

ウクライナ

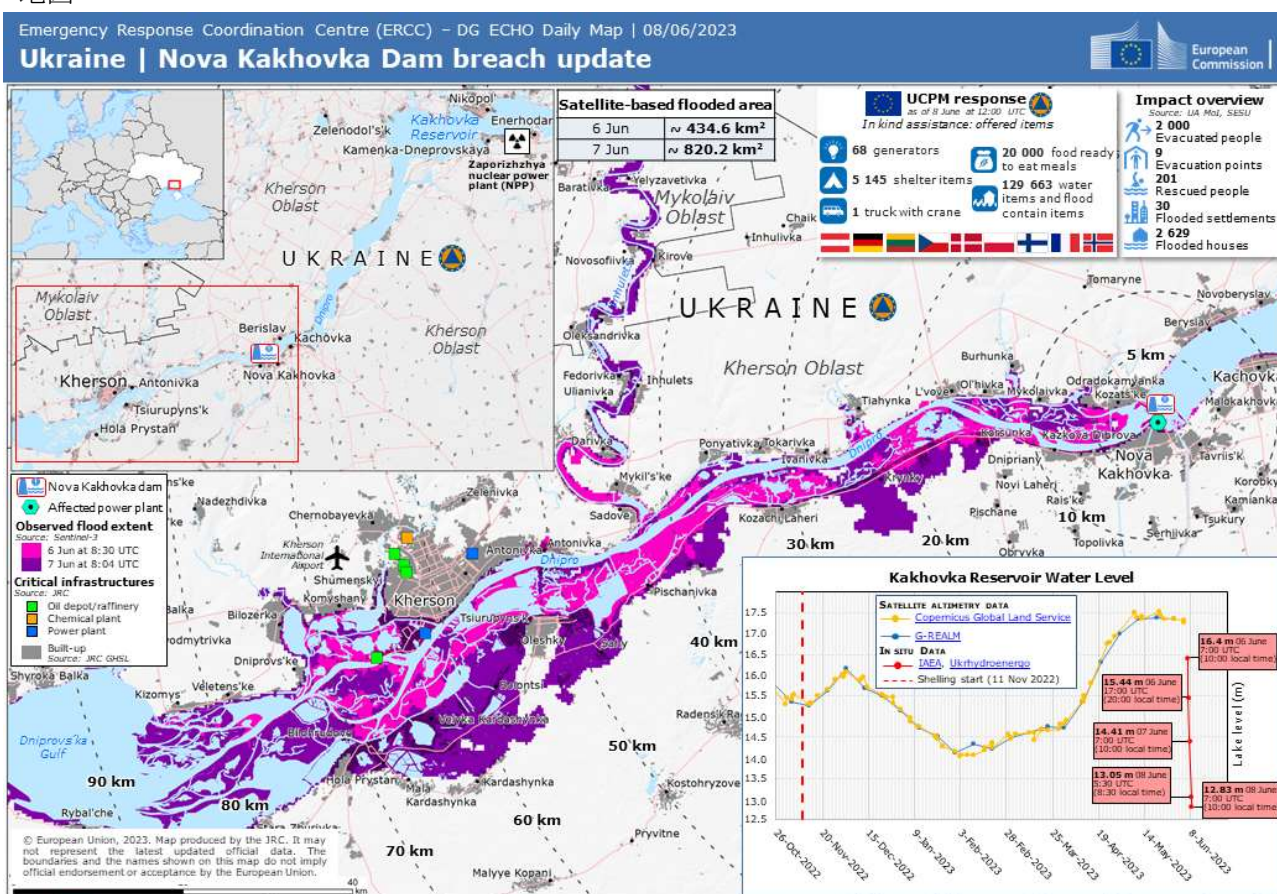
カホウカ・ダム決壊による被害

場所	ウクライナ南東部 ドニプロ川、ヘルソン州、ミコライウ州	死者*	>90 人
期間	2023 年 6 月 6 日	行方不明者*	41 人
概要	ダム構造物中央部分で爆発が発生(原因不明)、洪水吐きが損壊し、貯留水が堆積物とともに激しい勢いで流出、下流両岸で急激な増水による洪水が発生。		

※死者・行方不明者数は 2023 年 10 月 17 日ウクライナ政府発表(ウ掌握地域)¹²、および 12 月 28 日時点報道記事(露掌握地域)¹³による

1. 基本情報

地図



© European Union, 1995-2024

<https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ECHO-Products/Maps#/maps/4512>



<ウクライナの気候>

- 今回、甚大被害を受けたウクライナ南東部は、乾燥したステップ気候 (BS)。南部では、給水制限を伴う深刻な水不足に見舞われることもある。¹
- いっぽうウクライナ北部及び西部は冷帯湿潤大陸性気候 (Dfb) で比較的降水量が多く、クリミア半島は比較的温暖な温暖湿潤気候 (Cfa)。¹
- 雨量は最も多いカルパチア地方(南西部国境地帯)で年間 1,200~1,600mm、最も少ない東部で 300mm。¹
- 南部ミコライウ州年平均降水量 300-330mm。² ヘルソン州年平均降水量 300-410mm。³

<ウクライナの地形>

- 国土の半分は平野で、北部(ベラルーシ国境)にはポレーシエ湿地、東部にはドネツク丘陵、西部にカルパチア山脈から続く高地がある。¹
- 中央部及び南部の平野は、肥沃な黒土に被われており、小麦などの耕作地が広がり、ロシア帝政時代から「欧州の穀倉地帯」と呼ばれている。¹
- ミコライウ州、ヘルソン州はともに黒海低地(Black Sea Lowland)のドニプロ川最下流に位置し、黒海に面する。標高はミコライウ州で 40-100m、ヘルソン州で 10-90m。^{2,3}

