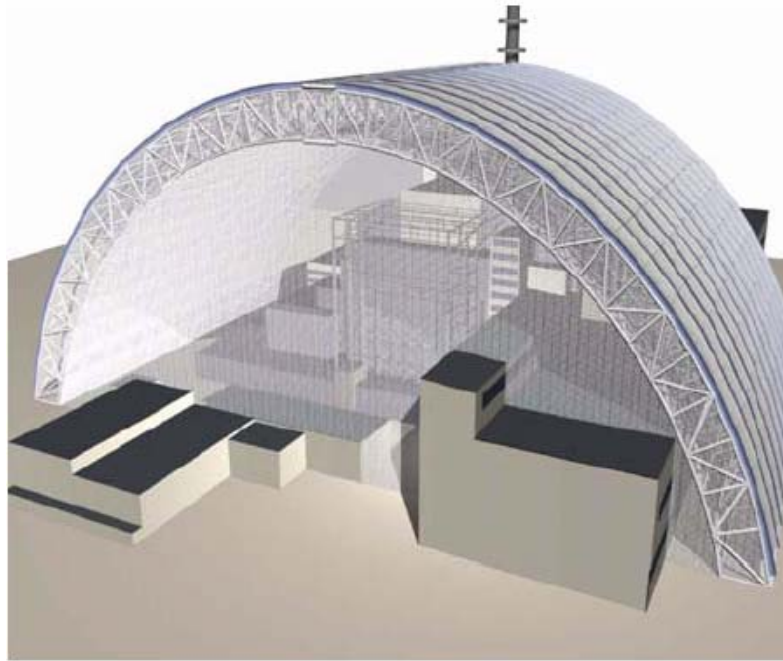


チェルノブイリ事故による 大気汚染の解析



小出文隆
川上功
黒田洋平
中野洋介

アドバイザー教官

羽田野 祐子



1. 研究の背景と目的



研究の背景

大気汚染による環境リスクの評価

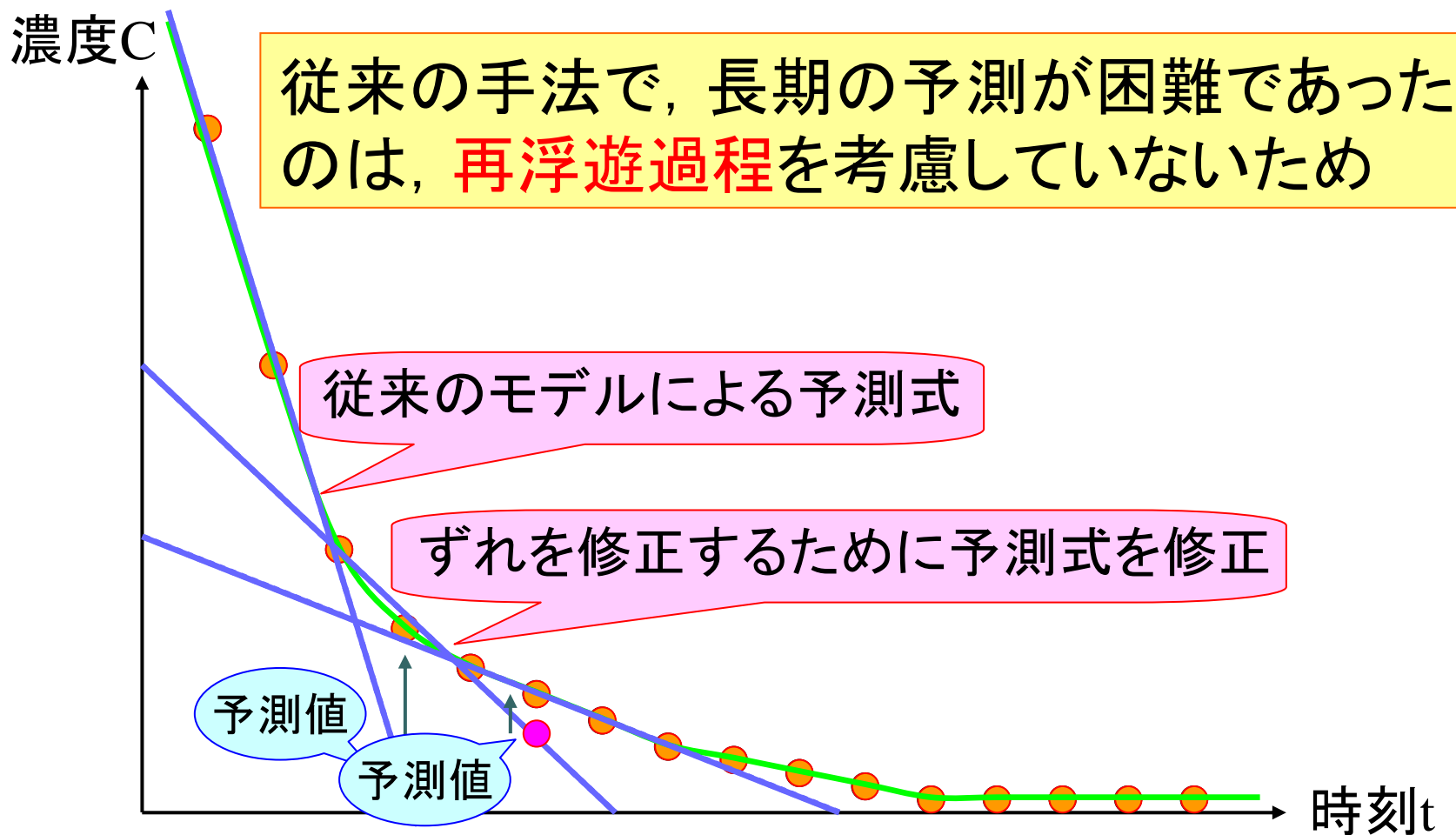
⇒汚染濃度の正確な長期予測が求められる

チェルノブイリ事故では・・・

予測値と実測値に大きなずれが生じていた

⇒避難解除の時期を特定できなかった

