



POLITECNICO
MILANO 1863

イタリアの原子力事情と大学教育
2019年度 海外情報連絡会 第3回講演会

2020年1月14日

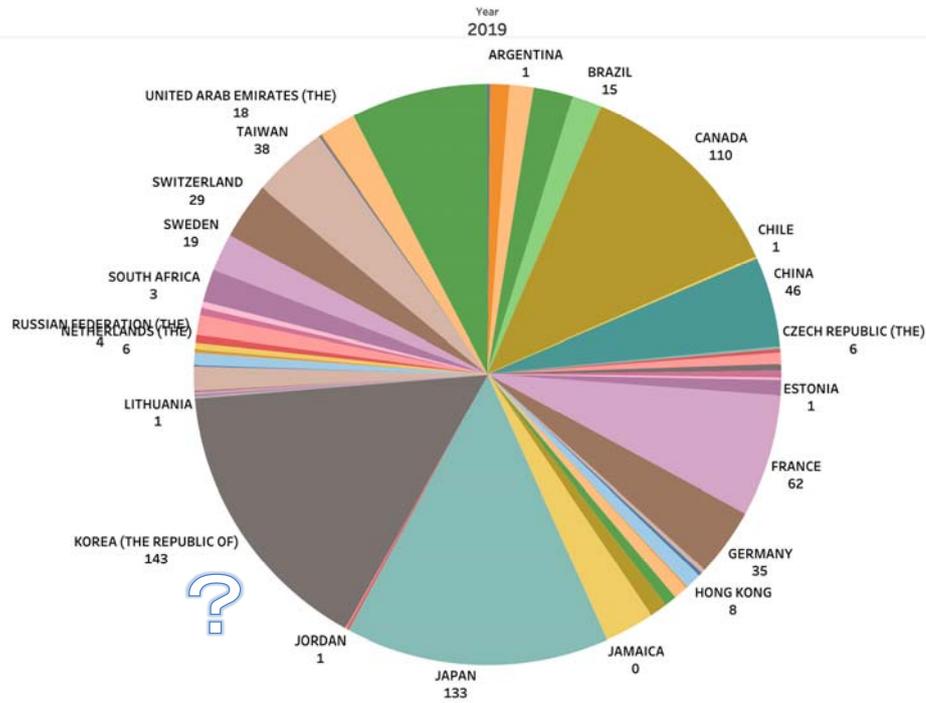
Prof. Hisashi Ninokata
Politecnico di Milano, Dept. of Energy
CeSNEF-Nuclear Engineering division

B12, Via La Masa, 20156 Milano, ITALIA
hisashi.ninokata@polimi.it

www.nuclearenergy.polimi.it



ANS IC Meeting - November 15, 2019



Evolution International Membership (3)

Country - Alpha ..	2012	2013	2014	2015	2016	2019
ARGENTINA	3	3	3	3	2	1
ARMENIA	0	0	0	1	1	0
AUSTRALIA	9	10	8	9	11	10
AUSTRIA	16	17	17	19	18	12
BELGIUM	18	21	16	15	13	20
BRAZIL	14	16	14	12	13	15
CANADA	138	142	133	117	103	110
CHILE	1	1	0	1	1	1
CHINA	20	27	31	37	45	46
COLOMBIA	2	3	1	2	2	1
CROATIA	2	4	3	3	2	2
CZECH REPUBLIC (THE)	6	6	4	3	3	6
DENMARK	1	1	1	1	1	3
ECUADOR	0	0	0	1	1	0
EGYPT	4	4	6	6	6	4
ESTONIA	0	1	1	0	0	1
FINLAND	15	14	15	13	12	8
FRANCE	89	85	64	64	52	62
GERMANY	46	46	41	35	35	35
GHANA	1	2	2	1	3	2
GREECE	2	2	3	4	4	2
HONG KONG	3	4	4	3	7	8
HUNGARY	1	1	1	1	1	1
INDIA	7	6	7	10	10	7
INDONESIA	3	3	3	3	4	6
IRELAND	0	0	0	1	0	0
ISRAEL	5	4	3	3	3	9
ITALY	24	23	25	23	24	25
JAMAICA	0	0	1	0	0	0
JAPAN	145	145	137	137	125	133
JORDAN	0	2	2	1	0	1
KOREA (THE REPUBLIC OF)	65	59	61	66	79	143
KUWAIT	2	2	2	2	1	1
LATVIA	1	0	0	0	0	0
LEBANON	0	1	1	1	1	0
LITHUANIA	1	2	1	1	1	1
MALAYSIA	0	2	2	3	5	1
MALTA	0	1	1	1	1	1
MEXICO	17	18	16	12	14	12
MOROCCO	1	1	1	1	1	1
NETHERLANDS (THE)	7	5	5	6	3	6
NIGERIA	2	1	1	2	2	1
NORWAY	3	3	1	2	1	0
PAKISTAN	1	2	0	0	0	0
PHILIPPINES (THE)	0	0	0	0	1	0
Poland	0	0	0	0	0	1
PORTUGAL	2	2	3	4	4	3
QATAR	2	1	2	2	1	0
ROMANIA	0	0	0	1	0	0
RUSSIAN FEDERATION (THE)	7	7	6	3	5	4
SAUDI ARABIA	7	6	11	37	37	10
SERBIA	0	1	0	0	0	0
SINGAPORE	2	2	1	0	0	0
SLOVENIA	4	5	3	3	3	4
SOUTH AFRICA	6	5	6	6	7	3
SPAIN	23	23	19	20	21	17
SWEDEN	19	21	19	19	15	19
SWITZERLAND	25	25	24	27	25	29
TAIWAN	30	32	32	34	35	38
THAILAND	5	2	1	1	1	1
TURKEY	5	3	1	0	1	0
UKRAINE	1	1	1	1	1	1
UNITED ARAB EMIRATES (THE)	18	21	20	22	20	18
UNITED KINGDOM	41	46	48	53	49	69
VIETNAM	0	2	2	1	1	0

現在から将来に向けた欧州のエネルギー戦略

その中でのイタリアの原子力事情の特殊性の歴史的経緯

- 国民性とイタリア法制史
- Referendum

伊の名目GDPは日本の45%
欧州4位、世界では8位(日本は3位)
国民一人当たり28位(日本は27位!)
(人口伊60Mvs日120M)
G8の中で唯一ゼロ原子力の特異点

