

## ハバート理論が語るエネルギー・資源と経済のシナリオ

大久保 泰邦  
産業技術総合研究所

ハバート (M. King Hubbert ; 1903 年－1989 年) は、石油ピーク論の提唱者として有名である。1949 年、シェル石油に勤めていた彼は、” Energy from fossil fuels” と題した論文 (<http://www.hubbertypeak.com/Hubbert/science1949/>) を発表し、化石資源の時代は長くないことを予測した。さらに 1956 年、” Nuclear energy and the fossil fuels” と題した論文 (<http://www.hubbertypeak.com/Hubbert/1956/1956.pdf>) を発表し、その中で 1960 年代後半から 1970 年代前半の間にアメリカの石油生産がピークを迎えると主張した。1956 年当時米国は世界一の石油生産国であった。その結論に対してほとんどの専門家や石油会社が極めて否定的であった。しかし事実 1971 年、アメリカ 48 州の石油生産は頂点に達し、その後再び生産は上向くことはなかった。その後ハバートは 1964 年にシェル石油を退職し、米国地質調査所で研究を続けた。

1971 年米国の石油ピークが訪れた後、1973 年の第四次中東戦争が勃発し、石油ショックとなった。米国政府は、ハバート理論を受け入れざるを得なくなったのであろう。1974 年 7 月 6 日、米国政府はハバートを招いて公聴会を開いた。ハバートはこの公聴会で、1926 年からの研究をまとめ、” The nature of growth” (成長の本質) について論じた。その内容は以下の URL でみることができる。  
<http://www.hubbertypeak.com/hubberty/OnTheNatureOfGrowth.pdf>

ハバートは 1929 年に起きた世界恐慌を経験し、石油生産の現場を経験し、米国の石油ピークを経験している。「成長の本質」は、彼の経験に基づくまさに「本質」と言える。

ここでは、ハバート理論の基本となるエネルギー・資源と経済のモデルを述べたこの論文の内容を紹介する。さらに、その理論を現在にあてはめて、今後のエネルギー・資源を考えてみる。

ハバート (1974) の論文では、指数関数的成長 (カーブ I)、過渡期に当たる指数関数的成長とその後の持続的安定期 (カーブ II)、指数関数的成長の後の指数間的減少 (カーブ III) があると述べている。カーブ I は経済、カーブ II は生態系、水力発電、カーブ III は石油、石炭、鉱物資源を挙げている。生態系においてはカーブ II を描くのであるが、必ずしも過渡期において成長ばかりでなく、

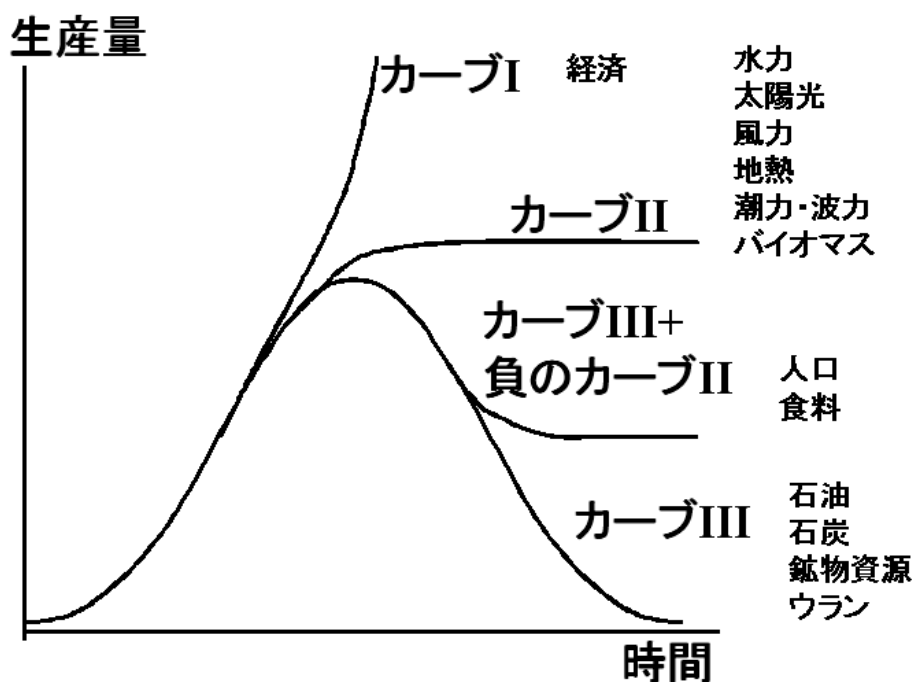
負の成長もあり得ることを指摘している。この3つのカーブを現在の資源・エネルギーにあてはめてみよう。

水力以外にも、太陽光、風力、地熱、潮力・波力、バイオマスなど自然エネルギーもカーブ II であると考えられる。

石油はカーブ III を描く。石油が生産ピークを迎えると世界が過渡期となり、自然エネルギーは生産が増加し、カーブ II の後半の持続的安定期へと進む。

食料はカーブ II を描くはずである。しかし現在の農業は、肥料や農薬といった石油化学製品や耕運機などの工業製品によって成り立つ石油漬けの工業化農法となっている。持続可能資源である自然エネルギーの大きさは、現在の工業化農法を支える程十分ではないであろう。そこで石油と連動し、石油生産量の減少とともに農業生産も減少すると考えられる。減少は脱石油の農法で維持できる持続可能量で安定する。つまり最初はカーブ III を描き、その後負のカーブ II を描くと考えられる。人口は食料と連動して、同様にカーブ III を描き、その後負のカーブ II を描く。

