

電子・通信工学研究連絡委員会報告

「電子工学の将来と人材養成」

平成6年2月25日

日本学術会議

電子・通信工学研究連絡委員会

この報告は、第15期日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長 戸田 巖（日本学術会議第5部会員、富士通㈱常務取締役）

幹事 池田 博昌（NTTアドバンステクノロジー㈱顧問）
武田 康嗣（㈱日立製作所専務取締役）

委員 猪瀬 博（日本学術会議第5部会員、学術情報センター所長）
岩崎 俊一（日本学術会議第5部会員、東北工業大学学長）
岡村 総吾（日本学術会議第5部会員、東京電機大学学長）
尾関 雅則（日本学術会議第4部会員、㈱鉄道総合技術研究所理事長）
菅野 卓雄（日本学術会議第5部会員、東洋大学工学部教授）
西澤 潤一（日本学術会議第5部会員、東北大学学長）
植之原道行（日本電気㈱特別顧問）
大越 孝敬（工業技術院産業技術融合領域研究所所長）
小野 雅敏（工業技術院東北工業技術試験所所長）
加藤 康雄（日本電気㈱専務取締役）
木村 磐根（京都大学工学部教授）
熊谷 信昭（大阪大学名誉教授）
黒川 兼行（㈱富士通研究所副社長）
末松 安晴（東京工業大学学長）
中原 恒雄（住友電気工業㈱代表取締役副会長）
永井 淳（㈱東芝監査役）
堀内 和夫（早稲田大学理工学部教授）

1. はじめに

科学技術は基本的に人類社会にプラスサムの効果をもたらす共通の資産であり、社会発展の重要な基盤をなすものである。特に、電子工学は今世紀における先端・革新技術創生の中核をなし、我が国を含めた世界産業の急速な発展の強力な原動力となってきた。さらに、将来の人類社会にとっても、環境保全、資源リサイクル、クリーンエネルギー、セキュリティ、高度情報化、高齢化社会の充実、医療福祉等の社会的潮流の要請を充足するためには、電子工学が今後実現する高効率、高信頼、高精度な技術体系と製品が不可欠である（図1）。

また、我が国産業の将来を考えると、付加価値の大きな製造業の育成が必要であり、電子工学及び電子産業はその基盤として中核的役割を担うものになる。しかるに、電子工学及び電子産業を取り巻く現在の状況を見ると、同分野の人材養成が深刻な課題として顕在化してきている。本稿はこの課題について分析と提言を試みたものである。

2. 科学技術としての電子工学の将来と人材養成

この章では、科学技術としての電子工学の将来像から人材養成のあるべき姿を考察する[1]。

2.1 電子工学分野の拡大発展

科学技術としての電子工学が包含する分野が、着実に拡大し、複雑化しており、この傾向は将来にわたって続くものと考えられる。このことは、電子工学に関連する学会（電気学会、電子情報通信学会、情報処理学会、応用物理学会等）の会員数がここ10年間に年率4～8%で増大していることからわかる。さらに、例えば応用物理学会では、学会会員の約90%が毎年学会に参加し、約40%が毎年学会で発表している。すなわち、電子工学分野は極めて高い活性度を持っていると考えられる。

このような拡大と活力を維持するためには、電子工学分野における人材の量的な確保がまず必要となる。短期的な変動は予想されるが、長期的視点では電子工学を支える科学技術分野の人材需要が将来増大することは確実であろう。

これに対応するためには、基本的には我が国の優位領域及び将来の高付加価値領域への集力と、人材養成及び人材活用を図るための施策の実行が必要である。我が国の優位領域及び将来の高付加価値領域としては、以下で述べる高度化する基幹領域とニューフロンティア領域が重要である。このような集力による産業の高付加価値化は、最近の円高情勢への対応としても不可欠である。

2.2 電子工学における基幹領域の高度化と電子デバイスプロセス工学の強化・育成

電子工学の基幹領域、例えばメモリ等の半導体デバイス領域において、技術の高度化が進展している。国際的な分業・協業体制の中での産業基盤を確かなものにするためにも、我が国はこのような基幹領域の高度化に積極的に対処すべきである。

