2012年2月9日
科学技術人材育成コンソーシアム
「第4回科学技術人材育成シンポジウム」
工学教育の新しい展開に向けて
-グローバル化への現状と課題-

平成22，23年度　文部科学省　先導的大学改革推進委託事業

「技術者教育に関する分野別の到達目標の設定に関する調査研究」

代表者　　野口　　博
工学院大学教育開発センター　主幹・特任教授
千葉大学　名誉教授

文部科学省
大学における実践的な技術者教育のあり方に関する協力者会議

- グローバル化が進む中での**我が国の成長を支える実践的な技術者を育成**するためには，工学の幅広い分野の知識を**実践で活かせる能力を養成するための優れた教育に対する期待**が高まってきている.

- 文部科学省は，「大学における実践的な技術者教育のあり方に関する協力者会議」（座長　谷口　功熊本大学長）を設置し，**技術者教育の充実，実践的教育の必要性，求められる技術者像等について検討**を行い，平成22年6月に報告書が提示された.

技術者の定義
（協力者会議報告書より）

- 若い世代にモチベーションを高く持って目指してもらうために，**夢のある技術者像**を描く．
- 「技術者」とは，**国際的にEngineerとして通用**するものとし，「**数学，自然科学の知識を用いて，公衆の健康・安全への考慮，文化的，社会的及び環境的な考慮を行い，人類のために設計，開発，イノベーション又は解決の活動を担う専門的職業人**」と定義する．

本調査研究の採択とスタート

- 協力者会議の報告書を基に，文部科学省より，**大学における実践的な技術者教育での学生の共通的な到達目標を示すことを目標**とする平成22, 23年度先導的大学改革推進委託事業「技術者教育に関する分野別の到達目標の設定に関する調査研究」が公募された.

- 千葉大学では，協力者会議委員及び同会議内「教育内容等に関するWG」主査を務めた**本応募候補者の野口博大学院工学研究科長を代表者**として，**全国の国立・私立大学の工学系の教職員を中心とした体制を構築**，申請し，平成22年9月に採択となった.

平成22，23年度文部科学省
先導的大学改革推進委託事業
「技術者教育に関する分野別の到達目標の設定に関する調査研究」

- 構成員：委員34名，千葉大学事務センター3名
- 代表者：　野口　博　（千葉大学大学院工学研究科　教授）
- コア・メンバー11名（国立：私立＝２：１）
  - 国立大学7名（学部長3名＋経験者３名）
  - 私立大学3名
  - 技術士会1名（女性研究者）
- 協力者23名（国立：私立＝２：１）
  - 国立大学14名（学部長2名）
  - 私立大学７名
  - 高専機構1名
  - 民間企業1名
- 陪席：　文科省高等教育局専門教育課　内藤課長ほか計3名
- 千葉大学工学系事務センター　鈴木事務センター長ほか計3名

本調査研究の背景
「ものづくり」から「ことづくり」へ

- 自然エネルギーの開発等の技術革新推進のためには，「ものづくり」から，**発想，企画，組織，システム開発等の「ことづくり」に貢献できる技術者の養成が求められている**.
- このためには，応用的能力，道徳的能力，創成能力の３種類の能力，すなわち，
- **社会人としての基礎的な能力の修得こそ，実践的な技術者の育成に役立つ重要な要素である**.

本調査研究の特徴1/4
「具体的な教育コンテンツの基礎的な提言」

- 工学の基幹分野の学部レベルでの到達目標を，7分野を横断して統一的に提示し，卒業生に求められる知識，能力の標準的レベルを具体的な形で規定している点で，JABEE等の認定基準より一歩踏み込んだものといえる.
- JABEE等を「教育プログラムの認定」とすれば，本調査研究の内容は，「具体的な教育コンテンツの基礎的な提言」という意味合いであり，今までにない独創的な提案である.

本調査研究の特徴2/4
「体系化と具体化」

- 基礎，専門分野，３つの社会人としての基礎的な能力を**総合的に体系化し，到達目標を「ーーができる．」のように評価しやすい形で具体的に提示した**.
- 各大学での独自のカリキュラム構築の際に，**一つの材料として参照してもらい，有機的に組み込んでもらうことで，教育の質の向上に結びつけよう**と考えた.

本調査研究の特徴3/4
「国際的な担保」

- 本調査研究の到達目標の項目は，TuningTexas，ABET，JABEE，国際エンジニアリング連合（IEA）の卒業生としての知識・能力（Graduate Attributes）等の**国際標準的な基準の項目とほぼ対応し，国際的な担保が得られる．**

- 到達目標の設定に関し，**国際性を担保するために，IEA(国際エンジニアリング連合)のGA & PC（卒業生としての知識と能力，及び専門職としての知識と能力）について，JABEEや日本技術士会の協力も得て，正式な日本語への翻訳を行い，報告書に収めた．**今後の我が国でのエンジニアの理解増進に役立つことが期待される．

