

# 短波用

## Curtain 안테나의 指向性

姜 基 年

韓國放送公社

### 머릿말

長距離 送信用 短波 指向性 안테나는 지금까지 그 構造가 比較的 單純한 Rhombic 안테나가 많이 使用 되었으나 最近 各國의 短波 放送機의 大出力化 趨勢에 따라 外國에서는 의미 오래前 부터 Curtain 안테나가 많이 使用 되고 있다.

Curtain 안테나의 性能과 그 特性을 把握하기 爲하여 美國의 C社製 Curtain 안테나의 概略的인 構造를 알아 보고 그 指向性 計算式을 誘導해서 이式을 利用하여 同안테나의 水平과 垂直 指向性 Pattern 을 計算해 본것이다.

### 1. Curtain 안테나의 構造

에 8個의 Dipole안테나가 4-stack 2-bay로 配列 되어 있고 그뒤에 反射 Screen이 架設되어 있다.

各 Dipole는 3條의 銅막기된 漆線으로 構成 되어 있으며 高周波電力 容量은 約 500kW 이

다. 美國 C社製 Curtain 안테나의 構造는 그림 1. 概觀圖와 같이 4基의 支線式 鐵塔 사이

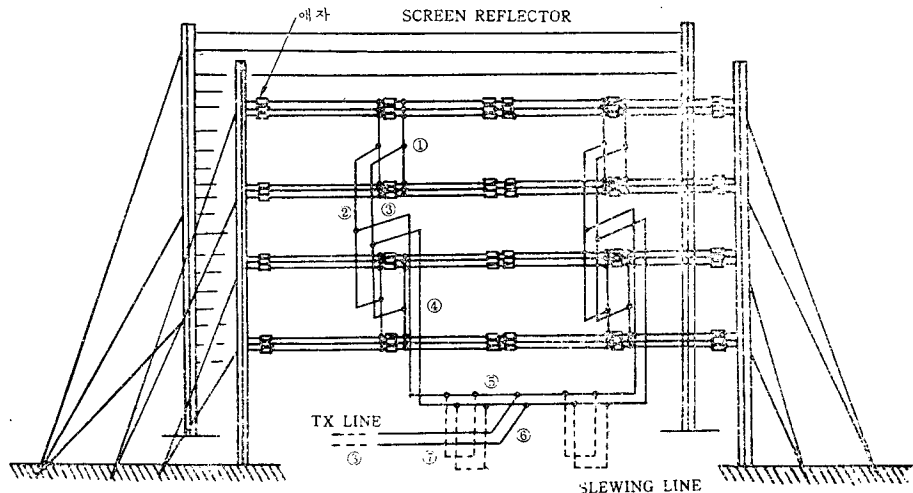


그림 1. 概觀圖

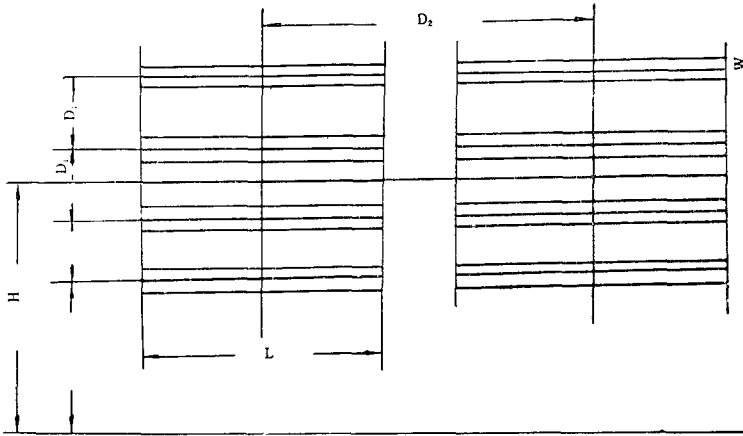


그림 2. 안테나 素子列

나. 9~15MHz 및 11~17 MHz 用 Curtain 안테나의 構造諸元을 보면 그림 2, 表 1 및 表 2 와 같이 使用中心 周波數帶에서 Dipole의 길이 (L)는 約 1 波長이고 上下 Dipole의 間隔은(D<sub>1</sub>) 約 0.5 波長, Dipole列과 反射 Screen 과의 間隔(S)는約 0.3 波長 그리고 全體 안테나(列) 中心의 地上高(H)는 1.5 波長 程度이다.

表 1. 9~15MHz用 Curtain Ant.諸元

| 區分             |                 | 길이 (m)    | 波長λ (9MHz) | " (11MHz) | " (15MHz) | 備 考 |
|----------------|-----------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----|
| 內譯             |                 |           |            |           |           |     |
| L              | DIPOLE 길이       | 23,806(m) | 0.714(λ)   | 0.872(λ)  | 1,190(λ)  |     |
| W              | DIPOLE 幅        | 1,026(")  | 0.030(")   | 0.037(")  | 0.051(")  |     |
| D <sub>1</sub> | DIPOLE 간격(上下)   | 16,187(") | 0.485(")   | 0.593(")  | 0.809(")  |     |
| H              | ANT HEIGHT      | 45,208(") | 1,356(")   | 1,657(")  | 2,260(")  |     |
| D <sub>2</sub> | DIPOLE간격(左, 右)  | 29,343(") | 0.880(")   | 1,075(")  | 1,467(")  |     |
| S              | DIPOLE-SCREEN간격 | 8,512(")  | 0.255(")   | 0.312(")  | 0.425(")  |     |

表 2. 11~17MHz用 Curtain Ant.諸元

| 區分             |                  | 길이 (m)    | 波長 (11MHz) | " (15MHz) | " (17MHz) |
|----------------|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 內譯             |                  |           |            |           |           |
| L              | Dipole의 길이       | 17,700(m) | 0.649(λ)   | 0.885(λ)  | 1,003(λ)  |
| W              | " 幅              | 1,434(")  | 0.052(")   | 0.071(λ)  | 0.081(")  |
| D <sub>1</sub> | " 間隔(上下)         | 11,567(") | 0.424(")   | 0.578(")  | 0.655(")  |
| H              | ANT. HEIGHT      | 32,882(") | 1,205(")   | 1,644(")  | 1,863(")  |
| D <sub>2</sub> | DIPOLE 間隔(左右)    | 21,432(") | 0.785(")   | 1,071(")  | 1,214(")  |
| S              | DIPOLE-SCREEN 間隔 | 6,384(")  | 0.234(")   | 0.319(")  | 0.361(")  |

다. 饋電方式은 送信機로 부터의 高周波 出力은 特性 Impedance 300Ω의 平衡 4線式 饋電線으로 供給되어 안테나列面 밑에서 부터는 平衡 2線式으로 分岐되어 8개의 안테나素子인 Dipole에 連結된다.

그림 3.에서 饋電線⑧이 4線式이고 ⑦은 안

테나 整合用 stub를 달수있는 굵은 銅 Pipe로된 300Ω의 2線式 饋電線으로 그길이는 約 20m이다. 饋電線①~⑥까지는 全部 2線式이며 그 굵기와 間隔으로 特性 Impedance를 計算하여 보면 表 3과 같이 多少의 誤差가 나는 點도 있으나 大體로 理論値에 近似한 값이 된다.

短波用 Curtain 안테나의 指向性

饋電線 ③과 ⑥은 1/4 波長の Impedance 變成器이고 Dipole에 直結된 分岐饋電線①의 特性 Impedance로 미루어 볼때 Dipole의 Impedance는 中心 周波數에서 大體로 500Ω로 推測이 된다.

2. 水平指向性特性

가. Curtain 안테나의 水平指向性을 決定하는 要素로는 다음의 3가지가 있다.

