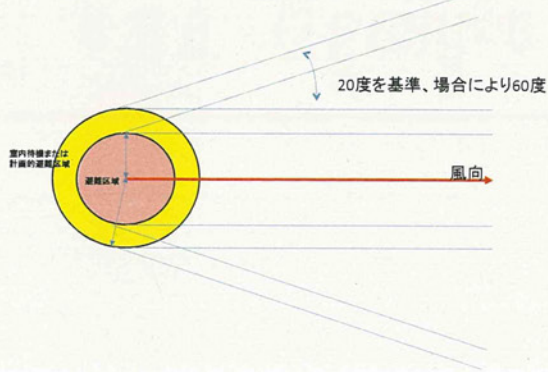
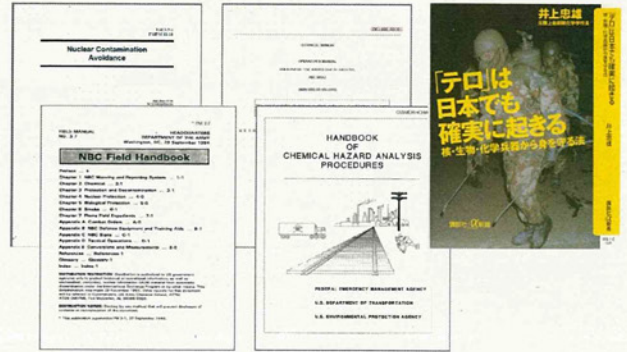


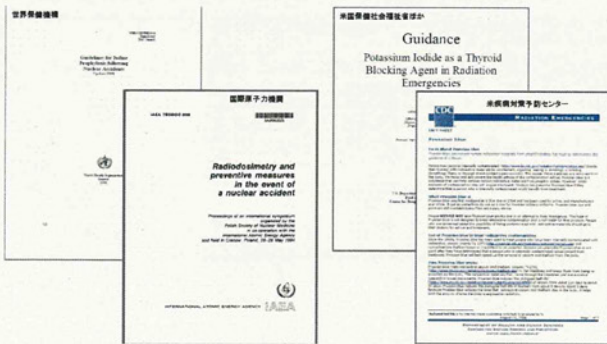
### 避難区域、風下危険地域の作図法



### 避難区域、風下危険域作図に関する指針



### 放射線事故時のヨード剤、プルシアンブルー予防内服の指針等

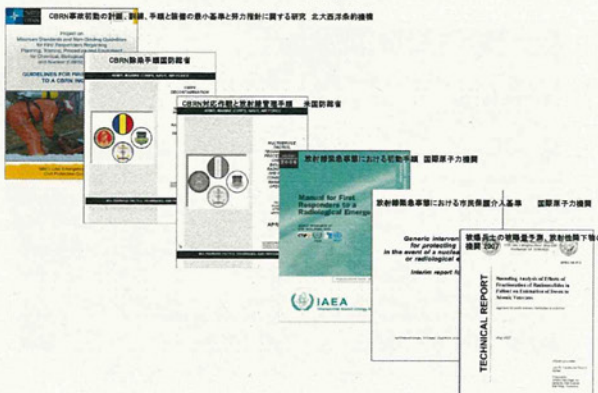


### 空軍病院の対化学剤、放射線除染訓練



<http://www.reveasms.com/Products/Decontamination.aspx>

### CBRNE対応指針 (スクリーニング、除染関連)



### CBRNE対応指針 (航空機関連)



### 防護服用時の熱中症予防指針

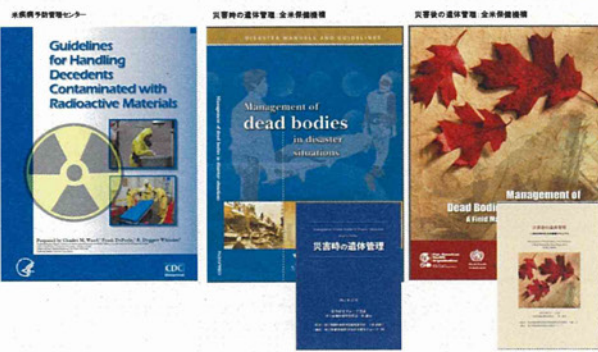


### 高温環境における水分補給ガイドラインを含む熱中症予防チャート

Heat Category	WBGT Index (°C)	職服を装着し環境に慣れた隊員について						環境になれていない隊員について追加すべき管理事項
		軽度作業		中等度作業		重労働		
		作業/休憩 (分)	飲水量 (m l/時間)	作業/休憩 (分)	飲水量 (m l/時間)	作業/休憩 (分)	飲水量 (m l/時間)	
1	25.6 -27.7	無制限	約500	無制限	約750	40/20	約750	無制限
2 (green)	27.8 -29.3	無制限	約500	50/10	約750	30/30	約1000	過熱な状態を計画する場合さらに注意が必要。
3 (yellow)	29.4 -31.0	無制限	約750	40/20	約750	30/30	約1000	第1週目には新しい訓練は中止する。新入隊員からは徐々に訓練参加が可能である。直射日光下での活動は避けよ。
4 (red)	31.1 -32.1	無制限	約750	30/30	約750	20/40	約1000	高温環境下で過熱以内では新しい訓練は短縮せよ。
5 (black)	32.2-	50/10	約1000	20/40	約1000	10/50	約1000	休養や新しい訓練は中止（熱中症の防止策を行う訓練以外の作業遂行については各自判断である。）熱中症予防のためにさらに飲水を強制する。

Montain S.J, Lutzka W.A, Savka M.N. Fluid replacement recommendations for training in hot weather. Mil Med. 1999 Jul;164(7):502-8. から

### 放射性物質の付着した御遺体の取扱い指針



### 放射線、化学事故における病院の準備体制

OSHA BEST PRACTICES  
for  
HOSPITAL-BASED  
FIRST RECEIVERS OF VICTIMS  
from Mass Casualty Incidents  
Involving the Release of Hazardous  
Substances

January 2007

OSHA  
Occupational Safety and Health Administration

[http://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/firstreceivers\\_hospital.pdf](http://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/firstreceivers_hospital.pdf)