本調査研究の目標と他の基準項目との比較

別表－１　本研究の目標と他の基準項目の比較

	Tuning Texas の学習目標（ABET Criteriaと1対1に 対応）	ＡＢＥＴ　Criteria	JABEE 2012年基準	Int. Engng. Alliance Graduate Attribute	技術者教育に関する分野別の到達目標（本調査研究）
1	Mathematics, Science & Engineering	(a)数学,科学,工学の知識の応用能力	(c)数学、基礎科学 (d)専門応用	1　工学知識	数学、物理、化学、情報リテラシー、 工学基礎（基幹工学の基礎、数値計算） 専門分野
2	Experiments	(b)実験を計画・実施し、得られたデータの解釈･分析をする能力	(d)工学リテラシー	4　調査･研究	工学基礎（工学基礎実験･計測）
3	System Design（デザイン作業の後半：解の設計）	(c)各種制約下でニーズに合致するシステム要素,プロセスのデザイン能力	(e)デザイン能力	3　工学デザイン/問題解決	社会人基礎力（創成能力）
4	Multidisciplinary Teams	(d)学際的なチームでの活動能力	(i)チーム活動能力	9　個人およびチームワーク	社会人基礎力（チームワーク、リーダーシップ）
5	Engineering Problems（デザイン作業の前半：問題特定、プロマネ）	(e)工学的問題の特定・定式化・解決能力	(d)専門応用 (e)デザイン能力 (h)プロマネ	2　課題分析 11　プロマネと財務	社会人基礎力（論理的思考力、課題発見解決力（プロマネを含む））
6	Professinal and Ethical Responsibility	(f)職業的・倫理的責任の理解	(b)倫理	8　倫理	社会人基礎力（倫理感）
7	Communication	(g)効果的コミュニケーション能力	(f)コミュニケーション	10　コミュニケーション	工学基礎（科学技術英語のみ） 社会人基礎力（コミュニケーションスキル）
8	Global Inpact of Engineering Solution	(h)工学的解決が地球/経済/環境/社会に及ぼす影響の理解に必要な幅広い教育	(b)社会的責任	7　環境と持続性	社会人基礎力（技術者ならびに市民としての社会的責任、創成能力）
9	Life-long Learning	(i)生涯学習の必要性と、そのための必要能力の認識	(g)自主的・継続学習	12　生涯継続学習	社会人基礎力（生涯学習力、自己管理力）
10	Contemporary Issues	(j)現代の課題に関する知識	(a)地球的視点	6　技術者と社会	社会人基礎力（技術者ならびに市民としての社会的責任）
11	Engineering Tools（工学リテラシー）	(k)工学問題解決に必要な技術、技能、各種の新しい工学ツールを使える能力	(d)工学リテラシー	5　最新のツールの活用	工学基礎（工学基礎実験･計測）

国際的な技術者としての知識と能力の体系化
本調査研究とJABEEとの関係

- JABEE（日本技術者教育認定機構）
  - ワシントン・アコード等に基づき，国際的同等性を担保した技術者教育プログラムを認定している.
  - 大学は，JABEEの学習教育目標に対応して独自に設けた学習教育目標の下での具体的な到達目標を作成し，JABEEのピアレビュー審査を受けて，「**教育プログラムの認定**」を受ける.
- 本調査研究では，
  - Tuning Texas, ABET, JABEE2012, IEAのPC & PC等との整合性，すなわち国際的同等性を確保し，到達度の表現も，教育学での改訂版ブルーノ・タキソノミーに基づき，具体的な到達目標をコアと要望の2つのレベルで，「**教育コンテンツ**」として提示している.
  - この意味から，本調査研究の到達目標は，JABEEよりも一歩踏み込んだものである.

