講演

風 研 究 の 三 十 年 (VI)

井 上 栄 一
Eiichi INOUE

7. 地球の上の風

I BPやI HDがなんとなく終って、つぎに“Man and Biosphere (MAB)”という国際プログラムが始まり、私もなんとなくその小委員の1人になった。それは1972年のことであり、主催はUNESCOであった。私はその頃には米国にいた筈である。その頃にはとにかくEcologyという言葉がはやった。その会合らしきものが8月末からSeattle, Wash.,で開かれ私はColumbia, Mo., からでかけた。Busingerのお蔭で私達の定宿もできていた。

家人はそこへ女学校時代の友人2人を日本から呼んでいた。Motelといっても2人の客を受入れる余裕はあった。Busingerが私達2人をつれて家人の友人2人を迎えるためにSea-Tac 空港までつれていってくれた。

3人のオープン一座の座長気取りで私は堂々とカナダへ入った。私の公用旅券にはちゃんとカナダ入国の文字が入っていた。VancouverのUBCにはMiyake がいて面倒を見てくれた。手紙に書いて来た通りの手当もくれた。気象研からSATの仕事のために来ていた林 正康をわざわざ案内につけてくれてCallgary, Lake Louise やBanffをも案内して貰った。8月の終りだというのにBanffにはもう雪がちらついていた。

Torontoへ飛びMunnの出迎えをうけ、EASで一席ぶって約束通り講演料を貰いDownsviewの実験場を見てNiagarra 滝を眺めて一路つぎの講議の待つColumbiaへ戻った。

私の風研究とEcologyやEcosystemやBiosphereとの関係をこれから述べることにしよう。田畑の上で風を測り作物の同化作用を評価したり、大気汚染を調べたり、空を飛ぶ孢子や花粉や昆虫などを調べてAerobiologistにもならされていた私はいつしかecologistとも見られるようになっていた。“Boundary Layer Meteorology”という学際的な雑誌には副題として“An International Journal of Physical and Biological Processes in the Atmospheric Boundary Layer”と銘うってある。だから当然大気の外に河川や湖沼や海洋やその中に住む生物の問題がとりこまれていた。それらはみんな境界の問題である。

うまいことに永田 豊は「海流の物理」講談社、1981. の中で「海の中の風と嵐」を論じているし、木村竜治はその著書「流れの科学」東海大、1979. で海流が「大気の河」であると云っている。私の風研究が河川や海洋にも結びついていたのである。みんな乱流であることには変りはなかった。

テレビの天気予報にいつも出てくる気象衛星「ひまわり」から送られてくる雲の動きと姿を見て私はよく鴨 長明の「方丈記」の冒頭の一節を思い浮べる。原文は忘れたが私なりに云うと「流れゆく大気は河であって、その河に浮ぶ雲はかつ消えかつ結ぶ」ということになる。雲はできたり消えたりして河の中を流れてゆく、その形や寿命時間が私にとっては実に面白く見える。

これと同じことがremote sensingによる海流や湖沼や河川の水温分布や混濁度についても云える。今や無数の人工衛星ARTSやINTELSATなどが大気圏外を飛び過っていて、地球の表面の模様を絶えず伝えていると云う。

雲が流れて行く高さの範囲はせいぜい1万2千米、つまり対流圏、くらいであろうし、海水面温度といってもせいぜい水面から3mmくらいの温度のものであろう。たしかに「ひまわり」からの映像で見る台風の雲はきれいであり、その動きもよく判るのだが、その台風が3時間後にどこへ行き何時消えるのかということは「ひまわり」は教えてくれない、「ひまわり」は雲以外の大気とその乱流を判断するすべを知らないのであろうと私は同情するばかりである。風工学をやっておられる方々はどんな風に思っておられるであろうか？

いつの頃からかは地球の上を流れて行く風の中に人間という微粒子に目が行くようになった。乱流拡散に関するOxfordでの会合(1958)でPanofskyは云った。ここで集った人達はこれから世界中に散りぢりに拡散してゆくがこれから先はどうなるのであろうかと私にもらした。ある者は日本へある者はオーストラリアへある者は米国へというふうに拡散して行くと云うことをいいたかったらしかった。社会を越え、国境を越え、言語を越えてOxfordに集った100人余りの人達とその思想や心理が地球上にどんなように拡がってゆくかと私に問いかけたのであろうと私には思われた。そう云えばTaylor(1921)の拡散論

文に酔っぱらった人間がどんな風にして動き廻るかということが書いてある。いわゆるDrunkard Walkのことである。人間の動きもまた地球の上の風の一種ではないのかと私は思った。そしていつかはその拡散係数を評価したいと思ったが、それはまだできそうにもない。しかし地球上での人間の拡散や人間の心理や社会の移り変りの乱れが年をとると共に私の興味をひくようになり、遂には考古学にまで関心を抱くようになった。後年私がアテネやローマやインカやマヤやアステカまででかけたのにはそれぞれのわけがあったのである。できたら生きているうちにナイル河口とかチグリス・ユーフラテスの河畔に栄えた文化、いわゆるメソポタミア文明の跡を訪ねてみたいと念っている。

