

# UHF 전 파 전 파 연 구



# 目 次

I. 序 論 .....	5
II. 無線周波数 SPECTRUM 利用 .....	7
1. 歴史的 SPECTRUM 利用 .....	7
2. 周波数帯別 伝播特性 .....	11
3. Device 開発 .....	18
4. 地上通信 動向 .....	31
5. Remote Sensing .....	32
6. ITU 活動 .....	36
III. 宇宙通信 技術動向 .....	41
1. 人工衛星 利用 .....	41
2. 通信衛星 .....	43
3. 放送衛星 .....	55
IV. 降雪时 電波減衰 .....	63
1. 理論的 考察 .....	63
2. 電波伝播 実験 .....	69
V. 結 論 .....	72
VI. 参考文献 .....	74

1980年度 電波研究；

UHF 電波伝播 研究

( 宇宙通信과 Spectrum )

전 송 기 사      육 재 립

전 송 기 사 보      백 준 호

전 송 기 원      정 점 균

## I . 緒 論

最近 電波의 有効한 利用을 위한 研究가 各國에서 活潑하게 進行되고 있다. 電波는 人類 生活과 너무나 密接한 關係를 갖고 있으며, 高度 成長化되는 情報 時代化에 따른 社会的 要求는 通信需要의 增大와 電磁波를 利用하고 있는 計測技術 및 ENERGY 利用度가 增大되고 또한 使用方式이 多様化됨에 따른 限定된 天然資源인 無線周波數 Spectrum이 不足化되기 때문이다.

더우기 科學과 技術 發展에 의한 人類의 꿈은 宇宙挑戰 契機가 되고 소련의 Sputnik - 1 衛星이 1957, 10, 4 最初로 成功的으로 發射됨에 따라 새로운 宇宙時代가 展開되었으며, 人工衛星에 의한 地球 및 宇宙領域에서의 各種 探查, 觀測, 通信中繼 그리고 科學 및 軍事的 目的에 實用化가 可能됨으로 自國의 国力伸張과 軍事的 優位 및 資源確保를 위한 人工衛星 利用度 增大와 宇宙開發 競争化에 따른 限定된 自然資源인 地球靜止軌道도 不足化되고 있다.

따라서 有限하며 自然的 資源인 周波數 Spectrum 과 地球靜止軌道の 效率的 利用과 自國의 利益保護를 위한 各國의 研究開發과 國際的 混亂防止와 公平한 利益追求를 위한 ITU의 活動이 進行되고 있다.

當 電波研究所는 電波資源 開發化 및 宇宙電波管理, 監視技術 開發化를 위한 基礎研究를 1978 年度 着手 높은 週波數帶 및 衛星 通信을 위한 電波傳播 基礎理論調查를 着手하였고 人工衛星 利用을

위한 技術動向 및 利用度 調査를 行하고 있으며, 大氣氣象變化 影響特性 實驗을 行하고 있다.

1980 年度에는 上記 調査 資料에 對한 無線週波數 Spectrum 의 利用動向과 Milli 波帶 開發 活動狀況과 宇宙通信技術 動向 및 電波傳播實驗 調査中 降雪에 對한 理論的 資料 및 實驗 內容을 論하며 衛星電波利用을 위한 最少受信 시스템 要求度を 위한 資料調査 內容을 論하고자 한다.

## II. 無線周波數 SPECTRUM 利用

### 1. 歷史的 SPECTRUM 利用; (參考文獻; ③④)

가. 無線通信 開始;

1888 年 Hertz (獨)가 電磁波 發生 實驗成功 以後의 無線通信에 利用되는 周波數帶別 時代的 區分을 하면 다음과 같다.

(1) 無線電話; 1896 年 Marconi (伊)가 英國에서 無線電話 實驗成功 以後, 1901 年 大西洋 橫斷實驗에 成功

(2) 真空管 利用; 1897 年 Braun (獨)에 의한 Braun 管이 發明되고, 1904 年 Fleming (英)에 의해 二極真空管이 發明되었으며, 1906 年 De-Forest (僞)에 의해 三極真空管이 發明되었고 1915 年 Hartley (英)가 真空管 利用 發振器를 發明하여 電學的 無線通信이 開始

(3) 無線電話; 1915 年 퍼달로이 (美)가 美國—프랑스間 無線電話通信 實驗成功

(4) 放送業務; 1920 年 美國과 英國에서 Radio 放送實驗 및 業務 開始

나. 短波通信; 1920 Kennelly (美)와 Heaviside (英)가 短波에 의한 大西洋 橫斷實驗 成功으로 電離層 存在를 發見하였고, 1923 年 Appleton (英)이 電離層 存在를 實証, 短波에 의한 遠距離 通信이 始作.

다. 超高周波通信;

(1) 通信理論; 1920 Barkhausen 과 Kurz (獨)가 B-K管에 의한 電子振動을 發明하고 1922年 Carson (美)에 의한 變調理論이 發表된 以後 1923年 Piece (美)에 의한 水晶發振子が 發明되며, 同時 1921 Hull 에 의한 Magnetron 과 遮蔽格子 四極真空管(1924)이 發明되어 安定된 超短波通信이 可能하였음.

(2) Television 放送; 1925年 Baird (英)에 의한 Television 實驗이 成功하였고, 1927年 Philips社에서 五極真空管 發明以後 1928年 Baird에 의한 Color TV 伝送實驗의 成功, 그後 1929年 Bell Lab.에서 Color TV 伝送實驗을 公開하였다.

라. M/W 通信; 1940年~

(1) 通信理論과 Device 發表; 1933年 Southworst (美)에 의한 導波管理論 發表와 實驗成功 以後 1935年 Armstrong (美)이 FM 變調方式을 發表 1939年 Varian (美)兄弟가 Klystron 發明과 同時 Hahn 과 Metcalf (美)들이 速度變調管을 發表하였고, 1942年(獨) 板極管이 出現되었으며, 1946年 Piece (美)가 進行波管(TWT)을 發表하여 美國內에서 1947年 M/W에 의한 TV放送이 始作되었다.

(2) Radar 利用; 1938年 Watson-Watt (英)가 電波에 의한 物体探知를 實驗・發明한 以後 1938年 超短波에 의한 Radar가



英國에서 利用되고, 1940 年 第二次世界大戰中 M/W를 利用하였다.

(3) 散乱波 通信; 1950 年 Booker 와 Gordon (美)이 大陸間 散乱波 通信理論을 發表한 以後, 1955 年 美國에서 實用化되었다.

나. 半導體 利用;

(1) TR 時代; 1950 年 Schockley (美)가 接合型 Transistor를 發表한 以後, 1952 年 다시 接合 Gate型 FET TR.을 提案하였고, 1955 年 美國에서 太陽電池를 實用化시켰으며, 1957 年 Esaki (日)가 Tunnel Diode를 發明하여 本格的 半導體 時代가 開幕되었음.

(2) IC 時代; 1960 年 Texas社에서 IC回路를 發見한 以後 Theuerer에 의해 에픽텐셜 TR가 發表되었고 1962 年 以後 Ga As에 의한 半導體 Laser가 出現되었으며, Hofstein과 Heiman (美)이 MOS FET를 提案하였고

(3) M/W 利用; 그후 Gunn에 의한 Gunn diode, Varactor, IMPATT diode, TRAPATT diode, BARITT diode, Bipolar TR, Schottky Barrier FET(SBFET) 등이 出現되고 M/W用 IC(Honolithic Microwave IC; MIC<sub>S</sub>)가 出現되어 M/W 및 E/H\* 波帶에서도 半導體 利用이 되고있다.

다. Millimetric 波 利用;

(1) 實驗; 1946 年 Bell Lab.의 Mueller (美)가 Klystron

\* 主 1. M/M; Millimetric Wave

電波를 遞倍하여 48.5GHz 인 Millimetric 波(以下 M/M 波)를 利用하여 通信에 利用하기 위한 伝播實驗 實施以後 美, 英, 蘇, 日本 등에서 M/M 波 利用 伝播實驗이 實施되었다.

(2) M/M 波 利用; M/M 波 實驗 以後 1972 年부터 NTT(日)에 의한 W-40G, 1974 Bell Lab. (美)에서 WT-4, 英國, 프랑스 등에서 30 ~ 120 GHz 의 導波管 伝送方式 研究 및 實用化가 되었고 無線通信用 40 GHz 帶를 OKI(日), 60 GHz 를 美國 Collins 및 W.J 社에서 通信機를 製作・販売中이다.

따라서 1960 年度부터 研究開發 및 實驗에 의한 約 200 GHz 帶까지의 Device 가 開發되어 約 110 GHz 까지의 電波를 Radar 및 通信과 衛星通信 및 電波天文用으로 開發 및 實用化 中이다.

#### 사. 宇宙電波 利用;

(1) 衛星通信; 1946 年 J.M.fenson (美)이 Radar에 의한 月面 反射波 受信實驗以後, 1952 年 A.C.Clark(英)가 靜止軌道衛星에 의한 宇宙通信中繼 利用을 示唆한 以後, J.H.Trexler (美)가 月面反射波에 의한 音聲通信中繼 實驗以後, 1957 年 소련의 人工衛星 發射成功과 함께 衛星利用이 시작.

(2) 能動 通信中繼; 1960. 8 ECHO-1(美)에 의한 電話 및 TV 受動中繼가 成功되자, 1962. 7 Telstar-1 (美)에 의한 大西洋 橫斷 能動 宇宙中繼가 成功되어 宇宙通信이 始作됨.

## 2. 周波數別 電波特性

가. 通路煤質 影響 ; ( 參考文獻 ; ⑤⑥⑦⑧ )

(1) 煤質 領域 ; 空間을 傳播하는 電波는 通路上 煤質의 影響을 받는다, 煤質 領域을 물로 大別하면, 하나는 大氣中の 酸素와 水蒸氣 成分에 의한 吸收, 氣象粒子인 降雨, 降雪, 안개 및 水晶에 의한 屈折, 吸收에 의한 減衰, 位相變動, 偏波特性變化등이 發生되고, 다른 하나는 地球磁場內에서 不規則하게 電離化된 電子 등에 의한 吸收, 反射, 屈折, 到來方向變動, 傳送時間遲延, 周波數變化, 偏波回轉 및 Scintillation 效果등이 發生된다. 電波의 傳播特性에 對해서는 1978, 1979 年 電波 研究報告書에 報告되었으나 簡略하게 考察하면 다음과 같다.

(2) 電離圈 影響 ; 電離圈 影響을 받는 周波數는 30MHz 以下에서 큰 影響을 받으며, 그 以上 周波數 增加에 따른 反比例 影響度 特性을 갖고 있어 VHF 帶 以上 周波數 利用時 比較的 制約을 받지 않으나 太陽活動度 影響에 의한 Aurora Zone 및 Magnetic-Storm 發生時 12GHz 帶까지의 宇宙通信 利用時 最大 約 4dB 및 商用通信衛星 周波數인 4GHz 帶에서 約 15dB 의 減衰 影響이 報告되고 있다.

表1 Geomagnetic Storm時 衛星電波 減衰影響

Scintillations observed on frequencies from VHF through SHF band on 22-23 March 1979.

Frequency	Satellite	Receiving site	Scintillation time (JST)	Fluctuation (dB <sub>0-p</sub> )
136MHz	ETS-II (130°E)	Yamagawa (31.2°N, 130.6°E)	22nd 2015 - 23rd 1205	-15.5
		Tokyo (35.7°N, 139.5°E)	22nd 2111 - 23rd 1200	-15.0
		Kashima (36.0°N, 140.7°E)	22nd 2111 - 23rd 1045	-16.0
		Hiraiso (36.4°N, 140.6°E)	22nd 2110 - 23rd 1015	-16.0
1.7GHz	GMS (140°E)	Matoyama (36.0°N, 139.3°E)	22nd 2305 - 23rd 1354 23rd 0205 - 0340	- 8 - 10
	C S (135°E)	Kashima (36.0°N, 140.7°E) Hiraiso (36.4°N, 140.6°E)	23rd 0200 23rd 0045 - 0800	weak - 0.9 ND
4GHz	IS-105 (63°E)	Hong Kong (22.2°N, 114.2°E)		ND
		Taipei (25.1°N, 121.6°E)		ND
		Yamaguchi (34.2°N, 131.6°E)	22nd 2044 - 2125	-10
		Hiratsuka (35.4°N, 139.3°E)	22nd 2055 - 2130	- 7
		Kum San (36.1°N, 127.5°E)		ND
		Peking (40.1°N, 116.2°E)		ND
	IS-POS (174°E)	Hong Kong (22.2°N, 114.2°E)		ND
		Taipei (25.1°N, 121.6°E)		ND
		Shanghai (31.2°N, 121.5°E)	22nd 2020 - 2125	
		Kum San (36.1°N, 127.5°E)	22nd 2100 - 2330	
		Baraki (36.7°N, 140.7°E)	23rd 0215 - 0315	- 1
		Peking (40.1°N, 116.2°E)	22nd 2155 - 23rd 0205	
	IS-105 (172°E)	Yamaguchi (34.2°N, 131.6°E)	22nd 2030 - 2230	-15
12GHz	BSE (110°E)	Yamagawa (31.2°N, 130.6°E)	22nd 2010 - 2057 2105 - 2117 2200 - 2300	-1.5 weak weak
		Tokyo (35.7°N, 139.5°E)	22nd 2120 - 2217	weak
		Kashima (36.0°N, 140.7°E)	22nd 2130 - 2230	weak
		Wakkanai (45.4°N, 141.7°E)		ND

• third peak-peak

나. 大氣影響; (참고문헌: ⑤)

(1) 吸收; 大氣中을 伝播하는 電波에 대한 가장 큰 影響要素中 酸素와 水蒸氣등의 分子에 의한 特定 周波數帶의 吸收는 M/W波 以上 周波數 利用時 使用周波數의 制約要因이 된다. 이러한 吸收 周波數帶는 다음 表2와 같다.

表2 大氣成分別 吸收周波數 特性

成 分	吸 收 周 波 數 ( G H z )
O <sub>2</sub>	56.26 , 58.55 , 59.59 , 60.43 , 61.15 61.83 , 62.41 , 62.99 , 63.56 , 64.12 64.67 , 65.22 , 65.76 , 66.30 , 66.83 67.36 , 67.90 , 68.43 , 68.96 , 69.48 118.75 , 367
O <sub>3</sub>	184.74 , 235.71 , 237.14, 364.43,
CO	115.27 , 230.58 , 345.79,
N	100.49 , 125.61 , 150.73, 175.85, 200.97 226.49 , 251.21 , 276.32, 301.44,
H <sub>2</sub> O	183.31 , 325.15 , 380.19,

(2) 気象 影響; 大氣中을 傳播하는 가장 큰 障礙 要素는 M/W 以上の 높은 周波數利用時 大氣圈內에서의 降雨, 降雪 및 안개 등과 같은 気象 粒子에 의한 影響이다. 降雨에 의한 減衰는 3.5GHz 以下에서는 問題時되지 않고, 獨立된 偏波利用時 影響이 없으나 通常 4GHz 以上の 시스템과 交叉偏波를 利用時 問題가 된다. 가장 큰 気象影響은 물의 屈折率變化, 降雨分布에 따른 減衰, 降雨 狀態變化에 따른 偏波間 位相差 變化 및 交叉偏波識別度の 鈍化 要因이 되는 것이다.

