변수에 미치는 영향을 이해할 수 있도록 하였다.

우리나라의 도시기후대의 구분이 외국의 구분 사례와 매우 다르게 나타날 것으로 생각되어 이에 대해 추가로 연구할 필요가 있다. 그럼에도 불구하고 현재까지 수행된 도시기상관측을 위한 메타데이터가 관측 자료와 함께 제공될 때 도시에서 지표와 대기 사이의 에너지와 운동량의 교환, 복사에너지 수지, 대기경계층 모델의 개발 및 개선 연구에 매우 도움이 될 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서 제시된 메타데이터의 형식은 도시기상 관측 외에도 해양, 산악 기상 관측 등의 특수한 환경에서의 기상 및 환경 관측에 적합한 메타데이터 작성을 위한 가이드라인으로 응용될 수

있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 기상청 차세대도시농림융합스마트기상 서비스개발(WISE) 사업의 지원으로 수행되었습니다 (KMA-2012-0001).

References

- Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T.C. Peterson, and J. Wieringa (2003) Guidance on metadata and homogenization. WMO/TD-1186, WCDMP-53, 50 pp.
- Ahn, B.-Y., J.-M. Han, O.-K. Kwon, and M.-S. Joh (2008) A study on design of metadata for global earth observation data, J. Inform. Manage., 39(2), 211-234. (in Korean with English abstract)
- Basara, J.B., B.G. Illston, C.A. Fiebrich, P.D. Browder, C.R. Morgan, A. McCombs, J.P. Bostic, and R.A. McPherson (2010) The Oklahoma City Micronet, Meteor. Appl., 18, 252-261.
- Chae, J.-H., M.-S. Park, and Y.J. Choi (2014) The WISE quality control system for integrated meteorological sensor data, Atmosphere, 24(3), 445-456. (in Korean with English abstract)
- Choi, Y., S.-L. Kang, J. Hong, S. Grimmond, and K.J. Davis (2013) A next-generation weather information service engine (WISE) customized for urban and surrounding rural areas, Bull. Amer. Meteor. Soc., 94, ES114-117.
- Davenport, A.G., C.S.B. Grimmond, T.R. Oke, and J. Wieringa (2000) Estimating the roughness of cities and sheltered country. 12th Conf. on Appl. Climatol., Asheville, NC, Amer. Meteor. Soc., 96-99.
- Grimmond, C.S.B. (2006) Progress in measuring and observing the urban atmosphere, Theor. Appl. Climatol., 84(1-3), 3-22.
- IMF (2007) "The March of the Cities". Finance and Development, September 2007.
- Jang, Y.-K. and J.-W. Kim (1991) A Study on the Relation of Urban Heat Island and Air Pollution in Seoul Area, J. Korean Soc. Atmos. Environ., 7(1), 49-53. (in Korean with English abstract)
- Jeon, B.J. (2011) A study on the applying metadata standards