許可を受けて翻訳済

監訳 藤田真敬、金谷泰宏  
翻訳 藤田真敬、金谷泰宏  
立花正一、石原雅之  
齋藤大蔵、西山靖将  
山本頼綱

平成25年3月 配布予定

資料金154ページ

### 米軍CBRNE医療対応教範



### 爆傷研究総括



スコット空軍基地 患者空輸司令部  
Global Patient Movements Requirement Center : GPMRC



<http://www.transcom.mil/about/ahellis.cfm>

患者隔離カプセル  
Patient Isolation Unit :PIU

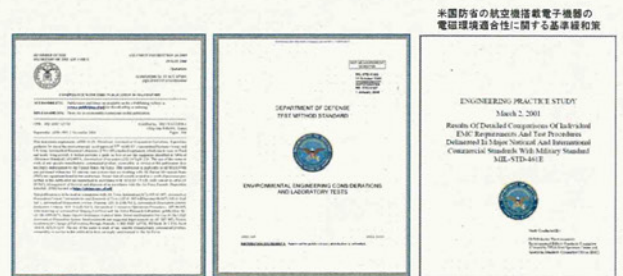


<http://www.genexcorp.com/default.aspx?pageid=3212>

重症患者空輸時の機材装着例

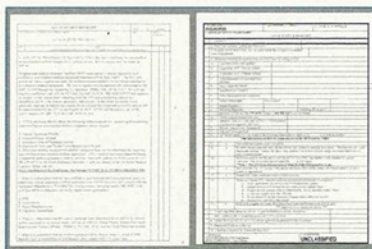


米国 患者空輸機材の基準



米国においては、軍及び民間基準の包括的な比較と考察がなされ、患者空輸機材の効率的な機上搭載を施している。

米軍 患者空輸機材のウェーバー申請書



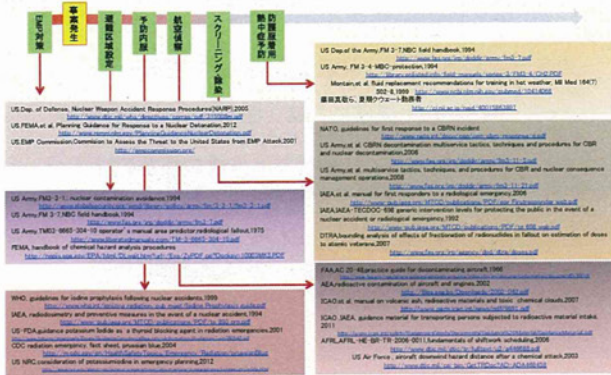
使用する電圧、電流、機材重量と形式が主な項目

ウェーバー制度：基準で不合格とされるものの判定制度  
患者空輸を行うために、場合により電話申請による数分の手続きで許可がおりる。

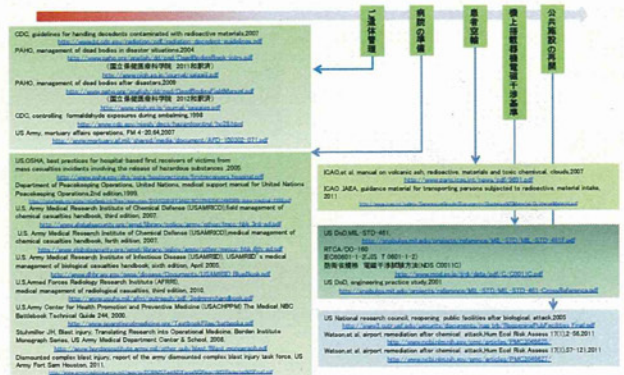
CBRNE災害後の公共施設の再開指針



## CBRNE事案発生からの対応手順と関連指針 1/2



## CBRNE事案発生からの対応手順と関連指針 2/2



## 我が国の患者空輸制度

- 航空会社・・・サポートデスク
- 患者空輸業者・・・各社受付
- ドクターヘリ・・・消防機関、病院から
- 自衛隊・・・災害派遣(知事等から依頼)、省庁間協力
- 海上保安庁・・・災害派遣(知事等から依頼)
- 消防庁

## 人工呼吸器や電動車いすが必要な方々 全国に数千人

Muscular dystrophy  
筋ジストロフィー



<http://blog.goo.ne.jp/nomara/e/ccbfceb24c57b487b9b5eac8b2d1ac>

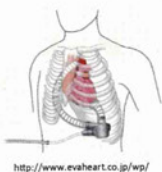
専門病院に依存するため  
居住は偏在

Amyotrophic Lateral Sclerosis  
筋萎縮性側索硬化症

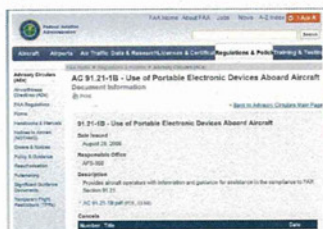


<http://blog.goo.ne.jp/foracnetwork/e/a0bb78756de6e9122ab8b49b12a>

## 補助人工心臓の例



<http://www.evahart.co.jp/wp/>



大手航空会社は、米航空無線技術委員会(RTCA: Radio Technical Commission for Aeronautics)の基準RTCA/DO-160F で搭乗の可否を判断

RTCA/DO-160F; Section 21 Category M キャンビン内の電磁波放出の基準;  
Section 20 Category R キャンビン内の機器の誤作動防止基準

株式会社 サンメディカル技術研究所(長野) 金崎様より

## 医療機器に関する 航空機搭載時の電磁干渉基準

厳しい

- 航空機搭載電子機器  
**MIL-STD-461 (米軍)**

・・・米軍の規格、防衛省ではこれに準拠した  
**防衛省規格 電磁干渉試験方法 NDS-G-9011G**

- RTCA/DO-160  
(米国防空無線通信委員会)

・・・米軍、全ての固定翼機で使用可能、  
バッテリー駆動時へりで使用可

- 医療用電子機器  
**IEC60601-1-2/JIS T 0601-1-2**  
(国際電気標準会議、医療機器基準)

・・・平成18年9月以降の医療機器は全て適合

緩い

## 機上搭載機器基準緩和の提言に関する記事 米国CNNニュース(24.12.10付)



## 搭載医療機器の電磁干渉許容指針の必要性

- ・患者空輸事例の中で、搭載電子機器と航空機の電磁干渉による危険報告は無い。
- ・よく分からないので米軍の基準に準拠している。重症患者空輸の効率化の阻害と無駄な対策。
- ・ウェーバー制度導入には各種基準作成の根拠の理解が必要・・・無線通信を考慮？ 飛行制御に影響？

我が国の重症患者空輸制度の律速段階にある。  
官民を含めた後の検討事項

## まとめ

- ・ CBENE災害の緊急医療支援の手順と関連指針について報告した。
- ・ 航空機の搭載医療機器の電磁干渉について官民を含めた包括的許容指針の確立が必要。

## CBRNテロ災害にいかに対応するか

平成25年3月8日(金)

早稲田大学 小野記念講堂

セッション2: CBRNE災害に対する治療、  
検知、除染技術の開発状況

### 2-1 CBRNE災害時におけるスキンバンクの 活用と運用上の課題と対応

齋藤大蔵

防衛医科大学校防衛医学研究センター 外傷研究部門

## 福島における原子力発電所事故

大津波を伴う東日本大震災  
2011.3.11



## 発表内容

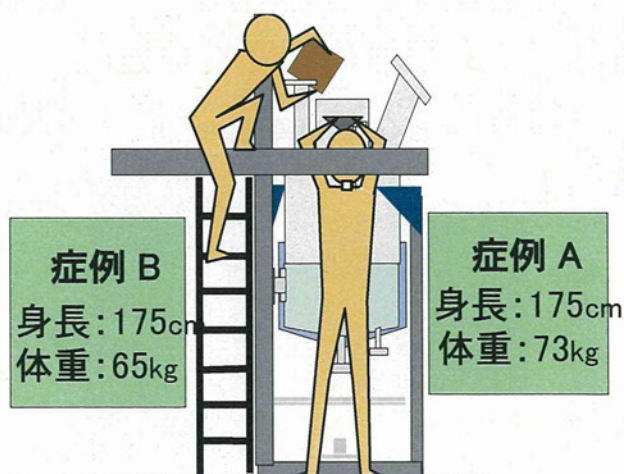
- 1 東海村原発事故の放射線熱傷症例
- 2 日本スキンバンクネットワークについて

## 東海村原発事故の放射線熱傷症例

-同種皮膚移植の治療効果について-

## 東海村原発事故

- ・ 1999年9月30日、東日本の東海村ウラン加工施設で3人の作業従事者が被ばくした。
- ・ 3人の従業員は、17-22グレイ、8-10グレイ、および 1.8-2.5 グレイの高線量の放射線を浴びた。



## 放射線熱傷・症例 B

- 3人の中で2番目に重篤だった患者(8-10グレイの被ばく)は、被ばく5日目に臍帯血幹細胞移植を目的に東京大学医学部附属病院へ搬送された。
- 初期の数日後に、顔面の小範囲に1次的な紅班が観察された。その後、手、顔面、および下肢へ、皮膚障害が増悪した。

### 被ばく3週間後

- 3週間後、患者の手、顔、および下肢に2次的な紅班と水疱が出現した。

### 被ばく7週間後

- 被ばく7週後、保存的な局所療法を行ったにもかかわらず、潰瘍が体幹・背部を越えて(全体表面積の67%)拡がった。

### 被ばく10週間後

- 被ばく72日後、血液型を合わせたヒト同種皮膚が両側前腕に植皮された。



### 被ばく15週間後

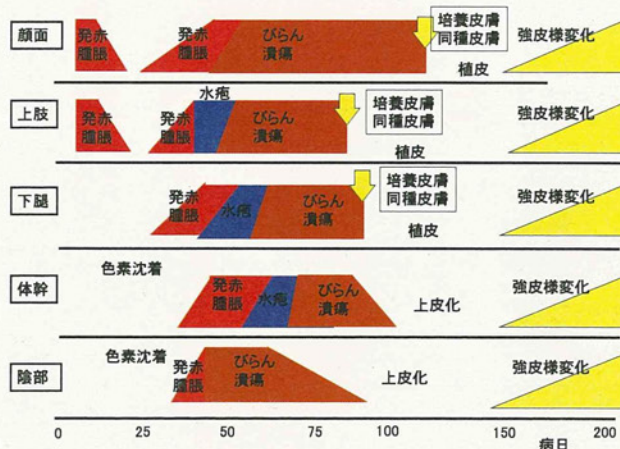
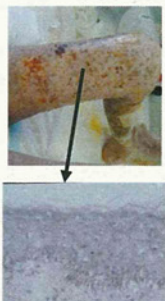
- 術後に注意深く、植皮部位を確かめると95%以上が見事に生着していた。

