

# 提 言

巨大・複雑化する社会経済システム  
創成リーダー “ $\Sigma$ 型統合能力人材”  
の育成強化を

平成 25 年 6 月

一般社団法人 技術同友会

# 要 旨

## 提言の背景と課題

21世紀の今、日本は持続的発展に向けた世界の潮流に遅れ、経済、財政、社会保障及び教育の四つの国創りの重要要素において負のスパイラル構造にある。この“沈みゆく日本”の再生には、巨大複雑化する社会経済システムの創成を担い、それを産業競争力強化と持続可能な成長の柱とする“イノベーション牽引リーダー”の育成が急務である。

しかしながら、現在の教育と科学技術研究の現場においては、この視座が希薄であり、国を挙げた教育振興と科学技術振興が日本の国力にまで結びつかない日本の弱点が顕在化している。この危機認識に立ち、益々巨大・複雑化する社会経済システム創成を牽引するイノベーション・リーダー：“Σ型統合能力人材”の育成に向け、以下の教育と人材育成の強化策を提言する。

## 提言1：初中等・高等教育にわたる“新リベラルアーツ教育”の振興を

科学技術革新と社会との結びつきに関する国民的教養の高揚を目的として、政府が取り組みを開始している教育改革の一環に、初等中等教育から高等教育・社会人教育にまたがる21世紀にふさわしい“新リベラルアーツ教育”の振興を提言する。

## 提言2：大学における「基礎・専門学習と社会経済システムとの関連学習」の充実を

巨大複雑化する社会経済システム創成を担う人材育成に向けて、基礎・専門科目の学習と社会経済システムとの関連学習の実質化を図る必要がある。そのために、基礎学力及び各専門科目の修得効果目標（アウトカム）を明確にしつつ、社会・産業におけるイノベーション現場でのインターンシップの義務付け等、大学教育の実質化に向けた“場の充実”と“カリキュラム改革”を提言する。

同時に、“基礎・専門学習と社会経済システムとの関連学習の充実”に向けた教育改革に挑戦する大学に対する国の財政的支援の充実を提言する。

## 提言3：「教育と科学技術とイノベーションの三位一体修得」のすすめ

国を挙げて推進する科学技術振興に向けた大学および産業への投資の成果を、統合して新たな社会経済システムを創成し、ひいては産業競争力強化を牽引する“科学技術駆動型イノベーション創出リーダー育成政策”を強化すべきである。その実現を目指した「科学技術・イノベーション振興と教育振興の一体的推進プログラム」の強化を提言する。

## 提言4：「教育と科学技術とイノベーションの三位一体振興」の司令塔の構築を

我が国の科学技術政策、イノベーション振興政策と教育政策の縦割り構造の弱点を克服し、各投資の効果を相乗的に最大限に高めるために、現在の「総合科学技術会議」を「総合科学技術・イノベーション・教育推進会議」と発展改組し、教育界も含めた構成員の充実化を提案する。

以上

# 目 次

1. 提言の背景と課題認識 .....	1
---------------------	---

## 2. 提言

～巨大・複雑化する社会経済システム創成リーダー“Σ型統合能力人材”の育成強化に向けて～

提言1：初中等・高等教育にわたる“新リベラルアーツ教育”の振興を.....	3
---------------------------------------	---

提言2：大学における「基礎・専門学習と社会経済システムとの関連学習」の充実を	4
--	---

提言3：「教育と科学技術とイノベーションの三位一体修得」のすすめ.....	5
---------------------------------------	---

提言4：「教育と科学技術とイノベーションの三位一体振興」の司令塔の構築を.....	7
---	---

3. 結び .....	8
-------------	---

### <参考資料>

1：育成すべき科学技術イノベーション実現を担う多様な人材像.....	9
2：巨大複雑化する社会経済システム創成力強化に向けた要因分析.....	10
3：企業における「巨大複雑化する社会経済システム創成を担う人材育成」強化策.....	14
4：一般社団法人技術同友会について.....	16
5：巨大・複雑化する社会経済システム創成のための人材育成調査委員会概要.....	17

### 参考文献

- [1]「大規模システムの安全設計に関する提言～大規模なシステムの安全性を高めるためになすべきこと～」平成24年3月 技術同友会
- [2]日本学術会議総合工学委員会巨大複雑系社会経済システムの創成力を考える分科会、提言「巨大複雑系社会経済システムの創成力強化に向けて」2008年6月26日

# 1. 提言の背景と課題認識

我が国は21世紀の今、持続的発展に向けた世界の潮流に遅れ、経済、財政、社会保障及び教育の四つの国創りの重要要素において負のスパイラル構造にあり、日本再生に向けた国を挙げた幅広い改革が喫緊の課題である。政府はこの課題認識と危機感に立ち、成長戦略、科学技術振興、教育再生等の各種の施策に取り組み始めている。

特に、科学技術革新によって社会経済的価値を創造し、産業競争力強化に活かすべく、総合科学技術会議は第4期科学技術基本計画において科学技術イノベーション政策を打ち出し、3年目を迎えている。併せて、国創りの基盤である初中等教育から高等教育にわたる視野に立って教育改革にも取り組み始めている。

しかしながら、これらの科学技術振興政策と教育改革の視野には、科学技術革新の成果を統合し、ますます巨大複雑化する社会経済システムを創成し、ひいては産業競争力強化と日本の持続可能な経済成長の柱に仕上げていく統合型リーダー人材の育成に向けた視座が希薄である。換言すれば、科学技術振興によって科学的発見等の学術知を創造する人材と学術論文は生み出されるが、学術知を統合して社会経済的価値創造（イノベーション）を牽引するイノベーション・リーダーの育成が伴っていない。

