

「資源の有効利用」と「地球環境及び太陽活動」(第1報)

- エネルギー消費と地球環境変動及び太陽活動の周期性 -

小島 浩司

"Effective Utilization of Resources" and
"Global Environment and Solar Activity"()

- The Periodicity of "Energy Consumption and
Global Environmental Change and Solar Activity" -

Hiroshi KOJIMA

はじめに

近年,人間の産業活動と地球環境は相互に大きな影響を及ぼしあうということが知られるようになってきた。現在主として問題視されているのは産業の発達や生活水準の上昇による,エネルギー消費の増加が,排熱と炭酸ガス排出の増加を招き,その事が地球環境の温暖化を引き起こす危険性があるとされている。しかし地球表面の環境を決定する主要なエネルギー源は太陽の日射エネルギーであり,地表の気温はその日射エネルギーで暖められた地球から宇宙空間へ排出されるエネルギーの収支がバランスする平衡点の温度で決まる。すなわち,地球環境問題は人間の産業活動における資源消費の環境変動に対する影響のみを考慮するだけでなく環境変動自身が人間の産業活動にどのような影響を及ぼすかという双方向的な相互作用として考える必要がある。そこで地球環境を決定する主要なエネルギー源である太陽の活動と人間の産業活動の変動及び地球環境の変動について調べ,特に,それらの変動周期の関連性について論じたい。

1. 地球環境と太陽

地球環境問題を論ずる場合,エネルギー問題はその大きな部分を占めている。人類の産業活動の発達や生活水準の上昇に伴い,エネルギー消費量が増加して排熱及び炭酸ガス排出が増加する。そのような人間活動により地球環境の温暖化が引き起こされる危険性がある事が指摘されている。実際に,そのような温暖化を示唆すると考えられるいろいろなデータも出始めている。しかし,私たち人類を含む多種多様な生命体が,多数存在する地球環境がどのような機構で維持されているかということについては,まだ完全にはわかっていない。地球環境の破壊や温暖化についての危機を訴える論議は,現在広く喧伝されているが,地球全体のグローバルなエネルギー収支といった,地球環境の基本的な維持機構という観点でとらえた議論はあまり見られないように思われる。

この様な基本的な維持機構について正しく理解するには,宇宙空間のなかに存在する地球が太陽から放射されるエネルギーをとり入れ,人間活動その他の原因で発生するエネルギーとともに蓄積し,そのエネルギーを,熱放射として宇宙空間へ放射するシステムについて知る必要がある。人間活動等の原因で発生するエネルギーについて考えると,元々,太陽エネルギーを蓄積した化石燃料が大部分である,こう考えると地球が蓄積しているエネルギーは,太陽から

直接とり入れている部分と人間活動等の原因で発生している部分に関わらず、ほとんどすべてその源は太陽にある。言い換えれば、このシステムは太陽からとり入れるエネルギーを熱源とし、その一部を蓄積しておいて、現在直接とり入れているエネルギーと併用して運転する、言わば、ハイブリッド自動車エンジンのようなものである。このような観点でエネルギー資源の有効利用を考察する時、太陽がエネルギーを放射する活動である太陽活動と地球上のエネルギー資源消費の変動及び関連しそうな地球環境の指標の変動の様子を是非知る必要がある。

図1は太陽からとり入れられたエネルギーが地球環境の中で循環し宇宙空間へ放射される様子を表す。このようなエネルギーの流れの中で、人間活動や生態系及びその他の自然現象が維持されている。また地球環境へとり入れられるエネルギーと環境から放射されるエネルギーは等しくなければならない。もしそのエネルギー収支に過不足があれば、地球は超高温あるいは超低温の状態になってしまうはずである。

そうはならず多くの人間や生物が穏やかに生活できる状態が持続しているということは、地球環境は太陽エネルギーの流れの場におかれ、エネルギー的に定

常な状態に維持されていることを示している。もちろん、太陽から地球環境へとり入れられたエネルギーがなんの変化もせずに、全く同じ状態で地球から宇宙空間へ放射されるわけではない。地球は太陽の放射エネルギー等の低エントロピーエネルギーを宇宙空間からとり入れ、それを環境の中で人間活動等の様々な形で循環させエントロピーを増加させて、大気放射という高エントロピーエネルギーの形で宇宙空間へ放射している(棄てている)。エネルギー資源の有効利用とは、地球環境の温暖化といった環境破壊を招かないように、環境内にエントロピーを蓄積せず、いかにうまく宇宙空間へ棄てるシステムを構築できるかという事である。

