

# 高気圧性循環を伴ったうず状エコーの解析\*

入 田 央\*\*

## 要 旨

このうず状エコーの特徴は、次の2点に要約される。

1. 高気圧性循環を伴っている
2. うずの長軸の走向と、うず進行前面の弧状エコーの走向が、能登半島の海岸線の走向の影響をうけている。

これまでにも、高気圧性循環をもったうずについて、弥彦山レーダが、富山湾に発生した例を示しており(新潟地方気象台, 1972), また豪雪に関するうず状エコーについては Miyazawa (1968) が、下層の収束、上層での発散場に発生していることを示している。

この報告では、東尋坊レーダで観測された高気圧性循環をもったうず状エコーについてレーダ解析と若干の考察を行なったので、その結果を報告する。

## 1. はじめに

このうず状エコー(写真1)は、日本海にあるきわめて明瞭な寒冷前線の暖域側に1972年7月5日発生した。(発生時の総観場については後述)

写真1で示すように、うず状エコーは高気圧性循環をもっているように見える。うずの大きさは長軸方向で100km, しかも発生から消滅まで6時間以上の寿命を保って観測された例は非常にめずらしい。

## 2. うず状エコーを形成するエコーセルの運動

同日17時49分に撮影されたレーダ写真(写真2の6)と18時04分(写真2の7)の2枚の写真によって、うずを形成するエコーセルが、うず中心に対してどのような運動をしたか調べてみた。うず中心のまわりの約40個のセルは、第1図に示すように、中心に対し高気圧性の循環をしているのが見られる。第1図で示す、うず中心に対するセルの相対移動速度が、対流圏中層の風を近似しているものとすれば、このうず中心のまわりの循環は高気圧性で5~8 m/s 程度のものであった。

## 3. うず状エコーの鉛直うず度、水平発散分布

次に、第1図で示した約40個のセルの速度が、対流圏中層の風を近似しているものとして、うずを含む10km

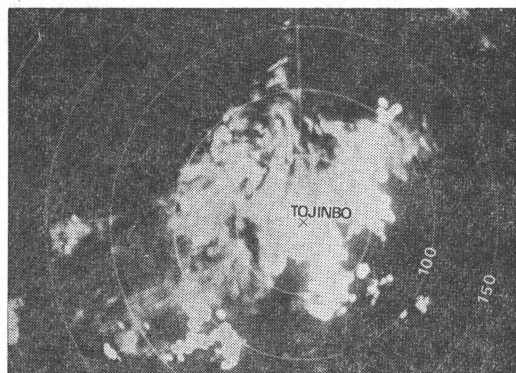


写真1 1972. 7. 5, 17時49分, レンジマーク50 km ごと, EL 0.5 LOG

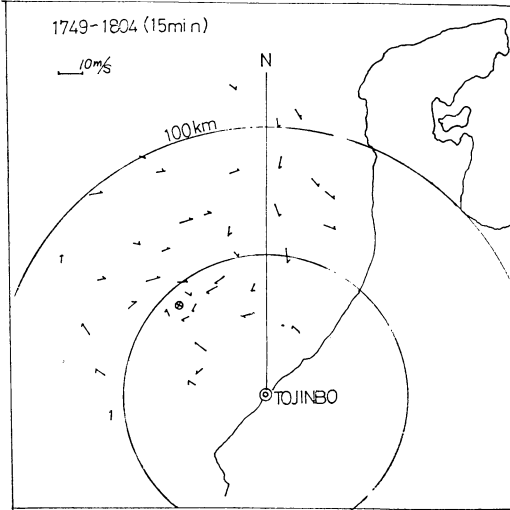
間隔の格子上で、鉛直うず度と水平発散を計算してみた(第2図a, b)。

第2図によると、このうずは、中心部に $-4 \times 10^{-4} \text{sec}^{-1}$ の負のうず度を持ち、進行方向とほぼ同じ向き(東北東)にうず度分布の伸長軸が存在し、水平発散は、うず中心の進行前面と南西後面に強い発散域が存在し、とくに後面は $4 \times 10^{-4} \text{sec}^{-1}$ と強い、この値は、同程度の大きさをもつ冬のうず状エコーの発散量のオーダー(Miyazawa, 1967)ともよくあっている。

