Technology Assessment について

長 柄 喜 一 郎

科学技術庁計画局（東京都千代田区霞ヶ関 2-2-1）

Technology Assessment and Its Implication

Kiichirō NAGARA

Planning Bureau, Science and Technology Agency
(2-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo)

1 テクノロジアセスメント (TA) の概念

1.1 テクノロジーと科学技術

近年、新聞紙上などで公害問題や都市問題に関連して、科学技術に対する批判が多く見かけられる。著者は、科学技術庁に属しており、毎日、科学技術という言葉を使い続けているが、この言葉のもつ意味は案外あいまいなものである。そこで、科学技術のもつ意味を明確にしたうえで TA の概念を述べることにしたい。

まず、科学とは何であろうか。また技術とは何か？ 読者の同意が得られないかも知れないが、著者は次のように定義したい。

科 学…人間の探索活動によって、新規の知識や情報を見いだすこと。

技 術…科学によって得られた各種の知識、情報を利用して、人間がある目的をもって行動し、われわれの生活環境に何らかの変化（イノベーション）をもたらすこと。

科学技術…上述の科学および技術

すなわち、科学は新しい知識をわれわれにもたらすものであり、それ自身は生活環境または人間社会に何らかの変化をもたらすものではないが、技術はこれらの新知識を実際に適用して社会に変化を及ぼすものである。

ここで定義した技術は、英語のテクノロジーに相当するものであって、物を作る技術とか、運転技術とかいった手段としての技術（テクニック）よりも幅広い概念である。

以下、本稿における技術という言葉はテクノロジーに相当するものであって、人間の生活環境に何らかの影響（インパクト）をもたらすものであると理解ねがいたい。

1.2 技術と社会

技術が人間の生活環境すなわち社会に変革を及ぼすも

のであることは先に述べたとおりである。一方、社会の変革は技術の変化を要請し、技術の進展または革新を求めるものである。

たとえば、60年代の電化製品の普及と洗剤の技術の発達とは無関係とは思われない。テレビの普及は日本のすみずみまで同一時間に同一の情報を伝播させるとともに、家庭の主婦の生活様式を大きく変えた。毎日数時間をテレビの前で過ごすような生活は、主婦の家庭労働時間の短縮を要請し、電気掃除機や電気洗たく機の需要に拍車をかけると同時に台所や洗たく機用の洗剤の進歩改良をうながしたと思われる。さらに合成洗剤の普及が下水処理技術の発達に何らかの刺激を与えたことも事実であろう。

最近、社会問題として公害問題が新聞紙上に報道されている。公害の原因の一つは、技術の進展により、産業活動の幅が広がり、大量に新しい物質を大量に製造したり、利用することにあるといえる。公害問題は、公害防止技術の発達をうながし、脱硫技術、無公害自動車エンジンなどの実用化を促進している。

このように、一つの技術の革新が大きく社会に影響を及ぼすとともに、社会が変われば新しい技術に対する要求が発生し、技術が進化していく。

つまり、技術と社会の関係は、技術が変われば社会が変わり、社会が変われば、また、技術に跳ね返ってくるという関係になっており、技術と社会がある因果関係をもって変化していく。技術はある意味では、社会変革の原動力であるともいえる。

1.3 TA の考え方

科学や技術が進むことは非常に好ましいことであるとわれわれは信じてきたきらいはないだろうか。本来、科学や技術は、われわれの社会に好ましい変化をもたらすことを目的とするものであり、確かに現代社会に工業化

社会を現出させ、物質文明をもたらしてきたのも事実である。

しかし、その反面技術の効果にマイナス面があるということも見のがせない事実である。表-1 は技術のもたらすマイナス効果の例である。技術が進めば進むほど、技術のもたらす潜在的危険度(リスク)は一般に大きくなる傾向にある。したがって、技術の適用を十分に管理(コントロールまたはマネイジメント)し、技術のもつ本質的なリスクを最少限に抑制するような考え方が生じてきた。