このためには、同領域における高度な学術に十分習熟した人材の養成が必要である。さらには、設計・D A (Design Automation)・製造・検査技術を体系的に科学として捉えた電子デバイスプロセス工学を新しい学問分野として認識し、あらゆる産業の土台として強化・育成する必要がある。このためには、関連する施設や設備の充実が従前以上に重要となる。例えば、大学における電子デバイス試作施設等の環境整備や研究・教育スタッフの充実を行う必要がある。

これら基盤技術の重要性は、華やかな成果に結び付く他の技術に隠れて忘れられがちになる。それだけに、社会全体としての動機付けが必要である。すなわち、同基幹領域が我が国将来の産業発展に果たす役割の重要性を認識し、これら基盤技術の強化を行うべきである。この意味で、この領域における産学協力の成果が期待される。

2.3 電子工学におけるニューフロンティアの成長

一方、電子工学分野には新しいフロンティア領域（先端領域）が成長しつつある。代表的例としては、以下の例が挙げられる（図2）。

- (1) エレクトロニクスシステムのシステム化・ソフト化、並びにハードとシステム・ソフトの相乗効果型融合を行なう領域
- (2) 量子力学現象や生命現象等の新しい原理・現象のエレクトロニクスへの活用

を行なう領域

(1)は、機能性メモリやASIC (Application Specific Integrated Circuit), マイクロコンピュータ, さらには通信技術との融合によるマルチメディアや移動体通信装置等に代表される技術領域である。これらは、限られた空間内に高度な機能をシステムティックに作り込むものであり, その実現には, 素子, アーキテクチャ並びに回路, ソフトにわたる広範な学問的, 技術的ポテンシャルの活用が必要となる。すなわち, 旧来の領域分類で見れば学際的あるいは統合的性格を持つものである。

しかし, 今までの我が国における學術の研究体制はこのような新しい傾向に必ずしも対応できるものとはなっていない。むしろ, 素子や材料というハード的な研究と, 回路システムやソフト, アーキテクチャ等の研究との乖離が進行していることが懸念される。このような状況を引き起こしている要因の一つとしては, 我が国産業界における高度な分業化の進行と, 大学の教育内容や研究体制面での遅れを挙げることができよう。

今後は, ハードと回路システムやソフトを包含した電子工学分野全体を統合的に把握して, 問題解決に当ることができる人材の養成が必要となる。これについては, 4.2節でゼネラルスペシャリストの養成と関連して述べる。

(2)は, これまでに電子工学分野で十分に活用されていなかった新たな基礎的現象を積極的に活用しようとする學術領域である。具体的には, 超構造薄膜や機能性材料, 高分子・有機材料などに関する研究開発, 並びに, それらを素材とした極微細加工によって実現される光素子や, 電子波素子, バイオ素子の研究開発などが含まれる。

これは新たな學術領域への展開であり, この領域を担う人材の養成には当然新たな教育, 研究, 学界体制などの変革と整備が必要となる。特に注目すべきことは, こうした領域の研究活動には複雑かつ高度な装置の使用が不可欠であるということである。したがって, 上記体制の整備には多額の投資が求められることになる。個々の研究機関の特徴を生かすような投資や, 産官学の協力による投資の効率的活用なども考慮する必要がある。

3. 電子工学を取り巻く社会，教育，研究環境

この章では，人材養成の課題を社会，教育，研究環境の視点から分析・検討する。

3.1 若者の製造業離れ・理工系離れ

80年代後半から，いわゆる製造業に就職を希望する理工系学生の割合が減少傾向を示している。科学技術庁科学技術政策研究所の調査報告によれば1990年には理工系学部卒業生の約50%しか製造業に就職していない[2]。この原因は，金融・保険業分野への流出よりも，むしろ交通・通信・情報関連業種等の非製造業ではあるが高度な理工系能力を必要とする業種への就職が伸びているためである。すなわち，理工系学部卒業生の数が，エレクトロニクス産業の拡大に伴う社会構造の変化を反映したニーズに対して絶対的に不足しているわけである。しかるに，現実には理工系の大学受験者数が減少する傾向が見られる[3]。さらに，大学入試合格者の大学入試センター試験成績追跡調査報告を見ると，各大学の電気系も含めた理工系学部志願者の合格者平均点の水準が，選択科目の相違を考慮しても，法学部や経済学部と比較して相対的に低下する傾向を示している[4]。すなわち，受験生の理工系離れが量質ともに進行している。