### 被ばく20週間後

- 同種皮膚移植後120日経っても、拒絶反応の徴候は現れなかった。

### 硬化性変化

- しかしながら、皮下線維症による硬化が放射線被ばく5ヶ月以降、徐々に現れた。



## 症例要約

・ 深刻な原発事故による放射線熱傷症例を示した。

## 同種皮膚のスキンバンクの重要性

皮膚を採取することなく、放射線熱傷症例の手術的な創部閉鎖に有用であった。

## 日本スキンバンクネットワークについて

### 皮膚の再生とその方法

- ・ 自家皮膚移植  
通常医療として行われている皮膚移植法
- ・ 同種皮膚移植  
広範囲熱傷などの自家移植では覆いきれない患者に臨床的に使用
- ・ 人工真皮移植  
真皮の代用物としてブタ、ウシの膠原繊維を使って真皮のみを再生
- ・ 培養皮膚移植  
わずか10cm<sup>2</sup>大の皮膚を培養してつくる薄層シート

<p>【独立】6施設</p> <p>独立行政法人国立病院機構 災害医療センター(形成外科)</p> <p>防衛医科大学校病院(救急部)</p> <p>国立大学医学部附属病院(救急部、集中治療部)</p> <p>秋田大学医学部附属病院(救急部)</p> <p>熊本大学医学部附属病院(皮膚科)</p> <p>北海道大学病院(救急部)</p> <p>岡山大学病院(救急部)</p> <p>大阪大学医学部附属病院(高度救命救急センター)</p> <p>岐阜大学医学部附属病院(皮膚科)</p> <p>新潟大学医学部附属病院(皮膚科)</p> <p>早稲田大学医学部附属病院(救急部、集中治療部)</p> <p>佐賀大学医学部附属病院(形成外科)</p> <p>徳島大学医学部附属病院(形成外科)</p> <p>独立行政法人国立病院機構 熊本医療センター(形成外科)</p>	<p>【独立】4施設</p> <p>東京都立墨堤病院(救命救急センター)</p> <p>東京都立多摩総合医療センター(形成外科)</p> <p>東京都立中央病院(形成外科)</p> <p>山梨県立中央病院(救急部)</p> <p>山梨県立中央病院(形成外科)</p> <p>山口県立総合医療センター(形成外科)</p> <p>滋賀県立病院(形成外科)</p> <p>奈良県立医科大学附属病院(高度救命救急センター)</p> <p>大阪府立中央病院(形成外科)</p> <p>兵庫県立西宮医療センター</p> <p>大阪府立東成救命救急センター</p> <p>愛媛県立中央病院(形成外科)</p> <p>大塚野立急性期・総合診療センター(救急診療科)</p>	<p>【独立】5施設</p> <p>徳島県立大学附属市民総合医療センター(診療センター)</p> <p>徳島県立病院(救命救急センター)</p> <p>徳島県立中央病院(形成外科)</p> <p>徳島県立病院(形成外科)</p> <p>徳島県立病院(救命救急センター)</p> <p>徳島県立病院(救命救急センター)</p>
---	--	--

表1 日本スキンバンクネットワーク参加全施設 (2010年8月現在 76施設)

## 同種皮膚移植の歴史

ヒンズー教典	2500年~3000年前に皮膚移植が行われた
近年の外科	1869年 Reverdin's 植皮術 1872~86年 Ollier's / Thiersch's
分層植皮術	1875~93年 Wolfe's / Krause's 全層植皮術
最初の同種皮膚移植症例	1881年 自損の患者から熱傷患者に移植 1950年以後 同種皮膚が生体包帯として使用 →皮膚移植が一般的となる
保存方法	1939年 世界で初めて皮膚の凍結保存の成功 1945年 凍結保存した同種皮膚移植の成功 →信頼できる保存法の確立、凍結保存が一般的となる
15%グリセロールと凍結保存(-100°Cの液体窒素)	

## 海外のスキンバンク

アメリカ	1949年Maryland州Bethesdaの米国海軍バンク →1980年代、熱傷センターの多くがスキンバンクを併設する。年間800件のドナー、1000件超のシビエントの報告がある。
オランダ	1980年代Euro Skin Bank設立 →年間300件超のドナー数が報告
イタリア	1990年代各地にスキンバンク設立 →スペインからドネーションと移植を組み合わせたシステムを導入
フィンランド	1995年Helsinki Burn Unitにスキンバンク設立 →Euro Skin Bankのシステムを導入



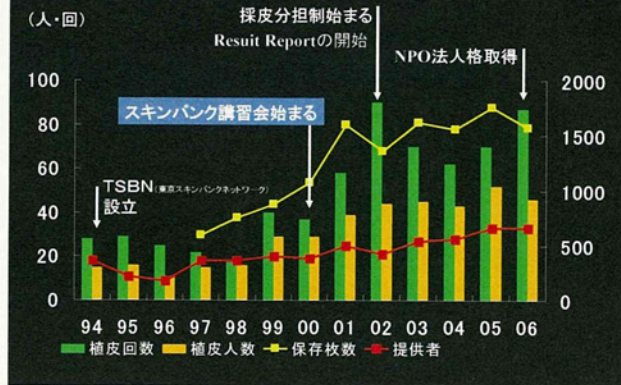
# 日本のスキンバンク

1991年	杏林大学・日本医科大学病院にスキンバンク設立
1994年	東京スキンバンクネットワーク(TSBN)設立
2001年	参加施設が関東近郊へと拡大 31施設へ
2003年	関東近郊から北海道、東北、九州地域にまで拡大 42施設
2004年	名称を「TSBN」から「日本スキンバンクネットワーク(JSBN)」へ
2006年	任意団体から、NPO法人格取得
2008年	NPOから、「一般社団法人」へ

→2012年5月現在、83施設の加入

第13回スキンバンク拠出・保存講習会 (2012.5.30)

## 日本スキンバンクネットワークの実績



## 同種皮膚移植の文献的エビデンス

Kobayashi K, Ikeda H, Higuchi R et al.  
Epidemiological and outcome characteristics of major burns in Tokyo.  
Burns 2005;31S:S3-S11.

The Tokyo Burn Unit Association, Tokyo, Japan

後視的研究 エビデンスレベル:III

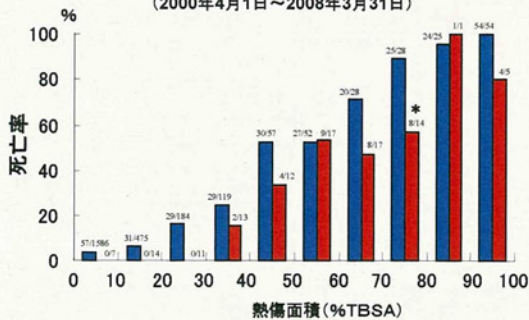
- ・東京熱傷救急連絡協議会13施設に、1983年から2003年までに入院した6401症例を対象とした。
- ・東京スキンバンクネットワークが設立された1995年以降の2559症例については、同種皮膚移植の有無による死亡率を比較検討した。
- ・同種皮膚移植の死亡率は有意に低かった。

Logistic regression analysis estimating mortality with skin bank use 2559 cases from 1995 to 2002.

	A coefficient	Standard error	p-Value	odds ratio
Gender	0.337	0.172	0.050	1.401
Age	0.046	0.004	<0.01	1.047
Inhalation injury	1.065	0.177	<0.01	2.900
Flame burns	-0.078	0.187	0.675	0.925
<b>Skin bank use</b>	<b>-0.813</b>	<b>0.300</b>	<b>&lt;0.01</b>	<b>0.444</b>
Burn index	0.088	0.005	<0.01	1.093
A constant term	-6.667	0.373	<0.01	0.001

The use of skin bank allograft significantly decreased the risk of mortality with the odds ratio of 0.444.

