

2020年5月5日

## チェルノブイリ立入禁止ゾーンでの最近の森火災について

今中 哲二

京都大学複合原子力科学研究所

コロナ災禍の陰でほとんど報道されなかったが、チェルノブイリ原発事故はこの4月26日で34周年を迎えた。そのチェルノブイリ原発周辺の立入禁止ゾーンで4月の始めに大きな森火事が発生し、昨年完成した新シェルターの間近まで迫った。ゾーンで森火事が発生することはちよくちよく聞いていたが、今回の火事はこれまでで最大であろう。

緊急事態宣言にともなう休業要請をうけて、私のところも「出てくるに及ばず」となり、もっぱら家でゴロゴロしているので、今回の火事について調べてみた。

### ◇ ネットの画像

- The New York Times. April 11.



<https://www.nytimes.com/2020/04/11/world/europe/chernobyl-wildfire.html>

- Head Topics. April 14

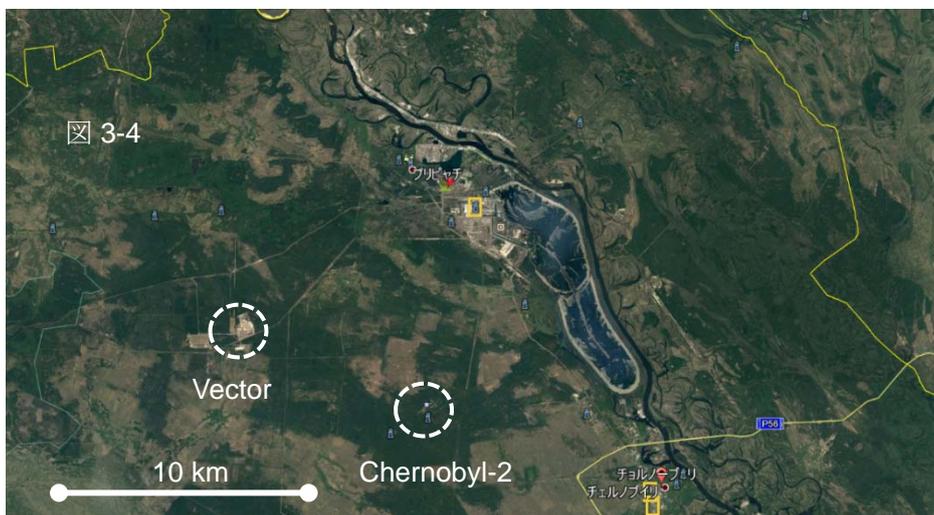


<https://headtopics.com/uk/wildfire-moves-within-a-mile-of-chernobyl-nuclear-power-plant-12427684>

動画：[https://videos.dailymail.co.uk/video/mol/2020/04/14/2629922549251553239/640x360\\_MP4\\_2629922549251553239.mp4](https://videos.dailymail.co.uk/video/mol/2020/04/14/2629922549251553239/640x360_MP4_2629922549251553239.mp4)

