東北大学における「医療工学技術者創成のための再教育システム」の実践

Progress of Recurrent Education for the Development of Engineering Enhanced Medicine
“REDEEM” at Tohoku University

山 野 真 裕^{*1}
Masahiro YAMANO

松 木 範 明^{*1}
Noriaki MATSUKI

沼 山 恵 子^{*3}
Keiko NUMAYAMA

武 田 元 博^{*2}
Motohiro TAKEDA

早 坂 智 明^{*3}
Tomoaki HAYASAKA

石 川 拓 司^{*3}
Takuji ISHIKAWA

山 口 隆 美^{*1}
Takami YAMAGUCHI

Tohoku University promotes the “REDEEM” project, which is a national project of Recurrent Education for the Development of Engineering Enhanced Medicine. This education system provides a curriculum for engineers who belong to bio-medical R&D. In Japan, most of industrial engineers have been excluded from systemized bio-medical education, while medical and co-medical personnel lack engineering education. This difference of backgrounds causes a discrepancy between medicine and engineering bringing difficulty in collaboration for development of medical equipments or drugs. In this project, we focus on the engineering side, and we try to develop and provide a bio-medical engineering course for engineers. In this paper, we report and discuss on the outline and the progress of the “REDEEM” project.

Keywords : Bio Medical Engineering Education, Cooperation of Medicine and Engineering, Cooperation of Universities and Enterprises, Recurrent Education, Curriculum, Lectures and Practical Training

キーワード：技術者教育，医工連携，産学協同，リカレント教育，カリキュラム，講義と実習

1. まえがき

東北大学において実施している「医療工学技術者創成のための再教育システム」(Recurrent Education for the Development of Engineering Enhanced Medicine, 以下REDEEM)は，先端技術と医療の双方に通じた実務家の養成を目指した新しい教育コースである。特に，先端技術をもって医療の発展を先導できる人材として，医学や工学といった従来の専門分野を超えた境界融合的な先端技術に精通した研究者や上級技術者，また，先端技術を医療に応用できる医療従事者など，時代の要請にこたえる職業人を養成することがこの教育コースの目標である。このプロジェクトは，文部科学省科学技術振興調整費・新興分野人材養成のプログラムとして，平成16年度から平成20年度にわたる5ヵ年計画で実施しているものである。

我が国の科学技術基本計画を見ると，第2期¹⁾において，ライフサイエンスは，重点推進4分野の一つと位置付けられ推進されてきた。更に，現在の第3期²⁾においては，理念の一つとして「健康と安全を守る」ということが掲げられ，政策が進められている。このような我が国の政策方針を鑑みると，科学技術とその出口としての医療を担う人材の育成は急務である。また学際的にも，医工連携は，現在注目される分野の一つ³⁾であり，工学的立場⁴⁾や医学的立場⁵⁾からの交流が盛んに行われている。また，本プロジェクト以外にも，ほぼ同時期において情報学と医学の学際分野における社会人再教育の取り組み⁶⁾が実施されているなど，境界融合が加速している。そして，2008年には，東北大学において，我が国初の医工学研究科が認可され開設された。

医療を支える工学技術は日進月歩であり，今日の医療関連産業を担う技術者も新たな知識や技術の習得が求められている。また，医工学に関する新しい産業分野を切り拓くためには，医学あるいは工学などの従来の専門分野を超えた境界融合的な知識と視野をもつ研

平成20年6月25日受付

※1 東北大学大学院医工学研究科

※2 東北大学大学院医学系研究科

※3 東北大学大学院工学研究科

究者や技術者、医療従事者を目的意識的に育成することが不可欠である。このような人材の育成のためには、医学、工学の両面における基礎の確立が決定的に必要である。しかしながら、これまで我が国においては、社会人を対象とした、医工連携のための基礎からの教育プログラムは限定的な存在⁷⁾であった。また、医学や生体に関する学習機会を持たないまま就職し、技術者や研究者として、医工学に関連する業務に従事する者も多数にのぼる。このような工学系の技術者が、新たに医学や生体を学ぶにあたっての困難さは、背景として積み上げてきた環境の違い⁸⁾に大きく影響を受ける。

