

本研究の概略・背景

本研究は、日本語を母語としない生徒・学生が化学科目の理解を深めるための新しいリスニング副教材の開発を目指すものである。読む力（語彙）と聞く力（発音）を結び付け、効率よく知識を積み上げられる環境を提供することを目的とする。現状は国立高専で学ぶ留学生の利便性を考慮して研究を進めているが、汎用性があり、高知県内さらには日本国内で増え続けている外国にルーツを持つ児童・生徒・学生のすべての科目教育に応用できる可能性がある。

【なぜ化学か】

ほかの理系科目（35%）に比べて、化学用語にはカ行【k】とガ行【g】の出現率が有意に多い（65%）。また、カ行ガ行を含んだ長い複合語も多い。（図1）これらの音の弁別は、化学の基礎概念を理解し、授業内容を正確に把握するために不可欠である。

【なぜガ行カ行か】

ガ行とカ行の弁別は、有声音と無声音を区別しない母語（中国語、タイ語、ベトナム語）の留学生の多くにとっては非常に困難である。（図1）例えばタイ語においては「無声音と対立している有声音がないために、有声音をうまく発音できない」（2004 アサダーユット）、「語頭の/ガ/行が困難である」（2004 平岩）など、日本語の濁音と清音の聞き分けが極めて難しいことに起因する発音の難しさが指摘され、「日本語の【g】はタイ語にないため、英語の【g】と説明する」（2004 アサダーユット）など、解決のためのさまざまな提案がなされてきた。

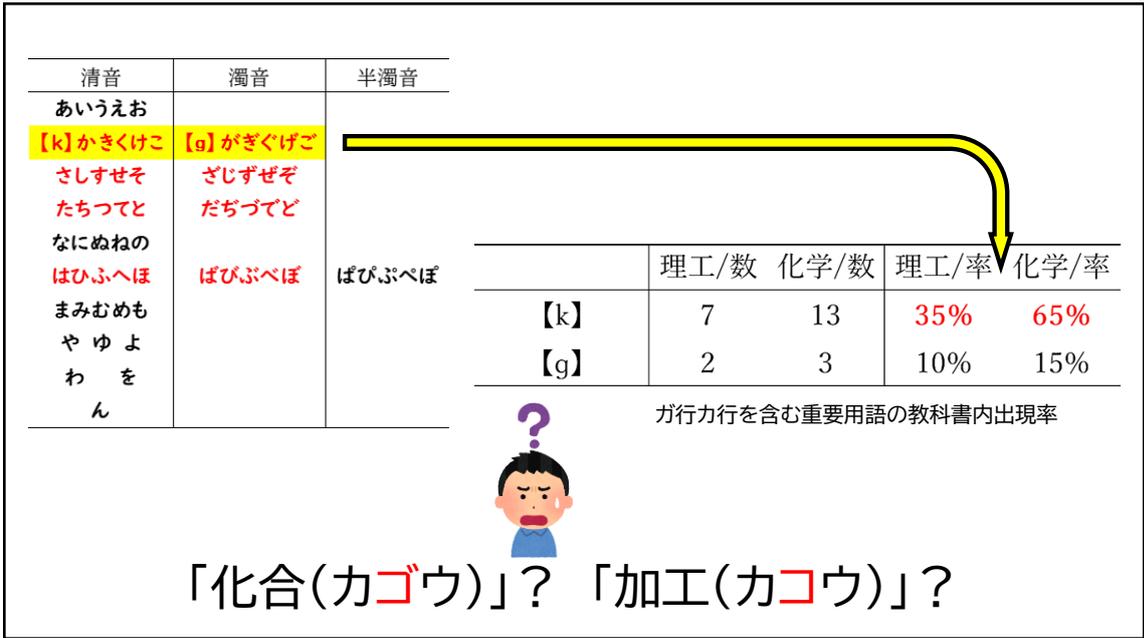


図1【なぜ化学か】【なぜガ行カ行か】

化学教科書の頻出名詞 20 と理系コーパスの頻出名詞 20 をそれぞれ抽出した。その後、【g】と【k】のいずれか、あるいは両者を含む名詞の出現数を算出した。この出現数とそれを母数(20)で割ったものを、図の右側に表形式で示した。

