

論文

항공기 운항안전을 위한 SI의 국제표준 통일안 연구

이강현*, 최성호**, 이영혁***, 김영미****

A Study of International Standardization of the International System of Units (SI) for Safe Operation of Aircrafts

Gang-Hyeon Lee*, Sung-Ho Choi**, Yeong-Heok Lee*** and Young-Mi Kim****

ABSTRACT

In spite of ICAO's effort to ensure the safety of flight operation by requiring crews, controllers, and other ground aviation staffs to use unified system for units, SI (System International of units), there are still many aircrafts designed, manufactured, and operated based on non-SI units, and many crew training in airline companies are also conducted based on non-SI. Due to this confusion of using different unit systems in international flight operation, many crew members and passengers are exposed to danger.

International flights pilots may have confusion while flying different airspaces of different countries that use different unit systems, and this may cause human errors causing accidents and incidents. Due to these reasons, it is needed to establish the standards to reflect non-SI that many countries practically use to SI, which is international standard.

Key Words : ICAO ANNEX V(국제민간항공기구 부속서5), SI(International System of Units)(국제단위계), non-SI alternative unit(비국제단위계 대체단위), ISO(국제표준화기구)

1. 서 론

항공기가 운항함에 있어 안전을 보장받으면서 비행하는 것은 다양한 비행여건이 보장되어야 가능하며, 그중에서 하드웨어인 항공기, 항행안전시설, 항공 지도 등과 소프트웨어인 조종사, 관제사 등의 역할과 더불어 제공되는 서비스, 운용방식 및 매뉴얼 등이 효율적으로 기능을 발휘하여야 안전을 보장받을 수 있다.

국제민간항공기구(ICAO)에서는 항공기의 안전

운항을 위해 사용되는 단위에 대하여 지상 및 공중에서 통일된 단위 사용으로 운항승무원으로 하여금 불완전한 비행여건이 발생치 않도록 노력하고 있다. 그러나 실제로 운항 중인 많은 항공운송용 항공기의 단위체계가 SI(System International of units)가 아니라 non-SI 기준으로 설계 제작되어 있어 운항승무원들이 위험에 노출되어 있으며, 항공운송사의 승무원 교육훈련에서도 SI보다는 non-SI를 중심으로 한 교육이 진행되고 있는 실정이다.

특히 국제선을 운항하는 운항승무원들이, SI와 non-SI를 적용하는 국가들이 혼재되어 있는 다수의 국가 영공을 통과하는 항공로를 이용하면서 자칫 잘못하다간 인적 오류(Human Factor)를 일으킬 상황에 직면할 가능성이 있다. 따라서 국제기준에 의한 SI 적용보다는 현실적으로 다수 국가가 사용하는 non-SI를 모든 하드웨어와 소프트웨어에 적용하는 보편화 작업이 필요하다.

2014년 12월 05일 접수 ~ 2014년 12월 24일 심사완료
논문심사일 (2014.12.23, 1차)

* 한국항공대학교 박사과정

** 한국항공대학교 항공산업정책연구소

*** 한국항공대학교 항공교통물류우주법학부

**** 인하공업전문대학 항공경영과

연락처, E-mail : choish618@kau.ac.kr

경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

본 연구에서는 항공관련 종사자에 적용되는 국제단위계 고찰, 국제단위계 운용, 국제선 항공기 및 운항승무원의 통일화된 국제표준단위 적용을 위한 개선사항을 제시하고자 한다.

국제선 항공기의 운항안전성을 위한 운용단위 SI의 국제표준 통일안 마련을 통하여 항공기 운항에 따른 인적 오류의 발생가능성을 감소시키고 사용단위의 정확성과 효율성, 안전성 등을 향상시켜 안전운항에 기여할 수 있다.

사용단위에 대한 일원화는 ICAO의 SI와 non-SI 혼용 또는 일방 사용에 따른 운항승무원의 혼란을 예방할 수 있으며, 항공기 시스템과 항행안전시설 간의 상호작용으로 인하여 발생하는 문제점 또한 최소화할 수 있다.

