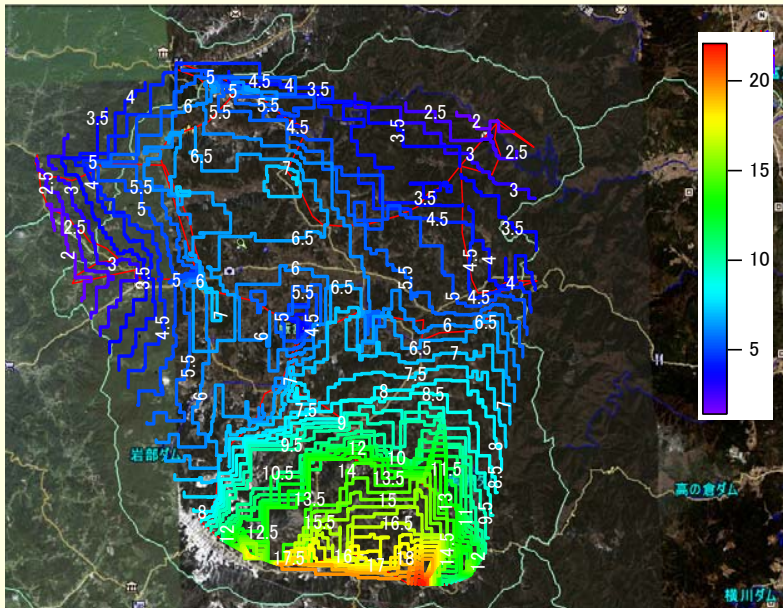


飯舘村初期被曝評価(2)

地表沈着放射能に基づく村内全戸の 空間線量評価



2011年3月29日の飯舘村
放射能汚染状況、 $\mu\text{Sv/h}$

今中哲二 京大原子炉
林 剛平 京大農学部
沢野 伸浩 金沢星稜大
市川 克樹 (株)オフィスブレーション
城戸 寛子 (株)VIC

第14回「環境放射能」研究会
2013年2月27日 つくばKEK

問題意識

- 福島原発事故に対する初期モニタリングは、放射能汚染が従来の原子力防災計画を越えた範囲に及んだこと、オフサイトセンターが機能喪失状態に陥ったことから、極めて不十分であったし、その後の被曝量評価も不十分なままである。
- 可能と思われるさまざまな手法を使って、初期被曝評価を試みておく必要がある。

内閣府原子力対策本部

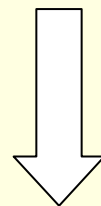
平成24年放射線の健康影響に係る研究調査事業公募に『福島第1原発事故による飯舘村住民の初期被曝放射線量評価に関する研究』というタイトルで採択される。

飯舘村全戸位置（1700戸）に対する 積算外部被曝量の評価の方法

セシウム汚染詳細マップの作成と
飯舘村各戸(約1700)の
緯度経度座標に基づく各戸の
セシウム137沈着量



他の核種の沈着も考慮した
単位セシウム137沈着量当りの
積算外部被曝の計算
(3月15日から6月30日まで)



放射能沈着から避難
までの外部被曝量。
飯舘村および各地区に対する
平均外部被曝量とその分布。

飯舘村各戸に対する緯度経度と沈着量・空气中濃度の割り当て

住宅地図から、世帯主名、住所の入力



Yahoo APIを使って各戸の住所を緯度経度に変換

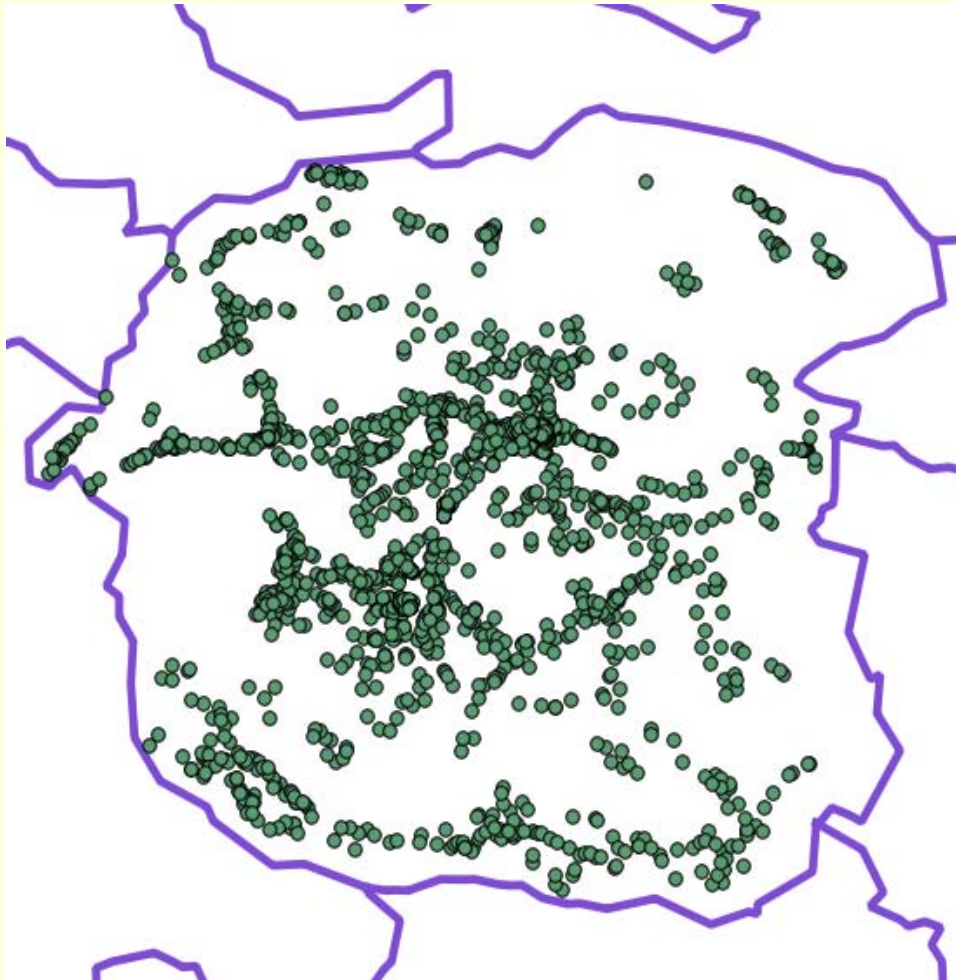


沢野、VICからの
汚染分布データ



飯舘村全戸の位置座標と放射能汚染量に
関するExcelデータ。
現在：1768件

飯舘村各戸の緯度経度読み取り



村内各戸の位置

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	住宅ID	住宅地団ページ	町名1	町名2	番地	行政区コード	行政区名	WGS84北緯	WGS84東経
1									
2	1	1	前田	豊栄	106	19	前田	37.72810038	140.68416591
3	2	1	前田	豊栄	110	19	前田	37.73028086	140.68581051
4	3	1	前田	豊栄	120	19	前田	37.73081163	140.68628793
5	4	1	前田	豊栄	127	19	前田	37.73217762	140.68677118
6	5	1	前田	豊栄	142	19	前田	37.73344170	140.68707110
7	6	1	前田	豊栄	210	19	前田	37.73375003	140.68814324
8	7	1	前田	豊栄	230	19	前田	37.73435000	140.68800427
9	8	1	前田	豊栄	250	19	前田	37.73518049	140.68854030
10	9	1	前田	豊栄	256	19	前田	37.73543049	140.68804589
11	10	1	前田	豊栄	266	19	前田	37.73525836	140.68828575
12	11	1	前田	豊栄	270	19	前田	37.73556388	140.68827825
13	12	1	前田	豊栄	36	19	前田	37.72746704	140.67798416
14	13	1	前田	豊栄	38	19	前田	37.73048871	140.67868968
15	14	1	前田	稲田	118	19	前田	37.72174204	140.68073921
16	15	1	前田	稲田	126	19	前田	37.72126520	140.68048255
17	16	1	前田	稲田	155	19	前田	37.72275666	140.68850482
18	17	1	前田	稲田	160	19	前田	37.72287331	140.68818261
19	18	1	前田	稲田	165	19	前田	37.72167342	140.68822433
20	19	1	前田	稲田	38	18	前田	37.72125883	140.68641552
21	20	2	白石	菅田	102	18	白石	37.70645289	140.69568561
22	21	2	白石	菅田	137-2	18	白石	37.70649188	140.69811338
23	22	2	白石	菅田	147-3	18	白石	37.70655009	140.69528007
24	23	2	白石	菅田	183	18	白石	37.70684484	140.69723286
25	24	2	白石	菅田	2	18	白石	37.70821647	140.69152190
26	25	2	白石	菅田	14	18	白石	37.70885306	140.69318419
27	26	2	白石	菅田	19	18	白石	37.70491421	140.69743834
28	27	2	白石	菅田	27	18	白石	37.70622510	140.68348301
29	28	2	白石	菅田	88	18	白石	37.70635571	140.69380798

Excelデータ

米国NNSAの空中サーベイデータの用いた Cs137沈着量マップ

—Operational Topic—

ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS IN AN EMERGENCY: THIS IS NOT A DRILL

