

SID 모니터링을 통한 전리층의 변화 관측 연구

강용희¹ · 이오균^{2*} · 곽영실³ · 이재진³

¹경북대학교 · ²경북과학고등학교 · ³한국천문연구원

A Study on the Variation of the Ionosphere Through SID Monitoring

Yong Hee Kang¹ · Oh-Kyun Lee^{2*} · Young-Sil Kwak³ · Jae-Jin Lee³

¹Kyungpook Nayional Univeristy · ²Kyoung-Buk Science High School
· ³Korea Astronomy and Space Science Institute

Abstract: The purpose of this study is to investigate the characteristics of the ionosphere by monitoring VLF radio wave. For this purpose, we set up the SID(Sudden Ionospheric Disturbance) monitoring station in Pohang(36.03°N, 129.35°E), Korea receiving VLF radio wave(22.2kHz) transmitted from Ebino(32.04°N, 130.81°E), Japan. The observed data of radio wave intensities are analyzed to interpret the condition of the ionosphere. We can summarize the results as follows: Radio waves show regular daily variation. We can confirm the daily variation as a result of the formation of D layer. In relation to formation or extinction of D layer, intensity of radio wave gets weak right after sunrise and sunset. Southing altitude also affects the intensity of day time radio wave. At night when D layer disappears, the radio waves shows very irregular changes. The observed radio waves also shows the influence of the seasonal ionospheric variation. Long term observation could provide more detailed interpretation of daily as well as seasonal variation of ionosphere.

Key words: SID monitor, Ionosphere, D layer, Radio wave

I. 서 론

전리층은 지표에서 약 50km 이상의 고도에서 태양의 자외선 및 X-선 복사에 의해 전리된 영역이다. 전리층은 대기의 전기적 성질에 영향을 주며, 전파를 반사시키는 성질로 인해 지구상에서 서로 멀리 떨어진 지역까지 전파의 전달이 가능해진다. 이와 같이 전리층은 우리의 일상생활에 실질적으로 막대한 영향을 미치고 있다.

전리층은 태양활동이나 지자기활동 변화에 따라 급격히 변한다. 특히 갑작스런 태양 플레어 활동에 따른 태양의 X-선이나 극자외선, 자외선의 유입 증가로 인해 전리층의 D 영역에서 전자밀도가 급격하게 증가하는 현상인 돌발 전리층 교란(Sudden Ionospheric Disturbance, SID) 현상이 발생하게 되면, D층을 통과하는 전파는 평소보다 더 많이 흡수되며, 이로 인해 장거리 무선통신뿐만 아니라 위성통신에서도 잡음이 증가하고 통신 장애가 일어나게 된다(Manley *et al.*,

1999; 한국천문연구원, 2008). 이렇게 전리층의 교란이 실생활에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 세계 여러 나라에서는 전리층의 변화를 상시 관찰하기 위하여 SID 모니터 기지국을 운영하고 있다(<http://www.aavso.org/observersprograms/solar/sid.stm>).

이 연구에서는 경상북도 포항시에 위치한 경북과학고등학교에 설치된 SID 모니터를 통하여 전리층의 변화를 직접적으로 관측하고 분석함으로써, 전리층의 특성을 이해하고자 한다. 이 결과를 이용하여 전리층의 변화를 일으키는 요인을 파악하며, 지구상의 인간 생활에 중대한 영향을 미치는 우주환경에 대한 이해의 폭을 넓히고자 한다.

이 연구에 이용된 SID 모니터 장비를 통하여 일본 Ebino에 위치한 VLF(Very Low Frequency, 30kHz) 송신 기지에서 송출하는 22.2kHz 전파 신호를 수신하였다. 이 신호는 송신기에서 출발하여 전리층에 반사된 후 관측된 전파이다. 2008년 11월부터 2009년 9월까지 관측된 VLF 전파 수신 자료를 이용하여 분

*교신저자: 이오균(g9ok@hanmail.net)

**2010년 10월 22일 접수, 2010년 12월 29일 수정원고 접수, 2010년 12월 30일 채택

***이 논문은 2008년도 경북대학교 학술연구조성비의 일부 지원을 받아 수행된 연구임.

석한 내용은 다음과 같다: 첫째, SID 모니터를 통해 관측되는 VLF 전파세기의 규칙적인 일변화 양상 및 변화원인, 둘째, 일출과 일몰시 나타나는 전파세기의 급격한 변화와 실제 태양의 일출과 일몰과의 직접적인 관련성, 셋째, 매일 기록되는 낮 시간 동안의 가장 높은 전파의 세기와 태양활동의 연관성, 넷째, 밤 시간 동안의 전파 수신 양상 및 그 변화 원인, 그리고 마지막으로, SID 모니터의 관측기록으로부터 전리층의 계절적 변동 등을 중점적으로 조사하였다.