東京都熱傷救急連絡協議会データによる同種皮膚移植救命効果(1)  
(2000年4月1日～2008年3月31日)



東京都熱傷救急連絡協議会・樋口良平先生集計データによる

## 凍結同種皮膚の医学的有効性

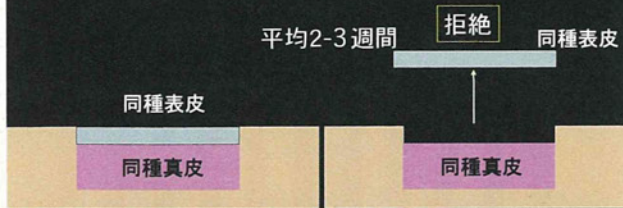
- ・熱傷患者生存率の改善
- ・拒絶されず完全生着が一部可能
- ・熱傷患者の浸出液の防止や電解質異常の改善
- ・良好なWound bedの作成
- ・培養皮膚に比べても細菌感染に強い
- ・人工皮膚では得られない生体親和性
- ・ハイブリッド型皮膚としての転用

### 問題点

- ・拒絶が起こる
- ・未知の感染が潜在している可能性がある
- ・保存に費用がかかる

第10回スキンバンク拠出・保存講習会 (2009.06.03)

## 同種死体凍結保存皮膚と拒絶



拒絶を防ぐにはホストの免疫を落とすか、または同種皮膚の抗原性を落とすしかない。

## 皮膚移植におけるレシピエント基準

熱傷治療専門施設に入院した熱傷例で同種死体皮膚移植が必要と考えられる重症症例(BI10以上又は深達性II度熱傷以上で15%以上の広範囲熱傷)が対象(日本熱傷学会スキンバンクマニュアルより)

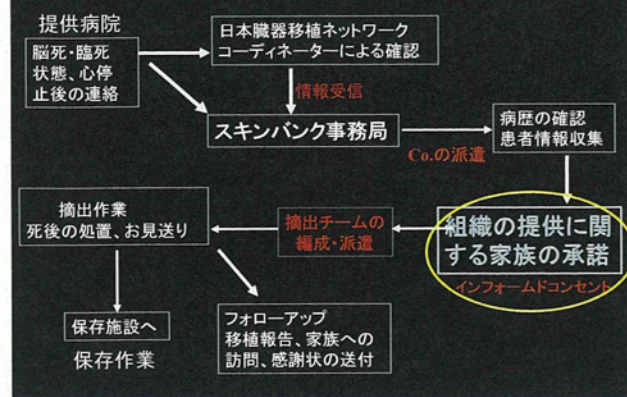
## スキンバンクにおけるドナーの適応

- (1) 生前患者本人による皮膚提供の意思が明らかなもの。あるいは死後に家族から皮膚提供のための承諾書が得られているもの。
- (2) 年齢は14歳から75歳を一応の目安とするが、担当医師の判断によって、皮膚の状態や健康状態によりこの限りではない。
- (3) 異状死体(外因死)の場合、警察医ないし監察による検視が終了しているもの。
- (4) スクリーニング検査を終了しているもの、またはそれを行える採血が確保されていること。
- (5) 不適応基準に該当しないもの。

■血清学的検査: 血算、生化学データは入院時及び最新のデータを確認。感染症は可能な限り検査法まで確認。この時点で未検査のものは、家族に採血の承諾をとり、バンクにて検査を行う。

	入院時	月	日	入院時	月	日
RBC	未			未		
PLT	未			未		
GPT	未			γ-GTP	未	
HBs抗原	(-・+・未)			(CLIA, MAT法、)		
HCV抗体	(-・+・未)			(EIA, RIA固相法、)		
HIV-1抗体	(-・+・未)			(EIA, PA, ウエスタンブロット法、)		
HIV-2抗体	(-・+・未)			(EIA, PA, ウエスタンブロット法、)		
HTLV-1抗体	(-・+・未)			(CLIA, PA, FA, ウエスタンブロット法、)		
CMV抗体	(-・+・未)			(EIA, FA, CF、)		
ガラス板法	(-・+・未)					
TPHA	(-・+・未)			(PA、)		
ABO	未			未(カラム凝集法、)		
Rh Type D	未			未(カラム凝集法、)		
バルボB19	(-・+・未)			(EIA、)		

## 一般的なスキンバンクにおける提供時の流れ



38 : 310

熱傷 第38巻・第5号 (2012.12)

< 資料 >

日本熱傷学会スキンバンクマニュアル 2012年度版

査読 大蔵\*・松村 一\*・嶋海 篤志\*・片平 次郎\*・織田 順\*  
大谷津恭之\*・塚野 茂\*・中川 安治\*・奈良 理\*・山口 芳裕\*  
山田 裕彦\*・山元 康徳\*・横尾 和久\*

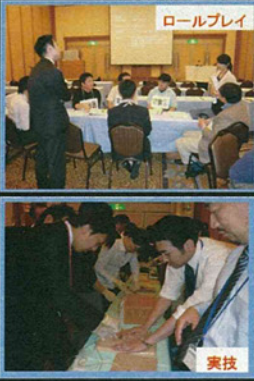
### 1. はじめに

1) スキンバンクとは  
スキンバンクとはヒトから得た皮膚を凍結保存、または培養し皮膚の viability を低下させることなく長期間保存し、必要に応じ供給するシステムで、採皮、凍結、保存、供給の4つの作業からなる。スキンバンクの皮膚は広範囲熱傷患者死亡率を低下させる有効な生体材料として認識されている。凍結保存同種皮膚移植は、拒絶反応までの2週間から3週間の一時的な生着

### 2) スキンバンクの法的妥当性

わが国には研究、治療を目的とした死体からのヒト組織採取に関する法律はないが、1997年10月16日に施行された「臓器の移植に関する法律」の運用に関する指針(ガイドライン)には次のように定められている。  
第11の2「法令に規定されていない臓器の取り扱い」: 臓器移植を目的として、法および施行規則に規定されていない臓器を死体(脳死した身体を含む)から摘出することは、行っていないこと。

## スキンバンク摘出・保存講習会(年1回) (日本熱傷学会スキンバンク委員会主催)



ロールプレイ

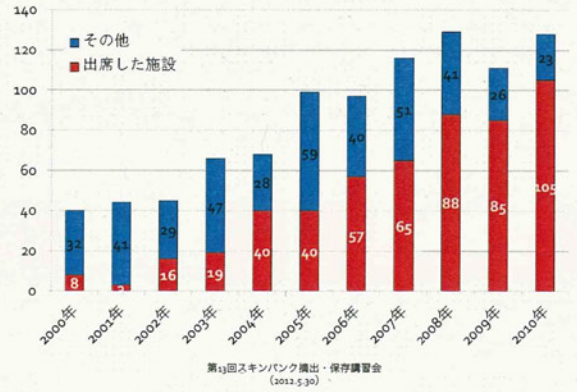
実技

### 《講習内容》

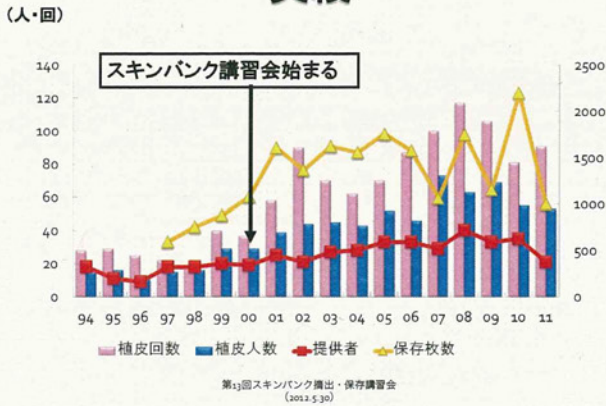
- ・スキンバンクの活動と現況
- ・Allograftの適応と臨床効果
- ・スキンバンクドナーの適応とアセスメント  
～ドナースクリーニング等について～
- ・インフォームドコンセントの取得  
～症例を出してロールプレイ～
- ・Procurementの実際  
～マネキンを用いた採皮術の実技～
- ・凍結操作
- ・バンクドスキンの供給と解凍  
～アログラフトの依頼の仕方と手術室での解凍～

第13回 スキンバンク摘出・保存講習会  
平成24年5月30日(東京)

