

自動車における環境技術開発のダイナミックス ～社会と技術開発の相互作用～

The Social Dynamics of Research and Development, A Case of Automotive Environmental Technologies

今関隆志 *

Takashi Imaseki *

ABSTRACT

Early action is required to reduce environmental pollution and establish the sustainable society. And several measures: for changing the economic system, life-style and technologies, are necessary. This paper, especially, discusses a measure for making innovation of environmental technologies. In general, the research and development process of environmental technologies is black box to consumers and citizens. Therefore, it is important to analyze those social dynamics from a view point of sociology. This paper describes a case of automotive environmental technologies, using a model of engineers' groups and society, and M.Gibbons'¹ approach. And analyzes the essential mechanism of technological innovation in electric vehicles and hybrid vehicles i) in Japan's 60's-70's and ii) in 90's-. Consequently, this paper shows the effective policy for the future innovation of environmental technologies.

KEYWORD : Environmental Policy, Technological Innovation, Sociology of Technology, Automobile

1 はじめに

地球環境問題を解決して持続可能な社会を築くためには、経済構造やライフスタイルの変更など、多面からの総合的な施策が必要である。本論文では、この一手段としての技術開発の有効利用法について取り上げる。

一消費者・一市民としての我々が技術開発という行為を見た場合、一般にそのメカニズムは非常に見えにくい。しかし、一旦この状況を受け入れてしまうと、企業によって一方的に提案される技術の中から市場で最善と思われるものを受動的に選択するだけという消費者・市民像ができてしまい、地球環境問題を解決するという我々の社会の目標は設定も管理もできないように思われる。そこで本論文では、自動車の環境技術を事例にして、技術開発が社会的にどのようなメカニズムで生じているのかを明らかにすることによって、社会的側面から地球環境問題を解決するために有効な今後の技術開発のあり方を考察したい。

2 自動車技術の社会史的概観

19世紀後半に西ヨーロッパで発明された自動車は、その後、20世紀初頭のアメリカで大量生産革命が起き、今や全世界で約6億台という膨大な台数が普及している。そこで、この自動車という技術はいったいどのような人たちによって作られてきたのかを簡単に概観する。

* (TEL&FAX ; 045-562-6423、E-mail ; t-imaseki@mail.nissan.co.jp)

まず、19世紀後半から20世紀初頭にかけての自動車技術の誕生期を担ったのは、ダイムラー（1834～1900年）、ベンツ（1844～1929年）、フォード（1863～1947年）といった人々である。当時のドイツの化学工業などが大学の研究を応用して工業化するというパターンを持ちつつあったのに対し、自動車の場合は、作った技術が市場に受け入れられること、競争に勝つことなどを強く念頭においた、一匹狼的な entrepreneur（起業家）による技術開発がなされたという特徴があったといえよう。

一方、日本の自動車技術開発は、主に第二次大戦後の1950年代から本格化したといっている。戦後、生き残った日本の自動車工業界に、戦争中は主に飛行機技術者であった旧帝国大学出身の若い技術者が大量に入ってきた。敗戦とともに飛行機などの軍用機械が作れなくなったことによって、発展の可能性があった自動車技術の世界に当時のハイテクである精密機械の技術者が移って来たのである。そして彼らが日本の自動車技術の基礎を築く重要な仕事を成し遂げる。たとえば、日本がはじめてF-1レースで優勝した時の本田技研チーム監督の中村良夫、プリンス自動車・日産自動車にあって国産車技術を欧米に追いつかせた中川良一、日本のモータリゼーションのきっかけとなる富士重工スバル360を作った百瀬晋六、そして、後に世界一の生産台数を誇るトヨタカローラを作り、世界的自動車産業の基礎を築いた長谷川龍夫などがあげられる。このように日本の自動車技術勃興期にあっては、大学での工学研究を直接応用するというパイプを持ちつつ、国家経済のためにという目的意識や競争意識を強く抱いた技術者によって組織的な技術開発がなされた点が特徴的である²。この後、特に1980年代以降になると経済のグローバル化が進展し国際的な企業競争が激化した結果、国家のためにという意識は薄れ、より企業単位での市場志向が強まり、市場で優位を獲得するための技術開発競争が活発化していくのである。