従来の手法



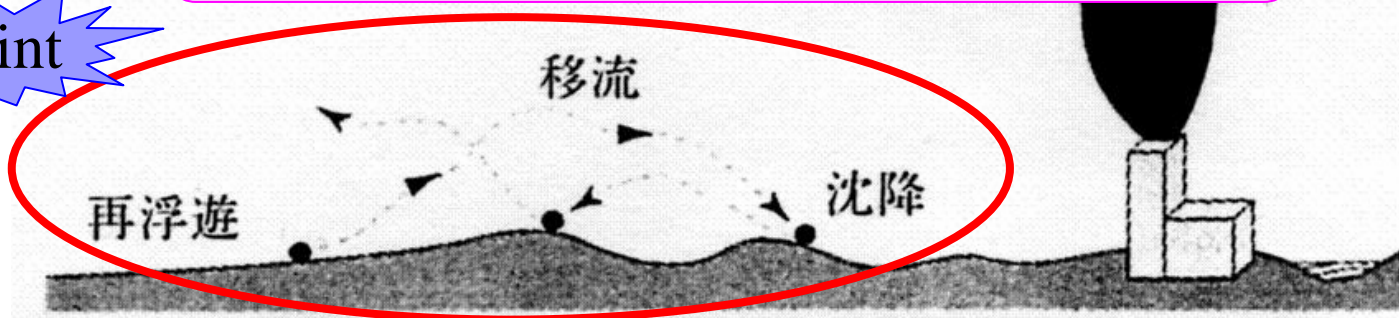
再浮遊過程

チェルノブイリ事故の放射性物質の拡散

煙から放出された核種は重力により沈降(deposition)するが、風により大気中に再浮遊(resuspension)し、再度沈降する

周辺地域では、沈降と再浮遊の繰り返しにより長期間にわたり大気汚染が続く

point





研究の目的

目的①

3つの核種(Sr-90,Pu-238,Pu-239+240)について予測式へ()

