

平成30年度・31年度地層処分に係る  
社会的側面に関する研究支援事業

# Argumentによる 合意形成プロセスモデルのデザインと実践

2018年12月10日～2019年7月31日

2019.9.6

静岡大学教育学部  
萱野貴広

## 事業の趣旨

日本原子力環境整備機構（NUMO）は、国民の社会的側面への関心に応えようと、「地層処分に係る社会的側面に関する研究支援事業」を実施することになった。

本事業では、様々な分野から社会的側面に関する研究の募集・支援を行い、その研究成果を研究者とともに情報発信する。また、機構は研究成果を蓄積し、今後の事業活動に活かすことを目的としている。

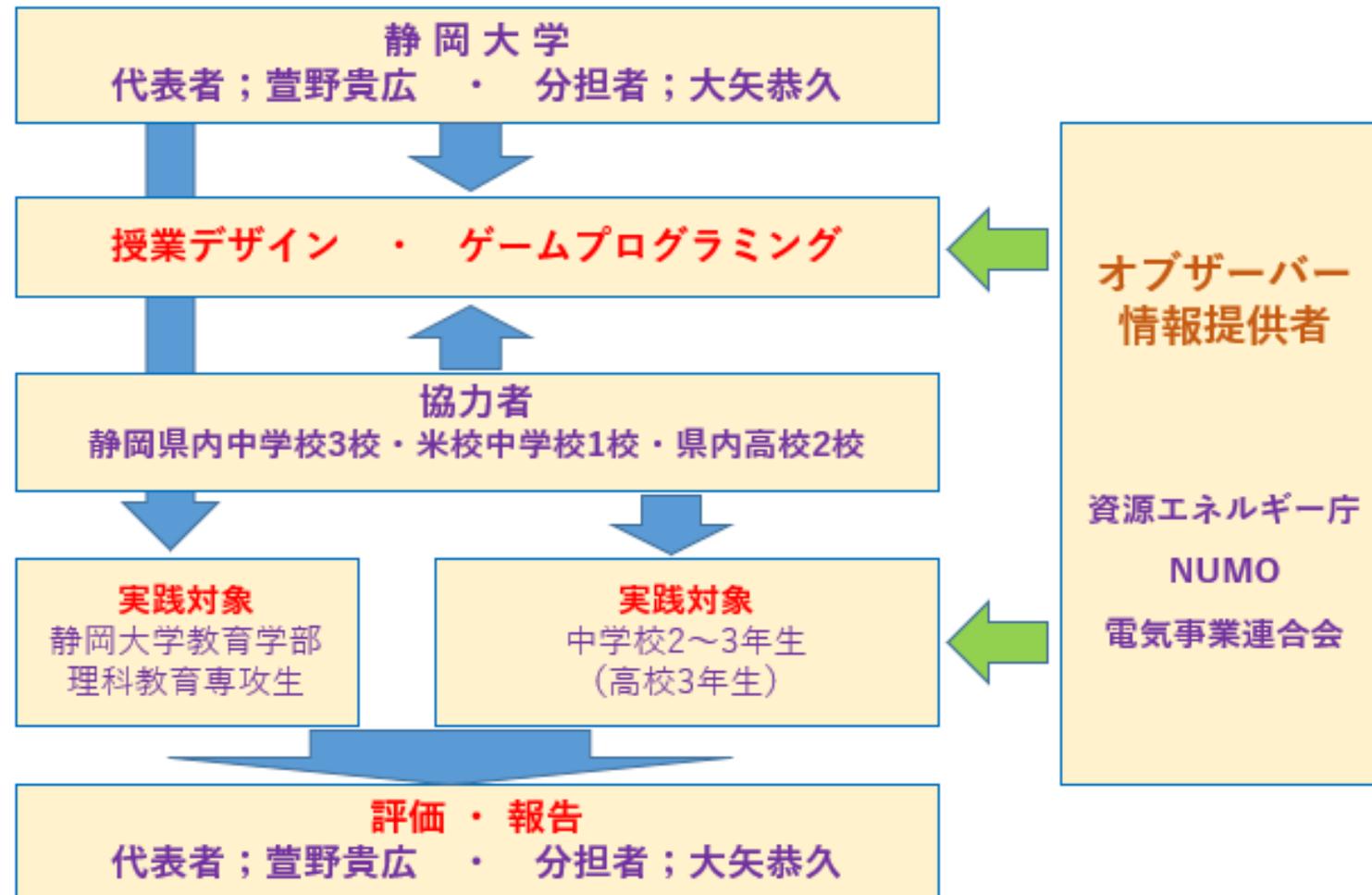
本研究成果の発信・蓄積により、地層処分の社会的側面の深さや幅広さを明らかにしていくことで、機構はもちろんのこと、社会あるいは地域の方々一人一人が地層処分に関して自らの意見や考えを深め、もって豊かな対話活動の基盤へとつながることを期待している。

## 研究の目的

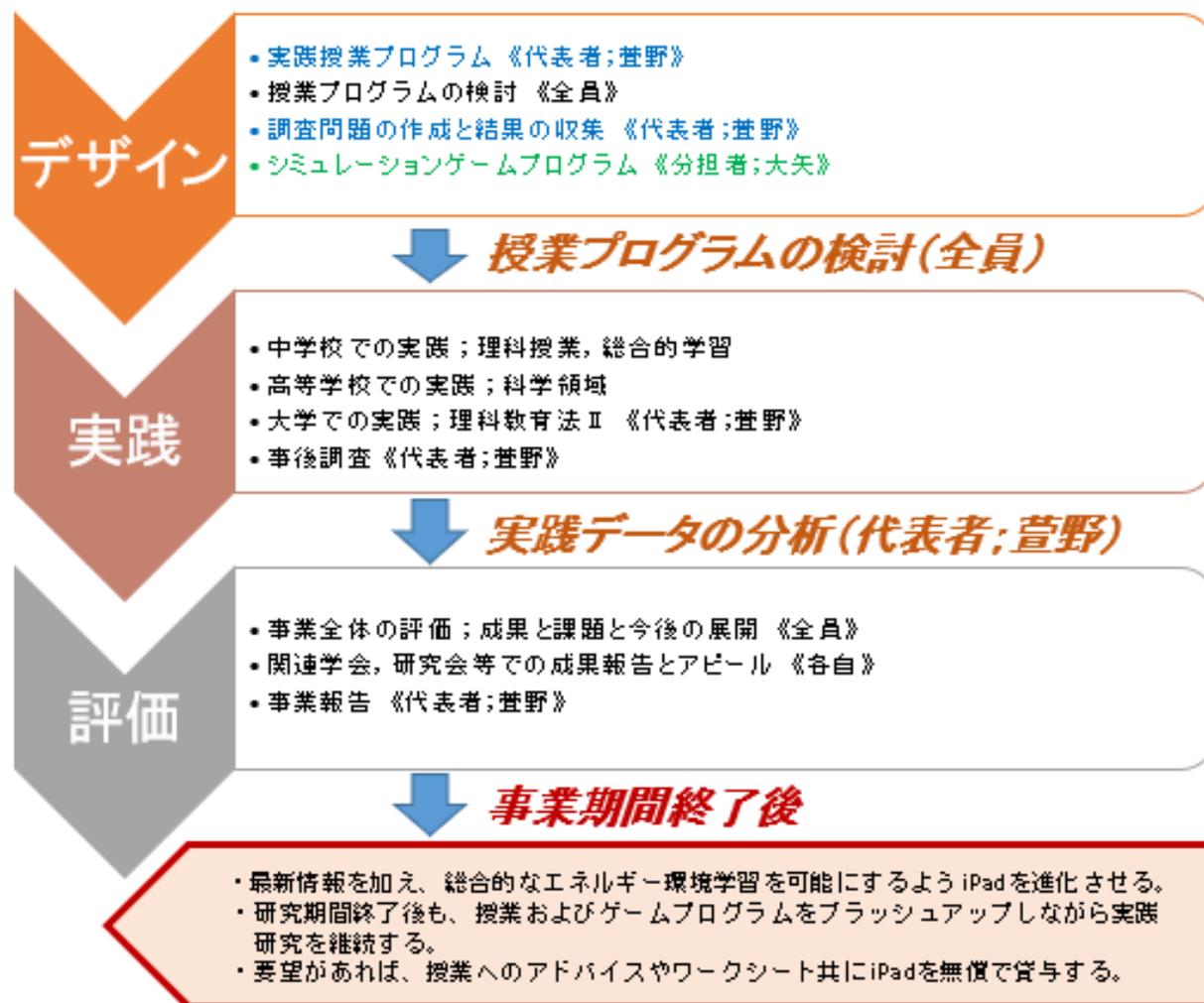
これからの将来を担い、まさに高レベル放射性廃棄物地層処分問題の当事者となる中学生から大学生を対象に、**シティズンシップを育成**するために放射性廃棄物処分地決定をテーマとしてアーギュメント主体の社会合意形成プロセスを組み込んだ理科授業を教師と協働でデザインし、実践する。

教員志望の大学生には、シティズンシップ育成に加えて、卒業後に**関連授業を考案実践しようとする意識と能力**の獲得も目指す。

# 体制と担当



# 研究の流れ



# 研究代表のバックグラウンド

	高レベル放射性廃棄物地層処分について	防災・減災と放射線利用；人材育成	理科教育
2008年	原子力基板戦略研究イニシアティブ	—	—
2009年	高レベル放射性廃棄物地層処分地 選定に関する 日本型合意形成モデルの構築 (代表：興 直孝)	—	科学技術振興機構 公募事業 「社会とつなぐ理数教育プログラムの開発」
2010年		—	静岡発、「教科と学びの創造」のための感動・ 体験理数キャリア教育プロジェクト (代表：熊野善介)
2011年	科学研究費(B)	経済産業省 原子力人材育成プログラム補助事業 静岡県の防災・減災と原子力カリキュラム開発 (代表：奥野健二・大矢恭久)	—
2012年	科学技術ガバナンスの形成のための 科学教育論の構築に関する基礎的研究 (代表：熊野善介)	文部科学省 国際原子力人材育成イニシアティブ事業 放射線安全を基軸としたエネルギーシステム 理解のための若手研究・教育者育成 教育現場の放射線危機管理能力向上のための 人材育成 (代表：放射線利用振興協会)	科学研究費(C)
2013年			理科学習の有用性を実感できる キャリア教育プログラムの開発と ハブシステムの構築 (代表：萱野貴広)
2014年	—	—	—
2015年 ～	—	原子力人材育成プログラム補助事業	科学研究費挑戦的萌芽研究 シティズンシップ育成のためのセカンドステップ としての理科学習プログラム開発と実践 (代表：萱野貴広)
2018年 ～	三菱総研 平成30.31年度公募事業 Argumentによる合意形成プロセスモデルの デザインと実践 (代表：萱野貴広)	放射線安全のための大学間連携放射線計測 専門家・教育者育成プログラム (代表：大矢恭久)	日本科学技術振興機構 公募事業 静岡STEMアカデミー (代表：熊野善介)

# 研究に至った経緯

○2009～2013年「理科授業におけるキャリア教育の実践」

社会参画に必要な**コミュニケーションスキルの不足**が明らかになった。

○2015～2016年「シティズンシップ育成を目指した理科学習プログラムの開発」

今ある社会課題を**自らの問題と捉えるには至らなかった**。

□情報の提示方法や内容，議論の場の設定に十分配慮した授業のデザインと実践を重ねていくことが，**シティズンシップ育成**に大きな成果が得られると期待した。

□「高レベル放射性廃棄物地層処分問題」について聞いたことすらないという状況を踏まえ，まずは**問題の所在を知る**だけでも意義はあるが，自ら知識を求め，考え判断し主張する活動を主体とした実践を行うことで，社会の意思決定の場に積極的に参加し**自ら判断しようとする資質**の伸長も可能にすると考える。