そのために、国を挙げた科学技術振興投資が社会経済的価値の創造に、ひいては日本の持続可能な成長力にまで結びつかない日本の弱点が顕在化している。

21世紀の今、科学技術革新を基にした社会経済的価値創造（イノベーション）に必要な技術革新は、その技術の幅の広がりと共に相俟って、求められる技術のレベルは高性能、高信頼性、さらには市民の心の安心までも満たさねば社会の受容を得られなくなっている。例えば、日本の持続可能な成長の基盤であり、世界的市場の拡大が期待されている電力・通信ネットワーク、原子力・火力等の発電システム、環境保全システム、水供給システム、交通システム、宇宙利用システム、金融システムなどの社会経済システムは、空間的、物理的ないしは社会的広がりが巨大であり、その中に内包される多数の要素の相互関係が複雑で、かつその信頼性・安全性は社会や経済に多大な影響を与える、“巨大・複雑系社会経済システム”となっている。

世界をリードするハード・ソフト及びサービスを包含する高付加価値ものづくり・ことづくり産業力の強化が持続可能な成長の要である日本にとって、この“巨大・複雑系社会経済システムの創成力”と、それを実現する“人材と組織力”の強化が死活問題と言っても過言ではない。この“人材と組織力”の維持と強化が出来ない企業は、品質コ

スト増加に伴う事業収益性の劣化に陥り、ひいては世界シェアの喪失と産業力・経済力の衰弱をもたらす。その結果、日本再生の要である強い財政と社会保障の構築も困難になるという危機感を、産業界のみならず科学技術・学術界及び教育界、さらには政治・行政も共有せねばならない。

しかしながら、東日本大震災と巨大津波によって、我が国の原発等の巨大・複雑系社会経済システムの脆弱性について、さまざまな課題が露呈された。技術同友会は、これらの“巨大・複雑化する社会経済システム”の信頼性・安全性を如何に設計し構築するかに向けて、「要素技術の安全のみではなく、社会経済システムとしての信頼性と安全を確保するための基準等の仕組み強化と、その実現を牽引する人材の育成が急務であること」を提言した。文献（1）

以上の課題と危機認識に立ち、技術同友会は会員の自らの体験に基づき巨大・複雑系社会経済システム創成を牽引するリーダー人材：“ $\Sigma$ 型統合能力人材”の育成に向けた強化策をまとめ、本提言とする。

産業界だけでなく、社会から教育と研究を付託された大学と科学技術・教育行政も、「負のスパイラル構造に陥っている日本に残された時間は僅かである」との危機感を共有し、相互協働のもと、本提言の早急な実現に向けて具体的な施策と行動をとることを期待する。

解説 1： $\Sigma$ 型統合能力人材とは、幅広い一般教養を基礎とした理工学的専門能力を有し、同時に幅広い専門家の知恵を統合し、社会経済的課題の解決やイノベーション実現を牽引する能力を有する人材。数学の総和； $\Sigma$ （シグマ）の表記を引用して命名。

一般社団法人技術同友会 代表理事

中原 恒雄（社団法人日本工学アカデミー名誉会長）

立川 敬二（元 独立行政法人宇宙航空研究開発機構理事長）

石田 寛人（公益財団法人原子力安全技術センター会長）

一般社団法人技術同友会 巨大・複雑化する社会経済システム創成  
のための人材育成調査委員会 委員長

柘植 綾夫（公益社団法人日本工学会会長）

## 2. 提 言

～巨大・複雑化する社会経済システム創成リーダー：“Σ型統合能力人材”の育成強化に向けて～

### 提言1：初中等・高等教育にわたる“新リベラルアーツ教育”の振興を

①政府が取り組みを開始している教育改革の一環に、初等中等教育から高等教育・社会人教育にまたがる21世紀にふさわしい“新リベラルアーツ教育”の振興を提言する。

“新リベラルアーツ教育振興”の視座として、基礎学習の一環に「市民としての自由の精神の発現」を目指した「基礎学習間のつながりの体系的理解」、並びに「基礎学習と実社会を支える社会経済システムとの連関に係る理解」を目的とする“学習と研鑽の場”も組み入れることを提言する。

その連関教育には、「科学技術が担う社会的責任と倫理」も含まねばならない。

②大学教育は、この初中等教育課程との橋渡し連携を重視し、それぞれの建学の精神に則りながら、専門分野に拘らぬ“21世紀にふさわしい新リベラルアーツ教育”を、座学と実学の両方の“場”で強化することを提言する。

③大学の学部及び大学院教育において、これらの“新リベラルアーツ教育の振興”を通して“Σ型統合能力人材”の発掘にも注力し、その能力を一層伸張させる“リーダー育成”に向けた多様なカリキュラムを学生に提供すべきである。

その視座に、江戸時代の藩校や旧制高校におけるリーダー教育の中身を厳選して現代に活かすことも提言する。

④大学の工学教育に「社会的課題の解決に資する設計科学的なデザイン能力教育」の強化を提唱する。その一環として、③にて提言した、“リーダー育成に向けた教育”のカリキュラムの中に、この「社会的課題の解決に資する設計科学的なデザイン能力教育カリキュラム」も組み入れ、「異なる専門分野の人材をチームとして率いるリーダー教育」にも活かすことを提言する。

⑤教育行政は、この教育改革を実践する大学改革プログラムを強力に支援する施策を打

ち出すとともに、産業界は大学における以上の提言の実践に、参加・貢献することを提言する。

解説2：リベラルアーツのルーツは古代ギリシャ・ローマ社会の自由市民のための学問にある。ヨーロッパ中世に同文明再生の拠点であった大学では、「文法、修辞、論理」の語学系3科と、「数学、幾何、天文、音楽」の数学系4科を合わせてセブン・リベラルアーツ（自由学芸）と呼んだ。近代以降、さらに「人文学、社会学、自然科学」を包含した幅広い学問体系に発展したが、古来以来、自らの意志を持ち、それを実践できる力としてのアーツ（学芸）であった。現在、日本も大学教育の核ともいべきリベラルアーツ教育の持つ可能性に大きな期待がもたれ始めており、「知識基盤社会をつくる市民が具備すべき素養」として、その重要性が注目されている。

解説3：“新リベラルアーツ”とは、“伝統的なリベラルアーツ”の教養に加えて、科学技術革新の成果が深く社会と生活に浸透した21世紀の現代において、その光と影を理解し、自らの意志で判断・行動が出来る教養：“科学技術リベラルアーツ”を合わせた、市民・国民が持つべき教養。“21世紀型リベラルアーツ”とも言うことが出来る。