<ドニプロ川とダム開発>

- ドニプロ川は、ヴォルガ、ドナウに次ぐヨーロッパ第 3 の大河で、ウクライナの水道水、水力発電に利用されるのみならず、水上交通の大動脈となっている。¹
- ドニプロ川は、ロシアを水源とし、ベラルーシを経て、ウクライナに流入、黒海に至る。全長 2,201km、うちウクライナ国内延長区間 981km。⁴
- ウクライナ国内ドニプロ川には、1950 年代から 1970 年代にかけて、階段状に 6 箇所の貯水池が建設された。カホウカ・ダム損壊前の 2020 年のデータでは 6 貯水池の貯水量は計 43.71km³ で、ウクライナ国内貯水量の 79%を占めていた。⁴

ドニプロ川 6 貯水池⁴

貯水池名	キーウ	カニウ	クレメンチュク	カミアニスケ	ドニプロ	カホウカ
湛水開始年	1966	1976	1961	1964	1932	1956
総貯水量(km ³)	3.73	2.50	13.52	2.46	3.32	18.18
有効貯水量(km ³)	1.17	0.30	8.97	0.53	0.85	6.78

出典：Hydrology and hydrochemistry of the Dnieper and its reservoirs]. Kiev. Naukova dumka. ISBN 5-12-000805-4 pp. 216, 1989 年

<カホウカ・ダム>⁵

- カホウカ・ダムの建設開始は 1950 年代。ダムの基礎地盤は細粒シルト砂(fine-grained silty sand)であり、この地盤が今回の急速ダム損壊に影響しているとの指摘がある。
- カホウカ水力発電ダムは、(1)ドニプロ川左岸、右岸に沿った全長 3.8km のアースダム(ground dam)、(2)コンクリート製洪水吐(concrete spillway dam)28 門、全長 447m、堤高 29m。(3)発電室 (タービン 6 基)、(4)幅 18m の通船用閘門、の 4 構造物から構成されている。
- 湛水開始は 1955 年 7 月、総貯水量 18.2km³、平常時貯水位(normal retention level)16.0m、満水位 18.0m、死水位 12.7m。
- 水力発電プラントの対応容量は 2,600m³/秒、全構造物計の設計放流量は 21,400m³/秒。
- カホウカ貯水池は、水力発電のほかに、北クリミア運河(クリミア半島の都市・農業用水、全長 400.5km)、カホウカ灌漑運河(農業用水、全長 129.8km)、ドニプロ-クリューウィ・リー(Kryvyi Rih)運河(工業用水)などに分水しており、ザポリージャ原子力発電所の冷却用水貯水池はカホウカ貯水池に隣接して建設されていた。またドニプロ川左岸・右岸諸都市の水道供給源となっている。



2. 今回の水害の特徴・過去の水害

<今回の水害の特徴>

- ダムに対する破壊行為は、国際人道法(ジュネーブ条約)で禁止されている。
- 被災地では武力衝突が続いている。ドニプロ川は右岸がウクライナ掌握地域、左岸がロシア掌握地域であり、左岸ロシア掌握地域の被害状況については、十分な情報がない。
- 大量の貯留水と、貯水池の堆積物が流失した。
- 下流右岸支流を含む広範囲で浸水。
- 貯留水と貯水池の消失により、飲料水供給、灌漑用水供給、原子力発電所への冷却水を含む工業用水が途絶した。
- ダム流失堆積物、下流下水処理場および沿川工場浸水による汚染水が流出。汚染物質はドニプロ川下流のみならず、黒海のおデーサ湾や黒海西部のドナウ川河口にまで達した。
- 大量の真水が一度に黒海に流入したことで、おデーサ湾でも塩分濃度が低下。
- カホウカ貯水池、ドニプロ川および黒海で魚類・水生生物が大量死。海の生態系への長期の悪影響が懸念される。
- 広大な貯水池の消失により、貯水池周辺の気温上昇など気候への影響も懸念される。

<過去の水害>

《ウクライナの過去水害》

- 1998年11月：ウクライナ西部の大雨により、ザカルパチア(Zakarpattia)州とリビウ(Lviv)州の269集落で洪水が発生。死者18人、全壊家屋1,426棟、半壊家屋1,344棟。^{6,7,8}
- 2008年7月：暴風雨がカルパチア山脈付近に大雨をもたらし、ウクライナ、モルドバ、ルーマニア、スロバキア、ハンガリーに豪雨被害。なかでもウクライナ、モルドバ、ルーマニアのプルト(Prut)川、ドニーストル(Dniester(Dnestr 露語))川沿川地域に甚大な被害をもたらした。ウクライナでは西部のリビウ州、ザカルパチア州、チェルニウツィ州、イヴァノ・フランキウスク州、テルノービリ州、ヴィンニツァ州で619集落の40,703棟が浸水し、38人が死亡。^{6,9}

《1941年ドイツ軍侵攻時のソ連赤軍によるドニプロ川ダム爆破》¹⁰

- 1941年8月ナチス・ドイツ軍のザボリージャ侵攻を受け、ソビエト連邦・赤軍は、撤退時にドニプロ水力発電所ダムを爆破した。このダムは、現在のカホウカ・ダムの約210km上流に位置していた。
- 1941年当時の水力発電所長によると、ダム爆破の目的は、ドニプロ川右岸側からのドイツ軍の侵攻を防ぐことにあった。しかし下流住民に事前警告は発せられなかったとされる。
- このダム爆破洪水による犠牲者数は不明だが、1942年のドイツ報告書では「約3,000人が洪水で死亡した」とある。
- この地域を占領したドイツ軍は、水力発電所を修理しようとしたものの、戦いの趨勢に変化が生じたことから、1943年にダムは、ソ連軍の反攻を食い止めるべく、再び爆破された。