II. 연구 방법 및 이론

1. 이론적 배경

1) 전리층(Ionosphere)

지표에서 약 50km 이상인 고도에서는 대기를 구성하는 성분 중 N_2 , O_2 및 O 가 태양의 극자외선 및 X-선을 받아 광전리(photoionization)를 일으킨다. 이 때문에 대기의 상층부에는 자유전자와 양이온이 풍부한 영역이 형성되는데, 이것을 전리층(ionosphere) 혹은 이온층이라 부른다. 전리층은 지상에서 발사한 전파를 흡수, 또는 반사하여 무선 통신에 중요한 역할을 한다. 이러한 전리층은 전자밀도의 수직분포에 따라 크게 D, E 및 F 영역으로 나누어진다(Blelly, Alcaydé, 2007; Kelley, 1989).

D층은 전리층의 최하부(50~90km)에 위치한 영역으로 이온 밀도가 낮으며 태양활동에 따라 크게 좌우된다. 최대전자밀도는 낮에 $10^3 \sim 10^5/cm^3$ 정도로 D 영역은 100kHz 이상의 전파에 대하여 반사층보다는 흡수층으로 작용한다(Blelly, Alcaydé, 2007; Kelley, 1989). 밤 동안에는 이온화되지 않은 원자의 비율이 늘어나 사라진다.

E층은 90~160km 고도에서 대기 분자가 주로 이온화되어 있는 영역이다. 이 층은 최대전자밀도가 낮에 $10^5/cm^3$ 정도로 중파(300~3000kHz, MF)에 해당하는 전파를 반사한다(Blelly, Alcaydé, 2007; Kelley, 1989).

F층은 160km 고도 이상의 영역으로 대부분의 대기 원자가 이온화되어 있다. 이 영역에서는 주간에는 한하여 F1 영역과 F2 영역으로 분리된다. F 영역은 최대 전자밀도가 $10^6/cm^3$ 정도로 단파(3~30MHz, HF)에 해당하는 전파의 반사층으로 작용한다(Blelly, Alcaydé, 2007; Kelley, 1989).

2) D 영역 흡수(D region absorption)

낮 동안에 태양으로부터 복사된 X-선이나 자외선은 전리층의 이온화를 유발하여 D 영역을 생성, E 영역을 강화, F 영역을 F1과 F2의 두 개의 층으로 분리한다. 한편 D 영역은 일반적으로 라디오파를 반사시킬 정도로 전자밀도가 높지 않다. 하지만 E 영역은 충분히 전자밀도가 높기 때문에 D 영역을 통과한 LF(30~300kHz) 전파는 E 영역에서 반사되어 다시 D 영역을 통과한 뒤 지표에 도달한다. 이 과정을 거치며 전파는 어느 정도의 에너지를 잃고, 결국 낮에는 더 낮은 양의 신호를 수신하게 된다. 한편 태양에서 플레어가 발생할 경우, D 영역의 전자밀도 또한 매우 높아져 전파를 반사하여 수신하는 신호의 세기가 강해지기도 한다(Fig 1).

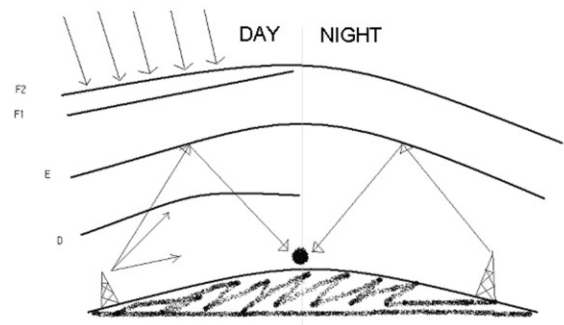


Fig. 1 D-region absorption

2. 연구방법

1) SID 모니터

SID (Sudden Ionospheric Disturbance)란 태양의 갑작스런 플레어 활동에 의해 전리층 D층의 전자밀도가 급격하게 증가하는 현상을 말한다. 태양이 갑자기 플레어를 일으키면 태양에서는 X-ray나 UV, EUV 파장대의 전자기파들이 지구 대기권으로 입사하게 된다. 지구 대기권에 존재하는 중성대기(N_2, O_2 등)들은 이러한 파장대의 전파들이 가지고 있는 에너지에 의해 양이온과 전자로 이온화가 일어나게 되어 전리층의 전자밀도가 급격히 증가하게 된다. 이러한 원인에 의해 전리층 가장 아래쪽에 존재하는 D층의 전자밀도가 급격하게 증가하는 현상을 바로 돌발 전리층 교란(Sudden Ionospheric Disturbance; SID)이라고 하는데, 이는 전파통신에서 매우 중요한 역할

