

経済発展にともなう主要金属と一次エネルギーの需要動向

Demand of Key Metals and Primary Energy Related to Economic Development

劉 婕* · 伊藤俊秀*** · 西山 孝**
Jie Liu Toshihide Ito Takashi Nishiyama

(原稿受付日2000年12月4日, 受理日2001年4月11日)

Abstract

Statistical analysis was examined on both global and regional basis to explain the relationship between economic development and consumption of metal and energy. Regarding 1900 to 1995, world consumption showed low positive and stable long-term increasing until 1950 whereas they increased quickly after 1950, especially between 1950 and 1973. From 1973 to 1983, metal and energy consumption fluctuated or declined gradually because of twice oil shocks. After that, energy consumption began to increase again while metal trends still lasted fluctuating. These trends are quite similar to Japanese trend, that is, two characteristic trends related to economic development could be considered as follows. (1) Through the age of light to heavy industry, metal consumption grows up more than energy. (2) In service society, energy consumption increases rapidly whereas metal consumption fluctuates around same level.

U.S.A, U.K. and France are now in service society because their energy consumption is higher than metals. On the other hand, Germany shows different trend from other countries.

It is clarified that many developing countries will undergo same process. Korea is now in shift to service society, and China is in heavy industry, because their metal consumption is increasing more than energy, especially in China. India is still in light industry because metal consumption has not yet showed much increase. However energy consumption grows up rapidly at same time. It would mean that service or information industry needs much energy in light industry society.

1. はじめに

資源消費量は産業革命以来休みなく増加の一途をたどってきたが、急激に増長したのは最近のことである。この膨張した消費量が資源枯渇問題をより深刻なものにし、環境破壊の直接あるいは間接の原因となっていることはしばしば指摘されているところである。

これまでに、世界のエネルギーと鉱物資源供給の増加傾向について、全体としては類似しているが、いくつかの成長過程に分類できることを報告した¹⁾。そこで、文明の変遷とともに資源エネルギーの消費がどのように移り変わっているかを、世界およびわが国の資源統計にもとづいて検討してみた。

分析手法として、一定の基準年をもうけ、基準年の消費指数を1として一次エネルギーと主要金属の成長傾向を表すことを考えた。このようにすれば、世界、あるいは国別の一次エネルギーと主要金属の消費傾向の推移を1つのグ

ラフの中で容易に比較・考察することができる。この手法で、まず、1900年以降100年近くにわたる長期的傾向を1970年を基準年として概観した。つぎに、1945年以降50年間の傾向を1983年を基準年として表し、世界および国別に詳細な検討を行った。

これらは、世界の主要金属の鉱山生産量と一次エネルギーの生産がほぼ世界の消費量に等しいことを前提としてまとめ、動向を分析した。世界ならびに各国の消費量と経済発展に注目し検討したところ、経済発展と主要金属・エネルギー消費との関係に新しい知見がいくつか得られたので報告する。

2. 世界の消費動向

2.1 主要金属と一次エネルギーの消費傾向

まず、1970年を1とした成長曲線で1900年以降の世界の傾向をみると、エネルギーと鉄、銅、亜鉛の供給は図1のようになる。すなわち、エネルギー資源、金属資源とも1950年以前は、低い率ではあるが、長期間にわたって安定した消費の増加があり、1950年以降、とくに1950~1973年にかけては急速に消費が増加している。その後、エネルギー消費と金属資源供給における増加率の成長は1973年頃から頭打ちになり、この傾向は1980年代の初頭まで続く。と

* 京都大学大学院エネルギー科学研究科

** 教授

〒566-8501 京都市左京区吉田本町

*** 関西大学総合情報学部助教授

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1

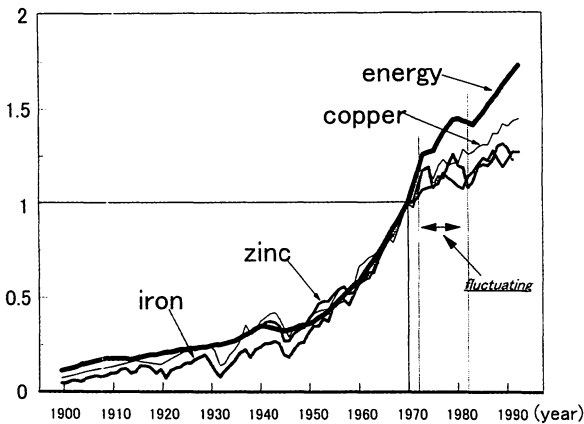


図1 1970年を基準にしたエネルギー、鉄、銅、亜鉛の消費成長曲線²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