3. 災害の要因

<ダム損壊>

- 6月6日に午前2:30-3:00の間に、爆発が発生。⁵
- 爆発は、ドニプロ川を横切るダム中央部で発生、その後主要コンクリート構造物の損壊が進行(progressive collapse)した。¹¹
- 損壊は中央部から東側の洪水吐に及び、水力発電施設が流失した。¹¹
- 英国シェフィールド大学土木工学科のバー(Andrew Barr)博士(構造学)の分析によれば、「発災当時の貯水池水位は高かったが、ダム溢水による決壊の場合は、コンクリート洪水吐ではなく、東側の盛土堤防から決壊が始まるはずである」「洪水吐きのスルースゲートが損壊した場合には、無秩序な放流は発生するが、主要コンクリート構造物の損壊進行にまでは至らない」これらから、「原



因が『爆発』に由来するものと推察される」¹¹

- 英国ダムソルブ(Damsolve)社のマズン(Peter Mason)ダム・水力発電部長は、「(川を横断する)ダム中央部が破壊された場合、修復工事は最も困難で時間がかかることから、戦略的な理由により爆発が中央部で発生した可能性がある」という。¹¹
- シェフィールド大バー博士もこの意見に同意、第二次大戦時に破壊されたドニプロ川ダムの再建には6年かかったことを挙げ、カホウカ・ダムの修復も、まず仮締切ダム(cofferdam)を建設し、その後両側に新たなバイパス水路を設けるドニプロ川ダム再建と同じ手順を踏むことになるだろう、と述べた。¹¹
- ウクライナ中央物理観測所、海洋生態学センター、キーウ航空大学の専門家が2023年8月に発表した論文によれば、⁵
 - ・爆発前のカホウカ貯水池右岸ニーコポリ(Nikopol)水位観測所の水位(海拔)は16.76m。水位から推測される当日の貯水量は、19.8km³。
 - ・爆発後、貯水池から大量の奔流が流出、ダム主要部分を流失させた。
 - ・貯水池の大量の土砂が下流に流された(sediments were flushed downstream)。

<決壊直後の下流域、黒海への貯留水流失>

- ダム決壊後、下流の水位は急激に上昇。ダム下流約60kmに位置するヘルソン水位観測所の水位(海拔)は、6日午前4時時点では0.31mであったが、6日午前8時に1.60mに急上昇、7日朝5.29m、水位ピークは8日午前3時の5.68m。⁵
- 水位上昇は、ドニプロ川下流のみならず、右岸支流のインフレツィ(Inhulets)川にも及び、川沿いの村落が被害を受けた。⁵
- 最も甚大な被害を受けたのは、ダム直下流(2km)の右岸に位置するコザツケ(Kozatske)村と左岸に位置するノバ・カホウカ(Nova Kakhovka)市。村と市は、深夜のダム決壊後、数分で水位上昇に見舞われた。ノバ・カホウカ市の浸水深は、浸水建物写真から1mに達したと推察される。また写真およびユーチューブ動画から、多数家屋の全壊が見て取れる。(左岸はロシア掌握地域)。⁵
- ダム下流ドニプロ両岸の広範囲で浸水が発生した。この中にはノバ・カホウカ市(左岸)、オレスキ(Oleshky)市(左岸)、ヘルソン市(右岸)、ホーラ・プリスタン(Hola Prystan)市(左岸)の4都市が含まれる。⁵
- ダム貯留水の流出は黒海北西部の水位にも影響を与えた。オデーサ(Odesa)港では6月10日に、5-10cmの水位上昇が観測された。⁵
- 10月17日ウクライナ政府・国際連合調査報告書によれば、貯水池から4日間にわたり計18km³超が流出し、620km²が浸水した。¹²

4. 被害

<人的被害>

- 10月17日ウクライナ政府発表によると、ウクライナ掌握地域の死者31人、行方不明者41人。¹²
- 12月28日報道記事(AP通信調査)によると、ロシア掌握地域の死者は59人以上。¹³
- ヘルソン州とミコライウ州の80集落、約10万人が直接被害を受け、このほかにドニプロペトローシク州、ザポリージャ州を含む14万人が電力を絶たれ、約100万人が上水供給を失った。¹²

<家屋被害>

- 10月17日ウクライナ政府・国際連合調査報告書によれば、37,000棟以上の家屋被害、うち15%は全壊相当。¹²

注) この数字はダム決壊の直接被害のみ(戦争被害含まず)。またドニプロ川左岸(ロシア掌握地域)については推定値。



<インフラ被害>

【水利施設・灌漑施設・上下水道】

- カホウカ水力発電ダム本体構造物の損壊、これに伴う停電。¹²
- カホウスキ(Kakhovsky)運河、北クリミア運河、Oleskandriisky 運河、ドニプロ-ドンバス(Donbas)運河、ドニプロ-インフレッツィ運河、ドニプロ-クラーウィ・リー運河への分水が不可能に。¹²
- カホウカ閘門本体構造物の損壊。¹²
- ヘルソン河川港（埠頭、施設等）の損壊。¹²
- ザポリージャ原子力発電所冷却水の送水が困難に。¹²
- 浄水場、下水処理場、上下水道網、揚水ポンプ場の浸水による損壊、これに伴う上下水道サービスの停止（ドニプロペトロウスク州、ザポリージャ州、ミコライウ州、ヘルソン州）。¹²
- 多数の井戸の浸水。¹²