ミラノ工科大学における原子力工学教育の現状と将来

- 研究者・技術者など世界の人材供給源
- 大学の生き残り戦略および将来の原子力エネルギー利用への貢献のあり方

A short overview

- 現在から将来に向けた欧州のエネルギー
- イタリアの原子力事情の特殊性の歴史的経緯
 - 国民投票制度(レファレンダム)
 - チェルノブイル、福島第一(11)事故
- ミラノ工科大学 Politecnico di Milano
- エネルギー工学科・部門 Department of Energy
- 原子力部門 CeSNEF – Nuclear Engineering Department
- 原子力教育事情
- Facts & Points

As of today, 126NRXs
in total (120GWe)
26% NE, 50% RE
NE share/each country

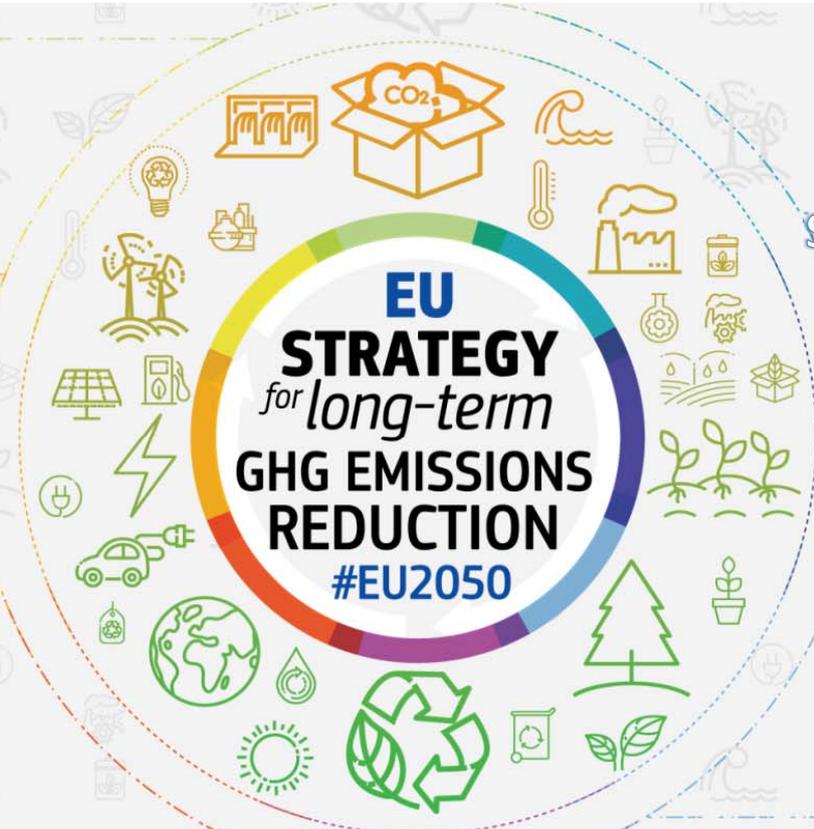
Nuc Industry
contributions to
Jobs created: 1.13M
(skilled 47%)
GDP **€507.4B**
Trade surplus **€18.1B**

NE origin **between 99-
121 GWe**

NE share in 2050: 15%

Challenges:
Germany, Austria;
New builds; RE; Brexit;
Finance; Public accept.

Finance Toxonomy



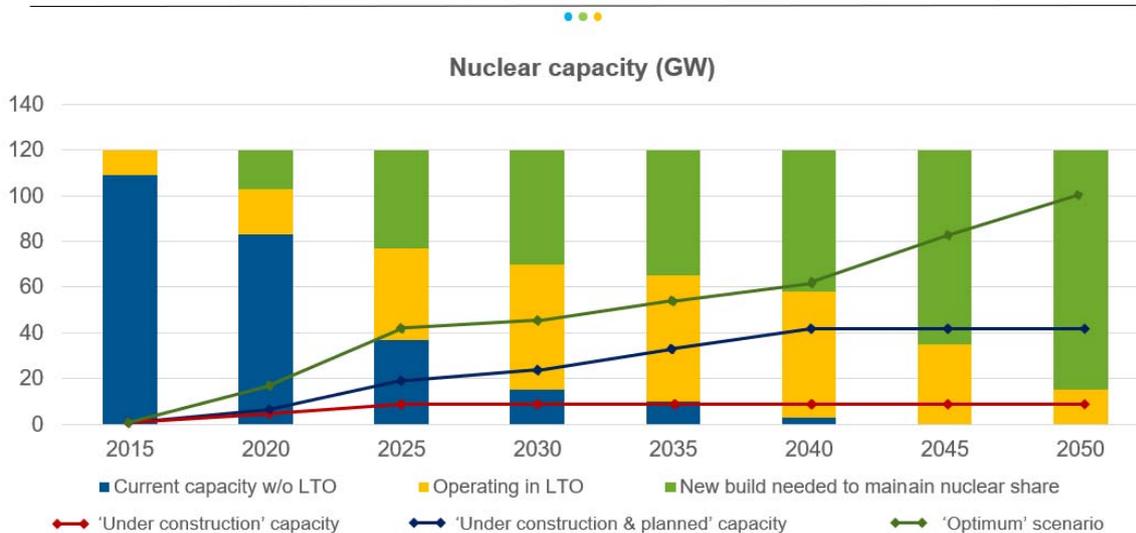
Courtesy of ENS
Fernando Naredo
Source; FORATOM

EU must support LTO –Long Term Operations with Life Extension

<https://world-nuclear-news.org/Articles/EU-must-support-extended-use-of-reactors,-says-For>

ININ: International Nuclear
Information Network
2020.01.14

Future of nuclear in the EU



*Source: PINC, European Commission, 2017
Estimated investment needs in LTO (until 2050): EUR 46,9 billion

SFANS (French Section of ANS)

ANS IC Meeting - November 15, 2019
Luc Van Den Durpel



French Governmental orientation / Multiannual Energy Program (1/2)

Confirmation by the French government that the closed fuel cycle is of strategic importance.

Diversification of the energy mix with the raise of the renewable, up to 14 reactors shut down by 2035 to reach 50 % of nuclear energy in power generation, depending on electricity prices, the mix of neighboring countries, the electric system margins.