- ① Ant 素子인 Dipole의 길이(L)
- ② 反射 Screen과 素子間의 間隔(S)
- ③ 2-Bay 안테나 일 때 두 Dipole

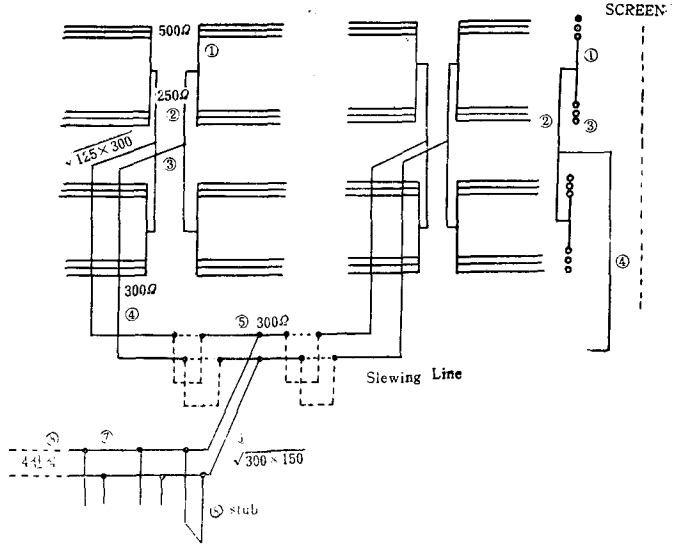


그림 3. 饋電方式

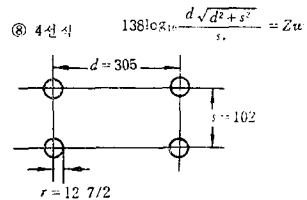
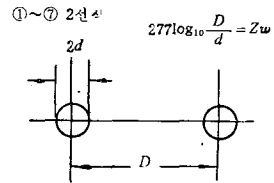
表 3. 饋電線 特性 Impedance計算

| Feeder番號 | D (mm)   | 2d(mm) | Zw(Ω) |
|----------|----------|--------|-------|
| ①        | 405      | 12.5   | 501.8 |
| ②        | 152      | 41.2   | 240.4 |
| ③ λ / 4  | 254      | 50.8   | 193.6 |
| ④        | 152      | 28.5   | 284.8 |
| ⑤        | 175      | 28.5   | 301.7 |
| ⑥ λ / 4  | 152      | 54     | 207.9 |
| ⑦        | 250      | 41.2   | 300.3 |
| ⑧        | 305(102) | 12.7   | 300.9 |

間의 水平距離(D<sub>2</sub>)

이 3個 要素에 對한 指向性, 計算式을 各各 求하고 Pattern 乘積의 原理를 適用하여 본다.

나. J.D. Kraus著 "Antenna"에 依하면 比較的 가는(細)直線 Dipole의 中心에서 平衡饋電線으로 對稱的으로給電했을 때 Dipole 上의 電流 分布는 大體로 正弦波狀을 이루며 Dipole의 長이가 L일때 Screen 面과 垂直을 이루는 線과의 角度가 φ인 方向에서의 指向性 Pattern을 計算하는 式은 다음과 같다.



$$D(\varphi) = \frac{\cos\left(\frac{\beta L}{2} - \sin\varphi\right) - \cos\left(\frac{\beta L}{2}\right)}{\cos\varphi} \dots (1)$$

但  $\beta = 2\pi/\lambda$

따라서 L가  $\frac{\lambda}{2}$ , λ 및  $\frac{3}{2}\lambda$  때의 指向性 Pattern 計算式은 各各 다음 (2), (3), (4) 式과 같이되며 이 式에 依해서 實地 指向性 Pattern을 求하면 그림 4와 같이 된다.

$$L = \frac{\lambda}{2} \text{ 때 } D(\varphi) = \frac{(\cos \frac{\pi}{2} 2 \sin \varphi)}{\cos \varphi} \dots\dots (2)$$

$$L = \lambda \text{ 때 } D(\varphi) = \frac{\cos(\pi \sin \varphi) + 1}{\cos \varphi} \dots\dots (3)$$

$$L = \frac{3}{2} \lambda \text{ 때 } D(\varphi) = \frac{\cos(\frac{2}{3} \pi \sin \varphi)}{\cos \varphi} \dots\dots (4)$$

Curtain 안테나의 L는 表 1, 2에서 보는 바와 같이 그中心周波數에서 大體로 1λ 이므로 以下 앞의 (3)式만을 適用하여 論하기로 한다. 또 Curtain 안테나의 Dipole素子는 單線이 아니고 3條의 線으로 되어 있어 理論式과는 樣相이 좀 다르겠지만 Curtain 안테나의 指向性의 輪廓을 把握하는 데는 上記式들을 適用하여도 無妨할 것이다.

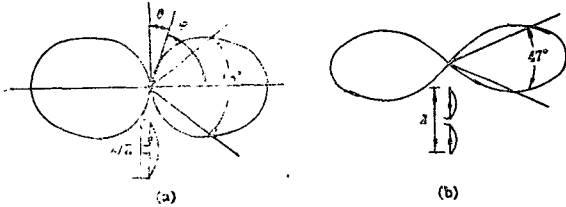


그림 4.  $L = \frac{\lambda}{2}, 3/2\lambda$  때 水平 Dipole의 水平指向性

다. 反射 Screen 앞의 Dipole의 水平指向性의 計算式은 앞의式에  $\sin(\beta S \cos \varphi)$ 를 相乘하면 된다. 但 S는 Screen과 dipole과의 間隔,  $\beta$ 는  $2\pi/\lambda$  그 理由는 그림 5.의 A圖와 같은 Sscreen 앞의 Dipole는 同B圖 및 C圖에서와 같이 그 크기가 같고 位相이 서로 反對인 二波源에 依한  $\varphi$ 方向에서의 合成電界는  $\sin(\beta S \cos \varphi)$ 에 比例하기 때문이다. 따라서  $L=1\lambda$  때의 指向性 計算式은 다음과 같이 된다.

$$D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos(\pi \sin \varphi) + 1}{\cos \varphi} \right\} \sin(\beta S \cos \varphi) \dots (5)$$

(5)式을 利用하여 反射 Screen 이 붙은  $L=1\lambda$ 의

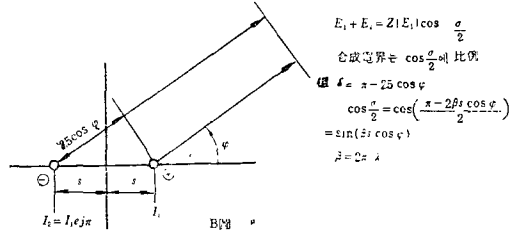
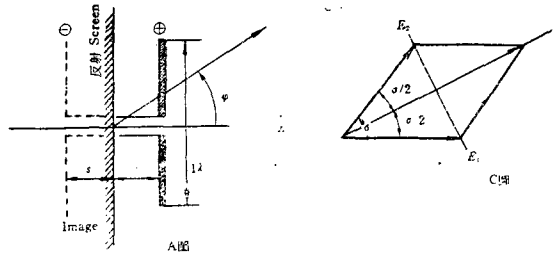


그림 5. Screen Reflector 앞의 水平 Dipole의 指向性

水平 Dipole의 水平指向性 Pattern을 S가 0.15λ, 0.25λ, 0.35λ 및 0.45λ 때를 各 各 計算해 보면 表 4 및 表 4'와 같다.

이 表에서 보는 바와 같이 길이 1λ의 水平 1-Dipole의 指向性 Beam은 反射 Screen

과의 間隔이 작을수록 Sharp 해지고 0.45λ에서는 Beam이 左右로 갈라짐을 알 수 있다.