# Think! HLW (High Level Radioactive Waste) 高レベル放射性廃棄物地層処分問題を考える!

スイス

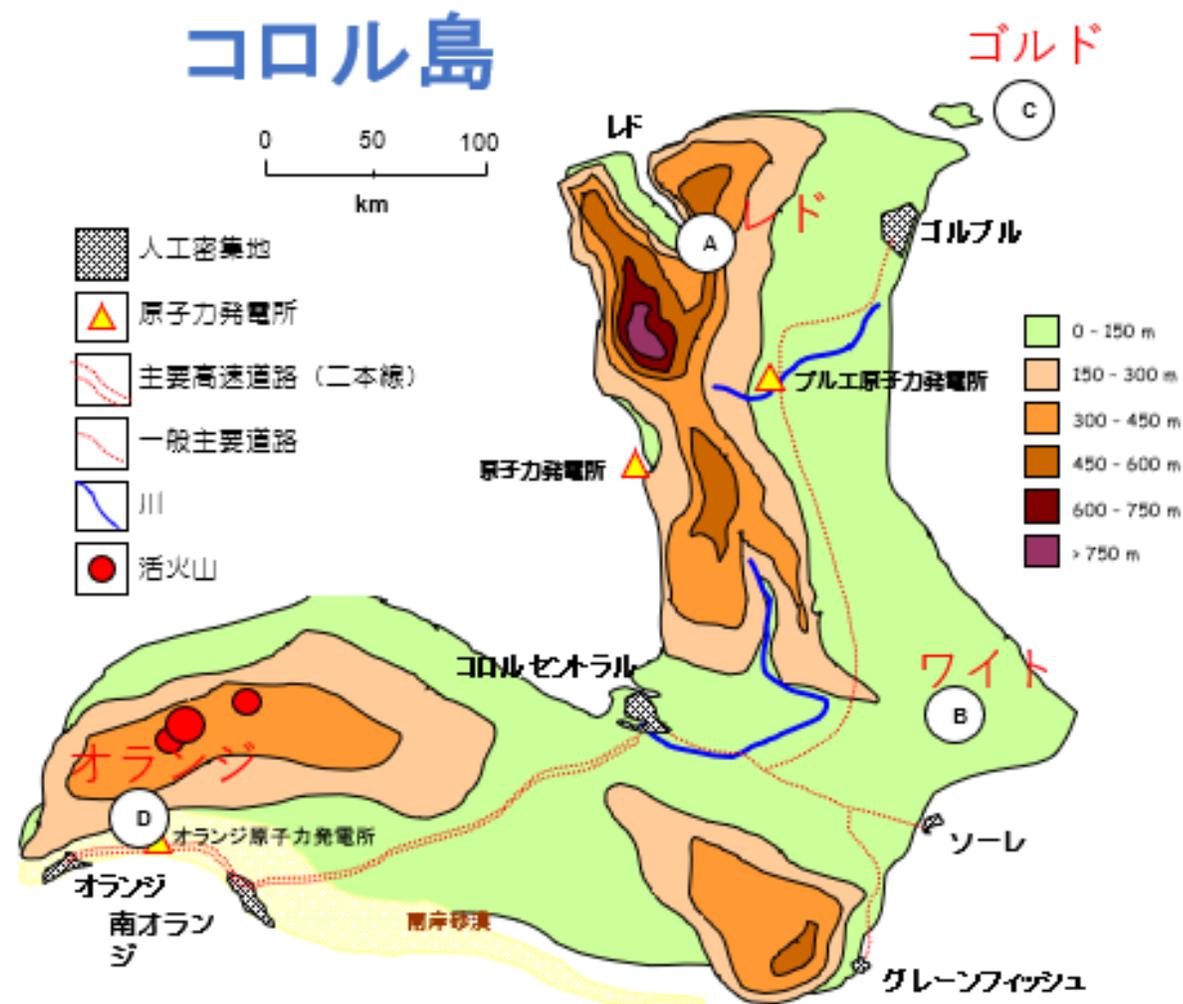
ITC School of Underground Waste Storage and Disposal

→ 日本向けにカスタマイズし, 一般公衆向けに簡略化  
電子デバイスを用いて実施できるゲーム(2010年)

このアプリは, 放射性廃棄物処分地は  
どのような視点で選定したらよいか?

自分の考え方を認識して, 他の人と  
話し合うための基礎を用意すること  
を目的に作成しました.

# 処分問題を検討する舞台となる仮想島





# シミュレーションゲーム



アプリの起動



Carrier 2:20 PM 98%

## 放射性廃棄物処分地選定 について考えてみよう

コロル島は350万人の人口で、3つの原子力発電所があります。約50万人のコロルセントラル市（島の中央部）の電気は西原子力発電所から供給されています。約70万人のコルブル市（北部）の電力はブルエ原子力発電所から供給されています。沿岸部のオレンジ市周辺はオレンジ原子力発電所から電力が供給されています。砂漠地帯なので夏に消費電力が多くなります。これらの原子力発電所はコロル電力が運営しています。

国は長年海外で使用済み核燃料の再処理を行ってきましたが、再処理を行った国から、コロル島の高レベル廃棄物を返還したいとの要望があり、政府はコロル電力に高レベル廃棄物処分場に最適なサイトの選定を行うように指示しました。

また、今後のエネルギー計画はまだ決まっていません。

廃棄物処分場建設に向けた選定プログラムを立ち上げたところ、4小都市（北部のゴールド、レド、中部のホワイト、西部のオレンジ）から前向きな回答を受けました。この中からどの地域が処分場としてふさわしいでしょうか？

コロル島

ユーザー登録

名前

性別  男  女

年齢  25

お住いの都市

OK

日時: 2017/06/11 14:20:02

(C) Oya Lab., Shizuoka University, All rights reserved, V.1.2.11

Introduction Preparation Info Scoring

# 授業プログラム 1

## Case 1. 50分授業（中学生，高校生対象）

- 全 体**（5分） 1.導入：学習に対する興味，関心  
（8分） 2.状況設定に対する共通理解とiPadアプリの説明.  
（2分） 3.グループ編成：4人構成（事前準備），  
各自が4市のどこかを居住地に選択.
- 個 人**（20分） 4.処分地の決定，ワークシートへの記述：  
iPad操作，ワークシートの一部に記述
- 小集団**（5分） 5.主張：自身が選定した処分地の  
住民に受け入れてもらえるよう説得，説明する.
- 個 人**（5分） 6.ワークシートへのまとめ
- 全 体**（5分） 7.まとめ：グループ発表または教師のメッセージ

# 授業プログラム2

## Case 2. 90分授業（大学生対象）

1. 「思考・判断・主張」に関する事前調査
2. 高レベル放射性廃棄物とその処分についての概要説明.
3. ゲーム化した高レベル放射性廃棄物地層処分問題で処分地を選定.
4. ワークシートを用いた個のアーギュメント.
5. 集団のアーギュメント.
6. 議論とその技法, Argumentを構成する要素と,  
社会合意形成のためのプロセスデザインについての講義.
7. 課題（次週提出）

# 説明内容例

## 高レベル放射性廃棄物

原子力発電で使用した燃料を再処理すると放射能レベルの高い廃液が出る。

これをガラスと溶かしあわせて固化したものの。

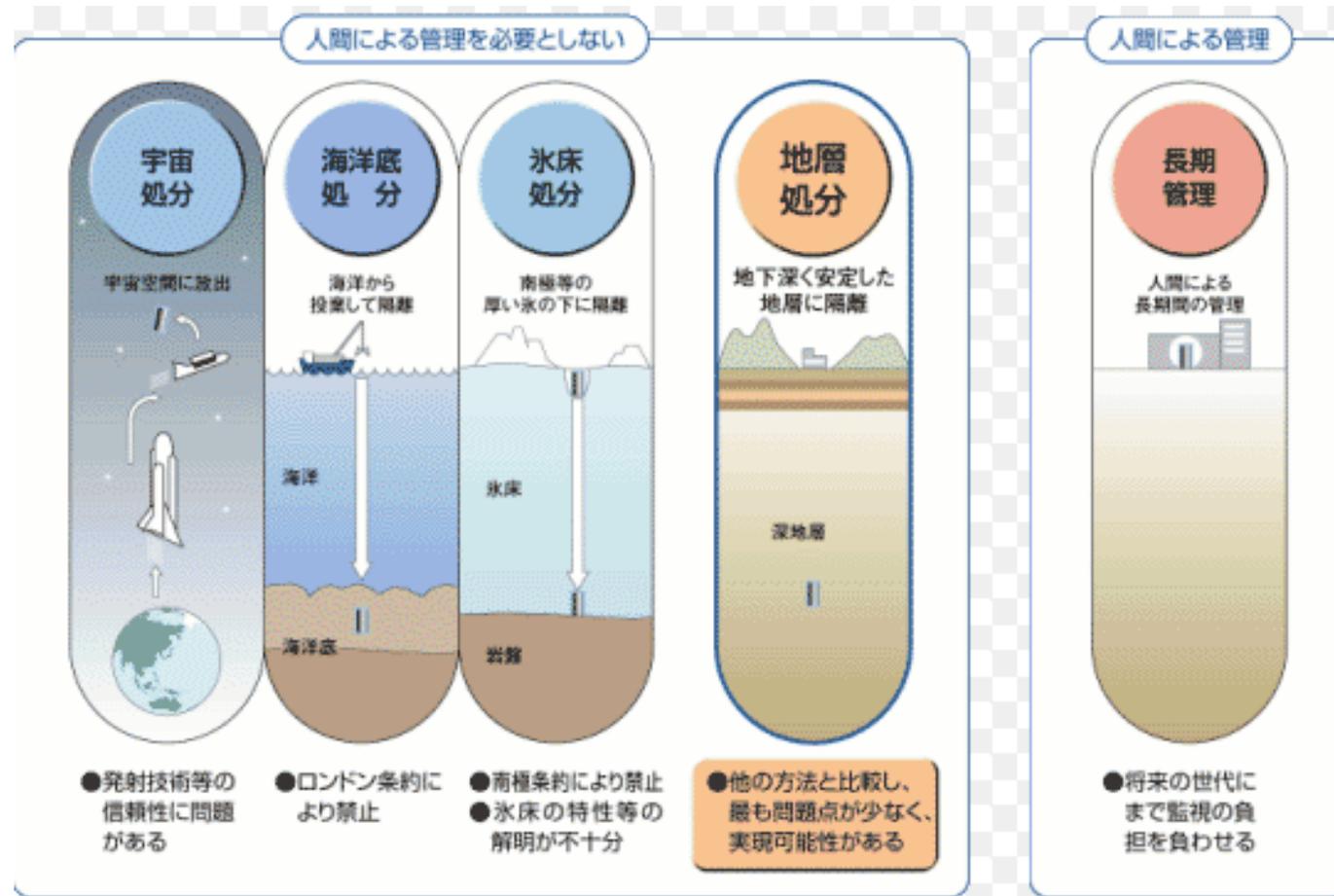


# 排出物・廃棄物

火力発電 → 二酸化炭素ほか

原子力発電 → 高レベル放射性廃棄物

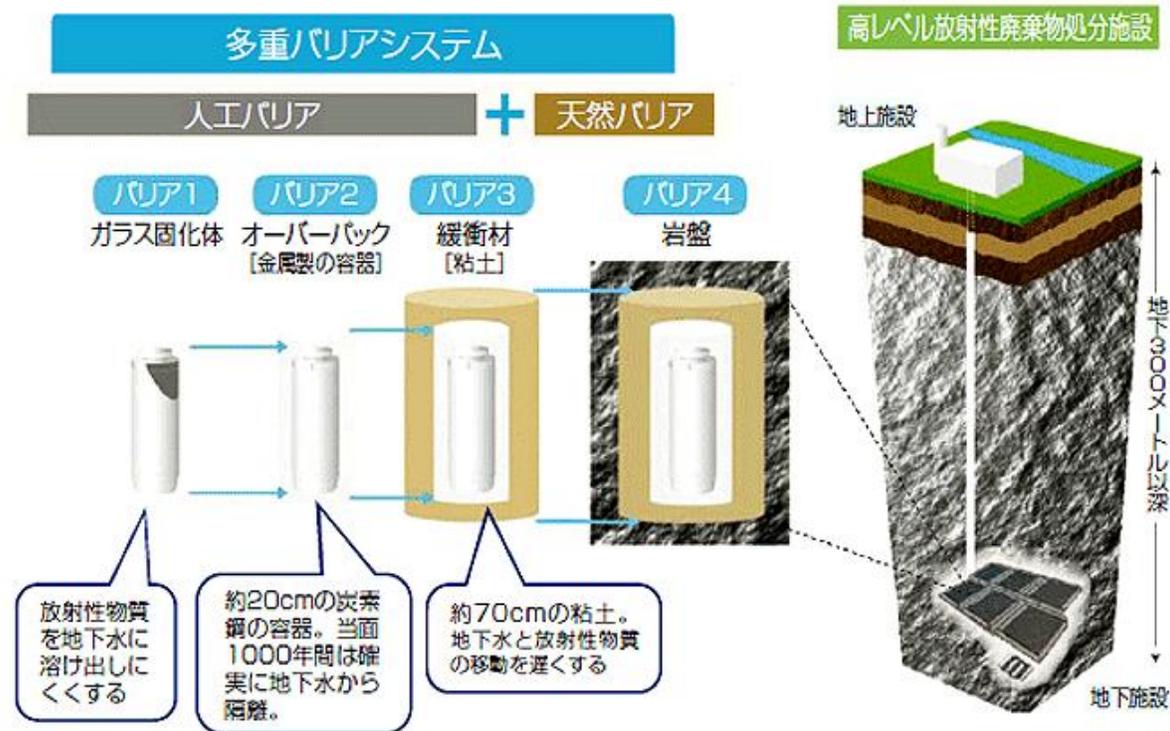
# 処分方法は？



# 地層処分

人間の生活環境から  
隔離するために、

人工的な複数の  
防護壁と地質環境  
→人工バリア と  
天然バリア





ガラス固化体

炭素鋼 20 cm

ベントナイト 70 cm

高さ ; 約 300 cm  
直径 ; 約 220 cm  
重さ ; 約 6.3 トン

オーバーバックの厚さ  
どのように決められた  
オーバーバックの厚さは、【融けやすさ】  
【調整の圧力に耐えるための厚さ】の

# 「高レベル放射性廃棄物の処分問題」を学ぶ基本教材

教師用解説編



## 目次

1. 本教材のご利用にあたって	1
2. 高レベル放射性廃棄物とは	
(1) 原子力発電における核分裂	3
(2) 燃料サイクルとは	4
(3) 放射性廃棄物とは	5
(4) ガラス固化体とは	6
(5) 高レベル放射性廃棄物の処分方法	7
(6) 地層処分とは	8
(7) 地層処分の実態について	9
(8) 諸外国における地層処分の現状	10
(参考) 放射線の基礎知識	12
3. 関連資料	13
4. ワークシート集	19
5. エネルギー教育関連の教材、情報等のご案内	25



