

2020.01.21

第2回原子力委員会  
資料第1-1号

京都大学

大学院工学研究科原子核工学専攻  
工学部物理工学科原子核工学コース

## 教育の現状と課題

原子核工学専攻

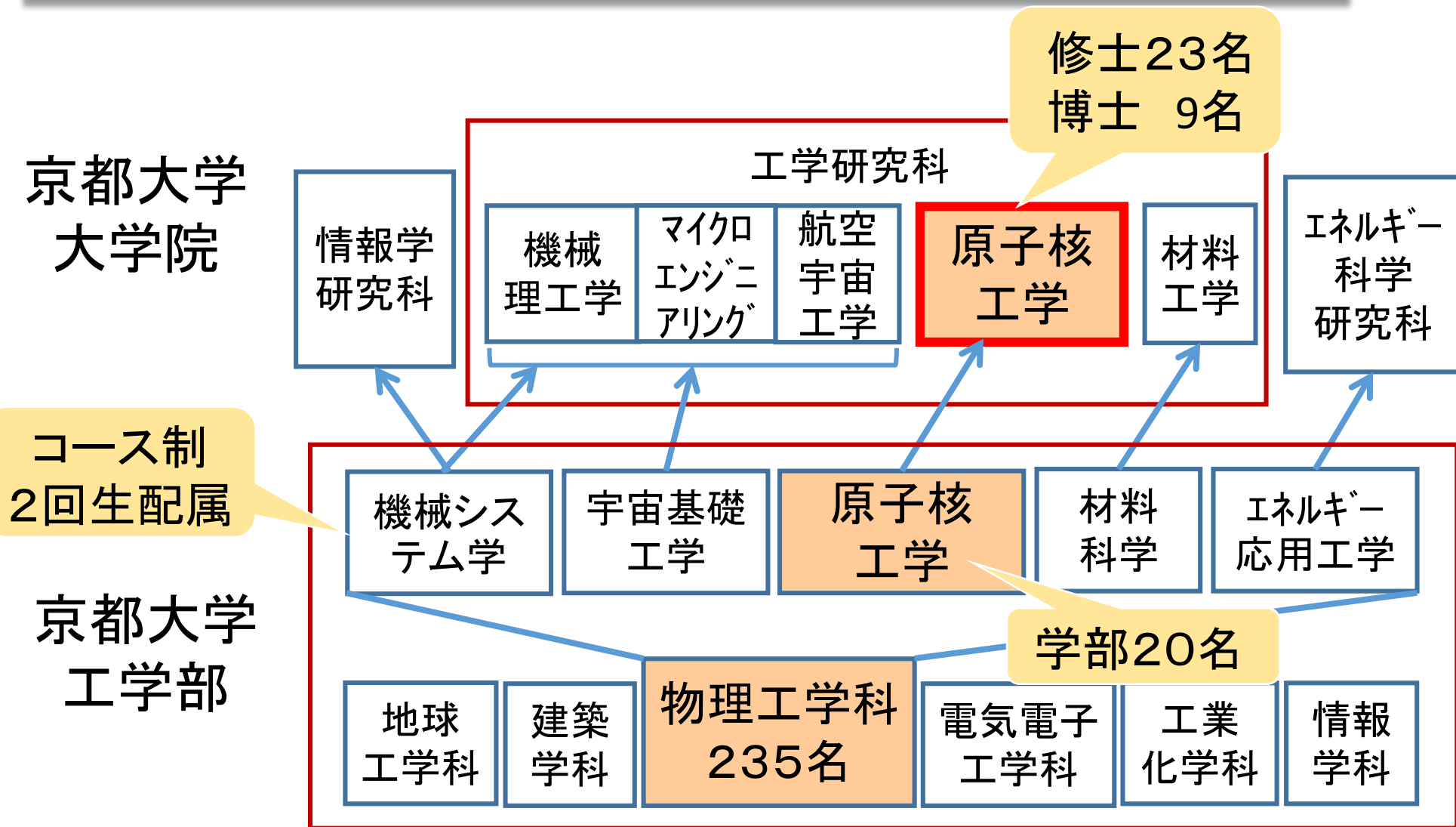
高木郁二

複合原子力科学研究所 中島 健

<https://www.ne.t.kyoto-u.ac.jp/ja>

<http://www.s-es.t.kyoto-u.ac.jp/nuc/ja>

# 学部学科と専攻との関係



1994年に大学院重点化と工学部改組

# 教育研究組織

## 4つのグループ

グループ	研究内容	所属*	分類
1(流体、物理)	混相流、エネルギー変換、原子炉安全	原子核	エネルギー
	核融合炉プラズマの制御、閉じ込め	原子核	
2(材料・化学)	原子炉・核融合炉材料、廃棄物処理処分	原子核、QSEC	
	アクチノイド化学、分離変換	複合研	
3(ビーム)	量子ビーム、原子衝突、クラスター粒子	原子核、QSEC	量子科学
	中性子捕捉療法、放射線の医学応用	複合研	
4(放射線・基礎)	放射線検出器、冷中性子	原子核	