第二、第三の事故への応用

目的②

フィッティング結果から得られたパラメータ値を用いて、被曝によるチェルノブイリの健康リスクを算出する

研究の目的

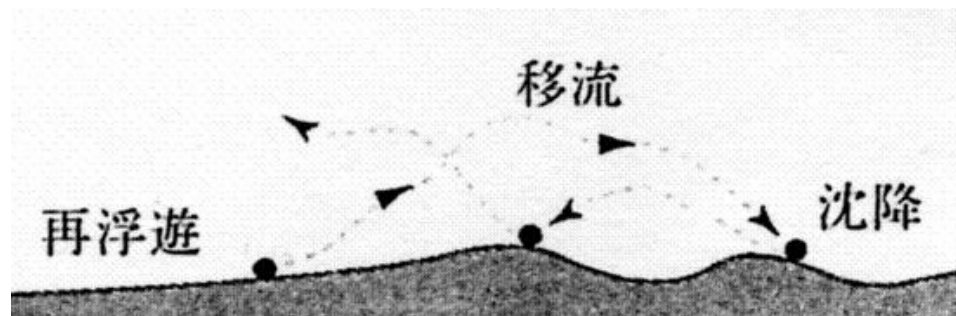
目的③

予測式が原子力事故以外の大気汚染の解析に対しても応用可能であるかの検証を行う

目的①

目的②

目的③



再浮遊過程



2.チェルノブイリ事故の解析



チェルノブイリ事故を解析するメリット

○ 長期にわたるデータがある

今年で1986年の事故発生から20年がたつが、現在でも観測が続けられている

○ 汚染源が限定的である

NO_x, SO_xなどは排出ポイントが多く、その解析を進めることは困難である。

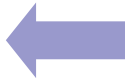
予測式

$$\sigma(T) \sim T^{-0.33 \pm 0.08}$$

平均濃度の標準偏差が
どれだけ時間に依存しているか

エアロゾルの拡散・再浮遊および
沈降を考慮した新しいタイプの移流拡散方程式

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v_1 \frac{\partial C}{\partial x_1} + v_2 \frac{\partial C}{\partial x_2} + \lambda C = \delta(x_1)\delta(x_2)\delta(t)$$



再現

乱流理論における
Corrsin-Obukhovの関係

