

環境と人類活動を地球史的に眺める

九州大学名誉教授 相原 安津夫

1. はじめに・・・自己紹介を兼ねて

筆者は九州大学奉職中に日本で唯一の「石炭地質学講座」を担当した。この講座は、第二次大戦後の復興に北部九州の諸炭田が総力を挙げていた時代背景に、故松下久道名誉教授が初代担当で教室の第五番目に開設された。筆者が三代目に担当した頃には多くの炭鉱の終掘や合理化閉山で調査研究の対象も当初とは変わり、更には地質学教室も「地球・惑星科学教室」に変革するに至った。そこで、人類が生存する唯一の惑星の地球で、工業化が行なえた原動力の化石エネルギー資源をも含め、生命現象由来の地球有機物を地球史の中で考究する新たな教育研究分野として「有機地球科学講座」に改組して再発足させた。

新教室や新講座が完成する前に退官したが、その後の社会情勢変貌の加速は増した。特に、関連する化石エネルギーの枯渇から非意図的副産物の二酸化炭素に係わる地球規模の温暖化など、近代化社会や人類文明の未来に対する深刻な諸問題が顕在化し出した。退官で大学や学部の束縛が解け、関連分野間の壁を越える自由な視野を一段と広められる立場になり、次世代が羽ばたく将来の社会や環境に関連して、改めて考え直す機会が増えた。

たまたま本誌への投稿依頼があり、以上のように物事を地球史的に扱う観点から、昨今話題になっている地球環境関連の諸問題を概観したので、私見の一端を述べさせて頂く。

2. 地球史的視点

2. 1 超長時間の自然科学

一般に、科学の仮説は再試で確認されて真理に迫れる。地球科学の分野でも、超高温や超高压の実験を経て、定説化できる分野もある。しかし、46億年の時間経過の千変万化の自然条件下での、無限に近い反応が繰返し続けた結果が今日である現実で、過去の地質現象の因果関係の総てを実験だけでは立証し難い。地球史を記録する岩石や化石から情報を集め、関連分野の知識や手法を適用し、新たな発想で仮説を立て、試行錯誤を重ね推理するのが、一般的な手法になっている。

学術の進歩で調査研究の手法や機器の開発と改良が進み、地球科学に大きく貢献し、我々もその恩恵に浴した。しかし、近代的工業化が普及する前でも、先人は既に自然や地球に科学的関心を抱いて試行錯誤を繰返し、多くの仮説や考え方を提出していた。古典的な代表例に、英国人ライエル(1797~1875)の「斉一説」や、これと対照的な仏国人キュービュ(1769~1847)の「激変説」がある。

ライエルは、地球上で現在見られる現象は地質時代にも起きており、僅かな変化も長時間続けば大きな変化になると考え、「現在は過去を解く鍵」と説いた。産業革命当時の保守的英国紳士らしい考えで「現在主義」とも言われた。一方、フランス革命期に脊椎動物化石を扱って比較解剖学の開祖と言われたキ

ユービエは、革命的異変でそれ以前の生物が絶滅し、生き残りが新たに進化すると考えた。それゆえ、「天変地異説」とも呼ばれた。

現代流に加筆すると、前者では、年間数cm移動するプレートが数百万～数千万年の地質学的時間に累積した結果が島弧や大陸の数十km～数百kmの移動に繋がる現象に対応できる。後者では、2.5億年前の古生代末の生物界の大絶滅や、6500万年前の恐竜やアンモナイトの絶滅で代表される中生代と新世代の間の地球環境の激変が類似する。

2. 2 地球史と人類

地質学や地球科学の関係者が数百万年とか数億年の時間経過で地球史を語ると「また変人が法螺を吹き出した」と煙たがられた。ところが、日本国々歌が確定して事情が変わった。「・・・さざれ石の巖となりて・・・」の現代訳は「細礫粒が礫岩になるまで」となり、国が岩石化の地質現象の引用と表現を率先して認めたのである。

