

原子力委員会長期計画策定会議第四分科会
第3回 (1999/11/29)

未踏分野への挑戦

ユーザーの立場からの期待

中性子散乱と科学技術

東京大学物性研究所

藤井保彦

1. 中性子散乱とは？

(熱) 中性子散乱

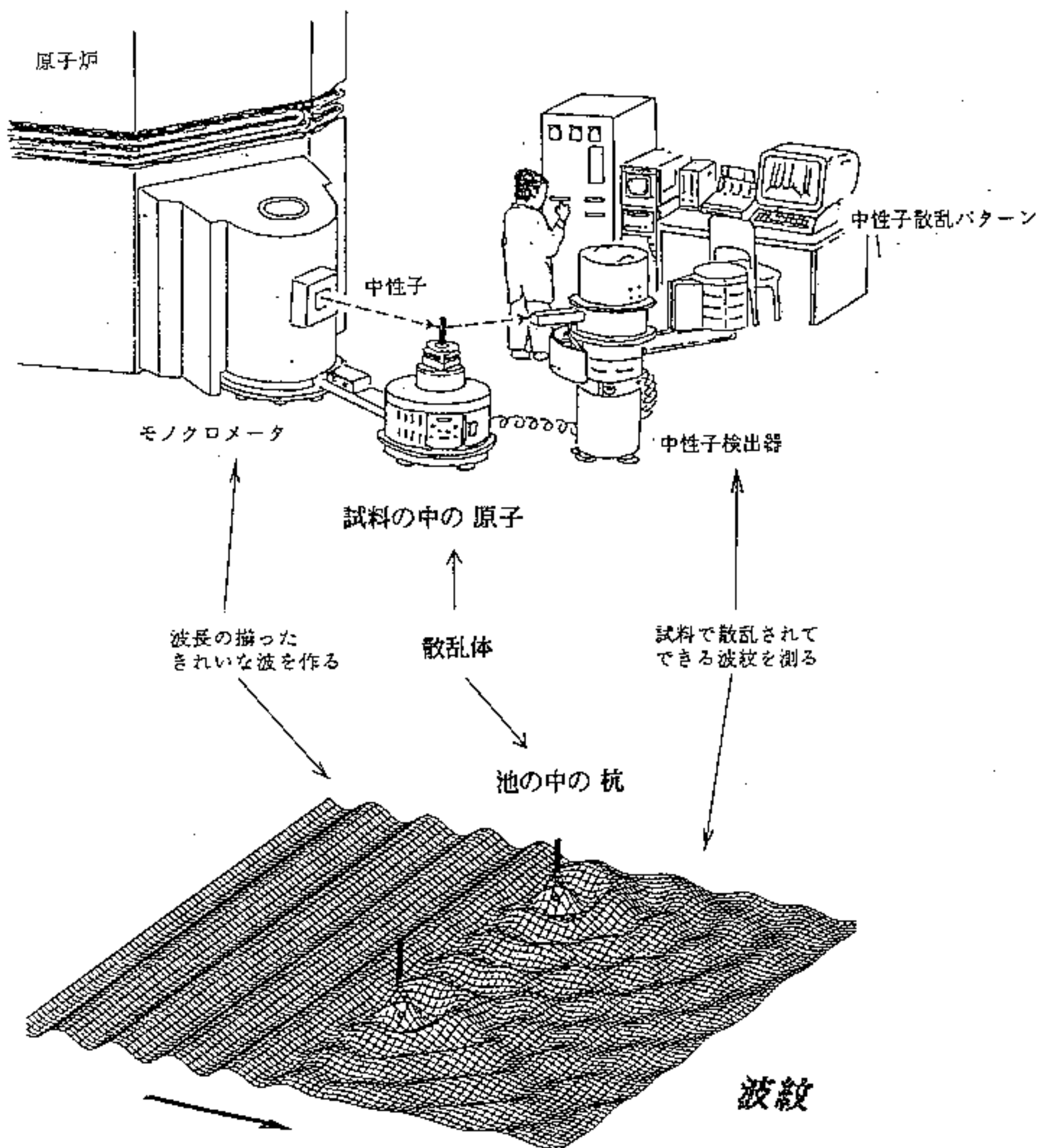
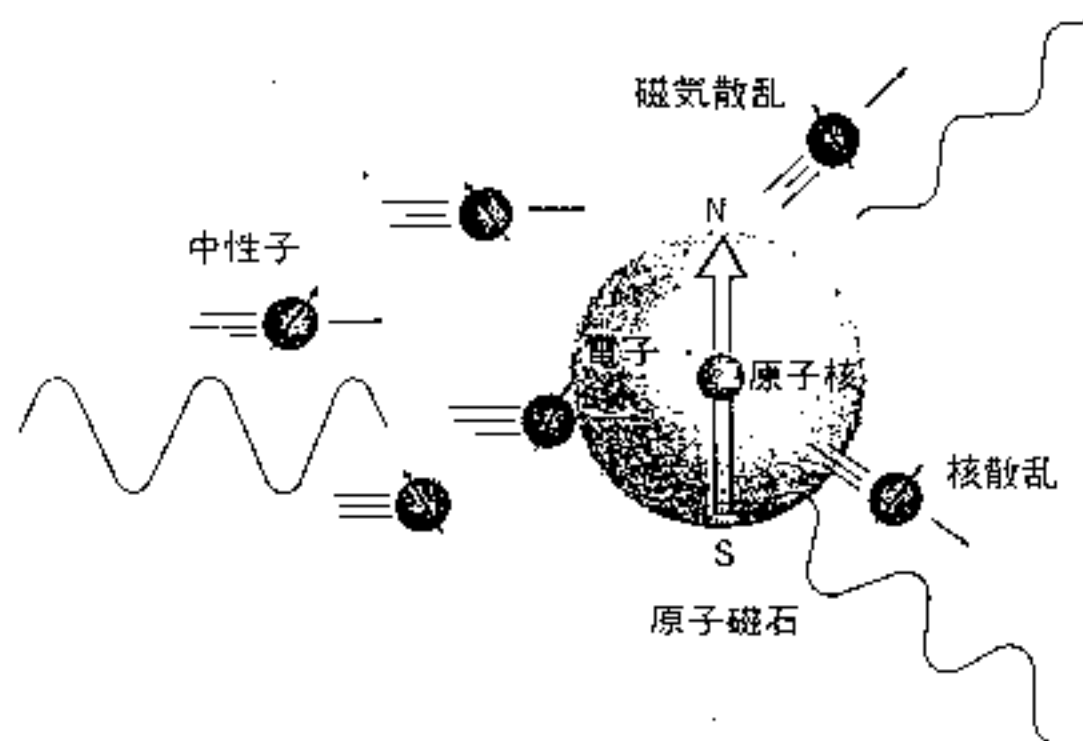
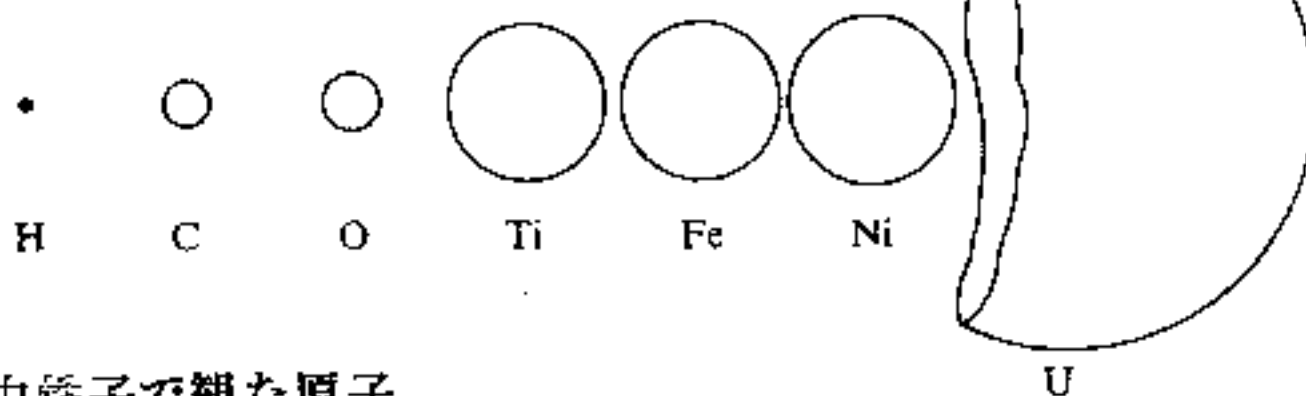