## スキンバンク講習会に出席した施設からの ドナー情報数



## 実績



## 日本スキンバンクネットワークの財政的窮迫

国民のための保険医療として同種皮膚移植術は4,700点が算定されていた。しかし、現状では死体から皮膚を採取・保存するために要する全ての費用は所定点数に含まれ、別途請求できないと規定されている。日本においては、同種皮膚は生体材料費として認められないのである。かような状況下において、日本熱傷学会と外保連等の尽力により、2010年4月1日から同種皮膚移植の診療報酬が一部改訂された。

### 2009年度日本スキンバンクネットワークの出庫および移植回数等

施設	出庫回数(回)	移植回数(回)	種皮単位数(U)	1U=36,000円とした場合の費用(円)
1	18	15	253.2	9,115,200
2	9	9	105.95	3,814,200
3	7	6	68.3	2,458,800
4	5	5	81.85	2,946,000
5	4	4	80.95	2,914,200
6	4	4	76.1	2,739,600
7	4	4	81.4	2,910,400
8	4	4	52.6	1,893,600
9	4	4	45.6	1,641,600
10	4	3	20.6	741,600
11	3	3	60.15	2,165,400
12	3	3	56.25	2,025,000
13	3	2	40.5	1,458,000
14	3	3	40.15	1,445,400
15	3	2	20.9	752,400
16	2	2	40.5	1,458,000
17	2	2	30.55	1,099,800
18	2	2	30.45	1,096,200
19	2	2	23	828,000
20	2	1	20.15	725,400
21	2	2	17.25	621,000
22	2	1	9	324,000
23	1	1	20.45	736,200
24	1	1	20.25	729,000
25	1	1	20.1	723,600
26	1	1	20	720,000
27	1	1	20	720,000
28	1	1	15	540,000
29	1	1	12	432,000
30	1	1	10.8	388,800
31	1	1	10.5	378,000
32	1	1	10.15	365,400
33	1	1	8.2	295,200
34	1	1	7	252,000
35	1		0	0
36	1		0	0
37	1		0	0
105	95	140.85	50,754,600	

### 日本スキンバンクネットワーク施設会費・ランク方式案

前年度の使用状況から年会費を徴収する。

特A(年間9回以上)	200万円
A(年間7-8回)	150万円
B(年間4-6回)	100万円
C(年間2-3回)	50万円
D(年間1回)	30万円
E(年間0回:基礎年会費のみ)	10万円

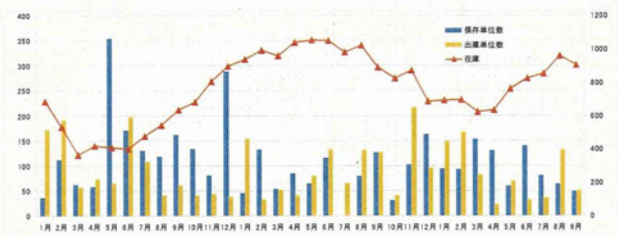
なお、上記の施設会費は3年ごとに見直すこととする。

**【短期的対策】**

- ①ランク方式の年会費システムを実際に軌道にのせる。
- ②個人賛助会員の増員を図る。
- ③日本熱傷学会等に依頼し、総会・学術集会に併せて市民公開講座等を開き、一般社会への啓発活動に努める。
- ④JSBNの財務状況が明確にわかるような報告書を整備し、寄付を打診する企業へ配慮する。
- ⑤メディアを介した効果的な広報を企画する。

**【中期および長期的対策】**

JSBNの組織構築の改革が必要である。すなわち、法人としての財務・会計担当、労務担当責任者をおき、外部から理事を招聘するのが望ましい。また、理事の半分は医師でない者にするなどのJSBN理事会における構成員改革が必要と思われ、皮膚組織の研究転用に関する民間企業との合法的な連携体制の構築など、JSBNが永続的に活動し、本邦の重症熱傷治療に貢献できるような将来計画を立てることが必要不可欠である。



2010年1月～2012年9月までの同種皮膚保存・出庫状況

2012年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
保存単位数	93.8	91.95	153.4	129.6	59.8	139.65	79.7	63.1	48.95
出庫単位数	148	167	81.4	22.4	68.7	31.25	35.3	131.4	50.35
在庫	693	695.6	622.4	632.95	763.95	824.85	853.4	957.75	906.05

2012年1月から9月までの同種皮膚保存・出庫および在庫状況

**結 語**

広範囲熱傷を有する患者に皮膚移植を行うためには、スキンバンクが必要であるが、本邦においては日本スキンバンクネットワーク(JSBN)が実質上唯一であり、東海村事故の際も同種皮膚が供給された。しかしながら、JSBNの皮膚在庫枚数は不安定で十分ではなく、平常時に発生する広範囲熱傷患者の必要量を維持するのが精一杯で、CBRNE災害に備える在庫枚数には程遠いといわざるを得ない。本邦におけるスキンバンクの規模拡大が、CBRNE災害の備えには必要と考える。

CBRNEテロ災害にいかに対応するか  
厚生労働科学研究金谷研究班

# CBRNEテロ発災時に に向けた新たな検知・除染 技術の開発の現状

防衛医大 研究センター 医療工学研究部門  
教授 石原 雅之

## 背景

2012年の福島第一原発事故は、「原子炉への攻撃を含め汚染土壌や汚染水の除染・復旧方法についてはほとんど手がつけられていない。」と指摘されていたとおりの課題が発生することとなった。既存の放射性物質除染剤に代わりうるナノテク、微生物を用いた除染技術について技術面と環境面から検証が求められている。また、1995年の東京地下鉄サリン事件や2001年のアメリカ合衆国郵便物炭疽菌事件において大量破壊兵器であるC剤やB剤が使用され、一般市民に多大な被害が引き起こされ、強烈なテロの脅威を与えた。NBCテロや災害の危機管理のために医工学研究者は、いかに貢献すべきか問われているが、専門性を考慮すれば、NBC剤の検知、除染、防護、解毒に取り組むべきであると考えられる。本報告では、NBC除染のニーズ、除染の現状技術について解説し、最近の除染剤の研究・開発の動向について、報告者らが実施しているNBC剤の除染剤の研究結果を含めて紹介する。

## 発表内容

1. 放射性物質 (N) の最新除染法  
・膜分離活性汚泥式洗浄・排水処理システム
2. 生物 (B) 剤の最新除染法  
・銀ナノ粒子/キチン・キトサン複合体の新規合成法と生物剤除染のための応用展開
3. 化学 (C) 剤の検知・除染法  
・酸化チタンナノ粒子/多孔性無機物担体(アパタイト)複合体(ギアタイト)の光触媒機能を利用した化学剤除染システム

市販されている放射性物質除染剤の特性と機能

除染剤 商品名	特徴	機能				開発状況
		N 剤	B 剤	C 剤	環境 影響	
ディコンジェル (DeconGel)	界面活性剤や溶性キレート剤を含んだポリマー・ハイドロジェルである。	○	△	△	○	民間開発市販品で、国外で広く使われ、日本で入手できる。
界面活性剤 (カネカ天然界面活性剤)	天然物質に界面活性剤を結合させたもので、放射性物質を吸着・濃縮回収する。	○	△	△	○	民間開発市販品で、原発事故の除染現場に本格供給が開始された。
セシウム除染水 分離剤	除染水から、セシウムなどの放射性物質が吸着されている懸濁成分を分離・凝集剤である。	○	×	△	○	民間開発市販品で、原発事故の除染現場に本格供給が開始された。
膜分離活性汚泥式洗浄・ 排水処理システム	自然界における自浄作用を利用した安全かつ簡便な設備であり、放射性物質を濃縮回収する。	○	×	×	○	民間開発システムで、原発事故関連の除染でも適用が開始された。

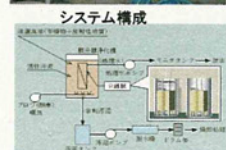
## セシウム除染水分離剤による放射性物質や有害物質の濃縮・沈殿

セシウム除染水分離剤の使用手順

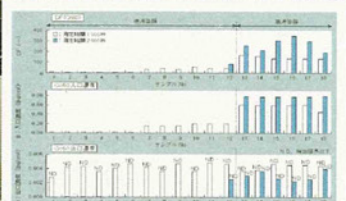


ディコンジェルや天然界面活性剤も同じように放射性物質を濃縮・沈殿させる。

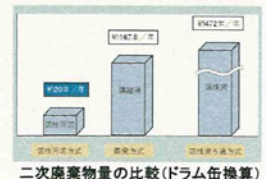
生成した濃縮・沈殿物は、放射能耐性菌や有害物質耐性菌により、さらに分解・濃縮できる。



膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備



放射線実廃液を用いた性能試験

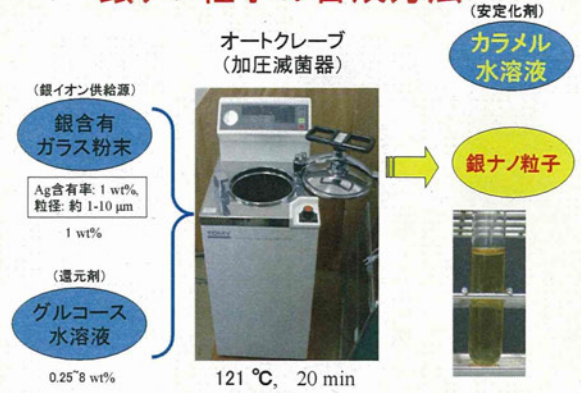


二次廃棄物量の比較(ドラム缶換算)

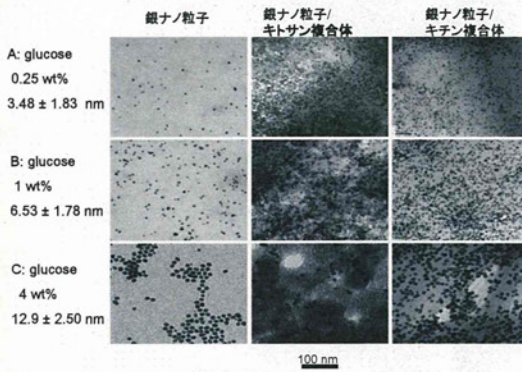
市販されている生物除染剤の特性と機能

ガス除染剤	特徴	機能				販売状況
		N 剤	B 剤	C 剤	ヒトや環境への影響	
酸化エチレン	開放空間では適用できない。発がん性の疑いがあり、安全化処理に時間を要する。	x	o	△	x	民間販売市販品で、国内・国外で広く使われ、日本で入手できる。
二酸化塩素	開放空間では適用できない。発がん性があり有毒で、精密機器への影響が大きい。	x	o	o	x	民間販売市販品で、国内・国外で広く使われ、日本で入手できる。
ホルムアルデヒド	開放空間では適用できない。発がん性があり有毒で、安全化処理に時間を要する。	x	o	o	x	民間販売市販品で、国内・国外で広く使われ、日本で入手できる。
過酸化水素水	開放空間では適用できない。若干の刺激性がある。発がん性の疑いもある。	x	o	o	△	新しい民間販売市販品で、国内・国外で使われ、日本で入手できる。
オゾンガス	開放空間では適用できない。若干の刺激性がある。発生機が比較的高価である。	x	o	o	o	新しい民間販売市販品で、国内・国外で使われ、日本で入手できる。

銀ナノ粒子の合成方法

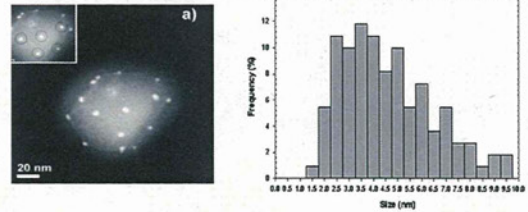


銀ナノ粒子/キチン・キトサン複合体の電顕写真

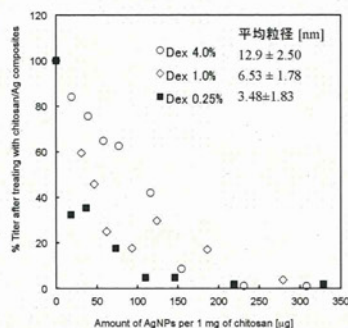


銀ナノ粒子の抗ウイルス性

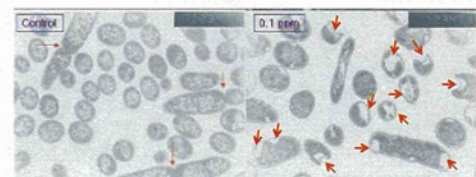
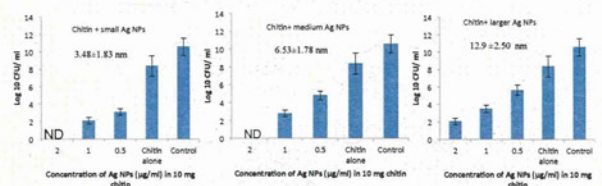
- HIV-1ウイルスのエンベロープに選択的に吸着、不活化。
- 銀ナノ粒子のサイズは < 10 nm



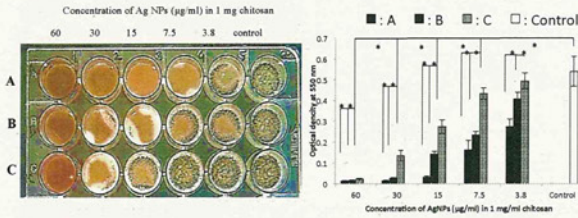
抗ウイルス性の評価結果



銀ナノ粒子/キチン複合体の抗菌効果



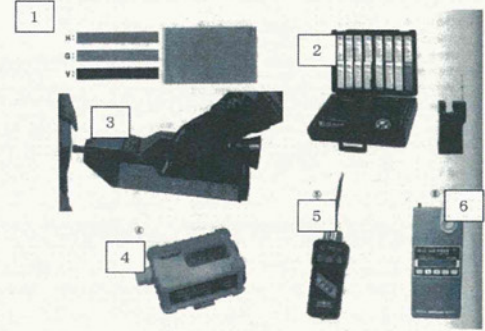
### 銀ナノ粒子/キトサン複合体の抗真菌(A. Niger)活性



- A: 平均粒径 3.48±1.83 nm
- B: 平均粒径 6.53±1.78 nm
- C: 平均粒径 12.9±2.50 nm

A. Niger

簡易現場検知資器材例-1



- 1: 検知紙 2: ガス検知管 3: AP2C 4: MultiRAE Plus
- 5: ppBRAE 6: マルチガスファインダー

簡易現場検知資器材例-2

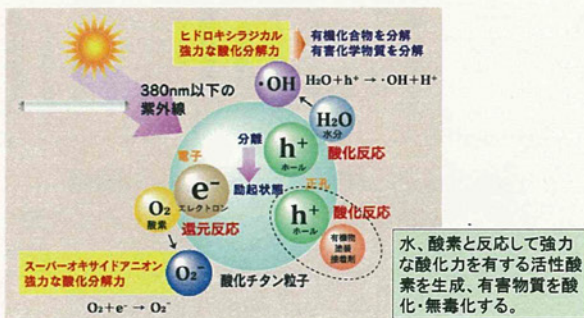


- ①: M90 (アインランド製)
- ②: LCD-S (イギリス製)
- ③: SABRE2000 (アメリカ製)
- ④: ChemPro100 (アメリカ製)
- ⑤: JCAD (アメリカ製)

### 市販されている化学除染剤の特性と機能

除染剤商品名	特徴	機能			環境影響	開発状況
		N 剤	B 剤	C 剤		
次亜塩素酸・酸素・水	加水分解と酸化分解の機能を有し、化学剤の無毒化が可能である。	×	○	加水分解 ○	×	民間や家庭でも広く簡単に製造できる。
ハイパーイオン水 (ハルツ液)	強アルカリ水 (pH > 13.5) 強酸性水 (pH < 0.5)	×	○	酸化 加水分解 ○ 酸化 加水分解 ○	○	民間開発市販品で、化学剤に対して加水分解活性を有する。
EasyDECOR® DF200	昇温活性剤、アミン、酸化剤で構成される水溶性の除染剤である。	×	△	酸化 加水分解 ○	△	米軍サンディア研究所で開発され、米軍でも採用されている。
FAST-ACT	酸化チタン及び酸化マグネシウムを原料とし、有害化学薬品を無毒化する。	×	△	酸化 加水分解 ○	△	民間開発市販品で、米軍では広く使われ、日本で入手できる。
酸化チタン/粒子アパタイト複合体	酸化チタン/粒子をアパタイトに包含させた除染剤である。	×	△	酸化 加水分解 ○	△	産総研からの開発品です。すでに商品化され、入手できる。

