

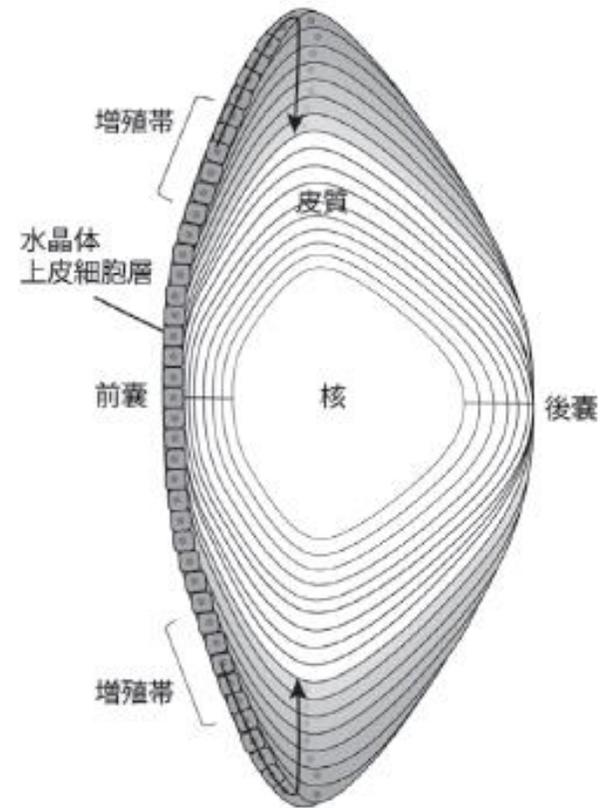
# 放射線の健康影響に関する 最新の知見について

## － 白内障 －

# 水晶体の特殊性

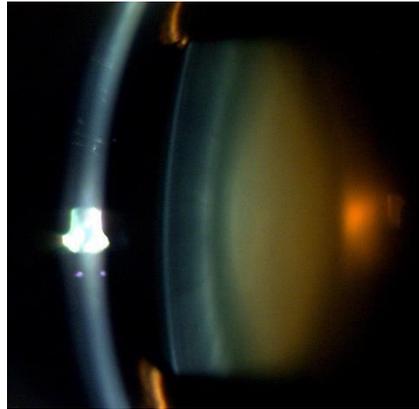
- 透明である
- 血管がない→栄養は前房水から得る
- ヒトで初発がんが報告されていない唯一の組織である
- 水晶体を構成するすべての細胞が水晶体嚢の中に生涯とどまる

A 正常な水晶体



# 白内障の種類 (部位による)

主要病型



核 (NUC)



皮質 (COR)



後囊下(PSC)

副病型



Retrodots (RD)



Waterclefts (WC)



Vacuoles (VC)

# 一般集団における白内障有病率

(WHO分類で判定)

		皮質			核			後囊下		
都市	年齢	50-59	60-69	70<	50-59	60-69	70<	50-59	60-69	70<
	レイキャビク (白人) 1045人		6.7	18.3	50.2	1.7	10.0	38.2	0.8	1.7
シンガポール (アジア人) 517人		16.4	39.3	55.4	8.4	42.6	77.9	3.4	9.7	40.3
石川県門前町 (アジア人) 1038人		7.9	34.7	57.5	0.0	2.2	20.2	0.5	3.0	5.0

- 高齢になるほど有病率が高くなる (%)
- 都市、人種により、好発部位が異なる
- 日本人では皮質白内障が最も多く、後囊下白内障の頻度は低い。

# 白内障発症の危険因子

- 全身因子：

年齢、性別、紫外線、糖尿病、喫煙、アルコール

家族歴（遺伝因子）、薬剤（ステロイドなど）、経済状態

- 眼科因子：

眼軸長、角膜曲率、視力、過去の眼疾患（アレルギー性結膜炎、ぶどう膜炎など）

小原ら 科学的根拠(evidence)に基づく白内障診療ガイドラインの策定に関する研究 分担研究  
報告書 白内障危険因子の探索 2002年

Mukesh BN et al. Arch Ophthalmol, 2006

# 放射線影響研究所の追跡調査集団

寿命調査(LSS)