參照 그림 1 降雨減衰特性

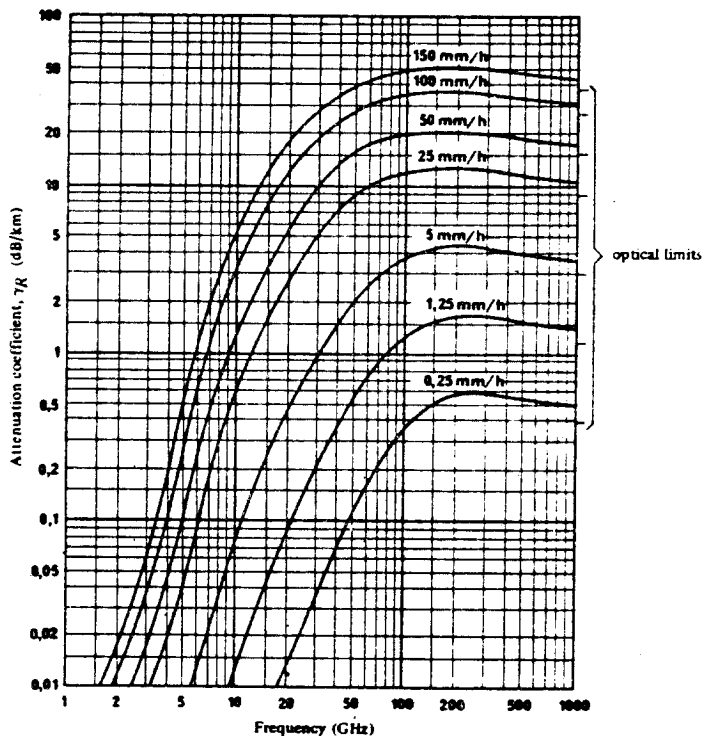


圖 1 降雨減衰特性

또한, 其他 氣象粒子인 안개, 눈, 우박, 진눈개비, 氷晶 등에 의한 影響이 問題가 되고있다. 더우기 大氣中의 溫度와 濕度 變化에 의한 屈折率 變動에 의해 多重伝播路 現狀 發生에 의한 大氣 Sc-intillation 效果가 發生하는 점을 考慮하지 않을 수 없다. 더우기 降雨 및 降雪時 雨滴粒子에 의한 散亂波는 他 電波와의 結合 要因이 되어 混信이 問題된다.

이러한 氣象粒子 以外에 구름대에 있는 氷晶 Cell(Bright Band)에 의한 宇宙通信時 通路變化와 減衰를 考慮하지 않을 수 없다. 이러한 諸 大氣中 氣象影響을 考慮하면 다음 그림 2와 같이 나타낼수 있으며, 降雪에 의한 影響은 IV章에 論하고자 한다.

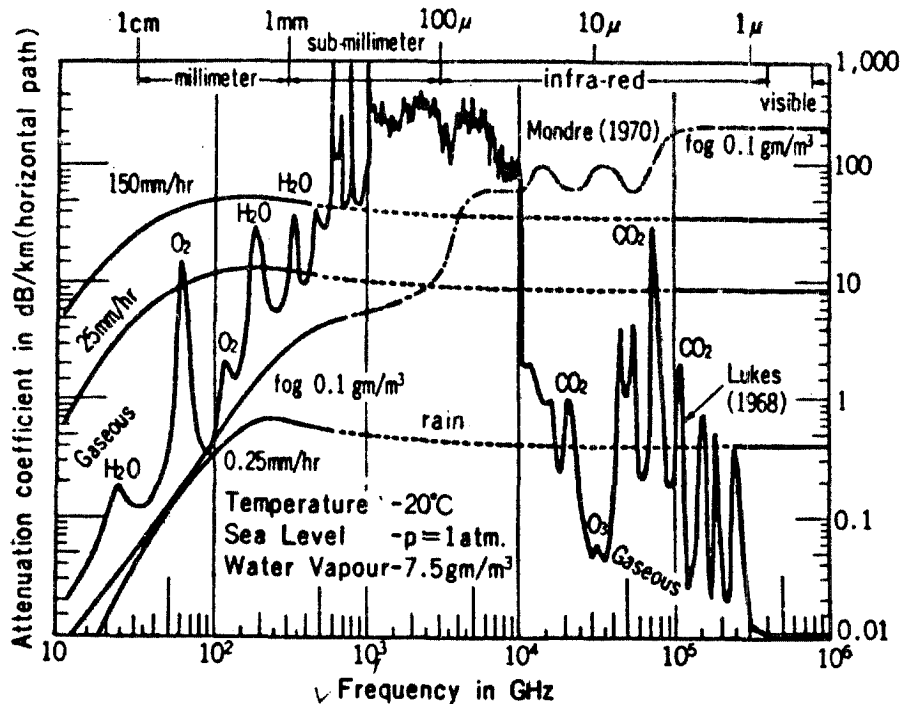


圖 2 氣象粒子에 의한 伝播特性

다. 有效利用 周波数帯; 無線通信 利用時

電波減衰 影響이 가장 적은 電離圈影響 周波数帯인 HF 帶와 M/W 以上 周波数의 大氣成分 吸收帶를 除外한 周波数帶를 Radio Window 라 한다면, 이 周波数帶는 다음 表 3 및 그림 3 과 같다.

表 3 Radio window 周波数帶의 天頂方向 減衰

領 域	周 波 数 帯	天 頂 方 向 減 衰
I	9.4 G H z	0.145 d B
II	33.3 G H z	0.414 d B
III	100.0 G H z	1.250 d B
IV	130.0 G H z	0.906 d B
V	231.0 G H z	2.110 d B



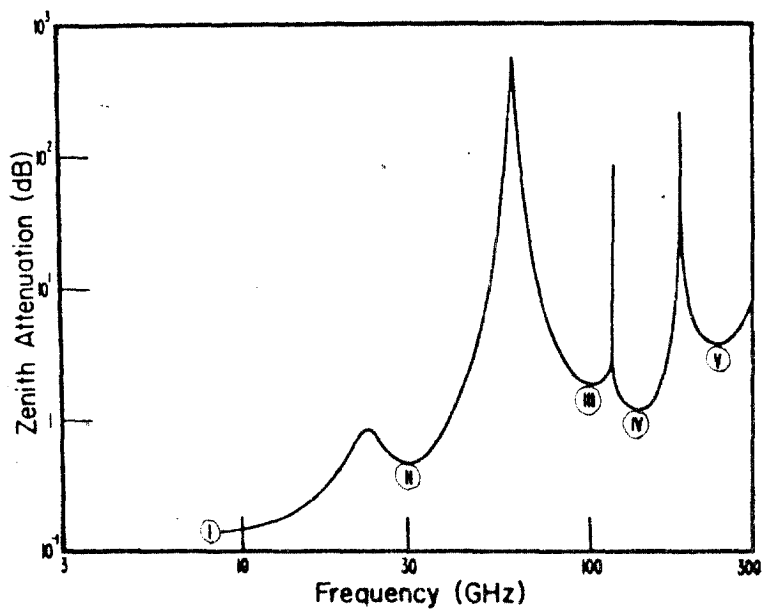


圖3 Radio Window Frequency Band

따라서 周波數 Spectrum을 無限에 利用하기 위한 가장 有效한 周波數帶는 Radiowindow帶(圖3)을 利用함이 바람직하며, 其他 周波數帶는 波衰要因別 Remote Sensing 및 其他 適切한 業務에 逆利用이 必要하며, 現 10여 GHz帶까지 利用하지 못하는 周波數帶를 Radiowindow帶인 33, 100, 130 및 230GHz帶의 有效 利用方案을 講究하여야 할 것이다.

### 3. Device 開發 ( 참고문헌 ㉑㉒㉓㉔㉕ )

#### 가. 動 向 ;

$M/W$  以上 周波數帶用 Device 는 Klystron 開發 以後 半導  
體 産業發展으로 固體素子에 의한 發振, 增幅, 周波數變換, 變調用  
등의 Device 가 開發되어 300GHz 帶까지 利用 可能하게 되었다.

$M/W$  帶 開發은 軍事目的으로 美國, 英國, 朝鮮 등에서 開發되었으나  
小型, 輕量, 經濟性 등의 理由로 Radar, 宇宙開發, 公衆通信, Remote  
Sensing 및 Energy 分野에서 利用되고 있다.

#### 나. 發振器

(1) 固體素子;  $M/W$  및  $M/E$  波帶 高周波 發振源으로는 電子管  
과 固體素子로 區分이 되며, 固體素子로는 GUNN, IMPATT, TRAPA-  
TT, BARIT diode 등과 Bipolar Transistor, Schottky,  
Barrier FET 등이 있으며, 現在  $M/W$  波源으로는 IMPATT 및  
GUNN diode 가 主로 利用되고 있다.

(2) IMPATT diode ; Si IMPATT diode 는 가장 높은  $M/W$   
波 高出力源이며, 最高 發振周波數 394GHz 까지 連續 發振이 可能  
하며 240GHz 에서 48mW, 301GHz 에서 1 mW 의 出力을 얻을 수  
있다. 또한 GaAs 材料技術로 GaAs IMPATT diode 는 Si  
IMPATT 보다 20GHz 以下에서 高出力, 高效率이나 最高 74GHz 까지  
發振 可能하다.

다음 表 4 는 IMPATT diode 에 의한 諧振 周波數別 送信出力이며, diode 出力을 高次 Mode ( 例 TM020 ) 의 Cavity 를 利用한 結合으로 高出力을 얻을 수 있다.

表 4  $\lambda/m$  波 IMPATT Diode 特性

FREQ	CONTINUOUS WAVE		PULSE(P-P)	
	SINGLE	COMBINED	SINGLE	COMBINED
11 GHz	60 W 25%			
30 "		10W(8diode)		
35 "	2.4(21.6%)	5W(8 "	28W	
40 "	2.3(6%)			
60 "	1.6( $M_{ax}$ )	1.4W(2)		
94 "	0.4( $M_{ax}$ )		15.4(6.4%)	40W(4diode)
120 "	150 mW		4.4W	3.5W(2 "
220 "	50 mW		550W	
240 "	48 mW			
301 "	1 mW			

上記 各 IMPATT Diode 에 의한 周波数別 効率을 圖式하면 다음 그림 4 와 같다.

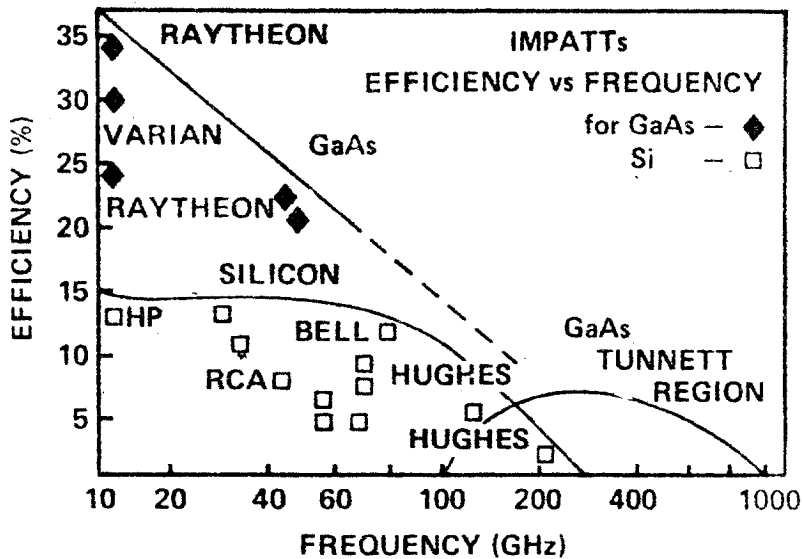


圖 4 IMPATT Diode 効率

(3) GUNN Diode ; Gunn diode 는 IMPATT diode 에 비해 出力, 効率面에서 劣勢이나, 低雜音 特性이 있어 受信局部發振用으로 利用되며 最高 94GHz 의 発振이 報告되었으며, 利用素子는 主로 GaAs diode 가 開發되고 있으며, 雜音 特性이 優秀하여 Inp Gunn diode 의 活発한 開發이 되고 있다.

M/W 波帶 各種 固体発振素子の 発振範圍와 出力關係를 살펴보면  
다음 그림 5 , 6 과 같다.

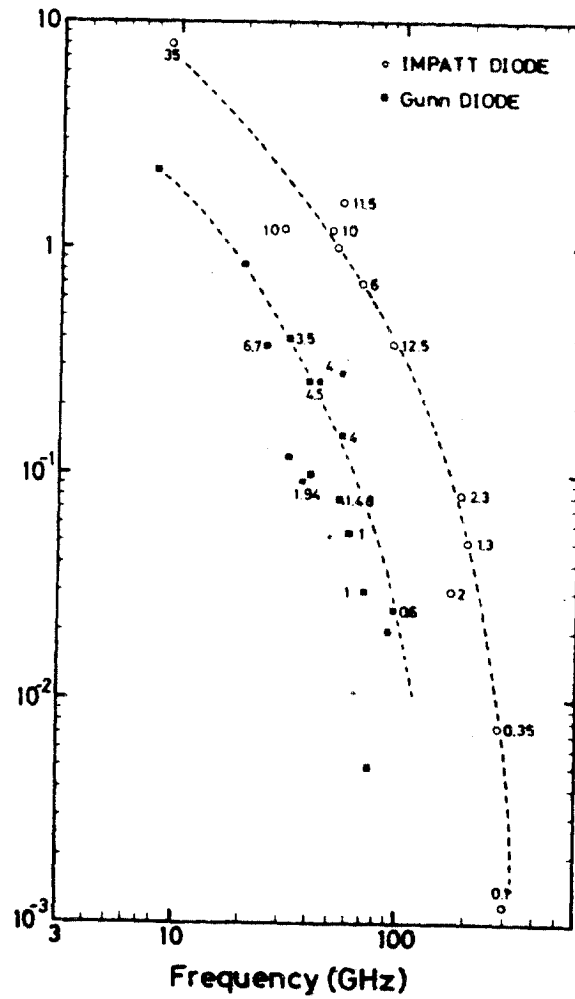


圖 5 IMPATT 와 GUND Diode 特性

( 圖中 數字는 電力効率 ( % ) )

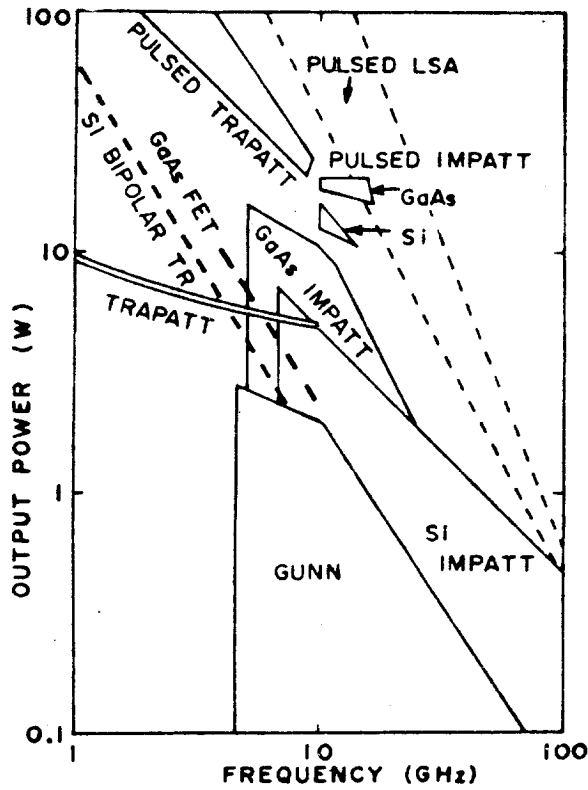


圖 6 各種 固體 發振素子の 周波數  
및 出力範圍

(4) 通倍 發振； 固體素子에 의한 直接發振 이외에 一定 周波數發振出力을 위해서 水晶發振器에 同期된 數 GHz 帶 Transistor發振出力을 Varactor로 通倍하여 必要한 電力을 얻는 方法이 있다. 例로써 Radar 用 94GHz는 Synthesizer에 의한 VHF를 GUNN Phase Lockoscillator를 利用한 후 IMPATT CW 및 Pulsed diode에 의해 局部發振周波數인 94GHz를 만들어 利用하며, 200GHz 帶를 2 通倍하여 損失 13.1dB, 出力 2.9dBm의

Varactor diode가 얻을 수 있어 高安定 周波數獲得이 可能하다.

