

## 宇宙空間科學의 概要와 測定現狀

日本電波研究所 電波部長 가스야·이사오

### 1. 서 론

지구주변을 둘러싼 대기는 2개의 현저한 물리 특성에 의해 분류할 수가 있다.

곧 그의 한계는 중성입자(Neutral particles)와 대기 한계는 荷電粒子(Charged particles)와 대기, 혹은 電離大氣로 크게 나눈다.

지구권에 존재한 중성입자는 惑星間 공간에 존재한 중성입자와 서서히 혼합하고 있는 球對象인 대기를 형성하고 있다.

한편 荷電粒子대기는 지구상층에서 전체로서는 전기적으로 중성 plasma를 형성하고 있고 이 지구 plasma는 제2의 plasma 곧 태양 plasma 혹은 태양풍에 부착하고 있다.

그리고 태양·지구 양 plasma 사이에 물리적인 상호 작용이 동작하고 양자간에 확실한 경계를 하고있다. 지구 plasma의 형은 태양에 대해서 반대방향으로 상당히 긴 꼬리를 가진 유선형(流線形)으로 되어서 나부끼도록 되어 있다. 그의 꼬리는 놀랍게 달궤도의 거리까지 혹은 그것을 넘어서 길어진 것이라고 생각할 수 있다.

대기의 상태를 관측하는 수단으로서 태양·별 등 타의 전체에서 자연히 방사해온 광을 포함한 전자파 지상에까지 뛰어들어온 중성 혹은 하전 입자를 측정하고 통과해온 공간상태를 관측하는

수동적인 방법과 지상에서 인공적으로 광, 전파를 방사해서 탐지하는 능동적인 방법등이 있다. 그러나 이 방법은 아무래도 도중의 상태가 중첩되어서 관측되는 수가 많기 때문에 실제로 그의 소자를 알수가 없다.

그곳에서 관측점까지 측정기를 보내기도 하고 타의 영향이 없는곳 까지 가서 측정할 필요가 있다. 이와같은 방법을 앞의 간접관측에 대해서 직접관측이라고 한다. 로켓트·대기구·인공위성의 발달에 의해서 직접관측의 범위가 현저히 넓어지고 지구와 대기의 상태·惑星間空間·다시금 우주공간의 인식은 놀랍게 발전하였다.

### 2. 지구대기영역의 분류

#### ㉑ 온도에 의한 분류

온도의 변화에 응해서 5개의 영역으로 분류된다. 이 중 4개의 영역대류권(Troposphere) 성층권(Stratosphere) 중간권(Mesosphere) 열권 또는 온도권(Thermosphere)은 온도가 높아짐과 함께 증감하고 그의 경계에서는 온도극대치 또는 극소치를 취하고 이것을 권계면(圈界面)또는 止面(Pause)라고 부른다. 제5의 영역 外氣圈(Exosphere)에 관해서는 지구중성대기와 惑星間대기와의 사이에 서서히 이행이 있다.

지상레벨 288K (15°C)에서 출발해 대류권을 통한 100m 상승할때마다 평균 0.6°C 강하하고 거의 15km에서 최저 200k까지 강하하고 성층권을 통해서 서서히 상승하고 약 50km에서 300k의 극대로 되고 제차중간권에서 감소하고 중간권 또는 열권 약 85km 낮은데서 제2의 극소치 176K을 취한다.

㉔ Ploes에 의한 분류

대기조성을 변화시키는데 어떠한 ploes에 의해서 행하고 있는가에 의해서 영역을 분류한다. 이것에 의하면 산란에 의해서 조성이 합해지고 있는 110km 이하의 영역을 산류권(Turbosphere)이라고 한다.

(表1) 지구대기 영역

NEUTRAL PARTICLES		
Temperature	Composition	Process
0-15km	Troposphere	
15-50	Stratosphere	0-100km Homosphere
60-85	Mesosphere	0~110km Turbosphere
above 85	Thermosphere	above 100 Heterosphere
above 500	Exosphere	110-500km Diffusosphere
		above Exosphere

열권온도는 외기권의 낮은곳 400~600km의 고도에서 1,500~2,000K한계치까지 상승하고 열권 중에서는 같은온도 또는 거의같은 온도로 되고 있지만 아직 충분한것은 알수 없다 일반적으로 성층권과 같이 온도가 위에는 높고 아래는 낮은곳에서는 안정하지만 역으로 대류권과 같이 상층이 낮은 경우는 불안정으로서 대기는 對流한다.

