

平成20年4月8日 日本機械学会総会特別企画  
「機械技術者, 技能者の伝承と人材育成について考える」

## 新世紀に求められる工学系人材の育成に向けて

笠木 伸英  
東京大学大学院工学系研究科 教授  
日本学術会議 会員

- 21世紀の技術系人材を取り巻く環境
- 人材育成, 特に大学院教育について
- 具体的な行動へ

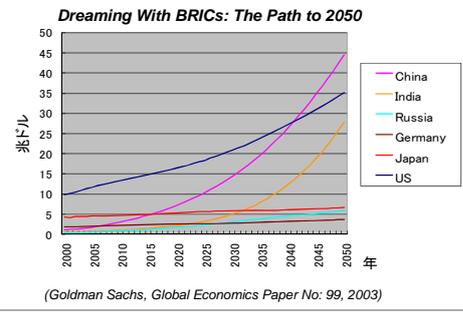


## 21世紀世界と日本

- 世界人口の増加と困難な課題
- グローバリゼーション, 技術革新, 規制緩和
- 国際関係, 市場経済, 流通の変化
  - 米国の相対的沈下, 世界の多極化(サミュエル・ハンチントン), フラット化(トーマス・フリードマン)
  - アジアにける昇りゆく竜, 沈みゆく太陽(G. Lee & M. White, 「22世紀から回顧する21世紀全史」)
- 世界のスーパーパワー(米国, 中国, インド)に包囲される日本
- **ミドルパワーとしての日本**が, 独自の未来構想を描き, 意思を持って進むべき時代(意思の時代), 知識基盤型社会へ



*Dreaming With BRICs: The Path to 2050*



(Goldman Sachs, Global Economics Paper No: 99, 2003)

## イノベーションとソフトパワーへの貢献

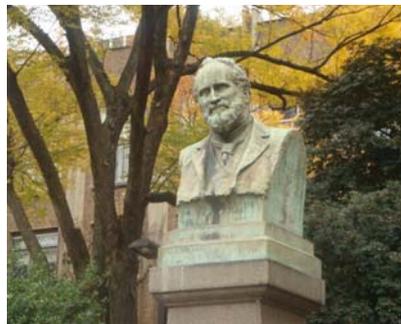
- **国益**(国民の安全保障と繁栄)を守るための国力
  - グローバルな安定と繁栄, 国際的な衡平性を考える必要
- **国力**(国際関係に影響を及ぼす力)への貢献
  - **ハードパワー**: 経済力(産業力), 軍事力
  - **ソフトパワー**: 文化や理念などから生まれる国としての魅力, 強制や報酬で生み出せない
- 価値創造の原則
  - $GDP = \text{Func}(\text{資本}, \text{労働力}, \text{生産性})$
  - $\text{生産性} = \text{Func}(\dots, \text{イノベーション}, \dots)$
- 求められる『イノベーション』と『ソフトパワー』に貢献する**知と人材の創出**



## 求められる産官学のビジョン共有

- どのような社会, 国家, 産業を築こうとするのか？  
(意志の時代)
- 20XX年に必要とされる未来技術は何か, その社会的意義は？
- 未来技術の研究開発課題, ロードマップ, 市場導入プロセスを構想して, 技術者(研究者)は今後何をすべきか？
- 20XX年に必要とされる**技術者人材の育成**をどのように構想するのか？

- 21世紀の技術系人材を取り巻く環境
- 人材育成, 特に大学院教育について
- 具体的な行動へ





**Top of the Week**  
Newsweek

**HOW ASIA BEATS TERROR RUSSIA'S NEW PAST**  
SPECIAL DOUBLE ISSUE  
**Newsweek**  
August 20, 2007/August 27, 2007

**GLOBAL EDUCATION**  
**THE RACE IS ON**  
Rivalry Among Top Schools Is Fiercer Than Ever— And the West May Be Losing Its Lead

**SPECIAL REPORT**  
**The Global Education Race**

**A** fancy name like **Yale** or **Oxford** doesn't cut it. College kids are now global consumers, ready to buy the best academic package, be it in Australia or Singapore. And with Asia building new universities fast, and Europe forming a common market in higher education, American and British schools now **face rivals** with huge potential. **Page 40**

(Aug. 20, 2007/Aug. 27, 2007)