このような状況を現出している原因は，以下で取り上げるように

- (1) 若者が理工系の学部と職業に抱くイメージ
- (2) 大学における理工系教育
- (3) 大学の研究環境

にあると考える。これら要因の抜本的改善が必要である。

3.2 若者が理工系に対して抱いているイメージ

高校生が大学生活や理工系の職業に抱くイメージについての調査結果が科学技術政策研究所より示されている。

理工系では必修単位の割合が多いことや，実験や実習の授業時間当たりの単位数が少ないこともあって実質的な拘束時間が長い。このことが，理工系の大学生生活は忙しく，暗いというイメージを高校生に与えている[5,6]。理工系学部のイメージアップを図るためには，

- (1) 考える機会を増やしたゆとりあるカリキュラムへの改善
 - (2) 実験科目の時間当たり単位数の増加による拘束時間の短縮
 - (3) 大学における理工系資格の取得制度の充実
- 等の施策が有効であろう。

一方、理工系職業のイメージを改善するための有効な施策として、

- (1) 科学技術者の給与水準の向上による社会的インセンティブの強化（これには、産業界自体の経営体質の改善が必要であろう）
- (2) 能力主義的賃金体系の導入
- (3) サバティカル制度のような長期研修休暇の導入
- (4) 大学等での再教育制度の充実（例えば放送大学制度の充実活用）
- (5) 毛利 衛氏のようなヒーロー的存在が典型的に示した科学技術の面白さと、科学技術者の社会的重要性の啓蒙

を行なう必要がある。

小中学生の頃に理科が好きであった人たちには、後々まで科学技術に対する関心を維持する傾向がある。科学技術政策研究所の調べによると、文化系志望者ではその70%（18%）が14才以上（16～18才）で進路を決めているのに対して、理工系学部学科志望者の50%（21%）が14才（12才）以下の時点で志望を決定している[7]。このことは、理工系人材養成のためには、科学や技術の面白さや重要性を初中等教育の時期に十分に経験させることが必要なことを示唆している。このためには、

- (1) 初中等教育の場での科学や技術に対するより正確な知識の教授
- (2) より多様な関心を育むための、必ずしも学問体系にこだわらない柔軟なカリキュラムの作成と教科書の見直し
- (3) 理科教師の再教育や工学部学生の教員免許取得の容易化
- (4) 一流科学技術者が初中等教育校に出向いて行なう講演会・授業の実施が容易になるような体制の整備
- (5) 産業界人材の教育界での導入・活用とそれに伴う教員資格の柔軟化（例えば理系教員の約1割程度に導入）
- (6) テレビ関連番組の充実や科学技術関連博物館、資料館等のネットワーク化による教育用インフラや教育支援システムの整備充実

(7) 子供達に夢を与える国家プロジェクトの設定と推進を図ることが有効である。

3.3 大学における教育と研究環境

現在の学生達の多くは厳しい選抜を経て大学に入学するが、必ずしも十分な学習を行って、高度な知識や経験を取得して卒業する訳ではないことが現在の大学教育の大きな問題の一つである。この背景には、

(a) 企業側が大学の卒業生に対してある水準の潜在能力を持っていることだけを期待し、就職後の企業内教育で企業風土に適した人材に作り上げれば良いと考えている

(b) 大学教育がこの企業内教育を前提に行われている

(c) 大学におけるこのような専門教育のコストに関して社会的認識が低いということがあると推測される。

しかし、急速に高度化、複雑化する現代社会においては、大学における専門教育の重要性がますます高まりつつある。充実した教育により、一定の専門的水準に達した学生を卒業させることが社会的にも要求されつつある。

この実現のためには、大学入試制度を含めた基本的な検討が必要となろう。まず、高校における物理や化学の必修を促す等の大学入試制度の見直しが必要である。

また、入学時定員枠の大幅な緩和や、入学時点での専門細分化の緩和などの推進が望まれる。このことは、後に述べるゼネラルスペシャリスト育成のためにも重要である。その一方で、現在の総収容定員制を卒業予定人員制等に改革することで入学後の教育の質的向上を図るなどの抜本的対策も検討すべきである。また、たとえば教員数と学生数との連動をやめて学問の創造と継承のための各分野教員数の確保を図ると同時に、社会的需要に応じた学生数のダイナミックな分野配分を行うなどの英断が必要である。さらに、近年、学位授与機関創設等の高等教育の多様化を推進する各種制度がスタートしている[8]。今後さらに、大学卒業に必要な単位を取得すれば、特定大学に縛られることなく学位授与機構から学士の資格を容易に取得できるように制度を拡充することも考えられる。