110km 이상 약 500~700km쯤까지 擴散작용의 효과가 크다.

각종 대기 입자가 각각의 분자량 원자량에 응

㉕ 조성계 의한 분류

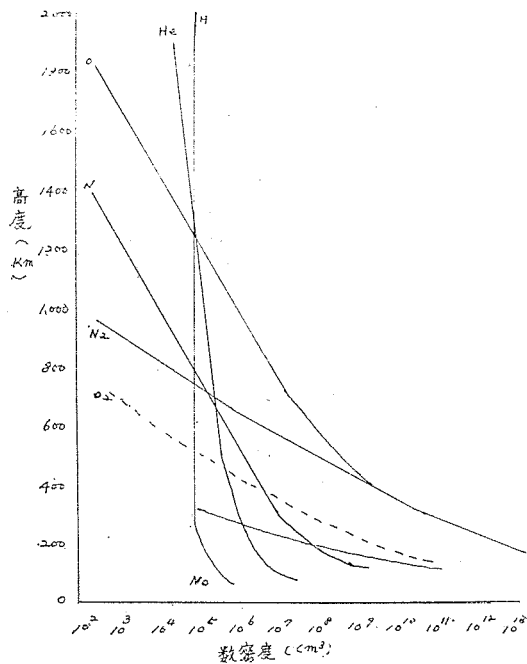
약 100km 높이까지 중성입자의 조성은 지상레벨과 꼭 유사하고 이 영역을 균일권(Homosphere)이라고 부른다.

100km보다 위쪽에서는 불균일 또는 異質圈(Heterosphere)이라고 한다.

조성이 높아짐에 따라 변화하고 있다(도1참조) 지상의 분자실소(分子窒素)에서 서서히 변화해 원자산소(약150km)로 그리고 1000~3000km에서 원자수소와 주로 조성이 변해온다.

그 이행하는 높이는 매우 변화하고 그 한계는 확실치 않다.

다시금 원자 Helium 실험데이터를 기초로 하면 어떤시간에서는 산소와 수소 영역 사이에 Helium 이 좁은 범위에서 중요하게 되는 수가 있다.



(도1) 고도 100km에서의 중성 대기조성수 밀도

해서 擴散평형을 갖도록된 다.

이와같은 영역을 擴散圈 (Diffusosphere)이라고 부른다 다시금 고도를 증가하면 입자의 충돌이 거의 무시된 외기권(Exosphere)으로 된다.

여기에서 운동하는 입자는 외기권 낮은에서 출발할때의 속도조건으로서 정하고 있다.

彈道궤도를 취한것 위성궤도를 취한것 다시금 重力場에서 탈출한 것 등으로 된다.

### 3. 전리대기(전리권)

태양에서 방사된 적외선 X선 1차우주선 등이 일반적으로 50km이상의 여러가지 대기를 전리시키고 이른바 전리권을(Ionosphere) 형성 시킨다 이 전리에 의해서 생긴 하전입자는 다음 2개의 외력으로서 재분포 된다 150km 이하의 하전입자는 아직 상당한 중성입자와의 충돌에 의해서 지배되고 있다.

이것에 의해 상층에서는 중성입자와의 충돌에 의해서도 주로 그의 場의 전자력의 지배한 편이 우수하고 이른바 凍結한 plasma로서 존재하고 있다.

여기에서는 plasma는 지구 자력선의 방향으로 용이하게 움직이지만 횡으로 움직이는 것은 허용 않는다 중성입자는 하전입자를 형성하는 원 물질이지만 전자장은 중성입자의 운동에는 영향이 없다. 하전입자의 운동만을 지배하며 초고층 대기에서는 중성입자와 하전입자와 밀도와 조성하는데는 반드시 관계를 가지고 있다고 할 수 없다.

#### 가) 열적하전입자(熱的荷電粒子)

대부분 하전입자 에베르기 분포는 중성입자와 거의 같은 온도 또는 2~3배로 대응해서 나타난다. 이와같은 하전입자는 후에 술한 그 위에 에베르가를 가진 입자와 구별하고 열적이라고 부른다.

이 열적하전입자의 대부분은 50~250km의 높이에서 형성되어 재분포 한다.