120,000人(1950年一)

胎内被爆者  
調査

3,600人  
(1945年一)

成人健康調査(AHS)

25,000人(1958年一)

(1,000人)

# 原爆被爆者における白内障研究

出典	研究期間	研究方法	評価方法	放射線との関連
Cogan, <i>Science</i> , 1949	1949	症例報告 (10例)	細隙灯検査	PSC診断の有無
Neftzger, <i>Am J Epidemiol</i> , 1969	1963-1964	横断調査 AHS 2468人	細隙灯検査	PSC診断の有無
★ Otake, <i>Radiat Res</i> , 1990	1949-1964	DS86による再解析 AHS 1983人	医学記録レビュー	PSC診断の有無
★ Schull, RERF TR 11-92, 1992	1949-1964	DS86による再解析 広島被爆者 2249人	医学記録レビュー	PSC診断の有無
Choshi, <i>Radiat Res</i> , 1983	1978-1980	横断調査 AHS 2385人	細隙灯検査	PSC診断, 後囊下変化の有無
★ Minamoto, <i>Int J Radiat Biol</i> , 2004	2000-2002	横断調査 AHS 873人	細隙灯検査 LOCS II	PSC診断およびCOR診断の有無
★ Nakashima, <i>Health Phys</i> , 2006	2000-2002	DS02による再解析 AHS 730人	画像レビュー LOCS II	PSC診断およびCOR診断の有無
★ Neriishi, <i>Radiat Res</i> , 2007	2000-2002	横断調査 AHS 3761人	問診、内科医の診断	白内障手術の有無
★ Neriishi, <i>Radiology</i> , 2012	1986-2005	縦断調査 AHS 6066人	問診、医学記録レビュー	白内障手術の有無

# 原爆被爆者の白内障 (1949年 - 1964年)

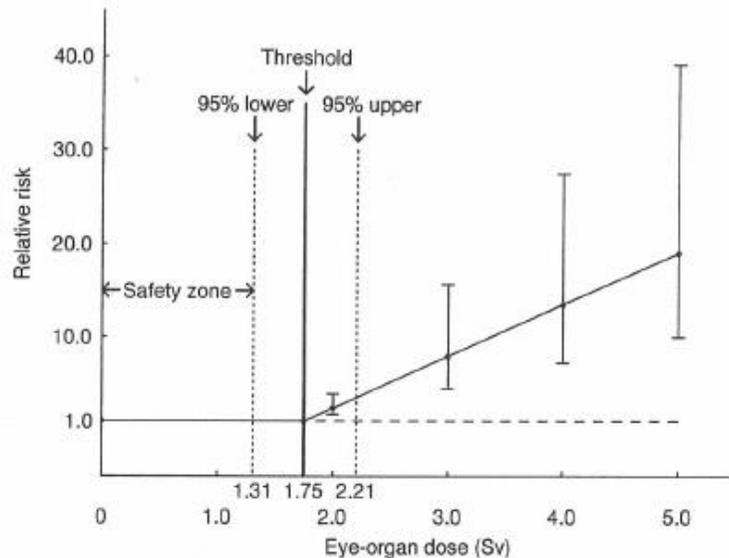


Figure 2. Relative risk of radiation cataracts and a threshold with 95% confidence limits using Dosimetry System 1986 eye-organ-dose equivalents (relative biological effectiveness = 18).