そこらにはそれぞれのEcologyがありまたEcosystemがあったはずである。そしてそれらもまた地球の上の風と考えてよいのではなかろうか？

私が海洋の中の乱流と出会ったのは日高孝次を通じてのことであり、それは第4章に述べた「私の風と乱流時代」につながっている。地球物理学教室での談話会で大気の乱流係数 $K(\text{cm}^2 \text{sec}^{-1})$ が現象スケール L の $4/3$ 乗に比例するということがRichardson(1926)の経験則とOboukhov(1941)やWeizsäcker(1948)の推論と一致していると話したとき、吉田耕造がそれによく似た経験則を小規模ながらH. StommelとRichardson(1949)が書いていると教えてくれた。私は早速それを読んだがなんとなく物足りなく感じた。Richardson(1926)の大気中での拡散係数 K がスケールによって変るという思想が踏襲されていた。しばらくして私は日高孝次から相談をうけた。彼はその時には太平洋の海流の計算をしていたのだが、太平洋の K と大西洋の K とがどうもちがうらしいがそれを乱流の面から説明できないであろうかとの質問であった。私は多分これは太平洋と大西洋とのスケールの違いのせいであろうと思っ

たが、そのためにはいろいろなスケールの海洋現象のKを調べなければならなかった。おかげで随分多くの海洋乱流についての論文を読んでそれらを筆書した。それがOTノートシリーズとなって残っている。

それらの資料から私は気軽に(なぜならば私は海洋学の門外漢であったから)海洋乱流のKがスケールの $4/3$ 乗に比例して大きくなるということをなんと気象集誌(1950)に発表した。 $K=0.01 L^{4/3}$ (L in cm)というのが私の結論であった。太平洋は大西洋より広いのだから前者のKが後者のそれよりも大きくなってもおかしくないと私は日高孝次に答えた。この考え方はドイツのJoseph-Sendner(1958), ソ連のOzmidov(1960)日本のIchiye(1959)のものと同じであることがやがて判り、大久保 明の“A Review of Theoretical Models for Turbulent Diffusion in the Sea”(1962)に詳説されている。

まさに海の中にも風は吹いているのである。まだまだ地球の上に風は吹いていた。私は海と一緒に河川の乱流に興味を持つようになっていた。なにしろ私の生れ育った新潟市には信濃川が流れ日本海へ流れだしていた。河口には細長い突堤があり、途中に大河津分水などもあった。

河田一座の巡業にも新潟での防風林の研究とか海岸欠壊の研究とか佐渡や粟島での風力発電の可能性の調査などもあった。

地球の上に風が吹けば、その下の海の中にも風が吹き嵐が起りまた川は流れるのである。そしてそれらのすべてが乱流であると私には思われた。

地上の田圃や麦畑にHonamiが起ると同じように川の中の水草や海の中の海藻にも乱れた波が起る。日野幹雄の論文「水草のある流れの水理学的研究」土木学会論文報告集, 1977. や“Ecohydraulics”, Adv. Hydrosce., 12 (1981)を見て下さい。彼もどうやらオーストラリアのJ. Philipのようななんでも屋であるらしい。

Ecohydraulicsという言葉はAerobiologyと言葉になんとなく似ている。“HONAMI”と同じように“MONAMI”という言葉の世界中にひろめることを日野幹雄にすすめたい。

地球の上にはいろんな風が吹いている。人間という微粒子とともに、その人間の心理もまた風のように流れている。心理と乱流との関係とについては私の後半の人生への課題として残しておこう。

Richardson が自分のやった乱流や拡散の研究が第1次世界大戦で毒ガスの拡散の計算に使われたと知って拡散研究をやめてしまったという噂さもきいている。

Richardson の生年と没年が私をよくはげましてくれた藤原咲平のそれらとよく似ているのには私はおどろいている。そして私達の思想がこれからさきどんなふう拡散してゆくのであろうかということを知りたいと思って私はせっせと国内や国外で開かれる学会に出かけることにしているのであるが、どうせ地球の上に住む人間の数や寿命には限りがあり、地球のスケールLにも限度があると思うと私の30年間の風の研究のゆくすえに空しさを感じることもあるのだが、それはそれでよいのであろうと悟ったような気持ちになってまた酒をあおったりしている。また精神科の病院に入るかもしれないが、それまでにはこの一文を書き残しておきたいと思っている。

8. 地球の中の風

地球の中にも風が吹くと云った人は紀元前1世紀にいたというLucretiusであつたらしい。彼のことについては私はLSK一座の中の一員として紹介しておいたがTitus Lucretius Carusという人物が不思議な人物であったことは確からしい。しかしLucretiusの書いた「物の本質について(De rerum natura), または of the nature of thingsとか, On the Nature of Things」とかという詩が日本の物理学界に初めて紹介された

のは寺田寅彦の「ルクレチウスと科学」という一文(1929)によるものらしい。私は寅彦による紹介文ですっかりLucretiusが好きになり、その難解な詩のなかから乱流や風への接近への糸口を探りたいと思った。そしてその英訳本を2回目に手に入れたのが1951年のMIT会合の帰りにChicagoの本屋であり、それには95セントという定価が書かれたままに残っている。これはW. E. Leonard訳のEveryman's Library, No. 750 1949, であったがそれを最初に手にした一高生の私にとっては実に難解の本であった。ギリシャ語で書かれたであろうEpicurusらの数世紀前の先人の思想をLucretiusがラテン語の詩の形で彼自身の考え方を加えて書き、それをまたWisconsin大のW. E. Leonardという男が訳しているのであるから判読しかねた。Theeとかthouとかいう単語がびんばんに出てくるのにはその当時の私は閉口したが、やがて日本語訳(田中、岩田、河出書房、1959)が出て私はそれをむさぼり読んだ。全篇が風と乱流の話にみだされていたように思われていたように思われた。その後邦訳の二つも手に入り、M. F. Smithの英訳(1969)もMonteithから送られてきた。Monteith(1973)によれば訳者のSmithはNorth Wales 大の男であるといい、Lucretiusの生涯を紀元前99-55と書いている。つまり紀元前1世紀であったということになる。