【運輸施設】

- カホウカ・ダムの堤頂道路・鉄路については、ウクライナ南部の重要なドニプロ川渡河点であることから、2023年6月の決壊以前に、戦略的な理由から損壊している。
 - ・2022年8月、当時ドニプロ川右岸にまで進出していたロシア軍の補給を絶つため、ウクライナ軍が道路橋部分のみを精密爆撃。
 - ・2022年11月、ロシア軍がドニプロ川左岸への撤退に際し、道路橋と鉄道橋の北端を破壊したが、下部の洪水吐には損傷は及んでいない。¹⁴

【その他公共施設】

- 公共庁舎。¹²
- ごみ処理場。¹²
- 保健・医療施設。¹²
- 学校 37 校。¹²
- 文化施設（図書館、ホール等）¹²
- スポーツ施設（体育館、スケート場、プール等）¹²

<農林水産被害>

- 浸水耕地面積は約 1,000ha だが、灌漑施設使用不能により失われた耕地面積は 243,652ha。¹²
- ウクライナ政府/国際連合による調査報告書では、農業分野の損害(damage)・損失(loss)額を 4 億 660 万ドル(574 億 4,038 円、1USD=141.27 円)と推定しているが、このうち 92%(3 億 7670 万ドル)は灌漑水路が使用不能となったことにより発生した被害である。¹²
- ダム損壊による下流の流失被害と貯水池貯留水流失により、この地域の漁業活動はほぼ失われた。ウクライナ政府/国際連合による調査報告書では、ドニプロ貯水池、ドニプロ川、河口デルタ地域の損害・損失額を 900 万ドル(12 億 7,143 万円)と推定している。
 - ・戦争前、この被災 4 州には、鯉などを生産する 151 の養殖場があった。
 - ・ダム損壊と貯水池流失で、この地域の貯水池・河川・湖沼面積は、従来の 12.7%にまで縮小し、生態系のバランスが崩れ、一部の種の絶滅が危惧されている。
 - ・貯留水一挙大量流失は、オデッサ湾デルタのドニプロ川、南ブーフ川(Bug, ウクライナ西部を水源とし黒海に至る全長 806km¹⁵)河口域の一時的増水をもたらしたが、魚類の産卵期と時期が重なった。これにより稚魚など魚類の 25-50%が失われたと推定されている。流失した汚染物質が稚魚に与える影響も懸念される。¹²

<環境被害>⁵

- 貯留水一挙大量流失により、黒海北西部の水位が一時的に上昇、塩分濃度が減少。
 - ・オデーサで 5-10cm の水位上昇。塩分濃度は 11g/l から、6 月 13 日-14 日には 4.2-4.4g/l に減少。
 - ・塩分濃度が従前の値に戻ったのは、6 月末。
- 流出水は、ダム堆積物、浸水した沿川化学工場、下水処理場、石油基地からの汚染物質を含み、その流出範囲は 7,300km² 以上で、ドナウ川河口にまで達した。



- 6月14日にオデーサ沖では植物性プランクトン量が激増し、緑色の微細藻類が海面に発生。海水中の窒素、リンの値が急激に増加した。
- 6月14日にオデーサ沖で採取された海水からは、銅 17.9 $\mu\text{g}/\ell$ 、亜鉛 44.8 $\mu\text{g}/\ell$ 、砒素 1.81 $\mu\text{g}/\ell$ が検出され、この値はEUの水質基準値(EU Directive 2013/39/EU Annex XII 1.2)を大きく上まわるものであった (EU水質基準値：銅 0.02 $\mu\text{g}/\ell$ 、亜鉛 1.0 $\mu\text{g}/\ell$ 、砒素 0.6 $\mu\text{g}/\ell$)。カドミウムは基準値(1.5 $\mu\text{g}/\ell$)を下回る 0.56 $\mu\text{g}/\ell$ であった。
- ドニプロ川ヘルソン市、ドニプロ-南ブーフ川河口域、オチャキウ(Ochakiv, ミコライウ州)沖黒海で採取された検体ではいずれも、基準値を上まわる有害金属(亜鉛、銅、砒素)、有機塩素化合物(PCBなど)が検出された。
- これらの有害物質は、水生生物、海洋生物に悪影響を与えるとされ、個体レベルでは問題がなくとも、食物連鎖の過程で蓄積され、上位に位置する生物(海洋哺乳類、人間)に蓄積される。銅・亜鉛濃度の高い水や海洋生物を口にすると、肝臓、腎臓、神経系などに健康被害がもたらされる。
- ドニプロ貯水池の流失による消滅、奔流流出の過程で、貯水池および下流域の大量の生物が死亡、水底に沈むまたは水面に浮かぶなどした。これにより水中の硫化水素濃度が上昇すると予測される。
- 生体成分(biogenic substances)の黒海への流入は、広範囲における深層水の低酸素、無酸素状態が拡大し、生態系にさらなる影響を与える可能性がある。
- 広大な貯水池の消失は、周辺地域の局所的な気候に影響を与えている可能性がある。周辺地域の2023年夏は、より高温で湿度が低かった。

5. 被災国政府の対応

<発災後避難>

《ウクライナ掌握地域》

- ウクライナ中央政府、各州政府(ウクライナ掌握地域)、地方自治体は、住民団体や国際社会の協力を得て、6月17日までに2,783人を救助した。¹²
- 一次避難所10箇所を開設。¹²