2. 본 론

2.1 국제 단위계 고찰

2.1.1 국제 단위계

국제표준화기구(ISO; International Organization for Standardization)는 1947년 설립된 비정부조직으로 전 세계 160여 개국의 국가표준기관의 연합체로써 산업 전반과 서비스에 관한 국제표준 제정을 담당하고 있으나, 현재 19,500여개의 국제표준이 공표되어 있는 상태로서, 기구 설립 취지에 맞게 자발적 표준으로 법적 구속력이 전혀 없는 실정이다.

다만 대부분의 회원국들이 국제표준화기구의 표준에 따라가는 추세로 개별국가의 표준이 국제표준화기구 표준과 상이할 경우, 그 국가별 표준을 이용하는 사용자가 국제적으로 운영함에 있어 불편을 겪을 수도 있다.

ISO가 제정한 국제단위계(SI; System International of Units)는 프랑스어 *Système International d'unités*에서 유래된 도량형의 하나로, MKS (Metre-Kilogramme-Second)라고도 불린다.

단위계는 미터계(meter system)와 피트-파운드계(feet-pound system)로 구분되어 사용되었으나, 전세계적으로 단일화된 국제단위계를 만들려는 노력으로 1960년 10월 국제도량형 총회(General Conference of Weights and Measures)에서 SI단위계 명칭을 채택하였다.

국제단위계는 기본단위와 유도단위로 구분되며, 그밖에 국제단위계와 함께 쓰이는 비국제단위도 있다.

2.1.2 국제 단위계(SI)의 기본단위

국제단위계의 기본단위는 7가지로 정해져 있으며, 여기에 해당하는 단위는 Table 1과 같다.

Table 1. 국제 단위계(SI)의 기본단위

구분	길이	질량	시간	전류	온도	물질량	광도
기호	m	kg	s	A	K	mol	cd

출처: Barry N. T.(2008), The International System of Units

2.1.3 국제 단위계(SI)의 유도단위

국제단위계의 유도단위는 물리적 원리에 따라 여러 기본 단위들을 조합하여 새로운 단위를 유도할 수 있는데 통상 기본단위들을 곱하거나 나누어서 얻을 수 있으며, SI 조립단위, SI 도출단위라고 부르기도 한다.

이러한 유도단위는 Table 2와 같이 구분된다.

Table 2. 국제 단위계(SI)의 유도단위

구분	넓이	부피	속력 속도	가속도	밀도	농도	광휘도
기호	m ²	m ³	㎞/s	㎞/s ²	kg/m ³	mol/m ³	cd/m ²

출처: Barry N. T.(2008), The International System of Units

2.1.4 시사점

국제단위계는 국제표준화기구(ISO)에서 발의, 제정한 표준권고로 강제력은 없지만 많은 회원국을 거느린 집단으로 워낙 영향력이 커서 국제민간항공조약을 통해 제도화되어 있는 실정이다.

또한 이러한 제도화는 세계적으로 국제단위계와 비국제단위계를 혼용 사용하게 만들어, 이를 운영하는 항공사, 항공기 운항승무원, 항공교통관제사, 항공정보 제공기관 등에 혼란을 야기하기도 하고, 비행위험 상황으로 내몰기도 함에 따라 단위 통일이 지속적으로 요구되고 있다.

2.2 국제 단위계 운용현황

2.2.1 국제 민간항공기구(ICAO)

국제민간항공기구 부속서(Annex) 5는 항공과 지상운영에 사용하는 측정단위에 대한 사항으로, 국제표준화기구에서 적용하고 있는 MKS 도량형

단위를 국제단위계로 적용하고 있다.

또한, 국제단위계(SI)와 함께 일시적 사용을 승인한 non-SI는 거리(길이방향), 거리(수직방향), 속도이며, non-SI 대체단위 적용에 따른 국제단위계 적용 값을 정하고 있으나(Table 3 참조), 일시적인 사용에 대한 종료일은 별도로 정해져 있지 않다.

Table 3. ICAO에서 SI와 함께 일시적 사용을 승인한 non-SI 대체단위

구분	단위	기호	국제단위계 적용 값
거리(길이방향)	해상 마일	NM	1NM = 1,852m
거리(수직방향)*	피트	ft	1ft = 0.3048m
속도	노트	kt	1kt = 0.514444m/s

주: *는 고도, 승강, 높이, 수직속도
출처: ICAO Annex V, Chapter 3

Table 4에서와 같이 측정되는 특정단위를 표준으로 적용하고 있다.

