

日本原子力学会原子力安全部会
第6回夏期セミナー

長期的な住民の安全確保に係る論点

長期的な住民の安全確保とその社会的受容性
のために研究者がなすべきこと

2018年8月22日
McMaster University
長崎 晋也

略歴

- 1988年 東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻修士課程修了
- 1988年 四国電力(株)入社
- 1991年 東京大学工学部原子力工学科助手
- 1993年 東京大学工学部原子力工学科講師
- 1995年 東京大学工学部システム量子工学科助教授
- 1999年 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学系環境学専攻助教授
- 2005年 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授
- 2012年 McMaster University, Department of Engineering Physics教授

この間

- 1996年 Forschungszentrum Karlsruhe, Forschungszentrum Rossendorfの
Visiting Researcher
- 2010～11年 UC Berkeley, Department of Nuclear EngineeringのVisiting Professor
- 1997年 Forschungszentrum Dresden Fellow
- 2016年 東京大学大学院工学系研究科フェロー
- 2012年 Canada Research Chair (Tier 1) in Nuclear Fuel Cycle and
Radioactive Waste Management

専門： 放射性廃棄物処分の性能評価・安全評価, 放射性核種の環境中移動現象など

議論・討論のために

- さまざまなレベルで、長期的な住民の安全確保のための議論や実践がなされてきていることは大前提
- 直接関係ない例も使って(考えやすくするため)
- ただし、廃棄物処分をかなり念頭において
- 再度、長期的な住民の安全確保を考えるきっかけに
- 研究者の役割はこうだ！という話ではなく
- 質疑・議論・討論を通して、参加者各位それぞれで考えて頂く

ある化学物質から始めましょう.

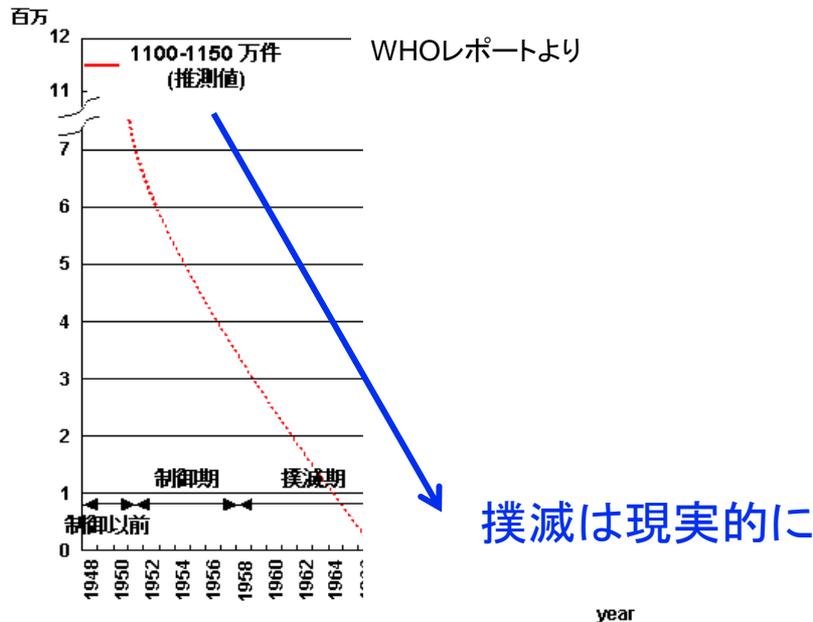


1873年 オーストリアの化学者ツァイドラーが合成.

1939年 スイス ガイギー社技師 ミューラーによって殺虫効果発見.

1948年 ミューラー ノーベル生理学・医学賞受賞.

東南アジア地域のマラリア発生数 (1948年以降)



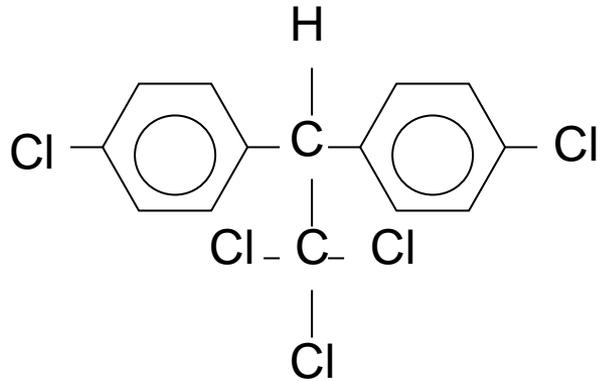
RBM: マラリア撃退作戦、PHC: 新戦略

WHO

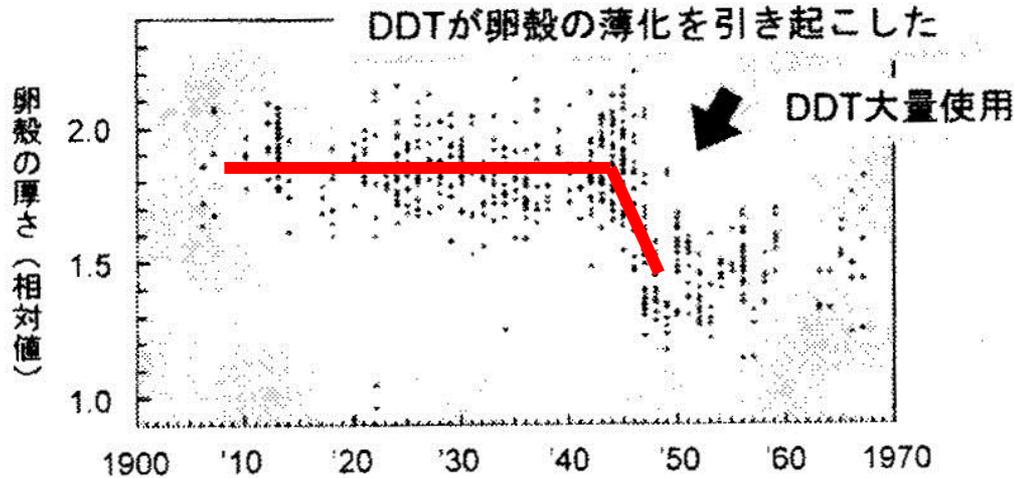


<http://www.asahi.com/relife/special/timetravel/11389780>

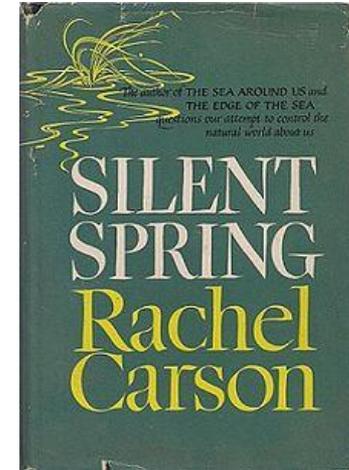
DDT ジクロロジフェニルトリクロロエタン



DDTによる生態影響は大きい
(ハヤブサの卵殻薄化)



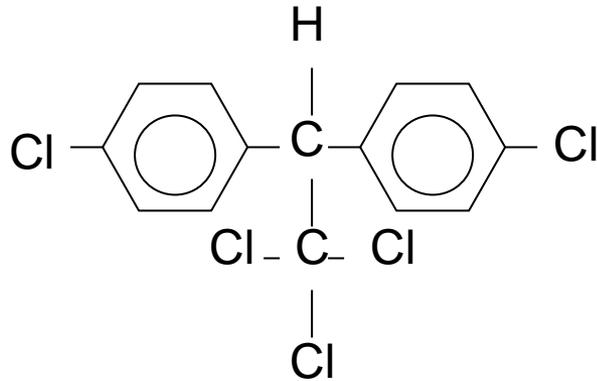
英国におけるデータ Racliffe, D.A.(1967)



<https://www.youtube.com/watch?v=3f4OFQqWy7o>

人の健康へのリスクも大きい
(ガン, 神経障害)とされた。

DDT ジクロロジフェニルトリクロロエタン



人の健康へのリスクは大きい.

鳥類への生態リスクが大きい.

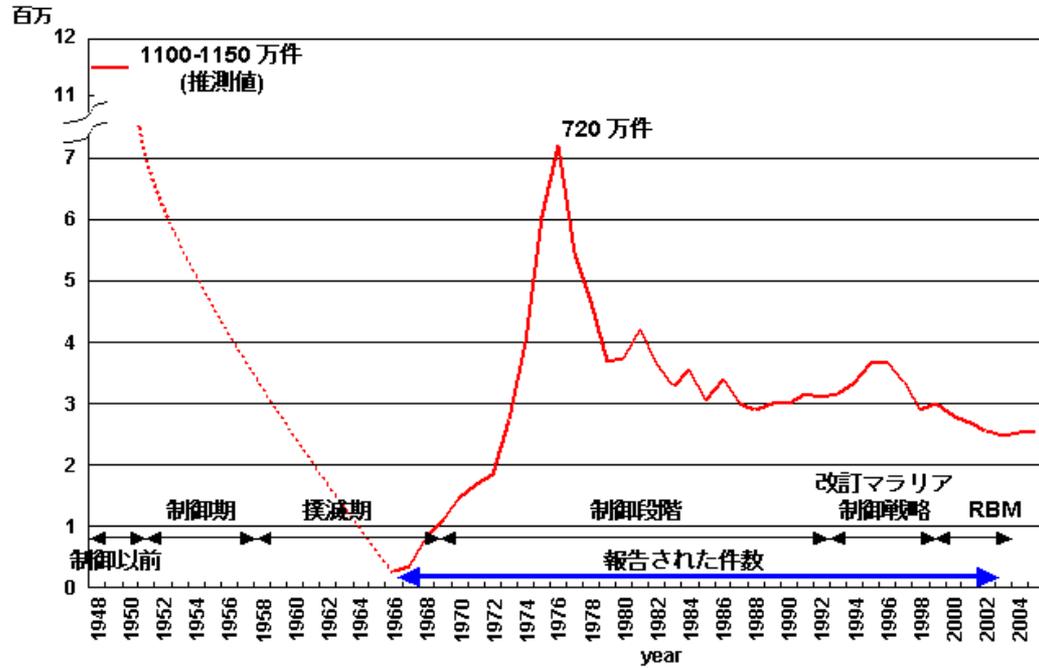
⇒ 1970年代はじめに**DDT全面禁止**(先進国で).

ただし、途上国がDDTの使用を禁止したわけではない.

しかし、世界銀行や各種国際機関は、DDTを使用しないという方針で、代替殺虫剤入り蚊帳の配布にしか資金援助をしないという方針をとることが多かったので、**途上国でも禁止と同等の効果**が表れた.