本プロジェクトでは、社会人技術者を主要な対象としたカリキュラムを実際に実施して教育を行うと共に、教育効果の測定や受講者の反応に基づく、教育システムとしての評価を行う。

ここで、redeemという英単語は、上述のプロジェクト名の頭字語であると同時に、「(人々を)救済する」という意味をもったラテン語に由来する。このREDEEMプロジェクトは、前述のような現状を見据えて、従来からの技術者に新たな医工学分野の再教育の機会を提供し、人的な進歩発展を通じて社会に貢献していくという、このプロジェクトの思いを表現したものである。

本論文は、以上のような目的で開発した、カリキュラムの構成や実証成果について報告し、受講者の声として示唆される社会的需要を述べるものである。

2. プロジェクトの概要

2.1 目標

本プロジェクトは、次に示す目標を掲げて開始した。

(1) 養成する人材像

本プロジェクトでは、医療の現場と、医療機器(診断、治療)の開発製造に関わる企業において、医療工学に関する技術開発およびその実地の応用等に従事し、医療技術を革新することができる技術者を創成することを目標とする。この再教育システムを通じて、医療現場や必ずしも既存の医療関連産業分野に限らない広範な産業分野の専門家を再教育することによって、従来、目的意識的に育成されてこなかった、医学と工学技術の両方の分野に精通した人材を養成する。

(2) 養成目標人数

本プロジェクトの5年度終了時において、220名の人材養成を目標とした。

(a) 人材養成計画3年度終了後の目標：120名

(b) 人材養成計画5年度終了後の目標：220名

2.2 育成するスキルに関する方針

REDEEMプロジェクトで実施するカリキュラムは、養成する人材像に向けての第一歩となる、基礎からの体系的教育に位置付けることとした。これは、専門分

野を将来にわたって切り拓いていくためには、基礎が確立されている人材にこそ応用において強みがあり、深みと広がり期待できる、という認識に基づくものである。基礎の確立に向けた方針として、次に示す共通の資質を有する人材育成を目指す。

〈技術・知識的側面〉

(a) 医学、工学、および、関連分野に関する幅広い技術・知識を有する人材

(b) 専門分野における研究、開発、および、応用を理解するための素養を有する人材

〈心理的側面〉

(a) 医療関連産業において、心理的抵抗なく新規分野の技術開発を推進できる人材

(b) 臨床現場において、心理的抵抗なく新規技術の臨床応用を推進できる人材

2.3 カリキュラムの概要

(1) 主要な対象となる受講者像

REDEEMカリキュラムは、社会人として企業等で研究・開発の経験を積んできた者や医療現場に従事してきた者を受講者として想定している。取り分け、社会人技術者・研究者を主要な対象として設定する。受講の応募資格としては、以下の点を掲げている。

(a) 医療関連産業や医療現場等に従事している社会人、もしくは、今後従事することを希望している者。

(b) 工学部・理学部・農学部・医学部・薬学部等の大学卒業程度以上の能力を有する者。

(c) カリキュラムにおいて設定する、修了要件への到達を目標として、積極的に受講する意思のある者。

(2) 教育手法

カリキュラムの概要を、図1に示す。主要な受講者像として設定した人材が、効果的に、医工学の基礎から体系付けて学ぶことができるように配慮して、講義、実習によるプログラムを構成した。講義では、基礎生物系、基礎医学系、臨床医学系、社会医学系、工学系の科目を扱う。実習では、基礎生物系、基礎医学系に関する内容を体験的に学ぶ。また、講義内容を動画収録しe-Learningコンテンツとして整備し、予習・復習を支援する。特に、実習を通じて、体験的に生体や医療の基礎を学ぶことに重点を置いた。

(3) 開催方法

本カリキュラムの主要な育成対象である社会人の技術者や研究者の行動様式、および、本プロジェクトに先立って実施した予備的事業の調査結果⁹⁾を考慮し、集中的な開催を基本とする。

具体的には、養成目標人数、および、会場定員を考慮し、集中的プログラムとして、集中講義を年2回、実習を年3回実施することとした。集中プログラムは、講義、実習ともに、1回の開催あたり5日間で計20コ