- in cadastral information for increasing its utilization, *J. Inform. Manage.*, 13(1), 81-92. (in Korean with English abstract)
- Jeon, B.J. and K.H. Kim (2010) A plan of standardization for cadastral information, *Proceedings of the Autumn Meeting of 2010*, 3-16.
- Kim, K.-H., Y.-C. Song, H.-G. Kim, and S.-J. Min (2003) A study on establishing a metadata standard for facilitating the usage of the geographic information, *J. Korea Open GIS Assoc.*, 5(2), 55-68. (in Korean with English abstract)
- KMA (2007) A study on modification and management for national meteorological observation network.
- KMA (2012) A study on for updating and improving meta-information research and a management system III.
- KMA (2013) Manual of management and research on meta information.
- Kwon, T.H., M.-S. Park, C. Yi, and Y.J. Choi (2014) Effects of different averaging operators on the urban turbulent fluxes, *Atmosphere*, 24(2), 197-206. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.-Y. and S.-J. Kwak (2007) A study on metadata for sharing the information of earth observation, *J. Korean Soc. Lib. Sci.*, 41(2), 257-276. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.-H., M.-H. Park, and H.-D. Kim (2008) Study on the Variation of Nighttime Cooling Rate Associated with Urbanization, *J. Korean Soc. Atmos. Environ.*, 24(1), 83-90. (in Korean with English abstract)
- Muller, C.L., L. Chapman, C.S.B. Grimmond, D.T. Young, and X. Cai (2013) Toward a standardized metadata protocol for urban meteorological networks, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 94, 1161-1185.
- Nam, T. and S. Lee (2010) Study on the semantic extension of the concept of metadata, *J. Korean Soc. Lib. Sci.*, 44(4), 373-393. (in Korean with English abstract)
- NISO (2004) Understanding metadata, National Information Standards Organization Press, 20 pp. [Available online at www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf]
- NRC (2009) Observing weather and climate from the ground up: A nationwide network and networks. National academies press, 4-8 pp.
- Oke, T.R. (1982) The energetic basis of the urban heat island, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 108, 1-24.
- Oke, T.R. (2004) Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. Tech. Rep. 27th NATO/CCMS Int. Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, Banff, AB, Canada, University of Aveiro and University of Calgary, 14 pp. [Available online at <http://urban-climate.com/ITM04-Oke.pdf>]
- Oke, T.R. (2006) Towards better scientific communication in urban climate, *Theor. Appl. Climatol.*, 84(1-3), 179-190.
- Oke, T.R. (2009) The need to establish protocols in urban heat island work. 8th Symp. on the Urban Environment, Phoenix, AZ, Amer. Meteor. Soc., J8.4. [Available online at https://ams.confex.com/ams/89annual/techprogram/paper_150552.htm]
- Park, M.-S., S.H. Park, T.-H. Kwon, J.H. Chae, M.-H. Choi, Y. Song, C.Y. Cho, and Y. Choi (2014) Strategies for the Weather Information Service Engine Urban Meteorological Observation Network. *Proceedings of the Autumn Meeting on Korea Meteorological Society*, 393-395.
- Rotach, M.W., R. Vogt, C. Bernhofer, A. Christen, A. Clappier, B. Feddersen, S.-E. Gryning, G. Martucci, H. Mayer, V. Mitev, T.R. Oke, E. Parlow, H. Richner, M. Roth, Y.A. Roulet, D. Ruffieux, J.A. Slamond, M. Schatzmann, and J.A. Voogt (2005) BUBBLE-an Urban Boundary Layer Meteorology Project, *Theor. Appl. Climatol.*, 81(3-4), 231-261.
- Stewart, I.D. (2011) A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature, *Int. J. Climatol.*, 31, 200-217.
- Stewart, I.D. and T.R. Oke (2012) Local climate zones for urban temperature studies, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 1879-1900.
- Tan, J., L. Yang, C.S.B. Grimmond, J. Shi, W. Gu, Y. Chang, P. Hu, J. Sun, X. Ao, and Z. Han (2014) Urban integrated meteorological observations: practice and experience in Shanghai, China. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, doi:10.1175/BAMS-D-13-00216.1.
- WMO (2003) GCOS Climate Monitoring Principles. [Available online at www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/GCOS_Climate_Monitoring_Principles.pdf]
- WMO (2006) Initial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. WMO/TD-No.1250.
- WMO (2008) Guide to meteorological instruments and methods of observation. 7th ed. WMO-8. [Available online at www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruammanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf]
- WMO (2010a) Guide to agricultural meteorological practices.

- WMO-134. [Available online at www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/documents/WMO_No134_en.pdf]
- WMO (2010b) Manual on the global observing system. WMO-544. [Available online at www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Manual/WMO544.pdf]
- WMO (2011) Guide to climatological practices. WMO-100. [Available online at www.wmo.int/pages/prog/wcp/cccl/documents/WMO_100_en.pdf]
- Yoo, S. (2010) A diagnostic analysis of metadata R&D status in Korea, J. Korean Soc. Lib. Sci., 44(2), 405-426. (in Korean with English abstract)