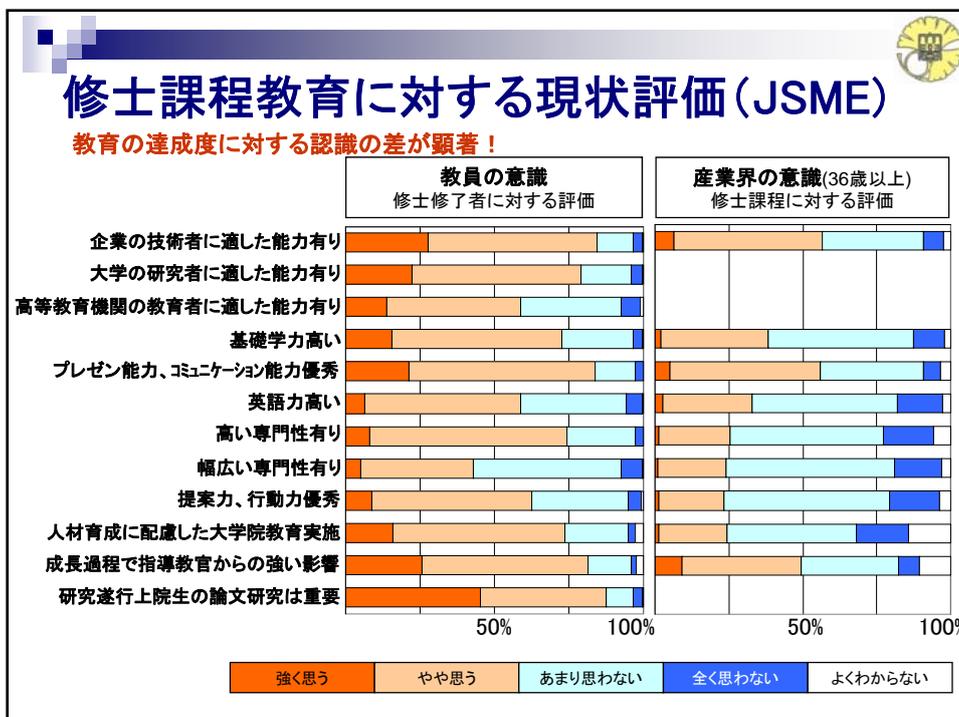
## 高等教育のグローバル競争と工学教育

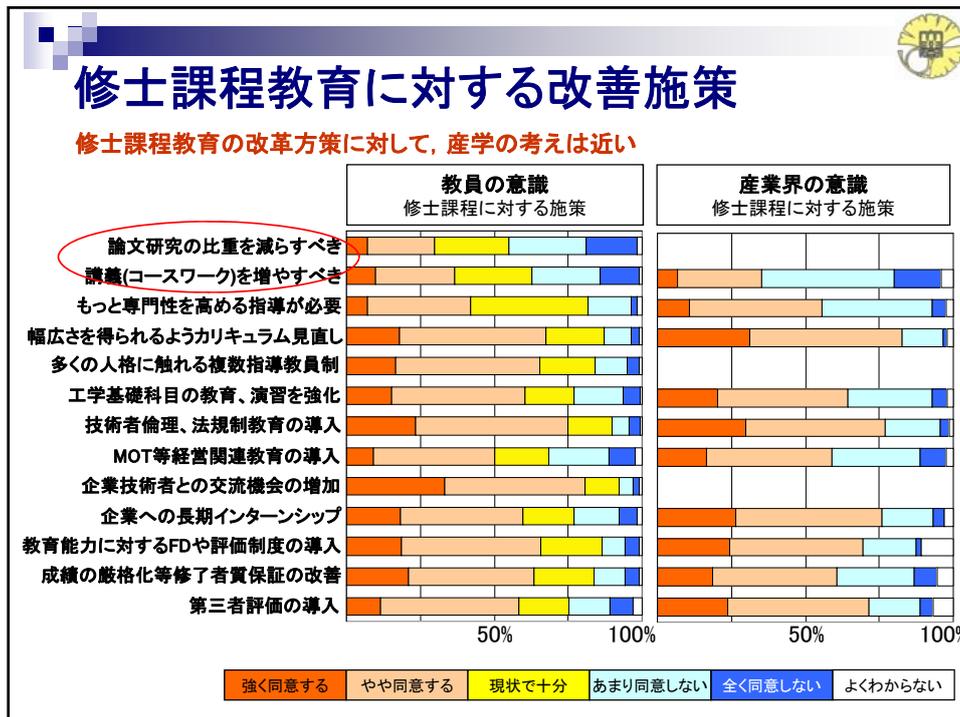
- グローバル市場で**国際競争**となった人材育成
  - 米国大学のグローバル戦略, EUでの単位互換, 共通学位の国家間協定
  - 人材の流動化, アジアは草刈り場か
- 我が国では, 大学の**大衆化**, 大学院進学率上昇
  - 工学教育の改革の立ち後れ
- **工学系学部志願者**は, 1990年初頭のピーク以来, 継続的に減少傾向
  - 科学技術創造立国のシナリオの困難
- 文系, 医系に比べて, **処遇**や**社会的認知度**で劣勢の技術系人材