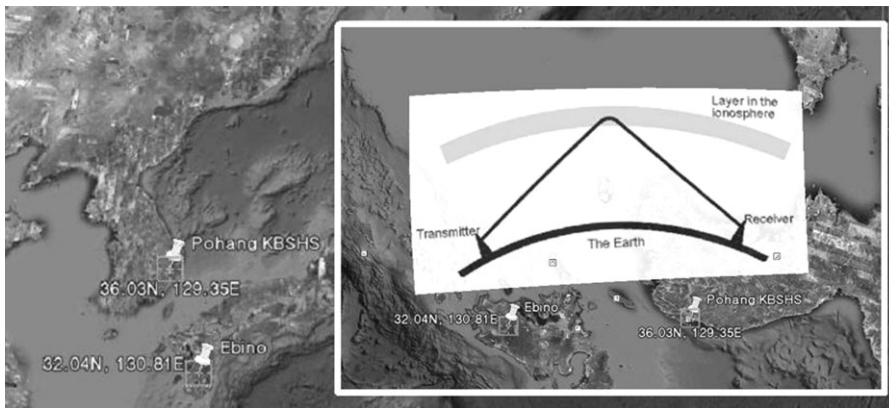


Fig. 2 Map showing the location of the transmitter-receiver

을 한다. D층의 전자밀도가 갑작스럽게 높아지게 되면 D층은 평소보다 D층에 투과되는 전파를 더 많이 흡수하게 되고 이로 인해 위성통신이나 지상에서의 무선통신과 같은 전파통신에 잡음이나 통신 불량과 같은 장애가 일어나게 된다(안병호, 2009). 이러한 이유 때문에 많은 나라에서는 전리층의 변화를 주의 깊게 관찰하고 있다.

한편, 미국 Stanford Solar Center에서는 전 세계 고등학생들을 대상으로 우주환경 감시 장치를 제작하여 학생들이 직접 우주환경변화에 대해 연구하고 분석할 수 있는 프로그램을 제공하고 있다. 이러한 프로그램의 일환으로 Stanford Solar Center에서는 SID 변화를 관찰할 수 있는 SID 모니터를 제공하고 있다.

2) SID 모니터 원리

전리층은 플라스마 주파수 (Plasma Frequency)라 불리는 특정 주파수보다 낮은 주파수의 전파는 반사시키고 그보다 높은 주파수의 전파는 통과시키는데, SID 모니터는 이러한 성질을 이용한 장치이다. SID 모니터는 라디오 송신탑에서 송신되는 VLF 전파가 전리층 D층에 반사되고, 그 반사된 전파를 안테나로 수신하여 수신된 전파의 세기를 측정하는 장치이다.

전리층 D층이 존재하는 50~90 km의 고도에서는 대기의 중성 밀도가 높기 때문에, 이온화된 전자와 이온은 쉽게 재결합을 이룰 수 있다. 이 때문에 낮에는 D층이 존재하지만 밤에는 존재하지 않게 되는데 이 때문에 낮과 밤에 SID 모니터에서 측정하는 전파의 세기는 달라진다. 또 SID가 일어나게 되면 태양으로부터 나온 X-ray에 의해 D층의 전자밀도가 증가하게 되므

로 전파의 세기가 강하게 측정이 된다. 따라서 SID 모니터를 이용하여 전파의 세기를 측정하면 그 시간대의 전리층의 변화를 간접적으로 알아낼 수 있다.

3) SID 모니터 설치

경상북도 포항시 경북과학고등학교 (36.03N, 129.35E)에 설치된 SID 모니터 장비들은, 전파를 수신하는 안테나와 수신된 전파들 중 우리가 필요한 파장만을 뽑아내는 VLF 모니터, 그리고 아날로그 자료를 디지털 자료로 변환해주는 DATAQ로 구성된다. 안테나를 제외한 SID 모니터 장비는 미국 Stanford Solar Center로부터 제공받은 것이며, 안테나는 직접 제작하여 설치하였다.