図1 REDEEMカリキュラム概要

マの開講，即ち，90分授業を各日4コマ開催することとした。この集中的プログラムは，東北大学のキャンパスにおいて開催するものである。

また，同調査結果によると，関東地域からの参加希望者が比較的多数を占めており，土日に東京での開催を希望する声が多数挙げられた。そこで，出張講義と命名し，月1日，土曜日に，東京に会場を確保して講義を開催することとした。これにも集中講義と全く同じ担当講師を派遣し，1日3コマの開講を年に8回，計24コマを実施する。

(4) 科目構成の方針

基礎となる内容のうちでもとりわけ，基礎生物系，基礎医学系の科目に重点を置くこととした。主要な対象とする社会人技術者の大半が，医師等の医療関係者に対して，最も隔たりがあるのが，生体や医療に関する学習経験であるからである。この学習経験，即ちバックグラウンドの違いが，言葉の違いを生み，医療機器開発等に際してもコミュニケーションに影響を及ぼす。そこで，本カリキュラムでは，技術者と医療関係者との言葉の違いを埋めるための道筋をつけるための内容に重点を置く。

集中講義は，5日間20コマのプログラムで構成し，科目配分は，次のとおりである。

- (a) 基礎生物系：4コマ
- (b) 基礎医学系：6コマ
- (c) 臨床医学系：6コマ
- (d) 社会医学系：0～2コマ
- (e) 工学系：1～3コマ
- (f) 実習ガイダンス：1コマ

また，実習も5日間20コマのプログラムで構成し，科目配分は，次のとおりである。

- (a) 基礎生物系：12コマ

- (b) 基礎医学系：8コマ

(5) 修了の認定

本プロジェクト期間の5年間に於いて実施するカリキュラムでは，次の所定の要件を満たすことでカリキュラムを修了したものとして認定することとした。

〈修了要件〉

講義と実習において，以下のコマ数を履修した場合，カリキュラムを修了したものとして認定する。

- (a) 講義：20コマ以上の受講
- (b) 実習：20コマの受講

ただし，実習を受講するためには，以下に示す指定科目の10コマを含む，合計20コマ以上の講義を，事前に履修しておくことを必須とした。

〈指定科目〉

- (a) 生物学：1コマ以上
- (b) 分子細胞生物学：2コマ以上
- (c) 解剖生理学：6コマ以上
- (d) 実習ガイダンス：1コマ

この修了の認定は，講義と実習とで会場定員による受入可能人数に差があることや，社会人技術者を主対象としているという観点から，年度をまたいでの受講も認め，上記の要件に到達した時点で修了認定することとした。また，本カリキュラムは，社会人技術者を主対象とした専門コースであり，学位取得の課程とは異なる位置付けにある。従って，本プロジェクト期間においては，修了認定のための評価を目的とした試験やレポート等を課すことは行わず，受講者の学びたいという思いでの，主体的な出席をもって修了認定することとした。

上記の要件を満たしてカリキュラムを修了した受講者には，本プロジェクトの主催者である東北大学医療工学人材育成委員会より修了証を授与することとし

た。なお、修了した後も、講義会場の定員が許す限り、講義の再受講を認めることとし、受講者が更に理解を深めることができるように配慮した。

3. カリキュラムの実践

(1) 開催プログラム

平成16年度から18年度の3年間に於いて、表1に示す回数およびコマ数のプログラムを開催した。集中講義および実習は、東北大学内のキャンパスにおいて、月曜から金曜の5日間にわたり、各日4コマを開催する。また、出張講義は、東京の特設会場において、月1回土曜に、各日3コマを開催する。講義については、会場定員が許す限り、基本的に自由に受講できる形態とした。実習については、会場・設備等の都合、および、初年度の16年度の開催経験から、基本的に定員18名と設定した。そのため実習では、事前にエントリーを受け付け、登録者のみ受講を許可することとしている。

(2) 開講科目

平成16年度から18年度の3年間に於いて開講した科目は、表2に示すとおりである。主要な受講者である社会人技術者・研究者が、生体や医療に関する知識・経験の底上げを図ることができるように、科目構成の方針に沿って、集中講義、出張講義、および、実習のプログラムを構成した。