Stephen V. Musolino,* Harvey Clark,† Thomas McCullough,† and Wendy Pemberton†

Health Phys. 102(5):516–526; 2012

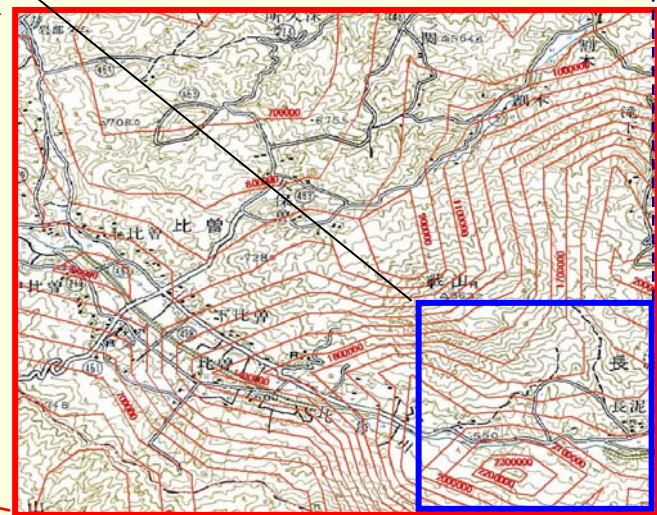
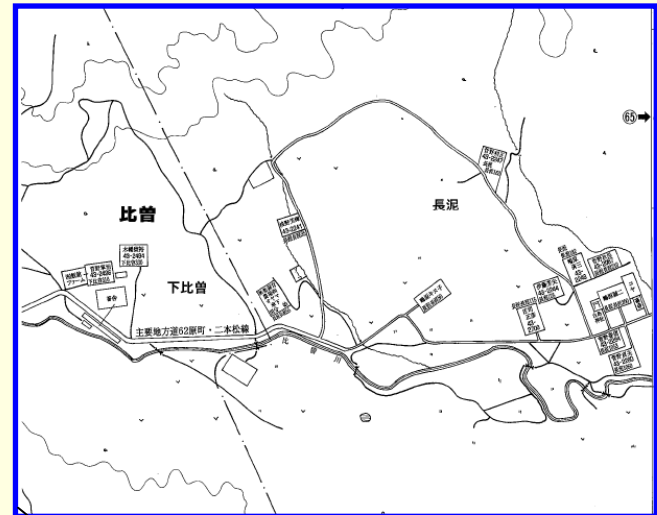
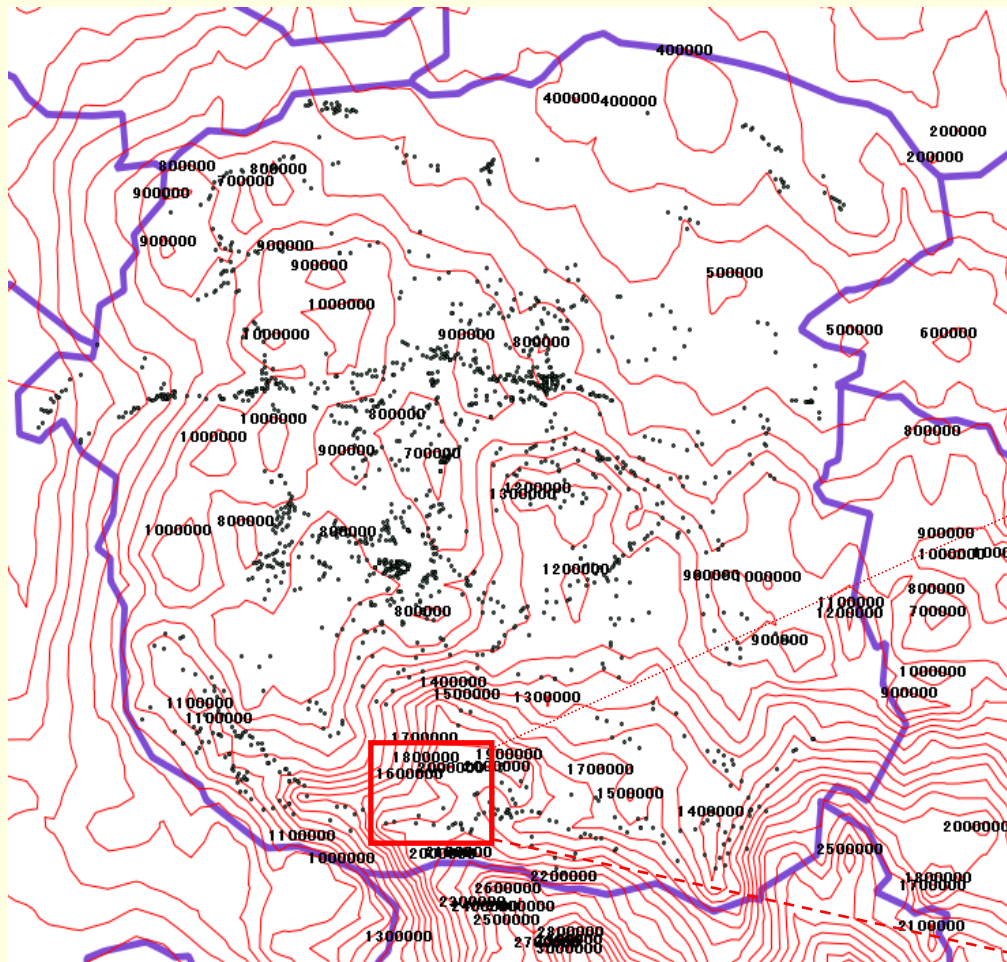


NNSAのヘリコプター
サーベイ



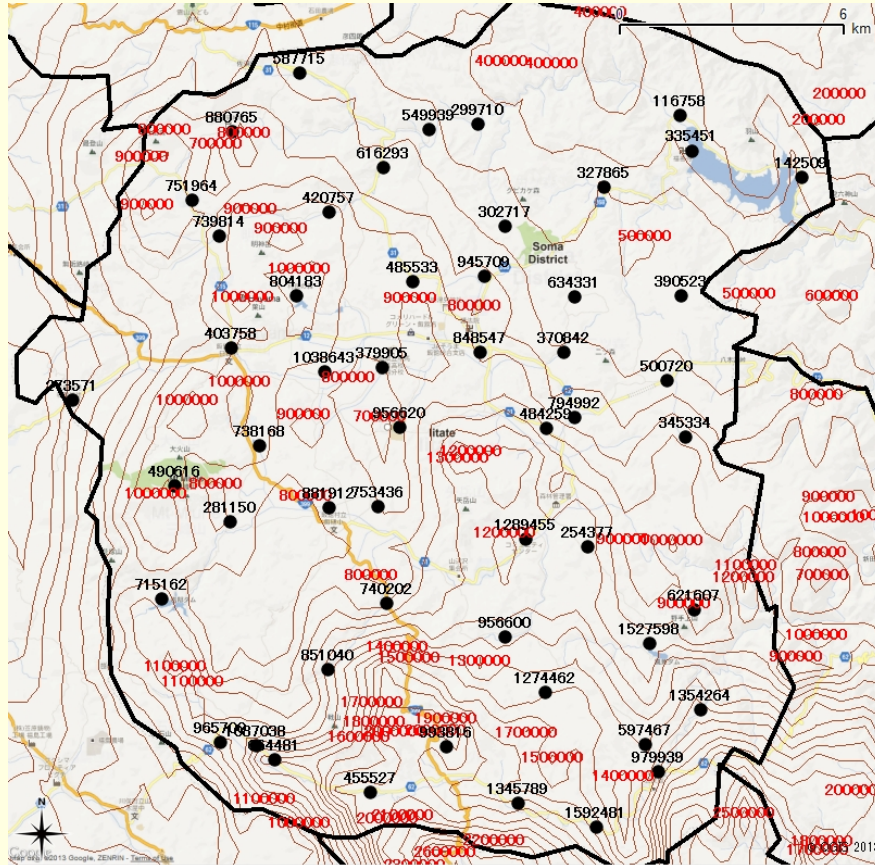
飯舘村のサーベイ軌跡
緑(飛行機): 4月15日と5月3日
黒(ヘリコプター): 4月1日