表 1-1 電磁波と中性子のエネルギー、波長などの比較

		X線		紫外線	可視光	赤外線	遠赤外線	マイクロ波
		1	10					
電磁波	波長 λ (Å)	1	10	100	1000	10^4	10^5	10^7
	波数 $\tilde{\nu}$ (cm ⁻¹)	10^8	10^7	10^6	10^5	10^4	1000	10
	振動数 ν (sec ⁻¹)	3×10^{18}	3×10^{17}	3×10^{16}	3×10^{15}	3×10^{14}	3×10^{13}	3×10^{11}
中性子	エネルギー E (eV)	12400	1240	124	12.4	1.24	0.124	0.0124
	速度 v (cm/sec)	1.55×10^8	4.9×10^7	1.55×10^7	4.9×10^6	1.55×10^6	4.9×10^5	4.9×10^4
	波長 λ_N (Å)	0.0025	0.008	0.025	0.08	0.25	0.81	2.55
		0.01 Å		0.1 Å		1.0 Å		10.0 Å
		中速中性子		低速中性子		熱中性子		冷中性子
				エビサーマル				



X線で観た原子



中性子で観た原子

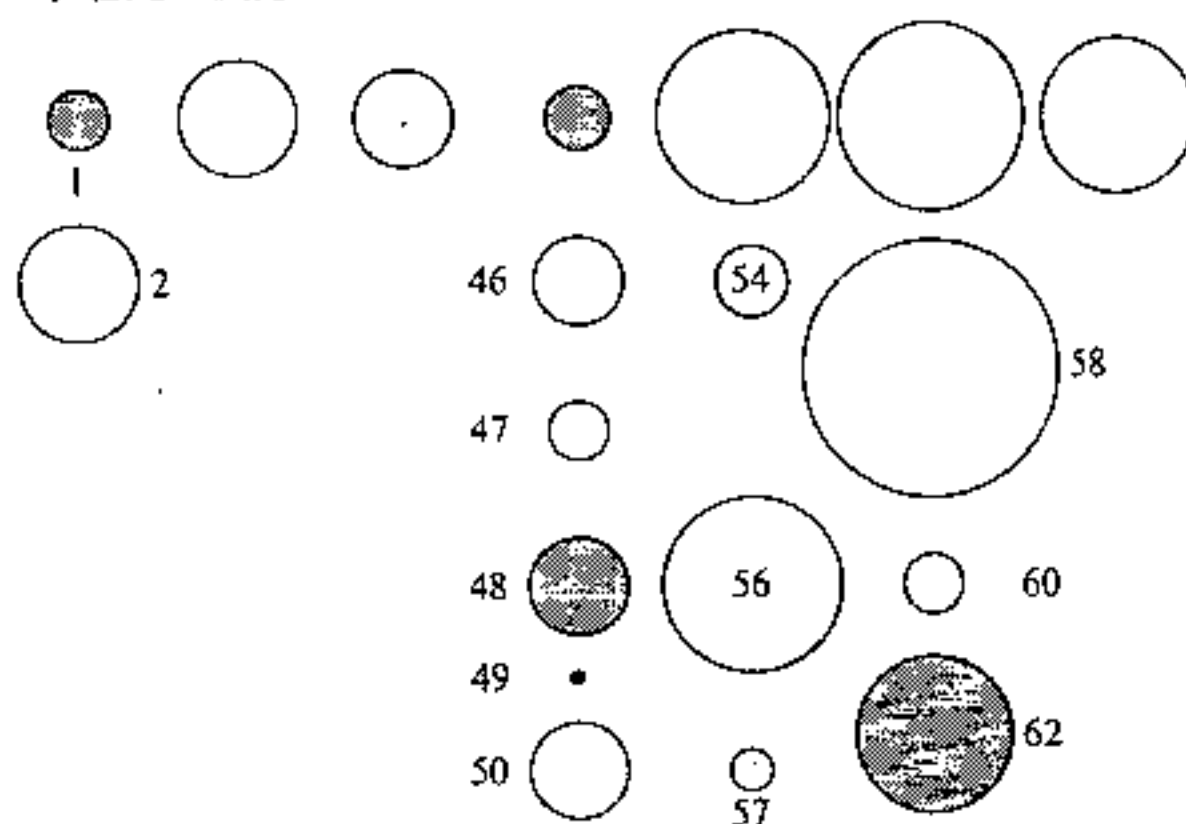
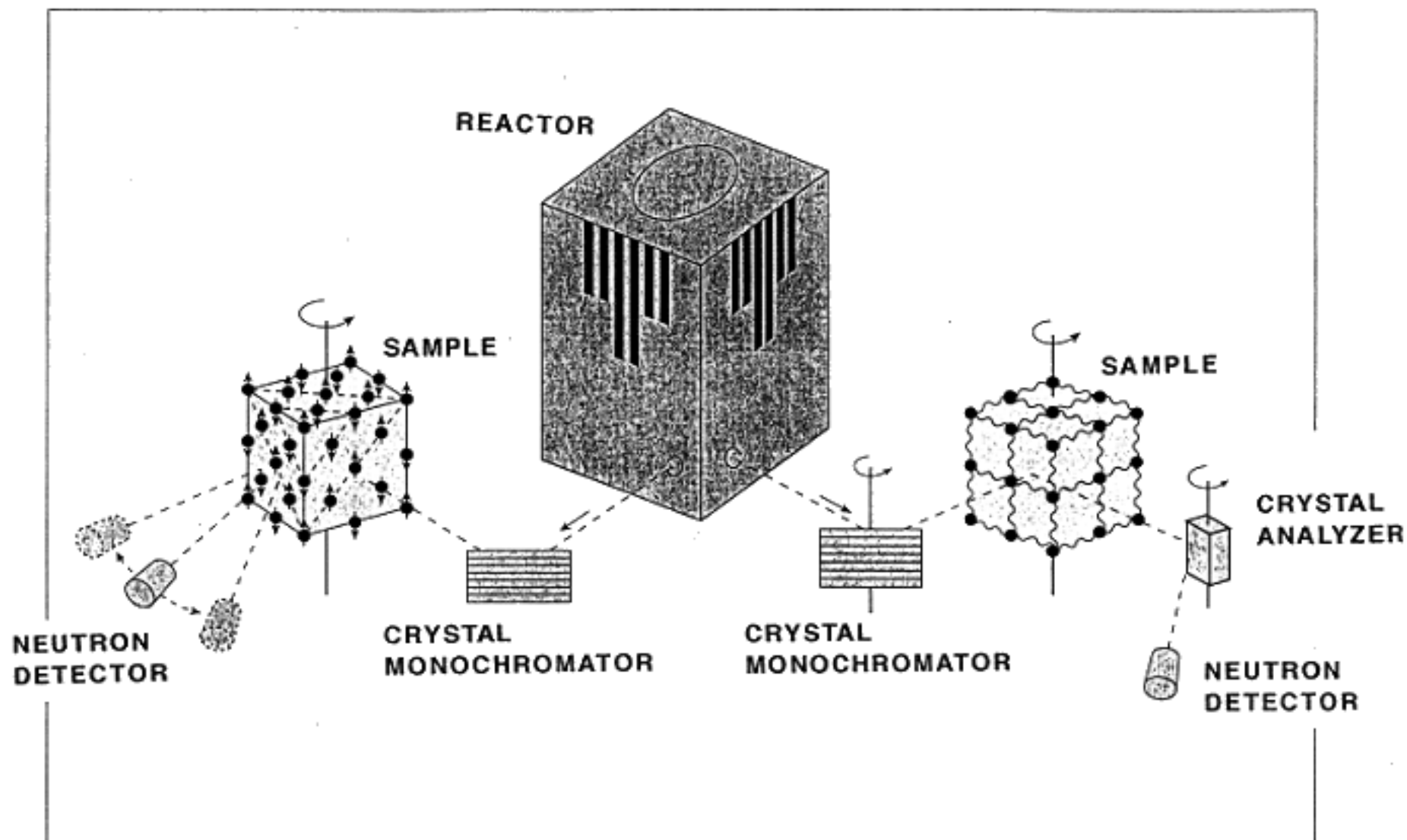


FIG. 25. The visibilities of some atoms and isotopes for X-rays and neutrons. The radii of the circles are proportional to the scattering amplitude b . Negative values of b are indicated by the cross-hatched shading.