## (2) 電子管 発振

固体 素子 이외의 電子管에 의한 M/W 波의 장 周波數 発振源으로서는 Klystron, Magnetron, backward-Wave Tube 및 Gyrotron과 Reflex Triode 등이 있으며 通常 Klystron, Magnetron과 Gyrotron 등이 많이 利用되고 있고, 가장 強力한 出力으로서 Magnetron이 利用되나 M/W 波帶用으로 Backward-wave Tube가 有望時되며 最近 Gyrotron에 의한 超高電力(Ultrahigh Microwave Power) 発振에 의한 Gyrotron과 Plasma 發生에 利用되며 主로 M/W Radar에 利用되고 있다. 最近의 超高電力 発振 特性은 表 6 과 같으며 各 電子管別 M/W 帶 以上 周波數의 発振 特性은 그림 7, 8, 9 와 같다.

表 5 超高電力 電子管 特性

TUBE	POWER	FREQUENCY	EFF.
MAGNETRON	1GW	S-band	35 %
Gyrotron	1GW	X-Band	0.4 %
Reflex Triode	3GW	X-Band	5 %

더우기 Gyrotron 은 Energy 利用面에서 核融合, Cyrotron과 Plasma 發生用 發振源으로서

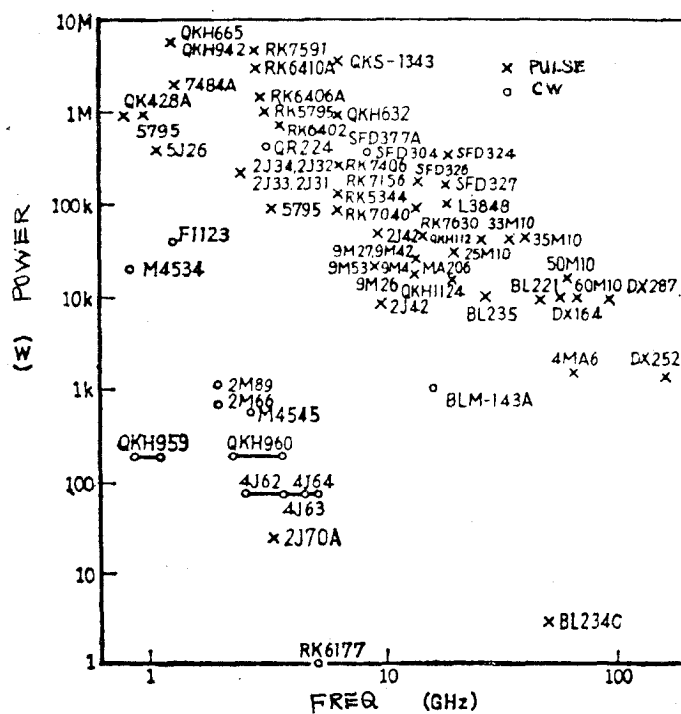


圖 7 Magnetron 管 發振 範圍



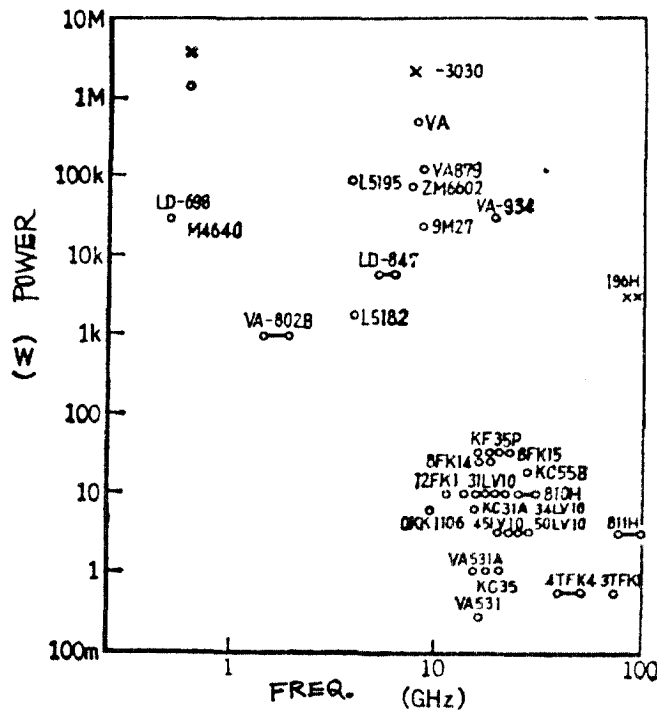


圖 3 KLYSTRON 管의 發振 範圍

主; Backward wave tube; 일명 Carcinotron이라 하며  
 同期性を 갖는 低速波 回路에는 많은 空間 高調波가 存在하며  
 後進波와 電子 速度를 同期시켜 發振 利用함. 미리파 發振에  
 適切함.

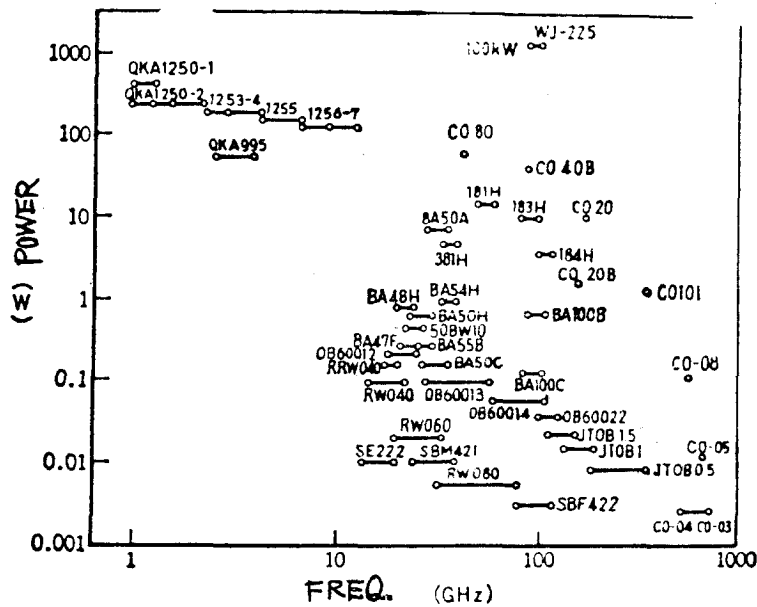


圖 9 B-W 管의 振 幅 範 圍

새로운 超電氣力源의 電子管이 되어 近來에서 15GHz/380 Kw (30%), 美海軍研究所에서 110GHz/200Kw, 美國立 Rigel 研究所에서 28GHz/200Kw 로 利用되고 있고 35GHz에서 40% 效率의 200Kw 를 發生시키며 300GHz 까지 利用 予定이다.

다. 增幅器; M/W 以上 周波數의 增幅用으로 TWT MASER, PARAMETRIC-AMP.(冷却, 常溫), T.W.T AMP. 및 FET AMP 등은 Tunnel diode 增幅器등이 있다. TWT 및 PARAMETRIC AMP 등은 雜音特性이 극히 優秀하나 大型, 重量, 高價이며 通用 및 補修

가, 容易하지 않다. 最近 半導體 素子에 의한 MIC(Monolithic M/W IC) 回路를 利用한 GaAs 및 Si를 利用한 IMPATT diode 와 GaAs 및 InP를 利用한 Gunn diode 및 Tunnel diode를 利用한 固體素子 및 Schottkey Barrier Mixer와 FET 增幅器를 利用한 微波파대에가 利用되고 있다. 尤우기 GaAs FET와 Mixer를 MIC상에 裝着시켜 小型 輕量의 優秀한 性能을 갖는 素子が 開發되고 있다. 例로서 260 ~ 300GHz 帶의 3100°K 受信素子와 Beam-lead Mixer diode에 의한 110GHz 9.8dB M.F 受信素子및 300GHz 帶에서 300°K의 FET 素子が 開發 利用되고 있다. 此러한 各 增幅器들의 周波數別 雜音特性은 그림 10 와 같으며 FET 增幅의 雜音溫度特性은 그림 11 와 같고 Diode 들의 增幅出力은 그림 12 와 같다. 따라서 最近 固體素子들에 의한 M/K 波까지의 受信 增幅利用이 可能하며 高出力增幅 出力을 利用하기 위해서는 TWT가 利用되어야 할 것이다.



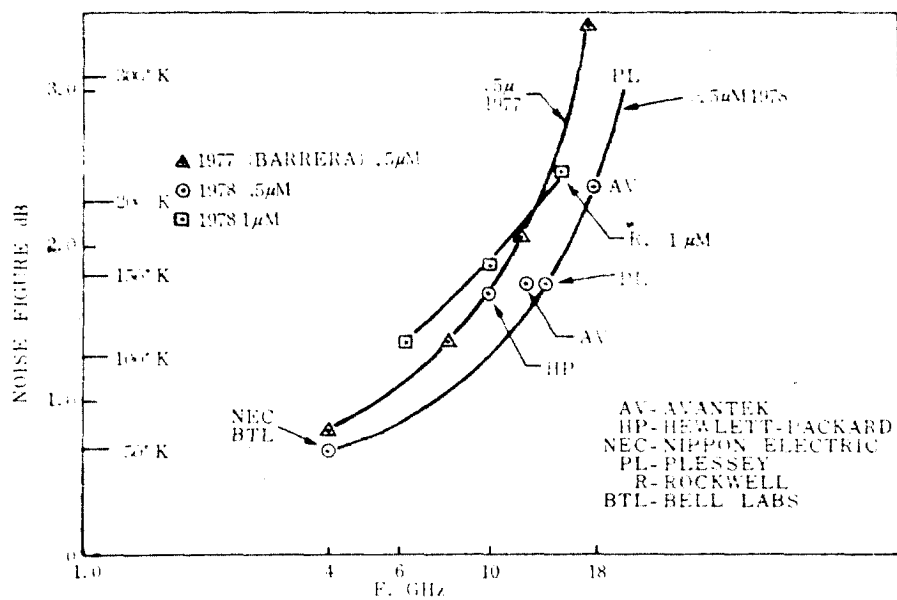


圖 11 FET 增幅器之 雜音特性

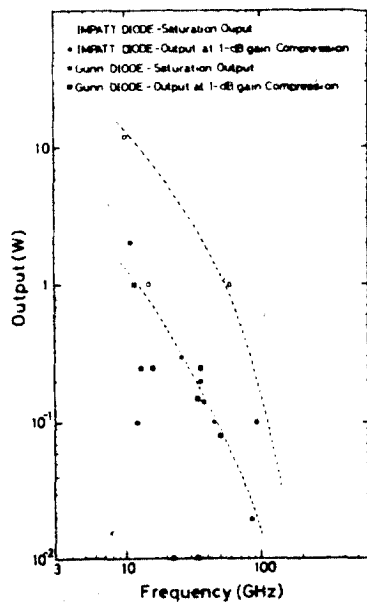


圖 12 各種 Diode 之 增幅出力特性

라. 周波數 變換器 ; M/W 以上周波數 變換은 170GHz 에서  
 6.2 ~ 7.2dB , 230GHz 에서 10dB 의 變換損失이 報告되고 있고  
 GaAs FET와 MIXERdiode를 MIC化함에 따른 小型・輕量으로서  
 良好한 特性을 얻을 수가 있으며 GaAs-SB diode 및 Josephson  
 接合 低雜音 MIXER 등이 開發되고 있다. 다음 그림 13 은 半導  
 體 MIXER에 의한 周波數變換 特性을 나타내고 있다.

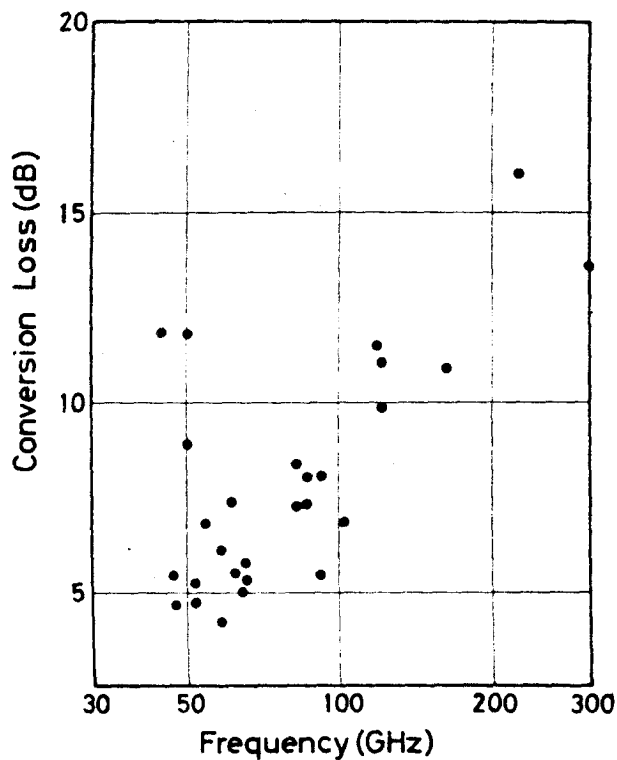


圖 13 M/W波索子의 周波數 變換 損失

또한 M/W 波帶에서는 Strip-Line 과 Image 線路 및 誘导体線路 등에 의한 MIC 化가 活潑하게 研究되고 있으며, 半導體에 의한 MIC 에 의해 ~~M/W~~ 波帶의 利用이 可能하게 되었다. 따라서 M/W 에 서 M/W 波帶까지의 半導體(GaAs)의 役割·比重은 매우 重要な 位置를 차지하고 있고, 小型·輕量·經濟性 및 特性 등이 良好하여 軍事, 通信, RADAR 및 宇宙技術에 널리 利用될 것이다.