IEAのGraduate Attributes and Professional Competency Profilesの翻訳について

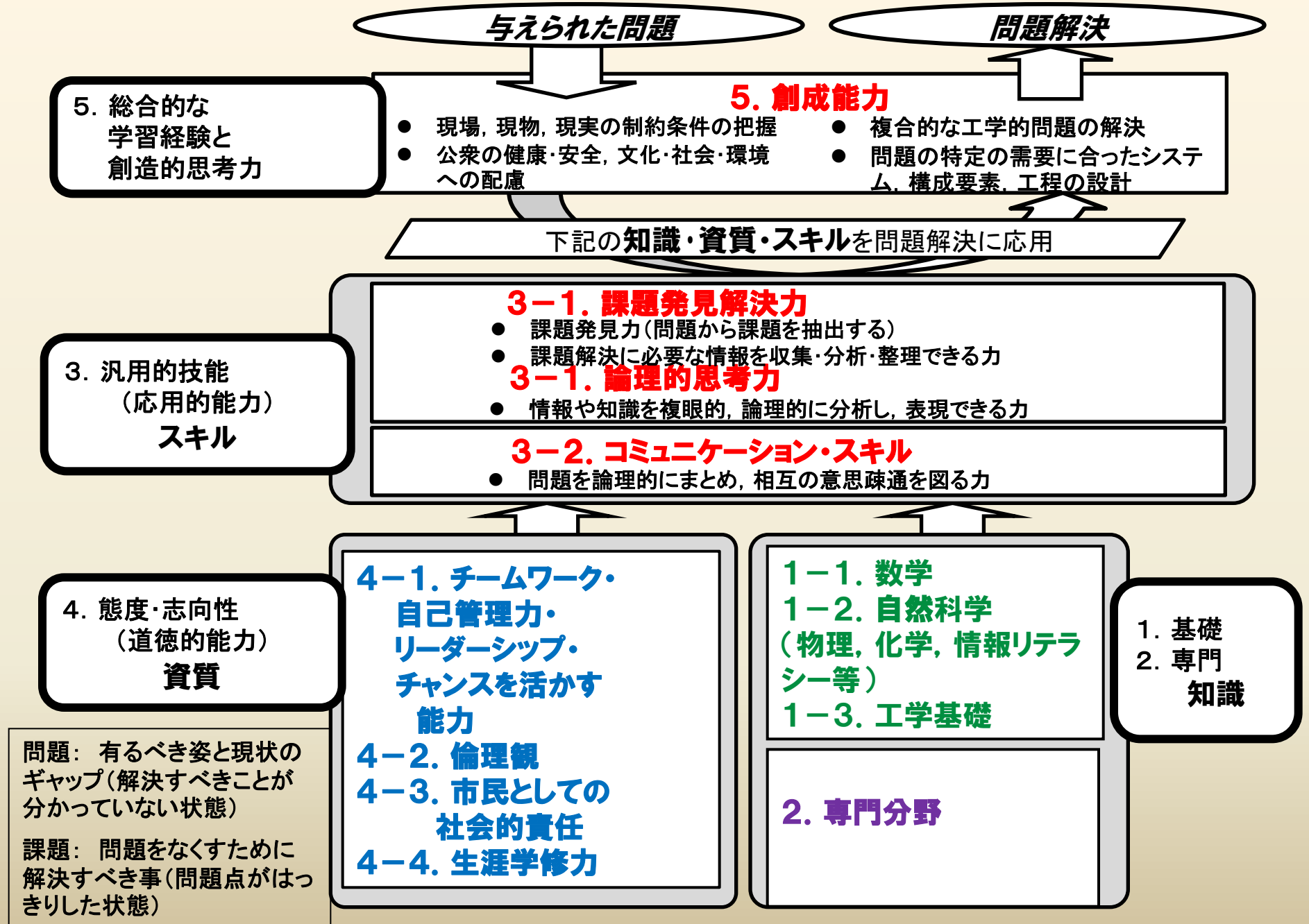
- 本調査研究では，到達目標の作成の段階で複数の国際的な基準を参照したが，その代表的な基準である**国際エンジニアリング連合（International Engineering Alliance, IEA）の「卒業生としての知識・能力と専門職としての知識・能力（Graduate Attributes and Professional Competency Profiles）」**の翻訳作業を，**文部科学省高等教育局専門教育課，日本技術者教育認定機構（JABEE）並びに日本技術士会からの要請・協力**により，本調査研究の中に翻訳ワーキンググループを設置し，翻訳を行い，報告書の参考に収録した.

本調査研究の特徴4/4
「可視化と成果の開示」

- 社会や学生にも理解しやすい構造化と可視化を目指して，科目の履修の流れを示す科目間関連と社会での役割を示す図を統一的に作成した所にも独創性がある.