After a government-led instruction with industrial bodies, a decision is expected to be taken mid-2021 regarding the construction of new EPR reactors

~ Pu-thermal

Mono-recycling back-end strategy to continue at least until 2040:
Prepare MOX fueling of part of the 1300 MWe reactors to accommodate for planned shutdowns of some 900 MWe reactors and ensure the robustness of the system

» Industrial mastery of reprocessing and recycling technologies: the enabler to move to advanced fuel cycle

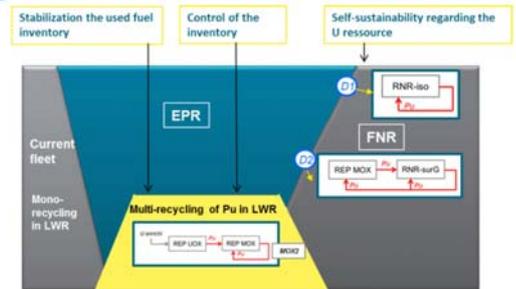
French Governmental orientation / Multiannual Energy Program (2/2)

Development of R&D program between CEA, EDF, Framatome and Orano to support closure of the nuclear fuel cycle

- Focusing in the middle term on Multi recycling of plutonium in PWR
 - Allowing to stabilize used fuel inventory and control Pu inventory
 - Experimental programme with loading of one test assembly in reactor around 2025-2028
 - Industrial deployment potentially envisaged in the 2040's in the renewed nuclear fleet
- Maintaining the perspective of a potential industrial deployment of a fleet of SFRs in the second half of the 21st century considering natural uranium availability

~ Bi-Recycle
Pu-thermal
+(FR) to
LWR+FR multi-
Recycle

Plutonium Multi recycling in LWR prepares the perspective of a potential industrial deployment of a **fleet of Fast Reactors** in the second half of the 21st century



11/17/2019

ANS IC Meeting - November 15 2019

A short overview

ININ: International Nuclear Information Network
2020.01.14

12

- 現在から将来に...戦略
- イタリアの原子力政策の特殊性の経緯
 - 国民投票
 - チェルノブイリ、福島事故の
- ミラノ工科大学 Politecnico di Milano
- エネルギー工学科 Dipartimento di Energia
- 原子力部門 CeSNEF – Nuclear Engineering Division
- 原子力教育事情
- **Facts & Points**

将来イタリアは原子力に復帰?

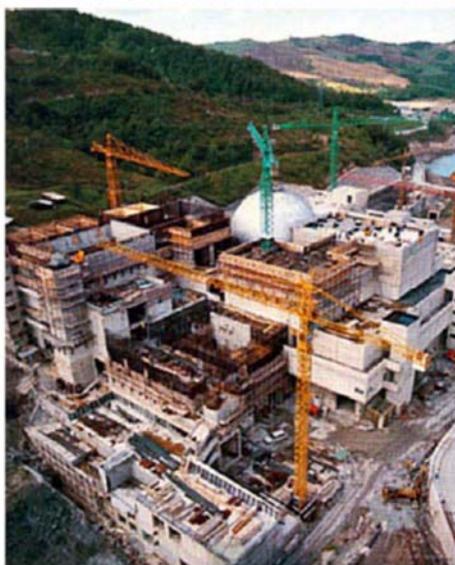
R &Ds

- 第二次世界大戦直後民間CISE (Fiat, Edison, ..)
- 1952 CNRN →1960 CNEN (伊AEC) →1982 ENEA
Ispra/Casaccia/Brasimone/Bologna, .. 現在は廃炉、廃棄物処分、中小型炉、GEN-IV、
加速器ADS、核融合炉、
- 研究炉 1st in ミラノ工大 (1957) 以降14基(以上)稼働 Triga (U Pavia, Casaccia), ゼロ
出力炉 (U Palermo), 高速炉TAPIRO (Casaccia)
- PEC、SIET

PEC 120MW, Na冷却高速炉実験炉:1972年から建設開始、1987年-91年中止、進捗率75%

SIET 熱流動システムR&Dを請け負う。研究実施会社。1983年設立

PEC: Prova Elementi Combustibile
SIET: Società Informazioni Esperienze Termoidrauliche



建設中の PEC 炉プラント[2]



現在のPEC; 1972~87年-91年中止、



SIET is a world leader in the tests for the research and development of innovative components and systems for power production in particular of nuclear origin. In Piacenza, since 1983.

- 1962 ENEL社(国策)→1999 EU 電力市場開放政策で分割民営化

表 イタリアの原子力発電所 [3]

発電所	炉型	電気出力	発電の開始	閉鎖
ラティーナ(中部ローマ郊外)	マグノックス	153MWe	05/1963	12/1987
ガリアーノ(南部)	BWR	150MWe	01/1964	03/1982
トリノ・ベルチェーゼ(北部)	PWR	260MWe	10/1964	07/1990
カオルノ(北部)	BWR	860MWe	05/1978	07/1990
モタルトディカストロ1&2(中部)	BWR	982MWe	キャンセル	—

- 現在のENEL社 EPR投資、スペイン、仏、スロバキア、ルーマニア



図1 イタリアの原子力発電所位置図

下記の出所をもとに作成した
 [出所] SOGIN (イタリア廃止措置管理会社): Italian Decommissioning Programme Overview (Technical Meeting on the Country Nuclear Power Profiles Italian Profile), 2013年3月, <http://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2013/2013-03-18-03-21-TM-NPE/10.rusconl.pdf>, p.3

- サハラ砂漠での仏核実験の影響
- 科学・技術・知識 一般への浸透 (リテラシーのレベルは?)
- 第一次オイル危機/TMI-2 脱石油、電力安定供給 ・ 原子力利用促進を謳うが実行できなかった (国民性?)
- 1986年チェルノブイル事故、1987年11月 国民投票 ・ 原子力放棄に繋がる
- GHG排出制限・削減目標、金融不安、原油価格高騰、省エネ・再エネの促進、SBOの経験
- ベルルスコーニ政権(2008成立~2012年)、議会において1987年国民投票結果の立法措置の否定(廃止)、原子力への復興を目指す
- 2011年福島事故、同年6月 国民投票 (ただし原子力エネルギーの利用そのものへの ・ 1987年の立法措置の再確認となった (議会の決定を覆したことになる)

投票の争点: 原子力再開計画を許容する新しい法律条文の廃止についての判断を国民に求めたもの

- 原子力利用の是非の判断ではない。イタリアの国民投票制度は、既存の法律の廃止を問う効力のみを有する。
- 原子力関連の場合、原子力を放棄することにより社会がどう変化し、国民生活にどう影響するか等の判断を国民に委ねることには無理がある(と考えられているためだろう)

結果のインパクト: 原子力の放棄に繋がった

- 経済活動停滞に直結
- 国の活力低下を加速
- 慢性的な高い失業率は下がらず
- 南北の格差は拡大

国民投票のお手本としてのイタリア――

民主主義の実践

合理性と衆愚の無法

国民投票結果の見直しの在り方

参考文献: 伊藤武著「イタリア現代史」第二次世界大戦からベルルスコーニ後まで(中公新書、2016年1月)他多数

台湾の場合――

蔡政権による無視

原発生き残れるか?

