

日本の学校教育における 科学才能教育の可能性について

愛媛大学教育学部

隅田 学 (SUMIDA, Manabu)



今日の内容の構成

- ‘One model fits all’型教育の限界
- 新しい才能観—IQ神話を超えて—
- 教育の質的転換モデルとしての才能教育—すべての子どもたちに個性や能力を伸長する機会を—



成績はよいのに...？日本式よい授業？

- 日本の子どもたちは理科の到達度は高い（例えば、TIMSS2015: 3/25(小4) 2/39(中2))...楽しい？得意？日常生活に役立つ？将来の自己実現に必要？
- 天秤、水、メスシリンダー、石やネジ等を使った密度の実験：身近な素材を使った実験活動...才能教育コースの生徒たちの反応は？



日本の一般的な中学校理科授業の特徴 (National Center for Education Statistics, 2006)

- 日本の中学2年の理科授業は、物理や化学の少数の概念を理解することに重点が置かれ、探究重視の帰納的な手法を通じて科学概念と証拠とを関連づけることが多い。そこでは、データを収集して解釈し、一つの科学的な考えや結論を導き出す。……学習活動を行う前に、教師が、これから調べて明らかにする問いを生徒に提示することが多く、予想を求めることもある。……活動の後に行われるクラス全体の話し合いでは、通常、一つの結論、つまりその授業の主要な科学的な考えを導出する。日本の理科授業では、限られた数の一般的で標準的な科学概念を扱い、生徒にとって挑戦的であったり難易度が高い理論的なものは扱っていない。……

PISA2015調査の世界的な文脈から見た 我が国の科学リテラシー国力

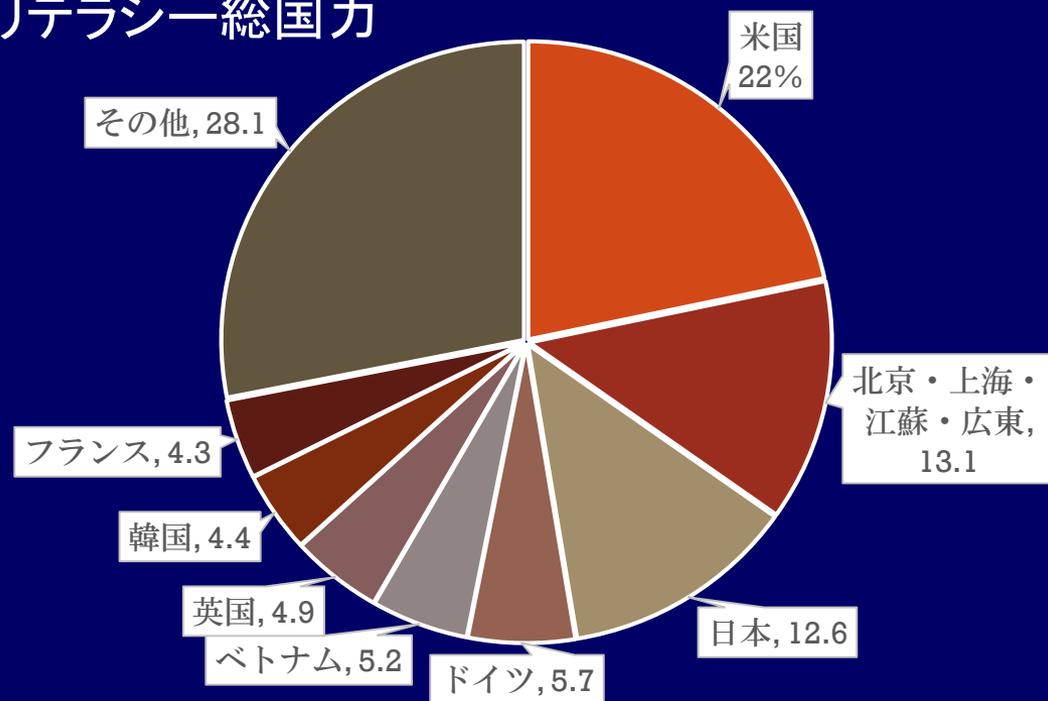
□上位層(PISAレベル5以上)の広がり20%の壁

日本 2006:15.1 2009:16.9 2012:18.2 **2015:15.3** (%)

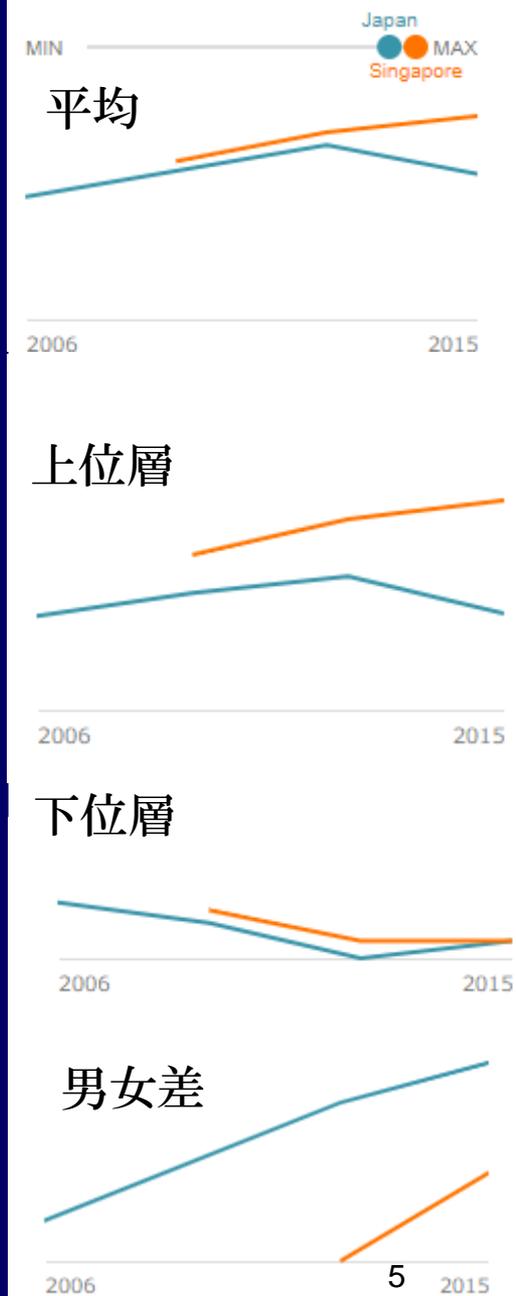
シンガポール 2009:19.9 2012:22.7 **2015:24.2**