CO₂問題(1958)以来の古い友人であるMonteithからLucretiusの訳書を送って貰ったのにはいろんな訳があるのだが、まず第1に彼の著書“Principles of Environmental Physics (1973)”の邦訳が及川武久によって「生物環境物理学」、共立出版、1975、として出版された時にMonteithが日本版序文に述べた言葉がふっていた。及川訳をそのまま使わせて頂く。「この本を書くとき、私が扱っている話題の多くを進展させるのに、日本の微気象学者が大きな役割を

果たしたのを知ってはいたが、日本の文献の多くが、私たちにとっては近づきたいものであった。なぜなら私は学校で日本語ではなくて、ラテン語を学ぶ過ちを犯してしまったからである(中略)。私は幸運にも世界各地で、たとえばキアンペラ、ロスバノス、ドウブロブニク、トレボン、コペンハーゲンで開かれた国際会議で、日本の多くの研究者と知己になった。われわれは会場の内外で、多くの活発な討論を行ない、大いに談笑し、共に歌った。(後略)」。Monteithがあげたすべての国際会議に私も参加して彼と酒を飲み歌を唱った。MelbourneのSwinbankの家での集りで私が「赤とんぼ」を唱ったらMonteithはそれはScotlandの歌だと云って私に喰ってかかった。私はそれがれっきとした日本の歌だといって頑張った。Scotland生れのMonteithは「赤とんぼ」に郷愁を感じたのであろう。

その彼の著書の各章のはじめにSmithが訳したLucretiusの短い抜粋がかかげられていた。そして日本での私達の仕事がよく紹介されていた。

私はMonteithもLucretiusが好きであることを知って嬉しかった。そして彼と私とが同じような事に関心を持つようになった事にも何かの因縁があると思った。日本語の代りにラテン語を学んだというからにはMonteithも古くからLucretiusのことを知っていたのであろう。しかし寅彦より古くはあるまい。

Lucretiusは「地球の中に風が吹き」それが地震や火山の噴火と関係があることを明記している。寅彦は地球の中の風という言葉に一寸とまどったようであるがさすがに彼はLucretiusが地下に空洞の存在を仮定し、その空洞をみだすに「風」をもってしたのは困ったようであるが、「風」を溶岩と翻訳すれば現存の考えに近くなるとして、彼はまた地下に「風」や「水溜り」を考えている。

私も若い頃から地球の中にはどろどろとした溶岩が流れているらしいということをきき、その奥

底には核とよばれる鉄の固りがあってそれもやっぱり動いていてそれが地磁気の変動を起すときいていた。そしてどろどろに溶けた熔岩が時々地上に噴き出して火山活動となることをきいていた。多分それは一高生の頃であり、寅彦の文章に接したころであろうが、地球の中にも流れがあるということに深い興味を持つようになったらしい。

私は知人の持つ軽井沢の別荘で夏休みをすごした。それは旧軽井沢とか旧道とか呼ばれていた所にある愛宕山の中腹にあった。そこは勉強をするにはよい所であった。勉強に疲れると私はよく街へでたり、神津牧場まで歩いて行ったりした。

ある夏、多分それは私が一高から東大へ移る一年間の浪人中のことであったから1937年で私は丁度20才であったと想うが、勉強に疲れた私は草津へ出かけた。草津から旧道へ一高時代からの朴歯の高下駄をからから鳴らせながら歩いていた。目の前には浅間山がそびえていた。こんな道で「伊豆の踊子」ならぬ「信濃の踊子」に遇えたら嬉しいなあと思っていたら突然正面の浅間山から黒い煙が吹きあげた。噴火したのである。

奇麗な煙が30度ほどの角度でゆるやかに立ち昇った。私は携えていたカメラのシャッターを押し続けた。まるで山から風が吹きだしているようであった。これもまた余談であるがそのフィルムの処理を旧道の写真屋に頼んだら、それをぜひ絵葉書にさせてくれと云われて承知した。後日それらの絵葉書を数枚貰った。

後年になってから私はこうした噴火による火山灰が積もりつもって関東ロームになったと知らされたがその当時の私はただきれいだなあと思って噴煙の姿を眺めているだけであった。

たしかに地球の中にも風はあると思った。そして今になってみてとんでもない「信濃の踊子」に出遇ったものだと思われる。私はその頃すでに寅彦の書いた「ルクレチウスと科学」という一文を読んでいたと思う。そして私がこれから入ろうと

思っていた東大工学部航空学科での流体力学の研究にも想いはつながっていった。

プレートテクトニクスという言葉を目にしたのはそう古いことではないが、その動きによって地震が起ると云われても私はそうかもしれぬと思った。ただそれらのプレート、地球の中に十数枚あると云う、を運んでいるマンツルの流れはきつと乱流であろうと私は思い、マンツルの乱流運動を予知したりそれに伴う地震の予知などはとてもできることではあるまいと思うようになった。

地球の中に吹く風が息をしてそれが火山の噴火や地震とも関係していることをLucretiusは予言していた。さすがにRomaにいた人らしい。イタリアには地震も火山の噴火も多かったのであろうが、Lucretiusはベスピオスの噴火やPompeiの火山灰による埋没の前に亡くなっていて、ただエトナ火山の噴火についてふれマグマ埋りのあることを述べている。

乱流の予知が非常に難しいと思っている私は地震予知にたずさわっている人たちにマンツルやプレートの動きをぜひ調べて貰いたいと思っている。

火山の噴火による火山灰の広がりも面白い問題である。これもAerobiologyの一部門であろう。アメリカのSt. Helens山やガテマラアのエルチチョン火山の噴煙が地球の気候を大きくかえたとも云われている。