地球環境のように、一方からエネルギーや物質がある割合で流入し、他方から同じ割合で流出するような系ではなるべく定常な状態を保った方がエントロピーの発生は少なくなる。太陽は地球環境に対し毎秒約1370ジュール/平方メートルのエネルギーを与えている、一方、人間活動によるエネルギー消費は1985年の統計で毎秒約0.05ジュール/平方メートルと量的にはほとんど無視できるように考えられるが地球全体の平均気温のバランスが0.5程度ゆらぐだけで地球環境の気候及び生態系に大きな影響を及ぼす。またそのような平均気温のゆらぎは人間活動によるエネルギー消費量にも大きな影響を与えたと考えられる。太陽活動は黒点で測ると、ほぼ11年周期で変動する周期性が存在する。このような1周期を太陽活動サイクルと呼ぶ。また11年周期の変動だけでなく、変動周期が200~300年もわたる長周期変動や2~3年程度の短周期変動の存在も報告されている。デンマーク気象研究所のフリース・クリステンゼンが1991年に発表した「グライスベルグ・サイクル」によると過去100年の間の地球全体の平均気温の変化は0.6の範囲で黒点数変化に非常によく対応するとしている。しかし最も明瞭な黒点数の変動である11年周期の変動については、平均気温の変動との対応はあまりよく見られないとされている。

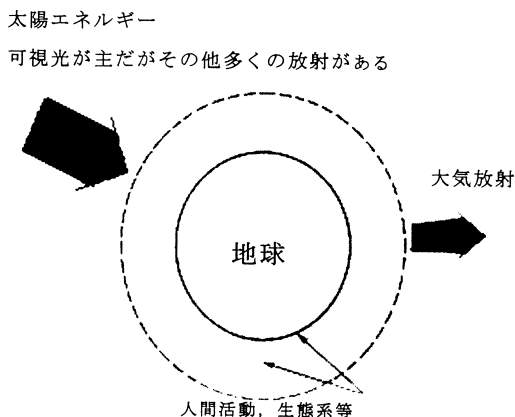


図1

2. 産業活動とエネルギー消費及び地球環境の変動

人間の産業活動は石油資源等の様々なエネルギー資源の活用にささえられている。人間の産業活動の状況を示すものとして、いわゆる「景気」と呼ばれる表現が用いられ、具体的な量としては、株価指数、出荷・在庫、設備投資等の様々な景気指標量が用いられる。あらためて言うまでもなく、産業活動とその変動は石油資源等の様々な資源の利用に支えられている。このような事から、景気指標と各種資源の消費量に深い関連があることは自明であると考えられる。一方、産業活動に必要な資源の利用状況は必ずしも完全に有効利用されているとは考えられない。資源利用の効率を下げる要因のひとつとして、産業活動における資源の需要と供給の変動のタイミングのずれがある。このずれをなるべく少なくするためには、需要を予測して供給の体制を準備する必要がある。予測を正確に行うには産業活動や資源消費変動の相互の関連を知らなければならない。人間活動及びエネルギー資源等の消費変動のような時系列変動の相互の関係を調べる場合、単にそれらの変動間の相関をとり、その相関係数の高さや回帰式の適合度の良さのみで評価すると大きな間違いをおかす事がある。互いの相関をとる時系列変動が長期に単調に増加あるいは減少するような変動量である場合は特に注意が必要で、それぞれの変動間の本質的な関連性と何の関係も無い、偽の相関が高い値を示す事がある。このような偽の相関関係と真の相関関係をきちんと分けて解析を行うには、それぞれの変動の固有な周期の存在を抽出し、その変動周期の同一性や大きさにあるいは変動のゆらぎの共通性等についての処理を行い、それらの関連性について吟味しながら解析を行う事が有効な方法である。