# 日本のエネルギー2018

エネルギーの今を知る 10の質問



経済産業省  
資源エネルギー庁



エネルギー教育関係者向け

# 授業の特徴 1

N中学校 (2年生5クラス 136名)

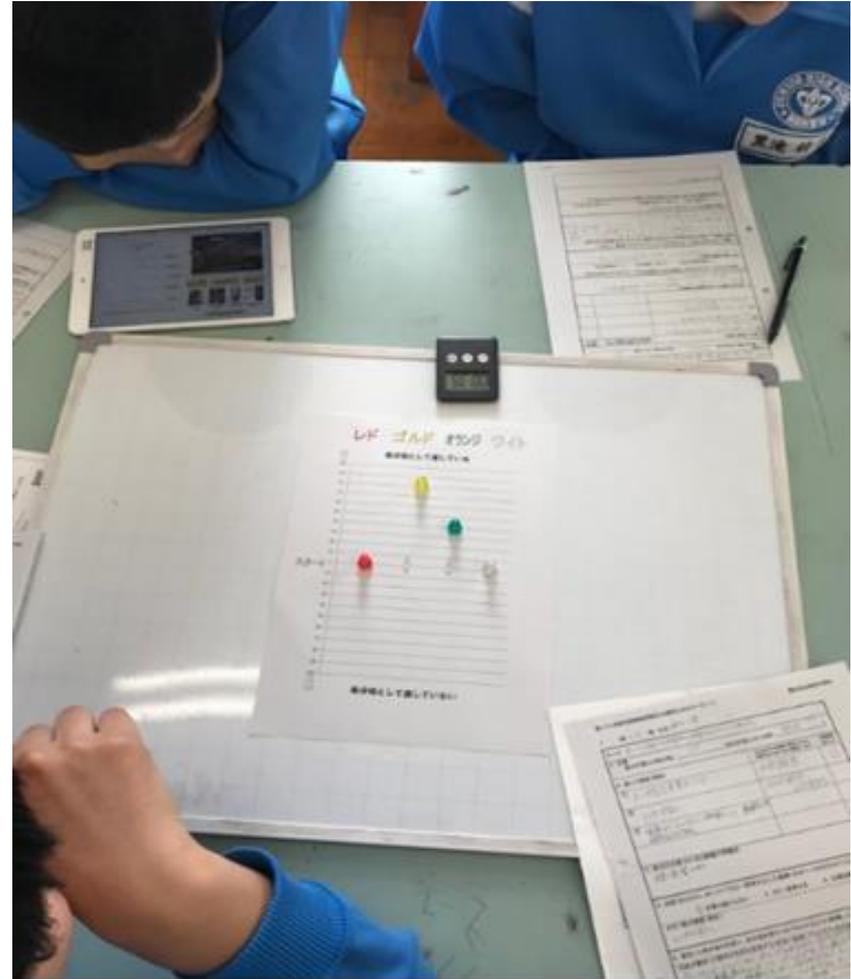
・ 2時間構成

1/2 高レベル放射性廃棄物の  
理解とiPadでの選定

2/2 論証, Argument

まとめ ;

世界各国での候補地状況  
地域と科学的特性マップ



# 授業の特徴 2

T中学校（3年生 1クラス 30名）

- ・ 社会科との共同授業  
社会科

「世界ではどんな問題が生じているのだろうか」として、貧富の差、難民やテロの問題と並んで「地球の環境とエネルギー問題」がテーマとなった。



# 授業の特徴 3

S中学校 (2年生1クラス 30名)  
(3年生2クラス 60名)

- 2年生は授業参観日に実施  
1時間構成
- 3年生  
5時間構成
  - 1/5 2040年のエネルギーミックス
  - 2/5 原子力発電と放射線
  - 3/5 高レベル放射性廃棄物の理解
  - 4/5 iPadでの処分地選定とArgument
  - 5/5 2040年のエネルギーミックスを表明, まとめ



# 授業の特徴 4

## H工業高校（2年生電子科 40名）

- ・ 2時間構成

1/2 「原子力発電は完全に廃止すべか？」

「今後日本はどの発電に力を入れるべきか？」

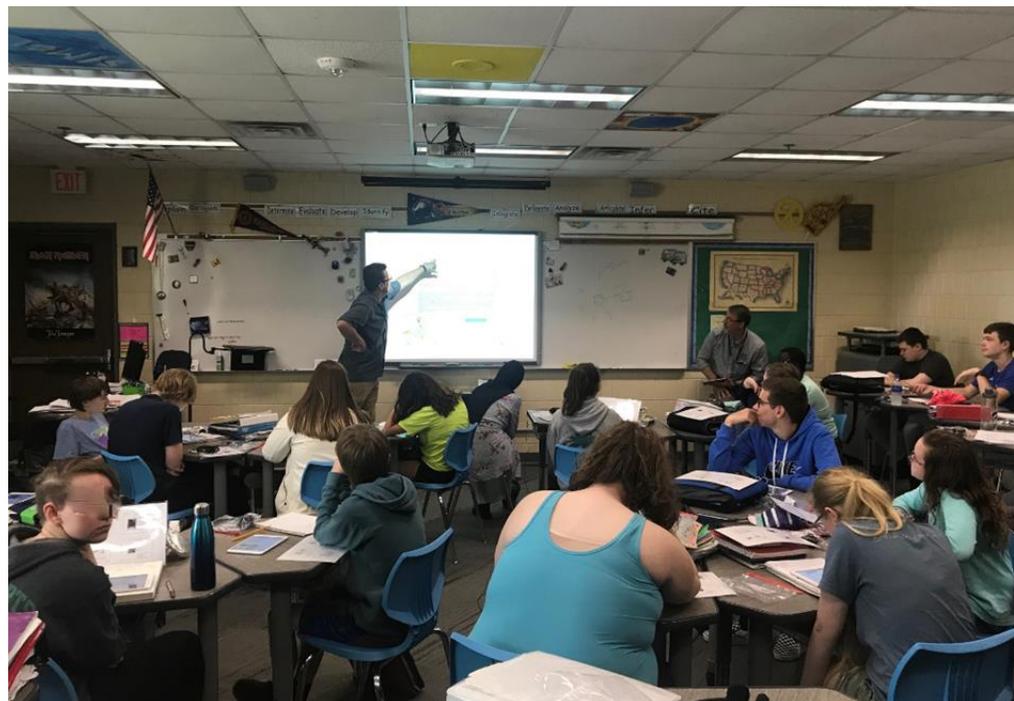
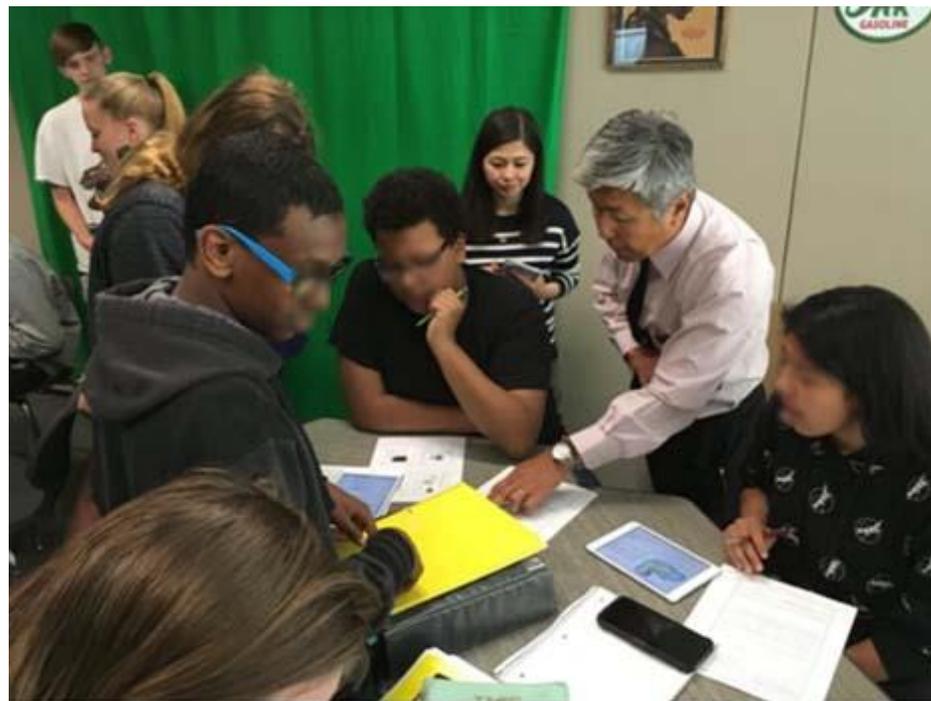
2/2 「高レベル放射性廃棄物は、どこに処分したらよいか？  
どうしたら合意を得られるか？」



# 授業の特徴 5

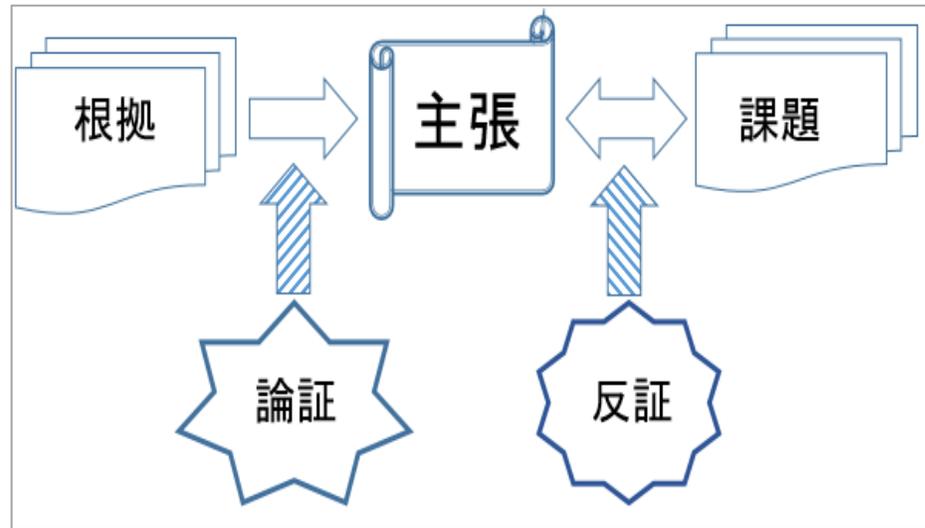
Owatonna M. School (7年生32名, 8年生150名)