細礫粒の岩石化とは、砂礫粒が堆積盆に沈積→深部に埋没→続成作用で固化→地殻変動で上昇→陸上で人目に触れるまでの現象である。この間の時間は、埋没深度や地温勾配などで規制されるが、新生代の変動帯にある日本列島では、数百万～数千万年である。一方、安定地塊上のモスクワ盆地では2.5億年前のトリアス紀層が水平で未固結の砂利層のままの事実を国際地質学会の巡検で確認した。その岩石化には、今後どれだけ時間が掛かるのか、不明なのである。

人類は、地球史46億年中の40億年の生物進化史で、最近に出現した。これは地質学と人類学が扱う境界領域の事件で、その時期を直立猿人の出現とすれば、500万年前頃に起こ

った(地球史の0.1%)。人類も他の生物と同様に自然環境に生まれ、採取と狩猟を続けて今日まで命を永らえた。その過程で、約1万年前に、実を多く付ける穀物を識別し栽培したり、温かい動物を手懐けて飼育する知恵を着けて適地に定着し、農耕牧畜社会を形成した。定住した各地で文明や文化を築いて約200年前に欧州北西端の小島で起こった産業革命を境に、近代的商工業化を経て現在に至った。

人類の進化は、温暖な新生代第三紀の末から、地球規模に気温が低下して数回の氷河期が襲った第四紀を通じた環境変化への適応で起こり得た。それは自然環境を意識した食物連鎖で生命物質の循環の理にあって生活を続けて来たからである。人手を加えたとは言え、都合良い動植物を利用して定住する生活様式が一万余年も続け得たのも、同様に生命物質の循環に依存していたからである。その間に成長した社会を保つ手段として人間らしさも身に着けた。しかし、その延長の近代的商工業化社会が爛熟し、人知が最高度に達したと思われる僅か200余年の時間経過の末の今日、地球規模の環境問題や社会不安が顕在化したのは何故なのか？ 人類は古生物の栄枯盛衰を評価できても、自らの行動や未来の環境を判読する知恵を生み出せないのだろうか？

3. 現代物質文明の地球環境

3. 1 文明のエネルギー

原人が「火」を扱い出してから人類は他の動物との格差を付けた。当初の燃料は落葉や枯枝で、次第に木材や動植物の油も利用した。古代人が火を暖厨房や照明に使った頃は木材の消費も限られていた。しかし、人口が増えて木が建築用や、木炭化して製鉄などの金属製錬に使われると、伐採が進み農地は増すが

森林は減少し、地域によっては砂漠化の陰が迫りもした。

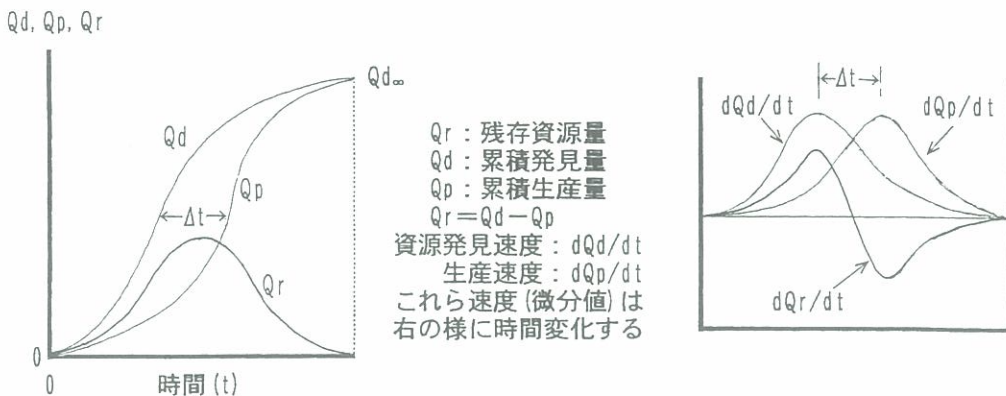
農耕牧畜社会の延長で英国本土に木材飢饉が起こった時期と産業革命が重なる。この危機を越えて工業化を推進し、物質文明の扉を開けた原動力が化石エネルギーの石炭であった。19世紀後半から登場した石油が20世紀には主要エネルギー源に代わり、その後半には可燃性天然ガスも加わった。