#### 付言1.

「科学技術リベラルアーツの素養」に係る一例として、東日本大震災に伴う巨大津波に起因する福島第一原発の過酷事故と、立派に本来の社会的使命を果たした東北電力女川原発、東北新幹線等の巨大複雑系社会経済システムとの比較にも学ぶことが出来る。換言すると、これらの巨大複雑系社会経済システムを創成し、稼働させてきたリーダー人材の、地球や自然に対する理解や畏敬・畏怖の念と、その基本的素養に基づく社会的責任感：「科学技術リベラルアーツの素養」の差にあると言えよう。

一方では、大学等の高等教育において身に付けることが出来る教育のアウトカムは、「巨大複雑化する社会経済システム創成の重要性と社会的責任に対する理解力」と「その実現に必要なリーダーシップ、チームワーク等の個人と組織の役割に関する考え方」の“素養”の習得にとどまらざるを得ず、社会・産業における継続的能力研鑽（CPD）と、それを支える人材育成の組織的仕組みが必須である。

企業の経営者は、この視座に立って大学における本提言の実現に向けた教育改革に貢献するとともに、従来から取り組んできている社内教育の充実化の視点にも、本提言を活かすことが望まれる。

## 提言2：大学における「基礎・専門学習と社会経済システムとの 連関学習」の充実を

①巨大複雑化する社会経済システム創成を担う人材育成に向けて、基礎・専門科目の学習と社会経済システムとの連関学習の実質化を図る必要がある。そのために、基礎学力及び各専門科目の修得効果目標（アウトカム）を明確にしつつ、社会・産業におけるイノベーション現場でのインターンシップの義務付け等、学部教育の実質化に向けたカリキュラム改革を提言する。

- ②その改革の実践には、大学と産業と教育・科学技術行政の一体的協働が必須であり、“国創りの具体的なビジョン：イノベーション像”及び“社会が求める人材像”の両面における可視化と産学官における共有を提言する。その一環として企業や研究独立行政法人が受け持つ“イノベーション創出プロジェクト”への大学の実質的参画の仕組み作りも構築すべきである。
- ③この“教育と科学技術とイノベーションへの参画の一体的修得”の仕組みを、積極的に強化する大学への国としての支援の充実と、その実績評価を大学評価制度に組み入れることを提言する。
- ④同時に、この「教育と科学技術とイノベーションの一体的修得」を妨げる教育制度、予算の縦割り制度等の制度設計上の障害の見える化と打破に向けた改革も提言する。

#### 付言 2.

この「教育と科学技術とイノベーションの一体的修得」制度は、すでに欧米の大学教育においてはルーチン化されており、学生の“社会経済システムに対する俯瞰力や課題設定能力・課題解決に向けたデザイン能力”教育に効果を上げている。

また、この「教育と科学技術とイノベーションの一体的修得」制度は、現在の大学と企業が抱える「就業力強化教育問題」、「学習時間と就職活動の両立問題」、さらには「入社後の業務と素養のミスマッチ問題」等の日本の国力の根幹にもかかわる諸問題を解決する一石二鳥以上の効果を発揮することにもなる。

また、「教育は科学技術やイノベーションの為だけにあるのではない」との教育界の正論も正面から議論のテーブルに載せ、何を教育界にだけ託し、何を「教育と科学技術とイノベーションの三位一体で振興すべきか」を国策的立場で議論して、共有化し、それぞれを施策に落とし込んでいくことが、我が国にとって喫緊の課題である。本提言 4. にて提言する「教育と科学技術とイノベーションの三位一体振興の司令塔の構築」の重要性はここにも指摘される。

### 提言 3：「教育と科学技術とイノベーションの三位一体修得」のすすめ

- ①国を挙げて推進する科学技術振興に向けた大学および産業への投資の成果を、統合して社会経済システムを創成し、ひいては産業競争力強化を牽引する“科学技術駆動型イノベーション創出リーダー育成政策”を強化すべきである。その実現を目指した政策誘導型「科学技術・イノベーション振興と教育振興の一体的推進プログラム」の強化を提言する。

具体的な施策例として、大学が産学官共同で研究・開発に参加する際、大学院生を実務の一部に参画させ、先端科学技術的素養の習得と同時に、社会的課題解決能力体験（イノベーションへの参画体験）も併せて体験させる「教育と科学技術とイノベーションの一体修得」の制度化を提言する。同時に、この制度改革を大学院生への「国際レベルの活きた経済的支援との三位一体」で実現することを提言する。

- ②この大学院教育・研究の実質化の一環として、独立行政法人や私企業が国から受託する各種の研究開発プロジェクトに、関連する専門分野の大学教員・大学院生の参加を促す資金枠（研究開発と教育資金枠の合作）を制度化することを提言する。同時に、この「公的な研究開発資金と教育資金との合作プログラム」を阻む府省間の予算の壁や、教育振興と科学技術振興との間の壁等の、制度上の障害の可視化と打破策を産学官共同で策定することを提言する。

### 付言 3.

上記の提言の実行の際、教育の論理に立った「学生は教育を受ける立場であるから、産学連携研究等の社会的課題の解決に参加する時間を制限すべきである」という、教育論が出ると考えられる。このような実学を排除する狭義の教育論の立場から、社会が求める大学院教育の実質化を図ろうとしている教育現場を縛る制度は、教育の現場の実態に合わせて改革すべきである。まさに“活きた教育と活きた研究とイノベーションへの参画の一体的実践”、“社会・産業のリーダーとなる人材育成に向けた真剣勝負の学習の機会の提供”に挑戦する教育の現場の足を引っ張るような教育行政はあってはならない。

また、教育改革の方向は、座学だけではなく「大プロジェクトの渦中にての真剣勝負の経験」が重要である。国家的「大プロジェクト」に、指導教員と一緒に学んだ学生、大学院生の実質的参加の仕組みを強化する必要がある。「大学院生に社会的責任は持たせられない」との否定的な意見もあるが、責任を持たせなくとも、「技術の社会的責任の重さ」と、その実践に向けて戦っている実業界の人材と接触し、その「背中から学び、指導・薫陶を受ける機会」の提供が可能である。大学院生は活きた教育を受けながら研究とイノベーションへの参加を通して、自らのキャリアデザインも描くことが出来、一石二鳥以上の学習効果が期待できることを強調する。