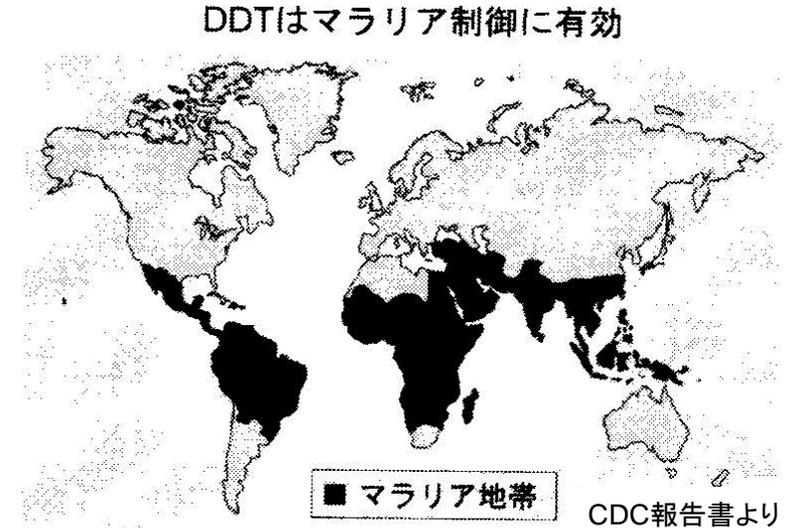
その結果はどうなったか？

東南アジア地域のマラリア発生数 (1948年以降)



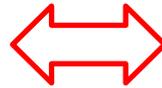
RBM: マラリア撃退作戦、PHC: 新戦略

WHOレポートより



患者300万人/年 (死亡100万人/年以上)
DDT: 効果的、経済的 ⇔ 代替品: 高価

東南アジア: 世界全体の数%に過ぎない.
サハラ以南のアフリカはもっと悲惨.



先進国NGO: DDT使用禁止を
求め続けていた.

国連環境計画 1999

発展途上国での使用を認める決定.

国連環境計画はどのように考えて、このような決定をしたのか？

国連環境計画 1999

発展途上国での使用を認める決定.

国連環境計画の決定が意味するところ

100万人の生命 > DDTによる人の健康リスク + 生態リスク
+ DDTの散布費用

国連環境計画の決定の別の意味

有機リン剤の費用 — DDTの費用 > DDTの生態リスク

この考え方を良しとしますか？

良しとする理由は？

良しとしない理由は？

マラリアをなくすために、WHOは**DDTの室内残留性噴霧を奨励**。

15 SEPTEMBER 2006 | WASHINGTON, D.C. - Nearly thirty years after phasing out the widespread use of indoor spraying with DDT and other insecticides to control malaria, the World Health Organization (WHO) today announced that this intervention will once again play a major role in its efforts to fight the disease. *WHO is now recommending the use of indoor residual spraying (IRS) not only in epidemic areas but also in areas with constant and high malaria transmission, including throughout Africa.*

<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2006/pr50/en/>

WHOによると

2010年から2015年までに、世界でのマラリアの**発生率は21%減少**。

また、この期間中に、マラリアの**死亡率は29%減少**。

2001年以降、世界では推定で680万人がマラリアによる死から逃れることができたとされる。特に**5歳未満の子ども**が、感染症や病気に罹りやすく、死に至ることも多い。マラリアによる全死亡者の3分の2以上(70%)が、この年齢層で発生。世界では2010年から2015年までの間に、マラリアで**死亡する5歳未満の子どもが29%減少**。

WHOの最新情報(2016年12月)

2015年には推定で、マラリア患者が2億1,200万人、マラリア死亡者が42万9,000人。

マラリアは5歳未満の子どもの主要な死亡原因で、2分毎に1人の子どもの命が奪われていると推定されている。

おそらく、生態影響や残留性をもってDDTの**使用を制限**することは**間違いではなかった**。
しかし、全面禁止で、**マラリアが復活**することが明らかになった時点で、
当然**マラリア対策**だけには**使おうという選択をすべきだった**が、それができなかった。
それが30年も続き、多くの人の命が失われた。

なぜこうなったのか？

- ① **少しでも悪い点があれば、全面的に禁止すべきと考えるから。**
- ② **ひとつのリスクを削減すれば、別のリスク(対抗リスク)が現れるのだが、**
DDTが悪い、全面禁止こそ正しいと思いつくと、**対抗リスクが見えなくなってしまう。**
あるいは、**見ようとしな**いからと考えられる。

さらにその裏には、**発展途上国での問題であったため**という面もあるのではないか。
先進国で同様な犠牲者数が出れば、もっと早い段階で全面禁止が解除されたかもしれぬ。

- 
- **リスクマネジメント方法(安全確保の戦略と戦術)**
 - **リスクの予見性, マネジメント方法の柔軟性**
 - **社会的強者と弱者の関係**

「入浴する智子と母」



<https://iconicphotos.wordpress.com/2009/05/06/tomoko-uemura-in-her-bath/>

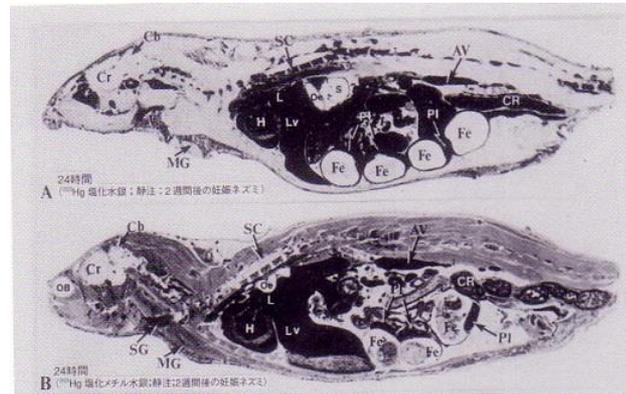
雑誌Lifeに掲載

Tomoko Uemura in Her Bath” by W. Eugene Smith

有機水銀(水俣病)



<https://iconicphotos.wordpress.com/2009/05/06/tomoko-uemura-in-her-bath/>

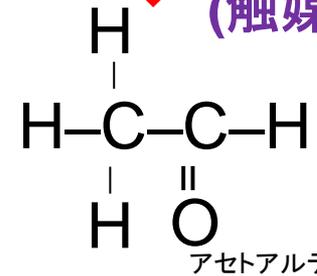


Our Times 20世紀, 角川書店(1998)

アセチレン



↓ 無機水銀 (触媒)



学術的常識とは／母親の方が東大医学部教授よりわかっていた。
 専門家とは何か？

医者が守るべきは患者？ 大学・会社の評判？ 自己の研究？

未だにわからないことも

東京と地方／国家としての最優先事項(昭和31年(1956年)当時)

社会的受容と研究者との関係に示唆を与えているのでは。

カナダにも(カナダ政府は認めていない)

例えば - <https://www.thestar.com/news/canada/2017/11/11/ontario-knew-about-mercury-site-near-grassy-narrows-for-decades-but-kept-it-secret.html>

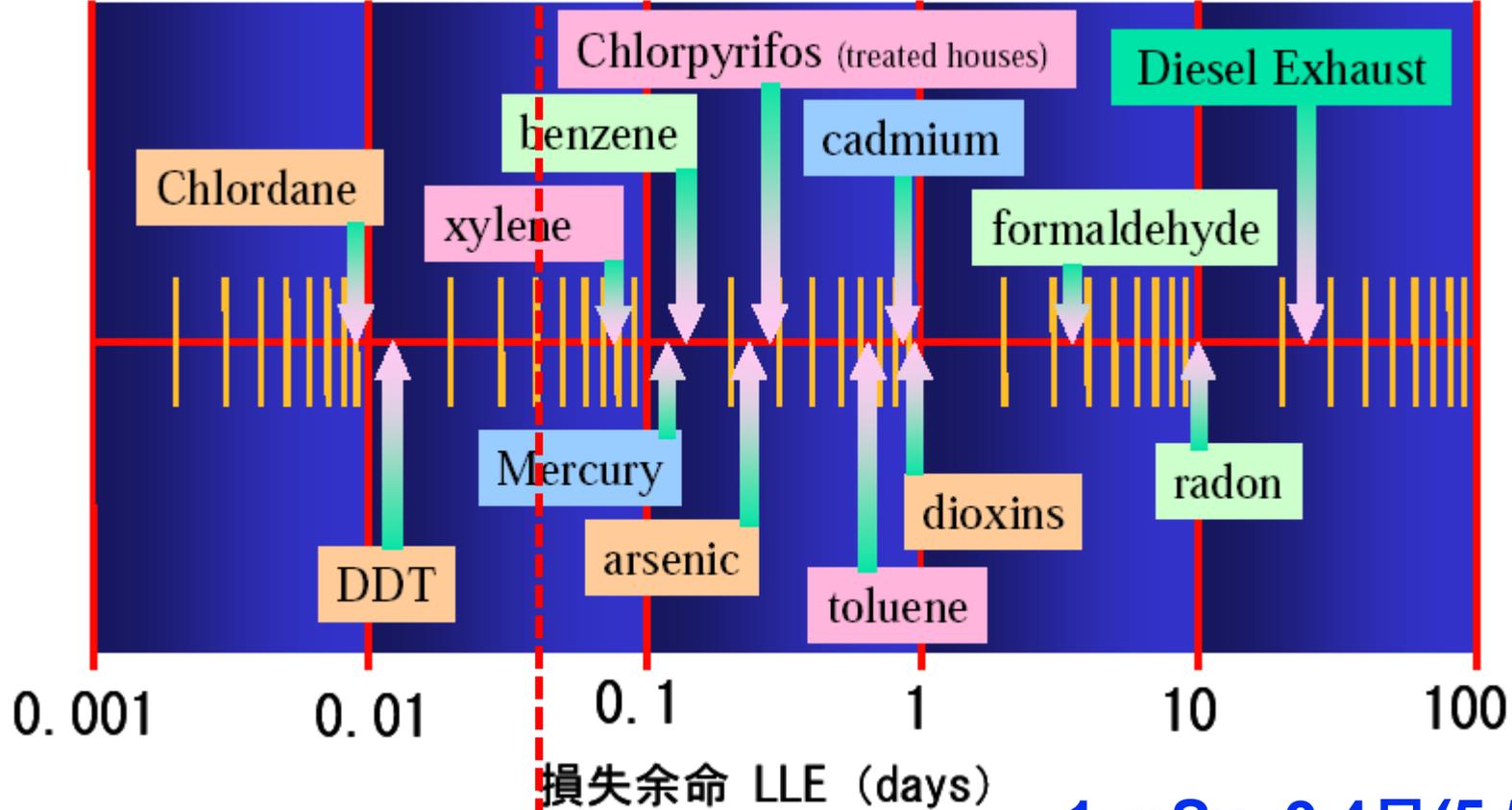
- <http://www.cbc.ca/news/indigenous/wabaseemoong-birth-defects-mercury-dumping-1.3764315>