- ・ 1時間構成 (80分授業) プログラム1



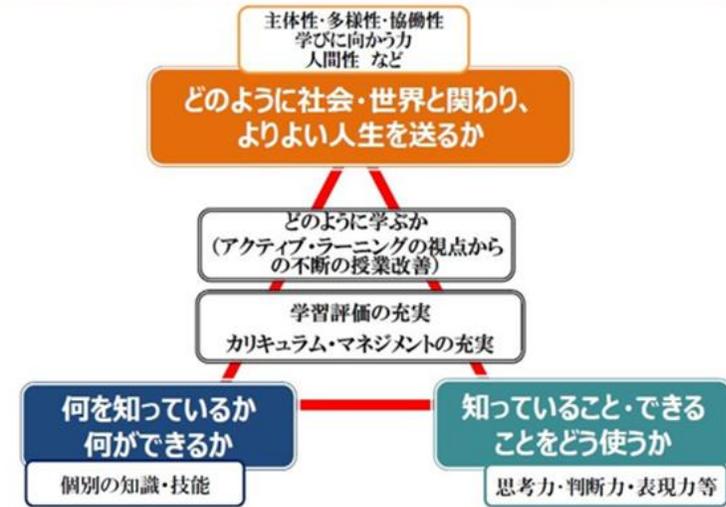
# 授業の特徴 6

大学生, 大学院生, 教員  
90分授業プログラム2

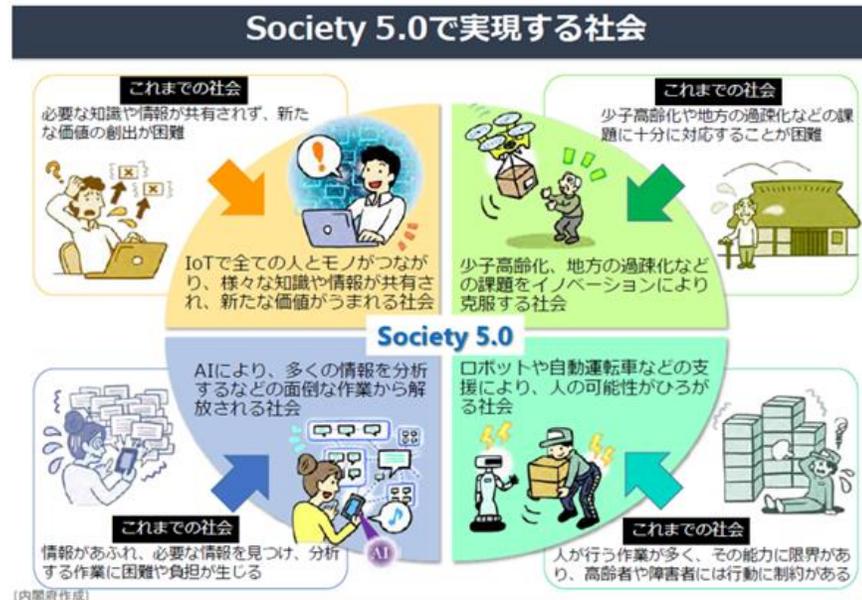


アーギュメントの構成要素

育成すべき資質・能力の三つの柱を踏まえた日本版カリキュラム・デザインのための概念



27



[内閣府作成]

2

## 実践日，実践校，受講人数等

実施年月日	実践校等	対象	人数
① 2018.12.21	S大学 工学部・情報学部	2年生	49名
② 2018.12.27	M大学 教育学部	3年生	10名
③ 2018. 1.27	K大学 教育学部	4年生	6名
④ 2019. 2.20	静岡県立 H工業高校電子科	2年生	40名
⑤ 2019. 2.23	静岡エネルギー教育研究会研修会	社会科教員	6名
⑥ 2019. 2.26	島田市立 S中学校	2年生	30名
⑦ 2019. 2.22～26	島田市立 S中学校	3年生	60名
⑧ 2019. 2.27	磐田市立 I中学校	2年生	30名
⑨ 2019. 3. 5～ 7	磐田市立 N中学校	2年生	136名
⑩ 2019. 5.14	Owatonna M. School	7年生	32名
⑪ 2019. 5.14～23	Owatonna M. School	8年生	150名
⑫ 2019. 5.30	H大学	1年生	12名
⑬ 2019. 6.10	Y大学 生命環境学部	3年生	36名
⑭ 2019. 7. 9	S大学 教育学部	2年生	26名
⑮ 2019. 7.19	S大学 人社・教育・理・農学部	3, 4年生	58名
	合計		681名

## プログラム受講人数

中学生 (日本)	256名
中学生 (米国)	182名
高校生	40名
大学生	197名
教 員	6名

---

**合 計**

**681名**

## 調査内容・ワークシート

### ➤事前調査：

「思考・判断・主張」に対する意識化を意図して作成

### ➤ワークシート：

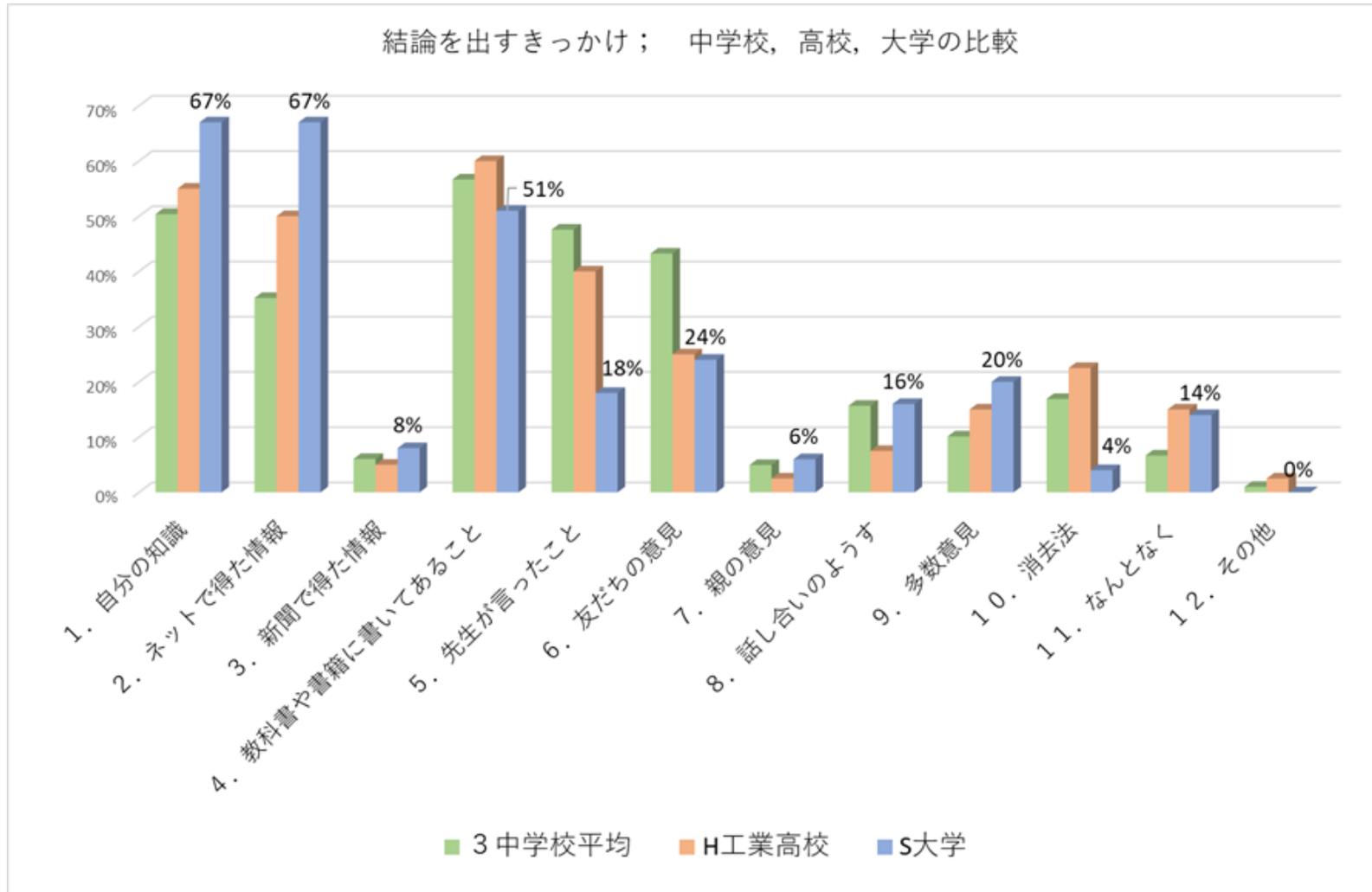
Argumentスキルの育成を目指して作成

### ➤事後調査：

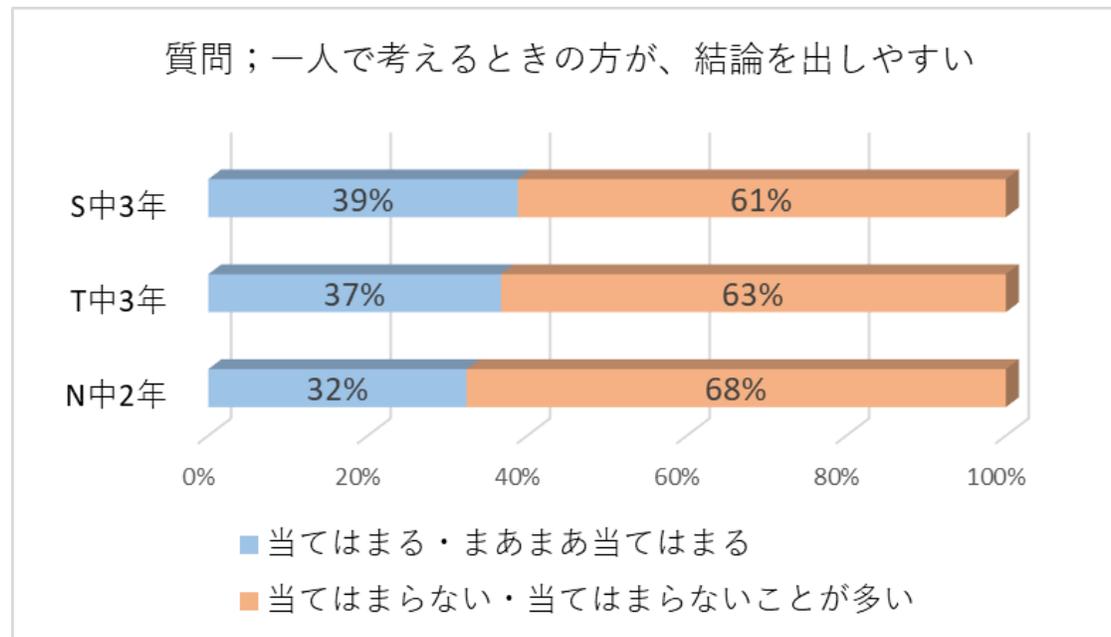
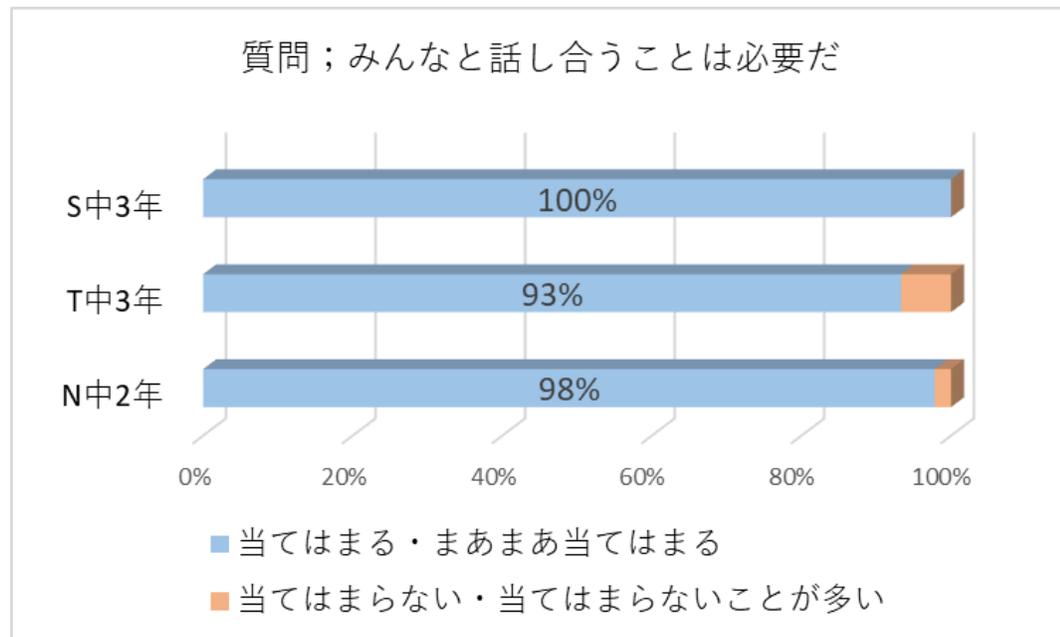
高レベル放射性廃棄物地層処分問題の再認識，意識化，  
Argumentに対する認識，スキルの育成を意図して作成