$$\langle v_i(t)v_j(t+\tau) \rangle \sim \delta_{i,j}\tau^{-2/3}$$



解析

$$C(t) \sim Ae^{-\lambda t} t^{-4/3}$$

フィッティング

観測データ

予測式のフィッティング

予測式

観測データ

測定期間:1987-1999年

測定範囲:事故地点30km域内

$$C(t) \sim Ae^{-\lambda t} t^{-4/3}$$

Environmental Monitoring Data Around
The Chernobyl Nuclear Power Plant

A:初期段階での濃度

Code Point	Start DATE	End DATE	Time (H)	Volume (L)	Ce-144 (Ci/L)	Er. (%)	Cs-134 (Ci/L)
19.0	1991.6.21	1991.6.25	88.6	75310000			7.5E-19
19.0	1991.7.5	1991.7.9	97	77600000	2.7E-18	77	1.4E-18
19.0		1991.7.26		104400000			2.4E-19

λ :核種が再浮遊と沈降のサイクルから取り除かれるサイクル

対象核種

Sr

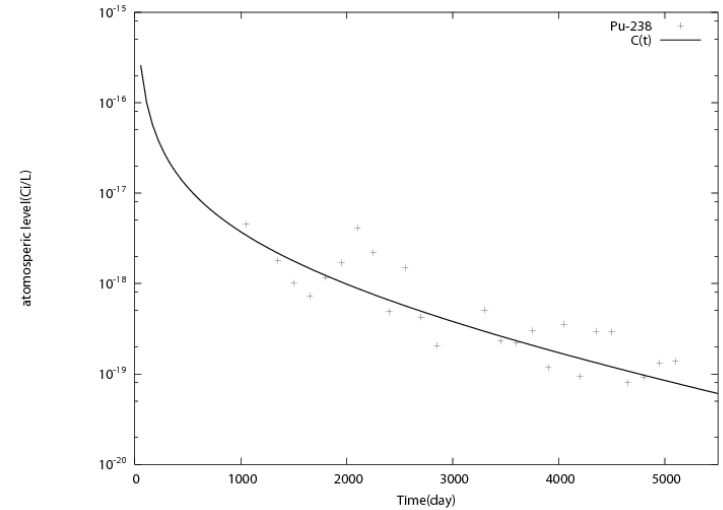
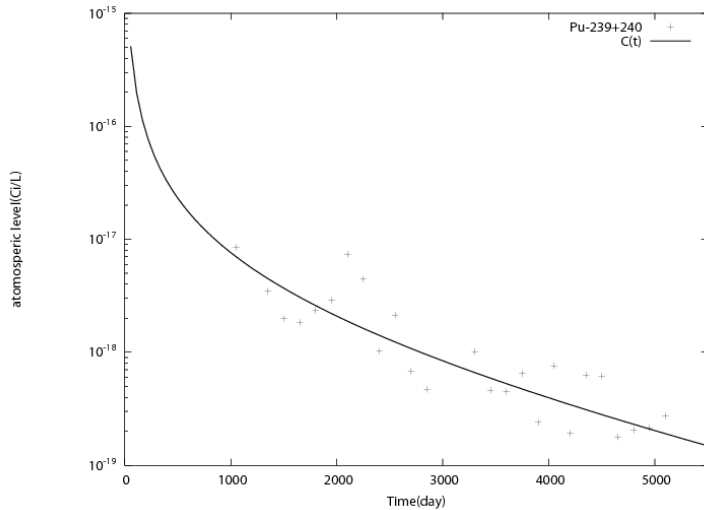
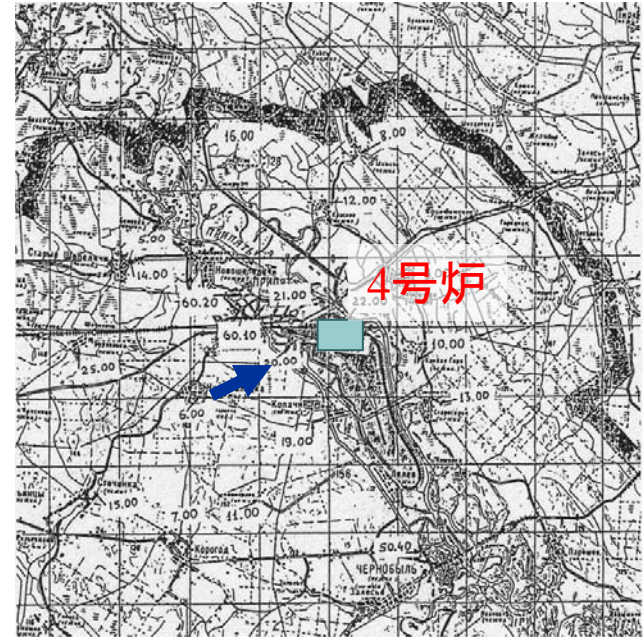
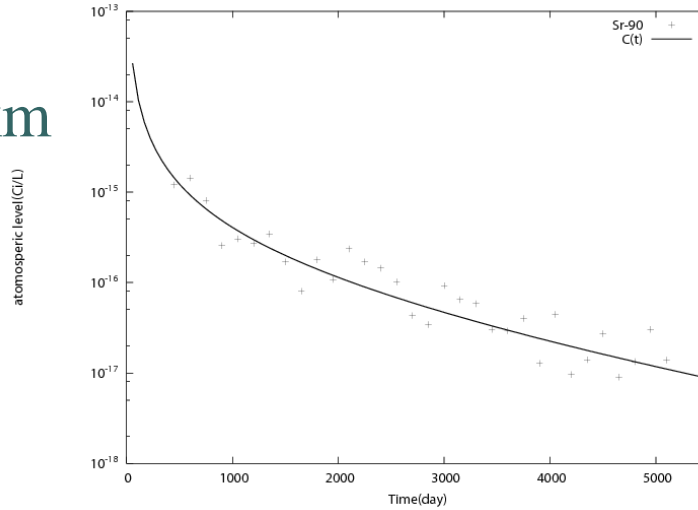
Pu-238

