

## Challenge for Revolutionary Disaster Reduction : 防災産業を興すことを提唱する

佐々木 嘉 和

### 1. ま え が き

- a. 現状多岐多様の防災対策がとられている。災害に関連した自然現象の究明、予報技術の開発、被害軽減対策、被害調査方法の改良、復興政策と技術などあらゆる面で世界中の国々でそれぞれ各地域に特色のある防災対策がいろいろとられてきている。
- b. それにも拘らず、一向に自然災害（と人為災害）から人類の生命や財産が期待通りに守られているとは言えない。  
国連が1990年代を防災10年と宣言したのはそういう事情にある。国連からの報告を含め色々な所から出された数多くの報告や資料を調べてみると、現在とられている防災対策は果たして万全なものだろうかとの素直な疑問を心に起こさせる。何か基本的に大事なことが見逃されてはいまいか。
- c. 防災対策全般を通じ最もよく聞く不満は予算が少ない（或は無）ということである。国連の防災10年宣言でも、本格的に全世界の防災をまかなう予算付けは国連ではなされず、各国にまかされている。その各国では防災予算は殆ど無視されているか低すぎる優先順位を与えられているに過ぎない。災害が起こってから限られた臨時予算で応急処置するという状態で、あとは救援運動や募金運動に頼っているのが現状といえる。防災予算の問題はこれからの効果的防災対策の最も基本的なものである。
- d. 防災産業を興すことを提唱したい。防災産業こそ防災予算の問題を含めて防災に関する経済面の色々な問題を解決する有力な母体となりうると信ずる。防災産業という言葉は現在、私の知る限りでは存在しない。防災産業と防衛産業とは語呂が似ている。英語でも Disaster Industry という言葉はないけれど Defense Industry に語呂が合う。意味から言えば、Disaster Prevention Industry であるが。防衛産業つまり軍事産業は主には一つの国が他の国との争いに勝つための兵器製造の産業であり一つの国のためのものである。一方、私の提唱する防災産業は人の生存と安全、財産や環境の保全のためのもので人類のためのものである。

### 2. 防 災 産 業

例をとり防災産業とは何かということとまた防災産業が防災にどんなに役立つのかということを考えてみる。防災産業の基本は効果的なマネジメントなどいくつかあるが、まず斬新な防災科学技術開発の重要性を例で示そう。

#### a. 防災科学技術開発

第2次世界大戦中、敵方の飛行機を発見追跡するためにイギリスで開発されたレーダーは、戦後気象現象を観測することに応用できるだろうということになり研究開発が始まった。アメリカでは特にオクラホマ大学の構内にある NSSL (National Severe Storm Laboratory, 前身は National Radar Laboratory) と呼ばれている国立の研究所が、オクラホマ大学などとの協力で気象レーダーの研究開発を続けてきた。その努力で、35年前には現在米国や日本やその他の国々で最も現業に使用されている気象レーダー WSR 57 型が開発された。57 という数字は 1957 年に米国で政府が気象業務に採用したことを示している。WSR 57 ではレーダー波の反射強度しか測れず、風速を測るためにレーダーのドプラー化の努力がその後

なされた。

150年前の1842年にクリスチアン・ヨハン・ドプラー (1803~1853) というフランスの物理学者が所謂ドプラー効果と呼ばれる現象を発見した。音波や電磁波が運動している物体から反射するとき、反射波の波長が変わる現象である。その変化量は物体の速度の波源方向成分に比例する。例えば飛行機や列車が近づいてくるとき音の波長が短くなり高周波の音として聞こえ、逆に遠ざかるときは低周波の音となって聞こえることはよく経験する。これが防災に役立つことになるとは、よもやドプラーも考えなかったことであろう。

NEXRAD とよばれる米国政府の気象海洋局やその他の局が合同で1988年から建設をはじめた、次世代の気象観測を荷うレーダー網がある。そのWSR 88 D とよばれるレーダーこそDの字が示すようにドプラー効果を利用したものである。これまでの気象レーダーでは測れなかった風速をWSR 88 D は測定してくれるのである。そのみならず今まで気象レーダーに比べ、高出力、高感度、高解像力の画期的なレーダーである。

トルネード (竜巻) のみならず暴風、豪雨、豪雪、高潮、洪水、地くずれの検出にドプラーレーダーは大変な偉力を示したことがNEXRADを生みだし、米国で“気象業務の近代化”と称する大改革を決意させたと言って過言でない。