日本は食料自給率 40%以下であるので、心配になる。日本においては幸い 500 万ヘクタールの耕地があり、さらに米作がある。著者は工業化農法から労働集約型農法への転換、休耕地利用・家庭菜園促進、肉食を減らし植物性蛋白摂取の増加、土地の利用率の向上、品種改良、をすることにより、自給自足は可能となると考えている。これについては別途報告したい。



再びハバート (1974) の論文に戻る。この中で経済 (マネー)、モノの成長を、カーブ I にあたる指数関数を使って見事に説明している。以下の式では M はマネー、Q はモノ、P は価格である。t は時間で、マネー、モノ、価格はすべて時間と成長率に関する指数関数で表せると仮定している。

$$M = M_0 \cdot \exp[i \cdot t]$$

$$Q = Q_0 \cdot \exp[a \cdot t]$$

$$P = M/Q$$

$$= M_0/Q_0 \cdot \exp[(i-a) \cdot t]$$

$$= P_0 \cdot \exp[(i-a) \cdot t]$$

i と a はともに成長率で、i は金利、a はモノの成長率である。(i-a) はインフレ率となる。

GDP を価格とモノの掛け算と仮定できる。この場合、

$$GDP = P \cdot Q = M$$

となり、マネー (M) そのものとなる。これはマネーは GDP であり、経済であることをいっている。またインフレーション、デフレーションの定義は価格 (P) そのものと仮定できる。

著者は、以上のハバート理論を用いて、以下に示すとおり 8 通りのシナリオを考えた。

	利息 (i)	モノの成長率 (a)	インフレ率 (i-a)	価格 (P)	マネー (M)	モノ (Q)	GDP	インフレ/デフレ
(1)	i =	a = 0	0	安定	安定	安定	安定	安定
(2)	i =	a > 0	0	安定	成長	成長	成長	安定
(3)	i >	a > 0	> 0	上昇	成長	成長	成長	インフレ
(4)	0 < i	< a	< 0	下降	成長	成長	成長	デフレ
(5)	i > 0	a = 0	> 0	上昇	成長	安定	成長	インフレ
(6)	i = 0	< a	< 0	下降	安定	成長	安定	デフレ
(7)	i > 0	> a	> 0	上昇	成長	減衰	成長	インフレ
(8)	i = 0	> a	> 0	上昇	安定	減衰	安定	インフレ

(1) はマネーもモノも発展しない状態で、不活性社会である。人間は本来このような状態を好まないのも、一時的には過渡期に起こるかもしれないが、通常ほとんど起こらない社会と考えられる。

(2) は、モノは拡大しているが、金利がゼロで、これも起こりにくい社会である。

(3) は、モノは拡大し、さらに金利がモノの成長率を上回っている社会である。金利は将来の生産インフラへの投資に対する見返り率と考えられるので、現在のモノの成長率より金利が高いということは、将来ますます発展することが期待されている社会であることを意味する。経済成長を続ける発展途上国がこれである。

(4) は、金利もモノの成長率もゼロより大きく、金利が低い場合である。(6) もこれに似ている。金利は将来に対する期待度であるから、それが低いということは投資する先が見当たらないということになる。バブル崩壊の社会と考えられる。

(5) は、金利はゼロより大きいのだが、モノの成長率がゼロの場合である。価格は上昇し、マネーも成長するのであるが、モノは増えない状態である。給料は増えても、同じ分物価が上昇していることになり、生活水準は変わらない。しかし GDP は成長するという奇妙な現象になる。お金で我々の豊かさを計ることの弊害を見事に表している。

この社会は現在のグローバル化した世界そのものを表している。中国やインドなどの発展途上国は高金利で、世界から投資が行われている。一方石油生産がプラトー状態になり、モノは増えない状態である。物価は上昇し続けるのであるが、その割合は  $P = P_0 \cdot \exp[(i-a) \cdot t]$  で表されるとおり、指数関数的上昇である。GDP の成長は主に、中国やインドで、日本は蚊帳の外である。

(7) と (8) はモノの成長率がマイナスの場合である。モノが減る一方で物価は上昇する。モノの減り方も物価上昇も指数関数的である。これは石油ピーク後の社会と考えられ、非常に不安定社会となり、資源の争奪戦、戦争というシナリオが考えられる。

モノの成長率がマイナスの場合、物価上昇を抑えようとするのであれば、金利をモノの成長率と同じにする必要がある。すなわち金利をマイナスにすることである。金利は、将来の生産インフラへの投資に対する見返り率なので、これをマイナスにするということは、生産インフラを破壊することを意味するのであろうか。しかしこれは不可能なことで、金利をマイナスにすることができなくなると、石油ピーク後では資本主義経済は必然的に崩壊を招くことになる。

これがハバートの言っていることで、科学が告げる現実である。彼は、お金

に代わる何かが必要であるが、カタストロフィ的变化が伴うことも予想していた。ハバートは、米国地質調査所を代表してではなく、個人的見解として政府に伝えると述べていることから、自身、このことが恐ろしいお告げであることを感じ取っていたのであろう。しかしハバートという人は天才だと感じる。