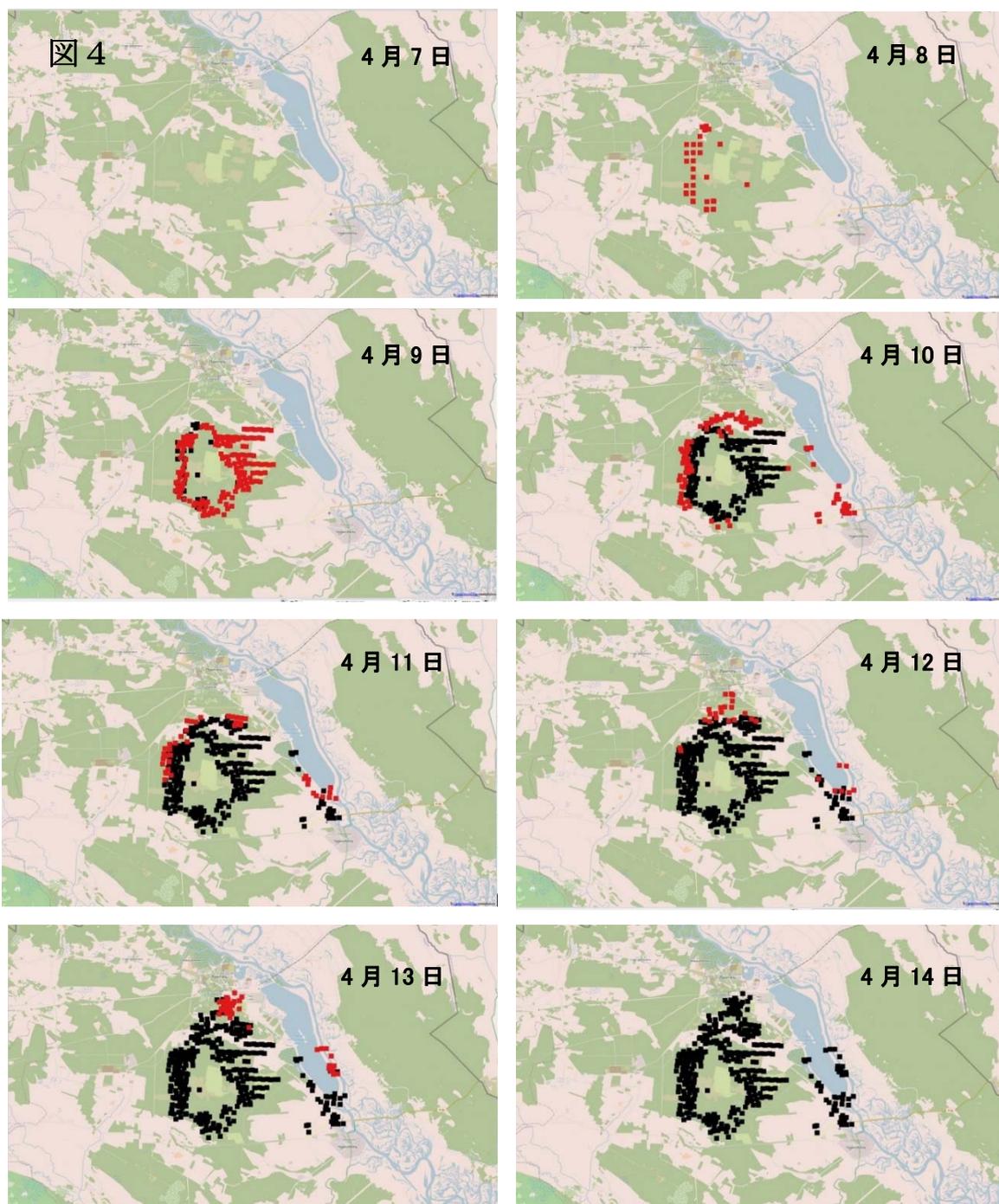
◇ チェルノブイリ原発周辺の地図と写真

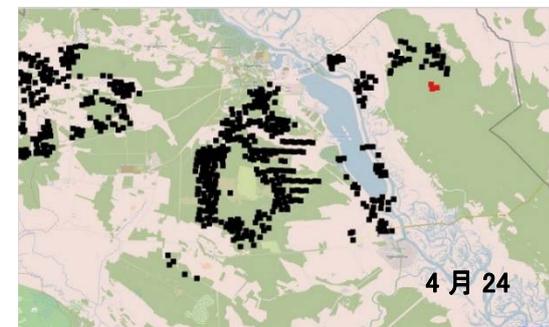
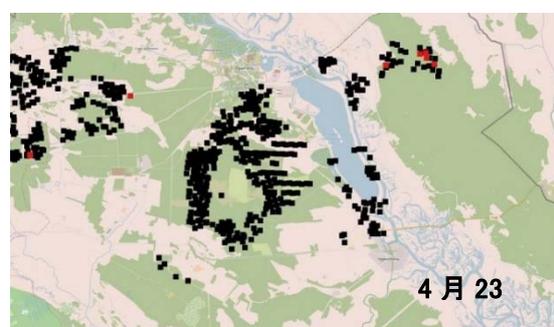
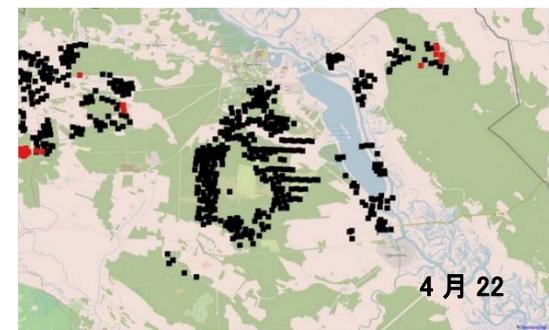
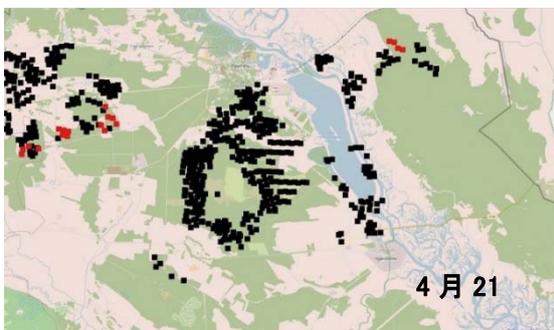
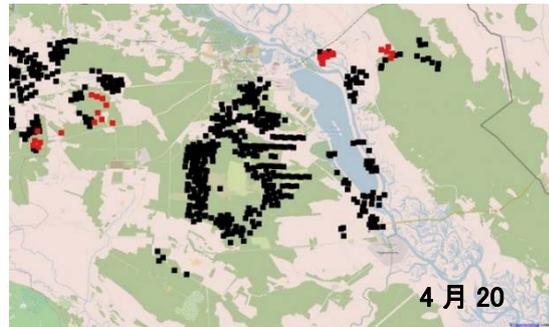
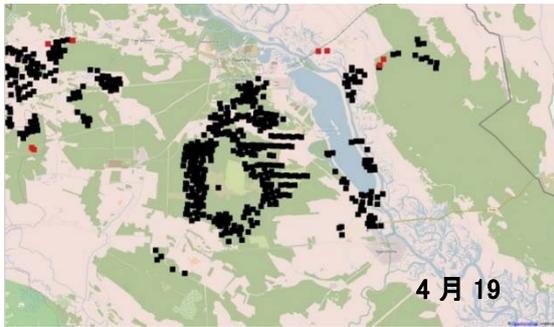
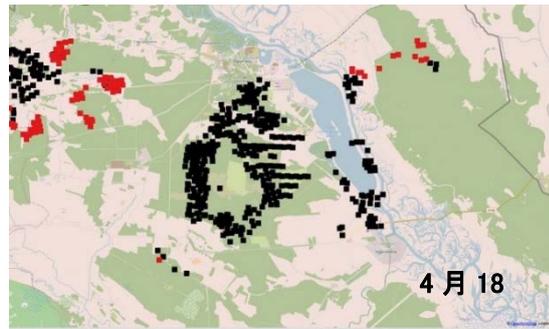
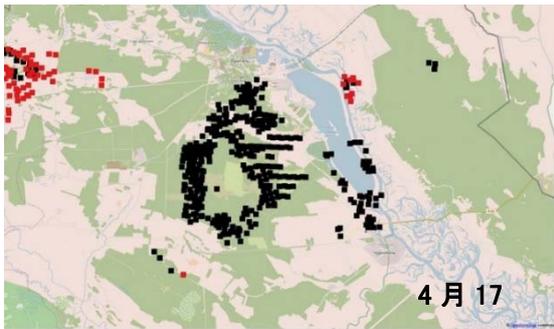
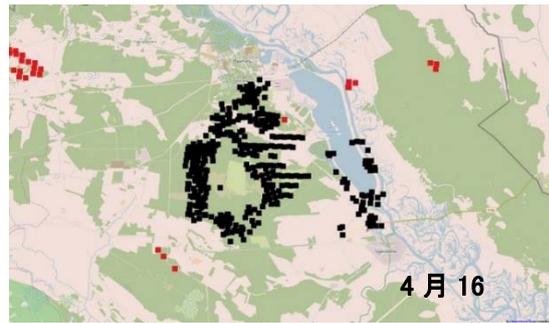
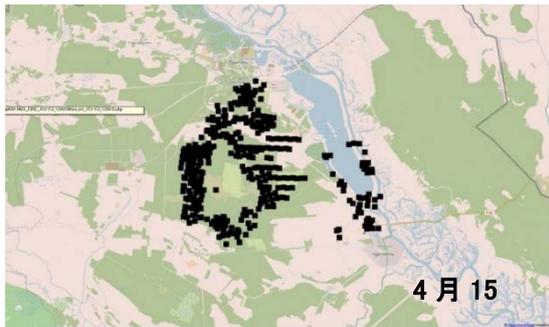
原発があるのはウクライナの首都キエフの北方110km。キエフ湖はドニエプル川に作られた人造湖。キエフ湖の北端近くで西側からプリピャチ川が合流。プリピャチ川を少し遡ると、チェルノブイリ市、次にプリピャチ市 (Pripyat)。プリピャチは原発に隣接して作られた町で、事故当時の人口は約5万。立入禁止区域はウクライナ側とベラルーシ側に別れていて、今の面積は2600km<sup>2</sup>と2200km<sup>2</sup>。下の写真(図3-4)の黄色い四角が“新シェルター”の位置。プリピャチ川に沿って大きな冷却池がある。(Chernobyl-2とVectorは後述。)