【ガ行とカ行が弁別できないとどうなるか】

ガ行とカ行の弁別が困難な場合、学生は、教科書を黙読して内容を理解できても、授業中の教員や級友の発音を聞き分けられず、学習内容の理解に支障をきたす危険性がある。(図2)

①読む力

複合語

②聞く力

複合語	よみがな	発音記号
原子+結合	げんしけつごう	gɛncɪkɛtsuβgo:
原子+共有	げんしきょうゆう	gɛncɪkʲo:jɯβ:
原子+価+結合	げんしかけつごう	gɛncɪkakɛtsuβgo:

問題点

①と②が結びつかない
=似た音が区別できないから

図2 読む力と聞く力の乖離

文字として濁音と清音の弁別ができて、音としては区別できない。

先行研究

理系読解教材は多数開発されてきている。

1. 似た音の聞き分けに特化した一般的なリスニング教材は存在する。
2. 理系の語彙に特化した教材も存在する。

しかし、これまで両者を結び付け、第一言語（母語）の音声の弁別能力に注目して専門語彙の抽出を試みた先行研究例はないようである。（図3）。

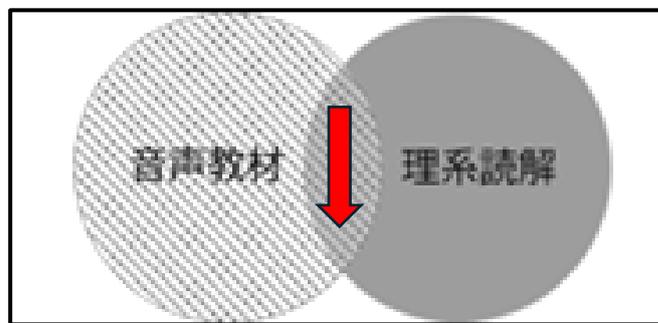


図3 理系教材と音声教材の掛け合わせ

【g】と【k】の専門語彙のリスニングやスピーキングに特化したカリキュラムや教材を作ることで、初期段階から専門科目の理解向上をはかることができるのではないかと考えた。

先行研究をもとにしたパイロット調査

先行研究を踏まえ、大沼（2022）では、紙媒体の教科書を用いた予備的な調査を実施した。予算の関係からデジタル教科書を購入できなかったため、紙媒体の教科書を使い、以下の手順を用いた。教科書の全ページをスキャンしてOCRでテキスト認識し、テキストエディタに貼り付けたものを元データとした。活用のある動詞、形容詞、形容動詞の抽出がうまくいかず、形態素解析の精度に課題があったため、だいたいの傾向はつかめたものの十分な成果を得ることができなかった。

研究方法

データとして、現行の東京書籍「化学基礎」および啓林館「化学基礎」のデジタル教科書をコーパスとした。デジタル教科書は各社それぞれの仕様となっているが、今回は本文が PDF ではなく Word 形式で格納されている東京書籍と啓林館の教科書を選んだ。分析にはテキストマイニングフリーソフトウェア KH Corder 3. Beta.03i (樋口、2020) を使用し、形態素解析には Chasen を用いた。頻出語彙を上位 30 まで抽出し、その中から **【g】** と **【k】** のいずれか、あるいは両者を含む用語（以下、「含 **【g】**・**【k】** 語」）を選定した。さらに、共起ネットワーク分析を用いて、これらの名詞間の関係性を可視化した。

ふりがな（ひらがな）を付け、それを発音記号変換ツール EasyPronunciation.com を用いて発音記号に変換した。抽出にあたっては、口蓋化した **【k'】** など **【g】** と **【k】** の変種（バリエーション）も含めたが、鼻濁音 **【ŋ】** は別の発音と見なし、含めなかった。