#### 4. 地上通信 動向; (참고문헌; 39)

가. M/W 通信; 公衆通信用 M/W 通信周波數는 12 ~ 13GHz 帶가 ST-Link 등과 近距離 通信에 主로 利用되고 있으나 15~18GHz 가 簡易通信用으로 市販(ICM, FAR, NEC, OKI 社) 利用되고 있다. 最近 OKI 社에서 40GHz 用 MACT-1A 를 製作·實驗, 市販이 되었다. MACT-1 은 出力 5 mW, 空中線 利得 43dB(45cmφ) 로서 16 km 通信區間 利用時 50(mm/h) 降雨時의 Margin 44dB 以上の 96Ch (6.312 Mb/s) 디지털 伝送이 可能하게 되었다. 이케의 伝送 損失은 11dB/km 가 된다.

이러한 短距離 通信用은 都市 근교에서의 大容量 伝送 利用時 効用性이 높다.

나. 軍事通信 ; 美国에서 33 ~ 40GHz 帶用 送受信機를 Raytheon 社에서 開發, 高速 digital(250 ~ 500Mb/s) 伝送 System에 利用中이며, 60GHz ~ 110GHz 가 W-J 社와 Raytheon 社에서 開發되었다. 60GHz 는 酸素(O<sub>2</sub>) 吸收 周波数帶로 인함 大氣損失 14dB/km가 되어 送信出力 70mW, 空中線 利得 37dB(6 InØ) 通信區間 2km에서 PSK 利用時 500(Mb/s), FM Wide-band 利用時 25 (Mb/s)의 通信이 되며 受信機는 150GHz까지 利用 可能도록 되었다. 이 通信機는 小型·輕量으로서 通信保安維持, 広帶域伝送, 空中線 크기 縮小가 可能하다.

따라서 軍事通信用으로 60GHz 帶 利用度가 增大될 것이다.

##### 5. Remote Sensing: (참고문헌 : ⑤③⑥)

가. Radar 動向 ; Radar에 의한 物体探査 利用周波数는 M/W 帶에서 目標物의 精密測定과 高分解能 維持를 위한 M/M 波帶가 利用된다. 最近 M/M 波 Device 性能向上으로 測雲用 35GHz, 自動車 衝突防止用 35GHz 또는 60GHz 帶 Doppler Radar 및 航空機에서 地表面 畫像撮影用 95GHz가 利用되고 있다. 이들 周波数帶는 惡天候時 近距離에서 高分解能 利用과 周波数 増加에 따른 空中線의 性能 向上으로 目標達成이 可能하기 때문이다.

##### 나. Remote-Sensing

(1) 最近 地球表面 및 宇宙와 電波天文用으로 Remote-Sensing 技術이 研究·開發과 實用中이다. 地球表面에 대한 넓은 地域



을 短時内に 反復觀測으로 自然環境, 資源, 土地, 水資源 利用度 및 公害와 防災 그리고 軍事目標資料 取得을 위한 M/W 및 M/M波 利用이 進行中이다. R·S.은 航空攝影과 Radar 技術 및 計測技術과 宇宙技術, 畫像處理, 解釈技術 發展에 의한 衛星으로 부터의 地球 및 宇宙觀測이 可能하여졌다.

(2) 特性; 모든 物体는 FLANK 熱放射法測(Remote Sensing)에 의해 特有한 波長의 電磁波를 發生함에 따른 電力(輝度; Brightness)을 受信하여 物体에 대한 面積, 周波數 및 單位立體角 當量을 溫度로서 觀測 可能하다. 따라서 衛星에 의한 地表에 대한 緯度 溫度測定으로 晝夜 區別없이 地表面과 구름 및 海面狀態를 測定할 수 있다. 그러나 M/W 利用時 空中線 利得과 크기 問題와 따른 分解能이 낮다.

上記점을 補完하기 위한 能動型 放射計를 利用하여 晝夜 區別없이 地表面에서의 太陽光線과 物質反射率의 問題없이 植物, 地質물의 分布와 構造 및 土壤成分과 海面 및 波濤狀態 등의 觀測에 有効하다.

따라서 Remote Sensing에 適合한 各 對象物別 使用 周波數는 다음 表 6과 같다.

表 6 , 受 動 形 M/W Sensor 利用周波数

特 定 对 象 物	周 波 数 . [GHz]
土壤, 海水中 塩分	1.4 , 2.7
海面温度, 河口水面温度	5 , 6
海象象	11 , 18
雨	11 , 15 , 18 , 37
氷	11 , 18 , 30 , 37 , 90
雪	11 , 18 , 37 , 90
水蒸気, 水滴	15 , 21 , 22 , 24
気温	55 , 100
雲	90
油汚染	30 , 90
N <sub>2</sub> O, O <sub>3</sub> , CO 等	100 GHz 以上

또한 Remote - Sensing 에 의한 地表狀態를 Mapping 하고  
 気温과 大氣狀態의 高度分布를 測定 可能하다.

衛星搭載用 Sensor 로서 NIMBUS - 5, 6 TIROS - N 에 의한 氣  
 溫高度 分布測定과 COSMOS - 384, NIMBUS - 5, 6 에 의한 22.2,  
 37.5GHz 에 의해 雨域과 水蒸氣를 測定하였으며 LANDSAT, SEAS-  
 AT - Ⅱ가 能動 Sensor 를 利用하고 있다.

表 7 . 能動 M/W Remote-Sensing 利用周波数

周 波 数	測 定 対 象
1 GHz 付近	波 浪 構 造
3 "	地 質 成 分
5 "	土 壤 水 分
10 "	降 雨
14 "	風 , 水 , Geoid
17 "	植 被
35 "	雲

## 6. ITU 活動 ( 参考文献 ; ① , ② , ③ , ④ , ⑤ )

19 世紀後半 電信事業이 Europe 에서 成行하던 初期, 國際間 條約과 規測의 運用을 위해 開催된 萬國電信聯合의 創設 以後인 1932 年 Madrid 에서 開催된 第四回 國際無線電信會議가 同時 開催되어 國際電氣通信聯合 ( ITU ) 을 發足시켰다. 제 2 차 大戰後 開催된 1947 年 Atlantic 會議에서 電波의 國際的 行政을 根本的으로 改正하여 國際聯合 ( UN ) 의 專門機構로 附屬시켰으며 周波數分配와 世界通信區域을 設定하였고 1953 年 Buenos Aires 會議에서 結定을 지워 周波數 Band 를 決定하였다. ( 當時 無線周波數 上限 ; 40 GHz ) 그후 소련 Sputnik-1 衛星의 成功的 發射와함께 宇宙通信 ( 周波數를 위한 제 9 회 CCIR 總會 ( 1959 ) 時 宇宙通信關係研究 Group ( SG-4 ) 를 設置하고, 宇宙通信周波數 選定을위한 勸告와 同年 無線通信主管庁會議 ( OARC ) 에서 宇宙業務에 관한 最初 用語定議와 10 KHz ~ 31,8 GHz 의 周波數帶에서 13 波, 約 520 MHz 帶域幅을 割當하였다.

그후 제 10 회 CCIR 總會時 ( 1963 ) 「宇宙通信을 위한 臨時無線通信主管庁會議」 ( EARC-SPACE ) 에서 各種 衛星業務別 周波數 割當 ( 合計 約 10 GHz ) 과 電波天文을 위해 地域別 周波數 割當이 되었고, 宇宙通信에 관한 製度的・技術的 指針을 整備하였다.

또한 1971 年 宇宙通信을 위한 世界無線主管庁會議時 ( WARC-ST ) 宇宙業務를 13 種으로 分類하고 電波上限을 40 GHz 에서 275 GHz 로 定하였으며, 各 業務別 周波數帶 割當을 行하였다. 그후 約 20 年

만에 世界無線通信主管庁會議(WARC-G)가 1979, 9 Geneva에서 約 10 주간 開催, 無線周波數 Spectrum利用과 宇宙通信에 관한 技術事項을 再整備하여 1982.1 부터 時効을 갖도록 하였다. 다음 事項은 WARC-79 에서 結定된 主要 宇宙通信의 關聯事項을 列挙하면 다음과 같다.

나. 周波數 割當;

(1) 固定衛星通信業務; 從前의 周波數帶에서 UP-Link를 4.4 ~ 4.7 , 140 ~ 142GHz를 廢止하고 代身 12.75 ~ 13.25GHz 와 42.5 ~ 43.5 , 47.2 ~ 50.2 , 71 ~ 75.5 , 202 ~ 217 , 265 ~ 275GHz를 新設하였고 Down-Link에서 40 ~ 41 , 150 ~ 152 GHz 代身 2.535 ~ 2.690GHz , 4.5 ~ 4.8GHz , 37.5 ~ 40.5 , 81 ~ 84 , 149 ~ 164 , 231 ~ 241GHz帶를 割當하였다.

여기에서 우리나라의 Zone-3 에 該當하는 周波數帶 Up-Link 에 4.4 ~ 4.7 , 140 ~ 142GHz帶가 廢止되고 12.75 ~ 13.25 , 14.0 ~ 14.5GHz 42.5 ~ 43.5 , 47.2 ~ 49.2GHz , 49.2 ~ 50.2GHz가 202 ~ 217 , 265 ~ 275GHz가 利用되게 되었다. 또한 Down-Link는 4.5 ~ 4.8GHz , 10.7 ~ 11.7GHz가 利用可能하고 37.5 ~ 40.5 , 81 ~ 84 , 149 ~ 164 , 231 ~ 241GHz가

새로 利用可能하게 되었다.

(2) 衛星間 業務用; Inter-Satellite 用으로 22.55 ~ 23.55, 32 ~ 33GHz 가 새로 分配되었고, 從前 105 ~ 130GHz 에서 116 ~ 134GHz 帶로 바뀌어 周波數帶가 縮小되었다.

(3) 放送業務用; 亞細亞 地域에서는 14.5 ~ 14.8GHz , 17.3 ~ 18.1GHz 가 Up - Link 用으로 地上業務用과 共同으로 새로 割當되었고, 14.0 ~ 14.5GHz 帶가 固定業務用과 共用으로 새로 割當되었으며, 47.2 ~ 49.2GHz 帶가 새로이 利用可能하게 되었다. 또한, Down-Link 는 12.5 ~ 12.75GHz 를 새로 割當받고, 41 ~ 43 GHz 代身 40.5 ~ 42.5GHz 帶를 利用토록 되었다.

(4) 移動衛星業務; 從前 240 ~ 328.6MHz 와 335.4 ~ 399.9MHz 를 Up/Down-Link 로 共用토록 하였고 406 ~ 406.1MHz 를 Up-Link 로 利用토록 한것을 121.45 ~ 121.55MHz, 242.95 ~ 243.05 MHz 를 Up-Link 로 利用하고 235 ~ 322MHz , 335.4 ~ 399.9MHz, 806 ~ 890MHz , 942 ~ 960MHz 를 Up/Down-Link 로 共用토록 하였으며 1645.5 ~ 1646.5MHz , 7.900 ~ 8.025GHz , 30 ~ 31GHz, 71 ~ 74GHz 를 Up-Link 에, 1.544 ~ 1.545GHz , 7.250 ~ 7.375

만에 世界無線通信主管庁會議(WARC-G)가 1979, 9 Geneva에서 約 10 주간 開催, 無線周波數 Spectrum利用과 宇宙通信에 관한 技術 事項을 再整備하여 1982.1부터 時効를 갖도록 하였다. 다음 事項은 WARC-79에서 結定된 主要 宇宙通信의 關聯事項을 列挙하면 다음과 같다.

나. 周波數 割當;

(1) 固定衛星通信業務; 從前의 周波數帶에서 Up-Link를 4.4 ~ 4.7 , 140 ~ 142GHz를 廢止하고 代身 12.75 ~ 13.25GHz 와 42.5 ~ 43.5 , 47.2 ~ 50.2 , 71 ~ 75.5 , 202 ~ 217 , 265 ~ 275GHz를 新設하였고 Down-Link에서 40 ~ 41 , 150 ~ 152 GHz 代身 2.535 ~ 2.690GHz , 3.5 ~ 4.8GHz , 37.5 ~ 40.5 , 81 ~ 84 , 149 ~ 164 , 231 ~ 241GHz를 新設하였다.

여기에서 우리나라의 Zone-3에 該當하는 周波數는 Up-Link에서 4.4 ~ 4.7 , 140 ~ 142GHz가 廢止되고 12.75 ~ 13.25 , 11.0 ~ 14.5GHz 42.5 ~ 43.5 , 47.2 ~ 49.2GHz , 49.2 ~ 50.2GHz가 202 ~ 217 , 265 ~ 275GHz가 利用되게 되었다. 또한 Down-Link는 4.5 ~ 4.8GHz , 10.7 ~ 11.7GHz가 利用可能하고 37.5 ~ 40.5 , 81 ~ 84 , 149 ~ 164 , 231 ~ 241GHz가

새로 利用可能하게 되었다.

(2) 衛星間 業務用; Inter-Satellite 用으로 22.55 ~ 23.55, 32 ~ 33GHz 가 새로 分配되었고, 従前 105 ~ 130GHz 에서 116 ~ 134GHz 帶로 바뀌어 周波數帶가 縮小되었다.

(3) 放送業務用; 亞細亞 地域에서는 14.5 ~ 14.8GHz , 17.3 ~ 18.1GHz 가 Up - Link 用으로 地上業務用과 共同으로 새로 割當되었고, 14.0 ~ 14.5GHz 帶가 固定業務用과 共用으로 새로 割當되었으며, 47.2 ~ 49.2GHz 帶가 새로이 利用可能하게 되었다. 또한, Down-Link 는 12.5 ~ 12.75GHz 를 새로 割當받고, 41 ~ 43 GHz 代身 40.5 ~ 42.5GHz 帶를 利用토록 되었다.

(4) 移動衛星業務; 従前 240 ~ 328.6MHz 와 335.4 ~ 399.9MHz 를 Up/Down-Link 로 共用토록 하였고 406 ~ 406.1MHz 를 Up-Link 로 利用토록 한것을 121.45 ~ 121.55 MHz, 242.95 ~ 243.05 MHz 를 Up-Link 로 利用하고 235 ~ 322MHz , 335.4 ~ 399.9MHz, 806 ~ 890MHz , 942 ~ 960MHz 를 Up/Down-Link 로 共用토록 하였으며 1645.5 ~ 1646.5MHz , 7.900 ~ 8.025GHz , 30 ~ 31GHz, 71 ~ 74GHz 를 Up-Link 에, 1.544 ~ 1.545GHz , 7.250 ~ 7.375



GHz , 20.2 ~ 21.2GHz , 39.5 ~ 40.5GHz , 81 ~ 84GHz 를  
Down-Link 로 共用토록 하였으며 43.5 ~ 47 , 66 ~ 71 , 95 ~  
100 , 134 ~ 142 , 190 ~ 200 , 252 ~ 265GHz 帶를 Up/Down-  
Link 用으로 共用토록 하였다.

(5) 海上 및 航空移動 衛星業務 ; 從前 海上移動業務에 1636.5  
~ 1645MHz Up-Link 와 1535 ~ 1543.5MHz 의 Down-Link 를  
1626.5 ~ 1645.5MHz Up-Link 와 1539 ~ 1544MHz Down-Link  
大幅 増大시켰고 , 航空移動業務에 1644 ~ 1660MHz 의 Up-Link 에  
서 1646.5 ~ 1660.5MHz 로 縮小시켰으며 , 1542.5 ~ 1558.5MHz  
Down-Link 를 1545 ~ 1551MHz 로 縮小시켰고 從前의 海上및 航  
空移動 共用에서 43GHz 以上 周波數를 削除했다.