RERF TR 11-92

Otake M et al. Radiat Res, 1990

- 広島・長崎のAHS1983人中76人がPSCと診断されていることを医学記録で確認。
- ガンマ線、中性子線で異なる閾値を仮定した線形-線形線量反応モデルが最も適合した。
- ガンマ線量が高い人は中性子線量も高いが、その影響は考慮せず、それぞれ閾値を推定している。

Schull WJ et al. RERF TR 11-92, 1992

- 広島原爆被爆者(AHSを含む)2249人中58例に放射線白内障(PSC)を医学記録より確認。
- モデルは上記と同様
- 推定閾値 ガンマ線 1.08Gy  
(95%信頼区間 下限0.51Gy, 上限1.45Gy)  
中性子線 0.06Gy  
(95%信頼区間 下限0.03Gy, 上限0.10Gy)  
中性子線RBE\*を18とし、ガンマ線と中性子線を合計すると推定閾値は

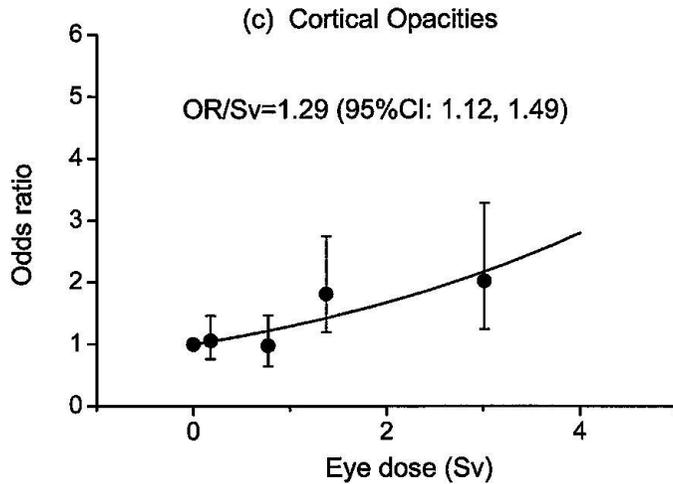
1.75Sv(95%信頼区間 下限1.31Sv, 上限2.21Sv)

\*RBE: relative biological effectiveness 生物学的効果比

放射線の種類により生体への影響が違ふことを示す。ガンマ線を基準(1)とすると

中性子線のRBEは5~20とされている。上記の18は推定閾値の比(1.08/0.06)から算出している。

# 放射線と白内障有病率（2000-2002年）



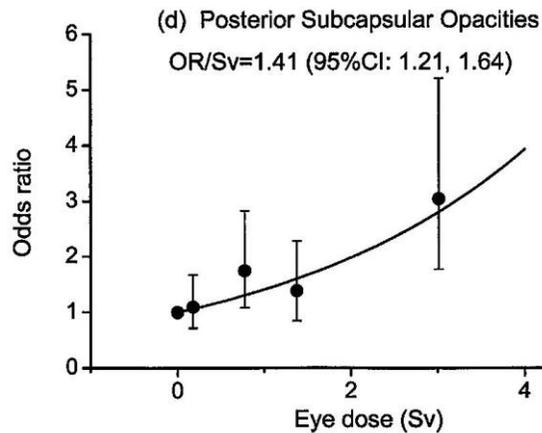
Minamoto A et al. Int J Radiol Biol, 2004

- ・胎内被爆者を含むAHS873人を眼科医が検査
- ・LOCS II分類で評価
- ・DS86眼線量を使用した比例オッズロジスティックモデル  
皮質は1 Svあたりオッズ1.29

(95%信頼区間 下限1.12, 上限1.49)

PSCは1 Svあたりオッズ1.41

(95%信頼区間 下限1.21, 上限1.64)