ここまで、非常に駆け足ではあるが、自動車技術者の眼差しを社会の歴史の中で概観した。その結果、少なくとも以上のような1960年代前半までのメインストリームの技術史の中には、地域単位や地球規模の環境問題を技術者集団が自律的に扱った経験はなかったといえよう。ところが、自動車のもたらす環境問題を解決することを目的とした技術開発が1960年代後半から生じている。まず忘れられないのは、排気ガス規制の事例である。これは、日本のメーカーが世界に先駆けてイノベーションを起こし、技術開発を成功させ、その後の全世界的な日本車普及の発端となったケースであった。一方、自動車のもたらす環境問題を抜本的に解決することを目的として電気自動車・ハイブリッド自動車の開発が小規模ながらこの時期から始まったことも注目に値する。以下、本論文では、特にこの後者の事例を分析したい。

3 分析モデル

ここで、分析に用いるモデルについて明らかにする。まず、何故、1960年代後半からの技術者集団の考え方に、自動車のもたらす環境問題を抜本的に解決しようとする変化が見られたのかについて分析するモデルを考える。

従来、イノベーションのパターンには二つあるといわれてきた³。技術プッシュか需要プルかである。技術プッシュはシュンペーターによって考えられた概念であり、リスクを犯して従来の制度を打ち破り新たなアイデアを導入する創造的破壊こそが資本主義発展の原動力だとするものである。つまり技術開発の言葉で言えば、イノベーションは技術者集団の起こす新発明が源泉になるということである。一方、シュムークラーによって考えられた需要プルと言う概念は、逆に、イノベーションは需要に導かれるとする。そして、産業の発展初期に技術プッシュモデルが、成熟期に需要プルモデルが成り立ちやすいといわれている。

では、1960年代後半から現在に至る自動車の環境技術開発の事例を分析するには、自動車は成熟期であるから、需要プルモデルが適切であるといえるのであろうか。一般に需要とは、市場の顧客が発するものであり、いわば自動車の便益を享受する受益者の要求に他ならない。とすれば、環境問題のように、自動車の便益を受けられない人々や自然環境そのものが発する問題提起を需要プルモデルで扱うことはできないはずである。このような理由で、環境問題に関する社会と技術開発の相互作用を分析する第一のモデルとして、本

論文では次の三つの点：まず、社会の中で環境問題を問題提起する主体を明確化すること、そして、その問題提起を受け止め、技術開発を実際に行う人間集団の意識や行動を明確化すること、その上でそれらの間の相互作用を明確化すること、に着目したモデルをたてる。これを「技術者集団と社会」モデル⁴と呼んでおく。

一方、技術者集団の視線が変化しただけではイノベーションは起きない。本当のイノベーションが生じるためには、技術者集団内部の分析がさらに必要になる。後述するように、1990年代後半になって、電気自動車やハイブリッド自動車は本格的普及に成功し始めている。この成功のメカニズムを分析するためにも、さらに新たなモデルが必要であろう。

最近、M. ギボンズら¹は、知識生産活動のあり方に変化が生じていることに着目し、知識生産におけるモード論アプローチという概念を提示している。彼らによれば、従来のディシプリンの中で生み出され、それが応用され産業化され市場に普及する知識生産様式をモードー1だとすると、より広範囲でトランスディシプリナリーな社会的・経済的文脈の中で、はじめから応用を前提として生み出される知識生産様式「モードー2」が現代において顕著になりつつあると述べている。ここで、モードー1は前記の技術プッシュモデルに近いといえるが、このモードー2は、次の5点で前記の需要プルモデルを超えた概念である。まず知識生産集団と外部との関係について、社会的要求への問題解決を狙って知識生産活動がはじめられるとしている点である。そして、科学技術システムの外にいる価値観に対する社会的アカウンタビリティの必要性を重視している点である。一方、知識生産集団内部の行動様式について、知識生産活動は個別のディシプリンの足し合わせではなく、トランスディシプリナリーでダイナミックな知識レベルの高い知識集団によって成し遂げられるとする点である。そして、だからこそ常に新鮮な公式・非公式レベルの集団内コミュニケーションが重要だとし、そこにコンピュータを中心とした最新の情報通信技術の進歩が一役買っているとした点である。最後に、知識生産集団内部の論理によらず外部基準に基づく品質管理システムが重視されている点である。このような点から、M. ギボンズらのモードー2のアプローチは、科学技術の知識生産活動開始のきっかけを、顧客ニーズを想定した需要プルに求めるのではなく社会的文脈においていること、そして特に、科学技術の知識生産活動そのものの様式を、トランスディシプリナリーで高度な知識創造、コミュニケーション技術によるダイナミックで流動的組織形成といった特徴においていることがポイントである。