### 酸化チタン粒子の触媒作用



(株)インベックのWebページより引用

### 酸化チタンナノ粒子の欠点

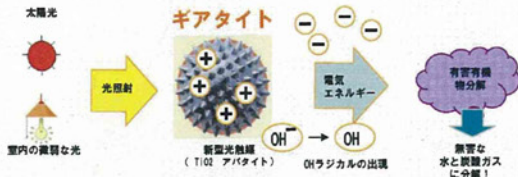
- 有機物(繊維、プラスチック)と複合不可 - 強力な酸化力のため劣化
- 活性を得るには紫外線が必要
- 微粒子の発がん性等ヒトへの強力な副作用が指摘された

米軍でも使用されている除染剤 (FAST-ACT) 等は酸化チタンナノ粒子が有効成分である。

## 酸化チタンナノ粒子/多孔性無機担体

ギアタイト:産総研が開発、吉田商会(株)が商品化

イメージ図



酸化耐性を有する多孔性無機担体で包埋することで、有機物との複合化が可能になる。

化学剤検知ロボット



化学剤除去システム



## まとめ (既存の除染法の現状及び研究の動向)

- 1) 方法と効果の科学的検証が不十分で、科学的データがない。
  - 2) 次亜塩素酸塩などの汎用除染剤は毒性が高くしかも環境への負担が大きい。
  - 3) すべてのNBC剤に有効で、長持続性・高抵抗性の剤は存在しない。
  - 4) 持続性が低く、その効果は一過性に過ぎない。
  - 5) 大量の洗浄排水が発生しその処理は困難である。
  - 6) 放射性物質の除染は、迅速・効率的に分離・濃縮し、放射能を遮断して、放射能が減衰するまで管理する必要がある。
- ・ 放射能耐性菌は放射能減衰能力はない。しかし放射性物質を放射能原子にまで分解させ、各種毒物、環境ホルモン、ダイオキシン等を分解・無毒化させる能力があり、有望である。
  - ・ 新規な銀ナノ粒子合成プロセスを開拓し、銀ナノ粒子/キチン・キトサン複合体の強力な抗微生物(抗ウイルス、抗菌、抗真菌)活性を示し、β除染剤や衛生資材として有望である。
  - ・ 化学剤は酸化剤・加水分解剤で対処可能であり、強力な酸化力や加水分解能を有する抗化学剤材料として酸化チタン・アパタイト複合体を用いた光触媒機能の利用は有望である。

有害・猛毒であり種類が多岐にわたるNBC剤を、最適な除染剤・方法により、安全で効率的に除去することが、被害の拡大防止と復旧に必要である。



# CBRNE災害に伴う被害予測に向けたシミュレーション技術の開発

国立保健医療科学院・健康危機管理研究部  
石峯康浩  
E-mail: ishimine@niph.go.jp

1/3

## 発表内容

1. 研究の背景と目的
2. 原発事故シミュレーションによる検討
3. GISを用いた災害支援情報提供の検討
4. 実用的なシミュレーション技術の検討
5. 今後の展開

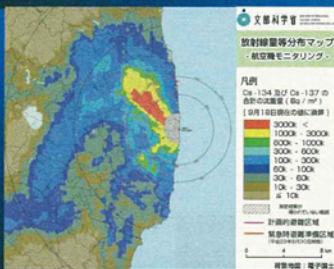
## 研究の背景と目的

## 研究の背景



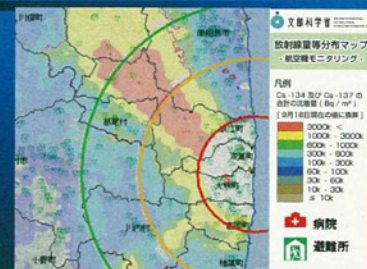
- 2011年の福島第一原発事故では、地域住民の避難対応ならびに高齢者施設入居者等への医療支援に関して、多くの問題点が指摘された。
- 大規模なCBRNEテロ災害が発生した場合にも、同様の課題に直面することが予想されるが、従来のシミュレーション研究では、医療機関や高齢者施設等の位置情報が考慮に入れられることが少なかった。
- シミュレーションとGIS技術を組み合わせた具体性の高い想定訓練をすることで、医療機関・消防・警察などが連携して効率的にテロ対応にあたることが可能になると期待される。

## 福島第一原発事故時の情報



- 放射線量分布のモニタリング・データやシミュレーション結果が公表されることはあっても、各機関にとって重要な情報との融合はあまり行われなかった。

## 地理情報システムによる情報の融合



- 医療機関や避難所等、被災対応の拠点となる施設の情報と一元化したマップを用いることで被害状況の把握や救援体制に関する意思決定の効率が向上する。

## (本年度の)研究の目的

- 大規模災害が発生する前にシミュレーションを利用した被害予測を効果的に行うためには、どのようなシミュレーション技術をどのような地域情報と組み合わせるのが効果的かを検討する。
- 放射線の大規模放出事象をテストケースとして想定し、福島第一原発事故と同程度の事例が別の原発で発生すると仮定したシミュレーションがどの程度、有用かを考察する。
- シミュレーション技術を災害予測に活用するために実現可能なレベルの計算規模や手法を検討する。

## 原発事故シミュレーションによる検討

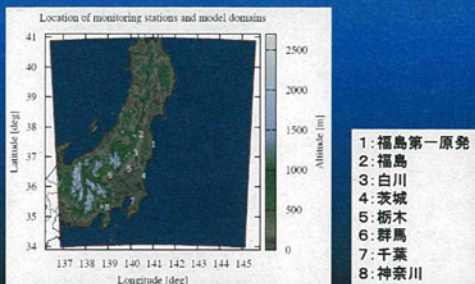
## 領域化学輸送モデル(WRF/Chem)による計算

- 海洋研究開発機構の協力の下、次のようなモデルで放射性物質(ヨウ素ならびにセシウム)の分布推定を行った:
  - 使用モデル: 非静力学領域大気数値モデル WRF-ARW バージョン 3.1.1
  - 標高: 国土地理院50mメッシュデータ
  - 土地利用: IGBP-MODIS 30秒メッシュデータ
  - 計算期間: 2011年3月11日00時から 2011年5月1日0時(日本時間)
  - 水平解像度: 3km格子(福島第一原発を中心とした250x250グリッド)
  - 鉛直層数: 34層(大気上端: 100hPa, 高度2kmまでに16層程度)
  - 気象場の初期値、境界値: 気象庁GPV メソスケールモデル(水平5キロメートル・3時間ごとの初期値)
  - 気象場同化: GPVデータ(自由対流圏 U, V, T, RH)
  - 気象庁地表観測10分値、大野MPV(気温、風向・風速、比湿、地表面気圧)
  - AMcDAS10分値、福島第一原発(気温、風向・風速)
  - 移流過程: 非負の水平5次、鉛直3次
  - 雲微物理過程: WDM6
  - 積雲対流過程: Kain-Fritsch
  - 境界層過程: Mellor-Yamada Nakanishi-Nimo レベル2.5
  - 地表面過程: 4層 Unified Noah

## 放射性物質の設定条件

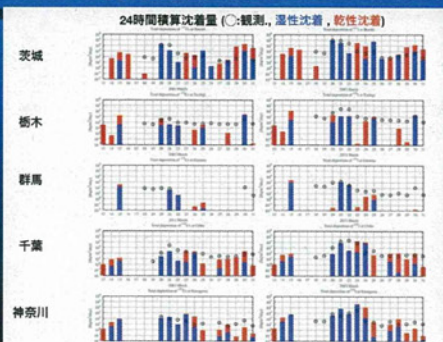
- 計算手法: 領域気象モデル内でオンライン計算(オイラー型モデル)(WRF/Chemのバンプトレーサモードを拡張)
- 計算領域・タイムステップ・物質移流: 気象モデルと同一(3km格子、 $\Delta t=12$ 秒、非負5次3次)
- 側面境界条件: 同一の放出源、沈着過程の全球モデル(約1.1度、34層)の結果を利用
- 放出源分布: 原子力研究開発機構による
- 取り扱い核種: ヨウ素131、セシウム137
- 放射性壊変: ヨウ素131(81日)のみ考慮
- 湿性沈着: 洗浄率による  $A \cdot AXPB$  [Maryon et al., 1992]  
A, Bは積雲・非積雲、雨・雪によって異なるパラメータ。  
Pは降水・降雪強度で、モデル内で各タイムステップで診断される3次元量
- 雷、あられ等は雪として分類
- 乾性沈着: ヨウ素131: 0.5 cm/s [Maryon et al., 1992]  
セシウム137: 0.1 cm/s [Krug et al., 1992]