- 基礎，専門，３種類の社会人としての基礎的な能力の体系的な相互関連図も作成した．今後、大学のみならず、社会への普及にも役立つことが期待される.

- 調査研究成果を，紙媒体の報告書だけでなく，Webサイトに，全文と内容別に掲載し，社会に広く開示した.

技術者教育において育成すべき知識・能力の相互関係



社会人としての基礎的な能力

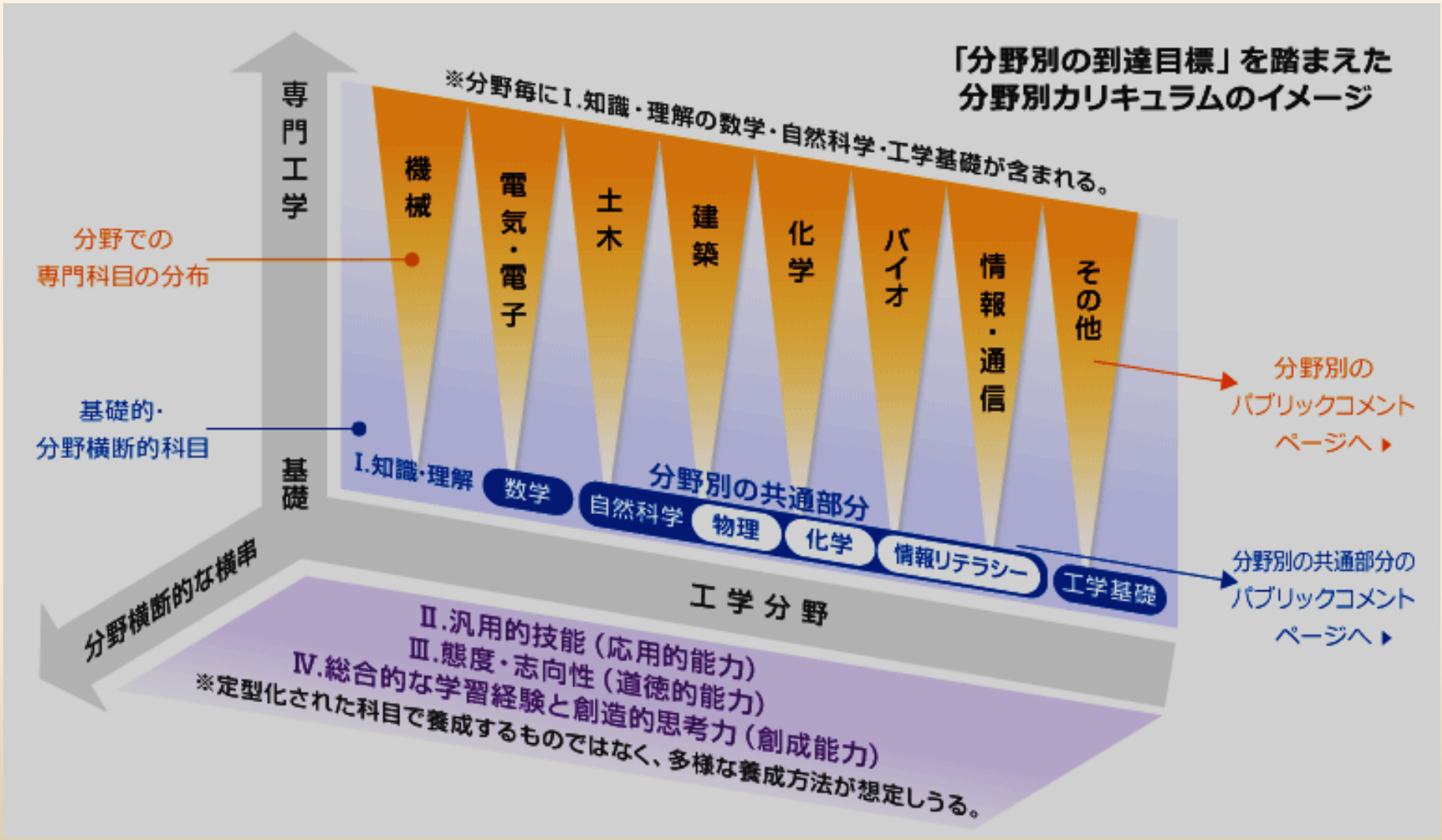
- 分野共通的横串としての
- 【II 汎用的技能】
- 【III 態度・志向性】
- 【IV 総合的な学習経験と創造的思考力】は，
- 【I 知識・理解】と関連するものの，定型化された科目で養成されるものではなく,多様な養成方法が考えられる.
- **有効な事例として，4つの大学の社会人基礎力の要素を含む科目関連の図も作成し，参考に納めた.**
- 今後，このような良好な事例を蓄積し，紹介していくことも有効な方法である.
- また，社会人としての基礎的な能力の到達目標への**企業技術者からの視点も,中間報告書の参考に収め、さらに、最終報告書の第7章に「産業界が求める技術者像について」として収めた**.