Risk: Perception & Assessment & Management

自然科学者, 技術者の役割の拡大

トロント授業補習校 高校生への講演から

横浜国立大学中西準子先生らの研究から



10⁻⁵のリスク

1 mSv: 0.4日 (5.5×10^{-5})

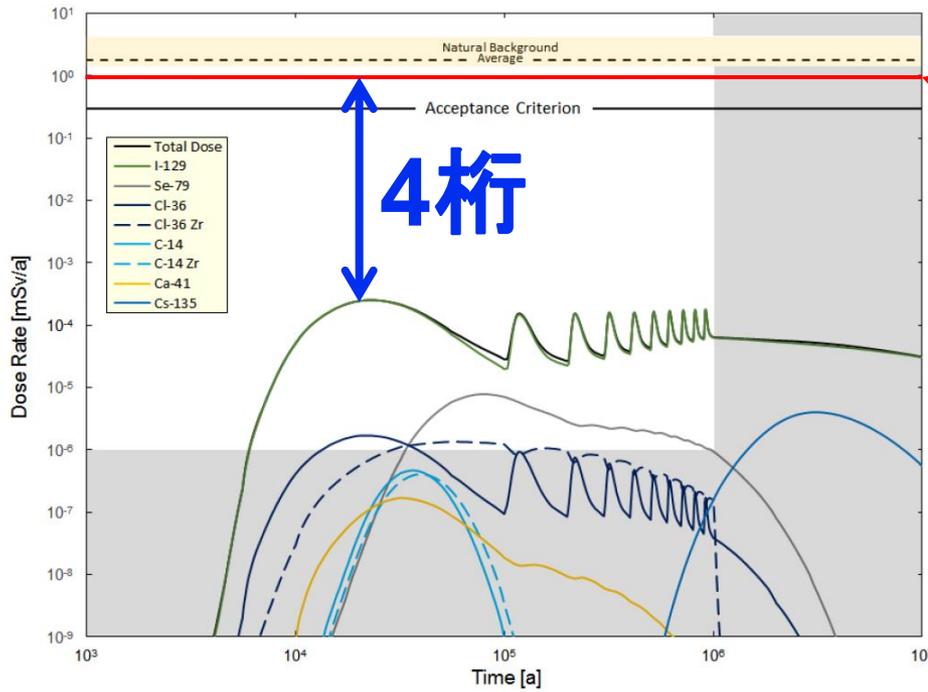
1日20本のタバコ30年

受動喫煙: 60日

毎日ヒジキご飯: 53日(max)

毎日ソーセージ1本: 22日

自動車に乗る: 16秒/10km



1 mSv
 5.5×10^{-5} のリスク
 0.4日の損失余命

NWMO TR 2013-07
 (オンタリオ州南部地域の堆積岩系での処分のイメージ)

Figure 7-153: System Model: Base Case Individual Radionuclide Dose Rates

NWMO TR 2017-02
 (カナディアン・シールドでの処分のイメージ)

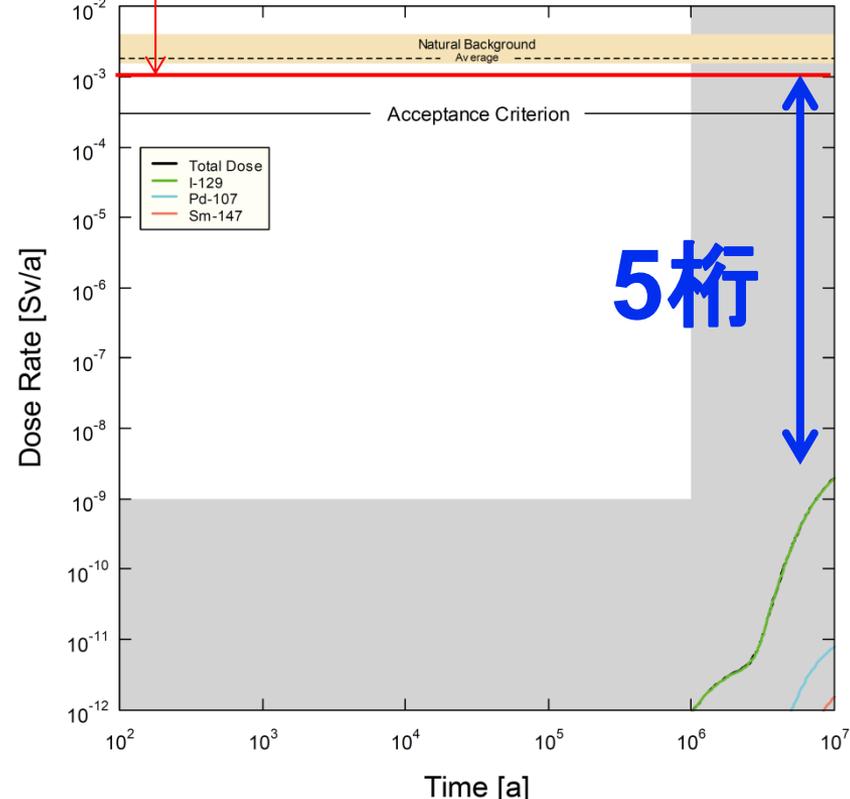


Figure 7-73: SYVAC3-CC4 - Reference Case Individual Radionuclide Dose Rates

但し
 特定の地域を想定したものではなく、
 それぞれの地層の一般的特徴を
 考慮した安全評価の結果例。

DGR (Kincardine) の安全評価結果 (OPG/NWMO)

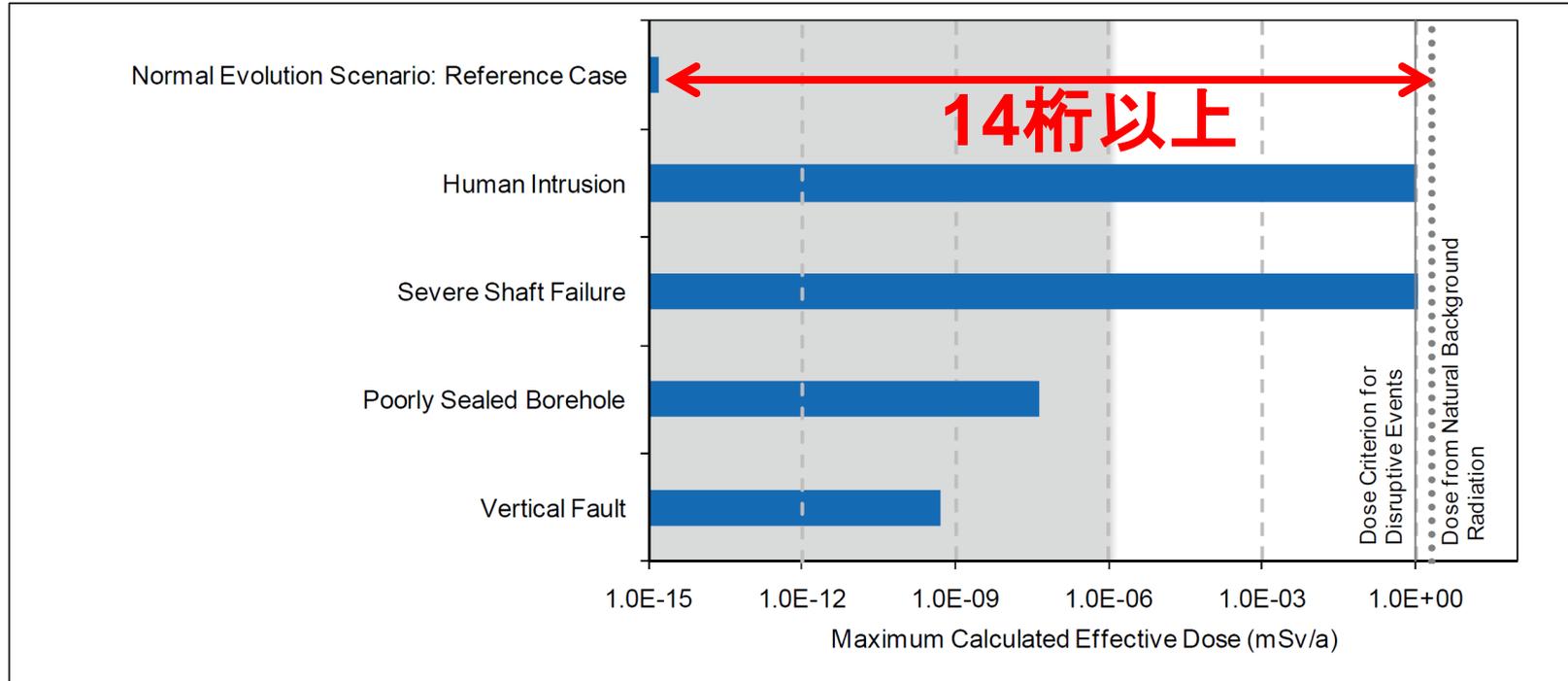


Figure E2: Disruptive Scenarios: Maximum Calculated Doses for Base Case Calculations

NWMO DGR-TR-2011-25

質問10(最後)