《ロシア掌握地域》

- 6月8日 UNOCHA 情報によると、軍事占領下あるロシア掌握地域では、当局が4,000人以上を避難させたと発表した。¹⁶

<断水対応(ウクライナ掌握地域)>

- 当局は給水車延べ257台で対応。¹²
- 国連および支援パートナーから530万リットルの飲料水と、200万錠の浄水剤が提供された。¹²

<ザポリージャ原子力発電所冷却水>

- 2024年1月26日現在、発電所内の冷却水貯水池の水位は15.61mで、カホウカ貯水池決壊時より1mの低下。冷却水貯水池へは11本の井戸から地下水が供給されている。¹⁷

<カホウカ・ダム関連 復興への展望と課題>

- ウクライナ政府/国際連合による調査報告書では、カホウカ水力発電ダムの復興について、水力発電所の再建案と並行し、同程度またはそれ以上の発電能力を有する再生可能エネルギー発電所の新設案が挙げられている。¹²
- 同報告書でザポリージャ原子力発電所については、ダム再建設には6年かかるとしたうえで、その間の安全かつ安定した冷却システムが確保されなければならないとし、地下水活用など代替水源が必要としている。¹²
- カホウカ貯水池から灌漑用水の供給を受けていた地域は、従前は干ばつ、砂塵嵐(dust storm)に悩まされ、3~4年に一度の割で凶作を経験していた。ヘルソン州の年平均降水量は400mmだが、降雨期が農作物成長期と重ならない。貯水池と灌漑網がなければ長期的な農作物生産は難しい。¹⁸



- ダム決壊前に灌漑用水の供給を受けていた農地 33 万ヘクタールの 85-90%で、ウクライナ輸出の主要産品であるトウモロコシと大豆が生産されていた。2021-22 年輸出量では、トウモロコシが世界第 4 位、大豆は世界第 7 位となる。またこの地域は、ウクライナにおける野菜生産の 80%を占めていた。¹⁸
- カホウカ貯水池の存在は、周辺の地下水位にも影響を与えていた。貯水池の消滅で地下水の流れが変わり、植物が枯れてしまったエリアがある。¹⁸
- いっぽうカホウカ水力発電施設の復興については、決壊前と同等規模の構造物を再建する必要性は無いとの意見が、キーウ大学、地球物理観測所、オデーサ海洋生態学センターの専門家から出されている。⁵
 - ・ 上流のドニプロ貯水池が小規模であった 1950 年代とは異なり、現在はカホウカ貯水池に大型洪水吐きは必要とされていない。
 - ・ 現在のの上流ドニプロ貯水池の放流量は 4,950m³/秒以上だが、決壊前のカホウカ水力発電所の 1 基あたりの放流量は 2,600m³/秒であったことから、発電所は電力使用がオフピークの時間帯も長時間稼働を続けなければならず、不経済であった。
 - ・ カホウカ貯水池の役割を考慮すれば、復興に際し重要視されるのは、水管理と土地利用である。貯水池がなければ 35 万ヘクタールに灌漑用水を供給することができず、クリューィ・リー市、ニーコポリ市などへの水供給は断たれたままであり、ザポリージャ原子力発電所には早急に工業(冷却)用水の供給が必要とされる。
 - ・ 決壊ダム付近に仮ダムを建設し、下流環境維持のための放流水(500m³/秒)を維持しつつ貯水池水位 12.7m を維持する貯水池が早急に必要とされる。水位 12.7m、貯水量 11.4km³ の湛水であれば、1 年で可能となる。
- 損壊した発電所については、25-30%のエネルギー・ロスが、従前から指摘されていた。復興にあたっては、灌漑と河川交通の確保に必要な水位の回復を優先し、より小型かつ少数の水力発電施設を再建する意見が、ウクライナ国立生態学センター(NECU)の専門家からも出されている。¹⁸
- またウクライナ国立環境会議の専門家からは、ドニプロ川下流の環境にも配慮すべきとの意見がある。
 - ・ ダム決壊前のドニプロ川では、ダム下流に十分な水量を送ることができず、環境悪化をまねいていた。下流ヘルソン州では溜水(swamp)が発生し、水環境が悪化(self-poisoned)、生態系に悪影響が出ていた。
 - ・ またダム決壊前にはドニプロ川支流で塩分濃度上昇もみられ、灌漑用地の一部が荒地(ステップ)化する問題も発生し始めていた。¹⁸

6. 国際社会の対応

< 発災後緊急支援 >

- EU は決壊翌日の 6 月 7 日に支援物資第一陣(浄水フィルター、発電機、揚水ポンプ)を提供したのを皮切りに、加盟 18 カ国が給水車、ボート、発電機 500 台などを支援。また緊急支援として 50 万ユーロ(7,653 万円、1EUR=153.06 円)を提供。^{19,20}
- ウクライナ掌握地域(ドニプロ川右岸)については、発災直後の 6 月 8 日から、WFP、UNICEF などの国際機関が、飲料水、給水車、食糧などを支援。¹⁶
- ウクライナ掌握地域に対しては、国連人道問題調整事務所(OCHA)の調整により、6 月 16 日までに、ボートやトラック 41 台分の支援物資が提供された。しかしロシア掌握地域については、国連機関のアクセスが不可能な状況が続いている。²¹
- 英国政府は、6 月 10 日に洪水直接被災者支援に 1,600 万ポンド(28 億 5,376 万円、1GBP=178.36)を国際赤十字、国連機関経由で支援すると表明。15 日には仮設洪水防御壁、揚水ポンプなどを提供した。^{22,23}
- 米国政府は 6 月 15 日に 2 億 500 万ドル(289 億 6,035 万円)の追加人道支援を決定した。²⁴