## 科学技術創造立国における大学の役割

- 1998年大学審議会答申:「競争的環境の中で個性が輝く大学」
- 2000年以降
  - 科学技術基本計画(第二次:2001-05年度, 24兆円, 第三次:2006-10年度, 25兆円)
  - 「大学の構造改革の方針」(2001年6月)
    - 国立大学の再編・統合
    - COEプログラム
    - 国立大学法人化(2004年)
  - 大学の自立と自律, 社会の中の大学の役割
- **大学院の役割重視**(教育再生会議, 経団連, 機械学会)





## 修士課程人材育成の問題点

企業の採用意欲は旺盛、ばらつきのある教育達成度に不満足、前期博士課程として位置付けが不十分

- 修士課程修了者に対する企業の評価
  - 基礎学力が十分身に付いていないなど、大学の出口管理が不十分
  - 問題設定解決能力や創造力などものづくりの力に欠ける
  - コミュニケーション力、チームワーキング力、プロジェクトマネジメント力など現場の技術者として必要な力が育成されていない
- 学生の意識
  - 修士で就職したほうが希望の企業に入れる
  - 大学院で学部時代の勉強不足を補いたい、もう少し大学にいたい
  - 知識が多少不足しても、入社後OJTで補ってもらえる

## 博士課程人材育成の問題点

博士課程修了者の企業採用は不活発，優秀な学生は修士で就職？

### ■ 博士課程修了者に対する企業の評価

- 専門知識の幅が狭く，可塑性，柔軟性に欠ける
- プロジェクトマネジメントなどの経験が不足で，指導力が期待できない
- MOT，知財，企業経営などに対し幅の広い理解力が不足