以上、この後の事例では、どのような問題提起が社会からあったのか、それに技術者がどう応えようとしたのかなどの分析に対して「技術者集団と社会」モデルを外側の枠組みにおき、一度きっかけを得た後の、技術者が行う技術開発（知識生産）活動そのものの分析に対して「モードー2」モデルを内側の枠組みにおく。

4 事例分析

4. 1 1960～70年代の電気自動車・ハイブリッド自動車

自動車のもたらす環境問題の解決を目的とした電気自動車・ハイブリッド自動車の技術開発が、1960年代後半から始まっている⁴。例えば、日本の例で見ると、まずダイハツを中心とした関西系メーカーによる電気自動車開発の動きがあった。ダイハツは当時社会的に問題になりつつあった都市内の排気ガス公害問題にいち早く対処すべく、トップの強い方針で1965年に電気自動車開発に着手した。また、同年、日産自動車なども、研究というフェーズで電気自動車の開発に着手している。いずれも、モータリゼーションの結果として広まってきた都市大気汚染問題への積極的対応として技術開発が行われた例である。車から排気ガスをいっさい出さない電気自動車は、技術者にとっても社会にとっても一種の夢の乗り物として見られていたのである。以下、このような技術開発が始められたきっかけについて、「技術者集団と社会」という枠組みにしたがって記述する。

(1) 社会からの問題提起

自動車による大気汚染の問題は、1960年代後半から日本でも顕在化し、その状況は自動車の技術者集団にも認識されていた²。その後、特に1970年には、首都圏を中心に光化学スモッグという大きな社会的事件が

発生した。この事件に関するマスコミの取りあげ方は自動車不要論にまで至るという非常にセンセーショナルなものであり、自動車産業に対して社会（世論とマスコミ、そして政治家）からかけられる外圧は非常に大きく、技術者集団もその声を肌身で直接感じていた。このように批判的な強い圧力を社会から受けたのは、過去においても現在においても例がないことであり、常に市場から熱い支持を受けてきたつもりの方らにとってのショックは大きなものがあったといえよう。ただし、技術者にとってのこの外圧とは、まず主にはガソリン車の排ガス規制対策への要求であった。したがって、その脇役として、電気自動車などの抜本的な自動車の技術革新を求める声があったと考えられる。

(2) 企業の経営環境を背景とした技術者集団の対応

一方、日本の自動車産業が急成長を遂げつつあった1960年代を終え、1970年代を迎える直前のこの技術者集団は、それまでの欧米の技術を模倣することから、オリジナルな自主技術による技術革新によって世界の絵舞台に出ることを強く目指していたという事実が明らかになっている²。それまで幼稚な産業であった日本の自動車産業が急成長する環境の中で、技術者集団は技術革新を強く志向し、そして技術革新の方向を、環境問題の解決に向けようとしていたのである。すなわち、上記のような社会からの外圧が強くかけられる1970年の前に、この技術者集団が事前に問題を受けとめ、1960年代後半からガソリン車の排気ガス対策のみならず電気自動車などの技術革新への対応を始めていたのである。

以上、1960年代後半から、自動車のもたらす環境問題を抜本的に解決する電気自動車などの技術開発が芽生えてきたきっかけは、同時期の大気汚染問題・公害問題という社会からの問題提起が始まったことにあったこと、そして事前にそれに応えられるような技術革新志向を持った技術者集団が、技術革新の方向をすでに環境問題の解決に向けようとして準備が整っていたこと、そしてその上で、特に1970年を境にこの問題提起が社会（世論とマスコミ、そして政治家）からの強い外圧になったことで、開発をより後押しさせたのであると説明できる。