日本にいる私にさえも月の色がなんとなく赤っぽくなったように見えるのは私のとしのせいだけではなさそうである。

またここでもうひとつ付け加えるが地球物理の教室にいて火山噴火の煙の形を研究していた石田完人がアメリカのChicagoで自動車事故で亡くなったときいた時にはびっくりした。

私の「地震と乱流」という一文は第13回乱流シンポジウム、東大航研(1981)にのっているのに興味のある方はみて下さい。「火山と乱流」という話もその後のシンポジウムでしゃべったのだ

が残念ながらそれは印刷されていない。それは多分私が「うつ状態」であったためかもしれない。とにかく私は地球の中の風にもスケールと乱子粘性 K とのあいだに関係があるのではなかろうかと云いたかったのである。たしかにマントルの K はそのスケール L と共に大きくなっていた。

9. 宇宙の風

私が宇宙に関心を持つようになったのは私がまだ十代の前半で、ドイツのUfa映画「月世界の女」を見てからのことであったと思う。それには四本ロケットをつけて月へ向った宇宙船が描かれていて、塔乗員の一人は女性であった。その女優の名はレニ・リーフェンシュタールであったと思う。私が宇宙や空や航空に憧れるようになったのはこの映画のせいであったかもしれぬ。そして私もロケットを造ってみたいと思った。

1969年のことであったと思うがアメリカのアポロと呼ばれた宇宙船が月面に着陸して人類がはじめて月面に足跡を残した。私は喰い入るようにしてその状況を伝えるテレビを眺めた。竹内 均がその解説に当たっていた。私は月面が風蝕されているという話をきいてあれと思った。月の上にも風が吹いているのはおかしいと思ったのだが、やがてそれが太陽風によるものときいてなんとなく納得したが釈然としたわけではなかった。

宇宙にも風が吹いていたのである。そして乱流があったのである。今から10年位前のことであったと思うが東大宇航研の大林辰蔵が月が太陽風の中を飛び乍らその背後に太陽風のKármán渦の尾をひいているという話をきいて面白いと思ったこともある。

物の本によれば風とは空気の動きであり、空気は連続流体であるという。本当であろうか？ 子供の頃から私は空気が窒素と酸素などとの混合物でありそれらがいずれも分子というものであってどんなにまざり合っても連続体になろうとは思わ

れなかったからである。だから私は大きくなってからも連続流体力学の運動方程式というのがあって、それが微分されたり積分されたりするのがよく判らなかつた。多分私の勉強不足のせいであろうから私はこれからも勉強し続けたいと思っているのだが。

1912年生れのWeizsäckerが星雲の乱流について論文をZeitschr. für Phys., 124. に発表したのが1948年であったから、それは彼が36才の時であったことになる。私はそれを読んで本当に眼からうろこが落ちたような気がしたのであるが、残念ながら彼との個人的な接触はまだない。数年前に彼が来日したということを新聞紙上で読んだが、彼はすでにMax Planck Inst. の所長になっていて記者会見での談話でも宇宙や乱流についての事については何もふれられていないのには拍子ぬけした。管理職にはなりたくないものだと思はつくづく思った。

Weizsäckerは天文学者であるとはきいているが、天文学とか宇宙とかいうものは本当に不思議なものである。しかしBatchelorの真似をして云うと「宇宙が乱流であることを疑う理由は何もないと私には思われる」と述べてもよいのではあるまいか？ その上に私は「宇宙は混沌から始まった」という昔の人たちの書き残したものに幾度となく接している。紀元前8世紀ころに書かれたというHeciodosの「神統記」にしろ紀元前1世紀に書かれたというLucretiusの“De Rerum Natura”にしろそれから数100年後に日本で書かれた古事記や日本書紀にもみんな同じような記述がみられるのは偶然であろうか？

混沌とは乱れのことであろうと今の私は解釈していて、そういう文句がしばしば神話とよばれるものの中に出てくるのを見ると宇宙もまた乱流と同じように宗教の一種ではあるまいかと私には思われてならない。

Weizsäckerはその論文の中で星雲をTurbule-

nzelementeと見たててガス星雲、オリオン星雲やブレアデス星雲のひろがりLとそれらの運動の速さVとが $V^2/L = \epsilon = \text{一定}$ という関係にあることを指摘したが、それがRichardson (1926)やOboukhov (1941)が指摘していた乱流拡散係数KがスケールLの $4/3$ 乗則につながっていることがやがて判るようになった。

私は前々から星という物体が集ったらなぜ星雲といわれるような流体あるいは雲になってそれが乱子になるのかと不思議がっていたし、前述の1972年でのPalomar山の天文台を訪門した折に見た数々の星雲の美しい写真に心を打たれて私も宇宙の風に手を出してみようかなと思うようになった。

私は特に「かに星雲」の姿に心をひかれた。かにの形に似ているからそう呼ばれているのだそうであるが私には吸っている煙草の煙の拡がりによく似ているように見えたのである。そこで私は「かに星雲」の拡がり方を吸っている煙草の煙と同じように考えてみたいと思うようになり、天文学者の書いた本を色々読んでみた。特に小尾信弥の「宇宙の科学」、NHK (1973)を面白いと思った。その中のある部分はまるで神話のように私には感じられたが、かに星雲は1054年に爆発した超新星のガス雲でありそれが爆発の勢いでそれ以来毎秒1,200キロメートルの速さで膨らみ続け、今では直径6光年にもひろがっているという。