### ■ 学生の意識

- 博士の学位を取っても評価されず，修士に対して優位性ない
- 企業の方針で研究テーマが決められ，やりたい研究をじっくりと続けられない，自由にテーマ設定できない

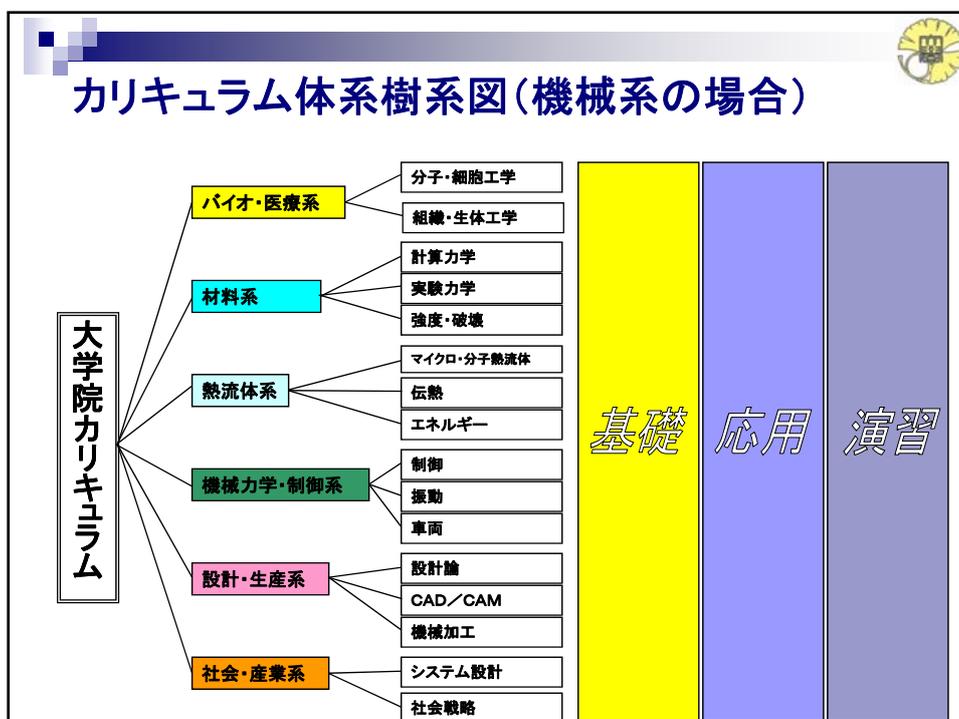
## 大学院教育：何が必要なのか？

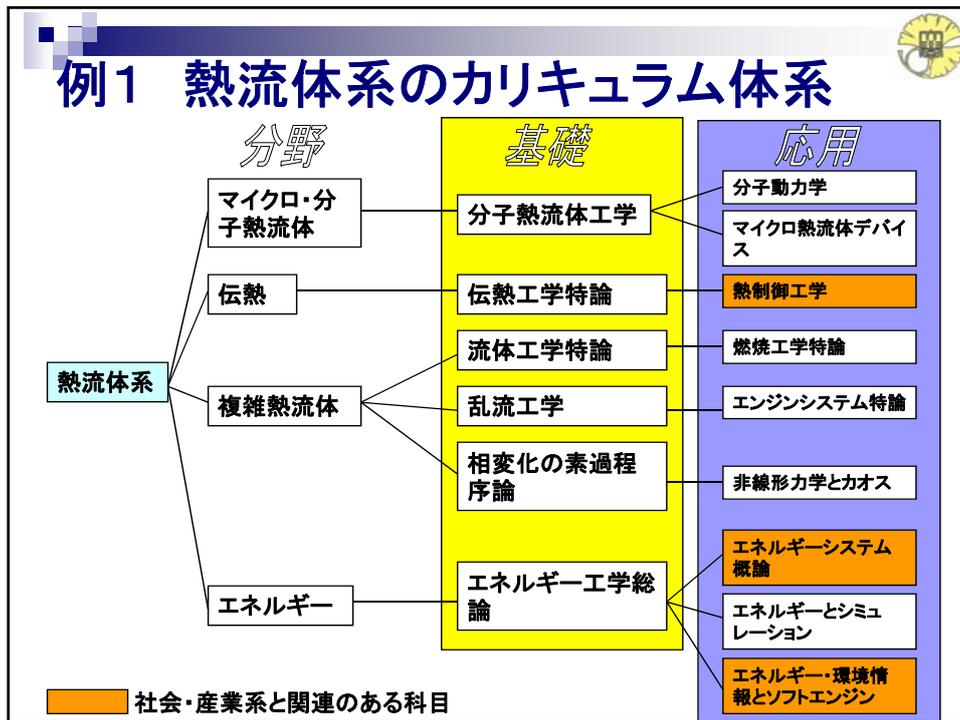
1. **(ビジョン)** 大学院各専攻が描く人材像
2. **(目標)** 修了者が獲得すべき力を定義
3. **(教育プログラム)** 目標を達成する具体的な教育の手段と方法
  - カリキュラム：講義，演習，実験，輪講，研究，設計，論文...
  - 講義体系の整備
  - 修士論文研究の目的，調査・設計・企画などの実践活動
4. **(出口管理)** 達成度の十分なチェック
  - 特に，論文研究の評価方法



## 涵養すべき4つの力, そして職業意識

1. **基礎素養**: 数学, 物理, 化学, 生物など自然科学と, 人文社会科学の基礎(教養教育)
2. **専門知識**: 4力学, 設計学, 材料学, 生産加工学など機械工学専門知識と技術・社会・環境に関する俯瞰的知識, これらを使いこなす力
3. **リテラシー**: 言語力(日本語, 英語, 他), 情報リテラシー(コンピュータ, ネットワーク, 言語・ソフトウェア, 学術・技術情報検索, 他), 技術リテラシー(製図, 規格標準, 各種ハンドブック, 他), 倫理・法制リテラシー(知財・特許, 環境規制, 他)
4. **コンピテンシー**: 創造力, 課題設定解決力, 遂行力, 自己管理能力, ティームワーキング, リーダーシップ, 責任感, 使命感, 倫理観などを含む行動特性