	中性子源、核反応・核変換、安全評価	複合研	
	中性子光学、中性子ラジオグラフィ	複合研	
	物理学の基礎理論、量子情報	原子核	基礎・物理

\* 原子核  
QSEC  
複合研

工学研究科原子核工学専攻  
工学研究科量子理工学教育研究センター  
複合原子力科学研究所(協力講座)

学部、大学院  
学部、大学院  
大学院

講師以上  
13名  
10名

# 原子核工学教室の理念と教育方針

## ○理念

- ・ミクロな観点から量子テクノロジーを追求
- ・物質、エネルギー、生命、環境などへの工学的応用を展開
- ・循環型システム社会の構築を目指す

エ  
ネ  
ル  
ギ  
ー

量  
子  
学  
科

基  
礎  
・  
物  
理

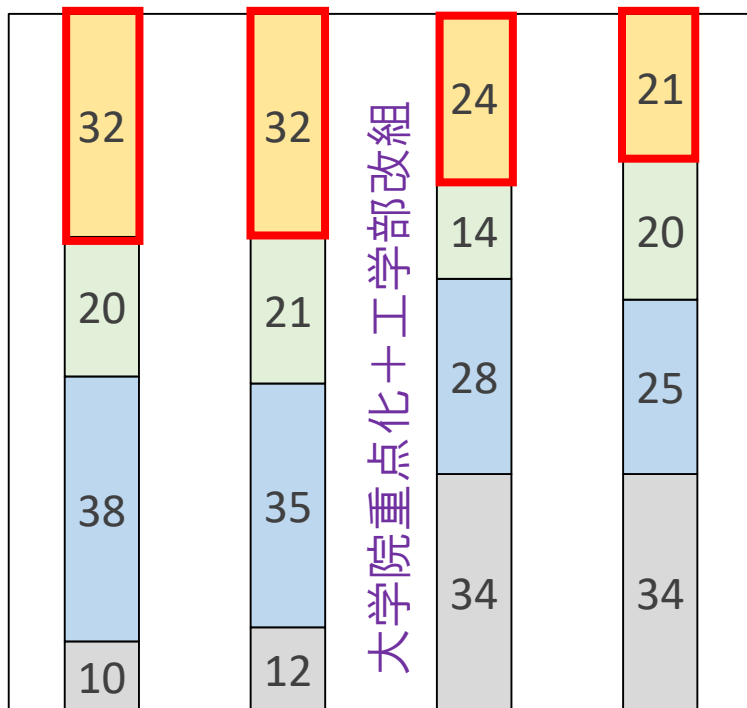
## ○教育方針

- ・体系的なカリキュラム、先端的な講義、少人数教育
- ・ミクロな視点からの高度な分析能力の修得
- ・問題の発見と解決に不可欠な総合的思考能力の育成
- ・ディスカッションとプレゼンテーション能力の養成
- ・目的意識と問題解決能力の涵養
- ・優秀な研究者や専門技術者の育成