#### ◇ 原発周辺火災の進展

ネットニュースでは、火事が起きたのは4月4日で、一旦消火したものの、また燃えだしたそう。ネットをチェックしていると、衛星が地球上の火災を常時観察していて、リアルタイムで眺められるようになっていた。(NASA FIRMS <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>) WEB画面で眺められるのは1週間分だが、『登録して、場所と期間を request すると archive から取り出してくれる』とあったので、やってみたら1時間ほどで response があった。入手したのは、ウクライナ周辺の4月3日から27日まで、NASA Suomi NPP という衛星からのVIIRS (可視光/赤外線イメージ放射量センサー)に基づく火災解析結果(S-NPP/VIIRS)の PointShape ファイル。QGIS を使って、4月7日から24日までの火災の進展を OpenStreetMap に重ねてプロットしてみた。赤はその日の火災ポイントで、黒は前日までに火事があったところ。





火事が最も盛んだった4月8日で、原発に最も近づいたのは13日。14日にはいったん消えて、16日に別の場所で発生。25日ようやく鎮火した。なお、13日に原発に近づいた火事が消えたのは14日に降った雨のおかげとされている。

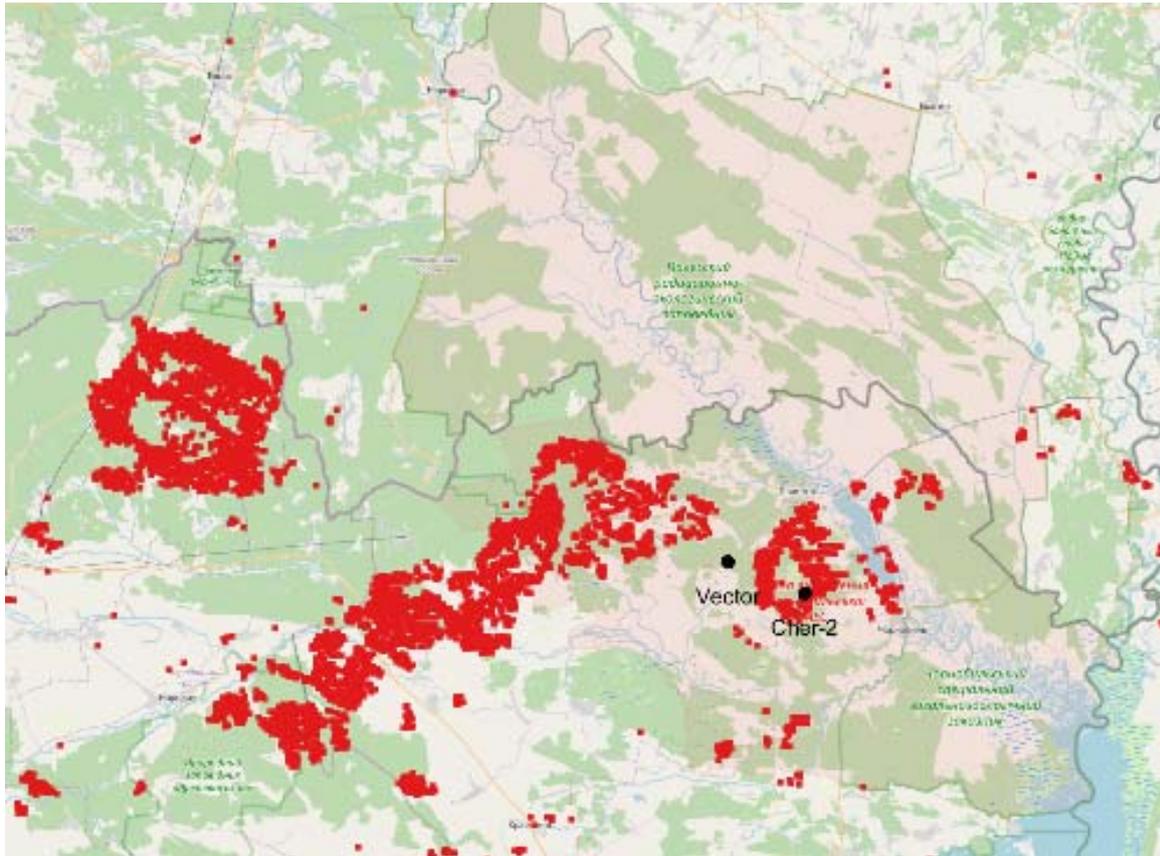


図5. 4月3日から4月27日の期間のチェルノブイリ周辺火災ポイント

図5は、4月3日から27日までの、ゾーン周辺の火災ポイントすべてをプロットしたもので、原発周辺を含め3つの大きな森火災の起きていたことが分かる。S-NPP衛星は同一地点を毎日2回カバーしているようだ。ポイントの解像度は375mだそうだ。

中央の火災は、ゾーン外で4月3日に火災が始まっていて、12日にゾーン内まで広がり、一旦衰えて23日頃まで続いている。西側の大きな円形の火災はゾーンの外側で、16日に発生し21日まで続いている。

図5を眺めて何ともフシギなのは、ウクライナ側と比較して、ベラルーシ側の立入禁止区域(ポレーシエ放射能エコロジー保護地区)では全くと言っていいほど森火災が認められていないことである。

- 火事の原因

ネットニュースでは、「放火した犯人が捕まった」とか「ゴミ焼きの不始末だった」とか出ているがよく分からない。乾燥期の自然発火なんだろうと思っていたが、ベラルーシとウクライナの違いをみると、もっと何かありそうだ。タバコのポイ捨てといったことを含め、人のさまざまな活動にともなう『不始末』が関係しているような気がする。