TA はこのような考え方によって発生してきたものの一つである。TA の意味は、直訳による「技術の評価」ではなく、技術の適用が社会に及ぼす影響(インパクト)の評価とでもいうのが適切である。TA の定義はおおむ

表-1 技術のもたらす負のインパクトの分類
(野村総合研究所資料より)

インパクトのタイプ	例
(1) 人間の健康安全に害を及ぼす	○工場排水による健康障害 ○工場廃水による水質汚濁→魚介類の汚染 ○農業による農産物、畜産物の汚染 ○抗生物質の濫用による耐性菌の増加 ○原子力発電による放射能汚染 ○高層建築による日照不足 ○技術規模の大型化による事故の大型化(産業災害・タンカー事故・航空機事故……) ○異常時(停電、地震、火災)の影響、混乱の巨大化 ○交通事故の増大 ○薬の副作用
(2) 自然環境を破壊する	○排気ガスによる大気汚染 ○水質汚濁 ○熱汚染(火力発電所) ○地域開発、土地開発に伴う自然破壊
(3) 社会的機能を損なう	○航空機や新幹線による電波障害 ○自動車の普及に伴う交通渋滞 ○都市近郊の輸送網の拡大による都市内の過密化の助長
(4) 人間の心理、文化、風俗への影響	○オートメーションによる人間疎外 ○コンピューター管理によるプライバシーの侵害 ○過度の機械化、自動化による情緒の喪失 ○テレビの普及による思考能力の低下、文化の画一化
(5) 資源への影響	○プラスチック、合成繊維の出現による炭素資源の消費の著しい増加 ○生産規模、消費規模の拡大による資源消費の激化
(6) 産業、職業への影響	○他産業への影響(電気自動車→石油産業、海水脱塩→製塩、重油脱硫→イオウ鉱業) ○オートメーションや自動化技術による失職あるいは仕事内容の変化

ね次のようになる。

「TA は技術のもたらす可能性、経済的效果のほか技術の適用が人間、社会、自然など人間の生活環境という広範な分野にもたらす好ましい影響と、好ましくない影響(2~3 次の副次的影響も含む)を事前に総合的かつ、多角的に予測評価し、必要な対策を見だし、それを意思決定に反映させることを目的とするものである。」

1.4 TA 登場の背景

TA の実施または導入についてここ数年間に各所で論議されるようになった背景を整理してみると、次のようになる。

第1は技術の進歩の急速化である。

最近の科学技術の進歩のスピードは非常に早くなっている。新技術の着想から実用化までの期間が大幅に短縮され、急速に新技術が大量に普及する。それゆえ、技術のもたらすマイナス面に気がついたときにはすでに大量に普及された後であったりする。PCB, DDT などがこの例に入る。

第2は科学技術の高度化である。

科学技術の高度化に伴い、従来は不可能と考えられていたことが現実にも可能となってきた。核エネルギーの利用、宇宙開発最近では遺伝子工学など SF 小説まがいのことが現実化しつつあり、技術の開発および適用にあたっては厳重な管理が必要となってきた。

第3は大型化、大容量化である。

科学技術の大型化、大容量化によって一度実用されると社会に大きなインパクトを与えると同時に軌道修正や中止がきわめて困難となる。また、大量消費によって自然環境における物質循環系に異変が生じ、自然の再生能力や浄化能力が損なわれてきた。

第4は地球の資源の有限性が認識されてきたことである。過去の人類の活動は地球の規模に比較して小規模なものであったが、近年の産業活動の幅は拡大し、地球の資源の有限性が明らかになってきた。エネルギー資源、食糧資源、大気、水などの利用可能量には限度があり、われわれは地球の資源をただ大量に消費することは許されず、これを有効に利用することが余儀なくされてきた。

第5は社会機能の都市集中である。

人口や各種の社会機能が都市に集中し、狭い範囲の中で各種の活動が行なわれるので影響の度合が高まり公害や都市問題が発生してきた。

第6は価値観の変化である。

生活水準が向上してくると、人間は物質的満足感だけでなく、豊かな生活環境や精神的な安定を重要視してきた。たとえば、十数年前には工場の黒い煙を日本経済の繁栄のシンボルであると多くの人は歓迎していた。しか