## 計算領域とデータ実測点



計算の妥当性を評価するため、福島第一原発事故における放射性物質の移流・拡散プロセスを計算。その結果と上の8点における実測値を比較した。

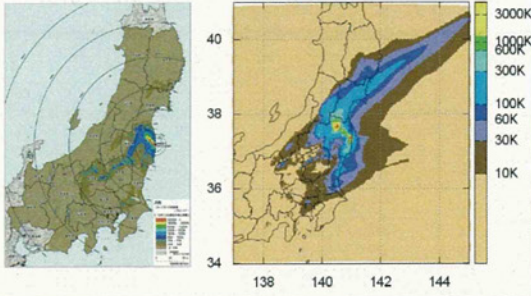
## 各実測点での比較



モデル計算結果では、3/20-24の沈着量はほぼ湿性沈着

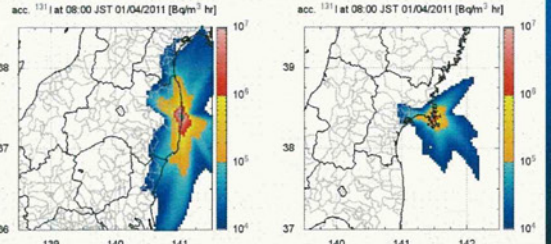
## 空間分布の比較

セシウム137の3月末までの積算沈着量  
Total deposition of <sup>137</sup>Cs in March, 2011 [Bq/m<sup>2</sup>]



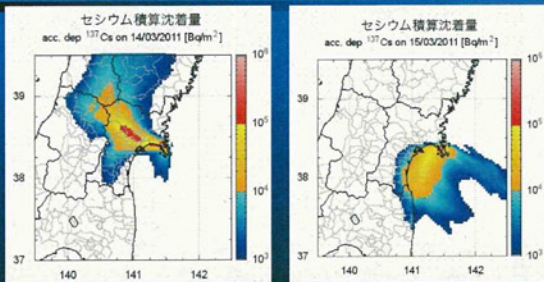
## 女川原発を発生源とした試算例(1)

福島第一原発 女川原発



福島第一原発と同じ日時に同じ線量の放射性物質が女川原発から発生したと仮定した計算を実施して、福島第一の場合と比較した。  
(図は3月末までのヨウ素131の大気中の積算濃度[Bq/m<sup>3</sup>時])

## 女川原発を発生源とした試算例(2)



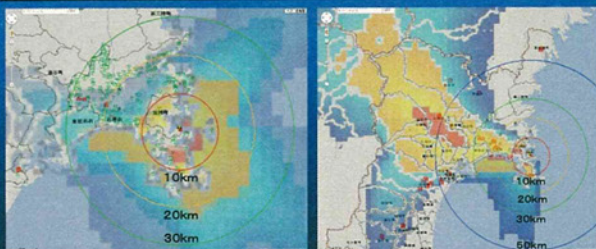
同じ放出量(定常放出)を仮定しても、気象条件が1日違うだけで放射性物質の分布(特に陸域)は大きく変化する。  
(図は3月15日(左)と3月16日(右)のセシウム積算沈着量[Bq/m<sup>2</sup>])

## 試算をして分かったこと

1. 放射性物質の分布は気象場の影響が大きく、仮に発生源での放出率等を厳密に決めることができても、事前の予測は困難である。
2. 放射性物質の沈着量は降雨の影響を大きく受け、雪として降った北部での計算は実測とのずれ大(パラメータ設定に問題がある可能性あり)。
3. 鉛直方向の格子を高度2km以下に16層と比較的、密に配置したにも関わらず放射性物質の大気積算濃度は最下層の値に支配される。

★福島第一原発事故レベルの放射性物質の放出事象では発生直後のシミュレーションによる状況予測は今後も困難である可能性が大。  
★即時的に精度の高い計算を実施することを追及するよりも、むしろ最下層1層での簡便な2次元計算を多く実施して、発生頻度の大きい分布や被災人口の多くなる場合を探索することで、被災時の対応を検討する方が効果的かも。

## シミュレーションとGISの融合検討例



本研究の3月15日の気象場での計算例のように高放射線量が北西方向に延びる場合、石巻市や大崎市の多くの病院・高齢者施設で避難が必要になる。また、大崎市では、同じ自治体内で住民を避難させようとすると遠方に移動しても高濃度地区となり、リスク低減効果が少ない可能性がある。

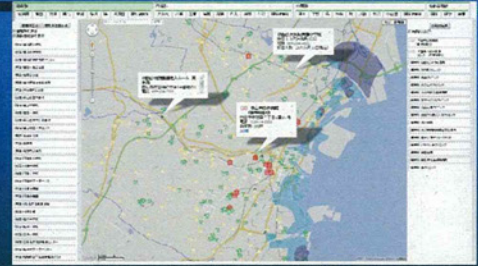
## GISを用いた災害支援情報提供の検討

## Webマップの普及とGIS

- インターネットの普及に伴い、店舗や病院等の場所を確認する際、Google Maps等のWeb上の地図を利用する機会が非常に増えている。
- 2009年にGoogle Maps API v3が発表され、Google Mapsを利用者の用途に合わせたカスタマイズが非常に容易になった。
- フリーソフトとして公開されているGISソフトの性能が向上し、経費をかけずに多様なデータを地図上で表現できるようになっている。

以上のような状況を踏まえ、これまで紹介した被害予測シミュレーションを危機管理実務者が効率的に利用できる情報システムの構築を構築中。

## 要するにWeb版防災マップの高度化



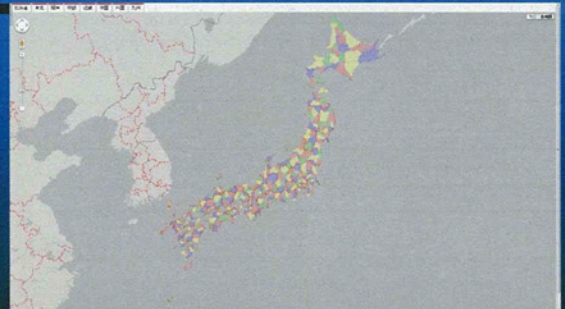
1. 避難所、災害拠点病院、保健所の場所を左右のリスト一覧から検索可能。
2. 津波浸水想定地域などの表示が可能。
3. ポップアップウィンドウに基本情報。さらに詳細ボタンから各HPにリンク（災害拠点病院に関してはEMIS情報へジャンプ）

## 二次医療圏・保健所管轄のGIS化



1. 各都道府県の二次医療圏とそれに所属する災害拠点病院を表示。
2. 各都道府県の保健所とその管轄を表示。

## 二次医療圏・保健所管轄のGIS化



1. 全都道府県のデータを作成済み。  
[http://www.geocities.jp/ychojp/gmap/med\\_area/top.html](http://www.geocities.jp/ychojp/gmap/med_area/top.html)で試験公開中。

## 実用的なシミュレーション技術の検討

## 被害予測へのシミュレーション導入の問題点

- シミュレーションの専門家が実施する災害計算は、スパコンを利用した並列計算が主流で、高額な専門機と高度な専門知識が必要。
- 1回ごとの計算に時間がかかりすぎ、迅速な意思決定に間に合わない。
- 計算のデザインをする時点での危機管理実務者との情報交換が乏しく、被害想定や災害対応に最適化したアウトプットの形になっていない（災害シミュレーションであっても力学的なモデル化の正確性や理学的な現象解析を追究しがち）。