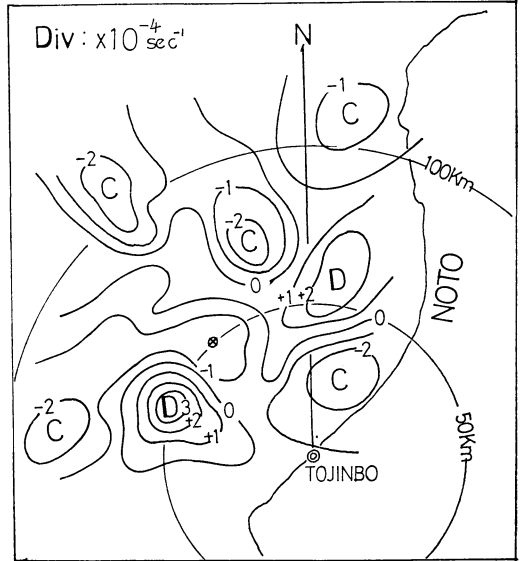
第3図に、これまで東尋坊レーダで観測されたうず状エコーの出現日(5日間)の一般場の鉛直うず度プロフィールを示す。

\* Radar and Meso-scale Analysis on Anti-cyclonic Vortical radar Echo.

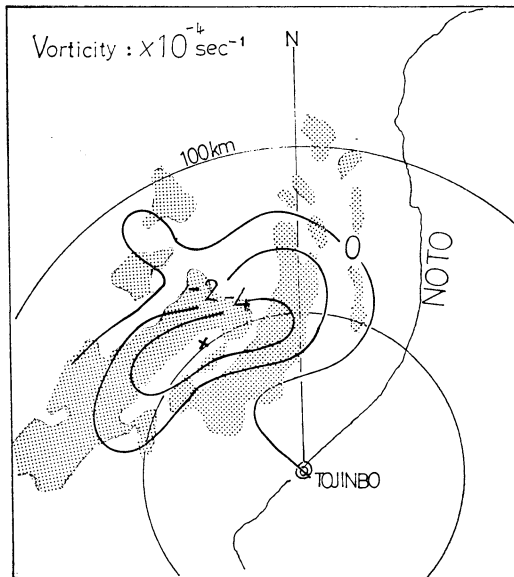
\*\* H. Nyuda 福井地方気象台  
—1973年11月13日受理—



第1図 うずを形成するセルのうず中心に対する相対移動速度, ⊗印うずの中心



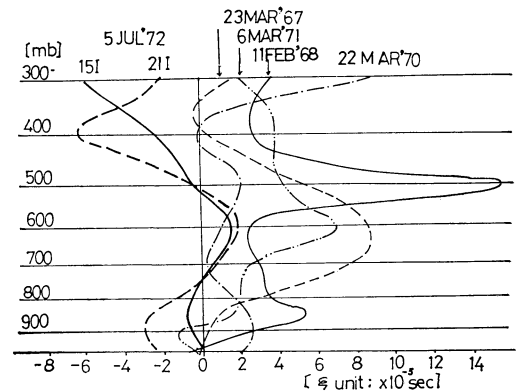
第2図 b 水平発散分布, ⊗印うず中心(18時04分)



第2図 a うず中心部の鉛直うず度分布とエコーパターンの合成図(18時04分)

この図は、潮岬、輪島、米子の高層風を使ってベラミー法で計算したものであるが、計算に際して、うずは形状が比較的明瞭で、この観測点を結ぶ三角形内にあり、且つ9時、21時にうずとして存在したものを選んである。

これによると、ここで扱っているうず(太実線、および太破線)は、750mbより低いところと、500mbより



第3図 東尋坊レーダーで観測されたうず状エコー出現時うず度垂直分布(立平)

高い層で負のうず度を示し、冬季うずの他の例(いずれも低気圧性うず)が、どの高度でも正のうず度であるのにくらべて、明らかに違った性質をもっている。ただし、うずにくらべて計算した範囲が大きいので、この負うず度をただちにうず状エコーの負うず度と関係づけるのは問題があろう。

以上をまとめると

1) うずを形成するセルの動きは5~8m/sで高気圧性の循環を示している(鉛直うず度の最大:  $-4 \times 10^{-4} \text{sec}^{-1}$ )