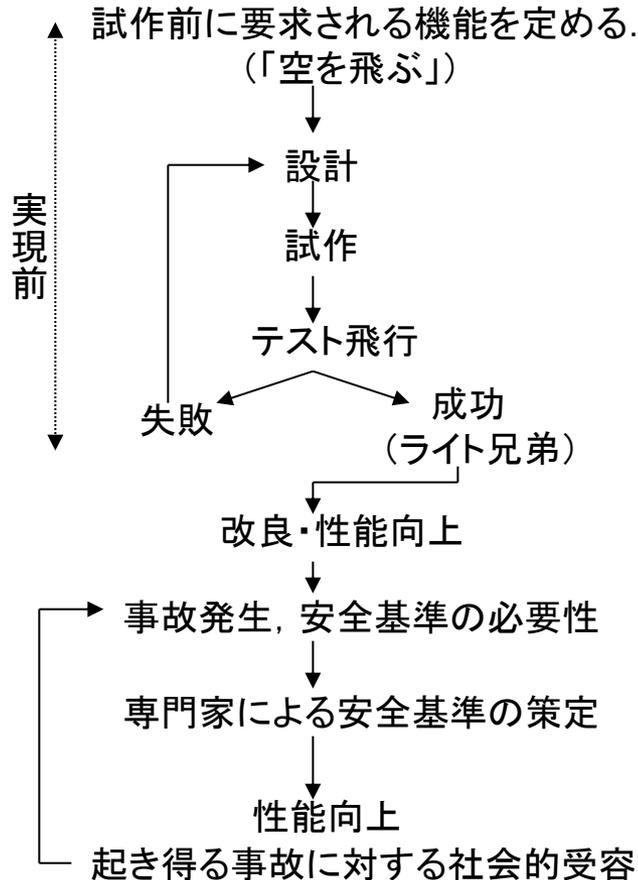
現在、我々が利用し得る自然科学の知識と工学技術に基づくと、使用済み核燃料や中・低レベル放射性廃棄物処分のリスクは、 10^{-5} より何桁も小さいと考えられそうだ。あなたは、この結果を受け入れることができますか？

高校生 (Gr.10-12)
約40名の反応は？

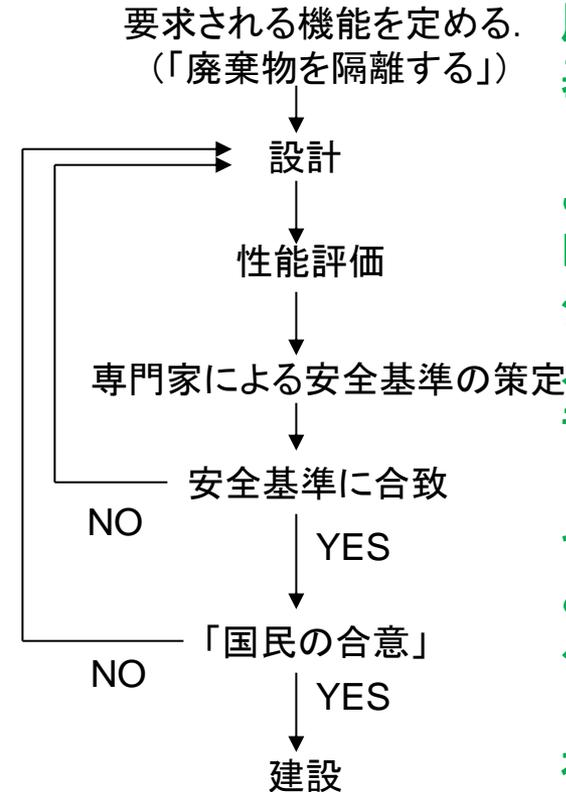
信頼されていないとしたら、それは何？

長期的な安全をどうやって確認する？

航空機



放射性廃棄物処分



方法論については
廃棄物業界内では
基盤は整備と認識。

これをどのように説明し、複数のオプションをエビデンス、メリット、リスクとともに提示するか。

そのような人材をどのように育成するか。

社会でのリテラシーをどのように醸成するか。

言い換えると、性能・安全向上と基準改定を繰り返しながら、社会に実装する。
原子力発電所もこちら側。

人が経験をしたことがない安全の合意プロセス。
倫理観、文明史観などにも関係。

その他

(地球の裏側の浦島太郎から見たら, という前提)

- ① 再稼働最優先に見える(福島対応を除く).
カナダでも再稼働に強い関心.
同時に, 店仕舞いを決断したように見える.
三 次世代人材, 福島・廃棄物・Pu, 核セキュリティ, 中韓台
での事故対応などへの安全責任は?
- ② 海外在住の日本人は, いざというときに日の丸が助けに
来てくれないことを知っている.
国も専門家も神学論争をして終わり.
- ③ 私はもう結婚を諦めています。
専門家は何をすべき？

カナダから見ていて感じる、住民の長期的 安全性に関する議論で足りない点

References

- Miwao Matsumoto, “Theory on Sociology of Science and Technology (科学社会学の理論)”, Kodansha Gakujyutsubunko, Tokyo (2016).
- IAEA Safety Standards Series No. SSG-23 (2012).
- Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to Japan, Tokyo, Japan, January 10-22, 2016, IAEA-NS-IRRS-2016 (2016).
- Proceedings of Committee Meetings and WG Meetings of Nuclear Regulation Authority, Atomic Energy Commission, and METI (2012 – 2016).

Private interviews

政府機関関係者、日本の原子力産業界の方、政府の委員会メンバーの方、
日本・北米の大学教員、ブルーリボン委員会関係者、福島県在住者の方など

参考文献
インタビュー

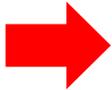
日本の原子力界から研究者の役割への示唆を
拾ってみたい。

- ① 研究のハイブリッド化(異分野間異種交配)が乏しい
(要は, 外からの知が入らない)
- ② 原子力規制委員会

放射性廃棄物処分業界からも示唆は得られそう。

- ③
 - ④
 - ⑤
 - ⑥
- 後述

① 異分野間異種交配

2011年3月11日  国民は、原子力技術者の「社会の中の原子力」に関する認識が実は表面的でしかなかったことを知った。

松本三和夫先生の研究(2016) 1980年(TMI事故の翌年)～1996年
日本人研究者による日本語での研究発表
JOIS & NACSIS

表6-2 原子力に関する人文・社会系研究の輩出率

原子力研究 (a)	原子力に関する 人文・社会系研究 (b)	b/a
172,724	294	0.00170

人文・社会系からの貢献は
微々たるものでしかなかった。

表6-3 原子力研究・開発問題と人文・社会系方法の異分野間異種交配

問題	方法			
	F	A	D	
F	5	26	16	47
A	7	45	58	110
D	9	58	70	137
	21	129	144	294

* $p < 0.05$ (z検定による)

事実上、原子力に関する問題・
課題では異分野間異種交配は
なかった。

人文・社会系での基礎的な方法論による原子力問題へのアプローチは
極めて少ない。

3.11以降の傾向は？

自然科学 & 工学

56,060本 (11,802 本/年)
(汚染・除染関連が大半)

人文・社会科学系

118本 (25 本/年)

異分野での共著論文

7本

表6-2 原子力に関する人文・社会系研究の輩出率

原子力研究 (a)	原子力に関する 人文・社会系研究 (b)	b/a
172,724	294	0.00170

10,160 本/年

17 本/年

調査データ: J-Global, NACSIS-CAT/ILL

Web of Science → Reference check

期間: April 2011 ~ December 2015

- 人文・社会系の論文発表数は増加, しかし若干(長期的には誤差?).

- 異分野間異種交配

- 自然科学や工学側から人文・社会学系へのアプローチ

} ≈ 0

なぜ異分野間異種交配は進まないのか？

- 忙しい
- 関心ありません
- きっかけがわからないもので
-

表面だっていない大きな理由の1つ:

日本の原子力技術者は、日本の人文・社会系の研究者を**信用していない**。
(日本に限った問題ではないし、原子力に限った問題でもないが)

サイト選定
を失敗



素人，上から目線，札束で頬を叩く，
動機が不純，何か隠している・・・
批判は立派にしてくれる！



正直なところ「そんなに偉そうに
言うんだったら，あんたやってみ
せてよ」と言いたい。



絶対に何もしない

ただし，カナダでも同じ



<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-k159-1.pdf>

人文・社会系での評: **上々**だと聞いている。



埋めがたい? までの違い

放射性廃棄物の専門家(米加を含む)の反応

日本の学術会議は、本当に廃棄物処分のことを勉強したの? これが日本の学術会議のレベルなの?

(例)原子力だけではなく、異分野の専門家も参加した議論を通して、50年以上も前に結論が出ている事柄を、あたかも自分たちが初めて提案したかのような報告は、信じがたい。

この回答は、人文・社会系への不信感を増強した。

原子力関係者は、日本の今の空気では自分たちに反論の機会が与えられていない、サンドバック状態という気持ちもある。

個人的には専門家としての責任を果たさなかったという後悔も。

何が必要か？

将来の異分野間異種交配のチャンスを探るしかない。

例えば、原子力技術者がSociety for Social Studies of Scienceで発表。

人文・社会系の研究者が原子力学会で発表、などからスタートする？。

しかし、成果の評価システムがない。研究費獲得が困難。解決すべき事項は多い。

日本の原子力には異分野間異種交配が必須の分野がすぐ目の前にある。

e.g. 通常HLWと福島第一(F-1)事故起源(除染・廃炉)廃棄物処分場選定

トリチウムを含有する地下水の海洋放出

本当にF-1のデブリを取り除くの(取り除けるの)? / 中長期ロードマップ本気?

英語で情報発信を

Discussion at Swedish Radiation Safety Authority during 3.11

Impression by Professor Madarame at CNS in 2013

This has not changed as of today.

② 原子力規制委員会

問題点1



<http://iwj.co.jp/>

「(審査をクリアしても)安全だとは私は言いません。」

規制庁も同じ立場. 委員長が変わってもこの姿勢に変化なし.

「リスクの評価はするが, リスクマネジメントの責任は取らない」という意味.



法的には, 規制委員会はリスク評価とマネジメントの両方の責任を負っている.

誰が日本人の安全について責任を負っているのか?

これが司法が原子力安全について判断するようになってきた理由とする意見もある. 業界用語では「司法リスク」と呼ばれている.

問題点2

規制委員会は、被規制者との接触を制限.

エネ庁のWGが、規制庁の意見を聞くために参加を依頼.



誰も来なかった.

「なぜ、推進側の会議に我々が出席しなければならないのか」

規制委員会は、産業界における運転・保守・安全・セキュリティーなどに関する最新の情報から、自ら隔離している.

そもそも**安全規制とは何かを知らない人間が規制をしている.**

問題点3

国際レビューへの回答 ➡ 不十分

言葉尻，書類が整っているかどうかで安全を規制。
（国際標準からは，かけ離れている）

規制委員会の立場：我々は国際レビューを受け，その勧告にも対応している。
実際は，規制委員会が対応したいものだけに対応して，その他の勧告は無視。

IAEA-NS-IRRS-2016

The IRRS team made recommendations and suggestions to the government and/or NRA, as applicable, which indicate where improvements are necessary or desirable in order to progressively align the framework with the IAEA safety standards. These include:

To **attract competent and experienced staff**, and develop competencies relevant to nuclear and radiation safety through education, training, research and enhanced international cooperation.

To amend relevant legislation with the aim of allowing NRA to **improve the effectiveness of its inspections**.

