#3

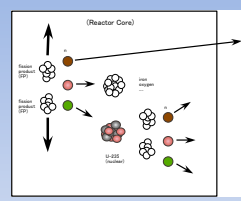
原子力と放射線の物理
第一歩
PHYSICS OF
NUCLEAR POWER & RADIATION
(FIRST STEP)

大谷　暢夫
OHTANI, Nobuo

#3-01

12/12/21 15時1分

Criticality（臨界）



Chain Reaction & Criticality（連鎖反応と臨界）
mean number of neutrons（ν）＝～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
U-235 ： ～3%
U-238 ： ～97%

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

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

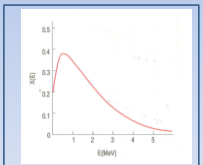
Heavy Water(D_2O)重水
Isotopes of H
Hydrogen(Light Water)
Deuterium(Heavy Water)
Tritium

Heavy Water(Isotope) Enrichment
Ion Exchange

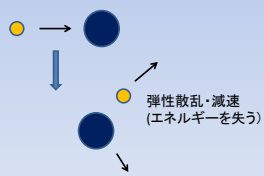
#3-03

Fission　Neutron
（核分裂で発生する中性子）

Number of Fission Neutrons (ν) : 2.5 ± 0.1
（核分裂でててくる中性子の個数）
uranium-235 fission by slow neutrons



Fission Neutron
Energy Distribution



#3-04

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
U-235 ： ～3%
U-238 ： ～97%

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

Critical by Natural Uranium
N.U.+Graphite
N.U.+Heavy Water

Heavy Water(D_2O)
Isotopes of H
Hydrogen(Light Water)
Deuterium(Heavy Water)
Tritium

Heavy Water(Isotope) Enrichment
Ion Exchange

#3-05

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

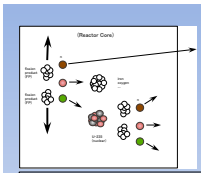
Fissile Materials（核燃料物質）
：　核燃料として利用可能な核分裂性核種

U-235
Isotope Enrichment

Pu-239
U-238 + n → Pu-239
(irradiation in reactor → fuel reprocessing)

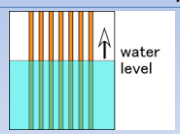
U233
Th-232 + n → U-233
(irradiation in reactor → fuel reprocessing)

#3-06

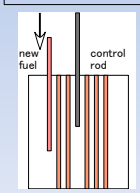


How to be critical? (1)
（臨界の達成と制御）

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



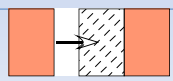
Fuel Addition（燃料の追加）
initial criticality approach



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。

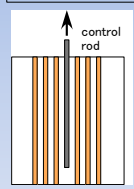
2 Fuel Blocks to 1



#3-07

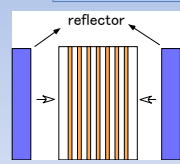
How to be critical?(2)
（臨界の達成）

Control Rod draw out
（制御棒の引抜）



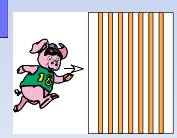
燃料以外の物質に吸収される中性子を減らす。

Reflector Addition
（反射体の追加）



燃料領域から漏えいする中性子を反射させて炉心領域に戻す。

fat-man
effect



#3-08

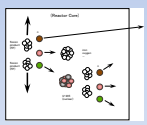
Reactivity Control（臨界の制御）

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

Average (Spontaneous即発) Neutron Lifetime : 0.001 sec.

Delayed（遅発）Neutrons from Fission Products

Group (g)	Decay constant (λ_g, sec^{-1})	Yield (β_g)
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 : ～0.1 sec.

→ 制御棒の機械的駆動

#3-09

Development of Reactor
原子炉（炉心）の開発

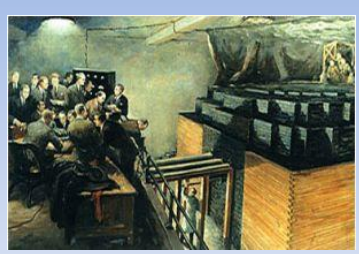
Critical Assembly「臨界集合体」
(Zero Power Reactor)
Experiments of Reactor Physics（原子炉物理の実験研究）
Criticality, Flux Distribution,
Reactivity
(fuel, structure material, control rod)

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

Power Reactor（動力炉）

#3-10

Chicago Pile 1 (1942)



(From web page 'Chicago Pile')

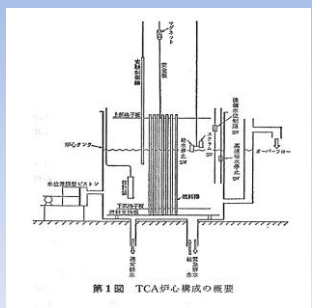
#3-11

Chicago Pile 1 (1942)

(From web page 'Chicago Pile')

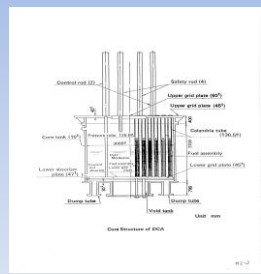
#3-12

TCA(JAEA)



#3-13

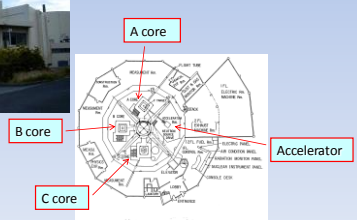
Deuterium Critical Assembly(closed)
（重水臨界実験装置）



#3-14

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

1974～
100W



#3-15

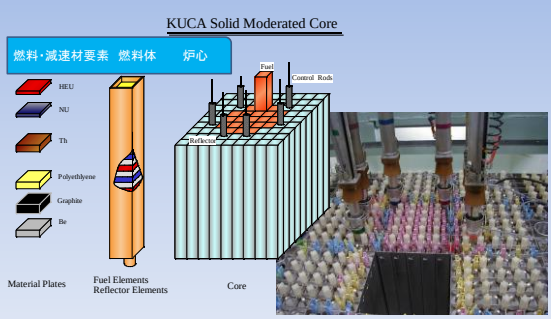
KUCA（京都大学臨界実験装置）

control desk　制御卓

Light Water Moderator Core
軽水減速炉心

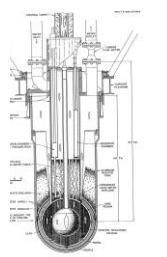
#3-16

KUCA – 固体減速材炉心



#3-17

Tower Shielding Facility(ORNL, USA, closed)



#3-18