し現在の事態はまったく異なったものとなっている。現在の社会に受け入れられている技術でも今後 10 年後には価値観の変化により社会から拒絶される可能性は充分にある。現在研究開発が進められている技術で 5 年後に実用されるものがあつたとすれば、5 年後の価値体系でその技術の評価しなければならない。

以上のように技術の特性が過去 10 年間に急激に変化し、それに伴って技術の影響を受ける社会も変わってきたことが TA 導入の必要性を引き起こしたものと考えられる。

2 テクノロジーアセスメントの方法

2.1 TA の分類

全米工学アカデミーの特別委員会は、TA を次の二つに分類している。

- 問題出発型 (problem initiated analysis)
- 技術出発型 (technology initiated analysis)

前者はすでに社会に問題が発生しているか、発生することが確実視されている場合、なんらかの具体的な解決策や代替技術を見いだそうとするものである。自動車による大気汚染、都市の交通混雑、航空機による騒音問題などがこれに当たり、方法としては、システムズ・アナリシスの手法を利用しうる場合が多い。

後者は前者よりも問題が複雑であって、新技術の開発、利用または技術の利用形態の変化に伴って、何か予期しえない結果を社会に対してもたらすかも知れないと

いう不安感に基づくものである。たとえば、新コンビナートの建設、新幹線鉄道網の建設、レーザー、人口臓器の開発などがこれに当たる。この場合、インパクトを及ぼす範囲も広いので、問題出発型に比べてインパクトのは握および評価のプロセスは複雑になる。

2.2 TA の作業手順

TA の手順、および手法としては、米国科学技術局 (OST) がマイター社に委託して開発した方法¹⁾、科学技術庁 TA 総合検討会の報告書²⁾などがある。ここでは紙面の都合上、詳細に述べることができないので、図-1 にマイター社の手順を示すにとどめる。詳細は参考文献を参照されたい。

要するに TA は一般的に次の手順で進められる。

- TA の範囲の確定および現在から将来にわたる技術と社会状態の予測および認識
- 技術のもたらす効果、影響の評価、望ましい効果の場合はそれをさらに伸ばすための対策とその限界、望ましくない影響の場合は、負のインパクトを軽減するための対策の検討とその効果の評価
- b) の段階で示された種々の代替案の中から望ましいものを選択し、意思決定者に提示する。

2.3 TA の手法の特徴

TA は、対象とする技術がかかわり合いをもつすべての分野または領域、すなわち、自然環境、社会、経済、政治などのトータルシステムについてその影響や効果を

出典 Martin V. Jones "A Technology Assessment Methodology Some Basic Propositions" MTR 6009, Vol.1 June 1971 MITRE Corp.

図-1 アセスメント実施の手順 (MITRE 社の提案)

評価し、必要な対策を検討しようとするものである。で、次の事項が強調されることになる。

a) 新たな技術の利用または自然環境および社会環境の変化に伴い発生する問題点の発見につとめる。

b) 技術の進展あるいは社会状態の変化に伴う価値観の変化を重視する。

c) 技術のもたらす直接的、短期的影響だけでなく、副次的影響および長期的影響をも重視する。

これらに関連して、新しい手法の開発が、従来のソフトテクノロジーの手法に加えて必要となってくる。TA に用いられる手法のうちすでにある程度確立されているものとして次のものがある。

a) システム分析に関するもの……システムズアナリシス、費用/効果分析、費用/便益分析など

b) 予測に関するもの……デルファイ法、外ソウ法、相関法、アンケート法など

c) シミュレーションに関するもの……シミュレーション・モデル、OR など

d) 意思決定の補助に関するもの……評価マトリックス、関連樹木法など

上記の手法の大部分はある目的を達成するためのサブシステム内の最適化を得ることを目標とし、かつ、対象の範囲も直接的、短期的な効果を得ようとするものが多い。一方、TA においては社会事象全般についてのトータルシステムの評価であり、インパクトのは握評価にあたって数量化されない部分が多くなる。