煙草の煙に興味を持っていた私は「かに星雲」の拡がり方を一種の乱流拡散とみなしてその拡散係数を計算してみたら $K = 6.4 \times 10^{27} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ となったので、150億光年のLを持つ宇宙の $K = 1.2 \times 10^{32} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ よりは遙かに小さいが、かって大気や海洋の風についてと同じようにスケールLとKとを並べてみたら $K = 10^{-9} L^{4/3} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ (Lはcm)となったので私は「宇宙と乱流」と題する一文を「乱流シンポジウム」第6回、東大宇航研、1974、に発表した。勿論素人である私がこんな

ことを書いたことに関して反撥文を書いてよこした天文学の専門屋(松田卓也)もいたが、逆にけましの手紙をくれた専門屋(海野和三郎)もいる。日本の天文学者もまた乱流に関心を持っていると知って私は嬉しかった。

本当にこうなると、天文もまた宗教の一種であると思わざるを得ない。

この他に私が興味を持っているのは宇宙の風によって生ずると云われるオーロラの優雅な姿と動きであり、木星などの地球以外の惑星の上にあるという雲とか班点などのことなども気にかかる。太陽表面上の光班についても興味を持ったこともあるのだが、これについては私の論文“A Note on the Turbulent Characteristics of Solar Granules”, Proc. 5th Japan Nat. Congr. Appl. Mech. (1956), 259.にのっているので興味のある方はみて下さい。その主旨は太陽の表面は一樣に光っているのではなくぎらぎらとした光班によって覆われていてその分布が空間的なスペクトルにしてみると $7/3$ 乗に近く、それは私が思いついた空気中の温度変動のスペクトルに似ているということであった。これはSchwartzschildtとFrenkielの二つの先人の論文に負う所が大きい。

こうなるといやでも応でも風や乱流を研究している私たちも光について考えなければならないことになる。光の速さが毎秒 $3 \times 10^{10} \text{ cm}$ であり、遠い星ほど速く走っていてその速さが光の速さをこえたらもうその星は見えないからそこを宇宙の限界とするという一部の天文学者の説にも私にはなんとなく釈然としない所がある。光子(Photon)よりも速く走るタキオンという粒子があるという話もきいている。もしそうだとしたら現在云われているような宇宙のスケールが150億光年よりも広くなるかもしれない。

素粒子もまた神話の一種であるということにもなりかねない。太陽風が吹いているからには宇宙

風が吹いていてもおかしくはあるまい。

素粒子についてはこれからじっくり考えてみたいと思っているが小さな素粒子ほど寿命時間が短いなどときくと乱子にそっくりだと思われてならない。

10. これからの風研究

宇宙に風が吹くように風の中にも宇宙やいわゆる森羅万象が秘んでいるのではあるまいか？ だから風の研究は既知といわれる過古の研究結果、その中には勿論私の「風研究の30年」も含まれるであろうが、これから先にどうやって風を研究したらよいかということについての私見を述べさせていただきたい。これは老いのたわ言であるかもしれないが、私はこれからあとの30年間に亘って風や風工学の研究をやりたいと思っている若い人達に対するお願いでもある。

いったい宇宙とかその中の風とか乱流とかを造ったのは誰なのであろうか？ ひとによっては神様であるというが、私は人間が勝手に作り出したものであろうと思っている。宇宙のひろがりやが150億光年でありそれが150億年まえにできたといわれても私にはよく判らないし、光の速さが毎秒30万軒であってそれよりも速くは物が走れないというEinsteinの考え方にも私は抵抗を感じる。その反対に素粒子とかいう小さな物に対して私は不思議がっている。人間がいるから宇宙の拡がりや素粒子のクオークを考えだしたりしたのであろう。

もとに戻って「風とはなにか？」ということを考える時期にさしかかっているのではあるまいか？ 「乱流」という言葉についても同じことが云えよう。風が空気の流れであって、その流れが乱れていると同じように他にも乱れ乍ら流れているものが宇宙の中に一杯あるのではあるまいか？ ただその流れの速さが場合によって違い、現象によっても違い、その中の乱子の姿形や運動や寿命

にも関係しているのかもしれない。

私には風と人間との係りあいになるのである。人間の中にも風が吹き荒れているのではあるまいか？ 血液の動きも脈拍も脳波も心理もみな風のように流れそして乱れているのであろう。事実私は本川弘一の脳波の乱れのスペクトラム解析に風の乱れのスペクトラムの着想を得た。

これからの風の研究は人間から出なおした方が面白いと私は思っているが私には先がない。

“Gone with the Wind”の代りに“Come with the Wind”と考えたら私たちの人生観はどう変わるであろうか？

DNAやRNAが10億年もの前のBiotic Oceanの中でできてそれがやがて生命となり原始生物となり、風や乱流を考える人間になり言葉をつくり出したのはどういうわけであろうかと私は不思議がっている。時間が流れ、人間が集まって造った社会が流れ、それらが歴史を造り、歴史の中にも風が吹いてある時には乱となりある時には治（佐藤 浩、1984、に云わせればこれが歴史の中の層流であるかもしれぬ）が私は「治にいて乱を忘れず」という先人の言葉をまたもう一度考え直してみたいと思っている。

Wind という英米語と日本語の風とばどうして結びつくのであろうかと、この地球の上で人間が風とともに流れて拡散しその言葉もまた拡散してゆくのが私には面白いのである。ウィンドがベントでありベンデでありフォンでありフーであるのはなぜであろうか？ 私はその拡散機構を知りたいと思って古代史や言語学の勉強もまだ続けているつもりである。それは関 泰祐訳のヘルマン・ヘッセの「青春彷徨（ベーター・カーメンチンド）」の冒頭に「始めに言葉があった」という文句があったせいかもしれぬ。因に関 泰祐は私が一高に入った時の最初の担任者であった。その本（岩波文庫、1944）の中にはいろんな風の話が書いてあった。それこそ一人の若者のLagrange