- 焼失面積

ウクライナの専門家は、今回の火災でゾーンの5%にあたる115km<sup>2</sup>が焼失したと述べている。私のツカミ感覚では、原発周辺の火災が5km四方で25km<sup>2</sup>、中央の火災は幅5km×長さ20kmの100km<sup>2</sup>、合わせて125km<sup>2</sup>といった感じ。一方Greenpeaceによると、今回の森火災での焼失面積は570km<sup>2</sup>でゾーンの22%に相当するようだ。

<https://www.greenpeace.org/international/story/30198/chemobyl-still-burns-forest-fires-ukraine-nuclear-radiation/>

ちなみに、東京山手線の内側面積は約65km<sup>2</sup>で、大阪環状線は約30km<sup>2</sup>。

◇ 核施設の被害

● チェルノブイリ原発

4月13日に火災は原発から2kmまで迫った。下の写真はなかなかの迫力だが、幸い新シェルターが火に包まれるような恐れはなかったようだ（回りに木がない）。原発のホームページを見ると、機材倉庫が2つ焼けたそうだ。無人都市プリピャチ市は何とか火災を免れた。近年のチェルノブイリは観光地化していて、今年の観光客は12万人だったとか。ミヤゲ物のキオスクが焼けたそうだ。

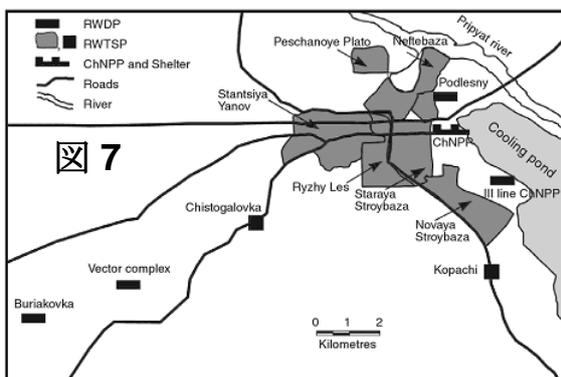


図6.チェルノブイリ原発に迫った火災

<https://strana.ua/news/261078-pozhar-v-chernobyle-foto-i-video-ohnja-u-zdanija-chaes-i-v-zone-otchuzhdenija.html>

● ベクター廃棄物貯蔵施設 (Vector complex) とレーダー施設 Chernobyl-2

ベクターは、原発の南西10kmに最近建設された廃棄物貯蔵施設(図5、図7)。今中の勘ぐりでは、ウクライナの他の原発で発生する使用済み燃料の乾式中間貯蔵施設か。図5から分かるように今回の火災での被災は免れた。図7の灰色地域は、原発事故直後のドサクサにさまざまな廃棄物が埋められ、なかでもPyzhy Les(赤茶けた森)は、最初の爆発で生じたプルームが通過したところ。直後に枯れた森の松が埋設処分され、後に植林されていたが今回燃えたと思われる。Chernobyl-2(図8)は、冷戦時代に作られた、ミサイル発射を探知するための巨大レーダー施設(高さ150m幅400mくらい)で、1989年から閉鎖されていた。森の中にポツンとあるので、今回焼け落ちたかも知れない。



11.2 Location of radioactive waste storage and disposal facilities within ChEZ.



◇ チェルノブイリ原発周辺の地表汚染

- 地表汚染密度 [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1239\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1239_web.pdf)

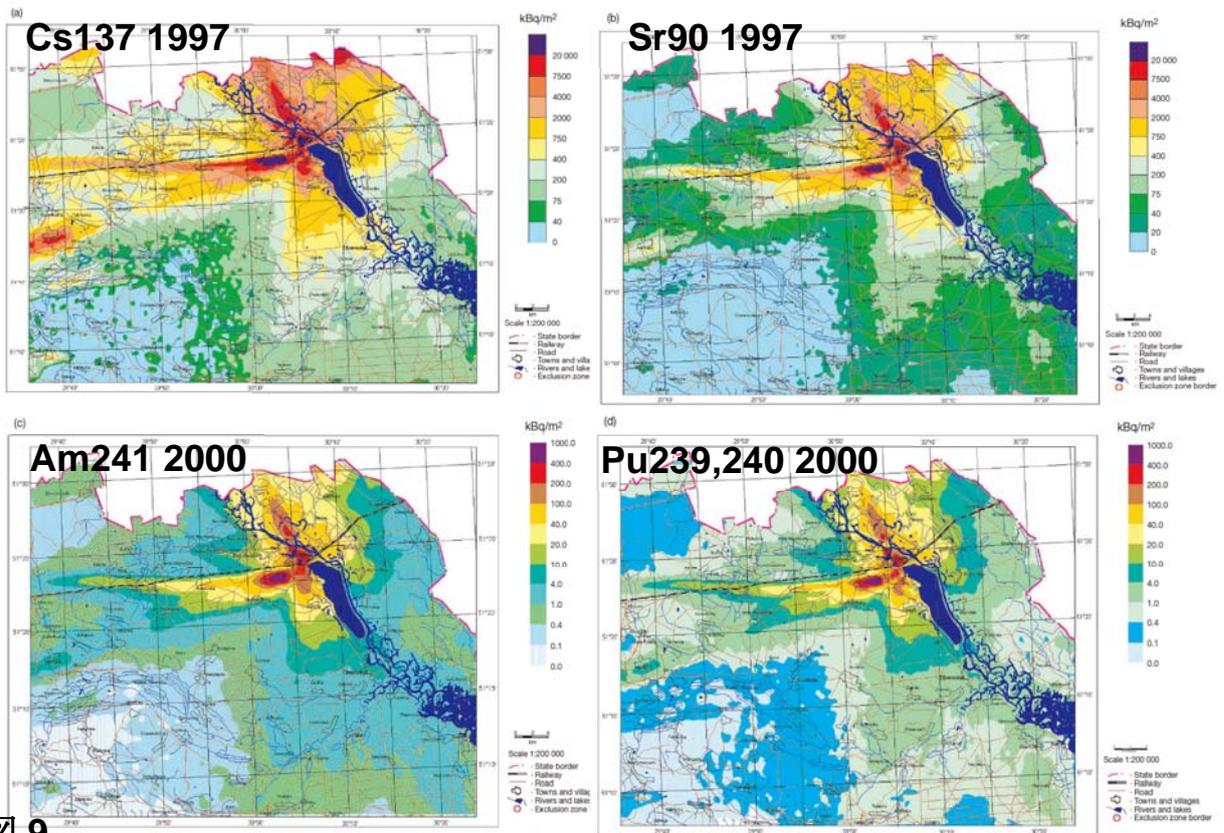


図 9

FIG. 7.6. Surface contamination by radioactive fallout within the CEZ [1.2]. (a) Caesium-137 in soils of the CEZ in 1997 (kBq/m<sup>2</sup>); (b) <sup>90</sup>Sr in soils of the CEZ in 1997 (kBq/m<sup>2</sup>); (c) <sup>241</sup>Am in soils of the CEZ in 2000 (kBq/m<sup>2</sup>); (d) <sup>239,240</sup>Pu in soils of the CEZ in 2000 (kBq/m<sup>2</sup>).