#### b. 吹出し突風

NEXRAD で設置されるWSR 88 D レーダーはその性能に目を見張らせるものがあった。例えば雷雲から突然吹き出す突風である。米国政府の契約で現在Paramax社がWSR 88 D の製造をしている。その表示方式によると巨大な積乱雲や雷雲は赤橙色で示される。反射強度にして45 DBZ以上である。これまでのレーダー、例えばWSR 57 レーダーでは10 DBZ以下の弱い反射強度はノイズに埋もれ、シグナルとして感受できなかった。ところが技術の進歩でWSR 88 Zはその弱い反射をシグナルとして受信し、表示することができるようになった。10 DBZ以下のシグナルは青色で示される。WSR 88 D で巨大積乱雲を見てもその周りに青い孤状の曲線が表れることがある。実はこの弧線上で毎秒30~60 mの強い突風が生じているのである。特に海上や湖上のボート、遊覧船、漁船など、また低空を飛んでいる、或は地上にある飛行機や、トレーラーハウス、トラックなどに注意を与える必要がある。この青い曲線で示された突風は、WSR 57 など今までのレーダーでは検出することの出来なかったものである。つまり、WSR 88 D の非常に高い出力、高い感度、高い解像力と風速の測定で初めて検出できるようになった。

巨大積乱雲の水平方向の大きさは5 km位、そこから吹き出してくる突風は毎秒数10 mの速さで水平に拡がっていく。その速さは下層大気に生じた内部重力波の伝播速度で東京と大阪間を4~5時間で走り抜ける速さである。その上に突風の強さは吹き出しの先端で最も強く、その巾は僅かに1~5 kmのものである。従って突風による災害を防ぐためにはきめの細かい、つまり高解像度の警戒システムを必要とする。

また、吹きだしの先端で新しい、強い積乱雲の発達もWSR 88 D で観測されたことも付け加えておこう。

#### c. ダウンバースト

WSR 88 D はトルネードや積乱雲による吹出し突風だけでなくダウンバーストと称される激しい局所下降流を検出することにも偉力を発揮する。この急激な下降突風は大変危険なもので旅客機を墜落させたり建築物の屋根を剝いたりなどする。1989年7月30日午前9時半頃米国カンサス州を襲った下降突風はWSR 88 D と同じ10 cmの波長のレーダー波を用いたドプラーレーダーで観測がなされておったそのデータを解析したところ次のような大変重要で興味のあることがわかった。

ダウンバーストは地上で毎秒数10 mの強い風速の突風でホースで水を壁に吹き付けた時に水が四方に散るように下降流が地面にぶつかり急に発散する現象で地上での発散の強さは $10^{-2}$ /秒にも達する。発散と回転は同じ次元を持っている。 $10^{-2}$ /秒を回転だと考えるとそれはトルネードの回転の強さであることを考えるとダウンバーストも防災上警戒すべき相手なのである。然もトルネードと同じようにダウンバーストの水平の広がりも狭く、数100 m位のオーダーである。これを検出することが急務である。

ダウンバーストを検出するには、10 cm でなく、5 cm の波長のレーダー波を使う空港レーダー（ターミナルレーダー）と称する小型のレーダーがよいと、これまでみなされてきた。ところが WSR 88 D でも見事にダウンバーストを検出されることが実証された。因みに、5 cm は吸収が大きすぎて気象レーダーとしては不適当であると報告されていることも述べておく。気にかかることである。

前述のカンサス州のダウンバーストはレーダーの位置から約 40 km 離れたところで検出された。例えば幕張にレーダーを置くと成田と羽田空港の空の安全を守るのに貢献するだろうということを示している。更に面白いことに前述の地上での強い下降流の発散をおこした気流の収斂が実は少なくとも 10 分以上も前から大気の上層で、地上から数 km つまり富士山を 2 つ位重ねた深い層で始まっていたことがわかった。ということはダウンバーストが何処で何時発生するかの検出が少なくとも 5 分前に出来るだろうということで飛行場の安全にも WSR 88 D は偉力を発揮することになるかも知れない。