따라서 表 1의 9~15MHz用 Curtain 안테나는 15MHz帶에서는 S가 0.425λ나 되므로 그보다 낮은 周波數帶에 比해 指向性 Beam은 鈍해짐을 推定할 수 있다.

라. 反射 Screen 이 붙은 길이 1λ의 水平 Dipole이 그 길이 方向으로 두개가 配列된 所謂 2-Bay 안테나에 同位相으로 給電할 때의 水平 指向性을 求하는 式은 다음과 같다. 但 Curtain 안테나의 構造가 L는 1λ 이고 二 Dipole 中心 間의 距離  $D_2$ 도 1λ 內外이므로  $L=1\lambda D_2=1\lambda$  때

短波用 Curtain 안테나의 指向性

表 4. 反射Screen 앞의 1-Dipole의 水平指向性 計算式  $D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos(\pi \sin \varphi) + 1}{\cos \varphi} \right\} \sin(\beta S \cos \varphi)$

| $\varphi^\circ$ | $S=0.15\lambda$ 때 $D(\varphi)$ |       | $S=0.25\lambda$ 때 $D(\varphi)$ |       | $S=0.35\lambda$ 때 $D(\varphi)$ |       | $S=0.45\lambda$ 때 $D(\varphi)$ |       |
|-----------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
|                 | $D(\varphi)$                   | 比     | $D(\varphi)$                   | 比     | $D(\varphi)$                   | 比     | $D(\varphi)$                   | 比     |
| 0°              | 1.6178                         | 1     | 2                              | 1     | 1.6180                         | 1     | 0.6180                         | 0.824 |
| 5               | 1.5897                         | 0.982 | 1.9702                         | 0.985 | 1.6039                         | 0.991 | 0.6293                         | 0.840 |
| 10              | 1.5075                         | 0.931 | 1.8829                         | 0.941 | 1.5599                         | 0.964 | 0.6584                         | 0.878 |
| 15              | 1.3792                         | 0.852 | 1.7441                         | 0.872 | 1.4860                         | 0.918 | 0.6971                         | 0.930 |
| 20              | 1.2163                         | 0.751 | 1.5638                         | 0.781 | 1.3820                         | 0.854 | 0.7322                         | 0.977 |
| 25              | 1.0320                         | 0.637 | 1.3540                         | 0.677 | 1.2486                         | 0.771 | 0.7491                         | 1     |
| 30              | 0.8408                         | 0.519 | 1.1291                         | 0.564 | 1.0909                         | 0.674 | 0.7376                         | 0.984 |
| 35              | 0.6566                         | 0.405 | 0.9035                         | 0.451 | 0.9164                         | 0.566 | 0.6919                         | 0.923 |
| 40              | 0.4886                         | 0.302 | 0.6901                         | 0.345 | 0.7347                         | 0.454 | 0.6124                         | 0.817 |
| 45              | 0.3446                         | 0.213 | 0.4995                         | 0.249 | 0.5574                         | 0.344 | 0.5071                         | 0.676 |
| 50              | 0.2287                         | 0.141 | 0.3401                         | 0.170 | 0.3968                         | 0.245 | 0.3896                         | 0.520 |
| 55              | 0.1409                         | 0.087 | 0.2147                         | 0.107 | 0.2609                         | 0.161 | 0.2736                         | 0.365 |
| 60              | 0.0792                         | 0.048 | 0.1234                         | 0.061 | 0.1555                         | 0.096 | 0.1724                         | 0.230 |
| 65              | 0.0394                         | 0.024 | 0.0626                         | 0.031 | 0.0814                         | 0.050 | 0.0945                         | 0.126 |
| 70              | 0.0165                         | 0.010 | 0.0268                         | 0.013 | 0.0357                         | 0.022 | 0.0431                         | 0.057 |
| 75              | 0.0053                         | 0.003 | 0.0087                         | 0.004 | 0.0117                         | 0.007 | 0.0147                         | 0.019 |
| 80              | 0.0010                         | /     | 0.0017                         | /     | 0.0024                         | —     | 0.0030                         | 0.004 |
| 85              | $6.5 \times 10^{-5}$           | /     | $1.0 \times 10^{-4}$           | /     | —                              | —     | —                              | —     |
| 90              | —                              | —     | —                              | —     | —                              | —     | —                              | —     |

의 計算式은

$$D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos(\pi \sin \varphi) + 1}{\cos \varphi} \right\} \{ \sin(\beta S \cos \varphi) \} \{ \cos(-\pi \sin \varphi) \} \dots \dots \dots (6)$$

이식은 앞에 나온 (5)식에  $\cos(-\pi \sin \varphi)$ 를 相乘한것이며 그림 6에서 두 波源이 同位相이고 그 間隔이  $1\lambda$  일 때의  $\varphi$ 方向에서의 指向性式은  $\cos(-\pi \sin \varphi)$ 가 되기 때문이다.

(6)式을 利用하여 2-Bay Curtain 안테나의 水平指向性을 計算해 보면 表 5 및 表 5'와 같다. 이 表에 依하면 1-Dipole은 半直幅이  $S=0.25\lambda$  일때 約  $65^\circ$ 인데 比해 2-Bay 때는 約  $35^\circ$ 로서 指向性 Beam이 相當히 銳利해지며 따라서 안테나 利得이 上昇함을 알수 있다.

Curtain 안테나의 反射 Screen과 Dipole間的 間隔S가 表 1, 및 表 2에 依하면 使用周波數

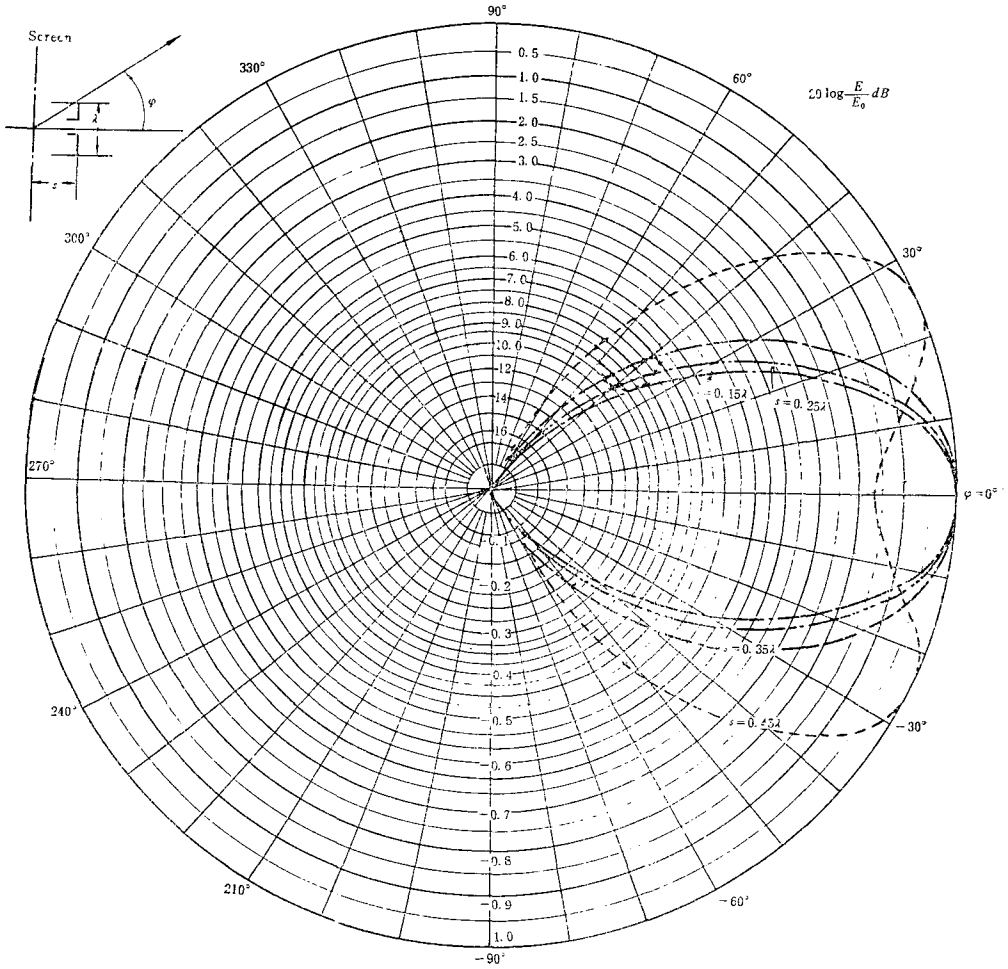
에 따라  $0.234\lambda$ 로 부터  $0.425\lambda$  까지 變化 하므로 水平 指向性이 이에 따라 어떻게 變化하는가를 살피기 爲해서 表 5 및 表 5'는  $S=0.25\lambda$  때와  $0.35\lambda$  때의 두가지 境遇의 水平指向性을 計算한 것이다.