今日の物質文明や学術から庶民の生活までもが、古生物起源の天然有機物である化石エネルギー資源に依存し切っている。それらは地層中に極微量だけ残っているに過ぎない。地球は、全くと言えるほど岩石や鉱物を構成する無機物で成立ち、それが為に、地質学や地球科学の研究対象の大部分も無機物に偏っていたのである。

人類は化石エネルギーを利用して空前の繁栄を遂げ、20世紀型の文明を推進させた。その反面で、対照的な幾つかの陰に気付いた。その主なものは、①化石エネルギーは非再生産性で有限であり、②エネルギー源として燃焼すれば非意図的副産物の二酸化炭素が排出し、③炭素材や高耐久性の高分子化合物の工業原料に活用した後で人工の関連物質の処理を誤ると、天然の物質循環を阻害する危険性が生ずる、等などである。特に②と③は、環境への悪影響が大きい問題である。これら諸難問を地球史的に眺めると、以下の様な概貌が浮かんで来る。

①化石エネルギーの有限性は既に1970年代に示されて「繁栄の限界」が指摘された。理論的にはカナダの地質屋ジュベールが示した通り(第1図参照)であるが、現実には経済的要因なども加わり複雑になる。世界の石油資源の寿命(可採年数)は、現在の確認埋蔵量

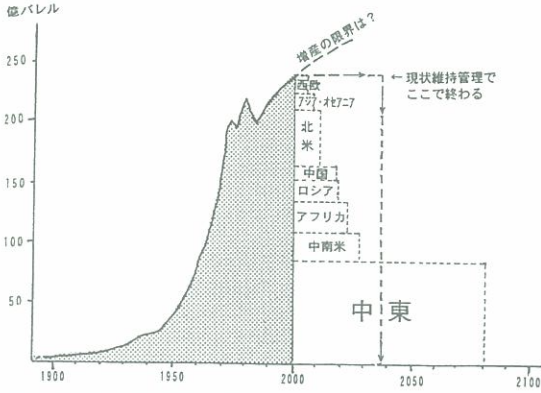
3. 2 化石エネルギーの課題



第1図 地下資源の有限性

回収や再利用ができぬか、行い難い地下資源で、利用価値と需要が生じて探査が進めば、時間(t)の経過と共に確認埋蔵量(Qd)は増加する。可能な限り探査し終え、これ以上確認埋蔵量が増えなくなれば、究極の埋蔵量(Qd_∞)が確定する。その間に採掘が進むと、生産量(Qp)の累計は時間と共に増加する。

発見して確認した埋蔵量を採掘して生産するまでにはΔtの時間差が伴う。初期段階では発見量の増加率(dQd/dt)は大で、生産量増加率(dQp/dt)もこれに準ずる。しかし、探査の末期に入ると、両者とも減少する。その間の一時点での残存確認埋蔵量(Qr = Qd - Qp)は探査最盛期の極大値を境にして、図のような裾野を持った丸い山形の曲線を描く。この様に非再生産性資源の有限性を理論化して「繁栄の限界」を説いたHubbert(1969)の名を採ってこの曲線はジュベール曲線と呼ばれている。