米国NNSAの空中サーベイデータの用いた Cs137沈着量マップ

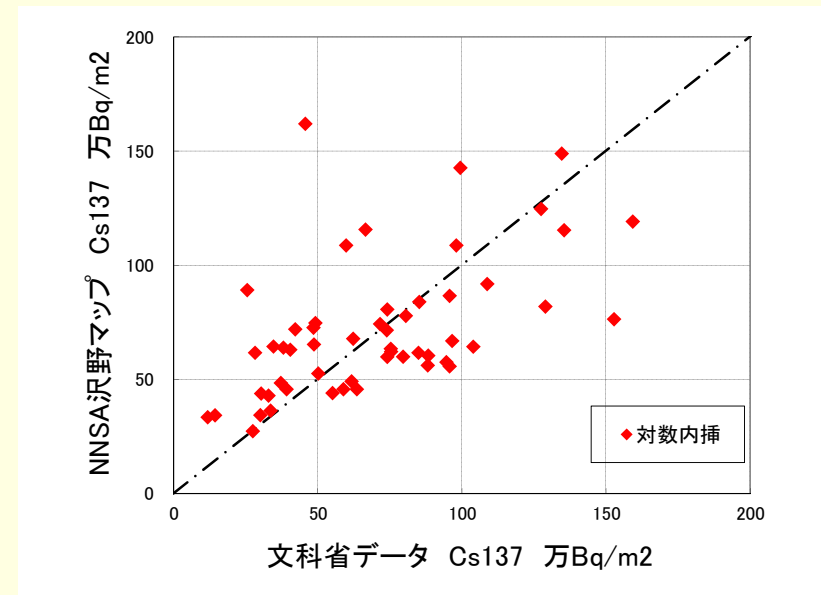


NNSAデータに基づくセシウム137沈着量
コンタと住宅の位置

空中サーベイに基づくCs137沈着量と文科省 省土壤測定データ（村内53点）と比較

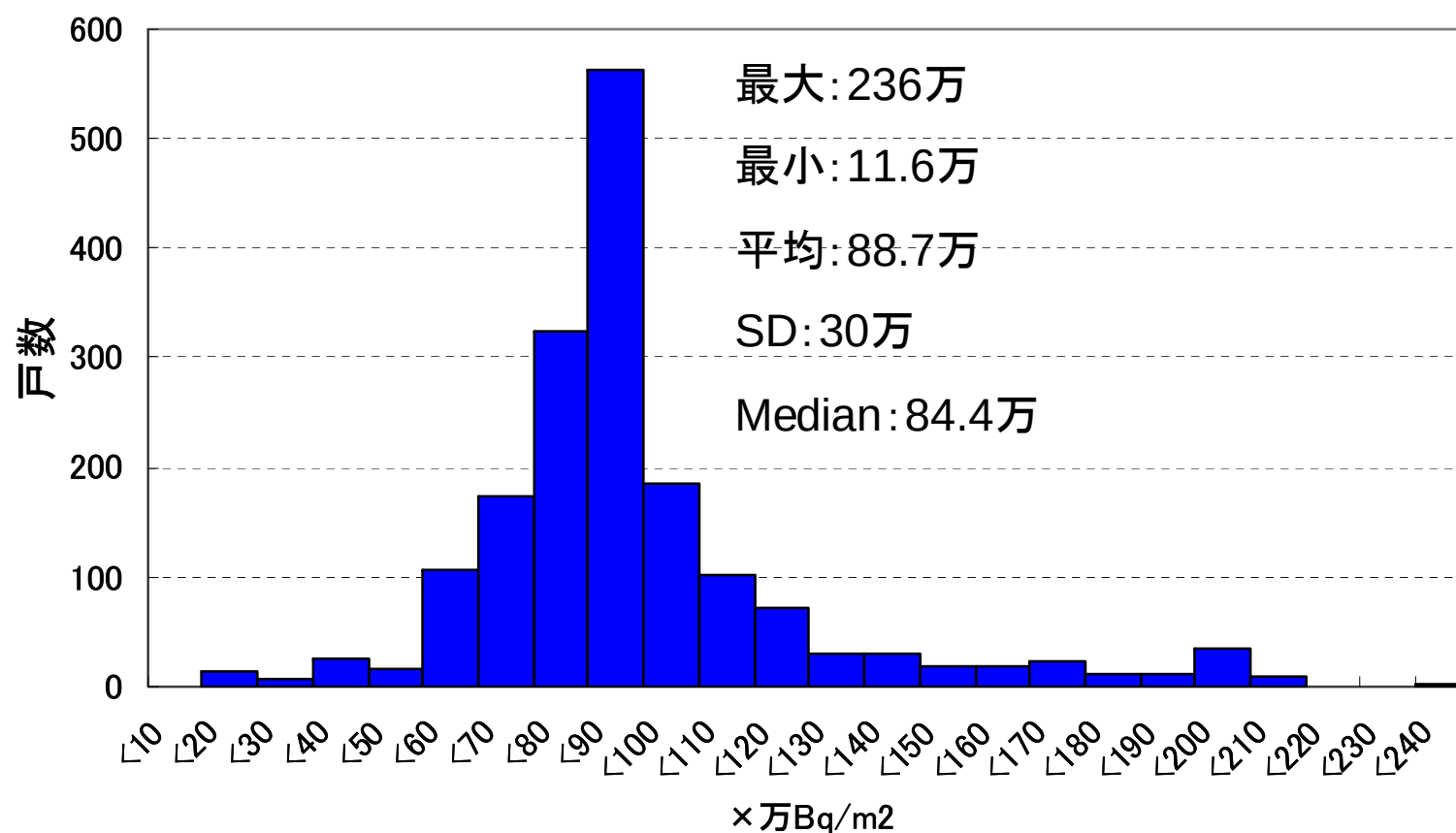


黒字: 文科省
赤字: NNSA内挿値



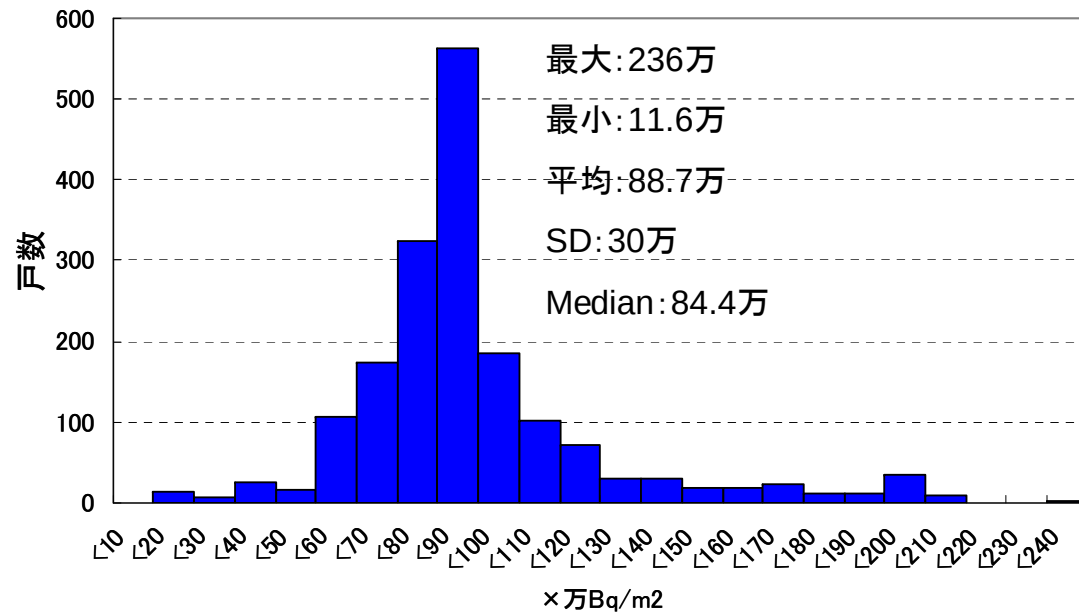
沈着量が小さいところでは、内挿値の方が大きくなる傾向があるが、なんとか使えるだろう。

村内の全戸位置に対する $Cs137$ 沈着量分布、 Bq/m^2

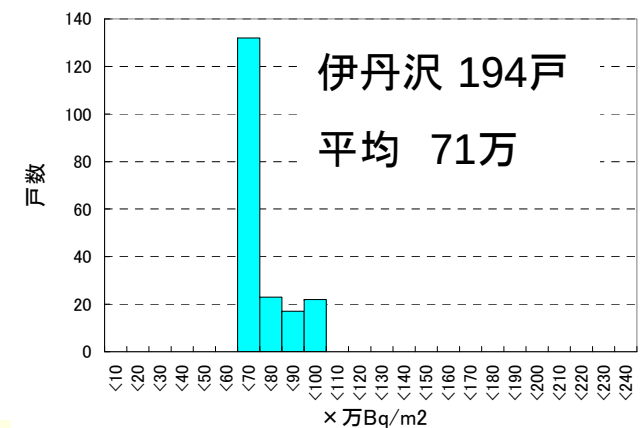
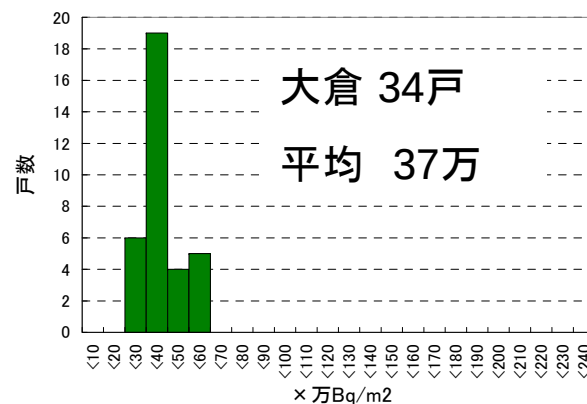
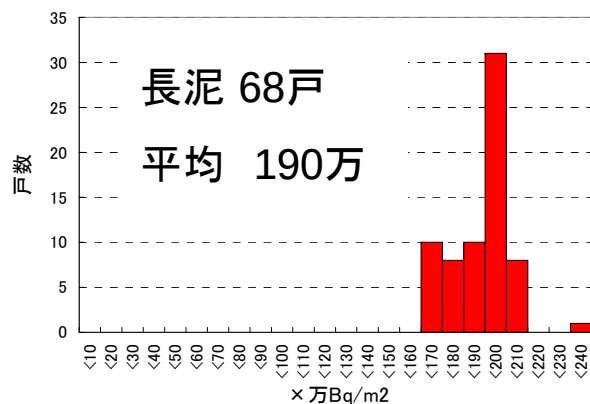
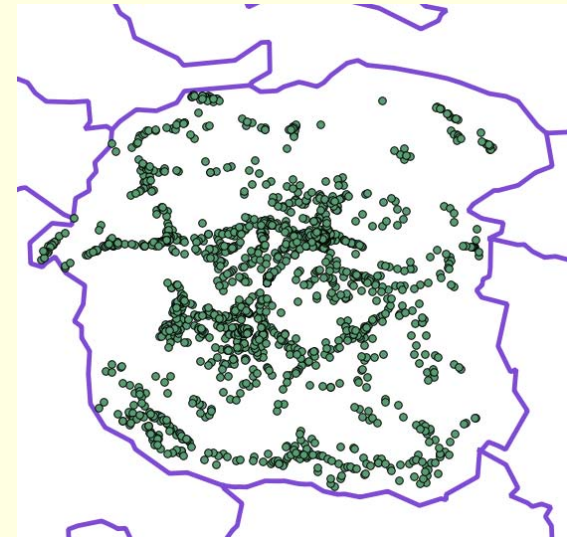