<復興支援>

- 11月下旬にオランダ政府は、ロッテルダムにウクライナのコロライウ市、マリウポリ市、オデーサ市の当局者をまねき、地下水を飲料水として活用する浄水技術、移動浄水車などについて、デルフト工科大学やオランダ水当局の技術専門家が講義を行った。オランダでは30公的・民間機関が「ウクライナ水 PPP プラットフォーム」を結成し、復興にむけてのウクライナの水問題解決に取り組んでいる。²⁵

<日本政府の対応>

- 日本政府は6月20日に国連機関経由で500万ドル(7億635万円)の洪水被害支援を決定。23日にはJICA経由で、手動浄水器、大型水槽、浄水装置、排水ポンプ、吸着材などを提供。^{26,27}

7. 被災国における課題

決壊(爆発)原因が不明であり、被災地は紛争地域であることから、発生原因や当局対応についての課題を特定することは難しい。

ダム決壊対策の問題点、ダム決壊にともなって現地で発生し、今後解決しなければならない問題について記述する。

<戦争時ダム決壊の問題>

- ダムに対する破壊行為は、国際人道法(ジュネーブ諸条約)*で禁止されている。⁵
- ダムはテロ攻撃などを想定し、ある程度の対策はなされているものの、戦争状態での破壊行為に対して、設計段階で対策をとることは難しい。¹¹

<カホウカ・ダムの決壊により発生した問題、今後への影響>

- ダム決壊により激しい水流の流下、ダム堆積物の流出、下水処理場や沿川工場浸水による汚染水流出が発生。⁵
- 汚染物質はドニプロ川下流のみならず、6/7に黒海北西部オデーサに到達、6/17には黒海西部のドナウ川河口にまで達した。⁵
- 大量の真水が黒海に流入したことで、オデーサ湾でも塩分濃度が低下。⁵
- カホウカ・ダム貯水池およびドニプロ川下流の魚類、水生生物の大量死が発生。⁵
- 黒海への汚染物質流入とこれらの海底への堆積、塩分濃度の減少は、海の生態系に長期にわたり悪影響を与えると懸念される。⁵
- 広大な貯水池の消失により、貯水池周辺の気温が上昇するなど気候にも影響。⁵
- 広大な地域への灌漑・工業用水供給大規模貯水池が、ダム損壊により消失した場合、以下のような問題が発生する。⁵
 - ・飲料水供給の途絶
 - ・灌漑用水の途絶による農地の消失。
 - ・工業用水の消失(原子力発電所の冷却水を含む)
 - ・河川水位低下による河川交通への影響。

*注) ジュネーブ諸条約(国際人道法) 第一追加議定書 ²⁸

第五十四条 文民たる住民の生存に不可欠な物の保護

1 戦闘の方法として文民を飢餓の状態に置くことは、禁止する。

2 食糧、少量生産のための農業地域、作物、家畜、飲料水の施設及び供給設備、かんがい設備等文民たる住民の生存に不可欠な物をこれらが生命を維持する手段としての価値を有するが故に文民たる住民又は敵対する紛争当事者に与えないという特定の目的のため、これらの物を攻撃し、破壊し、移動させ又は利用することができないようにすることは、文民を飢餓の状態に置き又は退去させるという動機によるかその他の動機によるかを問わず、禁止する。

(3～5略)



第五十五条 自然環境の保護
(略)