2) 水平発散の最大は  $4 \times 10^{-4} \text{sec}^{-1}$  で、うずの中心部

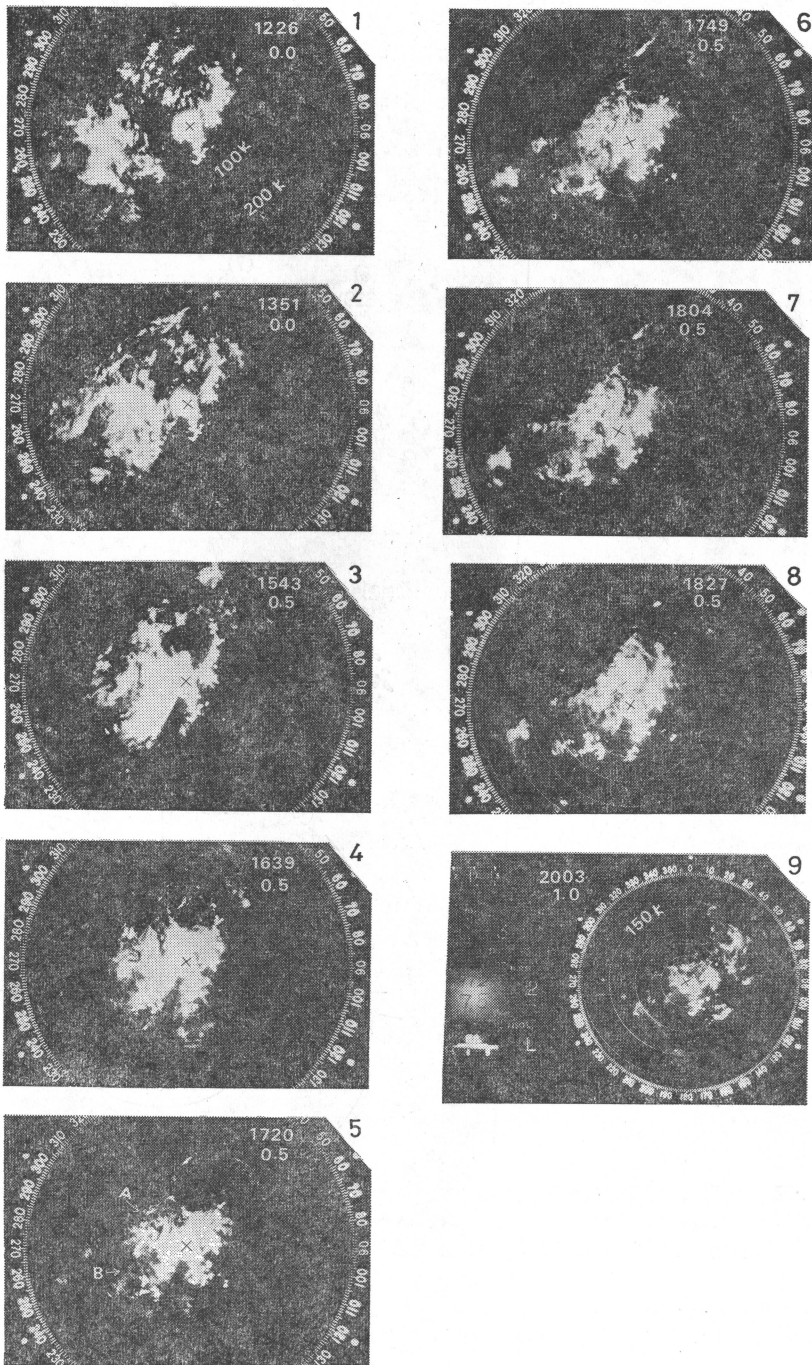
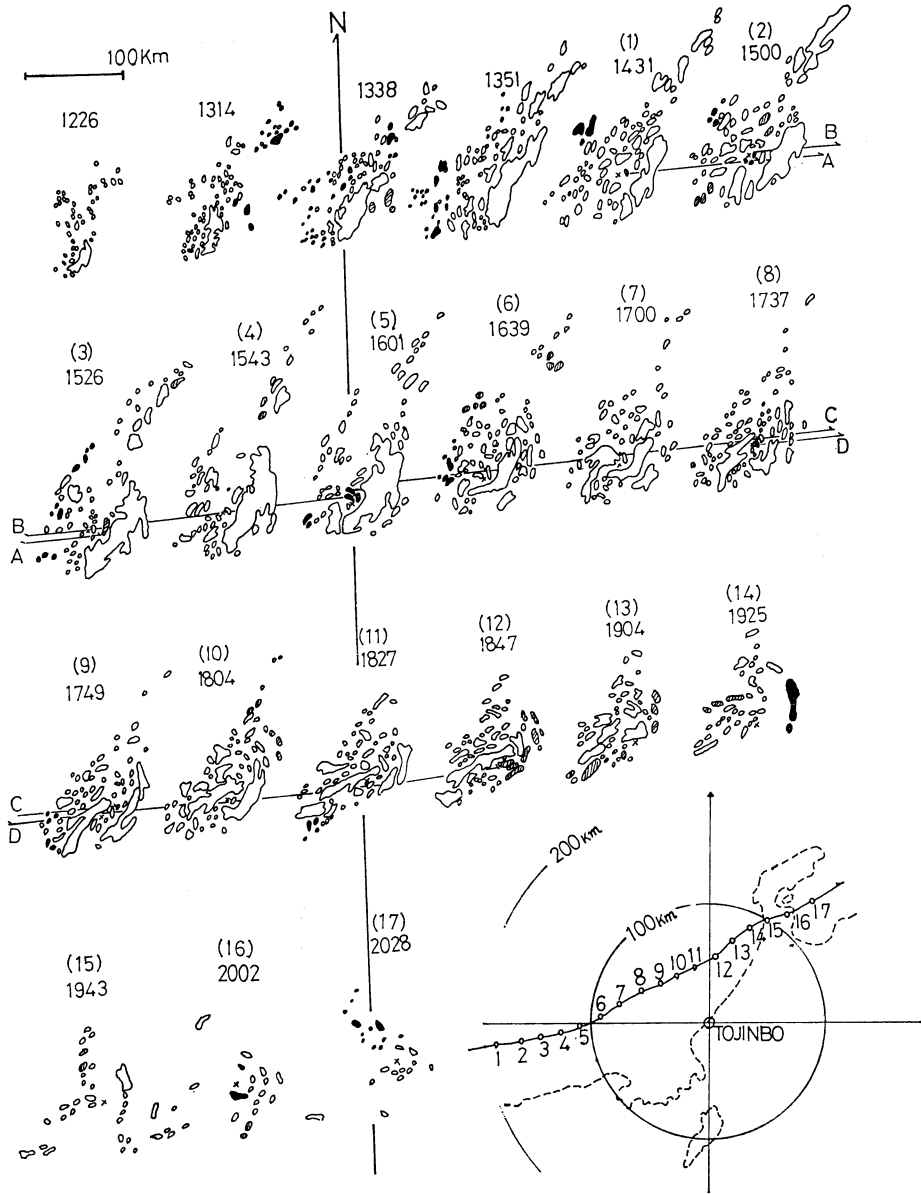