(6)式은 Dipole의 길이  $L$ 를  $1\lambda$ 로 하고 두 Dipole의 間隔  $D_2$ 도  $1\lambda$ 로 假定한 計算式이나 Curtain 안테나의 使用 周波數가 確定되면 그 周波數에 對한 正確한 水平指向性을 計算하는式은 (6)式 代身 다음의 (7)式을 利用하면 된다.

$$D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos\left(\frac{\beta L}{2} \sin \varphi\right) - \cos\left(\frac{\beta L}{2}\right)}{\cos \varphi} \right\} \{ \sin(\beta S \cos \varphi) \} \{ \cos\left(-\frac{\beta D_2}{2} \sin \varphi\right) \} \dots \dots \dots (7)$$

但  $\beta = 2\pi/\lambda$

表 4' 反射 Screen 앞의 1-Dipole 水平指向性



### 3. Beam Slewing 特性

電波輻射 方向을 돌리기 爲하여 Curtain 안테나 에서는 左右 兩側의 안테나 素子列로 올라가는 兩饋電線의 길이에 差를 주어 調整하게 되어 있다. 지금 兩 길이의 差, 다시 말해서 兩側 Dipole에 給電되는 位相差를  $\delta$  (Radian으로 表示)라 할때 主輻射 Beam 이 얼마나 돌아 가는가를 살펴 보기로 한다.

그림 6에서 兩 Dipole ①, ②의 位相이 同位

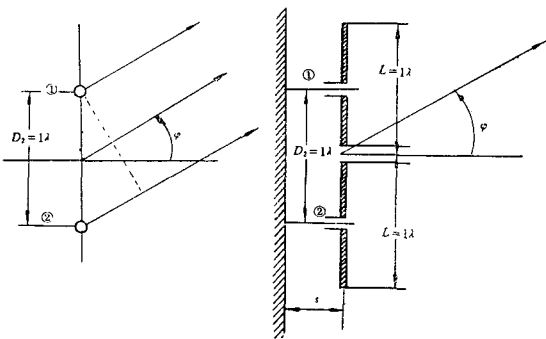


그림 6. 反射 Screen 앞의 2-Dipole의 指向性

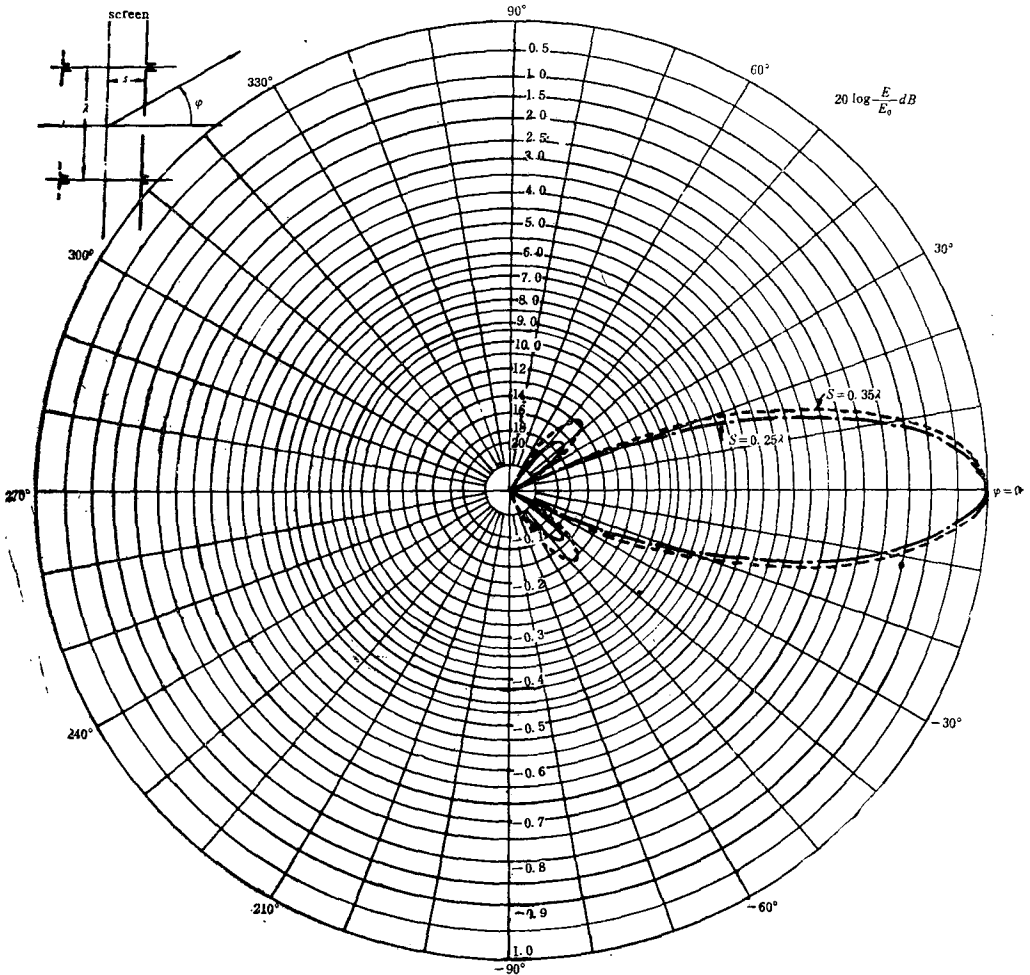
短波用 Curtain 안테나의 指向性

表 5. 反射 Screen 앞의 2-Dipole의 水平指向性 ( $L=1\lambda$ ,  $D_2=1\lambda$ )