研究結果

2冊の教科書から頻出の名詞上位を調べ、比較したところ上位5つの用語は同じで順位はほとんど変わらないことが明らかになった。次ページに頻出語を順番に並べ、回数を付記した表を並べる。

List			
#	抽出語	品詞/活用	頻度
1	原子	名詞	570
2	電子	名詞	378
3	イオン	名詞	367
4	物質	名詞	346
5	分子	名詞	286
6	水溶液	名詞	224
7	質量	名詞	219
8	元素	名詞	202
9	塩基	名詞	184
10	金属	名詞	178
11	水素	名詞	177
12	化学	名詞	147
13	電気	名詞	132
14	濃度	名詞	113
15	酸素	名詞	100
16	硫酸	名詞	92
17	気体	名詞	91
18	ナトリウム	名詞	90
19	体積	名詞	83
20	性質	名詞	82
21	溶液	名詞	79
22	軌道	名詞	75
23	種類	名詞	74
24	電池	名詞	68
25	粒子	名詞	68
26	構造	名詞	58
27	モル	名詞	57
28	酸性	名詞	53
29	周期	名詞	52
30	極性	名詞	51

List			
#	抽出語	品詞/活用	頻度
1	物質	名詞	514
2	原子	名詞	511
3	イオン	名詞	465
4	電子	名詞	434
5	分子	名詞	376
6	水溶液	名詞	337
7	質量	名詞	268
8	水素	名詞	228
9	金属	名詞	199
10	化学	名詞	198
11	元素	名詞	198
12	気体	名詞	192
13	塩基	名詞	189
14	濃度	名詞	164
15	電気	名詞	153
16	ナトリウム	名詞	147
17	酸素	名詞	130
18	体積	名詞	130
19	電池	名詞	103
20	硫酸	名詞	103
21	性質	名詞	96
22	モル	名詞	93
23	塩酸	名詞	85
24	溶液	名詞	77
25	粒子	名詞	72
26	炭酸	名詞	70
27	種類	名詞	67
28	構造	名詞	66
29	酢酸	名詞	66
30	カルシウム	名詞	64

「化学基礎」頻出名詞上位30 表1 東京書籍(左) 表2 啓林館(右)

次に両教科書のデータを統合して上位の名詞を調べ、そのうち【g】と【k】のいずれか、または両方を含む用語（以下、「含【g】・【k】語」）を上位から30抜き出したのが以下の表3である。

1	原子	げんし	qe\Ngi
2	水溶液	すいようえき	sw ^β /ijo\zeki
3	元素	げんそ	qe\Nso
4	金属	きんぞく	kji\ndzokuw ^β
5	塩基	えんき	enk ⁱ ide\ηk ^j i

6	化学	かがく	kaɡa\kwβ
7	電気	でんき	de\ŋkʲi
8	気体	きたい	kʲi/tai ⁻
9	体積	たいせき	ta\isekʲi
10	溶液	ようえき	jo\ːekʲi
11	構造	こうぞう	ko/ːdzoː ⁻
12	軌道	きどう	kʲi/doː ⁻
13	極性	きょくせい	kʲokwβseː
14	周期	しゅうき	ɕwβ\ːkʲi
15	液体	えきたい	e/kʲitai ⁻
16	固体	こたい	ko/tai ⁻
17	エネルギー	えねるぎー	e/ne\rwβgʲiz
18	二酸化炭素	にさんかたんそ	nʲi/sanʲkata\NSO
19	空気	くうき	kwβ\ːkʲi
20	カルシウム	かるしうむ	ka/rwβɕwβ\ːmwβ
21	傾向	けいこう	ke/ːkoː ⁻
22	マンガン	まんがん	ma\ŋɡaŋ
23	塩化ナトリウム	えんかなとりうむ	eŋkanatorʲwβːmwβ
24	カリウム	かりうむ	ka/rʲwβ\ːmwβ
25	ガス	がす	ɡa\swβ
26	原子核	げんしかく	ɡe/ŋɕi\kakwβ
27	係数	けいすう	ke/ːswβ\ː
28	電極	でんきょく	de/ŋkʲokwβ ⁻
29	記号	きごう	kʲiɡoː
30	陰極	いんきょく	iŋkʲokwβ