□広がる男女差

□科学リテラシー総国力



世界の15歳段階における科学的リテラシー・タレントプール



日本とシンガポール比較

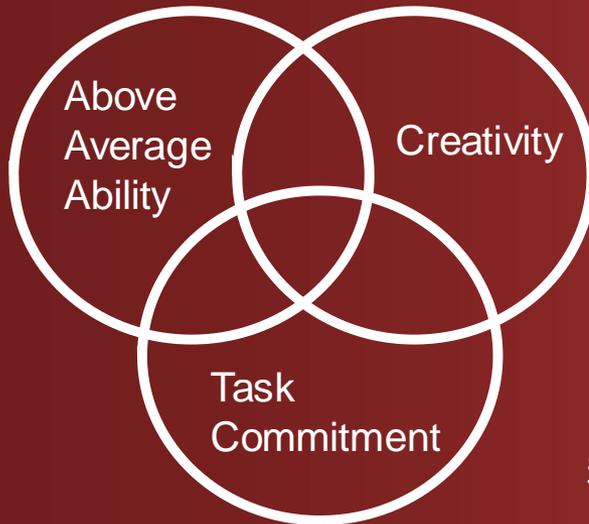
今日の内容の構成

- 'One model fits all'型教育の限界
- 新しい才能観—IQ神話を超えて—
- 教育の質的転換モデルとしての才能教育—すべての子どもたちに個性や能力を伸長する機会を—

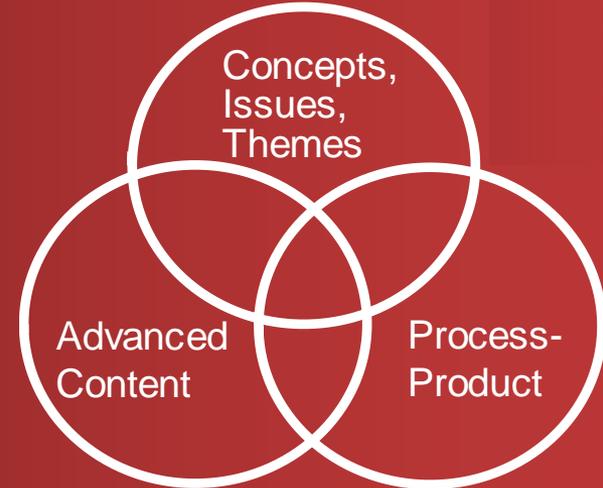
「才能」とは何か？

■ IQ 130 over ?

ジョセフ・レンズーリ



ジョイス・ヴァン
タッセルバスカ



私(隅田)の2E研究



才能と学習困難とをあわせもつ児童生徒 (Twice-Exceptional: 2E Children)の特徴

- 単純な課題は苦手だが、複雑で高度な活動は得意である。
- 時間制限のある課題が苦手である。
- 対人関係がうまくできない。
- 想像力が豊かである。
- 視覚的な記憶力に優れている。
- 特定分野に高い専門性を示す。
(例えば、虫、恐竜など)。

.....Johnsen & Kedrick (2005)

理科で優れた行動特徴のチェックリストの開発

- 小学生向けに、理科で優れた行動特徴のチェックリストをオリジナルに開発

Sumida, M. (2010). 'Identifying Twice-Exceptional Children and Three Gifted Styles in the Japanese Primary Science Classroom', *International Journal of Science Education*, Vol. 32, No. 15, pp. 2097-2111.

因子分析の結果 (1)

理科における一般的な有能性



理科才能行動チェック項目	負荷量
観察・実験の結果をわかりやすく伝える(技5)	0.957
理科で学んだ知識を素早く理解して覚える(知13)	0.921
観察・実験の結果から規則性や傾向を見いだす(思5)	0.912
自然事象の原因と結果を結びつけて理解している(知2)	0.910
学んだことを自分のことばで表現する(技8)	0.908
説得力のある理由づけを行う(思8)	0.890

因子分析の結果 (2)

理科に関する身のまわりの具体物に関する有能性



理科才能行動チェック項目

負荷量

生物や鉱物などをたくさん採集しようとする(関8)

0.869

生物や鉱物などを器用に採集する(技13)

0.828

生物や鉱物を特徴に応じて分類する(思15)

0.774

身のまわりの生物や鉱物などの名前をよく知っている(知11)

0.738

生物を生態に応じて飼育・栽培する(技12)

0.630

身のまわりの自然現象についてよく知っている(知10)

0.585

因子分析の結果 (3)

理科における独創的な有能性



理科才能行動チェック項目

負荷量

人とは異なる自分の考えややり方を気にせずに発表する(関12)

0.792

指示通りではなく、自分のやり方で活動しようとする(関14)

0.740

失敗を気にせず、思い切った観察・実験をする(技14)

0.714

教師がとまどうような変わった質問や考えをする(思14)