チェルノブイリ原発近辺の汚染が福島の場合と異なるのは、Sr90 が多いこと (Cs137 の数分の 1) と、Pu239,240 や Am241 が多いこと (Cs137 の 2%程度)。原発西側ホットスポット (Red forest) の最高汚染は、Cs137 と Sr90 で 2000 万 Bq/m<sup>2</sup> 以上、Am241 と Pu239,240 で 40 万 Bq/m<sup>2</sup> 以上になっている。

- ゾーン内の木材の汚染濃度：2016年8月にキエフで行ったセミナー資料 (Kashparov)

図 10 は、木材の汚染が供用基準以上か以下かを示している。基準値は、Cs137 で 600Bq/kg、Sr90 で 60Bq/kg だそうだ。Cs137 は大部分で基準以下、Sr90 は基準以上である。

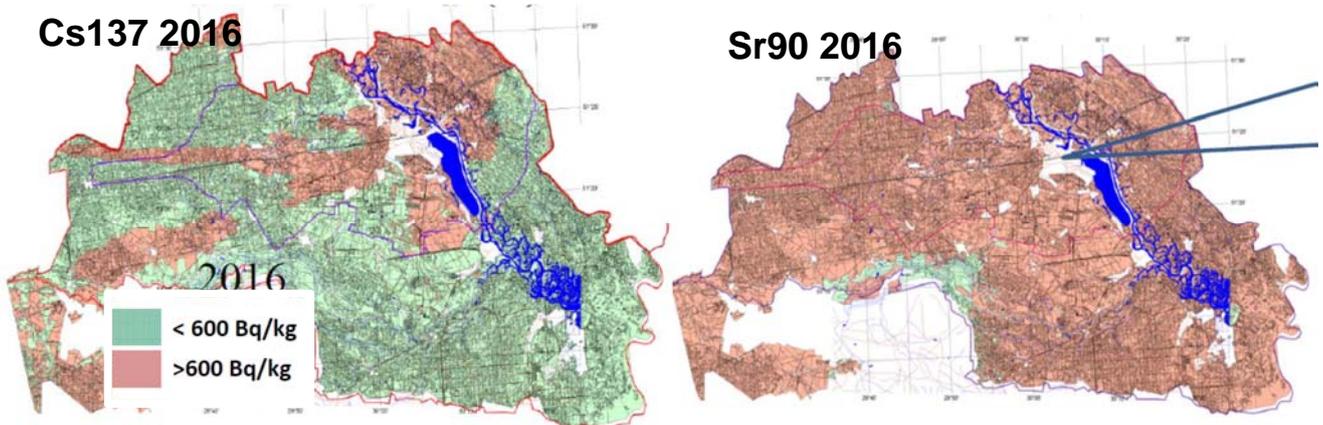
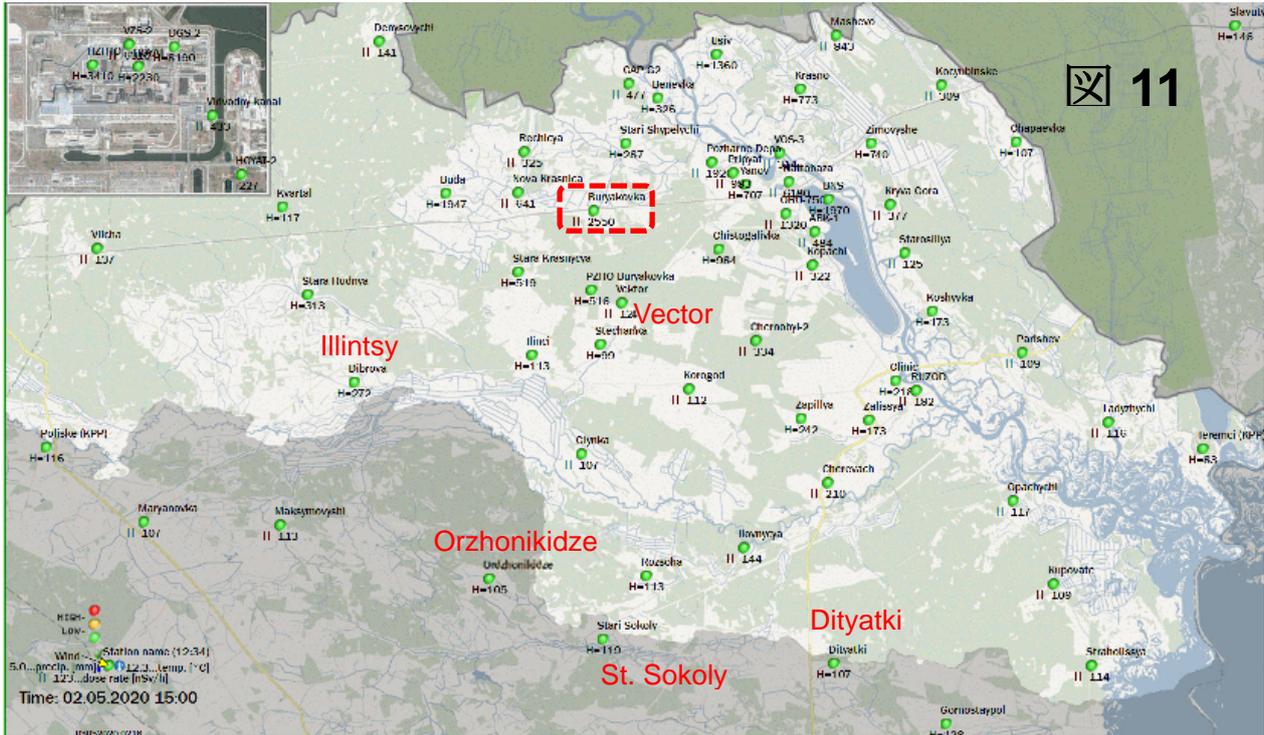


図 10. ゾーンの木材の汚染レベル

## ◇ 放射能モニタリングデータ

### ● モニタリングポスト



ウクライナ・ゾーン管理局のホームページ (<http://dazv.gov.ua/>) をあれこれ探したら、ゾーン周辺のリアルタイムモニタリングポストデータが出てきた。図 11 は、5 月 2 日 15:00 の値で単位は nSv/h である。 <http://www.srp.ecocentre.kiev.ua/MEDO-PS/index.php?online=1> 森火災当時のデータを探したが、うまくアプローチできなかった。別のページに、ある期間のまとめの表があった。下表は、図 1 の 18 カ所について、4 月 7 日 08:00 から 30 日 18:00 の間の最小、平均、最大が示してある。単位は nSv/h。

表 1

Таблиця 1 - Потужність дози на постах АСКРС ДСП «Екоцентр» з 08:00 07.04.2020 по 18:00 30.04.2020, нЗв/год.