写真 2 うずの形成・消滅, 右上の数字は時刻と高度角を表わす, レンジマーク 50km ごと, ×印東尋坊, A, うず本体, B, 丹後半島付近に発生したうず, LOG



第4図 1972. 7. 5, 高気圧性循環をもったうずエコーの推移, 图中■部分は新しく発生したエコー, ▨部分は次の時刻に消滅したエコーを示す. A~Dは, うず中心を形成するセルの推移 ( ) 数字は, 図右下のうず中心の経路図での位置を示す.

は弱い収束域になっている。

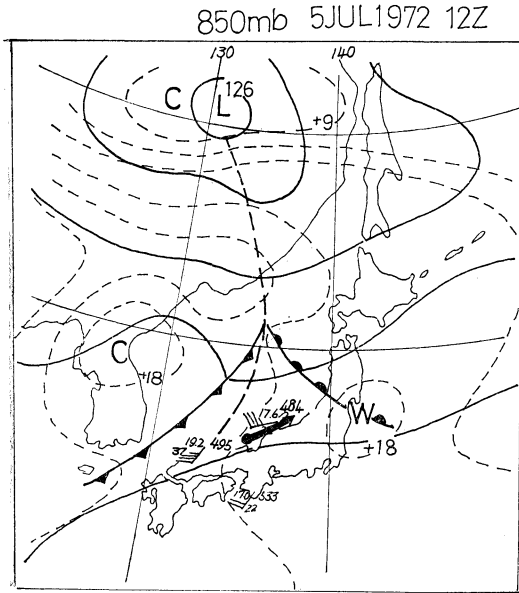
3) うず度分布はうずの進行方向にのびた形をしている。

4. 高気圧性循環をもったうず状エコーの形成消滅過程

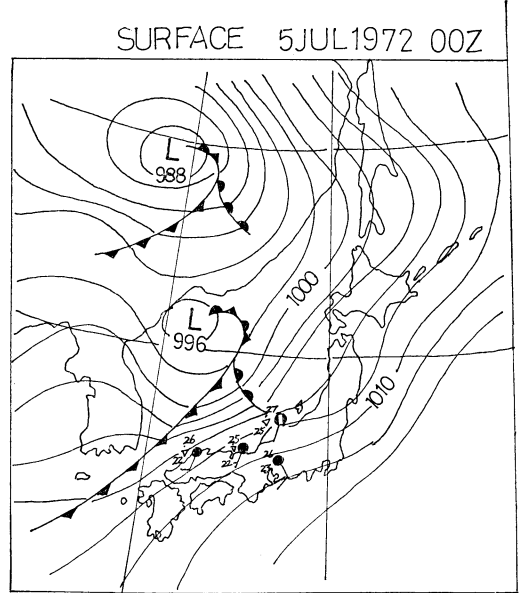
写真2に, うず状エコーの形成消滅の代表的な時刻の

写真を, またうず状エコーの形成過程を明らかにするために, レーダで撮影された15~20分間隔の写真をトレスしたうず状エコーのパターンの変化を第4図に示した。

i) 第4図によると, うずが形成され始める14時31分頃までは北東から南西に伸びるやや幅の広い带状エコー



第5図 1972. 7. 5, 21時, 850mb 等圧面天気図  
→は、うずの経路, 太点線は同等圧面のトラフ.



第6図a 1972. 7. 5, 09時 地上天気図

が存在したが、その後次第にこの帯状エコーにくぼみが出来、徐々にそのくぼみに風上側（南西）からエコーセルの突込みが起り、目を形成する。

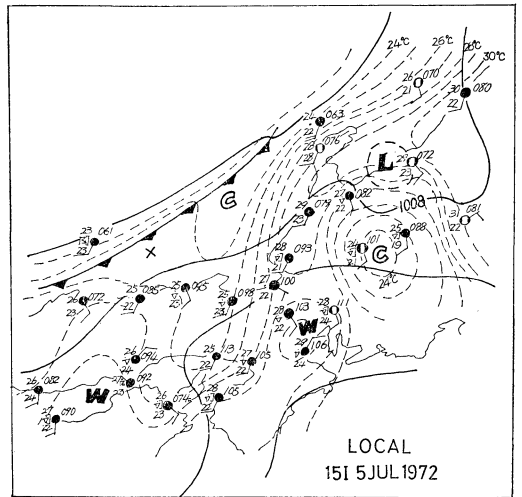
このうず状エコーは最盛期には、スパイラル状よりむしろかぎ状エコーが2個むかいあった形になっているのも特徴である。

17時00分頃、左右のかぎ状エコーがほぼ同じ大きさとなり、その後うず状エコーの長軸の走向が能登半島西部海岸線に平行になってゆくにつれて、すこしづつ東西方向に走向を変えている。

能登半島上陸後、一時うず状エコーは消滅するかに見えたが、富山湾に入ってから、再びうずを形成し、20時28分に観測を中止するまで存在した。また富山湾に入ってからうず状エコーのスパイラル構造は、はっきりしたものであった。