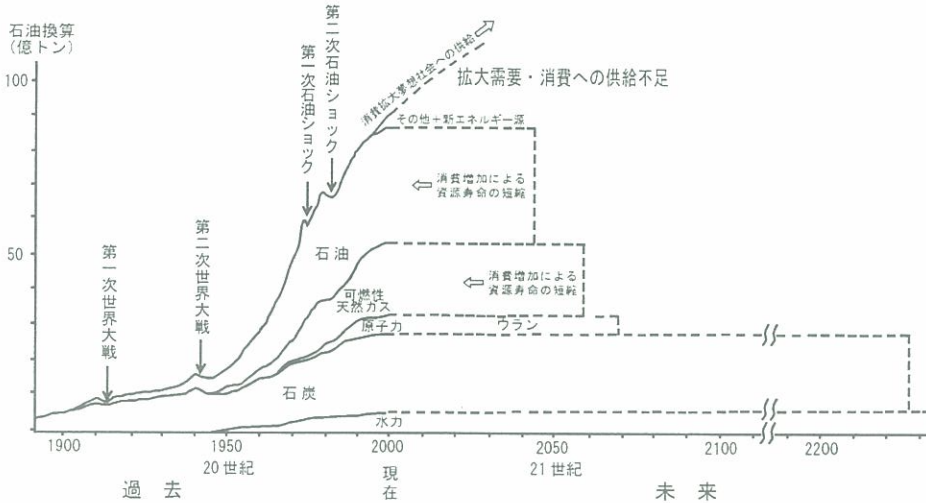
第2図 20世紀型文明と経済を支えた石油の過去と未来

近年の統計を基に、過去の総生産量と、地域別の現在確認埋蔵量を現在年産量で除した可採年を合わせて示した。石油の寿命が40年を切ったと言う表現は、地域別の生産性を無視して現状の総生産を計画的に維持した場合の結果である。各地域が現状の生産を計画的に維持できれば、図の右側の様に埋蔵量に応じて寿命の差が生ずる。実際には、大量消費地域が消費を押さええない限り、資源保有地域への負担増と寿命の短縮が起こる。

と年産量とで算出すると40年を切ると言われる。しかし、第2図の通り、北米の13年程度（天然ガスは10年程度）から、中東の80余年（天然ガスは250年）までと、地域差がある。

石油や可燃性天然ガスは流体の為に、地層中の実態が捉え難く、探査の進展で確認埋蔵量の増減は生じ得る。一方、石炭は固体の層状堆積物なので確認の程度は高い。しかし、機械化したとは言え、人が直接採掘して搬出せねばならぬハンディーがあり、確認埋蔵量の総てが採取できるとは限らない。技術的や経済的な制約が加わって増減し易い。

探査技術が向上して地球上で実施可能な範囲を隈無く調べ尽くした現在、これ以上に超巨大油田や炭田が発見される可能性は低い。現世の湿原や泥炭地が化石エネルギー源と同様な資源に自然経過で変わるには、地質時代



第3図 近代的商工業社会のエネルギーの消費実績と未来像

エネルギー源の依存状況は地域や国で異なるが、世界全体の過去の実績は図の左側の様に増加した。その延長で今後も現状を維持し、現在の確認資源量を消費し続けると仮定すると、資源別にどれだけの生産の継続が可能かを示したのが、図の右側である。第2図の石油と同様な地域性が他の資源でも当てはまるから、実際は世界中のエネルギー資源が突然に枯渇するのでは無く、第4図の日本の石炭の様に地域別の鉱種別に漸減するであろう。

化石エネルギー資源の枯渇で大気中の二酸化炭素分圧の増加と温暖化の環境への影響は減る。枯渇が先か、温暖化が先か。何れにもせよ、20世紀型の大量消費は続けられない。現在の総エネルギーを維持するには、未開発の新エネルギーで欠如を補わねばならない。(OECD, NEA, IAEA, Oil & Gas Jour, 総務庁「世界の統計」などから作図)

的反応時間と地質のプロセスが必要で、その結果を人類が見届け得るとは思い難い。確認資源を消費し尽くす時代の方が先に来る。

20世紀型商工業社会で消費された主要エネルギー構成の変遷を見ると第3図の様に、化石エネルギー源、特に石油が重きをなしていた。図には、他の非再生産型資源の現在の確認埋蔵量と生産量から推定される寿命も示している。現在生産量を今後も一定に維持管理できるとは思えないし、見直しによる確認埋蔵量の増減も在り得る。しかし、20世紀の総エネルギー消費傾向を将来も続けて増産すれば、資源の寿命は短くなるし、環境問題は更に深刻になるに違いない。再生産可能なクリーンなエネルギー源の早急な開発が求められる理由はここにある。