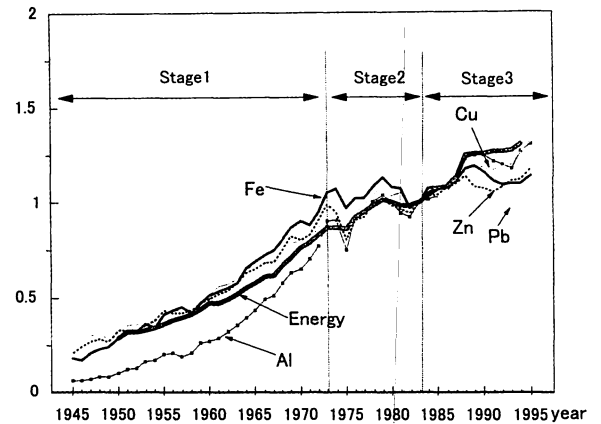


図2 1983年を基準にした主要金属とエネルギーの消費成長²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

ころが、最近になってエネルギー資源供給が再び高い成長率で増大しはじめているのに対し、金属資源では、増加の傾向を示すものもあるが、依然として停滞しているものもあり、異なった動きが見られる。

さらに図2は、1983年を1として、過去半世紀における一次エネルギーとアルミニウム、銅、鉛、亜鉛、鉄鋼の主要金属について世界的な消費傾向を示したものである。1983年を基準年としたのは、この年以降、世界経済がオイルショックを起因とする経済危機から脱したと考えたからである。この図をみると、消費増加の特徴は1945～1972年（以下、第1ステージとよぶ）、1973～1982年（以下、第2ステージとよぶ）、1983～1995年（以下、第3ステージとよぶ）の3つの時期に分かれる。

最初の第1ステージにおいては、アルミニウムを除いて、エネルギーと主要金属の消費は比較的類似した傾向で増加しており、後半に急速な増加が認められる。第2ステージにかけてのつぎの期間は、1973年の第一次オイルショックと1979年の第二次オイルショックの影響を大きく受けている。この2つのオイルショックは世界経済の危機を招き、その結果、金属とエネルギー消費は不安定になり、大きく乱高しした。全体的な傾向としては、金属消費に大きな影響が表れ、停滞したのに対し、エネルギー消費はわずかながら増加が続いた。最後の時期である第3ステージは、エネルギー消費の成長が金属消費の成長を大きく上回ることと、エネルギー資源、各種鉱物資源によって増加傾向が大きく異なってきたこととで特徴づけられる。すなわち、1987年までは金属消費もエネルギー消費もともに増加傾向を示しているが、それ以降では、エネルギー消費には高い増加率が維持され、アルミニウム、銅も増加傾向が見られるが、亜鉛、鉛は停滞傾向にある。鉛については、環境対策との関係でリサイクルが進んだことも大きく影響しているものと考えられる。

いずれにしても、このような相違は、産業構造の変化に

もとづくもので、以前の時期にはなかった傾向である。

2.2 消費内容と経済発展との関係

資源消費の増加要因としては、経済構造の変化、相対価格の変化、産業構造の変化、消費活動の変化、人口構成の変化など、経済活動に関係するものから、まったく関係しないものまで、さまざまな要因が考えられる⁶⁾。たとえば、製造業からサービス業へ社会の中心が移行すれば、当然のことながら、GDPの主要産業の構成比の変化にともなって、金属とエネルギー需要の双方にきわめて大きな影響が生じる。技術文明の進展という観点から、概念的につぎのように理解できる。