方 法

人間の産業活動、エネルギー消費に関連する地球環境、太陽活動のそれぞれを表す指標として下記のものを選んだ。

人間の産業活動指標

- ・ 東京証券取引所第1部に上場する企業の株価指数（東京証券取引所）
1957年1月～2002年6月：月平均値と年平均値
- ・ 製油所の原油処理量（石油情報センター）
1960年～1998年：年間処理量
- ・ 原油換算最終エネルギー消費の推移（総合エネルギー統計）
1970年～2000年：年間消費量

エネルギー消費に関連する地球環境の指標

- ・ ハワイのマウナロア山における大気中の炭酸ガス濃度（CDIAC・WEB）
1958年6月～2001年6月：年平均値

太陽活動の指標

- ・ 太陽黒点指数（Solar Influences Data analysis Center）
1957年1月～2002年6月：月平均値と年平均値

上記の時系列変動量についてフーリエ変換処理を行い、得られたフーリエスペクトルを比較して、その特徴を調べる。本報告では特に変動周期の関連性のみに着目して解析を行い、変動規模の関連については論じないので、各変動量のフーリエ変換処理は単位を無次元化して解析する。変動量の処理期間が20年以上あるいは40年以上と長期にわたるため、変動レベルが最初と最後で数十倍にも及ぶ変化を示すものもある。

この様なデータにたいしそのままフーリエ解析を行うと解析の全期間を周期とする周波数

の変動成分が大きく表れ、より短周期で意味ある変動成分を覆い隠してしまう。またスプリアスな周期成分が非常に多く現れ真の周期を特定するのに困難である。このためフーリエ変換処理を行う前に単調なトレンド変化を除去したり、明らかに不必要と思われる周期変動成分を元のデータから除去するフィルター処理を行う。

結 果

1. 株価指数と太陽黒点指数

東京証券取引所第1部上場企業の株価指数(月平均)と太陽黒点指数(月平均)の時間変化を図2に示す。

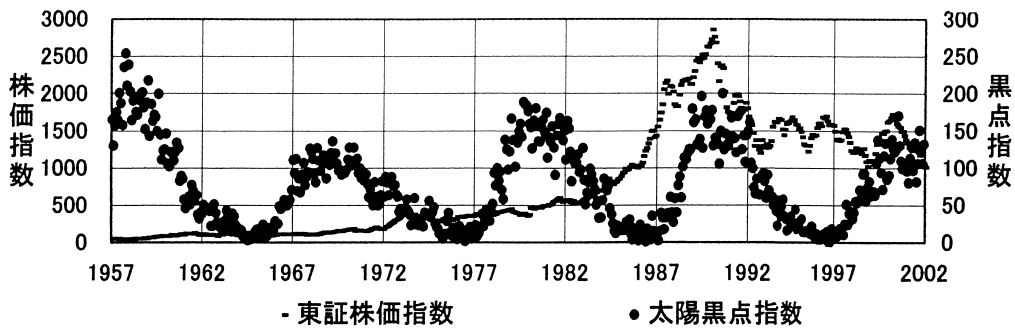


図2

期間が40年以上にわたり、株価指数のレベルが最初と最後で30倍以上変化している事と、この解析は周期成分の抽出が主たる目的であり、変動の大きさの関連については考慮しないので、各指数の値の対数値をとりその値を対象にフーリエ変換処理を行う。対数値をとると変動の様子がその時の変動規模に対する変動の比率の値で表されるので平均値に対して変動規模が非常に大きな場合の周期解析に都合がよい。図3それぞれの指数を対数値にした場合の時間変化を示す。