分野別を，工学の基幹分野に限定

- 本調査研究では，工学における**伝統的な基幹分野**として，**機械，電気・電子，建築，土木，化学，バイオ，情報・通信**の7分野を対象とする．

- 基幹分野を**複合する領域や新領域の分野**については，これらの基幹分野での到達目標の**設定の考え方を準用**することで対応可能と考えられるので，考え方を参考にしてほしい．

「分野別の到達目標」を踏まえた分野別カリキュラムのイメージ



URL：http://hneng.ta.chiba-u.jp:8080/

具体的な成果

- **分野別到達目標**
  - ◆分野共通部分の基礎
  - ◆分野別の「専門科目」
  - ◆分野共通部分の3種類の社会人としての基礎的な能力

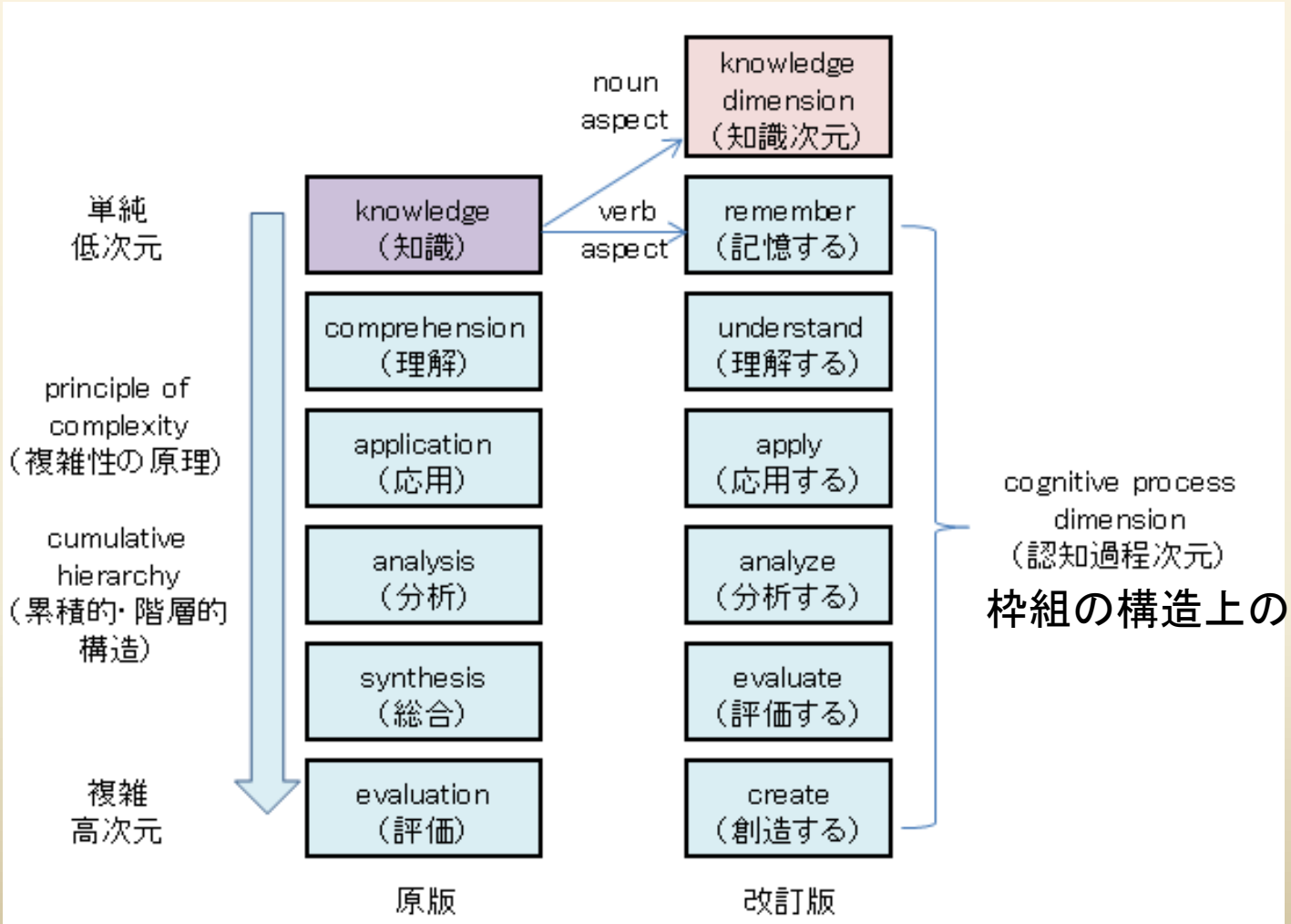
  を縦軸に，
- 到達レベルの必修的な「コア」と，より高度で選択可能で各大学の個性化に繋げる「要望」に分けて