②**非意図的副産物の二酸化炭素**の大気中の濃度が20世紀型商工業化社会の活性化に伴って増した経過は実測されている。その継続が未来に及ぼす各種の環境変化も既に予測されている。しかし、それらを疑問視し軽視する別の主観も台頭している。人知を集結させた京都議定書が指摘した地球規模の温暖化が及ぼす人類への危機を意識するか、市場原理主義を信奉して消費経済の利益追求に殉ずるかの違いが対立した。この矛盾を放置して、対立の解が出るまで待つとすれば、取り返しのつかない時間が流れてしまうであろう。

原生代の原始大気中の二酸化炭素を原始的藻類が光合成して始まった食物連鎖の延長で、何万年～何百万年継続した生物活動の結果が残った「太陽エネルギーの缶詰」とも言える化石有機物を、近代文明化の数百年で消費して二酸化炭素に戻す実態は、地球物質循環の短絡と見做わせる。この人為的な急激な変化を自然の浄化作用で回復して貰うのに

は、細礫粒が礫岩になると同じ地質時代的な超長時間が掛かる。それが地球の営みなのである。

③**有機高分子誘導体化合物**を古生物起源の化石有機物から人工的に合成し利用した経過は、産業革命時の製鉄用コークス製造過程の廃棄物のコールタールの処理で派生した石炭化学の発展と、20世紀の石油時代に開花した石油化学の追加との、多様化と加速化が語っている。化石エネルギー源に蓄積されたエネルギーを引き出して利用した大量生産の工業システムは物質文明を開花させたが、同時に大量消費の商業システムを生み、やがて大量廃棄の悪弊に陥った。このシステムを身体に例えると、活性化した生産側は動脈系に、また、使用済み廃棄物の処理は静脈系に対応できる。

凡そ天然の生物界には、静脈系が整わない生存は在り得ない。しかし、人工の20世紀型商工業化社会のシステムは、動脈系の生産と流通が野放図に巨大化したのに比べて、静脈系整備への配慮が欠けていた。非意図的副産物を始め、使用済み製品や廃棄物を、原料や資源に回帰させる行為が劣っていた。この欠陥は、高分子有機化合物材に限らず、多くの工業製品や商品にも当て嵌まるであろう。

採取狩猟社会から農耕牧畜社会を通した人類の生活系が数百万年も継続し得たのは、生命物質の循環で動脈系と静脈系とが適切に機能するシステムに則っていたからである。人類は商工業化が進み便利な生活を送れる様になったが、このシステムの中で地球物質循環を短絡させた上に、静脈系の整備を怠った為に、自らの生活環境や生命系に未知で未経験の難問を投じた。昨今、省エネ、リデュース、リサイクル、リユースが叫ばれるのは、

この未知の恐怖を幾らかでも排除し、人類の行動によるエントロピーの拡散を抑制しようとする努力に他ならず、極めて適切な趨勢と言える。

4. 地球はどこまで許してくれるだろうか？

4. 1 地球の過去・現在・未来

以上の通り、生物進化史的時間の経過で人類活動を観ると、文明の勃興で地球史上で初めての顕著な地球物質循環の短絡が起きたと言える。確かに人類出現前の地球史上で地球規模に栄えた古生物が膨大な物質集積で物質循環に影響した事実はある。その幾つかの例を見よう。

現在の鉄の主要鉱床の縞状鉄鉱層は先カンブリア時代の原始的藻類が海水中の鉄分を固定し続けた結果であり、セメント原料の古生物起源の石灰岩は広大な珊瑚礁周辺の生物活動の遺骸であり、石炭層は地質時代の想像を絶する広大な泥炭地に由来した、等などである。しかし、それらは、数億年から数百万年の超長時間を掛けた自然の地球物質間の反応結果の累積であり、その反応は同様に極めて緩徐な地球環境の変化で規制されていた。その間にも、稀に巨大火山噴火や巨大隕石の落下など、突発的イベントが原因で環境の激変による規制も加わっていた。

地球史上の古生物の栄枯盛衰は地球環境の変化と対応して起きており、環境変化速度が古生物の適応進化速度を超えた時に、生存が困難になり絶滅に追込まれた。人類は古生物絶滅の地球史を綴れても、その時間に相当する己の未来の環境変化に無関心であり続け得るのか？ 地球史的経路で人類の商工業化物質文明の開花期間を見れば瞬時で、その内