Pu-239+240

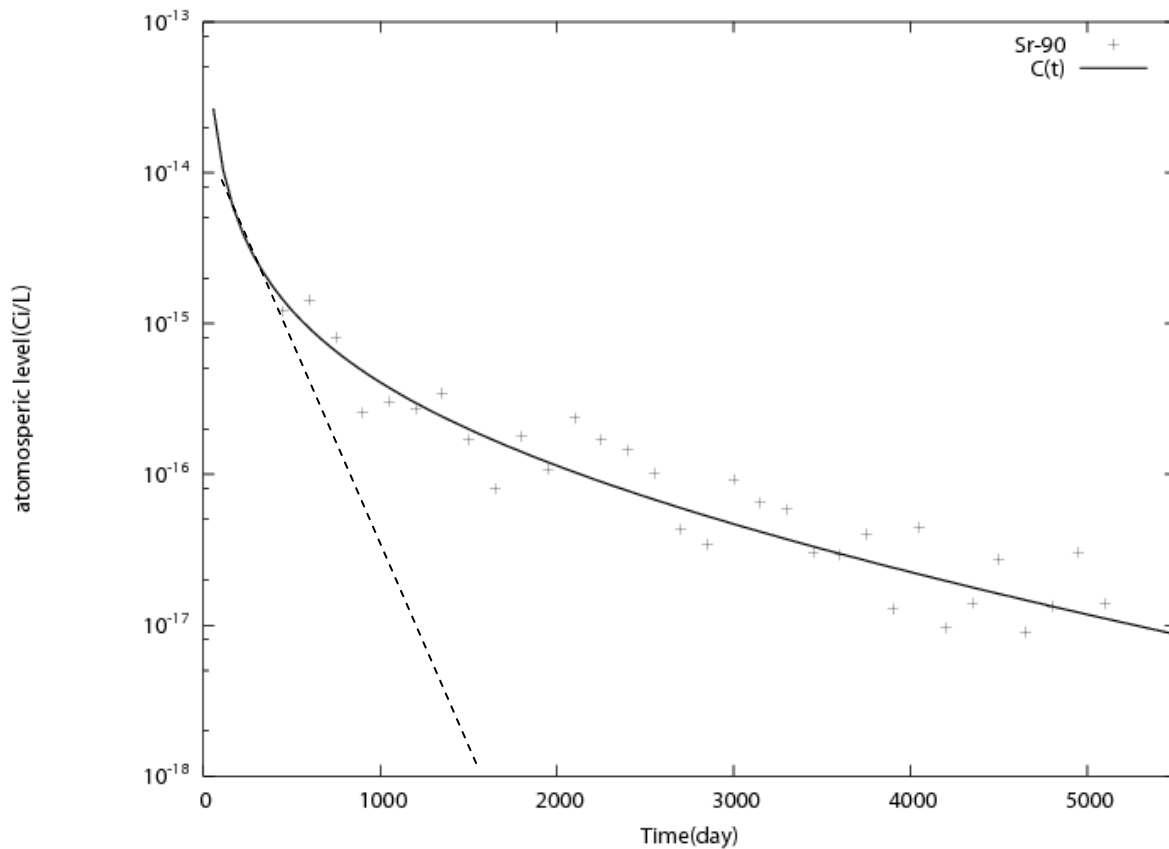
最小二乗法を用いてパラメータ値を決定

フィッティング結果

Point20
4号炉～西2km



フィッティング結果



再浮遊過程考慮なし

再浮遊過程を考慮することで長期予測することができる

● ● ● | 周辺住民の被ばくによるリスク評価

原子力災害の特徴



地震・風水害・火災などとは違い
五感に感じるできない



身体への影響の程度や、どのように行動
すればよいのか判断しにくい

周辺住民の被ばくによるリスク評価

放射線の被ばく

外部被ばく

内部被ばく

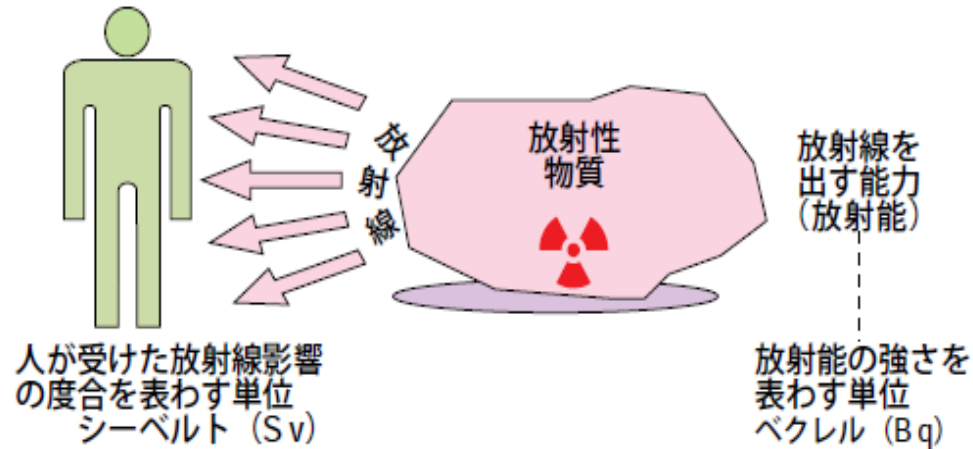


体の外部から放射線を受ける

経口摂取
食べ物などに含まれている放射性物質から

吸入摂取
鼻または口から呼吸気道を通じて摂取

リスク評価指標



$$Ed(Sv) = Id(Gy) \times WR \times WT$$

Ed:実効線量 Id:吸入線量

WR:放射線荷重指標 WT:組織荷重係数

1Gy:1kgのものに1Jのエネルギーが吸収されることを示す

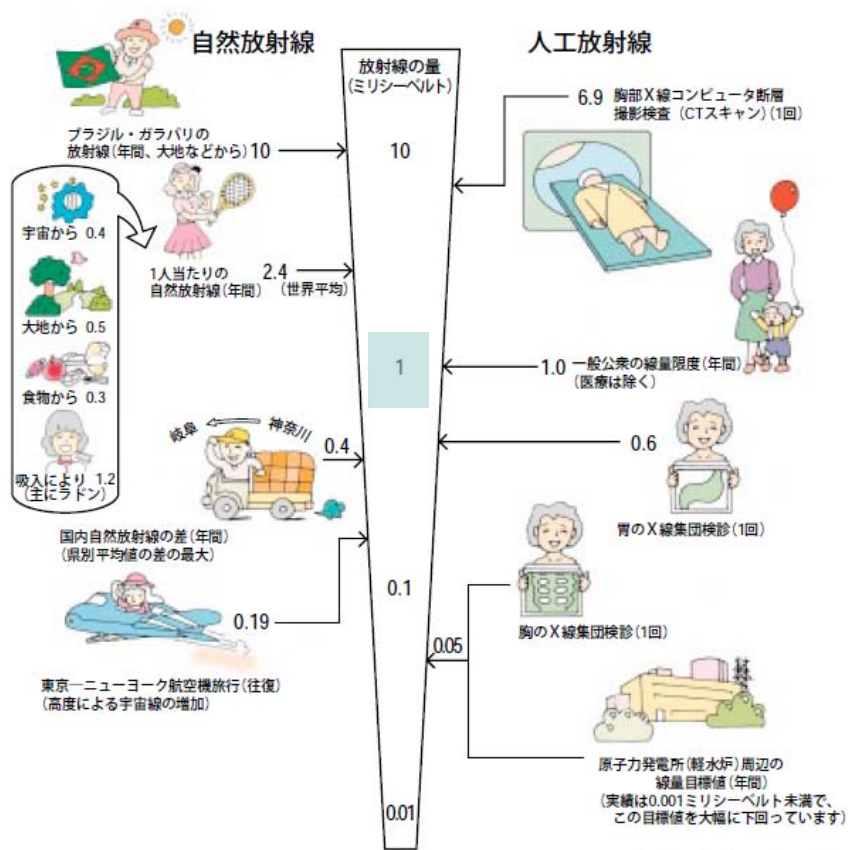