的な動きが緩ってあって私を深く感動させた。

私は「乱子とともに」(1969)という小文の中で次のように書き残した。

「生物と素粒子、そして生物と宇宙との間を乱子がきつとつないでくれることを信じながら、そしてまたそこには乱子に特有の不確定性が現われることを覚悟しながら一日一日を楽しんで生きて行きたいと思う。

最後に私の大好きな寺田寅彦先生の歌をもじった歌を書かせていただきたい。

「好きなもの 美人 新内 酒 煙草
乱子とともに 宇宙漫遊」

それから後の15年間は私はなにをしてすごしてきたのであろう。勿論一日たりとも風や乱流などの事を忘れたことはなかったし、幾つかの論文例えば「風の圧力変動、構造物の耐風性に関する第3回シンポジウム論文集, 3, 71-76, 1974」とか「風と植物との界面にて, 第9回乱流シンポジウム, 1977」が発表されている。残念ながら私が1977年7月に退職したためそれ以降の記録は残っていない。

その代り農業気象から全く離れた風現象を自由に考えることができるようになった。星が集ったら星雲という流体みたいな物となったように、人間が集ってまた流動的な民族となり社会となつてその中に派閥という乱子まがいの塊りができる。乱子の間にやりとりされるのがエネルギーであると今では考えられているが、派閥や民族の間でやりとりされるのは金銭であろうか武器であろうか？

人間の心理や宗数にも風の要素が多分に含まれていそうである。心が千々に乱れたり、宗教戦争が起ったりするのはなぜであろう？

研究にも派閥のあることを私は否定しようとは思わない。しかし大きい派閥ほど動きがゆるやかで寿命が永いという点で乱子に似ていると感じている。

これからの風研究がどうあるべきかということは若い人たちが自分できめることであって、もはや私のような老人の出る幕ではあるまい。

私はこれから素粒子や生命のなかに吹く風をひっそりと考えてゆきたいと思っている。素粒子のスペクトルもつくってみたい。町田 茂の「素粒子」中公新書142, 1967, の中で「パイ中間子が速く走れば走るほど、寿命は長くなり、測定してみると、エネルギーと寿命とは、ちょうど同じ割合で増えている。」とあるのを見たとき私にはなんとなく素粒子が乱子の仲間であるように思われた。

「私のこれからの風研究」はどうせたいしたものではあるまいと悟ったような気持ちでいるが、今まで一度もこの文の中で出てこなかったエントロピーと風や乱流との関係をいつかは考えてみたいと思っている。またNegative Viscosityという考え方にも興味をひかれている。この言葉はMoninが私に教えてくれたものである。

11. 結 び

永々と書いてきたこの一文は実は「私の風研究の30年」という題名にすればよかったのかしれないが、「日本の風研究の30年」の一側面をも述べているものと私は秘かに思っている。

書き始めてからはば1年が過ぎ、私はもう68才になってしまった。その間に私がひどい「うつ期」に陥らずにすんだのは幸いであった。

これを書いている途中でオーストラリアのCSからPriestlyの回想録“Reminiscences of 30 years of meteorological research in Australia”, Aust. Met. Mag. 30 (1982), 19-30, という一文のreprintが届いた。彼は私と同年代である。私はその奇縁におどろくと共にPriestlyも私ももうそういう年頃になったのだなあと思った。30年という年月が研究活動の上でなにか一つの区切りになっているのかもしれぬ。

Priestlyはその文の中の一節を“Micrometeorology”に当てていて私にはなつかしいオーストラリアの研究者の名前が数多くでてくる。

よその国、たとえば英国や米国やソ連などでもこんな文章を誰かが書いているであろうと思うのだが残念ながらそれらはまだ私の手に入らない。もっともソ連ではそれは難しいであろうと私は思う。なぜならばアカデミー系統の研究者（OboukhovやMonin）とGGO系統の研究者（BudykoやBerlyand）との間になにか断絶があるように思われるからである。これは4回ソ連を訪問しただけの私見にすぎないのであるが、1975年の2月にLeningradで開かれた大気汚染会合（Berlyand主催）に出席したおりに特にそんな気がした。もっともそれは、Leningradの寒さのせいであったかもしれぬが。

「大は宇宙から小は素粒子まで」と大見えを切ったもののその途中にいろんなものがありすぎてこれから先の余生も忙しいことであろう。しかし私は焦らないことにしている。焦りすぎてまた「うつ病」になっても詰らないからである。

若い研究仲間を海外へ送りだすこともまあまあうまくいったと思う。南極大陸へも米国へもカナダへもオーストラリアへもすでに数名の若い友人たちを送りこんだ。

「風研究には始めもなければ終りもない」と悟りきり、「そう期」と「うつ期」のくり返しにもめげずこれからも半生というか余生というかを風研究を楽しく、つづけてゆきたいものである。

謝 辞

私はこの文中に名前が出てくるすべての人たちに厚く感謝したい。それらの多くの人たちの中には私の母をはじめ坪井忠二、日高孝次、正野重方、河田三治、小平吉男、山本義一、G.I.Taylor、O.G.Sutton、W.C.Swinbank、A.Glaserなどの故人の名前が見える。これらの人たちに対して