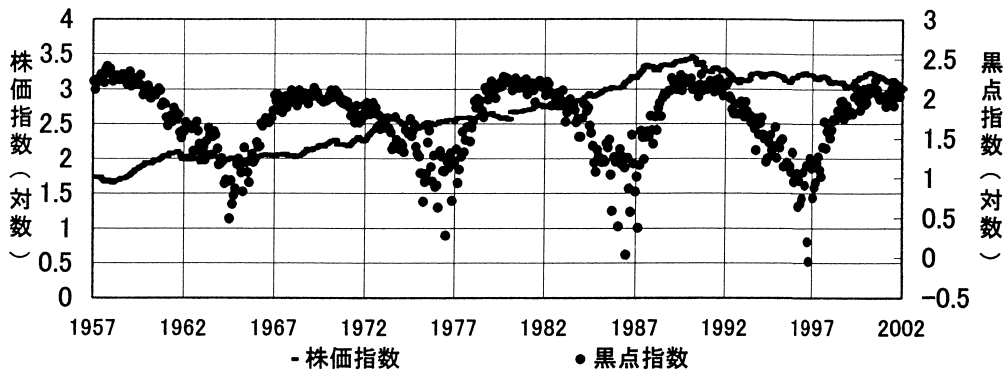


図3

対数値に変換しても株価指数については長期の単調増加トレンドが残存しているので、そのトレンドを補正した値に対してフーリエ変換処理を行った。株価指数の対数と太陽黒点指数の対数の各フーリエ周波数別の振幅変化を図4と図5に示す。

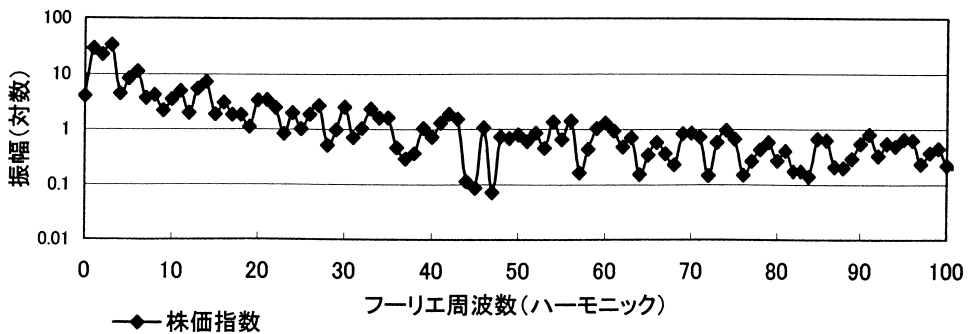


図4

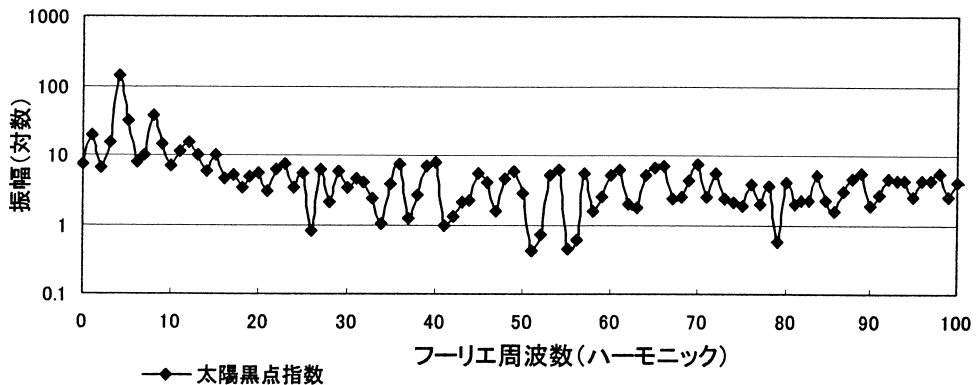


図5

フーリエ変換の結果を見ると株価指数はフーリエ周波数3，周期170ヶ月付近に少し目立つピークがあり，黒点指数ではフーリエ周波数4と8，周期128ヶ月，64ヶ月のところ目立つピークが現れる，それらが関連性をもつ原因によるものかどうかはこの解析のみでは明確でない，今後その他の具体的な電力使用量等の具体的な指標についても周期解析を行いそれらの関連性も含め太陽活動が人間の産業活動にどのような影響を与えるのか，あるいは与えないのかの解析をする必要がある。

2. 株価指数と原油処理量

東京証券取引所第1部上場企業の株価指数と原油処理量の時間変化を図6に示す。期間が37年にわたるため，両指標とも最初と最後でかなり大幅なレベルの変化が見られる。特に株価指数は20倍以上変化している。また原油消費量についてはよく知られているように1973年から数年間のいわゆる石油危機の前後で，産業活動における原油消費のあり方の構造的変化が生じ，その変化に伴って変動条件の連続性についても構造的変化が生じている事が予測される。この様