1994 Nobel Prize in Physics awarded to Drs. Brockhouse and Shull



NEUTRON SCATTERING

熱中性子と冷中性子の使い分け = カメラのズーミング

月の認識のいろいろなレベル



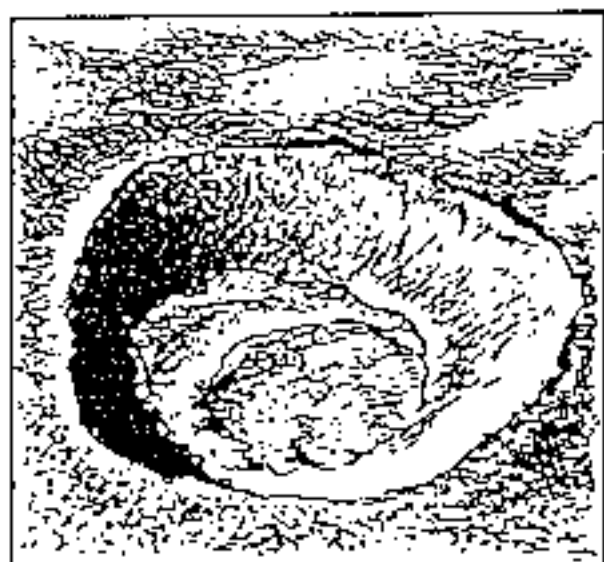
極めて遠くから見る。



極めて近くから見た
ときの情報



熱中性子による情報



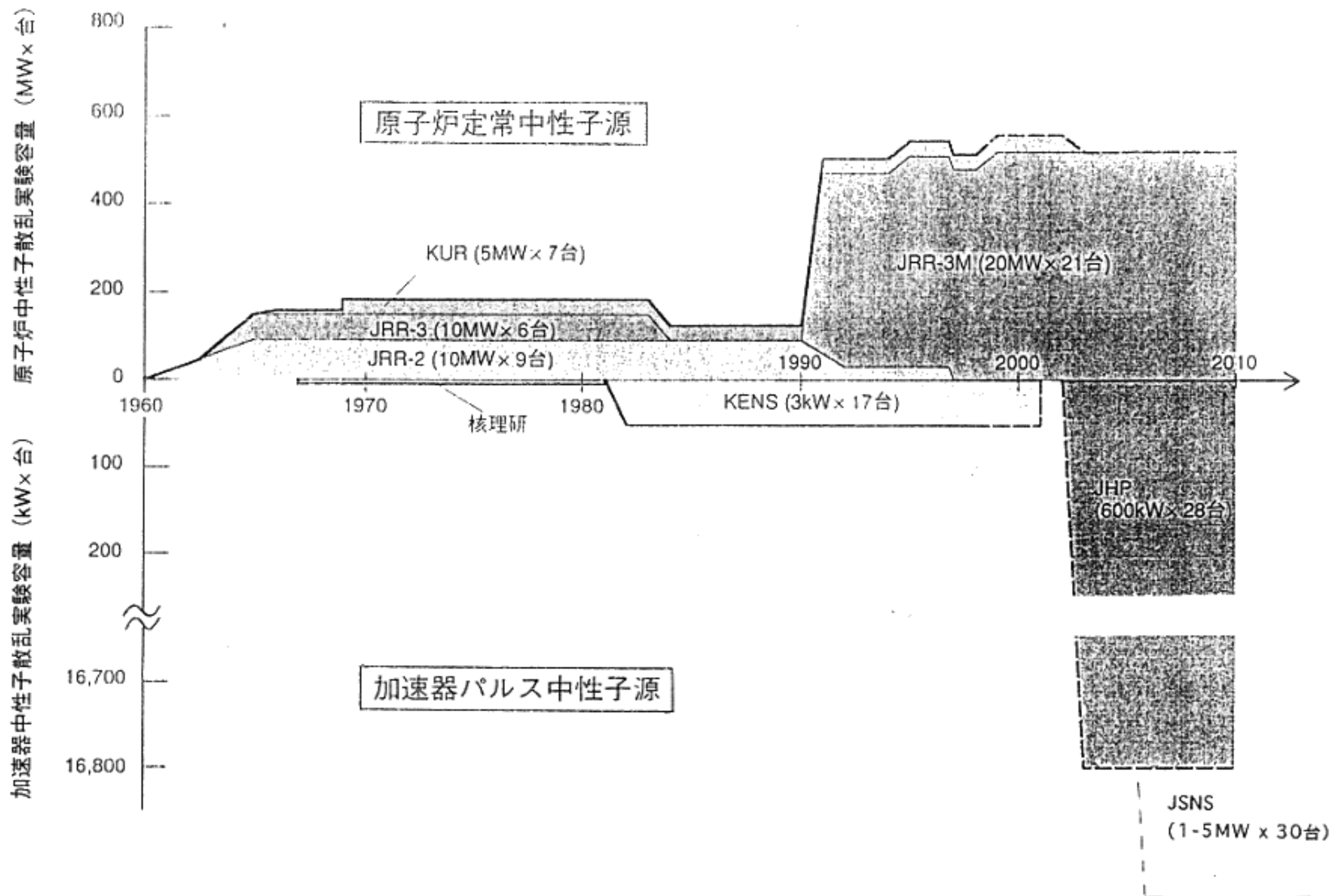
ちょうど月の特徴が
よくわかる情報



冷中性子による観測情報

熱中性子は原子レベルで物を見ますが、冷中性子は原子ではなく、