Table 4. ICAO에서 측정하는 특정단위의 표준 적용

구분	단위	기호	
		주 단위	non-SI 대체단위
방향 / 공간 / 시간	고도	m	ft
	거리(길이방향) ¹	km	NM
	표고	m	ft
	높이	m	ft
역학	항공기속도 ²	km/h	kt
	대지속도	km/h	kt
	수직속도	m/s	ft/min
	풍속 ³	m/s	kt

주 1. 일반적으로 4,000m를 초과하는 항행에서 사용함.
주 2. 비행운영에서 종종 마하 수의 방식으로 보고되기도 함.
주 3. 5km보다 짧은 시정에서는 m로 주어짐.
출처: ICAO Annex V, Chapter 3

2.2.2 국가별 국제단위계 운용

e-AIP에서 국제단위계(SI)를 운용하는 국가는 현재 러시아를 비롯하여 중국, 북한, 몽골 등과 동유럽 및 중앙아시아 지역의 러시아와 인접한 국가들인데, 과거 공산국가나 사회주의 국가에 속하던 국가들 중 일부국가가 MKS 단위계를 채택하여 운용하고 있으며, 이들 국가도 비국제단

위를 일부 사용하고 있다.

국제단위계를 비국제단위계와 혼용 사용하거나 비국제단위계만을 사용하는 국가들은 우리나라를 비롯하여 일본, 아메리카, 서유럽, 중동, 서남 및 동남아시아, 대양주 및 아프리카 등이며, 일부 국가에서는 어느 특정부분에 대한 단위를 비국제단위계를 적용하고 그 외의 부분에 대해선 국제단위계를 적용하고 있다.

특히 세계의 운송용항공기 제작을 양분하고 있는 보잉과 에어버스는 국제단위계보다 비국제단위계를 선호하고 있는 실정이고, 대부분의 항공기내에 국제단위계에 맞추기 위한 전환시스템을 별도로 장착하여 운영 중에 있다.

상기와 같이 국제선 항공기를 운항함에 있어 운항승무원에 직접적인 영향을 주는 거리, 비행고도, 표고, 높이, 수평 및 수직속도, 풍속 등 운용단위에 대하여 국가나 지역별로 달리 운용함에 따라 운항승무원에게 부담을 초래할 우려가 높은 실정이다.

2.2.3 Jeppesen Manual(ATC 부문)

전 세계 175개 국가에 대하여 제공되는 항공교통관제와 관련한 정보를 종합해보면 SI, non-SI가 혼용되어 사용되고, 항법 및 위치보고시 거리 단위 사용비율, 고도/표고 및 높이 단위 사용비율, 풍속 및 수평/수직속도 단위 사용비율의 경우 SI보다 non-SI 비율이 훨씬 높음을 알 수 있다(Table 5 참조).

Table 5. 항공교통관제의 SI기준 운용에 따른 전세계 단위사용 현황

구분	국제 표준	사용단위별 국가 수				
		SI	non-SI	혼용	기타	계
Distance used in navigation, position reporting, etc., generally in excess of 2 NM	km	9	156	10	0	175
Relatively short distances such as those relating to aerodromes (e.g., runway lengths)	m	151	9	13	2	175

Altitude, elevations, and heights	m	9	114	52	0	175
Horizontal speed including wind speed	km/h, m/s	6	150	14	5	175
Horizontal speed	km/h	1	0	4	0	5
Ground speed	km/h	0	0	2	0	2
Wind speed	m/s	6	3	3	0	12
Vertical speed	m/s	15	149	11	0	175
Wind direction for landing and taking off	Degrees Magnetic	169	4	0	2	175
Wind direction except for landing and taking off	Degrees True	164	0	0	11	175
Wind direction	Degrees Magnetic	0	4	0	0	4
Visibility including RVR	km, m	131	10	3	31	175
Visibility	km, m	27	5	0	0	32
RVR	km, m	14	5	0	0	19
Ceiling	m	5	2	1	0	8
Altimeter setting, atmospheric pressure	hPa, mb	146	11	18	0	175
Temperature	℃	169	5	1	0	175
Weight	kg	165	8	2	0	175
Time	UTC	170	4	0	1	175