なデータをそのまま、量的変動のみの解析を行うと、スプリアスな周期成分が多く現れる。このデータの解析も先の解析と同じく、周期成分の抽出が主たる目的であり、変動の大きさはあまり問題にしない。先の解析と同様に各指標の対数値をとり、その値を対象にフーリエ変換処理を行った。先の解析にも見られた長期の単調増加トレンドが残存しているのので、そのトレンドを補正した値に対してフーリエ変換処理を行った。その結果を図7に示す。

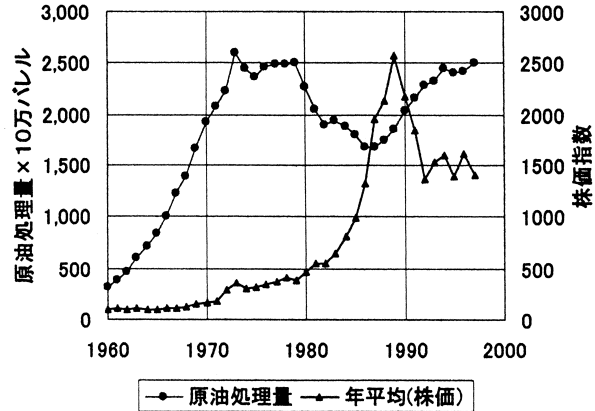


図6 原油処理量と株価指数の推移

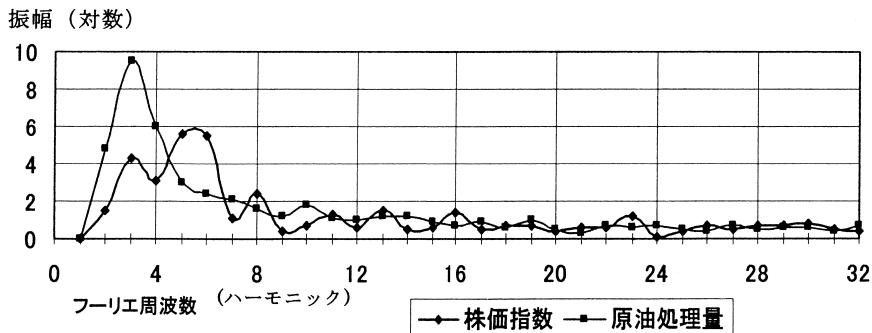


図7 株価指数と原油処理量のフーリエスペクトラム

フーリエ変換の結果を見るとフーリエ周波数が3、ほぼ21年周期のところ共通のピークが見れる、しかし株価指数はその共通ピークより大きなピークがフーリエ周波数5～6の部分にも存在していて、共通ピークが関連性をもった原因によるものかどうかはこの解析だけでははっきりしない、今後その他の指標も含めフーリエ変換以外の周期解析も行い、それらの関連性も含め資源消費変動と産業活動の周期性及びそれらの指標間の変動の関連性についても解析の必要がある。

3. エネルギー消費及び炭酸ガス濃度と太陽活動

図8は1970年～2000年の期間の原油換算の最終エネルギー消費の推移と、ハワイマウナロア山で測定された大気中の炭酸ガス濃度の変動をプロットしたものである。

この図のようなデータについて、そのまま相関とれば、非常に高い相関係数が算出される。しかし前述したように、このような変動の大きな部分が単調増加(減少)であるような時系列データ単純に相関解析を行う事は、真の関連性とは関係の無い見せ掛けの高い相関関係を導き出す危険性がある。また、何の前処理を行わないで、このままの形のデータに対してフーリエ変換処理を行うと、1970～2000年の期間の30年周期成分が際立って大きく現れるばかりでなく、