1945～1973年にかけて、急速な工業化によりGDPに占める重工業の割合が拡大していくなかで、世界の実質GDPは高い成長率で増加した。製造業は他の部門に比べてもっとも金属消費が集中する部門であり、この時期に金属消費はエネルギー消費を大きく上回って増大した。しかしながら、一人あたりの所得がある水準に達し、社会基盤の建設が一段落してくるとともに、産業構造は製造業中心からサービス業中心の社会へと移行し、GDPに占める重工業の割合は下降しはじめる。また、製造業そのものも、電子部門や通信部門の発展によるハイテク化、高付加価値が進み、金属消費の少ない部門に変容している。機械や自動車のように、金属消費が多いとされていた部門においても、以前ほどの増加傾向はみられなくなる。この一方で、家庭部門やサービス部門、輸送部門などのように、比較的エネルギーを多量に消費する部門の割合が増える。これらが、1970年以降、金属消費に比べてエネルギー消費が伸びた要因と推察される。

3. わが国の消費動向

つぎに、技術文明はどれくらい資源エネルギーを必要としてきたか、統計のととのっているわが国について考えてみよう。

まず、1950年以降のわが国の鉄、銅、エネルギーについて、消費量の推移を描くと図3のようになる。ここで目につくことは、戦後から1972年の消費量が急激に増加していることである。つぎに、1972~1983年の期間はオイルショックの影響が強く、停滞した。最近10年あまりでは、再び増加し始めた資源とあいかわらず停滞がつづいている資源とがある。これらの動きを近似すると、1972年以前の成長率は、たとえば、鉄が15.5%、銅が10.8%、エネルギーが9.8%成長の指数関数曲線で近似され、その後は線形になり、一つの直線で表されるものと、1972~1983年と1983年以降に分けた二つの直線で表されるものとに分かれる。また、最近の増加率は資源種によって大きく異なっているのが特色である。

つぎに、アルミニウムと亜鉛を加えて、5種の資源種について、1972年を基準に増加率を整理すると、この動きはより鮮明になる(図4)。戦後から1972年の時期はわが国の高度成長期にあたっており、機械、金属、化学などを中心に工業生産は飛躍的な発展を遂げ、それにもなって資源エネルギーの消費も増大している。欧米の先進国からの技術導入により所得の高い伸びが実現し、生活水準は欧米の水準に近いものになった。ところが、1973年、1979年の二回にわたる石油危機の頃から先進工業国と同程度の生活

水準となったわが国は、必要とする資源エネルギーの需要はこれまでとは異なり、指数関数的な動きから線形的な動きに変わるとともに、資源種によってその動きがばらばらになっている。このような変化があらわれた背景には、もはや先進国からの技術導入ではなくて、近代科学技術の発達にそった、資源エネルギーの需要に呼応するようになったからであろう。

図4においては、1972年以前の高度成長期にみられる各種資源の増加状況はよい一致を示している。しかし、これをさらに詳細に検討すると、軽工業を主体にした時期と重工業を主体にした時期との間に相違が認められる。図5は1965年を基準にそれぞれの資源の増加状況を描きなおしたもので、1965年以前は、各種鉱物資源およびエネルギーとも同じような指数関数的増加をしているのに対し、1965年以降1972年までは、以前とは異なり、アルミニウム、鉄をはじめとする金属の消費が急激に増加し、エネルギー消費の増加を上回っている。また、この違いは1955年と1970年のエネルギー消費を比較してみるとわかる(図6)。すなわち、エネルギー消費はこの15年間に6倍の伸びを示しているが、どのような産業でエネルギーが使用されたかをみると、重工業での使用が31%から41%と10%の伸びを示しているのに対し、軽工業では逆に29%から24%へと5%減少している。これらから、軽工業から重工業へとシフトした産業構造の変化にもなってエネルギー消費の増大と消費の割合に変化が生じたものと解釈できる。