To **continue and strengthen the promotion of safety culture** including a questioning attitude, to achieve a high level of safety. This is equally **applicable to NRA and regulated entities**.

To develop and implement an effective, collaborative process for the exchange of regulatory information with other regulatory authorities, to provide coordinated and effective regulatory oversight on nuclear and radiation safety.

To **complete, document and fully implement the integrated management system** for all regulatory and supporting processes needed to deliver NRA mandate.

To give greater priority to the oversight of the implementation of radiation protection measures.

To develop requirements and guidance for emergency preparedness and response in relation to radiation sources.

To establish requirements to consider decommissioning during all life stages of facilities and activities and criteria for the release of sites and termination of licensee's responsibility.

問題点4

- チェックメカニズムがない

- 専門性がない

(e.g.1)

放射性廃棄物処分
と原子炉の安全に
関する概念の違いを
知らない。



声の大きい炉安全の専門家
の意見で処分の規制が決
まっていく。



文言通り読むと, L1は絶対
に実施できない。

(e.g.2)

This Safety Guide provides guidance and recommendations on meeting the safety requirements in respect of the safety case and supporting safety assessment for the disposal of radioactive waste. The

safety case and supporting safety assessment provide **the basis for demonstration of safety and for licensing of radioactive waste disposal facilities, and assist and guide decisions on siting, design and operations**. The safety case is also the main basis on which dialogue with interested parties is conducted and on which confidence in the safety of the disposal facility is developed. This Safety Guide is relevant for operating organizations preparing the safety case as well as for the regulatory body responsible for developing the regulations and regulatory guidance that determine the basis and scope of the safety case.

(IAEA Safety Standards Series No. SSG-23)

Safety Caseの概念を理解でき
ない。



国際機関の提案の中で, 都合
の良いものだけがつまみ食い
される可能性。

三条委員会

国家行政組織法第3条や内閣府設置法第64条の規定に基づいて、府省の外局として置かれる、**独立性の高い**行政委員会。府省の**大臣などから指揮監督を受けず、独自に権限を行使できる。**

公正取引委員会、国家公安委員会、公害等調整委員会など。
(大辞泉)

政治家も含めて誰も規制委員会に触れたがらない。

日本の原子力界だけではなく、日本人全体、世界にとっても最悪の状態。

規制委員会は、法に定められた責任と役割を果たすように変わる必要がある(当面、望み薄)。

放射性廃棄物処分業界から得られる示唆.

③ この人なら信用できるという人を作らない制度

2, 3年ごとに変わる担当官僚. 官僚ごとに言うことが違う.

(e.g. 1)

HLW処分地選定にあたっては、「**国が前面に出る**」と決めたはず.

(2013年のエネ庁WGの公式議事録とエネ庁WWWサイトによれば)



2016年のWGで、「国が前面に出る」の意味が変わったらしい.

- 全国の地質条件を科学的に調査する.
- 結果を公表する.

- 自治体を回って説明をする.
- 野次を浴び, 卵を投げつけられる
- その後すべて

↑ 国が前面に出ることの意味

↓ NUMOと電力の役割

規制委員会で, エネ庁での議論や専門家の意見をまったく考慮することなく勝手に規制が決められていく.

(e.g. 2)

理事長：誰がどれだけの期間？

Nuclear Waste Management Organization in Canada (NWMO)

2002 – 2006: Elizabeth Dowdeswell (現オンタリオ州副総督)

2006 – 2016: Ken Nash

Laurie Swami
(Nov. 14, 2016 –)



<http://facts.france-science.org/>



<https://www.nwmo.ca>



原子力発電環境整備機構 (NUMO)

2000 – 2004: 外門 一直

2004 – 2006: 伏見 健司

2006 – 2014: 山路 亨

2014 – : 近藤 駿介

東電内での人事(専門性は無関係)

東大名誉教授, 炉安全, 原子力委員会前委員長

山路前理事長



<http://www.nikkei.com/>

近藤現理事長



<https://www.numo.or.jp>

短期, 専門性無関係でどのようにして地元や国際社会との信頼性を構築するのか？

④ 規制側だけではなく実施側の能力も？

- 出向者なし，親元の顔色を伺う必要なし，骨は必ず拾ってもらえる
- 必要な能力を有するものを独自に採用
- 学位取得者多数
- First Nationの言葉で話しをする

⑤ 国民に足元を見透かされている制度

- 連邦議会や州議会選挙日程に煩わされることはない
- OPGや資源省に，箸の上げ下げまで指示されることはない
- 法と納税者の目以外は自由（業務責任を果たすという意味で）

⑥ 国境の向こう側とも議論できますか

- どのように安全の議論をするのか

まとめにかえて

技術開発

科学と工学に基づいて。
透明性, 公開性。
科学者・技術者は説明責任を持つことの自覚。

社会的合意プロセス

リスクに対する安全基準: 誰がどうやって?
大きさが実証不能な将来リスク どうやって認識, 評価, マネジメント?
対象によっては100万年以上の将来。

ポスト福島

known-unknown (既知の未知) と unknown-unknown (未知の未知) risk,
How safe is safe enough (どれだけ安全なら安全なのか)?

今の世代が将来を決めて良いのか?

逆に, 今の世代は昔の世代の責任を負う必要あり?

合意をする人は誰?

NIMBY, BANANA, CAVE

Not in My Back Yard, Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anyone,
Citizens Against Virtually Everything

パグウォッシュ会議: 対立を超えた対話 & 科学者の社会責任

別の言い方をすると

原子力、放射線の安全と、環境影響の最小化において、安全第一であるのは自明。その際、原子力業界内だけのローカルな最適化になっていないか。パブリックの安全への懸念（物理的&感情面）を含めているか。（安全だとは理解したが、鮎釣りで...）

人として誠実な対応か？ 市民・社会に敬意を持って行動しているか？

最高の知識と知恵、革新的な思考を使用しているか？ 卓越性を追求しているか？ 継続的な改善を迫及しているか？

建設的で有意義なパートナーシップを構築しているか？

自分の行動に責任を負えるか？

參考資料

2012 Public Opinion Research

National Nuclear Attitude Survey
by Innovative Research Group, Inc.
sponsored by Canadian Nuclear Association

これらの諸州では、大学で太平洋で漁獲された魚に含まれるCs-137濃度の研究が行われるとともに、漂流物についてのニュースも取り上げられる。

In terms of support for nuclear power, it's still a tale of two solitudes: *Ontario versus the rest of Canada*. A majority of Ontarians support nuclear power, while a majority of people living across the rest of the country oppose it.

We measure "support" for nuclear in 3 ways:

1. General support for nuclear power
2. Support for refurbishment
3. Support for new build

Overall Change in Support:

- The significant decline in support for nuclear in **Alberta** and **Quebec**.
- Support in **BC** and **Ontario** relatively unchanged.
- An increase in support for nuclear in **Prairies** and **Atlantic**.
- **Men** relatively constant; support down among **women**.

General Support for Nuclear Power

Segments	Δ	2011	2012
National	↓	38%	37%
BC	↔	33%	33%
Alberta	↓	46%	38%
Prairies	↑	37%	44%
Ontario	↑	53%	54%
Quebec	↓	17%	12%
Atlantic	↑	31%	40%
Men	↑	45%	47%
Women	↓	32%	29%

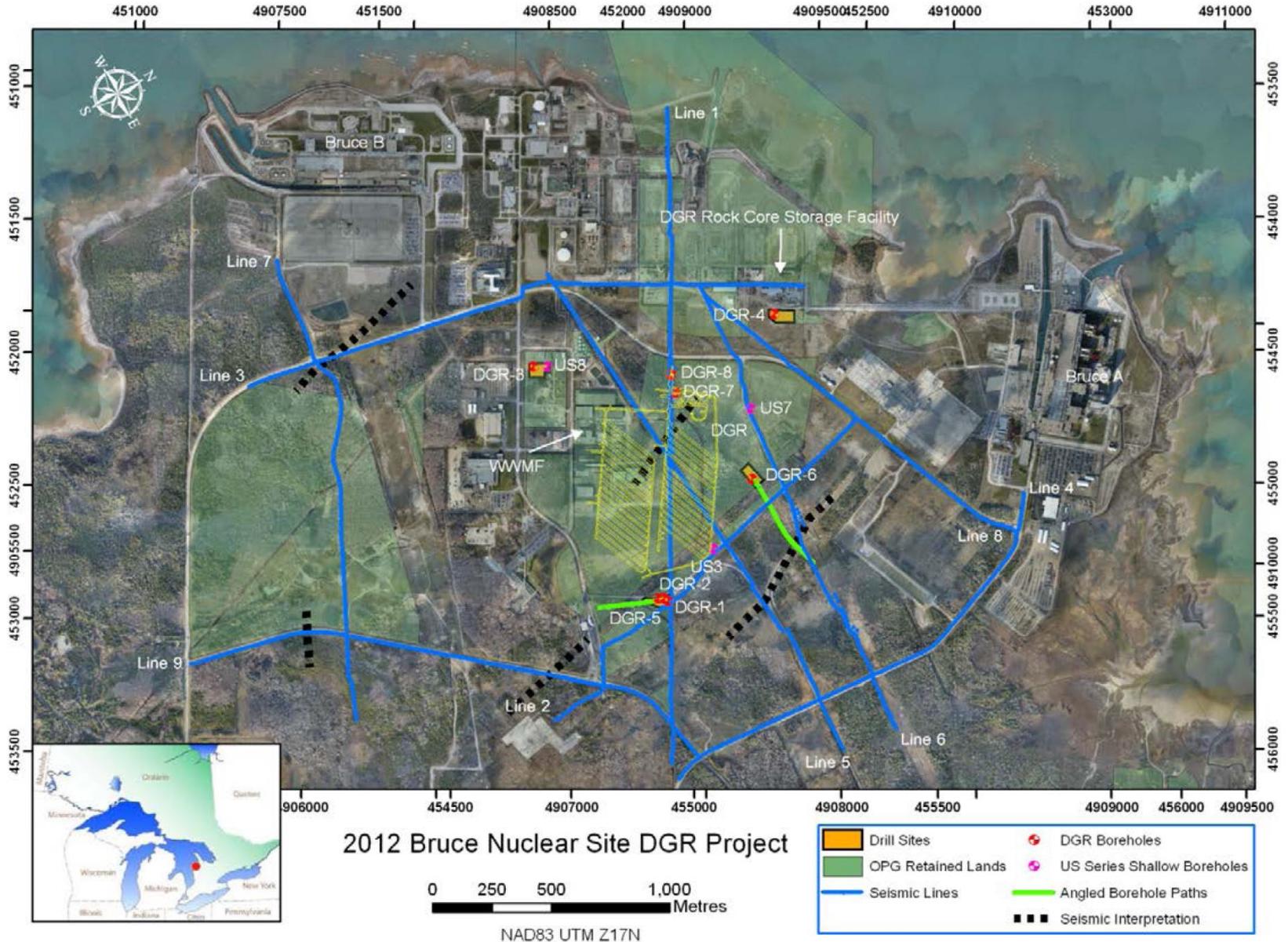
Support for Refurbishment

Segments	Δ	2011	2012
National	↓	53%	47%
BC	↓	50%	48%
Alberta	↓	58%	45%
Prairies	↑	51%	54%
Ontario	↓	68%	63%
Quebec	↓	31%	22%
Atlantic	↑	43%	48%
Men	↓	57%	54%
Women	↓	49%	41%