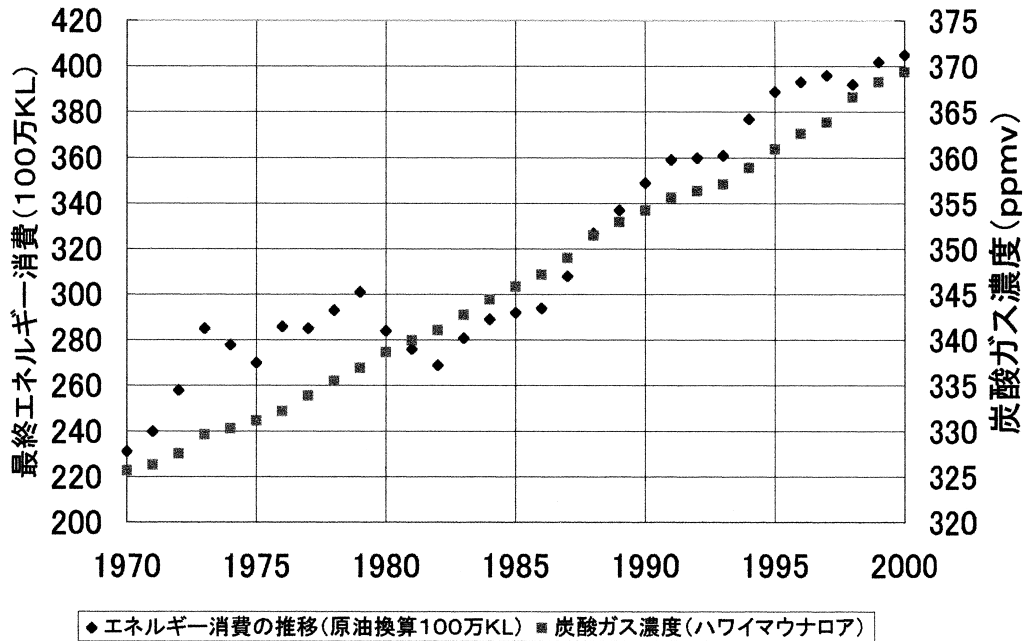


図 8

フーリエ変換は期間の最終の点は最初の点につながり、その状態が繰り返されるという考え方で解析を行うので、つながる点で急激な変化する形となり、非常に多くのスプリアスな周期成分を出現させる。以上のような事を考慮して、単調なトレンド変動の除去を行いフーリエ変換を行った。その結果を図9に示す。

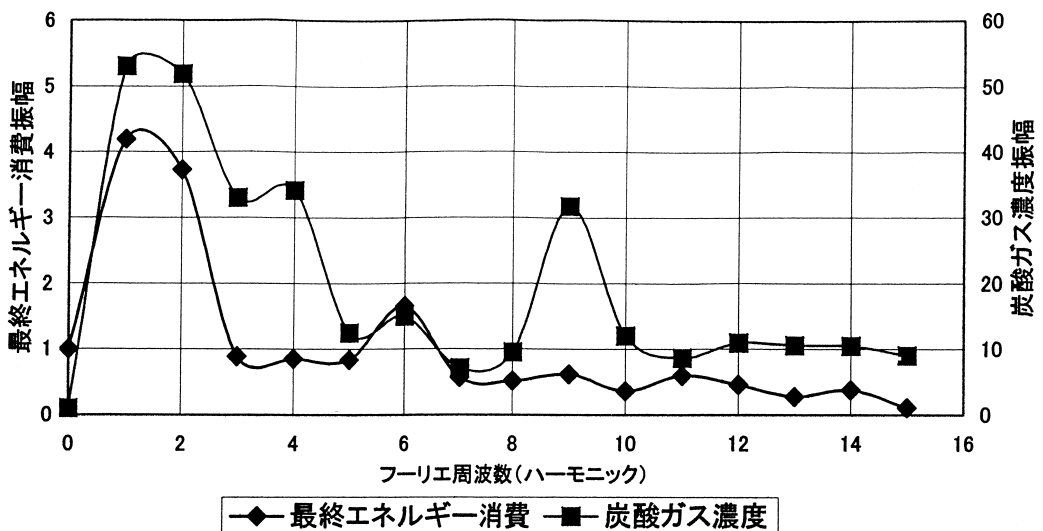


図 9

フーリエ周波数1~2, 周期15年~30年付近にかなりはっきりした共通ピークが存在し, 両者の間に何らかの関連性が存在する可能性を示唆する. しかし炭酸ガス濃度の方はフーリエ周波数3, 4, 9にもかなり大きなピークが存在するのに対し, 最終エネルギー消費にはそれらのピークが見られない事等を考慮すれば, 共通ピークの存在のみでは両者に関連ありと明言するには十分ではない. 両者の相互相関パワースペクトルを調べる等, まだ他の解析法を試みる必要がある.