以上の提言の実践には、大学と産学と教育・科学技術行政の一体的協働が必須であり、“国創りと人づくりの具体的なビジョンの産学官共有”と、その一環として企業や研究独立行政法人等が受け持つ“大・中規模イノベーション創出プロジェクト”への大学の実質的参画の仕組み作りも構築すべきである。

またこの「教育と科学技術とイノベーションの一体的振興」を妨げる府省内・府省間の組織的、予算的等の制度上の障害の見える化と打破に向けた改革も必要である。

この「教育と科学技術とイノベーションの一体的修得」制度改革は、現在の大学と企業が抱える学部生、修士課程及び博士課程の学生が直面している「社会人基礎力問題」、「就業力教育問題」、「学習時間と就職活動の両立問題」、さらには「入社後の業務と素養のミスマッチ問題」等の日本の国力の根幹にもかかわる諸問題を一石二鳥的に解決する要にもなろう。

## 提言4：「教育と科学技術とイノベーションの三位一体振興」の司令塔の構築を

我が国の科学技術振興政策、イノベーション振興政策と教育振興政策の縦割り構造の弱点を克服し、各投資の効果を相乗的に最大限に高めるために、現在政府で検討中の「総合科学技術会議の司令塔機能の強化」において、以下のことを盛り込むことを提言する。

①「教育と科学技術とイノベーションの一体振興政策を司る司令塔」の必要性

②その司令塔の構築に向け、現在の総合科学技術会議を発展改組し、「総合科学技術・イノベーション・教育推進会議」とすること

この新たに創設される「総合科学技術・イノベーション・教育推進会議」は、現在の総合科学技術会議の議長である内閣総理大臣及び関係大臣と有識者議員に加えて、文部科学省科学技術・学術審議会と中央教育審議会の代表、経済産業省産業構造審議会の代表、さらには産業競争力会議の代表で構成することを提言する。

### 付言4.

「各所管の府省を束ねて内閣府にあらゆることを集約することは、結果的に国の総力を削ぐ」との正論もある。各責任府省が本来の職責を果たすことの強化と、それらの相乗効果を最大限にする視座に立った内閣府の機能強化が肝要である。

また、上記にて提言した「総合科学技術・イノベーション・教育推進会議」は「経済財政諮問会議、産業競争力会議」、並びに「教育再生会議」とも日常的に協働することが必要である。

同時に、「教育は科学技術とイノベーションの為にだけ有るのではない」との教育界の正論も正面から受け止めて、「何を教育界に任せるか、何を教育と科学技術とイノベーションの一体的視座に立って推進すべきか」について徹底的に議論し、その結論を広く公表し、適切かつ有効な政策・施策を策定・実施し、その実施状態を広く国民に提示し続けることが肝要である。この活動には、提言1：初中等・高等教育にわたる“新リベラルアーツ教育”の振興を”にも効果を発揮する相乗効果が期待される。

### 3. 結び

教育及び科学技術・イノベーション行政は、以上の提言に基づく「教育・科学技術・イノベーションの一体推進」に挑戦する教育・研究現場を、強力に支援する施策を至急打ち出すことを提言する。また、産業界はこの教育改革プログラムに参加・貢献するとともに、社内における人材育成・教育プログラムとの整合性の強化にも活用することを提言する。経済・財政・社会保障・教育という国創りの4大要素において、危機的状況にある日本の再生に向けて残された時間は極めて少ない。この危機感を、教育と研究機関、行政機関、並びに政治も国民も共有し、組織・機能の枠と壁を越え、協働して本提言を至急実行することを願う。

以上

## 参考資料

### 1：育成すべき科学技術イノベーション実現を担う多様な人材像

ますます高度化・巨大複雑化する社会経済システムの革新（イノベーション）の実現に向けて育成すべき人材像として、次の4つのタイプの価値創造人材像が描かれる。

**Type-D型人材**：イノベーション創出に重要な差異化技術（Differentiator：持っていると必ず競争に勝つ技術）を創造する人材

**Type-E型人材**：今まで不可能であったことを可能にする可能化技術（Enabler：持っていないと競争に負ける技術）を生み出す人材

**Type-B型人材**：差異化技術や可能化技術を活用して、具体的なハード・ソフトシステムやサービスシステムを作り上げる高付加価値創造型ものづくりの基盤技術（Base Technology）を有する人材

日本の社会と産業の現場力を担う、重要な人材である。

**Type- $\Sigma$ 型人材**：D、E、B型人材と組織が生み出す学術的・科学技術的価値を統合（インテグレート）し、社会経済的価値を有する巨大・複雑系社会経済システムを創り上げるリーダー人材。

数学の総和の概念をあてはめ、 $\Sigma$ （シグマ）型統合能力人材と呼称する。

科学技術創造立国を国是とする我が国の科学技術・人材育成政策は、学術的価値の高いType-D型およびType-E型人材の育成に重点を置く傾向にあり、社会的価値の高いType-B型、Type- $\Sigma$ 型統合能力人材の育成が、初等中等教育段階から高等教育段階全般において弱体であり、これが科学技術イノベーション政策の実践において日本の弱点になっている。

特にType- $\Sigma$ 型統合能力人材は、世界のトップランナーとしての巨大複雑系社会経済システムを構成するType-D、Type-E型の先端技術に対する幅広い理解能力を持ち、併せてType-B型人材と組織をリードして、具体的な高付加価値社会経済システムを創り上げるリーダーシップ人材であり、科学技術創造立国政策とイノベーション政策の実践の要となる人材である。

従来から、この視野に立った人材育成像としてT型・II型人材の育成の重要性が謳われていた。その人材像は、横方向が基盤となる“知識の幅広さ”、縦方向が“専門性の高さ（深さ）”を表し、幅広い知識を基盤とした高い専門性を有する人材イメージであり、特にII型人材は複数の高い専門性を有することを表している。