0.702

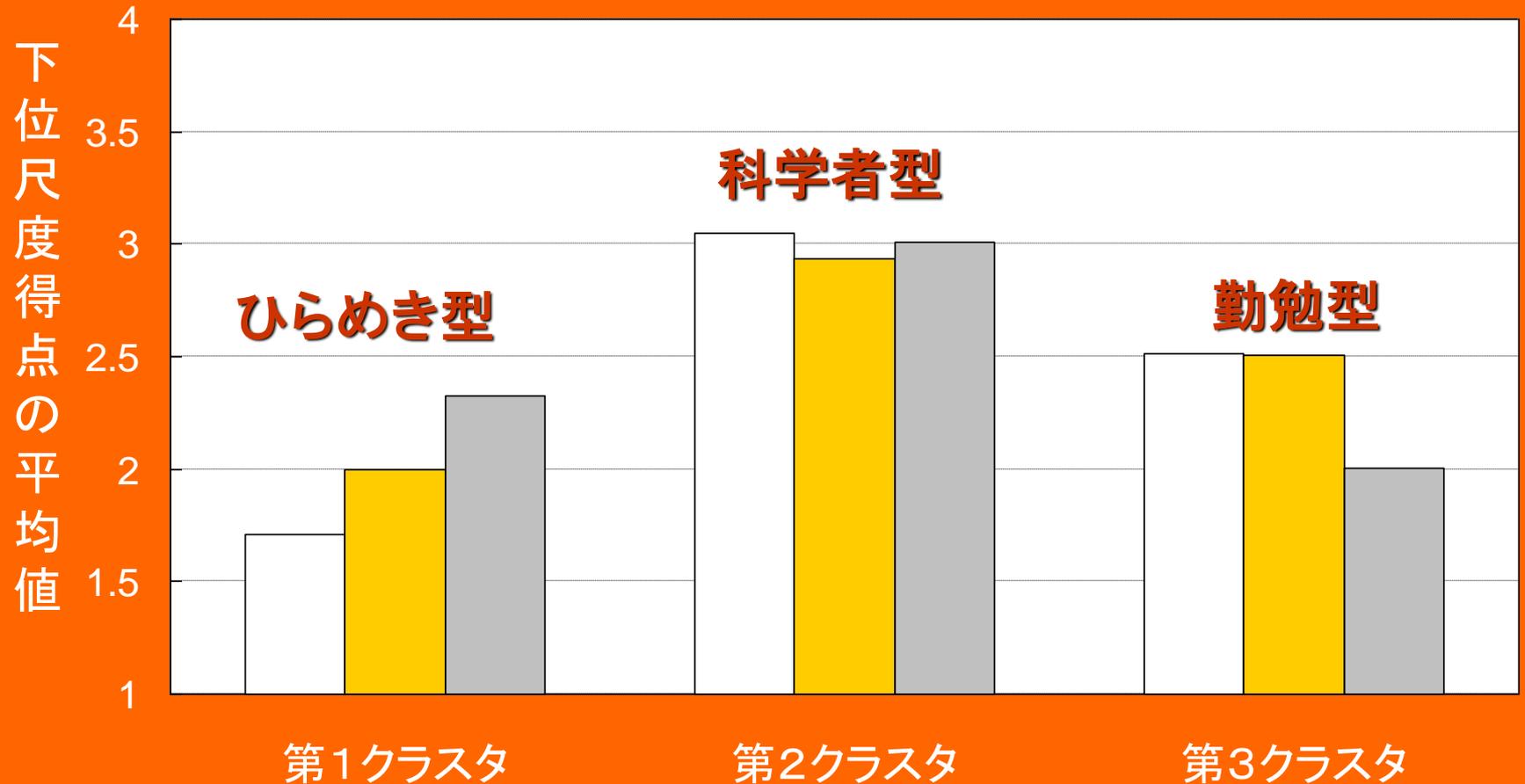
人とは異なるユニークな事柄に関心を示す(関11)

0.683

観察・実験に集中しすぎて授業時間内に活動が収まらない(関13)

0.565

□ 一般的な有能性 ■ 具体物に関する有能性 ■ 独創的な有能性



理科における3つの才能スタイル

クラスター分析の結果

		理科の才能スタイル		
		ひらめき型	科学者型	勤勉型
被験者群	A 群	31	5	7
	B 群	7	8	28

- A群の方がB群に比べて「ひらめき型」の児童が多く、B群の方がA群に比べて「勤勉型」の児童が多い。
- 「科学者型」に含まれる児童の割合は、両群間で有意な違いは見られない。ただし、その割合は10%程度である。

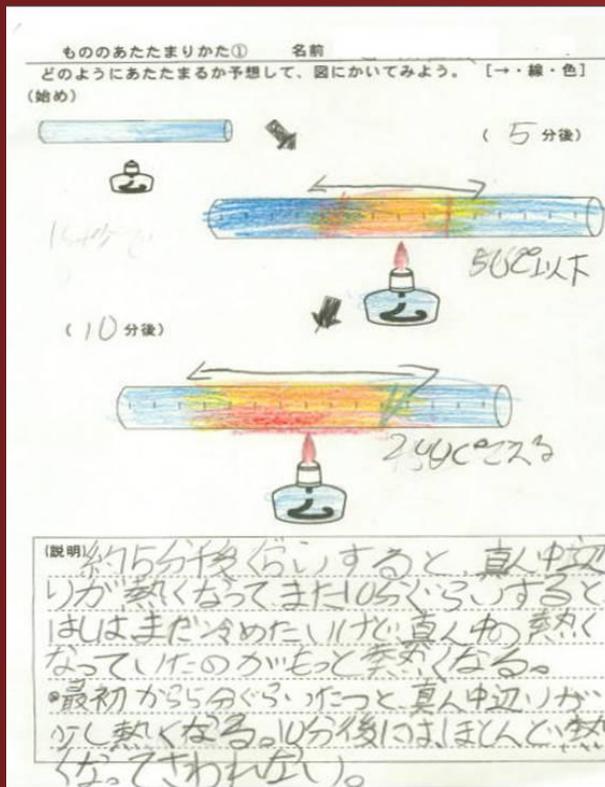
インタビュー調査から明らかになった理科2E傾向のある児童の実態例

- 理科クラブでは大変熱心で常に余分な材料を要求し、あきらめず活動する。
- 星座に関心があり、事例をとめどなく挙げる。
- 夏休みの植物採集・標本作成は見事な作品を提出した。
- カマキリを探しに行ったとき、一人、木に登って見つけたが、落ちてケガをした。
- クラスで遠慮なく発表し、すごいといわれる。
- 自分が面白いと思ったことはとことん調べて教師にしつこく説明してくれる。
- 実験室に道具があったら触っている。
- (国語では文の構成や作文が苦手)
- (算数では理解に時間がかかる。)
- (人付き合いが苦手)
- (人の行動が気になり、よく注意する。)

小学4年「ものの溶け方」単元で事例研究

(Sumida, 2012)