(3) イノベーションはなぜ成功しなかったのか

しかしながら、結果的に、このときの電気自動車・ハイブリッド自動車の開発は成功しなかった。ここではその理由を「モード－2」の枠組みを使って記述する。

1) 技術そのもののハードル

この夢の車の実現は大きな壁にぶつかった。理由は、電気自動車用バッテリーの容量不足問題にまったく解決の目処が立たなかったからである。実は電気自動車の歴史は古く、19世紀後半の自動車誕生期にすでにガソリン自動車と技術競争を繰り広げていた。良く知られたように、両者の競争の結果、電気自動車はバッテリーの容量不足問題によって敗れ、ガソリン自動車という圧倒的なドミナントデザインが築かれ現在に至っている。1970年代になってバッテリーの進歩はかなりあったものの、ガソリン車とのギャップは埋められるまでは至っていなかった。そんな中で、技術者の発想に方向転換も生まれた。一例として、どうしてもガソリン車の優れたパフォーマンスに勝てない電気自動車にとっての一種の生き残り策、ニッチ市場探しとして、ガソリン車と電気自動車の良い点同志を加えるという発想でハイブリッド自動車が生まれた。とはいえ、この時のハイブリッド自動車は実はあまり本命視はされなかった。次の事例分析では、特にこのハイブリッド自動車について注目するが、少なくとも1960年代後半に最先端のハイブリッド自動車を開発した技術者は「一つの車にエンジンとモーター・バッテリーという2台分のユニットを載せるため、重量は重くなり、コストは高くなり、電気自動車よりもっと難しい」と言っていたのである（筆者のインタビューによる）。

2) 「モード－2」様式の不成立

イノベーションが成功しなかった理由は、技術的困難度が非常に高かったからだけでない。それは、特にハイブリッド自動車において、イノベーションを起こせるための重要なポイントが欠如していたからである。すなわち、トランスディシプリナリーでダイナミックな知識レベルの高い技術者集団がいなかったことである。複数の領域を足す以前に、モーターやバッテリーなど個別の領域で技術が未熟であったこの時期にあっては、

トランスディシプリナリーな発想が出るはずもなく、一つの車にエンジンとモータ・バッテリーという2台分のユニットを載せた上で、重量・コスト増加などの欠点を抑え、長所だけを引き出せるようなハイブリッド自動車のイノベーションは起こらなかったのである。

4. 2 1990年代の電気自動車・ハイブリッド自動車

ところが、1990年代の特に後半になって、電気自動車やハイブリッド自動車は普及に成功し始めている。まず、1996年より、GM、フォード、クライスラー、トヨタ、ホンダ、日産といった各自動車メーカーが電気自動車の試験販売を開始した。また特筆すべきは、トヨタが1997年末より月産2000台規模のハイブリッド自動車の量産を開始し、市場で成功を収め、この後、ホンダ、日産といったメーカーも量産を計画していることである。そこで、次にこの事例に関して分析を試みる。

(1) 社会からの問題提起

1990年代に入ってから、地球環境問題に対して自動車の技術革新を求める社会からの声は強まり始めた。その中で、排気ガスを全く出さない電気自動車への期待が再び高まっている。ただし、自動車メーカーやその技術者集団に対する外圧という意味では、日本におけるその声は4. 1の事例に比べてむしろ強くない。現在の電気自動車開発の第一の明確なドライビングフォースは、1991年に成立したカリフォルニア州政府によるZero Emission Vehicle 導入義務づけ規制の存在である。この規制は、1998年から州内販売台数の2%を電気自動車などのZero Emission Vehicleにすることを各自動車メーカーに法的拘束力を持って義務づけてきたのである。すなわち、この問題提起は、カリフォルニア州という一地域の環境問題を解決しようとする地方政府が発する法的なものであって、かつ、電気自動車・ハイブリッド自動車の開発と普及を名指しで要求するものである⁵。

一方、もう一つのドライビングフォースは、1992年のリオサミット以来の地球温暖化防止に関する国際政治レベルでの論議である。上記のZero Emissionの定義が車から排出されるHC、CO、NO_xなどの有害な大気汚染物質をゼロ化することであったのに対し、地球温暖化防止の観点からはCO₂、すなわち化石燃料の消費そのものの削減を要求されることになった。何回かの議論を経て、1997年冬には京都で第三回の条約締結国会議（COP3）が開かれ、2010年までのCO₂排出量の国別数値削減目標が定められた。この結果、日本でも全排出量の約二割を占める自動車からのCO₂排出量削減への要求が強まり、この点でも技術的メリットを持つ電気自動車、特にハイブリッド自動車を求める声が急速に高まったのである。