이 연구는 일본 Ebino (32.04N, 130.81E)에 있는 VLF 송신기(Transmitter)에서 송출하는 22.2kHz를 수신했다(Fig 2). 일본의 Ebino에서 송신하는 전파를 수신한 이유는 이곳에서 24시간 일정한 세기의 전파를 송신하며, 지리적으로 비교적 가깝기 때문에 전리층과 1차 반사(hop)를 통하여 전달되는 전파의 분석을 이용하여 한반도 상공의 전리층 변화를 보다 확실하게 관찰할 수 있기 때문이다.

3. 데이터 수집

안테나로부터 수신된 신호는 VLF 모니터를 통해 원하는 특정한 주파수 (22.2kHz)의 신호만 선별된 뒤 증폭시키는 과정을 거친다. 그 후에 신호는 -5V~+5V 영역내의 자료로 변환되어 DATAQ를 거쳐 연결된 SID 컴퓨터에 저장된다. 수신된 전파의 세기는 5초마다 한 번씩 측정되고 UTC(협정 세계시)로 0시 0

분부터 23시 59분까지 데이터가 모두 저장되면 하나의 엑셀 파일로 컴퓨터에 자동으로 저장된다. SID 모니터, SID 모니터 전파 수신 과정의 모식도 및 경북과 학교등학교에 설치된 안테나의 모습을 각각 Figs. 3, 4, 및 5로 나타내었다.



Fig. 3 SID-monitor(Deborah et al., 2007)

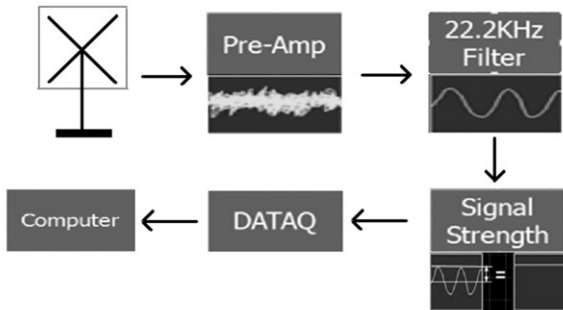


Fig. 4 Flow chart for data processing (Deborah et al., 2007)



Fig. 5 Antenna

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 전파 세기의 일변화 (Daily Variation)

Fig. 6은 태양활동 및 지자기활동 등 특별한 사건이 없는 고요한 날(quiet day)의 일일 관측 자료를 나타

낸 것이다. 그래프의 x축의 시간은 UT(Universal Time) 기준이므로 시작 시간 00:00은 한국 시간(Local Time; LT)으로 09:00에 해당한다. 하루 동안의 변화의 특징이 따라 네 부분으로 나눌 수 있는데, 낮 (1. Day time), 일몰 (2. Sunset), 밤 (3. Night time), 일출 (4. Sunrise)과 같이 나누어진다. 정상적인 관측이 이루어진 날에는 해가 뜨기 시작하면서 전파의 세기가 완만하게 증가하다가 한국 시간 12:00(UT 03:00)을 지나며 완만하게 감소한다. 일몰시 급격히 감소하였다가 다시 급격히 증가하고 밤에는 불규칙한 모습을 보이며 증감을 반복하다가 해가 뜰 때 급격히 내려 간 후 다시 증가하기 시작한다. 낮과 밤을 비교하여 보면 밤의 경우가 전파의 세기가 더욱 불안정함을 알 수 있다. 그 이유는 낮에 생성되었다가 밤에 소멸되는 전리층 D층에 의한 것으로, 낮의 경우에는 전자밀도가 낮고 안정적인 층인 D층에 의해 전파가 반사되어 그 세기가 안정적인 반면, 밤의 경우에는 전자밀도가 높고 불안정한 층인 E층에 의해 전파가 반사되어 그 세기가 불안정하기 때문이다. 일출과 일몰시에는 전파의 세기가 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있다.

2. 일출 일몰 시 전파 세기의 변화 (Sunset-Sunrise Variation)

1) 일몰 시 나타나는 전파 세기 감쇠

Fig. 6에서 볼 수 있듯이, 일몰 때 전파의 세기가 급격하게 약해지는 일몰 감쇠(Sunset Deep)를 볼 수 있다. 해가 지면 대기권의 중성대기를 이온화시키는 태양의 X-ray나 UV, EUV 파장대의 복사에너지의 양이 급격하게 줄어든다. 그로 인해 전리층 D층에 존재하던 양이온과 전자들이 재결합을 하게 되어 밤에는 D층이 사라지게 된다. 이 변화가 빠르게 진행되기 때문에 해가 질 때 수신되는 전파의 세기가 급격하게 약해지는 것을 관찰할 수 있다.

수신된 전파의 급감쇠가 발생하는 시각과 포항지역의 실제 일몰 시각과의 관련성을 살펴 보았다.

