

#3

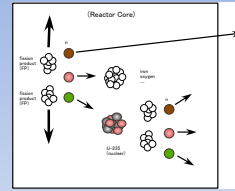
原子力と放射線の物理  
 第一歩  
 PHYSICS OF  
 NUCLEAR POWER & RADIATION  
 (FIRST STEP)

大谷 暢夫  
 OHTANI, Nobuo

#3-01

13/12/22 17時46分

Criticality (臨界)



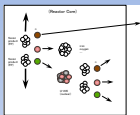
Chain Reaction & Criticality (連鎖反応と臨界)

mean number of neutrons ( $\nu$ )  $\approx 2.5$

- \* absorbed in material (iron, water, control material ...)
- \* leak\_out from the system
- 1.0 absorbed U-235 introducing next fission

#3-02

Criticality & Fuel Enrichment  
 (臨界の為の燃料-1)



Natural Uranium (天然ウラン)  
 U-235 : 0.7%  
 U-238 : 99.3%

Enriched Uranium  
 (濃縮ウラン)  
 U-235 :  $\sim 3\%$   
 U-238 :  $\sim 97\%$   
 (発電用原子炉)

Uranium (Isotope) Enrichment (ウラン濃縮)  
 Gas-Diffusion (ガス拡散法)  
 Centrifugal (遠心分離)

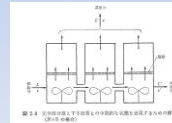
#3-03

ウラン濃縮

ガス拡散法

UF<sub>6</sub>ガス  
 $U^{235}F_6$   
 $U^{238}F_6$   
 細い管中を流れる速度の差を利用。  
 軽い $U^{235}F_6$ の方が、  
 重い $U^{238}F_6$ より、早く移動する。

分離度数  $\sim 1.003$



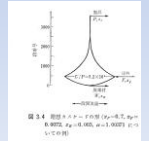
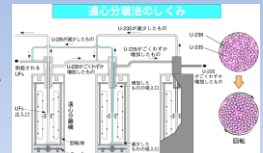
(多段に組み合わせる)

0.7%を3%にするのに数100段

遠心分離法

断数は1/30以下  
 必要エネルギーは1/10以下

遠心分離法のしくみ



#3-04

Criticality & Fuel Enrichment  
 (臨界の為の燃料-2)

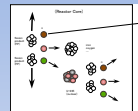
Natural Uranium (天然ウラン)による臨界

Natural Uranium (天然ウラン)  
 U-235 : 0.7%  
 U-238 : 99.3%

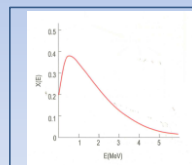
ウラン濃縮  
 高度な技術、装置、膨大なエネルギーが必要

#3-05

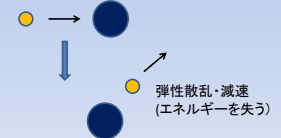
Fission Neutron  
 (核分裂で発生する中性子)



Number of Fission Neutrons ( $\nu$ ) :  $2.5 \pm 0.1$   
 (核分裂ででてくる中性子の個数)  
 uranium-235 fission by slow neutrons



Fission Neutron Energy Distribution



#3-06

### Criticality & Fuel Enrichment (臨界の為の燃料-2)

**Natural Uranium (天然ウラン)による臨界**

Natural Uranium (天然ウラン)  
 U-235 : 0.7%  
 U-238 : 99.3%

**Critical by Natural Uranium**  
 N.U.+Graphite (黒鉛)  
 N.U.+Heavy Water (重水)

Heavy Water (Isotope) Enrichment (重水の濃縮)  
 Ion Exchange (イオン交換法)

Heavy Water (D<sub>2</sub>O) 重水  
 Isotopes of H  
 Hydrogen (Light Water)  
 Deuterium (Heavy Water)  
 Tritium

$H_2O^{16}:99.76\%$ ,  $H_2O^{18}:0.176\%$ ,  
 $H_2O^{17}:0.037\%$ ,  $HDO^{16}:0.032\%$

#3-07

### Plutonium & U-233 (臨界の為の燃料-2、ウランとプルトニウム)

Fissile Materials (核燃料物質)  
 : 核燃料として利用可能な核分裂性核種

U-235  
 Isotope Enrichment  
 Pu-239  
 $U-238 + n \rightarrow Pu-239$   
 (irradiation in reactor  $\rightarrow$  fuel reprocessing)