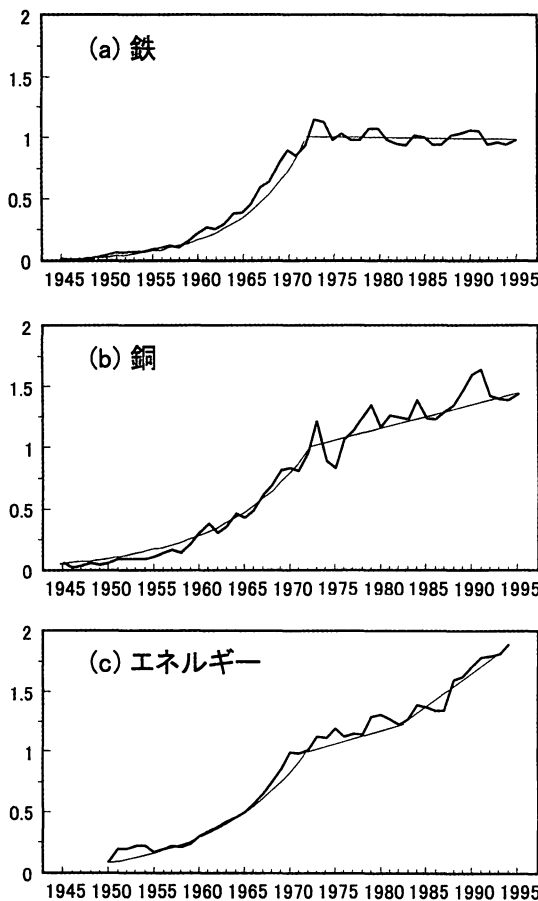


図3 わが国における(a)鉄、(b)銅、(c)エネルギーの成長曲線と近似

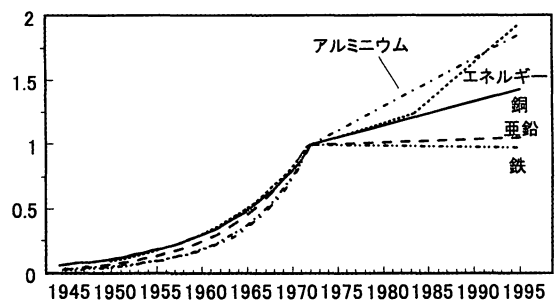


図4 わが国における主要金属とエネルギーの増加率の推移(1972=1)

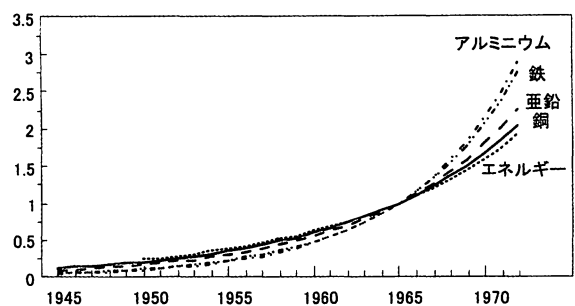


図5 わが国における主要金属とエネルギーの増加率の推移(1965=1)