### カリキュラムとしての修士論文の課題

- 産学に共通して、比較的高い評価
- ばらつきが大きいと認識されている達成度
- 問われるべき**修士論文の目的**
  - 修士論文の研究を通じて習得させるべき能力について、教育機関内で共有される明確な理解が不足
- 論文の成果だけでなく、そのプロセスも含めた、標準的な**評価法**が教育現場に導入される必要性
  - 修士論文の評価軸が設定されておらず、教員の判断任せに(国内10大学に実情調査)

## 修士論文の標準的評価法の必要性

- 学生(留学生を含め)に**明確な努力目標**を示すことによって, 教育効果を高める
- 大学院教育の**質の担保**, 即ち出口管理の論理的な根拠, 具体化な出発点に
- 大学院における**論文研究の目的や効果**について, 教員間で, また産学間で共通の理解を醸成
- 博士論文の評価法の構築へ

## 修士論文の標準的評価法(試案)

### <研究のプロセス>

修学期間中, 主体的, 意欲的, 積極的に研究に取り組んだかについて評価する. 主として指導教員(複数が望ましい)による, 学期毎の評価とし, 結果を学生に通知する

<評価項目>		<評価事項例>
(1-1)	意欲, 主体性, 創造力, 遂行力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・独自の研究課題の抽出と設定, 研究計画立案を主体的に行ったか.</li> <li>・自主的, 主体的な行動によって研究を進めたか. 困難が発生したときに, 自ら解決しようとしたか.</li> </ul>
(1-2)	自己管理, 計画性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長期的, 短期的な研究計画を作り, それを見直しながら研究を進めたか.</li> <li>・自己管理をし, 日々計画的に時間を使うことができたか.</li> </ul>
(1-3)	協調性, チームワーキング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究室内で, 自らの役割を自覚し, 周囲と協調しながら研究など活動したか.</li> </ul>
(1-4)	指導力, リーダーシップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・後輩の指導を積極的にしたか. 周囲をまとめ, 牽引したか.</li> </ul>
(1-5)	対外的視野, 発信力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究会, 学会, 国際会議などに参加し, 積極的に成果を発表, 発言してきたか.</li> </ul>

## 修士論文の標準的評価法(試案)

### <研究成果(修士論文)>

主として、提出された修士論文、その要旨に基づく口頭試問による。口頭試問は、決められた数(例えば、5名)以上の試問教員によることを原則とする。

<評価項目>		<評価事項例>
(2-1)	専門的な知識	・ 専門的な知識を原理原則の依って立つ基礎的知識、当該分野の専門知識、当該分野のこれまでの研究成果に対する知識など
(2-2)	論文の学術的、技術的価値と本人の寄与度	・ 研究課題の意義や技術的位置付けに対する理解度 ・ 研究の成果・内容の新規性(オリジナリティ)、成果の重要性(インパクト)、結果の考察の深さ (新規性、成果、考察に対する本人の寄与度) ・ 研究の方法・データの創出、実験装置や計算法の構築、実験や計算の遂行、信頼度の評価 (研究遂行における本人の寄与度)
(2-3)	論文の完備性、完成度	・ テクニカルライティング、章節などの構成、図表、文献、体裁など
(2-4)	プレゼンテーションと質疑への対応	・ 口頭発表、プレゼンテーション材料による研究成果説明の明解さ ・ 論理的な質疑対応

## 博士人材育成の課題

- 国力を強化する人材としての**博士人材を増加**させる必要。
- アカデミアだけでなく、**産業界**を志望する人材のための博士課程。
- 研究室や専攻を越えた**横断的な博士課程教育**を実施。
- 明確な責任を負って研究に参加することによって、研究の企画力、実行力、マネジメント力など(**コンピテンシー**)を涵養(**産学連携・国際共同研究**)。
- **博士課程学生**を自立した研究者として位置づけ、適切な**経済的支援**(欧米と比べて、極めて不十分)。
- “**満たすべき定員**”の廃止、競争的資金による任用(学術会議検討中)
- 修了者の専門技術者、研究者としての達成度に応じて、**適正な評価とそれに相応しい処遇**が得られる仕組み(産官学で検討)。