- 教師の演示実験へ向かう際に友達を押しつける
- 実験中に同じ班の児童とトラブル



協働性や学際性、国際性を育む

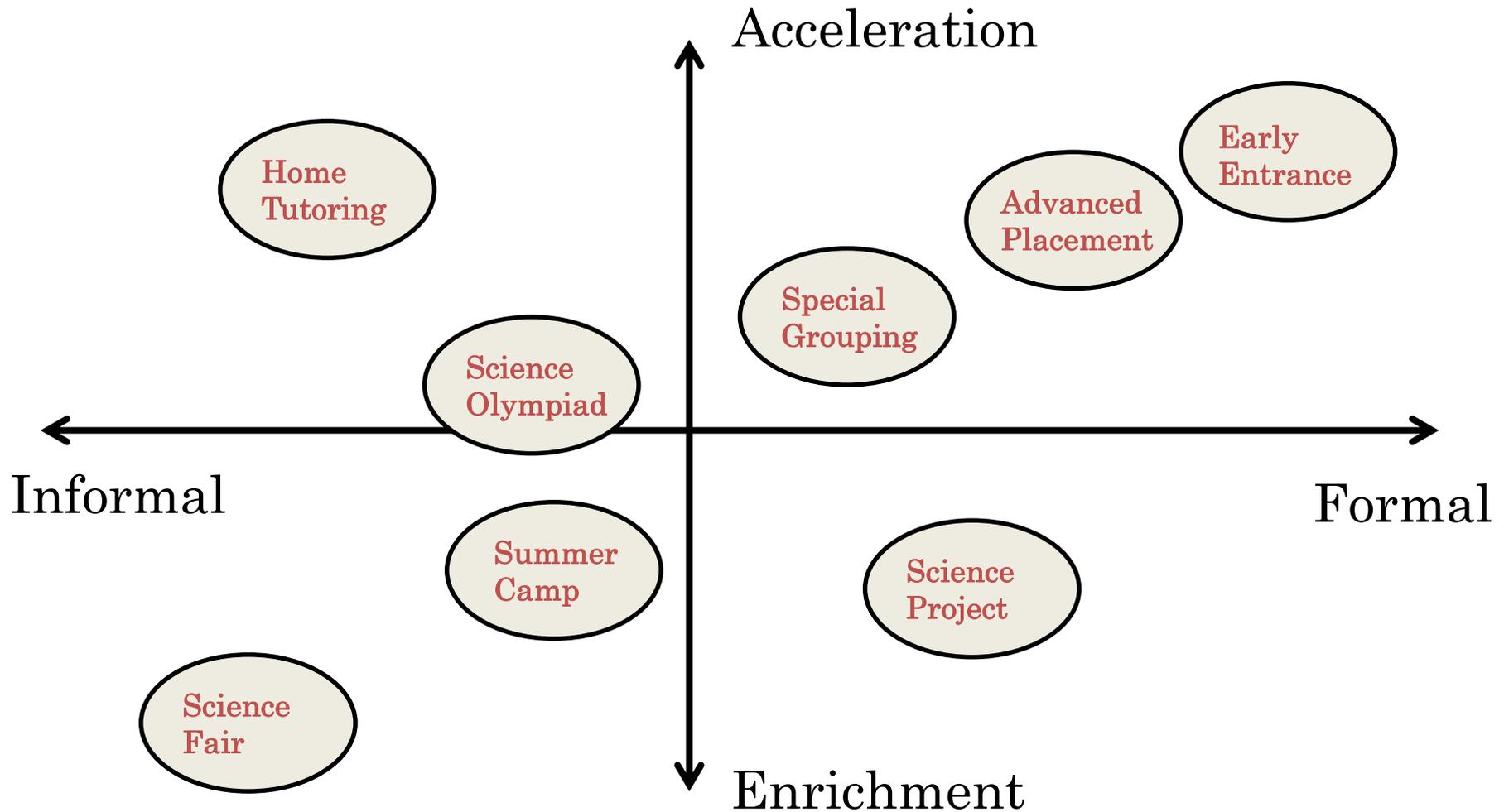


		1901-1950 (n=42)	1951-2000 (n=50)	2001-2012 (n=12)
One Laureate only		81.0	52.0	25.0
More than one Laureate	from the same country	11.9	14.0	25.0
	from different countries	7.1	34.0	50.0

(Sumida & Ohashi, 2015)

今日の内容の構成

- ‘One model fits all’型教育の限界
- 新しい才能観—IQ神話を超えて—
- 教育の質的転換モデルとしての才能教育—すべての子どもたちに個性や能力を伸長する機会を—



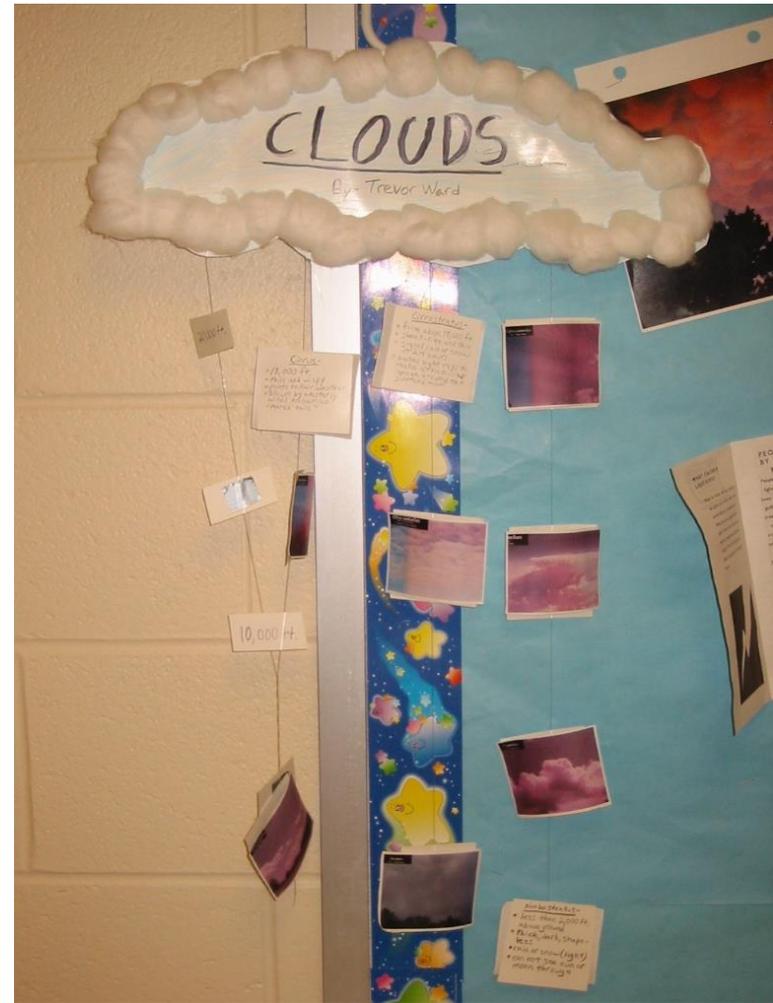
Forms and contexts of science education for gifted learners (Sumida, 2017)

海外の事例：第3学年「シャボン学」

- 1単元：15回
- 本時：シャボンの形と大きさ
- シャボン技術ルーブリック：何個のシャボンをテストして結果を記録できたか等



学校における環境作り



小学5年「ものの溶け方」単元での実践 (隅田ほか, 2014)

一般的な授業の流れ

第1 ～4 時	<p>ものを水にとかしてみよう</p> <ul style="list-style-type: none"> ・食塩を紙パックに包み, 水に入れてみよう ・気が付いたことや, 疑問に思ったことを話し合おう。 ・食塩やミョウバンは, 水に限りなく溶けるだろうか。
第5 ～9 時	<p>水にたくさんとかすには？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・食塩やミョウバンを, もっとたくさん溶かすにはどうしたらよいか。 ・水の量を増やして, 食塩やミョウバンが水にどれくらい溶けるか調べてみよう。 ・水の温度を上げて, 食塩やミョウバンが水にどれくらい溶けるか調べてみよう。 ・ろ過したミョウバンや食塩の水溶液から溶けているものを取り出すには, どうしたらよいだろうか。
第10 ～13 時	<p>水溶液の重さは？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・食塩やミョウバンが水に溶けると, 重さがなくなってしまうのだろうか。 ・これまで調べたことをもとに, 「もののとけかた」についてまとめよう。