(2) 企業の経営環境を背景とした技術者集団の対応

自動車市場の成熟化、グローバル化の進展にともなって、現在の技術者集団における技術開発の目標は多様化している。その中で注目すべきことは、顧客それぞれの多様な満足度の向上を目指して技術開発を行なうという特徴が強まっていることである。すなわち、現在の自動車の技術者集団は、需要を積極的に先取りするという意味でのきめこまかな市場志向がたいへん強い。この点は、上記4. 1の事例における日本の自動車産業の急成長を背景にした技術革新への強い志向の存在と比べて、大きな相違点である。したがって、現在の技術者集団は、地域の環境問題を解決しようとするカリフォルニア州政府の法的な規制や、地球温暖化をめぐる国際政治の法的拘束力を持つ条約が論議され実現されてきたことに敏感に反応し、グローバルな市場で競争優位を獲得し生き残っていく目的で電気自動車・ハイブリッド自動車の開発を行っているのである。

(3) イノベーションはなぜ成功しそうなのか

1) 電気自動車の技術進歩

1996年1月以降、GM、ホンダ、トヨタ、日産などがあいついで電気自動車の試験販売を発表した（価格はまだガソリン車の2倍程度）。1960～70年代には研究開発は行われたものの販売には至らなかったことを考えれば、これは大きな進展である。いままでバッテリー容量の限界という非常に高い技術的障壁があったにもかかわらず、電気自動車の開発にこのような進展が得られた理由はなぜだろうか。

注目すべきは、上記のカリフォルニア州Zero Emission Vehicle規制の内容である。これは電気自動車開発を直接にうながす世界ではじめての規制であった。すなわち、4. 1の事例ではなかった法的な規制が技術者集団にかかったのである。また、この規制が1970年代の公害問題を背景として作られた日本の排気ガス規制のような技術強制型ではなく、技術促進型規制としての柔軟性を持っている点が重要である。たとえば、カリフォルニア州政府は、まず1991年に自動車メーカーに対して電気自動車の開発を着手させた後、1995年秋に技術の進展をチェックする公開フォーラムを開催している。そこで、ここまでの技術進歩を評価した上で、従来の規制を、「技術開発におけるパートナーシップを創造し、Zero Emission VehicleのR & Dを促進させることを目的とし、自動車メーカーとの間に覚え書き（Memoranda of Agreements）という緩やかな拘束を課した上で、1998年からの導入義務は延期する代わりに電気自動車の市場デモンストレーション・テストを実施し、2002年には電気自動車普及を市場の力によって実現できることを義務づける」⁵という内容に修正している（1996年3月）。このように、カリフォルニア州規制は技術促進型規制としての柔軟性を持ち、ハードルの高い困難な電気自動車技術を積極的に育てていこうという姿勢が見られる。結果的に、電気自動車用のモータなどは量産に耐える品質まで技術蓄積され、バッテリーもNi水素電池やLiイオン電池など、従来の性能を数倍引き上げる技術が確立されてきたのである。需要を積極的に先取りするような意味での市場志向で動く技術者集団に、技術的困難度が非常に高い電気自動車の開発を継続的に誘導させるためには、現在のカリフォルニア州規制のように、地域が新たな市場を用意する作業を行いつつ技術開発を柔軟に促進させる方法は有効である。

2) ハイブリッド自動車における「モード-2」様式の成立

もう一つ、1997年末に非常に重要なイノベーションが生じた。トヨタが月産2000台規模のハイブリッド自動車の量産を開始し（価格は50万円アップ程度に抑えられている）、市場で成功を収めつつあり、しかもこの後、ホンダ、日産といったメーカーも量産を計画しているのである。4. 1の事例では、ハイブリッド自動車の開発は成功しなかった。何故、今回成功しそうなのであろうか。

まず、1992年のリオサミットから1997年のCOP3に至る地球温暖化抑制をめぐる国際政治の動きが重要である。特に、COP3において国別削減目標が明確化された結果、技術者集団に燃料消費の少ない自動車の開発を要求することとなり、技術者集団にとっての一種の規制に近いものとなった。特に、この燃料消費の少ない車を開発するという目標が与えられた点が重要である。従来、ハイブリッド自動車は、電気自動車の欠点を補うべくガソリン車と合体させる思想で考えられたものであり、どちらかというと純粋な電気自動車に対する中間折衷案であり妥協案であるという扱いがあった。ところが、燃料消費を少なくするという点でハイブリッド自動車は非常に高いポテンシャルを持つことがわかり、初めて本命の技術として考えられるに至ったのである。