# 結論を出すきっかけ；中学生，高校生，大学生の比較

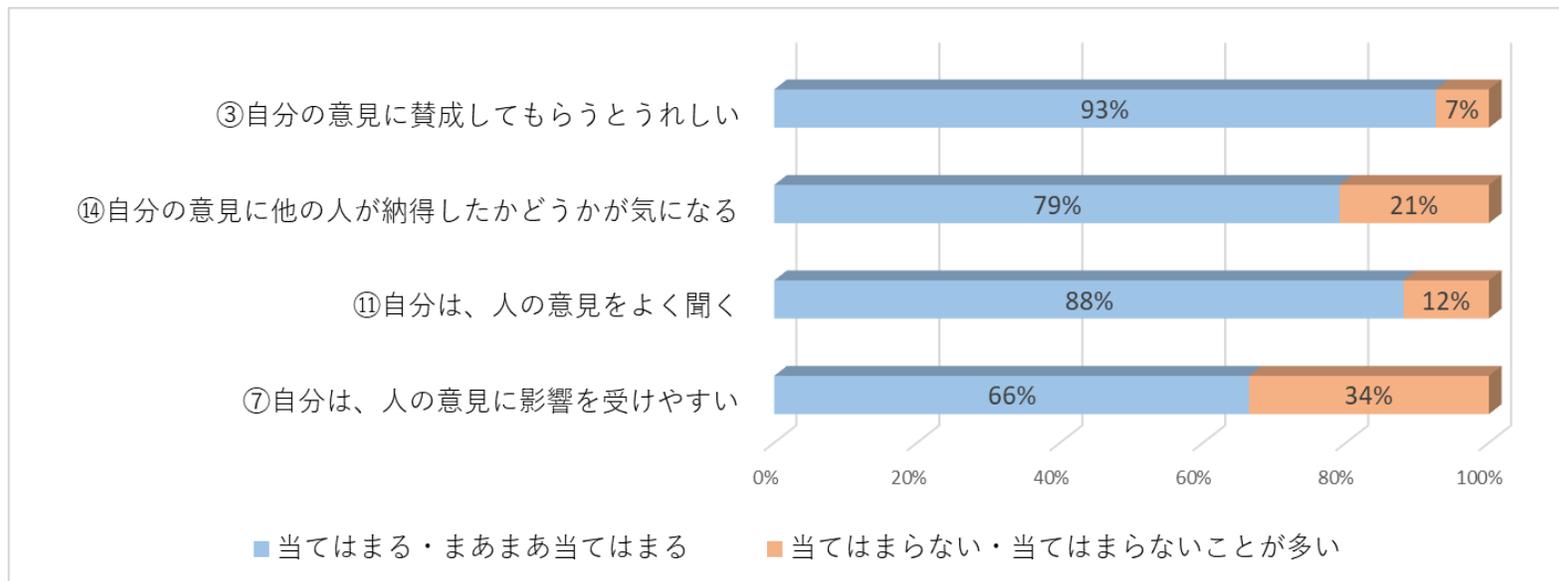
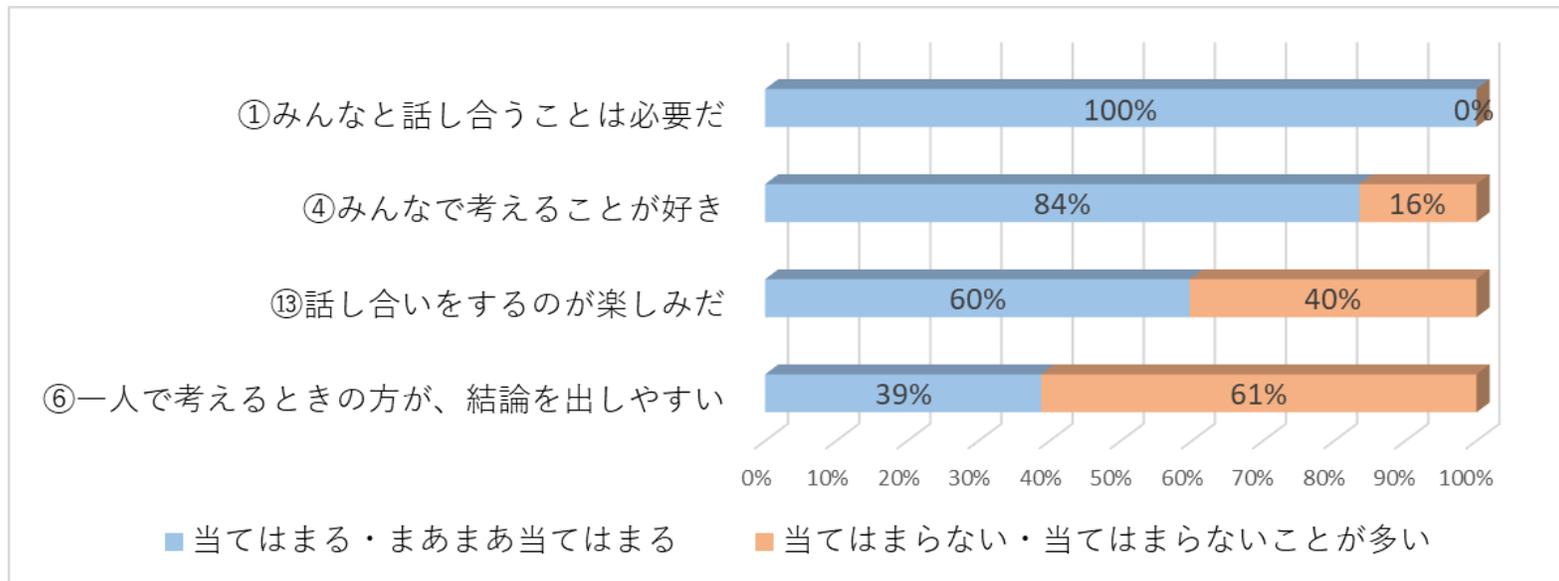


# 「思考・判断・表現」に関する中学校3校の比較

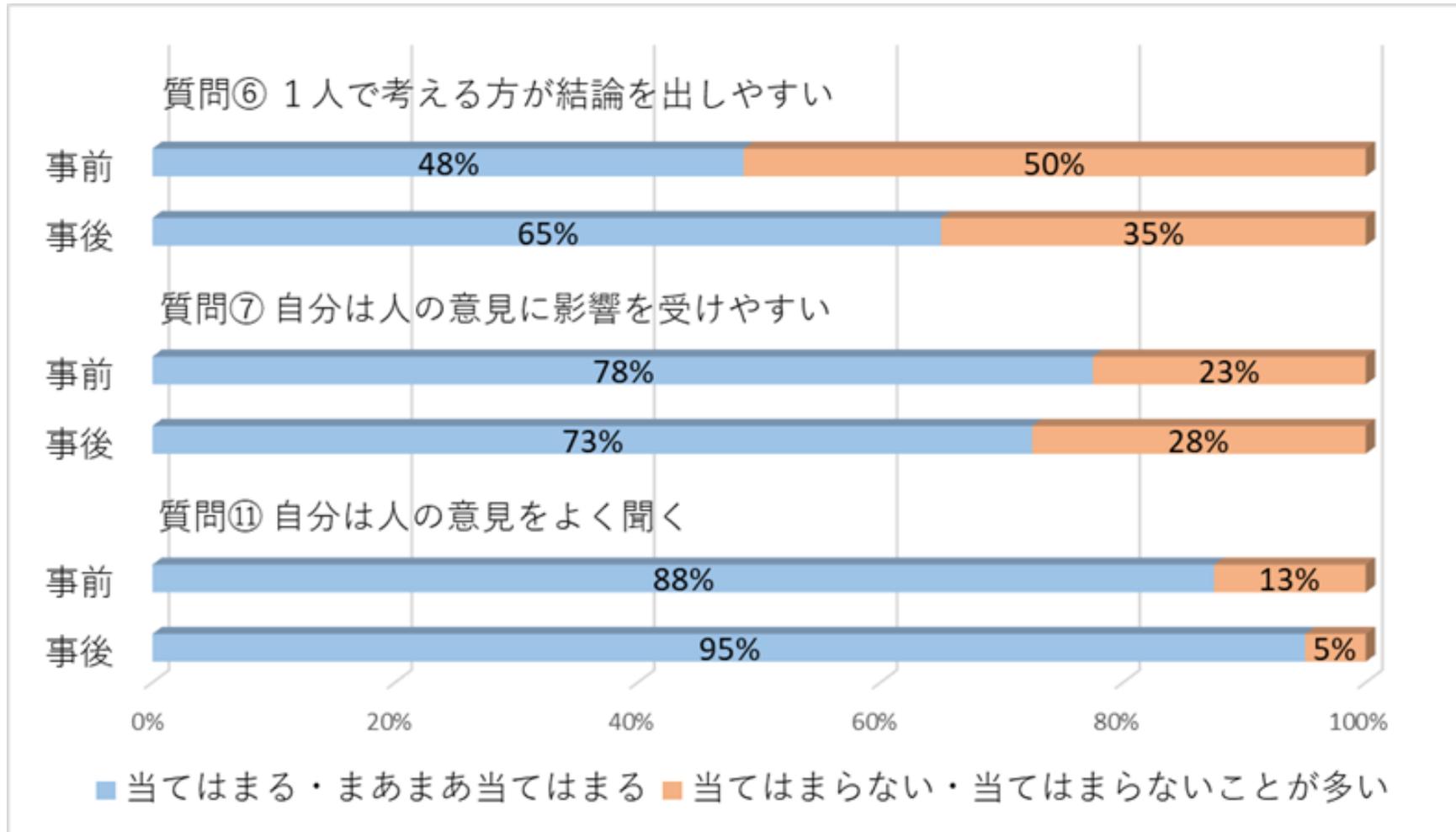


# 「思考・判断・表現」；

## S 中学校の回答割合



# 「思考・判断・表現」事前・事後調査結果の比較 — H工業高校



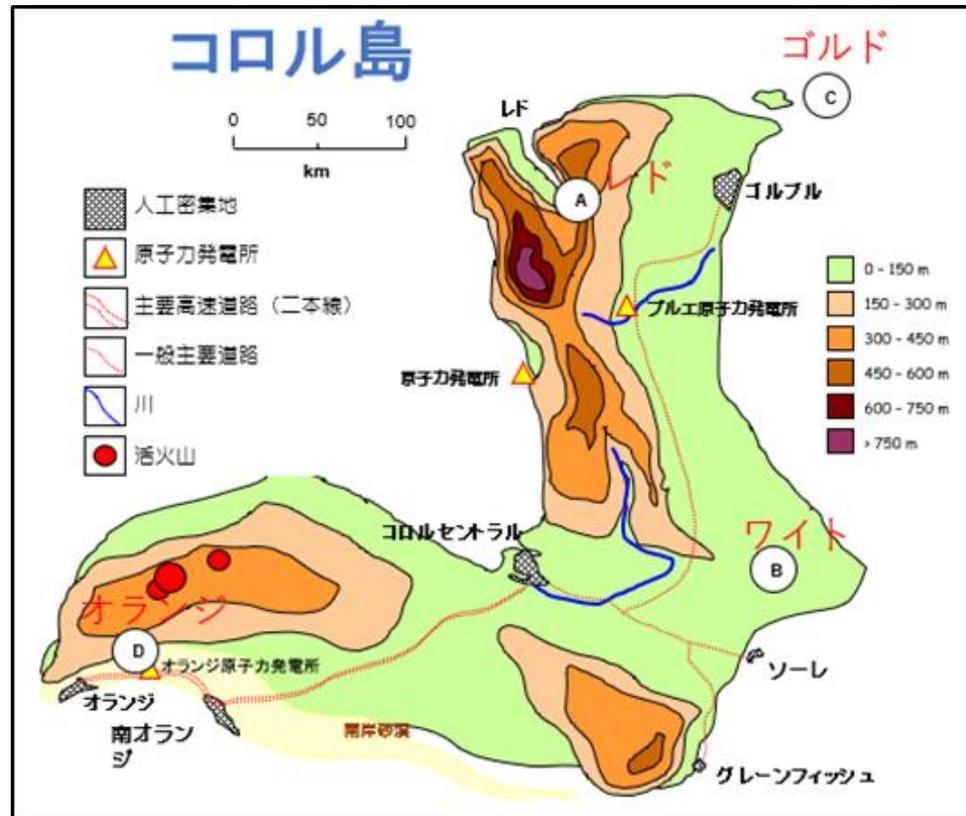
ワークシート

学号番号

氏名

# 調査資料

## ◇ワークシート◇



テーマ:

A. 主選  
自分が選んだ処分地: \_\_\_\_\_ (自分が住んでいる所: \_\_\_\_\_)

B. 選んだ根拠(理由)	Fed以外の根拠(理由)のもと [資料名や友だちの意見、など]	信憑度 □◯△
①		
②		
③		

C. 自分の主選(A)にある課題や問題点:

D. 反証(BとCから、Aについてももう一度考える)した結果(次の1~3のどれかに○をつける)、  
1. 主選は変わらない 2. もう一度考える 3. 主選を変える  
その1番の根拠(理由):

E. 選定した処分地の住民に、処分地を受け入れてもらえるように説得して下さい。  
※私が選定した郡市の住民を説得する(住民に納得してもらおうための戦略は、

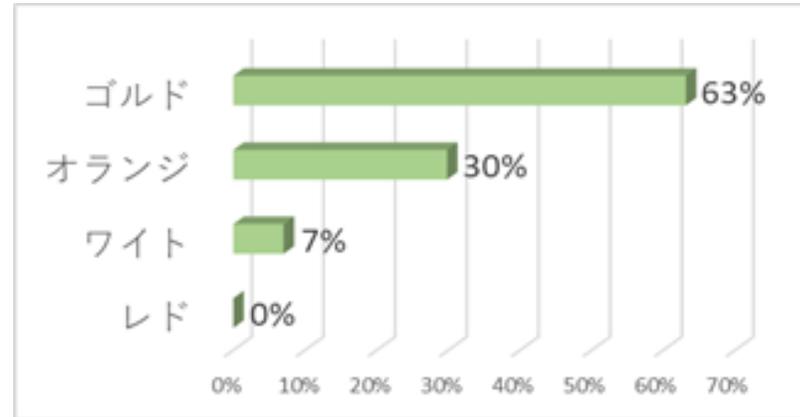
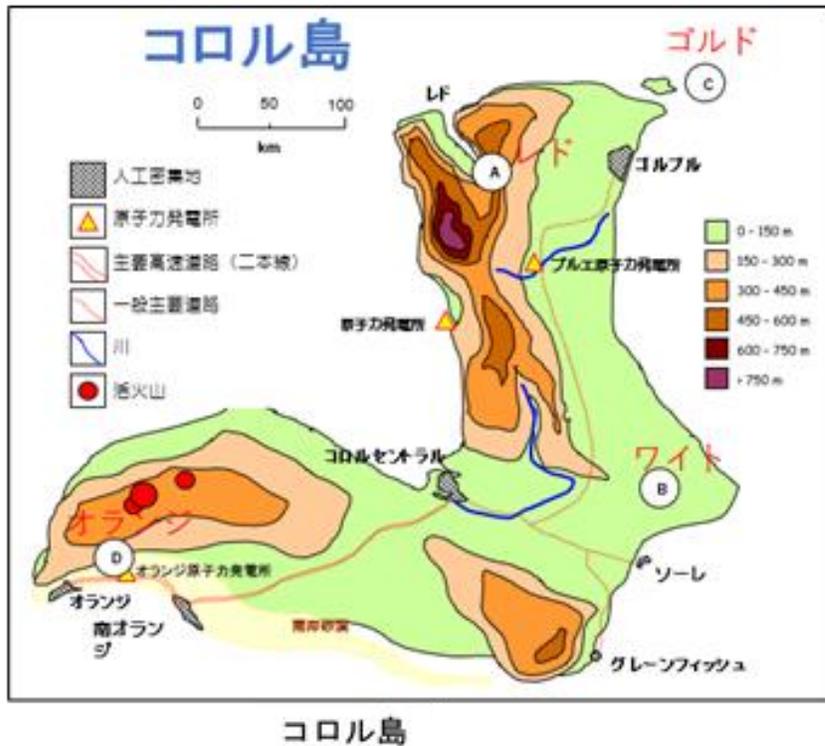
F. 最終主選(次の1~3に○をつけてください):  
1. Aと変わらない 2. 新しい主選(郡市名: \_\_\_\_\_) 3. わからなくなった

G. 相手を説得するために(自分の主選を相手に納得してもらおうために)大切なこと:

分かったこと・思ったこと:

# S大学 3,4年生の記述内容 (2019.7.19)

; 人文社会科学部, 教育学部, 理学部, 農学部

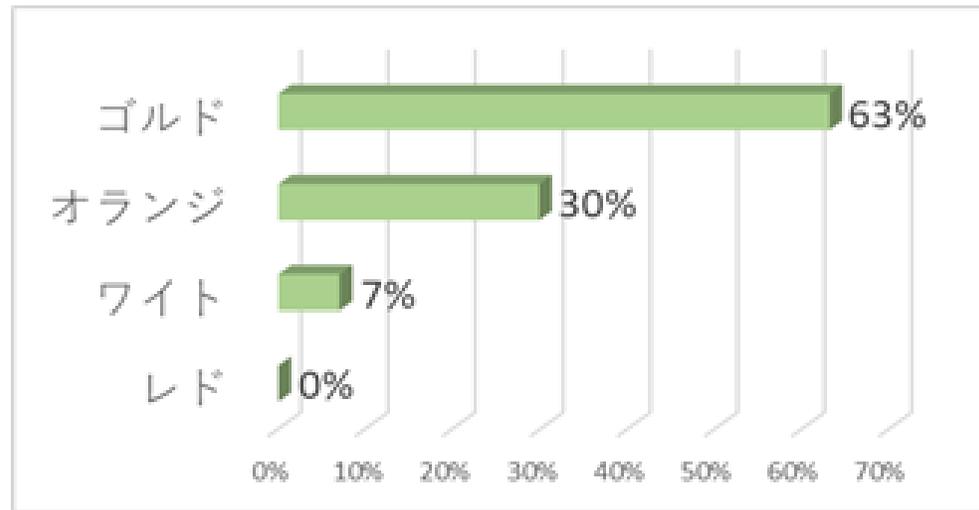


S 大学生が選んだ処分地の割合

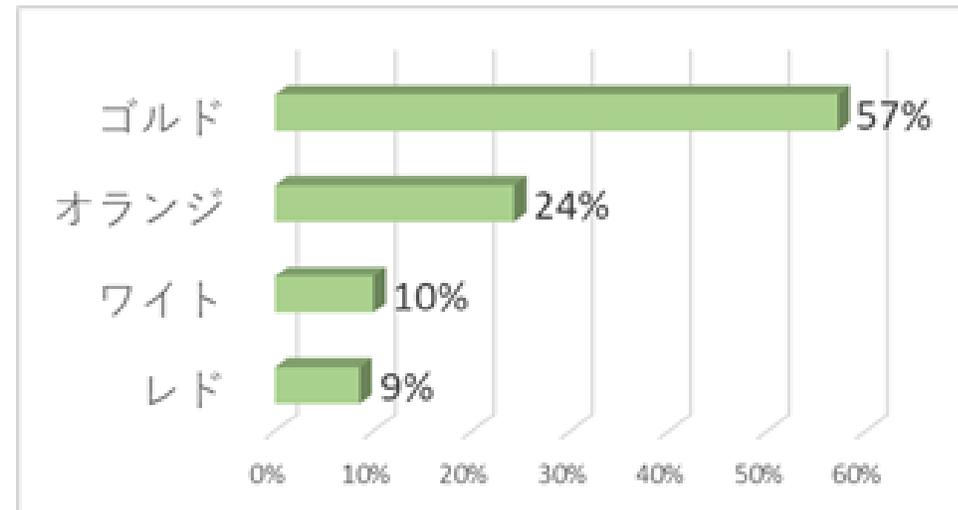
選定地	ゴールド	オレンジ	ホワイト
理由	地域振興	既存施設	産業影響
	被害範囲	住民理解	広い土地
	人口増加	政府の意向	運搬の利便性
	コスト	生計要素	
	岩盤状況	沖合の可能性	

処分地候補と選定理由

# S大学生と米国中学生の選定地



S 大学生が選んだ処分地の割合



米国中学生の選択

# 調査資料

## ◆事後調査◆

### 課題 I

#### (後日提出)

学籍番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

.....キリトリ線.....

次の質問に答えて下さい。選択肢がある場合は、【 】の中のうち、自分の考えに当てはまる数字に○をつけて、口にはあなたの考えなどを自由に書いて下さい。

① 高レベル放射性廃棄物の処分方法として地下深部に埋設する方法を、あなたは、  
【 1. 支持する 2. まあまあ支持する 3. あまり支持しない 4. 支持しない 】

その1筆の理由を、  
.....

② ポシバ(Posiva)社の地層処分動画を見た感想を書いて下さい。  
.....

③ ポシバ(Posiva)社の地層処分動画が、あなたが処分地を決定する際に与えた影響を書いて下さい(いくつでも可)。影響がなかった場合は、「無」としてその要因を書いて下さい。

.....

④ 高レベル放射性廃棄物の処分に対して、どこに、どれくらい責任があると考えますか？  
全体の責任を100として、A~Fそれぞれの( )内にその大きさを数字で表して下さい。

A. 政府( ) B. 電力会社( ) C. 原子力発電所がある地域の人々( )  
D. 全国民( ) E. その他; \_\_\_\_\_( ) F. その他; \_\_\_\_\_( )

⑤ 小学生は、高レベル放射性廃棄物地層処分問題について学ぶ必要が、  
【 1. ある ・ 2. まあまあある ・ 3. あまりない ・ 4. ない 】と思う。

⑥ 中学生は、高レベル放射性廃棄物地層処分問題について学ぶ必要が、  
【 1. ある ・ 2. まあまあある ・ 3. あまりない ・ 4. ない 】と思う。

⑦ 高校生は、高レベル放射性廃棄物地層処分問題について学ぶ必要が、  
【 1. ある ・ 2. まあまあある ・ 3. あまりない ・ 4. ない 】と思う。

⑧ 大学生は、高レベル放射性廃棄物地層処分問題について学ぶ必要が、  
【 1. ある ・ 2. まあまあある ・ 3. あまりない ・ 4. ない 】と思う。

※裏面もお願います。

⑨ このゲームに加えた方がよい(加えて欲しい)と思う情報やデータはありますか？

.....

⑩ 日本を考えた場合、日本特有の問題はどこにあると思いますか？

.....

⑪ 高レベル放射性廃棄物地層処分について、もっと知りたいことは？

.....

⑫ 自分の考えや意見を発表するときに、何が大切だと思いますか？

.....

⑬ 高レベル放射性廃棄物を地層処分しなかった場合のリスクを3つ以上書いて下さい。

.....

⑭ 国内のどこかに高レベル放射性廃棄物を地層処分した場合のリスクを3つ以上書いて下さい。

.....

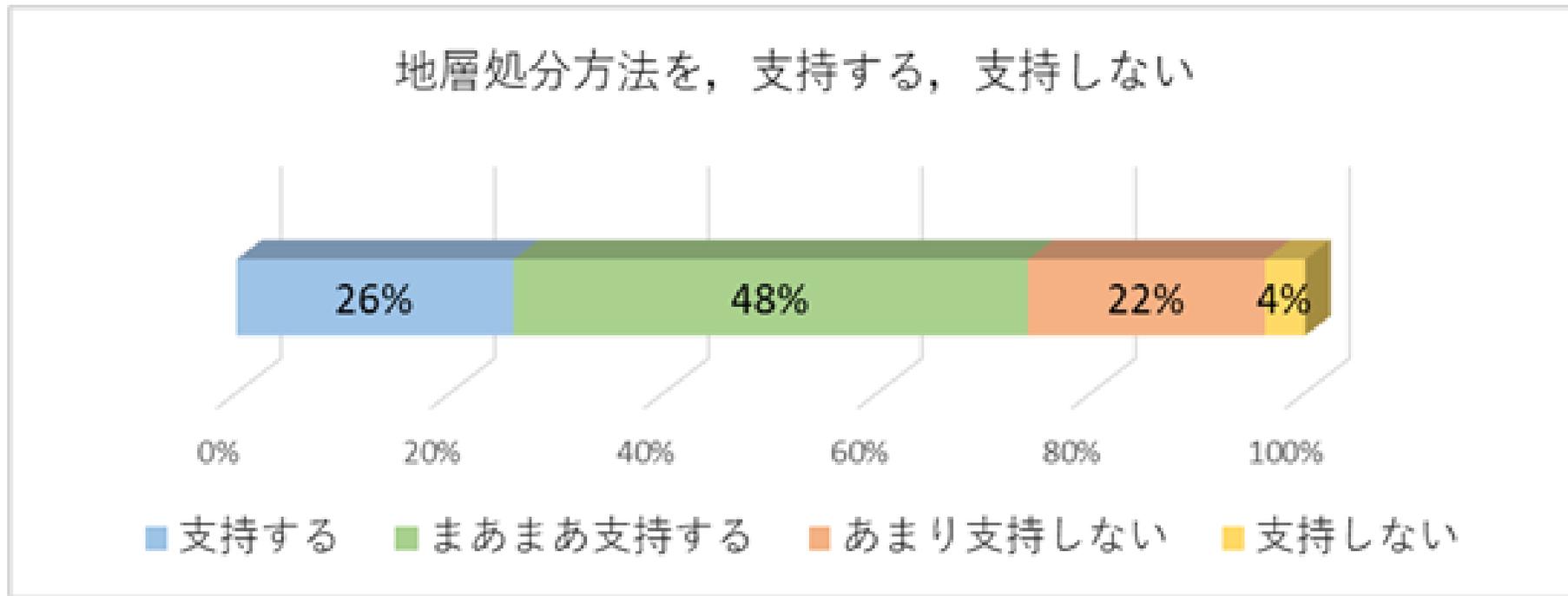
⑮ 処分場を決める際に、あなたが最も重要だと考える要素を1つ選んで○をつけて下さい。  
【1. 地上の自然環境 2. コスト 3. 地域への経済効果 4. 地下の安全性 5. 住民の合意】

⑯ 高レベル放射性廃棄物処分問題とその話し合いに関する合意形成を目指した授業について、あなたが思ったこと、考えたこと意見、そのほか何でも自由に書いて下さい。

.....