したがって、TA を実施する場合、従来の手法だけでは充分とはいえず、手法の改良または新しい手法の開発が要請されている。

2.4 予測手法および評価手法の開発

TA の作業は、既存の基礎情報に基づき、技術の将来の発展と変化、社会状態の変化およびそれらの相互作用を明らかにすることから始められる。すなわち、TA にとって技術と社会の予測作業がその成否の第一の関門となる。

ある社会事象の変化（たとえば革新的技術の導入）が他の社会事象の変化（たとえば産業構造の変化、労働人口の変化）の原因となり、またその結果が他の社会事象の変化の原因となって、社会状態が展開していく。これらの原因-効果の相関については、経済の領域ではある程度過去の統計が整備されているが、技術の領域、社会の領域においては統計の整備も充分でなく今後の発展にまっところが多い。

また、TA におけるインパクトの評価は、在来経営管理などで用いられてきた「貨幣価値」による一元的な評価とは異なったものとなる。TA においては、対象技術に関係するすべての分野における変化の評価であるから、評価の要素（尺度）も多面的なものとなる。すなわ

ち、評価の要素は、経済、自然環境、生活の質などによって構成されることになり、それぞれの尺度のウエイトはそのときの価値観によって左右され、かつ、個人、地域社会、国などの各レベルによって当然異なることになる。

TA の実施に当たって、当面は、専門家の直感、民意の収集、意思決定者の判断などによりインパクトの評価と対応策の選定を行なわざるを得ないが、客観的でかつ科学的な評価手法の開発は、価値観の構成要素の体系的な分析、価値観の変化の予測、社会指標（ソーシャルインディケーター）の展開など社会科学、行動科学に関連した分野の研究を進めることによって可能になるものと考えられる。

3 テクノロジーアセスメントの内外の状況

3.1 米国の現状

米国における TA は、環境および社会における技術の負の効果に対する関心から起こった。この関心は 1960 年代の後半から次第に大きくなってきた。TA という言葉が米国で公式に使われたのは、1966 年 10 月、下院科学研究開発委員会の報告書であった。

同報告書では「新しい科学技術がもたらす利益だけでなく、それが持っている危険性に注目し、同時に科学技術の性格を国民に知らせる」必要があり、そのため「早期警報システム」の設立などを要請した。軍事、宇宙、原子力などの巨大科学への国の支出が増大し、その適切な管理に関心が向けられたばかりでなく、環境問題の深刻化や都市問題、廃棄物の急増と天然資源の不足などがその直接的な要因となっていたのである。

その後 1969 年に成立した米国の環境政策法 (NEPA) 102 条 c 項は、連邦政府のいかなる機関も、人間環境の質に重大な影響を及ぼすような計画の立案や、その他の主要な行動をとる際には、次の事項に関して、詳細な調査を作成することを規定した。

- a) 行動がもたらす環境への影響
- b) 不可避免的に生ずる環境への悪影響
- c) 行動に対する代替案
- d) 短期的な人間環境の維持と長期的な生産性の維持
- e) 不可逆的または回復不能な資源の利用

つまり人間の生活環境に影響を与えるかも知れない計画の決定については、事前に自然科学、社会科学などの総合的活用によるアセスメントが義務づけられた。

この調査には、関係官庁の意見が付されて、環境審議会に提出されるとともに公表されることになっている。米国では、NEPA の施行により、技術活動に伴う環境への影響についての分析活動が活発化し、TA 推進上の問題解決に大いに貢献している。

1972 年 10 月には、米国において TA 法が成立し、

議会の下部組織として TA 局が設置されることになった。TA 局は技術の開発および利用のもたらす種々の影響について、公正な情報を議会に提供し、議会での審議に役立たせようとするものである。

先に成立した NEPA は、各種の計画が人間環境に及ぼす影響のアセスメントを行政府に義務づけたものであったが、TA 法は、立法府において環境のみならず、技術のもたらす社会全般へのインパクトを事前に評価しようとするものである。