考 察

人間の産業活動, エネルギー消費及び消費に伴う環境負荷, 太陽活動等の総合的指標として選んだ5つの時系列変動量に対して, フーリエ変換処理をほどこし, その変動周波数(周期)スペクトルを抽出した. それぞれのスペクトルはいくつかの周期成分でピークが見られる. それらのスペクトルの中の共通周期成分について検討してみる. その中の東証株価指数と国内原油処理量の間には21年周期の変動にやや関連性が見られるが, この程度のピークでは共通の周期変動の存在の根拠としては十分とは言えない.

次に最終エネルギー消費の推移とハワイマウナロア山の大气の炭酸ガス濃度の変動の間には15年~30年周期変動にかなり高い関連性が示唆されるが, これについても炭酸ガス濃度の他の周期の部分にかなり大きなピークがあるのにエネルギー消費の部分には見られない等, 先の株価指数と原油処理量の場合より明確であるが, やはり根拠十分とは言えない. 本報告は人間活動, 太陽活動, エネルギー消費及びそれに伴う環境負荷を示す各指標がどのような周期スペクトルを持ち, それらの間に共通周期の変動がどの程度存在するかという観点で解析を行った. このような場合, 解析に使用する指標は全世界的な指標を選んだ方がよりよいが, 人間活動及びエネルギー消費に関しては日本国内の統計しか入手できず, やむを得ず代用したので, 日本のみのローカルな変動がかなり混入していると考えられる. また, 炭酸ガス濃度に関してはハワイマウナロアにおける季節変動がかなり存在するが, 使用したデータは年平均値であるのでこのような変動は平均化されている. 以上のような点で本解析は必ずしも十分な解析とは言えないが, それでも, それぞれの指標が示す変動周期の性質及び共通性のある程度, 浮かび上がらせる事は出来たと思う. 今後, より汎用性のある指標を用い, 変動の周期性のみでなく, 本報告ではあえて言及しなかった変動規模の比較をする解析を行い次の報告で明らかにしたい.

要 約

エネルギー資源の消費の変動と, 太陽活動(グローバルなエネルギー供給源である)の変動について, 地球環境に及ぼす影響を探る事を目的として, それぞれの変動に関連すると考えられる指標の周期解析を行った. ある程度の関連性を示唆する共通周期をいくつか見出したが, 今回, 解析に使用した指標が適当なもの(指標の地域性によるかたより等)かどうかについては, まだかなりの検討を要する. 今後, 選ぶ指標をより吟味して, 次報ではより精度の高い解析による結果を報告したい.

謝 辞

本研究は名古屋女子大学生活科学研究所機関研究「生活資源の有効利用」の補助金により実施した. ここに歴代所長及び各関係者に感謝します. 研究をまとめるにあたり有意義な議論及び示唆を与えていただいた名古屋女子大学の佐藤正孝, 八木明彦, 藤本和彦の諸先生に感謝し

ます。最後に、機関研究報告のとりまとめにご尽力された松山正彦先生に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 桜井邦朋：地球環境を作る太陽，地人書館（1990）
- 2) 細野敏夫：エントロピーの科学，コロナ社（1991）
- 3) 今木清康：地球環境科学，コロナ社（1996）
- 4) 住 明正：地球温暖化の真実，株式会社ウエッジ（1999）
- 5) 資源エネルギー庁長官官房総合政策課編
総合エネルギー統計（平成13年度版）（2002）
- 6) 東京証券取引所・株価指数ヒストリカルトレンド（WEB）
- 7) 太陽黒点指数資料センター（Brussels）太陽黒点指数（WEB）
- 8) Carbon Dioxide Information Analysis Center TRENDS（WEB）