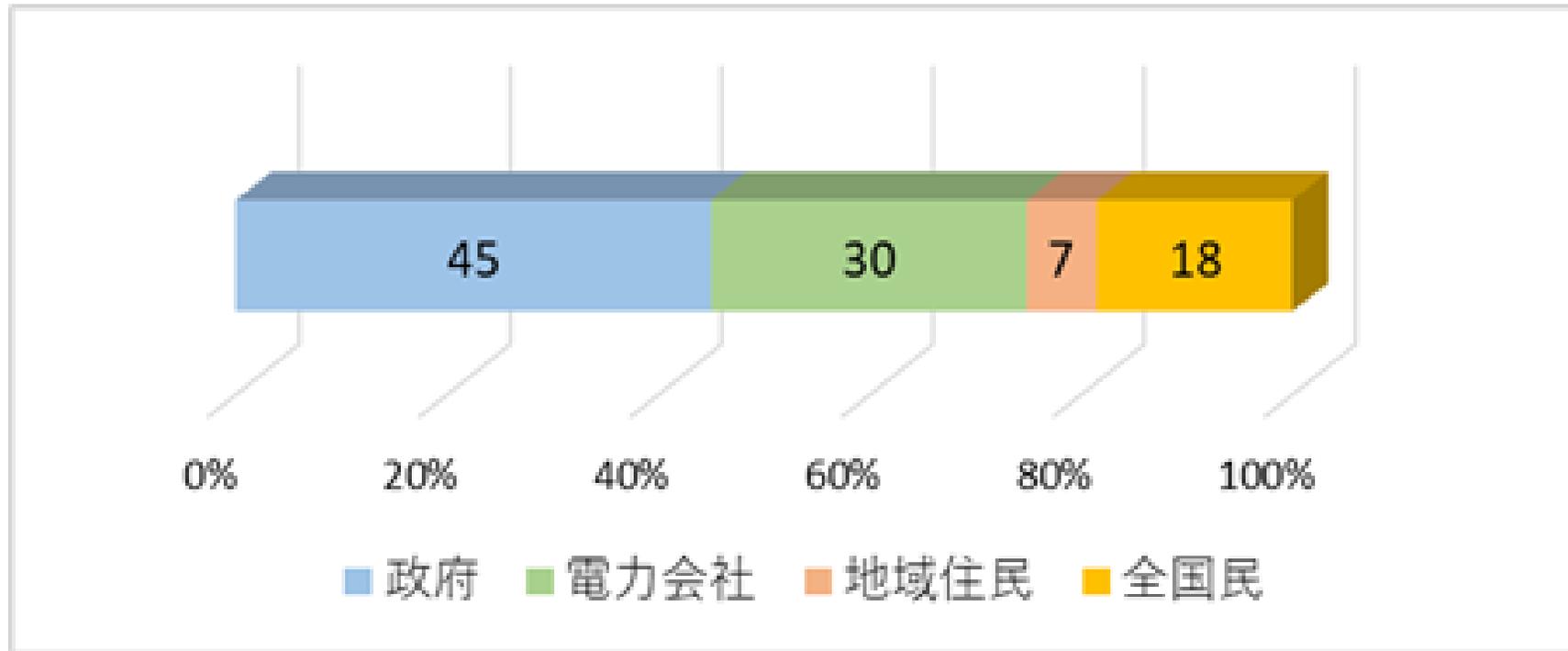
以上です。ありがとうございました。

# 課題 1 「高レベル放射性廃棄物の処分方法として地下深部に埋設する方法について、あなたは？」 ; T中学30名



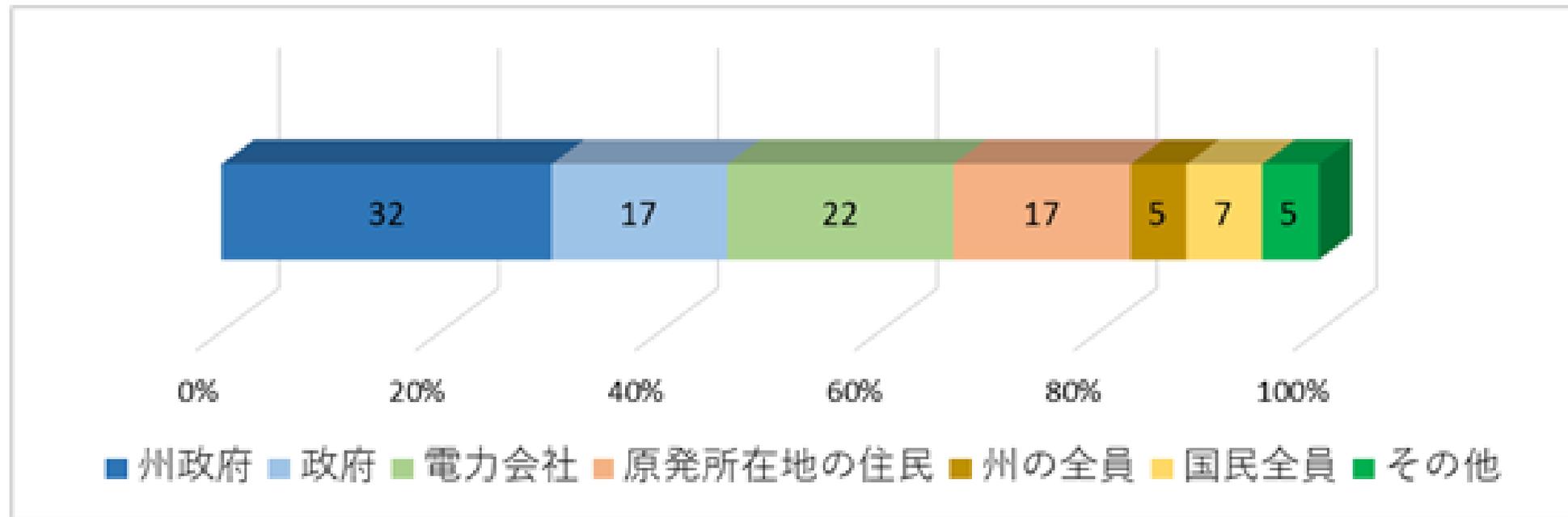
地層処分支持，不支持の割合 (T 中学)

課題 1 「高レベル放射性廃棄物の処分に対して、どこにどれくらい責任があるか」；T中学30名



廃棄物処分に対する責任の所在 (T 中学生)