その集合体レベルで物を見ます。

2. 日本の中性子源



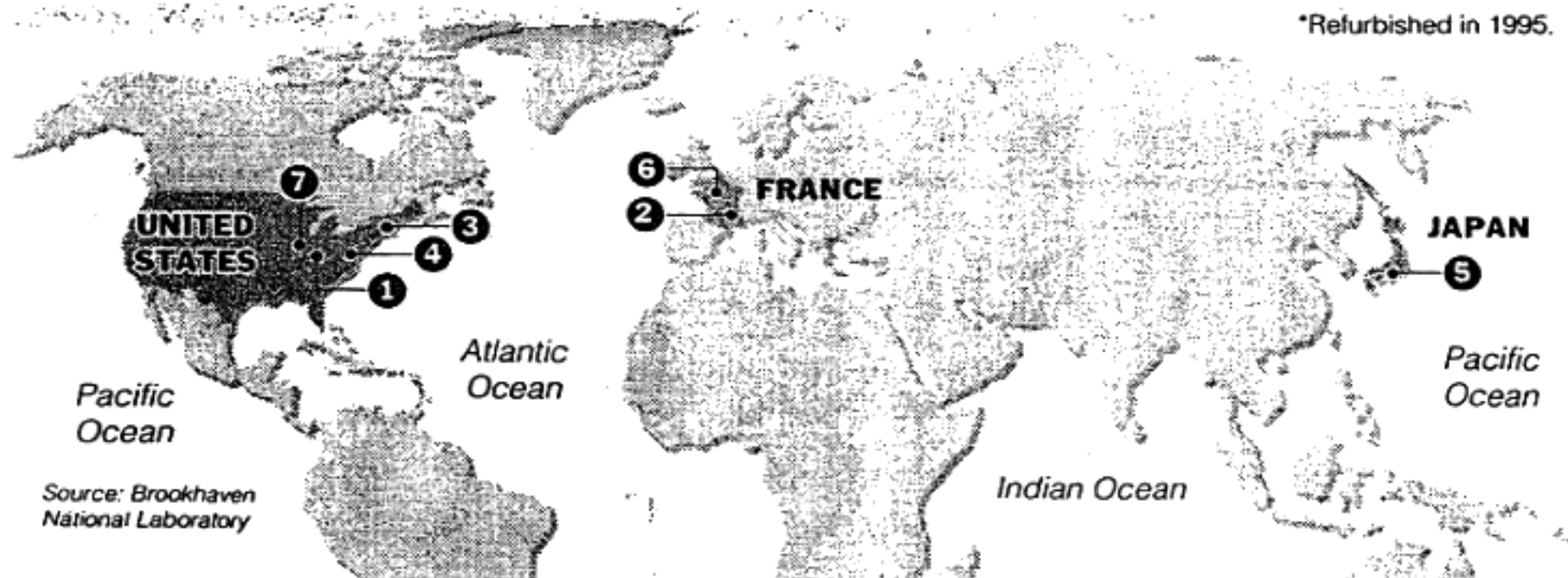
Leading Research Nuclear Reactors Worldwide

There are only a handful of research nuclear reactors powerful enough, and equipped with the necessary instruments, to do the type of work that was being done at the Brookhaven National Laboratory.