Fig. 7에서 볼 수 있듯이, 전파의 일몰 감쇠(Sunset Deep)가 나타나는 시각과 실제 일몰 시각은 비슷한 경향을 가진다. 5월을 기점으로 여름을 제외한 다른 모든 계절에서 일몰 약 1시간 전에 전파의 급감쇠가 발생하는 것을 볼 수 있다. 이것은 여름철을 제외한

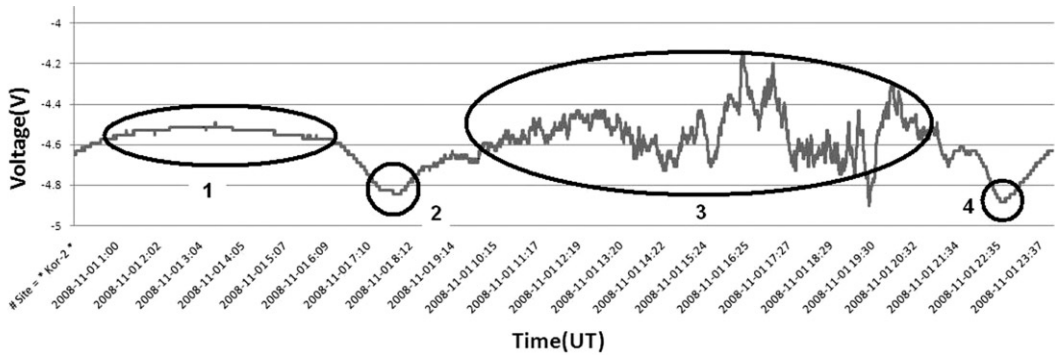


Fig. 6 Daily variation from VLF transmitter, Ebino, Japan

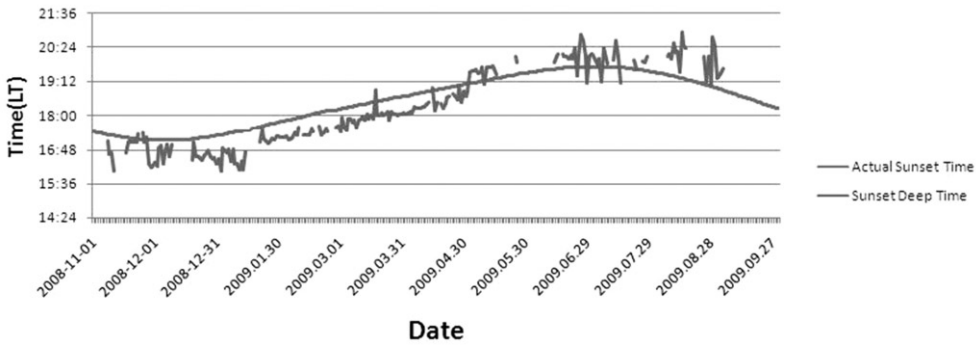


Fig. 7 Variation of Sunset deep time and Actual sunset time

다른 계절에는 해가 어느 정도 지표면 쪽으로 내려가면 대기에 미치는 영향이 작아지므로 해가 지기 전부터 전리층 D층의 양이온과 전자들의 재결합이 일어나기 시작해 전자밀도가 낮아지기 때문인 것으로 해석된다. 이때 D층은 더 이상 전파의 반사층이 아니라 흡수층이 된다. 반면 여름철에는 일몰 후 약 30분 후에 전파의 일몰 감쇠가 있음을 볼 수 있다. 여름철에는 다른 계절에 비해 태양의 고도가 가장 높기 때문에 일몰 후에도 지속되는 박명으로 인해 전리층 D층의 소멸이 30분 정도 지연되는 것으로 해석된다.

2) 일출 시 나타나는 전파 세기 감쇠

Fig.6에서 볼 수 있었던 수신 전파의 일출 감쇠(Sunrise Deep)가 발생했던 시각과 실제 일출 시각과의 관련성을 살펴보았다. 일몰 때와 마찬가지로 수신된 전파의 일출 급감쇠가 나타나는 시각과 실제 일출 시각이 밀접한 관계가 있음을 Fig. 8에서 확인할 수 있다. 전파의 일출 감쇠는 일출 후 약 1시간 후에 발생함을 볼 수 있다. 일출 시각 대에 전파 감쇠가 발

생하는 원인 역시 일몰과 비슷하다. 일출에 따라 전리층의 이온화가 진행되면서 D층이 형성되기 시작한다. 이때 D층은 덜 형성된 상태여서 아직은 반사층이 아니라 흡수층으로 작용한다. 즉 일출 전 전리층 E 또는 F층에 의해 반사되던 전파가 대기 밀도가 높아 충돌하기 쉬운 D층에서 오히려 흡수되어 그 세기가 약해진다. 일출과 일몰시 D층이 생성되고 사라지는 과정은 정반대 일지라도 덜 활성화된 상태의 D층이 전파에 대해 반사층이 아니라 흡수층으로 작용한다는 성질은 동일하다.