1972 年春の調査によれば TA の実施件数は 1,342 件、1 件当たりのコストは約 12 万ドルである。

連 邦 政 府	559 件
州および地方政府	140 件
産 業 界	362 件
そ の 他	281 件
合 計	1,342 件

3.2 わが国の現状

わが国における TA の確立への動きは、昭和 46 年からであり、一般への普及も米国ほどは進んでいない。わが国で TA 導入について公式に述べられたのは 46 年 4 月に提出された 科学技術会議第 5 号答申「1970 年代における総合的科学技術政策の基本について」である。同報告においては「1970 年代においては、科学技術の及ぼす負の影響を反省し、人間尊重の立場に立って科学技術政策を展開する必要がある、このため、科学技術の方向を好ましい方向へ誘導あるいは転換しうよう、科学技術の主効果や負の影響を事前に予測、評価することが重要になっている。」としている。

科学技術庁では、上記の答申に基づき、46 年度から TA の手法と実施上の問題点を明らかにすることを目的として事例研究を開始した。46 年度においては、農業、高層建築、CAI（コンピュータ利用教育システム）の 3 課題について事例研究を行なった。（47 年 6 月報告書発表）さらに、47 年～48 年には、VTOL（垂直離着陸機）、ニュータウン技術システム（総合情報通信システム、新交通システム、エネルギー供給システムを含む）の事例研究を行ない 48 年 10 月に報告書を発表した。

事例研究によって開発されてきた手法は現在「TA の手引書」として取りまとめ中であり年末ころには発表の予定である。

さらに、48 年度においては、TA の経験と能力を高めることを主目的として、科学技術庁の研究開発業務に関連する問題、たとえば、沖合原子力発電所、合成紙、水中溶接技術、筑波研究学園都市における研究開発など 6 課題について試験的な TA が進められている。

通産省、環境庁などでも TA 導入の検討が行なわれており、また、経済同友会、技術同友会などの団体でも TA 導入の必要性を強調している。このような状況から

みるとわが国でも近い将来 TA の実施段階に入るものと予想される。

4 テクノロジーアセスメントの社会への導入

4.1 企業活動と TA

技術のもたらす数々のマイナス影響や社会のひずみが顕在化して、これらが大きな社会的問題となり早急な解決が要請されてきている。わが国の技術適用のほとんどすべてが企業において実施されており、今後とも企業活動の幅が増加することを想定すれば、さらに新規の社会的問題が引き起こされる可能性があるものと考えられる。

ここ数年間に公害問題に関連して、無過失損害賠償責任、因果関係の立証責任、化学薬品の事前チェック制度、さらに公害費用の原因者負担の原則（PPP）などが検討されてきた。このような情勢において、企業の社会的責任があらためて問われてきている。

TA の意図は、いいかえれば、現在および将来にわたって、技術にいかにか社会との調和をもたせるかということであり、技術活動の大部分を担っている企業の社会的責任に密接に関連する問題である。企業は研究開発課題の選定および技術の実用化に際して、従来の経済的観点からの直接的な便益の評価のみならず、国民の健康、安全、自然環境への長期にわたる影響の評価を加えておくことが是非必要である。

各種の公害病の発生、PCB の生産停止、コンビナートの爆発事故などに類する事態の発生が今後とも続くおそれがあることを想定して、企業経営者は、TA を重要課題として真剣に取り組み、企業の社会的責任を効果的に果たしていく必要がある。

企業が TA を導入した場合の効果としては次のことがあげられよう。

- 研究開発課題の選択や、新製品の開発、新生産技術の採用の際に副次的インパクトの程度などに関する正しい判断材料を意思決定者に提供する。
- マイナスインパクトの発生の徴候が現われた場合、事前の予測結果との照合により、徴候の早期検出とすみやかな対策が可能となる。
- 技術の利用に関する環境条件の整備を事前にはかることによって負のインパクトを制御しうる。
- TA によって誤使用、故障の可能性を検討し、そのための改良をはかることができる。