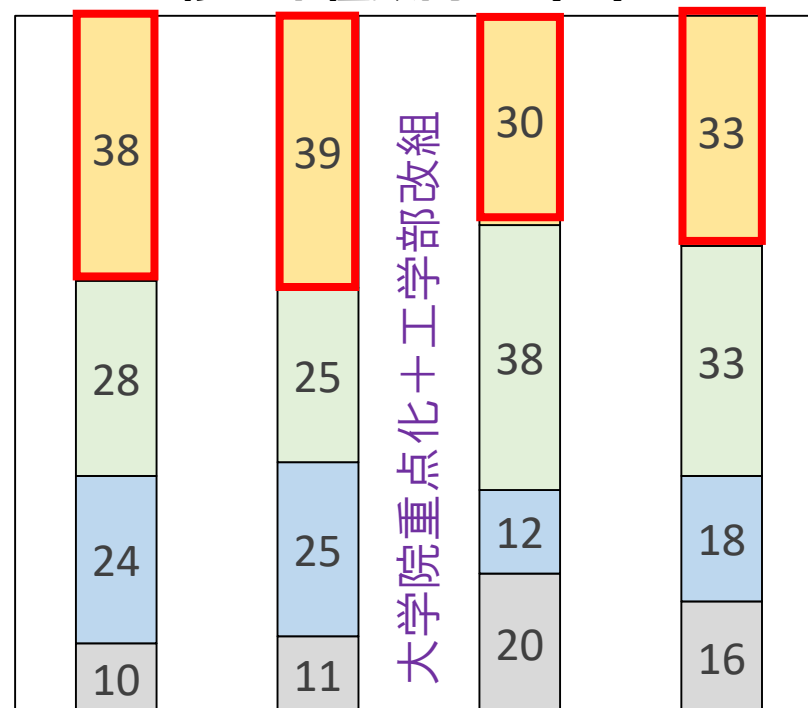
基礎重視、自主性尊重、実習実験重視

# カリキュラムの変遷

## 学部専門単位数内訳 (%)



## 修士単位数内訳 (%)



エネルギー

量子科学

物理・数学

工学一般

1977

1992

2001

2018

1977

1992

2001

2018

大学院重点化+工学部改組

大学院重点化+工学部改組

- ・ エネルギー 原子力（炉物理、炉工学、燃材料など）、核融合、安全
- ・ 量子科学 量子ビーム、放射線、計測、医工学
- ・ 物理学 量子力学、原子物理、核物理、統計熱力学、プラズマ
- ・ 数学 数学、工業数学、数学演習
- ・ 工学 機械、電気、化学、環境、数値解析など

# 履修科目フローシート

1 年前期	1 年後期	2 年前期	2 年後期	3 年前期	3 年後期	4 年前, 後期
人文・社会科学, 外国語, 健康・スポーツ等科目						特別研究1,2*
微分積分学 (講義・演義) A	微分積分学 (講義・演義) B	微分積分学 統論 I	微分積分学 統論 II	物理学演習1*	物理学演習2*	
線形代数学 (講義・演義) A	線形代数学 (講義・演義) B		工業数学F1*	工業数学F2	工業数学F3	
自然現象と数学		確率論基礎	数理統計			
情報基礎演習 (工学部)	情報基礎 (工学部)	計算機数学*		原子核工学実験1*	原子核工学実験2*	
物理学実験		計測学		量子線計測学*		
物理学基礎論 A	物理学基礎論 B	電磁気学統論*		応用電磁気学*	プラズマ物理学*	
			力学統論	加速器工学*	量子反応基礎論*	
			原子物理学*	量子物理学1*	量子物理学2*	核物理基礎論*
			流体力学1	エネルギー変換工学*	流体熱工学*	
		振動・波動論	統計物理学	統計力学*	中性子理工学*	
			固体物理学	原子炉物理学*	量子物性基礎論*	原子炉基礎演習・実験*
		材料力学1	材料力学2		システム工学	制御工学1
		熱力学1	熱力学2		放射化学*	
		原子核工学序論1*	原子核工学序論2*		材料物理化学*	
物理学総論A*	物理学総論B*					
基礎化学実験		生物・生命科学入門		生物物理学*		
基礎物理化学 (熱力学)	基礎物理化学 (量子論)	無機化学入門 A	無機化学入門 B	エネルギー化学1	エネルギー化学2	物理学英語*
図学 A		基礎有機化学 I	基礎有機化学 II		インターンシップ	工学倫理*
				工学部国際インターンシップ1, 2		