다시금 중래부터 행한 전자 밀도분포에 의한

(表2) 電離圈의 諸特性

領域	高さ km	密度 (12b) 10g 10m	組成	成 因		太陽 異點 과의 相關
				靜穩時	異常時	
D	下部	50~60	2	$N_2^+O_2^+$	一次宇宙線線	-
	上部	70~90	3	$NO^+$	La (1216A) SID X線	+
E	90-140	5	$O^+O_2^+N_2^+O^+$	$L_3(10257A)$ X線(30~100A)	PCA proton	+
ES	110			風(plasma의적극plasma의흔들림)	オロラ帶 ES 增加 electron	?
F <sub>1</sub>	200	55	$NO^+O_2^+O^+$	라이만連續(200~350A) 擴散作用	electron proton Hillwave	+
F <sub>2</sub>	300	6	$O^+$			
Heliosphere	1000	4	$He^+$	$H^+OZ$ $O^+H$		+
protonosphere	10000	2-3	$H^+$	大氣溫度		
(plasma knee)	3Re-6Re	1				

정력학적(靜力學的) 전지에 의해 영역을 명하고 있다. 또 하전입자의 운동상태에 의한 동력학적 전지에 의해 영역을 구분한다.

#### ① 정력학적 전지에 의해 본 전리대기

현재 관측기술에의해 겨우 전리가 검출된 약 50km에서 시작된 D영역의 전리층에서 200~600km 고도의 F영역  $10^{16}el/cm^3$ 의 전자밀도 최대치에 이르기까지 전자밀도는 층상으로되고 높이에 대해서 증가하고 있다 전리권의 제특성을 정확히 망라할수는 없지만 전형적인 특성을 표2에 정리 표시하였다. 1957년 국제지구관측년개시 이래 조직화된 전세계관측소(약 170)에서 정확하고 세밀한 공간적 시간적 전리층분포를 구하고 있고 다시금 "Alouette" I, II호 ISIS-I, II호등 캐나다 전리층위성에 의해서 최대전자밀도 이상 높이가 이른바 topsid 전자밀도를 구하고 그의 조성도 일단명확히 되고 있다. 표2에서도 보는데와같이 조성은 대부분이 정이온으로서 높이가 증가하였고 가벼운 정이온이 주요로 되어있지만

부이온의 조성은 아직 확실치 않다.

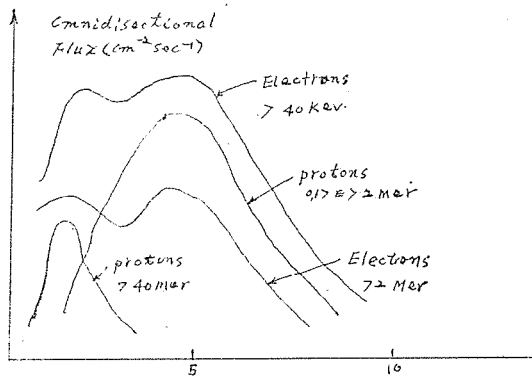
② 동력학적 전지에서 본 전리대기

150km 이상에 있는 지구자장 전장의 영향을 강하게 받고 자유로 운동하는것은 허용치 않는다. 이권외에서 이탈하는것은 할수없다. 이른바 凍結상태(Frozenin)로 되고 있다.

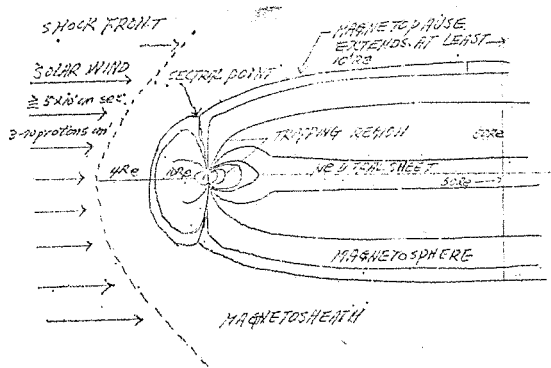
이와같은 영역을 자기권(magnetosphere)이라고 부른다 전자 이온 등의 입자는 지구자장의 영향을 받아서 gyro 운동을 하고있다 거기에서 각각의 gyro 주파수 그와의 장소에 있는 성층입자와의 평균충돌 회수와의 상대적 대소관계에서 영역을 정한다. 150km 이상의 자기권내에서는 이온 전자와 함께 gyro 주파수가 훨씬 평균충돌회수보다도 크다 150km 이하로되면 이온의 gyro 주파수보다 평균충돌회수의 편이 크게되고 더욱가벼운 전자는 80km이하로 되어서 처음 중성입자와의 충돌을 받는다.