출처: Jeppesen Manual, Air Traffic Control, 2014. 8

2.3 우리나라의 항공운용 단위현황

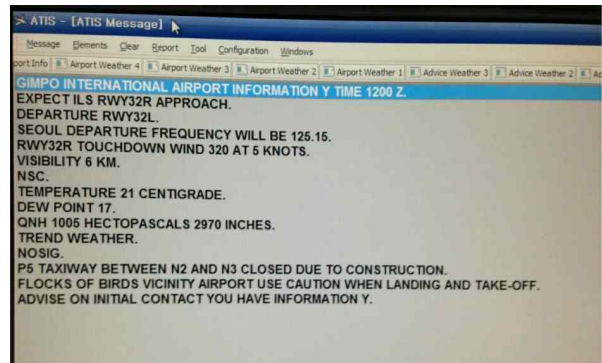
우리나라 공항(비행장)은 민간공항, 민·군공항, 군 비행장으로 구분하여 운영하고 있으며, 이중 국제민간항공기구(ICAO) 조약의 적용을 받는 것은 민간공항만 해당되나, 항공운송사업자가 취항하는 민·군공항으로 그 범위를 넓혀 ICAO 기준을 확대 적용하여야 한다.

그러나 현재 민·군공항의 경우 군이 관제권을 가지고 있고 한미상호방위조약에 따라 비국제단위계를 채택하고 있는 미 연방항공청(FAA)의 규정을 적용하고 있는 실정이다.

우리나라가 적용하고 있는 단위계는 SI(Primary Unit)와 non-SI 대체단위가 혼용되어 있으며, 특히 항공법령은 ICAO 조약을 준용하고 있는 반면, 민

군공항의 경우 한미상호방위조약에 근거하여 미 FAA의 규정을 준용하는 실정이라 고도계 수정치 등을 비국제단위계를 적용하고 있어 운항승무원에게 혼돈을 가져다 줄 가능성이 높다.

항로관제소(인천ACC)나 접근관제소 외 자동화 레이다단말시스템에서 항공교통관제업무 수행 시 필요한 정보를 현시하는 고도, 속도가 비국제 단위로 표시되고, 공항정보의 경우도 비국제단위가 적용되고 있다(Fig. 1 참조).



출처: 국토교통부 내부자료

Fig. 1 국내 민간공항의 공항정보 예

또한, 국내의 항공운송용 항공기를 비롯하여 대부분의 항공기가 고도와 관련하여 비국제단위계인 FT로 운영되고 있는 실정이다.

2.4 국제표준 단위의 제도 및 적용상 문제점

2.4.1 SI의 제도상 문제점

SI는 국제도량형총회(CGPM; Conference of Weights and Measures)에서 채택한 단위제도로, 국제표준화기구(ISO; International Organization for Standardization)에서 추천하고 있으며, 우리나라도 CGPM과 ISO의 회원국으로서 법정 계량단위와 한국공업규격(KS)은 이 단위를 채택하고 있다.

현재 ICAO에서는 국제표준단위를 정하여 사용하고 있고, 비표준단위 중 일부는 함께 쓸 수 있도록 하였으며, 항공부문에 주로 쓰이는 NM, ft, kt 등을 SI(Primary Unit) 대신으로 일시적 사용이 승인된 non-SI 대체단위의 활용이 가능하도록 권고하고 있으나, ICAO 부속서 전체를 살펴보면 SI 뿐만 아니라 SI와 non-SI를 동시 적용 또는 구분 적용하거나 non-SI만을 적용하는 부속서도 있어 제도적으로도 통일되지 못하는 결과가 발생하고 있다.

제도적으로 국제표준단위에 대한 권고를 하고 있으나, 권고에 대한 강제조항이 없어 국가별로 기준이 다르게 정립되어 국가 간 국제표준단위에 대한 불일치 현상이 발생함에 따라 국제선 운항 승무원의 항공안전 운항을 위한 제약조건으로 작용할 가능성이 높은 실정이다.

이와 같은 문제점은 최근에 발생한 것이 아니라, 과거로부터 지속적으로 이어져온 것으로, 국제적인 협력 없이는 해결할 수 없는 가장 난해한 문제로 잠재되어 있고, 이와 관련하여 발생하는 사고사례들은 항공사의 안전상 문제점으로 간주되기 때문에 외부에 노출시키지 않으려고 함에 따라 유사사고들이 재차 발생할 가능성이 높다.