  横軸にした一覧表を作成.
- 到達目標の表現には，改訂版ブルーム・タキソノミーに基づいた「学びの深さ」の表現を統一的に使用.

改訂版ブルーム・タキソノミーについて

教育目標の分類学（Taxonomy of educational objectives）：
学びの深さの多様な次元を語る共通言語を提供する試み。

Summary of the structural changes from the original framework to the revision.出典）Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (2001). p.310より作成



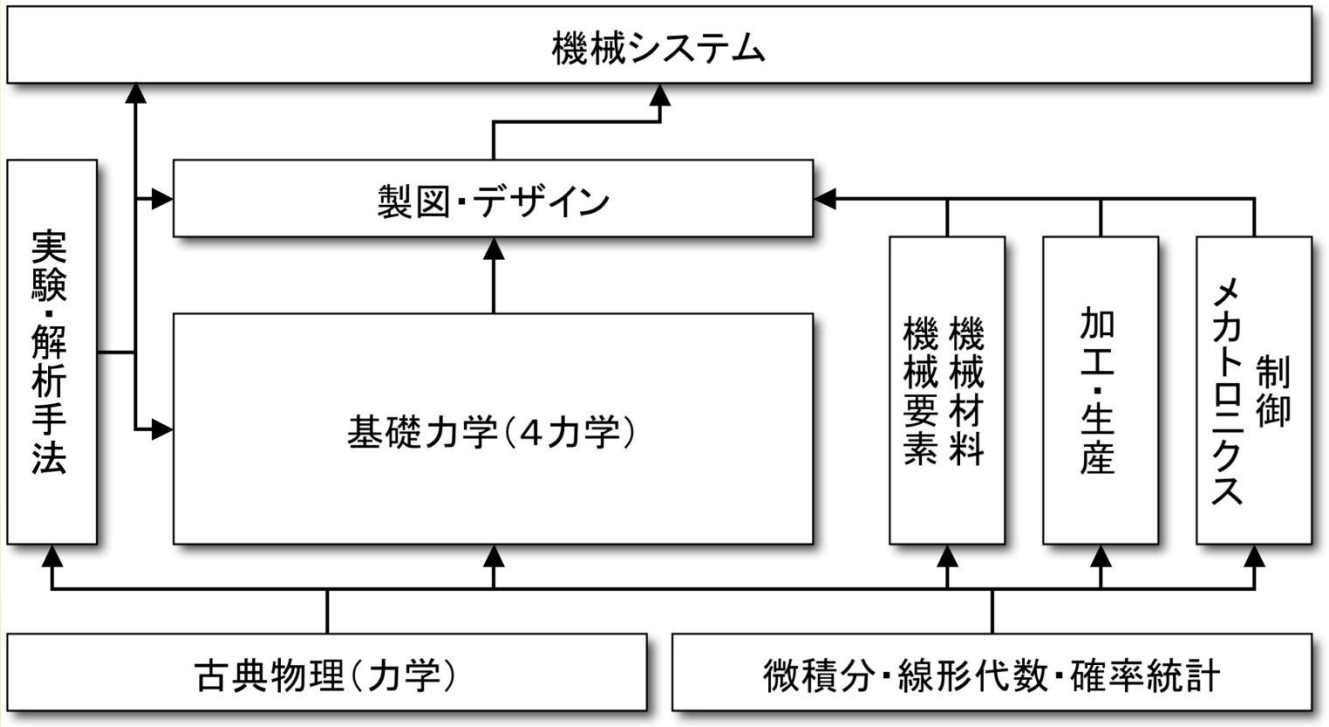
枠組の構造上の変化（概要）

技術者教育において育成すべき知識・能力とその到達目標「コア」の一覧表（「要望」も別途提示）

育成すべき知識・能力		到達目標 コア	
1.基礎	1-1.数学	自然科学の法則を工学問題に適用し，解くことができる 単位で表された数値が実感で理解できる	微分・積分，微分方程式，線形代数，複素関数の基礎知識や概念を数学的問題に適用できる
	1-2.物理学等自然科学（物理，化学，情報リテラシー，地学，生物）		力学，電磁気学，熱力学等の自然科学の知識や概念を工学問題に適用できる
	1-3.工学基礎		基幹工学（機械工学概論，電気・電子工学概論等），工学基礎実験・計測，数値解析等の基礎知識を工学問題の実験や解析に適用できる。
2. 専門分野	2-1.専門分野	当該分野の知識と概念を工学問題に適用できる	
3.汎用的技能（応用的能力）	3-1.課題発見・解決力，論理的思考力	課題発見，情報の収集と分析，課題解決，などの手法を用い，当該分野の工学問題の課題を挙げ，その問題の構造を分析できる	
	3-2.コミュニケーション・スキル	他人の意見を理解できるとともに，自らの意見を論理的な文書や口頭説明としてまとめることができる	
4.態度・志向性（道徳的能力）	4-1.チームワーク，自己管理力，リーダーシップ，チャンスを活かす能力	自分に与えられた仕事を実行するために，自己の体調・時間を管理できる 同分野の専門家であるチームメンバーと意見交換を行い，チーム内で自らのなすべき行動をとることができる	
	4-2.倫理観	技術者倫理の基本原則を一般的な問題に適用できる	
	4-3.市民としての社会的責任	社会・健康・安全・法律・文化・環境などに関する知識を，一般的な問題の解決の際に適用できる	
	4-4.生涯学修力	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解している	
5.総合的な学習経験と創造的思考力	5.創成能力（システム設計）	各種の外的・内的制約条件と，問題解決のために解くべき課題を挙げ，この課題を整理・分析して，制約条件下で課題を解決できる解を提案できる	

機械分野の教育体系

- 主要な教育内容間の関係



●社会の中での機械システムを考えるため，これら以外に，社会の中での自身の立ち位置を考察できること（道徳的能力）が必須

機械分野での各教育内容の到達目標

– 基礎力学

	コ ア	要 望
基礎力学	**材料力学・機械力学・流体力学・熱力学（4力学）の知識を習得し，実際の問題に関連づけて応用できる.**	**4力学の知識を複合的に組み合わせて，光学や分子論等，応用工学問題の解決方法を分析できる.**
	到達目標（抜粋）: ・単純な形状の材料内の応力分布を予測し，最大応力の発生位置を求めることができる. ・1自由度系の自由振動，強制振動，過渡振動と2自由度系の自由振動，強制振動について説明できる. ・流体の流れを支配する保存則を説明できる．粘性流体の流れを説明できる. ・熱力学の第一・第二法則を説明できる．熱移動と温度の関係を説明できる.	到達目標（抜粋）: ・動的な荷重によって生じる応力の概要を説明できる. ・非線形振動系の概念を実際の現象と関連づけて説明できる. ・圧縮性流体の流れを説明できる. ・燃焼による熱エネルギー生成について説明できる.

機械分野での各教育内容の到達目標

– 実際に機械システムを構築する知識とスキル

	コ ア	要 望
加工・生産	**素材の加工・生産方法についての知識を習得するとともに，その制約を理解し，実際の問題に応用できる.**	**材料の特性，要求される制度等の制約を勘案して，適切な加工・生産方法を分析・洗濯できる.**
	到達目標（抜粋）: ・各種加工法の特徴を説明できる. ・接合・組み立て方法の概要を説明できる.	到達目標（抜粋）: ・工作機械の創成運動を説明できる. ・生産管理や品質管理の概念を説明できる.

– 様々な制約条件を最適化して機械システムを具体化するスキル

	コ ア	要 望
製図・デザイン	**要求条件を満足する機械を設計し，それを図面で表すことができる.**	**様々な制約条件を最適化して機械システムをデザインし，それを図面で表すことができる.**
	到達目標（抜粋）: ・適切な設計手法で規格・基準に合致した部品の設計ができ，その結果を図面に表すことができる. ・部品を複合したシステムの設計ができる.	到達目標: ・設計情報を行有するための概念を説明できる. ・様々な制約を最適化して機械システムの設計ができる. ・製品の社会影響を考察できる.