今回の試行授業の流れ

第1時	科学の「とける」って何だろう？
第2～ 4時	<p>実験操作のプロを目指そう！</p> <p>初級: 電子天秤, 中級: メスシリンダー, 上級: ろ過</p>
第5～ 6時	<p>食塩のゆくえを探ろう！</p> <p>①保存, ②ろ過, ③蒸発乾固</p>
第7時	<p>溶けるについて研究(初級)</p> <p>(与えられた問い, 方法について, 準備物を考えて実験)(全グループ共通)</p> <p>・食塩が水に溶ける量には限度があるのだろうか？</p>
第8～ 9時	<p>溶けるについて研究(中級)</p> <p>(与えられた複数の問いから一つ選んで, 準備物・予想・方法を考えて実験)(グループ共通)</p>
第9～ 11時	<p>溶けるについて研究(上級)</p> <p>(オリジナルな問い, 実験を考えて行う)(個人)</p>
第12時	成果報告・まとめ

探究の個性化としてのオリジナル研究(1)

溶けるについて研究: 上級 **⑦** 「オリジナルな実験を考えよう！」

名前 _____

上級では「溶ける」について、自分で問いや方法を考えて調べます。初級や中級の研究結果を参考にしながら、これまでに学んだこと・日常生活で経験したこと・不思議に思ったことをよく考えて、【オリジナリティのある研究】を考えよう。ただし、内容は「溶ける」に関するもので、80分以内のできる研究を考えよう。

これまでの理科の授業で明らかにしてきた「溶ける」に関する科学の問い

- 初級①: 食塩が水に溶ける量には限度があるのだろうか?
- 中級②: 砂糖・食塩・ミョウバンの中でどれが1番よく溶けるのか?
- 中級③: 水の量を増やすと溶けるものの量は変わるのか?

自分で考えた科学の問い(砂糖)

1回目ずつとける時間と2回目のとける時間はちがうのか?

その科学の問いを考えた理由

今までは、限度や1番よく溶とけるのはとれかを調べるだけだから、時間が気になりました。だから調べてみたいです。

自分が考えた問いの「ユニークなところ」や「新しい発見ができそうなところ」

時間を使うとこ

【チェック】 チェックした人: _____

- 「溶ける」に関する科学の問いができているか?
- 科学の問いにこれまでの授業で学んだことをそのまま使っていないか?
- 科学の問いは80分以内で十分に解決できるか?

実験に必要な準備物を考えよう。

名前 _____ **⑦**

例) ①100 mL ビーカー: 2個、②薬包紙: 1枚、③電子てんびん: 1台

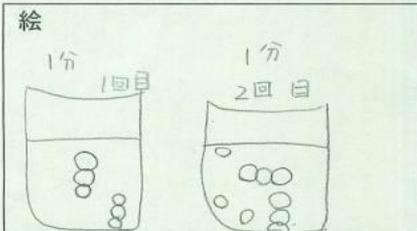
準備物

ビーカー...1個	薬さじ...1個	温度...14度 溶かすもの...砂糖 水の量...50mL 使用するもの...
薬包紙...1個	ガラスぼう...1本	
電子てんびん...1台	砂糖... 水	
ストップウォッチ...1個	メスシリンダー...1個	

【実験方法】

- ① 電子てんびんで5g砂糖を計る。
- ② 50mLの水に入れる。
- ③ ストップウォッチで何秒かほかる。
- ④ ませる
- ⑤
- ⑥ くり返し
- ⑦
- ⑧ ↓

【予想】: 『科学のきまり』や『科学のたとえ』を使って考えながら、自分の予想を絵や言葉で説明しよう。



言葉
もしも目に見えるくらい大きな粒
だったら、1回目は1分で水と砂糖が
仲よくなるけど、2回目は1分で
水と仲よくなるのがおそくなる

【チェック】 チェックした人: _____

- 「準備物」は数も含めて実験に必要なものが全てあるか?
- 「実験方法」には条件や測定方法が正しく計画されているか?
- 「実験方法」は実際に実験ができるように書かれているか?
- 実験は十分に80分以内でできるようになっているか?
- 科学の決まりやたとえを使って予想が書かれているか?

探究の個性化としてのオリジナル研究(2)

溶けるについて研究: 上級 ⑦ 「オリジナルな実験を考えよう!」

名前

上級では「溶ける」について、自分で問いや方法を考えて調べます。初級や中級の研究結果を参考にしながら、これまでに学んだこと・日常生活で経験したこと・不思議に思ったことをよく考えて、【オリジナリティのある研究】を考えよう。ただし、内容は「溶ける」に関するもので、80分以内に行える研究を考えよう。

これまでの理科の授業で明らかにしてきた「溶ける」に関する科学の問い

- 初級①: 食塩が水に溶ける量には限度があるのだろうか?
- 中級②: 砂糖・食塩・ミョウバンの中でどれが1番よく溶けるのか?
- 中級③: 水の量を増やすと溶けるものの量は変わるのか?

自分で考えた科学の問い

50ml ミョウバンの水をかりぼりお 溶かした水溶液と砂糖などのものをとける順に入れてみる。

その科学の問いを考えた理由

例えば「ミョウバンが水5mlで仲良くなるなら、のり4mlでとけなくなっても砂糖は3mlで仲良くなるなら溶けると思ったから。」

自分が考えた問いの「ユニークなところ」や「新しい発見ができそうなおもしろいところ」

とける物にあいしょうかあるかもしれない。

【チェック】 チェックした人

- 「溶ける」に関する科学の問いができているか?
- 科学の問いにこれまでの授業で学んだことをそのまま使っていないか?
- 科学の問いは80分以内で十分に解決できるか?