나. 技術 事項 ; 從前의 静止衛星 位置維持 (Station-Keeping)  
精度를 固定衛星業務의 경우  $\pm 0.1^{\circ}$  以內로 維持토록 하였고 , 其  
他 衛星의 경우  $\pm 0.5^{\circ}$  以內로 維持토록 하였으며 , 衛星空中線의  
目標方向指向精度를  $0.3^{\circ}$  以內로 維持시키도록 하였다. ( R.R. ;  
Article 27 ) 또한 , 宇宙局의 送信周波數偏差를 다음과 같도록  
하였다.

表 8 宇宙通信電波の周波数 偏差

周波数 範囲	宇 宙 局	地 球 局
4.0MHz ~ 2.45GHz	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
2.45 ~ 10.5 GHz	$5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
10.5 ~ 40 GHz	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$

GHz , 20.2 ~ 21.2GHz , 39.5 ~ 40.5GHz , 81 ~ 84GHz 를  
Down-Link 로 利用토록 하였으며 43.5 ~ 47 , 66 ~ 71 , 95 ~  
100 , 134 ~ 142 , 190 ~ 200 , 252 ~ 265GHz 帶를 Up/Down-  
Link 用으로 共用토록 하였다.

(5) 海上 및 航空移動 衛星業務 ; 從前 海上移動業務에 1636.5  
~ 1645MHz Up-Link 와 1535 ~ 1543.5MHz 의 Down-Link 를  
1626.5 ~ 1645.5MHz Up-Link 와 1530 ~ 1544MHz Down-Link  
大幅 增大시켰고 , 航空移動業務에 1644 ~ 1660MHz 의 Up-Link 에  
서 1646.5 ~ 1660.5MHz 로 縮小시켰으며 , 1542.5 ~ 1558.5MHz  
Down-Link 를 1545 ~ 1551MHz 로 縮小시켰고 從前의 海上및 航  
空移動 共用에서 43GHz 以上 周波數를 削除했다.

나. 技術 事項 ; 從前의 静止衛星 位置維持 (Station-keeping)  
精度를 固定衛星業務의 경우  $\pm 0.1^{\circ}$  以內로 維持토록 하였고 , 其  
他 衛星의 경우  $\pm 0.5^{\circ}$  以內로 維持토록 하였으며 , 衛星空中線의  
目標方向指向精度를  $0.3^{\circ}$  以內로 維持시키도록 하였다. ( R.R. ;  
Article 27 ) 또한 , 宇宙局의 送信周波數偏差를 다음과 같도록  
하였다.

表 8 宇宙通信電波の 周波数 偏差

周波数 範囲	宇 宙 局	地 球 局
4.0MHz ~ 2.45GHz	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
2.45 ~ 10.5 GHz	$5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
10.5 ~ 40 GHz	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$

## Ⅲ. 우주 통신 技術 動 向

### 1. 人工衛星 利用 ; (참고문헌 : ①③④⑤ 參照)

人類 最初 人工衛星인 Sputnik - 1 號가 成功時 發射以後  
各國의 끊임없는 宇宙開發 및 競爭으로 1980.1 現在 衛星發射數  
는 2453 個이며, 그중 靜止軌道 衛星數는 1979 年 約 140 餘個이  
며 約 80 %가 通信衛星으로 通信衛星數가 점차 增加되고 있다.

參照 그림 14 圖 靜止衛星의 年度別 發射數

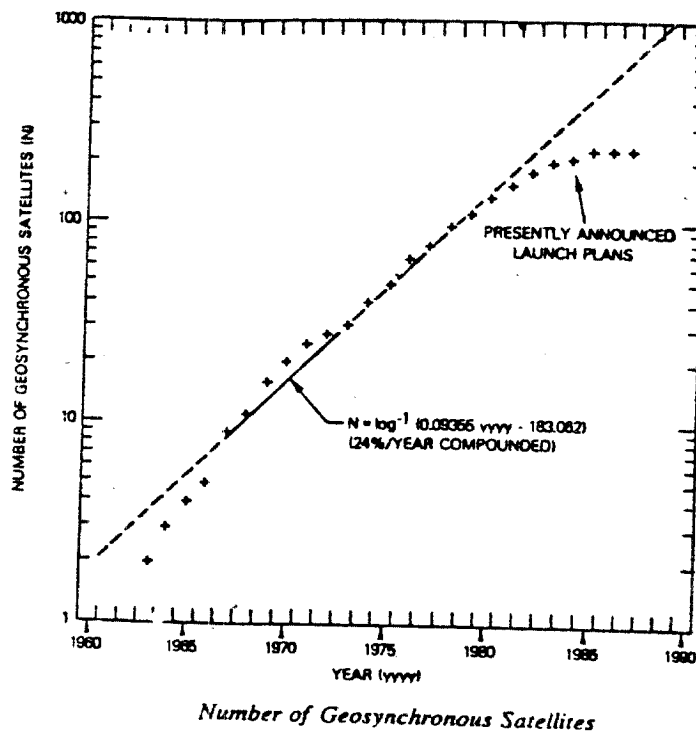


圖 14 , 靜止衛星의 年度別 發射數

따라서 静止軌道 上에는 經度  $1^{\circ}$  에 한개 정도의 衛星이 있는셈이  
 이되어 限定된 静止軌道 利用上의 問題點이 되고있고 더욱이 限  
 定된 衛星業務割當周波數帶에서의 全 衛星이 周波數共用과 Device  
 및 空中線技術에 의한 衛星送信 放射電力이 점차 增強되고 있어  
 各 衛星間 混信問題가 매우되고 있으며 使用周波數가 높아지고 있  
 고, 衛星目的 通信容量增加에 따른 周波數의 再利用(re-use)을 위  
 한 交叉偏波 및 同一 周波數電波의 Spot - Beam을 利用하고 있다.

參照 그림 15.

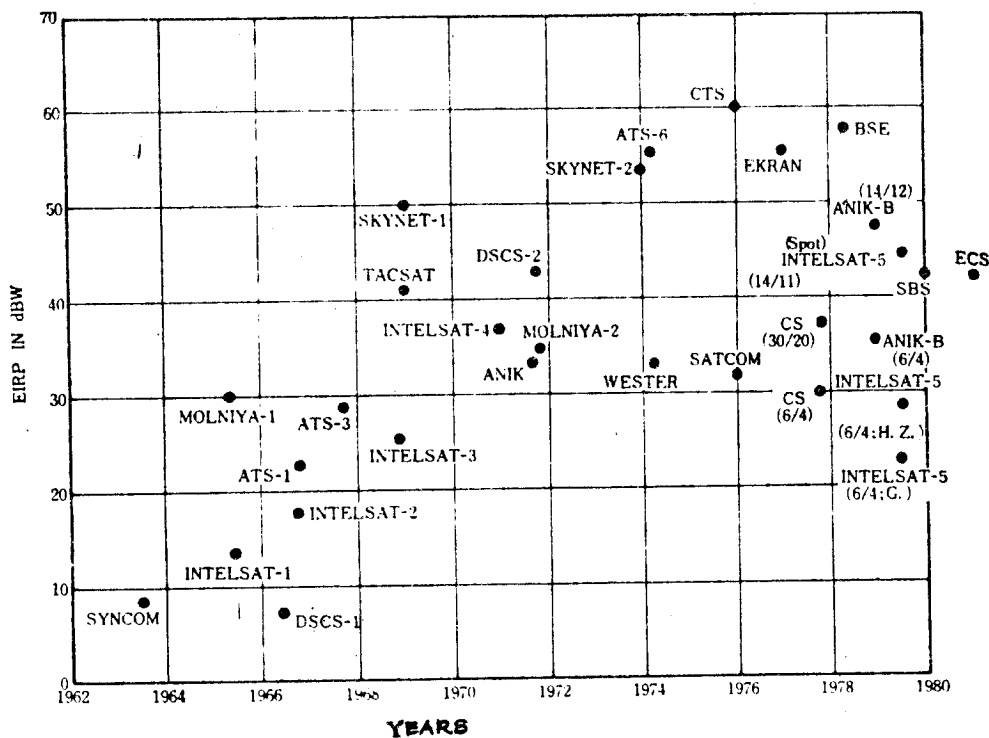


圖 15. 主要衛星送信 EIRP

## 2. 通信衛星 (참고문헌 : 4, 10, 11, 12, 13, 15, 22)

가. INTELSAT : 1945, 2 Wireless-World誌에 A.C.Clarke (氏)가 “ 静止軌道衛星의 利用으로 全世界를 M/W波에 의한 TV 및 通信中繼가 可能하고 더우기 3個 衛星에 의한 全地球 表面을 ครอบคลุม할 수 있으며, 衛星의 所要電力을 半導體 太陽電池에 의한 利用이 可能하다 ”고 豫言하였다.

그후 1946年 美陸軍研究所의 Person의 月面反射電波 受信實驗 成功과 人工衛星發射가 Sputnik에 의해 成功되자 美陸에서 SYNC-OM-II 衛星 (1963, 7. 26)에 의한 最初 静止軌道上 能動通信中繼가 可能하였다.

한편, 1962年 COMSAT와 1964年 INTELSAT發構 發足으로 EARLY-BIRD (INTELSAT-I)가 1965, 4. 6 發射成功 以後, 本格的으로 國際通信中繼에 INTELSAT-II-E2 (67, 1. 11)가 180° W 經度上 静止軌道에서 240Ch의 電話 中繼를 行하였고, INTELSAT-III (78, 12, 19) INTELSAT-IV (71, 7, 26) 및 INTELSAT-IV-A (75, 9, 26)가 静止軌道上에서 國際通信 中繼에 利用되고 있다. Mr. A. C. Clarke의 豫言 25年後인 지금 各國間의 通信需要는 每年 約 15 %씩 增加되자 1965年 最初 240ch에서 1975年 電話 : 6000Ch과 TV-2Ch의 通信中繼가 可能하였으며 急増되는 需要增加에 對應하기 위한 INTELSAT-V가 1980. 12. 6 Cape Canaveral에서 Atlas-Centaur Rocket에 의해 發射 1981 5月부터 電話 : 11, 000Ch과 TV: 2Ch의 容量을 通信中繼에 利用될 것이다.

參照表 9 INTELSAT 衛星發展圖

INTELSAT 衛星	I 號	II 號	III 號	IV 號	IV - A 號	V 號
運用開始年	1965 年	1967 年	1968 年	1971 年	1975 年	1980 年
尺寸	法 6m 72φ×59	142φ×67	142φ×104	238φ×528	238φ×678	1,725φ×201 ×177
軌道重量	68	162	294	1,376	1,477	1,869
使用周波數	6/4GHz	6/4GHz	6/4GHz	6/4GHz	6/4GHz	6/4,14/1GHz
等價帶感幅	50 MHz	130MHz	50MHz	500MHz	800MHz	2,300MHz
中繼器數	1	1	2	12	20	27
容量(片回線數)	240ch	300ch	1,200ch+TV	8,000ch +TV(×2)	13,000ch +TV(×2)	25,000ch +TV(×2)
設計壽命	1.5年	3 年	5 年	7 年	7 年	7 年



國際間 通信中繼에 既存 HF 및 對流圈 散亂波通信과 海低 Cab-  
lo에 의한 通信中繼 依存度가 衛星中繼方式으로 轉換됨에 따른  
1980年末 現在 INTELSAT 地球局數는 102個 國家의 214個地球局  
과 地球局用 空中線數가 260個 以上이 되고 있으며 限定된 使用  
周波數 帶域幅에 대한 通信 帶域幅 增加에 따른 空中線 技術을  
利用한 Spot-Beam에 의한 Global, Zone 및 Spot-Beam을 復  
數로 利用하고 同一 周波數의 偏差를 交叉로 利用하여 周波數 再  
利用(Re-Use)을 꾀하고 있으며 INTELSAT-V에서는 既存 6/4GHz  
帶에서 14/11GHz 帶을 兩用하게 되어 6/4GHz 帶에서 4쌍의 電波,  
14/11GHz 帶에서 2쌍의 電波를 利用하여 通信容量 增加에 對處하  
게 되었다.

따라서 各 大洋別 地球局의 利用電波는 偏波를 選別利用토록 하게  
되었고 INTELSAT-V를 利用하기 위한 14/11GHz 用 受信設備의  
增設이 要求되었다.

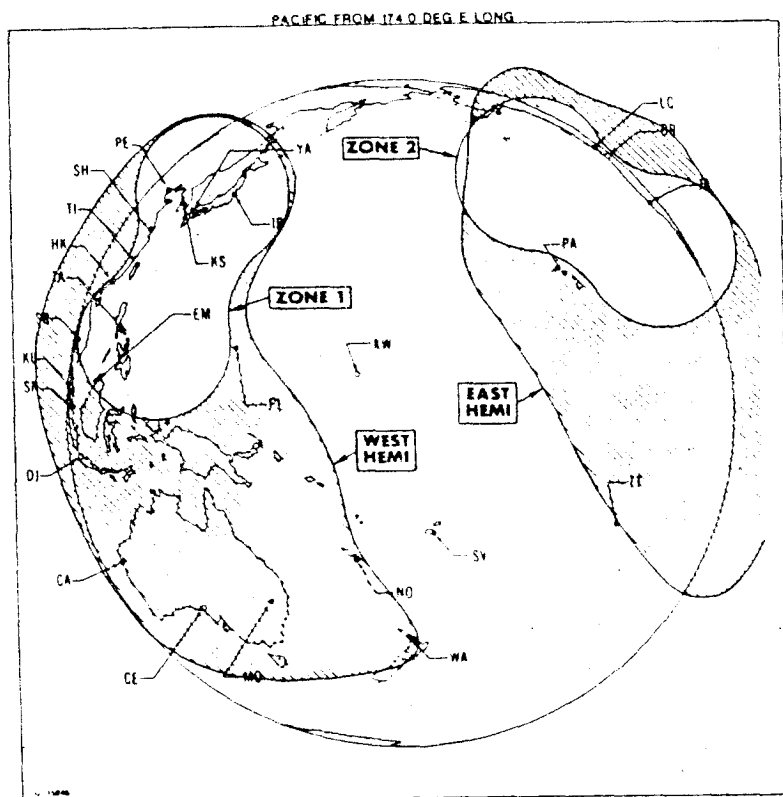
表 10. INTELSAT-V 偏波特性

TABLE INTELSAT V COVERAGE BEAMS\*

Band	Coverage	Polarization	
		Up-Link	Down-Link
6/4 GHz	Earth	Left-Hand Circular	Right-Hand Circular
	West Hemispheric	Left-Hand Circular	Right-Hand Circular
	East Hemispheric	Left-Hand Circular	Right-Hand Circular
	Zone 1	Right-Hand Circular	Left-Hand Circular
	Zone 2	Right-Hand Circular	Left-Hand Circular
14/11 GHz	East Spot	Linear	Linear
	West Spot	Linear	Linear

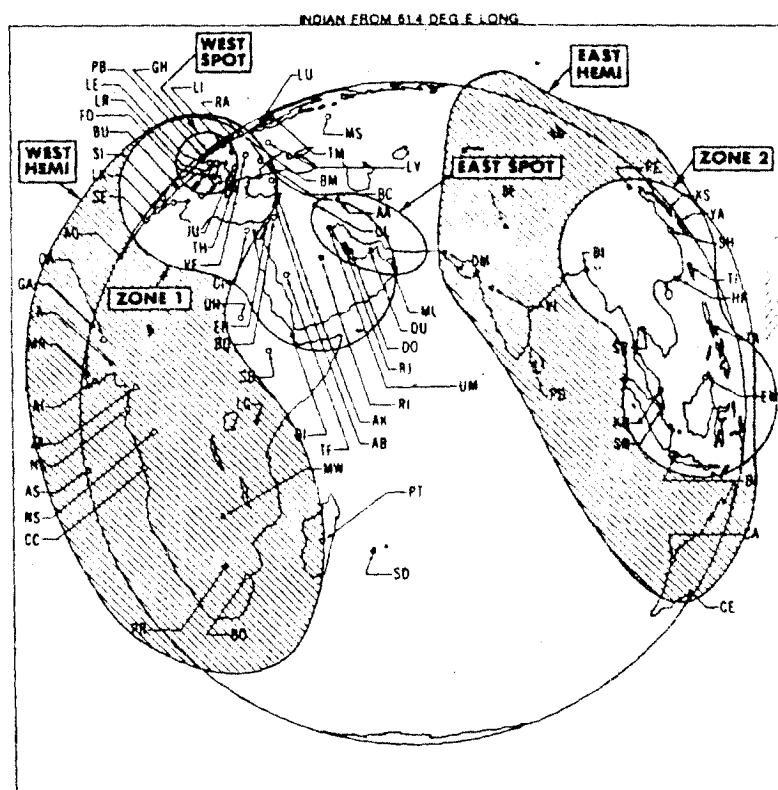
\* The polarization of the east spot coverage shall be orthogonal to that of the west spot coverage.