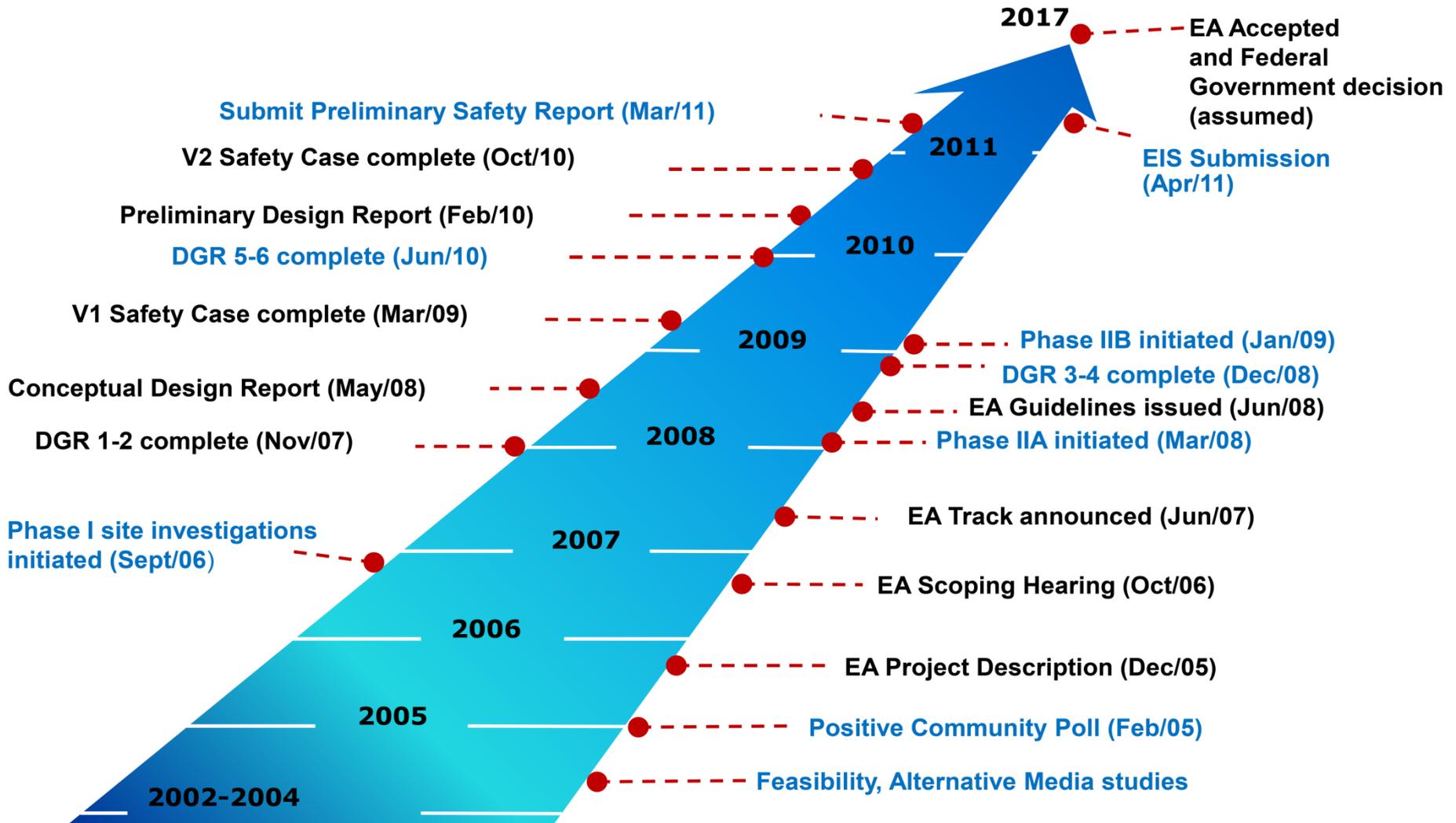
Support for New Build

Segments	Δ	2011	2012
National	↓	35%	33%
BC	↑	32%	34%
Alberta	↓	48%	28%
Prairies	↑	32%	39%
Ontario	↓	50%	48%
Quebec	↓	13%	11%
Atlantic	↑	28%	30%
Men	↔	42%	42%
Women	↓	30%	25%

DGR Layout and Borehole Locations



Bruce DGR Project Timeline



2025年操業を目指す。

Used Nuclear Fuel

The Nuclear Fuel Waste Act results from the response of the Canadian federal government (December 1998) to the recommendations of the report of the Environmental Review Panel (March 1998: Seaborn Report) on AECL's nuclear fuel waste management proposal.

The report concluded that **the plan for Deep Geological Disposal is technically sound, and that nuclear waste would be safely isolated from the biosphere, but that it remains a socially unacceptable plan in Canada.**

The report makes several recommendations, including the creation of an independent agency to oversee the range of activities leading to implementation. The scope will include complete public participation in the process.

Over a study and consultation period of three years the NWMO was mandated to choose among three storage concepts and propose a site:

- Deep underground in the Canadian Shield
- Above-ground at reactor sites
- Or at a centralized disposal area

The final report of the NWMO was released in November 2005, recommending a strategy of "**Adaptive Phased Management**". The strategy is based upon a centralized repository concept, but with a phase approach that includes public consultation and "decision points" along the way, as well as several concepts associated with centralized storage (vs. disposal), and the ability to modify the long-term strategy in accordance with evolving technology or societal wishes. The approach of Adaptive Phased Management was formally accepted by the federal government on June 14, 2007.



A typical fuel bundle used in a power reactor measures about 50 cm and weights about 24 kg

Each year, 4,500 to 5,400 fuel bundles per power reactor are added to the pools (based on 80 percent to 95 percent of full-power reactor operation).

After 7 to 10 years in wet storage, the used nuclear fuel can be safely transferred to dry storage.

There are three main types of dry storage units used in Canada:

- concrete canisters
- Modular Air-cooled Storage (MACSTOR) units
- dry storage containers



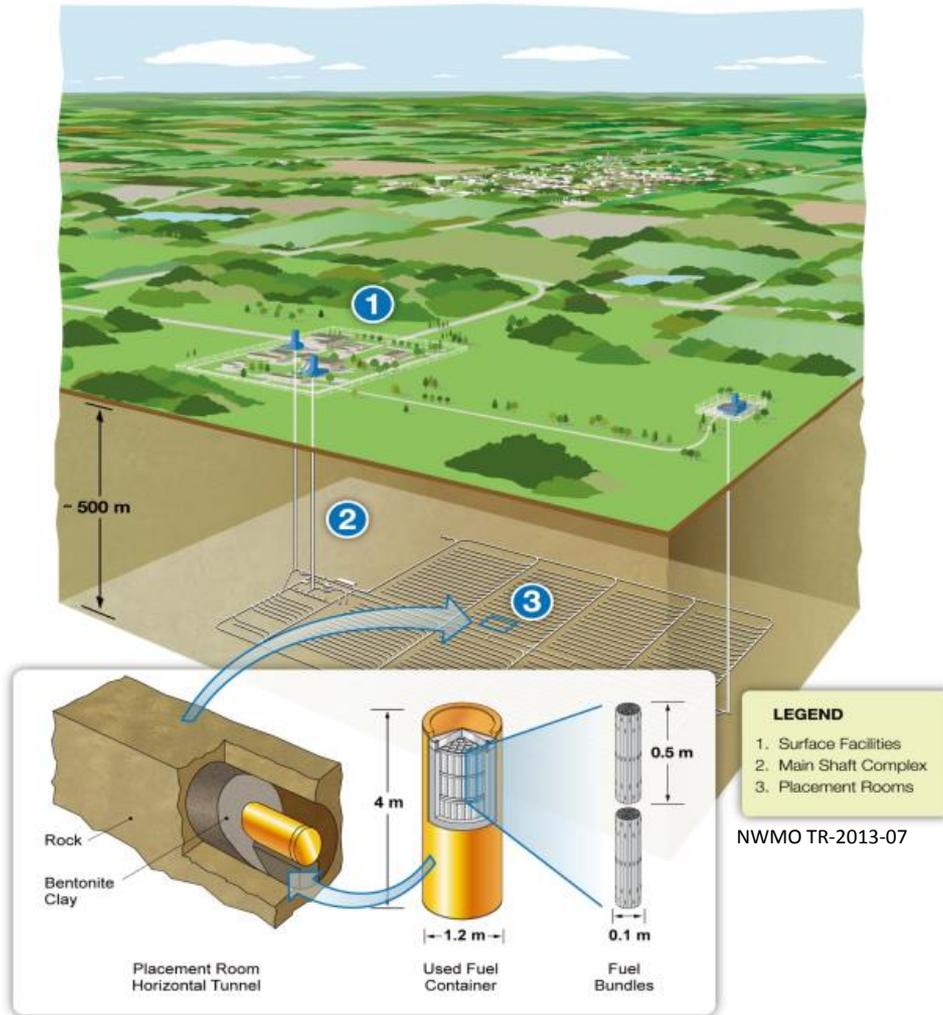
Concrete silos at the Point Lepreau Generating Station



MACSTOR units at the Gentilly-2 Nuclear Generating Station



OPG dry storage containers



As of June 30, 2014, **2.5 million used nuclear fuel bundles** have been produced as a result of more than 40 years of nuclear power generation.

If the entire inventory of used nuclear fuel bundles could be stacked end-to-end like cordwood, it would fit into a space the size of about **seven hockey rinks**, from the ice surface to the top of the boards.