#### d. 豪雨、洪水

WSR 88 D は豪雨、洪水の予報に革命的な進歩をもたらした。三次元の反射強度のデータから可降水量、つまり予想される降水量を計算する。高感度のデータであるので降水量計算の精度が上がるのが期待される。また高解像力のデータであるので降雨域と非降雨域の区別が以前よりもはっきりしてくる。実際の降雨域は積乱雲からの雨は 1~5 km 位の中で非降雨域と区別される。これが従来のレーダーでは感度や解像力が悪く予想降雨量は使い物にならない程悪かった理由である。WSR 88 D はその問題を解決したと思われる。降雨域は、WSR 88 D 製造会社 Paramax 社の図式表示では、淡墨色と水色、豪雨域は緑色、さらに強くなると赤色など濃い色で示される。降ってきた雨は地上で川や低地に集まるため川や低地の様子が洪水や積雪などの分布に大きな影響を及ぼす。（川は水色の線、低地は橙色を使って示してある。）

WSR 88 D では毎時間毎の降水量のみならず数時間以上にわたる積算降雨量も見られ、使用目的により便利に作られている。

### 3. 災害スケールと高密度防災情報と対策

WSR 88 D で作られる色々な図を見てみると非常に大事なことに気が付く。例えば強い降雨域のひろがりである。そのひろがりには巾約 1~5 km で 50~100 km にも伸びている。つまり簡単に言って、1~5 km 位のスケールのシステムが数時間以上継続してつくったものである。そのような巾のせまい豪雨域のベルトが何本もでき、ベルトとベルトの間では雨は降っていない。これは豪雨、豪雪、洪水や地くずれなどの災害予報に少なくとも 1~5 km のスケールの“高密度”のきめの細かい警報システムでないとならぬ話ではないが、信用されなくなるということを示すものではなかろうか。WSR 88 D のデータは水平・垂直約 250 m 毎または水平解像度は約 1 km ということをつ記したい。つまり WSR 88 D のレーダーは災害を起こす気象システムを検出するのに必要と思われる高い解像力を持っている。

世界の各地で風災害を引き起こす台風、ハリケーン、サイクロンなどは、比較的大型の台風をとると、空間スケールは 500 km、時間スケールは 12 時間位と考えられる。それは最大円形等圧線の半径を目安にし、また台風の構造や運動については 12 時間位の間は同じ様な状態を保つことを意味している。また最大風速は 40 m/秒で中心から 300 km 以内は 25 m/秒以上の風速と見積もる。これは台風の物理的力学的な目安であるに過ぎない。それで台風災害も一様に水平に約 500 km の範囲に起こり、約半日位継続するという事にはならない。実は台風やハリケーンの被害調査をよく見てみるともっとも小さい、100 分の 1 位の空間スケール、時間スケールで大きな災害が局地的に数多く点在していることがわかる。つまり台風の中の小さい空間スケールのものが災害を起こしていると思われる。災害の空間・時間スケールが台風・ハリケーンのそれの約 100 分の 1 ということは空間スケールが約 5 km、時間スケール約 10 分ということで、これは巨大な積乱雲のスケールである。実際に台風・ハリケーンなどは巨大な積乱雲の集まりで成り立っており、積乱雲が台風・ハリケーンのエネギーを温かい海面から蒸発された水蒸気の潜熱の形で台

風・ハリケーンに取り込むエンジンとして作用している。巨大積乱雲がつくり出す暴風や豪雨が台風・ハリケーンの大規模なスケールの循環に重なって台風災害やハリケーン災害と認識されている災害を引き起こしているわけである。したがって防災対策としての的中率の良い警報は巨大積乱雲の空間/時間スケール5 km/10分の精度まで上げる必要がある。つまり高解像度防災対策或は高密度防災対策を立てないといけないうことになる。現にWSR 57の警報的中率は60~70%位であったのがWSR 88 Dになって90%以上に良くなったことが報告されている。

#### 4. 防 災 産 業

##### a. 新しい防災レーダー

新しい科学技術の研究開発によって新しい観測・測定装置をつくり出すことだけでもそれがどんなに防災に役立ちそうかということが見当つき始めたと思う。NEXRAD・WSR 88 Dの場合は、豪雨、豪雪や洪水などの気象災害の元凶を観測・測定するこれまでにない有力な装置で、元凶の気象システムの構造や過程が実に見事に解明されてきているため、将来のより良き防災のために何をなすべきかが明瞭になったという話であった。