Reactor, location	Year built	Power (in megawatts)
1. High Flux Isotope Reactor, Oak Ridge, Tenn.	1966	85
2. Institut Laue Langevin, Grenoble, France	1971*	57
3. High Flux Beam Reactor, Upton, N.Y.	1965	30
4. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md.	1969	20
5. Japan Research Reactor III, Tokai, Japan	1990	20
6. Laboratoire Leon Brillouin, Saclay, France	1980	15
7. Missouri University Research Reactor, Columbia, Mo.	1967	10

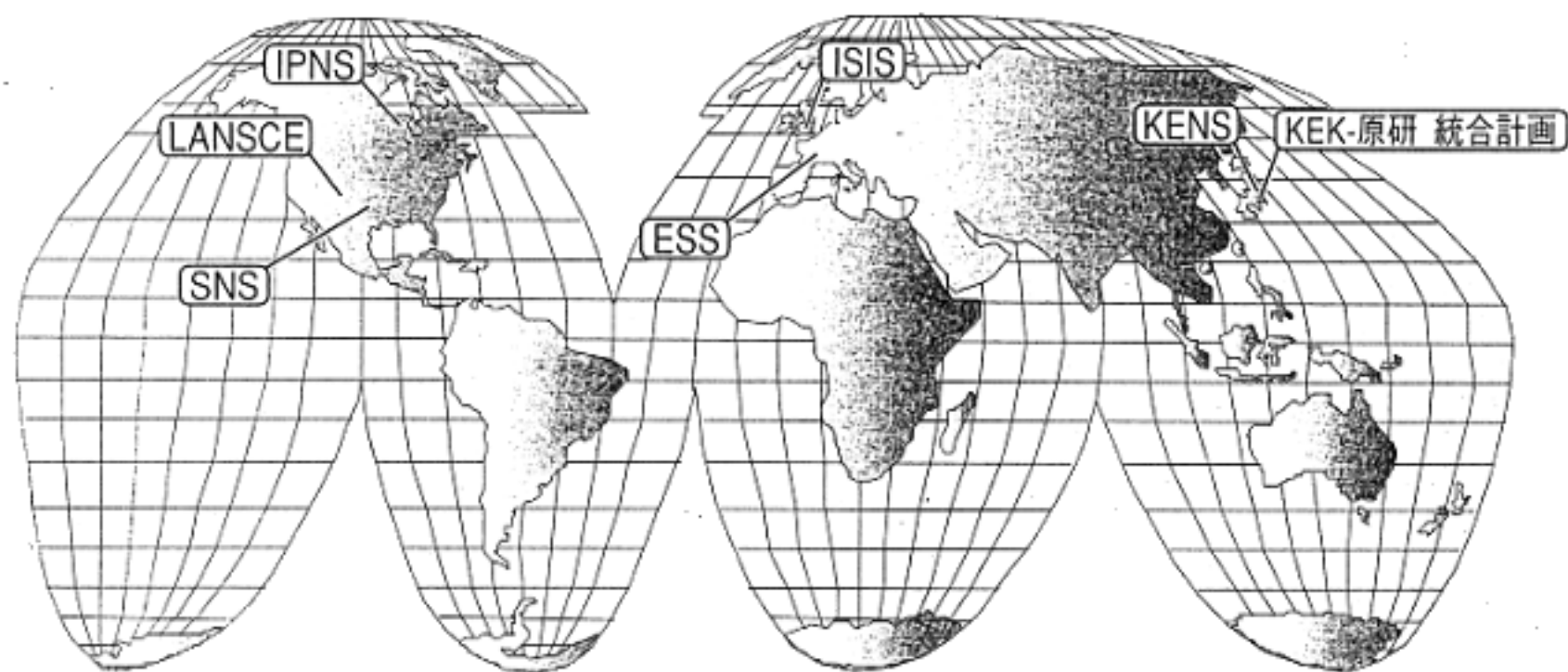
*Refurbished in 1995.

Number of Instruments	Figure of NS Capacity
11	935
26	1482
15	450
24	480
21	420
22	330
8	80



Source: Brookhaven National Laboratory

世界の核破砕パルス中性子源施設



KENSは、1980年に世界に先駆けて運転を開始しました。ますます増大して行く中性子科学研究の重要性を踏まえ、英国や米国の施設を凌駕する世界最強の次世代パルス中性子源建設を計画しています。

加速器利用核破砕パルス中性子施設

陽子ビーム強度
(KW)

運転開始年

KENS、高エネルギー加速器研究機構 (日)

3

1980年

IPNS、アルゴンヌ国立研究所 (米)

6

1981年

ISIS、ラザフォード・アップルトン研究所 (英)

160

1985年

LANSCE、ロスアラモス国立研究所 (米)

80

1985年

KEK-原研 統合計画 (日)