セシウム137沈着量ヒストグラム NNSA: 飯舘村全域 1768戸

飯舘村各地区での分布、 Bq/m^2

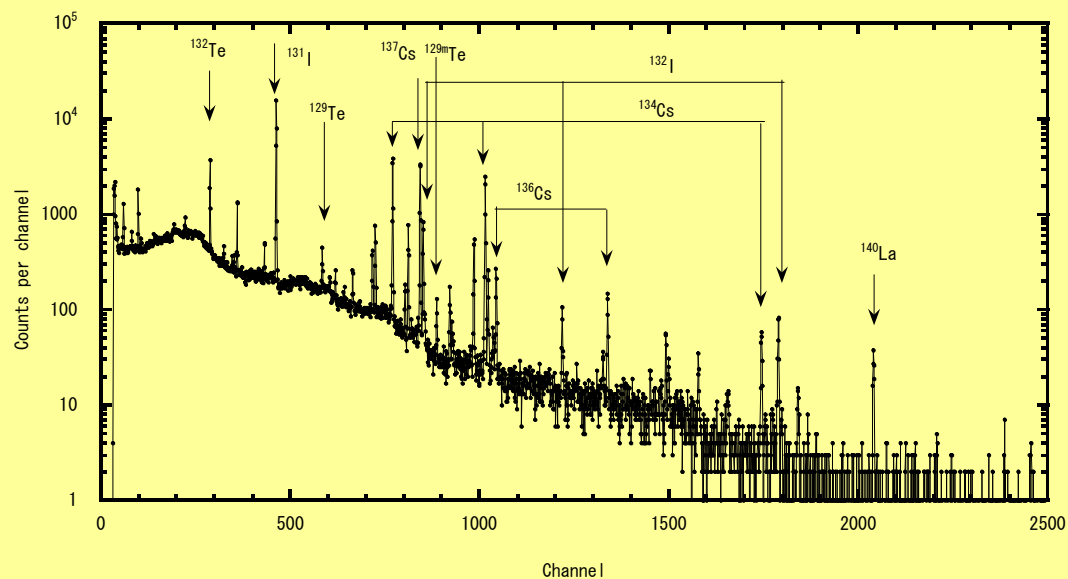


セシウム137沈着量ヒストグラム NNSA: 飯舘村全域 1768戸



セシウム沈着量に基づく積算外部被曝の評価

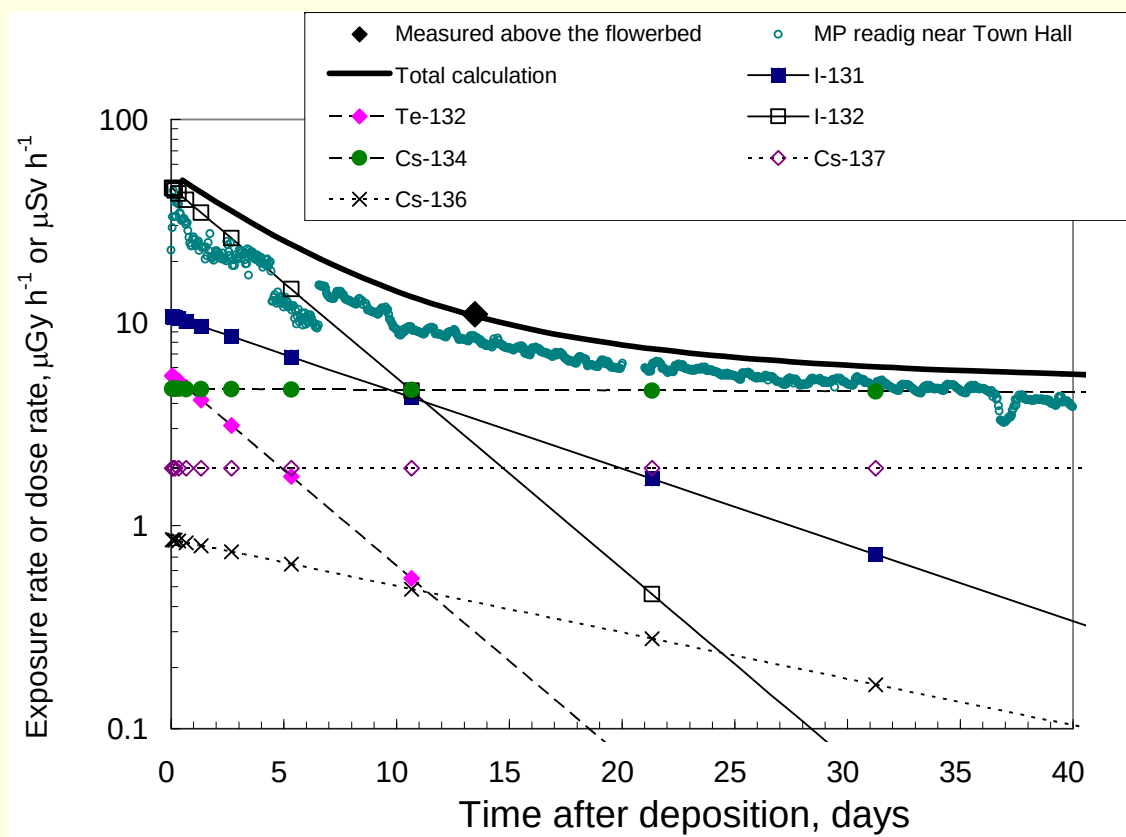
土壌採取とガンマ線核種分析



<作業3>

セシウム沈着量に基づく積算外部被曝量の評価

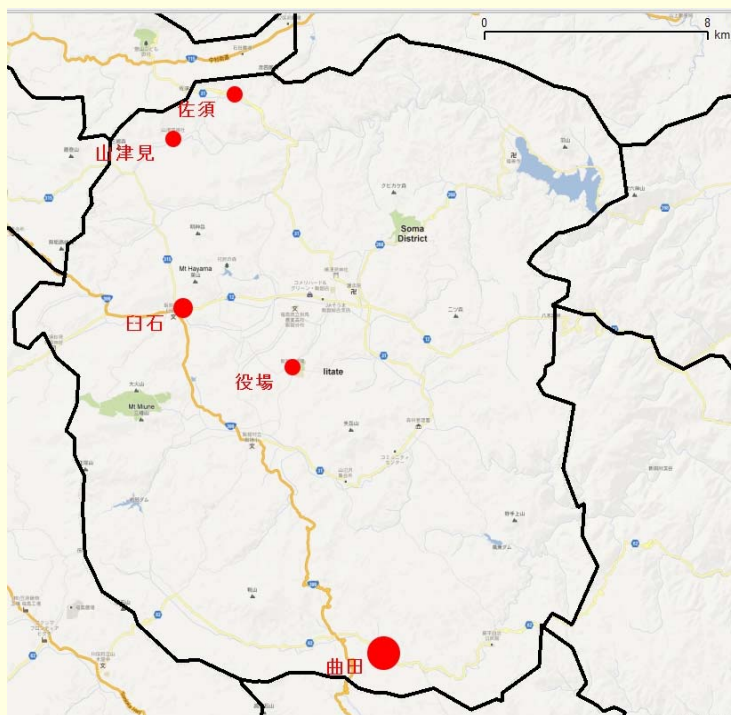
地表沈着放射エネルギーに基づく計算による空間線量率変化の再現：役場モニターと約100m離れた花壇の測定と計算



初期の外部被曝への寄与は、Te132/I132、I131、Cs134、Cs137を考えればよい。

Te132/I132、I131のCs137に対する沈着比

5つの土壌サンプル（2011.3.29採取）測定に基づく飯館村での沈着放射能比。



Cs137に対するI131、Te132の沈着比
2011/3/15 18:00換算

	Cs137 kBq/m ²	I131/Cs137 比	Te132/Cs137 比
白石	956	9.6	6.9
佐須	774	10.9	8.9
山津見	588	10.1	10.0
役場	672	8.2	7.9
長泥曲田	2188	7.0	8.0
平均		9.2 ± 1.5	8.3 ± 1.2

サンプル位置. 赤丸はセシウム沈着量.