計算式  $D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos(\pi \sin \varphi) + 1}{\cos \varphi} \right\} \{ \sin(\beta S \cos \varphi) \} \left\{ \cos\left(-\frac{\lambda}{2} \sin \varphi\right) \right\}$

| $\varphi$ | $S=0.25\lambda$ 일때 |        | $S=0.35\lambda$ 일때 |        | $\varphi$ | $S=0.25\lambda$ 일때   |        | $S=0.35\lambda$ 일때   |        |
|-----------|--------------------|--------|--------------------|--------|-----------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|           | $D(\varphi)$       | 比      | $D(\varphi)$       | 比      |           | $D(\varphi)$         | 比      | $D(\varphi)$         | 比      |
| (0°)      | 2                  | 1      | 1.6180             | 1      | (50°)     | -0.2522              | -0.126 | -0.2943              | -0.181 |
| (5°)      | 11.8967            | 0.948  | 1.5440             | 0.954  | (55°)     | -0.1809              | -0.090 | -0.2199              | -0.135 |
| (10°)     | 1.6097             | 0.804  | 1.3765             | 0.850  | (60°)     | -0.1126              | -0.056 | -0.1419              | -0.087 |
| (15°)     | 1.1986             | 0.599  | 1.0211             | 0.631  | (65°)     | -0.0599              | -0.029 | -0.0779              | -0.043 |
| (20°)     | 0.7447             | 0.372  | 0.6581             | 0.406  | (70°)     | -0.0263              | -0.013 | -0.0351              | -0.021 |
| (25°)     | 0.3259             | 0.162  | 0.3005             | 0.185  | (75°)     | -0.0086              | -0.004 | -0.0117              | -0.007 |
| (30°)     | 0                  | —      | 0                  | —      | (80°)     | -0.0017              | —      | -0.0024              | —      |
| (35°)     | -0.2067            | -0.103 | -20%               | -0.129 | (85°)     | $1.0 \times 10^{-4}$ | —      | $1.5 \times 10^{-4}$ | —      |
| (40°)     | -0.2990            | -0.149 | -0.3184            | -0.196 | (90°)     | 0                    | —      | 0                    | —      |
| (45°)     | -0.3025            | -0.151 | -0.3376            | -0.208 |           |                      |        |                      |        |

表5' 反射 screen 앞의 2-dipole에 의한 水平指向性



相이 아니고  $\delta$ (Radian)만큼 差가 있다하면 (6)

$$\left\{ \cos\left(\frac{\delta}{2} - \pi \sin\varphi\right) \right\} \dots\dots\dots (8)$$

式에서  $\cos(-\pi \sin\varphi)$  대신  $\cos\left(\frac{\delta}{2} - \pi \sin\varphi\right)$ 를 代  
入하여야 한다.

一般的인 境遇는

一般的인 境遇에는 (7)式의  $\cos\left(-\frac{\beta D_2}{2} \sin\varphi\right)$

$$D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos\left(\frac{\beta L}{2} \sin\varphi\right) - \cos\left(\frac{\beta L}{2}\right)}{\cos(\varphi)} \right\}$$

代身  $\cos\left\{\frac{\delta}{2} - \left(\frac{\beta D_2}{2}\right) \sin\varphi\right\}$ 를 代入하면 되므로

$$\left\{ \sin(\beta S \cos\varphi) \right\} \left\{ \cos\frac{\delta}{2} - \frac{\beta D_2}{2} \sin\varphi \right\} \dots\dots\dots (9)$$

指向性 計算式은 다음과 같이 된다.

지금 curtain 안테나의 兩饋電線의 길이差  $\delta$

$L=1\lambda$ ,  $D_2=1\lambda$  일때는

가  $0.25\lambda$  때와  $0.4\lambda$  때의 主輻射 Beam의 廻轉

$$D(\varphi) = \left\{ \frac{\cos(\pi \sin\varphi) + 1}{\cos\varphi} \right\} \left\{ \sin(\beta S \cos\varphi) \right\}$$

狀況을  $S=0.5\lambda$  때 와  $S=0.35\lambda$  때를 (8)式에 依

表 6. Bem Slewing 特性

$$D(\varphi) = \frac{\cos(\pi \sin\varphi) + 1}{\cos\varphi} \times \sin(\beta \cos\varphi) \times \cos\left(\frac{\delta}{2} - \frac{\lambda}{2} \sin\varphi\right)$$

| $\varphi$ | $S=0.25\lambda$ 일때 $D(\varphi)$ |                 |                     |                 | $S=0.35\lambda$ 일때 $D(\varphi)$ |                 |                     |                  |
|-----------|---------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
|           | $\delta=0.25\lambda$            | 比               | $\delta=0.4\lambda$ | 比               | $\delta=0.25\lambda$            | 比               | $\delta=0.4\lambda$ | 比                |
| 90°       | 0                               | —               | 0                   | —               | 0                               | —               | 0                   | —                |
| 80°       | -0.0011                         | —               | -0.0004             | —               | -0.0016                         | —               | -0.0006             | —                |
| 70°       | -0.0150                         | 0.008           | -0.0033             | 0.002           | -0.0200                         | 0.013           | -0.0044             | 0.003            |
| 60°       | -0.440                          | 0.024           | -0.0131             | 0.008           | -0.0554                         | ※0.036          | -0.0165             | 0.012            |
| 50°       | 0.0171                          | 0.009           | 0.1389              | 0.088           | -0.0199                         | 0.013           | 0.1621              | 0.119            |
| 40°       | 0.2281                          | 0.124           | 0.4990              | 0.316           | 0.2429                          | 0.159           | 0.5313              | 0.390            |
| 30°       | 0.7983                          | 0.436           | 1.0738              | 0.681           | 0.7713                          | 0.507           | 1.0375              | 0.763            |
| 20°       | 1.4988                          | 0.819           | 1.5379              | 0.976           | 1.3246                          | 0.871           | 1.3591              | 1                |
| 15°       | 1.7434                          | 0.953           | 1.5753              | 1               | 1.4854                          | 0.976           | 1.3421              | 0.987            |
| 14°       | 1.7751                          | 0.970           | 1.5611              | 0.990           | 1.5028                          | 0.988           | 1.3217              | 0.972            |
| 13°       | 1.7997                          | 0.984           | 1.5389              | 0.976           | 1.5147                          | 0.996           | 1.2952              | 0.952            |
| 12°       | 1.8170                          | 0.993           | 1.5092              | 0.958           | 1.5205                          | 0.999           | 1.2629              | 0.929            |
| 11°       | 1.8267                          | 0.998           | 1.4716              | 0.934           | 1.5207                          | 1               | 1.2251              | 0.901            |
| 10°       | 1.8288                          | 1               | 1.4263              | 0.905           | 1.5151                          | 0.996           | 1.1816              | 0.869            |
| 9°        | 1.8231                          | 0.996           | 1.3738              | 0.872           | 1.5038                          | 0.988           | 1.1332              | 0.833            |
| 0°        | 1.4142                          | 0.773           | 0.6180              | 0.392           | 1.440                           | 0.752           | 0.4939              | 0.367            |
| -10°      | 0.4477                          | 0.244           | -0.4313             | ※0.050<br>0.273 | 0.3709                          | 0.243           | -0.3573             | ※0.0472<br>0.262 |
| -20°      | -0.4455                         | ※0.026<br>0.244 | -1.0775             | 0.683           | -0.3937                         | ※0.026<br>0.258 | -0.9252             | 0.700            |
| -30°      | -0.7983                         | 0.436           | -1.0738             | ※0.681          | -0.7713                         | 0.507           | -1.0375             | 0.763            |
| -40°      | -0.6511                         | 0.356           | -0.6839             | 0.434           | -0.6933                         | 0.455           | -0.7281             | 0.535            |
| -50°      | -0.3396                         | 0.185           | -0.2948             | 0.187           | -0.3963                         | 0.260           | -0.3440             | 0.253            |
| -60°      | -0.1153                         | 0.063           | -0.0827             | 0.052           | -0.1453                         | 0.095           | -0.1043             | 0.076            |
| -70°      | -0.0221                         | 0.012           | -0.0129             | 0.008           | -0.0296                         | 0.019           | -0.0172             | 0.012            |
| -80°      | -0.0012                         | —               | -0.0006             | —               | -0.0017                         | —               | -0.0008             | —                |
| -90°      | 0                               | —               | 0                   | —               | 0                               | —               | 0                   | —                |



短波用 Curtain 안테나의 指向性

해 各各 計算해 보면 表 6, 6' 및 6''와 같다.

이 表에 依하면  $S=0.25\lambda$ ,  $\delta=0.25\lambda$  때의 Slewing 角度는  $10^\circ$  程度이고  $\delta=0.4\lambda$  때는 約  $15^\circ$  되나 이때는 Side Lobe가 若干 크게 나타난다.