謹しんで哀悼の意を表するものである。

最後にこの長たらしい一文を本誌にのせることを許していただいた日野幹雄編集委員長の温情に深く感謝する。

附 録 思い出す事ども

30年という年月が私にとって永いというべきか短かったというべきかは判きりしない。本文の中でふれなかったいくつかの事どもを書き残しておきたい。

(1) 線香煙のこと

私がまだ大学院の学生であって大気境界層の中の乱流拡散現象を暗中模索していた頃のことであった。私は50坪ほどある自宅の庭に線香を数きつめて煙の流れを眺めてくらす日が多かった。今様に云うならばそれは接地気層を流れる風の可視化であった。

私はとてもそれらの煙の動きがその頃の流体力学の運動方程式で解けるわけがないと思ってこれからの研究を想像していた。

あまり頻敏に線香を買いにゆく家人によほど信心深い方ですねと線香屋のあるじが云ったという。そしてそんな話をきいた私の妹の嫁ぎ先の家族はついに私が気持ちがよかったのかと思ったという話も後日になってきいたが、大気拡散を考えていた私はたしかに気持ちがよかったかもしれぬ。

(2) Operation Mobbie Dick（白鯨作戦）のこと

戦争末期になって米本土を渡洋爆撃することのできる大型爆撃機の出現には、陸軍は望みを失ないつつあった。物がないのである。私は立川飛行機へでかけて大型爆撃機の木型をみせて貰ったが、へんな形の飛行機だと思った。

米国本土を爆撃するというもう一つの試みが風

船爆弾によって実際になされた、B29対策に忙殺されていた私は直接にはこの計画には参加しなかったがそういう計画のあることをきいてそれらの風船が日本から米国へどのように拡散してゆくのだろうかに興味を持っていた。荒川秀俊が風船爆弾作戦の主役であったということは後でできた。

私と同じような興味を米海軍も持ったらしく、“Operation Mobbie Dick”という作戦が戦後しばらくして行なわれた。それは大きな白い気球を横須賀あたりから圏界面あたりの西風にのせて米本土へむけて次から次へと飛ばし、気球につけられた発信器からの電波を太平洋上の島々や船舶で追跡してそれらの動きをLagrange的に解析しようというものであった。Mobbie Dickというのは米国の小説にでてくる白くて巨きな鯨の仇名であった。その結果の解析は米気象局のJ.K. Angellによってなされ“Use of Constant Level Balloons”，という題でAdv. Geophys. 8 (1961), 137-219, にのっている。私もそのcopyを貰ったのだが今は手元に見つからない。Angellは風船の拡がり方から求めた R_L が $\exp(-t/\tau)$ となりそれが正に私の予言と一致すると書いてくれた。MIT会合から丁度10年たった。

ANLのP. Frenzenもまた水槽での拡散実験で私の R_L (1952)をたしかめてくれた。それは彼の学位論文であつたらしい。

(3) 光風グループのこと

私は一時風力発電に興味を持ったことがある。それは私が理工研時代に佐渡や粟島へでかけたことの後遺症とでも云えるであろう。

飛行機はエンジンのエネルギーを使ってプロペラを廻して風に逆って飛ぶ。それならば止まっているプロペラに風が当たってプロペラが廻ったらプロペラからエネルギーが得られるであろうという考えは随分と昔からあつたらしい。ドンキホーテの風車もその一つの表われにすぎないが、オランダ

のEindhoven工大には風力学科があつてde Vriesがその教授であり、私もそこを訪門していろいろな話をきくと同時に風車の配列をどうしたらよいかなどという質問を受けたりした。つまり風車の後流の問題についての質問であつた。それはHagueにおけるEcology会合のあとであつたから1975年のことであつたと思う。その時にはWageningenにある一つの研究所にNIASの若い友人である堀江 武が滞在中であつた。

ふとした機会に太陽熱エネルギーの研究をやっていた押田勇雄と知りあつて、風と光のエネルギーの利用を考える研究グループを作ろうということになった。押田は一高での一年先輩であり同じ釜の飯をくっていたのである。私たちは息子が脱出していった南太平洋にうかぶトンガ王国の島々にまず目をつけ、1974年にMelbourneでPSCが開かれた機会に私は家人とトンガへ飛んだ。たしかに光と風とは十分すぎる位にあつたが、資材の運搬や資金の問題などでこのProjectは立ちぎえになった。

やらなくてよかったと思つたのは後年トンガに物凄いハリケーンが襲つて島の3分の1の家がくずれたと聞いた時であつた。

(4) メキシコ物語

NIASからよその国へでかける人達がふえると共によその国からNIASを訪ねてくる人の数も多くなり、海外研究協力室という部屋もNIASにできるようになった。CanberraのCSで一緒になつたPeter Michaelもやって来た。彼はANUの日本語学科で勉強してきたという。その先生が私の遠い親戚に当たる向井啓雄であつたのも奇縁である。CSの図書室には日本語の論文を翻訳する係りの女の子さえいたのには驚いたものである。Peterは1年間NIASに滞在して雑草、とくにヒエ、の勉強をしていた。さすがは農業国の研究者であると思つた。

1976年の冬にメキシコのXalapaにあるVeracruz 大から二人の男がNIASへやって来た。農業気象の研究のためだという。私は微細気象と風の講義をしたり、家へよんでもてなしたりしてやった。名前はIgnacio UscangaとSalvador HernandezといいIgnacioはMaliaという奥さんをつれていた。

私は退職(1977)前のことであったと思うがSeattleであったなにかの会合にでたついでに私は家人をつれて南米へ向った。途中でメキシコへよったらMaliaがMexico Cityの空港まで出迎えてくれた。そしてまちを案内してくれた。お蔭であぶない目にあわずにすんだ。マリアッチも楽しくきいた。研究交流にはこんな余徳もあるのである。余徳といえは1976年に任期を終えてトンガから引上げる孫どもをつれ戻すためにまたトンガへ出かけて帰り途にSydneyへよったときその頃Sydney大に移っていたPeterは私たちをKoala ParkやBondi Beachまで案内してくれ、おまけに自宅で私たち一行(なんと7名)をもてなしてくれた。まさに情はひとのためならずである。