機械分野での各教育内容の到達目標

– 機械システムの概念

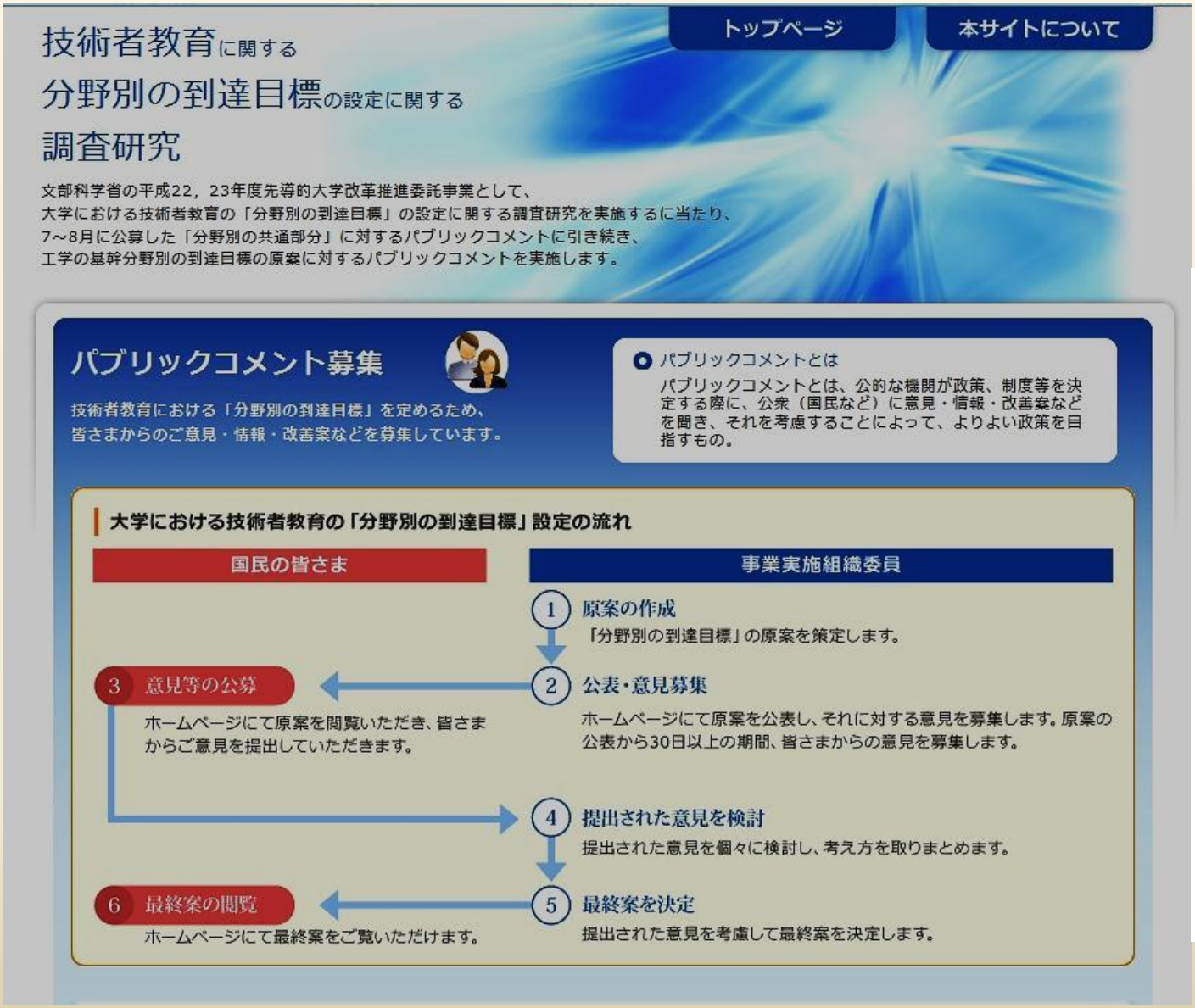
- 総合力・創造性と強く関連しているため，「総合的な学習経験と創造的思考力」に以下の目標を設定

	コ ア	要 望
総合的な学習経験と創造的思考力	各種の外的・内的制約条件と，問題解決のために解くべき課題を挙げ，この課題を整理・分析して，制約条件下で課題を解決できる解を提案できる.	各種の外的・内的制約条件と，問題解決のために解くべき課題を挙げ，制約条件下で課題を解決できる最適解を見出し，これに基づいて，複合的な工学的問題の創造的解決を図ることができる. **与えられた問題や課題を解決するために必要な機能・機構，および制御方法を考案し，プロトタイプを製作することによって設計にフィードバックできる.**

– それぞれの科目群には，到達目標のイメージを示す**キーワード**と，学修に当たっての**配慮事項**を提示

- 中間まとめ案に対するパブリックコメントを通して，「コア」「要望」のレベルと配慮事項の記述を微調整

パブリックコメント募集のホームページと書き込み件数



パブリックコメント書き込み件数

- 共通部分　93件
- 分野別　134件

（平成24年1月17日）

- 機械分野　11件
- 電気電子分野　6件
- 土木分野　14件
- 建築分野　7件
- 化学分野　89件
- （バイオ分野はなし）
- 情報・通信分野7件

パブリックコメント及び，本事業におけるパブリックコメントの位置づけを説明.