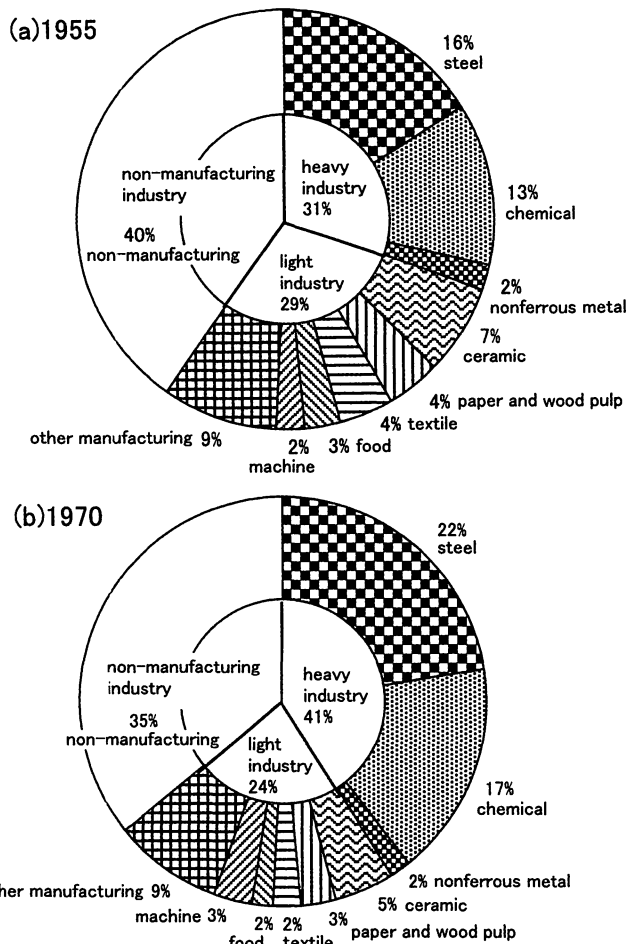


図6 日本の各産業におけるエネルギー消費割合の変化

4. アジア諸国の動向

さて、上記は世界全体とわが国の技術文明と資源エネルギーの消費の関係であったが、代表的なアジアの国ではどのような動きになっているか調べてみる。

アジア諸国には経済発展過程を異にする国々があるので、それぞれの発展過程で、主要金属とエネルギーの消費傾向がどのように変化しているか、その特徴をとらえるのに適した環境となっている。世界(図2)との比較を容易にするために1983年を基準年として、日本、韓国、中国、インドにおいて、過去半世紀にわたって主要金属とエネルギーの消費の伸びがどのように変化したかを表すと図7のようになる。これらの4カ国はそれぞれ異なった経済発展過程にあり、1994年における一人あたりのGDPは、米国ドルで換算すると、日本が36,800ドル、韓国が8,520ドル、中国が440ドル、インドが309ドルである。

日本は先進工業国に位置しており、一般的な傾向として、図2で示した世界の消費傾向と酷似している。消費の成長過程は、1945~1972年、1973~1982年、1983~1995年の3つの期間に分類して考えられ、最後の5年間では、エネルギー消費が金属消費を大きく上回っている。韓国はNIES (Newly Industrializing Economies) の代表的な存在で、1980年代までは、低い率の安定した消費の伸びを示してい