16 图, 17 图, 18 图 各 卫星别 Beam 特性图 参照



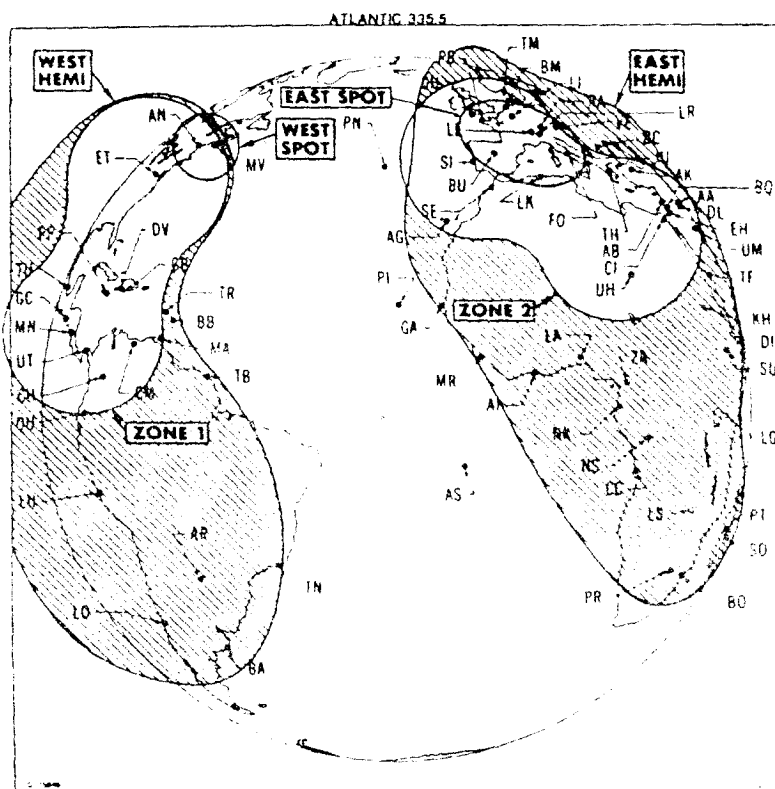
*Pacific Ocean Region*  
Figure *INTELSAT V Coverages*

图 16. INTELSAT-V 太平洋 地域 利用特性



Indian Ocean Region  
Figure INTELSAT V Coverages

图 17. INTELSAT-V 印度洋 地域 利用特性



Atlantic Ocean Region  
Figure INTELSAT V Coverages

図.18. INTELSAT・V 大西洋 地域 利用特性

더욱이 送信 Device 와 空中線技術에 의한 衛星送信 放射電力 增加로 既存 標準 A 地球局의 空中線 直徑 30mφ 와 標準 B 地球局 11mφ 에서 14/11GHz 用 標準 C 地球局의 空中線은 7~8 mφ 에서 通信 可能하여 地球局의 受信空中線 크기도 縮小하게 되었으며

參照 表 11. 標準地球局 性能

標準 Antenna	利用周波數帶	受信 Antenna(G/T)	Antenna規模	Antenna總數
Standard A	6/4 GHz	40.7 dB/K 以上	約 30 m φ	136
Standard B	6/4 GHz	31.7 dB/K 以上	約 13 m φ	34
Standard C	14/11 GHz	39.0 dB/K 以上 (晴天時)	10 數 m φ	0

表 11. INTELSAT 標準地球局

通信需要 增加에 따른 大西洋 3 個, 印度洋 및 太平洋에 各各 1 個의 INTELSAT-V 가 運用中이나 印度洋에도 82 年부터 2 個의 衛星이 運用될 豫定이고, 多枚의 衛星에 Network 를 構成하기 위해 서 通常 地球局은 Primary 衛星이라 부르는 衛星에 Access 시키고, 2~3 個의 空中線을 갖고 있는 地球局은 Major-Bus 衛星이라고 부르는 大容量 衛星에 Access 시키며 復數의 衛星과 Access 시키는 地球局은 各 衛星에 分割시켜 Traffic 을 시켜 利用 될 것이다.

한편, 現在 利用中인 INTELSAT-IV 또는 IV-A 는 84 年 中半期까지 利用하고, 81 年부터 V 號가 利用 또는 待機狀態에서 運用中에

V號에 의한 需要增加 對處方案을 위해 1980年代 中半期(86年) 부터는 大容量衛星 VI號가 代替利用될 것이다.

또한, 通信方式은 既存 FDMA(周波數分割 多源接束方式)에서 TDMA(時分割 多源接束)으로 導入하고, 準미리波帶의 利用이 計劃中이며 IV, IV·A에서의 衛星 姿勢安定 技術을 Spin 安定化方式을 利用했으나 V號부터는 Body 安定化 方式을 利用 衛星 太陽電池판의 実効面積을 充分히하여 消費電力을 充當하여 太陽 電池판(길이 約  $8m \times 2$  枚)을 維持시킬 것이다. 더우기 通信容量 增大에 따른 Beam照射區域 增大을 위해 交叉偏波利用과 周波數共用을 行하며 IV號부터는  $6/4, 14/11\text{GHz}$  帶에서  $30/20\text{GHz}$ 를 利用할 것이며 高能率 通信方式을 利用하고, Spot-Beam數를 增大시키고 各 Beam幅을 縮小시킬 것으로 豫想된다. 그러나  $14/11\text{GHz}$ 와  $30/20\text{GHz}$  帶 利用에 따른 降雨 및 降雪에 의한 影響을 無視할 수 없고, 더우기 交叉偏波識別度 鈍化에 따른 偏波識別度 維持가 問題點으로 豫想된다.

나. 國內通信衛星 (참고문헌 : 4, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 27)

○ SYNCOM-III (64.8.19)에 의한 Tokyo Olympic大會 実況 中繼를 위한 美-日間 通信 以後 ATS-1(66.12.7)에 의해 通信 中繼 및 電波伝播實驗 以後 IDCSP-1 ~ 26(66.6.16) 衛星을 準靜止軌道上에서  $7.2\text{GHz}$  帶 軍事通信 利用  $375 \sim 400\text{MHz}$  周波數를  $45^\circ\text{E}$  軌道上에서 政府通信으로 利用.

○ NATO에서 NATO-1(70.3.18) 실험後 NATO-2(71.2.3)에 의한 통신中繼를 繼續하였으며,

○ Canada에서 1969年 發足된 TELESAT에 의해 ANIK-1(72.10.10)을 静止軌道 104° W에 發射, 電話 9600Ch과 TV 10Ch의 國內通信에 利用하였고, 繼續하여 ANIK-2(73.4.20), ANIK-3(75.5.7) 및 美國과 共同으로 CTS/Hermes(76.1.17)에 의한 通信中繼 利用과 12GHz 帶/200W의 電波를 TV와 音聲中繼에 利用後 ANIK-B.1(78.12.16)에 의한 6/4GHz와 14/12GHz의 電波를 最初로 利用하였다.

○ 소련 : MOLNIA-1(72.12.2) 最初 多目的 通信 衛星을 500km/39100km의 軌道上에서 通信實驗과 TV 中繼에 800MHz 帶를 利用後 Raduga-1(75.12.22), Raduga-2(76.9.11)에 의한 通信利用

○ 美國 : Western Union社의 WESTAR-1(74.4.13)으로 電話 14400Ch 또는 TV 12Ch의 國內 最初 商用通時 利用과 電話, TV 및 Data 通信을 行하였다.

한편, RCA AMERICOM을 1973年 ANIK-A2에 의한 美國內 最初 國內通信利用後 WESTAR-1을 賃貸利用中 RCA SATCOM-1(75.12.13)을 獨目的으로 發射하여 6個의 大容量群과 26個의 地球局에 의한 電話, TV Data, facimile, slow Scan TV 그리고 Teleprinter를 電話 12000Ch의 通信 容量으로 中繼를 行하여 美國政府通信回線까지도 中繼利用하고 RCA SATCOM-2(76.3.26)를 再發射 利用하고 있다. 또 AT & T社에서 COMSTAR D-1(1967.5.13)을

利用 電話 14000Ch을 中繼하게 하였고 繼續하여 COMSTAR D-2 (76.7.22), COMSTAR-3(78.6.29)를 發射하였으며 특히 COMSTAR-3에서는 19 ~ 28GHz 帶를 利用하였다.

한편, 美國內에서 Satellite Business System(SBS)을 COMSAT, IBM 그리고 Aetna Life & Casualty Comp의 共同으로 TDMA 방식에 의한 14/12GHz SBS 衛星을 1980.11과 1981.4 發射하여 電話 13000Ch인 大規模의 衛星通信中繼를 행하고 있고 XEROX社에서 中型容量의 XTEN 衛星을 利用할 計劃이며, WESTERN UNION社에서는 Digital 通信에 対応하기 위한 14/12GHz 帶의 ADVANCED WESTAR를 發射할 計劃이다.



表 12. 美國 商用通信衛星 發射 豫定表

TABLE 1	
NEAR-TERM LAUNCH SCHEDULE	
SBS 1	11/80
SBS 2	1/81
SBS 3	11/82, 9/83
RCA SATCOM 3-R	6/81
RCA SATCOM 4	10/81
RCA SATCOM 5	10/82
RCA SATCOM 1-R	3/83
RCA SATCOM 2-R	9/83
COMSTAR D-4	3/81
AT&T TELSTAR I	1983
AT&T TELSTAR II	1984
AT&T TELSTAR III	1986
WESTAR 4	3/82
(Western Union)	
WESTAR 5	8/82
ADVANCED	
WESTAR-A	1983
ADVANCED	
WESTAR-B	1983
HUGHES H-1	1982
HUGHES H-2	1982
HUGHES H-3	1983
SPCC 1	1983
(Southern Pacific)	
SPCC 2	1983
ANIK C	1983
GTE 1	1984
GTE 2	1984

○ 프랑스 ; 프랑스는 獨逸과 共同으로 SYMPONIE-1(74.12.19)을 發射하였고 SYMPONIE-2(75.8.27)를 靜止軌道 11.5° W에 發射하여 60Mbit/s의 Digital通信을 成功的으로 實施하였다.

○ 인도네시아 ; 인도네시아는 PALAPA-1(76.7.8)을 85° E 軌道上에서 各 管轄島嶼들과의 通信을 TV 12Ch 또는 電話 4000ch의 國內通信을 행하고 있으며 PALAPA-2(77.3.10) 77° E에 發射利用하고 있고 PALAPA-B1, B2, B3를 再發射할 計劃이다.

○ 이태리 ; 이태리는 獨自的으로 SIRIO(77.8.25)를 15° W 軌道에 發射하여 18/12GHz에 의한 通信實驗을 實施하여 成功的으로 發射하였다.

○ 日本 ; 日本은 技術實驗衛星 ETS-II(77.2.23)에 의한 靜止衛星 實驗 實施 成功後 CS(77.12.15)를 NASA에 의해 發射 日本 全域에서의 通信中繼實驗을 實施하였으며 1983年 CS-II를 發射할 計劃이다.

○ 中共 ; 中共은 最初 人工衛星(CHINA-1)을 1975年에 發射以後 5個 衛星 實驗實施後 1980年 STW-1에 의한 國內通信을 행하고 있으며 STW-2를 發射할 計劃이다.

○ INDIA ; 인도는 ATs-6에 의한 通信 및 TV中繼實驗以後 INSAT, INSCOM을 製作 多目的用 衛星을 開發하였다.

이 衛星은 約 5000Ch의 電話와 6/4GHz, 2Ch TV를 위한 2.5GHz 그리고 氣象觀測과 情報을 위한 400MHz의 周波數帶를 利用하여 74° E와 94° E의 軌道에서 利用할 計劃이다.

o 其他 : Arabia 諸國에서 通信 利用을 위한 Arab-Sat 를 利用할 計劃이며, Australia, Colombia, Saudi-Arabia, Argentina, France, Mexico 에서 國內通信衛星을 發射할 計劃이고 Algeria, Brazil, Chile, Colombia, Egypt, India, Iraq, Libya, Malaysia, Nigeria, Oman, Peru, Sudan, Uganda, Yemen, Zaire 등에서는 INTELSAT 를 賃貸하여 國內通信에 利用中이다.

다. 海上移動通信 : 短波에 依存하고 있는 船舶局의 通信 回線品質 向上 利用을 위해 COMSAT 에 의한 海上通信衛星 MARISAT-1(76.3.19) 이  $15^{\circ}$  W 에 發射되고, MARISAT-2(76.6.10) 가  $176.5^{\circ}$  W, MARISAT-3(76.10.14) 가  $73^{\circ}$  E 에 248 ~ 260MHz, 1537 ~ 1541 MHz 및 4195 ~ 4199MHz 로서 船舶局 - 船舶局, 船舶局 - 地球局 經由 地上局과 接束하여 電話 Facsimile 및 Teleprinter 通信을 行하게 되었다. 現在 MARISAT 는 約 400 여 船舶局이 加入되었고 約 100 여 船舶局이 加入推進중에 있으며 海上에서의 衛星을 利用한 通信을 行하고 있다.