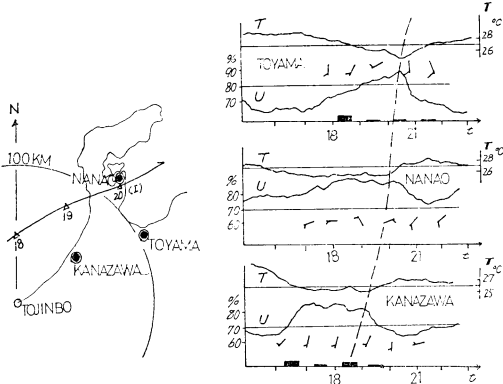
ii) 第4図中、黒くぬりつぶしたエコーは、前の時刻から、その時刻までに新しく発生したもので、また次の時刻までに消滅してしまうものには斜線がほどこしてある。

この図から、うず形成のはっきりした機構を説明することはむづかしいが、記号A~Dで示したうず中心にもっとも近いエコーセルの発生消滅には一つの周期が見られる。つまり、うずの中心部で発生した新しいエコーセ

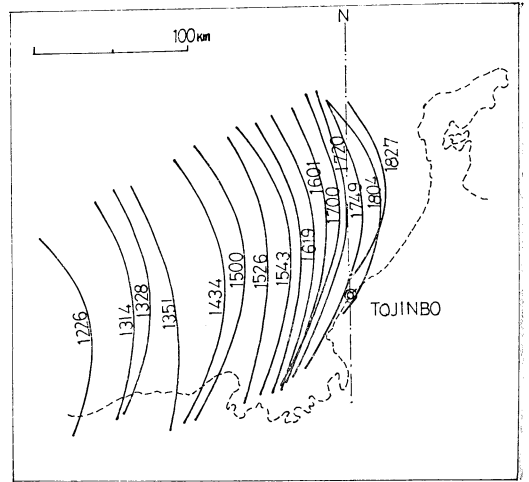


第6図b 1972. 7. 5, 15時 局地天気図×印はうず中心を示す.

ルは、次第に外側にうつりながら、うず中心に対して接線方向への動きを見せ、次の新しいものが、その内側に発生する。この動きは台風の眼のまわりのエコーのふるまい（立平、1962）と似ているが、このうず状エコーの場合、中心部の最も内側で発生したエコーセルのうち、D（17時37分~18時47分）で示したものは中心に対して90°の方向から180°の方向まで、高気圧性にまわって



第7図 地上要素の変化(金沢・七尾・富山) 1972. 7. 5, 図中点線は気温, 湿度の急変点, ■は雨量を示し背の高い部分0.5mm/hr, 低い部分0.0~0.4mm/hrを示す, 風は天羽根1本が10m/s(10分平均)を示す. 左の経路図はうず中心の経路を示す.



第8図 うず前面の弧状エコー中心軸の時間的推移

おり, これは, 第2図で示した時刻(18時頃)のうず度分布に対応するものである. また, A, B, C(14時頃から17時頃)で示したセルは, 中心に対する接線方向の運動はごく小さいものであった.

このような時刻によるセルの移動速度の差は, 何が原因で起っているのか, まだ十分調査していないが, うずの成長期と最盛期の違いということも考えられる.

iii) このうず状エコーを形成するエコーセルの寿命は, 短いもので50分位, 長いもので100分程度で, それぞれ長いものであった.

5. うず発生と総観場

i) 850mb 等圧面天気図(第5図)

とりあげているうずがメソスケールであるので, 総観場の特徴的な性質をみいだすことは難しいが, 同日の850mb 等圧面解析ではこのうずは, 大きな谷の前面に存在した比較的スケールの大きいエコー域の南西端に発生した. そして対流圏下層の風向(WSW)と平行して進んだ.

ii) 地上局地天気図(第6図a, b)

同日09時の地上天気図(第6図a)でみられる日本海沿岸の寒冷前線は15時の同スケール天気図でも解析され, これを局地天気図(第6図b)に記入してみると, その位置はレーダ写真2でみられる北東から南西に直線的にのびるエコーの消滅している部分に対応していることがわかる.

またこのうず状エコーが存在している前線の暖域の温

度場には大きな傾度が見られる.

iii) 地上要素の変化

このうず状エコーの中心が能登半島を通過したのは, 19時30分から20時00分の間であるが, この間の金沢・富山・七尾の気温, 湿度, 雨, 風の変化について第7図に示した.

これによると, 金沢で16時10分頃から気温の下降と湿度の上昇がはじまり, 次いで七尾で17時頃, 富山で17時30分頃, 同様の現象が記録されている. これは, うず状エコーの前面の雨域の通過と対応する.