№ п/п	Назва поста АСКРС	Мінімум	Середнє	Максимум	Контрольні рівні
1	АПК-1	448	477	512	1400
2	Вектор	103	123	148	270
3	Діброва	246	277	316	700
4	Вільча	115	135	157	470
5	Іллінці	95	111	129	260
6	ПЗРВ Буряківка	471	505	544	1100
7	Дитятки	83	99	157	220
8	Крива Гора	339	371	415	1200
9	СМСЧ-16 (Чорнобиль)	195	217	248	550
10	ВРП-750	1204	1275	1344	4500
11	БНС	1856	1942	2028	5000
12	Чистогалівка	818	866	916	2300
13	Копачі	668	706	756	1900
14	Буряківка	2624	2756	2944	7500
15	Старосілля	174	194	216	460
16	Орджонікідзе	82	107	168	170
17	Речниця	278	301	332	700
18	Ст. Соколи	113	131	157	280

(/novini-ta-media/vsi-novyny/u-zoni-vidchuzhennya-prodovzhuetsya-likvidatsiya-lisovikh-pozhezh-standom-na-18-10.html)

放射線量が最大のポイントは、No.14 Buryakovla (図 11 の赤枠) の (最低 2624、平均 2756、最大 2944) で、図 11 での現在値は 2550nSv/h である。表 1 を眺めて、期間中に卑近を大きく飛び跳ねるような最大値は記録されていない。

数年前の福島・浪江で山火事の際に気がついたことだが、高レベル汚染の森で火事が起きても、その場所の放射線量は余り大きくならないだろう (元々地面がセシウムだらけなので少々舞っても線量率は変わらない)。上がるのは、高濃度の煙が低レベル汚染地域へ流れたときであろう。そこで、表 1 のうち元々の放射線量が小さい、以下の 5 ポイント (図 11 の赤字点) 着目して、値 (最小、平均、最大) を抜き出してみた。

表 2. 図 11 と表 1 で線量率が小さい 5 カ所のデータ

No	地名	最小 Min	平均 Ave	最大 Max	Ave-Min	Max-Ave	Cs137 濃度 Bq/m <sup>3</sup>
2	Vector	103	123	148	20	25	192
5	Illintsy	95	111	129	16	18	138
7	Dityatki	83	99	157	16	58	446
16	Orzhonikidze	82	107	168	25	61	469
18	St. Sokoly	113	131	157	18	26	200

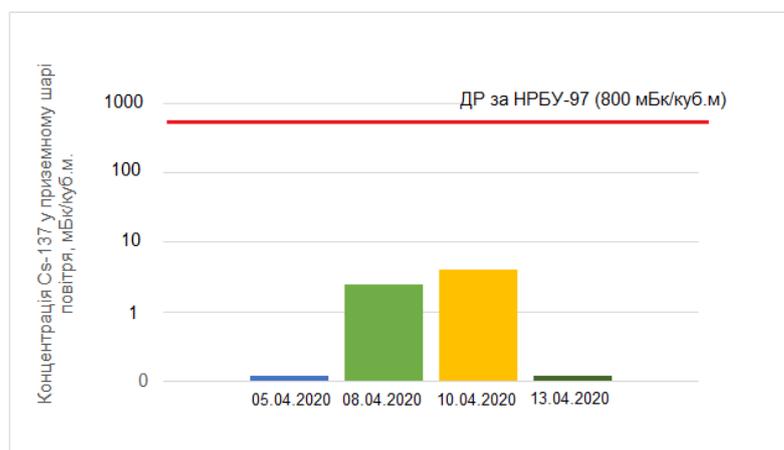
(Ave-Min) と (Max-Ave) を比べると、Dityatki と Orzhonikidze では (Max-Ave) の方が大きい。測定期間中に、放射性プルームがやって来て放射線量率が増加したことを示していると考えていいだろう。表 2 の右端の欄は、IAEA 資料 (IAEA-TECDOC-1162、2000) の空气中濃度から放射線量率への換算係数  $[0.13(\text{nSv/h}) / (\text{Bq/m}^3)]$  を用いて逆算した、(Max-Ave) の放射線量率をもたらす Cs137 空气中濃度である。

ここでの検討からは、今回の森火事では、Dityatki や Orzhonikidze といった『ゾーン境界近辺で、 $0.05\mu\text{Sv/h}$  程度の放射線量増加があり、その時の Cs137 空气中濃度は  $200\sim 500\text{Bq/m}^3$  だったであろう』ということになる。ただし IAEA の換算係数は、“地表面半無限均一濃度モデル”なので大きめの値であり、つまり実際の空气中濃度はもっと大きくなる。

件のサイトをチェックしていると、キエフでの大気中 Cs137 測定結果が見つかった (図 12)。赤い横線 ( $800\text{mBq/m}^3$ ) はウクライナの環境基準値であろう。4月8日から10日にかけては  $2\sim 4\text{mBq/m}^3$  程度の Cs137 が観察されている。ちなみに、2016年に飯舘村など実施した空気サンプリングでは、除染作業の傍らで Cs137 濃度が  $6.5\text{mBq/m}^3$  で、普通は  $1\text{mBq/m}^3$  以下だった。

<http://www.ri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/Fksm/SFmemo16-7-9.pdf>

図 12



## ◇ ウクライナ国外への輸送拡散

今回のチェルノブイリ火災の放射能を検出したというニュースがフィンランドから出たがデータは示されていない。 <https://thebarentsobserver.com/en/ecology/2020/04/radioactive-caesium-measured-north-could-origin-chernobyl-forest-fires>