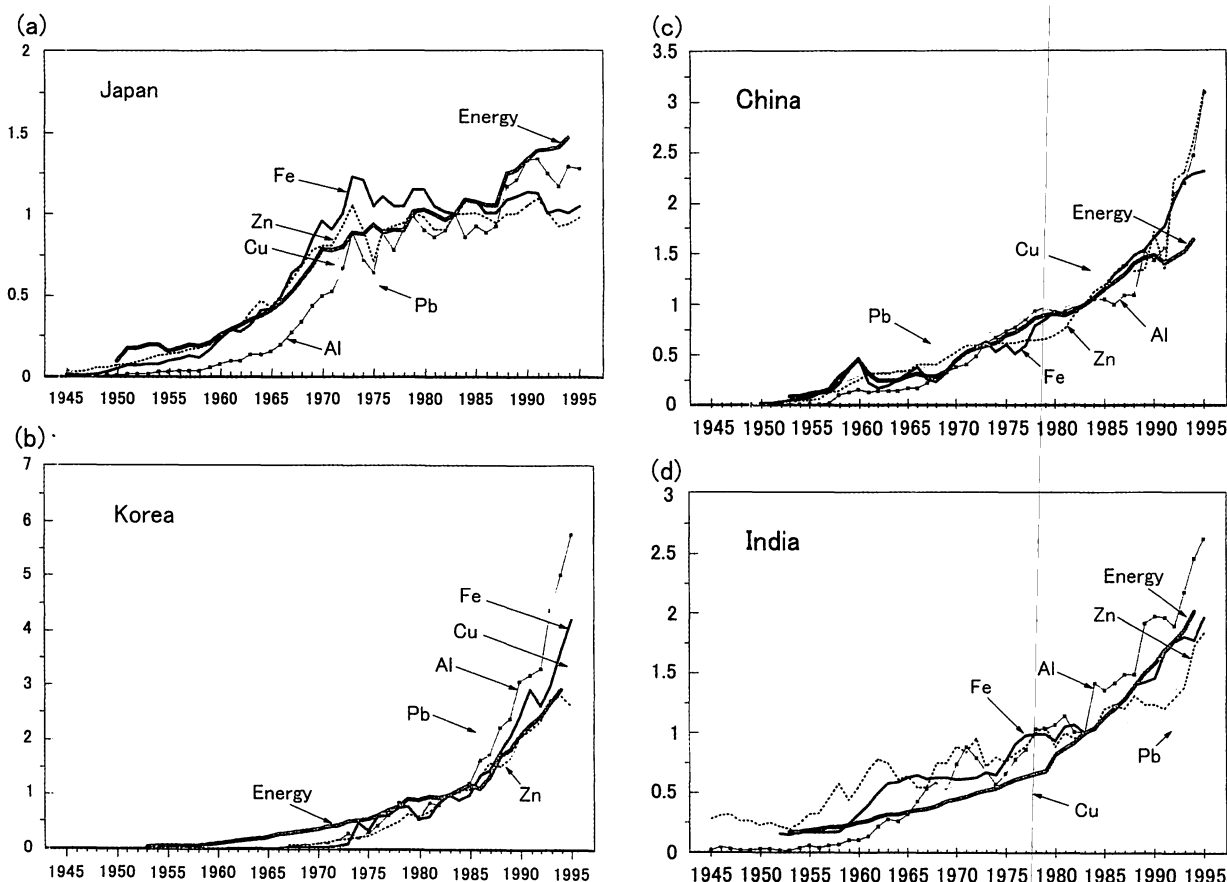


図7 アジア諸国における主要金属とエネルギー消費の変化²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾(1983年を基準) (a)日本, (b)韓国, (c)中国, (d)インド

た。しかしながら、1980年代以降、経済発展とともにエネルギーと主要金属、とくに鉛、アルミニウム、鉄、銅の消費が急速に伸び、現在では、主要金属の消費がエネルギー消費の増加を上回っている。発展途上国である中国においては、いわゆる大躍進の1958～1962年と文化大革命の1966～1976年をのぞいて、1955～1990年まで安定した増加の伸びを示しており、最近では主要金属の伸びが著しい⁷⁾。韓国と中国のこの消費傾向は、低い率ではあるが安定した増加時期と急速な増加時期の2つに分類できる。インドにおいても主要金属消費とエネルギー消費は伸びており、この増加傾向は、全体として、中国における1955～1990年までの傾向と似ているが、近年のエネルギー消費の伸びが金属資源の増加率より高い傾向が認められる。いずれも急激な増加への兆候はうかがえるが、まだ指数関数的な増加に移行したとはいえない。

わが国の消費動向から明らかなように、主要金属とエネルギーの需要動向には経済発展の過程と強い関連があると考えられる。経済発展の過程を、農業・軽工業主体の時代（以下、第1段階とよぶ）、重工業への移行、あるいは重工業主体の時代（以下、第2段階とよぶ）、サービス産業主体の時代（以下、第3段階とよぶ）の3つに分けて考えると、図2に示した3つのステージとの関連はつぎのように解釈できる。第1ステージでは、当初、主要金属とエネルギーの消費の成長率は低く、経済は機械化の進んでいない農業と軽工業によって支えられている。しかしながら、重工業が主体となるにつれ、金属消費における非常に高い成長率の増加と、エネルギー消費における高い成長率の増加によって特徴づけられる。第2ステージは石油ショックを起因とする特異な経済危機による停滞時期で、消費の乱高下は一過性のもと考えられる。第3ステージでは、産業構造が重工業からサービス産業へと移行しており、サービス産業は重工業に比べて金属消費の割合がきわめて低いため、結果として、エネルギー消費のみが高い率で成長しつづけることになる⁸⁾⁹⁾。この動きをアジアの国々に対応させると、すでにみたように、日本は第3段階に達しており、韓国と中国は第2段階にあると考えられる。おそらく、韓国は間もなく第3段階に移行し、中国は近い将来もこのまま第2段階に位置し、金属を中心とした高い消費の伸びが続くものと考えられる。インドは第1段階に位置しているものの、間もなく第2段階に移行すると思われる。インドでは、情報産業をはじめ、新しい革新的な科学技術の発展がみられるので、第1段階→第2段階→第3段階と、必ずしも順を追って段階を踏む必要はないのかもしれない。当然のことながら、政治、価格などによっても資源エネルギーの消費は大きく影響を受ける。しかしながら、これまで述べてきたような変動が経済発展にともなって順次起こっ