2.4.2 SI의 적용상 문제점

ICAO 권고에도 불구하고 국가별로는 거리, 고도, 수평속도, 수직속도에 대해서는 non-SI 대체단위를 선호하고 있으며, 우리나라에서도 군 공항의 경우 non-SI 단위를 사용하는 미국 연방항공규정을 따르고 있기 때문에 민간 항공사들이 취항하는 일부 군 공항에서는 다른 민간공항과 적용하는 단위가 일부 다르다는 문제점이 있다.

SI를 적용함에 있어 가장 우선적으로 언급해야 할 것은 항공기 기재에 대한 사항으로, 제도상으로 국제표준단위를 적용하던 적용하지 않던 간에 국제선을 운항하는 항공기가 해당노선을 운항하는 동안에 사용되는 단위에 대한 문제점이 발생치 않도록 조치되어야 함에도 그러하지 못하다는 것이다. 이는 운항승무원에게 자동화된 환경에서 비자동화 환경으로의 전환에 따라 야기되는 조종사 오류가 발생하여 운항안전에 심각하게 작용할 수 있음을 뜻한다.

국제선 항공기에 대한 대표적인 사례로 대부분의 국제선 항공운송용 항공기에는 SI단위 전환장치가 장착되나, 이 장치가 없는 B757, B767, A319 등의 항공기는 non-SI로 운항하다가 SI를 적용하는 국가의 영공진입 전에 조종사가 SI단위로 단위를 보정해야 하는데, 전환장치가 없어 수동으로 보정할 수밖에 없는 운항환경 때문에 위험성에 노출되어 있다.

또한 운항승무원에게 제공되는 정보는 기상정보, 비행정보, 공항정보, 항공기 정보 등으로 다양하지만, 제공되는 정보들에서 사용하는 단위가 통일되어야 함에도 그러하지 않아, 운항하는 항공기에게 긴박한 상황을 연출할 가능성이 높으므로 이에 대한 주의가 요구되는 실정이다.

현재 항공기에 장착되어 있는 계기에서 항공

기간 충돌위험을 사전에 알려주는 TCAS 계기 내 단위가 non-SI로 대부분의 운항승무원에게는 큰 부담을 주지 않으나, SI단위를 사용하는 국가의 운항승무원들에게는 복잡한 상황 발생 시 단위로 인한 혼란을 가져올 수도 있다.

또한 SI단위에 대한 부분은 공중뿐만 아니라 지상에서도 관련이 있는데, 대표적으로 항로관제소(ACC) 간 데이터통신망(AIDC; Air traffic service Inter-facility Data Communication)을 통하여 항공기 고도, 방향, 속도, 위치 등에 대한 정보를 관련국가로 송신 시, 적용단위들이 AIDC 파라미터에 구성되어 있으므로 단위의 통일이 필요한 실정이다.

특히 국가들 간의 단위적용에 있어 항공교통관제에 운용하는 장비들의 사양이 미국, 유럽 등 항공 선진국에서 제작한 장비들이 많다보니 장비에 적용되는 단위가 non-SI 대체단위를 적용하는 사례가 많으며, 향후 차세대 항행이나 항공감시 등에 적용되는 시스템의 개발 시에도 국제표준단위에 대한 제한사항이 추가적으로 발생할 것으로 우려된다.

2.5 국제표준 단위 적용을 위한 개선사항

SI와 non-SI 대체단위 운용국가들이 사회주의 국가(러시아, 중국, 몽고 등)와 서방국가(미국, 일본, 호주, 영국 등)로 양분되어 있으며, 우리나라의 경우에 있어서도 민간공항과 민·군 공항에서 사용하는 일부 단위가 다르게 적용되고 있어 이를 위한 개선사항은 다음과 같다.

첫째, 통일화된 국제표준단위 적용을 위한 운항승무원, 항공교통관제사, 항공운송사의 운항표준 및 기술담당자들로부터 의견수렴을 실시하여 단위적용에 대한 오류문제를 해결하기 위한 방안을 마련해야 한다.