3. 낮 시간 동안 전파 세기 최대 값의 변화

Fig. 6에서 본 바와 같이 낮 동안의 VLF 전파 세기가 완만하게 증가하다가 감소하는 변화를 확인하였다. (단, 여기서 낮 시간 최대 전파 세기란 현지시각으로 낮 12시를 기점으로 하여 11시 30분부터 1시 30분까지 측정된 전압의 평균이다.)

예상한대로 Fig. 9에서 태양의 남중고도와 낮 시간

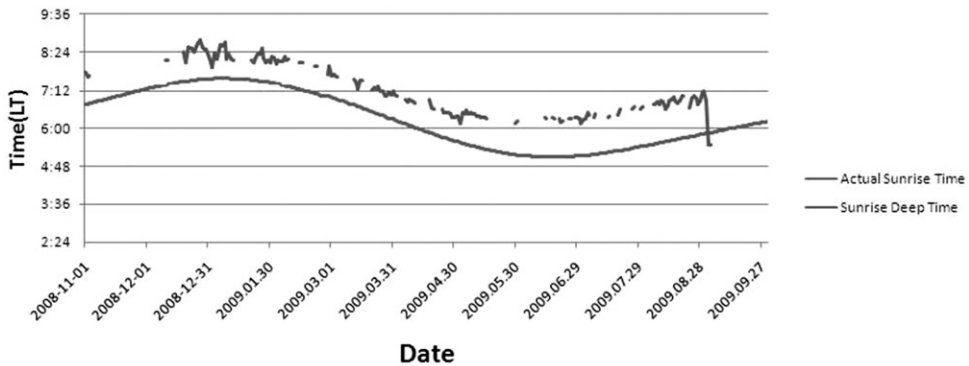


Fig. 8 Variation of Sunrise deep time and Actual Sunrise time

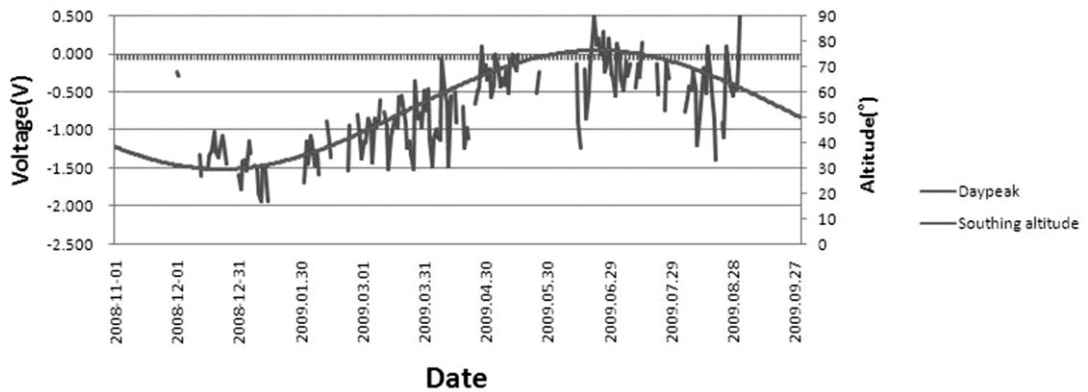


Fig. 9 Variation of Day peak and Southing altitude

최대 전파 세기는 밀접한 관계를 갖고 있다. 즉 낮 시간 동안의 전파 신호의 세기는 태양의 남중고도 즉 천정거리에 따른 전자밀도의 변화와 좋은 상관관계를 가짐을 예상할 수 있다. 태양의 남중고도가 높아짐에 따라 낮 시간 최대 전파 세기 또한 점점 높아지고 있음을 확인할 수 있다.

정오에는 고도에 따라 전자밀도가 급격하게 증가하여 VLF 전파는 낮은 고도에서 반사가 일어나는 반면, 아침이나 오후에는 고도에 따라 전자밀도가 완만하게 변화하기 때문에 VLF 전파는 보다 높은 고도에서 반사되어 정오 보다 긴 경로를 지나면서 흡수가 일어나게 된다. 다시 말하면, 낮 시간동안 전자밀도가 변화하여 VLF 전파가 지나는 경로가 달라지고 이에 따른 흡수율이 달라져 전파 세기에 차이가 나타나는 것으로 해석된다.