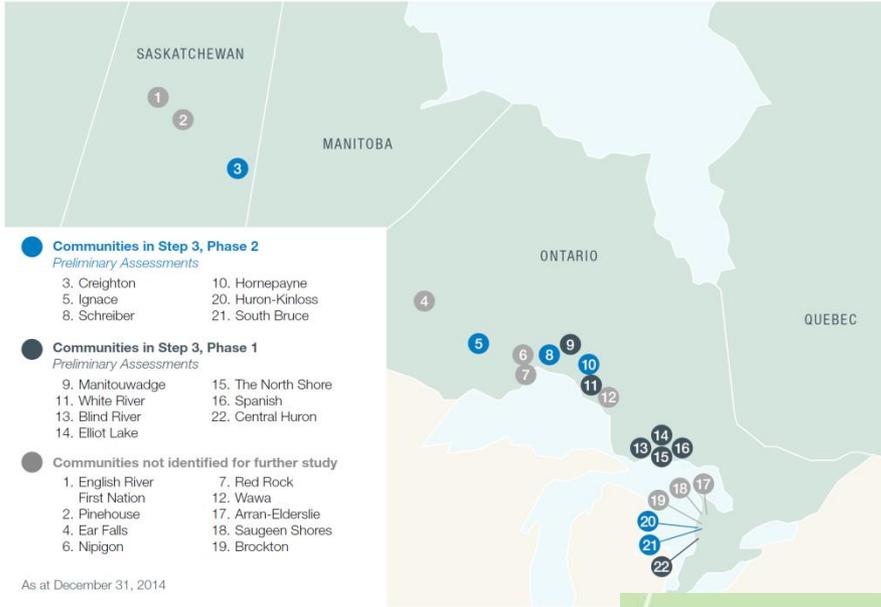


The current projection of the final volume of used nuclear fuel from existing reactors is between 3.4 and 5.2 million bundles.

26m~30m × 60m × 1.17m~1.22m

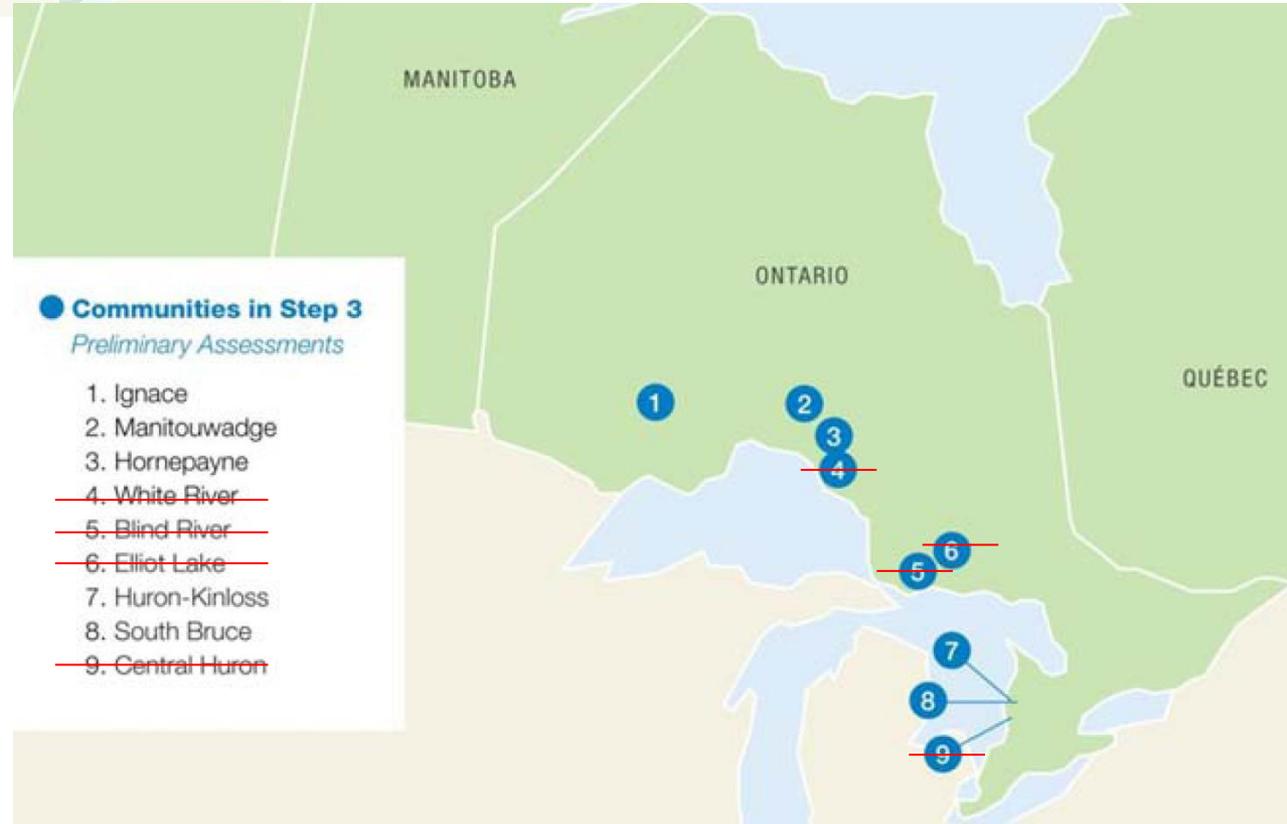
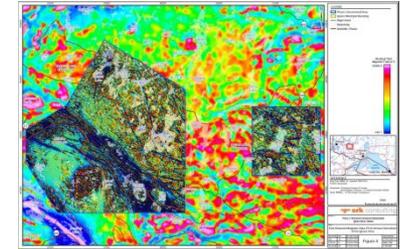
Steps in the Site Selection Process





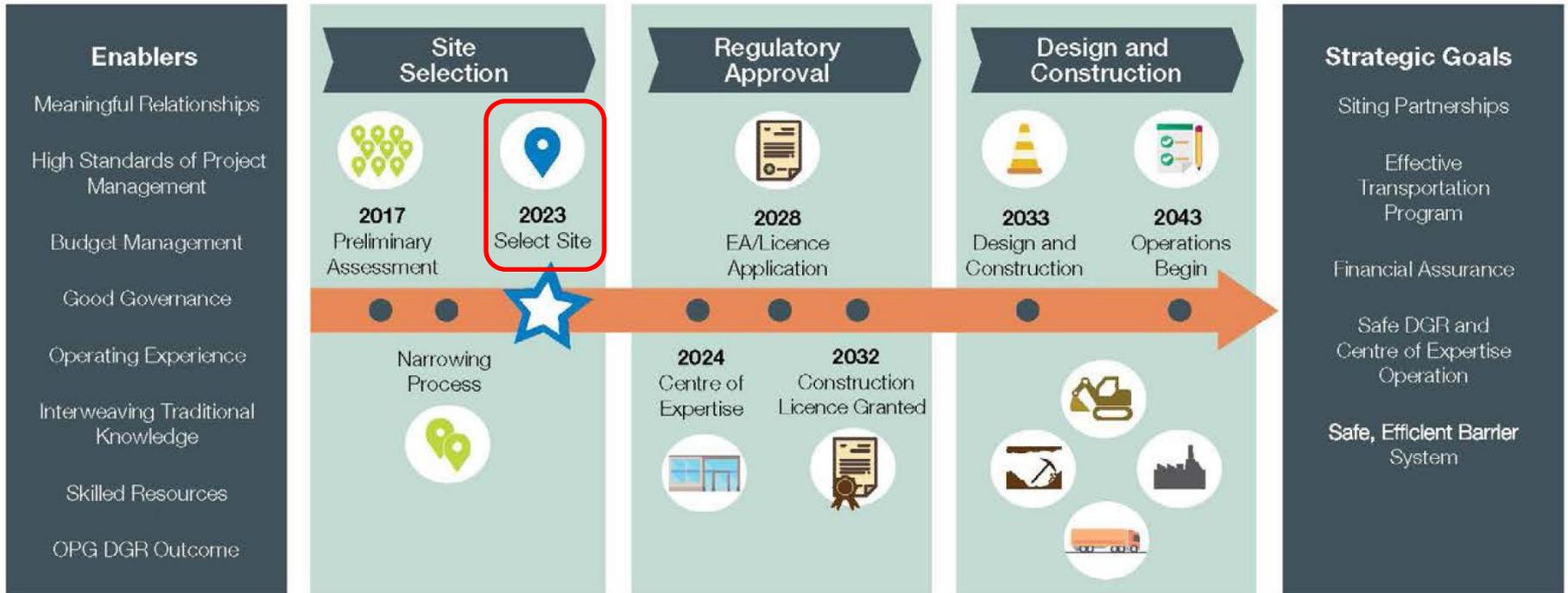
As at December 31, 2014

<https://www.nwmo.ca/en/Reports>



Implementing Canada's Plan for Safe, Long-term Care of Used Nuclear Fuel

Socially Acceptable, Technically Sound, Environmentally Responsible and Economically Feasible



Canadians' Objectives

Fair, Public Health and Safety, Worker Health and Safety, Community Well-Being, Security, Environmental Integrity, Economic Viability, Adaptability

NWMO Values

Integrity, Excellence, Engagement, Accountability, Transparency

From lecture by Mark Jensen at McMaster (March 1, 2017)

インタビュー形式

- カナダ原子力産業界(5名、1名ずつ)
- McMaster大学学部学生(各5名、5名ずつまとめて)
 - 原子力工学系学生
 - 非原子力の工学・理学系学生
 - 社会科学系学生
- McMaster大学原子力系教員(1名)
- カナダ市民権保有者(各2名、2名ずつまとめて)
 - McMaster大学周辺(McMasterは研究教育用原子炉を保有)
 - Darlington町
 - Kincardine町
- Oakville町のESLに通う移民1世とその家族(18名)(全員同時)
- オンタリオ州エネルギー省とNWMOに勤務するFirst Nations出身者(各1名、1名ずつ)
- オンタリオ州外在住のカナダ市民権保有者(10名/非原子力、1名ずつ)
 - ただし内8名は、大学関係者、5名は日系カナダ人(1世、2世)で日本在住者1名を含む。