### 3. 放送衛星 (참고문헌 : 1, 2, 3, 4)

가. 業務規定 : SYNCOM-3(1964.8.19) 에 의한 Tokyo OLYMPIC TV 實況中繼를 美 - 日間 實驗成功과 Device 發展으로 衛星放送 可能性가 높아지자 一般 公衆 対象 放送을 위한 放送 特有의 國際 및 社會的 影響이 至大하여 放送衛星 利用을 위한 使用周波數, 衛

星軌道位置, 電波의 漏洩, 放送內容 및 著作權 侵害등의 國際間 協力이 要求되어 ITU, UNESCO 및 UN의 宇宙空間 平和利用委員會 등에서 審議가 行하여 졌고, 1971年 WARC-ST에서 620 ~ 790MHz, 2500 ~ 2690MHz, 11.7 ~ 12.2GHz 및 22.5 ~ 23GHz 41 ~ 43GHz, 84 ~ 86GHz가 放送衛星 使用周波數(Down/Link)로 割當되었고, 1977年 12GHz에 대한 放送衛星業務의 計劃에 관한 世界無線主管廳會議(WARC-BS)가 開催, 第1 및 第3地域에 대한 放送衛星의 軌道, 周波數(Channel), 衛星送信 EIRP 및 偏波와 Beam 方向등이 決定되었고, 第2地域은 1982年 確定하기로 하였다.

WARC-BS에 韓國의 利用 衛星軌道는 E110°이며 6個電波(第2, 4, 6, 8, 10, 12Ch)의 左回偏波(LHCP)를 衛星送信 EIRP 63.8dBW로서 利用토록 協約하였다. 이때 使用周波數의 各 Channel 및 搬送周波數는 다음과 같이 決定한다.

$$f_n = 11,724.48 + 19.18(N-1) \quad [\text{MHz}]$$

단,  $N = \text{Channel Number}$

表 13. 極東地域の 放送衛星 電波割当

国 名	衛星軌道	備 波	CHANNEL
韓 国	E 110°	LHCP	3, 4, 6, 8, 10, 12
日 本	E 110°	RHCP	1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15
菲 律	E 110°	LHCP	14, 16, 18, 20, 22
필리핀	E 98°		5 波
인도네시아	E 104°		8 波
	E 30°		12 波
	E 128°		18 波
호주	E 98°		18 波
	E 92°		21 波
中 共	E 80°		15 波
	E 62°		99 波
소련	E 140°		11 波
	E 110°	RHCP	19, 23, 25, 27, 31, 35, 39
	E 74°		6 波
	E 44°		20 波
	E 23°		26 波
파프아뉴기니아	E 110°	RHCP	2, 6, 10, 14

또한 衛星搬送信號는 12GHz 帶 FM 變調方式으로 4KHz 帶域幅에서 測定한 信號 Spectrum의 P·F·D가 22dB 低下하는 것과같은 energy 擴散(dispetial; 600KHz의 P-P周波數偏移 相當)을 시킨것으로 서 標準 525本 NTSC-M方式에서 27MHz의 帶域幅과 C/N;14.7 dB, 同一 Channel C/I; 31dB, 隣接 Channel C/I;15dB로 規定 하여 一般 公衆이 直接受信하는 個別受信方式(Direct Home Reception)의 受信시스템 G/F는 6dB/K, 大型受信시스템에 의한 共同 受信方式(Community Reception)利用時 G/T는 14dB/K로 規定 하였고 最小受信衛星仰角은 20度로 하였으며, 衛星의 軌道維持確度 (Station Keeping)는  $\pm 0.1^\circ$  以內, 軌道間隔 6度로 하였으며, 地上所受 電力束密度(P·F·D)는 個別 受信時  $-103\text{dBW}/\text{m}^2$ , 共同 受信時  $-111\text{dBW}/\text{m}^2$ 로 規定하였다

나. 各國의 動向: (참고 문헌: ④ 12-12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 참조)

○. 美國; SYNCOM-3에 의한 OLYMPIC TV 實驗 實驗 中繼後 NASA에서의 各種 技術應用實驗씨리즈로 ATS-6(74, 5, 30)에 의한 應用實驗에서 Health Education Telecommunication이란 Project 實驗時 Rocky山間地域과 Alaska 등의 隔離된 地方에서의 TV-教育放送과 通信醫療 Service 實驗을 2.6GHz/15w 受受信機에 의해 實驗成功하였고 ATS-3에 의한 教育 및 通信醫療 質疑應答實驗을 行하였다.

한편, 商用通信에 의한 TV Program의 中繼에 의한 CATV를 利用 하는 家庭이 增加되어 1975年 Home Box Office(H·B·O)가 充足

되었고 現在 約 400 萬 加入者가 加入하고있 으며 WTBS 에 의한 CATV는 約 900 萬 加入者가 SATCOM-I 을 利用하여 1 千 2 百萬 加入者로 增加되었 으며, WESTAR-II, COMSTAR-D<sub>2</sub>, SATCOM-3R 등에 의해 CATV 利用度를 增加시켰다

또, 1975, -8 WESTAR에 의한 Milwaukee에서 Dallas까지 KXAS 放送局에서 變技中繼를 始作하여 CATV의 利用을했다

○. Canada; 1962 年 電離層-觀測衛星 ISIS와 國內通信衛星 ANIK-1(1972, 11, 9)를 發射以後 豫備用 ANIK-2(1973, 4, 20)를 發射하여 ANIK-2 에 의한 共同受信業務을 行하였다

그후 通信省의 通信研究센터(CRC)를 中心으로 CTS(Communication Technology Sat.)를 1976, 1, 17 發射하여 12GHz 帶 200W의 衛星 送信波에 의한 TV 放送試驗을 行하였고 商用 FM 放送을 試驗했다

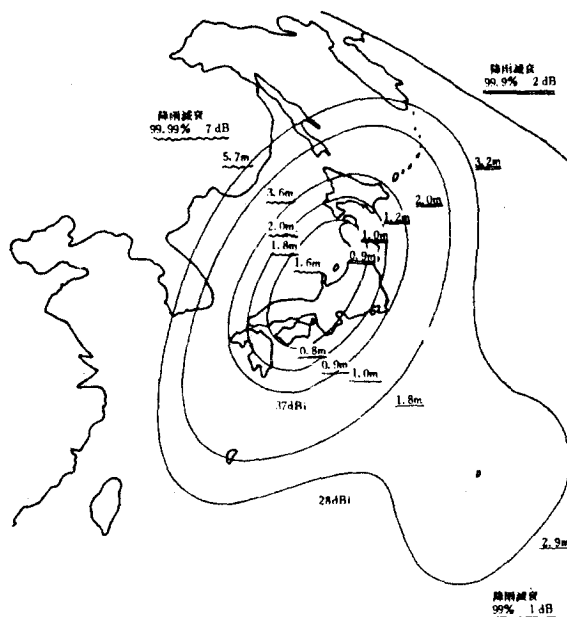
○. INDIA; 인도는 NASA 와의 協力으로 ATS-6 에 의한 衛星放送 試驗을 1975, 8 부터 約 1 年間 實施하였고 使用周波數는 Up-Link 에 6GHz, Down-Link 에 860MHz 를 利用 約 2400 個所에서 教育放送을 實施하여 教育效果를 確認하였고, INSAT 에 의한 多目的 通信利用中 放送中繼를 2.6GHz 에 의해 實施하여, 直接受信用 TV 受信 機構成을 計劃하였다

○. USSR; 소련은 MOLNYA, STATIONAR 를 計劃하였고, STATIONAR-T 에 의한 714 MHz, EIRP 56.5dBW로 E99° 軌道에서 實用放送을 實施 (EKARAN, 76, -10, 26)하였고, EKARAN-4 에 의해 TV 放送을 實用化시켰다

○. 프랑스-西独; 共同開發衛星 SYMPONIE(74,12,19)에 의한 通信  
 實驗과 함께 TV의 放送實驗을 행하여 4GHz, 35.25dBW EIRP로서  
 PAL-G方式의 伝送을 實驗한 以後 1984年 FRANCO/German TV放  
 送計劃인 TV-SAT에 의해 個人別-直接受信放送을 計劃하고 있다.

○. 日本; 日本은 實驗放送衛星(BSE)을 1978,4,7 NASA의 Roc-  
 ket에 의해 E110° 上空에 衛星을 發射 日本本土와 OKINAWA, OGA-  
 SAWARA 섬들에 대한 放送受信實驗을 12GHz/EIRP 58dBw로서 日本  
 NHK, 郵政省 電波研究所, 宇宙開發事業團(NASDA)의 共同協力으로 本  
 土와 OKINAWA 및 OGASAWARA 섬에 대한 3個의 空中線 指向特性을  
 合成利用하였고, 1980, 8 까지 實驗을 實施하였으며, 1983年 實用放送  
 衛星BS를 發射할 計劃이다.

參照 그림 13-14 日本放送衛星 受量 範圍





o. Australia ; 호주는 1984年 DOMSAT에 의한 多目的通信을 実用化할 計劃이며 특히 放送에 관한 実験은 12GHz, 47dBw EIRP로서 1.2 m의 地球局에 의한 実用化 計劃이다.

o. Luxemburg; Luxemburg는 1985年 12GHz帶 放送衛星을 NASA-協力으로 発射 実用化할 計劃이다.

o. Scandinavia 諸国; Sweden, Finland, Denmark, Norway 등 Scandinavia 諸国の 共同衛星인 NORDBSAT을 1982年경 発射하여 多目的通信実用과 12GHz帶 放送을 实施할 計劃이다.

o. 其他; 브라질, IRAN, LATIN AMERICA, ARGENTINE, INDONESIA, ARAB등에서도 12GHz帶 의한 放送을 計劃하고 있다.

따라서 放送衛星은 各國에서 各自 몇 路路의 衛星을 考慮하여 継続 実施할 것으로 豫想된다.

参照 表 15 各国 放送衛星 諸元

TABLE I

PARAMETERS OF SATELLITE TV BROADCASTING SYSTEMS

	CTS/Hermes Canada	ENRAN USSR	BSF Japan	INSAT India	France-German (f)	Australia	Luxembourg
LAUNCH DATE	1976	76.80	1978	1981	1984	1984	1985 (g)
LAUNCHER	DELTA 2914	PROTON D	DELTA 2014	DELTA 3910	ARIAN 6	ARIAN 315	ARIAN 315
LIFETIME (years)	3	(b)	3	7	7	7	7
FREQUENCY (GHz)	12	0.7	12	2.6	12	12	12
TVTA RF power (W)	200	200	100	50	2 x 200	30	50
COVERAGE (°)	2.5	(c)	(e)	4.5	2.5 x 1 (g)	4.7 x 1.9	0.9 (k)
EIRP (dBW) (a)	59.5	47.5	55	42	61	53	55 (k)
EARTH TERMINAL $\phi$ (m)	0.6	(d)	16	3	0.9 (h)	1.8 (h)	1 (k)
G/T (dB/K)	5.8	6	15.7	12.4	6 (h)	14 (h)	12 (k)
C/N <sub>0</sub> (dB/Hz) (a)	86.4	87.6	92.5	91	86.3	82.4	86.3
C/N (dB) (a)	13	13.8	18.5	17	14	10	14

(a) — edge of coverage values (beam center values for CTS), in order to be closer to real operational conditions, a slight degradation of 1.5 dB over clear weather figures has been included in C/N and C/N<sub>0</sub> figures

(g) — 2 sets of values are given according to VARIO, 77 limits for direct and community TV users

(h) — WARC 77 values, with such station diameters one can achieve in fact much higher G/T's.

(i) — 4 spot beams covering Australia

(j) — expected

(k) — typical example chosen in between direct and community TV values (the nominal coverage allocated to Luxembourg being 0.9° with an EIRP of 63 dBW at beam center)

(f) — French figures have been taken as example

## IV. 降雪의 電波減衰

### 1. 理論的 考察 (참고문헌 : ⑥⑨⑳, ㉑, ㉒, ㉓ 참조)

가. 概要 ; 降雨 및 降雪에 의한 電波減衰 算出理論은 W. Ryde 및 H. Hyde에 의한 減衰實驗과 G. Mie 및 J. A. Stratton의 電波減衰 斷面積 計算理論의 뒷받침에 의한 電子計算機에 의해 理論的 算出이 되어졌다. 이러한 降雪影響은 雪質과 含水率에 의해 決定되며 雪片크기와 空間數 密度등에 따른 減衰狀態가 달라진다.

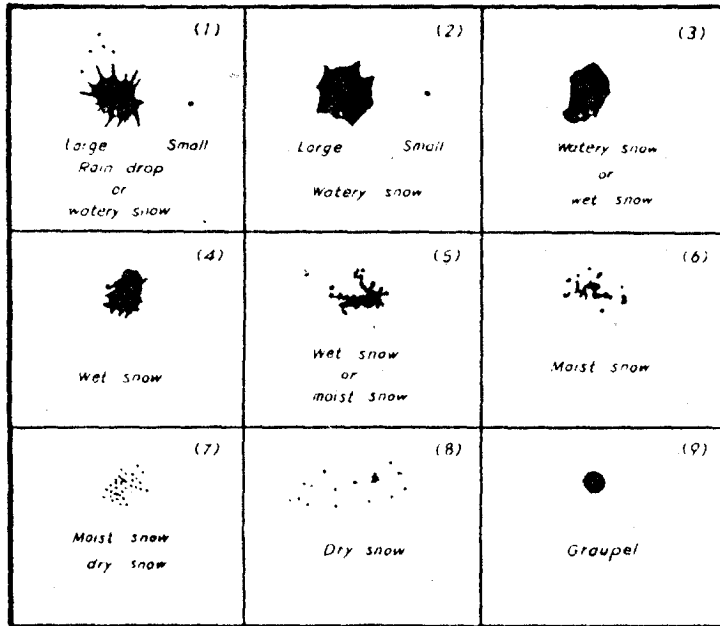
#### 나. 降雪의 分類

(1) 種類 : 雪片의 形狀과 크기 및 含水率은 電波減衰 計算을 위한 다음 4가지로 크게 分類할 수가 있다.