表3 「化学基礎」教科書頻出語彙のうち【g】あるいは【k】を含む名詞

これら30の頻出名詞については「含【g】・【k】語」であることを教科書初出時に学生に注意しておくこと、

また、単語の音読をさせる、教員や友人の発音を聞くことで実際の授業に備えることができる。

次にこれらの名詞と共起しやすい（これらの名詞の近くで使われることが多い）名詞をKHコーダーで調べたところ、以下のような分布となった。（図3と図4）円が大きいほど現れる回数が多く、線が太いほど結びつきが強い関係性がある。

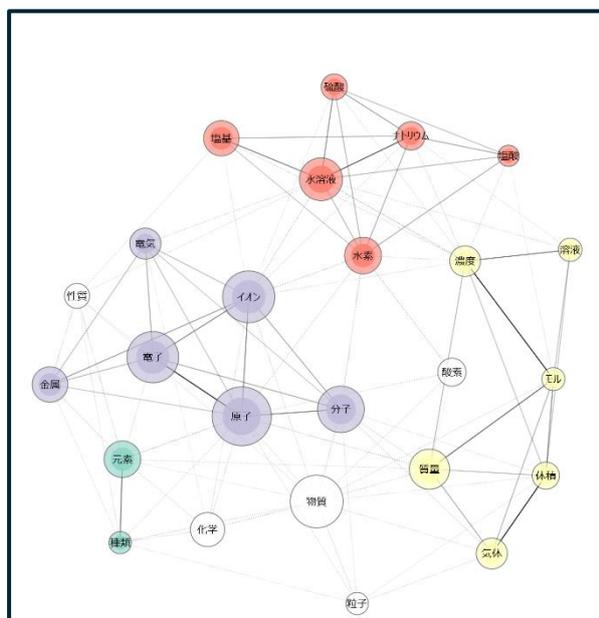


図3 段落単位での共起ネットワーク

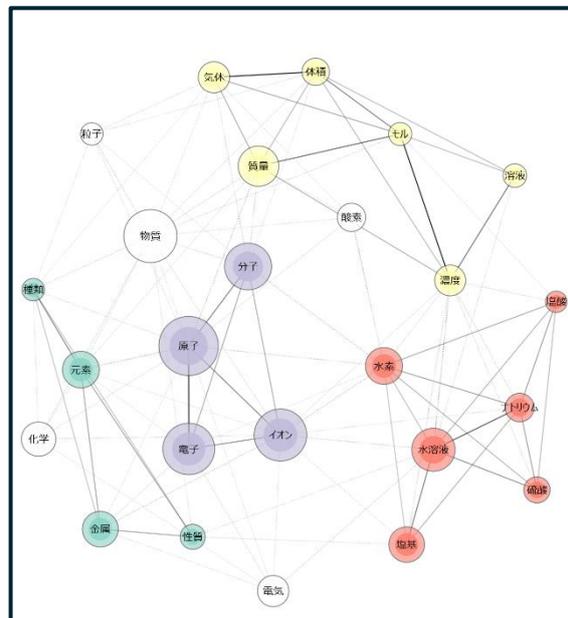


図4 文単位での共起ネットワーク

図3、図4からは「含 **[g]**・**[k]** 語」の名詞ナンバーワンの「原子」は、同じく「含 **[g]**・**[k]** 語」である「元素」と同じ段落に現れやすいこと、一文まで範囲を広げれば「含 **[g]**・**[k]** 語」である「電気」とも一緒に現れやすいことがわかる。2番目に多い「水溶液」は「塩基」と共起しやすいことも見える。こうしたネットワーク図を予習段階で配布することも、「含 **[g]**・**[k]** 語」への耳慣らしをするために大いに役立つことが予想される。