放射線荷重係数:放射線の種類による人間の体への影響の違い

組織荷重係数:放射線が当たった人体の組織・臓器による影響の違い

被ばくによるリスク評価は実効線量Svが用いられる

リスク評価指標

放射線量(mSv)	影響
0.05	原子力発電所周辺の線量目標 (年間)
1.00	一般人の年間の線量限度
2.40	日本人が自然界から1年間に受ける被曝量
5.00	職業人の線量限度
150	JCOの事故現場から80m地点に20時間滞在した場合の被曝量
500	全身に浴びると白血球の一時的低下
1000	全身に浴びると吐き気や倦怠感をもよおす
3000	皮膚に浴びると脱毛
5000	永久不妊・皮膚に浴びると赤く腫れる
7000	全身に浴びると死亡
10000	皮膚に浴びると腫瘍ができる
16000-20000	JCO事故による死亡者の推定被曝量



出典：資源エネルギー庁「原子力2002」他

チェルノブイリ周辺の被ばくによるリスク

リスク評価

対象:チェルノブイリ周辺住民(Point22)

被ばくの種類:吸入摂取

(Cs-134,Cs-137,Sr,Pu-238,Pu-239+240)

評価期間:事故発生当時から12年間

評価事項:一年当たりの実効線量

評価基準:1(mSv/year)