둘째, ICAO에서 권고하는 국제단위계 적용에 대하여 통일된 국제단위 사용을 위한 개선방안을 마련하기 위해 우리나라가 제안하여 ICAO에서 제시하도록 해야 한다.

3. 결 론

앞서 고찰한 바와 같이 ICAO에서 권고하는 SI단위 중에서 핵심적으로 사용하는 것은 총 12개 단위이며, 국가별 기준단위를 설정하여 운용하고 있으나, 2NM을 초과하는 거리, 고도/표고/높이, 풍속을 포함하는 수평속도, 수직속도(상승 또는 강하속도)에 대한 부분은 non-SI 대체단위

를 국가의 기준단위로 적용하는 국가가 65~89%에 이르고 있다.

일부 국가의 기준단위 중 고도/표고/높이에 대해서는 30% 가량이 SI와 non-SI 대체단위를 서로 달리 사용하고 있어 운항승무원에게 혼란을 가중시키고 있다.

ICAO 부속서5에서 적용하고 있는 공중 및 지상에서 사용하고 있는 단위에 대한 부분이 ICAO 권고 국제표준 단위이나 각 국가별 기준 단위를 별도로 적용하고 있어, 운항 항공기에 대한 항공교통관제 서비스 제공 시 운용단위의 혼돈이 발생할 수 밖에 없어, 이를 최소화할 수 있도록 ICAO 주도의 국제단위계 통일 적용을 위한 개선방안을 다음과 같이 제시하였다.

첫째, 항공운송용 항공기의 운항간 안전성 유지를 위해 고도, 고도계 수정치(Altimeter Setting)에 사용되는 SI(Primary) 및 non-SI alternative unit가 호환 사용되도록 하는 방안을 ICAO가 마련하도록 하여야 한다.

둘째, 각 국가별로 제공하는 비행정보간행물이나 상용 비행정보 자료들은 이용자 편의를 위한 방향으로 단위가 통일되도록 ICAO가 마련하여야 한다.

셋째, 국제선 항공기의 운항안전을 위한 운용단위의 국제표준 통일안을 ICAO가 제시하여야 한다.

이와 같이 공중 및 지상에서 사용하는 단위의 통일을 실현하기 위해서는 ICAO에서 각 분야별 Study Group을 구성하여 추진해야 하며, 차세대 항공정보제공시스템에 대한 적용단위도 포함하여 연구되어야 한다.

후 기

본 연구는 국토교통부의 2014년 ICAO 전략 대응의제 연구 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 국토교통부, "AIP Republic of Korea", 2014. 9, GEN 2.1-1.
- 2) 국토교통부 내부자료(ATIS Message), 2014.
- 3) FAA, "United States of America AIP", 2013. 3, GEN 2.1-1.
- 4) <http://eaip.caa.gov.tw>, "AIP for TAIPEI FIR", 2014. 7, Section GEN-2.1.
- 5) <http://ko.allmetsat.com/meta-TAF>
- 6) <http://lis.rlp.cz>, "AIP Czech Republic",

2013. 6, GEN 2.1-1.

7) <http://www.aai.aero>, "eAIP INDIA", 2012. 4, GEN-2.1.

8) <http://www.armats.com>, "eAIP Armenia", 2013. 7, GEN 2.1.

9) <http://www.ead.eurocontrol.int>, "United Kingdom AIP", 2014. 1, GEN 2.1-1.

10) <http://www.eaipchina.cn>, "中國航行空資料匯編 AIP CHINA", 2014. 1, GEN 2.1-1.

11) <http://www.gcaa.gov.ae>, GEN 2.1.1, 2014. 8.

12) ICAO ANNEX 5, "Chapter 3. Standard Application of Units of Measurement", 5th Edition, 2010. 11, pp.3-1~ATT B-1

13) ICAO ANNEX 3, "Appendix 5. Technical specifications related to forecasts", 18th Edition, 2013. 11, pp.APP 5-10~APP 5-18.

14) Jeppesen Manual, "Airway Manual (Enroute)", 2013. 4.

15) Jeppesen Manual, "Air Traffic Control", 2014. 8.

16) Barry. N. T., "The International System of Units(SI)", NIST Special Publication 330, 2008. 3, pp.17~37.