本プログラムでは、特に、実習を通じて実際に手を下し、体験的に生体や医療の基礎を学ぶことに重点を置くものである。そして、実習に関連する知識を事前に講義で学んでおくことによって、講義の知識を実習の体験によって深めることを意図している。そのため集中講義では、実習受講のための指定科目を履修できるように、毎回必ず開講する。出張講義においても、年間8回各3コマを受講すれば、実習受講要件に到達できるようにプログラムを組んだ。

(3) 主要科目の概要

講義は次のような内容で構成されている。生物学では、地球の歴史と生命の誕生から、代謝と循環、生殖と発生、遺伝と変異、生物圏と人類、進化のしくみなどを学ぶ。分子細胞生物学では、細胞のなりたちや構造、細胞の振る舞いとして、細胞周期と細胞分裂、DNAの複製、遺伝情報の発現と細胞分化、シグナル伝達等、また、先端研究におけるトピックスが解説される。解剖生理学では、生命体の基本的な構造と機能

に関する生物学的知識、とりわけ人体の解剖と生理について、バイオメカニクスの観点も交えながら、基礎知識および考え方に重点をおいて概説される。臨床医学系の科目では、医学を学ぶための入り口となる基本的な考え方や、内科診断や外科治療、および、画像診断の実践について解説される。工学系の科目では、生体を理解するためのアプローチとなる基礎理論に関する内容から、臨床応用を目指した先端研究まで、様々な分野からの視点について解説される。また、実習ガイダンスは、受講者が1週間の実習を通して、より高い学習効果を上げられるように、1コマ分の時間を設定して実施するものである。実習内容を概説するとともに、動物実習における倫理や、薬品や医療器具等の取り扱いに先立つ安全喚起を行う。これにより、医療における倫理やリスクの考え方の基本的一面を学ぶ。

実習は次のような内容で構成されている。分子生物学実習では、生体組織から遺伝子の正体であるDNAを取り出し、その一部の配列を試験管内で増幅させ、切断し、長さにより分離するという一連の操作を体験することにより、核酸の調整法、酵素の取り扱い、電気泳動法などの分子生物学の基礎的手技を習得する。生体組織は、ラットの肝臓を用いる。細胞生物学実習では、培養細胞にプラスミドDNAを導入して、細胞内小器官に局在する蛍光タンパク質を発現させ、蛍光顕微鏡観察をするという一連の操作を体験することにより、細胞の培養法と外来遺伝子導入法、顕微鏡の取り扱いなどの細胞生物学の基礎的手技を習得する。生理学実習では、心臓の機能・性質をテーマに取り上げて、Langendorff実験を実施する。心臓は、調律の源を自分自身に持っており、適切な酸素と栄養素の供給があれば、他の臓器に依存せずに拍動し続けることができる。このことは、心臓を体外に取り出しても、あるいは、他の個体に移植しても動作を続けることを保

表2 開講科目の内訳（16年度～18年度合計）

区分	分野	科目	コマ数
講義	基礎生物系	生物学	12
講義		分子細胞生物学	14
講義	基礎医学系	解剖生理学	46
講義	臨床医学系	内科診断学	16
講義		外科治療学	15
講義		画像診断学	12
講義	工 学 系	生体材料学	6
講義		細胞工学	8
講義		生体力学	8
講義		データベース	3
講義		シミュレーション	1
講義		実習ガイダンス	7
実習	基礎生物系	分子生物学・細胞生物学	84
実習	基礎医学系	生理学・解剖学	56
計			288

表1 カリキュラムの開催

	集中講義	出張講義	実 習
16年度	1回 20コマ	—	1回 20コマ
17年度	2回 40コマ	8回 24コマ	3回 60コマ
18年度	2回 40コマ	8回 24コマ	3回 60コマ
計	5回 100コマ	16回 48コマ	7回 140コマ