日本の場合――

国民投票で何を判断するか、その効力をどこに置くか、どこまでが国民の幸福と繋がるのか

一部の政治家やAnti-nukesに煽られて、原子力を国民投票の争点にしてはならない・・・

- 現在から将来に向けた欧州のエネルギー戦略
- 原子力事情の特殊性の歴史的経緯
 - チェルノブイリ、福島事故の影響
- **ミラノ工科大** Politecnico di Milano
 - 原子力エネルギー材料部門 Department of Energy
 - 原子力部門 CeSNEF – Nuclear Engineering Division
- 原子力教育事情
- **Facts & Points**



Politecnico di Milano: Technology, Creativity, Culture since 1863

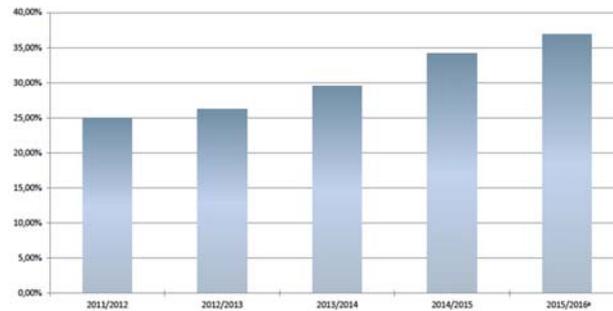


Raphael's "School of Athens" fresco
Euclid

Politecnico di Milano has kept in its logo (from Raffaello's painting) an original and creative attitude

(As of 2015-2016)	<u>STUDENTS</u> (Total)	<u>PROFESSORS & RESEARCHERS</u>
ARCHITECTURE 29% of graduated in Italy 3 out of 10	9.692	307
DESIGN 78% of graduated in Italy 8 out of 10	4.159	114
ENGINEERING 19% of graduated in Italy 2 out of 10	22.787 (32,000 in 2018)	939

Share of International enrollment in MSc



@POLIMI、2013-2014 以来ほとんどの修士課程教育は英語でなされるようになった

しかしながら、原子力では講義の英語化が遅れ、2012年一以降しばらく学生一人か二人だった。留学生獲得が努力目標となっていたが、近年、留学生漸増傾向あり。昨年はヨーロッパ域内だけでなく、中南米、中国から。2017年10名に急増、以降増加傾向あり



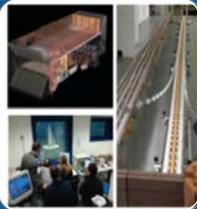
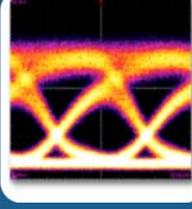
THE LARGEST SCHOOL OF ENGINEERING, ARCHITECTURE AND DESIGN IN ITALY

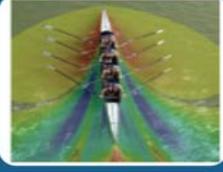
School of Architecture, School of Urban Planning Construction Engineering, School of Design, School of Civil, Environmental and Land Management Engineering, School of Industrial and Information Engineering

ONE OF THE MOST OUTSTANDING TECHNICAL UNIVERSITIES

QS World University Ranking 2015, Engineering & Technology category:
24th in the World, 7th in Europe, 1st in Italy.



				
<p>WIND TUNNEL One of the most advanced laboratories in the world for tests on aerospace system aerodynamics and wind effects structures</p>	<p>La.S.T. Laboratory for the Safety of Transport</p>	<p>L.P.M Experimental activities on materials and structures</p>	<p>PoliFAB (clean room) Micro-nano fabrication facility micro- and nano technologies, Silicon photonics, Biosensors, MEMS, advanced materials</p>	<p>Building B18: Energy Department new Labs for Chemical and Nuclear Divisions Advanced integrated labs for catalysis and catalytic processes and nuclear engineering</p>

		
<p>MOX Mathematical modelling and scientific computing.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Application to several academics and industrial realities 	<p>IIT@POLIMI Center for Nano Science and Technology</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artificial retina/eye, • Carbon nanocomposites, • Hybrid solar cells 	<p>EIT ICT Satellite Node</p> <ul style="list-style-type: none"> • Smart spaces • Cloud, networking • Security, privacy • Smart energy

POLIMI 標準的な大学教育年齢

学部: 19歳から22歳まで3年間 Laurea

大学院: 22歳から2年:Laurea Magistrale・修士課程

24歳から3年:Dottorato

二学期制: 講義は1学期9月上旬12月、2学期3月下旬から6月末

エネルギー工学科 ・ 学部教育

エネルギー工学部門 ・ 大学院教育 MSc取得者260名(2018)
(専門課程、専攻)

A short overview

- 現在から将来に向けた欧州のエネルギー戦略
- イタリアの原子力事情の特殊性の歴史的経緯
 - 国民投票制度(レファレンダム)
 - チェルノブイリ原発事故の影響
- ミラノ工科大学 Politecnico di Milano
- エネルギー工学科・部門 Department of Energy
- 原子力工学部 CeSNEF Nuclear Engineering Division
- 原子力教育事情
- Facts & Points

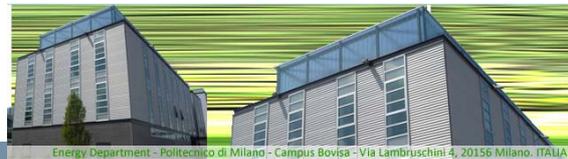
A new Department since 2008.01.01: Created by joining competencies and researchers belonging to **four departments** traditionally related to the energy sector

- 従来のエネルギー工学科 Department of Energy Engineering
- 従来の原子力工学科 Department of Nuclear Engineering
- 従来の電気工学科 Department of Electrical Engineering
- 従来の化学、材料および化学工学科 Chemistry, Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta" Department (ノーベル賞受賞者に因む)

合流してできた in **one department (DoE)**.