一方Type- $\Sigma$ 型統合能力人材は、知識能力面ではT型、II型人材と同様な能力を有する人材と言えるが、さらに必要とされる能力として、社会経済的価値の創造（イノベーション創造能力）と言うべき、“さまざまな価値の動的統合能力（インテグラル能力）”も兼ね備えた人材である。

換言すると、Type- $\Sigma$ 型統合能力人材の育成には、T型、II型人材の育成策に加えて「社会経済的価値創造に向けたマネジメント能力、リーダーシップ能力」と言うべき動的な能力の育成プログラムが重要と言える。

現在の初等中等教育から大学・大学院等の高等教育課程においては、細分化する学術に対応する教

育に重点を置くあまりに、このΣ型統合能力育成の視座に立った教育カリキュラムが希薄であると言わざるを得ない。各教育段階から、「各学習科目と社会的課題との連関の全体像を体得させながら、基礎学力の修得をするカリキュラム改革」、さらには「社会的課題の解決に向けた科学的実学教育」の重要性が指摘される。

特に、理工学系大学院の博士課程修了者の有する能力と、産業の求める能力とのミスマッチ問題が顕在化してから長い年月が経っているのにもかかわらず、いっこうに改善の方向が見られず、結果的に欧米と比較して学生の博士課程への進学率の低迷が続いている問題の深層の原因は、ここで指摘されるΣ型統合能力人材育成に向けた教育の欠落に起因すると言える。

この教育の欠落は、科学技術駆動型イノベーション創造立国日本にとって大変に由々しき問題であり、国策的課題として早急に立て直し策を講ずる必要がある。

## 2：巨大複雑化する社会経済システム創成力強化に向けた要因分析

産業界の各事業分野において様々な経験を経てType-Σ型統合能力人材に育ち、イノベーションを牽引した実績を持つリーダーの経験に基づき、巨大複雑化する社会経済システム創成力強化に向けた要因分析を行った。

### 観点1：巨大・複雑化する社会経済システム創成に必要な「俯瞰力」とはどのようなものか？

- ①「客観的にシステム全体と、その社会的リスクを見渡すことが出来る力」が大切であるが、もっと大切なことは「前人の足跡を十分に尊重し、それを土台にしながら柔軟な対応力をもって本質に迫ろうとする姿勢」。リベラルアーツ教育が大切である。
- ②自らの専門分野を離れて、「自然現象、社会現象などを含むシステムに加わる外力の見方や限界値の考え方、常時と非常時および経時変化の予測、さらには経済的影響など社会科学的要因も幅広く考慮できる力」。ここに科学技術リベラルアーツ教育の重要性がある。
- ③「物事を鳥瞰図的に捉えて全体最適を先ず考え、その中で個々のベストの解を考えることが出来る能力」。経済学で“合成の誤謬”という言葉のように、個々の最適化は必ずしも全体の最適化にならないので、「社会経済システムの全体最適を図る思想に立った俯瞰力」
- ④「自らが属する組織の内外にわたって、関係する分野の動向を幅広く踏まえて、目的に向かうビジョンを明確にする力」及び、「幅広い人脈と情報ネットワークを構成・運用する力」これも新リベラルアーツの重要性と根っこが同じである。
- ⑤「システムの置かれている内的、外的環境と目的を良く理解する力」。システムの基本原理、構成する技術に幅広く精通することで、サブシステムの役割を良く理解していること。サブシステムを担う、組織の特性、組織の長と意識が合っていること。その実践に必須の「コミュニケーション能力とリーダーシップ力に優れておること。」
- ⑥「対象とする社会経済システムを構成するとする要素（人、技術、物、資金、ニーズ等々）の現状・動向・境界条件・背景を高所から見据える力」、「必要な複数のシステム及びコアとなるシステムと関連するシステムとの関係を含めた現状のマッピング・動向・見通し・リスク・境界条件・背景を見渡す力。」
- ⑦「俯瞰力＝アナリシス力×シンセシス力」である。「アナリシス力とは、目標とする社会経済シ

システムの創成に必要な自然科学的、人文科学的構成因子を具体的に因数分解する能力。同時に、因数分解された構成因子のそれぞれを実現する技術を保有する人材群あるいは組織群を具体的に記述できる能力。」「シンセシス力とは、アナリシスの結果に基づき、目標とする社会経済システムの創成に必要な技術を保有する人材群及び組織群を統合し、目標とする社会経済システムを具現化する能力」尚、俯瞰力を構成する能力は、次の三つの素養を併せ持つ能力とも言える。「俯瞰力を構成する三つの能力」＝「専門能力を有しつつ、幅広い工学的素養」X「人・もの・金のマネジメント素養」X「メタ・ナショナル素養（自分の国を基盤としつつ、グローバルな視点で発想し行動できる素養）」

- ⑧「俯瞰力」＝「企画能力」X「課題解決に向けた適切な技術要素の組合せの創造能力」X「リーダーシップ能力」まさに、これらの素養は伝統的なリベラルアーツの素養と、科学技術リベラルアーツの素養の両方にまたがる素養であり、両者を合わせた“新リベラルアーツ”教育の重要性が指摘される。

以上の俯瞰力の重要性の認識に立ち、工学系の大学院教育において、「Σ型統合能力人材」の育成に向けた教育カリキュラムの強化を、世界的な視野に立って強化することを提言する。