ていること、現代社会建設の基盤には大きな変動はなく、先進国から発展途上国への技術移転が続く限り、この傾向は維持されるものと推察される。

5. 米国と欧州OECD諸国

将来における金属とエネルギーの消費傾向を予測する上で、先進工業国の動向推移は欠かせない。世界でもっともエネルギーを消費している米国と、欧州OECD諸国のなかで経済力がもっとも強いドイツ、フランス、イギリスについて簡単に考察してみる。図8と図9は、これらの4つの先進工業国について、過去半世紀の主要金属とエネルギーの消費傾向を示したものである。増加傾向は、各年の経済動向や経済基盤に依存しており、それぞれの国によって、また資源種によって異なっている。

米国では、1983年を境に主要金属とエネルギーの消費傾向が大きく変化している。1983年以降は世界傾向に比較的類似した傾向を示しており、金属消費に比べてエネルギー消費が伸びている。特筆すべきこととしては、鉄鋼と亜鉛が1973年以前では高い消費をみせながらも乱高下していたが、1973年から1980年代の初頭にかけて急速に下落していることである。また、ドイツでは米国の傾向とはまったく異なり、1983年以前の世界傾向に似ている。ドイツにおける一次エネルギーの消費で特徴的なことは、1987年に下降し始め、1995年ではアルミニウム、銅、亜鉛の指標を下回っていることである。1987年以前のフランスもドイツと同じような傾向ではあるが、1987年以降エネルギー消費が著しく伸びている点でドイツと異なる。イギリスの場合、1970年代以降、アルミニウムが高い消費の伸びを示し、エネルギー消費もわずかではあるが伸びているのに対して、鉄鋼、銅、亜鉛の消費は下降している。

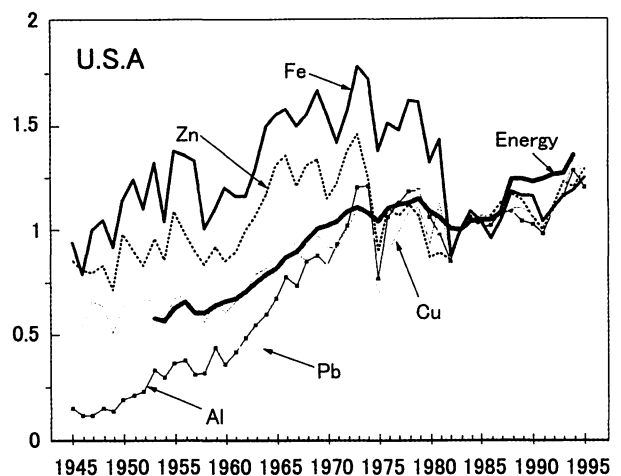
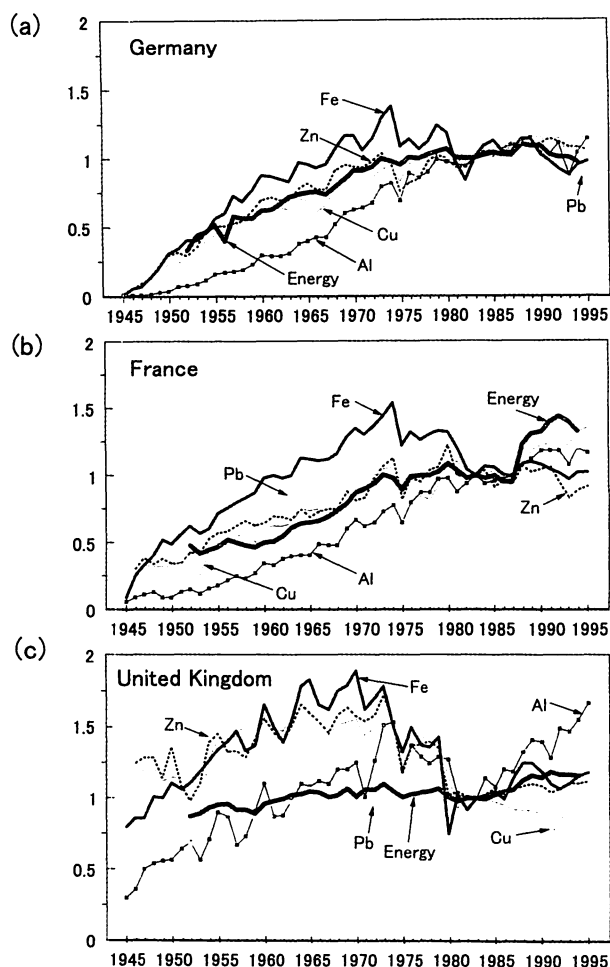