大学は、我が国における基礎研究の中心的担い手である。そこでの研究環境及び処遇の悪化が既に多数指摘され、改善のための施策も提唱され始めている。この

ような研究環境，処遇の悪化は，大学に若手研究者を引きつける魅力を低下させ，博士課程への進学者数の減少を引き起こすに至っていることも見逃せない．このような状況を改善するためには，4.2節で述べる具体的施策を実行する必要がある．

4. 人材の需給バランス

この章では，電子工学人材需要の将来を考察し，それに備えるための施策を検討する．

4.1 電子工学人材の量的充実

理工系の求人（大学卒）は，文系を常に大幅に上回り，経済的に大幅な落ち込みが見られる1992年においても2.5倍の求人倍率である．GNPの成長率が年3%の場合に必要な研究者，技術者の需要増加量は年3.0%と予測されている[9]．景気の変動で年毎に多少の変化はあるものの，長期的には研究者，技術者の需要は増大を続けることが予想される．

一方，18歳人口は1992年をピークに以降2005年にかけては年率3.5%の割合で減少することが予測され大幅な需給の乖離が予想される[10]．大学卒人口は進学率の向上によりこれほどの低下はないと思われるが，質の低下が懸念される．

さらに，経団連の調査によると中規模以上の約400社における現在の職種別過不足状況では，技術・研究開発職に対する不足感が最も強く，少し不足とする企業が50%以上，かなり不足の企業が19%もある[11]．また新卒者の需給逼迫が予想される分野として，90%以上の企業が電気・電子・通信を挙げて第1位であり，第2位の情報・計算機とともに他を大きく引き離している．

電子工学分野の人材の量的な充実の為には，3.2，3.3節で検討した社会，教育環境の改善が不可欠である．

4.2 電子工学分野の人材の質的充実

電子産業技術者の人材要求は，量的なものにとどまらず，より高度な能力と技術の習得者への需要増大という方向に進んできている．特に重要な領域としては，

- (1) 電子デバイスプロセス工学の強化・育成を通して、VLSI等の電子工学基幹領域の高度化を推進する領域
- (2) ハードとシステム、ソフトの相乗効果型融合を行なう領域
- (3) 量子力学現象、生命現象等の新しい原理・現象を応用する領域

がある。(1)、(3)に関しては、大学の教育研究環境の整備充実が急務、不可欠である。

(2)に関しては新しいタイプの人材養成が必要となる。米国では学際的な研究者(本稿ではこれを仮にゼネラルスペシャリストと呼ぶ)が存在し、例えば、マイクロプロセッサの開発や新技術分野の開拓等で力を発揮しているが、日本では狭い分野に特化した専門家(スペシャリスト)が研究者のほとんどを占めているのが現状である。このことが原因で、新規な技術分野や複数の分野にわたる研究開発で日本が遅れをとっているという認識が高まっている。ゼネラルスペシャリストの養成によって、我が国の電子工学における実効的な研究開発力の向上も期待できよう。

電子工学技術者の質的充実のためには、下記の施策の検討と実施が必要である。

(2)、(5)、(7)、(8)、(9)は、特にゼネラルスペシャリストの養成に関わるものであり、電子工学の新分野開拓のために重要なものである。他は大学の教育研究環境の整備充実に広く関わるものであるが、電子工学が工学全般に活用されている現状を考えると、このような広い視点からの施策も必要となる。

- (1) 真に創造的な研究を推進するための大学、大学院における研究と教育の評価体制、環境の見直し。
- (2) 大学における社会人教育、社会人大学院制度などの推進と改善。及びゼネラルスペシャリスト育成のための柔軟なカリキュラムの実施や主副専攻制度の定着。
- (3) 大学院の修士、博士課程の教育内容の充実。特に研究費の十分な投下。
- (4) 大学院学生のための奨学金制度の充実。例えば、院生のティーチングアシスタント制度等の経済的な援助の拡大。
- (5) 産学共同研究による社会的ニーズに対応した研究の遂行とそのための研究者の育成。さらには、新概念プロセッサ等を容易に試作・評価できる共同機関等の設置。