一方、4月17日にベルギーの原子力研究所（SCK CEN）から分析結果が報告されている。

<https://www.sckcen.be/en/news/forest-fires-chernobyl-increased-radioactivity-near-fires-no-danger-population>

CTBT（包括的核実験禁止条約）大気中放射能監視網（図13）の4月3日から13日のデータをチェックすると、表2の4カ所9データでCs137が検出されていたようだ。



表 3

Station	Collection stop	Cs-137 [ $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ]	Unc. [%]	MDC [ $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ]	Chernobyl possible source (based on SRS – CTBTO)
RUP54	04-04-2020 04:46	1.01	32.04	1.58	Yes
RUP54	05-04-2020 05:16	3.89	8.64	1.27	Yes
RUP54	11-04-2020 05:18	0.89	29.88	1.27	Yes
RUP61	08-04-2020 07:15	1.98	23.32	2.24	Yes
RUP61	09-04-2020 07:31	1.71	26.90	2.27	Yes
KWP40	08-04-2020 06:51	3.49	23.71	4.00	No
KWP40	09-04-2020 06:51	5.25	16.68	4.12	No
KWP40	10-04-2020 06:51	5.40	15.00	3.73	No
MNP45	13-04-2020 03:24	19.1	6.29	4.53	Yes

RUP51 と RUP61 はロシアの Kirov と Dubna、KWP40 はクウェート、MNP45 はモンゴルの Ulaanbaatar。右端欄の Yes と No は、“逆大気輸送計算”に基づくチェルノブイリ由来の可能性で、ウランバートル 19.1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  が Yes となっているのが興味深い。

SCKCEN レポートでは、今回の森火災により 1 TBq の Cs137 が放出されたとした大気輸送計算が示されている。その結果では、SCKCEN サイトの Cs137 濃度は月 13 日に 1.4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  となっている。サイトの高感度モニタリング装置（Snow White）で測定できるそうだが、まだ結果が出てないようだ。また、まだ数少ない大気中 Cs137 の測定データから放出量を逆推定してみると 0.1~3 TBq となったそうだが、今後のデータを待って改善するようだ。下記のレポートはなかなか興味深かった。

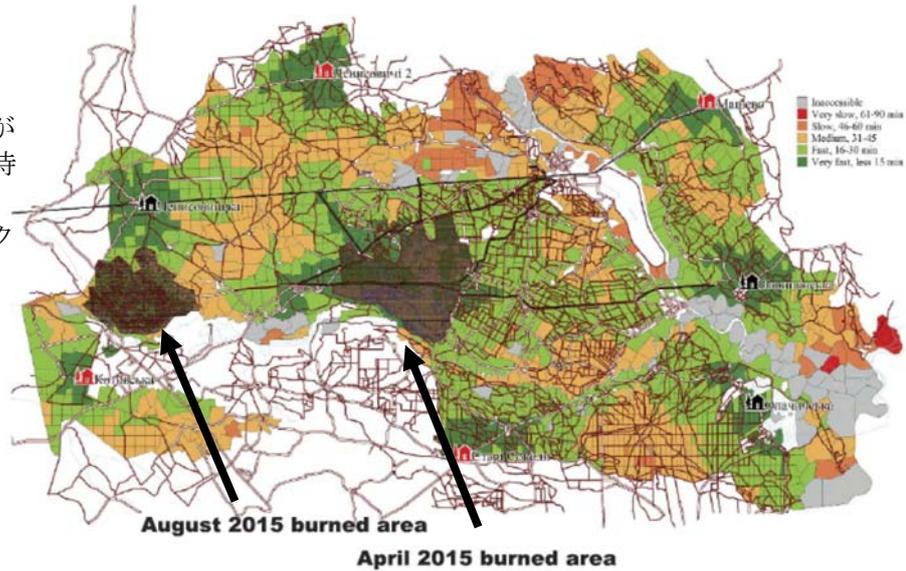
[https://www.sckcen.be/sites/default/files/files/2020-04/Forest%20fires%20Chernobyl\\_Radiological%20follow%20up\\_20200415.pdf](https://www.sckcen.be/sites/default/files/files/2020-04/Forest%20fires%20Chernobyl_Radiological%20follow%20up_20200415.pdf)

◇ 2015年と2016年のチェルノブイリ森火災

● 2015年の2つの大きな森火災：4月と8月

図 14

茶色が火災の範囲。  
他の色分けは、消防隊が駆けつけるのに必要な時間。緑は早く、灰色は impossible. 赤いマークが消防署。



Evangeliou ら (<https://www.nature.com/articles/srep26062>) によると、2つの火災により燃えた面積は 57km<sup>2</sup> で、放出された放射能は Cs137:10.9TBq、Sr90:1.5TBq、Pu239:6.3GBq、Am241:29.7GBq などとされている。この数字は、燃えた地域の Cs と Sr は 20%、Pu などは 10%が空中放出されたという仮定。