全学共通 特に履修を要望する科目  
全学共通 履修を要望する科目  
全学共通 配当科目  
専門科目 選択必修/必修  
専門科目 特に履修を要望  
専門科目 履修を要望  
  
● : 隔年講義 (偶数年開講)  
■ : 隔年講義 (奇数年開講)  
 \* : 原子核担当/分担

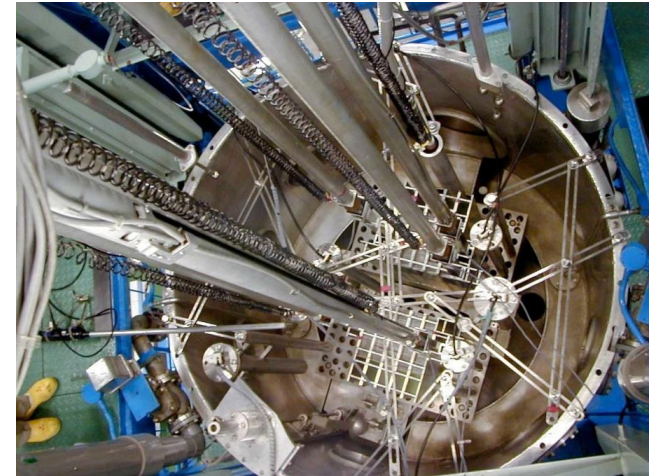
# 原子核工学実験（学部3回生の学生実験）

- ー 前期と後期に配当、8割以上が履修
- ー 4～5名の班が順番に受講、少人数教育

実験テーマ	内容
アナログ計測、デジタル計測、回路計実習	放射線測定の基本
放射線の検出	スペクトル測定、測定器の取扱
$\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線の吸収	放射線と物質との相互作用
RI安全取扱講習、放射化学	RI実験の基本、非密封RIの取扱
ウランの化学	核燃料取扱い、分離化学操作
中性子ビーム	中性子工学の基本
熱流体計測・沸騰熱伝達	原子炉工学の基本
PIXE・PIGE分析、RBS分析、電子ビーム	放射線利用、荷電粒子の運動
真空、電子顕微鏡、材料試験、機械工作実習	一般実験技術

# 原子炉基礎演習・実験(複合研) 学部4回生

- 複合原子力科学研究所臨界集合体KUCAを用いた、原子炉物理や放射線計測の基礎実験
- 臨界近接、制御棒校正、中性子束測定、運転実習など
- 1週間滞在して実験、7~8割が参加