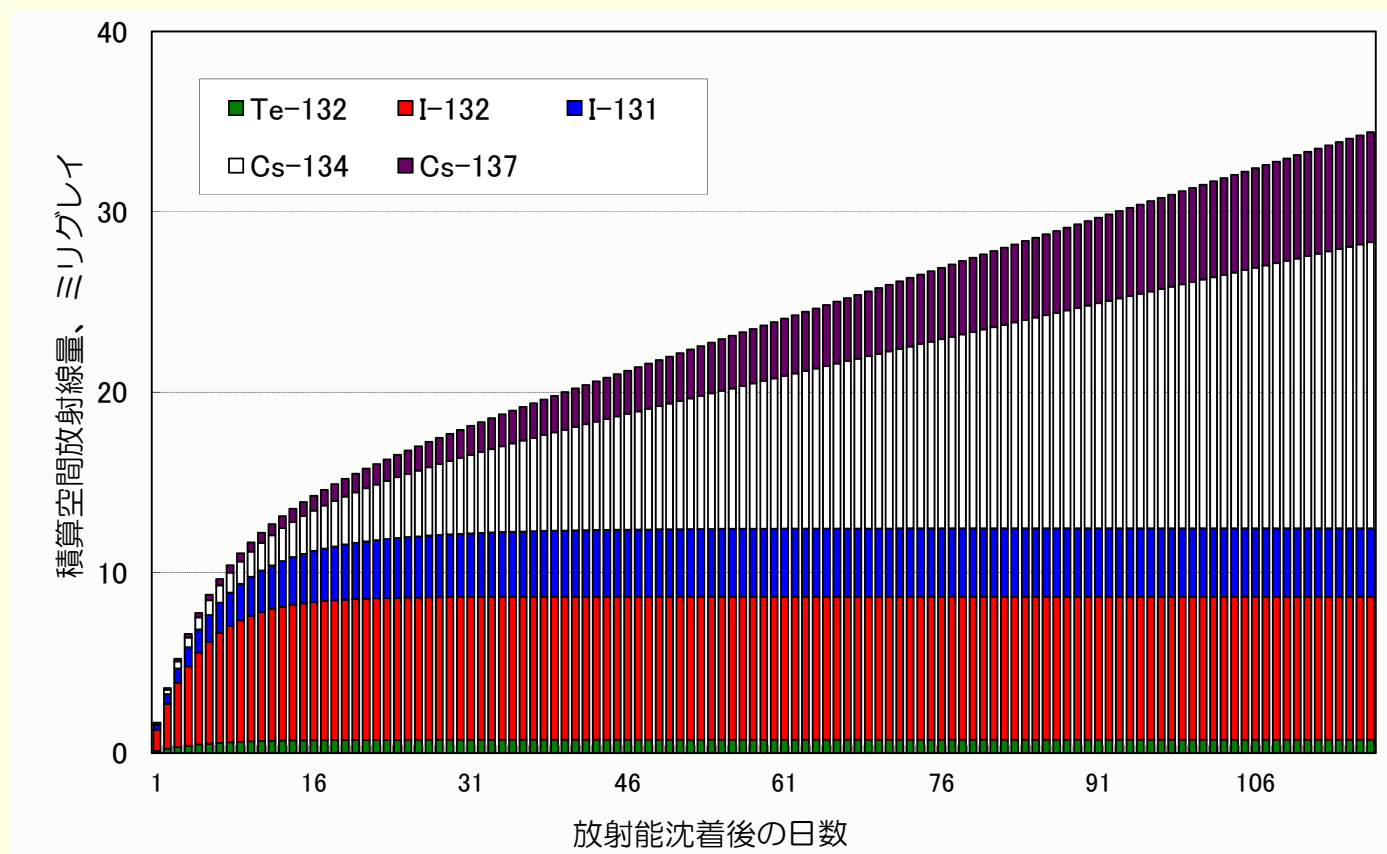
I131/Cs137=9.2、Te132/Cs137=8.3
を飯館村全域に適用

積算空間線量計算の仮定

- 仮定1：飯舘村の放射能沈着は、2011年3月15日18:00に一挙に発生。
 - 18:20に役場で18:20の $44.7 \mu\text{Sv/h}$ という空間線量最大値が記録された。
- 仮定2：セシウム137に対する沈着組成比は村の全域で同じ。
 - $\text{Cs134}/\text{Cs137}=1$ 、 $\text{I131}/\text{Cs137}=9.2$ 、 $\text{Te132}(\text{I132})/\text{Cs137}=8.3$
- 仮定3：沈着放射能は移行せず、じっとしている
 - 地表1mへの空間線量率換算係数はBeckの値（EML-378, 1980）を使用。