전자 gyro주파수보다 평균 충돌회수가 크게된다. 이때문에 80km 와 150km와의 사이에서 이온 전자와의 운동에 차이가 생기고 전리층전류로 되어서 흐른다.

이와같은 영역은 Dynamo 영역이라고 하고 지자기학에서 유명하다. 이것을 지구내부에 본래부터있는 자장에 중첩해서 변화한 외부자장성



(2도) 고에너지 입자 분포



(3도) 태양과 지구대기와의 작용

분의 원인으로 되고 있다.

2) 고에너지 하전입자(방사능대입자) 자기권내에서는 plasma 운동을 지배할뿐만아니고 하전입자를 보충하고 수 Mev (100만 전자볼트)까지의 에너지를 갖은것이 있다.

이입자의 源으로된 가능성으로는 여러가지있지만 예를들면 은하우주선 태양우주선 등을 알수있다.

이것은 우주비행체에 의한 직접관측에서 구할수 있으며 최대 Flux는 흑성간의 Back ground 우주선 그것을 훨씬초과하고 있어서 자기권내에서는 보충한 고에너지입자의 존재를 확인할수 있었다. 사실보충 고에너지입자는 자기권이 있는 영역에서는 인간 기기에 위험을 주는데에 충분한 에너지를 갖고있다. 이 고에너지 입자는 또 태양대기와의 경계와 자기권과의 사이를 magnetosheath라고 부른다. "섬"(Island)과 이른바 고립된곳에서도 검출되는 수가 있다.

고에너지입자가 연속해서 검출된영역은 방사능대 (Radiation Belt) 또는 발견자의 이름을 붙여서 반 로렌대로서 알고 1958년 Explorer Isputnik III에 의해서 발견되었다.

이 방사능대는 내대와(內帶) 외대로 나누고 그 분포정도를 도2에 표시하였다. 또 태양대기

(3표) 태양 지구간 전파 관측법

영역	현상	관측 방법
태양	태양전파 Corona (plasma)	태양전파망원경 Patrol 형 간섭계 태양테다(V. H. F)
자기풍	전자밀도 duct 전파 V. L. F 방사 (whistler hiss tone-chorus)	topeside관측(HF) 비간섭성후방산란 관측(VHF) tope side관측(HF) 직접측정 whistler 관측(VHF) 잡음 관측(VLF) 斜傳般실험(VHF)
전영 퇴역 권	F 전자밀도 분포 충전자수 irregurality(split) 흡수 (SID 효과를 포함)	Ionosonde관측 topeside관측(HF) faraday회전 doppl- er관측, 직접관측 Ionosonde관측 topeside관측 A <sub>1</sub> pulse 진폭 측정 A <sub>2</sub> 우주잡음 흡수측 정 riometer A <sub>3</sub> 전계강도 측정 D <sub>1</sub> Short span Fa- ding법 D <sub>2</sub> 流星전리관측법 D <sub>3</sub> 전파성 Sycmill- ation법 D <sub>4</sub> long span 반사 raser 관측
	D·E 영역 auror-a-echo	Ionosonde관측 직접측정 A <sub>1</sub> ~A <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ~A <sub>3</sub> 장파전파(강도 기상 측정) D <sub>1</sub> ~D <sub>4</sub> raser Ionosonde 관측 Back scatter
성층권 대류권	대류권 산란 구조	전파 傳搬실험 UHF VHF raser Radio sonde 굴절율계음파

와 지구대기와의 사이의 작용을 Model 화한 것을 도3에 표시하였다.

③ 지구환경의 전파등에 의한 관측법

지구대기는 태양대기에 강한영향을 받고 있지만 이와 같은 복잡한 지구환경을 관측하는 寸法에 전자기술 혹은 전파기술을 어떻게 사용해서 측정되고 있는가에 관해서 표3에 현재 이용되고 있는 측정 寸法을 일람표로해서 기재하였다.

4. 결 론

이상은 지구환경에 있어서도 고공 특히 초고층대기의 일반적 정상상태 및 그의 측정법을 개념적으로 해설하였다.

지상근방의 상태 곧 기상에 관해서는 술하지 않았다.

최근 인류의 활동 이용범위도 이와같은 초고층 다시금 우주공간에 관해서도 지상에서의 측후와 같은 개념으로서 정상적으로 태양지구환경의 정상관측으로 발전하고 국제적으로 태양지구 환경 국제정상 관측사업 (International Monitoring of the sun Earth Environment MONS-EE)등으로 계획되는데 도달하고 있다.