講義148コマ、実習140コマ、計：288コマ

障するもので、心臓のこの性質がなければ心臓移植は考えられない。本実験では、心臓の収縮の働きが薬剤によって変化する様子を観察する。使用動物は、日本白色種9週令メスのシロウサギとし、講師による心臓摘出のデモンストレーションから開始する。解剖学実習では、生理学実習と同様にウサギを用い、受講者が2人1組となって、医師をはじめとした講師の指導の下、解剖実習を実施する。以上により、体験的に生体への理解を促し、知識経験を獲得することのできる内容で構成されている。

(4) 受講者の状況

平成16年度から18年度の3年間に開催したカリキュラムにおいて、表3に示すとおり、受講者を受け入れた。受講者の分布状況は、図2に示すとおりである。本カリキュラムを実施するにあたり、被養成者の主要対象として見込んでいた多数の人材の参加が得られた。受講者の60%以上が民間企業の在職者である。また、受講者の60%以上が、修士以上の専門性を有しながらも、本カリキュラムでの学習を望んでいる。

表3 受講者の受入状況

	登録者年度(累計)	修了者年度(累計)
16年度	21 (21)	20 (20)
17年度	62 (83)	51 (71)
18年度	88 (171)	62 (133)
計	220	—

(5) 開催の様子

開催の様子は、図3に示すとおりである。集中講義は、東北大学工学部内の医療工学21COE/REDEEM棟で開催した。実習は、東北大学医学部内に設置した専用のCOEコラボ実験室、及び、医学部学生用解剖実習室で開催した。また、受講者の声を反映し、東京において講義を開講することとした。この出張講義は、17年度より、学術総合センター（東京都千代田区一ツ橋）を会場として開講した。

4. カリキュラム実施を通じて得られた成果

(1) カリキュラムに関する調査の実施

前述のとおり、開発・実施してきたカリキュラムの

図2 受講者の分布状況

集中講義（仙台会場）

分子生物学・細胞生物学実習

解剖学実習

出張講義（東京会場）

図3 開催風景

有効性を検証するために、プログラムの開催に際して、次の調査を実施した。

- (a) アンケート調査
- (b) 知識調査

この調査により、心理的側面、及び、知識的側面における教育効果の測定、また、受講者の反応の収集を行った。

アンケートは、授業科目に関する満足度調査を行うこと、及び、心理的側面での教育効果の測定を行うことを目的としている。設問は、(1)科目ごとの満足度に関する調査を行うもの、(2)自由に意見を聞くもの、(3)授業の受講前と受講後の理解度を自己評価させるもの、により構成している。

理解度自己評価の測定は、授業科目の理解度に関し

て、受講前と受講後の受講者の自己認識を調査するものである。受講前と比較して、受講後の理解度に変化があるかということ、受講者自身により評価することで、心理的側面の変化を測定している。理解度自己評価の測定基準としては、次の5段階とした。

- 1：全く知識を有していない。
- 2：名称を聞いたことがあるという程度。
- 3：ある程度の知識を有している。(人に概説できる)
- 4：実務に利用できる程度の能力がある。
- 5：ほぼ完全に理解していて、人を指導することができる。

知識調査は、知識面での教育効果の測定を行うことを目的としている。講義内容に関する具体的知識の獲得度合を把握するため、選択回答式の設問を準備し、

受講前後での理解度自己評価の変化
(16～18 年度講義全体)

(a) 理解度の変化

受講前後での理解度自己評価の分布変化
(16～18 年度講義全体)

(b) 分布変化

図4 講義の理解度自己評価の測定結果 (延べ858名の回答による)

受講前後での理解度自己評価の変化
(16～18 年度実習全体)

(a) 理解度の変化

受講前後での理解度自己評価の分布変化
(16～18 年度実習全体)

(b) 分布変化

図5 実習の理解度自己評価の測定結果 (延べ463名の回答による)

受講前後での知識調査結果の変化
(16～18年度講義全体)

図6 知識調査の測定結果
(受講前892名, 受講後874名の回答による)

受講前と受講後に同一の問題に解答してもらうことにより調査を実施した。

(2) 心理的側面における教育効果

講義, 実習における理解度自己評価の測定結果を, それぞれ図4, 図5に示す。同図によると, 講義・実習ともに, 総体として自己評価段階の向上が見られ, これは, 心理的な抵抗感の緩和に相当する。