容は激変に相当する。人類は己が起こしたこの突発的地球規模の環境変化を熟視すべきである。そして謙虚に因果関係を解析し、原因を除去するか、誘発する諸変化に生物的に適応するかしなければ、遠未来の地球上での人類の健全な存続は覚束なくなるであろう。

4. 2 人類存続の知恵

人類は誕生してから自然環境の変化に敏感に適応しながら進化して来た。その初期の数百万年の過程の採取狩猟生活では、自然環境の中で周辺生物と共生し、自然の恩恵も脅威も厳しく受け止める知恵を学んだ。現在でも「山」を崇めたり、生きものを憐れむ習性が残るのは、当時からの生存の原理を継承したからであろう。農耕牧畜社会に移行してからは、一次生産者の主に穀物や捕食者の家畜の生命の維持飼育に関わり生命現象を見詰め、一万年余の経験で食物連鎖の生命物質循環を深く理解した。生命の継続性や生活環境に関わる気候の変化や天体の動きの周期性で、循環や輪廻に連なる諸現象に気付いた。そこで人力を超えた自然に畏敬の念を抱き、集団の統一にその力を添えようとする観念や生活の規範も整え、複雑な環境を背景に長い歴史を経て多様な文化を世界各地に生んだ。

人類が採取狩猟社会から農耕牧畜社会に連なる数百万年間に自然の中で身につけた生活の知恵と、200余年の商工業化社会で地球物質循環を短絡させた人工的生活体系の中で会得した近代的合理性とは、果たして融合しているのだろうか？ 確かに分化した学術の先端は著しい進歩を遂げた。しかし、多様に文明化した人類が、生物の一員としてこの地球上で等しく生命の尊厳を保って存続し得るに足る確信は持てたのであろうか？ 人類が地球

上に健全に生き残るのには、20世紀に蓄積した学術に根ざし、文明を育てた化石エネルギー源が枯渇する前に資源を有効に利用して、21世紀以後に展開し得る新たな生活系を速やかに準備せねばならぬのではなからうか？

4. 3 先進国の貢献

1992年に環境と開発に関する国連会議（環境サミット）が開かれ、更に温暖化防止会議へと引き継がれた。しかし、未だに明るい展望が見出せない現状では、人類の知恵の程度を疑いたくもなる。同時に、1997年の国連開発計画の人間開発計画報告書で、人類の現状を次の様に指摘しているのを忘れてはならないであろう。

世界人口の僅か15%に過ぎない先進工業諸国が、全世界の総消費支出の76%を占め、その消費は過去25年間に二倍に達している。世界中で上位20%の富裕層が、全世界の肉類と魚介類の45%、エネルギーの58%、そして車の87%を、それぞれ私している。一方、世界人口の20%に達する最貧国の極貧層に属する人びとの消費は、今後25年経っても先進国の平均3%以下に止まる。（数値は1995年度実績）

21世紀当初の国際的混乱と化石エネルギー源の枯渇が疑う余地の無い状況で、ここに指摘された異常事態が永遠に持続するとは思えない。どう変わるか？ 途上国の工業化は？ 先進国が路線を見直すか？ 日本は先進工業国の一員として、まずは京都議定書の遵守に始まり、新たな環境改善システムを創造する努力をせねばなるまい。一方、国内の閉塞状態打開に自動車専用道路網の拡充で車の増産と物流を加速させた消費経済の再活性化や、そのエネルギー獲得に石油や天然ガス資源埋蔵