## 観点2：「俯瞰力」をどのようにして身につけたか？

- ①「俯瞰的な見方に好奇心を持つ機会に恵まれた」
- ②「OJT」、「先輩の指導」、「会社を離れた情報ネットワーク」
- ③「俯瞰図を作って物事を判断する習慣を身につけた」
  - ・何故だ！を五回繰り返して、物の本質をつかむ事。
  - ・平易に物事を説明する自己訓練
  - ・歴史を勉強して、物事を長い時間軸で捉えることが出来るようにした。
- ④「社内外に情報収集と多岐・多様なネットワークを築く」、「OJTによる創発力、説得力、調整力の訓練・獲得」
- ⑤幅の広い技術知識、組織管理技術をOJTの拡大によって習得。組織における人事管理において、このような機会を与えることが重要である。
- ⑥「規模の大きい開発ミッション、プロジェクトの類似事例の分析と活用」と併せて「技術のキャッチアップと自主技術化」及び「新たな社会ニーズの掘り起こしと対応」による、俯瞰力・マネジメント力の涵養。
- ⑦「大学院時代の社会経済的ニーズを背景とした認識科学的な博士課程研究」と並行して、指導教員とともに「社会の求める技術的課題の解決に参加することで、設計科学的な視点も学び」、結果として複眼的素養を体得した。尚、複眼的素養には、技術面だけでなく、期限や予算等の社会・経済的制約の克服も含まれる。今の工学系大学院教育、特に社会におけるリーダー育成コースの教育カリキュラムに、この観点からの「活きた教育」を実現する「教育・研究・イノベーションの一体的実践」を取り入れるべき。
- ⑧「産業でのOJTで技術的、組織的アナリシスと、解決に向けたシンセシス力を習得」し、それらの活動に通じて、幅広い技術的かつ組織的総合化の訓練を体得するとともに、同時に「技術の社会的責任の重要性」を体得した。技術的アナリシスにおいては、大学等の学術界の智恵を借り、技術面及び人材面での統合能力の鍛錬をするOJT経験をした。これは、幅の広い技術的視野を広

げるとともに、学术界とのネットワーク形成にも役に立った。

- ⑨「職場における設計と現地体験によるOJT」、「感動の積み重ねと、多くの技術要素の組み合わせと協働体験

### 観点3：大学・大学院教育における「俯瞰型人材育成」の重要な事項と、その実践上の課題は何か？

- ①大学教育において俯瞰的な教養教育を行うこと。そのためには、専任教員だけでなく、外部から幅の広い人材を講師として招く、教育カリキュラムを組むべき。
- ②「多岐にわたる技術のマネージメント力」と、「多くの人間をリードするマネージメント力」の育成が必要。「多岐にわたる技術のマネージメント力」は、一つの専門を極めることによって、その「基盤」が得られる。一つの専門を極めた「基盤」によって「社会・経済システムと技術との連関」に対する普遍性のある見識が得られる。また「社会との連関を堅持した専門」を極めれば極めるほど、周辺技術の知識も増える。その知識と見識が専門外の技術に対する判断力を助け、「多岐にわたる人と技術のマネージメント」が出来るようになる。特に大学院博士課程においては、この視座に立った専門の技術・学術を極めることに専心するべきで、指導教員もこの使命を自覚して、実践してもらいたい。
- ③「マネージメント力」は、帝王学を身に付けることで、「人間力」を養うこと。「人間力」は、しっかりした人生観と、物事を判断する価値観によって養われる。それには教養を身に付けることで、古典を読むことが肝要である。学士・修士・博士の教育には専門知識だけでなく、世の中の仕組み、経済の仕組みや人間としての魅力である人間力等を身に付ける人文科学的な勉強をもっと取り入れるべきである。しかし、広範な教養を身に付けるのは、15歳前後の多感な時代に色々なジャンルの勉強をすることが大事で、旧制高校のようなエリート教育が必要である。この視座に立った、初等・中等・高等教育にまたがる一貫したリベラルアーツ教育の質の保証の仕組み構築が必要。
- ④高等教育及び社内での人材育成においては、専門知識を軸に国内外の動向を調査・議論する場を設けることが大切。世界の巨大・複雑システムの形成と運用の歴史と実態をデータベース化しつつ、それを活用する複眼的歴史教育もリベラルアーツ教育に取り入れるべき。
- ⑤大学の教育は両義性の教育を行うことを提案する。一つは「学ぶ」分野であり、他方は、「悟る」分野。「悟る」分野では、曖昧性の大切さ、体験の大切さ、地域社会と文化の理解を深めることが大切。
- ⑥俯瞰型人材育成は、それぞれの技術の基礎教育が確実に身につけられた後で実施されなければ効果は上がらない。また人によって不向きもある。俯瞰型人材育成は、大学院修士・博士課程の教育・研究のカリキュラムの多様化、複線化で対応するのが良い。
- ⑦大学院教育・研究における多様化、複線化の方策として、座学だけでなく実学も伴う主専攻と副専攻プログラム群の提供を推奨する。主専攻、副専攻いずれか、又は両方ともに認識科学と設計科学の連動学習を必要とするカリキュラムであること。
- ⑧大学院教育・研究における院生に向けた経済的支援が、指導教員との、及び指導教員が学外と結んだ社会的契約と連動する「活きた金」であることが重要である。すなわち、院生が得るRA（リサーチアシスタント）、TA（ティーチングアシスタント）に対する報酬金は、指導教員を介して、その金の出資者との「間接的契約関係の義務」を伴うことが大切。すなわち、大学院教育に

においても「真剣勝負の場と機会」を与えることが重要。これによって、院生は自然と「俯瞰的素養」と「人間力と社会人基礎力」を身に付けることが出来、社会と産業に出てから、ギャップ感無くリーダー候補となることが出来る。欧米の大学院教育・研究、特に博士課程では、この「活きた経済的支援システムと教育・研究との両立」がルーチン化されている。これに対比して、日本の大学院生への各種の経済的支援は、「わずかなパン代」だけになっていて、「活きた教育と活きた研究とイノベーションへの参加の一体的効果」を発揮してはいない。教育行政には「大学院生は教育を受けるべき立場にあるのだから」との見解に立って、この「活きた教育の実践」に時間的な制限を掛ける制度があるが、「時間的な制限」は指導教員の組織的な判断にゆだねるべきである。