(3) 知識的側面における教育効果

知識調査の測定結果を図6に示す。講義において実施した知識調査結果を, 100点満点換算し, 科目毎に平均点を算出したものである。同図によると, 受講前後での平均点が大きく上昇した。これは, 短期間での講義受講のみではあるが, 効率的に独学を進めるための基礎知識や学習ガイドラインを獲得したという観点では, 一定の寄与が見られたと推察できる。

(4) 受講者の反応

講義を経て実習まで受講修了した受講者123名に, プログラム全体に関するアンケートを実施したところ, 図7の結果が得られた。この調査結果によると, 本プログラムのような, 社会に広く開かれたカリキュラムの需要は高く, 受講者のモチベーションも非常に高いことがわかった。また, この結果を裏付けるように, 継続的な開催, 更なる拡充を望む声が多い。

5. あとがき

本論文では, 文部科学省科学技術振興調整費・新興分野人材養成「医療工学技術者創成のための再教育システム」における, 東北大学での3年間の実施成果について述べた。得られた調査結果において見られるのは, 開かれた教育システムへの需要, とりわけ医工連携分野に関しては, 産業界では得がたい生体・医学系の学習機会の需要の高さである。この, 学びたいという受講者の強い思いが, 再教育システムとしての価値

カリキュラムに参加した動機を教えてください (複数回答可)

(a) 参加動機

参加の動機は満たされましたでしょうか

(b) 参加動機への満足度

図7 アンケートによる受講者の反応

を高め, 量的にも質的にも改善を促していくものと確信する。

謝 辞

本プロジェクトの推進にあたり, 文部科学省, 科学技術振興機構の関係諸氏をはじめ, 産学より参画頂いた運営委員及び講師の先生方, 受講者として貴重なご意見を頂いた皆様方に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 内閣府 総合科学技術会議: 科学技術政策 第2期科学技術基本計画, Webページ, <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/kihon.html>, 2001, 参照日: 2008-6-10
- 2) 内閣府 総合科学技術会議: 科学技術政策 第3期科学技術基本計画, Webページ, <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/kihon3.html>, 2006, 参照日: 2008-6-10
- 3) 山口隆美: 医療工学-工学による医療の再編-特集号発刊に際して, 日本機械学会誌, 109-1047, pp.85, 2006
- 4) 和田成生: 工学的立場から見た医工連携のための技術者再教育, 日本機械学会誌, 109-1047, pp.106-107, 2006

- 5) 武田元博：医工連携のための技術者再教育プロジェクト(医学からみた), 日本機械学会誌, 109-1047, pp.104-105, 2006
- 6) 田中 博：東京医科歯科大学 科学技術振興調整費 新興分野人材養成 バイオ医療オミックス情報学人材養成プログラム, Webページ, <http://bio-omix.tmd.ac.jp/>, 2005, 参照日：2008-6-10
- 7) 高倉公朋, 岡野光夫：東京女子医科大学バイオメディカル・カリキュラム, Webページ, <http://www.twmu.ac.jp/ABMES/c-01.html>, 2001, 参照日：2008-6-10
- 8) 鴨下重彦, 大橋秀雄, 大垣眞一郎：医学教育と工学教育について考える, 工学教育, 54-4, pp.3-10, 2006
- 9) 東北大学, アドバンスソフト株式会社：経済産業省平成14年度補正事業「バイオ人材育成システム開発事業」報告書「医療工学の指導的人材の育成」, 2004

著 者 紹 介

山野 真裕

1975年岡山県生まれ。

学 歴：2008年より東北大学大学院医学研究科博士後期課程在学。現在に至る。

職 歴：1999年日本電信電話株式会社等を経て、2003年よりアドバンスソフト株式会社に在職。産学官連携プロジェクトの事業企画・調査・運営業務等に従事。現在に至る。

学 位：修士（理学）（岡山大学, 1999年）

表 彰：筑作賞（岡山県津山市, 1995年）

所属学協会：日本工学教育協会

連絡先：yamano@redeem.jp