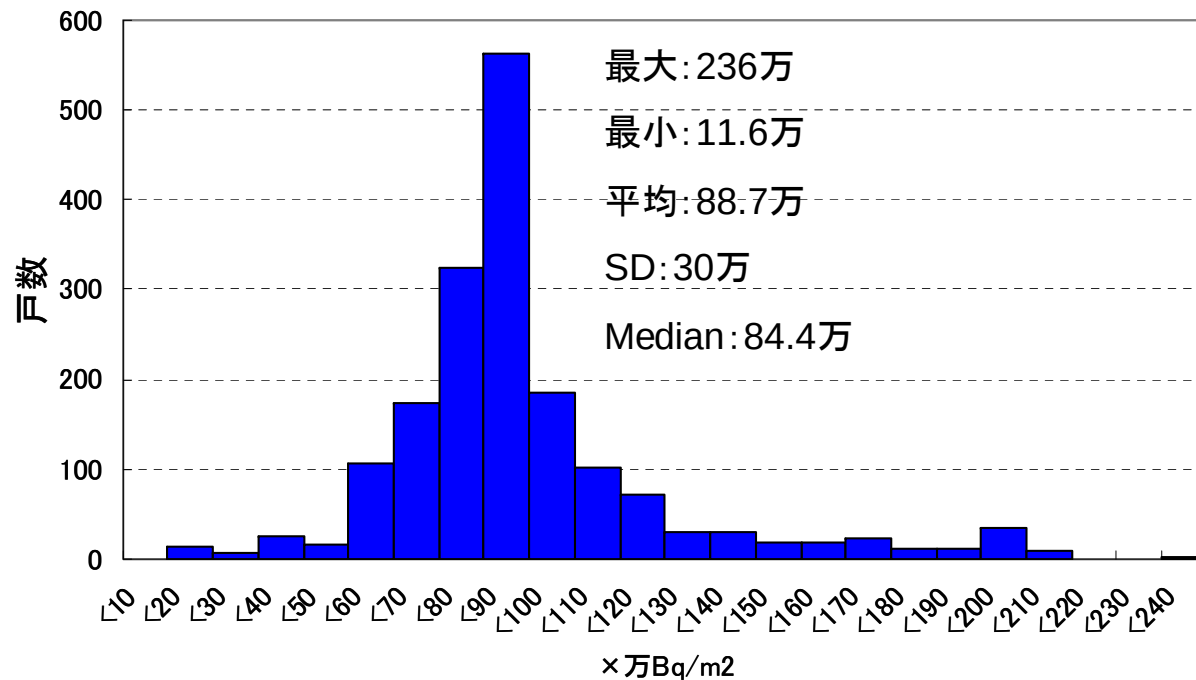
積算空間線量率（地表1m）の計算結果

セシウム137初期沈着：100万Bq/m²当り：



**6月30日12:00（107日後）に避難したとし、それまで24時間
ずっと野外にいたとして、積算空間線量は32.6ミリグレイ。**

飯舘村内のセシウム137沈着量と 積算外部被曝の分布



セシウム137沈着量ヒストグラム NNSA: 飯舘村全域 1768戸

●Cs137沈着量に基づく積算外部被曝

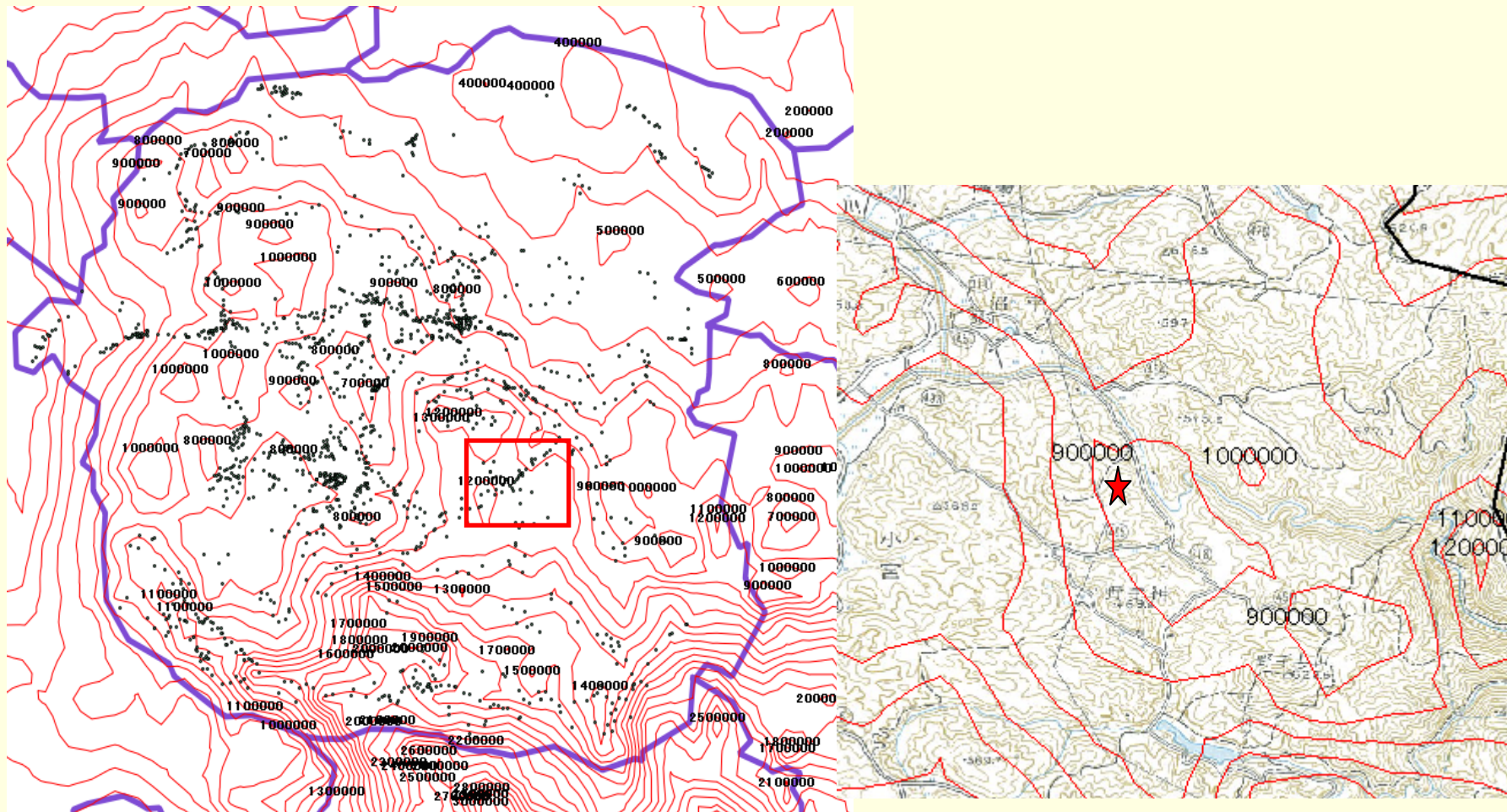
(3/15 18:00に全量沈着. 6/30 12:00に避難. その間ずっと野外モデル. Sv/Gy換算係数0.8)

平均: 23mSv、SD7.8mSv、

最大61mSv、最小3.0mSv、メディアン22mSv、

行動遮蔽係数の実例

いいたてファームの伊藤さん



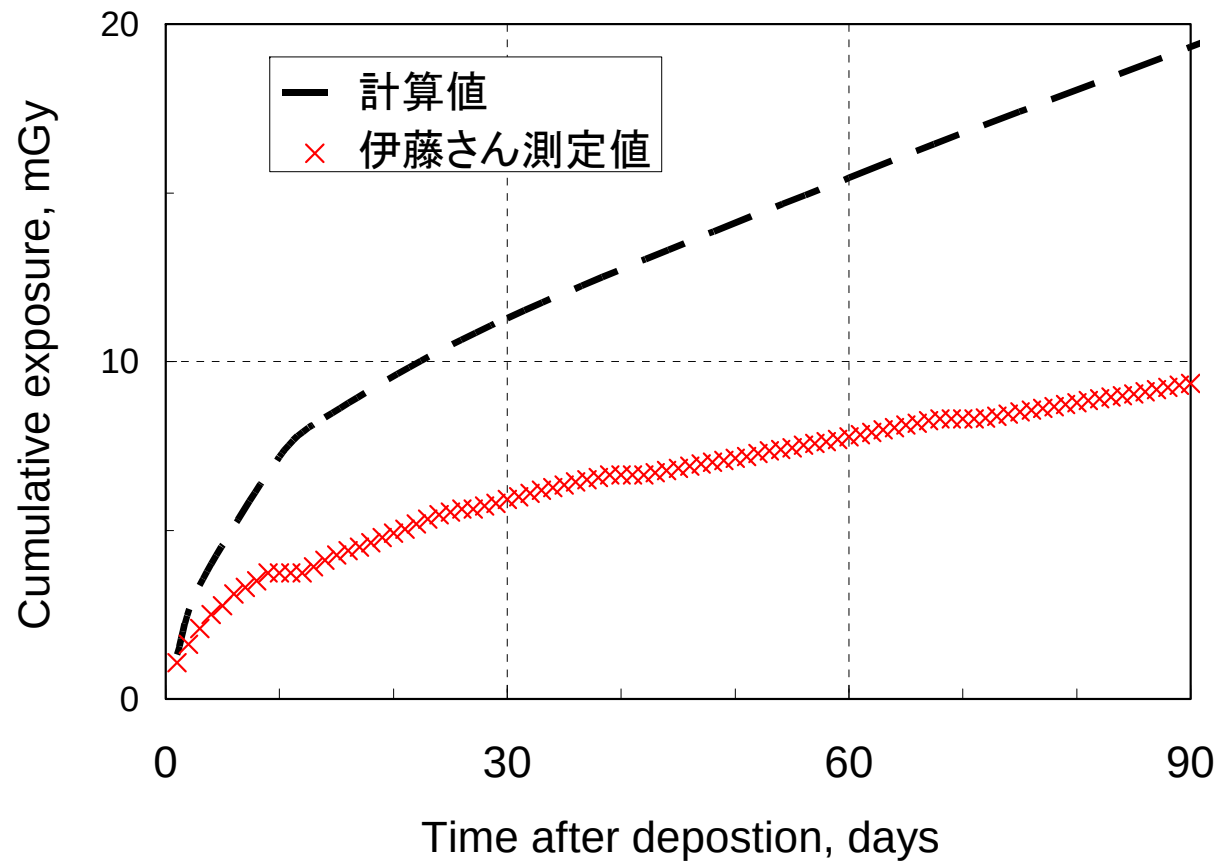
いいたてファーム

伊藤さんの個人測定データ

月 日	曜	所在	モニタリング 値(μ SV)	野手神実 測内(μ SV)	野手神実 測外(μ SV)	屋外作業 (h)	屋内(h)	移動(h)	外部被曝 推定線量	備考
3月11日	金	飯舘				8.0	15.0	1.0		
3月12日	土	飯舘				8.0	15.0	1.0		
3月13日	日	飯舘				6.0	16.0	2.0		
3月14日	月	飯舘				8.0	15.0	1.0		
3月15日	火	飯舘	44.7	22.4	89.4	8.0	14.0	2.0	1,072.8	役場
3月16日	水	飯舘	24.6	12.3	49.2	7.0	15.0	2.0	553.5	〃
3月17日	木	飯舘	23.5	11.8	47.0	5.0	18.0	1.0	458.3	
3月18日	金	飯舘	20.1	10.1	40.2	6.0	17.0	1.0	422.1	
3月19日	土	飯舘	17.1	8.6	34.2	2.0	21.0	1.0	256.5	
3月20日	日	飯舘	17.9	9.0	35.8	5.0	18.0	1.0	349.1	
3月21日	月	飯舘	12.1	6.1	24.2	3.0	21.0		199.7	
3月22日	火	飯舘	9.6	4.8	19.2	5.0	17.0	2.0	187.2	
3月23日	水	⇒新潟	14.2	7.1	28.4	3.0	10.0	11.0	234.3	
3月24日	木	新潟	12.8	6.4	25.6				0.0	
3月25日	金	〃	11.7	5.9	23.4				0.0	
3月26日	土	〃	9.3	4.7	18.6				0.0	
3月27日	日	⇒飯舘	9.4	4.7	18.8	5.0	12.0	7.0	183.3	
3月28日	月	飯舘	9.0	4.5	18.0	6.0	16.0	2.0	189.0	
3月29日	火	飯舘	8.6	4.3	17.2	5.0	17.0	2.0	167.7	役場
3月30日	水	飯舘	7.9	4.0	15.8	2.0	21.0	1.0	118.5	
3月31日	木	飯舘	7.5	3.8	15.0	2.0	22.0		112.5	
4月1日	金	飯舘	7.5	3.8	15.0	3.0	20.0	1.0	123.8	
4月2日	土	飯舘	7.1	3.6	14.2	7.0	15.0	2.0	159.8	社長来訪
4月3日	日	飯舘	6.8	3.4	13.6	5.0	18.0	1.0	132.6	
4月4日	月	飯舘	6.5	3.3	13.0	4.0	19.0	1.0	117.0	
4月5日	火	飯舘	6.4	3.2	12.8	8.0	15.0	1.0	153.6	
4月6日	水	飯舘	6.4	3.2	12.8	7.0	15.0	2.0	144.0	
4月7日	木	飯舘	6.2	3.1	12.4	5.0	18.0	1.0	120.9	