17 research groups into a **single structure** to provide

- interdisciplinary approach,
- innovative solutions for complex problems,
- supported by testing in experimental labs

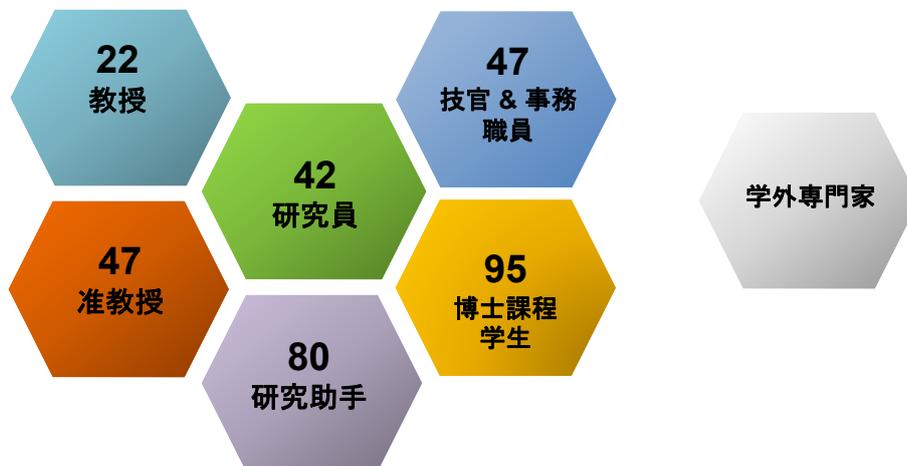


Energy Department - Politecnico di Milano - Campus Bovisa - Via Lambruschini 4, 20156 Milano, ITALIA

Department of Energy

A complete team of Staff

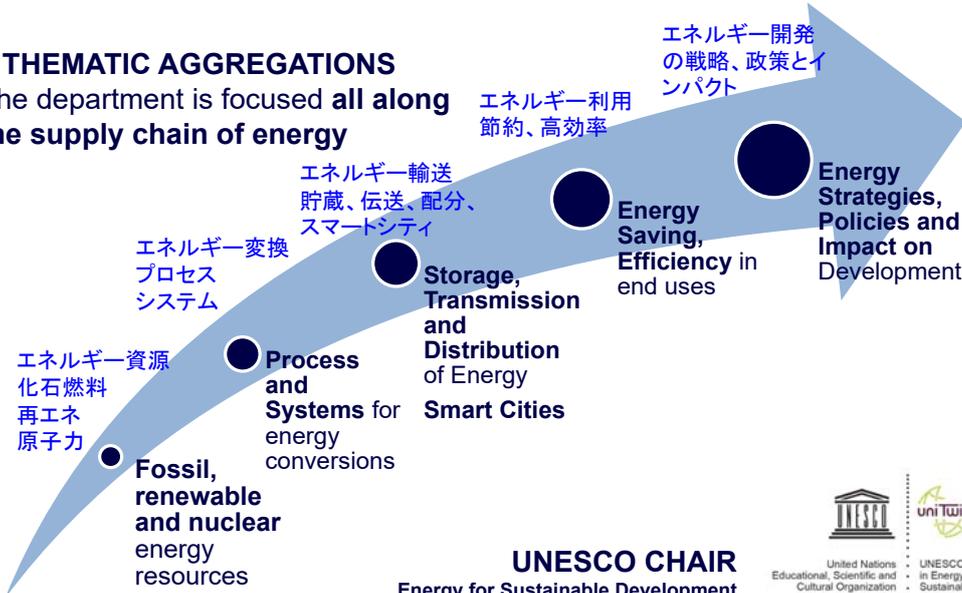
教師陣 約 330 名,
外部から専門家若干名



Updated October 2015

5 THEMATIC AGGREGATIONS

The department is focused **all along** the supply chain of energy



UNESCO CHAIR
Energy for Sustainable Development



部門の集まり: 5つのエネルギー関連分野に特化

Joint researches to study, analyze, develop knowledge, technologies and strategies related to:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. エネルギー発生 2. エネルギー変換 3. エネルギー輸送 4. エネルギー分配 5. エネルギー利用 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 化学工学プロセス技術およびナノテクノロジー 2. 電気工学 3. 原子力工学 NUCLEAR ENGINEERING 4. 流体機械、推進およびエネルギーシステム 5. 熱工学と環境工学 |
|--|---|



ボビザキャンパス
Bovisa campus
10 000 m²
Experimental Labs



レオナルドキャンパス
Leonardo campus
(ミラノ市中心部に近い)
1 000 m²
Experimental Labs

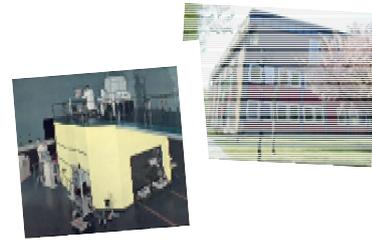
A short overview

- 現在から将来に向けた欧州のエネルギー戦略
- イタリアの原子力事情の特殊性の歴史的経緯
 - 国民投票制度(レファレンダム)
 - チェルノブイル、福島事故の影響
- ミラノ工科大学 Politecnico di Milano
- エネルギー工学 Department of Energy
- **原子力部門** **CeSNEF Nuclear Engineering Division**
- 原子力教育事情
- **Facts & Points**



History

- First educational programme in Nuclear Engineering (1956) イタリアで最初の原子力工学科
- First research nuclear reactor (50kW) in Italian Universities (1957 '59 ~ '79)
- CeSNEF: Centro Studi Nucleari Enrico Fermi
- 2008年レオナルドキャンパスからポビザキャンパスに引っ越し、エネルギー工学部門に合流



Today

- ヨーロッパで最大の原子力工学科、>40 入学者/年、65 (2017-18)
- 修士課程、博士課程全て英語で講義
- 最新の放射線化学・物理・核医学等実験研究棟B18
- パビア大学の TRIGA 原子炉での研究教育
- SIET (Piacenza)での実験・・・大学の実験ループの管理運営のアウトソーシング

Nuclear Engineering Experimental labs B18 since 2015

新しい原子力工学実験研究棟B18 と SIET

■ 最新の原子力工学実験棟B18:

- 2015年に完成
- >25億円POLIMI investment
- ~60% for 原子力, ~40% for 化学 (エネルギー工学部門)
- 6000 m² 総床面積, 3000 m² 実験床面積 (+ bunker for 放射線源利用実験)
- 放射線化学, 放射線防護, 放射線計装・計測の電子回路、校正とテスト