これは将来の防災対策を考える上で大変重要な例であると思う。つまり、上記の気象災害を軽減するためには時間スケール数10分、水平空間スケール数kmで、充分対応がとれる警報を出す必要がある。それを実行するためにはWSR 88 Dを必要とする。1台あたり10~20億円という価格と聞いている。日本を台風、豪雨、豪雪などの被害から守る為には少なくとも12台位必要だと見当している。総額にして120~240億円のハードウェアである。それに付け加えて、当然ながら設置する土地の購入費、建設費、維持費、運用費や必要人員の教育・訓練に必要な予算など考慮する必要がある。中には現行のWSR 57をWSR 88 Dに取り替えるとすれば土地購入費など節約出来るものや現在の予算付けを継続することで解決する部分も多いと思う。

1つの台風(9119号)は数千億円の被害を、また、1つのハリケーン(1992年のアンドリュウ)は1兆円近くの被害をもたらした。それに比較すれば、より少ない予算でもあり、当然出費出来そうなものだが、なかなか政府予算ではそう簡単にいかない。それではどうすべきかを考えてみる。

##### b. 防災情報の本質

WSR 88 Dは防災の本質にせまる新しい大変な可能性を示してくれた。

正確で的中率の高い災害予報と情報

台風や巨大積乱雲による気象災害の場合は局地的に起こっている事を考えて頂きたい。そしてきめの細かい高密度の警報が的中率を革命的に良くした事を。高密度の警報を出すにはそれなりのシステム作りが必要となってくる。基礎・応用・科学技術の研究開発がどんなに正確な中率の高い情報を出すのに重要であったかもWSR 88 Dは示してくれたことも付け加えておく。

Userの側からみた防災情報

誰のために役に立つ防災情報であるかということにもっと注意をはらうべきであると思う。もし本当に役に立つ情報であればそれを真剣に取り入れ行動するはずである。自己の命を守れない、或は自分の財産を守れないという場合、情報の信頼度が非常に高く、すぐに納得いく情報であれば人は真剣になる。

納得させられる情報とは何かというと信頼度が高いつまり、的中率が高いというほかに大変に大事なことがある。それは情報を受け取る人の立場である。誰にでも役立つ情報はともするとある人には無視され易く、役に立たなくなってしまう。防災情報は受け取る人の立場によって作られた方が最も効果的なものとなる。つまりuserの側から見た防災情報が新しい防災情報の基本ではなからうか。

##### c. 防災情報の産業化

Userが必要とする防災情報を、userが欲するような役に立つ情報を、最も効果的に提供するということ

は経済の需要と供給との関係、マーケティングの事情によく似ている。品質のよいものを造ることが第1歩、よい商品を効果的に宣伝することが第2歩、そして能率的な流通システムで捌くことが第3歩。一般の企業で共通していることはお客さんが何に興味をもって買ってくれるかである。良い品質のものを作った会社の商品は他社のものより一般に売上が大きい。ただどんなに良質なものでも購買側を無視した押し付け商品は売れないことは簡単なマーケティングの原理である。

仮に防災情報を一般の商品のように扱った場合を考えてみよう。そうすると面白いことに気がつく。つまり購買者が欲しい信頼のおける必要な防災情報は金を払ってでも買うだろうということである。今までの防災情報は誰でも無料で政府から得られた。ところが、今のところまた近い将来に政府が新しい WSR 88 D 型のレーダー網を日本で設置する計画も予算も立ててないし、その見込も立っていない。関西空港に空港専用の小型の TDWR 型のドプラーレーダーが1台入る予算がやっとついたらばかりである。政府からの大々的な予算付けが見込薄の場合は、経済的に見合う形で前述の企業・商品・購買者の方式を考えるとそれが大いに可能であることが見えてくる。これが面白いことといった理由で、この線に沿ってもっと考えを進めてみる。この場合、購買者は一般の人達のみならず、ディズニーランド、ゴルフ場、航空会社、電力会社、保険会社、建設会社、交通会社、観光会社、漁業会社などの民間企業であったり、国、県や市などの政府や自治体だったり、学校などの公共機関だったりをここでは考えておる。

#### d. 競争原理

政府の予算で行う防災は税金という制約の下で行う業務となる。当然ながら国民全般に公平な防災対策をとらざるを得ない。つまり平均化されたものとなり、user からみると防災情報の質が満足したものになり難い。