次に、同様の手順で動詞の抽出を行った。

【g】と【k】を含む動詞のうち、初級日本語教育で習う範囲を超えているものは、「含む」ふくむ

φωβ/kωβ\mwβ、「加える」くわえる

kωβ/ψaerωβ⁻、「異なる」ことなる ko/tona\

rwβ、「溶かす」とかす to/ka\swβであった。

これらの動詞は、数学、生物、物理等ほかの理系科目でも出てくるが、化学授業での初出時に単語リストを発音記号を提示して注意喚起することができる。

List				
#	抽出語	品詞/活用	頻度	
1	表す	動詞	242	
2	含む	動詞	237	
3	用いる	動詞	221	
4	示す	動詞	194	
5	生じる	動詞	189	
6	加える	動詞	166	
7	求める	動詞	139	
8	溶ける	動詞	110	
9	受け取る	動詞	98	
10	入れる	動詞	86	
11	答える	動詞	85	
12	得る	動詞	83	
13	起こる	動詞	82	
14	考える	動詞	80	
15	異なる	動詞	75	
16	入る	動詞	65	
17	書く	動詞	64	
18	調べる	動詞	61	
19	失う	動詞	60	
20	行う	動詞	53	
21	結びつく	動詞	52	
22	呼ぶ	動詞	48	
23	溶かす	動詞	48	
24	使う	動詞	44	
25	取り出す	動詞	39	
26	通す	動詞	39	
27	与える	動詞	39	
28	残る	動詞	35	
29	取る	動詞	35	
30	働く	動詞	33	

表4 化学基礎2教科書より頻出動詞の抽出結果

形容動詞（日本語教育ではナ形容詞と呼ぶ）、形容詞（同、イ形容詞）については表5のとおりである。

【g】と【k】を含み、かつ、初級日本語教育の語彙からはずれるものは「量的」りょうてき rlo/ːtekʲi̯ くらいで、ほかは既習である。この「量的」は出現するすべての文で「量的な関係」りょうてきなかんけい rlo/ːtekʲi̯ naka/ŋkeː̄、あるいは「量的関係」りょうてきかんけい rlo/ːtekʲi̯ ka/ŋkeː̄ という形になっている。「量的」と「関係」で合計3回【k】が出てくるが、あらかじめひとつのかたまりとして教えておくことで混乱を防ぐこともできるのではないか。

16位の「希」はすべて「希ガス」で使われているもので、こちらもひとつの用語として教えることで【g】と【k】の混同を回避できるように。

List				
#	抽出語	品詞/活用	頻度	
1	大きい	形容詞	196	
2	強い	形容詞	124	
3	小さい	形容詞	103	
4	多い	形容詞	93	
5	等しい	形容詞	81	
6	必要	形容動詞	64	
7	高い	形容詞	62	
8	安定	形容動詞	45	
9	量的	形容動詞	45	
10	完全	形容動詞	42	
11	正確	形容動詞	36	
12	濃い	形容詞	34	
13	同様	形容動詞	32	
14	主	形容動詞	31	
15	低い	形容詞	31	
16	希	形容動詞	29	
17	硬い	形容詞	23	
18	非常	形容動詞	23	
19	自然	形容動詞	22	
20	自由	形容動詞	21	
21	弱い	形容詞	21	
22	変	形容動詞	21	
23	簡単	形容動詞	20	
24	近い	形容詞	20	
25	様々	形容動詞	20	
26	長い	形容詞	16	
27	有効	形容動詞	16	
28	激しい	形容詞	15	
29	少ない	形容詞	15	
30	規則正しい	形容詞	14	

表5 化学基礎2教科書より形容詞(イ形容詞)と形容動詞(ナ形容詞)の抽出結果

最後に、今後の参考として【g】と【k】を含む名詞同士をつなげた複合語について「原子」を例に、同じくKHコーダーで調べた。「原子」の前後どちらか、あるいは前後両方に名詞が来る例だけを出現数が多い順に並び、さらにその中から【g】と【k】を含むものだけを抽出する。この場合、たとえば「原子」の複合語の場合には以下の3パターンが考えられる。(表6)