- ⑨これらの実践には、複数教員による組織的大学院教育体制と、それに対する産業側の参加・貢献、そしてその教育の健全性に対する「健全なガバナンス」が重要である。
- ⑩この大学・大学院教育の実質化の実践において必須のことは、「教育（人材育成）」と「研究（技術革新）」と「イノベーション（社会経済価値創造）」の三要素を三位一体的に推進する教育・研究体制とカリキュラム化である。行政は、この視座に立って教育・科学技術・イノベーションの一体的な推進の司令塔を持つべきで、同時にこの視座に立った教育研究を進める大学の育成政策を強力に振興すべきである。具体的には、内閣府における総合科学技術会議を、科学技術イノベーション戦略に加えて、科学技術教育戦略を同じテーブルで議論する「総合科学技術・イノベーション・教育推進会議」に発展改組することを提唱する。
- ⑪その際、「教育は科学技術やイノベーションのためにだけあるのではない」との教育界の正論も正面から受け止めて、「何を教育界に任せ」、「何を教育と科学技術・イノベーションを一体的に振興せねばならないか」を議論して、政策に落とし込んでいく制度改革を提言する。内閣府設置法の改定を要する総合科学技術会議の改組を待たずとも、文部科学省の中央教育審議会と科学技術・学術審議会の合同会議を文部科学大臣の諮問の下で実行することを提言する。

#### **観点4：社会・企業に出てからの「俯瞰型人材育成」にとって重要事項と、その実践上の課題は何か？**

- ①人それぞれの個性と素質に対応して、社会や企業の中での目利きが若い世代を観察して、適材は徹底的に教育・訓練を施して育成することが肝要。
- ②各企業の文化と流儀に沿ったOJTによって育成するしか王道は無い。その際、物事の変化を短い時間軸で捉えることを排除し、長い時間軸で捉え鳥瞰図を作成させる訓練が肝要。
- ③担当分野に関する国の内外の動向の把握と分析能力の育成。社会的使命の俯瞰的目的を自覚しつつ、柔軟な思考・創造力・説得力・調整力の練磨。幅の広い人的なネットワークの形成を促す育成が大切。
- ④最近の大規模システムは技術が高度化し、それぞれのサブシステムも専門的に非常に深い技術が求められている。優秀な人材をサブシステムに配置することを優先し、経営の効率性の観点から、全体を俯瞰する組織や技術者の配置がどちらかといえば疎かになりがちである。その上、サブシステムが別会社で運営されたりすることもある。システムが社会的に大きな影響を与えるような大規模システムは、システム全体を統括する強力な組織を配置すべきであろう。そこに配置される技術者のトップは、俯瞰技術はもとより組織管理能力や対外折衝力に優れた人材を配置して、

システム全体の統括能力の弱体化を防止すべきである。

- ⑤複雑で大きなプロジェクトに対応できるエリート技術者をいきなり育てようとするよりも、まずは小さなプロジェクトでも確実にこなせる能力を持つ科学技術に裏付けられた職人的な技術者を育てるべき。その技術者は、それぞれに多様な体験と感動を経て、大きなプロジェクトに携わる可能性が育まれる。

### 3：企業における「巨大複雑化する社会経済システム創成を担う人材育成」強化策

各委員自身の社会経験に基づいて、「巨大複雑化する社会経済システム創成を担う人材の企業内育成」の要諦を以下提言する。

- ①次代を担う人材にとって総合技術力を鍛錬する場と機会が減少しており、マネジメント力（総合調整、先導・構想・決断力、完遂力等）を有する中間層を厚くするために、大中規模のイノベーション創出プロジェクトに参加させ、チームワークやストレスを経験させる機会を作るなどの環境整備と同時に、見込みのある人材にはチャレンジと苦労を経験させるOJT的人材の育成が大切。
- ②国家的イノベーション実現プロジェクトの遂行プロセスにおいて、次の視点に立った、計画策定と予算執行及び評価プロセスの改革、並びにそれに裏付けられた人材育成スキームの強化が必要である。すなわち、大臣諮問委員会等の政府主導のイノベーション創出プロジェクト計画は、その初期審議の時間的、質的制約から、定性的かつ概念的にとどまっている場合が多い。この結果、プロジェクトの実行段階においてたびたび遭遇する“大規模複雑系システムの信頼性確立に向けた新たな挑戦課題”に対しての、取り組みの予算的、時間的許容度が極めて狭いのが現状である。ひいては、国家的投資が要素技術革新を生み出しながらも実際のイノベーションにまで結実せず、産業競争力強化にまで結びつかないままで、終わっている場合が多々ある。  
この大規模複雑系システムイノベーション創出に係る国家プロジェクトの成功確率と、それを支える人材育成の実質化に向けて、当該プロジェクトに参画する裾野産業も含めた研究開発体制と詳細設計が固まった段階で、第二次的審議と予算の認定制度の仕組みの構築を提言する。尚、本提言の実践において、大学教員、研究者及び大学院生の参画も、この仕組み構築に組み入れることで、「イノベーションと技術革新と教育（人材育成）の一体的推進」が図られるという、一石二鳥の効果も期待できる。
- ③「成功・失敗経験の見える化とドキュメント化」、「その活動の企業の枠を越えた取り組みの振興」、さらには「その成果の大学及び産業における教育・人材育成現場での活用の振興」を、科学技術政策と教育・人材育成政策が協働して振興する国家的スキームを提言する。
- ④大規模複雑系システム創成には、所謂「プロジェクトマネジメント的資質を持つ人材」が重要な役割を果たす。我が国の産業競争力の強化にはこのタイプの人材（例：Σ型統合能力人材）育成が不可欠であるが、現在その人材育成の取り組みが弱い。提言した施策の国家的振興は、複合する技術革新群と専門人材群を統合して社会経済的価値を創出するリーダー人材：「プロジェクトマネジメント的資質を持つ人材」育成にも大きな効果を発揮する。国は経済再生と産業競争力強化戦略に、この視点に立った「科学技術・イノベーション・教育一体推進政策」も組み入れ

ることを提言する。

⑤企業内の実践的教育訓練の重要性

巨大システムの全体統括責任者として育成すべき人材を選抜し、座学や実践的現場訓練を行う。この教育訓練を通して、巨大システムの統括責任者としての適正を見極めていく。巨大システムに携わる社員を対象とした実践的災害想定訓練を定期的に行う。