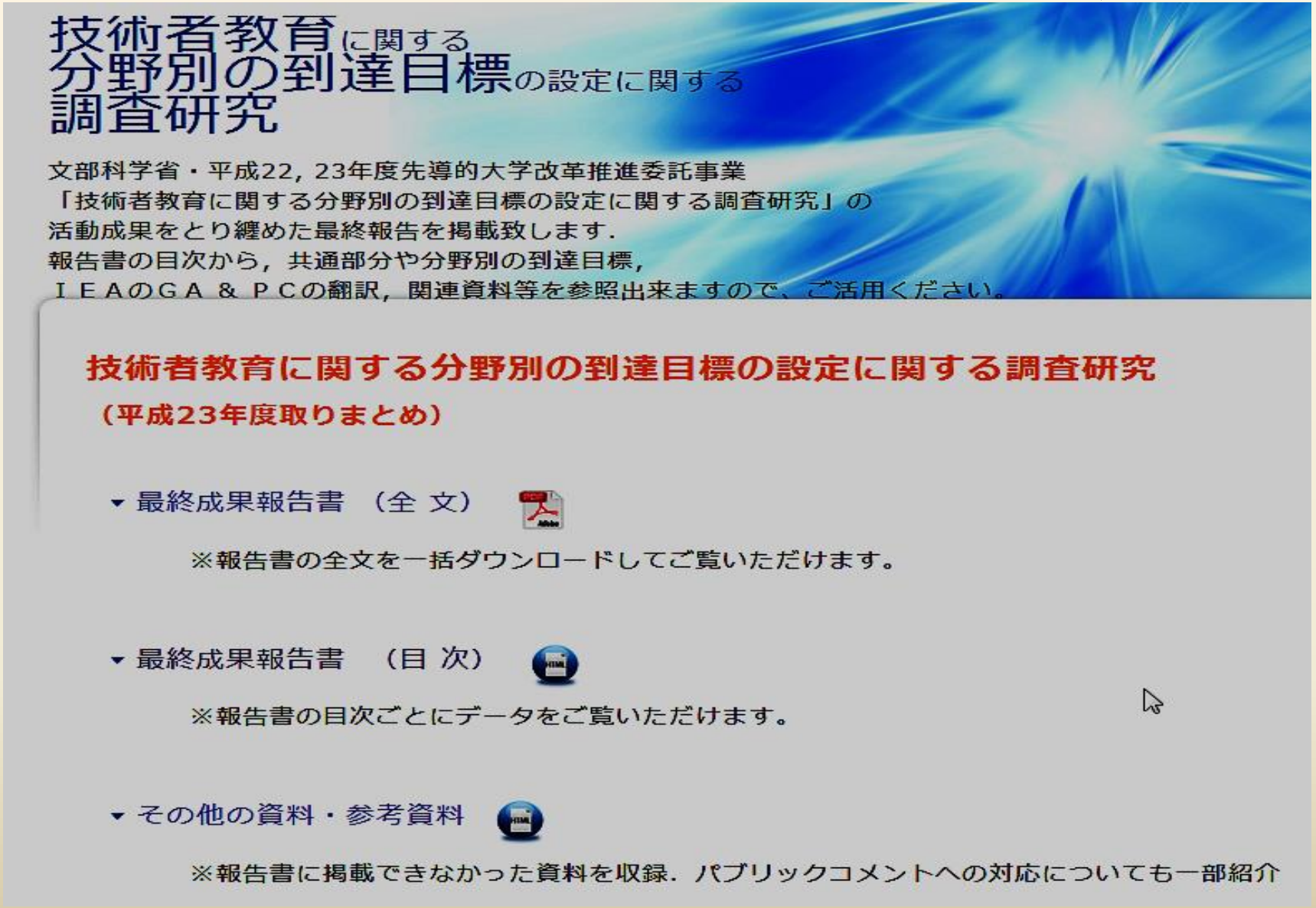
具体的な成果の広報による普及
学協会への紹介・意見募集を図った

- 日本学術会議へ訪問 （文科省とともに2回）
- JABEE （IEAのGAの翻訳連携，理事会で代表者が説明）
- 日本技術士会 （IEAのGAの翻訳連携，HPでパブコメ紹介）
- 日本工学教育協会 （理事会で代表者が説明）
- 国立大学53工学系学部長会議 （文科省より説明）
- 関東工学教育協会関東地区学部長等会議
（代表者が講演）
- 学位授与機構 （IEAのGA翻訳連携）
- 分野別の代表的な各学協会等の窓口へ

具体的な成果の広報による普及
最近の広報活動

- 国立大学工学部長会議で70校に報告書配付（コアメンバーの横浜国立大学・石原修工学部長から詳細説明），2012年5月．
- 新潟大学工学部でのFD研修（代表者が講演），2012年7月．
- ワークショップ：国際水準の技術者教育を実現するには？，工学教育研究講演会（代表者らが講演とパネルディスカッション，参加者約100名），2012年8月．
- 千葉大学をはじめ，複数の国立大学工学部で，到達目標の盛り込みによる教育課程の見直しを検討．

最終報告書等の成果を紙媒体に加え，情報発信サイトをWeb上に構築，資料掲載



http://hneng.ta.chiba-u.jp:8080/

本到達目標の位置づけ

- 本調査研究で提示した到達目標は，現段階で充分完成されたものとは考えておらず，また，関係者間での充分なコンセンサスを得られたものではない.
- 従って，これらを**1つの材料として，**各大学における教育課程の編成に係る議論が進む一方で，さらに充実した分野別の到達目標を目指す検討が行われることを期待したい.

教育への効果
大学の教育課程の体系化へ

- 社会人としての基礎的な能力の養成は，定型化された科目によらない．
- 従来の講義・演習でも，出来る限り対話型にする．
- 現場での体験型授業，PBLなど学生自らが実践する形の授業などを積極的に取り入れていくことで，
- 本調査研究の分野別到達目標を各大学の教育課程に有機的に盛り込んでいくことが可能となる

今後への期待

「不断の見直しを」

- 今後、到達目標等の**評価手法の確立**が急務.
- **到達目標と評価が揃うことで，PDCAが可能**となり，技術者の質保証を強力に後押しできる.
- 到達目標は，科学技術の進展と社会の要請の変化に応じて変化していくことと考えられる.
- 今後、**工学分野の教育内容に対する活発な議論と不断の見直しを通して工学教育としての質の向上につながること**を期待する.