実験に必要な準備物を考えよう。 名前 ⑦
例) ①100 mL ビーカー: 2個、②薬包紙: 1枚、③電子てんびん: 1台

準備物

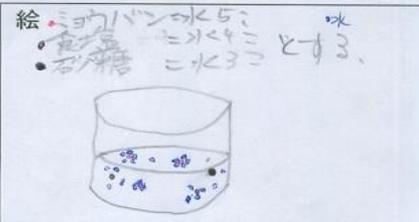
100mlビーカー1個 薬包紙1枚 電子てんびん1台
ミョウバン、食塩、メスシリンダー、薬さじ、ガラスばら

《実験方法》

水20℃

- ①メスシリンダーで水50mlをはかりてビーカーに入れた。
- ②ミョウバンをいぎるだけたくさん溶かす。
- ③①の液に食塩、砂糖の順に少しずつ溶ける順に入れていく。
- ④食塩がとけなくなったら砂糖を入れる。
- ⑤ミョウバンはとけなくて砂糖、食塩は溶かす。食塩はとけなくなったら砂糖はとけるか、あいしょうかあるかを調べる。
- ⑥とける順番はとけるか、あいしょうかあるかを調べる。
- ⑦
- ⑧

【予想】: 『科学のきまり』や『科学のたとえ』を使って考えながら、自分の予想を絵や言葉で説明しよう。

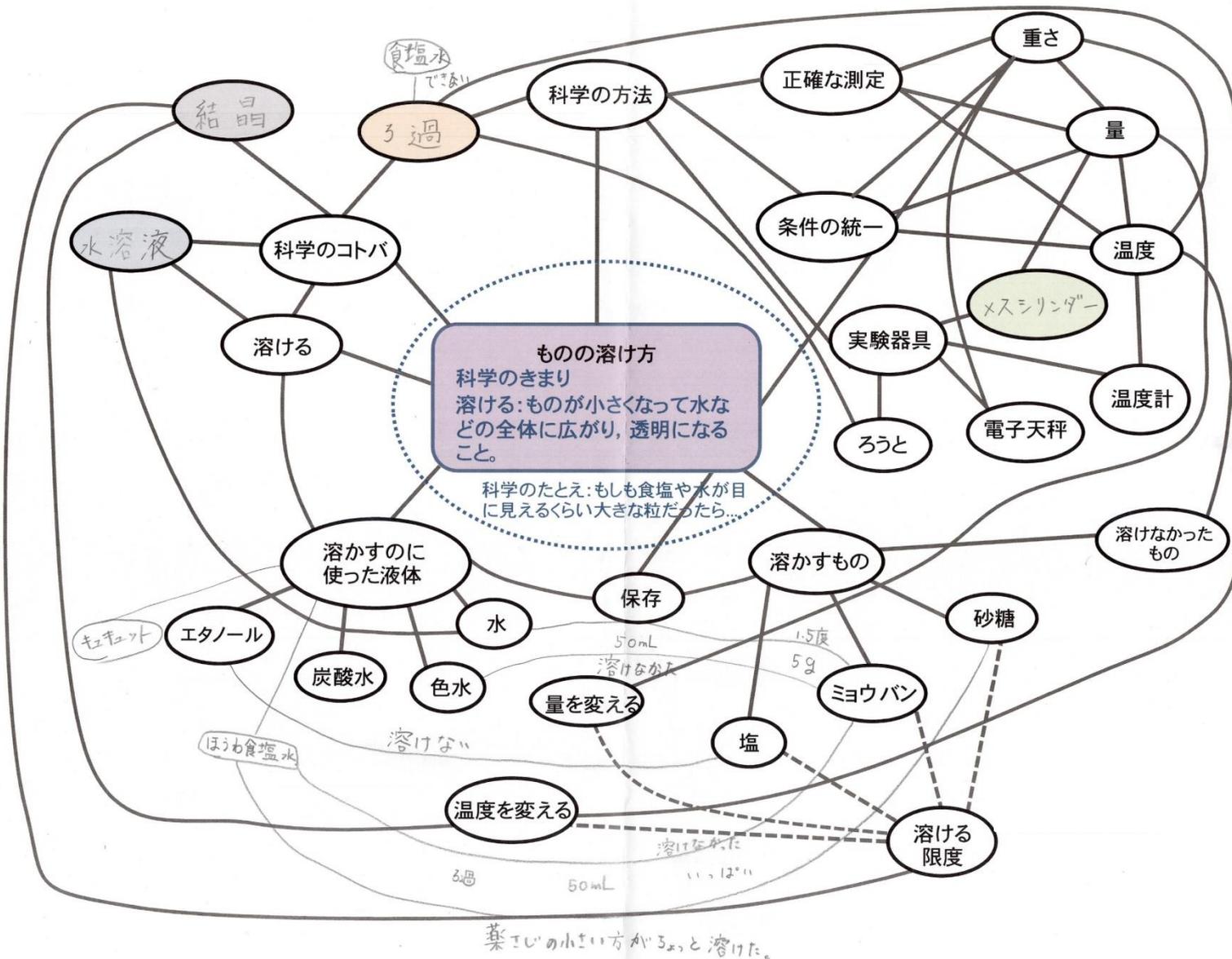


言葉: もとのものはよく溶けるものだったらすこしは溶けると思う。

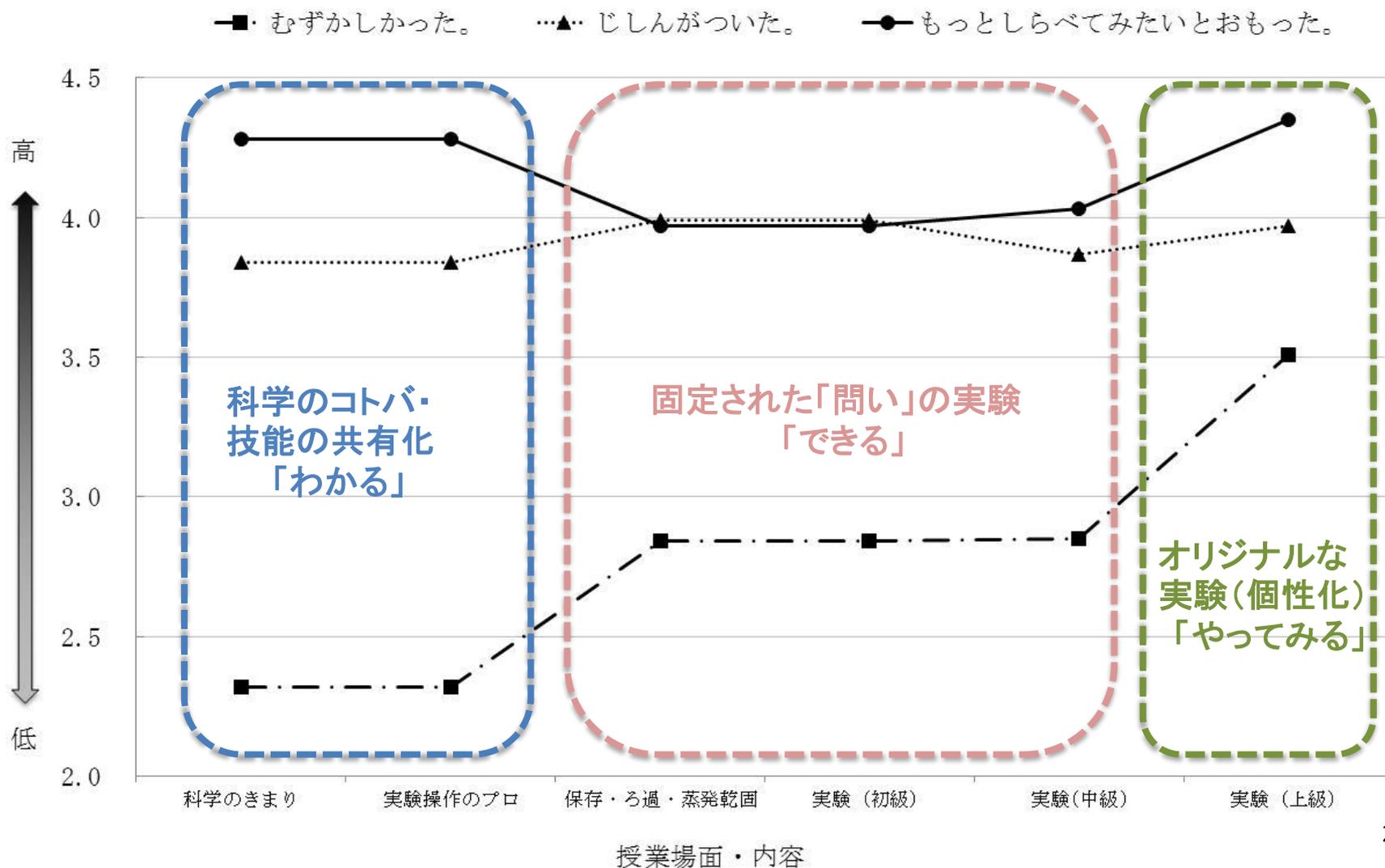
【チェック】 チェックした人

- 「準備物」は数も含めて実験に必要なものが全てあるか?
- 「実験方法」には条件や測定方法が正しく計画されているか?
- 「実験方法」は実際に実験ができるように書かれているか?
- 実験は十分に80分以内でできるようになっているか?
- 科学の決まりやたとえを使って予想が書かれているか?