伊藤さんの積算外部被ばく

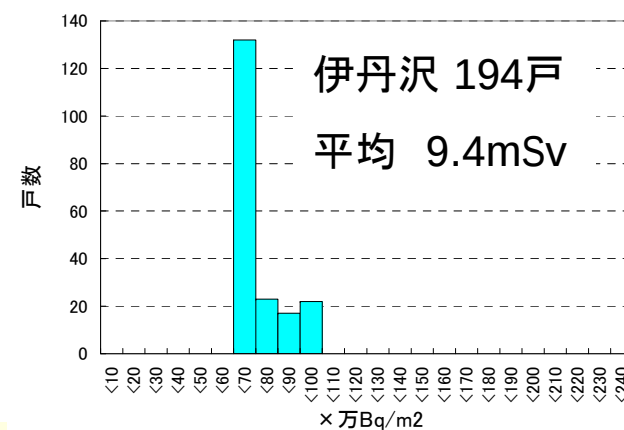
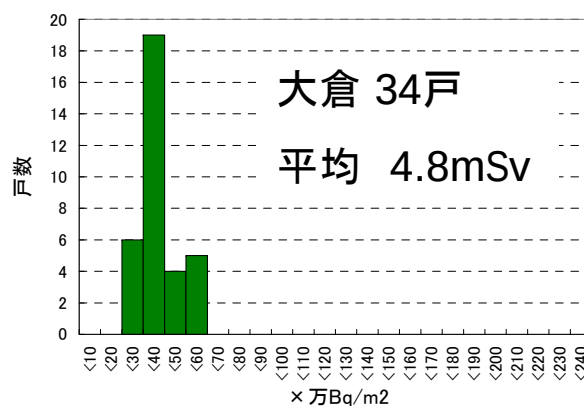
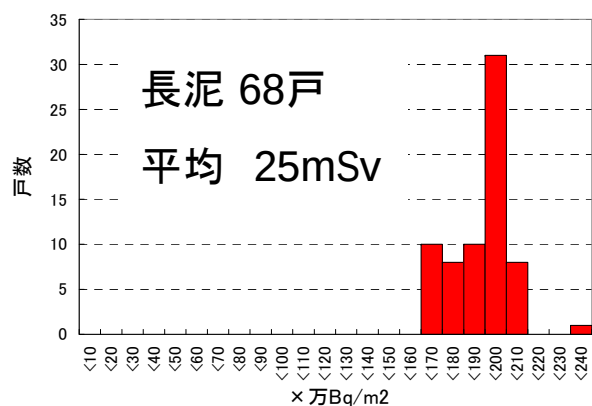
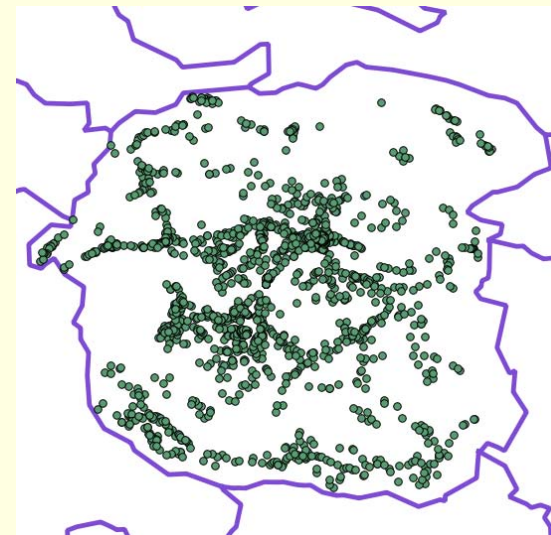
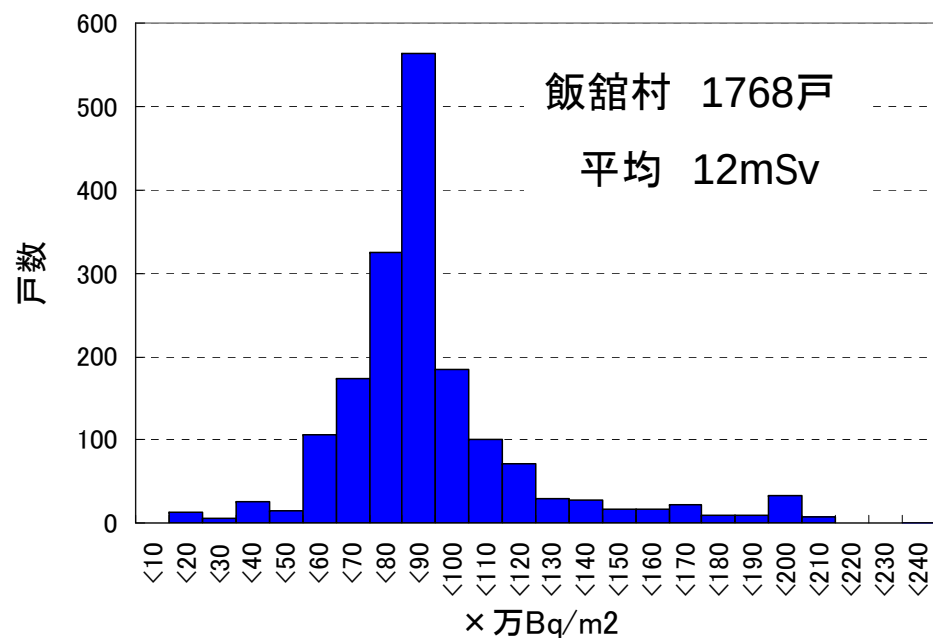
Cs137土壌沈着量（10万Bq/m²）からの 積算空間線量とNaI測定値



行動遮蔽係数は約0.5

飯舘村各地区での初期外部被曝分布

行動遮蔽係数 0.5



飯舘村内のセシウム137沈着量と 積算外部被曝の分布

●Cs137沈着量に基づく積算外部被曝

(3/15 18:00に全量沈着. 6/30 12:00に避難. その間ずっと野外モデル. Sv/Gy換算係数0.8)

行動遮蔽係数を0.5とすると、飯舘村の初期外部被曝は、

平均:12mSv、SD3.9mSv、

最大30mSv、最小1.5mSv、メディアン11mSv、

福島県
県民健康管理調査
飯舘村初期外部被曝
平均約3mSv

基本調査

外部被ばく関係

福島県の住民の外部被ばく線量推計結果の概要

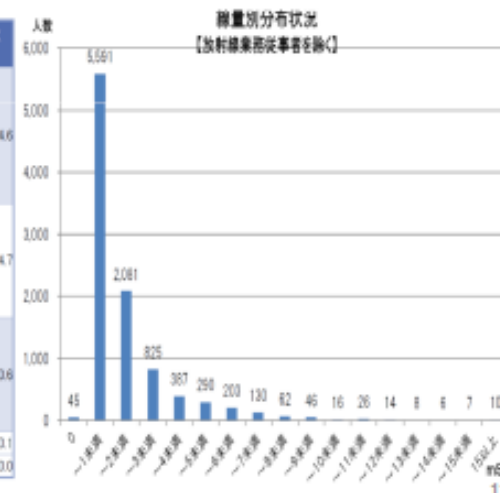
(3月12日から7月11日までの累積線量)

環境モニタリングの結果等から、他の地域に比べ外部及び内部被ばく量が高い可能性がある地域(川俣町山木屋地区、飯舘村、浪江町)の住民のうち10,468人の3月12日から7月11日までの外部被ばく線量を推計。