⑥企業内人事面での注力点

俯瞰型人材として育成する対象者は、組織を超えて多様な経験を積ませるような人事異動をさせる。

⑦企業内の組織運営での留意点

一般的に大規模システムは多くの技術者が携わることから、それぞれのサブシステムをそれぞれの組織で管理運営することになる。最近の大規模システムは技術が高度化し、専門的にも非常に深い技術が求められている。優秀な人材をサブシステムに配置することを優先し、経営の効率性の観点から、全体を俯瞰する組織や技術者の配置がどちらかといえば疎かになりがちである。その上、サブシステムが別会社で運営されたりすることもある。システムが社会的に大きな影響を与えるような大規模システムは、システム全体を統括する強力な組織を配置すべきであろう。そこに配置される技術者のトップは、俯瞰技術はもとより組織管理能力や対外折衝力に優れた人材を配置すべきである。

⑧企業内人材育成において強化すべき要諦は以下、三点が大切。

1) 設計技術における技術継承の強化

製造業における設備投資の減少、なかでも新工場立ち上げの機会の激減により、関連する設備およびシステムの設計技術者の層が薄くなりつつあり、この技術継承には今後大きな問題が生ずる恐れがでてきている。いまのうちにベテラン設計技術者の経験知を総合的に見える化し、蓄積をはかるべきであろう。なかでも安全にかかわる経験知はきわめて重要。

2) プロジェクト・マネージャーの育成

技術者の雇用流動性が低いわが国では欧米のような幅の広いプロマネが育ちにくい環境にあるが、能力認定についての社会的な仕組みを確立するなど今後何らかの育成促進策が必要。

3) グローバル人材の育成

国際化の急速な進展に対して多くの企業が人材面で困難に直面しているのが現状であろう。企業では専門的な面での教育は対応できても、経営者的能力、語学力、異文化適応力（現地人とのコミュニケーション法、現地の習慣や歴史に関する深い知識、法律問題の実践的能力等々）多岐にわたる課題に対応するのは容易ではない。企業間の経験交流、海外コンサルタントの活用、公的機関の支援など各種施策の総合的な強化がのぞまれる。

#### 4. 一般社団法人技術同友会について

技術同友会は、科学技術に関わる産・官・学出身の会員からなる任意団体として1972年に設立され、2012年10月に一般社団法人へ移行した。

本会では、広く科学技術及び科学技術に関連する諸問題に対し、深い関心を持つ人々が、真に人間福祉に貢献する科学技術の進展に関する対策を求め、かつその実現を目指して次のような活動を行っている。

- (1) 会員相互の情報交換と協力の場の提供
- (2) 科学技術政策及び科学技術を基本とする社会経済政策等に関する提言
- (3) 時代の要請に応える科学技術のあり方についての調査研究
- (4) 科学技術に関連する諸問題についての討議
- (5) 科学技術に関する国際協力

現在の代表理事は次のとおりである。

中原 恒雄（社団法人日本工学アカデミー名誉会長）

立川 敬二（元 独立行政法人宇宙航空研究開発機構理事長）

石田 寛人（公益財団法人原子力安全技術センター会長）

会員総数 92名（平成25年5月31日現在）

## 5：巨大・複雑化する社会経済システム創成のための人材育成調査委員会 (略称：人材委員会) 概要

### (1) 設置の主旨

日本の持続的発展には、巨大複雑化する社会経済システムの創成を担い、それを産業競争力強化と持続可能な成長の柱とする“イノベーション牽引リーダー”の育成が急務である。

この“イノベーション牽引リーダー：Σ型統合能力人材”の育成に向け、教育と人材育成の強化策を提言するため、本調査委員会を設置した。

### (2) 委員会

委員長	柘植綾夫	公益社団法人日本工学会会長
委員	秋田雄志	公益財団法人鉄道総合技術研究所フェロー
	新井洋一	特定非営利活動法人リサイクルソリューション理事長
	石澤應彦	元 社団法人日本鉄道車輛工業会理事長
	石田寛人	公益財団法人原子力安全技術センター会長
	餌取章男	東京工科大学客員教授
	大石久和	一般財団法人国土技術研究センター理事長
	栢原英郎	公益社団法人日本港湾協会名誉会長
	佐藤眞住	株式会社神戸製鋼所顧問
	島田博文	日本コムシス株式会社相談役
	高島征二	株式会社協和エクシオ相談役
	立川敬二	元 独立行政法人宇宙航空研究開発機構理事長
	種市 健	公益財団法人日本科学技術振興財団監事
	中原恒雄	社団法人日本工学アカデミー名誉会長
	藤岡宏衛	一般社団法人科学技術と経済の会顧問
	松田憲和	一般社団法人日本メタル経済研究所顧問

### (3) 検討方法

外部講師に対するヒアリング調査及び、委員自身の社会経験をふまえた討議により、本提言を検討した。

#### (4) 審議経過

	話題提供者	テーマ
第1回 H24. 7. 20	栢原英郎 委員 「大規模システムの安全設計調査委員会（技術同友会）」委員長	「大規模システムの安全設計調査委員会」提言について
第2回 H24. 8. 31	吉村 忍 氏 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授  秋田雄志 委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・巨大複雑システム安全学リーダー養成構想</li> <li>・イノベーション創出人材育成についての意見</li> </ul>
第3回 H24. 9. 14	丸山 宏 氏 統計数理研究所 副所長・モデリング研究系教授	大学共同利用機関「情報・システム研究機構」統計数理研究所、分野横断型新研究プロジェクト「システムのレジリエンス」の研究構想について ーシステムズ・レジリエンス ～ 生き残るシステムとは何かー
第4回 H24. 11. 5	各委員の経験に基づいた提言の検討（1）	
第5回 H25. 1. 11	各委員の経験に基づいた提言の検討（2）	
第6回 H25. 2. 19	提言（案）の検討	
第7回 H25. 4. 3	提言（案）及び提言要約（案）の検討	

この提言書の全てまたは一部を複写・転用する場合は、  
(一社) 技術同友会事務局までご相談ください。

一般社団法人技術同友会事務局

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-3-1

飯田橋三笠ビル

(一社) 科学技術と経済の会気付

電話 (03) 3263-5501