また図中大破線で示した時刻をさかきにして, 気温の上昇, 湿度の低下が見られ, 雨量も時間雨量にして0.5mm程度であったが, この頃降った. これはうず中心が最も接近した時刻に対応している. またうず中心が, すぐ近くを通過した七尾では, わずかに風向の西~北~東~南の風の順転も記録されている.

しかし, このうずの経路が, 能登半島を通過するごく短い時間を除いて, 海上を通過しているため, 気圧などじょう乱の通過を示す顕著な変化は陸上では観測されなかった.

6. うずと地形

このうずのエコーパターンの長軸の走向は能登半島西部の海岸線からほぼ50km 以遠では海岸線の走向とほぼ一致し, これ以内で海岸線との傾きが大きくなっている.

また, うず前面の弧状エコーの走向は, 能登半島に近づくにつれて海岸線の走向に近くなってきている(第8

図)。

さらに、17時20分(写真2の(5):←B)に丹後半島の850mbの対流圏下層風のぶつかる地形突出部風上側に、小さなうずが発生している。これは藤原(1967)が、うず状じょう乱の発生は北陸不連続線と関連し、またエコー型の変化がよく観測されるのは丹後半島から能登半島西岸までの海上であることを指適しているのと一致している。いずれにしても、地形突出部の風上側は、うず発生の好条件の一つになっているようである。

#### あとがき

今回は、とくに高気圧性循環をもつうずの解析を中心に述べてきた。

今後は、一般場が、どのような条件を充たしたとき、うずができるかということについて調査をつづけていきたい。

なお、この調査にあたって、本庁予報部電子計算室の

立平良三技官のご指導をいただき、また、福井地方気象台の深津林、服部満夫両技官にご助言をいただいたことに、深く感謝いたします。

#### 文 献

- 藤原録郎, 1967: エコー配列型と降雪量分布, 天気, **14**, 256-261.
- Miyazawa, S., 1967: On Vortical Mesoscale disturbances observed during the period of heavy snow or rain in the Hokuriku district, J. Meteor. Soc. Japan, **45**, 166-176.
- 宮沢清治, 1968: 中小規模じょう乱解析, 北陸豪雪調査報告, 168-174.
- 新潟地方気象台, 1972: Anti-cyclonic なうず状エコー, 東管技術ニュース, **28**.
- 立平良三, 1962: 台風5907号の降雨帯の解析, 研究時報, **14**, 621-630.

## 北海道支部研究発表会のプログラム

昭和48年度第2回支部研究発表会を下記のプログラムにより実施しましたので報告します。

#### 記

日 時: 昭和49年3月19日(火) 10時00分~14時30分  
会 場: 北海道大学理学部3号館(新々館) 401号室  
(4階)  
座 長: 午前の部 播磨屋(北大理) 午後の部 中岡  
(札幌気)

#### 研究発表題目

- (午前の部) 10時~12時
1. 東南極みずほキャンプにおける地上気象観測  
北大理 佐々木 浩
  2. 南極大陸における接地気層の乱流構造について  
北大理 佐々木 浩
  3. 氷霧中の渦冷却霧粒, 氷晶および氷晶核の観測  
北教大 桜井 兼市
  4. 渦状エコーと小低気圧について  
北大理 山口 勝輔
  5. 道央地方の降雪の特徴とその予報  
札幌気 七沢 謙

#### 6. 雪エコーの動き(16mm 映画)

札幌気 七沢 謙

(午後の部) 13時~14時20分

7. 48年12月22日低気圧により起った日本海岸の塩雪害および電線着雪について  
北電技研 栗原 正之 蒔田 孝
8. 札幌市の大気汚染と気象(第1報)  
—昭和48年5月の札幌市の汚染質濃度と気象の関係—  
札幌気 内田 英治 渡辺 正雄 丸山 栄三  
今野 真悦 杉中 誠一 田村 和也  
足立 崇
9. 札幌市の大気汚染と気象(第1報)  
—昭和48年5月6日と14日の石狩平野の収束線の変動—  
研究者 同上
10. 札幌市の大気汚染の気候学的解析  
—汚染と気象要素の多変量解析—  
北大工 成田 脩