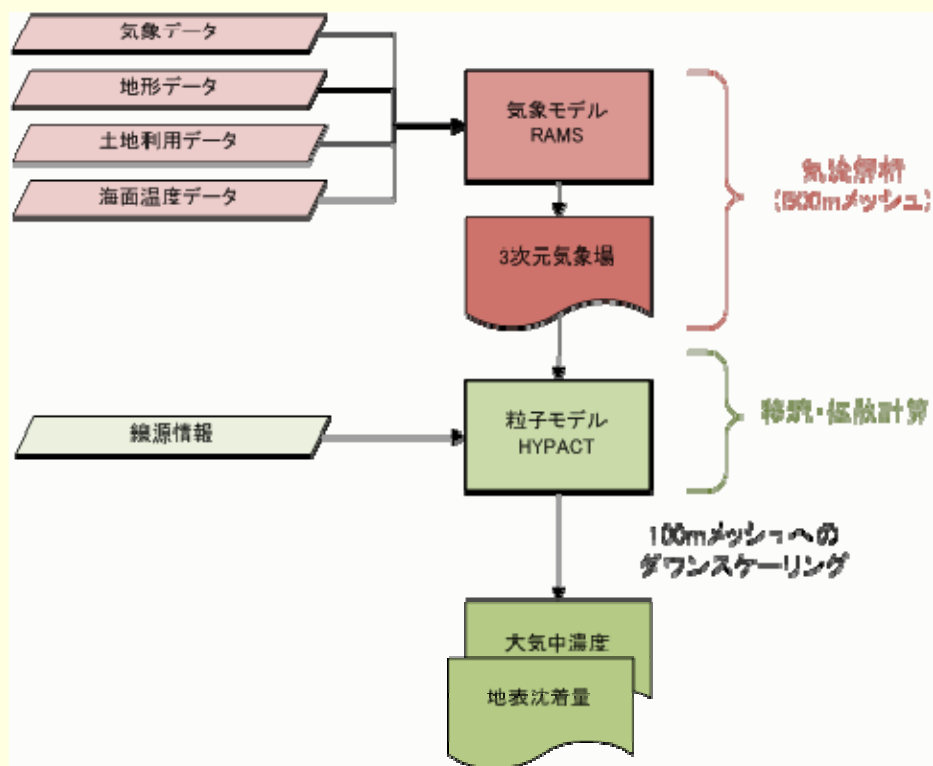
放射線業務従事者(721人)を除く9,747名の線量別・地区別内訳

地域別・線量別集計

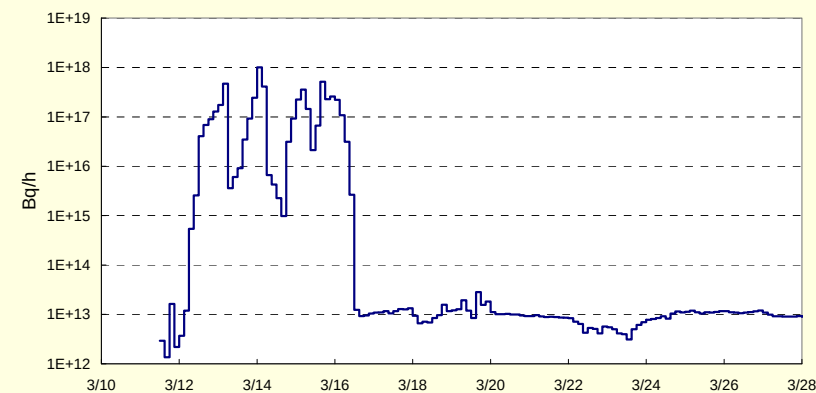
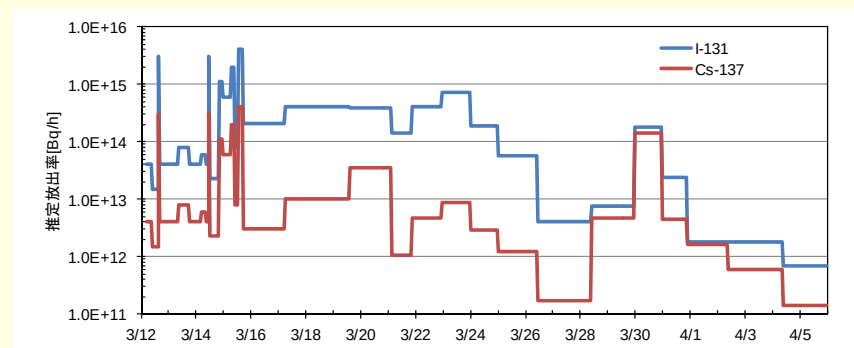
線量別 (mSv)	全データ	放射線業務従事者 を除く	飯舘村 (山木屋)	浪江町	飯舘村	放射線業務従事者 を除く 線量別割合(%)
0	56	45	1	41	3	0.5
~1未満	6,014	5,591	144	5,207	240	57.6
~2未満	2,240	2,081	288	1,458	415	21.4
~3未満	874	825	120	345	360	8.4
~4未満	403	387	45	83	258	4.0
~5未満	298	290	19	30	241	3.0
~6未満	219	203	14	21	168	2.1
~7未満	135	130	2	16	112	1.3
~8未満	87	82	0	14	48	0.6
~9未満	50	46	0	7	39	0.4
~10未満	17	16	0	2	14	0.2
~11未満	30	26	0	9	17	0.3
~12未満	15	14	0	5	9	0.1
~13未満	11	8	0	0	8	0.1
~14未満	9	6	0	2	4	0.1
~15未満	7	7	0	3	4	0.1
~15以上	23	10	0	7	3	0.1
計	10,468	9,747	553	7,250	1,944	100.0



大気拡散シミュレーション



大気拡散の計算プロセス

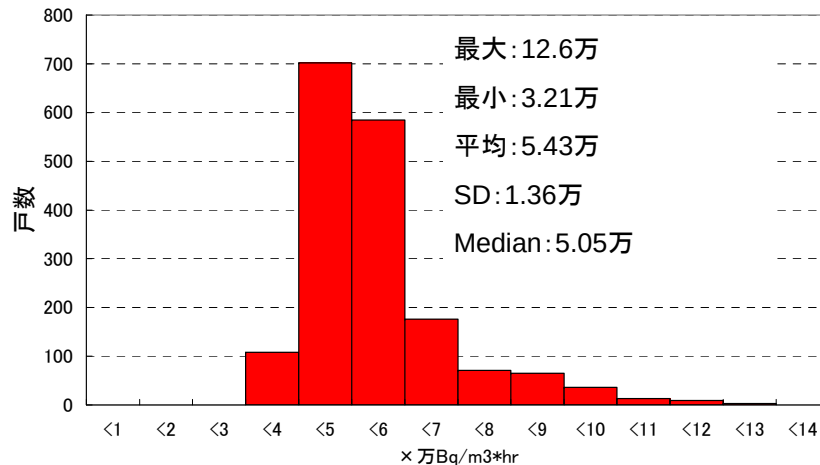


ソースターム

上: I-131とCs137 (安全委)

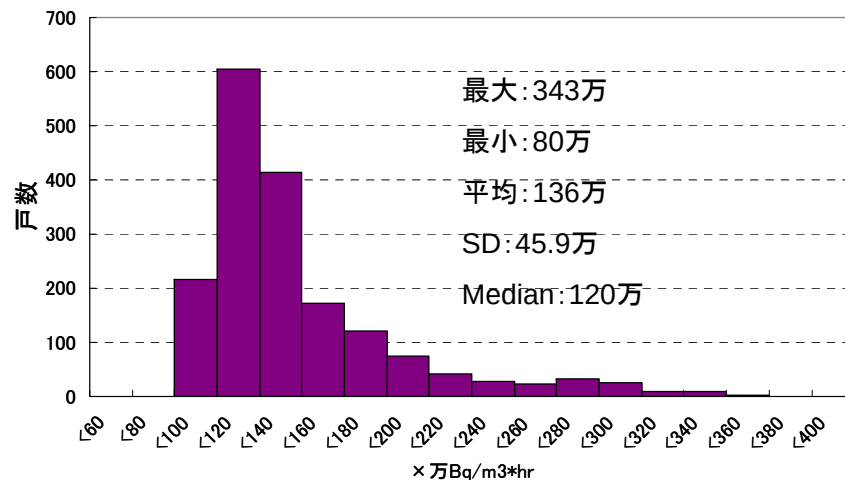
下: Xe-133 (Stohl論文)

村内の積算空气中放射能濃度と 甲状腺被曝、サフマージョン被曝



ヨウ素131積算空气中濃度ヒストグラム: 飯舘村全域 1768戸

●**I131**吸入にともなう小児甲状腺等価線量
(1歳児、呼吸量 $0.31 \text{ m}^3/\text{h}$ 、換算係数 $1.4 \text{ E-}3 \text{ mSv/Bq}$. ずっと野外モデル.)
平均: 24 mSv 、SD 5.9 mSv 、最大 55 mSv 、
最小 14 mSv 、メディアン 21 mSv 、



キセノン133積算空气中濃度ヒストグラム: 飯舘村全域 1768戸

●**Xe133**サフマージョン外部被曝
(換算係数 $5.2 \text{ E-}6 (\mu \text{ Sv/h}) / (\text{Bq/m}^3)$. ずっと野外モデル.)
平均: $7.1 \mu \text{ Sv}$ 、SD $2.4 \mu \text{ Sv}$ 、最大 $18 \mu \text{ Sv}$ 、
最小 $4.2 \mu \text{ Sv}$ 、メディアン $6.3 \mu \text{ Sv}$

まとめと今後のとらえかた

- 沈着放射能からの外部被曝については“ますます批判に耐えられる評価”になっているであろう。
 - 家屋遮蔽係数の導入や、インタビューによる行動記録が得られれば評価のqualityが改善される
- 大気拡散シミュレーションについては、検証データが限られているので“おおよその評価”の域をでない。
 - それでも、印象はますますである。他者のシミュレーションと比較したい。
 - ヨウ素吸入取り込み量を数値で言えることの意味は大きい。本研究では“飯舘村の小児ずっと野外”の平均で1万7000BqのI131吸入取り込みとなっている。Unknownである“経口取込”の意味合いを判断する目安になる。

（今後の取り組み）

- 次年度は、（抜き取り）インタビュー調査を実施し、事故当時の個人の行動や飲食物についての情報を収集する。
 - 飯舘村からの避難日は必須情報。