4. 밤 동안 VLF의 변화

밤 시간에 전파 세기는 매우 불규칙한 변화를 보인다. 이러한 특성을 보이는 것은 밤에는 D 영역이 사라지고 E 영역에서 VLF 전파의 반사가 일어나는데, 태양복사에너지가 전달되지 않으므로 전자밀도가 매우 불규칙하게 변화하기 때문으로 생각된다. 이로 인해 전파의 세기가 매우 불규칙하게 나타난다. 이러한 관측결과를 나타내는 데에 영향을 주는 것으로 두 가지 요인을 생각해 볼 수 있다. 한 가지는 중성대기의 변화에 의한 것이고, 다른 하나는 고도에 따른 영향이다. 높은 고도-중성대기권, 약 20km~80km-에서는 전향력과 온도기울기에 의한 지균풍인 탁월풍(prevaling wind)에 의해서 중성대기에 변화가 생기고, 이것이 관측에 영향을 미치게 된다는 것이다. 또한 중성대기의 재결합(recombination)도 이에 상당

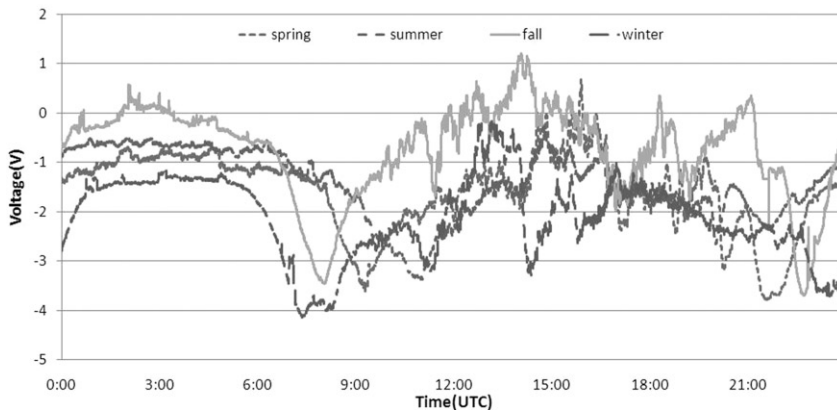


Fig. 10 Seasonal variation

한 영향을 미칠 것으로 예상된다(곽영실, 안병호, 2002; DiGregorio, 2008)).

5. 전파 세기의 계절적인 변화

앞 절에서 나온 결과들을 바탕으로, SID 모니터에 의해 수신되는 전파의 세기는 태양과 밀접한 관계를 맺고 있는 것으로 보임을 알 수 있다. 이 점에 안정적인 자료가 관측된 2008년 11월부터 2009년 9월까지의 자료를 사용하여 VLF 전파세기의 계절적인 변화를 살펴보았다.

봄(3월, 4월, 5월), 여름(6월, 7월, 8월), 가을(9월 11월), 겨울(12월, 1월, 2월)로 나누어 분석한 결과인 Fig. 10으로부터 뚜렷한 계절별 변화를 확인 할 수 있다. 낮 동안의 전파 세기가 겨울철에 가장 낮고 여름과 가을철에 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 태양의 빛에 의해 이온화되는 전리층이 겨울이 되어 빛의 세기가 약해지면서 그 이온화도가 줄어들었기 때문으로 보인다. 전리층에 존재하는 이온의 양이 줄어들었기 때문에 상대적으로 약한 전파가 전리층에 의해 반사되어 수신될 수 있었던 것으로 해석된다. 일출(Sunrise)과 일몰(Sunset) 시에 나타나는 전파 세기의 급격한 감소 또한 계절에 따라 차이를 볼 수 있다. 즉 계절에 따라 일출 및 일몰 시각이 빠르면 빠를수록 수신되는 전파 세기 급감속 또한 더 빠르게 발생함을 알 수 있다.

IV. 결론 및 논의

이 연구를 통하여 전리층의 변화를 직접적으로 관

측하고 분석함으로써, 전리층의 특성을 이해하고자 하였다. 이를 위해서 우리는 SID (Sudden Ionospheric Disturbance) 모니터를 통해 전리층에서 반사되어 오는 전파의 세기를 측정하고, 태양의 일출과 일몰 시각, 태양의 남중고도 등 한국천문연구원의 우주환경 관측 자료와 비교 분석해 보았다.