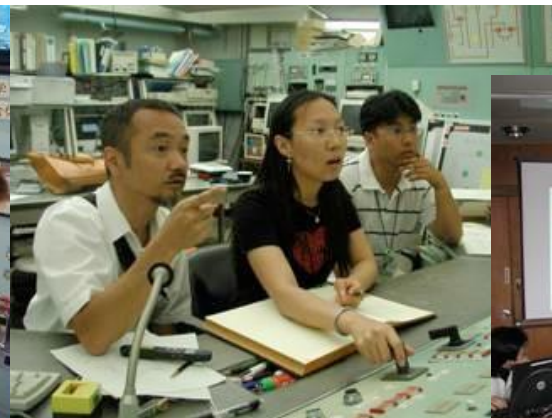
KUCA炉心



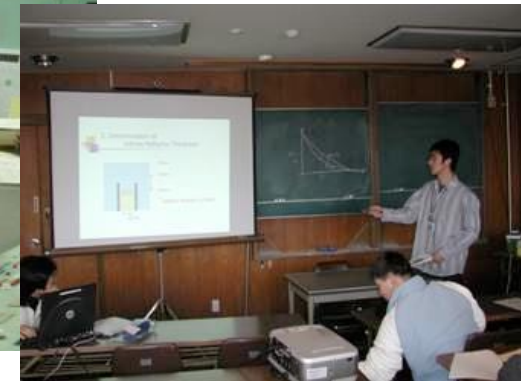
ウラン燃料操作



特性データ測定



原子炉運転実習



実験討論会



# 原子力工学応用実験(複合研) 修士課程

複合原子力科学研究所の研究施設を用いた、原子力工学に関連する応用実験

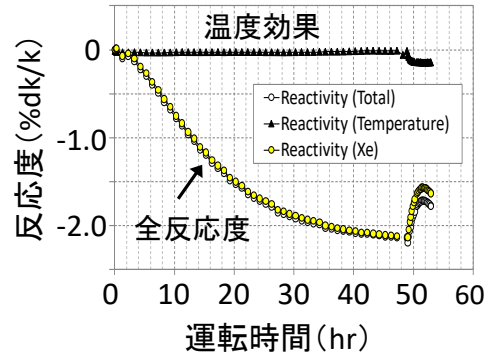
実験名称	実験項目	使用施設	目的
原子力工学 応用実験	①原子炉反応度測定	研究炉KUR及び 周辺実験設備、 ホットラボラトリ、 電子線ライナック、 陽子加速器FFAG、 臨界集合体KUCA	原子炉特性
	②粒子線光学実験		中性子光学特性
	③中性子場の線量測定		中性子場評価手法
	④アクチニド元素の抽出実験		再処理基礎
	⑤中性子飛行時間分析法		核データ測定手法
	⑥加速器ビーム実験		加速器工学基礎
	⑦未臨界実験		原子炉物理応用