メキシコでの私たちはのんびり過した。それはまさに退職前の一時であった。国鉄さんに云わせれば「フルムーン旅行」であったかもしれぬ。Veracruzの暑さには閉口したが、ユカタン半島のTazcoは高原で涼しかった。

マヤとアステカの遺跡から風研究のルーツを探りたいなどと前に云ったが、所詮それは今の所観光旅行に対する申し訳にすぎないようである。

私たちはそれから南米に入りインカの遺跡やイグアスの滝やチチカカ湖を訪ねアルゼンチンまで足をのばした。タンゴをきくためである。アンデスの山々を眺め私が学生の頃みた「コンドル」という飛行機映画をなつかしく想いだしたりした。この映画ではアンデスの山々の間をぬってとぶ飛行機にコンドルが操縦席の窓ガラスにぶかって機関士(Thomas Mitchum演)が死ぬ物語りであ

った。その飛行機には急を要する病人のための医薬品がつまれていた。荒天であった。アンデスの谷あいの乱気流の中を飛行機はとんで事故にあったのである。

チチカカ湖へゆく途中に右手に遠くそのアンデスの山なみが白く光っていた。私たちの乗った車とすれちがうととぼとぼと歩く多くのインディオの人達の姿をみるのはなぜかもの悲しかった。遠くから「コンドルは翔んでゆく」という淋しさにみちたポリビア民謡が風にのって流れてくるような気がしてならなかった。こうした鳥による航空機事故は今でもたえない。それでレーダー鳥類学というものがあるということを私がその道の専門家から教えられたのはそう古いことではない。それもAerobiologyの中の一項目になっている。

ブラジルのSão Pauloによったとき、車で2時間もかかる所にあるPiracicabaにある大学農学部から迎えが来た。農業気象について2時間ほどしゃべった。その学部へ1年間来ないかとも云われたがその話はいつしか立消えになった。

1980年に米国フロリダ州のGainesvilleにある州立大で風工学の会合があり私も出かけた。石崎潑雄が世話役であった。Gainesvilleへつく数日前までNIASの真木太一が1年間滞在して防風林の研究をしていた。私はてっきりまだ滞在していると思ったのだが彼は車でLosへ向ったという。まさに大陸横断であるが、かって南極でなん日も1人で雪上の風速観測をやったのけた男にとってはなんでもない事であったかもしれぬ。私にはとてもできない。Allenは真木が研究していたという防風林へ案内してくれた。

GainesvilleのかえりにはまたMexico Cityへよった。マリアッチとテキーラとマルガリータが私を誘惑したのである。

(5) ソビエト物語

ソ連のアカデミシャンKolmogoroffが海洋観測

船Mendereevに乗って晴海埠頭へ来たのは1971の初夏の頃であったと思う。彼は耳が悪いので飛行機による海外旅行ができないのだという話を随行していたMoninからきいた。私は1965年のMoscow会合で彼に会ったが、その席でOboukhovが1940年に天気予報官になりたいと云ってKolmogoroffの門を叩いたという逸話などを披露して参会者を喜ばせた。

折角の機会であるからと思って私はMoninを通じて彼の乱流観を宇航研でしゃべって貰うことにした。その時の模様は「風速と風圧」天気、23、3、に私は書きしるした。そのすぐ後で日高孝次がKolmogoroff、MoninらのMendereevで来た研究者たちの招宴を催し私もそれによばれた。日高もKolmogoroffも1904年生れと判った。Kolmogoroffの海洋観測船への塔乗は安定成層にある海洋乱流に興味があるためからだ云った。

その後幾度となくMendereevは晴海にやって来て、ある時にはS.Kitaigorodoskyが隊長になっていたが、その部屋にはここは曾ってKolmogoroffが住んでいたという旨の標札が張られていた。

ソビエトの海洋についての関心が並々ならぬことは日ソ漁業交渉にも反影しているのであろう。Mendereevが7千吨級であるのにくらべ海洋研での最大の白鳳丸は2千吨級である。

1975年Leningradでの大気汚染会合での帰り途にMoscowで2泊し、大気物理研究所(所長Oboukhov)と海洋研究所(所長Monin)で夫々1日ずつを過した。勿論このためにはMoninからの手紙が必要であった。海洋研は郊外に完成間近の随分大きな建物でありR.V.Ozmidovが案内してくれた。所員は300名でその2/3は生物関係の研究者であるという。これではとても漁業交渉で日本がソ連にかなひっこないなと私はひそかに思った。

それに比べて大気物理研はずいぶん小さく見えた。おそらく海洋研の10分の1の程度であらう。

所長のOboukhovはアカデミシヤンであるからめったに姿をみせないと案内をしてくれたYaglomが云っていた。私があらためてアカデミシヤンの威力をみせつけられたのはLeningradのホテルの食堂でOboukhovに御馳走になった時のことである。彼はアカデミシヤンの勲章をぶらさげていたから給仕係は彼の注文をすぐにきいた。

大気研ではYaglomが気をくばってくれ、3時のコーヒー・ブレイクの時には私だけにコニヤックの入ったグラスをくれた。その席にF.A. Novikhovという前途有望な青年もいたが、その彼が京都で先年ひらかれた乱流会合に出席中に「ソ連には研究の自由がない」と云って米国へ亡命したときいて私は矢張りなあと考えた。

「完」