4.2 各省庁および地方自治体における TA

技術の研究開発計画の決定、技術利用計画など（各種公共事業計画を含む）の立案および実施または許認可等各種の行政業務に際して、各省庁は可能な限り TA を実施し、その計画の遂行が長期的にみて、自然環境、国の経済、国民の生活の向上にどのように貢献するか、また計画の実施によりどのような負のインパクトが発生

し、どのように波及していくかを見きわめたいうえ、必要に応じて計画の修正や対応策を検討する。

とくに国全体の長期的な政策に関する問題、たとえば医療、健康、教育、交通輸送などのサービス部門、防災、安全、資源、エネルギーなどマーケットメカニズムが作用せず社会問題が発生しやすい問題は国自身で TA を行ない長期的な政策決定に役立たせることが必要である。

一方、地方自治体においては、地域社会の発展、地域住民の豊かな生活の保障という観点から、たとえば、工業団地の建設の承認、公共事業計画の実施などにあたって TA を実施するか、または企業などが実施した TA をレビューすることが望ましい。また、地域住民が当該計画の内容やその意義を充分理解しうるように、資料の作成配布、説明会または公聴会の開催などを進め、市民の参加意識を高めるとともに市民の合意を得ることに努めなければならない。

5 テクノロジーアセスメントの対象課題

TA の作業は多くの資金とマンパワーを必要とするものであるが、どの課題を優先的に取り上げるかは大切な問題である。科学技術庁の TA 総合検討会では優先度の決定のために次の基準をあげている。

a) 影響を受ける人の数が多いこと、または影響を受ける地域が広いこと。

技術適用の範囲が各家庭に及ぶような技術（プラスチック製品、家庭用洗剤、情報通信システムなど）、また影響の及ぶ範囲が日本全土に及ぶような技術（農薬、医薬品、教育機器など）はたとえ個人に対する影響の程度が比較的低いと考えられるものであっても全体としては社会的インパクトは大きくなる可能性がある。

b) 影響の程度が大きいこと。

人間の健康、安全に重大な影響を及ぼすような技術（合成食品、人工臓器、医薬品、新化学製品など）の社会への適用には事前の点検評価が必要である。

c) 社会に対する利益が大きいこと。

一般に社会に対して多大の利益をもたらすと考えられ

ている技術は、急速に大量に普及し、かつ、技術のもつ本質的なリスクが高い場合が多い。たとえば、原子力発電…万一の際の放射能事故、コンピュータシステム…人間疎外、誤動作による社会混乱、ダム…流域の生態系の変化、食糧の完全工場生産…産業構造の急激な変化。

d) 影響が非可逆的であること。

有限な資源を大量に消費する技術および取返しのつかない環境の汚染を引き起こす可能性のある技術（タンカー事故による油濁、PCB、BHC による環境汚染）。

e) 自然環境および社会環境の変化が著しいこと。

自然環境における生態系が破壊されるおそれがある技術（海洋汚染による赤潮の発生）あるいは急激な社会状態の変化を招く技術（過度な省力化による失業と社会混乱、無現金社会など）の導入は制度の変更が必要となる可能性があり、慎重でなければならない。

f) 研究開発に多額の経費を要すること。

新型原子炉の開発、宇宙開発などいわゆる巨大技術の開発には多額の国家資源を必要とし、かつ、これらの新技術の導入の社会的影響は大きい。

g) 対象技術の革新性が高いこと。

経口避妊薬、遺伝子工学、レーザー技術など革新性の高い技術には、人間や社会に対する影響を明確にとらえがたい場合が多く、また、その結果急激な社会状態の変化をまねく場合も多いので人間の適応能力の限界を越える可能性がある。

h) すでに問題が発生しており、解決がせまられていること。

大気汚染による健康障害の発生などすでに問題が発生している問題について TA を実施することにより、解決のための代替案および新技術の開発課題の発掘およびその目標設定が可能となる。

(昭和 48 年 9 月 25 日受理)

文 献

- 1) Martin V. Jones, "A Technology Assessment Methodology", June 1971 (MITRE Corp.)
- 2) TA 総合検討会事例研究報告書 (47 年 6 月および 48 年 10 月, 科学技術庁計画局)