表 1, 및 2의 Curtain 안테나의 높은 周波數 帶에서의 경우와 같이 안테나 素子와 Screen과의 間隔  $S$ 가 比較的 큰  $0.35\lambda$ 이고 左右의 位相差  $\delta$ 가  $0.4\lambda$  일 때는 主 Beam의 Slewing 角度는 約  $20^\circ$ 로 되나 Side Lobe도 相當한 크기로 나타남을 알수있다.

4. 垂直指向性

水平 1-Dipole의 길이 方向이 反射 Screen과 平行되어 있을 때 垂直으로 角度  $\alpha$  方向의 指向性 Pattern은 그림 7의 A圖와 같이 波源①과 Screen과의 距離를  $S$ 라 하면 앞에서의 例와 같이 다음 式이 된다.

$$\sin(\beta S \cos \alpha)$$

이러한 Dipole이 그림 7의 B圖와 같이 垂直으로 2-stack로 되어있고 그 地上高가  $h_1$ , 兩

表 6' Beam Slewing 特性

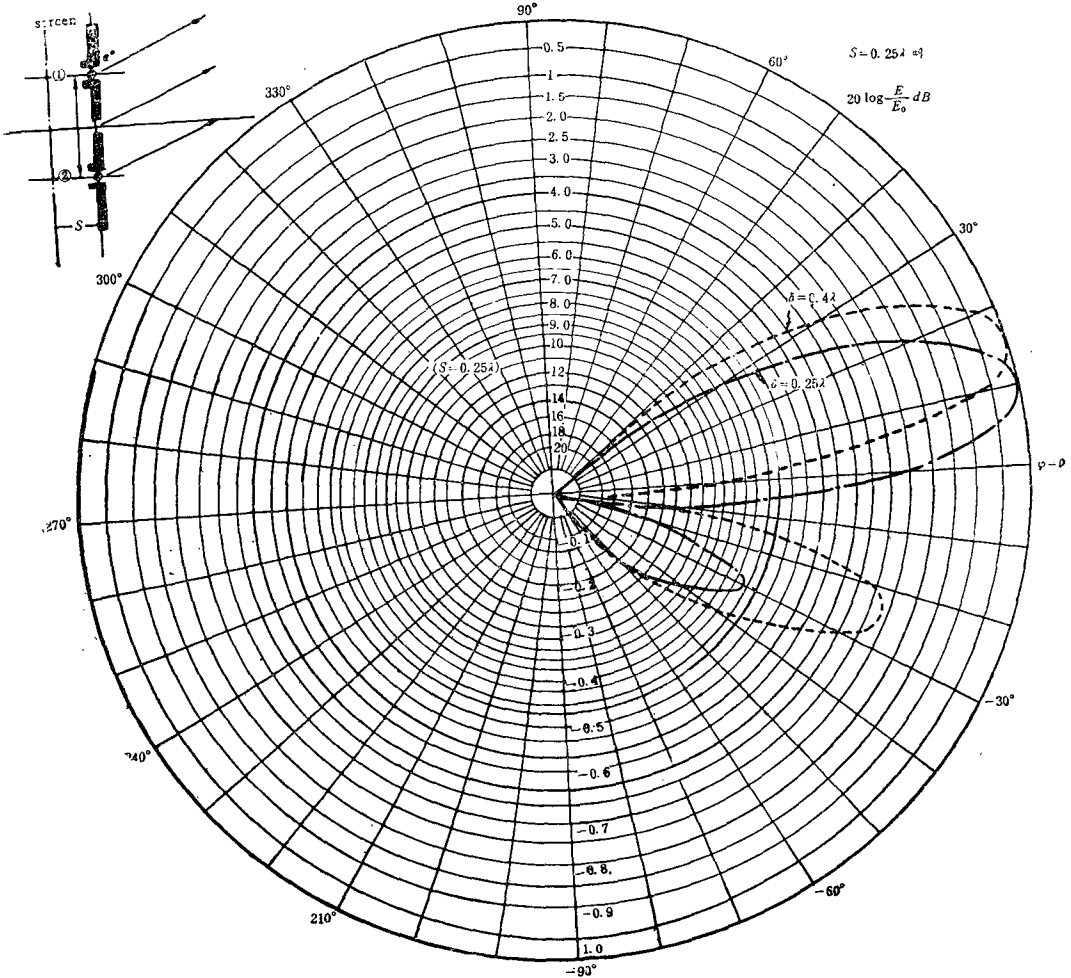
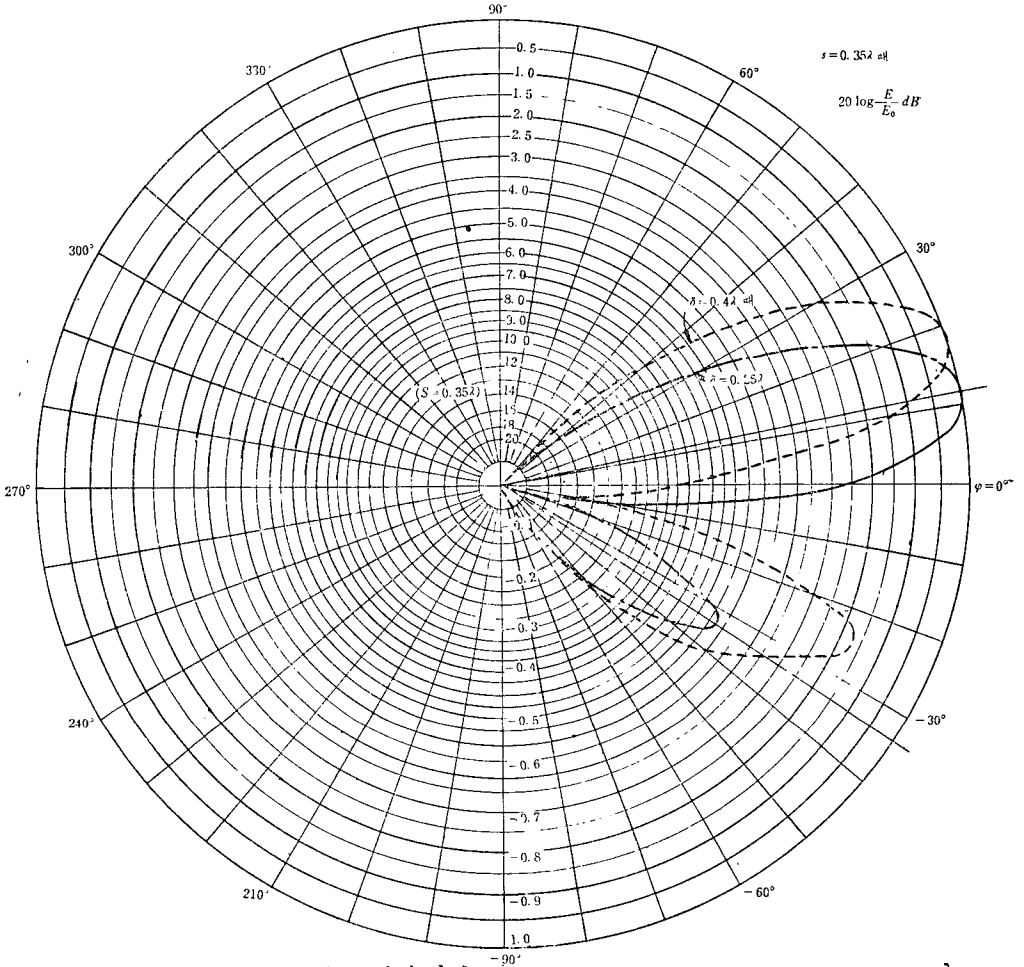