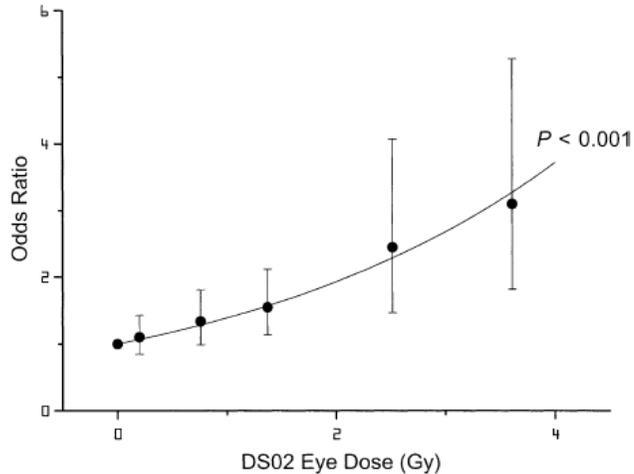


Nakashima E et al. Health Phys, 2006

- ・胎内被爆者を除くAHS730人の画像を  
1人の眼科医が再レビュー
- ・DS02眼線量を使用した閾値モデル

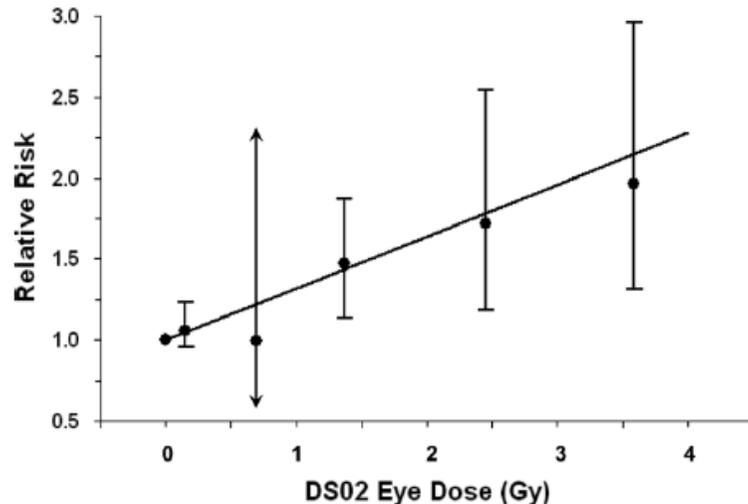
Int J Radiol Biol, 2004

# 放射線と白内障手術



## Neriishi K et al. Radiat Res, 2007

- 2000年から2002年に受診したAHS対象者3761人に白内障手術について問診。横断調査
- 限定された期間で受診者に偏りがある可能性
- 手術例が必ずしも重症例とは限らない
- 診察した内科医が診断名を記載しコード化
- 診断漏れ、コード漏れの可能性がある
- 479人が白内障手術を受けていた
- 白内障手術有病率に対する放射線のオッズ  
1Gyあたり1.39 (95%信頼区間 1.24、1.55)



## Neriishi K et al. Radiology, 2012

- 1986年から2005年に受診したAHS対象者6066人に白内障手術について問診。縦断調査
- 早期に白内障を発症し1986年以前に手術した例は含まれていない
- 医学記録をレビュー、一部眼科検査問診表を利用
- 1028人が白内障手術を受けていた
- 白内障手術発生率の相対リスク  
1Gyあたり1.32 (95%信頼区間 1.17、1.52)