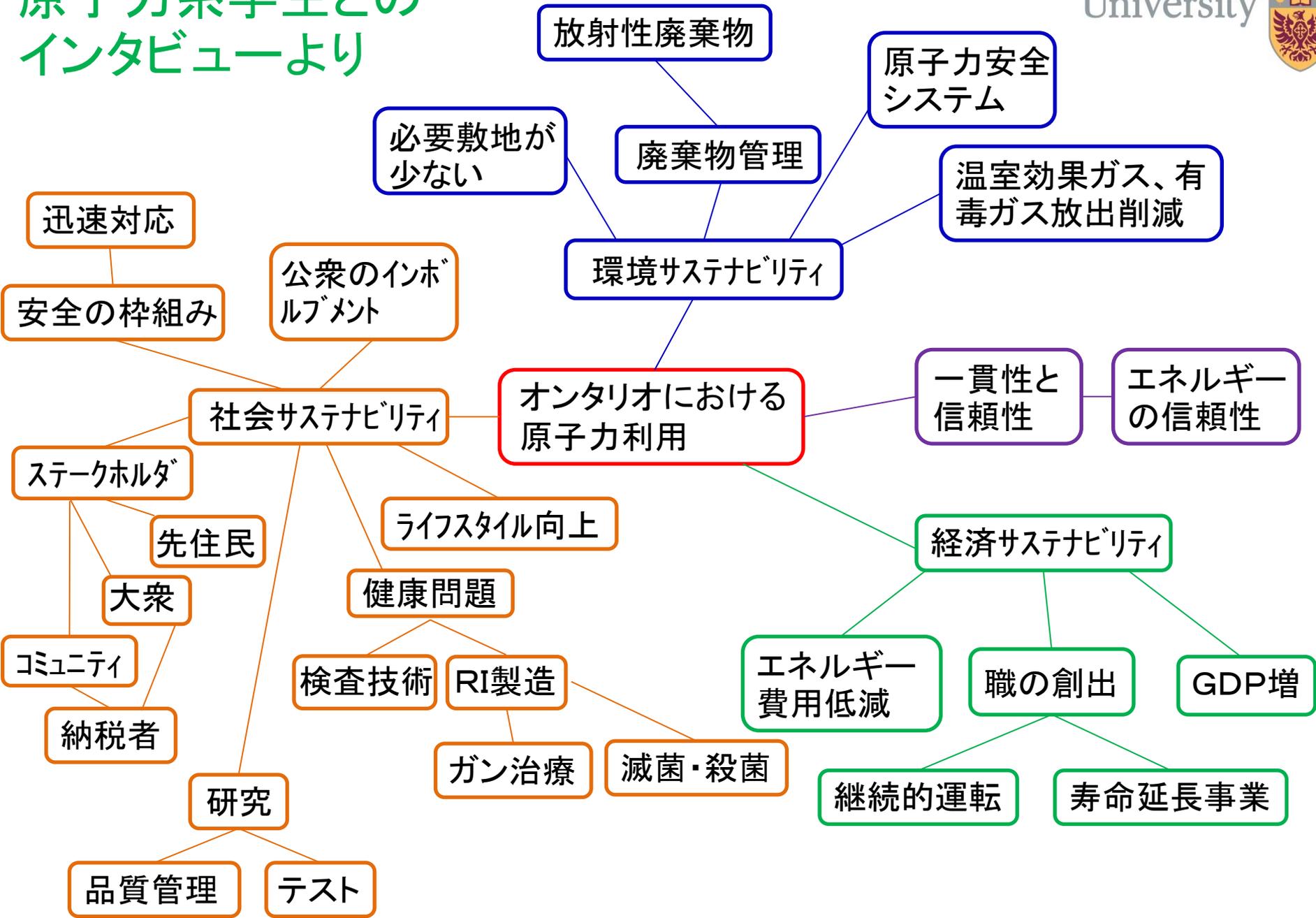
擬似的
非構造化
インタビュー

1ケース
1～3時間

但し1回
のみ実施

年齢、性別、学歴・職歴、居住地、人種、文化的背景等の差によるバイアスは考慮していない。時間の因子も考慮していない。

原子力系学生とのインタビューより



① 職の創出

2012年の研究[1]:

- 4万人規模(カナダ全国)でのフルタイム雇用、オンタリオ内で3万人。

武田製薬、味の素、オリックスなどと同規模(東洋経済より)
人口比では、⑭ソニー、⑮三菱電機、⑯イオン(同上)

- 2050年から2070年にかけて、さらに雇用数が拡大(ONで5万人規模に)

セブン&アイ・ホールディングス、ヤマハ発動機など(同上)
人口比では⑨キャノン(同上)

- 事業の性格から、長期的に安定な職

- 平均年収は10万ドル以上(カナダ男性平均年収は7万ドル、女性5万2500ドル)

[1] <https://cna.ca/wp-content/uploads/2014/05/Nuclear-Technology-A-Canadian-Strategy-for-Energy-Jobs-and-Innovation.pdf>

~~電源3法~~、~~文献調査受け入れ~~に対する補助金制度。

NSERC(The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada)
への研究費申請でも。

選挙でも。

発表者の周囲でも多数。

② 学校教育で

オンタリオ州教育省の定めるGr.1～8での教育内容において、原子力エネルギーや放射線についての教育が位置づけられている。

州統一試験 ---- > 学校ランキング(給与、地域、不動産など様々に絡む重要因子)。
プロジェクト ---- > 半分以上は家庭に持ち帰って(家族の参加前提)。

The Ontario Curriculum Grades 1-8 Science and Technology

1.1 assess the short- and long-term environmental effects of the different ways in which electricity is generated in Canada (e.g., *hydro, thermal, nuclear, wind, solar*), including the effect of each method on natural resources and living things in the environment

Sample problems: (a) Electricity in Ontario is generated by **nuclear plants**, hydroelectric plants, coal-fired plants, and natural gas plants, and a small percentage is obtained through alternative energy sources. Choose an electricity-generating plant that supplies electricity in your community, and compare the environmental effects of the generating method it uses with a method used in another part of the province.



OCS Science Fair Awardsより



McMurrich小学校3年生

③ 大気環境問題への意識

Toronto is smog free for the first summer in decades. But why?



Toronto Star (Aug. 21, 2014)



<https://www.theweathernetwork.com/news/articles/in-the-warming-world-the-air-quality-forecast-is-poor/30327>

Ozone, NOX, SOX, CO, PM2.5

Where have smog days gone? Hamilton hasn't had one since 2013

45 smog days in 2005, zero in 2015

CBC News (July 31, 2015)

現在のオンタリオ州政府(2003年以降)、連邦政府(2015年以降)ともに気候変動対策に積極的な中道左派の自由党政権。



④ 世界に誇るカナダ発の技術

First Discovery of Natural Transmutation of Elements

1902, CANADA

In 1902, Ernest Rutherford, a New Zealand native, and Frederick Soddy, from England, showed that alpha or beta particles emitted from the nucleus could transform an atom into a different element. At that time, this was a radical concept. Matter was considered immutable, and the transformation of one element to another seemed akin to alchemy. They also identified the reduction in radioactivity over time, that is, the half-life. Both scientists were working at McGill University in Canada at the time. (Soddy later returned to England and Rutherford moved to England.)



Ernest Rutherford, circa 1919.

Cambridge University Library, courtesy AFP/Emilio Segre Visual Archives, Rutherford Collection

First Reactor to Operate Outside the United States (Zero Power)

First reactor to operate outside the United States:

September 5, 1945

ZEEP

Chalk River Laboratories, Canada



Zero Energy Experimental Pile (ZEEP), Chalk River, Canada. (Courtesy of AECL)

First Heavy-Water-Moderated, Light-Water-Cooled Reactor and First "Large" Reactor to Operate Outside the United States

First "large" nuclear reactor to operate outside the United States:

July 22, 1947

NRX

Chalk River Laboratories, Canada



National Research Experimental (NRX) reactor, Chalk River, Canada. (Courtesy of AECL)

First Development of the Concept of a Fission Reactor

1939–1940, FRANCE, UNITED STATES, ENGLAND, AND CANADA

In 1939, Irène and Frédéric Joliot-Curie discovered that secondary neutrons are released during the fissioning of uranium. These secondary neutrons make a chain reaction possible. As a result, they proposed the idea of a fission reactor and conducted some experiments to develop the concept.



Lew Kowarski, Hans Halban, and Frédéric Joliot-Curie with a Geiger counter.

Between May 1 and May 4, 1939, Frédéric Joliot-Curie, together with Halban, Perrin, and Kowarski, registered three patents in secret. Two of them covered the concept of "a device for energy production" based on the fission process. The third enunciated a concept for a nuclear weapon. These were the first patents to be taken out on the use of the chain reaction in uranium.

In 1940, several teams of scientists were able to demonstrate that the uranium isotope that fissioned when bombarded by slow neutrons was ²³⁵U, and not the far

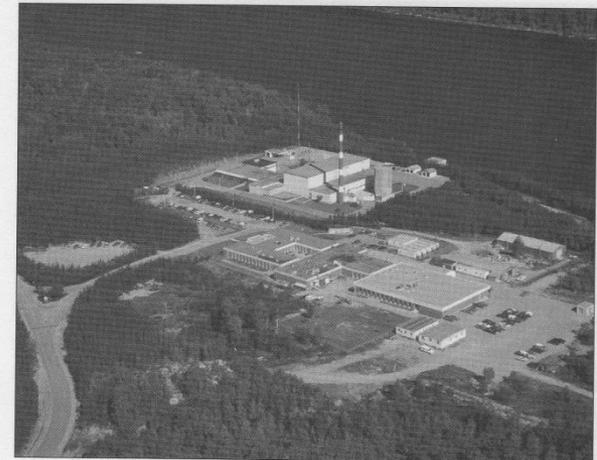
First Heavy Water Reactor to Produce Electricity

First heavy-water-moderated reactor to produce electricity/ first pressurized heavy water reactor:

June 4, 1962

Nuclear Power Demonstration reactor

Rolphton, Ontario, Canada



Nuclear Power Demonstration (NPD) reactor, Rolphton, Ontario, Canada. (Courtesy of AECL)

Nuclear First: Milestones on the Road to Nuclear Power Development, by G.H. Marcus, ANS (2010)より引用。

不祥事、人命に関わる事故を起こしていない。
CANDU・RIの海外輸出。

⑤ 透明性、Public involvementによる安全規制



CNSCのHPより

産業界からも慎重な立場の人々からもCNSCへの批判の声を聞くことはほとんどない。7名中3名は原子力産業界出身。

cf. NWMO:すべての情報はHPに掲載

⑥ First Nationsのサポート

今だ、業界ならびに学生の意見が主のため、明確なことは言えない。

職の創出、固有の文化の尊重、小さいFootprintsなどから、石油・天然ガスとは異なり、サポートを受けられているのではないかとの意見。

SF処分場:30のアボリジニ、16のメティス



Historica Canadaより