福島事故後ヨーロッパでは唯一
大学に新たに設置は世界に類をみ
ない。原子力を放棄している国が
投資新設したことに意義がある



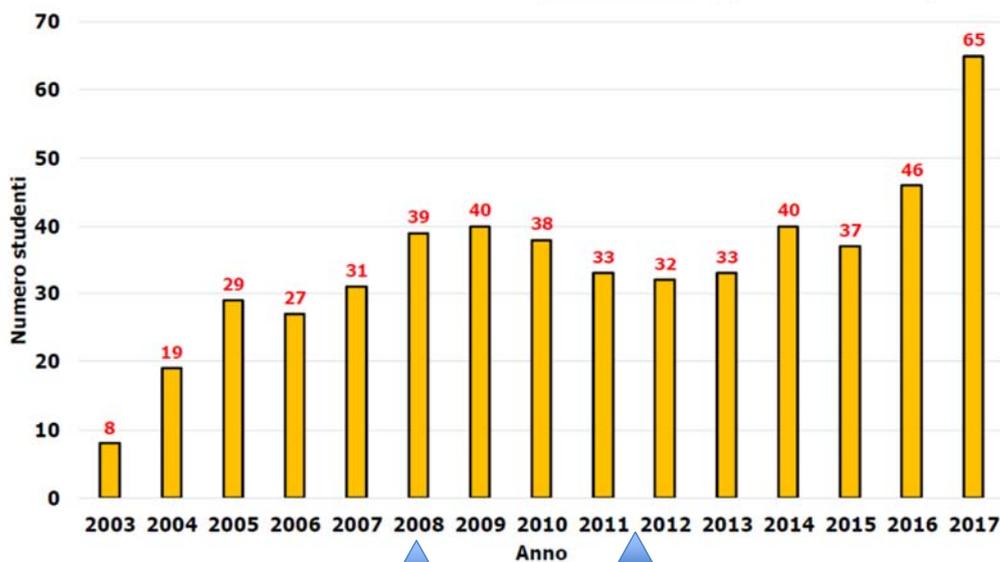
- **SIETシエト (Piacenza):**原子炉コンポーネントおよびシステムの大規模熱流動/安全性試験を行う研究実施会社。世界最高の品質保証と技術を誇る。CeNEFの試験を管理(アウトソーシング)

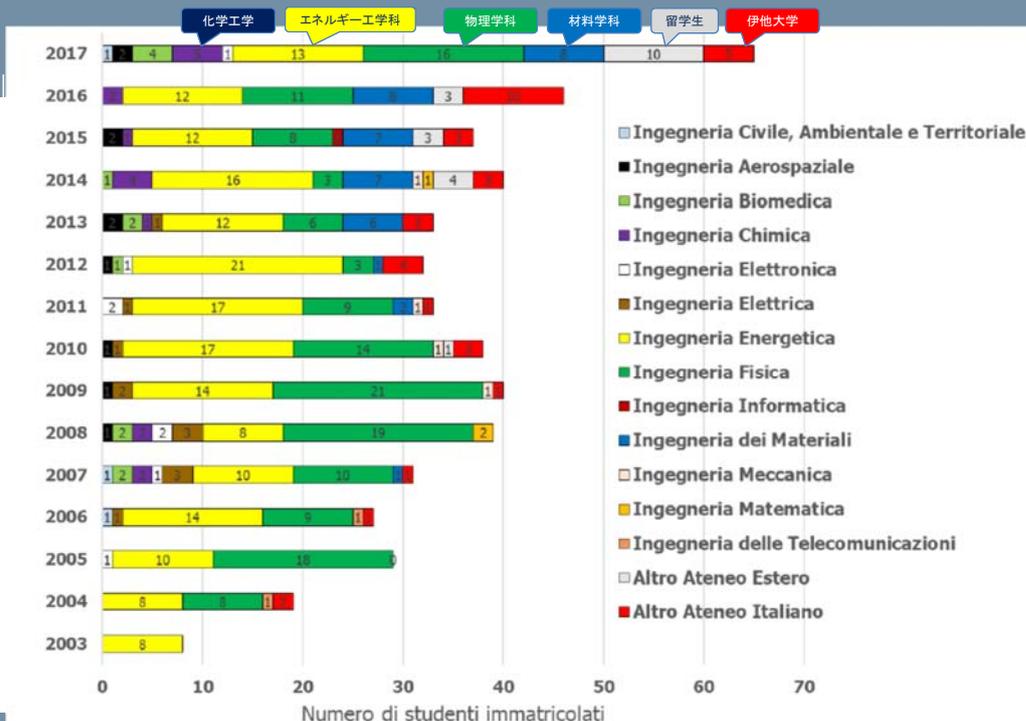
- 現在から将来に向けた欧州のエネルギー戦略
- イタリアの原子力事情の特殊性の歴史的経緯
 - 国民投票制度(レファレンダム)
 - チェルノブイル、福島事故の影響
- ミラノ工科大学 Politecnico di Milano
- エネルギー工学科・部門 Department of Energy
- 原子力部門 CeSNEF – Nuclear Engineering Division
- **原子力教育事情**
- Facts & Figures



原子力コース(修士課程)への入学者推移

Numero totale di studenti *immatricolati* (anni 2003 - 2017)





- Erasmus計画: 欧州諸国の高等教育機関の交流を盛んにして教育の質を上げることを目的
- 1989年 ヨーロッパ単位互換制度ECTSの確立
- ECTSを高等教育段階の学修量の指標(単位)、課程修了の要件
- 1ECTSの学修量に見込まれる成果 = 標準的な学生が25時間の学修によって獲得すると見込まれる成果 (ミラノ工大の場合)
- 5ECTSの科目 = 40~45時間授業 + 予習・復習・宿題・課題学習などに80~85時間 = 合計125時間の学修 (ミラノ工大の場合)
- 修士課程の平均的學生に課せられる学修時間:
 - 1学期30ECTS~750時間
 - 年間60ECTS~1500時間
 - 修士号を取得するまでの2年間では合計3000時間

Structure of the courses during the first year of the MSc in NE:

NE MSc - 1st Year (60 credits – courses)	Semester	ECTS Credits
Courses to be chosen from List T	-	20
FISSION REACTOR PHYSICS	I	10
RADIATION DETECTION AND MEASUREMENTS	II	10
DYNAMICS AND CONTROL OF NUCLEAR PLANTS (with TRIGA reactor exp.)	II	10
SOLID STATE PHYSICS	II	
RELIABILITY, SAFETY AND RISK ANALYSIS	II	10
NUCLEAR AND INDUSTRIAL ELECTRONICS	I	

NE MSc - 1st Year List T	Semester	ECTS Credits
INTRODUCTION TO NUCLEAR ENGINEERING	I	10
HEAT AND MASS TRANSFER I	I	5
HEAT AND MASS TRANSFER II	I	5
INTRODUCTION TO QUANTUM PHYSICS	I	5
MATHEMATICAL METHODS IN ENGINEERING	I	5
NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING	I	5
...