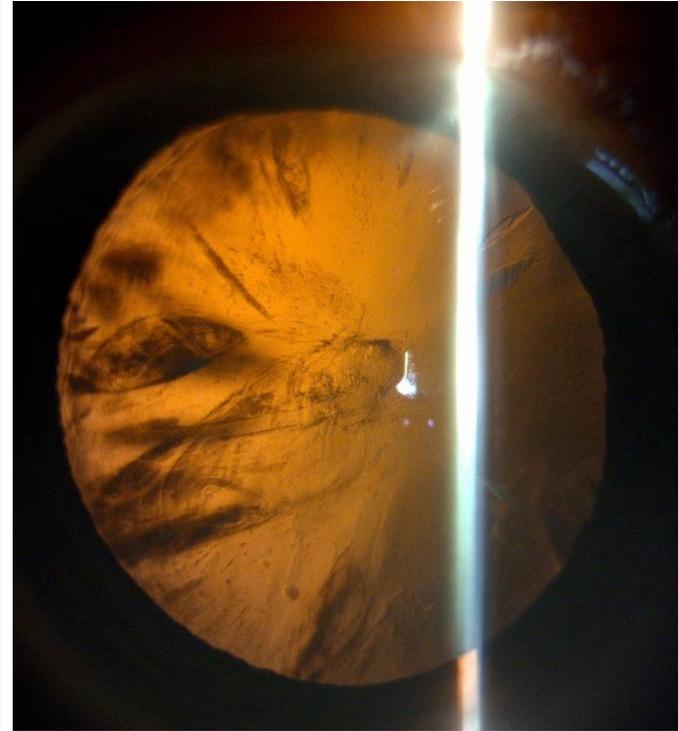
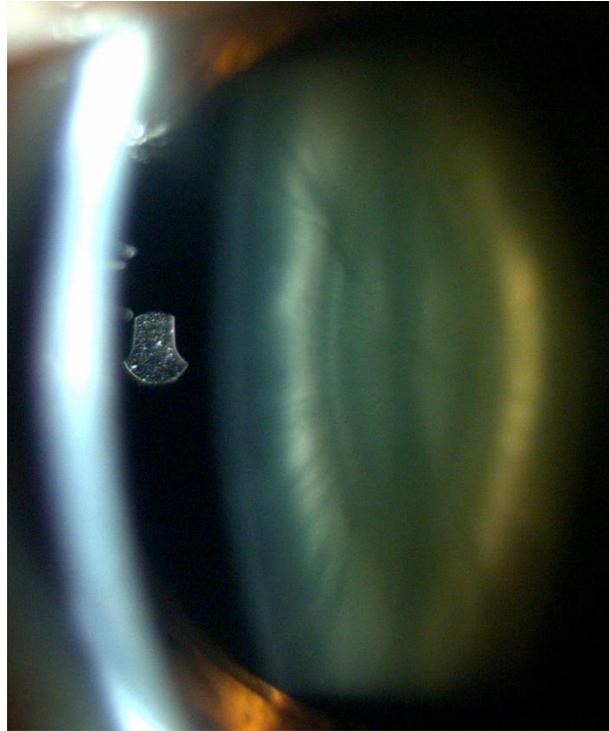
# 放影研以外の主な白内障研究

調査対象	出版年	診断方法	放射線影響(リスク)
皮膚血管腫治療後 (スウェーデン)	1999	LOCS I	PSC: OR/Gy 1.49 (1.07, 1.08) COR: OR/Gy 1.50 (1.15, 1.95)
航空機パイロット (アイスランド)	2003	WHO	NUC: 高線量群 (22-48 mSv) vs 非被曝群 4.19 (1.04-16.86)
チェルノブイリ作業員 (ウクライナ)	2007	Merriam-Focht	PSC: OR/Gy 1.42 (1.01-2.00) 閾値 0.35Gy (0.19-0.66) Non-NUC: OR/Gy 1.65 (1.18, 1.30) All: OR/Gy 1.70 (1.22, 2.38)
小児がん治療後 (USA)	2016	問診	白内障の既往: OR/Gy 1.92 (1.65, 2.20), 0.5Gy以上で増加
放射線技師 (USA)	2018	問診	白内障の既往: HR/Gy 1.69 (1.27, 2.16)
マヤーク核施設従事者 (ロシア)	2019	細隙灯検査	PSC: RR/Sv 1.90 (1.67, 2.19) COR: RR/Sv 1.62 (1.50, 1.75) NUC: RR/Sv 1.47 (1.35, 1.60)
高自然放射線地区住民 (中国)	2021	LOCS III	PSC: OR/100mGy 1.73 (1.05-2.85) COR: OR/100mGy 1.26 (1.00-1.60)

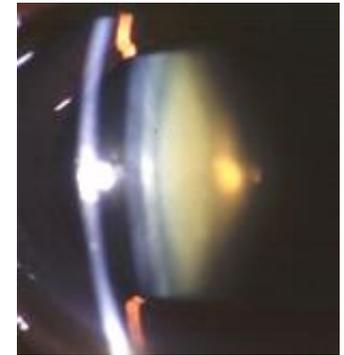
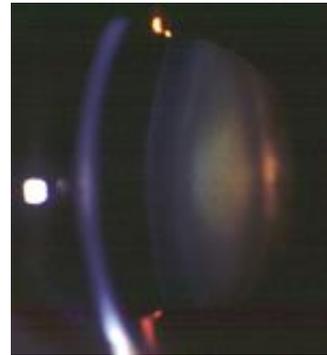
# 放射線と白内障研究 まとめ