1000-5000

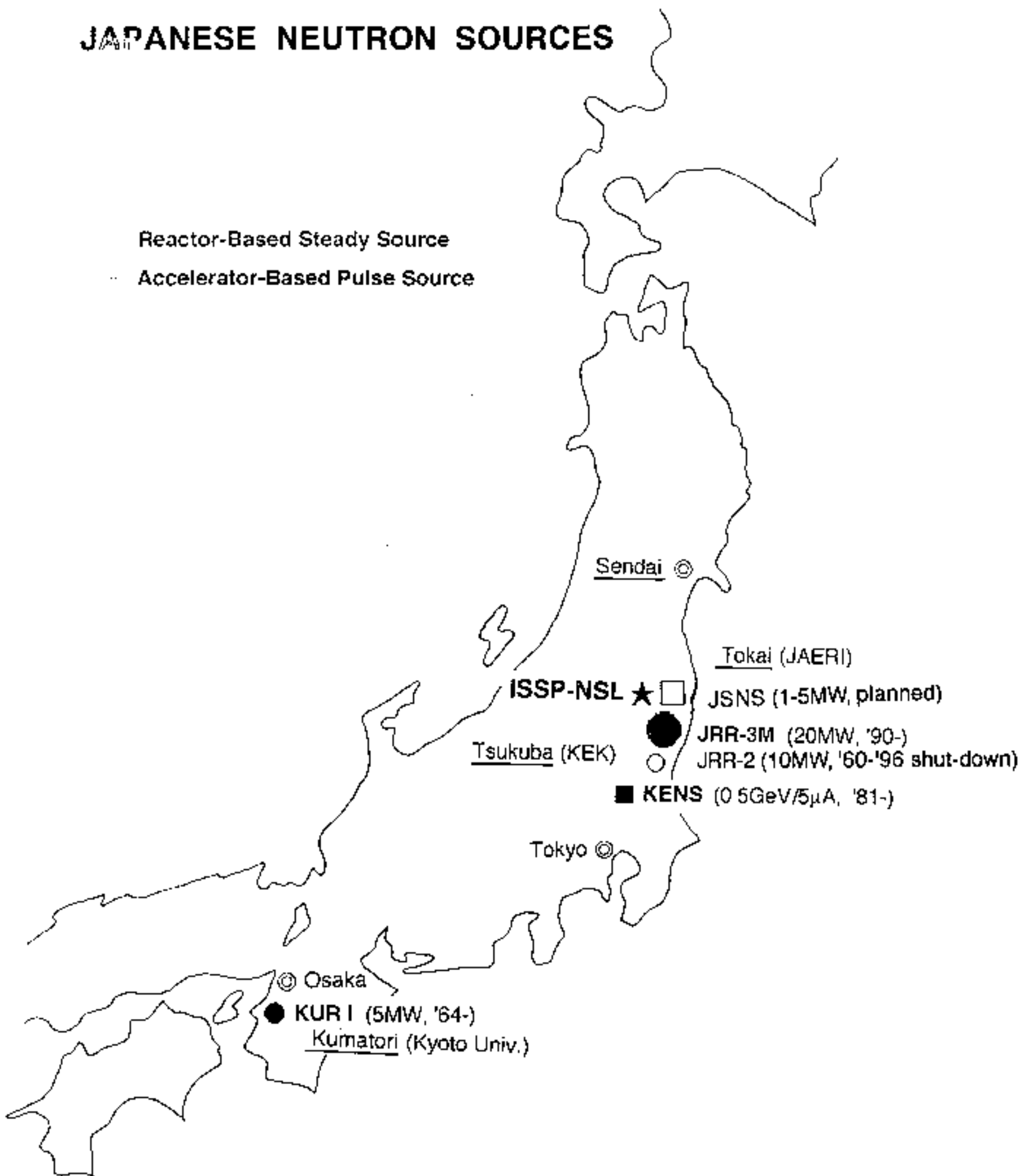
SNS (米)

ESS (欧)

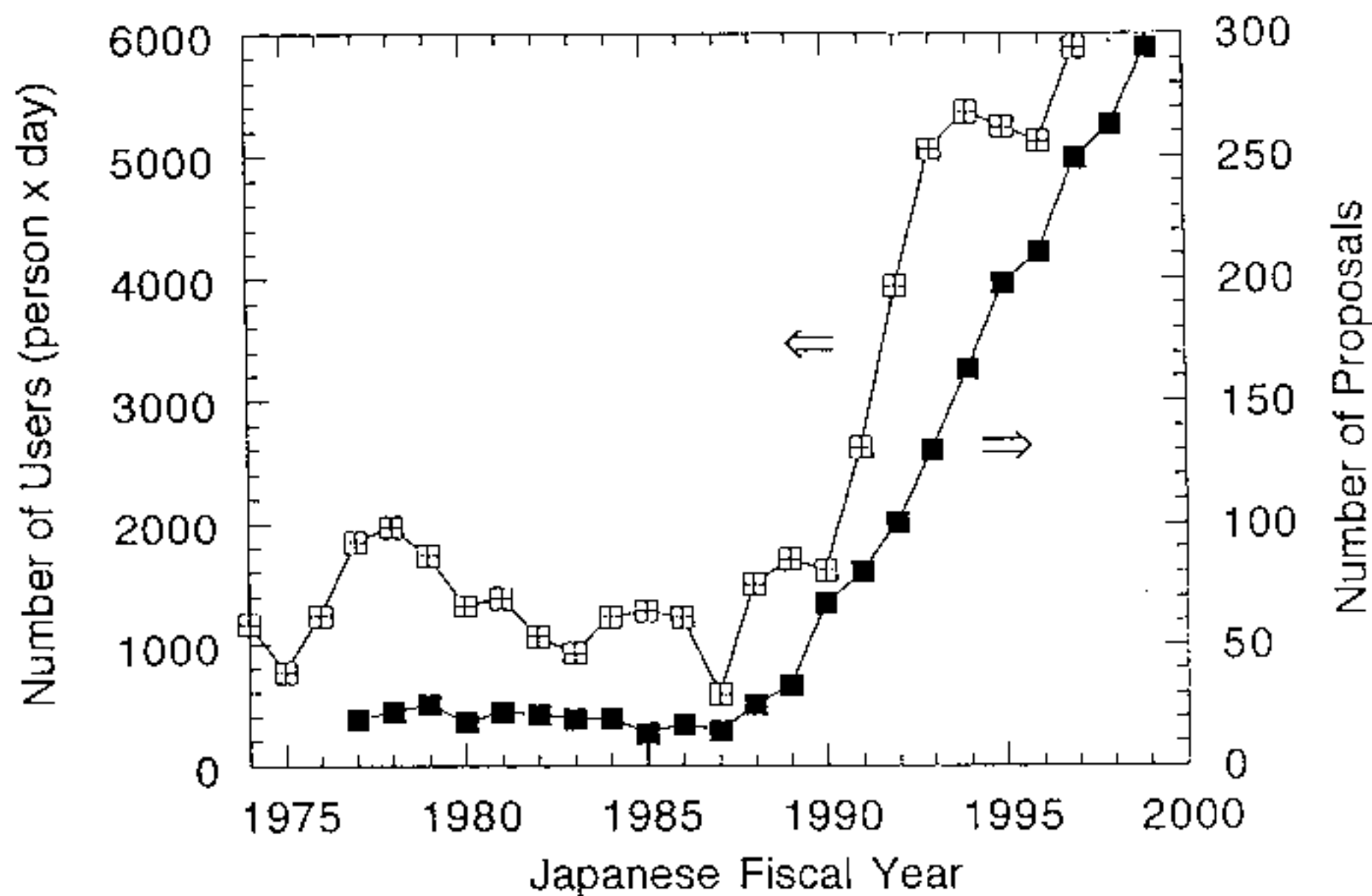
JAPANESE NEUTRON SOURCES

Reactor-Based Steady Source

Accelerator-Based Pulse Source



原研研究炉を用いた中性子散乱実験の
申請課題数と共同利用者数の年次変化
(大学関係者のみ)