図 15

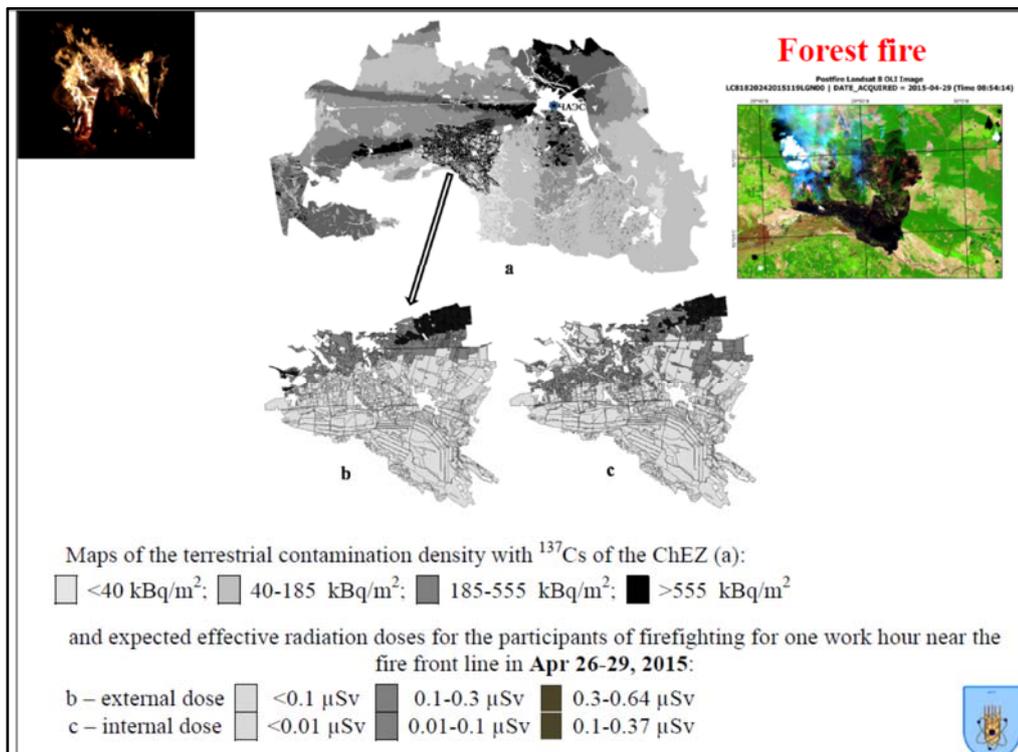


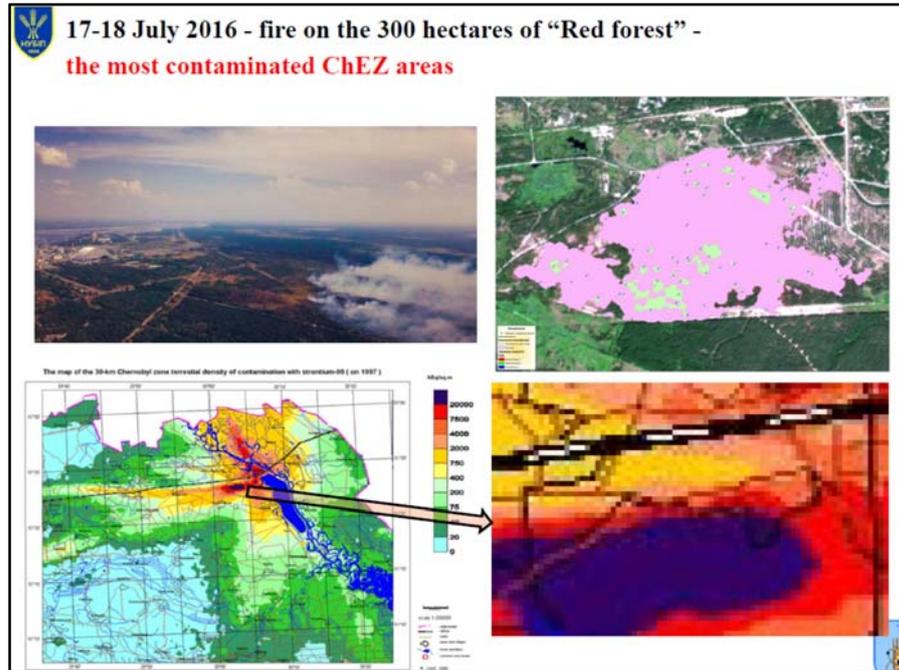
図 15 は、2016年8月のキエフセミナーでの Kashparov (ウクライナ農業放射能研究所、UIAR) による 2015年4月の森火災の紹介。燃えた地域の汚染レベルと消防士に対する作業時間当りの線量評価が示されている。Kashparov は、ゾーンの放射能汚染に関する第1人者で、下記の論文を発表している (Open access ではない)。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896970300336X>

- 2016年7月のRed Forestの火事

図 16

Kashparov  
2016年8月



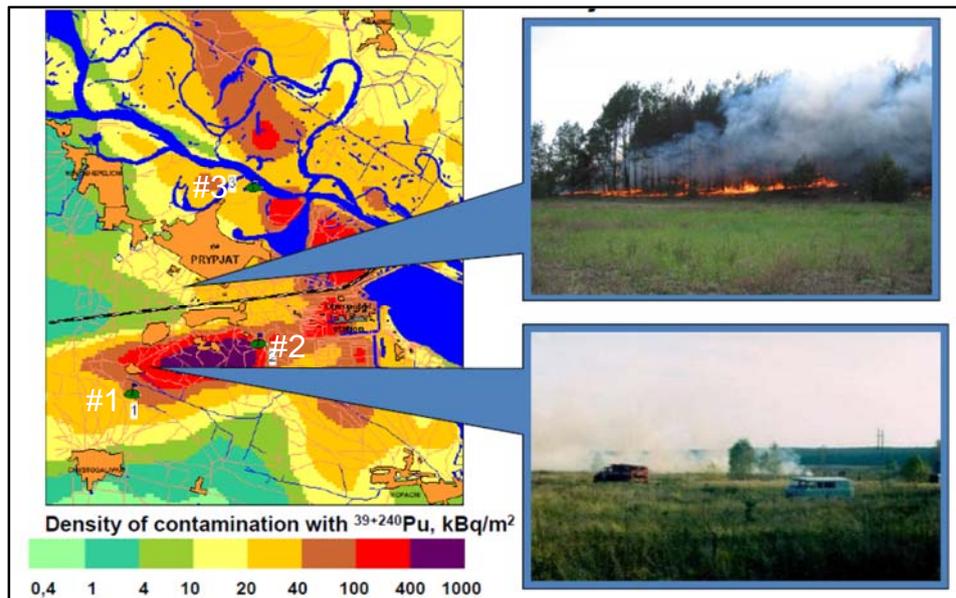
7月15日から18日にかけてRed forestの真ん中で火災、このときは約1 km<sup>2</sup>が焼けたようだ。

[https://gfmc.online/gfmcnew/2016-gfmcnew/20163007\\_ua-chernobyl.html](https://gfmc.online/gfmcnew/2016-gfmcnew/20163007_ua-chernobyl.html)

- チェルノブイリ原発近傍での火災実験；2001年10月、2002年4月、2003年5月の3回

図 17

Kashparov  
2016年8月



#1 (10-16 $\mu$ Gy/h) と #2 (6-10 $\mu$ Gy/h) が草地。#3 (2-4 $\mu$ Gy/h) は林。この実験結果では、火事にもなう舞い上がり係数は案外小さかった。詳細は Yoschenko 論文(2006)。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X05002456> (not Open)

◇ おわりに

この10日ほどチェルノブイリの火災をいろいろ調べてみた。最近では、調べてもすぐ忘れてしまうので、備忘録のつもりでアレコレ細かくまとめておいた。チェルノブイリゾーンは広くて一般の人は住んでいないが、福島ではゾーンに人が戻っているため山火事が起きたら大変だろう。チェルノブイリ事故全般についての説明は、下記を眺めてください。

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/etc/Che20Final20060406-a.pdf>