- 原爆被爆者研究では後嚢下混濁は一貫して放射線との関連を示し、皮質混濁は2000－2002年に行った研究のみで放射線との関連を示した。
- 2000年代の調査で採用したLOCS II分類は診断に主観が入るため、検査者間の不一致があり、診断の不確実性がある。
- 手術例は必ずしも重症例ではなく、眼科検査による調査では、検査の前に手術を受けていると検査対象から外れてしまう。
- 白内障研究では、対象者の年齢、放射線量、診断方法が異なるため、メタアナリシスが困難である。
- 放射線と後嚢下混濁との有意な関連を報告している研究が多い。

# 細隙灯検査（スリット像、徹照像）



# スリット像の撮影条件



スリット幅

0.1mm

0.1mm

0.2mm

0.4mm

角度

30°

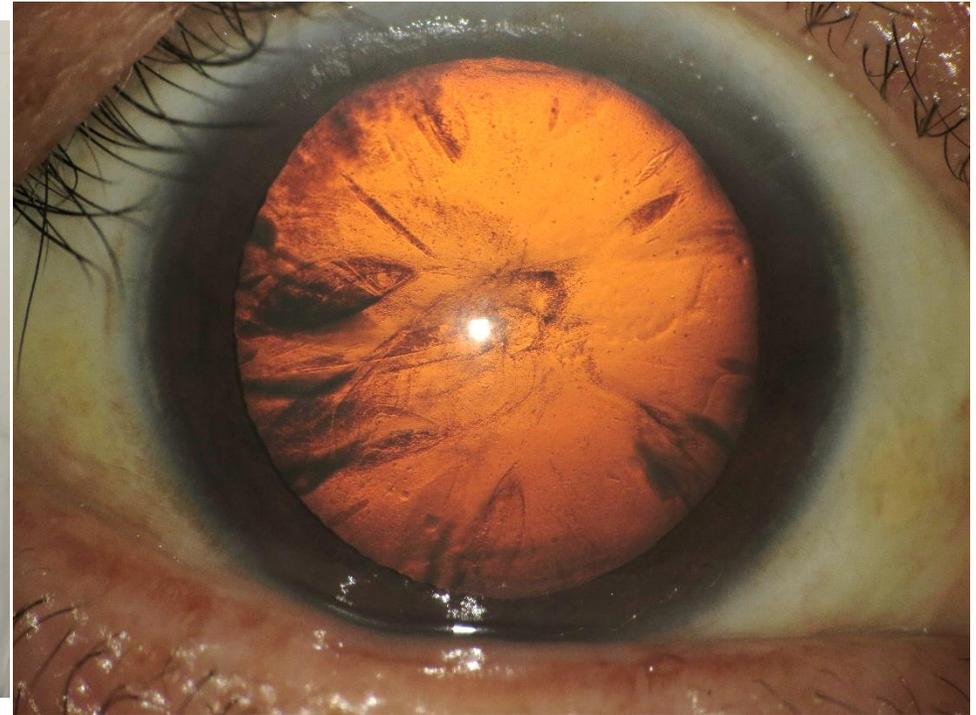
40°

30°

40°

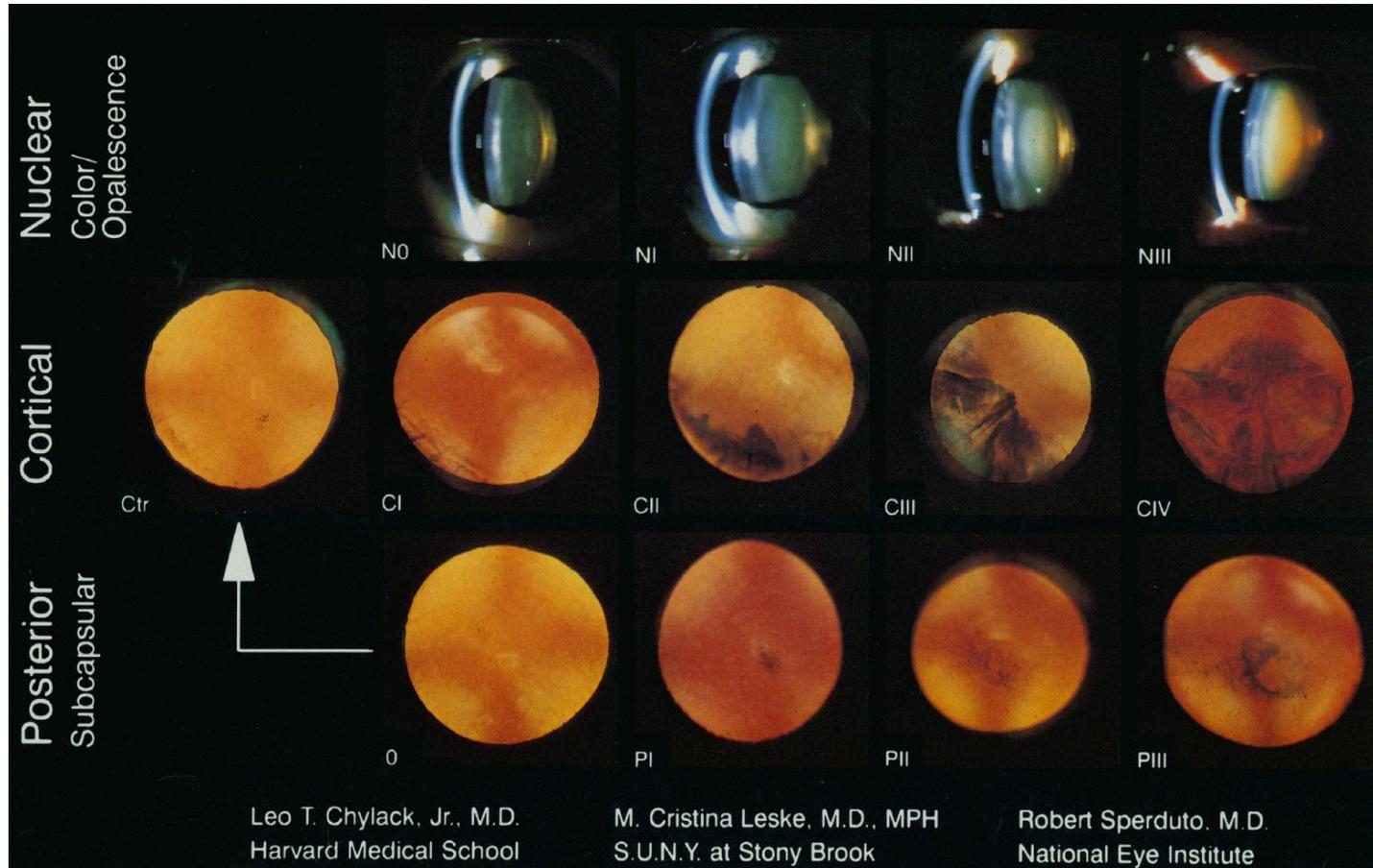
Photographed by Prof. Sasaki, Kanazawa Medical University