U233  
 $Th-232 + n \rightarrow U-233$   
 (irradiation in reactor  $\rightarrow$  fuel reprocessing)

#3-08

### How to be critical? (1) (臨界の達成と制御)

Water Level raise (水位の上昇)  
 (critical assembly)

Fuel Addition (燃料の追加)  
 initial criticality approach

new fuel control rod

燃料(燃料領域)を増やして体系を大きくする。  
 核分裂の数に対して、外に逃げていく中性子を減らす。

2 Fuel Blocks to 1

#3-09

### How to be critical?(2) (臨界の達成)

Control Rod draw out (制御棒の引抜)

Reflector Addition (反射体の追加)

fat-man effect

燃料以外の物質に吸収される中性子を減らす。  
 燃料領域から漏れ出す中性子を反射させて炉心領域に戻す。

#3-010

### Reactivity Control (臨界の制御)

Fission Products & Delayed Neutron (核分裂生成物と遅発中性子)

Average (Spontaneous) Neutron Lifetime : 0.001 sec.

Delayed (遅発) Neutrons from Fission Products

Group (g)	Decay constant ( $\lambda_p, sec^{-1}$ )	Yield ( $\beta_p$ )
1	0.0124	0.00053
2	0.0305	0.00355
3	0.111	0.00318
4	0.301	0.0064
5	1.14	0.00187
6	3.01	0.00068

Effective Lifetime of a neutron :  $\sim 0.1$  sec.

制御棒の機械的駆動

#3-11

### Development of Reactor 原子炉(炉心)の開発

Critical Assembly「臨界集合体」  
 (Zero Power Reactor)  
 Experiments of Reactor Physics (原子炉物理の実験研究)  
 Criticality, Flux Distribution, Reactivity  
 (fuel, structure material, control rod)

Experimental Reactor (実験炉)  
 small thermal power, no electric generation  
 irradiations of fuel & structure materials

Power Reactor (動力炉)

#3-12

Chicago Pile 1 (1942)



(From web page 'Chicago Pile')

#3-13

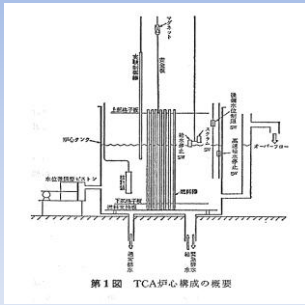
Chicago Pile 1 (1942)



(From web page 'Chicago Pile')

#3-14

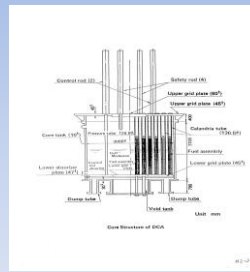
TCA(JAEA)



第1図 TCA炉心構成の概要

#3-15

Deuterium Critical Assembly(closed)  
(重水臨界実験装置)

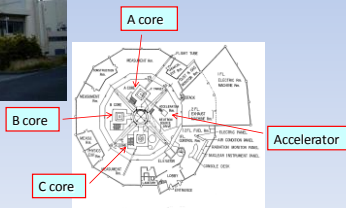


#3-16

KUCA(京都大学臨界実験装置)  
(Kyoto-University-Critical-Assembly)



1974~  
100W



#3-17

KUCA(京都大学臨界実験装置)

control desk 制御卓



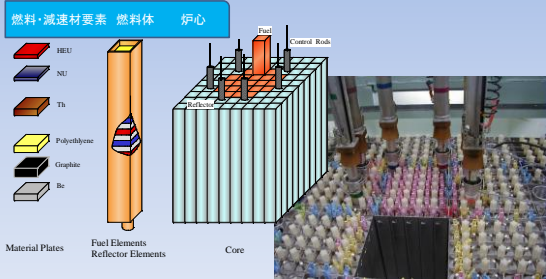
Light Water Moderator Core  
軽水減速炉心



#3-18

# KUCA – 固体減速材炉心

KUCA Solid Moderated Core



#3-19

# Tower Shielding Facility(ORNL, USA, closed)

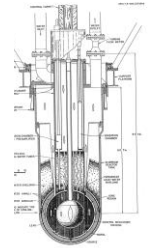


図1-1 原子力研究所 塔型遮蔽施設(ORNL) T.S.F. (塔型遮蔽施設)

4/17

#3-20