以上の実験のうち、1つまたは2つを選択  
実施期間:1週間、参加人数:20名程度

# (参考)

## ①原子炉反応度実験(KUR)

KURの出力変化及び制御棒位置変化による反応度の変化を測定



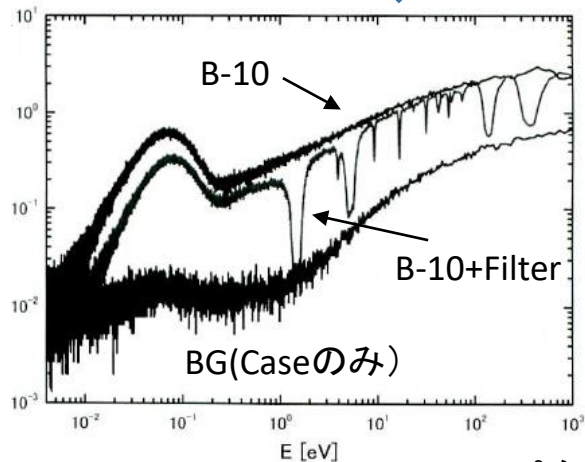
1→5MW時の反応度

## ③中性子場の線量測定(KUR)

BNCTに関わる硼素濃度測定、ファントムによる線量分布評価

## ⑤中性子飛行時間分析法

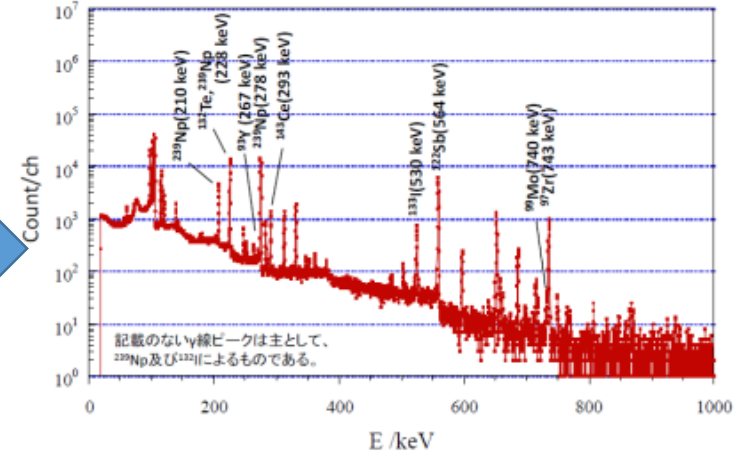
電子ライナックの中性子源を用いた中性子スペクトルと核データの測定



TOFスペクトル

## ②粒子線光学実験(KUR)

自分達で組んだビームラインで中性子反射実験を行い、中性子制御の基礎を学ぶ



溶媒抽出試料のγ線スペクトル

## ④アクチニド元素の抽出実験(KUR)

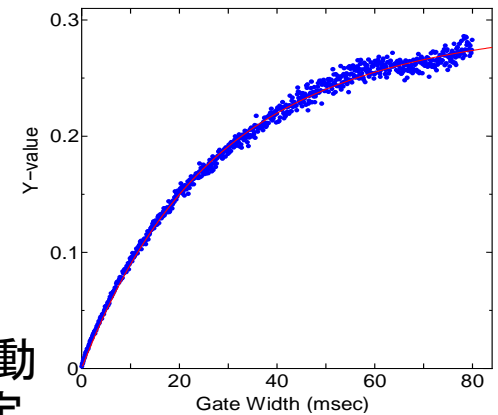
天然ウランに中性子を照射し、PUREX法を試行

## ⑥加速器ビーム実験

陽子円形加速器におけるビーム安定性、収束作用、シンクロトロン加速に関する実験

## ⑦未臨界実験(KUCA)

未臨界体系を構築し、未臨界度や動特性パラメータを複数の方法で測定



炉雑音測定法

# 大学院(原子核工学専攻)の入試

- 一 募集定員： 修士課程23名、博士後期課程9名
- 一 修士課程入試： 英語、工学基礎、専門科目(9科目中3問選択)
  - 学部で基礎を十分学んだ様々な分野の学生を受け入れる
- 一 専門科目：数学、量子力学、電磁気学、統計力学、物理化学、  
流体・熱工学、材料物性、放射線物理学、原子炉物理学