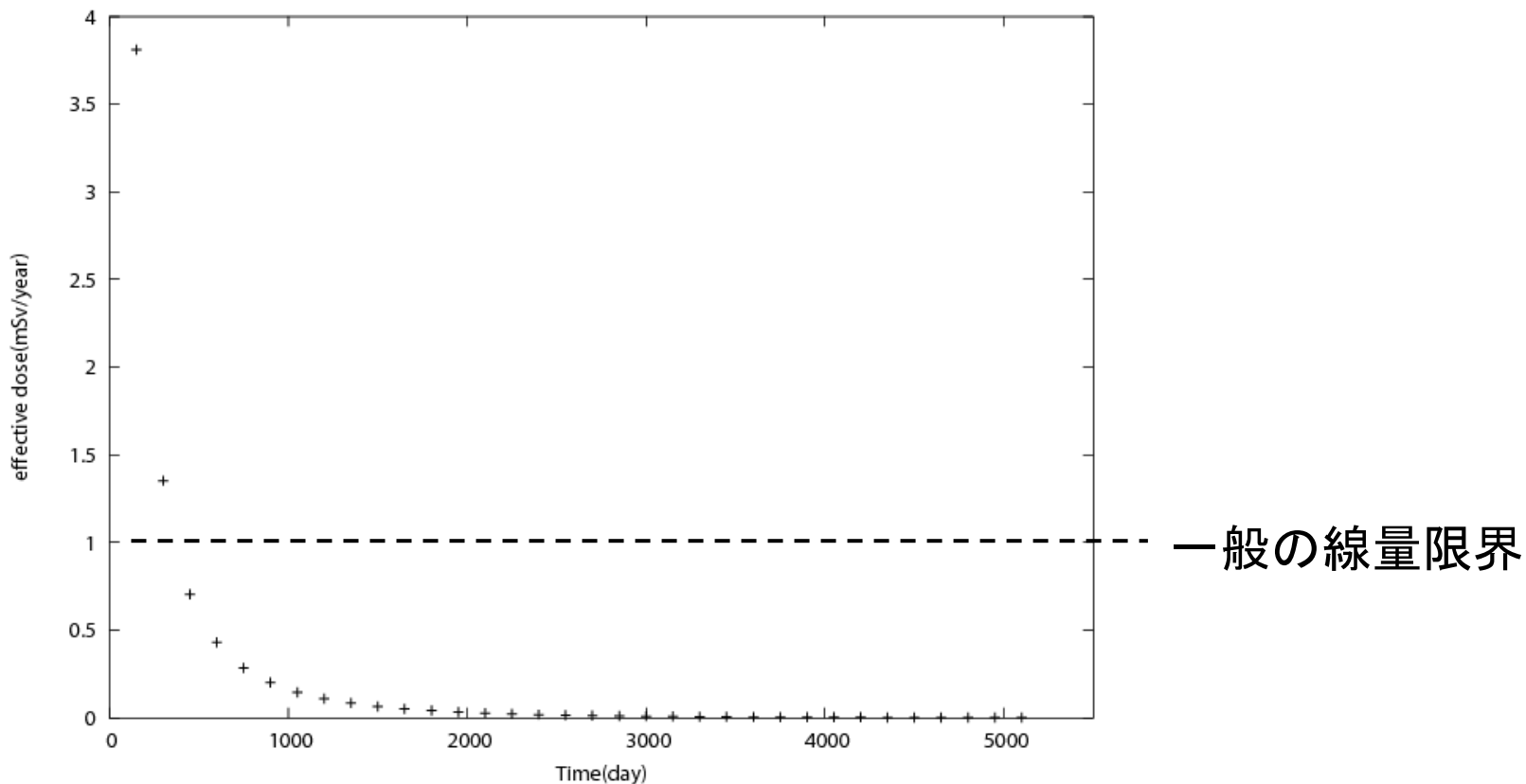
吸入摂取により被ばくした実効線量

$$Ed(Sv/day) = C(Bq/L) \times q_{asp}(L/day) \times p(Sv/Bq)$$

C 汚染濃度
q_{asp} 一日当たりの呼吸量
P 実効線量係数

核種	吸入摂取 (Sv/Bq)
Cs-134	2.0E-08
Cs-137	3.9E-08
Sr-90	1.6E-07
Pu-238	1.1E-04
Pu-239	1.2E-04
Pu-240	1.2E-04

チェルノブイリ周辺の被ばくによるリスク



対象核種の吸入摂取によるリスクは事故発生後
400日後に基準を下回った

新たに放射線に関する事故が生じたら？

予測式

核種、事故現場からの距離を明らかにし、 λ を決定
初期濃度(一年間)を測定し、 A を決定

今後10年後までの汚染濃度が算出



周辺住民の被ばくによるリスクを算出
(非難解除時期の特定)



3.他の大気汚染事例への応用

他の大気汚染への応用

予測式の特徴
再浮遊過程を考慮



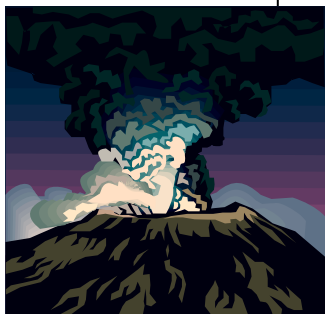
再浮遊するような大気汚染物質
ならば核種以外にも応用可能

エアロゾル(浮遊粒子物質)