3. 役立つ中性子散乱

■高分子、複雑液体

プラスチック等の製造過程を研究することで製造法を改良できます。



■ガラスなど

光ファイバーなどの基礎研究が出来ます。



■構造材料化学

新材料開発に役に立ちます。



■化学反応

触媒の研究をすることで環境浄化の役に立ちます。



■バイオテクノロジー

新薬開発のための基礎を提供します。



■地球環境

地球の深部の物質の研究が出来ます。



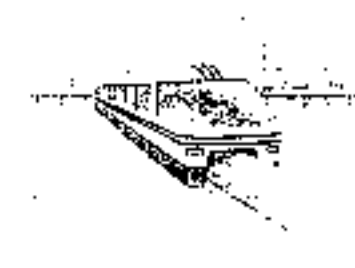
■工業利用

飛行機のジェットエンジンなどの非破壊検査が出来ます。



■物質科学

超伝導や、磁性体の研究はハイテク機器の開発の基礎となります。



■基礎科学

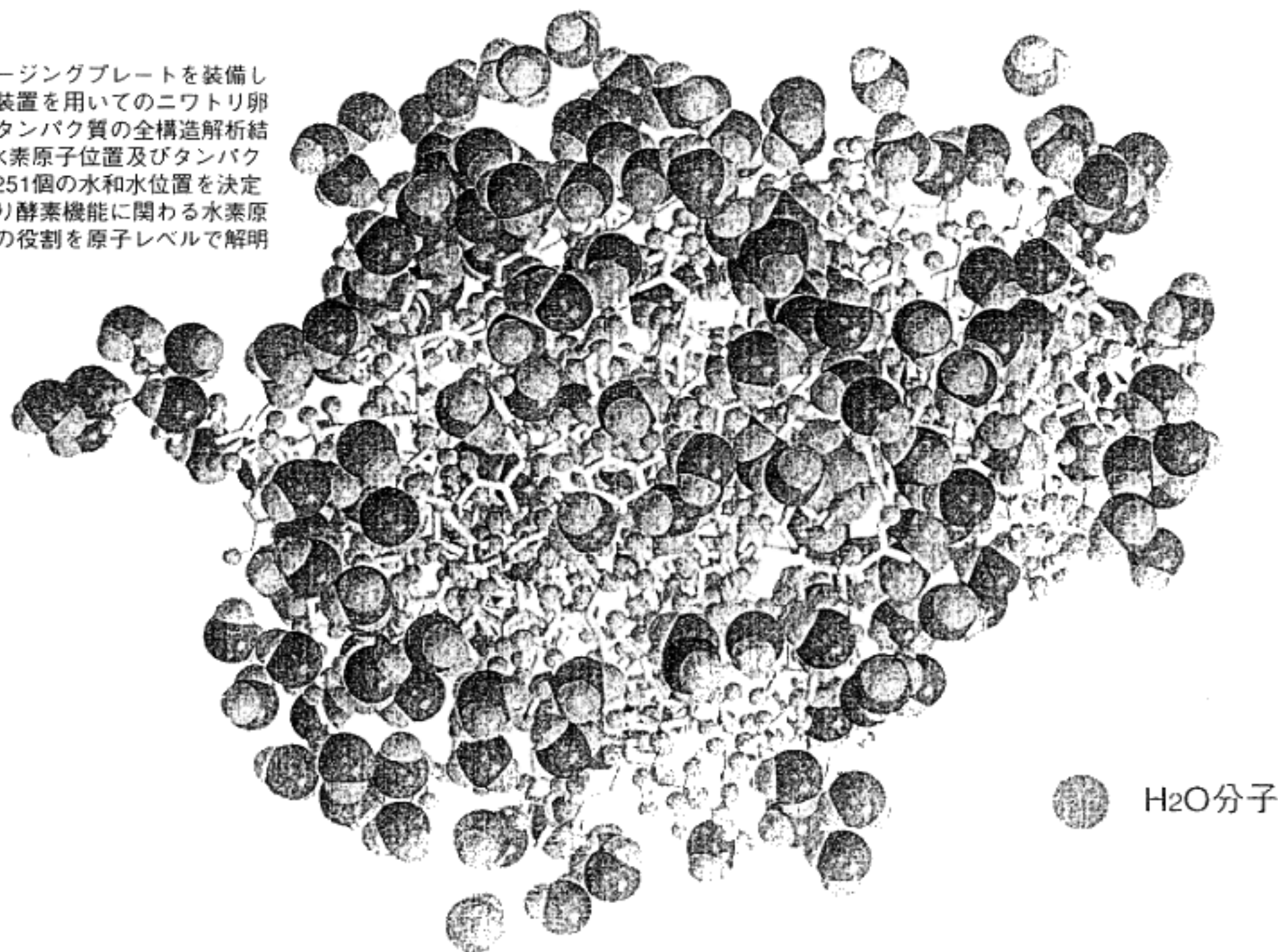
素粒子などの基礎研究が出来ます。



今、構造（原子・分子の位置）の解明
将来、それらの運動と機能の解明

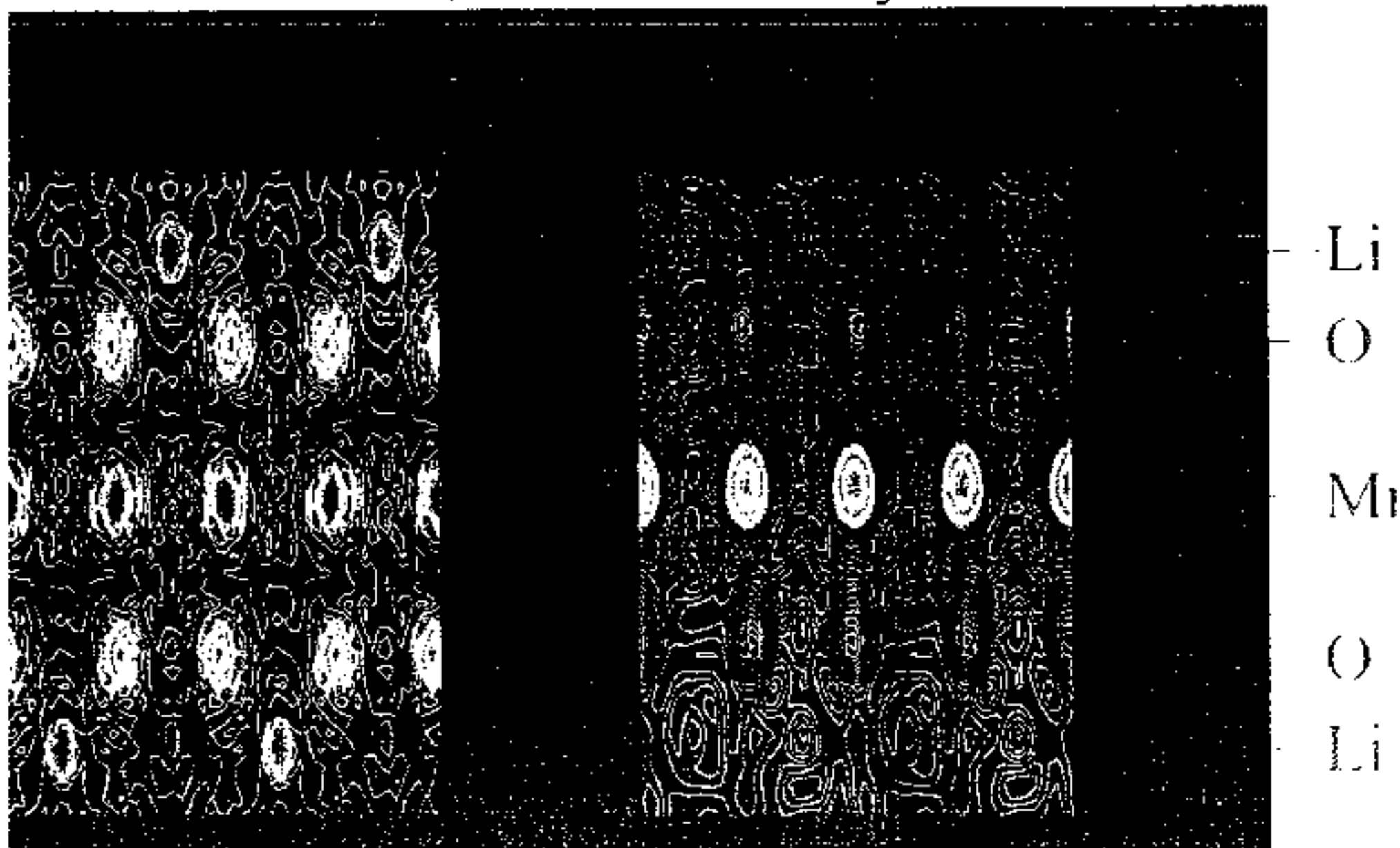
ニワトリ卵白リゾチームタンパク質の構造解析