# 徹照カメラ



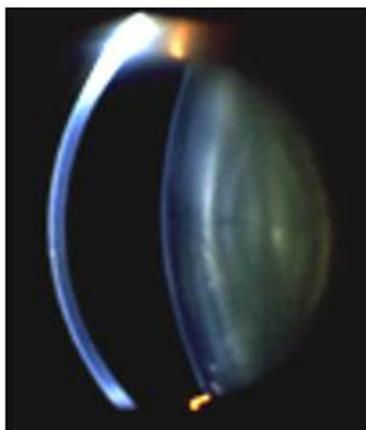
# LOCS II分類

標準画像との比較→主観的評価→診断の不確実性

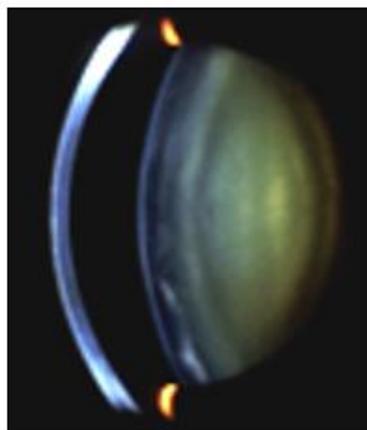


# WHO分類（核混濁）

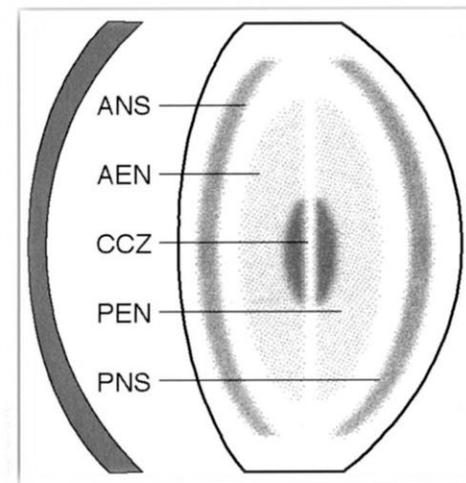
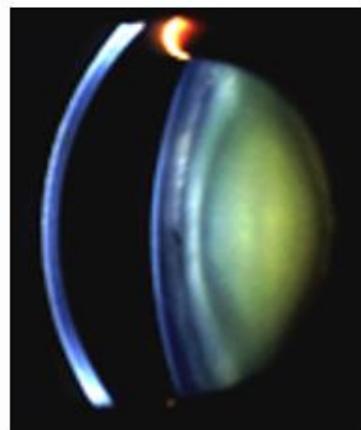
Standard 1



Standard 2



Standard 3



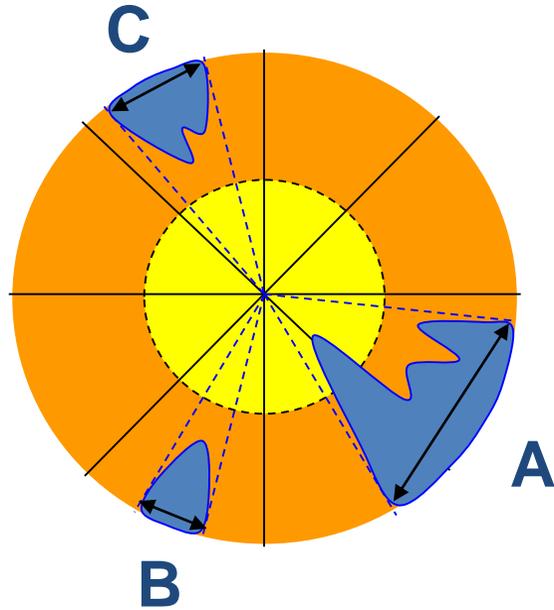
**N0** < Standard 1 ≤ **N1** < Standard 2 ≤ **N2** < Standard 3 ≤ **N3**

前胎生核 (AEN)、中心間層 (CCZ)、後胎生核 (PEN) の混濁を評価

撮影条件による違いがある

主観的評価

# WHO分類 (皮質混濁、後囊下混濁)



## 皮質混濁

すべての混濁領域を合計:  $A + B + C$

$C0 < 12.5\% \leq C1 < 25\% \leq C2 < 50\% \leq C3$

瞳孔周辺部に混濁が起こることがあるため、  
散瞳が不十分だと過小評価になる

## 後囊下混濁

混濁の垂直方向の長さで判定

$P0 < 1\text{mm} \leq P1 < 2\text{mm} \leq P2 < 3\text{mm} \leq P3$

中心部に皮質混濁があるとき、  
うまく撮影できないことがある

ご清聴ありがとうございました