その上で、いくつかの有利な状況が整っていた。第一に、ハイブリッド自動車技術を構成するの要素技術の蓄積が高いレベルに達していた点である。ハイブリッド自動車は、エンジンと電気自動車用のモータ・バッテリー、そしてそれらを統合する電子制御システムで成り立つ。そして、前記した電気自動車の開発が進んだことによって、これらの全要素技術がすでに整いつつあったのである。結果として、第二に、各要素技術を持った知識レベルの高い技術者集団ができつつあり、彼らの中で、トランスディシプリナリーでダイナミックな知識の融合が可能になった点である。4. 1の事例とは異なり、一つの車にエンジンとモータ・バッテリーという2台分のユニットを載せた上で、重量・コスト増加などの欠点を抑え、長所だけを引き出せるようなハイブリッド自動車のイノベーションが起きる土台ができていたのである。そして最後に第三として、集団内で融合が起きるための新鮮な公式・非公式レベルのコミュニケーションが、電子メールを中心とした最新の情報通信技術の進歩によって圧倒的スピードで実現できた点である。たまたまこのハイブリッド自動車の開発と同期して、技術者全員が各一台の端末を持って技術開発を行う経験（1995～96年頃から）をしたのである。付け加えれば、コンピュータ利用はコミュニケーションのためだけではなく、ハイブリッド自動車

は二つのユニットを組み合わせる一つの車にするため、まず非常に複雑な動きをする。この予測技術としてコンピュータシミュレーション技術が重要な働きをしたのである。また、狭いスペースに二つのユニットを搭載するため、搭載技術としてCADを使ったレイアウト予測技術、さらには、熱の流れ解析といった予測技術も重要であった。いずれも、ここまでのコンピュータ技術が蓄積されていたからこそ、ハイブリッドというトランスディシプリナリーでダイナミックな知識の融合が可能になったといえるのである。

以上、本事例分析においては、「技術者集団と社会」モデルによって技術開発が始められたきっかけを明らかにし、また、「モード-2」モデルによって知識生産活動の内容を明らかにした。そして、その結果として、イノベーションが成功するメカニズムを明確にできた。

5 結言

本論文では、社会的文脈の中での環境技術開発のメカニズムについて分析した。その結果、これらの技術開発は、閉鎖された集団の中でたまたま起こった発明が引き金になったものでもなく、顧客からの自発的な需要によって生じたものでもなかった。技術を開発する集団とその技術を利用する市場に対しての社会的な問題提起が明確に存在していたことこそが、これらの技術開発が進んだ理由であった。さらに詳しく言えば、より困難度の高い抜本的なイノベーションを実現するためには、技術開発を強制するだけではなく、技術開発を柔軟に誘導する技術促進型規制によって制度的に「技術者集団と社会」の関係を作り出すこと、そして、新しい技術の融合が起きるための「モード-2」の条件が整えられることの二点が鍵であった。

日本においては、「モード-2」の条件整備には比較的優位な状況にあると思われるものの、制度的に「技術者集団と社会」の関係を作り出す点に関しては、非常に貧弱であるといわざるを得ない。自動車の例で言えば、今後、地域レベルの視点で、環境の保全や人にやさしい交通インフラ創造などを構想する中で、公共政策の観点から、インフラも含めた技術開発政策が必要だと思われる。

参考文献

- 1 M. ギボンズ著、小林信一監訳、「現代社会と知の創造 モード論とは何か」丸善、1997。
- 2 今関隆志、「排気ガス規制から見た自動車技術の開発過程」年報 科学・技術・社会、第6巻、1997。
- 3 R. クームズ、P. サビオッチィ、V. ウォルシュ著、竹内啓、広松毅監訳、「技術革新の経済学」新世社、1989。
- 4 今関隆志、「日本の電気自動車開発史から見た自動車技術の開発過程」年報 科学・技術・社会、第5巻、1996。
- 5 今関隆志、「環境問題に対する自動車技術の開発過程」環境経済・政策学会1997年大会報告要旨集、1997。