그 결과 정상적인 관측이 이루어진 날에는 해가 뜨기 시작하면서 전파의 세기가 완만하게 증가하다가 한국 시간 약 12:00(UT 03:00)을 지나며 완만하게 감소하였다. 일몰시 급격히 감소하였다가 다시 급격히 증가하고 밤에는 불규칙한 모습을 보이며 증감을 반복하다가 해가 뜰 때 급격히 내려 간 후 다시 증가하기 시작하였다. 일출과 일몰시 나타나는 전파 세기의 급격한 변화는 덜 활성화된 상태의 D층이 전파에 대해 반사층이 아니라 흡수층으로 작용하였기 때문이다. 낮 시간 동안의 전파 세기의 변화는 전자밀도가 변화하여 VLF전파가 지나는 경로가 달라지고 이에 따른 흡수율이 달라져 전파 세기의 차이가 나타난다. 밤 시간 동안은 D층이 사라지고 E층에서 VLF전파의 반사가 일어나는데 전자밀도가 매우 불규칙하게 변화기 때문에 불규칙한 변화를 보인다. 전리층의 계절적 변동은 겨울철에 전파의 세기가 가장 낮고, 여름과 가을철에 높은 것으로 확인되었다.

이 연구에서는 데이터의 오차를 분석하는 부분이 생략되어 있다. 이유는 SID 모니터의 보급이 적어 서로의 자료를 비교하는데 한계가 있었기 때문이다. 또 짧은 연구 기간에 의하여 서로 보완해줄 수 있는 데이터 수집이 충분하지 못하였기 때문이다. 보다 안정적인 정보를 얻기 위해서 주변 환경의 변화를 줄이고,

계속적인 연구가 이루어진다면 이 연구에서 부족한 각 자료의 오차 분석, 전리층의 계절적 변화나, 짧은 시간 일어나는 특이현상들을 파악할 수 있을 것이다. 또 전리층의 변화는 태양 활동과 관련하므로 극소기에서 극대기로 가는 현재 지속적인 관측을 하면 보다 다양한 변화를 관측 할 수 있을 것이다. 그리고 다른 우주 환경적 요소 (F10.7-10.7cm solar radio flux, GOES x-ray background flux, Estimated Planetary Kp Plots)들과 관련성이 있는 가를 알아본다면, 태양활동과 전리층의 변화를 이해하는데 많은 도움이 될 것이다.

참고 문헌

- 곽영실, 안병호(2002). 전리층 전기전도도의 추정과 관련된 불확실성. 한국우주과학회지 2002. 248-254.
- 안병호(2009). 태양-지구계 우주환경. 시그마프레스.
- 한국천문연구원(2008). 태양 및 우주환경 변화 연구.
- Blelly, P.-L. & Alcaydé, D. (2007). Ionosphere, in: Y. Kamide/A. Chian, Handbook of the Solar-Terrestrial Environment, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 189-220.
- Deborah, S., Morris, C., Todd, H., Ray, M., & Philip, S. (2007). Distributing space weather monitoring instruments and educational materials worldwide for IHY 2007: The AWESOME and SID project.
- DiGregorio, B. E. (2008). Space Weather. Ionosphere (2006). In Wikipedia, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere>
- Kappenmann, J. G., and Albertson, V. D. (1991). Cycle 22 : Geomagnetic storm threats to power system continue, IEEE Power Engineering Review.
- Kelley, M. C. (1989). The Earth's Ionosphere, Academic Press, Inc : San Diego.
- Manley, J. A., M. C. Pollard, and J. M. Rowley. (1999). Space Weather Operations Baseline Report.

국문 요약

이 연구의 목적은 전파가 전리층에서 반사되는 원리를 이해하고, 우주환경 변화가 전파 통신에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 연구를 위하여 SID모니터를 설치하고, 안테나를 제작하였다. SID 모니터로 일본 Evino에서 송신하는 22.2kHz 전파를 수신하였다. 수신된 전파의 세기를 이용하여 전리층 D층의 상태를 분석하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다. 저주파 통신은 규칙적인 일변화를 가지고 상태가 변하게 된다. D층의 생성, 소멸과 관련하여 저주파 통신은 일몰과 일출 직후 전파의 세기가 약해지는 현상이 나타난다. 태양의 남중고도에 따라 낮 시간 전파의 세기가 변하는 것을 관찰했다. 밤에는 D층이 사라져 매우 불규칙한 변화를 보인다. 전리층은 계절적인 변화를 비롯하여, 여러 요인에 의해 변하는 것으로 생각되며 보다 자세한 변화 과정을 이해하기 위해서는 긴 시간 동안의 전파 관측이 필요하다.

주요어: SID 모니터, 전리층, D층, 저주파 통신