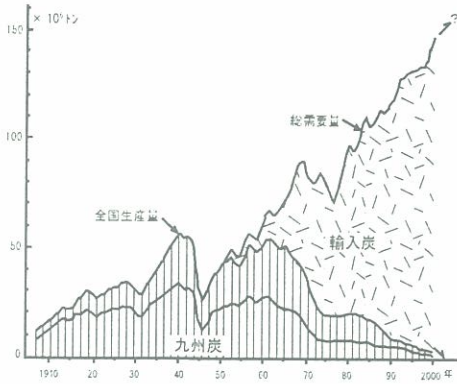
量の最も多い中東での利権の獲得競争も囁かれる。そこで、多くの矛盾を整理し、地球人類生存の原理や国家百年の計を再考しようとする議論が表面化しないのは、何故なのだろうか？ 狭いが豊かな国土で数千年の農耕社会に育った日本人が、地球物質循環短絡の現実性に疎い為なのだろうか？ それとも、この種の議論が不得意なのだろうか？

5. おわりに

百年先よりも今を何とか乗り切るのだ！ と難問先送りの連続は、生命物質循環に依存した農耕牧畜社会では通用した。地球物質循環を短絡させた現代型商工業化社会では通用し難い。これを示唆する身近な例がある。

日本の近代的工業化の原動力の一つだった国内炭の生産は、昨年末に九州で、今年初めに北海道で、相次いで炭鉱が閉山してゼロになった。終掘水準よりも深い深度の残炭は永遠に葬られた。これで国内炭の需給が無くなり、二酸化炭素の排出減少に貢献できると思うかも知れない。しかし、第4図の様に、製鉄コークス用と火力発電用などに国外から年間1億2千万トン以上も輸入している。輸入先の石炭資源保有国は、埋蔵量が多いが、何十年か何百年後までに、日本と同様に現有資源を掘り尽くすであろう。即ち、その時に全世界が経験する断末魔を何国にも先んじて、小資源国の日本が現在体験している事に他ならない。

商工業化社会の静脈部の問題も、既に多くの自治体が廃棄物最終処分地が確保出来なくなり顕在化し始めた。豊草原瑞穂の国の美しい谷々は、生活廃棄物や産業廃棄物で埋められ、やがては未知の環境汚染物質が流れ出すであろう。既に始まった所もある。一方、広



第4図 日本の石炭生産・需要の推移

第二次世界大戦前には、中国からの原料炭の輸入や日本炭の輸出など、僅かにはあったが、国内の需要は国内炭で補われていた。国内炭は戦後の復旧に傾斜生産が行われたが、高炭価問題とエネルギー流体化が起こって減産し、輸入炭と価格競争に巻き込まれ、最終的に終掘になった。一方、海外炭の輸入は増加しているが、廉価で高品質の石炭が未来永劫に輸入し続けられ得る保証は無い。

大な領土を保有する列強諸国は、旧式の原潜や航空機や化学兵器から、使用済み工業製品や生活廃棄物までを人跡稀な地に貯留（放置）する余裕（無関心さ）があり、当面は環境問題などを意識せずに済ませる。世界に先駆けて、20世紀型商工業化に邁進した狭小国日本が切実に窮状を経験し出したのである。

現実起きている未経験の環境関連の諸問

題の原因究明や因果関係の追跡や解明は、決して容易では無い。先進工業国の一員として科学技術立国を標榜する一方で、先送りして過ごそうとする風潮が窺えるのは、何故であろう？ これも新参工業化の農耕民族の末裔のせいであろうか？ このままでは、次代を担う若者に希望を抱かせなくなるのでは無いか？

しかし、発想を転換すれば、数百前に欧州大陸の北西端の小島で、閉塞した農耕牧畜社会を超える産業革命が始まったと同様に、20世紀型の商工業化社会を超える新産業体系への転換（改革）が、東洋の東端の島国で起こせる可能性は望め無いか？ 生活環境の厳しい高緯度の大陸内や、逆に自然が豊か過ぎて心配無用の熱帯域では、細石粒が礫岩になる程の未来を考え難いであろう。そこで、幸いにして四面を海で囲まれ、国土こそ狭いが、中緯度で四季の変化を通して自然を明確に意識出来、社会環境や人材など、多くの恵まれた条件を備え、近代化した独立国の日本が、何百年か後の地球と人類を意識した発想を産み出せば、それこそ、未来の世界から尊敬される存在に成り得るのではなからうか？ その様に思うのは、変人の誇大妄想であろうか？