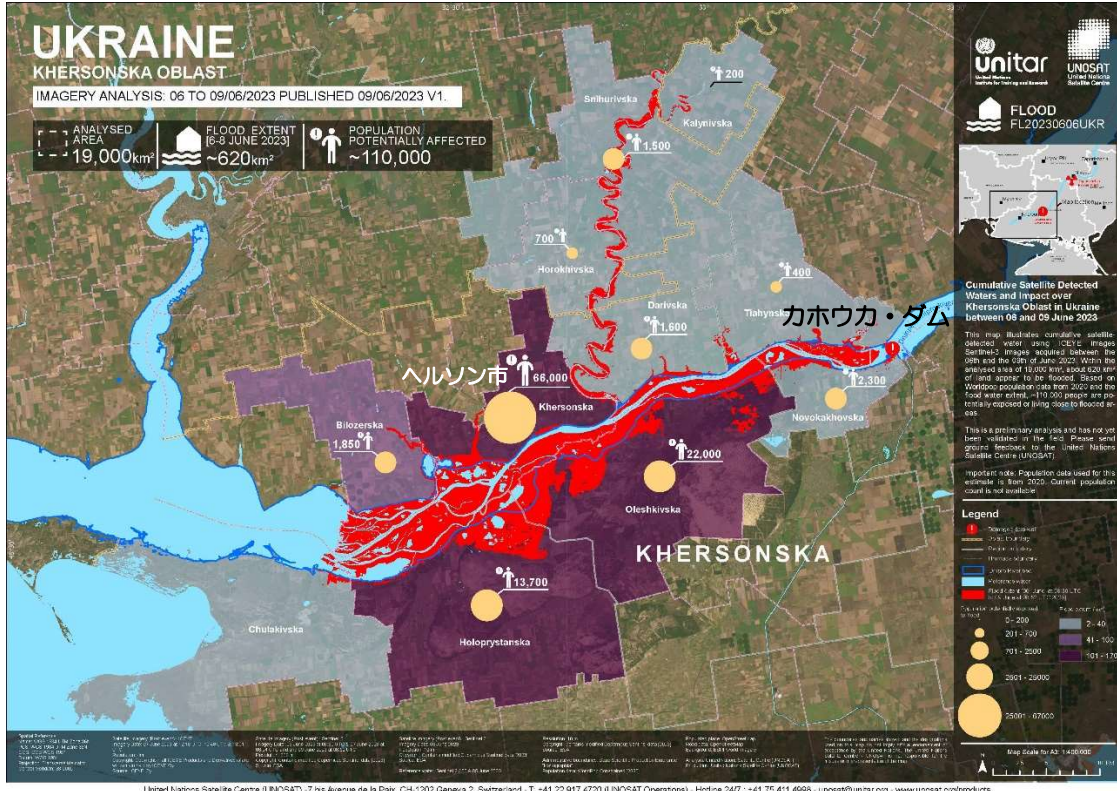
第五十六条 危険な力を内蔵する工作物及び施設の保護

1 危険な力を内蔵する工作物及び施設、すなわち、ダム、堤防及び原子力発電所は、これらの物が軍事目標である場合であっても、これらを攻撃することが危険な力の放出を引き起こし、その結果文民たる住民の間に重大な損失をもたらすときは、攻撃の対象としてはならない。これらの工作物又は施設の場合又は近傍に位置する他の軍事目標は、当該他の軍事目標に対する攻撃がこれらの工作物又は施設からの危険な力の放出を引き起こし、その結果文民たる住民の間に重大な損失をもたらす場合には、攻撃の対象としてはならない。

(2 ～ 7 略)

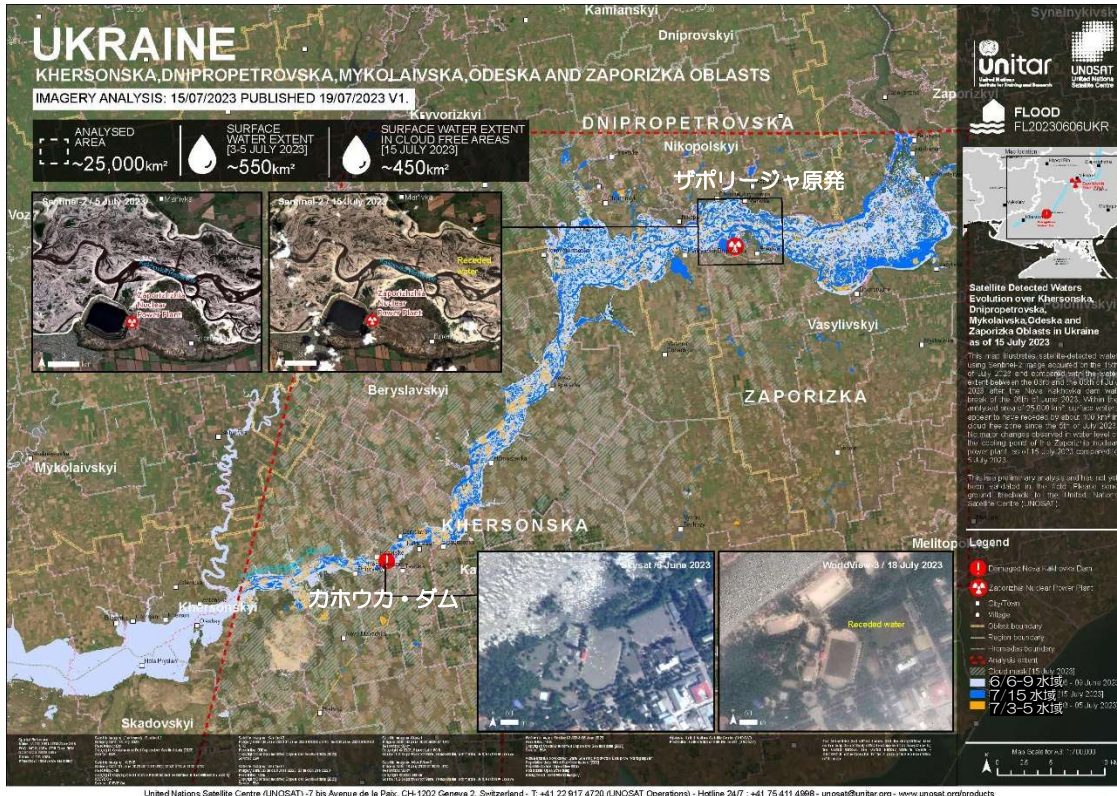


6月6日-9日 衛星写真（浸水域分析）（カホウカ・ダム下流ドニプロ川）



出典 UNOSAT : <https://unosat.org/products/3616>

7月19日 衛星写真（縮小したカホウカ貯水池）



出典 UNOSAT : <https://reliefweb.int/map/ukraine/satellite-detected-waters-evolution-over-kherSONSKA-dniPROPetrovSKA-myKOLOIVSKAODESKA-and-zaporizKA-oblasts-ukraine-15-july-2023-imagery-analysis-15072023-published-19072023-v1>



¹ 在ウクライナ日本国大使館

ウクライナ概観

https://www.ua.emb-japan.go.jp/jpn/info_ua/overview/1general.html

² Geomap

Mykolaiv region

<https://geomap.com.ua/en-gr/504.html>

³ Geomap

Kherson region

<https://geomap.com.ua/en-gr/511.html>

⁴ 2020.11 Journal of Water and Land Development

Large and small reservoirs of Ukraine

<https://www.jwld.pl/files/2022-01-JWLD-14-Khilchevskyi.pdf>

⁵ 2023.8.10 Water International

Vitor VYSHNEVSKYI, National Aviation Univ. Kyiv, Serhii SHEVCHUK, Central Geophysical Observatory, Vitor KOMORIN, Yrii OLYNIK, Ukrainian Scientific Centre of Ecology of the Sea, Odesa, Peter GLEICK, The Pacific Institute, Oakland, CA, USA