単元を通して学んだことを構造化する



各授業場面・内容における子どもの自己評価

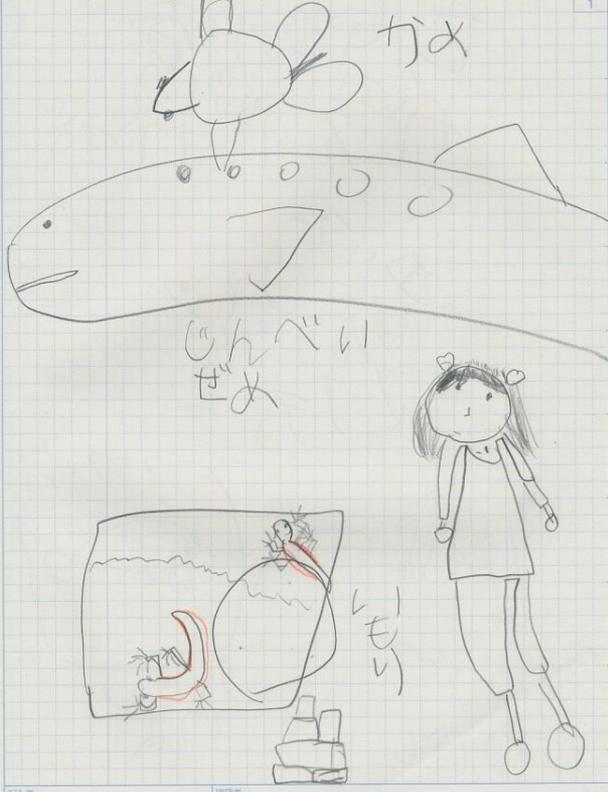


幼年期から子どもの個性を伸ばし挑戦する心を育む科学者体験活動～キッズ・アカデミアーサイエンスー～（2009～）

2012年度野依科学奨励賞



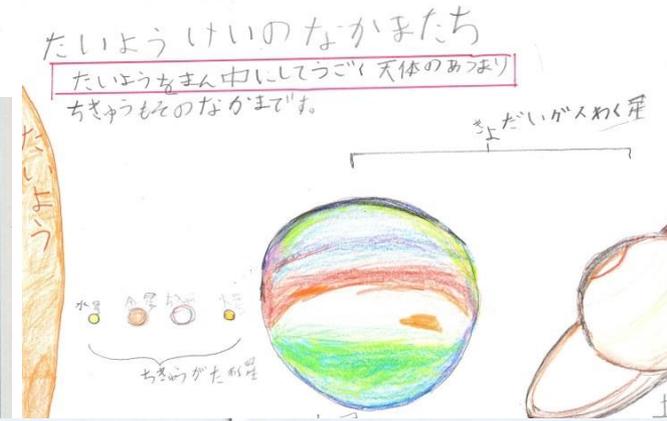




いのんなもの、せいけんをいらい、
昆虫がどうやってできているのか、
いらいしたい。



天王星 土星のそとがわをまわる木星
で、いかんではみることができま
せん。
「きょだいごおりく星」ともよばれて、
そのせうめんをつつまひガスにおお
青みどりいろにみえます。
① 5万1118km
② ちきゅうの14.54ばい



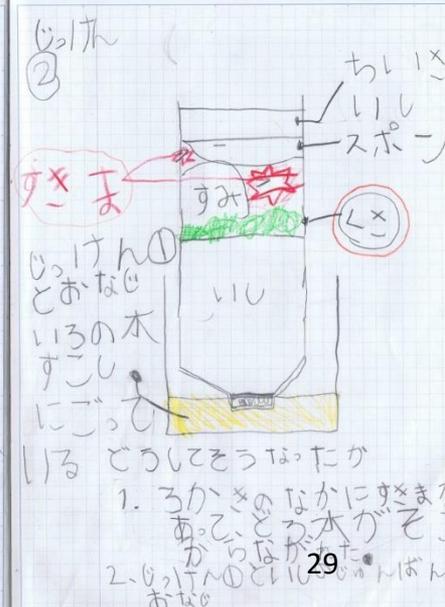
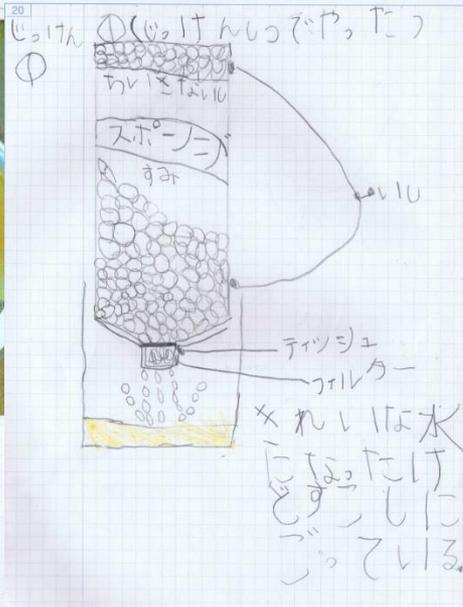
③ うみのみずからしおをとりたいほうほう
ほうほう① ざるでこしてみる。← X
ほうほう② コーヒーフィルターでこしてみる。X
なぜ ほうほう1と2は、水からとりだか
とけてしまってるのでこんどは、
水をなくしてみようとおもう。
ほうほう③ 水をふたうさせてみよう。



しおがのこった



しっぴい
したほうほう
②
下にたま
た水はこ
た



ISEF (International Science and Engineering Fair) 2015

Shigematsu, K., & Yamamoto, M.