## 知識基盤型社会における専門職業人としての技術者像

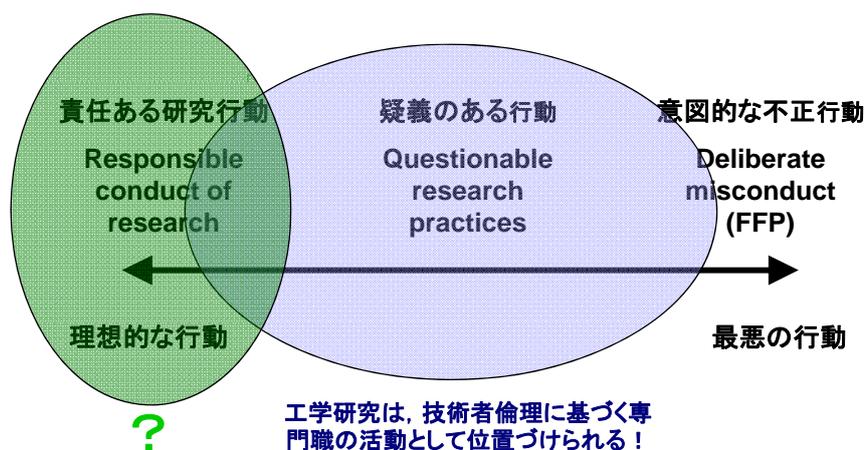
### ■ 高度多様な分業化社会

- 政治, 経済, 産業, 国土, 交通, 医療, 教育など, 複雑化した社会システムを健全に運営, 経営する要としての**専門職業人**

### ■ 技術者は専門職業人

- 人類社会の持続性を担保し, 安全な社会インフラ, 快適健康な市民生活, そして文化を支えるために, 高度な科学技術専門知識と豊富な経験を基に貢献(医者, 法曹, 会計士などと同様)