一方、有料な民間企業と防災を考えた場合、user が満足しないと企業として成り立たない。従って出す防災情報も user 本位のものとなる。user は的中率の高い使い易い防災情報でないと満足しないのが普通であるから企業は良質な情報づくりに専念するようになる。然も自由経済における競争価格、競争契約などの原理によって防災対策は最も効果的に進むだろう。予算面も企業とした場合は需要に応じて必要なものには予算が増えるということになる。これが気象災害に関し、気象庁以外に民間企業が栄える理由である。気象庁の限られた予算では、千葉にあるディズニーランドで子供連れで特定の日時を過ごそうとする家族に正確な肌目の細かい気象情報、災害情報を出すことは難しいか不可能に近い。特定のゴルフ場で特定の日時ゴルフをしようかと考えているゴルファーにとっても同じようなことが言える。

気象庁が仮にそういう user のサービスをやりすぎると気象庁にとっての本業がおろそかになる。民間企業間では常に競争原理が働くために少しでも他者より良い物、需要に合うものと研磨されて進歩していく。理想的防災対策はこんな所にあるのではなかろうか。user 本位の、自由経済の競争原理に基づいた防災産業を興すことが最も効果的な防災対策であると信ずる。

防災科学技術は競争原理に基づきもっともっと急速に進歩するだろう。WSR 88 D よりも格段に優れた防災技術が開発されるかも知れない。

## 5. 国家や地方自治体による防災産業育成

最後に防災産業を興すためにはその種播きをする必要があることを強調したい。それは第2次世界大戦ですっかり破壊された日本の産業が主に通産省の非常にアグレッシブで適切な指導で戦後半世紀も経たぬうちに経済大国に成長した経済大国の基本に革命的な科学技術の進歩があったことは忘れてはいけない。同様に防災産業の種播きには国家や地方自治体の積極的な財政的援助をもった奨励策がとられるべきである。

最も新しいニュースとして聞いた所では、1993年初頭、日本政府は議会で民間の気象予報士創設という気象事業の自由化の法案を提出したという。大変喜ぶべきことで、防災産業育成の第一歩を踏み出した歴

史的な異議があると信ずる。

防災産業が成熟し、先進国のみならず、自然災害や環境災害に悩む開発途上国が技術的にも経済的にも災害から守られるようになるだろう。このようにして人類の安全に自信が出てくることを望んで筆を置くことにする。

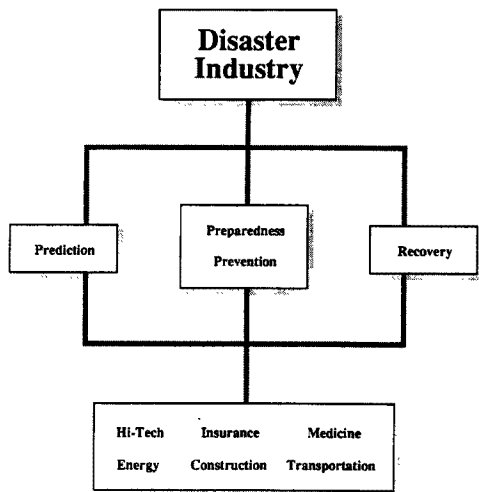


Fig. 1

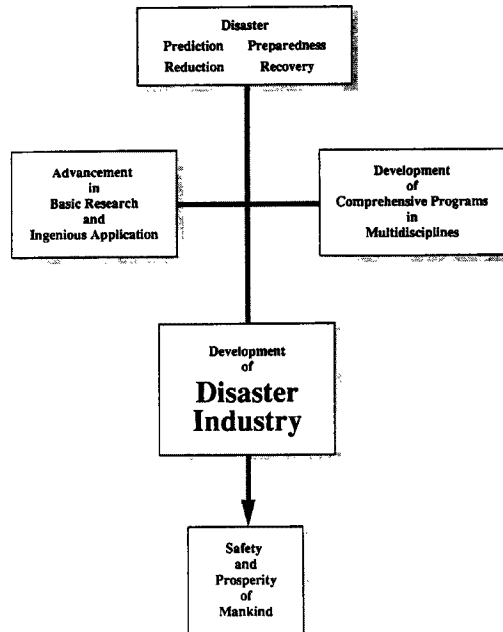


Fig. 2