パターン1	【g】と【k】を含む名詞A	「原子」	
パターン2		「原子」	【g】と【k】を含む名詞B
パターン3	【g】と【k】を含む名詞A	「原子」	【g】と【k】を含む名詞B

表6 「原子」を含む複合名詞のパターン

以下に抽出結果をのべる。

複合語パターン1

最多は「金属原子」きんぞくげんし $kʲi \setminus ndzokuw^{\beta}ge \setminus n̄ci$ で、11回であった。続いて非金属原子 ひきんぞくげんし $çi / kʲi \setminus ndzokuw^{\beta}ge \setminus n̄ci$ (4回)、希ガス原子 きがすげんし $kʲi / gasuw^{\beta}ge \setminus n̄ci$ (3回)、ケイ素原子 けいそげんし $ke:soge \setminus n̄ci$ (3回) となった。いずれも、「何の原子か」を説明する複合語でパターン化している。

複合語パターン2

もっとも多く出てきた複合語は「原子番号」げんしばんごう $ge / n̄ciبانگو \setminus :$ で59回出てきた。(ただし、2冊分からの抽出であるため実質は半分程度と見込まれる。)「番号」という単語は初級日本語の段階から出てくるため、目で見れば意味は理解しやすい複合語である。次は「原子半径」(げんしはんけい) $ge / n̄ci$ $ha \setminus ŋke:$ 12回、そして、「原子分解能電子顕微鏡」げんしぶんかいのうでんしけんびきょう $ge / n̄ci$ $bw^{\beta}ŋkaino:de \setminus n̄cike / mbʲikʲo: \bar{}$ が4回と続く。

複合語パターン3

「原子」ではこのパターンは見られなかった。

パターン1では $ge \setminus n̄ci$ 、パターン2では $ge / n̄ci$ とアクセントの上がり目\下がり目/が異なっていることが特徴的である。日本語は複合語を形成する際、複合語を構成するそれぞれの語の元のアクセントが変わるケースがある。

結論・展望

本研究において、留学生が苦手とする化学の教科書に頻出する語彙には「含 **[g]**・**[k]** 語」が多く含まれ、これは理系専門科目全体に頻出する語彙に含まれる数より有意に多いことがデジタル教科書を使用した大量のテキストマイニングにより明らかになった。また、2つの教科書を比較・統合することで頻出単語が絞り込まれた。その結果、ドリルとして使える「含 **[g]**・**[k]** 語」を含む30の専門用語の名詞、動詞、形容詞、形容動詞

を取り出し、初出度、難易度、出現の傾向について調べることができた。学校現場における日本語教員の加配は都市部以外では難しく、ある程度システマティックな補助教材として、こうした上位語を意識し、ドリル学習を行うことは効果的であろう。この研究をベースに学習者が自律して学べるドリルづくりを進めていきたい。

一方、複合語においては今回の研究ではアクセントが変わるケースがあるという特徴が浮き彫りになった。耳慣れたはずのアクセントが変われば、聞き取りは難易度を増す。複合語にはある程度のアクセントルールはあるものの、絶対ではない。これらのルールを覚えられない限り、自分の発音を理解してもらえないという問題も起きてくる。複合語についてはアクセントを含めた練習問題を作っていく必要がある。

今後は教科書の内容を読み込む作業により、個々の結びつきについてきめ細かく調査していく必要もある。留学生はじめ、海外にルーツのある生徒・学生の役にたつよう研究を進めていきたい。