図8 米国における主要金属とエネルギー消費の変化⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾
(1983年を基準)



(a) ドイツ*, (b) フランス, (c) イギリス

※1991年以前のドイツは、西ドイツと東ドイツの合計を計算した

図9 おもなOECD3カ国の主要金属とエネルギー消費の変化^{2),3),4),5)} (1983年を基準)

6. おわりに

主要金属と一次エネルギーについて、過去半世紀の消費傾向を、世界合計と国別で考察した。その結果、以下のことが判明した。

世界の消費傾向については、3つのステージに区分することができる。すなわち、1945～1972年までの第1ステージでは主要金属もエネルギーもともに消費が指数関数的に

増加した。第2ステージの1973～1982年では、2回にわたるオイルショックの影響で、消費は停滞の傾向を示す。1983年以降の第3ステージでは、低い率ではあるが、エネルギーとアルミニウム、銅の消費はふたたび増加し始めるが、亜鉛と鉛は停滞している。なかでも、エネルギー消費の伸びが金属消費を上回るといった現象がみられる。これら一連の動きを、一国の経済発展過程にあてはめると、第1ステージは工業化の時代への移行時期、第3ステージはサービス産業中心の時代への移行時期に相当する。

つぎに、異なった経済発展過程にあるアジアの4カ国について消費傾向を比較すると、発展途上国であるインドと中国は、それぞれ経済発展の第2段階の初頭、あるいは中間にあると考えられ、NIESに属する韓国は、最近になって第2段階を終え、やがて第3段階にさしかかろうとしている。先進工業国である日本は第3段階にあり、戦後たどった急速な経済発展は、全般的な傾向として、世界の消費傾向と酷似したものとなっている。このように、発展途上国の動きと、先進工業国がたどってきた動きを比較することによって、発展途上国がこれから必要とするであろう主要金属およびエネルギーの動向を推察できる。

さらに、先進工業国の消費傾向として米国と、欧州OECDの中でも経済力のあるドイツ、フランス、イギリスの3カ国について分析を試みた。1983年までそれぞれの国の消費は異なった傾向を示しているが、1983年以降では、全体としてエネルギー消費の方が、金属消費の増加を上回る傾向を示している。

参考文献

- 1) 西山孝, Energy Resources, Vol.9, 1998, p.23-28
- 2) IEA, World Energy Outlook, 1996
- 3) OECD, Energy Statistics of OECD Countries 1991-1992, 1994
- 4) OECD, China in the 21st century, 1995
- 5) WBMS, World Metal Statistics 1980-1997, 1998
- 6) Roberts, M.C., Resources Policy, Vol.22, 1996, p.183-196
- 7) 西山孝・劉 婕, Energy Resources, Vol.18, 1997, p.346-351
- 8) Moore, D. J., Tilton, J. E., Resources Policy, Vol.22, 1996, p.197-205
- 9) Wilfred M., World demand for raw materials in 1985 and 2000, McGraw-Hill, 1978, p.11-19