ハタゴイソギンチャク刺胞射出の秘密

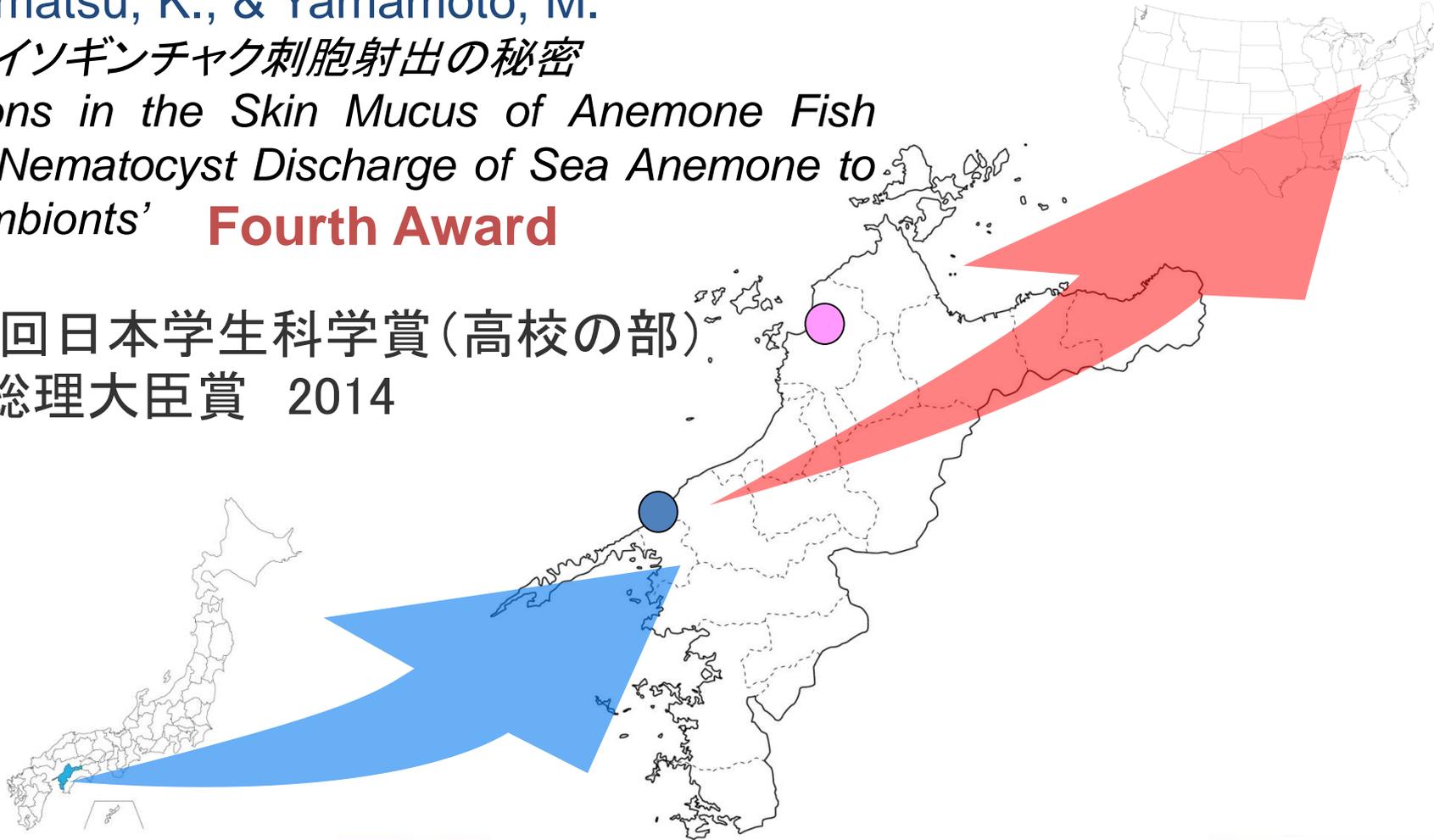
'Mg Ions in the Skin Mucus of Anemone Fish

Block Nematocyst Discharge of Sea Anemone to

Its Symbionts' **Fourth Award**

第58回日本学生科学賞(高校の部)

内閣総理大臣賞 2014



米国における高校レベルの才能教育の形態

実施していると回答
した州数の上位順



- Advanced Placement (College Board)
- Dual enrollment (in college)

Source: 2014-2015 State of the States in Gifted Education

AP受講生徒が増えることに連動する効果

- 国全体の質の高い底上げ
2013年データ: 全公立生徒の20.1%がAP試験でレベル3以上
- 低所得者層の生徒への質の高い学習機会保証
2003年 58,489名 → 2013年 275,864名
- 理数分野の増強
2003年 166,582名 → 2013年 291,946名 (レベル3以上)
272,580名 527,001名 (受験者数)

Source: CollegeBoard, (2014). The 10th Annual AP Report to the Nation.

平成20年に国立大学法人愛媛大学附属高等学校に改組
(総合学科:1学年の生徒定員120名)

平成27年度～平成31年度 スーパー・グローバル・ハイスクール指定
平成26年度～平成31年度 大学教育再生加速プログラム(テーマⅢ:高大接続)

「高大連携・接続」

- ・愛媛大学の講義受講により二重単位付与 (3年生全員+ α)
- ・愛媛大学教員の指導による課題研究(ルーブリック開発)

令和2年度～ WWL(ワールド・ワイド・ラーニング)コンソーシアム構築支援事業
「カリキュラム開発拠点校」指定

構想名: 高大連携の国際化を通じたSDGsグローバル人材の育成

NAGC: Pre-K to Grade 12 Gifted Programming Standards (updated 2019)