謝辞

本研究は第 62 回（令和 5 年度）下中科学研究助成金によって実施いたしました。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Type IPA phonetic symbols <https://ipa.typeit.org/full/>(参照 2024-8-30).
- 2) easypronunciation.com. <https://easypronunciation.com/ja/japanese-kanji-to-romaji-converter> (参照 2024-8-30).
- 3) アサダーユット・チューシー. タイ語母語話者の日本語発音に関する干渉の考察と指導提案. 国際交流基金バンコク日本文化センター日本語教育紀要. 2004, p.21-27.
- 4) 磯村 一弘. 音声を教える: 国際交流基金日本語教授法シリーズ 2. ひつじ書房, 2009.
- 5) 太田亨, 佐藤尚子, 藤田清士, 金蘭美. 専門科目（物理）と漢字のコラボレーション授業: 物理の文脈を利用した漢字学習の有効性. 金沢大学国際機構紀要. 2019, 1, p.1-14.
- 6) 大沼敦子, タイ語を母語とする留学生の有声破裂音ガ行と無声破裂音カ行の弁別能力は化学学習の苦手意識に影響するかーテキストマイニングによる教科書分析ー. 高知高専学術紀要. 2023, (68) 11-20
- 7) 岡田幸典, 佐々木幸喜. 理系学部留学生のための専門日本語教育の課題と可能性. 京都大学国際高等教育院紀要. 2022, (5), p.103-117.
- 8) 小野健一. らくらく話せる! タイ語レッスン. ナツメ社, 2016, p.18.
- 9) 岡滋訓. タイ語発音教室: 基礎からネイティブの音まで. ボイス, 2008.
- 10) 窪蘭晴夫, 田中真一. 日本語の発音教室: 理論と演習. くろしお出版, 1999, p.19-22.
- 11) 国際音声記号ガイドブック. 国際音声学会編. 大修館書店, 2003, p.158-161, p.198-p.203
- 12) 小野健一. らくらく話せる! タイ語レッスン. ナツメ社, 2016.
- 13) ジョン・カニソン・キャットフォード. 実践音声学入門. 大修館書店, 2001, p.70-76.
- 14) 竹内 京子, 木村 琢也. たのしい音声学. くろしお出版, 2019, p.129-130.
- 15) 難波江 ティチャー. みっちり学ぶ初級タイ語. ベレ出版, 2021.
- 16) 樋口耕一. 社会調査のための計量テキスト分析: 内容分析の継承と発展を目指して (第 2 版). ナカニシヤ

出版, 2020.

- 17) 平岩 ゆか. タイ人日本語学習者に対する発音指導のための基礎的研究. 日本語教育方法研究会誌. 2004, 11 (1), p.10-11.
- 18) 松田真希子. “理工系留学生のための文字・語彙シラバス”. ニーズを踏まえた語彙シラバス: 現場に役立つ日本語教育研究. くろしお出版, 2016, p.138-158.



大沼 敦子
(おおぬま あつこ)

<略歴>

早稲田大学教育学部国語国文学科 文学士

Columbia University Graduate School of Arts and Sciences Master of Arts (Japanese Pedagogy)

国立福島大学、Temple University, Japan Campus, アメリカ・カナダ大学連合日本研究センター (IUC)を経て

2022年4月～ 国立高知工業高等専門学校 特命准教授

<研究歴>

音声学的アプローチから見る留学生の専門用語習得の問題点：「化学」分野における複合名詞アクセントの観察から 大沼敦子

高知工業高等専門学校学術紀要 (69) 号 p. 1-8 2024年3月

タイ語を母語とする留学生の有声破裂音ガ行と無声破裂音カ行の弁別能力は化学学習の苦手意識に影響するか。ーテキストマイニングによる教科書分析ー 大沼敦子

高知工業高等専門学校学術紀要 (68) 号 p. 11-20 2023年3月

Exploring 'te-kudasai': A Study in Japanese Newspaper Forum (The Chemistry of Communication Series Book 1)

出版社：NOTbearly Edu 著者：Atsuko I, Onuma

発売日：2024/8/4

言語：英語 <https://amzn.asia/d/a03R6WF>

<勤務校> 学校名 国立高知工業高等専門学校

住所 〒783-8508 高知県南国市物部乙200-1

URL <https://www.kochi-ct.ac.jp/>

AtsukoOnumaTokyo@gmail.com