## 最近10年間の修士課程受験者数と合格者数

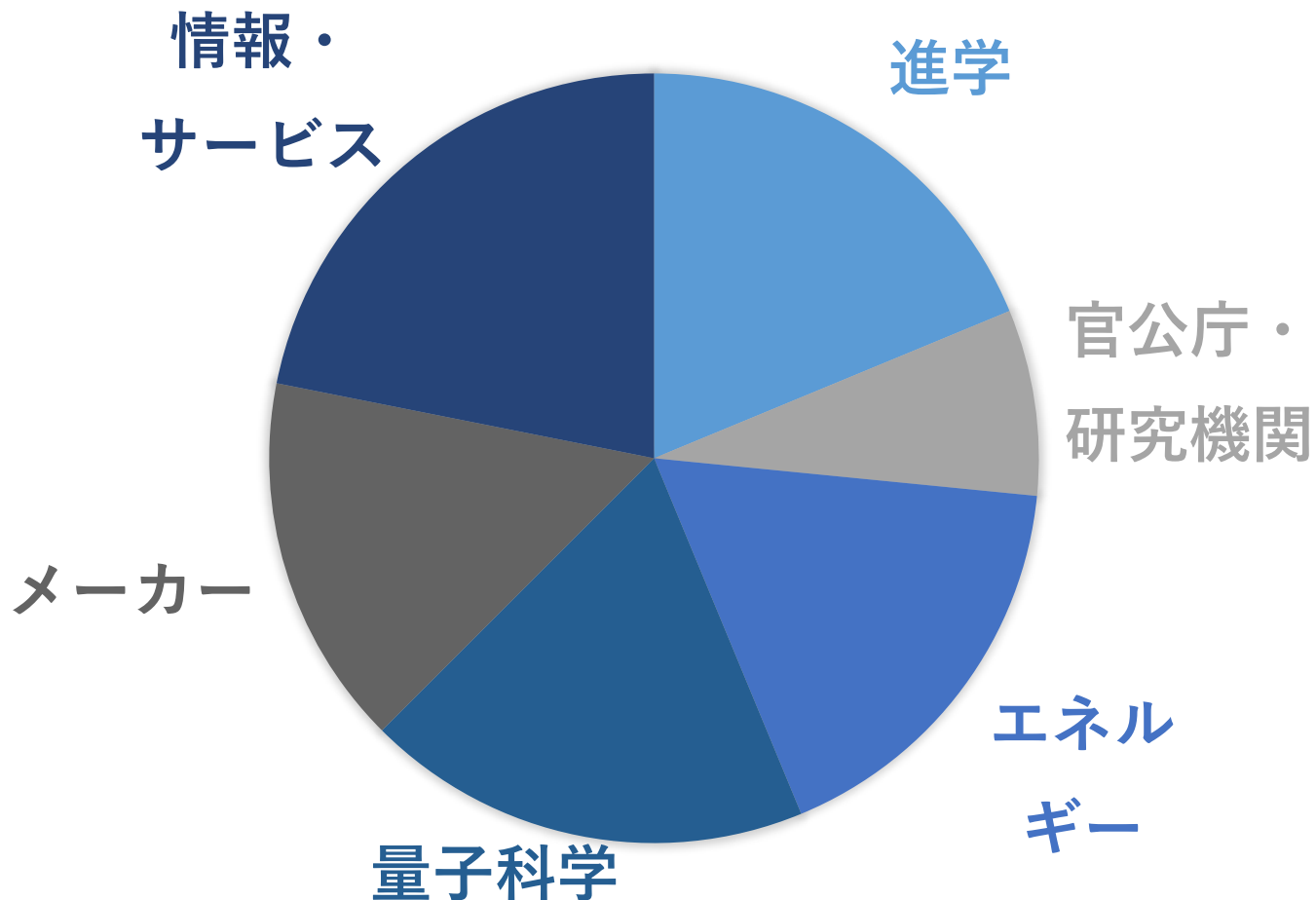
年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31
受験者数	25 (8)	33 (16)	33 (16)	31 (20)	34 (18)	32 (12)	31 (12)	25 (6)	29 (11)	30 (14)
合格者数	24 (7)	27 (12)	24 (6)	27 (16)	28 (12)	31 (11)	31 (12)	22 (6)	25 (7)	29 (13)

繰り上げ合格者を含む。( )内は外部受験者数で内数

# 原子核工学専攻修士課程の科目

- ・コア科目 課程を修了するために履修すべき基礎科目  
基礎量子エネルギー工学、基礎量子科学
- ・Major 科目 主たる学修専門領域を構成する専門科目  
量子科学、放射線物理工学、核エネルギー変換工学、  
核燃料サイクル工学、核材料工学、核融合プラズマ工学、  
中性子科学、原子炉安全工学、放射線医学物理学など
- ・Minor 科目 関連する副専門領域を構成する科目  
工学研究科共通科目
- ・演習・ORT On the Research Training 科目  
原子力工学応用実験、インターンシップ

# 進路 最近3年間の修士課程学生\*



エネルギー： 原子力、核融合、電力、重工業、燃料等  
量子科学： 医療機器、分析、半導体等

\*学部学生では90%が進学

# まとめ

- 「原子核工学専攻」は改組せず創設から現在に至っている
  - 原子核工学に必要な教育は専攻の教員で行っている
  - 実習実験を重視した少人数教育を行っている
  - 学部改組直後よりは原子力・放射線の専門科目が増えた
  - 修士課程学生の定員はほぼ充足している
  - 海外で発表、留学する学生が増えた
  - 学部留学生を増やす方向に進んでいる
  - 学生の就職は比較的順調である
- 
- 教員数の減少により、教育の負担が以前よりも増えた
  - 施設の老朽化により実習実験が困難になりつつある
  - 教育研究環境の悪化は、後継者不足を招く