中性子イメージングプレートを装備した中性子回折装置を用いてのニワトリ卵白リゾチームタンパク質の全構造解析結果。960個の水素原子位置及びタンパク質を取り囲む251個の水和水位置を決定したことにより酵素機能に関わる水素原子及び水分子の役割を原子レベルで解明できた。



今、構造（原子・分子の位置）の解明
将来、それらの運動と機能の解明

Neutron LiMnO_4 X-ray
(新型電池材料)



中性子がひらく生命・物質の科学

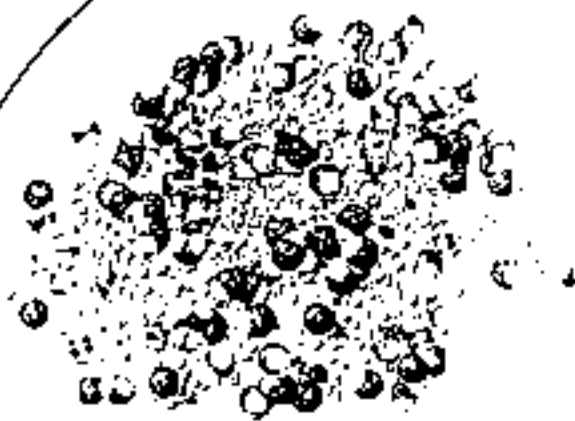
—世界3大中性子源計画のひとつ—

中性子は

- ・原子レベルでの構造解析
- ・水分子の観測
- ・磁性の観測

ができる

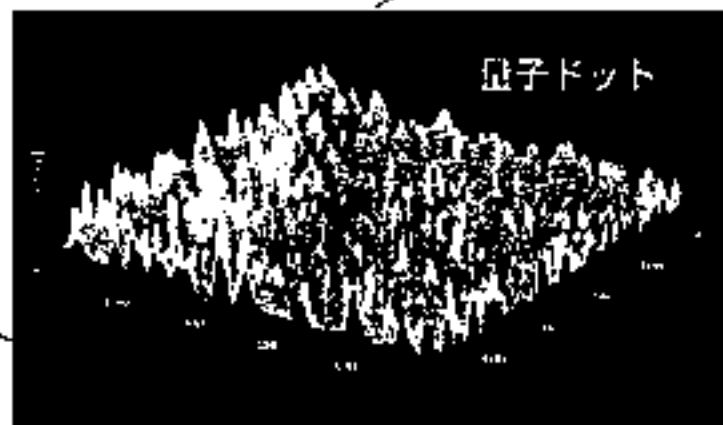
難病の克服



DNA中のたんぱく質
の構造・機能の解明

難病の克服
遺伝子病
エイズ

新薬の設計



量子ドット

磁性体の構造研究

高温超伝導体の機構解明
超高磁場の実現



高分解能核磁気共鳴診断装置

新産業の創出

超高密度素子



超小型コンピュータ
CPU、記憶素子



高温超伝導を用いた磁気浮上列車