- (6) 産官学共同の教育システムの構築。例えば、双方向衛星通信を駆使した複数の大学－企業間，大学－家庭間教育システムなど。
- (7) 企業内における技術者の再教育の充実。
- (8) 学際的，統合的研究活動を活性化する学界活動の促進と学界体制の改革。
- (9) 大学教員，企業研究者の世界的な規模での研究者交流・交換制度の充実。

4.3 女性技術者の増強と実年技術者の人材活用

電子工学分野の質・量にわたる人材要求を満たすためには，女性技術者の増強と実年（高年令）技術者の人材活用にも十分考慮し，施策を実施すべきである。女性の電子技術者の増強のためには，男女平等体制と多様な労働環境の整備が重要である。例えば以下のような施策が必要と考えられる。

- (1) 旧来の男女役割区別の観念を打破するための学校教育での進路指導の改善。さらには，採用基準，方法を含めた職場での男女平等体制と意識の浸透。
- (2) 育児休暇制度，介護休職制度，再雇用制度，在宅勤務制度等の充実とこれに伴うキャリアパス，資格制度の設定。及び託児所等の設備の充実。
- (3) 女性技術者フォーラム等，電子工学分野の女性技術者のネットワーク作りの支援。

実年技術者の一層の活用を図るためには，豊かな実務経験を生かすことと，本人の自己実現，達成感の充実を図ることが重要である。例えば，下記の施策が必要と考える。

- (1) 技術専門性の社会的認知や資格の拡充（技術士等の資格をさらに補強するもの等）。さらには，企業におけるキャリアパスの改善や専門職制度の充実。
- (2) 社会人技術者の再教育制度の拡充と，再雇用制度や人材バンク制度等の充実。

5. まとめ

電子工学は着実な発展を続けており，長期的視点では電子工学及び電子工学関連産業を支える人材需要が将来増大する。一方，21世紀に向けて我が国の就業人口（特に若年就業人口）の低減は確実である。このような状況に対応するためには，基本的には我が国の優位領域及び将来の高付加価値領域への集力と，人材養成及び人材活用を図るための施策の実行が必要である。

我が国の優位領域としては、高集積半導体メモリに代表される領域がある。これは現在の電子工学の基幹領域であり、より高度な技術への挑戦が継続的に行われている。また、将来の高付加価値領域としては以下の領域が挙げられる。

- (1) ハードとシステム・ソフトの相乗効果型融合による新技術・事業領域の開拓
- (2) 量子力学現象や生命現象等の新しい原理・現象のエレクトロニクスへの応用に代表されるニューフロンティア領域

一方、我が国の電子工学における人材養成及び人材活用の現状を分析すると、若者の電子工学離れ、大学の研究環境の悪化、科学者や技術者の社会的ステータスの低下、企業の低収益体質、女性技術者や実年技術者の活用の遅れ等課題が山積している。

このような状況に対処するためには、社会、教育界、大学、産業界が一体となった改革が必要である（図3）。施策は多岐にわたるが、下記の項目が特に重要である。

(1)高集積半導体メモリに代表される我が国の優位基幹領域のさらなる強化を実現するために、同領域における高度な学術・技術に習熟した人材の養成と、関連する施設や設備の充実を行う。特に、電子デバイスプロセス工学はあらゆる産業の基盤であり、これを科学として体系的に捉え電子工学の新学問分野として強化育成する必要がある。例えば、大学における電子デバイス試作施設等の環境整備や研究・教育スタッフの充実を行う。このために産学協力体制の活用も検討する。

(2)ハードとシステム・ソフトの相乗効果型融合による新技術・事業領域の開拓を行うために、広範な技術を統合的に把握できるゼネラルスペシャリストの養成強化と処遇改善を図る。このためには、