NE MSc – 2nd Year (45 credits – courses + 15 credits – final thesis work)	ECTS Credits
main courses	
NUCLEAR DESIGN AND TECHNOLOGY	10
APPLIED RADIOCHEMISTRY	10
FISSION REACTOR PHYSICS II + RADIOACTIVE CONTAMINANT TRANSPORT	10
PHYSICS OF NUCLEAR MATERIALS	5
MEDICAL APPLICATIONS OF RADIATION FIELDS	10
ADVANCED THERMAL HYDRAULICS AND SAFETY OF NUCLEAR REACTORS	5
SAFETY ASSESSMENT OF RADIOACTIVE WASTE REPOSITORIES	5
NUCLEAR POWER PLANTS OPERATION AND MAINTENANCE	5
Final Thesis Work	15

Note: a 10 credits course is usually set up by 65 hours of lectures and 30 hours of exercise.

Structure of the courses during the second year of the MSc in NE:

NUCLEAR PLANTS			NUCLEAR TECHNOLOGIES			NUCLEAR SYSTEMS PHYSICS		
Sem	ECTS	13名	Sem	ECTS	21名	Sem	ECTS	31名
I	10	NUCLEAR DESIGN AND TECHNOLOGY	I	10	MEDICAL APPLICATIONS OF RADIATION FIELDS	I	10	NUCLEAR DESIGN AND TECHNOLOGY
II	10	APPLIED RADIOCHEMISTRY	I	10	NUCLEAR DESIGN AND TECHNOLOGY	II	10	NUCLEAR DESIGN AND TECHNOLOGY
II		Comput. methods for reliab., availab. and maintenance + Safety Assess. of Radioactive Waste Repositories	II		APPLIED RADIOCHEMISTRY	II		APPLIED RADIOCHEMISTRY
I	5+5	Physics of Nuclear Materials + Experimental Nuclear Reactor Kinetics (at TRIGA reactor)	I	5+5	Applied radiation protection + Internal contamination	I	5+5	Plasma Physics I + II
I		Fission Reac. Phys. II + Radioactive Contaminant Transport	I		Physics of Nuclear Materials + Physics of Disordered Materials	I		Physics of Nuclear Materials + Physics of Disordered Materials
I		Applied radiation protection + Internal contamination	I		Fission Reactor Physics II + Radioactive Contaminant Transport	I		Fission Reactor Physics II + Radioactive Contaminant Transport
-	15	Courses to be chosen from List IN	I		Statistical Physics	I		Statistical Physics
-	15		-	15	Courses to be chosen from List TN	-	15	Courses to be chosen from List FSN
Final Thesis Work (15 ECTS)								

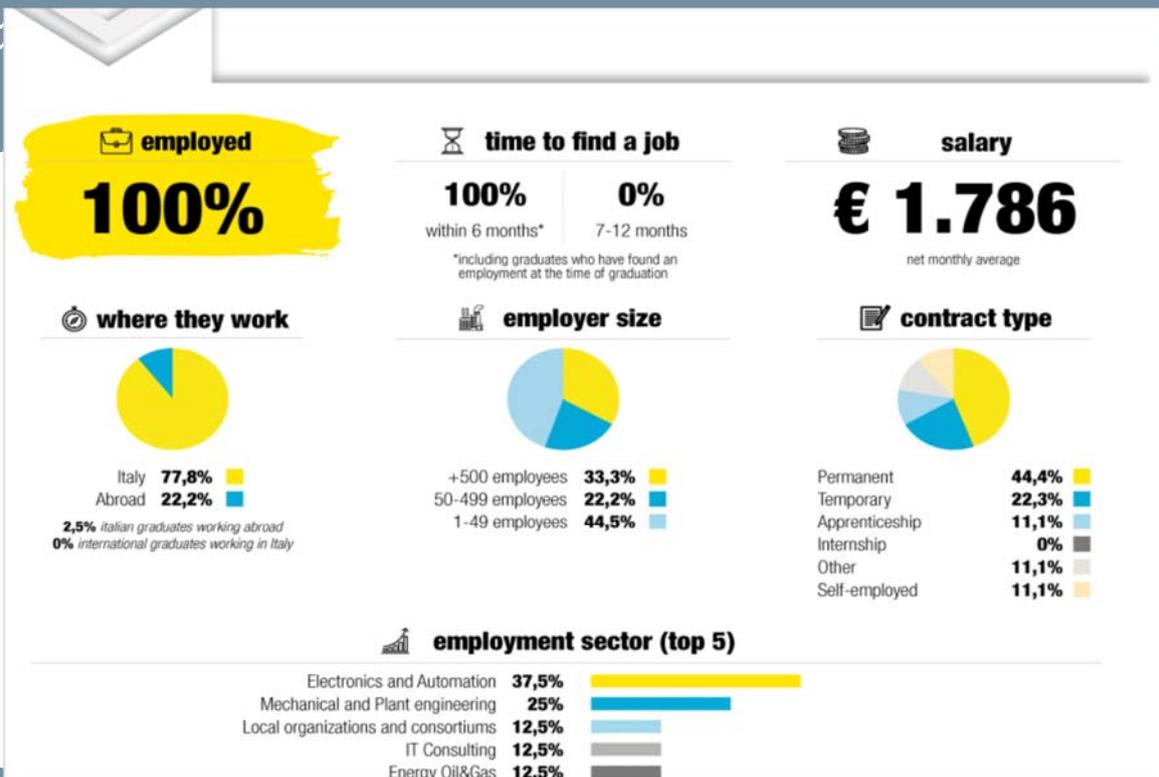
MSc卒業生

- 入学者の7割から8割が規定の2年間で修了
- 30%~55%博士課程に進学。エネルギー工学部門全体では7%~10%であるから原子力専攻の修了生の博士進学率は高い
- 就職状況は極めて良好。イタリア全体の若者の失業率が凡そ3割を超えていることからすると特異点的（次のスライド参照）
- 外国での就職は2割程度。PhDになると割合は高くなる。

NUCLEAR ENGINEERING

Employment Statistics 2018 - Master of Science Graduates

The annual employment survey targets MSc graduates, interviewed 12 months after graduation.
Master of Science graduates in Nuclear Engineering at Politecnico di Milano were 25 from Milano Campus in 2016.
Total interviews: 20, coverage rate: 76,9%.