大気中に浮遊している粒子状の物質で、代表的な大気汚染物質の一つ

自然由来

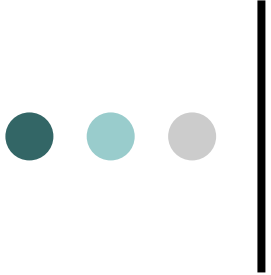
火山噴火
森林火災



人間活動

工場からの排出される煤塵
自動車から





3-1.三宅島噴火によるエアロゾルの濃度推移

評価概要

三宅島噴火により放出したエアロゾルの濃度推移を求め、
それによる健康被害の影響を評価する

算出過程

予測式において

λ : 放射性核種Srで原子炉に近いポイントにおける値を使用

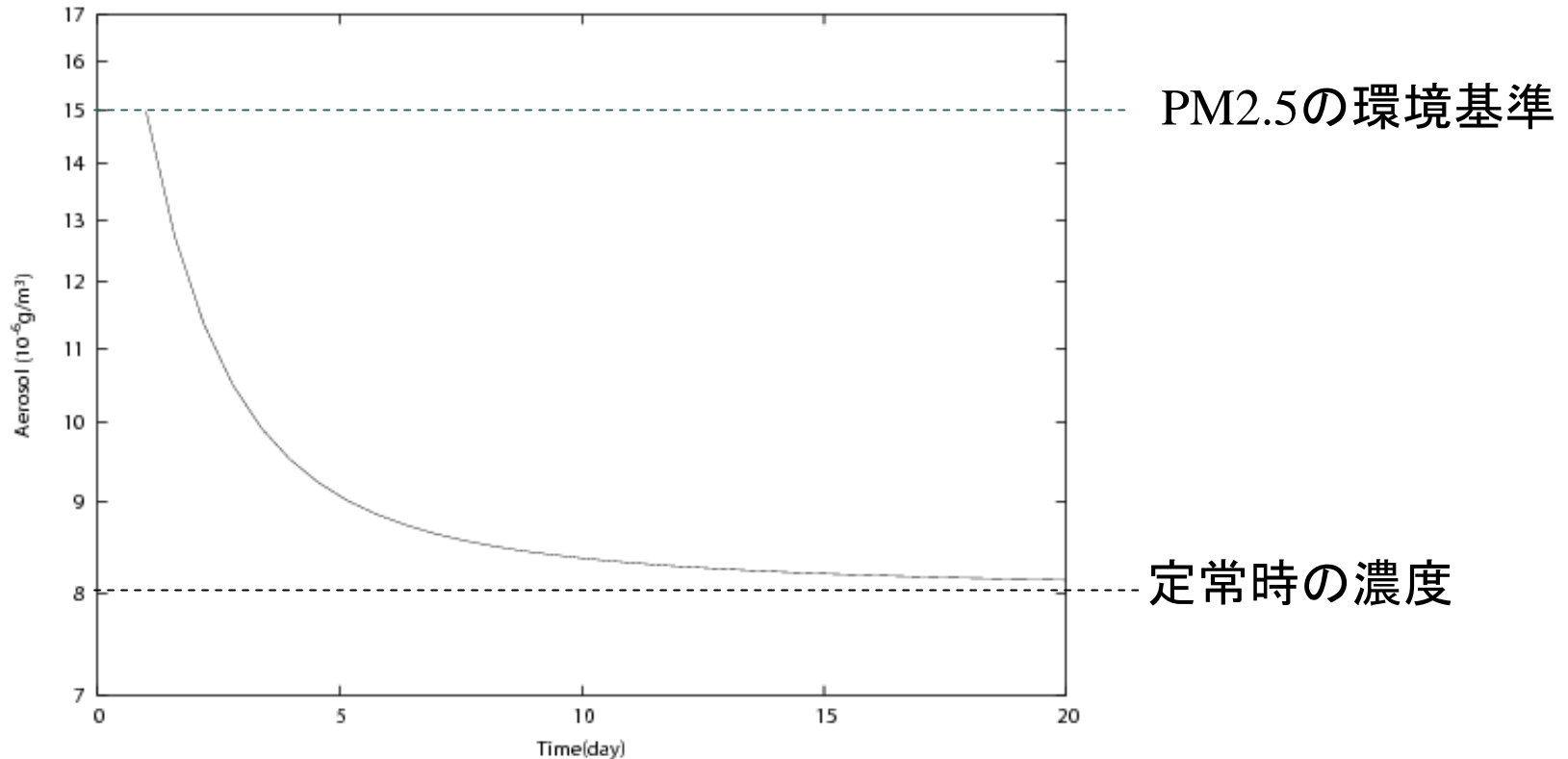
A: 噴火前と噴火後でのエアロゾルの濃度の差を初期値とする

噴火前: $8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \Rightarrow$ 噴火後: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

評価基準

PM2.5の環境基準($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

3-1.三宅島噴火によるエアロゾルの濃度推移



ほぼ2週間後に定常の濃度に戻り、
エアロゾルに関する健康影響はない

3-2.工場の煤塵濃度予測への適用過程の構築

工場からの排出⇒断続的



予測式において、時間tによって積分して適用

$$C(t) \sim \int A e^{-\lambda t} t^{-4/3} dt$$



工場からの排出による汚染濃度の推移を算出できる

4.まとめ

予測モデル:フィッティング
(核種・場所ごとのパラメータ値の算出)

周辺住民の被ばくによる
リスク評価

他の大気汚染に応用

自然由来:三宅島噴火
人間活動:工場

線量基準以下になる日数を算出

放射能に関連する事故が起こった際の
長期予測への応用例を示した

他の大気汚染の濃度推移予測
への応用