表 6'' Beam Slewing 特性



Dipole의 間隔이  $D_1$  이라 할때 角度  $\alpha$  方向에서  
의 指向性을 求하는 式은 다음과 같이 된다.

$$\sin(\beta S \cos \alpha) [\sin \beta (h_1 \sin \alpha) + \sin \{\beta (h_1 - D_1) \sin \alpha\}]$$

또 그림 7의 C圖와 같이 垂直으로 4個 Dipole  
이 配列 되었을때는 그림 7의 B圖와 같은 2-  
stack 안테나 가 다시 2-stack 되었다고 看做하  
면 다음과 같은 指向性 計算式을 얻는다.

$$D(\varphi) = \sin(\beta S \cos \alpha) [\sin \beta (h_1 \sin \alpha) + \sin \{\beta (h_1 - D_1) \sin \alpha\}] \times [\sin \{(\beta h_1 + 2D_1) \sin \alpha\} + \sin \{\beta (h_1 + 2D_1 - 2D_1) \sin \alpha\}] = \sin(\beta S \cos \alpha) [\sin \beta (h_1 \sin \alpha) + \sin \{\beta (h_1 - D_1) \sin \alpha\}] \times [\sin \{\beta (h_1 + 2D_1) \sin \alpha\} + \sin \{\beta h_1 \sin \alpha\}] \dots (10)$$

이式에서 各 Dipole의 間隔  $D_1$ 을  $\frac{\lambda}{2}$ 라 하면  
(10)式은 다음과 같이 된다.

$$D(\varphi) = \sin(\beta S \cos \alpha) [\sin \{\beta h_1 \sin \alpha\} + \sin \{\beta h_1 - \pi \sin \alpha\}] \times \sin \{(\beta h_1 + 2\pi) \sin \alpha\} + \sin \{\beta h_1 \sin \alpha\} \dots (11)$$

(11)式을 利用하여 Curtcin 안테나의  $L$ 를  $1\lambda$ ,  
 $S$ 를  $0.25\lambda$  라하고  $h_1$ 을  $1\lambda$ 와  $1.5\lambda$  때의 垂直  
Pattern을 各各 計算해 보면 表 7 및 表 7'와 같  
다. 別表 1, 및 2의 Curtcin 안테나의 構造로  
보아  $h_1$  이  $1 \sim 2\lambda$  이므로 이의 垂直은 Pattern은  
比較的 低角度인  $10^\circ$  內外임을 이 表로부터 推  
定할수 있다.