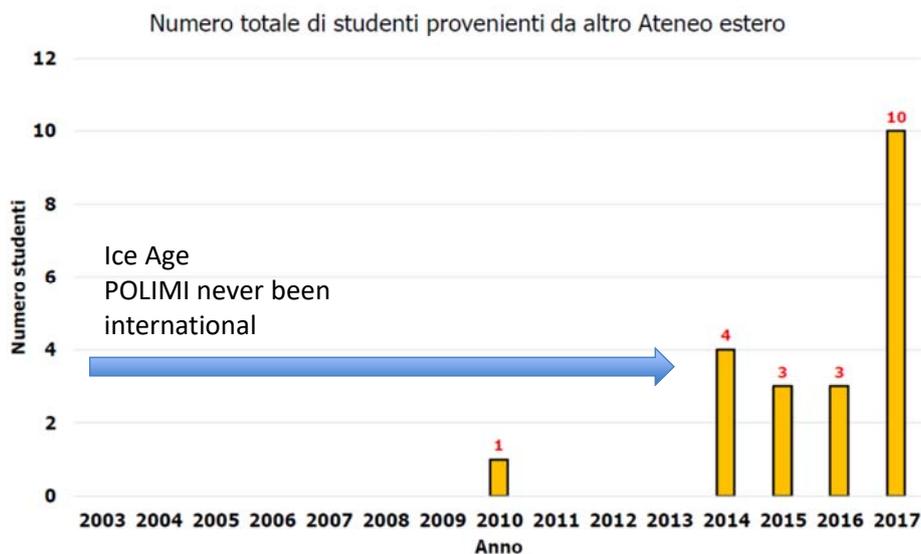
- 現在から将来に向けた欧州のエネルギー戦略
- イタリアの原子力事情の特殊性の歴史的経緯
 - 国民投票制度(レファレンダム)
 - チェルノブイル、福島事故の影響
- ミラノ工科大学 Politecnico di Milano
- エネルギー工学科・部門 Department of Energy
- 原子力部門 CeSNEF – Nuclear Engineering Division
- 原子力教育

Facts & Points



原子力部門 MSc Facts

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 近年MScコースへの入学者が増加中。30~40名が60~70名に(2017-2018) 2. 留学生の増加 3. MScコースの学生の興味はプラズマ・核物理、核医学、核融合炉、核分裂炉の順 4. インターンシップのすすめ。20%以上の学生が国外での経験を積む 5. 良好な就職。原子力以外(国内)。IT産業、システム・ソフト関係他 | <ol style="list-style-type: none"> 1. エネルギー工学部門の中での存在が重要 2. PR努力と英語授業の徹底 3. 進学してきてから中小型炉、GEN-IV、高速炉への興味を持つ学生が増える 4. インターンシップ制度の整備、エラスムス計画、Poly²Nuc、CIRTEN、... 5. 優秀な学生+高い質の教育。原子力はつぶしが効く |
|--|--|



ポイント & まとめ (1)

- 1) 原子力工学部門がエネルギー工学科・部門に合流(2008年)したこと
利点:学部時代に一般的な物理、化学、情報、生物や基礎工学を学んだ学生達は、同じエネルギー工学部門の中に核、放射線を冠した分野の姿を、学んだ知識の延長線上にしっかりと捉えている
- 2) 理学系とくに物理系学生がエネルギー工学科学部入学後、講義や野外活動を通して原子力に興味を持ち始めることが多い
- 3) 修士課程入学後、講義などを通して原子力プラントに興味を持ち始める
- 4) 属する組織、教員の**教育への努力**が学生の原子力への興味を惹きつける。講義がポイント。
 - 世界最古の大学の成り立ちからも教育第一の発想。
 - 講義の中身に部門のチェックが入る。
 - 学生との面談を常日頃から行う義務。
 - 研究の暇がない ← 教授陣のホンネ
- 5) 新研究棟B18のスポンサーはイタリアの文科省。予算措置は福島事故でもキャンセルされなかった。イタリア政府は原子力発電を放棄しても、原子力工学が**学問である以上、放棄していない**。入学希望する学生がいる以上、大学の原子力工学科を廃止しないし改組もしない。

- 6) 原子力工学コースは学生とイタリア文科省によって支えられている
- 7) 卒業生の評判は極めて高い。米国大学博士課程入学に優先的に受け入れる教授もいる(個人的に)。米国の著名な大学の教授陣にイタリア出身、イタリア系、最近ではミラノ工大出身者が多い。
- 8) 人材供給大学。イタリア国内に受け入れる素地がない(原子力産業がない)。不幸なねじれ現象。
- 9) 原子力産業がない以上、いずれ息切れ→ 自助努力要(短期的視点)
 - 欧州域内(EC)での競争的資金の獲得
 - 留学生の獲得
 - 新規原発大国の中国の大学とのダブルデGREEプログラムの確立
西安交通大学、
上海交通大学
 - Delta Energy Group Qingdao (中国青島膠州湾学園研究都市)
高温高圧試験ループを用いたCHFベンチマーク共同研究
液体金属冷却炉熱流動研究
インターンシッププログラムの提供

コメント …

- 10) 中国大学との協力関係の締結について
 - 米中対立の余波: 技術情報保全、中国の大学とくに兵器・軍事研究を目的として設立された大学および準拠する大学、および軍事研究を行っている大学との交流禁止
 - HEU、XJTU、…
 - そのために欧州の大学・研究機関との連携・積極的働きかけ急増… 一帯一路、中国製造2025
 - 米国政府による中国からの米国滞在学生や研究者の監視と中国政府による外国人監視・スパイ容疑
- 11) 中国の原子力開発のペースが微妙であるが、それでも世界の原子力エネルギー利用の最先端に行くことに変わりはない。高度な人材育成と供給がその規模に相応しくないことに鑑み、海外からの人材育成への協力が強く望まれる

イタリアの原子力事情と大学教育

END

将来イタリアは原子力に復帰？できる、する、して欲しい。
長期的視点