(a)大学における将来に備えた柔軟なカリキュラムの実施や主副専攻制度の定着

(b)産学共同研究による社会的ニーズに対応した研究の遂行と、新概念プロセッサ等の試作・評価を行なう共同機関等の設置

(c)学際的、統合的研究活動を活性化する学界活動の促進と学界体制の改革

(d)世界的な規模での研究者交流、交換制度の充実

を行う必要がある。

(3)新たな基礎的現象を活用する学術・産業領域を発展させるために、新たに教育・研究・学界体制の変革と整備を行う。この場合、個々の研究機関の特徴を生か

すような投資や、産官学の協力による投資の効率的活用を考慮する必要がある。

(4)理工系学部や理工系職業のイメージを改善するための施策を行う。例えば、

- (a)実験課目の時間当たり単位数の増加による拘束時間の短縮
- (b)大学における理工系資格の取得制度充実
- (c)科学技術者の給与水準向上による社会的インセンティブの強化
- (d)大学の研究環境・処遇改善のための社会的投資

等を行う。

(5)入学試験から学士取得を含めた大学制度の改革を行う。例えば、

- (a)高校における物理や化学の必修を促す等の大学入試制度の見直し
- (b)入学時定員枠の大幅な緩和や入学時点での専門細分化の緩和
- (c)大学定員の総収容定員制から卒業予定人員制への改革
- (d)社会的需要に応じた学生数のダイナミックな分野配分
- (e)特定の大学に縛られることなく学士の資格が得られるような学士取得制度の
拡充
- (f)専門教育コストに対する社会的認識の促進

等を行う。

(6)若年層の電子工学への興味を増大し正しい理解を促すための施策を行う。例えば、

- (a)より多様な関心を育むための柔軟なカリキュラムの作成と教科書の見直し
- (b)産業界人材の教育界での導入・活用と教員資格の柔軟化
- (c)博物館や資料館及びそれらを結ぶネットワーク等の教育用インフラの充実
- (d)子供たちに夢を与える国家プロジェクトの設定

等を行う。

(7)女性・実年技術者を活用するための社会制度・基盤の充実を図る。

参考文献

- [1] 日本学術会議 電子・通信工学研究連絡委員会：電子工学の体系化に向けて，電子情報通信学会誌，Vol. 73, No. 6, pp. 588-592 (1990).
- [2] 科学技術庁科学技術政策研究所企画課編：最新科学技術キーワード，p. 94，財団法人経済調査会 (1992).
- [3] 佐藤悦男，菊池博之，平野千博：大学進学希望者の進路選択について，NISTEP REPORT, No. 12, 科学技術政策研究所 (1990年8月) .
- [4] (学)代々木ゼミナール編：大学入試データリサーチ，JEC大学入試センター発行，84年度版～92年度版より集計.
- [5] 長浜 元，桑原輝隆，西本明男：科学技術と社会のコミュニケーションの在り方の研究，NISTEP REPORT, No. 17, p. 100, 科学技術政策研究所 (1991年3月) .
- [6] 関東工業教育協会 大学教育委員会 第1分科会：「高校生の理工系離れ」調査報告，Vol. 40, No. 3, pp. 44-49 (1992) .
- [7] 小林信一，遠藤秀樹，佐藤悦男，平野千博：科学技術に関する情報を青少年に向けていかに発信するか，NISTEP REPORT, No. 24, p. 158, 科学技術政策研究所 (1992年) .
- [8] 学位授与機構：短期大学・高等専門学校卒業生等にかかれた新しい学士への途，p. 45 (1992年9月) .
- [9] 科学技術庁編：平成3年版科学技術白書，大蔵省印刷局 (平成3年10月発行) .
- [10] 人口問題研究所：「日本の将来推計人口」，(1987年2月) .
- [11] 経済団体連合会 経済構造調整委員会：経済・産業構造の新たな展開に対応するための雇用・人材養成問題に関するアンケート調査結果，pp. 1-23 (平成元年6月27日) .

〔付記〕

本報告書の作成に当たって、下記「電子工学人材・国際小委員会」及び日本工学アカデミー情報専門部門の御協力を得た。ここに感謝する次第である。

委員 浅田 邦博（東京大学工学部助教授）

伊藤 能一（㈱富士通研究所企画調査室）

大輪 武司（㈱東芝機械・エネルギー研究所所長）

児山 正弘（住友電気工業㈱開発企画部長）

澤田 康次（東北大学電気通信研究所教授）

清水 啓三（電子技術総合研究所電子デバイス部プロセス基礎研究室長）

鈴木 敬三（㈱日立製作所研究開発推進本部研究企画センター主任技師）

筒井 一生（東京工業大学大学院総合理工学研究科助教授）

吉見 幸一（日本電気㈱資源環境技術研究所所長）