短波用 Curtain 안테나의 指向性

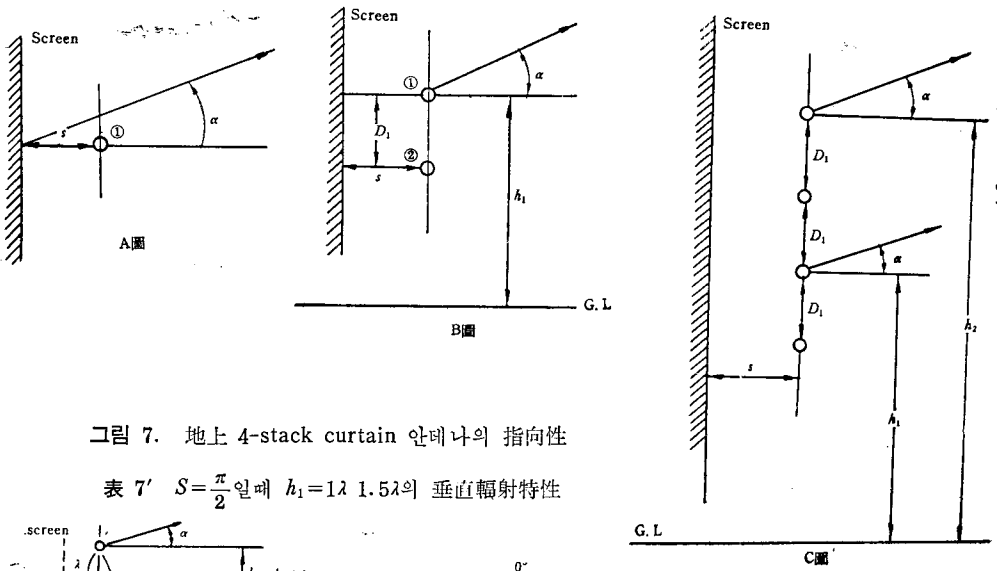


그림 7. 地上 4-stack curtain 안테나의 指向性

表 7'  $S = \frac{\pi}{2}$  일때  $h_1 = 1.5\lambda$  의 垂直輻射特性

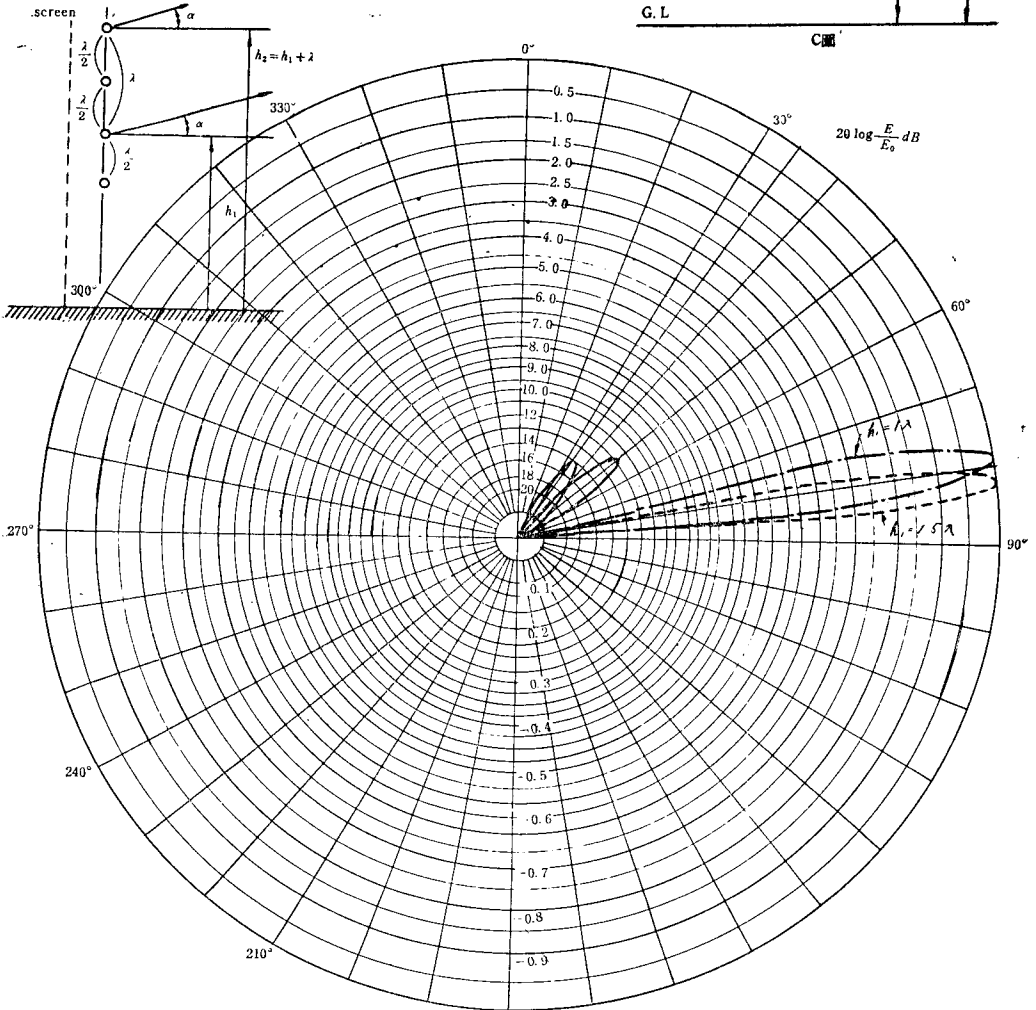


表 7. 垂直指向性

式(11)의 計算值

| $\alpha$ | $h_1=1\lambda$ 일때 $D(\varphi)$ |        | $h_1=1.5\lambda$ 일때 $D(\varphi)$ |        |
|----------|--------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
|          | $D(\varphi)$                   | 比      | $D(\varphi)$                     | 比      |
| 0°       | —                              | —      | —                                | —      |
| 1°       | —                              | —      | —                                | —      |
| 2°       | —                              | —      | —                                | —      |
| 3°       | —                              | —      | —                                | —      |
| 4°       | —                              | —      | —                                | —      |
| 5°       | 1.1137                         | 0.463  | 2.1422                           | 0.693  |
| 6°       | 1.4712                         | 0.611  | 2.6425                           | —      |
| 7°       | 1.8032                         | 0.749  | 2.9743                           | 0.962  |
| 8°       | 2.0833                         | 0.866  | 3.0907                           | 1      |
| 9°       | 2.2875                         | 0.651  | 2.9737                           | 0.962  |
| 10°      | 2.4004                         | 0.998  | 2.6554                           | 0.859  |
| 11°      | 2.4049                         | 1      | 2.1300                           | 0.689  |
| 12°      | 2.3104                         | 0.960  | 1.5147                           | 0.490  |
| 13°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 14°      | 1.8547                         | 0.771  | 0.2586                           | —      |
| 15°      | 1.5294                         | 0.635  | -0.2491                          | -0.080 |
| 16°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 17°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 18°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 19°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 20°      | -0.1327                        | -0.055 | -0.6558                          | -0.212 |
| 21°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 22°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 23°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 24°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 25°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 30°      | 0                              | —      | 0                                | —      |
| 31°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 32°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 33°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 34°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 35°      | —                              | —      | —                                | —      |

| $\alpha$ | $h_1=1\lambda$ 일때 $D(\varphi)$ |        | $h_1=1.5\lambda$ 일때 $D(\varphi)$ |        |
|----------|--------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
|          | $D(\varphi)$                   | 比      | $D(\varphi)$                     | 比      |
| 36°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 37°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 38°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 39°      | 0.0493                         | 0.020  | 0.7935                           | 0.256  |
| 40°      | 0.0229                         | 0.009  | 0.7637                           | 0.256  |
| 41°      | 0.0045                         | 0.001  | 0.7504                           | 0.242  |
| 42°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 43°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 44°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 45°      | 0.0678                         | 0.028  | 0.3297                           | 0.106  |
| 46°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 47°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 48°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 49°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 50°      | 0.3277                         | 0.136  | -0.0475                          | -0.015 |
| 51°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 52°      | 0.4167                         | 0.173  | -0.0365                          | -0.011 |
| 53°      | 0.4486                         | 0.186  | -0.0051                          | -0.001 |
| 54°      | 0.4709                         | 0.195  | 0.0371                           | 0.012  |
| 55°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 56°      | 0.4856                         | 0.201  | 0.1326                           | 0.042  |
| 57°      | 0.4789                         | 0.199  | 0.1772                           | 0.057  |
| 58°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 59°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 60°      | 0.4148                         | 0.172  | 0.2654                           | 0.085  |
| 61°      | 0.3831                         | 0.159  | 0.2758                           | 0.089  |
| 62°      | 0.3489                         | 0.145  | 0.2767                           | 0.089  |
| 63°      | 0.3129                         | 0.130  | 0.2696                           | 0.087  |
| 64°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 65°      | 0.2416                         | 0.100  | 0.2367                           | 0.076  |
| 70°      | 0.1002                         | 0.041  | 0.1183                           | 0.038  |
| 75°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 80°      | 0.0004                         | 0.0001 | 0.0052                           | 0.001  |
| 85°      | —                              | —      | —                                | —      |
| 90°      | 0                              | —      | 0                                | —      |

5. 其他

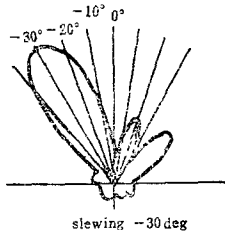
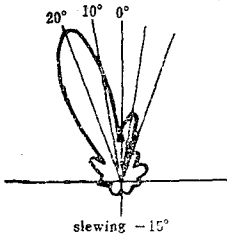
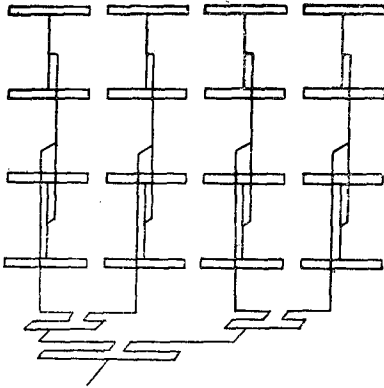
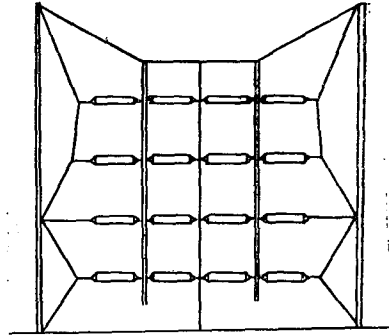
Curtain 안테나는 各製作會社에 따라 構造가 多少 다르며 各社의 Catalogne에 依해 그代表的인 것을 參考로 例示하면 그림 8 및 그림 9와

같다. B社의 것은 안테나 素子인 各 Dipole이  $\lambda/2$  Folded Dipole로서 그 Impedance는  $\lambda/2$ 배 보다 높기 했고 4-Bay, 4stack로 하여 안테나 利得을 높혀  $\lambda/2$  標準 Dipole 과의 對比가 20db程度 이다. N社品의 境遇 約 1λ의 Dipole이 2-Bay, 4-stack로 構成되어있어 안테나 利得은

短波用 Curtain 안테나의 指向性

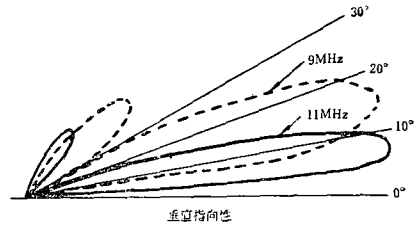
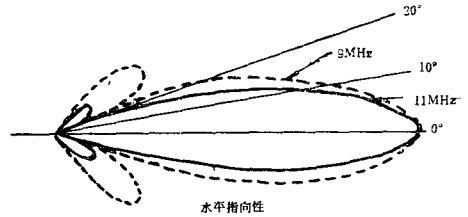
Isotropic 對比 約 20db 이므로 前記 4-Bay 4-stack 보다 若干 떨어진다 하겠다.

Dipole의 構造도 C社의 境遇 3線條인데 比較 B社와 N社의 것은 8線條 圓筒形으로 되어 있다. B社의 Curtain 안테나가 Beam Slewing 角度가 30°까지 比較的 圓滑히 할수 있다는 것은 그 안테나 素子가 짧은 約 1/2의 Folded Dipole이고 4-Bay 4-stack 라는데 注目할 必要가 있다.



Frequency : 9/11/15MHZ  
 GAIN : refer to the half-wave dipole in free space  
 for the lowerband 18db  
 for the center band 20db  
 for the upper band 21db

그림 8. B社 FOLEDE HALF-WAVE DIPOLES 4-BAY 4-STACK Curtain Antenna



FREQUENCY : H.F. Broadcast Band.  
 GAIN : approx, 20db relative to isotropic

그림 9. N社 2-BAY 4-STACK Curtain Antenna