## 研究者・技術者の行動



N. H. Steneck, Sci. Eng. Ethics, 12 (2006), 53-74

## 研究・技術倫理の追究

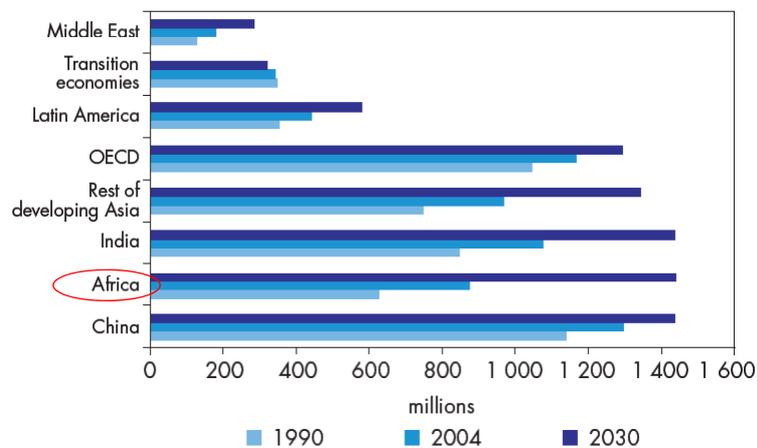
何を研究すべきか？

どのような技術を優先開発すべきか？

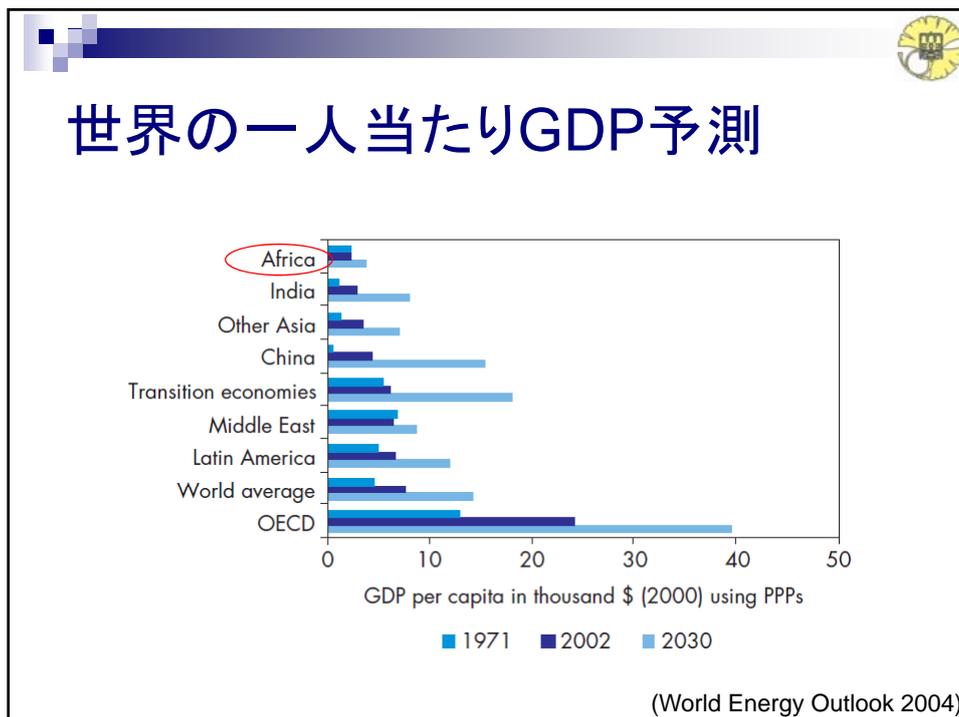
- 臓器移植, クローン技術, 軍事防衛技術, 環境開発, そしてエネルギー・資源の消費など
  - 先端技術に基づく高度な医療は, 経済的な弱者にもアクセス可能に
- 地球上の生活レベル格差によって環境汚染や気候変動が現在程度に留まっているという現実
  - エネルギー・環境問題は地域間格差, そして現代と後世の世代間格差の解消という困難な倫理的課題を包含
- **技術者・研究者の倫理, 高い意識**は, 社会の多くの人々は技術の恩恵に安心して浴し, 技術者・研究者を尊敬し, 若者が憧れるための必要条件

## 世界の人口増加予測

人口増分の9割を非OECD諸国, アジア, アフリカの増加が著しい



(World Energy Outlook 2006)



## 地域と世代間の衡平性

- 発展国・途上国間の衡平性
  - 食料, 水, 衛生, . . . 教育. . .
  - Ex. "One laptop per child," \$100 laptop promoted by Nicholas Negroponte, MIT Media Lab
  
- 現代と未来の世代間の衡平性
  - 資源, エネルギーの枯渇, 気候変動, 生物多様性, 地勢変化. . .





- 21世紀の技術系人材を取り巻く環境
- 人材育成, 特に大学院教育について
- 具体的な行動へ



## 改めて求められる時代認識

- 1990年代以降, 人類社会の膨張, 世界の政治・経済の構造変化, 科学技術の目覚ましい発展普及, 環境やエネルギー・資源などの地球規模の問題の顕在化
- キャッチアップに邁進した日本から, トップランナーの仲間入りした日本, 独自の未来構想(ビジョン)を描き, 意志を持って進むべき時代(意志の時代)
- 科学技術と社会の関係の変化, 困難な問題の解決には科学技術のみならず, それを越えた思想・哲学が必要か

## グローバル化に向き合う工学・技術の倫理



- 工学は, 防衛(Military Eng)から社会(Civil Eng)へ, そして**平和(Peace Eng)**へ
  - 資源, エネルギー, 水, 食料, そして豊かさの空間的・時間的偏在によって生じる地球上の不平等や不公平を軽減, 平和を達成する科学的ソリューション
- 工学・技術は, 社会に対する責任と使命感, 時代に相応しい倫理感を(技術者倫理の醸成)

## 人材育成に向けた産官学の行動へ



- 産官学の連携による, ビジョンと目標に基づく, 新しい教育プログラムの構築と実施
- **大学**は, 組織として, 学生に教育課程の達成目標を明示し, 教える者と学ぶ者との協働を
- **産業界**は, 工学教育の先に位置する専門職としてのキャリアパスを示し, 学ぶ者にインセンティブを, 技術者に誇りを
- **行政**は, 10年, 20年後に悔いのないように, 今こそ思い切った教育投資を



## 目標を達成する大学院教育への具体的行動

- **(ビジョン)** 大学院各専攻が育成したいと考える人材像を描く
- **(目標)** 修了者が獲得すべき力を定義
  - (基礎素養, 専門知識, リテラシー, コンピテンシー)の4つの力+倫理観
- **(教育プログラム)** 目標を達成する具体的な教育の手段と方法
  - 目標を達成するためには, どのようなカリキュラム(講義・演習・実験・論文)を提供するのか.
- **(出口管理)** 達成度の十分なチェック
  - バランスの取れたスクーリング
  - 論文研究における新たな評価制度, プロセスの重視