表 16 雪片의 分類

Falling Snow					
name	season & weather	shape	construction	density	character
dry snow	beginning & end of winter, of snowfall, near 0°C, above -6°C	2-5 mm, sph. con.	lump of minute crystals	0.06-0.18	upon meltg. changes to drop below 1 mm
	most snowfall, formed at -14° - -18°C, grows up to snowflakes while falling	2-10 mm, amor-phous	crystal, minute graupel, lump of irregul. particles	0.01-0.03	upon meltg. changes of drop of diameter 1-2 mm
	snow storm, -5° - -6°C, not yet grown up into snow flakes	1-2 mm, or below 1 mm	2 or more crystals or irregular particles	?	upon meltg. changes in particles of the size of fogdrops
	formed at great rate of precipitation near 0°C	over 10 mm amor-phous	lump of gray snow	0.09	equivalent to 2-4 mm of water-drop
(slightly moist snow)					
moist snow	state of meltg dry snow; beginning & end of winter	amor-phous, size scattered	mixture of ice, water particles and water membrane	0.09 to 0.15	becomes snowball, forms ice bridge
wet snow	half melted state of moist snow	amor-phous, size scattered	more water content	0.257	snowfall of snowflakes like rakes of snow
wetted snow	the state that wet snow are changing into rain	below several mm	ice can be seen in rain water	over 0.257	nearly rain

(2) 形態; 雪片의 種類에 따른 形態는 크기와 含水率을 Water Blue 紙에 의한 痕跡 形態는 다음 그림과 같다



Snow character on the water-blue paper

이러한 雪片은 落下速度와 바람影響에 따라 달라지며 氣溫에 따라서 크게 變化된 다

한 雪片의 當數

(1) 크기; 雪片크기는 Water Blue 紙上의 痕跡 半徑을  $r$ 이라 하면,  $\pi d r^2$ 이 水分의 體積和가 되어 雨滴 또는 雪片이 球形이라할 경우 換算水量이 구해지며, 雪片半徑은 다음과 같다

$$r_s = R^3 \sqrt{\rho_s}$$

여기서  $r_s$  ; 雪片의 半径 (cm)

$R$  ; 水滴 半径 (cm)

$\rho_s$  ; 雪片의 密度 (g/cm<sup>3</sup>)

(2) 雪片密度와 落下速度 ; 雪片의 密度는 含水量에 따라 달라  
지나 實驗的으로 다음과 같이 주어진다.

$$\rho_s \approx 0.92 P_i + P_w$$

$P_i$  ; 体積含水量

$P_w$  ; 体積含水量

또한 雪片의 密度에 따른 落下速度는 風 (目視)과 光學的 및  
超音波에 의한 測定이 可能하며 다음과 같이 實驗的으로 주어진다.

$$V_s = 8.80 [(\rho_s - \rho_a) 2 r_s]^{1/2} \quad (\text{m/sec})$$

$\rho_s$  ; 雪片의 密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_a$  ; 空氣의 密度 (g/m<sup>3</sup>)

$r_s$  ; 雪片半径 (cm)

(3) 体積含水率 ; 雪片의 体積含水率은 遠心分離法이 있으나 精度가 나빠 Water-Blue 法이 利用된다.

雪片의 密度와 体積을  $\rho_s, V_s$ , 空氣氷, 水의 密度와 体積을 각각  $\rho_a, \rho_i, \rho_w, V_a, V_i, V_w$  라고 하면  $\rho_s V_s = \rho_a V_a + \rho_i V_i + \rho_w V_w$  라 表示할 수가 있다. 따라서 Water Blue 法에 의한 實驗式을

$$P_w \approx \rho_s^2 \text{ 으로서 구할 수가 있다}$$

(4) 誘電率 ; 雪片의 誘電率을 얼음과 물의 復素誘電率  $\epsilon_i, \epsilon_w$  는 다음과 같이 表示할 수가 있다.

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon'' = \epsilon_0 + \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{1 + jw\tau}$$

$$\epsilon' = \epsilon_0 + \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{1 + w^2 \tau^2}$$

$$\epsilon'' = \frac{(\epsilon_s - \epsilon_0)w\tau}{1 + w^2 \tau^2}$$

단,  $\epsilon$  ; 復素誘電率

$\epsilon_s$  ; 眞空 電氣場에서의 誘電率

$\epsilon_0$  ; 高周波 電氣場에서의 誘電率

$w$  ; 角周波數

$\tau$  ; 緩和時間

한편, Wiener 에 의한 合成誘電體의 理論에 의한 雪片의 誘電率  $\epsilon_{\text{snow}}$  는 다음 式과 같이 表示한다

$$\frac{\epsilon_{\text{snow}} - 1}{\epsilon_{\text{snow}} + u} = P_w \frac{\epsilon_w - 1}{\epsilon_w + u} + P_i \frac{\epsilon_i - 1}{\epsilon_i + u} + P_a \frac{\epsilon_a - 1}{\epsilon_a + u}$$

$$P_w + P_i + P_a = 1$$

단,  $\epsilon_{\text{snow}}$  ; 雪片의 誘電率

$\epsilon_w$  ; 물의 誘電率

$\epsilon_i$  ; 氷의 誘電率

$u$  ; Form-Zahl (2.5 ~ 10)

이때 Form-Zahl 은 氷의 形態가 電氣場에 대해 垂直으로 나란히 있을 경우  $\mu = 0$  이며, 球과 같은 形態로서 空氣中에 分散된 경우에는  $\mu \approx 2$  가 된다

라. 減衰 斷面積 計算 :

(1) 空間數 密度 ; 降雪의 크기에 따른 空間數 密度를 구하면 實驗적으로 다음 式에 의해 구할 수 있다

$$P = 15.08 \sum_{r_s} r_s^3 \cdot v_{rs} \cdot \rho_s \cdot y_{rs}$$

단,  $P$  ; 降雪 強度 (mm/h)

$r_s$  ; 雪片 半径 (cm)

$\rho_s$  ; 雪片의 密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$v_{rs}$  : 半径  $r_s$  의 雪片 落下 速度 ( $m/sec$ )

$\gamma_{rs}$  : 半径  $r_s$  의 雪片 空間數 密度 ( $個/m^3$ )

(2) 電波減衰 斷面積 ;

雪片의 電波減衰 斷面積을 計算하기 爲해서는, 散亂과 吸收의 斷面積의 和인  $\theta_t$  를 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$\theta_t = -\frac{\lambda^2}{2\pi} \operatorname{Re} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1)(a_n + b_n)$$

여기에서

$$a_n = \frac{j_n(\rho)[m\rho j_n(m\rho)]' - j_n(m\rho)[\rho j_n(\rho)]'}{h_n^{(2)'}(\rho)[m\rho j_n(m\rho)]' - j_n(m\rho)[\rho h_n^{(2)'}(\rho)]'}$$

$$b_n = -\frac{j_n(\rho)[m\rho j_n(m\rho)]' - m^2 j_n(m\rho)[\rho j_n(\rho)]'}{h_n^{(2)'}(\rho)[m\rho j_n(m\rho)]' - m^2 j_n(m\rho)[\rho h_n^{(2)'}(\rho)]'}$$

여기에서 Prime는 Argument에 대한 微分을 의미하고 各條

$$j_n(\rho) = \sqrt{\frac{\pi}{2\rho}} J_{n+1/2}(\rho)$$

$$h_n(\rho) = \sqrt{\frac{\pi}{2\rho}} H_{n+1/2}(\rho)$$

$$\rho = 2\pi a/\lambda$$

$$m^2 = \varepsilon = \varepsilon_1 - i\varepsilon_2$$



$m$  ; 復素屈折率

$\epsilon$  ; 復素誘電率

$\epsilon_1$  ; 誘電率의 實數部

$\epsilon_2$  ; 誘電率의 虛數部

$a$  ; 誘電體球의 半徑

$\lambda$  ; 入射電磁波의 波長

電波減衰量 ; 雨滴 또는 降雪 影響에 의한 電波의 減衰量은

$$\alpha = 0.434 \sum_{n=1} r_s \cdot n r_s$$

에 의해 計算된다.

## 2. 電波伝播実験 (참고문헌 ; ㉞, ㉟ 참조)

가. 概要 ; 1978 年 導入된 M/W 送受信機에 의한 降雪에 관한 電波減衰 影響調査를 同年 12 月부터 1981 年 1 月까지 實施하였다. 1979 年 12 月中 實驗資料結果는 當時 安養郵遞局과 電波研究所間의 區間에서 最大 8dB 의 減衰를 7.8GHz 에 의하 觀測하였고 1980 年에도 觀測値가 얻어졌다. 다음 事項은 M/W 送受信機에 의한 伝播實驗實施 內容이다.

나. M/W 實驗 諸元

(1) 送受信 場所 ; 安養郵遞局 - 電波研究所

(2) 實驗區間 ; 1.93km

- (3) 送信裝備; TCM-604DT, DR
- (4) 使用空中線; 4FT Parabola
- (5) 使用電波; V-Polarization
- (6) 使用周波數; 7.8GHz
- (7) 送信機出力; 28.09dBm
- (8) 受信記錄機; Spectrum Analyzer(HP-141T)

Chart Recorder(680M)

다. 實驗結果; 降雪影響 M/W 地上波 實驗測定結果는 다음과 같이 減衰가 되었다.

日 字			減衰量	氣象狀態
1979,	12.26	14:00	8dB	Waterly Snow
1980,	12.2	08:24	0.5dB	4.3 mm/h , Rain
1980,	12.22	22:27	3.9dB	3.9 mm/h , Snow
1980,	12.23	02:33	8.4dB	4.3 mm/h , Snow

※단, ( Parabola 附着 雪의 空中線利得低下; 0.6dB 包含值 )

따라서 1979 年 12 月과 1980, 12 實驗結果 降雪(Waterly snow) 時 最大 約 8dB(1.93km)의 減衰影響을 받음이 確認되었고, 또한 Parabola 反射板에 附着되는 雪의 影響으로 空中線 特性이 鈍化됨을 알았다.

그러나, 定量的 氣象資料取得이 되지 않음에 따른 理論과 實際  
實驗值 比較가 不可能하여 氣象觀測의 定量測定이 要求되며 継続的  
實驗이 必要하다.

## V. 結 論

無線周波數 Spectrum 利用度 增加와 使用方式 多樣化로 인한 周波數資源의 枯渴 및 人工衛星 發射數 增加와 靜止軌道利用度 增加에 따른 새로운 自然資源인 靜止軌道の 効率的 利用은 各國의 研究・開發 對象이 되었다

한편, Spectrum의 適切하고 有効한 分配利用을 위한 電波傳播特性 把握과 利用方案을 講究하여 電波管理業務를 위한 技術資料・體系이 必要하다.

最近 宇宙通信技術과 人工衛星應用技術發展에 따른 資源探查, 觀測 및 通信中繼와 放送業務의 衛星利用度 增加로 自由 保護를 위한 各 人工衛星 電波의 國內受信電力(P·F·D)의 算出과 測定에 의한 國內受信電波強度 狀況把握과 他 無線局의 混信, 障礙・影響度 把握이 時急하며, 더우기 放送衛星電波의 國內 越境狀態把握으로 他國 放送內容의 國內視聽에 따른 社會 및 教育的 影響을 考慮하여야 할 것이다.

또한 衛星數 增加와 限定된 周波數帶의 利用을 위한 使用周波數帶가 점차 높아지고, 또한 交叉備波 利用에 의한 周波數再利用度가 增加됨에 따른 氣象 諸要素等의 影響에 의한 通信品質低下 要素가 됨에 따른 電波傳播特性의 研究가 必要하게 되었다. 이에 따라 研究가 必要하게 되었다. 이에 따라 當所에서 實施한 降雪의 影響도 實驗 結果 降雪減衰影響度가 큼을 알았고 理論的 糾明을 위한 繼續

실험을 實施하여야 한다.

따라서 周波數資源擴大化 및 宇宙通信技術 利用化에 따른 衛星通信基礎研究을 1981年度 研究課題 採探에 따른 氣象影響傳播特性 실험 研究 持續과 他 M/W 通信 實用時의 影響調查와 衛星電波의 受信 및 傳播通路上的 電界強度등 變化要因 糾明과 宇宙電波受信施設의 確保로 實驗研究 및 技術 習得에 의한 目標 開發이 必要하다.

아직도 本 研究는 基礎段階에 따른 年次的 長期 研究를 행함으로서 宇宙電波管理 및 周波數資源開發이 可能하고 이를 위한 政策的 支援이 要求된다.

## Ⅵ. 参 考 文 献

- ① C. Dorian; P.P. 1 ~ 26, No.1, Vol.10, Spr. 1980 COMSAT  
Tech. Review.
- ② C.L. Cuccia; P.P.85 ~ 145, Sep. 1979, MSN.
- ③ C. Meynart; P.P. 503 ~ 515, No.12, Vol.32, Dec.1965,
- ④ ITU; May 1979 ITU, Tel. J.
- ⑤ CCIR Rep.; 223 - 2, 1974.
- ⑥ CCIR Rep.; 234 - 3, 1974.
- ⑦ CCIR Rep.; 223 - 3, 1974.
- ⑧ CCIR Rep.; 454, 1974.
- ⑨ 宮憲 一; ラテトス, 1969, 衛星通信工学
- ⑩ A.M. Werth; PP 2P ~ 32, Nov.1980, Telecom.
- ⑪ P.J. Cott; P.P 34S ~ 34U, Nov.1980, Telecom.
- ⑫ I. Santin ; P.P 32, Jan. 1981, Telecom
- ⑬ J.C. Fuenzalida; P.P 311 ~ 326, No. 1, Vol.7, Spr.1977,  
COMSAT Tech. Review
- ⑭ Huges Comp.; P.P 421 ~ 422, Vol.41, Jul., 1974, Tel.J.
- ⑮ COMSAT; P.P 575 ~ 576, Vol.43, 1976
- ⑯ ESA; P.P 386 ~ 387, Vol.46, Jul.1979, Tel. J.
- ⑰ V. Lustiberg; P.P 425 ~ 427, No. 12, Vol.33, Dec.1966,  
Tel. J.

- ⑩ A. Badalov; P.P 477, Vol.41, Aug.1974, Tel. J.
- ⑪ D.Capuano; P.P 88 ~ 110, No.10, Vol.13, Oct.1979, Telecom.
- ⑫ ESRO;ESRO-II.B, P.P 310 ~ 311, Vol.35 Jul.1968, Tele.J.
- ⑬ J.L. Lennartz et al; P.P 64 ~ 65, Nov. 1980, Telecom.
- ⑭ J.C. Fuenzalida; P.P 311 ~ 326, No.1, Vol.7, Spr.1977,  
COMSAT Tech. Rev.
- ⑮ P.Kale; P.P 60 ~ 62, Nov. 1980, Telecom.
- ⑯ F. J. Truck et al; P.P 34K ~ 34N, Nov. 1980, Telecom.
- ⑰ J.W. Edens; P.P 364 ~ 369, Vol.41, Nov.1974, Tele. J.
- ⑱ T. ISHIDA et al; P.P 1039 ~ 1047, Vol.7, 1980, Acta  
Astronautica.
- ⑲ N. IMAI; P.P 1259 ~ 1273, Vol.7, 1980, Acta Astronaut-  
ica
- ⑳ A. Nishitsuji; P.P 43 ~ 61, No.19, 1971, Hokkido Univ.
- ㉑ 浅利英吉 ; P.P 1~6, No.211, Vol.80, Dec.19, 1980, Ap-80,  
信学技報
- ㉒ 西江昭 ; P.P 22 ~ 29, No.1, Vol.54-B, 1971, 通信学論
- ㉓ A.G. Cardiasmenos; P.P 37 ~ 51, No.8, Vol.10, Aug.1980,  
MSN.
- ㉔ J. Reindel; P.P 71 ~ 74, No.8, Vol.10, Aug.1980, MSN
- ㉕ G.Thoren; P.P 110 ~ 145, No.10, Vol.10, Oct. 1980,  
MSN.

- ③④ P. G. Steffes; P.P 59 ~ 68, No.10, Vol.10, Oct.1980,  
MSN
- ③⑤ G.Glenn Thoren; P.P 110 ~ 145, No.10, Vol.10, Oct.1980,  
MSN
- ③⑥ ITU, Final Acts, 1977, WARC-BC, ITU.
- ③⑦ 正野重方; P.P 12 ~ 59, 1961, 概論気象学, 地人書館
- ③⑧ ; P.P 7 ~ 60, No.33, 1979, 電波研究報告, 電波研究所.