The destruction of the Kakhovka dam and its consequences

<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/02508060.2023.2247679?needAccess=true>

⁶ Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

EM-DAT

<https://www.emdat.be/>

⁷ 1998.11.8 OCHA

Ukraine Floods OCHA Situation Report No. 1

<https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-floods-ocha-situation-report-no-1>

⁸ 1999.1.29 OCHA

Ukraine Floods OCHA Situation Report No. 9

<https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-floods-ocha-situation-report-no-9>

⁹ 2008.8.31 OCHA

Central and Eastern Europe Floods OCHA Situation Report No. 1

<https://reliefweb.int/report/ukraine/central-and-eastern-europe-floods-ocha-situation-report-no-1>

¹⁰ 2023.6.7 RFERL

Waters Of War, Echoes Of History: Ukraine's Other Great Manmade Flood

<https://www.rferl.org/a/ukraine-dam-destruction-flood-1941-world-war-ii-german-invasion/32448719.html>

¹¹ 2023.6.8 New Civil Engineer

Industry specialists assess damage on Ukraine's breached Nova Kakhovka dam

<https://www.newcivilengineer.com/latest/industry-specialists-assess-damage-on-ukraines-breached-nova-kakhovka-dam-08-06-2023/>

¹² 2023.10.17 Govt. of Ukraine, UNCT

Post-Disaster Needs Assessment - 2023 Kakhovka Dam Disaster, Ukraine [EN/UK]

<https://reliefweb.int/report/ukraine/post-disaster-needs-assessment-2023-kakhovka-dam-disaster-ukraine-enuk>

¹³ 2023.12.28 AP

Russia covered up and undercounted true human cost of floodings after dam explosion, AP investigation finds

<https://apnews.com/article/russia-ukraine-war-dam-collapse-kakhovka-kherson-daacdc431f42912dfb91548794f03a3c>



-
- ¹⁴ 2022.11.17 Hydoro Review
UK government issues update on Kakhovka Dam in Ukraine
<https://www.hydororeview.com/dams-and-civil-structures/dam-safety/uk-government-issues-update-on-kakhovka-dam-in-ukraine/>
- ¹⁵ Great Soviet encyclopedia
Южный Буг(South Bug)
<http://bse.sci-lib.com/article127687.html>
- ¹⁶ 2023.6.8 OCHA
Ukraine - Humanitarian Impact and Response Flash Update #3: Destruction of Kakhovka Dam (8 Jun 2023)
<https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-humanitarian-impact-and-response-flash-update-3-destruction-kakhovka-dam-8-jun-2023>
- ¹⁷ 2024.3.13 Nuclear Energy Agency
Ukraine: Current status of nuclear power installations
https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_66130/ukraine-current-status-of-nuclear-power-installations
- ¹⁸ 2023.6.12 The Kyiv Independent
Kakhovka dam destruction disrupts water, power supply but offers sustainable reset
<https://kyivindependent.com/kakhovka-dam-destruction-disrupts-water-power-supply-but-offers-sustainable-reset/>
- ¹⁹ 2023.6.7 ECHO
Ukraine: EU mobilising support after the Kakhovka dam destruction
<https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-eu-mobilising-support-after-kakhovka-dam-destruction>
- ²⁰ 2023.6.27 ECHO
Ukraine: EU sending 500 power generators from rescEU reserves in response to Nova Kakhovka dam breach
<https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-eu-sending-500-power-generators-resceu-reserves-response-nova-kakhovka-dam-breach>
- ²¹ 2023.6.16 OCHA
Ukraine - Humanitarian Impact and Response Flash Update #7: Destruction of Kakhovka Dam (16 Jun 2023)
<https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-humanitarian-impact-and-response-flash-update-7-destruction-kakhovka-dam-16-jun-2023-enuk>
- ²² 2023.6.10 Govt.UK
UK to provide £16 million in humanitarian aid for Ukraine
<https://reliefweb.int/report/ukraine/uk-provide-ps16-million-humanitarian-aid-ukraine>
- ²³ 2023.6.15 Govt.UK
Emergency convoy leaves UK with vital flood equipment for Ukraine
<https://reliefweb.int/report/ukraine/emergency-convoy-leaves-uk-vital-flood-equipment-ukraine>
- ²⁴ 2023.6.16 US DOS
United States Announces Additional Humanitarian Assistance for the People of Ukraine
<https://reliefweb.int/report/ukraine/united-states-announces-additional-humanitarian-assistance-people-ukraine-0>
- ²⁵ 2023.12.27 Netherland gov.
In Rotterdam, Ukrainian cities find help with water and reconstruction
<https://www.government.nl/latest/weblogs/the-work-of-the-ministry-of-foreign-affairs/2023/in-rotterdam-ukrainian-cities-find-help-with-water-and-reconstruction>
- ²⁶ 2023.6.20 外務省
ウクライナ南部における洪水被害に対する緊急無償資金協力
https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press7_000055.html
- ²⁷ 2023.6.23 外務省
ウクライナ南部における洪水被害に対する追加支援



https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press7_000063.html

²⁸ 外務省

1949年8月12日のジュネーブ諸条約の国際的な武力紛争の犠牲者の保護に関する追加議定書（議定書I）

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/k_jindo/pdfs/giteisho_01.pdf