# 課題 1 「高レベル放射性廃棄物の処分に対して、どこにどれくらい責任があるか」；米国中学有効人数56名

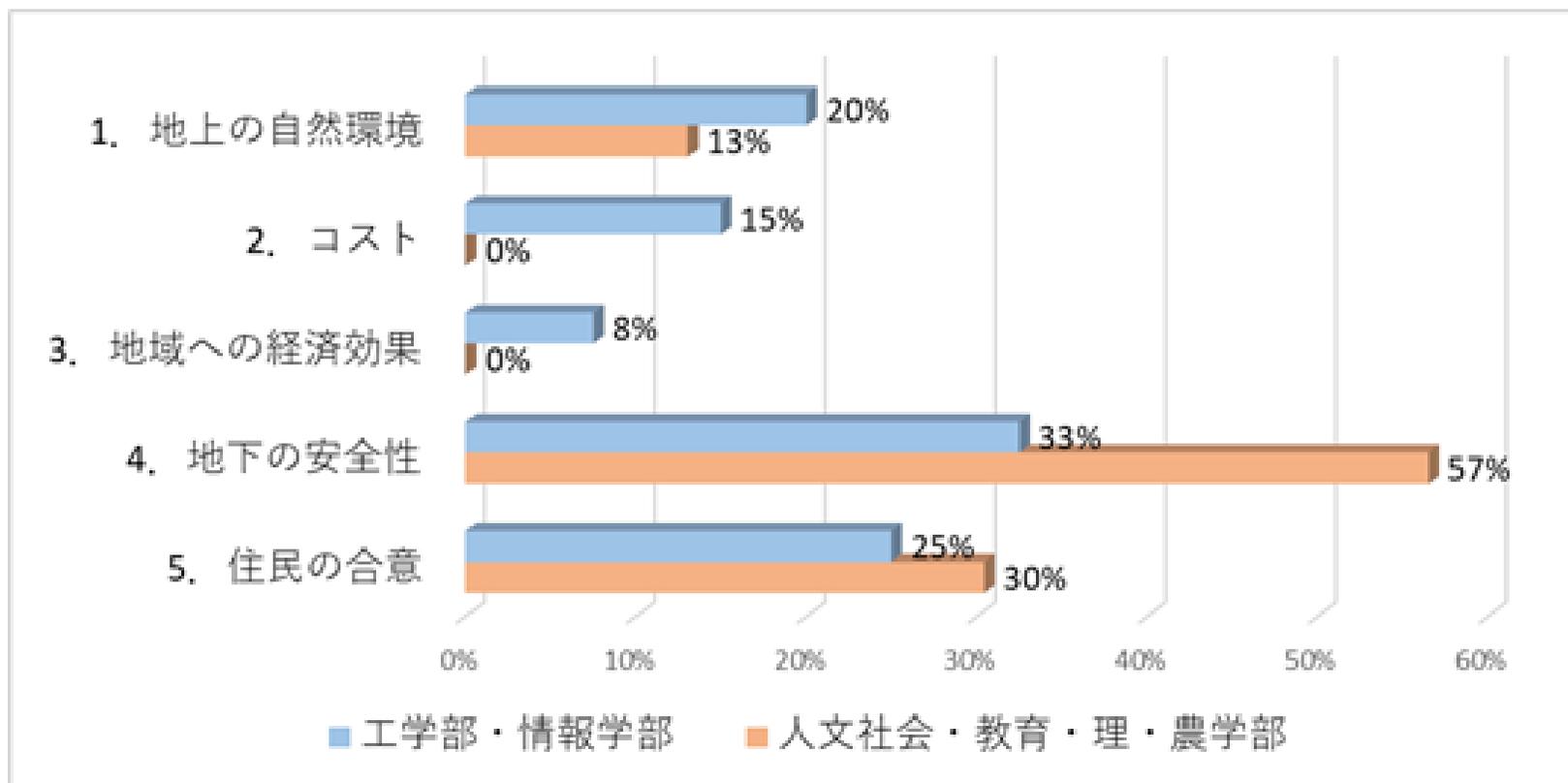


廃棄物処分に対する責任の所在（米国中学生）

# 課題 1 「処分場を決める際に、あなたが最も重要だと考える要素は？」

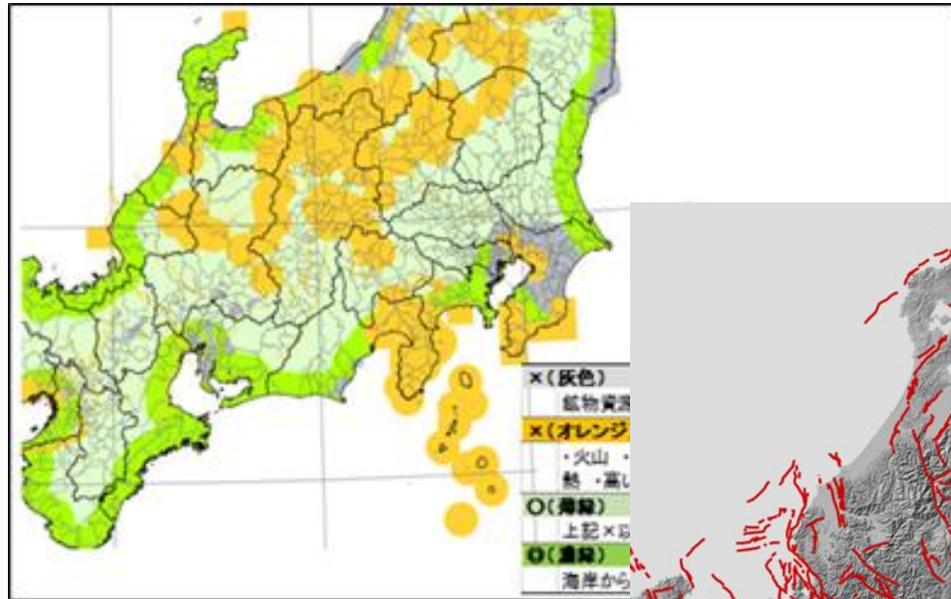
； S大学の工学部・情報学部の学生2年生49名

S大学の人文社会・教育・理・農学部3,4年生58名

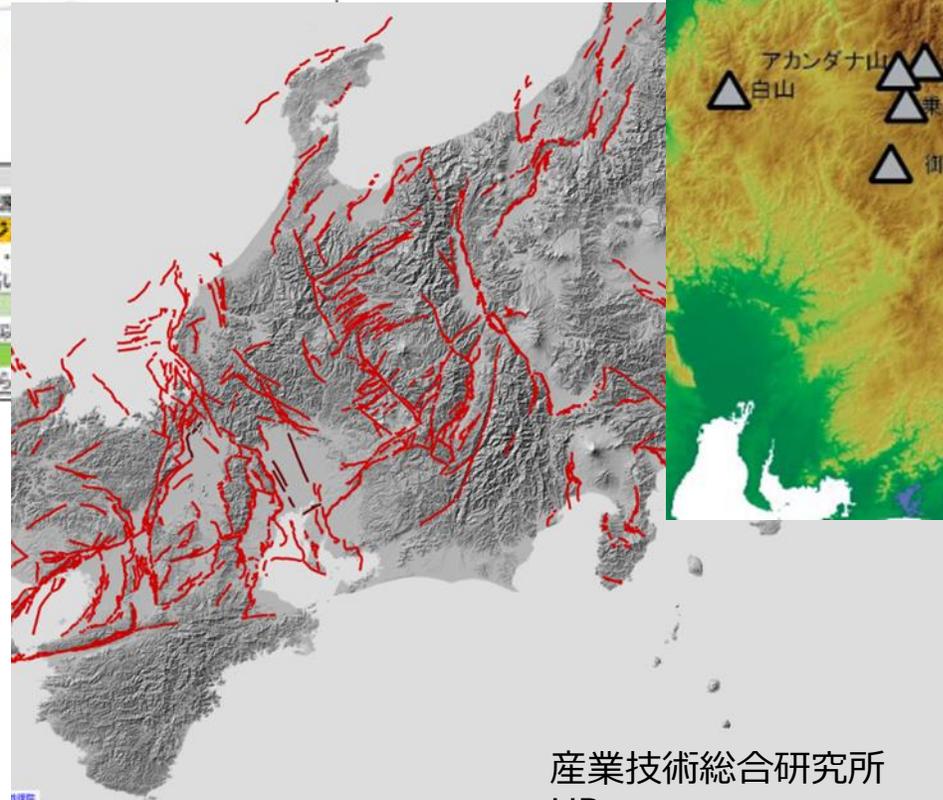


S 大学生が選択した処分地選定時の重要な要素

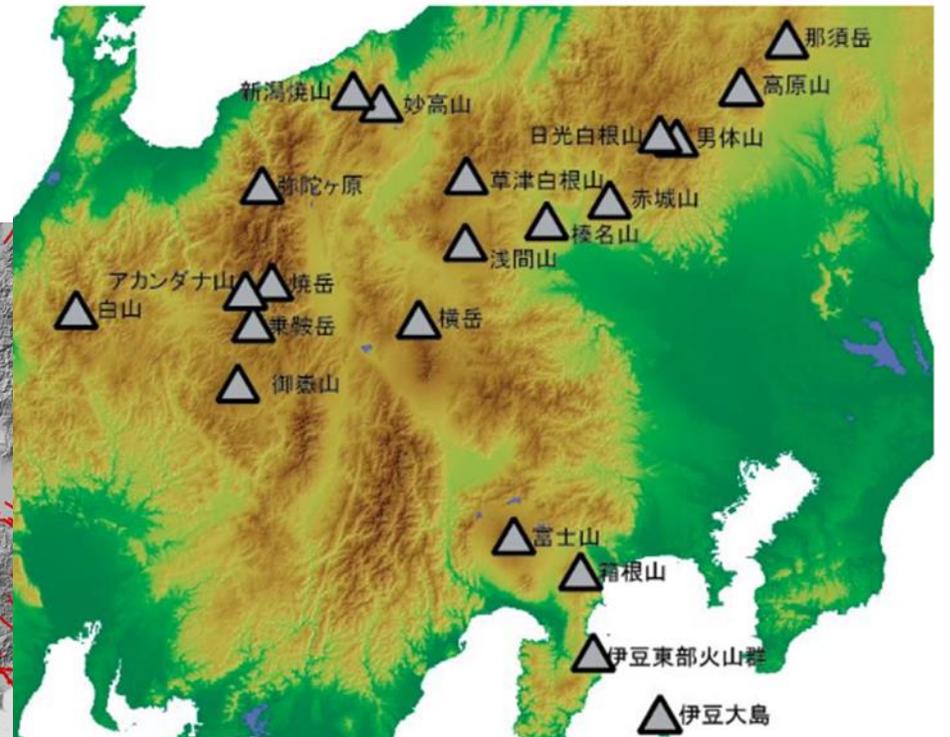
# 課題2 「中央圏に処分地を設置するとしたら？」 ； S大学教育学部理科専攻生26名



処分地選定地域の範囲

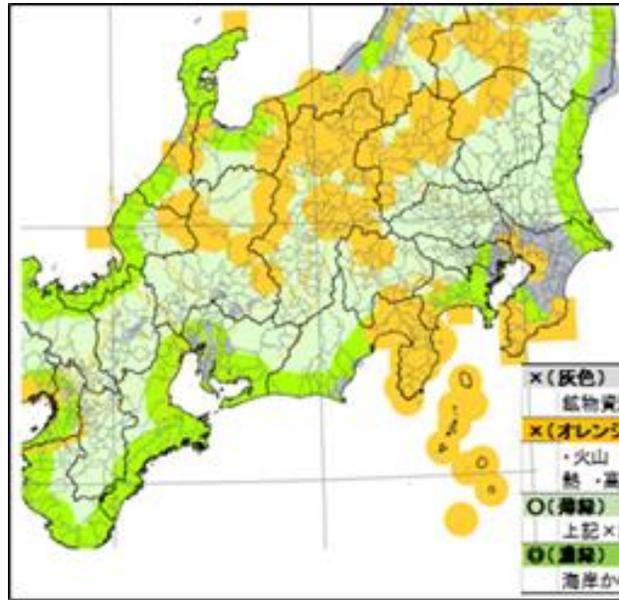


産業技術総合研究所  
HP

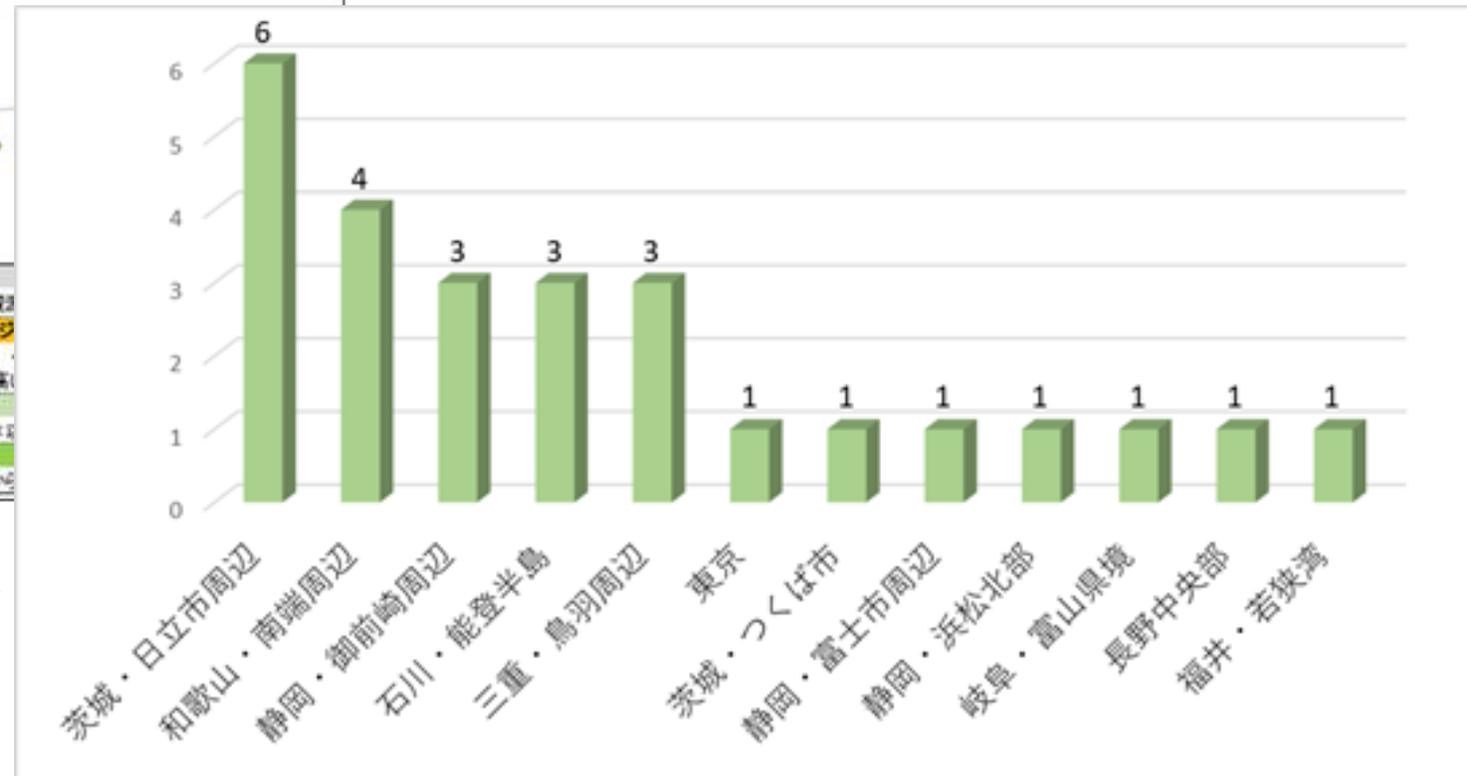


気象庁HP

## 課題2 「中央圏に処分地を設置するとしたら？」 ； S大学教育学部理科専攻生26名



処分地選定地域の範囲



大学生が選んだ処分地とその人数

# STEM教育の視点からの評価（Minnesota大学）

- 実際の社会問題をテーマとしていることに価値が大きい。  
（STEMでは、社会問題をどう組み込んでいくかが課題の一つとしてある）
- Math.の面からも評価できる。
- 読解力や表現力を評価するに適している。
- Critical thinkingによって意思決定し、Argumentするプロセスは効果的だ。
- 段階的なArgument；個、小グループ、大グループの展開を取り入れている。
  
- 思考や議論をリードする良いワークシートだ。
- ミネソタ大学の学生にも是非体験させたい。

# 受講生の記述内容から

## 中学生

- 処分地はデータだけでは決めることができない難しい問題だと気づいた。でも自分の問題としてこれからもしっかりと考えていきたい。
- みんなが根拠を持ってしっかりと考えて話し合えば、合意できると思う。今まで知らなかった問題を知れて良かった。
- 今日はゴールドを選んだ人が多かったけど、「日本」で考えるともっと選択肢は多くなっていくし、今度は住民の声もより考えなければならないと思う。考え方は同じでも放射性廃棄物の処分地を決定するのは簡単ではないとわかった。

## 教員志望大学生

- データやコストから処分地を決めることは簡単だが、その住民を説得することは難しいと感じた。しかしその中でも、しっかりとした説明で理解を得ることが大切である。廃棄物処分の問題は今後の課題なので、ニュースなどで注意して情報を集めたいと思った。
- 今、実際に社会問題になっていることに目を向け考え、議論することで、子どもの問題解決能力が育つと思った。安全性、経済や産業など様々な面から考えるのが楽しかった。
- ベストな場所を見つけるのはどうしても難しく、ベターな場所をどう探していくのかを考えるのが大切だとわかった。

# 課題

## 学校長との交渉

高レベル放射性廃棄物処分の問題を義務教育に取り入れるのには、原子力発電再稼働の可否の問題に比べればそうでもないが、ある程度のハードルがある。本実践は、この問題を仮想の島を舞台にゲームとしてタブレットで取り組むという事で、学校長から全面的な了解を得て実践することができた。しかし今後は、現実にある社会問題として科学特性マップの教材化や地層処分しなかった場合のリスク認知などの領域に向かうことは避けられない。教育委員会等との事前交渉はより重要になってくると考える。

## 実践時期の集中と授業時間の確保

エネルギーや放射線が関わる社会問題をテーマにした場合、中学校理科3年単元「科学技術と人間」のように学年末の2月から3月の学習に集中する。授業時数の確保と並んで課題である。iPadでの取り組みは生徒の興味を引き出すには効果が高いが、限られた台数を考えると平行してWebでの学習プログラムの構築を急ぐ必要があるだろう。

## 社会問題に対する学習の必然性

社会や学校を取り巻く環境は徐々に変わりつつあり、学習指導要領でも社会との関わりを取り上げるよう指示していて、生徒は社会参加の大切さを学ぶようになるだろう。しかしまずは、教師の意識改革のもと、教師自信がその必然性を持つことが肝要であるように思う。単元の枠や教科の枠を超えた取り組みが必要だと考える。

## 今後

今回の実践研究を通して、生徒や学生の授業に臨む姿勢や実践前後の記述文の内容から、彼らのいくらかは科学や技術が関わる社会問題を自らに関わる問題として意識するようになり、ある程度市民性の芽を育むことができたと考えている。

今後も、Argumentによる合意形成プロセスを組み入れた効果的な教科学習をデザインし、現場の教師と協同して実践を継続していきたいと考えている。

以上，報告します。

## Argumentによる合意形成プロセスモデルのデザインと実践

本研究は、三菱総合研究所株式会社公募による平成30年度・31年度地層処分に係る社会的側面に関する研究支援事業の採択を受け，実践した研究活動の成果です。

2019.9.6

静岡大学教育学部 萱野貴広